

**T.C.  
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**BETONARME BİNALARIN ŞEKİLDEĞİŞTİRME ESASLI  
DOĞRUSAL OLMAYAN ANALİZİNDE DEPREM  
DOĞRULTUSU ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

**DOKTORA TEZİ**

**Umut HASGÜL**

**Balıkesir, Ekim – 2011**

T.C.  
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**BETONARME BİNALARIN ŞEKİLDEĞİŞTİRME ESASLI  
DOĞRUSAL OLMAYAN ANALİZİNDE DEPREM  
DOĞRULTUSU ETKİSİNİN İNCELENMESİ**


**DOKTORA TEZİ**

**Umut HASGÜL**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Erdal İRTEM**

**Sınav Tarihi: 17.10.2011**

**Jüri Üyeleri: Prof. Dr. Erkan ÖZER**

(İTÜ) 

**Prof. Dr. Ahmet Işın SAYGUN**

(İTÜ) 

**Prof. Dr. Zekai CELEP**

(İTÜ) 

**Prof. Dr. Erdal İRTEM**

(Danışman- BAÜ) 

**Prof. Dr. Şerif SAYLAN**

(BAÜ) 

**Enstitü Yönetim Kurulunun ..... tarih ..... sayılı oturumunun .....  
nolu kararı ile ..... Mezun olmuştur.**

**Balıkesir, Ekim – 2011**

**Bu Tez alışması Balıkesir Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından 2007 / 52 nolu proje ile desteklenmiştir.**

## ÖZET

# BETONARME BİNALARIN ŞEKİLDEĞİŞTİRME ESASLI DOĞRUSAL OLMAYAN ANALİZİNDE DEPREM DOĞRULTUSU ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Umut HASGÜL

Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,  
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

(Doktora Tezi / Tez Danışmanı : Prof. Dr. Erdal İRTEM)

Balıkesir, 2011

Bu çalışmada, deprem yüklerinin doğrultu etkisi nedeniyle betonarme binaların plastik kesitlerinde (plastik mafsallarında) oluşacak en elverişsiz plastik şekil değiştirme talepleri ile bunları veren kritik deprem doğrultuları, doğrusal olmayan teori çerçevesinde araştırılmıştır. Betonarme binaların plastik kesitlerindeki en elverişsiz plastik şekil değiştirme taleplerinin belirlenmesinde, iç kuvvet ve/veya şekil değiştirme talepleri arasındaki etkileşimi gözönüne alabilmesi nedeniyle kesitteki beton ve donatının birim boy değişmesi taleplerinin maksimumları esas alınmıştır. Çalışmada üç öneri sunulmuştur. İlk olarak, deprem yüklerinin binaların plandaki asal eksen doğrultularının yanısıra herhangi ara doğrultulardan da etkimesi hali için, birim boy değişmesi, plastik dönme, tepe yer değiştirmesi, görelî kat ötelemesi, vb. yapısal davranış taleplerinin belirlenebilmesi amacıyla, şekil değiştirme esaslı doğrusal olmayan bir değerlendirme yaklaşımı önerilmiştir. İkinci olarak, betonarme binaların plastik kesitlerindeki şekil değiştirme taleplerinin en elverişsiz değerlerinin belirlenebilmesi amacıyla, çok sayıda deprem doğrultusu için yapılması gereken araştırmanın, daha az sayıda analiz gerektiren ve kritik deprem doğrultularını da içeren bir aralıkta yapılması önerilmiştir. Üçüncü olarak, betonarme binaların plandaki sadece asal eksen doğrultularındaki analizlerinden yararlanılarak, kolon plastik kesitlerindeki en elverişsiz birim boy değişmesi taleplerini oldukça yaklaşık ve pratik bir şekilde belirleyebilen bir büyütme kuralı önerilmiştir. Çalışmada, herhangi bir yapısal düzensizliği bulunmayan, farklı karakteristiklerdeki on yedi betonarme binanın farklı deprem doğrultuları için doğrusal olmayan statik analizleri yapılarak, kolon plastik kesitlerindeki en elverişsiz birim boy değişmesi talepleri ile bunları veren kritik deprem doğrultuları belirlenmiştir. Ayrıca, plastik kesitlerdeki birim boy değişmesi talepleri belirlenirken hesaplanan diğer davranış büyüklüğü taleplerinin en elverişsiz değerleri ile bunları veren kritik deprem doğrultuları da belirlenmiştir. Çalışmada, binaların gözönüne alınan her bir deprem doğrultusu için sabit düşey yükler ve monotonik olarak artan yatay deprem yükleri altındaki artımsal statik itme analizlerinde *Perform-3D* bilgisayar programından yararlanılmıştır. Sonuç olarak, betonarme binaların kritik deprem doğrultularındaki plastik şekil değiştirme taleplerinin asal eksen doğrultularından elde edilenlere göre oldukça büyük olduğu belirlenmiştir. Buna göre, binaların sadece asal eksen doğrultuları için yapılacak doğrusal olmayan statik analizler yeterli olmamaktadır.

**ANAHTARSÖZCÜKLER:** Deprem yüklerinin doğrultu etkisi / çok doğrultulu deprem yükleri / şekil değiştirme esaslı değerlendirme / iki doğrultulu doğrusal olmayan statik analiz / kritik deprem doğrultusu / büyütme kuralı / betonarme bina

## ABSTRACT

### INVESTIGATION OF EARTHQUAKE DIRECTION EFFECT IN DEFORMATION BASED NONLINEAR ANALYSIS OF REINFORCED CONCRETE BUILDINGS

Umut HASGÜL  
University of Balıkesir, Institute of Science  
Department of Civil Engineering

(Ph.D. Thesis / Supervisor: Prof. Dr. Erdal İRTEM)

Balıkesir-Turkey, 2011

In this study, the most unfavorable plastic deformation demands in plastic sections (plastic hinges) of RC buildings due to direction effects of seismic loads and also, critical earthquake directions related to these response demands are investigated in nonlinear theory framework. In determination of the most unfavorable deformation demands in plastic sections of RC buildings, maximum strain demands related to concrete and reinforcements in section are based on due to consideration of interaction between internal forces and/or deformation demands. In the study, three new suggestions are presented. Firstly, bi-directional nonlinear static analysis procedure based on deformation is proposed to determine structural demands (such as strain, plastic rotation, displacement and story drift demands) in case of the earthquake loads act in both the principal axes and any direction out of the principal axes of the buildings. Secondly, some critical earthquake directions are proposed instead of investigation on many earthquake directions to determine the most unfavorable values of the deformation demands in plastic sections of the buildings. Thirdly, a new amplification rule is proposed to determine the most unfavorable strain demands in the column plastic sections by using nonlinear static analysis results in only principal directions of the buildings. In the study, the most unfavorable strain demands in column plastic sections of seventeen RC buildings, which have orthogonal axes and different configurations in terms of the plan and section geometry, and also corresponding critical earthquake directions are investigated by using the proposed analysis procedure on many different earthquake directions. Moreover, the most unfavorable values and critical directions related to other response demands, which should be calculated in the analyses, are also determined while the strain demands are obtained. In the study, *Perform-3D* structural analysis program is used in the bi-directional pushover analyses for considered each earthquake directions of the buildings. It is concluded that the plastic deformation demands in critical earthquake directions of the buildings are considerably greater than those of the principal directions in plan. Thus, it is also concluded that nonlinear static analyses to be performed for only principal directions of the buildings are not sufficient.

**KEYWORDS:** Direction effect of seismic loads / multi-directional seismic loads / deformation based seismic evaluation / bi-directional nonlinear static analysis / critical earthquake direction / amplification rule / RC building

## İÇİNDEKİLER

|   | <b><u>Sayfa</u></b> |
|---|---------------------|
| ÖZET, ANAHTAR SÖZCÜKLER   | ii                  |
| ABSTRACT, KEYWORDS  | iii                 |
| İÇİNDEKİLER   | iv                  |
| SEMBOL LİSTESİ  | vii                 |
| ŞEKİL LİSTESİ   | xii                 |
| ÇİZELGE LİSTESİ   | xxi                 |
| ÖNSÖZ   | xxv                 |
| <b>1. GİRİŞ</b>   | <b>1</b>            |
| 1.1 Konu  | 1                   |
| 1.2 Konu ile İlgili Çalışmaların İncelenmesi  | 8                   |
| 1.2.1 Yapı Sistemlerinin Doğrusal–Elastik Tasarımında Deprem Yer Hareketinin Doğrultu Etkisi ile İlgili Literatürdeki Çalışmalar  | 8                   |
| 1.2.2 Deprem Yüklerinin Doğrultu Etkisi ile İlgili Literatürdeki Çalışmaların Genel Bir Değerlendirmesi                           | 22                  |
| 1.3 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı   | 24                  |
| <b>2. BETONARME ÇUBUK ELEMANLARIN DOĞRUSAL OLMAYAN DAVRANIŞI</b>  | <b>27</b>           |
| 2.1 Düzlem Çubuk Elemanlarda İç Kuvvet – Şekildeğiştirme Bağlılıları  | 27                  |
| 2.2 Uzay Çubuk Elemanlarda İç Kuvvet – Şekildeğiştirme Bağlılıları ve Akma (Kırılma) Koşulları                                    | 29                  |
| 2.2.1 İdeal Elastoplastik Malzemedeki Yapılmış Çubuklar   | 30                  |
| 2.2.1.1 Bileşik Eğik Eğilme Etkisindeki Çubuklar  | 31                  |
| 2.2.2 Betonarme Çubuklar  | 34                  |
| 2.2.2.1 Bileşik Eğik Eğilme Etkisindeki Betonarme Çubuklar  | 34                  |
| 2.3 Plastik Mafsallık Boyu ile İlgili Yaklaşımların İncelenmesi   | 36                  |
| 2.3.1 Plastik Mafsallık Hipotezi  | 36                  |
| 2.3.2 Plastik Mafsallık Boyu ile İlgili Literatürdeki Çalışmalar  | 39                  |
| <b>3. ÇOK DOĞRULTULU DEPREM YÜKLERİ ALTINDA BETONARME BİNALARIN ŞEKİLDEĞİŞTİRME ESASLI DOĞRUSAL OLMAYAN DEĞERLENDİRME ANALİZİ</b> | <b>47</b>           |
| 3.1 Varsayımlar   | 47                  |
| 3.2 İki Doğrultulu Deprem Yükleri altında Binaların Şekildeğiştirme Esaslı Doğrusal Olmayan Analizi                               | 49                  |

|   | <b>Sayfa</b> |
|---|--------------|
| 3.2.1 Kapasite Eğrilerinin Belirlenmesi   | 50           |
| 3.2.2 Tepe (Maksimum) Yerdeğiştirmesi Taleplerinin Belirlenmesi   | 50           |
| 3.3 Plastik Kesitlerdeki Şekildeğiştirme Taleplerinin Belirlenmesi  | 55           |
| 3.3.1 Plastik Kesitlerdeki Plastik Dönme Taleplerinin Belirlenmesi  | 56           |
| 3.3.2 Plastik Kesitlerdeki Birim Şekildeğiştirme Taleplerinin Belirlenmesi  | 57           |
| 3.4 İki Doğrultulu Deprem Yükleri Altında Binaların Şekildeğiştirme Esaslı Doğrusal Olmayan Analizi için Hesapta İzlenen Yol                  | 67           |
| 3.5 Sayısal Örnek 1 : Tek Katlı Tek Açıklıklı Uzay Çerçeve Binanın Şekildeğiştirme Esaslı Doğrusal Olmayan Analizi                            | 73           |
| <b>4. BETONARME BİNALAR ÜZERİNDE SAYISAL İNCELEMELER</b>  | <b>82</b>    |
| 4.1 Betonarme Binaların Özellikleri   | 82           |
| 4.2 Doğrusal Olmayan Statik Analizlerde Kullanılan Deprem Tehlike Seviyeleri  | 107          |
| 4.3 Gözönüne Alınan Deprem Doğrultuları   | 108          |
| 4.4 Binaların Şekildeğiştirme Esaslı Doğrusal Olmayan Analizleri  | 112          |
| 4.4.1 Binaların Kapasite Eğrilerinin Belirlenmesi   | 112          |
| 4.4.2 Binaların Tepe (Maksimum) Yerdeğiştirmesi Taleplerinin Belirlenmesi   | 118          |
| 4.4.3 Binaların Görelİ Kat Ötelemesi Taleplerinin Belirlenmesi  | 122          |
| 4.4.4 Binaların Plastik Kesit Dağılımlarının Belirlenmesi   | 131          |
| 4.4.5 Binaların Plastik Kesitlerindeki Şekildeğiştirme Taleplerinin Belirlenmesi  | 155          |
| 4.4.5.1 İncelenen Plastik Kesitlerin (Plastik Mafsalların) Yerleri  | 157          |
| 4.4.5.2 Kolon Plastik Kesitlerinde Plastik Dönme Taleplerinin Belirlenmesi  | 161          |
| 4.4.5.3 Kolon Plastik Kesitlerinde Plastik Mafsal Boylarının Belirlenmesi   | 181          |
| 4.4.5.4 Kolon Plastik Kesitlerinde Birim Boy Değişmesi Taleplerinin Belirlenmesi  | 200          |
| <b>5. KOLON PLASTİK KESİTLERİNDEKİ EN ELVERİŞSİZ BİRİM ŞEKİLDEĞİŞTİRME TALEPLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ VE KRİTİK DEPREM DOĞRULTUSU ÖNERİŐİ</b> | <b>213</b>   |
| 5.1 Kritik Deprem Doğrultularının ( $\beta_{cr}$ ) Belirlenmesi   | 214          |
| 5.2 Kritik Deprem Doğrultuları ve Asal Eksen Doğrultuları için Elde Edilen Birim Boy Değişmesi Taleplerinin Karşılaştırılması                 | 243          |
| 5.3 Kritik Deprem Doğrultularının Değerlendirilmesi ve Kritik Deprem Doğrultusu Önerisi   | 251          |
| 5.3.1 Kritik Deprem Doğrultularının Değerlendirilmesi   | 252          |
| 5.3.2 Kritik Deprem Doğrultusu Önerisi  | 263          |
| <b>6. KOLON PLASTİK KESİTLERİNDEKİ EN ELVERİŞSİZ BİRİM ŞEKİLDEĞİŞTİRME TALEPLERİNİN BELİRLENEBİLMESİ İÇİN YENİ BİR BÜYÜTME KURALI ÖNERİŐİ</b> | <b>266</b>   |
| 6.1 Kolon Plastik Kesitlerindeki En Elverişsiz Birim Boy Değişmesi Taleplerini Etkileyen Parametrelerin İncelenmesi                           | 269          |
| 6.1.1 Kolon Plastik Kesitinde Tarafsız Eksenin Kesitin x Asal Ekseni ile Yaptığı $\alpha$ Açısının İncelenmesi                                | 280          |

|   | <b><u>Sayfa</u></b> |
|---|---------------------|
| 6.1.2 Kolon Plastik Kesitlerindeki $\chi_T$ Toplam Eğrilik Taleplerinin İncelenmesi   | 287                 |
| 6.1.3 Kolon Plastik Kesitindeki N Normal Kuvvet Taleplerinin İncelenmesi  | 294                 |
| 6.2 Kolon Plastik Kesitlerindeki En Elverişsiz Birim Boy Değişmesi Taleplerinin Belirlenebilmesi için Bir Büyütme Kuralı Önerisi                  | 304                 |
| 6.2.1 Önerilen Büyütme Kuralı ile Kolon Plastik Kesitlerindeki En Elverişsiz Birim Boy Değişmesi Taleplerinin Belirlenmesinde Hesapta İzlenen Yol | 309                 |
| 6.2.2 Sayısal Örnek 2 : Tek Katlı Tek Açıklıklı Uzay Çerçeve Bina Üzerinde Önerilen Büyütme Kuralının Sayısal Uygulaması                          | 311                 |
| 6.3 Önerilen Büyütme Kuralı ile İncelenen Kolon Plastik Kesitlerindeki Birim Boy Değişmesi Taleplerinin Belirlenmesi                              | 314                 |
| 6.4 Önerilen Büyütme Kuralının Değerlendirilmesi  | 325                 |
| <b>7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER</b>  | <b>335</b>          |
| <b>EKLER:</b>   |                     |
| <b>EK-A</b> 1KC-1 ve 1KC-2 Betonarme Binaların $\beta = 0^\circ \sim 360^\circ$ Arasındaki Deprem Doğrultularında Elde Edilen Analiz Sonuçları    | 359                 |
| <b>EK-B</b> Binaların Kiriş Plastik Kesitlerindeki Plastik Dönme Taleplerinin Deprem Doğrultusu ile Değişimi                                      | 366                 |
| <b>KAYNAKLAR</b>  | <b>388</b>          |



## SEMBOL LİSTESİ

| <b>Sembol</b>    | <b>Adı</b>  | <b>Birimi</b>     |
|------------------|---|-------------------|
| $a$              | Zemin sınıflarına göre değişen bir katsayı  |                   |
| $b$              | Enkesit genişliği   | m                 |
| $A_s$            | Boyuna donatı alanı   | cm <sup>2</sup>   |
| $A_o$            | Etkin yer ivme katsayısı  |                   |
| $C$              | Beton sınıfı  |                   |
| $C_m$            | Etkin kütle çarpanını   |                   |
| $C_0$            | Eşdeğer tek serbestlik dereceli sistemin spektral yerdeğiştirmesini, çok serbestlik dereceli bir sistemin tepe yerdeğiştirmesi ile ilişkilendiren katsayı |                   |
| $C_1$            | <i>Doğrusal-elastic</i> davranış için hesaplanan yerdeğiştirmeler ile beklenen maksimum elastik olmayan yerdeğiştirmeleri ilişkilendiren katsayı          |                   |
| $C_2$            | Tekrarlı yükler altında histeretik davranışın yerdeğiştirme davranışı üzerindeki etkisini temsil eden katsayı   |                   |
| $d$              | Kesitin etkin yüksekliği  | cm                |
| $d_b$            | Boyuna donatının çapı   | mm                |
| $EI$             | Eğilme rijitliği  | kNm <sup>2</sup>  |
| $f_{ck}, f_{yk}$ | Beton ve beton çeliğinin karakteristik dayanımları  | N/mm <sup>2</sup> |
| $f_y$            | Boyuna donatının akma dayanımı  | N/mm <sup>2</sup> |
| $F_i$            | (i) nolu kattaki yatay kat kütle kuvveti  | kN                |
| $g_d$            | Duvar yükleri   | kN/m <sup>2</sup> |
| $G$              | Sabit yükler  | kN/m <sup>2</sup> |
| $G_o$            | Kesitin ağırlık merkezi   |                   |
| $h$              | Enkesit yüksekliği  | m                 |
| $h_i$            | Kat Yüksekliği  | m                 |
| $h_f$            | Döşeme kalınlığı  | m                 |
| $h'$             | Paspayı   | m                 |
| $H$              | Bina yüksekliği   | m                 |
| $I$              | Bina önem katsayısı   |                   |
| $K_e$            | Eşdeğer tek serbestlik dereceli sistemin ilgili deprem doğrultusundaki etkin yanal rijitliği  | kN/m              |
| $K_i$            | Binanın ilgili deprem doğrultusundaki elastik başlangıç yanal rijitliği   | kN/m              |
| [ $k$ ]          | Binanın ilgili deprem doğrultusundaki yatay öteleme rijitlik matrisi (dinamik rijitlik matrisi)   |                   |

| <b>Sembol</b>   | <b>Adı</b>  | <b>Birimi</b>           |
|---|---|-------------------------|
| $L$   | Eğilme momentinin sıfır olduğu kesit ile plastik kesit (plastik mafsalsal) arasındaki uzunluk                                     | m                       |
| $L_p$   | Plastik mafsalsal boyu  | m                       |
| $L_{px}, L_{py}$  | Kolonun $x$ ve $y$ eleman eksenlerindeki $L_p$ plastik mafsalsal boyları  | m                       |
| $(L_{px})_{cr}, (L_{py})_{cr}$  | Kritik deprem doğrultusundaki $L_{px}$ ve $L_{py}$ plastik mafsalsal boyları  | m                       |
| $L_x, L_y$  | Kolonun $x$ ve $y$ eleman eksenlerindeki $L$ boyları  | m                       |
| $m_i$   | (i) nolu katın kütlesi  | $\text{kNs}^2/\text{m}$ |
| $M_b$   | Burulma momenti   | kNm                     |
| $M_{d,x}$   | Kesitin aksel basınç kuvveti altında taşıyabileceği en büyük $M_x$ eğilme momenti   | kNm                     |
| $M_x, M_y$  | Kesitin $x$ ve $y$ eksenlerindeki eğilme momentleri   | kNm                     |
| $M_{L1,x}, M_{L1,y}$  | Betonun dış basınç lifinde veya çekme donatısında plastik şekil değiştirmelerin başlamasına karşı gelen eğilme momentleri         | kNm                     |
| $M_{L2,x}, M_{L2,y}$  | Betonun dış basınç lifinde veya çekme donatısında izin verilen en büyük birim boy değişmesine ulaşıldığı andaki eğilme momentleri | kNm                     |
| $M_{p,x}$   | Kesitin $x$ eksenindeki eğilme momenti taşıma kapasitesi  | kNm                     |
| $M_x^{üst}, M_y^{üst}, M_x^{alt}, M_y^{alt}$  | Kolonun üst ve alt kesitlerindeki $M_x$ ve $M_y$ eğilme momentleri  | kNm                     |
| $[m]$   | Kütle matrisi   |                         |
| $N$   | Normal kuvvet   | kN                      |
| $N_{ob}$  | Sadece aksel basınç kuvveti etkisinde kolon kesitinin taşıma kapasitesi   | kN                      |
| $N_{oç}$  | Sadece aksel çekme kuvveti etkisinde kolon kesitinin taşıma kapasitesi  | kN                      |
| $N_d$   | Düşey yükler altında ilgili kolonda oluşan normal kuvvet  | kN                      |
| $N_{d,x}$   | $M_{d,x}$ eğilme momentine karşı gelen aksel basınç kuvveti   | kN                      |
| $N_0$   | Başlangıç normal kuvvet değeri  | kN                      |
| $(N)_{asal}^{maks}$   | Binanın asal eksen doğrultularında elde edilen en elverişsiz normal kuvvet talebi   | kN                      |
| $(N)_{asal}^{0^\circ}, (N)_{asal}^{90^\circ}, (N)_{asal}^{180^\circ}, (N)_{asal}^{270^\circ}$ | Binanın asal eksen doğrultularında elde edilen normal kuvvet talepleri  | kN                      |
| $(N)_b^1, (N)_b^2, (N)_b^3, (N)_b^4$  | Önerilen büyütme kuralı ile elde edilen birleştirilmiş normal kuvvet değerleri  | kN                      |
| $(N)_b^{\mathcal{E}_c maks}$  | Önerilen büyütme kuralı ile en elverişsiz $\mathcal{E}_c maks$ talebinin hesabındaki birleştirilmiş normal kuvvet değeri          | kN                      |
| $(N)_b^{\mathcal{E}_s maks}$  | Önerilen büyütme kuralı ile en elverişsiz $\mathcal{E}_s maks$ talebinin hesabındaki birleştirilmiş normal kuvvet değeri          | kN                      |
| $(N)_{cr}$  | En elverişsiz $\mathcal{E}_c maks$ ve $\mathcal{E}_s maks$ taleplerini oluşturan $N$ normal kuvvet talebi                         | kN                      |
| $Q$   | Hareketli yükler  | $\text{kN}/\text{m}^2$  |

| Sembol                                      | Adı   | Birimi |
|---|---|--------|
| $R$   | Taşıyıcı sistem davranış katsayısı  |        |
| $R_0$                                       | Eşdeğer tek serbestlik dereceli sisteme ait yanal dayanım oranı   |        |
| $S$   | Beton çeliği (donatı) sınıfı  |        |
| $S_a$                                       | Spektral ivme   | g      |
| $t$   | Kesite etkiyen düzgün sıcaklık değişmesi  | °C     |
| $T_e$                                       | Eşdeğer tek serbestlik dereceli sisteme ait etkin periyot   | s      |
| $T_A, T_B$                                  | Spektrum karakteristik periyotları  | s      |
| $T_{1b, x}; T_{1b, y};$<br>$T_{1b, \theta}$ | Binanın asal eksen doğrultularındaki brüt enkesit rijitlikli birinci doğal titreşim periyotları ile burulma titreşim periyodu             | s      |
| $T_{1,e}$                                   | Binanın ilgili deprem doğrultusundaki etkin (çatlamış) enkesit rijitlikli birinci doğal titreşim periyodu                                 | s      |
| $T_{1e, x}; T_{1e, y};$<br>$T_{1e, \theta}$ | Binanın asal eksen doğrultularındaki etkin (çatlamış) enkesit rijitlikli birinci doğal titreşim periyotları ile burulma titreşim periyodu | s      |
| $T_x, T_y$                                  | Kesitin x ve y eksenlerindeki kesme kuvvetleri  | kN     |
| $u, v$                                      | Kesitin çubuk eksenini ve ona dik doğrultudaki yerdeğiştirmeleri  | m      |
| $V_T$                                       | Toplam taban kesme kuvveti  | kN     |
| $V_y$                                       | Eşdeğer tek serbestlik dereceli sisteme ait akma dayanımı   | kN     |
| $W$   | Binanın etkin ağırlığı  | kN     |
| $W_i$                                       | Kat ağırlığı  | kN     |
| $y_o$                                       | Tarafsız eksenin kesitin $G$ ağırlık merkezinden olan uzaklığı  | m      |
| $Z$   | Yerel zemin sınıfı  |        |
| $\alpha$                                    | Tarafsız eksenin kesitin x eksenini ile yaptığı açı   | °      |
| $\alpha_{cr}$                               | En elverişsiz $\epsilon_{c maks}$ ve $\epsilon_{s maks}$ taleplerini oluşturan kritik $\alpha$ açısı                                      | °      |
| $\alpha_t$                                  | Sıcaklık genleşme katsayısı   |        |
| $\beta$                                     | Deprem yüklerinin binanın +X asal eksenini ile saat akrebi yönünde yaptığı açı  | °      |
| $\beta_{cr}$                                | Kritik deprem doğrultusu  | °      |
| $\vec{d}(\chi_x, \chi_y, \epsilon)$         | Bilesik eğik eğilme durumuna ait plastik şekildeğiştirme vektörü  |        |
| $\delta_a$                                  | Akma yerdeğiştirmesi  | m      |
| $\delta_i$ ve $\delta_{i-1}$                | Ardışık iki katın yerdeğiştirmeleri   | m      |
| $\delta_{maks}, \delta_{tepe}$              | Binanın ilgili deprem doğrultusundaki tepe yerdeğiştirmesi (hedef yerdeğiştirme) talebi   | m      |
| $(\delta_{tepe})_{cr}$                      | Kritik deprem doğrultusundaki tepe yerdeğiştirmesi talebi   | m      |
| $\delta_p$                                  | Plastik yerdeğiştirme   | m      |
| $\delta_y$                                  | Eşdeğer tek serbestlik dereceli sisteme ait akma yerdeğiştirmesi  | m      |
| $\{\phi_l\}$                                | Birinci doğal titreşim moduna ait mod şekli   |        |
| $\chi$                                      | Birim dönme (eğrilik)   | 1/m    |
| $\chi_a$                                    | Plastik şekildeğiştirmelerin başladığı akma eğriliği  | 1/m    |

| Sembol   | Adı  | Birimi            |
|--|--|-------------------|
| $\chi_{L1,x}, \chi_{L1,y}$                                 | Plastik şekildeğiştirmelerin başladığı $M_{L1,x}, M_{L1,y}$ momentlerine karşı gelen eğrilikler                            | 1/m               |
| $\chi_{L2,x}, \chi_{L2,y}$                                 | Kesitin taşıma gücünün sona erdiği $M_{L2,x}, M_{L2,y}$ momentlerine karşı gelen eğrilikler                                | 1/m               |
| $\chi_p$   | Plastik eğrilik  | 1/m               |
| $\chi_{px}, \chi_{py}$                                     | $M_x$ ve $M_y$ eğilme momentleri doğrultusunda elde edilen plastik eğrilik talepleri                                       | 1/m               |
| $\chi_{p,maks}$  | Plastik eğrilik kapasitesi   | 1/m               |
| $\chi_T$   | Toplam eğrilik talebi  | 1/m               |
| $(\chi_T)_{asal}^{ort.}$                                   | X ve Y asal eksen doğrultularında elde edilen toplam eğrilik taleplerinin ortalama değeri                                  | 1/m               |
| $(\chi_T)_{asal}^{maks}$                                   | Binanın asal eksen doğrultularında elde edilen en elverişsiz toplam eğrilik talebi   | 1/m               |
| $(\chi_T)_{asal}^{0^\circ}, (\chi_T)_{asal}^{90^\circ}$    | +X, +Y, -X ve -Y asal eksen doğrultularında elde edilen toplam eğrilik talepleri   | 1/m               |
| $(\chi_T)_{asal}^{180^\circ}, (\chi_T)_{asal}^{270^\circ}$ |  |                   |
| $(\chi_T)_b$   | Önerilen büyütme kuralı ile elde edilen toplam eğrilik değeri  | 1/m               |
| $(\chi_T)_{cr}$  | En elverişsiz $\varepsilon_{c,maks}$ ve $\varepsilon_{s,maks}$ taleplerini oluşturan kritik $\chi_T$ toplam eğrilik talebi | 1/m               |
| $\chi_x, \chi_y$   | $\chi$ birim dönmesinin x ve y eksenleri üzerindeki izdüşümleri  | 1/m               |
| $\Phi_{i1}$  | Birinci doğal titreşim moduna ait i nolu kattaki özvektör  |                   |
| $\gamma$   | Birim kayma  | 1/m               |
| $\gamma_x, \gamma_y$                                       | $T_x$ ve $T_y$ kesme kuvvetleri doğrultusunda oluşan birim kaymalar  | 1/m               |
| $\lambda_1$  | Düşey yükler altında kolonun normal kuvvet düzeyine ( $N_d / N_{ob}$ ) bağlı olarak belirlenen bir katsayı                 |                   |
| $\lambda_2$  | Kolonun enkesit genişlik / yükseklik oranına ( $b / h$ ) bağlı olarak belirlenen bir katsayı                               |                   |
| $\theta_a$   | Elastik akma dönmesi   | rad.              |
| $\theta_{ax}, \theta_{ay}$                                 | Kesitin x ve y eksenindeki elastik akma dönmeleri  | rad.              |
| $\theta_p$   | Plastik dönme talebi   | rad.              |
| $\theta_{px}, \theta_{py}$                                 | $M_x, M_y$ eğilme momentleri doğrultusundaki plastik dönme talepleri   | rad.              |
| $(\theta_{px})_{asal}, (\theta_{py})_{asal}$               | Asal eksen doğrultusundaki $\theta_{px}$ ve $\theta_{py}$ plastik dönme talepleri  | rad.              |
| $(\theta_{px})_{cr}, (\theta_{py})_{cr}$                   | Kritik deprem doğrultusundaki $\theta_{px}$ ve $\theta_{py}$ plastik dönme talepleri                                       | rad.              |
| $\theta_T$   | Toplam dönme talebi  | rad.              |
| $\theta_{Tx}, \theta_{Ty}$                                 | $M_x$ ve $M_y$ eğilme momentleri doğrultusundaki toplam dönme talepleri  | rad.              |
| $\sigma_e$   | Akma gerilmesi   | N/mm <sup>2</sup> |
| $\tau$   | Kayma gerilmesi  | N/mm <sup>2</sup> |
| $\omega$   | Birim burulma açısı  | 1/m               |
| $\omega_1$   | Birinci doğal açısal frekansı  | rad./s            |
| $\xi$  | Sönüm oranı  |                   |
| $\varepsilon$  | Birim boy değişmesi  |                   |

| <b>Sembol</b>                      | <b>Adı</b>  | <b>Birimi</b> |
|------------------------------------|---|---------------|
| $\varepsilon_c$                    | Beton basınç lifindeki birim boy değişmesi  |               |
| $\varepsilon_{c maks.}$            | Kesitin en dış beton basınç lifindeki birim boy değişmesi                                       |               |
| $\varepsilon_{c maks.}^{norm.}$    | Normalleştirilmiş $\varepsilon_{c maks.}$ birim boy değişmesi                                   |               |
| $(\varepsilon_{c maks.})_b$        | Önerilen büyütme kuralı ile hesaplanan $\varepsilon_{c maks.}$ birim boy değişmesi              |               |
| $(\varepsilon_{c maks.})_{cr}$     | Kritik deprem doğrultusunda elde edilen $\varepsilon_{c maks.}$ birim boy değişmesi             |               |
| $(\varepsilon_{c maks.})_{diyag.}$ | Plan köşegeni (diyagonal) doğrultusunda elde edilen $\varepsilon_{c maks.}$ birim boy değişmesi |               |
| $\varepsilon_{co}$                 | Betonda plastik şekildeğiştirmelerin başladığı birim boy değişmesi                              |               |
| $\varepsilon_{cu}$                 | Betonda izin verilen en büyük birim boy değişmesi   |               |
| $\varepsilon_e$                    | Donatıda plastik şekildeğiştirmelerin başladığı birim boy değişmesi                             |               |
| $\varepsilon_s$                    | Donatıdaki birim boy değişmesi  |               |
| $\varepsilon_{s maks.}$            | Tarafsız eksene en uzak donatıdaki birim boy değişmesi  |               |
| $\varepsilon_{s maks.}^{norm.}$    | Normalleştirilmiş $\varepsilon_{s maks.}$ birim boy değişmesi                                   |               |
| $(\varepsilon_{s maks.})_b$        | Önerilen büyütme kuralı ile hesaplanan $\varepsilon_{s maks.}$ birim boy değişmesi              |               |
| $(\varepsilon_{s maks.})_{cr}$     | Kritik deprem doğrultusunda elde edilen $\varepsilon_{s maks.}$ birim boy değişmesi             |               |
| $(\varepsilon_{s maks.})_{diyag.}$ | Plan köşegeni (diyagonal) doğrultusunda elde edilen $\varepsilon_{s maks.}$ birim boy değişmesi |               |
| $\varepsilon_{su}$                 | Donatıda izin verilen en büyük birim boy değişmesi  |               |
| $\Delta_{tepe}$                    | Binanın ilgili deprem doğrultusundaki tepe ötelemesi  |               |
| $(\Delta_{tepe})_{maks.}$          | Binanın ilgili deprem doğrultusundaki maksimum tepe ötelemesi talebi                            |               |
| $\Delta_i$                         | Görelî kat ötelemesi talebi   |               |
| $(\Delta_i)_{cr}$                  | Kritik deprem doğrultusundaki görelî kat ötelemesi talebi                                       |               |
| $\Delta_p$                         | Plastik boy değişmesi   | m             |
| $\Delta t$                         | Kesite etkiyen farklı sıcaklık değişmesi  | °C            |
| $\Gamma_1$                         | Birinci modal katılım çarpanı   |               |

## ŞEKİL LİSTESİ

| <b>Şekil No</b> | <b>Adı</b>   | <b>Sayfa</b> |
|-----------------|--|--------------|
| Şekil 2.1       | Düzlem çubuk elemanlarda iç kuvvetler ve şekildeğiştirmeler  | 28           |
| Şekil 2.2       | Bileşik eğik eğilme etkisindeki enkesitin şekildeğiştirmesi [50]   | 32           |
| Şekil 2.3       | Bileşik eğik eğilme etkisindeki enkesitte akma durumuna ait gerilme yayılımı [50]  | 32           |
| Şekil 2.4       | İdeal elastoplastik davranış gösteren çelik malzemeden yapılmış dikdörtgen kutu kesitlerde idealleştirilmiş akma yüzeyi [51]                         | 33           |
| Şekil 2.5       | Bileşik eğik eğilme etkisindeki betonarme kesitin şekildeğiştirmesi [50]   | 35           |
| Şekil 2.6       | Bileşik eğik eğilme etkisindeki betonarme kesitlerde gerçek karşılıklı etki yüzeyinin perspektif görünüşleri [35]                                    | 35           |
| Şekil 2.7       | Bileşik eğik eğilme etkisindeki betonarme kesitlerde idealleştirilmiş karşılıklı etki yüzeyinin perspektif görünüşleri [35]                          | 36           |
| Şekil 2.8       | İdeal elastoplastik malzeme için eğilme momenti – eğrilik ( $M-\chi$ ) diyagramı [50]  | 37           |
| Şekil 2.9       | Doğrusal olmayan şekildeğiştirmeler [50]   | 38           |
| Şekil 2.10      | İdealleştirilmiş eğilme momenti – eğrilik ( $M-\chi$ ) bağıntısı [50]  | 39           |
| Şekil 2.11      | Tipik bir köprü kolonu için elastik ve plastik şekildeğiştirmeler [52]   | 40           |
| Şekil 3.1       | Beton ve donatı için gerilme–şekildeğiştirme bağıntıları   | 48           |
| Şekil 3.2       | Farklı deprem doğrultuları için elde edilen tipik kapasite eğrileri  | 50           |
| Şekil 3.3       | YKY ile tepe yerdeğiştirmesi talebinin belirlenmesi  | 54           |
| Şekil 3.4       | Kolon plastik kesitinde plastik dönme taleplerinin belirlenmesi  | 57           |
| Şekil 3.5       | Konsol ve çerçeve sistemlerde kolon plastik mafsal boyunun hesabı için $L$ boyu  | 60           |
| Şekil 3.6       | Kolonlardaki $L_x$ , $L_y$ boyu ve sabit bir $N$ için akma yüzeyinin $M_x$ – $M_y$ düzlemi üzerindeki iç kuvvet durumu                               | 60           |
| Şekil 3.7       | Bileşik eğik eğilme etkisindeki betonarme bir kesit için akma vektörü ve bileşenleri   | 62           |
| Şekil 3.8       | Bileşik eğik eğilme etkisindeki betonarme bir kesitte $\chi_{px}$ , $\chi_{py}$ ve $\chi_p$ plastik eğrilik talepleri için şekildeğiştirme durumları | 62           |
| Şekil 3.9       | Bileşik eğik eğilme etkisindeki betonarme bir kesitin akma eğriliği için şekildeğiştirme durumu  | 63           |
| Şekil 3.10      | Bileşik eğik eğilme etkisindeki betonarme bir kesitin $\chi_T$ toplam eğrilik talebi için şekildeğiştirme durumu                                     | 64           |
| Şekil 3.11      | I-BEKE-2A bilgisayar programının akış diyagramı  | 65           |

| <b>Şekil No</b> | <b>Adı</b>  | <b>Sayfa</b> |
|-----------------|---|--------------|
| Şekil 3.12      | Binanın planı ve üç boyutlu taşıyıcı sistem modeli ile kritik kesitler  | 67           |
| Şekil 3.13      | Deprem yüklerinin binaya ara $\beta$ doğrultusundan etkimesi hali için kapasite eğrisi ve oluşan plastik kesitler                         | 67           |
| Şekil 3.14      | (i) nolu yük artımı için ilgili kolona ait iç kuvvet durumu   | 71           |
| Şekil 3.15      | Bileşik eğik eğilme etkisindeki betonarme kolon kesitinin şekildeğiştirme ve gerilme durumu   | 72           |
| Şekil 3.16      | 1KC binanın planı ve üç boyutlu taşıyıcı sistem modeli  | 74           |
| Şekil 3.17      | 1KC binanın planı ve üç boyutlu taşıyıcı sistem modeli ile birim boy değişmesi taleplerinin inceleneceği H13 kolon plastik kesitinin yeri | 75           |
| Şekil 3.18      | 1KC binanın $\beta=45^\circ$ 'lik deprem doğrultusu için artımsal itme analizinden elde edilen kapasite eğrisi                            | 76           |
| Şekil 3.19      | 1KC binanın YKY ile tepe yerdeğiştirmesi talebinin belirlenmesi   | 77           |
| Şekil 3.20      | $\beta=45^\circ$ için H13 kolon plastik kesitine ait şekildeğiştirme durumu   | 79           |
| Şekil 3.21      | $\beta=45^\circ$ için H13 kolon plastik kesitinde plastik şekildeğiştirmelerin başladığı akma durumunun belirlenmesi                      | 80           |
| Şekil 3.22      | H13 kolon plastik kesiti için birim boy değişmesi taleplerine ait şekildeğiştirme durumu ( $\beta=45^\circ$ için)                         | 81           |
| Şekil 4.1       | 1KC-[1-4] binaların planları ve üç boyutlu taşıyıcı sistemleri  | 85           |
| Şekil 4.2       | 3KC-[1-4] binaların planları ve üç boyutlu taşıyıcı sistemleri  | 86           |
| Şekil 4.3       | 3KC-[5,6] binaların planları ve üç boyutlu taşıyıcı sistemi   | 87           |
| Şekil 4.4       | 3KC-[7,8] binaların planları ve üç boyutlu taşıyıcı sistemi   | 88           |
| Şekil 4.5       | 3KC-[9,10] binaların planları ve üç boyutlu taşıyıcı sistemi  | 89           |
| Şekil 4.6       | 3KC-11 binanın planı ve üç boyutlu taşıyıcı sistemi   | 90           |
| Şekil 4.7       | 5KC binanın planı ve üç boyutlu taşıyıcı sistemi  | 91           |
| Şekil 4.8       | 8KC binanın planı ve üç boyutlu taşıyıcı sistemi  | 92           |
| Şekil 4.9       | Ölçeklendirilmiş ivme spektrumları  | 107          |
| Şekil 4.10      | 1KC-[1-4] ve 3KC-[1-10] binalarda $\beta$ deprem doğrultuları   | 110          |
| Şekil 4.11      | 3KC-11, 5KC ve 8KC binalarda $\beta$ deprem doğrultuları  | 111          |
| Şekil 4.12      | 1KC-[1-4] binaların kapasite eğrilerinin $\beta$ deprem doğrultusu ile değişimi   | 114          |
| Şekil 4.13      | 3KC-[1-4] binaların kapasite eğrilerinin $\beta$ deprem doğrultusu ile değişimi   | 114          |
| Şekil 4.14      | 3KC-[5-11] binaların kapasite eğrilerinin $\beta$ deprem doğrultusu ile değişimi  | 115          |
| Şekil 4.15      | 5KC ve 8KC binaların kapasite eğrilerinin $\beta$ deprem doğrultusu ile değişimi  | 116          |
| Şekil 4.16      | İncelenen betonarme binaların en büyük yatay yük taşıma kapasitesi değerleri için $\beta_{cr}$ kritik deprem doğrultuları                 | 117          |

| <b>Sekil No</b> | <b>Adı</b>   | <b>Sayfa</b> |
|-----------------|--|--------------|
| Şekil 4.17      | İncelenen binaların tepe (maksimum) yerdeğiştirmesi taleplerinin $\beta$ deprem doğrultusu ile değişimi  | 119          |
| Şekil 4.18      | İncelenen betonarme binaların en elverişsiz ve ona çok yakın değerlerdeki tepe yerdeğiştirmesi talepleri $[(0.95\sim 1.00)(\delta_{tepe})_{cr}]$ için $\beta_{cr}$ kritik deprem doğrultuları                    | 120          |
| Şekil 4.19      | İncelenen binaların $T_{1,e}$ birinci doğal titreşim periyotlarının $\beta$ deprem doğrultusu ile değişimi   | 122          |
| Şekil 4.20      | 1KC–[1-4] binaların görelı kat ötelemesi taleplerinin $\beta$ deprem doğrultusu ile değişimi   | 124          |
| Şekil 4.21      | 3KC–[1-8] binaların görelı kat ötelemesi taleplerinin $\beta$ deprem doğrultusu ile değişimi   | 125          |
| Şekil 4.22      | 3KC–[9-11] binaların görelı kat ötelemesi taleplerinin $\beta$ deprem doğrultusu ile değişimi  | 126          |
| Şekil 4.23      | 5KC binanın görelı kat ötelemesi taleplerinin $\beta$ deprem doğrultusu ile değişimi   | 126          |
| Şekil 4.24      | 8KC binanın görelı kat ötelemesi taleplerinin $\beta$ deprem doğrultusu ile değişimi   | 127          |
| Şekil 4.25      | 3KC–[1-4] binalarda görelı kat ötelemesi taleplerinin katlara göre değişimi  | 127          |
| Şekil 4.26      | 3KC–[5-11] binalarda görelı kat ötelemesi taleplerinin katlara göre değişimi   | 128          |
| Şekil 4.27      | 5KC ve 8KC binalarda görelı kat ötelemesi taleplerinin katlara göre değişimi   | 129          |
| Şekil 4.28      | İncelenen betonarme binaların üst ve alt katlarındaki en elverişsiz ve ona çok yakın değerlerdeki görelı kat ötelemesi talepleri $[(0.95\sim 1.00)(\Delta_i)_{cr}]$ için $\beta_{cr}$ kritik deprem doğrultuları | 130          |
| Şekil 4.29      | 1KC–1 bina için ilgili $\beta$ lara ait performans noktalarındaki plastik kesit dağılımları  | 132          |
| Şekil 4.30      | 1KC–2 bina için ilgili $\beta$ lara ait performans noktalarındaki plastik kesit dağılımları  | 133          |
| Şekil 4.31      | 1KC–3 bina için ilgili $\beta$ lara ait performans noktalarındaki plastik kesit dağılımları  | 133          |
| Şekil 4.32      | 1KC–4 bina için ilgili $\beta$ lara ait performans noktalarındaki plastik kesit dağılımları  | 134          |
| Şekil 4.33      | 3KC–1 bina için ilgili $\beta$ lara ait performans noktalarındaki plastik kesit dağılımları  | 134          |
| Şekil 4.34      | 3KC–2 bina için ilgili $\beta$ lara ait performans noktalarındaki plastik kesit dağılımları  | 135          |
| Şekil 4.35      | 3KC–3 bina için ilgili $\beta$ lara ait performans noktalarındaki plastik kesit dağılımları  | 135          |
| Şekil 4.36      | 3KC–4 bina için ilgili $\beta$ lara ait performans noktalarındaki plastik kesit dağılımları  | 136          |
| Şekil 4.37      | 3KC–5 bina için ilgili $\beta$ lara ait performans noktalarındaki plastik kesit dağılımları  | 137          |



| <b>Şekil No</b> | <b>Adı</b>  | <b>Sayfa</b> |
|-----------------|---|--------------|
| Şekil 4.38      | 3KC-6 bina için ilgili $\beta$ lara ait performans noktalarındaki plastik kesit dağılımları   | 138          |
| Şekil 4.39      | 3KC-7 bina için ilgili $\beta$ lara ait performans noktalarındaki plastik kesit dağılımları   | 139          |
| Şekil 4.40      | 3KC-8 bina için ilgili $\beta$ lara ait performans noktalarındaki plastik kesit dağılımları   | 140          |
| Şekil 4.41      | 3KC-9 bina için ilgili $\beta$ lara ait performans noktalarındaki plastik kesit dağılımları   | 141          |
| Şekil 4.42      | 3KC-10 bina için ilgili $\beta$ lara ait performans noktalarındaki plastik kesit dağılımları  | 142          |
| Şekil 4.43      | 3KC-11 bina için ilgili $\beta$ lara ait performans noktalarındaki plastik kesit dağılımları  | 143          |
| Şekil 4.44      | 5KC bina için ilgili $\beta$ lara ait performans noktalarındaki plastik kesit dağılımları   | 145          |
| Şekil 4.45      | 8KC bina için ilgili $\beta$ lara ait performans noktalarındaki plastik kesit dağılımları   | 150          |
| Şekil 4.46      | İncelenen betonarme binaların performans noktalarındaki en elverişsiz plastik kesit dağılımları için $\beta_{cr}$ kritik deprem doğrultuları  | 154          |
| Şekil 4.47      | 1KC-[1-4] ve 3KC-[1-8] binaların en alt kat kolonlarının alt uçlarındaki plastik kesit numaraları   | 158          |
| Şekil 4.48      | 3KC-[9-11] ve 5KC binaların en alt kat kolonlarının alt uçlarındaki plastik kesit numaraları  | 159          |
| Şekil 4.49      | 8KC binanın en alt kat kolonlarının alt uçlarındaki plastik kesit numaraları  | 160          |
| Şekil 4.50      | 1KC-[1-4] binalar için $\theta_{px}$ ve $\theta_{py}$ plastik dönme taleplerinin $\beta$ deprem doğrultusu ile değişimi   | 163          |
| Şekil 4.51      | 3KC-[1-4] binalar için $\theta_{px}$ ve $\theta_{py}$ plastik dönme taleplerinin $\beta$ deprem doğrultusu ile değişimi   | 165          |
| Şekil 4.52      | 3KC-[5-8] binalar için $\theta_{px}$ ve $\theta_{py}$ plastik dönme taleplerinin $\beta$ deprem doğrultusu ile değişimi   | 167          |
| Şekil 4.53      | 3KC-[9-11] binalar için $\theta_{px}$ ve $\theta_{py}$ plastik dönme taleplerinin $\beta$ deprem doğrultusu ile değişimi  | 169          |
| Şekil 4.54      | 5KC bina için $\theta_{px}$ ve $\theta_{py}$ plastik dönme taleplerinin $\beta$ deprem doğrultusu ile değişimi  | 171          |
| Şekil 4.55      | 8KC bina için $\theta_{px}$ ve $\theta_{py}$ plastik dönme taleplerinin $\beta$ deprem doğrultusu ile değişimi  | 172          |
| Şekil 4.56      | İncelenen betonarme binaların en alt kat kolon plastik kesitlerinde en elverişsiz ve ona çok yakın değerlerdeki plastik dönme talepleri $[(0.95\sim 1.00)(\theta_{px})_{cr}$ ve $(0.95\sim 1.00)(\theta_{py})_{cr}]$ için $\beta_{cr}$ kritik deprem doğrultuları | 173          |
| Şekil 4.57      | 1KC-[1-4] binalar için $L_{px}$ ve $L_{py}$ plastik mafsal boylarının $\beta$ deprem doğrultusu ile değişimi  | 183          |

| <b>Sekil No</b> | <b>Adı</b>   | <b>Sayfa</b> |
|-----------------|--|--------------|
| Şekil 4.58      | 3KC-[1-4] binalar için $L_{px}$ ve $L_{py}$ plastik mafsal boylarının $\beta$ deprem doğrultusu ile değişimi   | 185          |
| Şekil 4.59      | 3KC-[5-8] binalar için $L_{px}$ ve $L_{py}$ plastik mafsal boylarının $\beta$ deprem doğrultusu ile değişimi   | 187          |
| Şekil 4.60      | 3KC-[9-11] binalar için $L_{px}$ ve $L_{py}$ plastik mafsal boylarının $\beta$ deprem doğrultusu ile değişimi  | 189          |
| Şekil 4.61      | 5KC bina için $L_{px}$ ve $L_{py}$ plastik mafsal boylarının $\beta$ deprem doğrultusu ile değişimi  | 191          |
| Şekil 4.62      | 8KC bina için $L_{px}$ ve $L_{py}$ plastik mafsal boylarının $\beta$ deprem doğrultusu ile değişimi  | 192          |
| Şekil 4.63      | Performans noktasına kadar itilmiş betonarme binaların en alt kat kolonlarının alt uçlarındaki plastik kesitlerde en elverişsiz ve ona çok yakın değerlerdeki plastik mafsal boyları $[(0.95\sim 1.00)(L_{px})_{cr}$ ve $(0.95\sim 1.00)(L_{py})_{cr}]$ için $\beta_{cr}$ kritik deprem doğrultuları | 193          |
| Şekil 4.64      | 1KC-[1-4] binalar için $\mathcal{E}_c maks.$ ve $\mathcal{E}_s maks.$ birim boy değişmesi taleplerinin $\beta$ deprem doğrultusu ile değişimi  | 203          |
| Şekil 4.65      | 3KC-[1-4] binalar için $\mathcal{E}_c maks.$ ve $\mathcal{E}_s maks.$ birim boy değişmesi taleplerinin $\beta$ deprem doğrultusu ile değişimi  | 205          |
| Şekil 4.66      | 3KC-[5-8] binalar için $\mathcal{E}_c maks.$ ve $\mathcal{E}_s maks.$ birim boy değişmesi taleplerinin $\beta$ deprem doğrultusu ile değişimi  | 207          |
| Şekil 4.67      | 3KC-[9-11] binalar için $\mathcal{E}_c maks.$ ve $\mathcal{E}_s maks.$ birim boy değişmesi taleplerinin $\beta$ deprem doğrultusu ile değişimi   | 209          |
| Şekil 4.68      | 5KC bina için $\mathcal{E}_c maks.$ ve $\mathcal{E}_s maks.$ birim boy değişmesi taleplerinin $\beta$ deprem doğrultusu ile değişimi   | 211          |
| Şekil 4.69      | 8KC bina için $\mathcal{E}_c maks.$ ve $\mathcal{E}_s maks.$ birim boy değişmesi taleplerinin $\beta$ deprem doğrultusu ile değişimi   | 212          |
| Şekil 5.1       | 1KC-1 bina için normalleştirilmiş birim boy değişmesi talepleri ile kritik deprem doğrultuları   | 216          |
| Şekil 5.2       | 1KC-2 bina için normalleştirilmiş birim boy değişmesi talepleri ile kritik deprem doğrultuları   | 217          |
| Şekil 5.3       | 1KC-3 bina için normalleştirilmiş birim boy değişmesi talepleri ile kritik deprem doğrultuları   | 218          |
| Şekil 5.4       | 1KC-4 bina için normalleştirilmiş birim boy değişmesi talepleri ile kritik deprem doğrultuları   | 219          |
| Şekil 5.5       | 1KC-[1-4] binalar için normalleştirilmiş birim boy değişmesi talepleri ile kritik deprem doğrultuları  | 220          |
| Şekil 5.6       | 3KC-1 bina için normalleştirilmiş birim boy değişmesi talepleri ile kritik deprem doğrultuları   | 221          |
| Şekil 5.7       | 3KC-2 bina için normalleştirilmiş birim boy değişmesi talepleri ile kritik deprem doğrultuları   | 222          |

| <b>Şekil No</b> | <b>Adı</b>  | <b>Sayfa</b> |
|-----------------|---|--------------|
| Şekil 5.8       | 3KC-3 bina için normalleştirilmiş birim boy değişmesi talepleri ile kritik deprem doğrultuları  | 223          |
| Şekil 5.9       | 3KC-4 bina için normalleştirilmiş birim boy değişmesi talepleri ile kritik deprem doğrultuları  | 224          |
| Şekil 5.10      | 3KC-5 bina için normalleştirilmiş birim boy değişmesi talepleri ile kritik deprem doğrultuları  | 225          |
| Şekil 5.11      | 3KC-6 bina için normalleştirilmiş birim boy değişmesi talepleri ile kritik deprem doğrultuları  | 226          |
| Şekil 5.12      | 3KC-7 bina için normalleştirilmiş birim boy değişmesi talepleri ile kritik deprem doğrultuları  | 227          |
| Şekil 5.13      | 3KC-8 bina için normalleştirilmiş birim boy değişmesi talepleri ile kritik deprem doğrultuları  | 228          |
| Şekil 5.14      | 3KC-[1-8] binalar için normalleştirilmiş birim boy değişmesi talepleri ile kritik deprem doğrultuları   | 229          |
| Şekil 5.15      | 3KC-9 bina için normalleştirilmiş birim boy değişmesi talepleri ile kritik deprem doğrultuları  | 230          |
| Şekil 5.16      | 3KC-10 bina için normalleştirilmiş birim boy değişmesi talepleri ile kritik deprem doğrultuları   | 231          |
| Şekil 5.17      | 3KC-[9-10] binalar için normalleştirilmiş birim boy değişmesi talepleri ile kritik deprem doğrultuları  | 232          |
| Şekil 5.18      | 3KC-11 bina için normalleştirilmiş birim boy değişmesi talepleri ile kritik deprem doğrultuları   | 233          |
| Şekil 5.19      | 5KC bina için normalleştirilmiş birim boy değişmesi talepleri ile kritik deprem doğrultuları  | 234          |
| Şekil 5.20      | 8KC bina için normalleştirilmiş birim boy değişmesi talepleri ile kritik deprem doğrultuları  | 235          |
| Şekil 5.21      | 1KC-[1-4] binaların en alt kat kolonlarının alt uçlarındaki plastik kesitlerde $0.95 \leq (\varepsilon_{c \text{ maks.}}^{\text{norm.}} \text{ ve } \varepsilon_{s \text{ maks.}}^{\text{norm.}}) \leq 1.00$ için $\beta_{cr}$ kritik deprem doğrultuları                       | 236          |
| Şekil 5.22      | 3KC-[1-4] binaların en alt kat kolonlarının alt uçlarındaki plastik kesitlerde $0.95 \leq (\varepsilon_{c \text{ maks.}}^{\text{norm.}} \text{ ve } \varepsilon_{s \text{ maks.}}^{\text{norm.}}) \leq 1.00$ için $\beta_{cr}$ kritik deprem doğrultuları                       | 237          |
| Şekil 5.23      | 3KC-[5,6] ve 3KC-[7,8] binaların en alt kat kolonlarının alt uçlarındaki plastik kesitlerde $0.95 \leq (\varepsilon_{c \text{ maks.}}^{\text{norm.}} \text{ ve } \varepsilon_{s \text{ maks.}}^{\text{norm.}}) \leq 1.00$ için $\beta_{cr}$ kritik deprem doğrultuları          | 238          |
| Şekil 5.24      | 3KC-[5,6], 3KC-[9,10] ve 3KC-11 binaların en alt kat kolonlarının alt uçlarındaki plastik kesitlerde $0.95 \leq (\varepsilon_{c \text{ maks.}}^{\text{norm.}} \text{ ve } \varepsilon_{s \text{ maks.}}^{\text{norm.}}) \leq 1.00$ için $\beta_{cr}$ kritik deprem doğrultuları | 239          |
| Şekil 5.25      | 5KC ve 8KC binaların en alt kat kolonlarının alt uçlarındaki plastik kesitlerde $0.95 \leq (\varepsilon_{c \text{ maks.}}^{\text{norm.}} \text{ ve } \varepsilon_{s \text{ maks.}}^{\text{norm.}}) \leq 1.00$ için $\beta_{cr}$ değerleri                                       | 240          |
| Şekil 5.26      | İncelenen betonarme binaların en alt kat kolon plastik kesitlerinde en elverişsiz $\varepsilon_{c \text{ maks.}}$ ve $\varepsilon_{s \text{ maks.}}$ birim boy değişmesi talepleri için $\beta_{cr}$ kritik deprem doğrultuları   | 241          |

| <b>Şekil No</b> | <b>Adı</b>   | <b>Sayfa</b> |
|-----------------|--|--------------|
| Şekil 5.27      | $\varepsilon_{c maks.}$ ve $\varepsilon_s maks.$ birim boy değişmesi talepleri için ortak olan $\beta_{cr}$ kritik deprem doğrultuları | 242          |
| Şekil 5.28      | $\varepsilon_{c maks.}$ ve $\varepsilon_s maks.$ birim boy değişmesi talepleri için önerilen kritik deprem doğrultuları                | 264          |
| Şekil 6.1       | Kolon plastik kesitindeki kritik iç kuvvet ve şekildeğiştirme durumu   | 270          |
| Şekil 6.2       | Enkesiti kare olan kolon plastik kesitleri için $\alpha_{cr}$ açısının belirlenmesi  | 281          |
| Şekil 6.3       | Enkesiti dikdörtgen olan kolon plastik kesitleri için $\alpha_{cr}$ açısının belirlenmesi  | 281          |
| Şekil 6.4       | 1KC-[1-4] binalar için kolon plastik kesitlerindeki $\alpha$ açısının deprem doğrultusu ile değişimi                                   | 282          |
| Şekil 6.5       | 3KC-[1-4] binalar için kolon plastik kesitlerindeki $\alpha$ açısının deprem doğrultusu ile değişimi                                   | 283          |
| Şekil 6.6       | 3KC-[5-8] binalar için kolon plastik kesitlerindeki $\alpha$ açısının deprem doğrultusu ile değişimi                                   | 284          |
| Şekil 6.7       | 3KC-[9-11] binalar için kolon plastik kesitlerindeki $\alpha$ açısının deprem doğrultusu ile değişimi                                  | 285          |
| Şekil 6.8       | 5KC ve 8KC binalar için kolon plastik kesitlerindeki $\alpha$ açısının deprem doğrultusu ile değişimi                                  | 286          |
| Şekil 6.9       | 1KC-[1-4] binalar için kolon plastik kesitlerindeki $\chi_T$ taleplerinin deprem doğrultusu ile değişimi                               | 289          |
| Şekil 6.10      | 3KC-[1-4] binalar için kolon plastik kesitlerindeki $\chi_T$ taleplerinin deprem doğrultusu ile değişimi                               | 290          |
| Şekil 6.11      | 3KC-[5-8] binalar için kolon plastik kesitlerindeki $\chi_T$ taleplerinin deprem doğrultusu ile değişimi                               | 291          |
| Şekil 6.12      | 3KC-[9-11] binalar için kolon plastik kesitlerindeki $\chi_T$ taleplerinin deprem doğrultusu ile değişimi                              | 292          |
| Şekil 6.13      | 5KC ve 8KC binalar için kolon plastik kesitlerindeki $\chi_T$ taleplerinin deprem doğrultusu ile değişimi                              | 293          |
| Şekil 6.14      | 1KC-[1-4] binalar için kolon kesitlerindeki normal kuvvet taleplerinin deprem doğrultusu ile değişmesi                                 | 296          |
| Şekil 6.15      | 3KC-[1-4] binalar için kolon plastik kesitlerindeki normal kuvvet taleplerinin deprem doğrultusu ile değişimi                          | 297          |
| Şekil 6.16      | 3KC-[5-8] binalar için kolon plastik kesitlerindeki normal kuvvet taleplerinin deprem doğrultusu ile değişimi                          | 298          |
| Şekil 6.17      | 3KC-[9-11] binalar için kolon plastik kesitlerindeki normal kuvvet taleplerinin deprem doğrultusu ile değişimi                         | 299          |
| Şekil 6.18      | 5KC binanın iç ve dış çerçevelerindeki kolon plastik kesitleri için normal kuvvet taleplerinin deprem doğrultusu ile değişimi          | 300          |
| Şekil 6.19      | 8KC binanın iç ve dış çerçevelerindeki kolon plastik kesitleri için normal kuvvet taleplerinin deprem doğrultusu ile değişimi          | 301          |
| Şekil 6.20      | En elverişsiz $\varepsilon_{c maks.}$ ve $\varepsilon_s maks.$ birim boy değişmesi taleplerinin belirlenmesinde normal kuvvetin etkisi | 303          |

| <b>Sekil No</b> | <b>Adı</b>   | <b>Sayfa</b> |
|-----------------|--|--------------|
| Şekil 6.21      | Önerilen büyütme kuralı ile elde edilen $(\chi_T)_b$ toplam eğrilik değeri   | 307          |
| Şekil 6.22      | Normal kuvvet düzeyine bağlı olarak $\lambda_I$ katsayısının belirlenmesi  | 308          |
| Şekil 6.23      | Normal kuvvetin $\beta$ deprem doğrultusu ile değişimi ve $(N)_b$ normal kuvvet değerlerinin elde edilmesi   | 309          |
| Şekil 6.24      | 1KC-1 binanın planı ve üç boyutlu bir taşıyıcı sistem modeli ile H13 kolon plastik kesitinin yeri  | 312          |
| Şekil 6.25      | H13 kolon plastik kesitinde $(\epsilon_{c maks.})_b$ ve $(\epsilon_{s maks.})_b$ birim boy değişmesi talepleri için şekildeğiştirme durumu   | 314          |
| <b>Ekler</b>    |  |              |
| Şekil A.1       | 1KC-1 ve 1KC-2 binaların tepe (maksimum) yerdeğiştirmesi taleplerinin $\beta$ deprem doğrultusu ile değişimi   | 360          |
| Şekil A.2       | 1KC-1 ve 1KC-2 binaların görelî kat öteleme taleplerinin $\beta$ deprem doğrultusu ile değişimi  | 360          |
| Şekil A.3       | 1KC-1 binadaki kolonların alt uçlarındaki plastik kesitlerde elde edilen $\theta_{px}$ ve $\theta_{py}$ plastik dönme taleplerinin $\beta$ deprem doğrultusu ile değişimi ( $\beta = 0^\circ \sim 360^\circ$ )             | 361          |
| Şekil A.4       | 1KC-2 binadaki kolonların alt uçlarındaki plastik kesitlerde elde edilen $\theta_{px}$ ve $\theta_{py}$ plastik dönme taleplerinin $\beta$ deprem doğrultusu ile değişimi ( $\beta = 0^\circ \sim 360^\circ$ )             | 362          |
| Şekil A.5       | 1KC-1 ve 1KC-1 binalardaki kolonların alt uçlarındaki plastik kesitlerde elde edilen $N$ normal kuvvet taleplerinin $\beta$ deprem doğrultusu ile değişimi ( $\beta = 0^\circ \sim 360^\circ$ )                            | 363          |
| Şekil A.6       | 1KC-1 binadaki kolonların alt uçlarındaki plastik kesitlerde elde edilen $\epsilon_{c maks.}$ ve $\epsilon_{s maks.}$ birim boy değişmesi taleplerinin deprem doğrultusu ile değişimi ( $\beta = 0^\circ \sim 360^\circ$ ) | 364          |
| Şekil A.7       | 1KC-2 binadaki kolonların alt uçlarındaki plastik kesitlerde elde edilen $\epsilon_{c maks.}$ ve $\epsilon_{s maks.}$ birim boy değişmesi taleplerinin deprem doğrultusu ile değişimi ( $\beta = 0^\circ \sim 360^\circ$ ) | 365          |
| Şekil B.1       | 1KC-1 bina için kiriş plastik dönme taleplerinin $\beta$ deprem doğrultusu ile değişimi  | 367          |
| Şekil B.2       | 1KC-2 bina için kiriş plastik dönme taleplerinin $\beta$ deprem doğrultusu ile değişimi  | 368          |
| Şekil B.3       | 1KC-3 bina için kiriş plastik dönme taleplerinin $\beta$ deprem doğrultusu ile değişimi  | 369          |
| Şekil B.4       | 1KC-4 bina için kiriş plastik dönme taleplerinin $\beta$ deprem doğrultusu ile değişimi  | 370          |
| Şekil B.5       | 3KC-1 bina için kiriş plastik dönme taleplerinin $\beta$ deprem doğrultusu ile değişimi  | 371          |

| <b>Şekil No</b> | <b>Adı</b>   | <b>Sayfa</b> |
|-----------------|--|--------------|
| Şekil B.6       | 3KC–2 bina için kiriş plastik dönme taleplerinin $\beta$ deprem doğrultusu ile değişimi          | 372          |
| Şekil B.7       | 3KC–3 bina için kiriş plastik dönme taleplerinin $\beta$ deprem doğrultusu ile değişimi          | 373          |
| Şekil B.8       | 3KC–4 bina için kiriş plastik dönme taleplerinin $\beta$ deprem doğrultusu ile değişimi          | 374          |
| Şekil B.9       | 3KC–5 bina için kiriş plastik dönme taleplerinin $\beta$ deprem doğrultusu ile değişimi          | 375          |
| Şekil B.10      | 3KC–6 bina için kiriş plastik dönme taleplerinin $\beta$ deprem doğrultusu ile değişimi          | 376          |
| Şekil B.11      | 3KC–7 bina için kiriş plastik dönme taleplerinin $\beta$ deprem doğrultusu ile değişimi          | 377          |
| Şekil B.12      | 3KC–8 bina için kiriş plastik dönme taleplerinin $\beta$ deprem doğrultusu ile değişimi          | 378          |
| Şekil B.13      | 3KC–9 bina için kiriş plastik dönme taleplerinin $\beta$ deprem doğrultusu ile değişimi          | 379          |
| Şekil B.14      | 3KC–10 bina için kiriş plastik dönme taleplerinin $\beta$ deprem doğrultusu ile değişimi         | 380          |
| Şekil B.15      | 3KC–11 bina için kiriş plastik dönme taleplerinin $\beta$ deprem doğrultusu ile değişimi         | 381          |
| Şekil B.16      | 5KC bina için kiriş plastik dönme taleplerinin (i ucunda) $\beta$ deprem doğrultusu ile değişimi | 382          |
| Şekil B.17      | 5KC bina için kiriş plastik dönme taleplerinin (j ucunda) $\beta$ deprem doğrultusu ile değişimi | 383          |
| Şekil B.18      | 8KC bina için kiriş plastik dönme taleplerinin (i ucunda) $\beta$ deprem doğrultusu ile değişimi | 384          |
| Şekil B.19      | 8KC bina için kiriş plastik dönme taleplerinin (j ucunda) $\beta$ deprem doğrultusu ile değişimi | 386          |

## ÇİZELGE LİSTESİ

| <b>Çizelge No</b> | <b>Adı</b>   | <b>Sayfa</b> |
|-------------------|--|--------------|
| Çizelge 3.1       | $C_0$ düzeltme katsayısı değerleri   | 52           |
| Çizelge 3.2       | 1KC betonarme binanın genel özellikleri  | 74           |
| Çizelge 3.3       | 1KC bina için kiriş ve kolonların boyutları, donatıları ve taşıma kapasiteleri                           | 75           |
| Çizelge 3.4       | 1KC bina için YKY ile analizden elde edilen sonuçlar   | 77           |
| Çizelge 3.5       | H13 kolon plastik kesiti için elde edilen iç kuvvet ve şekildeğiştirme talepleri                         | 77           |
| Çizelge 3.6       | H13 kolon plastik kesiti için elde edilen $L_{px}$ ve $L_{py}$ plastik mafsal boyları                    | 78           |
| Çizelge 3.7       | H13 kolon plastik kesiti için elde edilen $\chi_{px}$ ve $\chi_{py}$ plastik eğrilik talepleri           | 78           |
| Çizelge 3.8       | H13 kolon plastik kesiti için $\alpha$ açısı ve $\chi_p$ plastik eğrilik talebi                          | 79           |
| Çizelge 3.9       | H13 kolon plastik kesiti için akma eğriliğinin belirlenmesi  | 80           |
| Çizelge 4.1       | Betonarme binaların genel özellikleri  | 93           |
| Çizelge 4.2       | 1KC-[1-4] binalardaki kolonların enkesit boyutları, donatıları ve taşıma kapasiteleri                    | 93           |
| Çizelge 4.3       | 3KC-[1-4] binalardaki kolonların enkesit boyutları, donatıları ve taşıma kapasiteleri                    | 94           |
| Çizelge 4.4       | 3KC-[5,6] binalardaki kolonların enkesit boyutları, donatıları ve taşıma kapasiteleri                    | 94           |
| Çizelge 4.5       | 3KC-[7,8] binalardaki kolonların enkesit boyutları, donatıları ve taşıma kapasiteleri                    | 95           |
| Çizelge 4.6       | 3KC-[9,10] binalardaki kolonların enkesit boyutları, donatıları ve taşıma kapasiteleri                   | 96           |
| Çizelge 4.7       | 3KC-11 binadaki kolonların enkesit boyutları, donatıları ve taşıma kapasiteleri                          | 96           |
| Çizelge 4.8       | 5KC binadaki kolonların enkesit boyutları, donatıları ve taşıma kapasiteleri                             | 97           |
| Çizelge 4.9       | 8KC binadaki kolonların enkesit boyutları, donatıları ve taşıma kapasiteleri                             | 98           |
| Çizelge 4.10      | 1KC-[1-4] binalardaki kirişlerin enkesit boyutları, boyuna donatı alanları ve moment taşıma kapasiteleri | 99           |
| Çizelge 4.11      | 3KC-[1-4] binalardaki kirişlerin enkesit boyutları, boyuna donatı alanları ve moment taşıma kapasiteleri | 99           |

| <b>Çizelge No</b> | <b>Adı</b>  | <b>Sayfa</b> |
|-------------------|---|--------------|
| Çizelge 4.12      | 3KC–5 binadaki kirişlerin enkesit boyutları, boyuna donatı alanları ve moment taşıma kapasiteleri   | 100          |
| Çizelge 4.13      | 3KC–6 binadaki kirişlerin enkesit boyutları, boyuna donatı alanları ve moment taşıma kapasiteleri   | 100          |
| Çizelge 4.14      | 3KC–[7,8] binalardaki kirişlerin enkesit boyutları, boyuna donatı alanları ve moment taşıma kapasiteleri  | 101          |
| Çizelge 4.15      | 3KC–9 binadaki kirişlerin enkesit boyutları, boyuna donatı alanları ve moment taşıma kapasiteleri   | 102          |
| Çizelge 4.16      | 3KC–10 binadaki kirişlerin enkesit boyutları, boyuna donatı alanları ve moment taşıma kapasiteleri  | 102          |
| Çizelge 4.17      | 3KC–11 binadaki kirişlerin enkesit boyutları, boyuna donatı alanları ve moment taşıma kapasiteleri  | 103          |
| Çizelge 4.18      | 5KC binadaki kirişlerin enkesit boyutları, boyuna donatı alanları ve moment taşıma kapasiteleri   | 104          |
| Çizelge 4.19      | 8KC binadaki kirişlerin enkesit boyutları, boyuna donatı alanları ve moment taşıma kapasiteleri   | 105          |
| Çizelge 4.20      | İncelenen binaların kat ağırlıkları ve birinci doğal titreşim periyotları   | 106          |
| Çizelge 4.21      | İncelenen binaların kritik deprem ve asal eksen doğrultuları için elde edilen $\Delta_i$ görelî kat ötelemesi taleplerinin karşılaştırılması            | 124          |
| Çizelge 4.22      | İncelenen binaların en alt kat kolon plastik kesitlerindeki enkesit boyutları   | 160          |
| Çizelge 4.23      | 1KC–[1-4] binaların kritik deprem ve asal eksen doğrultularına ait $\theta_{px}$ ve $\theta_{py}$ kolon plastik dönme taleplerinin karşılaştırılması    | 177          |
| Çizelge 4.24      | 3KC–[1-8] binaların kritik deprem ve asal eksen doğrultularına ait $\theta_{px}$ ve $\theta_{py}$ kolon plastik dönme taleplerinin karşılaştırılması    | 178          |
| Çizelge 4.25      | 3KC–[9,10] binaların kritik deprem ve asal eksen doğrultularına ait $\theta_{px}$ ve $\theta_{py}$ kolon plastik dönme taleplerinin karşılaştırılması   | 179          |
| Çizelge 4.26      | 3KC–11 binanın kritik deprem ve asal eksen doğrultularına ait $\theta_{px}$ ve $\theta_{py}$ kolon plastik dönme taleplerinin karşılaştırılması         | 179          |
| Çizelge 4.27      | 5KC binanın kritik deprem ve asal eksen doğrultularına ait $\theta_{px}$ ve $\theta_{py}$ kolon plastik dönme taleplerinin karşılaştırılması            | 180          |
| Çizelge 4.28      | 8KC binanın kritik deprem ve asal eksen doğrultularına ait $\theta_{px}$ ve $\theta_{py}$ kolon plastik dönme taleplerinin karşılaştırılması            | 181          |
| Çizelge 4.29      | 1KC–[1-4] binaların plandaki asal eksen doğrultuları için kolon plastik kesitlerindeki $L_{px}$ ve $L_{py}$ plastik mafsal boyları ve karşılaştırmalar  | 196          |
| Çizelge 4.30      | 3KC–[1-8] binaların plandaki asal eksen doğrultuları için kolon plastik kesitlerindeki $L_{px}$ ve $L_{py}$ plastik mafsal boyları ve karşılaştırmalar  | 197          |
| Çizelge 4.31      | 3KC–[9-11] binaların plandaki asal eksen doğrultuları için kolon plastik kesitlerindeki $L_{px}$ ve $L_{py}$ plastik mafsal boyları ve karşılaştırmalar | 198          |



| <b>Çizelge No</b> | <b>Adı</b>   | <b>Sayfa</b> |
|-------------------|--|--------------|
| Çizelge 4.32      | 5KC binanın plandaki asal eksen doğrultuları için kolon plastik kesitlerindeki $L_{px}$ ve $L_{py}$ plastik mafsal boyları ve karşılaştırmalar                         | 199          |
| Çizelge 4.33      | 8KC binanın plandaki asal eksen doğrultuları için kolon plastik kesitlerindeki $L_{px}$ ve $L_{py}$ plastik mafsal boyları ve karşılaştırmalar                         | 200          |
| Çizelge 5.1       | 1KC–[1-4] binalar için kritik deprem ve asal eksen doğrultuları için elde edilen birim boy değişmesi taleplerinin karşılaştırılması                                    | 247          |
| Çizelge 5.2       | 3KC–[1-8] binalar için kritik deprem ve asal eksen doğrultuları için elde edilen birim boy değişmesi taleplerinin karşılaştırılması                                    | 248          |
| Çizelge 5.3       | 3KC–[9,10] binalar için kritik deprem ve asal eksen doğrultuları için elde edilen birim boy değişmesi taleplerinin karşılaştırılması                                   | 249          |
| Çizelge 5.4       | 3KC–11 bina için kritik deprem ve asal eksen doğrultuları için elde edilen birim boy değişmesi taleplerinin karşılaştırılması  | 249          |
| Çizelge 5.5       | 5KC bina için kritik deprem ve asal eksen doğrultuları için elde edilen birim boy değişmesi taleplerinin karşılaştırılması   | 250          |
| Çizelge 5.6       | 8KC bina için kritik deprem ve asal eksen doğrultuları için elde edilen birim boy değişmesi taleplerinin karşılaştırılması   | 251          |
| Çizelge 5.7       | 1KC–[1-4] binaların plan köşegeni doğrultuları için elde edilen birim boy değişmesi taleplerinin kritik deprem doğrultularından elde edilenlere göre değişim oranları  | 256          |
| Çizelge 5.8       | 3KC–[1-8] binaların plan köşegeni doğrultuları için elde edilen birim boy değişmesi taleplerinin kritik deprem doğrultularından elde edilenlere göre değişim oranları  | 257          |
| Çizelge 5.9       | 3KC–[9,10] binaların plan köşegeni doğrultuları için elde edilen birim boy değişmesi taleplerinin kritik deprem doğrultularından elde edilenlere göre değişim oranları | 258          |
| Çizelge 5.10      | 3KC–11 binanın plan köşegeni doğrultuları için elde edilen birim boy değişmesi taleplerinin kritik deprem doğrultularından elde edilenlere göre değişim oranları       | 258          |
| Çizelge 5.11      | 5KC binanın plan köşegeni doğrultuları için elde edilen birim boy değişmesi taleplerinin kritik deprem doğrultularından elde edilenlere göre değişim oranları          | 259          |
| Çizelge 5.12      | 8KC binanın plan köşegeni doğrultuları için elde edilen birim boy değişmesi taleplerinin kritik deprem doğrultularından elde edilenlere göre değişim oranları          | 260          |
| Çizelge 6.1       | 1KC–[1-4] binaların en alt kat kolon plastik kesitlerindeki $(\mathcal{E}_c maks.)_{cr}$ taleplerini oluşturan parametrelere ait sonuçlar                              | 271          |
| Çizelge 6.2       | 1KC–[1-4] binaların en alt kat kolon plastik kesitlerindeki $(\mathcal{E}_s maks.)_{cr}$ taleplerini oluşturan parametrelere ait sonuçlar                              | 271          |
| Çizelge 6.3       | 3KC–[1-11] binaların en alt kat kolon plastik kesitlerindeki $(\mathcal{E}_c maks.)_{cr}$ taleplerini oluşturan parametrelere ait sonuçlar                             | 272          |
| Çizelge 6.4       | 3KC–[1-11] binaların en alt kat kolon plastik kesitlerindeki $(\mathcal{E}_s maks.)_{cr}$ taleplerini oluşturan parametrelere ait sonuçlar                             | 274          |

| <b>Çizelge No</b> | <b>Adı</b>   | <b>Sayfa</b> |
|-------------------|--|--------------|
| Çizelge 6.5       | 5KC binanın en alt kat kolon plastik kesitlerindeki $(\epsilon_c maks.)_{cr}$ taleplerini oluşturan parametrelere ait sonuçlar     | 276          |
| Çizelge 6.6       | 5KC binanın en alt kat kolon plastik kesitlerindeki $(\epsilon_s maks.)_{cr}$ taleplerini oluşturan parametrelere ait sonuçlar     | 277          |
| Çizelge 6.7       | 8KC binanın en alt kat kolon plastik kesitlerindeki $(\epsilon_c maks.)_{cr}$ taleplerini oluşturan parametrelere ait sonuçlar     | 278          |
| Çizelge 6.8       | 8KC binanın en alt kat kolon plastik kesitlerindeki $(\epsilon_s maks.)_{cr}$ taleplerini oluşturan parametrelere ait sonuçlar     | 279          |
| Çizelge 6.9       | $\lambda_1$ ve $\lambda_2$ katsayılarının belirlenmesi   | 308          |
| Çizelge 6.10      | H13 kolon plastik kesiti için elde edilen toplam eğrilik ve normal kuvvet talepleri  | 312          |
| Çizelge 6.11      | H13 kolon plastik kesitinde elde edilen $(\chi_T)_b$ ve $(N)_b$ değerleri  | 313          |
| Çizelge 6.12      | H13 kolon plastik kesitinde elde edilen $(\epsilon_c maks.)_b$ ve $(\epsilon_s maks.)_b$ birim boy değişmesi talepleri             | 313          |
| Çizelge 6.13      | 1KC-[1-4] binaların en alt kat kolon plastik kesitleri için önerilen büyütme kuralından elde edilen birim boy değişmesi talepleri  | 315          |
| Çizelge 6.14      | 3KC-[1-4] binaların en alt kat kolon plastik kesitleri için önerilen büyütme kuralından elde edilen birim boy değişmesi talepleri  | 316          |
| Çizelge 6.15      | 3KC-[5,6] binaların en alt kat kolon plastik kesitleri için önerilen büyütme kuralından elde edilen birim boy değişmesi talepleri  | 317          |
| Çizelge 6.16      | 3KC-[7,8] binaların en alt kat kolon plastik kesitleri için önerilen büyütme kuralından elde edilen birim boy değişmesi talepleri  | 318          |
| Çizelge 6.17      | 3KC-[9,10] binaların en alt kat kolon plastik kesitleri için önerilen büyütme kuralından elde edilen birim boy değişmesi talepleri | 319          |
| Çizelge 6.18      | 3KC-11 binanın en alt kat kolon plastik kesitleri için önerilen büyütme kuralından elde edilen birim boy değişmesi talepleri       | 320          |
| Çizelge 6.19      | 5KC binanın en alt kat kolon plastik kesitleri için önerilen büyütme kuralından elde edilen birim boy değişmesi talepleri          | 321          |
| Çizelge 6.20      | 8KC binanın en alt kat kolon plastik kesitleri için önerilen büyütme kuralından elde edilen birim boy değişmesi talepleri          | 323          |
| Çizelge 6.21      | 1KC-[1-4] binalar için önerilen büyütme kuralına ait hata yüzdeleri  | 330          |
| Çizelge 6.22      | 3KC-[1-11] binalar için önerilen büyütme kuralına ait hata yüzdeleri   | 331          |
| Çizelge 6.23      | 5KC bina için önerilen büyütme kuralına ait hata yüzdesi   | 333          |
| Çizelge 6.24      | 8KC bina için önerilen büyütme kuralına ait hata yüzdesi   | 334          |
| Çizelge 6.25      | Önerilen büyütme kuralı için hesaplanan rölatif fark ve hata oranlarına ait maksimum, minimum ve mutlak ortalama değerler          | 334          |

## **ÖNSÖZ**

Doktora Tezi olarak sunulan bu çalışmada, deprem yüklerinin doğrultu etkisi nedeniyle betonarme binaların plastik kesitlerinde (plastik mafsallarında) oluşacak en elverişsiz plastik şekildeğiştirme talepleri ile bunları veren kritik deprem doğrultuları, doğrusal olmayan teori çerçevesinde araştırılmıştır.

Çalışmalarım ile yakından ilgilenen, bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Erdal İRTEM'e, çok değerli bilgi ve yorumlarından faydalandığım Sayın Prof. Dr. Erkan ÖZER'e teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca, tez çalışmam süresince her konuda desteğini ve katkısını esirgemeyen Yrd.Doç.Dr. Kaan TÜRKER'e, tezimi hazırlamamda katkılarını unutamayacağım değerli arkadaşlarım Yrd.Doç.Dr. Altuğ YAVAŞ'a ve Yrd.Doç.Dr. Nuray GEDİK'e ve diğer araştırma görevlisi arkadaşlarıma en içten teşekkürlerimi sunarım.

Bütün yaşamım boyunca bana her türlü maddi ve manevi desteği sağlayan, her zaman desteklerini yanımda hissettiğim aileme de minnet ve şükranlarımı sunarım.

**Balıkesir, 2011**

**Umut HASGÜL**

# 1. GİRİŞ

## 1.1 Konu

Güçlü deprem yer hareketleri altında yapı sistemlerinin tasarımı, değerlendirilmesi ve ayrıca yapısal davranışın daha iyi anlaşılmasının sağlanması gibi yararlarından dolayı, son yıllarda performansa dayalı tasarım ve değerlendirme (PDTD) kavramı deprem mühendisliği alanında önem kazanmıştır. PDTD kavramı, VISION 2000 [1], ATC 40 [2] FEMA 273 [3] ve FEMA 356 [4] gibi önstandart niteliğindeki belgelerde ortaya konulmuş ve geliştirilmiştir. Bununla birlikte, PDTD kavramı bina türü yapı sistemlerinin geleneksel kuvvete (dayanıma) dayalı tasarımını esas alan yönetmeliklerde de yer almaya başlamıştır. PDTD, bina sahibinin, kullanıcıların ve sosyal çevrenin çeşitli ihtiyaç ve hedefleri doğrultusunda öngörülen bir veya çok seviyeli bina performans düzeyi için binaların tasarımını, değerlendirilmesini ve yapımını esas alan bir yaklaşımdır. Bu yaklaşım, yeni binaların tasarımında kullanılabileceği gibi mevcut binaların deprem güvenliklerinin belirlenmesi amacıyla da kullanılabilir.

Binaların PDTD'si aşağıda belirtilen üç temel aşamadan oluşmaktadır.

- Birinci aşamada, bina için bir performans hedefi seçilir. Performans hedefinin seçilebilmesi için deprem tehlike seviyesi (veya seviyeleri) ve bunlara ait bina performans düzeyleri öngörülür.
- İkinci aşamada, öngörülen deprem tehlike seviyesi (veya seviyeleri) için doğrusal veya doğrusal olmayan statik analizi esas alan değerlendirme yöntemleri ile binanın sismik performansı belirlenir.
- Üçüncü aşamada ise binanın performans düzeyi değerlendirilir. Bu değerlendirmede, ilgili deprem tehlike seviyesi (veya seviyeleri) için öngörülen bina performans düzeyinin gerçekleşip gerçekleşmediğinin kontrolü yapılır.

Binaların PDTD'si için öncelikle doğrusal olmayan yapı davranışının belirlenmesi gerekmektedir. Bunun için literatürdeki en güvenilir ve doğru kabul edilen yöntem, yapı sisteminin tüm taşıyıcı elemanlarındaki hasar düzeylerini ve iç kuvvet taleplerini belirleyen *zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz* yöntemidir. Bilimsel araştırmaların yapılması için bu analiz yönteminden elde edilen sonuçların kesin olduğu belirli varsayımlar altında kabul edilse de, karmaşık giriş bilgileri (ivme kayıtlarının seçimi ile kayıtların karakteristikleri, plastik şekildeğiştirmeler için tersinir histeretik çevrim kuralları ve sönüm etkileri vb.) ve tasarım amacı için yorumlanması zor olan çıkış bilgileri (iç kuvvetlerin ve yerdeğiştirmelerin zamanla değişimi, yutulan enerji vb.) nedeniyle pratikteki kullanımını oldukça sınırlıdır [5].

Bu nedenle zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemine alternatif olarak, binaların PDTD'ni esas alan ülke yönetmeliklerinde de yer almaya başlayan ve pratikte mühendislerin kullanımları için daha uygulanabilir olan, statik ve dinamik esaslı *doğrusal-elastic* analiz yöntemleri ile spektrum esaslı *doğrusal olmayan statik* analiz yöntemleri geliştirilmiştir. Statik ve dinamik analizi esas alan *doğrusal-elastic* analiz yöntemleri, pek çok ülke yönetmeliğinde (FEMA 356 [4], ASCE 41-06 [6], DBYBHY 2007 [7], vb.) olduğu gibi geleneksel kuvvete (dayanıma) dayalı tasarımı ve değerlendirmeyi esas almaktadır. Bu analiz yöntemleri, sistemde oluşan kalıcı hasarlar sonrası yeniden dağılımı gözönüne alamamakta ve kullanımını oldukça sınırlı kalmaktadır. *Doğrusal olmayan statik* analiz yöntemleri ise şekildeğiştirmeyi esas almaktadır. Bu analiz yöntemleri ile binaların sünek davranışına ilişkin plastik şekildeğiştirme talepleri (istemleri) ile gevrek davranışa ilişkin iç kuvvet talepleri yerdeğiştirme kontrollü olarak hesaplanabilmektedir.

Yapıların deprem etkisi altındaki doğrusal olmayan davranışlarının belirlenmesi için kullanılan doğrusal olmayan statik analiz yöntemleri temel olarak, yapının yatay deprem yükleri altındaki *yatay kuvvet – kritik yerdeğiştirme* ilişkisinin, malzeme ve geometri değişimi bakımından doğrusal olmayan teoriye göre elde edilmesine ve bunun çeşitli parametrelerle değerlendirilmesine dayanmaktadır. Kapasite eğrisi (Pushover eğrisi) olarak isimlendirilen *yatay kuvvet-kritik yerdeğiştirme* ilişkisinin elde edilmesi sonucunda, yapının zayıf elemanları ve

bunların yerleri, olabilecek kısmi veya toptan göçme mekanizma durumları ile elemanların şekildeğiştirme talepleri belirlenebilmektedir. Ayrıca, yapı sistemi için belirlenen kritik yerdeğiştirme talebine ulaşıldığında, öngörülen performans düzeyinin gerçekleşip gerçekleşmeyeceğinin de kontrolü yapılabilmektedir [8].

Bilindiği gibi, bina türü yapı sistemlerinin yatay kuvvetler altındaki davranışını temsil eden ve taşıma kapasitesini ifade eden kapasite eğrilerini elde etmek için artımsal statik itme (pushover) analizlerinde depremi temsil eden yatay yük dağılımı, binanın dinamik özelliklerine bağlı olarak plandaki iki asal doğrultuda kat kütle merkezlerine etkililir ve artan yatay yükler altında binanın kritik tepe yerdeğiştirmesine ait artış izlenir. Daha sonra, öngörülen performans hedefine bağlı olarak belirlenen deprem tehlike seviyesi (veya seviyeleri) altında, doğrusal olmayan statik analizi esas alan değerlendirme yöntemlerinden herhangi biri ile binanın talebi (istemi) ile kapasitesinin eşit olduğu tepe (maksimum) yerdeğiştirme talebi (performans noktası) belirlenir. Doğrusal olmayan statik analiz değerlendirme yöntemleri ile binaların performans noktalarının belirlenmesinde, farklı yaklaşımlar ve hesaplama teknikleri kullanılabilir [2, 4, 9–11, vb.].

Deprem etkisi altındaki düzenli binaların üç boyutlu hesap modeline ait doğrusal olmayan statik analizinden elde edilen yapısal davranış büyüklükleri, iki boyutlu analiz ile de yaklaşık olarak belirlenebilmektedir. Ancak, üç boyutlu pushover analizin indirgenerek iki boyutlu olarak uygulanmasıyla bazı etkiler gözönüne alınamamaktadır. Bu etkilerin başlıcaları dört madde olarak aşağıda verilmiştir.

- Deprem yüklerinin doğrultu etkisi (deprem yüklerinin binanın plandaki asal eksen doğrultularından farklı ara bir doğrultudan da etkimesi hali).
- Deprem yer hareketinin bileşenleri (iki yatay bileşen ve düşey bileşen) arasındaki etkileşimin yapısal davranışa olan etkileri.
- Bazı yapısal düzensizliklerden (kütle, rijitlik ve/veya dayanım vb.) kaynaklanan burulma etkileri.
- Ortogonal olmayan binalarda ortaya çıkan etkiler.

Binaların deprem etkisi altındaki sismik tasarımında can (yaşam) güvenliğini sağlayan hasar kontrolünü ana performans hedefi olarak öngören birçok yönetmelik ve standartta [6, 7, 12–14, vb.], deprem yer hareketinin binaların plandaki asal eksen doğrultularının yanısıra ara doğrultulardan da etkimesi halinde, sistem elemanlarında oluşacak en elverişsiz davranış büyüklüklerini (genellikle kesit tesirleri) belirleyebilmek amacıyla çeşitli birleştirme kuralları öngörülmektedir. Bu birleştirme kuralları gözönüne alınarak tasarlanan binaların, öngörülen performans hedeflerini asal doğrultularının yanısıra, ara deprem doğrultuları için de sağlaması gerekmektedir [15].

Deprem yüklerinin binaların plandaki asal eksen doğrultularının yanısıra ara bir doğrultudan etkimesini (doğrultu etkisini) gözönüne alan ve çoğunlukla *doğrusal–elastik* teorinin esas alındığı literatürdeki çalışmalarda, deprem yer hareketinin bir veya her iki yatay bileşeninin aynı anda etkimesi sonucu elde edilen davranış büyüklükleri (genellikle kesit tesirleri), zaman tanım alanında analizlerden elde edilen sonuçlar referans alınarak karşılaştırılmıştır. Bunun sonucunda, deprem yüklerinin doğrultu etkisi nedeniyle sistem elemanlarında oluşacak en elverişsiz davranış büyüklüklerini tasarım aşamasında kontrol edebilmek amacıyla çeşitli birleştirme kuralları önerilmiştir. Özellikle köprü ve bina türü yapı sistemlerinin sismik tasarımı için literatürde önerilen birleştirme kurallarının başlıcaları aşağıda verilmiştir.

- **%30** Birleştirme kuralı [16],
- **%40** Birleştirme kuralı [17],
- **SRSS** (Karelerin Toplamının Karekökü) Birleştirme kuralı [15],
- **CQC3** Birleştirme kuralı [18],
- **Lopez ve Torres** (1997)'de önerilen birleştirme kuralı [19],
- **Etkileşimli süperpozisyon kuralı** [20],
- **Çakıroğlu** (1987)'de önerilen birleştirme yöntemi [21].

Birçok uluslararası yönetmelikte, köprü ve bina türü yapı sistemlerinin *doğrusal–elastik* tasarımı için bu birleştirme kurallarının bazıları öngörülmekte [6,7, 12, 13, 22, 23, vb. ] ve yaygın olarak kullanılmaktadır.

Yapı sistemlerinin *doğrusal–elastik* tasarımı için önerilen bu birleştirme kuralları ile ilgili çalışmaların bazılarında, bir davranış büyüklüğünün en elverişsiz durumunu veren kritik deprem doğrultusu için de bağıntılar önerilmiştir [15,18,19, 24, 25].

Birçok ülke yönetmeliği ve standardında, taşıyıcı sistem elemanlarının *doğrusal–elastik* tasarımı için önerilen farklı oranlarla birleştirme kuralları, binaların asal doğrultularından bağımsızdır ve herhangi bir teorik esasa dayanmamaktadır. İstatistiksel çalışmalardan elde edilen sonuçlardan yararlanılarak ortaya konulan bu birleştirme kurallarının, binaların bazı elemanları için tasarım kuvvetlerini belirlemede yetersiz kalabildiği ve binanın plandaki asal doğrultularının birinde yetersiz eleman tasarımına yol açabileceği belirtilmektedir [15, 20].

PDTD kavramını esas alan çok sayıda yönetmelik ve önstandart niteliğindeki belgede, öngörülen performans hedefine bağlı olarak belirlenen deprem tehlike seviyesi (veya seviyeleri) altında yapısal davranış taleplerinin belirlenmesinde kullanılan doğrusal olmayan statik analizlerin, binanın karakteristik özellikleri gözönüne alınmaksızın plandaki asal eksen doğrultularında yapılması öngörülmektedir [2, 4, 6, 7, 13, 26, vb.]. Buna karşın, deprem yer hareketinin yatay bileşenlerine ait doğrultuların değişken olduğu bilinmektedir. Deprem etkisinin binanın plandaki asal eksen (X ve Y) doğrultularından etkime olasılığı ile herhangi bir ara doğrultudan etkimesi olasılığı aynıdır. Deprem etkisinin binanın plandaki asal doğrultularının yanısıra herhangi bir ara doğrultudan da etkimesi durumu, tasarım aşamasında bazı yaklaşımlar ile gözönüne alınmaya çalışılmasına karşın, PDTD kavramı çerçevesinde binaların doğrusal olmayan davranışlarının belirlenmesini ve öngörülen performans düzeylerinin değerlendirilmesini gözönüne alan bir araştırmaya literatürde henüz rastlanamamıştır. Bununla birlikte, Krawinkler ve Seneviratna (1998)'de [27] binaların şekildeğiştirme esaslı doğrusal olmayan statik analizlerinde deprem yüklerinin doğru eksen etkisinin araştırılması gerektiği belirtilmiştir.

Betonarme binaların *kapasite tasarımı* yaklaşımı esas alınarak maksimum kapasiteye göre tasarımı için hazırlanan Japanese PRESS (1994) [26]'de, kullanılabilirlik limit durumu ve maksimum limit durumu performans düzeyleri için bina tasarımının yapılması gerekmektedir. Bunun için aşağıda verilen iki farklı analiz yöntemi öngörülmektedir.



- 1) Monotonik olarak artan deprem yükleri altında doğrusal olmayan statik analiz yöntemi (Pushover analiz),
- 2) Yüksekliği 31<sup>m</sup>'den daha az olan binalar için *doğrusal–elastik* teorisinin esas alındığı bir analiz yöntemi.

İlgili belgede, burulma etkisi ve enine doğrultudaki kirişlerin etkisinin ihmal edilmesi halinde, doğrusal ve doğrusal olmayan statik analizlerin binaların plandaki her iki asal eksen doğrultusunda ve birbirinden bağımsız olarak yapılması önerilmektedir. Ayrıca, betonarme binaların maksimum limit durumuna göre tasarımında, bir sistem elemanının tasarımı için gerekli olan kapasitesi, tasarım depremi altında beklenen maksimum ötelemelerin iki katı olan bir öteleme sınırı esas alınarak doğrusal olmayan statik analiz ile belirlenmektedir. Daha sonra, ilgili belgede belirtilen özel durumların her biri için önerilen büyütme çarpanları ayrı ayrı uygulanarak, elemanın tasarımı için gerekli kapasitesi artırılmaktadır [26].

Söz konusu belgede, bu özel durumlardan biri olan iki doğrultulu deprem yüklemesi ile ilgili olarak, binanın plandaki asal eksen (X ve Y) doğrultularındaki doğrusal olmayan statik analizleri sonucunda sistemde plastikleşme oluşmamış ise, elemanların tasarım eğilme momenti ve tasarım kesme kuvveti kapasitelerinde bir büyütmenin gerekli olmadığı belirtilmiştir. Buna karşın, sistemde aşırı plastik şekildeğiştirmelerin oluşması halinde, iki doğrultulu deprem etkisinden dolayı kolonlardaki plastikleşmeyi ve kesme kırılmalarını önlemek amacıyla, asal eksen doğrultularından elde edilen tasarım eğilme momentlerinin ve tasarım kesme kuvvetlerinin 1.00 ~ 1.40 arasında bir katsayı ile büyütülmesi gerektiği belirtilmiştir. Bunun için, bina yüksekliği ve taban kesme kuvveti katsayısına bağlı olarak belirlenen üç davranış bölgesi için sistem elemanlarına ait büyütme çarpanları verilmiştir [26].

Deprem etkisindeki mevcut binaların deprem güvenliklerinin belirlenmesi ve değerlendirilmesi için hazırlanan ASCE 41–06 [6] standardında (benzer şekilde, FEMA 356 [4]'da), planda ve düşeyde düzensizlikleri bulunan binalar ile kolonlar için bazı özel koşulların (bazı kolonlara sadece bir doğrultuda kirişlerin bağlı olması, diğer doğrultuda kirişlerin bağlanmaması hali) olduğu binalarda, sismik tasarımının

doğrusal veya doğrusal olmayan analiz yöntemi ile yapılmasına bağlı olarak, deprem yüklerinin doğrultu etkisi nedeniyle kesit tesirlerindeki değişimi gözönüne almak ve bu etkiden dolayı binanın tasarımını kontrol etmek için bir yonteme yer verilmiştir. Buna karşın, yapısal düzensizliği olmayan binaların doğrusal veya doğrusal olmayan teori esas alınarak yapılan tasarımında, deprem yüklerinin binanın plandaki her iki asal eksen doğrultusundan ve birbirinden bağımsız olarak etkilmesi öngörülmektedir. Ayrıca, statik ve dinamik esaslı doğrusal olmayan analiz yöntemleri kullanılarak, binaların yapısal davranış taleplerinin belirlenmesinde ve bina performans düzeylerinin değerlendirilmesinde, deprem yüklerinin binanın plandaki asal eksen doğrultularından ve birbirinden bağımsız olarak etkilmesi öngörülmektedir [6].

PDTD kavramını esas alan diğer yönetmelik ve önstandart niteliğindeki belgelerde de [2, 4, 7, 13, vb.], doğrusal olmayan teori esas alınarak binaların şekildeğiştirme taleplerin belirlenmesi ve bunların değerlendirilmesi aşamasında, deprem yüklerinin doğrultu etkisi nedeniyle doğrusal olmayan statik analiz değerlendirme yöntemlerinde herhangi bir sınırlama veya yapısal davranış taleplerindeki değişimi gözönüne almak için bir birleştirme kuralı öngörülmemektedir.

Binaların doğrusal olmayan değerlendirme analizlerinde yapılan bu yaklaşım, en elverişsiz yapısal davranış taleplerinin deprem etkisinin binanın plandaki asal eksen (X ve Y) doğrultularından etkimesi halinde meydana geldiği sonucunu ortaya çıkarmaktadır. Ancak, en elverişsiz yapısal davranış taleplerinin, depremin binaların plandaki asal doğrultularından farklı ara bir doğrultudan etkimesi halinde de oluşabileceği düşünülmektedir.

Deprem etkisinin binanın plandaki asal eksen doğrultularından etkimesi halinde, taşıyıcı bir sistem elemanı (kiriş, kolon gibi) elastik davranış gösterebilirken, deprem etkisinin binanın plandaki asal doğrultularından farklı ara bir doğrultudan etkimesi halinde, aynı taşıyıcı sistem elemanı doğrusal olmayan bir davranış gösterebilmektedir. Bu nedenle, PDTD kavramı çerçevesinde, binaların doğrusal olmayan davranışının belirlenmesinde kullanılan artımsal statik itme (pushover) analizlerinde ve ayrıca, belirli bir deprem tehlike seviyesi altında pushover analizi esas alan değerlendirme yöntemleri ile bina performans düzeylerinin belirlenmesinde, deprem yüklerinin doğrultu etkisinin gözönüne alınması gerektiği ortaya çıkmaktadır.

Bunun sonucu olarak, depremin binaların plandaki asal eksen doğrultularından farklı ara doğrultulardan da etkimesi hali için, öngörülen performans düzeylerinin değerlendirilmesinde etkin olan yapısal davranış taleplerinin (plastik şekildeğiştirme talepleri, görelî kat ötelemesi talepleri, vb.) doğrusal olmayan teori çerçevesinde araştırılması gerektiği düşünülmektedir.

## 1.2 Konu ile İlgili Çalışmaların İncelenmesi

Bu bölümde, yapı sistemlerinin *doğrusal–elastik* tasarımında deprem yer hareketinin doğrultu etkisi ile ilgili literatürdeki çalışmalar özetlenmiştir. Daha sonra, ilgili çalışmalardan elde edilen sonuçlar esas alınarak, farklı araştırma konuları için genel bir değerlendirme yapılmıştır.

### 1.2.1 Yapı Sistemlerinin Doğrusal–Elastik Tasarımında Deprem Yer Hareketinin Doğrultu Etkisi ile İlgili Literatürdeki Çalışmalar

- Çakıroğlu (1975) tarafından yapılan ve *doğrusal–elastik* davranışın esas alındığı çalışmada, herhangi bir kesit tesiri, gerilme veya yerdeğiştirme büyüklüğünü en elverişsiz yapan deprem yer hareketinin doğrultusu ve değeri belirlenmiştir. Bunun için, deprem etkisi altında *doğrusal–elastik* davranış gösteren yapı sistemlerinin hareket denklemleri en genel hal için verildikten sonra, herhangi bir zaman anında bir kesit tesirinin en elverişsiz değerinin nasıl elde edileceği ve bunun hangi deprem doğrultusuna ait olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, deprem yer hareketinin bütün titreşim süresi içinde, ilgili kesit tesirlerinin en elverişsiz değerlerini yaklaşık olarak veren bir formül önerilmiştir. Çalışmada, deprem yüklerinin binanın plandaki asal eksen doğrultularından etkimesi halinde elde edilen kesit zoru, gerilme ve yerdeğiştirme gibi davranış büyüklükleri için yapılan kesit tasarımının, bazı hallerde güvensiz tarafta kalabileceği belirtilmiştir [24].
- Çakıroğlu (1987)'de yapılan ve *doğrusal–elastik* davranışın esas alındığı çalışmada, deprem yüklerinin olabilecek tüm ara doğrultulardan etkimesi hali için birleştirilmiş iç kuvvetlerin, bir elips üzerinde tanımlanabileceği

belirtilmiştir. Çalışmada, elipsin belirlenmesi ve elips üzerindeki her bir nokta için eleman tasarımının oldukça zor olması nedeniyle, elips üzerindeki birçok elverişsiz nokta civarında sonuçları elde etmek için bir yöntem önerilmiştir. Önerilen yöntem ile eleman tasarımının doğrusal veya doğrusal olmayan teori esas alınarak yapılabileceği belirtilmiştir. Çalışmanın sonunda, önerilen yöntemin sayısal uygulaması iki örnek üzerinde gösterilmiştir [21].

- Smeby ve Kiureghain (1985)'de, çok bileşenli deprem yer hareketi etkisindeki yapı sistemlerinin *doğrusal-elastik* tasarımı için bir davranış spektrumu yöntemi geliştirilmiştir. Geliştirilen yöntem, gelişigüzel titreşim kavramını (Random Vibration Theory) esas almaktadır. Önerilen yöntemin sayısal uygulamaları, iki farklı yapı sistemi üzerinde gösterilmiştir. Çalışmada, önerilen yöntemin pratik uygulamalar için basit olduğu ve diğer mevcut yöntemlerden daha doğru sonuç verdiği belirtilmiştir. Ayrıca, farklı davranış büyüklüklerini belirlemede kritik açının genellikle aynı olmadığı ve deprem yer hareketinin bir veya iki bileşenli olmasına bağlı olarak kritik açının değişmediği belirlenmiştir. Bunun sebebi, iki bileşen için benzer spektral şekillerin varsayımı ve yapının asal eksenleri arasındaki istatistiksel ilişki olarak ifade edilmiştir [28].
- Wilson ve diğ. (1995) tarafından yapılan ve *doğrusal-elastik* davranışın esas alındığı çalışmada, taşıyıcı sistem elemanlarındaki en elverişsiz kesit tesirlerini belirlemek için, binanın plandaki asal eksen doğrultularında gerçekleştirilen davranış spektrumu analizi sonuçlarını birleştiren bir yöntem (SRSS) ve kritik deprem doğrultusunu belirlemek için bir bağıntı önerilmiştir. Çalışmada, tek katlı betonarme bina örneği üzerinde SRSS yönteminden elde edilen sonuçlar, pratikte kullanımı yaygın olan farklı oranlarla birleştirme kuralları (%30 ve %40) ile elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılmıştır. Çalışmada, %30 ve %40 birleştirme kurallarının elemanlardaki en elverişsiz kesit tesirlerini belirlemede yetersiz kalabildiği belirlenmiştir. Çalışmanın sonunda, iki ortogonal CQC (Tam karesel birleştirme) analizi birleştiren SRSS yönteminin oldukça basit ve teorik esasları olmasından dolayı, davranış spektrumu analizinde ortogonal etkileri hesaba katmak için daha uygun olduğu ve farklı oranlarla birleştirme kurallarının kullanımından vazgeçilmesi gerektiği belirtilmiştir [15].

- Reed ve Kennedy (1996) tarafından Wilson ve diğ. (1995) [15] için yapılan tartışma çalışmasında, üç ortogonal deprem doğrultusunda elde edilen davranış büyüklüklerinin tek bileşenli olması halinde, SRSS birleştirme kuralının mutlak kullanılması gerektiği belirtilmiştir. Buna karşın, davranış büyüklüklerinin aynı doğrultuda olmaması veya eleman tasarımında çoklu davranış büyüklüklerinin gerekli olması halinde, SRSS yönteminin hatalı sonuçlar verebildiği ve gereksiz bir güvenli tasarıma neden olabileceği belirtilmiştir. Yazarlar, çoklu davranış büyüklükleri ile ilgili olarak, simetrik olmayan karmaşık bir yapı sisteminde, deprem yer hareketinin her bir bileşeninin kolonda iki eğilme momenti ve bir eksenel kuvvet oluşturduğunu belirterek, Wilson ve diğ. (1995) [15]'de önerilen SRSS birleştirme kuralı ile bu kesit tesirlerinin en elverişsiz durumlarının ayrı ayrı elde edildiğini ve kesit tesirleri arasındaki etkileşimin gözönüne alınmadığını belirtmişlerdir. Yazarlar, simetrik yapı sistemleri ve elemanları için tek bileşenli davranış büyüklüklerinin SRSS birleştirme kuralı ile birleştirilmesini, çok bileşenli davranış büyüklüklerinin kullanılması halinde veya simetrik olmayan yapı sistemleri için %40 birleştirme kuralının kullanılmasını önermişlerdir [29].
- Lopez ve Torres (1996) tarafından Wilson ve diğ. (1995) [15] için yapılan diğer bir tartışma çalışmasında, deprem yüklerinin doğrultu etkisi nedeniyle sistem elemanlarında oluşacak en elverişsiz kesit tesirlerinin belirlenebilmesi için önerilen SRSS yönteminin, yapının dinamik davranışının belirlenmesinde tek bir titreşim modunun hakim olması halinde geçerli olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, kesit tesirlerinin en elverişsiz durumunu belirlemek için Wilson ve diğ. (1995) [15]'de önerilen kritik açı bağıntısının doğru olmadığı da ifade edilmiştir. Deprem yer hareketinin iki yatay bileşeni arasındaki oranın herhangi bir değeri ve eşit olması hali için kritik açıya ait bağıntı, ilgili çalışmadaki notasyonlar cinsinden verilmiştir. Önerilen yeni bağıntının doğruluğunu göstermek amacıyla tek katlı simetrik olmayan bir bina örneği, ilgili tartışma çalışmasında incelenmiştir. İncelenen binanın plandaki asal eksenleri ile  $-90^{\circ} \sim +90^{\circ}$  arasında  $10^{\circ}$ 'lik yüklemeye açıları için davranış spektrumu analizleri yapılmış ve kolondaki kesme kuvvetinin deprem doğrultusuna bağlı değişimi belirlenmiştir. Çalışmada, en elverişsiz davranış büyüklüklerini veren deprem

doğrultularına ait kritik açılar, önerilen yeni bağıntı ile  $-33.5^\circ$  ve  $+56.5^\circ$ , SRSS birleştirme kuralı ile  $-37.9^\circ$  ve  $+52.0^\circ$  olarak belirlenmiştir [30].

- Wilson ve diğ. (1996) tarafından yapılan ve Reed ve Kennedy (1996) [29] ile Lopez ve Torres (1996) [30]'deki iki ayrı konunun incelendiği tartışma çalışmalarına cevap verilen çalışmada, aynı doğrultuda olmayan davranış büyüklüklerinin birleştirilmesi probleminin çalışma kapsamında olmadığı belirtilmiştir. Çalışmanın amacının, kritik açıdan bağımsız sonuçlar veren bir yöntem önermek (SRSS) olduğu ve ayrıca, farklı oranlarla birleştirme kurallarının (%30 ve %40) simetrik bir yapı için simetrik olmayan sonuçlar verebildiğini göstermek olduğu belirtilmiştir. Yazarlar, deprem yer hareketinin iki yatay bileşeni arasındaki oranın herhangi bir değeri için Lopez ve Torres (1996)'de önerilen bağıntıların kesinlikle doğru olduğunu belirtmişlerdir. Ancak, bu durumda her bir davranış büyüklüğü için en elverişsiz durumun ayrı ayrı araştırılması gerektiğini belirtmişlerdir. Bu nedenle, eleman tasarımında aksenal kuvvet ve iki eğilme momentinin en elverişsiz değerlerini kullanmanın doğru olmayacağı belirtilmiştir. Yazarlar, bu karmaşık problemten dolayı eşit davranış spektrumu için SRSS yöntemini sınırladıklarını ve önerilen yöntemin uygulamasının kolay ve değişmez olduğunu belirtmişlerdir [31].
- Lopez ve Torres (1997) tarafından yapılan ve *doğrusal-elastic* davranışın esas alındığı çalışmada, benzer veya farklı spektral şekillere sahip olan deprem yer hareketinin iki yatay ve bir düşey bileşeni altında, yapı sistemlerinin kritik deprem doğrultusu ve en elverişsiz davranış büyüklüklerini en genel halde belirlemek için bir yöntem önerilmiştir. Önerilen yöntem ile en elverişsiz yapısal davranış büyüklüklerinin belirlenmesinde, her bir yatay bileşen için 2 (iki) ve düşey bileşen için 1 (bir) olmak üzere toplam 5 (beş) sismik yükleme durumunun yapılması gerekmektedir. Yöntemin uygulaması, tek katlı ve tek açıklıklı simetrik olmayan üç boyutlu bir betonarme çerçeve üzerinde gösterilmiş ve elde edilen sonuçlar SRSS yöntemi ile karşılaştırılmıştır. Çalışmada, benzer tipte iki yatay spektrum ve keyfi bir düşey spektrum için belirlenen kritik açının, deprem yer hareketinin yatay bileşenleri arasındaki oranına ve düşey bileşene bağlı olmadığı belirlenmiştir. Bununla birlikte, kritik

açının davranış büyüklüklerine bağlı olarak değişim gösterebildiği ve her bir davranış büyüklüğüne ait kritik açının ayrı ayrı belirlenmesi gerektiği ifade edilmiştir [19].

- Menun ve Kiureghian (1998) tarafından yapılan ve *doğrusal–elastik* davranışın esas alındığı çalışmada, bir davranış büyüklüğünün en elverişsiz değerini belirlemek için, deprem yer hareketinin üç ortogonal bileşeninin katkısını birleştiren bir yöntem önerilmiştir. Çalışmada, deprem yer hareketinin sadece bir yatay bileşeni için modal davranış büyüklüklerinin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan CQC kuralının genişletilmiş hali olarak önerilen CQC3 birleştirme kuralı, %30, %40 ve SRSS birleştirme kuralı ile karşılaştırılmıştır. Çalışmada, belirli özel koşulların sağlanması halinde (yapı özelliği ve deprem yer hareketi kaydının özellikleri bakımından), mevcut birleştirme kurallarının CQC3 kuralının özel hali olduğu belirtilmiştir. Çalışmada, sistem üzerindeki herhangi bir davranış büyüklüğünün en elverişsiz durumunu belirleyen deprem doğrultusunu elde etmek için kritik açı bağıntısı da önerilmiştir. Önerilen yöntemin sayısal uygulamasını göstermek için bir köprü örneği incelenmiştir.  $0^{\circ} \sim 180^{\circ}$  arasındaki farklı ara doğrultularda, deprem yer hareketinin yatay bileşenleri arasındaki oranın farklı değerleri için üç birleştirme kuralından (%30, %40 ve SRSS) elde edilen sonuçlar (kesit tesirleri), CQC3 kuralından elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılmıştır. Deprem yer hareketinin yatay bileşenlerinin eşit olması özel hali dışında, SRSS birleştirme kuralının davranış büyüklüklerini (eğilme momentleri) belirlemede yetersiz kaldığı görülmüştür. Bunun nedeni, binanın kabul edilen asal eksenleri ile deprem yer hareketinin yatay bileşenleri arasındaki ilişkinin SRSS kuralı ile gözönüne alınamaması olarak belirtilmiştir. Deprem yer hareketinin yatay bileşenleri arasındaki oranın çalışmada kabul edilen farklı değerleri için, %30 ve %40 farklı oranlarla birleştirme kurallarının elemanlardaki kesit tesirlerini daha fazla belirlediği, yatay bileşenleri arasındaki oranın eşit olması hali için ise, %30 birleştirme kuralının kesit tesirlerini daha az belirlediği görülmüştür [18].
- Hernandez ve Lopez (1998) tarafından Menun ve Kiureghian (1998) [18] için yapılan tartışma çalışmasında, CQC3 yönteminin tek bir davranış

büyükliğünün (eğilme momenti gibi) en elverişsiz değerinin hesabına yönelik olduğu ve çok bileşenli davranış büyüklükleri arasındaki etkileşimi gözönüne alamadığı belirtilmiştir. Çalışmada, CQC3 birleştirme kuralının, deprem yer hareketinin yatay bileşenlerinin eşit olması halinde SRSS birleştirme kuralının yerine kullanılması gerektiği, tek bir davranış büyüklüğünün en elverişsiz durumunu belirlemek gerektiğinde ise farklı oranlarla birleştirme kurallarının yerine kullanılması gerektiği belirtilmiştir. Çalışmada, SRSS ve CQC3 birleştirme kuralı uygulanarak yapılan eleman tasarımında, çoklu davranış büyüklüklerinin her biri için (eksenel kuvvet ve eğilme momentleri) en elverişsiz değerlerin kullanıldığı, bunun da gerekenden fazla bir tasarıma neden olabileceği belirtilmiştir. Menun ve Kiureghian (1998)'de incelenen köprü örneği, bu çalışmanın yazarları tarafından da incelenmiştir. Çalışmada, CQC3 ve %30 birleştirme kuralından elde edilen eğilme momentleri arasındaki farkın yaklaşık olarak %19 olduğu, eksenel kuvvetin gözönüne alınması halinde bu farkın daha da arttığı belirlenmiştir. Çalışmada ayrıca, deprem yer hareketinin yatay bileşenleri arasındaki oranın farklı değerleri için %30 birleştirme kuralında bir iyileştirme yapılmıştır. Geliştirilen %30 birleştirme kuralı ve CQC3 kuralından elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında, rölatif farkın %3'den daha az olduğu belirtilmiştir [32].

- Menun ve Kiureghian (1998) tarafından yapılan ve Hernandez ve Lopez (1998) [32]'deki tartışma çalışmasına cevap verilen çalışmada, çok bileşenli davranış büyüklüklerine (iki eğilme momenti ve eksenel kuvvet gibi) ait kritik birleştirmenin çalışma kapsamında olmadığı ve önerilen CQC3 kuralının tek bir davranış büyüklüğünün en elverişsiz durumunu belirlemek için geçerli olduğu belirtilmiştir. Yazarlar ayrıca, farklı oranlarla birleştirme kurallarının teorik esasları olmaması nedeniyle elde edilen sonuçların geçici olduğunu ve önemli hatalara neden olabileceğini belirtmişlerdir. Pratikte bu kuralların kullanımlarından vazgeçilmesi gerektiği çalışmada tekrar belirtilmiştir [33].
- Özer ve diğ. (1999)'da [34], statik dış yükler etkisindeki betonarme uzay çerçeve sistemlerin doğrusal olmayan teoriye göre hesabı, ikinci mertebe limit yüklerin ve göçme güvenliklerinin belirlenmesi amacıyla Girgin (1996) [35]'da



geliştirilen yük artımı yöntemi kullanılarak, deprem bölgelerindeki mevcut betonarme binaların deprem güvenliklerinin tayininde uygulanmak üzere bir yöntem önerilmiştir. Önerilen yöntemin pratik uygulamalarını içeren çeşitli incelemelere çalışma kapsamında yer verilmiştir. İncelenen binaların biri üzerinde, planda 45°'lik diyagonal doğrultudan etkiyen deprem yükleri için, geliştirilen yük artımı yöntemi ile binanın doğrusal olmayan davranışı ve göçme güvenliği belirlenmiştir. Diyagonal doğrultudan etkiyen deprem yükleri altında belirlenen göçme güvenliğinin, binanın plandaki asal eksen doğrultularından elde edilenlere göre %5.6 oranında daha büyük olduğu belirlenmiştir. Bunun başlıca nedeni, diyagonal doğrultudan etkiyen yatay yüklerden dolayı kat kirişlerinde oluşan kesit zorlarının her iki doğrultudaki kirişlere dağılması olarak belirtilmiştir. Ayrıca, deprem yüklerinin sistemin diyagonal doğrultusundan etkimesi halinde, taşıyıcı sistem elemanlarında oluşan plastik kesit (plastik mafsal) sayılarının asal doğrultulardan elde edilenlere göre oldukça arttığı belirlenmiştir [34].

- Fenandez–Davila ve diğ. (2000)'de, binaların *doğrusal–elastik* tasarımında deprem yüklerinin doğrultu etkisini gözönüne almak için kullanılan farklı birleştirme kuralları (%30 birleştirme kuralı, %20 büyütme kuralı ve SRSS birleştirme kuralı) irdelenmiştir. Çalışmada, beş katlı betonarme uzay çerçeve binanın altı farklı durumuna ait modellerin sayısal analizleri yapılarak en elverişsiz davranış büyüklüklerini veren kritik deprem doğrultuları belirlenmiştir. Bina modelleri için elde edilen analiz sonuçları incelendiğinde, %20 büyütme kuralının, %30 birleştirme kuralı ve SRSS birleştirme kuralına göre daha güvenli yönde sonuç verdiği belirlenmiştir. Ayrıca, deprem etkisinin iki doğrultulu analizinden elde edilen sonuçların bir doğrultulu analizden elde edilenlere göre daha az olduğu belirlenmiştir [36].
- Cruz ve Cominetti (2000) tarafından doğrusal ve doğrusal olmayan davranışın esas alındığı çalışmada, en elverişsiz davranış büyüklüklerinin belirlenmesinde deprem yer hareketinin bir veya iki yatay bileşeninin etkisi incelenmiştir. Bunun için, beş katlı betonarme bir binanın farklı tasarım kombinasyonları üzerinde, deprem yer hareketinin yatay bileşenlerinin bir ve iki doğrultulu

olarak etkimesi hali için zaman tanım alanında analizlerden elde edilen en elverişsiz davranış büyüklükleri karşılaştırılmıştır. Çalışmada, deprem yer hareketinin bir veya iki doğrultulu olarak etkimesi arasında büyük farkların oluşmadığı ve ayrıca, depremin düşey bileşeninin bu farkı belirlemede etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Çalışma kapsamında gerçekleştirilen sayısal analizler sonucunda, binaların bir doğrultulu analizini esas alan yönetmelik tasarımlarının genellikle yeterli olduğu belirtilmiştir [37].

- Lopez ve diğ. (2001) tarafından yapılan ve *doğrusal-elastic* davranışın esas alındığı çalışmada, deprem yer hareketinin üç ortogonal bileşeni (iki yatay ve bir düşey) altında yapısal davranış büyüklüklerini birleştirmede kullanılan mevcut kurallar, tek katlı simetrik ve simetri olmayan iki bina ile çok katlı iki bina örneği üzerinde (çelik ve betonarme) değerlendirilmiştir. Çalışmada, deprem yer hareketinin iki yatay bileşeni için birleştirme kurallarından (SRSS, %30, %40 ve basitleştirilmiş SRSS (S–SRSS)) elde edilen kesit tesirleri, CQC3 kuralından elde edilenler ile karşılaştırılmıştır [38]. Deprem yer hareketinin yatay bileşenleri arasındaki oranın farklı değerleri için;

1. %30 birleştirme kuralı ile birleştirilen davranış büyüklüklerinin, CQC3 kuralı ile elde edilenlere göre –%8 ile +%16 arasında değişen oranda daha az veya daha fazla olabildiği,
2. %40 birleştirme kuralı ile birleştirilen davranış büyüklüklerinin, CQC3 kuralı ile elde edilenlere göre –%1 ile +%25 arasında değişen oranda daha az veya daha fazla olabildiği,
3. SRSS birleştirme kuralı ile birleştirilen davranış büyüklüklerinin, CQC3 kuralı elde edilenlere göre %21’e ulaşan oranda daha az olduğu,
4. S–SRSS birleştirme kuralı ile birleştirilen davranış büyüklüklerinin, CQC3 kuralı elde edilenlere göre %26’ya ulaşan oranda daha fazla olduğu belirlenmiştir [38].

Ayrıca, yapısal davranışa en çok katkısı bulunan iki titreşim modunun birbirine yakın olması halinde, CQC3 birleştirme kuralı dışındaki hiçbir birleştirme kuralının davranış büyüklüklerindeki değişimi (artımı) belirleyemediği görülmüştür [38].

- Anagnostopoulos (2002) tarafından Lopez ve diğ. (2001) [38] için yapılan tartışma çalışmasında, Lopez ve diğ. (2001)'deki çalışma eleştirilmiş ve daha önceki bir çalışmada geliştirilen yönteme ait sonuçlara yer verilmiştir. Çalışmada, Lopez ve diğ. (2001)'de değerlendirilen CQC3 kuralı ile, en elverişsiz doğrultu boyunca etkiyen deprem yer hareketinin iki yatay bileşeni altında bir davranış büyüklüğünün en elverişsiz değerinin belirlendiği ifade edilmiştir. Bu şekilde yapılacak bir eleman tasarımının gerekenden fazla ve gereksiz olacağı belirtilmiştir. Yapısal davranışının *doğrusal-elastik* kalması halinde yapının daha güvenli olabileceği, buna karşın, tasarım depremi altında doğrusal olmayan bir davranış gösterecek olan yapısal elemanlar için güvenlik payının bir *kapasite tasarımı* yaklaşımı ile belirlenmesi gerektiği ifade edilmiştir. Bu nedenle, kritik davranış büyüklüklerinin belirlenmesi için önerilen yöntemlerin pratikte uygulanmadan önce, *kapasite tasarımı* yaklaşımı ile uyumlu hale getirilmesi gerektiği belirtilmiştir. Çalışmada, üç ortogonal yapı aksına etkiyen deprem yer hareketi bileşenleri altında en elverişsiz davranış büyüklüklerinin belirlenmesi için, yazar tarafından daha önceki bir çalışmada önerilen yönteme ve elde edilen sonuçlara yer verilmiştir. İlgili çalışmada, farklı yapı sistemleri üzerinde deprem yer hareketinin üç bileşenini içeren 30 gerçek deprem kaydı için zaman tanım alanında analizlerden elde edilen sonuçlar ortalama hata, hata standart sapması ve hata dağılımı esas alınarak incelenmiştir. İncelenen yapı sistemlerinin tüm köşe kolonlarındaki aksenal kuvvet ve eğilme momentleri için, SRSS ve %30 birleştirme kuralının ihmal edilebilecek mertebede ortalama hata verdiği, buna karşın kesit tesirleri arasındaki etkileşiminin gözönüne alınmasıyla hatanın arttığı belirtilmiştir [39].
- Lopez ve diğ. (2002) tarafından Anagnostopoulos (2002) [39]'deki tartışma çalışmasına cevap verilen çalışmada, birçok sismik bölge için deprem yer hareketinin yatay bileşenlerinin doğrultusunun bilinmediği ve bu bileşenlerin yapısal akslara herhangi bir ara doğrultudan etkiyebileceği belirtilmiştir. CQC3 kuralı ile bir davranış büyüklüğü için belirlenen kritik değer, deprem yer hareketinin herhangi bir doğrultu açısı için benzer aşılma olasılığına sahip olduğu belirtilmiştir. Çalışmanın yazarları, tartışmacı yazarın önerdiği yönteme ait sonuçların, deprem yer hareketinin üç ayrı bileşeninin yapının asal eksen

doğrultularından etkilenmesinden ve ara deprem doğrultularındaki sonuçları gözönüne almamasından dolayı yetersiz olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca, kritik deprem doğrultuları için elde edilen davranış büyüklüklerinin, deprem yer hareketinin yatay ve düşey bileşenlerinin yapı sisteminin asal eksen doğrultularından etkimesi halinde elde edilenlerden %20'ye ulaşan oranda daha fazla olabildiği belirtilmiştir [40].

- Anastassiadis ve diğ. (2002) tarafından yapılan ve *doğrusal–elastik* davranışın esas alındığı çalışmada, bir davranış büyüklüğünün en elverişsiz değerini veren sismik hareketin doğrultusu ve bu davranış büyüklüğünün hesabı için bir yöntem geliştirilmiştir. Çalışmada, yapısal bir elemanın belirli bir kesitinde aynı zamanda etkiyen iki veya daha fazla gerilme (veya iç kuvvet) bileşenlerinin en elverişsiz kombinasyonlarını belirlemek için *Uç Gerilme Yöntemi* (Extreme Stress Method) ve *Uç İç kuvvet Yöntemi* (Extreme Force Method) geliştirilmiştir. Önerilen yöntemlerin sayısal uygulamasını ve doğruluğunu göstermek amacıyla, farklı spektral şekillerdeki deprem yer hareketinin iki yatay bileşeni altında simetrik olmayan altı katlı bir bina örneği çalışmada incelenmiştir [25].
- Nishida ve Unjoh (2003) tarafından yapılan ve *doğrusal–elastik* davranışın esas alındığı çalışmada, deprem yer hareketinin belirli olmayan etkime doğrultusunun yapısal davranış karakteristiklerine etkisi incelenmiştir. Çalışmada, tek serbestlik dereceli sistemler için ivme spektrumunun değişimini değerlendirmek için iki bileşenli ivme spektrumu, bir bileşenli ivme spektrumu ile karşılaştırılmıştır. Çalışmada, keyfi bir deprem doğrultusu için hesaplanan iki bileşenli ivme spektrumunun bir bileşenli ivme spektrumundan 1.20 ~ 1.30 kat daha büyük olduğu belirlenmiştir. Çalışmada ayrıca, iki bileşenli ivme spektrumunu hesaplamak için SRSS birleştirme kuralı ile farklı oranlarla birleştirme kurallarını esas alan ve ayrıca, istatistiksel verilerden yararlanılarak bir yöntem önerilmiştir. Önerilen yöntemin iki bileşenli ivme spektrumunu belirlemede oldukça iyi sonuçlar verdiği belirlenmiştir [41].

- Khoshnoudian ve Poursha (2004) tarafından yapılan çalışmada, *doğrusal* ve *doğrusal olmayan* davranışta deprem yer hareketin kritik açısı, en elverişsiz davranış büyüklüklerinin belirlenmesinde deprem yer hareketinin bir veya iki yatay bileşenin etkisi ve literatürdeki bazı birleştirme kuralları incelenmiştir. *Doğrusal-elastik* davranışta bu etkileri incelemek için yedi moment aktaran çerçeve ile yedi dış merkez çelik çaprazlı çerçevelerden oluşan beş katlı on dört bina, *doğrusal olmayan* davranışta ise moment aktaran çerçevelerden oluşan beş katlı üç bina ele alınmıştır. Çalışmada,  $0^\circ \sim 180^\circ$  arasında gözönüne alınan deprem doğrultuları için binaların en elverişsiz davranış büyüklüklerinin belirlenmesinde, %30 ve SRSS birleştirme kuralı ile %20 büyütme kuralının çoğunlukla yetersiz kaldığı belirlenmiştir. %20 büyütme kuralının kritik deprem doğrultularındaki davranış büyüklüklerini belirlemede farklı sonuçlar vermesine karşın, %30 ve SRSS birleştirme kuralından daha iyi sonuç verdiği belirlenmiştir. Çalışmada, gözönüne alınan deprem doğrultuları için incelenen binaların zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri sonucunda, deprem yer hareketinin bir veya iki bileşeni altında hesaplanan en elverişsiz yerdeğiştirme ve diğer davranış büyüklükleri için (normal kuvvet dışında) elde edilen yüzdelik farkın, doğrusal analizlerde elde edilenlere göre daha az olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, deprem yer hareketinin iki yatay bileşeni altında doğrusal ve doğrusal olmayan analizler sonucunda elde edilen davranış büyüklüklerinin, bir yatay bileşen altında elde edilene göre daha fazla olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, bir davranış büyüklüğünün en elverişsiz değerini oluşturan kritik açıların, doğrusal ve doğrusal olmayan analizlerde birbirinden farklı olduğu belirlenmiştir [42].
- Sesigür ve diğ. (2004) tarafından yapılan ve spektrum şiddeti kavramının esas alındığı çalışmada, deprem etkisinin iki doğrultulu olarak gözönüne alınmasının yapısal davranış büyüklüklerine etkisi ve kullanılan kavramın etkinliği incelenmiştir. Çalışmada, sönüm oranının farklı değerleri ( $\xi = 0, 0.05, 0.20$  ve  $0.50$ ) için seçilen on üç deprem kaydının elastik hız spektrumları elde edilmiştir. Daha sonra, ortogonal ve bileşke doğrultulardaki spektrum şiddetleri hesaplanarak, farklı oranlarla birleştirme kurallarındaki ilgili katsayılar sayısal olarak elde edilmiştir. Çalışma kapsamında gerçekleştirilen analizler sonucunda,

binaların *doğrusal–elastik* tasarımı için yönetmeliklerde yaygın olarak kullanılan farklı oranlarla birleştirme kuralları (%30 ve %40) değerlendirilmiştir. Düzenli yapı sistemleri için en elverişsiz davranış büyüklüklerini belirlemede %30 veya %40 birleştirme kurallarının fazla sonuç verdiği ve birleştirme kurallarındaki bu katsayıların %20 ~ 25 arasında olması gerektiği belirtilmiştir [43].

- Heredia–Zavoni ve Machicao–Barrionuevo (2004) tarafından yapılan çalışmada, yumuşak ve sert zemin sınıfları için burulma bakımından rijit ve esnek (fleksibil) sistemlerin *doğrusal–elastik* davranışında deprem yer hareketinin yatay bileşenlerinin etkisi ve yönetmeliklerde öngörülen birleştirme kuralları incelenmiştir. Çalışmada, tek katlı ve tek açıklıklı bir yapı sisteminin farklı deprem yer hareketleri altında, spektrum şiddeti kavramı esas alınarak sayısal analizleri yapılmıştır. Çalışmada, sistemin burulma bakımından rijit veya fleksibil özelliklerine bağlı olmaksızın, sistemin doğal titreşim periyodu, eksantiristesesi ve zemin sınıfına bağlı olarak deprem yer hareketinin yatay bileşenlerinin yapı davranışı üzerinde önemli etkisinin olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, farklı oranlarla birleştirme kurallarının kullanılmasının tasarım kuvvetlerini belirlemede önemli etkisinin olmadığı belirlenmiştir [44].
- Lopez ve diğ. (2004) tarafından yapılan ve *doğrusal–elastik* davranışın esas alındığı çalışmada, kritik davranış büyüklüklerini belirlemek için ortaya konulan CQC3 birleştirme kuralı, deprem yer hareketinin keyfi olarak seçilen iki yatay ve bir düşey bileşeni için geliştirilmiştir. Yöntemin doğruluğu, deprem yer hareketinin yatay bileşenleri arasındaki oranın iki farklı değeri için incelenmiştir. Çalışmada, CQC3 birleştirme kuralından elde edilen sonuçları değerlendirmek için planda simetrik ve simetrik olmayan tek katlı iki bina, çok katlı binaları temsil eden planda simetrik 20 katlı çelik bina ile planda simetrik olmayan 9 katlı betonarme bina incelenmiştir. Tek katlı bina örnekleri üzerinde yapılan parametrik çalışmalar ve çok katlı binaların sayısal analizleri sonucunda, geliştirilen CQC3 birleştirme kuralının kritik davranışı belirlemede maksimum %5 hata içerdiği ve bu farkın binaların tasarım ve güçlendirme uygulamaları için ihmal edilebilecek mertebede olduğu belirtilmiştir. Bununla

beraber, çalışmada elde edilen en büyük hata oranının deprem yer hareketinin düşey bileşenin ihmal edildiği durumda olduğu belirlenmiştir [45].

- Özmen (2005)'de, yapı sistemlerinin *doğrusal-elastic* tasarımında kolonlardaki en elverişsiz donatı oranlarını belirleyebilmek ve yönetmeliklerde önerilen birleştirme kurallarının eksikliklerini gidermek için yeni bir birleştirme formülü geliştirilmiştir. Bunun için, belirli sayıda seçilen “Tipik Yapı” sistemlerine deprem yükleri ara doğrultularda parametrik olarak değiştirilerek etkilmiştir. Daha sonra, incelenen yapı sistemlerinin kolonlarında oluşan her iki eksendeki eğilme momentleri ( $M_x$  ve  $M_y$ ) ile sabit normal kuvvet ( $N$ ) değerleri altında donatı oranları hesaplanmış ve maksimum donatı oranları belirlenmiştir. Çalışmada son olarak, yapı sistemlerinin *doğrusal-elastic* tasarımında deprem yüklerinin doğrultu etkisini gözönüne almak için bir birleştirme formülü önerilmiştir. İncelenen yapı sistemlerinin kolonları üzerinde kritik deprem doğrultularındaki maksimum donatı oranları referans alınarak, önerilen birleştirme formülü ve literatürdeki birleştirme kurallarının değerlendirilmesi yapılmıştır. Parametrik olarak yapılan çalışmadan elde edilen sonuçlar üç madde halinde aşağıda özetlenmiştir [20].

1. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY) [46]'de verilen birleştirme formülünün, binaların plandaki asal eksen doğrultularındaki eğilme momentlerinin karşılıklı etkileri gözönüne alınmadan uygulanması (Etkileşimsiz Süperpozisyon) halinde, kolonlardaki donatı oranlarının güvensiz yönde hatalı belirlendiği, buna karşın eğilme momentlerinin karşılıklı etkilerini de gözönüne alarak uygulanması halinde (Etkileşimli Süperpozisyon), elde edilen donatı oranlarının aşırı güvenli yönde olduğu,
2. SRSS yöntemi ile elde edilen donatı oranlarının incelenen tüm kolonlar için güvensiz yönde sonuç verdiği,
3. Önerilen yeni birleştirme formülünün, çoğunlukla güvenli yönde olmak üzere, pratik uygulamalar için kabul edilebilir mertebede hatalı sonuçlar verdiği

belirlenmiştir.

- Magliulo ve Ramasco (2007) tarafından *doğrusal olmayan* davranışın esas alındığı ve deneysel sonuçların da kullanıldığı çalışmada, planda simetrik olmayan tek açıklıklı bir betonarme binanın deprem etkisi altındaki davranışı ayrıntılı olarak incelenmiştir. Çalışmada incelenen örnek üzerinde, seçilen 5 gerçek deprem kaydının bir ve iki yatay bileşeni altında elde edilen yapısal davranış büyüklükleri karşılaştırılmıştır. Çalışmada, deprem yer hareketinin binanın plandaki asal eksen doğrultularından farklı ara bir doğrultudan etkimesi hali ve kiriş elemanların davranışı incelenmemiştir. Davranış büyüklüklerinin karşılaştırılması, binanın global davranış büyüklükleri (maksimum taban kesme kuvveti, tepe yerdeğiştirme ve görelî kat ötelemesi) ve kolon kesitindeki şekildeğiştirme talepleri açısından yapılmıştır. Global davranış büyüklükleri açısından elde edilen sonuçlar incelendiğinde, deprem yer hareketinin yatay bileşenlerinin binaya iki doğrultulu olarak etkimesi sonucu elde edilen davranış büyüklükleri, tek doğrultulu olarak etkimesi haline göre yaklaşık %4 daha az bulunmuştur. Deprem etkisi altında yapısal elemanların doğrusal olmayan bir davranış göstermesi halinde, ikinci yatay bileşeninin global davranış büyüklüklerinde çoğunlukla azalmaya neden olduğu, buna karşın, kolon kesitlerindeki şekildeğiştirme taleplerini oldukça artırdığı ve bu bileşenin ihmal edilememesi gerektiği belirtilmiştir [47].
- Reyes–Salazar ve diğ. (2007) tarafından yapılan *doğrusal ve doğrusal olmayan* davranışın esas alındığı çalışmada, yapıların çok bileşenli sismik analizine ilişkin bazı araştırma konuları incelenmiştir. İlk konu olarak, deprem yer hareketinin yatay ve düşey bileşenlerinin birleştirilmiş etkisini gözönüne almak için pratikte yaygın olarak kullanılan birleştirme kurallarının doğruluğu incelenmiştir. İkinci konu, en elverişsiz yapısal davranış büyüklüklerinin belirlenmesinde deprem yer hareketinin düşey bileşeninin etkisi olmuştur. Son olarak, deprem yer hareketinin yatay bileşenleri arasındaki oranın yapısal davranış büyüklüklerine etkisi incelenmiştir. Bu konuları araştırmak için, farklı dinamik karakteristiklere sahip olan dört moment aktaran çelik çerçeve bina (1, 3, 8 ve 15 katlı) incelenmiştir. Çalışmada, seçilen 20 deprem yer hareketi kaydı için incelenen binaların zaman tanım alanında analizleri sonucunda, toplam taban kesme kuvvetinin birleştirme kuralları ile oldukça iyi



belirlenebilmesine karşın, normal kuvvetin birleştirilmiş davranışının belirlenmesinde bu kuralların yetersiz kalabildiği görülmüştür. Deprem yer hareketinin iki yatay bileşeni için, genel olarak SRSS birleştirme kuralının %30 birleştirme kuralından daha az güvenli yönde sonuç verdiği, üç ayrı bileşeni için ise, %30 birleştirme kuralının SRSS birleştirme kuralından daha az güvenli yönde sonuç verdiği görülmüştür. Çalışmada, en elverişsiz davranış büyüklüklerinin belirlenmesinde farklı oranlarla birleştirme kuralının kullanılması halinde, %30 birleştirme kuralı yerine %40 birleştirme kuralının kullanılması önerilmiştir. Bununla birlikte, binaların tasarımında deprem yer hareketinin iki yatay bileşeninin yanı sıra düşey bileşeninin de kesinlikle gözönüne alınması gerektiği belirtilmiştir. Ayrıca, deprem yer hareketinin yatay bileşenleri arasındaki oranın 0.85'den (genellikle kabul edilen bir değer) daha küçük olması gerektiği belirtilmiş ve bu değer 0.40 alınması önerilmiştir [48].

### **1.2.2 Deprem Yüklerinin Doğrultu Etkisi ile İlgili Literatürdeki Çalışmaların Genel Bir Değerlendirmesi**

Literatürde, deprem yüklerinin doğrultu etkisi ile ilgili çoğunlukla *doğrusal- elastik* teorinin esas alındığı çalışmalardan elde edilen sonuçlar esas alınarak, farklı araştırma konuları için genel bir değerlendirme yapılmış ve aşağıda maddeler halinde özetlenmiştir.

- a) *Doğrusal ve doğrusal olmayan* teori çerçevesinde, yapı sistemlerinin en elverişsiz davranış büyüklüklerinin belirlenmesinde deprem yer hareketinin birbirine dik iki yatay bileşeni ile düşey bileşeninin etkili olabileceği görülmüştür. Buna karşın, bu davranış büyüklüklerinin en elverişsiz durumlarını oluşturan kritik deprem doğrultularının, deprem yer hareketinin bir veya iki bileşenli olmasından bağımsız olduğu görülmüştür. Bununla birlikte, farklı davranış büyüklükleri için elde edilen kritik deprem doğrultularının genellikle aynı olmadığı ve her bir davranış büyüklüğüne ait kritik deprem doğrultusunun ayrı ayrı belirlenmesi gerektiği ifade edilmektedir.

- b) Literatürde, *doğrusal–elastik* teori esas alınarak deprem yüklerinin doğrultu etkisi nedeniyle sistem elemanlarında oluşacak en elverişsiz davranış büyüklüklerinin belirlenmesi için önerilen yaklaşımlarda (%30 birleştirme kuralı, SRSS, CQC3 kuralı gibi), taşıyıcı sistem elemanlarında oluşan iç kuvvet büyüklükleri ( $M_x, M_y$  ve  $N$ ) arasındaki etkileşim çoğunlukla gözönüne alınmamaktadır. Önerilen bu yaklaşımlara ait değerlendirme çalışmaları, bir davranış büyüklüğünün en elverişsiz hali gözönüne alınarak yapılmaktadır. Özellikle iç kuvvet büyüklükleri arasında etkileşimin önemli olduğu kolonlardaki eğilme momenti ve normal kuvvetin etkileşimsiz birleştirilmiş değerleri (sadece  $M_x$  veya  $M_y$  veya  $N$ ), ilgili elemanın kapasitesi dışında (ötesinde) ekonomik olmayan bir tasarıma neden olabilmektedir. Deprem yüklerinin doğrultu etkisi nedeniyle çoklu davranış büyüklüklerinin ( $M_x, M_y$  ve  $N$ ) oluştuğu kolonlarda, davranış büyüklüklerindeki değişimin incelenmesi, her bir kesit tesirine ait en elverişsiz değerler (maksimum veya minimum [ $M_x$  veya  $M_y$  veya  $N$ ]) yerine, bir elips üzerinde tanımlanabilen ilgili iç kuvvet talepleri arasındaki etkileşimi gözönüne alabilen büyüklükler (donatı oranı vb.) üzerinde yapılmasının daha uygun olacağı düşünülmektedir.
- c) Bu nedenle, yapıların *doğrusal–elastik* tasarımında, deprem yüklerinin doğrultu etkisi nedeniyle ilgili davranış büyüklüklerindeki değişimi gözönüne almak amacıyla literatürde önerilen birleştirme kurallarının, çoklu davranış büyüklükleri arasındaki etkileşim gözönüne alınarak irdelenmesi ve ayrıca, *kapasite tasarımı* yaklaşımı ile uyumlu olacak şekilde geliştirilmesi gerektiği düşünülmektedir.

Doğrusal olmayan teori esas alınarak, deprem yüklerinin binaların plandaki asal eksenlerinin yanısıra ara doğrultulardan da etkimesi halinde, kolonlardaki plastik kesitler iki eksenli eğilme momenti ve normal kuvvetin ( $M_x, M_y$  ve  $N$ ) etkileşimi ile meydana gelmekte ve bu iç kuvvetler doğrultusunda sonlu plastik şekildeğiştirmeler ( $\theta_{px}$  ve  $\theta_{py}$  plastik dönmeleri ve  $\Delta_p$  plastik boy değişmesi) oluşmaktadır. Bileşik eğik eğilme etkisindeki elemanlarda, ilgili iç kuvvet büyüklüklerine ( $M_x, M_y$  ve  $N$ ) karşı gelen  $\theta_{px}$ ,  $\theta_{py}$  ve  $\Delta_p$  şekildeğiştirme talepleri arasındaki etkileşim terk edilerek binaların performansa dayalı tasarımının ve değerlendirilmesinin gerçekçi

olmayacağı, ve bu durumda oldukça farklı bir performans değerlendirmesine neden olabileceği düşünülmektedir.

Bileşik eğik eğilme etkisindeki kolon plastik kesitlerinde,  $M_x$  ve  $M_y$  iç kuvvetler doğrultusunda oluşan  $\theta_{px}$  ve  $\theta_{py}$  plastik dönme talepleri ile N normal kuvvet talepleri arasındaki etkileşimi gözönüne alan davranış büyüklüğü sadece, kesitteki birim boy değişmesi talepleridir (kesitte tarafsız eksene en uzak donatıdaki  $\mathcal{E}_{s maks.}$  ile en dış beton basınç lifindeki  $\mathcal{E}_{c maks.}$  birim boy değişmesi talepleri).

Basit eğilme etkisinde olan kiriş plastik kesitlerinde ise, sadece oluşan eğilme momenti doğrultusundaki plastik şekildeğiştirme talebi (plastik dönme ( $\theta_p$ ) veya plastik eğrilik ( $\chi_p$ )) doğrudan doğruya değerlendirilebilmektedir. Bu nedenle, kiriş plastik kesitlerindeki birim boy değişmesi taleplerinin ( $\mathcal{E}_{c maks.}$  ve  $\mathcal{E}_{s maks.}$ ) belirlenmesine gerek kalmamaktadır.

### 1.3 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu çalışmada, deprem yüklerinin doğrultu etkisi nedeniyle betonarme binaların kiriş ve kolon plastik kesitlerinde (plastik mafsallarında) oluşacak en elverişsiz plastik şekildeğiştirme talepleri ile bunları veren kritik deprem doğrultularının doğrusal olmayan teori çerçevesinde araştırılması amaçlanmıştır.

Çalışmada, binaların en elverişsiz plastik şekildeğiştirme taleplerinin belirlenmesinde, kolon plastik kesitlerdeki iç kuvvet ve/veya şekildeğiştirme talepleri arasındaki etkileşimi gözönüne alabilmesi nedeniyle birim boy değişmesi talepleri (kesitte tarafsız eksene en uzak donatıdaki  $\mathcal{E}_{s maks.}$  ile en dış beton basınç lifindeki  $\mathcal{E}_{c maks.}$ ) esas alınmıştır. Kiriş plastik kesitlerinde ise, sadece oluşan eğilme momenti doğrultusundaki plastik dönme talebi esas alınmıştır. Bununla birlikte, ortogonal akslı ve rijit diyaframlı düzenli betonarme binaların kiriş plastik kesitlerindeki en elverişsiz plastik dönme talepleri, beklenildiği gibi, depremin binaların plandaki asal eksen doğrultularından etkimesi halinde olduğundan, kirişlerdeki araştırmanın sadece plandaki asal eksen doğrultularında yapılması yeterli olmaktadır. Bu nedenle,

çok doğrultulu deprem yükleri altındaki doğrusal olmayan değerlendirme analizleri girişler için gerekmemektedir.

Doktora Tezinin amacı doğrultusunda yapılan çalışma sonucunda, üç ayrı öneri sunulmuş ve bunlar aşağıda özetlenmiştir.

- 1) Deprem yüklerinin betonarme binaların plandaki asal eksen doğrultularının yanısıra herhangi ara doğrultulardan da etkimesi hali için, yapısal davranış taleplerinin (tepe yerdeğiştirmesi, görelî kat ötelemesi, plastik dönme, birim boy değişmesi vb.) belirlenebilmesi amacıyla, şekildeğiştirme esaslı doğrusal olmayan bir değerlendirme yaklaşımı önerilmiştir.

Literatürde henüz, deprem yüklerinin doğrultu etkisi nedeniyle sözkonusu yapısal davranış taleplerinin en elverişsiz değerlerinin belirlenebilmesi ile ilgili herhangi bir yaklaşıma veya analiz yöntemine rastlanamamıştır.

- 2) Deprem yüklerinin doğrultu etkisi nedeniyle betonarme binaların plastik kesitlerinde (plastik mafsallarında) oluşacak en elverişsiz plastik şekildeğiştirme taleplerinin belirlenebilmesi amacıyla yapılacak araştırmanın, çok sayıda deprem doğrultusu için yapılması yerine, daha az sayıda analiz gerektiren ve kritik deprem doğrultularını da içeren bir aralıkta yapılması önerilmiştir.
- 3) Deprem yüklerinin doğrultu etkisi nedeniyle betonarme binaların kolon plastik kesitlerinde oluşacak en elverişsiz  $\mathcal{E}_{c maks.}$  ve  $\mathcal{E}_{s maks.}$  birim boy değişmesi taleplerinin oldukça yaklaşık ve pratik olarak belirlenebilmesi amacıyla bir büyütme kuralı önerilmiştir. Önerilen büyütme kuralı ile kolon plastik kesitlerindeki en elverişsiz birim boy değişmesi taleplerinin belirlenebilmesi için, doğrusal olmayan analizlerin binaların plandaki asal eksenlerinden farklı deprem doğrultuları için yapılmasına gerek kalmamakta, sadece asal eksen doğrultularında yapılması yeterli olmaktadır. Böylece, binaların doğrusal olmayan analiz ve değerlendirmeleri için gerekli işlem hacmi ve harcanacak zaman önemli ölçüde azalmaktadır. Ayrıca, önerilen büyütme kuralı ile kritik deprem doğrultularındaki en elverişsiz  $\mathcal{E}_{c maks.}$  ve  $\mathcal{E}_{s maks.}$  birim boy değişmesi talepleri, oldukça yaklaşık ve pratik bir şekilde belirlenebilmektedir.

Çalışma kapsamında sayısal incelemelerin yapılması için, herhangi bir yapısal düzensizliği bulunmayan, ortogonal akslı ve farklı karakteristiklere sahip olan 1, 3, 5 ve 8 katlı moment aktaran çerçevelerden oluşan toplam on dört adet betonarme bina ile bazı kolonları sadece bir doğrultuda kirişlerle birleşen ve ASCE-41-06'da çok doğrultulu deprem etkisinin incelenmesi zorunlu olan binaları temsil eden iki adet 3 katlı betonarme bina ve ayrıca, 3 katlı L planlı bir betonarme bina olmak üzere toplam on yedi adet betonarme bina ele alınmıştır.

Sayısal incelemeler kapsamında toplam on yedi adet betonarme binanın farklı deprem doğrultuları için şekildeğiştirme esaslı doğrusal olmayan statik analizleri yapılarak, en alt kolonlarının alt uçlarında oluşan plastik kesitlerdeki  $\epsilon_{c maks.}$  ve  $\epsilon_{s maks.}$  birim boy değişmesi talepleri ile bu davranış büyüklüklerinin deprem doğrultusu ile değişimi belirlenmiştir. Daha sonra, incelenen kolon plastik kesitlerindeki en elverişsiz birim boy değişmesi taleplerini veren kritik deprem doğrultuları değerlendirilerek, betonarme binaların en elverişsiz şekildeğiştirme taleplerinin belirlenmesi amacıyla kritik deprem doğrultularını da içeren bir aralık önerilmiştir. Bununla birlikte, birim boy değişmesi taleplerinin belirlenmesi sırasında hesaplanması gereken diğer yapısal davranış taleplerinin de (kapasite eğrileri, tepe yerdeğiştirmeleri, görelî kat ötelemeleri, plastik kesit dağılımları, plastik dönmeler ve plastik mafsal boyları) deprem doğrultusu ile değişimi incelenerek ve bu davranış büyüklüğü taleplerinin en elverişsiz değerleri ile bunları veren kritik deprem doğrultuları belirlenmiştir. Çalışmada ayrıca, kritik deprem doğrultularındaki  $\epsilon_{c maks.}$  ve  $\epsilon_{s maks.}$  birim boy değişmesi taleplerinin asal eksen doğrultularından elde edilenlere göre değişim oranları belirlenerek değerlendirilmiştir.

## 2. BETONARME ÇUBUK ELEMANLARIN DOĞRUSAL OLMAYAN DAVRANIŞI

Bu bölümde, ilk olarak düzlem ve uzay çubuk elemanlarda *iç kuvvet-şekildeğiştirme* bağıntılarının ve akma (kırılma) koşullarının belirlenmesine yer verilmiştir. Daha sonra, deprem yüklerinin binanın plandaki asal eksenlerinin yanısıra ara doğrultulardan da etkimesi halinde, plastik kesitlerdeki birim şekildeğiştirme taleplerinin belirlenmesinde gerekli olan plastik mafsal boyu (plastik bölge uzunluğu) yaklaşımı ile ilgili olarak, plastik mafsal hipotezinin esasları ve literatürdeki plastik mafsal boyu için önerilen yaklaşımlar kısaca özetlenmiştir.

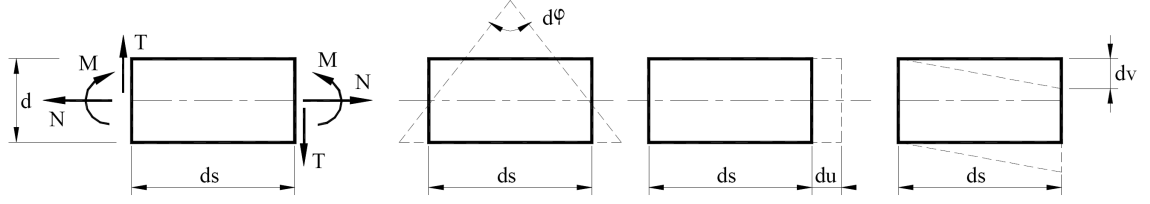
### 2.1 Düzlem Çubuk Elemanlarda İç Kuvvet – Şekildeğiştirme Bağıntıları

Düzlemi içindeki yüklerin etkisi altındaki düzlem çubuk elemanlarda oluşan iç kuvvetler (kesit zorları)  $M$  eğilme momenti,  $N$  normal kuvvet ve  $T$  kesme kuvvetidir. Düzlem çubuk elemanlardan alınan  $ds$  boyundaki bir elemanın bir yüzünün diğer yüzüne göre bağıl (rölatif) yerdeğiştirmelerinin kesit zorları doğrultularındaki bileşenleri  $ds$  elemanın şekildeğiştirmeleri olarak tanımlanır. Bunlar,  $\varphi$  kesitin dönmesini,  $u$  ve  $v$  kesitin çubuk eksenine ve ona dik doğrultudaki yerdeğiştirmelerini göstermek üzere birim dönme (eğrilik), birim boy değişmesi ve birim kayma adını almaktadır (2.1 – 2.3) (Şekil 2.1) [49].

$$\chi = d\varphi / ds \quad (\text{birim dönme (eğrilik)}) \quad (2.1)$$

$$\varepsilon = du / ds \quad (\text{birim boy değişmesi}) \quad (2.2)$$

$$\gamma = dv / ds \quad (\text{birim kayma}) \quad (2.3)$$



Şekil 2.1 Düzlem çubuk elemanlarda iç kuvvetler ve şekildeğişimler

Düzlem çubuk sistemlerde iç kuvvetler ile şekildeğişimler arasındaki bağıntılar (bünye denklemleri), genel olarak (2.4–2.6) bağıntılarında verildiği gibidir.

$$\chi = \frac{d\varphi}{ds} = F_1(M, N, T) + \frac{\alpha_t \Delta t}{d} \quad (2.4)$$

$$\varepsilon = \frac{du}{ds} = F_2(M, N, T) + \alpha_t t \quad (2.5)$$

$$\gamma = \frac{dv}{ds} = F_3(M, N, T) \quad (2.6)$$

Burada:

$F_1, F_2, F_3$  malzeme karakteristiklerine ve enkesit özelliklerine bağlı olarak belirlenen doğrusal olmayan fonksiyonları,

$t$  ve  $\Delta t$  sırasıyla kesite etkiyen düzgün ve farklı sıcaklık değişmelerini,

$\alpha_t$  ise sıcaklık genleşme katsayısını göstermektedir [49].

İç kuvvetlerin artarak belirli bir sınıra erişmesi halinde kırılma, akma veya büyük şekildeğişimler nedeniyle kesitin taşıma gücü sona erer. Kesitin daha büyük iç kuvvetleri taşıyamayacağını ifade eden bu sınır durum kısaca *akma* veya *kırılma* olarak tanımlanır. Bu duruma karşı gelen iç kuvvet durumuna da *kesitin taşıma gücü* adı verilir. Akma (kırılma) durumunu kesit zorlarına veya şekildeğişimlere bağlı olarak ifade eden bağıntılara *akma (kırılma) koşulları* denilmektedir (2.7–2.8).

$$K_1(M, N, T) = 0 \quad (2.7)$$

veya

$$K_2(\chi, \varepsilon, \gamma) = 0 \quad (2.8)$$

Uygulamada genellikle olduğu gibi, kayma şekildeğiştirmeleri eğilme ve uzama şekildeğiştirmelerinin yanında terkedilir ve kesme kuvvetinin birim dönme ve birim boy değişmesine etkisi ihmal edilirse, iç kuvvet–şekildeğiştirme bağıntıları (bünye denklemleri) ile akma (kırılma) koşulu sırasıyla (2.4a–2.5a) ve (2.7a–2.8a)’da verilen şekli almaktadır [49].

$$\chi = \frac{d\varphi}{ds} = F_1(M, N) + \frac{\alpha_t \Delta t}{d} \quad (2.4-a)$$

$$\varepsilon = \frac{du}{ds} = F_2(M, N) + \alpha_t t \quad (2.5-a)$$

$$K_1(M, N) = 0 \quad (2.7-a)$$

veya

$$K_2(\chi, \varepsilon) = 0 \quad (2.8-a)$$

## 2.2 Uzay Çubuk Elemanlarda İç Kuvvet – Şekildeğiştirme Bağıntıları ve Akma (Kırılma) Koşulları

Uzay çubuk elemanlarda kesit zorları  $M_x$ ,  $M_y$  eğilme momentleri,  $M_b$  burulma moment,  $T_x$ ,  $T_y$  kesme kuvvetleri ve  $N$  normal kuvvetidir.  $ds$  boyundaki bir çubuk elemanın bu kesit zorları doğrultularındaki birim şekildeğiştirmeleri ise  $\chi_x$ ,  $\chi_y$  birim dönmeleri,  $\omega$  birim burulma açısı,  $\gamma_x$ ,  $\gamma_y$  birim kaymaları ve  $\varepsilon$  birim boy değişmesidir.

Uzay çubuk elemanlarda, akma (kırılma) koşullarının iç kuvvetler cinsinden ifadeleri, genel olarak (2.9–2.10) bağıntuları ile ifade edilebilir [49,50].

$$K_1(M_x, M_y, M_b, T_x, T_y, N) = 0 \quad (2.9)$$

veya

$$K_2(\chi_x, \chi_y, \omega, \gamma_x, \gamma_y, \varepsilon) = 0 \quad (2.10)$$



Uygulamada genellikle olduğu gibi, kesme kuvvetlerinden oluşan kayma şekildeğiştirmeleri diğer şekildeğiştirmeler yanında terkedilir ve kesme kuvvetleri ile burulma momentinin birim dönmelere ve birim boy değişmesine etkileri terkedilirse, uzay çubuk elemanlarda *iç kuvvet-şekildeğiştirme* bağıntıları (bünye denklemleri) (2.11–2.14)'deki gibi ifade edilebilir [50].

$$\chi_x = \frac{d\varphi_x}{ds} = F_1(M_x, M_y, N) + \frac{\alpha_t \Delta t_x}{d} \quad (2.11)$$

$$\chi_y = \frac{d\varphi_y}{ds} = F_2(M_x, M_y, N) + \frac{\alpha_t \Delta t_y}{b} \quad (2.12)$$

$$\varepsilon = \frac{du}{ds} = F_3(M_x, M_y, N) + \alpha_t t \quad (2.13)$$

$$\omega = \frac{d\phi}{ds} = F_4(M_b) \quad (2.14)$$

Burada  $F_1, F_2, F_3, F_4$  malzeme karakteristiklerine ve enkesit özelliklerine bağlı olarak belirlenen doğrusal olmayan fonksiyonları,  $t$  ve  $\Delta t_x, \Delta t_y$  sırasıyla kesite etkiyen düzgün ve farklı sıcaklık değişmelerini,  $\alpha_t$  sıcaklık genleşme katsayısını,  $b$  ve  $d$  farklı sıcaklık değişmeleri doğrultularındaki enkesit boyutlarını göstermektedir [50].

Bu genel akma (kırılma) koşulu bağıntısının çeşitli yapı malzemeleri ve iç kuvvet durumları için nasıl idealleştirilebileceği, aşağıdaki alt bölümlerde özetlenmiştir.

### 2.2.1 İdeal Elastoplastik Malzemedен Yapılmış Çubuklar

Eğilme momentleri ve normal kuvvet ile birlikte kesme kuvveti ve burulma momenti etkisindeki çubuk elemanlarda düzlem gerilme haline ait akma koşulları, en büyük kayma gerilmesi (Tresca) hipotezini ve biçim değiştirme enerjisi (Mises) hipotezini kapsayacak şekilde, genel olarak (2.15) bağıntısı ile ifade edilebilmektedir [49].

$$\sigma^2 + \alpha^2 (\tau_x^2 + \tau_y^2) = \sigma_e^2 \quad (2.15)$$

Burada,  $\sigma_e$  akma gerilmesini,  $\tau$  kayma gerilmesini ifade etmektedir.  $\alpha$  katsayısı Tresca hipotezinde  $\alpha=2$ , Mises hipotezinde  $\alpha=\sqrt{2}$  değerini almaktadır.

*İdeal elastoplastik* malzemeden yapılmış çubuk elemanlarda, eğilme momentleri ve normal kuvvet ile birlikte kesme kuvveti ve burulma momenti için akma koşulları, Çakıroğlu ve Özer (1980) [49]'de verilmiştir.

### 2.2.1.1 Bileşik Eğik Eğilme Etkisindeki Çubuklar

#### a) Bünye denklemleri

$N$  normal kuvveti ve  $M_x$ ,  $M_y$  eğilme momentleri (bileşik eğik eğilme) etkisindeki kesitlerde, bu iç kuvvetlerden oluşan

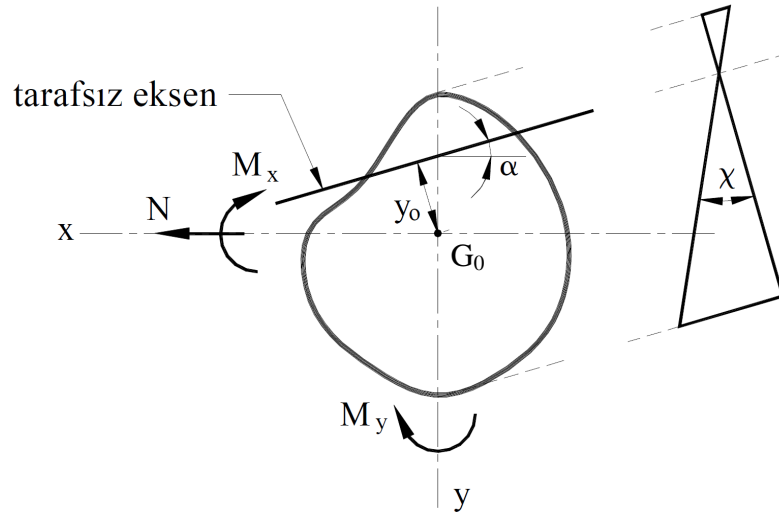
$$\chi_x = F_1 (M_x, M_y, N)$$

$$\chi_y = F_2 (M_x, M_y, N)$$

$$\varepsilon = F_3 (M_x, M_y, N)$$

birim şekildeğiştirmelerinin elde edilmesi için bir ardışık yaklaşım yönteminden yararlanılır. Bu amaçla, tarafsız eksenin konumunu belirleyen  $\alpha$  ve  $y_o$  parametreleri ile tarafsız eksen etrafındaki  $\chi$  birim dönmesi tahmin edilir (Şekil 2.2).

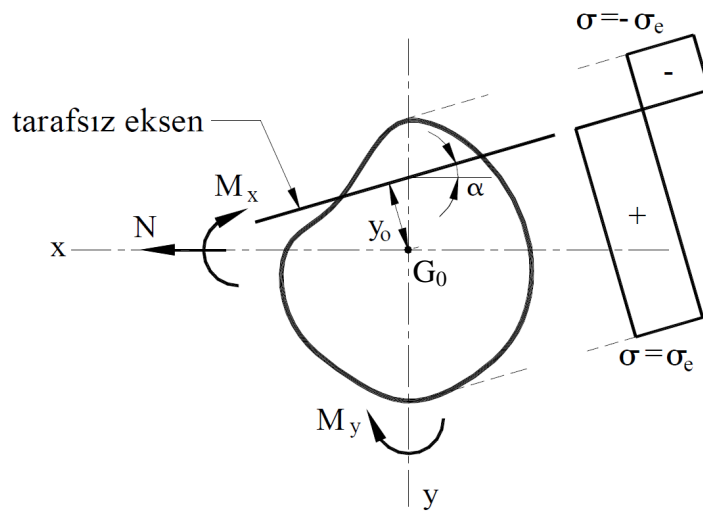
Bu büyüklükler o şekilde tahmin edilmelidir ki, bunların belirledikleri şekildeğiştirme durumu için denge denklemleri yardımıyla hesaplanan iç kuvvetler, verilen  $N$ ,  $M_x$  ve  $M_y$  değerlerine eşit olsun. Bu şekilde bulunan  $\chi$  birim dönmesinin  $x$  ve  $y$  eksenleri üzerindeki izdüşümleri  $\chi_x$  ve  $\chi_y$  birim dönmelerini, kesitin  $G_o$  ağırlık merkezindeki boy değişmesi ise  $\varepsilon$  birim boy değişmesini vermektedir [49,50].



Şekil 2.2 Bileşik eğik eğilme etkisindeki enkesitin şekildeğiştirmesi [50]

### b) Akma koşulları

Bileşik eğik eğilme etkisinde akma durumuna gelen bir kesitteki gerilme yayılımı Şekil 2.3'de gösterilmiştir. Bu durumda, tarafsız eksenin konumu kesitin  $G_0$  ağırlık merkezinden olan  $y_0$  uzaklığına ve  $x$  eksenine ile yaptığı  $\alpha$  açısına bağlı olarak belirlenebilir. Tarafsız eksenin herhangi bir konumu için izdüşüm ve moment denge denklemleri yazılırsa, kesitin akmasına neden olan  $N$ ,  $M_x$ ,  $M_y$  kesit zorları,  $y_0$  ve  $\alpha$  parametreleri cinsinden ifade edilir [49,50].

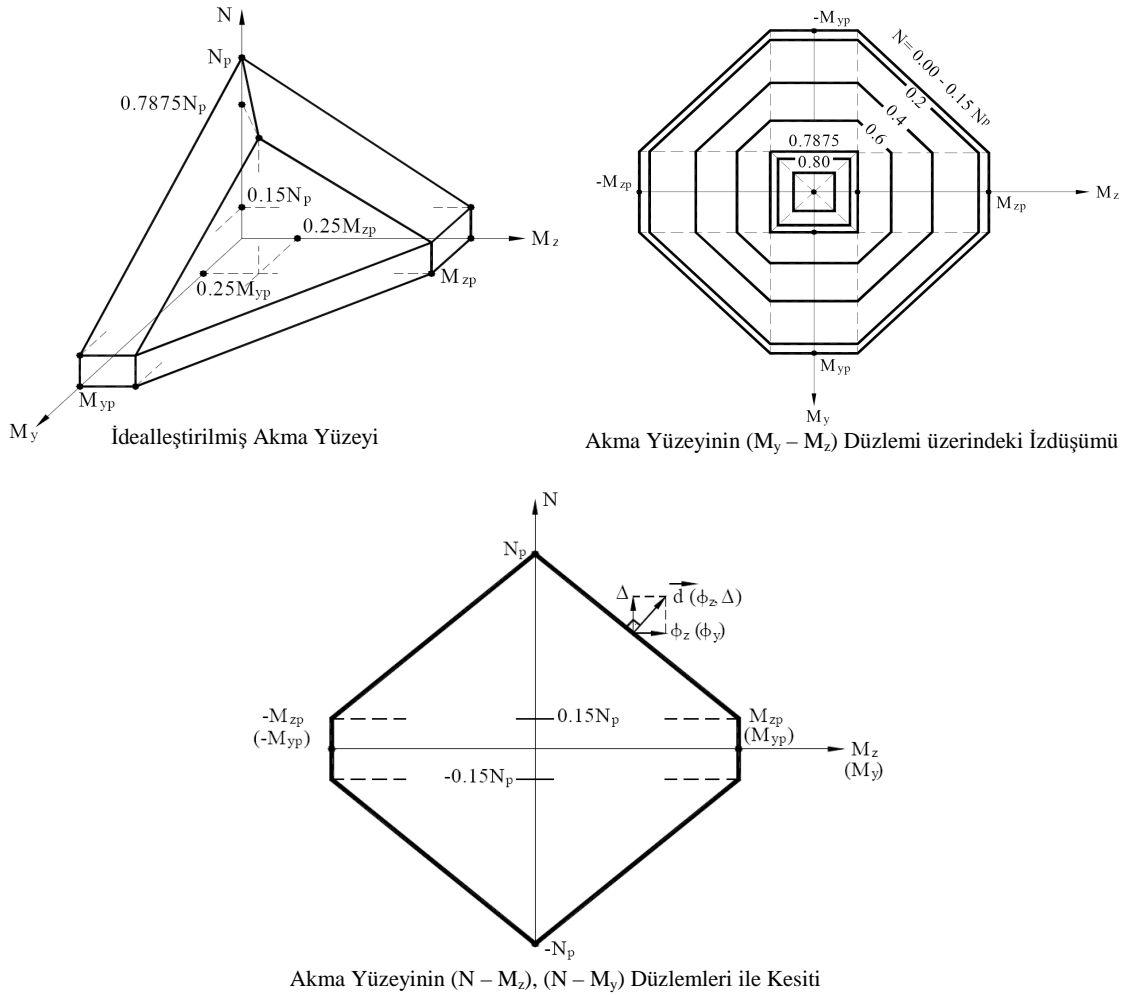


Şekil 2.3 Bileşik eğik eğilme etkisindeki enkesitte akma durumuna ait gerilme yayılımı [50]

Bu ifadelerde  $y_o$  ve  $\alpha$  yok edilirse, kesit zorları arasındaki akma koşulu elde edilir (2.16) [49,50].

$$K_I (M_x, M_y, N) = 0 \quad (2.16)$$

*İdeal elastoplastik* davranış gösteren çelik malzemeden yapılmış dikdörtgen kutu kesitlerde bu akma koşulunun düzlem parçalarından oluşacak şekilde idealleştirilmesi ile elde edilen bir akma yüzeyi Şekil 2.4’de verilmiştir [51].



Şekil 2.4 İdeal elastoplastik davranış gösteren çelik malzemeden yapılmış dikdörtgen kutu kesitlerde idealleştirilmiş akma yüzeyi [51]

### 2.2.2 Betonarme Çubuklar

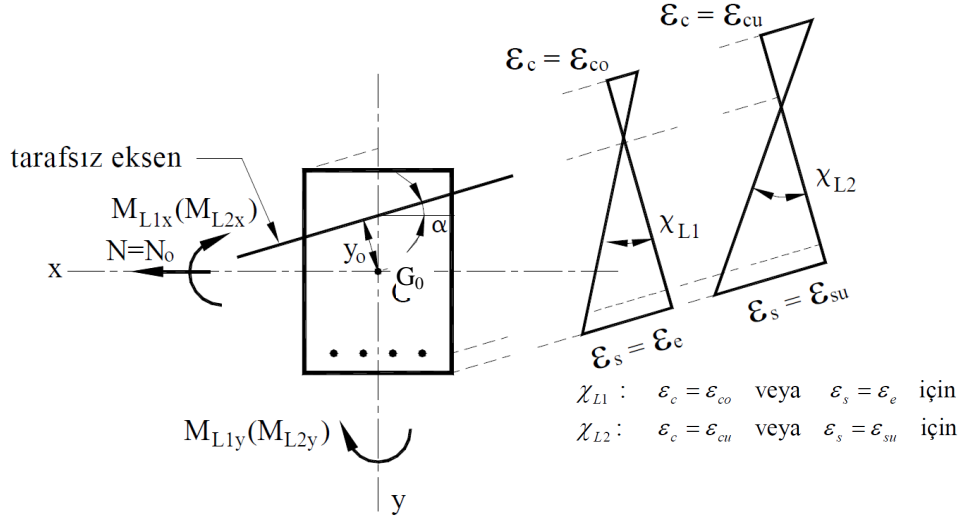
Eğilme momentleri ve normal kuvvet ile birlikte burulma momenti ve kesme kuvvetleri etkisinde olan betonarme çubuklarda, kesit zorları arasındaki etkileşim iki aşamalı olarak gözönüne alınabilmektedir. Burulma momenti ve kesme kuvvetinden oluşan asal çekme gerilmelerinin betonun eğik çatlama dayanımını aşmaması halinde, burulma momenti ve kesme kuvvetinin eğilme momenti ile etkileşimi terkedilebilir. Diğer bir deyişle, kesitin bünye denklemleri ve akma (kırılma) koşulları, burulma momenti ve kesme kuvvetinden bağımsız olarak hesaplanabilir. Eğik çatlama dayanımının aşılması halinde ise, betonarme yönetmeliklerinde öngörüldüğü şekilde, burulma momenti ve kesme kuvveti için kayma donatısı hesabının birbirinden bağımsız olarak yapılması ve bulunan sargı donatısı (etriye) alanlarının toplamının enkesite yerleştirilmesi halinde, burulma momenti ve kesme kuvveti arasındaki etkileşim güvenli tarafta kalmak üzere terkedilebilmektedir [35].

#### 2.2.2.1 Bileşik Eğik Eğilme Etkisindeki Betonarme Çubuklar

$N$  normal kuvveti ile  $M_x$ ,  $M_y$  eğilme momentlerinin etkisindeki betonarme çubuk kesitlerinde *eğilme momenti–eğrilik* ( $M-\chi$ ) bağıntılarının elde edilmesi için, normal kuvvetin çeşitli  $N_o$  değerleri ve tarafsız eksenin kesitin asal eksenlerinden biri ile yaptığı  $\alpha$  açısının çeşitli değerleri altında, kesitte plastik şekildeğişimlerin başladığı  $M_{L1,x}$ ,  $M_{L1,y}$  eğilme momentleri ve kesitin taşıma gücünün sona erdiği  $M_{L2,x}$ ,  $M_{L2,y}$  eğilme momentleri ile bu momentlere karşı gelen  $\chi_{L1,x}$ ,  $\chi_{L1,y}$  ve  $\chi_{L2,x}$ ,  $\chi_{L2,y}$  eğriliklerinin hesabına gerek vardır (Şekil 2.5).  $N_o$  normal kuvvetinin ve  $\alpha$  açısının belirli değerlerine karşı gelen iç kuvvetlerin ve şekildeğişimlerin hesabı için ise, kesitteki birim boy değişmesi yayılışının bilinmesi gerekmektedir [50].

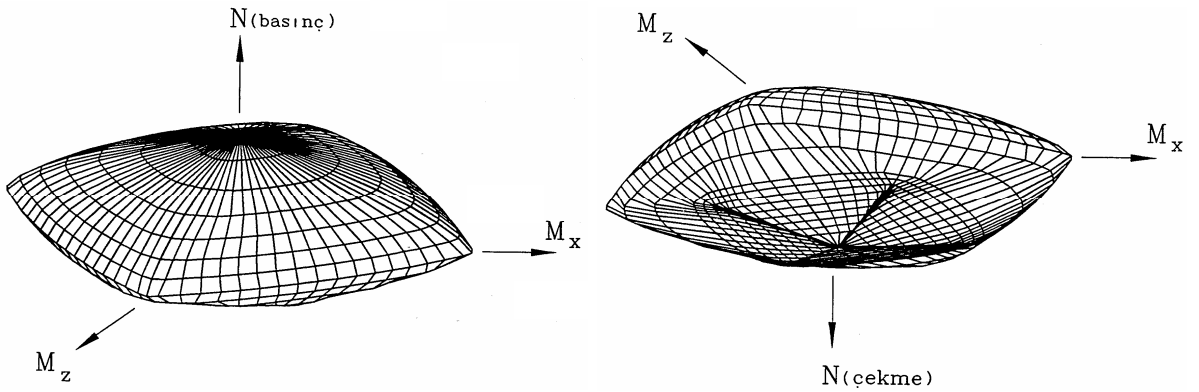
Bu nedenle, bir ardışık yaklaşım yöntemi uygulanarak her adımda tarafsız eksenin kesitin ağırlık merkezinden olan  $y_o$  uzaklığı tahmin edilir.  $y_o$  uzaklığı o şekilde tahmin edilmelidir ki,  $\alpha$ ,  $y_o$  büyüklüklerinin ve öngörülen duruma karşı gelen sınır birim boy değişmelerinin belirledikleri şekildeğiştirme durumuna bağlı olarak belirlenen  $N$  normal kuvveti, başlangıçta seçilen  $N_o$  değerine eşit olsun.

Bu duruma ait eğilme momentleri ve eğrilikler, aranan büyüklükleri vermektedir [49,50].

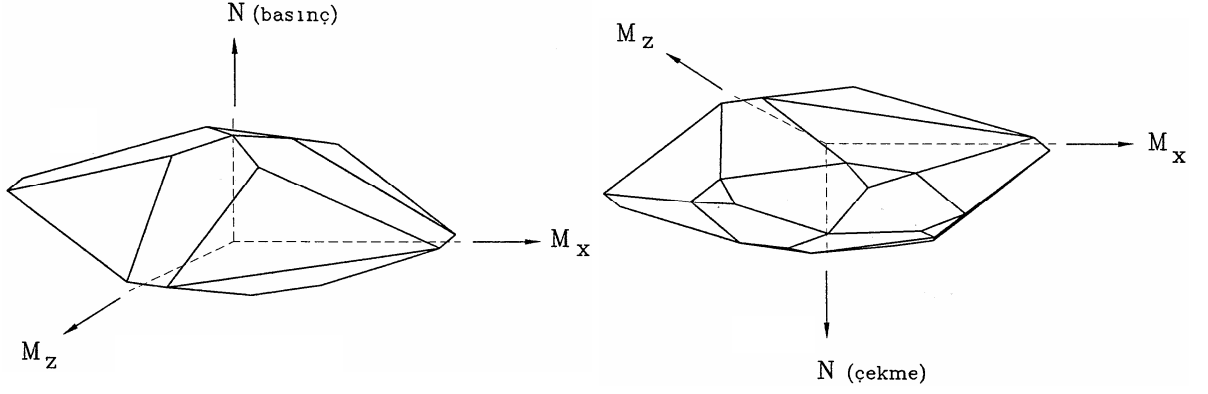


Şekil 2.5 Bileşik eğik eğilme etkisindeki betonarme kesitin şekildeğiştirmesi [50]

Seçilen  $N_o$  normal kuvveti altında her iki eğilme doğrultusu için hesaplanan bu büyüklüklerden yararlanarak, betonarme düzlem çubuklara benzer şekilde, idealleştirilmiş bünye bağıntıları da elde edilebilir. Benzer şekilde,  $N_o$  normal kuvveti altında kesitin taşıma gücünün sona erdiği  $M_{L2,x}$ ,  $M_{L2,y}$  eğilme momentlerinden yararlanarak akma koşulları (karşılıklı etki yüzeyleri) elde edilebilir. Bileşik eğik eğilme etkisindeki betonarme kesitler için bu şekilde belirlenen gerçek ve idealleştirilmiş karşılıklı etki yüzeyi Şekil 2.6–2.7'de verilmiştir [35].



Şekil 2.6 Bileşik eğik eğilme etkisindeki betonarme kesitlerde gerçek karşılıklı etki yüzeyinin perspektif görünüşleri [35]



Şekil 2.7 Bileşik eğik eğilme etkisindeki betonarme kesitlerde idealleştirilmiş karşılıklı etki yüzeyinin perspektif görünüşleri [35]

### 2.3 Plastik Mafsal Boyu ile İlgili Yaklaşımların İncelenmesi

Plastik mafsal hipotezinin geçerli olduğu yapı sistemlerinde, deprem yüklerinin binanın planındaki asal eksenlerinin yanısıra ara doğrultulardan da etkimesi hali için, plastik kesitlerdeki birim şekildeğiştirme taleplerinin belirlenmesinde plastik mafsal boyunun (plastik bölge uzunluğunun) bilinmesi gerekmektedir. Literatürde, özellikle köprü türü tek serbestlik dereceli yapı sistemlerinin yerdeğiştirme esaslı tasarımı için gerekli olan plastik mafsal boyu ile ilgili olarak, deneysel çalışmaları esas alan birçok yaklaşım önerilmiştir. Önerilen bu yaklaşımlar, bina türü yapı sistemlerinin doğrusal olmayan analizlerinde de yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle çalışmanın bu bölümünde, ilk olarak plastik mafsal hipotezinin esasları, daha sonra da literatürde plastik mafsal boyu için önerilen çalışmalar kısaca özetlenmiştir.

#### 2.3.1 Plastik Mafsal Hipotezi

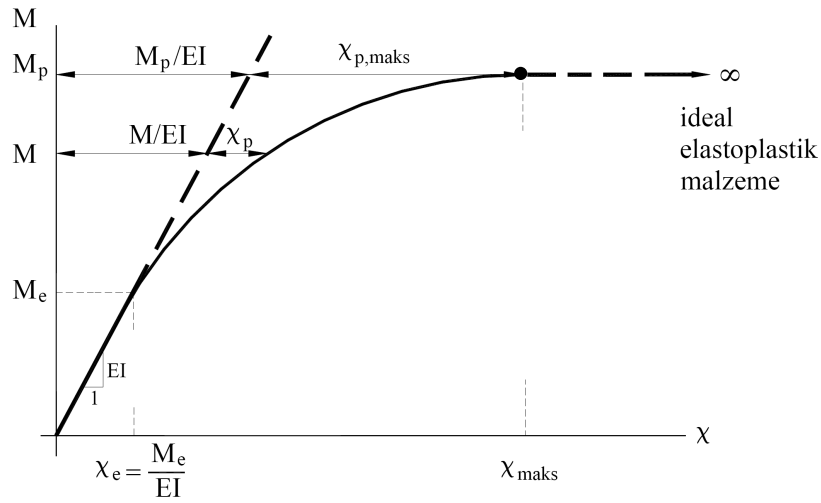
Yeterli düzeyde sünek davranış gösteren yapı sistemlerinde (çelik yapılarda ve bazı koşullar altında betonarme yapılarda), plastik mafsal hipotezi ile sistem hesapları önemli ölçüde kısaltılabilmektedir. Kırılma sırasındaki toplam şekildeğiştirmelerin doğrusal şekildeğiştirmelere oranı olarak tanımlanan süneklik oranının büyük olduğu ve doğrusal olmayan şekildeğiştirmelerin küçük bir bölgeye yayıldığı sistemlerde, doğrusal olmayan eğilme şekildeğiştirmelerinin *plastik kesit* (plastik mafsal) adı verilen belirli kesitlerde toplandığı, bunun dışındaki bölgelerde

(kesitlerde) sistemin *doğrusal–elastik* davrandığı varsayılabilir (Şekil 2.8–2.9). Bu hipoteze *plastik mafsal hipotezi* adı verilir. *İdeal elastoplastik* malzeme için gerçek *eğilme momenti–eğrilik* bağıntısı Şekil 2.8’de verilen bir düzlem çubuk elemanın belirli bir bölgesine ait eğilme momenti diyagramı, toplam eğilme şekildeğişimleri ve doğrusal olmayan şekildeğişimler Şekil 2.9’da görülmektedir [50].

Plastik mafsal hipotezinde, çubuk eleman üzerinde  $l'_p$  uzunluğundaki bir bölgeye yayılan doğrusal olmayan (plastik) şekildeğişimlerin plastik mafsal olarak tanımlanan bir noktada toplandığı varsayılmaktadır (2.17) (Şekil 2.9) [50].

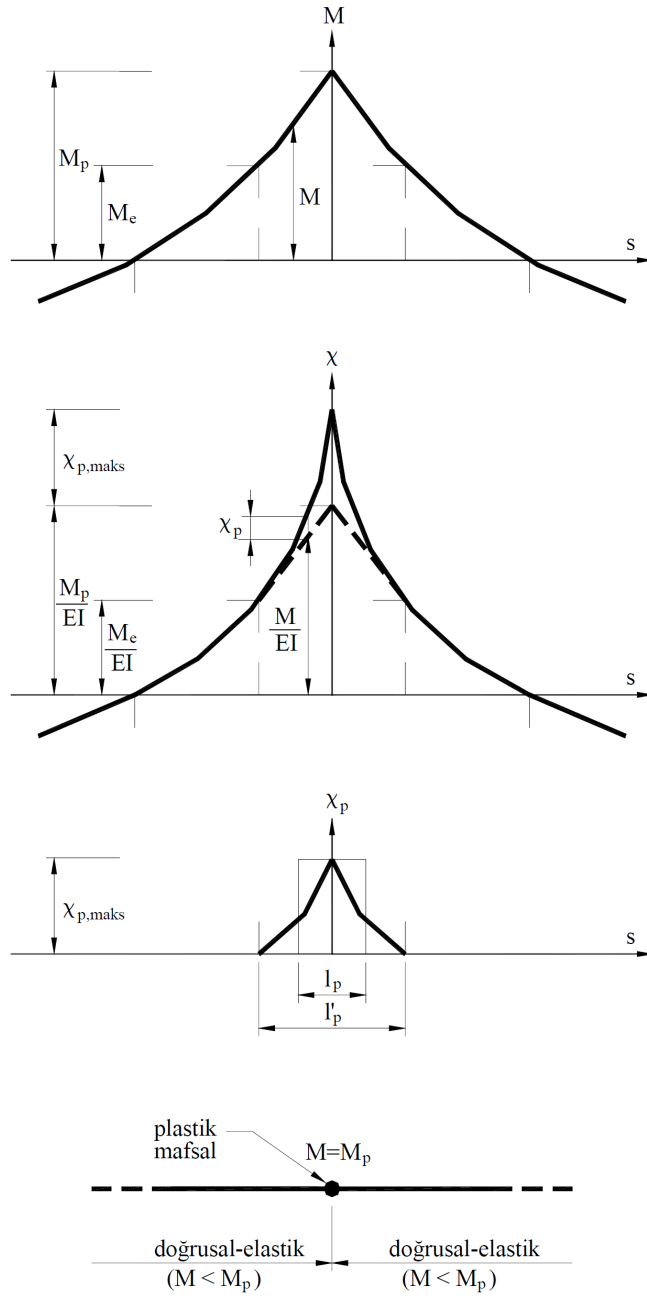
$$\theta_p = \int_{l'_p} \chi_p ds \quad (2.17)$$

Burada,  $\theta_p$  plastik mafsalın dönmesini göstermektedir.



Şekil 2.8 İdeal elastoplastik malzeme için eğilme momenti – eğrilik ( $M-\chi$ ) diyagramı [50]



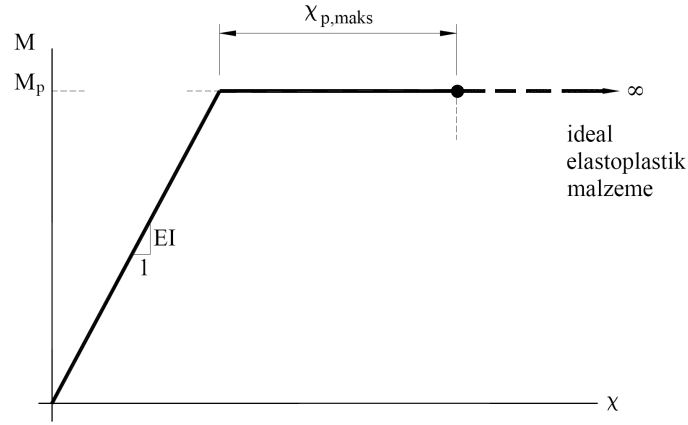


Şekil 2.9 Doğrusal olmayan şekildeğişirmeler [50]

Plastik mafsalsal hipotezinin uygulanması, gerçek *eğilme momenti – eğrilik* ( $M-\chi$ ) bağıntısının iki doğru parçasından oluşacak şekilde idealleştirilmesine karşı gelmektedir (2.18–2.19) (Şekil 2.10) [50].

$$M \leq M_p \quad \text{için} \quad \chi = \frac{M}{EI} \quad (2.18)$$

$$M = M_p \quad \text{için} \quad \chi \rightarrow \chi_{p,maks}. \quad (2.19)$$

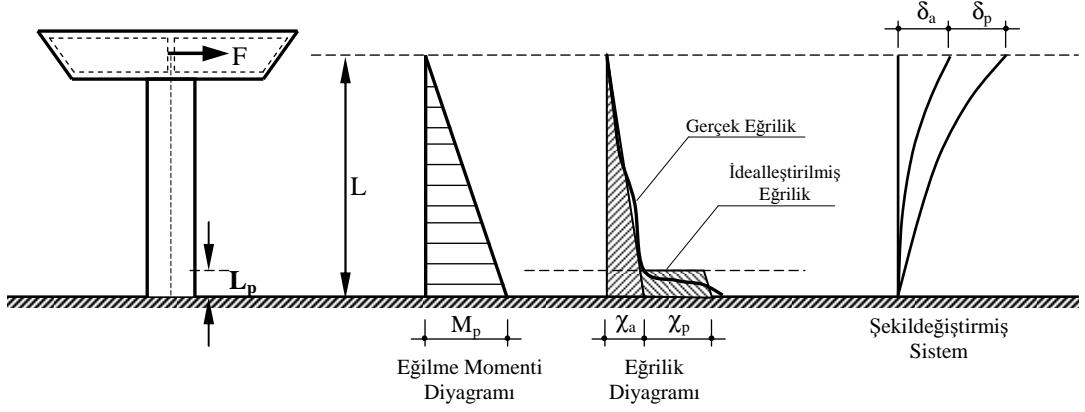


Şekil 2.10 İdealleştirilmiş eğilme momenti – eğrilik ( $M-\chi$ ) bağıntısı [50]

### 2.3.2 Plastik Mafsal Boyu İle İlgili Literatürdeki Çalışmalar

Literatürde, özellikle köprü türü betonarme yapıların yerdeğiştirme esaslı tasarımı için gerekli olan  $L_p$  plastik mafsal boyu (plastik bölge uzunluğu) ile ilgili olarak, deneysel çalışmaları esas alan birçok yaklaşım önerilmiştir. Tek serbestlik dereceli yapı sistemlerinin yerdeğiştirme davranışı, kolon plastik kesitindeki eğrilik talepleri ile doğrudan doğruya elde edilebilmesi nedeniyle, köprü türü yapı sistemlerinin doğrusal olmayan davranışının belirlenmesinde plastik mafsal boyu yaklaşımı önem arz etmektedir (Şekil 2.11). Tipik bir köprü kolonunun alt ucundaki plastik kesite ait  $L_p$  plastik mafsal boyu, oluşan elastik ve plastik eğrilikler ( $\chi_a$  ve  $\chi_p$ ) ile sistemin elastik ve plastik yerdeğiştirmeleri ( $\delta_a$  ve  $\delta_p$ ) Şekil 2.11’de gösterilmiştir.

Betonarme köprü türü yapı sistemleri için önerilen plastik mafsal boyu yaklaşımları, betonarme binaların doğrusal olmayan analizlerinde de yaygın olarak kullanılmaktadır. Literatürde deneysel ve nümerik çalışmalar sonucu önerilen plastik mafsal boyu bağıntıları ve bunların değerlendirildiği bazı çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.



Şekil 2.11 Tipik bir köprü kolonu için elastik ve plastik şekil değiştirmeler [52]

- Baker (1956) tarafından, kiriş ve kolonlar için eğilme momenti – eğrilik bağıntılarının incelendiği deneysel çalışmada, beton basınç dayanımı, boyuna donatının akma dayanımı ve hacimsel oranı, normal kuvvetin düzeyi gibi parametrelerin etkisi incelenmiştir. Deneysel çalışmalardan elde edilen sonuçlar esas alınarak, sargılı ve sargısız beton modelleri için plastik mafsallık boyunu hesaplamada (2.20–2.21) bağıntıları önerilmiştir [53].

$$L_p = k_1 k_2 k_3 \left(\frac{z}{d}\right)^{0.25} d \quad (\text{Sargısız beton modeli için}) \quad (2.20)$$

$$L_p = 0.8 k_1 k_3 \left(\frac{z}{d}\right)^{0.25} c \quad (\text{Sargılı beton modeli için}) \quad (2.21)$$

Burada:

$k_1$  : yumuşak çelik için 0.7, soğukta işlenmiş çelik için 0.9 değerini

almaktadır.  $k_2 = 1 + 0.5(P/P_0)$ ,  $k_3 = 0.9 - \frac{0.3}{23.5}(f'_c - 11.7)$  (N/mm<sup>2</sup>),

$z$  : kolonun kritik kesiti ile eğilme momentinin sıfır olduğu kesit arasındaki uzaklığı (mm),

$d$  : kesitin etkin yüksekliğini (mm),

$c$  : maksimum momentteki tarafsız eksen derinliğini (mm),

$P$  : normal kuvveti (kN),

$P_0$  : kesitin aksenal basınç hali için normal kuvvet taşıma kapasitesini (kN),

$f'_c$  : beton basınç dayanımını (N/mm<sup>2</sup>)

göstermektedir [53].

- Mattock (1964)'de, betonarme kirişlerin davranışı üzerinde çeşitli parametrelerin (beton basınç dayanımı, kirişin etkin yüksekliği, kesme açıklığı–yükseklik oranı ( $z/d$ ), boyuna donatının akma dayanımı ve hacimsel oranı) etkisini incelemek için çok sayıda deneysel çalışma yapılmıştır. Çalışmada, kirişin ( $z/d$ ) oranı arttıkça veya çekme donatısının hacimsel oranı azaldıkça, plastik bölge uzunluğunun arttığı belirlenmiştir. Çalışmada plastik mafsalsal boyunu hesaplamak için (2.22) bağıntısı önerilmiştir [54].

$$L_p = \frac{d}{2} \left[ 1 + \left( 1.14 \sqrt{\frac{z}{d}} - 1 \right) \left( 1 - \left( \frac{q - q'}{q_b} \right) \sqrt{\frac{d}{16.2}} \right) \right] \quad (2.22)$$

Burada:

$d$  : kirişin etkin yüksekliğini (inç),

$z$  : kritik kesit ile eğilme momentinin sıfır olduğu kesit arasındaki uzaklığı (inç),

$q$  : çekme donatısı indeksini  $[(A_s / bd)(f_y / f'_c)]$ ,

$q'$  : basınç donatısı indeksini  $[(A'_s / bd)(f_y / f'_c)]$ ,

$q$  : dengeli çekme donatısı indeksini  $[(A_b / bd)(f_y / f'_c)]$

göstermektedir [54].

Çalışmanın yazarı Mattock tarafından yapılan daha sonraki çalışmalarda, (2.22) bağıntısı basitleştirilmiş ve (2.23) bağıntısı önerilmiştir.

$$L_p = \frac{d}{2} + 0.05z \quad (2.23)$$

- Sawyer (1964) tarafından yapılan ve deneysel çalışmaların esas alındığı çalışmada, betonarme kolonların plastik mafsalsal boyu için (2.24) bağıntısı önerilmiştir [55].

$$L_p = 0.25d + 0.075z \quad (2.24)$$

Burada:

$d$  : kirişin etkin yüksekliğini (mm),

$z$  : kritik kesit ile eğilme momentinin sıfır olduğu kesit arasındaki uzaklığı (mm)

göstermektedir [55].

- Corley (1966)'deki çalışmada, Mattock (1964) [54]'de önerilen (2.22)'deki plastik mafsal boyu modeli geliştirilmeye çalışılmıştır. Çalışmada, beton basınç dayanımı, kirişin etkin yüksekliği, eğilme momenti diyagramının şekli, çekme donatısının akma dayanımı ve hacimsel oranı ile sargı donatısı düzeyinin plastik mafsal boyuna etkisi incelenmiştir. Çalışmanın sonunda, kiriş enkesit geometrisinin plastik mafsal boyunu etkileyen en önemli parametre olduğu, buna karşın kirişin dönme kapasitesine önemli bir katkı sağlamadığı belirlenmiştir. Basit mesnetli kirişler üzerinde yapılan deneysel çalışmadan elde edilen sonuçlar esas alınarak, plastik mafsal boyunu hesaplamak için (2.25) bağıntısı önerilmiştir [56].

$$L_p = \frac{d}{2} + 0.2 \frac{z}{\sqrt{d}} \quad (2.25)$$

Burada:

$d$  : kirişin etkin yüksekliğini (inç),

$z$  : kritik kesit ile eğilme momentinin sıfır olduğu kesit arasındaki uzaklığı (inç)

göstermektedir [56].

- Priestley ve diğ. (1996) tarafından yapılan ve deneysel çalışmalardan elde edilen sonuçların esas alındığı çalışmada [57], betonarme köprü sistemlerinin yerdeğiştirme davranışını belirlemek amacıyla (2.26)'daki plastik mafsal boyu bağıntısı önerilmiştir. Literatürdeki plastik mafsal boyu ile ilgili karşılaştırma ve değerlendirme çalışmalarının çoğunda bu yaklaşım kullanılmaktadır. Eurocode-8 [58] ve AASHTO [23]'da, plastik mafsal boyu için (2.26) bağıntısına benzer bağıntılar önerilmektedir. (2.26) bağıntısındaki birinci terim (0.08L) plastik mafsal boyunu belirlemede eğilme davranışının

etkisini, ikinci terim ( $0.022f_y d_b$ ) ise boyuna donatıya ait aderansın etkisini göstermektedir [57].

$$L_p = 0.08L + 0.022f_y d_b \quad (\text{MPa}) \quad (2.26)$$

Burada:

$L$  : kritik kesit ile eğilme momentinin sıfır olduğu kesit arasındaki uzaklığı (mm),

$f_y$  : boyuna donatının akma dayanımını ( $\text{N/mm}^2$ ),

$d_b$  : boyuna donatının çapını (mm)

göstermektedir [57].

- Lehman ve Moehle (2000)'de, dairesel kesitli ve sargılı betonarme köprü kolonlarının yatay yükler altındaki davranışı, deneysel ve sayısal olarak incelenmiştir. Çalışmada, deneysel incelemeler esas alınarak, performansa dayalı tasarım ile uyumlu ve hasar durumlarını güvenilir bir şekilde belirleyebilen bir plastik mafsal boyu bağıntısı önerilmiştir (2.27). Yazarlar, akma ve maksimum şekildeğiştirme durumu arasındaki hasarı belirlemede önerilen yaklaşımın yeterli olduğunu belirtmişlerdir [59].

$$L_p = \frac{L_y}{2} + \frac{(f_u - f_y)d_b}{40\sqrt{f'_c} \text{ (psi)}} \quad L_y = \frac{(M_u - M_n)d_b}{M_u} L \quad (2.27)$$

Burada,

$f_y$  : boyuna donatının akma dayanımını (psi),

$f_u$  : kesitin maksimum eğrilik değerindeki boyuna donatının dayanımını (psi),

$d_b$  : boyuna donatının çapını (inç),

$M_n$  : kabuk betonunda 0.004 birim kısalmaya karşı gelen eğilme momentini (kip-inç),

$M_u$  : kesitin maksimum eğrilik değerine karşı gelen eğilme momentini (kip-inç),

$L$  : kritik kesit ile eğilme momentinin sıfır olduğu kesit arasındaki uzaklığı (inç),

$f'_c$  : betonun basınç dayanımını (psi)

göstermektedir [59].

Çalışmada, deneysel olarak elde edilen sonuçlar referans alınarak, (2.27) bağıntısı ile önerilen plastik mafsal boyu yaklaşımı ile Priestley ve diğ. (1996) [57]'deki yaklaşımın sayısal karşılaştırılması yapılmış ve önerilen bağıntının deneysel sonuçlar ile daha uyumlu olduğu belirtilmiştir. Çalışmada, plastik mafsal boyunun donatının maksimum dayanımına ve eğilme momenti diyagramına bağlı olduğu, ayrıca kesitteki şekildeğiştirme talebi arttıkça plastik mafsal boyunun da arttığı belirlenmiştir [59].

- Galal ve Ghobarah (2003)'de, tekrarlı ve dinamik yükler etkisi altındaki betonarme elemanların doğrusal olmayan analizi için plastisite teorisini esas alan iki eksenli bir model önerilmiştir. Önerilen model, deneysel olarak yapılmış başka bir çalışmanın sonuçları ile de değerlendirilmiştir. Çalışmada plastik mafsal boyu olarak, plastik şekildeğiştirmelerin başladığı akma durumu için kesit yüksekliğinin yarısı ( $L_p \cong 0.5h$ ), maksimum eğrilik durumuna ulaşıldığında ise kesit yüksekliğinin alındığı ( $L_p \cong h$ ) basitleştirilmiş bir yaklaşım kabul edilmiştir [60].
- Ho ve Pam (2003)'de, sargılı ve yüksek dayanımlı betonarme kolonların düşük normal kuvvet düzeyi altındaki doğrusal olmayan davranışları deneysel olarak incelenmiştir. İncelenen test numuneleri için kolon – kiriş birleşiminden itibaren gözlenen plastik mafsal boyları, kolonun her iki yüzü için de belirlenmiştir. Çalışmada, plastik mafsal boyu olarak kolon enkesit yüksekliğinin alınması ( $L_p \cong h$ ) önerilmiştir. Çalışmada deneysel gözlemler sonucunda, incelenen kolon numunelerinin her iki yüzündeki plastik mafsal boylarının birbirine yakın olduğu ( $L_{px} \cong L_{py}$ ) ve plastik mafsal boyunun sargı donatısı oranından etkilenmediği belirlenmiştir [61].
- Lu ve diğ. (2005) tarafından deneysel ve olasılıksal incelemelerin yapıldığı çalışmada, betonarme kolonların üç farklı performans seviyesindeki öteleme sınırları için, *Monte Carlo Simülasyon Yöntemi* ile olasılıksal analizleri yapılmış ve plastik mafsal boyu için (2.28) bağıntısı önerilmiştir. Çalışmada deneysel sonuçlar referans alınarak, literatürdeki plastik mafsal boyu yaklaşımları ile önerilen yaklaşımın sayısal karşılaştırması yapılmıştır.

Yazarlar, literatürde önerilen plastik mafsal boyu yaklaşımlarının, maksimum hasara karşı gelen şekildeğiştirme durumu için elde edildiklerini belirtmişlerdir. Bunun için, plastikleşmenin başladığı şekildeğiştirme durumunda, plastik mafsal boyu olarak hesaplanan boyun yarısının alınması ( $L_p^* = 0.5L_p$ ), orta düzeyde performans düzeyine karşı gelen şekildeğiştirme durumunda ise, hesaplanan boyun yarısı ile tamamı arasında interpolasyon yapılması ( $L_p^* = 0.5L_p \sim L_p$ ) önermiştir [62].

$$L_p = 0.077z + 8.61d_b \quad (2.28)$$

Burada:

$z$  : kritik kesit ile eğilme momentinin sıfır olduğu kesit arasındaki uzaklığı (mm),

$d_b$  : boyuna donatının çapını (mm)

göstermektedir [62].

- Bae ve Bayrak (2008) tarafından deneysel çalışmaların esas alındığı çalışmada, betonarme kolonların plastik mafsal boyunu belirlemede, normal kuvvetin düzeyi ile kesme açıklığı–yükseklik oranının etkisi araştırılmıştır. Çalışmada deneysel sonuçlar esas alınarak, kolonların plastik mafsal boyunun hesabı için (2.29) bağıntısı önerilmiştir. Çalışmada, yazarlar tarafından önerilen bağıntı ile literatürde önerilen sekiz plastik mafsal boyu yaklaşımından elde edilen  $L_p$  boyları, deneysel sonuçlar referans alınarak karşılaştırılmıştır [63].

$$\frac{L_p}{h} = \left[ 0.3 \left( \frac{P}{P_0} \right) + 3 \left( \frac{A_s}{A_g} \right) - 0.1 \right] \left( \frac{L}{h} \right) + 0.25 \geq 0.25 \quad (2.29)$$

Burada,

$P$  : normal kuvveti (kN),

$P_0$  : kesitin aksenal basınç hali için normal kuvvet taşıma kapasitesini (kN),

$L$  : kolonun kritik kesiti ile eğilme momentinin sıfır olduğu kesit arasındaki uzaklığı (mm),



$h$  : kesitin etkin yüksekliğini (mm),  
 $A_g$  : brüt enkesit beton alanını (mm<sup>2</sup>),  
 $A_s$  : boyuna donatıların alanını (mm<sup>2</sup>)  
göstermektedir [63].

Çalışmada, plastik mafsallı boyunu etkileyen en önemli parametrelerin, normal kuvvetin düzeyi, eğilme momenti diyagramının şekli, plastik mafsallı bölgedeki kayma gerilmelerinin seviyesi, boyuna ve enine donatıların mekanik özellikleri, sargı donatısının miktarı ve betonun basınç dayanımı olduğu belirtilmiştir [63].

### 3. ÇOK DOĞRULTULU DEPREM YÜKLERİ ALTINDA BETONARME BİNALARIN ŞEKİLDEĞİŞTİRME ESASLI DOĞRUSAL OLMAYAN DEĞERLENDİRME ANALİZİ

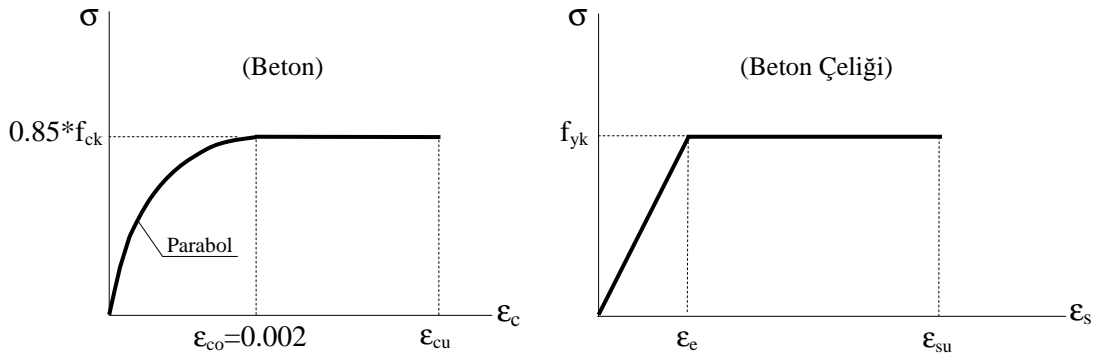
Doğrusal olmayan teori esas alınarak, betonarme binaların çok doğrultulu deprem yükleri altındaki şekildeğiştirme esaslı davranış taleplerinin belirlenebilmesi amacıyla, literatürde henüz herhangi bir yaklaşıma veya analiz yöntemine rastlanamamıştır. Bu nedenle çalışmanın bu bölümünde, deprem yüklerinin betonarme binaların plandaki asal eksen (X ve Y) doğrultularının yanısıra herhangi ara doğrultulardan da etkimesi hali için, yapısal davranış taleplerinin (yerdeğiştirme, plastik dönme, birim şekildeğiştirme vb.) belirlenebilmesi amacıyla, şekildeğiştirme esaslı doğrusal olmayan bir değerlendirme yaklaşımı önerilmiştir. Böylece, deprem yüklerinin doğrultu etkisi nedeniyle betonarme binaların sistem elemanlarında oluşacak en elverişsiz şekildeğiştirme talepleri (plastik dönme, birim dönme, birim boy değişmesi), çok doğrultulu deprem yükleri altında yapılacak bir araştırma ile belirlenebilmektedir. Bu bölümde ayrıca, bileşik eğik eğilme etkisindeki kolon plastik kesitlerinde oluşan birim şekildeğiştirme taleplerinin belirlenmesi için geliştirilen bir ardışık yaklaşım yöntemine de yer verilmiştir.

#### 3.1 Varsayımlar

Deprem yüklerinin binanın plandaki asal eksen doğrultularının yanısıra ara doğrultulardan da etkimesi halinde, doğrusal olmayan statik analizlerde ve kesit analizlerinde yapılan varsayımlar aşağıda özetlenmiştir.

- Deprem yer hareketinin düşey bileşeni ihmal edilmiştir.
- Betonarme taşıyıcı sistem elemanlarında doğrusal olmayan eğilme ve uzama şekildeğiştirmelerinin *plastik kesit* (plastik mafsal) adı verilen belirli kesitlerde toplandığı, bu kesitler dışındaki bölgelerde sistemin *doğrusal-elastik* davrandığı varsayımı yapılmıştır.

- Betonarme taşıyıcı sistem elemanlarındaki plastikleşmeyi ifade eden akma koşullarının, kirişlerde basit eğilme ile, kolonlarda ise iki eksenli eğilme momenti ve normal kuvvetin etkileşimi ile meydana geldiği kabul edilmiştir.
- Geometri değişimlerinin denge denklemlerine etkisini gözönüne alan İkinci Mertebe Teorisine göre statik analizler yapılmıştır. Böylece, malzeme ve geometri değişimi bakımından doğrusal olmayan teori esas alınmıştır.
- Betonarme taşıyıcı sistem elemanlarının (kiriş ve kolon) çatlama enkesit rijitlikleri için TDY 2007 [7]'de önerilen bağıntılardan yararlanılmıştır.
- Kesme kuvveti ve burulma momenti etkisi altında sistemin *doğrusal-elastik* davranış gösterdiği kabul edilmiştir.
- Dik kesit şekil değiştirdikten sonra da düzlem kalmaktadır (Bernoulli – Navier hipotezi).
- Beton ve beton çeliği (donatı) arasında tam aderans bulunmaktadır.
- Çatlama betonun çekme dayanımı terkedilmiştir.
- Malzemenin *gerilme-şekil değiştirme* bağıntısı, beton için *parabol+dikdörtgen*, beton çeliği için *ideal elastoplastik* olarak kabul edilmiştir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 Beton ve donatı için gerilme-şekil değiştirme bağıntıları

- Çalışmada ele alınan betonarme binaların plandaki asal eksen doğrultularının yanısıra ara deprem doğrultularında da birinci doğal titreşim moduna ait periyotlarının 1.00s'yi geçmemesi ( $T_{1,e} < 1.00s$ ) ve ayrıca, modal kütle katılım oranının %70'den büyük olması yani, sadece birinci titreşim modunun etkin olması ve yüksek modların etkisinin ihmal edilebilecek düzeyde olması nedeniyle, depremi temsil eden yatay yük dağılımı olarak *birinci mod atalet kuvveti dağılımı* kullanılmıştır.

- Betonarme binaların kolon plastik kesitlerindeki şekildeğiştirme taleplerinin ( $\epsilon_{c maks}$ ,  $\epsilon_s maks$ ,  $\theta_{px}$ ,  $\theta_{py}$ , vb.) deprem doğrultusu ile değişiminin incelenmesi, binaların sadece *en alt kat kolonlarının alt uçlarındaki* plastik kesitlerde (plastik mafsallarda) yapılmış ve bu kesitlerdeki şekildeğiştirme taleplerinin tüm yapı davranışını temsil ettiği kabul edilmiştir.

### 3.2 İki Doğrultulu Deprem Yükleri Altında Binaların Şekildeğiştirme Esaslı Doğrusal Olmayan Analizi

Betonarme binaların en elverişsiz şekildeğiştirme taleplerini veren kritik deprem doğrultularının belirlenmesi için, öncelikle farklı deprem doğrultuları için artımsal statik itme (pushover) analizlerinin yapılması ve yatay yükler etkisi altındaki doğrusal olmayan davranışı temsil eden kapasite eğrilerinin belirlenmesi gerekmektedir. Daha sonra, binaların asal eksen doğrultularında olduğu gibi, gözönüne alınan her bir deprem doğrultusu için ilgili deprem tehlike seviyesi altındaki talep (istem) ve kapasitelerin eşit olduğu performans noktaları (tepe (maksimum) yerdeğiştirmesi talepleri) ile bu duruma karşı gelen taşıyıcı sistem elemanlarındaki iç kuvvet ve plastik şekildeğiştirme talepleri belirlenmelidir.

Binaların gözönüne alınan  $\beta$  deprem doğrultularındaki doğrusal olmayan statik analizleri sonucunda, kolon plastik kesitlerinde elde edilen iç kuvvet ve plastik şekildeğiştirme taleplerine karşı gelen birim şekildeğiştirme talepleri (birim dönme ve birim boy değişmesi talepleri), bu çalışmada geliştirilen ardışık yaklaşım yöntemi ve bunun için geliştirilen *I-BEKE-2A* bilgisayar programı ile belirlenebilmektedir. *I-BEKE-2A* bilgisayar programı, Çakıroğlu ve Özer (1980) [49] ve Girgin (1996) [35]'de, bileşik eğik eğilme etkisindeki betonarme çubukların akma (kırılma) koşullarının sayısal olarak belirlenmesi için hazırlanan *BEKE-2A* bilgisayar programının yeniden düzenlenmiş halidir.

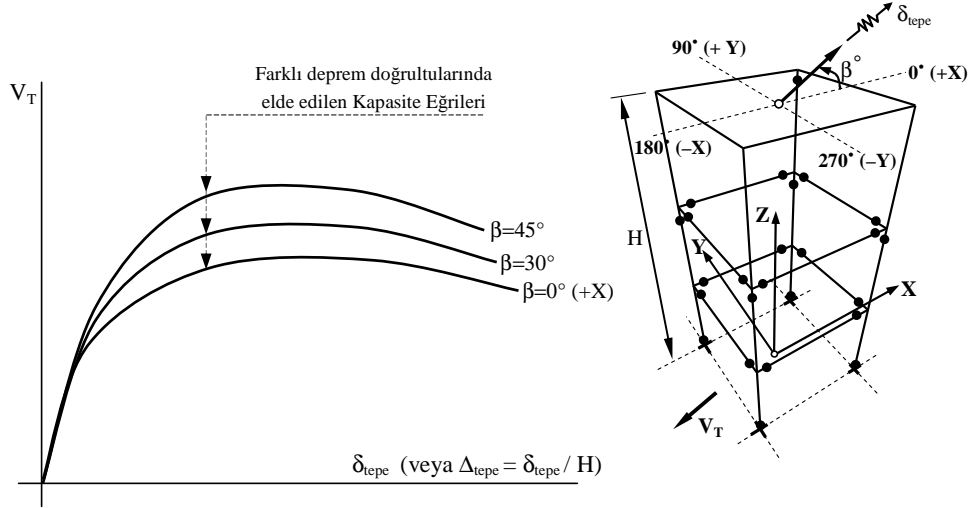
Deprem yüklerinin doğruiltu etkisi nedeniyle ortogonal akslı ve rijit diyaframlı düzenli binaların kiriş plastik kesitlerinde oluşacak en elverişsiz plastik şekildeğiştirme talepleri (genellikle plastik dönme), deprem yüklerinin binanın plandaki asal eksen doğrultularından etkimesi halinde oluştuğundan, kirişler için asal

eksen doğrultularından farklı deprem doğrultularında analiz yapmaya gerek kalmamaktadır.

### 3.2.1 Kapasite Eğrilerinin Belirlenmesi

Binaların yatay kuvvetler altındaki davranışını temsil eden ve taşıma kapasitesini ifade eden kapasite eğrilerini elde etmek için, sabit düşey yükler ve monotonik olarak artan iki doğrultulu yatay deprem yükleri altında, malzeme ve geometri değişimleri bakımından doğrusal olmayan teoriye göre artımsal statik itme (pushover) analizleri yapılarak, deprem yüklerinin etkidiği doğrultudaki Taban Kesme Kuvveti ( $V_T$ ) – Kritik Tepe Yerdeğiştirmesi ( $\delta_{tepe}$ ) [veya Tepe Ötelemesi ( $\Delta_{tepe} = \delta_{tepe}/H$ )] eğrilerinin (kapasite eğrileri) elde edilmesi gerekmektedir. (Şekil 3.2).

Çalışmada, binaların farklı deprem doğrultularında sabit düşey yükler ve artan yatay deprem yükleri için yapılan artımsal statik itme analizlerinde *CSI Perform-3D* bilgisayar programından yararlanılmıştır [64].



Şekil 3.2 Farklı deprem doğrultuları için elde edilen tipik kapasite eğrileri

### 3.2.2 Tepe (Maksimum) Yerdeğiştirmesi Taleplerinin Belirlenmesi

Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemine alternatif olarak, literatürde spektrum esaslı çok sayıda doğrusal olmayan statik analiz yöntemi ortaya konulmuş ve zaman içerisinde geliştirilmiştir (Kapasite Spektrum Yöntemi [2,11],

Yerdeğiştirme Katsayıları Yöntemi [3,4,11], N2 Yöntemi [10], Akma Spektrumu Yöntemi [9] vb.).

Binaların performansa dayalı tasarım ve değerlendirmesi kapsamında hazırlanan birçok standart ve belgede, bu analiz yöntemlerinden Kapasite Spektrum Yöntemi ve Yerdeğiştirme Katsayıları Yöntemi'ne (YKY) yer verilmiş ve uygulamadaki mühendislerin kullanımına sunulmuştur. Yapılan bilimsel araştırmalar sonucunda, her iki yöntemin sismik davranış taleplerini belirlemedeki eksiklikleri araştırılmış ve çok sayıda iyileştirme önerisi yapılmıştır. Bu çalışmaların sonucu olarak ATC-55 projesi kapsamında hazırlanan FEMA 440 [11] raporunda, binaların sismik davranış taleplerinin belirlenmesinde, Yerdeğiştirme Katsayıları Yöntemi ve Kapasite Spektrum Yöntemi çeşitli açılardan değerlendirilerek geliştirilmiştir.

ATC-55 projesi kapsamında geliştirilen Kapasite Spektrum Yöntemi ile binaların tepe yerdeğiştirmesi taleplerinin belirlenmesinde bazı konulardaki (etkin sönüm, elastik davranış spektrumun kullanılması, eşdeğer lineerleştirme vb.) belirsizlikleri gidermek için, bu yöntem üzerinde araştırmalara halen devam edilmektedir. Bu nedenle, çalışma kapsamında ele alınan betonarme binaların her bir  $\beta$  deprem doğrultusu için tepe yerdeğiştirmesi taleplerinin (performans noktalarının) belirlenmesinde, ilk olarak FEMA 273 [3] ve FEMA 356 [4]'da öngörülen ve daha sonra FEMA 440 [11]'da geliştirilen Yerdeğiştirme Katsayıları Yöntemi (YKY) kullanılmıştır.

YKY, belirli bir deprem yer hareketi için binaya yüklenen yerdeğiştirme talebi ile binanın yatay yük taşıma kapasitesinin birbirine bağımlı olduğu esasına dayanmaktadır. Bu yöntemde tepe yerdeğiştirmesi (hedef yerdeğiştirme veya maksimum yerdeğiştirme) talebi, binanın ve taşıyıcı sistem elemanlarının davranışını temsil eden katsayılar yardımıyla belirlenmektedir.

FEMA 440'da geliştirilen KYK ile binaların tepe yerdeğiştirmesi taleplerinin belirlenmesinde, (3.1) bağıntısı kullanılmaktadır [11].

$$\delta_{maks.} = \delta_{Tepe} = C_o C_1 C_2 \frac{S_a T_e^2}{4\pi^2} \quad (3.1)$$

Burada;

- $C_0$ : Eşdeğer tek serbestlik dereceli sistemin spektral yerdeğiştirmesini, çok serbestlik dereceli bir sistemin tepe yerdeğiştirmesi ile ilişkilendiren katsayıyı göstermektedir. Bu katsayı, aşağıda belirtilen üç farklı şekilde hesaplanabilir [4,11].
  - a) Yerdeğiştirme kontrol noktası seviyesindeki birinci modal katılım çarpanı değeri [ $\Gamma_1 = (PF_1 \cdot \phi_{Tepe,1})$ ],
  - b) Tepe yerdeğiştirmesi talebine ulaşmış binanın şekildeğiştirme durumu için belirlenen  $\Gamma_1$  modal katılım çarpanı değeri,
  - c) Binanın taşıyıcı sistemine, yatay yük dağılımına ve kat adedine bağlı olarak Çizelge 3.1’den belirlenmektedir.

Çizelge 3.1  $C_0$  düzeltme katsayısı değerleri

| Kat | Kayma Binaları     |                      | Diğer Binalar             |
|-----|--------------------|----------------------|---------------------------|
|     | Üçgen yük dağılımı | Üniform yük dağılımı | Herhangi bir yük dağılımı |
| 1   | 1.00               | 1.00                 | 1.00                      |
| 2   | 1.20               | 1.15                 | 1.20                      |
| 3   | 1.20               | 1.20                 | 1.30                      |
| 5   | 1.30               | 1.20                 | 1.40                      |
| >10 | 1.30               | 1.20                 | 1.50                      |

Kayma binaları : Tüm katlarında yükseklik arttıkça katlar arasında öteleme miktarı azalan kayma çerçevesi türündeki binalardır.

- $C_1$  : Doğrusal-*elastik* davranış için hesaplanan yerdeğiştirmeler ile beklenen maksimum elastik olmayan yerdeğiştirmeleri ilişkilendiren katsayıyı göstermektedir.  $C_1$  katsayısı, binanın ilgili deprem doğrultusundaki etkin (çatlamış) enkesit rijitlikli birinci doğal titreşim periyodu değerine ( $T_{1,e}$ ) bağlı olarak, (3.2–3.3) bağıntıları ile belirlenir. Titreşim periyodunun 0.2s’den küçük olması halinde  $C_1$  katsayısı,  $T_{1,e} = 0.2s$  için hesaplanan değeri, titreşim periyodunun 1.0 s’den büyük olması halinde ise  $C_1 = 1.00$  alınabilmektedir [11].

$$C_1 = 1 + \frac{R_0 - 1}{aT_e^2} \quad (3.2)$$

$$\left. \begin{array}{l} T_{1,e} < 0.2 \text{ s} \text{ ise } C_I(T_{1,e} = 0.2 \text{ s}) \\ T_{1,e} \geq 1.0 \text{ s} \text{ ise } C_I = 1.00 \end{array} \right\} \quad (3.3)$$

Burada,

$a$  : Zemin sınıflarına göre değişen bir katsayıdır. FEMA 440'da B, C ve D zemin sınıfları için sırasıyla 130, 90, 60 değerleri öngörülmektedir [11].

$R_0$  : Eşdeğer tek serbestlik dereceli sisteme ait yanal dayanım oranıdır ve (3.4) bağıntısıyla hesaplanır [11].

$$R_0 = \frac{S_a}{V_y/W} C_m \quad (3.4)$$

Burada;

$S_a$  : Etkin periyot değerine karşı gelen spektral ivme değerini,

$V_y$  : Eşdeğer tek serbestlik dereceli sisteme ait akma dayanımını,

$C_m$  : Etkin kütle çarpanını,

$W$  : Binanın etkin ağırlığını,

$T_e$  : İlgili deprem doğrultusunda eşdeğer tek serbestlik dereceli sisteme ait etkin periyot değerini (3.5)

göstermektedir [11].

$$T_e = T_{1,e} \sqrt{\frac{K_i}{K_e}} \quad (3.5)$$

Burada;

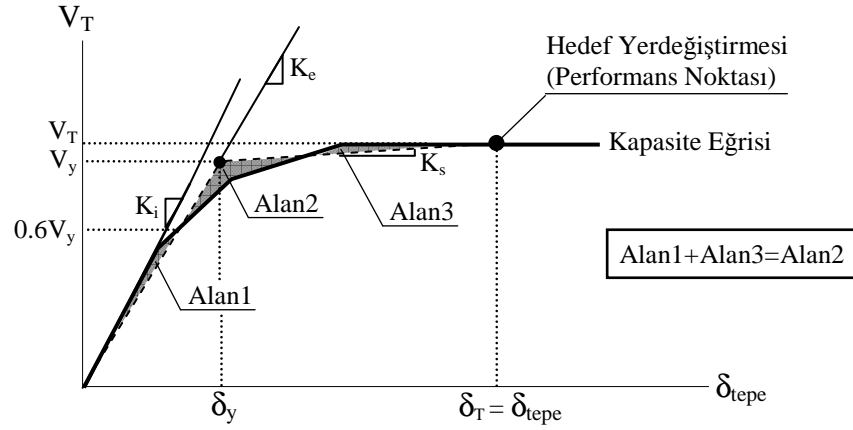
$K_i$  : Binanın ilgili deprem doğrultusundaki elastik başlangıç yanal rijitliğini,

$K_e$  : İki doğru parçası ile idealleştirilen eşdeğer tek serbestlik dereceli sistemin ilgili deprem doğrultusundaki etkin yanal rijitliğini,

$\delta_y$  : Eşdeğer tek serbestlik dereceli sisteme ait akma yerdeğiştirmesini

göstermektedir (Şekil 3.3) [4, 11].





Şekil 3.3 YKY ile tepe yerdeğiştirmesi talebinin belirlenmesi

- $C_2$  : Tekrarlı yükler altında histeretik davranışın yerdeğiştirme davranışı üzerindeki etkisini temsil eden katsayıyı göstermektedir.  $C_2$  katsayısı, binanın ilgili deprem doğrultusundaki etkin (çatlamış) enkesit rijitlikli birinci doğal titreşim periyodu değerine ( $T_{1,e}$ ) bağlı olarak, (3.6–3.7) bağıntıları ile belirlenir. Titreşim periyodunun 0.2 s'den küçük olması halinde  $C_2$  katsayısı,  $T_{1,e} = 0.2$  s için hesaplanan değer, titreşim periyodunun 0.7 s'den büyük olması halinde ise  $C_2 = 1.00$  alınabilmektedir [11].

$$C_2 = 1 + \frac{1}{800} \left( \frac{R_0 - 1}{T_e} \right)^2 \quad (3.6)$$

$$\left. \begin{array}{l} T_{1,e} < 0.2 \text{ s ise } C_2(T_{1,e} = 0.2 \text{ s}) \\ T_{1,e} \geq 0.7 \text{ s ise } C_2 = 1.00 \end{array} \right\} \quad (3.7)$$

- $\delta_{maks.}, \delta_{tepe}$  : Binanın ilgili deprem doğrultusundaki tepe yerdeğiştirmesi (hedef yerdeğiştirme veya maksimum yerdeğiştirme) talebini,
- $\Delta_{tepe}$  : Binanın ilgili deprem doğrultusundaki tepe ötelemesi talebini  
 $(\Delta_{tepe} = \frac{\delta_{tepe}}{H}),$
- $V_T$  : Binanın ilgili deprem doğrultusundaki toplam taban kesme kuvveti talebini

göstermektedir [11].

Deprem yüklerinin uygulandığı doğrultuda (3.1) bağıntısı ile tepe yerdeğiştirmesi talebinin belirlenmesinde, binanın etkin (çatlamış) enkesit rijitlikli birinci doğal titreşim periyodu ( $T_{1,e}$ ), ilgili deprem doğrultusunda serbest titreşim analizi yapılarak hesaplanabilir (3.8– 3.9).

$$[[k] - \omega_1^2 [m]]\{\phi_1\} = 0 \quad (3.8)$$

$$T_{1,e} = \frac{2\pi}{\omega_1} \quad (3.9)$$

Burada,  $[k]$  ilgili deprem doğrultusunda elde edilen yatay öteleme rijitlik matrisi (dinamik rijitlik matrisi),  $[m]$  kütle matrisi,  $T_{1,e}$  ilgili deprem doğrultusunda etkin (çatlamış) enkesit rijitliklikleri kullanılarak elde edilen birinci doğal titreşim periyodu,  $\omega_1$  birinci doğal açısal frekansı,  $\{\phi_1\}$  birinci doğal titreşim moduna ait mod şekli olarak tanımlanmaktadır.

### 3.3 Plastik Kesitlerdeki Şekildeğiştirme Taleplerinin Belirlenmesi

*Doğrusal–elastik* teori esas alınarak, deprem yüklerinin doğrultu etkisi nedeniyle binanın taşıyıcı sistem elemanlarında oluşacak en elverişsiz davranış büyüklüklerinin belirlenmesi için literatürde önerilen yaklaşımlarda (%30 birleştirme kuralı, SRSS, CQC3 kuralı gibi), kritik kesitlerdeki iç kuvvet büyüklükleri arasındaki etkileşim ( $M_x$ ,  $M_y$  ve  $N$ ) çoğunlukla gözönüne alınmamaktadır [29, 32, 33]. Özellikle etkileşimin önemli olduğu kolon elemanların kesitlerindeki eğilme momenti ve normal kuvvetin etkileşimsiz birleştirilmiş değerleri (sadece  $M_x$  veya  $M_y$  veya  $N$ ), ilgili elemanın kapasitesi dışında (ötesinde) ekonomik olmayan bir tasarıma neden olabilmektedir.

Doğrusal olmayan teori esas alınarak, deprem yüklerinin binaların plandaki asal eksenlerinin (X ve Y) yanısıra ara doğrultulardan da etkimesi halinde, kolonlardaki plastik kesitler iki eksenli eğilme momenti ve normal kuvvetin etkileşimi ile meydana gelmekte ve bu iç kuvvetler doğrultusunda sonlu plastik şekildeğiştirmeler ( $\theta_{px}$  ve  $\theta_{py}$  plastik dönmeleri ve  $\Delta_p$  plastik boy değişmesi) oluşmaktadır. Bileşik eğik

eğilme etkisindeki kolonlar için ilgili iç kuvvet büyüklüklerine ( $M_x$ ,  $M_y$  ve  $N$ ) karşı gelen  $\theta_{px}$ ,  $\theta_{py}$  ve  $\Delta_p$  şekildeğiştirme talepleri arasındaki etkileşim terk edilerek binaların performansa dayalı tasarımının ve değerlendirilmesinin gerçekçi olmayacağı, ve bu durumda oldukça farklı bir performans değerlendirmesine neden olabileceği düşünülmektedir.

Bileşik eğik eğilme etkisindeki betonarme kolon plastik kesitlerinde  $M_x$  ve  $M_y$  eğilme momenti doğrultularında oluşan  $\theta_{px}$  ve  $\theta_{py}$  plastik dönme talepleri ile  $N$  normal kuvvetin etkileşimini gözönüne alabilen davranış büyüklüğü, sadece kesitteki birim boy değişmesi talebidir. Bilindiği gibi, betonarme kesitlerde birim boy değişmeleri talebi, kesitin beton basınç liflerindeki  $\epsilon_c$  ile donatılardaki  $\epsilon_s$  'dir.

Bu nedenle çalışmada, deprem yüklerinin doğrultu etkisi nedeniyle oluşacak en elverişsiz yapısal davranış taleplerini veren kritik deprem doğrultularının belirlenmesinde, kolon plastik kesitlerindeki iç kuvvet ve/veya plastik şekildeğiştirme talepleri arasındaki etkileşimi gözönüne alabilmesi nedeniyle betonarme kesitte tarafsız eksene en uzak donatıdaki  $\epsilon_{s maks.}$  ile en dış beton basınç lifindeki  $\epsilon_{c maks.}$  birim boy değişmesi talepleri esas alınmıştır.

Basit eğilme etkisindeki kirişlerde ise, iç kuvvetler arasında etkileşim olmadığından, sadece oluşan eğilme momenti doğrultusundaki plastik şekildeğiştirme talebi (plastik dönme veya plastik eğrilik) doğrudan doğruya değerlendirilebilir.

### 3.3.1 Plastik Kesitlerdeki Plastik Dönme Taleplerinin Belirlenmesi

Tepe yerdeğiştirmesi talebine ulaşmış binanın kolon plastik kesitlerindeki (plastik mafsallarındaki) plastik dönme taleplerinin ( $\theta_p$ ) belirlenebilmesi için, toplam dönme talebi ( $\theta_T$ ) ile elastik akma dönmesinin ( $\theta_a$ ) belirlenmesi gerekmektedir. Bilindiği gibi, betonarme bir kesitte toplam dönme talebi, elastik ve plastik dönme taleplerinin toplamına eşittir (3.10a–b) (Şekil 3.4).

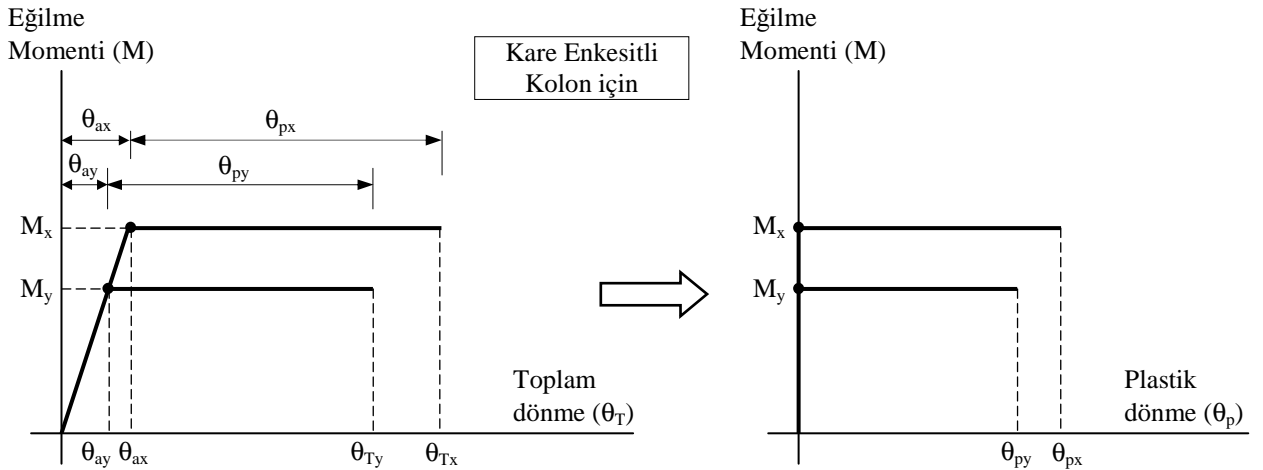
$$\theta_{Tx} = \theta_{px} + \theta_{ax} \quad \Longrightarrow \quad \theta_{px} = \theta_{Tx} - \theta_{ax} \quad (3.10\text{--}a)$$

$$\theta_{Ty} = \theta_{py} + \theta_{ay} \quad \Longrightarrow \quad \theta_{py} = \theta_{Ty} - \theta_{ay} \quad (3.10\text{--}b)$$

Bunun yanısıra, plastik kesitteki elastik akma dönmesi değerleri, plastik dönme taleplerinin yanında genellikle çok küçük olmakta ve bu nedenle toplam dönme talebi, plastik dönme talebine yaklaşık eşit alınabilmektedir. Yani,

$$\theta_{ax} \ll \theta_{px} \quad \Longrightarrow \quad \theta_{px} \cong \theta_{Tx} \quad (3.10-c)$$

$$\theta_{ay} \ll \theta_{py} \quad \Longrightarrow \quad \theta_{py} \cong \theta_{Ty} \quad (3.10-d)$$



Şekil 3.4 Kolon plastik kesitinde plastik dönme taleplerinin belirlenmesi

### 3.3.2 Plastik Kesitlerdeki Birim Şekildeğiştirme Taleplerinin Belirlenmesi

Bölüm 2.2.2’de, bileşik eğik eğilme etkisindeki betonarme çubukların akma koşullarının belirlenmesi için verilen ardışık yaklaşım yönteminde [49], normal kuvvetin farklı  $N_0$  değerleri için tarafsız eksenin kesitin ağırlık merkezinden olan  $y_0$  uzaklığı tahmin edilip  $\alpha$ ,  $y_0$  büyüklüklerinin ve öngörülen duruma karşı gelen sınır birim boy değişmelerine ( $\epsilon_{cu}$ ,  $\epsilon_{su}$ ) bağlı olarak belirlenen şekildeğiştirme durumundan yararlanılarak aranan iç kuvvetler ve eğrilikler elde edilebilmektedir.

Bu bölümde, bileşik eğik eğilme etkisindeki betonarme çubukların akma (kırılma) koşullarının belirlenmesi için Çakıroğlu ve Özer (1980) [49]’de verilen ardışık yaklaşım yönteminden yararlanılarak çalışma kapsamında geliştirilen bir yaklaşım açıklanmıştır. Bu yaklaşım ile, binanın ilgili deprem doğrultusundaki doğrusal olmayan statik analizi sonucunda, plastik kesitlerde (plastik mafsallarda)

elde edilen iç kuvvet ve plastik dönme taleplerinden yararlanılarak, betonarme kesitlerdeki birim şekildeğiştirme talepleri ( $\chi$  birim dönmesi ile  $\mathcal{E}_{c maks.}$  ve  $\mathcal{E}_{s maks.}$  birim boy değişimleri) belirlenebilmektedir.

Doğrusal olmayan şekildeğiştirmelerin “plastik kesit” adı verilen küçük bir bölgeye toplandığı varsayılan plastik mafsal hipotezinin geçerli olduğu bir yapı sisteminde, belirli bir tepe yerdeğiştirme talebi için kolon plastik kesitindeki iç kuvvet durumu ( $M_x, M_y, N$ ) ile bu iç kuvvet durumuna karşı gelen plastik dönme talepleri ( $\theta_{px}$  ve  $\theta_{py}$ ) doğrusal olmayan artımsal statik itme (pushover) analiz ile belirlenebilmektedir.  $\theta_{px}$  ve  $\theta_{py}$  plastik dönme taleplerinden yararlanılarak,  $M_x$  ve  $M_y$  iç kuvvetler doğrultusundaki  $\chi_{px}$  ve  $\chi_{py}$  birim dönme (eğrilik) talepleri (3.11–3.12) bağıntıları ile elde edilebilir.

$$\chi_{px} \cong \frac{\theta_{px}}{L_p} \quad (3.11)$$

$$\chi_{py} \cong \frac{\theta_{py}}{L_p} \quad (3.12)$$

(3.11–3.12) bağıntılarından görüleceği üzere, gerek basit eğilme gerekse bileşik eğik eğilme etkisindeki betonarme bir kesitin plastik eğrilik taleplerinin belirlenmesinde  $L_p$  plastik mafsal boyunun (plastik bölge uzunluğunun) bilinmesi gerekmektedir.

Literatürde, özellikle köprü türü betonarme yapıların yerdeğiştirme esaslı tasarımı için gerekli olan plastik mafsal boyu ile ilgili olarak, deneysel çalışmaları esas alan birçok yaklaşım önerilmiştir. Köprü türü yapı sistemleri için önerilen bu yaklaşımlar, binaların doğrusal olmayan analizlerinde de yaygın olarak kullanılmaktadır. Bölüm 2.3.2’de yapılan literatür araştırması sonucunda, eğik eğilme veya bileşik eğik eğilme etkisindeki çubukların plastik mafsal boyu ile ilgili herhangi bir bağıntı veya deneysel araştırma bulunmamaktadır. Bu nedenle, çalışma kapsamında ele alınan binaların kolon plastik kesitlerindeki plastik eğrilik taleplerinin belirlenmesinde, Priestley ve diğ. (1996) [57]’de önerilen plastik mafsal boyu yaklaşımından yararlanılmıştır (3.13).

$$L_p = 0.08L + 0.022d_b f_y \quad (\text{MPa}) \quad (3.13)$$

Burada;

$L_p$  : plastik mafsalsal boyunu (mm),

$L$  : kolon için eğilme momentinin sıfır olduğu kesit ile plastik kesit (plastik mafsalsal) arasındaki uzunluğu (mm) (Şekil 3.5),

$d_b$  : boyuna donatı çapını (mm),

$f_y$  : boyuna donatı akma dayanımını ( $\text{N/mm}^2$ )

göstermektedir [57].

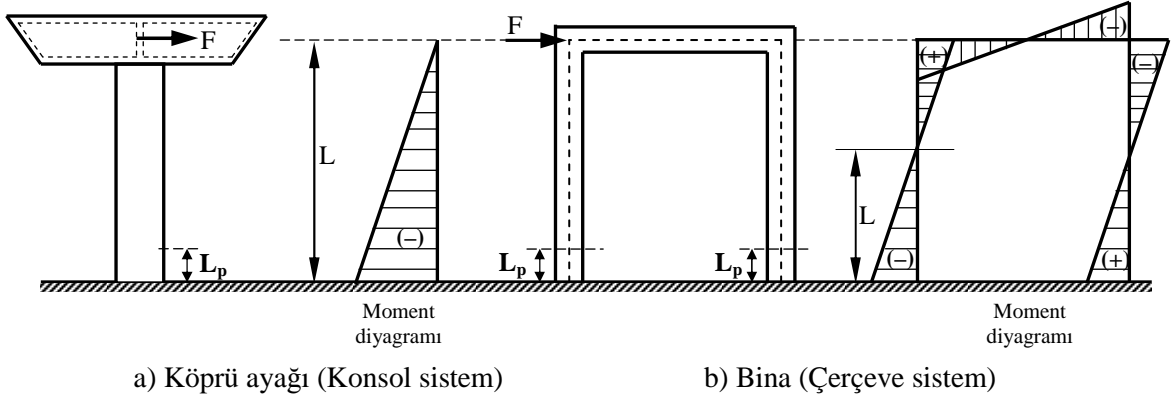
Çalışmada, (3.13) bağıntısı kullanılarak bileşik eğik eğilme etkisindeki kolonların plastik mafsalsal boyunun belirlenmesinde, aşağıda açıklanan yaklaşımdan yararlanılmıştır. (3.13) bağıntısındaki  $L$  boyunun hesabı için, ilgili deprem doğrultusunda tepe yerdeğiştirmesi talebine ulaşmış binada plastik kesit oluşan kolonların üst ve alt kesitlerdeki  $M_x$  ve  $M_y$  ( $M_x^{üst}$ ,  $M_y^{üst}$ ,  $M_x^{alt}$  ve  $M_y^{alt}$ ) iç kuvvet talepleri yardımıyla,  $M_x$  ve  $M_y$  eğilme momentlerinin sıfır olduğu kesitler ve bunlara bağlı olarak  $x$  ve  $y$  eleman eksenlerindeki  $L_x$  ve  $L_y$  boyları kolayca elde edilebilir (Şekil 3.6). Daha sonra, bileşik eğik eğilme etkisindeki kolon plastik kesitlerinde, (3.13a–b) bağıntıları ile hesaplanan  $L_{px}$  ve  $L_{py}$  plastik mafsalsal boyları kullanılarak,  $M_x$  ve  $M_y$  iç kuvvetler doğrultusundaki  $\chi_{px}$  ve  $\chi_{py}$  plastik eğrilik talepleri, (3.11a–3.12a) bağıntıları ile birbirinden bağımsız olarak elde edilebilir (Şekil 3.6).

$$L_{px} = 0.08L_x + 0.022d_b f_y \quad (\text{MPa}) \quad (3.13\text{--}a)$$

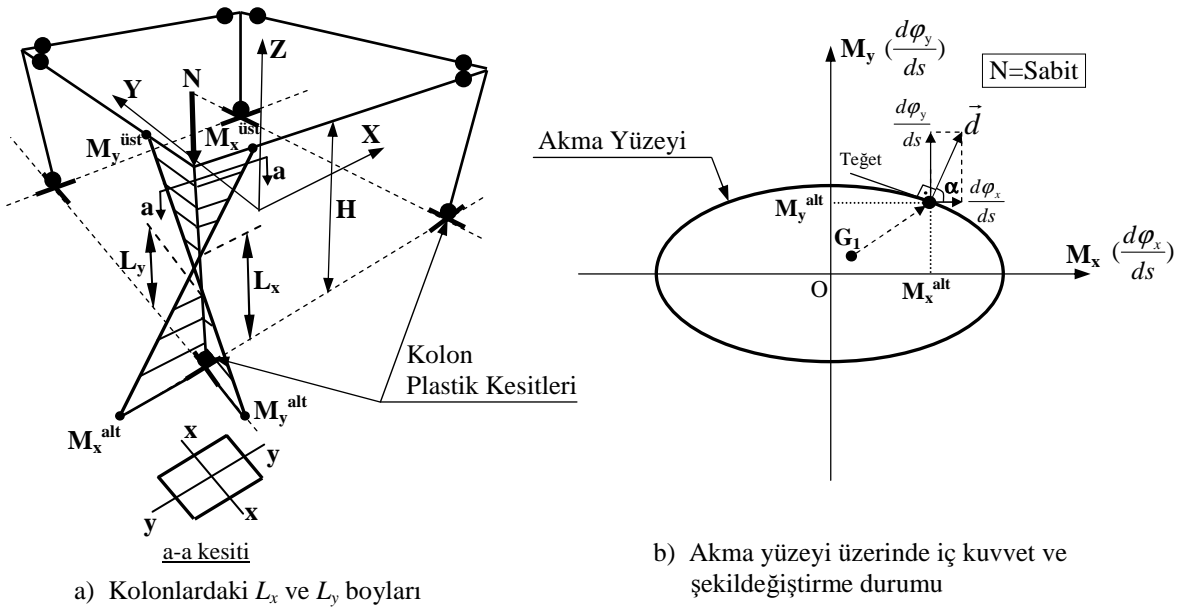
$$L_{py} = 0.08L_y + 0.022d_b f_y \quad (\text{MPa}) \quad (3.13\text{--}b)$$

$$\chi_{px} \equiv \frac{\theta_{px}}{L_{px}} \quad (3.11\text{--}a)$$

$$\chi_{py} \equiv \frac{\theta_{py}}{L_{py}} \quad (3.12\text{--}a)$$



Şekil 3.5 Konsol ve çerçeve sistemlerde kolon plastik mafsallık boyunun hesabı için  $L$  boyu



Şekil 3.6 Kolonlardaki  $L_x$ ,  $L_y$  boyu ve sabit bir  $N$  için akma yüzeyinin  $M_x$ - $M_y$  düzlemi üzerindeki iç kuvvet durumu

Doğrusal olmayan şekil değiştirmelerin *plastik kesit* (plastik mafsallık) adı verilen belirli bölgelerde toplandığı, bunun dışındaki bölgelerde sistemin *doğrusal- elastik* davrandığı *plastik mafsallık hipotezi* altında, akma yüzeyi içindeki bir iç kuvvet durumu için şekil değiştirmeler *doğrusal- elastik*'tir. İç kuvvet durumunun akma yüzeyi üzerinde bulunması halinde plastik kesit oluşmakta ve iç kuvvetler doğrultularında sonlu plastik şekil değiştirmeler meydana gelmektedir.

Bileşik eğik eğilme etkisindeki plastik kesitteki plastik şekil değiştirmeler akma yüzeyi üzerinde,  $\bar{d}(\chi_x, \chi_y, \varepsilon)$  veya  $\bar{d}\left(\frac{d\varphi_x}{ds}, \frac{d\varphi_y}{ds}, \frac{du}{ds}\right)$  akma vektörü (plastik

şekildeğiştirme vektörü) ile tanımlanmaktadır. Artan dış yüklere bağlı olarak, plastik kesite ait iç kuvvet durumu akma yüzeyi üzerinde hareket edebilir, ancak akma yüzeyinin dışına çıkamaz.

*İdeal elastoplastik* malzemeden yapılmış kesitlerde akma vektörü (plastik şekildeğiştirme vektörü) akma yüzeyine diktir [49, 65]. Benzer şekilde, bileşik eğik eğilme etkisindeki sünek betonarme kesitler için, akma vektörünün akma yüzeyine dik olduğu belirli koşullar altında kabul edilebilmektedir [66].

Bu varsayım altında, betonarme uzay çubuk bir eleman için akma yüzeyi üzerinde,  $\vec{d}\left(\frac{d\varphi_x}{ds}, \frac{d\varphi_y}{ds}, \frac{du}{ds}\right)$  akma vektörünün (plastik şekildeğiştirme vektörünün),  $M_x, M_y, N$  iç kuvvetler doğrultusundaki izdüşümleri olan  $\chi_x, \chi_y, \varepsilon$  birim şekildeğiştirme talepleri için Çakıroğlu ve Özer (1980) [49]'de verilen (3.14–3.16) bağıntılarından yararlanılarak, tarafsız eksenin kesitin  $x$  eksenine ile yaptığı  $\alpha$  açısı, tarafsız eksen etrafındaki  $\chi_p$  plastik eğrilik talebi ve  $\chi_T$  toplam eğrilik talebi, (3.17–3.19) bağıntıları ile belirlenebilir (Şekil 3.7–3.8).

$$\frac{d\varphi_x}{ds} = \chi_{px} = |\vec{d}| \cos \alpha \quad (3.14)$$

$$\frac{d\varphi_y}{ds} = \chi_{py} = |\vec{d}| \sin \alpha \quad (3.15)$$

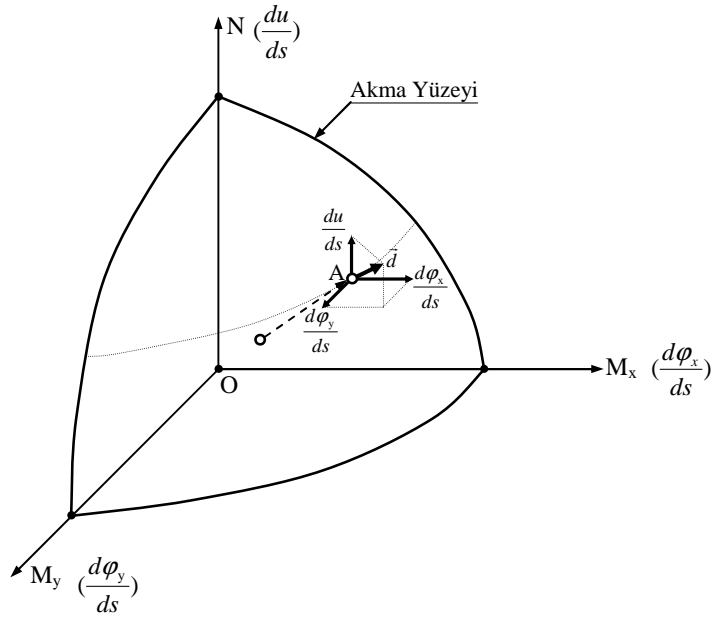
$$\frac{du}{ds} = \varepsilon = |\vec{d}| y_0 \quad (3.16)$$

$$\tan \alpha = \frac{\chi_{py}}{\chi_{px}} \quad (3.17)$$

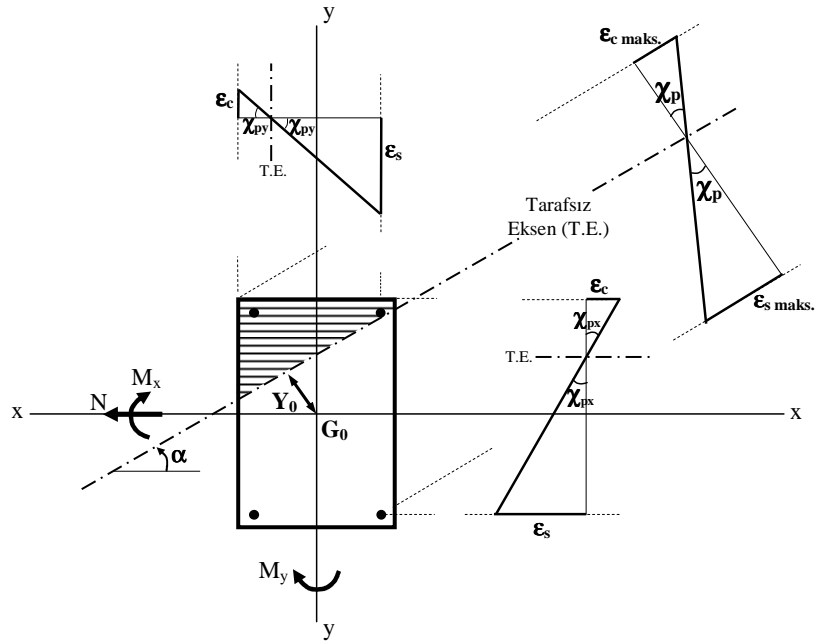
$$\chi_p = \frac{\chi_{px}}{\cos \alpha} \quad \text{veya} \quad \chi_p = \frac{\chi_{py}}{\sin \alpha} \quad (3.18)$$

$$\chi_T = \chi_p + \chi_a \quad (3.19)$$





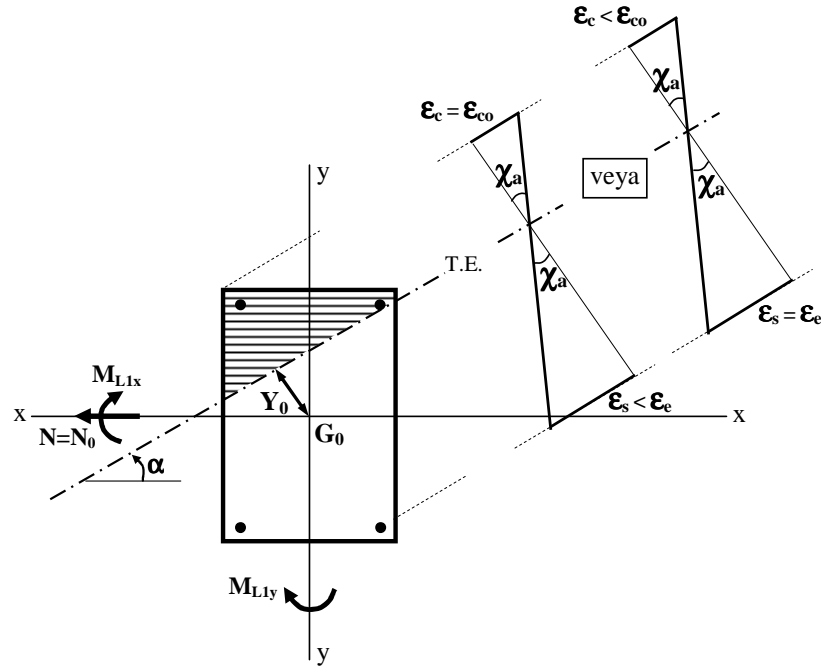
Şekil 3.7 Bileşik eğik eğilme etkisindeki betonarme bir kesit için akma vektörü ve bileşenleri



Şekil 3.8 Bileşik eğik eğilme etkisindeki betonarme bir kesitte  $\chi_{px}$ ,  $\chi_{py}$  ve  $\chi_p$  plastik eğrilik talepleri için şekil değiştirme durumları

(3.19) bağıntısındaki  $\chi_a$  (veya  $\chi_{L1}$ ) akma eğriliği, bileşik eğik eğilme etkisindeki betonarme bir kesitin en dış basınç beton lifinde veya çekme donatısında plastik şekil değiştirmelerin başlamasına karşı gelen akma eğriliği değeridir. Bilindiği üzere, betonarme bir kesitte plastik şekil değiştirmelerin betonda  $\epsilon_{co} = 0.002$  birim

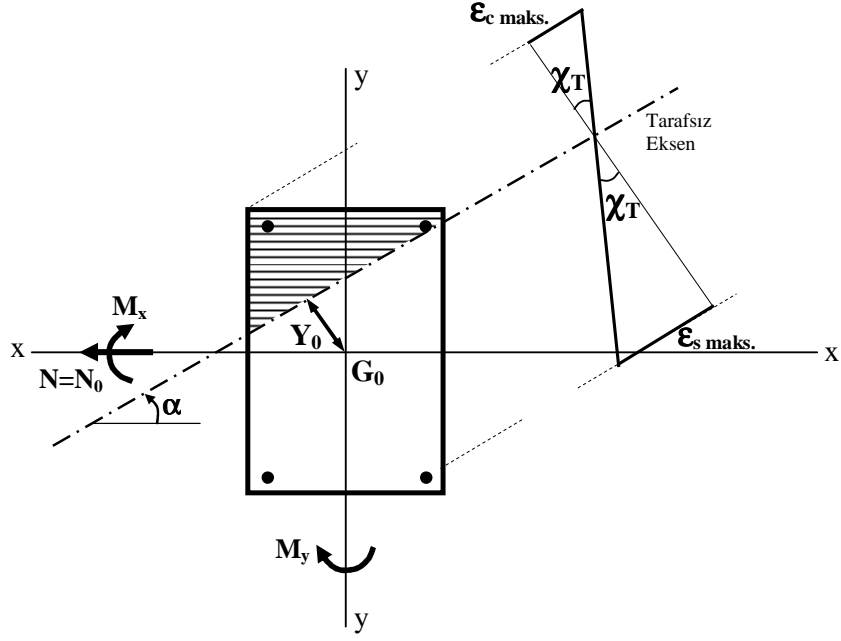
kısalmasında, donatıda ise  $\varepsilon_e$  akma sınırında başladığı gözönünde tutulmaktadır (Şekil 3.9).



Şekil 3.9 Bileşik eğik eğilme etkisindeki betonarme bir kesitin  $\chi_a$  akma eğriliği için şekildeğiştirme durumu

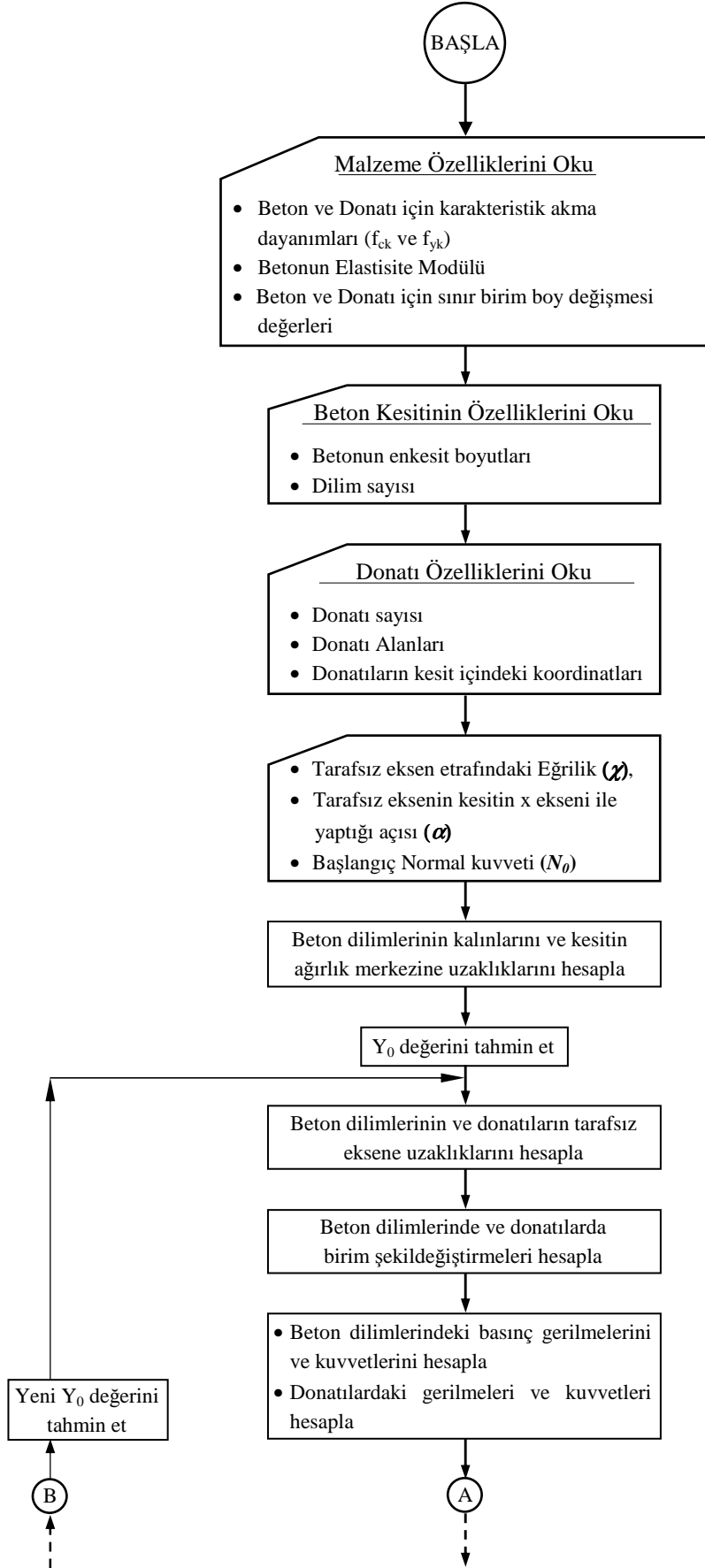
(3.14–3.19) bağıntıları incelendiğinde, hem plastik şekildeğiştirmelerin başladığı akma hali, hem de akma ile kırılma arasındaki belirli bir plastik şekildeğiştirme hali için, bileşik eğik eğilme etkisindeki kolon plastik kesitindeki birim boy değişmesi taleplerinin belirlenebilmesi için, sadece tarafsız eksenin kesitin  $G_0$  ağırlık merkezinden olan  $y_0$  uzaklığının elde edilmesi yeterli olmaktadır.

Tarafsız eksenin kesitin ağırlık merkezinden olan  $y_0$  uzaklığı, Bölüm 2.2.2’de bileşik eğik eğilme etkisindeki betonarme çubukların akma (kırılma) koşullarının belirlenmesi için verilen ardışık yaklaşım yönteminden yararlanılarak elde edilebilir. Buna göre,  $y_0$  uzaklığı o şekilde tahmin edilmelidir ki,  $y_0$  uzaklığının öngörülen duruma karşı gelen birim boy değişmelerinin belirledikleri şekildeğiştirme durumuna bağlı olarak belirlenen  $N$  normal kuvveti, başlangıçtaki  $N_0$  değerine eşit olsun (Şekil 3.10). Bu denge durumuna göre belirlenen birim boy değişmesi talepleri, belirli bir iç kuvvet durumu ( $M_x$ ,  $M_y$ ,  $N$ ) ve bu iç kuvvet durumuna karşı gelen plastik dönme talepleri ( $\theta_{px}$  ve  $\theta_{py}$ ) için plastik kesitteki aranan büyüklükleri vermektedir.

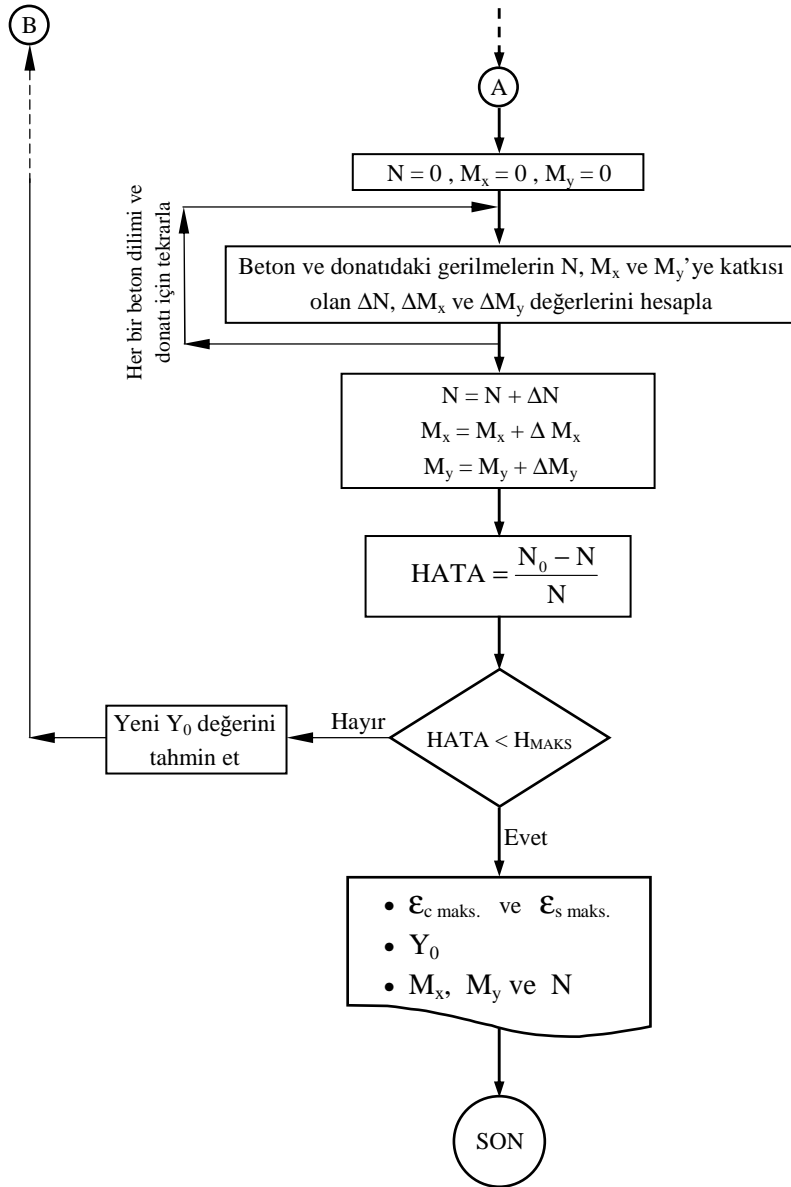


Şekil 3.10 Bileşik eğik eğilme etkisindeki betonarme bir kesitin  $\chi_T$  toplam eğrilik talebi için şekildeğiştirme durumu

Çakıroğlu ve Özer (1980) [49] ve Girgin (1996) [35]'de, bileşik eğik eğilme etkisindeki betonarme çubukların akma (kırılma) koşullarının sayısal olarak belirlenmesi için *BEKE-2A* bilgisayar programı hazırlanmıştır. Bu çalışmada, betonarme binaların iki doğrultulu doğrusal olmayan statik analizleri sonucunda, kolon plastik kesitinde (plastik mafsalında) elde edilen belirli bir  $N$  normal kuvvet talebi ile  $\theta_{px}$  ve  $\theta_{py}$  plastik dönme taleplerinden yararlanılarak plastik kesitteki  $\epsilon_c$  ve  $\epsilon_s$  birim boy değişmesi taleplerinin belirlenebilmesi için, *BEKE-2A* bilgisayar programına ilaveler yapılarak yeniden düzenlenen *I-BEKE-2A* bilgisayar programı hazırlanmıştır. *I-BEKE-2A* bilgisayar programının akış diyagramı Şekil 3.11'de verilmiştir.



Şekil 3.11 I-BEKE-2A bilgisayar programının akış diyagramı

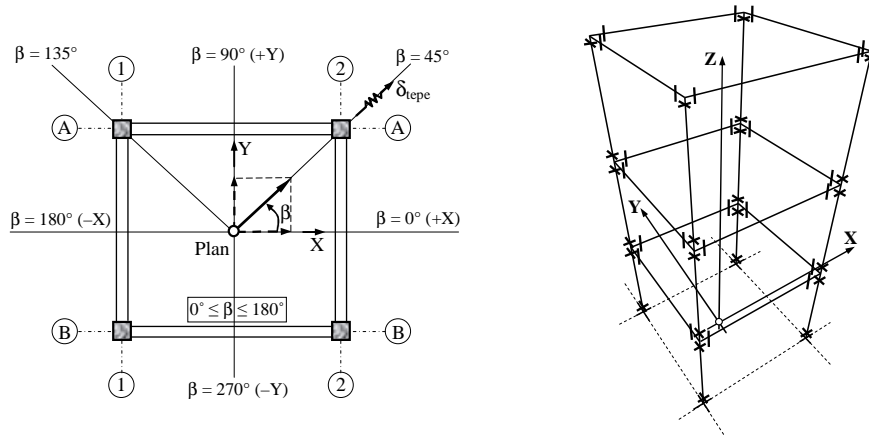


Şekil 3.11 I-BEKE-2A bilgisayar programının akış diyagramı (devam)

### 3.4 İki Doğrultulu Deprem Yükleri Altında Binaların Şekildeğiştirme Esaslı Doğrusal Olmayan Analizi için Hesapta İzlenen Yol:

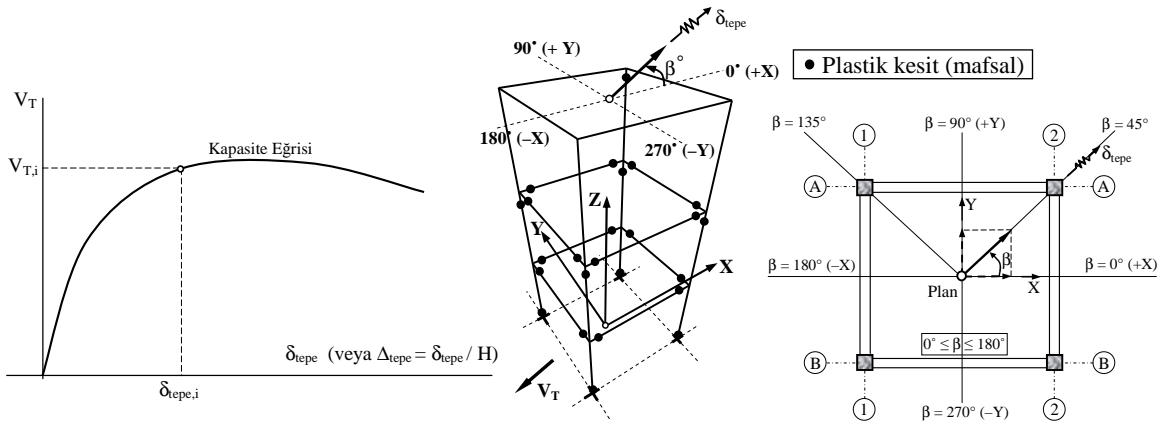
Deprem yüklerinin doğrultu etkisi nedeniyle betonarme binaların şekildeğiştirme bazındaki en elverişsiz yapısal davranış taleplerinin belirlenebilmesi için, farklı deprem doğrultularında yapılacak iki doğrultulu doğrusal olmayan statik analize ait geliştirilen yaklaşımın hesap adımları, herhangi bir ara deprem doğrultusu için aşağıda özetlenmiştir.

**Adım 1:** Binanın üç boyutlu taşıyıcı sistem modeli oluşturulur (Şekil 3.12).



Şekil 3.12 Binanın planı ve üç boyutlu taşıyıcı sistem modeli ile kritik kesitler

**Adım 2:** Binanın malzeme ve geometri değişimi bakımından doğrusal olmayan teoriye göre artımsal statik itme (pushover) analizi yapılarak, ilgili deprem doğrultusundaki kapasite eğrisi elde edilir (Şekil 3.13).



Şekil 3.13 Deprem yüklerinin binaya ara  $\beta$  doğrultusundan etkimesi hali için kapasite eğrisi ve oluşan plastik kesitler

**Adım 3:** Deprem yüklerinin uygulandığı doğrultuda serbest titreşim analizi yapılarak, binanın etkin enkesit rijitlikli birinci doğal titreşim periyodu ( $T_{1,e}$ ) belirlenir. (3.8–3.9).

$$[[k] - \omega_1^2 [m]]\{\phi_1\} = 0 \quad (3.8)$$

$$T_{1,e} = \frac{2\pi}{\omega_1} \quad (3.9)$$

**Adım 4:** Öngörülen deprem tehlike seviyesi altında, binanın ilgili deprem doğrultusundaki  $\delta_{tepe}$  tepe (maksimum) yerdeğiştirmesi talebi (performans noktası) YKY ile belirlenir (3.1).

$$\delta_{maks.} = \delta_{Tepe} = C_o C_1 C_2 \frac{S_a T_e^2}{4\pi^2} \quad (3.1)$$

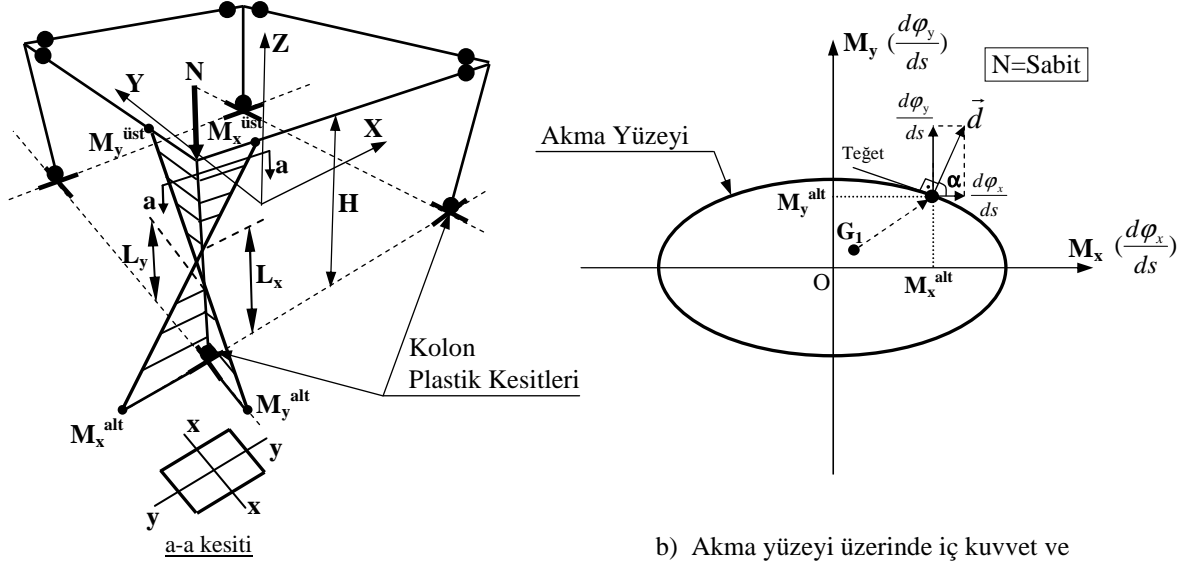
**Adım 5:** Tepe yerdeğiştirmesi talebine ulaşmış binanın her bir kolon plastik kesitinde, plastik dönme talepleri ( $\theta_{px}$  ve  $\theta_{py}$ ) ile kolonun üst ve alt kesitlerinde oluşan iç kuvvet talepleri ( $M_x^{üst}$ ,  $M_x^{alt}$ ,  $M_y^{üst}$ ,  $M_y^{alt}$  ve  $N$ ) ayrı ayrı elde edilir (Şekil 3.6).

**Adım 6:** Plastikleşen her kolon için  $x$  ve  $y$  eleman eksenlerindeki  $L_{px}$  ve  $L_{py}$  plastik mafsal boyları, (3.13a–b) bağıntıları ile elde edilir.

$$L_{px} = 0.08L_x + 0.022d_b f_y \quad (\text{MPa}) \quad (3.13\text{--}a)$$

$$L_{py} = 0.08L_y + 0.022d_b f_y \quad (\text{MPa}) \quad (3.13\text{--}b)$$

(3.13a–b) bağıntılarındaki  $L_x$  ve  $L_y$  boyları, ilgili kolonun üst ve alt uçlarındaki  $M_x$  ve  $M_y$  eğilme momentlerinin sıfır olduğu kesitler belirlenerek ayrı ayrı elde edilir (Şekil 3.6).



a) Kolonlardaki  $L_x$  ve  $L_y$  boyları

b) Akma yüzeyi üzerinde iç kuvvet ve şekildeğiştirme durumu

Şekil 3.6 Kolonlardaki  $L_x$ ,  $L_y$  boyu ve sabit bir  $N$  için akma yüzeyinin  $M_x$ - $M_y$  düzlemi üzerindeki iç kuvvet durumu

**Adım 7:** Binanın kolon plastik kesitlerinde belirlenen plastik dönme talepleri ( $\theta_{px}$  ve  $\theta_{py}$ ) ve plastik mafsıl boylarına ( $L_{px}$  ve  $L_{py}$ ) bağlı olarak,  $\chi_{px}$  ve  $\chi_{py}$  plastik eğrilik talepleri (3.11-a) ve (3.12-a) bağıntıları ile elde edilir.

$$\chi_{px} \cong \frac{\theta_{px}}{L_{px}} \quad (3.11-a)$$

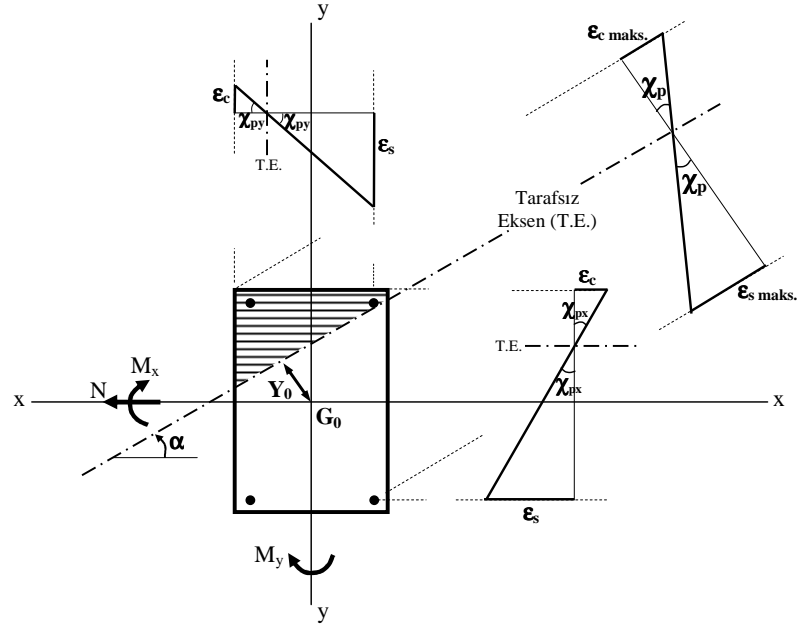
$$\chi_{py} \cong \frac{\theta_{py}}{L_{py}} \quad (3.12-a)$$

**Adım 8:** Bileşik eğik eğilme etkisindeki ilgili kolon plastik kesiti için, akma yüzeyi üzerinde akma vektörünün (plastik şekildeğiştirme vektörünün)  $M_x$  ve  $M_y$  iç kuvvetler doğrultusundaki izdüşümleri olan  $\chi_{px}$  ve  $\chi_{py}$  plastik eğrilik taleplerinden yararlanılarak (3.11-a ve 3.12-a), tarafsız eksenin kesitin  $x$  eksenini ile yaptığı  $\alpha$  açısı ve tarafsız eksen etrafındaki  $\chi_p$  plastik eğrilik talebi (3.17-3.18) bağıntıları ile belirlenir (Şekil 3.8).

$$\tan \alpha = \frac{\chi_{py}}{\chi_{px}} \quad (3.17)$$

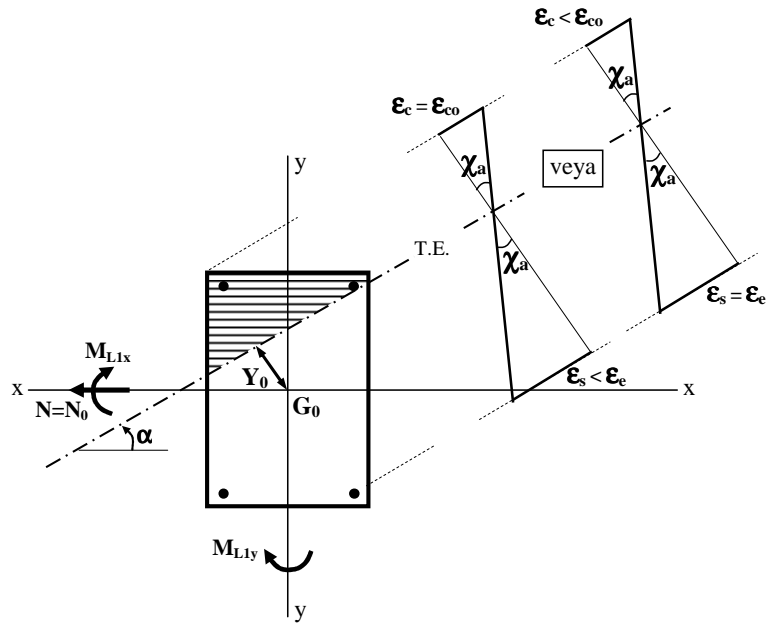
$$\chi_p = \frac{\chi_{px}}{\cos \alpha} \quad \text{veya} \quad \chi_p = \frac{\chi_{py}}{\sin \alpha} \quad (3.18)$$





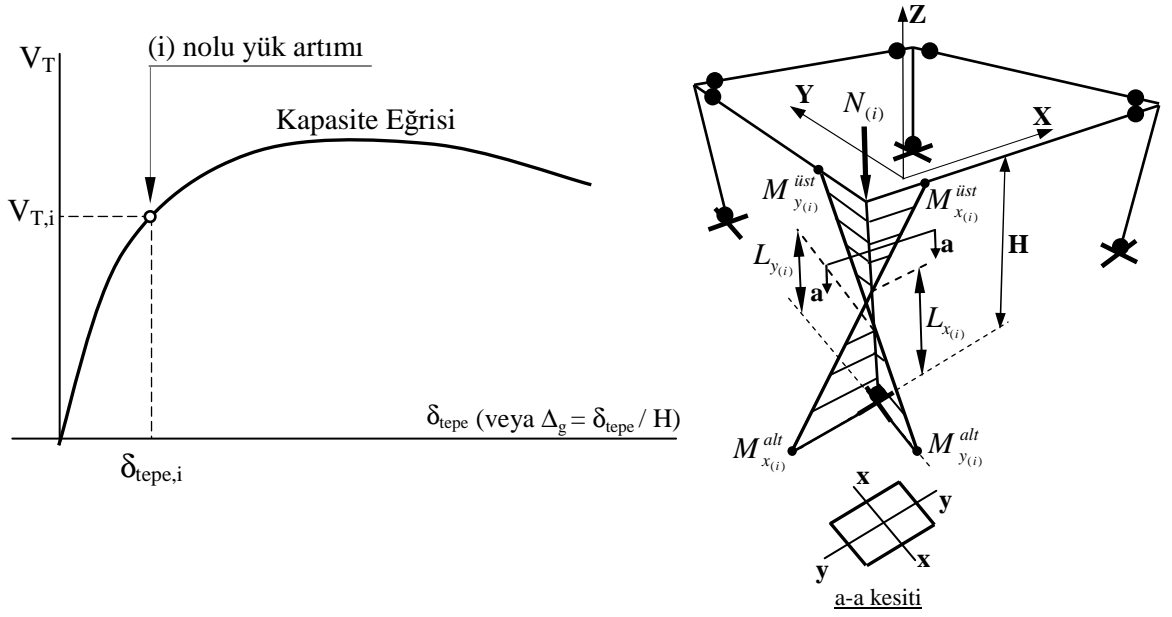
Şekil 3.8 Bileşik eğik eğilme etkisindeki betonarme bir kesitte  $\chi_{px}$ ,  $\chi_{py}$  ve  $\chi_p$  plastik eğrilik talepleri için şekil değiştirme durumları

**Adım 9:** Binanın her bir kolon plastik kesitinde, plastik şekil değiştirmelerin başladığı  $\chi_a$  ( $\chi_{Li}$ ) akma eğriliği elde edilir. Plastik şekil değiştirmelerin betonda  $\epsilon_{co} = 0.002$  birim kısalma değerinde veya donatıda ise akma sınırındaki  $\epsilon_e$  birim uzama değerinde (S 420 beton çeliği için,  $\epsilon_e = \epsilon_s = 0.0021$ ) başladığı gözönünde tutulmaktadır (Şekil 3.9).



Şekil 3.9 Bileşik eğik eğilme etkisindeki betonarme bir kesitin akma eğriliği için şekil değiştirme durumu

Kolon plastik kesitinde, plastik şekildeğiştirmelerin başladığı i kuvvet durumu başlangıçta bilinmediğinden bir ardışık yaklaşımdan yararlanılır. Buna göre, ilgili deprem doğrultusundaki artımsal statik itme (pushover) analizinin (i) nolu yük artımı için, plastik kesitteki iç kuvvet durumu ( $M_{x(i)}^{iust}$ ,  $M_{x(i)}^{alt}$ ,  $M_{y(i)}^{iust}$ ,  $M_{y(i)}^{alt}$  ve  $N_{(i)}$ ) ile plastik dönme değerleri ( $\theta_{px(i)}$  ve  $\theta_{py(i)}$ ) belirlenir. Daha sonra, hesabın 5.–8. adımları tekrarlanarak, (i) nolu yk artımına ait  $\alpha_i$  açısı,  $\chi_i$  eğriliği ile  $N_i$  normal kuvvet değerleri elde edilir (şekil 3.14).



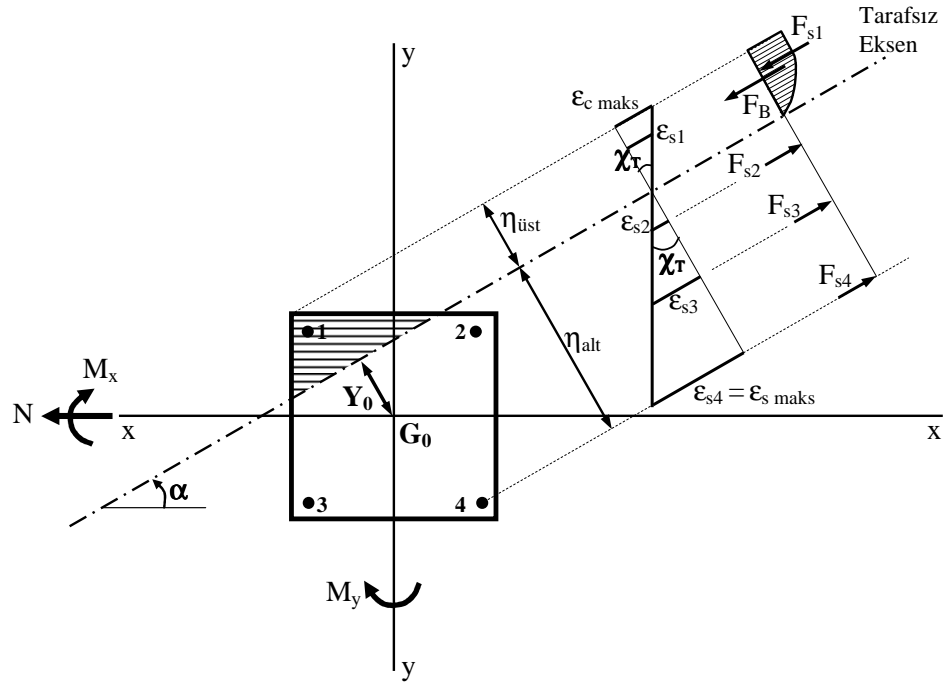
şekil 3.14 (i) nolu yük artımı için ilgili kolona ait i kuvvet durumu

$\alpha_i$  açısı,  $\chi_i$  eğriliği ile  $N_i$  normal kuvvetin hesaplanan değerleri için, kolon plastik kesitindeki birim boy değişmeleri kontrol edilir. Betonun en dış basıncı lifinde  $\epsilon_{co} = 0.002$  birim kısalma değerine ve/veya donatıda akma sınırındaki  $\epsilon_e$  birim uzama değerine (S 420 beton çeliği için,  $\epsilon_e = \epsilon_s = 0.0021$ ) ulaşılırsa, kolon plastik kesiti için elde edilen  $\chi_i$  eğriliği, akma eğriliği değerini almaktadır ( $\chi_i = \chi_a$ ). Bu sınır değerlerlere ulaşılmamışsa ( $\epsilon_c < 0.002$  veya  $\epsilon_s = \epsilon_e < 0.0021$  ise) ya da aşılmışsa ( $\epsilon_c > 0.002$  veya  $\epsilon_s > 0.0021$  ise), yeni bir yük artımı için analiz tekrarlanır ve  $\chi_a$  akma eğriliği elde edilene kadar ardışık yaklaşıma devam edilir.

Bu çalışmada, ardışık yaklaşımın her adımımda kolon plastik kesitinde oluşan birim boy değişmesi değerlerinin hesabında, Bölüm 3.3.2'de açıklanan I-BEKE-2A bilgisayar programı kullanılmıştır.

**Adım 10:** (3.19) bağıntısıyla elde edilen  $\chi_T$  toplam eğrilik talebi ile  $N$  normal kuvvet talebinden yararlanılarak, bileşik eğik eğilme etkisindeki kolon plastik kesitinde oluşan  $\epsilon_c maks.$  ve  $\epsilon_s maks.$  birim boy değişmesi talepleri, tarafsız eksenin kesitin  $x$  eksenine ile yaptığı  $\alpha$  açısına bağlı olarak elde edilir (Şekil 3.15).

$$\chi_T = \chi_p + \chi_a \quad (3.19)$$



Şekil 3.15 Bileşik eğik eğilme etkisindeki betonarme kolon kesitin şekildeğiştirme ve gerilme durumu

Deprem yüklerinin binanın plandaki asal eksenlerinden farkı herhangi bir  $\beta$  doğrultusundan etkimesi hali için yukarıda hesap adımları 10 adımda verilen iki doğrultulu doğrusal olmayan statik analize ait geliştirilen yaklaşım, binanın plandaki asal eksenlerinin yanısıra farklı deprem doğrultularında da tekrarlanması gerekmektedir. Böylece, deprem yüklerinin doğrultu etkisi nedeniyle betonarme binaların sistem elemanlarında oluşacak en elverişsiz şekildeğiştirme talepleri (plastik dönme, birim dönme, birim boy değişmesi), çok doğrultulu deprem yükleri altında bir araştırma ile belirlenebilmektedir.

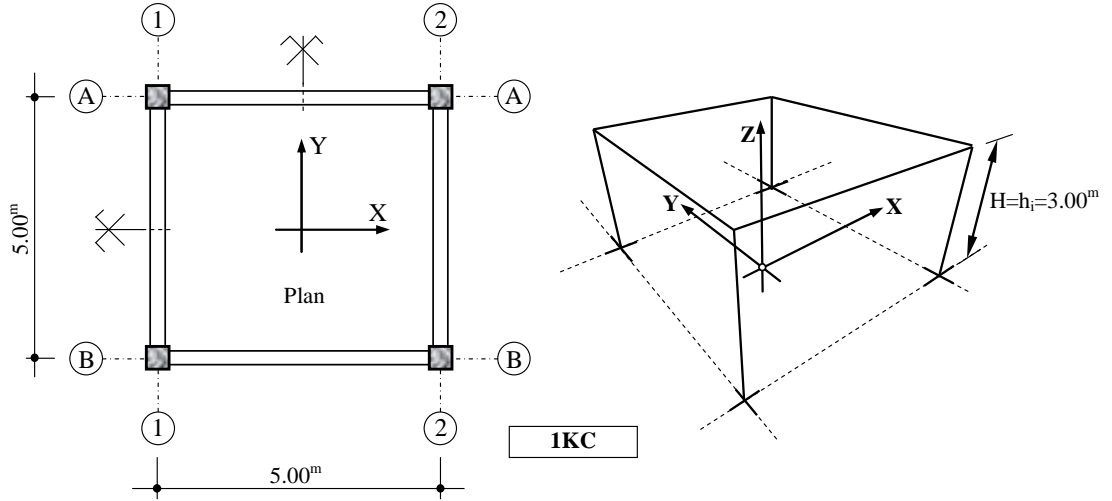
### 3.5 Sayısal Örnek 1 : Tek Katlı Tek Açıklıklı Uzay Çerçeve Binanın Şekildeğiştirme Esaslı Doğrusal Olmayan Analizi

Deprem yüklerinin doğrultu etkisi nedeniyle betonarme binaların kolon plastik kesitlerinde oluşacak en elverişsiz  $\epsilon_{c maks.}$  ve  $\epsilon_{s maks.}$  birim boy değışmesi taleplerinin belirlenebilmesi için, binanın plandaki asal eksenlerinin yanısıra farklı deprem doğrultularında da yapılacak iki doğrultulu doğrusal olmayan statik analize ait geliştirilen yaklaşımın hesap adımlarını ayrıntılı bir şekilde açıklamak amacıyla örnek bir betonarme bina belirlenmiştir.

TS 500 [67], TDY 2007 [7] ve ilgili diğer standartlara göre boyutlandırılan ve süneklik düzeyi yüksek çerçevelerden oluşan 1KC binanın genel özellikleri Çizelge 3.2’de, taşıyıcı sistem elemanlarının boyutları, donatıları ve taşıma kapasiteleri Çizelge 3.3’de verilmiştir.

Planı ve üç boyutlu taşıyıcı sistem modeli Şekil 3.16’da verilen tek katlı ve her iki doğrultuda tek açıklıklı, moment aktaran çerçevelerden oluşan betonarme binanın (1KC) planındaki asal eksen (X ve Y) doğrultularından farklı 45°’lik ara deprem doğrultusu için ( $\beta = 45^\circ$  için), Bölüm 3.4’de verilen iki doğrultulu doğrusal olmayan statik analizine ait hesap adımları, Bölüm 3.1’deki varsayımlar altında yapılmıştır.

1KC binanın plan ve üç boyutlu taşıyıcı sistem modeli üzerinde gösterilen *kare* enkesitli H13 kolon plastik kesitindeki  $\epsilon_{c maks}$  ve  $\epsilon_{s maks}$  birim boy değışmesi talepleri,  $\beta = 45^\circ$ ’lik ara deprem doğrultusu için hesaplanmıştır (Şekil 3.17). Ayrıntılı örnek kapsamında incelenen 1KC binanın diğer kolon plastik kesitlerindeki birim boy değışmesi taleplerinin belirlenmesi için, hesabın 5.–10. adımlarının tekrarlanması yeterli olmaktadır.



Şekil 3.16 1KC binanın planı ve üç boyutlu taşıyıcı sistem modeli

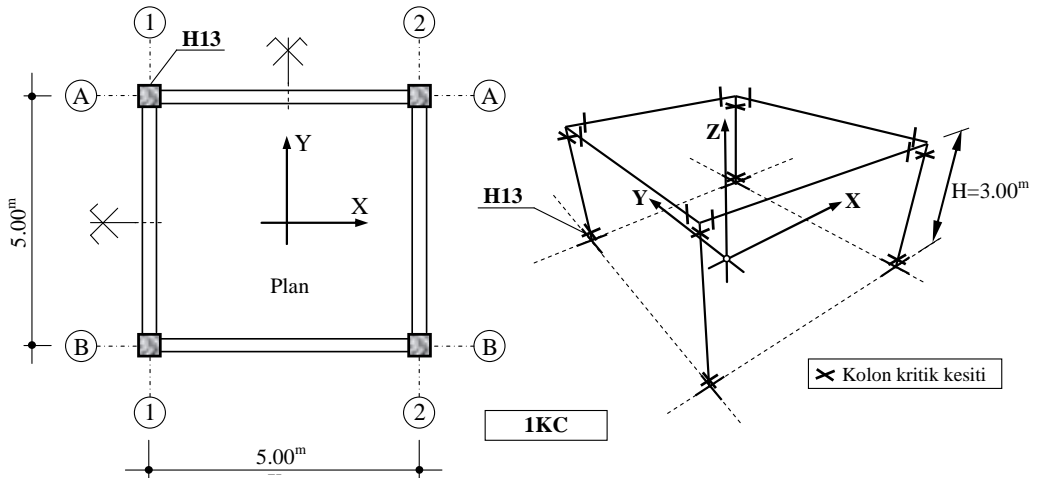
Çizelge 3.2 1KC betonarme binanın genel özellikleri

| 1KC Betonarme Binanın                          |                                  |                            |                                    |
|--|----------------------------------|----------------------------|------------------------------------|
| Tanım  | Sembol (Birim)                   | Değer                      |                                    |
| Deprem bölgesi                                 |                                  | 1                          |                                    |
| Bina önem katsayısı                            | $I$                              | 1                          |                                    |
| Etkin yer ivme katsayısı                       | $A_o$                            | 0.40                       |                                    |
| Spektrum karakteristik periyotları             | $T_A, T_B$ (s)                   | 0.15                       | 0.40                               |
| Yerel zemin sınıfı                             | $Z$                              | Z2                         |                                    |
| Taşıyıcı sistem davranış katsayısı             | $R$                              | 8                          |                                    |
| Beton ve beton çeliği (donatı) sınıfı          | $C, S$                           | C 20                       | S420                               |
| Betonun ve donatının karakteristik dayanımları | $f_{ck}$ (MPa)<br>$f_{yk}$ (MPa) | $f_{ck} = 20$              | $f_{yk} = 420$                     |
| Birinci doğal titreşim periyodu                | $T_l$ (s)                        | $T_{1e, x}$ ve $T_{1e, y}$ | $T_{1\zeta, x}$ ve $T_{1\zeta, y}$ |
|  |                                  | 0.1518                     | 0.2368                             |
| Kat Ağırlığı                                   | $W_i$ (kN)                       | 331.30                     |                                    |
| Döşeme yükleri                                 | Sabit yükler                     | $G$ (kN/m <sup>2</sup> )   | 4.50                               |
|  | Hareketli yükler                 | $Q$ (kN/m <sup>2</sup> )   | 2.00                               |
| Duvar yükleri                                  | $g_d$ (kN/m <sup>2</sup> )       | 3.125                      |                                    |
| Kat Yüksekliği                                 | $h_i$ (m)                        | 3.00                       |                                    |
| Döşeme kalınlığı                               | $h_f$ (m)                        | 0.12                       |                                    |
| Paspayı (Kirişlerde ve Kolonlarda)             | $h'$ (m)                         | 0.03                       |                                    |

Çizelge 3.3 1KC bina için kiriş ve kolonların boyutları, donatıları ve taşıma kapasiteleri

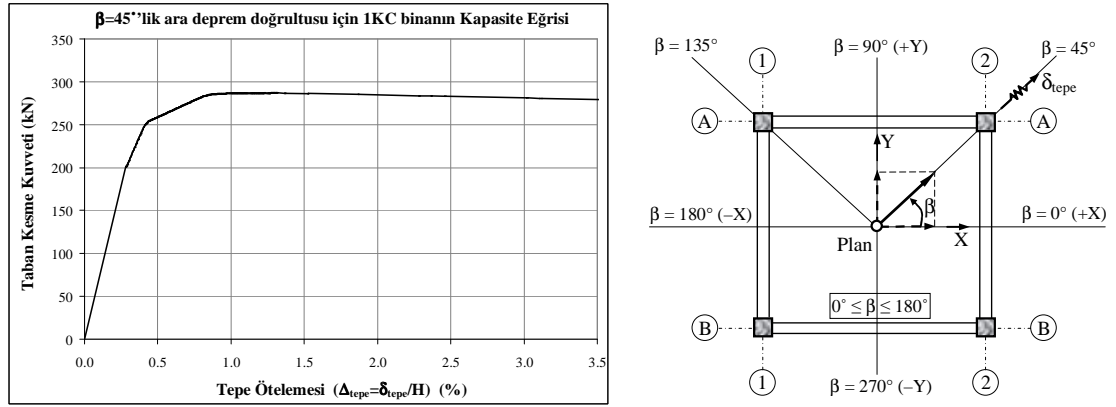
| Bina | Kiriş Boyutları (cm*cm) | Kiriş Kesiti     | Boyuna Donatı Alanları ( $A_s$ ) ( $\text{cm}^2$ ) |  | Moment Taşıma Kapasiteleri ( $M_p$ ) (kNm) |                |                 |                 |  |
|------|-------------------------|------------------|--|--|--|----------------|-----------------|-----------------|--|
|      |                         |                  | Sol mesnet   | Sağ mesnet   | Sol mesnet                                 | Sağ mesnet     |                 |                 |  |
| 1KC  | Tüm Kirişler<br>25 * 50 |                  | Üst  | (3 $\phi$ 12) 3.39   | $+M_p = 89.72$                             |                |                 |                 |  |
|      |                         |                  | Alt  | (3 $\phi$ 14) 4.62   | $-M_p = 64.92$                             |                |                 |                 |  |
| Bina | Kolon Boyutları (cm*cm) | Aks              | Boyuna Donatı Alanları ( $A_s$ ) ( $\text{cm}^2$ ) | Karşılıklı Etki Diyagramının Karakteristik İç Kuvvet Değerleri |  |                |                 |                 |  |
|      |                         |                  |  |  |  |                |                 |                 |  |
|      |                         |                  |  | $N_{ob}$ (kN)  | $N_{og}$ (kN)                              | $N_{d,x}$ (kN) | $M_{d,x}$ (kNm) | $M_{p,x}$ (kNm) |  |
| 1KC  | Tüm Kolonlar<br>35 * 35 | A1, A2<br>B1, B2 | (8 $\phi$ 16)<br>16.08                             | 2726.0   | 675.36                                     | 948.99         | 163.62          | 100.0           |  |

**Adım 1:** 1KC binanın üç boyutlu taşıyıcı sistem modeli oluşturulmuştur (Şekil 3.17). Sayısal örnek kapsamında, deprem yükünün binanın plandaki asal doğrultularından farklı  $\beta = 45^\circ$  lik plan köşegeni doğrultusundan etkimesi hali için,  $\epsilon_{c maks.}$  ve  $\epsilon_{s maks.}$  birim boy değişmesi taleplerini incelemek üzere örnek olarak ele alınan H13 kolon plastik kesiti, 1KC binanın planı ve üç boyutlu taşıyıcı sistem modeli üzerinde gösterilmiştir (Şekil 3.17).



Şekil 3.17 1KC binanın planı ve üç boyutlu taşıyıcı sistem modeli ile birim boy değişmesi taleplerinin inceleneceği H13 kolon plastik kesitinin yeri

**Adım 2:** 1KC betonarme binaya deprem yükü  $\beta = 45^\circ$  için etkilerek malzeme ve geometri değişimleri bakımından doğrusal olmayan teoriye göre iki doğrultulu artımsal statik itme (pushover) analizi yapılmış ve  $\beta = 45^\circ$ 'lik plan köşegeni doğrultusundaki kapasite eğrisi elde edilmiştir (Şekil 3.18). Artımsal statik itme analizinde depremi temsil eden yatay yük olarak birinci mod atalet kuvveti, düşey yük olarak  $(1.0 G + 0.30 Q)$  yüklemesi esas alınmıştır.



Şekil 3.18 1KC binanın  $\beta=45^\circ$ 'lik deprem doğrultusu için artımsal itme analizinden elde edilen kapasite eğrisi

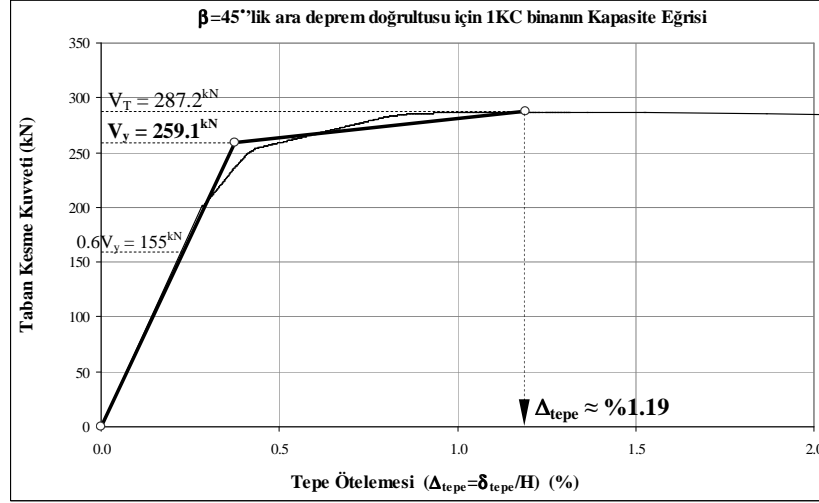
**Adım 3:** Deprem yükünün uygulandığı  $\beta = 45^\circ$ 'lik plan köşegeni doğrultusunda serbest titreşim analizi yapılmış ve 1KC binanın etkin enkesit rijitlikli birinci doğal titreşim periyodu  $T_{1,e} = 0.2368$  s olarak hesaplanmıştır.

**Adım 4:** Deprem binaya etkidiği  $\beta = 45^\circ$  doğrultusunda, 1KC binanın YKY ile tepe yerdeğiştirmesi talebi belirlenmiş (Şekil 3.19) ve bunun için (3.1) bağıntısında kullanılan katsayılar Çizelge 3.4'de verilmiştir. 1KC binanın YKY ile analizinde deprem tehlike seviyesi olarak,  $I = 1$  olan binalar için 50 yılda aşılma olasılığı %10 ve maksimum spektral ivmesi  $1.0g$  olan TDY 2007 [7]'deki tasarım (şiddetli) depremi esas alınmıştır. Ancak, yapısal elemanlarda ileri şekildeğiştirme durumuna karşı gelen plastik dönme taleplerinin elde edilmesi amacıyla, ilgili ivme spektrumu 2.0 kat artırılarak ölçeklendirilmiştir.

$$\delta_{maks.} = \delta_{Tepe} = C_o C_1 C_2 \frac{S_a T_e^2}{4\pi^2} \quad (3.1)$$

Çizelge 3.4 1KC bina için YKY ile analizden elde edilen sonuçlar

| Deprem Doğrultusu ( $\beta^\circ$ ) | $C_0$ | $C_1$  | $C_2$  | $V_y$ (kN) | $R_0$  | $T_e$ (s) | $S_a$ (g) | $\delta_{tepe}$ (m) | $\Delta_{tepe}$ ( $\delta_{tepe} / H$ ) |
|-------------------------------------|-------|--------|--------|------------|--------|-----------|-----------|---------------------|---|
| 45°                                 | 1.00  | 1.2136 | 1.0540 | 259.1      | 2.5569 | 0.2368    | 2.00      | 0.03564             | 0.01188                                 |



Şekil 3.19 1KC binanın YKY ile tepe yerdeğiştirmesi talebinin belirlenmesi

**Adım 5:** Depremin binaya etkidiği  $\beta = 45^\circ$ lik plan köşegeni doğrultusunda, tepe yerdeğiştirmesi talebine ulaşmış 1KC binanın plastikleşen H13 numaralı kolon plastik kesitindeki plastik dönme talepleri ( $\theta_{px}$  ve  $\theta_{py}$ ) ile bu kolonun üst ve alt uç kesitlerinde oluşan iç kuvvet talepleri ( $M_x^{üst}$ ,  $M_x^{alt}$ ,  $M_y^{üst}$ ,  $M_y^{alt}$  ve  $N$ ) ayrı ayrı elde edilmiştir (Çizelge 3.5).

Çizelge 3.5 H13 kolon plastik kesiti için elde edilen iç kuvvet ve şekildeğiştirme talepleri

| Kolon Plastik Kesiti | $M_x^{alt}$ (kNm) | $M_x^{üst}$ (kNm) | $M_y^{alt}$ (kNm) | $M_y^{üst}$ (kNm) | $N$ (kN) | $\theta_{px}$ (rad.) | $\theta_{py}$ (rad.) |
|----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------|----------------------|----------------------|
| H13                  | +79.71            | -79.91            | +63.68            | -63.12            | -93.11   | 0.0061               | 0.0065               |



**Adım 6:** Kare enkesitli ( $35^{\text{cm}} \times 35^{\text{cm}}$ ) H13 kolon plastik kesiti için  $x$  ve  $y$  eleman eksenlerindeki  $L_{px}$  ve  $L_{py}$  plastik mafsal boyları, (3.13a–b) bağıntıları kullanılarak elde edilmiş ve sonuçlar Çizelge 3.6’da özetlenmiştir.  $L_x$  ve  $L_y$  uzunluklarının hesabında, kolonun rijit uç bölgeleri gözönüne alınmıştır (Çizelge 3.6).

$$L_{px} = 0.08L_x + 0.022d_b f_y \quad (\text{MPa}) \quad (3.13\text{--}a)$$

$$L_{py} = 0.08L_y + 0.022d_b f_y \quad (\text{MPa}) \quad (3.13\text{--}b)$$

Çizelge 3.6 H13 kolon plastik kesiti için elde edilen  $L_{px}$  ve  $L_{py}$  plastik mafsal boyları

| Kolon Plastik Kesiti | $M_x^{\text{alt}}$<br>(kNm) | $M_x^{\text{üst}}$<br>(kNm) | $M_y^{\text{alt}}$<br>(kNm) | $M_y^{\text{üst}}$<br>(kNm) | $h_i$<br>(m) | $L_x$<br>(m) | $L_y$<br>(m) | $d_b$<br>(mm) | $f_y$<br>(MPa) | $L_{px}$<br>(m) | $L_{py}$<br>(m) |
|----------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------|--------------|--------------|---------------|----------------|-----------------|-----------------|
| H13                  | +79.71                      | -79.91                      | +63.68                      | -63.12                      | 2.75         | 1.373        | 1.381        | 16            | 420            | 0.2577          | 0.2583          |

**Adım 7:** 1KC binanın H13 kolon plastik kesitinde belirlenen plastik dönme talepleri ( $\theta_{px}$  ve  $\theta_{py}$ ) ve plastik mafsal boylarına bağlı olarak ( $L_{px}$  ve  $L_{py}$ ),  $M_x$  ve  $M_y$  iç kuvvetler doğrultusundaki  $\chi_{px}$  ve  $\chi_{py}$  plastik eğrilik talepleri, (3.11–a) ve (3.12–a) bağıntıları ile elde edilmiştir (Çizelge 3.7).

$$\chi_{px} \cong \frac{\theta_{px}}{L_{px}} \quad (3.11\text{--}a)$$

$$\chi_{py} \cong \frac{\theta_{py}}{L_{py}} \quad (3.12\text{--}a)$$

Çizelge 3.7 H13 kolon plastik kesiti için elde edilen  $\chi_{px}$  ve  $\chi_{py}$  plastik eğrilik talepleri

| Kolon Plastik Kesiti | $\theta_{px}$<br>(rad.) | $\theta_{py}$<br>(rad.) | $L_{px}$<br>(m) | $L_{py}$<br>(m) | $\chi_{px}$<br>(1/m) | $\chi_{py}$<br>(1/m) |
|----------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------|-----------------|----------------------|----------------------|
| H13                  | 0.0061                  | 0.0065                  | 0.2577          | 0.2583          | 0.02381              | 0.02523              |

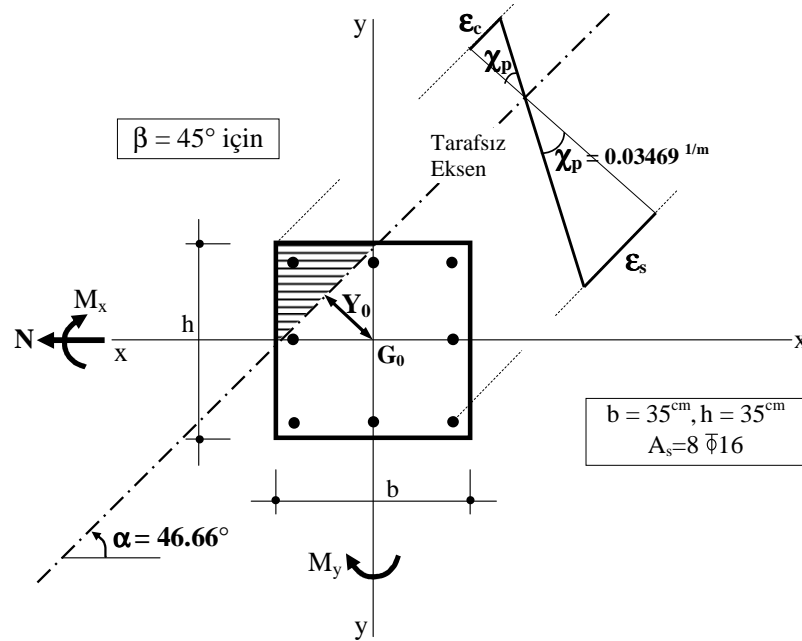
**Adım 8:** H13 kolon plastik kesiti için, akma vektörünün (plastik şekildeğiştirme vektörü)  $M_x$  ve  $M_y$  iç kuvvetler doğrultusundaki izdüşümleri olan  $\chi_{px}$  ve  $\chi_{py}$  plastik eğrilik taleplerinden yararlanılarak (3.13), tarafsız eksenin kesitin  $x$  asal eksenine ile yaptığı  $\alpha$  açısı ve tarafsız eksen etrafındaki  $\chi_p$  plastik eğrilik talebi (3.17–3.18) bağıntıları ile hesaplanmıştır (Çizelge 3.8 ve Şekil 3.20).

$$\tan \alpha = \frac{\chi_{py}}{\chi_{px}} \quad (3.17)$$

$$\chi_p = \frac{\chi_{px}}{\cos \alpha} \quad \text{veya} \quad \chi_p = \frac{\chi_{py}}{\sin \alpha} \quad (3.18)$$

Çizelge 3.8 H13 kolon plastik kesiti için  $\alpha$  açısı ve  $\chi_p$  plastik eğrilik talebi

| Kolon Plastik Kesiti | $\chi_{px}$<br>(1/m) | $\chi_{py}$<br>(1/m) | $\alpha$<br>(°) | $\chi_p$<br>(1/m) |
|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------|-------------------|
| H13                  | 0.02381              | 0.02523              | 46.66           | 0.03469           |



Şekil 3.20  $\beta = 45^\circ$  için H13 kolon plastik kesitine ait şekildeğiştirme durumu

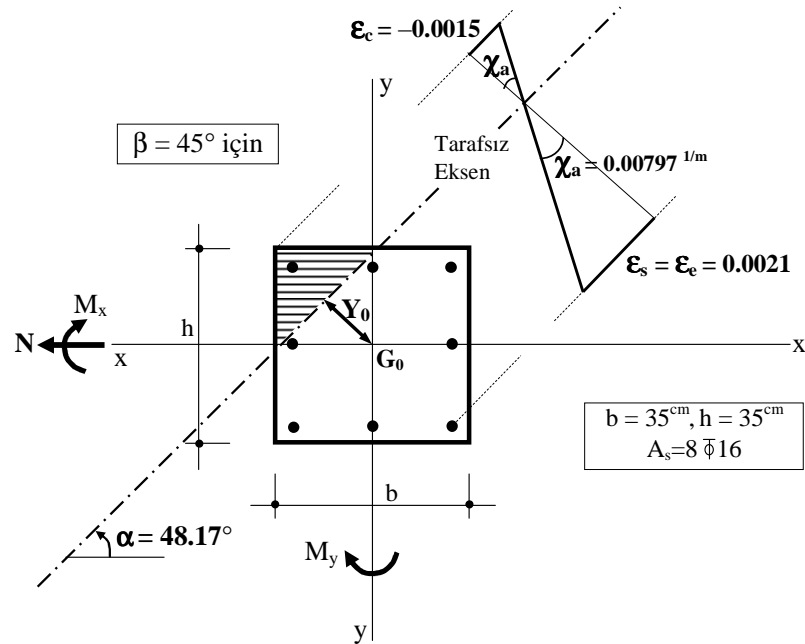
**Adım 9:**  $\beta = 45^\circ$  için, H13 kolon plastik kesitinde plastik şekildeğiştirmelerin başladığı  $\chi_a$  akma eğriliği talebi elde edilmiştir. İlgili kesitte plastik şekildeğiştirmelerin başladığı iç kuvvet durumu başlangıçta bilinmediğinden, detayları Bölüm 3.4’de verilen ardışık yaklaşımdan yararlanılmıştır. Ardışık yaklaşımın son adımına ait iç kuvvet ve şekildeğiştirme değerleri Çizelge 3.9’da verilmiştir. Çizelge 3.9’dan görüleceği üzere, H13 kolon plastik kesitinde plastik şekildeğiştirmelerin başlaması, S420 beton çeliği için  $\epsilon_s = \epsilon_e = 0.0021$  akma sınırı değerine ulaşılması ile meydana gelmektedir (Şekil 3.21).

Çizelge 3.9 H13 kolon plastik kesiti için akma eğriliğinin belirlenmesi

| Kolon Plastik Kesiti | $M_x^{alt}$<br>(kNm) | $M_x^{üst}$<br>(kNm) | $M_y^{alt}$<br>(kNm) | $M_y^{üst}$<br>(kNm) | $h_i$<br>(m) | $L_x$<br>(m) | $L_y$<br>(m) | $d_{bi}$<br>(mm) | $f_y$<br>(MPa) | $L_{px}$<br>(m) | $L_{py}$<br>(m) |
|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|--------------|--------------|--------------|------------------|----------------|-----------------|-----------------|
| H13                  | +69.23               | -52.19               | +74.46               | -64.93               | 2.75         | 1.568        | 1.469        | 16               | 420            | 0.2733          | 0.2654          |

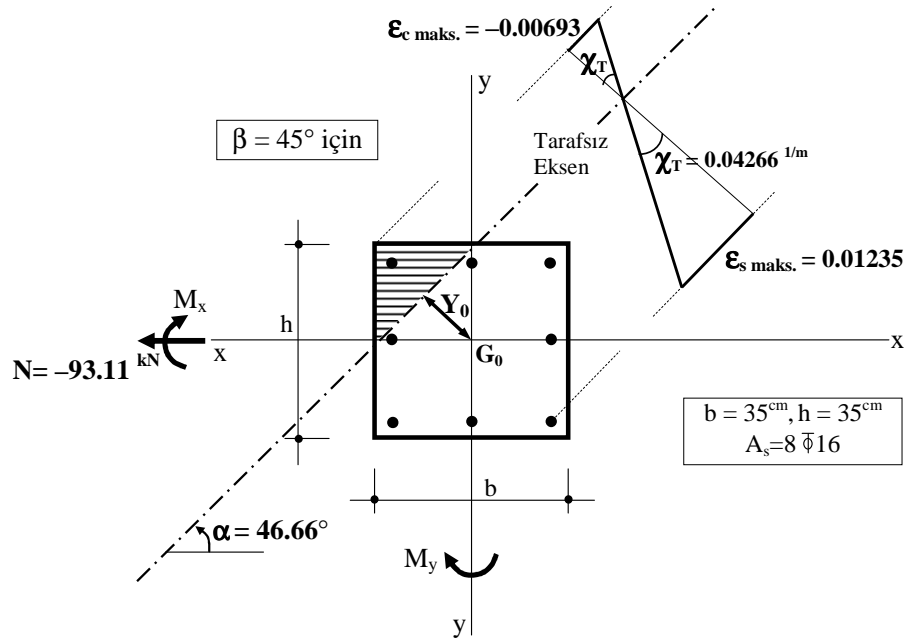
| Kolon Plastik Kesiti | N<br>(kN) | $\theta_x$<br>(rad.) | $\theta_y$<br>(rad.) | $\chi_x$<br>(1/m) | $\chi_y$<br>(1/m) | $\chi_a = \chi_{L1}$<br>(1/m) | $\alpha$<br>(°) | $\epsilon_c$ | $\epsilon_s = \epsilon_e$ |
|----------------------|-----------|----------------------|----------------------|-------------------|-------------------|-------------------------------|-----------------|--------------|---------------------------|
| H13                  | -93.38    | 0.00145              | 0.00157              | 0.0053            | 0.00591           | <b>0.00797</b>                | 48.17           | -0.0015      | <b>0.0021</b>             |



Şekil 3.21  $\beta = 45^\circ$  için H13 kolon plastik kesitinde plastik şekildeğiştirmelerin başladığı akma durumunun belirlenmesi

**Adım 10:** Plastik kesitteki elastik ve plastik eğrilik taleplerinin toplanması ile elde edilen  $\chi_T$  toplam eğrilik talebi ve  $N$  normal kuvvet talebi altında, bileşik eğik eğilme etkisindeki H13 kolon plastik kesitinde oluşan  $\epsilon_{c maks.}$  ve  $\epsilon_{s maks.}$  birim boy değişmesi talepleri, tarafsız eksenin kesitin  $x$  eksenine ile yaptığı  $\alpha$  açısı için elde edilmiştir (Şekil 3.22).  $\epsilon_{c maks.}$  ve  $\epsilon_{s maks.}$  birim boy değişmesi taleplerinin belirlenebilmesinde, detayları Bölüm 3.3.2’de açıklanan ve *BEKE-2A* bilgisayar programına [35, 49] bu çalışmada ilaveler yapılarak yeniden düzenlenen *I-BEKE-2A* bilgisayar programından yararlanılmıştır.

$$\left. \begin{aligned} \chi_T &= \chi_p + \chi_a = 0.03469 + 0.00797 = 0.04266 \text{ }^{1/m} \\ N &= -93.11 \text{ kN} \\ \alpha &= 46.66^\circ \end{aligned} \right\} \begin{aligned} \epsilon_{c maks.} &= -0.00693 \\ \epsilon_{s maks.} &= 0.01235 \end{aligned}$$



Şekil 3.22 H13 kolon plastik kesiti için birim boy değişmesi taleplerine ait şekildeğiştirme durumu ( $\beta = 45^\circ$  için)

## 4. BETONARME BİNALAR ÜZERİNDE SAYISAL İNCELEMELER

Bu bölümde, Bölüm 3.4’de hesap adımları verilen iki doğrultulu doğrusal olmayan statik analize ait yaklaşım esas alınarak, örnek olarak belirlenen 1, 3, 5 ve 8 katlı moment aktaran çerçevelerden oluşan betonarme binaların çok doğrultulu deprem yükleri altında şekildeğiştirme esaslı doğrusal olmayan analizleri yapılmış ve deprem yüklerinin doğrultu etkisinin plastik kesitlerdeki şekildeğiştirme talepleri üzerindeki etkisi ayrıntılı olarak incelenmiştir.

### 4.1 Betonarme Binaların Özellikleri

Sayısal incelemeler kapsamında, betonarme binaların şekildeğiştirme esaslı doğrusal olmayan analizinde deprem yüklerinin doğrultu etkisini araştırmak için, herhangi bir yapısal düzensizliği bulunmayan ve ortogonal akslara sahip olan 1, 3, 5 ve 8 katlı moment aktaran çerçevelerden oluşan on dört adet betonarme bina (1KC–3D, 3KC–3D, 5KC–3D ve 8KC–3D) belirlenmiş ve üç boyutlu olarak incelenmiştir. Bu binaların yanısıra, bazı kolonları sadece bir doğrultuda kirişlerle birleşen ve ASCE 41–06 [6]’da çok doğrultulu deprem etkisinin incelenmesi zorunlu olan binaları temsil eden iki adet 3 katlı betonarme bina ve ayrıca, 3 katlı L planlı bir betonarme bina incelenmiştir.

Sayısal incelemeler kapsamında ele alınan toplam on yedi adet betonarme binanın özellikleri aşağıda verilmiştir.

- **1KC** : Tek (1) Katlı ve her iki doğrultuda tek açıklıklı betonarme Çerçeve binalar.

Bu binanın kolon enkesit geometrisi ve plan geometrisi için 4 farklı durum incelenmiştir.

Bunlar;

- **1KC-1** : Planı ve kolon enkesitleri *kare* olan bina (Şekil 4.1-a)
- **1KC-2** : Planı *kare*, kolon enkesitleri *dikdörtgen* olan bina (Şekil 4.1-b)
- **1KC-3** : Planı *dikdörtgen*, kolon enkesitleri *kare* olan bina (Şekil 4.1-c)
- **1KC-4** : Planı ve kolon enkesitleri *dikdörtgen* olan bina (Şekil 4.1-d)

• **3KC** : Üç (3) Katlı betonarme Çerçeve binalar.

Bu binanın kolon enkesit geometrisi ve plan geometrisi için 11 farklı durum incelenmiştir.

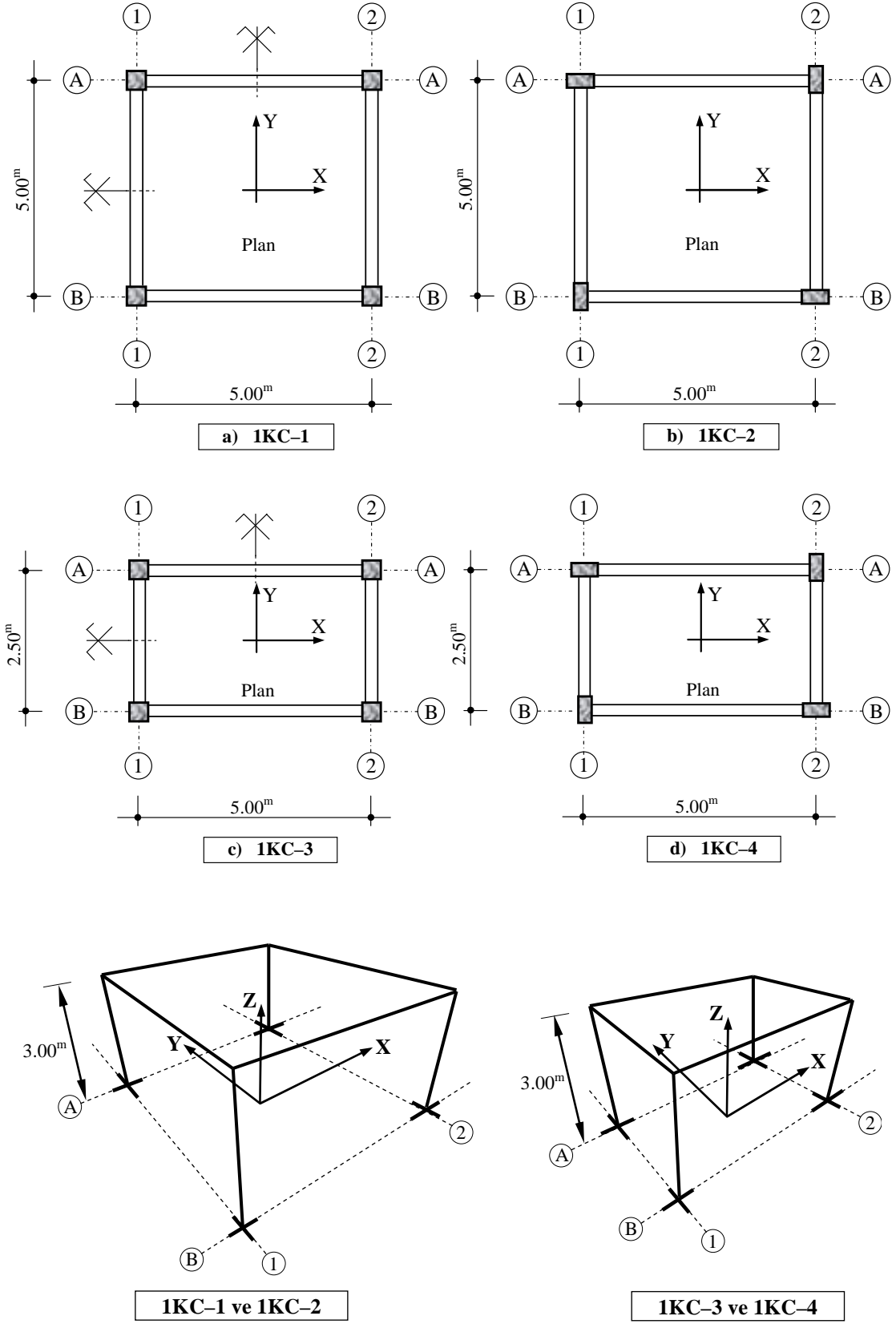
Bunlar;

- **3KC-[1-4]** : Her iki doğrultuda tek açıklıklı betonarme binalar:
  - **3KC-1** : Planı ve kolon enkesitleri *kare* olan bina (Şekil 4.2-a)
  - **3KC-2** : Planı *kare*, kolon enkesitleri *dikdörtgen* olan bina (Şekil 4.2-b)
  - **3KC-3** : Planı *dikdörtgen*, kolon enkesitleri *kare* olan bina (Şekil 4.2-c)
  - **3KC-4** : Planı ve kolon enkesitleri *dikdörtgen* olan bina (Şekil 4.2-d)
- **3KC-[5-8]** : Bir doğrultuda tek açıklıklı, diğer doğrultuda iki açıklıklı iki betonarme bina (3KC-[5,6]) ile her iki doğrultuda iki açıklıklı iki betonarme bina (3KC-[7,8]):
  - **3KC-5** : Planı *dikdörtgen*, kolon enkesitleri *kare* olan bina (Şekil 4.3-a)
  - **3KC-6** : Planı *dikdörtgen*, kolon enkesitleri *kare* ve *dikdörtgen* olan bina (Şekil 4.3-b)
  - **3KC-7** : Planı ve kolon enkesitleri *kare* olan bina (Şekil 4.4-a)
  - **3KC-8** : Planı *kare*, kolon enkesitleri *kare* ve *dikdörtgen* olan bina (Şekil 4.4-b)
- **3KC-[9,10]**: 3KC-[5,6] binaların her iki ara kolonunun bir doğrultuda kirişlerle birleştiği (diğer doğrultuda kirişlerin kaldırıldığı) ve ASCE-41-06'da çok doğrultulu deprem etkisinin incelenmesi zorunlu olan binaları temsil eden iki adet betonarme bina:
  - **3KC-9** : Planı *dikdörtgen*, kolon enkesitleri *kare* olan bina (Şekil 4.5-a)
  - **3KC-10**: Planı *dikdörtgen*, kolon enkesitleri *kare* ve *dikdörtgen* olan bina (Şekil 4.5-b)

- **3KC–11** : Plandaki her iki asal eksene göre simetrik veya antimetrik olmayan, bir doğrultuda üç açıklıklı diğer doğrultuda iki açıklıklı, kolon enkesitleri *kare* ve *dikdörtgen* olan üç katlı betonarme bina (Şekil 4.6)
- **5KC** : Planı *kare*, her iki doğrultuda dört açıklıklı, kolon enkesitleri *kare* ve *dikdörtgen* olan, beş (5) Katlı betonarme Çerçeve bina (Şekil 4.7).
- **8KC** : Planı *kare*, her iki doğrultuda dört açıklıklı, kolon enkesitleri *kare* ve *dikdörtgen* olan, sekiz (8) Katlı betonarme Çerçeve bina (Şekil 4.8).

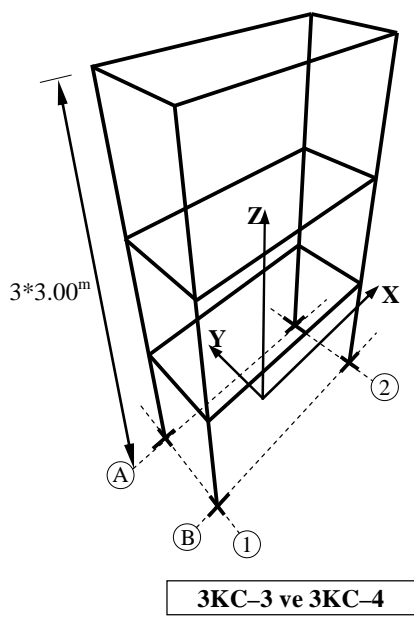
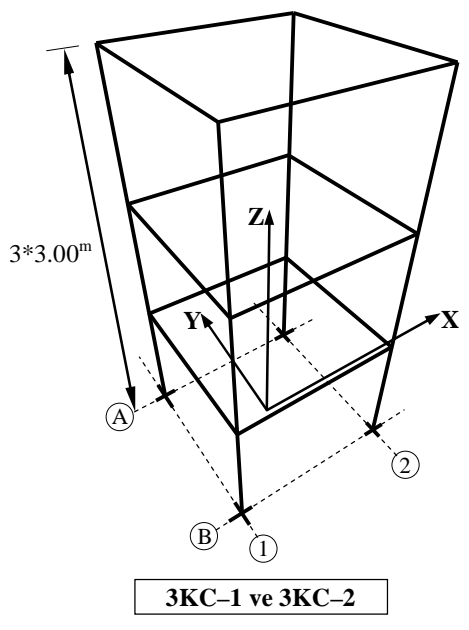
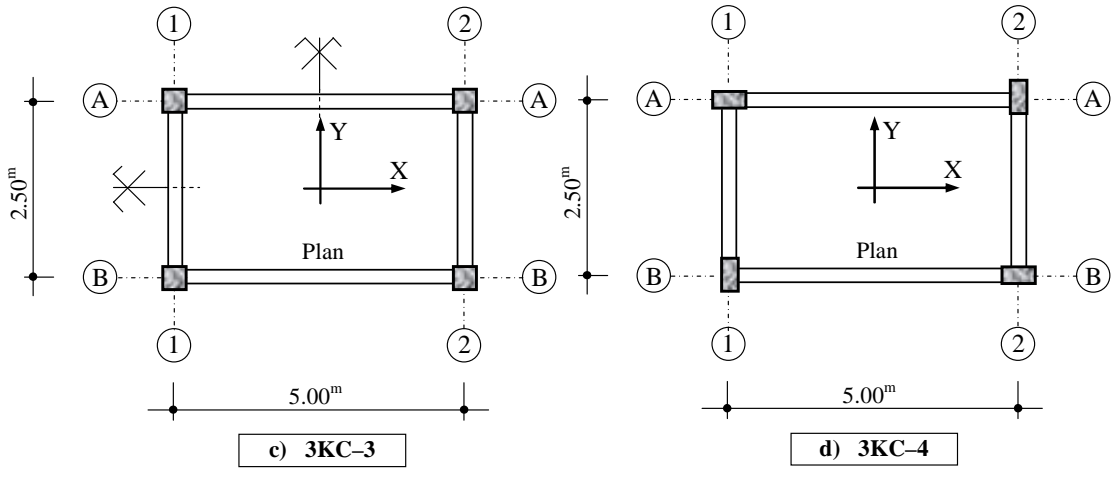
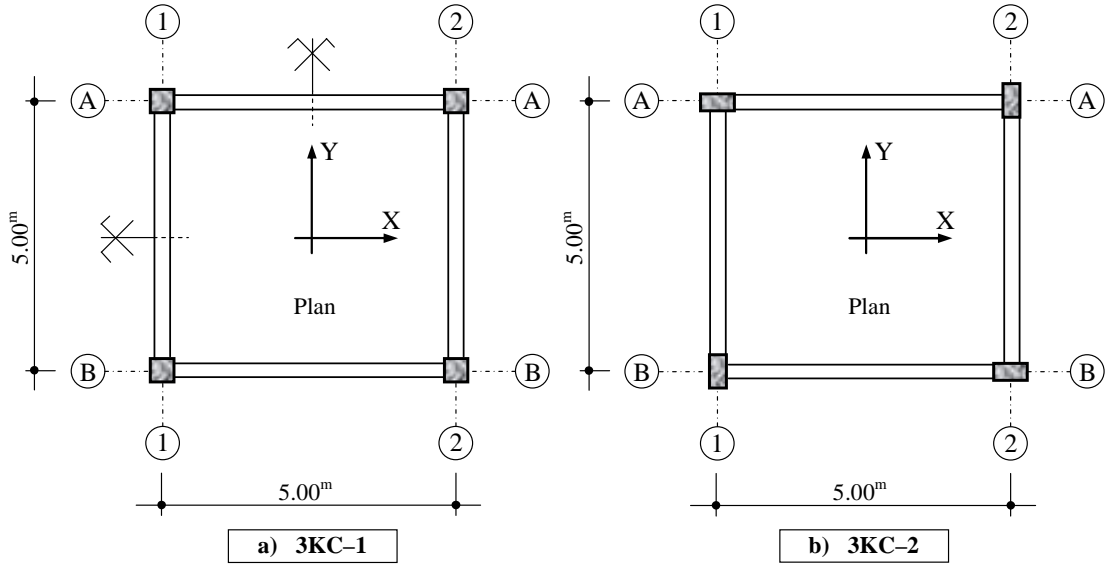
Sayısal incelemeler kapsamında ele alınan on yedi adet betonarme bina, TS 500 [67], Türk Deprem Yönetmeliği 2007 (TDY 2007) [7] ve yürürlükteki ilgili diğer Türk Standartlarına göre boyutlandırılmıştır. Planda ve düşeyde herhangi bir yapısal düzensizliği bulunmayan, her katta sonsuz rijit diyafram özelliği gösteren döşemelerin bulunduğu ve süneklik düzeyi yüksek çerçevelerden oluşan 1KC, 3KC, 5KC ve 8KC betonarme binaların;

- Planları ve üç boyutlu taşıyıcı sistemleri Şekil 4.1 – 4.8’de,
- Boyutlandırılmasındaki genel özelliklerini ifade eden bina parametreleri Çizelge 4.1’de,
- Taşıyıcı sistem elemanlarının enkesit boyutları, donatıları ve taşıma kapasiteleri kolonlar için Çizelge 4.2 – 4.9’da, kirişler için Çizelge 4.10 – 4.19’da,
- Taşıyıcı sistem elemanlarının (kolonların ve kirişlerin) brüt ve etkin (çatlamış) enkesit rijitlikleri kullanılarak, binaların serbest titreşim analizinden elde edilen birinci doğal titreşim periyotları ile binaların kat ağırlıkları Çizelge 4.20’de verilmiştir.

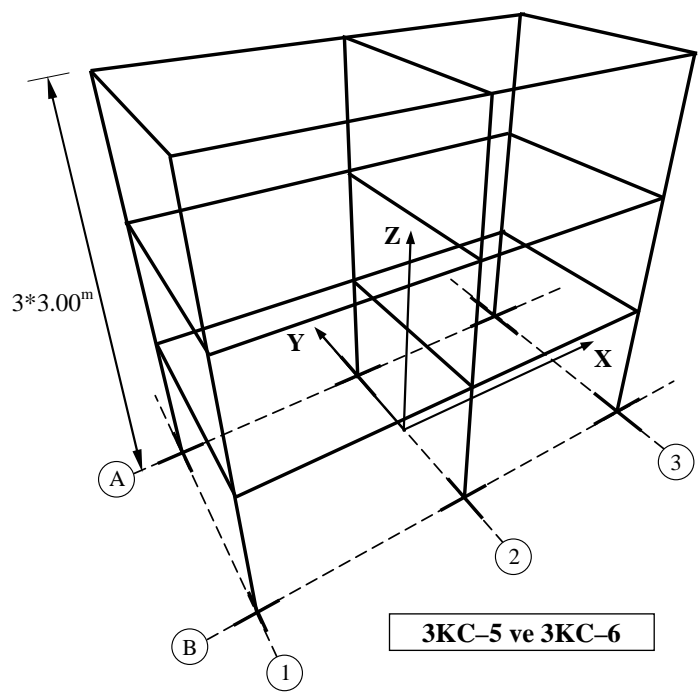
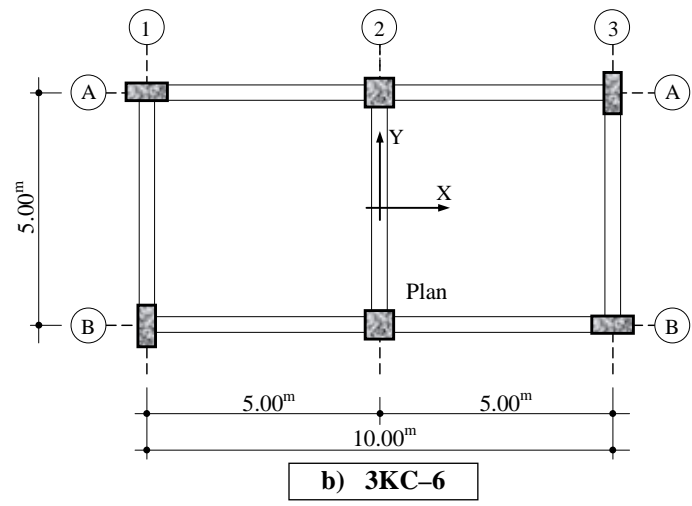
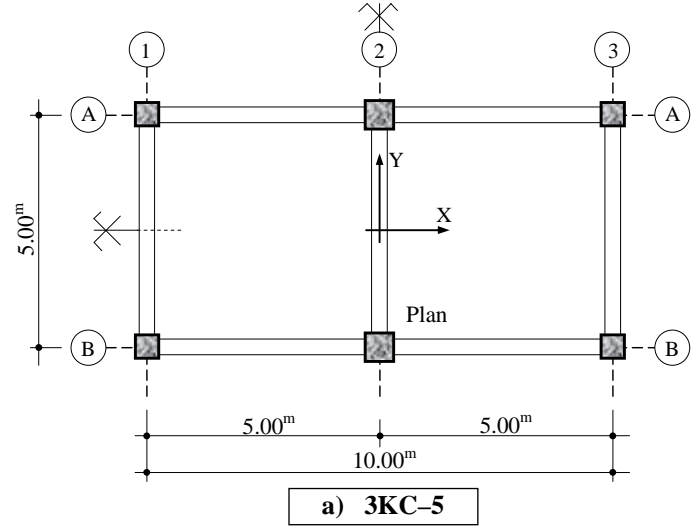


Şekil 4.1 1KC-[1-4] binaların planları ve üç boyutlu taşıyıcı sistemleri

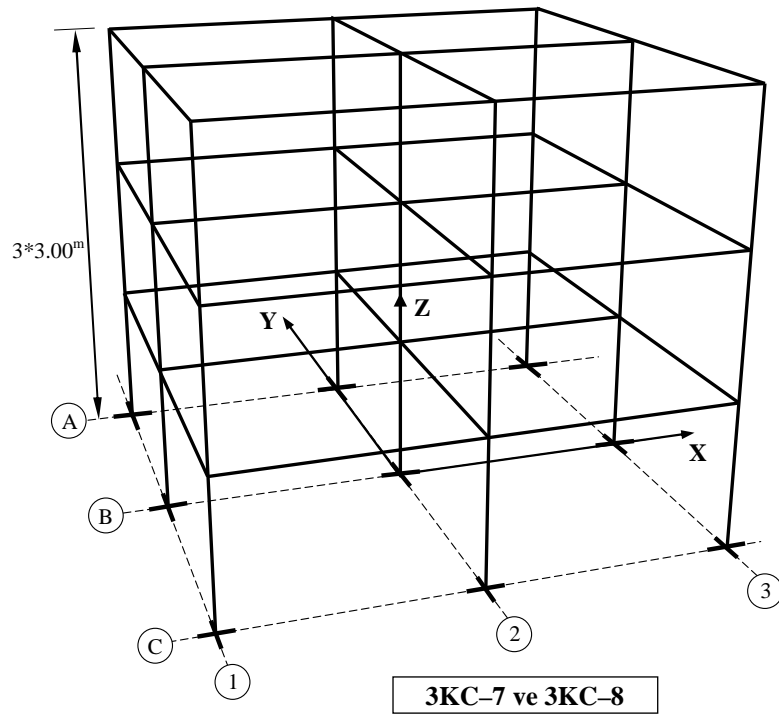
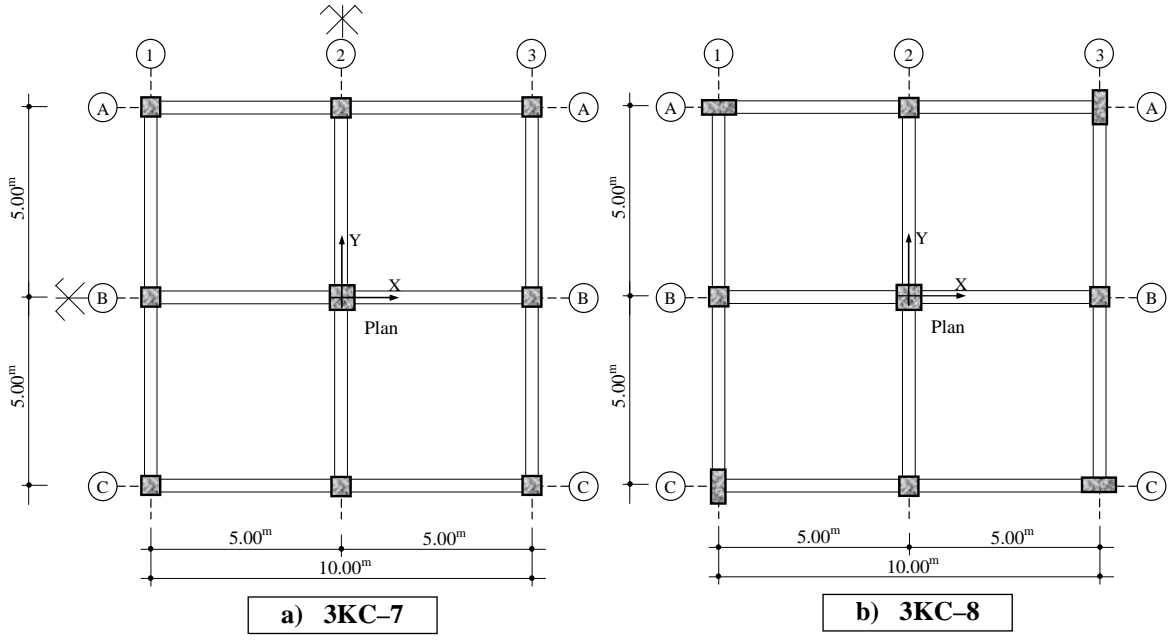




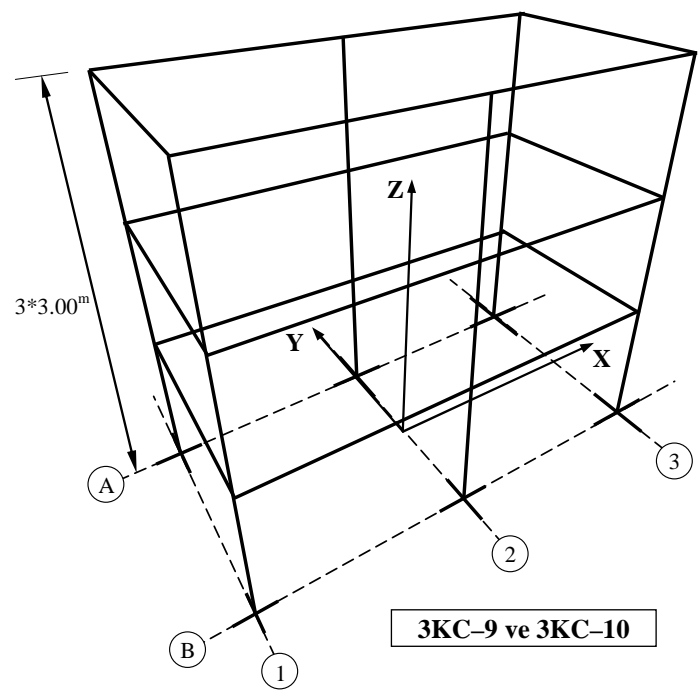
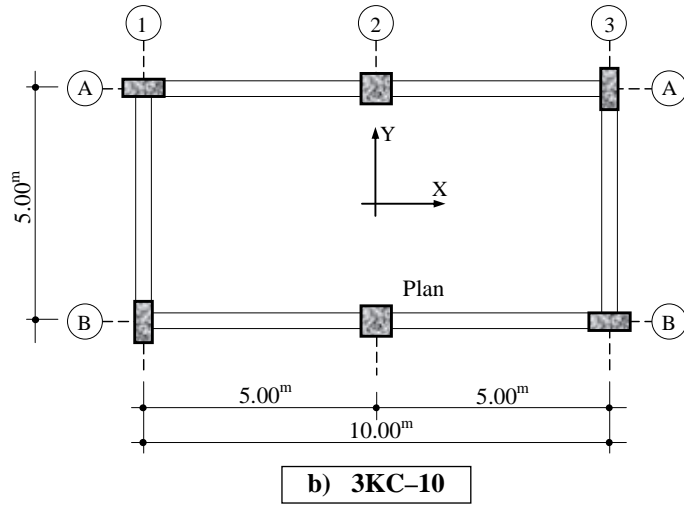
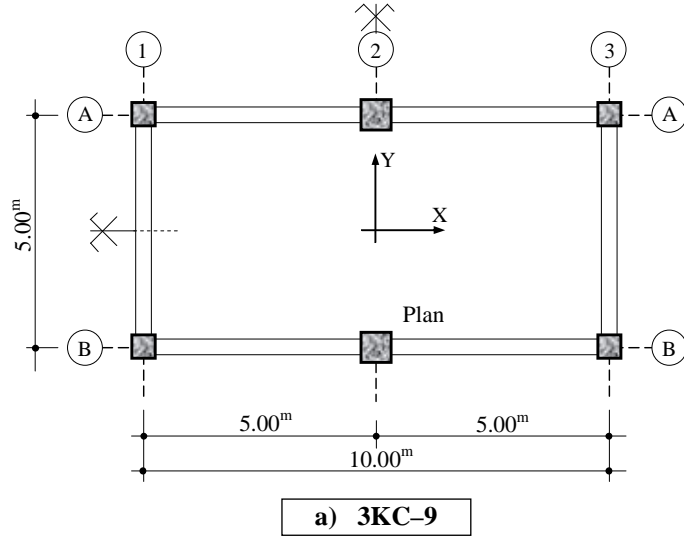
Şekil 4.2 3KC-[1-4] binaların planları ve üç boyutlu taşıyıcı sistemleri



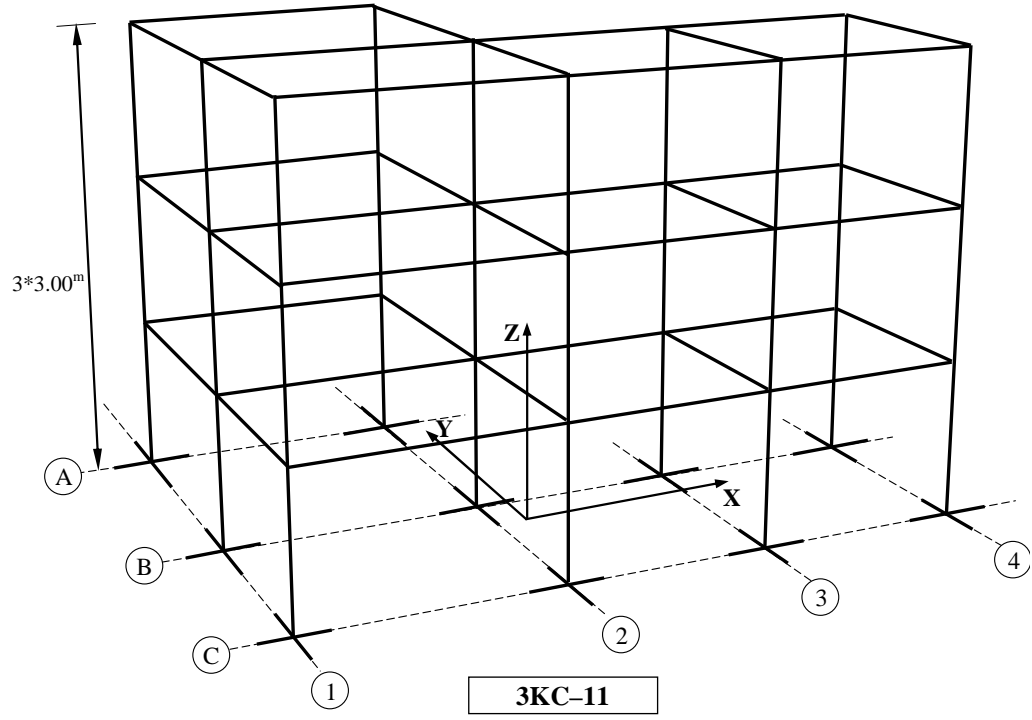
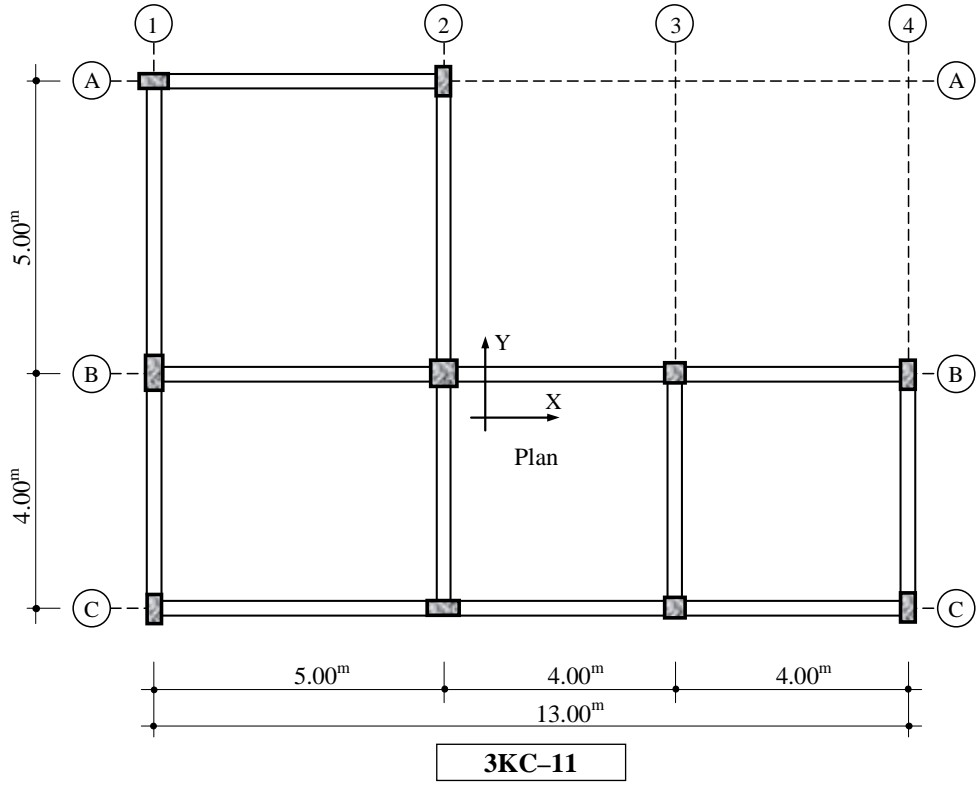
Şekil 4.3 3KC-[5,6] binaların planları ve üç boyutlu taşıyıcı sistemi



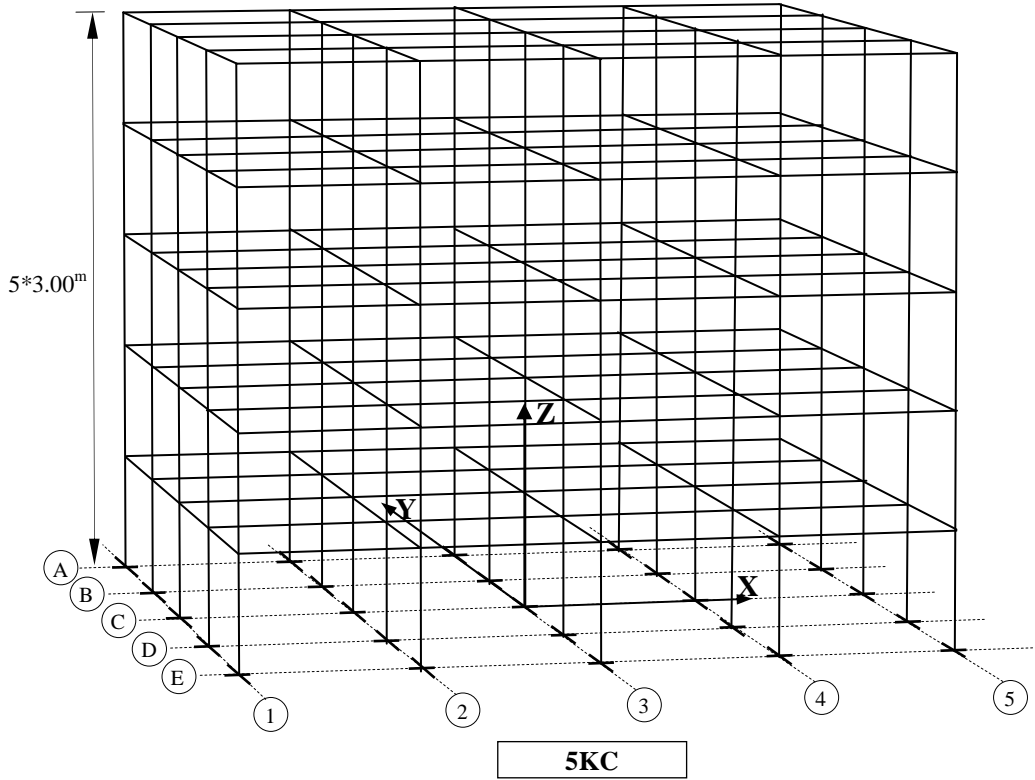
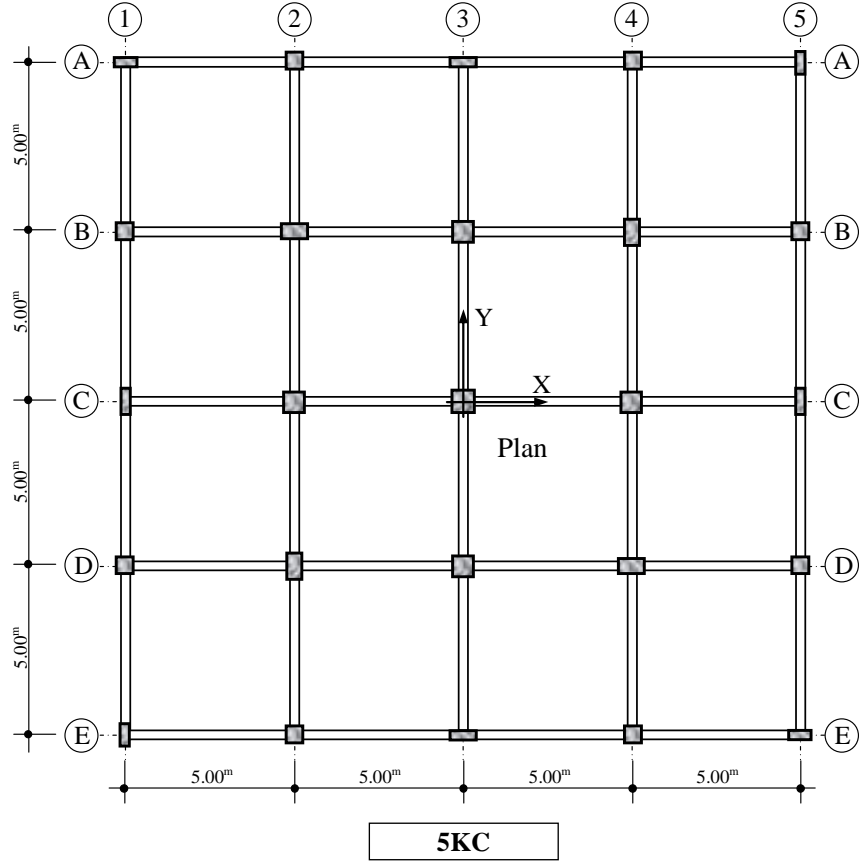
Şekil 4.4 3KC-[7,8] binaların planları ve üç boyutlu taşıyıcı sistemi



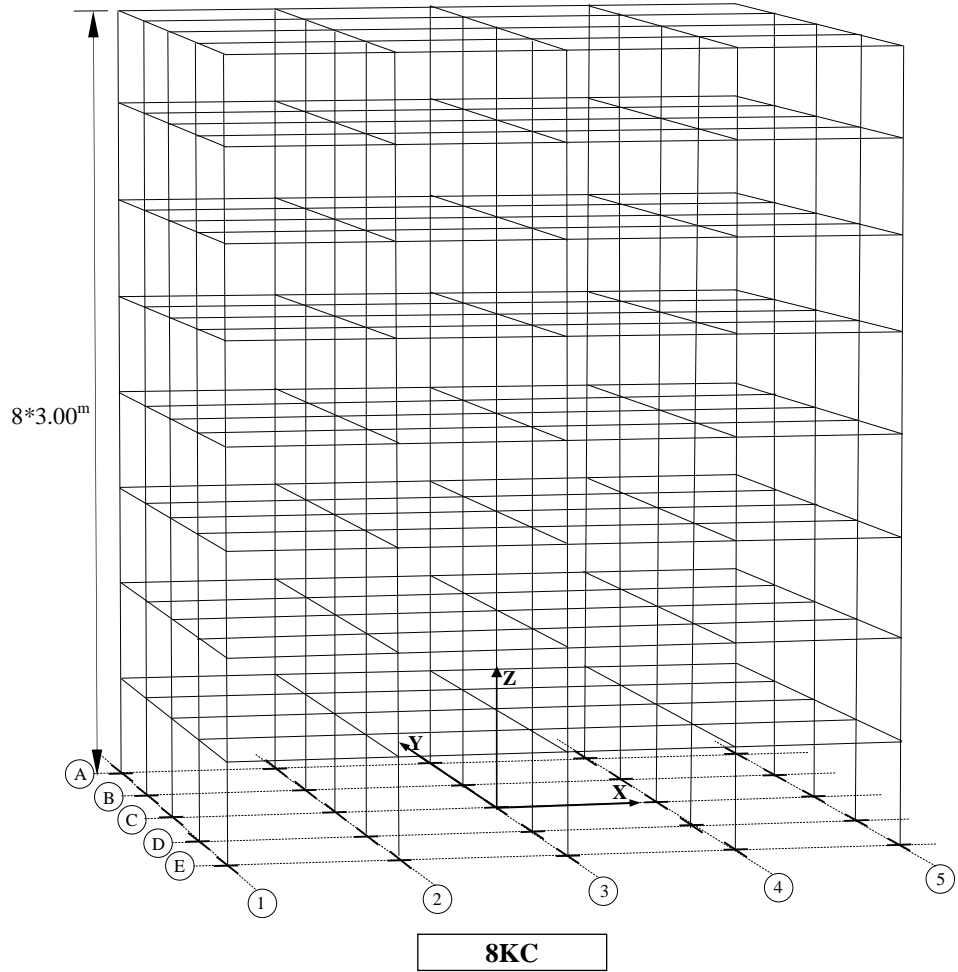
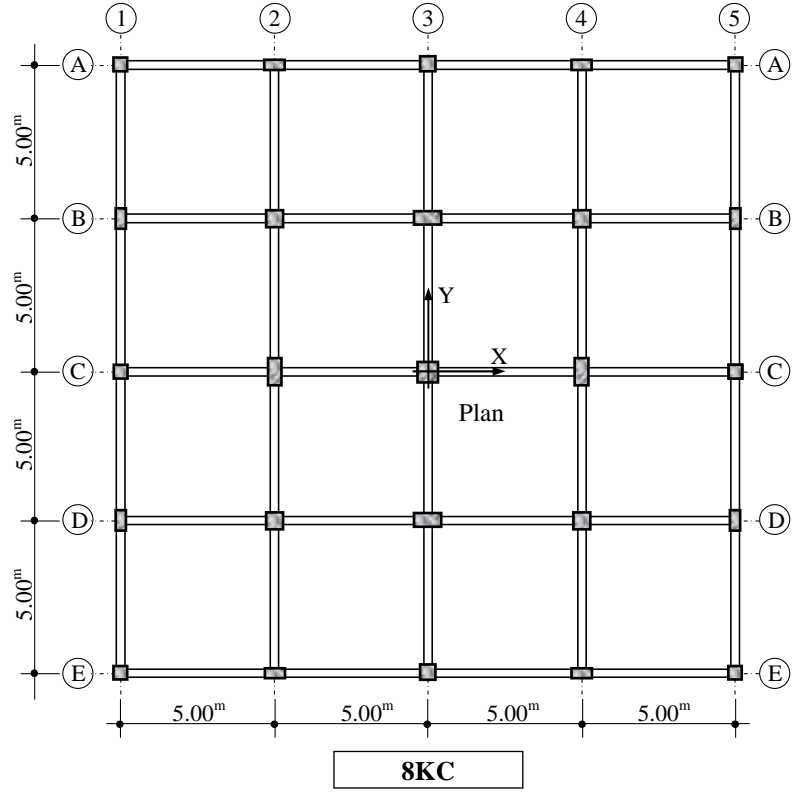
Şekil 4.5 3KC-[9,10] binaların planları ve üç boyutlu taşıyıcı sistemi



Şekil 4.6 3KC-11 binanın planı ve üç boyutlu taşıyıcı sistemi



Şekil 4.7 5KC binanın planı ve üç boyutlu taşıyıcı sistemi

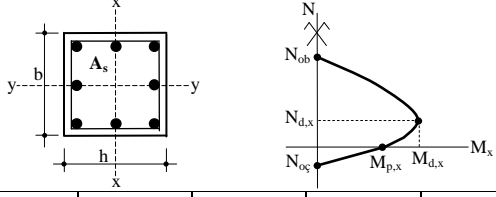


Şekil 4.8 8KC binanın planı ve üç boyutlu taşıyıcı sistemi

Çizelge 4.1 Betonarme binaların genel özellikleri

| 1KC, 3KC, 5KC ve 8KC Betonarme Binalar için    |                  |                            |                             |                             |
|--|------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Tanım  |                  | Sembol (Birim)             | Değer                       |                             |
| Deprem bölgesi                                 |                  |                            | 1                           |                             |
| Bina önem katsayısı                            |                  | $I$                        | 1                           |                             |
| Etkin yer ivme katsayısı                       |                  | $A_o$                      | 0.40                        |                             |
| Spektrum karakteristik periyotları             |                  | $T_A, T_B$ (s)             | 0.15                        | 0.40                        |
| Yerel zemin sınıfı                             |                  | $Z$                        | Z2                          |                             |
| Taşıyıcı sistem davranış katsayısı             |                  | $R$                        | 8                           |                             |
| Beton ve beton çeliği (donatı) sınıfı          |                  | $C, S$                     | 1KC, 3KC, 5KC               | 8KC                         |
|  |                  |                            | C 20, S420                  | C 25, S420                  |
| Betonun ve donatının karakteristik dayanımları |                  | $f_{ck}$ (MPa)             | 1KC, 3KC, 5KC               | 8KC                         |
|  |                  | $f_{yk}$ (MPa)             | $f_{ck} = 20, f_{yk} = 420$ | $f_{ck} = 25, f_{yk} = 420$ |
| Döşeme Yükleri                                 | Sabit yükler     | $G$ (kN/m <sup>2</sup> )   | 4.50                        |                             |
|  | Hareketli yükler | $Q$ (kN/m <sup>2</sup> )   | 2.00                        |                             |
| Duvar yükü                                     |                  | $g_d$ (kN/m <sup>2</sup> ) | 1KC-[1-4]<br>3KC-[1-4]      | 3KC-[5-11]<br>5KC, 8KC      |
|  |                  |                            | 3.125                       | 2.50                        |
| Kat Yüksekliği                                 |                  | $h_i$ (m)                  | 3.00                        |                             |
| Döşeme kalınlığı                               |                  | $h_f$ (m)                  | 0.12                        |                             |
| Paspayı (Kirişlerde ve Kolonlarda)             |                  | $h'$ (m)                   | 0.03                        |                             |

Çizelge 4.2 1KC-[1-4] binalardaki kolonların enkesit boyutları, donatıları ve taşıma kapasiteleri

| Bina                 | Kolonların |                           |   |  | Karşılıklı Etki Diyagramının Karakteristik İç Kuvvet Değerleri |                |                 |                 |  |
|----------------------|------------|---------------------------|---|--|--|----------------|-----------------|-----------------|--|
|                      | Aksı       | Enkesit Boyutları (cm*cm) | Boyuna Donatı Alanları ( $A_s$ ) (cm <sup>2</sup> ) |  |  |                |                 |                 |  |
|                      |            |                           |   | $N_{ob}$ (kN)  | $N_{oç}$ (kN)  | $N_{d,x}$ (kN) | $M_{d,x}$ (kNm) | $M_{p,x}$ (kNm) |  |
| 1KC-1<br>ve<br>1KC-3 | A1, A2     | 35 * 35                   | (8 $\varnothing$ 16)                                | 2726.0   | 675.36   | 948.99         | 163.62          | 100.0           |  |
|                      | B1, B2     |                           | 16.08   |  |  |                |                 |                 |  |
| 1KC-2<br>ve<br>1KC-4 | A1, B2     | 25 * 50                   | (10 $\varnothing$ 14)                               | 2741.0   | 646.80   | 1015.09        | 224.77          | 142.0           |  |
|                      | A2, B1     | 50 * 25                   | 15.40   | 2741.0   | 646.80   | 930.98         | 114.47          | 65.0            |  |



Çizelge 4.3 3KC-[1-4] binalardaki kolonların enkesit boyutları, donatıları ve taşıma kapasiteleri

| Bina                 | Kolonların       |     |                           |   |  |                      |                       |                        |                        |
|----------------------|------------------|-----|---------------------------|---|--|----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|
|                      | Aksı             | Kat | Enkesit Boyutları (cm*cm) | Boyuna Donatı Alanları (A <sub>s</sub> ) (cm <sup>2</sup> ) | Karşılıklı Etki Diyagramının Karakteristik İç Kuvvet Değerleri |                      |                       |                        |                        |
|                      |                  |     |                           |   | N <sub>ob</sub> (kN)   | N <sub>oç</sub> (kN) | N <sub>d,x</sub> (kN) | M <sub>d,x</sub> (kNm) | M <sub>p,x</sub> (kNm) |
| 3KC-1<br>ve<br>3KC-3 | A1, A2<br>B1, B2 | 3   | 30 * 30                   | (8 $\bar{\Phi}$ 14)<br>12.32                                | 2022.8   | 517.44               | 697.63                | 103.36                 | 64.0                   |
|                      |                  | 1-2 | 35 * 35                   | (8 $\bar{\Phi}$ 14)<br>12.32                                | 2575.3   | 517.44               | 945.93                | 146.45                 | 77.5                   |
| 3KC-2<br>ve<br>3KC-4 | A1, B2           | 1-3 | 25 * 50                   | (8 $\bar{\Phi}$ 16)   | 2768.2   | 675.36               | 1024.42               | 215.87                 | 147.0                  |
|                      | A2, B1           |     | 50 * 25                   | 16.08   | 2768.2   | 675.36               | 926.34                | 129.50                 | 68.0                   |

Çizelge 4.4 3KC-[5,6] binalardaki kolonların enkesit boyutları, donatıları ve taşıma kapasiteleri

| Bina  | Kolonların       |     |                           |   |  |                      |                       |                        |                        |
|-------|------------------|-----|---------------------------|---|--|----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|
|       | Aksı             | Kat | Enkesit Boyutları (cm*cm) | Boyuna Donatı Alanları (A <sub>s</sub> ) (cm <sup>2</sup> ) | Karşılıklı Etki Diyagramının Karakteristik İç Kuvvet Değerleri |                      |                       |                        |                        |
|       |                  |     |                           |   | N <sub>ob</sub> (kN)   | N <sub>oç</sub> (kN) | N <sub>d,x</sub> (kN) | M <sub>d,x</sub> (kNm) | M <sub>p,x</sub> (kNm) |
| 3KC-5 | A1, A3<br>B1, B3 | 3   | 30*30                     | (8 $\bar{\Phi}$ 14)<br>12.32                                | 2022.8   | 517.44               | 697.63                | 103.36                 | 64.0                   |
|       |                  | 1-2 | 35*35                     | (8 $\bar{\Phi}$ 14)<br>12.32                                | 2575.3   | 517.44               | 945.93                | 146.45                 | 77.5                   |
|       | A2, B2           | 3   | 30*30                     | (8 $\bar{\Phi}$ 14)<br>12.32                                | 2022.8   | 517.44               | 697.63                | 103.96                 | 64.0                   |
|       |                  | 1-2 | 40*40                     | (8 $\bar{\Phi}$ 16)<br>16.08                                | 3363.2   | 675.36               | 1281.21               | 221.19                 | 118.0                  |
| 3KC-6 | A1, B3           | 1-3 | 25 * 50                   | (8 $\bar{\Phi}$ 16)   | 2768.2   | 675.36               | 1024.42               | 215.87                 | 147.0                  |
|       | A3, B1           |     | 50 * 25                   | 16.08   | 2768.2   | 675.36               | 926.34                | 129.50                 | 68.0                   |
|       | A2, B2           | 3   | 30*30                     | (8 $\bar{\Phi}$ 14)<br>12.32                                | 2022.8   | 517.44               | 697.63                | 103.36                 | 64.0                   |
|       |                  | 1-2 | 40*40                     | (8 $\bar{\Phi}$ 16)<br>16.08                                | 3363.2   | 675.36               | 1281.21               | 221.19                 | 118.0                  |

Çizelge 4.5 3KC-[7,8] binalardaki kolonların enkesit boyutları, donatıları ve taşıma kapasiteleri

| Bina             | Kolonların       |        |                           |   |  |                      |                       |                        |                        |       |
|------------------|------------------|--------|---------------------------|---|--|----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|-------|
|                  | Aksı             | Kat    | Enkesit Boyutları (cm*cm) | Boyuna Donatı Alanları (A <sub>s</sub> ) (cm <sup>2</sup> ) | Karşılıklı Etki Diyagramının Karakteristik İç Kuvvet Değerleri |                      |                       |                        |                        |       |
|                  |                  |        |                           |   | N <sub>ob</sub> (kN)   | N <sub>oç</sub> (kN) | N <sub>d,x</sub> (kN) | M <sub>d,x</sub> (kNm) | M <sub>p,x</sub> (kNm) |       |
| 3KC-7            | A1, A3<br>C1, C3 | 3      | 30*30                     | (8 $\bar{\Phi}$ 14)<br>12.32 cm <sup>2</sup>                | 2022.8   | 517.44               | 697.63                | 103.36                 | 64.0                   |       |
|                  |                  | 1-2    | 35*35                     | (8 $\bar{\Phi}$ 14)<br>12.32 cm <sup>2</sup>                | 2575.3   | 517.44               | 945.93                | 146.45                 | 77.5                   |       |
|                  | A2, B1<br>B3, C2 | 3      | 35*35                     | (8 $\bar{\Phi}$ 14)<br>12.32 cm <sup>2</sup>                | 2575.3   | 517.44               | 945.93                | 146.45                 | 77.5                   |       |
|                  |                  | 1-2    | 40*40                     | (8 $\bar{\Phi}$ 16)<br>16.08 cm <sup>2</sup>                | 3363.2   | 675.36               | 1281.21               | 221.19                 | 118.0                  |       |
|                  | B2               | 3      | 40*40                     | (12 $\bar{\Phi}$ 14)<br>18.48 cm <sup>2</sup>               | 3459.2   | 776.16               | 1291.85               | 228.49                 | 134.7                  |       |
|                  |                  | 2      | 45*45                     | (12 $\bar{\Phi}$ 16)<br>24.12 cm <sup>2</sup>               | 4407.3   | 1013.04              | 1634.82               | 332.60                 | 200.0                  |       |
|                  |                  | 1      | 50*50                     | (12 $\bar{\Phi}$ 18)<br>30.48 cm <sup>2</sup>               | 5469.2   | 1280.16              | 2019.46               | 463.98                 | 284.0                  |       |
|                  | 3KC-8            | A1, C3 | 1-3                       | 25 * 50   | (10 $\bar{\Phi}$ 14)<br>15.40 cm <sup>2</sup>                  | 2741.0               | 646.80                | 1015.09                | 224.77                 | 142.0 |
|                  |                  | A3, C1 |                           | 50 * 25   |  | 2741.0               | 646.80                | 930.98                 | 114.47                 | 65.0  |
| A2, B1<br>B3, C2 |                  | 3      | 35*35                     | (8 $\bar{\Phi}$ 14)<br>12.32 cm <sup>2</sup>                | 2575.3   | 517.44               | 945.93                | 146.45                 | 77.5                   |       |
|                  |                  | 1-2    | 40*40                     | (8 $\bar{\Phi}$ 16)<br>16.08 cm <sup>2</sup>                | 3363.2   | 675.36               | 1281.21               | 221.19                 | 118.0                  |       |
| B2               |                  | 2-3    | 40*40                     | (12 $\bar{\Phi}$ 14)<br>18.48 cm <sup>2</sup>               | 3459.2   | 776.16               | 1291.85               | 228.49                 | 134.7                  |       |
|                  |                  | 1      | 50*50                     | (12 $\bar{\Phi}$ 18)<br>30.48 cm <sup>2</sup>               | 5469.2   | 1280.16              | 2019.46               | 463.98                 | 284.0                  |       |

Çizelge 4.6 3KC–[9,10] binalardaki kolonların enkesit boyutları, donatıları ve taşıma kapasiteleri

| Bina   | Kolonların |     |                           |   |  |                      |                       |                        |                        |
|--------|------------|-----|---------------------------|---|--|----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|
|        | Aksı       | Kat | Enkesit Boyutları (cm*cm) | Boyuna Donatı Alanları (A <sub>s</sub> ) (cm <sup>2</sup> ) | Karşılıklı Etki Diyagramının Karakteristik İç Kuvvet Değerleri |                      |                       |                        |                        |
|        |            |     |                           |   | N <sub>ob</sub> (kN)   | N <sub>oç</sub> (kN) | N <sub>d,x</sub> (kN) | M <sub>d,x</sub> (kNm) | M <sub>p,x</sub> (kNm) |
| 3KC–9  | A1, A3     | 3   | 30*30                     | (8 $\bar{\phi}$ 14)<br>12.32 cm <sup>2</sup>                | 2022.8   | 517.44               | 697.63                | 103.36                 | 64.0                   |
|        | B1, B3     | 1–2 | 35*35                     | (8 $\bar{\phi}$ 14)<br>12.32 cm <sup>2</sup>                | 2575.3   | 517.44               | 945.93                | 146.45                 | 77.5                   |
|        | A2, B2     | 3   | 30*30                     | (8 $\bar{\phi}$ 14)<br>12.32 cm <sup>2</sup>                | 2022.8   | 517.44               | 697.63                | 103.96                 | 64.0                   |
|        |            | 1–2 | 40*40                     | (8 $\bar{\phi}$ 16)<br>16.08 cm <sup>2</sup>                | 3363.2   | 675.36               | 1281.21               | 221.19                 | 118.0                  |
| 3KC–10 | A1, B3     | 1–3 | 25 * 50                   | (8 $\bar{\phi}$ 16)<br>16.08 cm <sup>2</sup>                | 2768.20  | 675.36               | 1024.42               | 215.87                 | 147.0                  |
|        | A3, B1     |     | 50 * 25                   |   | 2768.20  | 675.36               | 926.34                | 129.50                 | 68.0                   |
|        | A2, B2     | 3   | 30*30                     | (8 $\bar{\phi}$ 14)<br>12.32 cm <sup>2</sup>                | 2022.80  | 517.44               | 697.63                | 103.96                 | 64.0                   |
|        |            | 1–2 | 40*40                     | (8 $\bar{\phi}$ 16)<br>16.08 cm <sup>2</sup>                | 3363.20  | 675.36               | 1281.21               | 221.19                 | 118.0                  |

Çizelge 4.7 3KC–11 binadaki kolonların enkesit boyutları, donatıları ve taşıma kapasiteleri

| Bina   | Kolonların       |     |                           |   |  |                      |                       |                        |                        |
|--------|------------------|-----|---------------------------|---|--|----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|
|        | Aksı             | Kat | Enkesit Boyutları (cm*cm) | Boyuna Donatı Alanları (A <sub>s</sub> ) (cm <sup>2</sup> ) | Karşılıklı Etki Diyagramının Karakteristik İç Kuvvet Değerleri |                      |                       |                        |                        |
|        |                  |     |                           |   | N <sub>ob</sub> (kN)   | N <sub>oç</sub> (kN) | N <sub>d,x</sub> (kN) | M <sub>d,x</sub> (kNm) | M <sub>p,x</sub> (kNm) |
| 3KC–11 | A1               | 1–3 | 25*50                     | (10 $\bar{\phi}$ 14)<br>15.40 cm <sup>2</sup>               | 2741.0   | 646.80               | 1015.09               | 224.77                 | 142.0                  |
|        | A2, C1<br>B4, C4 | 1–3 | 50*25                     | (10 $\bar{\phi}$ 14)<br>15.40 cm <sup>2</sup>               | 2741.0   | 646.80               | 930.98                | 114.47                 | 65.0                   |
|        | B1               | 1–3 | 60*30                     | (10 $\bar{\phi}$ 16)<br>20.10 cm <sup>2</sup>               | 3864.0   | 844.20               | 1388.29               | 194.62                 | 105.9                  |
|        | B2               | 1–3 | 45*45                     | (12 $\bar{\phi}$ 16)<br>24.12 cm <sup>2</sup>               | 4407.3   | 1013.04              | 1634.82               | 332.60                 | 200.0                  |
|        | C2               | 1–3 | 25*55                     | (10 $\bar{\phi}$ 14)<br>15.40 cm <sup>2</sup>               | 2953.5   | 646.80               | 1113.54               | 263.14                 | 158.1                  |
|        | B3, C3           | 1–3 | 35*35                     | (8 $\bar{\phi}$ 14)<br>12.32 cm <sup>2</sup>                | 2575.3   | 517.44               | 945.93                | 146.45                 | 77.5                   |

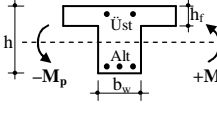
Çizelge 4.8 5KC binadaki kolonların enkesit boyutları, donatıları ve taşıma kapasiteleri

| Bina | Kolonların       |        |                           |   |  |               |                |                 |                 |
|------|------------------|--------|---------------------------|---|--|---------------|----------------|-----------------|-----------------|
|      | Aksı             | Kat    | Enkesit Boyutları (cm*cm) | Boyuna Donatı Alanları ( $A_s$ ) (cm <sup>2</sup> ) | Karşılıklı Etki Diyagramının Karakteristik İç Kuvvet Değerleri |               |                |                 |                 |
|      |                  |        |                           |   | $N_{ob}$ (kN)  | $N_{oç}$ (kN) | $N_{d,x}$ (kN) | $M_{d,x}$ (kNm) | $M_{p,x}$ (kNm) |
| 5KC  | A1, E5           | 4-5    | 25*50                     | (10 $\bar{\Phi}$ 14)<br>15.40 cm <sup>2</sup>       | 2741.0   | 646.80        | 1015.09        | 224.77          | 142.0           |
|      |                  | 1-3    | 25*60                     | (10 $\bar{\Phi}$ 14)<br>15.40 cm <sup>2</sup>       | 3166.0   | 646.80        | 1212.00        | 304.16          | 175.0           |
|      | B1, D1<br>A2, E2 | 4-5    | 40*40                     | (12 $\bar{\Phi}$ 14)<br>18.48 cm <sup>2</sup>       | 3459.2   | 776.16        | 1291.85        | 228.49          | 134.7           |
|      |                  | 1-3    | 45*45                     | (12 $\bar{\Phi}$ 16)<br>24.12 cm <sup>2</sup>       | 4407.3   | 1013.04       | 1634.82        | 332.60          | 200.0           |
|      | A3, E3           | 4-5    | 25*60                     | (8 $\bar{\Phi}$ 16)<br>16.08 cm <sup>2</sup>        | 3193.2   | 675.36        | 1221.32        | 293.34          | 178.7           |
|      |                  | 1-3    | 25*70                     | (10 $\bar{\Phi}$ 16)<br>20.10 cm <sup>2</sup>       | 3779.0   | 844.20        | 1474.13        | 435.83          | 266.4           |
|      | B2, D4           | 4-5    | 40*60                     | (12 $\bar{\Phi}$ 16)<br>24.12 cm <sup>2</sup>       | 5044.8   | 1013.04       | 1930.18        | 498.65          | 275.2           |
|      |                  | 1-3    | 40*70                     | (12 $\bar{\Phi}$ 18)<br>30.48 cm <sup>2</sup>       | 5979.2   | 1280.16       | 2340.73        | 706.40          | 408.5           |
|      | C2, B3           | 4-5    | 45*45                     | (12 $\bar{\Phi}$ 16)<br>24.12 cm <sup>2</sup>       | 4407.3   | 1013.04       | 1634.82        | 332.60          | 200.0           |
|      |                  | D3, C4 | 1-3                       | 55*55   | (12 $\bar{\Phi}$ 18)<br>30.48 cm <sup>2</sup>                  | 6361.7        | 1280.16        | 2432.97         | 574.30          |
|      | C3               | 4-5    | 50*50                     | (16 $\bar{\Phi}$ 16)<br>32.16 cm <sup>2</sup>       | 5536.4   | 1350.72       | 2028.89        | 471.34          | 296.8           |
|      |                  | 1-3    | 60*60                     | (16 $\bar{\Phi}$ 18)<br>40.64 cm <sup>2</sup>       | 7745.6   | 1706.88       | 2911.05        | 772.54          | 459.4           |
|      | D2, B4           | 4-5    | 60*40                     | (12 $\bar{\Phi}$ 16)<br>24.12 cm <sup>2</sup>       | 5044.8   | 1013.04       | 1931.61        | 324.58          | 176.4           |
|      |                  | 1-3    | 70*40                     | (12 $\bar{\Phi}$ 18)<br>30.48 cm <sup>2</sup>       | 5979.2   | 1280.16       | 2257.56        | 390.48          | 222.5           |
|      | C1, C5           | 4-5    | 60*25                     | (8 $\bar{\Phi}$ 16)<br>16.08 cm <sup>2</sup>        | 3193.2   | 675.36        | 1111.61        | 142.54          | 68.8            |
|      |                  | 1-3    | 70*25                     | (10 $\bar{\Phi}$ 16)<br>20.10 cm <sup>2</sup>       | 3779.0   | 844.20        | 1302.93        | 155.60          | 85.5            |
|      | A5, E1           | 4-5    | 50*25                     | (10 $\bar{\Phi}$ 14)<br>15.40 cm <sup>2</sup>       | 2741.0   | 646.80        | 930.98         | 114.47          | 65.0            |
|      |                  | 1-3    | 60*25                     | (10 $\bar{\Phi}$ 14)<br>15.40 cm <sup>2</sup>       | 3166.0   | 646.80        | 1116.24        | 127.54          | 66.0            |

Çizelge 4.9 8KC binadaki kolonların enkesit boyutları, donatıları ve taşıma kapasiteleri

| Bina | Kolonların             |     |                           |   |  |               |                |                 |                 |
|------|------------------------|-----|---------------------------|---|--|---------------|----------------|-----------------|-----------------|
|      | Aksı                   | Kat | Enkesit Boyutları (cm*cm) | Boyuna Donatı Alanları ( $A_s$ ) (cm <sup>2</sup> ) | Karşılıklı Etki Diyagramının Karakteristik İç Kuvvet Değerleri |               |                |                 |                 |
|      |                        |     |                           |   | $N_{ob}$ (kN)  | $N_{oç}$ (kN) | $N_{d,x}$ (kN) | $M_{d,x}$ (kNm) | $M_{p,x}$ (kNm) |
| 8KC  | A1, E1<br>A5, E5       | 7-8 | 35*35                     | (8 $\bar{\Phi}$ 14)<br>12.32 cm <sup>2</sup>        | 3095.9   | 517.44        | 1179.90        | 168.99          | 78.4            |
|      |                        | 4-6 | 40*40                     | (8 $\bar{\Phi}$ 16)<br>16.08 cm <sup>2</sup>        | 4043.2   | 675.36        | 1596.26        | 255.01          | 118.6           |
|      |                        | 1-3 | 40*40                     | (8 $\bar{\Phi}$ 16)<br>16.08 cm <sup>2</sup>        | 4043.2   | 675.36        | 1596.26        | 255.01          | 118.6           |
|      | A2, A4<br>E2, E4       | 7-8 | 25*50                     | (10 $\bar{\Phi}$ 14)<br>15.40 cm <sup>2</sup>       | 3272.2   | 646.80        | 1261.22        | 257.79          | 143.6           |
|      |                        | 4-6 | 30*60                     | (10 $\bar{\Phi}$ 16)<br>20.10 cm <sup>2</sup>       | 4629.0   | 844.20        | 1812.04        | 434.04          | 228.9           |
|      |                        | 1-3 | 35*70                     | (10 $\bar{\Phi}$ 18)<br>25.40 cm <sup>2</sup>       | 6222.2   | 1066.80       | 2553.88        | 677.10          | 341.5           |
|      | C1, C5<br>A3, E3       | 7-8 | 40*40                     | (12 $\bar{\Phi}$ 14)<br>18.48 cm <sup>2</sup>       | 4139.2   | 776.16        | 1606.90        | 262.31          | 135.6           |
|      |                        | 4-6 | 45*45                     | (12 $\bar{\Phi}$ 16)<br>24.12 cm <sup>2</sup>       | 5267.9   | 1013.04       | 2033.56        | 380.75          | 201.4           |
|      |                        | 1-3 | 50*50                     | (12 $\bar{\Phi}$ 18)<br>30.48 cm <sup>2</sup>       | 6531.7   | 1280.16       | 2511.73        | 530.03          | 285.5           |
|      | B1, B5<br>D1, D5       | 7-8 | 50*25                     | (10 $\bar{\Phi}$ 14)<br>15.40 cm <sup>2</sup>       | 3272.2   | 646.80        | 1162.56        | 130.80          | 66.2            |
|      |                        | 4-6 | 60*30                     | (10 $\bar{\Phi}$ 16)<br>20.10 cm <sup>2</sup>       | 4629.0   | 844.20        | 1732.09        | 223.01          | 107.1           |
|      |                        | 1-3 | 70*35                     | (10 $\bar{\Phi}$ 18)<br>25.40 cm <sup>2</sup>       | 6222.2   | 1066.80       | 2356.29        | 349.19          | 161.4           |
|      | B2, D2<br>B4, D4<br>C3 | 7-8 | 50*50                     | (16 $\bar{\Phi}$ 16)<br>32.16 cm <sup>2</sup>       | 6598.9   | 1350.72       | 2521.15        | 537.38          | 299.9           |
|      |                        | 4-6 | 55*55                     | (16 $\bar{\Phi}$ 16)<br>32.16 cm <sup>2</sup>       | 7714.5   | 1350.72       | 3038.03        | 670.53          | 335.6           |
|      |                        | 1-3 | 60*60                     | (16 $\bar{\Phi}$ 18)<br>40.64 cm <sup>2</sup>       | 9275.6   | 1706.88       | 3619.91        | 892.67          | 463.9           |
|      | B3, D3                 | 7-8 | 30*60                     | (14 $\bar{\Phi}$ 14)<br>21.56 cm <sup>2</sup>       | 4687.4   | 905.52        | 1817.99        | 445.64          | 243.9           |
|      |                        | 4-6 | 35*70                     | (14 $\bar{\Phi}$ 16)<br>28.14 cm <sup>2</sup>       | 6331.8   | 1181.88       | 2566.44        | 702.15          | 375.5           |
|      |                        | 1-3 | 40*80                     | (14 $\bar{\Phi}$ 18)<br>35.56 cm <sup>2</sup>       | 8222.4   | 1493.52       | 3226.10        | 1028.87         | 546.8           |
|      | C2, C4                 | 7-8 | 60*30                     | (14 $\bar{\Phi}$ 14)<br>21.56 cm <sup>2</sup>       | 4687.4   | 905.52        | 1739.06        | 223.31          | 114.4           |
|      |                        | 4-6 | 70*35                     | (14 $\bar{\Phi}$ 16)<br>28.14 cm <sup>2</sup>       | 6331.8   | 1181.88       | 2365.94        | 353.94          | 178.0           |
|      |                        | 1-3 | 80*40                     | (14 $\bar{\Phi}$ 18)<br>35.56 cm <sup>2</sup>       | 8222.4   | 1493.52       | 3203.16        | 528.12          | 261.3           |

Çizelge 4.10 1KC-[1-4] binalardaki kirişlerin enkesit boyutları, boyuna donatı alanları ve moment taşıma kapasiteleri

| Bina  | Kirişlerin               |     |   |   |            |                 |  |            |            |
|-------|--------------------------|-----|---|---|------------|-----------------|--|------------|------------|
|       | Aks                      | Kat | Enkesit Boyutları (cm*cm)   | Boyuna Donatı Alanları (cm <sup>2</sup> ) |            |                 | Moment Taşıma Kapasiteleri (M <sub>p</sub> ) (kNm) |            |            |
|       |                          |     |   | Üst Alt                                   | Sol mesnet | Sağ mesnet      | +M <sub>p</sub><br>-M <sub>p</sub>                 | Sol mesnet | Sağ mesnet |
| 1KC-1 | A aksı 1-2<br>B aksı 1-2 | 1   |  | Üst                                       | 3.39       | 3.39            | +M <sub>p</sub>                                    | +89.7      | +89.7      |
| 1KC-2 | 1 aksı A-B<br>2 aksı A-B |     |   | Alt                                       | 4.62       | 4.62            | -M <sub>p</sub>                                    | -64.9      | -64.9      |
|       | Üst                      |     |   | 3.39                                      | 3.39       | +M <sub>p</sub> | +66.6  | +66.6      |            |
| 1KC-3 | A aksı 1-2<br>B aksı 1-2 |     |   | Alt                                       | 3.39       | 3.39            | -M <sub>p</sub>                                    | -64.9      | -64.9      |
|       | Üst                      |     |   | 3.39                                      | 3.39       | +M <sub>p</sub> | +66.6  | +66.6      |            |
| 1KC-4 | 1 aksı A-B<br>2 aksı A-B |     |   | Alt                                       | 3.39       | 3.39            | -M <sub>p</sub>                                    | -64.9      | -64.9      |
|       | Üst                      |     |   | 3.39                                      | 3.39       | +M <sub>p</sub> | +65.9  | +65.9      |            |

Çizelge 4.11 3KC-[1-4] binalardaki kirişlerin enkesit boyutları, boyuna donatı alanları ve moment taşıma kapasiteleri

| Bina  | Kirişlerin |     |                           |   |            |                 |  |            |            |
|-------|------------|-----|---------------------------|---|------------|-----------------|--|------------|------------|
|       | Aksı       | Kat | Enkesit Boyutları (cm*cm) | Boyuna Donatı Alanları (cm <sup>2</sup> ) |            |                 | Moment Taşıma Kapasiteleri (M <sub>p</sub> ) (kNm) |            |            |
|       |            |     |                           | Üst Alt                                   | Sol mesnet | Sağ mesnet      | +M <sub>p</sub><br>-M <sub>p</sub>                 | Sol mesnet | Sağ mesnet |
| 3KC-1 | A aksı 1-2 | 3   | 25 * 50                   | Üst                                       | 3.80       | 3.80            | +M <sub>p</sub>                                    | +45.1      | +45.1      |
|       |            |     |                           | Alt                                       | 2.26       | 2.26            | -M <sub>p</sub>                                    | -72.2      | -72.2      |
| 3KC-2 | B aksı 1-2 | 2   |                           | Üst                                       | 5.34       | 5.34            | +M <sub>p</sub>                                    | +66.3      | +66.3      |
|       |            |     |                           | Alt                                       | 3.39       | 3.39            | -M <sub>p</sub>                                    | -100.6     | -100.6     |
| 3KC-2 | 1 aksı A-B | 1   |                           | Üst                                       | 6.16       | 6.16            | +M <sub>p</sub>                                    | +66.4      | +66.4      |
|       |            |     |                           | Alt                                       | 3.39       | 3.39            | -M <sub>p</sub>                                    | -115.7     | -115.7     |
| 3KC-3 | A aksı 1-2 | 3   |                           | Üst                                       | 3.80       | 3.80            | +M <sub>p</sub>                                    | +45.1      | +45.1      |
|       |            |     |                           | Alt                                       | 2.26       | 2.26            | -M <sub>p</sub>                                    | -72.2      | -72.2      |
| 3KC-4 | B aksı 1-2 | 2   |                           | Üst                                       | 5.34       | 5.34            | +M <sub>p</sub>                                    | +66.3      | +66.3      |
|       |            |     |                           | Alt                                       | 3.39       | 3.39            | -M <sub>p</sub>                                    | -100.6     | -100.6     |
| 3KC-4 | 1 aksı A-B | 1   |                           | Üst                                       | 6.16       | 6.16            | +M <sub>p</sub>                                    | +66.4      | +66.4      |
|       |            |     |                           | Alt                                       | 3.39       | 3.39            | -M <sub>p</sub>                                    | -115.7     | -115.7     |
| 3KC-3 | 1 aksı A-B | 3   | Üst                       | 3.80                                      | 3.80       | +M <sub>p</sub> | +44.4  | +44.4      |            |
|       |            |     | Alt                       | 2.26                                      | 2.26       | -M <sub>p</sub> | -72.2  | -72.2      |            |
| 3KC-4 | 2 aksı A-B | 2   | Üst                       | 5.34                                      | 5.34       | +M <sub>p</sub> | +65.5  | +65.5      |            |
|       |            |     | Alt                       | 3.39                                      | 3.39       | -M <sub>p</sub> | -100.6   | -100.6     |            |
| 3KC-4 | 1 aksı A-B | 1   | Üst                       | 6.16                                      | 6.16       | +M <sub>p</sub> | +65.5  | +65.5      |            |
|       |            |     | Alt                       | 3.39                                      | 3.39       | -M <sub>p</sub> | -115.7   | -115.7     |            |

Çizelge 4.12 3KC-5 binadaki kirişlerin enkesit boyutları, boyuna donatı alanları ve moment taşıma kapasiteleri

| Bina  | Kirişlerin |     |                           |   |            |            |            |  |                 |            |            |            |        |
|-------|------------|-----|---------------------------|---|------------|------------|------------|--|-----------------|------------|------------|------------|--------|
|       | Aksı       | Kat | Enkesit Boyutları (cm*cm) | Boyuna Donatı Alanları (cm <sup>2</sup> ) |            |            |            | Moment Taşıma Kapasiteleri (M <sub>p</sub> ) (kNm) |                 |            |            |            |        |
|       |            |     |                           | 1.Açıklık                                 |            | 2.Açıklık  |            | +M <sub>p</sub><br>-M <sub>p</sub>                 | 1.Açıklık       |            | 2.Açıklık  |            |        |
|       |            |     |                           | Sol mesnet                                | Sağ mesnet | Sol mesnet | Sağ mesnet |  | Sol mesnet      | Sağ mesnet | Sol mesnet | Sağ mesnet |        |
| 3KC-5 | A aksı 1-3 | 3   | 25 * 50                   | Üst                                       | 3.39       | 4.27       | 4.27       | 3.39   | +M <sub>p</sub> | +66.2      | +66.3      | +66.3      | +66.2  |
|       |            | Alt |                           | 3.39                                      | 3.39       | 3.39       | 3.39       | -M <sub>p</sub>                                    | -64.6           | -80.9      | -80.9      | -64.6      |        |
|       | B aksı 1-3 | 1-2 | 25 * 50                   | Üst                                       | 5.34       | 6.28       | 6.28       | 5.34   | +M <sub>p</sub> | +66.4      | +66.4      | +66.4      | +66.4  |
|       |            |     |                           | Alt                                       | 3.39       | 3.39       | 3.39       | 3.39   | -M <sub>p</sub> | -100.6     | -117.9     | -117.9     | -100.6 |
|       | 1 aksı A-B | 3   | 25 * 50                   | Üst                                       | 4.27       | 4.27       |            |  | +M <sub>p</sub> | +66.3      | +66.3      |            |        |
|       |            |     |                           | Alt                                       | 3.39       | 3.39       |            |  | -M <sub>p</sub> | -80.9      | -80.9      |            |        |
|       | 3 aksı A-B | 1-2 | 25 * 50                   | Üst                                       | 6.47       | 6.47       |            |  | +M <sub>p</sub> | +66.4      | +66.4      |            |        |
|       |            |     |                           | Alt                                       | 3.39       | 3.39       |            |  | -M <sub>p</sub> | -121.4     | -121.4     |            |        |
|       | 2 aksı A-B | 3   | 25 * 50                   | Üst                                       | 4.27       | 4.27       |            |  | +M <sub>p</sub> | +89.3      | +89.3      |            |        |
|       |            |     |                           | Alt                                       | 4.62       | 4.62       |            |  | -M <sub>p</sub> | -80.9      | -80.9      |            |        |
|       |            | 2   |                           | Üst                                       | 8.01       | 8.01       |            |  | +M <sub>p</sub> | +89.3      | +89.3      |            |        |
|       |            |     |                           | Alt                                       | 4.62       | 4.62       |            |  | -M <sub>p</sub> | -149.8     | -149.8     |            |        |
| 1     |            | Üst |                           | 9.11                                      | 9.11       |            |            | +M <sub>p</sub>                                    | +89.3           | +89.3      |            |            |        |
|       |            | Alt |                           | 4.62                                      | 4.62       |            |            | -M <sub>p</sub>                                    | -169.9          | -169.9     |            |            |        |

Çizelge 4.13 3KC-6 binadaki kirişlerin enkesit boyutları, boyuna donatı alanları ve moment taşıma kapasiteleri

| Bina  | Kirişlerin |     |                           |   |            |            |            |  |                 |            |            |            |        |
|-------|------------|-----|---------------------------|---|------------|------------|------------|--|-----------------|------------|------------|------------|--------|
|       | Aksı       | Kat | Enkesit Boyutları (cm*cm) | Boyuna Donatı Alanları (cm <sup>2</sup> ) |            |            |            | Moment Taşıma Kapasiteleri (M <sub>p</sub> ) (kNm) |                 |            |            |            |        |
|       |            |     |                           | 1.Açıklık                                 |            | 2.Açıklık  |            | +M <sub>p</sub><br>-M <sub>p</sub>                 | 1.Açıklık       |            | 2.Açıklık  |            |        |
|       |            |     |                           | Sol mesnet                                | Sağ mesnet | Sol mesnet | Sağ mesnet |  | Sol mesnet      | Sağ mesnet | Sol mesnet | Sağ mesnet |        |
| 3KC-6 | A aksı 1-3 | 3   | 25 * 50                   | Üst                                       | 3.80       | 4.27       | 4.27       | 3.80   | +M <sub>p</sub> | +66.3      | +66.3      | +66.3      | +66.3  |
|       |            | Alt |                           | 3.39                                      | 3.39       | 3.39       | 3.39       | -M <sub>p</sub>                                    | -72.2           | -80.9      | -80.9      | -72.2      |        |
|       | B aksı 1-3 | 2   | 25 * 50                   | Üst                                       | 5.34       | 6.28       | 6.28       | 5.34   | +M <sub>p</sub> | +66.3      | +66.3      | +66.3      | +66.3  |
|       |            |     |                           | Alt                                       | 3.39       | 3.39       | 3.39       | 3.39   | -M <sub>p</sub> | -100.6     | -117.9     | -117.9     | -100.6 |
|       |            | 1   | 25 * 50                   | Üst                                       | 6.47       | 7.41       | 7.41       | 6.47   | +M <sub>p</sub> | +66.3      | +87.4      | +87.4      | +66.3  |
|       |            |     |                           | Alt                                       | 3.39       | 4.52       | 4.52       | 3.39   | -M <sub>p</sub> | -121.4     | -138.7     | -138.7     | -121.4 |
|       | 1 aksı A-B | 3   | 25 * 50                   | Üst                                       | 4.27       | 4.27       |            |  | +M <sub>p</sub> | +66.3      | +66.3      |            |        |
|       |            |     |                           | Alt                                       | 3.39       | 3.39       |            |  | -M <sub>p</sub> | -80.9      | -80.9      |            |        |
|       | 3 aksı A-B | 1-2 | 25 * 50                   | Üst                                       | 6.47       | 6.47       |            |  | +M <sub>p</sub> | +66.3      | +66.3      |            |        |
|       |            |     |                           | Alt                                       | 3.39       | 3.39       |            |  | -M <sub>p</sub> | -121.4     | -121.4     |            |        |
|       | 2 aksı A-B | 3   | 25 * 50                   | Üst                                       | 4.27       | 4.27       |            |  | +M <sub>p</sub> | +89.3      | +89.3      |            |        |
|       |            |     |                           | Alt                                       | 4.62       | 4.62       |            |  | -M <sub>p</sub> | -80.9      | -80.9      |            |        |
| 2     |            | Üst |                           | 8.01                                      | 8.01       |            |            | +M <sub>p</sub>                                    | +89.3           | +89.3      |            |            |        |
|       |            | Alt |                           | 4.62                                      | 4.62       |            |            | -M <sub>p</sub>                                    | -149.8          | -149.8     |            |            |        |
| 1     |            | Üst |                           | 9.11                                      | 9.11       |            |            | +M <sub>p</sub>                                    | +89.3           | +89.3      |            |            |        |
|       |            | Alt |                           | 4.62                                      | 4.62       |            |            | -M <sub>p</sub>                                    | -169.9          | -169.9     |            |            |        |

Çizelge 4.14 3KC-[7,8] binalardaki kirişlerin enkesit boyutları, boyuna donatı alanları ve moment taşıma kapasiteleri

| Bina       | Kirişlerin |            |                           |   |            |            |            |  |                 |                 |            |            |        |        |
|------------|------------|------------|---------------------------|---|------------|------------|------------|--|-----------------|-----------------|------------|------------|--------|--------|
|            | Aksı       | Kat        | Enkesit Boyutları (cm*cm) | Boyuna Donatı Alanları (cm <sup>2</sup> ) |            |            |            | Moment Taşıma Kapasiteleri (M <sub>p</sub> ) (kNm) |                 |                 |            |            |        |        |
|            |            |            |                           | 1.Açıklık                                 |            | 2.Açıklık  |            | +M <sub>p</sub><br>-M <sub>p</sub>                 | 1.Açıklık       |                 | 2.Açıklık  |            |        |        |
|            |            |            |                           | Sol mesnet                                | Sağ mesnet | Sol mesnet | Sağ mesnet |  | Sol mesnet      | Sağ mesnet      | Sol mesnet | Sağ mesnet |        |        |
| 3KC-7      | A aksı 1-3 | 3          | 25 * 50                   | Üst                                       | 3.39       | 4.52       | 4.52       | 3.39   | +M <sub>p</sub> | +66.6           | +66.7      | +66.7      | +66.6  |        |
|            |            |            |                           | Alt                                       | 3.39       | 3.39       | 3.39       | 3.39   | -M <sub>p</sub> | -64.6           | -85.5      | -85.5      | -64.6  |        |
|            | C aksı 1-3 | 2          |                           | Üst                                       | 5.34       | 6.28       | 6.28       | 5.34   | +M <sub>p</sub> | +66.8           | +66.8      | +66.8      | +66.8  |        |
|            |            |            |                           | Alt                                       | 3.39       | 3.39       | 3.39       | 3.39   | -M <sub>p</sub> | -100.6          | -117.9     | -117.9     | -100.6 |        |
|            | 1 aksı A-C | 1          |                           | Üst                                       | 5.34       | 6.47       | 6.47       | 5.34   | +M <sub>p</sub> | +66.8           | +66.6      | +66.6      | +66.8  |        |
|            |            |            |                           | Alt                                       | 3.39       | 3.39       | 3.39       | 3.39   | -M <sub>p</sub> | -100.6          | -121.4     | -121.4     | -100.6 |        |
|            | 3 aksı A-C | 1          | Üst                       | 5.34                                      | 6.47       | 6.47       | 5.34       | +M <sub>p</sub>                                    | +66.8           | +66.6           | +66.6      | +66.8      |        |        |
|            |            |            | Alt                       | 3.39                                      | 3.39       | 3.39       | 3.39       | -M <sub>p</sub>                                    | -100.6          | -121.4          | -121.4     | -100.6     |        |        |
|            | B aksı 1-3 | 3          | 25 * 60                   | Üst                                       | 4.27       | 5.34       | 5.34       | 4.27   | +M <sub>p</sub> | +81.4           | +81.5      | +81.5      | +81.4  |        |
|            |            |            |                           | Alt                                       | 3.39       | 3.39       | 3.39       | 3.39   | -M <sub>p</sub> | -98.9           | -123.1     | -123.1     | -98.9  |        |
|            |            | 2 aksı A-C |                           | 2   | Üst        | 6.47       | 7.41       | 7.41   | 6.47            | +M <sub>p</sub> | +81.6      | +107.7     | +107.7 | +81.6  |
|            |            |            |                           |   | Alt        | 3.39       | 4.52       | 4.52   | 3.39            | -M <sub>p</sub> | -148.6     | -169.8     | -169.8 | -148.6 |
| 1          |            | Üst        |                           | 7.41                                      | 8.95       | 8.95       | 7.41       | +M <sub>p</sub>                                    | +107.7          | +107.8          | +107.8     | +107.7     |        |        |
|            |            | Alt        |                           | 4.52                                      | 4.52       | 4.52       | 4.52       | -M <sub>p</sub>                                    | -169.8          | -204.5          | -204.5     | -169.8     |        |        |
| 3KC-8      | A aksı 1-3 | 3          | 25 * 50                   | Üst                                       | 3.80       | 4.52       | 4.52       | 3.39   | +M <sub>p</sub> | +66.7           | +66.7      | +66.7      | +66.6  |        |
|            |            |            |                           | Alt                                       | 3.39       | 3.39       | 3.39       | 3.39   | -M <sub>p</sub> | -72.2           | -85.5      | -85.5      | -64.6  |        |
|            | 3 aksı A-C | 2          |                           | Üst                                       | 6.28       | 6.47       | 6.47       | 4.52   | +M <sub>p</sub> | +66.8           | +66.6      | +66.6      | +66.7  |        |
|            |            |            |                           | Alt                                       | 3.39       | 3.39       | 3.39       | 3.39   | -M <sub>p</sub> | -117.9          | -121.4     | -121.4     | -85.5  |        |
|            | 1          | Üst        |                           | 6.28                                      | 7.34       | 7.34       | 4.52       | +M <sub>p</sub>                                    | +66.8           | +88.0           | +88.0      | +66.7      |        |        |
|            |            | Alt        |                           | 3.39                                      | 4.52       | 4.52       | 3.39       | -M <sub>p</sub>                                    | -117.9          | -137.4          | -137.4     | -85.5      |        |        |
|            | C aksı 1-3 | 3          | 25 * 50                   | Üst                                       | 3.39       | 4.52       | 4.52       | 3.80   | +M <sub>p</sub> | +66.6           | +66.7      | +66.7      | +66.7  |        |
|            |            |            |                           | Alt                                       | 3.39       | 3.39       | 3.39       | 3.39   | -M <sub>p</sub> | -64.6           | -85.5      | -85.5      | -72.2  |        |
|            |            | 1 aksı A-C |                           | 2   | Üst        | 4.52       | 6.47       | 6.47   | 6.28            | +M <sub>p</sub> | +66.7      | +66.6      | +66.6  | +66.8  |
|            |            |            |                           |   | Alt        | 3.39       | 3.39       | 3.39   | 3.39            | -M <sub>p</sub> | -85.5      | -121.4     | -121.4 | -117.9 |
|            |            | 1          |                           | Üst                                       | 4.52       | 7.34       | 7.34       | 6.28   | +M <sub>p</sub> | +66.7           | +88.0      | +88.0      | +66.8  |        |
|            |            |            |                           | Alt                                       | 3.39       | 4.52       | 4.52       | 3.39   | -M <sub>p</sub> | -85.5           | -137.4     | -137.4     | -117.9 |        |
| B aksı 1-3 | 3          | 25 * 60    | Üst                       | 4.27                                      | 4.80       | 4.80       | 4.27       | +M <sub>p</sub>                                    | +81.4           | +81.4           | +81.4      | +81.4      |        |        |
|            |            |            | Alt                       | 3.39                                      | 3.39       | 3.39       | 3.39       | -M <sub>p</sub>                                    | -98.9           | -110.9          | -110.9     | -98.9      |        |        |
|            | 2 aksı A-C |            | 2                         | Üst                                       | 6.47       | 7.41       | 7.41       | 6.47   | +M <sub>p</sub> | +81.6           | +107.7     | +107.7     | +81.6  |        |
|            |            |            |                           | Alt                                       | 3.39       | 4.52       | 4.52       | 3.39   | -M <sub>p</sub> | -148.6          | -169.8     | -169.8     | -148.6 |        |
|            | 1          |            | Üst                       | 7.41                                      | 8.95       | 8.95       | 7.41       | +M <sub>p</sub>                                    | +107.7          | +107.8          | +107.8     | +107.7     |        |        |
|            |            |            | Alt                       | 4.52                                      | 4.52       | 4.52       | 4.52       | -M <sub>p</sub>                                    | -169.8          | -204.5          | -204.5     | -169.8     |        |        |



Çizelge 4.15 3KC-9 binadaki kirişlerin enkesit boyutları, boyuna donatı alanları ve moment taşıma kapasiteleri

| Bina  | Kirişlerin |     |                           |   |            |            |            |  |                 |            |            |            |        |
|-------|------------|-----|---------------------------|---|------------|------------|------------|--|-----------------|------------|------------|------------|--------|
|       | Aksı       | Kat | Enkesit Boyutları (cm*cm) | Boyuna Donatı Alanları (cm <sup>2</sup> ) |            |            |            | Moment Taşıma Kapasiteleri (M <sub>p</sub> ) (kNm) |                 |            |            |            |        |
|       |            |     |                           | 1.Açıklık                                 |            | 2.Açıklık  |            | 1.Açıklık  |                 | 2.Açıklık  |            |            |        |
|       |            |     |                           | Sol mesnet                                | Sağ mesnet | Sol mesnet | Sağ mesnet | +M <sub>p</sub>                                    | Sol mesnet      | Sağ mesnet | Sol mesnet | Sağ mesnet |        |
| 3KC-9 | A aksı 1-3 | 3   | 25 * 50                   | Üst                                       | 3.80       | 5.34       | 5.34       | 3.80   | +M <sub>p</sub> | +66.3      | +66.3      | +66.3      | +66.3  |
|       |            |     |                           | Alt                                       | 3.39       | 3.39       | 3.39       | 3.39   | -M <sub>p</sub> | -72.2      | -100.6     | -100.6     | -72.2  |
|       | B aksı 1-3 | 2   |                           | Üst                                       | 5.34       | 5.65       | 5.65       | 5.34   | +M <sub>p</sub> | +66.3      | +66.3      | +66.3      | +66.3  |
|       |            |     |                           | Alt                                       | 3.39       | 3.39       | 3.39       | 3.39   | -M <sub>p</sub> | -100.6     | -106.3     | -106.3     | -100.6 |
|       | 1 aksı A-B | 1   |                           | Üst                                       | 5.65       | 6.88       | 6.88       | 5.65   | +M <sub>p</sub> | +66.3      | +87.4      | +87.4      | +66.3  |
|       |            |     |                           | Alt                                       | 3.39       | 4.52       | 4.52       | 3.39   | -M <sub>p</sub> | -106.3     | -129.0     | -129.0     | -106.3 |
|       | 3 aksı A-B | 3   | 1-2                       | Üst                                       | 4.27       | 4.27       |            |  | +M <sub>p</sub> | +66.3      | +66.3      |            |        |
|       |            |     |                           | Alt                                       | 3.39       | 3.39       |            |  | -M <sub>p</sub> | -80.9      | -80.9      |            |        |
|       | 3 aksı A-B | 1-2 | 1-2                       | Üst                                       | 8.29       | 8.29       |            |  | +M <sub>p</sub> | +87.4      | +87.4      |            |        |
|       |            |     |                           | Alt                                       | 4.52       | 4.52       |            |  | -M <sub>p</sub> | -154.9     | -154.9     |            |        |

Çizelge 4.16 3KC-10 binadaki kirişlerin enkesit boyutları, boyuna donatı alanları ve moment taşıma kapasiteleri

| Bina   | Kirişlerin |     |                           |   |            |            |            |  |                 |            |            |            |        |
|--------|------------|-----|---------------------------|---|------------|------------|------------|--|-----------------|------------|------------|------------|--------|
|        | Aksı       | Kat | Enkesit Boyutları (cm*cm) | Boyuna Donatı Alanları (cm <sup>2</sup> ) |            |            |            | Moment Taşıma Kapasiteleri (M <sub>p</sub> ) (kNm) |                 |            |            |            |        |
|        |            |     |                           | 1.Açıklık                                 |            | 2.Açıklık  |            | 1.Açıklık  |                 | 2.Açıklık  |            |            |        |
|        |            |     |                           | Sol mesnet                                | Sağ mesnet | Sol mesnet | Sağ mesnet | +M <sub>p</sub>                                    | Sol mesnet      | Sağ mesnet | Sol mesnet | Sağ mesnet |        |
| 3KC-10 | A aksı 1-3 | 3   | 25 * 50                   | Üst                                       | 3.80       | 5.34       | 5.34       | 3.39   | +M <sub>p</sub> | +66.3      | +66.3      | +66.3      | +66.2  |
|        |            |     |                           | Alt                                       | 3.39       | 3.39       | 3.39       | 3.39   | -M <sub>p</sub> | -72.2      | -100.6     | -100.6     | -64.6  |
|        |            | 2   |                           | Üst                                       | 5.34       | 6.28       | 6.28       | 4.27   | +M <sub>p</sub> | +66.3      | +66.3      | +66.3      | +66.3  |
|        |            |     |                           | Alt                                       | 3.39       | 3.39       | 3.39       | 3.39   | -M <sub>p</sub> | -100.6     | -117.9     | -117.9     | -80.9  |
|        |            | 1   |                           | Üst                                       | 6.28       | 8.29       | 8.29       | 4.27   | +M <sub>p</sub> | +66.3      | +87.4      | +87.4      | +66.3  |
|        |            |     |                           | Alt                                       | 3.39       | 4.52       | 4.52       | 3.39   | -M <sub>p</sub> | -117.9     | -154.9     | -154.9     | -80.9  |
|        | B aksı 1-3 | 3   | 25 * 50                   | Üst                                       | 3.39       | 5.34       | 5.34       | 3.80   | +M <sub>p</sub> | +66.2      | +66.3      | +66.3      | +66.3  |
|        |            |     |                           | Alt                                       | 3.39       | 3.39       | 3.39       | 3.39   | -M <sub>p</sub> | -64.6      | -100.6     | -100.6     | -72.2  |
|        |            | 2   |                           | Üst                                       | 4.27       | 6.28       | 6.28       | 5.34   | +M <sub>p</sub> | +66.3      | +66.3      | +66.3      | +66.3  |
|        |            |     |                           | Alt                                       | 3.39       | 3.39       | 3.39       | 3.39   | -M <sub>p</sub> | -80.9      | -117.9     | -117.9     | -100.6 |
|        |            | 1   |                           | Üst                                       | 4.27       | 8.29       | 8.29       | 6.28   | +M <sub>p</sub> | +66.3      | +87.4      | +87.4      | +66.3  |
|        |            |     |                           | Alt                                       | 3.39       | 4.52       | 4.52       | 3.39   | -M <sub>p</sub> | -80.9      | -154.9     | -154.9     | -117.9 |
|        | 1 aksı A-B | 3   | 25 * 50                   | Üst                                       | 3.80       | 4.52       |            |  | +M <sub>p</sub> | +66.3      | +66.3      |            |        |
|        |            |     |                           | Alt                                       | 3.39       | 3.39       |            |  | -M <sub>p</sub> | -72.2      | -85.5      |            |        |
|        |            | 1-2 |                           | Üst                                       | 6.88       | 8.29       |            |  | +M <sub>p</sub> | +87.4      | +95.0      |            |        |
|        |            |     |                           | Alt                                       | 4.52       | 4.93       |            |  | -M <sub>p</sub> | -129.0     | -154.9     |            |        |
|        | 3 aksı A-B | 3   | 25 * 50                   | Üst                                       | 4.52       | 3.80       |            |  | +M <sub>p</sub> | +66.3      | +66.3      |            |        |
|        |            |     |                           | Alt                                       | 3.39       | 3.39       |            |  | -M <sub>p</sub> | -85.5      | -72.2      |            |        |
| 1-2    |            | Üst |                           | 8.29                                      | 6.88       |            |            | +M <sub>p</sub>                                    | +95.0           | +87.4      |            |            |        |
|        |            | Alt |                           | 4.93                                      | 4.52       |            |            | -M <sub>p</sub>                                    | -154.9          | -129.0     |            |            |        |

Çizelge 4.17 3KC-11 binadaki kirişlerin enkesit boyutları, boyuna donatı alanları ve moment taşıma kapasiteleri

| Bina       | Kirişlerin |         |                      |   |            |            |            |            |                 |  |                 |                 |            |            |            |       |       |
|------------|------------|---------|----------------------|---|------------|------------|------------|------------|-----------------|--|-----------------|-----------------|------------|------------|------------|-------|-------|
|            | Aksı       | Kat     | Kiriş Boyutu (cm*cm) | Boyuna Donatı alanları (cm <sup>2</sup> ) |            |            |            |            |                 | Moment Taşıma Kapasiteleri (M <sub>p</sub> ) (kNm) |                 |                 |            |            |            |       |       |
|            |            |         |                      | 1.Açıklık                                 |            | 2.Açıklık  |            | 3.Açıklık  |                 | 1.Açıklık  |                 | 2.Açıklık       |            | 3.Açıklık  |            |       |       |
|            |            |         |                      | Sol mesnet                                | Sağ mesnet | Sol mesnet | Sağ mesnet | Sol mesnet | Sağ mesnet      | Sol mesnet   | Sağ mesnet      | Sol mesnet      | Sağ mesnet | Sol mesnet | Sağ mesnet |       |       |
| 3KC-11     | A aksı 1-2 | 3       | 25 * 50              | Üst                                       | 4.27       | 3.39       |            |            |                 |  | +M <sub>p</sub> | +66.7           | +66.6      |            |            |       |       |
|            |            | Alt     |                      | 3.39                                      | 3.39       |            |            |            |                 |  |                 | -M <sub>p</sub> | -80.9      | -64.6      |            |       |       |
|            |            | 2       |                      | Üst                                       | 5.65       | 4.52       |            |            |                 |  | +M <sub>p</sub> | +66.8           | +66.7      |            |            |       |       |
|            |            |         |                      | Alt                                       | 3.39       | 3.39       |            |            |                 |  | -M <sub>p</sub> | -106.3          | -85.5      |            |            |       |       |
|            |            | 1       |                      | Üst                                       | 6.88       | 4.80       |            |            |                 |  | +M <sub>p</sub> | +66.9           | +66.7      |            |            |       |       |
|            |            |         |                      | Alt                                       | 3.39       | 3.39       |            |            |                 |  | -M <sub>p</sub> | -128.9          | -90.7      |            |            |       |       |
|            | B aksı 1-4 | 3       | 25 * 50              | Üst                                       | 4.27       | 5.34       | 5.34       | 3.39       | 3.39            | 3.39   | +M <sub>p</sub> | +67.4           | +67.6      | +66.8      | +66.6      | +66.6 | +66.6 |
|            |            | Alt     |                      | 3.39                                      | 3.39       | 3.39       | 3.39       | 3.39       | 3.39            | -M <sub>p</sub>                                    | -80.9           | -100.6          | -100.6     | -64.6      | -64.6      | -64.6 |       |
|            |            | 2       |                      | Üst                                       | 6.28       | 7.34       | 7.34       | 4.27       | 4.27            | 3.80   | +M <sub>p</sub> | +67.7           | +89.0      | +88.0      | +66.7      | +66.7 | +66.7 |
|            |            |         |                      | Alt                                       | 3.39       | 4.52       | 4.52       | 3.39       | 3.39            | 3.39   | -M <sub>p</sub> | -117.9          | -137.5     | -137.5     | -80.9      | -80.9 | -72.2 |
|            |            | 1       |                      | Üst                                       | 6.88       | 8.42       | 8.42       | 4.52       | 4.52            | 3.80   | +M <sub>p</sub> | +67.7           | +89.0      | +88.0      | +66.7      | +66.7 | +66.7 |
|            |            |         |                      | Alt                                       | 3.39       | 4.52       | 4.52       | 3.39       | 3.39            | 3.39   | -M <sub>p</sub> | -128.9          | -157.3     | -157.3     | -85.5      | -85.5 | -72.2 |
|            | C aksı 1-4 | 3       | 25 * 50              | Üst                                       | 3.39       | 4.27       | 4.27       | 3.39       | 3.39            | 3.39   | +M <sub>p</sub> | +66.6           | +66.7      | +66.7      | +66.6      | +66.6 | +66.6 |
|            |            | Alt     |                      | 3.39                                      | 3.39       | 3.39       | 3.39       | 3.39       | 3.39            | -M <sub>p</sub>                                    | -64.6           | -80.9           | -80.9      | -64.6      | -64.6      | -64.6 |       |
|            |            | 2       |                      | Üst                                       | 4.27       | 5.34       | 5.34       | 4.27       | 4.27            | 3.80   | +M <sub>p</sub> | +67.7           | +66.8      | +66.8      | +66.7      | +66.7 | +66.7 |
|            |            |         |                      | Alt                                       | 3.39       | 3.39       | 3.39       | 3.39       | 3.39            | 3.39   | -M <sub>p</sub> | -80.9           | -100.6     | -100.6     | -80.9      | -80.9 | -72.2 |
|            |            | 1       |                      | Üst                                       | 4.27       | 6.28       | 6.28       | 4.52       | 4.52            | 3.80   | +M <sub>p</sub> | +66.7           | +66.8      | +66.8      | +66.7      | +66.7 | +66.7 |
|            |            |         |                      | Alt                                       | 3.39       | 3.39       | 3.39       | 3.39       | 3.39            | 3.39   | -M <sub>p</sub> | -80.9           | -117.9     | -117.9     | -85.5      | -85.5 | -72.2 |
|            | 1 aksı A-C | 3       | 25 * 50              | Üst                                       | 3.39       | 4.27       | 4.27       | 3.39       |                 |  | +M <sub>p</sub> | +66.6           | +66.7      | +66.7      | +66.6      |       |       |
|            |            | Alt     |                      | 3.39                                      | 3.39       | 3.39       | 3.39       |            |                 | -M <sub>p</sub>                                    | -64.6           | -80.9           | -80.9      | -64.6      |            |       |       |
|            |            | 2       |                      | Üst                                       | 4.27       | 5.65       | 5.65       | 5.34       |                 |  | +M <sub>p</sub> | +66.7           | +66.8      | +66.8      | +66.8      |       |       |
|            |            |         |                      | Alt                                       | 3.39       | 3.39       | 3.39       | 3.39       |                 |  | -M <sub>p</sub> | -80.9           | -106.3     | -106.3     | -100.6     |       |       |
|            |            | 1       |                      | Üst                                       | 4.27       | 7.34       | 7.34       | 6.28       |                 |  | +M <sub>p</sub> | +66.7           | +88.0      | +88.0      | +88.0      |       |       |
|            |            |         |                      | Alt                                       | 3.39       | 4.52       | 4.52       | 4.52       |                 |  | -M <sub>p</sub> | -80.9           | -137.5     | -137.5     | -118.0     |       |       |
| 2 aksı A-C | 3          | 25 * 50 | Üst                  | 4.27                                      | 4.27       | 4.27       | 3.39       |            |                 | +M <sub>p</sub>                                    | +66.7           | +66.7           | +67.4      | +67.2      |            |       |       |
|            | Alt        |         | 3.39                 | 3.39                                      | 3.39       | 3.39       |            |            | -M <sub>p</sub> | -80.9  | -80.9           | -80.9           | -64.6      |            |            |       |       |
|            | 2          |         | Üst                  | 5.34                                      | 5.34       | 5.34       | 4.27       |            |                 | +M <sub>p</sub>                                    | +66.8           | +66.8           | +67.6      | +67.4      |            |       |       |
|            |            |         | Alt                  | 3.39                                      | 3.39       | 3.39       | 3.39       |            |                 | -M <sub>p</sub>                                    | -100.6          | -100.6          | -100.6     | -80.9      |            |       |       |
|            | 1          |         | Üst                  | 5.65                                      | 6.28       | 6.28       | 4.27       |            |                 | +M <sub>p</sub>                                    | +66.8           | +66.8           | +67.7      | +67.4      |            |       |       |
|            |            |         | Alt                  | 3.39                                      | 3.39       | 3.39       | 3.39       |            |                 | -M <sub>p</sub>                                    | -106.3          | -117.9          | -117.9     | -80.9      |            |       |       |
| 3 aksı B-C | 3          | 25 * 50 | Üst                  | 3.39                                      | 3.39       |            |            |            |                 | +M <sub>p</sub>                                    | +67.2           | +67.2           |            |            |            |       |       |
|            | Alt        |         | 3.39                 | 3.39                                      |            |            |            |            | -M <sub>p</sub> | -64.6  | -64.6           |                 |            |            |            |       |       |
|            | 2          |         | Üst                  | 4.80                                      | 4.80       |            |            |            |                 | +M <sub>p</sub>                                    | +67.5           | +67.5           |            |            |            |       |       |
|            |            |         | Alt                  | 3.39                                      | 3.39       |            |            |            |                 | -M <sub>p</sub>                                    | -90.7           | -90.7           |            |            |            |       |       |
|            | 1          |         | Üst                  | 5.34                                      | 5.34       |            |            |            |                 | +M <sub>p</sub>                                    | +67.6           | +67.6           |            |            |            |       |       |
|            |            |         | Alt                  | 3.39                                      | 3.39       |            |            |            |                 | -M <sub>p</sub>                                    | -100.6          | -100.6          |            |            |            |       |       |
| 4 aksı B-C | 3          | 25 * 50 | Üst                  | 3.39                                      | 3.80       |            |            |            |                 | +M <sub>p</sub>                                    | +66.6           | +66.7           |            |            |            |       |       |
|            | Alt        |         | 3.39                 | 3.39                                      |            |            |            |            | -M <sub>p</sub> | -64.6  | -72.2           |                 |            |            |            |       |       |
|            | 2          |         | Üst                  | 4.80                                      | 5.65       |            |            |            |                 | +M <sub>p</sub>                                    | +66.7           | +66.8           |            |            |            |       |       |
|            |            |         | Alt                  | 3.39                                      | 3.39       |            |            |            |                 | -M <sub>p</sub>                                    | -90.7           | -106.3          |            |            |            |       |       |
|            | 1          |         | Üst                  | 6.28                                      | 6.28       |            |            |            |                 | +M <sub>p</sub>                                    | +88.0           | +88.0           |            |            |            |       |       |
|            |            |         | Alt                  | 4.52                                      | 4.52       |            |            |            |                 | -M <sub>p</sub>                                    | -118.0          | -118.0          |            |            |            |       |       |

Çizelge 4.18 5KC binadaki kirişlerin enkesit boyutları, boyuna donatı alanları ve moment taşıma kapasiteleri

| Bina | Kirişlerin |       |                        |   |            |            |            |            |            |            |            |  |                 |                 |                 |            |            |            |            |            |        |        |
|------|------------|-------|------------------------|---|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|--|-----------------|-----------------|-----------------|------------|------------|------------|------------|------------|--------|--------|
|      | Aksı       | Kat   | Enkesit Boyutu (cm*cm) | Boyuna Donatı Alanları (cm <sup>2</sup> ) |            |            |            |            |            |            |            | Moment Taşıma Kapasiteleri (M <sub>p</sub> ) (kNm) |                 |                 |                 |            |            |            |            |            |        |        |
|      |            |       |                        | 1.Açıklık                                 |            | 2.Açıklık  |            | 3.Açıklık  |            | 4.Açıklık  |            | 1.Açıklık  |                 | 2.Açıklık       |                 | 3.Açıklık  |            | 4.Açıklık  |            |            |        |        |
|      |            |       |                        | Sol mesnet                                | Sağ mesnet | Sol mesnet | Sağ mesnet | Sol mesnet | Sağ mesnet | Sol mesnet | Sağ mesnet |  | Sol mesnet      | Sağ mesnet      | Sol mesnet      | Sağ mesnet | Sol mesnet | Sağ mesnet | Sol mesnet | Sağ mesnet |        |        |
| 5KC  | 1-1 ve E-E | 5     | 25*50                  | Üst                                       | 4.27       | 4.27       | 4.27       | 4.27       | 4.27       | 4.27       | 4.27       | 3.39   | +M <sub>p</sub> | +66.7           | +66.7           | +66.7      | +66.7      | +66.7      | +66.7      | +66.7      | +66.6  |        |
|      |            |       |                        | Alt                                       | 3.39       | 3.39       | 3.39       | 3.39       | 3.39       | 3.39       | 3.39       | 3.39   | 3.39            | 3.39            | -M <sub>p</sub> | -80.9      | -80.9      | -80.9      | -80.9      | -80.9      | -80.9  | -80.9  |
|      |            | 4     | 25*50                  | Üst                                       | 6.28       | 6.28       | 6.28       | 6.28       | 6.28       | 6.28       | 6.28       | 4.27   | +M <sub>p</sub> | +66.8           | +66.8           | +66.8      | +66.8      | +66.8      | +66.8      | +66.8      | +66.8  | +66.7  |
|      |            |       |                        | Alt                                       | 3.39       | 3.39       | 3.39       | 3.39       | 3.39       | 3.39       | 3.39       | 3.39   | 3.39            | -M <sub>p</sub> | -117.9          | -117.9     | -117.9     | -117.9     | -117.9     | -117.9     | -117.9 | -117.9 |
|      | E-E        | 3     | 25*60                  | Üst                                       | 6.28       | 7.41       | 7.41       | 7.41       | 7.41       | 7.41       | 7.41       | 4.80   | +M <sub>p</sub> | +107.1          | +132.9          | +132.9     | +132.9     | +132.9     | +132.9     | +132.9     | +132.9 | +107.0 |
|      |            |       |                        | Alt                                       | 3.39       | 4.52       | 4.52       | 4.52       | 4.52       | 4.52       | 4.52       | 3.39   | -M <sub>p</sub> | -169.2          | -194.8          | -194.8     | -194.8     | -194.8     | -194.8     | -194.8     | -194.8 | -136.2 |
|      |            | 1-2   | 25*60                  | Üst                                       | 7.34       | 7.82       | 7.82       | 7.82       | 7.82       | 7.82       | 7.82       | 4.80   | +M <sub>p</sub> | +132.9          | +132.9          | +132.9     | +132.9     | +132.9     | +132.9     | +132.9     | +132.9 | +107.0 |
|      |            |       |                        | Alt                                       | 4.52       | 4.52       | 4.52       | 4.52       | 4.52       | 4.52       | 4.52       | 3.39   | -M <sub>p</sub> | -193.1          | -203.7          | -203.7     | -203.7     | -203.7     | -203.7     | -203.7     | -203.7 | -136.2 |
|      | 2-2 ve D-D | 5     | 30*60                  | Üst                                       | 5.34       | 5.65       | 5.65       | 5.65       | 5.65       | 5.65       | 5.65       | 5.34   | +M <sub>p</sub> | +136.4          | +136.4          | +136.4     | +136.4     | +136.4     | +136.4     | +136.4     | +136.4 | +136.4 |
|      |            |       |                        | Alt                                       | 4.62       | 4.62       | 4.62       | 4.62       | 4.62       | 4.62       | 4.62       | 4.62   | 4.62            | -M <sub>p</sub> | -149.0          | -156.0     | -156.0     | -156.0     | -156.0     | -156.0     | -156.0 | -156.0 |
|      |            | 4     | 30*60                  | Üst                                       | 6.78       | 8.29       | 8.29       | 8.29       | 8.29       | 8.29       | 8.29       | 6.78   | +M <sub>p</sub> | +136.5          | +136.5          | +136.5     | +136.5     | +136.5     | +136.5     | +136.5     | +136.5 | +136.5 |
|      |            |       |                        | Alt                                       | 4.62       | 4.62       | 4.62       | 4.62       | 4.62       | 4.62       | 4.62       | 4.62   | 4.62            | -M <sub>p</sub> | -181.4          | -215.4     | -215.4     | -215.4     | -215.4     | -215.4     | -215.4 | -215.4 |
|      |            | 3     | 30*70                  | Üst                                       | 8.01       | 10.01      | 10.01      | 10.01      | 10.01      | 8.01       | 8.01       | 8.01   | +M <sub>p</sub> | +160.5          | +202.2          | +202.2     | +202.2     | +202.2     | +160.5     | +160.5     | +160.5 | +160.5 |
|      |            |       |                        | Alt                                       | 4.62       | 6.16       | 6.16       | 6.16       | 6.16       | 4.62       | 4.62       | 4.62   | -M <sub>p</sub> | -247.3          | -300.3          | -300.3     | -300.3     | -300.3     | -247.3     | -247.3     | -247.3 | -247.3 |
|      |            | 2     | 30*70                  | Üst                                       | 9.42       | 11.43      | 11.43      | 11.43      | 11.43      | 8.95       | 8.95       | 8.47   | +M <sub>p</sub> | +191.1          | +229.2          | +229.2     | +229.2     | +229.2     | +160.5     | +160.5     | +160.5 | +160.5 |
|      |            |       |                        | Alt                                       | 5.75       | 7.16       | 7.16       | 7.16       | 7.16       | 4.62       | 4.62       | 4.62   | -M <sub>p</sub> | -285.1          | -338.4          | -338.4     | -338.4     | -338.4     | -271.7     | -271.7     | -271.7 | -259.0 |
|      |            | 1     | 30*70                  | Üst                                       | 9.42       | 11.43      | 11.43      | 11.43      | 11.43      | 8.95       | 8.95       | 8.47   | +M <sub>p</sub> | +202.2          | +229.2          | +229.2     | +229.2     | +229.2     | +160.5     | +160.5     | +160.5 | +191.1 |
|      |            |       |                        | Alt                                       | 6.16       | 7.16       | 7.16       | 7.16       | 7.16       | 4.62       | 4.62       | 5.75   | -M <sub>p</sub> | -285.3          | -338.4          | -338.4     | -338.4     | -338.4     | -271.7     | -271.7     | -271.7 | -259.8 |
|      | 3-3 ve C-C | 5     | 30*60                  | Üst                                       | 5.34       | 5.65       | 5.65       | 5.65       | 5.65       | 5.65       | 5.34       | +M <sub>p</sub>                                    | +136.4          | +136.4          | +136.4          | +136.4     | +136.4     | +136.4     | +136.4     | +136.4     | +136.4 | +136.4 |
|      |            |       |                        | Alt                                       | 4.62       | 4.62       | 4.62       | 4.62       | 4.62       | 4.62       | 4.62       | 4.62   | -M <sub>p</sub> | -149.0          | -156.0          | -156.0     | -156.0     | -156.0     | -156.0     | -156.0     | -156.0 | -149.0 |
| 4    |            | 30*60 | Üst                    | 5.34                                      | 7.34       | 7.34       | 8.88       | 8.88       | 7.34       | 7.34       | 5.34       | +M <sub>p</sub>                                    | +136.4          | +136.5          | +136.5          | +136.5     | +136.5     | +136.5     | +136.5     | +136.5     | +136.4 |        |
|      |            |       | Alt                    | 4.62                                      | 4.62       | 4.62       | 4.62       | 4.62       | 4.62       | 4.62       | 4.62       | 4.62   | -M <sub>p</sub> | -149.0          | -194.0          | -194.0     | -227.9     | -227.9     | -194.0     | -194.0     | -149.0 |        |
| 3    |            | 30*70 | Üst                    | 5.93                                      | 8.47       | 8.47       | 10.01      | 10.01      | 8.47       | 8.47       | 5.93       | +M <sub>p</sub>                                    | +160.5          | +191.1          | +191.1          | +191.1     | +191.1     | +191.1     | +191.1     | +191.1     | +160.5 |        |
|      |            |       | Alt                    | 4.62                                      | 5.75       | 5.75       | 5.75       | 5.75       | 5.75       | 5.75       | 4.62       | -M <sub>p</sub>                                    | -192.0          | -259.8          | -259.8          | -300.2     | -300.2     | -259.8     | -259.8     | -259.8     | -192.0 |        |
| 1-2  |            | 30*70 | Üst                    | 5.93                                      | 11.01      | 11.01      | 11.01      | 11.01      | 11.01      | 11.01      | 5.93       | +M <sub>p</sub>                                    | +160.5          | +202.2          | +202.2          | +202.2     | +202.2     | +202.2     | +202.2     | +202.2     | +202.2 |        |
|      |            |       | Alt                    | 4.62                                      | 6.16       | 6.16       | 6.16       | 6.16       | 6.16       | 6.16       | 4.62       | -M <sub>p</sub>                                    | -192.0          | -326.6          | -326.6          | -326.6     | -326.6     | -326.6     | -326.6     | -326.6     | -192.0 |        |

Not : • Kiriş enkesit boyutları 25\*60, 30\*60 ve 30\*70 için ilave olarak 2  $\bar{\Phi}$  12 gövde donatısı da bulunmaktadır.

- A-A ve B-B Akslarındaki kiriş enkesit boyutları ve donatıları, sırasıyla E-E ve D-D Akslarında elde edilenlerin 3-3 Aksına göre simetridir.
- 4-4 ve 5-5 Akslarındaki kiriş enkesit boyutları ve donatıları, sırasıyla 2-2 ve 1-1 Akslarında elde edilenlerin C-C Aksına göre simetridir.



Çizelge 4.20 İncelenen binaların kat ağırlıkları ve birinci doğal titreşim periyotları

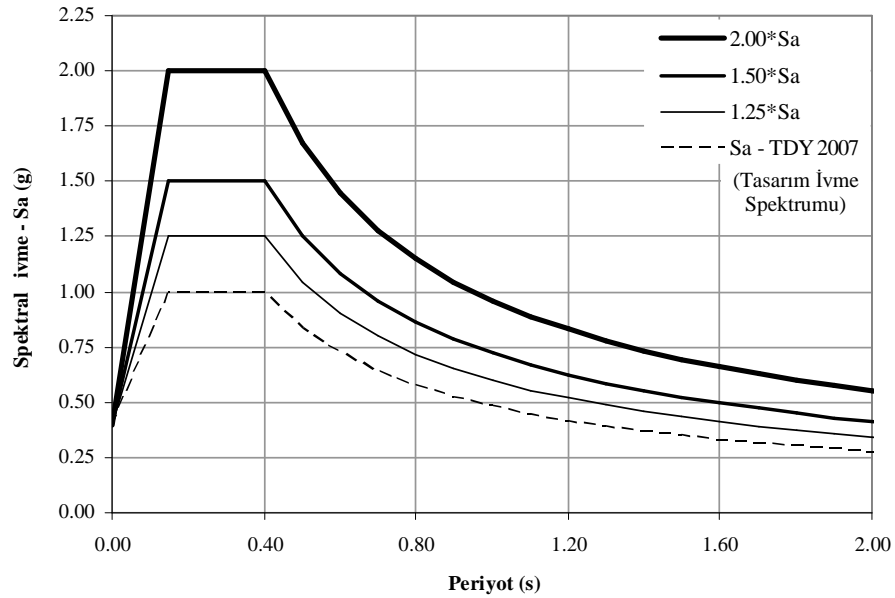
| Bina          | Kat | Kat ağırlıkları $W_i$ (kN) | Binanın 1. Doğal Titreşim Periyodu |                 |                        |                            |                 |                        |
|---------------|-----|----------------------------|------------------------------------|-----------------|------------------------|----------------------------|-----------------|------------------------|
|               |     |                            | Brüt enkesitli                     |                 |                        | Etkin (Çatlamış) enkesitli |                 |                        |
|               |     |                            | $T_{1b, x}$ (s)                    | $T_{1b, y}$ (s) | $T_{1b, \theta z}$ (s) | $T_{1e, x}$ (s)            | $T_{1e, y}$ (s) | $T_{1e, \theta z}$ (s) |
| <b>1KC-1</b>  | 1   | 331.3                      | 0.1518                             | 0.1518          | 0.0847                 | 0.2368                     | 0.2368          | 0.1270                 |
| <b>1KC-2</b>  | 1   | 331.3                      | 0.1453                             | 0.1453          | 0.0820                 | 0.2247                     | 0.2247          | 0.1232                 |
| <b>1KC-3</b>  | 1   | 373.8                      | 0.1612                             | 0.1533          | 0.0854                 | 0.2515                     | 0.2371          | 0.1263                 |
| <b>1KC-4</b>  | 1   | 373.8                      | 0.1536                             | 0.1445          | 0.0817                 | 0.2368                     | 0.2216          | 0.1213                 |
| <b>3KC-1</b>  | 3   | 323.7                      | 0.3975                             | 0.3975          | 0.2161                 | 0.6163                     | 0.6163          | 0.3178                 |
|               | 1-2 | 331.3                      |                                    |                 |                        |                            |                 |                        |
| <b>3KC-2</b>  | 3   | 323.7                      | 0.3822                             | 0.3822          | 0.2093                 | 0.5899                     | 0.5899          | 0.3096                 |
|               | 1-2 | 331.3                      |                                    |                 |                        |                            |                 |                        |
| <b>3KC-3</b>  | 3   | 392.5                      | 0.4447                             | 0.4089          | 0.2217                 | 0.6897                     | 0.6104          | 0.3176                 |
|               | 1-2 | 432.5                      |                                    |                 |                        |                            |                 |                        |
| <b>3KC-4</b>  | 3   | 432.5                      | 0.4389                             | 0.3986          | 0.2186                 | 0.6754                     | 0.5901          | 0.3148                 |
|               | 1-2 | 432.5                      |                                    |                 |                        |                            |                 |                        |
| <b>3KC-5</b>  | 3   | 597.4                      | 0.3947                             | 0.4224          | 0.2773                 | 0.6139                     | 0.6548          | 0.4160                 |
|               | 1-2 | 617.6                      |                                    |                 |                        |                            |                 |                        |
| <b>3KC-6</b>  | 3   | 607.9                      | 0.3847                             | 0.4133          | 0.2694                 | 0.5968                     | 0.6393          | 0.4041                 |
|               | 1-2 | 618.4                      |                                    |                 |                        |                            |                 |                        |
| <b>3KC-7</b>  | 3   | 1115.8                     | 0.3698                             | 0.3698          | 0.2838                 | 0.5591                     | 0.5591          | 0.4344                 |
|               | 2   | 1139.9                     |                                    |                 |                        |                            |                 |                        |
|               | 1   | 1143.5                     |                                    |                 |                        |                            |                 |                        |
| <b>3KC-8</b>  | 3   | 1126.3                     | 0.3707                             | 0.3707          | 0.2906                 | 0.5568                     | 0.5568          | 0.4243                 |
|               | 2   | 1137.5                     |                                    |                 |                        |                            |                 |                        |
|               | 1   | 1144.3                     |                                    |                 |                        |                            |                 |                        |
| <b>3KC-9</b>  | 3   | 568.9                      | 0.3722                             | 0.4809          | 0.2626                 | 0.5677                     | 0.7291          | 0.3870                 |
|               | 1-2 | 574.5                      |                                    |                 |                        |                            |                 |                        |
| <b>3KC-10</b> | 3   | 569.6                      | 0.3668                             | 0.4773          | 0.2596                 | 0.5591                     | 0.7225          | 0.3841                 |
|               | 1-2 | 575.3                      |                                    |                 |                        |                            |                 |                        |
| <b>3KC-11</b> | 1-3 | 1238.6                     | 0.4113                             | 0.3730          | 0.2944                 | 0.6283                     | 0.5664          | 0.4416                 |
| <b>5KC</b>    | 4-5 | 4212.0                     | 0.4557                             | 0.4557          | 0.4077                 | 0.6608                     | 0.6608          | 0.5950                 |
|               | 1-3 | 4392.8                     |                                    |                 |                        |                            |                 |                        |
| <b>8KC</b>    | 7-8 | 4939.5                     | 0.7077                             | 0.7077          | 0.6147                 | 1.0110                     | 1.0110          | 0.8889                 |
|               | 6   | 5035.7                     |                                    |                 |                        |                            |                 |                        |
|               | 4-5 | 5125.7                     |                                    |                 |                        |                            |                 |                        |
|               | 1-3 | 5223.0                     |                                    |                 |                        |                            |                 |                        |

## 4.2 Doğrusal Olmayan Statik Analizlerde Kullanılan Deprem Tehlike Seviyeleri

İncelenen betonarme binaların YKY ile tepe (maksimum) yerdeğiştirmesi taleplerinin (performans noktalarının) belirlenmesinde deprem tehlike seviyesi olarak,  $I = 1$  olan binalar için 50 yılda aşılma olasılığı %10 ve maksimum spektral ivmesi 1.0g olan TDY 2007 [7]'deki %5 sönümlü tasarım ivme spektrumu esas alınmıştır. İncelenen binaların doğrusal olmayan analizleri (ön analizler) sonucunda, yapısal elemanlardaki plastik dönme taleplerinin küçük değerler alması nedeniyle, ivme spektrumunun ölçeklendirilmesi gerekmektedir. Bunun için, yapısal elemanlarda ileri şekildeğiştirme durumuna karşı gelen plastik dönme taleplerinin elde edilmesi için ilgili ivme spektrumu ölçeklendirilmiştir. Buna göre, TDY 2007'deki tasarım ivme spektrumu değerleri;

- 1KC-[1-4] binalar için **2.00** kat,
- 3KC-[1-10] binalar için **1.50** kat,
- 3KC-11 bina için **1.25** kat,
- 5KC ve 8KC binalar için **1.50** kat

artırılmıştır (şekil 4.9).



şekil 4.9 Ölçeklendirilmiş ivme spektrumları

### 4.3 Gözönüne Alınan Deprem Doğrultuları

Sayısal incelemeler kapsamında ele alınan betonarme binalar, simetrik binalar, antimetrik binalar ile simetrik veya antimetrik olmayan binalar olarak tanımlanabilir.

*Simetrik Binalar:* Plandaki her iki asal eksene (X ve Y) göre plan geometrisi simetrik, kolon enkesitleri ve konumları simetrik olan binalardır (1KC–[1,3], 3KC–[1, 3, 5, 7] ve 8KC).

*Antimetrik Binalar:* Plandaki her iki asal eksene (X ve Y) göre plan geometrisi simetrik, kolon enkesitleri ve konumları antimetrik olan binalardır (1KC–[2,4], 3KC–[2, 4, 6, 8] ve 5KC).

*Simetrik veya Antimetrik Olmayan Bina:* Plandaki her iki asal eksene (X ve Y) göre plan geometrisi ile kolon enkesitleri ve konumları simetrik veya antimetrik olmayan binadır (3KC–11).

Sayısal incelemeler kapsamında ele alınan simetrik veya antimetrik binalar için, deprem yüklerinin  $\beta = 0^\circ \sim 180^\circ$  arasında etkimesi halinde, herhangi bir kolon plastik kesitinde elde edilen şekildeğiştirme talepleri (plastik dönme, plastik eğrilik, birim boy değişmesi) ile bu kolonun plandaki asal eksene göre antimetrik konumunda olan kolon plastik kesitinin  $\beta = 180^\circ \sim 360^\circ$  arasındaki bölgede ve X–X eksenine göre antimetriği olan  $\beta$  değerleri için elde edilen şekildeğiştirme talepleri eşittir. Örneğin, planı kare olan 1KC–1 binanın  $\beta = 45^\circ$  deprem doğrultusu için herhangi bir kolon plastik kesitinde elde edilen  $\theta_{px}$  ve  $\theta_{py}$  plastik dönme talepleri, bu plastik kesitin plandaki asal eksene göre antimetrik konumunda olan kolon plastik kesitinin  $\beta = 225^\circ (45^\circ + 180^\circ)$  deprem doğrultusu için elde edilen  $\theta_{px}$  ve  $\theta_{py}$  taleplerine eşittir. Ayrıca, deprem yüklerinin  $\beta = 0^\circ \sim 180^\circ$  arasında etkimesi halinde elde edilen kapasite eğrileri, yerdeğiştirme talepleri ve görelî kat ötelemesi talepleri ile  $\beta = 180^\circ \sim 360^\circ$  arasındaki bölgede ve X–X eksenine göre antimetriği olan  $\beta$  değerleri için elde edilen kapasite eğrileri, yerdeğiştirme talepleri ve görelî kat ötelemesi talepleri eşittir.

Bu nedenle, sayısal incelemeler kapsamında ele alınan simetrik veya antimetrik binaların (3KC–11 hariç diğer binalar) şekildeğiştirme esaslı doğrusal olmayan statik analizlerinin  $\beta = 0^\circ \sim 180^\circ$  arasındaki bölgede yapılması yeterlidir.

$\beta = 0^\circ \sim 180^\circ$  arasındakiki doğrusal olmayan statik analizlerin yeterli olduğunu göstermek amacıyla örnek olarak, 1KC–1 simetrik bina ile 1KC–2 antimetrik binanın  $\beta = 0^\circ \sim 360^\circ$  arasında gözönüne alınan her bir  $\beta$  deprem doğrultusu için şekildeğiştirme esaslı doğrusal olmayan statik analizleri yapılarak, tepe yerdeğiştirmesi taleplerinin, görelî kat ötelemesi taleplerinin, kolonların alt uçlarında oluşan plastik kesitlerdeki  $\theta_{px}$  ve  $\theta_{py}$  plastik dönme taleplerinin ve  $\mathcal{E}_{c maks.}$ ,  $\mathcal{E}_{s maks.}$  birim boy değışmesi taleplerinin  $\beta$  deprem doğrultusu ile değışimi Ek–A’da verilmiştir.

Sonuç olarak;

- İncelenen 1KC–[1-4], 3KC–[1-10], 5KC ve 8KC simetrik veya antimetrik betonarme binaların  $\beta = 0^\circ \sim 180^\circ$  arasındaki bölgede yapılacak iki doğrultulu doğrusal olmayan statik analizlerinde deprem yükleri;
  - Binaların plandaki asal eksen doğrultularından ( $\beta = 0^\circ, 90^\circ$  ve  $180^\circ$ ) ve  $\beta = 0^\circ \sim 180^\circ$  arasında  $10^\circ$ ’lik artımlarla etkiyen ( $\beta = 10^\circ, 20^\circ, \dots, 170^\circ, 180^\circ$ ) ara doğrultulardan,
  - Binaların plan köşegeni (diyagonal) doğrultularından,
  - Her bina için ortak ara doğrultu olan  $\beta = 45^\circ, \beta = 135^\circ$ ’lik özel iki doğrultudan

etkitilmiştir.

Buna göre,  $\beta = 0^\circ \sim 180^\circ$  arasındaki bölgede kare planlı binalarda toplam 21 (yirmi bir) farklı deprem doğrultusu, dikdörtgen planlı binalarda ise toplam 23 (yirmi üç) farklı deprem doğrultusu gözönüne alınmıştır (Şekil 4.10,4.11).

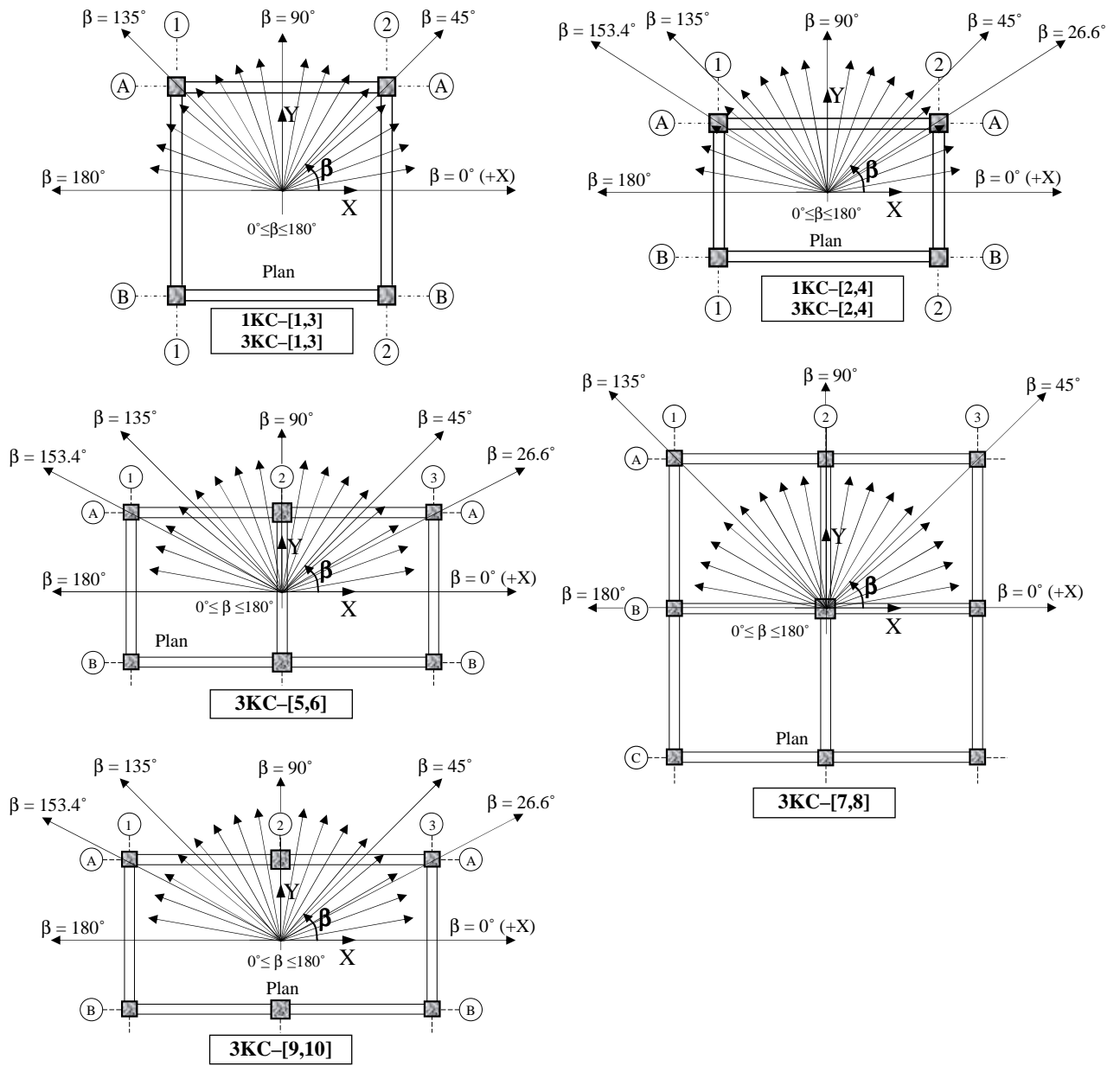
- Simetrik veya antimetrik olmayan L planlı 3KC–11 binada ise, iki doğrultulu doğrusal olmayan statik analizlerde deprem yükleri;
  - Binanın plandaki asal eksen doğrultularından ( $\beta = 0^\circ, 180^\circ$  ve  $90^\circ, 270^\circ$ ) ve  $\beta = 0^\circ \sim 360^\circ$  arasında  $10^\circ$ ’lik artımlarla etkiyen ( $\beta = 10^\circ, 20^\circ, \dots, 350^\circ, 360^\circ$ ) ara doğrultulardan,
  - Plan köşegeni doğrultuları olan ara doğrultulardan ( $\beta = 34.7^\circ, 145.3^\circ, 214.7^\circ$  ve  $325.3^\circ$ ),
  - Her bina için ortak ara doğrultu olan  $\beta = 45^\circ, 135^\circ, 225^\circ$  ve  $315^\circ$ ’lik özel doğrultulardan

etkitilmiştir.

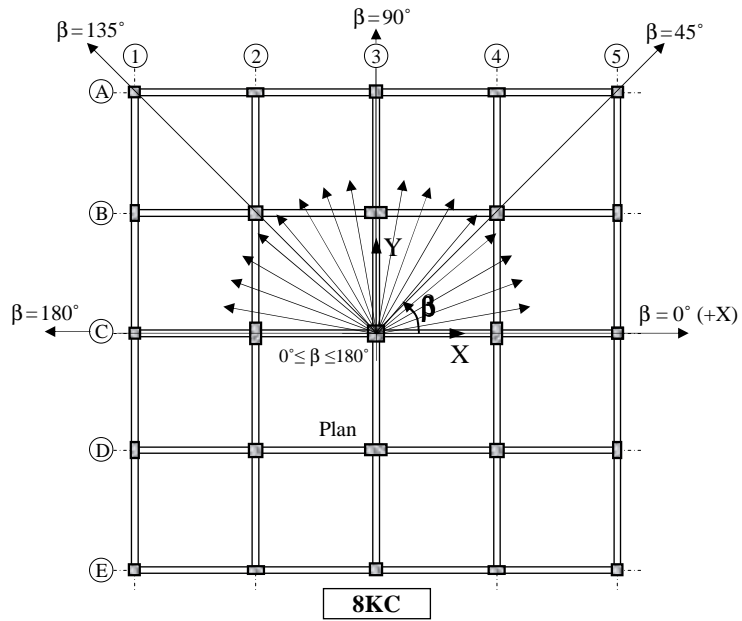
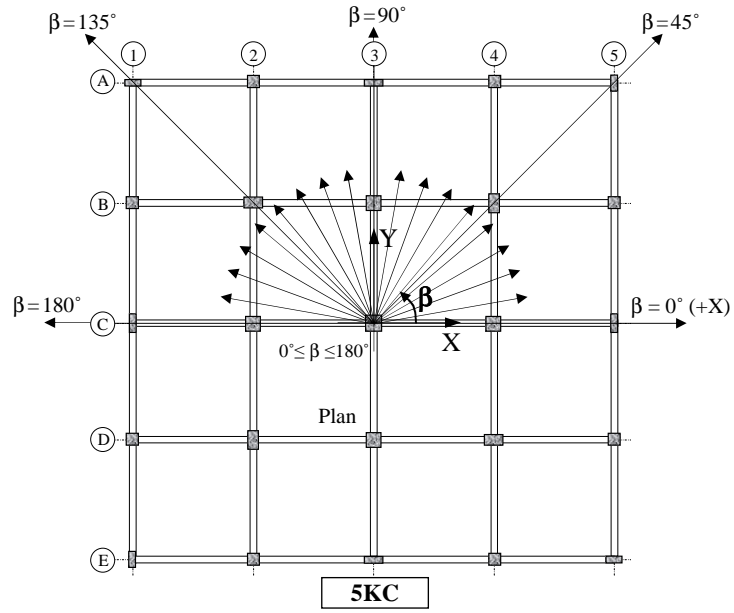
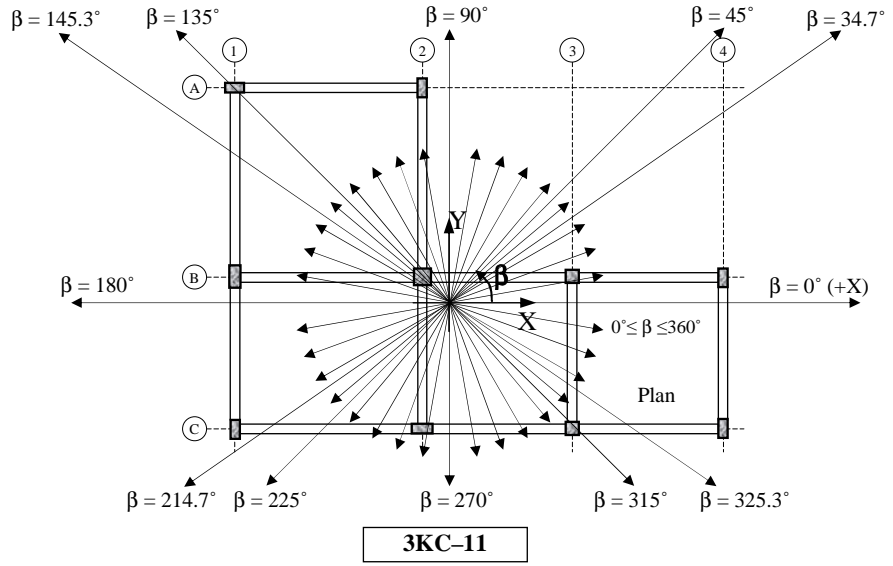


Buna göre, 3KC-11 bina için  $\beta = 0^\circ \sim 360^\circ$  arasındaki bölgede toplam 44 (kırk dört) farklı deprem doğrultusu gözönüne alınmıştır (Şekil 4.11).

İncelenen binaların şekildeğiştirme esaslı doğrusal olmayan statik analizlerinde gözönüne alınan deprem doğrultuları, 1KC, 3KC, 5KC ve 8KC binaların kat planları üzerinde Şekil 4.10-4.11’de gösterilmiştir. Binaların her kata ait kat kütle merkezine etkiyen deprem yüklerinin, plandaki +X’den itibaren saat akrebinin tersi yönünde yaptığı açı  $\beta$  (deprem doğrultusu) olarak tanımlanmıştır (Şekil 4.10-4.11).



Şekil 4.10 1KC-[1-4] ve 3KC-[1-10] binalarda  $\beta$  deprem doğrultuları



Şekil 4.11 3KC-11, 5KC ve 8KC binalarda  $\beta$  deprem doğrultuları

#### 4.4 Binaların Şekildeğiştirme Esaslı Doğrusal Olmayan Analizleri

Çalışmanın bu bölümünde, deprem yüklerinin doğrultu etkisi nedeniyle kolon plastik kesitlerinde oluşacak en elverişsiz birim boy değişmesi taleplerini ( $\epsilon_{c maks.}$  ve  $\epsilon_{s maks.}$ ) belirlemek amacıyla, Bölüm 3.4’de hesap adımları ayrıntılı olarak verilen yaklaşımdan yararlanılarak, incelenen toplam on yedi adet betonarme binanın gözönüne alınan her bir  $\beta$  deprem doğrultusu için şekildeğiştirme esaslı doğrusal olmayan statik analizleri yapılmıştır.

##### 4.4.1 Binaların Kapasite Eğrilerinin Belirlenmesi

Sayısal incelemeler kapsamında ele alınan betonarme binaların yatay kuvvetler altındaki davranışını temsil eden ve taşıma kapasitesini ifade eden kapasite eğrilerinin belirlenmesi için, sabit düşey yükler ve monotonik olarak artan yatay deprem yükleri altında malzeme ve geometri değişimleri bakımından doğrusal olmayan teoriye göre iki doğrultulu artımsal statik itme (pushover) analizleri, gözönüne alınan her bir  $\beta$  deprem doğrultusu için yapılmış ve deprem yüklerinin etkidiği doğrultudaki Toplam Taban Kesme Kuvveti – Tepe Ötelemesi ( $V_T - \Delta_{tepe}$ ) eğrilerinin (kapasite eğrilerinin)  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi Şekil 4.12–4.15’de verilmiştir.

Çalışmada, incelenen binaların gözönüne alınan her bir  $\beta$  deprem doğrultusu için artımsal statik itme analizlerinde yatay yük olarak birinci mod atalet kuvveti dağılımı kullanılmıştır (4.1).

$$F_i = m_i \Phi_{i1} \quad (4.1)$$

Burada,  $F_i$   $i$  nolu kattaki yatay kat kütle kuvvetini,  $m_i$   $i$  nolu kattaki kat kütlelerini,  $\Phi_{i1}$  birinci moda ait  $i$  nolu kattaki özvektörü göstermektedir.

Çalışmada, kat planı *kare* olan binaların (1KC–[1,2], 3KC–[1,2], 3KC–[7,8], 5KC ve 8KC) gözönüne alınan her bir  $\beta$  deprem doğrultusu için birinci doğal titreşim

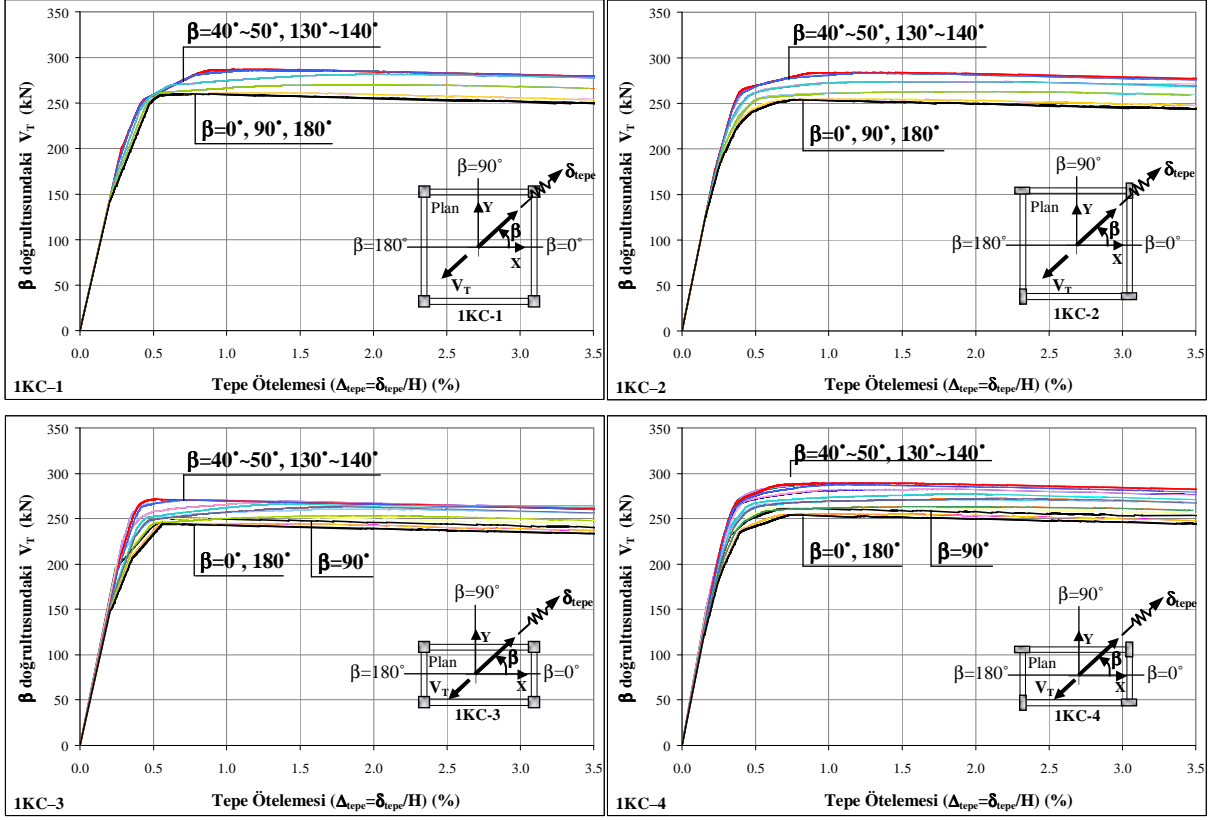
moduna ait mod şeklinin aynı olması ve ayrıca, kat planı *kare* olmayan binalardaki (1KC–[3,4], 3KC–[3,4], 3KC–[5,6], 3KC–[9,10] ve 3KC–11) mod şeklinin deprem doğrultusu ile değişiminin ihmal edilebilecek düzeyde olması nedeniyle, (4.1) bağıntısıyla hesaplanan yatay kat kütle kuvvetlerinin belirlenmesinde, binaların asal eksen doğrultularındaki birinci mod şekli esas alınmıştır.

Depremi temsil eden bu yük dağılımları, binaların kat kütle merkezlerine etkilmiş ve artımsal statik itme analizlerinde düşey yük olarak ( $1.0 G + 0.30 Q$ ) yüklemesi esas alınmıştır.

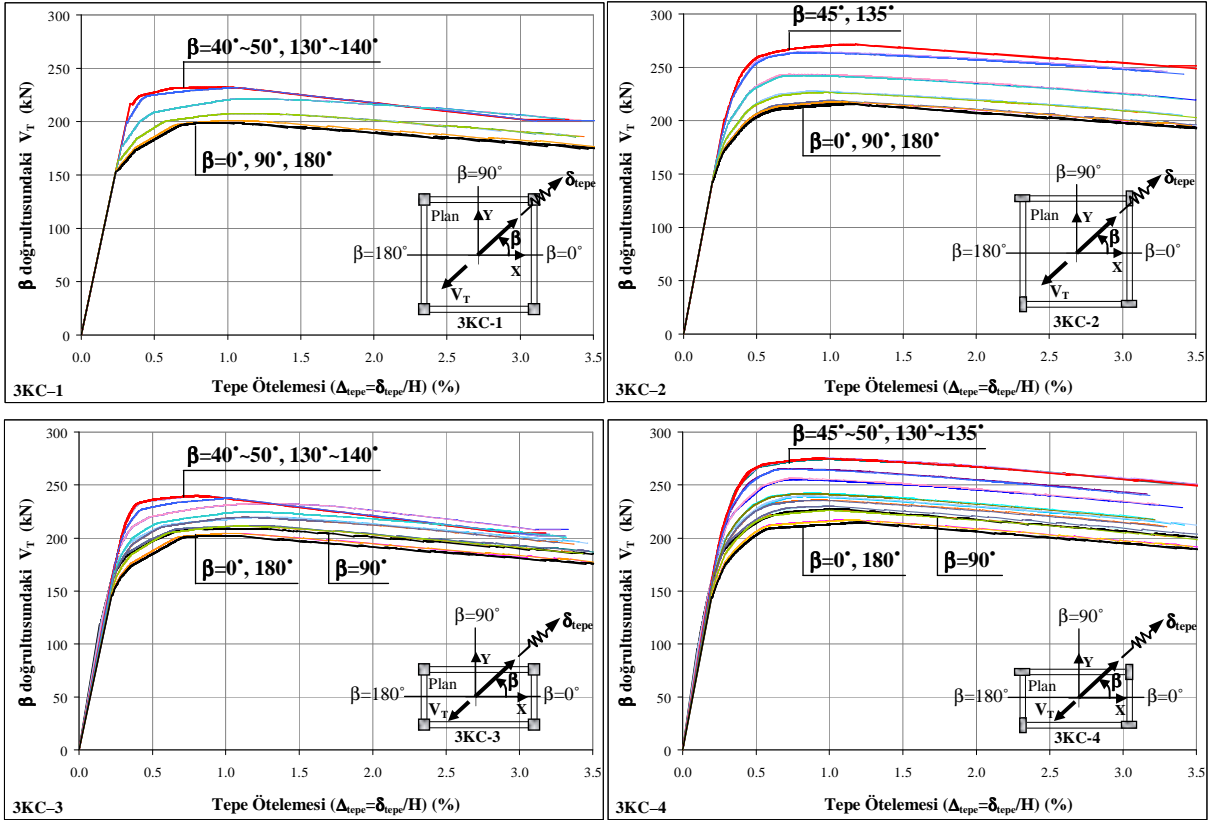
İncelenen binaların gözönüne alınan her bir  $\beta$  deprem doğrultusu için sabit düşey yükler ve artan yatay deprem yükleri altında yapılan artımsal statik itme analizlerinde *CSI Perform–3D* bilgisayar programından yararlanılmıştır [64].

İncelenen betonarme binaların plastik kesitlerinde (plastik mafsallarında) ileri şekildeğiştirme durumuna karşı gelen plastik dönme taleplerinin elde edilmesi amacıyla artımsal statik itme analizlerinin sonlandırılmasında, iki kriter gözönünde bulundurulmuştur. Bunlardan birincisi, kiriş veya kolon plastik kesitlerindeki toplam dönme değerinin 0.04 rad. değerine ulaşması ( $\theta_T = \theta_{T,maks.} = 0.04$  rad.); ikincisi, ilgili deprem doğrultusu için tepe yerdeğiştirmesinin ( $\delta_{tepe}$ ) bina yüksekliğine ( $H$ ) oranının 0.035 değerine ulaşmasıdır ( $\delta_{tepe} / H = \Delta_{tepe} = (\Delta_{tepe})_{maks.} = 0.035$ ). Bu iki kriterden herhangi birinin oluşması halinde statik itme analizleri sonlandırılmıştır.

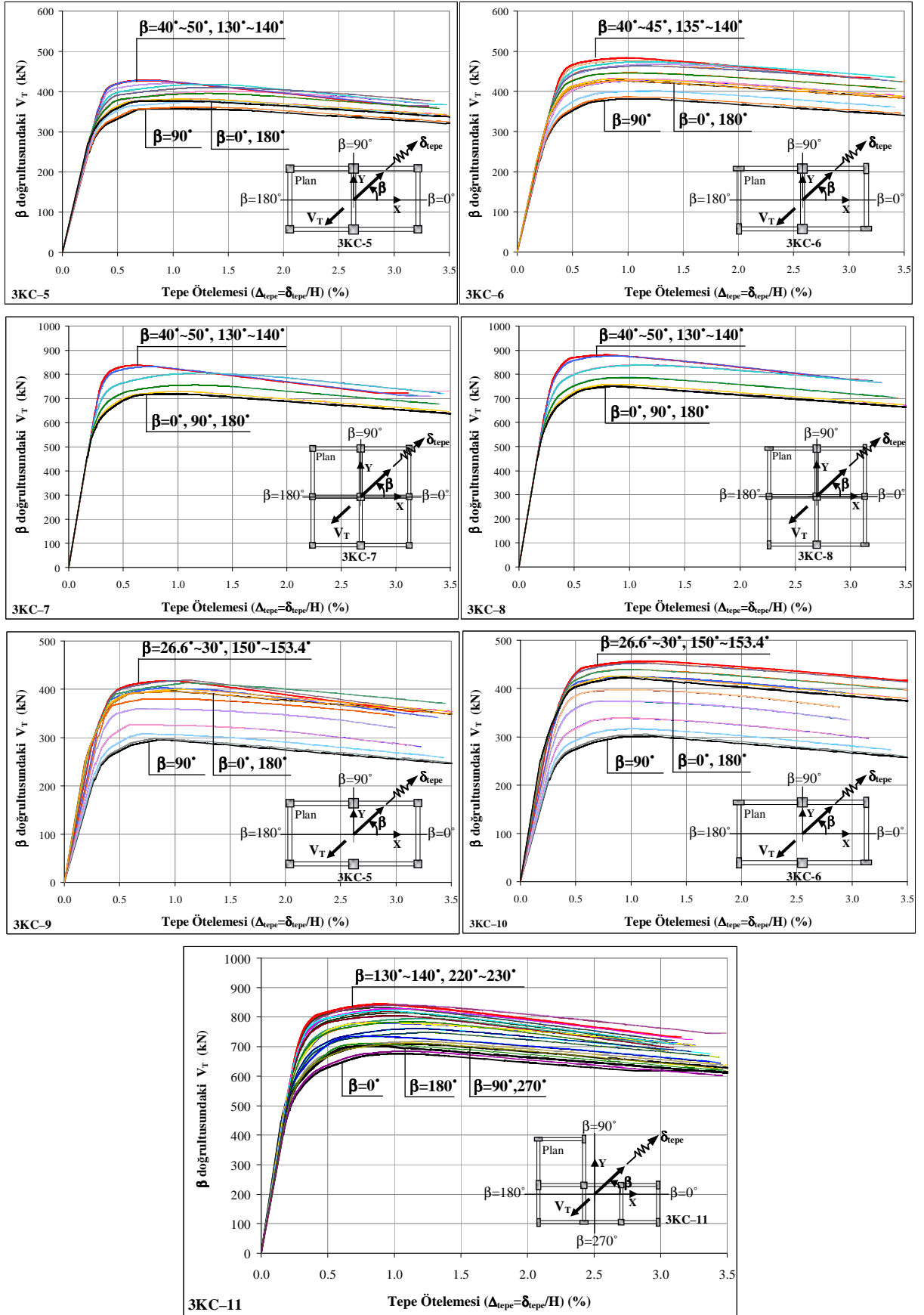
Çalışma kapsamında incelenen 1KC–[1-4], 3KC–[1-10], 5KC ve 8KC betonarme binalar, plandaki her iki asal eksene (X ve Y) göre plan geometrisi simetrik, kolon enkesitleri ve konumları simetrik veya antimetrik olduğundan, kapasite eğrileri  $\beta = 0^\circ \sim 180^\circ$  arasında elde edilmiştir. Deprem yüklerinin  $\beta = 0^\circ \sim 180^\circ$  arasında etkimesi halinde elde edilen kapasite eğrileri ile  $\beta = 180^\circ \sim 360^\circ$  arasındaki bölgede ve X–X eksenine göre antimetriği olan  $\beta$  değerleri için elde edilen kapasite eğrileri aynı olmaktadır. Örneğin, 1KC–1 binanın  $\beta = 45^\circ$  deprem doğrultusu için elde edilen kapasite eğrisi,  $\beta = 225^\circ$  ( $45^\circ + 180^\circ$ ) doğrultusu için elde edilen kapasite eğrisine eşit olmaktadır.



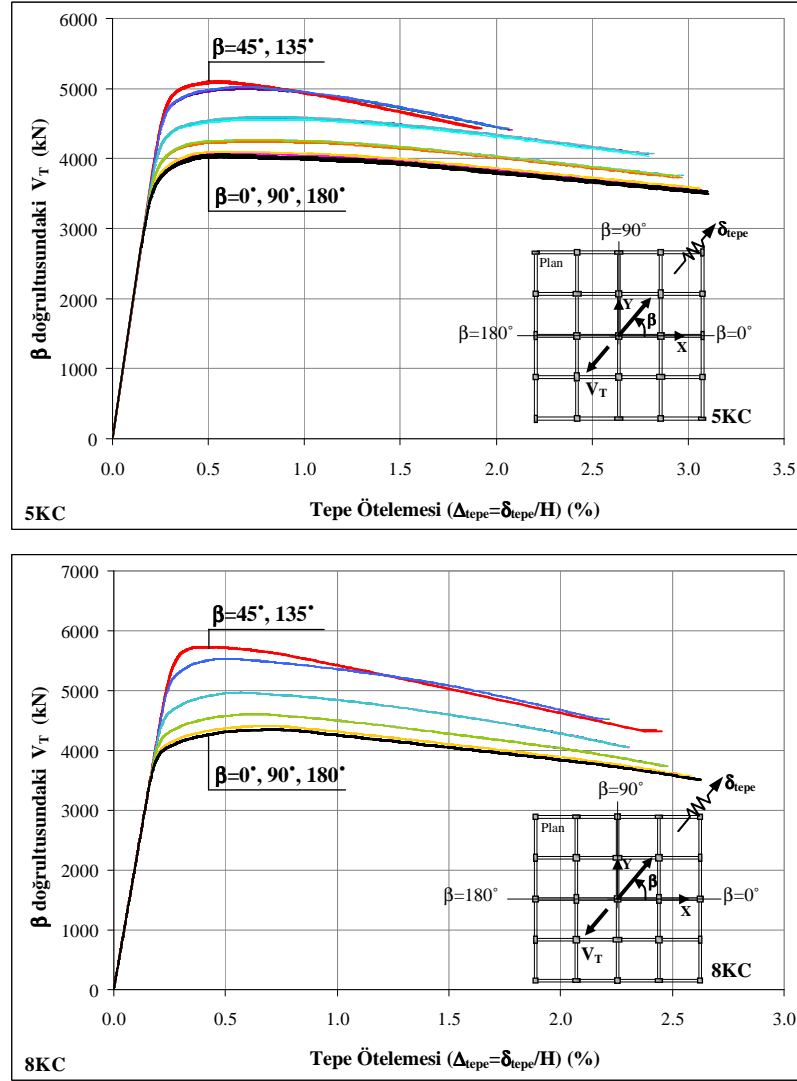
Şekil 4.12 1KC-[1-4] binaların kapasite eğrilerinin  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi



Şekil 4.13 3KC-[1-4] binaların kapasite eğrilerinin  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi

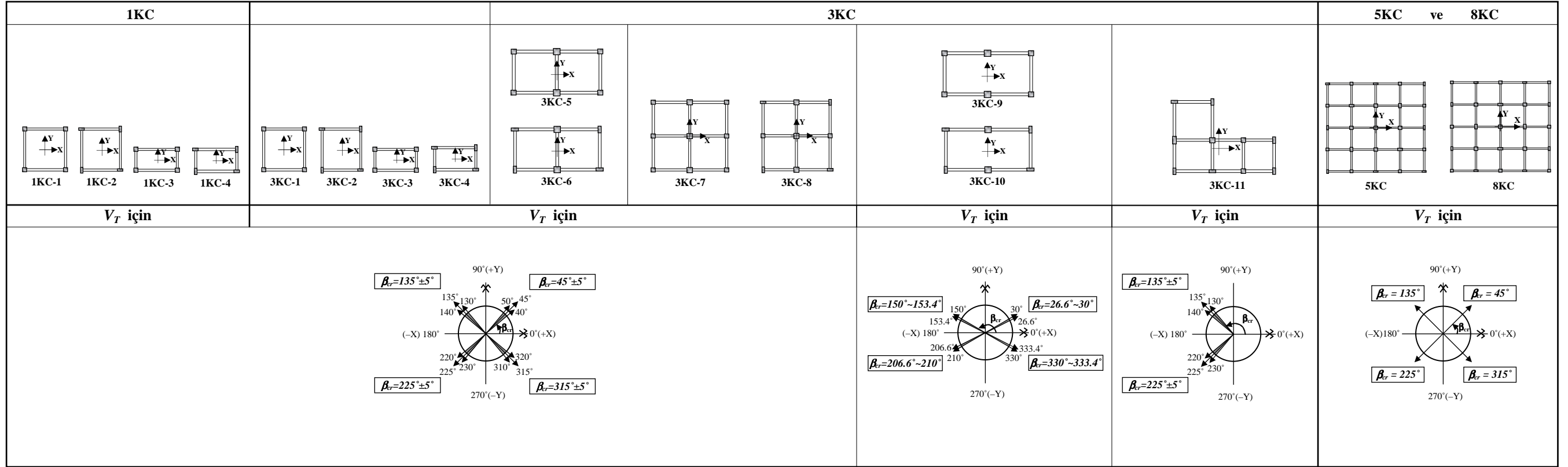


Şekil 4.14 3KC-[5-11] binaların kapasite eğrilerinin  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi



Şekil 4.15 5KC ve 8KC binaların kapasite eğrilerinin  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi

İncelenen betonarme binaların  $\beta = 0^\circ \sim 180^\circ$  arasında gözönüne alınan deprem doğrultuları için elde edilen kapasite eğrilerinden yararlanılarak (Şekil 4.12 – 4.15), deprem yüklerinin binaların  $\beta = 0^\circ \sim 360^\circ$  arasında etkimesi halinde, en büyük yatay yük taşıma kapasitesi için  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultuları Şekil 4.16’da şematik olarak verilmiştir.



Şekil 4.16 İncelenen betonarme binaların en büyük yatay yük taşıma kapasitesi değerleri için  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultuları



#### 4.4.2 Binaların Tepe (Maksimum) Yerdeğiştirmesi Taleplerinin Belirlenmesi

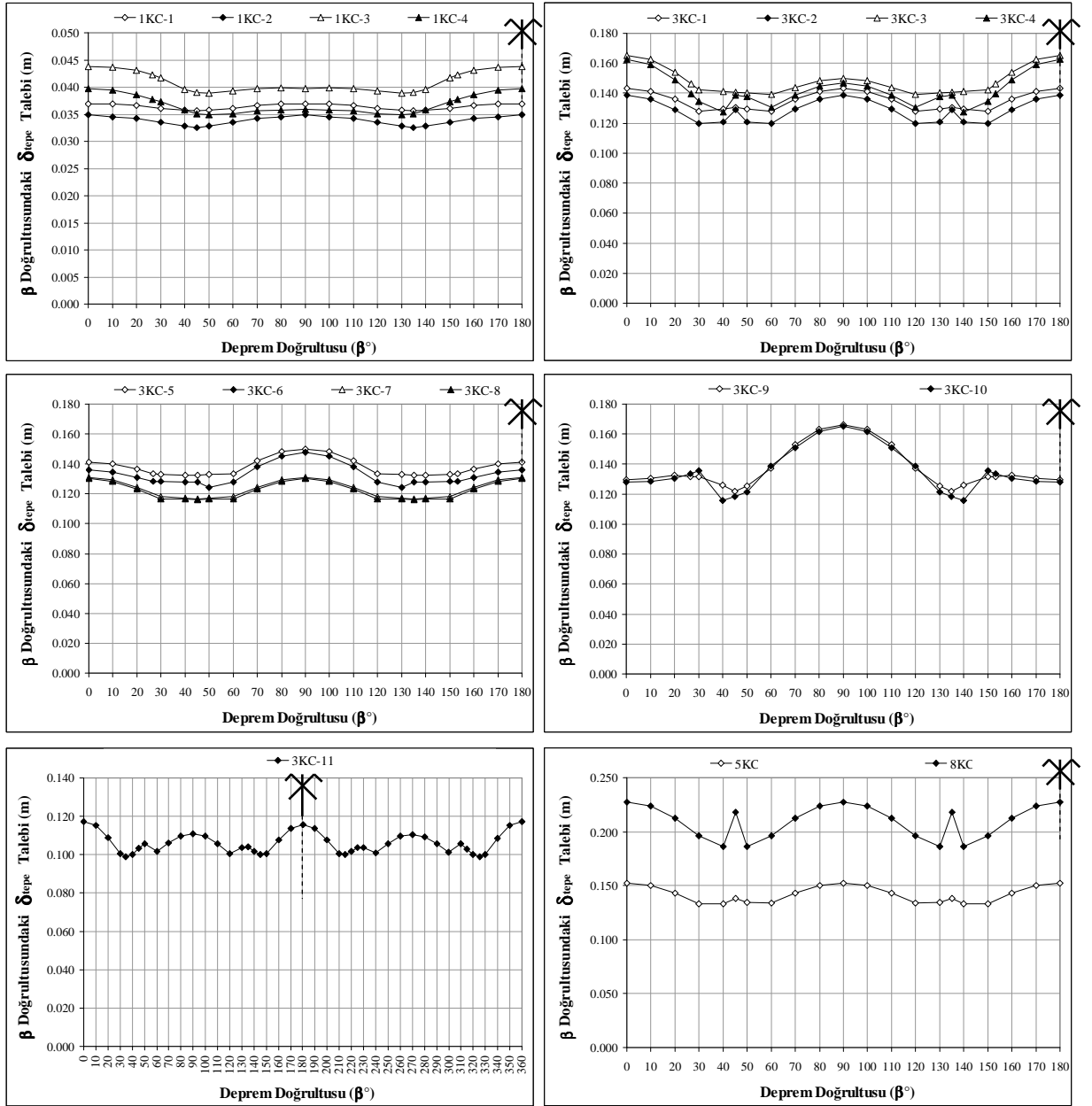
Çalışmada gözönüne alınan her bir  $\beta$  deprem doğrultusu için artımsal statik itme analizlerinden elde edilen kapasite eğrilerinden yararlanılarak, incelenen betonarme binaların deprem yüklerinin etkidiği  $\beta$  doğrultusundaki  $\delta_{tepe}$  tepe (maksimum) yerdeğiştirmesi talepleri (performans noktaları), FEMA 440 [11]'daki Yerdeğiştirme Katsayıları Yöntemi (YKY) ile belirlenmiştir.

İncelenen 1KC, 3KC, 5KC ve 8KC binaların YKY'den elde edilen tepe yerdeğiştirmesi taleplerinin ( $\delta_{tepe}$ )  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi Şekil 4.17'de verilmiştir.

Çalışma kapsamında incelenen simetrik veya antimetrik binaların (1KC-[1-4], 3KC-[1-10], 5KC ve 8KC) tepe yerdeğiştirmesi talepleri  $\beta = 0^\circ \sim 180^\circ$  arasındaki bölgede elde edilmiştir. Deprem yüklerinin binaların  $\beta = 180^\circ \sim 360^\circ$  arasında etkimesi halinde elde edilecek tepe yerdeğiştirmesi talepleri, ( $\delta_{tepe} - \beta$ ) grafiklerindeki  $\beta = 180^\circ$ 'ye göre simetrik olacaktır (Şekil 4.17).

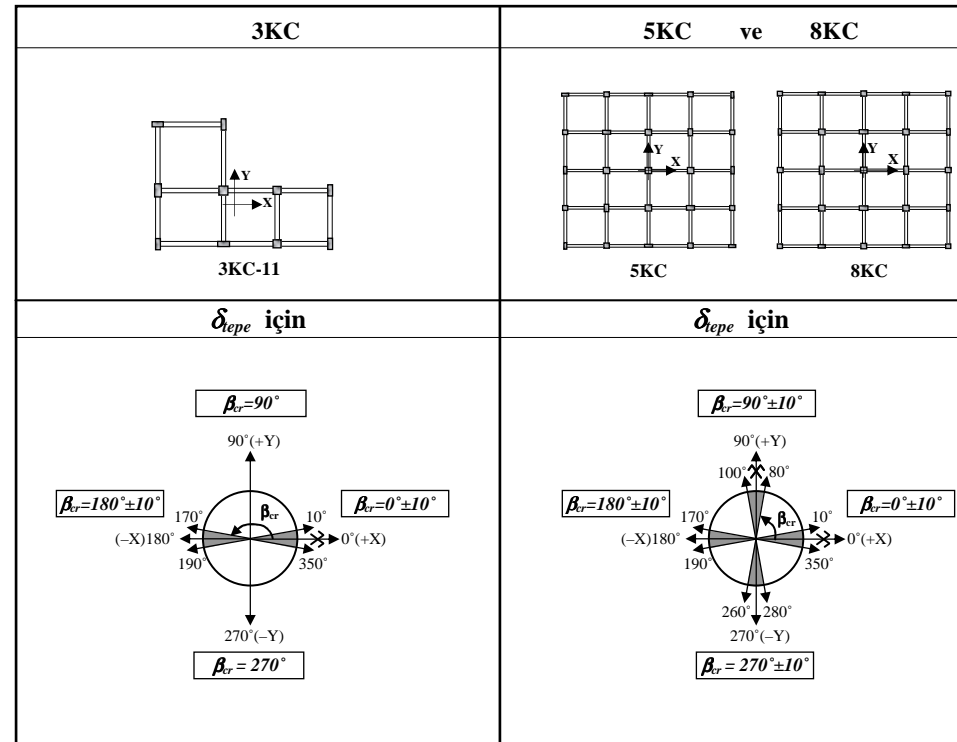
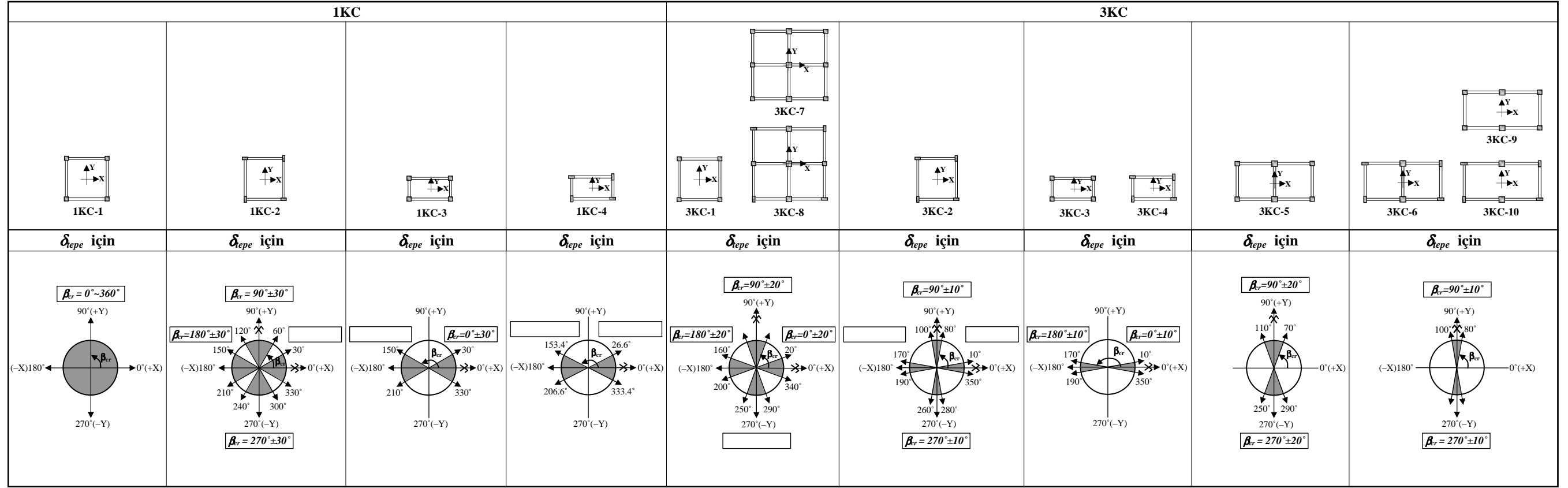
Şekil 4.17'de verilen ( $\delta_{tepe} - \beta$ ) grafiklerinden görüleceği üzere, binaların YKY'den elde edilen en elverişsiz  $\delta_{tepe}$  tepe yerdeğiştirmesi taleplerinin, deprem yüklerinin binaların plandaki asal eksen (X ve Y) doğrultularından ( $\beta_{cr} = 0^\circ, 90^\circ, 180^\circ$  ve  $270^\circ$ ) etkimesi halinde oluştuğu belirlenmiştir. Bununla birlikte;

- Plandaki her iki asal eksene (X ve Y) göre simetrik veya antimetrik olan 1KC-[1-4], 3KC-[1-10], 5KC ve 8KC binalarda,  $\beta = 0^\circ \sim 180^\circ$  arasındaki deprem doğrultuları için elde edilen tepe yerdeğiştirmesi taleplerinin, ( $\delta_{tepe} - \beta$ ) grafiklerindeki  $\beta = 90^\circ$ 'ye göre simetrik olduğu,  $\beta = 0^\circ \sim 360^\circ$  arasındaki deprem doğrultuları için ise  $\beta = 180^\circ$ 'ye göre simetrik olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.17).
- Plandaki her iki asal eksene (X ve Y) göre simetrik veya antimetrik olmayan 3KC-11 binada ise,  $\beta = 0^\circ \sim 360^\circ$  arasındaki deprem doğrultuları için elde edilen tepe yerdeğiştirmesi taleplerinin, ( $\delta_{tepe} - \beta$ ) grafiklerindeki  $\beta = 180^\circ$ 'ye göre simetrik olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.17).



Şekil 4.17 İncelenen binaların tepe (maksimum) yerdeğiştirmesi taleplerinin  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi

İncelenen betonarme binaların  $\beta = 0^\circ \sim 180^\circ$  arasında gözönüne alınan deprem doğrultuları için tepe yerdeğiştirmesi taleplerinin  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimini gösteren  $(\delta_{tepe} - \beta)$  grafiklerinden yararlanılarak (Şekil 4.17), deprem yüklerinin binaların  $\beta = 0^\circ \sim 360^\circ$  arasında etkimesi halinde, en elverişsiz ve ona çok yakın değerlerdeki tepe yerdeğiştirmesi talepleri  $[(0.95 \sim 1.00)(\delta_{tepe})_{cr}]$  için  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultuları Şekil 4.18’de şematik olarak verilmiştir.

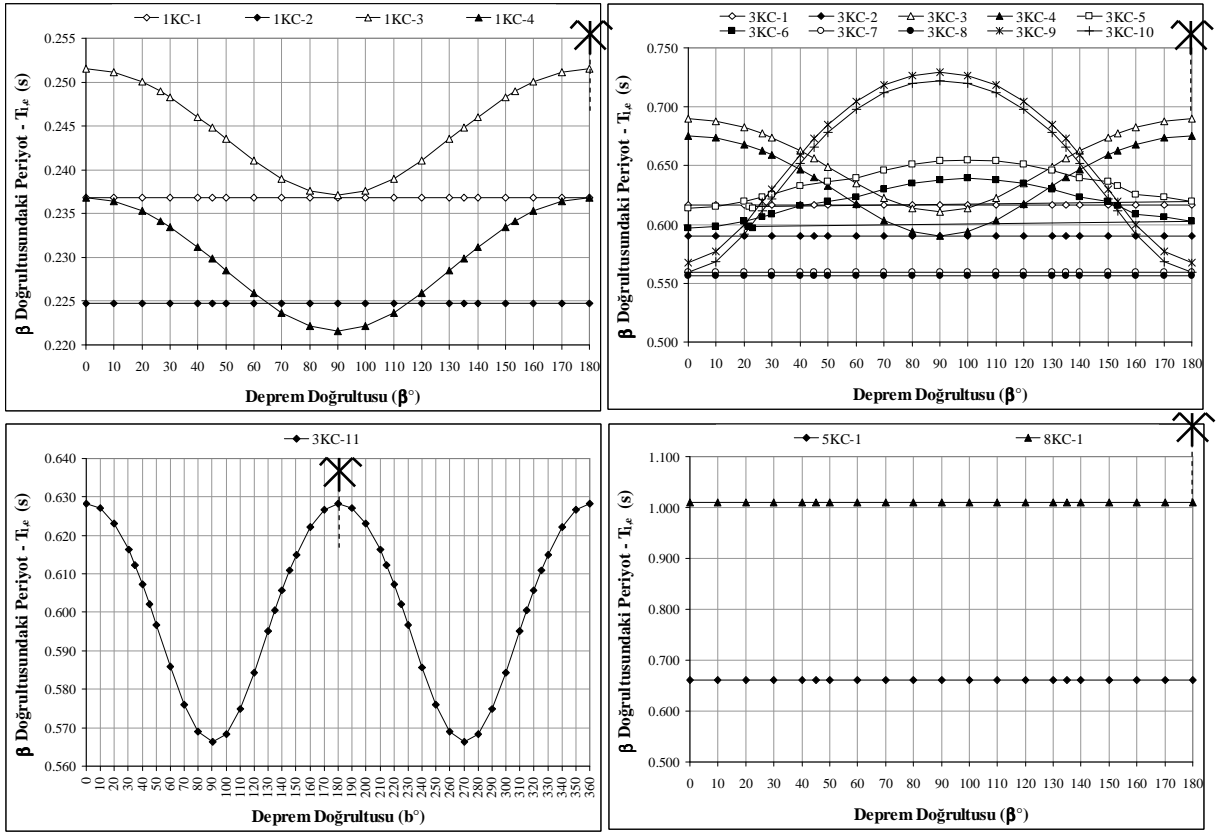


Şekil 4.18 İncelenen betonarme binaların en elverişsiz ve ona çok yakın değerlerdeki tepe yerdeğiştirmesi talepleri  $[(0.95 \sim 1.00) (\delta_{epe})_{cr}]$  için  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultuları

İncelenen betonarme binaların tepe yerdeğiştirmesi taleplerinin ( $\delta_{epe}$ ) belirlenmesinde birinci doğal titreşim periyotlarının ( $T_{1,e}$ ) hesabı için, gözönüne alınan her bir  $\beta$  deprem doğrultusunda etkin (çatlamış) enkesit rijitlikleri kullanılarak serbest titreşim analizleri yapılmıştır. İncelenen 1KC, 3KC, 5KC ve 8KC binaların birinci doğal titreşim periyotlarının ( $T_{1,e}$ )  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi Şekil 4.19'daki grafiklerde verilmiştir.

Şekil 4.19'da verilen  $T_{1,e} - \beta$  grafiklerinden görüleceği üzere,

- Kat planı *kare* olan 1KC-[1,2], 3KC-[1,2], 3KC-[7,8], 5KC ve 8KC binaların her doğrultudaki yatay öteleme rijitliklerinin aynı olması nedeniyle, bu binaların titreşim periyotları tüm  $\beta$  deprem doğrultuları için, beklenildiği gibi, aynıdır (Şekil 4.19).
- Kat planı *dikdörtgen* olan 1KC-[3,4], 3KC-[3,4], 3KC-[5,6] ve 3KC-[9,10] binaların asal eksen (X ve Y) doğrultularındaki yatay öteleme rijitliklerinin farklı olması nedeniyle, binaların  $\beta = 0^\circ \sim 180^\circ$  arasındaki deprem doğrultuları için titreşim özellikleri birbirinden farklı, ancak  $T_{1,e} - \beta$  grafiklerindeki  $\beta = 90^\circ$  ve  $\beta = 180^\circ$ 'ye göre simetrik olmaktadır (Şekil 4.19).
- Plandaki her iki asal eksene (X ve Y) göre simetrik veya antimetrik olmayan 3KC-11 binanın  $\beta = 0^\circ \sim 360^\circ$  arasındaki deprem doğrultuları için titreşim özellikleri birbirinden farklı, ancak  $T_{1,e} - \beta$  grafiklerindeki  $\beta = 90^\circ$  ve  $\beta = 180^\circ$ 'ye göre yaklaşık simetrik olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.19).



Şekil 4.19 İncelenen binaların  $T_{1,e}$  birinci doğal titreşim periyotlarının  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi

#### 4.4.3 Binaların Görelî Kat Ötelemesi Taleplerinin Belirlenmesi

Çalışmada gözönüne alınan her bir  $\beta$  deprem doğrultusu için YKY ile belirlenen performans noktaları esas alınarak, tepe yerdeğiştirmesi taleplerine ulaşmış betonarme binaların (1KC, 3KC, 5KC ve 8KC) her bir katındaki  $\Delta_i$  görelî kat ötelemesi talepleri belirlenmiştir.

İncelenen binaların her bir  $\beta$  deprem doğrultusu için YKY'nden elde edilen  $\delta_i$  kat yerdeğiştirmelerinden yararlanılarak, (4.1) bağıntısı ile hesaplanan  $\Delta_i$  görelî kat ötelemelerinin  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi Şekil 4.20–4.24'de, katlara göre değişimleri ise Şekil 4.25–4.27'deki grafiklerde verilmiştir.

$$\Delta_i = \frac{\delta_i - \delta_{i-1}}{h_i} \quad (4.1)$$

Burada;

$\Delta_i$  görelî kat ötelemesini,  $\delta_i$  ve  $\delta_{i-1}$  sırasıyla ardışık iki katın yerdeğiştirmelerini,  $h_i$  kat yüksekliğini göstermektedir.

Çalışma kapsamında incelenen simetrik veya antimetrik binaların (1KC–[1-4], 3KC–[1-10], 5KC ve 8KC) görelî kat ötelemesi talepleri  $\beta = 0^\circ \sim 180^\circ$  arasında elde edilmiştir. Deprem yüklerinin binaların  $\beta = 180^\circ \sim 360^\circ$  arasında etkimesi halinde elde edilecek görelî kat ötelemesi talepleri, ( $\Delta_i \sim \beta$ ) grafiklerindeki  $\beta = 180^\circ$ 'ye göre simetrik olacaktır (şekil 4.20–4.24).

İncelenen 3KC, 5KC ve 8KC betonarme binaların üst katlarındaki (3KC için 2. ve 3. katlar, 5KC için 3., 4. ve 5. katlar, 8KC için 2.–3. katlar ) en elverişsiz görelî kat ötelemesi talepleri, deprem yüklerinin binaların plandaki asal eksen doğrultularından etkimesi halinde oluşmaktadır. Buna karşın, binaların alt katlarındaki (3KC için 1. kat, 5KC için 1. ve 2. katlar, 8KC için 1., 2. ve 3. katlar ) görelî kat ötelemesi taleplerine ait en elverişsiz değerler, deprem yüklerinin binaların plandaki asal eksenlerinden farklı ara doğrultulardan etkimesi halinde oluşmaktadır.

İncelenen binaların alt katları için,  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultularındaki  $(\Delta_i)_{cr}$  görelî kat ötelemesi taleplerinin, plandaki asal eksen (X ve Y) doğrultularından elde edilenlere  $((\Delta_i)_{asal})$  göre hesaplanan *rölatif farkları (%)* ve *değişim oranları* Çizelge 4.21'de verilmiştir.

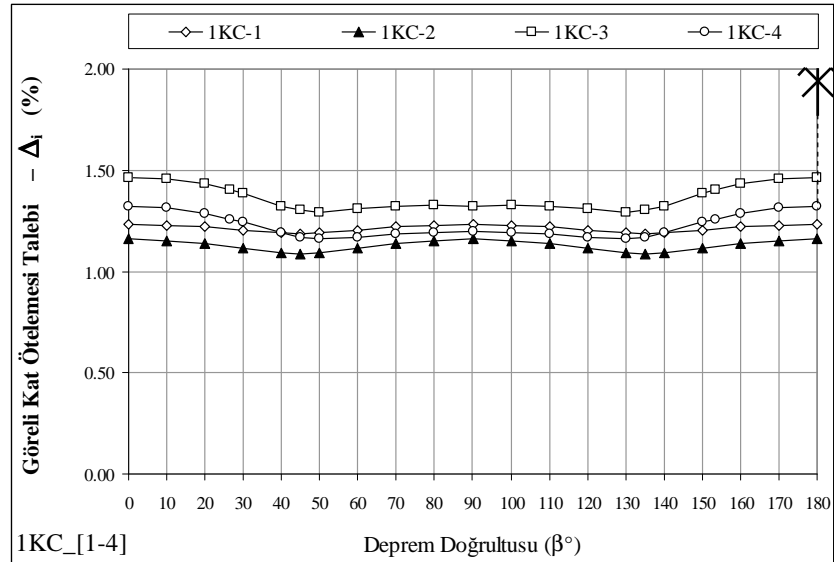
Buna göre, 3KC, 5KC ve 8KC binaların alt katları için,  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultularındaki  $(\Delta_i)_{cr}$  görelî kat ötelemesi taleplerinin, plandaki asal eksen (X ve Y) doğrultularından elde edilenlere  $((\Delta_i)_{asal})$  göre;

|                          | <u>Minimum</u>        | <u>Maksimum</u>      | <u>Ortalama</u>      |
|--------------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|
| <b>3KC-[1-11]</b> için : | <b>+%2.8 (1.028)</b>  | <b>%23.1 (1.231)</b> | <b>%16.2 (1.162)</b> |
| <b>5KC</b> için :        | <b>+%15.9 (1.159)</b> | <b>%44.9 (1.449)</b> | <b>%30.4 (1.304)</b> |
| <b>8KC</b> için :        | <b>+%8.1 (1.081)</b>  | <b>%70.8 (1.708)</b> | <b>%35.8 (1.358)</b> |

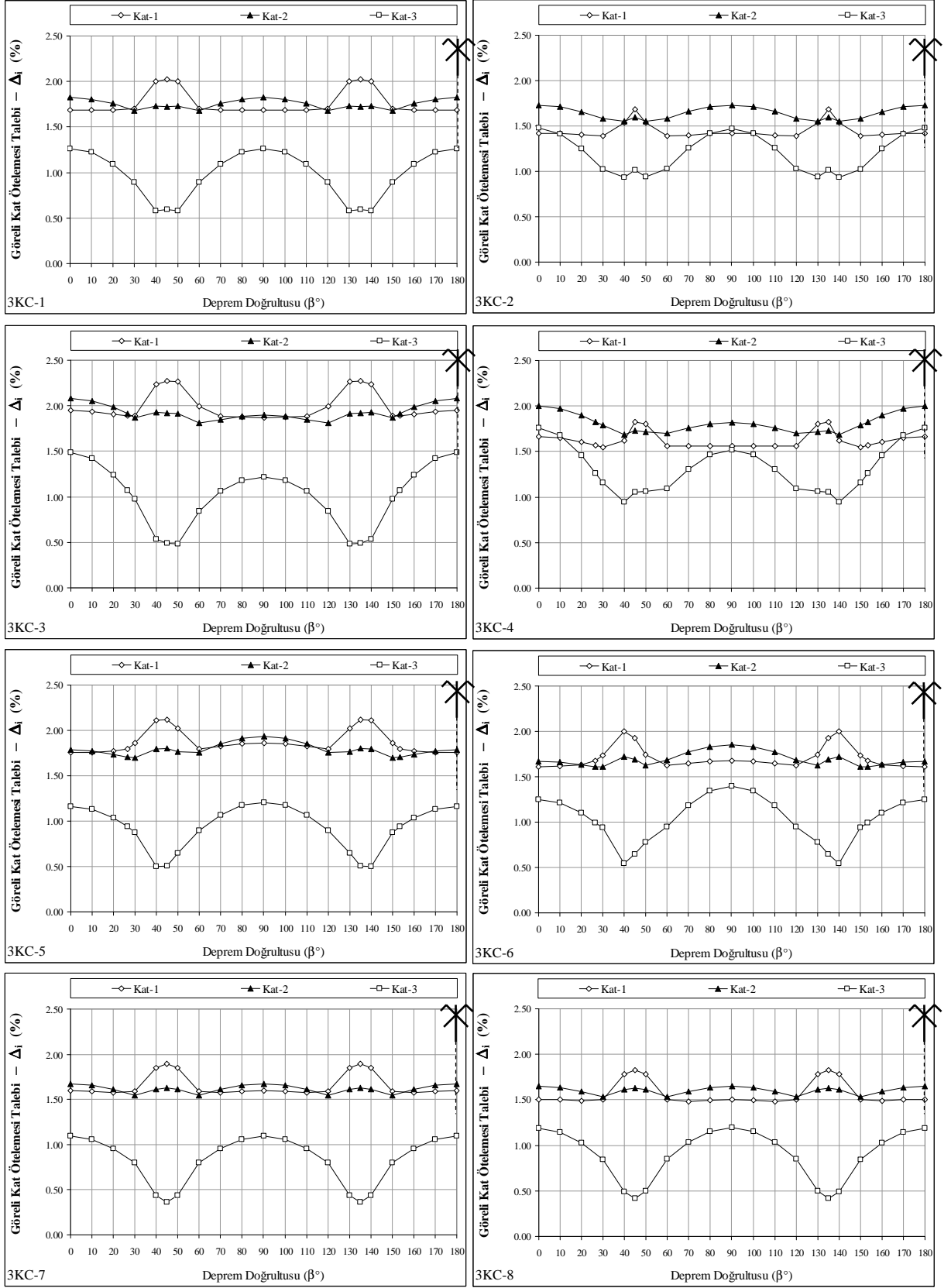
oranında arttığı belirlenmiştir (Çizelge 4.21).

Çizelge 4.21 İncelenen binaların kritik deprem ve asal eksen doğrultuları için elde edilen  $\Delta_i$  görelî kat ötelemesi taleplerinin karşılaştırılması

| Bina     | Kat | $(\Delta_i)_{asal}^{maks.}$ | $(\Delta_i)_{cr}$ | Kritik deprem doğrultusu<br>$(\beta_{cr}^\circ)$ | Rölatif Fark (%)                   | Değişim Oranı                  |       |
|----------|-----|-----------------------------|-------------------|--|------------------------------------|--------------------------------|-------|
|          |     | (%)                         | (%)               |  | $\left(\frac{[2]-[1]}{[1]}\right)$ | $\left(\frac{[2]}{[1]}\right)$ |       |
|          |     | [1]                         | [2]               |  |                                    |                                |       |
| 3KC-1    | 1   | 1.687                       | 2.023             | 45°, 135°  | +19.9                              | 1.199                          |       |
| 3KC-2    |     | 1.422                       | 1.687             |  | +18.6                              | 1.186                          |       |
| 3KC-3    |     | 1.949                       | 2.272             |  | +16.6                              | 1.166                          |       |
| 3KC-4    |     | 1.662                       | 1.825             |  | 225°, 315°                         | +9.8                           | 1.098 |
| 3KC-5    |     | 1.860                       | 2.116             |  | +13.8                              | 1.138                          |       |
| 3KC-6    |     | 1.673                       | 2.001             | 40°, 140°<br>220°, 320°                          | +19.6                              | 1.196                          |       |
| 3KC-7    |     | 1.595                       | 1.892             | 45°, 135°  | +18.6                              | 1.186                          |       |
| 3KC-8    |     | 1.504                       | 1.823             | 225°, 315°                                       | +21.2                              | 1.212                          |       |
| 3KC-9    |     | 1.659                       | 2.043             | 30°, 150°  | +23.1                              | 1.231                          |       |
| 3KC-10   |     | 1.563                       | 1.782             | 210°, 330°                                       | +14.0                              | 1.140                          |       |
| 3KC-11   |     | 1.584                       | 1.629             | 225°   | +2.8                               | 1.028                          |       |
| 5KC      | 2   | 1.239                       | 1.795             | 45°, 135°  | +44.9                              | 1.449                          |       |
|          | 1   | 1.388                       | 1.608             |  | +15.9                              | 1.159                          |       |
| 8KC      | 3   | 0.876                       | 1.496             |  | 225°, 315°                         | +70.8                          | 1.708 |
|          | 2   | 1.255                       | 1.613             | +28.5  |                                    | 1.285                          |       |
|          | 1   | 1.419                       | 1.534             | +8.1   |                                    | 1.081                          |       |
| Ortalama |     |                             |                   |  | <b>+21.6</b>                       | <b>1.216</b>                   |       |

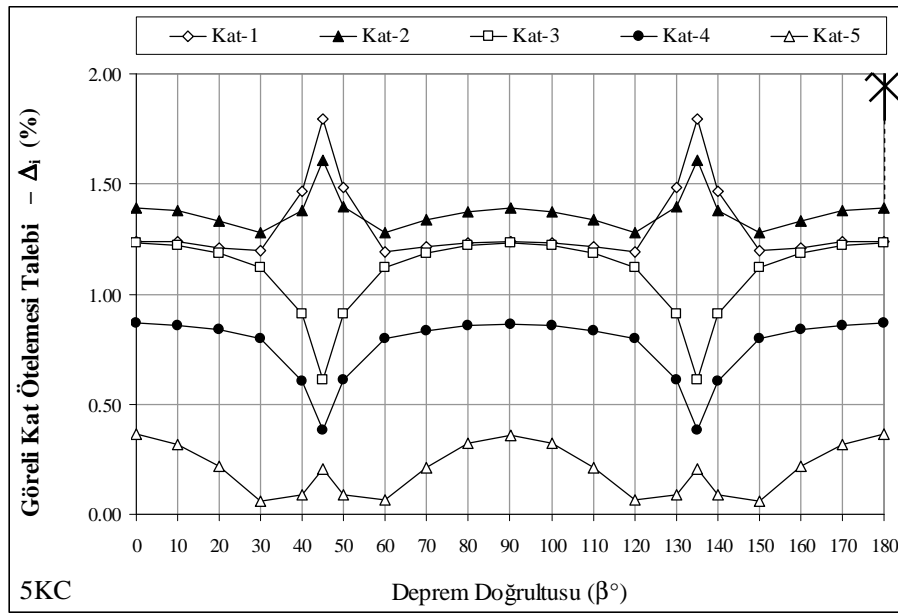
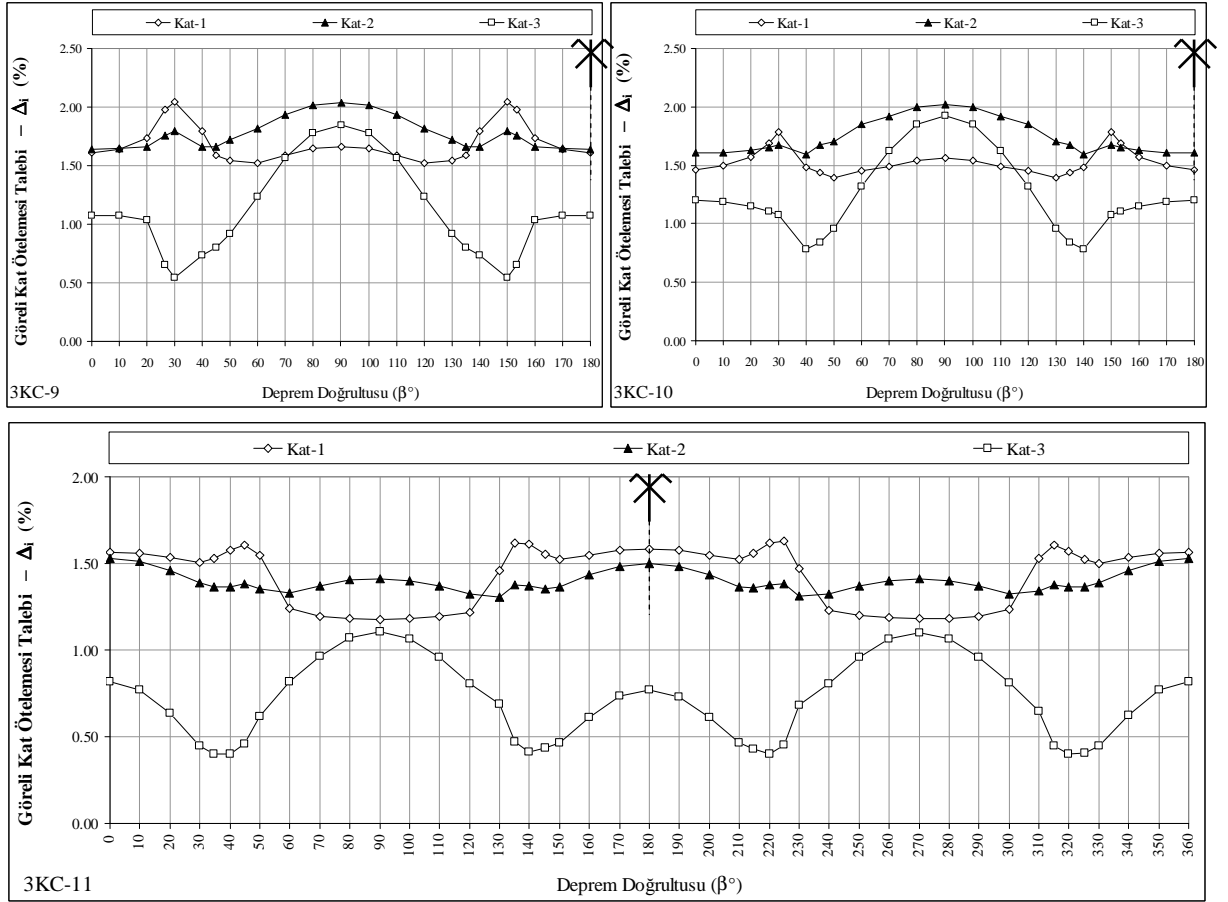


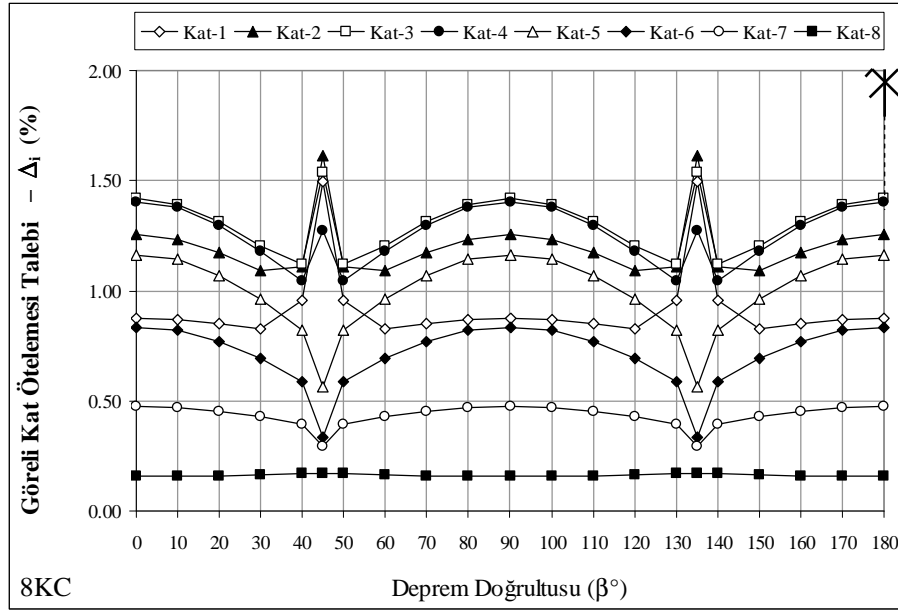
Şekil 4.20 1KC-[1-4] binaların görelî kat ötelemesi taleplerinin  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi



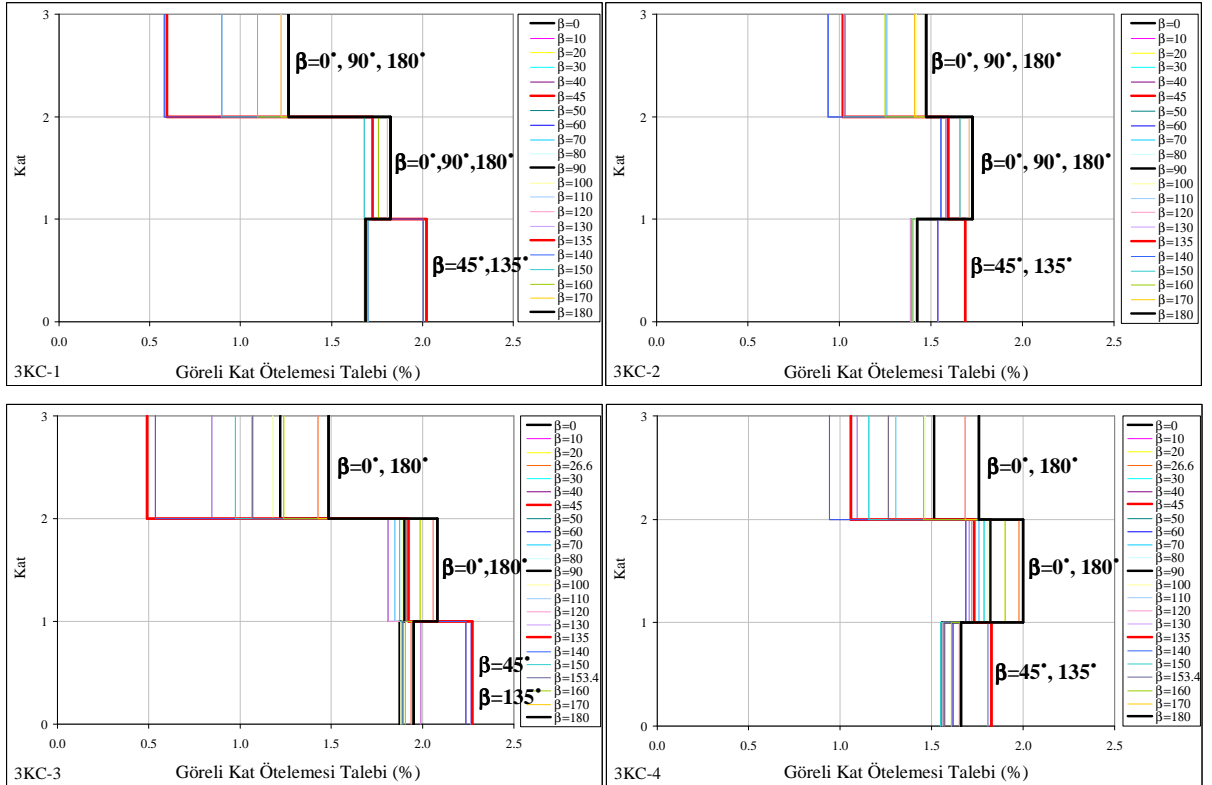
Şekil 4.21 3KC-[1-8] binaların görece kat ötelemesi taleplerinin  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi



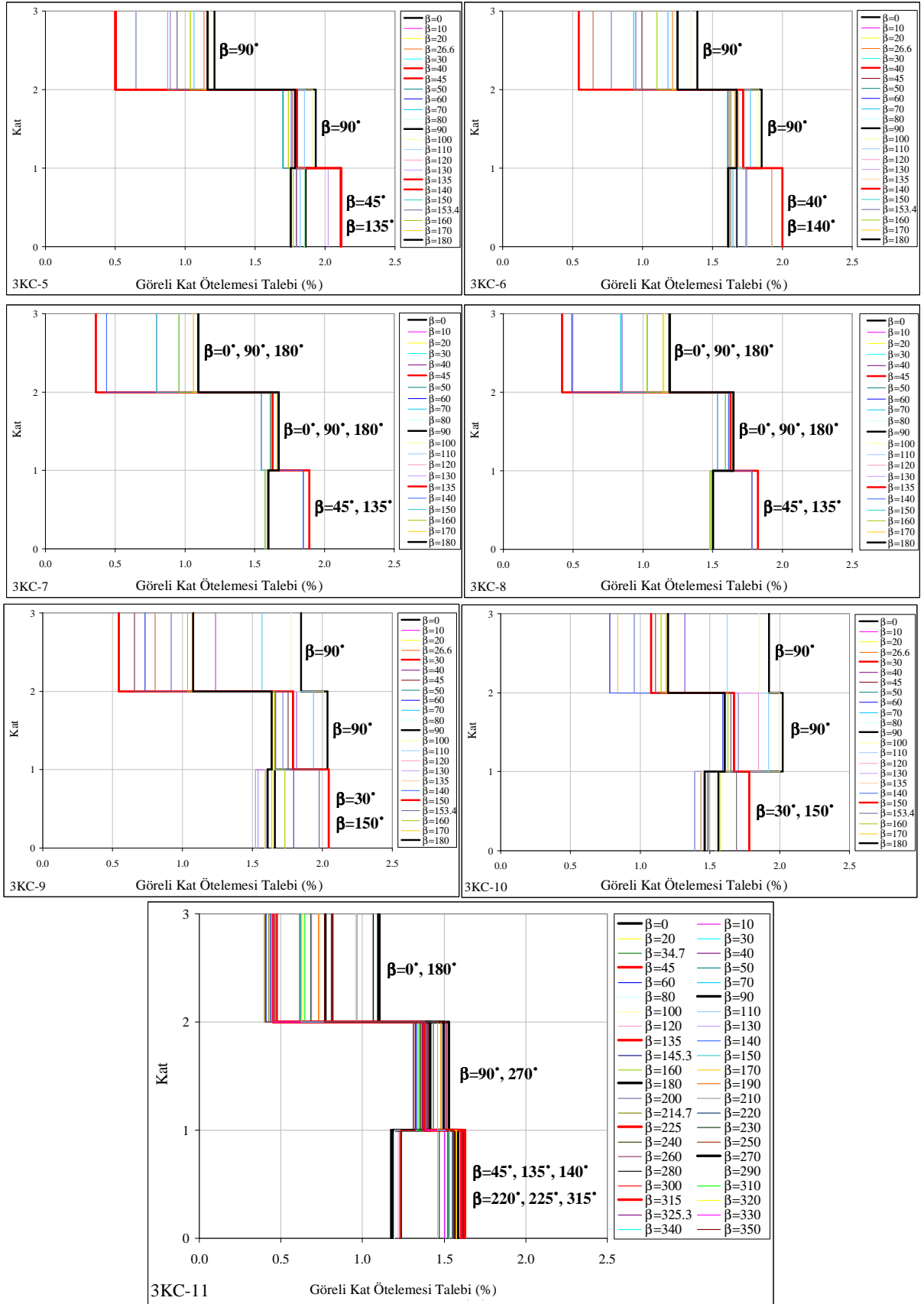




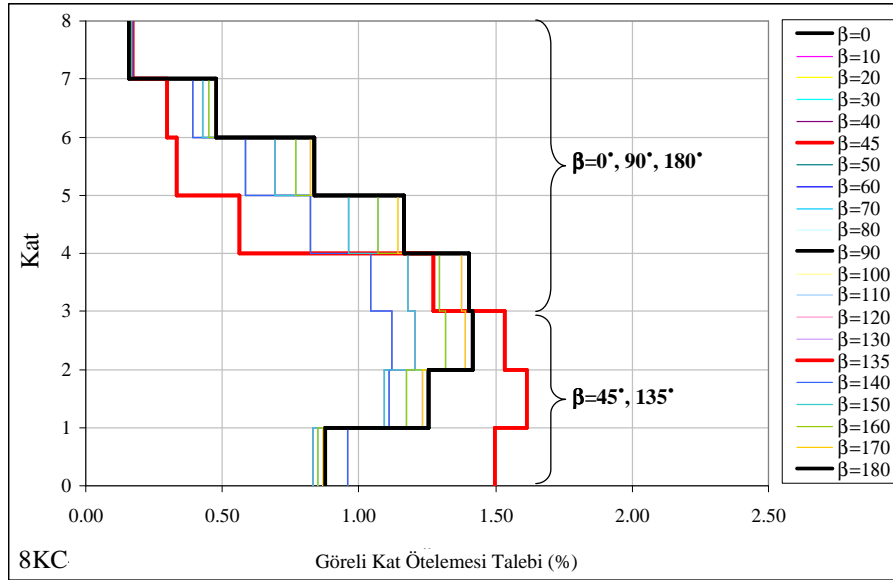
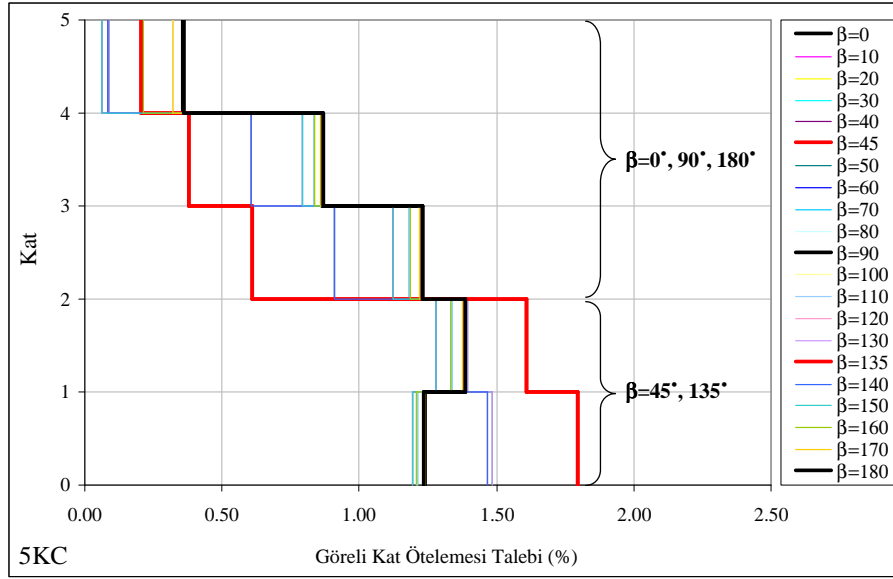
Şekil 4.24 8KC binanın görel kat ötelemesi taleplerinin  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi



Şekil 4.25 3KC-[1-4] binalarda görel kat ötelemesi taleplerinin katlara göre değişimi

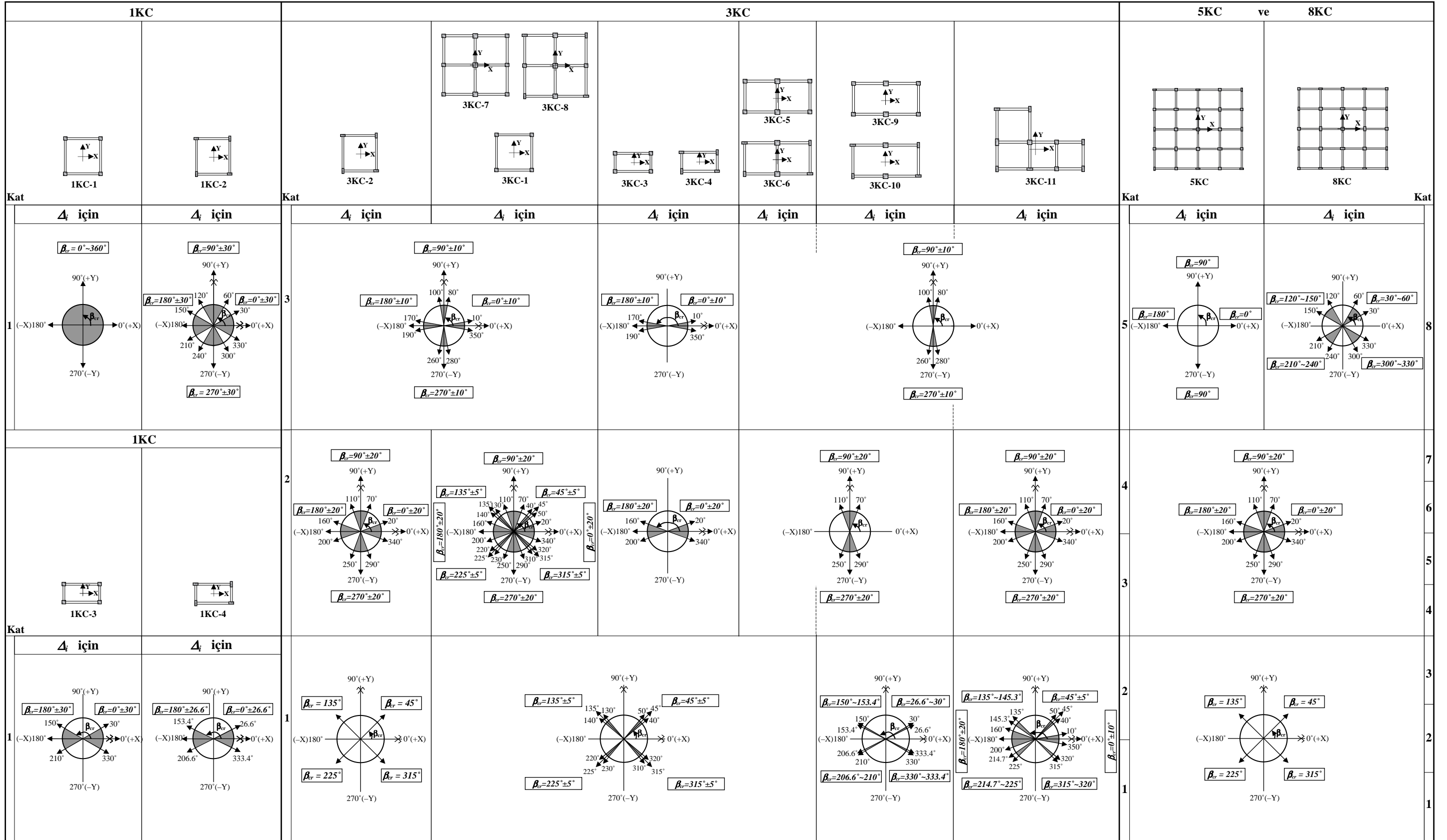


Şekil 4.26 3KC-[5-11] binalarda görel kat ötelemesi taleplerinin katlara göre değişimi



Şekil 4.27 5KC ve 8KC binalarda görel kat ötelemesi taleplerinin katlara göre değişimi

İncelenen betonarme binaların  $\beta = 0^\circ \sim 180^\circ$  arasında gözönüne alınan deprem doğrultuları için  $\Delta_i$  görel kat ötelemesi taleplerinin  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi ( $\Delta_i - \beta$ ) ve ayrıca, görel kat ötelemesi taleplerinin katlara göre değişimleri için hazırlanan grafiklerden yararlanılarak (Şekil 4.20 – 4.27), deprem yüklerinin  $\beta = 0^\circ \sim 360^\circ$  arasında etkimesi halinde, binaların üst ve alt katlarındaki en elverişsiz ve ona çok yakın değerlerdeki görel kat ötelemesi talepleri  $[(0.95 \sim 1.00)(\Delta_i)_{cr}]$  için  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultuları Şekil 4.28’de şematik olarak verilmiştir.



Şekil 4.28 İncelenen betonarme binaların üst ve alt katlarındaki en elverişsiz ve ona çok yakın değerlerdeki görel kat ötelemesi talepleri  $[(0.95 \sim 1.00) (\Delta_i)_{cr}]$  için  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultuları

#### 4.4.4 Binaların Plastik Kesit Dağılımlarının Belirlenmesi

Çalışmada gözönüne alınan her bir  $\beta$  deprem doğrultusu için YKY ile belirlenen performans noktaları esas alınarak, tepe yerdeğiştirmesi taleplerine ulaşmış betonarme binaların iki doğrultulu artımsal statik itme (pushover) analizleri sonucunda, oluşan plastik kesitlerin (plastik mafsalların) taşıyıcı sistem üzerindeki dağılımları belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında incelenen simetrik veya antimetrik binalar için (1KC–[1-4], 3KC–[1-10], 5KC ve 8KC), plastik kesitlerin (plastik mafsalların) taşıyıcı sistem üzerindeki dağılımları  $\beta = 0^\circ \sim 180^\circ$  arasında elde edilmiştir. Deprem yüklerinin  $\beta = 0^\circ \sim 180^\circ$  arasında etkimesi halinde elde edilen plastik kesit dağılımları ile  $\beta = 180^\circ \sim 360^\circ$  arasında X–X eksenine göre antimetriği olan  $\beta$  değerleri için elde edilen plastik kesit dağılımları aynı olmaktadır. Örneğin, 1KC–1 binanın  $\beta = 45^\circ$  deprem doğrultusu için plastik kesitlerin taşıyıcı sistem üzerindeki dağılımı ile  $\beta = 225^\circ$  ( $45^\circ + 180^\circ$ ) doğrultu için elde edilen plastik kesitlerin dağılımı aynıdır.

Plandaki her iki asal eksene (X ve Y) göre simetrik olmayan 3KC–11 binada ise, deprem yükleri  $\beta = 0^\circ \sim 360^\circ$  arasındaki doğrultularda etkililmiş ve taşıyıcı sistem elemanlarındaki (kiriş ve kolonlarda) plastik kesitlerin yerleri belirlenmiştir.

Ayrıca;

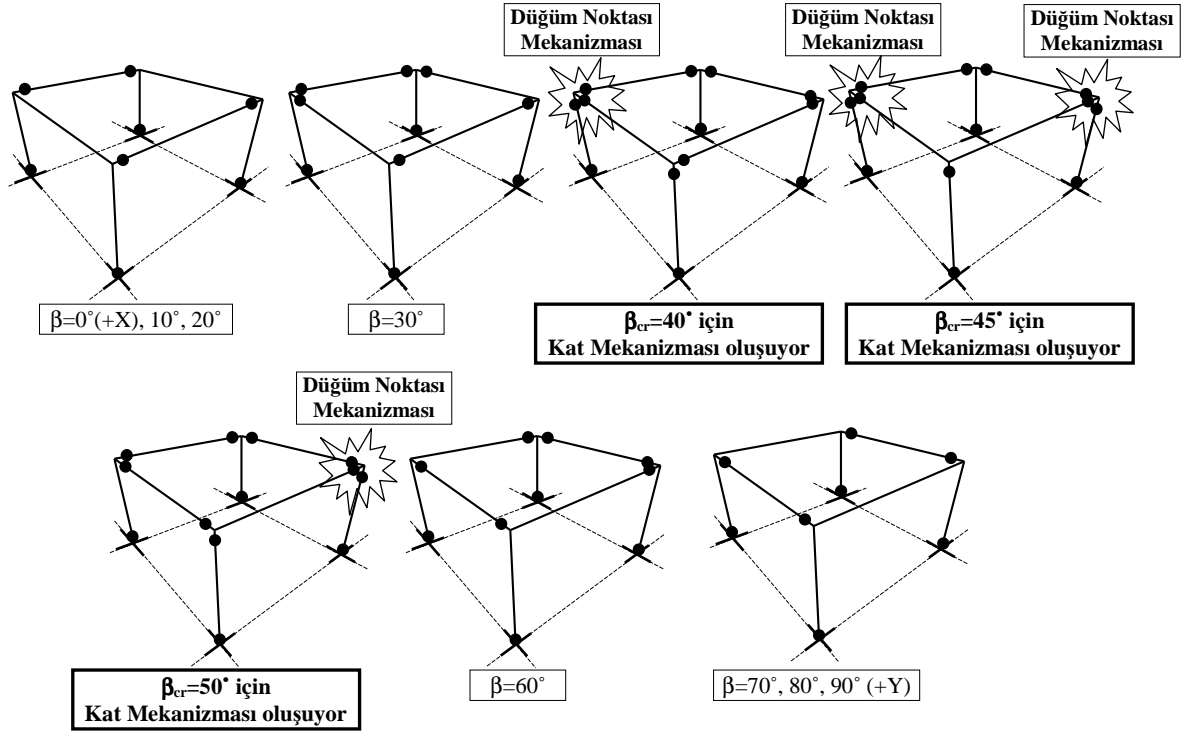
- 1KC–[1-4], 3KC–[1-10], 5KC ve 8KC binaların  $\beta = 0^\circ \sim 90^\circ$  arasındaki deprem doğrultuları için artımsal statik itme (pushover) analizleri sonucunda taşıyıcı sistem elemanlarında oluşan plastik kesit dağılımları ile  $\beta = 90^\circ \sim 180^\circ$  arasında Y–Y eksenine göre simetriği olan  $\beta$  değerleri için elde edilen plastik kesit dağılımları oldukça benzer olduğundan, sadece  $\beta = 0^\circ \sim 90^\circ$  arasındaki deprem doğrultuları için plastik kesit dağılımları verilmiştir. Buna göre, incelenen betonarme binaların  $\beta = 0^\circ \sim 90^\circ$  arasında gözönüne alınan her bir  $\beta$  deprem doğrultusu için performans noktalarındaki plastik kesit dağılımları 1KC–[1-4] için Şekil 4.29–4.32’de, 3KC–[1-10] için Şekil 4.33–4.42’de 5KC için Şekil 4.44’de ve 8KC için Şekil 4.45’de verilmiştir.

- 3KC-11 binada ise,  $\beta=0^\circ \sim 180^\circ$  arasındaki deprem doğrultuları için artımsal statik itme (pushover) analizleri sonucunda taşıyıcı sistem elemanlarında oluşan plastik kesit dağılımları,  $\beta=180^\circ \sim 360^\circ$  arasında elde edilenlere oldukça benzer olduğundan, sadece  $\beta=0^\circ \sim 180^\circ$  arasındaki deprem doğrultuları için plastik kesit dağılımları verilmiştir (Şekil 4.43).

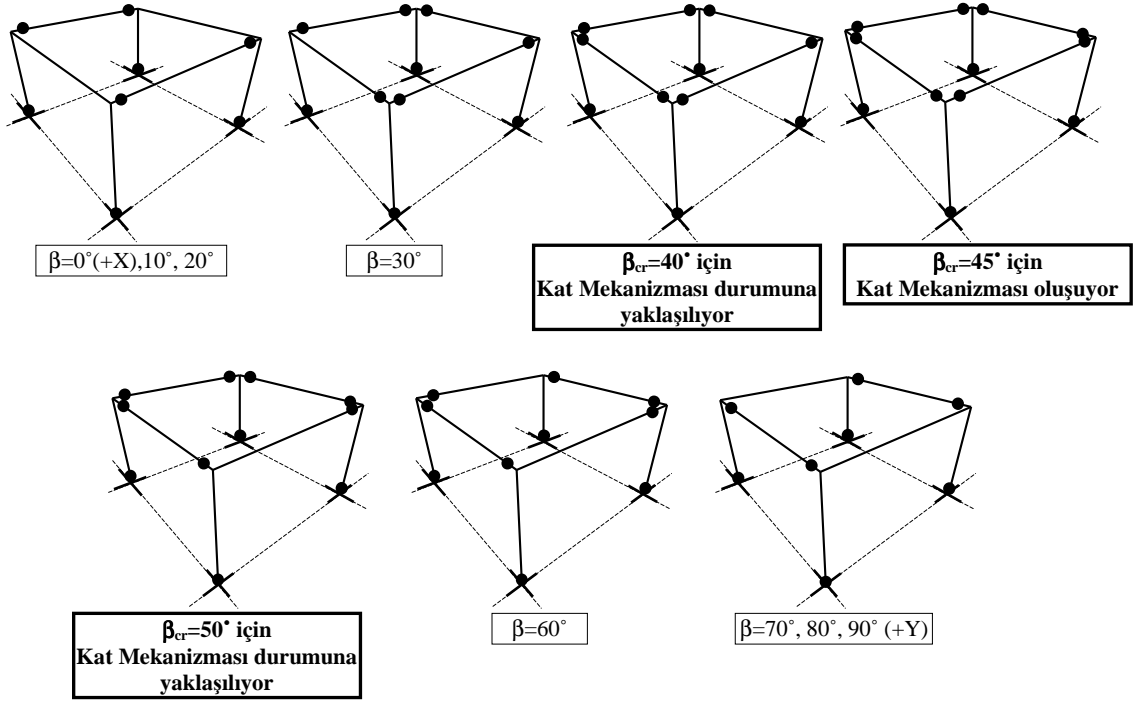
İncelenen betonarme binaların taşıyıcı sistemlerindeki en elverişsiz plastik kesit dağılımlarını (şemasını) oluşturan  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultularının belirlenmesinde;

- Kat (panel) mekanizmasının oluşması durumu,
- Düğüm noktası mekanizmasının oluşması durumu,
- Her iki mekanizmanın birlikte oluşması durumu ve
- Kat (panel) mekanizmasının oluşmasına en yakın plastik kesit dağılımlarını veren durum

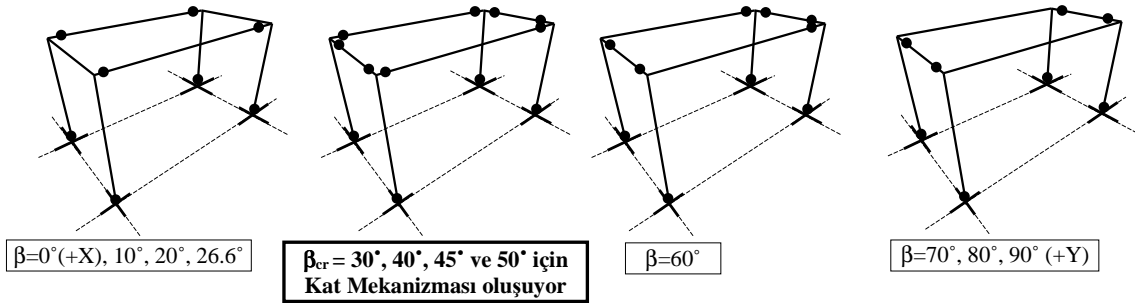
gözönünde bulundurulmuş ve bu durumlardan herhangi biri veya birkaçının oluşması esas alınmıştır.



Şekil 4.29 1KC-1 bina için ilgili  $\beta$  lara ait performans noktalarındaki plastik kesit dağılımları

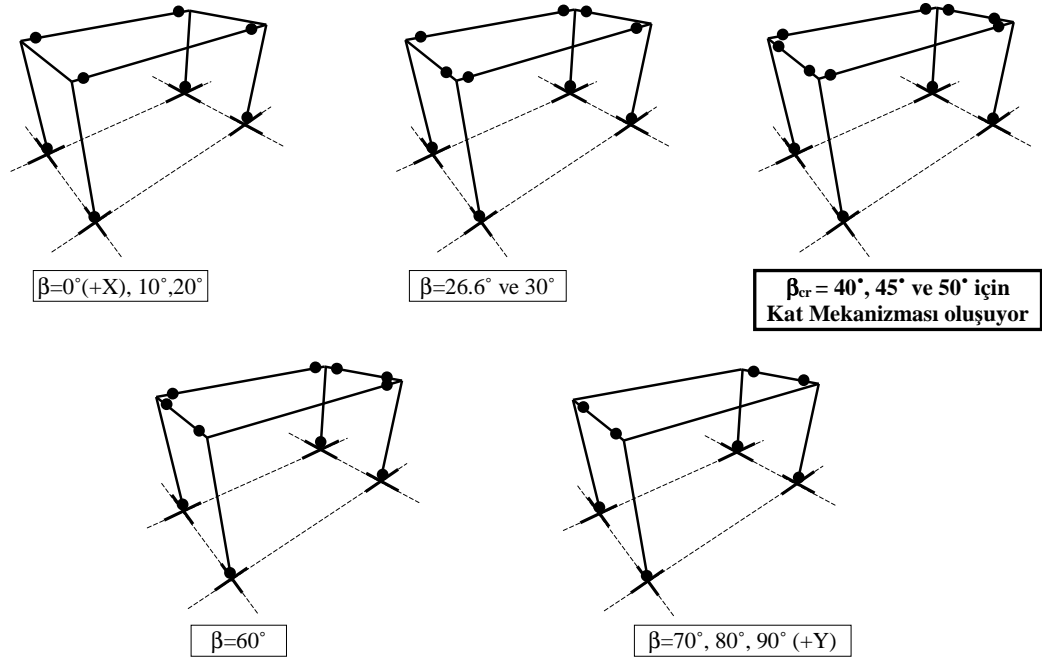


Şekil 4.30 1KC-2 bina için ilgili  $\beta$ lara ait performans noktalarındaki plastik kesit dağılımları

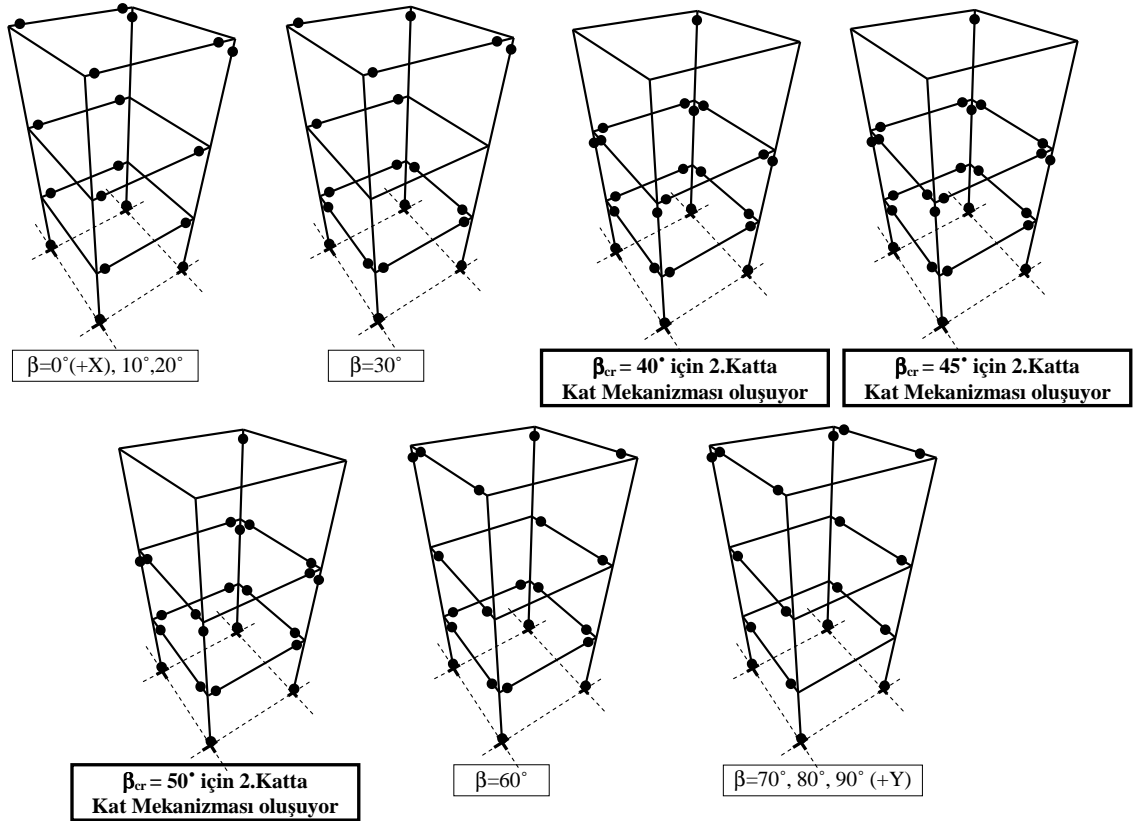


Şekil 4.31 1KC-3 bina için ilgili  $\beta$ lara ait performans noktalarındaki plastik kesit dağılımları

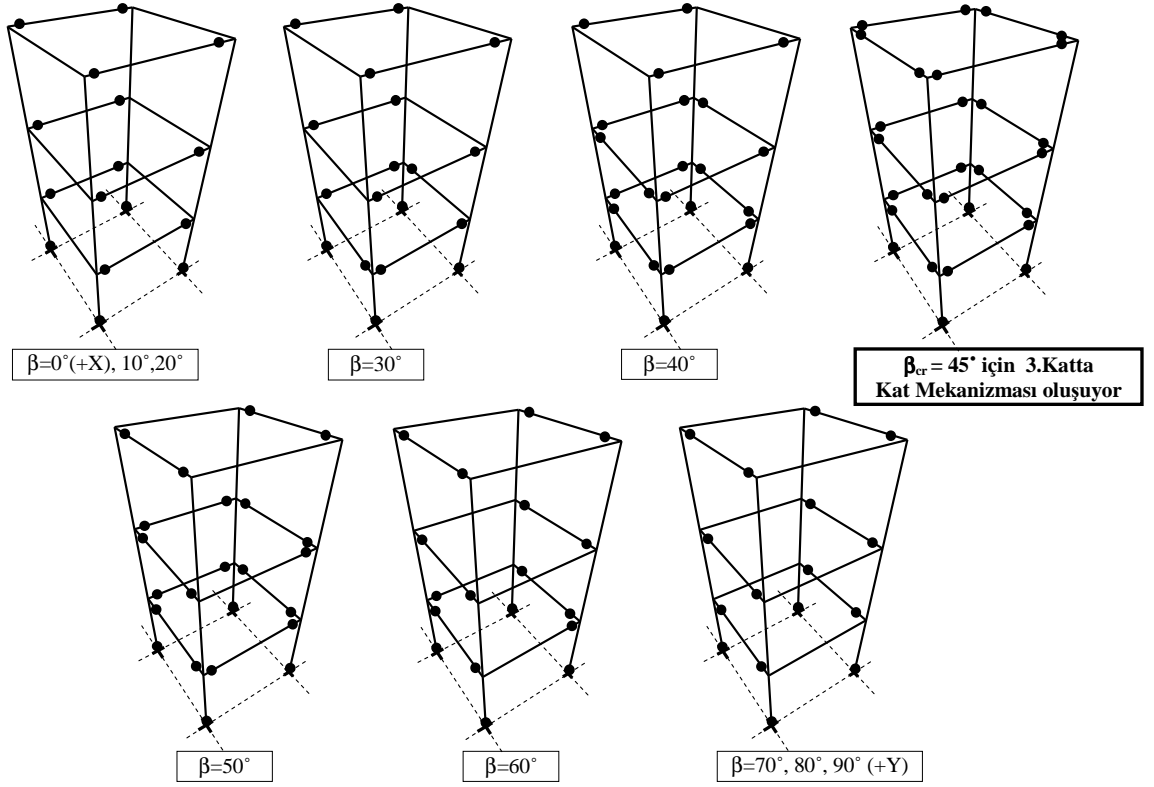




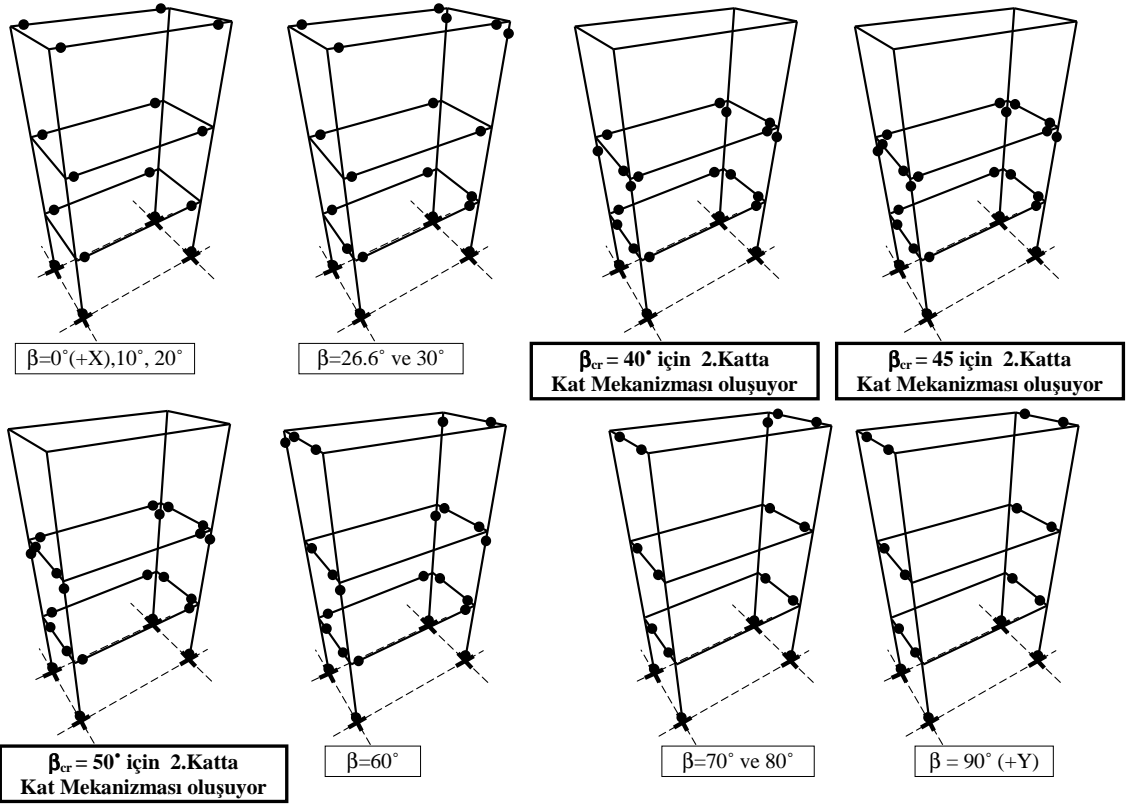
Şekil 4.32 1KC-4 bina için ilgili  $\beta$  lara ait performans noktalarındaki plastik kesit dağılımları



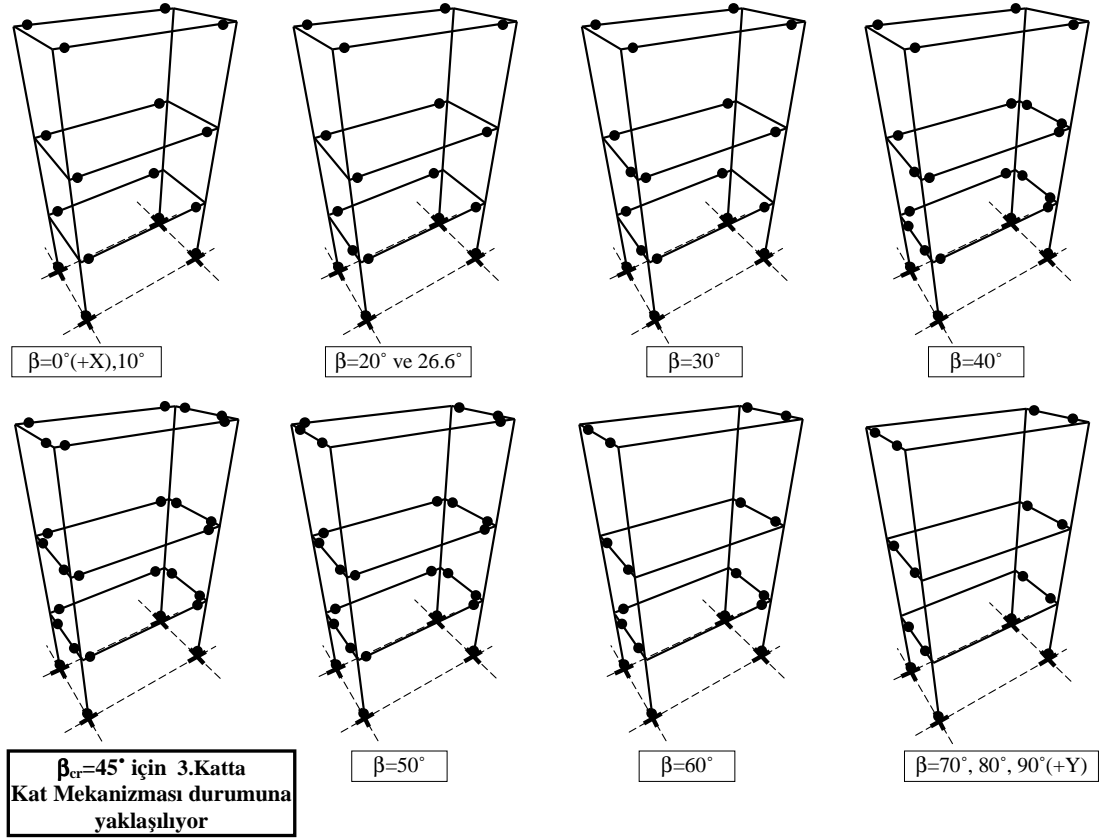
Şekil 4.33 3KC-1 bina için ilgili  $\beta$  lara ait performans noktalarındaki plastik kesit dağılımları



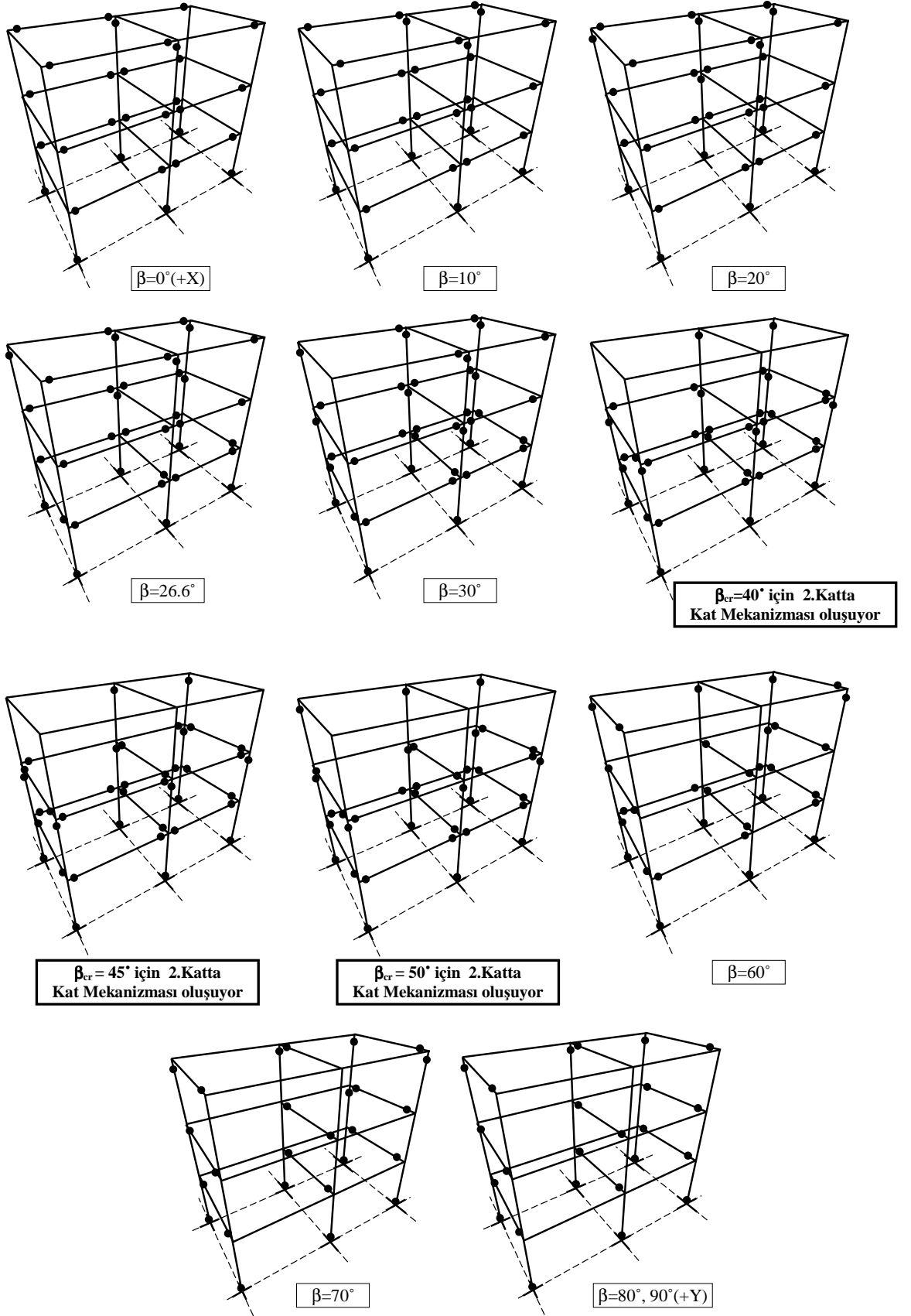
Şekil 4.34 3KC-2 bina için ilgili  $\beta$ lara ait performans noktalarındaki plastik kesit dağılımları



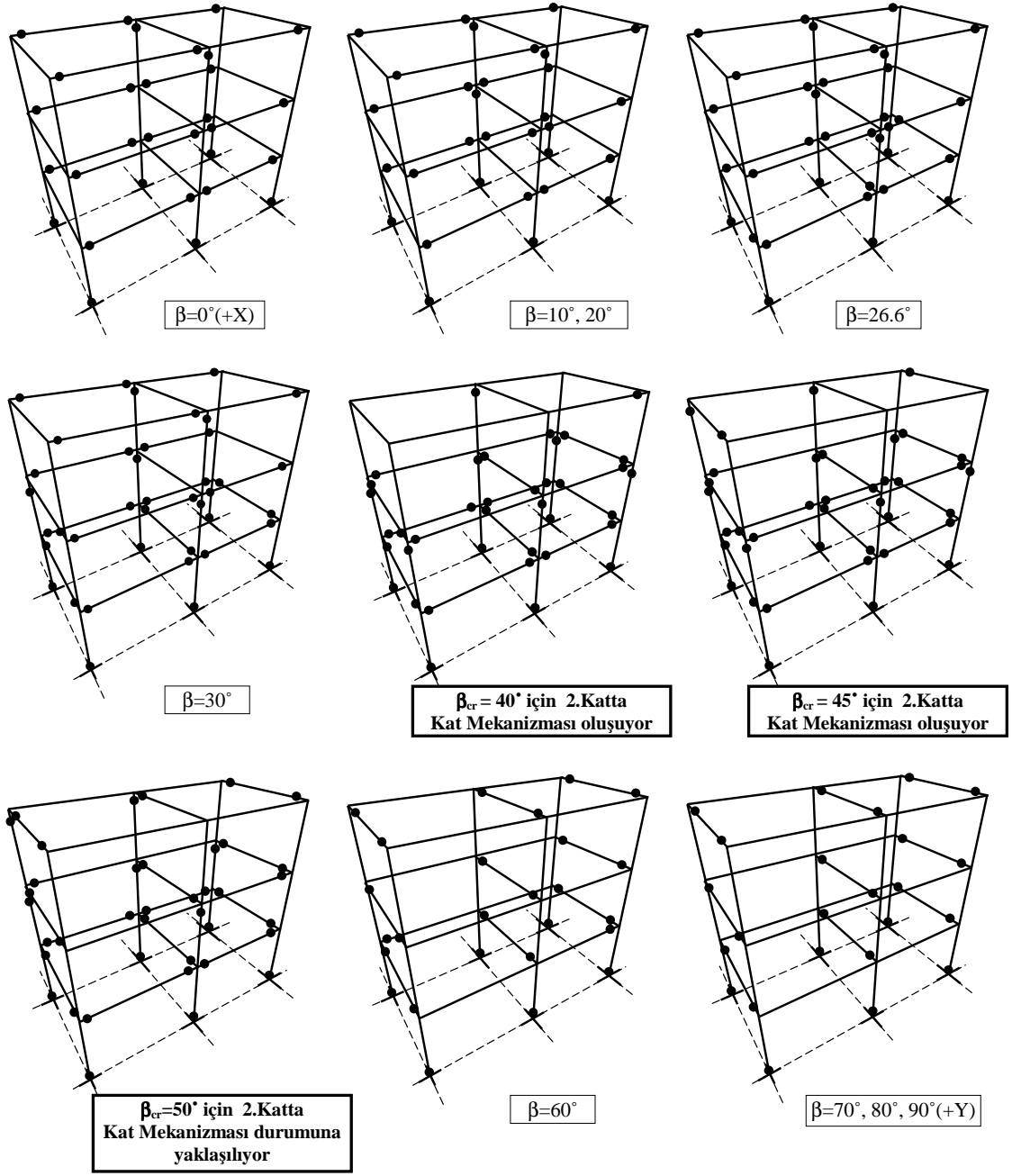
Şekil 4.35 3KC-3 bina için ilgili  $\beta$ lara ait performans noktalarındaki plastik kesit dağılımları



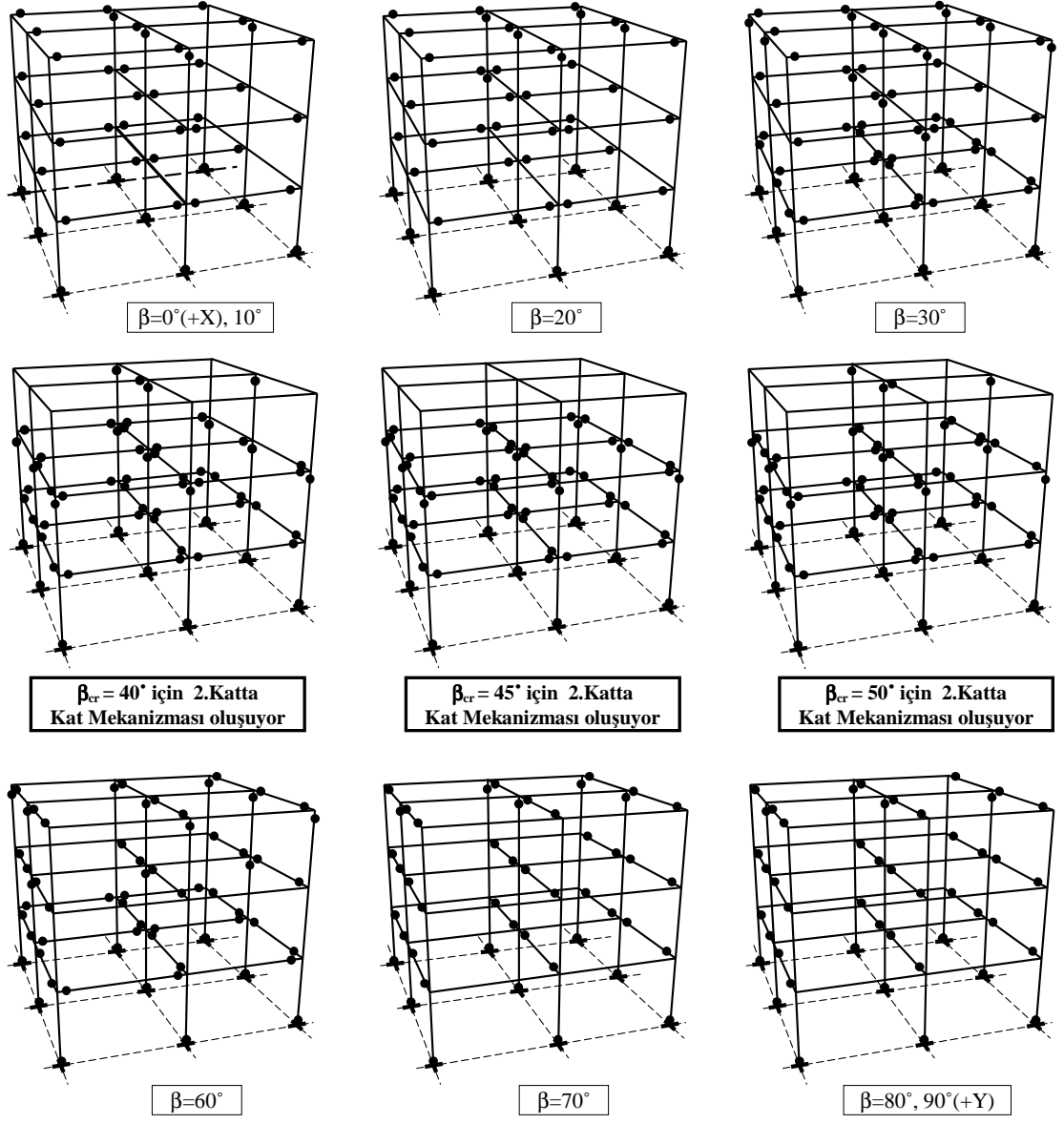
Şekil 4.36 3KC-4 bina için ilgili  $\beta$  lara ait performans noktalarındaki plastik kesit dağılımları



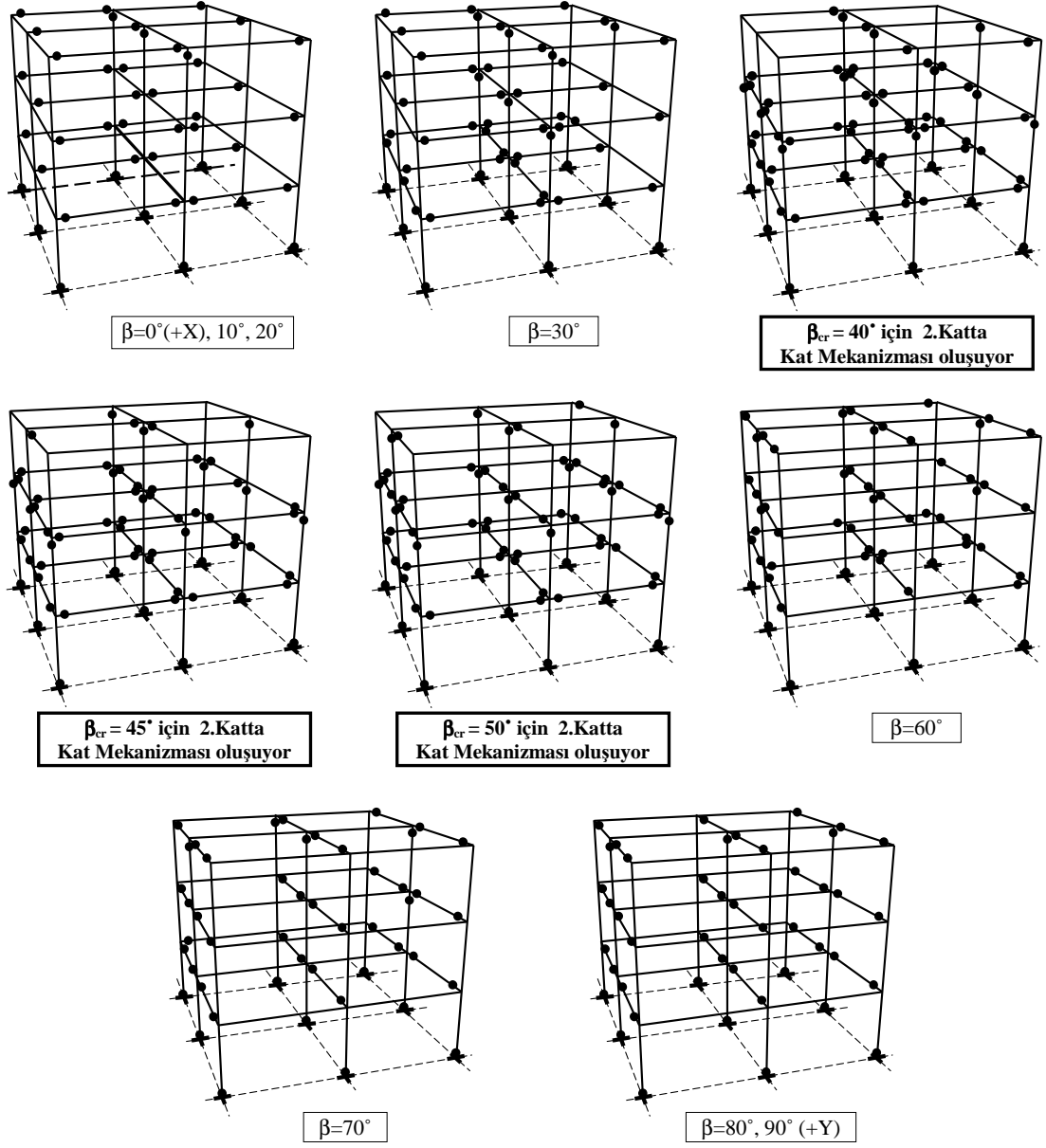
Şekil 4.37 3KC-5 bina için ilgili  $\beta$  lara ait performans noktalarındaki plastik kesit dağılımları



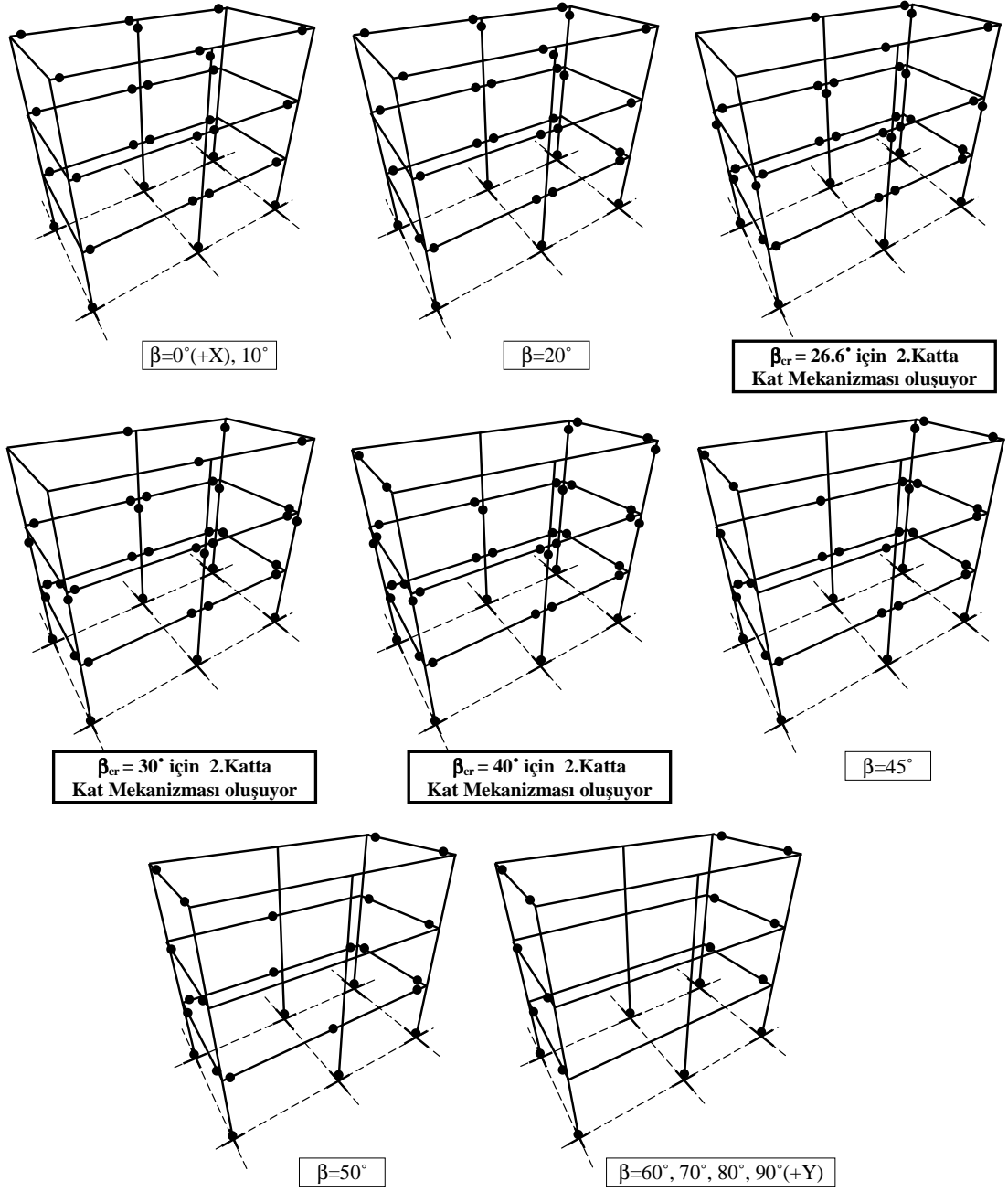
Şekil 4.38 3KC-6 bina için ilgili  $\beta$  lara ait performans noktalarındaki plastik kesit dağılımları



Şekil 4.39 3KC-7 bina için ilgili  $\beta$  lara ait performans noktalarındaki plastik kesit dağılımları

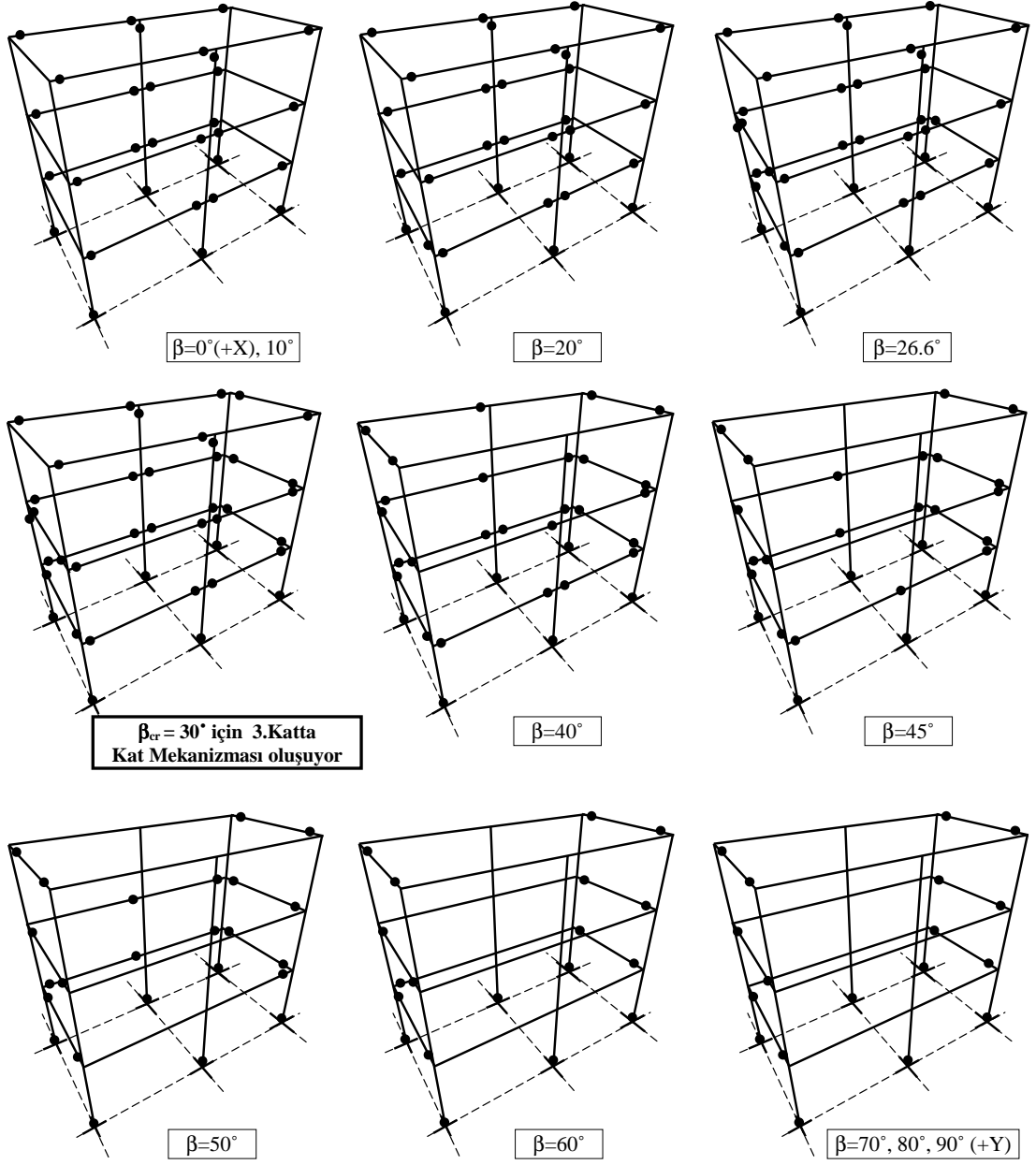


Şekil 4.40 3KC-8 bina için ilgili  $\beta$  lara ait performans noktalarındaki plastik kesit dağılımları

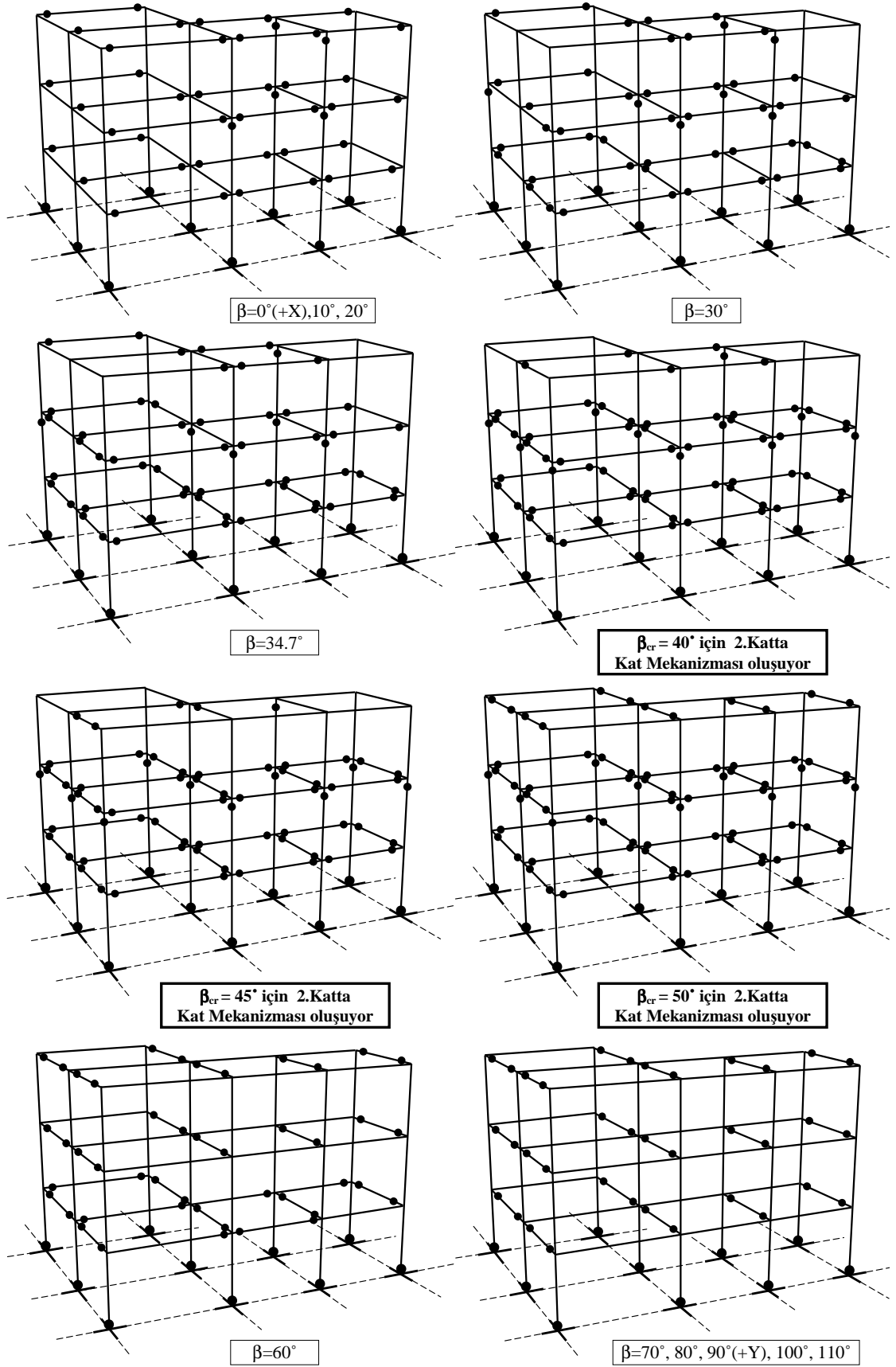


Şekil 4.41 3KC-9 bina için ilgili  $\beta$  lara ait performans noktalarındaki plastik kesit dağılımları

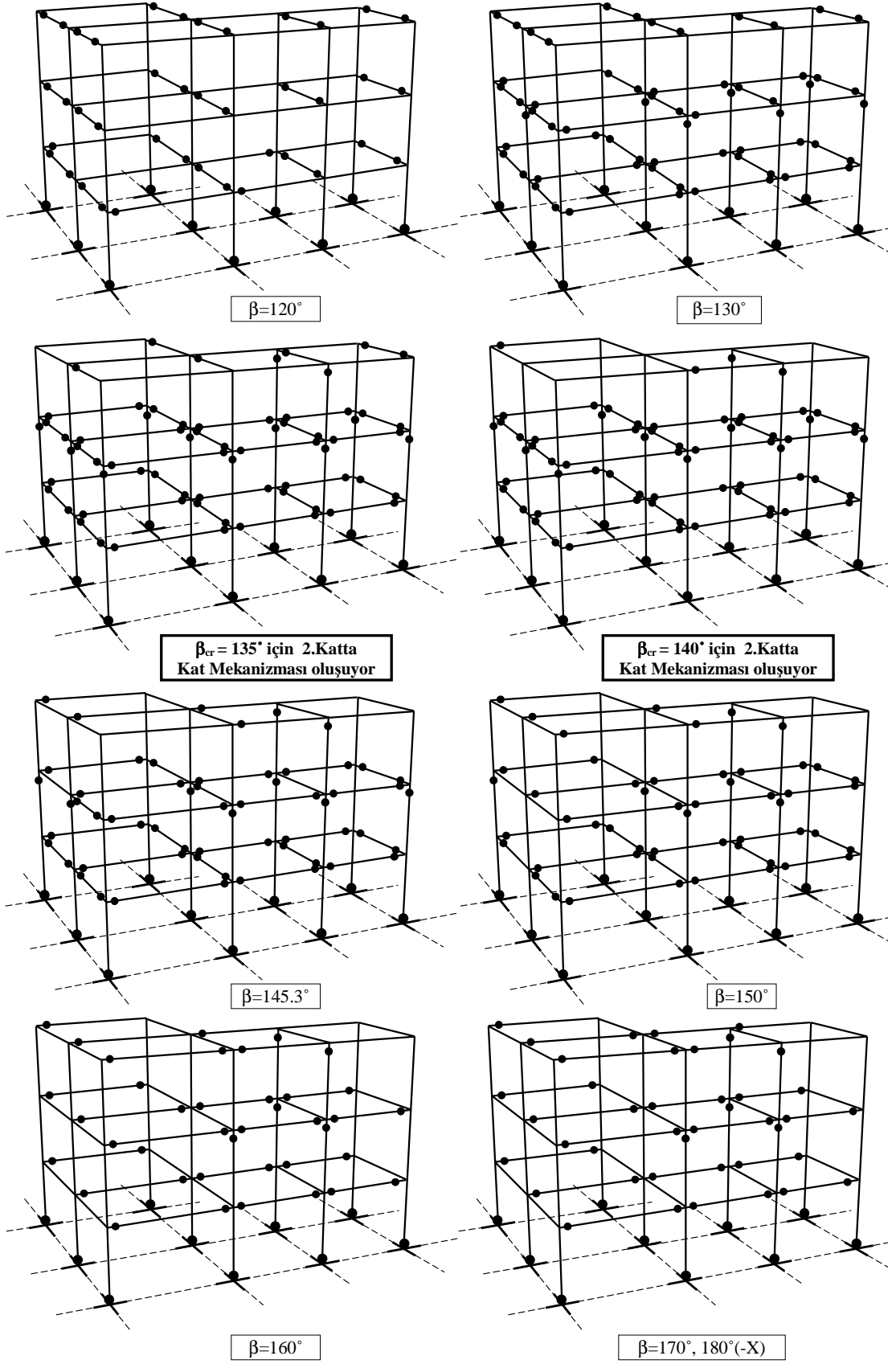




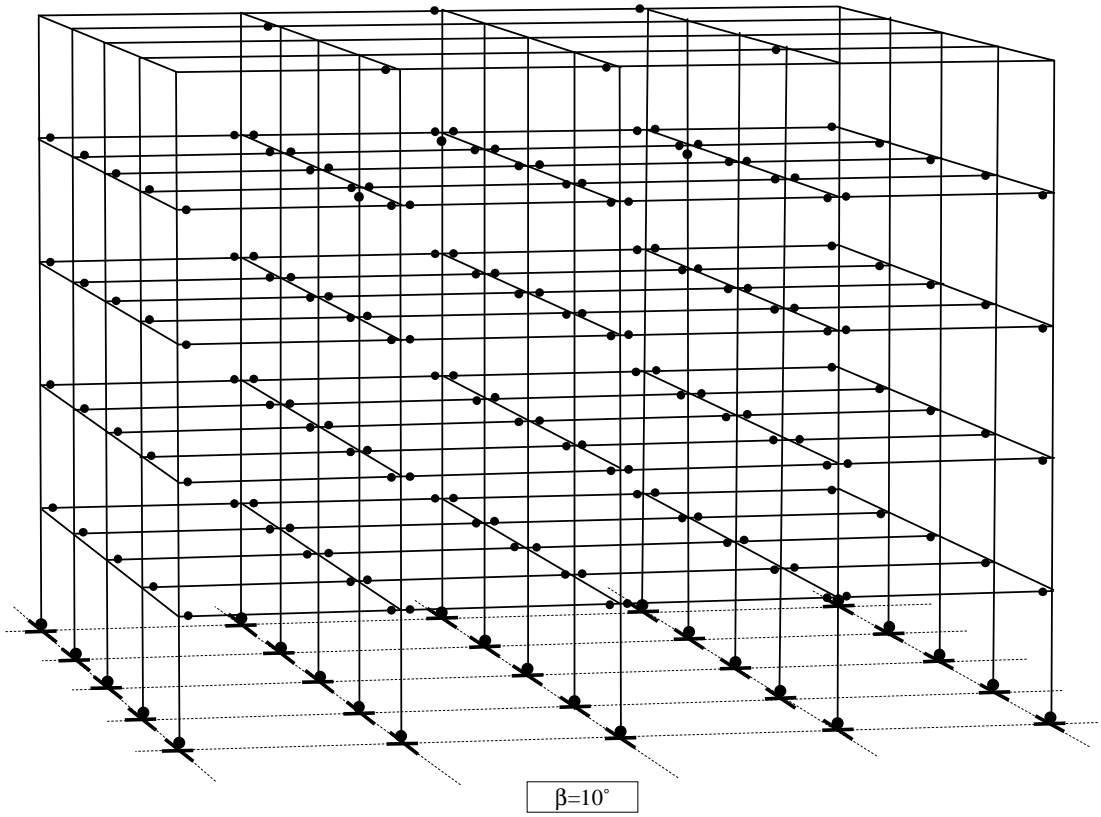
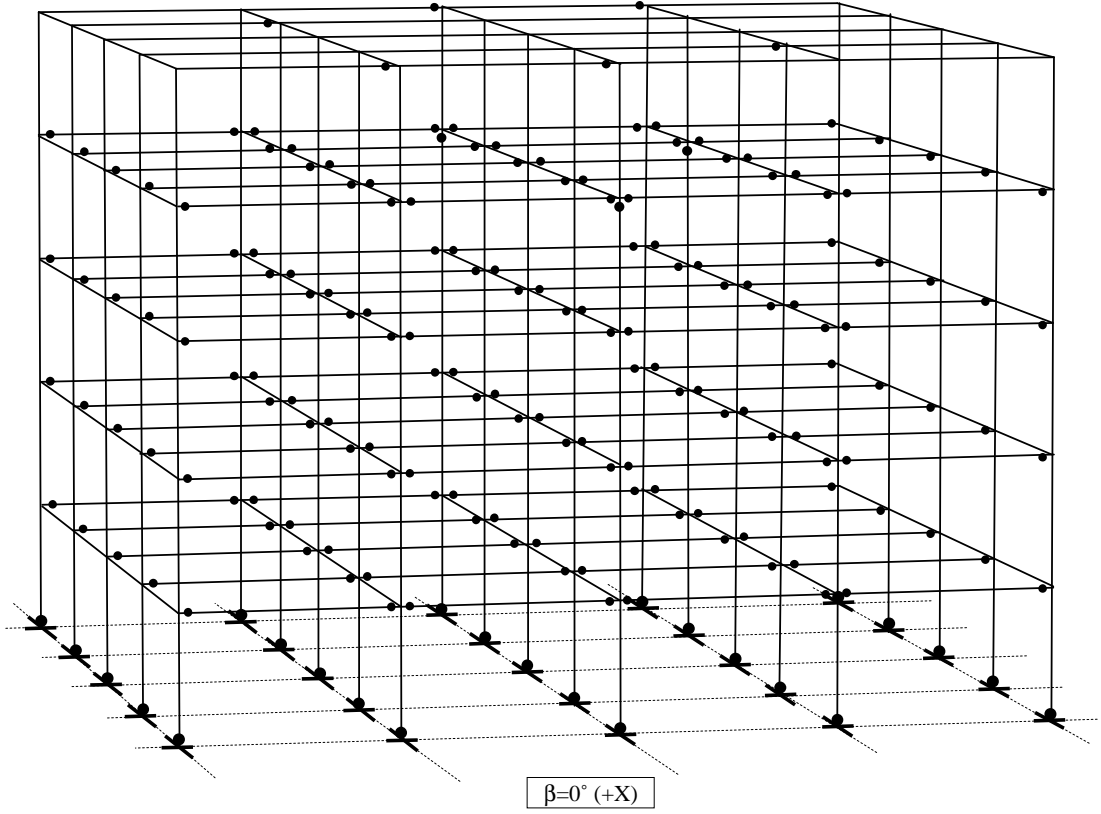
Şekil 4.42 3KC-10 bina için ilgili  $\beta$  lara ait performans noktalarındaki plastik kesit dağılımları



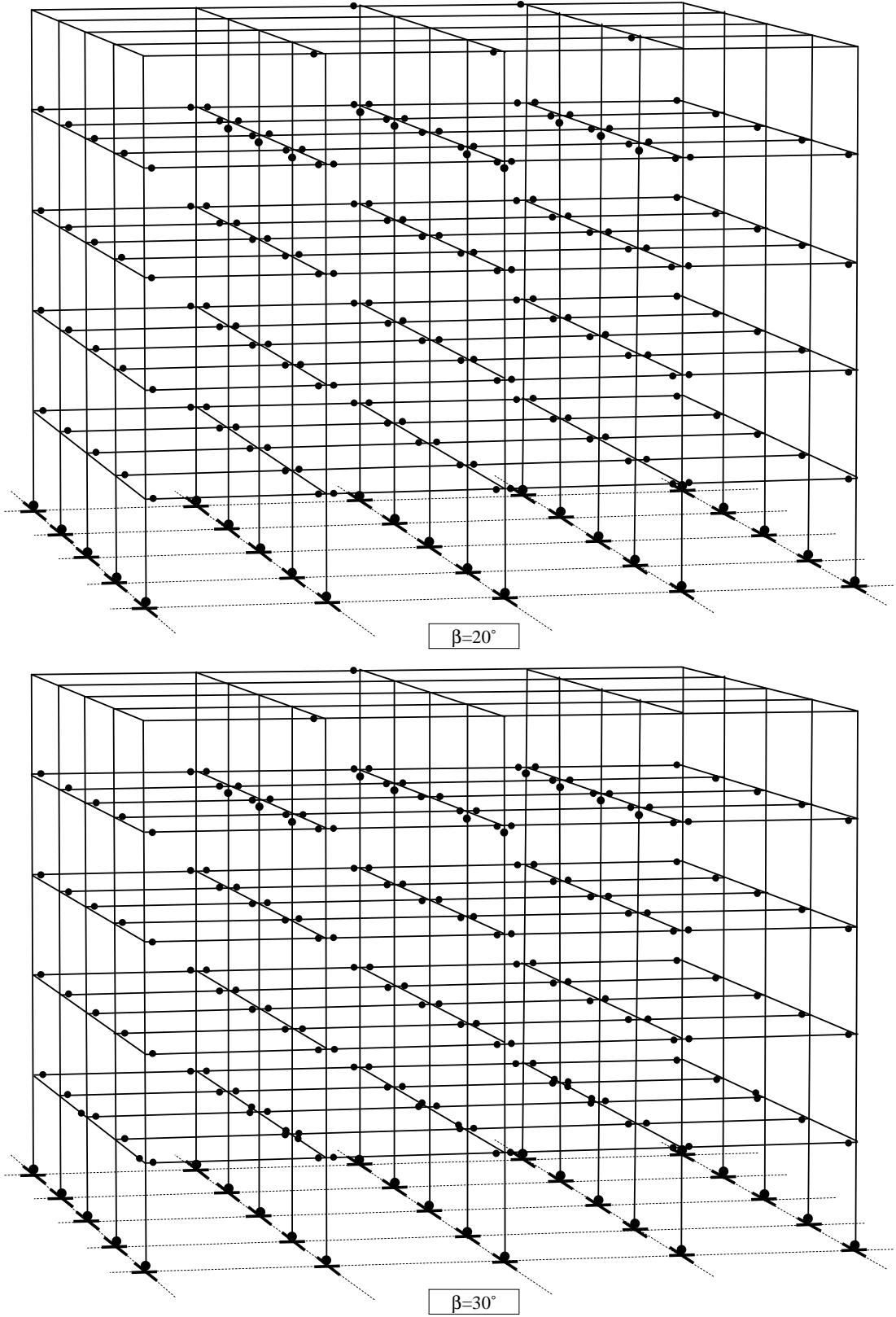
Şekil 4.43 3K-11 bina için ilgili  $\beta$ lara ait performans noktalarındaki plastik kesit dağılımları



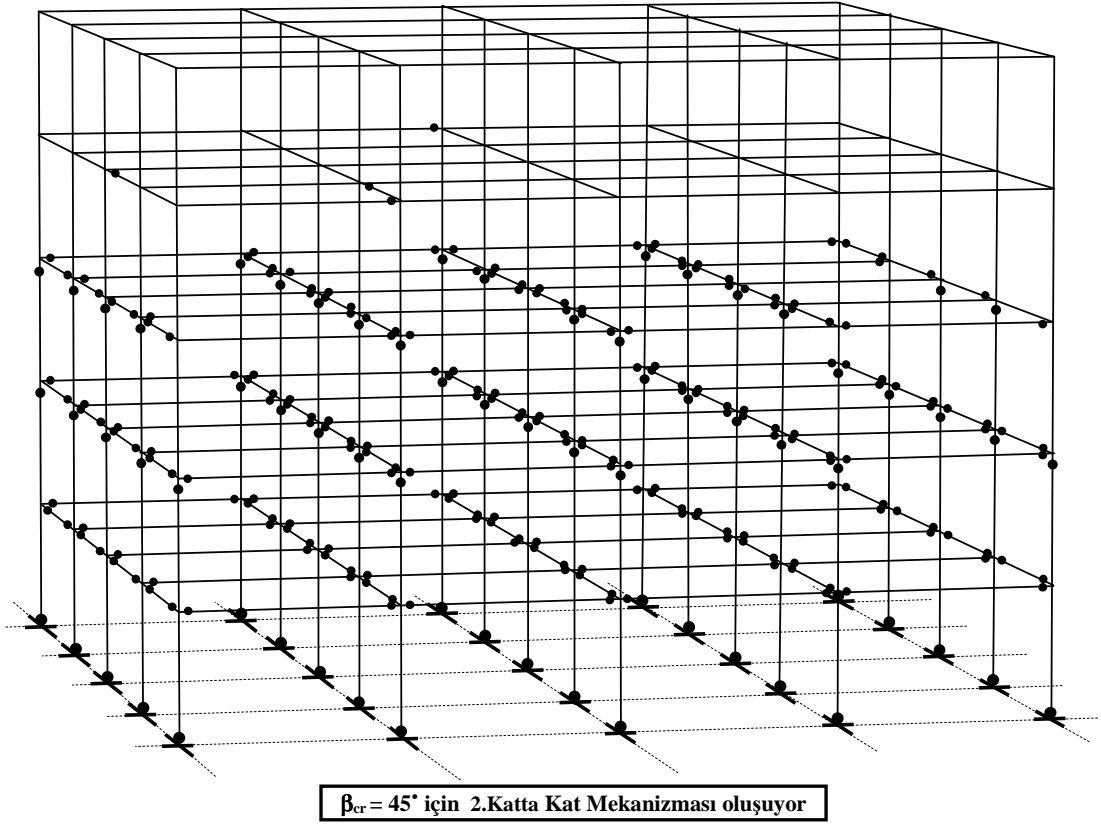
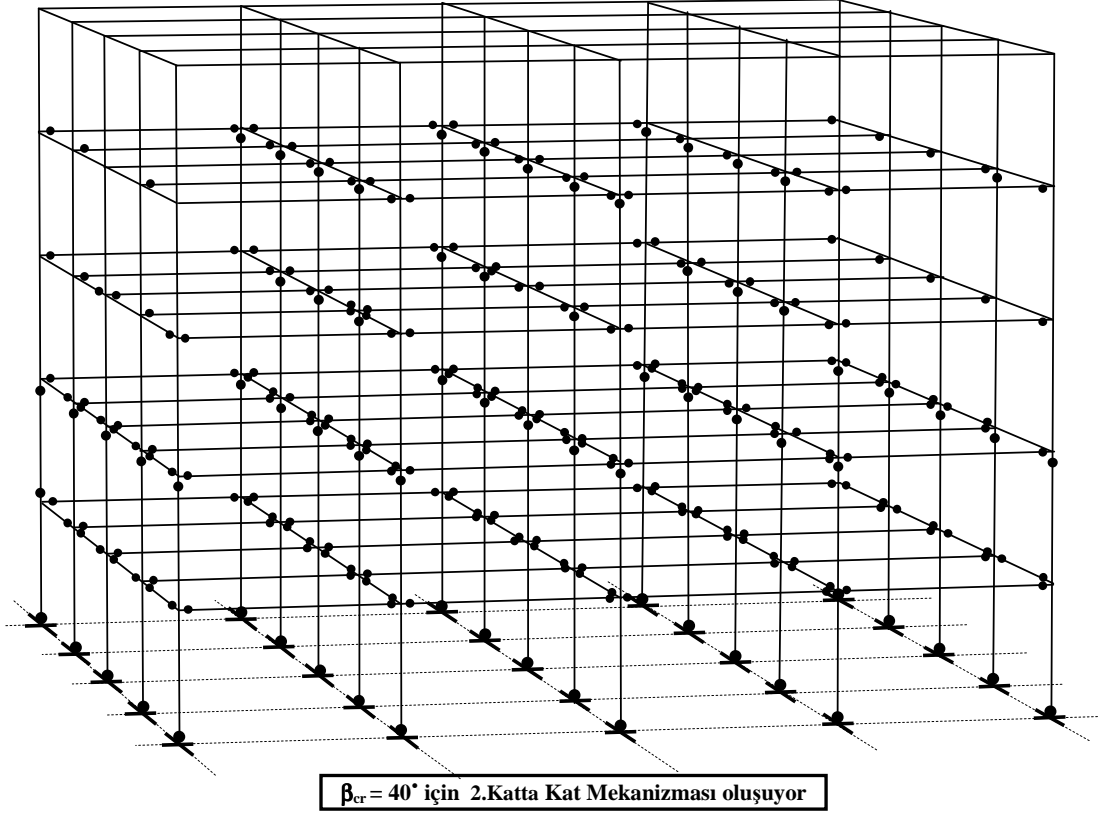
Şekil 4.43 3KC-11 bina için ilgili  $\beta$  lara ait performans noktalarındaki plastik kesit dağılımları (devam)



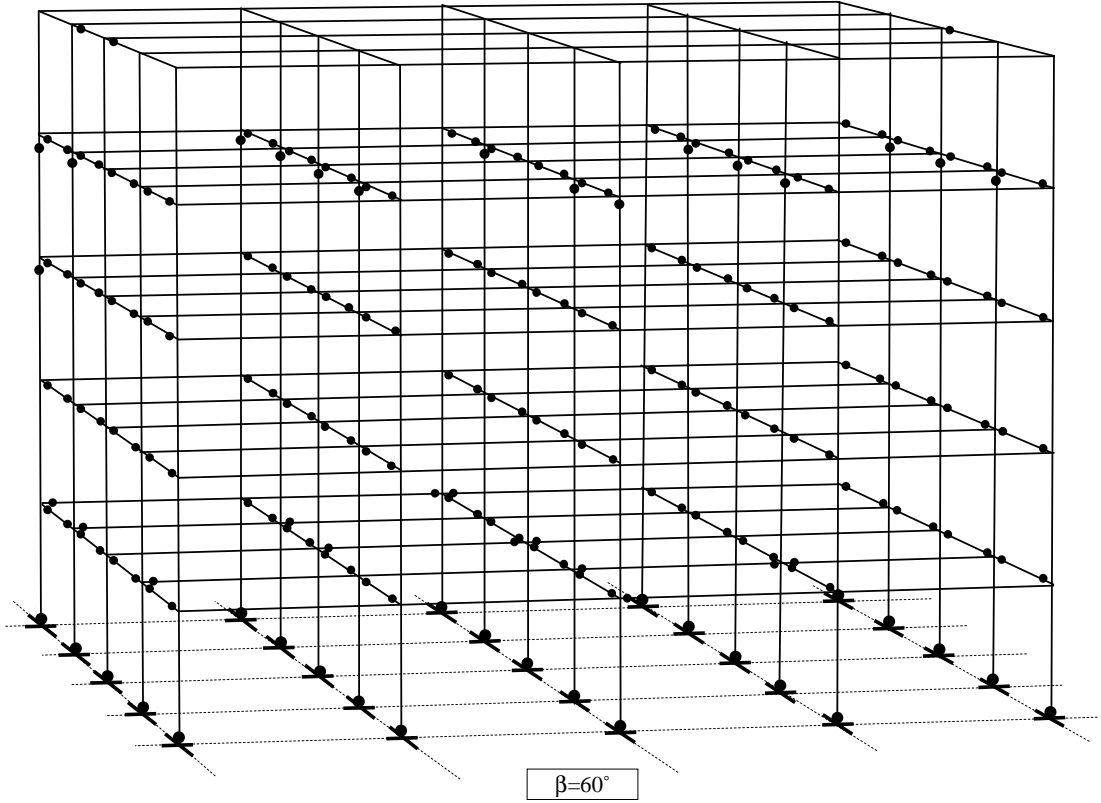
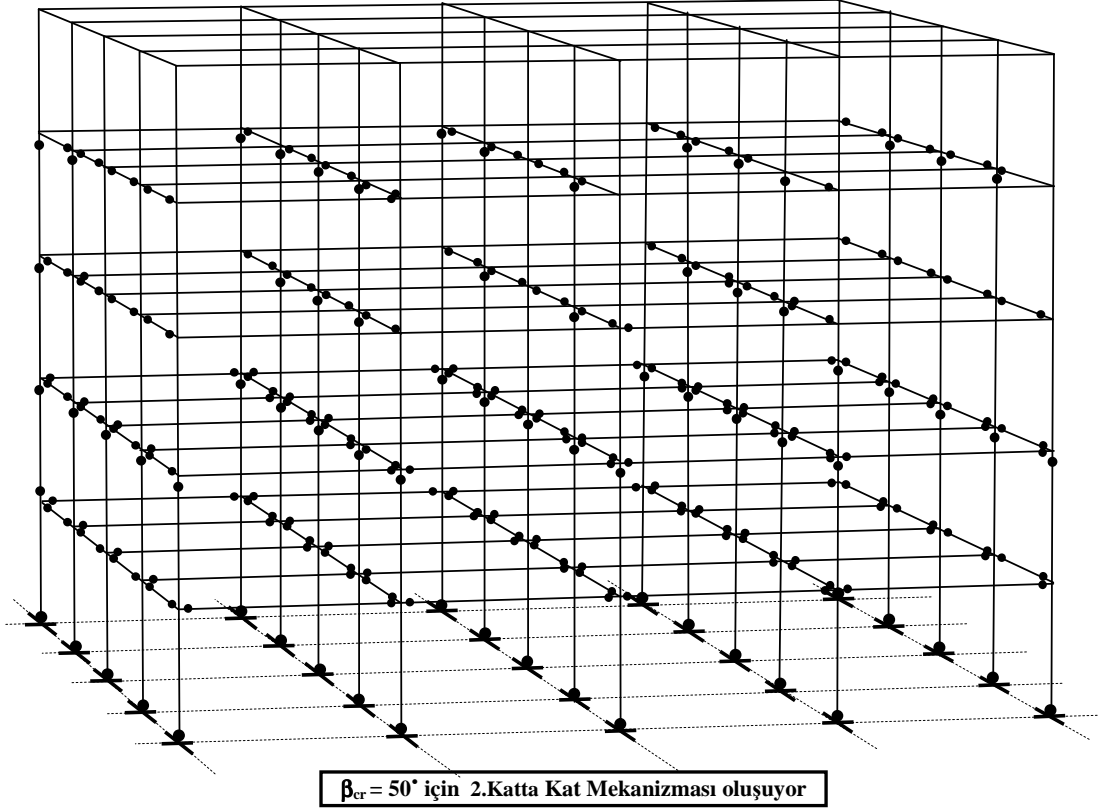
Şekil 4.44 5KC bina için ilgili  $\beta$ 'lara ait performans noktalarındaki plastik kesit dağılımları



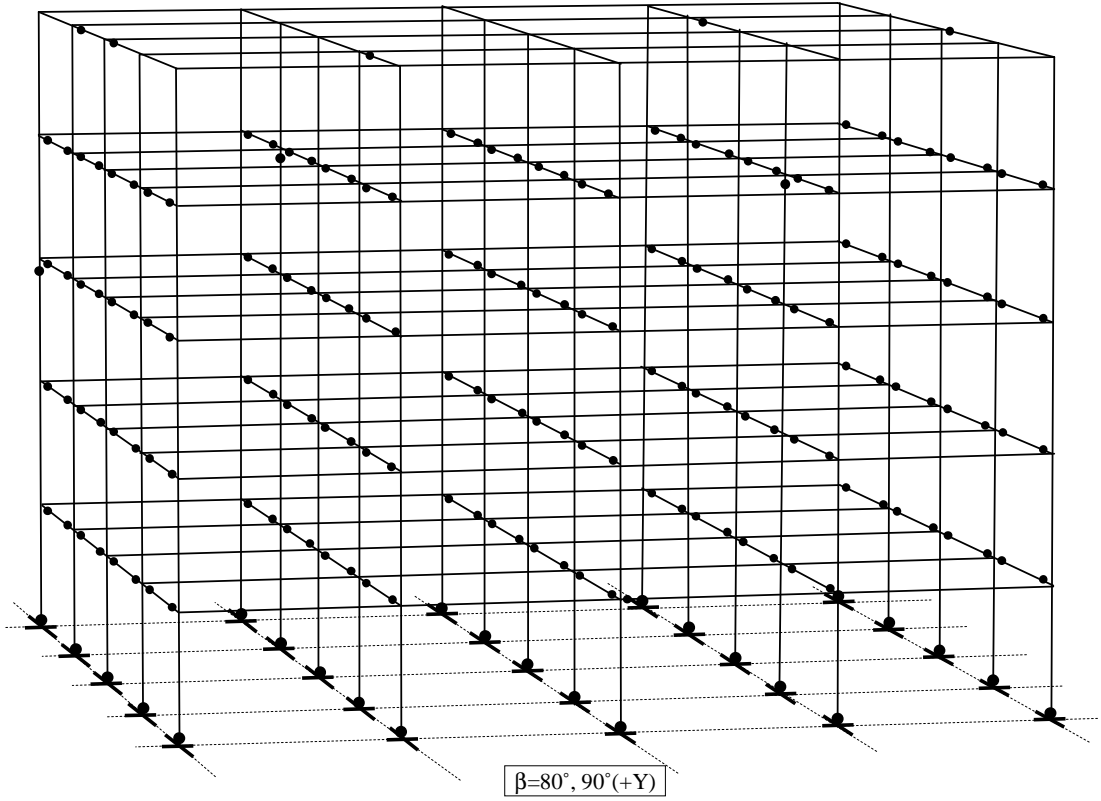
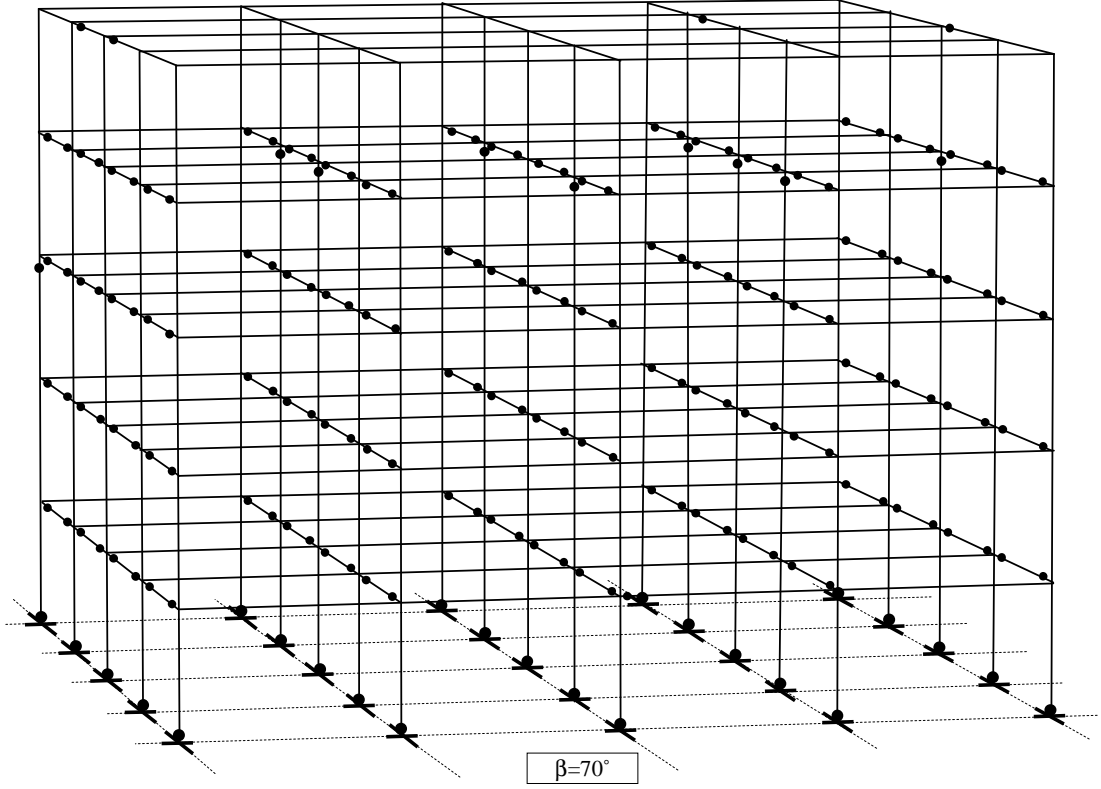
Şekil 4.44 5KC bina için ilgili  $\beta$ 'lara ait performans noktalarındaki plastik kesit dağılımları (devam)



Şekil 4.44 5KC bina için ilgili  $\beta$ lara ait performans noktalarındaki plastik kesit dağılımları (devam)

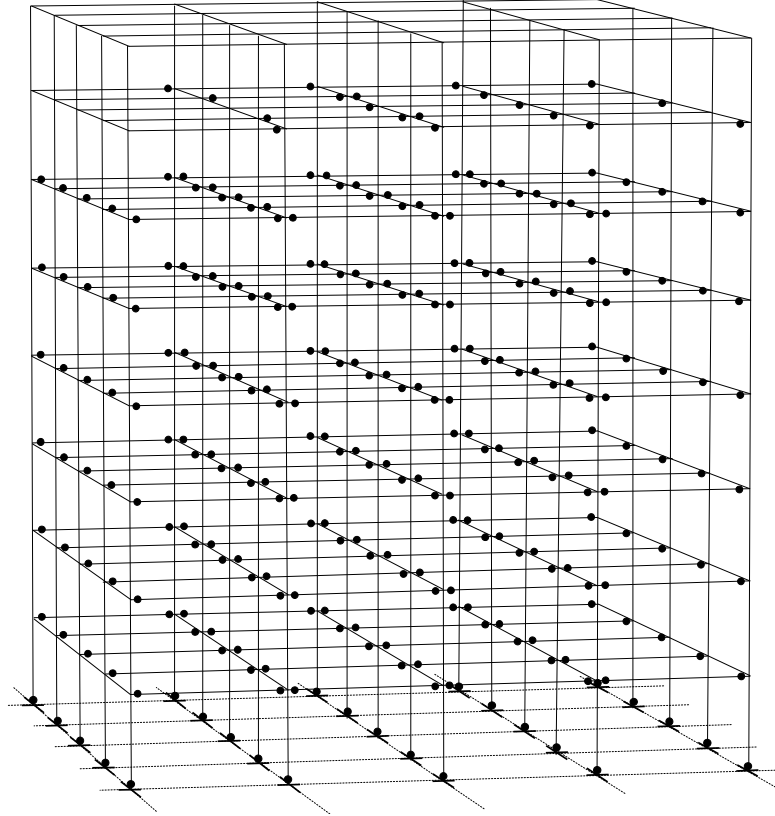


Şekil 4.44 5KC bina için ilgili  $\beta$ lara ait performans noktalarındaki plastik kesit dağılımları (devam)

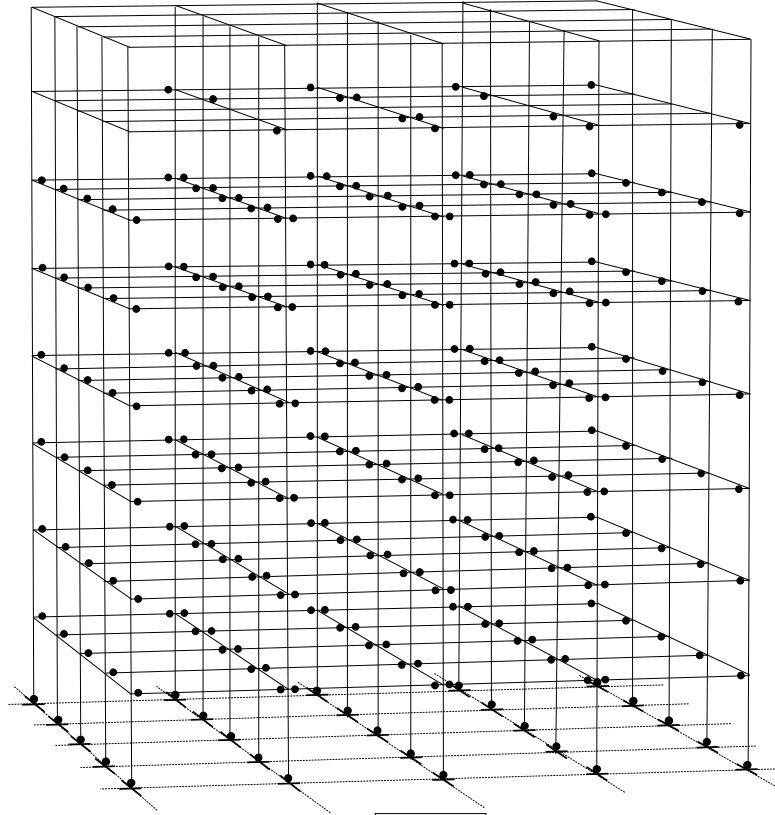


Şekil 4.44 5KC bina için ilgili  $\beta$ 'lara ait performans noktalarındaki plastik kesit dağılımları (devam)



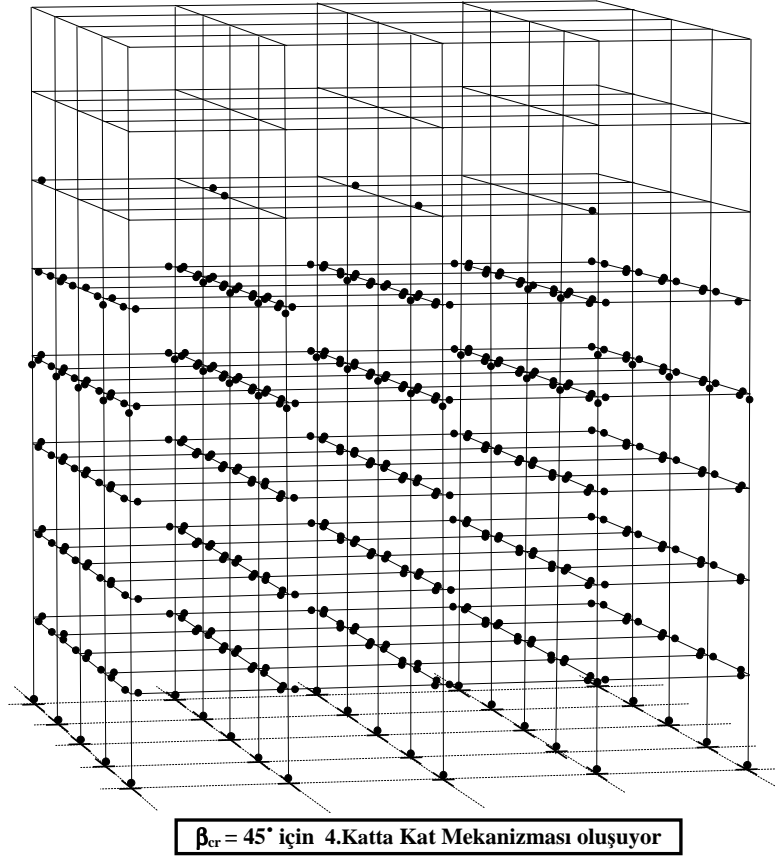
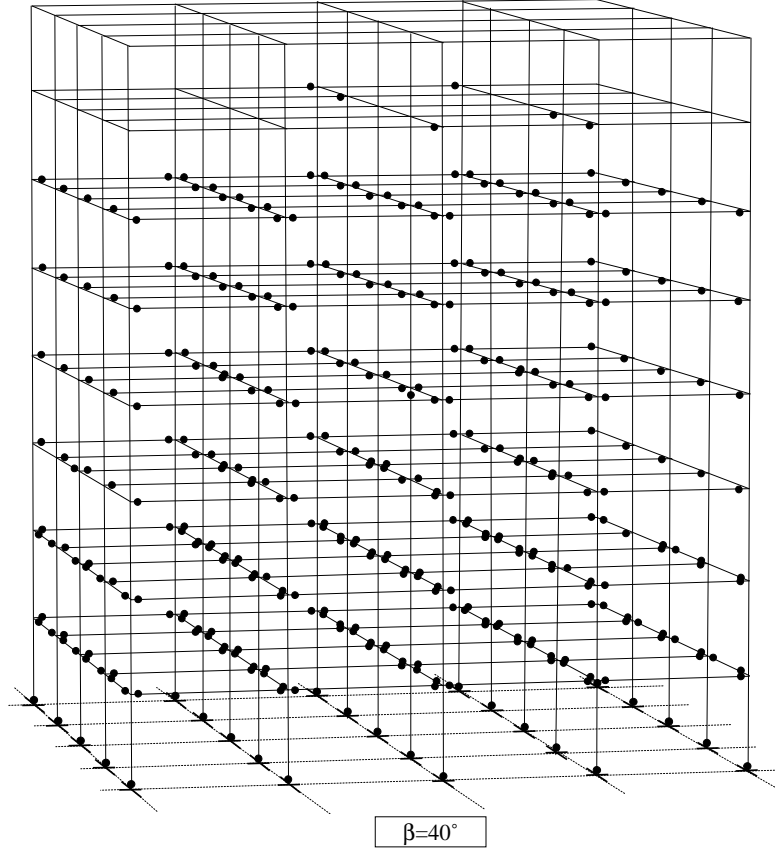


$\beta=0^{\circ}(+X), 10^{\circ}, 20^{\circ}$

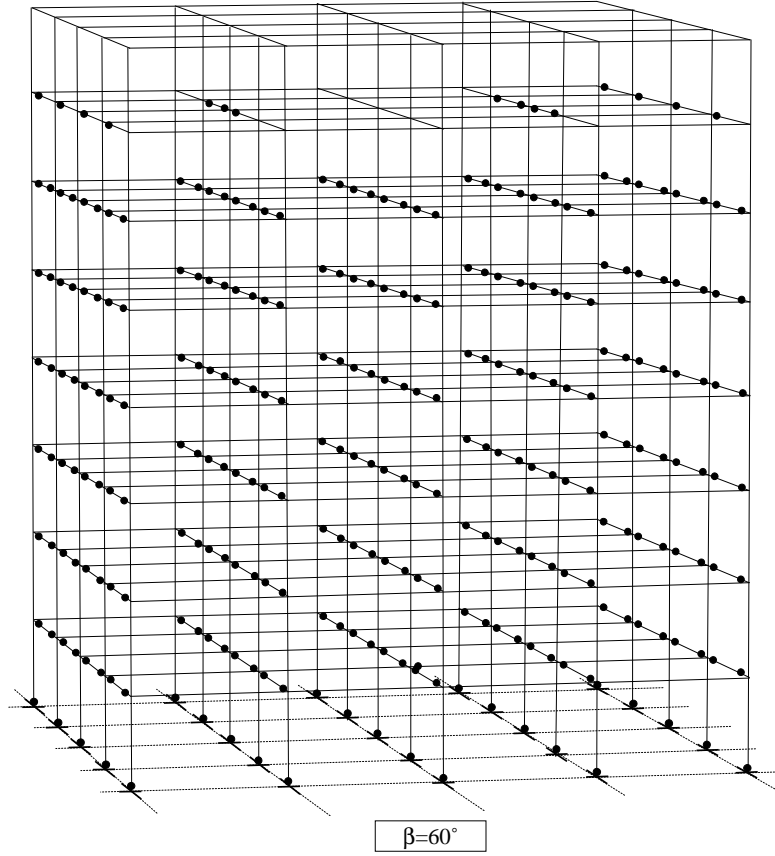
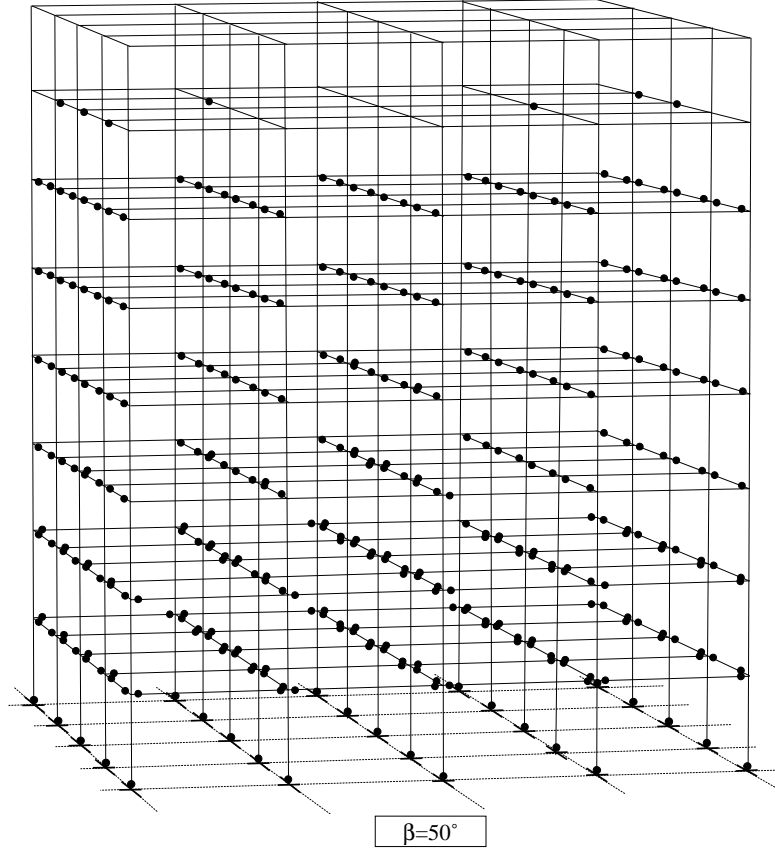


$\beta=30^{\circ}$

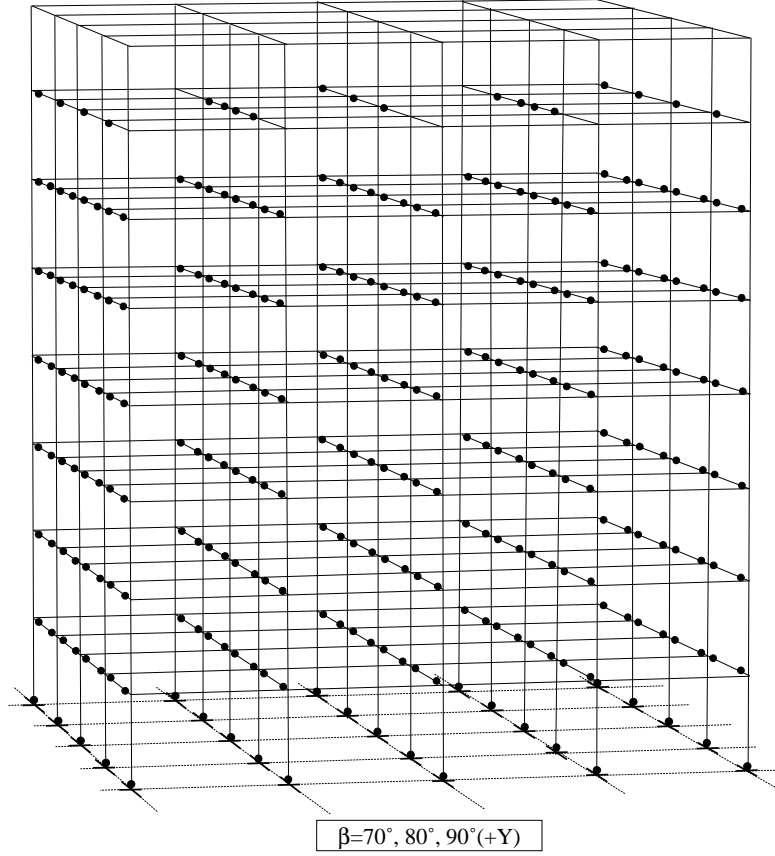
Şekil 4.45 8KC bina için ilgili  $\beta$ lara ait performans noktalarındaki plastik kesit dağılımları



Şekil 4.45 8KC bina için ilgili  $\beta$ lara ait performans noktalarındaki plastik kesit dağılımları (devam)

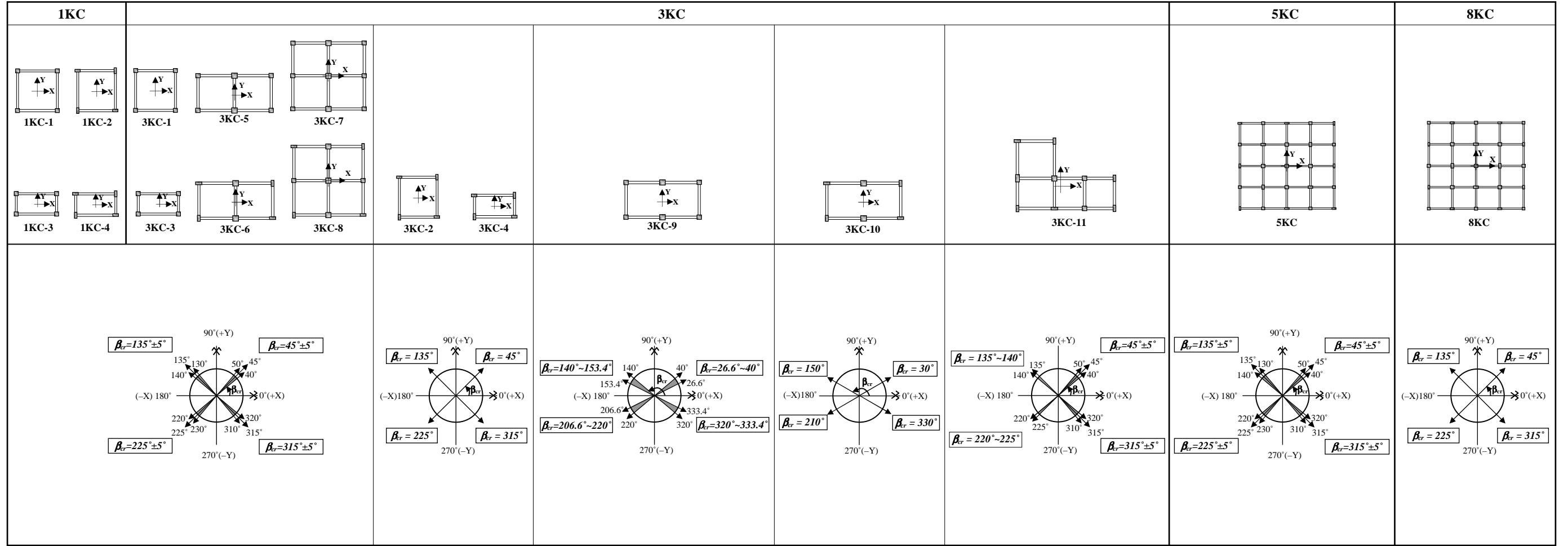


Şekil 4.45 8KC bina için ilgili  $\beta$ 'lara ait performans noktalarındaki plastik kesit dağılımları (devam)



Şekil 4.45 8KC bina için ilgili  $\beta$ lara ait performans noktalarındaki plastik kesit dağılımları (devam)

İncelenen 1KC-[1-4], 3KC-[1-10], 5KC ve 8KC simetrik veya antisimetrik binalarda  $\beta = 0^\circ \sim 90^\circ$ , simetrik veya antisimetrik olmayan 3KC-11 binada ise  $\beta = 0^\circ \sim 180^\circ$  arasında gözönüne alınan deprem doğrultuları için, performans noktalarındaki plastik kesitlerin taşıyıcı sistem üzerindeki dağılımlarından yararlanılarak (Şekil 4.29-4.45), deprem yüklerinin binaların  $\beta = 0^\circ \sim 360^\circ$  arasında etkimesi halinde, kat (panel) mekanizması ve düğüm noktası mekanizması durumları esas alınarak belirlenen en elverişsiz plastik kesit dağılımlarını (şemasını) oluşturan  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultuları Şekil 4.46'da şematik olarak verilmiştir.



Şekil 4.46 İncelenen betonarme binaların performans noktalarındaki en elverişsiz plastik kesit dağılımları için  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultuları

#### 4.4.5 Binaların Plastik Kesitlerindeki Şekildeğiştirme Taleplerinin Belirlenmesi

Doğrusal olmayan teori esas alınarak, deprem yüklerinin binaların plandaki asal eksenlerinden farklı ara doğrultulardan etkimesi halinde, kolonlardaki plastik kesitler iki eksenli eğilme momenti ve normal kuvvetin etkileşimi ile meydana gelmekte ve bu iç kuvvetler doğrultusunda sonlu plastik şekildeğiştirmeler ( $\theta_{px}$  ve  $\theta_{py}$  plastik dönmeleri ve  $\Delta_p$  plastik boy değişmesi) oluşmaktadır. Bileşik eğik eğilme etkisindeki kolonlar için ilgili iç kuvvet büyüklüklerine ( $M_x$ ,  $M_y$  ve  $N$ ) karşı gelen  $\theta_{px}$ ,  $\theta_{py}$  ve  $\Delta_p$  şekildeğiştirme talepleri arasındaki etkileşim terk edilerek binaların performansa dayalı tasarımının ve değerlendirmesinin gerçekçi olmayacağı ve bu durumda, oldukça farklı bir bina performans değerlendirmesine neden olabileceği düşünülmektedir.

Bileşik eğik eğilme etkisindeki betonarme kolon plastik kesitlerinde  $M_x$  ve  $M_y$  eğilme momenti doğrultularında oluşan  $\theta_{px}$  ve  $\theta_{py}$  plastik dönme talepleri ile  $N$  normal kuvvetin etkileşimini gözönüne alan davranış büyüklüğü, sadece birim boy değişmesi talebidir (yani, kesitin beton basınç liflerindeki  $\epsilon_c$  ile donatılardaki  $\epsilon_s$  birim boy değişmesi talepleri).

Bu nedenle çalışmada, deprem yüklerinin doğrultu etkisi nedeniyle oluşacak en elverişsiz yapısal davranış taleplerini veren kritik deprem doğrultularının belirlenmesinde, kolon plastik kesitlerindeki iç kuvvet ve/veya plastik şekildeğiştirme talepleri arasındaki etkileşimi gözönüne alabilmesi nedeniyle betonarme kesitte tarafsız eksene en uzak donatıdaki  $\epsilon_{s\ maks.}$  ile en dış beton basınç lifindeki  $\epsilon_{c\ maks.}$  birim boy değişmesi talepleri esas alınmıştır.

Çalışmanın bu bölümünde, incelenen betonarme binaların kolon plastik kesitlerindeki en elverişsiz birim boy değişmesi taleplerini belirlemek için öncelikle, binaların plandaki asal eksenlerinin (X ve Y) yanısıra farklı deprem doğrultularında da yapılan şekildeğiştirme esaslı doğrusal olmayan statik analizlerden yararlanılarak, plastik kesitlerdeki iç kuvvet talepleri ( $M_x$ ,  $M_y$  ve  $N$ ) ve bunlara karşı gelen plastik dönme talepleri ( $\theta_{px}$  ve  $\theta_{py}$ ) elde edilmiştir. Daha sonra, detayları Bölüm 3.3.2'de

verilen ardışık yaklaşım yönteminden yararlanılarak, bileşik eğik eğilme etkisindeki kolon plastik kesitlerinde oluşan  $\epsilon_{c maks.}$  ve  $\epsilon_{s maks.}$  birim boy değişmesi talepleri, gözönüne alınan her bir  $\beta$  deprem doğrultusu için elde edilmiştir.

Bölüm 3.3'de belirtildiği gibi, basit eğilme etkisindeki kiriş plastik kesitlerinde, eğilme momenti doğrultusunda oluşan plastik şekildeğiştirme talebi ( $\theta_p$  plastik dönme veya  $\chi_p$  plastik eğrilik) doğrudan doğruya değerlendirilebilmektedir. Bu nedenle, kiriş plastik kesitlerindeki  $\epsilon_{c maks.}$  ve  $\epsilon_{s maks.}$  birim boy değişmesi taleplerinin belirlenmesine gerek kalmamaktadır.

Sayısal incelemeler kapsamında, YKY ile belirlenen tepe yerdeğiştirmesi taleplerine kadar statik olarak itilmiş on yedi adet binanın (1KC, 3KC, 5KC ve 8KC) plastikleşen kiriş uç kesitlerindeki  $\theta_{px}$  plastik dönme talepleri, gözönüne alınan her bir  $\beta$  deprem doğrultusu için belirlenmiştir. İncelenen simetrik veya antimetrik binalarda (1KC-[1-4], 3KC-[1-10], 5KC ve 8KC)  $\beta = 0^\circ \sim 180^\circ$ , simetrik veya antimetrik olmayan 3KC-11 binada ise  $\beta = 0^\circ \sim 360^\circ$  arasında etkiyen deprem yükleri altında binaların kiriş plastik kesitlerinde farklı hasar düzeyleri oluşması nedeniyle, kirişlerin uç kesitlerinde elde edilen plastik dönme talepleri maksimum değerlerine göre normalleştirilmiş ve  $Ek-B'$ deki grafiklerde verilmiştir.

İncelenen betonarme binaların gözönüne alınan  $\beta$  deprem doğrultularındaki şekildeğiştirme esaslı doğrusal olmayan statik analizleri sonucunda en elverişsiz kiriş plastik dönme taleplerinin, beklenildiği gibi, deprem yüklerinin kiriş eksenine paralel doğrultudan etkimesi halinde olduğu belirlenmiştir (Ekler: Şekil B.1-B.19). Bu nedenle, ortogonal akslara sahip olan betonarme binaların kiriş plastik kesitlerindeki en elverişsiz plastik dönme taleplerinin elde edilmesi için, binanın plandaki asal eksen (X ve Y) doğrultularında ( $\beta = 0^\circ, 90^\circ, 180^\circ$  ve  $270^\circ$ ) yapılacak doğrusal olmayan statik analizler yeterli olmakta ve bu nedenle, çok doğrultulu deprem yükleri altındaki doğrusal olmayan değerlendirme analizleri kirişler için gerekmemektedir.

#### 4.4.5.1 İncelenen Plastik Kesitlerin (Plastik Mafsalların) Yerleri

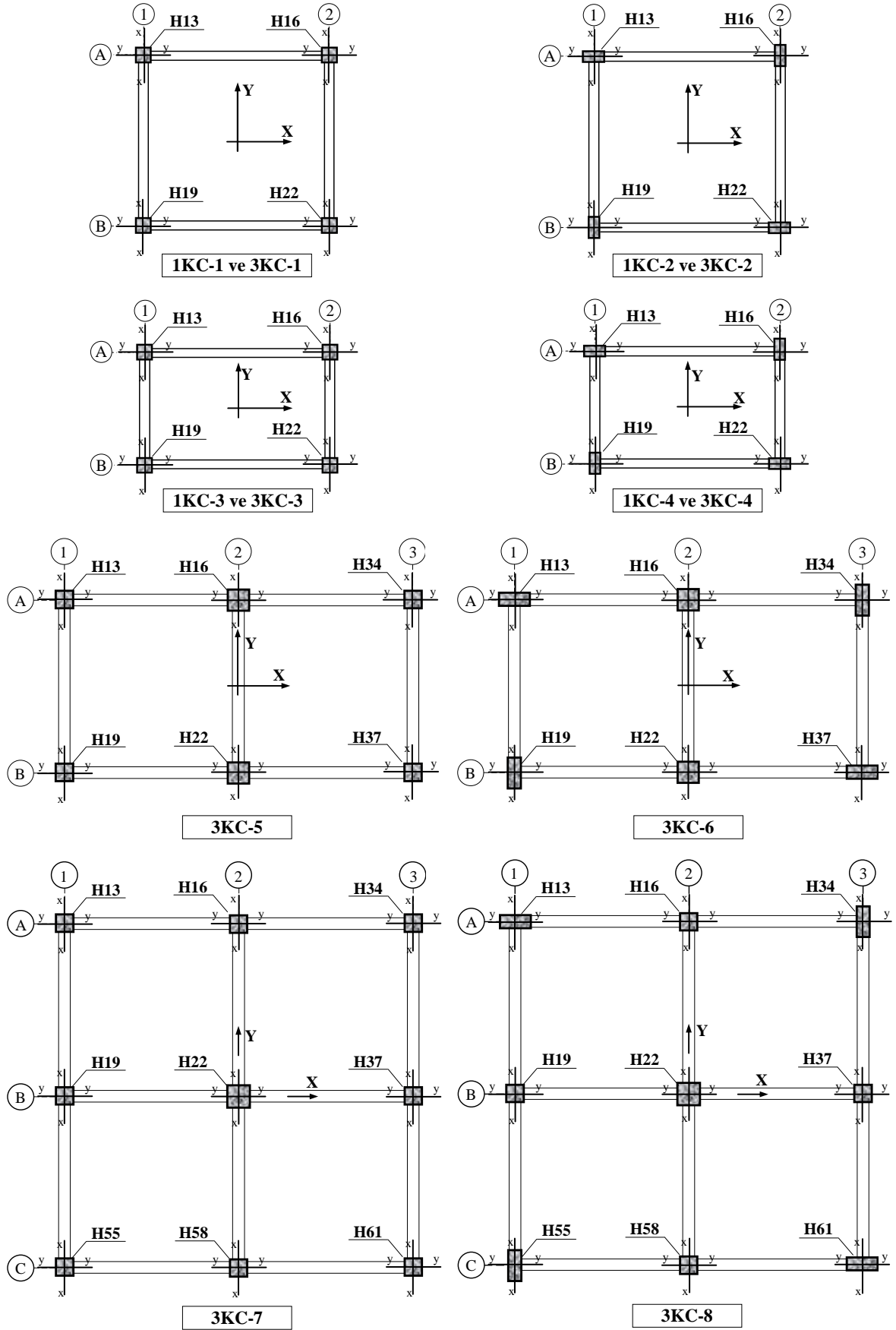
Çalışma kapsamında incelenen betonarme binaların kolon plastik kesitlerindeki en elverişsiz  $\epsilon_{c maks.}$  ve  $\epsilon_{s maks.}$  birim boy değişmesi taleplerinin belirlenebilmesi için öncelikle, birçok  $\beta$  deprem doğrultusunda oluşan kolon plastik kesit yerlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Daha sonra, bu kolon plastik kesitlerindeki birim boy değişmesi taleplerinin hesabı için detayları Bölüm 3.3.2’de verilen ardışık yaklaşım yöntemi ile kesit analizi yapılmalıdır.

Buna göre;

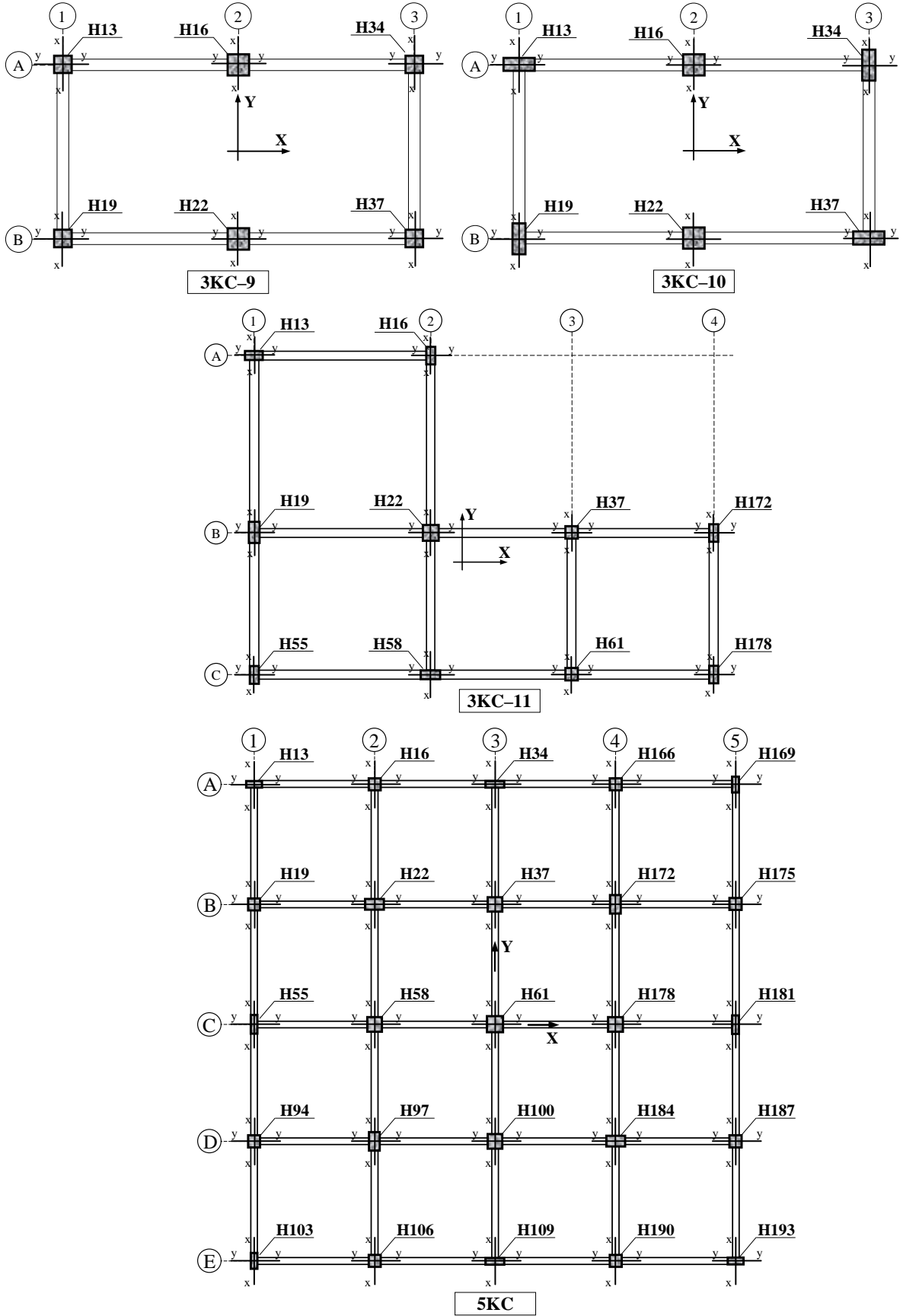
İncelenen betonarme binalarda analiz yapılan tüm deprem doğrultularının her birinde oluşan kolon plastik kesitlerinin *en alt kat kolonlarının alt uçları* olduğu ve bu kesitlerdeki plastik dönme taleplerinin diğer katlardakilere göre daha büyük değerlerde olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle, kolon plastik kesitlerindeki şekildeğiştirme taleplerinin ( $\epsilon_{c maks.}$ ,  $\epsilon_{s maks.}$ ,  $\theta_{px}$ ,  $\theta_{py}$ , vb.) deprem doğrultusu ( $\beta$ ) ile değişiminin incelenmesi, binaların sadece *en alt kat kolonlarının alt uçlarındaki* kesitlerde yapılmıştır.

Çalışma kapsamında ele alınan betonarme binaların plastik şekildeğiştirme taleplerinin inceleneceği en alt kat kolonlarının alt uçlarındaki plastik kesitlerin (plastik mafsalların) yerleri ve numaralandırılması, 1KC, 3KC, 5KC ve 8KC binaların kat planları üzerinde (Şekil 4.47–4.49), kolon plastik mafsal numaralarına karşı gelen enkesit boyutları da Çizelge 4.22’de verilmiştir. Binaların en alt kolonlarının alt uçlarında oluşan plastik kesit numaralandırılması, binalar arasında uyumlu olmasına dikkat edilerek belirlenmiştir. Buna göre, incelenen her bir binanın kat planı üzerinde gösterilen akslarındaki kolon plastik kesit numaraları aynıdır. Örneğin, 1KC, 3KC, 5KC ve 8KC binaların A1 aksındaki kolon plastik kesiti (plastik mafsalı), H13 olarak numaralandırılmıştır (Şekil 4.47–4.49).

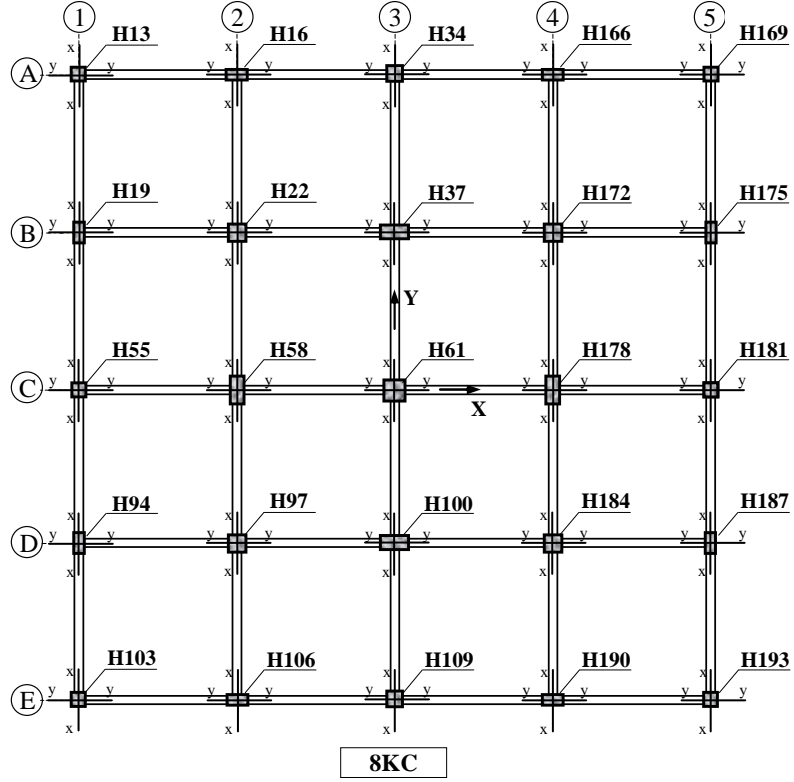




Şekil 4.47 1KC-[1-4] ve 3KC-[1-8] binaların en alt kat kolonlarının alt uçlarındaki plastik kesit numaraları ile eleman asal eksenleri



Şekil 4.48 3KC-[9-11] ve 5KC binaların en alt kat kolonlarının alt uçlarındaki plastik kesit numaraları ile eleman asal eksenleri



Şekil 4.49 8KC binanın en alt kat kolonlarının alt uçlarındaki plastik kesit numaraları ile eleman asal eksenleri

Çizelge 4.22 İncelenen binaların en alt kat kolon plastik kesitlerindeki enkesit boyutları

| Plastik Kesit (Mafsal) | Kolon enkesit boyutları (cm*cm) |                |                |                |                |                 |       |       |        |
|------------------------|---------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-------|-------|--------|
|                        | 1KC-1<br>1KC-3                  | 1KC-2<br>1KC-4 | 3KC-1<br>3KC-3 | 3KC-2<br>3KC-4 | 3KC-5<br>3KC-9 | 3KC-6<br>3KC-10 | 3KC-7 | 3KC-8 | 3KC-11 |
| H13                    | 35*35                           | 25*50          | 35*35          | 25*50          | 35*35          | 25*50           | 35*35 | 25*50 | 25*50  |
| H16                    | 35*35                           | 50*25          | 35*35          | 50*25          | 40*40          | 40*40           | 40*40 | 40*40 | 50*25  |
| H19                    | 35*35                           | 50*25          | 35*35          | 50*25          | 35*35          | 50*25           | 40*40 | 40*40 | 60*30  |
| H22                    | 35*35                           | 25*50          | 35*35          | 25*50          | 40*40          | 40*40           | 50*50 | 50*50 | 45*45  |
| H34                    |                                 |                |                |                | 35*35          | 50*25           | 35*35 | 50*25 | ---    |
| H37                    |                                 |                |                |                | 35*35          | 25*50           | 40*40 | 40*40 | 35*35  |
| H55                    |                                 |                |                |                |                |                 | 35*35 | 50*25 | 50*25  |
| H58                    |                                 |                |                |                |                |                 | 40*40 | 40*40 | 25*55  |
| H61                    |                                 |                |                |                |                |                 | 35*35 | 25*50 | 35*35  |
| H172                   |                                 |                |                |                |                |                 |       |       | 50*25  |
| H178                   |                                 |                |                |                |                |                 |       |       | 50*25  |

Çizelge 4.22 İncelenen binaların en alt kat kolon plastik kesitlerindeki enkesit boyutları (devam)

| Kolon enkesit boyutları (cm*cm) |       |       |
|---------------------------------|-------|-------|
| Plastik Kesit (Mafsal)          | 5KC   | 8KC   |
| H13                             | 25*60 | 40*40 |
| H16                             | 45*45 | 35*70 |
| H19                             | 45*45 | 70*35 |
| H22                             | 40*70 | 60*60 |
| H34                             | 25*70 | 50*50 |
| H37                             | 55*55 | 40*80 |
| H55                             | 70*25 | 50*50 |
| H58                             | 55*55 | 80*40 |
| H61                             | 60*60 | 60*60 |
| H94                             | 45*45 | 70*35 |
| H97                             | 70*40 | 60*60 |
| H100                            | 55*55 | 40*80 |
| H103                            | 60*25 | 40*40 |
| H106                            | 45*45 | 35*70 |
| H109                            | 25*70 | 50*50 |
| H166                            | 45*45 | 35*70 |
| H169                            | 60*25 | 40*40 |
| H172                            | 70*40 | 60*60 |
| H175                            | 45*45 | 70*35 |
| H178                            | 55*55 | 80*40 |
| H181                            | 70*25 | 50*50 |
| H184                            | 40*70 | 60*60 |
| H187                            | 45*45 | 70*35 |
| H190                            | 45*45 | 35*70 |
| H193                            | 25*60 | 40*40 |

#### 4.4.5.2 Kolon Plastik Kesitlerinde Plastik Dönme Taleplerinin Belirlenmesi

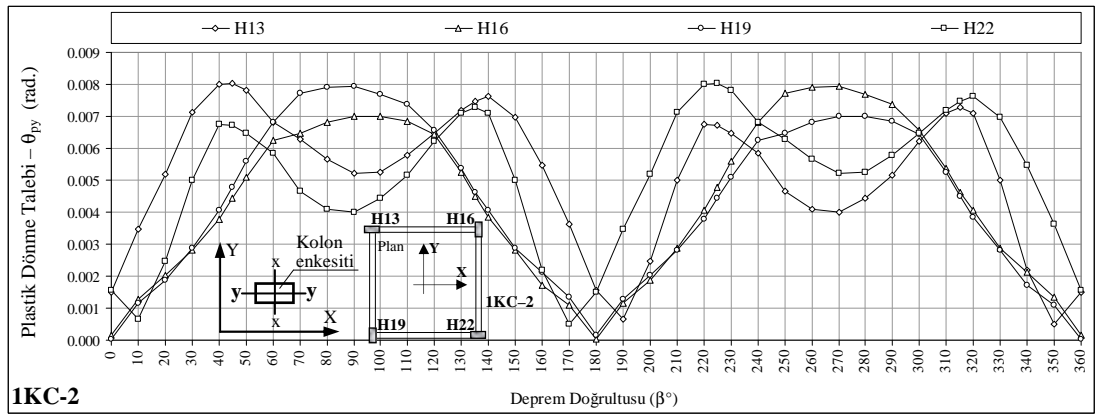
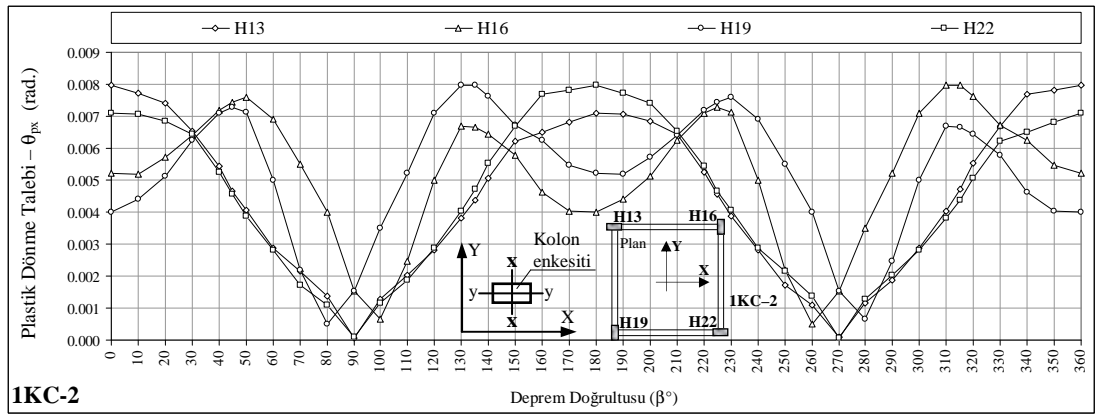
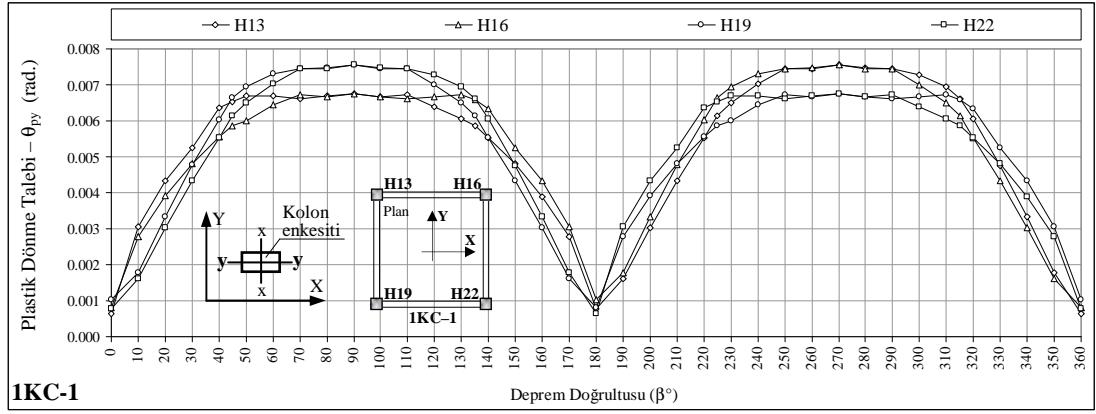
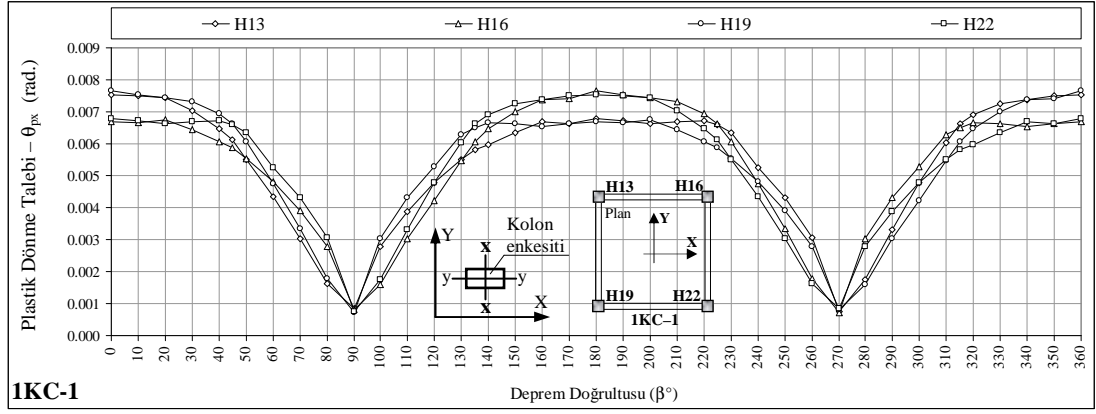
Çalışmada gözönüne alınan her bir  $\beta$  deprem doğrultusu için YKY ile belirlenen performans noktaları esas alınarak, tepe yerdeğiştirmesi taleplerine ulaşmış betonarme binaların (1KC, 3KC, 5KC ve 8KC) en alt kat kolonlarının alt uçlarında oluşan plastik kesitlerdeki plastik dönme talepleri ( $\theta_{px}$  ve  $\theta_{py}$ ) belirlenmiştir.

Sayısal incelemeler kapsamında ele alınan simetrik veya antimetrik binalar (3KC–11 hariç diğer binalar) için, deprem yüklerinin  $\beta = 0^\circ \sim 180^\circ$  arasında etkimesi halinde, herhangi bir kolon plastik kesitinde elde edilen  $\theta_{px}$  ve  $\theta_{py}$  plastik dönme talepleri ile bu kolonun plandaki asal eksenlere göre antimetrik konumunda olan

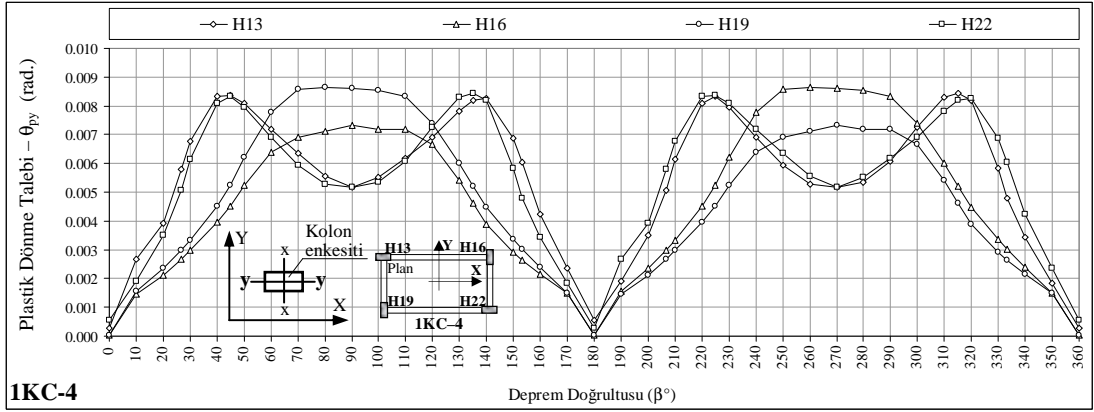
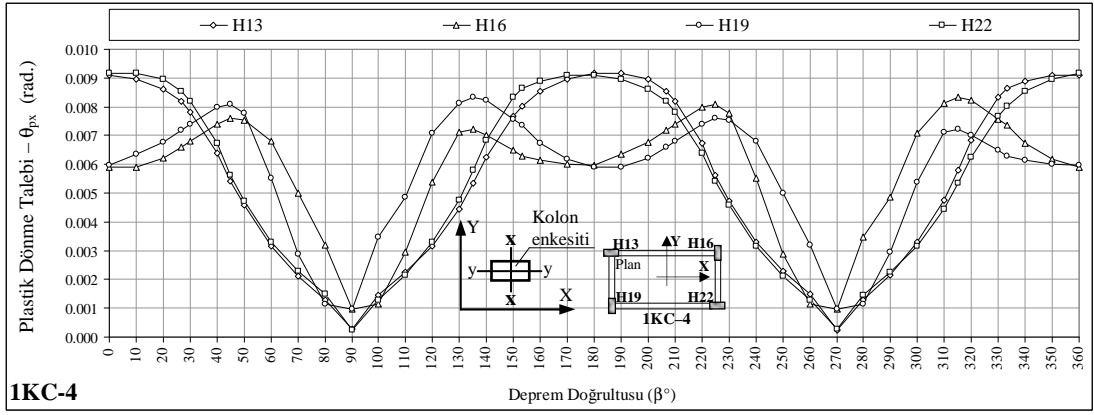
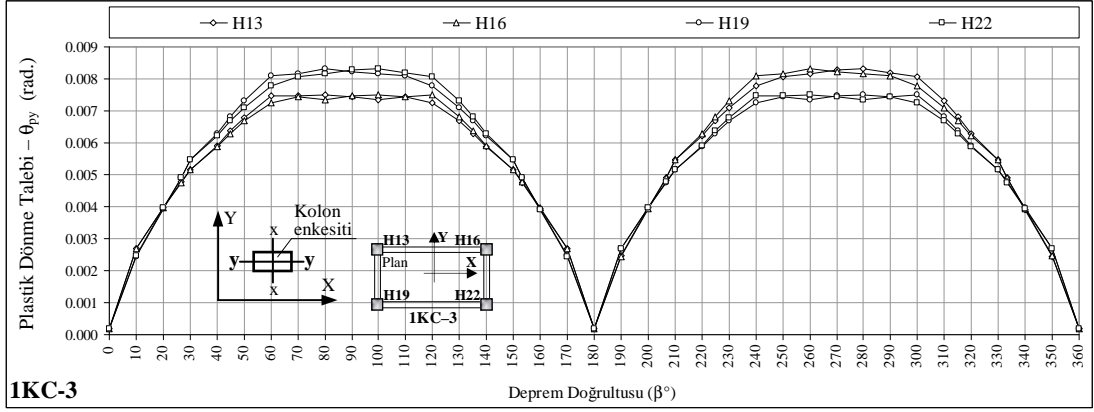
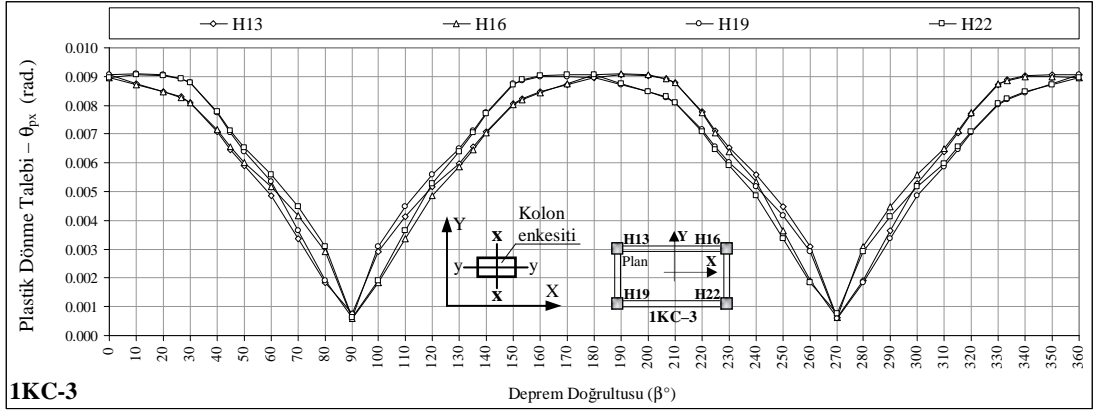
kolon plastik kesitinin  $\beta = 180^\circ \sim 360^\circ$  arasındaki bölgede ve X–X eksenine göre antimetriği olan  $\beta$  değerleri için elde edilen  $\theta_{px}$  ve  $\theta_{py}$  plastik dönme talepleri eşit olmaktadır. Örneğin, planı kare olan 1KC–1 binanın  $\beta = 45^\circ$  deprem doğrultusu için H13 kolon plastik kesitinde elde edilen  $\theta_{px}$  ve  $\theta_{py}$  plastik dönme talepleri, bu plastik kesitin plandaki asal eksenlere göre antimetrik konumunda olan H22'nin  $\beta = 225^\circ$  ( $45^\circ + 180^\circ$ ) deprem doğrultusunda elde edilen plastik dönme taleplerine eşit olmaktadır. Bu nedenle, sayısal incelemeler kapsamında ele alınan simetrik veya antimetrik binalar için şekildeğiştirme esaslı doğrusal olmayan statik analizlerin  $\beta = 0^\circ \sim 180^\circ$  arasında yapılması yeterlidir. Buna karşın, plandaki her iki asal eksene (X ve Y) göre simetrik veya antimetrik olmayan 3KC–11 binanın doğrusal olmayan statik analizleri,  $\beta = 0^\circ \sim 360^\circ$  arasındaki bölgede yapılmıştır.

Buna göre, planda simetrik veya antimetrik olan 1KC–[1-4], 3KC–[1-10], 5KC ve 8KC binalarda  $\beta = 0^\circ \sim 180^\circ$  arasında gözönüne alınan her bir  $\beta$  deprem doğrultusu için, en alt kat kolonlarının alt uçlarındaki plastik kesitlerde mutlak değerce elde edilen  $\theta_{px}$  ve  $\theta_{py}$  plastik dönme taleplerinden yararlanılarak, deprem yüklerinin  $\beta = 0^\circ \sim 360^\circ$  arasında etkimesi hali için  $\theta_{px}$  ve  $\theta_{py}$  taleplerinin  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi Şekil 4.50–4.55'deki grafiklerde verilmiştir.

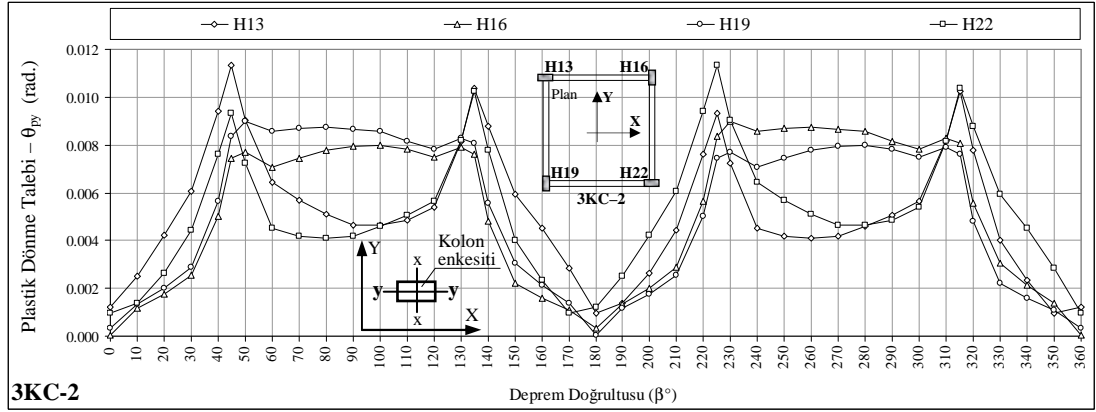
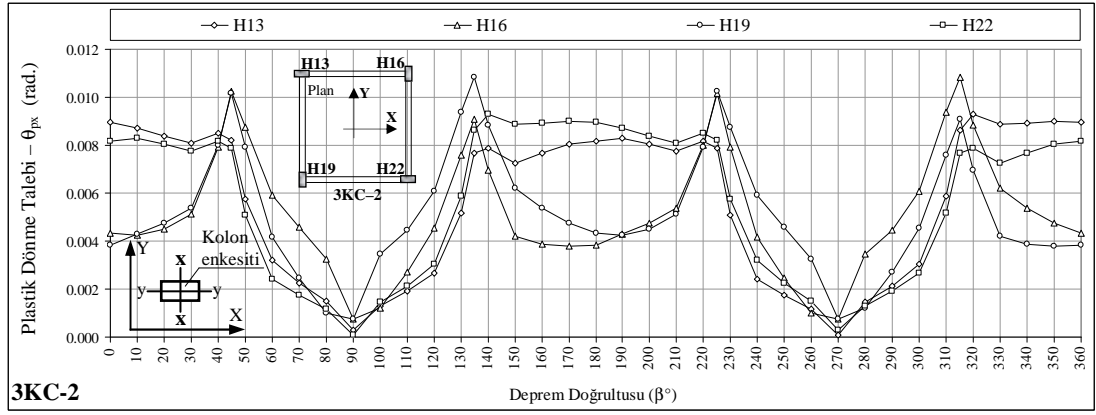
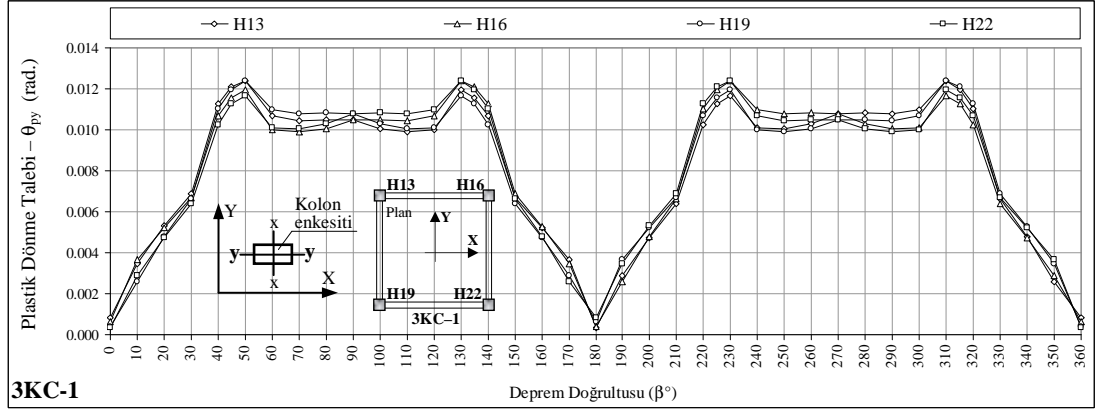
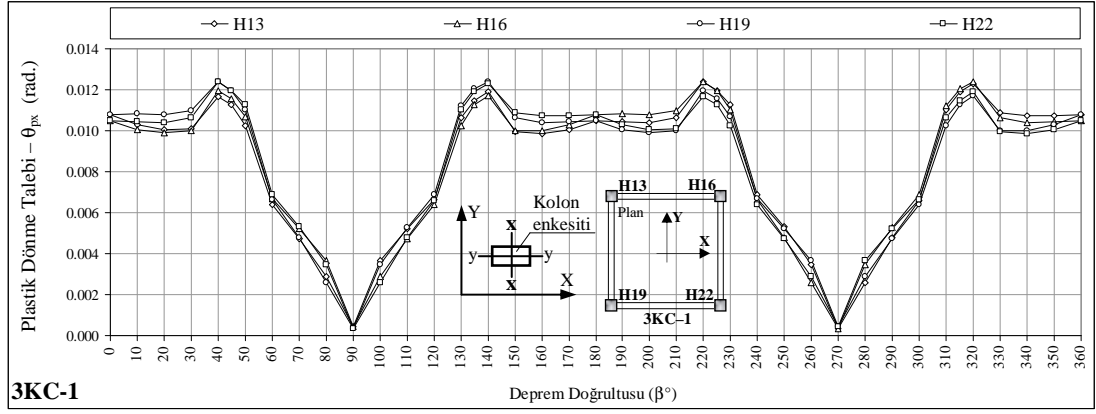
Planda simetrik veya antimetrik olmayan 3KC–11 binada ise,  $\beta = 0^\circ \sim 360^\circ$  arasında etkiyen deprem yükleri için, en alt kat kolonlarının alt uçlarında oluşan plastik kesitlerdeki mutlak değerce  $\theta_{px}$  ve  $\theta_{py}$  plastik dönme taleplerinin  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi Şekil 4.53'deki grafiklerde verilmiştir.



Şekil 4.50 1K-1-4 binalar için  $\theta_{px}$  ve  $\theta_{py}$  plastik dönme taleplerinin  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi

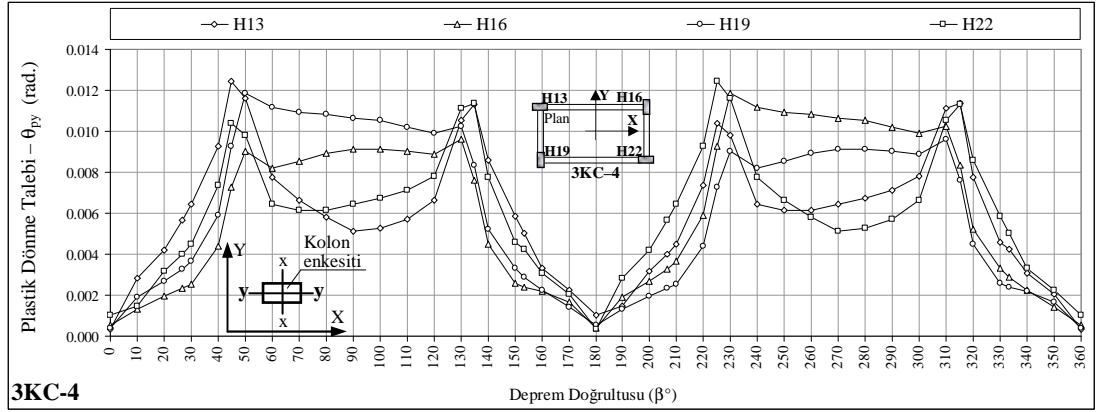
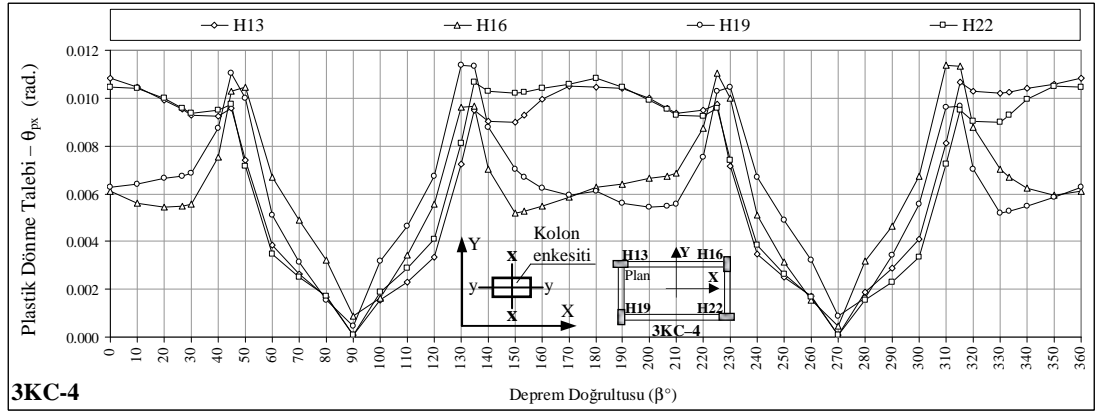
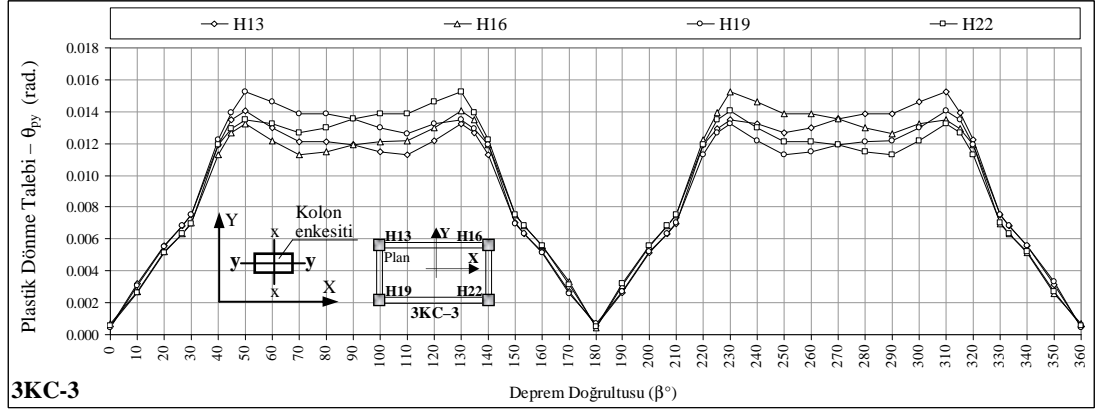
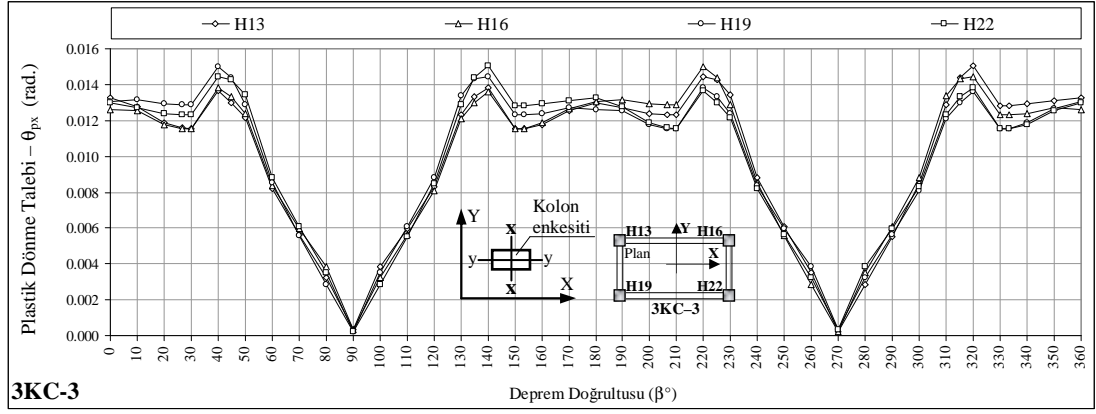


Şekil 4.50 1KC-[1-4] binalar için  $\theta_{px}$  ve  $\theta_{py}$  plastik dönme taleplerinin  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi (devam)

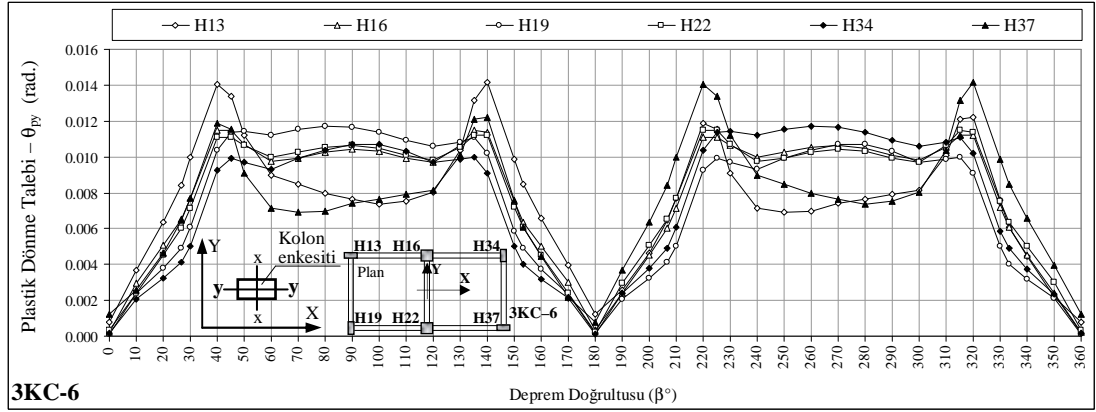
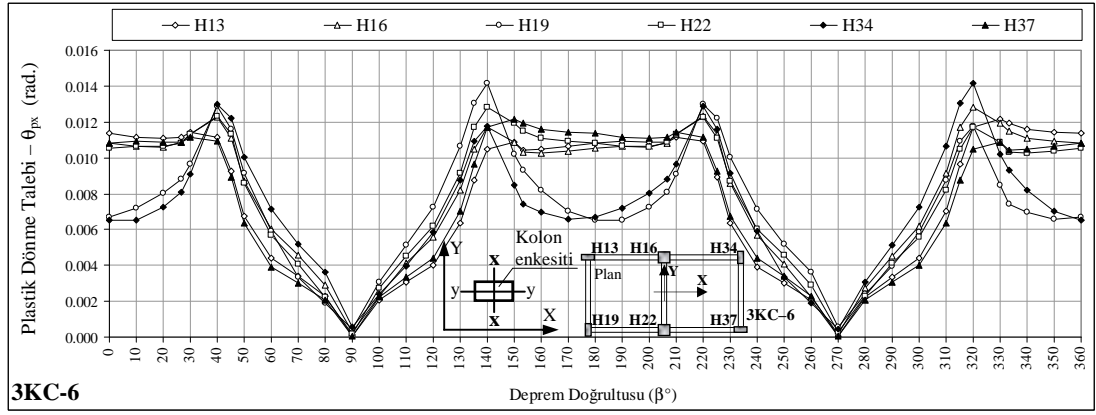
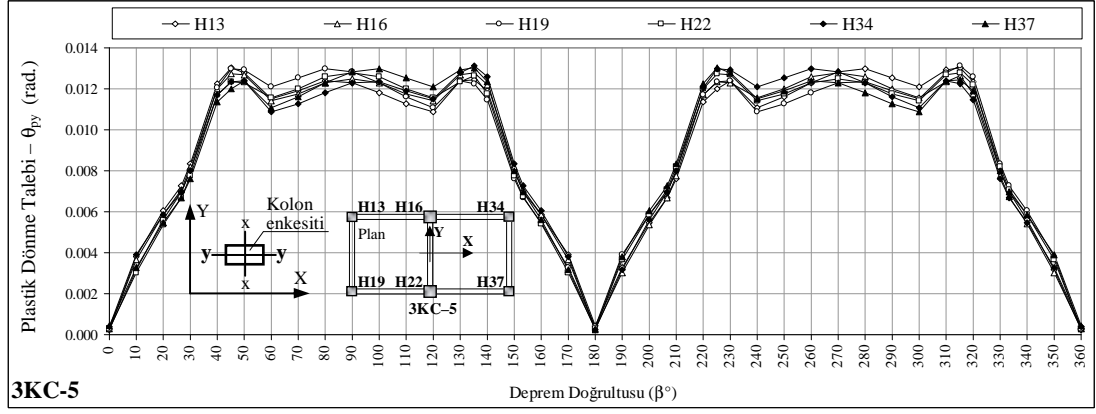
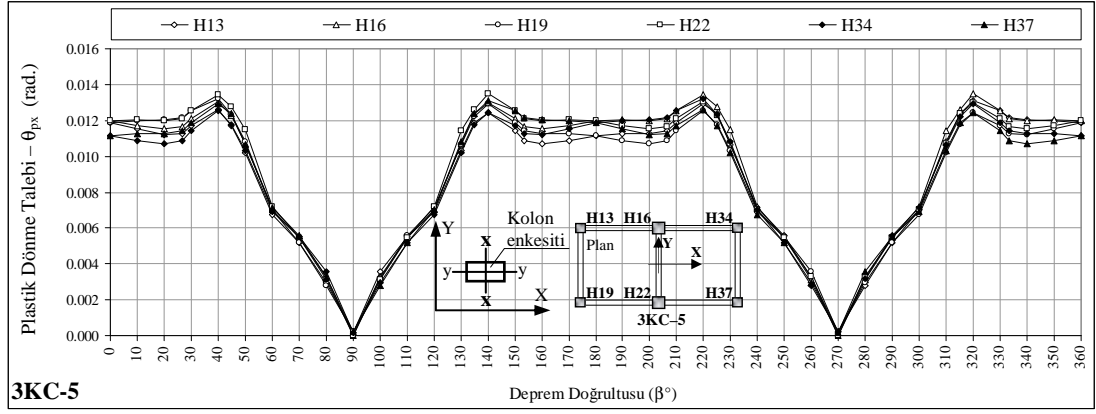


Şekil 4.51 3KC-[1-4] binalar için  $\theta_{px}$  ve  $\theta_{py}$  plastik dönme taleplerinin  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi

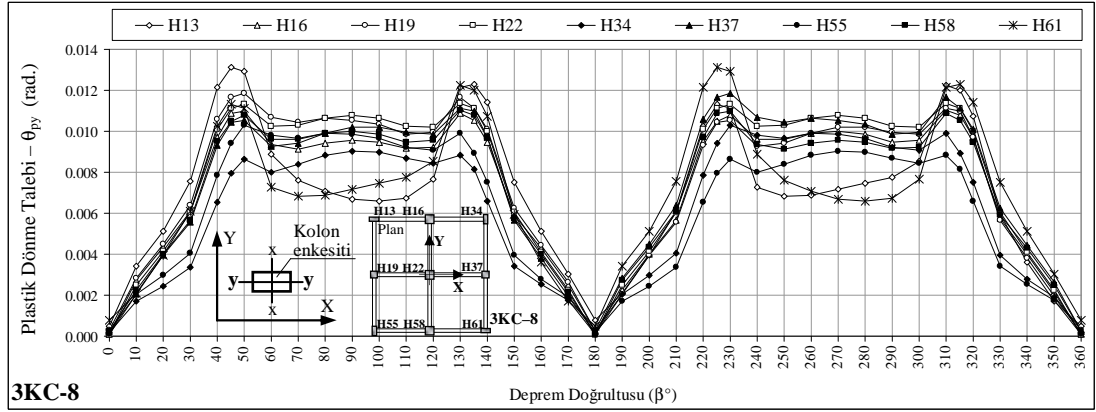
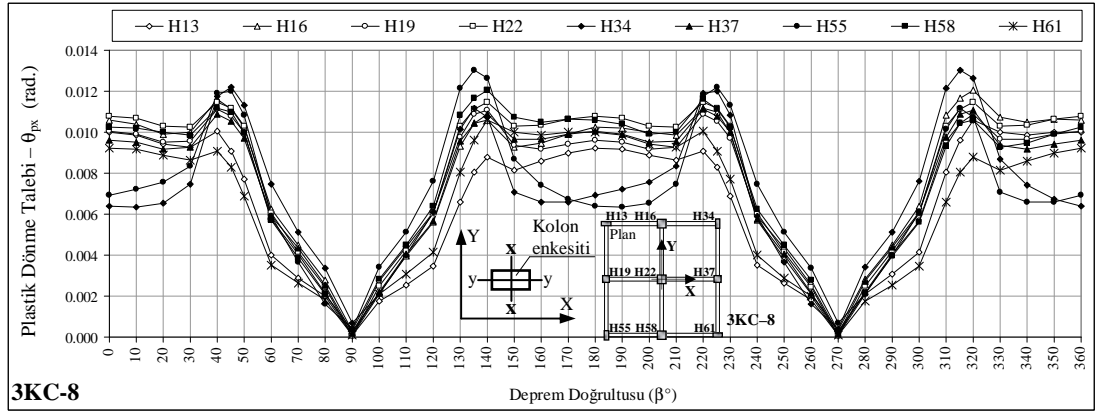
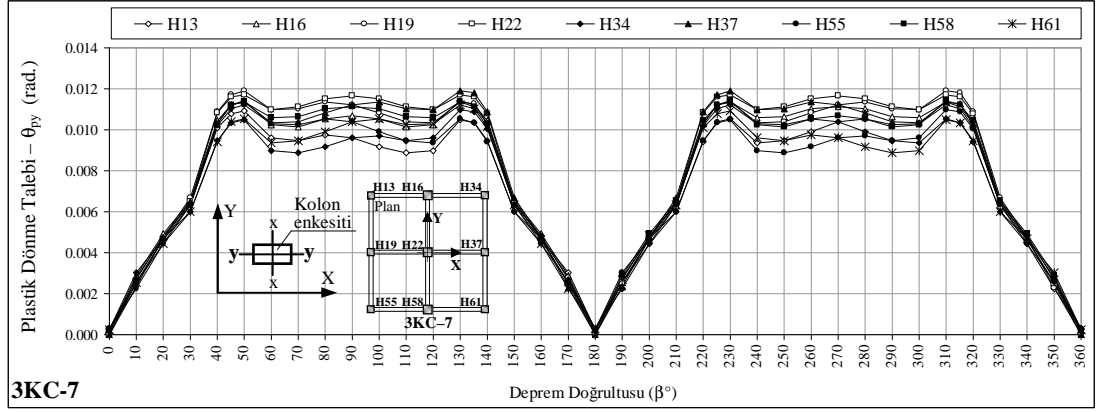
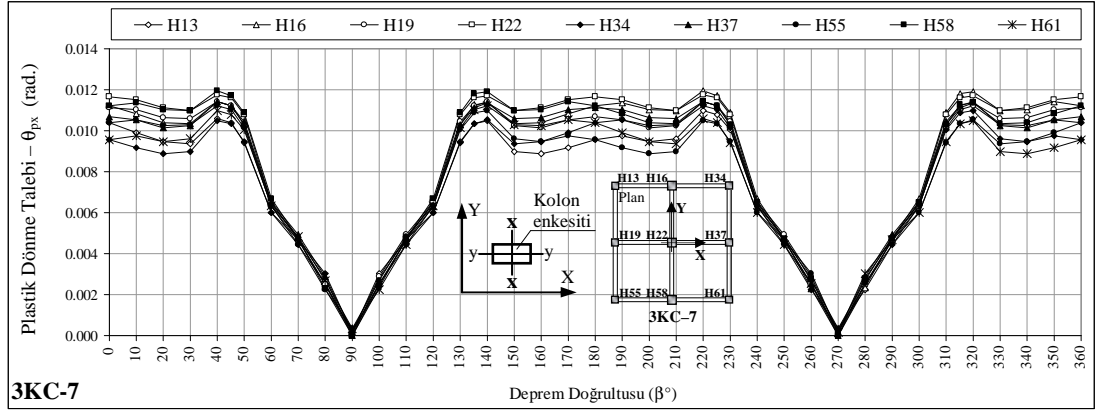




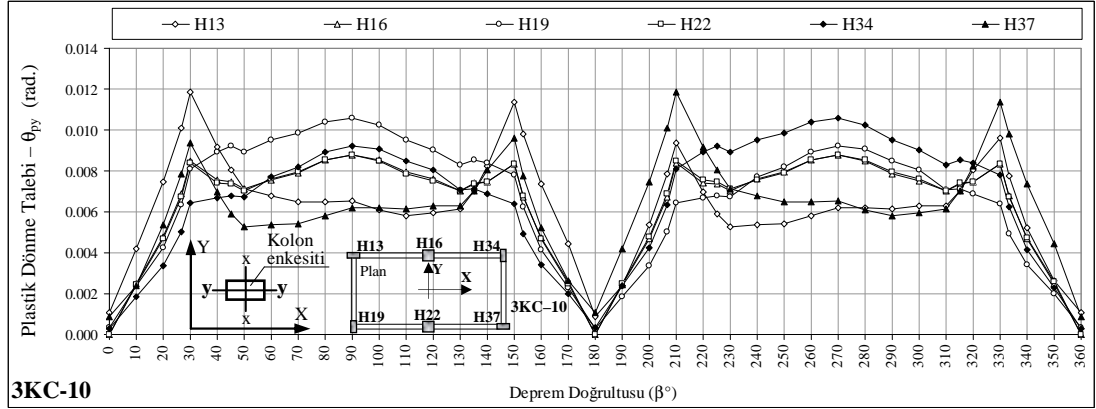
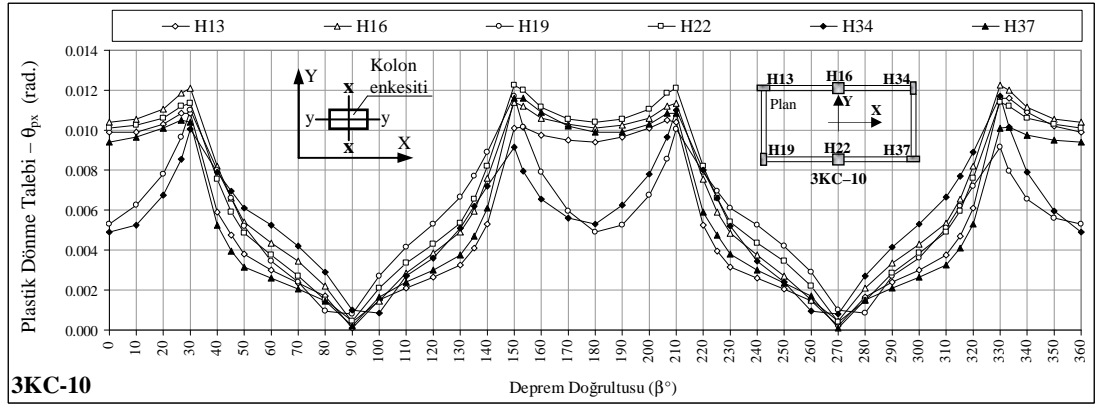
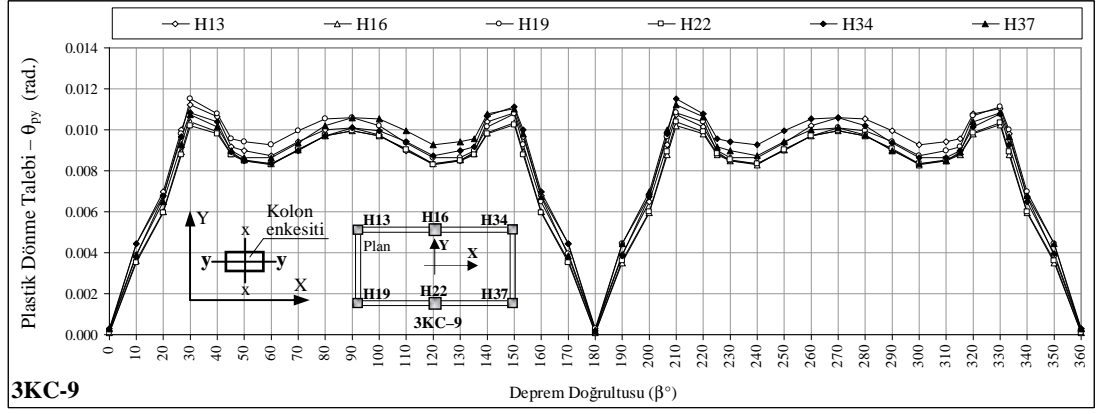
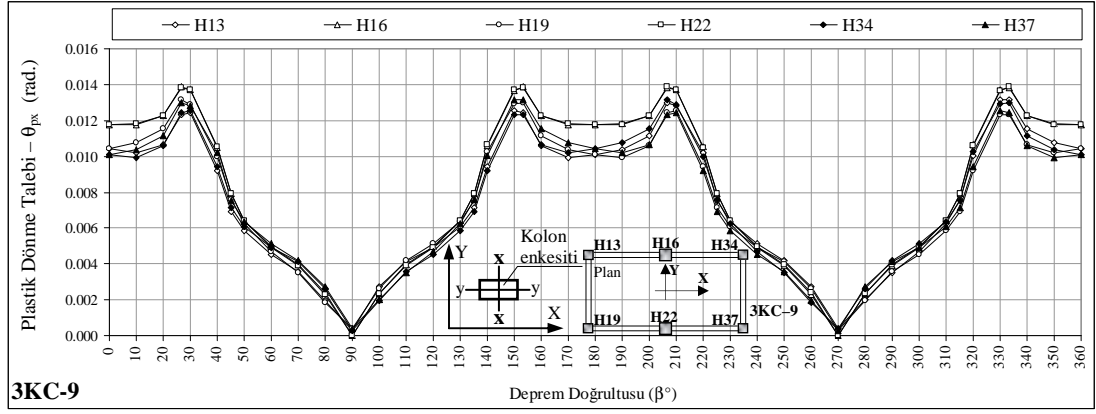
Şekil 4.51 3KC-[1-4] binalar için  $\theta_{px}$  ve  $\theta_{py}$  plastik dönme taleplerinin  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi (devam)



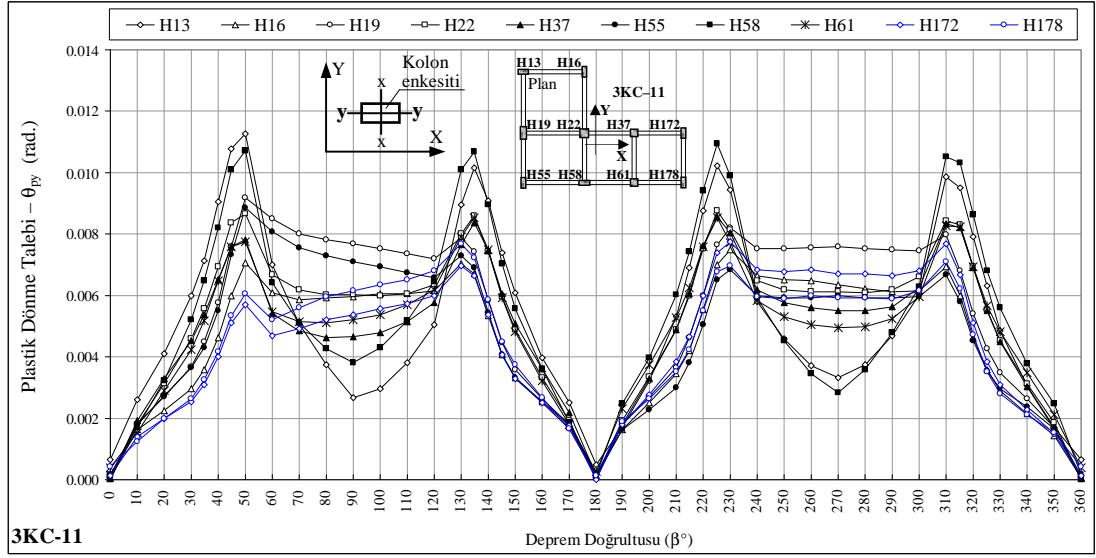
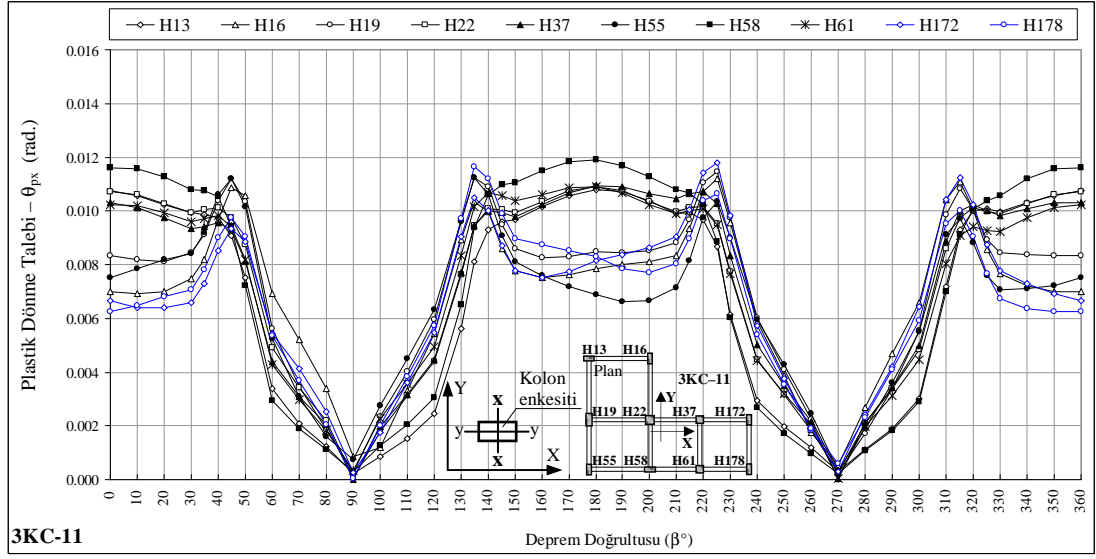
Şekil 4.52 3KC-[5-8] binalar için  $\theta_{px}$  ve  $\theta_{py}$  plastik dönme taleplerinin  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi



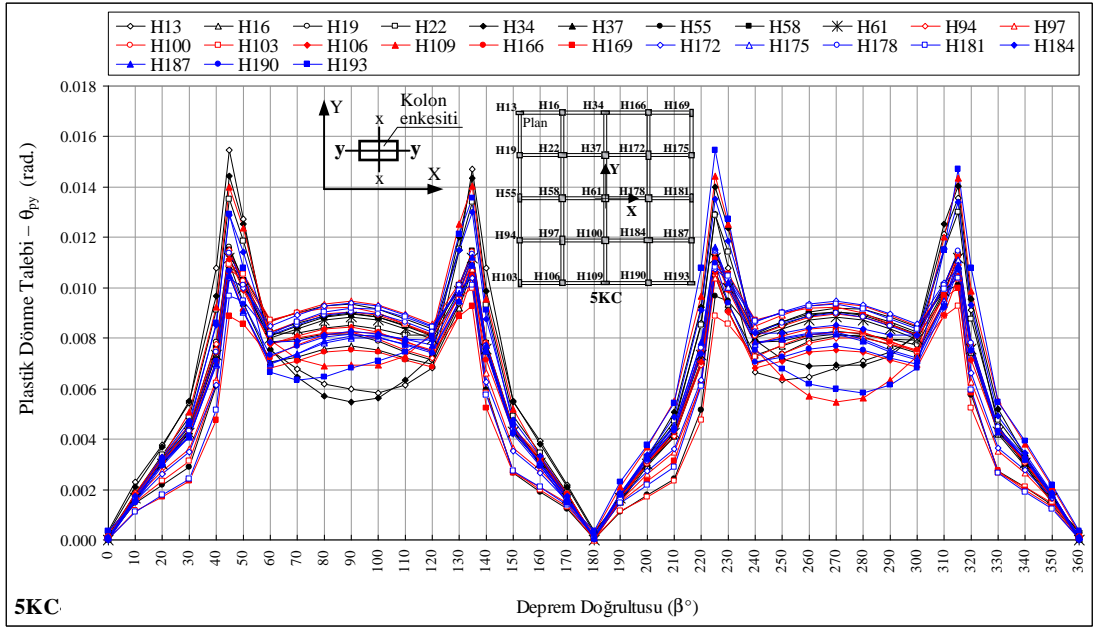
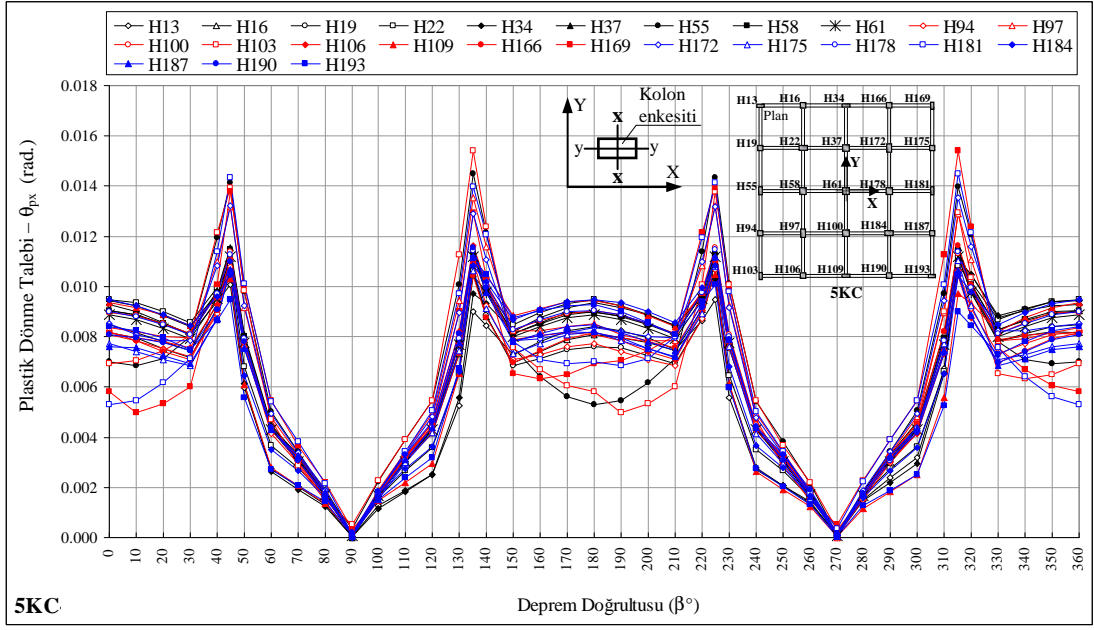
Şekil 4.52 3KC-[5-8] binalar için  $\theta_{px}$  ve  $\theta_{py}$  plastik dönme taleplerinin  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi (devam)



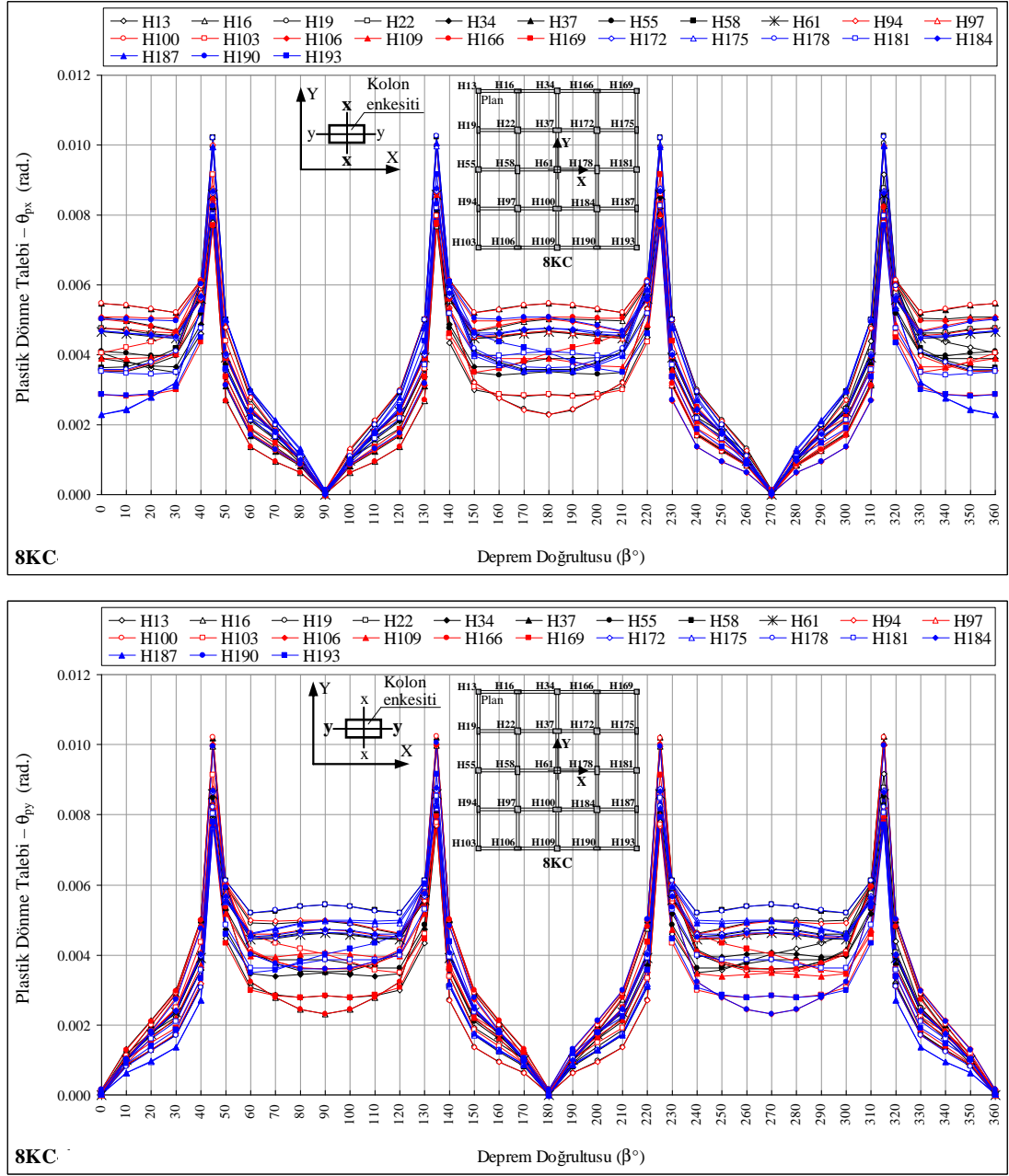
Şekil 4.53 3KC-[9-11] binalar için  $\theta_{px}$  ve  $\theta_{py}$  plastik dönme taleplerinin  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi



Şekil 4.53 3KC-[9-11] binalar için  $\theta_{px}$  ve  $\theta_{py}$  plastik dönme taleplerinin  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi (devam)

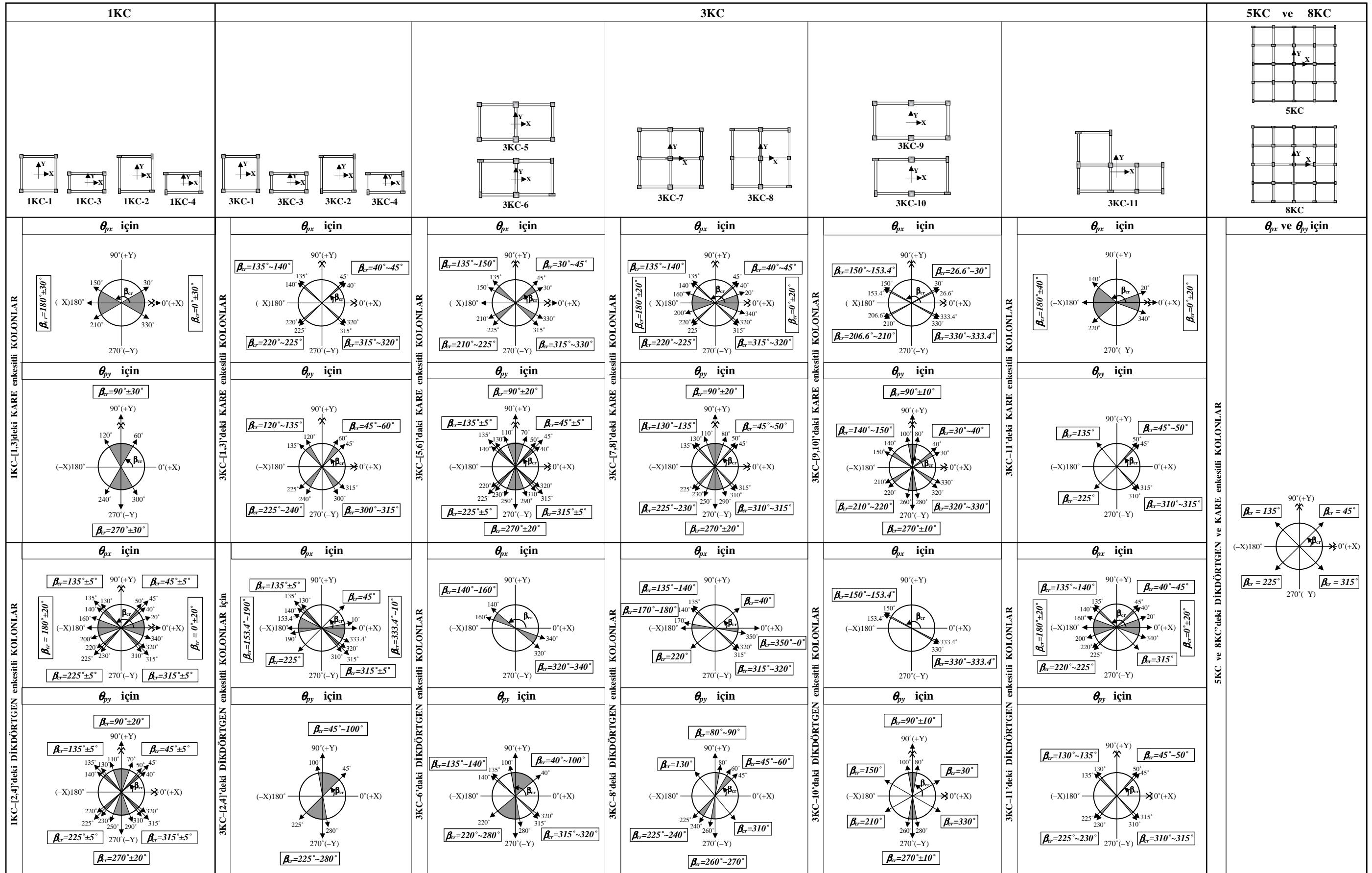


Şekil 4.54 5KC bina için  $\theta_{px}$  ve  $\theta_{py}$  plastik dönme taleplerinin  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi



Şekil 4.55 8KC bina için  $\theta_{px}$  ve  $\theta_{py}$  plastik dönme taleplerinin  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi

İncelenen betonarme binaların  $\beta = 0^\circ \sim 360^\circ$  arasında gözönüne alınan deprem doğrultuları için, en alt kolonlarının alt uçlarında oluşan plastik kesitlerdeki  $\theta_{px}$  ve  $\theta_{py}$  plastik dönme taleplerinin  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimini gösteren grafiklerden yararlanılarak (Şekil 4.50–4.55), kolon plastik kesitlerdeki en elverişsiz ve ona çok yakın değerlerdeki plastik dönme talepleri  $[(0.95 \sim 1.00)(\theta_{px})_{cr}]$  ve  $[(0.95 \sim 1.00)(\theta_{py})_{cr}]$  için  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultuları Şekil 4.56’da şematik olarak verilmiştir.



Şekil 4.56 İncelenen betonarme binaların en alt kat kolon plastik kesitlerinde en elverişsiz ve ona çok yakın değerlerdeki plastik dönme talepleri  $[(0.95 \sim 1.00)(\theta_{px})_{cr}]$  ve  $[(0.95 \sim 1.00)(\theta_{py})_{cr}]$  için  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultuları



Şekil 4.56'dan görüleceği üzere, incelenen binalardan normal kuvvet düzeyi daha düşük olan 1KC ve 3KC binaların en alt kat kolon plastik kesitlerinde, en elverişsiz  $\theta_{px}$  ve  $\theta_{py}$  plastik dönme taleplerini veren  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultuları geniş bir aralıkta elde edilirken, normal kuvvet düzeyi yüksek olan 5KC ve 8KC binalarda  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultuları için bir aralık oluşmamaktadır.

İncelenen betonarme binaların çok doğrultulu deprem yükleri altındaki doğrusal olmayan statik analizleri sonucunda, en alt kat kolon plastik kesitleri için kritik deprem doğrultularındaki  $\theta_{px}$  ve  $\theta_{py}$  plastik dönme taleplerinin, asal eksen doğrultularından elde edilenlere göre, enkesitinin *kare* veya *dikdörtgen* olmasına bağlı olarak önemli değişim gösterdiği belirlenmiştir. Plastik kesitlerdeki  $\theta_{px}$  ve  $\theta_{py}$  plastik dönme taleplerinin değişim oranlarını gösteren karşılaştırma sonuçları 1KC binalar için Çizelge 4.23'de, 3KC binalar için Çizelge 4.24–4.26'da, 5KC bina için Çizelge 4.27'de ve 8KC bina için Çizelge 4.28'de verilmiştir.

İncelenen binaların *kare* ve *dikdörtgen* enkesitli kolon plastik kesitlerinde,  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultularındaki  $(\theta_{px})_{cr}$  ve  $(\theta_{py})_{cr}$  plastik dönme taleplerinin, plandaki asal eksen (X ve Y) doğrultularından elde edilenlere  $((\theta_{px})_{asal}$  ve  $(\theta_{py})_{asal}$ ) göre hesaplanan *rölatif farklara* (%) ve *değişim oranlarına* ait maksimum (en çok) değerlerin aşağıda verilen oranlarda arttığı belirlenmiştir. Buna göre;

- Normal kuvvet düzeyi düşük olan 1KC binadaki kolonların alt uçlarındaki plastik kesitlerde, kritik deprem doğrultularındaki  $\theta_{px}$  ve  $\theta_{py}$  kolon plastik dönme taleplerinin, plandaki asal eksen doğrultularından elde edilenlere göre, *kare* enkesitli kolonlarda  $\theta_{px}$  için +%0.0 (1.000),  $\theta_{py}$  için +%0.5 (1.005) iken, *dikdörtgen* enkesitli kolonlarda  $\theta_{px}$  için +%54.0 (1.540),  $\theta_{py}$  için +%62.5 (1.625) oranında arttığı görülmüştür (Çizelge 4.23).
- Normal kuvvet düzeyi daha fazla olan 3KC binaların en alt kat kolonlarının alt uçlarındaki plastik kesitlerde, kritik deprem doğrultularındaki  $\theta_{px}$  ve  $\theta_{py}$  kolon plastik dönme taleplerinin, plandaki asal eksen doğrultularından elde edilenlere göre, *kare* enkesitli kolonlarda  $\theta_{px}$  için +%25.8 (1.258),  $\theta_{py}$  için +%64.2 (1.642) iken, *dikdörtgen* enkesitli kolonlarda  $\theta_{px}$  için +%144.9

(2.449),  $\theta_{py}$  için +%239.9 (3.399) oranında arttığı görülmüştür (Çizelge 4.24–4.26).

- Normal kuvvet düzeyi yüksek olan 5KC ve 8KC binaların en alt kat kolonlarının alt uçlarındaki plastik kesitlerde, kritik deprem doğrultularındaki  $\theta_{px}$  ve  $\theta_{py}$  kolon plastik dönme taleplerinin, plandaki asal eksen doğrultularından elde edilenlere göre,
  - 5KC binada, *kare* enkesitli kolonlarda  $\theta_{px}$  için +%42.4 (1.424),  $\theta_{py}$  için +%42.4 (1.424) iken, *dikdörtgen* enkesitli kolonlarda  $\theta_{px}$  için +%126.7 (2.267),  $\theta_{py}$  için +%126.7 (2.267) oranında arttığı görülmüştür (Çizelge 4.27).
  - 8KC binada, *kare* enkesitli kolonlarda  $\theta_{px}$  için +%125.5 (2.255),  $\theta_{py}$  için: +%127.3 (2.273) iken, *dikdörtgen* enkesitli kolonlarda  $\theta_{px}$  için +%184.4 (2.844),  $\theta_{py}$  için +%184.4 (2.844) oranında arttığı görülmüştür (Çizelge 4.28).
- Buna göre, incelenen betonarme binalardan normal kuvvet düzeyi düşük olan 1KC'nin *kare* ve *dikdörtgen* enkesitli kolonlarının alt uçlarındaki plastik kesitler için,  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultularındaki  $(\theta_{px})_{cr}$  ve  $(\theta_{py})_{cr}$  plastik dönme taleplerinin, plandaki asal eksen (X ve Y) doğrultularından elde edilenlere  $((\theta_{px})_{asal}$  ve  $(\theta_{py})_{asal}$ ) göre değişim oranı çok büyük olmasına karşın, normal kuvvet düzeyi arttıkça bu farkın 3KC, 5KC ve 8KC binalarda azaldığı görülmüştür. Normal kuvvet düzeyi gittikçe artan 1KC, 3KC, 5KC ve 8KC bina gruplarının her biri için, *dikdörtgen* enkesitli kolon plastik kesitlerindeki en büyük  $\theta_{px}$  ve  $\theta_{py}$  plastik dönme taleplerinin, *kare* enkesitli kolonlardaki en büyük  $\theta_{px}$  ve  $\theta_{py}$ 'ye göre artış oranları Çizelge 4.23–4.28'den yararlanılarak aşağıda verilmiştir.

|                      | 1KC–[1-4]  | 3KC–[1-11]         | 5KC                | 8KC                 |
|----------------------|------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| $\theta_{px}$ için : | (54.0/0)   | (144.9/25.8=+5.62) | (126.7/42.4=+2.99) | (184.4/125.5=+1.47) |
| $\theta_{py}$ için : | (62.5/0.5) | (239.9/64.2=+3.74) | (126.7/42.4=+2.99) | (184.4/125.5=+1.47) |

İncelenen binaların en alt kat kolonlarının alt uçlarında oluşan plastik kesitlerde,  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultularındaki  $(\theta_{px})_{cr}$  ve  $(\theta_{py})_{cr}$  plastik dönme taleplerinin, plandaki asal eksen (X ve Y) doğrultularından elde edilenlere ( $(\theta_{px})_{asal}$  ve  $(\theta_{py})_{asal}$ ) göre hesaplanan rölatif farklara (%) ve değişim oranlarına ait minimum (en az), maksimum (en çok) ve ortalama değerlerin aşağıda verilen oranlarda arttığı belirlenmiştir ( $(\theta_{px})_{cr} = (\theta_{px})_{asal}$  ve  $(\theta_{py})_{cr} = (\theta_{py})_{asal}$  için değişim oranı %0.00 (1.000) olarak belirtilmiştir). Buna göre;

- o Plandaki her iki asal eksene (X ve Y) göre simetrik veya antimetrik olan tek katlı 1KC–[1-4] binalarda  $\theta_{px}$  ve  $\theta_{py}$  kolon plastik dönme talepleri için aşağıda verilen oranlarda arttığı belirlenmiştir (Çizelge 4.23).

|                      | <u>Minimum</u> | <u>Maksimum</u> | <u>Ortalama</u> |
|----------------------|----------------|-----------------|-----------------|
| $\theta_{px}$ için : | %0.00 (1.000)  | +%54.0 (1.540)  | +%11.7 (1.117)  |
| $\theta_{py}$ için : | %0.00 (1.000)  | +%62.5 (1.625)  | +%14.7 (1.147)  |

- o Plandaki her iki asal eksene (X ve Y) göre simetrik veya antimetrik olan üç katlı 3KC–[1-8] binalarda  $\theta_{px}$  ve  $\theta_{py}$  kolon plastik dönme talepleri için aşağıda verilen oranlarda arttığı belirlenmiştir (Çizelge 4.24).

|                      | <u>Minimum</u> | <u>Maksimum</u> | <u>Ortalama</u> |
|----------------------|----------------|-----------------|-----------------|
| $\theta_{px}$ için : | %0.00 (1.000)  | +%144.8 (2.448) | +%26.0 (1.260)  |
| $\theta_{py}$ için : | %0.00 (1.000)  | +%144.8 (2.448) | +%23.7 (1.237)  |

- o 3KC–[5,6] binaların her iki ara kolonunun tek doğrultuda kirişlerle birleştiği üç katlı 3KC–[9,10] binalarda  $\theta_{px}$  ve  $\theta_{py}$  kolon plastik dönme talepleri için aşağıda verilen oranlarda arttığı belirlenmiştir (Çizelge 4.25).

|                      | <u>Minimum</u> | <u>Maksimum</u> | <u>Ortalama</u> |
|----------------------|----------------|-----------------|-----------------|
| $\theta_{px}$ için : | +%17.4 (1.174) | +%121.6 (2.216) | +%37.8 (1.378)  |
| $\theta_{py}$ için : | %0.00 (1.000)  | +%81.1 (1.811)  | +%17.2 (1.172)  |

- o Plandaki her iki asal eksene (X ve Y) göre simetrik veya antimetrik olmayan üç katlı 3KC–11 binada  $\theta_{px}$  ve  $\theta_{py}$  kolon plastik dönme talepleri için aşağıda verilen oranlarda arttığı belirlenmiştir (Çizelge 4.26).

|                      | Minimum        | Maksimum        | Ortalama       |
|----------------------|----------------|-----------------|----------------|
| $\theta_{px}$ için : | %0.00 (1.000)  | +%49.8 (1.498)  | +%21.2 (1.212) |
| $\theta_{py}$ için : | +%15.9 (1.159) | +%239.9 (2.399) | +%69.4 (1.694) |

- o Plandaki her iki asal eksene (X ve Y) göre antimetrik olan beş katlı 5KC binada  $\theta_{px}$  ve  $\theta_{py}$  kolon plastik dönme talepleri için aşağıda verilen oranlarda arttığı belirlenmiştir (Çizelge 4.27).

|                      | Minimum        | Maksimum        | Ortalama       |
|----------------------|----------------|-----------------|----------------|
| $\theta_{px}$ için : | +%13.3 (1.133) | +%126.7 (2.267) | +%44.9 (1.449) |
| $\theta_{py}$ için : | +%13.3 (1.133) | +%126.7 (2.267) | +%44.9 (1.449) |

- o Plandaki her iki asal eksene (X ve Y) göre simetrik olan sekiz katlı 8KC binada  $\theta_{px}$  ve  $\theta_{py}$  kolon plastik dönme talepleri için aşağıda verilen oranlarda arttığı belirlenmiştir (Çizelge 4.28).

|                      | Minimum        | Maksimum        | Ortalama        |
|----------------------|----------------|-----------------|-----------------|
| $\theta_{px}$ için : | +%50.8 (1.508) | +%184.4 (2.844) | +%112.9 (2.129) |
| $\theta_{py}$ için : | +%50.8 (1.508) | +%184.4 (2.844) | +%112.9 (2.129) |

Çizelge 4.23 1KC-[1-4] binaların kritik deprem ve asal eksen doğrultularına ait  $\theta_{px}$  ve  $\theta_{py}$  kolon plastik dönme taleplerinin karşılaştırılması

| Bina     | Plastik Kesit (Mafsal) | $(\theta_{px})_{maks. asal}$ | $(\theta_{px})_{cr}$ | $\theta_{px}$ için                              |   |  | $(\theta_{py})_{maks. asal}$ | $(\theta_{py})_{cr}$ | $\theta_{py}$ için                              |   |  |       |
|----------|------------------------|------------------------------|----------------------|---|---|--|------------------------------|----------------------|---|---|--|-------|
|          |                        |                              |                      | Kritik deprem doğrultusu ( $\beta_{cr}^\circ$ ) | Rölatif Fark (%) $\left(\frac{[2]-[1]}{[1]}\right)$ | Değişim Oranı $\left(\frac{[2]}{[1]}\right)$ |                              |                      | Kritik deprem doğrultusu ( $\beta_{cr}^\circ$ ) | Rölatif Fark (%) $\left(\frac{[4]-[3]}{[3]}\right)$ | Değişim Oranı $\left(\frac{[4]}{[3]}\right)$ |       |
|          |                        | [1]                          | [2]                  |   |   |  | [3]                          | [4]                  |   |   |  |       |
| 1KC-1    | H13                    | 0.00752                      | 0.00752              | 0°  | 0.0   | 1.000  | 0.00756                      | 0.00756              | 270°  | 0.0   | 1.000  |       |
|          | H16                    | 0.00752                      | 0.00752              | 180°  | 0.0   | 1.000  | 0.00756                      | 0.00756              | 270°  | 0.0   | 1.000  |       |
|          | H19                    | 0.00752                      | 0.00752              | 0°  | 0.0   | 1.000  | 0.00756                      | 0.00756              | 90°   | 0.0   | 1.000  |       |
|          | H22                    | 0.00752                      | 0.00752              | 180°  | 0.0   | 1.000  | 0.00756                      | 0.00756              | 90°   | 0.0   | 1.000  |       |
| 1KC-2    | H13                    | 0.00798                      | 0.00798              | 0°  | 0.0   | 1.000  | 0.00522                      | 0.00804              | 45°   | +54.0   | 1.540  |       |
|          | H16                    | 0.00522                      | 0.00804              | 310°  | +54.0   | 1.540  | 0.00798                      | 0.00798              | 270°  | 0.0   | 1.000  |       |
|          | H19                    | 0.00522                      | 0.00804              | 130°  | +54.0   | 1.540  | 0.00798                      | 0.00798              | 90°   | 0.0   | 1.000  |       |
|          | H22                    | 0.00798                      | 0.00798              | 180°  | 0.0   | 1.000  | 0.00522                      | 0.00804              | 225°  | +54.0   | 1.540  |       |
| 1KC-3    | H13                    | 0.00907                      | 0.00907              | 0°, 190°<br>350°                                | 0.0   | 1.000  | 0.00827                      | 0.00831              | 280°  | +0.5  | 1.005  |       |
|          | H16                    | 0.00907                      | 0.00907              | 0°, 190°  | 0.0   | 1.000  | 0.00827                      | 0.00831              | 260°  | +0.5  | 1.005  |       |
|          | H19                    | 0.00907                      | 0.00907              | 0°, 10°   | 0.0   | 1.000  | 0.00827                      | 0.00831              | 80°   | +0.5  | 1.005  |       |
|          | H22                    | 0.00907                      | 0.00907              | 10°, 170°<br>180°                               | 0.0   | 1.000  | 0.00827                      | 0.00831              | 100°  | +0.5  | 1.005  |       |
| 1KC-4    | H13                    | 0.00916                      | 0.00916              | 180°  | 0.0   | 1.000  | 0.00518                      | 0.00842              | 315°  | +62.5   | 1.625  |       |
|          | H16                    | 0.00596                      | 0.00833              | 315°  | +39.9   | 1.399  | 0.00863                      | 0.00863              | 260°  | 0.0   | 1.000  |       |
|          | H19                    | 0.00596                      | 0.00833              | 135°  | +39.9   | 1.399  | 0.00863                      | 0.00863              | 80°   | 0.0   | 1.000  |       |
|          | H22                    | 0.00916                      | 0.00916              | 0°  | 0.0   | 1.000  | 0.00518                      | 0.00842              | 135°  | +62.5   | 1.625  |       |
| Ortalama |                        |                              |                      |   | +11.7   | 1.117  | Ortalama                     |                      |   |   | +14.7  | 1.147 |

Çizelge 4.24 3KC-[1-8] binaların kritik deprem ve asal deprem doğrultularına ait  $\theta_{px}$  ve  $\theta_{py}$  kolon plastik dönme taleplerinin karşılaştırılması

| Bina  | Plastik Kesit (Mafsal) | $(\theta_{px})_{maks. asal}$ | $(\theta_{px})_{cr}$ | $\theta_{px}$ için       |                  |               | $(\theta_{py})_{maks. asal}$ | $(\theta_{py})_{cr}$ | $\theta_{py}$ için       |                  |               |                      |                                    |
|-------|------------------------|------------------------------|----------------------|--------------------------|------------------|---------------|------------------------------|----------------------|--------------------------|------------------|---------------|----------------------|------------------------------------|
|       |                        |                              |                      | Kritik deprem doğrultusu | Rölatif Fark (%) | Değişim Oranı |                              |                      | Kritik deprem doğrultusu | Rölatif Fark (%) | Değişim Oranı |                      |                                    |
|       |                        |                              |                      |                          |                  |               |                              |                      |                          |                  |               | $(\beta_{cr})^\circ$ | $\left(\frac{[2]-[1]}{[1]}\right)$ |
| [1]   | [2]                    | [3]                          | [4]                  |                          |                  |               |                              |                      |                          |                  |               |                      |                                    |
| 3KC-1 | H13                    | 0.01077                      | 0.01240              | 220°                     | +15.1            | 1.151         | 0.01077                      | 0.01240              | 50°                      | +15.1            | 1.151         |                      |                                    |
|       | H16                    | 0.01077                      | 0.01240              | 320°                     | +15.1            | 1.151         | 0.01077                      | 0.01240              | 130°                     | +15.1            | 1.151         |                      |                                    |
|       | H19                    | 0.01077                      | 0.01240              | 140°                     | +15.1            | 1.151         | 0.01077                      | 0.01240              | 310°                     | +15.1            | 1.151         |                      |                                    |
|       | H22                    | 0.01077                      | 0.01240              | 40°                      | +15.1            | 1.151         | 0.01077                      | 0.01240              | 230°                     | +15.1            | 1.151         |                      |                                    |
| 3KC-2 | H13                    | 0.00897                      | 0.00928              | 320°                     | +3.5             | 1.035         | 0.00463                      | 0.01133              | 45°                      | +144.8           | 2.448         |                      |                                    |
|       | H16                    | 0.00463                      | 0.01133              | 315°                     | +144.8           | 2.448         | 0.00897                      | 0.00928              | 230°                     | +3.5             | 1.035         |                      |                                    |
|       | H19                    | 0.00463                      | 0.01133              | 135°                     | +144.8           | 2.448         | 0.00897                      | 0.00928              | 50°                      | +3.5             | 1.035         |                      |                                    |
|       | H22                    | 0.00897                      | 0.00928              | 140°                     | +3.5             | 1.035         | 0.00463                      | 0.01133              | 225°                     | +144.8           | 2.448         |                      |                                    |
| 3KC-3 | H13                    | 0.01325                      | 0.01504              | 320°                     | +13.5            | 1.135         | 0.01354                      | 0.01526              | 310°                     | +12.7            | 1.127         |                      |                                    |
|       | H16                    | 0.01325                      | 0.01504              | 220°                     | +13.5            | 1.135         | 0.01354                      | 0.01526              | 230°                     | +12.7            | 1.127         |                      |                                    |
|       | H19                    | 0.01325                      | 0.01504              | 40°                      | +13.5            | 1.135         | 0.01354                      | 0.01526              | 50°                      | +12.7            | 1.127         |                      |                                    |
|       | H22                    | 0.01325                      | 0.01504              | 140°                     | +13.5            | 1.135         | 0.01354                      | 0.01526              | 130°                     | +12.7            | 1.127         |                      |                                    |
| 3KC-4 | H13                    | 0.01083                      | 0.01083              | 0°                       | 0.0              | 1.000         | 0.00645                      | 0.01242              | 45°                      | +92.6            | 1.926         |                      |                                    |
|       | H16                    | 0.00627                      | 0.01137              | 310°                     | +81.2            | 1.812         | 0.01063                      | 0.01184              | 230°                     | +11.4            | 1.114         |                      |                                    |
|       | H19                    | 0.00627                      | 0.01137              | 130°                     | +81.2            | 1.812         | 0.01063                      | 0.01184              | 50°                      | +11.4            | 1.114         |                      |                                    |
|       | H22                    | 0.01083                      | 0.01083              | 180°                     | 0.0              | 1.000         | 0.00645                      | 0.01242              | 225°                     | +92.6            | 1.926         |                      |                                    |
| 3KC-5 | H13                    | 0.01189                      | 0.01322              | 320°                     | +11.2            | 1.112         | 0.01284                      | 0.01311              | 315°                     | +2.0             | 1.020         |                      |                                    |
|       | H16                    | 0.01201                      | 0.01348              | 320°                     | +12.2            | 1.122         | 0.01280                      | 0.01280              | 270°                     | 0.0              | 1.000         |                      |                                    |
|       | H19                    | 0.01189                      | 0.01322              | 40°                      | +11.2            | 1.112         | 0.01284                      | 0.01311              | 315°                     | +2.0             | 1.020         |                      |                                    |
|       | H22                    | 0.01201                      | 0.01348              | 140°                     | +12.2            | 1.122         | 0.01280                      | 0.01280              | 90°                      | 0.0              | 1.000         |                      |                                    |
|       | H34                    | 0.01189                      | 0.01322              | 220°                     | +11.2            | 1.112         | 0.01284                      | 0.01311              | 135°                     | +2.0             | 1.020         |                      |                                    |
|       | H37                    | 0.01189                      | 0.01322              | 140°                     | +11.2            | 1.112         | 0.01284                      | 0.01311              | 135°                     | +2.0             | 1.020         |                      |                                    |
| 3KC-6 | H13                    | 0.01135                      | 0.01218              | 330°                     | +7.3             | 1.073         | 0.00765                      | 0.01415              | 140°                     | +85.0            | 1.850         |                      |                                    |
|       | H16                    | 0.01082                      | 0.01281              | 320°                     | +18.4            | 1.184         | 0.01067                      | 0.01151              | 135°                     | +7.8             | 1.078         |                      |                                    |
|       | H19                    | 0.00671                      | 0.01415              | 140°                     | +110.9           | 2.109         | 0.01165                      | 0.01170              | 80°                      | +0.5             | 1.005         |                      |                                    |
|       | H22                    | 0.01082                      | 0.01281              | 140°                     | +18.4            | 1.184         | 0.01067                      | 0.01151              | 315°                     | +7.8             | 1.078         |                      |                                    |
|       | H34                    | 0.00671                      | 0.01415              | 320°                     | +110.9           | 2.109         | 0.01165                      | 0.01170              | 260°                     | +0.5             | 1.005         |                      |                                    |
|       | H37                    | 0.01135                      | 0.01218              | 150°                     | +7.3             | 1.073         | 0.00765                      | 0.01415              | 320°                     | +85.0            | 1.850         |                      |                                    |
| 3KC-7 | H13                    | 0.01037                      | 0.01124              | 320°                     | +8.4             | 1.084         | 0.01037                      | 0.01121              | 310°                     | +8.0             | 1.080         |                      |                                    |
|       | H16                    | 0.01123                      | 0.01190              | 220°                     | +6.0             | 1.060         | 0.01114                      | 0.01142              | 130°                     | +2.5             | 1.025         |                      |                                    |
|       | H19                    | 0.01114                      | 0.01142              | 220°                     | +2.5             | 1.025         | 0.01123                      | 0.01190              | 310°                     | +6.0             | 1.060         |                      |                                    |
|       | H22                    | 0.01165                      | 0.01174              | 40°, 140°, 220°, 320°    | +0.8             | 1.008         | 0.01165                      | 0.01172              | 50°, 130°, 230°, 310°    | +0.7             | 1.007         |                      |                                    |
|       | H34                    | 0.01037                      | 0.01124              | 220°                     | +8.4             | 1.084         | 0.01037                      | 0.01121              | 230°                     | +8.0             | 1.080         |                      |                                    |
|       | H37                    | 0.01114                      | 0.01142              | 40°                      | +2.5             | 1.025         | 0.01123                      | 0.01190              | 130°                     | +6.0             | 1.060         |                      |                                    |
|       | H55                    | 0.01037                      | 0.01124              | 40°                      | +8.4             | 1.084         | 0.01037                      | 0.01121              | 50°                      | +8.0             | 1.080         |                      |                                    |
|       | H58                    | 0.01123                      | 0.01190              | 40°                      | +6.0             | 1.060         | 0.01114                      | 0.01142              | 310°                     | +2.5             | 1.025         |                      |                                    |
|       | H61                    | 0.01037                      | 0.01124              | 140°                     | +8.4             | 1.084         | 0.01037                      | 0.01121              | 130°                     | +8.0             | 1.080         |                      |                                    |
| 3KC-8 | H13                    | 0.01002                      | 0.01057              | 320°                     | +5.5             | 1.055         | 0.00719                      | 0.01315              | 45°                      | +82.7            | 1.827         |                      |                                    |
|       | H16                    | 0.01061                      | 0.01205              | 320°                     | +13.7            | 1.137         | 0.00999                      | 0.01102              | 310°                     | +10.3            | 1.103         |                      |                                    |
|       | H19                    | 0.00999                      | 0.01102              | 40°                      | +10.3            | 1.103         | 0.01061                      | 0.01205              | 50°                      | +13.7            | 1.137         |                      |                                    |
|       | H22                    | 0.01080                      | 0.01148              | 40°, 140°, 220°, 320°    | +6.3             | 1.063         | 0.01076                      | 0.01136              | 50°, 130°, 230°, 310°    | +5.6             | 1.056         |                      |                                    |
|       | H34                    | 0.00719                      | 0.01315              | 315°                     | +82.7            | 1.827         | 0.01002                      | 0.01057              | 230°                     | +5.5             | 1.055         |                      |                                    |
|       | H37                    | 0.00999                      | 0.01102              | 220°                     | +10.3            | 1.103         | 0.01061                      | 0.01205              | 230°                     | +13.7            | 1.137         |                      |                                    |
|       | H55                    | 0.00719                      | 0.01315              | 135°                     | +82.7            | 1.827         | 0.01002                      | 0.01057              | 50°                      | +5.5             | 1.055         |                      |                                    |
|       | H58                    | 0.01061                      | 0.01205              | 140°                     | +13.7            | 1.137         | 0.00999                      | 0.01102              | 130°                     | +10.3            | 1.103         |                      |                                    |
|       | H61                    | 0.01002                      | 0.01057              | 140°                     | +5.5             | 1.055         | 0.00719                      | 0.01315              | 225°                     | +82.7            | 1.827         |                      |                                    |
|       |                        |                              |                      | Ortalama                 | +26.0            | 1.260         |                              |                      |                          |                  | Ortalama      | +23.7                | 1.237                              |

Çizelge 4.25 3KC–[9,10] binaların kritik deprem ve asal deprem doğrultularına ait  $\theta_{px}$  ve  $\theta_{py}$  kolon plastik dönme taleplerinin karşılaştırılması

| Bina   | Plastik Kesit (Mafsal) | $(\theta_{px})_{asal}^{maks.}$ | $(\theta_{px})_{cr}$ | $\theta_{px}$ için             |                                    |                                | $(\theta_{py})_{asal}^{maks.}$ | $(\theta_{py})_{cr}$ | $\theta_{py}$ için       |                                    |                                |       |
|--------|------------------------|--------------------------------|----------------------|--------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------------|--------------------------|------------------------------------|--------------------------------|-------|
|        |                        |                                |                      | Kritik deprem doğrultusu       | Rölatif Fark (%)                   | Değişim Oranı                  |                                |                      | Kritik deprem doğrultusu | Rölatif Fark (%)                   | Değişim Oranı                  |       |
|        |                        |                                |                      | $(\beta_{cr})^\circ$           | $\left(\frac{[2]-[1]}{[1]}\right)$ | $\left(\frac{[2]}{[1]}\right)$ |                                |                      | $(\beta_{cr})^\circ$     | $\left(\frac{[4]-[3]}{[3]}\right)$ | $\left(\frac{[4]}{[3]}\right)$ |       |
|        |                        | [1]                            | [2]                  |                                |                                    | [3]                            | [4]                            |                      |                          |                                    |                                |       |
| 3KC-9  | H13                    | 0.01044                        | 0.01314              | 330°                           | +25.8                              | 1.258                          | 0.01058                        | 0.01150              | 30°                      | +8.8                               | 1.088                          |       |
|        | H16                    | 0.01176                        | 0.01386              | 26.6°,153.4°<br>206.6°,333.4°  | +17.8                              | 1.178                          | 0.00994                        | 0.01037              | 30°                      | +4.4                               | 1.044                          |       |
|        | H19                    | 0.01044                        | 0.01317              | 26.6°                          | +25.8                              | 1.258                          | 0.01058                        | 0.01150              | 30°                      | +8.8                               | 1.088                          |       |
|        | H22                    | 0.01176                        | 0.01386              | 26.6°, 153.4°<br>206.6°,333.4° | +17.8                              | 1.178                          | 0.00994                        | 0.01037              | 210°                     | +4.4                               | 1.044                          |       |
|        | H34                    | 0.01044                        | 0.01314              | 206.6°                         | +25.8                              | 1.258                          | 0.01058                        | 0.01150              | 210°                     | +8.8                               | 1.088                          |       |
|        | H37                    | 0.01044                        | 0.01314              | 150°                           | +25.8                              | 1.258                          | 0.01058                        | 0.01150              | 210°                     | +8.8                               | 1.088                          |       |
| 3KC-10 | H13                    | 0.00990                        | 0.01162              | 333.4°                         | +17.4                              | 1.174                          | 0.00654                        | 0.01184              | 30°                      | +81.1                              | 1.811                          |       |
|        | H16                    | 0.01040                        | 0.01227              | 330°                           | +18.0                              | 1.180                          | 0.00878                        | 0.00878              | 90°, 270°                | 0.0                                | 1.000                          |       |
|        | H19                    | 0.00528                        | 0.01170              | 150°                           | +121.6                             | 2.216                          | 0.01060                        | 0.01060              | 90°                      | 0.0                                | 1.000                          |       |
|        | H22                    | 0.01040                        | 0.01227              | 150°                           | +18.0                              | 1.180                          | 0.00878                        | 0.00878              | 90°, 270°                | 0.0                                | 1.000                          |       |
|        | H34                    | 0.00528                        | 0.01170              | 330°                           | +121.6                             | 2.216                          | 0.01060                        | 0.01060              | 270°                     | 0.0                                | 1.000                          |       |
|        | H37                    | 0.00990                        | 0.01162              | 153.4°                         | +17.4                              | 1.174                          | 0.00654                        | 0.01184              | 210°                     | +81.1                              | 1.811                          |       |
|        |                        |                                |                      | Ortalama                       | +37.8                              | 1.378                          | Ortalama                       |                      |                          |                                    | +17.2                          | 1.172 |

Çizelge 4.26 3KC–11 binanın kritik deprem ve asal deprem doğrultularına ait  $\theta_{px}$  ve  $\theta_{py}$  kolon plastik dönme taleplerinin karşılaştırılması

| Bina   | Plastik Kesit (Mafsal) | $(\theta_{px})_{asal}^{maks.}$ | $(\theta_{px})_{cr}$ | $\theta_{px}$ için       |                                    |                                | $(\theta_{py})_{asal}^{maks.}$ | $(\theta_{py})_{cr}$ | $\theta_{py}$ için       |                                    |                                |       |
|--------|------------------------|--------------------------------|----------------------|--------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------------|--------------------------|------------------------------------|--------------------------------|-------|
|        |                        |                                |                      | Kritik deprem doğrultusu | Rölatif Fark (%)                   | Değişim Oranı                  |                                |                      | Kritik deprem doğrultusu | Rölatif Fark (%)                   | Değişim Oranı                  |       |
|        |                        |                                |                      | $(\beta_{cr})^\circ$     | $\left(\frac{[2]-[1]}{[1]}\right)$ | $\left(\frac{[2]}{[1]}\right)$ |                                |                      | $(\beta_{cr})^\circ$     | $\left(\frac{[4]-[3]}{[3]}\right)$ | $\left(\frac{[4]}{[3]}\right)$ |       |
|        |                        | [1]                            | [2]                  |                          |                                    | [3]                            | [4]                            |                      |                          |                                    |                                |       |
| 3KC-11 | H13                    | 0.01077                        | 0.01077              | 180°                     | 0.0                                | 1.000                          | 0.00332                        | 0.01128              | 50°                      | +239.9                             | 3.399                          |       |
|        | H16                    | 0.00787                        | 0.01121              | 225°                     | +42.6                              | 1.426                          | 0.00635                        | 0.00749              | 230°                     | +18.1                              | 1.181                          |       |
|        | H19                    | 0.00848                        | 0.01145              | 225°                     | +35.0                              | 1.350                          | 0.00769                        | 0.00918              | 50°                      | +19.4                              | 1.194                          |       |
|        | H22                    | 0.01089                        | 0.01089              | 180°                     | 0.0                                | 1.000                          | 0.00612                        | 0.00875              | 225°                     | +43.0                              | 1.430                          |       |
|        | H37                    | 0.01094                        | 0.01094              | 180°                     | 0.0                                | 1.000                          | 0.00552                        | 0.00857              | 225°                     | +55.3                              | 1.553                          |       |
|        | H55                    | 0.00751                        | 0.01125              | 135°                     | +49.8                              | 1.498                          | 0.00710                        | 0.00885              | 50°                      | +24.6                              | 1.246                          |       |
|        | H58                    | 0.01192                        | 0.01192              | 180°                     | 0.0                                | 1.000                          | 0.00380                        | 0.01093              | 225°                     | +187.9                             | 2.879                          |       |
|        | H61                    | 0.01092                        | 0.01092              | 180°                     | 0.0                                | 1.000                          | 0.00520                        | 0.00854              | 135°                     | +64.2                              | 1.642                          |       |
|        | H172                   | 0.00814                        | 0.01179              | 225°                     | +44.9                              | 1.449                          | 0.00670                        | 0.00776              | 230°                     | +15.9                              | 1.159                          |       |
|        | H178                   | 0.00830                        | 0.01163              | 135°                     | +40.2                              | 1.402                          | 0.00614                        | 0.00769              | 130°                     | +25.3                              | 1.253                          |       |
|        |                        |                                |                      | Ortalama                 | +21.2                              | 1.212                          | Ortalama                       |                      |                          |                                    | +69.4                          | 1.694 |

Çizelge 4.27 5KC binanın kritik deprem ve asal deprem doğrultularına ait  $\theta_{px}$  ve  $\theta_{py}$  kolon plastik dönme taleplerinin karşılaştırılması

| Bina | Plastik Kesit (Mafsal) | $(\theta_{px})_{asal}^{maks.}$ | $(\theta_{px})_{cr}$ | $\theta_{px}$ için       |                                    |                                | $(\theta_{py})_{asal}^{maks.}$ | $(\theta_{py})_{cr}$ | $\theta_{py}$ için       |                                    |                                |
|------|------------------------|--------------------------------|----------------------|--------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------------|--------------------------|------------------------------------|--------------------------------|
|      |                        |                                |                      | Kritik deprem doğrultusu | Rölatif Fark (%)                   | Değişim Oranı                  |                                |                      | Kritik deprem doğrultusu | Rölatif Fark (%)                   | Değişim Oranı                  |
|      |                        |                                |                      | $(\beta_{cr}^\circ)$     | $\left(\frac{[2]-[1]}{[1]}\right)$ | $\left(\frac{[2]}{[1]}\right)$ |                                |                      | $(\beta_{cr}^\circ)$     | $\left(\frac{[4]-[3]}{[3]}\right)$ | $\left(\frac{[4]}{[3]}\right)$ |
|      |                        | [1]                            | [2]                  |                          |                                    | [3]                            | [4]                            |                      |                          |                                    |                                |
| 5KC  | H13                    | 0.00928                        | 0.01111              | 315°                     | +19.7                              | 1.197                          | 0.00681                        | 0.01544              | 45°                      | +126.7                             | 2.267                          |
|      | H16                    | 0.00844                        | 0.01124              | 315°                     | +33.1                              | 1.331                          | 0.00817                        | 0.01164              | 45°                      | +42.4                              | 1.424                          |
|      | H19                    | 0.00844                        | 0.01124              | 315°                     | +33.1                              | 1.331                          | 0.00817                        | 0.01164              | 45°                      | +42.4                              | 1.424                          |
|      | H22                    | 0.00948                        | 0.01074              | 45°                      | +13.3                              | 1.133                          | 0.00853                        | 0.01355              | 45°                      | +58.8                              | 1.588                          |
|      | H34                    | 0.00945                        | 0.01103              | 315°                     | +16.7                              | 1.167                          | 0.00694                        | 0.01443              | 45°                      | +108.0                             | 2.080                          |
|      | H37                    | 0.00904                        | 0.01155              | 45°                      | +27.7                              | 1.277                          | 0.00905                        | 0.01143              | 315°                     | +26.3                              | 1.263                          |
|      | H55                    | 0.00694                        | 0.01443              | 135°                     | +108.0                             | 2.080                          | 0.00945                        | 0.01103              | 45°                      | +16.7                              | 1.167                          |
|      | H58                    | 0.00905                        | 0.01143              | 45°                      | +26.3                              | 1.263                          | 0.00904                        | 0.01155              | 45°                      | +27.7                              | 1.277                          |
|      | H61                    | 0.00889                        | 0.01120              | 45°, 135°, 225°, 315°    | +25.9                              | 1.259                          | 0.00884                        | 0.01118              | 45°, 135°, 225°, 315°    | +26.5                              | 1.265                          |
|      | H94                    | 0.00817                        | 0.01164              | 135°                     | +42.4                              | 1.424                          | 0.00844                        | 0.01124              | 45°                      | +33.1                              | 1.331                          |
|      | H97                    | 0.00853                        | 0.01355              | 135°                     | +58.8                              | 1.588                          | 0.00948                        | 0.01074              | 135°                     | +13.3                              | 1.133                          |
|      | H100                   | 0.00904                        | 0.01155              | 225°                     | +27.7                              | 1.277                          | 0.00905                        | 0.01143              | 135°                     | +26.3                              | 1.263                          |
|      | H103                   | 0.00681                        | 0.01544              | 135°                     | +126.7                             | 2.267                          | 0.00928                        | 0.01111              | 45°                      | +19.7                              | 1.197                          |
|      | H106                   | 0.00817                        | 0.01164              | 135°                     | +42.4                              | 1.424                          | 0.00844                        | 0.01124              | 135°                     | +33.1                              | 1.331                          |
|      | H109                   | 0.00945                        | 0.01103              | 135°                     | +16.7                              | 1.167                          | 0.00694                        | 0.01443              | 225°                     | +108.0                             | 2.080                          |
|      | H166                   | 0.00817                        | 0.01164              | 315°                     | +42.4                              | 1.424                          | 0.00844                        | 0.01124              | 315°                     | +33.1                              | 1.331                          |
|      | H169                   | 0.00681                        | 0.01544              | 315°                     | +126.7                             | 2.267                          | 0.00928                        | 0.01111              | 225°                     | +19.7                              | 1.197                          |
|      | H172                   | 0.00853                        | 0.01355              | 315°                     | +58.8                              | 1.588                          | 0.00948                        | 0.01074              | 315°                     | +13.3                              | 1.133                          |
|      | H175                   | 0.00817                        | 0.01164              | 315°                     | +42.4                              | 1.424                          | 0.00844                        | 0.01124              | 225°                     | +33.1                              | 1.331                          |
|      | H178                   | 0.00905                        | 0.01143              | 225°                     | +26.3                              | 1.263                          | 0.00904                        | 0.01155              | 225°                     | +27.7                              | 1.277                          |
| H181 | 0.00694                | 0.01443                        | 315°                 | +108.0                   | 2.080                              | 0.00945                        | 0.01103                        | 225°                 | +16.7                    | 1.167                              |                                |
| H184 | 0.00948                | 0.01074                        | 225°                 | +13.3                    | 1.133                              | 0.00853                        | 0.01355                        | 225°                 | +58.8                    | 1.588                              |                                |
| H187 | 0.00844                | 0.01124                        | 135°                 | +33.1                    | 1.331                              | 0.00817                        | 0.01164                        | 225°                 | +42.4                    | 1.424                              |                                |
| H190 | 0.00844                | 0.01124                        | 135°                 | +33.1                    | 1.331                              | 0.00817                        | 0.01164                        | 225°                 | +42.4                    | 1.424                              |                                |
| H193 | 0.00928                | 0.01111                        | 135°                 | +19.7                    | 1.197                              | 0.00681                        | 0.01544                        | 225°                 | +126.7                   | 2.267                              |                                |
|      |                        |                                |                      | Ortalama                 | <b>+44.9</b>                       | <b>1.449</b>                   |                                |                      | Ortalama                 | <b>+44.9</b>                       | <b>1.449</b>                   |

Çizelge 4.28 8KC binanın kritik deprem ve asal deprem doğrultularına ait  $\theta_{px}$  ve  $\theta_{py}$  kolon plastik dönme taleplerinin karşılaştırılması

| Bina | Plastik Kesit (Mafsal) | $(\theta_{px})_{asal}^{maks.}$ | $(\theta_{px})_{cr}$ | $\theta_{px}$ için       |                                    |                                | $(\theta_{py})_{asal}^{maks.}$ | $(\theta_{py})_{cr}$ | $\theta_{py}$ için       |                                    |                                |               |              |
|------|------------------------|--------------------------------|----------------------|--------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------------|--------------------------|------------------------------------|--------------------------------|---------------|--------------|
|      |                        |                                |                      | Kritik deprem doğrultusu | Rölatif Fark (%)                   | Değişim Oran                   |                                |                      | Kritik deprem doğrultusu | Rölatif Fark (%)                   | Değişim Oran                   |               |              |
|      |                        |                                |                      | $(\beta_{cr})^\circ$     | $\left(\frac{[2]-[1]}{[1]}\right)$ | $\left(\frac{[2]}{[1]}\right)$ |                                |                      | $(\beta_{cr})^\circ$     | $\left(\frac{[4]-[3]}{[3]}\right)$ | $\left(\frac{[4]}{[3]}\right)$ |               |              |
|      |                        | [1]                            | [2]                  |                          |                                    | [3]                            | [4]                            |                      |                          |                                    |                                |               |              |
| 8KC  | H13                    | 0.00406                        | 0.00916              | 315°                     | +125.5                             | 2.255                          | 0.00403                        | 0.00915              | 315°                     | +127.3                             | 2.273                          |               |              |
|      | H16                    | 0.00508                        | 0.00832              | 315°                     | +63.8                              | 1.638                          | 0.00361                        | 0.01006              | 315°                     | +179.1                             | 2.791                          |               |              |
|      | H19                    | 0.00361                        | 0.01006              | 315°                     | +179.1                             | 2.791                          | 0.00508                        | 0.00832              | 315°                     | +63.8                              | 1.638                          |               |              |
|      | H22                    | 0.00477                        | 0.00876              | 315°                     | +83.8                              | 1.838                          | 0.00473                        | 0.00876              | 315°                     | +85.2                              | 1.852                          |               |              |
|      | H34                    | 0.00389                        | 0.00859              | 315°                     | +120.7                             | 2.207                          | 0.00406                        | 0.00825              | 225°                     | +103.1                             | 2.031                          |               |              |
|      | H37                    | 0.00548                        | 0.00825              | 225°, 315°               | +50.8                              | 1.508                          | 0.00360                        | 0.01024              | 135°, 315°               | +184.4                             | 2.844                          |               |              |
|      | H55                    | 0.00406                        | 0.00825              | 45°                      | +103.1                             | 2.031                          | 0.00389                        | 0.00859              | 315°                     | +120.7                             | 2.207                          |               |              |
|      | H58                    | 0.00360                        | 0.01024              | 135°, 315°               | +184.4                             | 2.844                          | 0.00548                        | 0.00825              | 45°, 315°                | +50.8                              | 1.508                          |               |              |
|      | H61                    | 0.00465                        | 0.00859              | 45°, 135°<br>225°, 315°  | +84.7                              | 1.847                          | 0.00462                        | 0.00859              | 45°, 135°<br>225°, 315°  | +86.0                              | 1.860                          |               |              |
|      | H94                    | 0.00361                        | 0.01006              | 45°                      | +179.1                             | 2.791                          | 0.00508                        | 0.00832              | 45°                      | +63.8                              | 1.638                          |               |              |
|      | H97                    | 0.00477                        | 0.00876              | 45°                      | +83.8                              | 1.838                          | 0.00473                        | 0.00876              | 45°                      | +85.2                              | 1.852                          |               |              |
|      | H100                   | 0.00548                        | 0.00825              | 45°, 135°                | +50.8                              | 1.508                          | 0.00360                        | 0.01024              | 135°, 315°               | +184.4                             | 2.844                          |               |              |
|      | H103                   | 0.00403                        | 0.00915              | 45°                      | +127.3                             | 2.273                          | 0.00406                        | 0.00916              | 45°                      | +125.5                             | 2.255                          |               |              |
|      | H106                   | 0.00508                        | 0.00832              | 45°                      | +63.8                              | 1.638                          | 0.00361                        | 0.01006              | 135°                     | +179.1                             | 2.791                          |               |              |
|      | H109                   | 0.00389                        | 0.00859              | 135°                     | +120.7                             | 2.207                          | 0.00406                        | 0.00825              | 45°                      | +103.1                             | 2.031                          |               |              |
|      | H166                   | 0.00508                        | 0.00832              | 225°                     | +63.8                              | 1.638                          | 0.00361                        | 0.01006              | 315°                     | +179.1                             | 2.791                          |               |              |
|      | H169                   | 0.00403                        | 0.00915              | 225°                     | +127.3                             | 2.273                          | 0.00406                        | 0.00916              | 225°                     | +125.5                             | 2.255                          |               |              |
|      | H172                   | 0.00477                        | 0.00876              | 225°                     | +83.8                              | 1.838                          | 0.00473                        | 0.00876              | 225°                     | +85.2                              | 1.852                          |               |              |
|      | H175                   | 0.00361                        | 0.01006              | 225°                     | +179.1                             | 2.791                          | 0.00508                        | 0.00832              | 225°                     | +63.8                              | 1.638                          |               |              |
|      | H178                   | 0.00360                        | 0.01024              | 135°, 315°               | +184.4                             | 2.844                          | 0.00548                        | 0.00825              | 135°, 225°               | +50.8                              | 1.508                          |               |              |
| H181 | 0.00406                | 0.00825                        | 225°                 | +103.1                   | 2.031                              | 0.00389                        | 0.00859                        | 135°                 | +120.7                   | 2.207                              |                                |               |              |
| H184 | 0.00477                | 0.00876                        | 135°                 | +83.8                    | 1.838                              | 0.00473                        | 0.00876                        | 135°                 | +85.2                    | 1.852                              |                                |               |              |
| H187 | 0.00361                | 0.01006                        | 135°                 | +179.1                   | 2.791                              | 0.00508                        | 0.00832                        | 135°                 | +63.8                    | 1.638                              |                                |               |              |
| H190 | 0.00508                | 0.00832                        | 135°                 | +63.8                    | 1.638                              | 0.00361                        | 0.01006                        | 135°                 | +179.1                   | 2.791                              |                                |               |              |
| H193 | 0.00406                | 0.00916                        | 135°                 | +125.5                   | 2.255                              | 0.00403                        | 0.00915                        | 135°                 | +127.3                   | 2.273                              |                                |               |              |
|      |                        |                                |                      | Ortalama                 | <b>+112.9</b>                      | <b>2.129</b>                   |                                |                      |                          |                                    | Ortalama                       | <b>+112.9</b> | <b>2.129</b> |

#### 4.4.5.3 Kolon Plastik Kesitlerinde Plastik Mafsal Boylarının Belirlenmesi

Çalışmada, bileşik eğik eğilme etkisindeki kolonların plastik eğrilik taleplerini ( $\chi_{px}$  ve  $\chi_{py}$ ) elde etmek için, detayları Bölüm 3.3.2’de verilen Priestley ve diğ. (1996) [57]’deki  $L_p$  plastik mafsal boyu (plastik bölge uzunluğu) bağıntısının kullanıldığı bir yaklaşımdan yararlanılmıştır. Bu yaklaşımda, binanın plandaki X asal eksenine dik doğrultudaki kolon enkesitinin  $x$  asal eksenine ait  $L_{px}$  ve benzer şekilde, binanın plandaki Y asal eksenine dik doğrultudaki kolon enkesitinin  $y$  asal eksenine ait  $L_{py}$  plastik mafsal boyları birbirinden bağımsız olarak elde edilmektedir.

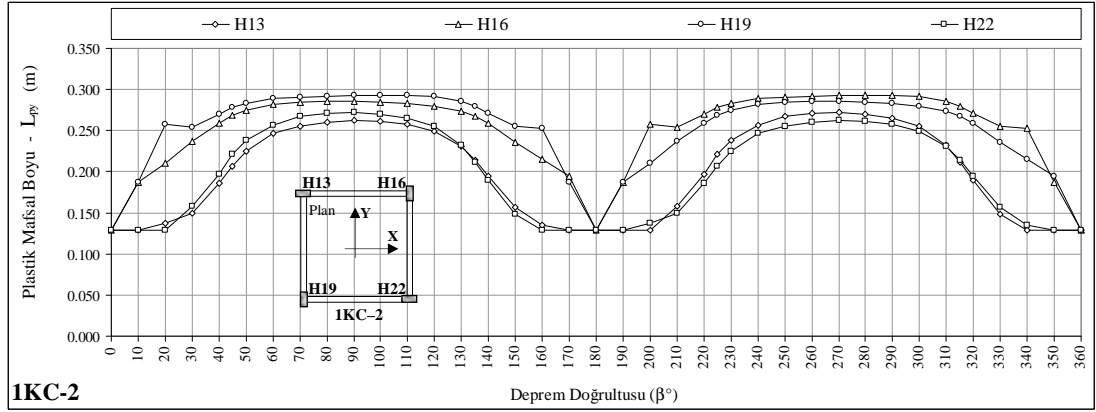
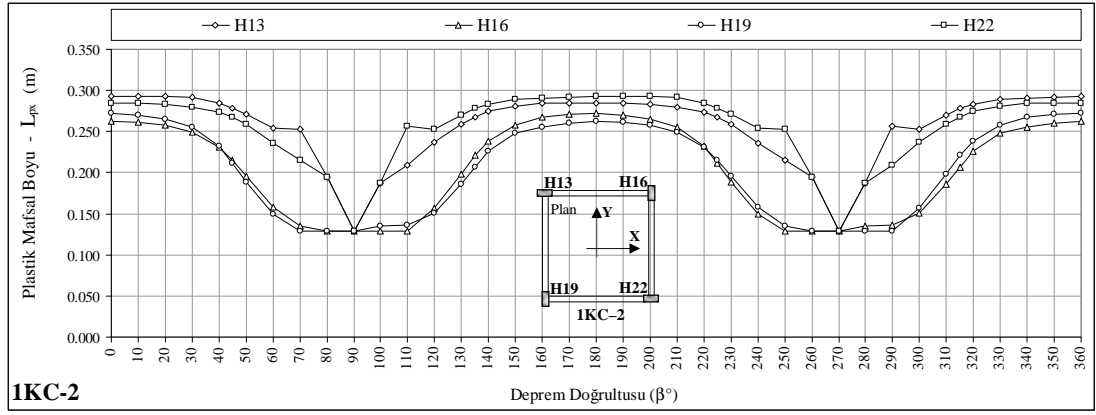
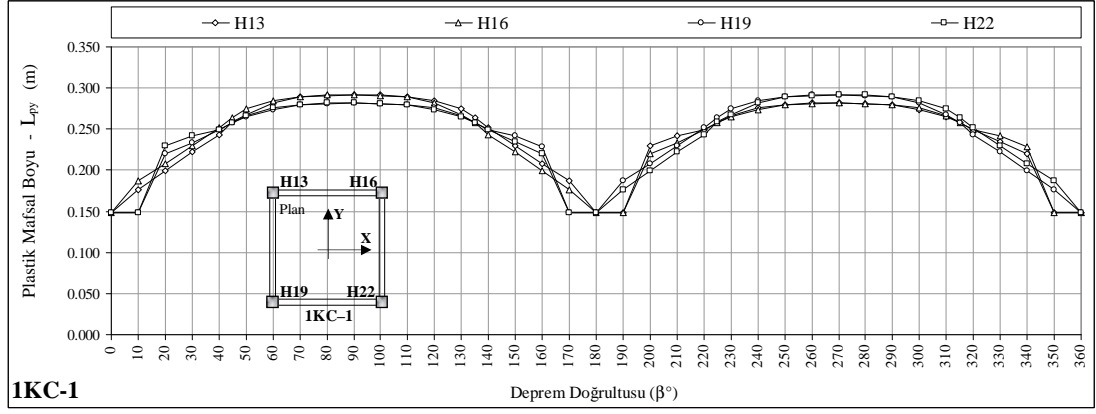
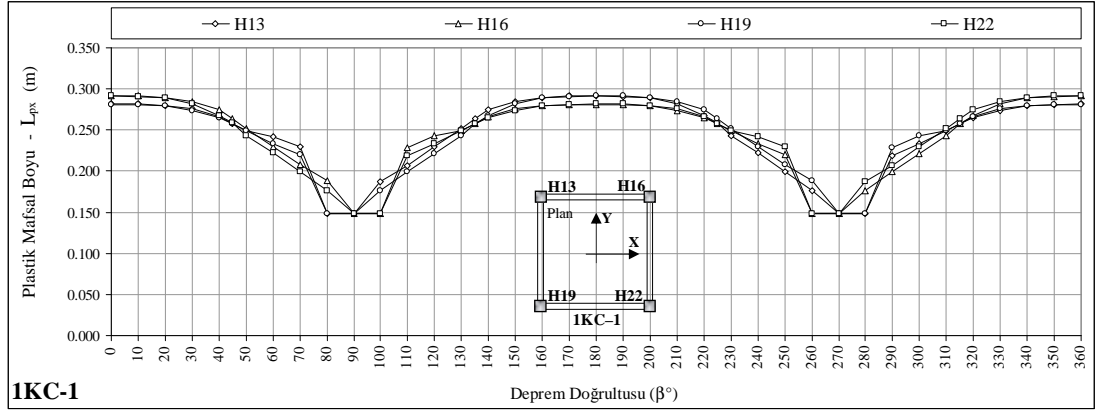


Sayısal incelemeler kapsamında ele alınan simetrik veya antimetrik binalar (3KC–11 hariç diğer binalar) için, deprem yüklerinin  $\beta = 0^\circ \sim 180^\circ$  arasında etkimesi halinde, herhangi bir kolon plastik kesitinde elde edilen  $L_{px}$  ve  $L_{py}$  plastik mafsal boyları ile bu kolonun plandaki asal eksenlere göre antimetrik konumunda olan kolon plastik kesitinin  $\beta = 180^\circ \sim 360^\circ$  arasındaki bölgede ve X–X eksenine göre antimetriği olan  $\beta$  değerleri için elde edilen  $L_{px}$  ve  $L_{py}$  plastik mafsal boyları eşit olmaktadır. Örneğin, planı kare olan 1KC–1 binanın  $\beta = 45^\circ$  deprem doğrultusu için H13 kolon plastik kesitinde elde edilen  $L_{px}$  ve  $L_{py}$  plastik mafsal boyları, bu plastik kesitin plandaki asal eksenlere göre antimetrik konumunda olan H22'nin  $\beta = 225^\circ$  ( $45^\circ + 180^\circ$ ) deprem doğrultusunda elde edilen plastik mafsal boylarına eşit olmaktadır.

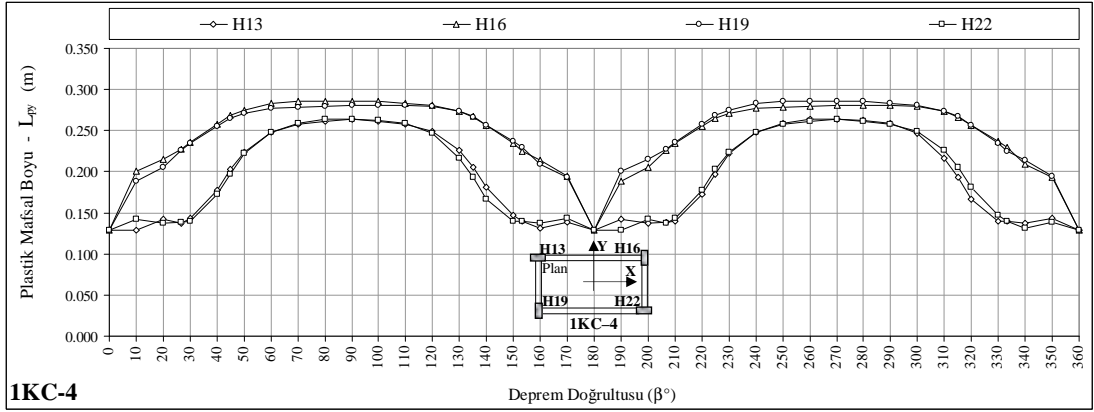
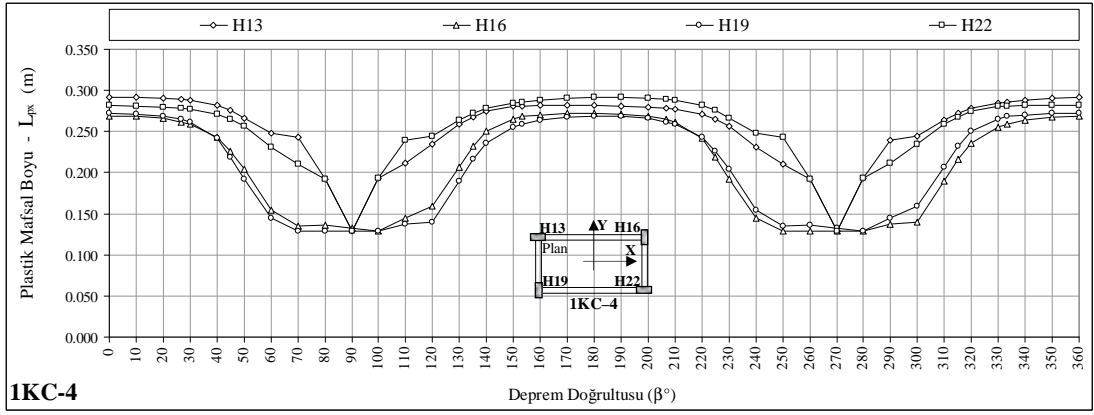
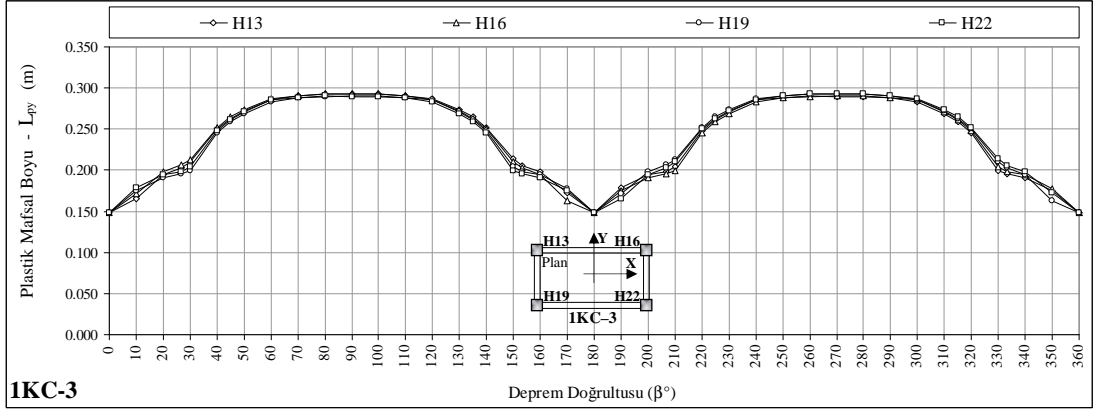
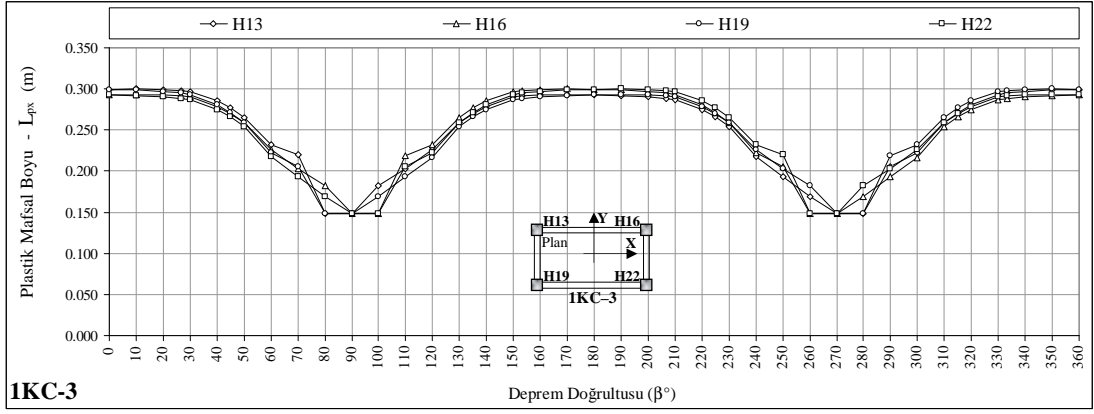
Bu nedenle, sayısal incelemeler kapsamında ele alınan 1KC–[1-4], 3KC–[1-10], 5KC ve 8KC simetrik veya antimetrik binalar için şekildeğiştirme esaslı doğrusal olmayan statik analizlerin  $\beta = 0^\circ \sim 180^\circ$  arasında yapılması yeterlidir. Buna karşın, plandaki her iki asal eksen (X ve Y) göre simetrik veya antimetrik olmayan 3KC–11 binanın doğrusal olmayan statik analizleri,  $\beta = 0^\circ \sim 360^\circ$  arasında yapılmıştır.

Buna göre, YKY ile belirlenen performans noktaları esas alınarak, tepe yerdeğiştirmesi taleplerine ulaşmış betonarme binalarda, gözönüne alınan her bir  $\beta$  deprem doğrultusu için sadece en alt kat kolonlarının alt uçları plastikleştiğinden  $L_p$  plastik mafsal boyları, bu plastik kesitlerde hesaplanmıştır. Bunun için, betonarme binaların en alt kat kolonlarının alt ve üst kesitlerindeki iç kuvvet talepleri ( $M_x^{alt}$ ,  $M_x^{üst}$ ,  $M_y^{alt}$  ve  $M_y^{üst}$ ) ve (3.13a–b) bağıntılarından yararlanılarak (Şekil 3.6(a)), 4.47–4.49'da gösterilen  $x$  ve  $y$  eleman eksenlerindeki  $L_{px}$  ve  $L_{py}$  plastik mafsal boyları belirlenmiştir.

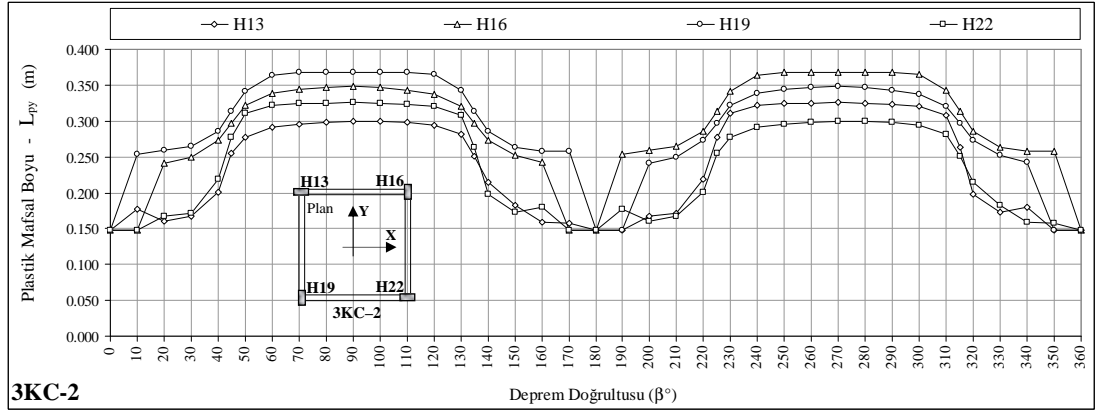
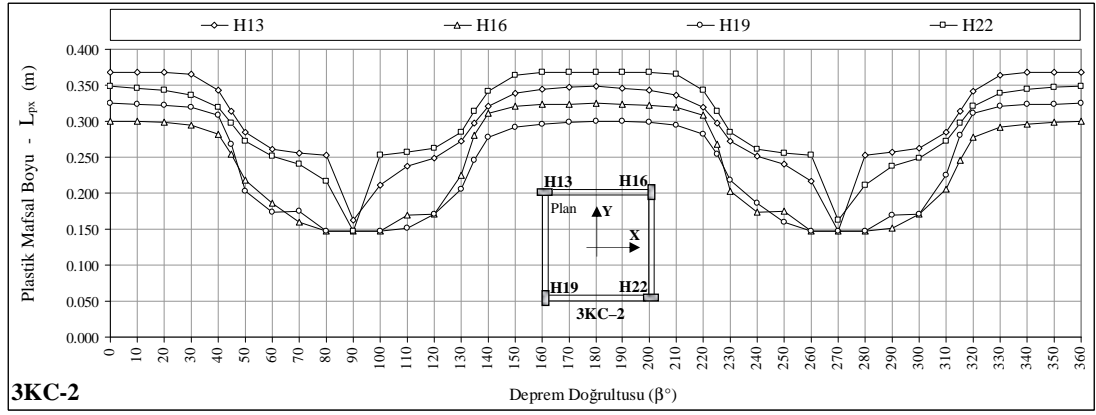
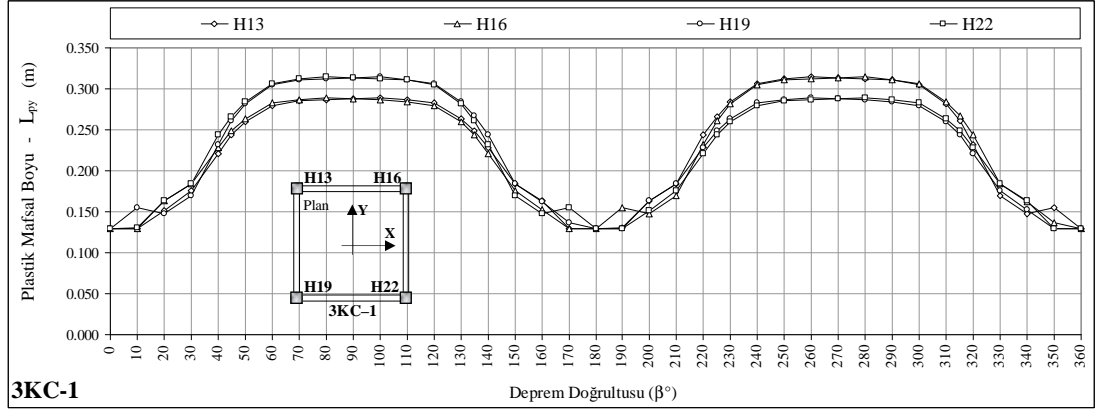
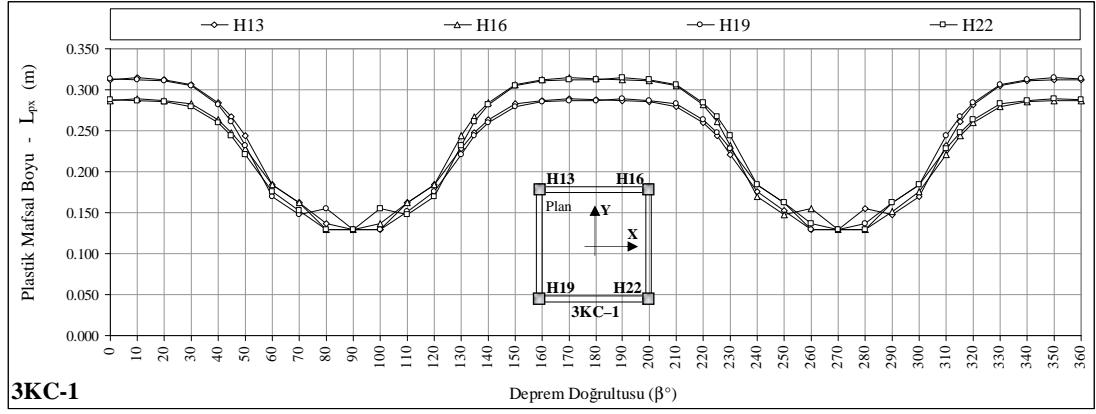
Planda simetrik veya antimetrik olan 1KC–[1-4], 3KC–[1-10], 5KC ve 8KC binalarda  $\beta = 0^\circ \sim 180^\circ$  arasında gözönüne alınan her bir  $\beta$  deprem doğrultusu için, en alt kat kolonlarının alt uçlarındaki plastik kesitlerde elde edilen  $L_{px}$  ve  $L_{py}$  plastik mafsal boylarından yararlanılarak, deprem yüklerinin  $\beta = 0^\circ \sim 360^\circ$  arasında etkimesi hali için elde edilen  $L_{px}$  ve  $L_{py}$  değerlerinin  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi Şekil 4.57–4.62'deki grafiklerde verilmiştir. Planda simetrik veya antimetrik olmayan 3KC–11 binada ise,  $\beta = 0^\circ \sim 360^\circ$  arasında etkiyen deprem yükleri için, en alt kat kolon plastik kesitlerdeki  $L_{px}$  ve  $L_{py}$  plastik mafsal boyların  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi Şekil 4.60'daki grafiklerde verilmiştir.



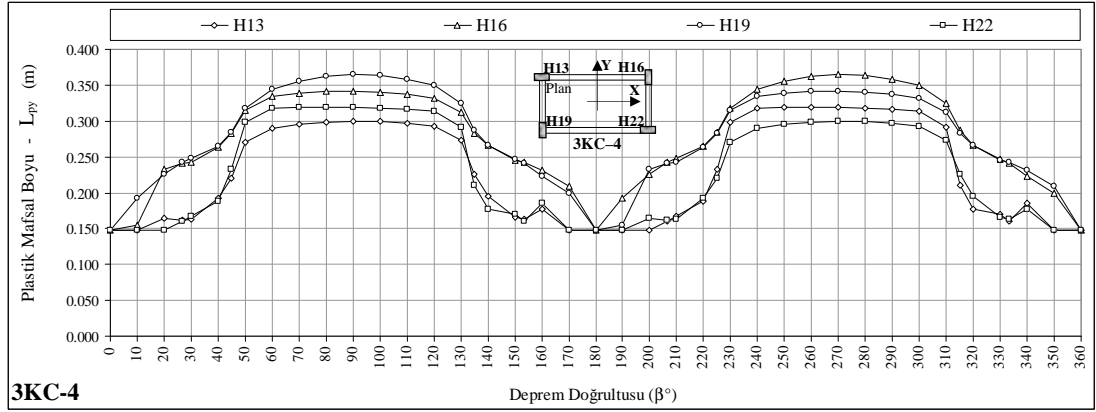
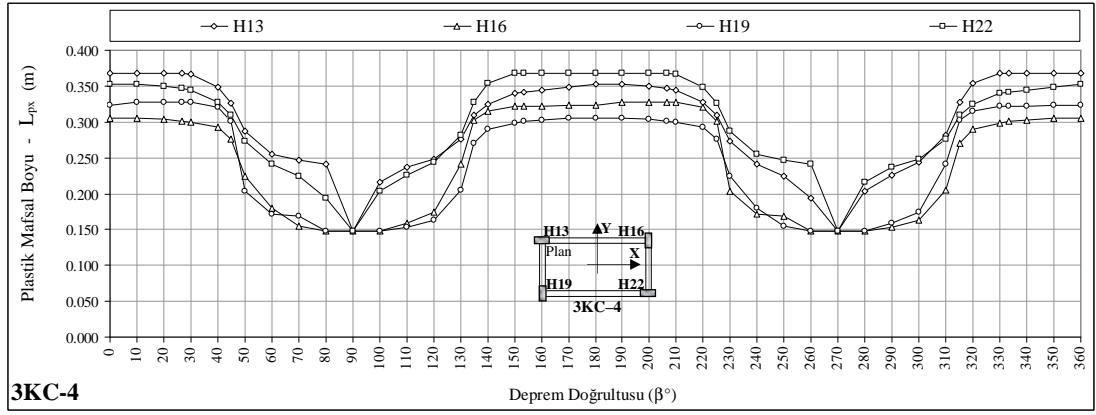
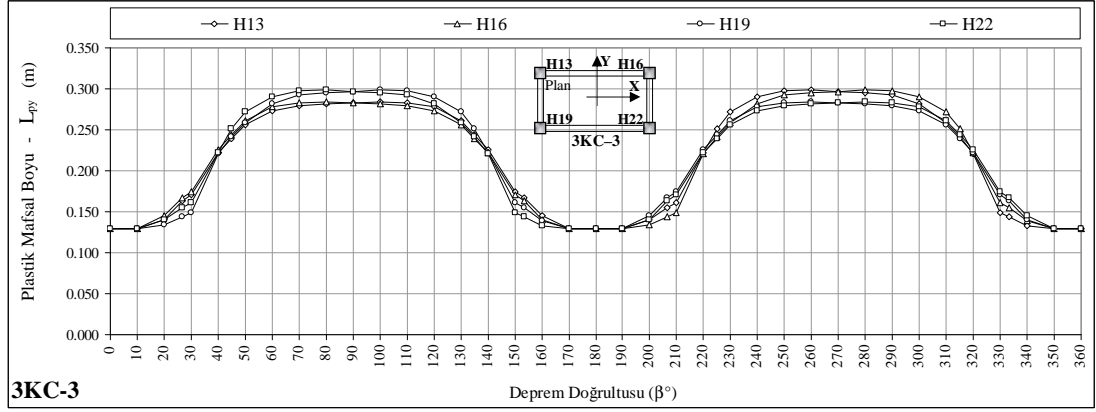
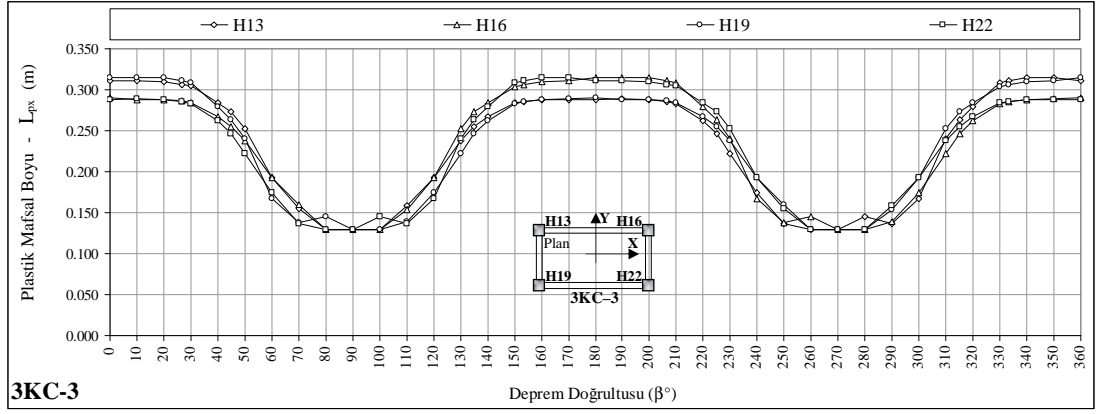
Şekil 4.57 1KC-[1-4] binalar için  $L_{px}$  ve  $L_{py}$  plastik mafsals boylarının  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi



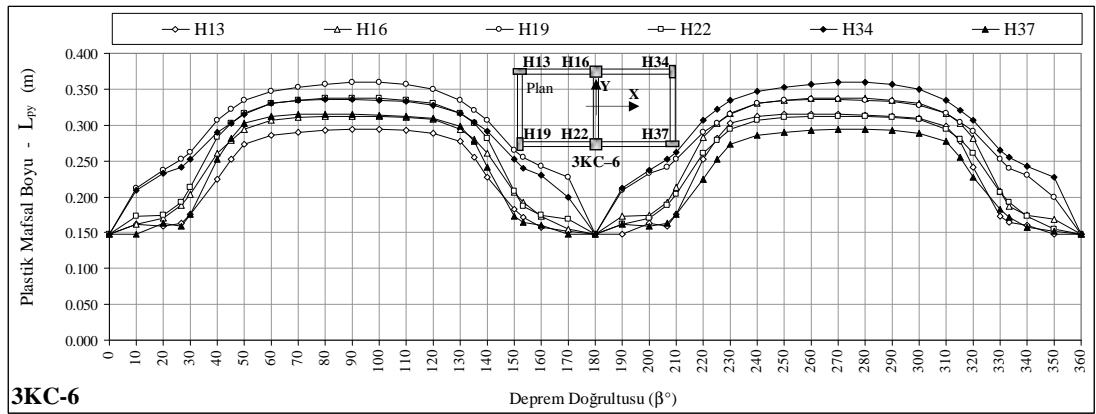
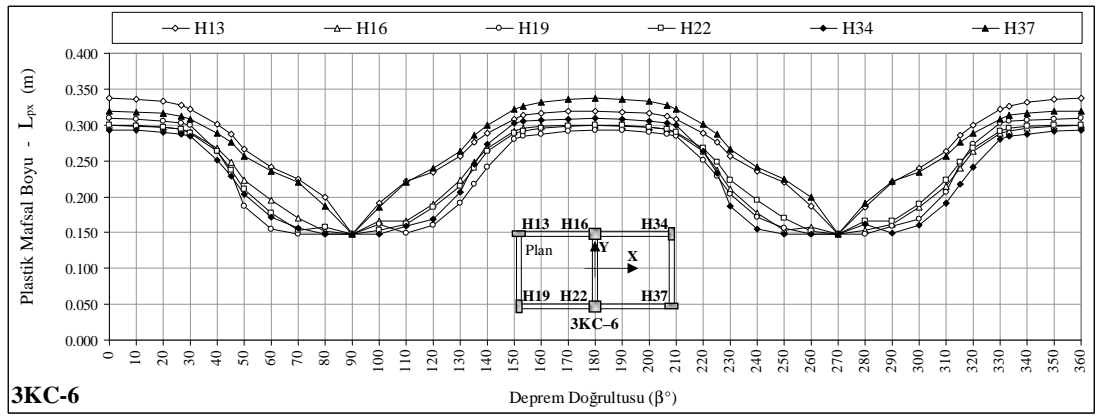
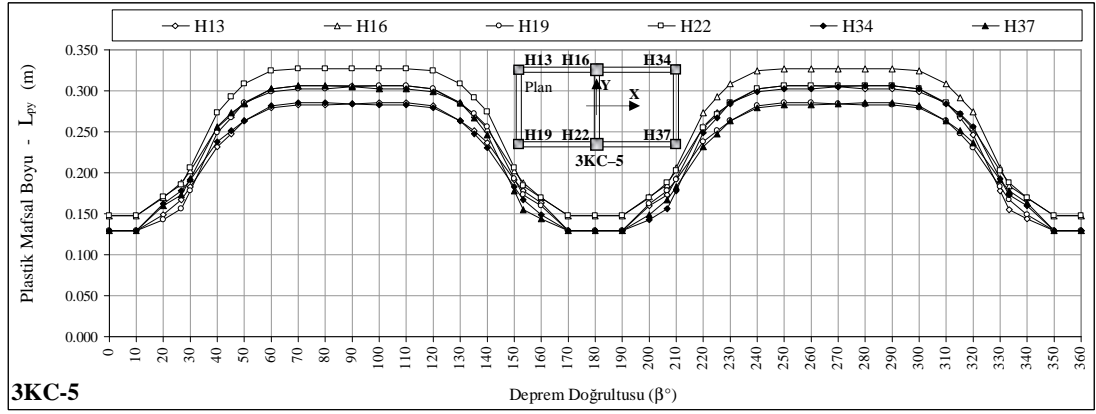
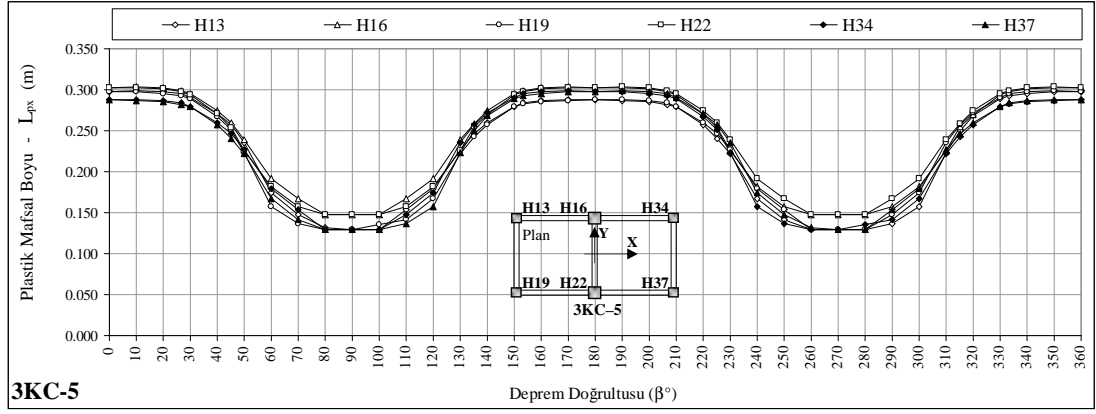
Şekil 4.57 1KC-[1-4] binalar için  $L_{px}$  ve  $L_{py}$  plastik mafsıl boylarının  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi (devam)



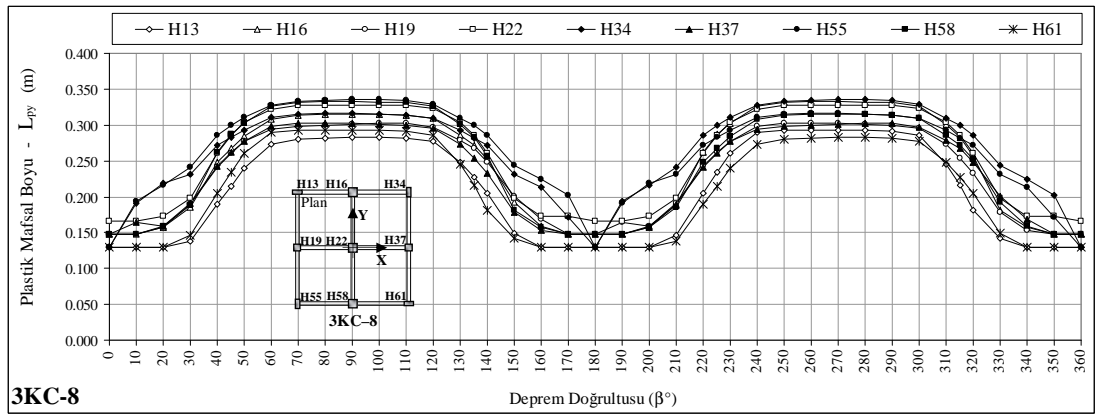
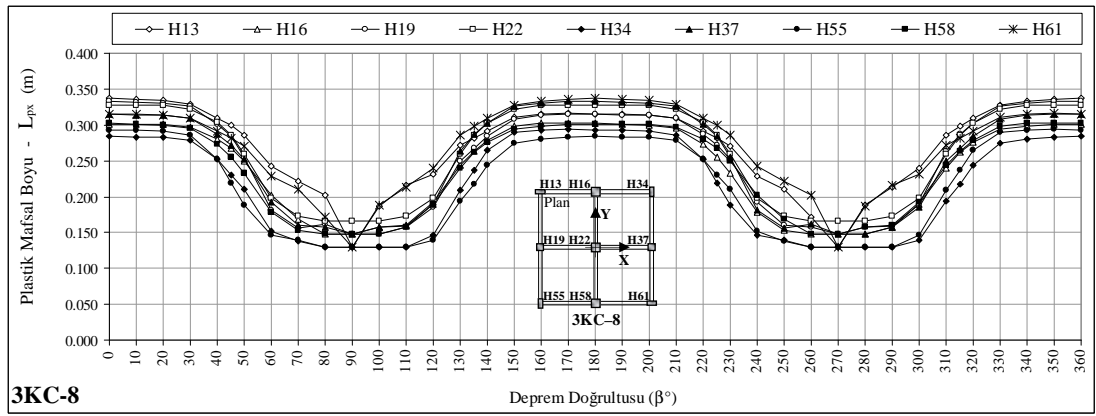
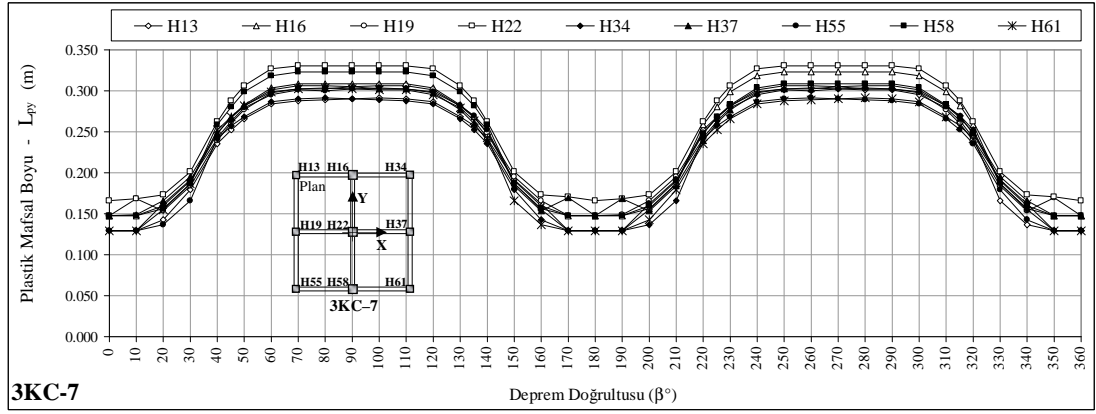
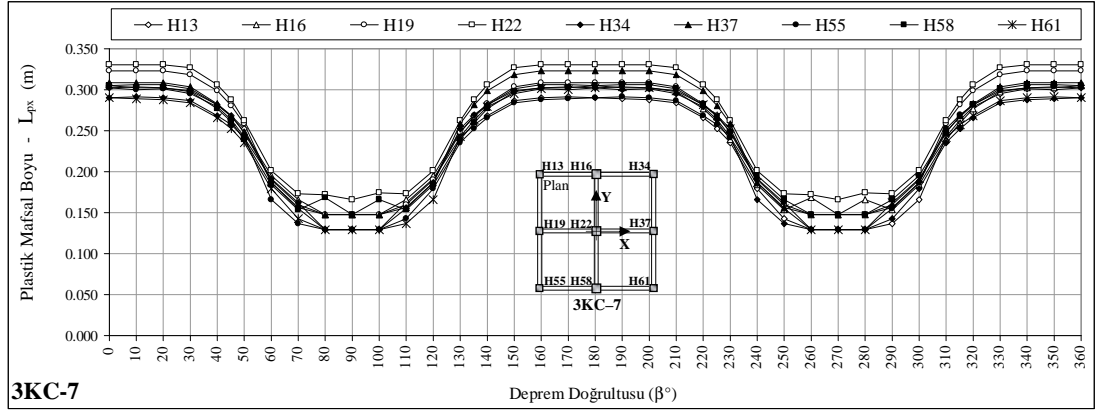
Şekil 4.58 3KC-[1-4] binalar için  $L_{px}$  ve  $L_{py}$  plastik mafsal boylarının  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi



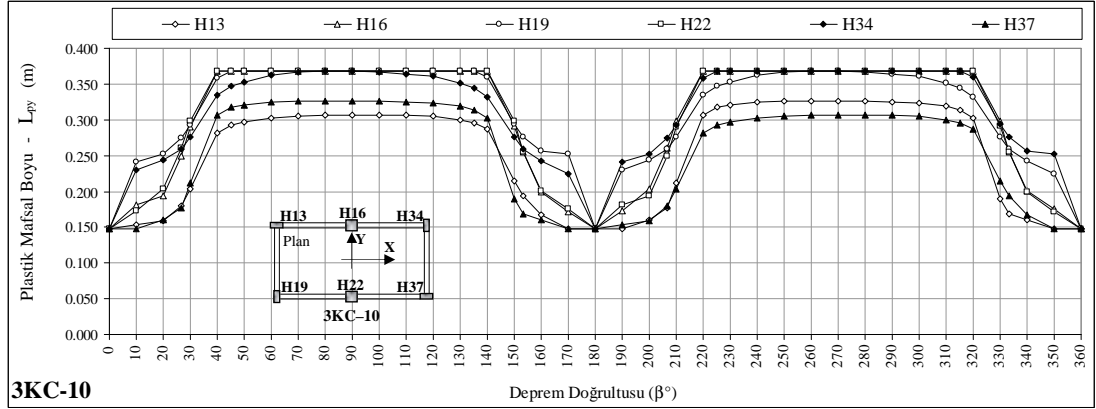
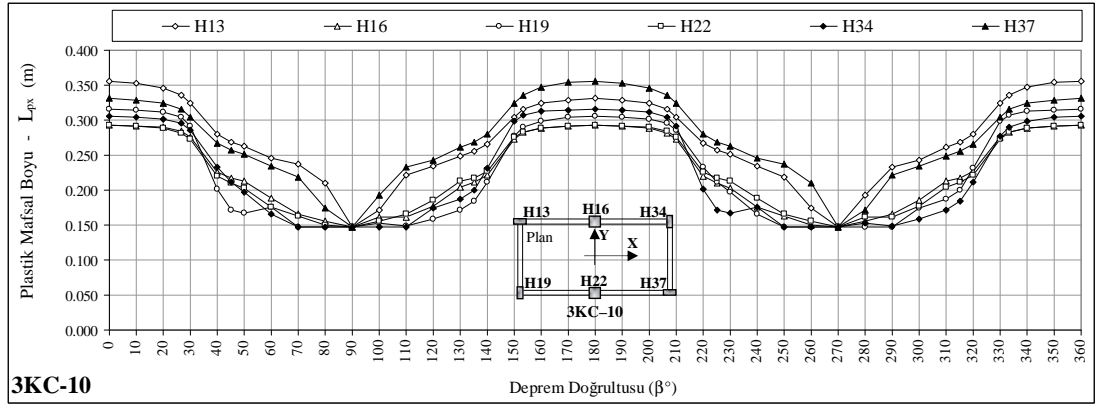
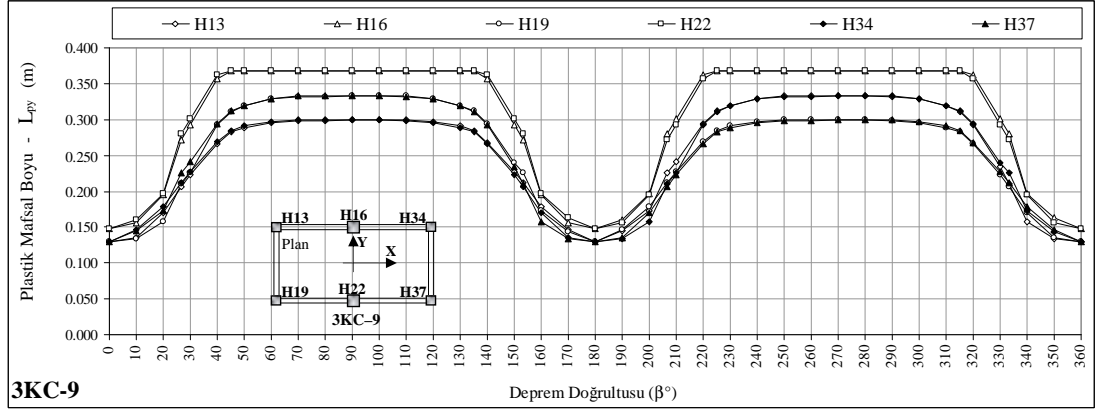
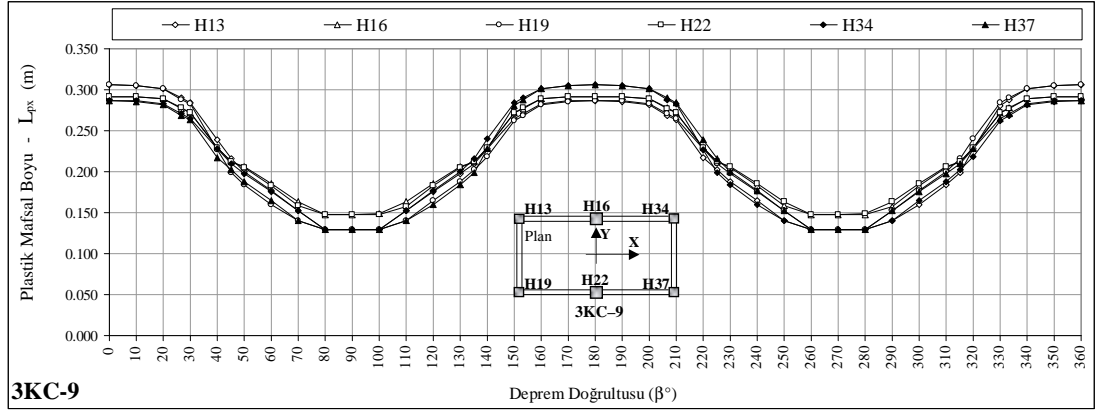
Şekil 4.58 3KC-[1-4] binalar için  $L_{px}$  ve  $L_{py}$  plastik mafsal boylarının  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi (devam)



Şekil 4.59 3KC-[5-8] binalar için  $L_{px}$  ve  $L_{py}$  plastik mafsals boylarının  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi

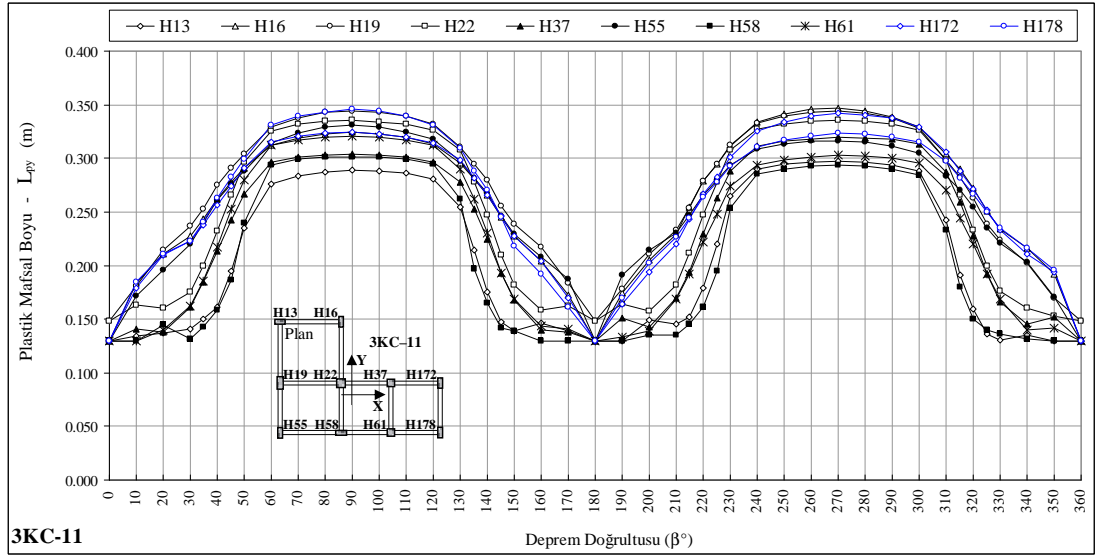
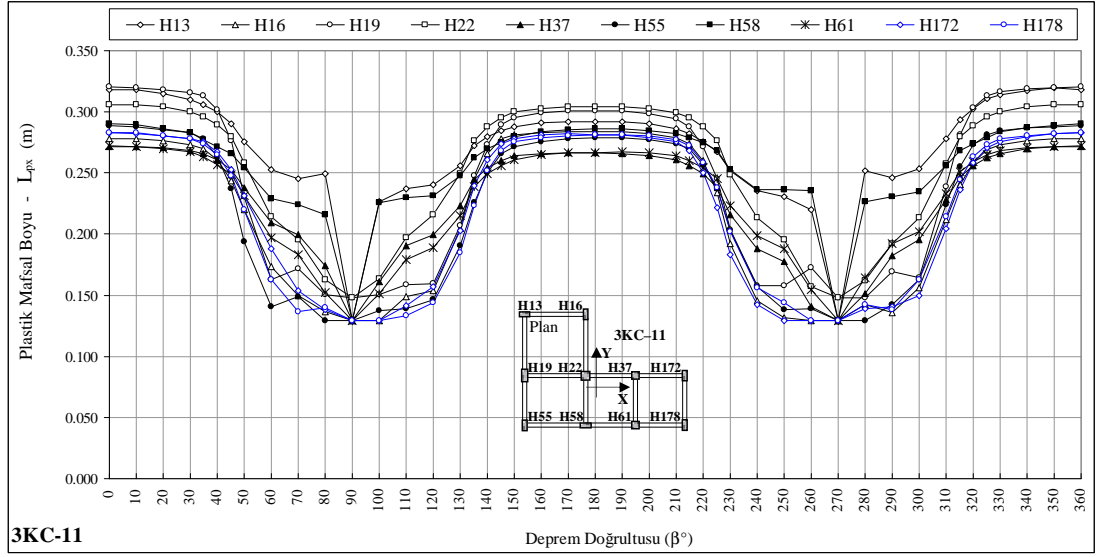


Şekil 4.59 3KC-[5-8] binalar için  $L_{px}$  ve  $L_{py}$  plastik mafsal boylarının  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi (devam)

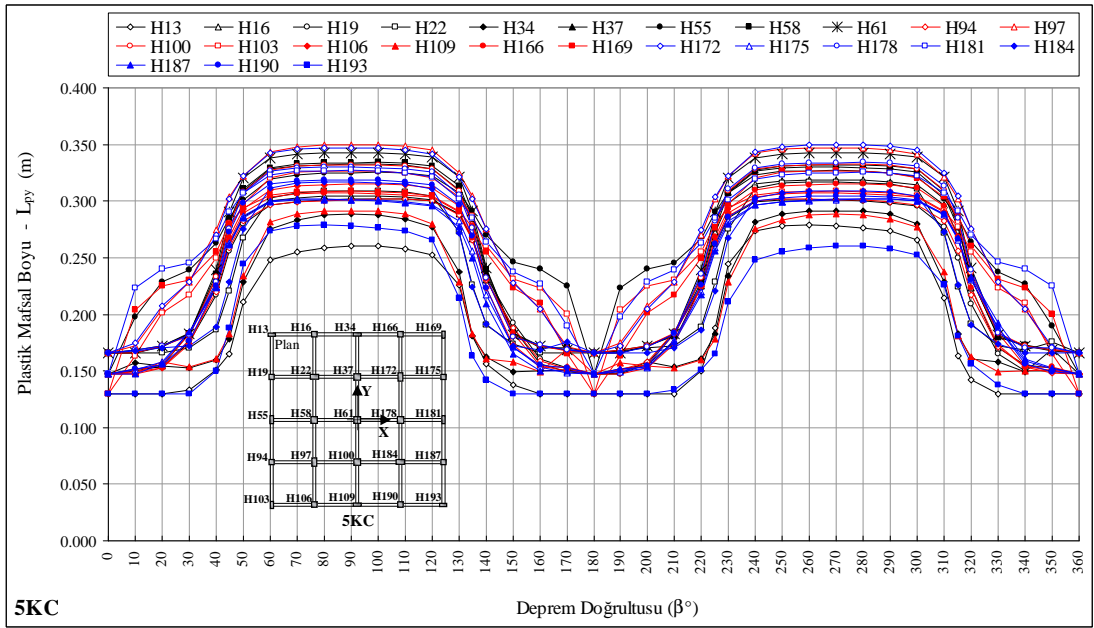
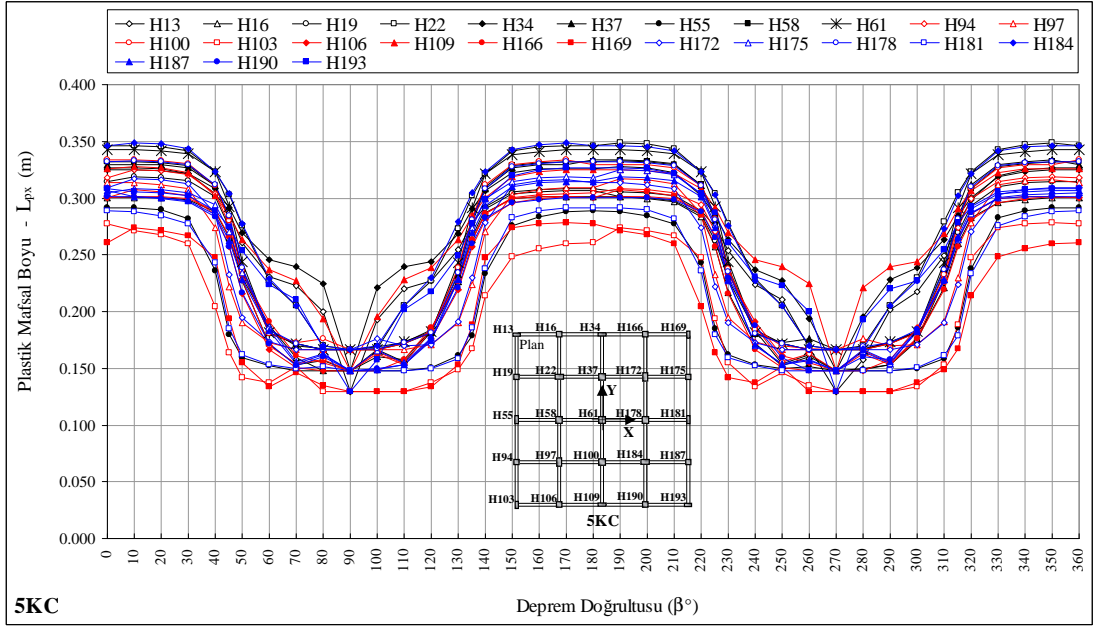


Şekil 4.60 3KC-[9-11] binalar için  $L_{px}$  ve  $L_{py}$  plastik mafsals boylarının  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi

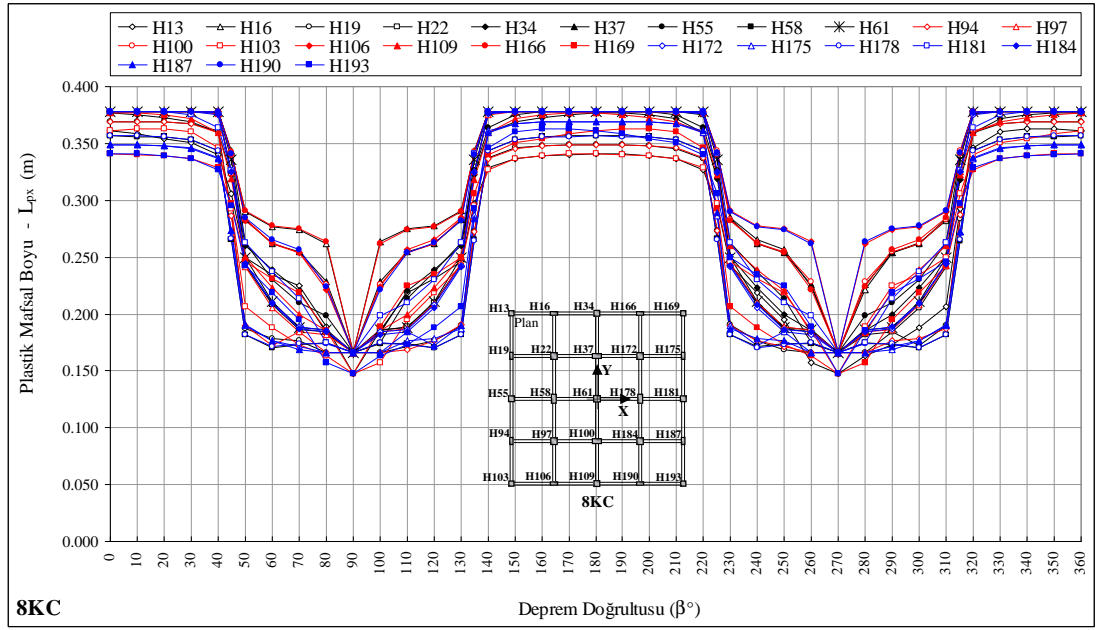




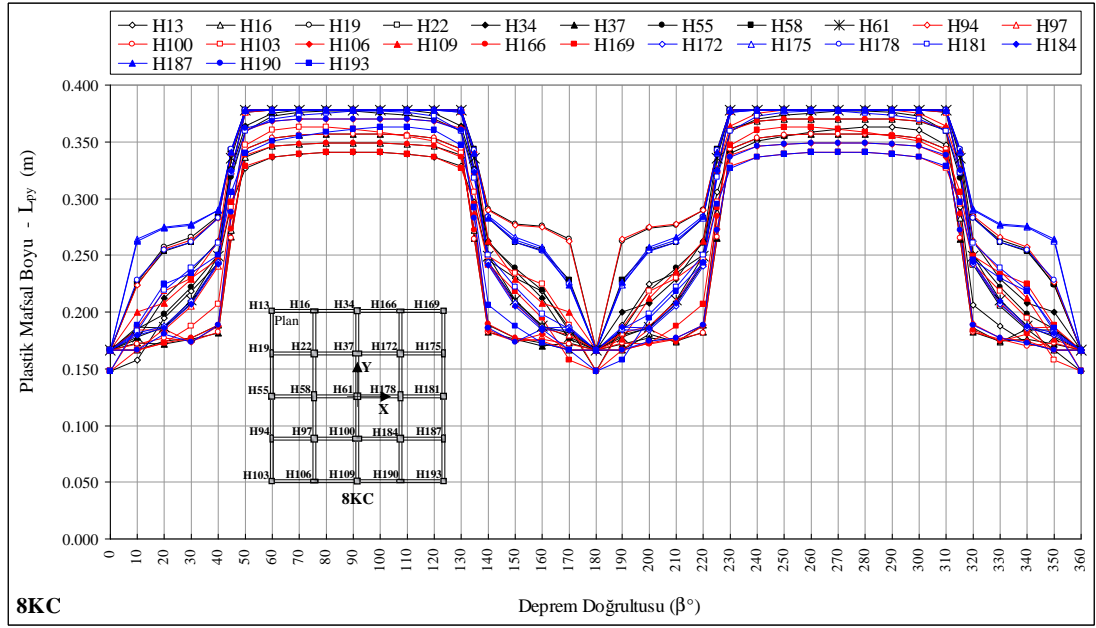
Şekil 4.60 3KC-[9-11] binalar için  $L_{px}$  ve  $L_{py}$  plastik mafsals boylarının  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi (devam)



Şekil 4.61 5KC bina için  $L_{px}$  ve  $L_{py}$  plastik mafsal boylarının  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi







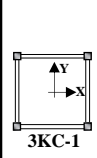
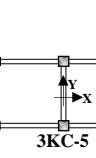


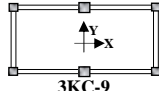
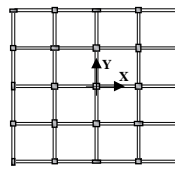
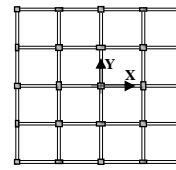
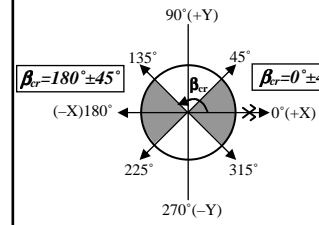
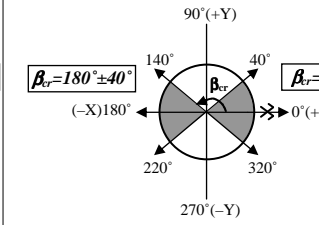
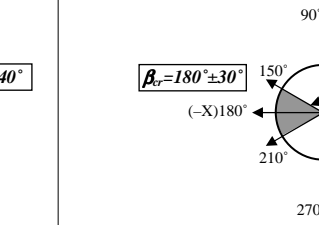
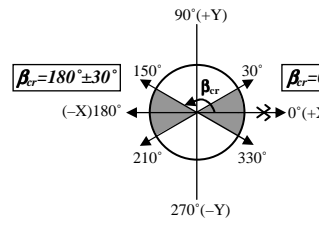
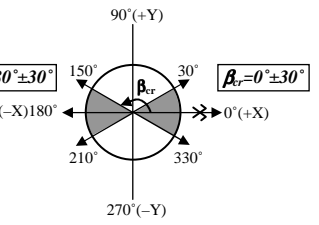
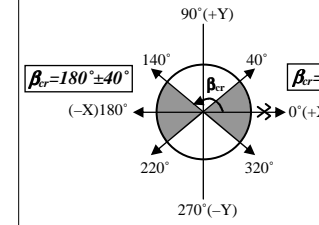
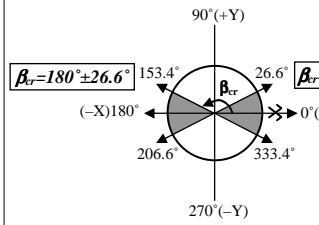
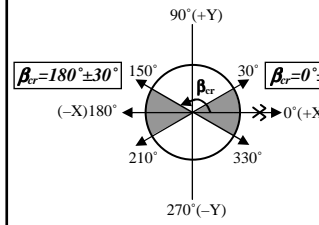
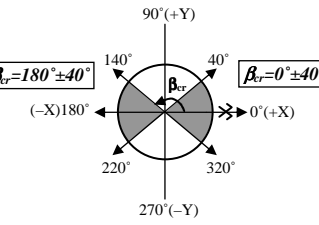
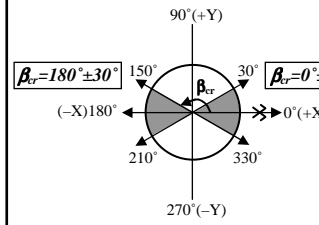
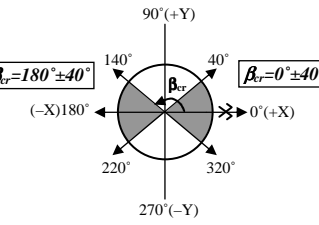
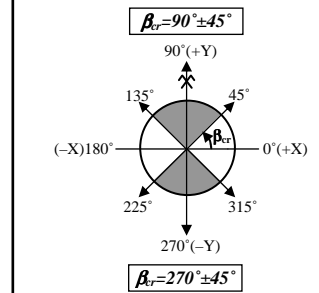
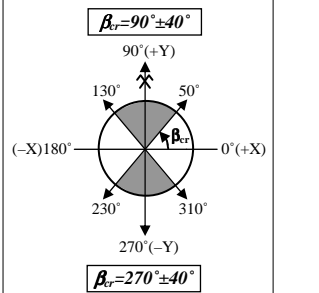
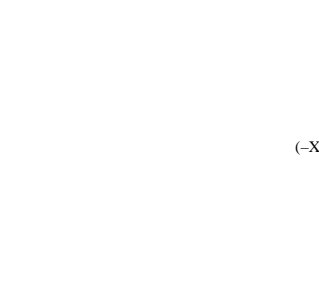
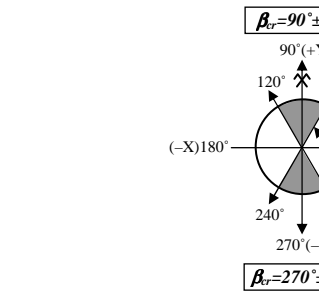
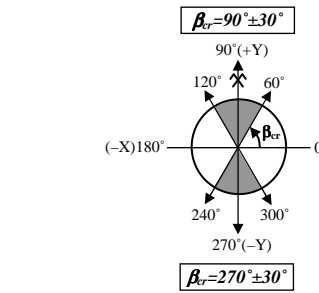

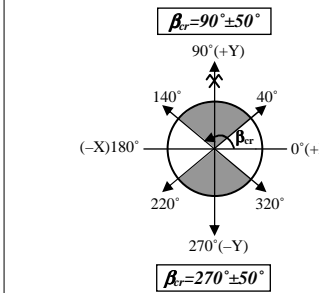
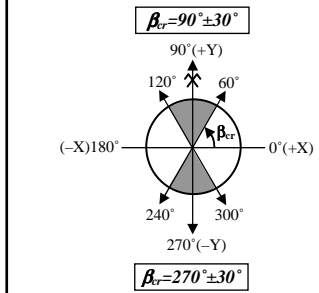
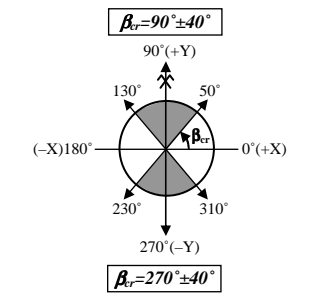
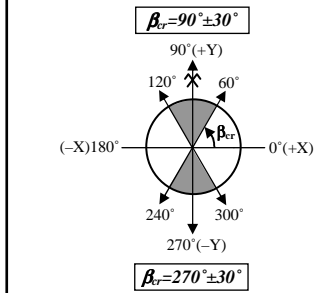
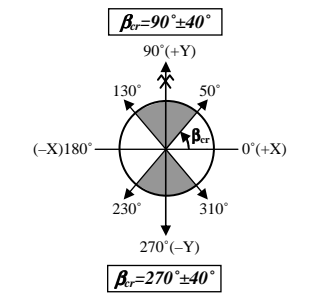
8KC



8KC

Şekil 4.62 8KC bina için  $L_{px}$  ve  $L_{py}$  plastik mafsal boylarının  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi

İncelenen betonarme binaların  $\beta = 0^\circ \sim 360^\circ$  arasında gözönüne alınan deprem doğrultuları için YKY ile belirlenen performans noktaları esas alınarak, en alt kolonlarının alt uçlarında oluşan plastik kesitlerdeki  $L_{px}$  ve  $L_{py}$  plastik mafsal boylarının  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimini gösteren grafiklerden yararlanılarak (Şekil 4.57–4.62), kolon plastik kesitlerdeki en elverişsiz ve ona çok yakın değerlerdeki plastik mafsal boyları  $[(0.95 \sim 1.00)(L_{px})_{cr}]$  ve  $[(0.95 \sim 1.00)(L_{py})_{cr}]$  için  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultuları Şekil 4.63’de şematik olarak verilmiştir.

| 1KC   |   |  | 3KC   |   |   |   | 5KC ve 8KC  |   |   |   |
|---|---|--|---|---|---|---|---|---|---|---|
|    |    |     |     |    |    |    |    |    |    |    |
| $L_{px}$ için   | $L_{px}$ için   | $L_{px}$ için  | $L_{px}$ için   | $L_{px}$ için   | $L_{px}$ için   | $L_{px}$ için   | $L_{px}$ için   | $L_{px}$ için   | $L_{px}$ için   | $L_{px}$ için   |
|    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| $L_{py}$ için   | $L_{py}$ için   | $L_{py}$ için  | $L_{py}$ için   | $L_{py}$ için   | $L_{py}$ için   | $L_{py}$ için   | $L_{py}$ için   | $L_{py}$ için   | $L_{py}$ için   | $L_{py}$ için   |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Şekil 4.63 Performans noktasına kadar itilmiş betonarme binaların en alt kat kolonlarının alt uçlarındaki plastik kesitlerde en elverişsiz ve ona çok yakın değerlerdeki plastik mafsal boyları  $[(0.95 \sim 1.00)(L_{px})_{cr}]$  ve  $(0.95 \sim 1.00)(L_{py})_{cr}$  için  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultuları

Çalışmada ayrıca, sayısal incelemeler kapsamında ele alınan betonarme binaların plandaki asal eksen (X ve Y) doğrultularındaki şekildeğiştirme esaslı doğrusal olmayan statik analiz sonuçlarından yararlanılarak, ayrıntıları Bölüm 3.3.2’de verilen Priestley ve diğ. (1996) [57]’deki plastik mafsal boyu yaklaşımından elde edilen değerler ile birçok ülke yönetmeliğinde öngörülen etkin (çalışan doğrultudaki) enkesit boyutlarının yarısının ( $0.5h$  veya  $0.5b$ ) alındığı yaklaşımdan elde edilen değerler karşılaştırılmış ve literatürdeki plastik mafsal boyu ile ilgili deneysel sonuçlar da gözönüne alınarak değerlendirilmiştir.

Bunun için, incelenen binaların plandaki asal eksen (X ve Y) doğrultularındaki ( $\beta = 0^\circ, 180^\circ, 90^\circ$  ve  $270^\circ$ ) doğrusal olmayan statik analizleri sonucunda, en alt kat kolon plastik kesitleri için yukarıda belirtilen iki farklı yaklaşımdan elde edilen  $L_{px}$  ve  $L_{py}$  plastik mafsal boyları, Priestley ve diğ. (1996) [57] yaklaşımındaki  $L_{px}^{maks.}$  ve  $L_{py}^{maks.}$  ( $L_{px}^{maks.} = maks.[L_{px}^{0^\circ}, L_{px}^{180^\circ}]$  ve  $L_{py}^{maks.} = maks.[L_{py}^{90^\circ}, L_{py}^{270^\circ}]$ ) boylarının kolonların etkin enkesit boyutlarına oranları ( $L_{px}^{maks.}/h$  ve  $L_{py}^{maks.}/b$ ) ile diğer yaklaşıma göre maksimum rölatif farkları (%) ve değişim oranları 1KC binalar için Çizelge 4.29’da, 3KC binalar için Çizelge 4.30–4.31’de, 5KC bina için Çizelge 4.32’de ve 8KC bina için Çizelge 4.33’de verilmiştir. Buna göre;

- Normal kuvvet düzeyi daha düşük olan 1KC–[1-4] binaların en alt kat kolonlarındaki  $L_p$  plastik mafsal boyları incelendiğinde;
    - *Kare* enkesitli 8 kolon plastik kesitinde  $L_p$  boylarının
      - $b = h$  için : **(0.83 ~ 0.85) h** ( $0.83h \leq L_p \leq 0.85h$ ) olduğu,
    - *Dikdörtgen* enkesitli 8 kolon plastik kesitinde  $L_p$  boylarının,
      - Deprem, kolonun uzun kenarı doğrultusundan etkidiğinde,
        - $h > b$  için : **(0.57 ~ 0.59) h** ( $0.57h \leq L_p \leq 0.59h$ ) ve
        - $b > h$  için : **(0.57 ~ 0.59) b** ( $0.57b \leq L_p \leq 0.59b$ ) olduğu,
      - Deprem, kolonun kısa kenarı doğrultusundan etkidiğinde,
        - $h < b$  için : **(1.06 ~ 1.09) h** ( $1.06h \leq L_p \leq 1.09h$ ) ve
        - $b < h$  için : **(1.06 ~ 1.09) b** ( $1.06b \leq L_p \leq 1.09b$ ) olduğu
- belirlenmiştir (Çizelge 4.29).
- Normal kuvvet düzeyi 1KC binalara göre daha fazla olan 3KC binaların en alt kat kolonlarının alt uçlarındaki plastik kesitlerde  $L_p$  plastik mafsal boyları incelendiğinde;

- *Kare* enkesitli 41 kolon plastik kesitinde  $L_p$  boylarının  
 $b = h$  için : **(0.66 ~ 0.95) h** ( $0.66h \leq L_p \leq 0.95h$ ) olduğu,
- *Dikdörtgen* enkesitli 27 kolon plastik kesitinde  $L_p$  boylarının,  
– Deprem, kolonun uzun kenarı doğrultusundan etkidiğinde,  
 $h > b$  için : **(0.53 ~ 0.74) h** ( $0.53h \leq L_p \leq 0.74h$ ) ve  
 $b > h$  için : **(0.53 ~ 0.74) b** ( $0.53b \leq L_p \leq 0.74b$ ) olduğu,  
– Deprem, kolonun kısa kenarı doğrultusundan etkidiğinde,  
 $h < b$  için : **(1.07 ~ 1.31) h** ( $1.07h \leq L_p \leq 1.31h$ ) ve  
 $b < h$  için : **(1.07 ~ 1.31) b** ( $1.07b \leq L_p \leq 1.31b$ ) olduğu  
belirlenmiştir (Çizelge 4.30–4.31).
- Normal kuvvet düzeyi yüksek olan 5KC ve 8KC binaların en alt kat kolonlarının alt uçlarındaki plastik kesitlerde  $L_p$  plastik mafsal boyları incelendiğinde;
  - 5KC binanın *kare* enkesitli 13 kolon plastik kesitinde  $L_p$  boylarının  
 $b = h$  için : **(0.57 ~ 0.71) h** ( $0.57h \leq L_p \leq 0.71h$ ) olduğu,
  - 5KC binanın *dikdörtgen* enkesitli 12 kolon plastik kesitinde  $L_p$  boylarının,  
– Deprem, kolonun uzun kenarı doğrultusundan etkidiğinde,  
 $h > b$  için : **(0.47 ~ 0.54) h** ( $0.47h \leq L_p \leq 0.54h$ ) ve  
 $b > h$  için : **(0.47 ~ 0.54) b** ( $0.47b \leq L_p \leq 0.54b$ ) olduğu,  
– Deprem, kolonun kısa kenarı doğrultusundan etkidiğinde,  
 $h < b$  için : **(0.78 ~ 1.17) h** ( $0.78h \leq L_p \leq 1.17h$ ) ve  
 $b < h$  için : **(0.78 ~ 1.17) b** ( $0.78b \leq L_p \leq 1.17b$ ) olduğu  
belirlenmiştir (Çizelge 4.32).
  - 8KC binanın *kare* enkesitli 13 kolon plastik kesitinde  $L_p$  boylarının  
 $b = h$  için : **(0.63 ~ 0.90) h** ( $0.63h \leq L_p \leq 0.90h$ ) olduğu,
  - 8KC binanın *dikdörtgen* enkesitli 12 kolon plastik kesitinde  $L_p$  boylarının,  
– Deprem, kolonun uzun kenarı doğrultusundan etkidiğinde,  
 $h > b$  için : **(0.47 ~ 0.54) h** ( $0.47h \leq L_p \leq 0.54h$ ) ve  
 $b > h$  için : **(0.47 ~ 0.54) b** ( $0.47b \leq L_p \leq 0.54b$ ) olduğu,  
– Deprem, kolonun kısa kenarı doğrultusundan etkidiğinde,  
 $h < b$  için : **(0.89 ~ 1.06) h** ( $0.89h \leq L_p \leq 1.06h$ ) ve  
 $b < h$  için : **(0.89 ~ 1.06) b** ( $0.89b \leq L_p \leq 1.06b$ ) olduğu  
belirlenmiştir (Çizelge 4.33).

İncelenen betonarme binaların *kare enkesitli* kolon plastik kesitlerinde ve ayrıca, depremin kolon enkesitinin uzun kenarı doğrultusundan etkidiği (uzun kenarı etkin olan kolonlarda) *dikdörtgen enkesitli* kolon plastik kesitlerinde, Priestley ve diğ. (1996)'deki yaklaşım esas alınarak hesaplanan  $L_p$  plastik mafsal boylarının, etkin enkesit boyutunun yarısı yaklaşımından ( $h \geq b$  için  $0.5h$  ve  $b \geq h$  için  $0.5b$ ) elde edilenlere göre genellikle daha fazla olduğu, ancak kesitin etkin enkesit boyutunu ( $h$  veya  $b$ ) aşmadığı (yani,  $h \geq b$  için  $0.5h \leq L_{px} \leq h$  ve  $b \geq h$  için  $0.5b \leq L_{py} \leq b$  olduğu) belirlenmiştir. Buna karşın, depremin kolon enkesitinin kısa kenarı doğrultusundan etkidiği (kısa kenarı etkin olan) *dikdörtgen enkesitli* 59 kolon plastik kesitin 51'inde (%86'sında) hesaplanan  $L_p$  plastik mafsal boyunun etkin enkesit boyutundan ( $h$  veya  $b$ ) daha fazla olduğu ( $L_{px} > h$  veya  $L_{py} > b$ ) belirlenmiştir.

İncelenen betonarme binaların en alt kat kolonlarının alt uçlarındaki plastik kesitler için elde edilen bu sonucun, literatürde plastik mafsal boyu ile ilgili yapılan deneysel çalışmalarda [59, 60, 62],  $h \geq b$  ve  $h$  etkin enkesit boyutu olmak üzere,  $L_p = 0.5h$ 'nın kolonlarda plastik şekildeğıştirmelerin başladığı akma durumu için geçerli olduğu ve ileri plastik şekildeğıştirme durumu için plastik mafsal boyunun  $L_p = 0.5h \sim h$  arasında elde edildiği sonucuyla da uyumlu olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.29 1KC-[1-4] binaların plandaki asal eksen doğrultuları için kolon plastik kesitlerindeki  $L_{px}$  ve  $L_{py}$  plastik mafsal boyları ve karşılaştırmalar

| Bina  | Plastik Kesit | b (m) | h (m) | Priestley ve diğ. (1996) |                         |                      |                      | $L_{px} = 0.5 \cdot h$<br>(m) | $L_{py} = 0.5 \cdot b$<br>(m) | $L_{px}$ için  |   | $L_{py}$ için  |   |
|-------|---------------|-------|-------|--------------------------|-------------------------|----------------------|----------------------|-------------------------------|-------------------------------|--|---|--|---|
|       |               |       |       | $L_{px}^{maks.}$<br>(m)  | $L_{py}^{maks.}$<br>(m) | $L_{px}^{maks.} / h$ | $L_{py}^{maks.} / b$ |                               |                               | Rölatif Fark (%)<br>$\left( \frac{[3]-[7]}{[7]} \right)$ | Değışim Oranı<br>$\left( \frac{[3]}{[7]} \right)$ | Rölatif Fark (%)<br>$\left( \frac{[4]-[8]}{[8]} \right)$ | Değışim Oranı<br>$\left( \frac{[4]}{[8]} \right)$ |
|       |               |       |       | [1]                      | [2]                     | [3]                  | [4]                  |                               |                               | [5]  | [6]   | [7]  | [8]   |
| 1KC-1 | H13           | 0.35  | 0.35  | 0.2918                   | 0.2916                  | <b>0.83</b>          | <b>0.83</b>          | 0.175                         | 0.175                         | +66.7  | 1.667   | +66.7  | 1.667   |
|       | H16           | 0.35  | 0.35  | 0.2918                   | 0.2916                  | <b>0.83</b>          | <b>0.83</b>          | 0.175                         | 0.175                         | +66.7  | 1.667   | +66.7  | 1.667   |
|       | H19           | 0.35  | 0.35  | 0.2918                   | 0.2916                  | <b>0.83</b>          | <b>0.83</b>          | 0.175                         | 0.175                         | +66.7  | 1.667   | +66.7  | 1.667   |
|       | H22           | 0.35  | 0.35  | 0.2918                   | 0.2916                  | <b>0.83</b>          | <b>0.83</b>          | 0.175                         | 0.175                         | +66.7  | 1.667   | +66.7  | 1.667   |
| 1KC-2 | H13           | 0.25  | 0.50  | 0.2931                   | 0.2726                  | <b>0.59</b>          | <b>1.09</b>          | 0.250                         | 0.125                         | +17.2  | 1.172   | +118.1   | 2.181   |
|       | H16           | 0.50  | 0.25  | 0.2726                   | 0.2931                  | <b>1.09</b>          | <b>0.59</b>          | 0.125                         | 0.250                         | +118.1   | 2.181   | +17.2  | 1.172   |
|       | H19           | 0.50  | 0.25  | 0.2726                   | 0.2931                  | <b>1.09</b>          | <b>0.59</b>          | 0.125                         | 0.250                         | +118.1   | 2.181   | +17.2  | 1.172   |
|       | H22           | 0.25  | 0.50  | 0.2931                   | 0.2726                  | <b>0.59</b>          | <b>1.09</b>          | 0.250                         | 0.125                         | +17.2  | 1.172   | +118.1   | 2.181   |
| 1KC-3 | H13           | 0.35  | 0.35  | 0.2991                   | 0.2932                  | <b>0.85</b>          | <b>0.84</b>          | 0.175                         | 0.175                         | +70.9  | 1.709   | +67.6  | 1.676   |
|       | H16           | 0.35  | 0.35  | 0.2991                   | 0.2932                  | <b>0.85</b>          | <b>0.84</b>          | 0.175                         | 0.175                         | +70.9  | 1.709   | +67.6  | 1.676   |
|       | H19           | 0.35  | 0.35  | 0.2991                   | 0.2932                  | <b>0.85</b>          | <b>0.84</b>          | 0.175                         | 0.175                         | +70.9  | 1.709   | +67.6  | 1.676   |
|       | H22           | 0.35  | 0.35  | 0.2991                   | 0.2932                  | <b>0.85</b>          | <b>0.84</b>          | 0.175                         | 0.175                         | +70.9  | 1.709   | +67.6  | 1.676   |
| 1KC-4 | H13           | 0.25  | 0.50  | 0.2916                   | 0.2642                  | <b>0.58</b>          | <b>1.06</b>          | 0.250                         | 0.125                         | +16.6  | 1.166   | +111.4   | 2.114   |
|       | H16           | 0.50  | 0.25  | 0.2725                   | 0.2855                  | <b>1.09</b>          | <b>0.57</b>          | 0.125                         | 0.250                         | +118.0   | 2.180   | +14.2  | 1.142   |
|       | H19           | 0.50  | 0.25  | 0.2725                   | 0.2855                  | <b>1.09</b>          | <b>0.57</b>          | 0.125                         | 0.250                         | +118.0   | 2.180   | +14.2  | 1.142   |
|       | H22           | 0.25  | 0.50  | 0.2916                   | 0.2642                  | <b>0.58</b>          | <b>1.06</b>          | 0.250                         | 0.125                         | +16.6  | 1.166   | +111.4   | 2.114   |

Çizelge 4.30 3KC-[1-8] binaların plandaki asal eksen doğrultuları için kolon plastik kesitlerindeki  $L_{px}$  ve  $L_{py}$  plastik mafsal boyları ve karşılaştırmalar

| Bina  | Plastik Kesit | b<br>(m) | h<br>(m) | Priestley ve diğ. (1996) |                  |                      |                      | $L_{px}=$<br>0.5*h<br>(m) | $L_{py}=$<br>0.5*b<br>(m) | $L_{px}$ için                      |                                | $L_{py}$ için                      |                                |
|-------|---------------|----------|----------|--------------------------|------------------|----------------------|----------------------|---------------------------|---------------------------|------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|
|       |               |          |          | $L_{px}^{maks.}$         | $L_{py}^{maks.}$ | $L_{px}^{maks.} / h$ | $L_{py}^{maks.} / b$ |                           |                           | Rölatif Fark (%)                   | Değişim Oranı                  | Rölatif Fark (%)                   | Değişim Oranı                  |
|       |               |          |          | (m)                      | (m)              |                      |                      |                           |                           | $\left(\frac{[3]-[7]}{[7]}\right)$ | $\left(\frac{[3]}{[7]}\right)$ | $\left(\frac{[4]-[8]}{[8]}\right)$ | $\left(\frac{[4]}{[8]}\right)$ |
| [1]   | [2]           | [3]      | [4]      | [5]                      | [6]              | [7]                  | [8]                  |                           |                           |                                    |                                |                                    |                                |
| 3KC-1 | H13           | 0.35     | 0.35     | 0.3121                   | 0.3130           | 0.89                 | 0.89                 | 0.175                     | 0.175                     | +78.3                              | 1.783                          | +78.9                              | 1.789                          |
|       | H16           | 0.35     | 0.35     | 0.3121                   | 0.3130           | 0.89                 | 0.89                 | 0.175                     | 0.175                     | +78.3                              | 1.783                          | +78.9                              | 1.789                          |
|       | H19           | 0.35     | 0.35     | 0.3121                   | 0.3130           | 0.89                 | 0.89                 | 0.175                     | 0.175                     | +78.3                              | 1.783                          | +78.9                              | 1.789                          |
|       | H22           | 0.35     | 0.35     | 0.3121                   | 0.3130           | 0.89                 | 0.89                 | 0.175                     | 0.175                     | +78.3                              | 1.783                          | +78.9                              | 1.789                          |
| 3KC-2 | H13           | 0.25     | 0.50     | 0.3678                   | 0.3254           | 0.74                 | 1.30                 | 0.250                     | 0.125                     | +47.1                              | 1.471                          | +160.4                             | 2.604                          |
|       | H16           | 0.50     | 0.25     | 0.3254                   | 0.3678           | 1.30                 | 0.74                 | 0.125                     | 0.250                     | +160.4                             | 2.604                          | +47.1                              | 1.471                          |
|       | H19           | 0.50     | 0.25     | 0.3254                   | 0.3678           | 1.30                 | 0.74                 | 0.125                     | 0.250                     | +160.4                             | 2.604                          | +47.1                              | 1.471                          |
|       | H22           | 0.25     | 0.50     | 0.3678                   | 0.3254           | 0.74                 | 1.30                 | 0.250                     | 0.125                     | +47.1                              | 1.471                          | +160.4                             | 2.604                          |
| 3KC-3 | H13           | 0.35     | 0.35     | 0.3111                   | 0.2968           | 0.89                 | 0.85                 | 0.175                     | 0.175                     | +77.8                              | 1.778                          | +69.6                              | 1.696                          |
|       | H16           | 0.35     | 0.35     | 0.3111                   | 0.2968           | 0.89                 | 0.85                 | 0.175                     | 0.175                     | +77.8                              | 1.778                          | +69.6                              | 1.696                          |
|       | H19           | 0.35     | 0.35     | 0.3111                   | 0.2968           | 0.89                 | 0.85                 | 0.175                     | 0.175                     | +77.8                              | 1.778                          | +69.6                              | 1.696                          |
|       | H22           | 0.35     | 0.35     | 0.3111                   | 0.2968           | 0.89                 | 0.85                 | 0.175                     | 0.175                     | +77.8                              | 1.778                          | +69.6                              | 1.696                          |
| 3KC-4 | H13           | 0.25     | 0.50     | 0.3678                   | 0.3187           | 0.74                 | 1.27                 | 0.250                     | 0.125                     | +47.1                              | 1.471                          | +155.0                             | 2.550                          |
|       | H16           | 0.50     | 0.25     | 0.3239                   | 0.3657           | 1.30                 | 0.73                 | 0.125                     | 0.250                     | +159.1                             | 2.591                          | +46.3                              | 1.463                          |
|       | H19           | 0.50     | 0.25     | 0.3239                   | 0.3657           | 1.30                 | 0.73                 | 0.125                     | 0.250                     | +159.1                             | 2.591                          | +46.3                              | 1.463                          |
|       | H22           | 0.25     | 0.50     | 0.3678                   | 0.3187           | 0.74                 | 1.27                 | 0.250                     | 0.125                     | +47.1                              | 1.471                          | +155.0                             | 2.550                          |
| 3KC-5 | H13           | 0.35     | 0.35     | 0.2979                   | 0.3047           | 0.85                 | 0.87                 | 0.175                     | 0.175                     | +70.2                              | 1.702                          | +74.1                              | 1.741                          |
|       | H16           | 0.40     | 0.40     | 0.3026                   | 0.3269           | 0.76                 | 0.82                 | 0.200                     | 0.200                     | +51.3                              | 1.513                          | +63.4                              | 1.634                          |
|       | H19           | 0.35     | 0.35     | 0.2979                   | 0.3047           | 0.85                 | 0.87                 | 0.175                     | 0.175                     | +70.2                              | 1.702                          | +74.1                              | 1.741                          |
|       | H22           | 0.40     | 0.40     | 0.3026                   | 0.3269           | 0.76                 | 0.82                 | 0.200                     | 0.200                     | +51.3                              | 1.513                          | +63.4                              | 1.634                          |
|       | H34           | 0.35     | 0.35     | 0.2979                   | 0.3047           | 0.85                 | 0.87                 | 0.175                     | 0.175                     | +70.2                              | 1.702                          | +74.1                              | 1.741                          |
|       | H37           | 0.35     | 0.35     | 0.2979                   | 0.3047           | 0.85                 | 0.87                 | 0.175                     | 0.175                     | +70.2                              | 1.702                          | +74.1                              | 1.741                          |
| 3KC-6 | H13           | 0.25     | 0.50     | 0.3369                   | 0.3148           | 0.67                 | 1.26                 | 0.250                     | 0.125                     | +34.8                              | 1.348                          | +151.9                             | 2.519                          |
|       | H16           | 0.40     | 0.40     | 0.3000                   | 0.3377           | 0.75                 | 0.84                 | 0.200                     | 0.200                     | +50.0                              | 1.500                          | +68.8                              | 1.688                          |
|       | H19           | 0.50     | 0.25     | 0.3088                   | 0.3594           | 1.24                 | 0.72                 | 0.125                     | 0.250                     | +147.1                             | 2.471                          | +43.7                              | 1.437                          |
|       | H22           | 0.40     | 0.40     | 0.3000                   | 0.3377           | 0.75                 | 0.84                 | 0.200                     | 0.200                     | +50.0                              | 1.500                          | +68.8                              | 1.688                          |
|       | H34           | 0.50     | 0.25     | 0.3088                   | 0.3594           | 1.24                 | 0.72                 | 0.125                     | 0.250                     | +147.1                             | 2.471                          | +43.7                              | 1.437                          |
|       | H37           | 0.25     | 0.50     | 0.3369                   | 0.3148           | 0.67                 | 1.26                 | 0.250                     | 0.125                     | +34.8                              | 1.348                          | +151.9                             | 2.519                          |
| 3KC-7 | H13           | 0.35     | 0.35     | 0.3023                   | 0.3023           | 0.86                 | 0.86                 | 0.175                     | 0.175                     | +72.8                              | 1.728                          | +72.8                              | 1.728                          |
|       | H16           | 0.40     | 0.40     | 0.3047                   | 0.3236           | 0.76                 | 0.81                 | 0.200                     | 0.200                     | +52.3                              | 1.523                          | +61.8                              | 1.618                          |
|       | H19           | 0.40     | 0.40     | 0.3236                   | 0.3047           | 0.81                 | 0.76                 | 0.200                     | 0.200                     | +61.8                              | 1.618                          | +52.3                              | 1.523                          |
|       | H22           | 0.50     | 0.50     | 0.3310                   | 0.3310           | 0.66                 | 0.66                 | 0.250                     | 0.250                     | +32.4                              | 1.324                          | +32.4                              | 1.324                          |
|       | H34           | 0.35     | 0.35     | 0.3023                   | 0.3023           | 0.86                 | 0.86                 | 0.175                     | 0.175                     | +72.8                              | 1.728                          | +72.8                              | 1.728                          |
|       | H37           | 0.40     | 0.40     | 0.3236                   | 0.3047           | 0.81                 | 0.76                 | 0.200                     | 0.200                     | +61.8                              | 1.618                          | +52.3                              | 1.523                          |
|       | H55           | 0.35     | 0.35     | 0.3023                   | 0.3023           | 0.86                 | 0.86                 | 0.175                     | 0.175                     | +72.8                              | 1.728                          | +72.8                              | 1.728                          |
|       | H58           | 0.40     | 0.40     | 0.3047                   | 0.3236           | 0.76                 | 0.81                 | 0.200                     | 0.200                     | +52.3                              | 1.523                          | +61.8                              | 1.618                          |
| 3KC-8 | H13           | 0.25     | 0.50     | 0.3368                   | 0.2930           | 0.67                 | 1.17                 | 0.250                     | 0.125                     | +34.7                              | 1.347                          | +134.4                             | 2.344                          |
|       | H16           | 0.40     | 0.40     | 0.3020                   | 0.3330           | 0.76                 | 0.83                 | 0.200                     | 0.200                     | +51.0                              | 1.510                          | +66.5                              | 1.665                          |
|       | H19           | 0.40     | 0.40     | 0.3330                   | 0.3020           | 0.83                 | 0.76                 | 0.200                     | 0.200                     | +66.5                              | 1.665                          | +51.0                              | 1.510                          |
|       | H22           | 0.50     | 0.50     | 0.3279                   | 0.3282           | 0.66                 | 0.66                 | 0.250                     | 0.250                     | +31.2                              | 1.312                          | +31.3                              | 1.313                          |
|       | H34           | 0.50     | 0.25     | 0.2930                   | 0.3368           | 1.17                 | 0.67                 | 0.125                     | 0.250                     | +134.4                             | 2.344                          | +34.7                              | 1.347                          |
|       | H37           | 0.40     | 0.40     | 0.3330                   | 0.3020           | 0.83                 | 0.76                 | 0.200                     | 0.200                     | +66.5                              | 1.665                          | +51.0                              | 1.510                          |
|       | H55           | 0.50     | 0.25     | 0.2930                   | 0.3368           | 1.17                 | 0.67                 | 0.125                     | 0.250                     | +134.4                             | 2.344                          | +34.7                              | 1.347                          |
|       | H58           | 0.40     | 0.40     | 0.3020                   | 0.3330           | 0.76                 | 0.83                 | 0.200                     | 0.200                     | +51.0                              | 1.510                          | +66.5                              | 1.665                          |
| H61   | 0.25          | 0.50     | 0.3368   | 0.2930                   | 0.67             | 1.17                 | 0.250                | 0.125                     | +34.7                     | 1.347                              | +134.4                         | 2.344                              |                                |



Çizelge 4.31 3KC-[9-11] binaların plandaki asal eksen doğrultuları için kolon plastik kesitlerindeki  $L_{px}$  ve  $L_{py}$  plastik mafsal boyları ve karşılaştırmalar

| Bina   | Plastik Kesit | b<br>(m) | h<br>(m) | Priestley ve diğ. (1996) |                  |                      |                      | $L_{px} =$    | $L_{py} =$    | $L_{px}$ için                        |                                  | $L_{py}$ için                        |                                  |
|--------|---------------|----------|----------|--------------------------|------------------|----------------------|----------------------|---------------|---------------|--------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|
|        |               |          |          | $L_{px}^{maks.}$         | $L_{py}^{maks.}$ | $L_{px}^{maks.} / h$ | $L_{py}^{maks.} / b$ | $0.5 \cdot h$ | $0.5 \cdot b$ | Rölatif Fark (%)                     | Değişim Oranı                    | Rölatif Fark (%)                     | Değişim Oranı                    |
|        |               |          |          | (m)                      | (m)              |                      |                      | (m)           | (m)           | $\left( \frac{[3]-[7]}{[7]} \right)$ | $\left( \frac{[3]}{[7]} \right)$ | $\left( \frac{[4]-[8]}{[8]} \right)$ | $\left( \frac{[4]}{[8]} \right)$ |
|        |               | [1]      | [2]      | [3]                      | [4]              | [5]                  | [6]                  | [7]           | [8]           |                                      |                                  |                                      |                                  |
| 3KC-9  | H13           | 0.35     | 0.35     | 0.3055                   | 0.3326           | <b>0.87</b>          | <b>0.95</b>          | 0.175         | 0.175         | +74.6                                | 1.746                            | +90.1                                | 1.901                            |
|        | H16           | 0.40     | 0.40     | 0.2917                   | 0.3678           | <b>0.73</b>          | <b>0.92</b>          | 0.200         | 0.200         | +45.8                                | 1.458                            | +83.9                                | 1.839                            |
|        | H19           | 0.35     | 0.35     | 0.3055                   | 0.3326           | <b>0.87</b>          | <b>0.95</b>          | 0.175         | 0.175         | +74.6                                | 1.746                            | +90.1                                | 1.901                            |
|        | H22           | 0.40     | 0.40     | 0.2917                   | 0.3678           | <b>0.73</b>          | <b>0.92</b>          | 0.200         | 0.200         | +45.8                                | 1.458                            | +83.9                                | 1.839                            |
|        | H34           | 0.35     | 0.35     | 0.3055                   | 0.3326           | <b>0.87</b>          | <b>0.95</b>          | 0.175         | 0.175         | +74.6                                | 1.746                            | +90.1                                | 1.901                            |
|        | H37           | 0.35     | 0.35     | 0.3055                   | 0.3326           | <b>0.87</b>          | <b>0.95</b>          | 0.175         | 0.175         | +74.6                                | 1.746                            | +90.1                                | 1.901                            |
| 3KC-10 | H13           | 0.25     | 0.50     | 0.3562                   | 0.3264           | <b>0.71</b>          | <b>1.31</b>          | 0.250         | 0.125         | +42.5                                | 1.425                            | +161.1                               | 2.611                            |
|        | H16           | 0.40     | 0.40     | 0.2928                   | 0.3678           | <b>0.73</b>          | <b>0.92</b>          | 0.200         | 0.200         | +46.4                                | 1.464                            | +83.9                                | 1.839                            |
|        | H19           | 0.50     | 0.25     | 0.3160                   | 0.3678           | <b>1.26</b>          | <b>0.74</b>          | 0.125         | 0.250         | +152.8                               | 2.528                            | +47.1                                | 1.471                            |
|        | H22           | 0.40     | 0.40     | 0.2928                   | 0.3678           | <b>0.73</b>          | <b>0.92</b>          | 0.200         | 0.200         | +46.4                                | 1.464                            | +83.9                                | 1.839                            |
|        | H34           | 0.50     | 0.25     | 0.3160                   | 0.3678           | <b>1.26</b>          | <b>0.74</b>          | 0.125         | 0.250         | +152.8                               | 2.528                            | +47.1                                | 1.471                            |
|        | H37           | 0.25     | 0.50     | 0.3562                   | 0.3264           | <b>0.71</b>          | <b>1.31</b>          | 0.250         | 0.125         | +42.5                                | 1.425                            | +161.1                               | 2.611                            |
| 3KC-11 | H13           | 0.25     | 0.50     | 0.3185                   | 0.2972           | <b>0.64</b>          | <b>1.19</b>          | 0.250         | 0.125         | +27.4                                | 1.274                            | +137.7                               | 2.377                            |
|        | H16           | 0.50     | 0.25     | 0.2839                   | 0.3465           | <b>1.14</b>          | <b>0.69</b>          | 0.125         | 0.250         | +127.1                               | 2.271                            | +38.6                                | 1.386                            |
|        | H19           | 0.60     | 0.30     | 0.3202                   | 0.3443           | <b>1.07</b>          | <b>0.57</b>          | 0.150         | 0.300         | +113.5                               | 2.135                            | +14.8                                | 1.148                            |
|        | H22           | 0.45     | 0.45     | 0.3060                   | 0.3355           | <b>0.68</b>          | <b>0.75</b>          | 0.225         | 0.225         | +36.0                                | 1.360                            | +49.1                                | 1.491                            |
|        | H37           | 0.35     | 0.35     | 0.2719                   | 0.3199           | <b>0.78</b>          | <b>0.91</b>          | 0.175         | 0.175         | +55.4                                | 1.554                            | +82.8                                | 1.828                            |
|        | H55           | 0.50     | 0.25     | 0.2883                   | 0.3306           | <b>1.15</b>          | <b>0.66</b>          | 0.125         | 0.250         | +130.6                               | 2.306                            | +32.2                                | 1.322                            |
|        | H58           | 0.25     | 0.55     | 0.2901                   | 0.3013           | <b>0.53</b>          | <b>1.21</b>          | 0.275         | 0.125         | +5.5                                 | 1.055                            | +141.0                               | 2.410                            |
|        | H61           | 0.35     | 0.35     | 0.2722                   | 0.3211           | <b>0.78</b>          | <b>0.92</b>          | 0.175         | 0.175         | +55.6                                | 1.556                            | +83.5                                | 1.835                            |
|        | H172          | 0.50     | 0.25     | 0.2826                   | 0.3424           | <b>1.13</b>          | <b>0.68</b>          | 0.125         | 0.250         | +126.0                               | 2.260                            | +37.0                                | 1.370                            |
| H178   | 0.50          | 0.25     | 0.2832   | 0.3457                   | <b>1.13</b>      | <b>0.69</b>          | 0.125                | 0.250         | +126.5        | 2.265                                | +38.3                            | 1.383                                |                                  |

Çizelge 4.32 5KC binanın plandaki asal eksen doğrultuları için kolon plastik kesitlerindeki  $L_{px}$  ve  $L_{py}$  plastik mafsal boyları ve karşılaştırmalar

| Bina | Plastik Kesit | b<br>(m) | h<br>(m) | Priestley ve diğ. (1996) |                  |                      |                      | $L_{px} =$    | $L_{py} =$    | $L_{px}$ için         |                   | $L_{py}$ için         |                   |
|------|---------------|----------|----------|--------------------------|------------------|----------------------|----------------------|---------------|---------------|-----------------------|-------------------|-----------------------|-------------------|
|      |               |          |          | $L_{px}^{maks.}$         | $L_{py}^{maks.}$ | $L_{px}^{maks.} / h$ | $L_{py}^{maks.} / b$ | $0.5 \cdot h$ | $0.5 \cdot b$ | Rölatif Fark (%)      | Değişim Oranı     | Rölatif Fark (%)      | Değişim Oranı     |
|      |               |          |          | (m)                      | (m)              |                      |                      | (m)           | (m)           | $\frac{[3]-[7]}{[7]}$ | $\frac{[3]}{[7]}$ | $\frac{[4]-[8]}{[8]}$ | $\frac{[4]}{[8]}$ |
|      |               | [1]      | [2]      | [3]                      | [4]              | [5]                  | [6]                  | [7]           | [8]           |                       |                   |                       |                   |
| 5KC  | H13           | 0.25     | 0.60     | 0.3266                   | 0.2780           | <b>0.54</b>          | <b>1.11</b>          | 0.300         | 0.125         | +8.9                  | 1.089             | +122.4                | 2.224             |
|      | H16           | 0.45     | 0.45     | 0.3009                   | 0.3149           | <b>0.67</b>          | <b>0.70</b>          | 0.225         | 0.225         | +33.7                 | 1.337             | +40.0                 | 1.400             |
|      | H19           | 0.45     | 0.45     | 0.3149                   | 0.3009           | <b>0.70</b>          | <b>0.67</b>          | 0.225         | 0.225         | +40.0                 | 1.400             | +33.7                 | 1.337             |
|      | H22           | 0.40     | 0.70     | 0.3496                   | 0.3133           | <b>0.50</b>          | <b>0.78</b>          | 0.350         | 0.200         | -0.1                  | 0.999             | +56.7                 | 1.567             |
|      | H34           | 0.25     | 0.70     | 0.3262                   | 0.2916           | <b>0.47</b>          | <b>1.17</b>          | 0.350         | 0.125         | -6.8                  | 0.932             | +133.3                | 2.333             |
|      | H37           | 0.55     | 0.55     | 0.3342                   | 0.3325           | <b>0.61</b>          | <b>0.60</b>          | 0.275         | 0.275         | +21.5                 | 1.215             | +20.9                 | 1.209             |
|      | H55           | 0.70     | 0.25     | 0.2916                   | 0.3262           | <b>1.17</b>          | <b>0.47</b>          | 0.125         | 0.350         | +133.3                | 2.333             | -6.8                  | 0.932             |
|      | H58           | 0.55     | 0.55     | 0.3325                   | 0.3342           | <b>0.60</b>          | <b>0.61</b>          | 0.275         | 0.275         | +20.9                 | 1.209             | +21.5                 | 1.215             |
|      | H61           | 0.60     | 0.60     | 0.3424                   | 0.3428           | <b>0.57</b>          | <b>0.57</b>          | 0.300         | 0.300         | +14.1                 | 1.141             | +14.3                 | 1.143             |
|      | H94           | 0.45     | 0.45     | 0.3149                   | 0.3009           | <b>0.70</b>          | <b>0.67</b>          | 0.225         | 0.225         | +40.0                 | 1.400             | +33.7                 | 1.337             |
|      | H97           | 0.70     | 0.40     | 0.3133                   | 0.3496           | <b>0.78</b>          | <b>0.50</b>          | 0.200         | 0.350         | +56.7                 | 1.567             | -0.1                  | 0.999             |
|      | H100          | 0.55     | 0.55     | 0.3342                   | 0.3325           | <b>0.61</b>          | <b>0.60</b>          | 0.275         | 0.275         | +21.5                 | 1.215             | +20.9                 | 1.209             |
|      | H103          | 0.60     | 0.25     | 0.2780                   | 0.3266           | <b>1.11</b>          | <b>0.54</b>          | 0.125         | 0.300         | +122.4                | 2.224             | +8.9                  | 1.089             |
|      | H106          | 0.45     | 0.45     | 0.3009                   | 0.3149           | <b>0.67</b>          | <b>0.70</b>          | 0.225         | 0.225         | +33.7                 | 1.337             | +40.0                 | 1.400             |
|      | H109          | 0.25     | 0.70     | 0.3262                   | 0.2916           | <b>0.47</b>          | <b>1.17</b>          | 0.350         | 0.125         | -6.8                  | 0.932             | +133.3                | 2.333             |
|      | H166          | 0.45     | 0.45     | 0.3009                   | 0.3149           | <b>0.67</b>          | <b>0.70</b>          | 0.225         | 0.225         | +33.7                 | 1.337             | +40.0                 | 1.400             |
|      | H169          | 0.60     | 0.25     | 0.2780                   | 0.3266           | <b>1.11</b>          | <b>0.54</b>          | 0.125         | 0.300         | +122.4                | 2.224             | +8.9                  | 1.089             |
|      | H172          | 0.70     | 0.40     | 0.3133                   | 0.3496           | <b>0.78</b>          | <b>0.50</b>          | 0.200         | 0.350         | +56.7                 | 1.567             | -0.1                  | 0.999             |
|      | H175          | 0.45     | 0.45     | 0.3149                   | 0.3009           | <b>0.70</b>          | <b>0.67</b>          | 0.225         | 0.225         | +40.0                 | 1.400             | +33.7                 | 1.337             |
|      | H178          | 0.55     | 0.55     | 0.3325                   | 0.3342           | <b>0.60</b>          | <b>0.61</b>          | 0.275         | 0.275         | +20.9                 | 1.209             | +21.5                 | 1.215             |
| H181 | 0.70          | 0.25     | 0.2916   | 0.3262                   | <b>1.17</b>      | <b>0.47</b>          | 0.125                | 0.350         | +133.3        | 2.333                 | -6.8              | 0.932                 |                   |
| H184 | 0.40          | 0.70     | 0.3496   | 0.3133                   | <b>0.50</b>      | <b>0.78</b>          | 0.350                | 0.200         | -0.1          | 0.999                 | +56.7             | 1.567                 |                   |
| H187 | 0.45          | 0.45     | 0.3149   | 0.3009                   | <b>0.70</b>      | <b>0.67</b>          | 0.225                | 0.225         | +40.0         | 1.400                 | +33.7             | 1.337                 |                   |
| H190 | 0.45          | 0.45     | 0.3009   | 0.3149                   | <b>0.67</b>      | <b>0.70</b>          | 0.225                | 0.225         | +33.7         | 1.337                 | +40.0             | 1.400                 |                   |
| H193 | 0.25          | 0.60     | 0.3266   | 0.2780                   | <b>0.54</b>      | <b>1.11</b>          | 0.300                | 0.125         | +8.9          | 1.089                 | +122.4            | 2.224                 |                   |

Çizelge 4.33 8KC binanın plandaki asal eksen doğrultuları için kolon plastik kesitlerindeki  $L_{px}$  ve  $L_{py}$  plastik mafsal boyları ve karşılaştırmalar

| Bina | Plastik Kesit | b<br>(m) | h<br>(m) | Priestley ve diğ. (1996) |                  |                      |                      | $L_{px} =$    | $L_{py} =$    | $L_{px}$ için         |                   | $L_{py}$ için         |                   |
|------|---------------|----------|----------|--------------------------|------------------|----------------------|----------------------|---------------|---------------|-----------------------|-------------------|-----------------------|-------------------|
|      |               |          |          | $L_{px}^{maks.}$         | $L_{py}^{maks.}$ | $L_{px}^{maks.} / h$ | $L_{py}^{maks.} / b$ | $0.5 \cdot h$ | $0.5 \cdot b$ | Rölatif Fark (%)      | Değişim Oranı     | Rölatif Fark (%)      | Değişim Oranı     |
|      |               |          |          | (m)                      | (m)              |                      |                      | (m)           | (m)           | $\frac{[3]-[7]}{[7]}$ | $\frac{[3]}{[7]}$ | $\frac{[4]-[8]}{[8]}$ | $\frac{[4]}{[8]}$ |
| [1]  | [2]           | [3]      | [4]      | [5]                      | [6]              | [7]                  | [8]                  |               |               |                       |                   |                       |                   |
| 8KC  | H13           | 0.40     | 0.40     | 0.3612                   | 0.3614           | <b>0.90</b>          | <b>0.90</b>          | 0.200         | 0.200         | +80.6                 | 1.806             | +80.7                 | 1.807             |
|      | H16           | 0.35     | 0.70     | 0.3783                   | 0.3702           | <b>0.54</b>          | <b>1.06</b>          | 0.350         | 0.175         | +8.1                  | 1.081             | +111.5                | 2.115             |
|      | H19           | 0.70     | 0.35     | 0.3702                   | 0.3783           | <b>1.05</b>          | <b>0.54</b>          | 0.175         | 0.350         | +111.5                | 2.115             | +8.1                  | 1.081             |
|      | H22           | 0.60     | 0.60     | 0.3783                   | 0.3783           | <b>0.63</b>          | <b>0.63</b>          | 0.300         | 0.300         | +26.1                 | 1.261             | +26.1                 | 1.261             |
|      | H34           | 0.50     | 0.50     | 0.3769                   | 0.3783           | <b>0.75</b>          | <b>0.76</b>          | 0.250         | 0.250         | +50.8                 | 1.508             | +51.3                 | 1.513             |
|      | H37           | 0.40     | 0.80     | 0.3783                   | 0.3569           | <b>0.47</b>          | <b>0.89</b>          | 0.400         | 0.200         | -5.4                  | 0.946             | +78.5                 | 1.785             |
|      | H55           | 0.50     | 0.50     | 0.3783                   | 0.3769           | <b>0.76</b>          | <b>0.75</b>          | 0.250         | 0.250         | +51.3                 | 1.513             | +50.8                 | 1.508             |
|      | H58           | 0.80     | 0.40     | 0.3569                   | 0.3783           | <b>0.89</b>          | <b>0.47</b>          | 0.200         | 0.400         | +78.5                 | 1.785             | -5.4                  | 0.946             |
|      | H61           | 0.60     | 0.60     | 0.3783                   | 0.3783           | <b>0.63</b>          | <b>0.63</b>          | 0.300         | 0.300         | +26.1                 | 1.261             | +26.1                 | 1.261             |
|      | H94           | 0.70     | 0.35     | 0.3702                   | 0.3783           | <b>1.05</b>          | <b>0.54</b>          | 0.175         | 0.350         | +111.5                | 2.115             | +8.1                  | 1.081             |
|      | H97           | 0.60     | 0.60     | 0.3783                   | 0.3783           | <b>0.63</b>          | <b>0.63</b>          | 0.300         | 0.300         | +26.1                 | 1.261             | +26.1                 | 1.261             |
|      | H100          | 0.40     | 0.80     | 0.3783                   | 0.3569           | <b>0.47</b>          | <b>0.89</b>          | 0.400         | 0.200         | -5.4                  | 0.946             | +78.5                 | 1.785             |
|      | H103          | 0.40     | 0.40     | 0.3612                   | 0.3614           | <b>0.90</b>          | <b>0.90</b>          | 0.200         | 0.200         | +80.6                 | 1.806             | +80.7                 | 1.807             |
|      | H106          | 0.35     | 0.70     | 0.3783                   | 0.3702           | <b>0.54</b>          | <b>1.06</b>          | 0.350         | 0.175         | +8.1                  | 1.081             | +111.5                | 2.115             |
|      | H109          | 0.50     | 0.50     | 0.3769                   | 0.3783           | <b>0.75</b>          | <b>0.76</b>          | 0.250         | 0.250         | +50.8                 | 1.508             | +51.3                 | 1.513             |
|      | H166          | 0.35     | 0.70     | 0.3783                   | 0.3702           | <b>0.54</b>          | <b>1.06</b>          | 0.350         | 0.175         | +8.1                  | 1.081             | +111.5                | 2.115             |
|      | H169          | 0.40     | 0.40     | 0.3612                   | 0.3614           | <b>0.90</b>          | <b>0.90</b>          | 0.200         | 0.200         | +80.6                 | 1.806             | +80.7                 | 1.807             |
|      | H172          | 0.60     | 0.60     | 0.3783                   | 0.3783           | <b>0.63</b>          | <b>0.63</b>          | 0.300         | 0.300         | +26.1                 | 1.261             | +26.1                 | 1.261             |
|      | H175          | 0.70     | 0.35     | 0.3702                   | 0.3783           | <b>1.05</b>          | <b>0.54</b>          | 0.175         | 0.350         | +111.5                | 2.115             | +8.1                  | 1.081             |
|      | H178          | 0.80     | 0.40     | 0.3569                   | 0.3783           | <b>0.89</b>          | <b>0.47</b>          | 0.200         | 0.400         | +78.5                 | 1.785             | -5.4                  | 0.946             |
| H181 | 0.50          | 0.50     | 0.3783   | 0.3769                   | <b>0.76</b>      | <b>0.75</b>          | 0.250                | 0.250         | +51.3         | 1.513                 | +50.8             | 1.508                 |                   |
| H184 | 0.60          | 0.60     | 0.3783   | 0.3783                   | <b>0.63</b>      | <b>0.63</b>          | 0.300                | 0.300         | +26.1         | 1.261                 | +26.1             | 1.261                 |                   |
| H187 | 0.70          | 0.35     | 0.3702   | 0.3783                   | <b>1.05</b>      | <b>0.54</b>          | 0.175                | 0.350         | +111.5        | 2.115                 | +8.1              | 1.081                 |                   |
| H190 | 0.35          | 0.70     | 0.3783   | 0.3702                   | <b>0.54</b>      | <b>1.06</b>          | 0.350                | 0.175         | +8.1          | 1.081                 | +111.5            | 2.115                 |                   |
| H193 | 0.40          | 0.40     | 0.3612   | 0.3614                   | <b>0.90</b>      | <b>0.90</b>          | 0.200                | 0.200         | +80.6         | 1.806                 | +80.7             | 1.807                 |                   |

#### 4.4.5.4 Kolon Plastik Kesitlerinde Birim Boy Değişmesi Taleplerinin Belirlenmesi

Sayısal incelemeler kapsamında ele alınan 1KC, 3KC, 5KC ve 8KC binalar üzerinde, deprem yüklerinin doğrultu etkisi nedeniyle oluşacak en elverişsiz yapısal davranış taleplerini veren kritik deprem doğrultularının ( $\beta_{cr}$ ) belirlenmesinde, kolon plastik kesitlerindeki iç kuvvet ve/veya plastik şekildeğiştirme talepleri ( $M_x$  ve  $M_y$  eğilme momenti doğrultularında oluşan  $\theta_{px}$  ve  $\theta_{py}$  plastik dönme talepleri ile  $N$  normal kuvvet talebi) arasındaki etkileşimi gözönüne alabilmesi nedeniyle birim

boy değişmesi talepleri (kesitte tarafsız eksene en uzak donatıdaki  $\mathcal{E}_s maks.$  ile en dış beton basınç lifindeki  $\mathcal{E}_c maks.$ ) esas alınmıştır.

Çalışmada incelenen betonarme binalarda analiz yapılan tüm deprem doğrultularının her birinde oluşan kolon plastik kesitlerinin *en alt kat kolonlarının alt uçları* olduğu ve bu kesitlerdeki plastik dönme taleplerinin diğer katlardakilere göre daha büyük değerlerde olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle, kolon plastik kesitlerindeki şekildeğiştirme taleplerinin ( $\mathcal{E}_c maks.$ ,  $\mathcal{E}_s maks.$ ,  $\theta_{px}$ ,  $\theta_{py}$ , vb.) deprem doğrultusu ( $\beta$ ) ile değişiminin incelenmesi, binaların sadece *en alt kat kolonlarının alt uçlarındaki* kesitlerde yapılmıştır.

Sayısal incelemeler kapsamında ele alınan simetrik veya antimetrik binalar (1KC–[1-4], 3KC–[1-10], 5KC ve 8KC) için, deprem yüklerinin  $\beta = 0^\circ \sim 180^\circ$  arasında etkimesi halinde, herhangi bir kolon plastik kesitinde elde edilen  $\mathcal{E}_c maks.$  ve  $\mathcal{E}_s maks.$  birim boy değişmesi talepleri ile bu kolonun plandaki asal eksenlere göre antimetrik konumunda olan kolon plastik kesitinin  $\beta = 180^\circ \sim 360^\circ$  arasındaki bölgede ve X–X eksenine göre antimetriği olan  $\beta$  değerleri için elde edilen  $\mathcal{E}_c maks.$  ve  $\mathcal{E}_s maks.$  birim boy değişmesi talepleri eşit olmaktadır. Örneğin, 1KC–1 binanın  $\beta = 45^\circ$  deprem doğrultusu için H13 kolon plastik kesitinde elde edilen  $\mathcal{E}_c maks.$  ve  $\mathcal{E}_s maks.$  birim boy değişmesi talepleri, bu plastik kesitin plandaki asal eksenlere göre antimetrik konumunda olan H22'nin  $\beta = 225^\circ (45^\circ + 180^\circ)$  deprem doğrultusunda elde edilen birim boy değişmesi taleplerine eşit olmaktadır. Bu nedenle, sayısal incelemeler kapsamında ele alınan simetrik veya antimetrik binalar için şekildeğiştirme esaslı doğrusal olmayan statik analizlerin  $\beta = 0^\circ \sim 180^\circ$  arasında yapılması yeterlidir. Buna karşın, plandaki her iki asal eksene (X ve Y) göre simetrik veya antimetrik olmayan 3KC–11 binanın doğrusal olmayan statik analizleri,  $\beta = 0^\circ \sim 360^\circ$  arasında yapılmıştır.

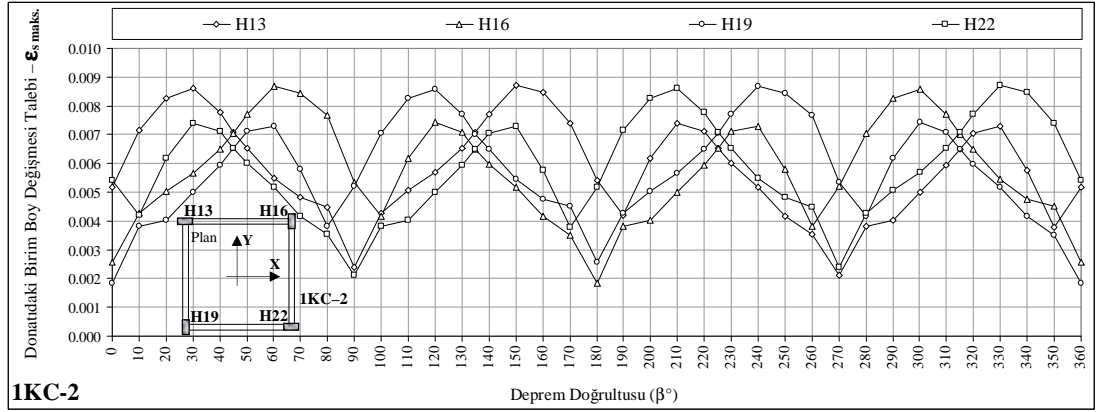
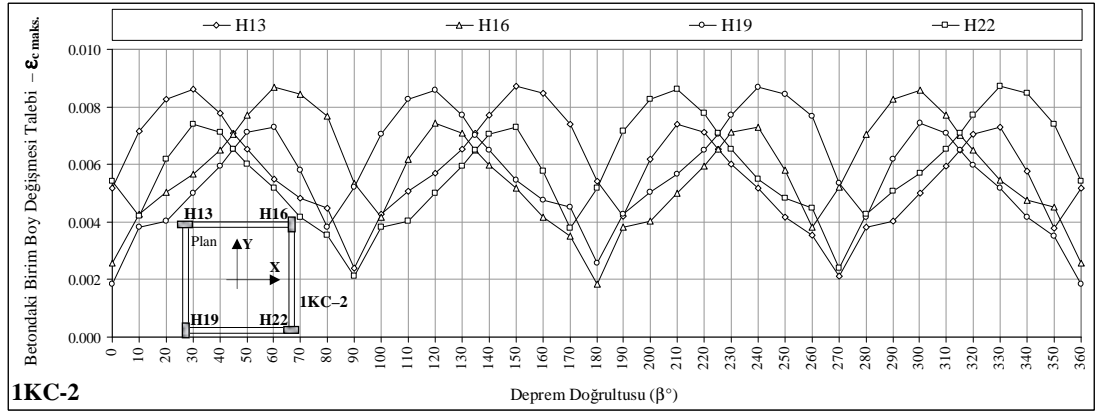
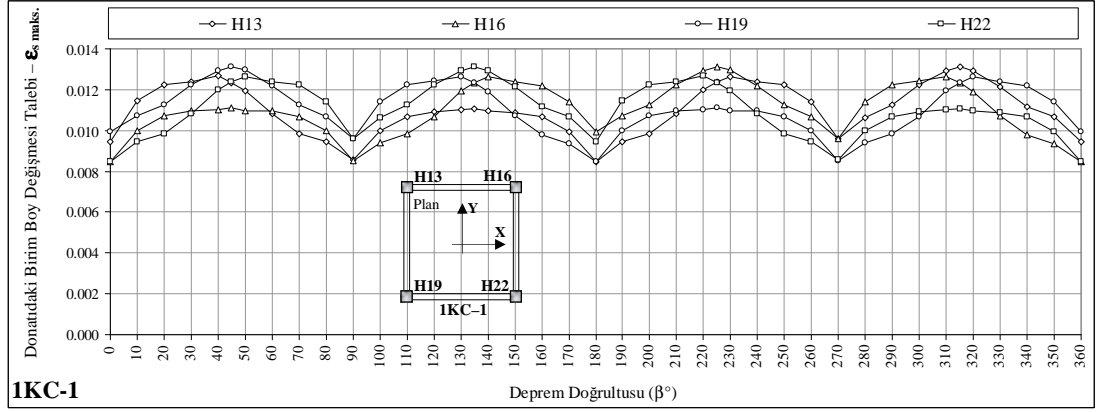
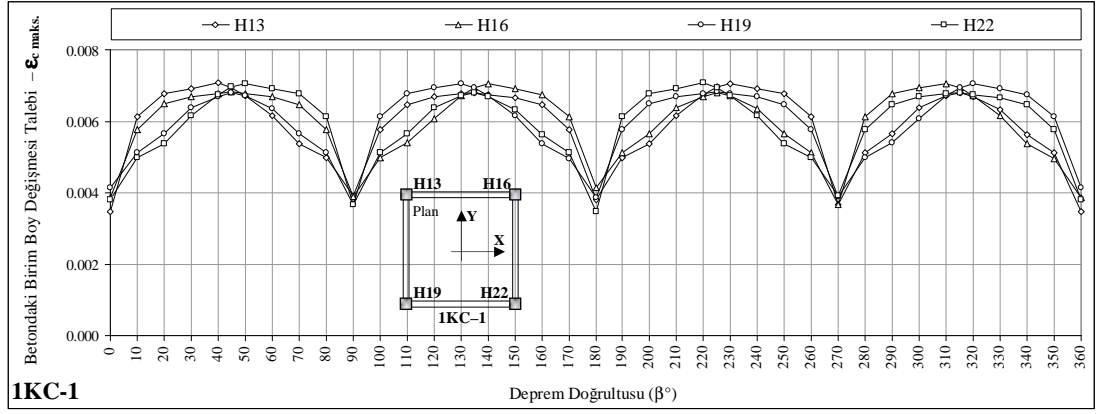
Buna göre, incelenen on yedi adet betonarme binanın gözönüne alınan her bir  $\beta$  deprem doğrultusu için, detayları ve hesap adımları Bölüm 3'de verilen şekildeğiştirme esaslı doğrusal olmayan statik analizleri yapılmış ve Şekil 4.47–4.49'da gösterilen en alt kat kolonlarının alt uçlarında oluşan plastik kesitlerdeki  $\mathcal{E}_c maks.$  ve  $\mathcal{E}_s maks.$  birim boy değişmesi talepleri belirlenmiştir.

Çalışmada incelenen binaların gözönüne alınan her bir  $\beta$  deprem doğrultusu için kolon plastik kesitlerindeki iç kuvvet ve plastik dönme taleplerine karşı gelen  $\mathcal{E}_c maks.$  ve  $\mathcal{E}_s maks.$  birim boy değişmesi talepleri, Çakıroğlu ve Özer (1980) [49] ve Girgin (1996) [35]'de geliştirilen *BEKE-2A* bilgisayar programına ilaveler yapılarak yeniden düzenlenen *I-BEKE-2A* bilgisayar programından yararlanılarak elde edilmiştir.

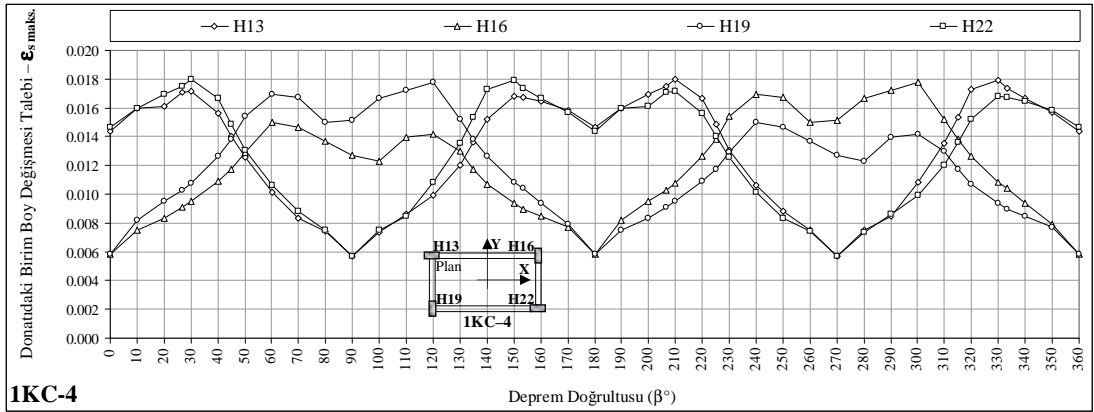
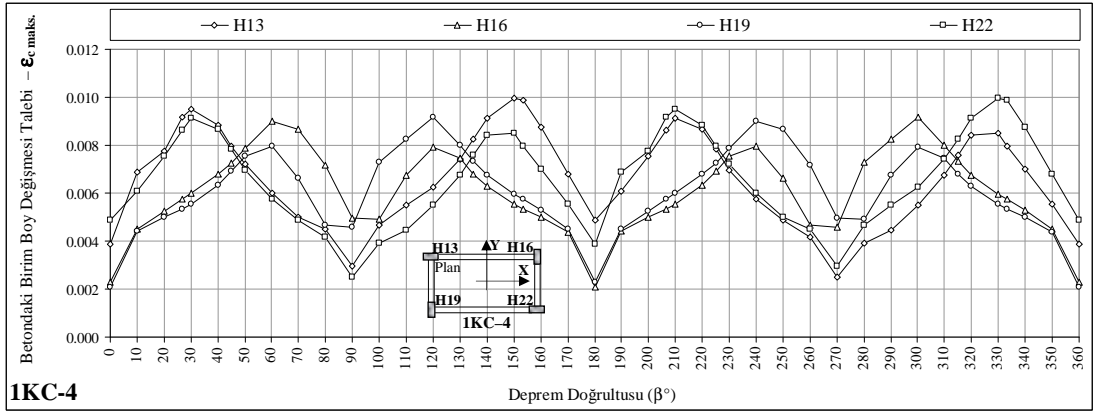
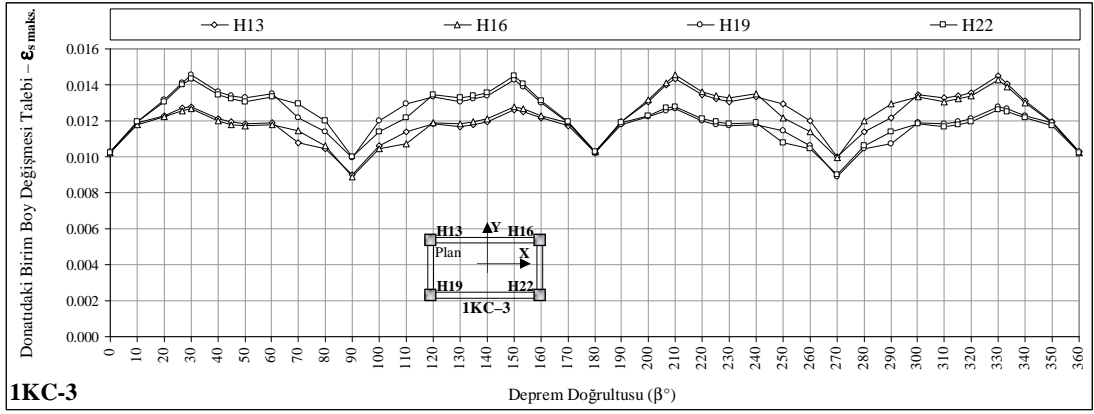
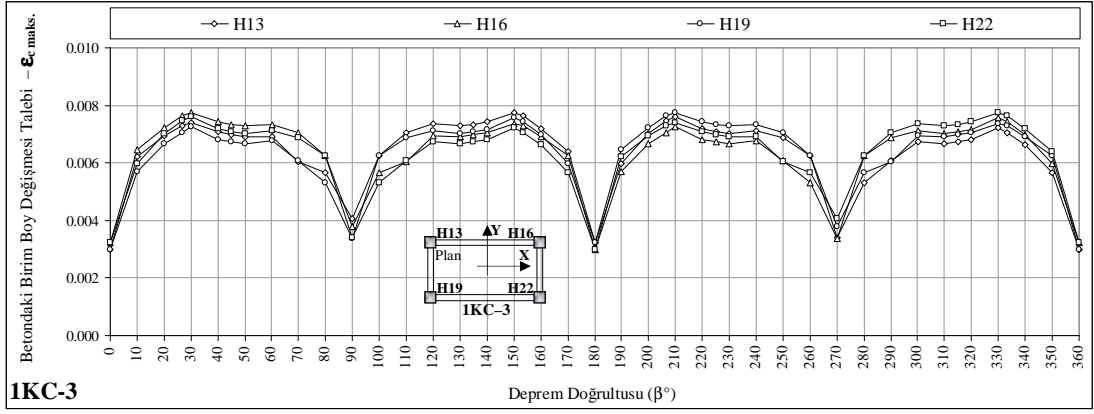
Planda simetrik veya antimetrik olan 1KC-[1-4], 3KC-[1-10], 5KC ve 8KC binalarda  $\beta = 0^\circ \sim 180^\circ$  arasında gözönüne alınan her bir  $\beta$  deprem doğrultusu için, YKY ile belirlenen performans noktaları esas alınarak en alt kat kolonlarının alt uçlarındaki plastik kesitlerde elde edilen  $\mathcal{E}_c maks.$  ve  $\mathcal{E}_s maks.$  birim boy değişmesi taleplerinden yararlanılarak, deprem yüklerinin  $\beta = 0^\circ \sim 360^\circ$  arasında etkimesi hali için  $\mathcal{E}_c maks.$  ve  $\mathcal{E}_s maks.$  taleplerinin  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi Şekil 4.64–4.69'daki grafiklerde verilmiştir.

Planda simetrik veya antimetrik olmayan 3KC-11 binada ise,  $\beta = 0^\circ \sim 360^\circ$  arasında etkiyen deprem yükleri için, en alt kat kolonlarının alt uçlarında oluşan plastik kesitlerdeki  $\mathcal{E}_c maks.$  ve  $\mathcal{E}_s maks.$  birim boy değişmesi taleplerinin  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi Şekil 4.67'deki grafiklerde verilmiştir.

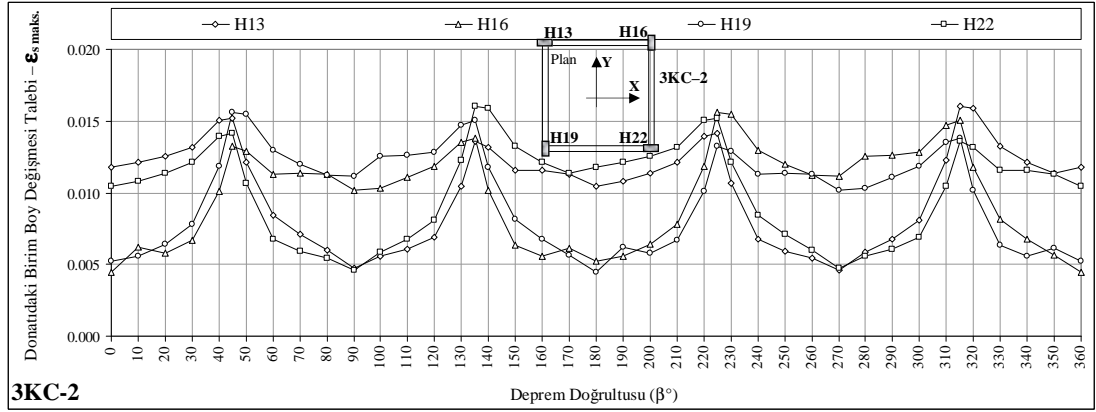
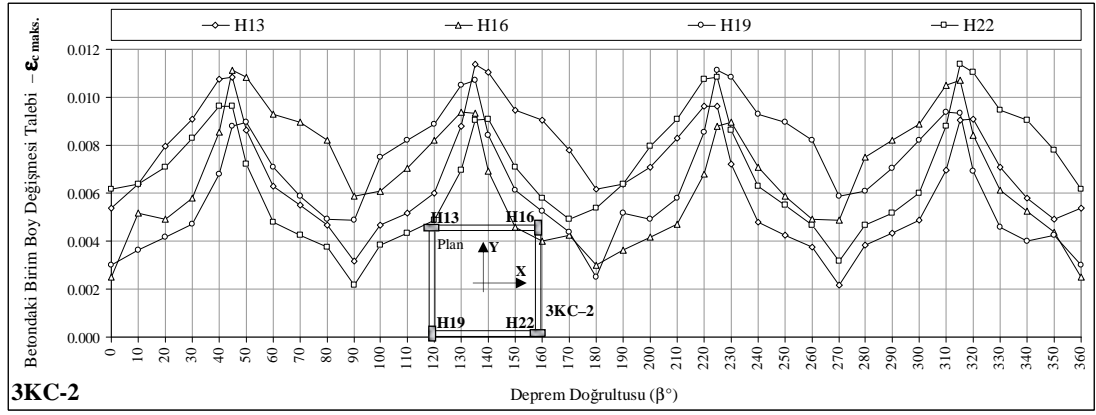
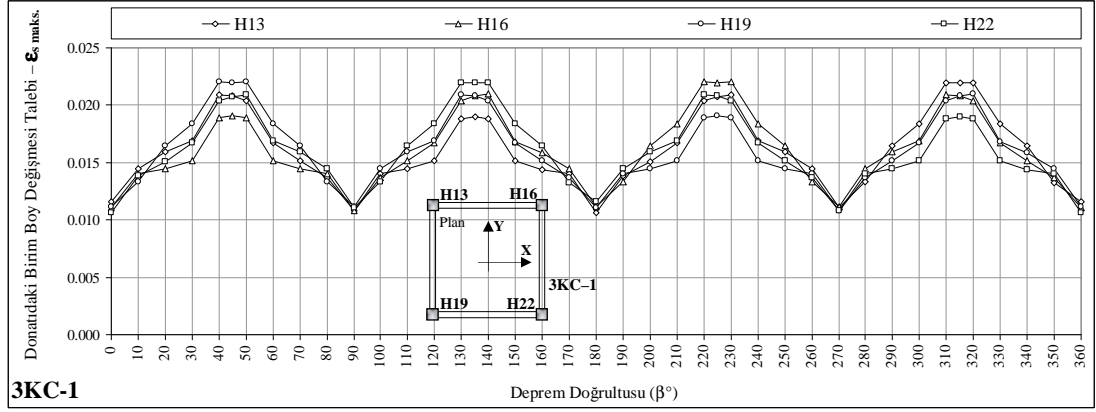
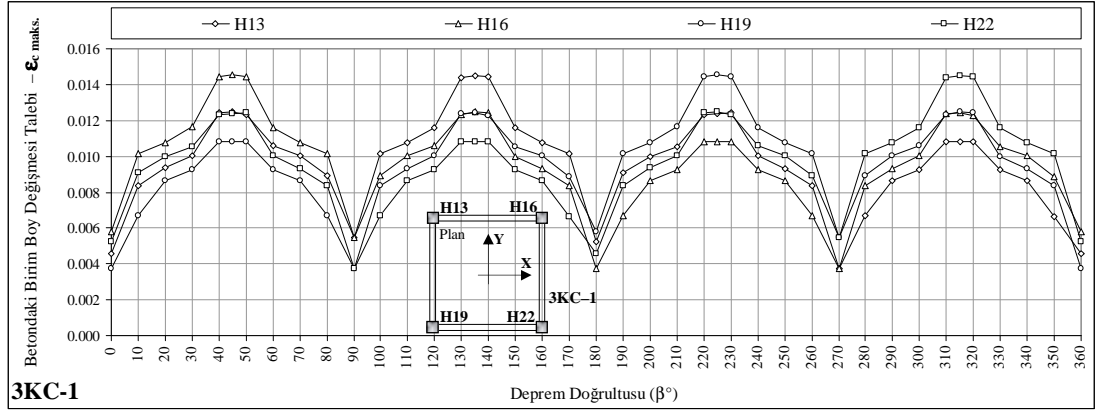
Sayısal incelemeler kapsamında, planda ve düşeyde herhangi bir yapısal düzensizliği bulunmayan ve ortogonal akslara sahip olan 1KC, 3KC, 5KC ve 8KC binaların en alt kolonlarının alt uçlarında oluşan plastik kesitlerde elde edilen  $\mathcal{E}_c maks.$  ve  $\mathcal{E}_s maks.$  birim boy değişmesi talepleri, Bölüm 5'de ayrıntılı olarak değerlendirilmiştir. Bölüm 5'de ayrıca, betonarme binaların kolon plastik kesitlerindeki en elverişsiz  $\mathcal{E}_c maks.$  ve  $\mathcal{E}_s maks.$  birim boy değişmesi taleplerinin belirlenmesi amacıyla kritik deprem doğrultularını ( $\beta_{cr}$ ) içeren bir aralık önerilmiştir.



Şekil 4.64 1KC-[1-4] binalar için  $\epsilon_c$  maks. ve  $\epsilon_s$  maks. birim boy değişmesi taleplerinin  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi

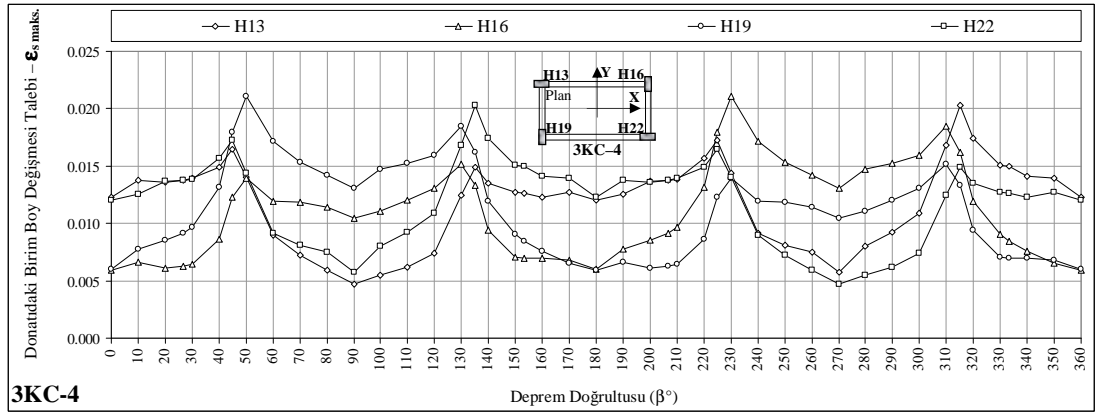
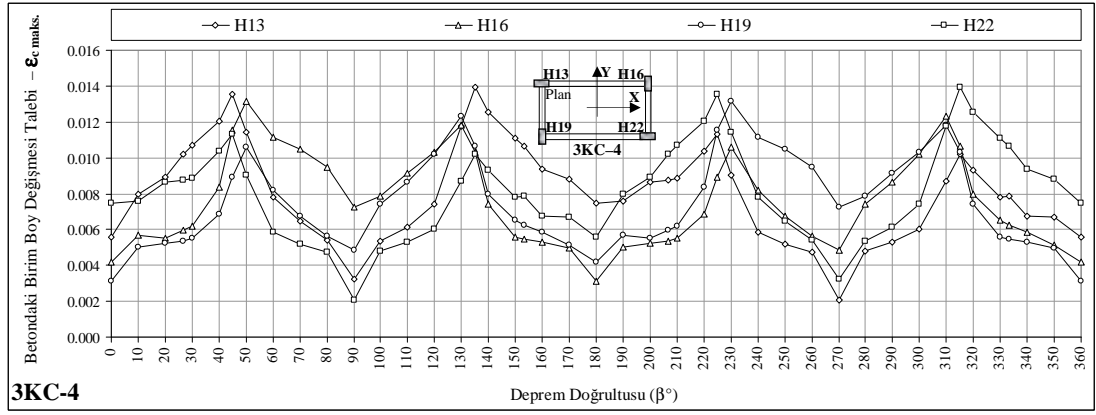
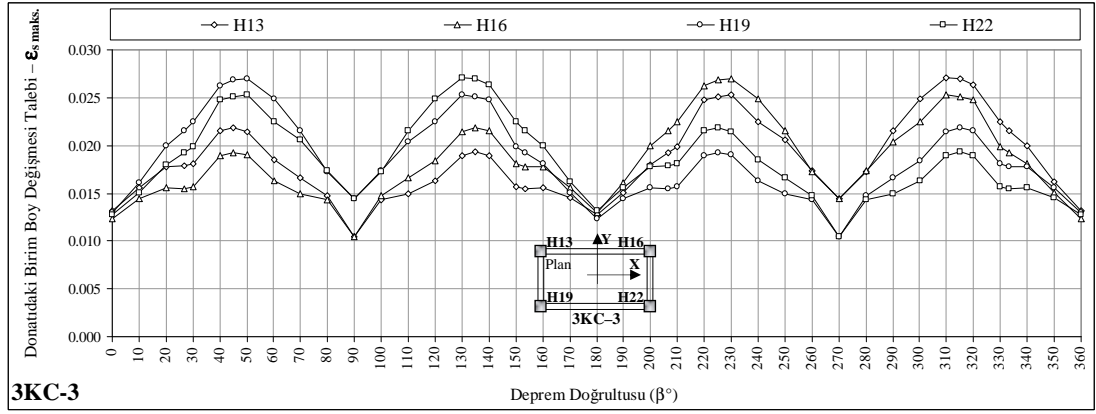
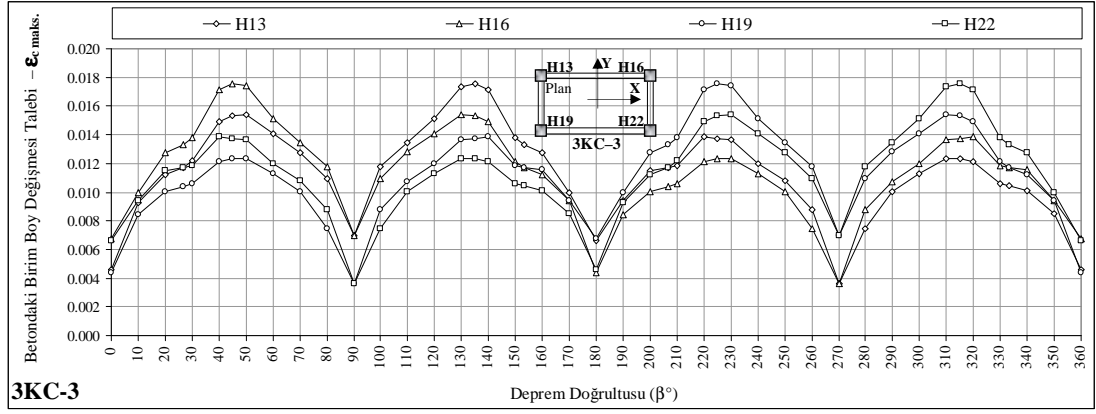


Şekil 4.64 1KC-[1-4] binalar için  $\epsilon_{c \text{ maks.}}$  ve  $\epsilon_{s \text{ maks.}}$  birim boy değişmesi taleplerinin  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi (devam)

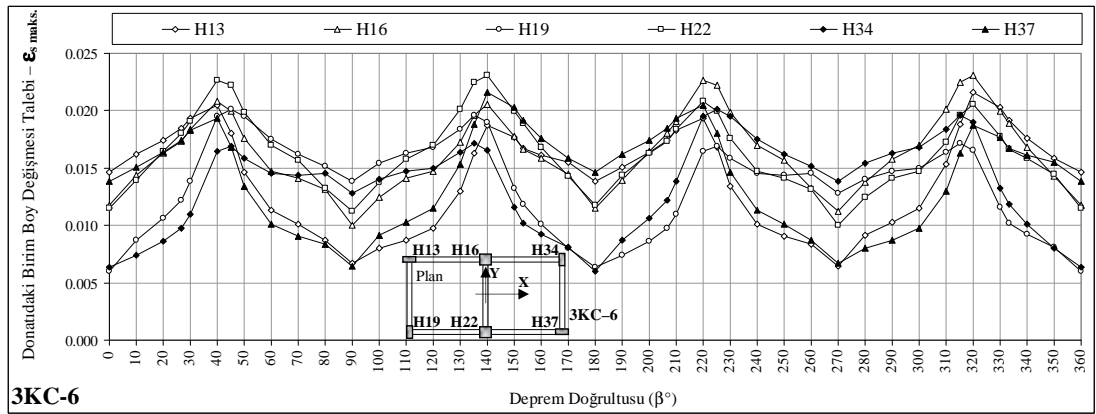
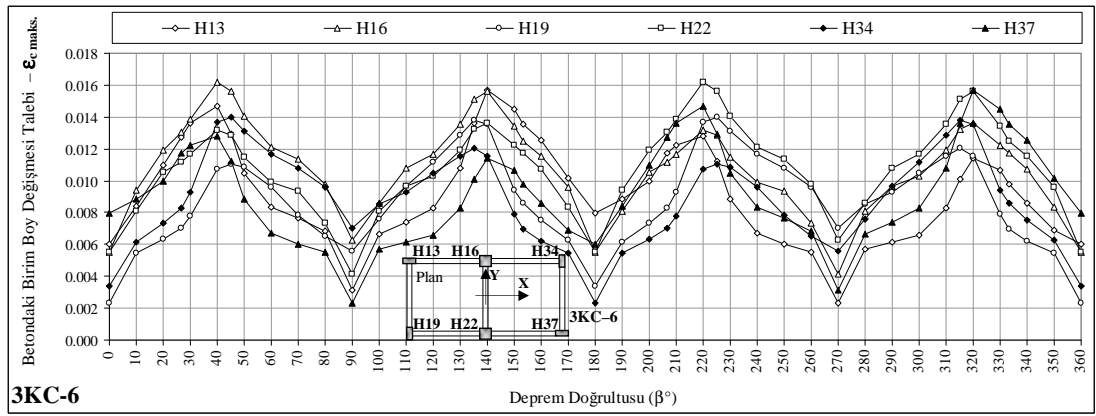
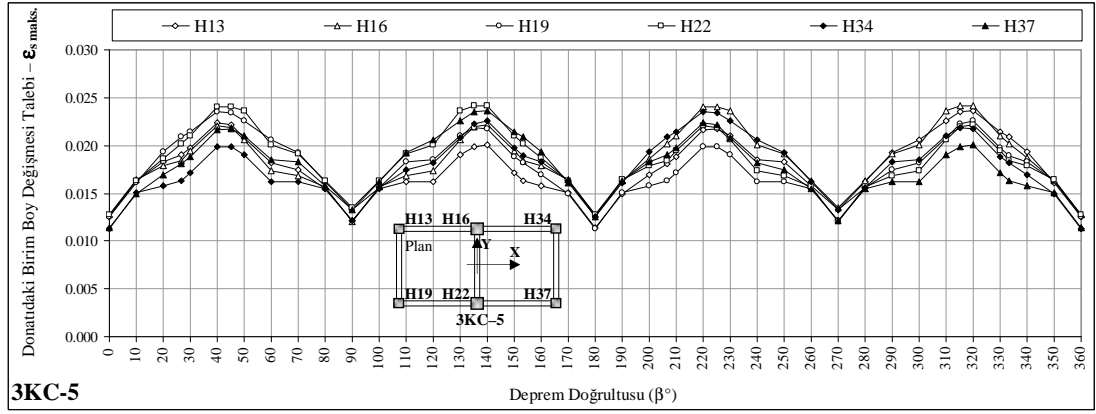
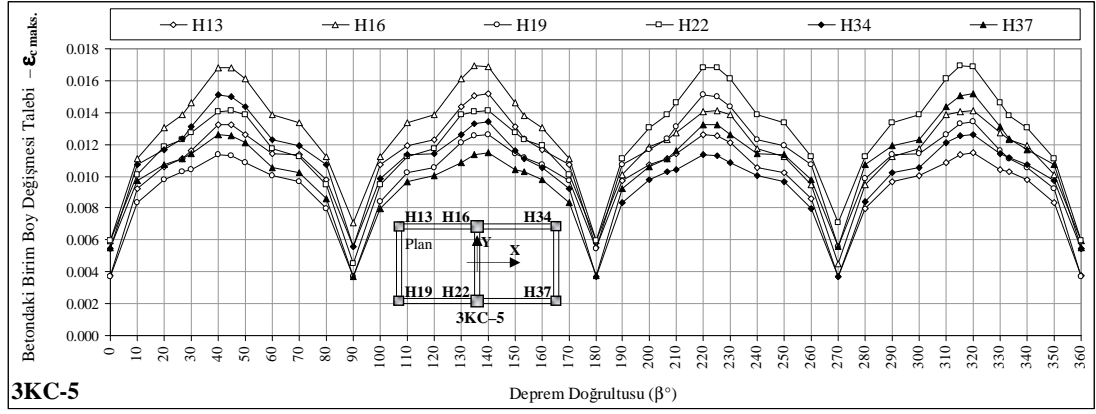


Şekil 4.65 3KC-[1-4] binalar için  $\epsilon_c$  maks. ve  $\epsilon_s$  maks. birim boy değişmesi taleplerinin  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi

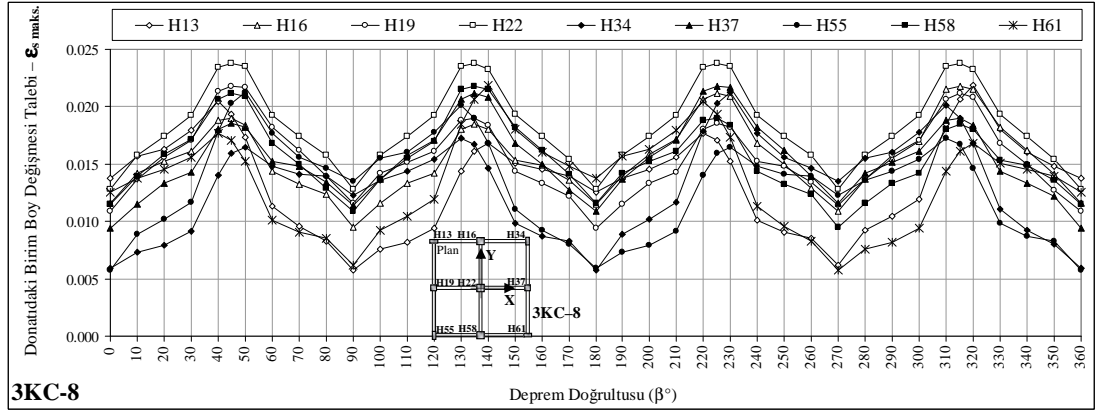
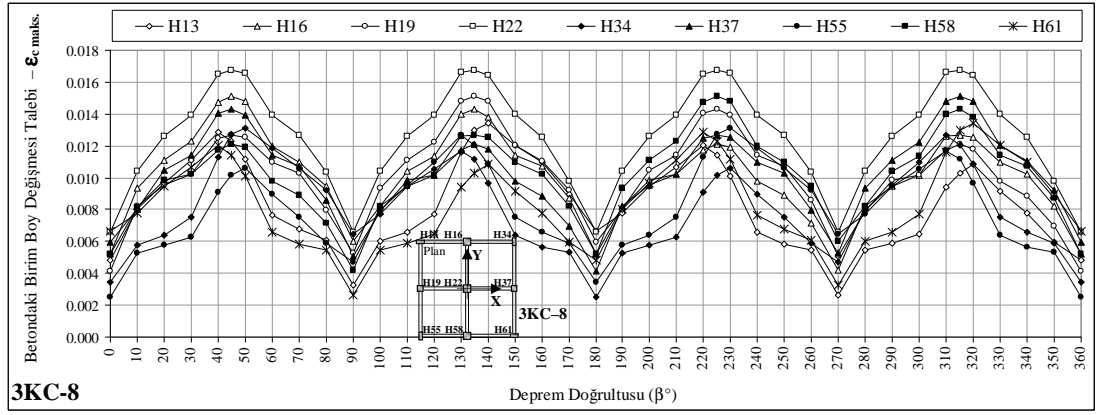
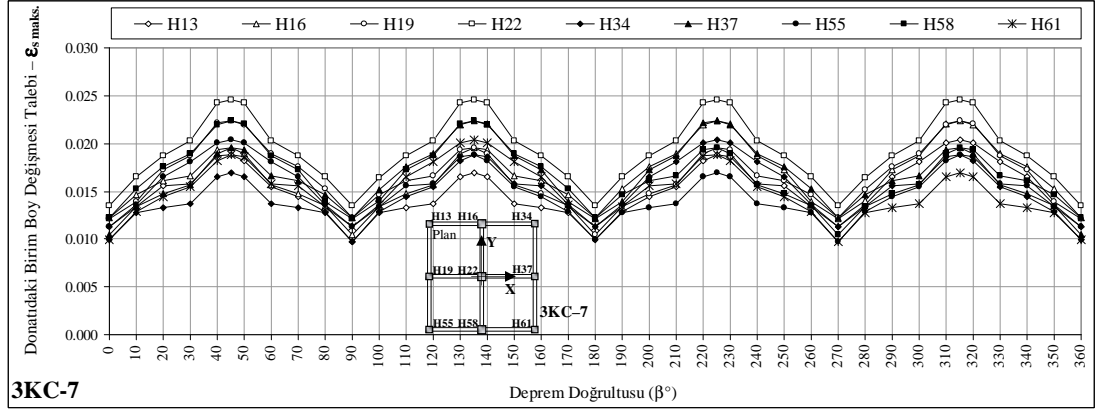
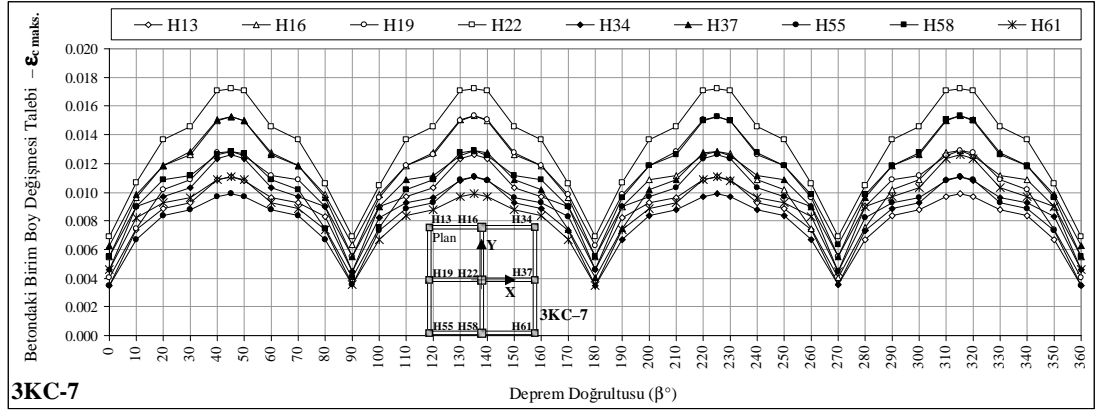




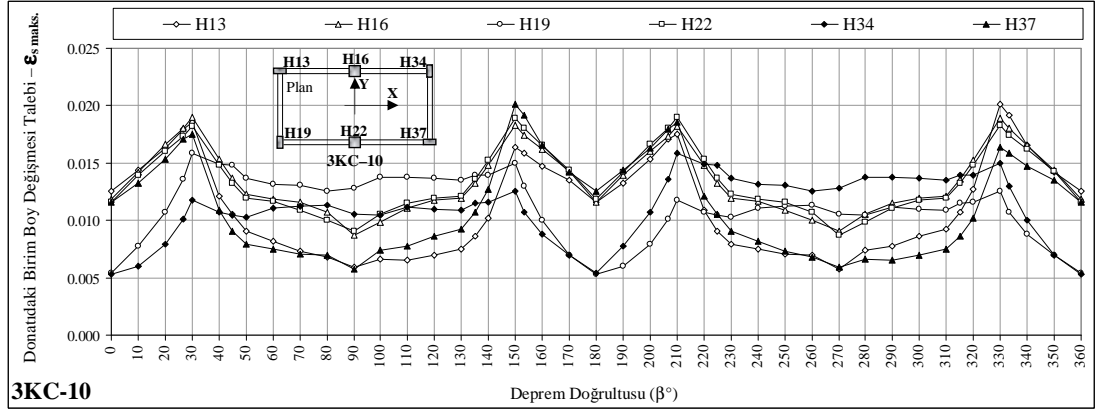
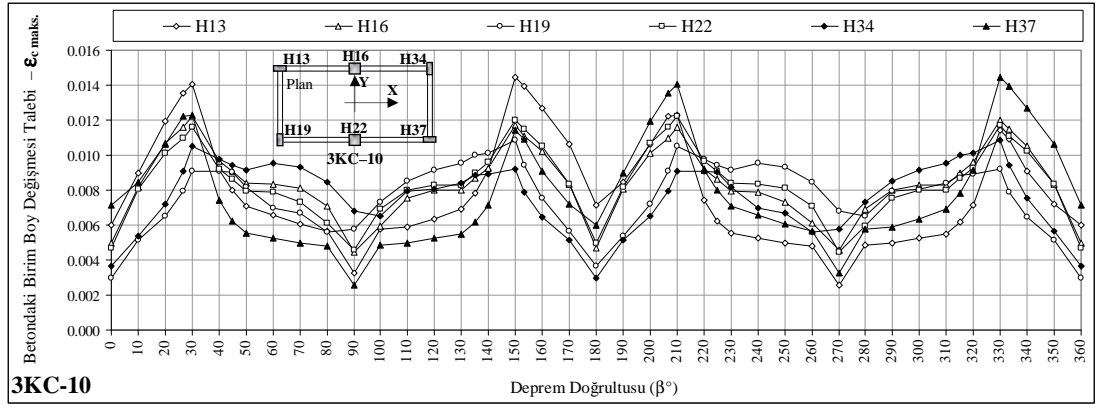
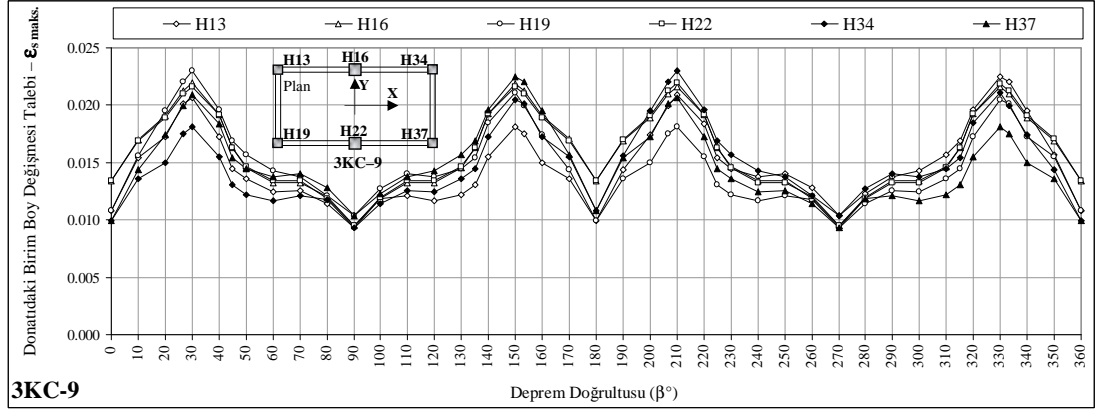
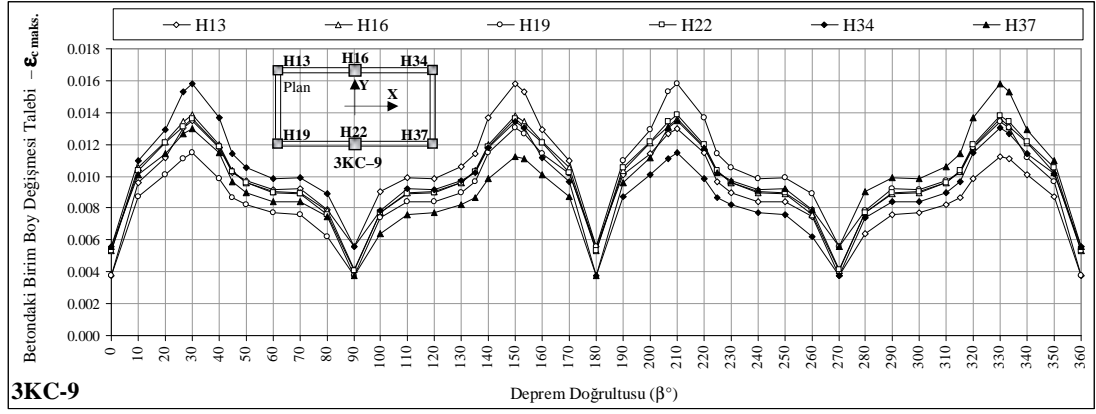
Şekil 4.65 3KC-[1-4] binalar için  $\epsilon_{c \text{ maks.}}$  ve  $\epsilon_{s \text{ maks.}}$  birim boy değişmesi taleplerinin  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi (devam)



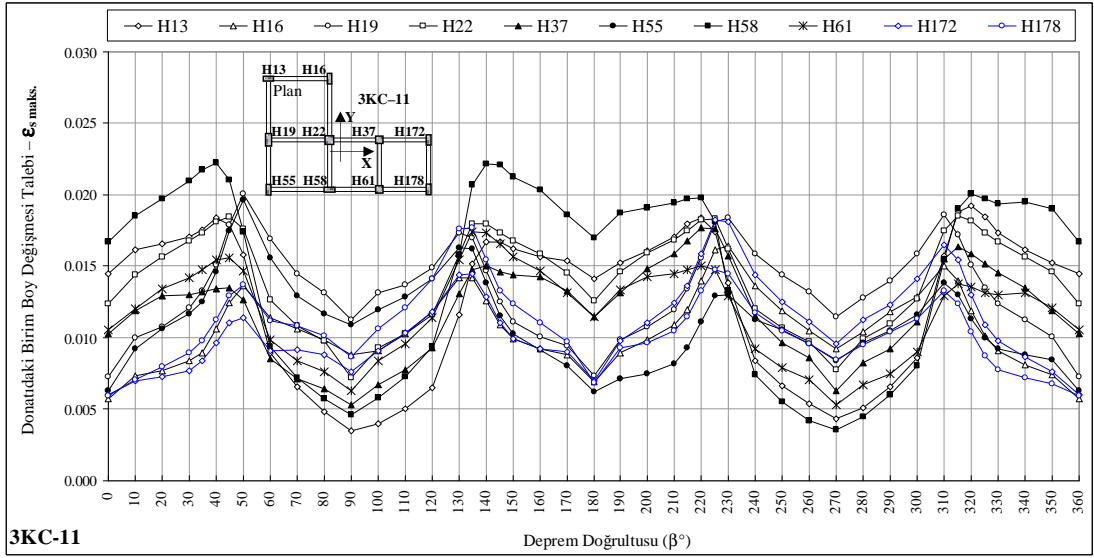
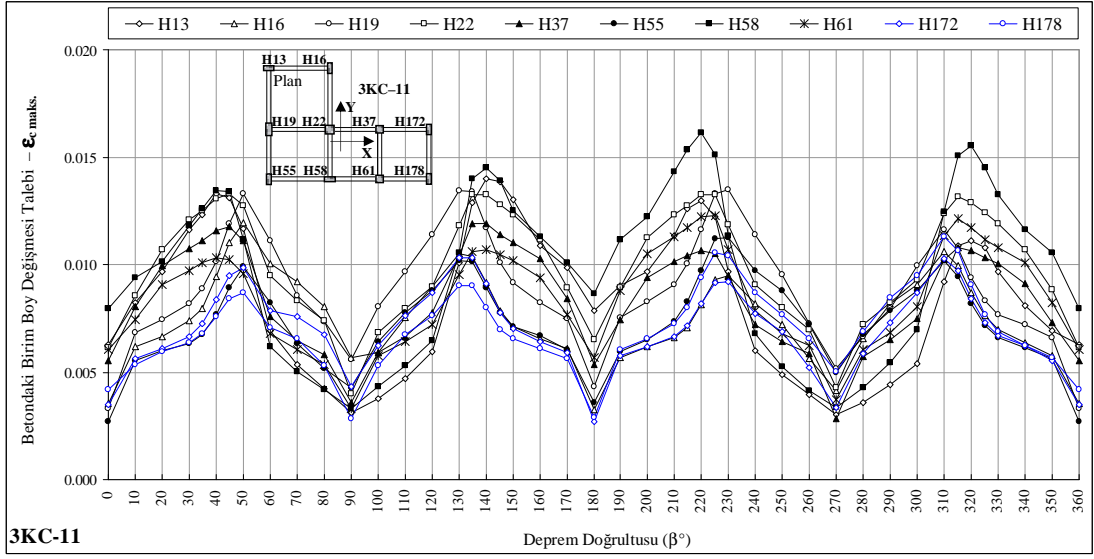
Şekil 4.66 3KC-[5-8] binalar için  $\epsilon_c$  maks. ve  $\epsilon_s$  maks. birim boy değişmesi taleplerinin  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi



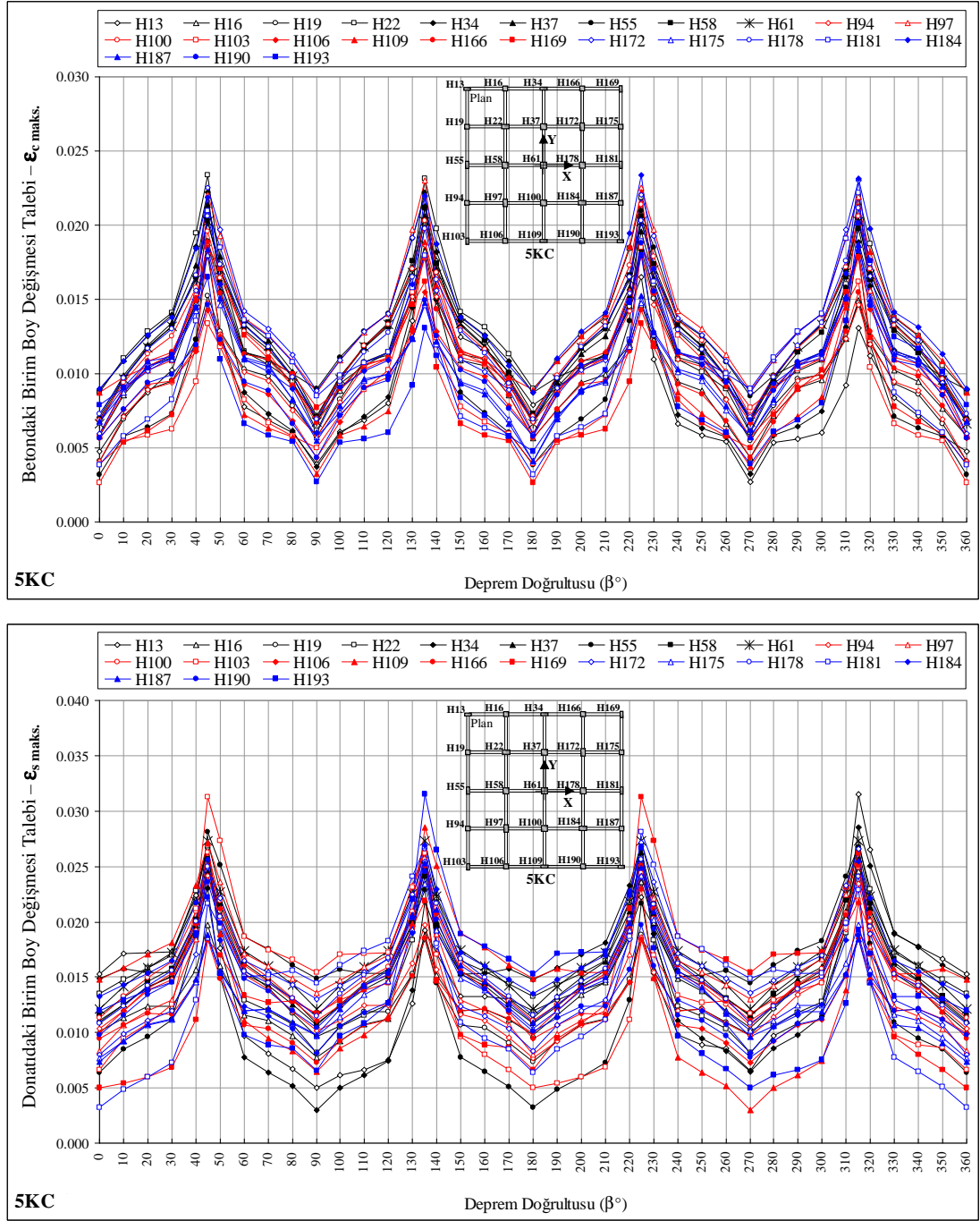
Şekil 4.66 3KC-[5-8] binalar için  $\epsilon_{c \text{ maks.}}$  ve  $\epsilon_{s \text{ maks.}}$  birim boy değişmesi taleplerinin  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi (devam)



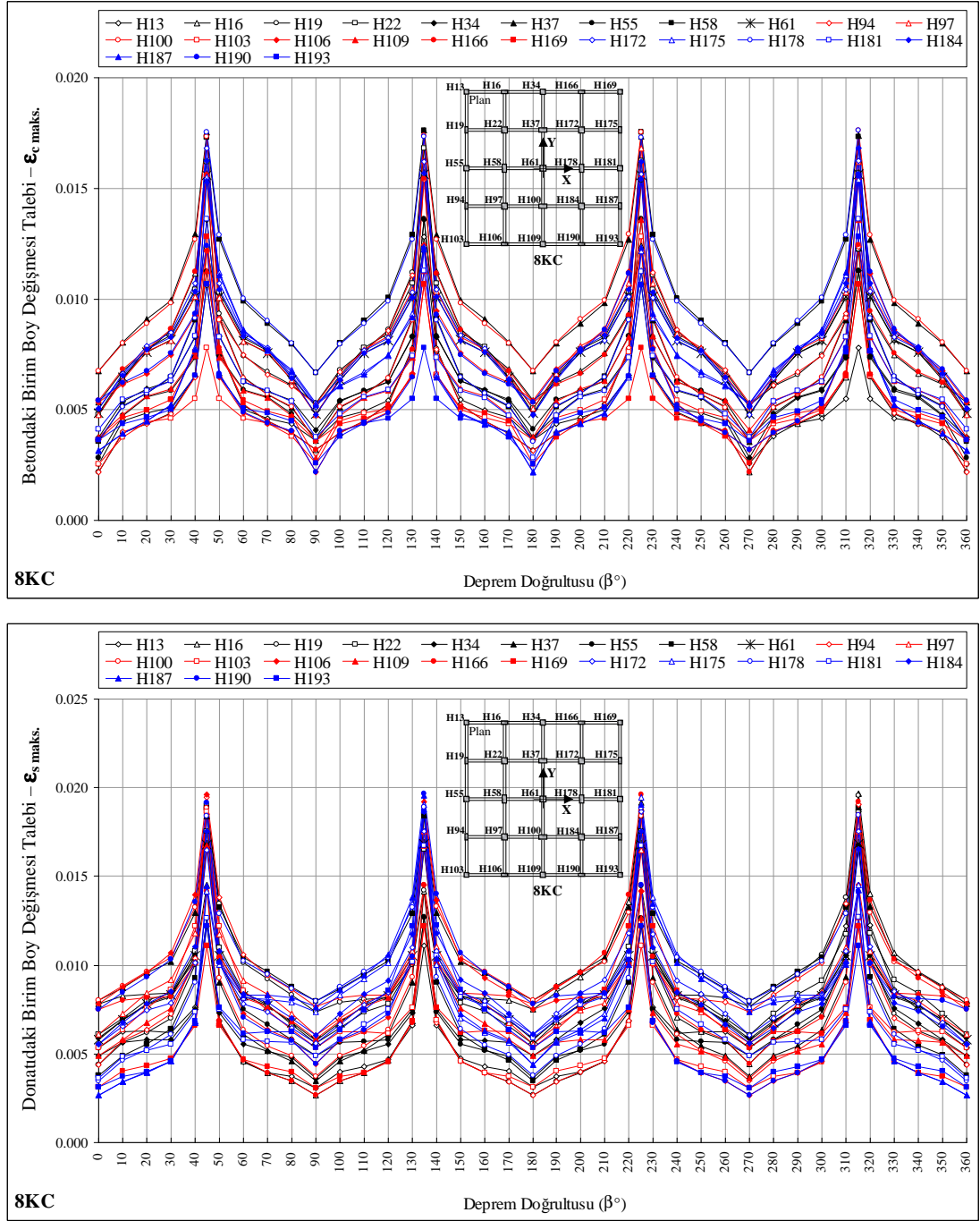
Şekil 4.67 3KC-[9-11] binalar için  $\epsilon_{c \text{ maks.}}$  ve  $\epsilon_{s \text{ maks.}}$  birim boy değişmesi taleplerinin  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi



Şekil 4.67 3KC-[9-11] binalar için  $\epsilon_c$  maks. ve  $\epsilon_s$  maks. birim boy değişmesi taleplerinin  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi (devam)



Şekil 4.68 5KC bina için  $\epsilon_c$  maks. ve  $\epsilon_s$  maks. birim boy değişmesi taleplerinin  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi



Şekil 4.69 8KC bina için  $\epsilon_c$  maks. ve  $\epsilon_s$  maks. birim boy değişmesi taleplerinin  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi

## 5. KOLON PLASTİK KESİTLERİNDEKİ EN ELVERİŞSİZ BİRİM ŞEKİLDEĞİŞTİRME TALEPLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ VE KRİTİK DEPREM DOĞRULTUSU ÖNERİSİ

Çalışmanın bu bölümünde, sayısal incelemeler kapsamında ele alınan 1KC, 3KC, 5KC ve 8KC betonarme binalar üzerinde, deprem yüklerinin doğrultu etkisi nedeniyle kolon plastik kesitlerinde oluşacak en elverişsiz  $\epsilon_{c maks.}$  ve  $\epsilon_{s maks.}$  birim boy değişmesi taleplerini veren kritik deprem doğrultuları ( $\beta_{cr}$ ), detayları Bölüm 3’de verilen iki doğrultulu doğrusal olmayan statik analiz yaklaşımından yararlanılarak belirlenmiştir. Daha sonra, incelenen betonarme binaların plastik kesitlerinde elde edilen sonuçlardan yararlanılarak, herhangi bir yapısal düzensizliği bulunmayan ve ortogonal akslara sahip olan betonarme binaların şekildeğiştirme esaslı doğrusal olmayan statik analizi için  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultularını içeren bir aralık önerilmiştir. Böylece, betonarme binaların kiriş ve kolon plastik kesitlerindeki en elverişsiz şekildeğiştirme taleplerinin belirlenebilmesi amacıyla,  $\beta = 0^\circ \sim 360^\circ$  arasındaki birçok deprem doğrultusu için araştırmanın yapılması yerine, daha az sayıda analiz gerektiren ve kritik deprem doğrultularını da içeren bir aralıkta yapılması yeterli olmaktadır.

Çalışmada incelenen simetrik veya antimetrik betonarme binalar (1KC–[1-4], 3KC–[1-10], 5KC ve 8KC) için, deprem yüklerinin  $\beta = 0^\circ \sim 180^\circ$  arasında etkimesi halinde, herhangi bir kolon plastik kesitinde elde edilen şekildeğiştirme talepleri (plastik dönme, plastik eğrilik, birim boy değişmesi gibi) ile bu kolonun plandaki asal eksenlere göre antimetrik konumunda olan kolon plastik kesitinin  $\beta = 180^\circ \sim 360^\circ$  arasındaki bölgede ve X–X eksenine göre antimetriği olan  $\beta$  değerleri için elde edilen şekildeğiştirme talepleri eşittir. Örneğin, planı kare olan 1KC–1 binanın  $\beta = 45^\circ$  deprem doğrultusu için H13 kolon plastik kesitinde elde edilen



plastik şekildeğiştirme talepleri ( $\theta_{px}$ ,  $\theta_{py}$ ,  $\chi_{px}$ ,  $\chi_{py}$ ,  $\mathcal{E}_{c maks.}$ ,  $\mathcal{E}_{s maks.}$ , vb.), bu plastik kesitin plandaki asal eksenlere göre antimetrik konumunda olan H22'nin  $\beta = 225^\circ$  ( $45^\circ + 180^\circ$ ) deprem doğrultusunda elde edilen plastik şekildeğiştirme talepleri eşit olmaktadır.

Bu nedenle, sayısal incelemeler kapsamında ele alınan simetrik veya antimetrik binaların (3KC-11 hariç diğer binalar) şekildeğiştirme esaslı doğrusal olmayan statik analizleri,  $\beta = 0^\circ \sim 180^\circ$  arasındaki bölgede yapılmıştır. Buna karşın, çok doğrultulu deprem yükleri altında incelenen betonarme binaların kolon plastik kesitlerindeki en elverişsiz  $\mathcal{E}_{c maks.}$  ve  $\mathcal{E}_{s maks.}$  birim boy değişmesi taleplerini veren  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultularının belirlenmesi ve değerlendirilmesi,  $\beta = 0^\circ \sim 180^\circ$  arasındaki doğrusal olmayan statik analiz sonuçlarından yararlanılarak,  $\beta = 0^\circ \sim 360^\circ$  arasındaki bölgede yapılmıştır.

### 5.1 Kritik Deprem Doğrultularının ( $\beta_{cr}$ ) Belirlenmesi

Bu bölümde, YKY ile belirlenen performans noktası esas alınarak, incelenen betonarme binaların en alt kolonlarının alt uçlarında oluşan plastik kesitlerindeki en elverişsiz  $\mathcal{E}_{c maks.}$  ve  $\mathcal{E}_{s maks.}$  birim boy değişmesi taleplerini veren kritik deprem doğrultuları ( $\beta_{cr}$ ) belirlenmiştir. Çalışma kapsamında incelenen on yedi adet binada oluşan 134 (yüz otuz dört) kolon plastik kesitinde farklı hasar düzeyleri oluşması nedeniyle,  $\beta = 0^\circ \sim 360^\circ$  arasında gözönüne alınan her bir  $\beta$  deprem doğrultusu için kolon plastik kesitlerinde elde edilen birim boy değişmesi talepleri ( $\mathcal{E}_{c maks.}$  ve  $\mathcal{E}_{s maks.}$ ), (5.1a-b) bağıntıları ile  $\beta_{cr}$  değerine karşı gelen değerlerine göre normalleştirilmiştir.

$$\mathcal{E}_{c maks.}^{norm.} = \mathcal{E}_{c maks.} / (\mathcal{E}_{c maks.})_{cr} \quad (5.1a)$$

$$\mathcal{E}_{s maks.}^{norm.} = \mathcal{E}_{s maks.} / (\mathcal{E}_{s maks.})_{cr} \quad (5.1b)$$

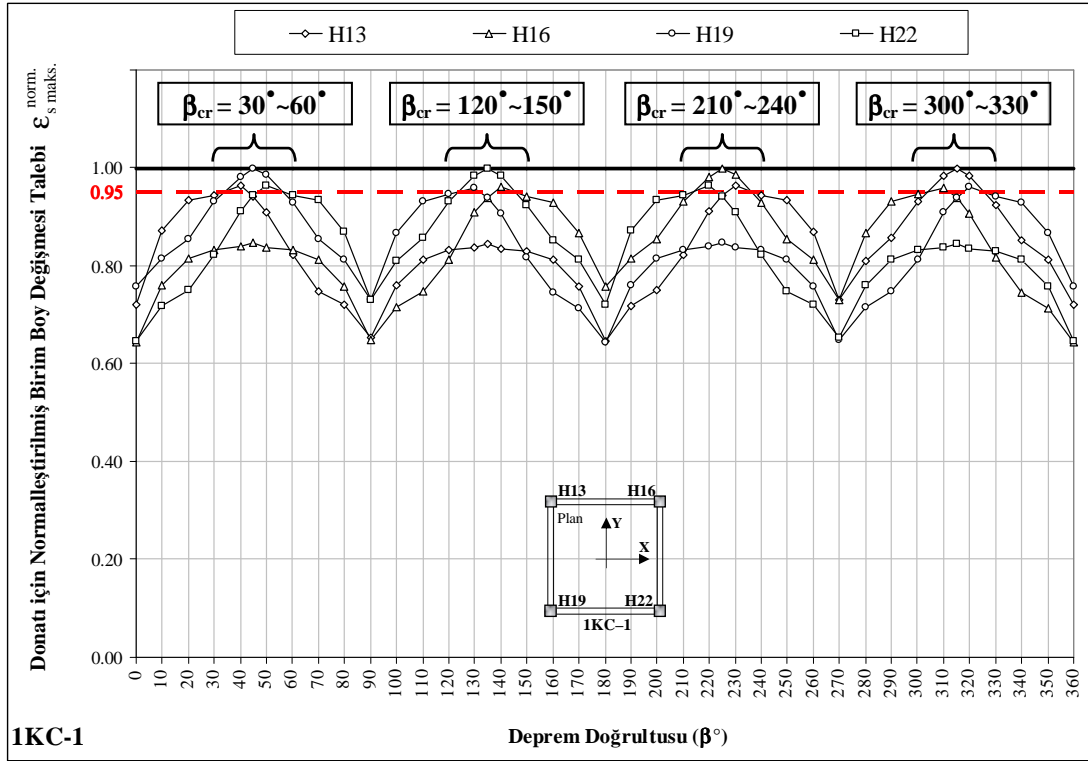
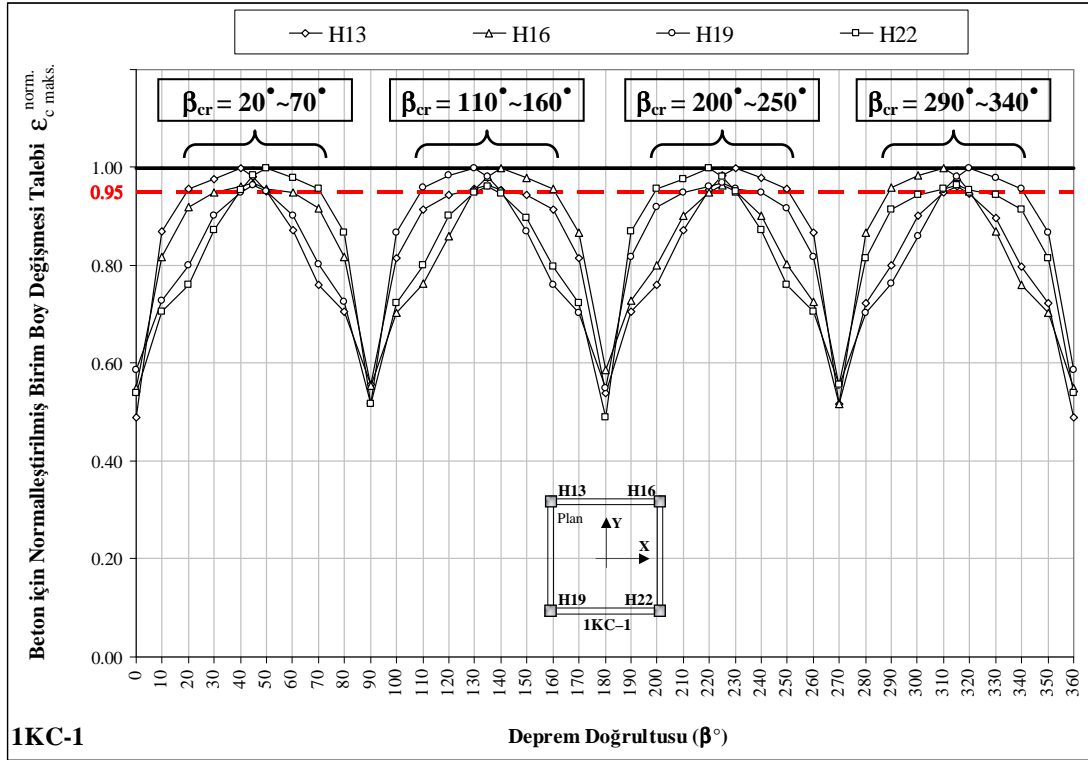
(5.1a-b) bağıntılarında, her bir  $\beta$  deprem doğrultusu için plastik kesitteki birim boy değişmesi talebi  $\mathcal{E}_{c maks.}$  ve  $\mathcal{E}_{s maks.}$  ile,  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultusu için elde

edilen en elverişsiz değeri  $(\epsilon_{c maks.})_{cr}$  ve  $(\epsilon_{s maks.})_{cr}$  ile, normalleştirilmiş değeri  $\epsilon_{c maks.}^{norm.}$  ve  $\epsilon_{s maks.}^{norm.}$  ile tanımlanmıştır.

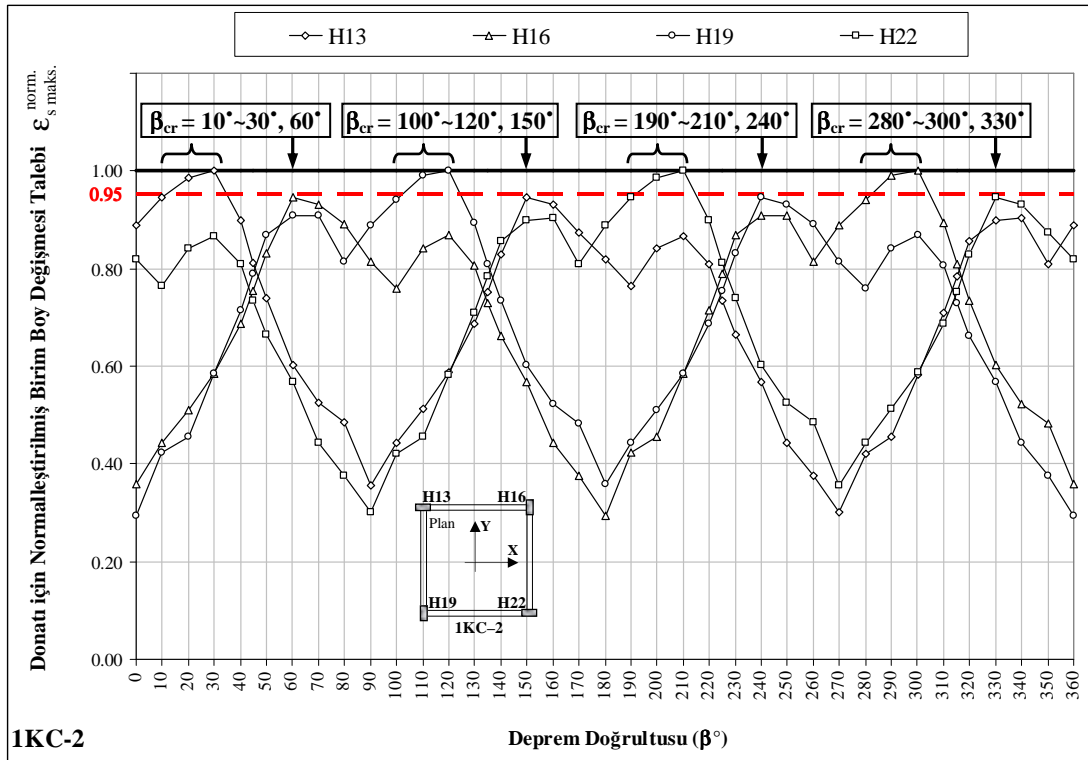
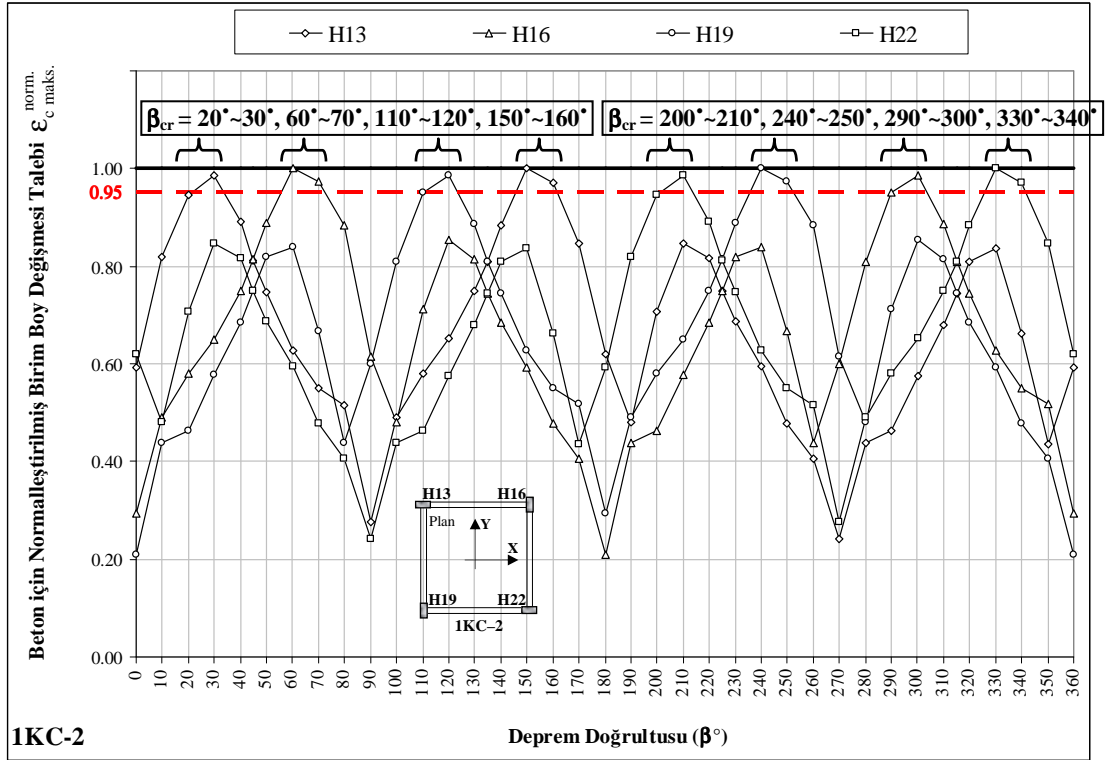
1KC, 3KC, 5KC ve 8KC binaların en alt kat kolonlarının alt uçlarındaki plastik kesitlerde (5.1a–b) bağıntıları ile normalleştirilmiş birim boy değişmesi taleplerinin  $(\epsilon_{c maks.}^{norm.}$  ve  $\epsilon_{s maks.}^{norm.})$   $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi, 1KC binalar için Şekil 5.1–5.5’de, 3KC binalar için Şekil 5.6–5.18’de, 5KC bina için Şekil 5.19’da ve 8KC bina için Şekil 5.20’deki grafiklerde verilmiştir.

Şekil 5.1–5.20’den görüleceği üzere, enkesitleri ve konumları aynı olan kolon plastik kesitlerindeki normalleştirilmiş birim boy değişmesi taleplerinin  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi benzer bir davranış göstermesine rağmen, maksimum normalleştirilmiş birim boy değişmesi talepleri  $(\epsilon_{c maks.}^{norm.}=1.00$  ve  $\epsilon_{s maks.}^{norm.}=1.00)$  için belirlenen kritik deprem doğrultuları,  $\beta_{cr} = 40^\circ$  ve  $\beta_{cr} = 220^\circ$  gibi iki farklı değerde oluşabilmektedir. Bunun yanısıra,  $\epsilon_{c maks.}^{norm.}=1.00$  ve  $\epsilon_{s maks.}^{norm.}=1.00$ ’e yakın değerlerin elde edilmesi nedeniyle,  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultularının tek bir değerle verilmesinin yanıltıcı olabileceği düşünülerek,  $\epsilon_{c maks.}^{norm.}=0.95 \sim 1.00$  ve  $\epsilon_{s maks.}^{norm.}=0.95 \sim 1.00$  aralığındaki  $\beta$  değerleri de, ilgili birim boy değişmesi talebi için kritik deprem doğrultusu ( $\beta_{cr}$ ) olarak kabul edilmiştir. Yani,  $0.95 \leq (\epsilon_{c maks.}^{norm.}$  ve  $\epsilon_{s maks.}^{norm.}) \leq 1.00$  arasındaki  $\beta$  açıları,  $\beta_{cr}$  olarak kabul edilmiştir.

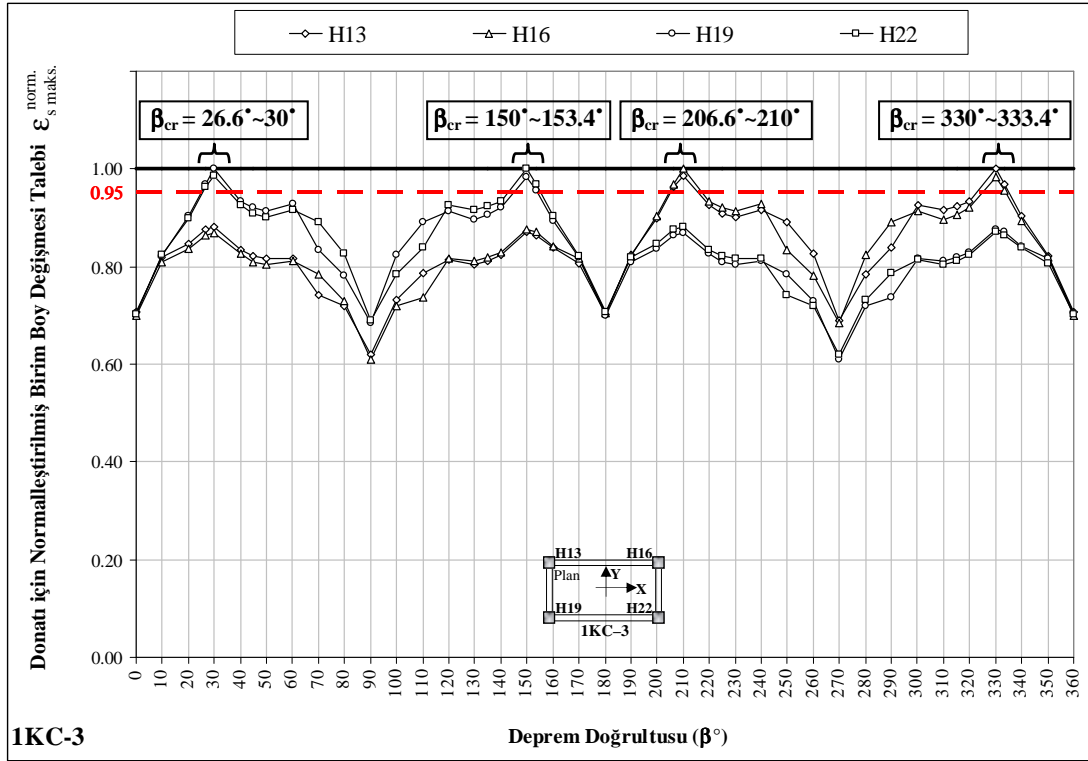
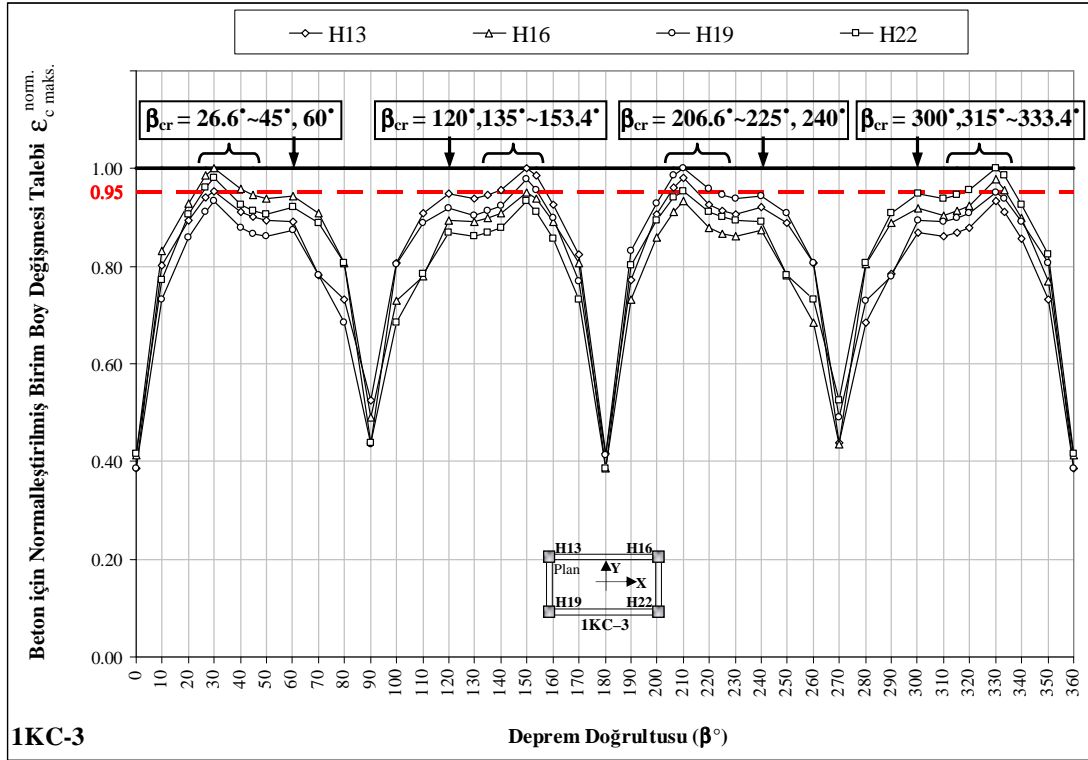
Buna göre, 1KC, 3KC, 5KC ve 8KC binaların  $\beta = 0^\circ \sim 360^\circ$  arasında gözönüne alınan deprem doğrultuları için en alt kat kolonlarının alt uçlarında oluşan plastik kesitlerde,  $\epsilon_{c maks.}^{norm.} = 1.00$ ,  $\epsilon_{s maks.}^{norm.} = 1.00$  ile  $0.95 \leq (\epsilon_{c maks.}^{norm.}$  ve  $\epsilon_{s maks.}^{norm.}) \leq 1.00$  aralığındaki  $\beta_{cr}$  değerleri binaların kat planları üzerinde şematik olarak gösterilmiştir (Şekil 5.21–5.25).



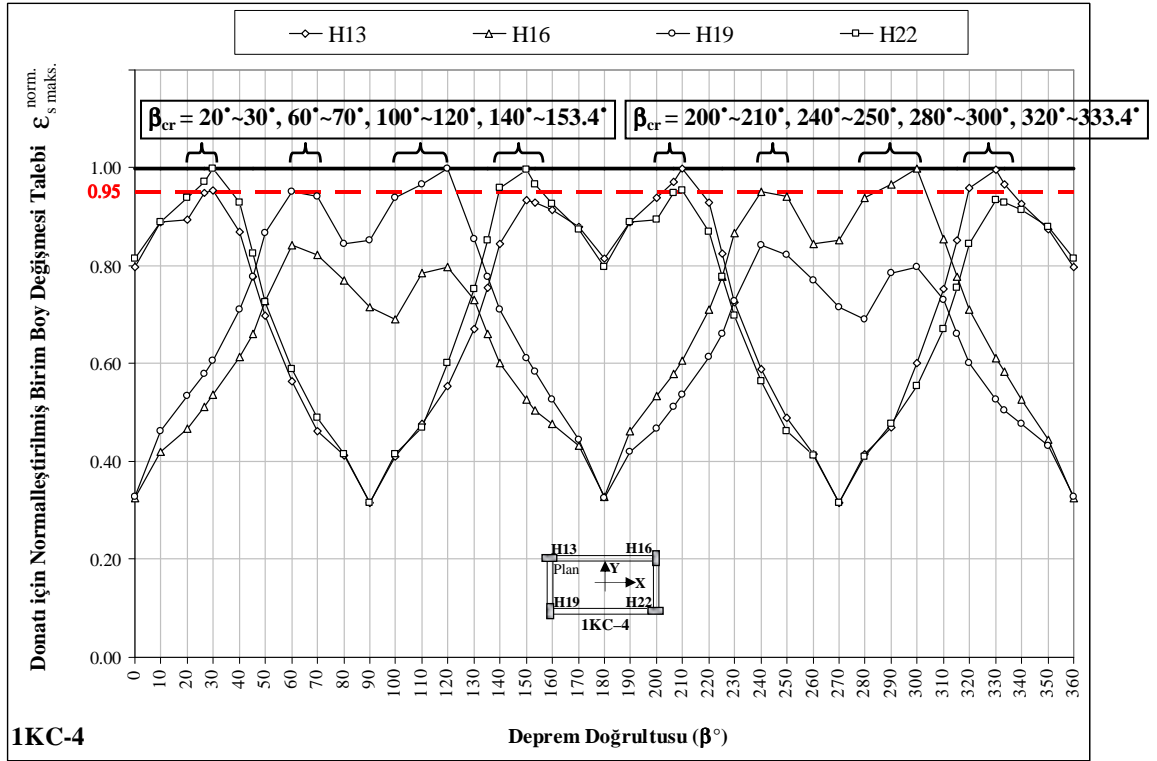
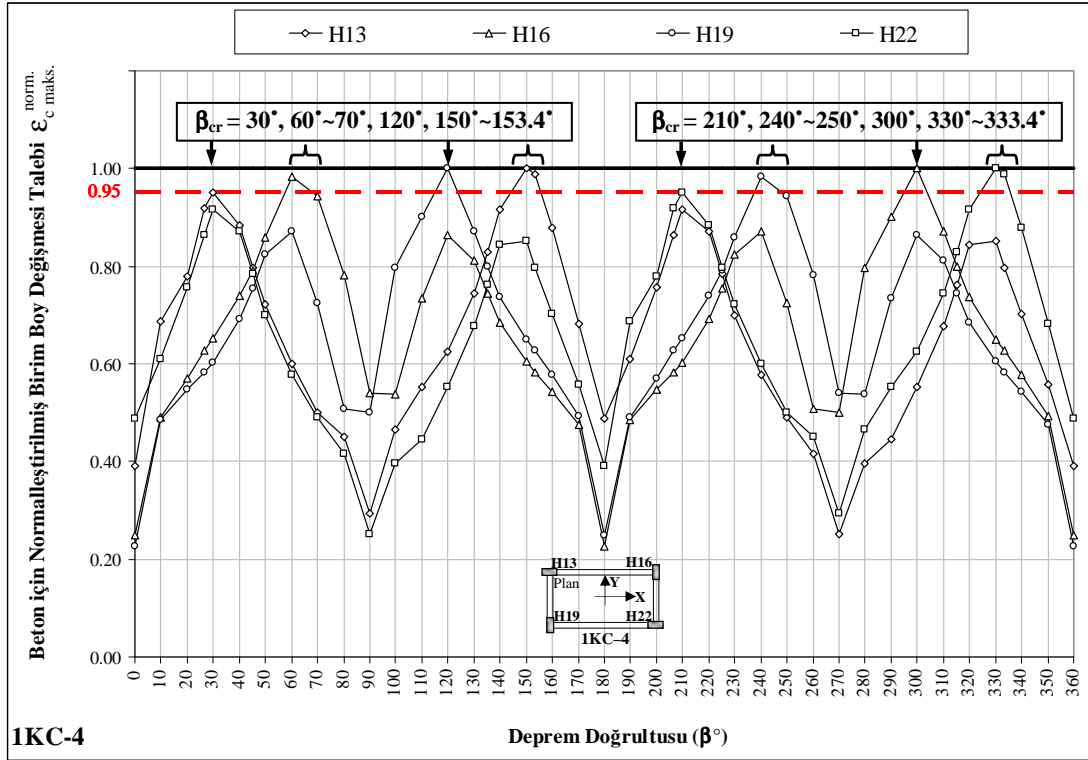
Şekil 5.1 1KC-1 bina için normalleştirilmiş birim boy değişmesi talepleri ile kritik deprem doğrultuları



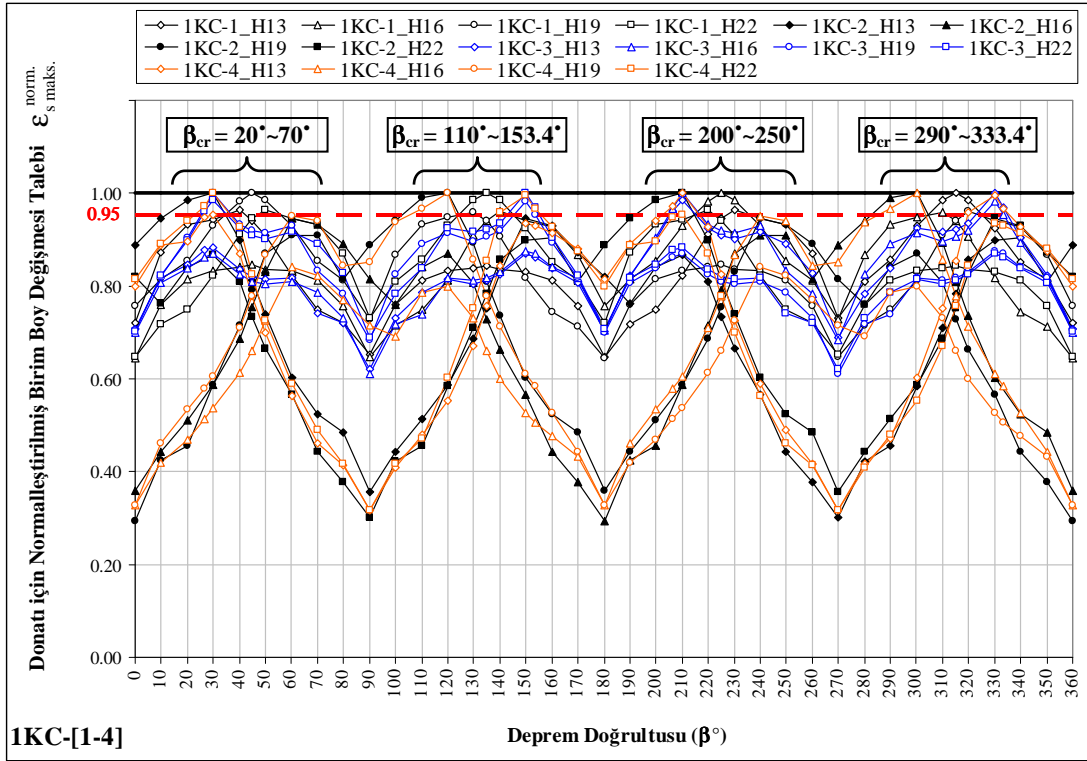
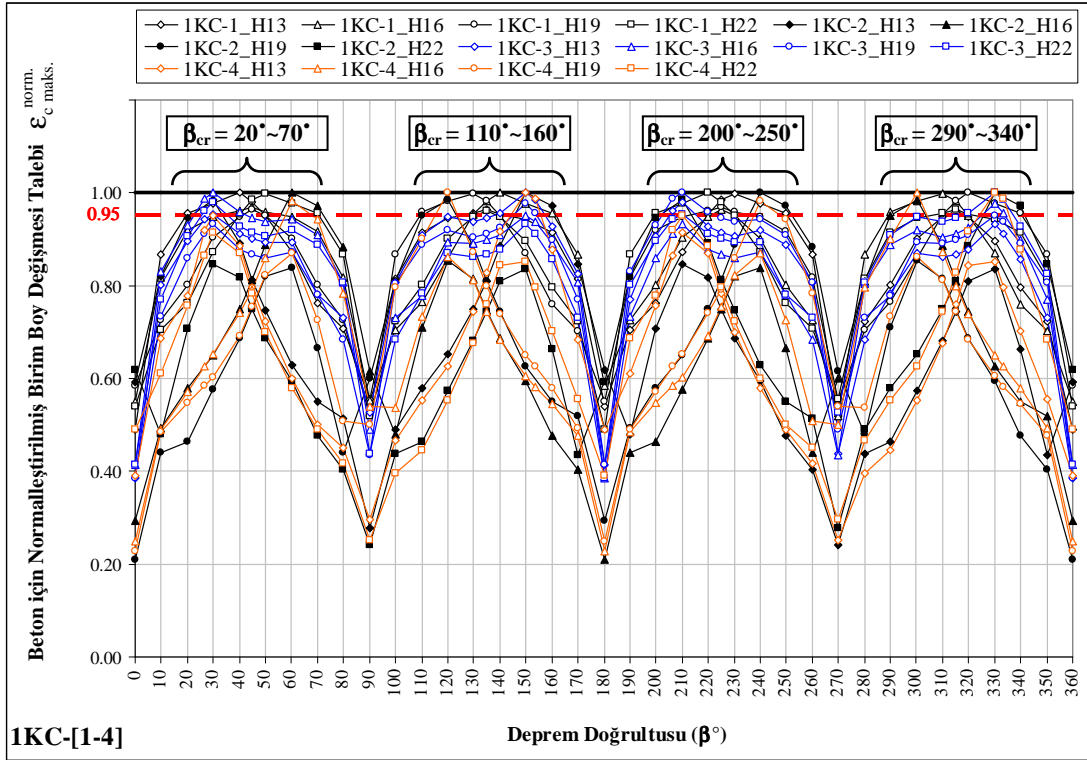
Şekil 5.2 1KC-2 bina için normalleştirilmiş birim boy değişmesi talepleri ile kritik deprem doğrultuları



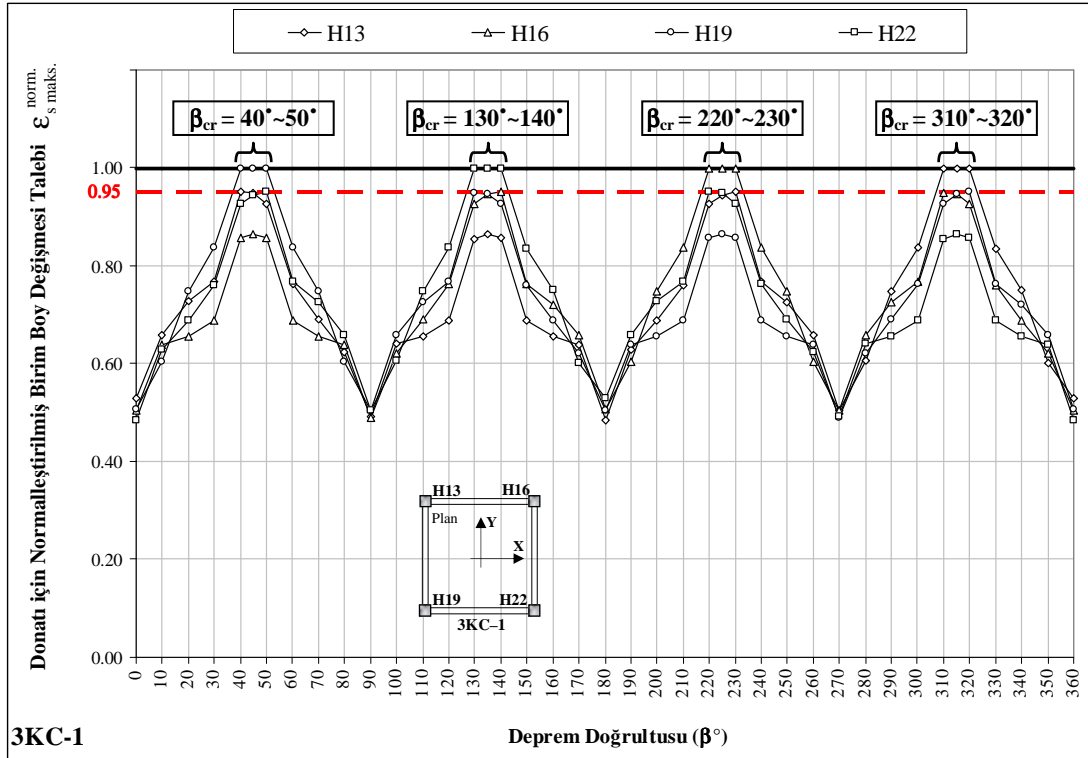
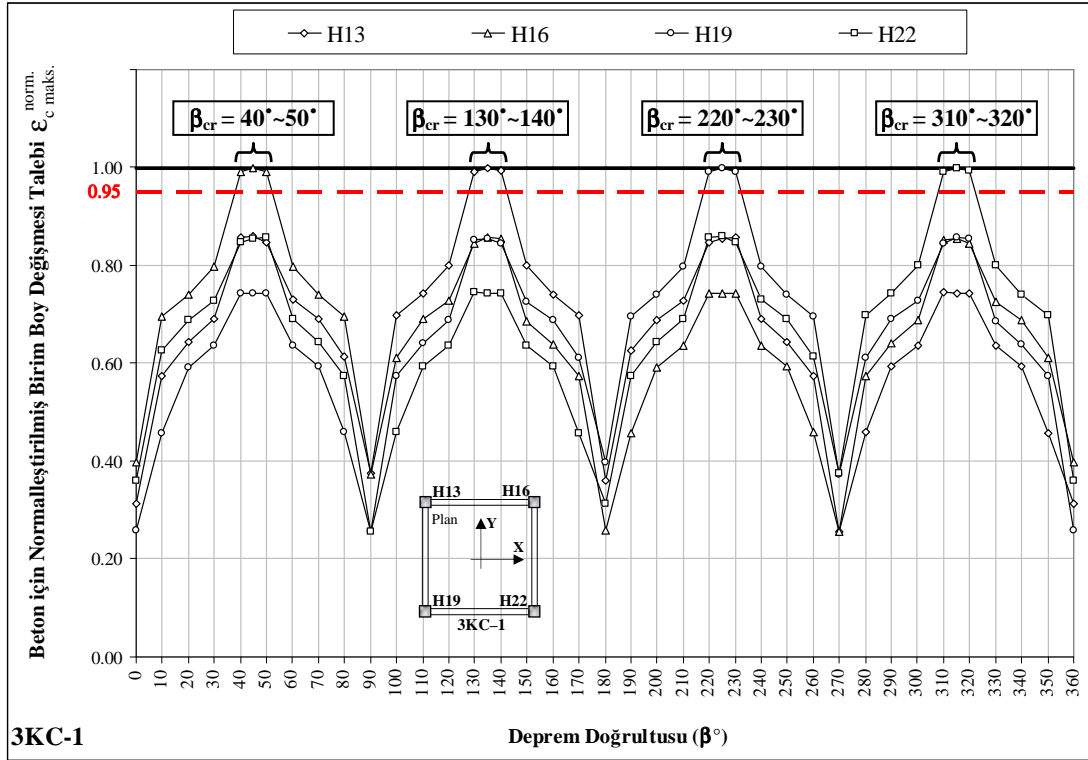
Şekil 5.3 1KC-3 bina için normalleştirilmiş birim boy değişmesi talepleri ile kritik deprem doğrultuları



Şekil 5.4 1KC-4 bina için normalleştirilmiş birim boy değişmesi talepleri ile kritik deprem doğrultuları

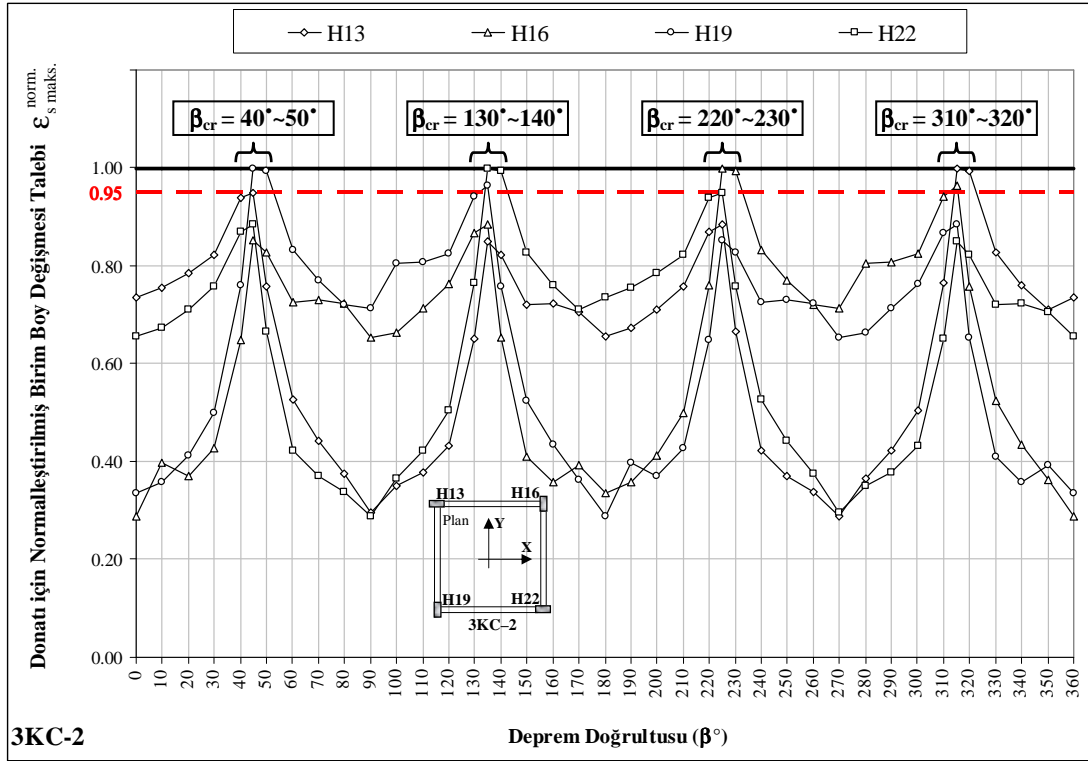
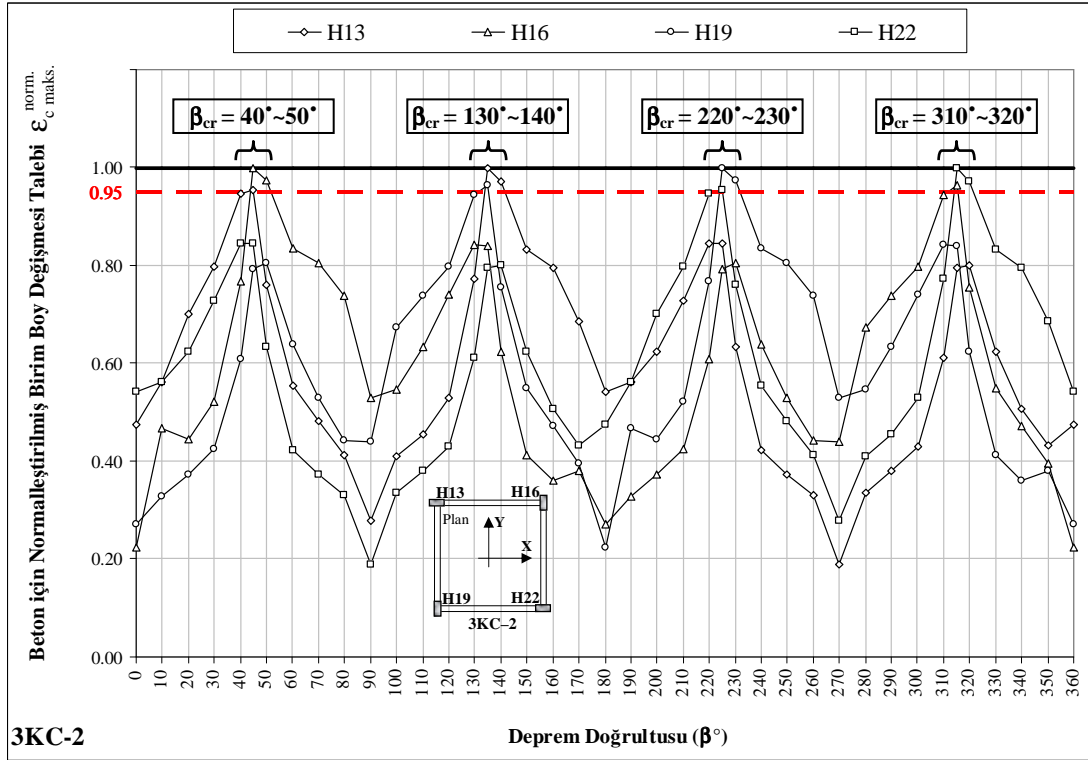


Şekil 5.5 1KC-[1-4] binalar için normalleştirilmiş birim boy değişmesi talepleri ile kritik deprem doğrultuları

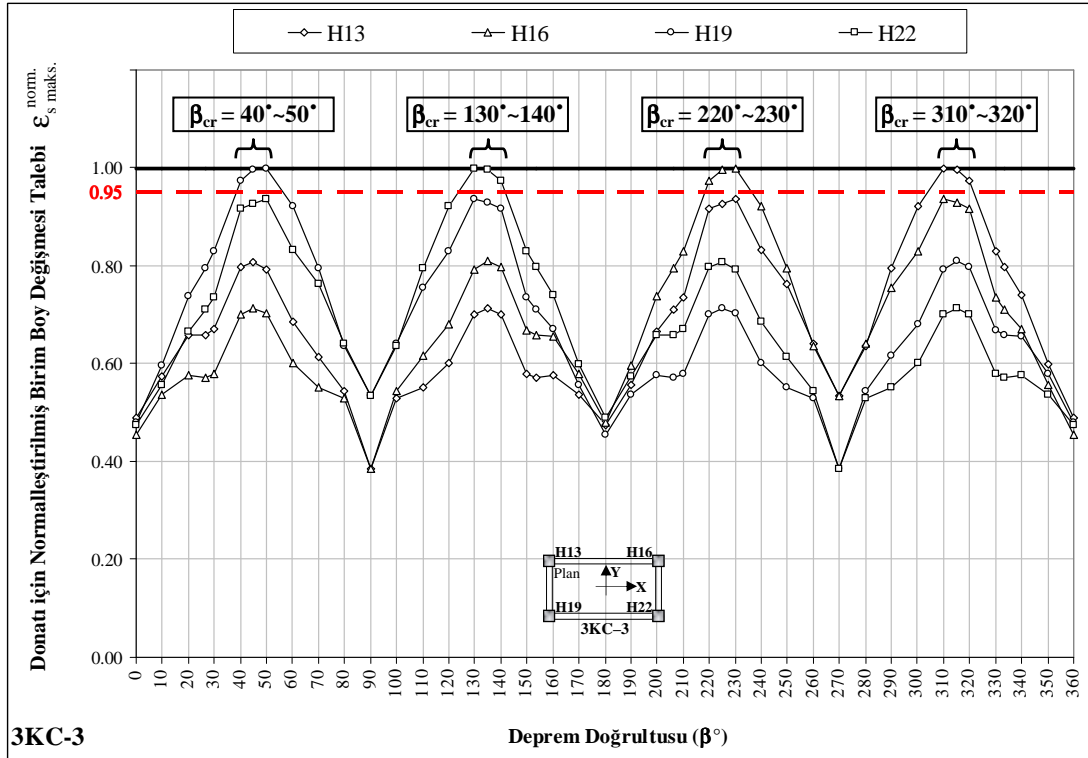
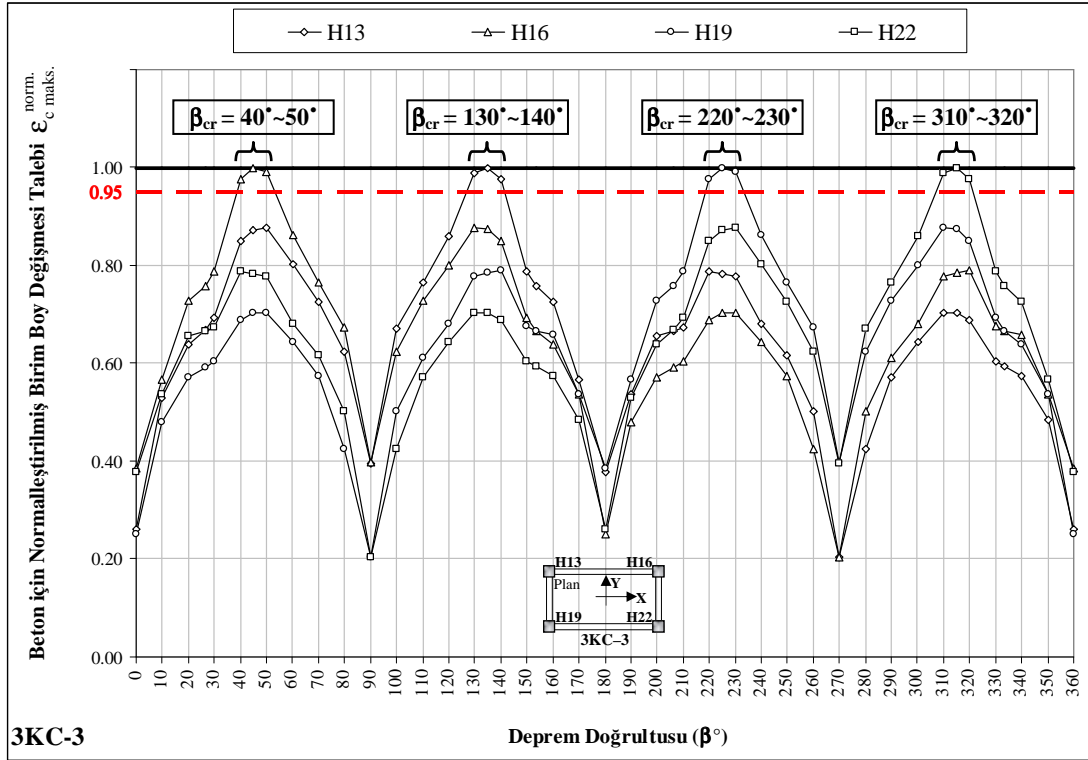


Şekil 5.6 3KC-1 bina için normalleştirilmiş birim boy değişmesi talepleri ile kritik deprem doğrultuları

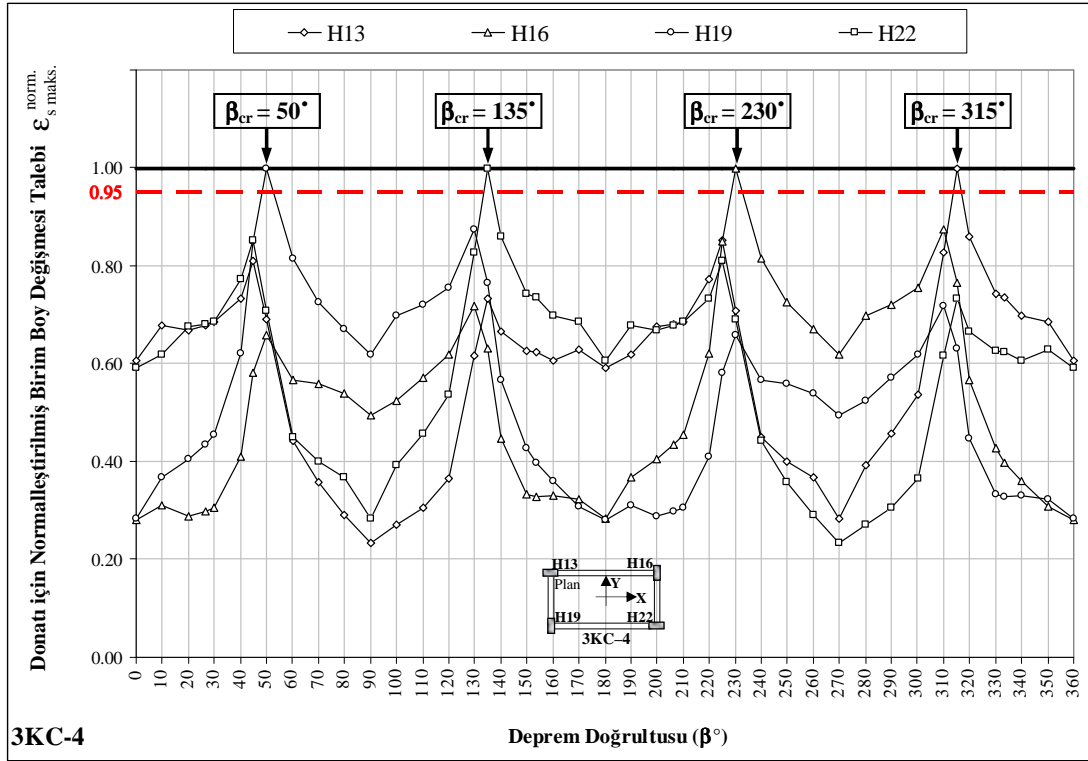
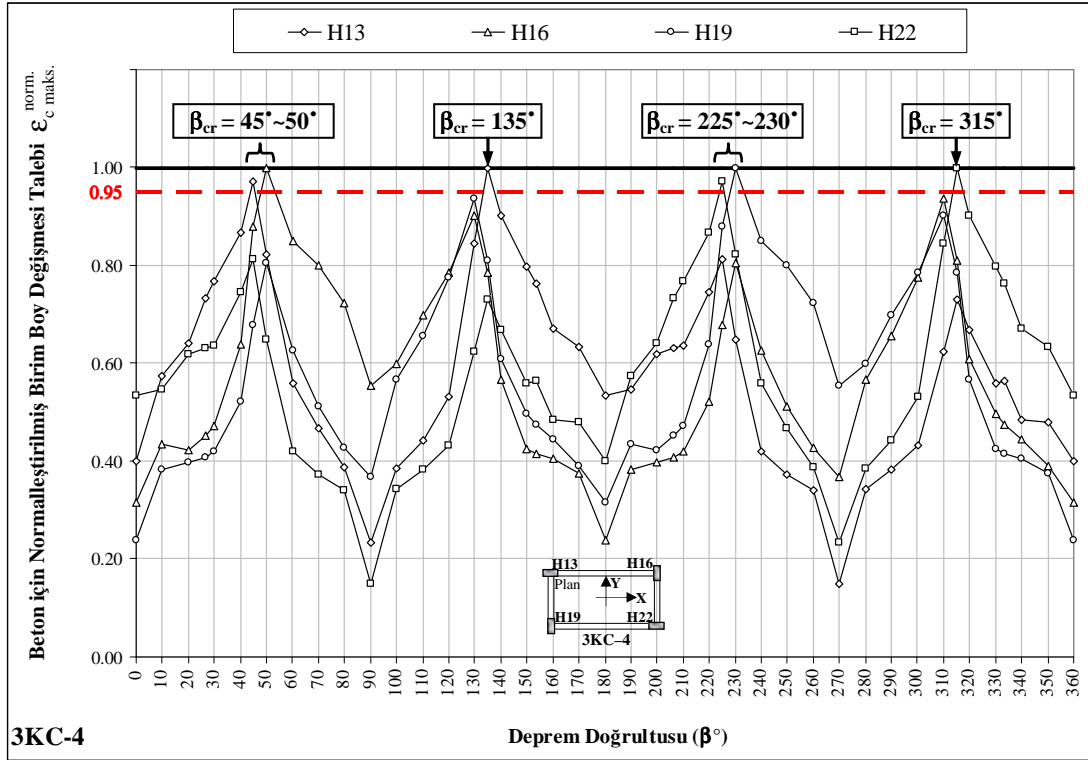




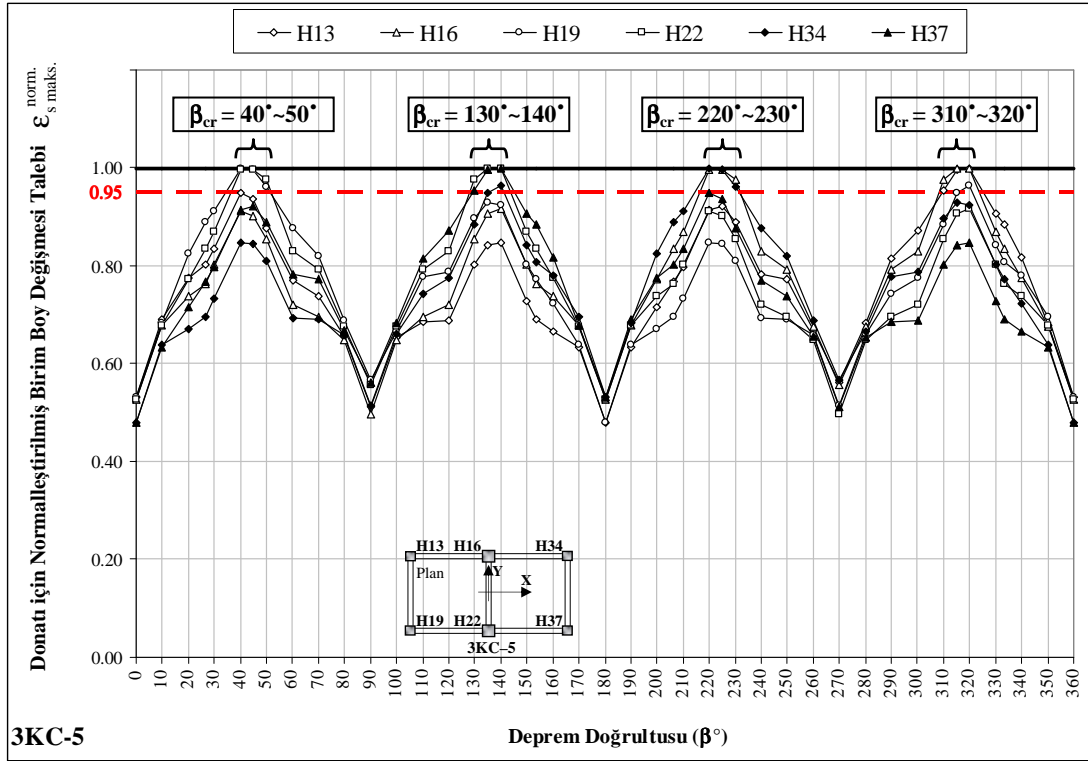
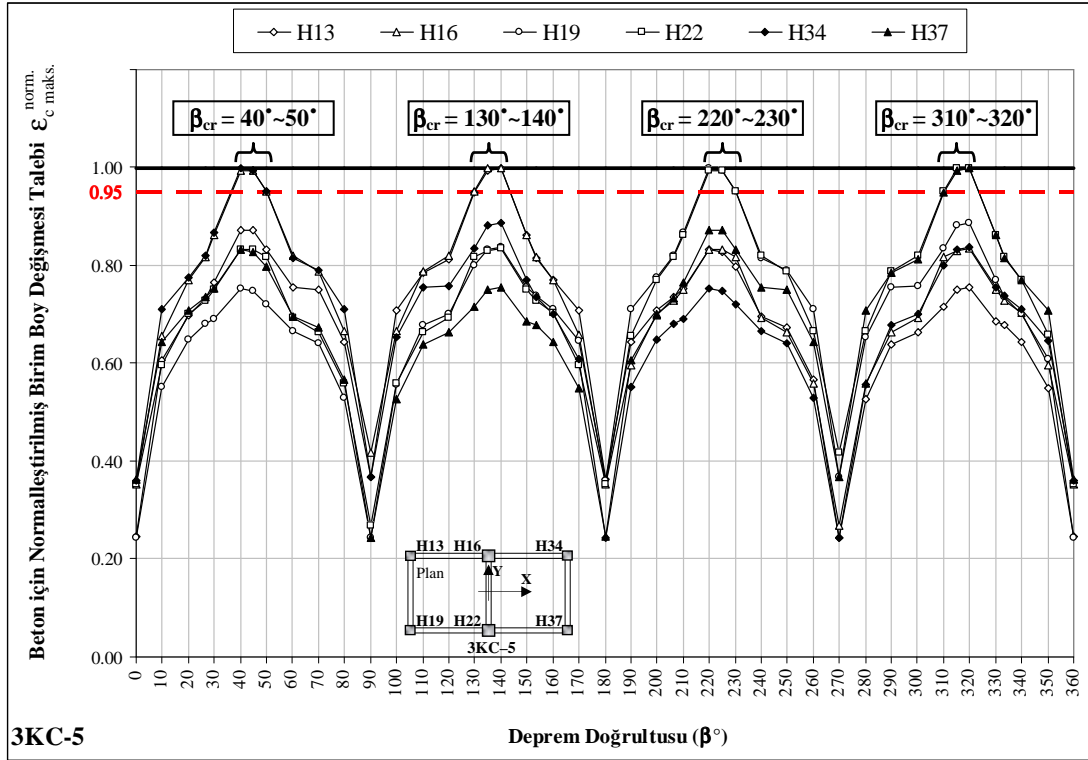
Şekil 5.7 3KC-2 bina için normalleştirilmiş birim boy değişmesi talepleri ile kritik deprem doğrultuları



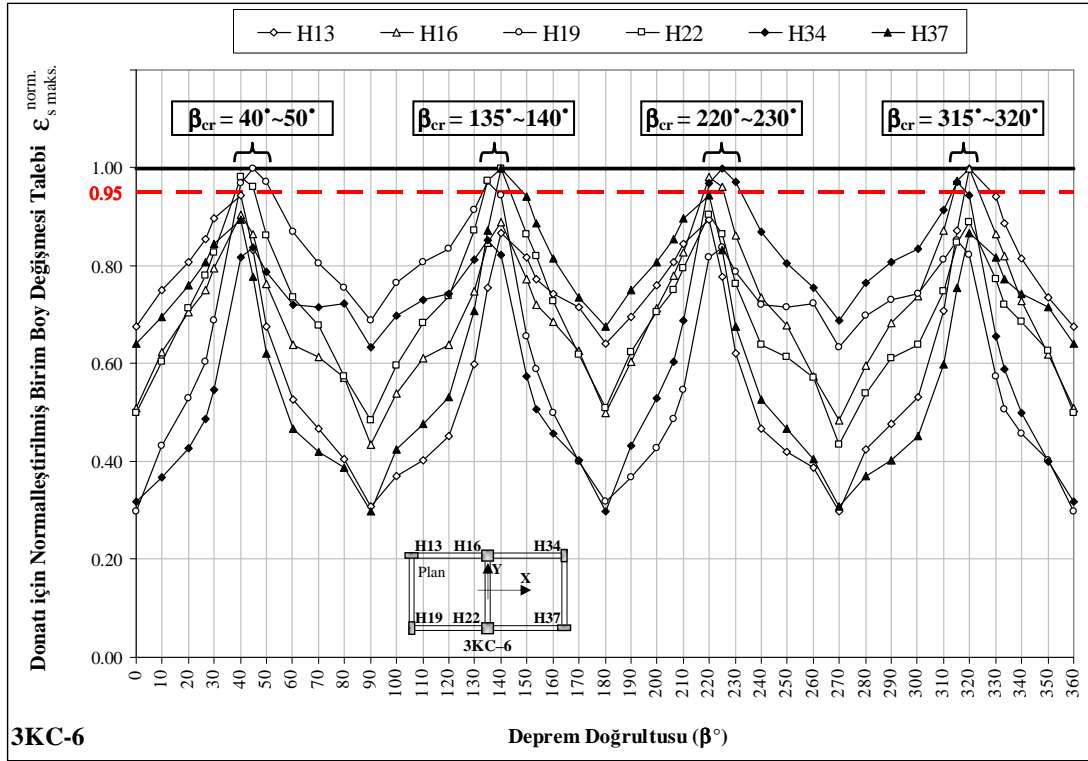
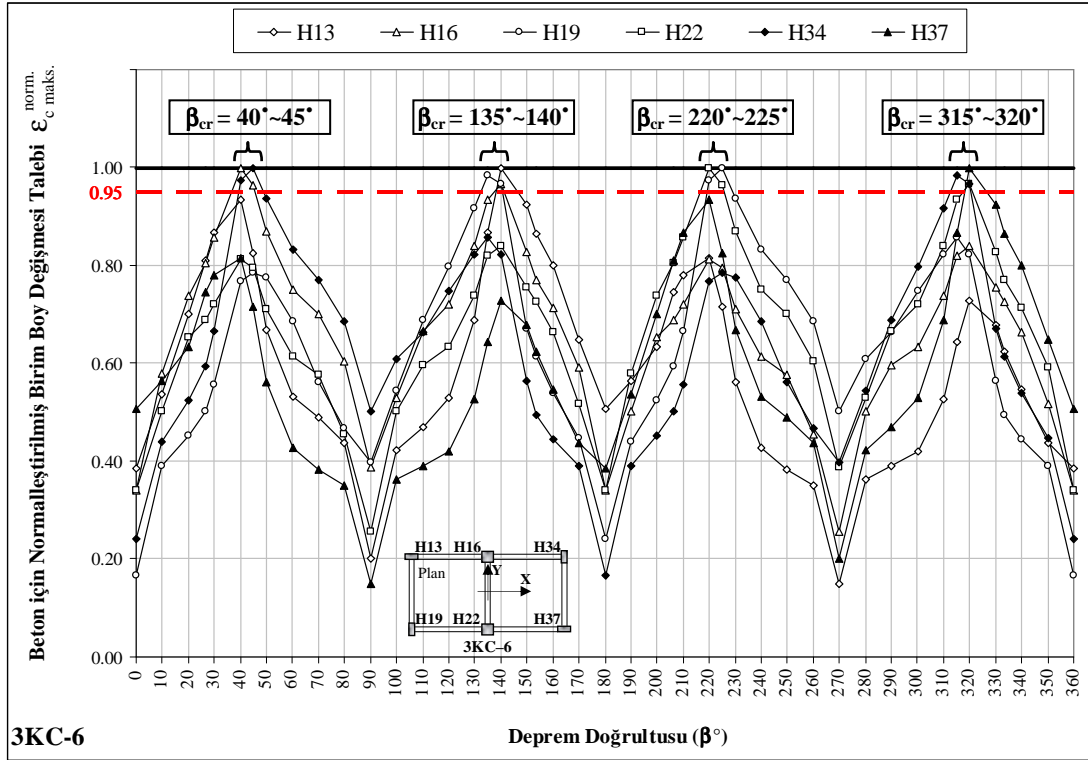
Şekil 5.8 3KC-3 bina için normalleştirilmiş birim boy değişmesi talepleri ile kritik deprem doğrultuları



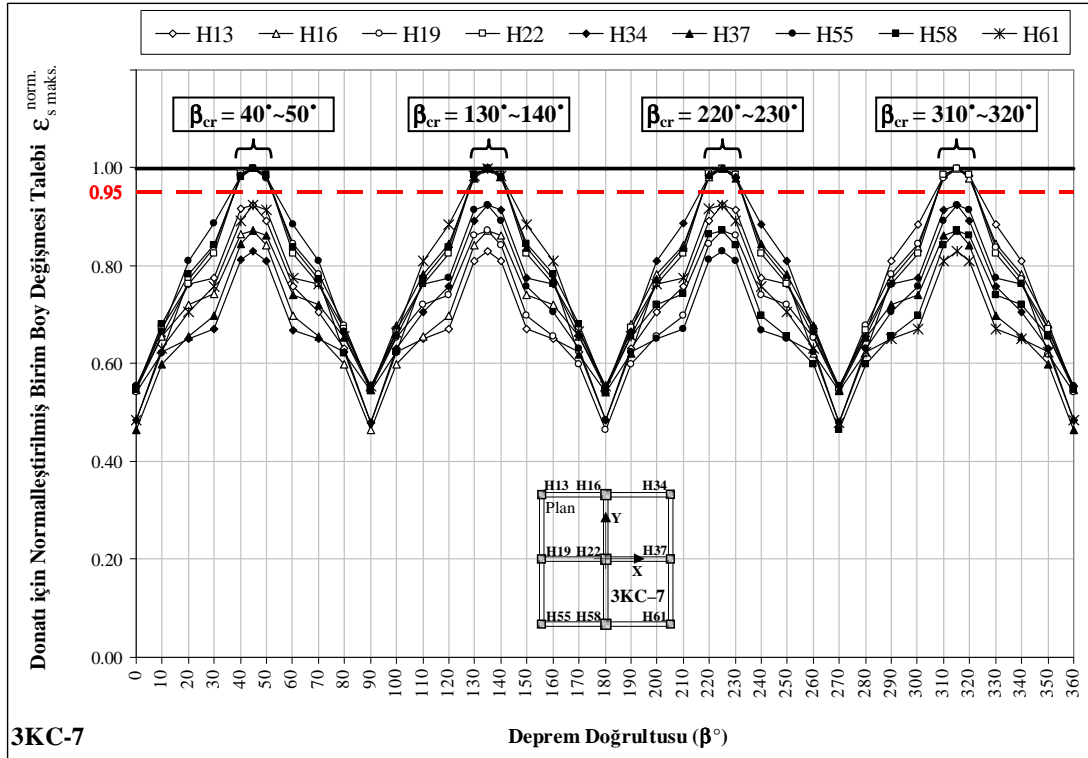
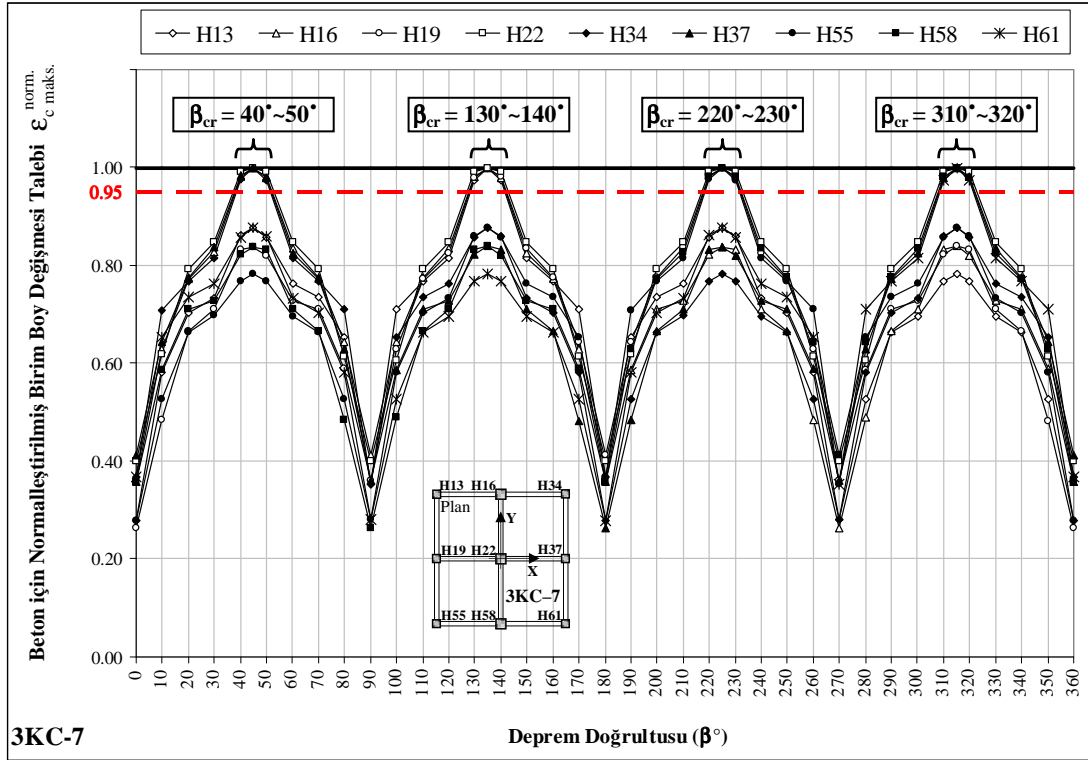
Şekil 5.9 3KC-4 bina için normalleştirilmiş birim boy değişmesi talepleri ile kritik deprem doğrultuları



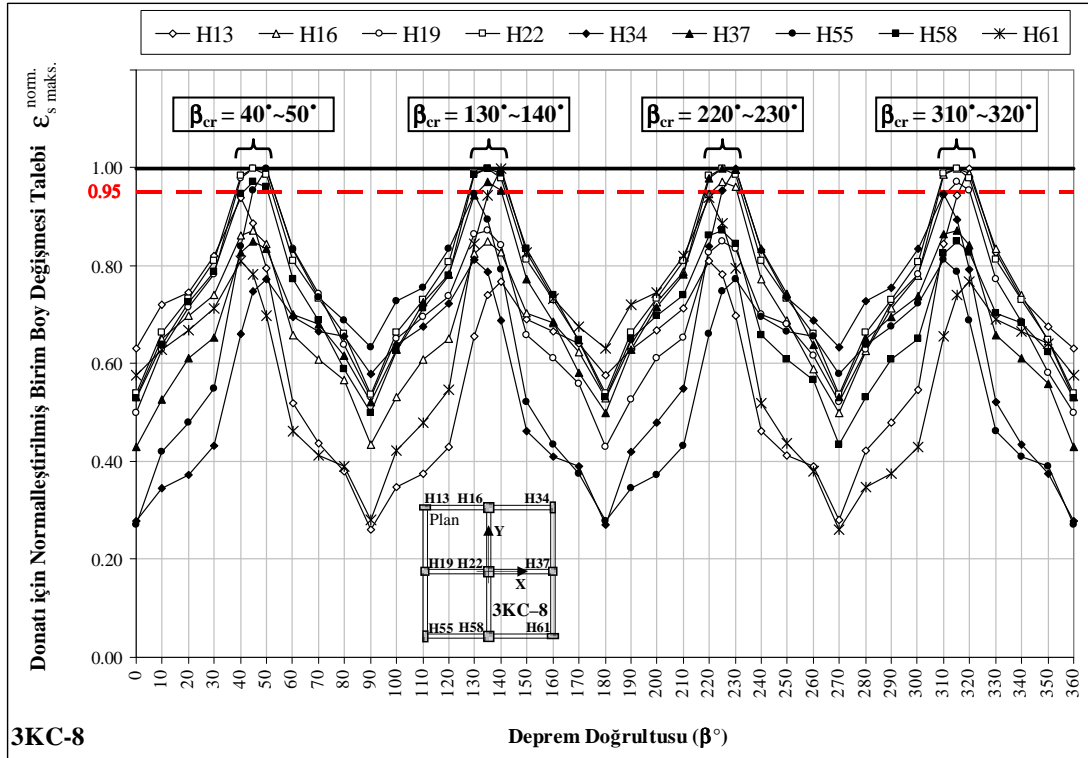
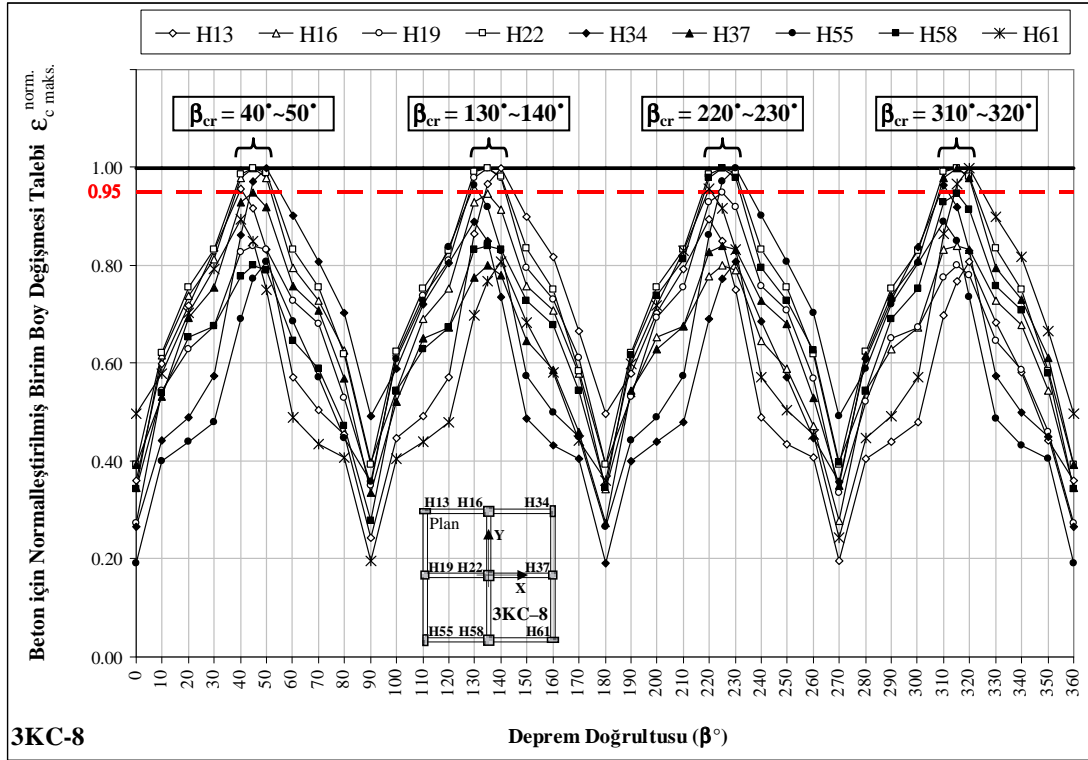
Şekil 5.10 3KC-5 bina için normalleştirilmiş birim boy değişmesi talepleri ile kritik deprem doğrultuları



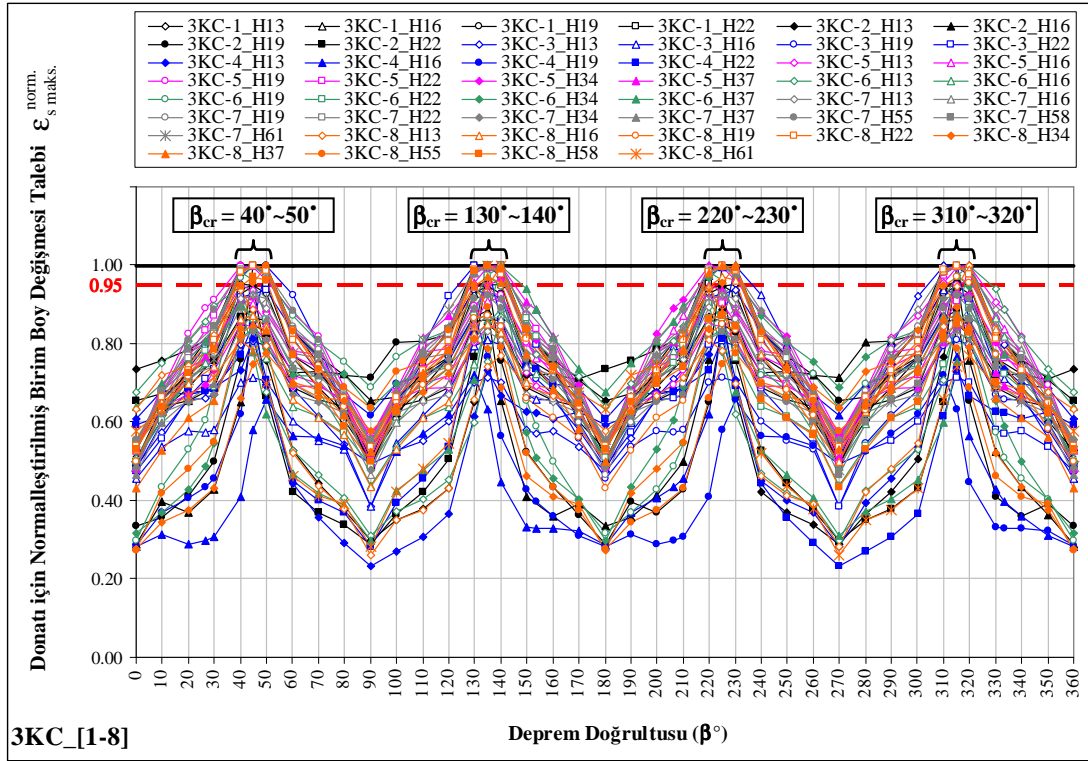
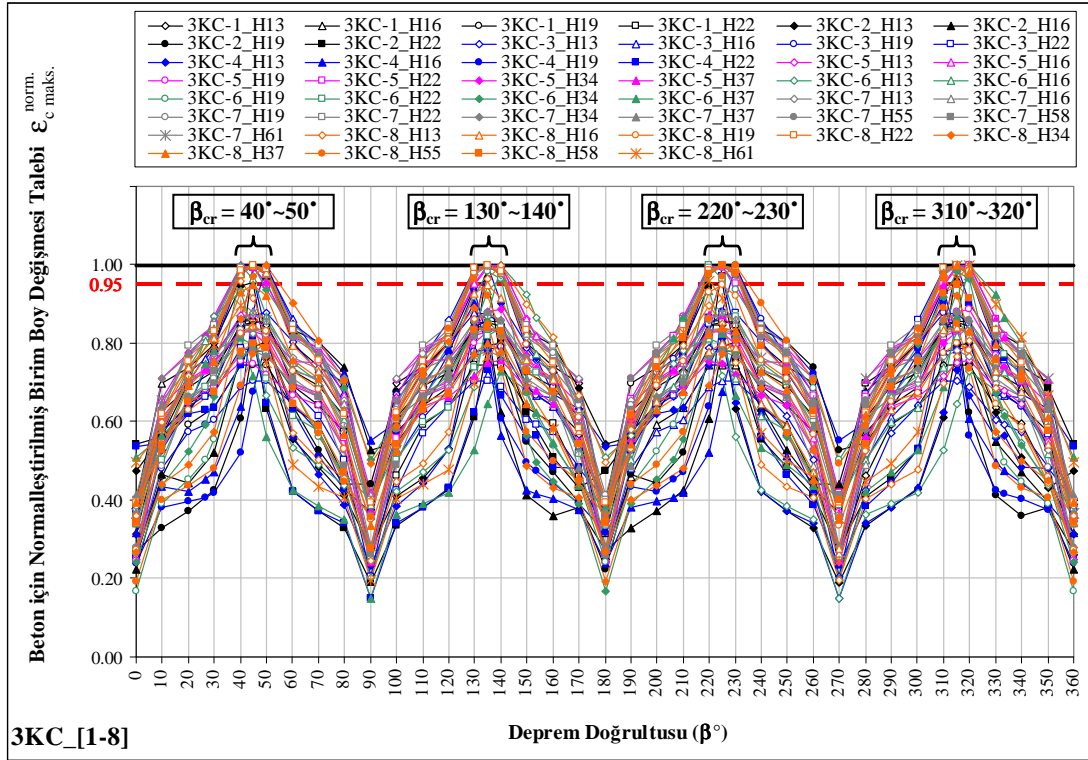
Şekil 5.11 3KC-6 bina için normalleştirilmiş birim boy değişmesi talepleri ile kritik deprem doğrultuları



Şekil 5.12 3KC-7 bina için normalleştirilmiş birim boy değişmesi talepleri ile kritik deprem doğrultuları

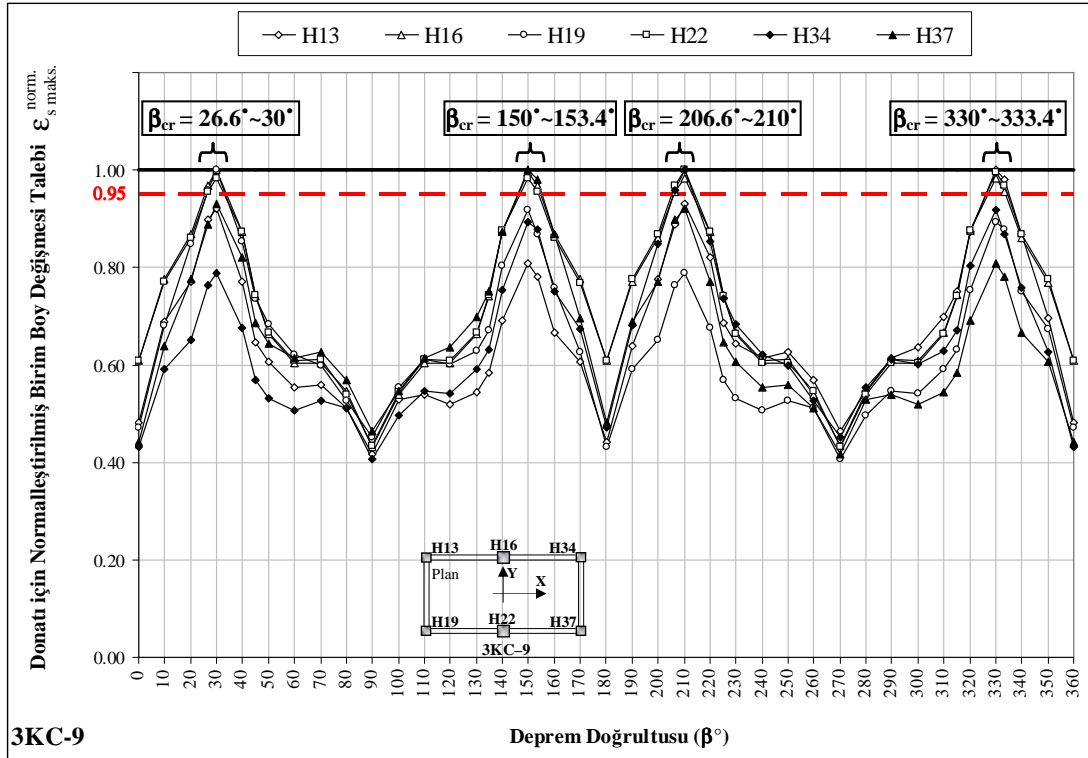
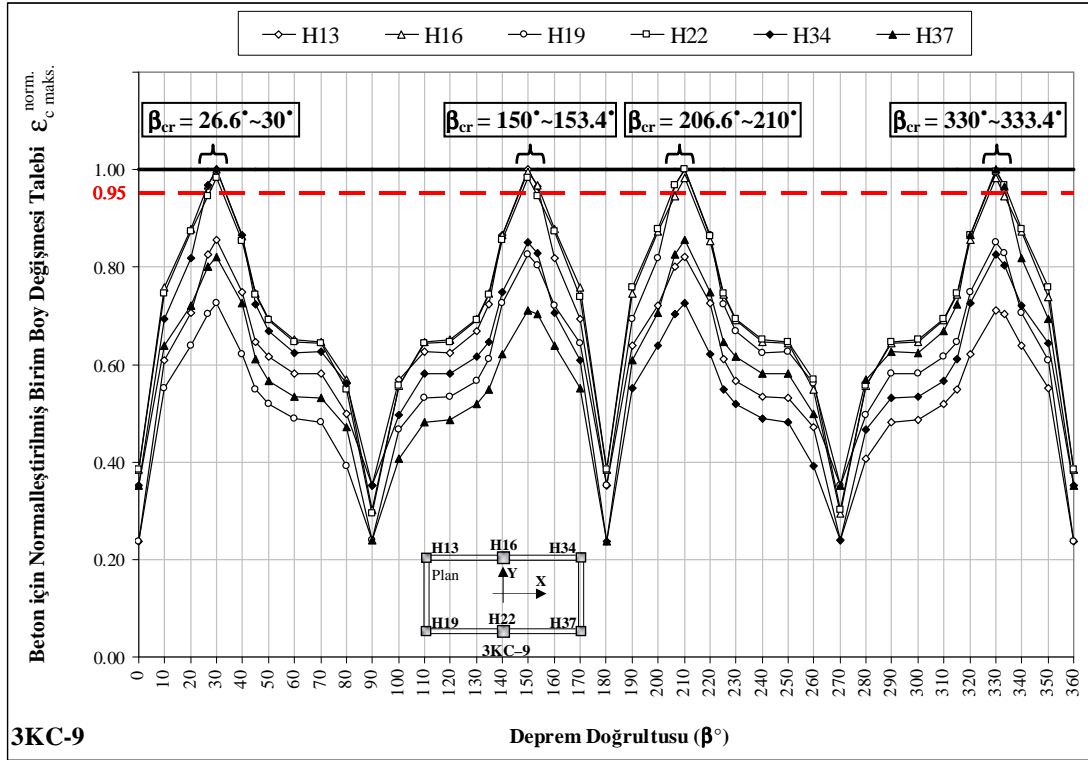


Şekil 5.13 3KC-8 bina için normalleştirilmiş birim boy değişmesi talepleri ile kritik deprem doğrultuları

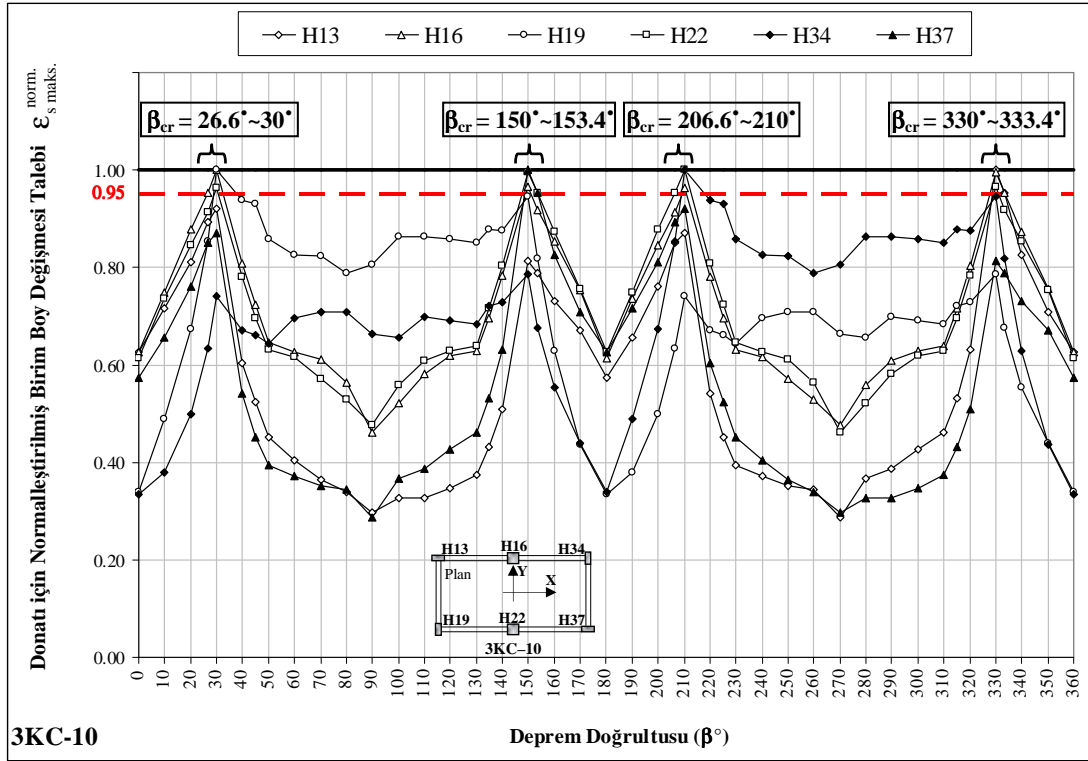
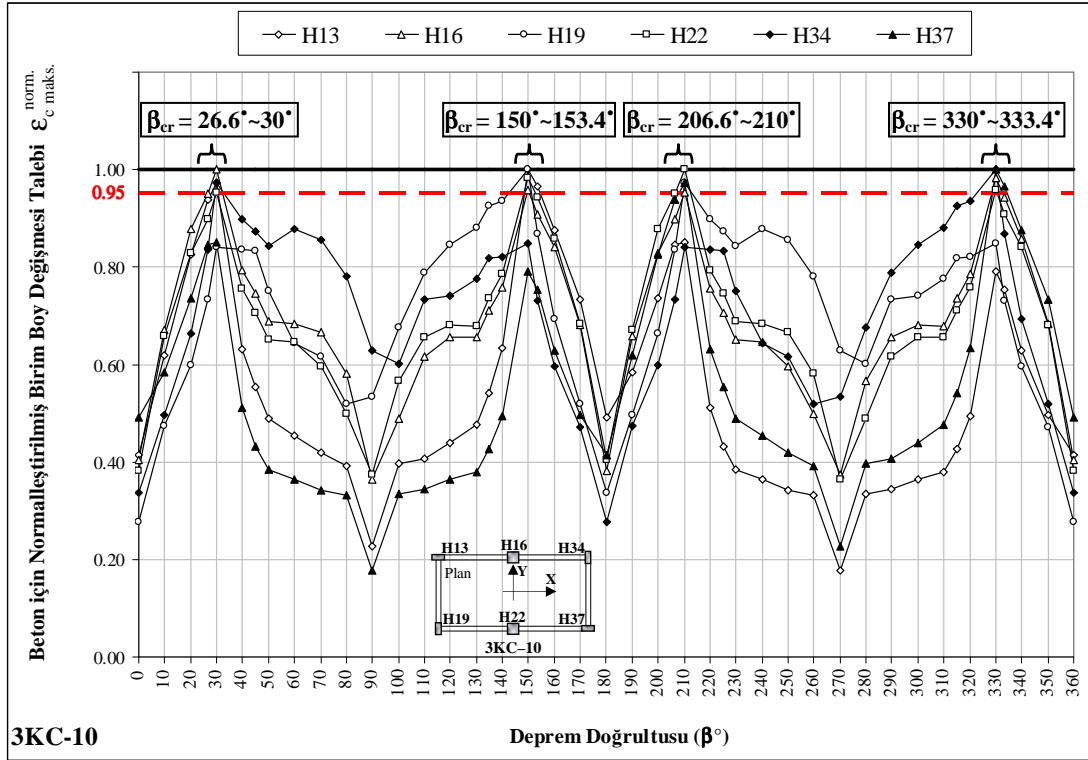


Şekil 5.14 3KC-[1-8] binalar için normalleştirilmiş birim boy değişmesi talepleri ile kritik deprem doğrultuları

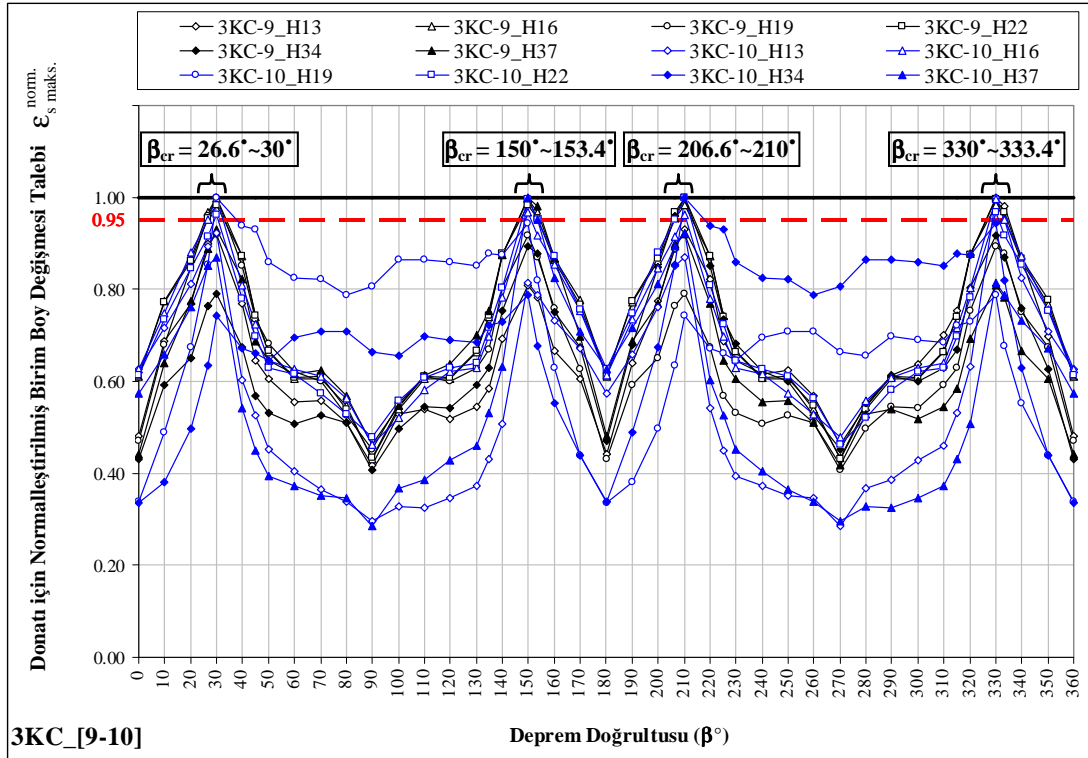
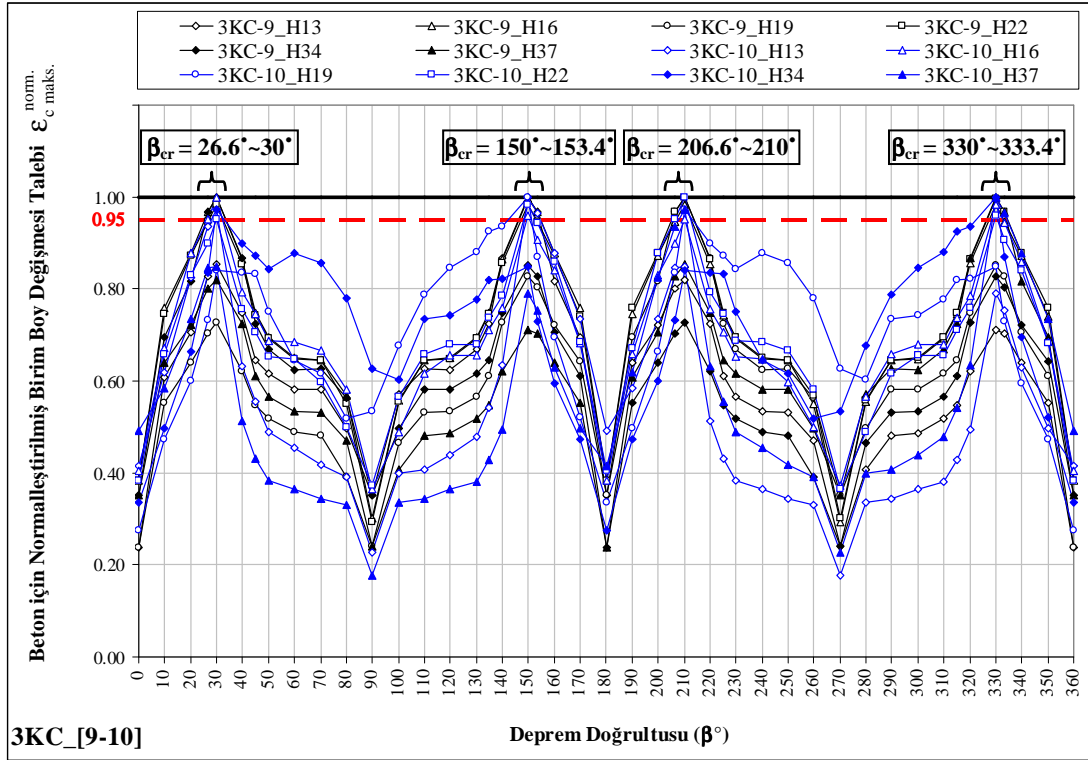




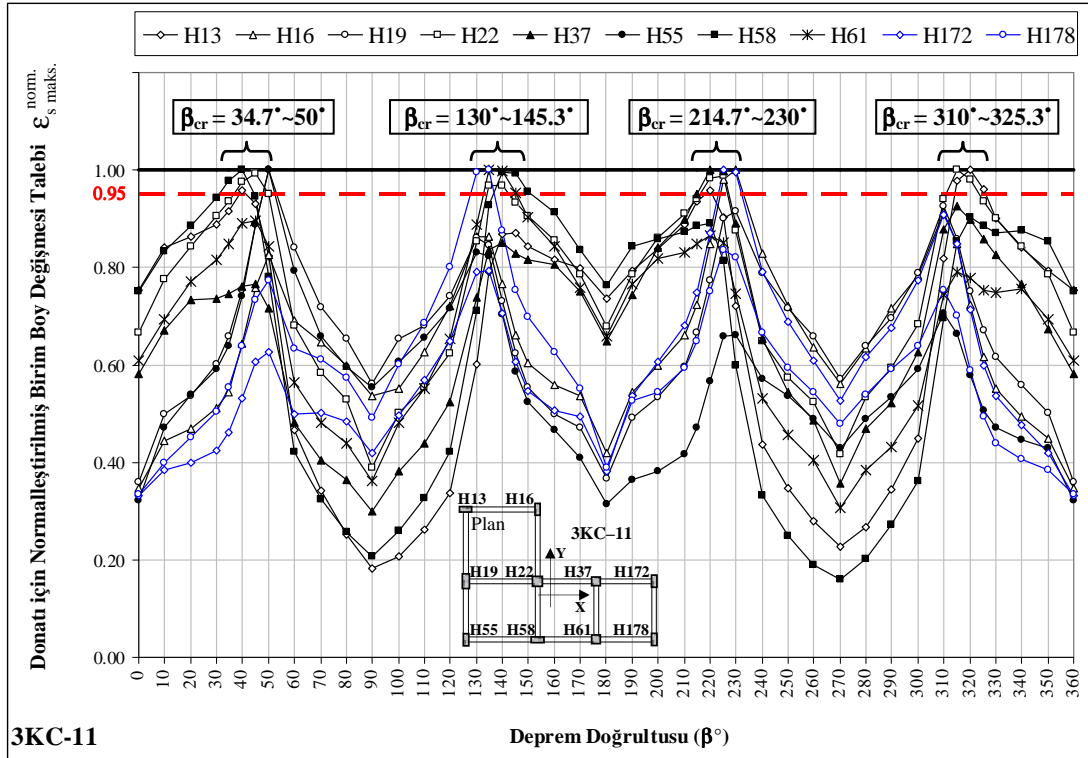
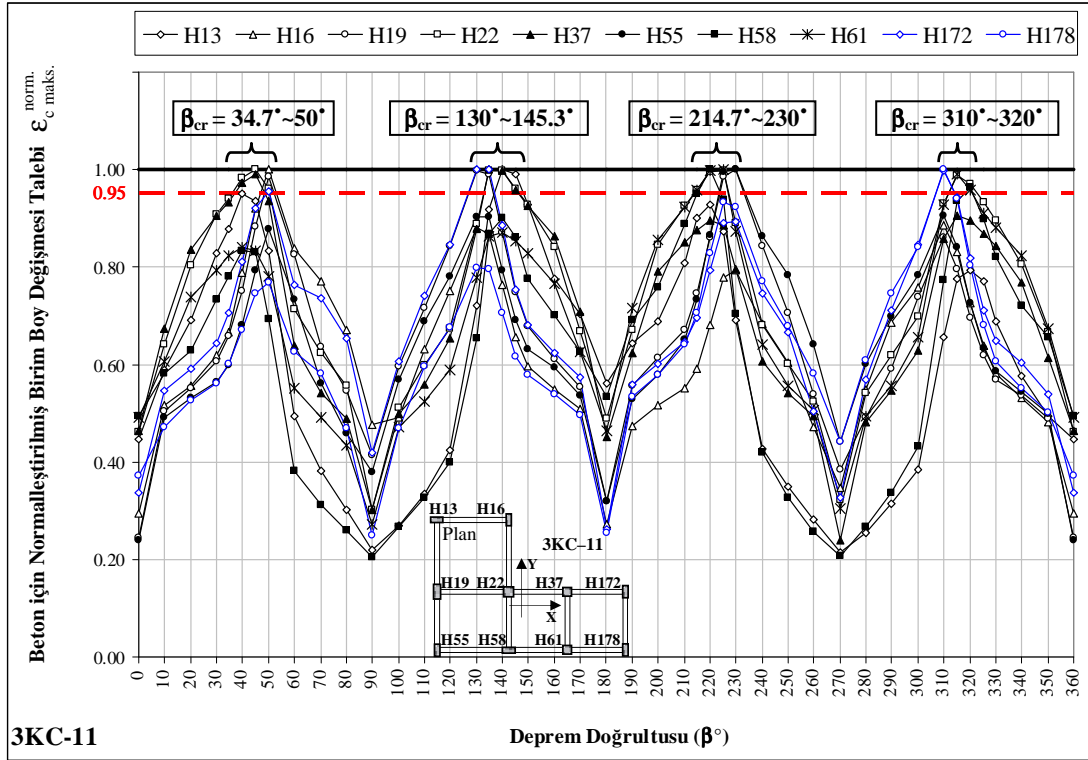
Şekil 5.15 3KC-9 bina için normalleştirilmiş birim boy değişmesi talepleri ile kritik deprem doğrultuları



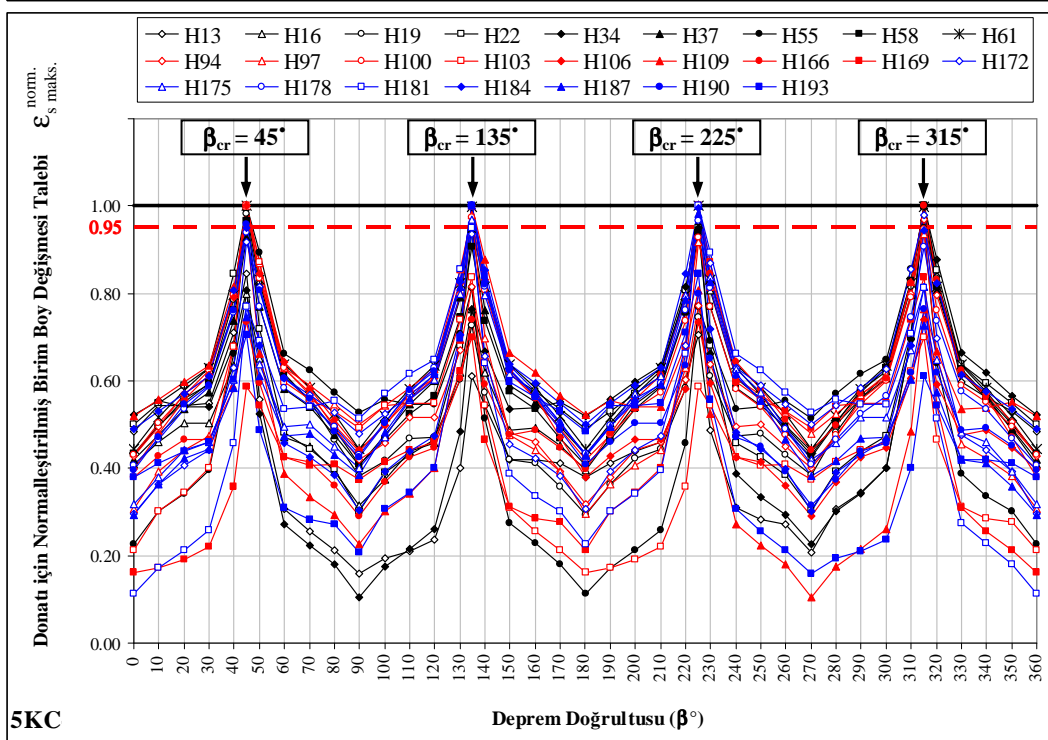
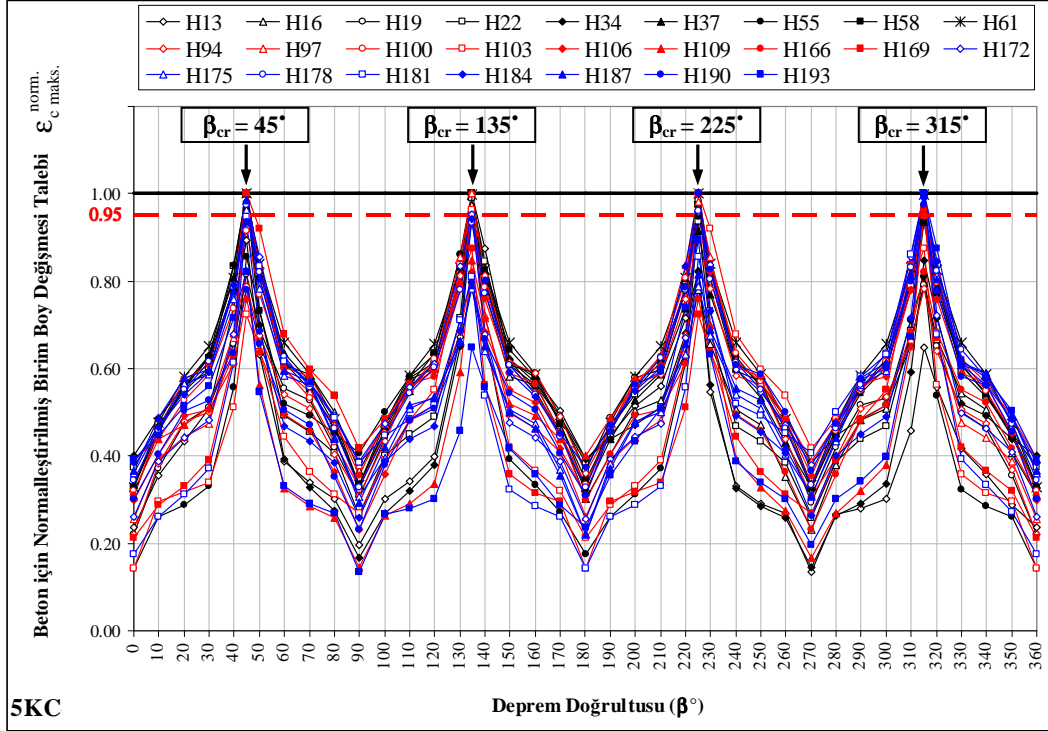
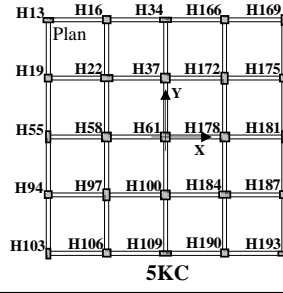
Şekil 5.16 3KC-10 bina için normalleştirilmiş birim boy değişmesi talepleri ile kritik deprem doğrultuları



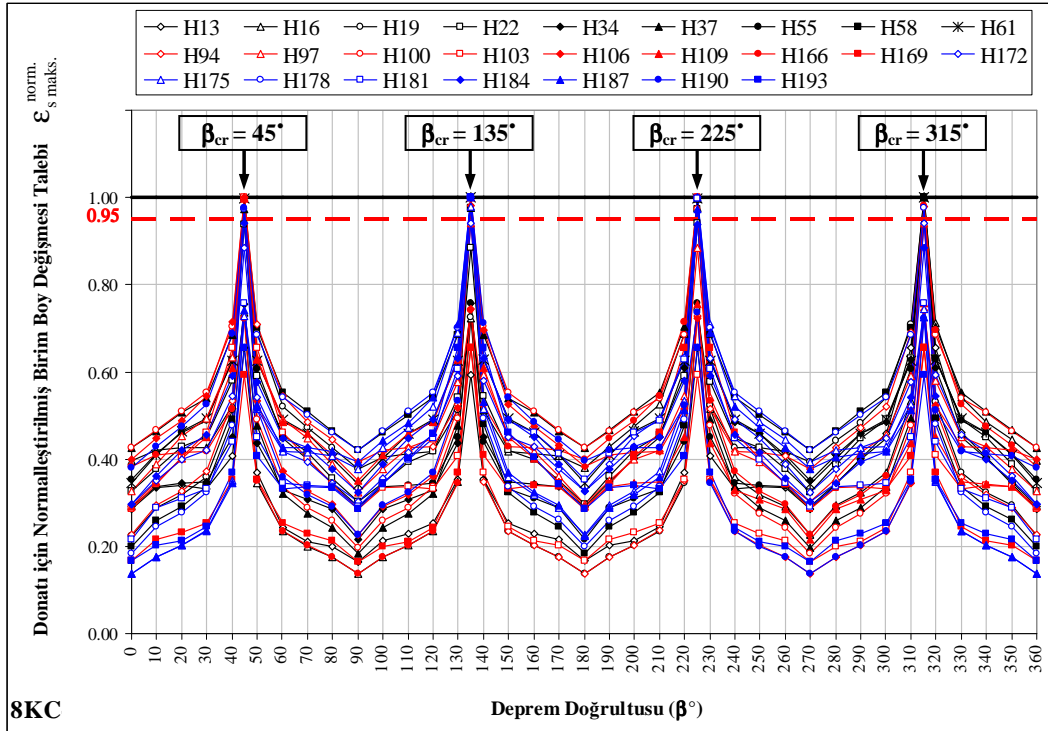
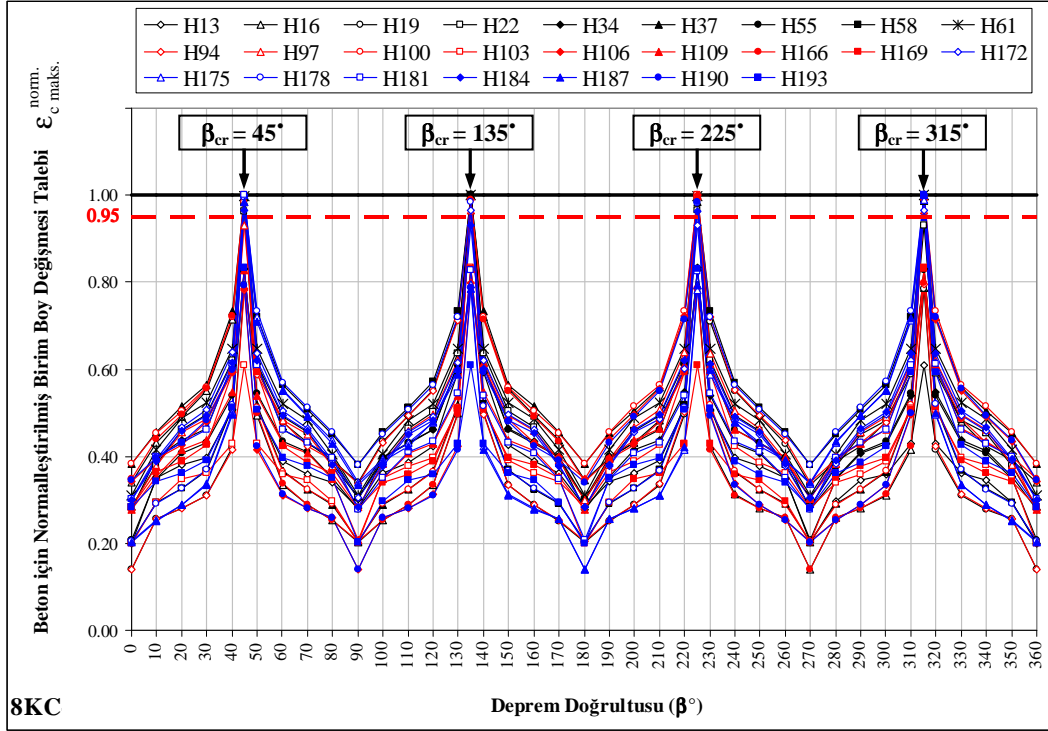
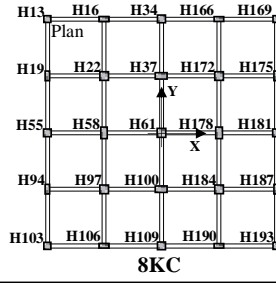
Şekil 5.17 3KC-[9-10] binalar için normalleştirilmiş birim boy değişmesi talepleri ile kritik deprem doğrultuları



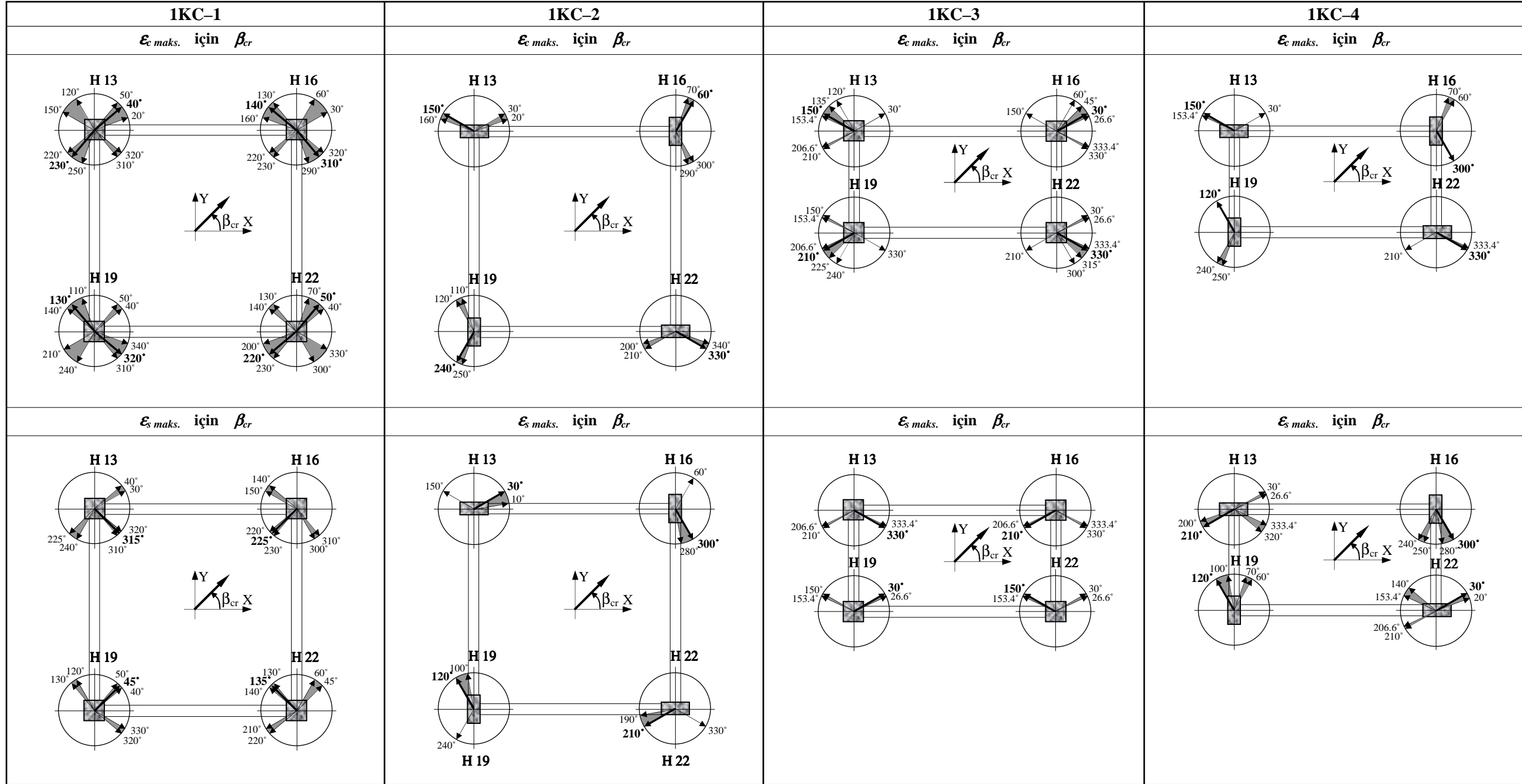
Şekil 5.18 3KC-11 bina için normalleştirilmiş birim boy değişmesi talepleri ile kritik deprem doğrultuları



Şekil 5.19 5KC bina için normalleştirilmiş birim boy değişmesi talepleri ile kritik deprem doğrultuları

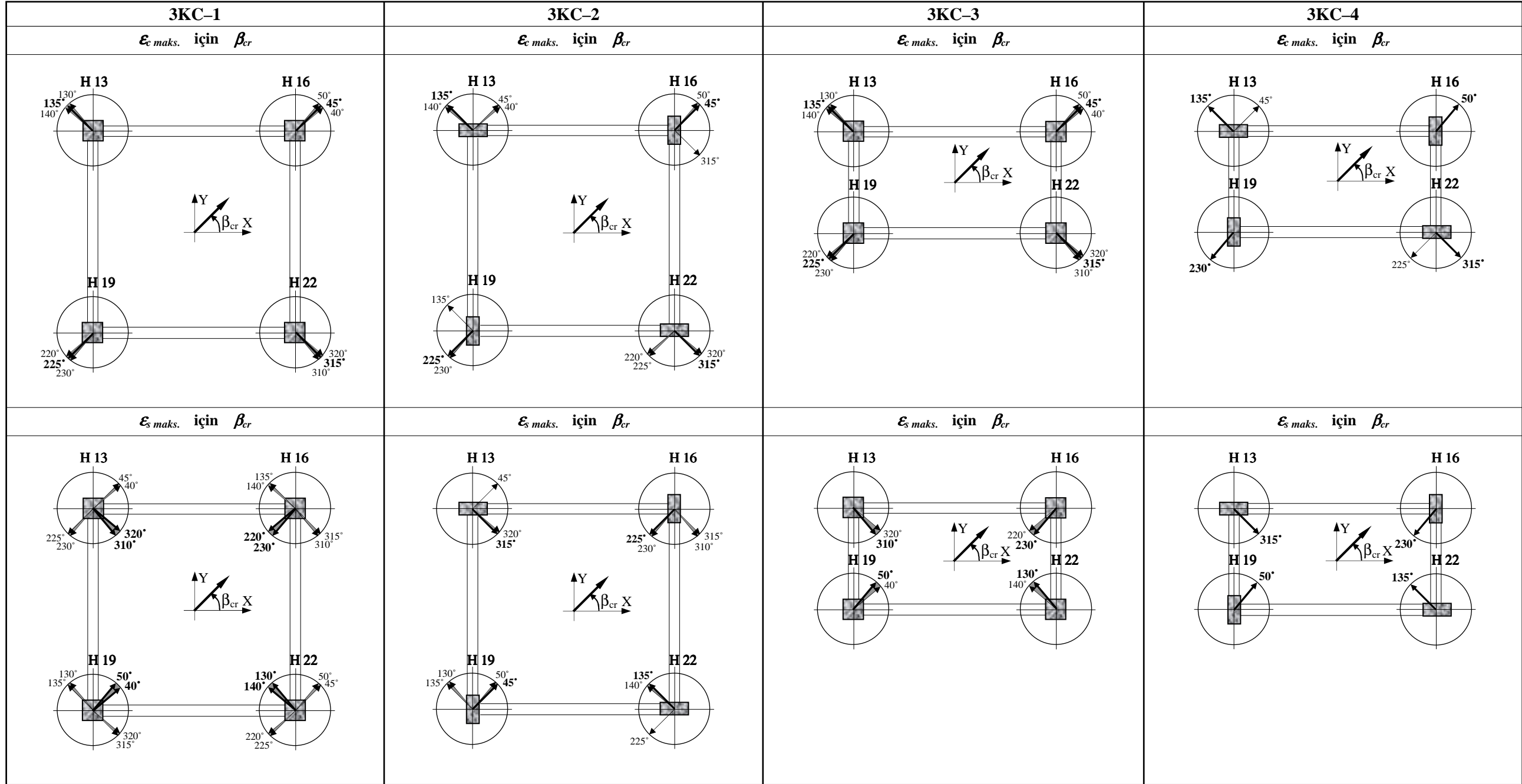


Şekil 5.20 8KC bina için normalleştirilmiş birim boy değişmesi talepleri ile kritik deprem doğrultuları



NOT: Koyu  $\beta_{cr}$  değerleri:  $\epsilon_{c\ maks.}^{norm.} = 1.00$  ve  $\epsilon_{s\ maks.}^{norm.} = 1.00$  içindir.

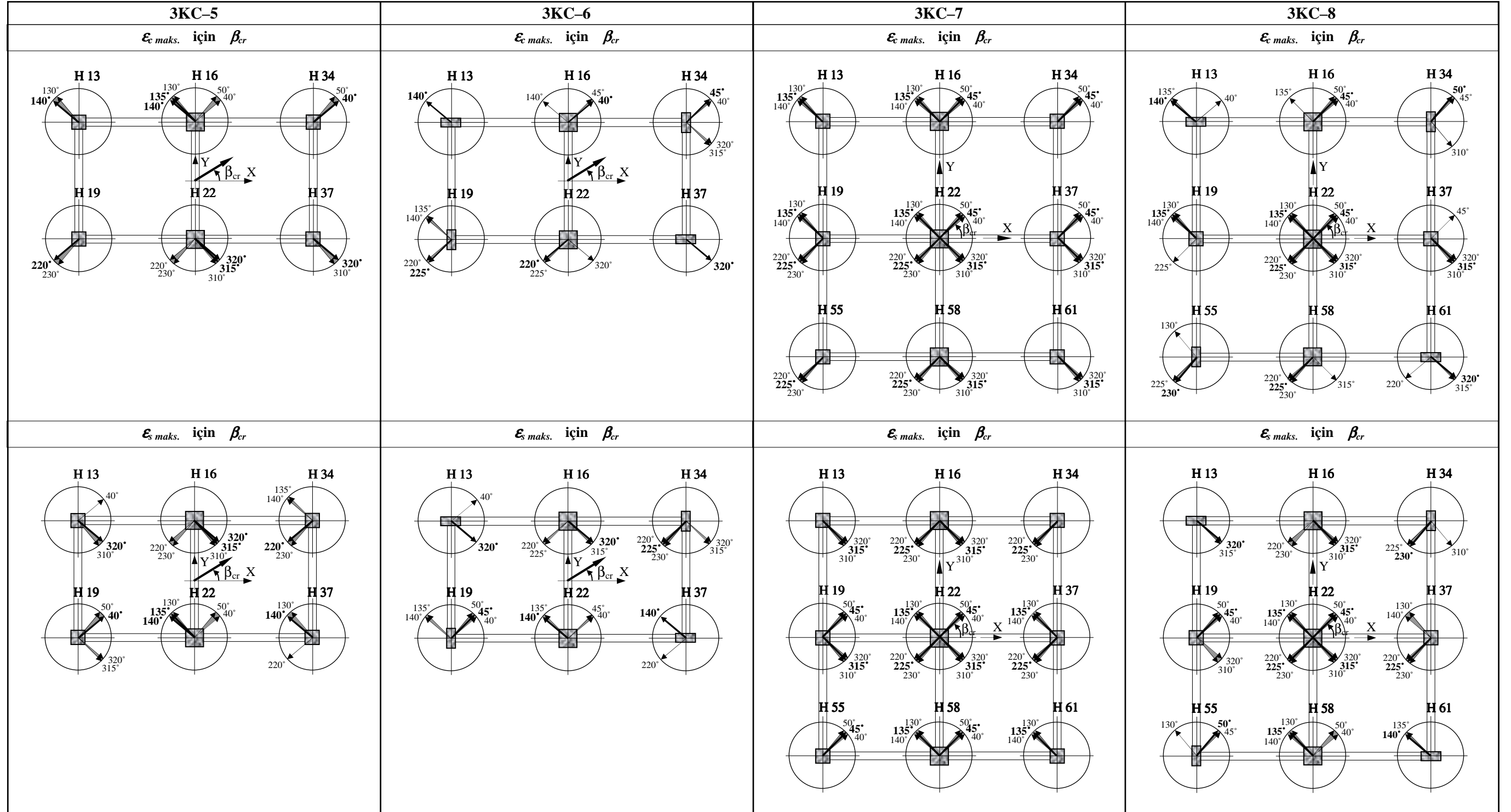
Şekil 5.21 1KC-[1-4] binaların en alt kat kolonlarının alt uçlarındaki plastik kesitlerde  $0.95 \leq (\epsilon_{c\ maks.}^{norm.} \text{ ve } \epsilon_{s\ maks.}^{norm.}) \leq 1.00$  için  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultuları



NOT: Koyu  $\beta_{cr}$  değerleri:  $\epsilon_{c \text{ maks.}}^{\text{norm.}} = 1.00$  ve  $\epsilon_{s \text{ maks.}}^{\text{norm.}} = 1.00$  içindir.

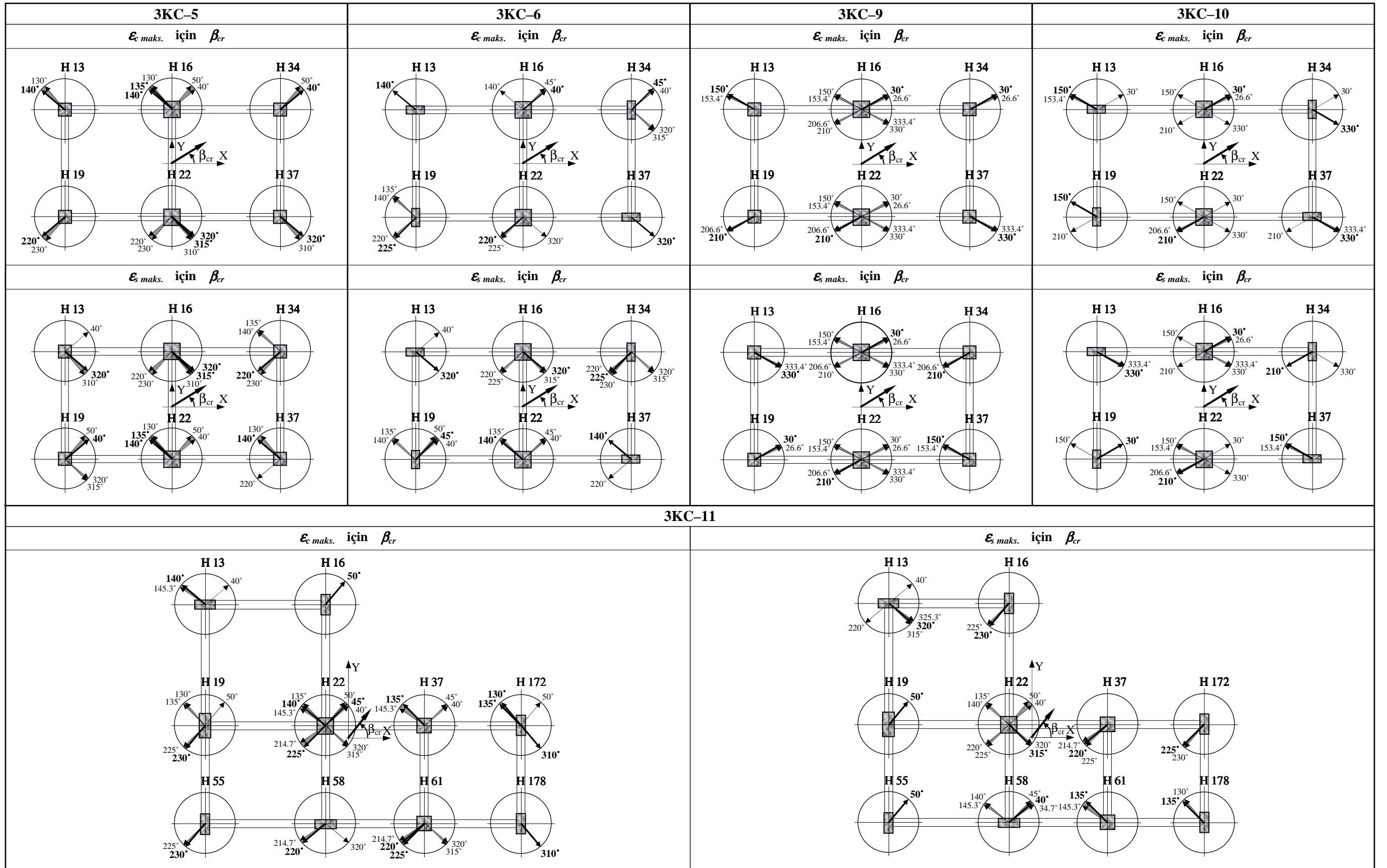
Şekil 5.22 3KC-[1-4] binaların en alt kat kolonlarının alt uçlarındaki plastik kesitlerde  $0.95 \leq (\epsilon_{c \text{ maks.}}^{\text{norm.}} \text{ ve } \epsilon_{s \text{ maks.}}^{\text{norm.}}) \leq 1.00$  için  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultuları





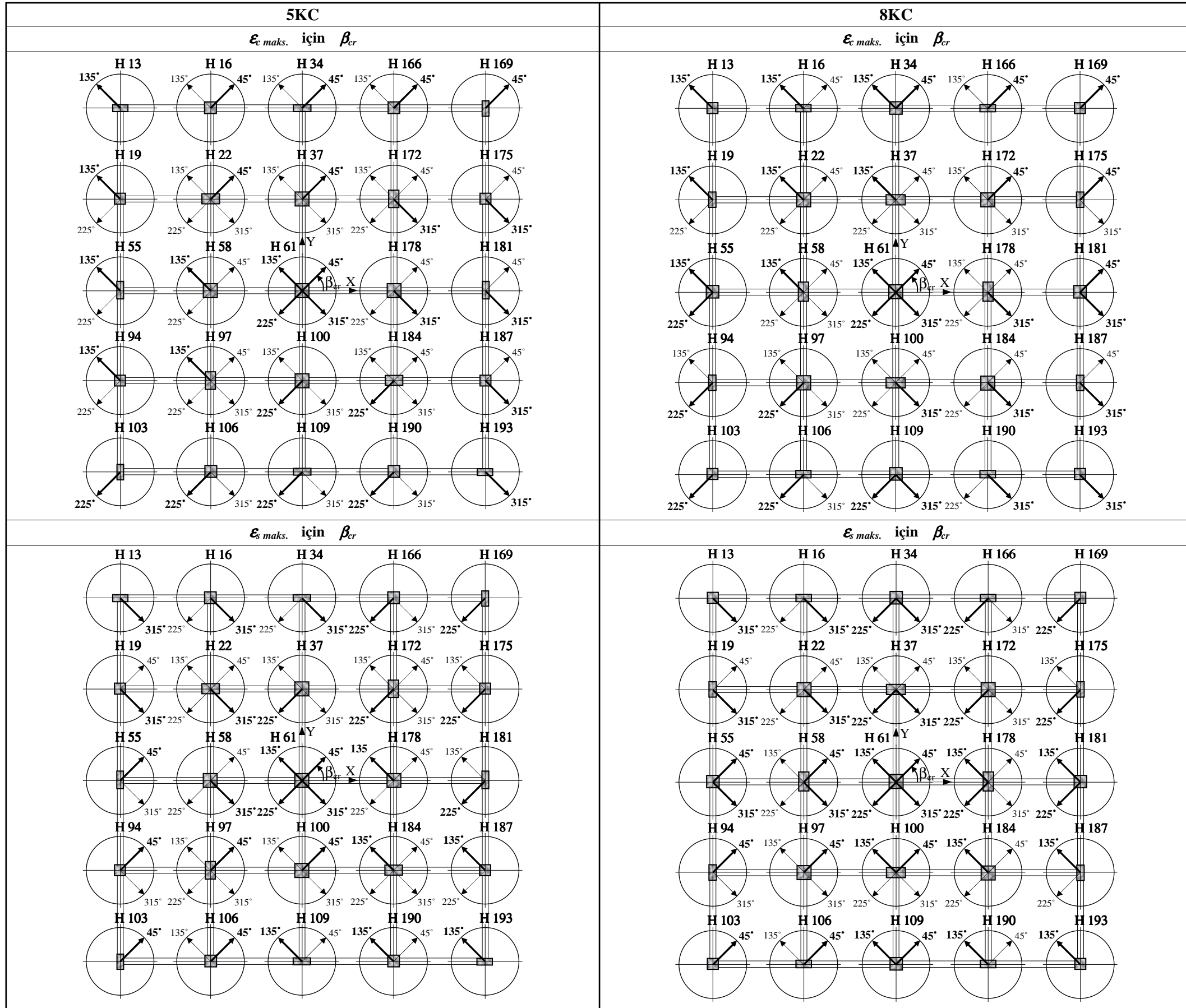
NOT: Koyu  $\beta_{cr}$  değerleri:  $\epsilon_{c maks.}^{norm.} = 1.00$  ve  $\epsilon_{s maks.}^{norm.} = 1.00$  içindir.

Şekil 5.23 3KC-[5,6] ve 3KC-[7,8] binaların en alt kat kolonlarının alt uçlarındaki plastik kesitlerde  $0.95 \leq (\epsilon_{c maks.}^{norm.} \text{ ve } \epsilon_{s maks.}^{norm.}) \leq 1.00$  için  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultuları



NOT: Koyu  $\beta_{cr}$  değerleri:  $\epsilon_{c \text{ maks.}}^{\text{norm.}} = 1.00$  ve  $\epsilon_{s \text{ maks.}}^{\text{norm.}} = 1.00$  içindir.

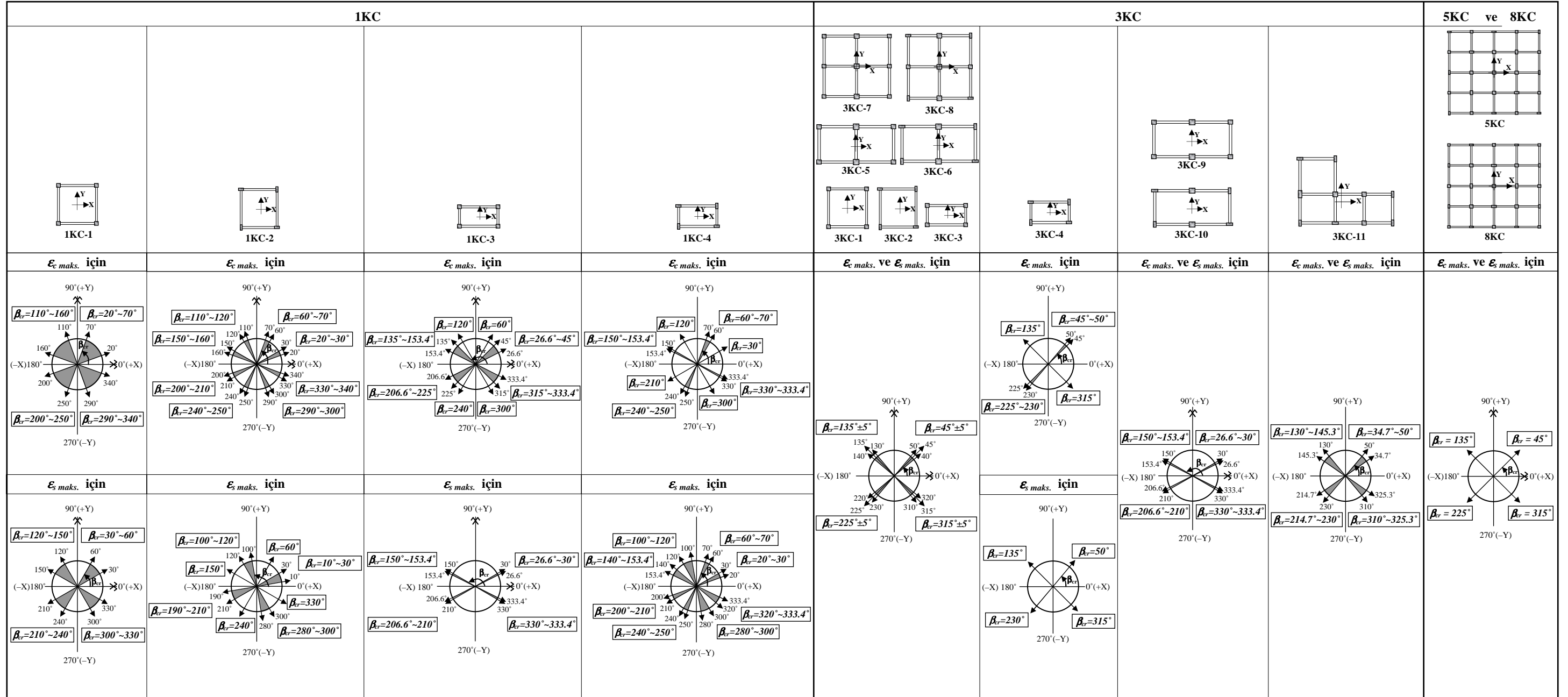
Şekil 5.24 3KC-[5,6], 3KC-[9,10] ve 3KC-11 binaların en alt kat kolonlarının alt uçlarındaki plastik kesitlerde  $0.95 \leq (\epsilon_{c \text{ maks.}}^{\text{norm.}} \text{ ve } \epsilon_{s \text{ maks.}}^{\text{norm.}}) \leq 1.00$  için  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultuları



NOT: Koyu  $\beta_{cr}$  değerleri:  $\epsilon_{c maks.}^{norm.} = 1.00$  ve  $\epsilon_{s maks.}^{norm.} = 1.00$  içindir.

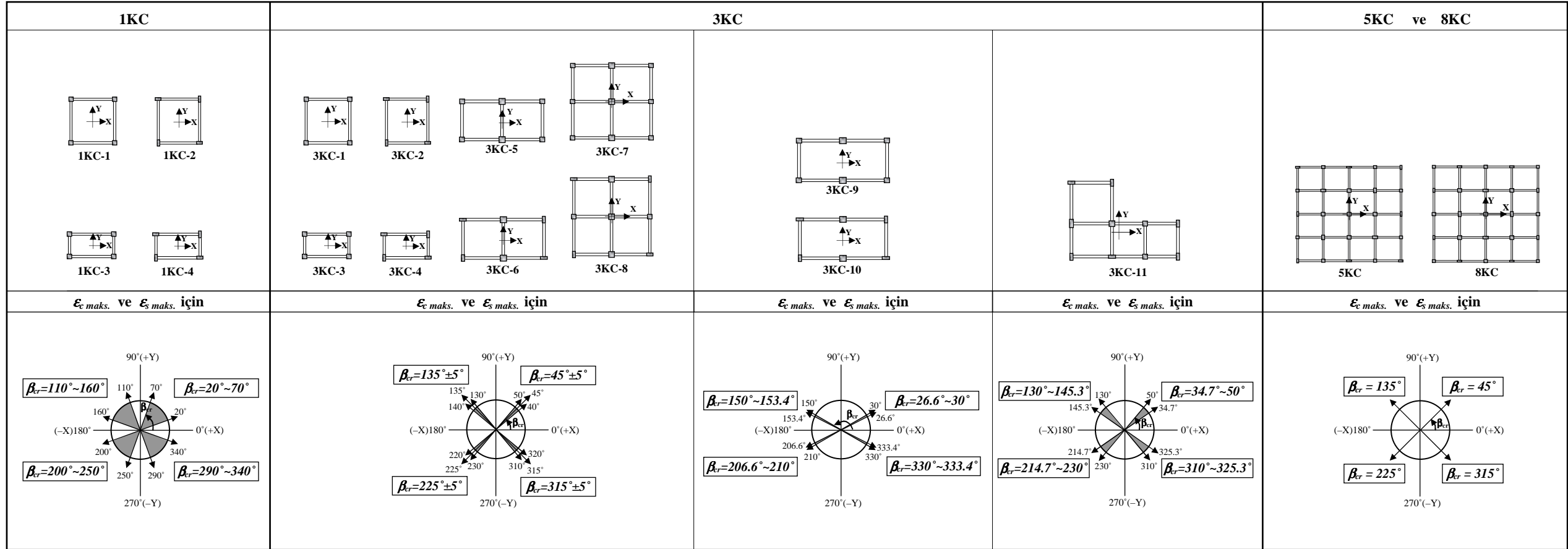
Şekil 5.25 5KC ve 8KC binaların en alt kat kolonlarının alt uçlarındaki plastik kesitlerde  $0.95 \leq (\epsilon_{c maks.}^{norm.} \text{ ve } \epsilon_{s maks.}^{norm.}) \leq 1.00$  için  $\beta_{cr}$  değerleri

Sayısal incelemeleri kapsamında ele alınan 1KC, 3KC, 5KC ve 8KC binaların  $\beta = 0^\circ \sim 360^\circ$  arasında gözönüne alınan her bir  $\beta$  deprem doğrultusu için YKY ile belirlenen performans noktaları esas alınarak, en alt kolonlarının alt uçlarında oluşan plastik kesitlerdeki en elverişsiz  $\epsilon_{c maks.}$  ve  $\epsilon_{s maks.}$  birim boy değişmesi taleplerini veren  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultuları Şekil 5.1–5.25’den yararlanılarak, Şekil 5.26’da verilmiştir.



Şekil 5.26 İncelenen betonarme binaların en alt kat kolon plastik kesitlerinde en elverişsiz  $\epsilon_{c maks.}$  ve  $\epsilon_{s maks.}$  birim boy değişmesi talepleri için  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultuları

Sayısal incelemeler kapsamında ele alınan 1KC, 3KC, 5KC ve 8KC betonarme binaların  $\beta=0^\circ\sim 360^\circ$  arasında gözönüne alınan her bir  $\beta$  deprem doğrultusu için, en alt kat kolonlarının alt uçlarında oluşan plastik kesitlerdeki en elverişsiz  $\epsilon_c maks.$  ve  $\epsilon_s maks.$  birim boy değişmesi taleplerini veren  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultuları tüm binalar için birlikte değerlendirildiğinde elde edilen sonuçlar Şekil 5.27’de özetlenmiştir.



Şekil 5.27  $\epsilon_c maks.$  ve  $\epsilon_s maks.$  birim boy değişmesi talepleri için ortak olan  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultuları

## 5.2 Kritik Deprem Doğrultuları ve Asal Eksen Doğrultuları için Elde Edilen Birim Boy Değişmesi Taleplerinin Karşılaştırılması

Sayısal incelemeler kapsamında ele alınan 1KC, 3KC, 5KC ve 8KC betonarme binaların çok doğrultulu deprem yükleri altındaki şekildeğiştirme esaslı doğrusal olmayan statik analizleri sonucunda, en alt kolonlarının alt uçlarında oluşan plastik kesitlerde, kritik deprem doğrultularındaki  $(\beta_{cr})$   $(\epsilon_{c maks.})_{cr}$  ve  $(\epsilon_{s maks.})_{cr}$  birim boy değişmesi taleplerinin asal eksen doğrultularından ( $(\epsilon_{c maks.})_{asal}$  ve  $(\epsilon_{s maks.})_{asal}$ ) elde edilenlere göre değişim oranları belirlenerek değerlendirilmiştir.

İncelenen toplam on yedi adet betonarme binanın (1KC, 3KC, 5KC ve 8KC) en alt kat kolonlarının alt uçlarında oluşan plastik kesitler için,  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultularındaki  $(\epsilon_{c maks.})_{cr}$  ve  $(\epsilon_{s maks.})_{cr}$  birim boy değişmesi taleplerinin, plandaki asal eksen (X ve Y) doğrultularından elde edilenlere göre değişim yüzdesi (rölatif farkı) (%) ve değişim oranı, (5.2) ve (5.3) bağıntıları ile hesaplanmıştır. (5.2) ve (5.3) bağıntıları ile yapılan hesaplamalarda, birim boy değişmesi taleplerinin  $(\epsilon_{c maks.}; \epsilon_{s maks.})$  mutlak değerleri kullanılmıştır.

Ayrıca, incelenen en alt kat kolon plastik kesitlerindeki  $\epsilon_{c maks.}$  ve  $\epsilon_{s maks.}$  birim boy değişmesi taleplerine ait (5.2) ve (5.3) bağıntıları ile hesaplanan asal eksene göre rölatif fark (%) ve değişim oranları, 1KC-[1-4], 3KC-[1-8], 3KC-[9-10], 3KC-11, 5KC ve 8KC binalar için (5.4) ve (5.5) bağıntılarında yerine konularak, ortalama rölatif farklar ve ortalama değişim oranları hesaplanmıştır.

$$\text{Rölatif Fark (R.F.) (\%)} = 100 \frac{|\left(\epsilon_{c maks.}\right)_{cr} - \left(\epsilon_{c maks.}\right)_{asal}|}{\left|\left(\epsilon_{c maks.}\right)_{asal}\right|} \text{ ve } 100 \frac{|\left(\epsilon_{s maks.}\right)_{cr} - \left(\epsilon_{s maks.}\right)_{asal}|}{\left|\left(\epsilon_{s maks.}\right)_{asal}\right|} \quad (5.2)$$

$$\text{Değişim Oranı (D.O.)} = \frac{\left|\left(\epsilon_{c maks.}\right)_{cr}\right|}{\left|\left(\epsilon_{c maks.}\right)_{asal}\right|} \text{ ve } \frac{\left|\left(\epsilon_{s maks.}\right)_{cr}\right|}{\left|\left(\epsilon_{s maks.}\right)_{asal}\right|} \quad (5.3)$$

$$\left. \begin{aligned} \text{Ortalama Rölatif Fark (O.R.F.) (\%)} &= 100 \frac{1}{n} \sum_n \left[ \frac{\left|\left(\epsilon_{c maks.}\right)_{cr} - \left(\epsilon_{c maks.}\right)_{asal}\right|}{\left|\left(\epsilon_{c maks.}\right)_{asal}\right|} \right] \\ \text{(O.R.F.) (\%)} &= 100 \frac{1}{n} \sum_n \left[ \frac{\left|\left(\epsilon_{s maks.}\right)_{cr} - \left(\epsilon_{s maks.}\right)_{asal}\right|}{\left|\left(\epsilon_{s maks.}\right)_{asal}\right|} \right] \end{aligned} \right\} \quad (5.4)$$

$$\text{Ortalama Değişim Oranı (D.O.)} = \frac{1}{n} \sum_n \left[ \frac{|\left(\varepsilon_{c \text{ maks.}}\right)_{cr}|}{|\left(\varepsilon_{c \text{ maks.}}\right)_{asal}|} \right] \quad \text{ve} \quad \frac{1}{n} \sum_n \left[ \frac{|\left(\varepsilon_{s \text{ maks.}}\right)_{cr}|}{|\left(\varepsilon_{s \text{ maks.}}\right)_{asal}|} \right] \quad (5.5)$$

Hesaplanan bu değerler, 1KC binalar için Çizelge 5.1’de, 3KC binalar için Çizelge 5.2–5.4’de, 5KC bina için Çizelge 5.5’de ve 8KC bina için Çizelge 5.6’da verilmiştir.

Çizelge 5.1–5.6’dan görüleceği üzere;

- 1KC–[1-4] binaların kat kolonlarının alt uçlarında oluşan toplam 16 plastik kesitte,  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultularındaki birim boy değişmesi taleplerinin, plandaki asal eksen (X ve Y) doğrultularından elde edilenlere göre hesaplanan rölatif farklara (%) ve değişim oranlarına ait değerlerin aşağıda verilen oranlarda arttığı belirlenmiştir (Çizelge 5.1).

|  | <u>Minimum</u>        | <u>Maksimum</u>        | <u>Ortalama</u>       |
|--|-----------------------|------------------------|-----------------------|
| $\varepsilon_{c \text{ maks.}}$ için : | <b>+%61.5 (1.615)</b> | <b>+%104.4 (2.044)</b> | <b>+%81.6 (1.816)</b> |
| $\varepsilon_{s \text{ maks.}}$ için : | <b>+%12.6 (1.126)</b> | <b>+%41.6 (1.416)</b>  | <b>+%27.8 (1.278)</b> |

- 3KC–[1-8] binaların en alt kat kolonlarının alt uçlarındaki toplam 46 plastik kesitte,  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultularındaki birim boy değişmesi taleplerinin, plandaki asal eksen (X ve Y) doğrultularından elde edilenlere göre hesaplanan hesaplanan rölatif farklara (%) ve değişim oranlarına ait değerlerin aşağıda verilen oranlarda arttığı belirlenmiştir (Çizelge 5.2).

|  | <u>Minimum</u>        | <u>Maksimum</u>        | <u>Ortalama</u>        |
|--|-----------------------|------------------------|------------------------|
| $\varepsilon_{c \text{ maks.}}$ için : | <b>+%80.9 (1.809)</b> | <b>+%172.8 (2.728)</b> | <b>+%134.8 (2.348)</b> |
| $\varepsilon_{s \text{ maks.}}$ için : | <b>+%35.9 (1.359)</b> | <b>+%96.8 (1.968)</b>  | <b>+%73.0 (1.730)</b>  |

- 3KC–[5-6] binaların en alt kat kolonlarının alt uçlarında oluşan toplam 12 plastik kesitte,  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultularındaki birim boy değişmesi taleplerinin, plandaki asal eksen (X ve Y) doğrultularından elde edilenlere göre hesaplanan rölatif farklara (%) ve değişim oranlarına ait değerlerin aşağıda verilen oranlarda arttığı belirlenmiştir (Çizelge 5.2).

|                              | <u>Minimum</u>        | <u>Maksimum</u>        | <u>Ortalama</u>        |
|------------------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|
| $\mathcal{E}_c$ maks. için : | <b>+%96.9 (1.969)</b> | <b>+%171.2 (2.712)</b> | <b>+%139.3 (2.393)</b> |
| $\mathcal{E}_s$ maks. için : | <b>+%45.1 (1.451)</b> | <b>+%96.8 (1.968)</b>  | <b>+%70.5 (1.705)</b>  |

- 3KC–[5,6] binaların her iki ara kolonunun tek doğrultuda kirişlerle birleştiği (diğer doğrultuda kirişlerin kaldırıldığı) 3KC–[9,10] binaların en alt kat kolonlarının alt uçlarında oluşan toplam 12 plastik kesitte,  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultularındaki birim boy değişmesi taleplerinin, plandaki asal eksen (X ve Y) doğrultularından elde edilenlere göre hesaplanan rölatif farklara (%) ve değişim oranlarına ait değerlerin aşağıda verilen oranlarda arttığı belirlenmiştir (Çizelge 5.3).

|                              | <u>Minimum</u>        | <u>Maksimum</u>        | <u>Ortalama</u>        |
|------------------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|
| $\mathcal{E}_c$ maks. için : | <b>+%55.0 (1.550)</b> | <b>+%183.6 (2.836)</b> | <b>+%138.7 (2.387)</b> |
| $\mathcal{E}_s$ maks. için : | <b>+%24.2 (1.242)</b> | <b>+%112.6 (2.126)</b> | <b>+%72.2 (1.722)</b>  |

- 3KC–[9,10] binaların en alt kat kolonlarının alt uçlarında oluşan plastik kesitlerdeki birim boy değişmesi talepleri için elde edilen ortalama farklar, 3KC–[5,6] binalar için elde edilenlere oldukça yakındır (Çizelge 5.2–5.3). Buna karşın, en elverişsiz birim boy değişmesi taleplerini veren kritik deprem doğrultularının ( $\beta_{cr}$ ) aşağıda görüldüğü gibi birbirinden farklı olduğu belirlenmiştir.

3KC–[5,6] için,  $\beta_{cr}=(40^\circ\sim50^\circ, 130^\circ\sim140^\circ$  ve  $220^\circ\sim230^\circ, 310^\circ\sim320^\circ)$

3KC–[9,10] için,  $\beta_{cr}=(26.6^\circ\sim30^\circ, 150^\circ\sim153.4^\circ$  ve  $206.6^\circ\sim210^\circ, 330^\circ\sim333.4^\circ)$   
(Çizelge 5.11–5.12).

- Plandaki her iki asal eksene (X ve Y) göre simetrik olmayan 3KC–11 binanın en alt kat kolonlarının alt uçlarında oluşan toplam 12 plastik kesitte,  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultularındaki birim boy değişmesi taleplerinin, plandaki asal eksen (X ve Y) doğrultularından elde edilenlere göre hesaplanan rölatif farklara (%) ve değişim oranlarına ait değerlerin aşağıda verilen oranlarda arttığı belirlenmiştir (Çizelge 5.4).



|                              | <u>Minimum</u>        | <u>Maksimum</u>        | <u>Ortalama</u>        |
|------------------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|
| $\mathcal{E}_c$ maks. için : | <b>+%78.4 (1.784)</b> | <b>+%142.1 (2.421)</b> | <b>+%113.3 (2.133)</b> |
| $\mathcal{E}_s$ maks. için : | <b>+%31.0 (1.310)</b> | <b>+%103.2 (2.032)</b> | <b>+%64.5 (1.645)</b>  |

- 5KC binanın en alt kat kolonlarının alt uçlarında oluşan toplam 25 plastik kesitte,  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultularındaki birim boy değişmesi taleplerinin, plandaki asal eksen (X ve Y) doğrultularından elde edilenlere göre hesaplanan rölatif farklara (%) ve değişim oranlarına ait değerlerin aşağıda verilen oranlarda arttığı belirlenmiştir (Çizelge 5.5).

|                              | <u>Minimum</u>         | <u>Maksimum</u>        | <u>Ortalama</u>        |
|------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| $\mathcal{E}_c$ maks. için : | <b>+%148.9 (2.489)</b> | <b>+%199.7 (2.997)</b> | <b>+%171.8 (2.718)</b> |
| $\mathcal{E}_s$ maks. için : | <b>+%91.5 (1.915)</b>  | <b>+%128.0 (2.280)</b> | <b>+%113.5 (2.135)</b> |

- 8KC binanın en alt kat kolonlarının alt uçlarında oluşan toplam 25 plastik kesitte,  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultularındaki birim boy değişmesi taleplerinin, plandaki asal eksen (X ve Y) doğrultularından elde edilenlere göre hesaplanan rölatif farklara (%) ve değişim oranlarına ait değerlerin aşağıda verilen oranlarda arttığı belirlenmiştir (Çizelge 5.6).

|                              | <u>Minimum</u>         | <u>Maksimum</u>        | <u>Ortalama</u>        |
|------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| $\mathcal{E}_c$ maks. için : | <b>+%161.3 (2.613)</b> | <b>+%253.7 (3.537)</b> | <b>+%209.3 (3.093)</b> |
| $\mathcal{E}_s$ maks. için : | <b>+%135.2 (2.352)</b> | <b>+%248.9 (3.489)</b> | <b>+%180.5 (2.805)</b> |

Deprem yüklerinin incelenen on yedi adet betonarme binanın plandaki asal eksen (X veya Y) doğrultularından etkimesi halinde, en alt kat kolonlarının alt uçlarında oluşan plastik kesitlerdeki tüm  $\theta_{px}$  veya  $\theta_{py}$  plastik dönme taleplerinin birbirine yakın mertebelerde oldukları belirlenmiştir. Binaların kolon plastik kesitlerinde elde edilen plastik dönme talepleri, FEMA 356 [4], ASCE 41-06 [6], Eurocode-8 [58] vb. yönetmelikler esas alınarak değerlendirildiğinde, *Hemen Kullanım* ile *Can Güvenliği* arasındaki performans düzeyi elde edilmektedir.

Buna karşın, binaların plandaki asal eksen (X ve Y) doğrultuları ile  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultuları için elde edilen  $\epsilon_{c maks.}$  ve  $\epsilon_{s maks.}$  birim boy değişmesi talepleri arasındaki farkların çok büyük olduğu ve yapısal değerlendirmeyi değiştirebileceği görülmüştür. Kolon plastik kesitlerindeki birim boy değişmesi talepleri için oluşan bu büyük farkın, kolonlardaki iç kuvvet ve/veya şekildeğiştirme talepleri arasındaki etkileşimden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çizelge 5.1 1KC-[1-4] binalarda kritik deprem ve asal eksen doğrultuları için elde edilen birim boy değişmesi taleplerinin karşılaştırılması

| Bina  | Plastik Kesit (Mafsal) | $(\epsilon_{c maks.})_{asal}$ | $(\epsilon_{c maks.})_{cr}$ | $\epsilon_{c maks.}$ için |                                    |                                | $(\epsilon_{s maks.})_{asal}$ | $(\epsilon_{s maks.})_{cr}$ | $\epsilon_{s maks.}$ için |                                    |                                |
|-------|------------------------|-------------------------------|-----------------------------|---------------------------|------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|---------------------------|------------------------------------|--------------------------------|
|       |                        |                               |                             | Kritik deprem doğrultusu  | Rölatif Fark (%)                   | Değişim Oranı                  |                               |                             | Kritik deprem doğrultusu  | Rölatif Fark (%)                   | Değişim Oranı                  |
|       |                        |                               |                             | $(\beta_{cr}^\circ)$      | $\left(\frac{[2]-[1]}{[1]}\right)$ | $\left(\frac{[2]}{[1]}\right)$ |                               |                             | $(\beta_{cr}^\circ)$      | $\left(\frac{[4]-[3]}{[3]}\right)$ | $\left(\frac{[4]}{[3]}\right)$ |
|       |                        | [1]                           | [2]                         |                           |                                    | [3]                            | [4]                           |                             |                           |                                    |                                |
| 1KC-1 | H13                    | 0.003929                      | 0.007066                    | 40°, 230°                 | +79.8                              | 1.798                          | 0.009589                      | 0.013124                    | 315°                      | +36.9                              | 1.369                          |
|       | H16                    | 0.003929                      | 0.007066                    | 140°, 310°                | +79.8                              | 1.798                          | 0.009589                      | 0.013124                    | 225°                      | +36.9                              | 1.369                          |
|       | H19                    | 0.003929                      | 0.007066                    | 130°, 320°                | +79.8                              | 1.798                          | 0.009589                      | 0.013124                    | 45°                       | +36.9                              | 1.369                          |
|       | H22                    | 0.003929                      | 0.007066                    | 50°, 220°                 | +79.8                              | 1.798                          | 0.009589                      | 0.013124                    | 135°                      | +36.9                              | 1.369                          |
| 1KC-2 | H13                    | 0.005405                      | 0.008726                    | 150°                      | +61.5                              | 1.615                          | 0.014104                      | 0.015879                    | 30°                       | +12.6                              | 1.126                          |
|       | H16                    | 0.005405                      | 0.008726                    | 60°                       | +61.5                              | 1.615                          | 0.014104                      | 0.015879                    | 300°                      | +12.6                              | 1.126                          |
|       | H19                    | 0.005405                      | 0.008726                    | 240°                      | +61.5                              | 1.615                          | 0.014104                      | 0.015879                    | 120°                      | +12.6                              | 1.126                          |
|       | H22                    | 0.005405                      | 0.008726                    | 330°                      | +61.5                              | 1.615                          | 0.014104                      | 0.015879                    | 210°                      | +12.6                              | 1.126                          |
| 1KC-3 | H13                    | 0.004076                      | 0.007747                    | 150°                      | +90.1                              | 1.901                          | 0.010250                      | 0.014516                    | 330°                      | <b>+41.6</b>                       | <b>1.416</b>                   |
|       | H16                    | 0.004076                      | 0.007747                    | 30°                       | +90.1                              | 1.901                          | 0.010250                      | 0.014516                    | 210°                      | <b>+41.6</b>                       | <b>1.416</b>                   |
|       | H19                    | 0.004076                      | 0.007747                    | 210°                      | +90.1                              | 1.901                          | 0.010250                      | 0.014516                    | 30°                       | <b>+41.6</b>                       | <b>1.416</b>                   |
|       | H22                    | 0.004076                      | 0.007747                    | 330°                      | +90.1                              | 1.901                          | 0.010250                      | 0.014516                    | 150°                      | <b>+41.6</b>                       | <b>1.416</b>                   |
| 1KC-4 | H13                    | 0.004877                      | 0.009970                    | 150°                      | <b>+104.4</b>                      | <b>2.044</b>                   | 0.014659                      | 0.017986                    | 210°                      | +22.7                              | 1.227                          |
|       | H16                    | 0.004941                      | 0.009160                    | 300°                      | +85.4                              | 1.854                          | 0.015138                      | 0.017788                    | 300°                      | +17.5                              | 1.175                          |
|       | H19                    | 0.004941                      | 0.009160                    | 120°                      | +85.4                              | 1.854                          | 0.015138                      | 0.017788                    | 120°                      | +17.5                              | 1.175                          |
|       | H22                    | 0.004877                      | 0.009970                    | 330°                      | <b>+104.4</b>                      | <b>2.044</b>                   | 0.014659                      | 0.017986                    | 30°                       | +22.7                              | 1.227                          |
|       |                        |                               |                             | Ortalama                  | <b>+81.6</b>                       | <b>1.816</b>                   |                               |                             | Ortalama                  | <b>+27.8</b>                       | <b>1.278</b>                   |

Çizelge 5.2 3KC-[1-8] binalarda kritik deprem ve asal eksen doğrultuları için elde edilen birim boy değişmesi taleplerinin karşılaştırılması

| Bina  | Plastik Kesit (Mafsal) | $(\epsilon_{c maks.})_{asal}$ | $(\epsilon_{c maks.})_{cr}$ | $\epsilon_c$ maks. için  |                                    |                                | $(\epsilon_{s maks.})_{asal}$ | $(\epsilon_{s maks.})_{cr}$ | $\epsilon_s$ maks. için  |                                    |                                |              |             |
|-------|------------------------|-------------------------------|-----------------------------|--------------------------|------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|--------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|-------------|
|       |                        |                               |                             | Kritik deprem doğrultusu | Rölatif Fark (%)                   | Değişim Oran                   |                               |                             | Kritik deprem doğrultusu | Rölatif Fark (%)                   | Değişim Oran                   |              |             |
|       |                        |                               |                             | $(\beta_{cr})$           | $\left(\frac{[2]-[1]}{[1]}\right)$ | $\left(\frac{[2]}{[1]}\right)$ |                               |                             | $(\beta_{cr})$           | $\left(\frac{[4]-[3]}{[3]}\right)$ | $\left(\frac{[4]}{[3]}\right)$ |              |             |
|       |                        | [1]                           | [2]                         |                          |                                    | [3]                            | [4]                           |                             |                          |                                    |                                |              |             |
| 3KC-1 | H13                    | 0.005440                      | 0.014515                    | 135°                     | +166.8                             | 2.668                          | 0.011615                      | 0.021975                    | 310°-320°                | +89.2                              | 1.892                          |              |             |
|       | H16                    | 0.005440                      | 0.014515                    | 45°                      | +166.8                             | 2.668                          | 0.011615                      | 0.021975                    | 220°-230°                | +89.2                              | 1.892                          |              |             |
|       | H19                    | 0.005440                      | 0.014515                    | 225°                     | +166.8                             | 2.668                          | 0.011615                      | 0.021975                    | 40°-50°                  | +89.2                              | 1.892                          |              |             |
|       | H22                    | 0.005440                      | 0.014515                    | 315°                     | +166.8                             | 2.668                          | 0.011615                      | 0.021975                    | 130°-140°                | +89.2                              | 1.892                          |              |             |
| 3KC-2 | H13                    | 0.006156                      | 0.011371                    | 135°                     | +84.7                              | 1.847                          | 0.011782                      | 0.016009                    | 315°                     | +35.9                              | 1.359                          |              |             |
|       | H16                    | 0.006156                      | 0.011371                    | 45°                      | +84.7                              | 1.847                          | 0.011782                      | 0.016009                    | 225°                     | +35.9                              | 1.359                          |              |             |
|       | H19                    | 0.006156                      | 0.011371                    | 225°                     | +84.7                              | 1.847                          | 0.011782                      | 0.016009                    | 45°                      | +35.9                              | 1.359                          |              |             |
|       | H22                    | 0.006156                      | 0.011371                    | 315°                     | +84.7                              | 1.847                          | 0.011782                      | 0.016009                    | 135°                     | +35.9                              | 1.359                          |              |             |
| 3KC-3 | H13                    | 0.006953                      | 0.017563                    | 135°                     | +152.6                             | 2.526                          | 0.014440                      | 0.027038                    | 310°                     | +87.2                              | 1.872                          |              |             |
|       | H16                    | 0.006953                      | 0.017563                    | 45°                      | +152.6                             | 2.526                          | 0.014440                      | 0.027038                    | 230°                     | +87.2                              | 1.872                          |              |             |
|       | H19                    | 0.006953                      | 0.017563                    | 225°                     | +152.6                             | 2.526                          | 0.014440                      | 0.027038                    | 50°                      | +87.2                              | 1.872                          |              |             |
|       | H22                    | 0.006953                      | 0.017563                    | 315°                     | +152.6                             | 2.526                          | 0.014440                      | 0.027038                    | 130°                     | +87.2                              | 1.872                          |              |             |
| 3KC-4 | H13                    | 0.007449                      | 0.013920                    | 135°                     | +86.9                              | 1.869                          | 0.012319                      | 0.020296                    | 315°                     | +64.8                              | 1.648                          |              |             |
|       | H16                    | 0.007261                      | 0.013132                    | 50°                      | +80.9                              | 1.809                          | 0.013042                      | 0.021123                    | 230°                     | +62.0                              | 1.620                          |              |             |
|       | H19                    | 0.007261                      | 0.013132                    | 230°                     | +80.9                              | 1.809                          | 0.013042                      | 0.021123                    | 50°                      | +62.0                              | 1.620                          |              |             |
|       | H22                    | 0.007449                      | 0.013920                    | 315°                     | +86.9                              | 1.869                          | 0.012319                      | 0.020296                    | 135°                     | +64.8                              | 1.648                          |              |             |
| 3KC-5 | H13                    | 0.005564                      | 0.015090                    | 140°                     | +171.2                             | 2.712                          | 0.013288                      | 0.023477                    | 320°                     | +76.7                              | 1.767                          |              |             |
|       | H16                    | 0.007063                      | 0.016921                    | 135°-140°                | +139.6                             | 2.396                          | 0.013455                      | 0.024153                    | 315°-320°                | +79.5                              | 1.795                          |              |             |
|       | H19                    | 0.005564                      | 0.015090                    | 220°                     | +171.2                             | 2.712                          | 0.013288                      | 0.023477                    | 40°                      | +76.7                              | 1.767                          |              |             |
|       | H22                    | 0.007063                      | 0.016921                    | 315°-320°                | +139.6                             | 2.396                          | 0.013455                      | 0.024153                    | 135°-140°                | +79.5                              | 1.795                          |              |             |
|       | H34                    | 0.005564                      | 0.015090                    | 40°                      | +171.2                             | 2.712                          | 0.013288                      | 0.023477                    | 220°                     | +76.7                              | 1.767                          |              |             |
|       | H37                    | 0.005564                      | 0.015090                    | 320°                     | +171.2                             | 2.712                          | 0.013288                      | 0.023477                    | 140°                     | +76.7                              | 1.767                          |              |             |
| 3KC-6 | H13                    | 0.007966                      | 0.015689                    | 140°                     | +96.9                              | 1.969                          | 0.014598                      | 0.021614                    | 320°                     | +48.1                              | 1.481                          |              |             |
|       | H16                    | 0.006272                      | 0.016184                    | 40°                      | +158.1                             | 2.580                          | 0.011726                      | 0.023071                    | 320°                     | <b>+96.8</b>                       | <b>1.968</b>                   |              |             |
|       | H19                    | 0.007048                      | 0.014012                    | 225°                     | +98.8                              | 1.988                          | 0.013878                      | 0.020133                    | 45°                      | +45.1                              | 1.451                          |              |             |
|       | H22                    | 0.006272                      | 0.016184                    | 220°                     | +158.1                             | 2.580                          | 0.011726                      | 0.023071                    | 140°                     | <b>+96.8</b>                       | <b>1.968</b>                   |              |             |
|       | H34                    | 0.007048                      | 0.014012                    | 45°                      | +98.8                              | 1.988                          | 0.013878                      | 0.020133                    | 225°                     | +45.1                              | 1.451                          |              |             |
|       | H37                    | 0.007966                      | 0.015689                    | 320°                     | +96.9                              | 1.969                          | 0.014598                      | 0.021614                    | 140°                     | +48.1                              | 1.481                          |              |             |
| 3KC-7 | H13                    | 0.004632                      | 0.012638                    | 135°                     | <b>+172.8</b>                      | <b>2.728</b>                   | 0.011317                      | 0.020403                    | 315°                     | +80.3                              | 1.803                          |              |             |
|       | H16                    | 0.006294                      | 0.015297                    | 45°, 135°                | +143.0                             | 2.430                          | 0.012239                      | 0.022398                    | 225°, 315°               | +83.0                              | 1.830                          |              |             |
|       | H19                    | 0.006294                      | 0.015297                    | 135°, 225°               | +143.0                             | 2.430                          | 0.012239                      | 0.022398                    | 45°, 315°                | +83.0                              | 1.830                          |              |             |
|       | H22                    | 0.006908                      | 0.017220                    | 45°, 135°, 225°, 315°    | +149.3                             | 2.493                          | 0.013466                      | 0.024574                    | 45°, 135°, 225°, 315°    | +82.5                              | 1.825                          |              |             |
|       | H34                    | 0.004632                      | 0.012638                    | 45°                      | <b>+172.8</b>                      | <b>2.728</b>                   | 0.011317                      | 0.020403                    | 225°                     | +80.3                              | 1.803                          |              |             |
|       | H37                    | 0.006294                      | 0.015297                    | 45°, 315°                | +143.0                             | 2.430                          | 0.012239                      | 0.022398                    | 135°, 225°               | +83.0                              | 1.830                          |              |             |
|       | H55                    | 0.004632                      | 0.012638                    | 225°                     | <b>+172.8</b>                      | <b>2.728</b>                   | 0.011317                      | 0.020403                    | 45°                      | +80.3                              | 1.803                          |              |             |
|       | H58                    | 0.006294                      | 0.015297                    | 225°, 315°               | +143.0                             | 2.430                          | 0.012239                      | 0.022398                    | 45°, 135°                | +83.0                              | 1.830                          |              |             |
|       | H61                    | 0.004632                      | 0.012638                    | 315°                     | <b>+172.8</b>                      | <b>2.728</b>                   | 0.011317                      | 0.020403                    | 135°                     | +80.3                              | 1.803                          |              |             |
| 3KC-8 | H13                    | 0.006661                      | 0.013429                    | 140°                     | +101.6                             | 2.016                          | 0.013775                      | 0.021830                    | 320°                     | +58.5                              | 1.585                          |              |             |
|       | H16                    | 0.006020                      | 0.015102                    | 45°                      | +150.9                             | 2.509                          | 0.011571                      | 0.021797                    | 315°                     | +88.4                              | 1.884                          |              |             |
|       | H19                    | 0.006020                      | 0.015102                    | 135°                     | +150.9                             | 2.509                          | 0.011571                      | 0.021797                    | 45°                      | +88.4                              | 1.884                          |              |             |
|       | H22                    | 0.006569                      | 0.016742                    | 45°, 135°, 225°, 315°    | +154.9                             | 2.549                          | 0.012818                      | 0.023802                    | 45°, 135°, 225°, 315°    | +85.7                              | 1.857                          |              |             |
|       | H34                    | 0.006661                      | 0.013429                    | 50°                      | +101.6                             | 2.016                          | 0.013775                      | 0.021830                    | 230°                     | +58.5                              | 1.585                          |              |             |
|       | H37                    | 0.006020                      | 0.015102                    | 315°                     | +150.9                             | 2.509                          | 0.011571                      | 0.021797                    | 225°                     | +88.4                              | 1.884                          |              |             |
|       | H55                    | 0.006661                      | 0.013429                    | 230°                     | +101.6                             | 2.016                          | 0.013775                      | 0.021830                    | 50°                      | +58.5                              | 1.585                          |              |             |
|       | H58                    | 0.006020                      | 0.015102                    | 225°                     | +150.9                             | 2.509                          | 0.011571                      | 0.021797                    | 135°                     | +88.4                              | 1.884                          |              |             |
|       | H61                    | 0.006661                      | 0.013429                    | 320°                     | +101.6                             | 2.016                          | 0.013775                      | 0.021830                    | 140°                     | +58.5                              | 1.585                          |              |             |
|       |                        |                               |                             | Ortalama                 | <b>+134.8</b>                      | <b>2.348</b>                   |                               |                             |                          |                                    | Ortalama                       | <b>+73.0</b> | <b>1.73</b> |

Çizelge 5.3 3KC–[9,10] binalarda kritik deprem ve asal eksen doğrultuları için elde edilen birim boy değişmesi taleplerinin karşılaştırılması

| Bina   | Plastik Kesit (Mafsalsal) | $(\epsilon_{c maks.})_{asal}^{maks.}$ | $(\epsilon_{c maks.})_{cr}$ | $\epsilon_c$ maks. için  |                  |               | $(\epsilon_{s maks.})_{asal}^{maks.}$ | $(\epsilon_{s maks.})_{cr}$ | $\epsilon_s$ maks. için  |                  |               |                      |
|--------|---------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|--------------------------|------------------|---------------|---------------------------------------|-----------------------------|--------------------------|------------------|---------------|----------------------|
|        |                           |                                       |                             | Kritik deprem doğrultusu | Rölatif Fark (%) | Değişim Oranı |                                       |                             | Kritik deprem doğrultusu | Rölatif Fark (%) | Değişim Oranı |                      |
|        |                           |                                       |                             |                          |                  |               |                                       |                             |                          |                  |               | $(\beta_{cr}^\circ)$ |
| [1]    | [2]                       | [3]                                   | [4]                         |                          |                  |               |                                       |                             |                          |                  |               |                      |
| 3KC–9  | H13                       | 0.005571                              | 0.015801                    | 150°                     | +183.6           | 2.836         | 0.010801                              | 0.022967                    | 330°                     | +112.6           | 2.126         |                      |
|        | H16                       | 0.005324                              | 0.013846                    | 30°                      | +160.1           | 2.601         | 0.013392                              | 0.021958                    | 30°                      | +64.0            | 1.640         |                      |
|        | H19                       | 0.005571                              | 0.015801                    | 210°                     | +183.6           | 2.836         | 0.010801                              | 0.022967                    | 30°                      | +112.6           | 2.126         |                      |
|        | H22                       | 0.005324                              | 0.013846                    | 210°                     | +160.1           | 2.601         | 0.013392                              | 0.021958                    | 210°                     | +64.0            | 1.640         |                      |
|        | H34                       | 0.005571                              | 0.015801                    | 30°                      | +183.6           | 2.836         | 0.010801                              | 0.022967                    | 210°                     | +112.6           | 2.126         |                      |
|        | H37                       | 0.005571                              | 0.015801                    | 330°                     | +183.6           | 2.836         | 0.010801                              | 0.022967                    | 150°                     | +112.6           | 2.126         |                      |
| 3KC–10 | H13                       | 0.007121                              | 0.014471                    | 150°                     | +103.2           | 2.032         | 0.012580                              | 0.020112                    | 330°                     | +59.9            | 1.599         |                      |
|        | H16                       | 0.004945                              | 0.012206                    | 30°                      | +146.8           | 2.468         | 0.011876                              | 0.018961                    | 30°                      | +59.7            | 1.597         |                      |
|        | H19                       | 0.006801                              | 0.010541                    | 150°                     | +55.0            | 1.550         | 0.012797                              | 0.015895                    | 30°                      | +24.2            | 1.242         |                      |
|        | H22                       | 0.004945                              | 0.012206                    | 210°                     | +146.8           | 2.468         | 0.011876                              | 0.018961                    | 210°                     | +59.7            | 1.597         |                      |
|        | H34                       | 0.006801                              | 0.010541                    | 330°                     | +55.0            | 1.550         | 0.012797                              | 0.015895                    | 210°                     | +24.2            | 1.242         |                      |
|        | H37                       | 0.007121                              | 0.014471                    | 330°                     | +103.2           | 2.032         | 0.012580                              | 0.020112                    | 150°                     | +59.9            | 1.599         |                      |
|        |                           |                                       |                             | Ortalama                 | +138.7           | 2.387         | Ortalama                              |                             |                          |                  | +72.2         | 1.722                |

Çizelge 5.4 3KC–11 binada kritik deprem ve asal eksen doğrultuları için elde edilen birim boy değişmesi taleplerinin karşılaştırılması

| Bina   | Plastik Kesit (Mafsalsal) | $(\epsilon_{c maks.})_{asal}^{maks.}$ | $(\epsilon_{c maks.})_{cr}$ | $\epsilon_c$ maks. için  |                  |               | $(\epsilon_{s maks.})_{asal}^{maks.}$ | $(\epsilon_{s maks.})_{cr}$ | $\epsilon_s$ maks. için  |                  |               |                      |
|--------|---------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|--------------------------|------------------|---------------|---------------------------------------|-----------------------------|--------------------------|------------------|---------------|----------------------|
|        |                           |                                       |                             | Kritik deprem doğrultusu | Rölatif Fark (%) | Değişim Oranı |                                       |                             | Kritik deprem doğrultusu | Rölatif Fark (%) | Değişim Oranı |                      |
|        |                           |                                       |                             |                          |                  |               |                                       |                             |                          |                  |               | $(\beta_{cr}^\circ)$ |
| [1]    | [2]                       | [3]                                   | [4]                         |                          |                  |               |                                       |                             |                          |                  |               |                      |
| 3KC–11 | H13                       | 0.007858                              | 0.014021                    | 140°                     | +78.4            | 1.784         | 0.014485                              | 0.019234                    | 320°                     | +32.8            | 1.328         |                      |
|        | H16                       | 0.005694                              | 0.011970                    | 50°                      | +110.2           | 2.102         | 0.009245                              | 0.016467                    | 230°                     | +78.1            | 1.781         |                      |
|        | H19                       | 0.005576                              | 0.013497                    | 230°                     | +142.1           | 2.421         | 0.011475                              | 0.020104                    | 50°                      | +75.2            | 1.752         |                      |
|        | H22                       | 0.006498                              | 0.013306                    | 45°, 140°<br>225°        | +104.8           | 2.048         | 0.012574                              | 0.018560                    | 315°                     | +47.6            | 1.476         |                      |
|        | H37                       | 0.005521                              | 0.011896                    | 135°                     | +115.5           | 2.155         | 0.011468                              | 0.017672                    | 220°                     | +54.1            | 1.541         |                      |
|        | H55                       | 0.004957                              | 0.011257                    | 230°                     | +127.1           | 2.271         | 0.010879                              | 0.019663                    | 50°                      | +80.7            | 1.807         |                      |
|        | H58                       | 0.008628                              | 0.016131                    | 220°                     | +87.0            | 1.870         | 0.016994                              | 0.022258                    | 40°                      | +31.0            | 1.310         |                      |
|        | H61                       | 0.006026                              | 0.012260                    | 220°-225°                | +103.4           | 2.034         | 0.011453                              | 0.017399                    | 135°                     | +51.9            | 1.519         |                      |
|        | H172                      | 0.004321                              | 0.010308                    | 130°-135°<br>310°        | +138.6           | 2.386         | 0.009601                              | 0.018228                    | 225°                     | +89.9            | 1.899         |                      |
|        | H178                      | 0.005005                              | 0.011311                    | 310°                     | +126.0           | 2.260         | 0.008698                              | 0.017677                    | 135°                     | +103.2           | 2.032         |                      |
|        |                           |                                       |                             | Ortalama                 | +113.3           | 2.133         | Ortalama                              |                             |                          |                  | +64.5         | 1.645                |

Çizelge 5.5 5KC binada kritik deprem ve asal eksen doğrultuları için elde edilen birim boy değişmesi taleplerinin karşılaştırılması

| Bina | Plastik Kesit (Mafsal) | $(\epsilon_{c maks.})_{asal}$ | $(\epsilon_{c maks.})_{cr}$ | $\epsilon_c$ maks. için  |                                    |                                | $(\epsilon_{s maks.})_{asal}$ | $(\epsilon_{s maks.})_{cr}$ | $\epsilon_s$ maks. için  |                                    |                                |              |
|------|------------------------|-------------------------------|-----------------------------|--------------------------|------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|--------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|
|      |                        |                               |                             | Kritik deprem doğrultusu | Rölatif Fark (%)                   | Değişim Oranı                  |                               |                             | Kritik deprem doğrultusu | Rölatif Fark (%)                   | Değişim Oranı                  |              |
|      |                        | [1]                           | [2]                         | $(\beta_{cr}^\circ)$     | $\left(\frac{[2]-[1]}{[1]}\right)$ | $\left(\frac{[2]}{[1]}\right)$ | [3]                           | [4]                         | $(\beta_{cr}^\circ)$     | $\left(\frac{[4]-[3]}{[3]}\right)$ | $\left(\frac{[4]}{[3]}\right)$ |              |
| 5KC  | H13                    | 0.007897                      | 0.020139                    | 135°                     | +155.0                             | 2.550                          | 0.015312                      | 0.031547                    | 315°                     | +106.0                             | 2.060                          |              |
|      | H16                    | 0.006711                      | 0.018834                    | 45°                      | +180.6                             | 2.806                          | 0.011064                      | 0.025028                    | 315°                     | +126.2                             | 2.262                          |              |
|      | H19                    | 0.006711                      | 0.018834                    | 135°                     | +180.6                             | 2.806                          | 0.011064                      | 0.025028                    | 315°                     | +126.2                             | 2.262                          |              |
|      | H22                    | 0.008880                      | 0.022998                    | 45°                      | +159.0                             | 2.590                          | 0.013559                      | 0.027153                    | 315°                     | +100.3                             | 2.003                          |              |
|      | H34                    | 0.008923                      | 0.022213                    | 45°                      | +148.9                             | 2.489                          | 0.014905                      | 0.028539                    | 315°                     | +91.5                              | 1.915                          |              |
|      | H37                    | 0.007155                      | 0.021415                    | 45°                      | +199.3                             | 2.993                          | 0.011532                      | 0.026297                    | 225°                     | +128.0                             | 2.280                          |              |
|      | H55                    | 0.008923                      | 0.022213                    | 135°                     | +148.9                             | 2.489                          | 0.014905                      | 0.028539                    | 45°                      | +91.5                              | 1.915                          |              |
|      | H58                    | 0.007155                      | 0.021415                    | 135°                     | +199.3                             | 2.993                          | 0.011532                      | 0.026297                    | 315°                     | +128.0                             | 2.280                          |              |
|      | H61                    | 0.006753                      | 0.020238                    | 45°, 135°<br>225°, 315°  | +199.7                             | 2.997                          | 0.012159                      | 0.027333                    | 45°, 135°<br>225°, 315°  | +124.8                             | 2.248                          |              |
|      | H94                    | 0.006711                      | 0.018834                    | 135°                     | +180.6                             | 2.806                          | 0.011064                      | 0.025028                    | 45°                      | +126.2                             | 2.262                          |              |
|      | H97                    | 0.008880                      | 0.022998                    | 135°                     | +159.0                             | 2.590                          | 0.013559                      | 0.027153                    | 45°                      | +100.3                             | 2.003                          |              |
|      | H100                   | 0.007155                      | 0.021415                    | 225°                     | +199.3                             | 2.993                          | 0.011532                      | 0.026297                    | 45°                      | +128.0                             | 2.280                          |              |
|      | H103                   | 0.007897                      | 0.020139                    | 225°                     | +155.0                             | 2.550                          | 0.015312                      | 0.031547                    | 45°                      | +106.0                             | 2.060                          |              |
|      | H106                   | 0.006711                      | 0.018834                    | 225°                     | +180.6                             | 2.806                          | 0.011064                      | 0.025028                    | 45°                      | +126.2                             | 2.262                          |              |
|      | H109                   | 0.008923                      | 0.022213                    | 225°                     | +148.9                             | 2.489                          | 0.014905                      | 0.028539                    | 135°                     | +91.5                              | 1.915                          |              |
|      | H166                   | 0.006711                      | 0.018834                    | 45°                      | +180.6                             | 2.806                          | 0.011064                      | 0.025028                    | 225°                     | +126.2                             | 2.262                          |              |
|      | H169                   | 0.007897                      | 0.020139                    | 45°                      | +155.0                             | 2.550                          | 0.015312                      | 0.031547                    | 225°                     | +106.0                             | 2.060                          |              |
|      | H172                   | 0.008880                      | 0.022998                    | 315°                     | +159.0                             | 2.590                          | 0.013559                      | 0.027153                    | 225°                     | +100.3                             | 2.003                          |              |
|      | H175                   | 0.006711                      | 0.018834                    | 315°                     | +180.6                             | 2.806                          | 0.011064                      | 0.025028                    | 225°                     | +126.2                             | 2.262                          |              |
|      | H178                   | 0.007155                      | 0.021415                    | 315°                     | +199.3                             | 2.993                          | 0.011532                      | 0.026297                    | 135°                     | +128.0                             | 2.280                          |              |
| H181 | 0.008923               | 0.022213                      | 315°                        | +148.9                   | 2.489                              | 0.014905                       | 0.028539                      | 225°                        | +91.5                    | 1.915                              |                                |              |
| H184 | 0.008880               | 0.022998                      | 225°                        | +159.0                   | 2.590                              | 0.013559                       | 0.027153                      | 135°                        | +100.3                   | 2.003                              |                                |              |
| H187 | 0.006711               | 0.018834                      | 315°                        | +180.6                   | 2.806                              | 0.011064                       | 0.025028                      | 135°                        | +126.2                   | 2.262                              |                                |              |
| H190 | 0.006711               | 0.018834                      | 225°                        | +180.6                   | 2.806                              | 0.011064                       | 0.025028                      | 135°                        | +126.2                   | 2.262                              |                                |              |
| H193 | 0.007897               | 0.020139                      | 315°                        | +155.0                   | 2.550                              | 0.015312                       | 0.031547                      | 135°                        | +106.0                   | 2.060                              |                                |              |
|      |                        |                               |                             | Ortalama                 | <b>+171.8</b>                      | <b>2.718</b>                   | Ortalama                      |                             |                          |                                    | <b>+113.5</b>                  | <b>2.135</b> |

Çizelge 5.6 8KC binada kritik deprem ve asal eksen doğrultuları için elde edilen birim boy değişmesi taleplerinin karşılaştırılması

| Bina | Plastik Kesit (Mafsalsal) | $(\epsilon_{c maks.})_{asal}$ $(\epsilon_{c maks.})_{cr}$ |           | $\epsilon_{c maks.}$ için |                                    |                                | $(\epsilon_{s maks.})_{asal}$ $(\epsilon_{s maks.})_{cr}$ |            | $\epsilon_{s maks.}$ için |                                    |                                |        |       |
|------|---------------------------|---|-----------|---------------------------|------------------------------------|--------------------------------|---|------------|---------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------|-------|
|      |                           | [1]   | [2]       | Kritik deprem doğrultusu  | Rölatif Fark (%)                   | Değişim Oranı                  | [3]   | [4]        | Kritik deprem doğrultusu  | Rölatif Fark (%)                   | Değişim Oranı                  |        |       |
|      |                           |   |           | $(\beta_{cr}^\circ)$      | $\left(\frac{[2]-[1]}{[1]}\right)$ | $\left(\frac{[2]}{[1]}\right)$ |   |            | $(\beta_{cr}^\circ)$      | $\left(\frac{[4]-[3]}{[3]}\right)$ | $\left(\frac{[4]}{[3]}\right)$ |        |       |
| 8KC  | H13                       | 0.003625  | 0.012821  | 135°                      | +253.7                             | 3.537                          | 0.005344  | 0.018647   | 315°                      | +248.9                             | 3.489                          |        |       |
|      | H16                       | 0.005408  | 0.015626  | 135°                      | +188.9                             | 2.889                          | 0.007805  | 0.019654   | 315°                      | +151.8                             | 2.518                          |        |       |
|      | H19                       | 0.005408  | 0.015626  | 135°                      | +188.9                             | 2.889                          | 0.007805  | 0.019654   | 315°                      | +151.8                             | 2.518                          |        |       |
|      | H22                       | 0.005142  | 0.016820  | 135°                      | +227.1                             | 3.271                          | 0.006079  | 0.018655   | 315°                      | +206.9                             | 3.069                          |        |       |
|      | H34                       | 0.004088  | 0.013593  | 45°, 135°                 | +232.5                             | 3.325                          | 0.005868  | 0.016758   | 315°                      | +185.6                             | 2.856                          |        |       |
|      | H37                       | 0.006740  | 0.017614  | 135°                      | +161.3                             | 2.613                          | 0.008036  | 0.018899   | 225°, 315°                | +135.2                             | 2.352                          |        |       |
|      | H55                       | 0.004088  | 0.013593  | 135°, 225°                | +232.5                             | 3.325                          | 0.005868  | 0.016758   | 45°, 315°                 | +185.6                             | 2.856                          |        |       |
|      | H58                       | 0.006740  | 0.017614  | 135°                      | +161.3                             | 2.613                          | 0.008036  | 0.018899   | 315°                      | +135.2                             | 2.352                          |        |       |
|      | H61                       | 0.004843  | 0.015618  | 45°, 135°<br>225°, 315°   | +222.5                             | 3.225                          | 0.005784  | 0.016822   | 45°, 135°<br>225°, 315°   | +190.8                             | 2.908                          |        |       |
|      | H94                       | 0.005408  | 0.015626  | 225°                      | +188.9                             | 2.889                          | 0.007805  | 0.019654   | 45°                       | +151.8                             | 2.518                          |        |       |
|      | H97                       | 0.005142  | 0.016820  | 225°                      | +227.1                             | 3.271                          | 0.006079  | 0.018655   | 45°                       | +206.9                             | 3.069                          |        |       |
|      | H100                      | 0.006740  | 0.017614  | 315°                      | +161.3                             | 2.613                          | 0.008036  | 0.018899   | 45°, 135°                 | +135.2                             | 2.352                          |        |       |
|      | H103                      | 0.003625  | 0.012821  | 225°                      | +253.7                             | 3.537                          | 0.005344  | 0.018647   | 45°                       | +248.9                             | 3.489                          |        |       |
|      | H106                      | 0.005408  | 0.015626  | 225°                      | +188.9                             | 2.889                          | 0.007805  | 0.019654   | 45°                       | +151.8                             | 2.518                          |        |       |
|      | H109                      | 0.004088  | 0.013593  | 225°, 315°                | +232.5                             | 3.325                          | 0.005868  | 0.016758   | 135°                      | +185.6                             | 2.856                          |        |       |
|      | H166                      | 0.005408  | 0.015626  | 45°                       | +188.9                             | 2.889                          | 0.007805  | 0.019654   | 225°                      | +151.8                             | 2.518                          |        |       |
|      | H169                      | 0.003625  | 0.012821  | 45°                       | +253.7                             | 3.537                          | 0.005344  | 0.018647   | 225°                      | +248.9                             | 3.489                          |        |       |
|      | H172                      | 0.005142  | 0.016820  | 45°                       | +227.1                             | 3.271                          | 0.006079  | 0.018655   | 225°                      | +206.9                             | 3.069                          |        |       |
|      | H175                      | 0.005408  | 0.015626  | 45°                       | +188.9                             | 2.889                          | 0.007805  | 0.019654   | 225°                      | +151.8                             | 2.518                          |        |       |
|      | H178                      | 0.006740  | 0.017614  | 315°                      | +161.3                             | 2.613                          | 0.008036  | 0.018899   | 135°                      | +135.2                             | 2.352                          |        |       |
| H181 | 0.004088                  | 0.013593  | 45°, 315° | +232.5                    | 3.325                              | 0.005868                       | 0.016758  | 135°, 225° | +185.6                    | 2.856                              |                                |        |       |
| H184 | 0.005142                  | 0.016820  | 315°      | +227.1                    | 3.271                              | 0.006079                       | 0.018655  | 135°       | +206.9                    | 3.069                              |                                |        |       |
| H187 | 0.005408                  | 0.015626  | 315°      | +188.9                    | 2.889                              | 0.007805                       | 0.019654  | 135°       | +151.8                    | 2.518                              |                                |        |       |
| H190 | 0.005408                  | 0.015626  | 315°      | +188.9                    | 2.889                              | 0.007805                       | 0.019654  | 135°       | +151.8                    | 2.518                              |                                |        |       |
| H193 | 0.003625                  | 0.012821  | 315°      | +253.7                    | 3.537                              | 0.005344                       | 0.018647  | 135°       | +248.9                    | 3.489                              |                                |        |       |
|      |                           |   |           | Ortalama                  | +209.3                             | 3.093                          |   |            |                           |                                    | Ortalama                       | +180.5 | 2.805 |

### 5.3 Kritik Deprem Doğrultularının Değerlendirilmesi ve Kritik Deprem Doğrultusu Önerisi

Çalışmanın bu bölümünde, sayısal incelemeler kapsamında ele alınan 1KC, 3KC, 5KC ve 8KC binalar üzerinde, deprem yüklerinin doğrultu etkisi nedeniyle betonarme binaların en alt kat kolonlarının alt uçlarındaki plastik kesitlerde oluşacak en elverişsiz  $\epsilon_{c maks.}$  ve  $\epsilon_{s maks.}$  birim boy değişmesi taleplerini veren  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultuları değerlendirilmiştir. Daha sonra, incelenen betonarme binaların çok

doğrultulu deprem yükleri altındaki şekildeğiştirme esaslı doğrusal olmayan statik analiz sonuçlarından yararlanılarak, kiriş ve kolon plastik kesitlerindeki (plastik mafsallarındaki) en elverişsiz plastik şekildeğiştirme taleplerinin belirlenebilmesi amacıyla  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultuları önerilmiştir.

### 5.3.1 Kritik Deprem Doğrultularının Değerlendirilmesi

Çalışma kapsamında ele alınan simetrik veya antimetrik binalar (1KC–[1-4], 3KC–[1-10], 5KC ve 8KC) için  $\beta=0^\circ \sim 180^\circ$ , simetrik veya antimetrik olmayan 3KC–11 bina için ise  $\beta=0^\circ \sim 360^\circ$  arasındaki doğrusal olmayan statik analiz sonuçlarından yararlanılarak, deprem yüklerinin  $\beta=0^\circ \sim 360^\circ$  arasında etkimesi hali için, en alt kat kolonlarının alt uçlarında oluşan plastik kesitlerdeki en elverişsiz  $(\mathcal{E}_c maks.)_{cr}$  ve  $(\mathcal{E}_s maks.)_{cr}$  birim boy değişmesi taleplerini veren  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultuları incelendiğinde (Şekil 5.1–5.20, 5.21–5.27);

- Kolon plastik kesitlerindeki en elverişsiz  $(\mathcal{E}_c maks.)_{cr}$  ve  $(\mathcal{E}_s maks.)_{cr}$  birim boy değişmesi taleplerinin, deprem yüklerinin binaların plandaki asal eksenlerinden farklı olan ve çoğunlukla  $\beta_{cr} = 45^\circ \pm 5^\circ$ ,  $\beta_{cr} = 135^\circ \pm 5^\circ$  ile  $\beta_{cr} = 225^\circ \pm 5^\circ$ ,  $\beta_{cr} = 315^\circ \pm 5^\circ$  arasındaki doğrultularından etkimesi halinde ve ayrıca, planı kare olmayan binalarda plan köşegeni (diyagonal) doğrultularına yakın ara doğrultulardan etkimesi halinde olduğu belirlenmiştir (Şekil 5.1–5.27).
- İncelenen 1KC–[1-4] binaların bazı kolon plastik kesitlerindeki  $(\mathcal{E}_c maks.)_{cr}$  ve  $(\mathcal{E}_s maks.)_{cr}$  birim boy değişmesi talepleri için belirlenen kritik deprem doğrultularının, yukarıda belirtilen  $\beta_{cr} = 45^\circ \pm 5^\circ$ ,  $\beta_{cr} = 135^\circ \pm 5^\circ$  ile  $\beta_{cr} = 225^\circ \pm 5^\circ$ ,  $\beta_{cr} = 315^\circ \pm 5^\circ$  arasındaki doğrultulardan farklı olabildiği görülmüştür (Şekil 5.1–5.5, 5.21, 5.26–5.27). Bunun nedeninin, 1KC binaların kolonlarındaki normal kuvvet düzeyinin çok katlı binalara göre daha küçük olmasından ve ayrıca, kiriş uçlarında oluşan plastik kesitler sonrası çerçeve davranışının sağlanamamasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Buna karşın, 1KC binaların sadece  $\beta_{cr} = 45^\circ \pm 5^\circ$ ,  $\beta_{cr} = 135^\circ \pm 5^\circ$  ile  $\beta_{cr} = 225^\circ \pm 5^\circ$ ,  $\beta_{cr} = 315^\circ \pm 5^\circ$  arasındaki deprem doğrultuları için iki doğrultulu doğrusal

olmayan statik analizlerinin yapılması halinde, ilgili kolon plastik kesitlerinde elde edilen  $\epsilon_{c maks.}$  ve  $\epsilon_{s maks.}$  birim boy değişmesi taleplerinin  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultularından elde edilenlere oldukça yakın olduğu ( $0.90 \leq (\epsilon_{c maks.}^{norm.}$  ve  $\epsilon_{s maks.}^{norm.}) \leq 0.95$ ) görülmüştür (Şekil 5.1–5.5, 5.21, 5.26).

- Planı kare ve dikdörtgen olan 1KC–[1-4] binaların yukarıda belirtilen ara deprem doğrultularının yanısıra, plan köşegeni (diyagonal) doğrultuları için de doğrusal olmayan statik analizlerin yapılması halinde, kolon plastik kesitlerindeki en elverişsiz birim boy değişmesi taleplerinin belirlenebildiği görülmektedir (Şekil 5.1–5.5, 5.21, 5.26–5.27).
- Plandaki her iki asal eksene (X ve Y) göre simetrik veya antisimetrik olan 3KC–[1-8], 5KC ve 8KC binalar için,  $\beta_{cr} = 45^\circ \pm 5^\circ$ ,  $\beta_{cr} = 135^\circ \pm 5^\circ$  ile  $\beta_{cr} = 225^\circ \pm 5^\circ$ ,  $\beta_{cr} = 315^\circ \pm 5^\circ$  arasındaki deprem doğrultularında iki doğrultulu doğrusal olmayan statik analizlerin yapılması halinde, kolon plastik kesitlerindeki en elverişsiz  $(\epsilon_{c maks.})_{cr}$  ve  $(\epsilon_{s maks.})_{cr}$  birim boy değişmesi talepleri belirlenebilmektedir (Şekil 5.6–5.14, 5.19–5.20, 5.22, 5.25–5.27).
- 3KC–[5,6] binaların her iki ara kolonunun tek doğrultuda kirişlerle birleştiği (diğer doğrultuda kirişlerin kaldırıldığı) ve ASCE–41-06 [6]’da çok doğrultulu deprem etkisinin incelenmesinin zorunlu olduğu binaları temsil eden 3KC–[9,10] binalarda,  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultularının yukarıda belirtilen  $\beta_{cr} = 45^\circ \pm 5^\circ$ ,  $\beta_{cr} = 135^\circ \pm 5^\circ$  ile  $\beta_{cr} = 225^\circ \pm 5^\circ$ ,  $\beta_{cr} = 315^\circ \pm 5^\circ$  arasındaki doğrultulardan farklı olduğu görülmüştür. Bu binalar için, deprem yüklerinin plan köşegeni ve ona yakın olan ara doğrultulardan etkimesi halinde, en elverişsiz  $(\epsilon_{c maks.})_{cr}$  ve  $(\epsilon_{s maks.})_{cr}$  birim boy değişmesi talepleri elde edilebilmektedir (Şekil 5.15–5.17, 5.24, 5.26–5.27).
- Plandaki her iki asal eksene (X ve Y) göre simetrik veya antisimetrik olmayan L planlı 3KC–11 binada,  $\beta_{cr} = 45^\circ \pm 5^\circ$ ,  $\beta_{cr} = 135^\circ \pm 5^\circ$  ile  $\beta_{cr} = 225^\circ \pm 5^\circ$ ,  $\beta_{cr} = 310^\circ \pm 5^\circ$  arasındaki deprem doğrultuları için doğrusal olmayan statik analizlerin yapılması halinde, ilgili kolon plastik kesitlerindeki en elverişsiz



$(\epsilon_{c \text{ maks.}})_{cr}$  ve  $(\epsilon_{s \text{ maks.}})_{cr}$  birim boy değişmesi talepleri elde edilebilmektedir (Şekil 5.18, 5.24, 5.26–5.27).

Çalışma kapsamında ele alınan betonarme binalar (1KC, 3KC, 5KC ve 8KC) için, deprem yüklerinin binaların sadece *plan köşegeni (diyagonal)* doğrultularından etkimesi halinde, en alt kat kolonlarının alt uçlarındaki plastik kesitlerde elde edilen  $\epsilon_{c \text{ maks.}}$  ve  $\epsilon_{s \text{ maks.}}$  birim boy değişmesi taleplerinin,  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultularından elde edilenlere göre *rölatif farkları (%)* ve *değişim oranları* Çizelge 5.7–5.12’de verilmiştir. Çizelge 5.7–5.12 incelendiğinde;

- İncelenen betonarme binaların sadece plan köşegeni (diyagonal) doğrultuları için yapılan şekildeğiştirme esaslı doğrusal olmayan statik analizler sonucunda,
  - Planı *kare* olan binaların en alt kolonlarının alt uçlarındaki plastik kesitlerde elde edilen  $\epsilon_{c \text{ maks.}}$  ve  $\epsilon_{s \text{ maks.}}$  birim boy değişmesi taleplerinin,  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultuları için elde edilenlerle çoğunlukla aynı olduğu belirlenmiştir.
  - Buna karşın, planı *kare* olmayan binalar için elde edilen  $\epsilon_{c \text{ maks.}}$  ve  $\epsilon_{s \text{ maks.}}$  birim boy değişmesi taleplerinin,  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultularından elde edilenlere göre daha küçük olduğu belirlenmiştir.
- Buna göre, incelenen binaların sadece plan köşegeni (diyagonal) doğrultuları için elde edilen  $\epsilon_{c \text{ maks.}}$  ve  $\epsilon_{s \text{ maks.}}$  birim boy değişmesi taleplerinin  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultularından elde edilenlere göre hesaplanan *rölatif farklara (%)* ve *değişim oranlarına* ait minimum (en az), maksimum (en çok) ve ortalama değerleri aşağıda verilmiştir. Buna göre;
  - Plandaki her iki asal eksene (X ve Y) göre simetrik veya antimetrik olan tek katlı 1KC–[1-4] binalarda, aşağıda verilen oranlarda daha küçük olduğu belirlenmiştir (Çizelge 5.7).

|                                     | <u>Minimum</u> | <u>Maksimum</u> | <u>Ortalama</u> |
|-------------------------------------|----------------|-----------------|-----------------|
| $\epsilon_{c \text{ maks.}}$ için : | –%1.2 (1.012)  | –%37.3 (1.595)  | –%10.3 (1.142)  |
| $\epsilon_{s \text{ maks.}}$ için : | %0.00          | –%41.6 (1.712)  | –%11.1 (1.159)  |

- o Plandaki her iki asal eksene (X ve Y) göre simetrik veya antimetrik olan üç katlı 3KC–[1-8] binalarda aşağıda verilen oranlarda daha küçük olduğu belirlenmiştir (Çizelge 5.8).

|                              | <u>Minimum</u> | <u>Maksimum</u>       | <u>Ortalama</u>       |
|------------------------------|----------------|-----------------------|-----------------------|
| $\mathcal{E}_c$ maks. için : | <b>%0.00</b>   | <b>–%52.5 (2.104)</b> | <b>–%11.2 (1.166)</b> |
| $\mathcal{E}_s$ maks. için : | <b>%0.00</b>   | <b>–%56.6 (2.306)</b> | <b>–%10.5 (1.162)</b> |

- o 3KC–[5,6] binaların her iki ara kolonunun tek doğrultuda kirişlerle birleştiği üç katlı 3KC–[9,10] binalarda aşağıda verilen oranlarda daha küçük olduğu belirlenmiştir (Çizelge 5.9).

|                              | <u>Minimum</u>       | <u>Maksimum</u>       | <u>Ortalama</u>      |
|------------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|
| $\mathcal{E}_c$ maks. için : | <b>–%3.2 (1.033)</b> | <b>–%10.7 (1.120)</b> | <b>–%4.8 (1.052)</b> |
| $\mathcal{E}_s$ maks. için : | <b>–%3.2 (1.033)</b> | <b>–%14.6 (1.171)</b> | <b>–%5.9 (1.065)</b> |

- o Plandaki her iki asal eksene (X ve Y) göre simetrik veya antimetrik olmayan üç katlı 3KC–11 binada aşağıda verilen oranlarda daha küçük olduğu belirlenmiştir (Çizelge 5.10).

|                              | <u>Minimum</u>       | <u>Maksimum</u>       | <u>Ortalama</u>       |
|------------------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|
| $\mathcal{E}_c$ maks. için : | <b>–%1.0 (1.010)</b> | <b>–%33.5 (1.504)</b> | <b>–%15.8 (1.213)</b> |
| $\mathcal{E}_s$ maks. için : | <b>–%0.8 (1.008)</b> | <b>–%36.2 (1.568)</b> | <b>–%16.7 (1.232)</b> |

- o Plandaki her iki asal eksene (X ve Y) göre antimetrik olan beş katlı ve sekiz katlı (5KC ve 8KC) binalarda ise aynı olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.35).

|                              | <u>Minimum</u> | <u>Maksimum</u> | <u>Ortalama</u> |
|------------------------------|----------------|-----------------|-----------------|
| $\mathcal{E}_c$ maks. için : | <b>%0.00</b>   | <b>%0.00</b>    | <b>%0.00</b>    |
| $\mathcal{E}_s$ maks. için : | <b>%0.00</b>   | <b>%0.00</b>    | <b>%0.00</b>    |

Çizelge 5.7 1KC-[1-4] binaların plan köşegeni doğrultuları için elde edilen birim boy değişmesi taleplerinin kritik deprem doğrultularından elde edilenlere göre değişim oranları

| Bina  | Plastik Kesit (Mafsal) | $(\epsilon_{c maks.})_{diyag.}^{maks.}$ | $(\epsilon_{c maks.})_{cr}$ | $\epsilon_c$ maks. için            |                                    |                                | $(\epsilon_{s maks.})_{diyag.}^{maks.}$ | $(\epsilon_{s maks.})_{cr}$ | $\epsilon_s$ maks. için            |                                    |                                |
|-------|------------------------|---|-----------------------------|------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|---|-----------------------------|------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|
|       |                        |   |                             | Rölatif Fark (%)                   |                                    | Değişim Oranı                  |   |                             | Rölatif Fark (%)                   |                                    | Değişim Oranı                  |
|       |                        |   |                             | $\left(\frac{[2]-[1]}{[1]}\right)$ | $\left(\frac{[1]-[2]}{[2]}\right)$ | $\left(\frac{[2]}{[1]}\right)$ |   |                             | $\left(\frac{[4]-[3]}{[3]}\right)$ | $\left(\frac{[3]-[4]}{[4]}\right)$ | $\left(\frac{[4]}{[3]}\right)$ |
|       |                        | [1]                                     | [2]                         |                                    |                                    | [3]                            | [4]                                     |                             |                                    |                                    |                                |
| 1KC-1 | H13                    | 0.006956                                | 0.007066                    | +1.6                               | -1.6                               | 1.016                          | 0.013124                                | 0.013124                    | 0.0                                | 0.0                                | 1.000                          |
|       | H16                    | 0.006956                                | 0.007066                    | +1.6                               | -1.6                               | 1.016                          | 0.013124                                | 0.013124                    | 0.0                                | 0.0                                | 1.000                          |
|       | H19                    | 0.006956                                | 0.007066                    | +1.6                               | -1.6                               | 1.016                          | 0.013124                                | 0.013124                    | 0.0                                | 0.0                                | 1.000                          |
|       | H22                    | 0.006956                                | 0.007066                    | +1.6                               | -1.6                               | 1.016                          | 0.013124                                | 0.013124                    | 0.0                                | 0.0                                | 1.000                          |
| 1KC-2 | H13                    | 0.007078                                | 0.008726                    | +23.3                              | -18.9                              | 1.233                          | 0.012891                                | 0.015879                    | +23.2                              | -18.8                              | 1.232                          |
|       | H16                    | 0.007078                                | 0.008726                    | +23.3                              | -18.9                              | 1.233                          | 0.012891                                | 0.015879                    | +23.2                              | -18.8                              | 1.232                          |
|       | H19                    | 0.007078                                | 0.008726                    | +23.3                              | -18.9                              | 1.233                          | 0.012891                                | 0.015879                    | +23.2                              | -18.8                              | 1.232                          |
|       | H22                    | 0.007078                                | 0.008726                    | +23.3                              | -18.9                              | 1.233                          | 0.012891                                | 0.015879                    | +23.2                              | -18.8                              | 1.232                          |
| 1KC-3 | H13                    | 0.007635                                | 0.007747                    | +1.5                               | -1.4                               | 1.015                          | 0.014067                                | 0.014516                    | +3.2                               | -3.1                               | 1.032                          |
|       | H16                    | 0.007635                                | 0.007747                    | +1.5                               | -1.4                               | 1.015                          | 0.014067                                | 0.014516                    | +3.2                               | -3.2                               | 1.032                          |
|       | H19                    | 0.007635                                | 0.007747                    | +1.5                               | -1.4                               | 1.015                          | 0.014067                                | 0.014516                    | +3.2                               | -3.2                               | 1.032                          |
|       | H22                    | 0.007635                                | 0.007747                    | +1.5                               | -1.4                               | 1.015                          | 0.014067                                | 0.014516                    | +3.2                               | -3.1                               | 1.032                          |
| 1KC-4 | H13                    | 0.009855                                | 0.009970                    | +1.2                               | -1.2                               | 1.012                          | 0.017475                                | 0.017986                    | +2.9                               | -2.8                               | 1.029                          |
|       | H16                    | 0.005744                                | 0.009160                    | <b>+59.5</b>                       | <b>-37.3</b>                       | <b>1.595</b>                   | 0.010389                                | 0.017788                    | <b>+71.2</b>                       | <b>-41.6</b>                       | <b>1.712</b>                   |
|       | H19                    | 0.005744                                | 0.009160                    | <b>+59.5</b>                       | <b>-37.3</b>                       | <b>1.595</b>                   | 0.010389                                | 0.017788                    | <b>+71.2</b>                       | <b>-41.6</b>                       | <b>1.712</b>                   |
|       | H22                    | 0.009855                                | 0.009970                    | +1.2                               | -1.2                               | 1.012                          | 0.017475                                | 0.017986                    | +2.9                               | -2.8                               | 1.029                          |
|       |                        | Ortalama                                |                             | <b>+14.2</b>                       | <b>-10.3</b>                       | <b>1.142</b>                   | Ortalama                                |                             | <b>+15.9</b>                       | <b>-11.1</b>                       | <b>1.159</b>                   |

Çizelge 5.8 3KC-[1-8] binaların plan köşegeni doğrultuları için elde edilen birim boy değişmesi taleplerinin kritik deprem doğrultularından elde edilenlere göre değişim oranları

| Bina  | Plastik Kesit (Mafsal) | $(\epsilon_{c maks.})_{diyag.}^{maks.}$ | $(\epsilon_{c maks.})_{cr}$ | $\epsilon_c$ maks. için            |                                    |                                | $(\epsilon_{s maks.})_{diyag.}^{maks.}$ | $(\epsilon_{s maks.})_{cr}$ | $\epsilon_s$ maks. için            |                                    |                                |
|-------|------------------------|---|-----------------------------|------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|---|-----------------------------|------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|
|       |                        |   |                             | Rölatif Fark (%)                   |                                    | Değişim Oranı                  |   |                             | Rölatif Fark (%)                   |                                    | Değişim Oranı                  |
|       |                        |   |                             | $\left(\frac{[2]-[1]}{[1]}\right)$ | $\left(\frac{[1]-[2]}{[2]}\right)$ | $\left(\frac{[2]}{[1]}\right)$ |   |                             | $\left(\frac{[4]-[3]}{[3]}\right)$ | $\left(\frac{[3]-[4]}{[4]}\right)$ | $\left(\frac{[4]}{[3]}\right)$ |
|       |                        | [1]                                     | [2]                         |                                    |                                    | [3]                            | [4]                                     |                             |                                    |                                    |                                |
| 3KC-1 | H13                    | 0.014515                                | 0.014515                    | 0.0                                | 0.0                                | 1.000                          | 0.021945                                | 0.021975                    | +0.1                               | -0.1                               | 1.001                          |
|       | H16                    | 0.014515                                | 0.014515                    | 0.0                                | 0.0                                | 1.000                          | 0.021945                                | 0.021975                    | +0.1                               | -0.1                               | 1.001                          |
|       | H19                    | 0.014515                                | 0.014515                    | 0.0                                | 0.0                                | 1.000                          | 0.021945                                | 0.021975                    | +0.1                               | -0.1                               | 1.001                          |
|       | H22                    | 0.014515                                | 0.014515                    | 0.0                                | 0.0                                | 1.000                          | 0.021945                                | 0.021975                    | +0.1                               | -0.1                               | 1.001                          |
| 3KC-2 | H13                    | 0.011371                                | 0.011371                    | 0.0                                | 0.0                                | 1.000                          | 0.016009                                | 0.016009                    | 0.0                                | 0.0                                | 1.000                          |
|       | H16                    | 0.011371                                | 0.011371                    | 0.0                                | 0.0                                | 1.000                          | 0.016009                                | 0.016009                    | 0.0                                | 0.0                                | 1.000                          |
|       | H19                    | 0.011371                                | 0.011371                    | 0.0                                | 0.0                                | 1.000                          | 0.016009                                | 0.016009                    | 0.0                                | 0.0                                | 1.000                          |
|       | H22                    | 0.011371                                | 0.011371                    | 0.0                                | 0.0                                | 1.000                          | 0.016009                                | 0.016009                    | 0.0                                | 0.0                                | 1.000                          |
| 3KC-3 | H13                    | 0.013309                                | 0.017563                    | +32.0                              | -24.2                              | 1.320                          | 0.021556                                | 0.027038                    | +25.4                              | -20.3                              | 1.254                          |
|       | H16                    | 0.013309                                | 0.017563                    | +32.0                              | -24.1                              | 1.320                          | 0.021556                                | 0.027038                    | +25.4                              | -20.3                              | 1.254                          |
|       | H19                    | 0.013309                                | 0.017563                    | +32.0                              | -24.1                              | 1.320                          | 0.021556                                | 0.027038                    | +25.4                              | -20.3                              | 1.254                          |
|       | H22                    | 0.013309                                | 0.017563                    | +32.0                              | -24.2                              | 1.320                          | 0.021556                                | 0.027038                    | +25.4                              | -20.3                              | 1.254                          |
| 3KC-4 | H13                    | 0.010633                                | 0.013920                    | +30.9                              | -23.6                              | 1.309                          | 0.014944                                | 0.020296                    | +35.8                              | -26.4                              | 1.358                          |
|       | H16                    | 0.00624                                 | 0.013132                    | <b>+110.4</b>                      | <b>-52.5</b>                       | <b>2.104</b>                   | 0.009161                                | 0.021123                    | <b>+130.6</b>                      | <b>-56.6</b>                       | <b>2.306</b>                   |
|       | H19                    | 0.00624                                 | 0.013132                    | <b>+110.4</b>                      | <b>-52.5</b>                       | <b>2.104</b>                   | 0.009161                                | 0.021123                    | <b>+130.6</b>                      | <b>-56.6</b>                       | <b>2.306</b>                   |
|       | H22                    | 0.010633                                | 0.013920                    | +30.9                              | -23.6                              | 1.309                          | 0.014944                                | 0.020296                    | +35.8                              | -26.4                              | 1.358                          |
| 3KC-5 | H13                    | 0.012364                                | 0.015090                    | +22.0                              | -18.1                              | 1.220                          | 0.020903                                | 0.023477                    | +12.3                              | -11.0                              | 1.123                          |
|       | H16                    | 0.013841                                | 0.016921                    | +22.3                              | -18.2                              | 1.223                          | 0.020190                                | 0.024153                    | +19.6                              | -16.4                              | 1.196                          |
|       | H19                    | 0.012364                                | 0.015090                    | +22.0                              | -18.1                              | 1.220                          | 0.020903                                | 0.023477                    | +12.3                              | -11.0                              | 1.123                          |
|       | H22                    | 0.013841                                | 0.016921                    | +22.3                              | -18.2                              | 1.223                          | 0.020190                                | 0.024153                    | +19.6                              | -16.4                              | 1.196                          |
|       | H34                    | 0.012364                                | 0.015090                    | +22.0                              | -18.1                              | 1.220                          | 0.020903                                | 0.023477                    | +12.3                              | -11.0                              | 1.123                          |
|       | H37                    | 0.012364                                | 0.015090                    | +22.0                              | -18.1                              | 1.220                          | 0.020903                                | 0.023477                    | +12.3                              | -11.0                              | 1.123                          |
| 3KC-6 | H13                    | 0.013552                                | 0.015689                    | +15.8                              | -13.6                              | 1.158                          | 0.019166                                | 0.021614                    | +12.8                              | -11.3                              | 1.128                          |
|       | H16                    | 0.01303                                 | 0.016184                    | +24.2                              | -19.5                              | 1.242                          | 0.018907                                | 0.023071                    | +22.0                              | -18.0                              | 1.220                          |
|       | H19                    | 0.008585                                | 0.014012                    | +63.2                              | -38.7                              | 1.632                          | 0.012174                                | 0.020133                    | +65.4                              | -39.5                              | 1.654                          |
|       | H22                    | 0.01303                                 | 0.016184                    | +24.2                              | -19.5                              | 1.242                          | 0.018907                                | 0.023071                    | +22.0                              | -18.0                              | 1.220                          |
|       | H34                    | 0.008585                                | 0.014012                    | +63.2                              | -38.7                              | 1.632                          | 0.012174                                | 0.020133                    | +65.4                              | -39.5                              | 1.654                          |
|       | H37                    | 0.013552                                | 0.015689                    | +15.8                              | -13.6                              | 1.158                          | 0.019166                                | 0.021614                    | +12.8                              | -11.3                              | 1.128                          |
| 3KC-7 | H13                    | 0.012638                                | 0.012638                    | 0.0                                | 0.0                                | 1.000                          | 0.020403                                | 0.020403                    | 0.0                                | 0.0                                | 1.000                          |
|       | H16                    | 0.015297                                | 0.015297                    | 0.0                                | 0.0                                | 1.000                          | 0.022399                                | 0.022398                    | 0.0                                | 0.0                                | 1.000                          |
|       | H19                    | 0.015297                                | 0.015297                    | 0.0                                | 0.0                                | 1.000                          | 0.022399                                | 0.022398                    | 0.0                                | 0.0                                | 1.000                          |
|       | H22                    | 0.01722                                 | 0.017220                    | 0.0                                | 0.0                                | 1.000                          | 0.024574                                | 0.024574                    | 0.0                                | 0.0                                | 1.000                          |
|       | H34                    | 0.012638                                | 0.012638                    | 0.0                                | 0.0                                | 1.000                          | 0.020403                                | 0.020403                    | 0.0                                | 0.0                                | 1.000                          |
|       | H37                    | 0.015297                                | 0.015297                    | 0.0                                | 0.0                                | 1.000                          | 0.022399                                | 0.022398                    | 0.0                                | 0.0                                | 1.000                          |
|       | H55                    | 0.012638                                | 0.012638                    | 0.0                                | 0.0                                | 1.000                          | 0.020403                                | 0.020403                    | 0.0                                | 0.0                                | 1.000                          |
|       | H58                    | 0.015297                                | 0.015297                    | 0.0                                | 0.0                                | 1.000                          | 0.022399                                | 0.022398                    | 0.0                                | 0.0                                | 1.000                          |
| 3KC-8 | H13                    | 0.012962                                | 0.013429                    | +3.6                               | -3.5                               | 1.036                          | 0.020615                                | 0.021830                    | +5.9                               | -5.6                               | 1.059                          |
|       | H16                    | 0.015102                                | 0.015102                    | 0.0                                | 0.0                                | 1.000                          | 0.021797                                | 0.021797                    | 0.0                                | 0.0                                | 1.000                          |
|       | H19                    | 0.015102                                | 0.015102                    | 0.0                                | 0.0                                | 1.000                          | 0.021797                                | 0.021797                    | 0.0                                | 0.0                                | 1.000                          |
|       | H22                    | 0.016742                                | 0.016742                    | 0.0                                | 0.0                                | 1.000                          | 0.023802                                | 0.023802                    | 0.0                                | 0.0                                | 1.000                          |
|       | H34                    | 0.012962                                | 0.013429                    | +3.6                               | -3.5                               | 1.036                          | 0.020615                                | 0.021830                    | +5.9                               | -5.6                               | 1.059                          |
|       | H37                    | 0.015102                                | 0.015102                    | 0.0                                | 0.0                                | 1.000                          | 0.021797                                | 0.021797                    | 0.0                                | 0.0                                | 1.000                          |
|       | H55                    | 0.012962                                | 0.013429                    | +3.6                               | -3.5                               | 1.036                          | 0.020615                                | 0.021830                    | +5.9                               | -5.6                               | 1.059                          |
|       | H58                    | 0.015102                                | 0.015102                    | 0.0                                | 0.0                                | 1.000                          | 0.021797                                | 0.021797                    | 0.0                                | 0.0                                | 1.000                          |
|       |                        |   | Ortalama                    | <b>+16.6</b>                       | <b>-11.2</b>                       | <b>1.166</b>                   |   | Ortalama                    | <b>+16.2</b>                       | <b>-10.5</b>                       | <b>1.162</b>                   |

Çizelge 5.9 3KC–[9,10] binaların plan köşegeni doğrultuları için elde edilen birim boy değişmesi taleplerinin kritik deprem doğrultularından elde edilenlere göre değişim oranları

| Bina   | Plastik Kesit (Mafsal) | $(\epsilon_{c maks.})_{diyag.}^{maks.}$ | $(\epsilon_{c maks.})_{cr}$ | $\epsilon_c$ maks. için |                       |                   | $(\epsilon_{s maks.})_{diyag.}^{maks.}$ | $(\epsilon_{s maks.})_{cr}$ | $\epsilon_s$ maks. için |                       |                   |
|--------|------------------------|---|-----------------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------|---|-----------------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------|
|        |                        |   |                             | Rölatif Fark (%)        |                       | Değişim Oranı     |   |                             | Rölatif Fark (%)        |                       | Değişim Oranı     |
|        |                        |   |                             | $\frac{[2]-[1]}{[1]}$   | $\frac{[1]-[2]}{[2]}$ | $\frac{[2]}{[1]}$ |   |                             | $\frac{[4]-[3]}{[3]}$   | $\frac{[3]-[4]}{[4]}$ | $\frac{[4]}{[3]}$ |
|        |                        | [1]                                     | [2]                         |                         |                       | [3]               | [4]                                     |                             |                         |                       |                   |
| 3KC–9  | H13                    | 0.015276                                | 0.015801                    | +3.4                    | -3.3                  | 1.034             | 0.022019                                | 0.022967                    | +4.3                    | -4.1                  | 1.043             |
|        | H16                    | 0.013408                                | 0.013846                    | +3.3                    | -3.2                  | 1.033             | 0.021251                                | 0.021958                    | +3.3                    | -3.2                  | 1.033             |
|        | H19                    | 0.015276                                | 0.015801                    | +3.4                    | -3.3                  | 1.034             | 0.022019                                | 0.022967                    | +4.3                    | -4.1                  | 1.043             |
|        | H22                    | 0.013408                                | 0.013846                    | +3.3                    | -3.2                  | 1.033             | 0.021251                                | 0.021958                    | +3.3                    | -3.2                  | 1.033             |
|        | H34                    | 0.015276                                | 0.015801                    | +3.4                    | -3.3                  | 1.034             | 0.022019                                | 0.022967                    | +4.3                    | -4.1                  | 1.043             |
|        | H37                    | 0.015276                                | 0.015801                    | +3.4                    | -3.3                  | 1.034             | 0.022019                                | 0.022967                    | +4.3                    | -4.1                  | 1.043             |
| 3KC–10 | H13                    | 0.013953                                | 0.014471                    | +3.7                    | -3.6                  | 1.037             | 0.019149                                | 0.020112                    | +5.0                    | -4.8                  | 1.050             |
|        | H16                    | 0.011608                                | 0.012206                    | +5.2                    | -4.9                  | 1.052             | 0.018067                                | 0.018961                    | +4.9                    | -4.7                  | 1.049             |
|        | H19                    | 0.009415                                | 0.010541                    | <b>+12.0</b>            | <b>-10.7</b>          | <b>1.120</b>      | 0.013573                                | 0.015895                    | <b>+17.1</b>            | <b>-14.6</b>          | <b>1.171</b>      |
|        | H22                    | 0.011608                                | 0.012206                    | +5.2                    | -4.9                  | 1.052             | 0.018067                                | 0.018961                    | +4.9                    | -4.7                  | 1.049             |
|        | H34                    | 0.009415                                | 0.010541                    | <b>+12.0</b>            | <b>-10.7</b>          | <b>1.120</b>      | 0.013573                                | 0.015895                    | <b>+17.1</b>            | <b>-14.6</b>          | <b>1.171</b>      |
|        | H37                    | 0.013953                                | 0.014471                    | +3.7                    | -3.6                  | 1.037             | 0.019149                                | 0.020112                    | +5.0                    | -4.8                  | 1.050             |
|        |                        |   | Ortalama                    | <b>+5.2</b>             | <b>-4.8</b>           | <b>1.052</b>      |   | Ortalama                    | <b>+6.5</b>             | <b>-5.9</b>           | <b>1.065</b>      |

Çizelge 5.10 3KC–11 binanın plan köşegeni doğrultuları için elde edilen birim boy değişmesi taleplerinin kritik deprem doğrultularından elde edilenlere göre değişim oranları

| Bina   | Plastik Kesit (Mafsal) | $(\epsilon_{c maks.})_{diyag.}^{maks.}$ | $(\epsilon_{c maks.})_{cr}$ | $\epsilon_c$ maks. için |                       |                   | $(\epsilon_{s maks.})_{diyag.}^{maks.}$ | $(\epsilon_{s maks.})_{cr}$ | $\epsilon_s$ maks. için |                       |                   |
|--------|------------------------|---|-----------------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------|---|-----------------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------|
|        |                        |   |                             | Rölatif Fark (%)        |                       | Değişim Oranı     |   |                             | Rölatif Fark (%)        |                       | Değişim Oranı     |
|        |                        |   |                             | $\frac{[2]-[1]}{[1]}$   | $\frac{[1]-[2]}{[2]}$ | $\frac{[2]}{[1]}$ |   |                             | $\frac{[4]-[3]}{[3]}$   | $\frac{[3]-[4]}{[4]}$ | $\frac{[4]}{[3]}$ |
|        |                        | [1]                                     | [2]                         |                         |                       | [3]               | [4]                                     |                             |                         |                       |                   |
| 3KC–11 | H13                    | 0.013876                                | 0.014021                    | +1.0                    | -1.0                  | 1.010             | 0.018478                                | 0.019234                    | +4.1                    | -3.9                  | 1.041             |
|        | H16                    | 0.00796                                 | 0.011970                    | <b>+50.4</b>            | <b>-33.5</b>          | <b>1.504</b>      | 0.011927                                | 0.016467                    | +38.1                   | -27.6                 | 1.381             |
|        | H19                    | 0.010108                                | 0.013497                    | +33.5                   | -25.1                 | 1.335             | 0.013517                                | 0.020104                    | +48.7                   | -32.8                 | 1.487             |
|        | H22                    | 0.012797                                | 0.013306                    | +4.0                    | -3.8                  | 1.040             | 0.017469                                | 0.018560                    | +6.2                    | -5.9                  | 1.062             |
|        | H37                    | 0.011388                                | 0.011896                    | +4.5                    | -4.3                  | 1.045             | 0.016804                                | 0.017672                    | +5.2                    | -4.9                  | 1.052             |
|        | H55                    | 0.008262                                | 0.011257                    | +36.3                   | -26.6                 | 1.363             | 0.012544                                | 0.019663                    | <b>+56.8</b>            | <b>-36.2</b>          | <b>1.568</b>      |
|        | H58                    | 0.015344                                | 0.016131                    | +5.1                    | -4.9                  | 1.051             | 0.022076                                | 0.022258                    | +0.8                    | -0.8                  | 1.008             |
|        | H61                    | 0.011732                                | 0.012260                    | +4.5                    | -4.3                  | 1.045             | 0.016563                                | 0.017399                    | +5.0                    | -4.8                  | 1.050             |
|        | H172                   | 0.007766                                | 0.010308                    | +32.7                   | -24.7                 | 1.327             | 0.013630                                | 0.018228                    | +33.7                   | -25.2                 | 1.337             |
|        | H178                   | 0.007995                                | 0.011311                    | +41.5                   | -29.3                 | 1.415             | 0.013298                                | 0.017677                    | +32.9                   | -24.8                 | 1.329             |
|        |                        |   | Ortalama                    | <b>+21.3</b>            | <b>-15.8</b>          | <b>1.213</b>      |   | Ortalama                    | <b>+23.2</b>            | <b>-16.7</b>          | <b>1.232</b>      |

Çizelge 5.11 5KC binanın plan köşegeni doğrultuları için elde edilen birim boy değişmesi taleplerinin kritik deprem doğrultularından elde edilenlere göre değişim oranları

| Bina | Plastik Kesit (Mafsal) | $(\epsilon_{c maks.})_{diyag.}$ | $(\epsilon_{c maks.})_{cr}$ | $\epsilon_c$ maks. için |                       |                   | $(\epsilon_{s maks.})_{diyag.}$ | $(\epsilon_{s maks.})_{cr}$ | $\epsilon_s$ maks. için |                       |                   |
|------|------------------------|---------------------------------|-----------------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------|---------------------------------|-----------------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------|
|      |                        |                                 |                             | Rölatif Fark (%)        |                       | Değişim Oran      |                                 |                             | Rölatif Fark (%)        |                       | Değişim Oran      |
|      |                        |                                 |                             | $\frac{[2]-[1]}{[1]}$   | $\frac{[1]-[2]}{[2]}$ | $\frac{[2]}{[1]}$ |                                 |                             | $\frac{[4]-[3]}{[3]}$   | $\frac{[3]-[4]}{[4]}$ | $\frac{[4]}{[3]}$ |
| [1]  | [2]                    | [3]                             | [4]                         | [3]                     | [4]                   | [3]               |                                 |                             |                         |                       |                   |
| 5KC  | H13                    | 0.020139                        | 0.020139                    | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             | 0.031547                        | 0.031547                    | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             |
|      | H16                    | 0.018834                        | 0.018834                    | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             | 0.025028                        | 0.025028                    | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             |
|      | H19                    | 0.018834                        | 0.018834                    | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             | 0.025028                        | 0.025028                    | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             |
|      | H22                    | 0.022998                        | 0.022998                    | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             | 0.027153                        | 0.027153                    | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             |
|      | H34                    | 0.022213                        | 0.022213                    | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             | 0.028539                        | 0.028539                    | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             |
|      | H37                    | 0.021415                        | 0.021415                    | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             | 0.026297                        | 0.026297                    | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             |
|      | H55                    | 0.022213                        | 0.022213                    | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             | 0.028539                        | 0.028539                    | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             |
|      | H58                    | 0.021415                        | 0.021415                    | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             | 0.026297                        | 0.026297                    | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             |
|      | H61                    | 0.020238                        | 0.020238                    | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             | 0.027333                        | 0.027333                    | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             |
|      | H94                    | 0.018834                        | 0.018834                    | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             | 0.025028                        | 0.025028                    | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             |
|      | H97                    | 0.022998                        | 0.022998                    | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             | 0.027153                        | 0.027153                    | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             |
|      | H100                   | 0.021415                        | 0.021415                    | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             | 0.026297                        | 0.026297                    | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             |
|      | H103                   | 0.020139                        | 0.020139                    | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             | 0.031547                        | 0.031547                    | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             |
|      | H106                   | 0.018834                        | 0.018834                    | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             | 0.025028                        | 0.025028                    | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             |
|      | H109                   | 0.022213                        | 0.022213                    | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             | 0.028539                        | 0.028539                    | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             |
|      | H166                   | 0.018834                        | 0.018834                    | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             | 0.025028                        | 0.025028                    | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             |
|      | H169                   | 0.020139                        | 0.020139                    | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             | 0.031547                        | 0.031547                    | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             |
|      | H172                   | 0.022998                        | 0.022998                    | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             | 0.027153                        | 0.027153                    | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             |
|      | H175                   | 0.018834                        | 0.018834                    | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             | 0.025028                        | 0.025028                    | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             |
|      | H178                   | 0.021415                        | 0.021415                    | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             | 0.026297                        | 0.026297                    | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             |
| H181 | 0.022213               | 0.022213                        | 0.0                         | 0.0                     | 1.000                 | 0.028539          | 0.028539                        | 0.0                         | 0.0                     | 1.000                 |                   |
| H184 | 0.022998               | 0.022998                        | 0.0                         | 0.0                     | 1.000                 | 0.027153          | 0.027153                        | 0.0                         | 0.0                     | 1.000                 |                   |
| H187 | 0.018834               | 0.018834                        | 0.0                         | 0.0                     | 1.000                 | 0.025028          | 0.025028                        | 0.0                         | 0.0                     | 1.000                 |                   |
| H190 | 0.018834               | 0.018834                        | 0.0                         | 0.0                     | 1.000                 | 0.025028          | 0.025028                        | 0.0                         | 0.0                     | 1.000                 |                   |
| H193 | 0.020139               | 0.020139                        | 0.0                         | 0.0                     | 1.000                 | 0.031547          | 0.031547                        | 0.0                         | 0.0                     | 1.000                 |                   |
|      |                        | Ortalama                        | 0.0                         | 0.0                     | 1.000                 | Ortalama          | 0.0                             | 0.0                         | 1.00                    |                       |                   |

Çizelge 5.12 8KC binanın plan köşegeni doğrultuları için elde edilen birim boy değişmesi taleplerinin kritik deprem doğrultularından elde edilenlere göre değişim oranları

| Bina | Plastik Kesit (Mafsalsal) | $(\epsilon_{c maks.})_{diyag.}$ | $(\epsilon_{c maks.})_{cr}$ | $\epsilon_c$ maks. için |                       |                   | $(\epsilon_{s maks.})_{diyag.}$ | $(\epsilon_{s maks.})_{cr}$ | $\epsilon_s$ maks. için |                       |                   |
|------|---------------------------|---------------------------------|-----------------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------|---------------------------------|-----------------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------|
|      |                           |                                 |                             | Rölatif Fark (%)        |                       | Değişim Oran      |                                 |                             | Rölatif Fark (%)        |                       | Değişim Oran      |
|      |                           |                                 |                             | $\frac{[2]-[1]}{[1]}$   | $\frac{[1]-[2]}{[2]}$ | $\frac{[2]}{[1]}$ |                                 |                             | $\frac{[4]-[3]}{[3]}$   | $\frac{[3]-[4]}{[4]}$ | $\frac{[4]}{[3]}$ |
| [1]  | [2]                       | [3]                             | [4]                         | [3]                     | [4]                   | [3]               |                                 |                             |                         |                       |                   |
| 8KC  | H13                       | 0.012821                        | 0.012821                    | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             | 0.018647                        | 0.018647                    | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             |
|      | H16                       | 0.015626                        | 0.015626                    | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             | 0.019654                        | 0.019654                    | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             |
|      | H19                       | 0.015626                        | 0.015626                    | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             | 0.019654                        | 0.019654                    | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             |
|      | H22                       | 0.016820                        | 0.016820                    | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             | 0.018655                        | 0.018655                    | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             |
|      | H34                       | 0.013593                        | 0.013593                    | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             | 0.016758                        | 0.016758                    | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             |
|      | H37                       | 0.017614                        | 0.017614                    | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             | 0.018899                        | 0.018899                    | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             |
|      | H55                       | 0.013593                        | 0.013593                    | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             | 0.016758                        | 0.016758                    | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             |
|      | H58                       | 0.017614                        | 0.017614                    | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             | 0.018899                        | 0.018899                    | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             |
|      | H61                       | 0.015618                        | 0.015618                    | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             | 0.016822                        | 0.016822                    | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             |
|      | H94                       | 0.015626                        | 0.015626                    | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             | 0.019654                        | 0.019654                    | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             |
|      | H97                       | 0.016820                        | 0.016820                    | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             | 0.018655                        | 0.018655                    | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             |
|      | H100                      | 0.017614                        | 0.017614                    | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             | 0.018899                        | 0.018899                    | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             |
|      | H103                      | 0.012821                        | 0.012821                    | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             | 0.018647                        | 0.018647                    | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             |
|      | H106                      | 0.015626                        | 0.015626                    | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             | 0.019654                        | 0.019654                    | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             |
|      | H109                      | 0.013593                        | 0.013593                    | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             | 0.016758                        | 0.016758                    | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             |
|      | H166                      | 0.015626                        | 0.015626                    | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             | 0.019654                        | 0.019654                    | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             |
|      | H169                      | 0.012821                        | 0.012821                    | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             | 0.018647                        | 0.018647                    | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             |
|      | H172                      | 0.016820                        | 0.016820                    | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             | 0.018655                        | 0.018655                    | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             |
|      | H175                      | 0.015626                        | 0.015626                    | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             | 0.019654                        | 0.019654                    | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             |
|      | H178                      | 0.017614                        | 0.017614                    | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             | 0.018899                        | 0.018899                    | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             |
| H181 | 0.013593                  | 0.013593                        | 0.0                         | 0.0                     | 1.000                 | 0.016758          | 0.016758                        | 0.0                         | 0.0                     | 1.000                 |                   |
| H184 | 0.016820                  | 0.016820                        | 0.0                         | 0.0                     | 1.000                 | 0.018655          | 0.018655                        | 0.0                         | 0.0                     | 1.000                 |                   |
| H187 | 0.015626                  | 0.015626                        | 0.0                         | 0.0                     | 1.000                 | 0.019654          | 0.019654                        | 0.0                         | 0.0                     | 1.000                 |                   |
| H190 | 0.015626                  | 0.015626                        | 0.0                         | 0.0                     | 1.000                 | 0.019654          | 0.019654                        | 0.0                         | 0.0                     | 1.000                 |                   |
| H193 | 0.012821                  | 0.012821                        | 0.0                         | 0.0                     | 1.000                 | 0.018647          | 0.018647                        | 0.0                         | 0.0                     | 1.000                 |                   |
|      |                           | Ortalama                        |                             | 0.0                     | 0.0                   | 1.000             | Ortalama                        |                             | 0.0                     | 0.0                   | 1.00              |

Çalışmada, planda simetrik veya antisimetrik binalar (1KC–[1-4], 3KC–[1-10], 5KC ve 8KC) için  $\beta = 0^\circ \sim 180^\circ$ , simetrik veya antisimetrik olmayan 3KC–11 bina için ise  $\beta = 0^\circ \sim 360^\circ$  arasındaki bölgede doğrusal olmayan statik analiz sonuçlarından yararlanılarak, deprem yüklerinin  $\beta = 0^\circ \sim 360^\circ$  arasındaki deprem doğrultularından etkimesi hali için, en alt kat kolonlarının alt uçlarında oluşan plastik kesitlerdeki en elverişsiz  $(\epsilon_{c maks.})_{cr}$  ve  $(\epsilon_{s maks.})_{cr}$  birim boy değişmesi taleplerinin çoğunlukla,

deprem yüklerinin binaların plandaki asal eksenlerinden farklı olan  $\beta_{cr} = 45^\circ \pm 5^\circ$ ,  $\beta_{cr} = 135^\circ \pm 5^\circ$  ile  $\beta_{cr} = 225^\circ \pm 5^\circ$ ,  $\beta_{cr} = 315^\circ \pm 5^\circ$  arasındaki deprem doğrultularından ve ayrıca, plan köşegenlerine (diyagonal) yakın ara doğrultulardan etkimesi halinde olduğu belirlenmiştir.

Sayısal incelemeler kapsamında, bazı kolonları sadece bir doğrultuda kirişlerle bağlı olan binalar ile plandaki her iki asal eksene (X ve Y) göre simetrik veya antisimetrik olmayan L planlı bina dışındaki betonarme binalarda,  $\beta = 0^\circ \sim 360^\circ$  arasında gözönüne alınan deprem doğrultuları için herhangi bir kolon plastik kesitinde elde edilen en elverişsiz birim boy değişmesi taleplerini ( $(\epsilon_{c maks.})_{cr}$  ve  $(\epsilon_{s maks.})_{cr}$ ) veren kritik deprem doğrultularının çoğunlukla birbirlerine zıt yönlerdeki  $\beta_{cr}$  deprem doğrultularında oldukları belirlenmiştir (Örneğin, aynı kolon plastik kesitinde  $(\epsilon_{c maks.})_{cr}$  için  $\beta_{cr} = 45^\circ$  iken,  $(\epsilon_{s maks.})_{cr}$  için  $\beta_{cr} = 225^\circ$  ( $45^\circ + 180^\circ$ )'dir.). Her iki kritik deprem doğrultusu için ilgili kolon plastik kesitinde elde edilen  $\chi_T$  toplam eğrilik talepleri birbirine çok yakın değerler almasına karşın, yatay deprem yüklerinden dolayı  $N$  normal kuvvet taleplerinde büyük farklar oluşabilmektedir. Aynı kolon plastik kesitinde bu iki kritik deprem doğrultusu için;

- Normal kuvvet talebi daha küçük olanında en elverişsiz  $\epsilon_{s maks.}$  birim boy değişmesi talebi oluşmakta,
- Normal kuvvet talebi daha büyük olanında ise, en elverişsiz  $\epsilon_{c maks.}$  birim boy değişmesi talebi oluşmaktadır.

Ayrıca, incelenen betonarme binaların kat kütle merkezinden +X, -X, +Y, -Y veya plan köşegenine çizilen bir doğru üzerinde olan kolon plastik kesitlerindeki en elverişsiz  $(\epsilon_{c maks.})_{cr}$  ve  $(\epsilon_{s maks.})_{cr}$  birim boy değişmesi taleplerine ait  $\beta_{cr}$  değerlerinin aynı olduğu belirlenmiştir.

İncelenen 1KC, 3KC, 5KC ve 8KC betonarme binaların gözönüne alınan  $\beta$  deprem doğrultularındaki şekildeğiştirme esaslı doğrusal olmayan statik analizleri sonucunda, en elverişsiz  $(\epsilon_{c maks.})_{cr}$  ve  $(\epsilon_{s maks.})_{cr}$  birim boy değişmesi taleplerini veren  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultularının belirlenmesinde, planının farklı olmasının (kare,



dikdörtgen veya L plan) ve kolon enkesit geometrisinin farklı olmasının (kare veya dikdörtgen) oldukça az etkili olduğu görülmüştür. İncelenen binaların  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultularının belirlenmesinde, farklı plan ve kolon enkesit geometrisi durumlarına ait sonuçlar incelendiğinde;

- Plan ve kolon enkesitlerine ait farklı durumlarının incelendiği 1KC–[1-4] binalarda (1KC–1: planı ve kolon enkesitleri *kare* olan bina, 1KC–2: planı *kare*, kolon enkesitleri *dikdörtgen* olan bina, 1KC–3: planı *dikdörtgen*, kolon enkesitleri *kare* olan bina, 1KC–4: planı ve kolon enkesitleri *dikdörtgen* olan bina), kolonların alt uçlarında oluşan plastik kesitlerdeki en elverişsiz  $\epsilon_{c maks.}$  ve  $\epsilon_{s maks.}$  birim boy değişmesi taleplerini veren  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultularının farklı değerler alabildiği görülmüştür (Şekil 5.1–5.5, 5.21, 5.26). Buna karşın, planı ve kolon enkesitleri 1KC–[1-4] binalar ile aynı olan 3KC–[1-4] binaların en alt kat kolonlarının alt uçlarındaki plastik kesitlerde elde edilen  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultularının birbirlerine oldukça yakın değerler aldığı görülmüştür (Şekil 5.6–5.9, 5.22, 5.26). 1KC binalar için oluşan bu farklılığın daha önce de belirtildiği gibi, normal kuvvet düzeyinin küçük olmasından ve ayrıca, kiriş uçlarında oluşan plastik kesitler sonrası çerçeve davranışının sağlanamamasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.
- Plan üzerinde bir doğrultuda tek açıklıklı, diğer doğrultuda iki açıklıklı olan 3KC–[5,6] binalar ile her iki doğrultuda iki açıklıklı olan 3KC–[7,8] binalarda, plan geometrisinin ve kolon enkesitlerinin *kare* ve/veya *dikdörtgen* olması durumları için  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultularının belirlenmesinde, farklı plan ve kolon enkesit geometrisinin oldukça az etkili olduğu görülmüştür (Şekil 5.10–5.13, 5.23, 5.26).
- 3KC–[5,6] binaların her iki ara kolonunun tek doğrultuda kirişlerle birleştiği (diğer doğrultuda kirişlerin kaldırıldığı) ve ASCE–41-06’da çok doğrultulu deprem etkisinin incelenmesi zorunlu olan binaları temsil eden 3KC–[9,10] binalarda,  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultularının belirlenmesinde farklı plan ve kolon enkesit geometrisinin, 3KC–[5-8] binalara benzer şekilde, oldukça az etkili olduğu görülmüştür (Şekil 5.15–5.17, 5.24, 5.26).

### 5.3.2 Kritik Deprem Doğrultusu Önerisi

Çalışma kapsamında incelenen 1KC, 3KC, 5KC ve 8KC binalar üzerinde, deprem yüklerinin doğrultu etkisi nedeniyle sistem elemanlarında oluşacak en elverişsiz yapısal davranış taleplerini veren kritik deprem doğrultularının ( $\beta_{cr}$ ) belirlenmesinde, kolon plastik kesitlerindeki iç kuvvet ve/veya plastik şekildeğiştirme talepleri ( $M_x$  ve  $M_y$  eğilme momenti doğrultularında oluşan  $\theta_{px}$  ve  $\theta_{py}$  plastik dönme talepleri ile  $N$  normal kuvvet talebi) arasındaki etkileşimi gözönüne alabilmesi nedeniyle birim boy değişmesi talepleri (kesitte tarafsız eksene en uzak donatıdaki  $\mathcal{E}_{s maks.}$  ile en dış beton basınç lifindeki  $\mathcal{E}_{c maks.}$  talebi) esas alınmıştır.

Kirişlerde, basit eğilme etkisi sözkonusu olduğundan (yani, iç kuvvetler arasında etkileşim olmadığından), sadece oluşan eğilme momenti doğrultusundaki plastik şekildeğiştirme talebi (plastik dönme veya plastik eğrilik) doğrudan doğruya değerlendirilebilir.

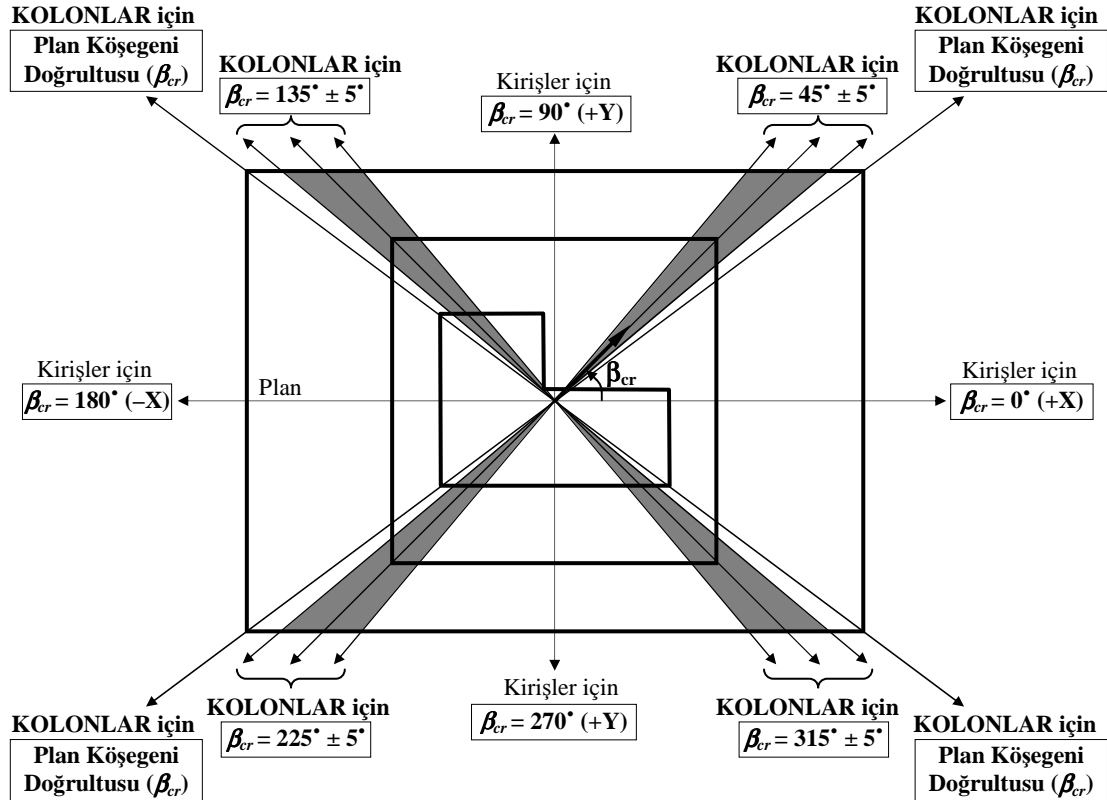
Herhangi bir yapısal düzensizliği bulunmayan ve ortogonal akslara sahip olan betonarme binaların çok doğrultulu deprem yükleri altındaki şekildeğiştirme esaslı doğrusal olmayan statik analiz sonuçlarından yararlanılarak, kiriş ve kolon plastik kesitlerinde (plastik mafsallarında) oluşacak en elverişsiz plastik şekildeğiştirme taleplerinin belirlenebilmesi amacıyla,  $\beta = 0^\circ \sim 360^\circ$  arasında  $10^\circ$ 'lik aralıklarla ve ayrıca, *kare* ve *dikdörtgen* planlı binaların köşegen (diyagonal) doğrultuları olmak üzere en az 40 ~ 44 farklı deprem doğrultusu için araştırma yapılması yerine, aşağıda önerilen oldukça az sayıdaki deprem doğrultusu için araştırma yapılmasının yeterli olduğu belirlenmiştir.

Buna göre;

- Kirişlerde plastikleşmenin sadece tek eksenli eğilme (basit eğilme) etkisinde olduğu varsayıldığından, eğilme momenti doğrultusundaki plastik şekildeğiştirme taleplerinin ( $\theta_p$  plastik dönme veya  $\chi_p$  plastik eğrilik) en elverişsiz değerlerinin belirlenmesi için, binaların plandaki sadece asal eksen doğrultularında ( $\beta_{cr} = 0^\circ, 90^\circ, 180^\circ$  ve  $270^\circ$ ) doğrusal olmayan statik analizlerin yapılması yeterli olacaktır (Şekil 5.28).

- Kolonlarda, iki eksenli eğilme momenti ve normal kuvvetin (bileşik eğik eğilme) etkileşimini gözönüne alan, kesitteki tarafsız eksene en uzak donatıdaki  $\varepsilon_{s maks.}$  ile en dış beton basınç lifindeki  $\varepsilon_{c maks.}$  birim boy değişmesi taleplerinin en elverişsiz değerlerinin belirlenmesi için binaların,
  - $\beta_{cr}=45^\circ \pm 5^\circ$  arasındaki  $\beta_{cr}=40^\circ, 45^\circ$  ve  $50^\circ$  deprem doğrultularında,
  - $\beta_{cr}=135^\circ \pm 5^\circ$  arasındaki  $\beta_{cr}=130^\circ, 135^\circ$  ve  $140^\circ$  deprem doğrultularında,
  - $\beta_{cr}=225^\circ \pm 5^\circ$  arasındaki  $\beta_{cr}=220^\circ, 225^\circ$  ve  $230^\circ$  deprem doğrultularında,
  - $\beta_{cr}=315^\circ \pm 5^\circ$  arasındaki  $\beta_{cr}=310^\circ, 315^\circ$  ve  $320^\circ$  deprem doğrultularında,
  - Ayrıca, kare planlı olmayan binalarda, *Plan köşegeni (diyagonal)* doğrultularında

Bölüm 3’de esasları verilen iki doğrultulu doğrusal olmayan statik analizlerin yapılması önerilmektedir (Şekil 5.28).



Şekil 5.28  $\varepsilon_{c maks.}$  ve  $\varepsilon_{s maks.}$  birim boy değişmesi talepleri için önerilen kritik deprem doğrultuları

- Kritik deprem doğrultusu ( $\beta_{cr}$ ) ile ilgili genel bir değerlendirme yapıldığında, sayısal incelemeler kapsamında ele alınan betonarme binaların (1KC, 3KC, 5KC ve 8KC), sadece yukarıda önerilen kritik deprem doğrultuları ( $\beta_{cr}$ ) için şekildeğiştirme esaslı doğrusal olmayan statik analizler sonucunda elde edilen taban  $V_T$  kesme kuvveti taleplerinin,  $\delta_{epe}$  tepe yerdeğiştirmesi taleplerinin,  $\Delta_i$  görelî kat ötelemesi taleplerinin, plastik kesitlerin taşıyıcı sistem üzerindeki dağılımlarının, kolon plastik kesitlerindeki  $\theta_p$  plastik dönme taleplerinin ve  $\chi_p$  plastik eğrilik taleplerinin her birinin, en elverişsiz değerlerine oldukça yakın değerlerde olduğu belirlenmiştir.

Diğer bir ifade ile, incelenen betonarme binaların kiriş plastik kesitlerinde sadece eğilme momenti doğrultusunda oluşan  $\theta_p$  plastik dönme taleplerinin en elverişsiz değerleri için ve kolon plastik kesitlerinde iç kuvvet ve/veya plastik şekildeğiştirme talepleri arasındaki etkileşimi gözönüne alan  $\varepsilon_{c maks.}$  ve  $\varepsilon_{s maks.}$  birim boy değişmesi taleplerinin en elverişsiz değerleri için önerilen  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultuları ile belirtilen diğer yapısal davranış taleplerinin ( $\Delta_i$  görelî kat ötelemesi talepleri,  $\theta_p$  plastik dönme talepleri, vb.) en elverişsiz değerlerini veren  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultularının birbirlerine oldukça yakın değerlerde olduğu belirlenmiştir.

## 6. KOLON PLASTİK KESİTLERİNDEKİ EN ELVERİŞSİZ BİRİM ŞEKİLDEĞİŞTİRME TALEPLERİNİN BELİRLENEBİLMESİ İÇİN YENİ BİR BÜYÜTME KURALI ÖNERİSİ

Deprem yüklerinin doğrultu etkisi nedeniyle, betonarme binaların kolon plastik kesitlerinde oluşacak en elverişsiz  $\mathcal{E}_{c maks.}$  ve  $\mathcal{E}_{s maks.}$  birim boy değişmesi taleplerinin belirlenmesi amacıyla, binaların plandaki asal eksen doğrultularının yanısıra çok sayıda deprem doğrultusu için şekildeğiştirme esaslı doğrusal olmayan statik analizlerin yapılması gerekmektedir. Bunun sonucu olarak, binaların farklı deprem doğrultuları için doğrusal olmayan analizlerin uygulanması, çok fazla işlem hacmi gerektirmekte ve oldukça zaman alıcı olmaktadır. Bölüm 5’de, herhangi bir yapısal düzensizliği bulunmayan ve ortogonal akslara sahip olan betonarme binaların kolon plastik kesitlerindeki en elverişsiz  $\mathcal{E}_{c maks.}$  ve  $\mathcal{E}_{s maks.}$  birim boy değişmesi taleplerinin belirlenmesi amacıyla  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultuları önerilmiştir. Ancak, herhangi bir  $\beta$  deprem doğrultusu için dahi hesaplar oldukça zaman gerektirmektedir.

Bu nedenle çalışmanın bu bölümünde, incelenen betonarme binaların plandaki asal eksen doğrultuları ve  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultularındaki şekildeğiştirme esaslı doğrusal olmayan statik analizlerinden elde edilen sonuçlar ışığı altında, deprem yüklerinin doğrultu etkisi nedeniyle binaların kolon plastik kesitlerinde oluşacak en elverişsiz  $\mathcal{E}_{c maks.}$  ve  $\mathcal{E}_{s maks.}$  birim boy değişmesi taleplerinin belirlenebilmesi amacıyla bir büyütme kuralı önerilmiştir. Önerilen büyütme kuralı ile kolon plastik kesitlerindeki en elverişsiz birim boy değişmesi taleplerinin belirlenebilmesi için, doğrusal olmayan statik analizlerin binaların plandaki asal eksenlerinden farklı deprem doğrultuları için yapılmasına gerek kalmamakta, sadece asal eksen doğrultularında yapılması yeterli olmaktadır. Böylece, binaların doğrusal olmayan analiz ve değerlendirmeleri için gerekli işlem hacmi ve harcanacak zaman önemli ölçüde azalmaktadır.

Önerilen büyütme kuralı, binaların plandaki asal eksen (X ve Y) doğrultularındaki doğrusal olmayan statik analiz sonuçlarından yararlanılarak, kolon plastik kesitlerindeki kesit analizlerini esas almaktadır. İncelenen binaların en alt kat kolon plastik kesitlerinde, önerilen büyütme kuralından elde edilen birim boy değişmesi talepleri,  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultularındaki değerler referans alınarak karşılaştırılmış ve önerilen büyütme kuralının hata oranı belirlenerek kullanılabilirliği ve yaklaşıklığı değerlendirilmiştir.

Bilindiği gibi, birçok yönetmelikte deprem yüklerinin doğrultu etkisi nedeniyle sistem elemanlarında oluşacak en elverişsiz iç kuvvet durumunu tasarım aşamasında gözönüne alabilmek için, *doğrusal-elastic* teoriyi esas alan çeşitli birleştirme kuralları öngörülmektedir [4,6,7,12,13,14,vb.]. Öngörülen bu birleştirme kuralları (%30 birleştirme kuralı, SRSS, CQC3 kuralı gibi), taşıyıcı sistem elemanlarında oluşan iç kuvvet büyüklükleri ( $M_x$ ,  $M_y$  ve  $N$ ) arasındaki etkileşimi çoğunlukla gözönüne alamamaktadır [29,32,33]. Özellikle etkileşimin önemli olduğu kolon elemanların kesitlerindeki eğilme momenti ve normal kuvvetin etkileşimsiz birleştirilmiş değerleri (sadece  $M_x$  veya  $M_y$  veya  $N$ ), ilgili elemanın kapasitesi dışında (ötesinde) ekonomik olmayan bir tasarıma neden olabilmektedir.

Doğrusal olmayan teori esas alınarak, deprem yüklerinin binaların plandaki asal eksenlerinin yanısıra ara doğrultulardan da etkimesi halinde, kolonlardaki plastik kesitler iki eksenli eğilme momenti ve normal kuvvetin etkileşimi ile meydana gelmekte ve bu iç kuvvetler doğrultusunda sonlu plastik şekildeğiştirmeler ( $\theta_{px}$  ve  $\theta_{py}$  plastik dönmeleri ve  $\Delta_p$  plastik boy değişmesi) oluşmaktadır. Bileşik eğik eğilme etkisindeki kolonlar için ilgili iç kuvvet büyüklüklerine ( $M_x$ ,  $M_y$  ve  $N$ ) karşı gelen  $\theta_{px}$ ,  $\theta_{py}$  ve  $\Delta_p$  şekildeğiştirme talepleri arasındaki etkileşim terk edilerek binaların performansa dayalı tasarımının ve değerlendirilmesinin gerçekçi olmayacağı, ve bu durumda oldukça farklı bir performans değerlendirmesine neden olabileceği düşünülmektedir.

Daha önce de belirtildiği üzere, bileşik eğik eğilme etkisindeki betonarme kolon plastik kesitlerinde  $M_x$  ve  $M_y$  eğilme momenti doğrultularında oluşan  $\theta_{px}$  ve  $\theta_{py}$  plastik dönme talepleri ile  $N$  normal kuvvetin etkileşimini gözönüne alabilen

davranış büyüklüğü sadece, kesitteki birim boy değişmesi talebidir. Bilindiği gibi, betonarme kesitlerde birim boy değişmesi talepleri, kesitin beton basınç liflerindeki  $\varepsilon_c$  ile donatılardaki  $\varepsilon_s$  talepleridir. Bu nedenle çalışmada, deprem yüklerinin doğrultu etkisi nedeniyle en elverişsiz yapısal davranış taleplerini veren kritik deprem doğrultularının belirlenmesinde, kesitteki tarafsız eksene en uzak donatıdaki  $\varepsilon_{s maks.}$  ile en dış beton basınç lifindeki  $\varepsilon_{c maks.}$  birim boy değişmesi talepleri esas alınmıştır.

Ayrıca, incelenen binaların plandaki asal eksen (X ve Y) doğrultularının yanısıra ara deprem doğrultularından da gerçekleştirilen şekildeğiştirme esaslı doğrusal olmayan değerlendirme analizleri sonucunda, kolon plastik kesitindeki birim şekildeğiştirme taleplerinin belirlenmesinde normal kuvvet talebinin en önemli parametrelerden biri olduğu belirlenmiştir. Farklı karakteristik özelliklere sahip olan 1KC, 3KC, 5KC ve 8KC binaların plandaki asal eksen (X ve Y) doğrultularındaki doğrusal olmayan statik analizleri sonucunda, en alt kat kolonlarının alt uçlarında oluşan plastik kesitlerdeki tüm  $\theta_{px}$  veya  $\theta_{py}$  plastik dönme taleplerinin birbirine yakın mertebelerde oldukları belirlenmiştir. İncelenen binaların ilgili kolon plastik kesitlerinde elde edilen plastik dönme talepleri, FEMA 356 [4], ASCE 41-06 [6], Eurocode-8 [58] vb. yönetmelikler esas alınarak değerlendirildiğinde, *Hemen Kullanım* ile *Can Güvenliği* arasındaki performans düzeyi elde edilmektedir. Buna karşın, incelenen binaların  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultularındaki  $\varepsilon_{c maks.}$  ve  $\varepsilon_{s maks.}$  birim boy değişmesi taleplerinin, plandaki asal eksen doğrultularından elde edilenlere göre normal kuvvet düzeyine bağlı olarak çok büyük değişim gösterebildiği belirlenmiştir.

Bu nedenle, sayısal incelemeler kapsamında ele alınan 1KC, 3KC, 5KC ve 8KC betonarme binaların çok doğrultulu deprem yükleri altındaki şekildeğiştirme esaslı doğrusal olmayan statik analizleri sonucunda, kolon plastik kesitlerindeki en elverişsiz  $\varepsilon_{c maks.}$  ve  $\varepsilon_{s maks.}$  birim boy değişmesi taleplerinin belirlenmesinde, tarafsız eksenin kesitin  $x$  asal eksenini ile yaptığı  $\alpha$  açısı,  $\chi_T$  toplam eğrilik talebi ve  $N$  normal kuvvet düzeyinin en önemli parametreler olduğu görülmüş ve Bölüm 6.1’de ayrıntılı olarak incelenmiştir.

## 6.1 Kolon Plastik Kesitlerindeki En Elverişsiz Birim Boy Değişmesi Taleplerini Etkileyen Parametrelerin İncelenmesi

Bileşik eğik eğilme etkisindeki kolon plastik kesitlerinde en elverişsiz  $\mathcal{E}_{c maks.}$  ve  $\mathcal{E}_{s maks.}$  birim boy değişmesi taleplerinin belirlenmesinde etkin olan, tarafsız eksenin kesitin  $x$  asal eksenine ile yaptığı  $\alpha$  açısının,  $\chi_T$  toplam eğrilik taleplerinin ve  $N$  normal kuvvet düzeyinin  $\beta$  deprem doğrultuları ile değişimi doğrusal değildir.

Bu nedenle, incelenen betonarme binaların kolon plastik kesitlerindeki en elverişsiz birim boy değişmesi taleplerinin belirlenebilmesi amacıyla, öncelikle yukarıda belirtilen parametrelerin ayrıntılı olarak incelenmesi gerektiği düşünülmektedir.

Sayısal incelemeleri kapsamında ele alınan simetrik veya antimetrik binalar (3KC-11 hariç diğer binalar) için, deprem yüklerinin  $\beta = 0^\circ \sim 180^\circ$  arasında etkimesi halinde, herhangi bir kolon plastik kesitinde elde edilen iç kuvvet ve şekildeğiştirme talepleri (plastik eğrilik, normal kuvvet, birim boy değişmesi vb.) ile bu kolonun plandaki asal eksenlere göre antimetrik konumunda olan kolon plastik kesitinin  $\beta = 180^\circ \sim 360^\circ$  arasındaki bölgede ve X-X eksenine göre antimetriği olan  $\beta$  değerleri için elde edilen iç kuvvet ve şekildeğiştirme talepleri eşittir. Örneğin, planı kare olan 1KC-1 binanın  $\beta = 45^\circ$  deprem doğrultusu için H13 kolon plastik kesitinde elde edilen iç kuvvet ve plastik şekildeğiştirme talepleri ( $\chi_{px}, \chi_{py}, N, \mathcal{E}_{c maks.}, \mathcal{E}_{s maks.}, vb.$ ), bu plastik kesitin plandaki asal eksenlere göre antimetrik konumunda olan H22'nin  $\beta = 225^\circ (45^\circ + 180^\circ)$  deprem doğrultusunda elde edilenlere eşittir.

Bu nedenle, sayısal incelemeler kapsamında ele alınan simetrik veya antimetrik binaların (1KC-[1-4], 3KC-[1-10], 5KC ve 8KC) şekildeğiştirme esaslı doğrusal olmayan statik analizleri,  $\beta = 0^\circ \sim 180^\circ$  arasındaki bölgede yapılmıştır. Buna karşın, çok doğrultulu deprem yükleri altında incelenen betonarme binaların kolon plastik kesitlerindeki en elverişsiz  $\mathcal{E}_{c maks.}$  ve  $\mathcal{E}_{s maks.}$  birim boy değişmesi taleplerini veren  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultuları için elde edilen iç kuvvet ve plastik şekildeğiştirme taleplerinin ( $\chi_{px}, \chi_{py}, N, vb.$ ) kritik değerlerinin incelenmesi,



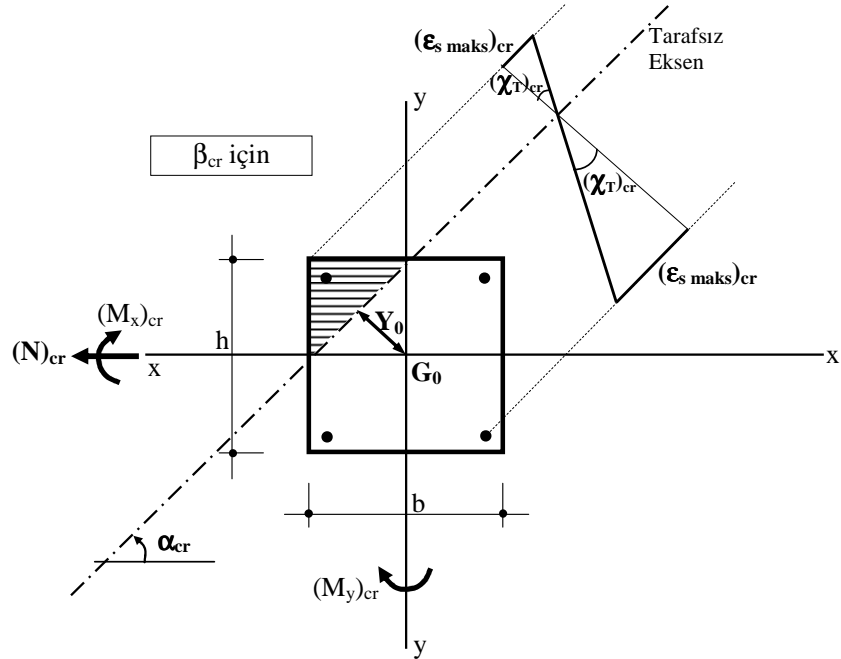
$\beta = 0^\circ \sim 180^\circ$  arasındaki analiz sonuçlarından yararlanılarak,  $\beta = 0^\circ \sim 360^\circ$  arasındaki bölgede yapılmıştır.

Buna göre, incelenen binaların en alt kat kolonlarının alt uçlarındaki plastik kesitlerinde en elverişsiz  $\epsilon_{c maks.}$  ve  $\epsilon_{s maks.}$  birim boy değişmesi taleplerini oluşturan  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultuları esas alınarak, doğrusal olmayan statik analizlerden ve kesit analizlerinden elde edilen;

- Tarafsız eksenin kesitin  $x$  eksenine yaptığı  $\alpha$  açılarının  $[(\alpha)_{cr}]$ ,
- Tarafsız eksen etrafındaki toplam eğrilik taleplerinin  $[(\chi_T)_{cr}]$  ve
- Normal kuvvet taleplerinin  $[(N)_{cr}]$

kritik değerleri elde edilmiş (Şekil 6.1) ve asal eksen doğrultularından elde edilenlere göre  $[(\chi_T)_{asal}^{maks}$  ve  $(N)_{asal}^{maks}]$  *rölatif farkları (%)* ve *değişim oranları* belirlenmiştir.

Elde edilen sonuçlar, 1KC binalar için Çizelge 6.1–6.2’de, 3KC binalar için Çizelge 6.3–6.4’de, 5KC bina için Çizelge 6.5–6.6’da ve 8KC bina için Çizelge 6.7–6.8’de özetlenmiştir.



Şekil 6.1 Kolon plastik kesitindeki kritik iç kuvvet ve şekil değişimi durumu

Çizelge 6.1 1KC-[1-4] binaların en alt kat kolon plastik kesitlerindeki  $(\epsilon_{c maks.})_{cr}$  taleplerini oluşturan parametrelere ait sonuçlar

| Bina                    | Plastik Kesit | Kolon plastik kesitlerindeki $(\epsilon_{c maks.})_{cr}$ birim boy değişmesi taleplerini veren parametrelere ait sonuçlar |                             |                          |                                    |                                |                      |                          |                 |                                    |                                |                     |            |                                    |                                |
|-------------------------|---------------|---|-----------------------------|--------------------------|------------------------------------|--------------------------------|----------------------|--------------------------|-----------------|------------------------------------|--------------------------------|---------------------|------------|------------------------------------|--------------------------------|
|                         |               | $(\epsilon_{c maks.})_{asal}^{maks}$  | $(\epsilon_{c maks.})_{cr}$ | Kritik deprem doğrultusu | Rölatif Fark (%)                   | Değişim Oranı                  | Tarafsız Eksen Açısı | $(\chi_T)_{asal}^{maks}$ | $(\chi_T)_{cr}$ | Rölatif Fark (%)                   | Değişim Oranı                  | $(N)_{asal}^{maks}$ | $(N)_{cr}$ | Rölatif Fark (%)                   | Değişim Oranı                  |
|                         |               | [1]   | [2]                         | $(\beta_{cr})$           | $\left(\frac{[2]-[1]}{[1]}\right)$ | $\left(\frac{[2]}{[1]}\right)$ | $(\alpha^\circ)$     | (1/m)                    | (1/m)           | $\left(\frac{[4]-[3]}{[3]}\right)$ | $\left(\frac{[4]}{[3]}\right)$ | (kN)                | (kN)       | $\left(\frac{[6]-[5]}{[5]}\right)$ | $\left(\frac{[6]}{[5]}\right)$ |
| 1KC-1                   | H13           | 0.003929  | 0.007066                    | 40°, 230°                | +79.8                              | 1.798                          | 47°                  | 0.03554                  | 0.04364         | +22.8                              | 1.228                          | -126.9              | -91.8      | -27.7                              | 0.723                          |
|                         | H16           | 0.003929  | 0.007066                    | 140°, 310°               | +79.8                              | 1.798                          | 47°                  | 0.03554                  | 0.04364         | +22.8                              | 1.228                          | -126.9              | -91.8      | -27.7                              | 0.723                          |
|                         | H19           | 0.003929  | 0.007066                    | 130°, 320°               | +79.8                              | 1.798                          | 47°                  | 0.03554                  | 0.04364         | +22.8                              | 1.228                          | -126.9              | -91.8      | -27.7                              | 0.723                          |
|                         | H22           | 0.003929  | 0.007066                    | 50°, 220°                | +79.8                              | 1.798                          | 47°                  | 0.03554                  | 0.04364         | +22.8                              | 1.228                          | -126.9              | -91.8      | -27.7                              | 0.723                          |
| 1KC-2                   | H13           | 0.005405  | 0.008726                    | 150°                     | +61.4                              | 1.614                          | 64°                  | 0.03720                  | 0.05852         | +57.3                              | 1.573                          | -122.6              | -150.0     | +22.3                              | 1.223                          |
|                         | H16           | 0.005405  | 0.008726                    | 60°                      | +61.4                              | 1.614                          | 27°                  | 0.03720                  | 0.05852         | +57.3                              | 1.573                          | -122.6              | -150.0     | +22.3                              | 1.223                          |
|                         | H19           | 0.005405  | 0.008726                    | 240°                     | +61.4                              | 1.614                          | 27°                  | 0.03720                  | 0.05852         | +57.3                              | 1.573                          | -122.6              | -150.0     | +22.3                              | 1.223                          |
|                         | H22           | 0.005405  | 0.008726                    | 330°                     | +61.4                              | 1.614                          | 64°                  | 0.03720                  | 0.05852         | +57.3                              | 1.573                          | -122.6              | -150.0     | +22.3                              | 1.223                          |
| 1KC-3                   | H13           | 0.004076  | 0.007747                    | 150°                     | +90.1                              | 1.901                          | 41°                  | 0.04037                  | 0.04519         | +11.9                              | 1.119                          | -154.4              | -182.8     | +18.4                              | 1.184                          |
|                         | H16           | 0.004076  | 0.007747                    | 30°                      | +90.1                              | 1.901                          | 41°                  | 0.04037                  | 0.04519         | +11.9                              | 1.119                          | -154.4              | -182.8     | +18.4                              | 1.184                          |
|                         | H19           | 0.004076  | 0.007747                    | 210°                     | +90.1                              | 1.901                          | 41°                  | 0.04037                  | 0.04519         | +11.9                              | 1.119                          | -154.4              | -182.8     | +18.4                              | 1.184                          |
|                         | H22           | 0.004076  | 0.007747                    | 330°                     | +90.1                              | 1.901                          | 41°                  | 0.04037                  | 0.04519         | +11.9                              | 1.119                          | -154.4              | -182.8     | +18.4                              | 1.184                          |
| 1KC-4                   | H13           | 0.004877  | 0.009970                    | 150°                     | +104.4                             | 2.044                          | 60°                  | 0.03954                  | 0.06278         | +58.8                              | 1.588                          | -154.8              | -176.9     | +14.3                              | 1.143                          |
|                         | H16           | 0.004941  | 0.009160                    | 300°                     | +85.4                              | 1.854                          | 28°                  | 0.03876                  | 0.06541         | +68.8                              | 1.688                          | -155.4              | -60.2      | -61.3                              | 0.387                          |
|                         | H19           | 0.004941  | 0.009160                    | 120°                     | +85.4                              | 1.854                          | 28°                  | 0.03876                  | 0.06541         | +68.8                              | 1.688                          | -155.4              | -60.2      | -61.3                              | 0.387                          |
|                         | H22           | 0.004877  | 0.009970                    | 330°                     | +104.4                             | 2.044                          | 60°                  | 0.03954                  | 0.06278         | +58.8                              | 1.588                          | -154.8              | -176.9     | +14.3                              | 1.143                          |
| 1KC-[1-4] için Ortalama |               |   |                             |                          | +81.6                              | 1.816                          |                      | Ortalama                 |                 | +39.0                              | 1.390                          | Ortalama            |            | -2.6                               | 0.974                          |

Çizelge 6.2 1KC-[1-4] binaların en alt kat kolon plastik kesitlerindeki  $(\epsilon_s maks.)_{cr}$  taleplerini oluşturan parametrelere ait sonuçlar

| Bina                    | Plastik Kesit | Kolon plastik kesitlerindeki $(\epsilon_s maks.)_{cr}$ birim boy değişmesi taleplerini veren parametrelere ait sonuçlar |                             |                          |                                    |                                |                      |                          |                 |                                    |                                |                     |            |                                    |                                |
|-------------------------|---------------|---|-----------------------------|--------------------------|------------------------------------|--------------------------------|----------------------|--------------------------|-----------------|------------------------------------|--------------------------------|---------------------|------------|------------------------------------|--------------------------------|
|                         |               | $(\epsilon_{c maks.})_{asal}^{maks}$  | $(\epsilon_{c maks.})_{cr}$ | Kritik deprem doğrultusu | Rölatif Fark (%)                   | Değişim Oranı                  | Tarafsız Eksen Açısı | $(\chi_T)_{asal}^{maks}$ | $(\chi_T)_{cr}$ | Rölatif Fark (%)                   | Değişim Oranı                  | $(N)_{asal}^{maks}$ | $(N)_{cr}$ | Rölatif Fark (%)                   | Değişim Oranı                  |
|                         |               | [1]   | [2]                         | $(\beta_{cr})$           | $\left(\frac{[2]-[1]}{[1]}\right)$ | $\left(\frac{[2]}{[1]}\right)$ | $(\alpha^\circ)$     | (1/m)                    | (1/m)           | $\left(\frac{[4]-[3]}{[3]}\right)$ | $\left(\frac{[4]}{[3]}\right)$ | (kN)                | (kN)       | $\left(\frac{[6]-[5]}{[5]}\right)$ | $\left(\frac{[6]}{[5]}\right)$ |
| 1KC-1                   | H13           | 0.009589  | 0.013124                    | 315°                     | +36.9                              | 1.369                          | 45°                  | 0.03554                  | 0.04403         | +23.9                              | 1.239                          | -126.9              | -27.5      | -78.3                              | 0.217                          |
|                         | H16           | 0.009589  | 0.013124                    | 225°                     | +36.9                              | 1.369                          | 45°                  | 0.03554                  | 0.04403         | +23.9                              | 1.239                          | -126.9              | -27.5      | -78.3                              | 0.217                          |
|                         | H19           | 0.009589  | 0.013124                    | 45°                      | +36.9                              | 1.369                          | 45°                  | 0.03554                  | 0.04403         | +23.9                              | 1.239                          | -126.9              | -27.5      | -78.3                              | 0.217                          |
|                         | H22           | 0.009589  | 0.013124                    | 135°                     | +36.9                              | 1.369                          | 45°                  | 0.03554                  | 0.04403         | +23.9                              | 1.239                          | -126.9              | -27.5      | -78.3                              | 0.217                          |
| 1KC-2                   | H13           | 0.014104  | 0.015879                    | 30°                      | +12.6                              | 1.126                          | 65°                  | 0.03720                  | 0.06138         | +65.0                              | 1.650                          | -122.6              | -92.9      | -24.2                              | 0.758                          |
|                         | H16           | 0.014104  | 0.015879                    | 300°                     | +12.6                              | 1.126                          | 26°                  | 0.03720                  | 0.06138         | +65.0                              | 1.650                          | -122.6              | -92.9      | -24.2                              | 0.758                          |
|                         | H19           | 0.014104  | 0.015879                    | 120°                     | +12.6                              | 1.126                          | 26°                  | 0.03720                  | 0.06138         | +65.0                              | 1.650                          | -122.6              | -92.9      | -24.2                              | 0.758                          |
|                         | H22           | 0.014104  | 0.015879                    | 210°                     | +12.6                              | 1.126                          | 65°                  | 0.03720                  | 0.06138         | +65.0                              | 1.650                          | -122.6              | -92.9      | -24.2                              | 0.758                          |
| 1KC-3                   | H13           | 0.010250  | 0.014516                    | 330°                     | +41.6                              | 1.416                          | 43°                  | 0.04037                  | 0.04812         | +19.2                              | 1.192                          | -154.4              | -4.3       | -97.2                              | 0.028                          |
|                         | H16           | 0.010250  | 0.014516                    | 210°                     | +41.6                              | 1.416                          | 43°                  | 0.04037                  | 0.04812         | +19.2                              | 1.192                          | -154.4              | -4.3       | -97.2                              | 0.028                          |
|                         | H19           | 0.010250  | 0.014516                    | 30°                      | +41.6                              | 1.416                          | 43°                  | 0.04037                  | 0.04812         | +19.2                              | 1.192                          | -154.4              | -4.3       | -97.2                              | 0.028                          |
|                         | H22           | 0.010250  | 0.014516                    | 150°                     | +41.6                              | 1.416                          | 43°                  | 0.04037                  | 0.04812         | +19.2                              | 1.192                          | -154.4              | -4.3       | -97.2                              | 0.028                          |
| 1KC-4                   | H13           | 0.014659  | 0.017986                    | 210°                     | +22.7                              | 1.227                          | 56°                  | 0.03954                  | 0.06100         | +54.3                              | 1.543                          | -154.8              | -70.7      | -54.3                              | 0.457                          |
|                         | H16           | 0.015138  | 0.017788                    | 300°                     | +17.5                              | 1.175                          | 28°                  | 0.03876                  | 0.06541         | +68.8                              | 1.688                          | -155.4              | -60.2      | -61.3                              | 0.387                          |
|                         | H19           | 0.015138  | 0.017788                    | 120°                     | +17.5                              | 1.175                          | 28°                  | 0.03876                  | 0.06541         | +68.8                              | 1.688                          | -155.4              | -60.2      | -61.3                              | 0.387                          |
|                         | H22           | 0.014659  | 0.017986                    | 30°                      | +22.7                              | 1.227                          | 56°                  | 0.03954                  | 0.06100         | +54.3                              | 1.543                          | -154.8              | -70.7      | -54.3                              | 0.457                          |
| 1KC-[1-4] için Ortalama |               |   |                             |                          | +27.8                              | 1.278                          |                      | Ortalama                 |                 | +42.4                              | 1.424                          | Ortalama            |            | -64.4                              | 0.356                          |

Çizelge 6.3 3KC-[1-11] binaların en alt kat kolon plastik kesitlerindeki  $(\epsilon_{c maks.})_{cr}$  taleplerini oluşturan parametrelere ait sonuçlar

| Bina  | Plastik Kesit | Kolon plastik kesitlerindeki $(\epsilon_{c maks.})_{cr}$ birim boy değişmesi taleplerini veren parametrelere ait sonuçlar |                             |  |  |   |  |                                   |                          |  |   |                             |                    |  |   |
|-------|---------------|---|-----------------------------|--|--|---|--|-----------------------------------|--------------------------|--|---|-----------------------------|--------------------|--|---|
|       |               | $(\epsilon_{c maks.})_{asal}^{maks}$  | $(\epsilon_{c maks.})_{cr}$ | Kritik deprem doğrultusu<br>( $\beta_{cr}$ ) | Rölatif Fark (%)<br>$\left(\frac{[2]-[1]}{[1]}\right)$ | Değişim Oranı<br>$\left(\frac{[2]}{[1]}\right)$ | Tarafsız Eksen Açısı<br>( $\alpha^\circ$ ) | $(\chi_T)_{asal}^{maks}$<br>(1/m) | $(\chi_T)_{cr}$<br>(1/m) | Rölatif Fark (%)<br>$\left(\frac{[4]-[3]}{[3]}\right)$ | Değişim Oranı<br>$\left(\frac{[4]}{[3]}\right)$ | $(N)_{asal}^{maks}$<br>(kN) | $(N)_{cr}$<br>(kN) | Rölatif Fark (%)<br>$\left(\frac{[6]-[5]}{[5]}\right)$ | Değişim Oranı<br>$\left(\frac{[6]}{[5]}\right)$ |
|       |               | [1]   | [2]                         | ( $\beta_{cr}$ )                             | $\left(\frac{[2]-[1]}{[1]}\right)$                     | $\left(\frac{[2]}{[1]}\right)$                  | ( $\alpha^\circ$ )                         | [3]                               | [4]                      | $\left(\frac{[4]-[3]}{[3]}\right)$                     | $\left(\frac{[4]}{[3]}\right)$                  | [5]                         | [6]                | $\left(\frac{[6]-[5]}{[5]}\right)$                     | $\left(\frac{[6]}{[5]}\right)$                  |
| 3KC-1 | H13           | 0.005440  | 0.014515                    | 135°   | +166.8   | 2.668   | 45°  | 0.04655                           | 0.07406                  | +59.1  | 1.591   | -378.0                      | -459.1             | +21.5  | 1.215   |
|       | H16           | 0.005440  | 0.014515                    | 45°  | +166.8   | 2.668   | 45°  | 0.04655                           | 0.07406                  | +59.1  | 1.591   | -378.0                      | -459.1             | +21.5  | 1.215   |
|       | H19           | 0.005440  | 0.014515                    | 225°   | +166.8   | 2.668   | 45°  | 0.04655                           | 0.07406                  | +59.1  | 1.591   | -378.0                      | -459.1             | +21.5  | 1.215   |
|       | H22           | 0.005440  | 0.014515                    | 315°   | +166.8   | 2.668   | 45°  | 0.04655                           | 0.07406                  | +59.1  | 1.591   | -378.0                      | -459.1             | +21.5  | 1.215   |
| 3KC-2 | H13           | 0.006156  | 0.011371                    | 135°   | +84.7  | 1.847   | 58°  | 0.03334                           | 0.05729                  | +71.9  | 1.718   | -383.6                      | -479.7             | +25.1  | 1.251   |
|       | H16           | 0.006156  | 0.011371                    | 45°  | +84.7  | 1.847   | 32°  | 0.03334                           | 0.05729                  | +71.9  | 1.718   | -383.6                      | -479.7             | +25.1  | 1.251   |
|       | H19           | 0.006156  | 0.011371                    | 225°   | +84.7  | 1.847   | 32°  | 0.03334                           | 0.05729                  | +71.9  | 1.718   | -383.6                      | -479.7             | +25.1  | 1.251   |
|       | H22           | 0.006156  | 0.011371                    | 315°   | +84.7  | 1.847   | 58°  | 0.03334                           | 0.05729                  | +71.9  | 1.718   | -383.6                      | -479.7             | +25.1  | 1.251   |
| 3KC-3 | H13           | 0.006953  | 0.017563                    | 135°   | +152.6   | 2.526   | 45°  | 0.05590                           | 0.08151                  | +45.8  | 1.458   | -529.3                      | -592.7             | +12.0  | 1.120   |
|       | H16           | 0.006953  | 0.017563                    | 45°  | +152.6   | 2.526   | 45°  | 0.05590                           | 0.08151                  | +45.8  | 1.458   | -529.3                      | -592.7             | +12.0  | 1.120   |
|       | H19           | 0.006953  | 0.017563                    | 225°   | +152.6   | 2.526   | 45°  | 0.05590                           | 0.08151                  | +45.8  | 1.458   | -529.3                      | -592.7             | +12.0  | 1.120   |
|       | H22           | 0.006953  | 0.017563                    | 315°   | +152.6   | 2.526   | 45°  | 0.05590                           | 0.08151                  | +45.8  | 1.458   | -529.3                      | -592.7             | +12.0  | 1.120   |
| 3KC-4 | H13           | 0.007449  | 0.013920                    | 135°   | +86.9  | 1.869   | 59°  | 0.03837                           | 0.06656                  | +73.5  | 1.735   | -540.4                      | -636.3             | +17.7  | 1.177   |
|       | H16           | 0.007261  | 0.013132                    | 50°  | +80.9  | 1.809   | 32°  | 0.03639                           | 0.06245                  | +71.6  | 1.716   | -546.7                      | -641.2             | +17.3  | 1.173   |
|       | H19           | 0.007261  | 0.013132                    | 230°   | +80.9  | 1.809   | 32°  | 0.03639                           | 0.06245                  | +71.6  | 1.716   | -546.7                      | -641.2             | +17.3  | 1.173   |
|       | H22           | 0.007449  | 0.013920                    | 315°   | +86.9  | 1.869   | 59°  | 0.03837                           | 0.06656                  | +73.5  | 1.735   | -540.4                      | -636.3             | +17.7  | 1.177   |
| 3KC-5 | H13           | 0.005564  | 0.015090                    | 140°   | +171.2   | 2.712   | 46°  | 0.05373                           | 0.07741                  | +44.1  | 1.441   | -377.9                      | -455.0             | +20.4  | 1.204   |
|       | H16           | 0.007063  | 0.016921                    | 135°-140°                                    | +139.6   | 2.396   | 45°  | 0.05157                           | 0.07428                  | +44.1  | 1.440   | -661.7                      | -636.2             | -3.9   | 0.961   |
|       | H19           | 0.005564  | 0.015090                    | 220°   | +171.2   | 2.712   | 46°  | 0.05373                           | 0.07741                  | +44.1  | 1.441   | -377.9                      | -455.0             | +20.4  | 1.204   |
|       | H22           | 0.007063  | 0.016921                    | 315°-320°                                    | +139.6   | 2.396   | 45°  | 0.05157                           | 0.07428                  | +44.1  | 1.440   | -661.7                      | -636.2             | -3.9   | 0.961   |
|       | H34           | 0.005564  | 0.015090                    | 40°  | +171.2   | 2.712   | 46°  | 0.05373                           | 0.07741                  | +44.1  | 1.441   | -377.9                      | -455.0             | +20.4  | 1.204   |
|       | H37           | 0.005564  | 0.015090                    | 320°   | +171.2   | 2.712   | 46°  | 0.05373                           | 0.07741                  | +44.1  | 1.441   | -377.9                      | -455.0             | +20.4  | 1.204   |
| 3KC-6 | H13           | 0.007966  | 0.015689                    | 140°   | +96.9  | 1.969   | 60°  | 0.04327                           | 0.08078                  | +86.7  | 1.867   | -388.3                      | -485.4             | +25.0  | 1.250   |
|       | H16           | 0.006272  | 0.016184                    | 40°  | +158.0   | 2.580   | 44°  | 0.04493                           | 0.07081                  | +57.6  | 1.576   | -654.7                      | -639.1             | -2.4   | 0.976   |
|       | H19           | 0.007048  | 0.014012                    | 225°   | +98.8  | 1.988   | 32°  | 0.04028                           | 0.07125                  | +76.9  | 1.769   | -392.8                      | -482.1             | +22.7  | 1.227   |
|       | H22           | 0.006272  | 0.016184                    | 220°   | +158.0   | 2.580   | 44°  | 0.04493                           | 0.07081                  | +57.6  | 1.576   | -654.7                      | -639.1             | -2.4   | 0.976   |
|       | H34           | 0.007048  | 0.014012                    | 45°  | +98.8  | 1.988   | 32°  | 0.04028                           | 0.07125                  | +76.9  | 1.769   | -392.8                      | -482.1             | +22.7  | 1.227   |
|       | H37           | 0.007966  | 0.015689                    | 320°   | +96.9  | 1.969   | 60°  | 0.04327                           | 0.08078                  | +86.7  | 1.867   | -388.3                      | -485.4             | +25.0  | 1.250   |
| 3KC-7 | H13           | 0.004632  | 0.012638                    | 135°   | +172.8   | 2.728   | 45°  | 0.04344                           | 0.06539                  | +50.5  | 1.505   | -357.0                      | -435.1             | +21.9  | 1.219   |
|       | H16           | 0.006294  | 0.015297                    | 45°, 135°                                    | +143.0   | 2.430   | 45°  | 0.04628                           | 0.06657                  | +43.8  | 1.438   | -667.1                      | -643.3             | -3.6   | 0.964   |
|       | H19           | 0.006294  | 0.015297                    | 135°, 225°                                   | +143.0   | 2.430   | 45°  | 0.04628                           | 0.06657                  | +43.8  | 1.438   | -667.1                      | -643.3             | -3.6   | 0.964   |
|       | H22           | 0.006908  | 0.017220                    | 45°, 135°<br>225°, 315°                      | +149.3   | 2.493   | 45°  | 0.04335                           | 0.06291                  | +45.1  | 1.451   | -916.5                      | -892.1             | -2.7   | 0.973   |
|       | H34           | 0.004632  | 0.012638                    | 45°  | +172.8   | 2.728   | 45°  | 0.04344                           | 0.06539                  | +50.5  | 1.505   | -357.0                      | -435.1             | +21.9  | 1.219   |
|       | H37           | 0.006294  | 0.015297                    | 45°, 315°                                    | +143.0   | 2.430   | 45°  | 0.04628                           | 0.06657                  | +43.8  | 1.438   | -667.1                      | -643.3             | -3.6   | 0.964   |
|       | H55           | 0.004632  | 0.012638                    | 225°   | +172.8   | 2.728   | 45°  | 0.04344                           | 0.06539                  | +50.5  | 1.505   | -357.0                      | -435.1             | +21.9  | 1.219   |
|       | H58           | 0.006294  | 0.015297                    | 225°, 315°                                   | +143.0   | 2.430   | 45°  | 0.04628                           | 0.06657                  | +43.8  | 1.438   | -667.1                      | -643.3             | -3.6   | 0.964   |
| 3KC-8 | H61           | 0.004632  | 0.012638                    | 315°   | +172.8   | 2.728   | 45°  | 0.04344                           | 0.06539                  | +50.5  | 1.505   | -357.0                      | -435.1             | +21.9  | 1.219   |
|       | H13           | 0.006661  | 0.013429                    | 140°   | +101.6   | 2.016   | 62°  | 0.03807                           | 0.07252                  | <b>+90.5</b>   | <b>1.905</b>                                    | -382.5                      | -456.3             | +19.3  | 1.193   |
|       | H16           | 0.006020  | 0.015102                    | 45°  | +150.9   | 2.509   | 44°  | 0.04452                           | 0.06525                  | +46.5  | 1.466   | -664.4                      | -654.2             | -1.5   | 0.985   |
|       | H19           | 0.006020  | 0.015102                    | 135°   | +150.9   | 2.509   | 44°  | 0.04452                           | 0.06525                  | +46.5  | 1.466   | -664.4                      | -654.2             | -1.5   | 0.985   |
|       | H22           | 0.006569  | 0.016742                    | 45°, 135°<br>225°, 315°                      | +154.9   | 2.549   | 45°  | 0.04105                           | 0.06103                  | +48.7  | 1.487   | -910.2                      | -893.7             | -1.8   | 0.982   |
|       | H34           | 0.006661  | 0.013429                    | 50°  | +101.6   | 2.016   | 29°  | 0.03807                           | 0.07252                  | <b>+90.5</b>   | <b>1.905</b>                                    | -382.5                      | -456.3             | +19.3  | 1.193   |
|       | H37           | 0.006020  | 0.015102                    | 315°   | +150.9   | 2.509   | 44°  | 0.04452                           | 0.06525                  | +46.5  | 1.466   | -664.4                      | -654.2             | -1.5   | 0.985   |
|       | H55           | 0.006661  | 0.013429                    | 230°   | +101.6   | 2.016   | 29°  | 0.03807                           | 0.07252                  | <b>+90.5</b>   | <b>1.905</b>                                    | -382.5                      | -456.3             | +19.3  | 1.193   |
|       | H58           | 0.006020  | 0.015102                    | 225°   | +150.9   | 2.509   | 44°  | 0.04452                           | 0.06525                  | +46.5  | 1.466   | -664.4                      | -654.2             | -1.5   | 0.985   |
| H61   | 0.006661      | 0.013429  | 320°                        | +101.6                                       | 2.016  | 62°   | 0.03807                                    | 0.07252                           | <b>+90.5</b>             | <b>1.905</b>   | -382.5  | -456.3                      | +19.3              | 1.193  |   |

Çizelge 6.3 3KC-[1-11] binaların en alt kat kolon plastik kesitlerindeki  $(\epsilon_{c maks.})_{cr}$  taleplerini oluşturan parametrelere ait sonuçlar (devam)

| Bina                     | Plastik Kesit | Kolon plastik kesitlerindeki $(\epsilon_{c maks.})_{cr}$ birim boy değişmesi taleplerini veren parametrelere ait sonuçlar |                             |  |  |   |  |                                   |                          |  |   |                             |                    |  |   |
|--------------------------|---------------|---|-----------------------------|--|--|---|--|-----------------------------------|--------------------------|--|---|-----------------------------|--------------------|--|---|
|                          |               | $(\epsilon_{c maks.})_{asal}^{maks}$  | $(\epsilon_{c maks.})_{cr}$ | Kritik deprem doğrultusu<br>( $\beta_{cr}^\circ$ ) | Rölatif Fark (%)<br>$\left(\frac{[2]-[1]}{[1]}\right)$ | Değişim Oranı<br>$\left(\frac{[2]}{[1]}\right)$ | Tarafsız Eksen Açısı<br>( $\alpha^\circ$ ) | $(\chi_T)_{asal}^{maks}$<br>(1/m) | $(\chi_T)_{cr}$<br>(1/m) | Rölatif Fark (%)<br>$\left(\frac{[4]-[3]}{[3]}\right)$ | Değişim Oranı<br>$\left(\frac{[4]}{[3]}\right)$ | $(N)_{asal}^{maks}$<br>(kN) | $(N)_{cr}$<br>(kN) | Rölatif Fark (%)<br>$\left(\frac{[6]-[5]}{[5]}\right)$ | Değişim Oranı<br>$\left(\frac{[6]}{[5]}\right)$ |
|                          |               | [1]   | [2]                         |  |  |   |  | [3]                               | [4]                      | [3]  | [3]   | [5]                         | [6]                | [5]  | [5]   |
| 3KC-9                    | H13           | 0.005571  | 0.015801                    | 150°   | +183.6   | 2.836   | 45°  | 0.04578                           | 0.07502                  | +63.9  | 1.639   | -459.3                      | -554.8             | +20.8  | 1.208   |
|                          | H16           | 0.005324  | 0.013846                    | 30°  | +160.1   | 2.601   | 35°  | 0.04993                           | 0.06951                  | +39.2  | 1.392   | -467.7                      | -443.6             | -5.2   | 0.948   |
|                          | H19           | 0.005571  | 0.015801                    | 210°   | +183.6   | 2.836   | 45°  | 0.04578                           | 0.07502                  | +63.9  | 1.639   | -459.3                      | -554.8             | +20.8  | 1.208   |
|                          | H22           | 0.005324  | 0.013846                    | 210°   | +160.1   | 2.601   | 35°  | 0.04993                           | 0.06951                  | +39.2  | 1.392   | -467.7                      | -443.6             | -5.2   | 0.948   |
|                          | H34           | 0.005571  | 0.015801                    | 30°  | +183.6   | 2.836   | 45°  | 0.04578                           | 0.07502                  | +63.9  | 1.639   | -459.3                      | -554.8             | +20.8  | 1.208   |
|                          | H37           | 0.005571  | 0.015801                    | 330°   | +183.6   | 2.836   | 45°  | 0.04578                           | 0.07502                  | +63.9  | 1.639   | -459.3                      | -554.8             | +20.8  | 1.208   |
| 3KC-10                   | H13           | 0.007121  | 0.014471                    | 150°   | +103.2   | 2.032   | 58°  | 0.03942                           | 0.07080                  | +79.6  | 1.796   | -453.4                      | -570.6             | +25.8  | 1.258   |
|                          | H16           | 0.004945  | 0.012206                    | 30°  | +146.8   | 2.468   | 34°  | 0.04533                           | 0.06077                  | +34.1  | 1.341   | -472.6                      | -462.2             | -2.2   | 0.978   |
|                          | H19           | 0.006801  | 0.010541                    | 150°   | +55.0  | 1.550   | 34°  | 0.03705                           | 0.05038                  | +36.0  | 1.360   | -467.2                      | -563.4             | +20.6  | 1.206   |
|                          | H22           | 0.004945  | 0.012206                    | 210°   | +146.8   | 2.468   | 34°  | 0.04533                           | 0.06077                  | +34.1  | 1.341   | -472.6                      | -462.2             | -2.2   | 0.978   |
|                          | H34           | 0.006801  | 0.010541                    | 330°   | +55.0  | 1.550   | 34°  | 0.03705                           | 0.05038                  | +36.0  | 1.360   | -467.2                      | -563.4             | +20.6  | 1.206   |
|                          | H37           | 0.007121  | 0.014471                    | 330°   | +103.2   | 2.032   | 58°  | 0.03942                           | 0.07080                  | +79.6  | 1.796   | -453.4                      | -570.6             | +25.8  | 1.258   |
| 3KC-11                   | H13           | 0.007858  | 0.014021                    | 140°   | +78.4  | 1.784   | 57°  | 0.04499                           | 0.07015                  | +55.9  | 1.559   | -457.5                      | -540.8             | +18.2  | 1.182   |
|                          | H16           | 0.005694  | 0.011970                    | 50°  | +110.2   | 2.102   | 27°  | 0.04245                           | 0.06275                  | +47.8  | 1.478   | -467.5                      | -550.5             | +17.8  | 1.178   |
|                          | H19           | 0.005576  | 0.013497                    | 230°   | +142.1   | 2.421   | 29°  | 0.04256                           | 0.06249                  | +46.8  | 1.468   | -672.7                      | -596.0             | -11.4  | 0.886   |
|                          | H22           | 0.006498  | 0.013306                    | 45°, 140°<br>225°                                  | +104.8   | 2.048   | 42°  | 0.04482                           | 0.05356                  | +19.5  | 1.195   | -727.5                      | -703.2             | -3.3   | 0.967   |
|                          | H37           | 0.005521  | 0.011896                    | 135°   | +115.5   | 2.155   | 41°  | 0.05155                           | 0.05914                  | +14.7  | 1.147   | -536.8                      | -494.1             | -8.0   | 0.920   |
|                          | H55           | 0.004957  | 0.011257                    | 230°   | +127.1   | 2.271   | 28°  | 0.04224                           | 0.05879                  | +39.2  | 1.392   | -455.4                      | -531.5             | +16.7  | 1.167   |
|                          | H58           | 0.008628  | 0.016131                    | 220°   | +87.0  | 1.870   | 58°  | 0.04878                           | 0.07737                  | +58.6  | 1.586   | -588.9                      | -608.6             | +3.3   | 1.033   |
|                          | H61           | 0.006026  | 0.012260                    | 220°-225°  | +103.4   | 2.034   | 42°  | 0.05128                           | 0.05992                  | +16.9  | 1.168   | -549.8                      | -514.8             | -6.4   | 0.936   |
|                          | H172          | 0.004321  | 0.010308                    | 130°-135°<br>310°                                  | +138.6   | 2.386   | 28°  | 0.04410                           | 0.05994                  | +35.9  | 1.359   | -426.3                      | -330.9             | -22.4  | 0.776   |
| H178                     | 0.005005      | 0.011311  | 310°                        | +126.0   | 2.260  | 28°   | 0.04173                                    | 0.05915                           | +41.7                    | 1.417  | -426.5  | -516.6                      | +21.1              | 1.211  |   |
| 3KC-[1-11] için Ortalama |               |   |                             |  | +132.3   | 2.323   |  | Ortalama                          |                          | +54.9  | 1.549   | Ortalama                    |                    | +11.7  | 1.117   |

Çizelge 6.4 3KC-[1-11] binaların en alt kat kolon plastik kesitlerindeki  $(\epsilon_s maks.)_{cr}$  taleplerini oluşturan parametrelere ait sonuçlar

| Bina  | Plastik Kesit | Kolon plastik kesitlerindeki $(\epsilon_s maks.)_{cr}$ birim boy değişmesi taleplerini veren parametrelere ait sonuçlar |                             |   |   |  |   |                                |                       |   |  |                          |                 |   |  |
|-------|---------------|---|-----------------------------|---|---|--|---|--------------------------------|-----------------------|---|--|--------------------------|-----------------|---|--|
|       |               | $(\epsilon_{c maks.})_{asal}^{maks}$  | $(\epsilon_{c maks.})_{cr}$ | Kritik deprem doğrultusu ( $\beta_{cr}^\circ$ ) | Rölatif Fark (%) $\left(\frac{[2]-[1]}{[1]}\right)$ | Değişim Oranı $\left(\frac{[2]}{[1]}\right)$ | Tarafsız Eksen Açısı ( $\alpha^\circ$ ) | $(\chi_T)_{asal}^{maks}$ (1/m) | $(\chi_T)_{cr}$ (1/m) | Rölatif Fark (%) $\left(\frac{[4]-[3]}{[3]}\right)$ | Değişim Oranı $\left(\frac{[4]}{[3]}\right)$ | $(N)_{asal}^{maks}$ (kN) | $(N)_{cr}$ (kN) | Rölatif Fark (%) $\left(\frac{[6]-[5]}{[5]}\right)$ | Değişim Oranı $\left(\frac{[6]}{[5]}\right)$ |
|       |               | [1]   | [2]                         |   |   |  |   | [3]                            | [4]                   | [3]   | [3]  | [5]                      | [6]             | [5]   | [5]  |
| 3KC-1 | H13           | 0.011615  | 0.021975                    | 310°-320°                                       | +89.2   | 1.892  | 43°                                     | 0.04655                        | 0.07254               | +55.8   | 1.558  | -378.0                   | -94.5           | -75.0   | 0.250  |
|       | H16           | 0.011615  | 0.021975                    | 220°-230°                                       | +89.2   | 1.892  | 43°                                     | 0.04655                        | 0.07254               | +55.8   | 1.558  | -378.0                   | -94.5           | -75.0   | 0.250  |
|       | H19           | 0.011615  | 0.021975                    | 40°-50°   | +89.2   | 1.892  | 43°                                     | 0.04655                        | 0.07254               | +55.8   | 1.558  | -378.0                   | -94.5           | -75.0   | 0.250  |
|       | H22           | 0.011615  | 0.021975                    | 130°-140°                                       | +89.2   | 1.892  | 43°                                     | 0.04655                        | 0.07254               | +55.8   | 1.558  | -378.0                   | -94.5           | -75.0   | 0.250  |
| 3KC-2 | H13           | 0.011782  | 0.016009                    | 315°  | +35.9   | 1.359  | 55°                                     | 0.03334                        | 0.05559               | +66.7   | 1.667  | -383.6                   | -76.2           | -80.1   | 0.199  |
|       | H16           | 0.011782  | 0.016009                    | 225°  | +35.9   | 1.359  | 35°                                     | 0.03334                        | 0.05559               | +66.7   | 1.667  | -383.6                   | -76.2           | -80.1   | 0.199  |
|       | H19           | 0.011782  | 0.016009                    | 45°   | +35.9   | 1.359  | 35°                                     | 0.03334                        | 0.05559               | +66.7   | 1.667  | -383.6                   | -76.2           | -80.1   | 0.199  |
|       | H22           | 0.011782  | 0.016009                    | 135°  | +35.9   | 1.359  | 55°                                     | 0.03334                        | 0.05559               | +66.7   | 1.667  | -383.6                   | -76.2           | -80.1   | 0.199  |
| 3KC-3 | H13           | 0.014440  | 0.027038                    | 310°  | +87.2   | 1.872  | 48°                                     | 0.05590                        | 0.08717               | +55.9   | 1.559  | -529.3                   | -33.0           | -93.8   | 0.062  |
|       | H16           | 0.014440  | 0.027038                    | 230°  | +87.2   | 1.872  | 48°                                     | 0.05590                        | 0.08717               | +55.9   | 1.559  | -529.3                   | -33.0           | -93.8   | 0.062  |
|       | H19           | 0.014440  | 0.027038                    | 50°   | +87.2   | 1.872  | 48°                                     | 0.05590                        | 0.08717               | +55.9   | 1.559  | -529.3                   | -33.0           | -93.8   | 0.062  |
|       | H22           | 0.014440  | 0.027038                    | 130°  | +87.2   | 1.872  | 48°                                     | 0.05590                        | 0.08717               | +55.9   | 1.559  | -529.3                   | -33.0           | -93.8   | 0.062  |
| 3KC-4 | H13           | 0.012319  | 0.020296                    | 315°  | +64.8   | 1.648  | 59°                                     | 0.03837                        | 0.07077               | +84.4   | 1.844  | -540.4                   | -5.0            | <b>-99.1</b>  | <b>0.009</b>                                 |
|       | H16           | 0.013042  | 0.021123                    | 230°  | +62.0   | 1.620  | 37°                                     | 0.03639                        | 0.06908               | +89.8   | 1.898  | -546.7                   | -7.2            | -98.7   | 0.013  |
|       | H19           | 0.013042  | 0.021123                    | 50°   | +62.0   | 1.620  | 37°                                     | 0.03639                        | 0.06908               | +89.8   | 1.898  | -546.7                   | -7.2            | -98.7   | 0.013  |
|       | H22           | 0.012319  | 0.020296                    | 135°  | +64.8   | 1.648  | 59°                                     | 0.03837                        | 0.07077               | +84.4   | 1.844  | -540.4                   | -5.0            | <b>-99.1</b>  | <b>0.009</b>                                 |
| 3KC-5 | H13           | 0.013288  | 0.023477                    | 320°  | +76.7   | 1.767  | 46°                                     | 0.05373                        | 0.07708               | +43.5   | 1.435  | -377.9                   | -84.4           | -77.7   | 0.223  |
|       | H16           | 0.013455  | 0.024153                    | 315°-320°                                       | +79.5   | 1.795  | 41°                                     | 0.05157                        | 0.07322               | +42.0   | 1.420  | -661.7                   | -379.8          | -42.6   | 0.574  |
|       | H19           | 0.013288  | 0.023477                    | 40°   | +76.7   | 1.767  | 44°                                     | 0.05373                        | 0.07708               | +43.5   | 1.435  | -377.9                   | -84.4           | -77.7   | 0.223  |
|       | H22           | 0.013455  | 0.024153                    | 135°-140°                                       | +79.5   | 1.795  | 41°                                     | 0.05157                        | 0.07322               | +42.0   | 1.420  | -661.7                   | -379.8          | -42.6   | 0.574  |
|       | H34           | 0.013288  | 0.023477                    | 220°  | +76.7   | 1.767  | 44°                                     | 0.05373                        | 0.07708               | +43.5   | 1.435  | -377.9                   | -84.4           | -77.7   | 0.223  |
|       | H37           | 0.013288  | 0.023477                    | 140°  | +76.7   | 1.767  | 46°                                     | 0.05373                        | 0.07708               | +43.5   | 1.435  | -377.9                   | -84.4           | -77.7   | 0.223  |
| 3KC-6 | H13           | 0.014598  | 0.021614                    | 320°  | +48.1   | 1.481  | 52°                                     | 0.04327                        | 0.07164               | +65.6   | 1.656  | -388.3                   | -55.9           | -85.6   | 0.144  |
|       | H16           | 0.011726  | 0.023071                    | 320°  | +96.8   | 1.968  | 39°                                     | 0.04493                        | 0.07047               | +56.8   | 1.568  | -654.7                   | -382.9          | -41.5   | 0.585  |
|       | H19           | 0.013878  | 0.020133                    | 45°   | +45.1   | 1.451  | 35°                                     | 0.04028                        | 0.06901               | +71.3   | 1.713  | -392.8                   | -68.5           | -82.6   | 0.174  |
|       | H22           | 0.011726  | 0.023071                    | 140°  | +96.8   | 1.968  | 39°                                     | 0.04493                        | 0.07047               | +56.8   | 1.568  | -654.7                   | -382.9          | -41.5   | 0.585  |
|       | H34           | 0.013878  | 0.020133                    | 225°  | +45.1   | 1.451  | 35°                                     | 0.04028                        | 0.06901               | +71.3   | 1.713  | -392.8                   | -68.5           | -82.6   | 0.174  |
|       | H37           | 0.014598  | 0.021614                    | 140°  | +48.1   | 1.481  | 52°                                     | 0.04327                        | 0.07164               | +65.6   | 1.656  | -388.3                   | -55.9           | -85.6   | 0.144  |
| 3KC-7 | H13           | 0.011317  | 0.020403                    | 315°  | +80.3   | 1.803  | 45°                                     | 0.04344                        | 0.06698               | +54.2   | 1.542  | -357.0                   | -76.6           | -78.5   | 0.215  |
|       | H16           | 0.012239  | 0.022398                    | 225°, 315°                                      | +83.0   | 1.830  | 42°                                     | 0.04628                        | 0.06759               | +46.1   | 1.461  | -667.1                   | -356.0          | -46.6   | 0.534  |
|       | H19           | 0.012239  | 0.022398                    | 45°, 315°                                       | +83.0   | 1.830  | 49°                                     | 0.04628                        | 0.06759               | +46.1   | 1.461  | -667.1                   | -356.0          | -46.6   | 0.534  |
|       | H22           | 0.013466  | 0.024574                    | 45°, 135°<br>225°, 315°                         | +82.5   | 1.825  | 45°                                     | 0.04335                        | 0.06291               | +45.1   | 1.451  | -916.5                   | -891.8          | -2.7  | 0.973  |
|       | H34           | 0.011317  | 0.020403                    | 225°  | +80.3   | 1.803  | 45°                                     | 0.04344                        | 0.06698               | +54.2   | 1.542  | -357.0                   | -76.6           | -78.5   | 0.215  |
|       | H37           | 0.012239  | 0.022398                    | 135°, 225°                                      | +83.0   | 1.830  | 49°                                     | 0.04628                        | 0.06759               | +46.1   | 1.461  | -667.1                   | -356.0          | -46.6   | 0.534  |
|       | H55           | 0.011317  | 0.020403                    | 45°   | +80.3   | 1.803  | 45°                                     | 0.04344                        | 0.06698               | +54.2   | 1.542  | -357.0                   | -76.6           | -78.5   | 0.215  |
|       | H58           | 0.012239  | 0.022398                    | 45°, 135°                                       | +83.0   | 1.830  | 42°                                     | 0.04628                        | 0.06759               | +46.1   | 1.461  | -667.1                   | -356.0          | -46.6   | 0.534  |
|       | H61           | 0.011317  | 0.020403                    | 135°  | +80.3   | 1.803  | 45°                                     | 0.04344                        | 0.06698               | +54.2   | 1.542  | -357.0                   | -76.6           | -78.5   | 0.215  |
| 3KC-8 | H13           | 0.013775  | 0.021830                    | 320°  | +58.5   | 1.585  | 60°                                     | 0.03807                        | 0.07681               | <b>+101.8</b>                                       | <b>2.018</b>                                 | -382.5                   | -64.5           | -83.1   | 0.169  |
|       | H16           | 0.011571  | 0.021797                    | 315°  | +88.4   | 1.884  | 41°                                     | 0.04452                        | 0.06615               | +48.6   | 1.486  | -664.4                   | -366.4          | -44.9   | 0.551  |
|       | H19           | 0.011571  | 0.021797                    | 45°   | +88.4   | 1.884  | 50°                                     | 0.04452                        | 0.06615               | +48.6   | 1.486  | -664.4                   | -366.4          | -44.9   | 0.551  |
|       | H22           | 0.012818  | 0.023802                    | 45°, 135°<br>225°, 315°                         | +85.7   | 1.857  | 45°                                     | 0.04105                        | 0.06103               | +48.7   | 1.487  | -910.2                   | -893.7          | -1.8  | 0.982  |
|       | H34           | 0.013775  | 0.021830                    | 230°  | +58.5   | 1.585  | 30°                                     | 0.03807                        | 0.07681               | <b>+101.8</b>                                       | <b>2.018</b>                                 | -382.5                   | -64.5           | -83.1   | 0.169  |
|       | H37           | 0.011571  | 0.021797                    | 225°  | +88.4   | 1.884  | 50°                                     | 0.04452                        | 0.06615               | +48.6   | 1.486  | -664.4                   | -366.4          | -44.9   | 0.551  |
|       | H55           | 0.013775  | 0.021830                    | 50°   | +58.5   | 1.585  | 30°                                     | 0.03807                        | 0.07681               | <b>+101.8</b>                                       | <b>2.018</b>                                 | -382.5                   | -64.5           | -83.1   | 0.169  |
|       | H58           | 0.011571  | 0.021797                    | 135°  | +88.4   | 1.884  | 41°                                     | 0.04452                        | 0.06615               | +48.6   | 1.486  | -664.4                   | -366.4          | -44.9   | 0.551  |
|       | H61           | 0.013775  | 0.021830                    | 140°  | +58.5   | 1.585  | 60°                                     | 0.03807                        | 0.07681               | <b>+101.8</b>                                       | <b>2.018</b>                                 | -382.5                   | -64.5           | -83.1   | 0.169  |

Çizelge 6.4 3KC-[1-11] binaların en alt kat kolon plastik kesitlerindeki  $(\epsilon_s maks.)_{cr}$  taleplerini oluşturan parametrelere ait sonuçlar (devam)

| Bina   | Plastik Kesit | Kolon plastik kesitlerindeki $(\epsilon_s maks.)_{cr}$ birim boy değişmesi taleplerini veren parametrelere ait sonuçlar |                           |   |   |  |                                       |                                |                       |   |  |                          |                 |   |  |
|--------|---------------|---|---------------------------|---|---|--|---------------------------------------|--------------------------------|-----------------------|---|--|--------------------------|-----------------|---|--|
|        |               | $(\epsilon_c maks.)_{asal}^{maks}$  | $(\epsilon_c maks.)_{cr}$ | Kritik deprem doğrultusu $(\beta_{cr}^\circ)$ | Rölatif Fark (%) $\left(\frac{[2]-[1]}{[1]}\right)$ | Değişim Oranı $\left(\frac{[2]}{[1]}\right)$ | Tarafsız Eksen Açısı $(\alpha^\circ)$ | $(\chi_T)_{asal}^{maks}$ (1/m) | $(\chi_T)_{cr}$ (1/m) | Rölatif Fark (%) $\left(\frac{[4]-[3]}{[3]}\right)$ | Değişim Oranı $\left(\frac{[4]}{[3]}\right)$ | $(N)_{asal}^{maks}$ (kN) | $(N)_{cr}$ (kN) | Rölatif Fark (%) $\left(\frac{[6]-[5]}{[5]}\right)$ | Değişim Oranı $\left(\frac{[6]}{[5]}\right)$ |
|        |               | [1]   | [2]                       |   |   |  |                                       | [3]                            | [4]                   | [3]   | [3]  | [5]                      | [6]             | [5]   | [5]  |
| 3KC-9  | H13           | 0.010801  | 0.022967                  | 330°  | +112.6  | 2.126  | 43°                                   | 0.04578                        | 0.07631               | +66.7   | 1.667  | -459.3                   | -114.4          | -75.1   | 0.249  |
|        | H16           | 0.013392  | 0.021958                  | 30°   | +64.0   | 1.640  | 35°                                   | 0.04993                        | 0.06951               | +39.2   | 1.392  | -467.7                   | -443.6          | -5.2  | 0.948  |
|        | H19           | 0.010801  | 0.022967                  | 30°   | +112.6  | 2.126  | 48°                                   | 0.04578                        | 0.07631               | +66.7   | 1.667  | -459.3                   | -114.2          | -75.1   | 0.249  |
|        | H22           | 0.013392  | 0.021958                  | 210°  | +64.0   | 1.640  | 35°                                   | 0.04993                        | 0.06951               | +39.2   | 1.392  | -467.7                   | -443.6          | -5.2  | 0.948  |
|        | H34           | 0.010801  | 0.022967                  | 210°  | +112.6  | 2.126  | 48°                                   | 0.04578                        | 0.07631               | +66.7   | 1.667  | -459.3                   | -114.2          | -75.1   | 0.249  |
|        | H37           | 0.010801  | 0.022967                  | 150°  | +112.6  | 2.126  | 43°                                   | 0.04578                        | 0.07631               | +66.7   | 1.667  | -459.3                   | -114.4          | -75.1   | 0.249  |
| 3KC-10 | H13           | 0.012580  | 0.020112                  | 330°  | +59.9   | 1.599  | 55°                                   | 0.03942                        | 0.06993               | +77.4   | 1.774  | -453.4                   | -90.2           | -80.1   | 0.199  |
|        | H16           | 0.011876  | 0.018961                  | 30°   | +59.7   | 1.597  | 34°                                   | 0.04533                        | 0.06077               | +34.1   | 1.341  | -472.6                   | -462.2          | -2.2  | 0.978  |
|        | H19           | 0.012797  | 0.015895                  | 30°   | +24.2   | 1.242  | 36°                                   | 0.03705                        | 0.05499               | +48.4   | 1.484  | -467.2                   | -102.0          | -78.2   | 0.218  |
|        | H22           | 0.011876  | 0.018961                  | 210°  | +59.7   | 1.597  | 34°                                   | 0.04533                        | 0.06077               | +34.1   | 1.341  | -472.6                   | -462.2          | -2.2  | 0.978  |
|        | H34           | 0.012797  | 0.015895                  | 210°  | +24.2   | 1.242  | 36°                                   | 0.03705                        | 0.05499               | +48.4   | 1.484  | -467.2                   | -102.0          | -78.2   | 0.218  |
|        | H37           | 0.012580  | 0.020112                  | 150°  | +59.9   | 1.599  | 55°                                   | 0.03942                        | 0.06993               | +77.4   | 1.774  | -453.4                   | -90.2           | -80.1   | 0.199  |
| 3KC-11 | H13           | 0.014485  | 0.019234                  | 320°  | +32.8   | 1.328  | 56°                                   | 0.04499                        | 0.06844               | +52.1   | 1.521  | -457.5                   | -170.0          | -62.8   | 0.372  |
|        | H16           | 0.009245  | 0.016467                  | 230°  | +78.1   | 1.781  | 26°                                   | 0.04245                        | 0.06458               | +52.1   | 1.521  | -467.5                   | -151.3          | -67.6   | 0.324  |
|        | H19           | 0.011475  | 0.020104                  | 50°   | +75.2   | 1.752  | 34°                                   | 0.04256                        | 0.06162               | +44.8   | 1.448  | -672.7                   | -470.3          | -30.1   | 0.699  |
|        | H22           | 0.012574  | 0.018560                  | 315°  | +47.6   | 1.476  | 42°                                   | 0.04482                        | 0.05349               | +19.3   | 1.193  | -727.5                   | -670.8          | -7.8  | 0.922  |
|        | H37           | 0.011468  | 0.017672                  | 220°  | +54.1   | 1.541  | 38°                                   | 0.05155                        | 0.06313               | +22.5   | 1.225  | -536.8                   | -266.0          | -50.4   | 0.496  |
|        | H55           | 0.010879  | 0.019663                  | 50°   | +80.7   | 1.807  | 30°                                   | 0.04224                        | 0.06924               | +63.9   | 1.639  | -455.4                   | -63.5           | -86.1   | 0.139  |
|        | H58           | 0.016994  | 0.022258                  | 40°   | +31.0   | 1.310  | 53°                                   | 0.04878                        | 0.07315               | +50.0   | 1.500  | -588.9                   | -319.1          | -45.8   | 0.542  |
|        | H61           | 0.011453  | 0.017399                  | 135°  | +51.9   | 1.519  | 38°                                   | 0.05128                        | 0.06245               | +21.8   | 1.218  | -549.8                   | -273.8          | -50.2   | 0.498  |
|        | H172          | 0.009601  | 0.018228                  | 225°  | +89.9   | 1.899  | 26°                                   | 0.04410                        | 0.06784               | +53.8   | 1.538  | -426.3                   | -39.4           | -90.8   | 0.092  |
|        | H178          | 0.008698  | 0.017677                  | 135°  | +103.2  | 2.032  | 26°                                   | 0.04173                        | 0.06643               | +59.2   | 1.592  | -426.5                   | -44.4           | -89.6   | 0.104  |
|        |               | 3KC-[1-11] için Ortalama  |                           |   | <b>+71.6</b>  | <b>1.716</b>                                 |                                       | Ortalama                       |                       | <b>+57.5</b>  | <b>1.575</b>                                 | Ortalama                 |                 | <b>-65.2</b>  | <b>0.348</b>                                 |

Çizelge 6.5 5KC binanın en alt kat kolon plastik kesitlerindeki  $(\epsilon_{c maks.})_{cr}$  taleplerini oluşturan parametrelere ait sonuçlar

| Bina | Plastik Kesit | Kolon plastik kesitlerindeki $(\epsilon_{c maks.})_{cr}$ birim boy değişmesi taleplerini veren parametrelere ait sonuçlar |                             |   |   |  |   |                                |                       |   |  |                          |                 |   |  |
|------|---------------|---|-----------------------------|---|---|--|---|--------------------------------|-----------------------|---|--|--------------------------|-----------------|---|--|
|      |               | $(\epsilon_{c maks.})_{asal}^{maks}$  | $(\epsilon_{c maks.})_{cr}$ | Kritik deprem doğrultusu ( $\beta_{cr}$ ) | Rölatif Fark (%) $\left(\frac{[2]-[1]}{[1]}\right)$ | Değişim Oranı $\left(\frac{[2]}{[1]}\right)$ | Tarafsız Eksen Açısı ( $\alpha^\circ$ ) | $(\chi_T)_{asal}^{maks}$ (1/m) | $(\chi_T)_{cr}$ (1/m) | Rölatif Fark (%) $\left(\frac{[4]-[3]}{[3]}\right)$ | Değişim Oranı $\left(\frac{[4]}{[3]}\right)$ | $(N)_{asal}^{maks}$ (kN) | $(N)_{cr}$ (kN) | Rölatif Fark (%) $\left(\frac{[6]-[5]}{[5]}\right)$ | Değişim Oranı $\left(\frac{[6]}{[5]}\right)$ |
|      |               | [1]   | [2]                         | ( $\beta_{cr}$ )                          |   |  | ( $\alpha^\circ$ )                      | [3]                            | [4]                   | [3]   | [3]  | [5]                      | [6]             | [5]   | [5]  |
| 5KC  | H13           | 0.007897  | 0.020139                    | 135°                                      | +155.0  | 2.550  | 68°                                     | 0.03995                        | 0.09488               | +137.5  | 2.375  | -744.9                   | -952.9          | +27.9   | 1.279  |
|      | H16           | 0.006711  | 0.018834                    | 45°                                       | +180.6  | 2.806  | 44°                                     | 0.03623                        | 0.06273               | +73.1   | 1.731  | -1293.4                  | -1316.7         | +1.8  | 1.018  |
|      | H19           | 0.006711  | 0.018834                    | 135°                                      | +180.6  | 2.806  | 46°                                     | 0.03623                        | 0.06273               | +73.1   | 1.731  | -1293.4                  | -1316.7         | +1.8  | 1.018  |
|      | H22           | 0.008880  | 0.022998                    | 45°                                       | +159.0  | 2.590  | 60°                                     | 0.03781                        | 0.07555               | +99.8   | 1.998  | -1556.5                  | -1473.6         | -5.3  | 0.947  |
|      | H34           | 0.008923  | 0.022213                    | 45°                                       | +148.9  | 2.489  | 66°                                     | 0.04000                        | 0.09561               | +139.0  | 2.390  | -1148.7                  | -1121.4         | -2.4  | 0.976  |
|      | H37           | 0.007155  | 0.021415                    | 45°                                       | +199.3  | 2.993  | 45°                                     | 0.03475                        | 0.06235               | +79.4   | 1.794  | -1577.9                  | -1642.4         | +4.1  | 1.041  |
|      | H55           | 0.008923  | 0.022213                    | 135°                                      | +148.9  | 2.489  | 24°                                     | 0.04000                        | 0.09561               | +139.0  | 2.390  | -1148.7                  | -1121.4         | -2.4  | 0.976  |
|      | H58           | 0.007155  | 0.021415                    | 135°                                      | +199.3  | 2.993  | 45°                                     | 0.03475                        | 0.06235               | +79.4   | 1.794  | -1577.9                  | -1642.4         | +4.1  | 1.041  |
|      | H61           | 0.006753  | 0.020238                    | 45°, 135°<br>225°, 315°                   | +199.7  | 2.997  | 45°                                     | 0.03286                        | 0.05904               | +79.7   | 1.797  | -1520.9                  | -1503.3         | -1.2  | 0.988  |
|      | H94           | 0.006711  | 0.018834                    | 135°                                      | +180.6  | 2.806  | 45°                                     | 0.03623                        | 0.06273               | +73.1   | 1.731  | -1293.4                  | -1316.7         | +1.8  | 1.018  |
|      | H97           | 0.008880  | 0.022998                    | 135°                                      | +159.0  | 2.590  | 30°                                     | 0.03781                        | 0.07555               | +99.8   | 1.998  | -1556.5                  | -1473.6         | -5.3  | 0.947  |
|      | H100          | 0.007155  | 0.021415                    | 225°                                      | +199.3  | 2.993  | 45°                                     | 0.03475                        | 0.06235               | +79.4   | 1.794  | -1577.9                  | -1642.4         | +4.1  | 1.041  |
|      | H103          | 0.007897  | 0.020139                    | 225°                                      | +155.0  | 2.550  | 24°                                     | 0.03995                        | 0.09488               | +137.5  | 2.375  | -744.9                   | -952.9          | +27.9   | 1.279  |
|      | H106          | 0.006711  | 0.018834                    | 225°                                      | +180.6  | 2.806  | 44°                                     | 0.03623                        | 0.06273               | +73.1   | 1.731  | -1293.4                  | -1316.7         | +1.8  | 1.018  |
|      | H109          | 0.008923  | 0.022213                    | 225°                                      | +148.9  | 2.489  | 66°                                     | 0.04000                        | 0.09561               | +139.0  | 2.390  | -1148.7                  | -1121.4         | -2.4  | 0.976  |
|      | H166          | 0.006711  | 0.018834                    | 45°                                       | +180.6  | 2.806  | 44°                                     | 0.03623                        | 0.06273               | +73.1   | 1.731  | -1293.4                  | -1316.7         | +1.8  | 1.018  |
|      | H169          | 0.007897  | 0.020139                    | 45°                                       | +155.0  | 2.550  | 24°                                     | 0.03995                        | 0.09488               | +137.5  | 2.375  | -744.9                   | -952.9          | +27.9   | 1.279  |
|      | H172          | 0.008880  | 0.022998                    | 315°                                      | +159.0  | 2.590  | 30°                                     | 0.03781                        | 0.07555               | +99.8   | 1.998  | -1556.5                  | -1473.6         | -5.3  | 0.947  |
|      | H175          | 0.006711  | 0.018834                    | 315°                                      | +180.6  | 2.806  | 45°                                     | 0.03623                        | 0.06273               | +73.1   | 1.731  | -1293.4                  | -1316.7         | +1.8  | 1.018  |
|      | H178          | 0.007155  | 0.021415                    | 315°                                      | +199.3  | 2.993  | 45°                                     | 0.03475                        | 0.06235               | +79.4   | 1.794  | -1577.9                  | -1642.4         | +4.1  | 1.041  |
| H181 | 0.008923      | 0.022213  | 315°                        | +148.9                                    | 2.489   | 24°  | 0.04000                                 | 0.09561                        | +139.0                | 2.390   | -1148.7                                      | -1121.4                  | -2.4            | 0.976   |  |
| H184 | 0.008880      | 0.022998  | 225°                        | +159.0                                    | 2.590   | 60°  | 0.03781                                 | 0.07555                        | +99.8                 | 1.998   | -1556.5                                      | -1473.6                  | -5.3            | 0.947   |  |
| H187 | 0.006711      | 0.018834  | 315°                        | +180.6                                    | 2.806   | 46°  | 0.03623                                 | 0.06273                        | +73.1                 | 1.731   | -1293.4                                      | -1316.7                  | +1.8            | 1.018   |  |
| H190 | 0.006711      | 0.018834  | 225°                        | +180.6                                    | 2.806   | 44°  | 0.03623                                 | 0.06273                        | +73.1                 | 1.731   | -1293.4                                      | -1316.7                  | +1.8            | 1.018   |  |
| H193 | 0.007897      | 0.020139  | 315°                        | +155.0                                    | 2.550   | 68°  | 0.03995                                 | 0.09488                        | +137.5                | 2.375   | -744.9                                       | -952.9                   | +27.9           | 1.279   |  |
|      |               | 5KC için Ortalama   |                             |   | +171.8  | 2.718  |   | Ortalama                       |                       | +99.5   | 1.995  | Ortalama                 |                 | +4.4  | 1.044  |

Çizelge 6.6 5KC binanın en alt kat kolon plastik kesitlerindeki  $(\epsilon_{s maks.})_{cr}$  taleplerini oluşturan parametrelere ait sonuçlar

| Bina | Plastik Kesit | Kolon plastik kesitlerindeki $(\epsilon_{s maks.})_{cr}$ birim boy değişmesi taleplerini veren parametrelere ait sonuçlar |                             |   |   |  |   |                                |                       |   |  |                          |                 |   |  |
|------|---------------|---|-----------------------------|---|---|--|---|--------------------------------|-----------------------|---|--|--------------------------|-----------------|---|--|
|      |               | $(\epsilon_{c maks.})_{asal}^{maks}$  | $(\epsilon_{c maks.})_{cr}$ | Kritik deprem doğrultusu ( $\beta_{cr}$ ) | Rölatif Fark (%) $\left(\frac{[2]-[1]}{[1]}\right)$ | Değişim Oranı $\left(\frac{[2]}{[1]}\right)$ | Tarafsız Eksen Açısı ( $\alpha^\circ$ ) | $(\chi_T)_{asal}^{maks}$ (1/m) | $(\chi_T)_{cr}$ (1/m) | Rölatif Fark (%) $\left(\frac{[4]-[3]}{[3]}\right)$ | Değişim Oranı $\left(\frac{[4]}{[3]}\right)$ | $(N)_{asal}^{maks}$ (kN) | $(N)_{cr}$ (kN) | Rölatif Fark (%) $\left(\frac{[6]-[5]}{[5]}\right)$ | Değişim Oranı $\left(\frac{[6]}{[5]}\right)$ |
|      |               | [1]   | [2]                         | ( $\beta_{cr}$ )                          |   |  | ( $\alpha^\circ$ )                      | [3]                            | [4]                   | [3]   | [3]  | [5]                      | [6]             | [5]   | [5]  |
| 5KC  | H13           | 0.015312  | 0.031547                    | 315°                                      | +106.0  | 2.060  | 64°                                     | 0.03995                        | 0.10011               | +150.6  | 2.506  | -744.9                   | +0.3            | -100.0  | 0.000  |
|      | H16           | 0.011064  | 0.025028                    | 315°                                      | +126.2  | 2.262  | 42°                                     | 0.03623                        | 0.06625               | +82.9   | 1.829  | -1293.4                  | -324.7          | -74.9   | 0.251  |
|      | H19           | 0.011064  | 0.025028                    | 315°                                      | +126.2  | 2.262  | 47°                                     | 0.03623                        | 0.06625               | +82.9   | 1.829  | -1293.4                  | -324.7          | -74.9   | 0.251  |
|      | H22           | 0.013559  | 0.027153                    | 315°                                      | +100.3  | 2.003  | 58°                                     | 0.03781                        | 0.07449               | +97.0   | 1.970  | -1556.5                  | -1357.3         | -12.8   | 0.872  |
|      | H34           | 0.014905  | 0.028539                    | 315°                                      | +91.5   | 1.915  | 63°                                     | 0.04000                        | 0.09513               | +137.8  | 2.378  | -1148.7                  | -468.2          | -59.2   | 0.408  |
|      | H37           | 0.011532  | 0.026297                    | 225°                                      | +128.0  | 2.280  | 45°                                     | 0.03475                        | 0.06244               | +79.7   | 1.797  | -1577.9                  | -1328.4         | -15.8   | 0.842  |
|      | H55           | 0.014905  | 0.028539                    | 45°                                       | +91.5   | 1.915  | 26°                                     | 0.04000                        | 0.09513               | +137.8  | 2.378  | -1148.7                  | -468.2          | -59.2   | 0.408  |
|      | H58           | 0.011532  | 0.026297                    | 315°                                      | +128.0  | 2.280  | 45°                                     | 0.03475                        | 0.06244               | +79.7   | 1.797  | -1577.9                  | -1328.4         | -15.8   | 0.842  |
|      | H61           | 0.012159  | 0.027333                    | 45°, 135°<br>225°, 315°                   | +124.8  | 2.248  | 45°                                     | 0.03286                        | 0.05904               | +79.7   | 1.797  | -1520.9                  | -1503.3         | -1.2  | 0.988  |
|      | H94           | 0.011064  | 0.025028                    | 45°                                       | +126.2  | 2.262  | 49°                                     | 0.03623                        | 0.06625               | +82.9   | 1.829  | -1293.4                  | -324.7          | -74.9   | 0.251  |
|      | H97           | 0.013559  | 0.027153                    | 45°                                       | +100.3  | 2.003  | 31°                                     | 0.03781                        | 0.07449               | +97.0   | 1.970  | -1556.5                  | -1357.3         | -12.8   | 0.872  |
|      | H100          | 0.011532  | 0.026297                    | 45°                                       | +128.0  | 2.280  | 45°                                     | 0.03475                        | 0.06244               | +79.7   | 1.797  | -1577.9                  | -1328.4         | -15.8   | 0.842  |
|      | H103          | 0.015312  | 0.031547                    | 45°                                       | +106.0  | 2.060  | 25°                                     | 0.03995                        | 0.10011               | +150.6  | 2.506  | -744.9                   | +0.3            | -100.0  | 0.000  |
|      | H106          | 0.011064  | 0.025028                    | 45°                                       | +126.2  | 2.262  | 44°                                     | 0.03623                        | 0.06625               | +82.9   | 1.829  | -1293.4                  | -324.7          | -74.9   | 0.251  |
|      | H109          | 0.014905  | 0.028539                    | 135°                                      | +91.5   | 1.915  | 63°                                     | 0.04000                        | 0.09513               | +137.8  | 2.378  | -1148.7                  | -468.2          | -59.2   | 0.408  |
|      | H166          | 0.011064  | 0.025028                    | 225°                                      | +126.2  | 2.262  | 44°                                     | 0.03623                        | 0.06625               | +82.9   | 1.829  | -1293.4                  | -324.7          | -74.9   | 0.251  |
|      | H169          | 0.015312  | 0.031547                    | 225°                                      | +106.0  | 2.060  | 25°                                     | 0.03995                        | 0.10011               | +150.6  | 2.506  | -744.9                   | +0.3            | -100.0  | 0.000  |
|      | H172          | 0.013559  | 0.027153                    | 225°                                      | +100.3  | 2.003  | 31°                                     | 0.03781                        | 0.07449               | +97.0   | 1.970  | -1556.5                  | -1357.3         | -12.8   | 0.872  |
|      | H175          | 0.011064  | 0.025028                    | 225°                                      | +126.2  | 2.262  | 49°                                     | 0.03623                        | 0.06625               | +82.9   | 1.829  | -1293.4                  | -324.7          | -74.9   | 0.251  |
|      | H178          | 0.011532  | 0.026297                    | 135°                                      | +128.0  | 2.280  | 45°                                     | 0.03475                        | 0.06244               | +79.7   | 1.797  | -1577.9                  | -1328.4         | -15.8   | 0.842  |
| H181 | 0.014905      | 0.028539  | 225°                        | +91.5                                     | 1.915   | 26°  | 0.04000                                 | 0.09513                        | +137.8                | 2.378   | -1148.7                                      | -468.2                   | -59.2           | 0.408   |  |
| H184 | 0.013559      | 0.027153  | 135°                        | +100.3                                    | 2.003   | 58°  | 0.03781                                 | 0.07449                        | +97.0                 | 1.970   | -1556.5                                      | -1357.3                  | -12.8           | 0.872   |  |
| H187 | 0.011064      | 0.025028  | 135°                        | +126.2                                    | 2.262   | 47°  | 0.03623                                 | 0.06625                        | +82.9                 | 1.829   | -1293.4                                      | -324.7                   | -74.9           | 0.251   |  |
| H190 | 0.011064      | 0.025028  | 135°                        | +126.2                                    | 2.262   | 42°  | 0.03623                                 | 0.06625                        | +82.9                 | 1.829   | -1293.4                                      | -324.7                   | -74.9           | 0.251   |  |
| H193 | 0.015312      | 0.031547  | 135°                        | +106.0                                    | 2.060   | 64°  | 0.03995                                 | 0.10011                        | +150.6                | 2.506   | -744.9                                       | +0.3                     | -100.0          | 0.000   |  |
|      |               | 5KC için Ortalama   |                             |   | +113.5  | 2.135  |   | Ortalama                       |                       | +104.1  | 2.041  | Ortalama                 |                 | -54.1   | 0.459  |



Çizelge 6.7 8KC binanın en alt kat kolon plastik kesitlerindeki  $(\epsilon_{c maks.})_{cr}$  taleplerini oluşturan parametrelere ait sonuçlar

| Bina | Plastik Kesit | Kolon plastik kesitlerindeki $(\epsilon_{c maks.})_{cr}$ birim boy değişmesi taleplerini veren parametrelere ait sonuçlar |                             |   |   |  |   |                                |                       |   |  |                          |                 |   |  |
|------|---------------|---|-----------------------------|---|---|--|---|--------------------------------|-----------------------|---|--|--------------------------|-----------------|---|--|
|      |               | $(\epsilon_{c maks.})_{asal}^{maks}$  | $(\epsilon_{c maks.})_{cr}$ | Kritik deprem doğrultusu ( $\beta_{cr}^\circ$ ) | Rölatif Fark (%) $\left(\frac{[2]-[1]}{[1]}\right)$ | Değişim Oranı $\left(\frac{[2]}{[1]}\right)$ | Tarafsız Eksen Açısı ( $\alpha^\circ$ ) | $(\chi_T)_{asal}^{maks}$ (1/m) | $(\chi_T)_{cr}$ (1/m) | Rölatif Fark (%) $\left(\frac{[4]-[3]}{[3]}\right)$ | Değişim Oranı $\left(\frac{[4]}{[3]}\right)$ | $(N)_{asal}^{maks}$ (kN) | $(N)_{cr}$ (kN) | Rölatif Fark (%) $\left(\frac{[6]-[5]}{[5]}\right)$ | Değişim Oranı $\left(\frac{[6]}{[5]}\right)$ |
|      |               | [1]   | [2]                         |   |   |  |   | [3]                            | [4]                   | [3]   | [4]  | [5]                      | [6]             | [5]   | [5]  |
| 8KC  | H13           | 0.003625  | 0.012821                    | 135°  | +253.7  | 3.537  | 45°                                     | 0.02010                        | 0.04152               | +106.6  | 2.066  | -1443.9                  | -1870.5         | +29.5   | 1.295  |
|      | H16           | 0.005408  | 0.015626                    | 135°  | +188.9  | 2.889  | 58°                                     | 0.02054                        | 0.04784               | +132.9  | 2.329  | -2262.6                  | -2270.7         | +0.4  | 1.004  |
|      | H19           | 0.005408  | 0.015626                    | 135°  | +188.9  | 2.889  | 32°                                     | 0.02054                        | 0.04784               | +132.9  | 2.329  | -2262.6                  | -2270.7         | +0.4  | 1.004  |
|      | H22           | 0.005142  | 0.016820                    | 135°  | +227.1  | 3.271  | 45°                                     | 0.01897                        | 0.04137               | +118.1  | 2.181  | -2878.6                  | -3114.8         | +8.2  | 1.082  |
|      | H34           | 0.004088  | 0.013593                    | 45°, 135°                                       | +232.5  | 3.325  | 44°                                     | 0.01852                        | 0.03956               | +113.6  | 2.136  | -2254.0                  | -2196.3         | -2.6  | 0.974  |
|      | H37           | 0.006740  | 0.017614                    | 135°  | +161.3  | 2.613  | 58°                                     | 0.01970                        | 0.05006               | +154.1  | 2.541  | -2542.2                  | -2563.6         | +0.8  | 1.008  |
|      | H55           | 0.004088  | 0.013593                    | 135°, 225°                                      | +232.5  | 3.325  | 46°                                     | 0.01852                        | 0.03956               | +113.6  | 2.136  | -2254.0                  | -2196.3         | -2.6  | 0.974  |
|      | H58           | 0.006740  | 0.017614                    | 135°  | +161.3  | 2.613  | 32°                                     | 0.01970                        | 0.05006               | +154.1  | 2.541  | -2542.2                  | -2563.6         | +0.8  | 1.008  |
|      | H61           | 0.004843  | 0.015618                    | 45°, 135°, 225°, 315°                           | +222.5  | 3.225  | 45°                                     | 0.01866                        | 0.04026               | +115.8  | 2.158  | -2698.9                  | -2738.8         | +1.5  | 1.015  |
|      | H94           | 0.005408  | 0.015626                    | 225°  | +188.9  | 2.889  | 32°                                     | 0.02054                        | 0.04784               | +132.9  | 2.329  | -2262.6                  | -2270.7         | +0.4  | 1.004  |
|      | H97           | 0.005142  | 0.016820                    | 225°  | +227.1  | 3.271  | 45°                                     | 0.01897                        | 0.04137               | +118.1  | 2.181  | -2878.6                  | -3114.8         | +8.2  | 1.082  |
|      | H100          | 0.006740  | 0.017614                    | 315°  | +161.3  | 2.613  | 58°                                     | 0.01970                        | 0.05006               | +154.1  | 2.541  | -2542.2                  | -2563.6         | +0.8  | 1.008  |
|      | H103          | 0.003625  | 0.012821                    | 225°  | +253.7  | 3.537  | 45°                                     | 0.02010                        | 0.04152               | +106.6  | 2.066  | -1443.9                  | -1870.5         | +29.5   | 1.295  |
|      | H106          | 0.005408  | 0.015626                    | 225°  | +188.9  | 2.889  | 58°                                     | 0.02054                        | 0.04784               | +132.9  | 2.329  | -2262.6                  | -2270.7         | +0.4  | 1.004  |
|      | H109          | 0.004088  | 0.013593                    | 225°, 315°                                      | +232.5  | 3.325  | 44°                                     | 0.01852                        | 0.03956               | +113.6  | 2.136  | -2254.0                  | -2196.3         | -2.6  | 0.974  |
|      | H166          | 0.005408  | 0.015626                    | 45°   | +188.9  | 2.889  | 58°                                     | 0.02054                        | 0.04784               | +132.9  | 2.329  | -2262.6                  | -2270.7         | +0.4  | 1.004  |
|      | H169          | 0.003625  | 0.012821                    | 45°   | +253.7  | 3.537  | 45°                                     | 0.02010                        | 0.04152               | +106.6  | 2.066  | -1443.9                  | -1870.5         | +29.5   | 1.295  |
|      | H172          | 0.005142  | 0.016820                    | 45°   | +227.1  | 3.271  | 45°                                     | 0.01897                        | 0.04137               | +118.1  | 2.181  | -2878.6                  | -3114.8         | +8.2  | 1.082  |
|      | H175          | 0.005408  | 0.015626                    | 45°   | +188.9  | 2.889  | 32°                                     | 0.02054                        | 0.04784               | +132.9  | 2.329  | -2262.6                  | -2270.7         | +0.4  | 1.004  |
|      | H178          | 0.006740  | 0.017614                    | 315°  | +161.3  | 2.613  | 32°                                     | 0.01970                        | 0.05006               | +154.1  | 2.541  | -2542.2                  | -2563.6         | +0.8  | 1.008  |
| H181 | 0.004088      | 0.013593  | 45°, 315°                   | +232.5  | 3.325   | 46°  | 0.01852                                 | 0.03956                        | +113.6                | 2.136   | -2254.0                                      | -2196.3                  | -2.6            | 0.974   |  |
| H184 | 0.005142      | 0.016820  | 315°                        | +227.1  | 3.271   | 45°  | 0.01897                                 | 0.04137                        | +118.1                | 2.181   | -2878.6                                      | -3114.8                  | +8.2            | 1.082   |  |
| H187 | 0.005408      | 0.015626  | 315°                        | +188.9  | 2.889   | 32°  | 0.02054                                 | 0.04784                        | +132.9                | 2.329   | -2262.6                                      | -2270.7                  | +0.4            | 1.004   |  |
| H190 | 0.005408      | 0.015626  | 315°                        | +188.9  | 2.889   | 58°  | 0.02054                                 | 0.04784                        | +132.9                | 2.329   | -2262.6                                      | -2270.7                  | +0.4            | 1.004   |  |
| H193 | 0.003625      | 0.012821  | 315°                        | +253.7  | 3.537   | 45°  | 0.02010                                 | 0.04152                        | +106.6                | 2.066   | -1443.9                                      | -1870.5                  | +29.5           | 1.295   |  |
|      |               | 8KC için Ortalama   |                             |   | +209.3  | 3.093  |   | Ortalama                       |                       | +125.9  | 2.259  | Ortalama                 |                 | +5.9  | 1.059  |

Çizelge 6.8 8KC binanın en alt kat kolon plastik kesitlerindeki  $(\epsilon_{s maks.})_{cr}$  taleplerini oluşturan parametrelere ait sonuçlar

| Bina | Plastik Kesit | Kolon plastik kesitlerindeki $(\epsilon_{s maks.})_{cr}$ birim boy değişmesi taleplerini veren parametrelere ait sonuçlar |                             |   |   |  |                                   |                                |                       |   |  |                          |                 |   |  |
|------|---------------|---|-----------------------------|---|---|--|-----------------------------------|--------------------------------|-----------------------|---|--|--------------------------|-----------------|---|--|
|      |               | $(\epsilon_{c maks.})_{asal}^{maks}$  | $(\epsilon_{c maks.})_{cr}$ | Kritik deprem doğrultusu ( $\beta_{cr}$ ) | Rölatif Fark (%) $\left(\frac{[2]-[1]}{[1]}\right)$ | Değişim Oranı $\left(\frac{[2]}{[1]}\right)$ | Tarafsız Eksen Açısı ( $\alpha$ ) | $(\chi_T)_{asal}^{maks}$ (1/m) | $(\chi_T)_{cr}$ (1/m) | Rölatif Fark (%) $\left(\frac{[4]-[3]}{[3]}\right)$ | Değişim Oranı $\left(\frac{[4]}{[3]}\right)$ | $(N)_{asal}^{maks}$ (kN) | $(N)_{cr}$ (kN) | Rölatif Fark (%) $\left(\frac{[6]-[5]}{[5]}\right)$ | Değişim Oranı $\left(\frac{[6]}{[5]}\right)$ |
|      |               | [1]   | [2]                         | ( $\beta_{cr}$ )                          |   |  | ( $\alpha$ )                      | [3]                            | [4]                   | [3]   | [3]  | [5]                      | [6]             | [5]   | [5]  |
| 8KC  | H13           | 0.005344  | 0.018647                    | 315°                                      | +248.9  | 3.489  | 45°                               | 0.02010                        | 0.05058               | +151.7  | 2.517  | -1443.9                  | -55.3           | -96.2   | 0.038  |
|      | H16           | 0.007805  | 0.019654                    | 315°                                      | +151.8  | 2.518  | 56°                               | 0.02054                        | 0.04970               | +142.0  | 2.420  | -2262.6                  | -846.3          | -62.6   | 0.374  |
|      | H19           | 0.007805  | 0.019654                    | 315°                                      | +151.8  | 2.518  | 34°                               | 0.02054                        | 0.04970               | +142.0  | 2.420  | -2262.6                  | -846.3          | -62.6   | 0.374  |
|      | H22           | 0.006079  | 0.018655                    | 315°                                      | +206.9  | 3.069  | 45°                               | 0.01897                        | 0.04260               | +124.6  | 2.246  | -2878.6                  | -2342.2         | -18.6   | 0.814  |
|      | H34           | 0.005868  | 0.016758                    | 315°                                      | +185.6  | 2.856  | 42°                               | 0.01852                        | 0.04228               | +128.3  | 2.283  | -2254.0                  | -985.8          | -56.3   | 0.437  |
|      | H37           | 0.008036  | 0.018899                    | 225°, 315°                                | +135.2  | 2.352  | 58°                               | 0.01970                        | 0.05036               | +155.7  | 2.557  | -2542.2                  | -2419.5         | -4.8  | 0.952  |
|      | H55           | 0.005868  | 0.016758                    | 45°, 315°                                 | +185.6  | 2.856  | 48°                               | 0.01852                        | 0.04228               | +128.3  | 2.283  | -2254.0                  | -985.8          | -56.3   | 0.437  |
|      | H58           | 0.008036  | 0.018899                    | 315°                                      | +135.2  | 2.352  | 32°                               | 0.01970                        | 0.05036               | +155.7  | 2.557  | -2542.2                  | -2419.5         | -4.8  | 0.952  |
|      | H61           | 0.005784  | 0.016822                    | 45°, 135°, 225°, 315°                     | +190.8  | 2.908  | 45°                               | 0.01866                        | 0.04026               | +115.7  | 2.157  | -2698.9                  | -2738.8         | +1.5  | 1.015  |
|      | H94           | 0.007805  | 0.019654                    | 45°                                       | +151.8  | 2.518  | 34°                               | 0.02054                        | 0.04970               | +142.0  | 2.420  | -2262.6                  | -846.3          | -62.6   | 0.374  |
|      | H97           | 0.006079  | 0.018655                    | 45°                                       | +206.9  | 3.069  | 45°                               | 0.01897                        | 0.04260               | +124.6  | 2.246  | -2878.6                  | -2342.2         | -18.6   | 0.814  |
|      | H100          | 0.008036  | 0.018899                    | 45°, 135°                                 | +135.2  | 2.352  | 58°                               | 0.01970                        | 0.05036               | +155.7  | 2.557  | -2542.2                  | -2419.5         | -4.8  | 0.952  |
|      | H103          | 0.005344  | 0.018647                    | 45°                                       | +248.9  | 3.489  | 45°                               | 0.02010                        | 0.05058               | +151.7  | 2.517  | -1443.9                  | -55.3           | -96.2   | 0.038  |
|      | H106          | 0.007805  | 0.019654                    | 45°                                       | +151.8  | 2.518  | 56°                               | 0.02054                        | 0.04970               | +142.0  | 2.420  | -2262.6                  | -846.3          | -62.6   | 0.374  |
|      | H109          | 0.005868  | 0.016758                    | 135°                                      | +185.6  | 2.856  | 42°                               | 0.01852                        | 0.04228               | +128.3  | 2.283  | -2254.0                  | -985.8          | -56.3   | 0.437  |
|      | H166          | 0.007805  | 0.019654                    | 225°                                      | +151.8  | 2.518  | 56°                               | 0.02054                        | 0.04970               | +142.0  | 2.420  | -2262.6                  | -846.3          | -62.6   | 0.374  |
|      | H169          | 0.005344  | 0.018647                    | 225°                                      | +248.9  | 3.489  | 45°                               | 0.02010                        | 0.05058               | +151.7  | 2.517  | -1443.9                  | -55.3           | -96.2   | 0.038  |
|      | H172          | 0.006079  | 0.018655                    | 225°                                      | +206.9  | 3.069  | 45°                               | 0.01897                        | 0.04260               | +124.6  | 2.246  | -2878.6                  | -2342.2         | -18.6   | 0.814  |
|      | H175          | 0.007805  | 0.019654                    | 225°                                      | +151.8  | 2.518  | 34°                               | 0.02054                        | 0.04970               | +142.0  | 2.420  | -2262.6                  | -846.3          | -62.6   | 0.374  |
|      | H178          | 0.008036  | 0.018899                    | 135°                                      | +135.2  | 2.352  | 32°                               | 0.01970                        | 0.05036               | +155.7  | 2.557  | -2542.2                  | -2419.5         | -4.8  | 0.952  |
| H181 | 0.005868      | 0.016758  | 135°, 225°                  | +185.6                                    | 2.856   | 48°  | 0.01852                           | 0.04228                        | +128.3                | 2.283   | -2254.0                                      | -985.8                   | -56.3           | 0.437   |  |
| H184 | 0.006079      | 0.018655  | 135°                        | +206.9                                    | 3.069   | 45°  | 0.01897                           | 0.04260                        | +124.6                | 2.246   | -2878.6                                      | -2342.2                  | -18.6           | 0.814   |  |
| H187 | 0.007805      | 0.019654  | 135°                        | +151.8                                    | 2.518   | 34°  | 0.02054                           | 0.04970                        | +142.0                | 2.420   | -2262.6                                      | -846.3                   | -62.6           | 0.374   |  |
| H190 | 0.007805      | 0.019654  | 135°                        | +151.8                                    | 2.518   | 56°  | 0.02054                           | 0.04970                        | +142.0                | 2.420   | -2262.6                                      | -846.3                   | -62.6           | 0.374   |  |
| H193 | 0.005344      | 0.018647  | 135°                        | +248.9                                    | 3.489   | 45°  | 0.02010                           | 0.05058                        | +151.7                | 2.517   | -1443.9                                      | -55.3                    | -96.2           | 0.038   |  |
|      |               | 8KC için Ortalama   |                             |   | +180.5  | 2.805  |                                   | Ortalama                       |                       | +139.7  | 2.397  | Ortalama                 |                 | -48.1   | 0.519  |

### 6.1.1 Kolon Plastik Kesitinde Tarafsız Eksenin Kesitin x Asal Eksenine ile Yaptığı $\alpha$ Açısının İncelenmesi

Sayısal incelemeler kapsamında ele alınan betonarme binaların gözönüne alınan  $\beta$  deprem doğrultularındaki şekildeğiştirme esaslı doğrusal olmayan statik analizleri sonucunda (tepe yerdeğiştirme taleplerine ulaşmış betonarme binalarda oluşan), en alt kat kolonlarının alt uçlarındaki plastik kesitlerde elde edilen iç kuvvet ve plastik şekildeğiştirme taleplerinden yararlanılarak, (3.17) bağıntısı ile belirlenen  $\alpha$  açısının, birim boy değişmesi taleplerini etkileyen önemli parametrelerden biri olduğu belirlenmiştir.

$$\tan \alpha = \frac{\chi_{py}}{\chi_{px}} \quad (3.17)$$

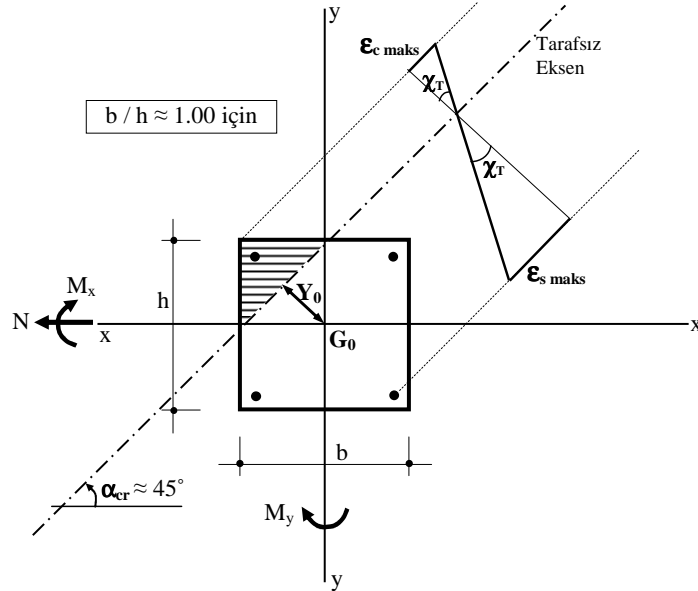
Gözönüne alınan her bir  $\beta$  deprem doğrultusu için tepe yerdeğiştirme taleplerine ulaşmış binaların farklı enkesitlere sahip olan (kare ve dikdörtgen gibi) kolon plastik kesitleri için, tarafsız eksenin kesitin x asal eksenine ile yaptığı  $\alpha$  açısının  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi 1KC binalar için Şekil 6.4’de, 3KC binalar için Şekil 6.5–6.7’de, 5KC ve 8KC binalar için Şekil 6.8’deki grafiklerde verilmiştir.

Çalışma kapsamında 1KC, 3KC, 5KC ve 8KC binaların Bölüm 5.1’de belirlenen  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultuları esas alınarak, en alt kat kolonlarının alt uçlarında oluşan plastik kesitlerdeki en elverişsiz  $\mathcal{E}_{c maks.}$  ve  $\mathcal{E}_{s maks.}$  taleplerini veren kritik  $\alpha$  açılarının ( $\alpha_{cr}$ ), enkesit geometrisine bağlı olarak çoğunlukla belirli değerler aldığı görülmektedir (Çizelge 6.1–6.8 ve Şekil 6.4–6.8).

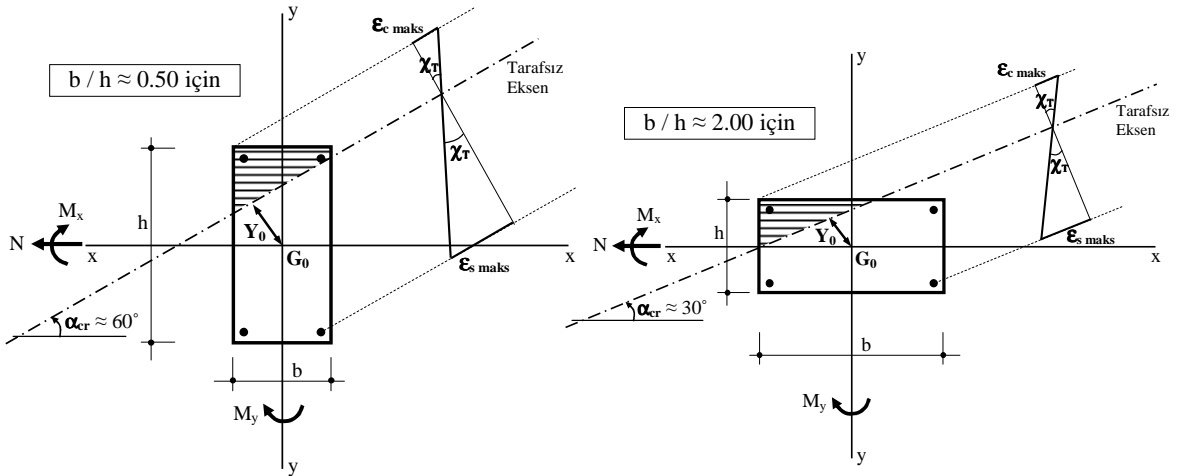
Buna göre;

- Enkesitleri *KARE* ( $b / h \approx 1$ ) olan kolon plastik kesitlerinde, kritik deprem doğrultuları için belirlenen  $\alpha_{cr}$  açısının çoğunlukla  $45^\circ$ ’ye yakın değerler aldığı ( $\alpha_{cr} \approx 45^\circ$ ) görülmüştür (Şekil 6.2).
- Enkesitleri *DİKDÖRTGEN* olan kolon plastik kesitlerinde ise, kritik deprem doğrultuları için belirlenen  $\alpha_{cr}$  açısının;

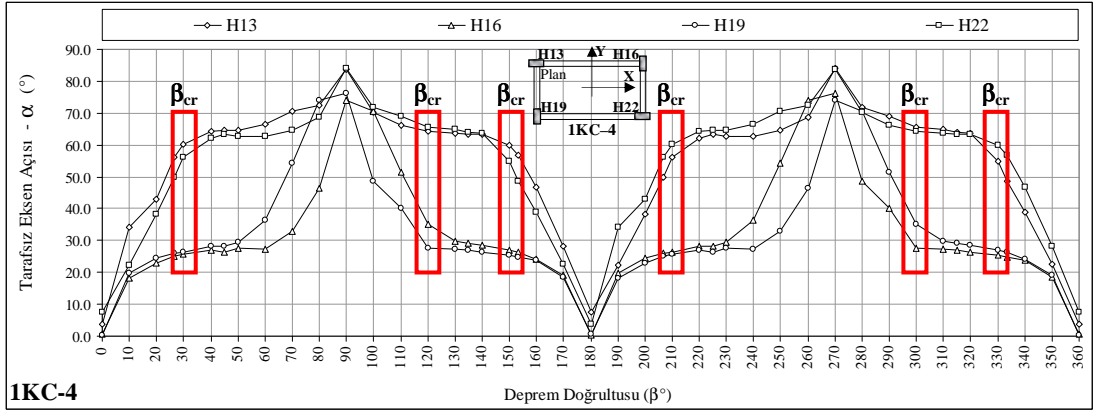
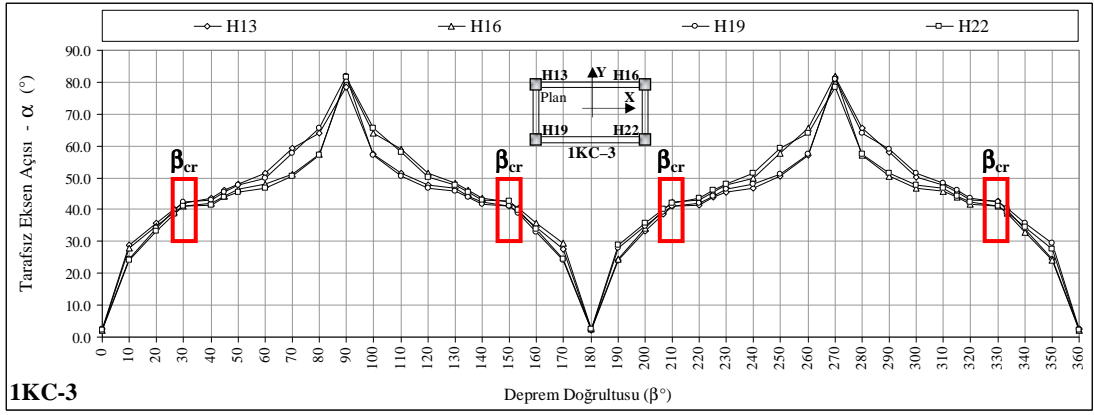
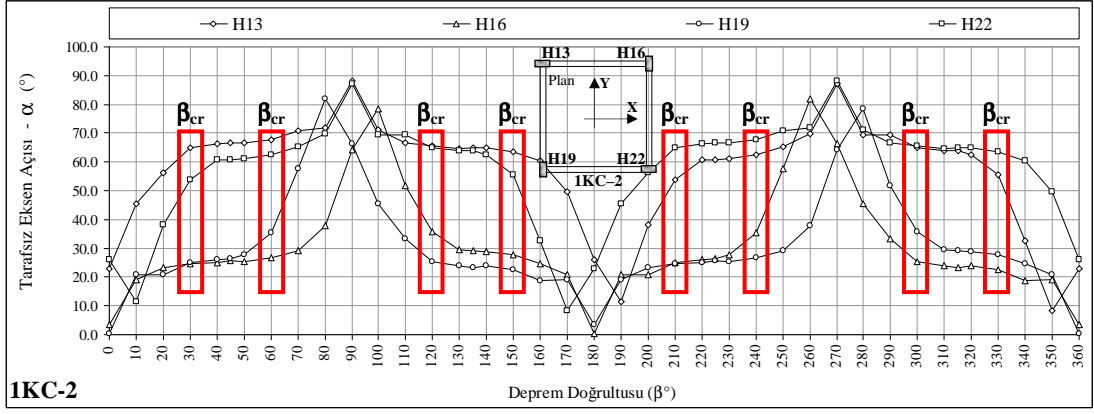
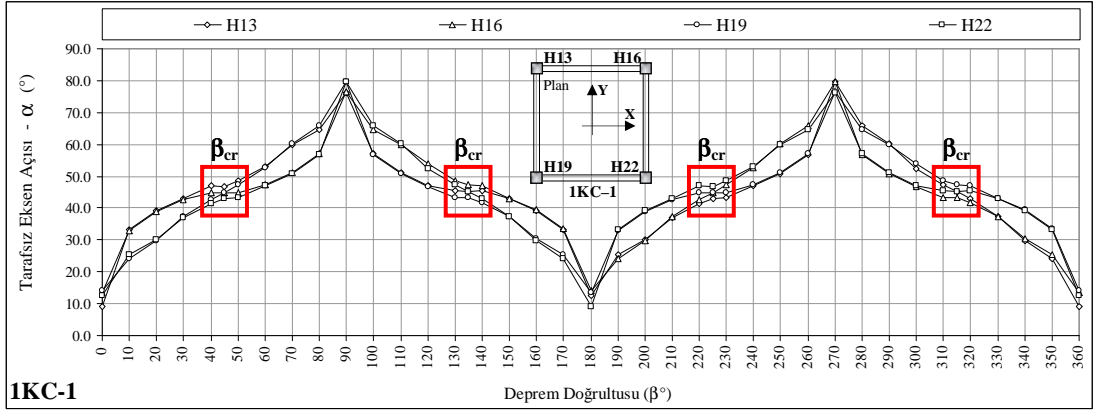
- Enkesit genişlik /yükseklik oranı  $b / h \approx 0.5$  olan dikdörtgen kolonlarda, çoğunlukla  $60^\circ$ 'ye yakın değerler aldığı ( $\alpha_{cr} \approx 60^\circ$ ) (Şekil 6.3),
- Enkesit genişlik / yükseklik oranı  $b / h \approx 2.0$  olan dikdörtgen kolonlarda ise,  $30^\circ$ 'ye yakın değerler aldığı ( $\alpha_{cr} \approx 30^\circ$ ) görülmektedir (Şekil 6.3).
- Enkesit genişlik / yükseklik oranının  $b / h > 2.0$  veya  $b / h < 0.5$  olması halinde (Örneğin,  $b / h \approx 0.4$  ve  $b / h \approx 2.5$ )  $\alpha_{cr}$  değerlerindeki değişim, Çizelge 6.1 - 6.8 ve Şekil 6.4 - 6.8'de görüldüğü gibi oldukça küçük olmaktadır.



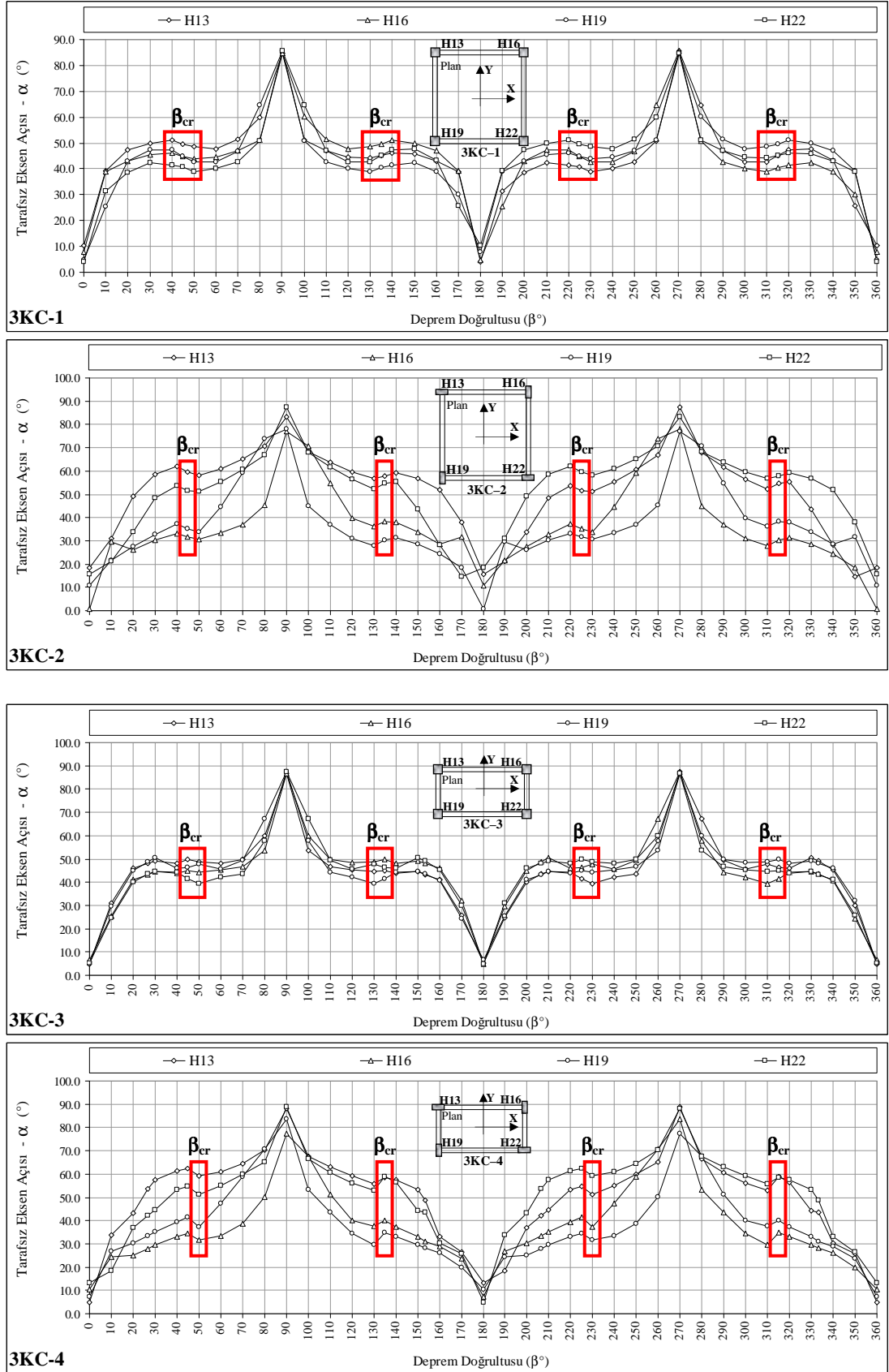
Şekil 6.2 Enkesiti kare olan kolon plastik kesitleri için  $\alpha_{cr}$  açısının belirlenmesi



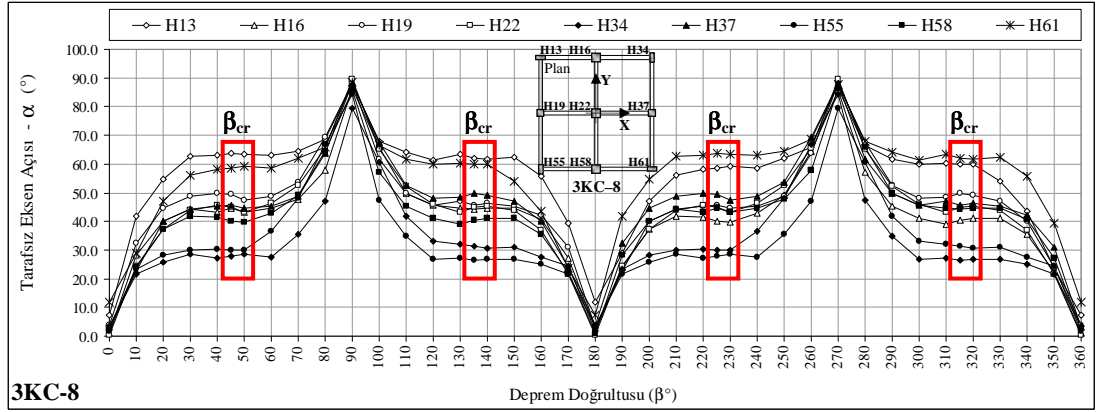
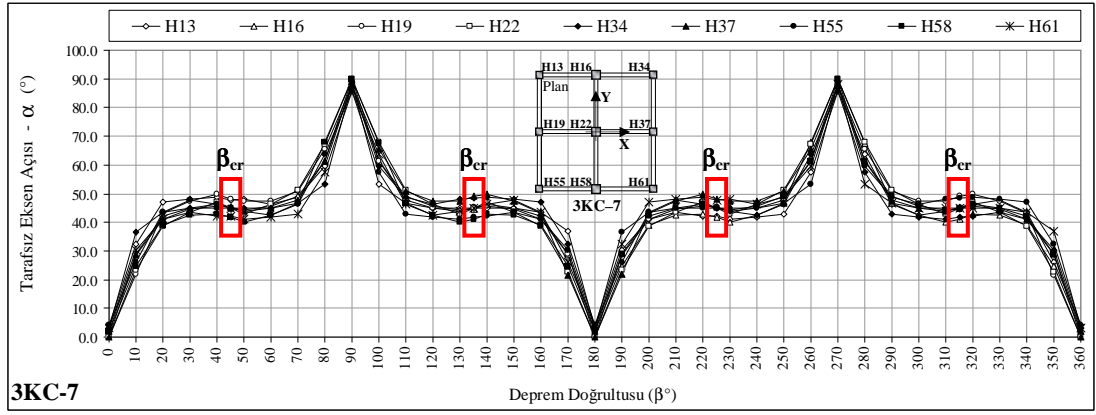
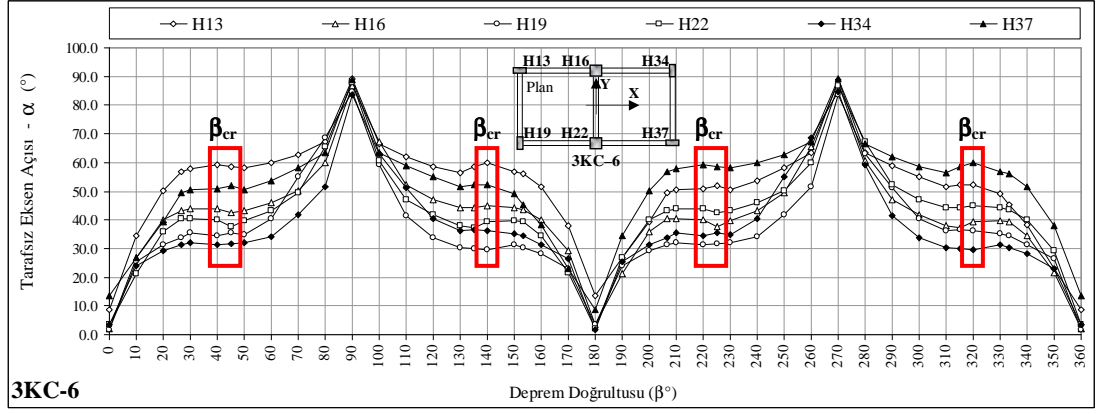
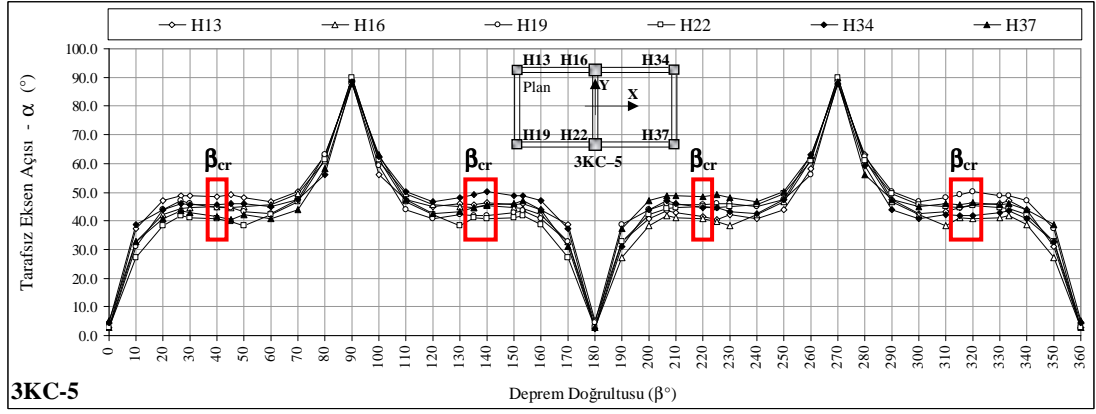
Şekil 6.3 Enkesiti dikdörtgen olan kolon plastik kesitleri için  $\alpha_{cr}$  açısının belirlenmesi



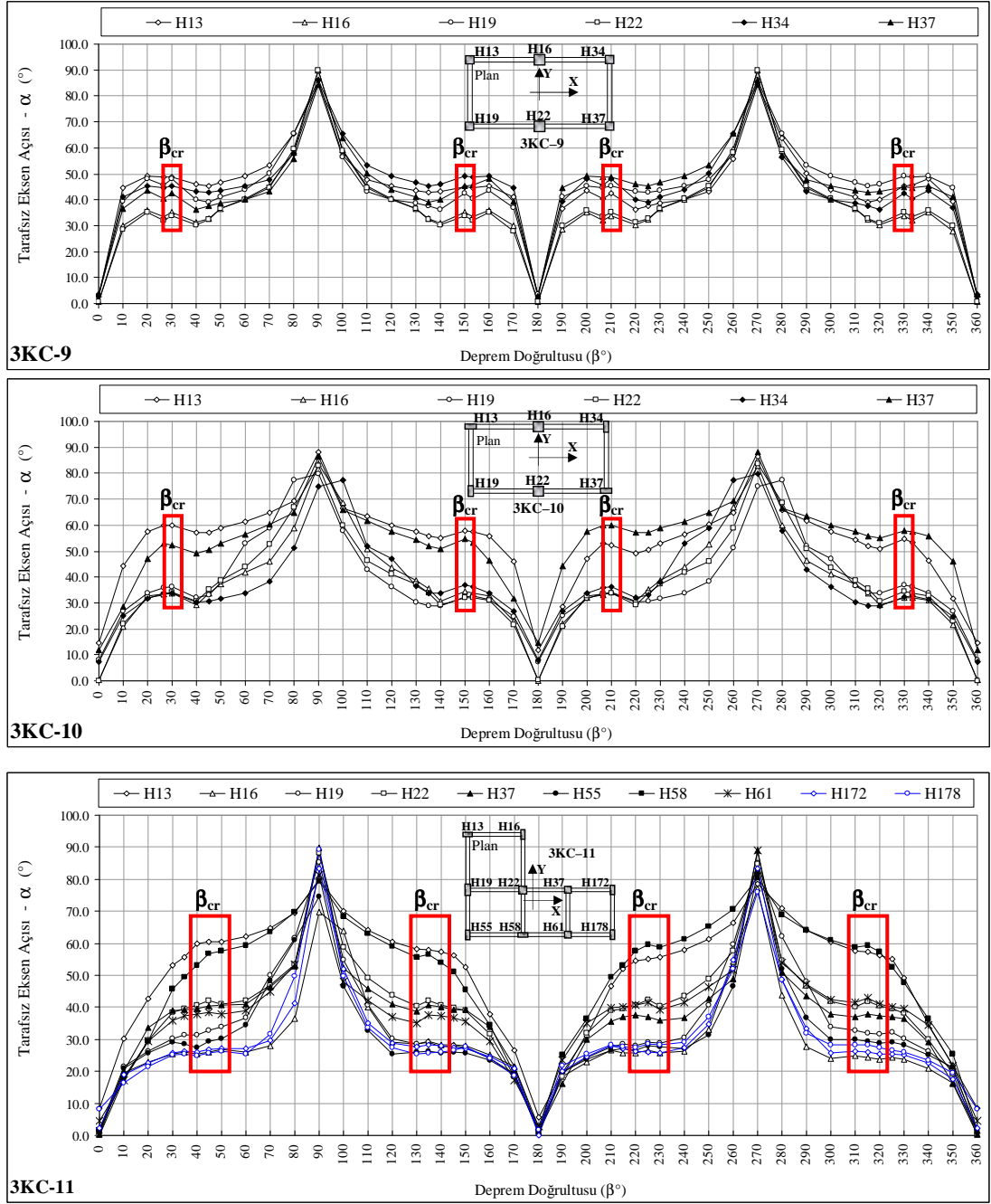
Şekil 6.4 1K-[1-4] binalar için kolon plastik kesitlerindeki  $\alpha$  açısının deprem doğrultusu ile değişimi



Şekil 6.5 3KC-[1-4] binalar için kolon plastik kesitlerindeki  $\alpha$  açısının deprem doğrultusu ile değişimi

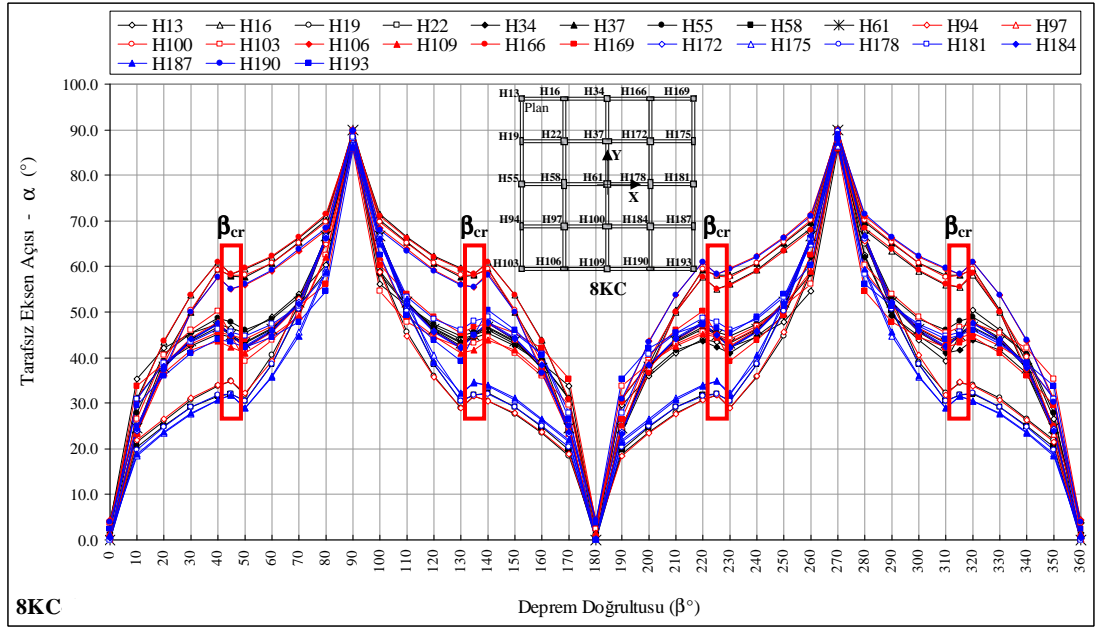
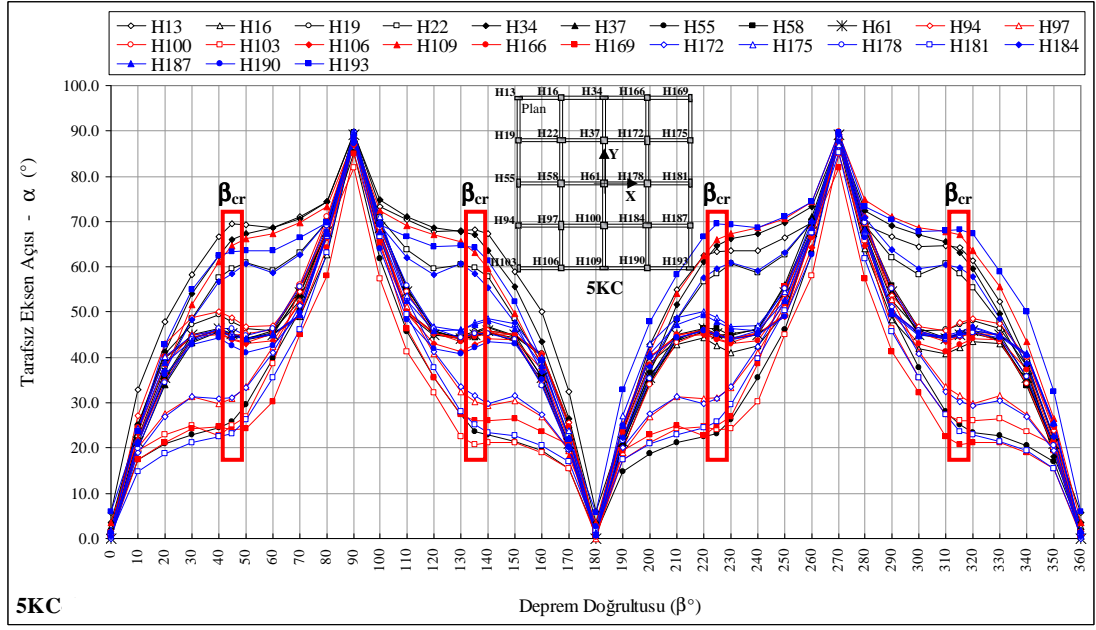


Şekil 6.6 3KC-[5-8] binalar için kolon plastik kesitlerindeki  $\alpha$  açısının deprem doğrultusu ile değişimi



Şekil 6.7 3KC-[9-11] binalar için kolon plastik kesitlerindeki  $\alpha$  açısının deprem doğrultusu ile değişimi





Şekil 6.8 5KC ve 8KC binalar için kolon plastik kesitlerindeki  $\alpha$  açısının deprem doğrultusu ile değişimi

### 6.1.2 Kolon Plastik Kesitlerindeki $\chi_T$ Toplam Eğrilik Taleplerinin İncelenmesi

Sayısal incelemeler kapsamında ele alınan betonarme binaların gözönüne alınan  $\beta$  deprem doğrultularındaki şekildeğiştirme esaslı doğrusal olmayan statik analizleri sonucunda (tepe yerdeğiştirmesi taleplerine ulaşmış betonarme binalarda oluşan), kolon plastik kesitlerindeki iç kuvvet ve plastik dönme taleplerinden yararlanılarak belirlenen tarafsız eksen etrafındaki  $\chi_T$  toplam eğrilik talebi, birim boy değişmesi taleplerini etkileyen diğer bir parametredir. Bilindiği üzere, betonarme bir kesitte toplam eğrilik talebi, plastik şekildeğiştirmelerin başladığı duruma karşı gelen akma eğriliği ile plastik eğrilik taleplerinin toplamına eşittir [Toplam eğrilik ( $\chi_T$ ) = Akma eğriliği ( $\chi_a$ ) + Plastik eğrilik ( $\chi_p$ )].

Tepe yerdeğiştirmesi taleplerine ulaşmış binaların en alt kat kolonlarının alt uçlarında oluşan plastik kesitlerindeki  $\chi_T$  toplam eğrilik taleplerinin  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi, 1KC binalar için Şekil 6.9’da, 3KC binalar için Şekil 6.10–6.12’de, 5KC ve 8KC binalar için Şekil 6.13’deki grafiklerde verilmiştir.

Ayrıca, incelenen 1KC, 3KC, 5KC ve 8KC binaların ilgili kolon plastik kesitlerindeki en elverişsiz  $\mathcal{E}_{c\ maks.}$  ve  $\mathcal{E}_{s\ maks.}$  birim boy değişmesi taleplerini veren  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultularındaki  $(\chi_T)_{cr}$  toplam eğrilik taleplerinin, plandaki asal eksen (X ve Y) doğrultularından elde edilenlere [ $(\chi_T)_{asal}^{maks}$ ] göre değişim oranları 1KC binalar için Çizelge 6.1–6.2’de, 3KC binalar için Çizelge 6.3–6.4’de, 5KC bina için Çizelge 6.5–6.6’da ve 8KC bina için Çizelge 6.7–6.8’de verilmiştir.

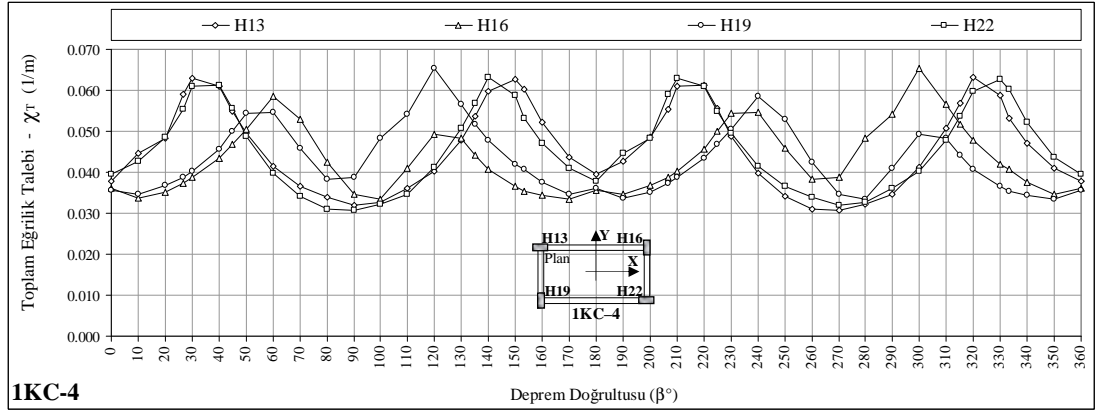
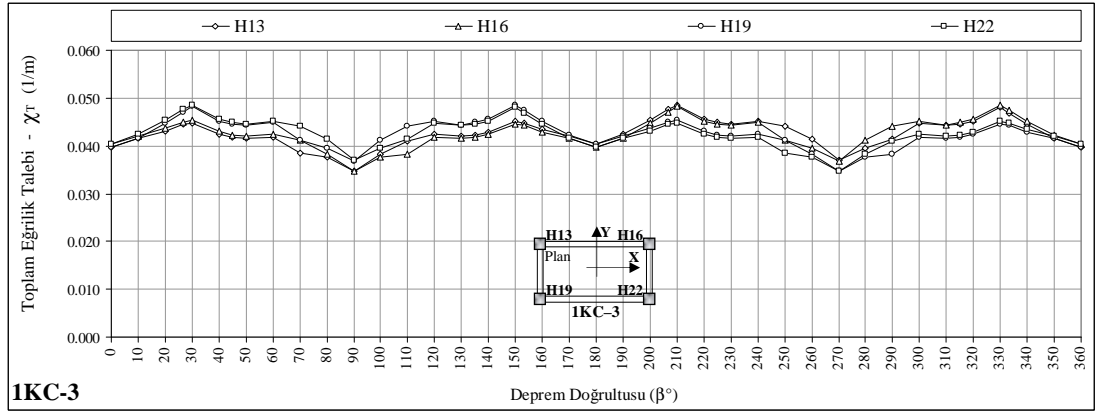
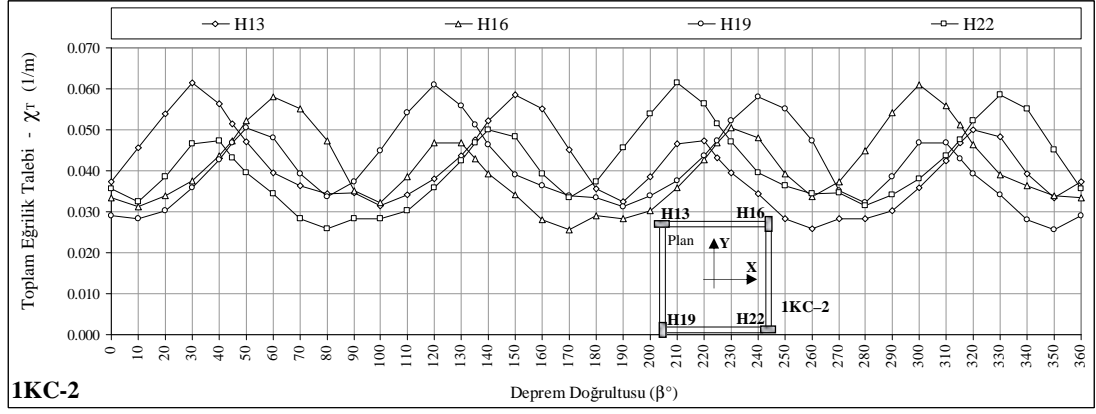
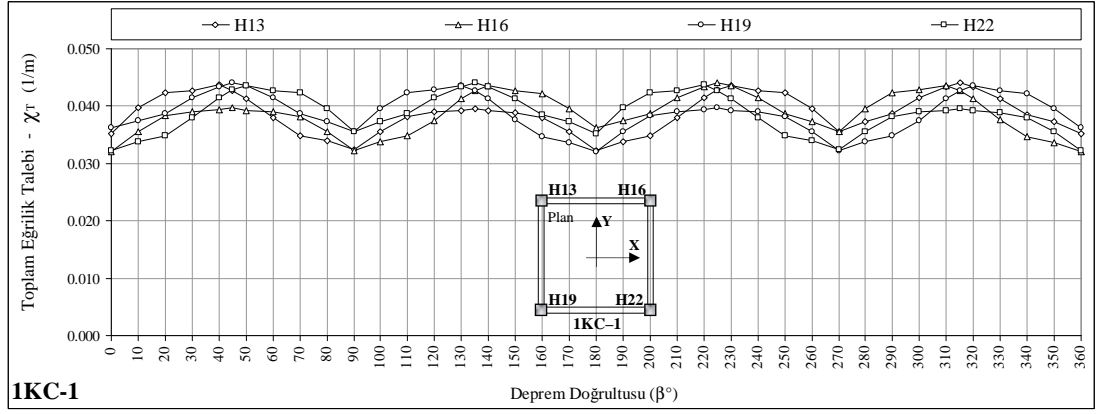
Çalışma kapsamında ele alınan 1KC, 3KC, 5KC ve 8KC binaların Bölüm 5.1’de belirlenen  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultuları esas alınarak, kolon plastik kesitlerinde elde edilen  $\chi_T$  toplam eğrilik talepleri incelendiğinde (Çizelge 6.1–6.8 ve Şekil 6.9–6.13);

- Normal kuvvet düzeyleri birbirine yakın ve enkesitleri aynı olan kolon plastik kesitlerindeki  $\chi_T$  toplam eğrilik taleplerinin deprem doğrultusu ile değişimi, benzer bir davranış göstermektedir (Şekil 6.9–6.13).

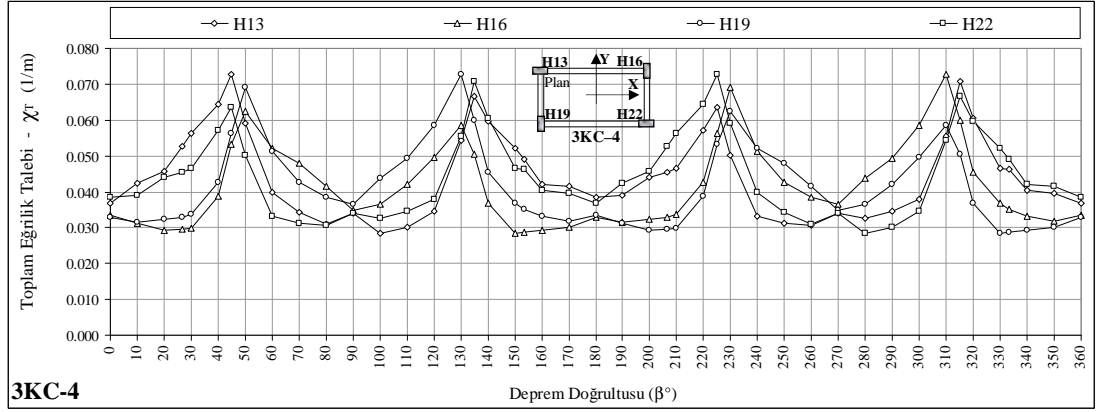
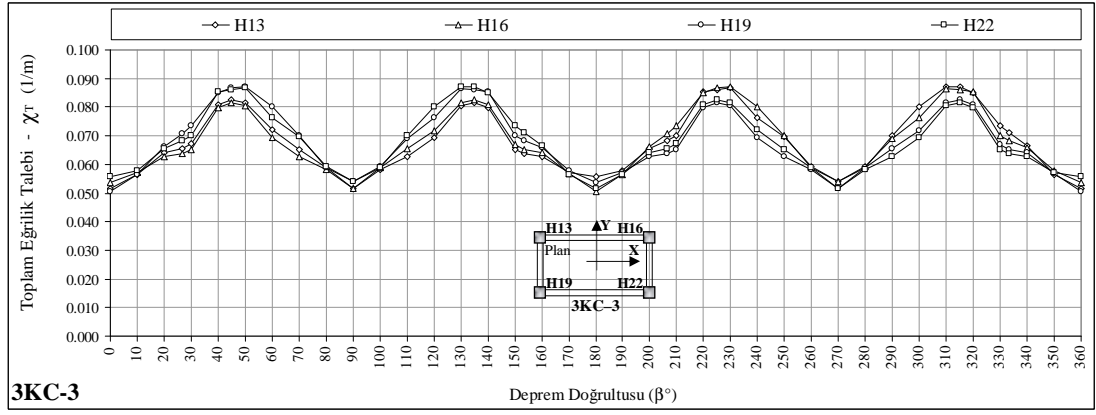
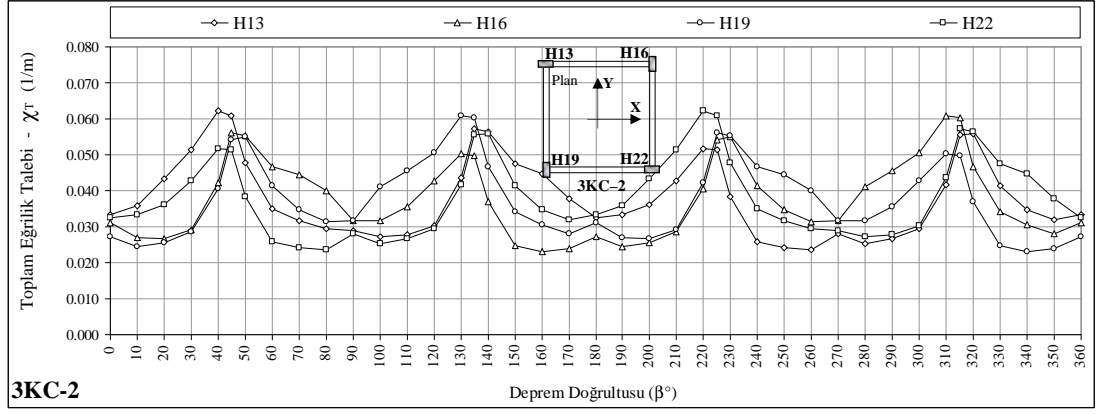
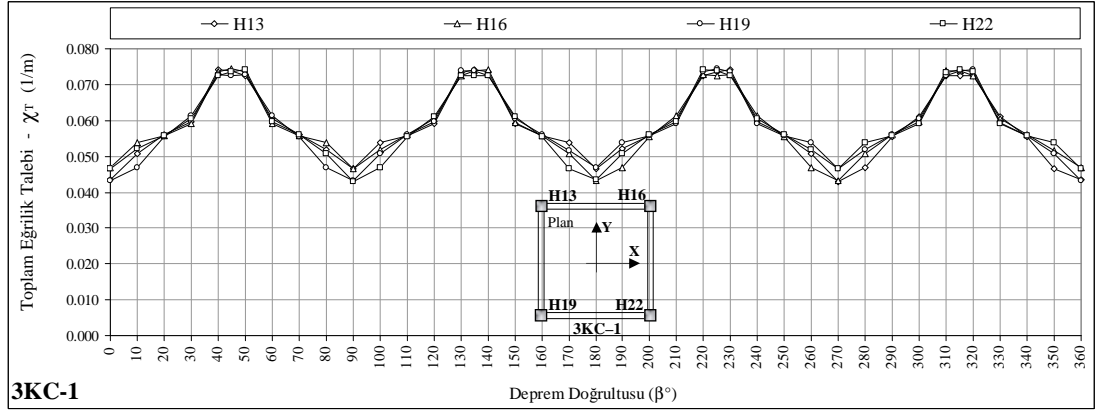
- En elverişsiz  $\mathcal{E}_{c maks.}$  ve  $\mathcal{E}_{s maks.}$  birim boy değişmesi taleplerini veren  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultularındaki  $(\chi_T)_{cr}$  toplam eğrilik taleplerinin, plandaki asal eksen (X ve Y) doğrultularından elde edilenlere göre hesaplanan *rölatif farklara* (%) ve *değişim oranlarına* ait değerlerin aşağıda verilen oranlarda arttığı belirlenmiştir (Çizelge 6.1–6.8).

|                                | 1KC-[1-4]      | 3KC-[1-11]     | 5KC             | 8KC             |
|--------------------------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| $\mathcal{E}_{c maks.}$ için : | +%39.0 (1.390) | +%54.9 (1.549) | +%99.5 (1.995)  | +%125.9 (2.259) |
| $\mathcal{E}_{s maks.}$ için : | +%42.4 (1.424) | +%57.5 (1.575) | +%104.1 (2.041) | +%139.7 (2.397) |

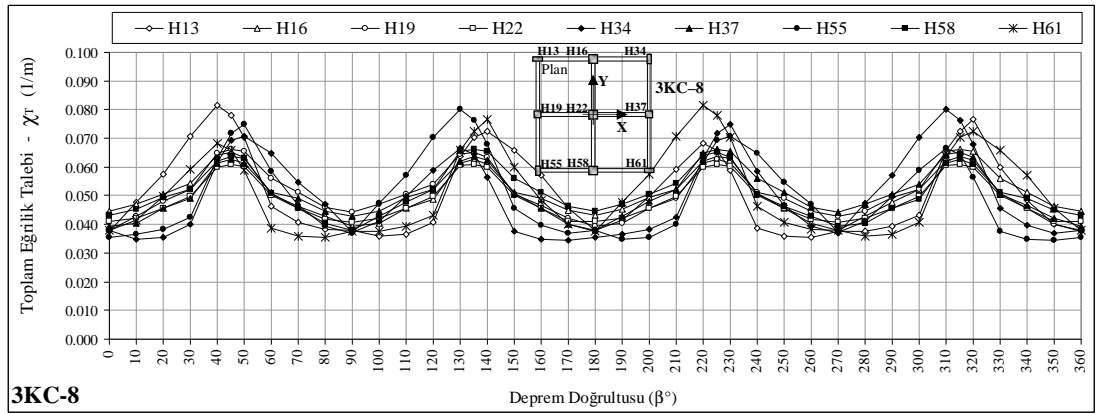
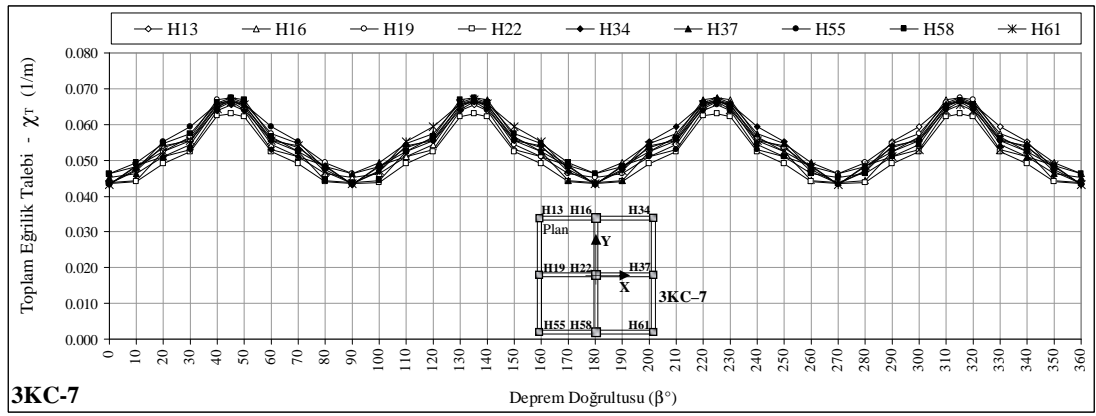
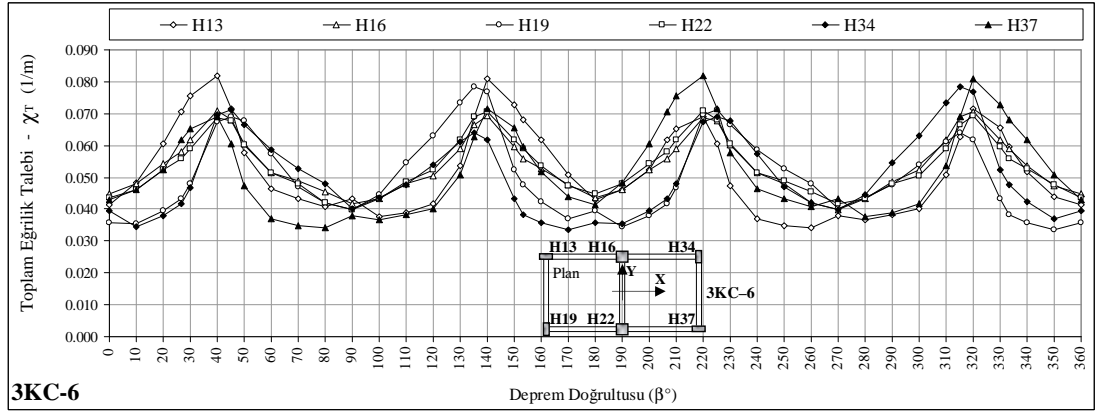
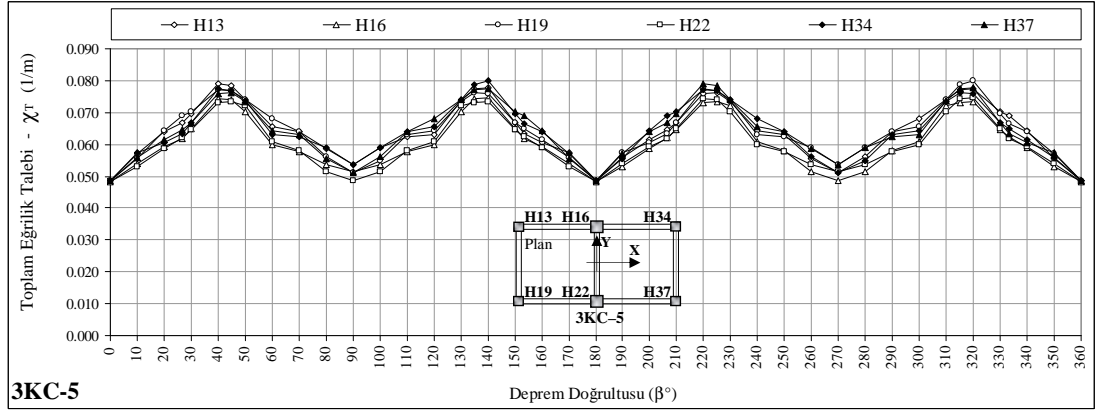
- Bu sonuçlara göre, incelenen binaların kolon plastik kesitlerindeki en elverişsiz  $\mathcal{E}_{c maks.}$  ve  $\mathcal{E}_{s maks.}$  birim boy değişmesi taleplerini veren  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultuları için elde edilen  $(\chi_T)_{cr}$  toplam eğrilik talepleri ile binaların plandaki asal eksen doğrultuları için elde edilen  $(\chi_T)_{asal}^{maks}$  talepleri arasındaki değişimin (farkın) oldukça benzer olduğu belirlenmiştir.
- Ayrıca, kolon plastik kesitlerindeki normal kuvvet düzeyi arttıkça, kritik deprem doğrultuları ve asal eksen doğrultuları için elde edilen toplam eğrilik talepleri arasındaki rölatif farkın, beklenildiği gibi, arttığı belirlenmiştir. Bu sonuç, kolon plastik kesitlerindeki birim boy değişmesi, plastik dönme gibi davranış büyüklükleri için elde edilenlere oldukça benzer olduğunu göstermektedir.



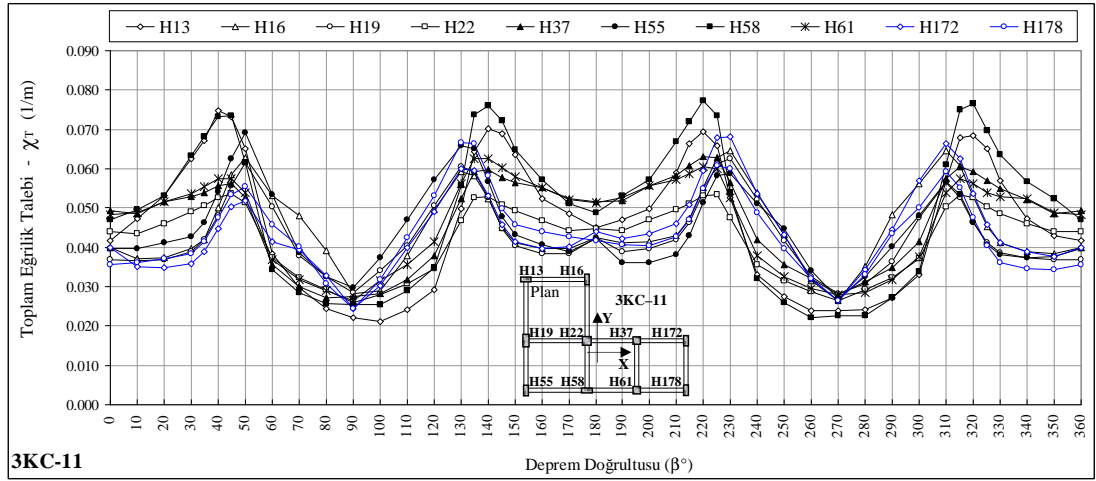
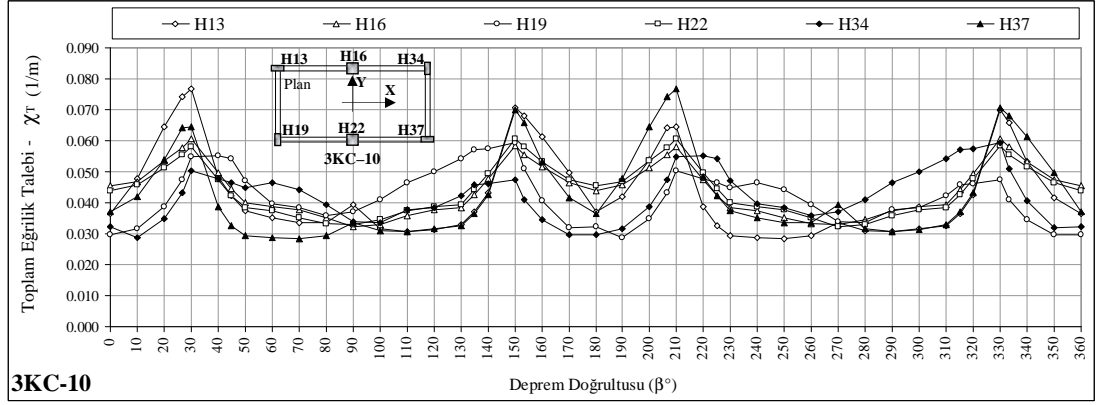
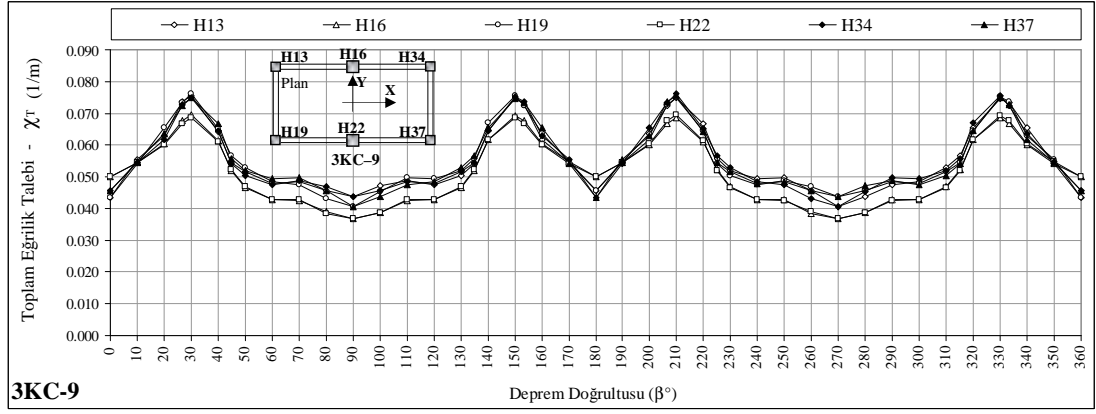
Şekil 6.9 1KC-[1-4] binalar için kolon plastik kesitlerindeki  $\chi_T$  taleplerinin deprem doğrultusu ile değişimi



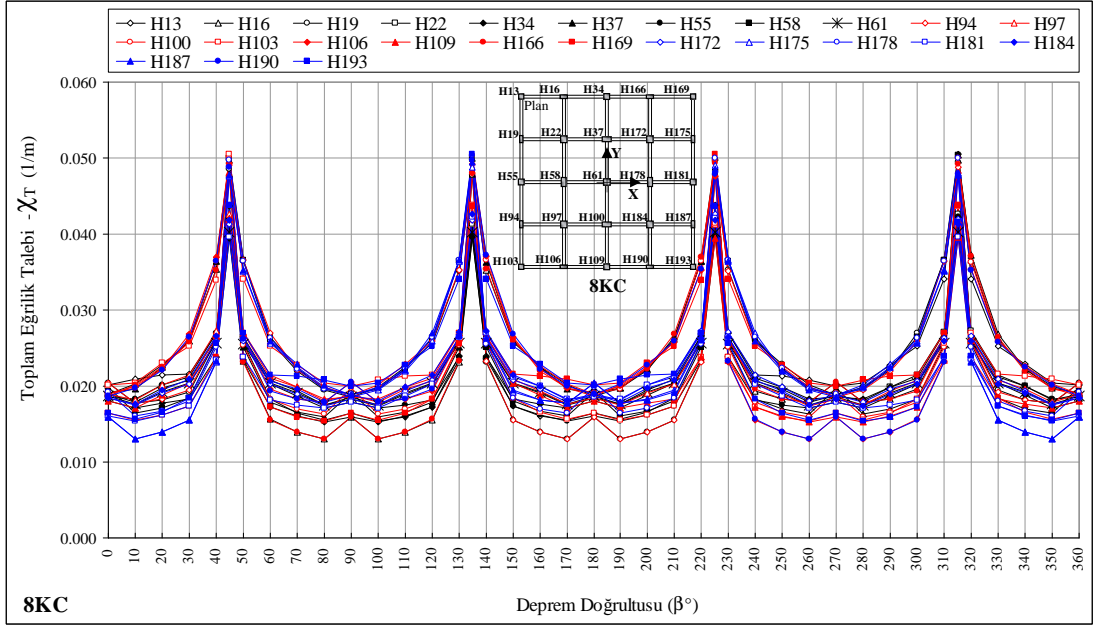
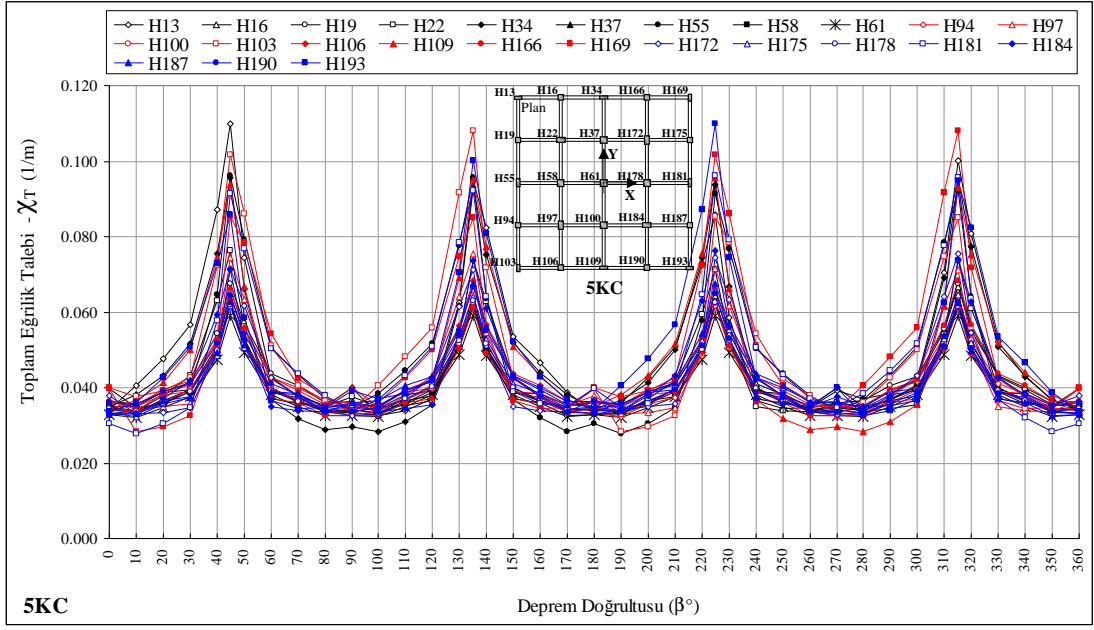
Şekil 6.10 3KC-[1-4] binalar için kolon plastik kesitlerindeki  $\chi_T$  taleplerinin deprem doğrultusu ile değişimi



Şekil 6.11 3KC-[5-8] binalar için kolon plastik kesitlerindeki  $\chi_T$  taleplerinin deprem doğrultusu ile değişimi



Şekil 6.12 3KC-[9-11] binalar için kolon plastik kesitlerindeki  $\chi_T$  taleplerinin deprem doğrultusu ile değişimi



Şekil 6.13 5KC ve 8KC bina için kolon plastik kesitlerindeki  $\chi_T$  taleplerinin deprem doğrultusu ile değişimi



### 6.1.3 Kolon Plastik Kesitindeki N normal Kuvvet Taleplerinin İncelenmesi

Sayısal incelemeler kapsamında ele alınan betonarme binaların gözönüne alınan  $\beta$  deprem doğrultularındaki şekildeğiştirme esaslı doğrusal olmayan statik analizleri sonucunda (tepe yerdeğiştirmesi taleplerine ulaşmış betonarme binalarda oluşan), kolon plastik kesitlerindeki  $N$  normal kuvvet talebinin birim boy değişmesi taleplerini etkileyen en önemli parametrelerden biri olduğu belirlenmiştir. Bilindiği üzere, bileşik eğik eğilme etkisindeki betonarme bir kesitte, sabit  $M_x$  ve  $M_y$  iç kuvvet değerleri altında normal kuvvetteki bir artış, betondaki  $\epsilon_{c maks.}$  birim boy değişmesinin artmasına, buna karşın sünek davranıştan uzaklaşarak donatıdaki  $\epsilon_{s maks.}$  birim boy değişmesinin azalmasına neden olmaktadır. Benzer şekilde, normal kuvvetteki azalma, donatıdaki  $\epsilon_{s maks.}$  birim boy değişmesinin artmasına, buna karşın betondaki  $\epsilon_{c maks.}$  birim boy değişmesinin azalmasına neden olmaktadır. Bu nedenle, bileşik eğik eğilme etkisindeki kolonlarda normal kuvvet taleplerindeki bir değişim, kesitteki birim boy değişmesi taleplerini önemli ölçüde değiştirebilmektedir.

Tepe yerdeğiştirmesi taleplerine ulaşmış binaların en alt kat kolon plastik kesitlerindeki  $N$  normal kuvvet taleplerinin  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi, 1KC binalar için Şekil 6.14’de, 3KC binalar için Şekil 6.15–6.17’de, 5KC ve 8KC binalar için Şekil 6.18–6.19’daki grafiklerde verilmiştir.

Ayrıca, incelenen betonarme binaların en alt kat kolon plastik kesitleri için, en elverişsiz  $\epsilon_{c maks.}$  ve  $\epsilon_{s maks.}$  birim boy değişmesi taleplerini veren  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultularındaki  $(N)_{cr}$  normal kuvvet taleplerinin, plandaki asal eksen (X ve Y) doğrultularından elde edilenlere  $[(N)_{asal}^{maks}]$  göre değişim oranları belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar 1KC binalar için Çizelge 6.1–6.2’de, 3KC binalar için Çizelge 6.3–6.4’de, 5KC bina için Çizelge 6.5–6.6’da ve 8KC bina için Çizelge 6.7–6.8’de verilmiştir.

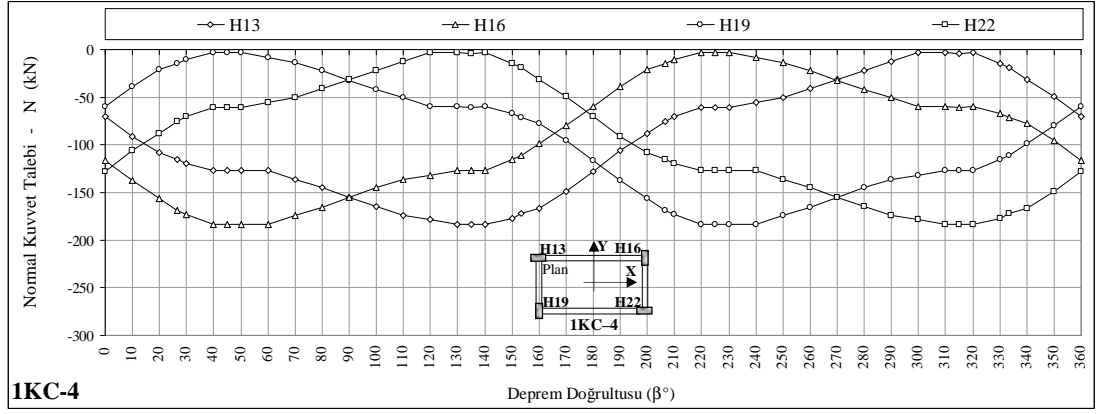
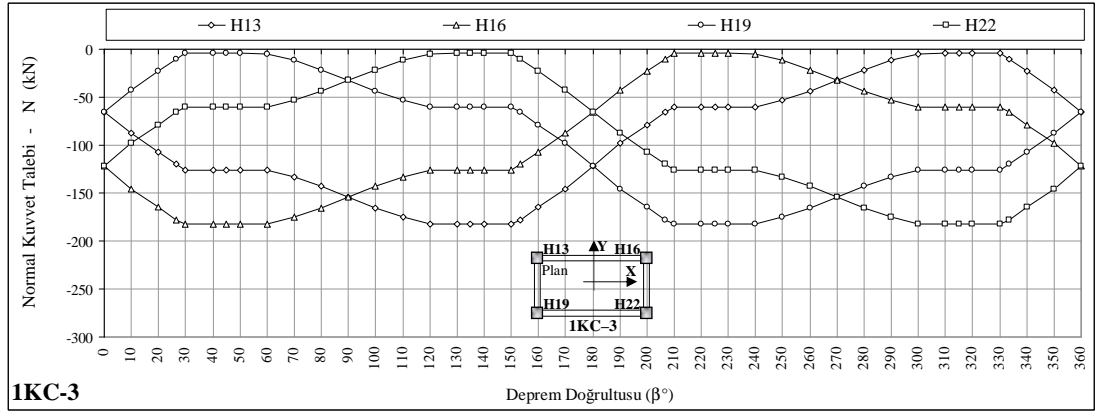
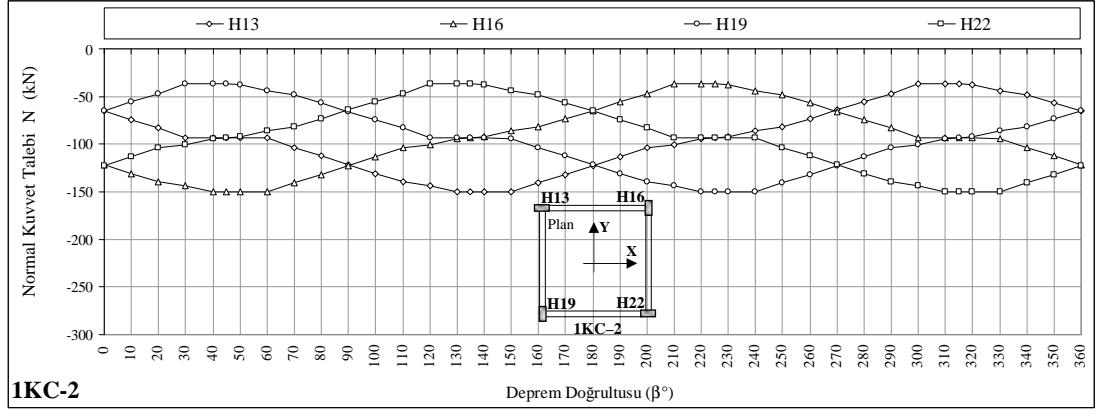
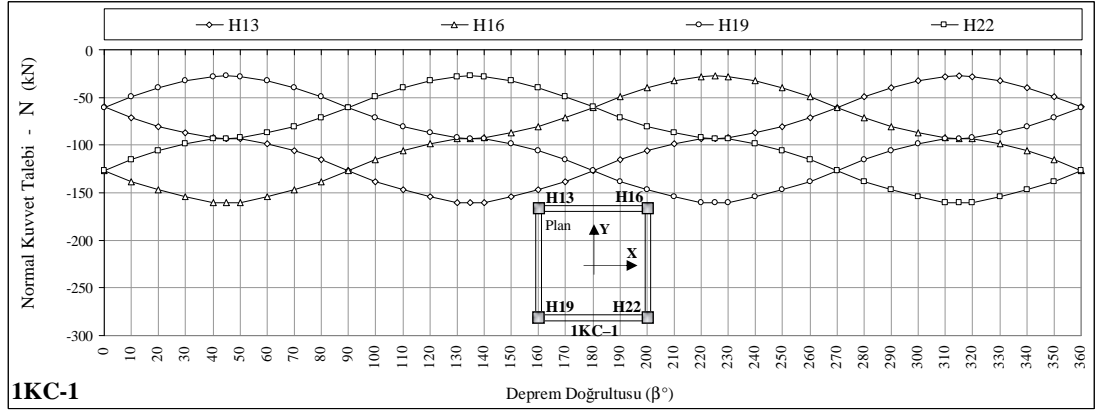
Çalışma kapsamında ele alınan 1KC, 3KC, 5KC ve 8KC binaların Bölüm 5.1’de belirlenen  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultuları esas alınarak, en alt kat

kolon plastik kesitlerinde elde edilen  $N$  normal kuvvet talepleri incelendiğinde (Çizelge 6.1–6.8 ve Şekil 6.14–6.19);

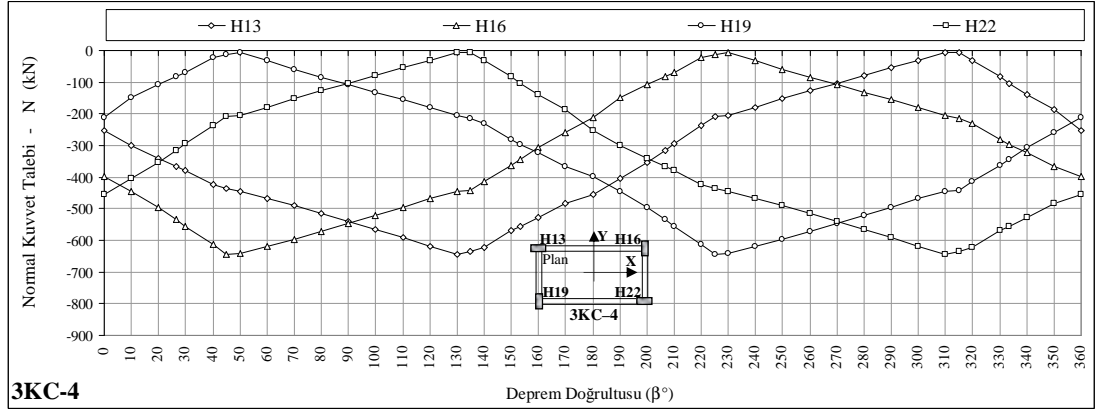
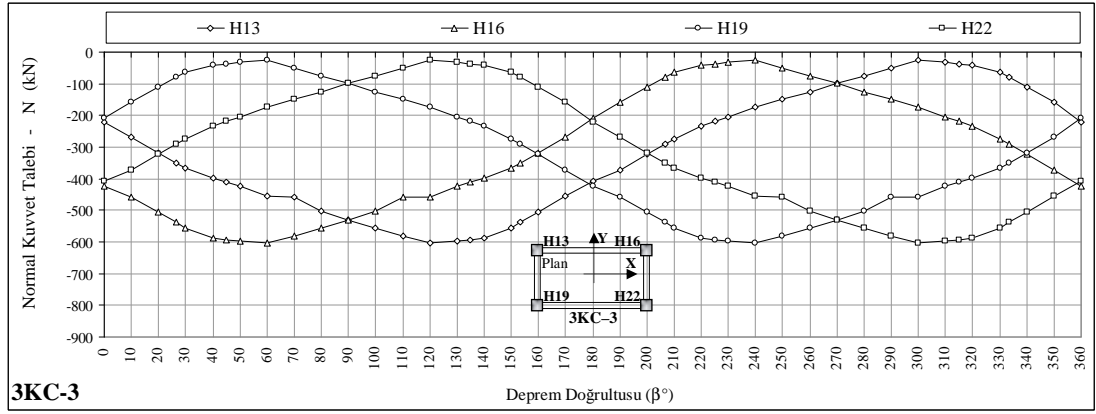
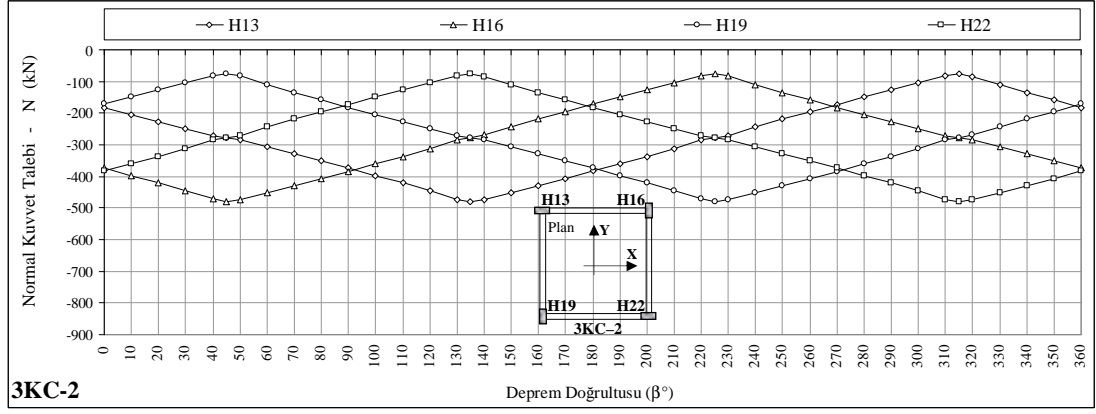
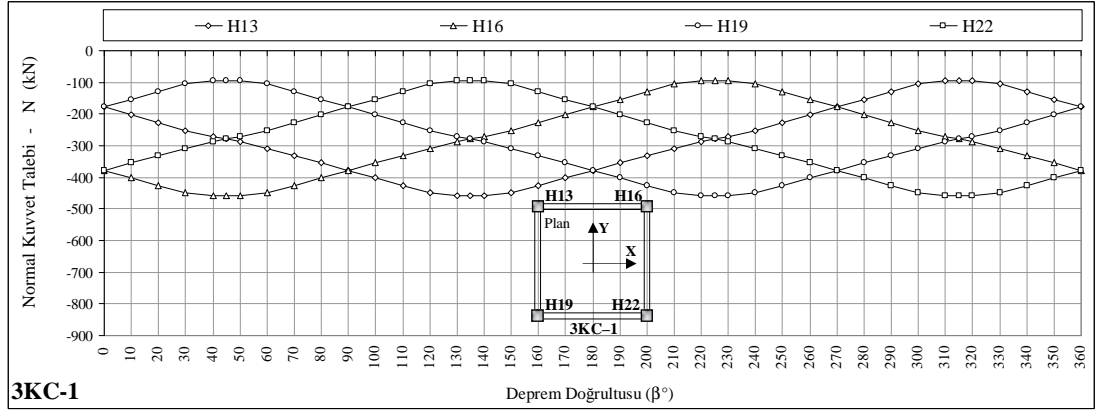
- En elverişsiz  $\mathcal{E}_c$  maks. ve  $\mathcal{E}_s$  maks. birim boy değişmesi taleplerini veren  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultularındaki  $(N)_{cr}$  normal kuvvet taleplerinin, plandaki asal eksen (X ve Y) doğrultularından elde edilenlere göre hesaplanan *rölatif farklara* (%) ve *değişim oranlarına* ait değerlerin aşağıda verilen oranlarda değişim gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 6.1–6.8).

|                              | 1KC-[1-4]      | 3KC-[1-11]     | 5KC            | 8KC            |
|------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| $\mathcal{E}_c$ maks. için : | -%2.6 (0.974)  | +%11.7 (1.117) | +%4.4 (1.044)  | +%5.9 (1.059)  |
| $\mathcal{E}_s$ maks. için : | -%64.4 (0.356) | -%65.2 (0.348) | -%54.1 (0.459) | -%48.1 (0.519) |

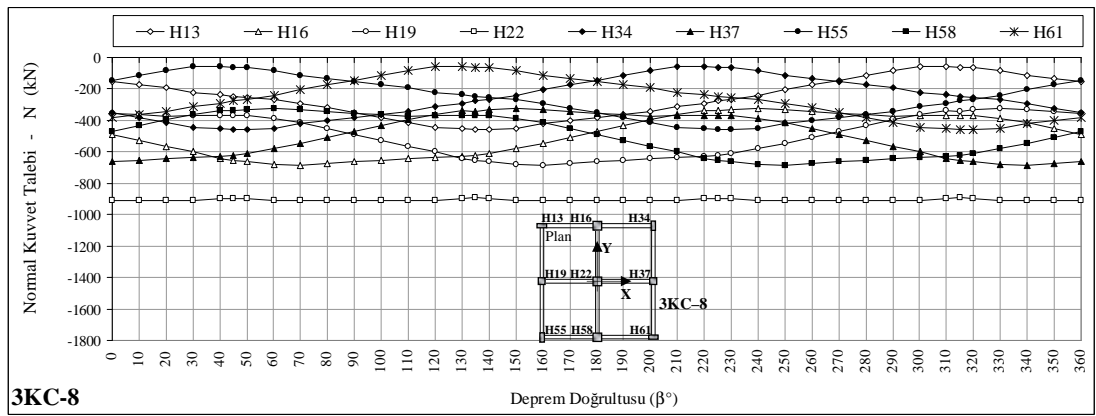
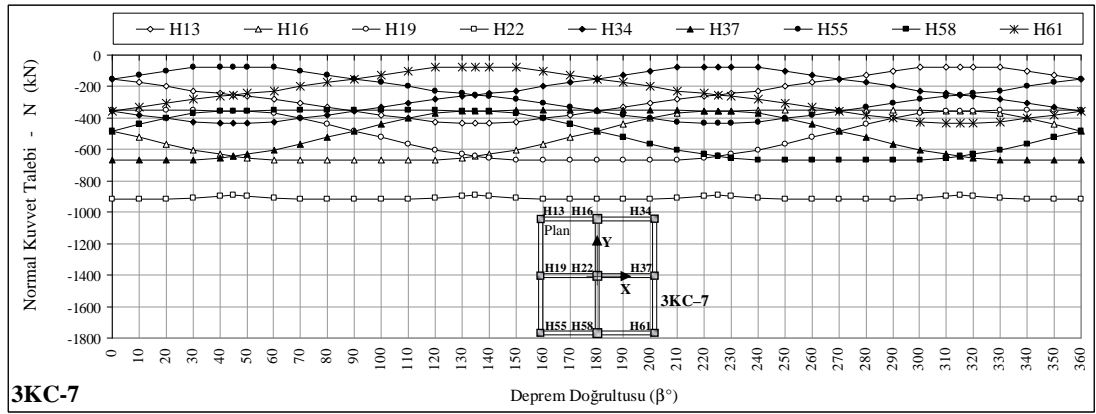
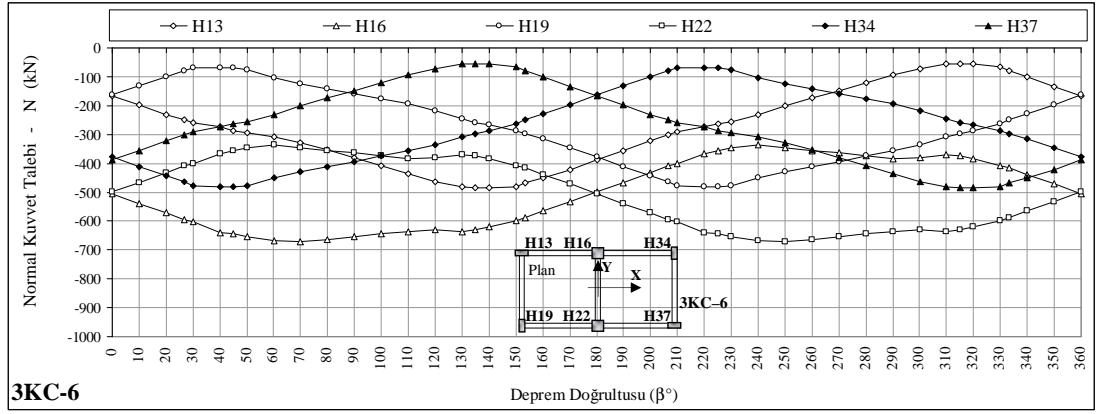
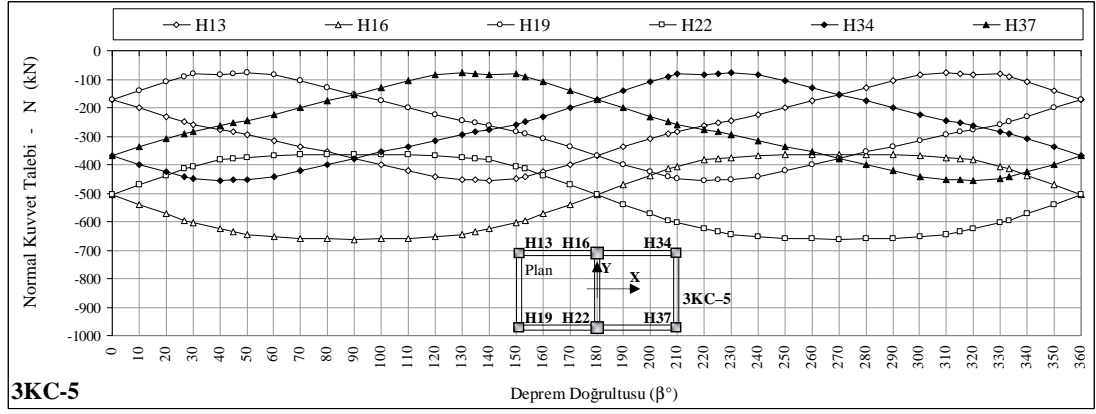
- Plandaki her iki asal eksene göre simetrik veya antimetrik olan 5KC ve 8KC binaların  $\beta = 0^\circ \sim 360^\circ$  aralığında gözönüne alınan deprem doğrultuları için, *iç çerçeve* akslarındaki kolonlarda oluşan normal kuvvet taleplerindeki değişim çok küçük olmasına karşın, *dış çerçeve* akslarındaki kolonlardaki değişimin, beklenildiği gibi, çok büyük değerlerde olduğu görülmüştür (Şekil 6.18–6.19).
- Bu nedenle, 5KC ve 8KC binaların iç ve dış çerçeve akslarındaki kolon elamanları için, kritik ve asal eksen doğrultularından elde edilen normal kuvvet talepleri arasındaki rölatif farklar (%) ve değişim oranları tekrar hesaplanmıştır. Buna göre,  $\mathcal{E}_c$  maks. talepleri için asal eksen ve kritik deprem doğrultularından elde edilen normal kuvvet talepleri arasındaki ortalama fark, 5KC ve 8KC binaların *iç çerçevelerindeki* kolonlarında sırasıyla -%0.7 (0.993) ve +%4.2 (1.042), *dış çerçevelerindeki* kolonlarında ise sırasıyla +%7.3 (1.073) ve +%6.9 (1.069) olarak değişmiştir. Benzer şekilde,  $\mathcal{E}_s$  maks. talepleri için normal kuvvet talepleri arasındaki ortalama fark, iç çerçevelerdeki kolonlarda sırasıyla -%12.8 (0.872) ve -%10.3 (0.897), dış çerçevelerdeki kolonlarda ise sırasıyla -%77.2 (0.228) ve -%69.4 (0.306) olarak değişmiştir.



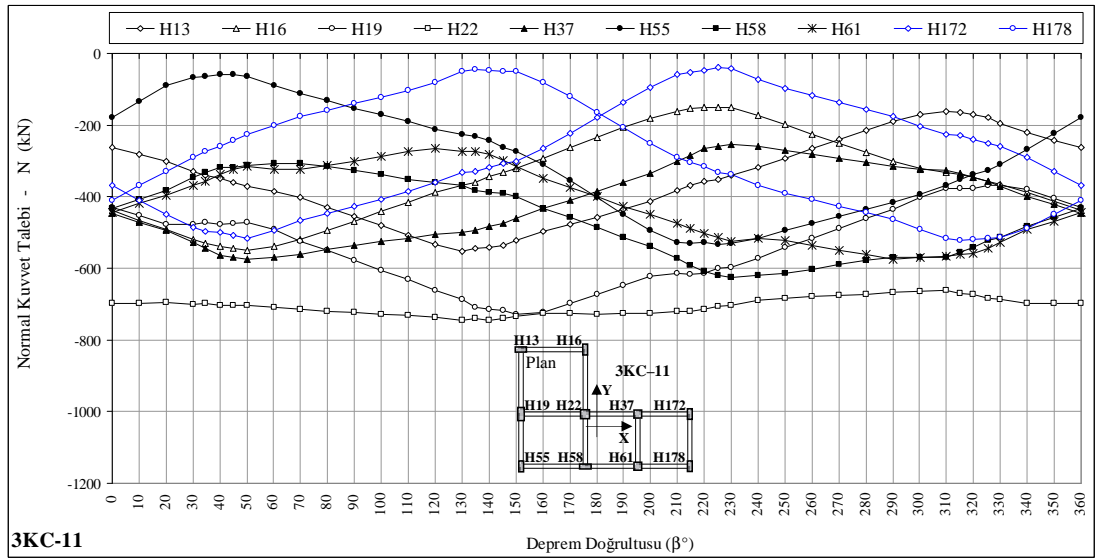
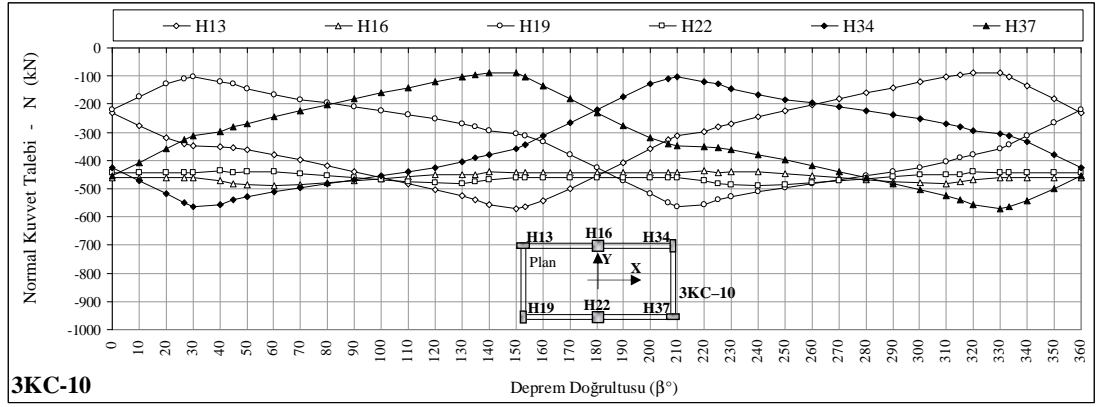
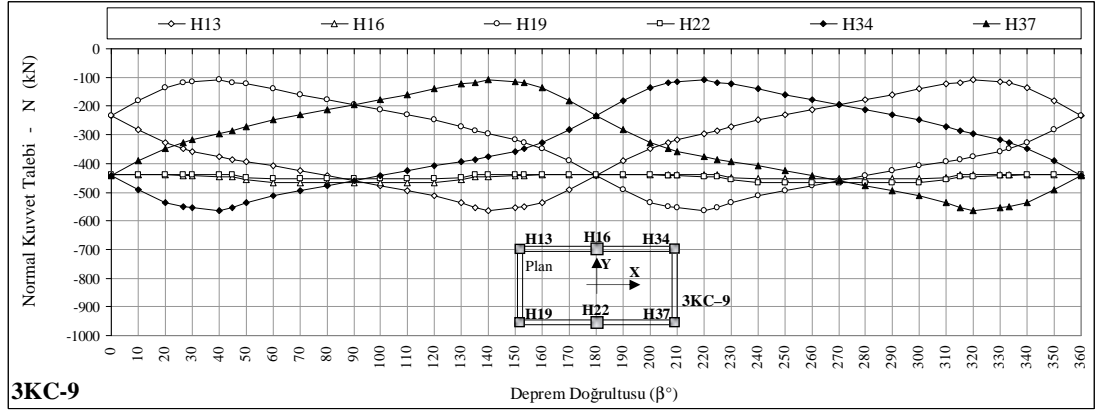
Şekil 6.14 1KC-[1-4] binalar için kolon kesitlerindeki normal kuvvet taleplerinin deprem doğrultusu ile değişmesi



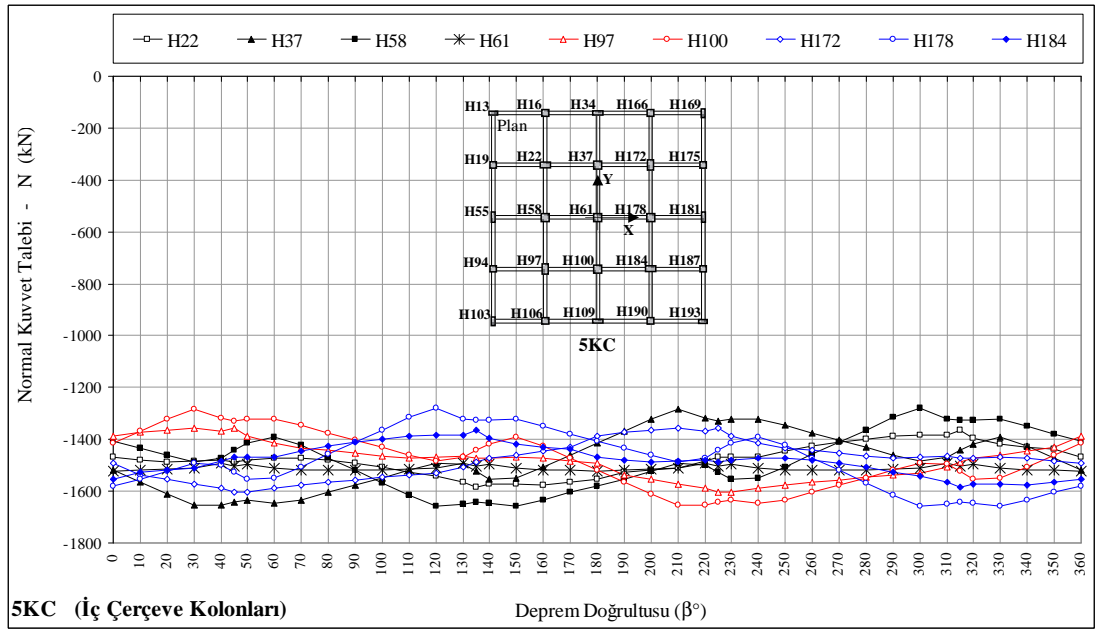
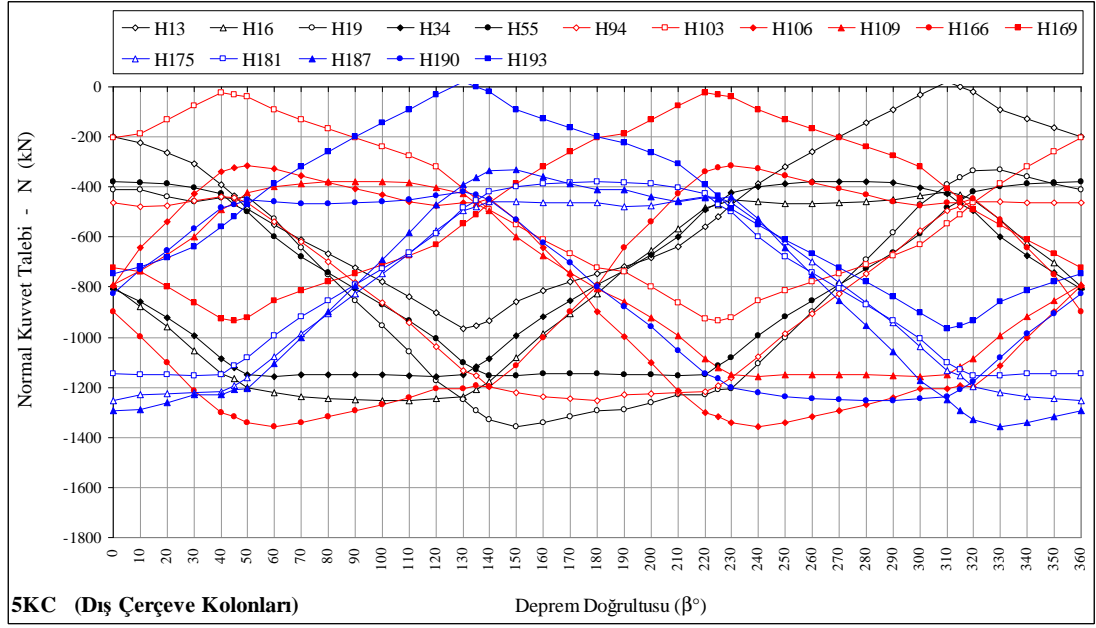
Şekil 6.15 3KC-[1-4] binalar için kolon plastik kesitlerindeki normal kuvvet taleplerinin deprem doğrultusu ile değişimi



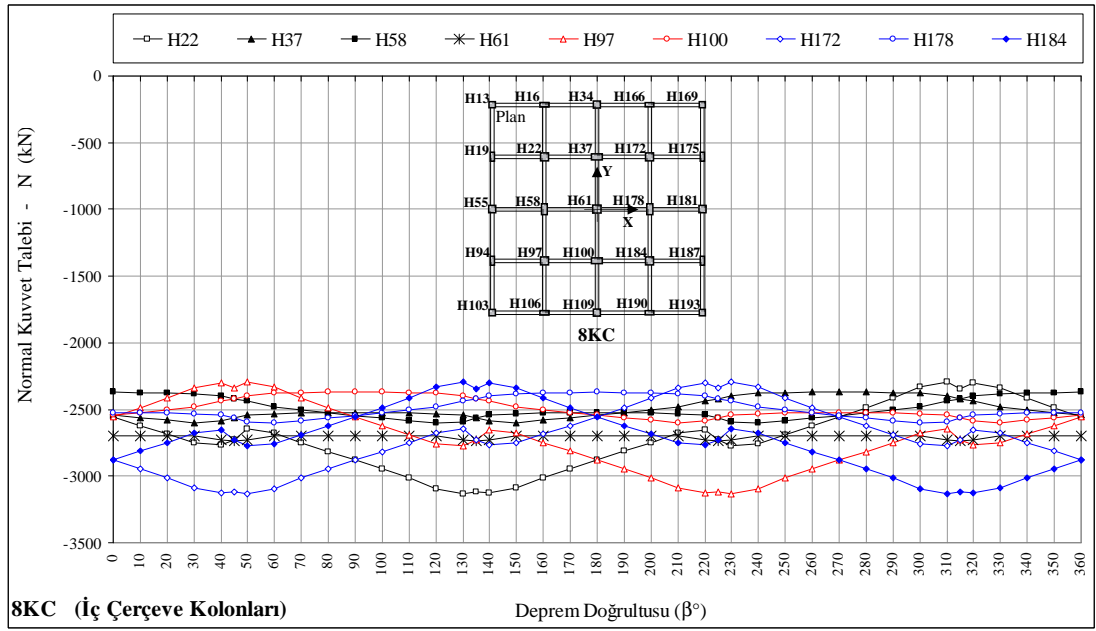
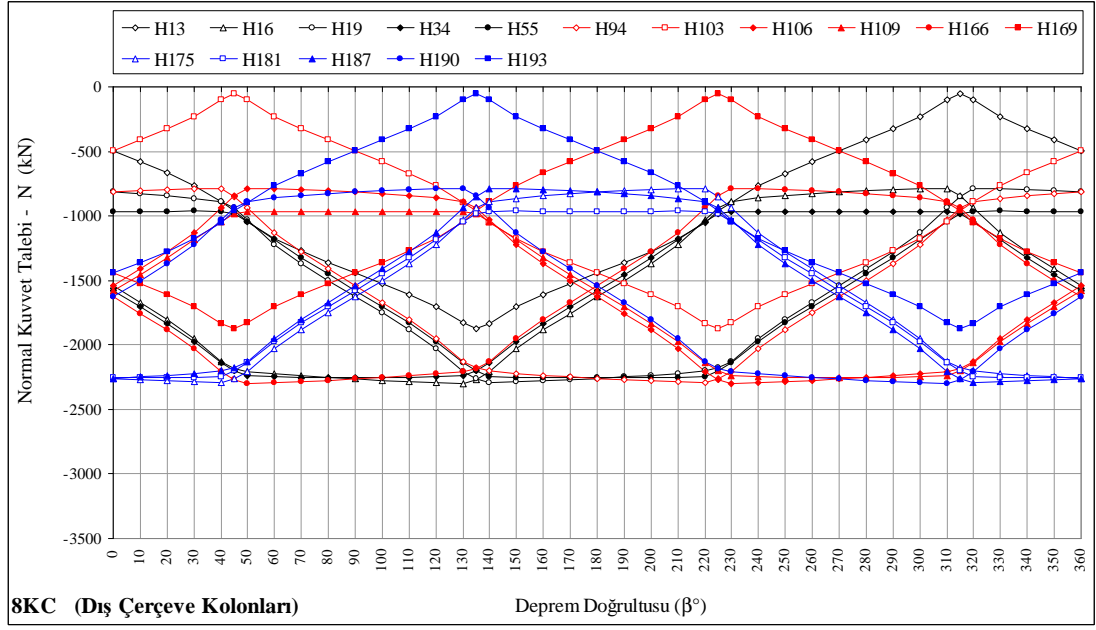
Şekil 6.16 3KC-[5-8] binalar için kolon plastik kesitlerindeki normal kuvvet taleplerinin deprem doğrultusu ile değişimi



Şekil 6.17 3KC-[9-11] binalar için kolon plastik kesitlerindeki normal kuvvet taleplerinin deprem doğrultusu ile değişimi



Şekil 6.18 5KC binanın iç ve dış çerçevelerindeki kolon plastik kesitleri için normal kuvvet taleplerinin deprem doğrultusu ile değişimi



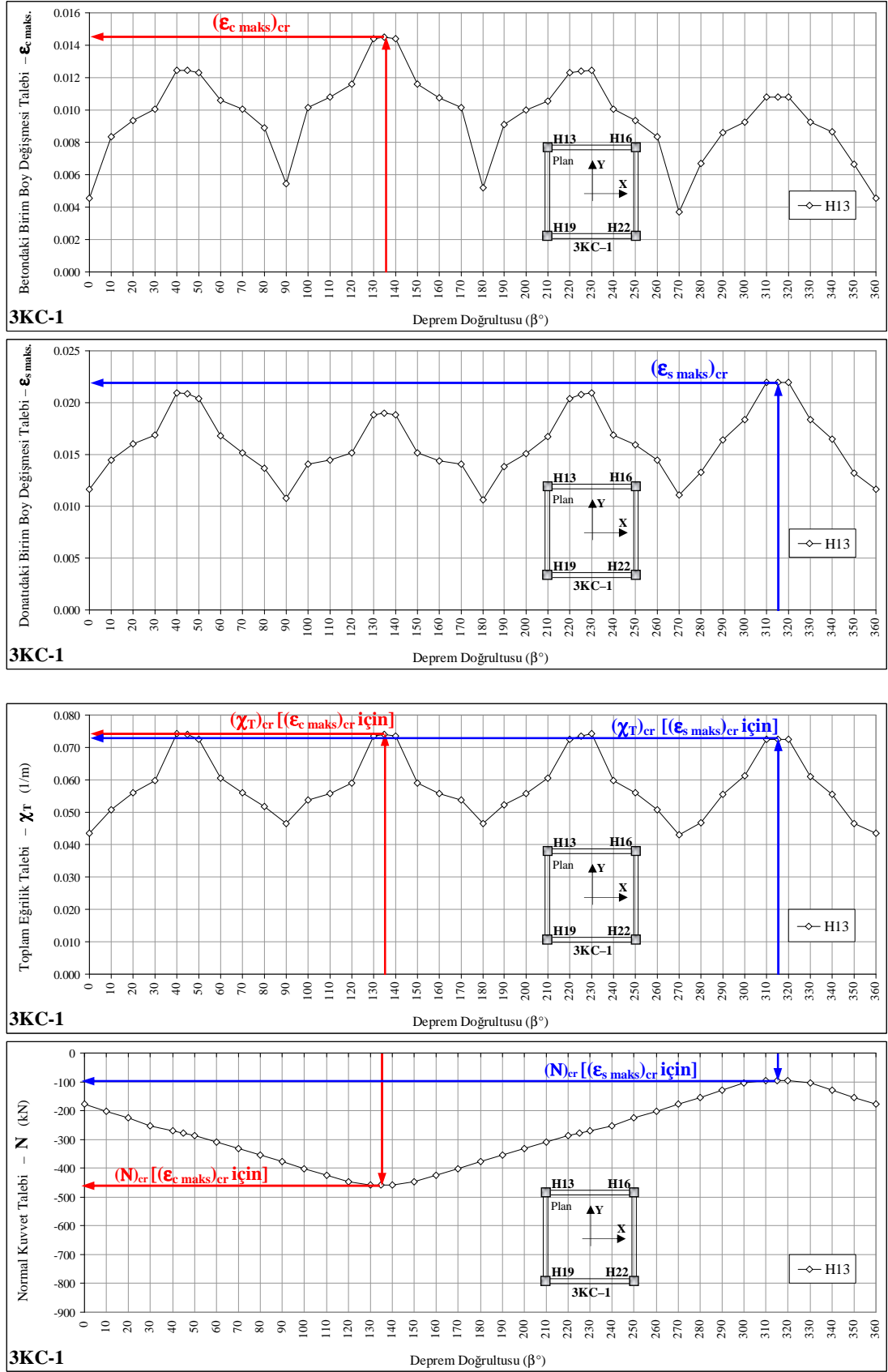
Şekil 6.19 8KC binanın iç ve dış çerçevelerindeki kolon plastik kesitleri için normal kuvvet taleplerinin deprem doğrultusu ile değişimi



Şekil 6.14 – 6.19 incelendiğinde,  $\beta = 0^\circ \sim 360^\circ$  arasında gözönüne alınan deprem doğrultuları için ele alınan binaların en alt kolonlarının alt uçlarında oluşan plastik kesitlerdeki en elverişsiz  $\mathcal{E}_{c maks.}$  ve  $\mathcal{E}_{s maks.}$  birim boy değişmesi taleplerinin belirlenmesinde, normal kuvvet taleplerinin farklılık gösterebildiği görülmüştür.

Sayısal incelemeler kapsamında ele alınan betonarme binaların (1KC, 3KC, 5KC ve 8KC)  $\beta = 0^\circ \sim 360^\circ$  arasında gözönüne alınan deprem doğrultuları için herhangi bir kolon plastik kesitindeki en elverişsiz birim boy değişmesi taleplerini ( $(\mathcal{E}_{c maks.})_{cr.}$  ve  $(\mathcal{E}_{s maks.})_{cr.}$ ) veren  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultularının çoğunlukla birbirlerine zıt yönlerde oldukları belirlenmiştir (Örneğin, aynı kolon plastik kesitinde  $(\mathcal{E}_{c maks.})_{cr.}$  için  $\beta_{cr} = 45^\circ$  iken,  $(\mathcal{E}_{s maks.})_{cr.}$  için  $\beta_{cr} = 225^\circ (45^\circ + 180^\circ)$ 'dir.). Her iki kritik deprem doğrultusu için ilgili kolon plastik kesitinde elde edilen  $\chi_T$  toplam eğrilik talepleri birbirine çok yakın değerler almasına karşın, yatay deprem yüklerinden dolayı  $N$  normal kuvvet taleplerinde büyük farklar oluşabilmektedir (Şekil 6.20). Aynı kolon plastik kesitinde bu iki kritik deprem doğrultusu için;

- Normal kuvvet talebi daha küçük olanında en elverişsiz  $\mathcal{E}_{s maks.}$  birim boy değişmesi talebi oluşmakta (Şekil 6.20),
- Normal kuvvet talebi daha büyük olanında ise, en elverişsiz  $\mathcal{E}_{c maks.}$  birim boy değişmesi talebi oluşmaktadır (Şekil 6.20).



Şekil 6.20 En elverişsiz  $\epsilon_{c\ maks}$  ve  $\epsilon_{s\ maks}$  birim boy değişmesi taleplerinin belirlenmesinde normal kuvvetin etkisi

## 6.2 Kolon Plastik Kesitlerindeki En Elverişsiz Birim Boy Değişmesi Taleplerinin Belirlenebilmesi için Bir Büyütme Kuralı Önerisi

Çalışma kapsamında ele alınan 1KC, 3KC, 5KC ve 8KC betonarme binaların çok doğrultulu deprem yükleri altındaki doğrusal olmayan değerlendirme analizlerinden elde edilen sonuçlar ışığı altında ve ayrıca, Bölüm 6.1’de birim boy değişmesi taleplerine etkileyen parametreler de gözönüne alınarak, deprem yüklerinin doğrultu etkisi nedeniyle kolon plastik kesitlerinde oluşacak en elverişsiz  $\mathcal{E}_{c maks.}$  ve  $\mathcal{E}_{s maks.}$  birim boy değişmesi taleplerinin belirlenebilmesi amacıyla bir büyütme kuralı önerilmiştir.

Önerilen büyütme kuralı, binaların plandaki her bir asal eksen (X ve Y) doğrultusundaki doğrusal olmayan statik analiz sonuçlarından yararlanılarak, kolon plastik kesitlerindeki kesit analizlerini esas almaktadır.

Bölüm 6.1’de belirtildiği üzere, kolon plastik kesitlerindeki en elverişsiz  $\mathcal{E}_{c maks.}$  ve  $\mathcal{E}_{s maks.}$  birim boy değişmesi taleplerini veren kritik deprem doğrultuları, çoğunlukla iki farklı  $\beta_{cr}$  değerinde oluşmaktadır. Her iki kritik deprem doğrultusu için ilgili kolon kesitinde elde edilen  $\chi_T$  toplam eğrilik talepleri birbirine çok yakın değerler almasına karşın, normal kuvvet taleplerinde büyük farklar oluşabilmektedir. Bu iki kritik deprem doğrultusu için, normal kuvvet talebi daha küçük olanında en elverişsiz  $\mathcal{E}_{s maks.}$  değeri oluşmakta, daha büyük olanında ise en elverişsiz  $\mathcal{E}_{c maks.}$  değeri oluşmaktadır. Bu nedenle, en elverişsiz birim boy değişmesi taleplerinin belirlenmesi amacıyla önerilen büyütme kuralı  $\mathcal{E}_{c maks.}$  ve  $\mathcal{E}_{s maks.}$  için ayrı ayrı uygulanacaktır.

Bileşik eğik eğilme etkisindeki kolon plastik kesitinde tarafsız eksenin kesitin  $x$  asal eksenini ile yaptığı  $\alpha$  açısı, tarafsız eksen etrafında oluşan  $\chi_T$  toplam eğrilik talebi ile  $N$  normal kuvvet talebinin deprem doğrultusu ile değişimi doğrusal değildir. Bu nedenle, binaların  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultuları için kolon plastik kesitlerindeki davranış taleplerine (toplam eğrilik, normal kuvvet, birim boy değişmesi talebi) ait kritik değerlerin belirlenmesinde, plandaki asal eksen doğrultularından elde edilen

davranış talepleri, *doğrusal–elastik* tasarım için öngörülen birleştirme kurallarında olduğu gibi doğrudan doğruya birleştirilememektedir.

Bu nedenle, çalışma kapsamında incelenen betonarme binaların kolon plastik kesitlerindeki en elverişsiz birim boy değişmesi taleplerinin belirlenmesi için, plandaki asal eksen doğrultularından elde edilen  $\chi_T$  toplam eğrilik talebi ve  $N$  normal kuvvet talebinden yararlanılmış ve en elverişsiz  $\mathcal{E}_{c maks.}$  ve  $\mathcal{E}_{s maks.}$  değerleri, enkesit geometrisine bağlı olarak belirlenen bir  $\alpha$  açısı altındaki kesit analizi ile elde edilmiştir. Böylece, kolon plastik kesitlerinde oluşan  $M_x$ ,  $M_y$  ve  $N$  iç kuvvetleri arasındaki etkileşim gözönüne alınmıştır.

İncelenen binaların plandaki asal eksen (X ve Y) doğrultularındaki doğrusal olmayan statik analizleri sonucunda, özellikle dikdörtgen enkesitli kolon plastik kesitlerinde, zayıf asal eksen etrafında oluşan plastik şekildeğiştirme talepleri, kesitin güçlü eksen etrafında elde edilenlere göre oldukça küçüktür. Bununla birlikte, binaların plandaki asal eksen doğrultuları için kolon plastik kesitlerinde elde edilen toplam eğrilik taleplerinin belirli bir oranda birleştirilmesi, en elverişsiz birim boy değişmesi taleplerini belirlemede oldukça yetersiz sonuçlara neden olabilmektedir. Bu nedenle, enkesitleri *kare* ve *dikdörtgen* olan kolon plastik kesitlerindeki en elverişsiz  $\mathcal{E}_{c maks.}$  ve  $\mathcal{E}_{s maks.}$  birim boy değişmesi taleplerinin belirlenmesinde, binaların plandaki asal eksen (X ve Y) doğrultularındaki doğrusal olmayan statik analizlerden elde edilen  $\chi_T$  toplam eğrilik taleplerinin belirli bir oranda birleştirilmesi yerine, belirli bir oranda büyütülmesinin daha uygun olacağı düşünülmektedir.

Bu amaçla, betonarme binaların plandaki her bir asal eksen doğrultusundaki doğrusal olmayan statik analizlerinden yararlanılarak, kolon plastik kesitlerindeki en elverişsiz birim boy değişmesi taleplerinin  $[(\mathcal{E}_{c maks.})_{cr}$  ve  $(\mathcal{E}_{s maks.})_{cr}]$  belirlenmesi için,  $\chi_T$  toplam eğrilik talebi, tarafsız eksenin kesitin  $x$  eksenine ile yaptığı  $\alpha$  açısı ve  $N$  normal kuvvet düzeyini içeren bir büyütme kuralı önerilmiştir (6.1–6.3).

Önerilen büyütme kuralı ile betonarme binaların her bir kolon plastik kesitindeki en elverişsiz birim boy değişmesi taleplerinin hesabında, (6.1) ile belirlenen  $(\chi_T)_b$  toplam eğrilik talebi, enkesit geometrisine bağlı olarak belirlenen

$(\alpha)_b$  açısı ve normal kuvvet düzeyinin iki farklı değeri  $[(N)_b]$  altında, iki adet kesit analizinin yapılması gerekmektedir. Bu normal kuvvet değerlerinden büyük olanında  $[(N)_b^{\mathcal{E}_c maks.}] \mathcal{E}_c maks.$ , küçük olanında  $[(N)_b^{\mathcal{E}_s maks.}] \mathcal{E}_s maks.$  birim boy değişmesi talepleri elde edilmektedir.

$$(\mathcal{X}_T)_b = (\mathcal{X}_T)_{asal}^{ort.} \left[ \lambda_1 + \left( \frac{N_d}{N_{ob}} \right)^{\lambda_2} \right] \quad (6.1)$$

$$\left. \begin{aligned} (N)_b^1 &= (N)_{asal}^{0^\circ} + \frac{(N)_{asal}^{90^\circ} - (N)_{asal}^{0^\circ}}{2}, & (N)_b^2 &= (N)_{asal}^{90^\circ} + \frac{(N)_{asal}^{180^\circ} - (N)_{asal}^{90^\circ}}{2} \\ (N)_b^3 &= (N)_{asal}^{180^\circ} + \frac{(N)_{asal}^{270^\circ} - (N)_{asal}^{180^\circ}}{2}, & (N)_b^4 &= (N)_{asal}^{270^\circ} + \frac{(N)_{asal}^{360^\circ} - (N)_{asal}^{270^\circ}}{2} \end{aligned} \right\} (6.2)$$

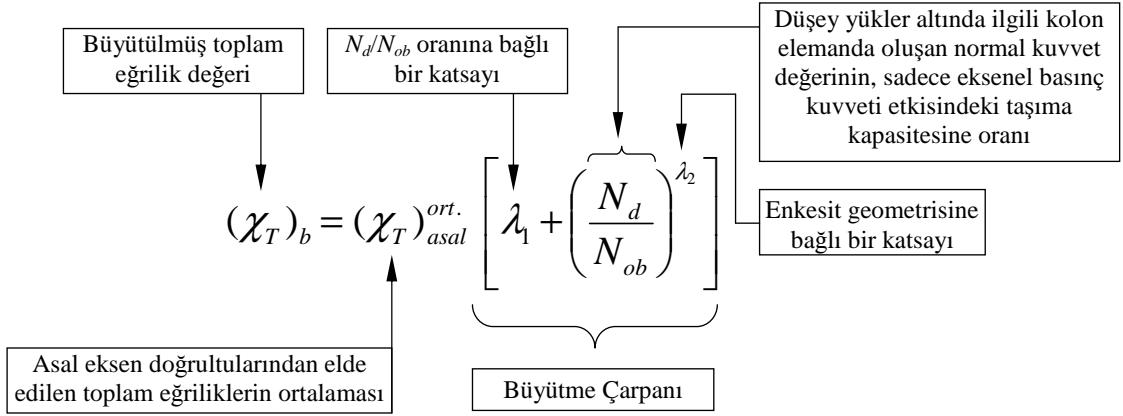
$$\left. \begin{aligned} (\mathcal{E}_{c maks})_b \text{ için } (N)_b^{\mathcal{E}_c maks} &= \max. [(N)_b^1; (N)_b^2; (N)_b^3; (N)_b^4] \\ (\mathcal{E}_{s maks})_b \text{ için } (N)_b^{\mathcal{E}_s maks} &= \min. [(N)_b^1; (N)_b^2; (N)_b^3; (N)_b^4] \end{aligned} \right\} (6.3)$$

(6.1–6.3) bağıntılarında;

$(\mathcal{X}_T)_b$  : Önerilen büyütme kuralı ile elde edilen toplam eğrilik değerini (Şekil 6.21),

$(\mathcal{X}_T)_{asal}^{ort.}$  : Binanın plandaki her bir asal eksen doğrultusundaki doğrusal olmayan analizleri sonucunda, kolon plastik kesitinde elde edilen toplam eğrilik taleplerinin  $[(\mathcal{X}_T)_{asal}^{0^\circ}, (\mathcal{X}_T)_{asal}^{90^\circ}, (\mathcal{X}_T)_{asal}^{180^\circ}$  ve  $(\mathcal{X}_T)_{asal}^{270^\circ}]$  ortalama değerini göstermektedir.

$(\mathcal{X}_T)_{asal}^{0^\circ}, (\mathcal{X}_T)_{asal}^{90^\circ}, (\mathcal{X}_T)_{asal}^{180^\circ}$  ve  $(\mathcal{X}_T)_{asal}^{270^\circ}$  : Sırasıyla, binanın plandaki  $\beta = 0^\circ, 90^\circ, 180^\circ$  ve  $270^\circ$  asal eksen doğrultularındaki doğrusal olmayan statik analizleri sonucunda, kolon plastik kesitinde elde edilen toplam eğrilik taleplerini (elastik eğrilik + plastik eğrilik) göstermektedir.



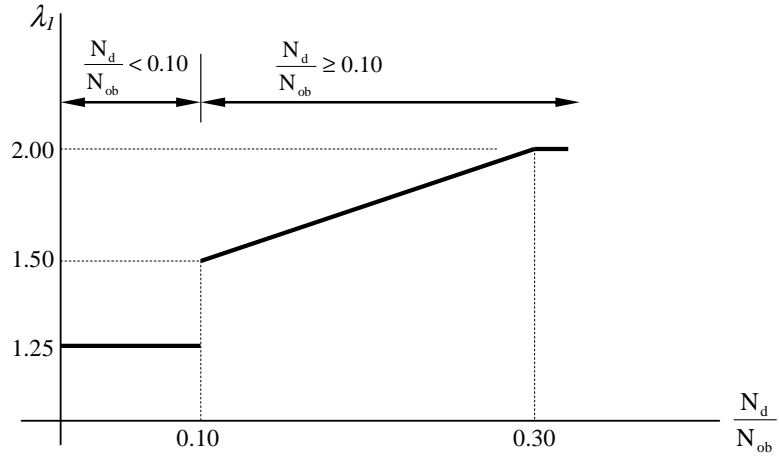
Şekil 6.21 Önerilen büyütme kuralı ile elde edilen  $(\chi_T)_b$  toplam eğrilik değeri

$N_d$  : Düşey yükler altında ilgili kolonda oluşan normal kuvvet değerini,

$N_{ob}$  : Sadece aksenal basınç kuvveti etkisinde kolon kesitinin taşıma kapasitesini göstermektedir. Buna göre,  $N_d / N_{ob}$  oranı, düşey yükler altında ilgili kolondaki normal kuvvet düzeyini ifade etmektedir.

$\lambda_1$  : Düşey yükler altında binanın ilgili kolonundaki normal kuvvet düzeyine  $(N_d / N_{ob})$  bağlı olarak belirlenen bir katsayıyı göstermektedir (Şekil 6.22). Kolon plastik kesitindeki  $N_d / N_{ob}$  oranının, 0.10'dan küçük olması halinde,  $\lambda_1$  katsayısı 1.25 değerini almakta ( $N_d / N_{ob} < 0.10$  ise  $\lambda_1 = 1.25$ ),  $N_d / N_{ob}$  oranının 0.10'dan büyük ve eşit olması halinde ( $N_d / N_{ob} \geq 0.10$ ) ise,  $\lambda_1$  katsayısı normal kuvvet düzeyine bağlı olarak belirlenmektedir (Çizelge 6.9 ve Şekil 6.22).

Şekil 6.22'den görüleceği üzere, plastik kesitteki normal kuvvet düzeyine  $(N_d / N_{ob})$  bağlı olarak,  $\lambda_1$  katsayısı sürekli değildir. Bunun nedeni, plastik kesitteki birim boy değişmesi taleplerine ait değişimin normal kuvvet düzeyinin  $N_d / N_{ob} < 0.10$  değerleri için çoğunlukla küçük olması buna karşın, plastik kesitteki normal kuvvet düzeyi arttıkça ( $N_d / N_{ob} \geq 0.10$ ) birim boy değişmesi taleplerindeki değişimin artmasıdır.



Şekil 6.22 Normal kuvvet düzeyine bağlı olarak  $\lambda_1$  katsayısının belirlenmesi

$\lambda_2$  : Kolonun enkesit genişlik / yükseklik oranına ( $b / h$ ) bağlı olarak belirlenen bir katsayıyı göstermektedir (Çizelge 6.9).  $\lambda_2$  katsayısı ;

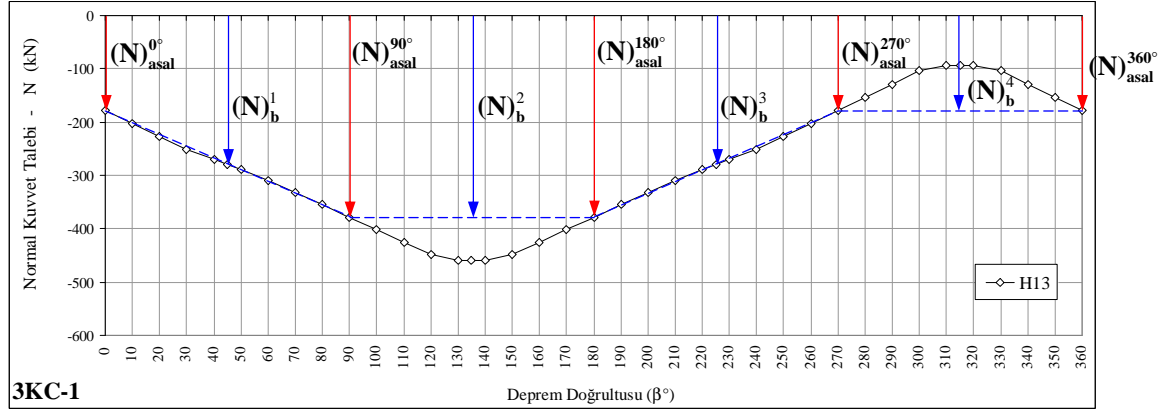
- Enkesit genişlik / yükseklik oranı  $b / h = 1.00$  olan kolon plastik kesitlerinde, 1.25 değerini almaktadır (Çizelge 6.9),
- Enkesit genişlik / yükseklik oranı  $b / h \approx 0.75$  veya  $b / h \approx 1.50$  olan kolon plastik kesitlerinde, 0.75 değerini almaktadır (Çizelge 6.9),
- Enkesit genişlik / yükseklik oranı  $b / h \approx 0.50$  veya  $b / h \approx 2.00$  olan kolon plastik kesitlerinde, 0.25 değerini almaktadır (Çizelge 6.9).

Çizelge 6.9  $\lambda_1$  ve  $\lambda_2$  katsayılarının belirlenmesi

| $\lambda_1$ ve $\lambda_2$ katsayıları |  |                |                       |
|--|--|----------------|-----------------------|
| $N_d / N_{ob}$                         | $\lambda_1$ katsayısı                                | $b / h$        | $\lambda_2$ katsayısı |
| $(N_d / N_{ob}) < 0.10$                | 1.25   | 1.00           | 1.25                  |
| $0.10 < (N_d / N_{ob}) < 0.30$         | $1.5 + 2.5 \left( \frac{N_d}{N_{ob}} - 0.10 \right)$ | 0.75 veya 1.50 | 0.75                  |
| $(N_d / N_{ob}) > 0.30$                | 2.00   | 0.50 veya 2.00 | 0.25                  |

$(N)_{asal}^{0^\circ}$ ,  $(N)_{asal}^{90^\circ}$ ,  $(N)_{asal}^{180^\circ}$ ,  $(N)_{asal}^{270^\circ}$  ve  $(N)_{asal}^{360^\circ}$  : Sırasıyla, binanın plandaki  $\beta = 0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$ ,  $270^\circ$  ve  $360^\circ$  asal eksen doğrultularındaki doğrusal olmayan statik analizleri sonucunda, ilgili kolon kesitinde elde edilen normal kuvvet taleplerini göstermektedir.

$(N)_b^1$ ,  $(N)_b^2$ ,  $(N)_b^3$  ve  $(N)_b^4$ : Sırasıyla, binanın plandaki  $\beta = 0^\circ, 90^\circ, 180^\circ, 270^\circ$  ve  $360^\circ$  asal eksen doğrultularındaki doğrusal olmayan statik analizleri sonucunda, ilgili kolon kesitindeki normal kuvvet taleplerinden yararlanılarak, (6.2) bağıntısı ile hesaplanan birleştirilmiş normal kuvvet değerlerini göstermektedir (Şekil 6.23).



Şekil 6.23 Normal kuvvetin  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi ve  $(N)_b$  normal kuvvet değerlerinin elde edilmesi

### 6.2.1 Önerilen Büyütme Kuralı ile Kolon Plastik Kesitlerindeki En Elverişsiz Birim Boy Değişmesi Taleplerinin Belirlenmesinde Hesapta İzlenen Yol:

Önerilen büyütme kuralı ile, plandaki her iki asal eksene (X veya Y) göre simetrik ve simetrik olmayan binaların kolon plastik kesitlerindeki en elverişsiz  $\mathcal{E}_{c maks.}$  ve  $\mathcal{E}_{s maks.}$  birim boy değişmesi taleplerinin belirlenmesi için hesapta,  $\beta = 0^\circ, 90^\circ, 180^\circ$  ve  $270^\circ$ 'lik asal eksen doğrultularında olmak üzere, toplam 4 (dört) adet doğrusal olmayan statik analizin yapılması yeterlidir.

Deprem yüklerinin doğrultu etkisi nedeniyle betonarme binaların kolon plastik kesitlerinde oluşacak en elverişsiz  $\mathcal{E}_{c maks.}$  ve  $\mathcal{E}_{s maks.}$  birim boy değişmesi taleplerinin belirlenmesi amacıyla önerilen büyütme kuralına ait hesap adımları aşağıda özetlenmiştir.



**Adım 1:** Binanın plandaki  $\beta = 0^\circ, 90^\circ, 180^\circ$  ve  $270^\circ$  asal eksen doğrultularındaki şekildeğiştirme esaslı doğrusal olmayan analizleri sonucunda, kolon plastik kesitindeki  $\chi_T$  toplam eğrilik talepleri [ $(\chi_T)_{asal}^{0^\circ}, (\chi_T)_{asal}^{90^\circ}, (\chi_T)_{asal}^{180^\circ}$  ve  $(\chi_T)_{asal}^{270^\circ}$ ] ile  $N$  normal kuvvet talepleri [ $(N)_{asal}^{0^\circ}, (N)_{asal}^{90^\circ}, (N)_{asal}^{180^\circ}$  ve  $(N)_{asal}^{270^\circ}$ ] elde edilir.

**Adım 2:** (6.1–6.3) bağıntıları ile, ilgili kolon plastik kesitindeki toplam eğrilik değerleri [ $(\chi_T)_b$ ] ve birleştirilmiş normal kuvvet değerleri [ $(N)_b$ ] elde edilir.

$$(\chi_T)_b = (\chi_T)_{asal}^{ort.} \left[ \lambda_1 + \left( \frac{N_d}{N_{ob}} \right)^{\lambda_2} \right] \quad (6.1)$$

$$\left. \begin{aligned} (N)_b^1 &= (N)_{asal}^{0^\circ} + \frac{(N)_{asal}^{90^\circ} - (N)_{asal}^{0^\circ}}{2}, & (N)_b^2 &= (N)_{asal}^{90^\circ} + \frac{(N)_{asal}^{180^\circ} - (N)_{asal}^{90^\circ}}{2} \\ (N)_b^3 &= (N)_{asal}^{180^\circ} + \frac{(N)_{asal}^{270^\circ} - (N)_{asal}^{180^\circ}}{2}, & (N)_b^4 &= (N)_{asal}^{270^\circ} + \frac{(N)_{asal}^{360^\circ} - (N)_{asal}^{270^\circ}}{2} \end{aligned} \right\} \quad (6.2)$$

$$\left. \begin{aligned} (\mathcal{E}_{c maks})_b \text{ için } (N)_b^{\mathcal{E}_c maks} &= \text{maks.} [(N)_b^1; (N)_b^2; (N)_b^3; (N)_b^4] \\ (\mathcal{E}_{s maks})_b \text{ için } (N)_b^{\mathcal{E}_s maks} &= \text{min.} [(N)_b^1; (N)_b^2; (N)_b^3; (N)_b^4] \end{aligned} \right\} \quad (6.3)$$

**Adım 3:** İlgili kolon plastik kesitinde, enkesit geometrisine bağlı olarak tarafsız eksenin kesitin  $x$  asal eksenine ile yaptığı  $(\alpha)_b$  açısı belirlenir.

- Enkesitleri *Kare* olan ( $b / h \approx 1.00$ ) kolon plastik kesitlerinde,  $(\alpha)_b \approx 45^\circ$ ,
- Enkesitleri *Dikdörtgen* olan ( $b / h \approx 0.50$ ) kolon plastik kesitlerinde,
  - $b / h \approx 0.50$  için  $(\alpha)_b \approx 60^\circ$ ,
  - $b / h \approx 2.00$  için  $(\alpha)_b \approx 30^\circ$  alınabilir.

**Adım 4:** 2. ve 3. Hesap adımlarında belirlenen  $(\chi_r)_b$  ve  $(\alpha)_b$  değerleri ile normal kuvvetin iki farklı değeri  $[(N)_b^{\mathcal{E}_c maks}$  ve  $(N)_b^{\mathcal{E}_s maks}$ ] altında, ilgili kolon plastik kesitindeki birleştirilmiş birim boy değişmesi talepleri  $[(\mathcal{E}_{c maks})_b$  ve  $(\mathcal{E}_{s maks})_b]$ , detayları Bölüm 3.3.2’de verilen ardışık yaklaşım yönteminden yararlanılarak bir kesit analizi ile elde edilir. Bu normal kuvvet değerlerinden küçük olanında  $[(N)_b^{\mathcal{E}_s maks}] (\mathcal{E}_{s maks})_b$ , büyük olanında  $[(N)_b^{\mathcal{E}_c maks}]$  ise  $(\mathcal{E}_{c maks})_b$  birim boy değişmesi talepleri elde edilmektedir.

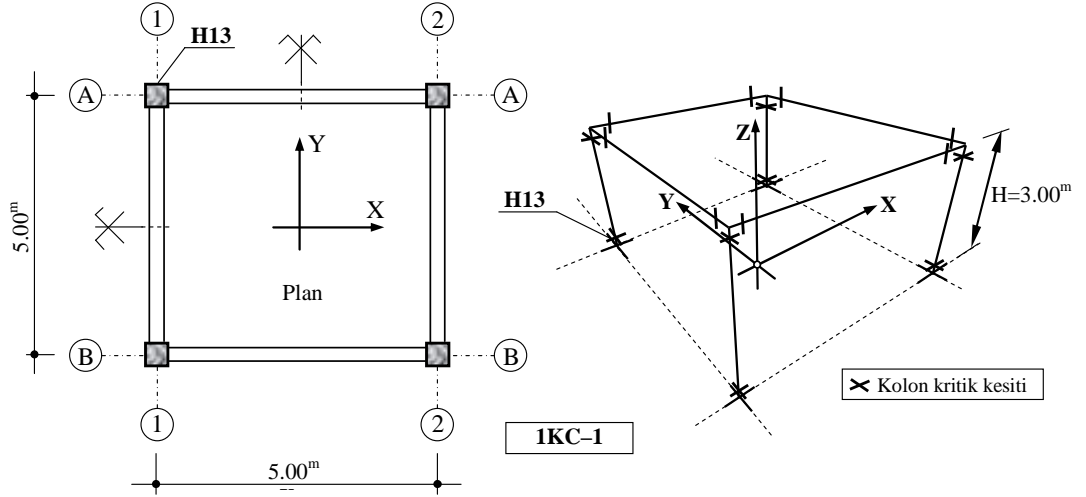
### 6.2.2 Sayısal Örnek 2 : Tek Katlı Tek Açıklıklı Uzay Çerçeve Bina Üzerinde Önerilen Büyütme Kuralının Sayısal Uygulaması

Deprem yüklerinin doğrultu etkisi nedeniyle betonarme binaların kolon plastik kesitlerinde oluşacak en elverişsiz  $\mathcal{E}_{c maks.}$  ve  $\mathcal{E}_{s maks.}$  birim boy değişmesi taleplerinin belirlenebilmesi için, çalışma kapsamında geliştirilen büyütme kuralının hesap adımlarını ayrıntılı olarak açıklamak amacıyla sayısal bir örnek aşağıda verilmiştir.

Sayısal örnek kapsamında, planı ve kolon enkesitleri kare olan, tek katlı ve her iki doğrultuda tek açıklıklı, moment aktaran çerçevelerden oluşan betonarme binadaki (1KC–1) kolonların alt uçlarında oluşan plastik kesitlerin biri üzerinde, geliştirilen büyütme kuralı uygulanmış ve en elverişsiz  $\mathcal{E}_{c maks.}$  ve  $\mathcal{E}_{s maks.}$  birim boy değişmesi talepleri belirlenmiştir.

Planı ve üç boyutlu taşıyıcı sistem modeli Şekil 6.24’de verilen 1KC–1 binanın genel özellikleri, taşıyıcı sistem elemanlarının boyutları, donatıları ve taşıma kapasiteleri, binanın kat ağırlığı ile serbest titreşim analizinden elde edilen brüt ve etkin enkesit rijitliklikli birinci doğal titreşim periyotları Bölüm 4.1’de ayrıntılı olarak verilmiştir.

Önerilen büyütme kuralının Bölüm 6.2.1’de verilen hesap adımları, 1KC-1 binanın kare enkesitli H13 kolon plastik kesiti için verilmiştir (Şekil 6.24). Ayrıntılı örnek kapsamında incelenen 1KC binanın diğer kolon plastik kesitlerine ait birim boy değişmesi taleplerinin belirlenmesi için, hesabın 1.–4. adımlarının tekrarlanması yeterlidir.



Şekil 6.24 1KC-1 binanın planı ve üç boyutlu bir taşıyıcı sistem modeli ile H13 kolon plastik kesitinin yeri

**Adım 1:** 1KC-1 binanın planındaki  $\beta = 0^\circ, 90^\circ, 180^\circ$  ve  $270^\circ$  asal eksen doğrultuları için şekildeğiştirme esaslı doğrusal olmayan statik analizleri sonucunda, H13 kolon plastik kesitindeki  $\chi_T$  toplam eğrilik talepleri  $[(\chi_T)_{asal}^{0^\circ}, (\chi_T)_{asal}^{90^\circ}, (\chi_T)_{asal}^{180^\circ}$  ve  $(\chi_T)_{asal}^{270^\circ}]$  ile  $N$  normal kuvvet talepleri  $[(N)_{asal}^{0^\circ}, (N)_{asal}^{90^\circ}, (N)_{asal}^{180^\circ}$  ve  $(N)_{asal}^{270^\circ}]$  elde edilmiştir (Çizelge 6.10).

Çizelge 6.10 H13 kolon plastik kesiti için elde edilen toplam eğrilik ve normal kuvvet talepleri

| Plastik Kesit (Mafsal) | $(\chi_T)_{asal}^{0^\circ}$<br>(1/m) | $(\chi_T)_{asal}^{90^\circ}$<br>(1/m) | $(\chi_T)_{asal}^{180^\circ}$<br>(1/m) | $(\chi_T)_{asal}^{270^\circ}$<br>(1/m) | $(N)_{asal}^{0^\circ}$<br>(kN) | $(N)_{asal}^{90^\circ}$<br>(kN) | $(N)_{asal}^{180^\circ}$<br>(kN) | $(N)_{asal}^{270^\circ}$<br>(kN) |
|------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|--|--|--------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| H13                    | 0.03523                              | 0.03233                               | 0.03233                                | 0.03554                                | -59.98                         | -126.75                         | -126.94                          | -60.32                           |

**Adım 2:** Kolon plastik kesitindeki  $(\chi_T)_b$  toplam eğrilik değerleri ve  $(N)_b$  normal kuvvet değerleri, (6.1–6.3) bağıntıları ile elde edilmiştir (Çizelge 6.11).

Çizelge 6.11 H13 kolon plastik kesitinde elde edilen  $(\chi_T)_b$  ve  $(N)_b$  değerleri

| Plastik Kesit (Mafsal) | Kolon Boyutu (cm*cm) | $(\chi_T)_{\text{ortal. asal}}$ (1/m) | $(N)_b^{\epsilon_c \text{ maks}}$ (kN) | $(N)_b^{\epsilon_s \text{ maks}}$ (kN) | $\frac{N_d}{N_{ob}}$ | $\lambda_1$ | $\lambda_2$ | Büyütme çarpanı | $(\chi_T)_b$ (1/m) |
|------------------------|----------------------|---------------------------------------|--|--|----------------------|-------------|-------------|-----------------|--------------------|
| H13                    | 35*35                | 0.03383                               | <b>-126.84</b>                         | <b>-60.15</b>                          | 0.0343               | 1.25        | 1.25        | 1.2648          | <b>0.04279</b>     |

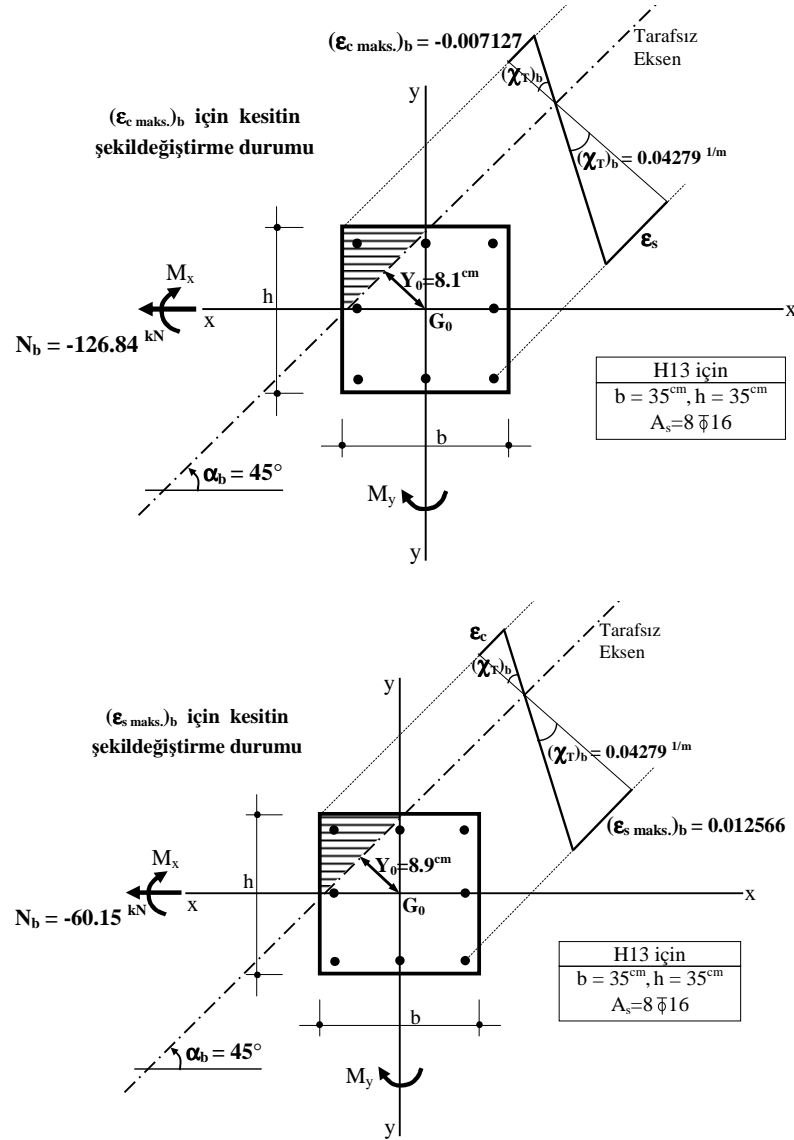
**Adım 3:** İlgili kolon plastik kesitinde, enkesit geometrisine bağlı olarak tarafsız eksenin kesitin  $x$  asal eksenine ile yaptığı  $(\alpha)_b$  açısı belirlenmiştir.

- 1KC binanın H13 nolu kolon plastik kesiti *Kare* enkesitli olduğundan ( $35^{\text{cm}}*35^{\text{cm}}$  ve  $b/h = 1.00$ ),  $(\alpha)_b \approx 45^\circ$  dir.

**Adım 4:** 2. ve 3. Hesap adımlarında belirlenen  $(\chi_T)_b$  ve  $(\alpha)_b$  değerleri ile normal kuvvetin iki farklı değeri [ $(N)_b^{\epsilon_c \text{ maks}}$  ve  $(N)_b^{\epsilon_s \text{ maks}}$ ] altında, H13 kolon plastik kesitindeki birleştirilmiş birim boy değişmesi talepleri [ $(\epsilon_{c \text{ maks.}})_b$  ve  $(\epsilon_{s \text{ maks.}})_b$ ], detayları Bölüm 3.3.2’de verilen ardışık yaklaşım yönteminden yararlanılarak, iki adet kesit analizi ile elde edilmiştir. Bu normal kuvvet değerlerinden daha küçük olanında [ $(N)_b^{\epsilon_s \text{ maks}}$ ]  $(\epsilon_{s \text{ maks.}})_b$ , daha büyük olanında ise [ $(N)_b^{\epsilon_c \text{ maks}}$ ]  $(\epsilon_{c \text{ maks.}})_b$  birim boy değişmesi talepleri elde edilmiştir (Çizelge 6.12 ve Şekil 6.25).

Çizelge 6.12 H13 kolon plastik kesitinde elde edilen  $(\epsilon_{c \text{ maks.}})_b$  ve  $(\epsilon_{s \text{ maks.}})_b$  birim boy değişmesi talepleri

| Bina  | Plastik Kesit (Mafsal) | Kolon Boyutu (cm*cm) | $(\chi_T)_b$ (1/m) | $(\alpha)_b$ | $(\epsilon_{c \text{ maks.}})_b$ için kesit analizine ait sonuçlar |              |                                  | $(\epsilon_{s \text{ maks.}})_b$ için kesit analizine ait sonuçlar |              |                                  |
|-------|------------------------|----------------------|--------------------|--------------|--|--------------|----------------------------------|--|--------------|----------------------------------|
|       |                        |                      |                    |              | $(N)_b^{\epsilon_c \text{ maks.}}$ (kN)                            | $Y_0$ (m)    | $(\epsilon_{c \text{ maks.}})_b$ | $(N)_b^{\epsilon_s \text{ maks.}}$ (kN)                            | $Y_0$ (m)    | $(\epsilon_{s \text{ maks.}})_b$ |
| 1KC-1 | H13                    | 35*35                | <b>0.04279</b>     | <b>45°</b>   | <b>-126.84</b>   | <b>0.081</b> | <b>0.007127</b>                  | <b>-60.15</b>  | <b>0.089</b> | <b>0.012566</b>                  |



Şekil 6.25 H13 kolon plastik kesitinde  $(\epsilon_{c \text{ maks.}})_b$  ve  $(\epsilon_{s \text{ maks.}})_b$  birim boy değişmesi talepleri için şekildeğiştirme durumu

### 6.3 Önerilen Büyütme Kuralı ile İncelenen Kolon Plastik Kesitlerindeki Birim Boy Değişmesi Taleplerinin Belirlenmesi

Sayısal incelemeleri kapsamında ele alınan 1KC, 3KC, 5KC ve 8KC binaların plandaki her bir asal eksen doğrultusundaki şekildeğiştirme esaslı doğrusal olmayan statik analizlerinden yararlanılarak, Şekil 4.37–4.40’da gösterilen en alt kat kolonlarının alt uçlarında oluşan plastik kesitlerdeki  $(\epsilon_{c \text{ maks.}})_b$  ve  $(\epsilon_{s \text{ maks.}})_b$  birim boy değişmesi talepleri, Bölüm 6.2.1’de hesap adımları verilen büyütme kuralı ile belirlenmiştir (Çizelge 6.13–6.20).

Çizelge 6.13 1KC-[1-4] binaların en alt kat kolon plastik kesitleri için önerilen büyütme kuralından elde edilen birim boy değişmesi talepleri

| Bina  | Plastik Kesit (Mafsal) | Kolon Boyutu (cm*cm) | $(\chi_T)_{asal}^{ort.}$ (1/m) | Önerilen büyütme kuralı ile     |                                 |                      |             |             |                 |                    |                  |                        |                        |
|-------|------------------------|----------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------|-------------|-------------|-----------------|--------------------|------------------|------------------------|------------------------|
|       |                        |                      |                                | $(N)_b^{\epsilon_c maks.}$ (kN) | $(N)_b^{\epsilon_s maks.}$ (kN) | $\frac{N_d}{N_{ob}}$ | $\lambda_1$ | $\lambda_2$ | Büyütme çarpanı | $(\chi_T)_b$ (1/m) | $(\alpha)_b$ (°) | $(\epsilon_c maks.)_b$ | $(\epsilon_s maks.)_b$ |
| 1KC-1 | H13                    | 35*35                | 0.03383                        | -126.8                          | -60.2                           | 0.0343               | 1.25        | 1.25        | 1.2648          | 0.04279            | 45°              | 0.007127               | 0.012566               |
|       | H16                    | 35*35                | 0.03383                        | -126.8                          | -60.2                           | 0.0343               | 1.25        | 1.25        | 1.2648          | 0.04279            | 45°              | 0.007127               | 0.012566               |
|       | H19                    | 35*35                | 0.03383                        | -126.8                          | -60.2                           | 0.0343               | 1.25        | 1.25        | 1.2648          | 0.04279            | 45°              | 0.007127               | 0.012566               |
|       | H22                    | 35*35                | 0.03383                        | -126.8                          | -60.2                           | 0.0343               | 1.25        | 1.25        | 1.2648          | 0.04279            | 45°              | 0.007127               | 0.012566               |
| 1KC-2 | H13                    | 25*50                | 0.03387                        | -122.0                          | -64.9                           | 0.0341               | 1.25        | 0.25        | 1.6798          | 0.05690            | 60°              | 0.008682               | 0.015882               |
|       | H16                    | 50*25                | 0.03387                        | -122.0                          | -64.9                           | 0.0341               | 1.25        | 0.25        | 1.6798          | 0.05690            | 30°              | 0.008682               | 0.015882               |
|       | H19                    | 50*25                | 0.03387                        | -122.0                          | -64.9                           | 0.0341               | 1.25        | 0.25        | 1.6798          | 0.05690            | 30°              | 0.008682               | 0.015882               |
|       | H22                    | 25*50                | 0.03387                        | -122.0                          | -64.9                           | 0.0341               | 1.25        | 0.25        | 1.6798          | 0.05690            | 60°              | 0.008682               | 0.015882               |
| 1KC-3 | H13                    | 35*35                | 0.03792                        | -138.0                          | -48.9                           | 0.0343               | 1.25        | 1.25        | 1.2648          | 0.04796            | 45°              | 0.007957               | 0.014222               |
|       | H16                    | 35*35                | 0.03792                        | -138.0                          | -48.9                           | 0.0343               | 1.25        | 1.25        | 1.2648          | 0.04796            | 45°              | 0.007957               | 0.014222               |
|       | H19                    | 35*35                | 0.03792                        | -138.0                          | -48.9                           | 0.0343               | 1.25        | 1.25        | 1.2648          | 0.04796            | 45°              | 0.007957               | 0.014222               |
|       | H22                    | 35*35                | 0.03792                        | -138.0                          | -48.9                           | 0.0343               | 1.25        | 1.25        | 1.2648          | 0.04796            | 45°              | 0.007957               | 0.014222               |
| 1KC-4 | H13                    | 25*50                | 0.03500                        | -141.3                          | -50.9                           | 0.0356               | 1.25        | 0.25        | 1.6844          | 0.05896            | 60°              | 0.009111               | 0.016589               |
|       | H16                    | 50*25                | 0.03628                        | -135.8                          | -45.9                           | 0.0326               | 1.25        | 0.25        | 1.6750          | 0.06077            | 30°              | 0.009331               | 0.017163               |
|       | H19                    | 50*25                | 0.03628                        | -135.8                          | -45.9                           | 0.0326               | 1.25        | 0.25        | 1.6750          | 0.06077            | 30°              | 0.009331               | 0.017163               |
|       | H22                    | 25*50                | 0.03500                        | -141.3                          | -50.9                           | 0.0356               | 1.25        | 0.25        | 1.6844          | 0.05896            | 60°              | 0.009111               | 0.016589               |

Çizelge 6.14 3KC-[1-4] binaların en alt kat kolon plastik kesitleri için önerilen büyütme kuralından elde edilen birim boy değişmesi talepleri

| Bina  | Plastik Kesit (Mafsal) | Kolon Boyutu (cm*cm) | $(\chi_T)_{asal}^{ort.}$ (1/m) | Önerilen büyütme kuralı ile     |                                 |                      |             |             |                 |                    |                  |                        |                        |
|-------|------------------------|----------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------|-------------|-------------|-----------------|--------------------|------------------|------------------------|------------------------|
|       |                        |                      |                                | $(N)_b^{\epsilon_c maks.}$ (kN) | $(N)_b^{\epsilon_s maks.}$ (kN) | $\frac{N_d}{N_{ob}}$ | $\lambda_1$ | $\lambda_2$ | Büyütme çarpanı | $(\chi_T)_b$ (1/m) | $(\alpha)_b$ (°) | $(\epsilon_c maks.)_b$ | $(\epsilon_s maks.)_b$ |
| 3KC-1 | H13                    | 35*35                | 0.04489                        | -378.0                          | -177.9                          | 0.1080               | 1.520       | 1.25        | 1.5818          | 0.07100            | 45°              | 0.012986               | 0.020862               |
|       | H16                    | 35*35                | 0.04489                        | -378.0                          | -177.9                          | 0.1080               | 1.520       | 1.25        | 1.5818          | 0.07100            | 45°              | 0.012986               | 0.020862               |
|       | H19                    | 35*35                | 0.04489                        | -378.0                          | -177.9                          | 0.1080               | 1.520       | 1.25        | 1.5818          | 0.07100            | 45°              | 0.012986               | 0.020862               |
|       | H22                    | 35*35                | 0.04489                        | -378.0                          | -177.9                          | 0.1080               | 1.520       | 1.25        | 1.5818          | 0.07100            | 45°              | 0.012986               | 0.020862               |
| 3KC-2 | H13                    | 25*50                | 0.03074                        | -378.8                          | -177.3                          | 0.1004               | 1.501       | 0.25        | 2.0640          | 0.06345            | 60°              | 0.011804               | 0.016368               |
|       | H16                    | 50*25                | 0.03074                        | -378.8                          | -177.3                          | 0.1004               | 1.501       | 0.25        | 2.0640          | 0.06345            | 30°              | 0.011804               | 0.016368               |
|       | H19                    | 50*25                | 0.03074                        | -378.8                          | -177.3                          | 0.1004               | 1.501       | 0.25        | 2.0640          | 0.06345            | 30°              | 0.011804               | 0.016368               |
|       | H22                    | 25*50                | 0.03074                        | -378.8                          | -177.3                          | 0.1004               | 1.501       | 0.25        | 2.0640          | 0.06345            | 60°              | 0.011804               | 0.016368               |
| 3KC-3 | H13                    | 35*35                | 0.05323                        | -467.9                          | -160.5                          | 0.1222               | 1.555       | 1.25        | 1.6277          | 0.08664            | 45°              | 0.016992               | 0.025785               |
|       | H16                    | 35*35                | 0.05323                        | -467.9                          | -160.5                          | 0.1222               | 1.555       | 1.25        | 1.6277          | 0.08664            | 45°              | 0.016992               | 0.025785               |
|       | H19                    | 35*35                | 0.05323                        | -467.9                          | -160.5                          | 0.1222               | 1.555       | 1.25        | 1.6277          | 0.08664            | 45°              | 0.016992               | 0.025785               |
|       | H22                    | 35*35                | 0.05323                        | -467.9                          | -160.5                          | 0.1222               | 1.555       | 1.25        | 1.6277          | 0.08664            | 45°              | 0.016992               | 0.025785               |
| 3KC-4 | H13                    | 25*50                | 0.03574                        | -497.2                          | -177.2                          | 0.1217               | 1.554       | 0.25        | 2.1449          | 0.07665            | 60°              | 0.014947               | 0.019775               |
|       | H16                    | 50*25                | 0.03440                        | -471.6                          | -160.1                          | 0.1129               | 1.532       | 0.25        | 2.1117          | 0.07264            | 30°              | 0.014023               | 0.018883               |
|       | H19                    | 50*25                | 0.03440                        | -471.6                          | -160.1                          | 0.1129               | 1.532       | 0.25        | 2.1117          | 0.07264            | 30°              | 0.014023               | 0.018883               |
|       | H22                    | 25*50                | 0.03574                        | -497.2                          | -177.2                          | 0.1217               | 1.554       | 0.25        | 2.1449          | 0.07665            | 60°              | 0.014947               | 0.019775               |

Çizelge 6.15 3KC-[5,6] binaların en alt kat kolon plastik kesitleri için önerilen büyütme kuralından elde edilen birim boy değişmesi talepleri

| Bina  | Plastik Kesit (Mafsal) | Kolon Boyutu (cm*cm) | $(\chi_T)_{asal}^{ort.}$ (1/m) | Önerilen büyütme kuralı ile     |                                 |                      |             |             |                 |                    |                  |                        |                        |
|-------|------------------------|----------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------|-------------|-------------|-----------------|--------------------|------------------|------------------------|------------------------|
|       |                        |                      |                                | $(N)_b^{\epsilon_c maks.}$ (kN) | $(N)_b^{\epsilon_s maks.}$ (kN) | $\frac{N_d}{N_{ob}}$ | $\lambda_1$ | $\lambda_2$ | Büyütme çarpanı | $(\chi_T)_b$ (1/m) | $(\alpha)_b$ (°) | $(\epsilon_c maks.)_b$ | $(\epsilon_s maks.)_b$ |
| 3KC-5 | H13                    | 35*35                | 0.05050                        | -373.1                          | -161.9                          | 0.1040               | 1.510       | 1.25        | 1.5690          | 0.07923            | 45°              | 0.014349               | 0.023504               |
|       | H16                    | 40*40                | 0.04912                        | -583.5                          | -435.0                          | 0.1514               | 1.628       | 1.25        | 1.7229          | 0.08463            | 45°              | 0.018568               | 0.027563               |
|       | H19                    | 35*35                | 0.05050                        | -373.1                          | -161.9                          | 0.1040               | 1.510       | 1.25        | 1.5690          | 0.07923            | 45°              | 0.014349               | 0.023504               |
|       | H22                    | 40*40                | 0.04912                        | -583.5                          | -435.0                          | 0.1514               | 1.628       | 1.25        | 1.7229          | 0.08463            | 45°              | 0.018568               | 0.027563               |
|       | H34                    | 35*35                | 0.05050                        | -373.1                          | -161.9                          | 0.1040               | 1.510       | 1.25        | 1.5690          | 0.07923            | 45°              | 0.014349               | 0.023504               |
|       | H37                    | 35*35                | 0.05050                        | -373.1                          | -161.9                          | 0.1040               | 1.510       | 1.25        | 1.5690          | 0.07923            | 45°              | 0.014349               | 0.023504               |
| 3KC-6 | H13                    | 25*50                | 0.04143                        | -384.8                          | -157.0                          | 0.1000               | 1.500       | 0.25        | 2.0623          | 0.08545            | 60°              | 0.015934               | 0.022214               |
|       | H16                    | 40*40                | 0.04256                        | -579.7                          | -432.2                          | 0.1503               | 1.626       | 1.25        | 1.7194          | 0.07318            | 45°              | 0.016104               | 0.023719               |
|       | H19                    | 50*25                | 0.03885                        | -385.8                          | -161.0                          | 0.1000               | 1.500       | 0.25        | 2.0623          | 0.08012            | 30°              | 0.014926               | 0.020807               |
|       | H22                    | 40*40                | 0.04256                        | -579.7                          | -432.2                          | 0.1503               | 1.626       | 1.25        | 1.7194          | 0.07318            | 45°              | 0.016104               | 0.023719               |
|       | H34                    | 50*25                | 0.03885                        | -385.8                          | -161.0                          | 0.1000               | 1.500       | 0.25        | 2.0623          | 0.08012            | 30°              | 0.014926               | 0.020807               |
|       | H37                    | 25*50                | 0.04143                        | -384.8                          | -157.0                          | 0.1000               | 1.500       | 0.25        | 2.0623          | 0.08545            | 60°              | 0.015934               | 0.022214               |



Çizelge 6.16 3KC-[7,8] binaların en alt kat kolon plastik kesitleri için önerilen büyütme kuralından elde edilen birim boy değişmesi talepleri

| Bina  | Plastik Kesit (Mafsal) | Kolon Boyutu (cm*cm) | $(\chi_T)_{asal}^{ort.}$ (1/m) | Önerilen büyütme kuralı ile     |                                 |                      |             |             |                 |                    |                  |                        |                        |
|-------|------------------------|----------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------|-------------|-------------|-----------------|--------------------|------------------|------------------------|------------------------|
|       |                        |                      |                                | $(N)_b^{\epsilon_c maks.}$ (kN) | $(N)_b^{\epsilon_s maks.}$ (kN) | $\frac{N_d}{N_{ob}}$ | $\lambda_1$ | $\lambda_2$ | Büyütme çarpanı | $(\chi_T)_b$ (1/m) | $(\alpha)_b$ (°) | $(\epsilon_c maks.)_b$ | $(\epsilon_s maks.)_b$ |
| 3KC-7 | H13                    | 35*35                | 0.04332                        | -357.0                          | -149.8                          | 0.1000               | 1.500       | 1.25        | 1.5562          | 0.06741            | 45°              | 0.012116               | 0.019977               |
|       | H16                    | 40*40                | 0.04540                        | -574.6                          | -415.5                          | 0.1469               | 1.617       | 1.25        | 1.7080          | 0.07755            | 45°              | 0.016972               | 0.025443               |
|       | H19                    | 40*40                | 0.04540                        | -574.6                          | -415.5                          | 0.1469               | 1.617       | 1.25        | 1.7080          | 0.07755            | 45°              | 0.016972               | 0.025443               |
|       | H22                    | 50*50                | 0.04335                        | -916.5                          | -916.5                          | 0.1697               | 1.674       | 1.25        | 1.7832          | 0.07730            | 45°              | 0.021031               | 0.030322               |
|       | H34                    | 35*35                | 0.04332                        | -357.0                          | -149.8                          | 0.1000               | 1.500       | 1.25        | 1.5562          | 0.06741            | 45°              | 0.012116               | 0.019977               |
|       | H37                    | 40*40                | 0.04540                        | -574.6                          | -415.5                          | 0.1469               | 1.617       | 1.25        | 1.7080          | 0.07755            | 45°              | 0.016972               | 0.025443               |
|       | H55                    | 35*35                | 0.04332                        | -357.0                          | -149.8                          | 0.1000               | 1.500       | 1.25        | 1.5562          | 0.06741            | 45°              | 0.012116               | 0.019977               |
|       | H58                    | 40*40                | 0.04540                        | -574.6                          | -415.5                          | 0.1469               | 1.617       | 1.25        | 1.7080          | 0.07755            | 45°              | 0.016972               | 0.025443               |
| 3KC-8 | H13                    | 25*50                | 0.03787                        | -367.5                          | -148.0                          | 0.1000               | 1.500       | 0.25        | 2.0623          | 0.07809            | 60°              | 0.014077               | 0.021293               |
|       | H16                    | 40*40                | 0.04128                        | -577.8                          | -412.1                          | 0.1462               | 1.616       | 1.25        | 1.7060          | 0.07043            | 45°              | 0.015505               | 0.023086               |
|       | H19                    | 40*40                | 0.04128                        | -577.8                          | -412.1                          | 0.1462               | 1.616       | 1.25        | 1.7060          | 0.07043            | 45°              | 0.015505               | 0.023086               |
|       | H22                    | 50*50                | 0.04097                        | -909.8                          | -909.8                          | 0.1682               | 1.670       | 1.25        | 1.7782          | 0.07285            | 45°              | 0.019856               | 0.028541               |
|       | H34                    | 50*25                | 0.03787                        | -367.5                          | -148.0                          | 0.1000               | 1.500       | 0.25        | 2.0623          | 0.07809            | 30°              | 0.014077               | 0.021293               |
|       | H37                    | 40*40                | 0.04128                        | -577.8                          | -412.1                          | 0.1462               | 1.616       | 1.25        | 1.7060          | 0.07043            | 45°              | 0.015505               | 0.023086               |
|       | H55                    | 50*25                | 0.03787                        | -367.5                          | -148.0                          | 0.1000               | 1.500       | 0.25        | 2.0623          | 0.07809            | 30°              | 0.014077               | 0.021293               |
|       | H58                    | 40*40                | 0.04128                        | -577.8                          | -412.1                          | 0.1462               | 1.616       | 1.25        | 1.7060          | 0.07043            | 45°              | 0.015505               | 0.023086               |
| H61   | 25*50                  | 0.03787              | -367.5                         | -148.0                          | 0.1000                          | 1.500                | 0.25        | 2.0623      | 0.07809         | 60°                | 0.014077         | 0.021293               |                        |

Çizelge 6.17 3KC-[9,10] binaların en alt kat kolon plastik kesitleri için önerilen büyütme kuralından elde edilen birim boy değişmesi talepleri

| Bina          | Plastik Kesit (Mafsal) | Kolon Boyutu (cm*cm) | $(\chi_T)_{asal}^{ort.}$ (1/m) | Önerilen büyütme kuralı ile     |                                 |                      |             |             |                 |                    |                  |                        |                        |
|---------------|------------------------|----------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------|-------------|-------------|-----------------|--------------------|------------------|------------------------|------------------------|
|               |                        |                      |                                | $(N)_b^{\epsilon_c maks.}$ (kN) | $(N)_b^{\epsilon_s maks.}$ (kN) | $\frac{N_d}{N_{ob}}$ | $\lambda_1$ | $\lambda_2$ | Büyütme çarpanı | $(\chi_T)_b$ (1/m) | $(\alpha)_b$ (°) | $(\epsilon_c maks.)_b$ | $(\epsilon_s maks.)_b$ |
| <b>3KC-9</b>  | <b>H13</b>             | 35*35                | 0.04340                        | -450.5                          | -213.5                          | 0.1276               | 1.569       | 1.25        | 1.6452          | 0.07139            | 45°              | 0.013917               | 0.020709               |
|               | <b>H16</b>             | 40*40                | 0.04338                        | -454.1                          | -446.6                          | 0.1361               | 1.590       | 1.25        | 1.6730          | 0.07257            | 45°              | 0.014623               | 0.023409               |
|               | <b>H19</b>             | 35*35                | 0.04340                        | -450.5                          | -213.5                          | 0.1276               | 1.569       | 1.25        | 1.6452          | 0.07139            | 45°              | 0.013917               | 0.020709               |
|               | <b>H22</b>             | 40*40                | 0.04338                        | -454.1                          | -446.6                          | 0.1361               | 1.590       | 1.25        | 1.6730          | 0.07257            | 45°              | 0.014623               | 0.023409               |
|               | <b>H34</b>             | 35*35                | 0.04340                        | -450.5                          | -213.5                          | 0.1276               | 1.569       | 1.25        | 1.6452          | 0.07139            | 45°              | 0.013917               | 0.020709               |
|               | <b>H37</b>             | 35*35                | 0.04340                        | -450.5                          | -213.5                          | 0.1276               | 1.569       | 1.25        | 1.6452          | 0.07139            | 45°              | 0.013917               | 0.020709               |
| <b>3KC-10</b> | <b>H13</b>             | 25*50                | 0.03659                        | -446.1                          | -205.6                          | 0.1189               | 1.547       | 0.25        | 2.1345          | 0.07809            | 60°              | 0.014921               | 0.019906               |
|               | <b>H16</b>             | 40*40                | 0.03863                        | -467.0                          | -451.2                          | 0.1366               | 1.591       | 1.25        | 1.6744          | 0.06469            | 45°              | 0.013235               | 0.020751               |
|               | <b>H19</b>             | 50*25                | 0.03325                        | -445.9                          | -215.1                          | 0.1183               | 1.546       | 0.25        | 2.1322          | 0.07091            | 30°              | 0.013552               | 0.017999               |
|               | <b>H22</b>             | 40*40                | 0.03863                        | -467.0                          | -451.2                          | 0.1366               | 1.591       | 1.25        | 1.6744          | 0.06469            | 45°              | 0.013235               | 0.020751               |
|               | <b>H34</b>             | 50*25                | 0.03325                        | -445.9                          | -215.1                          | 0.1183               | 1.546       | 0.25        | 2.1322          | 0.07091            | 30°              | 0.013552               | 0.017999               |
|               | <b>H37</b>             | 25*50                | 0.03659                        | -446.1                          | -205.6                          | 0.1189               | 1.547       | 0.25        | 2.1345          | 0.07809            | 60°              | 0.014921               | 0.019906               |

Çizelge 6.18 3KC-11 binanın en alt kat kolon plastik kesitleri için önerilen büyütme kuralından elde edilen birim boy değişmesi talepleri

| Bina   | Plastik Kesit (Mafsal) | Kolon Boyutu (cm*cm) | $(\chi_T)_{asal}^{ort.}$ (1/m) | Önerilen büyütme kuralı ile     |                                 |                      |             |             |                 |                    |                  |                        |                        |
|--------|------------------------|----------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------|-------------|-------------|-----------------|--------------------|------------------|------------------------|------------------------|
|        |                        |                      |                                | $(N)_b^{\epsilon_c maks.}$ (kN) | $(N)_b^{\epsilon_s maks.}$ (kN) | $\frac{N_d}{N_{ob}}$ | $\lambda_1$ | $\lambda_2$ | Büyütme çarpanı | $(\chi_T)_b$ (1/m) | $(\alpha)_b$ (°) | $(\epsilon_c maks.)_b$ | $(\epsilon_s maks.)_b$ |
| 3KC-11 | H13                    | 25*50                | 0.03317                        | -456.3                          | -251.3                          | 0.1280               | 1.570       | 0.25        | 2.1682          | 0.07192            | 60°              | 0.013532               | 0.018536               |
|        | H16                    | 50*25                | 0.03425                        | -452.8                          | -242.5                          | 0.1260               | 1.565       | 0.25        | 2.1607          | 0.07401            | 30°              | 0.013884               | 0.019155               |
|        | H19                    | 60*30                | 0.03401                        | -625.5                          | -458.9                          | 0.1404               | 1.601       | 0.25        | 2.2131          | 0.07526            | 30°              | 0.016633               | 0.023524               |
|        | H22                    | 45*45                | 0.03527                        | -725.4                          | -686.6                          | 0.1628               | 1.657       | 1.25        | 1.7604          | 0.06209            | 45°              | 0.015427               | 0.021619               |
|        | H37                    | 35*35                | 0.03911                        | -491.5                          | -339.0                          | 0.1638               | 1.660       | 1.25        | 1.7638          | 0.06898            | 45°              | 0.013917               | 0.019030               |
|        | H55                    | 50*25                | 0.03462                        | -428.2                          | -164.9                          | 0.1049               | 1.512       | 0.25        | 2.0815          | 0.07206            | 30°              | 0.013364               | 0.019381               |
|        | H58                    | 25*55                | 0.03597                        | -537.0                          | -379.4                          | 0.1548               | 1.637       | 0.25        | 2.2644          | 0.08145            | 60°              | 0.016130               | 0.021616               |
|        | H61                    | 35*35                | 0.03846                        | -497.0                          | -350.4                          | 0.1659               | 1.665       | 1.25        | 1.7707          | 0.06810            | 45°              | 0.013806               | 0.018641               |
|        | H172                   | 50*25                | 0.03365                        | -397.8                          | -157.5                          | 0.1000               | 1.500       | 0.25        | 2.0623          | 0.06940            | 30°              | 0.012682               | 0.018732               |
|        | H178                   | 50*25                | 0.03204                        | -417.9                          | -151.8                          | 0.1040               | 1.510       | 0.25        | 2.0778          | 0.06658            | 30°              | 0.012294               | 0.018014               |

Çizelge 6.19 5KC binanın en alt kat kolon plastik kesitleri için önerilen büyütme kuralından elde edilen birim boy değişmesi talepleri

| Bina | Plastik Kesit (Mafsal) | Kolon Boyutu (cm*cm) | $(\chi_T)_{asal}^{ort.}$ (1/m) | Önerilen büyütme kuralı ile     |                                 |                      |             |             |                 |                    |                  |                        |                        |
|------|------------------------|----------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------|-------------|-------------|-----------------|--------------------|------------------|------------------------|------------------------|
|      |                        |                      |                                | $(N)_b^{\epsilon_c maks.}$ (kN) | $(N)_b^{\epsilon_s maks.}$ (kN) | $\frac{N_d}{N_{ob}}$ | $\lambda_1$ | $\lambda_2$ | Büyütme çarpanı | $(\chi_T)_b$ (1/m) | $(\alpha)_b$ (°) | $(\epsilon_c maks.)_b$ | $(\epsilon_s maks.)_b$ |
| 5KC  | H13                    | 25*60                | 0.03672                        | -733.9                          | -199.8                          | 0.1431               | 1.608       | 0.25        | 2.2230          | 0.08163            | 60°              | 0.017705               | 0.025631               |
|      | H16                    | 45*45                | 0.03496                        | -1094.9                         | -600.9                          | 0.1900               | 1.725       | 1.25        | 1.8506          | 0.06470            | 45°              | 0.018425               | 0.022996               |
|      | H19                    | 45*45                | 0.03496                        | -1094.9                         | -600.9                          | 0.1900               | 1.725       | 1.25        | 1.8506          | 0.06470            | 45°              | 0.018425               | 0.022996               |
|      | H22                    | 40*70                | 0.03504                        | -1524.2                         | -1419.9                         | 0.2497               | 1.874       | 0.75        | 2.2274          | 0.07805            | 60°              | 0.024046               | 0.027791               |
|      | H34                    | 25*70                | 0.03481                        | -977.1                          | -583.6                          | 0.2062               | 1.766       | 0.25        | 2.4395          | 0.08491            | 60°              | 0.020900               | 0.026567               |
|      | H37                    | 55*55                | 0.03456                        | -1547.9                         | -1408.8                         | 0.2349               | 1.837       | 1.25        | 2.0009          | 0.06915            | 45°              | 0.023084               | 0.028651               |
|      | H55                    | 70*25                | 0.03481                        | -977.1                          | -583.6                          | 0.2062               | 1.766       | 0.25        | 2.4395          | 0.08491            | 30°              | 0.020900               | 0.026567               |
|      | H58                    | 55*55                | 0.03456                        | -1547.9                         | -1408.8                         | 0.2349               | 1.837       | 1.25        | 2.0009          | 0.06915            | 45°              | 0.023084               | 0.028651               |
|      | H61                    | 60*60                | 0.03278                        | -1520.6                         | -1520.6                         | 0.1920               | 1.730       | 1.25        | 1.8572          | 0.06087            | 45°              | 0.020904               | 0.028142               |
|      | H94                    | 45*45                | 0.03496                        | -1094.9                         | -600.9                          | 0.1900               | 1.725       | 1.25        | 1.8506          | 0.06470            | 45°              | 0.018425               | 0.022996               |
|      | H97                    | 70*40                | 0.03504                        | -1524.2                         | -1419.9                         | 0.2497               | 1.874       | 0.75        | 2.2274          | 0.07805            | 30°              | 0.024046               | 0.027791               |
|      | H100                   | 55*55                | 0.03456                        | -1547.9                         | -1408.8                         | 0.2349               | 1.837       | 1.25        | 2.0009          | 0.06915            | 45°              | 0.023084               | 0.028651               |
|      | H103                   | 60*25                | 0.03672                        | -733.9                          | -199.8                          | 0.1431               | 1.608       | 0.25        | 2.2230          | 0.08163            | 30°              | 0.017705               | 0.025631               |
|      | H106                   | 45*45                | 0.03496                        | -1094.9                         | -600.9                          | 0.1900               | 1.725       | 1.25        | 1.8506          | 0.06470            | 45°              | 0.018425               | 0.022996               |
|      | H109                   | 25*70                | 0.03481                        | -977.1                          | -583.6                          | 0.2062               | 1.766       | 0.25        | 2.4395          | 0.08491            | 60°              | 0.020900               | 0.026567               |
| H166 | 45*45                  | 0.03496              | -1094.9                        | -600.9                          | 0.1901                          | 1.725                | 1.25        | 1.8506      | 0.06470         | 45°                | 0.018425         | 0.022996               |                        |
| H169 | 60*25                  | 0.03672              | -733.9                         | -199.8                          | 0.1431                          | 1.608                | 0.25        | 2.2230      | 0.08163         | 30°                | 0.017705         | 0.025631               |                        |

Çizelge 6.19 5KC binanın en alt kat kolon plastik kesitleri için önerilen büyütme kuralından elde edilen birim boy değişmesi talepleri (devam)

| Bina | Plastik Kesit (Mafsal) | Kolon Boyutu (cm*cm) | $(\chi_T)_{asal}^{ort.}$<br>(1/m) | Önerilen büyütme kuralı ile        |                                    |                      |             |             |                 |                       |                     |                        |                        |
|------|------------------------|----------------------|-----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|----------------------|-------------|-------------|-----------------|-----------------------|---------------------|------------------------|------------------------|
|      |                        |                      |                                   | $(N)_b^{\epsilon_c maks.}$<br>(kN) | $(N)_b^{\epsilon_s maks.}$<br>(kN) | $\frac{N_d}{N_{ob}}$ | $\lambda_1$ | $\lambda_2$ | Büyütme çarpanı | $(\chi_T)_b$<br>(1/m) | $(\alpha)_b$<br>(°) | $(\epsilon_c maks.)_b$ | $(\epsilon_s maks.)_b$ |
| 5KC  | H172                   | 70*40                | 0.03504                           | -1524.2                            | -1419.9                            | 0.2497               | 1.874       | 0.75        | 2.2274          | 0.07805               | 30°                 | 0.024046               | 0.027791               |
|      | H175                   | 45*45                | 0.03496                           | -1094.9                            | -600.9                             | 0.1900               | 1.725       | 1.25        | 1.8506          | 0.06470               | 45°                 | 0.018425               | 0.022996               |
|      | H178                   | 55*55                | 0.03456                           | -1547.9                            | -1408.8                            | 0.2349               | 1.837       | 1.25        | 2.0009          | 0.06915               | 45°                 | 0.023084               | 0.028651               |
|      | H181                   | 70*25                | 0.03481                           | -977.1                             | -583.6                             | 0.2062               | 1.766       | 0.25        | 2.4395          | 0.08491               | 30°                 | 0.020900               | 0.026567               |
|      | H184                   | 40*70                | 0.03504                           | -1524.2                            | -1419.9                            | 0.2497               | 1.874       | 0.75        | 2.2274          | 0.07805               | 60°                 | 0.024046               | 0.027791               |
|      | H187                   | 45*45                | 0.03496                           | -1094.9                            | -600.9                             | 0.1900               | 1.725       | 1.25        | 1.8506          | 0.06470               | 45°                 | 0.018425               | 0.022996               |
|      | H190                   | 45*45                | 0.03496                           | -1094.9                            | -600.9                             | 0.1900               | 1.725       | 1.25        | 1.8506          | 0.06470               | 45°                 | 0.018425               | 0.022996               |
|      | H193                   | 25*60                | 0.03672                           | -733.9                             | -199.8                             | 0.1432               | 1.608       | 0.25        | 2.2232          | 0.08163               | 60°                 | 0.017705               | 0.025631               |

Çizelge 6.20 8KC binanın en alt kat kolon plastik kesitleri için önerilen büyütme kuralından elde edilen birim boy değişmesi talepleri

| Bina | Plastik Kesit (Mafsal) | Kolon Boyutu (cm*cm) | $(\chi_T)_{asal}^{ort.}$ (1/m) | Önerilen büyütme kuralı ile     |                                 |                      |             |             |                 |                    |                  |                        |                        |
|------|------------------------|----------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------|-------------|-------------|-----------------|--------------------|------------------|------------------------|------------------------|
|      |                        |                      |                                | $(N)_b^{\epsilon_c maks.}$ (kN) | $(N)_b^{\epsilon_s maks.}$ (kN) | $\frac{N_d}{N_{ob}}$ | $\lambda_1$ | $\lambda_2$ | Büyütme çarpanı | $(\chi_T)_b$ (1/m) | $(\alpha)_b$ (°) | $(\epsilon_c maks.)_b$ | $(\epsilon_s maks.)_b$ |
| 8KC  | H13                    | 40*40                | 0.01824                        | -1443.4                         | -497.9                          | 0.2401               | 1.850       | 1.25        | 2.0183          | 0.03681            | 45°              | 0.010342               | 0.011803               |
|      | H16                    | 35*70                | 0.01854                        | -1944.6                         | -1176.9                         | 0.2510               | 1.877       | 0.25        | 2.5853          | 0.04792            | 60°              | 0.014535               | 0.016905               |
|      | H19                    | 70*35                | 0.01854                        | -1944.6                         | -1176.9                         | 0.2510               | 1.877       | 0.25        | 2.5853          | 0.04792            | 30°              | 0.014535               | 0.016905               |
|      | H22                    | 60*60                | 0.01863                        | -2877.1                         | -2555.9                         | 0.2931               | 1.983       | 1.25        | 2.1986          | 0.04096            | 45°              | 0.016173               | 0.017494               |
|      | H34                    | 50*50                | 0.01761                        | -1915.6                         | -1272.9                         | 0.2437               | 1.859       | 1.25        | 2.0306          | 0.03575            | 45°              | 0.011731               | 0.013371               |
|      | H37                    | 40*80                | 0.01923                        | -2532.7                         | -2455.9                         | 0.3043               | 2.000       | 0.25        | 2.7427          | 0.05276            | 60°              | 0.018155               | 0.019242               |
|      | H55                    | 50*50                | 0.01761                        | -1915.6                         | -1272.9                         | 0.2437               | 1.859       | 1.25        | 2.0306          | 0.03575            | 45°              | 0.011731               | 0.013371               |
|      | H58                    | 80*40                | 0.01923                        | -2532.7                         | -2455.9                         | 0.3043               | 2.000       | 0.25        | 2.7427          | 0.05276            | 30°              | 0.018155               | 0.019242               |
|      | H61                    | 60*60                | 0.01862                        | -2697.2                         | -2697.2                         | 0.2931               | 1.983       | 1.25        | 2.1986          | 0.04093            | 45°              | 0.015787               | 0.017193               |
|      | H94                    | 70*35                | 0.01854                        | -1944.6                         | -1176.9                         | 0.2510               | 1.877       | 0.25        | 2.5853          | 0.04792            | 30°              | 0.014535               | 0.016905               |
|      | H97                    | 60*60                | 0.01863                        | -2877.0                         | -2555.9                         | 0.2931               | 1.983       | 1.25        | 2.1986          | 0.04096            | 45°              | 0.016173               | 0.017494               |
|      | H100                   | 40*80                | 0.01923                        | -2532.7                         | -2455.9                         | 0.3043               | 2.000       | 0.25        | 2.7427          | 0.05276            | 60°              | 0.018155               | 0.019242               |
|      | H103                   | 40*40                | 0.01824                        | -1443.4                         | -497.9                          | 0.2401               | 1.850       | 1.25        | 2.0183          | 0.03681            | 45°              | 0.010342               | 0.011803               |
|      | H106                   | 35*70                | 0.01854                        | -1944.6                         | -1176.9                         | 0.2510               | 1.877       | 0.25        | 2.5853          | 0.04792            | 60°              | 0.014535               | 0.016905               |
|      | H109                   | 50*50                | 0.01761                        | -1915.6                         | -1272.9                         | 0.2437               | 1.859       | 1.25        | 2.0306          | 0.03575            | 45°              | 0.011731               | 0.013371               |
| H166 | 35*70                  | 0.01854              | -1944.6                        | -1176.9                         | 0.2510                          | 1.877                | 0.25        | 2.5853      | 0.04792         | 60°                | 0.014535         | 0.016905               |                        |
| H169 | 40*40                  | 0.01824              | -1443.4                        | -497.9                          | 0.2401                          | 1.850                | 1.25        | 2.0183      | 0.03681         | 45°                | 0.010342         | 0.011803               |                        |

Çizelge 6.20 8KC binanın en alt kat kolon plastik kesitleri için önerilen büyütme kuralından elde edilen birim boy değişmesi talepleri (devam)

| Bina | Plastik Kesit (Mafsal) | Kolon Boyutu (cm*cm) | $(\chi_T)_{asal}^{ort.}$<br>(1/m) | Önerilen büyütme kuralı ile        |                                    |                      |             |             |                 |                       |                     |                        |                        |
|------|------------------------|----------------------|-----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|----------------------|-------------|-------------|-----------------|-----------------------|---------------------|------------------------|------------------------|
|      |                        |                      |                                   | $(N)_b^{\epsilon_c maks.}$<br>(kN) | $(N)_b^{\epsilon_s maks.}$<br>(kN) | $\frac{N_d}{N_{ob}}$ | $\lambda_1$ | $\lambda_2$ | Büyütme çarpanı | $(\chi_T)_b$<br>(1/m) | $(\alpha)_b$<br>(°) | $(\epsilon_c maks.)_b$ | $(\epsilon_s maks.)_b$ |
| 8KC  | H172                   | 60*60                | 0.01863                           | -2877.0                            | -2555.9                            | 0.2931               | 1.983       | 1.25        | 2.1986          | 0.04096               | 45°                 | 0.016173               | 0.017494               |
|      | H175                   | 70*35                | 0.01854                           | -1944.6                            | -1176.9                            | 0.2510               | 1.877       | 0.25        | 2.5853          | 0.04792               | 30°                 | 0.014535               | 0.016905               |
|      | H178                   | 80*40                | 0.01923                           | -2532.7                            | -2455.9                            | 0.3043               | 2.000       | 0.25        | 2.7427          | 0.05276               | 30°                 | 0.018155               | 0.019242               |
|      | H181                   | 50*50                | 0.01761                           | -1915.6                            | -1272.9                            | 0.2437               | 1.859       | 1.25        | 2.0306          | 0.03575               | 45°                 | 0.011731               | 0.013371               |
|      | H184                   | 60*60                | 0.01863                           | -2877.1                            | -2555.9                            | 0.2931               | 1.983       | 1.25        | 2.1986          | 0.04096               | 45°                 | 0.016173               | 0.017494               |
|      | H187                   | 70*35                | 0.01854                           | -1944.6                            | -1176.9                            | 0.2510               | 1.877       | 0.25        | 2.5853          | 0.04792               | 30°                 | 0.014535               | 0.016905               |
|      | H190                   | 35*70                | 0.01854                           | -1944.6                            | -1176.9                            | 0.2510               | 1.877       | 0.25        | 2.5853          | 0.04792               | 60°                 | 0.014535               | 0.016905               |
|      | H193                   | 40*40                | 0.01824                           | -1443.4                            | -497.9                             | 0.2401               | 1.850       | 1.25        | 2.0183          | 0.03681               | 45°                 | 0.010342               | 0.011803               |

#### 6.4 Önerilen Büyütme Kuralının Değerlendirilmesi

Sayısal incelemeler kapsamında ele alınan betonarme binaların en alt kat kolonlarının alt uçlarında oluşan plastik kesitlerinde, önerilen büyütme kuralı kullanılarak elde edilen  $(\mathcal{E}_{c maks.})_b$  ve  $(\mathcal{E}_{s maks.})_b$  birim boy değişmesi talepleri,  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultularındaki sonuçlar  $[(\mathcal{E}_{c maks.})_{cr}$  ve  $(\mathcal{E}_{s maks.})_{cr}]$  referans alınarak değerlendirilmiştir.

İncelenen binaların en alt kat kolon plastik kesitlerinde, önerilen büyütme kuralından elde edilen sonuçların kritik deprem doğrultularından elde edilenlere göre değişim oranları (6.4) bağıntısı ile belirlenmiştir.

$$\text{Rölatif Fark (\%)} = \frac{(\mathcal{E}_{c maks.})_b - (\mathcal{E}_{c maks.})_{cr}}{(\mathcal{E}_{c maks.})_{cr}} \text{ ve } \frac{(\mathcal{E}_{s maks.})_b - (\mathcal{E}_{s maks.})_{cr}}{(\mathcal{E}_{s maks.})_{cr}} \quad (6.4)$$

Ayrıca, incelenen her bir bina (1KC, 3KC, 5KC ve 8KC) için, önerilen büyütme kuralından elde edilen birim boy değişmesi taleplerine ait *hata oranları*, (6.5) bağıntısı ile hesaplanmış ve deprem yüklerinin doğrultu etkisi nedeniyle kolon plastik kesitlerindeki en elverişsiz birim boy değişmesi taleplerinin belirlenmesinde, önerilen büyütme kuralının kullanılabilirliği ve yaklaşıklığı değerlendirilmiştir (Çizelge 6.21–6.24).

$$\left. \begin{aligned} \text{Hata (\%)} &= 100 \frac{1}{n} \sqrt{\sum_{i=1}^n \left[ \frac{(\mathcal{E}_{c maks.})_b - (\mathcal{E}_{c maks.})_{cr}}{(\mathcal{E}_{c maks.})_{cr}} \right]^2} \\ \text{ve} \\ &100 \frac{1}{n} \sqrt{\sum_{i=1}^n \left[ \frac{(\mathcal{E}_{s maks.})_b - (\mathcal{E}_{s maks.})_{cr}}{(\mathcal{E}_{s maks.})_{cr}} \right]^2} \end{aligned} \right\} \quad (6.5)$$

Karşılaştırmalar, incelenen 1KC, 3KC, 5KC ve 8KC binaların kritik deprem doğrultularındaki  $(\mathcal{E}_{c maks.})_{cr}$  ve  $(\mathcal{E}_{s maks.})_{cr}$  sonuçları referans alınarak, önerilen büyütme kuralı için (6.4) ve (6.5) bağıntıları ile hesaplanan *rölatif farkların* ve *hata oranlarının* maksimumları, minimumları ve mutlak değerce ortalama değerleri ile yapılmıştır.



Buna göre, 1KC’de 4 binada, 3KC’de 11 binada, 5KC ve 8KC’de birer binada elde edilen *rölatif farkların* en küçük (minimum), en büyük (maksimum) ve mutlak değerce ortalama değerleri hesaplanmıştır. Ayrıca, 1KC’de 4 bina için ve 3KC’de 11 bina için en küçük (minimum), en büyük (maksimum) ve mutlak değerce ortalama *hata oranları* hesaplanmıştır. Ancak, 5KC ve 8KC’de birer bina olması nedeniyle en küçük (minimum), en büyük (maksimum) ve mutlak değerce ortalama hata oranları için sadece *hata oranı* hesaplanmıştır. Bu değerler, Çizelge 6.25’de özetlenmiştir.

Binaların en alt kat kolonlarının alt uçlarında oluşan plastik kesitler için, kritik deprem doğrultularındaki sonuçlar [ $(\mathcal{E}_{c maks.})_{cr}$  ve  $(\mathcal{E}_{s maks.})_{cr}$ ] referans alınarak, önerilen büyütme kuralı ile hesaplanan  $(\mathcal{E}_{c maks.})_b$  ve  $(\mathcal{E}_{s maks.})_b$  birim boy değişmesi taleplerinin oldukça yaklaşık belirlenebildiği görülmüştür (Çizelge 6.21–6.25).

Buna göre;

- 1KC–[1-4] binalardaki kolonların alt uçlarındaki plastik kesitler için, önerilen büyütme kuralına ait sonuçlar incelendiğinde (Çizelge 6.21, 6.25);
  - 1KC binaların kolon plastik kesitlerindeki en elverişsiz birim boy değişmesi talepleri, önerilen büyütme kuralı ile  $\mathcal{E}_{c maks.}$  için  $-\%8.62 \sim +\%2.71$ ,  $\mathcal{E}_{s maks.}$  için  $-\%7.77 \sim +\%0.02$  arasında değişen rölatif farklar ile belirlenebilmektedir (Çizelge 6.21, 6.25).
  - 1KC binaların toplam 16 kolon plastik kesiti üzerinde, önerilen büyütme kuralı için hesaplanan rölatif farkların mutlak değerce ortalaması,  $\mathcal{E}_{c maks.}$  için  $\%2.33$ ,  $\mathcal{E}_{s maks.}$  için  $\%2.98$  değerini almaktadır (Çizelge 6.21, 6.25).
  - Önerilen büyütme kuralı ile kolon plastik kesitlerinde oluşan en elverişsiz birim boy değişmesi talepleri,  $\mathcal{E}_{c maks.}$  için  $\%0.25 \sim \%3.12$ ,  $\mathcal{E}_{s maks.}$  için  $\%0.01 \sim \%3.01$  arasında değişen *hata oranları* ile belirlenebilmektedir (Çizelge 6.21, 6.25).

- Ayrıca, 1KC–[1-4] binaların tüm kolon plastik kesitleri (16 adet) için önerilen büyütme kuralına ait *ortalama hata oranı*,  $\epsilon_c maks.$  için **%0.86**,  $\epsilon_s maks.$  için **%0.96** değerini almaktadır (Çizelge 6.21, 6.25).
- Planda üzerinde farklı karakteristik özelliklere sahip olan 3KC–[1-11] binaların en alt kat kolon plastik kesitleri için, önerilen büyütme kuralına ait sonuçlar incelendiğinde (Çizelge 6.22, 6.25);
  - 3KC binaların kolon plastik kesitlerindeki en elverişsiz birim boy değişmesi talepleri, önerilen büyütme kuralı ile  $\epsilon_c maks.$  için **–%11.92 ~ +%28.56**,  $\epsilon_s maks.$  için **–%10.60 ~ +%23.39** arasında değişen rölatif farklar ile belirlenebilmektedir (Çizelge 6.22, 6.25).
  - 3KC binaların toplam 68 kolon plastik kesiti üzerinde, önerilen büyütme kuralı için hesaplanan rölatif farkların mutlak değerce ortalaması,  $\epsilon_c maks.$  için **%8.29**,  $\epsilon_s maks.$  için **%6.43** değerini almaktadır (Çizelge 6.22, 6.25).
  - Önerilen büyütme kuralı ile kolon plastik kesitlerinde oluşan en elverişsiz birim boy değişmesi talepleri,  $\epsilon_c maks.$  için **%1.59 ~ %7.06**,  $\epsilon_s maks.$  için **%1.12 ~ %4.01** arasında değişen *hata oranları* ile belirlenebilmektedir (Çizelge 6.22, 6.25).
  - Ayrıca, 3KC–[1-11] binaların tüm kolon plastik kesitleri (68 adet) için önerilen büyütme kuralına ait *ortalama hata oranı*,  $\epsilon_c maks.$  için **%1.28**,  $\epsilon_s maks.$  için **%1.01** değerini almaktadır (Çizelge 6.22, 6.25).
- 5KC binanın en alt kat kolon plastik kesitleri için, önerilen büyütme kuralına ait sonuçlar incelendiğinde (Çizelge 6.23, 6.25);
  - 5KC binanın kolon plastik kesitlerindeki en elverişsiz birim boy değişmesi talepleri, önerilen büyütme kuralı ile  $\epsilon_c maks.$  için **–%12.09 ~ +%7.79**,  $\epsilon_s maks.$  için **–%18.75 ~ +%8.95** arasında değişen rölatif farklar ile belirlenebilmektedir (Çizelge 6.23, 6.25).

- 5KC binanın toplam 25 kolon plastik kesiti üzerinde, önerilen büyütme kuralı için hesaplanan rölatif farkların mutlak değerce ortalaması,  $\epsilon_{c maks.}$  için **%5.68**,  $\epsilon_{s maks.}$  için **%8.63** değerini almaktadır (Çizelge 6.23, 6.25).
- Önerilen büyütme kuralı ile 5KC binanın kolon plastik kesitlerindeki en elverişsiz birim boy değişmesi talepleri,  $\epsilon_{c maks.}$  için **%1.33**,  $\epsilon_{s maks.}$  için **%1.99 hata oranı** ile belirlenebilmektedir (Çizelge 6.23, 6.25).
- 8KC binanın en alt kat kolon plastik kesitleri için, önerilen büyütme kuralına ait sonuçlar incelendiğinde (Çizelge 6.24, 6.25);
  - 8KC binanın kolon plastik kesitlerindeki en elverişsiz birim boy değişmesi talepleri, önerilen büyütme kuralı ile  $\epsilon_{c maks.}$  için **-%19.34 ~ +%3.07**,  $\epsilon_{s maks.}$  için **-%36.70 ~ +%2.21** arasında değişen rölatif farklar ile belirlenebilmektedir (Çizelge 6.24, 6.25).
  - 8KC binanın toplam 25 kolon plastik kesiti üzerinde, önerilen büyütme kuralı için hesaplanan rölatif farkların mutlak değerce ortalaması,  $\epsilon_{c maks.}$  için **%8.67**,  $\epsilon_{s maks.}$  için **%14.96** değerini almaktadır (Çizelge 6.24, 6.25).
  - Önerilen büyütme kuralı ile 8KC binanın kolon plastik kesitlerindeki en elverişsiz birim boy değişmesi talepleri,  $\epsilon_{c maks.}$  için **%2.09**,  $\epsilon_{s maks.}$  için **%3.74 hata oranı** ile belirlenebilmektedir (Çizelge 6.24, 6.25).

Sayısal incelemeleri kapsamında ele alınan betonarme binalar üzerinde, deprem yüklerinin doğrultu etkisi nedeniyle kolon plastik kesitlerinde oluşacak en elverişsiz  $\epsilon_{c maks.}$  ve  $\epsilon_{s maks.}$  birim boy değişmesi taleplerinin, önerilen büyütme kuralı ile oldukça yaklaşık belirlenebildiği düşünülmektedir.

1KC, 3KC, 5KC ve 8KC binalar için, önerilen büyütme kuralı ile kolon plastik kesitlerindeki en elverişsiz birim boy değişmesi talepleri,  $\epsilon_{c maks.}$  için **-%19.34** ile **+%28.56** ve  $\epsilon_{s maks.}$  için **-%36.70** ile **+%23.39** arasında değişen *rölatif farklarla* (hata ile) belirlenmektedir. Bununla birlikte, kolon plastik kesitlerindeki en elverişsiz birim boy değişmesi talepleri, önerilen büyütme kuralı ile  $\epsilon_{c maks.}$  için en çok **%8.67**,  $\epsilon_{s maks.}$  için en çok **%14.96 mutlak ortalama rölatif fark** ile belirlenebilmektedir. Ayrıca, incelenen binalarda önerilen büyütme kuralı için hesaplanan en büyük (maksimum) *hata oranı*,  $\epsilon_{c maks.}$  için **%2.09**,  $\epsilon_{s maks.}$  için **%3.74** olarak elde edilmektedir (Çizelge 6.21–6.25).

Bu sonuçlara göre, önerilen büyütme kuralı için hesaplanan *rölatif fark* ve *hata oranları* dikkate alındığında, kolon plastik kesitlerindeki en elverişsiz birim boy değişmesi taleplerinin önerilen büyütme kuralı ile oldukça yaklaşık belirlenebildiği ve dolayısıyla, pratik uygulamalar için yeterli sayılabilecek yaklaşıklıkta olduğu düşünülmektedir. Ayrıca, önerilen büyütme kuralı için hesaplanan farkların, binaların performansa dayalı tasarımı ve değerlendirilmesi kapsamında, yapısal değerlendirmeyi değiştirmeyecek mertebede küçük olduğu sonucuna varılmıştır.

Ayrıca, deprem yüklerinin doğrultu etkisi nedeniyle binaların kolon plastik kesitlerinde oluşacak en elverişsiz birim boy değişmesi taleplerinin belirlenmesi amacıyla, binaların plandaki asal eksen (X ve Y) doğrultularının yanısıra çok sayıda deprem doğrultusu için şekildeğiştirme esaslı doğrusal olmayan statik analizlerin uygulanması, çok fazla işlem hacmi gerektirmekte ve oldukça zaman alıcı olmaktadır. Çalışma kapsamında, kolon plastik kesitlerindeki en elverişsiz ( $\epsilon_{c maks.}$ )<sub>cr</sub> ve ( $\epsilon_{s maks.}$ )<sub>cr</sub> birim boy değişmesi taleplerinin belirlenmesi amacıyla kritik deprem doğrultuları önerilmiştir. Ancak herhangi bir ara  $\beta$  deprem doğrultusu için dahi hesaplar oldukça fazla zaman gerektirmektedir.

Çalışma kapsamında önerilen büyütme kuralı ile kolon plastik kesitlerindeki en elverişsiz birim boy değişmesi taleplerinin belirlenebilmesi için, doğrusal olmayan analizlerin binaların plandaki asal eksenlerinden farklı deprem doğrultuları için yapılmasına gerek kalmamakta, sadece asal eksen doğrultularında yapılması

yeterli olmaktadır. Böylece, binaların doğrusal olmayan analiz ve değerlendirmeleri için gerekli işlem hacmi ve harcanacak zaman önemli ölçüde azalmaktadır. Ayrıca, önerilen büyüme kuralı ile kritik deprem doğrultularındaki en elverişsiz  $\epsilon_{c maks.}$  ve  $\epsilon_{s maks.}$  birim boy değişmesi talepleri, oldukça yaklaşık ve pratik bir şekilde belirlenebilmektedir.

Çizelge 6.21 1KC-[1-4] binalar için önerilen büyüme kuralına ait hata yüzdeleri

| Bina                      | Plastik Kesit (Mafsal) | Kolon Boyutu (cm*cm) | ( $\epsilon_{c maks.}$ ) <sub>b</sub> | ( $\epsilon_{c maks.}$ ) <sub>cr</sub> | ( $\epsilon_{s maks.}$ ) <sub>b</sub> | ( $\epsilon_{s maks.}$ ) <sub>cr</sub> | ( $\epsilon_{c maks.}$ ) için Rölatif fark (%) | ( $\epsilon_{s maks.}$ ) için Rölatif fark (%) | ( $\epsilon_{c maks.}$ ) için (6.5) ile Hata (%) | ( $\epsilon_{s maks.}$ ) için (6.5) ile Hata (%) |
|---------------------------|------------------------|----------------------|---------------------------------------|--|---------------------------------------|--|--|--|--|--|
| 1KC-1                     | H13                    | 35*35                | 0.007127                              | 0.007066                               | 0.012566                              | 0.013124                               | +0.86  | -4.25  | 0.43   | 2.13   |
|                           | H16                    | 35*35                | 0.007127                              | 0.007066                               | 0.012566                              | 0.013124                               | +0.86  | -4.25  |  |  |
|                           | H19                    | 35*35                | 0.007127                              | 0.007066                               | 0.012566                              | 0.013124                               | +0.86  | -4.25  |  |  |
|                           | H22                    | 35*35                | 0.007127                              | 0.007066                               | 0.012566                              | 0.013124                               | +0.86  | -4.25  |  |  |
| 1KC-2                     | H13                    | 25*50                | 0.008682                              | 0.008726                               | 0.015882                              | 0.015879                               | -0.50  | +0.02  | 0.25   | 0.01   |
|                           | H16                    | 50*25                | 0.008682                              | 0.008726                               | 0.015882                              | 0.015879                               | -0.50  | +0.02  |  |  |
|                           | H19                    | 50*25                | 0.008682                              | 0.008726                               | 0.015882                              | 0.015879                               | -0.50  | +0.02  |  |  |
|                           | H22                    | 25*50                | 0.008682                              | 0.008726                               | 0.015882                              | 0.015879                               | -0.50  | +0.02  |  |  |
| 1KC-3                     | H13                    | 35*35                | 0.007957                              | 0.007747                               | 0.014222                              | 0.014516                               | +2.71  | -2.03  | 1.36   | 1.01   |
|                           | H16                    | 35*35                | 0.007957                              | 0.007747                               | 0.014222                              | 0.014516                               | +2.71  | -2.03  |  |  |
|                           | H19                    | 35*35                | 0.007957                              | 0.007747                               | 0.014222                              | 0.014516                               | +2.71  | -2.03  |  |  |
|                           | H22                    | 35*35                | 0.007957                              | 0.007747                               | 0.014222                              | 0.014516                               | +2.71  | -2.03  |  |  |
| 1KC-4                     | H13                    | 25*50                | 0.009111                              | 0.009970                               | 0.016589                              | 0.017986                               | -8.62  | -7.77  | 3.12   | 3.01   |
|                           | H16                    | 50*25                | 0.009331                              | 0.009160                               | 0.017163                              | 0.017788                               | +1.87  | -3.51  |  |  |
|                           | H19                    | 50*25                | 0.009331                              | 0.009160                               | 0.017163                              | 0.017788                               | +1.87  | -3.51  |  |  |
|                           | H22                    | 25*50                | 0.009111                              | 0.009970                               | 0.016589                              | 0.017986                               | -8.62  | -7.77  |  |  |
| 1KC-[1-4] için Hata (%) = |                        |                      |                                       |  |                                       |  |  |  | 0.86   | 0.96   |

Çizelge 6.22 3KC-[1-11] binalar için önerilen büyütme kuralına ait hata yüzdeleri

| Bina                       | Plastik Kesit (Mafsals) | Kolon Boyutu (cm*cm) | ( $\epsilon_c$ maks.) <sub>b</sub> | ( $\epsilon_c$ maks.) <sub>cr</sub> | ( $\epsilon_s$ maks.) <sub>b</sub> | ( $\epsilon_s$ maks.) <sub>cr</sub> | ( $\epsilon_c$ maks.) için Rölatif fark (%) | ( $\epsilon_s$ maks.) için Rölatif fark (%) | ( $\epsilon_c$ maks.) için (6.5) ile Hata (%) | ( $\epsilon_s$ maks.) için (6.5) ile Hata (%) |
|----------------------------|-------------------------|----------------------|------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|---|---|---|---|
| 3KC-1                      | H13                     | 35*35                | 0.012986                           | 0.014515                            | 0.020862                           | 0.021975                            | -10.53                                      | -5.06                                       | 5.27  | 2.53  |
|                            | H16                     | 35*35                | 0.012986                           | 0.014515                            | 0.020862                           | 0.021975                            | -10.53                                      | -5.06                                       |   |   |
|                            | H19                     | 35*35                | 0.012986                           | 0.014515                            | 0.020862                           | 0.021975                            | -10.53                                      | -5.06                                       |   |   |
|                            | H22                     | 35*35                | 0.012986                           | 0.014515                            | 0.020862                           | 0.021975                            | -10.53                                      | -5.06                                       |   |   |
| 3KC-2                      | H13                     | 25*50                | 0.011804                           | 0.011371                            | 0.016368                           | 0.016009                            | +3.81                                       | +2.24                                       | 1.90  | 1.12  |
|                            | H16                     | 50*25                | 0.011804                           | 0.011371                            | 0.016368                           | 0.016009                            | +3.81                                       | +2.24                                       |   |   |
|                            | H19                     | 50*25                | 0.011804                           | 0.011371                            | 0.016368                           | 0.016009                            | +3.81                                       | +2.24                                       |   |   |
|                            | H22                     | 25*50                | 0.011804                           | 0.011371                            | 0.016368                           | 0.016009                            | +3.81                                       | +2.24                                       |   |   |
| 3KC-3                      | H13                     | 35*35                | 0.016992                           | 0.017563                            | 0.025785                           | 0.027038                            | -3.25                                       | -4.63                                       | 1.63  | 2.32  |
|                            | H16                     | 35*35                | 0.016992                           | 0.017563                            | 0.025785                           | 0.027038                            | -3.25                                       | -4.63                                       |   |   |
|                            | H19                     | 35*35                | 0.016992                           | 0.017563                            | 0.025785                           | 0.027038                            | -3.25                                       | -4.63                                       |   |   |
|                            | H22                     | 35*35                | 0.016992                           | 0.017563                            | 0.025785                           | 0.027038                            | -3.25                                       | -4.63                                       |   |   |
| 3KC-4                      | H13                     | 25*50                | 0.014947                           | 0.013920                            | 0.019775                           | 0.020296                            | +7.38                                       | -2.57                                       | 3.54  | 3.86  |
|                            | H16                     | 50*25                | 0.014023                           | 0.013132                            | 0.018883                           | 0.021123                            | +6.78                                       | -10.60                                      |   |   |
|                            | H19                     | 50*25                | 0.014023                           | 0.013132                            | 0.018883                           | 0.021123                            | +6.78                                       | -10.60                                      |   |   |
|                            | H22                     | 25*50                | 0.014947                           | 0.013920                            | 0.019775                           | 0.020296                            | +7.38                                       | -2.57                                       |   |   |
| 3KC-5                      | H13                     | 35*35                | 0.014349                           | 0.015090                            | 0.023504                           | 0.023477                            | -4.91                                       | +0.12                                       | 2.82  | 3.33  |
|                            | H16                     | 40*40                | 0.018568                           | 0.016921                            | 0.027563                           | 0.024153                            | +9.73                                       | +14.12                                      |   |   |
|                            | H19                     | 35*35                | 0.014349                           | 0.015090                            | 0.023504                           | 0.023477                            | -4.91                                       | +0.12                                       |   |   |
|                            | H22                     | 40*40                | 0.018568                           | 0.016921                            | 0.027563                           | 0.024153                            | +9.73                                       | +14.12                                      |   |   |
|                            | H34                     | 35*35                | 0.014349                           | 0.015090                            | 0.023504                           | 0.023477                            | -4.91                                       | +0.12                                       |   |   |
| 3KC-6                      | H13                     | 25*50                | 0.015934                           | 0.015689                            | 0.022214                           | 0.021614                            | +1.56                                       | +2.78                                       | 1.59  | 1.22  |
|                            | H16                     | 40*40                | 0.016104                           | 0.016184                            | 0.023719                           | 0.023071                            | -0.49                                       | +2.81                                       |   |   |
|                            | H19                     | 50*25                | 0.014926                           | 0.014012                            | 0.020807                           | 0.020133                            | +6.52                                       | +3.35                                       |   |   |
|                            | H22                     | 40*40                | 0.016104                           | 0.016184                            | 0.023719                           | 0.023071                            | -0.49                                       | +2.81                                       |   |   |
|                            | H34                     | 50*25                | 0.014926                           | 0.014012                            | 0.020807                           | 0.020133                            | +6.52                                       | +3.35                                       |   |   |
| 3KC-7                      | H13                     | 35*35                | 0.012116                           | 0.012638                            | 0.019977                           | 0.020403                            | -4.13                                       | -2.09                                       | 3.58  | 4.01  |
|                            | H16                     | 40*40                | 0.016972                           | 0.015297                            | 0.025443                           | 0.022398                            | +10.95                                      | +13.59                                      |   |   |
|                            | H19                     | 40*40                | 0.016972                           | 0.015297                            | 0.025443                           | 0.022398                            | +10.95                                      | +13.59                                      |   |   |
|                            | H22                     | 50*50                | 0.021031                           | 0.017220                            | 0.030322                           | 0.024574                            | +22.13                                      | +23.39                                      |   |   |
|                            | H34                     | 35*35                | 0.012116                           | 0.012638                            | 0.019977                           | 0.020403                            | -4.13                                       | -2.09                                       |   |   |
|                            | H37                     | 40*40                | 0.016972                           | 0.015297                            | 0.025443                           | 0.022398                            | +10.95                                      | +13.59                                      |   |   |
|                            | H55                     | 35*35                | 0.012116                           | 0.012638                            | 0.019977                           | 0.020403                            | -4.13                                       | -2.09                                       |   |   |
|                            | H58                     | 40*40                | 0.016972                           | 0.015297                            | 0.025443                           | 0.022398                            | +10.95                                      | +13.59                                      |   |   |
| 3KC-8                      | H13                     | 25*50                | 0.014077                           | 0.013429                            | 0.021293                           | 0.021830                            | +4.83                                       | -2.46                                       | 2.40  | 2.63  |
|                            | H16                     | 40*40                | 0.015505                           | 0.015102                            | 0.023086                           | 0.021797                            | +2.67                                       | +5.91                                       |   |   |
|                            | H19                     | 40*40                | 0.015505                           | 0.015102                            | 0.023086                           | 0.021797                            | +2.67                                       | +5.91                                       |   |   |
|                            | H22                     | 50*50                | 0.019856                           | 0.016742                            | 0.028541                           | 0.023802                            | +18.60                                      | +19.91                                      |   |   |
|                            | H34                     | 50*25                | 0.014077                           | 0.013429                            | 0.021293                           | 0.021830                            | +4.83                                       | -2.46                                       |   |   |
|                            | H37                     | 40*40                | 0.015505                           | 0.015102                            | 0.023086                           | 0.021797                            | +2.67                                       | +5.91                                       |   |   |
|                            | H55                     | 50*25                | 0.014077                           | 0.013429                            | 0.021293                           | 0.021830                            | +4.83                                       | -2.46                                       |   |   |
|                            | H58                     | 40*40                | 0.015505                           | 0.015102                            | 0.023086                           | 0.021797                            | +2.67                                       | +5.91                                       |   |   |
| 3KC-[1-11] için Hata (%) = |                         |                      |                                    |                                     |                                    |                                     |   |   | 1.28  | 1.01  |

Çizelge 6.22 3KC-[1-11] binalar için önerilen büyütme kuralına ait hata yüzdeleri  
(devam)

| Bina                       | Plastik Kesit (Mafsal) | Kolon Boyutu (cm*cm) | ( $\epsilon_c$ maks.) <sub>b</sub> | ( $\epsilon_c$ maks.) <sub>cr</sub> | ( $\epsilon_s$ maks.) <sub>b</sub> | ( $\epsilon_s$ maks.) <sub>cr</sub> | ( $\epsilon_c$ maks.) için Rölatif fark (%) | ( $\epsilon_s$ maks.) için Rölatif fark (%) | ( $\epsilon_c$ maks.) için (6.5) ile Hata (%) | ( $\epsilon_s$ maks.) için (6.5) ile Hata (%) |
|----------------------------|------------------------|----------------------|------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|---|---|---|---|
| 3KC-9                      | H13                    | 35*35                | 0.013917                           | 0.015801                            | 0.020709                           | 0.022967                            | -11.92                                      | -9.83                                       | 4.19  | 3.63  |
|                            | H16                    | 40*40                | 0.014623                           | 0.013846                            | 0.023409                           | 0.021958                            | +5.61                                       | +6.61                                       |   |   |
|                            | H19                    | 35*35                | 0.013917                           | 0.015801                            | 0.020709                           | 0.022967                            | -11.92                                      | -9.83                                       |   |   |
|                            | H22                    | 40*40                | 0.014623                           | 0.013846                            | 0.023409                           | 0.021958                            | +5.61                                       | +6.61                                       |   |   |
|                            | H34                    | 35*35                | 0.013917                           | 0.015801                            | 0.020709                           | 0.022967                            | -11.92                                      | -9.83                                       |   |   |
| 3KC-10                     | H13                    | 25*50                | 0.014921                           | 0.014471                            | 0.019906                           | 0.020112                            | +3.11                                       | -1.02                                       | 7.06  | 3.84  |
|                            | H16                    | 40*40                | 0.013235                           | 0.012206                            | 0.020751                           | 0.018961                            | +8.43                                       | +9.44                                       |   |   |
|                            | H19                    | 50*25                | 0.013552                           | 0.010541                            | 0.017999                           | 0.015895                            | +28.56                                      | +13.24                                      |   |   |
|                            | H22                    | 40*40                | 0.013235                           | 0.012206                            | 0.020751                           | 0.018961                            | +8.43                                       | +9.44                                       |   |   |
|                            | H34                    | 50*25                | 0.013552                           | 0.010541                            | 0.017999                           | 0.015895                            | +28.56                                      | +13.24                                      |   |   |
| 3KC-11                     | H13                    | 25*50                | 0.013532                           | 0.014021                            | 0.018536                           | 0.019234                            | -3.49                                       | -3.63                                       | 4.97  | 3.12  |
|                            | H16                    | 50*25                | 0.013884                           | 0.011970                            | 0.019155                           | 0.016467                            | +15.99                                      | +16.32                                      |   |   |
|                            | H19                    | 60*30                | 0.016633                           | 0.013497                            | 0.023524                           | 0.020104                            | +23.23                                      | +17.01                                      |   |   |
|                            | H22                    | 45*45                | 0.015427                           | 0.013306                            | 0.021619                           | 0.018560                            | +15.94                                      | +16.48                                      |   |   |
|                            | H37                    | 35*35                | 0.013917                           | 0.011896                            | 0.019030                           | 0.017672                            | +16.99                                      | +7.68                                       |   |   |
|                            | H55                    | 50*25                | 0.013364                           | 0.011257                            | 0.019381                           | 0.019663                            | +18.72                                      | -1.43                                       |   |   |
|                            | H58                    | 25*55                | 0.016130                           | 0.016131                            | 0.021616                           | 0.022258                            | -0.01                                       | -2.88                                       |   |   |
|                            | H61                    | 35*35                | 0.013806                           | 0.012260                            | 0.018641                           | 0.017399                            | +12.61                                      | +7.14                                       |   |   |
|                            | H172                   | 50*25                | 0.012682                           | 0.010308                            | 0.018732                           | 0.018228                            | +23.03                                      | +2.76                                       |   |   |
| H178                       | 50*25                  | 0.012294             | 0.011311                           | 0.018014                            | 0.017677                           | +8.69                               | +1.91                                       |   |   |   |
| 3KC-[1-11] için Hata (%) = |                        |                      |                                    |                                     |                                    |                                     |   |   | 1.28  | 1.01  |

Çizelge 6.23 5KC bina için önerilen büyütme kuralına ait hata yüzdesi

| Bina | Plastik Kesit (Mafsals) | Kolon Boyutu (cm*cm) | ( $\epsilon_c$ maks.) <sub>b</sub> | ( $\epsilon_c$ maks.) <sub>cr</sub> | ( $\epsilon_s$ maks.) <sub>b</sub> | ( $\epsilon_s$ maks.) <sub>cr</sub> | ( $\epsilon_c$ maks.) için Rölatif fark (%) | ( $\epsilon_s$ maks.) için Rölatif fark (%) | ( $\epsilon_c$ maks.) için (6.5) ile Hata (%) | ( $\epsilon_s$ maks.) için (6.5) ile Hata (%) |
|------|-------------------------|----------------------|------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|---|---|---|---|
| 5KC  | H13                     | 25*60                | 0.017705                           | 0.020139                            | 0.025631                           | 0.031547                            | -12.09                                      | -18.75                                      | 1.33  | 1.99  |
|      | H16                     | 45*45                | 0.018425                           | 0.018834                            | 0.022996                           | 0.025028                            | -2.17                                       | -8.12                                       |   |   |
|      | H19                     | 45*45                | 0.018425                           | 0.018834                            | 0.022996                           | 0.025028                            | -2.17                                       | -8.12                                       |   |   |
|      | H22                     | 40*70                | 0.024046                           | 0.022998                            | 0.027791                           | 0.027153                            | +4.56                                       | +2.35                                       |   |   |
|      | H34                     | 25*70                | 0.020900                           | 0.022213                            | 0.026567                           | 0.028539                            | -5.91                                       | -6.91                                       |   |   |
|      | H37                     | 55*55                | 0.023084                           | 0.021415                            | 0.028651                           | 0.026297                            | +7.79                                       | +8.95                                       |   |   |
|      | H55                     | 70*25                | 0.020900                           | 0.022213                            | 0.026567                           | 0.028539                            | -5.91                                       | -6.91                                       |   |   |
|      | H58                     | 55*55                | 0.023084                           | 0.021415                            | 0.028651                           | 0.026297                            | +7.79                                       | +8.95                                       |   |   |
|      | H61                     | 60*60                | 0.020904                           | 0.020238                            | 0.028142                           | 0.027333                            | +3.29                                       | +2.96                                       |   |   |
|      | H94                     | 45*45                | 0.018425                           | 0.018834                            | 0.022996                           | 0.025028                            | -2.17                                       | -8.12                                       |   |   |
|      | H97                     | 70*40                | 0.024046                           | 0.022998                            | 0.027791                           | 0.027153                            | +4.56                                       | +2.35                                       |   |   |
|      | H100                    | 55*55                | 0.023084                           | 0.021415                            | 0.028651                           | 0.026297                            | +7.79                                       | +8.95                                       |   |   |
|      | H103                    | 60*25                | 0.017705                           | 0.020139                            | 0.025631                           | 0.031547                            | -12.09                                      | -18.75                                      |   |   |
|      | H106                    | 45*45                | 0.018425                           | 0.018834                            | 0.022996                           | 0.025028                            | -2.17                                       | -8.12                                       |   |   |
|      | H109                    | 25*70                | 0.020900                           | 0.022213                            | 0.026567                           | 0.028539                            | -5.91                                       | -6.91                                       |   |   |
|      | H166                    | 45*45                | 0.018425                           | 0.018834                            | 0.022996                           | 0.025028                            | -2.17                                       | -8.12                                       |   |   |
|      | H169                    | 60*25                | 0.017705                           | 0.020139                            | 0.025631                           | 0.031547                            | -12.09                                      | -18.75                                      |   |   |
|      | H172                    | 70*40                | 0.024046                           | 0.022998                            | 0.027791                           | 0.027153                            | +4.56                                       | +2.35                                       |   |   |
|      | H175                    | 45*45                | 0.018425                           | 0.018834                            | 0.022996                           | 0.025028                            | -2.17                                       | -8.12                                       |   |   |
|      | H178                    | 55*55                | 0.023084                           | 0.021415                            | 0.028651                           | 0.026297                            | +7.79                                       | +8.95                                       |   |   |
| H181 | 70*25                   | 0.020900             | 0.022213                           | 0.026567                            | 0.028539                           | -5.91                               | -6.91                                       |   |   |   |
| H184 | 40*70                   | 0.024046             | 0.022998                           | 0.027791                            | 0.027153                           | +4.56                               | +2.35                                       |   |   |   |
| H187 | 45*45                   | 0.018425             | 0.018834                           | 0.022996                            | 0.025028                           | -2.17                               | -8.12                                       |   |   |   |
| H190 | 45*45                   | 0.018425             | 0.018834                           | 0.022996                            | 0.025028                           | -2.17                               | -8.12                                       |   |   |   |
| H193 | 25*60                   | 0.017705             | 0.020139                           | 0.025631                            | 0.031547                           | -12.09                              | -18.75                                      |   |   |   |



Çizelge 6.24 8KC bina için önerilen büyütme kuralına ait hata yüzdesi

| Bina | Plastik Kesit (Mafsalsal) | Kolon Boyutu (cm*cm) | ( $\epsilon_c$ maks.) <sub>b</sub> | ( $\epsilon_c$ maks.) <sub>cr</sub> | ( $\epsilon_s$ maks.) <sub>b</sub> | ( $\epsilon_s$ maks.) <sub>cr</sub> | ( $\epsilon_c$ maks.) için Rölatif fark (%) | ( $\epsilon_s$ maks.) için Rölatif fark (%) | ( $\epsilon_c$ maks.) için (6.5) ile Hata (%) | ( $\epsilon_s$ maks.) için (6.5) ile Hata (%) |
|------|---------------------------|----------------------|------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|---|---|---|---|
| 8KC  | H13                       | 40*40                | 0.010342                           | 0.012821                            | 0.011803                           | 0.018647                            | -19.34                                      | -36.70                                      | 2.09  | 3.74  |
|      | H16                       | 35*70                | 0.014535                           | 0.015626                            | 0.016905                           | 0.019654                            | -6.98                                       | -13.99                                      |   |   |
|      | H19                       | 70*35                | 0.014535                           | 0.015626                            | 0.016905                           | 0.019654                            | -6.98                                       | -13.99                                      |   |   |
|      | H22                       | 60*60                | 0.016173                           | 0.016820                            | 0.017494                           | 0.018655                            | -3.85                                       | -6.22                                       |   |   |
|      | H34                       | 50*50                | 0.011731                           | 0.013593                            | 0.013371                           | 0.016758                            | -13.70                                      | -20.21                                      |   |   |
|      | H37                       | 40*80                | 0.018155                           | 0.017614                            | 0.019242                           | 0.018899                            | +3.07                                       | +1.81                                       |   |   |
|      | H55                       | 50*50                | 0.011731                           | 0.013593                            | 0.013371                           | 0.016758                            | -13.70                                      | -20.21                                      |   |   |
|      | H58                       | 80*40                | 0.018155                           | 0.017614                            | 0.019242                           | 0.018899                            | +3.07                                       | +1.81                                       |   |   |
|      | H61                       | 60*60                | 0.015787                           | 0.015618                            | 0.017193                           | 0.016822                            | +1.08                                       | +2.21                                       |   |   |
|      | H94                       | 70*35                | 0.014535                           | 0.015626                            | 0.016905                           | 0.019654                            | -6.98                                       | -13.99                                      |   |   |
|      | H97                       | 60*60                | 0.016173                           | 0.016820                            | 0.017494                           | 0.018655                            | -3.85                                       | -6.22                                       |   |   |
|      | H100                      | 40*80                | 0.018155                           | 0.017614                            | 0.019242                           | 0.018899                            | +3.07                                       | +1.81                                       |   |   |
|      | H103                      | 40*40                | 0.010342                           | 0.012821                            | 0.011803                           | 0.018647                            | -19.34                                      | -36.70                                      |   |   |
|      | H106                      | 35*70                | 0.014535                           | 0.015626                            | 0.016905                           | 0.019654                            | -6.98                                       | -13.99                                      |   |   |
|      | H109                      | 50*50                | 0.011731                           | 0.013593                            | 0.013371                           | 0.016758                            | -13.70                                      | -20.21                                      |   |   |
|      | H166                      | 35*70                | 0.014535                           | 0.015626                            | 0.016905                           | 0.019654                            | -6.98                                       | -13.99                                      |   |   |
|      | H169                      | 40*40                | 0.010342                           | 0.012821                            | 0.011803                           | 0.018647                            | -19.34                                      | -36.70                                      |   |   |
|      | H172                      | 60*60                | 0.016173                           | 0.016820                            | 0.017494                           | 0.018655                            | -3.85                                       | -6.22                                       |   |   |
|      | H175                      | 70*35                | 0.014535                           | 0.015626                            | 0.016905                           | 0.019654                            | -6.98                                       | -13.99                                      |   |   |
|      | H178                      | 80*40                | 0.018155                           | 0.017614                            | 0.019242                           | 0.018899                            | +3.07                                       | +1.81                                       |   |   |
| H181 | 50*50                     | 0.011731             | 0.013593                           | 0.013371                            | 0.016758                           | -13.70                              | -20.21                                      |   |   |   |
| H184 | 60*60                     | 0.016173             | 0.016820                           | 0.017494                            | 0.018655                           | -3.85                               | -6.22                                       |   |   |   |
| H187 | 70*35                     | 0.014535             | 0.015626                           | 0.016905                            | 0.019654                           | -6.98                               | -13.99                                      |   |   |   |
| H190 | 35*70                     | 0.014535             | 0.015626                           | 0.016905                            | 0.019654                           | -6.98                               | -13.99                                      |   |   |   |
| H193 | 40*40                     | 0.010342             | 0.012821                           | 0.011803                            | 0.018647                           | -19.34                              | -36.70                                      |   |   |   |

Çizelge 6.25 Önerilen büyütme kuralı için hesaplanan rölatif fark ve hata oranlarına ait maksimum, minimum ve mutlak ortalama değerler

| Bina       | Birim boy değişmesi | Rölatif Fark |              |                     | Hata Oranı  |              |              |
|------------|---------------------|--------------|--------------|---------------------|-------------|--------------|--------------|
|            |                     | Minimum (%)  | Maksimum (%) | Mutlak Ortalama (%) | Minimum (%) | Ortalama (%) | Maksimum (%) |
| 1KC-[1-4]  | $\epsilon_c$ maks.  | -8.62        | +2.71        | 2.33                | 0.25        | 0.86         | 3.12         |
|            | $\epsilon_s$ maks.  | -7.77        | +0.02        | 2.98                | 0.01        | 0.96         | 3.01         |
| 3KC-[1-11] | $\epsilon_c$ maks.  | -11.92       | +28.56       | 8.29                | 1.59        | 1.28         | 7.06         |
|            | $\epsilon_s$ maks.  | -10.60       | +23.39       | 6.43                | 1.12        | 1.01         | 4.01         |
| 5KC        | $\epsilon_c$ maks.  | -12.09       | +7.79        | 5.68                | 1.33        |              |              |
|            | $\epsilon_s$ maks.  | -18.75       | +8.95        | 8.63                | 1.99        |              |              |
| 8KC        | $\epsilon_c$ maks.  | +19.34       | +3.07        | 8.67                | 2.09        |              |              |
|            | $\epsilon_s$ maks.  | -36.70       | +2.21        | 14.96               | 3.74        |              |              |

## 7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

“*Betonarme Binaların Şekildeğiştirme Esaslı Doğrusal Olmayan Analizinde Deprem Doğrultusu Etkisinin İncelenmesi*” başlıklı Doktora Tezi’nde, deprem yüklerinin doğrultu etkisi nedeniyle betonarme binaların taşıyıcı sistem elemanlarındaki plastik kesitlerde (plastik mafsallarda) oluşacak en elverişsiz plastik şekildeğiştirme talepleri ile bunları veren kritik deprem doğrultularının doğrusal olmayan teori çerçevesinde araştırılması amaçlanmıştır.

Çalışmada, binaların şekildeğiştirme esaslı en elverişsiz yapısal davranış talepleri ile bunları veren kritik deprem doğrultularının belirlenmesinde, kolon plastik kesitlerdeki iç kuvvet ve/veya şekildeğiştirme talepleri ( $M_x$  ve  $M_y$  eğilme momenti doğrultularında oluşan  $\theta_{px}$  ve  $\theta_{py}$  plastik dönme talepleri ile  $N$  normal kuvvet talebi) arasındaki etkileşimi gözönüne alabilmesi nedeniyle birim boy değişmesi talepleri (kesitte tarafsız eksene en uzak donatıdaki  $\epsilon_{s\ maks.}$  ile en dış beton basınç lifindeki  $\epsilon_{c\ maks.}$  birim boy değişmesi talepleri) esas alınmıştır. Kiriş plastik kesitlerinde ise, sadece oluşan eğilme momenti doğrultusundaki plastik dönme talebi esas alınmıştır. Bununla birlikte, ortogonal akslı ve rijit diyaframlı düzenli betonarme binaların kiriş plastik kesitlerindeki en elverişsiz plastik dönme talepleri, beklenildiği gibi, depremin binaların plandaki asal eksen doğrultularından etkimesi halinde olduğundan, kirişlerdeki araştırmanın sadece plandaki asal eksen doğrultularında yapılması yeterli olmaktadır. Bu nedenle, çok doğrultulu deprem yükleri altındaki doğrusal olmayan değerlendirme analizleri kirişler için gerekmemektedir.

Literatürde henüz, deprem yüklerinin doğrultu etkisi nedeniyle sözkonusu yapısal davranış taleplerinin en elverişsiz değerlerinin belirlenebilmesi ile ilgili herhangi bir yaklaşıma veya analiz yöntemine rastlanamamıştır.

Doktora Tezinin amacı doğrultusunda yapılan çalışma sonucunda, üç ayrı öneri sunulmuş ve bunlar aşağıda özetlenmiştir.

- 1) Deprem yüklerinin betonarme binaların plandaki asal eksen doğrultularının yanısıra herhangi ara doğrultulardan da etkimesi hali için, yapısal davranış taleplerinin (tepe yerdeğiştirmesi, görelî kat ötelemesi, plastik dönme, birim boy

değişmesi vb.) belirlenebilmesi amacıyla, şekildeğiştirme esaslı doğrusal olmayan bir değerlendirme yaklaşımı önerilmiştir. Önerilen yaklaşımda, bileşik eğik eğilme etkisindeki kolon plastik kesitlerinde oluşan  $\mathcal{E}_{c maks.}$  ve  $\mathcal{E}_{s maks.}$  birim boy değişmesi taleplerinin belirlenebilmesi için Çakıroğlu ve Özer (1980) [49]'de verilen ardışık yaklaşım yöntemi esas alınmıştır.

- 2) Deprem yüklerinin doğrultu etkisi nedeniyle betonarme binaların plastik kesitlerinde (plastik mafsallarında) oluşacak en elverişsiz plastik şekildeğiştirme taleplerinin belirlenebilmesi amacıyla yapılacak araştırmanın, çok sayıda deprem doğrultusu için yapılması gerekirken, daha az sayıda analiz gerektiren ve kritik deprem doğrultularını da içeren bir aralıkta yapılması önerilmiştir.
- 3) Deprem yüklerinin doğrultu etkisi nedeniyle betonarme binaların kolon plastik kesitlerinde oluşacak en elverişsiz  $\mathcal{E}_{c maks.}$  ve  $\mathcal{E}_{s maks.}$  birim boy değişmesi taleplerinin oldukça yaklaşık ve pratik olarak belirlenebilmesi amacıyla bir büyütme kuralı önerilmiştir. Önerilen büyütme kuralı ile kolon plastik kesitlerindeki en elverişsiz birim boy değişmesi taleplerinin belirlenebilmesi için, doğrusal olmayan analizlerin binaların plandaki asal eksenlerinden farklı deprem doğrultuları için yapılması gerekmemekte, sadece asal eksen doğrultularında yapılması yeterli olmaktadır. Böylece, binaların doğrusal olmayan analiz ve değerlendirmeleri için gerekli işlem hacmi ve harcanacak zaman önemli ölçüde azalmaktadır. Ayrıca, önerilen büyütme kuralı ile kritik deprem doğrultularındaki en elverişsiz  $\mathcal{E}_{c maks.}$  ve  $\mathcal{E}_{s maks.}$  birim boy değişmesi talepleri, oldukça yaklaşık ve pratik bir şekilde belirlenebilmektedir.

Önerilen büyütme kuralında, binaların plandaki asal eksen doğrultularındaki doğrusal olmayan statik analizlerinden elde edilen  $\chi_T$  toplam eğrilik talebi,  $N$  normal kuvvet talebi ve enkesit geometrisine bağlı olarak belirlenen tarafsız eksenin enkesitin asal eksenleri ile yaptığı  $\alpha$  açısı altındaki kesit analizini esas alınmaktadır. Böylece, kolon plastik kesitlerinde oluşan  $M_x$ ,  $M_y$  ve  $N$  iç kuvvetleri arasındaki etkileşim gözönüne alınmaktadır.

Çalışma kapsamında sayısal incelemelerin yapılması için, herhangi bir yapısal düzensizliği bulunmayan, ortogonal akslı ve farklı karakteristiklere sahip olan 1, 3, 5 ve 8 katlı moment aktaran çerçevelerden oluşan toplam on dört adet betonarme bina ile bazı kolonları sadece bir doğrultuda kirişlerle birleşen ve ASCE-41-06'da çok doğrultulu deprem etkisinin incelenmesi zorunlu olan binaları temsil eden iki adet 3 katlı betonarme bina ve ayrıca, 3 katlı L planlı bir betonarme bina olmak üzere toplam on yedi adet betonarme bina ele alınmıştır.

Sayısal incelemeler kapsamında toplam on yedi adet betonarme binanın farklı deprem doğrultuları için şekildeğiştirme esaslı doğrusal olmayan statik analizleri yapılarak, en alt kolonlarının alt uçlarında oluşan plastik kesitlerdeki  $\epsilon_{c maks.}$  ve  $\epsilon_{s maks.}$  birim boy değişmesi talepleri ile bu davranış taleplerinin deprem doğrultusu ile değişimi belirlenmiştir. Daha sonra, incelenen kolon plastik kesitlerindeki en elverişsiz birim boy değişmesi taleplerini veren kritik deprem doğrultuları değerlendirilerek, betonarme binaların plastik kesitlerindeki en elverişsiz şekildeğiştirme taleplerinin belirlenmesi amacıyla kritik deprem doğrultularını da içeren bir aralık önerilmiştir. Bununla birlikte, birim boy değişmesi taleplerinin belirlenmesi sırasında hesaplanması gereken diğer yapısal davranış taleplerinin de (kapasite eğrileri, tepe yerdeğiştirmeleri, görelî kat ötelemeleri, plastik kesit dağılımları, plastik dönmeler ve plastik mafsal boyları) deprem doğrultusu ile değişimi incelenerek ve bu davranış taleplerinin en elverişsiz değerleri ile bunları veren kritik deprem doğrultuları belirlenmiştir. Çalışmada ayrıca, incelenen binaların en alt kat kolonlarının alt uçlarındaki plastik kesitlerde, kritik deprem doğrultularındaki  $\epsilon_{c maks.}$  ve  $\epsilon_{s maks.}$  birim boy değişmesi taleplerinin asal eksen doğrultularından elde edilenlere göre değişim oranları belirlenerek değerlendirilmiştir.

Çalışmada, ele alınan betonarme binaların gözönüne alınan her bir  $\beta$  deprem doğrultusu için sabit düşey yükler ve monotonik olarak artan yatay deprem yükleri altındaki artımsal statik itme analizlerinde *CSI Perform-3D* bilgisayar programından yararlanılmıştır.

Çalışma kapsamında, herhangi bir yapısal düzensizliği bulunmayan ve ortogonal akslara sahip olan betonarme binaların çok doğrultulu deprem yükleri

altındaki şekildeğiştirme esaslı doğrusal olmayan statik analizlerinden elde edilen sonuçlar aşağıda belirtilen dört grup (A, B, C, D) halinde özetlenmiştir.

**A grubu sonuçlarda**, incelenen betonarme binaların Bölüm 3.2’de esasları verilen iki doğrultulu doğrusal olmayan statik analizleri sonucunda, plastik kesitlerdeki en elverişsiz şekildeğiştirme taleplerini (kiriş plastik kesitlerinde  $\theta_p$  plastik dönme talebi ile kolon plastik kesitlerinde  $\epsilon_{c maks.}$  ve  $\epsilon_{s maks.}$  birim boy değişmesi talepleri) veren  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultularının değerlendirilmesine yer verilmiştir.

**B grubu sonuçlarda**, incelenen betonarme binaların kolon plastik kesitlerindeki en elverişsiz birim boy değişmesi taleplerinin belirlenmesi sırasında hesaplanması gereken diğer yapısal davranış taleplerinin ( $V_T$  toplam taban kesme kuvveti,  $\delta_{tepe}$  tepe yerdeğiştirmesi,  $\Delta_i$  görelî kat ötelemesi, plastik kesit dağılımları ile plastik kesitlerdeki  $\theta_p$  plastik dönmeler ve  $L_p$  plastik mafsallık boyları) en elverişsiz değerleri ile bunları veren  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultuları değerlendirilmiştir.

**C grubu sonuçlarda**, incelenen betonarme binaların en alt kolonlarının alt uçlarındaki plastik kesitlerde,  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultularındaki  $\epsilon_{c maks.}$  ve  $\epsilon_{s maks.}$  birim boy değişmesi taleplerinin, binaların plandaki asal eksen doğrultularından elde edilenlere göre değişim oranları belirlenerek değerlendirilmiştir.

**D grubu sonuçlarda**, incelenen on yedi adet betonarme binanın en alt kat kolonlarının alt uçlarında oluşan plastik kesitler üzerinde, önerilen büyütme kuralından elde edilen  $(\epsilon_{c maks.})_b$  ve  $(\epsilon_{s maks.})_b$  birim boy değişmesi talepleri,  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultularındaki  $(\epsilon_{c maks.})_{cr}$  ve  $(\epsilon_{s maks.})_{cr}$  değerleri referans alınarak karşılaştırılmış ve önerilen büyütme kuralının hata oranı belirlenerek kullanılabilirliği değerlendirilmiştir.

Dört grupta sunulan bu sonuçların, Bölüm 4.1’de açıklanan ve çalışma kapsamında ele alınan betonarme binaların genel özelliklerini kapsayan diğer betonarme binalar için de geçerli olacağı düşünülmektedir.

### A Grubu Sonuçlar:

- 1) alışmada incelenen simetrik veya antimetrik betonarme binalar için, deprem yüklerinin  $\beta = 0^\circ \sim 180^\circ$  arasında etkimesi halinde, herhangi bir kolon plastik kesitinde elde edilen şekildeğiştirme talepleri (plastik dönme, plastik eğrilik, birim boy değişmesi) ile bu kolonun plandaki asal eksnelere göre antimetrik konumunda olan kolon plastik kesitinin  $\beta = 180^\circ \sim 360^\circ$  arasındaki bölgede ve X–X eksenine göre antimetriği olan  $\beta$  değerleri için elde edilen şekildeğiştirme taleplerinin aynı olduğu, incelenen iki betonarme bina üzerinde yapılan bir doğrulama çalışması ile belirlenmiştir.

Bu nedenle, incelenen betonarme binaların şekildeğiştirme esaslı davranış taleplerine (plastik dönme, birim boy değişmesi, göreli kat ötelemesi vb.) ait  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultularının belirlenmesi ve değerlendirilmesi,  $\beta = 0^\circ \sim 180^\circ$  arasındaki doğrusal olmayan statik analiz sonuçlarından yararlanılarak,  $\beta = 0^\circ \sim 360^\circ$  arasındaki bölgede yapılmıştır.

- 2) İncelenen betonarme binalarda analiz yapılan tüm deprem doğrultularının her birinde oluşan kolon plastik kesitlerinin *en alt kat kolonlarının alt uçları* olduğu ve bu kesitlerdeki plastik dönme taleplerinin diğer katlardakilere göre daha büyük değerlerde olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle, kolon plastik kesitlerindeki şekildeğiştirme taleplerinin ( $\epsilon_{c maks}$ ,  $\epsilon_{s maks}$ ,  $\theta_{px}$ ,  $\theta_{py}$ , vb.) deprem doğrultusu ( $\beta$ ) ile değişiminin incelenmesi, binaların sadece *en alt kat kolonlarının alt uçlarındaki* kesitlerde yapılmıştır.
- 3) Sayısal incelemeler kapsamında, bazı kolonları sadece bir doğrultuda kirişlerle bağlı olan binalar ile plandaki her iki asal eksene göre simetrik veya antimetrik olmayan L planlı bina dışındaki betonarme binalarda,  $\beta = 0^\circ \sim 360^\circ$  arasında gözönüne alınan deprem doğrultuları için herhangi bir kolon plastik kesitindeki en elverişsiz birim boy değişmesi taleplerini ( $(\epsilon_{c maks.})_{cr}$  ve  $(\epsilon_{s maks.})_{cr}$ ) veren  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultularının çoğunlukla birbirlerine zıt yönlerde oldukları belirlenmiştir (Örneğin, aynı kolon plastik kesitinde  $(\epsilon_{c maks.})_{cr}$  için  $\beta_{cr} = 45^\circ$  iken,  $(\epsilon_{s maks.})_{cr}$  için  $\beta_{cr} = 225^\circ$  ( $45^\circ + 180^\circ$ )’dir.). Her iki kritik deprem doğrultusu için ilgili kolon plastik kesitinde elde edilen  $\chi_T$  toplam eğrilik

talepleri birbirine çok yakın değerler almasına karşın, yatay deprem yüklerinden dolayı  $N$  normal kuvvet taleplerinde büyük farklar oluşabilmektedir. Aynı kolon plastik kesitinde bu iki kritik deprem doğrultusu için;

- Normal kuvvet talebi daha küçük olanında en elverişsiz  $\varepsilon_{s maks.}$  birim boy değişmesi talebi oluşmakta,
- Normal kuvvet talebi daha büyük olanında ise, en elverişsiz  $\varepsilon_{c maks.}$  birim boy değişmesi talebi oluşmaktadır.

4) İncelenen betonarme binaların kiriş ve kolon plastik kesitlerindeki (plastik mafsallarındaki) en elverişsiz plastik şekildeğiştirme taleplerinin belirlenebilmesi amacıyla,  $\beta = 0^\circ \sim 360^\circ$  arasında  $10^\circ$ 'lik aralıklarla ve ayrıca, *kare* ve *dikdörtgen planlı* binaların köşegen (diyagonal) doğrultuları olmak üzere en az 40 ~ 44 farklı deprem doğrultusu için araştırma yapılması yerine, aşağıda önerilen oldukça az sayıdaki deprem doğrultusu için araştırma yapılmasının yeterli olduğu belirlenmiştir.

Buna göre;

4-a) Kirişlerde, oluşan eğilme momenti doğrultusundaki plastik şekildeğiştirme taleplerinin ( $\theta_p$  plastik dönme veya  $\chi_p$  plastik eğrilik) en elverişsiz değerlerinin belirlenmesi için, binaların plandaki sadece asal eksen doğrultularında ( $\beta_{cr} = 0^\circ, 90^\circ, 180^\circ$  ve  $270^\circ$ ) doğrusal olmayan statik analizlerin yapılması yeterli olacaktır.

4-b) Kolonlarda, iki eksenli eğilme momenti ve normal kuvvetin (bileşik eğik eğilme) etkileşimini gözönüne alan, kesitte tarafsız eksene en uzak donatıdaki  $\varepsilon_{s maks.}$  ile en dış beton basınç lifindeki  $\varepsilon_{c maks.}$  birim boy değişmesi taleplerinin en elverişsiz değerlerinin belirlenmesi için binaların,

- $\beta_{cr}=45^\circ \pm 5^\circ$  arasındaki  $\beta_{cr}= 40^\circ, 45^\circ$  ve  $50^\circ$  deprem doğrultularında,
- $\beta_{cr}=135^\circ \pm 5^\circ$  arasındaki  $\beta_{cr}=130^\circ, 135^\circ$  ve  $140^\circ$  deprem doğrultularında,
- $\beta_{cr}=225^\circ \pm 5^\circ$  arasındaki  $\beta_{cr}=220^\circ, 225^\circ$  ve  $230^\circ$  deprem doğrultularında,
- $\beta_{cr}=315^\circ \pm 5^\circ$  arasındaki  $\beta_{cr}=310^\circ, 315^\circ$  ve  $320^\circ$  deprem doğrultularında,
- Ayrıca, kare planlı olmayan binalarda, *Plan köşegeni (diyagonal)* doğrultularında

Bölüm 3’de esasları verilen iki doğrultulu doğrusal olmayan statik analizlerin yapılması önerilmektedir.

- 5) 4. madde’de önerilen ve sadece kritik deprem doğrultuları ( $\beta_{cr}$ ) için yapılan şekildeğiştirme esaslı doğrusal olmayan statik analizler sonucunda elde edilen taban  $V_T$  taban kesme kuvveti taleplerinin,  $\delta_{epe}$  tepe yerdeğiştirmesi taleplerinin,  $\Delta_i$  görelî kat ötelemesi taleplerinin, plastik kesitlerin taşıyıcı sistem üzerindeki dağılımlarının, kolon plastik kesitlerindeki  $\theta_p$  plastik dönme taleplerinin ve  $\chi_p$  plastik eğrilik taleplerinin her birinin en elverişsiz değerlerine oldukça yakın değerlerde olduğu belirlenmiştir.

Diğer bir ifade ile, incelenen betonarme binaların kiriş plastik kesitlerinde sadece eğilme momenti doğrultusunda oluşan  $\theta_p$  plastik dönme taleplerinin en elverişsiz değerleri için ve kolon plastik kesitlerinde iç kuvvet ve/veya plastik şekildeğiştirme talepleri arasındaki etkileşimi gözönüne alan  $\mathcal{E}_c maks.$  ve  $\mathcal{E}_s maks.$  birim boy değişmesi taleplerinin en elverişsiz değerleri için önerilen  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultuları ile önceki paragrafta belirtilen diğer yapısal davranış taleplerinin ( $\Delta_i$  görelî kat ötelemesi talepleri,  $\theta_p$  plastik dönme talepleri, vb.) en elverişsiz değerlerini veren  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultularının birbirlerine oldukça yakın değerlerde olduğu belirlenmiştir.

- 6) Çalışma kapsamında incelenen betonarme binaların en alt kolonlarının alt uçlarındaki plastik kesitlerdeki  $\mathcal{E}_c maks.$  ve  $\mathcal{E}_s maks.$  birim boy değişmesi taleplerine ait en elverişsiz değerlerin belirlenmesi için,
- Planı *kare* olan binalarda sadece plan köşegeni (diyagonal) doğrultuları için yapılan şekildeğiştirme esaslı doğrusal olmayan statik analizlerin yeterli olduğu,
  - Planı *kare* olmayan binalarda ise, sadece plan köşegeni (diyagonal) doğrultuları için elde edilen  $\mathcal{E}_c maks.$  ve  $\mathcal{E}_s maks.$  birim boy değişmesi taleplerinin  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultularından elde edilenlere göre,  $\mathcal{E}_c maks.$  için en çok **-%52.5**,  $\mathcal{E}_s maks.$  için ise en çok ve **-%56.6** oranında daha küçük olduğu belirlenmiştir. Diğer bir ifadeyle,  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultularından elde edilen  $\mathcal{E}_c maks.$  ve  $\mathcal{E}_s maks.$  birim boy değişmesi taleplerinin sadece plan köşegeni



(diyagonal) doğrultuları için elde edilenlere göre,  $\epsilon_{c maks.}$  için en çok +%110.4,  $\epsilon_{s maks.}$  için ise en çok ve +%130.6 oranında daha büyük olduğu belirlenmiştir.

### **B Grubu Sonuçlar:**

Sayısal incelemeleri kapsamında ele alınan betonarme binaların gözönüne alınan her bir  $\beta$  deprem doğrultusu için iki doğrultulu doğrusal olmayan statik analizleri sonucunda, kolon plastik kesitlerindeki  $\epsilon_{c maks.}$  ve  $\epsilon_{s maks.}$  birim boy değişmesi taleplerinin belirlenmesi sırasında hesaplanması gereken diğer yapısal büyüklüğü taleplerinin de (tepe yerdeğiştirmesi talepleri, görelî kat öteleme talepleri, plastik kesit dağılımları ile kolon plastik kesitlerindeki plastik dönme talepleri ve plastik mafsal boyları)  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi incelenmiş ve bu davranış taleplerinin en elverişsiz değerleri ile bunları veren  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultuları aşağıda maddeler halinde özetlenmiştir.

- 7) İncelenen binaların farklı deprem doğrultuları için elde edilen kapasite eğrileri incelendiğinde beklenildiği gibi, planı *kare* olan binaların plandaki her iki asal eksen doğrultusundaki yatay öteleme rijitliklerinin de aynı olması nedeniyle, yatay yük taşıma kapasiteleri aynı olmaktadır. Buna karşın, planı *kare* olmayan binaların her iki asal eksen doğrultusundaki yatay öteleme rijitlikleri farklı olduğundan, yatay öteleme rijitliği daha az olan doğrultudaki yatay yük taşıma kapasitesi de daha az olmaktadır. Ayrıca, incelenen binalarda en büyük yatay yük taşıma kapasitesinin ve  $V_T$  taban kesme kuvveti taleplerinin, beklenildiği gibi, binanın her iki doğrultusundaki çerçevelere ait kiriş rijitliklerinin de etkili olması nedeniyle, deprem yüklerinin binaların plandaki asal eksen doğrultularından farklı olan ara doğrultulardan etkimesi halinde oluştuğu belirlenmiştir. Buna göre, en büyük yatay yük taşıma kapasitelerinin;

7-a) Tek katlı ve Üç katlı betonarme binalarda, deprem yüklerinin binaların plandaki asal eksen (X ve Y) doğrultularından farklı olan ve çoğunlukla  $\beta_{cr} = 45^\circ \pm 5^\circ$ ,  $135^\circ \pm 5^\circ$  ile  $\beta_{cr} = 225^\circ \pm 5^\circ$ ,  $315^\circ \pm 5^\circ$  arasındaki doğrultulardan etkimesi halinde oluştuğu görülmüştür.

- 7-b) ASCE 41–06’da çok doğrultulu deprem etkisinin incelenmesi zorunlu olan binaları temsil eden, tek doğrultuda kirişlerle birleşen kolonları bulunan betonarme binalarda, deprem yüklerinin binanın plan köşegeni (diyagonal) doğrultuları ve bu doğrultulara yaklaşık  $5^\circ$  yakın olan ( $\beta_{cr} = 26.6^\circ \sim 30^\circ$ ,  $150^\circ \sim 153.4^\circ$  ile  $\beta_{cr} = 206.6^\circ \sim 210^\circ$ ,  $330^\circ \sim 333.4^\circ$ ) doğrultular arasından etkimesi halinde olduğu görülmüştür.
- 7-c) Çok katlı binaları temsil eden betonarme binalarda (beş katlı ve sekiz katlı) ise, deprem yüklerinin binanın plan köşegeni (diyagonal) ( $\beta_{cr} = 45^\circ$ ,  $135^\circ$  ile  $\beta_{cr} = 225^\circ$ ,  $315^\circ$ ) doğrultularından etkimesi halinde olduğu görülmüştür.
- 8) İncelenen betonarme binaların FEMA 440’daki Yerdeğiştirme Katsayıları Yöntemi (YKY) ile belirlenen  $\delta_{tepe}$  tepe yerdeğiştirmesi taleplerine ait en elverişsiz değerlerin,
- 8-a) Planı *kare* olan betonarme binalarda, deprem yüklerinin binaların plandaki asal eksen (X ve Y) doğrultularından etkimesi halinde olduğu, planı *kare* olmayan binalarda ise, binanın yatay rijitliğinin daha az olduğu asal eksen doğrultusundan etkimesi halinde olduğu belirlenmiştir. Bunun nedeni, binaların plandaki asal eksen doğrultularındaki yatay yük taşıma kapasitelerinin ara deprem doğrultularındakilere göre daha küçük olmasıdır.
- 8-b) Bununla birlikte, deprem yüklerinin binaların plandaki asal eksen doğrultularına yakın ara doğrultulardan etkimesi halinde, en elverişsiz tepe yerdeğiştirmesi taleplerine çok yakın  $[(0.95 \sim 1.00) (\delta_{tepe})_{cr}]$  değerlerin de elde edildiği görülmüştür. Buna göre, deprem yüklerinin;
- Tek katlı binalarda, plandaki asal eksen doğrultularına  $\pm 30^\circ$  farklı olan ( $\beta_{cr} = 0^\circ \pm 30^\circ$ ,  $90^\circ \pm 30^\circ$ ,  $180^\circ \pm 30^\circ$  ve  $270^\circ \pm 30^\circ$ ) doğrultular arasından etkimesi halinde,
  - Üç katlı binalarda, planı *kare* olanlarda, binaların plandaki asal eksen doğrultularına  $\pm 20^\circ$  farklı olan ( $\beta_{cr} = 0^\circ \pm 20^\circ$ ,  $90^\circ \pm 20^\circ$ ,  $180^\circ \pm 20^\circ$  ve  $270^\circ \pm 20^\circ$ ) doğrultular arasından etkimesi halinde,

planı *kare* olmayanlarda ise, binaların plandaki asal eksen doğrultularına  $\pm 10^\circ$  yakın olan ( $\beta_{cr} = 0^\circ \pm 10^\circ, 90^\circ \pm 10^\circ, 180^\circ \pm 10^\circ$  ve  $270^\circ \pm 10^\circ$ ) doğrultular arasından etkimesi halinde,

- Çok katlı binaları temsil eden betonarme binalarda (beş katlı ve sekiz katlı), binaların plandaki asal eksen doğrultularına  $\pm 10^\circ$  yakın olan ( $\beta_{cr}=0^\circ \pm 10^\circ, 90^\circ \pm 10^\circ, 180^\circ \pm 10^\circ$  ve  $270^\circ \pm 10^\circ$ ) doğrultular arasından etkimesi halinde

en elverişsiz tepe yerdeğiştirmesi taleplerine çok yakın  $[(0.95\sim 1.00)(\delta_{tepe})_{cr}]$  değerlerin elde edildiği görölmüştür.

- 9) YKY ile belirlenen tepe yerdeğiştirmesi taleplerine ulaşmış betonarme binaların  $\Delta_i$  görelı kat ötelemesi taleplerine ait en elverişsiz değerlerin;

9-a) Tek katlı betonarme binalarda, tepe yerdeğiştirmesi talepleri için elde edilenlere paralel olarak,

- Planı *kare* olan betonarme binalarda, deprem yüklerinin binaların plandaki asal eksen (X ve Y) doğrultularından etkimesi halinde olduğu, planı *kare* olmayan binalarda ise, binanın yatay rijitliğinin daha az olduğu asal eksen (Y) doğrultusundan etkimesi halinde olduğu belirlenmiştir.
- Bununla birlikte, deprem yüklerinin binaların plandaki asal eksen doğrultularına  $\pm 30^\circ$  farklı olan ( $\beta_{cr}=0^\circ \pm 30^\circ, 90^\circ \pm 30^\circ, 180^\circ \pm 30^\circ$  ve  $270^\circ \pm 30^\circ$ ) doğrultular arasından etkimesi halinde en elverişsiz görelı kat ötelemesi taleplerine çok yakın  $[(0.95\sim 1.00)(\Delta_i)_{cr}]$  değerlerin elde edildiği görölmüştür.

9-b) Çok katlı betonarme binalarda ise,

- Üst katlarda (üç katlı binalarda 2. ve 3. katlar, beş katlı binada 3., 4. ve 5. katlar, sekiz katlı binada 4. – 8. katlar), planı *kare* olan betonarme binalarda, deprem yüklerinin binaların plandaki asal eksen (X ve Y) doğrultularından etkimesi halinde olduğu, planı *kare* olmayan binalarda ise, binanın yatay rijitliğinin daha az olduğu asal eksen doğrultusundan etkimesi halinde olduğu belirlenmiştir.

Bununla birlikte, deprem yüklerinin binaların plandaki asal eksen doğrultularına yakın ara doğrultulardan etkimesi halinde, en elverişsiz görelî kat ötelemesi taleplerine çok yakın  $[(0.95\sim 1.00)(\Delta_i)_{cr}]$  değerlerin de elde edildiği görülmüştür. Buna göre, deprem yüklerinin binaların plandaki asal eksen doğrultuları ile bunlara;

$\pm 20^\circ$  farklı olan doğrultular arasından etkimesi halinde, üç katlı binaların 2. katında, beş katlı binanın 3.–4. katlarında ve sekiz katlı binanın 4.–7. katlarında,

$\pm 10^\circ$  yakın olan doğrultular arasından etkimesi halinde ise, üç katlı binaların 3. katında ve beş katlı binanın 5. katında

en elverişsiz görelî kat ötelemesi taleplerine çok yakın  $[(0.95\sim 1.00)(\Delta_i)_{cr}]$  değerlerin elde edildiği görülmüştür.

- Alt katlarda (üç katlı binalarda 1. kat, beş katlı binada 1. ve 2. katlar, sekiz katlı binada 1.–3. katlar), deprem yüklerinin binaların plandaki asal eksen doğrultularından farklı olan ara doğrultulardan etkimesi halinde oluştuğu belirlenmiştir. Buna göre, en elverişsiz ve ona çok yakın  $[(0.95\sim 1.00)(\Delta_i)_{cr}]$  değerlerdeki görelî kat ötelemesi taleplerinin;
  - Üç katlı binalarda deprem yüklerinin çoğunlukla,  $\beta_{cr} = 45^\circ \pm 5^\circ$ ,  $135^\circ \pm 5^\circ$  ile  $\beta_{cr} = 225^\circ \pm 5^\circ$ ,  $315^\circ \pm 5^\circ$  arasındaki doğrultulardan etkimesi halinde oluştuğu,
  - Beş ve sekiz katlı binalarda ise, deprem yüklerinin binaların plan köşegeni (diyagonal) doğrultularından ( $\beta_{cr} = 45^\circ$ ,  $135^\circ$  ile  $\beta_{cr} = 225^\circ$ ,  $315^\circ$ ) etkimesi halinde oluştuğu belirlenmiştir.

9-c) ASCE 41–06’da çok doğrultulu deprem etkisinin incelenmesi zorunlu olan binaları temsil eden, tek doğrultuda kirişlerle birleşen kolonları bulunan betonarme binaların 2. ve 3. katlarındaki en elverişsiz görelî kat ötelemesi taleplerinin, incelenen diğer binalarda olduğu gibi, deprem yüklerinin binaların plandaki asal eksen (X ve Y) doğrultuları ile bu doğrultulara sırasıyla  $\pm 20^\circ$  ve  $\pm 10^\circ$  yakın olan doğrultular arasından etkimesi halinde oluştuğu belirlenmiştir. Buna karşın, en alt kattaki görelî kat ötelemesi

taleplerine ait en elverişsiz değerlerin, 9b'de belirtilen deprem doğrultularından farklı olarak, deprem yüklerinin binanın plan köşegeni (diyagonal) ile bu doğrultulara yaklaşık  $5^\circ$  yakın olan ( $\beta_{cr} = 26.6^\circ \sim 30^\circ$ ,  $150^\circ \sim 153.4^\circ$  ile  $\beta_{cr} = 206.6^\circ \sim 210^\circ$ ,  $330^\circ \sim 333.4^\circ$ ) doğrultular arasından etkimesi halinde olduğu belirlenmiştir.

- 10) Deprem yüklerinin etkilendiği  $\beta = 0^\circ \sim 360^\circ$  aralığındaki doğrusal olmayan statik analizlerin her birinde, incelenen tüm binaların en alt kat kolonlarının alt uçlarının her birinde plastik kesit olduğu, ancak diğer katların kolon uçlarındaki plastik kesitlerin incelenen bazı deprem doğrultularında olduğu belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında ele alınan betonarme binaların farklı deprem doğrultuları için YKY ile belirlenen tepe yerdeğiştirmesi taleplerinde oluşan plastik kesitlerin (plastik mafsalların) dağılımları incelenerek belirlenen farklı mekanizma durumları (kat (panel) mekanizması, düğüm noktası mekanizması, her iki mekanizmanın birlikte oluşması ve ayrıca, kat mekanizması durumunun oluşmasına en yakın plastik kesit dağılımlarını veren durum) esas alınarak, taşıyıcı sistemlerde oluşan plastik kesitlerin (plastik mafsalların) en elverişsiz dağılımları değerlendirildiğinde;

- 10-a) Deprem yüklerinin binaların plandaki asal eksen (X ve Y) doğrultularından etkimesi halinde,

- Bazı binaların üst kat kolonlarının üst uçlarında az sayıda plastik kesit olduğu ve belirtilen farklı mekanizma durumlarının meydana gelmediği belirlenmiştir.
- Ayrıca, binaların üst kat kolonlarında oluşan plastik dönme taleplerinin en alt kat kolonlarının alt uçlarındaki plastik dönme taleplerine oranla çok küçük olduğu belirlenmiştir.

- 10-b) Deprem yüklerinin binaların plandaki asal eksen (X ve Y) doğrultularından farklı olan ve aşağıda belirtilen ara doğrultulardan ( $\beta_{cr}$ ) etkimesi halinde ise, üst kat kolonlarının üst uçlarında plastikleşen kesit sayıları önemli ölçüde artarak 10. madde'de belirtilen farklı mekanizma durumlarından bazılarının olduğu belirlenmiştir.

Buna göre;

- İncelenen az katlı (tek katlı ve üç katlı) betonarme binalarda, deprem yüklerinin binaların plandaki asal eksen (X ve Y) doğrultularından farklı olan ve çoğunlukla  $\beta_{cr} = 45^\circ \pm 5^\circ$ ,  $135^\circ \pm 5^\circ$  ile  $\beta_{cr} = 225^\circ \pm 5^\circ$ ,  $315^\circ \pm 5^\circ$  arasındaki doğrultulardan etkimesi halinde, plastik kesitlerinin sayısı daha da artmakta ve *kat (panel) mekanizması durumu* oluşmaktadır. Ayrıca, incelenen tek katlı binalardan sadece birinde,  $\beta_{cr} = 45^\circ \pm 5^\circ$ ,  $135^\circ \pm 5^\circ$  ile  $\beta_{cr} = 225^\circ \pm 5^\circ$ ,  $315^\circ \pm 5^\circ$  arasındaki deprem doğrultuları için *düğüm noktası mekanizması* da oluşmaktadır.
- ASCE 41-06'da çok doğrultulu deprem etkisinin incelenmesi zorunlu olan binaları temsil eden, tek doğrultuda kirişlerle birleşen kolonları bulunan betonarme binalarda, *kat (panel) mekanizması durumunu* oluşturan kritik deprem doğrultularının yukarıda belirtilen doğrultulardan ( $\beta_{cr} = 45^\circ \pm 5^\circ$ ,  $135^\circ \pm 5^\circ$  ile  $\beta_{cr} = 225^\circ \pm 5^\circ$ ,  $315^\circ \pm 5^\circ$ ) farklı olduğu görülmüştür. Bu mekanizma durumu, kolon enkesitlerinin tamamı *kare* olan binada, deprem yüklerinin binanın plan köşegeni (diyagonal) doğrultuları ve bu doğrultulara yaklaşık  $15^\circ$  yakın olan ( $\beta_{cr} = 26.6^\circ \sim 40^\circ$ ,  $140^\circ \sim 153.4^\circ$  ile  $\beta_{cr} = 206.6^\circ \sim 220^\circ$ ,  $320^\circ \sim 333.4^\circ$ ) doğrultular arasından etkimesi halinde oluştuğu, kolon enkesitleri *kare* ve *dikdörtgen* olan binada ise, deprem yüklerinin plan köşegenine yakın olan  $\beta_{cr}=30^\circ, 150^\circ$  ile  $\beta_{cr}=210^\circ, 330^\circ$  doğrultularından etkimesi halinde oluştuğu görülmüştür.
- Çok katlı binaları temsil eden betonarme binalarda (beş katlı ve sekiz katlı), aşağıda belirtilen deprem doğrultuları ( $\beta_{cr}$ ) için üst kat kolonlarının üst ucunda oluşan plastik kesitlerin sayısı artarak *kat (panel) mekanizması durumunun* oluştuğu belirlenmiştir.

Bu mekanizma durumunun;

- Planlı *kare* ve kolon enkesit konumları *antimetrik* olan beş katlı binada, deprem yüklerinin binanın plan köşegeni doğrultuları ile bu

doğrultulara  $\pm 5^\circ$  yakın olan ( $\beta_{cr} = 45^\circ \pm 5^\circ$ ,  $135^\circ \pm 5^\circ$  ile  $\beta_{cr} = 225^\circ \pm 5^\circ$ ,  $315^\circ \pm 5^\circ$ ) doğrultular arasından etkimesi halinde olduğu,

– Planlı *kare* ve kolon enkesit konumları *simetrik* olan sekiz katlı binada ise, deprem yüklerinin binanın plan köşegeni doğrultularından ( $\beta_{cr} = 45^\circ$ ,  $135^\circ$  ile  $\beta_{cr} = 225^\circ$ ,  $315^\circ$ ) etkimesi halinde olduğu belirlenmiştir.

- 11) Sayısal incelemeler kapsamında ele alınan betonarme binaların en alt kat kolonlarının alt uçlarında oluşan plastik kesitlerdeki  $\theta_{px}$  ve  $\theta_{py}$  plastik dönme taleplerinin  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi incelendiğinde, en elverişsiz  $\theta_{px}$  ve  $\theta_{py}$  plastik dönme taleplerinin, plastik kesitteki normal kuvvet düzeyine ve kolon enkesit geometrisine bağlı olarak birbirinden farklı deprem doğrultularında oluşabildiği belirlenmiştir.

Buna göre;

- 11-a) Normal kuvvet düzeyi düşük olan tek katlı binalarda en elverişsiz ve ona çok yakın değerlerdeki plastik dönme taleplerinin  $[(0.95\sim 1.00)(\theta_{px})_{cr}$  ve  $(0.95\sim 1.00)(\theta_{py})_{cr}]$ ,

- *Kare* enkesitli kolon plastik kesitlerinde, deprem yüklerinin binaların plandaki asal eksen (X ve Y) doğrultuları ile bu doğrultulara  $\pm 30^\circ$  olan ( $\beta_{cr} = 0^\circ \pm 30^\circ$ ,  $90^\circ \pm 30^\circ$ ,  $180^\circ \pm 30^\circ$  ve  $270^\circ \pm 30^\circ$ ) doğrultular arasından etkimesi halinde olduğu belirlenmiştir.
- *Dikdörtgen* enkesitli kolon plastik kesitlerinde ise, deprem yüklerinin binaların plandaki asal eksen (X ve Y) doğrultuları ile bu doğrultulara  $\pm 20^\circ$  olan ( $\beta_{cr} = 0^\circ \pm 20^\circ$ ,  $90^\circ \pm 20^\circ$ ,  $180^\circ \pm 20^\circ$  ve  $270^\circ \pm 20^\circ$ ) doğrultular arasından etkimesi halinde ve ayrıca  $\beta_{cr} = 45^\circ \pm 5^\circ$ ,  $135^\circ \pm 5^\circ$  ile  $\beta_{cr} = 225^\circ \pm 5^\circ$ ,  $315^\circ \pm 5^\circ$  arasındaki doğrultulardan etkimesi halinde olduğu belirlenmiştir.

- 11-b) Normal kuvvet düzeyleri tek katlı binalara göre daha fazla olan üç katlı binalarda en elverişsiz ve ona çok yakın değerlerdeki plastik dönme taleplerinin  $[(0.95\sim 1.00)(\theta_{px})_{cr}$  ve  $(0.95\sim 1.00)(\theta_{py})_{cr}]$ ,

- *Kare* enkesitli kolon plastik kesitlerinde, deprem yüklerinin binaların plandaki asal eksenlerinden (X ve Y) farklı olan ve çoğunlukla  $\beta_{cr} = 45^\circ \pm 5^\circ$ ,  $135^\circ \pm 5^\circ$  ile  $\beta_{cr} = 225^\circ \pm 5^\circ$ ,  $315^\circ \pm 5^\circ$  arasındaki doğrultulardan etkimesi halinde olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, binaların kritik deprem doğrultularındaki plastik dönme taleplerinin, plandaki asal eksen doğrultularından elde edilen değerlere oldukça yakın olduğu belirlenmiştir.
- *Dikdörtgen* enkesitli kolon plastik kesitlerinde ise çoğunlukla, deprem yüklerinin binaların plandaki asal eksen (X ve Y) doğrultuları ile bu doğrultulara  $\pm 10^\circ$  yakın olan ( $\beta_{cr} = 0^\circ \pm 10^\circ$ ,  $90^\circ \pm 10^\circ$ ,  $180^\circ \pm 10^\circ$  ve  $270^\circ \pm 10^\circ$ ) doğrultular arasından ve ayrıca  $\beta_{cr} = 45^\circ \pm 5^\circ$ ,  $135^\circ \pm 5^\circ$  ile  $\beta_{cr} = 225^\circ \pm 5^\circ$ ,  $315^\circ \pm 5^\circ$  arasındaki doğrultulardan etkimesi halinde olduğu belirlenmiştir.
- ASCE 41–06’da çok doğrultulu deprem etkisinin incelenmesi zorunlu olan binaları temsil eden, sadece tek doğrultuda kirişlerle birleşen kolonları bulunan betonarme binaların en alt kat kolonlarının alt uçlarındaki plastik kesitlerde,  $\theta_{px}$  ve  $\theta_{py}$  plastik dönme taleplerinin  $\beta$  deprem doğrultuları ile değişimini gösteren eğrinin, incelenen diğer binalardakilere benzer şekilde olduğu, ancak  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultularının farklı olduğu belirlenmiştir.

Buna göre, *kare* ve *dikdörtgen* enkesitli kolon plastik kesitlerinde;

– Kirişin olmadığı doğrultuya paralel olan kolon eksenindeki en elverişsiz plastik dönme taleplerinin ( $(\theta_{px})_{cr}$ ), deprem yüklerinin binaların plan köşegeni (diyagonal) doğrultuları ve bu doğrultulara yaklaşık  $5^\circ$  yakın olan ( $\beta_{cr} = 26.6^\circ \sim 30^\circ$ ,  $150^\circ \sim 153.4^\circ$  ile  $\beta_{cr} = 206.6^\circ \sim 210^\circ$ ,  $330^\circ \sim 333.4^\circ$ ) doğrultular arasından etkimesi halinde oluşmaktadır.

– Kirişin olmadığı doğrultuya dik olan kolon eksenindeki en elverişsiz plastik dönme taleplerinin ( $(\theta_{py})_{cr}$ ) ise çoğunlukla, deprem yüklerinin kirişin olmadığı doğrultudaki asal eksen ( $\beta_{cr} = 90^\circ$ ,  $270^\circ$ ) ve



bu eksene  $\pm 10^\circ$  yakın olan ( $\beta_{cr} = 90^\circ \pm 10^\circ$  ve  $270^\circ \pm 10^\circ$ ) doğrultular arasından ve ayrıca, binaların plan köşegeni (diyagonal) doğrultularına yaklaşık  $10^\circ \sim 15^\circ$  yakın olan ( $\beta_{cr} = 30^\circ \sim 40^\circ$ ,  $140^\circ \sim 150^\circ$  ile  $\beta_{cr} = 210^\circ \sim 220^\circ$ ,  $320^\circ \sim 330^\circ$ ) doğrultular arasından etkimesi halinde oluşmaktadır.

11-c) Normal kuvvet düzeyleri diğer binalara göre yüksek olan çok katlı (beş katlı ve sekiz katlı) ve *kare planlı* binaların *kare* ve *dikdörtgen* enkesitli kolon plastik kesitlerindeki en elverişsiz plastik dönme taleplerinin ( $(\theta_{px})_{cr}$  ve  $(\theta_{py})_{cr}$ ), deprem yüklerinin binaların plan köşegeni (diyagonal) doğrultularından ( $\beta_{cr} = 45^\circ$ ,  $135^\circ$  ile  $\beta_{cr} = 225^\circ$ ,  $315^\circ$ ) etkimesi halinde olduğu belirlenmiştir. Bu binaların  $\theta_{px}$  ve  $\theta_{py}$  kolon plastik dönme taleplerinin her birinin  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi, plandaki her iki asal eksene göre simetrik veya antisimetrik olan üç katlı binalar için elde edilenlerle oldukça benzer olmasına karşın, özellikle kritik deprem doğrultularındaki  $(\theta_{px})_{cr}$  ve  $(\theta_{py})_{cr}$  taleplerinin normal kuvvetin artışına paralel olarak oldukça arttığı görülmüştür.

11-d) İncelenen betonarme binaların en alt kat kolonlarının alt uçlarında oluşan plastik kesitler için,  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultularındaki plastik dönme taleplerinin ( $(\theta_{px})_{cr}$  ve  $(\theta_{py})_{cr}$ ), asal eksen doğrultularından elde edilenlere göre önemli oranda değişim gösterebildiği, ayrıca enkesiti *dikdörtgen* olan kolon plastik kesitlerindeki değişimin, *kare* enkesitli olanlara göre daha fazla olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, normal kuvvet düzeyi düşük olan tek katlı binaların *kare* veya *dikdörtgen* enkesitli kolon plastik kesitlerinde, kritik deprem doğrultularından ve asal eksen doğrultularından elde edilen  $\theta_{px}$  ve  $\theta_{py}$  kolon plastik dönme talepleri arasındaki rölatif farklara ait oran çok büyük olmasına karşın, normal kuvvet düzeyi arttıkça bu farkın azaldığı görülmüştür.

- 12) Sayısal incelemeler kapsamında, bileşik eğik eğilme etkisindeki kolonların plastik eğrilik ( $\chi_{px}$  ve  $\chi_{py}$ ) taleplerinin belirlenmesinde, Priestley ve diğ. (1996)'daki  $L_p$  plastik mafsal boyu (plastik bölge uzunluğu) bağıntısının kullanıldığı bir yaklaşımdan yararlanılmıştır. Bu yaklaşımda, ilgili deprem doğrultusunda tepe yerdeğiştirmesi talebine ulaşmış binanın kolonlarının alt ve üst kesitlerindeki iç kuvvet taleplerinden ( $M_x^{alt}$ ,  $M_x^{üst}$ ,  $M_y^{alt}$  ve  $M_y^{üst}$ ) yararlanılarak, kolonlardaki eğilme momentlerinin sıfır olduğu kesitler belirlenmekte ve bunlara bağılı olarak  $L_x$  ve  $L_y$  boyları elde edilmektedir. Daha sonra, Priestley ve diğ. (1996)'da önerilen bağıntıdan yararlanılarak kolon plastik kesitlerdeki  $L_{px}$  ve  $L_{py}$  plastik mafsal boyları birbirinden bağımsız olarak belirlenmektedir.

YKY ile belirlenen tepe yerdeğiştirmesi taleplerine ulaşmış betonarme binaların en alt kat kolonlarının alt uçlarında oluşan plastik kesitlerdeki  $L_{px}$  ve  $L_{py}$  plastik mafsal boylarının  $\beta = 0^\circ \sim 360^\circ$  arasında gözönüne alınan  $\beta$  deprem doğrultuları ile değışimi incelendiğinde;

12-a) Enkesitleri aynı olan kolon plastik kesitleri için  $L_{px}$  ve  $L_{py}$  plastik mafsal boylarının  $\beta$  deprem doğrultusu ile değışimi, genellikle benzer davranış göstermektedir.

12-b) Binaların kolon plastik kesitlerindeki en elverişsiz  $L_{px}$  ve  $L_{py}$  plastik mafsal boylarının, deprem yüklerinin binaların plandaki asal eksen (X ve Y) doğrultularından etkimesi halinde olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, deprem yüklerinin binaların plandaki asal eksen doğrultularına  $\pm 30^\circ \sim \pm 40^\circ$  farklı olan doğrultular arasından etkimesi halinde, en elverişsiz plastik mafsal boylarına ona çok yakın değerlerin de  $[(0.95 \sim 1.00)(L_{px})_{cr}]$  ve  $[(0.95 \sim 1.00)(L_{py})_{cr}]$  elde edildiği görülmüştür.

ASCE 41-06'da çok doğrultulu deprem etkisinin incelenmesi zorunlu olan binaları temsil eden, sadece tek doğrultuda kirişlerle birleşen kolonları bulunan betonarme binaların en alt kat kolonlarının alt uçlarındaki plastik kesitlerde,  $L_{px}$  ve  $L_{py}$  plastik mafsal boylarının  $\beta$  deprem doğrultuları ile değışimini gösteren eğrinin, incelenen diğer binalardakilere benzer şekilde olduğu, ancak  $\beta_{cr}$  kritik deprem

doğrultularının farklı olduğu belirlenmiştir. Buna göre, kolon plastik kesitleri için plastik mafsal boylarına ait en elverişsiz ve ona çok yakın değerler  $[(0.95\sim 1.00)(L_{px})_{cr}$  ve  $(0.95\sim 1.00)(L_{py})_{cr}]$ ,

– Kirişin olmadığı doğrultuya paralel olan kolon eksenindeki plastik mafsal boyları  $(L_{px})$  için, deprem yüklerinin binaların plandaki asal eksen doğrultuları ile plan köşegeni doğrultuları arasından  $(\beta_{cr} = 0^\circ \pm 26.6^\circ$  ile  $\beta_{cr} = 180^\circ \pm 26.6^\circ)$  etkimesi halinde oluşmaktadır.

– Kirişin olmadığı doğrultuya dik olan kolon eksenindeki plastik mafsal boyları  $(L_{py})$  için, deprem yüklerinin binaların plandaki asal eksen doğrultuları ile bu doğrultulara  $\pm 50^\circ$  farklı olan  $(\beta_{cr} = 90^\circ \pm 40^\circ$  ve  $270^\circ \pm 320^\circ)$  doğrultular arasından etkimesi halinde oluşmaktadır.

12-c) Çalışmada ayrıca, incelenen binaların plandaki asal eksen (X ve Y) doğrultularındaki şekildeğiştirme esaslı doğrusal olmayan statik analiz sonuçlarından yararlanılarak, detayları Bölüm 3.3.2’de verilen plastik mafsal boyu yaklaşımından elde edilen değerler ile birçok ülke yönetmeliğinde öngörülen etkin (çalışan doğrultudaki) enkesit boyutlarının yarısının  $(0.5h$  veya  $0.5b)$  alındığı yaklaşımdan elde edilen değerler karşılaştırılmış ve plastik mafsal boyu ile ilgili literatürdeki deneysel sonuçlar da gözönüne alınarak değerlendirilmiştir.

Buna göre, depremin binaların asal eksen doğrultularından etkimesi halinde, kolonun etkin (çalışan) enkesit boyutu  $(h$  veya  $b)$  esas alınarak hesaplanan  $L_p$  boylarının;

- *Kare enkesitli kolon plastik kesitlerinde,*

$$b = h \text{ için : } (0.57 \sim 0.95) h \quad (0.57h \leq L_p \leq 0.95h) \text{ olduğu,}$$

- *Dikdörtgen enkesitli kolon plastik kesitlerinde ise,*

– Deprem, kolonun uzun kenarı doğrultusundan etkidiğinde,

$$h > b \text{ için : } (0.47 \sim 0.74) h \quad (0.47h \leq L_p \leq 0.74h) \text{ ve}$$

$$b > h \text{ için : } (0.47 \sim 0.74) b \quad (0.47b \leq L_p \leq 0.74b) \text{ olduğu,}$$

– Deprem, kolonun kısa kenarı doğrultusundan etkidiğinde,

$$h < b \text{ için : } (0.78 \sim 1.31) h \quad (0.78h \leq L_p \leq 1.31h) \text{ ve}$$

$$b < h \text{ için : } (0.78 \sim 1.31) b \quad (0.78b \leq L_p \leq 1.31b) \text{ olduğu}$$

belirlenmiştir.

İncelenen betonarme binaların *kare enkesitli* kolon plastik kesitlerinde ve ayrıca, depremin kolon enkesitinin uzun kenarı doğrultusundan etkidiği (uzun kenarı etkin olan kolonlarda) *dikdörtgen enkesitli* kolon plastik kesitlerinde, Priestley ve diğ. (1996)'deki yaklaşım esas alınarak hesaplanan  $L_p$  plastik mafsal boylarının, etkin enkesit boyutunun yarısı yaklaşımından ( $h \geq b$  için  $0.5h$  ve  $b \geq h$  için  $0.5b$ ) elde edilenlere göre genellikle daha fazla olduğu, ancak kesitin etkin enkesit boyutunu ( $h$  veya  $b$ ) aşmadığı (yani,  $h \geq b$  için  $0.5h \leq L_{px} \leq h$  ve  $b \geq h$  için  $0.5b \leq L_{py} \leq b$  olduğu) belirlenmiştir. Buna karşın, depremin kolon enkesitinin kısa kenarı doğrultusundan etkidiği (kısa kenarı etkin olan) *dikdörtgen enkesitli* 59 kolon plastik kesitin 51'inde (%86'sında) hesaplanan  $L_p$  plastik mafsal boyunun etkin enkesit boyutundan ( $h$  veya  $b$ ) daha fazla olduğu ( $L_{px} > h$  veya  $L_{py} > b$ ) belirlenmiştir.

İncelenen betonarme binaların en alt kat kolonlarının alt uçlarındaki plastik kesitler için elde edilen bu sonucun, literatürde plastik mafsal boyu ile ilgili yapılan deneysel çalışmalarda,  $h \geq b$  ve  $h$  etkin enkesit boyutu olmak üzere,  $L_p = 0.5h$ 'nin kolonlarda plastik şekildeğiştirmelerin başladığı akma durumu için geçerli olduğu ve ileri plastik şekildeğiştirme durumu için plastik mafsal boyunun  $L_p = 0.5h \sim h$  arasında elde edildiği sonucuyla da uyumlu olduğu görülmüştür.

### **C Grubu Sonuçlar:**

- 13) Çalışma kapsamında incelenen betonarme binaların en alt kolonlarının alt uçlarının her birinde oluşan plastik kesitlerde (plastik mafsallarda)  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultularındaki en elverişsiz  $\mathcal{E}_{c maks.}$  ve  $\mathcal{E}_{s maks.}$  birim boy değişmesi taleplerinin, binaların plandaki asal eksen doğrultuları için hesaplanan değerlerine göre daha büyük olduğu görülmüştür. Binaların  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultularındaki en elverişsiz  $\mathcal{E}_{c maks.}$  ve  $\mathcal{E}_{s maks.}$  birim boy değişmesi taleplerinin, plandaki asal eksen doğrultularından elde edilen değerlerine göre hesaplanan rölatif farkların (%) ve değişim oranlarının,

$\mathcal{E}_{c maks.}$  için ; en az (minimum) **%55.0 (1.550)** oranında arttığı,  
en çok (maksimum) **%253.7 (3.537)** oranında arttığı,

$\epsilon_{s \text{ maks.}}$  için ; en az (minimum) **%12.6 (1.126)** oranında arttığı,  
en çok (maksimum) **%248.9 (3.489)** oranında arttığı  
belirlenmiştir.

İncelenen betonarme binaların kolon plastik kesitlerdeki  $\epsilon_{c \text{ maks.}}$  ve  $\epsilon_{s \text{ maks.}}$  birim boy değişmesi talepleri için belirlenen artış oranları dikkate alındığında, binaların sadece asal eksen (X ve Y) doğrultuları için yapılacak doğrusal olmayan statik analizlerden elde edilen plastik şekil değiştirme taleplerinin önemli ölçüde güvensiz tarafta kaldığı belirlenmiştir. Bu nedenle, deprem yüklerinin doğrultu etkisi nedeniyle binaların plastik kesitlerinde oluşacak en elverişsiz plastik şekil değiştirme talepleri ve dolayısıyla bunları veren kritik deprem doğrultularının belirlenebilmesi amacıyla, plandaki asal eksen doğrultularında yapılacak analizlerin yeterli olmadığı, ayrıca asal eksenlerden farklı çok sayıda deprem doğrultusu için de araştırma yapılmasının gerekli olduğu belirlenmiştir.

- 14) Deprem yüklerinin binaların plandaki asal eksen (X veya Y) doğrultularından etkimesi halinde, incelenen betonarme binaların en alt kat kolonlarının alt uçlarında oluşan plastik kesitlerdeki tüm plastik dönme taleplerinin ( $\theta_{px}$  veya  $\theta_{py}$ ) birbirine yakın mertebelerde olduğu belirlenmiştir. Binaların kolon plastik kesitlerinde elde edilen plastik dönme talepleri, FEMA 356, ASCE 41-06, Eurocode-8 vb. yönetmelikler esas alınarak değerlendirildiğinde, *Hemen Kullanım* ile *Can Güvenliği* arasındaki performans düzeyi elde edilmektedir. Buna karşın, binaların plandaki asal eksen doğrultuları ile  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultuları için elde edilen  $\epsilon_{c \text{ maks.}}$  ve  $\epsilon_{s \text{ maks.}}$  birim boy değişmesi talepleri arasındaki farkların 13. madde’de belirtildiği gibi çok büyük olduğu ve yapısal değerlendirmeyi değiştirebileceği görülmüştür. Kolon plastik kesitlerindeki birim boy değişmesi talepleri için oluşan bu büyük farkın, kolonlardaki iç kuvvet ve/veya şekil değiştirme talepleri arasındaki etkileşimden kaynaklandığı düşünülmektedir.

### D Grubu Sonuçlar:

Sayısal incelemeler kapsamında ele alınan betonarme binaların plandaki asal eksen (X ve Y) doğrultuları ve  $\beta_{cr}$  kritik deprem doğrultuları için yapılan şekildeğiştirme esaslı doğrusal olmayan statik analizlerinden elde edilen sonuçlar ışığı altında, deprem yüklerinin doğrultu etkisi nedeniyle binaların kolon plastik kesitlerinde oluşacak en elverişsiz  $\mathcal{E}_{c maks.}$  ve  $\mathcal{E}_{s maks.}$  birim boy değişmesi taleplerinin oldukça yaklaşık ve pratik olarak belirlenebilmesi amacıyla bir büyütme kuralı önerilmiştir. Önerilen büyütme kuralı ile binaların kolon plastik kesitlerindeki en elverişsiz  $\mathcal{E}_{c maks.}$  ve  $\mathcal{E}_{s maks.}$  birim boy değişmesi talepleri, plandaki asal eksen doğrultularındaki doğrusal olmayan statik analizlerden elde edilen  $\chi_T$  toplam eğrilik talebi,  $N$  normal kuvvet talebi ve enkesit geometrisine bağlı olarak belirlenen bir  $\alpha$  açısı altındaki kesit analizi ile oldukça yaklaşık elde edilebilmektedir. Böylece, kolon plastik kesitlerinde oluşan iç kuvvetler ( $M_x$ ,  $M_y$  ve  $N$ ) arasındaki etkileşim gözönüne alınmaktadır.

- 15) İncelenen on yedi adet betonarme binanın en alt kat kolonlarının alt uçlarında oluşan 134 (yüz otuz dört) plastik kesit için, önerilen büyütme kuralından elde edilen  $(\mathcal{E}_{c maks.})_b$  ve  $(\mathcal{E}_{s maks.})_b$  birim boy değişmesi talepleri, kritik deprem doğrultularındaki  $(\mathcal{E}_{c maks.})_{cr}$  ve  $(\mathcal{E}_{s maks.})_{cr}$  değerler referans alınarak karşılaştırılmış ve önerilen büyütme kuralının hata oranı belirlenerek kullanılabilirliği ve yaklaşıklığı değerlendirilmiştir.

Buna göre, önerilen büyütme kuralı ile kolon plastik kesitlerindeki en elverişsiz birim boy değişmesi talepleri,  $\mathcal{E}_{c maks.}$  için **-%19.34** ile **+%28.56** ve  $\mathcal{E}_{s maks.}$  için **-%36.70** ile **+%23.39** arasında değişen *rölatif farklarla* (hata ile) belirlenmektedir. Bununla birlikte, kolon plastik kesitlerindeki en elverişsiz birim boy değişmesi talepleri, önerilen büyütme kuralı ile  $\mathcal{E}_{c maks.}$  için en çok **%8.67**,  $\mathcal{E}_{s maks.}$  için en çok **%14.96** *mutlak ortalama rölatif fark* ile belirlenebilmektedir. Ayrıca, incelenen binalarda önerilen büyütme kuralı için hesaplanan en büyük (maksimum) *hata oranı*,  $\mathcal{E}_{c maks.}$  için **%2.09**,  $\mathcal{E}_{s maks.}$  için **%3.74** olarak elde edilmektedir.

Bu sonuçlara göre, önerilen büyütme kuralı için hesaplanan *rölatif fark* ve *hata oranları* dikkate alındığında, kolon plastik kesitlerindeki en elverişsiz birim boy değişmesi taleplerinin önerilen büyütme kuralı ile oldukça yaklaşık belirlenebildiği ve dolayısıyla, pratik uygulamalar için yeterli sayılabilecek yaklaşıklıkta olduğu düşünülmektedir. Ayrıca, önerilen büyütme kuralı için hesaplanan farkların, binaların performans dayalı tasarımı ve değerlendirilmesi kapsamında, yapısal değerlendirmeyi değiştirmeyecek mertebede küçük olduğu sonucuna varılmıştır.

- 16) Deprem yüklerinin doğrultu etkisi nedeniyle binaların kolon plastik kesitlerinde oluşacak en elverişsiz birim boy değişmesi taleplerinin belirlenmesi amacıyla, binaların plandaki asal eksen (X ve Y) doğrultularının yanısıra çok sayıda deprem doğrultusu için şekildeğiştirme esaslı doğrusal olmayan statik analizlerin uygulanması, çok fazla işlem hacmi gerektirmekte ve oldukça zaman alıcı olmaktadır. Çalışma kapsamında, kolon plastik kesitlerindeki en elverişsiz  $(\mathcal{E}_c maks.)_{cr}$  ve  $(\mathcal{E}_s maks.)_{cr}$  birim boy değişmesi taleplerinin belirlenmesi amacıyla kritik deprem doğrultuları önerilmiştir. Ancak, herhangi bir ara  $\beta$  deprem doğrultusu için dahi hesaplar oldukça fazla zaman gerektirmektedir.

Çalışma kapsamında önerilen büyütme kuralı ile kolon plastik kesitlerindeki en elverişsiz birim boy değişmesi taleplerinin belirlenebilmesi için, doğrusal olmayan analizlerin binaların plandaki asal eksenlerinden farklı deprem doğrultuları için yapılmasına gerek kalmamakta, sadece asal eksen doğrultularında yapılması yeterli olmaktadır. Böylece, binaların doğrusal olmayan analiz ve değerlendirmeleri için gerekli işlem hacmi ve harcanacak zaman önemli ölçüde azalmaktadır. Ayrıca, önerilen büyütme kuralı ile kritik deprem doğrultularındaki en elverişsiz  $\mathcal{E}_c maks.$  ve  $\mathcal{E}_s maks.$  birim boy değişmesi talepleri, oldukça yaklaşık ve pratik bir şekilde belirlenebilmektedir.

Doktora Tezi kapsamında yapılan çalışmalar ışığı altında, binaların şekildeğiştirme esaslı doğrusal olmayan analizlerinde deprem yüklerinin doğrudu etkisinin incelenmesi ile ilgili olarak, çalışmanın devamı niteliğinde araştırılması gerektiği düşünülen ve yapılması planlanan çalışma konuları aşağıda özetlenmiştir.

- Çalışmada, deprem yüklerinin doğrudu etkisi nedeniyle sistem elemanlarındaki plastik şekildeğiştirme talepleri ile diğer yapısal davranış taleplerinin (Tepe yerdeğiştirmesi, Göreli kat ötelemesi, Plastik kesitlerin sistem üzerindeki dağılımları, vb.) en elverişsiz değerlerinin belirlenmesi için yapılan parametrik araştırmalar, planda ve düşeyde herhangi bir yapısal düzensizliği bulunmayan ve ortogonal akslı moment aktaran çerçevelerden oluşan betonarme binalar üzerinde yapılmıştır. Bu çalışmada önerilen doğrusal olmayan değerlendirme yaklaşımdan yararlanılarak, düzensiz, ortogonal akslara sahip olmayan ve perde çerçeve binalar üzerinde yapılacak incelemeler sonucunda önerilen kritik deprem doğrultularının ve büyütme kuralının geçerliliğinin araştırılması planlanmaktadır.
- Çalışmada, incelenen betonarme binaların kiriş ve kolon plastik kesitlerindeki akma (kırılma) koşullarının belirlenmesinde malzemenin *gerilme-şekildeğiştirme* bağıntısı, beton için *parabol+dikdörtgen*, beton çeliği için *ideal elastoplastik* olarak kabul edilmiştir. Binaların çok doğrudu deprem yükleri altındaki şekildeğiştirme esaslı doğrusal olmayan statik analizlerinde, kiriş ve kolonlardaki akma koşullarının belirlenmesinde betondaki sargı etkisinin ve donatıdaki pekleşme etkisinin de irdelenmesi gerektiği düşünülmektedir. Bunun yanısıra, plastik mafsal hipotezi altında plastik kesitlerde belirlenen birim boy değişmesi taleplerinin, “*Fiber*” modelleme gözönüne alınarak araştırılması düşünülmektedir.
- Çalışmada, çok doğrudu deprem yükleri altında betonarme binaların şekildeğiştirme esaslı yapısal davranış taleplerinin belirlenmesi amacıyla önerilen iki doğrudu doğrusal olmayan statik analiz yönteminde, kolon plastik kesitindeki  $\chi_a$  akma eğriliğinin hesabı, oldukça fazla işlem hacmi ve dolayısıyla zaman gerektirmektedir. Bunun için, akma eğriliklerinin pratik olarak hesaplanabilmesi için parametrik bir çalışma yapılması planlanmaktadır.



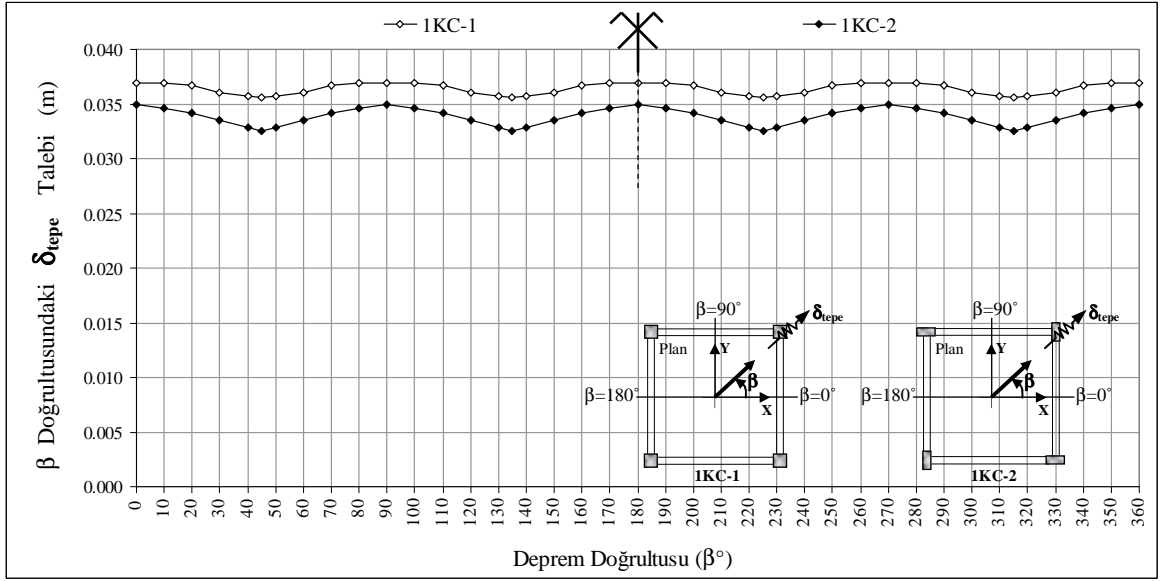
- Çalışma kapsamında ele alınan betonarme binaların çok doğrultulu deprem yükleri altında belirlenen en elverişsiz plastik şekildeğiştirme taleplerinin, farklı karakteristiklere sahip olan ivme kayıtlarının seçileceği zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemi ile de araştırılarak, sonuçların karşılaştırılması düşünülmektedir.
- Çalışmada kapsamında betonarme binalar üzerinde yapılan araştırmanın, çelik binalar üzerinde de yapılması gerektiği düşünülmektedir.
- Çalışmada kapsamında yapılan araştırmanın, birinci doğal titreşim modunun yanısıra, diğer titreşim modlarının da etkin olduğu betonarme binalar üzerinde araştırılması gerektiği düşünülmektedir.
- Çalışma kapsamında, bileşik eğik etkisindeki betonarme kolon plastik kesitlerindeki  $\chi_{px}$  ve  $\chi_{py}$  plastik eğrilik taleplerini elde etmek için, Priestley ve diğ. (1996)'daki  $L_p$  plastik mafsalsal boyu (plastik bölge uzunluğu) bağıntısının kullanıldığı bir yaklaşımdan yararlanılmıştır. Çalışmada geliştirilen plastik mafsalsal boyu yaklaşımı ile ilgili olarak, bileşik eğik eğilme durumunun oluştuğu betonarme kolonlar üzerinde deneysel çalışmaların yapılması ve elde edilen sonuçların karşılaştırılarak birlikte değerlendirilmesi düşünülmektedir.
- Betonarme binalar üzerinde yapılan araştırmanın, az katlı uzay çerçeve sistemler üzerinde deneysel olarak da yapılması düşünülmektedir. Böylece, bu çalışmada önerilen yaklaşım ile deneysel çalışmalardan elde edilecek sonuçların karşılaştırılarak değerlendirilmesi planlanmaktadır.

## EKLER

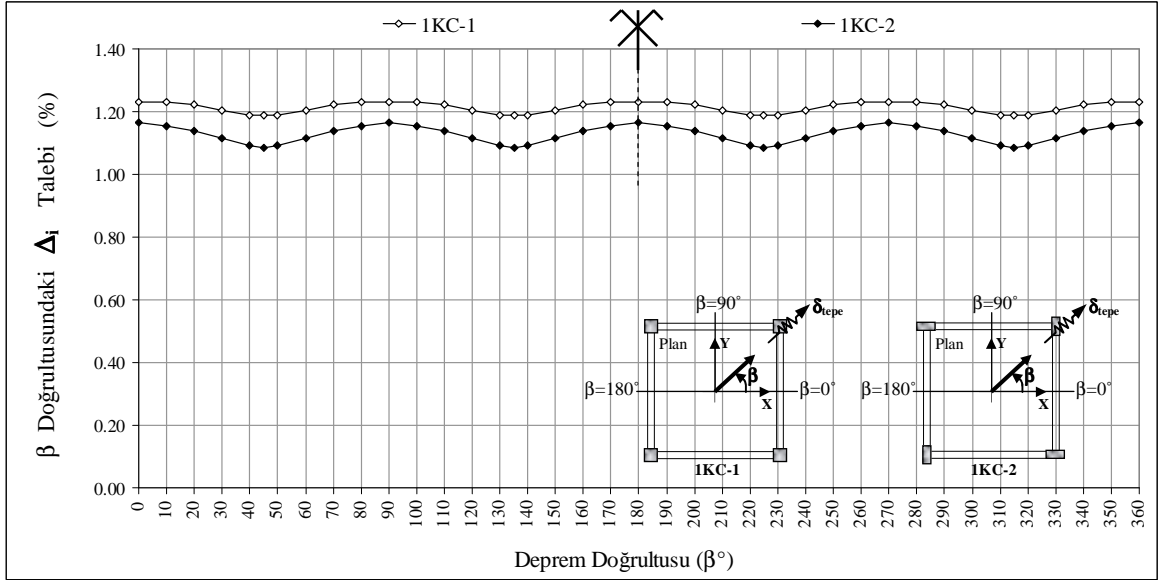
|  | <i>Sayfa No</i> |
|--|-----------------|
| <b>EK-A</b> : 1KC-1 ve 1KC-2 Betonarme Binaların $\beta = 0^\circ \sim 360^\circ$ Arasındaki Deprem Doğrultularında Elde Edilen Analiz Sonuçları | <b>359-365</b>  |
| <b>EK-B</b> : Binaların Kiriş Plastik Kesitlerindeki Plastik Dönme Taleplerinin Deprem Doğrultusu ile Değişimi                                   | <b>366-387</b>  |

**EK – A**

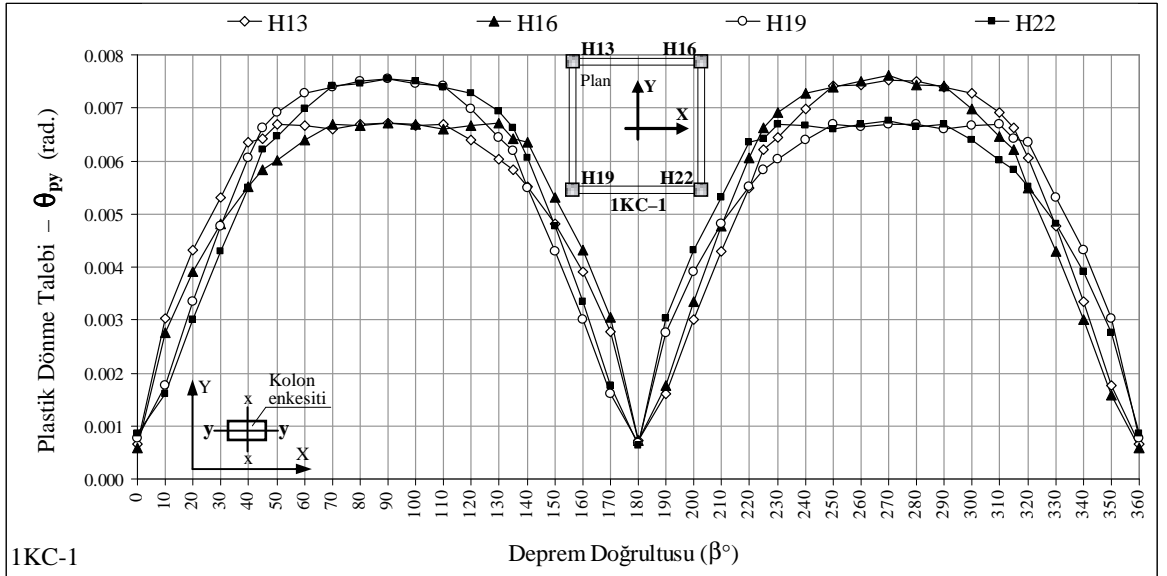
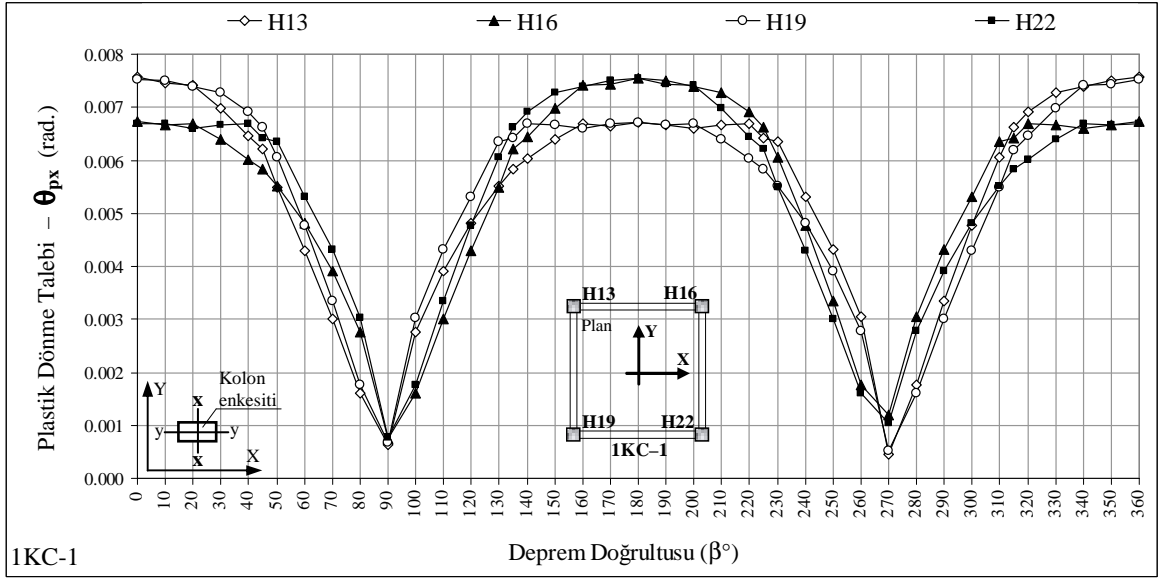
**1KC-1 ve 1KC-2 Betonarme Binaların  $\beta = 0^\circ \sim 360^\circ$  Arasındaki  
Deprem Doğrultularında Elde Edilen Analiz Sonuçları**



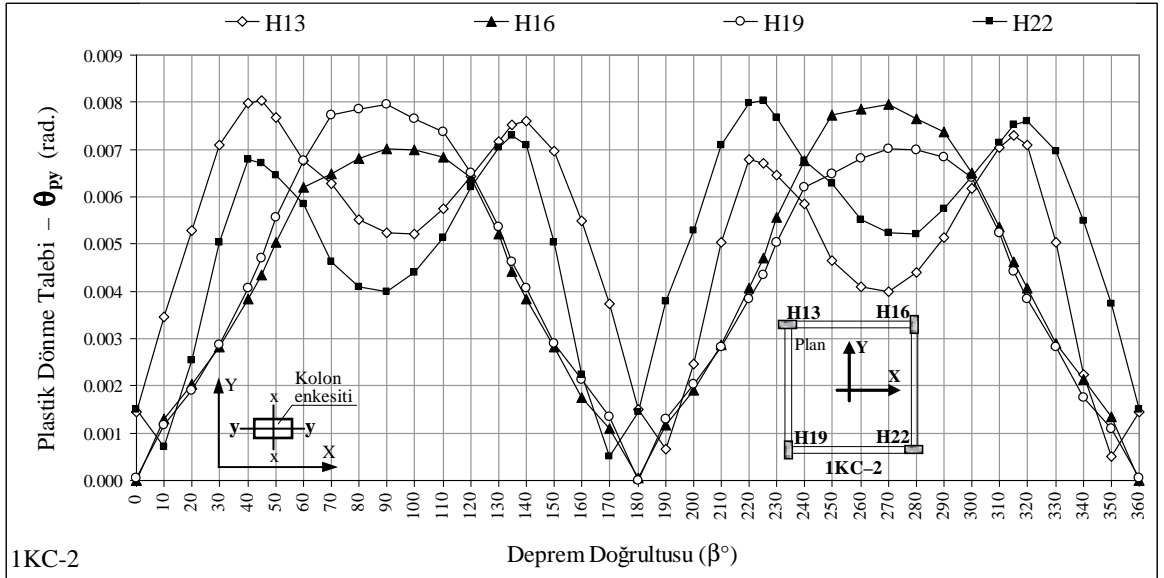
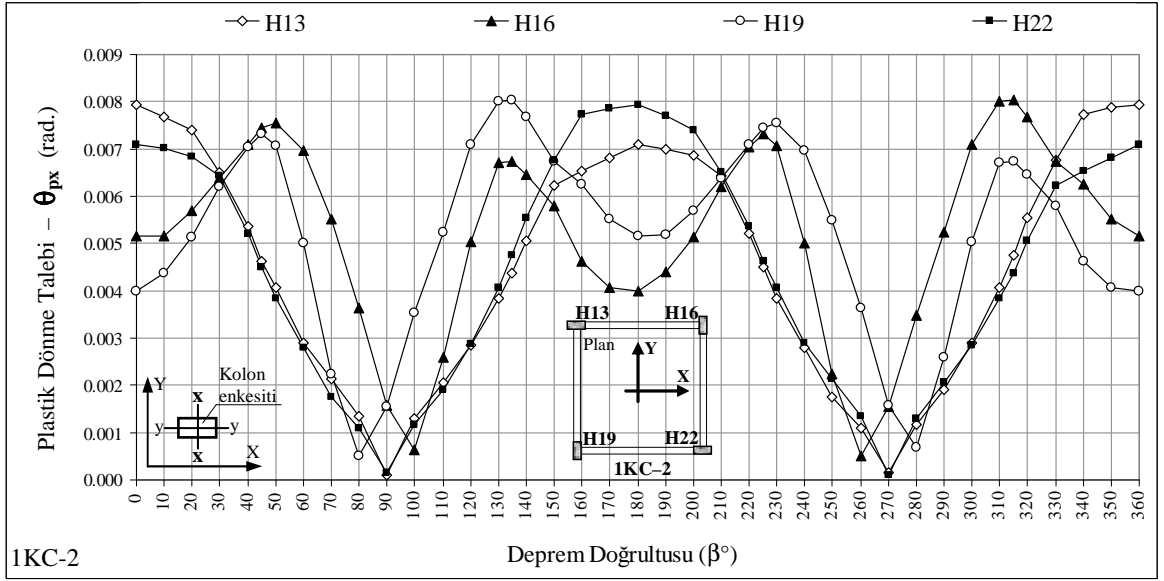
Şekil A.1 1KC-1 ve 1KC-2 binaların tepe (maksimum) yerdeğiştirmesi taleplerinin  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi



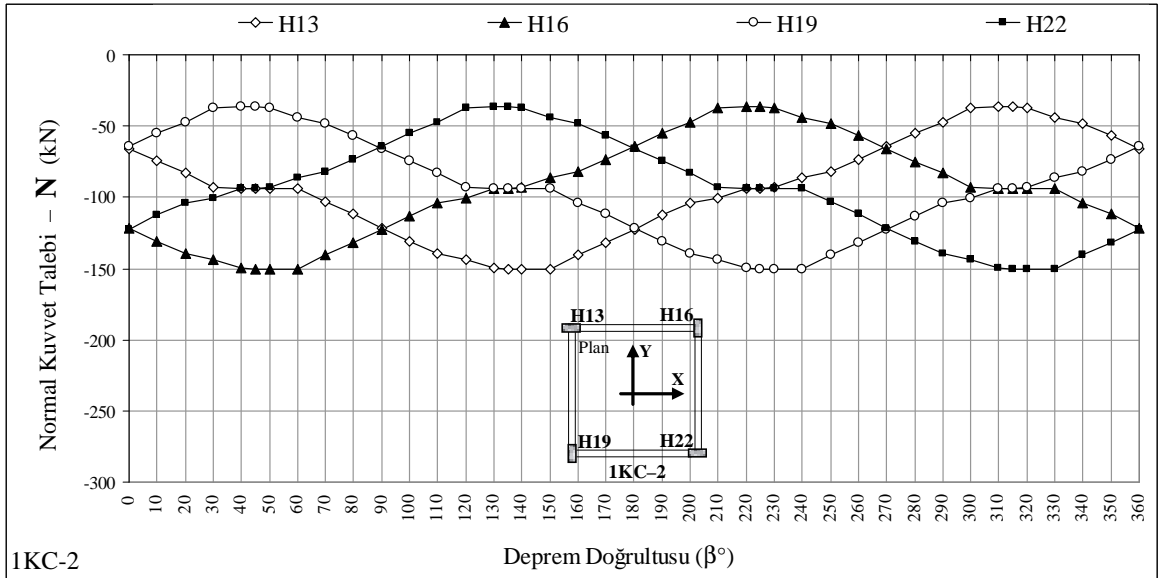
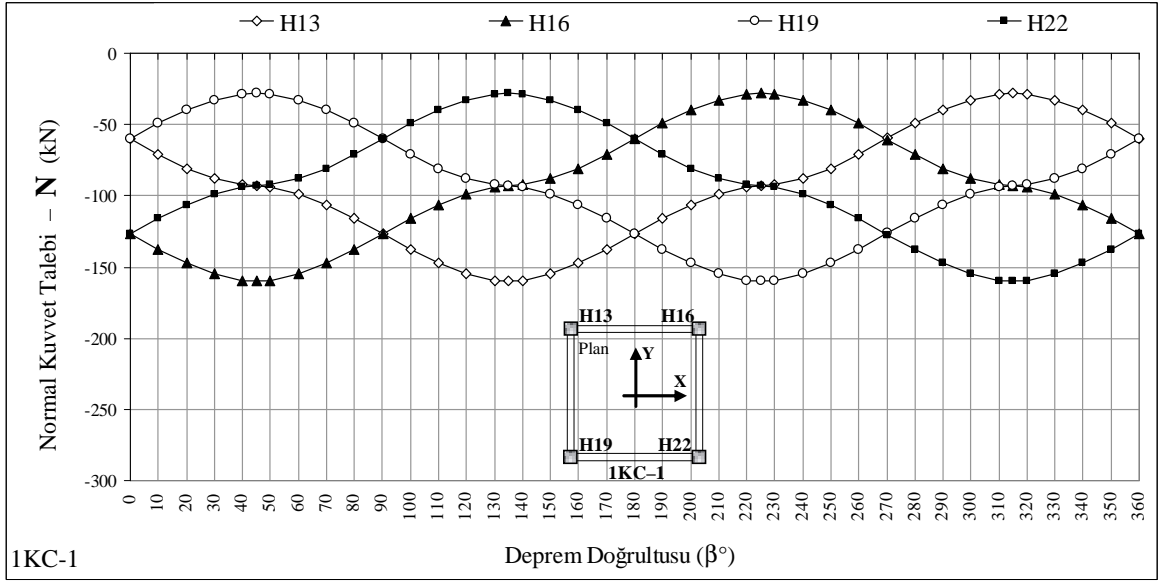
Şekil A.2 1KC-1 ve 1KC-2 binaların görel kat öteleme taleplerinin  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi



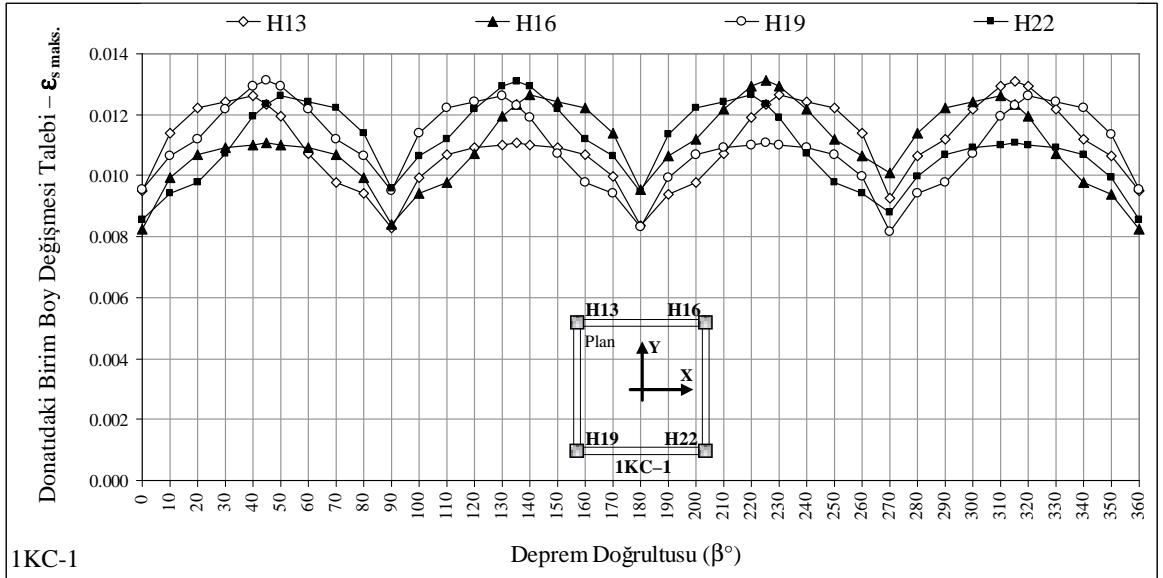
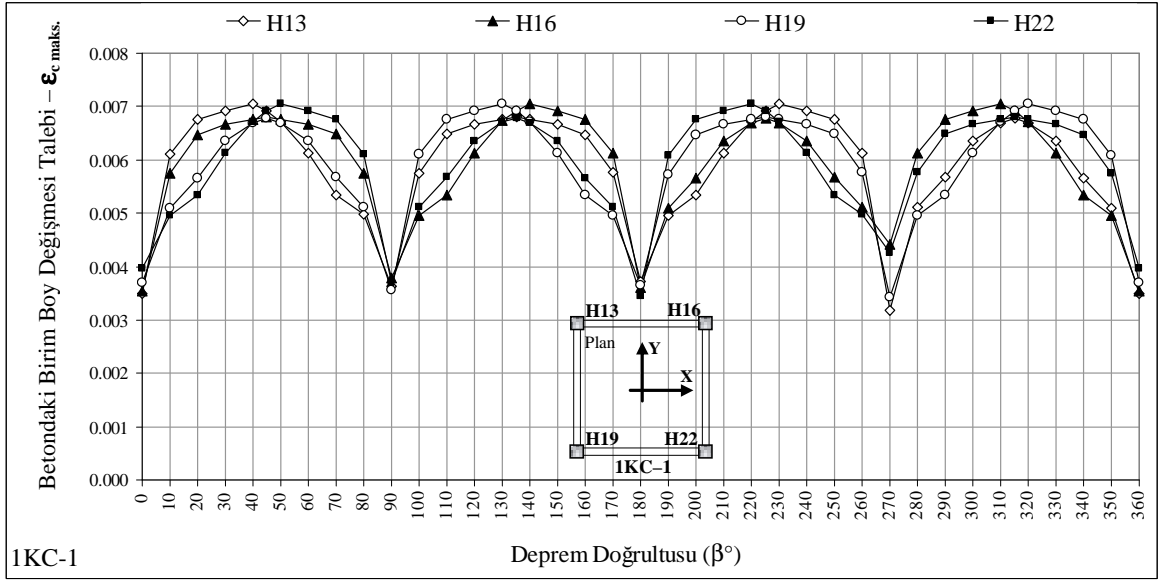
Şekil A.3 1KC-1 binadaki kolonların alt uçlarındaki plastik kesitlerde elde edilen  $\theta_{px}$  ve  $\theta_{py}$  plastik dönme taleplerinin  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi ( $\beta = 0^\circ \sim 360^\circ$ )



Şekil A.4 1KC-2 binadaki kolonların alt uçlarındaki plastik kesitlerde elde edilen  $\theta_{px}$  ve  $\theta_{py}$  plastik dönme taleplerinin  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi ( $\beta = 0^\circ \sim 360^\circ$ )

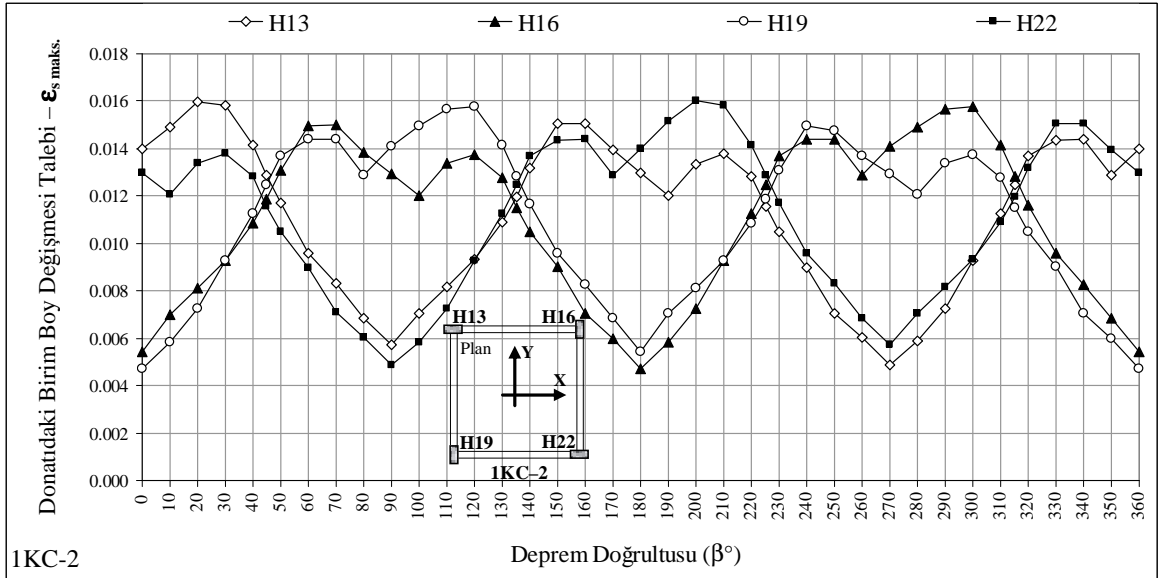
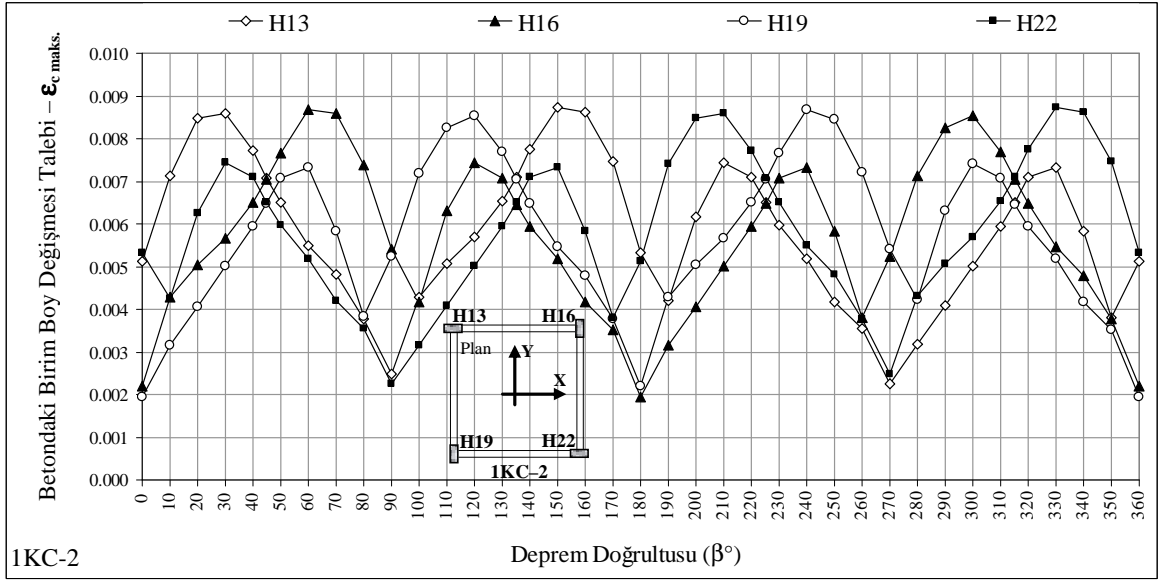


Şekil A.5 1KC-1 ve 1KC-1 binalardaki kolonların alt uçlarındaki plastik kesitlerde elde edilen  $N$  normal kuvvet taleplerinin  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi ( $\beta = 0^\circ \sim 360^\circ$ )



Şekil A.6 1KC-1 binadaki kolonların alt uçlarındaki plastik kesitlerde elde edilen  $\epsilon_{c \text{ maks.}}$  ve  $\epsilon_{s \text{ maks.}}$  birim boy değişmesi taleplerinin  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi ( $\beta = 0^\circ \sim 360^\circ$ )

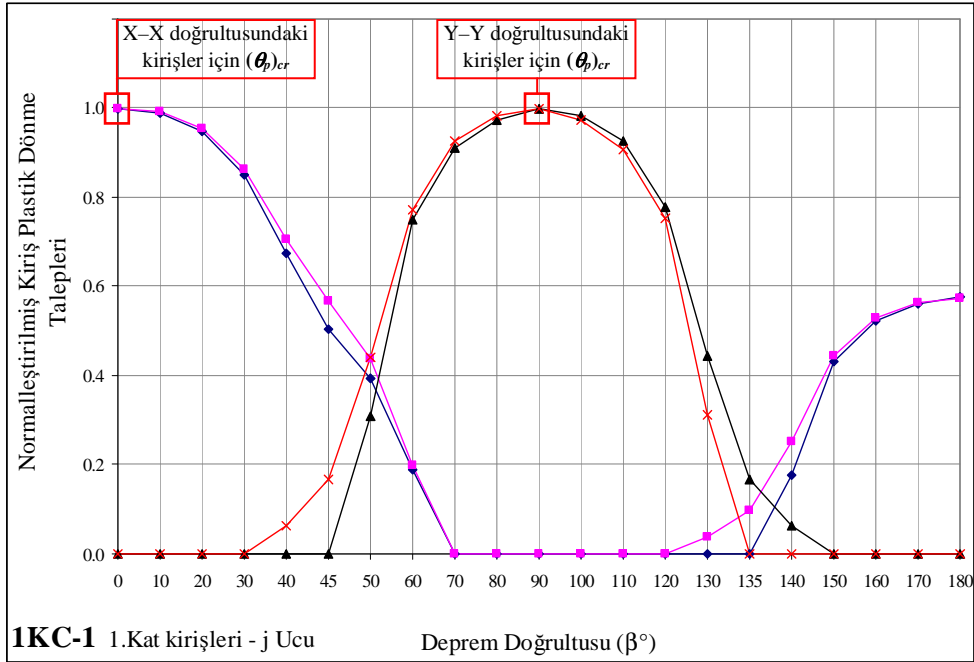
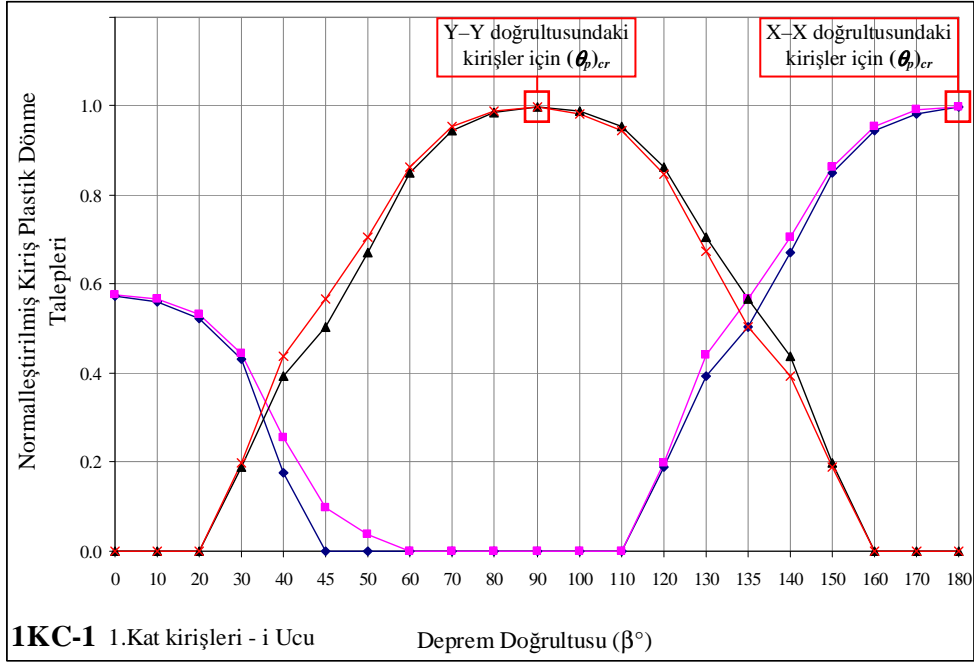
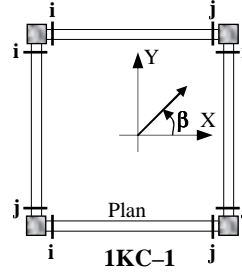




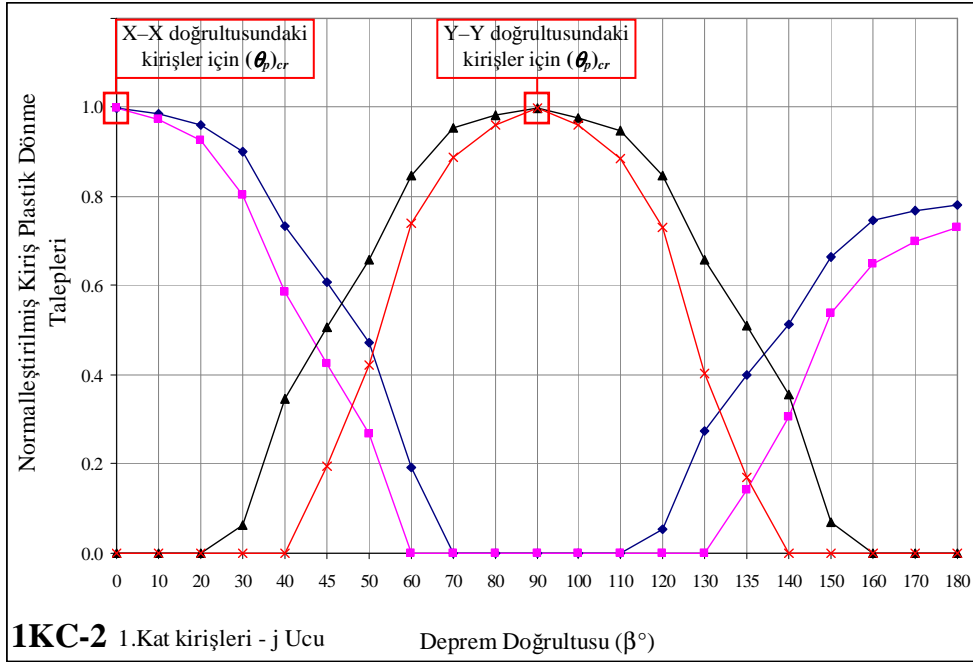
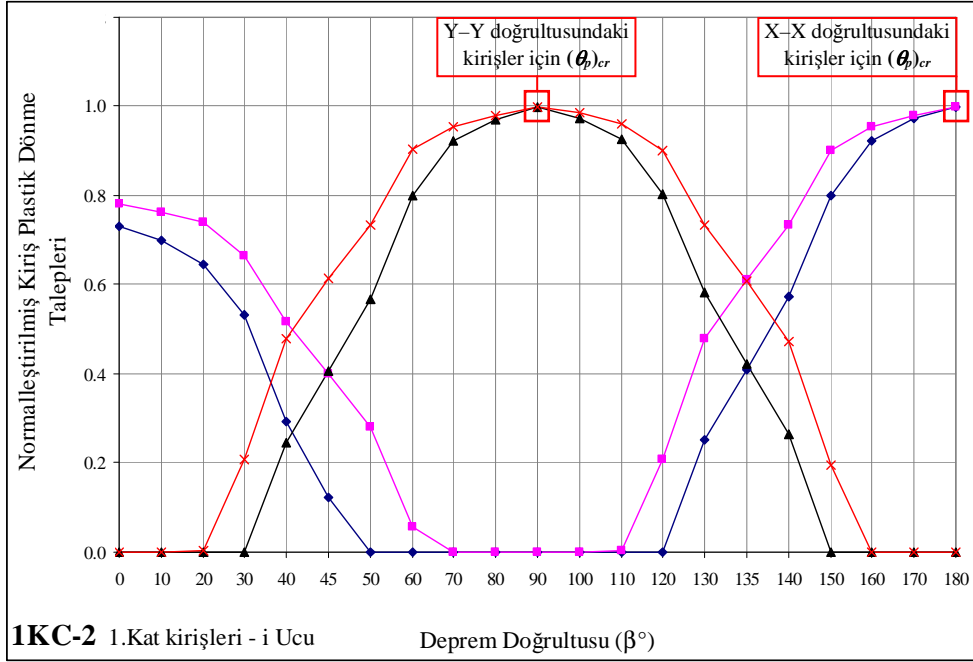
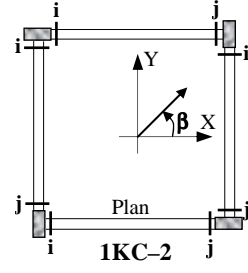
Şekil A.7 1KC-2 binadaki kolonların alt uçlarındaki plastik kesitlerde elde edilen  $\epsilon_{c \text{ maks.}}$  ve  $\epsilon_{s \text{ maks.}}$  birim boy değişmesi taleplerinin  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi ( $\beta = 0^\circ \sim 360^\circ$ )

**EK – B**

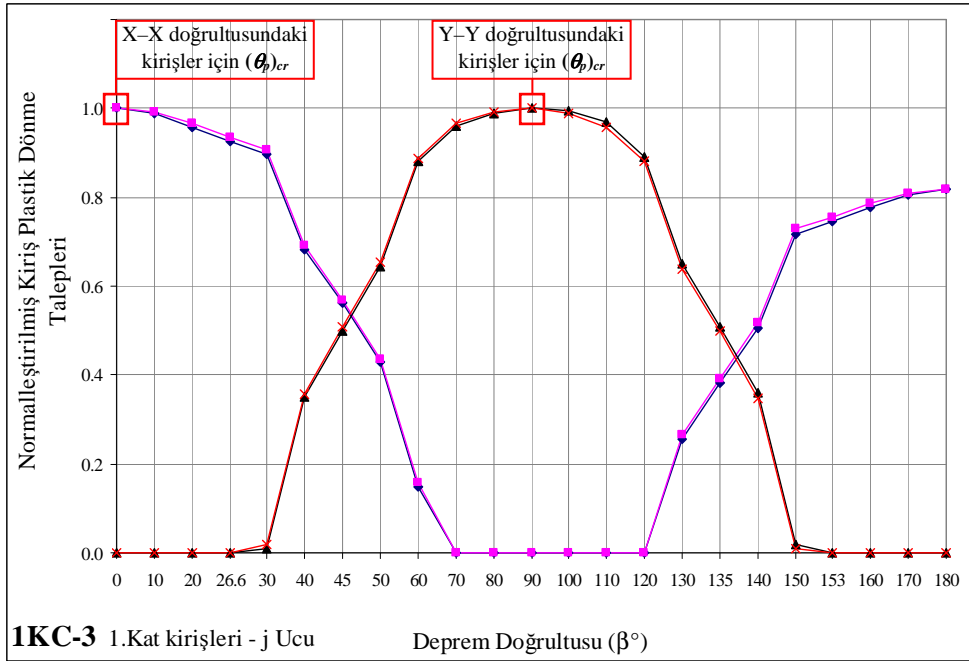
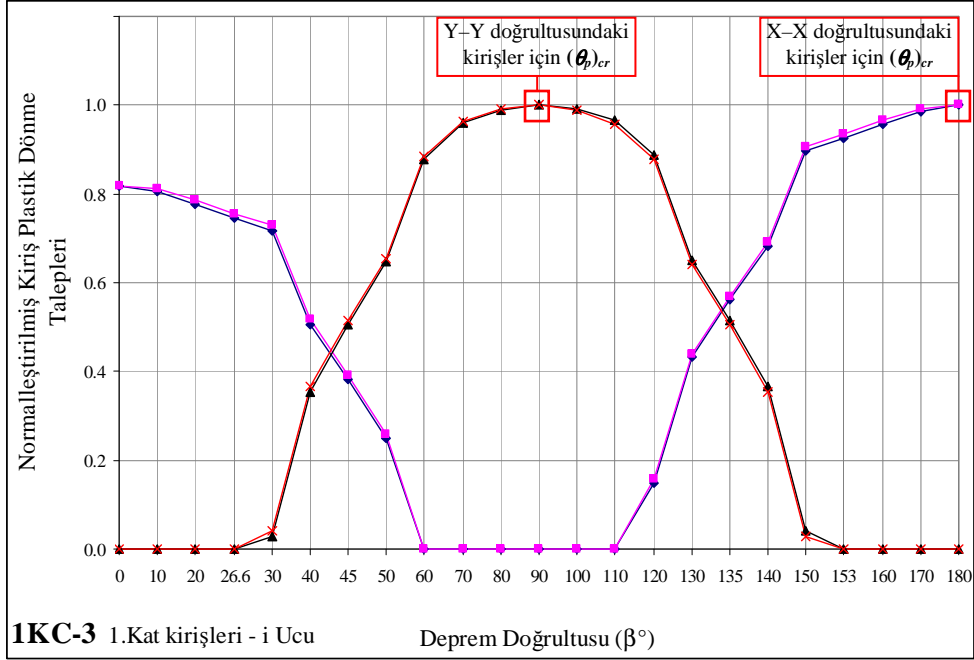
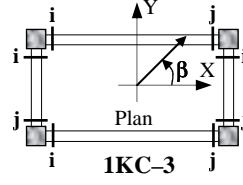
**Binaların Kiriş Plastik Kesitlerindeki Plastik Dönme Taleplerinin  
Deprem Doğrultusu ile Değişimi**



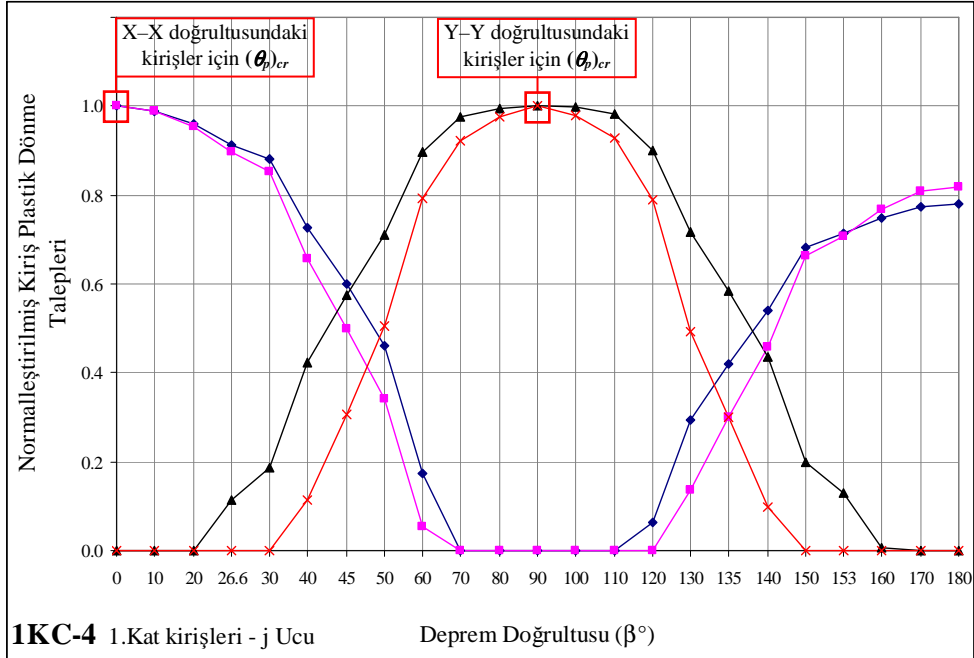
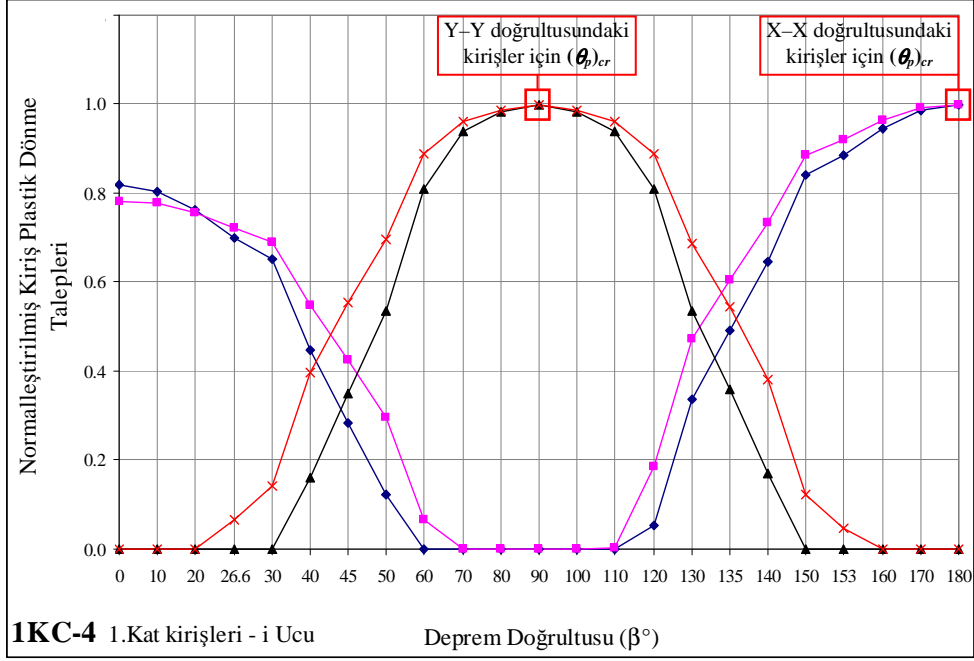
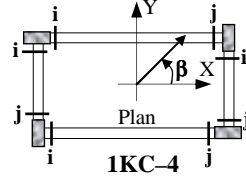
Şekil B.1 1KC-1 bina için kiriş plastik dönme taleplerinin  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi



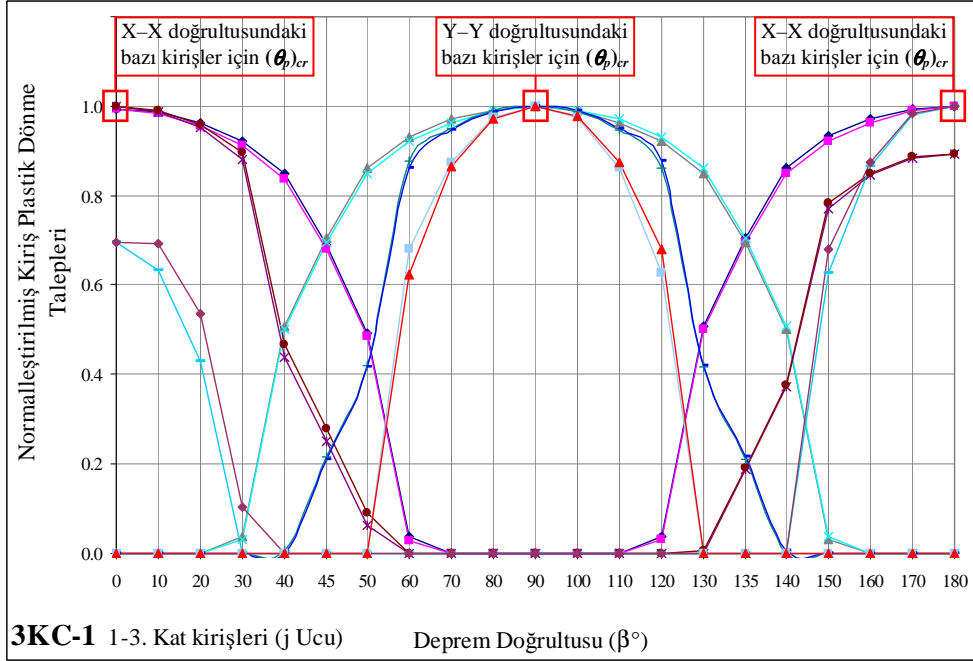
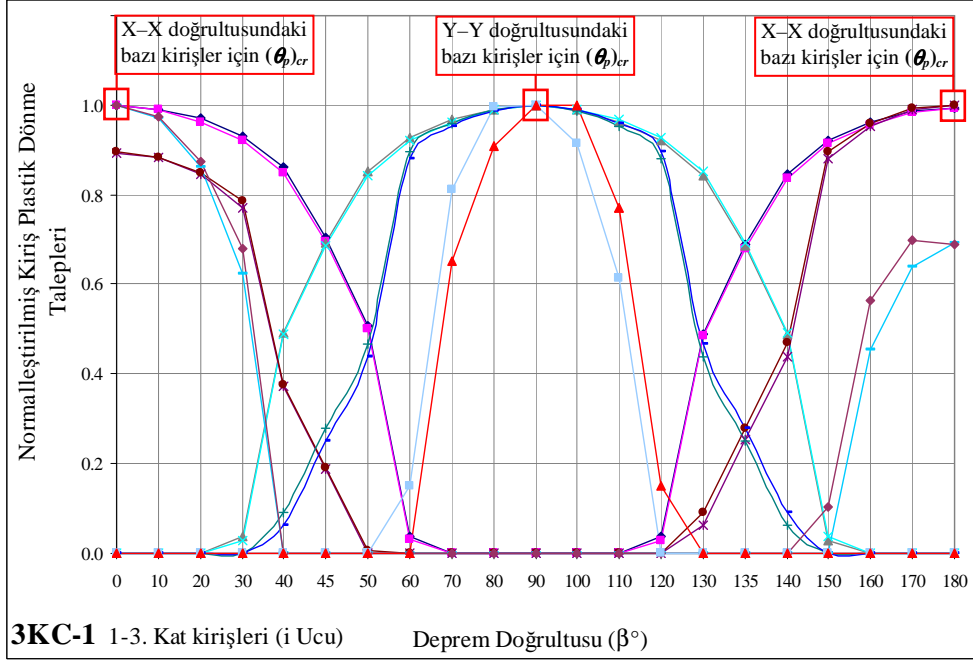
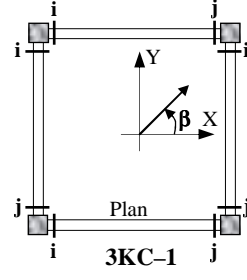
Şekil B.2 1KC-2 bina için kiriş plastik dönme taleplerinin  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi



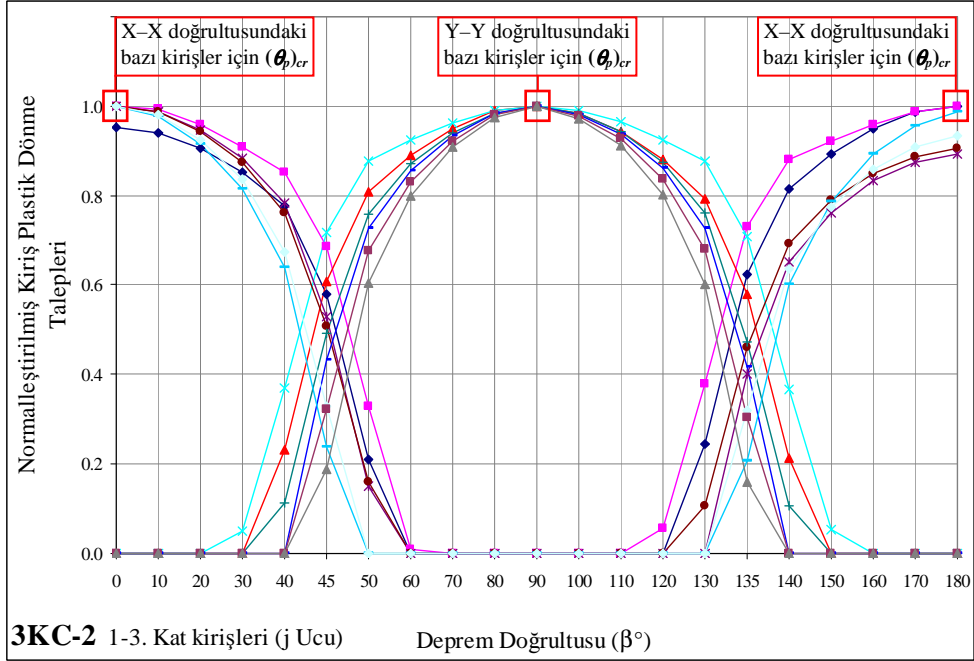
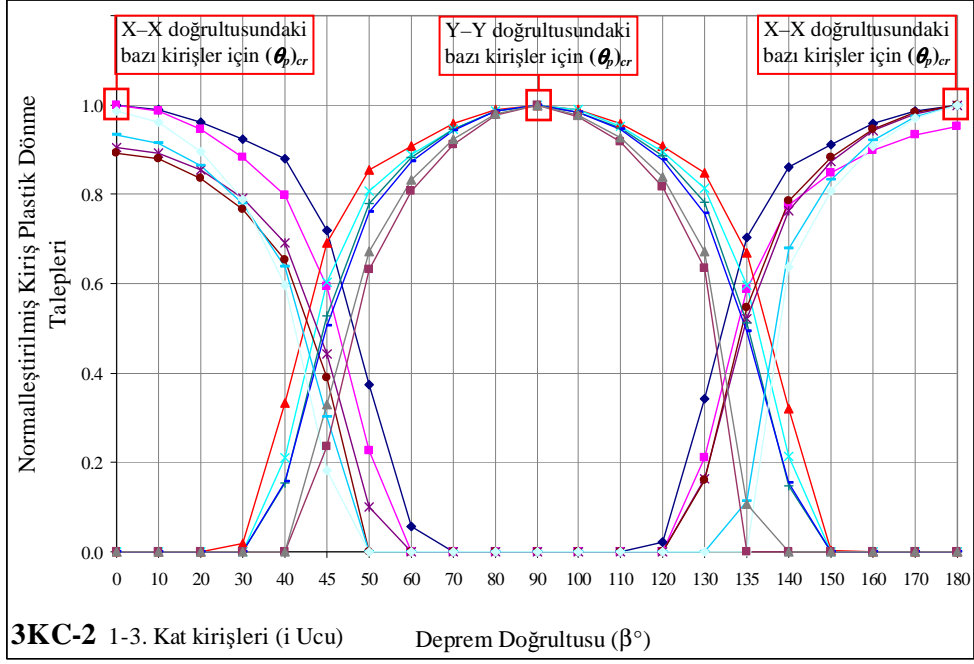
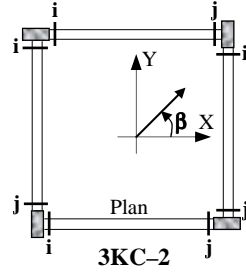
Şekil B.3 1KC-3 bina için kiriş plastik dönme taleplerinin  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi



Şekil B.4 1KC-4 bina için kiriş plastik dönme taleplerinin  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi

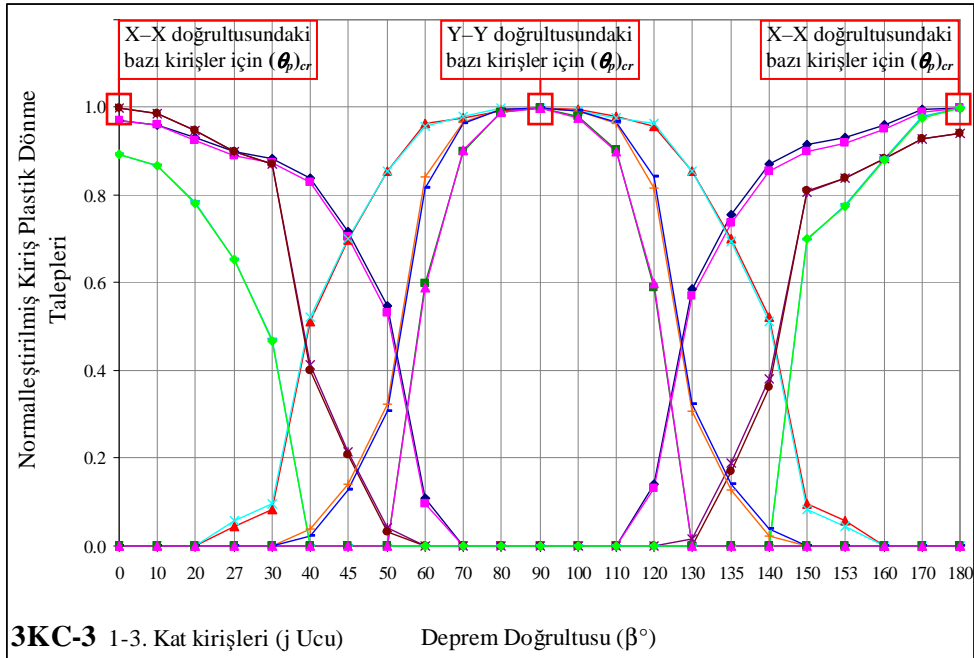
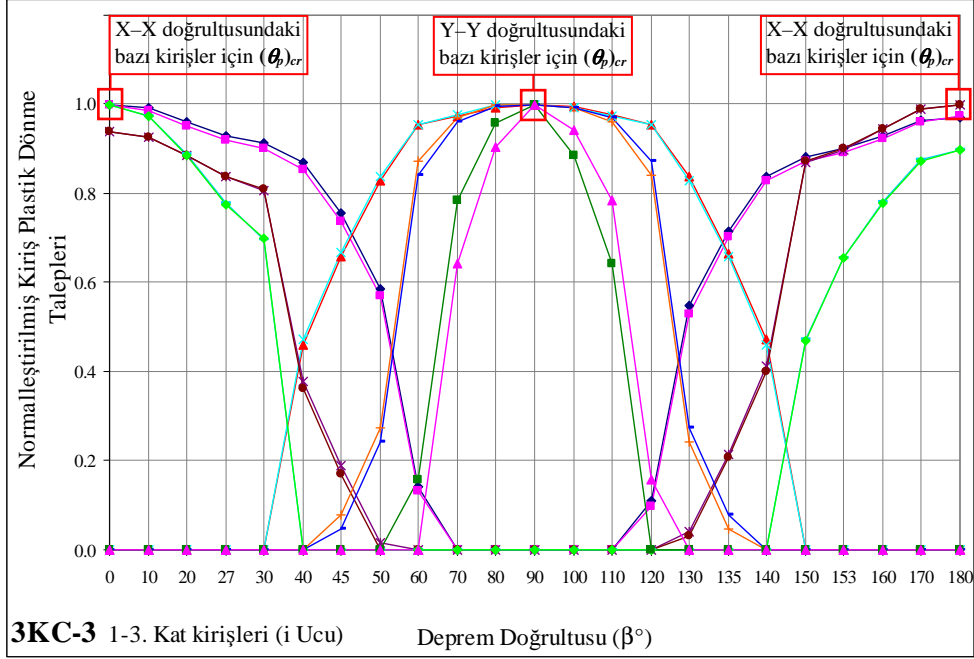
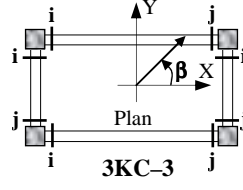


Şekil B.5 3KC-1 bina için kiriş plastik dönme taleplerinin  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi

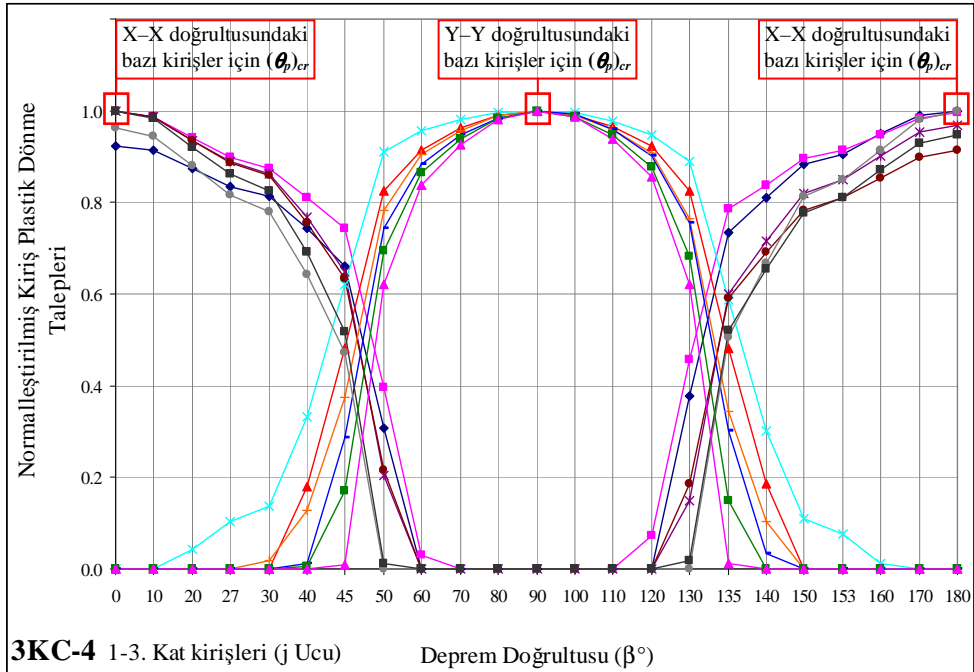
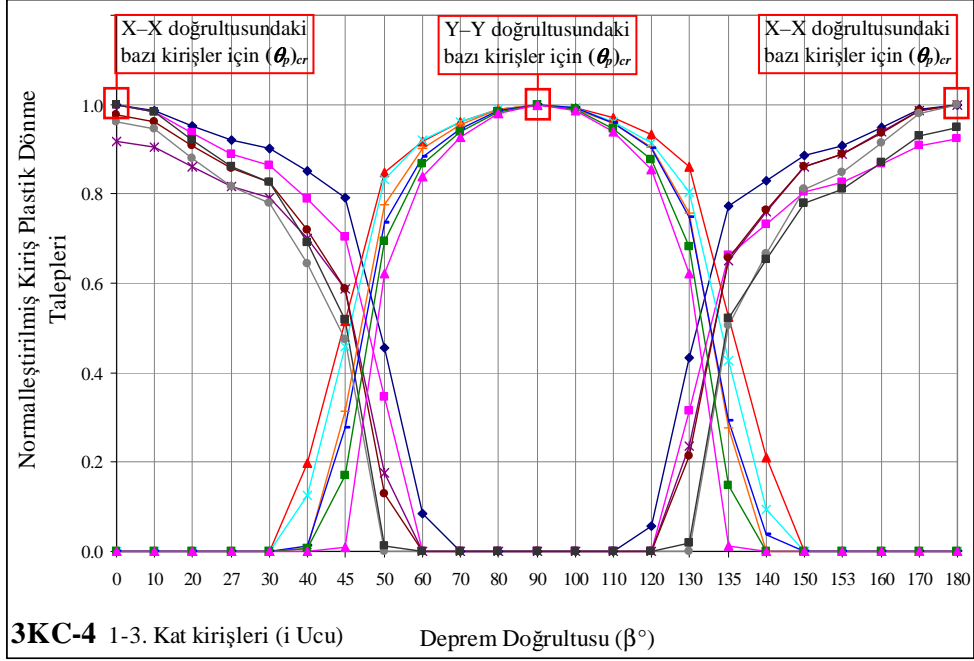
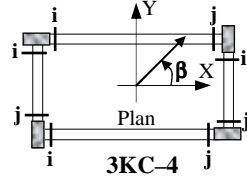


Şekil B.6 3KC-2 bina için kiriş plastik dönme taleplerinin  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi

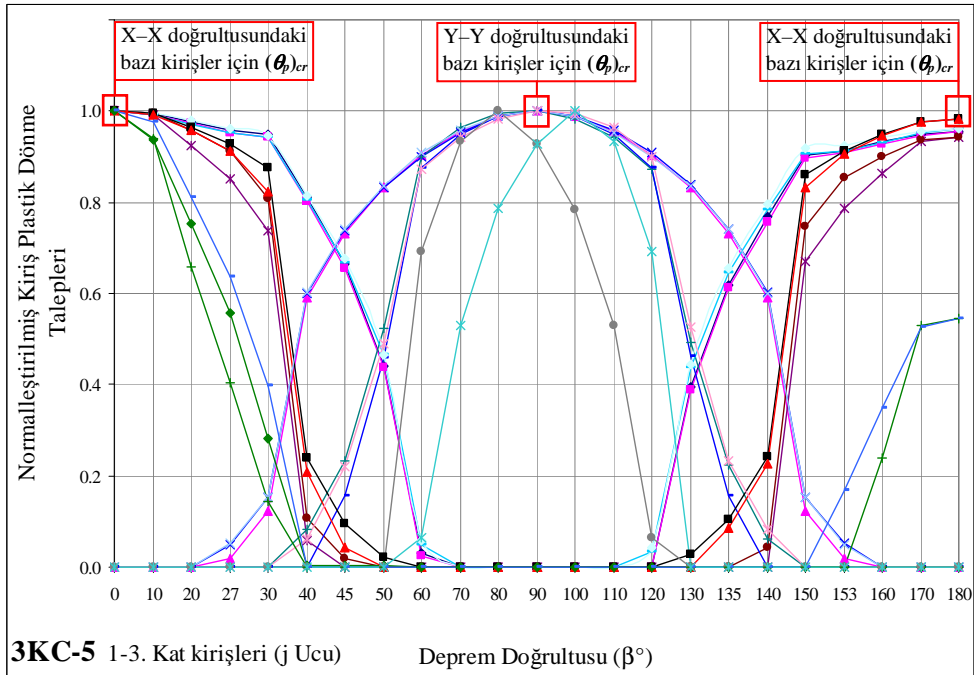
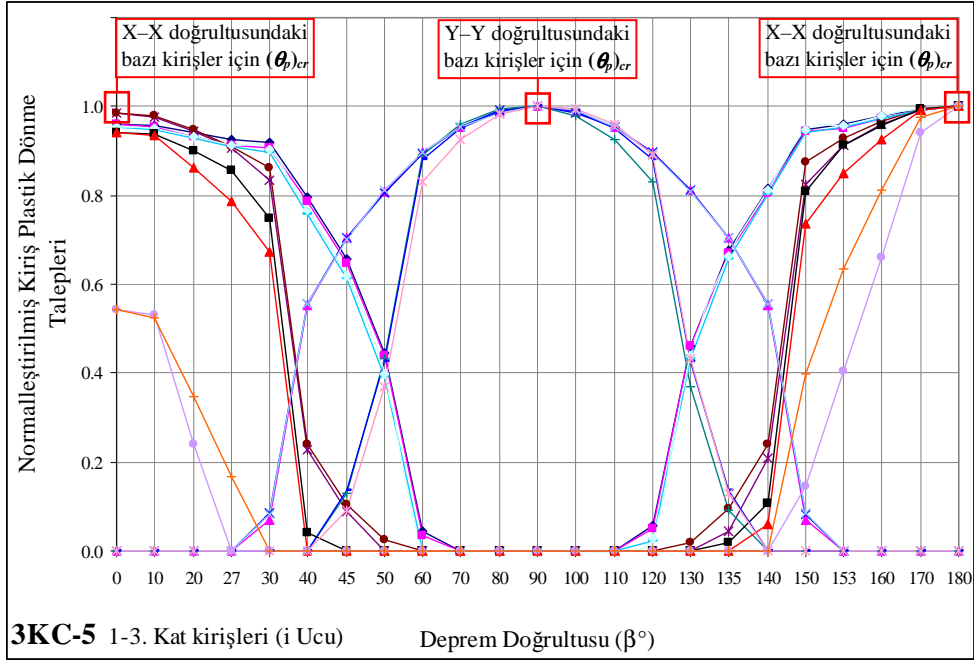
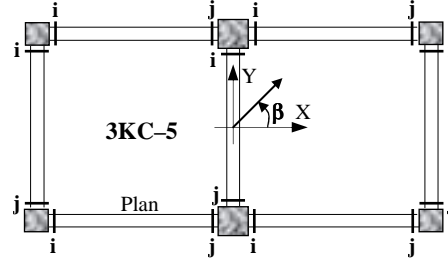




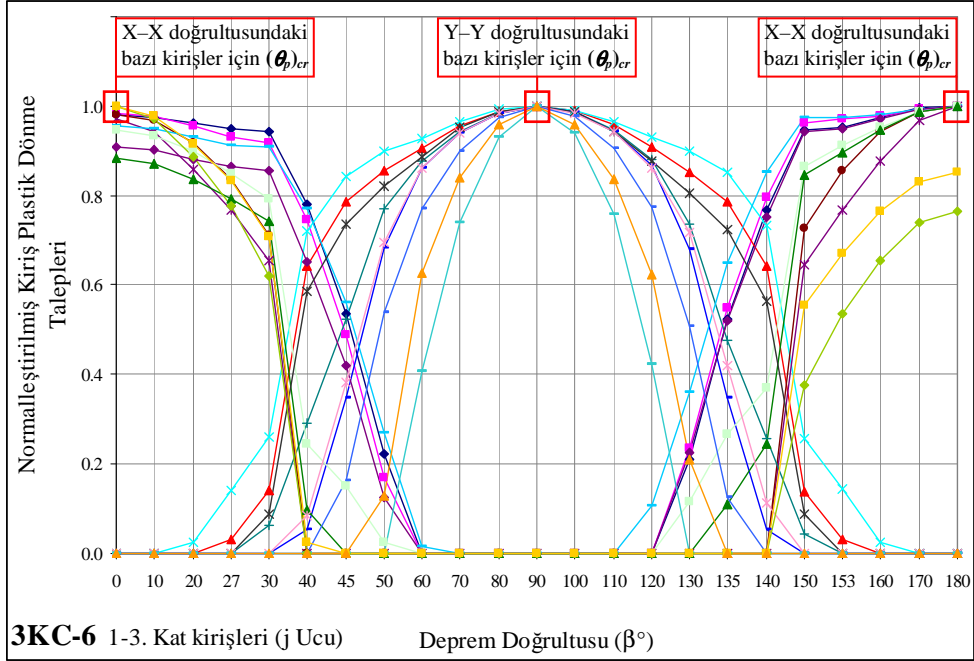
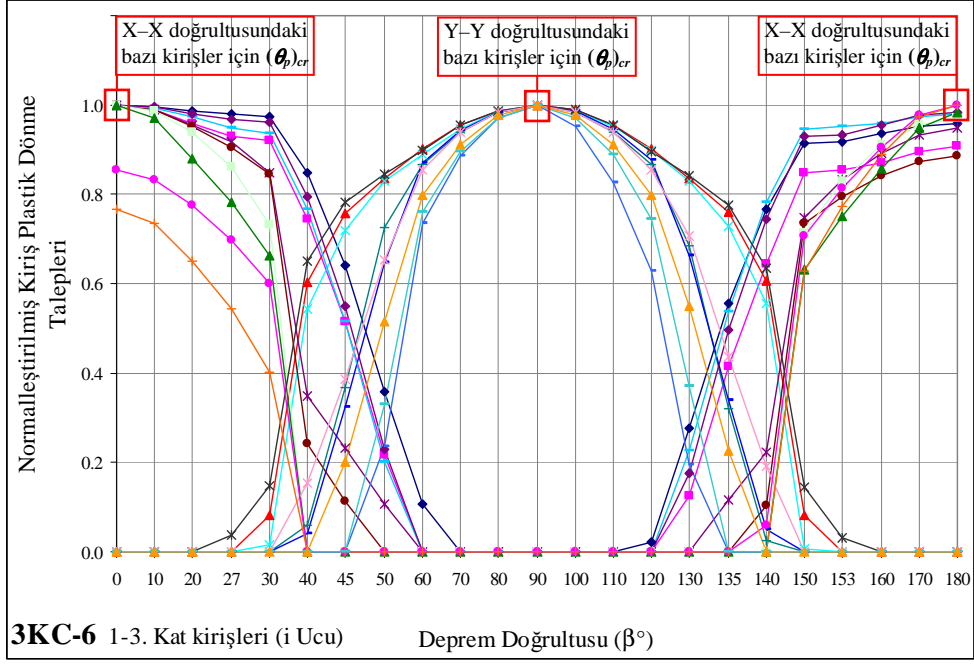
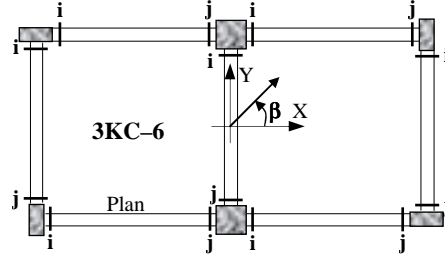
Şekil B.7 3KC-3 bina için kiriş plastik dönme taleplerinin  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi



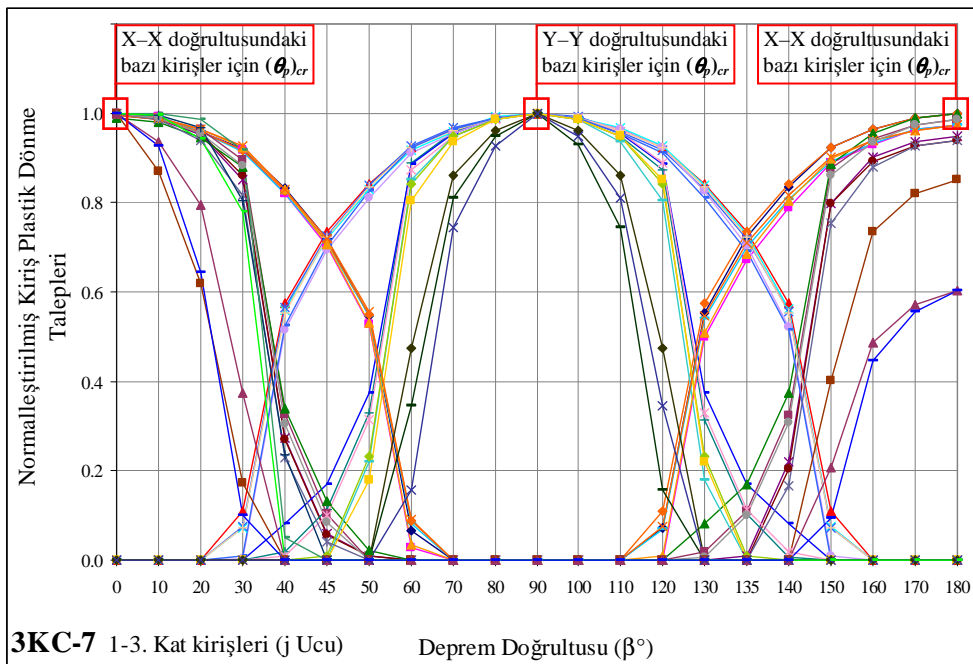
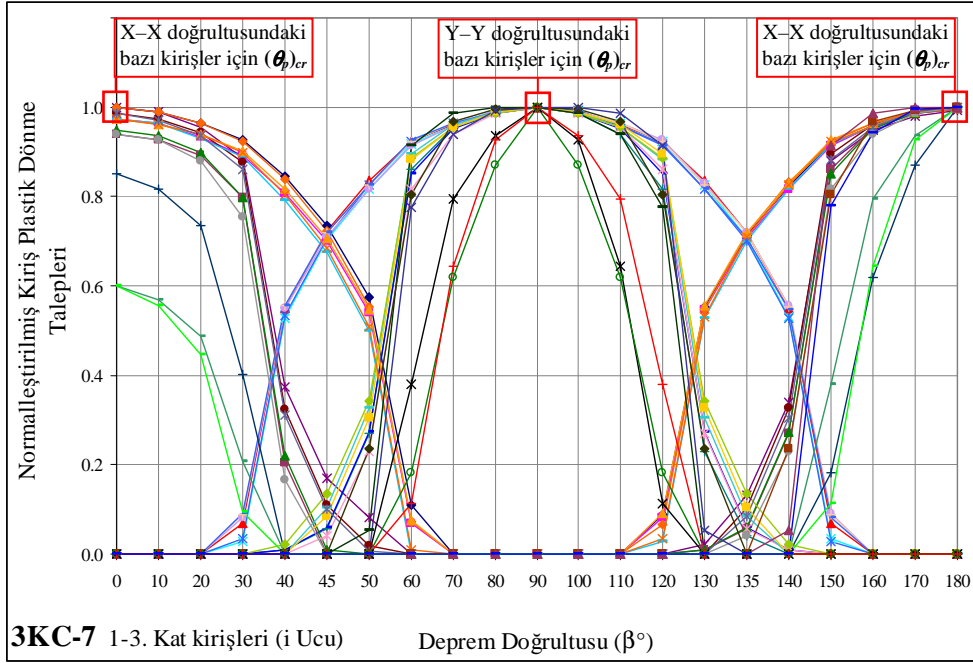
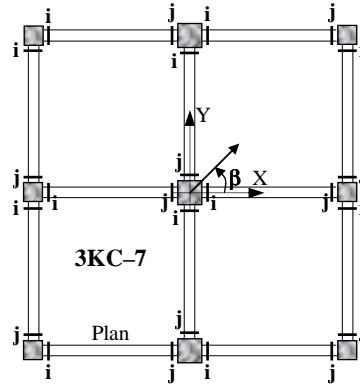
Şekil B.8 3KC-4 bina için kiriş plastik dönme taleplerinin  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi



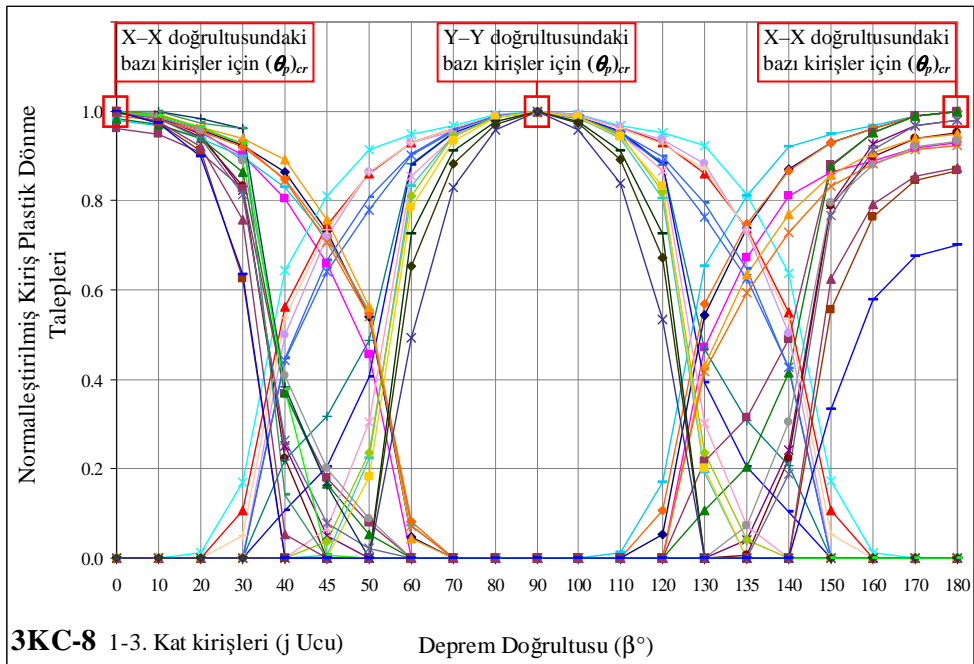
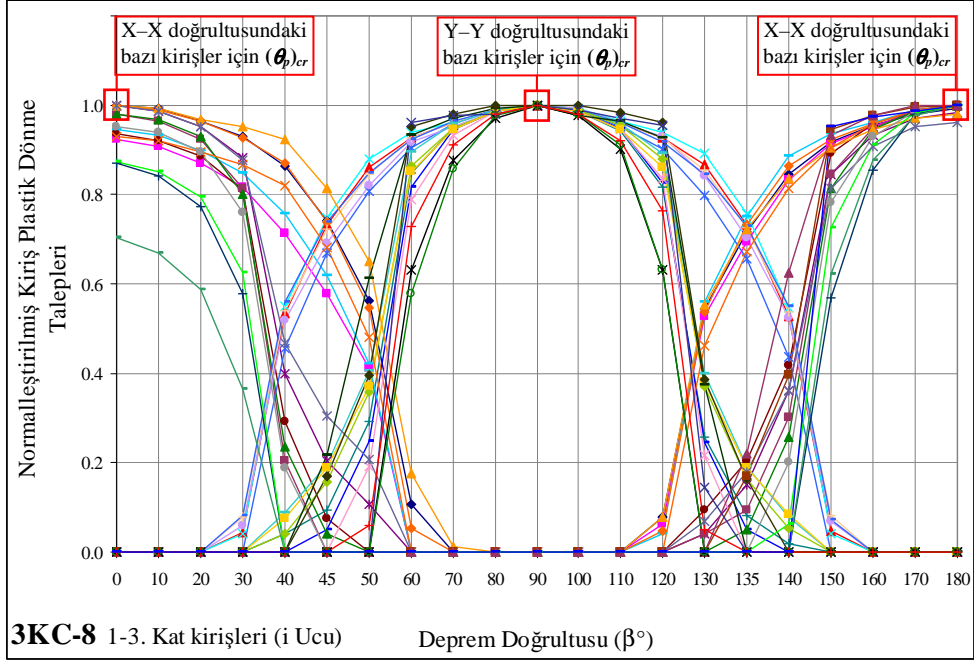
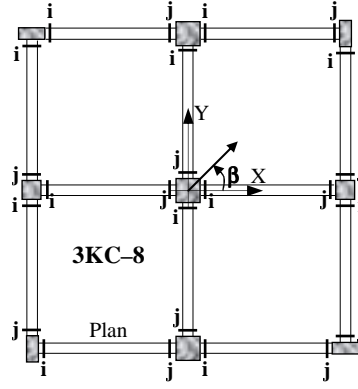
Şekil B.9 3KC-5 bina için kiriş plastik dönme taleplerinin  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi



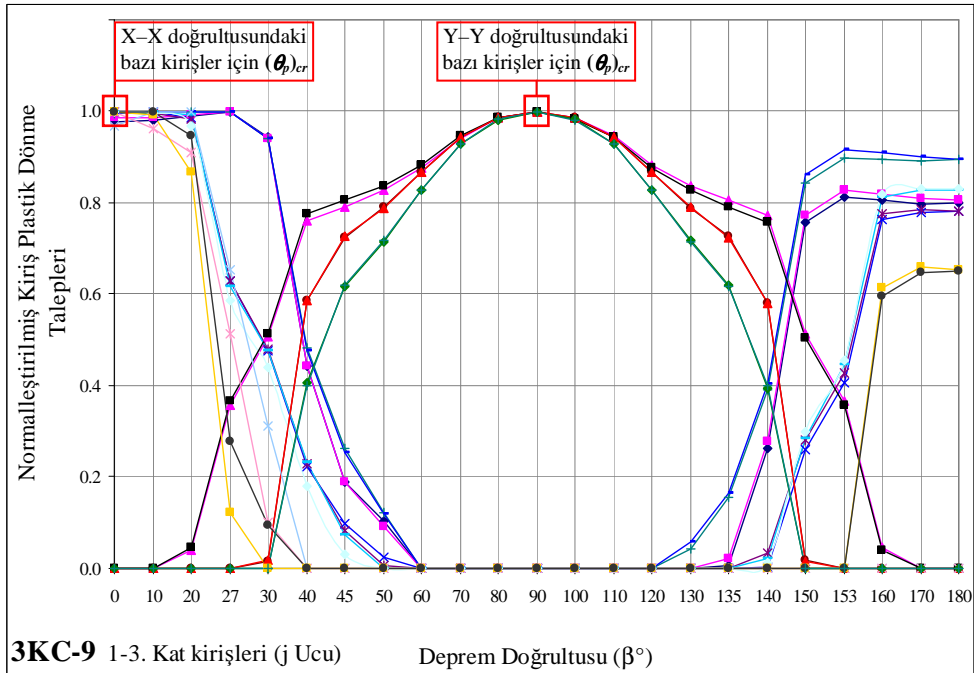
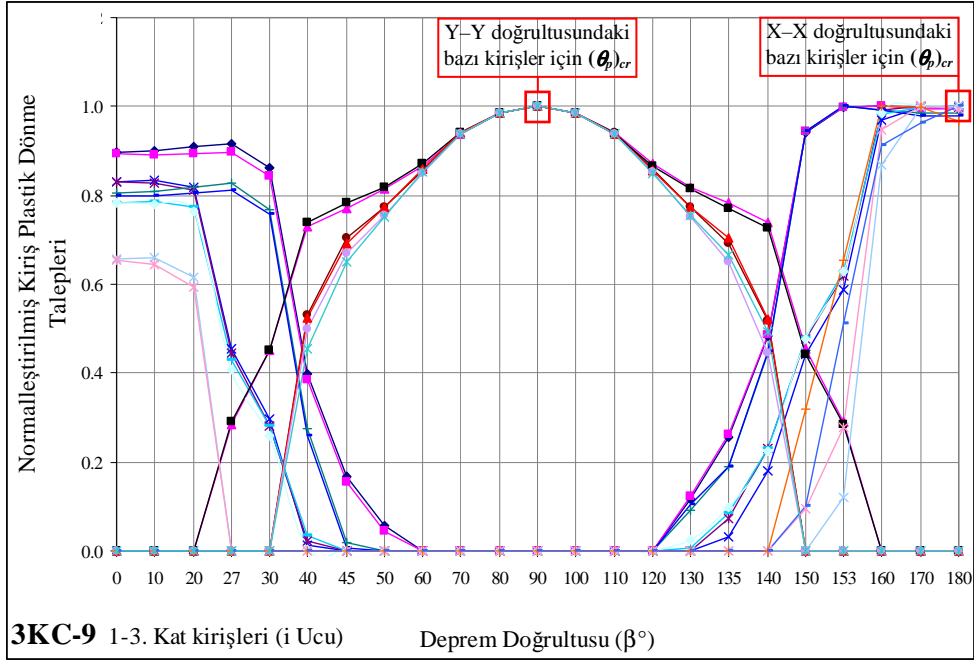
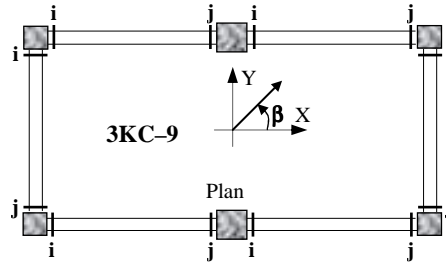
Şekil B.10 3KC-6 bina için kiriş plastik dönme taleplerinin  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi



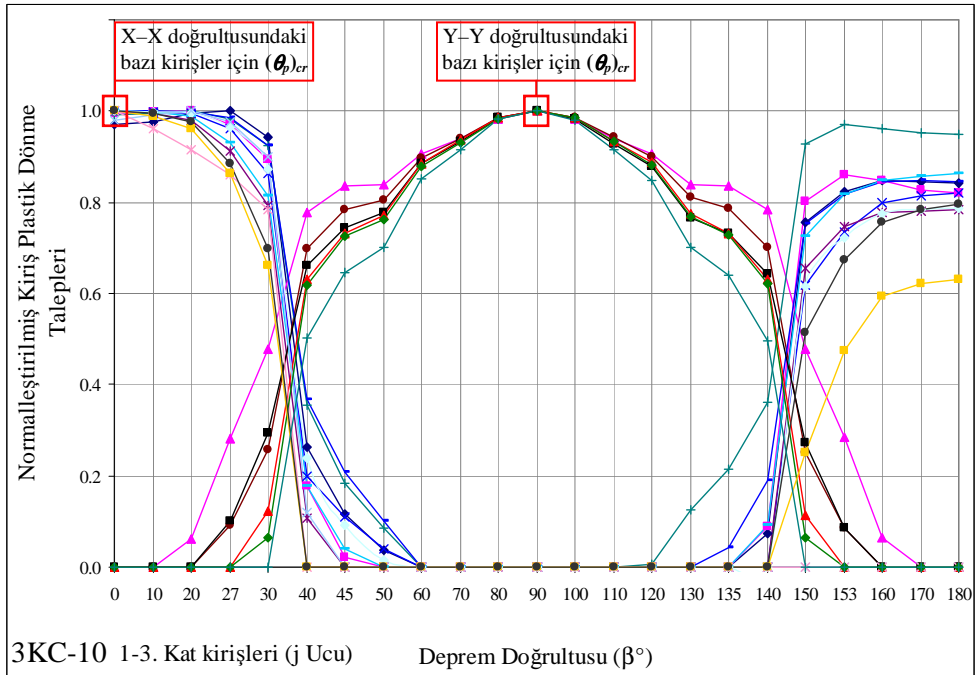
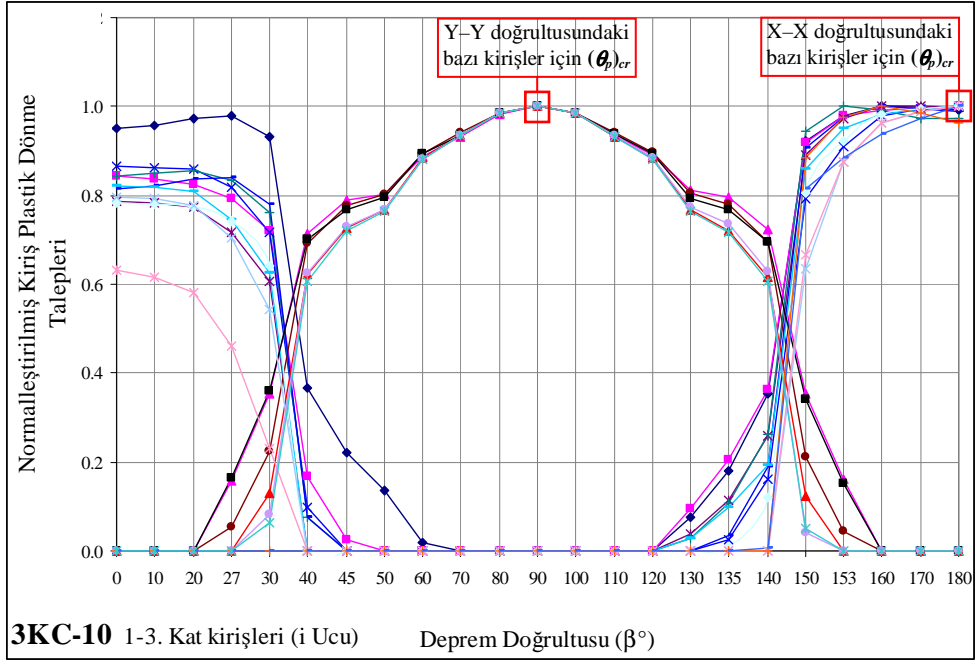
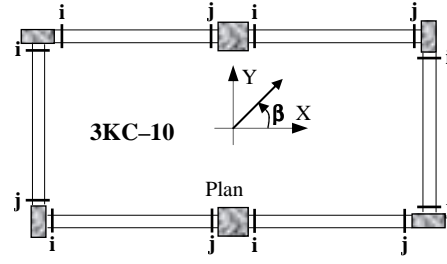
Şekil B.11 3KC-7 bina için kiriş plastik dönme taleplerinin  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi



Şekil B.12 3KC-8 bina için kiriş plastik dönme taleplerinin  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi

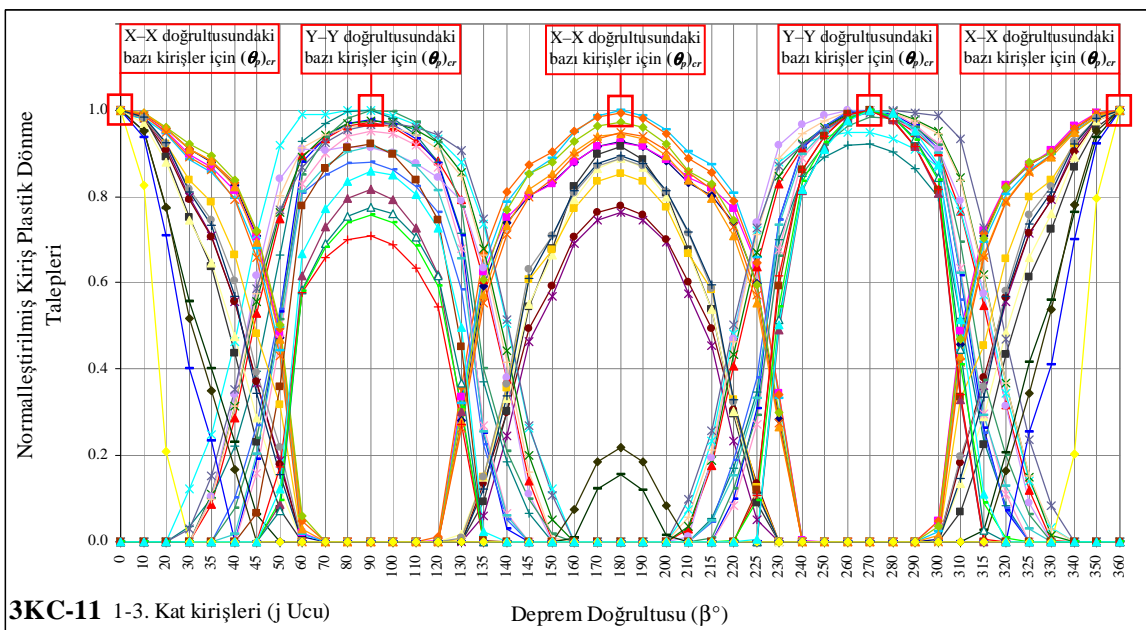
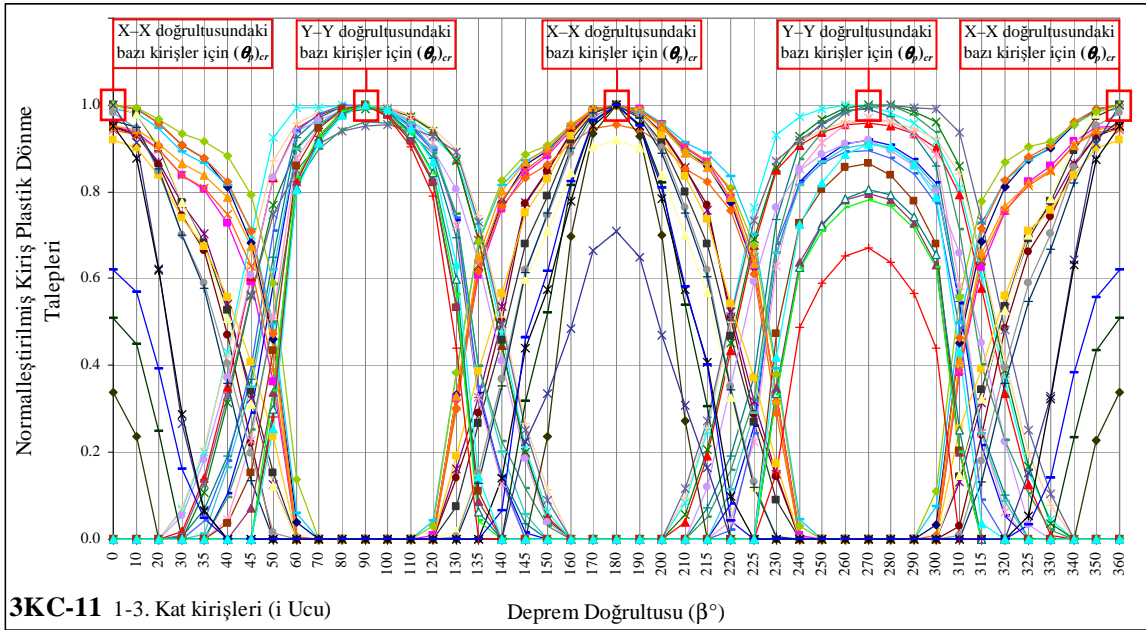
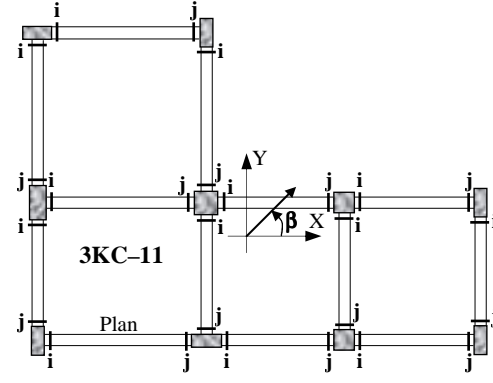


Şekil B.13 3KC-9 bina için kiriş plastik dönme taleplerinin  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi

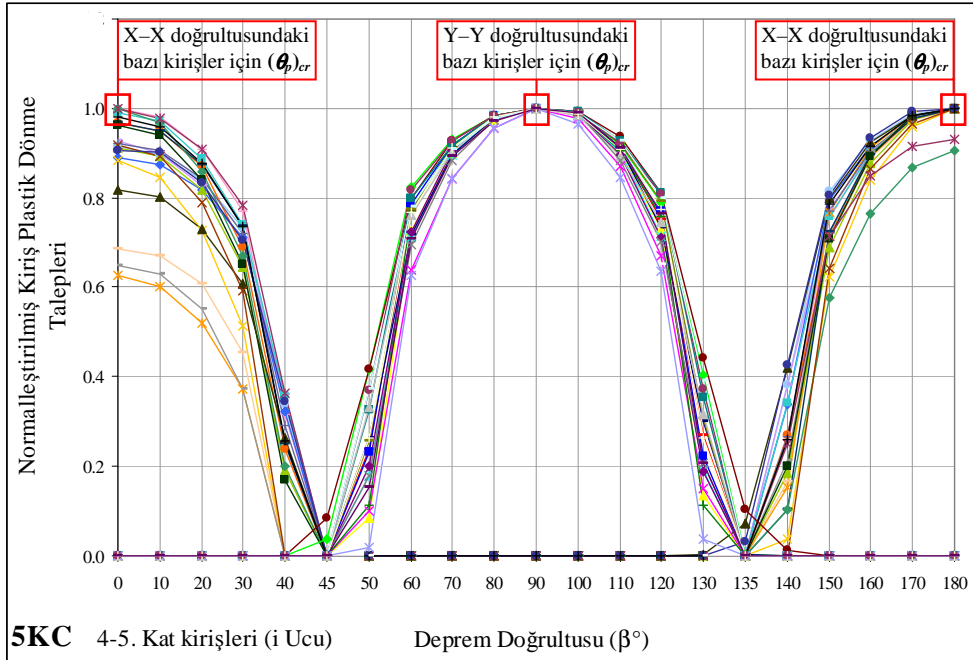
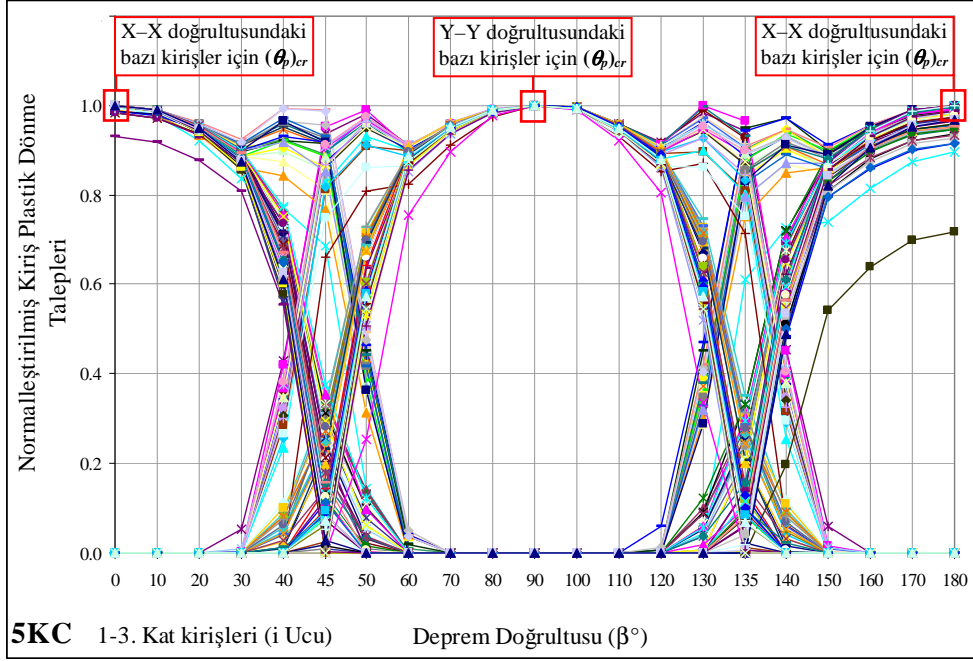
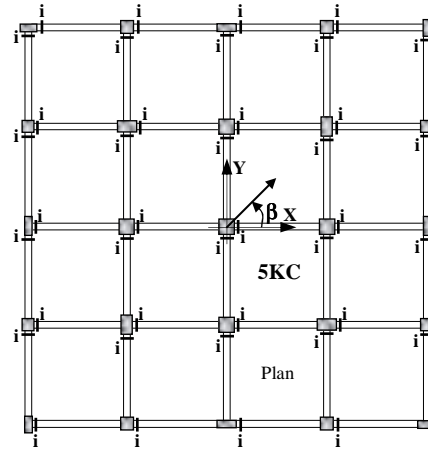


Şekil B.14 3KC-10 bina için kiriş plastik dönme taleplerinin  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi

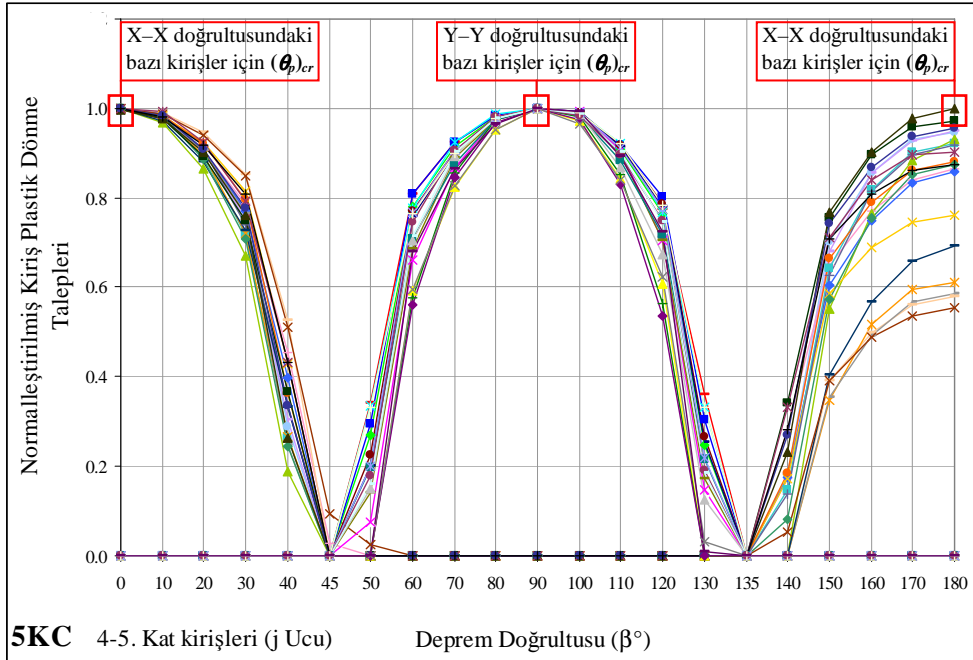
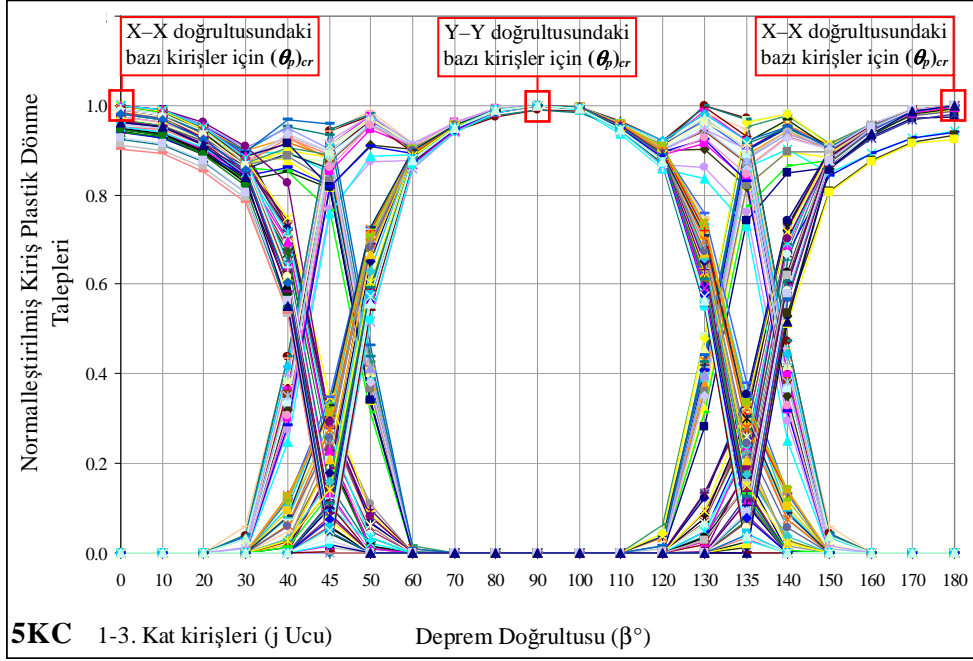
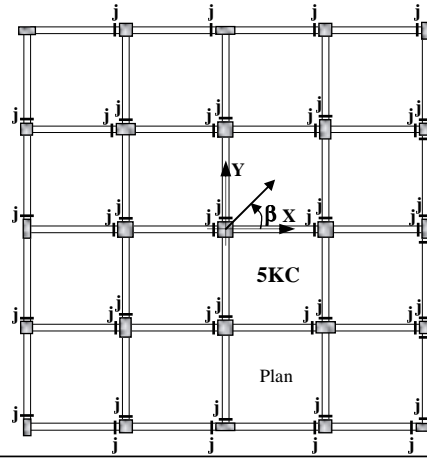




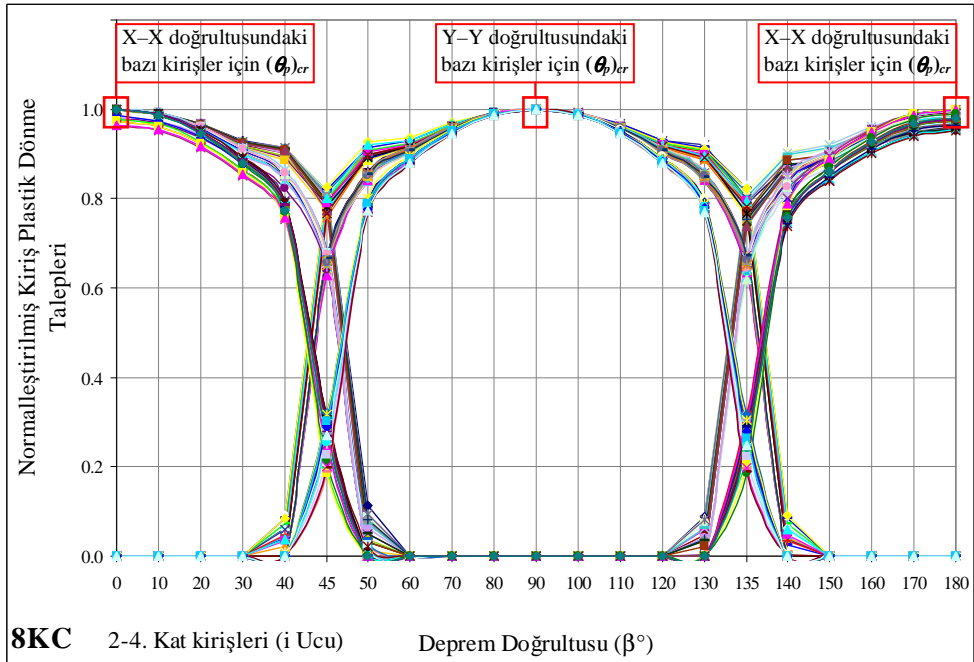
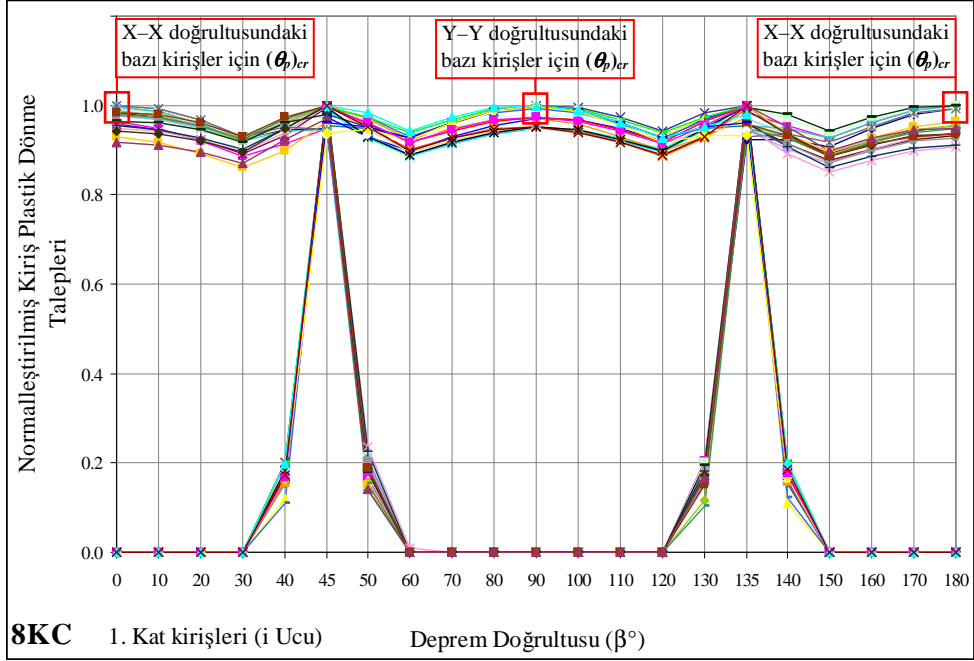
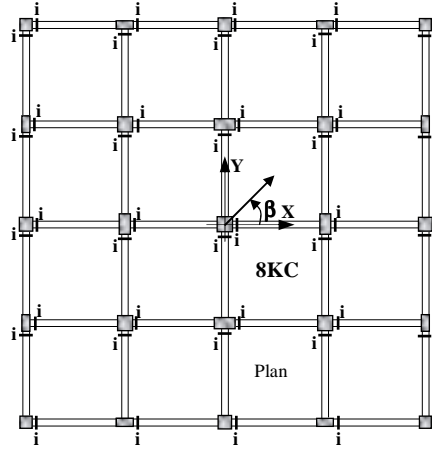
Şekil B.15 3KC-11 bina için kiriş plastik dönme taleplerinin  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi



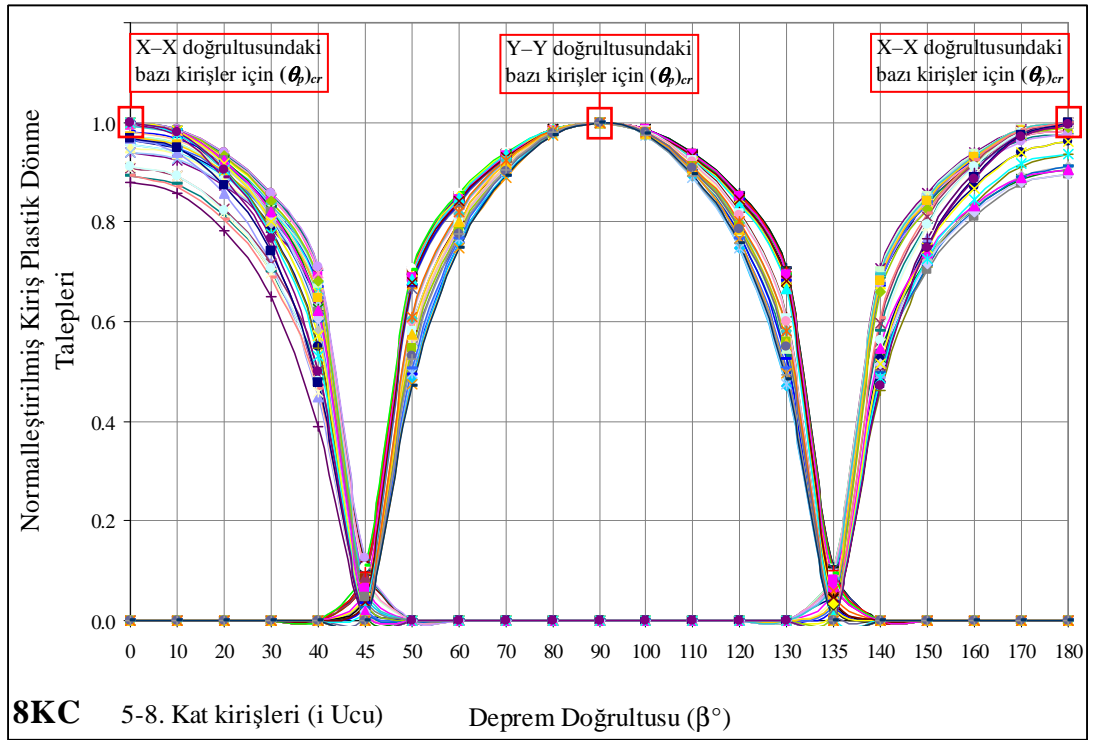
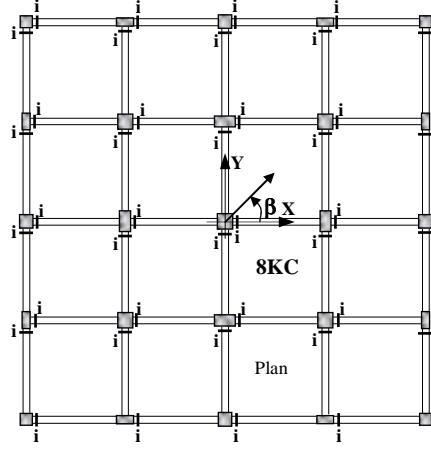
Şekil B.16 5KC bina için kiriş plastik dönme taleplerinin (i ucunda)  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi



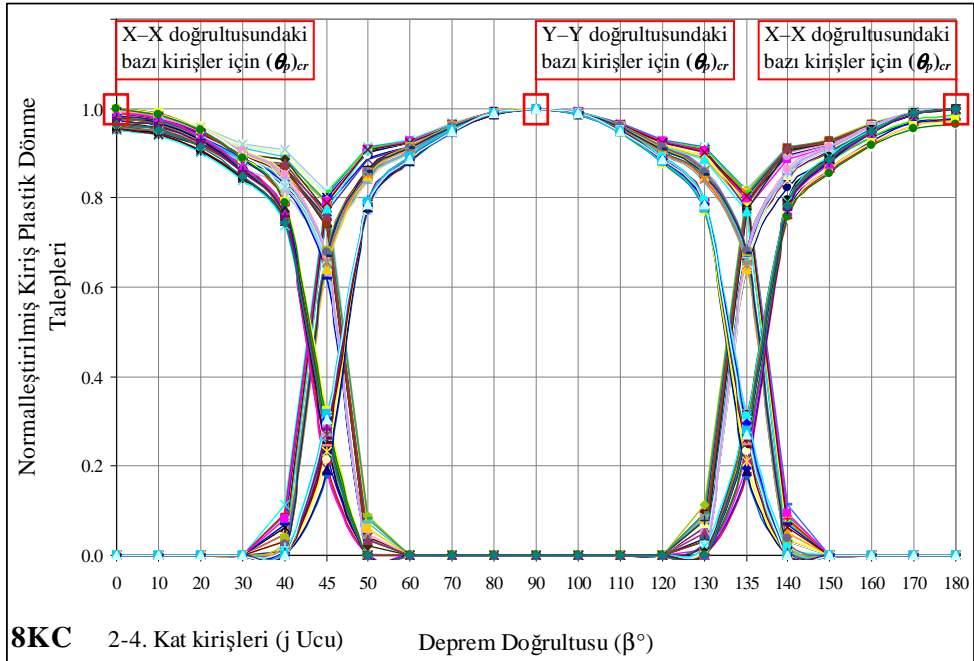
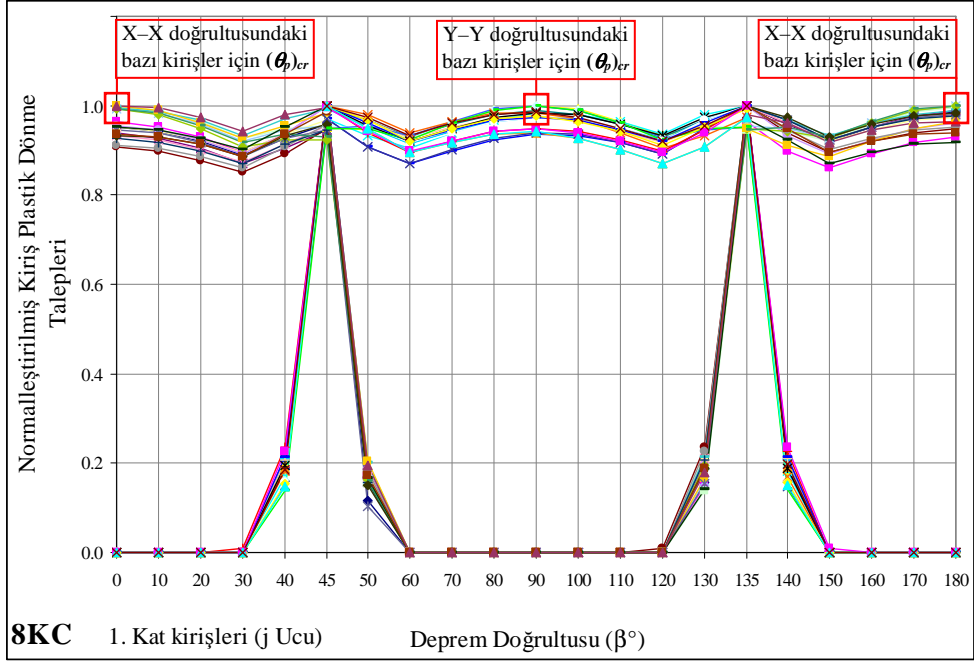
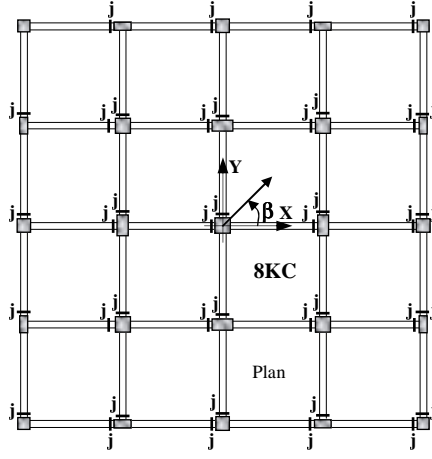
Şekil B.17 5KC bina için kiriş plastik dönme taleplerinin (j ucunda)  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi



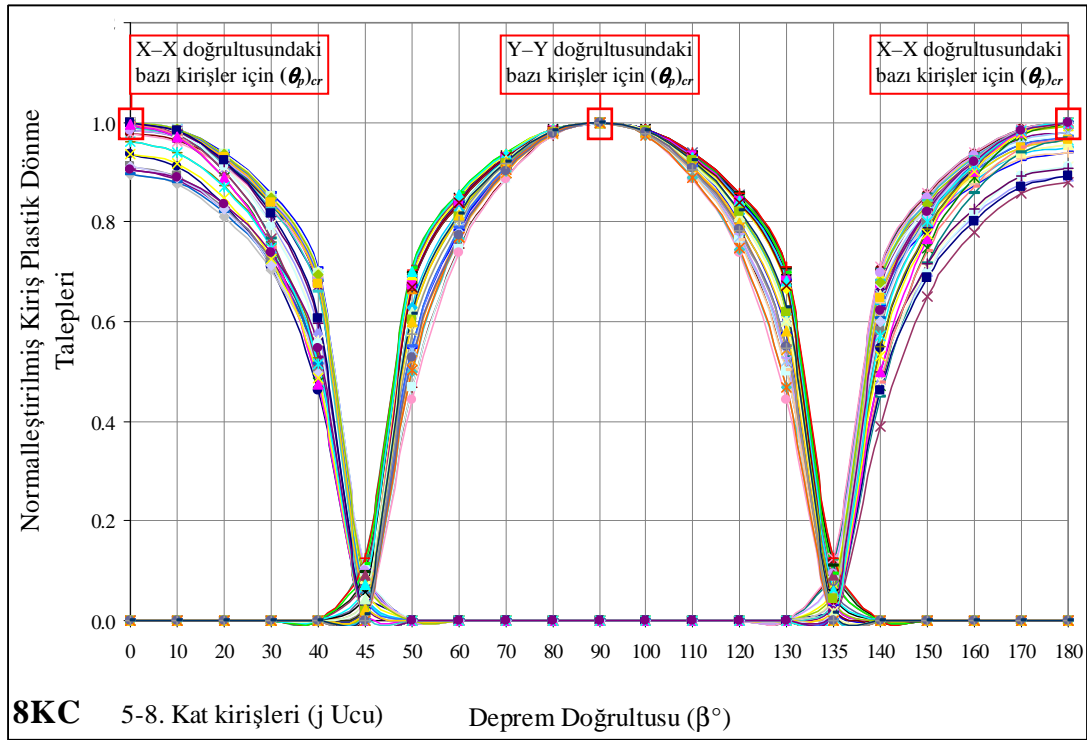
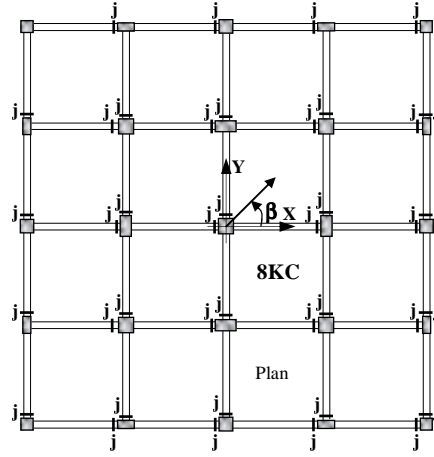
Şekil B.18 8KC bina için kiriş plastik dönme taleplerinin (i ucunda)  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi



Şekil B.18 8KC bina için kiriş plastik dönme taleplerinin (i ucunda)  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi (devam)



Şekil B.19 8KC bina için kiriş plastik dönme taleplerinin (j ucunda)  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi



Şekil B.19 8KC bina için kiriş plastik dönme taleplerinin (j ucunda)  $\beta$  deprem doğrultusu ile değişimi (devam)

## KAYNAKLAR

- [1] Structural Engineers Association of California, Performance based seismic engineering of buildings, VISION 2000”, Sacramento,CA, (1995).
- [2] Applied Technology Council, Seismic evaluation and retrofit of concrete buildings, ATC 40, Vol. 1, Redwood City, California, (1996).
- [3] Federal Emergency Management Agency, NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings, FEMA 273, Washington, D.C., (1997).
- [4] Federal Emergency Management Agency, Prestandard and commentary for the seismic rehabilitation of buildings, FEMA 356, Washington, D.C., (2000).
- [5] Penelis, Gr. G. and Kappos, A.J., “3D pushover analysis: The issue of torsion”, 12th European conference on earthquake engineering, No.15, London, (2002).
- [6] American Society of Civil Engineering, Seismic rehabilitation of existing buildings, ASCE 41-06, Reston, Virginia, (2007).
- [7] Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY), Ankara, (2007).
- [8] Beskos, D.E and Anagnostopoulos, S.A., Computer analysis and design of earthquake resistant structures : A handbook, Computational Mechanics Publications, Southampton, (1997).
- [9] Aschheim, M. and Black, E., “Yield point spectra for seismic design and rehabilitation”, *Earthquake Spectra*, **16/2**, (2000) 317.
- [10] Fajfar, P., “Capacity spectrum method based on inelastic demand spectra”, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, **28/9**, (1999) 979.
- [11] Federal Emergency Management Agency, Improvement of nonlinear static seismic analysis procedures, FEMA 440, Washington, D.C., (2005).
- [12] International Code Council, Inc. (ICC), International Building Code (IBC), Birmingham, (2006).
- [13] European Standard Norme (Eurocode-8), Design of structures for earthquake resistance, Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings, Brussels, (2003).



- [14] International Conference of Building Officials (ICBO), Uniform Building Code (UBC), Structural Engineering Design Provisions, Vol. 2, Whittier, California, (1997).
- [15] Wilson, E.L., Suharwardy, I. and Habibullah, A., “A clarification of the orthogonal effects in a three–dimensional seismic analysis”, *Earthquake Spectra*, **11/4**, (1995) 659.
- [16] Rosenblueth, E. and Contreras, H., “Approximate design for multicomponent earthquakes”, *Journal of the Engineering Mechanics (ASCE)*, **103**, (1997) 881.
- [17] Newmark, N.M., “Seismic design criteria for structures and facilities, trans–alaska pipeline system”, Proceedings of the U.S. national conference on earthquake engineering, EERI, (1975), 94-103.
- [18] Menun, C. and Kiureghian, A.D., “A replacement for the 30%, 40%, and SRSS rules for multicomponent seismic analysis”, *Earthquake Spectra*, **14/1**, (1998) 153.
- [19] Lopez, O.A. and Torres, R., “The critical angle of seismic incidence and the maximum structural response”, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, **26/9**, (1997) 881.
- [20] Özmen, G., “Ortogonal olmayan yapılarda maksimum donatı oranlarının tayini”, *TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Teknik Dergi*, **16/1**, (2005) 3445.
- [21] Çakıroğlu, A., “Earthquake–resistant design according to the most unfavourable seismic direction under combined internal forces”, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, **15/7**, (1987) 853.
- [22] Applied Technology Council, Improved seismic design criteria for California bridges: Provisional recommendations, ATC 32, Redwood City, California (1996).
- [23] American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), Recommended LRFD guidelines for the seismic design of highway bridges, NCHRP 20–07 Task 193, (2006).
- [24] Çakıroğlu, A., “En büyük tesirleri veren deprem doğrultularının tayini”, *İ.T.Ü. Dergisi / D*, **33/3**, (1975) 54.
- [25] Anastassiadis, K., Avramidis, I.E. and Panetsos, P., “Concurrent design forces in structures under three–component orthotropic seismic excitation”, *Earthquake Spectra*, **18/1**, (2002) 1.
- [26] Otani, S., “Japanese PRESS design guidelines for reinforced concrete buildings”, Research Report No. 10, National Center for Disaster Prevention, Mexico, (1994).

- [27] Krawinkler, H. and Seneviratna, G.D.P.K., “Pros and Cons of a Pushover Analysis of Seismic Performance Evaluation”, *Engineering Structures*, **20/4-6**, (1998) 452.
- [28] Smeby, W. and Kiureghian, A.D., “Modal combination rules for multicomponent earthquake excitation”, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, **13/1**, (1985) 1.
- [29] Reed, J.W. and Kennedy, R.P., “Discussion Paper” “A clarification of the orthogonal effects in a three-dimensional seismic analysis”, *Earthquake Spectra*, **12/2**, (1996) 353.
- [30] Lopez, O.A. and Torres, R., “Discussion Paper”, “A clarification of the orthogonal effects in a three-dimensional seismic analysis”, *Earthquake Spectra*, **12/2**, (1996) 357.
- [31] Wilson, E.L., Suharwardy, I. and Habibullah, A., “Reply to Discussions”, “A clarification of the orthogonal effects in a three-dimensional seismic analysis”, *Earthquake Spectra*, **12/2**, (1996) 363.
- [32] Hernandez, J.J. and Lopez, O.A. “Discussion Paper”, “A replacement for the 30%, 40%, and SRSS rules for multicomponent seismic analysis”, *Earthquake Spectra*, **14/4**, (1998) 713.
- [33] Menun, C. and Kiureghian, A.D., “Reply to Discussion”, “A replacement for the 30%, 40%, and SRSS rules for multicomponent seismic analysis”, *Earthquake Spectra*, **14/4**, (1998) 717.
- [34] Özer, E., Pala, S., Orakdöğen, E. ve Girgin, K., “Deprem bölgelerindeki mevcut betonarme yapıların deprem güvenliklerinin belirlenmesi ve rehabilitasyonu”, Teknik Rapor TDV/TR 028-45, Türkiye Deprem Vakfı, (1999).
- [35] Girgin, K., Betonarme yapı sistemlerinde ikinci mertbe limit yükün ve göçme güvenliğinin belirlenmesi için bir yük artımı yöntemi, Doktora Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, (1996).  
(Tez Danışmanı: Prof. Dr. Erkan Özer)
- [36] Fernandez-Davila, I., Cominetti, S. and Cruz, E.F., “The bi-directional effects and the seismic angle variations in building design”, 12<sup>th</sup> World conference on earthquake engineering, No.435, NewZealand, (2000).
- [37] Cruz, E.F. and Cominetti, S., “Three-dimensional buildings subjected to bi-directional earthquakes. validity of analysis considering uni-directional earthquakes”, 12<sup>th</sup> World conference on earthquake engineering, No.372, New Zealand, (2000).

- [38] Lopez, O.A., Chopra, A.K. and Hernandez, J.J., “Evaluation of combination rules for maximum response calculation in multicomponent seismic analysis”, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, **30/9**, (2001) 1379.
- [39] Anagnostopoulos, S.A., “Discussion Paper”, “Evaluation of combination rules for maximum response calculation in multicomponent seismic analysis”, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, **31/9**, (2002) 1753.
- [40] Lopez, O.A., Chopra A.K. and Hernandez, J.J., “Reply to Discussion by Anagsostoupoulos S.A.”, “Evaluation of combination rules for maximum response calculation in multicomponent seismic analysis”, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, **31/9**, (2002) 1755.
- [41] Nishida, H. and Unjoh, S., “Structural response characteristics in consideration of directional uncertainty of earthquake ground motion”, Technical Memorandum of Public Works Research Institute, Vol: 3920, (2003) 317.
- [42] Khoshnoudian, F. and Poursha, M., “Response of three dimensional buildings under bi-directional and unidirectional seismic excitations”, 13<sup>th</sup> World conference on earthquake engineering, No.55, Vancouver, Canada, (2004).
- [43] Sesigür, H., Çelik, O.C., and Cili, F., “Review and evaluation of combination rules for structures under bi-directional earthquake excitations”, 13<sup>th</sup> World conference on earthquake engineering, No.2079, Vancouver, Canada, (2004).
- [44] Heredia-Zavoni, E. and Machicao-Barrionuevo, R., “Response to orthogonal components of ground motion and assessment of percentaga combination rules”, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, **33/2**, (2004) 271.
- [45] Lopez, O.A, Chopra, A.K. and Hernandez, J.J., “Adapting the CQC3 rule for three seismic components with different spectra”, *Journal of Structural Engineering* (ASCE), **130/3**, (2004) 403.
- [46] Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY), Ankara, (1998).
- [47] Magliulo, G. and Ramasco, R., “Seismic response of three-dimensional R/C multi-storey frame building under uni- and bi-directional input ground motion”, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, **36/12**, (2007) 1641.
- [48] Reyes-Salazar, A., Lopez-Barraza, A. and Lopez-Lopez, L.A., “Some issues related to multi-component seismic analysis of steel moment frames”, *Journal of Engineering, Computing and Architecture*, **1/1** (2007).

- [49] Çakıroğlu, A.ve Özer, E., Malzeme ve geometri değişimi bakımının lineer olmayan sistemler, Cilt:1, İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul, (1980).
- [50] Özer, E., Yapı sistemlerinin lineer olmayan analizi, İTÜ, Ders Notları, İstanbul, (2008).
- [51] İrtem, E., Uzay çubuk sistemlerde ikinci mertbe limit yükün hesabı için bir yük artımı yöntemi, Doktora Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, (1991). (Tez Danışmanı: Prof. Dr. Erkan Özer)
- [52] Hachem, M., Mahin, S. and Moehle, J.P., “Performance of circular reinforced concrete bridge columns under bidirectional earthquake loading”, PEER Report, 2003/06, Berkeley, (2000).
- [53] Baker, A.L.L, Ultimate load theory applied to the design of reinforced and prestressed concrete frames, Concrete Publications Ltd., London. (1956).
- [54] Mattock, A. H., “Rotational capacity of hinging regions in reinforced concrete beams”, Proceedings of the International symposium on the flexural mechanics of reinforced concrete, ASCE–ACI, Miami, (1964).
- [55] Sawyer, H.A., “Design of concrete frames for two failure states”, Proceedings of the International symposium on the flexural mechanics of reinforced concrete, ASCE–ACI, Miami, (1964).
- [56] Corley, W.G., “Rotational capacity of reinforced concrete beams”, Bulletin D108. Skokie, Ill.: Portland Cement Association, Research and Development Laboratories, (1966).
- [57] Priestley, M.J.N., Seible, F. and Calvi G.M., Seismic design and retrofit of bridges, John Wiley & Sons, Inc., (1996).
- [58] European Standard Norme (Eurocode–8), “Design of structures for earthquake resistance, Part 3: Strengthening and repair of buildings”, Brussels. (2003).
- [59] Lehman, D.E. and Moehle J.P., “Seismic performance of well–confined concrete bridge columns”, *PEER Report*, 1998/01, Berkeley, (2000).
- [60] Galal, K.E. and Ghobarah A., “Flexural and shear hysteretic behaviour of reinforced concrete columns with variable axial load”, *Engineering Structures*, **25/11**, (2003) 1353.
- [61] Ho, J.C.M. and Pam, H.J., “Inelastic design of low–axially loaded high–strength reinforced concrete columns”, *Engineering Structures*, **25/8**, (2003) 1083.
- [62] Lu,Y., Gu, X. and Guan, J., “Probabilistic drift limits and performance evaluation of reinforced concrete columns”, *Journal of Structural Engineering*, **131/6**, (2005) 966.

- [63] Bae, S. and Bayrak, O., “Plastic hinge length of reinforced concrete columns”, *ACI Structural Journal*, **105/3**, (2008) 290.
- [64] CSI Perform-3D, “Nonlinear analysis and performance assessment for 3D structures”, Computers and Structures, Inc., Berkeley, California, (2006).
- [65] Porter, F.L. and Powell, G.H., “Static and dynamic analysis of inelastic frame structures”, Earthquake, Engineering Research Center, EERC 71-3, Berkeley, California, (1971).
- [66] Çakıroğlu, A., Özer, E. and Girgin, K., “Yield conditions and yield vector for combined biaxial bending of rectangular R/C sections”, Proceedings of the Ugur Ersoy symposium on structural engineering, METU Press, Ankara, (1999), 121.
- [67] Türk Standartları Enstitüsü, Betonarme yapıların tasarım ve yapım kuralları, TS 500, Ankara, (2000).