

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



**ZAMAN TANIM ALANINDA DOĞRUSAL OLMAYAN ANALİZLER  
ÇERÇEVESİNDE SÜNEKLİK DÜZEYİ KARMA BETONARME SİSTEMLERDE  
PERDE ORANININ ETKİSİ ÜZERİNE PARAMETRİK BİR ARAŞTIRMA**

**MEHMET ŞEREF KURT**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Jüri Üyeleri :** Doç. Dr. Umut HASGÜL (Tez Danışmanı)  
Dr. Öğr. Üyesi Tamer BİROL  
Dr. Öğr. Üyesi Mustafa Halûk SARAÇOĞLU

**BALIKESİR, OCAK - 2023**

## **ETİK BEYAN**

Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak tarafımda hazırlanan **“Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analizler Çerçevesinde Süneklik Düzeyi Karma Betonarme Sistemlerde Perde Oranının Etkisi Üzerine Parametrik Bir Araştırma”** başlıklı tezde;

- Tüm bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Kullanılan veriler ve sonuçlarda herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Tüm bilgi ve sonuçları bilimsel araştırma ve etik ilkelere uygun şekilde sunduğumu,
- Yararlandığım eserlere atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,

beyan eder, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ederim.

**Mehmet Şeref KURT**

## ÖZET

**ZAMAN TANIM ALANINDA DOĞRUSAL OLMAYAN ANALİZLER  
ÇERÇEVESİNDE SÜNEKLİK DÜZEYİ KARMA BETONARME SİSTEMLERDE  
PERDE ORANININ ETKİSİ ÜZERİNE PARAMETRİK BİR ARAŞTIRMA  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MEHMET ŞEREF KURT  
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
(TEZ DANIŞMANI: DOÇ. DR. UMUT HASGÜL)  
BALIKESİR, OCAK - 2023**

Sunulan tez çalışmasında, planda tek doğrultulu dolgulu dişli (asmolen) döşemeli betonarme binalar üzerinde TBDY-2018’de öngörülen perde oranının şekil değiştirme bazlı davranış büyüklükleri üzerindeki etkisi doğrusal-elastik olmayan teori altında irdelenmiştir. Bunun için, TBDY-2018’deki  $\Sigma M_{dev} \geq 0.75M_o$  şartını sağlayan planda ve düşeyde düzenli beş katlı perde-çerçeve betonarme bir bina ile devrilme momenti oranı 0.60 ve 0.45 olan iki adet perde çerçeve bina ve ayrıca, aynı döşeme sistemli taşıyıcı sistemi perdesiz süneklik düzeyi yüksek salt çerçevelerden oluşan bina Türk standart ve yönetmeliklerine uygun olarak tasarlanmıştır. Bina sistemlerinin malzeme, enkesit ve eleman bazında doğrusal-elastik olmayan kuvvet-şekil değiştirme ilişkileri hesaplandıktan sonra, kolon ve kirişler çubuk elemanlar ile, boşluksuz perdeler ise kabuk elemanlar ile modellenmiştir. Bunun yanı sıra, zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizlerde (ZTADOA) kullanmak üzere, 11 adet gerçek deprem kaydı DD-2 deprem seviyesine ait ivme davranış spektrumuna uyumlu olarak ölçeklendirilmiştir. Çalışma kapsamında, incelenen betonarme perde-çerçeve ve salt çerçeve binaların üç boyutlu hesap modelleri üzerinde ZTADOA’leri gerçekleştirilerek, kat yer değiştirmesi, görelî kat öteleme, kat kesme kuvveti, plastikleşen kesitlerin sistem üzerindeki dağılımları, kiriş, kolon ve perde elemanlardaki plastik şekil değiştirme talepleri ile performans düzeyleri bakımından değerlendirilmiştir. Elde edilen analiz sonuçları; asmolen döşemeli karma süneklik düzeyine sahip betonarme binalar için öngörülen devrilme momenti oranının taşıyıcı sistemi düzenli bu tür perde-çerçeve bina sistemleri için planda perde devrilme momenti oranının süneklik düzeyi yüksek sistemler için öngörülen şekilde uygulanması önerilmiştir. Yer değiştirme, şekil değiştirme talepleri ile hasar düzeyinin dağılımı bakımından gerekenden fazla güvenli sonuç verdiğini göstermiştir.

**ANAHTAR KELİMELER:** Asmolen döşeme, Devrilme momenti, Betonarme bina, Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz, Şekil değiştirme talebi, Hasar

## **ABSTRACT**

### **A PARAMETRIC STUDY ON IMPACT OF SHEAR-WALL RATIO IN REINFORCED CONCRETE SYSTEMS WITH COMBINED DUCTILITY LEVEL IN THE FRAME OF NONLINEAR TIME HISTORY ANALYSES**

**MSC THESIS**

**MEHMET ŞEREF KURT**

**BALIKESİR UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE**

**CIVIL ENGINEERING**

**(SUPERVISOR: ASSOC. PROF. UMUT HASGUL )**

**BALIKESİR, JANUARY - 2023**

In this presented thesis study, the effect of the shear wall ratio predicted in TBDY-2018 on deformation-based behavior quantities was examined under the non-linear-elastic theory on reinforced concrete buildings with one way ribbed (asmolen) filled slab. For this, one shear wall-frame building with provide that the condition in TBDY-2018 overturning moment ratio, two shear wall-frame building in high ductility and the overturning moment ratio 0.60 and 0.45 besides one frame buildings in high ductility with no shear wall designed in accordance with Turkish standards and regulations. After the material, section and member based nonlinear force-deformation relationships were determined for building systems, columns and beams are modelled with one dimensional element and shear walls are modeled with Shell elements. In addition, to be used in time nonlinear history analyzes (NTHA), 11 real earthquake records are scaled to comply with DD-2 earthquake level in TBDY-2018. Within the scope of the study, NTHA's are performed on the three-dimensional calculation models of the reinforced concrete shear-wall and frame buildings and evaluated story displacement demands, interstory drift demands, story shear demands, formations of plastic hinges over the structural system, plastic deformation demands in the members and performance levels. Analysis results obtained; for reinforced concrete with one way ribbed slab with mixed ductility level, it is suggested that the overturning moment ratio should be applied as predicted for systems with high ductility level for such shear wall-frame building systems with a structural system. Displacement has shown that it gives more than enough reliable results in terms of deformation demands and distribution of damage level.

**KEYWORDS:** One way ribbed slab, Overturning moment, Reinforced building, Nonlinear time history analyses, Performance based seismic design and evaluation

# İÇİNDEKİLER

## Sayfa

<b>ÖZET</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>iii</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b> .....	<b>v</b>
<b>TABLO LİSTESİ</b> .....	<b>viii</b>
<b>ÖNSÖZ</b> .....	<b>xii</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
1.1 Konu.....	1
1.2 Konu ile ilgili Yapılmış Çalışmalar .....	5
1.2.1 Asmolen Döşemeli Sistemler ile ilgili Literatürdeki Çalışmalar .....	5
1.2.2 Geniş Kirişli Betonarme Binalarda Plandaki Perde Kullanımı ile ilgili Literatürdeki Çalışmalar .....	8
1.3 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı.....	11
<b>2. YAPI SİSTEMLERİNİN ŞEKİLDEĞİŞTİRME ESASLI DAVRANIŞI VE TBDY-2018'DEKİ PERFORMANS ESASLI TASARIM ESASLARI</b> .....	<b>12</b>
2.1 Çözümün Sağlaması Gereken Koşullar .....	12
2.2 Yapı Sistemlerinin Doğrusal Olmama Nedenleri .....	13
2.2.1 Yapı Sistemlerinin Dış Yükler Altında Doğrusal Olmayan Davranışı .....	13
2.3 Malzeme Bakımından Doğrusal Olmayan Sistemler.....	15
2.4 Malzemelere ait Gerilme-Şekildeğiştirme İlişkileri.....	17
2.4.1 Beton Çeliğinin ait Gerilme-Şekildeğiştirme İlişkileri .....	17
2.4.2 Betonun Gerilme-Şekildeğiştirme Bağıntısı .....	19
2.5 Betonarme Enkesitlerin Doğrusal-Elastik Olmayan Davranışı .....	22
2.5.1 Düzlem Çubuk Elemanlarda İç Kuvvet-Şekildeğiştirme Bağıntıları.....	22
2.6 Eğilme Momenti ve Normal Kuvvet Etkisindeki Çubuklar .....	25
2.6.1 Eğilme Momenti-Eğrilik ( $M-\phi$ ) Bağıntısı .....	25
2.6.2 Betonarme Enkesitlerde Karşılıklı Etki Diyagramı .....	26
2.7 Betonarme Enkesitlere ait Akma Koşullarının İdealleştirilmesi .....	27
2.8 Betonarme Enkesitlerin Teorik Moment-Eğrilik Analizi .....	29
2.9 Taşıyıcı Elemanların Doğrusal-Elastik Olmayan Davranış Modelleri .....	31
2.9.1 Yayılı Plastik Kesit Modeli .....	32
2.9.2 Yığılı Plastik Kesit Modeli .....	34
2.10 Performansa Dayalı Tasarım ve Değerlendirme Yaklaşımı .....	37
2.11 Betonarme Binalar için TBDY-2018'deki Performans Esaslı Tasarım Esasları..	38
2.11.1 Bina Performans Düzeyi.....	38
2.11.1.1 Kesintisiz Kullanım (KK) Performans Düzeyi .....	39
2.11.1.2 Sınırlı Hasar (SH) Performans Düzeyi.....	39
2.11.1.3 Kontrollü Hasar (SH) Performans Düzeyi .....	39
2.11.1.4 Göçmenin Önlenmesi (GÖ) Performans Düzeyi.....	39
2.11.2 Bina Performans Hedefleri .....	40
2.11.3 Deprem Yer Hareketi Düzeyleri.....	40
2.11.3.1 Deprem Yer Hareketi Düzeyi-1 (DD-1).....	41

2.11.3.2	Deprem Yer Hareketi Düzeyi-2 (DD-2).....	41
2.11.3.3	Deprem Yer Hareketi Düzeyi-3 (DD-3).....	41
2.11.3.4	Deprem Yer Hareketi Düzeyi-4 (DD-4).....	41
2.11.4	Deprem Yer Hareketi Spektrumu .....	41
2.12	TBDY-2018'deki Doğrusal-Elastik Olmayan Hesap Yöntemleri .....	43
2.12.1	Doğrusal-Elastik Olmayan Statik Analizler .....	43
2.12.2	Zaman Tanım Alanında Doğrusal-Elastik Olmayan Analiz.....	44
2.12.3	Yapısal Sönüm.....	48
2.12.4	Deprem Kayıtlarının Seçimi.....	50
2.12.5	Deprem Kayıtlarının Ölçeklendirilmesi .....	50
2.13	Betonarme Binaların Performans Düzeylerine ait Şekildeğiştirme Sınırları.....	51
2.14	Taşıyıcı Sistemde Perde Kullanımının Önemi ve TBDY-2018'deki Temel Esasları.....	52
<b>3.</b>	<b>BETONARME BİNA SİSTEMLERİ ÜZERİNDE SAYISAL ANALİZLER .....</b>	<b>58</b>
3.1	Hesaplarda Yapılan Varsayımlar .....	58
3.2	Betonarme Binaların Özellikleri .....	59
3.3	Bina Sistemlerine ait Hesap Modellerinin Oluşturulması .....	64
3.3.1	Doğrusal-Elastik Olmayan Eleman Davranışının Tanımlanması .....	66
3.4	Performans Düzeylerine ait Şekildeğiştirme Sınırları .....	68
3.5	Deprem Yer Hareketi Kayıtlarının Seçimi ve Ölçeklendirilmesi .....	70
3.6	Binaların Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analizleri .....	72
3.7	Doğrusal-Elastik Olmayan Analiz Sonuçları.....	73
3.7.1	Kat Yerdeğiştirme Talepleri.....	74
3.7.2	Görelî Kat Ötelemesi Talepleri .....	75
3.7.3	Kat Kesme Kuvveti Talepleri.....	77
3.7.4	Kiriş, Kolon ve Perde Elemanlardaki Plastik Şekildeğiştirme Talepleri .....	78
3.7.4.1	Kirişlerdeki Plastik Dönme Talepleri.....	78
3.7.4.2	Kolonlardaki Plastik Dönme Talepleri.....	79
3.7.4.3	Perdelerdeki Birim Boy Değişmesi Talepleri .....	81
3.7.5	Taşıyıcı sistemde Plastik Kesitlerin Dağılımı .....	83
3.7.6	Taşıyıcı Sistem Elemanların Performans Düzeyleri .....	88
<b>4.</b>	<b>DEVİRİME MOMENTİ ORANINA İLİŞKİN ŞEKİLDEĞİŞTİRME BAZLI TALEPLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ.....</b>	<b>91</b>
4.1	Kat Yerdeğiştirme Taleplerinin Değerlendirilmesi .....	91
4.2	Görelî Kat Ötelemesi Taleplerinin Değerlendirilmesi .....	93
4.3	Kiriş Plastik Dönme Taleplerinin Değerlendirilmesi .....	95
4.4	Kolon Plastik Dönme Taleplerinin Değerlendirilmesi .....	96
4.5	Perde Birim Boy Değişmesi Taleplerinin Değerlendirilmesi .....	98
4.6	Bina Performans Düzeylerinin Değerlendirilmesi.....	99
<b>5.</b>	<b>SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR.....</b>	<b>101</b>
<b>6.</b>	<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>105</b>
	<b>EKLER .....</b>	<b>111</b>
EK A:	Gözönüne Alınan Binaların Kolon, Kiriş ve Perde Elemanlarının Enkesit Boyutları ve Donatıları.....	111
EK B:	Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analizlerde Kullanılmak Üzere Seçilen Deprem Yer Hareketlerine ait Yatay İvme Bileşenleri .....	128
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>		<b>132</b>

# ŞEKİL LİSTESİ

## Sayfa

Şekil 1.1: a) Asmolen döşeme görünüşü b) Dolgulu asmolen döşeme c) Asmolen döşeme enkesiti ve minimum koşulları.....	2
Şekil 1.2: Doğrusal-elastik olmayan statik analiz sonuçları (Gómez-Martinez vd., 2016a).	7
Şekil 1.3: a) Perde oranı-kesme kuvveti oranı grafiği b) Perde oranı-tepe ötelemesi davranışları (Burak ve Çömlekoğlu, 2013).	8
Şekil 1.4: a) Binaların kapasite eğrileri ve önemli plastikleşme noktaları b) ZTADOA kapsamında öteleme talepleri dağılımı (Lalaj vd. 2019).	10
Şekil 2.1: Artan yatay yükler altında yük parametresi – yerdeğiştirme davranışları (Özer,2009).	15
Şekil 2.2: Dış yükler etkisindeki katı bir cisime ait yükleme-boşaltma diyagramı (Özer, 2009).	16
Şekil 2.3: İdealleştirilmiş malzeme davranışları (Özer, 2009).	17
Şekil 2.4: Beton çeliğine ait tipik gerilme-şekildeğiştirme-diyagramı (Özer, 2009).	18
Şekil 2.5: Beton çeliği için gerilme-şekildeğiştirme diyagramlarına ait idealleştirmeler (Çakıroğlu ve Özer, 1980; Özer, 2009).	18
Şekil 2.6: Kısa süreli yükler altında sargılı ve sargısız beton için gerilme-şekildeğiştirme bağıntısı (Mander vd., 1988).	20
Şekil 2.7: Tipik dikdörtgen betonarme enkesitte ve boykesitte sargı parametreleri (Mander vd., 1988).	22
Şekil 2.8: Düzlem çubuk elemanda iç kuvvetler ve şekildeğiştirmeler (Özer, 2009).	23
Şekil 2.9: Farklı iç kuvvet düzeylerindeki bünye denklemleri (Özer, 2009).	24
Şekil 2.10: Betonarme enkesitler için tipik karşılıklı etki diyagramı (Özer,2009).	24
Şekil 2.11: Tipik bir betonarme enkesite ait $M-\phi$ diyagramı (Özer, 2009).	25
Şekil 2.12: Betonarme kesitlerde karşılıklı etki diyagramı (Özer, 2009).	26
Şekil 2.13: Betonarme kesitlerde idealleştirilmiş $M-\phi$ diyagramı a) Yayılı plastisite b) Plastik mafsal hipotezi (Özer, 2009).	27
Şekil 2.14: Betonarme kesitlerde idealleştirilmiş normal kuvvet-birim boy değişmesi diyagramı (Özer, 2009).	27
Şekil 2.15: Betonarme kesitlerde karşılıklı etki diyagramının idealleştirilmesi (Özer, 2009).	28
Şekil 2.16: Moment – eğrilik grafiğinin iki doğru parçalı idealleştirilmesi (Çalışkan, 2019).	29
Şekil 2.17: Betonarme dikdörtgen bir enkesite ait şekildeğiştirme profiline karşı gelen gerilme ve kuvvetler.	30
Şekil 2.18: Betonarme bir enkesite ait moment – eğrilik grafiği (Çalışkan, 2019).	31
Şekil 2.19: Yığılı ve yayılı plastik davranış modelleri (Deierlein vd., 2010).	32
Şekil 2.20: Tipik bir betonarme kolon üzerinde şekildeğiştirme durumu.	33
Şekil 2.21: Tipik bir betonarme perde elemana ait fiber model.	33
Şekil 2.22: Eğilme momenti – eğrilik diyagramı (Özer, 2009).	34
Şekil 2.23: Doğrusal-elastik olmayan şekildeğiştirmeler ve plastik kesit oluşumu (Özer, 2009).	35
Şekil 2.24: İdealleştirilmiş moment-eğrilik bağıntısı (Özer, 2009).	36
Şekil 2.25: Plastik mafsal boyu (Özer, 2009).	37
Şekil 2.26: Yapı sistemlerinde performansa dayalı tasarım yaklaşımının uygulanması.	38
Şekil 2.27: Bina performans düzeyleri ve bölgeleri.	40

Şekil 2.28: %5 sönümlü yatay elastik ivme davranış spektrumu (TBDY, 2018). .....	42
Şekil 2.29: Kapasite eğrisinin elde edilmesi (Hasgöl, 2004). .....	44
Şekil 2.30: Tek serbestlik dereceli sistemler (Chopra, 2000). .....	45
Şekil 2.31: Ortalama ve doğrusal ivme yöntemleri (Chopra, 2000). .....	46
Şekil 2.32: Sönüm oranının doğal açısal frekans ile değişimi (Chopra, 2000). .....	49
Şekil 2.33: Yatay yük etkisinde taşıyıcı sistem davranışları: a) Çerçeve sistem, b) Konsol perde, c) Perde-çerçeve sistem (Doğangün, 2021). .....	53
Şekil 2.34: Yatay yükler altında $0.40M_0 < M_{dev} < 0.75M_0$ durumu. ....	54
Şekil 2.35: Yatay yükler altında $0.75M_0 \leq M_{dev}$ durumu. ....	54
Şekil 2.36: Kirişsiz/mantar döşeme sistemi için taşıyıcı sistem seçimine ait akış diyagramı (ProtaStructure, 2021). .....	55
Şekil 2.37: Plak döşemeli kirişli sistemler için taşıyıcı sistem seçimine ait akış diyagramı (ProtaStructure, 2021). .....	56
Şekil 2.38: Asmolen döşemeli taşıyıcı sistem seçimine ait akış diyagramı (ProtaStructure, 2021). .....	57
Şekil 3.1: Asmolen döşeme sistemine ait tipik kesit. ....	61
Şekil 3.2: 5KPC_0.75 perde-çerçeve binasının kat planı. ....	62
Şekil 3.3: 5KPC_0.60 perde-çerçeve binasının kat planı. ....	62
Şekil 3.4: 5KPC_0.45 perde-çerçeve binasının kat planı. ....	63
Şekil 3.5: 5KC çerçeve binasının kat planı. ....	63
Şekil 3.6: 5KC_0.75 binanın üç boyutlu taşıyıcı sistemi. ....	65
Şekil 3.7: 5KC_0.60 binanın üç boyutlu taşıyıcı sistemi. ....	65
Şekil 3.8: 5KPC_0.45 binanın üç boyutlu taşıyıcı sistemi. ....	65
Şekil 3.9: 5KC binanın üç boyutlu taşıyıcı sistemi. ....	66
Şekil 3.10: Tipik bir kiriş enkesitine ait moment-eğrilik ilişkisi. ....	67
Şekil 3.11: Tipik bir kolon enkesitine ait moment-plastik dönme bağıntısı ile karşılıklı etkileşim diyagramı. ....	67
Şekil 3.12: Doğrusal-elastik olmayan davranış gösteren tipik bir fiber perde enkesiti. ....	68
Şekil 3.13: Tipik bir kolon enkesiti için plastik dönme sınırları. ....	69
Şekil 3.14: Basit ölçekleme yöntemi ile deprem kayıtlarının ölçeklendirilmesi. ....	71
Şekil 3.15: Kiriş ve kolon plastik kesitleri için histerik çevrim modelleri a) Takeda modeli b) Tam pekleşen rijit plastik model. ....	72
Şekil 3.16: ZTADOA’lerde kullanılan Rayleigh sönümü. ....	72
Şekil 3.17: Bina tepe yerdeğiştirmelerinin zamana bağlı değişimleri. ....	73
Şekil 3.18: Binaların farklı deprem kayıtları için elde edilen yerdeğiştirme profilleri. ....	75
Şekil 3.19: Binaların görelî kat öteleme profilleri. ....	76
Şekil 3.20: Binalardaki farklı deprem kayıtları için elde edilen kesme kuvveti profilleri. ....	77
Şekil 3.21: Binalar için elde edilen ortalama kiriş plastik dönme talepleri. ....	79
Şekil 3.22: Binalar için elde edilen ortalama kolon plastik dönme talepleri. ....	80
Şekil 3.23: Perde-çerçeve binalarda ortalama birim boy değişmesi talepleri. ....	82
Şekil 3.24: Farklı depremler için 5KPC_0.75’de oluşan plastik kesitlerin dağılımları. ....	84
Şekil 3.25: Farklı depremler için 5KPC_0.60’de oluşan plastik kesitlerin dağılımları. ....	85
Şekil 3.26: Farklı depremler için 5KPC_0.45’de oluşan plastik kesitlerin dağılımları. ....	86
Şekil 3.27: Farklı depremler için 5KC’de oluşan plastik kesitlerin dağılımları. ....	87
Şekil 4.1: Binaların a) ortalama ve b) en elverişsiz kat yerdeğiştirme profilleri. ....	92
Şekil 4.2: Binaların a) ortalama ve b) en elverişsiz görelî kat öteleme profilleri. ....	94
Şekil 4.3: Binaların kat bazında a) ortalama ve b) en elverişsiz kiriş plastik dönme profilleri. ....	96
Şekil 4.4: Binaların a) ortalama ve b) en elverişsiz kolon plastik dönme profilleri. ....	97
Şekil 4.5: Binaların a) ortalama ve b) en elverişsiz perde birim boy değişimi talepleri. ....	98



<b>Şekil 4.6:</b> Binaların yapısal elemanlarındaki performans düzeyleri. ....	100
<b>Şekil B.1:</b> EQ-1 deprem yer hareketlerine ait yatay bileşenlerinin ivme-zaman grafikleri. ....	128
<b>Şekil B.2:</b> EQ-2 deprem yer hareketlerine ait yatay bileşenlerinin ivme-zaman grafikleri. ....	128
<b>Şekil B.3:</b> EQ-3 deprem yer hareketlerine ait yatay bileşenlerinin ivme-zaman grafikleri. ....	129
<b>Şekil B.4:</b> EQ-4 deprem yer hareketlerine ait yatay bileşenlerinin ivme-zaman grafikleri. ....	129
<b>Şekil B.5:</b> EQ-5 deprem yer hareketlerine ait yatay bileşenlerinin ivme-zaman grafikleri. ....	129
<b>Şekil B.6:</b> EQ-6 deprem yer hareketlerine ait yatay bileşenlerinin ivme-zaman grafikleri. ....	130
<b>Şekil B.7:</b> EQ-7 deprem yer hareketlerine ait yatay bileşenlerinin ivme-zaman grafikleri. ....	130
<b>Şekil B.8:</b> EQ-8 deprem yer hareketlerine ait yatay bileşenlerinin ivme-zaman grafikleri. ....	130
<b>Şekil B.9:</b> EQ-9 deprem yer hareketlerine ait yatay bileşenlerinin ivme-zaman grafikleri. ....	131
<b>Şekil B.10:</b> EQ-10 deprem yer hareketlerine ait yatay bileşenlerinin ivme-zaman grafikleri. ....	131
<b>Şekil B.11:</b> EQ-11 deprem yer hareketlerine ait yatay bileşenlerinin ivme-zaman grafikleri. ....	131

## TABLO LİSTESİ

### Sayfa

<b>Tablo 2.1:</b> Yapısal sistemlerin doğrusal olmama nedenleri (Özer, 2009).....	13
<b>Tablo 2.2:</b> Farklı beton çeliği sınıflarına ait karakteristik değerler (TBDY, 2018).....	19
<b>Tablo 2.3:</b> Yeni yapılacak betonarme ve çelik binalar için performans hedefleri (TBDY, 2018).....	40
<b>Tablo 2.4:</b> Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayıları (TBDY, 2018).....	42
<b>Tablo 2.5:</b> 1.0 sn periyot için yerel zemin etki katsayıları (TBDY, 2018).....	43
<b>Tablo 2.6:</b> Sırasıyla ortalama ve doğrusal ivme yöntemleri (Chopra, 2000).....	47
<b>Tablo 2.7:</b> Ortalama ivme yöntemi için hesapta izlenen yol. ....	47
<b>Tablo 2.8:</b> Eleman bazında şekildeğiştirme sınırları (TBDY, 2018).....	51
<b>Tablo 3.1:</b> Betonarme bina sistemlerinin tasarımında gözönüne alınan parametreler.....	60
<b>Tablo 3.2:</b> Kiriş, kolon ve perde elemanların enkesit boyutları. ....	61
<b>Tablo 3.3:</b> Tipik bir perde enkesitine ait çok katmanlı kabuk modeli özellikleri.....	68
<b>Tablo 3.4:</b> Tipik bir perde başlık bölgesi için hesaplanan birim şekildeğiştirme sınırları. ....	70
<b>Tablo 3.5:</b> Deprem yatay ivme kaydı takımlarının özellikleri.....	70
<b>Tablo 3.6:</b> 5KPC_0.75 binanın taşıyıcı sistem elemanlarındaki hasar durumları. ....	89
<b>Tablo 3.7:</b> 5KPC_0.60 binanın taşıyıcı sistem elemanlarındaki hasar durumları. ....	89
<b>Tablo 3.8:</b> 5KPC_0.45 binanın taşıyıcı sistem elemanlarındaki hasar durumları. ....	90
<b>Tablo 3.9:</b> 5KC binanın taşıyıcı sistem elemanlarındaki hasar durumları.....	90
<b>Tablo 4.1:</b> Binaların kat yerdeğiştirme taleplerine ait rölatif değişimler.....	92
<b>Tablo 4.2:</b> Binaların görece kat öteleme taleplerine ait rölatif değişimler.....	94
<b>Tablo 4.3:</b> Binaların kat giriş plastik dönme taleplerine ait rölatif değişimler.....	96
<b>Tablo 4.4:</b> Binaların kat kolon plastik dönme talepleri. ....	97
<b>Tablo 4.5:</b> Perde-çerçeve binalardaki birim boy değişimi taleplerine ait rölatif değişimler. ....	99
<b>Tablo A.1:</b> Kolon enkesit boyutları ve beton çeliği özellikleri. ....	111
<b>Tablo A.2:</b> Perde enkesit boyutları ve donatı özellikleri. ....	111
<b>Tablo A.3:</b> 5KPC_0.75'nin X doğrultusundaki giriş enkesit boyutları ve donatı özellikleri. ....	112
<b>Tablo A.4:</b> 5KPC_0.75'nin Y doğrultusundaki giriş enkesit boyutları ve donatı özellikleri. ....	114
<b>Tablo A.5:</b> 5KPC_0.60'nin X yönü doğrultusundaki enkesit boyutları ve donatı özellikleri. ....	116
<b>Tablo A.6:</b> 5KPC_0.60'nin Y doğrultusundaki giriş enkesit boyutları ve donatı özellikleri. ....	118
<b>Tablo A.7:</b> 5KPC_0.45'nin X doğrultusundaki giriş enkesit boyutları ve donatı özellikleri. ....	120
<b>Tablo A.8:</b> 5KPC_0.45'nin Y doğrultusundaki giriş enkesit boyutları ve donatı özellikleri. ....	122
<b>Tablo A.9:</b> 5KC'nin X doğrultusundaki giriş enkesit boyutları ve donatı özellikleri. ....	124
<b>Tablo A.10:</b> 5KC'nin Y doğrultusundaki giriş enkesit boyutları ve donatı özellikleri. ...	126

## SEMBOL LİSTESİ

$A_{sx}, A_{sy}$	: x ve y eleman eksenleri doğrultusundaki toplam sargı donatısı alanı
$a_0, a_1$	: herhangi bir modda istenen sönüm oranları katsayıları
$a_0$	: Kesit çevresindeki düşey donatıların eksenleri arasındaki uzaklık
$b_c, d_c$	: Etriye eksenleri arasındaki çekirdek alanının x ve y eksenlerindeki uzunlukları
$b_0$	: Göbek betonunu sargılayan etriyenin eksenleri arasında kalan kesit boyutu
$b_w$	: Enkesit genişliği
$c$	: Tarafsız eksen derinliği
$C_{si}$	: Basınç bölgesindeki donatı kuvvetleri
$C_{ci}$	: Beton dilimlerine karşı gelen basınç kuvvetleri
$d$	: Enkesitin etkin yüksekliği
$d_b$	: Boyuna donatı çapı
$D$	: Dayanım fazlalığı katsayısı
$E_s$	: Beton çeliğinin elastisite modülü
$EI_{el}$	: Elastik bölgedeki eğilme rijitliği
$EI_{pl}$	: Akma sonrası plastik eğilme rijitliği
$E_{sec}$	: Sekant elastisite modülü
$EI_{ef}$	: Enkesitin etkin eğilme rijitliği
$EF$	: Uzama rijitliği
$F_1$	: 1.0 saniye periyot için yerel zemin etki katsayısı
$F_S$	: Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayısı
$I$	: Bina önem katsayısı
$f_s$	: Beton çeliğindeki gerilme
$f_c$	: Betondaki basınç gerilmesi
$f_{cc}'$	: Sargılı betonun basınç dayanımı
$f_{sy}, f_y, f_{yk}$	: Beton çeliğindeki akma dayanımı
$f_{co}', f_c'$	: Sargısız betonun basınç dayanımı
$f_{su}, f_u$	: Beton çeliğindeki kopma dayanımı
$f_{yh}$	: Sargı donatısının akma dayanımı
$h$	: Enkesit yüksekliği
$h_0$	: Göbek betonunu sargılayan etriyenin eksenleri arasında kalan kesit boyutu
$H_N$	: Bina toplam yüksekliği
$k$	: Yapının rijitlik matrisi
$L_p$	: Plastik mafsal uzunluğu
$L_s$	: Kesme açıklığı
$N_p$	: Sabit eğilme momenti etkisinde enkesitin normal kuvvet taşıma gücü
$m$	: Yapının kütle matrisi
$M_{dev}$	: Betonarme perdenin tabanında deprem yüklerinden meydana gelen devrilme momenti
$M_0$	: Binanın tümü için deprem yüklerinden tabanda meydana gelen toplam devrilme momenti
$M_w$	: Gözönüne alınan tasarım depreminin moment büyüklüğü
$s, s'$	: İki boyuna donatı arasındaki net uzaklık ile merkezler arası uzaklık
$S_{DS}$	: Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı
$S_{D1}$	: 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı
$S_S$	: Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı

$S_1$	: 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı
$PGA$	: En büyük yer ivmesi değeri
$R$	: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
$T$	: Titreşim periyodu
$T_A, T_B$	: Yatay elastik tasarım ivme spektrumunun köşe periyotları
$T_L$	: Yatay elastik tasarım ivme spektrumunda sabit yerdeğiştirme bölgesine geçiş periyodu
$T_{si}$	: Çekme bölgesindeki donatı kuvvetleri
$V$	: Kat kesme kuvveti
$V_{ele}$	: İlgili elemanlara ait kat kesme kuvveti talebi
$V_{kat}$	: Kat kesme kuvveti
$(V_s)_{30}$	: Üst 30 metredeki ortalama kayma dalgası hızı
$\delta_i$	: Binanın $i$ 'inci katındaki yerdeğiştirme talebi
$\Delta_i$	: Binanın $i$ 'inci katındaki görelî kat ötelemesi talebi
$\xi$	: Sönüm oranı
$\xi_n$	: $n$ . titreşim moduna ait sönüm oranı
$\varepsilon$	: Birim boy değışmesi
$\varepsilon_{co}$	: Sargısız betonun karakteristik dayanımına karşılık gelen akma şekildeğıştirmesi
$\varepsilon_{sh}$	: Beton çeliğinin pekleşme başlangıcındaki birim şekildeğıştirmesi
$\varepsilon_c$	: En dış beton basınç lifindeki birim boy kısalması
$\varepsilon_{cu}$	: Betonun birim boy değışme kapasitesi
$\varepsilon_{su}$	: Beton çeliğinin birim boy değışmesi kapasitesi
$\varepsilon_s$	: Beton çeliğindeki birim boy değışmesi
$\varepsilon_e, \varepsilon_{sy}$	: Beton çeliğinin akma birim boy değışmesi
$\varepsilon_{sm}$	: Sargı donatısına ait birim boy değışmesi kapasitesi
$\phi_u$	: Nihai akma eğriliğî
$\phi'_y$	: İlk akma eğriliğî
$\phi_y$	: Eşdeğeri akma eğriliğî
$\phi$	: Eğrilik
$\phi_p$	: Plastik eğrilik
$w_i$	: Enkesitte komşu iki boyuna donatı arasındaki net uzaklık
$\omega_n$	: $n$ . titreşim moduna ait doğal frekans
$\omega_{we}$	: Etkin sargı donatısının mekanik donatı oranı
$\rho_x, \rho_y$	: $x$ ve $y$ eksenlerindeki enine donatının hacimsel oranı
$\rho_{cc}$	: Toplam boyuna donatı alanının sargılı göbek betonu alanına oranı
$\rho_s$	: Enkesitteki enine sargı donatısının toplam hacimsel oranı
$\sigma$	: Gerilme
$\theta_p$	: Plastik dönme

## Kısaltmalar

<b>ABYYHY-1968</b>	: Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik 1968
<b>ABYYHY-1975</b>	: Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik 1975
<b>ABYYHY-1998</b>	: Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik 1998
<b>BHB</b>	: Belirgin Hasar Bölgesi
<b>BKS</b>	: Bina Kullanım Sınıfı
<b>BYS</b>	: Bina Yükseklik Sınıfı
<b>DBYBHY-2007</b>	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007
<b>DTS</b>	: Deprem Tasarım Sınıfı
<b>GB</b>	: Göçme Bölgesi
<b>GÖ</b>	: Göçmenin Önlenmesi
<b>İHB</b>	: İleri Hasar Bölgesi
<b>KH</b>	: Kontrollü Hasar
<b>KK</b>	: Kesintisiz Kullanım
<b>PEER</b>	: Pacific Earthquake Engineering Research Center
<b>SH</b>	: Sınırlı Hasar
<b>TBDY-2018</b>	: Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018
<b>TDTH</b>	: Türkiye Deprem Tehlike Haritası
<b>TS-500</b>	: Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapıl Kuralları 2000
<b>ZTADOA</b>	: Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz

## ÖNSÖZ

Bu yüksek lisans çalışmasında, TBDY-2018'deki esaslara uygun olarak tasarlanmış asmolon döşemeli betonarme binaların şekildeğiştirme bazlı doğrusal-elastik olmayan davranışında, perde devrilme momenti oranının etkisi ve ayrıca, taşıyıcı sistemin süneklik düzeyi seçimine ilişkin hususlar sayısal olarak araştırılmıştır.

Çalışmalarımnda bana yakından yardımcı olan, sorularımı hiçbir zaman cevapsız bırakmayan, bu uzun, zor ve değerli süreçte her daim bana destek olan tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Umut HASGÜL'e teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Yüksek lisansımın başlangıcından sonuna kadar bana yardımcı olan ve isimlerini asla unutamayacağım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Altuğ YAVAŞ ve Dr. Öğr. Üyesi Tamer BİROL'a teşekkür ederim.

Beni daha lisans aşamasında bu yola sokan ve gerek ders aşamasında gerek yürüttüğüm tez çalışmam süresince her zaman beni destekleyen, maddi veya manevi olarak her an yanımda olan, beni benden iyi tanıyan İnş. Müh. Tuğçe Beyza BAŞTÜRK'e en içten teşekkürlerimi sunarım. Geçmişimde de şimdide yanımda olduğunu biliyor ve gelecekte de beraber olmayı diliyorum.

Hayatımın her aşamasında bana destek olan, ismine yer vermeyi unuttuğum kişilere öncelikle teşekkür eder ardından özür dilerim. Hayatım boyunca üstümde en ufak emeği olan kimsenin ismini unutmayacağımı belirtmek isterim.

Bütün yaşamım boyunca bana her türlü maddi ve manevi desteği sağlayan, her zaman desteklerini yanımda hissettiğim, başta ölümsüzleştirmek istediğim ebeveynlerim olan, daha küçük bir çocukken kaybettiğim, bana mesleği ilkokul çağında sevdiren merhum inşaat kalfası babam İsmail KURT, küçük bir çocuğun sahip olabileceği en güzel ve en şefkatli anne olan merhume annem Emine KURT, beni büyütüp bu günlere getiren canım müteahhit dedem Şerafettin DEDEOĞLU ve kalbindeki saflığıyla biricik anneannem Zühre DEDEOĞLU'na ve de tüm aileme minnet ve şükranlarımı sunarım.

**Balıkesir, 2023**

**Mehmet Şeref KURT**

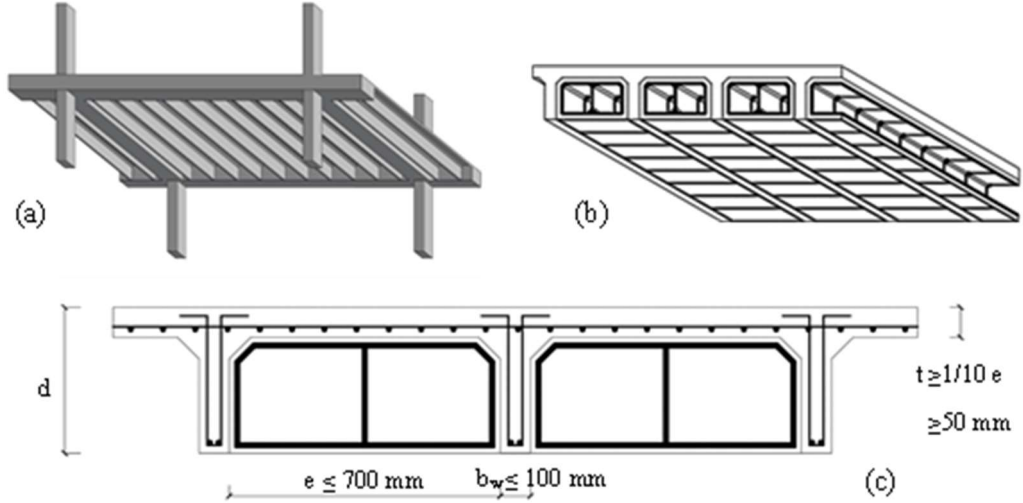
# 1. GİRİŞ

## 1.1 Konu

Son yıllarda hızla gelişen inşaat teknolojisi ve yapım teknikleri sayesinde daha estetik, ergonomik ve fonksiyonel iç hacimlere olanak sağlayan ve geleneksel plak döşemeye alternatif döşeme sistemlerinin bina sistemlerinde yer aldığı görülmektedir. Pek çok ülkede olduğu gibi ülkemizde de mimari tasarım ve taleplere yönelik olarak konut tipi betonarme binalarda dolgulu (asmolen) veya dolgusuz tek doğrultulu dişli döşeme sistemlerinin öne çıktığı görülmektedir. Bu döşeme sistemleri genel olarak ince bir plak, genişliği yüksekliğinden daha fazla olan geniş/yatık kirişler ve bu kirişlerin arasında tek doğrultuda yerleştirilmiş daha küçük nervür kirişlerinden oluşturulurlar (Şekil 1.1-a). Düşey ve yatay yükler altında oluşan iç kuvvetler sonucunda geniş kirişler çoğu kez düşey taşıyıcılara göre daha büyük boyutlardadır. Bina içerisinde düz bir tavan görüntüsü oluşturabilmek amacıyla geniş kirişler ile nervür kirişlerinin yüksekliği aynı seçilmekte ve bunların arası tuğla, gazbeton, yalıtım malzemeleri veya strafor gibi ısı ve ses yalıtımı sağlayan hafif dolgu malzemeleriyle doldurulmaktadır (Şekil 1.1 b-c).

Tek veya çift doğrultuda düzenlenebilen dişli döşemeli betonarme sistemlerde geniş/yatık kirişlerin geleneksel kirişli sistemlere göre dayanım ve yatay rijitliğinin küçük olması nedeniyle oluşabilecek öteleme ve stabilite sorunları, görece kat ağırlığının fazlalığı ve buna bağlı olarak artan atalet kuvvetleri ile geometri değişimleri bakımından ikinci mertebe etkileri, geniş kiriş-kolon/geniş kiriş-perde birleşimlerinin ve kolon/perde dışından geçen kısımlarında aktarılacak donatı kuvvetleri gibi bir takım belirsizlikler yapısal modellemede ve davranışta öne çıkmaktadır.

Bu bağlamda, modern deprem yönetmeliklerinde, kirişli sistemlerden farklı olarak, asmolen döşemeye sahip betonarme sistemlerdeki olumsuzluk ve belirsizliklere karşı güvenli tarafta kalmak amacıyla düşük veya sınırlı süneklik düzeyi seçiminin zorunlu kılınması, planda belirli oranda perde kullanımı gerektiren tasarım şartları, taşıyıcı sistem davranış katsayısına yönelik sınırlamalar gibi özel koşullar yer almaktadır.



**Şekil 1.1:** a) Asmolen döşeme görünüşü b) Dolgulu asmolen döşeme c) Asmolen döşeme enkesiti ve minimum koşulları.

Ülkemizde yürürlükte olan betonarme tasarım standardına göre asmolen döşeme sistemlerinde nervür kirişleri arası temiz mesafenin 700 mm'den büyük olmaması, döşeme kalınlığının minimum 50 mm ve dişler arası net açıklığın 1/10'undan büyük olması koşulu bulunmaktadır (Şekil 1.1-c) (TS, 500).

Dolgosuz ve dolgulu tek doğrultulu dişli döşemeli binalar üzerinde yapılan çalışmalar, mevcut bina sistemlerinin öngörülen performans hedefini çoğunlukla sağlamadığını göstermiştir (Güngör, 2014; Dominguez vd, 2016; Dönmez 2013). Buna karşın, kapasite tasarım ilkelerinin uygulandığı modern deprem yönetmeliklerine uygun şekilde tasarlanmış ve yeterli yatay rijitlikte düşey taşıyıcı elemanların bulunduğu sistemlerde, derin kirişli sistemlere yakın bir davranışın olduğu görülmüştür. (Gómez-Martínez, vd., 2016a; Gómez-Martínez, vd., 2016b; Lalaj vd., 2019).

Ülkemizde yaşanan geçmiş depremlerde (Adapazarı 1967, Erzincan 1992, Marmara 1999, Van 2011, vb.), geniş kirişli ve asmolen döşemeli betonarme binalarda farklı boyutlarda hasarlar veya göçme durumlarının olduğu görülmüştür. Uygulama kusurları, yetersiz/hatalı malzeme kullanımı, geniş kirişten kolona yetersiz iç kuvvet aktarımı, düşey taşıyıcı elemanların yeterli yatay rijitliğe sahip olmaması, yüksek düzeyde görel kat ötelemeleri gibi farklı başlıklarda ortaya çıkan bu sebepler kısmi/toptan göçme durumlarının başlıca sebepleri olarak gösterilebilir (Akyıldız ve Girgin, 2017; Doğangün, 2004; Dönmez, 2013; Kızılkant vd., 2011; ODTÜ, 2012).



Eurocode-8 (CEN, 2004), ACI-318-14 (ACI, 2014), NZS 3101 (NZS, 2006), ASCE 41-17 (ASCE-2017) gibi yaygın bilinen birçok tasarım standardı ve deprem yönetmeliğinde asmolen döşemeli betonarme binaların tasarımında süneklik düzeyinin azaltılması ve taşıyıcı sistem seçiminde özel koşullar bulunmamasına karşın, Türkiye, İtalya, Yunanistan gibi Akdeniz ülkelerinin deprem yönetmeliklerinde (TBDY-2018, Italian Seismic Code, EAK-2000, NCSE vb.) bu tür sistemler için süneklik düzeyi kısıtlaması, planda belirli oranda perde kullanımı ve taşıyıcı sistemin tasarımında özel koşullar öngörülmektedir (Gómez-Martínez, 2016a).

Günümüze kadar yayınlanan Türk Deprem Yönetmeliklerinde asmolen yapı sistemleri için farklı kurallar ve/veya koşulların uygulandığı bilinmektedir. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik-1968 (ABYYHY-1968)'de, 1. ve 2. derece deprem bölgelerindeki binalarda asmolen döşeme sisteminin kullanılmayacağı koşulu bulunmaktadır. Daha sonrasında yayınlanan Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik-1975 (ABYYHY-1975)'de perde kullanılması şartı ile her tür deprem bölgesinde asmolen döşemeli binaların belirli koşullara bağlı olarak yapılabileceği belirtilmiştir. Yönetmelikte, farklı deprem bölgeleri için belirtilen bina yüksekliklerinin aşılması halinde dolgulu ya da dolgusuz dişli döşemeler için *“temele dek devam eden ve planda rijitlik merkezi, kütle merkezine elden geldiğince çakışacak biçimde deprem perdeleri düzenlenmelidir.”* ifadesi kullanılmıştır (ABYYHY-1975). Ancak, planda yerleştirilecek perde miktarı ile ilgili bir kriter bulunmamaktadır. Bina türü yapı sistemlerinin tasarımında kapasite tasarım ilkelerinin ilk kez kullanıldığı Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik-1998 (ABYYHY-1998)'de, asmolen döşemeli betonarme binalarda planda kullanılacak perde miktarı ile hesap esasları daha netleştirilmiştir. Dolgulu veya dolgusuz dişli döşemeli binaların taşıyıcı sistemi, süneklik düzeyi yüksek olması halinde, tasarıma ilişkin herhangi bir kısıtlama bulunmamaktadır. Buna karşın, yüksek süneklik düzeyi ile ilgili tasarım koşullarından herhangi birinin sağlanmaması halinde, taşıyıcı sistem süneklik düzeyi normal olarak modellenmektedir. Bu tür binaların 1. ve 2. derece deprem bölgelerinde veya  $H > 13^m$  olarak 3. ve 4. derece deprem bölgelerinde yapılabilmesi için bina yüksekliği boyunca devam eden boşluklu/boşluksuz süneklik düzeyi yüksek/normal perdelerin teşkil edilmesi gerekmektedir. Bunun dışında, asmolen döşemeli bu tür sistemler perdesiz olarak sadece  $H \leq 13^m$  koşulu ile 3. ve 4. derece deprem bölgelerinde teşkil edilebilmektedir. Perdelerin süneklik düzeyi normal olarak tasarlanması halinde, her iki asal deprem doğrultusunda

sabit düşey ve yatay deprem yükleri etkisi perdelerin tabanında oluşacak devrilme momentleri toplamının ( $\Sigma M_{dev}$ ), tüm katlardaki devrilme momentleri toplamına ( $\Sigma M_O$ ) oranının %75'ten büyük olması ( $\Sigma M_{dev}/\Sigma M_O \geq 0.75$ ) gerekmektedir (ABYYHY-1998). Performans esaslı tasarım ve değerlendirme yaklaşımının mevcut binaların deprem güvenliklerinin belirlenmesi çerçevesinde yer aldığı Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik-2007 (DBYBHY-2007)'de, planda yerleştirilecek perde miktarı %75'lik devrilme momenti koşulu yerine tabandaki kesme kuvvetine bağlı olarak ortaya konulmuştur. Buna göre, “*Taşıyıcı sistemde süneklik düzeyi normal perdelerin kullanılması durumunda, her bir deprem doğrultusunda, deprem yüklerine göre perdelerin tabanında elde edilen kesme kuvvetlerinin toplamı ( $\Sigma V_{taban}$ ), binanın tümü için tabanda meydana gelen toplam kesme kuvvetinin ( $\Sigma V_O$ ) %75'inden fazla olacaktır ( $\Sigma V_{taban}/\Sigma V_O \geq 0.75$ ).*” kriteri yer almaktadır (DBYBHY-2007).

Geleneksel kuvvete dayalı tasarımın yanı sıra ilaveten, şekildeğiştirme esaslı davranış esaslarının yeni yapılacak binaların tasarımı için ortaya konulduğu güncel deprem yönetmeliğimiz Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği-2018'de (TBDY-2018), asmolen döşemeli bina sistemlerinin tasarımına ilişkin kriterlerin önceki deprem yönetmeliklerine kıyasla daha rijit olduğu söylenebilir. TBDY-2018'e göre, asmolen döşemeli binaların deprem etkisinin önemli olduğu DTS=1 ve DTS=2 ( $S_{DS} \geq 0.50$ ) bölgelerinde yapılması durumunda planda boşluklu veya boşluksuz perde teşkili zorunlu olmakla birlikte, taşıyıcı sistemin *süneklik düzeyi karma* olarak seçilmesi zorunlu hale gelmiştir. Deprem etkisinin daha az olduğu DTS=3 ve DTS=4 ( $S_{DS} < 0.50$ ) bölgelerde ise, perde içermedikleri takdirde *süneklik düzeyi sınırlı sistem* kullanımı zorunludur. Bu tür taşıyıcı sistemler süneklik düzeyi yüksek perdeler ile birlikte teşkil edilerek süneklik düzeyi karma sistemler olarak tasarlanabilmektedir. Bu noktada, planda perde teşkili yine zorunlu hale gelmiştir. Tüm DTS sınıfları için asmolen döşemeli süneklik düzeyi karma taşıyıcı sistemlerde, ABYYHY-1998'e benzer şekilde, betonarme perdelerin tabanında deprem yüklerinden oluşan devrilme momentlerinin ( $\Sigma M_{dev}$ ), binanın tümünde oluşan devrilme momentlerine ( $\Sigma M_O$ ), oranının en az %75 olması gerekmektedir.

ABYYHY-1998 ve DBYBHY-2007 yönetmeliklerinde taşıyıcı sistem seçimi ve süneklik düzeyinin belirlenmesinde tek ve çift doğrultulu asmolen ve kaset döşemeler net olarak tarif edilmesine karşın, TBDY-2018'de sadece “*dolgulu (asmolen) ve dolgunsuz tek doğrultulu dişli döşemeler*” ifadesi bulunması pratik mühendislerde bazı yorum

farklılıklarına sebep olmaktadır. Yönetmelikte asmolen döşemeli binalar için belirtilen koşullar esasen kaset döşeme sistemleri için de geçerlidir. Yönetmeliğin 4.3.4.6 maddesi uyarınca asmolen döşemeli binalarda planda önemli oranda perde teşkili gerektiğinden, yönetmelikte doğrudan tarif edilmeyen kaset sistemlerin tercih edildiği ve uygun olmayan taşıyıcı sistem arayışlarına girildiği bilinmektedir. Bu sebeple, deprem yönetmeliğimiz için hazırlanacak ilk güncellemede bunu önleyici bir açıklamanın gerek olduğu düşünülmektedir.

## **1.2 Konu ile ilgili Yapılmış Çalışmalar**

Bu bölümde asmolen döşemeli taşıyıcı sistemlerin deprem altındaki davranışları ile plandaki perde kullanımının yapısal davranış üzerindeki etkisini içeren literatürdeki araştırmalar iki başlık altında sunulmuştur.

### **1.2.1 Asmolen Döşemeli Sistemler ile ilgili Literatürdeki Çalışmalar**

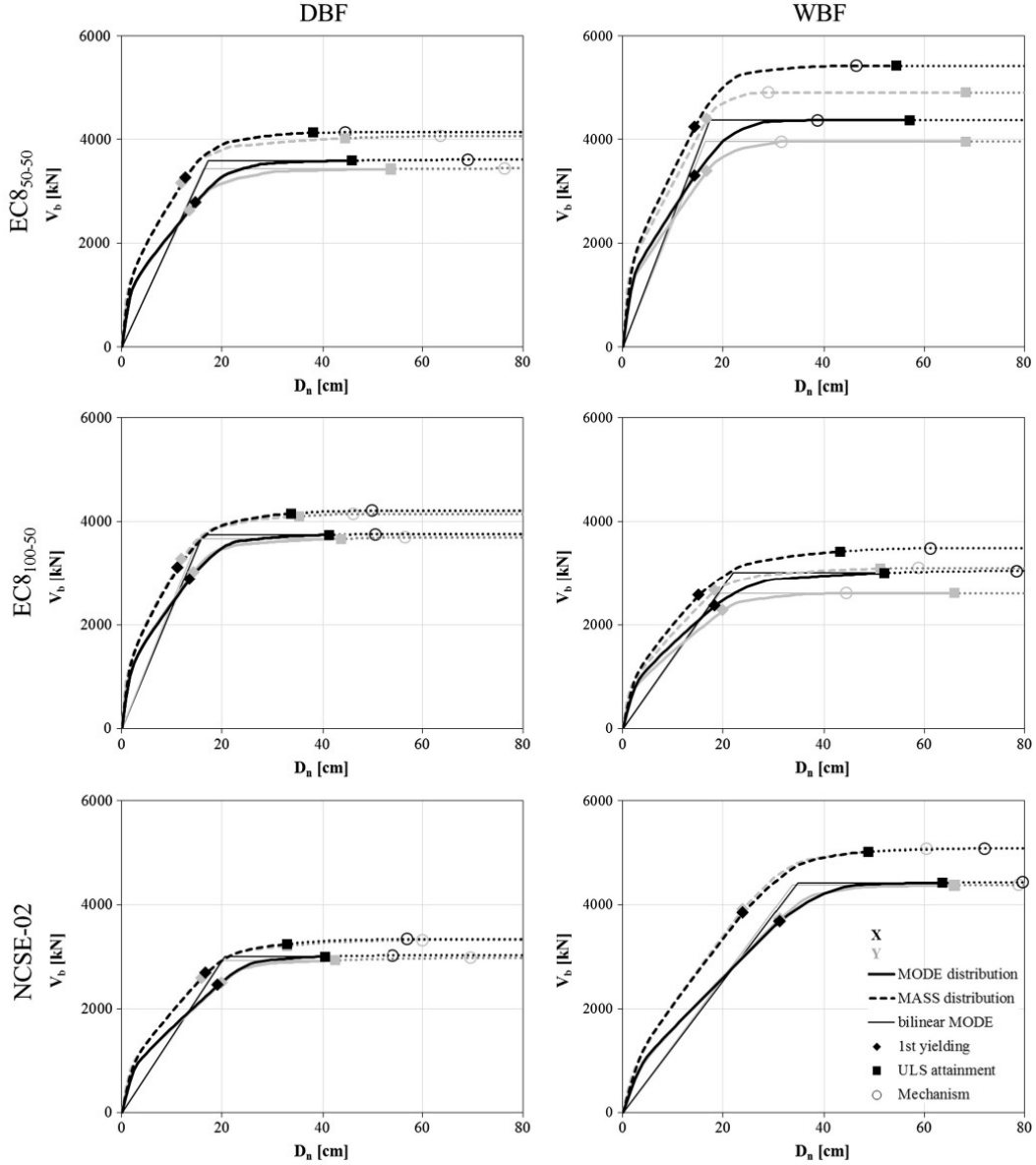
Vielma vd. (2009)'da, İspanyol deprem yönetmeliği (NCSE-02) kapsamında çift doğrultulu kirişsiz dişli döşemeli (waffle slab) binaların deprem etkisi altındaki doğrusal- elastik olmayan davranışları sayısal olarak incelenmiştir. Bu bağlamda, dişli döşemeye sahip üç adet süneklik düzeyi sınırlı kirişsiz bina ile iki adet derin kirişli çerçeve binanın doğrusal-elastik olmayan statik analizleri yapılarak süneklik talepleri ve dayanım fazlalığı çarpanları hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar, derin kirişli çerçeve binaların öngörülenden daha fazla sünekliğe ve dayanıma sahip olduğunu göstermiştir. Diğer taraftan, dişli döşemeli binalarda deprem davranışını olumlu yönde etkileyen en uygun çözümün diş derinliğinin artırılması olarak belirtilmiştir. Malzemenin özellikleri ve sargılamasının binanın performansında önemli bir etkisinin olmadığı da belirlenmiştir.

Karaaslan (2015)'te, DBYBHY-2007'ye uygun tasarlanan asmolen döşemeli betonarme çerçeve binaların hasar görülebilirlikleri incelenmiştir. Bunun için, literatürdeki birkaç farklı deneysel çalışmadan elde edilen histeretik davranışlar geniş kirişli bir binanın hesap modeline uyarlanmıştır. Histeretik davranışa ait şekildeğiştirme sınırları doğrusal-elastik olmayan statik analizlerden elde edilmiştir. Sayısal incelemeler kapsamında, belirli bir deprem yer hareketi grubuna ait ivme kayıtları altında binaların zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri yapılarak görelî kat öteleme oranları ile kırılgenlik eğrileri elde edilmiştir. Tipik çerçeve sistemlere göre daha düşük yanal rijitlik ve buna bağlı olarak büyük öteleme talepleri oluşmasından dolayı, bu tür bina sistemlerinin diğer sistemlere

göre daha kırılğan olduğu belirtilmiştir. Bu nedenle, asmolen döşemeye sahip bina sistemlerinin perdeli olarak teşkili önerilmiştir.

Domínguez vd. (2016)'da, tek doğrultulu dişli döşemeye sahip 3 ve 6 katlı mevcut betonarme binaların İspanya-Lorca depremindeki performansları doğrusal-elastik olmayan statik analizleri ile zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri çerçevesinde araştırılmıştır. Geniş kirişli binaların bu deprem altındaki analizlerinde dolgu duvar rijitliği dikkate alınmadığında, binalarda güçlü kiriş-zayıf kolon mekanizması ile toptan göçme durumunun oluştuğu, dolgu duvarların bina rijitliğine katkısının düşük düzeyde alınmasıyla 3 katlı binada orta derecede hasarın oluştuğu, 6 katlı binada ise toptan göçme durumunun oluştuğu belirlenmiştir. Analizlerde dolgu duvarların bina rijitliğine katkısının yüksek düzeyde alınması halinde ise, kapasite tasarım esaslarına göre tasarlanan binalarda göçme durumu oluşmazken ilgili kriterleri sağlamayan binalarda kolon ve kirişlerde orta derece hasar gözlemlendiği bildirilmiştir.

Gómez-Martinez vd. (2016a-b)'de, deprem ile ilgili çalışmalara yön veren başta ABD, Yeni Zelanda ve çoğu Avrupa Birliđi ülkesinde geniş kirişli betonarme taşıyıcı sistemler süneklik düzeyi yüksek olarak tasarlanırken, Türkiye, İtalya ve İspanya gibi Akdeniz ülkelerinin deprem yönetmeliklerinde taşıyıcı sistemlerin neden süneklik düzeyi düşük veya sınırlı öngörüldüğu araştırılmıştır. Bu amaçla, geniş ve derin kirişli toplam 72 adet binanın kiriş boyutları parametrik olarak değiştirilerek Eurocode-8 ve NCSE-02'de belirtilen hususlar çerçevesinde doğrusal-elastik olmayan statik analizleri yapılarak yerdeğiştirmeler, plastik dönmeler, göçme mekanizmaları ve kapasite eğrileri değerlendirilmiştir (Şekil 1.2). Parametrik yürütölen sayısal incelemeler sonucunda süneklik düzeyi yüksek derin kirişli sistemlerin geniş kirişli duruma göre daha sünek davrandığı, buna karşın geniş kirişli sistemlerin en az derin kirişli sistemler kadar performans sergiledikleri görölmüştür. Bu sebeple, geniş kirişli sistemlerin yüksek süneklikte tasarlanabileceği ve taşıyıcı sistem davranış katsayısında bir azaltmanın gerekli olmadığı ifade edilmiştir.

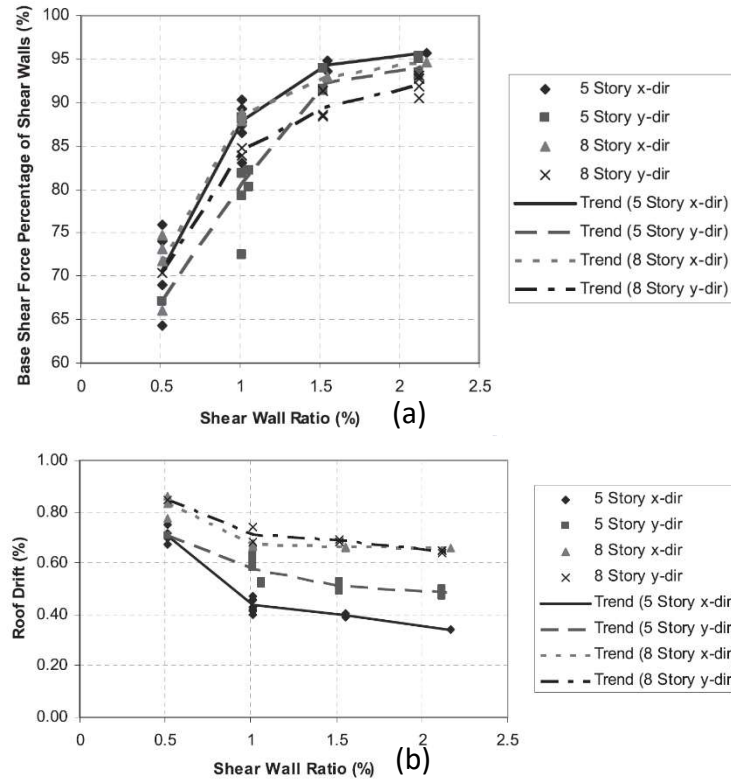


Şekil 1.2: Doğrusal-elastik olmayan statik analiz sonuçları (Gómez-Martinez vd., 2016a).

Dönmez vd. (2022)'de, geniş kirişli mevcut betonarme binaların kırılma analizleri yapılarak literatürde derin kirişli moment çerçeveleri için Erberik (2008) ve Lopez-Almansa vd. (2013)'de elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılmıştır. Çalışmada, geniş kiriş-kolon düğüm noktalarının doğrusal-elastik olmayan davranışını temsil eden bir yay modeli literatürdeki bir çalışmadan uyarlanmıştır. Sayısal incelemeler kapsamında, ülkemizdeki tipik boyut ve detaylara sahip asmolen bir çerçeve yapının farklı deprem yer hareketleri altında zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri yapılmıştır. Sonuç olarak, TBDY-2018 öncesi yönetmeliklere göre tasarlanmış geniş kirişli asmolen binaların düşük yanal öteleme rijitlikleri sebebiyle derin kirişli sistemlere göre daha kırılma eğilimli ve çok daha fazla yanal ötelemeye maruz kaldıkları belirlenmiştir.

## 1.2.2 Geniş Kirişli Betonarme Binalarda Plandaki Perde Kullanımı ile ilgili Literatürdeki Çalışmalar

Çömlekoğlu (2009) ile Burak ve Çömlekoğlu (2013)'te, betonarme binaların yerdeğiştirme davranışı üzerine plandaki perde oranının etkisi doğrusal-elastik olmayan teori çerçevesinde incelenmiştir. Çalışma kapsamında %0.51 ile %2.17 arasında değişen farklı perde oranlarına sahip 5 ve 8 katlı toplam 24 adet binanın gerçek deprem kayıtları altında zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri yapılarak tepe yerdeğiştirmesi, göreceli kat ötelemesi ve kat kesme kuvveti talepleri belirlenmiştir (Şekil 1.3a-b). Çalışmada incelenen binaların perde oranı arttıkça, beklenildiği gibi, yerdeğiştirme ve öteleme taleplerinde önemli azalmalar belirlenmiştir. Perde-çerçeve binalar üzerinde yürütülen analizler sonucunda, betonarme binalar için planda en az %1 oranında perde kullanılması önerilmiştir. Buna karşın, %1.5'den daha fazla oranlarda perde kullanılması halinde yatay yüklerin tamamına yakınının perdeler tarafından taşınması sebebiyle binaların deprem performansında belirgin bir (pozitif) etkinin oluşmadığı belirtilmiştir.



Şekil 1.3: a) Perde oranı-kesme kuvveti oranı grafiği b) Perde oranı-tepe ötelemesi davranışları (Burak ve Çömlekoğlu, 2013).

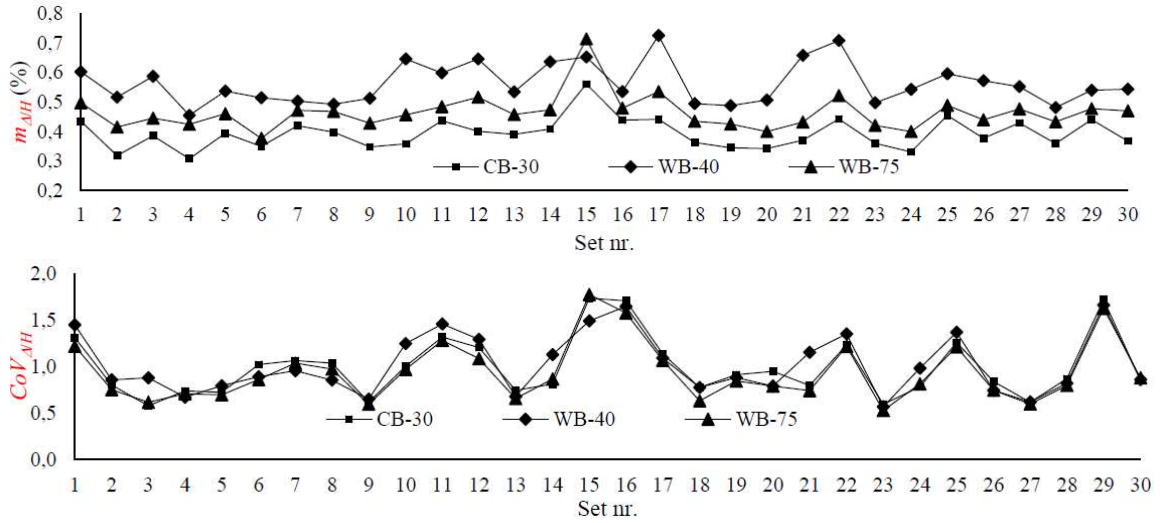
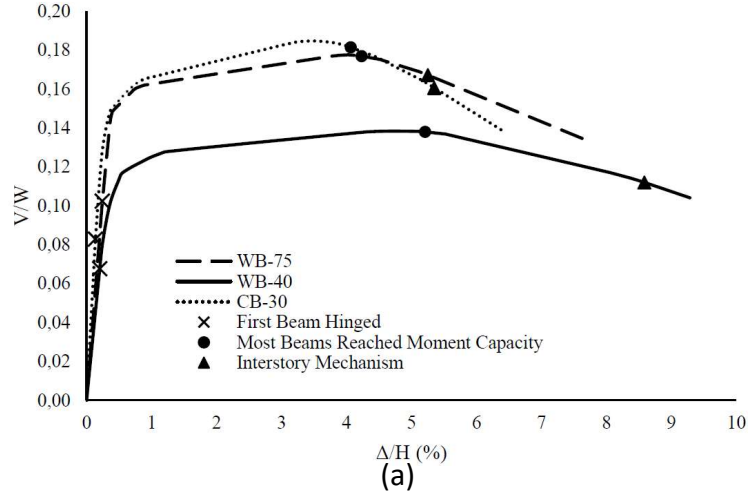
Günel (2013)'de, 5 farklı mevcut okul binası ve bu binaların planda her iki asal ekseninde %0.00 ile %2.50 arasında değişen oranlarda perde eklenmesi ile oluşturulan toplam 24 adet bina modelinin deprem etkisi altındaki davranışları incelenmiştir. Binaların doğrusal-elastik olmayan davranışları, 7 farklı gerçek deprem kaydı altında zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizler çerçevesinde belirlenmiştir. Analizler sonucunda perdeler tarafından taşınan kesme kuvveti oranları, göreceli kat ötelemeleri ve plastik şekildeğiştirmeler elde edilmiştir. Çalışmada, %1.00'lik perde oranının kat ötelemelerini oldukça iyi sınırladığı, daha fazla perde oranlarında arttırıldığında düşey taşıyıcı elemanların neredeyse hiçbirinin plastikleşmediği, buna karşın kirişlerin perde oranındaki artışlardan etkilenmediği belirtilmiştir.

Akyıldız ve Girgin (2017)'de, asmolen döşemeli 8 katlı betonarme bir binanın deprem performansı DBYBHY-2007'deki esaslar çerçevesinde incelenmiştir. U şeklinde bir adet perdesi bulunan binanın doğrusal-elastik olmayan statik analizleri ve zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri sonucunda, kolonlarda büyük plastik şekildeğiştirme talepleri oluşurken geniş kirişlerde göçme hasar düzeyine ulaşıldığı belirlenmiştir. Ayrıca, farklı analiz yöntemleri arasında önemli farkların oluştuğu görülmüştür. Bu noktada, zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizler güvenli tarafta talepler vermiştir.

Türker ve Güngör (2018)'de, az ve orta katlı yapıları temsil eden 4 ve 7 katlı süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçeve ve perde-çerçeveli binaların deprem performansı DBYBHY-2007 çerçevesinde incelenmiştir. Asmolen döşemeli ve geniş kirişli binaların doğrusal-elastik olmayan statik analizleri yapılmıştır. Tasarım depremi seviyesi için 4 katlı çerçeve bina can güvenliği performans düzeyini sağlamasına karşın, 7 katlı binanın öngörülen performans düzeyini sağlayamadığı görülmüştür. Bu binaya yeterli miktarda perde eklenerek hedeflenen performans düzeyinin sağlanabildiği de belirtilmiştir.

Lalaj vd. (2019)'da, TBDY-2018'deki esaslara uygun tasarlanmış 2 adet süneklik düzeyi sınırlı asmolen döşemeli betonarme çerçeve sistem ile 1 adet süneklik düzeyi yüksek plak döşemeli ve kirişli çerçeve sistemin farklı deprem etkileri altındaki doğrusal-elastik olmayan davranışları sayısal olarak incelenmiştir. Planda aynı geometriye sahip 4 katlı bina sistemlerinin iki boyutlu bir çerçevesi üzerinde doğrusal-elastik olmayan statik analizler yapılarak kapasite eğrileri belirlenmiştir (Şekil 1.4). Bunun yanı sıra, 11 adet gerçek deprem kaydı altında binaların göreceli kat öteleme talepleri zaman tanım alanında

doğrusal olmayan analizler (ZTADOA) ile belirlenmiştir. Doğrusal-elastik olmayan analizler sonucunda, çerçeve sistemlere ait görece kat öteleme taleplerinin %1'den daha az olduğu ve ayrıca, yerdeğiştirme taleplerinin doğrusal-elastik bölgede kaldığı görülmüştür. Elde edilen davranış talepleri neticesinde TBDY-2018'deki tasarım koşullarının aşırı miktarda güvenli tarafta sonuç verdiği belirtilmiştir.



**Şekil 1.4:** a) Binaların kapasite eğrileri ve önemli plastikleşme noktaları b) ZTADOA kapsamında öteleme talepleri dağılımı (Lalaj vd. 2019).

Zakaria vd. (2019)'da, çift doğrultulu dişli döşeme sistemine sahip 4, 6, ve 8 katlı binalar ile kirişsiz betonarme perde-çerçeve binaların doğrusal ve doğrusal-elastik olmayan analizleri yapılarak görece kat ötelemesi, taban kesme kuvveti, kat kesme kuvveti ve kat yerdeğiştirme talepleri incelenmiştir. Çift doğrultulu dişli döşeme sistemine sahip betonarme binaların tek doğrultuda dişli dolgulu (asmolen) döşeme sistemli binalara göre daha iyi performans sergilediği belirtilmiştir.



### 1.3 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu tez çalışmasında, TBDY-2018'deki esaslara uygun olarak tasarlanmış asmolen döşemeli betonarme binaların şekildeğiştirme bazlı doğrusal-elastik olmayan davranışında, perde devrilme momenti oranının etkisi ve ayrıca, taşıyıcı sistemin süneklik düzeyi seçimine ilişkin hususlar sayısal olarak araştırılmıştır. Bu amaçla, planda ve düşeyde herhangi bir düzensizlik içermeyen ve TBDY-2018'de asmolen binalar için belirtilen devrilme momenti oranı koşulunu ( $\Sigma M_{dev} \geq 0.75M_0$ ) sağlayan beş katlı süneklik düzeyi karma perde-çerçeve binanın yanı sıra, yönetmelikteki taşıyıcı sistem koşulunu sağlamayan ve devrilme momenti oranı 0.60 ve 0.45 olan süneklik düzeyi yüksek iki perde-çerçeve bina ve ayrıca, karşılaştırmalar yapabilmek amacıyla taşıyıcı sistemi salt çerçevelerden teşkil edilen süneklik düzeyi yüksek bir adet bina Türk Standart ve yönetmeliklerine göre tasarlanmıştır. Malzeme, enkesit ve eleman bazında doğrusal-elastik olmayan kuvvet-şekildeğiştirme ilişkileri hesaplandıktan sonra kiriş ve kolon elemanlar çerçeve (çubuk) sonlu elemanlar ile, perdeler ise yüzeysel kabuk sonlu elemanlar ile modellenerek bina taşıyıcı sistemlerinin üç boyutlu hesap modelleri oluşturulmuştur.

Aynı döşeme sistemine sahip buna karşın taşıyıcı sistemleri farklı olan dört adet betonarme binanın şekildeğiştirme esaslı davranış taleplerinin elde edilmesi amacıyla 11 adet gerçek deprem yer hareketine ait yatay ivme kayıtları DD-2 tasarım deprem seviyesi ile uyumlu olacak şekilde ölçeklendirilmiştir. Birbirine dik iki yatay doğrultuda etkiyen deprem kayıtları altında binaların zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri yapılarak;

- Kat yerdeğiştirme talepleri
- Görelî kat ötelemesi talepleri
- Kat kesme kuvveti talepleri
- Plastikleşen kesitlerin sistem üzerindeki dağılımları
- Kiriş, kolon ve perde elemanlardaki plastik şekildeğiştirme talepleri ile
- Yapısal elemanlardaki hasar durumlarını ifade eden performans düzeyleri belirlenmiştir.

Farklı deprem yer hareketleri altında binaların sünek davranışlarına ilişkin “ortalama” ve “en elverişsiz” durumlarına ait davranış talepleri açısından sonuçlar karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Tez çalışmasında ele alınan asmolen döşemeli betonarme bina sistemleri için yönetmelikte öngörülen sınırlar ve ölçütler tartışılarak gerçekleştirilen analizler çerçevesinde bazı öneriler sunulmuştur.

## 2. YAPI SİSTEMLERİNİN ŞEKİLDEĞİŞTİRME ESASLI DAVRANIŞI VE TBDY-2018'DEKİ PERFORMANS ESASLI TASARIM ESASLARI

Bir yapı sisteminin ömrü boyunca maruz kalacağı dış etkiler altında yeterli dayanım ve rijitliğe sahip olmasının yanı sıra özellikle yatay deprem yükleri etkisinde sünek bir davranış göstermesi beklenir. Bu amaçla, uzun yıllardır hemen hemen tüm ülke yönetmeliklerinde kullanılan dayanıma göre tasarım ilkesinde, elemanların taşıma kapasitesi ile oluşan iç kuvvet talepleri karşılaştırılmaktadır. Temel olarak kuvvet esaslı büyüklüklerin rol oynadığı bu tasarım yönteminde, taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R) ile azaltılmış doğrusal-elastik deprem kuvvetleri kullanılarak doğrusal-elastik olmayan yapısal davranış gözönüne alınmaya çalışılır. Yönetmeliklerde öngörülen “*tasarım güvenlik katsayıları*” ile, işletme yükleri ve küçük servis depremleri altında eleman ve sistem bazındaki davranışın doğrusal-elastik sınırlar içerisinde kalması garanti edilirken, tasarım depremi ve ötesindeki deprem yer hareketleri altında doğrusal-elastik sınır aşılıp sünek davranışın gerçekleşmesi hedeflenir. Bu noktada, taşıyıcı sistemde oluşacak hasarın düzeyi ve dağılımı geleneksel kuvvet esaslı tasarım yaklaşımı ile belirlenemez. Enkesit ve eleman bazında oluşacak hasar ve buna bağlı olarak süneklik düzeyi doğrudan şekilde değiştirme ve yer değiştirme büyüklükleri ile ilişkilidir. Modern deprem yönetmeliklerinde de yer almaya başlayan *Performansa Dayalı Tasarım* kavramı çerçevesinde gerçekleştirilen şekilde değiştirme esaslı analizlerde malzemenin doğrusal-elastik olmayan davranışının hesap modelinde gerçekçi modellenmesi, özellikle güçlü deprem yer hareketi etkisindeki yapı sistemlerinde tasarımı ve değerlendirilmesi çerçevesinde önem arz etmektedir. Bu sebeple, doğrusal-elastik olmayan davranış incelenirken özellikle malzeme, enkesit ve eleman bazında davranış modellerinin idealleştirilmesine ihtiyaç duyulur.

### 2.1 Çözümün Sağlaması Gereken Koşullar

Yapı sisteminin dış etkiler altındaki analizleri sonucunda, taşıyıcı sistem elemanlarında oluşacak iç kuvvet, şekilde değiştirme ve yer değiştirmelerin çözüm olabilmesi için üç koşulu sağlaması gerekmektedir. Bunlar;

- Malzemenin gerilme-şekil değiştirme bağıntılarını ifade eden *bünye denklemleri*,
- Sistemi oluşturan elemanlarda ve düğüm noktalarında yazılacak moment ve izdüşüm dengesini ifade eden *denge koşulları*,

- Elemanların ve düğüm noktalarının süreklilik denklemleri ile mesnetlerdeki geometrik koşulları ifade eden *geometrik uygunluk koşullarıdır (süreklilik denklemleri)*. (Çakıroğlu ve Özer, 1980; Özer, 2009).

## 2.2 Yapı Sistemlerinin Doğrusal Olmama Nedenleri

İşletme yükleri ile birlikte deprem yükleri altındaki yapısal davranışın doğrusal-elastik olmamasına ait farklı sebepler bulunmaktadır. Bunlar, malzemenin doğrusal-elastik olmaması nedeniyle gerilme-şekildeğiştirme bağıntılarının (bünye denklemlerinin) doğrusal olmaması ve geometri değişimleri nedeniyle denge denklemlerinin (ve bazı hallerde geometrik süreklilik denklemlerinin) doğrusal olmaması şeklinde özetlenebilir (Özer, 2009). Yapısal davranışın doğrusal-elastik olmama nedenleri ile farklı teorilere göre hesap esasları Tablo 2.1’de özetlenmiştir. Yerdeğiştirmelerin küçük olmadığı sistemlerde denge denklemleri şekildeğiştirmiş eksen üzerinde yazılmaktadır. Geometrik uygunluk koşullarında yerdeğiştirmelerin küçük olmadığı sistemlerde ise, geometrik süreklilik denklemlerinin de şekildeğiştirmiş eksen üzerinde yazılması gerekmektedir (Özer, 2009).

**Tablo 2.1:** Yapısal sistemlerin doğrusal olmama nedenleri (Özer, 2009).

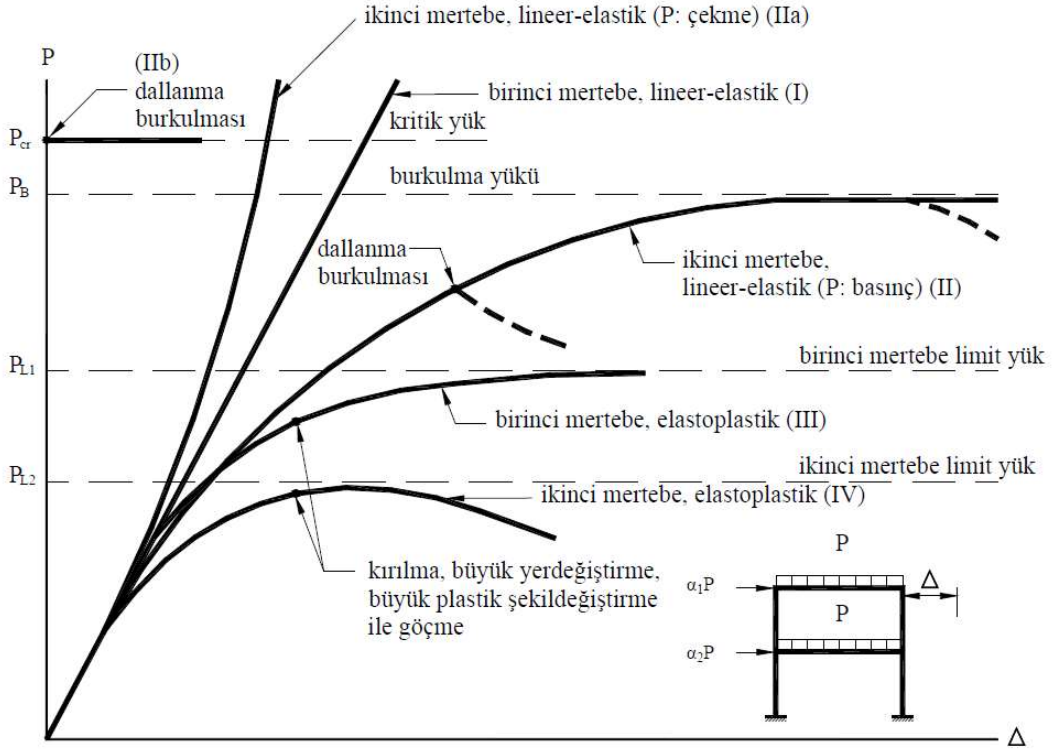
Çözümün sağlanması gereken koşullar	Doğrusal sistemler	Malzeme bakımından	Doğrusal olmayan sistemler			
			Geometri değişimleri bakımından		Her iki bakımından	
			İkinci merteye teorisi	Sonlu yerdeğiştirme teorisi	İkinci merteye teorisi	Sonlu yerdeğiştirme teorisi
Bünye denklemleri	Doğrusal-elastik	Doğrusal-elastik değil	Doğrusal-elastik	Doğrusal-elastik	Doğrusal-elastik değil	Doğrusal-elastik değil
Denge denklemlerinde yerdeğiştirmeler	Küçük	Küçük	Küçük değil	Küçük değil	Küçük değil	Küçük değil
Geometrik uygunluk koşullarında yerdeğiştirmeler	Küçük	Küçük	Küçük	Küçük değil	Küçük	Küçük değil

### 2.2.1 Yapı Sistemlerinin Dış Yükler Altında Doğrusal Olmayan Davranışı

Dış etkiler altında yapı sistemlerinin doğrusal ve doğrusal-elastik olmayan davranışlarına ait tipik yük-yatay yerdeğiştirme davranışı Şekil 2.1’de verilmiştir. Malzemenin kalıcı olarak doğrusal-elastik varsayıldığı bir yapı sisteminde, artan dış yükler sonucu *birinci merteye teorisine* göre davranış (I) doğrusu ile gösterilmiştir. Geometrik değişimlerinin denge denklemlerine etkisinin dikkate alındığı, diğer bir ifadeyle, eksenel kuvvetlerden

oluşan ikinci merteye etkilerinin hesaba katıldığı *ikinci merteye teorisinde* normal kuvvetin basınç veya çekme olmasına bağlı olarak yük-yerdeğiştirme davranışları farklı karakterlerde olacaktır. Eksenel kuvvetin basınç olması halinde, artan dış yüklere karşılık yerdeğiştirmelerin daha hızla arttığı görülmektedir (II eğrisi). Dış yüklerin şiddetini ifade eden yük parametresi ( $P$ ),  $P_B$  olarak gösterilen doğrusal-elastik burkulma yüküne ulaştığında, yerdeğiştirmeler artarak sonsuza gider ve sistem burkularak geçer (Şekil 2.1). Sistemdeki eksenel kuvvetin çekme olması için, yük-yerdeğiştirme davranışı pekleşme özelliği gösterir (IIa eğrisi). Yatay yük etkisinde olmayan ve burkulmadan önce şekildeğiştirme gözlenmeyen sistemlerde, yük parametresinin dallanma burkulması kritik yük olarak tanımlanan  $P_{cr}$  değerinde oluşur ve (IIb)'de görüldüğü gibi yerdeğiştirmeler aniden artarak sonsuza gider (Şekil 2.1). Kritik yük, genel olarak, burkulma yükünden biraz büyük veya bu yüke eşittir. Dallanma burkulması, bazı hallerde burkulmadan önce şekildeğiştiren sistemlerde de oluşabilir (II eğrisi) (Özer, 2009).

Doğrusal-elastik olmayan malzemedan yapılmış sistemlerde, dış kuvvetlerin artmasıyla birlikte iç kuvvetlerde artarak bazı kesitlerde akma sınırı aşılarak elastik ötesi şekildeğiştirmeler oluşacaktır. Plastik şekildeğiştirmeler genel olarak sistem üzerinde sürekli olarak yayılmaktadır. Bununla birlikte, sünek malzemedan yapılmış yapı sistemlerinde, doğrusal-elastik olmayan şekildeğiştirmelerin plastik kesit (plastik mafsallık) adı verilen belirli kesitlerde toplandığı, bu bölgelerin dışında ise sistem davranışının doğrusal elastik davrandığı kabul edilmektedir. *Plastik mafsallık hipotezinin* esas alındığı ve birinci merteye teorisine göre hesabı yapılan bir sistemde, oluşacak plastik kesitler sonucunda sistemin tümü veya bir bölümü taşıma gücünü kaybederek mekanizma durumuna ulaşacaktır (III eğrisi) (Özer, 2009). Yapı sisteminin malzeme ve geometri değişimi bakımından doğrusal olmayan teoriye göre analizi sonucunda yük parametresi ile yerdeğiştirme arasındaki ilişki (IV) eğrisi ile gösterilmiştir (Şekil 2.1). Burada, doğrusal-elastik sınırın aşılmasına kadar (II) eğrisi izlenirken, daha sonrasında oluşan plastik şekildeğiştirmeler sonucu yerdeğiştirmeler çok daha hızlı artmaktadır. Oluşan plastik mafsallar sonucunda rijitliği azalan sistemin burkulma yükü dış yük parametresinin altına düşer ve stabilite yetersizliği nedeniyle sistemin taşıma gücünü yitirmesine sebep olan bu yük parametresine ikinci merteye limit yük ( $P_{L2}$ ) denilmektedir (Şekil 2.1) (Özer, 2009).

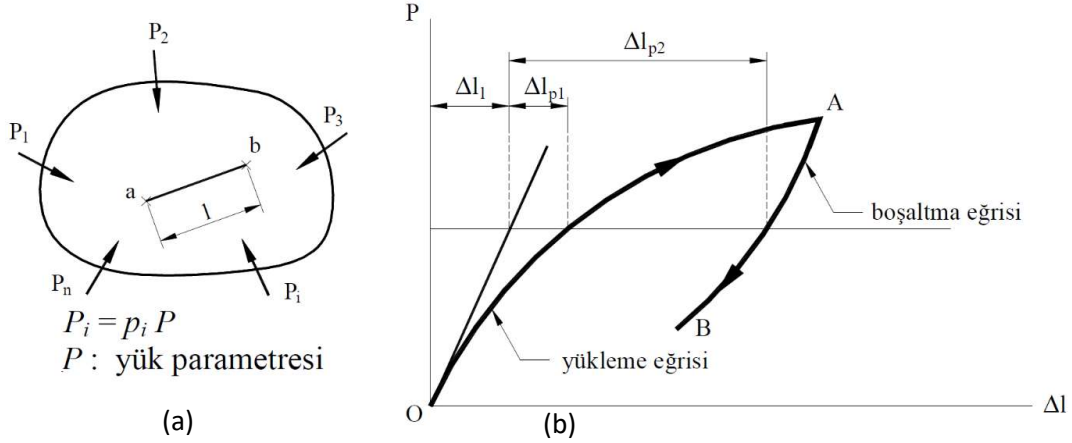


**Şekil 2.1:** Artan yatay yükler altında yük parametresi – yerdeğiştirme davranışları (Özer,2009).

### 2.3 Malzeme Bakımından Doğrusal Olmayan Sistemler

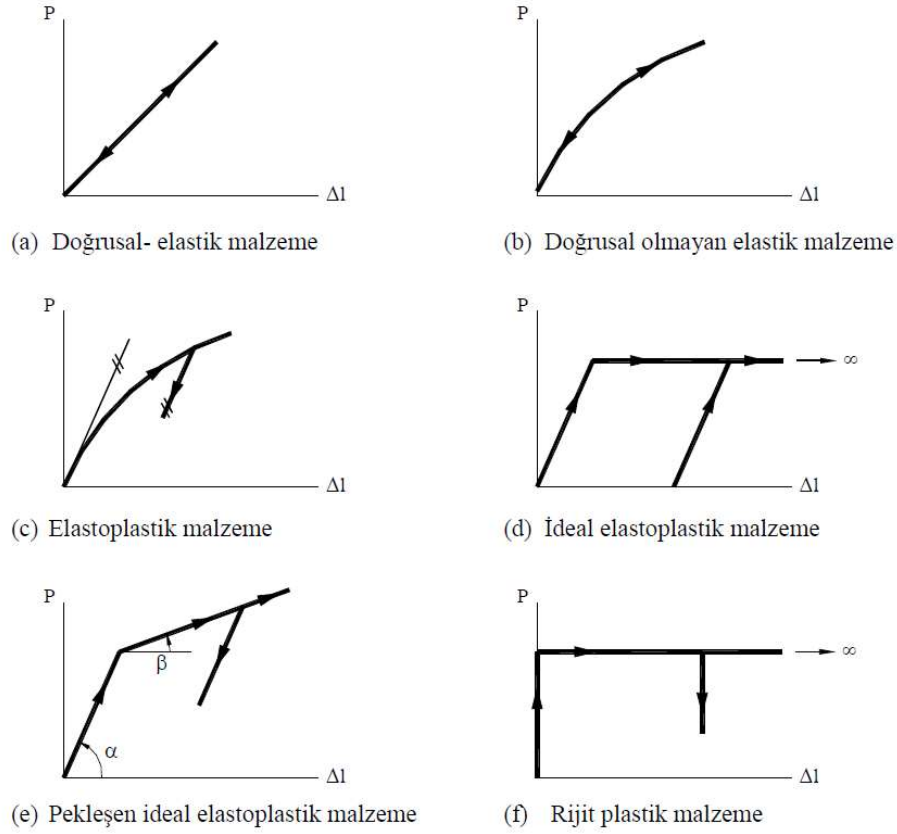
Malzeme bakımından doğrusal-elastik davranışta, gerilme ve şekildeğiştirmeler elastik sınırlar içerisinde kalmaktadır. Özellikle artan yatay yükler ile birlikte doğrusal olmayan davranış gösteren taşıyıcı sistem elemanlarında bu büyüklükler akma sınırını aşarak plastik bölgeye geçecektir. Buradaki şekildeğiştirmelerin bir kısmı veya tamamı kalıcı haldedir. Doğrusal-elastik olmayan bu davranışı tarif etmek amacıyla  $P_i$  dış yükleri etkisinde bir katı cismin durumu Şekil 2.2a'da, cisme uygulanan  $P$  yük parametresi ile  $l$  uzunluğundaki  $\Delta l$  boy değişiminin yükleme ve boşaltma davranışı Şekil 2.2b'de verilmiştir (Çakıroğlu ve Özer, 1980; Özer, 2009).

Şekil 2.2b'deki diyagramda, artan yük parametresi için elde edilen OA bölümü *yükleme eğrisi*, dış yükün kaldırılması durumuna karşı gelen AB bölümü ise *boşaltma eğrisidir*. Eğrinin başlangıç teğeti ile ordinat eksenini arasındaki  $\Delta l_1$  şekildeğiştirmeleri doğrusal-elastik şekildeğiştirmeler, başlangıç teğeti ile yükleme ve boşaltma eğrileri arasında kalan  $\Delta l_{p1}$  ve  $\Delta l_{p2}$  şekildeğiştirmeleri ise doğrusal-elastik olmayan plastik şekildeğiştirmeler olarak tanımlanır (Çakıroğlu ve Özer, 1980; Özer, 2009).



**Şekil 2.2:** Dış yükler etkisindeki katı bir cisime ait yüklem-boşaltma diyagramı (Özer, 2009).

Artan  $P$  yük parametresine bağlı olarak malzemenin şekildeğiştirme davranışlarında bir takım idealleştirmeler yapılarak doğrusal olmayan problem basitleştirilebilir. İdeal malzemeler için bu modellerin başlıcaları Şekil 2.3'de verilmiştir. Şekil 2.3a'daki doğrusal-elastik davranışta yük parametresinin her değeri için şekildeğiştirmeler de doğrusal artarken, doğrusal olmayan elastik malzemelerde artan yük parametresine daha hızlı artan şekildeğiştirmeler karşı gelmektedir. Buna karşın, yüklem ve boşaltma eğrileri yine aynı eğri üzerindedir (Şekil 2.3b). Yüklem ve boşaltma eğrileri çakışmayan, ancak eğrilerin teğetleri birbirine paralel olan elasto-plastik malzemeler (Şekil 2.3c) iki doğru parçası ile pekleşmesiz ve pekleşmeli olarak idealleştirilebilir (Şekil 2.3d-e). Rijit plastik davranış gösteren malzemelerde ise, malzemenin doğrusal-elastik kısmındaki şekildeğiştirmeler ihmal edilerek, akma sonrası doğrudan plastik şekildeğiştirmeler oluşur. Bu davranışta, boşaltma eğrisi  $\Delta l=0$  için OA üzerinde çakışık iken,  $\Delta l>0$  için OA'ya paraleldir (Şekil 2.3f) (Çakıroğlu ve Özer, 1980; Özer, 2009).



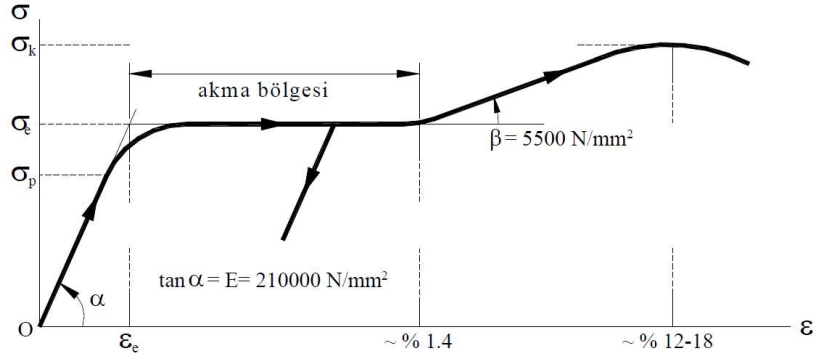
Şekil 2.3: İdealleştirilmiş malzeme davranışları (Özer, 2009).

## 2.4 Malzemelere ait Gerilme-Şekildeğiştirme İlişkileri

Yapı sistemlerinin deprem etkisi altındaki doğrusal-elastik olmayan davranışı incelenirken, taşıyıcı sistem elemanlarının modellenmesi kadar elemanları oluşturan malzemenin doğrusal-elastik olmayan davranışı da, davranış üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Bu tez çalışması kapsamında, beton ve beton çeliği (donatının) için kullanılan gerilme-şekildeğiştirme ilişkilerinin genel özellikleri aşağıdaki bölümlerde sunulacaktır.

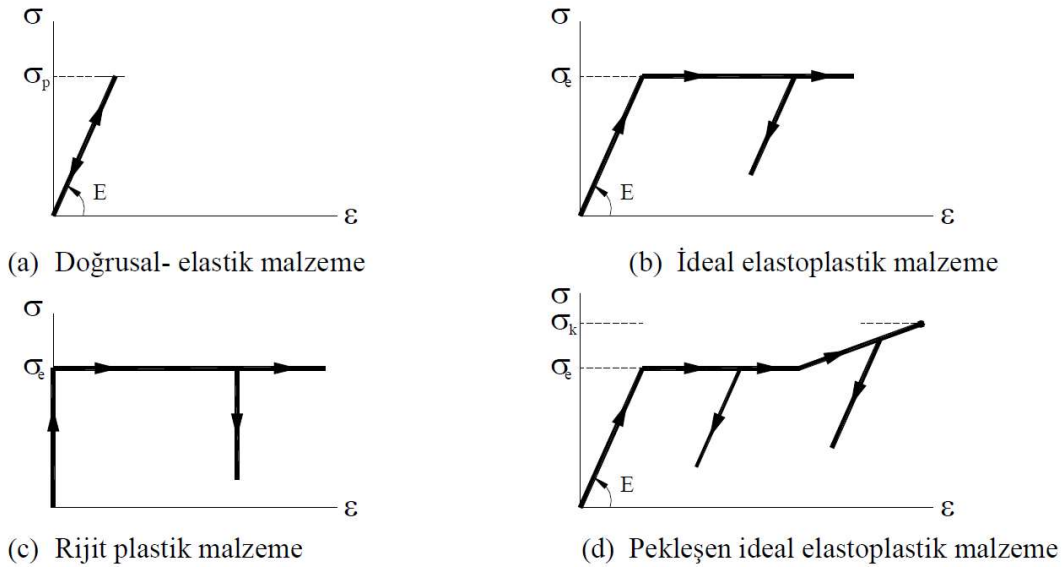
### 2.4.1 Beton Çeliğinin ait Gerilme-Şekildeğiştirme İlişkileri

Bina türü yapı sistemlerinde kullanılan yumuşak beton çeliğinin tek eksenli yükleme altındaki karakteristik davranışını gösteren gerilme-şekildeğiştirme bağıntısı Şekil 2.4'te verilmiştir. Diyagramdaki  $\sigma_k$  kopma gerilmesini,  $\sigma_p$  orantı sınırını,  $\sigma_e$  akma gerilmesini ve  $\varepsilon_e = \varepsilon_{sy}$  akma şekildeğiştirmesini göstermektedir. Betonarme sistemlerde yaygın olarak kullanılan B420C beton çeliği için,  $\sigma_e = 420$  MPa ve  $1.35 > \sigma_k / \sigma_e \geq 1.15$  olmalıdır (Özer, 2009).



Şekil 2.4: Beton çeliğine ait tipik gerilme-şekildeğiştirme-diyagramı (Özer, 2009).

Yapı sistemlerinin şekildeğiştirme esaslı tasarımında ve mevcut yapıların deprem güvenliklerinin değerlendirilmesi kapsamında gerçekleştirilecek doğrusal-elastik olmayan analizlerinde kullanılmak üzere beton çeliklerine ait gerilme-şekildeğiştirme davranışları Şekil 2.5a-d'de gösterildiği gibi idealleştirilebilir. Doğrusal-elastik olmayan analizlerde kullanılmak üzere TBDY-2018'de verilen gerilme-şekildeğiştirme diyagramının karakteristik üç bölgesine (doğrusal bölge, akma bölgesi ve pekleşme bölgesi) ait bağıntılar (2.1a-c)'de, gerilme ve birim boy değişmesine ait sınırlar Tablo 2.2'de sunulmuştur. (2.1a-c) bağıntılarında  $f_s$  ve  $\epsilon_s$ , sırasıyla, beton çeliğindeki gerilme ve birim boy değişimi,  $f_{sy}$  akma dayanımı,  $f_{su}$  kopma dayanımı;  $\epsilon_e = \epsilon_{sy}$  akma şekildeğişmesi,  $\epsilon_{sh}$  beton çeliğinin akma davranışından pekleşmeye geçtiği birim şekildeğiştirmesi ve  $\epsilon_{su}$  beton çeliğinin kopma anındaki birim boy değişmesidir.  $E_s$  ise beton çeliğinin elastisite modülüdür.



Şekil 2.5: Beton çeliği için gerilme-şekildeğiştirme diyagramlarına ait idealleştirmeler (Çakıroğlu ve Özer, 1980; Özer, 2009).



$$f_s = E_s \varepsilon_s \quad (\text{Akma öncesi}) \quad ; \varepsilon_s \leq \varepsilon_{sy} \quad (2.1a)$$

$$f_s = f_{sy} \quad (\text{Akma bölgesi}) \quad ; \varepsilon_{sy} < \varepsilon_s \leq \varepsilon_{sh} \quad (2.1b)$$

$$f_s = f_{su} - (f_{su} - f_{sy}) \frac{(\varepsilon_{su} - \varepsilon_s)^2}{(\varepsilon_{su} - \varepsilon_{sh})^2} \quad (\text{Pekleşme bölgesi}); \varepsilon_{sh} < \varepsilon_s \leq \varepsilon_{su} \quad (2.1c)$$

**Tablo 2.2:** Farklı beton çeliği sınıflarına ait karakteristik değerler (TBDY, 2018).

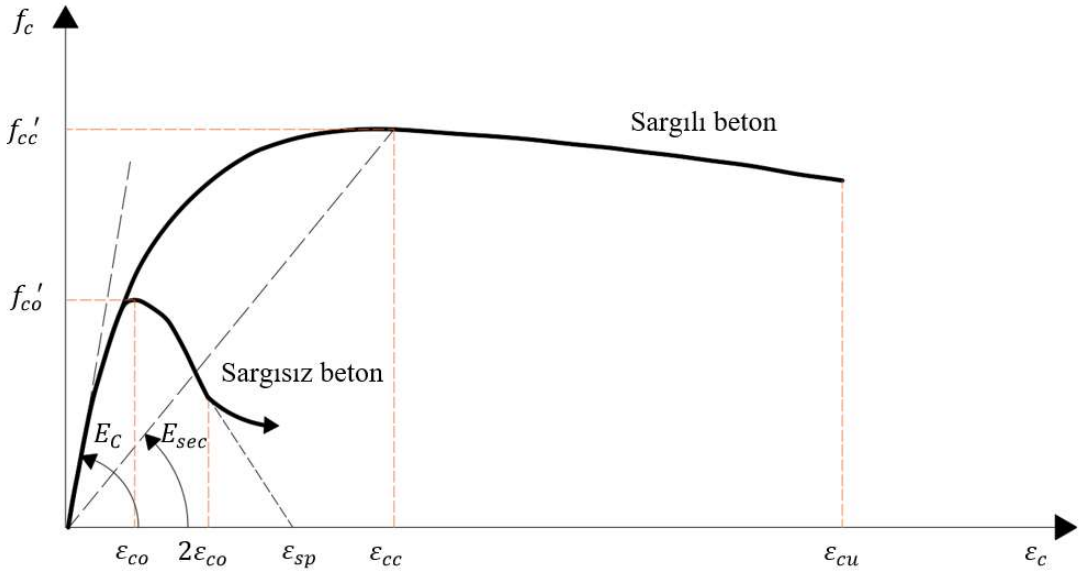
Çelik sınıfı	$f_{sy}$ (MPa)	$\varepsilon_e = \varepsilon_{sy}$	$\varepsilon_{sh}$	$\varepsilon_{su}$	$f_{su}/f_{sy}$
<b>S220</b> (Düz)	220	0.0011	0.012	0.12	$\geq 1.2$
<b>S420</b> (Nervürlü)	420	0.0021	0.008	0.08	$\geq 1.15$
<b>B420C</b> (Nervürlü)	420	0.0021	0.008	0.08	$\geq 1.15; < 1.35$
<b>B500C</b> (Nervürlü)	500	0.0025	0.008	0.08	$\geq 1.15; < 1.35$

#### 2.4.2 Betonun Gerilme-Şekildeğiştirme Bağıntısı

Beton, basınç dayanımının hâkim olduğu bir yapı malzemesi olmasına karşın artan dış etkiler altında gevrek bir karakterdedir. Gerçekte çekme gerilmelerine karşı bir miktar mukavemet gösterse de, aksel çekme altındaki dayanımı hesaplarda ihmal edilmektedir. Sargısız enkesitlerde en dış beton basınç lifindeki birim boy değişmesi 0.003-0.004 mertebesine ulaştığında beton ezilerek kırılır. Betonarme elemanlarda enine donatılar tarafından sağlanacak sargılama sayesinde tek aksel gerilme davranışı, üç aksel hale dönüşür ve artan yükler altında ezilme davranışı kontrol altına alınarak betonun şekildeğiştirme kapasitesinin yanı sıra taşıma gücü çok daha büyük seviyelere ulaşabilir.

Betonarme elemanların malzeme bazındaki davranışlarının gerçekçi olarak modellenebilmesi amacıyla yürütülen deneysel ve nümerik araştırmalar sonucunda, sargısız ve sargılı betona ait çok sayıda gerilme-şekildeğiştirme bağıntısı önerilmiştir. Bu çalışmalardan başlıcaları, Hognestad beton modeli (1955), Sheikh ve Üzümeri modeli (1982), Geliştirilmiş Kent ve Park modeli (1971), Saatiçioğlu ve Ravzi modeli (1992), Mander vd. (1988)'de geliştirilen beton modeli şeklinde özetlenebilir.

TBDY-2018’de, şekildeğiştirme bazlı doğrusal-elastik olmayan analizlerde literatürdeki kabul görmüş farklı bir malzeme modeli kullanılmadığı takdirde Mander vd. (1988)’deki beton modeline ait gerilme-şekildeğiştirme bağıntılarının kullanılması önerilmiştir. Bu modele ait tipik gerilme-şekildeğiştirme diyagramı sargılı ve sargısız beton için Şekil 2.6’da gösterilmiştir. Bu model temel olarak, beton ve sargı donatısının eşit enerji yutma esasına dayanmaktadır. Enkesitteki enine donatının çapı, sargı aralığı, kol sayısı gibi faktörler betonun basınç taşıma kapasitesi ve şekildeğiştirme kapasitesi üzerinde oldukça belirleyicidir. Bu beton modeli için (2.2)’de verilen temel ifade esasen Popovic (1973)’deki bağıntıyı kullanmakla beraber, sargılı betonun basınç dayanımı ( $f_{cc}'$ ), bu basınç dayanımına karşılık gelen birim boy değişimi ( $\epsilon_{cc}$ ) ve diğer şekildeğiştirme kapasite ait parametreler (2.3) ve (2.4a-c) bağıntılarındaki şekliyle önerilmiştir.



**Şekil 2.6:** Kısa süreli yükler altında sargılı ve sargısız beton için gerilme-şekildeğiştirme bağıntısı (Mander vd., 1988).

$$f_c = \frac{f_{cc}' x^r}{r - 1 + x^r} \quad (2.2)$$

$$x = \frac{\epsilon_c}{\epsilon_{cc}} \quad ; \quad 0 \leq \epsilon_c \leq \epsilon_{cu} \quad (2.3)$$

$$r = \frac{E_c}{E_c - E_{sec}} \quad (2.4a)$$

$$E_c = 5000 \sqrt{f_{co}'} \quad (MPa) \quad (2.4b)$$

$$E_{sec} = \frac{f_{cc}'}{\epsilon_{cc}} \quad (2.4c)$$

(2.2)-(2.4) bağıntılarında  $x$  betona ait birim boy değişmesi oranı,  $r$  birincil ve ikincil elastisite modüllerine bağlı bir değişkeni,  $\varepsilon_c$  en dış beton lifindeki birim boy değişmesini,  $f_{co}'$  sargısız betonun karakteristik basınç dayanımını göstermektedir.  $f_{cc}'$  ile buna karşılık gelen  $\varepsilon_{cc}$ , (2.5)-(2.6) bağıntıları yardımıyla hesaplanmaktadır. (2.6)'da yer alan  $\varepsilon_{co}$ , sargısız betonda plastik şekildeğiştirmelerin başladığı birim boy değişmesidir ve normal dayanımlı betonlarda yaklaşık  $\approx 0.002$  alınabilir.

$$f_{cc}' = f_{co}' \left[ -1.254 + 2.254 \sqrt{1 + 7.94 \frac{f_l'}{f_{co}'} - 2 \frac{f_l'}{f_{co}'}} \right] \quad (\text{MPa}) \quad (2.5)$$

$$\varepsilon_{cc} = \varepsilon_{co} \left[ 1 + 5 \left( \frac{f_{cc}'}{f_{co}'} - 1 \right) \right] \quad (\text{MPa}) \quad (2.6)$$

Dikdörtgen enkesitlerde sargılı betona ait basınç dayanımının belirlenmesinde betonun üniform yayılı yanal basıncı  $f_l$ , sargı donatıları tarafından sağlanan etkin sargılama basıncı  $f_l'$  ve  $K_e$  sargılama çarpanı kullanılarak (2.7)-(2.9) bağıntıları ile belirlenmektedir (Mander vd., 1988).

$$f_{lx} = \frac{A_{sx}}{s d_c} f_{yh} = \rho_x f_{yh} \quad ; \quad f_{ly} = \frac{A_{sy}}{s b_c} f_{yh} = \rho_y f_{yh} \quad (2.7a)$$

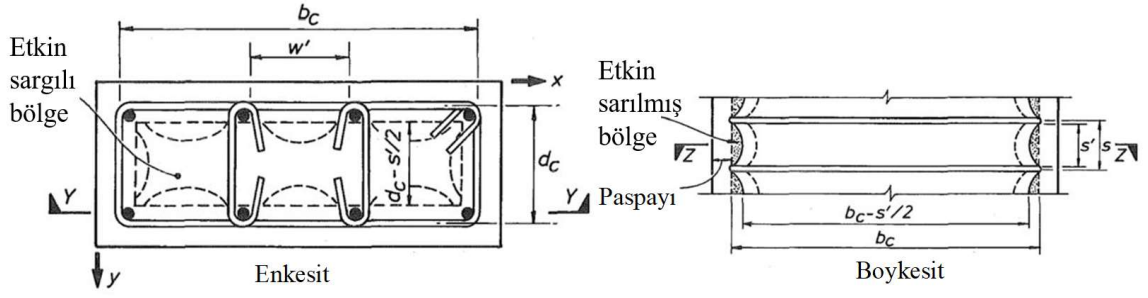
$$f_l = \frac{1}{2} (f_{lx} + f_{ly}) \quad (2.7b)$$

$$f_{lx}' = K_e f_{lx} \quad ; \quad f_{ly}' = K_e f_{ly} \quad (2.8a)$$

$$f_l' = \frac{1}{2} \left( \frac{f_{lx}' + f_{ly}'}{2} \right) \quad (2.8b)$$

$$K_e = \frac{\left( 1 - \frac{\sum w_i^2}{6 b_c d_c} \right) \left( 1 - \frac{s'}{2 b_c} \right) \left( 1 - \frac{s'}{2 d_c} \right)}{(1 - \rho_{cc})} \quad (2.9)$$

(2.7)-(2.9) bağıntılarında,  $x$  ve  $y$  eleman eksenini doğrultusundaki toplam sargı donatısı alanları, sırasıyla,  $A_{sx}$  ve  $A_{sy}$ , enine donatılar arasındaki net uzaklık ile merkezler arası uzaklık, sırasıyla,  $s$  ve  $s'$ , sargı donatısının akma dayanımı  $f_{yh}$ ,  $x$  ve  $y$  eksenlerindeki enine donatının hacimsel oranı, sırasıyla,  $\rho_x$  ve  $\rho_y$ , komşu iki boyuna donatı arasındaki net uzaklık  $w_i$ , etriye eksenleri arasındaki çekirdek alanın  $x$  ve  $y$  eksenlerindeki uzunlukları, sırasıyla,  $b_c$  ve  $d_c$ , toplam boyuna donatı alanının sargılı göbek betonu alanına oranı  $\rho_{cc}$  olarak tanımlanmaktadır (Şekil 2.7) (Mander vd., 1988).



**Şekil 2.7:** Tipik dikdörtgen betonarme enkesitte ve boykesitte sargı parametreleri (Mander vd., 1988).

Sargılı betonun en dış basınç lifindeki birim boy değişmesi kapasitesi  $\epsilon_{cu}$ , (2.10) bağıntısı ile hesaplanmaktadır. Burada,  $\rho_s$  enkesitteki sargı donatısının toplam hacimsel oranı ( $\rho_s = \rho_x + \rho_y$ ),  $\epsilon_{sm}$  sargı donatısının birim boy değişmesi kapasitesidir.

$$\epsilon_{cu} = 0.004 + \frac{1.4\rho_s f_{yh} \epsilon_{sm}}{f_{cc}'} \quad (2.10)$$

Sargılı beton için (2.2) bağıntısında verilen gerilme-şekildeğiştirme bağıntısı  $\epsilon_c \leq 2\epsilon_{co}$  sınırına kadar sargısız beton için de geçerlidir. Daha sonrasında,  $\epsilon_c > 2\epsilon_{co}$  bölgesinde birim boydeğişmesi sıfır gerilme değerine kadar doğrusal olarak azalacaktır. Etkin sargılama basıncı  $f_l' = 0$  ve  $f_{cc}' = f_{co}'$  için sargısız beton modeli geçerli olmakla birlikte kabuk betonu ezilmesini ifade eden  $\epsilon_{sp}$  birim şekildeğiştirme değeri  $\epsilon_{sp} = 0.0064$  olarak kabul edilebilir (Mander vd., 1988). Betonarme enkesitlerin moment-eğrilik analizlerinde, etriye eksenleri içerisinde kalan göbek betonu sargılı olarak, dışında kalan kabuk betonu ise sargısız olarak modellenmektedir.

## 2.5 Betonarme Enkesitlerin Doğrusal-Elastik Olmayan Davranışı

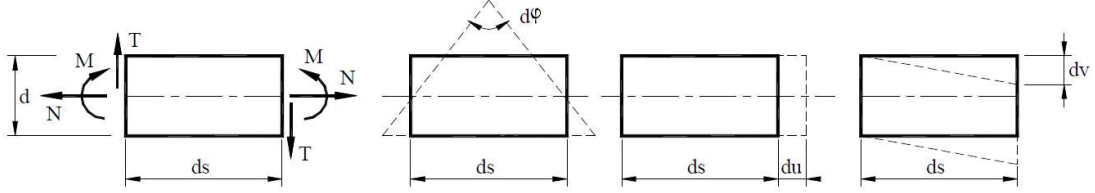
### 2.5.1 Düzlem Çubuk Elemanlarda İç Kuvvet-Şekildeğiştirme Bağıntıları

Düzlemi içindeki kuvvetlerin etkisi altında bulunan düzlem çubuk elemanlarda  $ds$  boyundaki bir çubuk elemanın bir yüzünün diğer yüzüne göre rölatif yerdeğiştirmelerinin, iç kuvvetler (kesit zorları) doğrultusundaki bileşenleri olan  $ds$  elemanın şekildeğiştirmeleri (2.11a-c) bağıntılarında sunulmuştur. Burada,  $\phi$  enkesitin dönmesini,  $u$  ve  $v$  kesitin çubuk eksenine ve çubuk eksenine dik doğrultudaki yerdeğiştirmeleri göstermektedir (Şekil 2.8). Düzlem çubuk sistemlerde iç kuvvetler ile birim şekildeğiştirmeler arasındaki bağıntılar genel olarak (2.12a-c) bağıntılarında verildiği gibidir (Çakıroğlu ve Özer, 1980).

$$\phi = d\phi/ds \quad \text{:birim dönme (eğrilik)} \quad (2.11a)$$

$$\varepsilon = du/ds \quad \text{:birim boy değişmesi} \quad (2.11b)$$

$$\gamma = dv/ds \quad \text{:birim kayma} \quad (2.11c)$$



**Şekil 2.8:** Düzlem çubuk elemanda iç kuvvetler ve şekildeğişimler (Özer, 2009).

$$\phi = \frac{d\phi}{ds} = F_1(M, N, T) + \frac{\alpha_t \Delta t}{d} \quad (2.12a)$$

$$\varepsilon = \frac{du}{ds} = F_2(M, N, T) + \alpha_t \Delta t \quad (2.12b)$$

$$\gamma = \frac{dv}{ds} = F_3(M, N, T) \quad (2.12c)$$

(2.12a-c) bağıntılarında  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$  malzeme karakteristiklerine ve enkesit özelliklerine bağlı belirlenen doğrusal olmayan fonksiyonları,  $t$  ve  $\Delta t$ , sırasıyla, enkesite etkiyen düzgün ve farklı sıcaklık değişmelerini,  $\alpha_t$  ise sıcaklık genişleme katsayısını göstermektedir. İç kuvvetlerin artarak, belirli bir sınır durumuna erişmesi halinde kırılma, akma veya büyük yerdeğişimler nedeniyle kesitin taşıma gücü sona erer. Enkesitin daha büyük kesit zorlarını taşıyamayacağını ifade eden bu sınır durum kırılma olarak tanımlanır. Bu duruma karşılık gelen iç kuvvetlere de enkesitin *taşıma gücü* adı verilir (Çakıroğlu ve Özer, 1980; Özer, 2009). Kesit tesirleri veya şekildeğişimlere bağlı olabilen akma/kırılma koşulları, (2.13a-b) bağıntılarında verilmiştir.

$$K_1(M, N, T) = 0 \quad (2.13a)$$

$$K_2(\phi, \varepsilon, \gamma) = 0 \quad (2.13b)$$

Uygulamada genellikle olduğu gibi, kayma şekildeğişimleri eğilme ve uzama şekildeğişimlerinin yanında terkedilir ve kesme kuvvetinin birim dönme ve birim boy değişmesine etkisi ihmal edilirse, iç kuvvet-şekildeğişim bağıntıları (bünye denklemleri)

(2.14a-b)'de, akma koşulları (2.15a-b) bağıntılarındaki hale gelecektir (Çakıroğlu ve Özer, 1980).

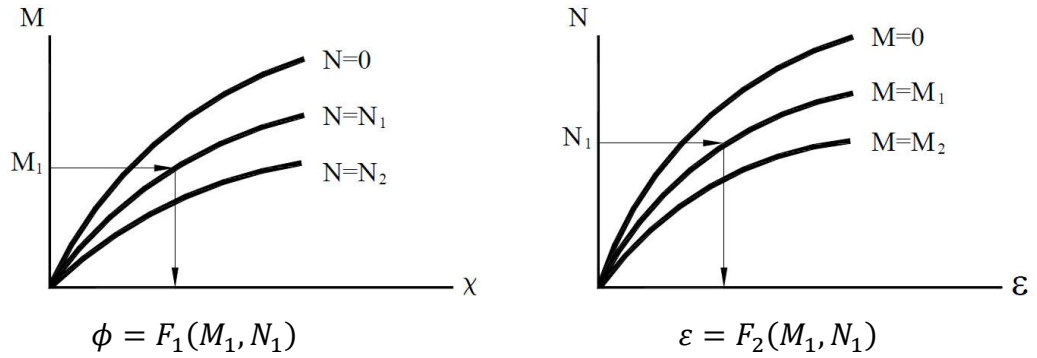
$$\phi = \frac{d\phi}{ds} = F_1(M, N) + \frac{\alpha_t \Delta t}{d} \quad (2.14a)$$

$$\varepsilon = \frac{du}{ds} = F_2(M, N) + \alpha_t \Delta t \quad (2.14b)$$

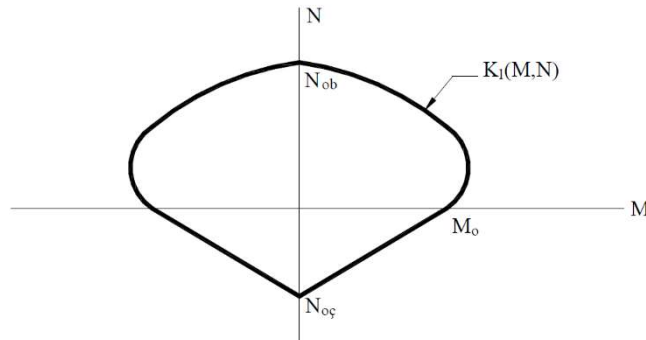
$$K_1(M, N) = 0 \quad (2.15a)$$

$$K_2(\phi, \varepsilon) = 0 \quad (2.15b)$$

Bünye bağıntılarının belirlediği yüzeyler, pratikte genellikle eğri grupları halinde gösterilebilir (Şekil 2.9). Akma koşulunu kesit zorları cinsinden ifade eden  $K_1(M, N) = 0$  denkleminin belirlediği kapalı eğri *akma (kırılma) eğrisi* veya karşılıklı etki diyagramı adını alır (Şekil 2.10) (Çakıroğlu ve Özer, 1980; Özer, 2009).



Şekil 2.9: Farklı iç kuvvet düzeylerindeki bünye denklemleri (Özer, 2009).

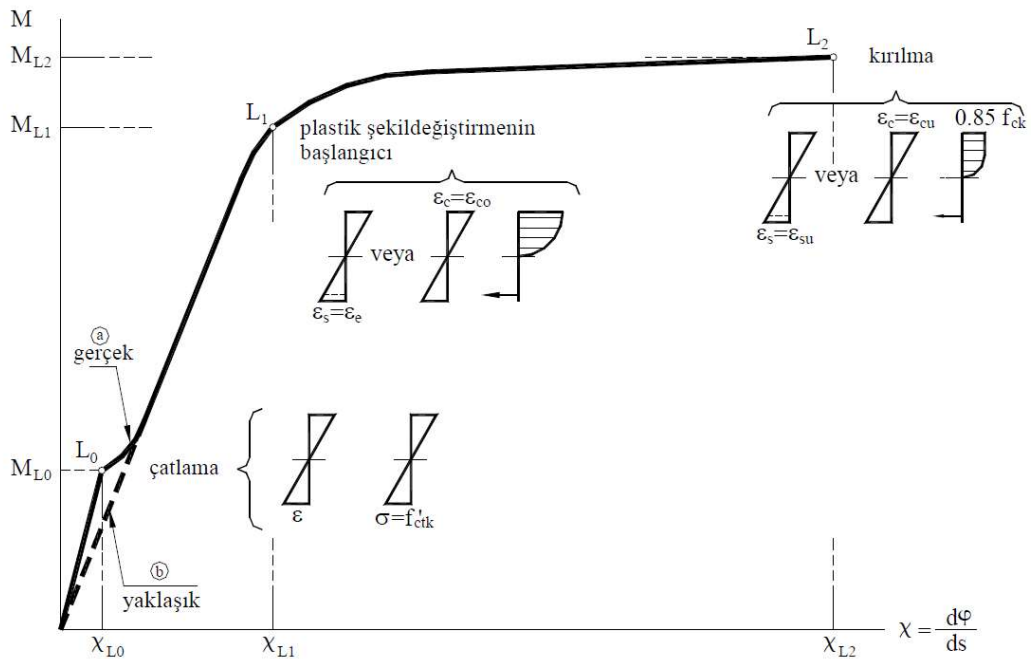


Şekil 2.10: Betonarme enkesitler için tipik karşılıklı etki diyagramı (Özer,2009).

## 2.6 Eğilme Momenti ve Normal Kuvvet Etkisindeki Çubuklar

### 2.6.1 Eğilme Momenti-Eğrilik ( $M-\phi$ ) Bağıntısı

Sabit bir normal kuvvet (basınç) ve artan eğilme momenti etkisindeki betonarme bir enkesitte  $M$  eğilme momenti ile  $\phi$  (birim dönme) eğrilik arasındaki tipik davranış üç bölgeden oluşmaktadır. Bu bölgeleri sınırlayan noktalardan  $L_0$ , enkesitin en dış çekme lifinde çatlakların başladığı durumdur (Şekil 2.11). Burada, en dış çekme lifindeki normal gerilme eğilmedeki betonun çekme dayanımına eşit olunca betonda çatlaklar meydana geldiği kabul edilmektedir.  $L_1$ , betonun en dış basınç lifinde veya tarafsız eksene en uzak çekme donatısında plastik şekildeğiştirmelerin başlamasına karşı gelen durumdur. Plastik şekildeğiştirmelerin betonda  $\epsilon_{co} = 0.002$  birim kısılmasında, donatı da ise  $\epsilon_s = \epsilon_{sy}$  akma sınırında başladığı gözönünde tutulmaktadır.  $L_2$  ise, eğilme momenti artarak enkesitin taşıma gücü adı verilen  $M_{L2} = M_p$  değerine eşit olunca basınç bölgesindeki betonun ezilerek kırıldığı veya çekme donatısının kopduğu durumdur (Şekil 2.11). Basınç bölgesindeki betonun ezilerek kırılması  $\epsilon_{cu}$  birim kısılmasında meydana gelir. Sargısız betonda kısa süreli yükler için birim kısılma değeri  $\epsilon_{cu} \cong 0.003 \sim 0.004$  iken sargılama etkisine bağlı olarak bu değer çok büyük değerlere ulaşabilmektedir. Betonarme enkesitlerin boyutlandırılmasında, çekme donatısının kopması yerine genellikle çelikteki birim uzamanın  $\epsilon_{su} = 0.01$  değeri ile sınırlandırılması esas alınır (Çakıroğlu ve Özer, 1980; Özer, 2009).



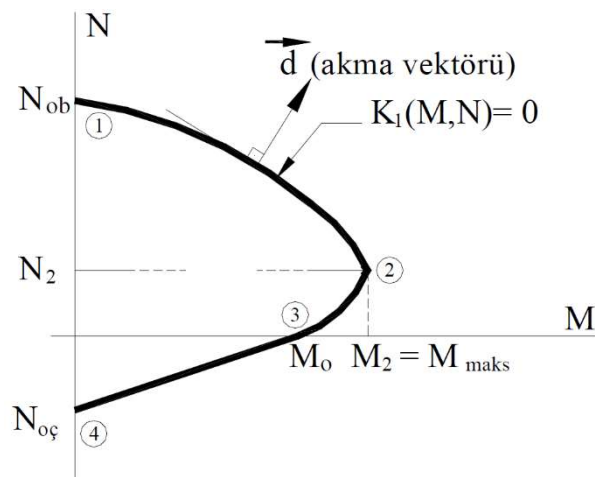
Şekil 2.11: Tipik bir betonarme enkesite ait  $M-\phi$  diyagramı (Özer, 2009).

Betonarme yapı sistemlerinin taşıma gücü yöntemi ile tasarımda, beton ve beton çeliğine ait karakteristik dayanımlar malzeme güvenlik katsayıları ile küçültülür. Buna karşılık, yapı sistemlerinin dış yükler altındaki gerçek davranışının incelenmesinde, malzeme güvenlik katsayılarının kullanılmasına ve çelikteki birim uzamanın sınırlandırılmasına gerek olmamaktadır (Çakıroğlu ve Özer, 1980; Özer, 2009).

### 2.6.2 Betonarme Enkesitlerde Karşılıklı Etki Diyagramı

Eğilme momenti ve normal kuvvet etkisi altındaki betonarme bir enkesitte taşıma gücünü gösteren karakteristik bir karşılıklı etki diyagramı Şekil 2.12’de verilmiştir. Plastik mafsallı hipotezinin geçerli olduğu yapı sistemlerinde, iç kuvvet durumunun karşılıklı etki diyagramı üzerinde bulunması durumunda bir plastik kesitin oluştuğunu ve enkesitte sonlu plastik şekildeğişikliklerin meydana geldiğini gösterir. Bu nedenle, karşılıklı etki diyagramı *akma eğrisi* olarak da ifade edilebilir (Özer, 2009).

$K_1(M, N) = 0$  bağıntısı ile tanımlanan etki diyagramında her normal kuvvet değerine bir  $M_p$  taşıma gücü momenti karşı gelir (Şekil 2.12). Karşılıklı etki diyagramı, dört karakteristik nokta ile tanımlanabilir. Akma eğrisinin idealleştirilmesinde yararlanılabilecek olan bu noktalar; aksel basınç, basit eğilme ve aksel çekme hallerine karşı gelen, sırasıyla, (1), (3) ve (4) noktaları ile kesitin en büyük eğilme momenti taşıma gücüne sahip olduğu dengeli duruma karşı gelen (2) noktasıdır (Şekil 2.12) (Özer, 2009).

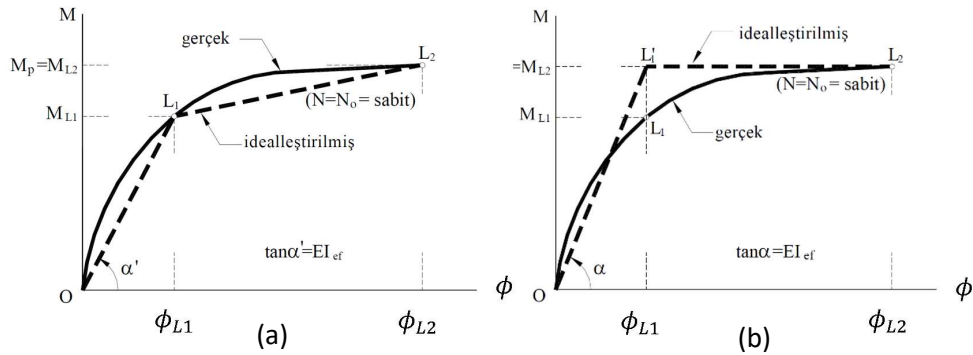


Şekil 2.12: Betonarme kesitlerde karşılıklı etki diyagramı (Özer, 2009).

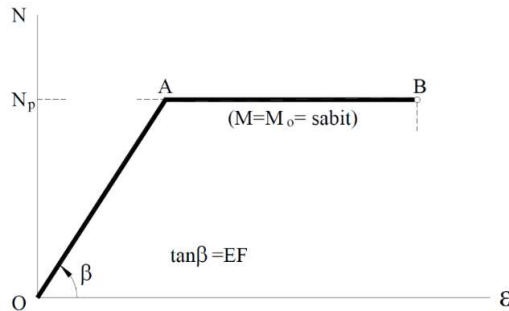


## 2.7 Betonarme Enkesitlere ait Akma Koşullarının İdealleştirilmesi

Sargı etkisinin olmadığı ve enkesitin taşıma gücüne  $\varepsilon_{cu} = 0.003 \sim 0.004$  veya  $\varepsilon_{su} = 0.01$  birim boydeğişmesi değerlerinde olduğu betonarme kesitlerde, eğilme momenti-eğrilik bağıntısı için Çakıroğlu ve Özer (1980)'de önerilen idealleştirme yöntemleri Şekil 2.13 ve Şekil 2.14'de verilmiştir. Şekil 2.13a'daki idealleştirmede, moment-eğrilik bağıntısının  $O - L_1 - L_2$  noktalarını birleştiren iki doğru parçasından oluştuğu varsayımı yapılmaktadır. Doğrusal-elastik olmayan şekildeğiştirmelerin sistem üzerinde sürekli olarak yayıldığına gözönüne alındığı hesap yöntemlerinde genellikle bu idealleştirmeden yararlanılır (Özer, 2009). Doğrusal-elastik olmayan şekildeğiştirmelerin plastik kesit (plastik mafsal) adı verilen belirli noktalarda toplandığı varsayımının esas alındığı hesap yöntemlerinde ise Şekil 2.13b'deki idealleştirme yapılabilir. Burada,  $O - L_1'$  doğru parçası ve  $L_1' - L_2$  doğru parçasının birleşimi yaklaşık olarak moment-eğrilik bağıntısını oluşturmaktadır. Şekil 2.13'de  $EI_{ef}$  enkesitin etkin eğilme rijitliğini göstermektedir (Özer, 2009). Eğilme momenti-eğrilik bağıntısına benzer şekilde, normal kuvvet-birim boy değişmesi diyagramı da iki doğru parçasından oluşacak şekilde idealleştirilebilir (Şekil 2.14) (Özer, 2009).

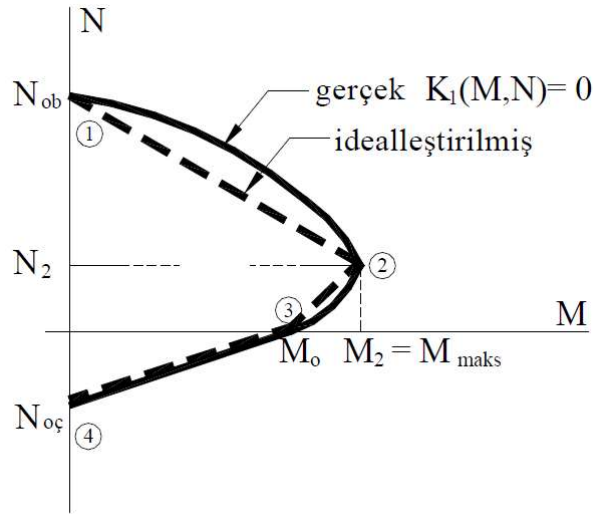


Şekil 2.13: Betonarme kesitlerde idealleştirilmiş  $M-\phi$  diyagramı a) Yayılı plastisite b) Plastik mafsal hipotezi (Özer, 2009).



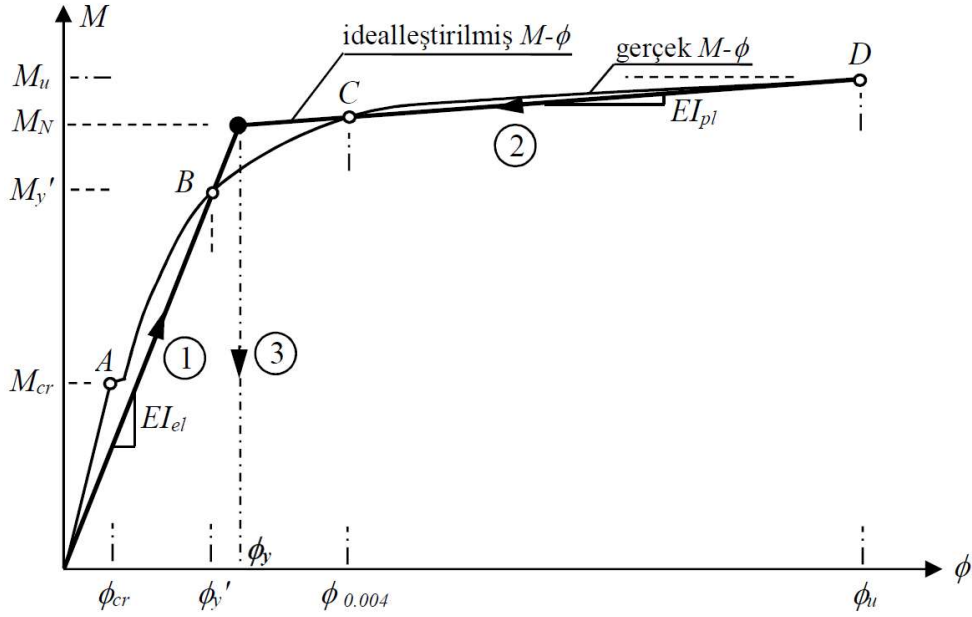
Şekil 2.14: Betonarme kesitlerde idealleştirilmiş normal kuvvet-birim boy değişmesi diyagramı (Özer, 2009).

Eğilme momenti ve normal kuvvet etkisindeki bir betonarme kesitin karşılıklı etki diyagramından elde edilen idealleştirilmiş akma eğrisi, (1), (2), (3) ve (4) noktalarını birleştiren doğru parçalarıyla ifade edilebilir (Şekil 2.15). Burada belirlenen noktalar arasında daha fazla sayıda nokta gözönüne alınması ile gerçeğe daha yakın bir sonuç elde edilebilir. Enkesitin ve donatı yerleşiminin simetrik yerleştirilmesi durumunda akma eğrileri normal kuvvet eksenine göre simetrik olacaktır. Gerçek ve idealleştirilmiş eğriler karşılaştırıldığında akma idealleştirmesinin gerçek eğrinin altında kaldığı, başka deyişle güvenli tarafta kaldığı görülmektedir (Çakıroğlu ve Özer, 1980; Özer, 2009).



**Şekil 2.15:** Betonarme kesitlerde karşılıklı etki diyagramının idealleştirilmesi (Özer, 2009).

Betonarme enkesitlerde, kabuk bölgesinin sargısız beton modeli ile göbek betonun sargılı beton modeli ile donatıların ise pekleşme etkisinin dikkate alındığı model kullanılarak elde edilen moment-eğrilik davranışları için farklı idealleştirme yöntemleri vardır. İdealleştirmede yaygın olarak kullanılan Priestley vd., (2007)'deki yaklaşımda orijin noktasından B noktasına  $(\phi_y', M_y')$  uzatılan bir doğru ile davranışın elastik kısım belirlenir. Sargısız enkesitin taşıma gücünü ifade eden nominal C noktası ve sargılı enkesitin taşıma gücünü ifade eden D noktası  $(\phi_U, M_U)$  arasına çizilen bir kiriş 1. doğruya ekstrapole edilerek bağlantının plastik kısmı belirlenir. Gerçek moment-eğrilik davranışı bu iki doğru parçasıyla ifade edilebilir (Şekil 2.16). Kesişen bu noktaya ait eğrilik  $\phi_y$  eşdeğer akma eğriliği olarak tanımlanır ve (2.16) bağıntısı yardımıyla hesaplanabilir. Elastik eğilme rijitliği  $EI_{el}$  ve plastik eğilme rijitliği  $EI_{pl}$  sırasıyla (2.17) ve (2.18) bağıntuları ile hesaplanabilir.



**Şekil 2.16:** Moment – eğrilik grafiğinin iki doğru parçalı idealleştirilmesi (Çalışkan, 2019).

$$\phi_y = \frac{M_N}{M_y} \phi_y' \quad (2.16)$$

$$EI_{el} = \frac{M_y}{\phi_y'} = \frac{M_N}{\phi_y} \quad (2.17)$$

$$EI_{pl} = \frac{M_y - M_N}{\phi_u - \phi_y} \quad (2.18)$$

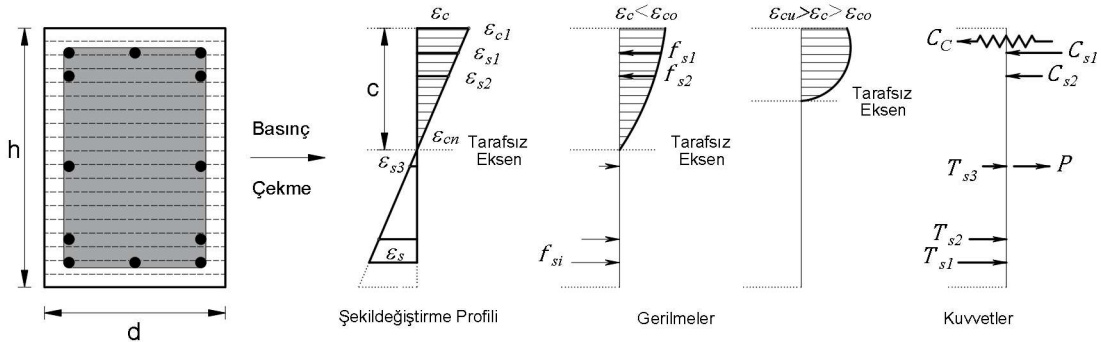
## 2.8 Betonarme Enkesitlerin Teorik Moment-Eğrilik Analizi

Betonarme bir enkesitin çatlama, elastik ve elastik sonrası (plastik) davranışının belirlenmesi, akma ve taşıma gücü arasındaki herhangi bir sınır durumda (kullanılabilirlik, hasar kontrolü, can güvenliği vb.) şekildeğiştirme durumunun belirlenmesi ve ayrıca, gözönüne alınan eleman için kuvvet – deformasyon – süneklik ilişkisinin belirlenmesi amacıyla moment – eğrilik analizine ihtiyaç duyulur. Bununla birlikte, öngörülen sınır durum için donatıda burkulmanın olup olmadığı, kesme kapasitesinin aşılp aşılmadığını kontrol etmek için de moment – eğrilik analizinden yararlanır (Çalışkan, 2019).

Moment–eğrilik analizi sadece belirli bir noktadaki davranışın belirlenmesi için değil, aynı zamanda davranışın ilk adımından başlayarak (çatlak öncesi) akma noktasına kadar giden ve daha sonra, enkesitte aşırı hasarların olduğu taşıma gücü durumuna kadar çok sayıdaki şekildeğiştirme durumu için enkesit analizini (doğrusal / doğrusal olmayan) içerir (Çalışkan, 2019).

Moment-eğrilik analizinde, enkesitin en dış basınç lifindeki  $\varepsilon_c$  birim kısalması sıfır değerinden itibaren belirli adımlarla (örneğin;  $\Delta\varepsilon_c = 0.0005$ ) arttırılır. Her  $\varepsilon_c$  değeri için basınç kuvvetleri toplamı ( $\Sigma C_{ci} + \Sigma C_{si}$ ) ve çekme kuvvetleri toplamı ( $\Sigma T_{si} + P$ ) arasındaki eşitlikten tarafsız eksen derinliği ( $c$ ) tahmin edilir. Donatılardaki birim boy değişimleri ise şekildeğiştirme profilinden elde edilir. Bu şekildeğiştirmelere karşı gelen gerilmeler ise donatıya ait gerilme-şekildeğiştirme bağıntısından elde edilir.

Beton basınç bölgesindeki kuvvetlerin belirlenmesinde, enkesitin dilimlere ayrılması daha uygulanabilir bir yöntemdir. Bu yaklaşımda, sargısız ve sargılı beton bölgeleri eşit kalınlıkta dilimlere ( $\Delta_i$ ) ayrılarak her bir dilimin ağırlık merkezindeki; birim boy değişimleri  $\varepsilon_{ci}$  birim şekildeğiştirme profilinden, beton gerilmeleri ilgili malzemenin gerilme-şekildeğiştirme modelinden ve beton kuvvetleri seçilen dilim kalınlığı ( $\Delta_i$ ) ile beton gerilmesinin çarpımıyla elde edilir (Şekil 2.17). Daha sonra, her bir beton dilimindeki basınç kuvvetleri toplanarak bileşke basınç kuvveti  $C_c$  hesaplanır (Çalışkan, 2019).



**Şekil 2.17:** Betonarme dikdörtgen bir enkesite ait şekildeğiştirme profiline karşı gelen gerilme ve kuvvetler.

Enkesitin çekme ve basınç bölgesindeki kuvvetler belirlendikten sonra kuvvetlerin dengesi kontrol edilir. Denge denkleminin sağlanmaması halinde, başlangıçta seçilen tarafsız eksen derinliği değiştirilerek kuvvetler dengesi sağlanıncaya kadar ardışık yaklaşım yoluna gidilir (Çalışkan, 2019). Enkesitte  $\varepsilon_c$  değerine karşılık gelen eğilme momenti ve eğrilik değerleri, denge denklemini sağlayan tarafsız eksen derinliği ( $c$ ) yardımıyla (2.19), (2.20) ve (2.21) bağıntılarıyla hesaplanabilir.

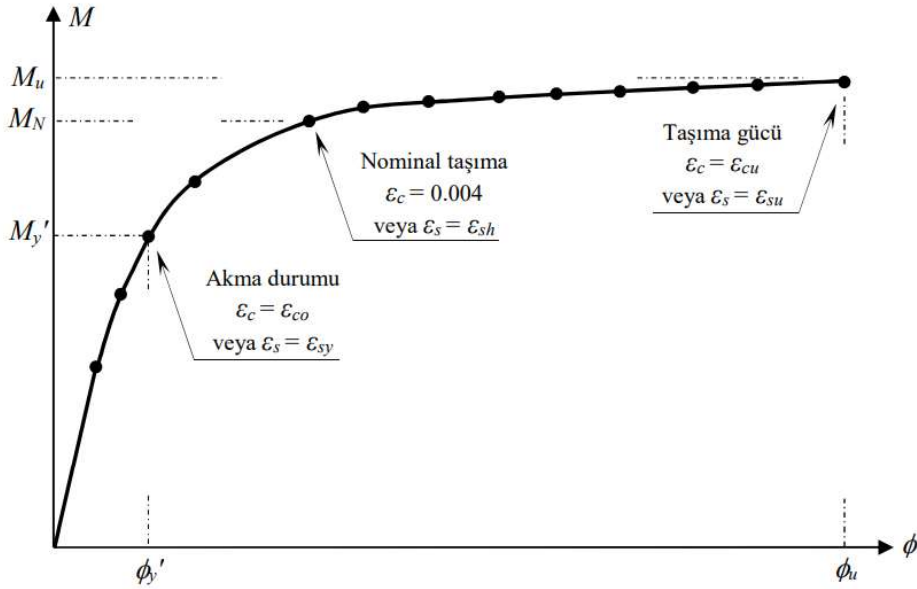
$$\phi_y = \frac{\varepsilon_c}{c} \quad (2.19)$$

$$\phi_y = \frac{\varepsilon_s}{d - c} \quad (2.20)$$

$$M = \sum_{i=1}^n C_{ci}^g \times x_i + \sum_{i=1}^n C_{ci}^k \times x_i + \sum_{i=1}^n C_{ci} \times k_i + \sum_{i=1}^n T_{si} \times k_i + P \times \left( \frac{h}{2} - c \right) \quad (2.21)$$

Enkesitte en dış basınç lifindeki  $\varepsilon_c$  birim şekildeğiştirmesinin artan değerleri için yukarıda verilen hesap esasları tekrarlanarak, her bir  $\varepsilon_c$  değerine karşı gelen moment ve eğrilik değerleri hesaplanır. Böylece, sabit bir P normal kuvvet için moment-eğrilik bağıntısı adım adım belirlenir (Şekil 2.18) (Çalışkan, 2019).

Moment – eğrilik analizinin sona erdirilmesinde; sargılı beton bölgesinin en dış basınç lifindeki birim şekildeğiştirme kapasitesine ulaşılması ( $\varepsilon_c = \varepsilon_{cu}$ ), çekme donatısının kopması ( $\varepsilon_s = \varepsilon_{su}$ ), basınç donatısının burkulması, enine donatının kırılması, eleman bazında kesme kapasitesine ulaşılması, ani dayanım kayıplarının (%10~20) oluşması gibi parametreler esas alınır (Priestley vd. 2007).



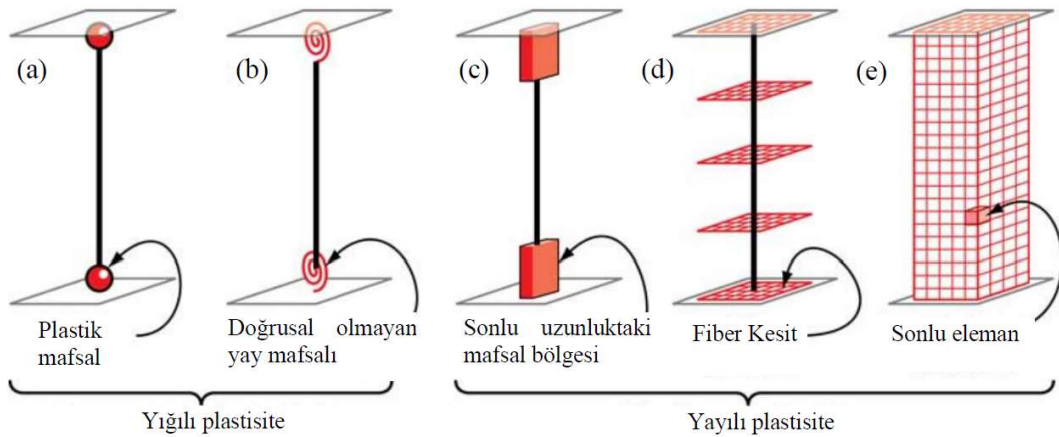
Şekil 2.18: Betonarme bir enkesite ait moment – eğrilik grafiği (Çalışkan, 2019).

## 2.9 Taşıyıcı Elemanların Doğrusal-Elastik Olmayan Davranış Modelleri

Güçlü deprem yer hareketleri altında modern deprem yönetmeliklerine göre tasarlanmış binaların doğrusal-elastik olmayan sünek bir davranış göstermesi beklenir. Bu amaçla, yapı elemanlarında oluşması beklenen hasar, hesap modelinde plastik şekildeğiştirme talepleri

(plastik dönme, plastik eğrilik, plastik şekildeğiştirme vb.) ile ifade edilir. Akma bölgesinin ötesindeki doğrusal-elastik olmayan davranışta, dayanım ve rijitlik kayıpları ile kalıcı yerdeğiştirmelere bağlı olarak plastik şekildeğiştirmeler ve buna bağlı hasar düzeyi artmaktadır. Bu nedenle, yapı sistemlerinin şekildeğiştirme bazlı doğrusal-elastik olmayan analizlerinde, malzeme/enkesit/eleman bazında davranışın gerçekçi modellenmesi yeni yapılacak binalar ile mevcut binaların performans esaslı tasarımı ve değerlendirilmesi çerçevesinde önem arz etmektedir.

Artan dış yükler altında yapı sistemlerinin kiriş, kolon ve perde gibi taşıyıcı sistem elemanlarında oluşacak doğrusal-elastik olmayan büyüklüklerin belirlenmesinde farklı modelleme ve idealleştirme metotları vardır. Genel olarak bu yaklaşımlar doğrusal-elastik olmayan şekildeğiştirmelerin elemanda sürekli olduğu *yayıllı plastik davranış modeli* ile plastik şekildeğiştirmelerin belirli bölgelerde toplandığı *yığıllı plastik davranış modeli* (plastik mafsallı modeli) olarak iki ana gruba ayrılabilir (Şekil 2.19).

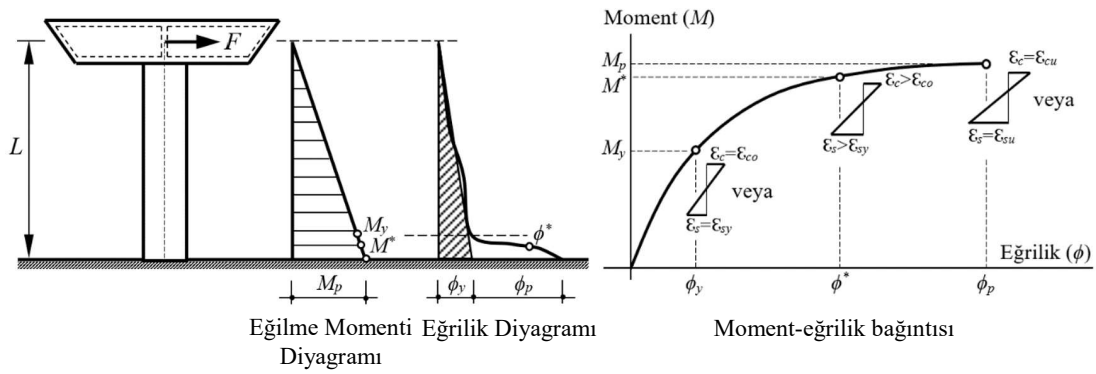


Şekil 2.19: Yığıllı ve yayıllı plastik davranış modelleri (Deierlein vd., 2010).

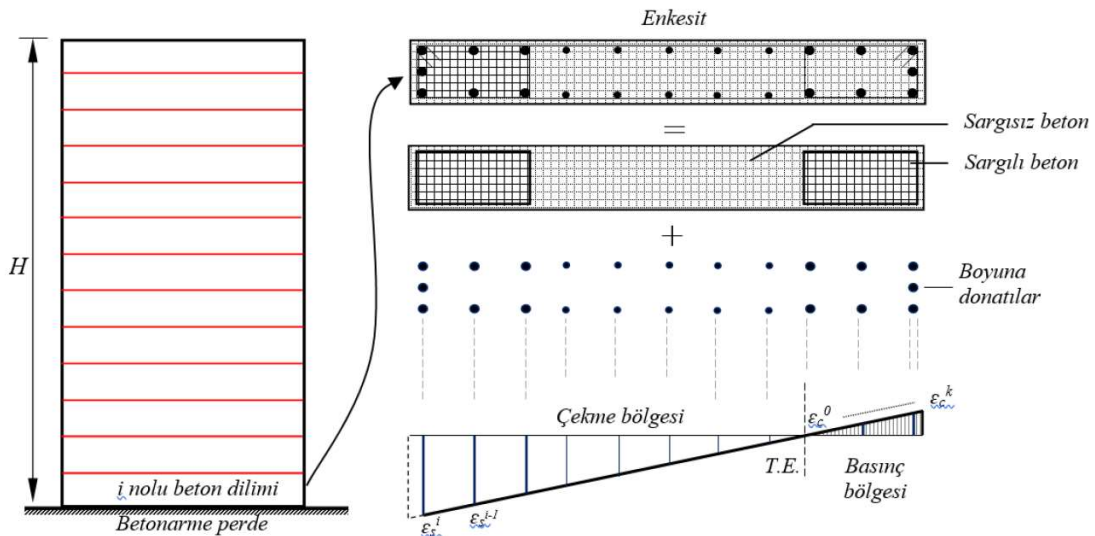
### 2.9.1 Yayıllı Plastik Kesit Modeli

Yatay yükler altında yapı sisteminin taşıyıcı elemanlarındaki eğilme momenti diyagramı doğrusaldır. Buna karşın, düşey yükler ve II. mertebe etkileri altında bu dağılım parabolik halde olacaktır. Artan yatay yükler ile birlikte doğrusal-elastik sınır aşıldığında elemandaki plastik şekildeğiştirmeler kritik kesitlerde başlayarak eleman boyunca yayıllı hale gelecektir. Bunun sonucunda, elemandaki şekildeğiştirme düzeyine bağlı olarak her dik enkesit birbirinden farklı eğilme davranışı gösterecektir (Şekil 2.20) (Reinborn A.M, 2009). Bu yaklaşım ile şekildeğiştirmelerin belirlenmesi için Şekil 2.19'da gösterilen

idealleştirme teknikleri yardımıyla eleman bazında doğrusal-elastik olmayan davranış daha gerçekçi belirlenebilir. Ayrıca, Şekil 2.20’de gösterildiği üzere, plastik şekildeğiştirmelerin yoğunlaştığı bölgelerde sonlu uzunluktaki enkesitlerde moment-eğrilik bağıntıları kullanılarak davranış elde edilebilir. Bunun yanı sıra, enkesitteki beton ve donatı yeterli sayıda dilimlere ayrılarak fiber kesitler ile modellenebilir (Şekil 2.21). Fiber kesitler yardımıyla analizlerde, sargılı ve sargısız beton ile donatıya ait gerilme-şekildeğiştirme bağıntıları kullanılarak plastik şekildeğiştirmeler hesaplanabilir (Şekil 2.21). Hesaplanan bu şekildeğiştirmeler integre edilerek ele alınan bölgedeki plastik davranış elde edilir. Bu noktada, gerçeğe daha yakın analizler elde etmek açısından gözönüne alınan fiber boyutları, fiber kesit sayısı ve dilim sayısı, analizlerde önem teşkil etmektedir. Bu parametrelerdeki fiber boyutlarının küçültülmesi işlem hacmi ve dolayısıyla analiz süresini önemli ölçüde artıracaktır. Bu sebeple, yeterli hassasiyette hazırlanacak modeller gerçeğe daha yakın sonuçlar elde edilmesinde daha etkin olacaktır.



Şekil 2.20: Tipik bir betonarme kolon üzerinde şekildeğiştirme durumu.

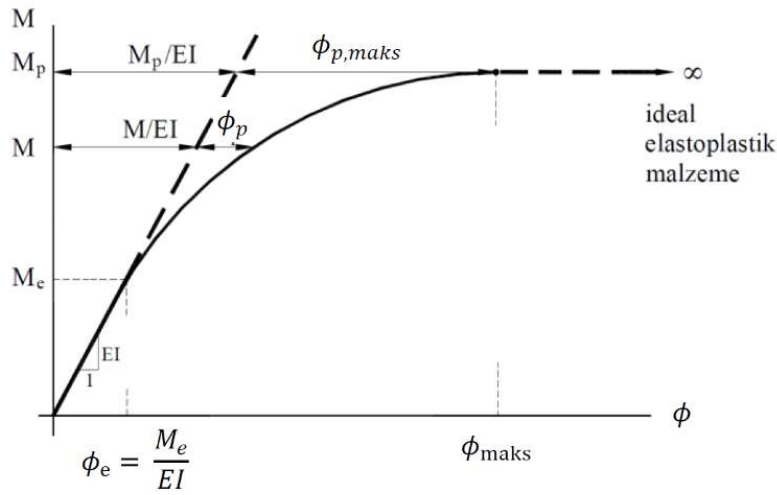


Şekil 2.21: Tipik bir betonarme perde elemana ait fiber model.

TBDY-2018 kapsamında yapılacak şekildeğiştirme bazlı analizlerde, kiriş ve kolon elemanlara ait doğrusal-elastik olmayan davranış için yayılı veya yığılı plastik modellerin kullanılabileceği belirtilmiştir. Buna karşın, zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizlerde perde elemanlar için yayılı plastik davranış modelinin kullanılması zorunludur (TBDY-2018).

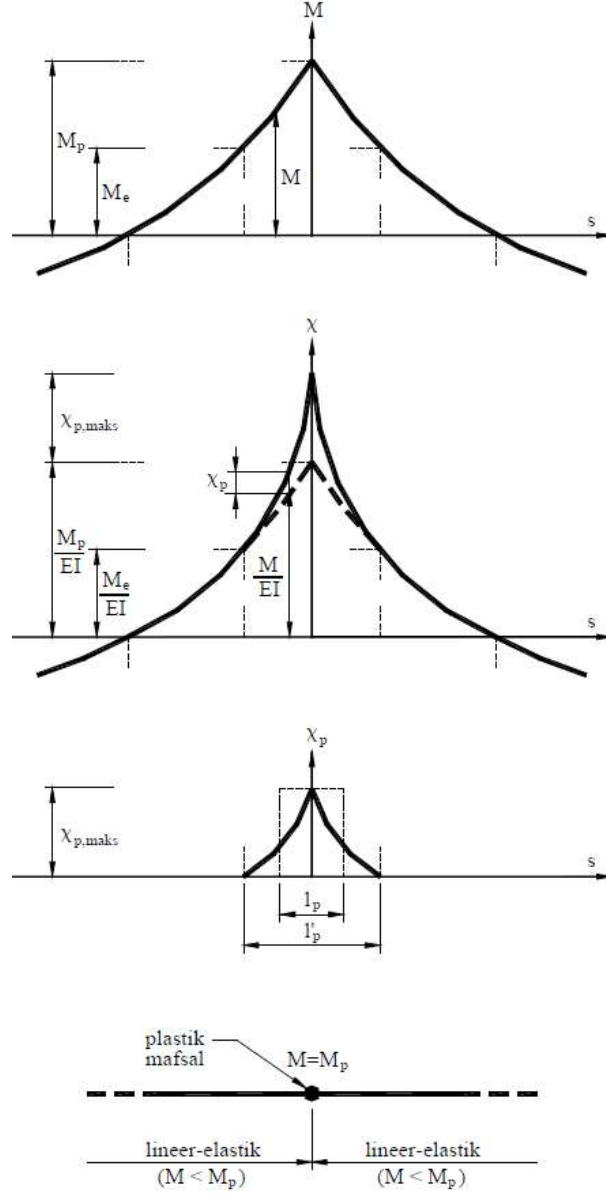
## 2.9.2 Yığılı Plastik Kesit Modeli

Yeterli düzeyde sünek davranış gösteren yapı sistemlerinde yığılı plastik kesit (plastik mafsal) modeli, doğrusal olmayan analizlerdeki işlem hacmini büyük oranda azaltacaktır. Toplam şekildeğiştirmelerin akmadaki şekildeğiştirmelere oranı olarak tanımlanan süneklik oranının büyük olduğu ve plastik şekildeğiştirmelerin küçük bir bölgeye yayıldığı sistemlerde, doğrusal-elastik olmayan eğilme şekildeğiştirmelerinin plastik kesit (mafsal) adı verilen belirli kesitlerde toplandığı, bunun dışındaki bölgelerde sistem davranışının doğrusal-elastik davrandığı varsayılabılır (Özer, 2009). Gerçek eğilme momenti-eğrilik bağıntısı Şekil 2.22’de verilen düzlem bir çubuk elemanın belirli bir bölgesine ait eğilme momenti diyagramı, toplam eğilme şekildeğiştirmeleri ve doğrusal-elastik olmayan plastik şekildeğiştirmeler Şekil 2.23’de görülmektedir (Özer, 2009).



Şekil 2.22: Eğilme momenti – eğrilik diyagramı (Özer, 2009).





**Şekil 2.23:** Doğrusal-elastik olmayan şekildeğıştirmeler ve plastik kesit oluşumu (Özer, 2009).

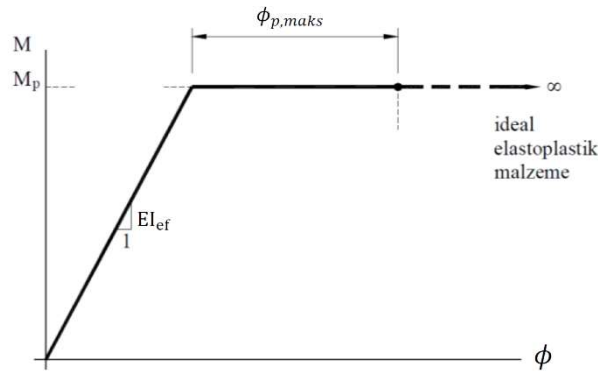
Plastik mafsals hipotezinde, çubuk eleman üzerinde  $l_p$  uzunluğundaki bir bölgede sürekli olan doğrusal-elastik olmayan şekildeğıştirmelerin plastik kesit (mafsals) olarak tanımlanan bir noktada toplandığı varsayılmaktadır. Plastik mafsallar arasında sistem davranışı doğrusal-elastik kalmaktadır. Enkesitte eğilme momenti ile birlikte normal kuvvetin de etkimesi halinde akma koşulu sadece  $M_p$  plastik momentine ulaşılması yerine, enkesitteki normal kuvvete bağılı olarak hesaplanan indirgenmiş  $M_p'$  plastik momentini kullanılarak belirlenmektedir. Plastik kesitte oluşacak şekildeğıştirmeler, (2.22) bağıntısında verildiğı üzere plastik mafsals uzunluğı boyunca integre edilir (Özer, 2009).

$$\phi_p = \int l_p' \phi_p d_s \quad (2.22)$$

Plastik mafsal hipotezinin uygulanması, Şekil 2.22’de verilen gerçek eğilme momenti–eğrilik bağıntısının (2.23) ve (2.24)’deki bağıntıları kullanılarak iki doğru parçası ile idealleştirilmesine karşılık gelmektedir (Şekil 2.24) (Özer,2019).

$$M \leq M_p \quad \text{için} \quad \phi = \frac{M}{EI_{ef}} \quad (2.23)$$

$$M = M_p \quad \text{için} \quad \phi \rightarrow M_{p,maks} \quad (2.24)$$



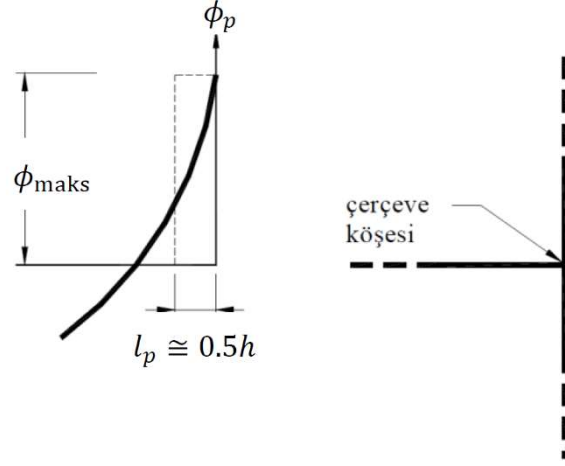
Şekil 2.24: İdealleştirilmiş moment-eğrilik bağıntısı (Özer, 2009).

Artan dış yükler altında plastik mafsalın dönmesi artarak *dönme kapasitesi* adı verilen sınır değere eşit olunca, oluşan büyük plastik şekildeğiştirmeler nedeniyle eleman kullanılamaz hale gelecektir. Yapı sisteminde bir veya daha çok kesitteki plastik mafsal dönmelerinin dönme kapasitesine ulaşması, yapının kısmen veya toptan göçmesine neden olabilir (Özer, 2009).

Plastik kesitin (mafsalın) dönme kapasitesi, eğilme diyagramının şekli ve moment-eğrilik bağıntısına bağlı olarak (2.25) ve (2.26) bağıntılarıyla hesaplanabilir. Burada, plastik mafsal boyu  $l_p$  genellikle enkesit yüksekliğinin yarısı olarak ( $l_p = 0.5h$ ) alınmaktadır (Şekil 2.25).

$$maks\theta_p = \int l_p' \phi_p d_s \quad (\phi_p \rightarrow \phi_{p,maks}) \quad (2.25)$$

$$maks\theta_p = l_p \phi_{p,maks} \quad (2.26)$$



**Şekil 2.25:** Plastik mafsallık boyu (Özer, 2009).

Betonarme yapı sistemlerinde plastik kesitlerdeki dönme kapasitesi çeşitli etkenlere bağlıdır. Bunlar;

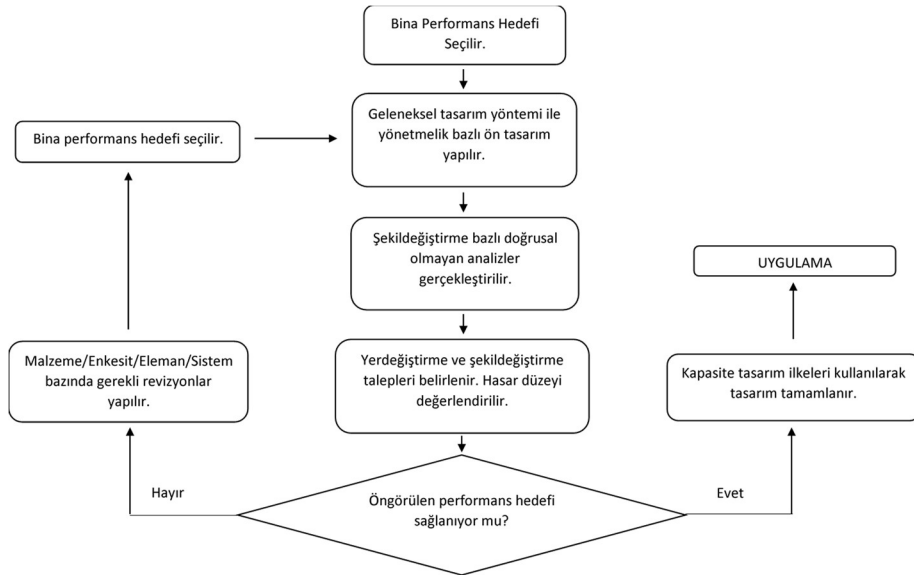
- Beton ve beton çeliğinin gerilme-şekildeğiştirme diyagramlarını belirleyen  $\epsilon_{cu}$  ve  $\epsilon_{su}$  sınır birim boy değişimleri,
- Taşıyıcı elemanlardaki sargı donatısı miktarı, şekli ve yerleşim düzeni,
- Plastik mafsallık boyunu etkileyen enkesit boyutları,
- Eğilme momenti diyagramının şeklidir (Özer, 2009).

## 2.10 Performansa Dayalı Tasarım ve Değerlendirme Yaklaşımı

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 yaklaşımı, VISION 2000 (1995), ATC 40 (1996), FEMA 273 (1997), FEMA 356 (2000) ve ASCE 41-17 (2017) gibi standart 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 kullanılabilmektedir (Hasgöl, 2011).

Binaların PDTD'si aşağıda belirtilen üç temel aşamadan oluşmaktadır. Bunlar;

- 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 (Şekil 2.26) (Hasgül, 2011).



Şekil 2.26: Yapı sistemlerinde performansa dayalı tasarım yaklaşımının uygulanması.

## 2.11 Betonarme Binalar için TBDY-2018'deki Performans Esaslı Tasarım Esasları

TBDY-2018'de, deprem etkisi altındaki mevcut binaların değerlendirilmesi ve yeni yapılacak binaların tasarımında kullanılmak üzere performans esaslı yaklaşıma ilişkin hesap esasları tanımlanmıştır.

### 2.11.1 Bina Performans Düzeyi

Binalarda, yatay ve düşey yükler etkisi altında yapısal ve yapısal olmayan elemanlardaki hasar düzeyi için öngörülen şekildeğiştirme sınırlarıdır. TBDY-2018'de bina performans düzeyini ifade etmek üzere dört farklı yapısal performans düzeyi tanımlanmıştır. Bunlar;

- *Kesintisiz Kullanım (KK)*
- *Sınırlı Hasar (SH)*
- *Kontrollü Hasar (KH)*
- *Göçmenin Önlenmesi (GÖ)*

#### **2.11.1.1 Kesintisiz Kullanım (KK) Performans Düzeyi**

Binanın taşıyıcı sistem elemanlarında yapısal hasarın meydana gelmediği veya hasarın ihmal edilebilir olduğu durumdur. Elemanlarda doğrusal-elastik olmayan davranış hiç oluşmaz veya çok az sayıda elemanda oluşur (Şekil 2.27). Deprem enerjisi elastik sınırlar altında yutulur.

#### **2.11.1.2 Sınırlı Hasar (SH) Performans Düzeyi**

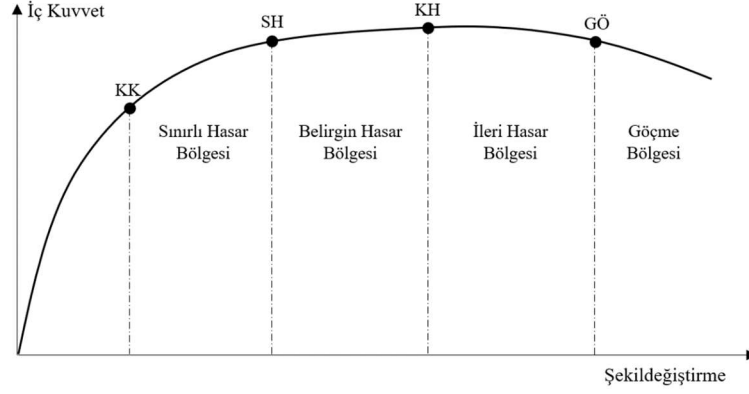
Binanın taşıyıcı sistem elemanlarında sınırlı düzeyde hasarın meydana geldiği durumdur. Deprem etkisi altında kesit tesirleri akma sınırını geçtiğinden betonarme elemanlarda sınırlı miktarda çatlama beklenir (Şekil 2.27).

#### **2.11.1.3 Kontrollü Hasar (SH) Performans Düzeyi**

Can güvenliğini sağlamak üzere binanın taşıyıcı sistem elemanlarında aşırı olmayan ve onarılması çoğunlukla mümkün olan hasar düzeyidir (Şekil 2.27). Deprem enerjisi doğrusal-elastik olmayan bölgede yutulduğundan, dayanım ve rijitlik kaybı oluşmasına karşın kısmi veya toptan göçme beklenmez.

#### **2.11.1.4 Göçmenin Önlenmesi (GÖ) Performans Düzeyi**

Binanın taşıyıcı sistem elemanlarında ileri düzeyde hasar durumunun meydana geldiği düzeydir (Şekil 2.27). Deprem sonrası taşıyıcı sistem elemanlarında büyük ve kalıcı şekildeğişimler olduğundan, taşıyıcı sistem yatay yüklere karşı rijitlik ve dayanımını büyük ölçüde kaybedecektir. Oluşan hasarın onarımı hem teknik hem ekonomik açıdan çoğunlukla uygun olmamasına karşın, yapı sistemi düşey yükleri taşıyacak yeterli stabiliteye sahiptir.



**Şekil 2.27:** Bina performans düzeyleri ve bölgeleri.

### 2.11.2 Bina Performans Hedefleri

Bina performans hedefleri, belirli bir deprem seviyesi/seviyeleri altında bina için öngörülen performans seviyesidir. Yapı sistemleri için belirli deprem seviyesi altında bir performans hedefi seçilebileceği gibi, birden çok deprem seviyesi altında farklı düzeyde performans hedefleri de seçilebilir. TBDY-2018’de bina türü yapı sistemleri için dört farklı deprem seviyesinde normal ve ileri düzey performans hedefleri tanımlanmıştır. Normal performans hedefleri minimum kriter olmakla birlikte, Tablo 2.3’te belirtilen tercihler doğrultusunda ileri performans hedefleri de seçilebilir. TBDY-2018 kapsamında yeni yapılacak betonarme ve çelik binalar için DD-2 tasarım depremi altında minimum *Kontrollü Hasar* performans düzeyinin sağlanması öngörülmektedir.

**Tablo 2.3:** Yeni yapılacak betonarme ve çelik binalar için performans hedefleri (TBDY, 2018).

Deprem yer hareketi düzeyi	DTS=1, 1a, 2, 2a, 3, 3a, 4, 4a		DTS=1a, 2a	
	Normal performans hedefi	Değerlendirme/Tasarım yaklaşımı	İleri performans hedefi	Değerlendirme/Tasarım yaklaşımı
DD-3	-	-	SH	ŞGDT
DD-2	KH	DGT	KH	DGT
DD-1	-	-	KH	ŞGDT

### 2.11.3 Deprem Yer Hareketi Düzeyleri

Bina türü yapı sistemlerinin sismik davranışlarının belirlenmesi amacıyla doğrusal-elastik olmayan analizlerde kullanılmak üzere TBDY-2018’de dört farklı deprem yer hareketi düzeyi tanımlanmıştır. Bunlar, spektral büyüklüklerinin 50 yılda aşılma olasılığı ve buna karşı gelen tekrarlanma periyotlarına bağlı olarak sınıflandırılmıştır.

### **2.11.3.1 Deprem Yer Hareketi Düzeyi-1 (DD-1)**

Spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %2 ve buna karşılık gelen tekrarlanma periyodunun 2475 yıl olduğu çok seyrek deprem yer hareketini temsil eder. Bu deprem yer hareketi, gözönüne alınan en büyük (maksimum) deprem yer hareketi olarak da adlandırılmaktadır (TBDY-2018).

### **2.11.3.2 Deprem Yer Hareketi Düzeyi-2 (DD-2)**

Spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %10 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 475 yıl olduğu seyrek deprem yer hareketini nitelemektedir. Bu deprem yer hareketi, standart tasarım deprem yer hareketi olarak da adlandırılmaktadır (TBDY-2018).

### **2.11.3.3 Deprem Yer Hareketi Düzeyi-3 (DD-3)**

Spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %50 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 72 yıl olduğu sık deprem yer hareketini nitelemektedir. Bu deprem seviyesi orta büyüklükteki deprem yer hareketlerini temsil eder (TBDY-2018).

### **2.11.3.4 Deprem Yer Hareketi Düzeyi-4 (DD-4)**

Spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %68 (30 yılda aşılma olasılığı %50) ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 43 yıl olduğu çok sık deprem yer hareketini nitelemektedir. Bu deprem yer hareketi, servis / hafif şiddetli deprem yer hareketi olarak da adlandırılmaktadır (TBDY-2018).

## **2.11.4 Deprem Yer Hareketi Spektrumu**

Yerdeğiştirme, hız ve ivme büyüklüklerindeki davranış spektrumları, tek serbestlik dereceli farklı rijitlik ve kütledeki sistemlerin yeterli sayıda deprem kaydı altında hareket denklemlerinin çözülmesi ve titreşim periyoduna bağlı olarak %5 elastik sönüm için geniş bir periyot aralığında sistemin maksimum davranışlarını temsil eden zarf grafikleridir.

Yatay elastik tasarım spektrumları genel olarak üç karakteristik bölgeden oluşur. Grafiğin yatay eksenini olan titreşim periyodunun  $T_A-T_B$  arasındaki kısmı tek serbestlik dereceli sistemlerde *sabit ivme bölgesini*,  $T_B-T_L$  arası *sabit hız bölgesini*,  $T_L$  sonrası kısım ise *sabit yerdeğiştirme bölgesini* tanımlar (Şekil 2.28). Eski deprem yönetmeliklerinden farklı olarak TBDY-2018’de, spektral büyüklükler deprem bölgeleri haritası yerine binaya özel olarak parsel bazında <https://tdth.afad.gov.tr> adresinde bulunan *Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması* (TDTH)’ndan alınmaktadır. %5 sönümlü yatay

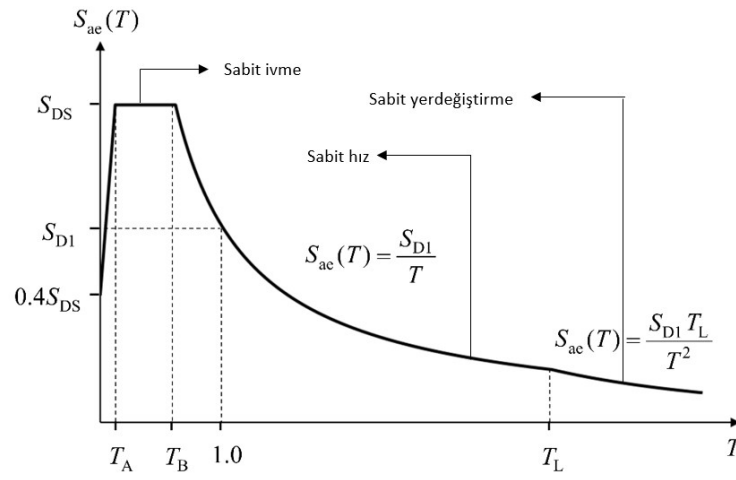
elastik ivme davranış spektrumu TBDY-2018'deki (2.27a-d) bağıntıları yardımıyla edilebilir.

$$S_{ae}(T) = \left(0.4 + 0.6 \frac{T}{T_A}\right) S_{DS} \quad 0 \leq T \leq T_A \quad (2.27a)$$

$$S_{ae}(T) = S_{DS} \quad (\text{Sabit ivme bölgesi}) \quad T_A \leq T \leq T_B \quad (2.27b)$$

$$S_{ae}(T) = \frac{S_{D1}}{T} \quad (\text{Sabit hız bölgesi}) \quad T_B \leq T \leq T_L \quad (2.27c)$$

$$S_{ae}(T) = \frac{S_{D1} T_L}{T^2} \quad (\text{Sabit yerdeğiştirme bölgesi}) \quad T_L \leq T \quad (2.27d)$$



**Şekil 2.28:** %5 sönümlü yatay elastik ivme davranış spektrumu (TBDY, 2018).

Burada,  $S_{DS}$  kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısını,  $S_{D1}$  1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısını olup,  $S_S$  ve  $S_1$ , sırasıyla, kısa periyot harita spektral ivme katsayısını ve 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısını ifade etmektedir. Harita spektral ivme katsayıları aşağıda verilen Tablo 2.4 ve Tablo 2.5'de verilen zemin etki katsayıları ile çarpımıyla tasarım spektral ivme katsayılarına dönüştürülür.  $F_S$  kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayısını,  $F_1$  1.0 saniye periyot için yerel zemin etki katsayısıdır (TBDY, 2018).

**Tablo 2.4:** Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayıları (TBDY, 2018).

Yerel zemin sınıfı	Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayısı $F_S$					
	$S_S \leq 0.25$	$S_S = 0.50$	$S_S = 0.75$	$S_S = 1.00$	$S_S = 1.25$	$S_S \geq 1.50$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
ZC	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
ZD	1.6	1.4	1.12	1.1	1.0	1.0
ZE	2.4	1.7	1.3	1.1	0.9	0.8
ZF	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır.					



**Tablo 2.5:** 1.0 sn periyot için yerel zemin etki katsayıları (TBDY, 2018).

Yerel zemin sınıfı	1.0 sn periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayısı $F_1$					
	$S_1 \leq 0.10$	$S_1 \leq 0.10$	$S_1 \leq 0.10$	$S_1 \leq 0.10$	$S_1 \leq 0.10$	$S_1 \leq 0.10$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZC	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4
ZD	2.4	2.2	2.0	1.9	1.8	1.7
ZE	4.2	3.3	2.8	2.4	2.2	2.0
ZF	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır.					

## 2.12 TBDY-2018'deki Doğrusal-Elastik Olmayan Hesap Yöntemleri

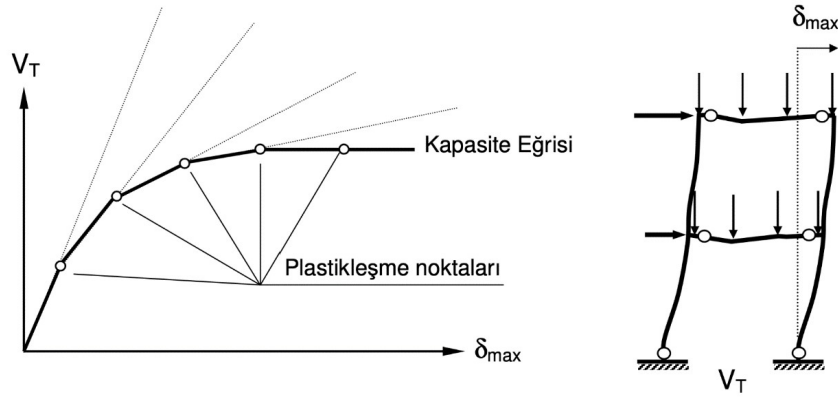
TBDY-2018'de yeni yapılacak binaların tasarımında ve mevcut binaların performanslarının incelenmesinde kullanılan doğrusal-elastik olmayan analiz yöntemleri genel olarak, doğrusal-elastik olmayan tek veya çok modlu statik analiz yöntemleri ile zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemleri olarak tanımlanmıştır. Bu yöntemler yardımıyla gerçekleştirilen analizler sonucunda taşıyıcı sistem elemanlarında malzeme/enkesit/eleman bazında hesaplanan ve sünek davranışı ifade eden gerilme-şekildeğiştirme talepleri, hesaplanan kapasiteler ile karşılaştırılır. Sünek olmayan (gevrek) davranışa ait talepler ise sınır değerler ile karşılaştırılarak, sünek davranış kontrol edilir (TBDY, 2018).

### 2.12.1 Doğrusal-Elastik Olmayan Statik Analizler

Yapı sistemlerine uygulanacak doğrusal-elastik olmayan statik analizler (pushover analizler) temel olarak, yapının *yatay kuvvet-tepe yerdeğiştirme* ilişkisinin malzeme ve geometri değişimi bakımından doğrusal olmayan teoriye göre elde edilmesine dayanmaktadır. Kapasite eğrisi (pushover eğrisi) olarak bilinen ve monotonik artan yatay yükler altında elde edilen yatay kuvvet-tepe yerdeğiştirme davranışının belirlenmesi sonucunda, yapı sistemindeki zayıf elemanlar ve bunların yerleri, kısmi veya toptan göçme mekanizma durumları ile elemanlardaki şekildeğiştirme talepleri yerdeğiştirme kontrollü belirlenebilmektedir (Şekil 2.29). Bunun sonucunda, yapı sistemi için belirlenen tepe yerdeğiştirmesi talebine ulaşıldığında, öngörülen performans düzeyinin gerçekleşip gerçekleşmediğinin kontrolü yapılabilmektedir (Hasgül, 2004). Doğrusal-elastik olmayan statik analizlerde yapıya uygulanan yatay kuvvetler, yapının birinci/hâkim titreşim modu ile orantılı olarak her yük artımında sabit tek modlu olarak veya yapı sistemine ait elemanlarda oluşan her plastikleşmenin ardından yeniden hesaplanan değişken tek modlu

olarak kullanılabilir (Güngör, 2014). TBDY-2018’de tek modlu doğrusal-elastik olmayan statik analiz yöntemlerinin kullanılabilmesi için;

- Bina Yükseklik Sınıfı  $BYS \geq 5$ ,
- Herhangi bir katta ek dış merkezlik gözönüne alınmaksızın doğrusal-elastik davranış esas alınarak hesaplanan burulma düzensizliği katsayısı  $\eta_{bi} < 1.4$ ,
- Gözönüne alınan deprem doğrultusunda, hesaplanan birinci (hâkim) titreşim moduna ait etkin kütle oranı en az 0.70 olmalıdır.



Şekil 2.29: Kapasite eğrisinin elde edilmesi (Hasgül, 2004).

### 2.12.2 Zaman Tanım Alanında Doğrusal-Elastik Olmayan Analiz

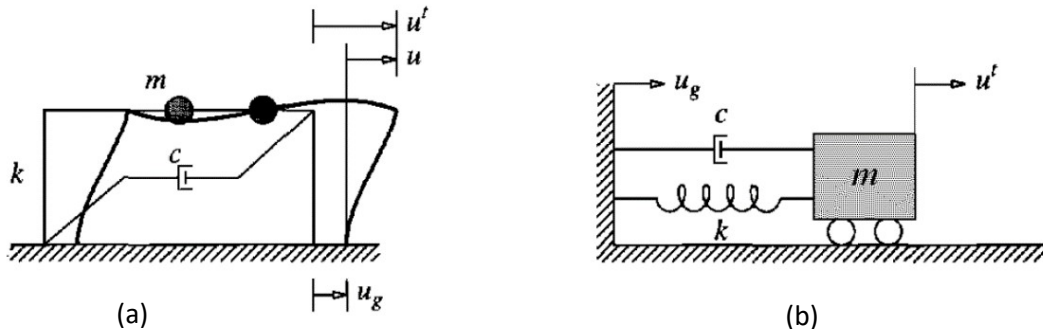
Yapı sistemlerinin performansa dayalı tasarım ve değerlendirilmesi çerçevesinde, doğrusal-elastik olmayan davranışın belirlenmesinde en güvenilir yöntem, *Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz* (ZTADOA) yöntemidir. ZTADOA’lerden elde edilen sonuçların (iç kuvvet, şekildeğiştirme, öteleme gibi) belirli varsayımlar altında kesin olduğu kabul edilmekle birlikte, ivme kayıtlarının seçimi, karakteristikleri ve ölçeklendirilmesi, iç kuvvet-şekildeğiştirme bağıntılarının histerik çevrimleri, sönüm etkisi vb. parametrelerin seçimi analiz sonuçları üzerinde önemli etkiye sahiptir (Hasgül, 2011). Bu yöntem, özellikle deprem etkisi altında doğrusal-elastik olmayan davranış gösteren sistemlerde, rijitlik matrisinin zamanla değişimi dikkate alınır ve taşıyıcı sisteme ait hareket denklemleri çok küçük zaman artımlarında adım adım çözümlenir. Bu sayede, analizler sonucunda ilgili davranış büyüklüklerinin (gerilme, yerdeğiştirme, plastik ve elastik şekildeğiştirme vb.) zamana bağlı olarak değişimleri hesaplanır. TBDY-2018 kapsamında yeni yapılacak yüksek binalar ve düzensizlik içeren mevcut yapıların performans değerlendirmesi için ZTADOA kullanımı zorunlu olmakla birlikte, tüm yapı sistemleri için herhangi bir sınırlama olmaksızın uygulanabilmektedir.

Tek serbestlik dereceli bir sistemin deprem yer hareketi etkisindeki doğrusal-elastik hareket denklemi (2.28a-b) bağıntılarında verildiği gibidir (Şekil 2.30).  $t=0$  anında  $\{\dot{u}(0)$  ve  $u(0)\}$  başlangıç koşullarının çözümü sonrasında yerdeğiştirmeler zamana bağlı olarak hesaplanmaktadır. Daha sonrasında, diğer ilgili davranış talepleri ( $\theta_p, \phi_p, \Delta$  vb.) eleman ve sistem bazında zamana bağlı olarak hesaplanmaktadır.

$$m\ddot{u} + c\dot{u} + ku = -m\ddot{u}_g(t) \quad (2.28a)$$

$$\ddot{u} + 2\xi\omega_n\dot{u} + \omega_n^2u = \ddot{u}_g(t) \quad (2.28b)$$

(2.28a-b) bağıntılarında  $m$  yapının kütlesi,  $c$  sönüm katsayısı,  $k$  rijitliğidir.  $\xi$  ve  $\omega_n$ , sırasıyla, sistemin sönüm oranı ve doğal açısal frekansıdır. Yapının ivme, hız ve yerdeğiştirme davranışları ise sırasıyla,  $\ddot{u}$ ,  $\dot{u}$  ve  $u$  notasyonları ile gösterilmiştir. Deprem yer hareketine ait ivme  $\ddot{u}_g(t)$ ' ile gösterilmiştir.



Şekil 2.30: Tek serbestlik dereceli sistemler (Chopra, 2000).

Deprem yer hareketine ait yatay ivme kayıtları düzensiz değiştiğinden, dinamik hareket denkleminin çözümü için sayısal çözüm yaklaşımlarına ihtiyaç duyulur. Modal veya direkt-integrasyon şeklindeki bu yöntemler, yapısal davranışın belirlenmesinde önem arz eder (Chopra, 2000). Literatürde, *Merkezi farklar yöntemi*, *Houbolt yöntemi*, *Wilson- $\theta$  yöntemi* ve *Newmark yöntemi* gibi hareket denkleminin sayısal çözümüne yönelik farklı yöntemler bulunmaktadır. Bu tez çalışmasında incelenen betonarme binaların ZTADOA'leri, literatürde yaygın kullanılan Newmark (1959) yöntemi yardımıyla gerçekleştirilmiş ve buna ait hesap esasları aşağıda sunulmuştur.

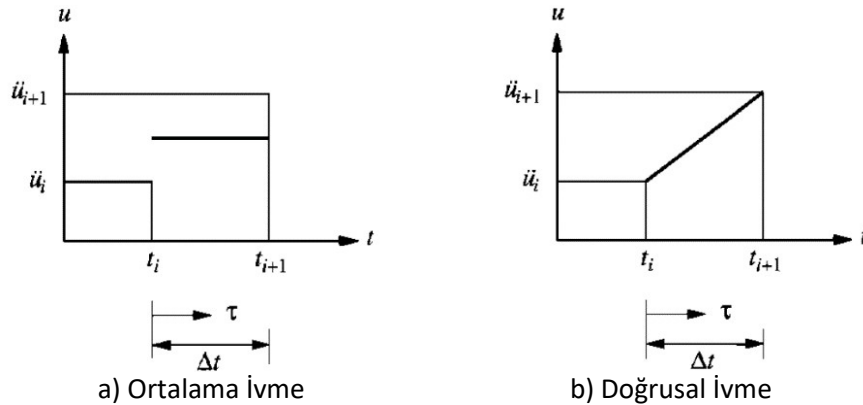
Newmark (1959)'da önerilen (2.29a-b) bağıntıları,  $\Delta t$  zaman aralığında dinamik hareket denklemiyle birlikte çözümlenerek her (i) zaman dilimindeki ivme ( $\ddot{u}_i$ ), hız ( $\dot{u}_i$ ) ve yerdeğiştirme ( $u_i$ ) değerleri kullanılarak (i+1) zaman dilimindeki davranışlar ( $\ddot{u}_{i+1}$ ,  $\dot{u}_{i+1}$ ,  $u_{i+1}$ ) hesaplanmaktadır.

$$\dot{u}_{i+1} = \dot{u}_i + [(1 - \gamma)\Delta t]\ddot{u}_i + (\gamma\Delta t)\ddot{u}_{i+1} \quad (2.29a)$$

$$u_{i+1} = u_i + (\Delta t)\dot{u}_i + [(0.5 - \beta)(\Delta t)^2]\ddot{u}_i + [(\beta)(\Delta t)^2]\ddot{u}_{i+1} \quad (2.29b)$$

Bu bağıntılarında,  $\beta$  ve  $\gamma$  belirli bir zaman adımındaki ivmenin değişimini tanımlayan ve ayrıca yöntemin stabilitesini ve doğruluğunu belirleyen katsayılardır. Analizlerde tipik olarak  $1/6 \leq \beta \leq 1/4$  ve  $\gamma = 1/2$  değerleri kullanılır (Chopra, 2000).

Newmark çözüm yönteminin *doğrusal ivme* ve *ortalama ivme* olarak bilinen iki özel uygulaması bulunmaktadır. Bunlardan, sabit ortalama ivme uygulamasında ilgili  $\Delta t$  zaman aralığındaki ortalama ivme kullanılır (Şekil 2.31a ve Tablo 2.6). Doğrusal ivme yönteminde ise,  $t$  ve  $\Delta t$  zamanları arasında ivmenin doğrusal değiştiği varsayımı yapılır (Şekil 2.31b ve Tablo 2.6). Bu iki uygulama için  $i$  ve  $i+1$  zaman dilimi için ivme  $[\ddot{u}(\tau)]$ , hız  $[\dot{u}(\tau)]$  ve yerdeğiştirme  $[u(\tau)]$  davranışları (2.30a-e) bağıntılarında verilmiştir. (2.30a) bağıntısı belirli  $t$  zamanı boyunca ivmedeki değişimin sabit ortalama veya doğrusal değiştiği varsayımını tanımlamaktadır. Bu denklemin integrasyonu ile  $\Delta t$  zaman adımı boyunca hızın değişimini  $[\dot{u}(\tau)]$  gösteren (2.30b) bağıntısı ile elde edilir. Benzer şekilde,  $\dot{u}(\tau)$  hız denkleminin integrali (2.30d) bağıntısındaki  $[u(\tau)]$  yerdeğiştirmenin değişimini verir. Burada  $\tau = \Delta t$  zaman adımı için  $i+1$  anındaki yerdeğiştirme, (2.30e) denklemi ile hesaplanabilir. (2.29a-b) ile (2.30c) ve (2.30e) bağıntıları karşılaştırıldığında, Newmark'ın denklemlerinde  $\gamma = 1/2$  ve  $\beta = 1/4$  ivmenin ortalama değişimine,  $\gamma = 1/2$  ve  $\beta = 1/6$  ise ivmenin doğrusal değişimine karşılık gelir (Chopra, 2000). (2.29) ve (2.30) bağıntılarında verilen denklemler yardımıyla tek serbestlik dereceli sistemlere ait çözümler, ilgili bağıntıların matris ve vektör formunda yazılması ile çok serbestlik dereceli sistemlere uyarlanabilir.



Şekil 2.31: Ortalama ve doğrusal ivme yöntemleri (Chopra, 2000).

**Tablo 2.6:** Sırasıyla ortalama ve doğrusal ivme yöntemleri (Chopra, 2000).

$\ddot{u}(\tau) = \frac{1}{2}(\ddot{u}_{i+1} + \ddot{u}_i)$	$\ddot{u}(\tau) = \ddot{u}_i + \frac{\tau}{\Delta t}(\ddot{u}_{i+1} - \ddot{u}_i)$	(2.30a)
$\dot{u}(\tau) = \dot{u}_i + \frac{\tau}{2}(\dot{u}_{i+1} + \dot{u}_i)$	$\dot{u}(\tau) = \dot{u}_i + \ddot{u}_i\tau + \frac{\tau^2}{2\Delta t}(\ddot{u}_{i+1} - \ddot{u}_i)$	(2.30b)
$\ddot{u}_{i+1} = \ddot{u}_i + \frac{\Delta t}{2}(\ddot{u}_{i+1} + \ddot{u}_i)$	$\dot{u}_{i+1} = \dot{u}_i + \frac{\Delta t}{2}(\ddot{u}_{i+1} + \ddot{u}_i)$	(2.30c)
$u(\tau) = u_i + \dot{u}_i\tau + \frac{\tau^2}{4}(\ddot{u}_{i+1} + \ddot{u}_i)$	$u(\tau) = u_i + \dot{u}_i\tau + \ddot{u}_i\frac{\tau^2}{2} + \frac{\tau^3}{6\Delta t}(\ddot{u}_{i+1} - \ddot{u}_i)$	(2.30d)
$u_{i+1} = u_i + \dot{u}_i\Delta t + \frac{(\Delta t)^2}{4}(\ddot{u}_{i+1} + \ddot{u}_i)$	$u_{i+1} = u_i + \dot{u}_i\Delta t + (\Delta t)^2\left(\frac{1}{6}\ddot{u}_{i+1} + \frac{1}{3}\ddot{u}_i\right)$	(2.30e)

Newmark ortalama ivme çözüm yöntemi kullanılarak tek serbestlik dereceli bir sistemin doğrusal-elastik olmayan davranışına ilişkin hesapta izlenen yol Tablo 2.7’de özetlenmiştir.

**Tablo 2.7:** Ortalama ivme yöntemi için hesapta izlenen yol.

<b>1.0) Başlangıç hesaplamaları (<math>\gamma=1/2</math> ve <math>\beta=1/4</math>)</b>
1.1 Durum belirlemesi $(f_s)_0$ ve $(k_T)_0$
1.2 $\ddot{u}_0 = \frac{\rho_0 - c\dot{u}_0 - (f_s)_0}{m}$
1.3 $\Delta t$ seçilir.
1.4 $a_1 = \frac{1}{\beta(\Delta t)^2}m + \frac{\gamma}{\beta\Delta t}c$ ; $a_2 = \frac{1}{\beta\Delta t}m + \left(\frac{\gamma}{\beta} - 1\right)c$ ; $a_3 = \left(\frac{1}{2\beta} - 1\right)m + \Delta t\left(\frac{\gamma}{2\beta} - 1\right)c$
<b>2.0) Her (i) zaman adımındaki hesaplamalar [<math>i=0, 1, 2, \dots</math>]</b>
2.1 $j=1, u_{i+1}^{(j)}=u_i, (f_s)_{i+1}^{(j)}=(f_s)_i$ ve $(k_T)_{i+1}^{(j)}=(k_T)_i$
2.2 $\hat{p}_{i+1} = p_{i+1} + a_1u_i + a_2\dot{u}_i + a_3\ddot{u}_i$
<b>3.0) Her j iterasyonu için [<math>j=0, 1, 2, \dots</math>]</b>
3.1 $\hat{R}_{i+1}^{(j)} = \hat{p}_{i+1} - (f_s)_{i+1}^{(j)} - a_1u_{i+1}^{(j)}$
3.2 Yakınsama kontrolü. Eğer yakınsama ölçütü sağlanmazsa, (3.3)-(3.7) arası işlemler tekrarlanır. Ölçüt sağlanırsa bu adımlar atlanarak 4.0 adımına gidilir.
3.3 $(\hat{k}_T)_{i+1}^{(j)} = (k_T)_{i+1}^{(j)} + a_1$
3.4 $\Delta u^{(j)} = \hat{R}_{i+1}^{(j)} / (\hat{k}_T)_{i+1}^{(j)}$
3.5 $u_{i+1}^{(j+1)} = u_{i+1}^{(j)} + \Delta u^{(j)}$
3.6 $(f_s)_{i+1}^{(j+1)}$ ve $(k_T)_{i+1}^{(j+1)}$ belirlenir.
3.7 (j) yerine (j + 1) yazılarak (3.1) ve (3.6) arasındaki işlemler tekrarlanır ve $u_{i+1}$ son değer olarak atanır.
<b>4.0) Hız ve ivme değerleri hesaplanır.</b>
4.1 $\dot{u}_{i+1} = \frac{\gamma}{\beta\Delta t}(u_{i+1} - u_i) + \left(1 - \frac{\gamma}{\beta}\right)\dot{u}_i + \Delta t\left(1 - \frac{\gamma}{2\beta}\right)\ddot{u}_i$
4.2 $\ddot{u}_{i+1} = \frac{\gamma}{\beta(\Delta t)^2}(u_{i+1} - u_i) - \frac{1}{\beta\Delta t}\dot{u}_i - \left(\frac{1}{2\beta} - 1\right)\ddot{u}_i$
<b>5.0) Sondaki <math>\Delta t</math> zaman adımı için hesap tekrarlanır. (i) yerine (i + 1) yazılarak (2.0) ve (4.0) arasındaki hesap adımları tekrarlanarak sonraki adım için hesaba devam edilir.</b>

### 2.12.3 Yapısal Sönüm

Sönüm oranı, tanımlanması zor ve karmaşık olmasına karşın, yapının doğrusal-elastik olmayan davranışının gerçekçi modellenmesi ve davranış taleplerinin belirlenmesi bakımından oldukça önemlidir. Deprem yer hareketi altında taşıyıcı sistem elemanlarında farklı türden sönüm kuvvetleri (eleman birleşimindeki sürtünmeler, malzemeyi oluşturan bileşenler arası sürtünme, çatlamalara bağlı olarak elemanların hareketi, yapısal ve yapısal olmayan elemanların sürtünmesi vb.) ortaya çıkmaktadır. Sönüm için nümerik analizlerde kullanılan en yaygın yöntem *eşdeğer viskoz sönüm* 'dür.

Yapı sistemlerinde oluşacak elastik ve histeretik sönümün toplamı eşdeğer viskoz sönümü ifade etmektedir. Elastik sönüm daha çok malzeme ile ilişkili olmakla birlikte betonarme elemanlarda  $\approx 5\%$  olarak alınmaktadır. Buna karşın, histeretik sönüm tersinir çevrim hareketine bağlı bir tam çevrimde yutulan enerjiye bağlı olarak hesaplanmaktadır. Yapı sistemlerinin doğrusal-elastik ve doğrusal elastik olmayan dinamik analizlerinde, viskoz sönüm için literatürde yaygın kullanılan yöntem *Rayleigh Sönüm* modelidir. Bu modelde sönüm, kütle ve rijitlik orantılı sönüm bileşenlerinin doğrudan süperpozisyonu ile (2.31) bağıntısı yardımıyla hesaplanır.

$$c = a_0 m + a_1 k \quad (2.31)$$

Burada, yapının kütle ve rijitlik matrisleri, sırasıyla,  $m$  ve  $k$ , herhangi bir modda istenen sönüm oranları  $a_0$  ve  $a_1$  katsayısıyla ifade edilmektedir. Yapının  $n$ . titreşim modundaki sönüm oranı  $\xi_n$  (2.32) bağıntısı ile hesaplanabilir.  $\omega_n$   $n$ . titreşim modundaki doğal açısal frekansı göstermektedir.

$$\xi_n = \frac{a_0}{2\omega_n} + \frac{a_1 \omega_n}{2} \quad (2.32)$$

Rayleigh sönümünde sadece *kütle orantılı sönüm* ve sadece *rijitlik orantılı sönüm* olarak ifade edilen özel sınır durumları, sırasıyla, (2.33a) ve (2.33b) bağıntıları ile hesaplanabilir.

$$c = a_0 m ; a_0 = 2\xi_i \omega_i \quad (2.33a)$$

$$c = a_1 k ; a_1 = \frac{2\xi_j}{\omega_j} \quad (2.33b)$$

Kütle orantılı sönümde, sönüm oranı  $\xi_n$  doğrusal açısal frekans ile ters orantılı iken, rijitlik orantılı sönümde sönüm oranı arttıkça frekans da artar (Şekil 2.32a). Bununla birlikte,

rijitlik orantılı sönüm kuvvetleri, analiz sürecinde yapının başlangıç rijitliği sabit tutularak hesaplanabildiği gibi, deprem yer hareketinin herhangi bir  $t$  anındaki yerdeğiştirme durumunda azalan anlık rijitliğin gözönüne tutulduğu *tanjant* veya *sekant rijitlikler* kullanılarak da hesaplanabilmektedir (Priestley vd., 2007; Hasgöl ve Kowalsky, 2013).

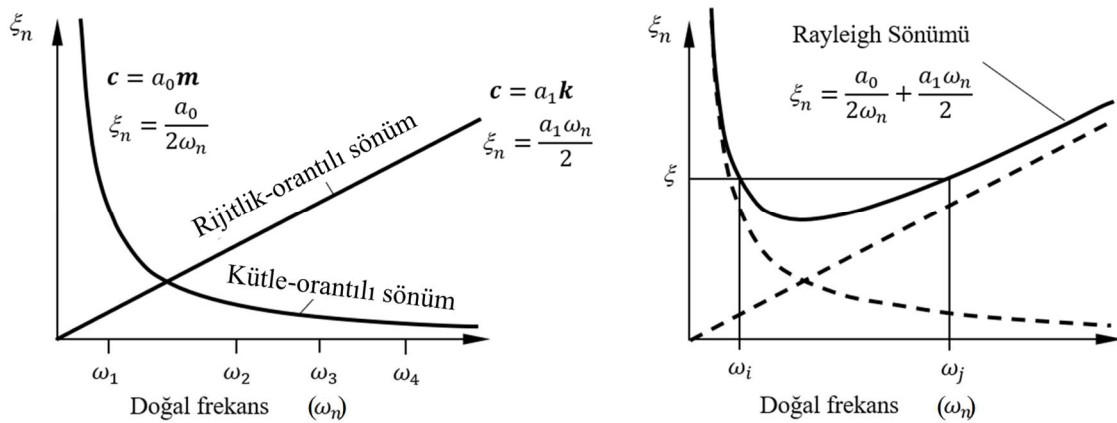
(2.32) bağıntısı yapının  $i$ . ve  $j$ . modları için (2.34) bağıntısında verildiği gibi matris formunda yazılır ve denklem takımının çözülmesi ile  $a_0$  ve  $a_1$  katsayıları elde edilebilir. Her iki moda ait sönüm oranının eşitliği halinde bu katsayılar (2.35a-b)'de verildiği şekliyle hesaplanabilir (Chopra, 2000).

$$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1/\omega_i & \omega_i \\ 1/\omega_j & \omega_j \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} a_0 \\ a_1 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \xi_i \\ \xi_j \end{Bmatrix} \quad (2.34)$$

$$a_0 = \xi \frac{2\omega_i\omega_j}{\omega_i + \omega_j} \quad (1/sn) \quad (2.35a)$$

$$a_0 = \xi \frac{2}{\omega_i + \omega_j} \quad (sn) \quad (2.35b)$$

Burada  $i$  ve  $j$  modlarına ait doğal frekanslar, sırasıyla,  $\omega_i$  ve  $\omega_j$ 'dir.  $i$  ve  $j$  modları yapının modal davranışına katkıda bulunan tüm modlar aynı sönümü sağlayacak şekilde seçilir.  $\omega_i$  genellikle birimci hâkim moda ait doğal frekans iken,  $\omega_j$  daha yüksek bir moda aittir. Rayleigh sönümünde, yapıya ait sönüm oranı ile doğal frekans arasındaki ilişki Şekil 2.32'de gösterilmiştir.



**Şekil 2.32:** Sönüm oranının doğal açısal frekans ile değişimi (Chopra, 2000).

#### **2.12.4 Deprem Kayıtlarının Seçimi**

ZTADOA yöntemi ile doğrusal-elastik olmayan analizlerde deprem kayıtlarının karakteristikleri, analiz sonuçlarını doğrudan etkileyeceğinden kayıtların seçimi önemli bir yere sahiptir. Analizlerde kullanılacak deprem kayıtları, tasarım ivme spektrumuyla uyumlu sentetik kayıtlar, gerçek veya benzeştirilmiş kayıtlar olmak üzere 3 farklı kaynaktan alınabilmektedir. Günümüzde, depremlerden elde edilen çok sayıda gerçek ivme kaydının yer aldığı veri tabanlarının kolay ulaşılabilir hale gelmesi, ZTADOA'ler için gerçek ivme kayıtlarının daha fazla tercih edilmesine olanak sağlamaktadır (Kayhan, 2012).

TBDY-2018 kapsamında yapılacak ZTADOA'de kullanılacak deprem kayıtlarının seçimine ilişkin dikkat edilmesi gereken bazı hususlar vardır. Kayıt seçiminde öncelikle, tasarıma esas deprem yer hareketi düzeyi ile uyumlu deprem büyüklükleri, fay uzaklıkları, kaynak mekanizmaları ve yerel zemin koşulları dikkate alınmalıdır. Binanın bulunduğu bölgede tasarım depremi ile uyumlu geçmiş deprem kayıtlarının mevcut olması halinde öncelikle bu kayıtlar kullanılmalıdır. Yeterli sayı ve nitelikte kayıt seçiminin yapılamadığı hallerde ise, binanın bulunduğu sahanın sismik kaynak, dalga yayılım ve yerel zemin özellikleri gözönüne alınacaktır. Seçilecek deprem kaydı sayısı en az 11 olmalı ve aynı depreme ait en fazla 3 kayıt kullanılabilir (TBDY, 2018).

#### **2.12.5 Deprem Kayıtlarının Ölçeklendirilmesi**

Zemine ait koşulların bölgeler arası farklılık göstermesi, ivme davranış tasarım spektrumunun seçilen deprem kayıtlarıyla uyumlu olmasını zorlaştırmaktadır. Bu nedenle, gerçek durum ile uyuşacak ivme kayıtlarının seçimi ve bunların ölçeklendirilmesi analizlerde önem teşkil etmektedir.

Bina sisteminin bulunduğu zeminin özellikleri, deprem kayıtlarının büyüklüğü, fayın kırılma şekli, faya olan uzaklık gibi parametreler dikkate alınarak, deprem kayıtlarının ölçeklendirilmesi *zaman tanım alanında* veya *frekans alanına* yapılmaktadır. Zaman tanım alanında ölçekleme, genliğin bir katsayı ile çarpılarak yönetmelik spektrumuna eşleştirilmesidir. Bu yöntemde kaydın frekans içeriği değişmez. Frekans alanında ölçeklemede ise, tasarım ivme spektrumu ile neredeyse bire bir örtüşecek kayıtlar oluşturulabilmektedir. Buna karşın, deprem kaydının orjinal frekans içeriği değişecektir.



TBDY-2018 kapsamında gerçekleştirilecek ZTADOA’lerde, ivme kayıtlarının ölçeklenmesine ilişkin hususlar aşağıda verilmiştir. Buna göre;

- Bir veya iki boyutlu hesap için seçilen tüm kayıtlara ait ivme spektrumlarının ortalamasının  $0.2T_p$  ve  $1.5T_p$  periyotları arasındaki genlikleri, tasarım spektrumunun aynı periyot aralığındaki genliklerinden daha küçük olmamalıdır (TBDY, 2018).
- Üç boyutlu hesapta seçilen deprem kaydı takımının iki yatay bileşenine ait spektrumun kareleri toplamının karekökü alınarak bileşke yatay spektrum elde edilecektir. Seçilen tüm kayıtlara ait bileşke spektrumlarının ortalamasının  $0.2T_p$  ve  $1.5T_p$  periyotları arasındaki genliklerinin tasarım spektrumunun aynı periyot aralığındaki genliklerine oranının 1.3’ten daha küçük olmaması kuralına göre deprem yer hareketi bileşenlerinin genlikleri ölçeklendirilir (TBDY, 2018).

### 2.13 Betonarme Binaların Performans Düzeylerine ait Şekildeğiştirme Sınırları

Performansa dayanım tasarım ve değerlendirme kavramı çerçevesinde detayları Bölüm 2.11.1’de verilen dört bina performans düzeyi bulunmaktadır. Binaların doğrusal-elastik olmayan analizlerinden elde edilen şekildeğiştirme bazlı davranış talepleri, TBDY-2018’deki sınır değerler ile karşılaştırılarak öngörülen performans düzeyinin ve oluşacak hasarın kontrolü sağlanır. TBDY-2018’de doğrusal-elastik olmayan eleman davranışının yığılı veya yayılı plastik kesit metodu ile modellenmesine bağlı olarak performans düzeylerini ifade eden şekildeğiştirme sınırları Tablo 2.8’de verilmiştir.

**Tablo 2.8:** Eleman bazında şekildeğiştirme sınırları (TBDY, 2018).

Performans düzeyi	Yayıllı plastik kesit yaklaşımı (Birim boy değişmesi)	Yığılı plastik kesit yaklaşımı (Plastik dönme)
Sınırlı hasar	$\varepsilon_s^{(SH)} = 0.0075$ $\varepsilon_c^{(SH)} = 0.0025$	$\theta_p^{(SH)} = 0$
Kontrollü hasar	$\varepsilon_s^{(KH)} = 0.75 \varepsilon_s^{(G\ddot{O})}$ $\varepsilon_c^{(KH)} = 0.75 \varepsilon_c^{(G\ddot{O})}$	$\theta_p^{(KH)} = 0.75 \theta_p^{(G\ddot{O})}$
Göçmenin önlenmesi	$\varepsilon_s^{(G\ddot{O})} = 0.4 \varepsilon_{su}$ $\varepsilon_c^{(G\ddot{O})} = 0.0035 + 0.04\sqrt{\omega_{\omega e}}$ $\leq 0.018$	$\theta_p^{(G\ddot{O})} = \frac{2}{3} \left[ (\phi_u - \phi_y) L_p \left( 1 - 0.5 \frac{L_p}{L_s} \right) + 4.5 \phi_u d_b \right]$

Betonarme enkesit için Tablo 2.8’de tanımlanan şekildeğıştirmelerin üst sınırları kesme kuvveti oranı  $V_e/(b_w d f_{ctm}) < 0.65$  olması halinde, için geçerlidir. Plastik kesitteki kesme kuvveti oranı 1.30’dan büyük olması halinde, bu sınırlar %50 azaltılmakla birlikte ara değerler için doğrusal enterpolasyon uygulanmaktadır (TBDY, 2018).

Yayıllı plastik kesit yaklaşımı için sınır değerlerin hesabında etkin sargı donatısına ait mekanik donatı oranı olan  $\omega_{we}$ , (2.36a) bağıntısı ile hesaplanabilir. Sargı donatısının etkinlik katsayısı olan  $\alpha_{se}$  ve dikdörtgen kesitteki hacimsel enine donatı oranı  $\rho_{sh}$  (2.36b-c) bağıntıları yardımıyla hesaplanmaktadır (TBDY, 2018).

$$\omega_{we} = \alpha_{se} \rho_{sh, min} \frac{f_{ywe}}{f_{ce}} \quad (2.36a)$$

$$\alpha_{se} = \left(1 - \frac{\sum a_i^2}{6b_0 h_0}\right) \left(1 - \frac{s}{2b_0}\right) \left(1 - \frac{s}{2h_0}\right) \quad (2.36b)$$

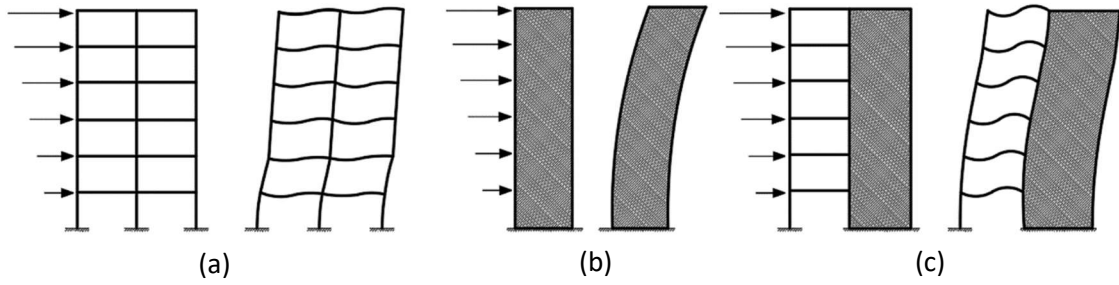
$$\rho_{sh} = \frac{A_{sh}}{b_k s} \quad (2.36c)$$

## 2.14 Taşıyıcı Sistemde Perde Kullanımının Önemi ve TBDY-2018’deki Temel Esasları

TBDY-2018’e göre betonarme perdeler, planda uzun kenarının kalınlığına oranı en az altı olan düşey taşıyıcı elemanlar olmakla birlikte dikdörtgen U, L ve T gibi enkesitlere sahip olabilirler. Statik ve dinamik yükler etkisinde perdeler, planda güçlü eksenleri doğrultusunda büyük rijitlik ve dayanımları sayesinde kesme kuvvetlerinin büyük bölümünü taşırlar. Bununla birlikte, perde elemanlar binanın yatay yükler altında yerdeğıştirme ve görelî kat ötelemelerini sınırlamada önemli rol oynarlar. Yatay yükler altında salt çerçeve sistemlere göre daha rijit olan perde-çerçeve sistemlerde, şekildeğıştirmeler sınırlı haldedir (Paulay and Priestley, 1992). Bununla birlikte, planda yeterli oranda yerleştirildiğinde, diğêr taşıyıcı elemanlarda oluşacak gerilme-şekildeğıştirme değerleri de azalacaktır.

Taşıyıcı sistemi salt betonarme çerçevelerden oluşan sistemler ile, boşluklu (bağ kirişli) veya boşluksuz perdeler ile moment aktaran çerçevelerin birlikte kullanıldığı karma sistemlerin yatay yükler altındaki tipik davranışı Şekil 2.33’de karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Yatay yükler altında çerçeve sistemlerde yerdeğıştirmeler daha fazla olmakla birlikte görelî kat öteleme talepleri binanın alt katlarında daha kritik hale gelmektedir

(Şekil 2.33a). Çerçeve sistemlerden farklı olarak konsol davranışı gösteren perde sistemler, daha büyük yatay rijitliğe sahip olduğundan yerdeğiştirmeler görece olarak daha sınırlıdır (Şekil 2.33b). Bu iki davranışın bileşkesi ise perde-çerçeve sistemlerdir. Bu sayede yatay yükler altında oluşan büyük öteleme talepleri perdeler ile kontrol altına alınmakta, üst katlardaki yerdeğiştirme talepleri ise çerçeveler ile sınırlanmaktadır (Şekil 2.33c). Eğilme momenti ve kesme kuvvetinin bileşik etkisi bu sistemlerin şekildeğiştirme davranışında daha önem kazanmaktadır.



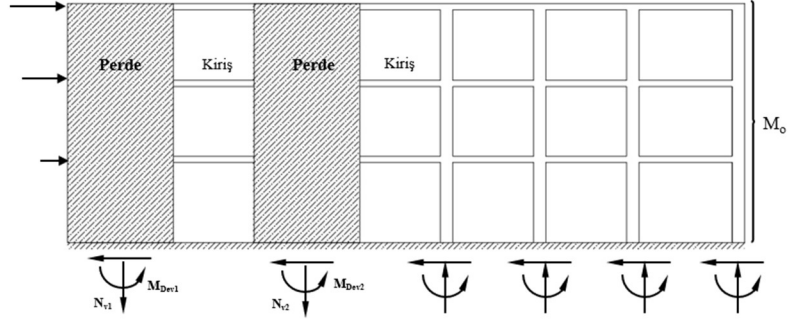
**Şekil 2.33:** Yatay yük etkisinde taşıyıcı sistem davranışları: a) Çerçeve sistem, b) Konsol perde, c) Perde-çerçeve sistem (Doğangün, 2021).

Özellikle yatay yükler altındaki sistem davranışında, perde elemanların stabilite, süneklik, dayanım ve rijitlik gibi parametreler açısından olumlu katkılar sağladığı bilinmektedir. Planda teşkil edilecek perde miktarıyla ilgili literatürde genellikle, plandaki perde enkesit alanları toplamının toplam kat alanına oranı olarak tarif edilen *perde oranı* değişkeni kullanılmaktadır. İncelenen çalışmalarda (Çömlekoğlu, 2009; Burak ve Çömlekoğlu, 2013; Günel, 2013), sismik tasarımda ve yerdeğiştirmelerin sınırlandırılmasında planda en az %1’lik perde oranı kullanımı önerilmektedir.

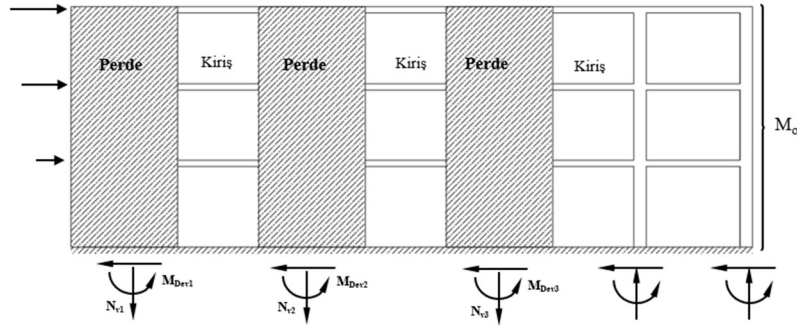
TBDY-2018 kapsamında, süneklik düzeyi yüksek bağ kirişli (boşluklu) veya boşluksuz betonarme perde-çerçevelerde (2.37) bağıntısında gösterildiği üzere, perde tabanında deprem yüklerinden meydana gelen devrilme momentleri toplamı ( $\sum M_{dev}$ ), binanın tümü için tabanda meydana gelen devrilme momentleri toplamının ( $M_o$ ) %40’dan az, %75’den fazla olmamalıdır (Şekil 2.34). Süneklik düzeyi sınırlı ve karma sistemlerde ise devrilme momenti oranı %75’den küçük olmamalıdır (Şekil 2.35) (Denklem 2.38).

$$0.40M_o < \sum M_{dev} < 0.75M_o \quad (2.37)$$

$$0.75M_o \leq \sum M_{dev} \quad (2.38)$$



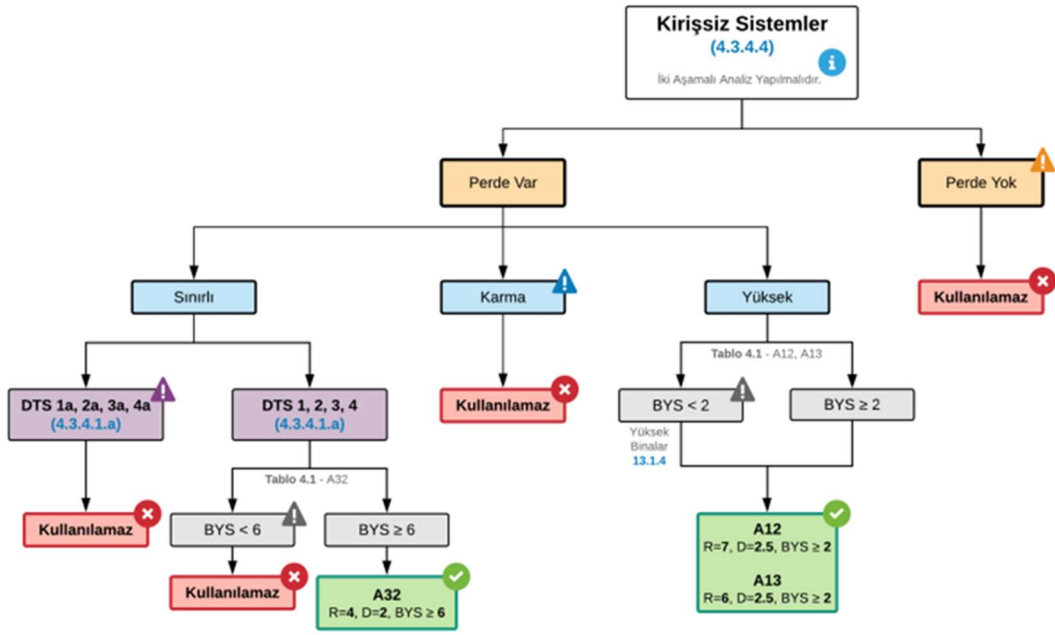
Şekil 2.34: Yatay yükler altında  $0.40M_o < M_{dev} < 0.75M_o$  durumu.



Şekil 2.35: Yatay yükler altında  $0.75M_o \leq M_{dev}$  durumu.

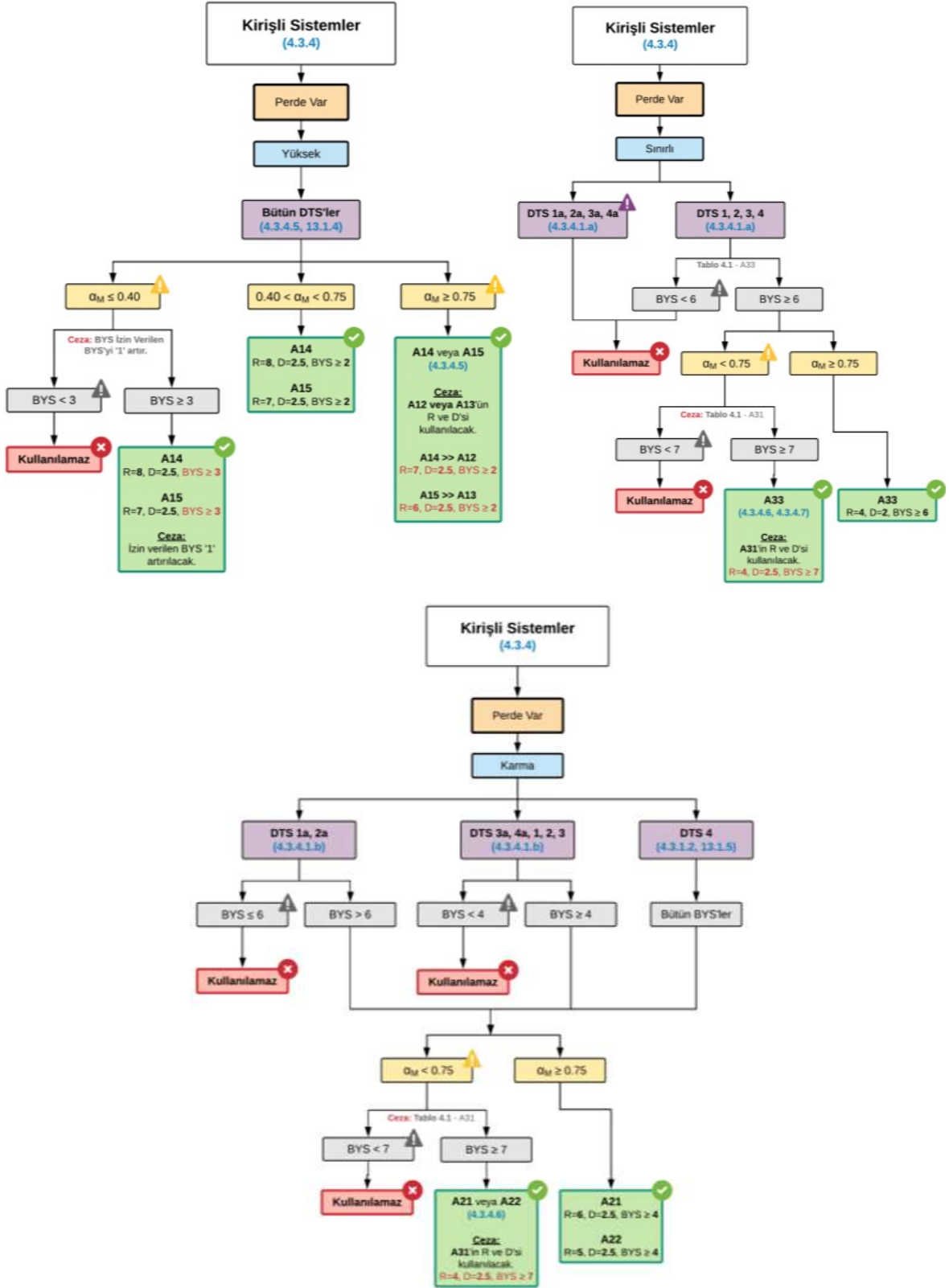
Diğer taraftan, TBDY-2018 madde 4.3.2.4'e göre, deprem etkisinin önemli olduğu DTS = 1, 1a, 2, 2a, bölgelerinde, perde-çerçeve sistemdeki bir perdenin aldığı taban devrilme momenti  $M_{dev}$ , aynı doğrultuda binanın tümü için  $M_o$  olan devrilme momentinin  $M_{dev} > \frac{1}{3}M_o$  şartını sağlaması veya binanın her bir kenar aksında bulunan perde/perdelerin aldığı taban devrilme momentlerinin  $\sum M_{dev} < \frac{1}{6}M_o$  koşulundan herhangi birini sağlamaması halinde o doğrultudaki taşıyıcı sistem davranış katsayısı ( $R$ ), 4/5 oranında azaltılmaktadır (TBDY, 2018).

TBDY-2018'de döşeme sistemine, taşıyıcı sistem davranış katsayısına ( $R$ ) ve devrilme momenti oranına bağlı olarak planda yerleştirilen perde miktarı, öngörülen süneklik düzeyini belirlenmektedir. Kirişsiz/mantar döşemeli taşıyıcı sistemlerde deprem etkileri, süneklik düzeyi yüksek veya süneklik düzeyi sınırlı boşluklu/boşluksuz perdeler tarafından karşılanmalıdır. Bu tür taşıyıcı sisteme sahip binalarda süneklik düzeyi karma seçilemez (Şekil 2.36).



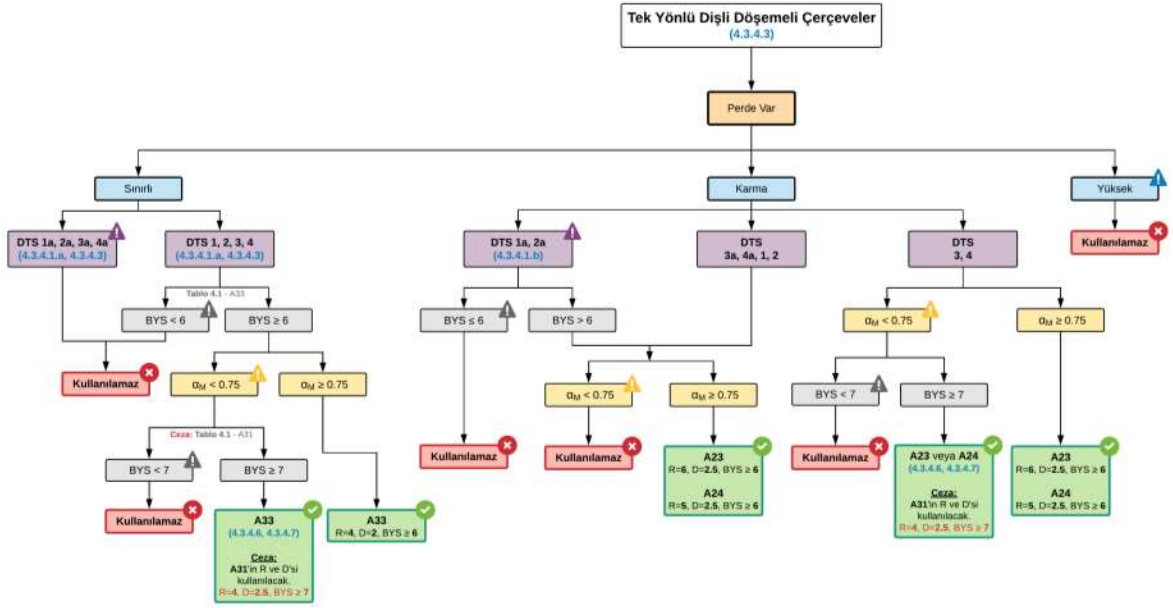
**Şekil 2.36:** Kirişsiz/mantar döşeme sistemi için taşıyıcı sistem seçimine ait akış diyagramı (ProtaStructure, 2021).

Döşeme sistemi plak döşemelerle teşkil edilen kirişli taşıyıcı sistemlerde süneklik düzeyi yüksek, sınırlı veya karma olarak seçilebilmektedir. Bina yükseklik sınıfına (BYS) bağlı koşullar dışında moment aktaran süneklik düzeyi yüksek çerçevelerin süneklik düzeyi yüksek boşluklu veya boşluksuz perdelerle birlikte kullanıldığı binalarda devrilme momenti oranı (2.37) bağıntısındaki koşulu sağlaması gerekmektedir (Şekil 2.37) (TBDY-2018). DTS ve BYS'ye bağlı bazı koşullar dışında süneklik düzeyi karma sistemlerde süneklik düzeyi yüksek boşluklu veya boşluksuz perdeler (2.38) bağıntısında belirtilen koşulu sağlaması gerekmektedir (Şekil 2.37) (TBDY-2018).



Şekil 2.37: Plak döşemeli kirişli sistemler için taşıyıcı sistem seçimine ait akış diyagramı (ProtaStructure, 2021).

Dolgulu (asmolen) veya dolgunsuz tek doğrultulu dişli döşemeli ve ayrıca DTS=1, 1a, 2, 2a olan binalarda perde kullanımı zorunludur. TBDY-2018'e göre bu tür sistemler süneklik düzeyi yüksek olarak tasarlanamaz. DTS ve BYS'ye bağlı bazı koşullar dışında, süneklik düzeyi yüksek boşluklu veya boşluksuz perdeler ile beraber süneklik düzeyi sınırlı moment aktaran çerçeveler birlikte kullanılarak taşıyıcı sistem süneklik düzeyi karma olarak seçilebilmektedir. Bu tür taşıyıcı sisteme sahip binalar (2.38) bağıntısında belirtilen koşulu sağlamalıdır (Şekil 2.38) (TBDY, 2018).



Şekil 2.38: Asmolen döşemeli taşıyıcı sistem seçimine ait akış diyagramı (ProtaStructure, 2021).

### 3. BETONARME BİNA SİSTEMLERİ ÜZERİNDE SAYISAL ANALİZLER

Bu tez çalışmasının sayısal analizleri çerçevesinde, döşeme sistemi uygulamada yaygın olarak tercih edilen asmolen olan betonarme taşıyıcı sistemler ele alınmıştır. Bunun için, farklı devrilme momenti oranına sahip 5 katlı 3 adet perde-çerçeve bina ve ayrıca, süneklik düzeyi yüksek salt çerçevelerden oluşan 1 adet binanın şekildeğiştirme bazlı davranış büyüklükleri *Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analizler (ZTADOA)* çerçevesinde belirlenmiştir. TBDY-2018'deki DD-2 deprem seviyesi ile uyumlu olarak ölçeklendirilmiş 11 adet gerçek deprem kaydı altında doğrusal-elastik olmayan teori altında analizleri sonucunda, şekildeğiştirme ve yerdeğiştirme esaslı davranış talepleri elde edilmiştir. Bina sistemleri için belirlenen davranış büyüklüklerine ait talepler ve performans düzeyleri değerlendirilmiştir.

#### 3.1 Hesaplarda Yapılan Varsayımlar

Betonarme bina sistemlerine ait modellerin oluşturulmasında ve doğrusal-elastik olmayan analizlerde yapılan varsayımlar aşağıda verilmiştir.

- Dik kesitler şekildeğiştirdikten sonra da düzlem kalmaktadır.
- Beton ve beton çeliği arasında tam aderans bulunmaktadır.
- Çatlamış betonun çekme dayanımı ihmal edilmiştir.
- Sargılı ve sargısız betona ait gerilme-şekildeğiştirme bağıntısı için Mander vd. (1988)'deki malzeme modeli ile beton çeliğinde ise pekleşme etkisinin gözönüne alındığı malzeme modeli kullanılmıştır.
- Doğrusal-elastik olmayan analizlerde TBDY-2018 Bölüm 4.5.8'de belirtilen kolon, kiriş ve perdeler için etkin (çatlamış) kesit rijitlikleri kullanılmıştır.
- Kat seviyesindeki tüm döşemeler yatay düzlemde rijit diyafram davranışı göstermektedir.
- Analizlerde düşey deprem bileşeni dikkate alınmamıştır.
- Doğrusal-elastik teori çerçevesinde, yerdeğiştirmelerin denge denklemlerindeki etkileri ( $P-\Delta$  etkisi) dikkate alınmış, buna karşın geometrik uygunluk koşullarındaki etkisi ihmal edilmiştir.



### 3.2 Betonarme Binaların Özellikleri

Çalışma kapsamında, asmolen döşemeli betonarme binalarda perde devrilme momenti oranının etkisini incelemek için asal eksenler doğrultusunda her bir aks aralığı 5<sup>m</sup> olan 5 açıklıklı ve her kat yüksekliği 3<sup>m</sup> olan 5 katlı taşıyıcı sistemler seçilmiştir. Planda ve düşeyde herhangi bir düzensizliği bulunmayan tüm binalarda döşeme sistemi dolgu tek doğrultulu dişli (asmolen) döşeme olarak seçilmiştir. Tüm binalarda nervür genişliği, yüksekliği ve dolgu malzemesi bakımından özdeştir.

Sayısal incelemelerde “**5KPC\_0.75**” kodlu betonarme perde-çerçeve bina, TBDY-2018’e uygun olarak, süneklik düzeyi sınırlı çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek boşluksuz perdelerin birlikte kullanıldığı, *süneklik düzeyi karma sistem* olarak tasarlanmıştır. Bina planında teşkil edilen betonarme perdeler, yatay deprem yükleri altında perdelerin tabanında oluşan devrilme momentlerinin ( $\sum M_{dev}$ ), binanın tümü için oluşan devrilme momentine ( $M_o$ ) oranı %75 olacak şekilde ( $\sum M_{dev}/M_o=0.75$ ) tasarlanmıştır (Şekil 3.2). Plandaki bu perde yerleşimi sonucunda hesaplanan perde oranı her katta  $\approx 0.86$ ’dır.

“**5KPC\_0.60**” kodlu perde-çerçeve bina süneklik düzeyi yüksek çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek perdeler birlikte kullanılmıştır (Şekil 3.3). Geçmiş deprem yönetmeliklerimizde (ABYYHY-1998 ve DBYBHY-2007) asmolen döşemeli binaların yüksek süneklik düzeyinde tasarımına izin verilmesine karşın TBDY-2018’de buna izin verilmemektedir. 5KPC\_0.60 binası için her kattaki perde devrilme momenti oranı  $\sum M_{dev}/M_o=0.60$ , plandaki perde oranı  $\approx 0.96$ ’dır.

“**5KPC\_0.45**” kodlu perde-çerçeve bina 5KPC\_0.60’daki binası ile taşıyıcı sisteme benzer şekilde süneklik düzeyi yüksek perde ve çerçevelerden teşkil edilmiştir (Şekil 3.4). Bu bina sistemi için perde devrilme momenti oranı  $\sum M_{dev}/M_o=0.45$ , plandaki perde oranı  $\approx 0.60$ ’dır. Bu perde devrilme momenti oranı, süneklik düzeyi yüksek perde-çerçeve sistemler için TBDY-2018’deki yaklaşık alt sınıra karşılık gelmektedir.

“**5KC**” kodlu taşıyıcı sistemi perdesiz olan ve salt çerçevelerden oluşan süneklik düzeyi yüksek betonarme binanın tasarımına ABYYHY-1998 ve DBYBHY-2007’de izin verilmesine karşın, TBDY-2018’e göre sadece DTS=3,4 olan bölgelerde ve süneklik düzeyi sınırlı olarak kullanılabilir (Şekil 3.5).

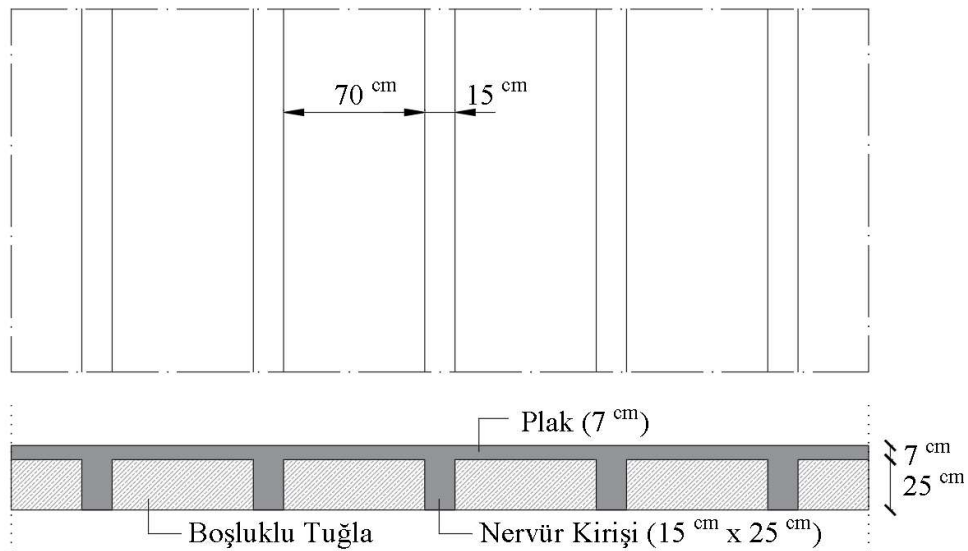
Farklı taşıyıcı sistemlerden oluşan betonarme binalar ilgili Türk Standartları çerçevesinde ProtaStructure (2021) bilgisayar programı yardımıyla tasarlanmıştır. Tasarımda gözönüne alınan deprem etkisi,  $1.0 > \alpha_m > 0.95$  koşulunu sağlayacak şekilde *Mod Birleştirme Yöntemi* ile belirlenmiştir. Perde-çerçeve binalarda boşluksuz perdeler planda burulma düzensizliği oluşturmayacak şekilde antimetrik yerleştirilmiştir (Şekil 3.2-3.5). Bununla birlikte, her bina sistemi için tek doğrultudaki dişli döşemeler birbirine dik yönde yerleştirildiğinden bazı kenar kirişlere döşemelerden yük aktarımı gerçekleşmemiştir. Bu sebeple X ve Y doğrultusundaki kirişlerde tam simetrik/antimetrik donatı yerleşimi olmamaktadır. Binaların tasarımında kullanılan genel özellikler Tablo 3.1’de, tipik asmolon döşeme detayı Şekil 3.1’de, kat planları Şekil 3.2-3.5’de verilmiştir. Kiriş, kolon ve perde elemanlara ait boyutlar Tablo 3.2’de, boyuna ve enine donatı detayları EK-A’daki tablolarda sunulmuştur.

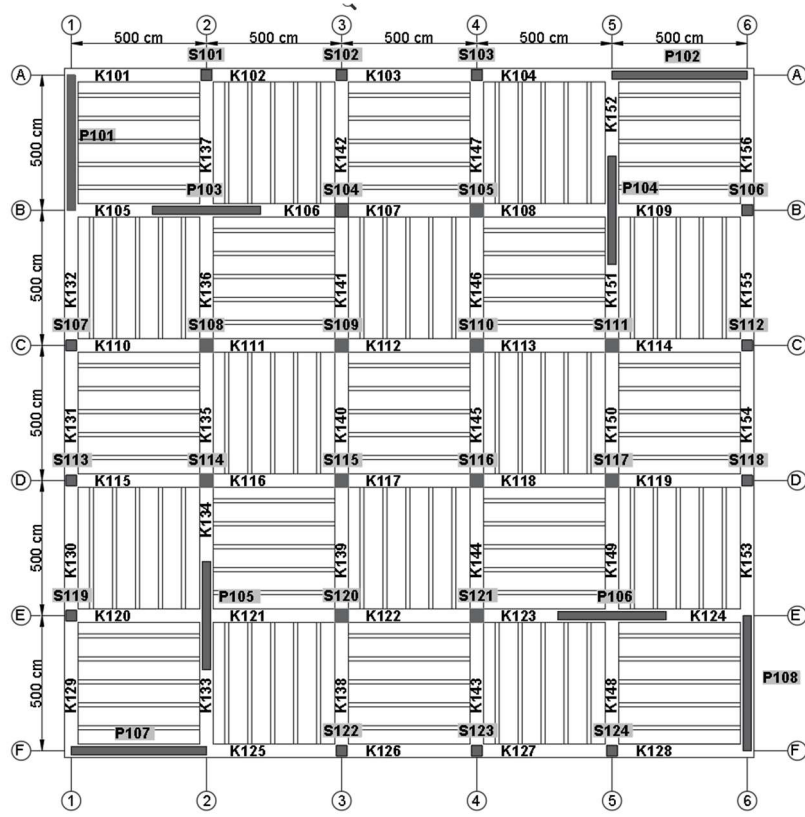
**Tablo 3.1:** Betonarme bina sistemlerinin tasarımında gözönüne alınan parametreler.

Bina kullanım sınıfı	<i>BKS</i>		3
Deprem yer hareketi düzeyi			DD-2
Deprem tasarım sınıfı	<i>DTS</i>		1
Yerel zemin Sınıfı			ZC
Bina önem katsayısı	<i>I</i>		1
Bina yükseklik sınıfı	<i>BYS</i>		6
Beton ve beton çeliği sınıfı			C30, B420C
Tasarım ivme spektrumu katsayıları	$S_D(g)$	$S_{DS} = 1.054$	$S_{D1} = 0.329$
Yerel zemin çarpanları	<i>F</i>	$F_s = 1.2$	$F_1 = 1.5$
Beton ve donatının karakteristik dayanımları	$f_c'$ , $f_y, f_u$		$f_c' = 30\text{MPa}$ , $f_y = 420\text{MPa}$ , $f_u = 550\text{MPa}$
Döşeme yükleri	Normal katlar	$G$ (kN/m <sup>2</sup> )	$Q = 2.0$
	Çatı katı	$Q$ (kN/m <sup>2</sup> )	$Q = 1.5$
Dolgu malzemesi yükü	Boşluklu tuğla		$G = 1.19\text{ kN/m}^2$
Duvar yükleri	İç duvarlar	10 cm	5.21 kN/m
	Dış duvarlar	20 cm	8.87 kN/m
Spektrum karakteristik periyotları	<i>T</i> (sn)	$T_A = 0.062$	$T_B = 0.312$ $T_L = 6.0$
Süneklik düzeyi, Taşıyıcı sistem davranış katsayısı ( <i>R</i> ), Dayanım fazlalığı katsayısı ( <i>D</i> )	5KPC_0.75	Karma	$R=5$ $D=2.5$
	5KPC_0.60	Yüksek	$R=7$ $D=2.5$
	5KPC_0.45	Yüksek	$R=7$ $D=2.5$
	5KC	Yüksek	$R=8$ $D=3.0$

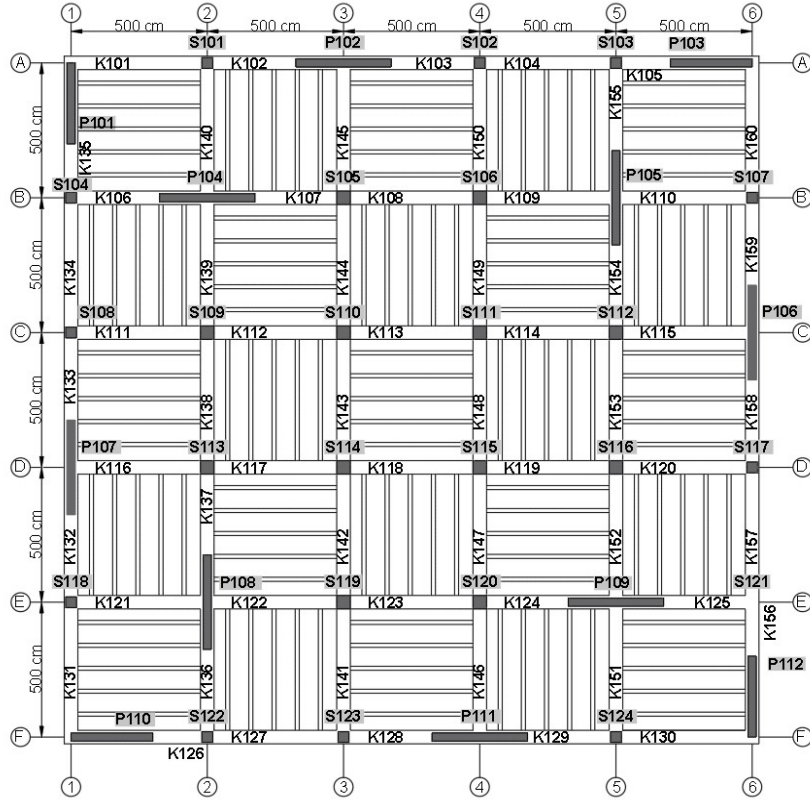
**Tablo 3.2:** Kiriş, kolon ve perde elemanların enkesit boyutları.

Bina	Kat	Kiriş		Kolon		Perde		Başlık
		Aks	Boyut	Aks	Boyut	İsim	Boyut	
5KPC_0.75	1-5	A1-A5; B1-B6; C1-C6; D1-D6; E1-E6; F2-F6 ; B1-F1; A2-F2; A3-F3; A4-F4; A5-F5; A6-E6	50/32	A2-A4; B6; C1, C6; D1, D6; E1; F3-F5	40/40	P101-P102; P107-P108	500/30	110
				B3-B4; C2-C5; D2-D5; E3-E4	55/55	P103-P106	400/30	88
5KPC_0.60	1-5	A1-A6; B1-B6; C1-C6; D1-D6; E1-E6; F1-F6 ; A1-F1; A2-F2; A3-F3; A4-F4; A5-F5; A6-E6	50/32	A2, A4, A5; B1, B6; C1; D6; E1, E6; F2, F3, F5	40/40	P101, P103, P110, P112	300/30	65
				B3-B4; C2-C5; D2-D5; E3-E4	55/55	P102; P104- P109; P111	350/30	67
5KPC_0.45	1-5	A1-A6; B1-B6; C1-C6; D1-D6; E1-E6; F1-F6 ; A1-F1; A2-F2; A3-F3; A4-F4; A5-F5; A6-E6	50/32	A2, A4, A5; B1, B6; C1; D6; E1, E6; F2, F3, F5	40/40	P101-P112	250/25	65
				B3-B4; C2-C5; D2-D5; E3-E4	55/55			
5KC	1-5	A1-A6; B1-B6; C1-C6; D1-D6; E1-E6; F1-F6 ; A1-F1; A2-F2; A3-F3; A4-F4; A5-F5; A6-E6	50/32	A1-A6; B1-B6; C1-C6; D1-D6; 40/40 E1-E6; F1-F6	55/55			
				B2-B5; C2-C5; D2-D5; E2-E5				

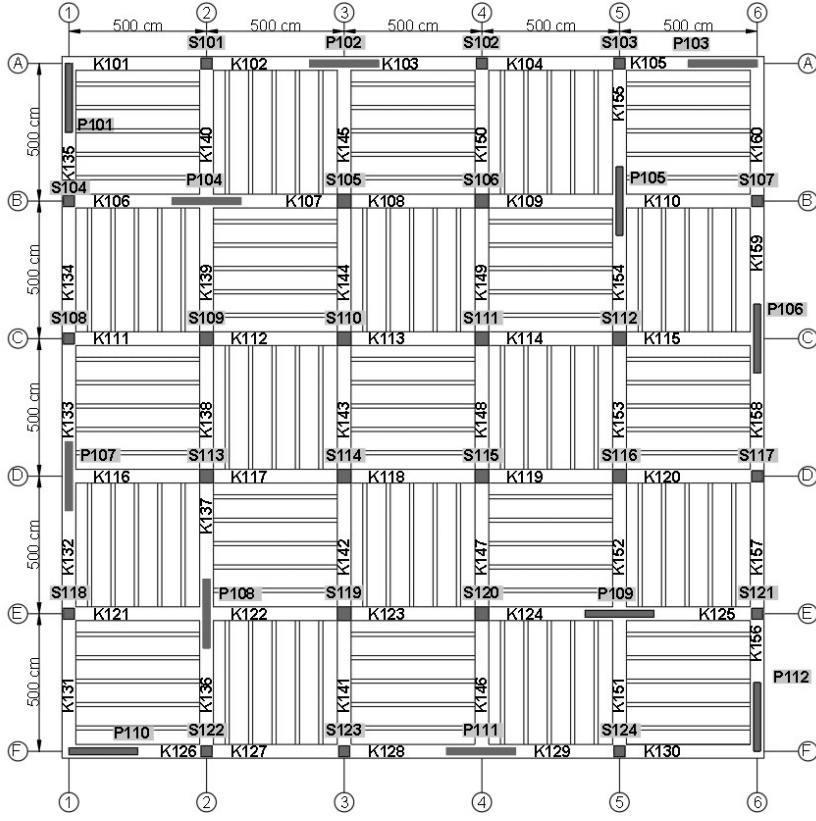
**Şekil 3.1:** Asmolen döşeme sistemine ait tipik kesit.



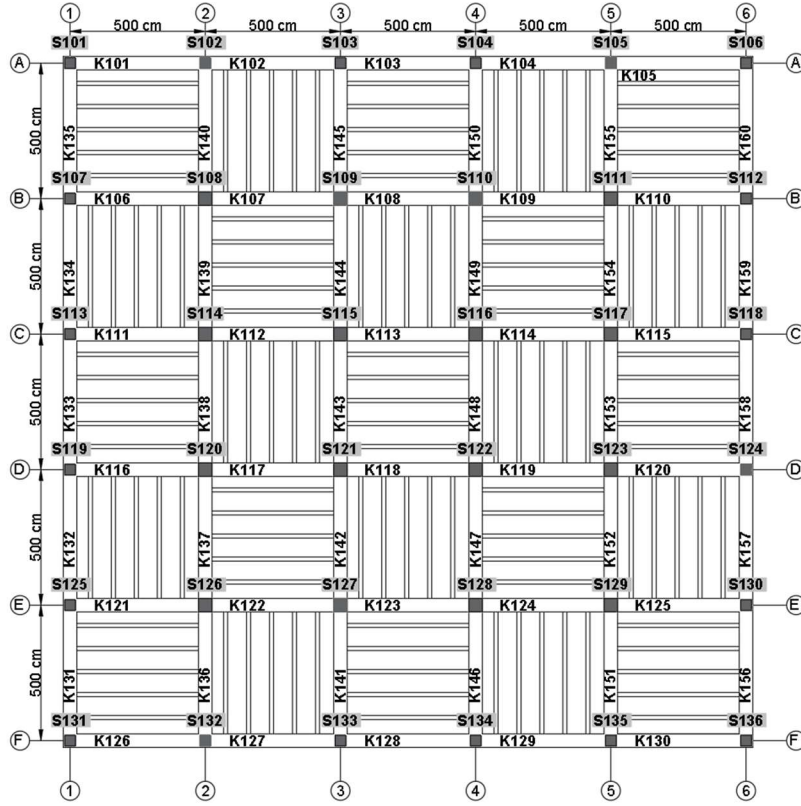
Şekil 3.2: 5KPC\_0.75 perde-çerçeve binasının kat planı.



Şekil 3.3: 5KPC\_0.60 perde-çerçeve binasının kat planı.



Şekil 3.4: 5KPC\_0.45 perde-çerçeve binasının kat planı.



Şekil 3.5: 5KC çerçeve binasının kat planı.

### 3.3 Bina Sistemlerine ait Hesap Modellerinin Oluşturulması

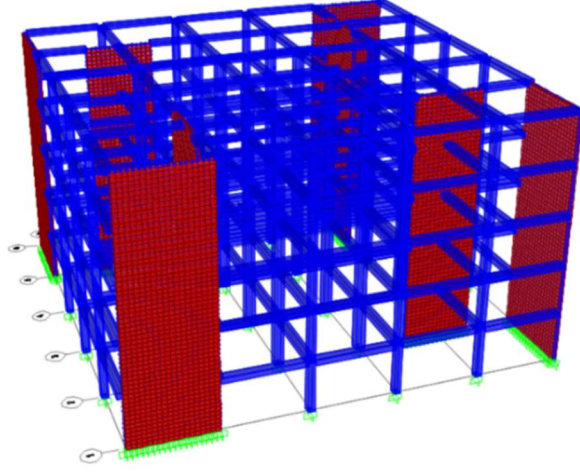
Farklı taşıyıcı sistemlere sahip asmolen döşemeli betonarme binaların üç boyutlu modelleri SAP2000 (2019) bilgisayar programında oluşturulmuştur. ZTADOA'lerinde kullanmak üzere kolon ve kirişler bir boyutlu/çubuk elemanlar ile, boşluksuz perdeler ise iki boyutlu/kabuk elemanlar ile modellenmiştir. Düşey kesitte betonarme perdelerin tamamı  $\approx 25^{cm} \times 25^{cm}$ 'lik sonlu elemanlara bölünmüştür. Perde-çerçeve taşıyıcı sisteme sahip binalarda gerçekleştirilen ön analizler, 1. katın tamamı ve 2. katın ortasına kadar olan perde enkesitlerinde oluşan şekildeğişirmelerin doğrusal-elastik olmayan sınırı geçtiğini göstermiştir. Bundan dolayı,  $H=4.5^m$ 'lik yüksekliğe kadar olan perde sonlu elemanlarında doğrusal-elastik ötesi davranış gözönüne alınmış, geri kalan  $4.5^m < H \leq 15^m$ 'lik kısımda ise doğrusal-elastik davranış gösteren kabuk elemanlar ile perde eleman modellemesi yapılmıştır. Kabuk elemanlar yapılan bu idealleştirme sonucunda sayesinde analiz süreleri ve işlem hacmi önemli ölçüde kısalmıştır.

Binaların her farklı seviyesindeki düğüm noktalarına rijit diyafram özelliği atanmıştır. Bu noktalara ait serbestlik dereceleri, planda kütle merkezinde tanımlanan *Master Joint* adı verilen bir düğüm noktasına eşitlenmiştir. Ayrıca, kabuk sonlu elemanların her kat seviyesindeki dönme serbestlikleri ilgili düğüm noktasına eşitlenmiştir. Çubuk elemanlara ait iç kuvvet-şekildeğiştirme değerleri düğüm noktasında, perdelerle birleşen kiriş elemanlarda ise rijit bölge dikkate alınarak perde yüzünde hesaplanmıştır.

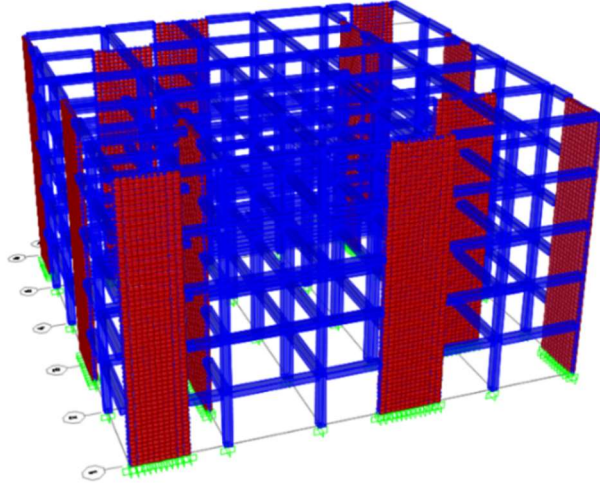
Her kat seviyesinde bulunan döşeme ve kirişlerden aktarılan kütleler, 6 serbestlik derecesi ile düğüm noktalarına aktarılmıştır. Kat kütlelerinin hesabında, hareketli yükler  $n=0.3$ 'lük hareketli yük katılım katsayısıyla azaltılmıştır. ZTADOA'lerin başlangıç adımında  $1.0G + 0.3Q$  düşey yük kombinasyonu kullanılmıştır.

Tek doğrultulu dişli döşeme sistemi, üç boyutlu hazırlanan hesap modeline dâhil edilmemiştir. Döşeme yükleri, dış doğrultusundaki kirişlere düzgün yayılı olarak aktarılmış, duvar yükleri kirişlere düzgün yayılı çizgisel yük olarak etkilmiştir.

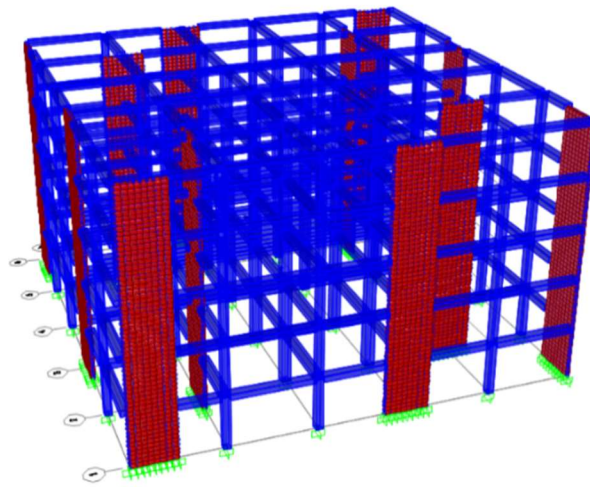
Belirtilen modelleme hususları çerçevesinde, betonarme perde-çerçeve sistemler ile salt çerçeve sistem için hazırlanan üç boyutlu hesap modellerin perspektif görünüşleri Şekil 3.6-3.9'da verilmiştir.



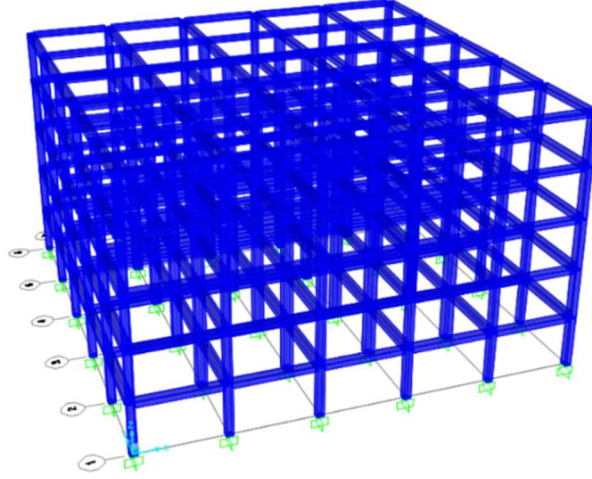
Şekil 3.6: 5KC\_0.75 binanın üç boyutlu taşıyıcı sistemi.



Şekil 3.7: 5KC\_0.60 binanın üç boyutlu taşıyıcı sistemi.



Şekil 3.8: 5KPC\_0.45 binanın üç boyutlu taşıyıcı sistemi.



Şekil 3.9: 5KC binanın üç boyutlu taşıyıcı sistemi.

### 3.3.1 Doğrusal-Elastik Olmayan Eleman Davranışının Tanımlanması

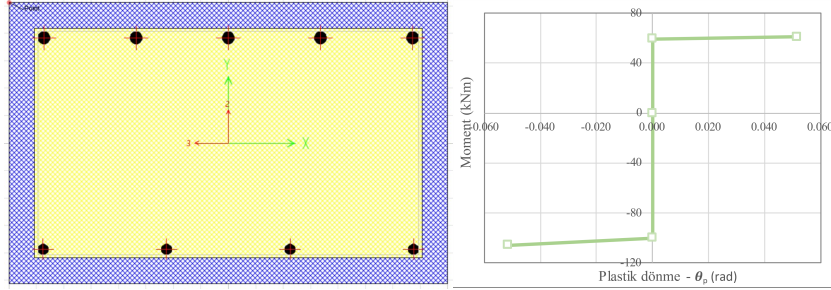
Detayları Bölüm 2.4’de verilen malzeme modelleri esas alınarak, betonarme taşıyıcı sistem elemanlarına ait doğrusal-elastik olmayan davranışlar belirlenmiştir. Taşıyıcı sistemde bir boyutlu çubuk ile modellenen kolon/kiriş elemanlar için doğrusal-elastik olmayan davranış, plastik şekildeğiştirmelerin mesnet bölgelerinde yığıldığı *plastik kesit (plastik mafsal)* yaklaşımı ile belirlenmiştir. Burada, farklı donatı yerleşimine sahip kiriş uçlarındaki plastik kesitlerde eğilme momenti-eğrilik analizleri yapılmıştır. Analizlerde, enkesitin kabuk betonu sargısız, göbek betonu sargılı beton olarak eşit kalınlıklarda dilimlere bölünmüştür. Eğilme eksenindeki her boyuna donatı, bir dilim olarak dikkate alınmıştır.

Bileşik eğik eğilme etkisi altındaki kolon plastik kesitlerinde, doğrusal-elastik olmayan davranış üç boyutlu akma yüzeyleri ( $P-M_2-M_3$ ) ile ifade edilmiştir. Kolonlara ait malzeme özellikleri, kirişlere benzer şekilde sargılı ve sargısız beton modelleri ile tanımlanmıştır. Hesap modellerinde kolon ve kiriş elemanların kritik uç kesitlerinde, uzunluğu sıfır olan plastik kesitler oluşturularak plastik şekildeğiştirmelerin bu noktalarda toplanması sağlanmıştır. Diğer bölgelerde ise sistem elemanlarının doğrusal-elastik davranış göstermesi sağlanmıştır.

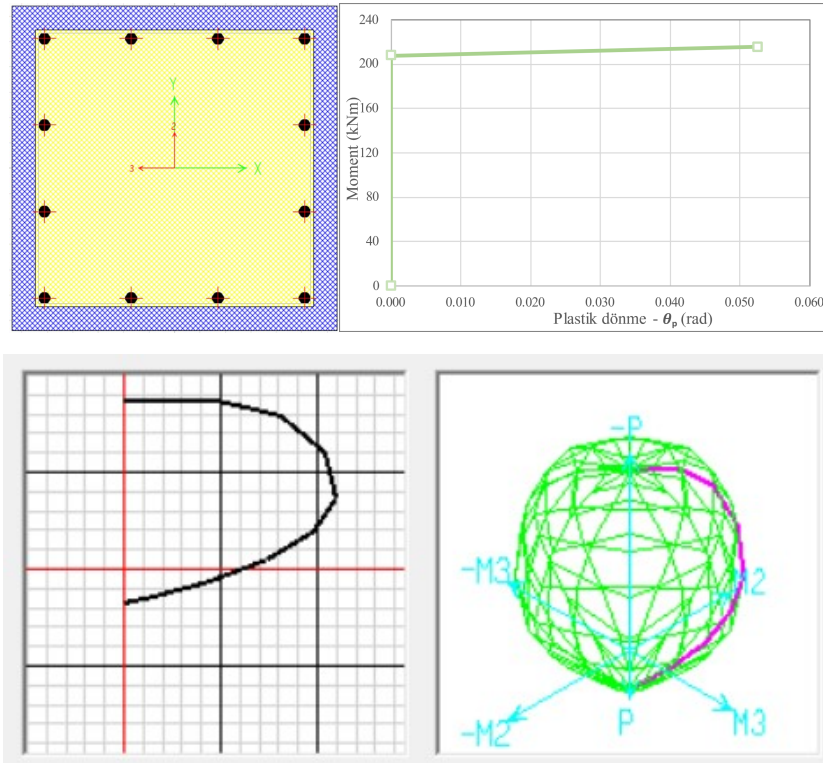
İlgili kesitler için yapılan moment-eğrilik analizleri, yığılı plastik kesit yaklaşımında kullanmak üzere moment-plastik dönme ( $M-\theta_p$ ) bağıntılarına dönüştürülmüştür. Bu noktada, TBDY-2018’de öngörüldüğü üzere plastik kesit uzunluğu ( $L_p$ ), enkesit yüksekliğinin yarısı ( $L_p \approx 0.5h$ ) alınmıştır.



Kiriş ve kolon elemanlarda, akma durumuna ait moment-eğrilik ilişkisinin ve akma yüzeylerinin (karşılıklı etki diyagramlarının) belirlenmesinde Section Designer (SAP2000, 2019) bilgisayar programından yararlanılmıştır. Tipik bir kiriş ve kolon plastik enkesitine ait moment-plastik dönme bağıntısı ile akma yüzeyleri Şekil 3.10 ve 3.11’de verilmiştir.



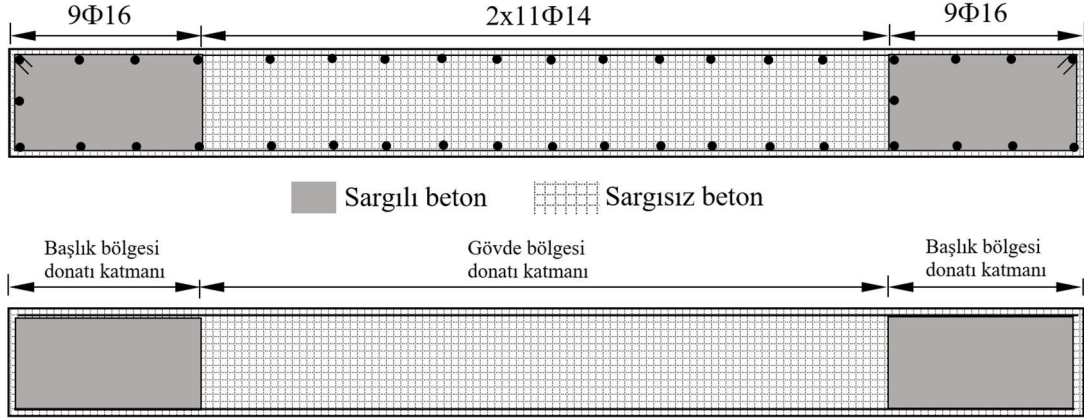
Şekil 3.10: Tipik bir kiriş enkesitine ait moment-eğrilik ilişkisi.



Şekil 3.11: Tipik bir kolon enkesitine ait moment-plastik dönme bağıntısı ile karşılıklı etkileşim diyagramı.

Taşıyıcı sistemdeki boşluksuz betonarme perde elemanların doğrusal-elastik olmayan davranışı, plastik şekildeğiştirmelerin eleman boyunca sürekli olduğu *yayılı plastik kesit* yaklaşımı ile gözönüne alınmıştır. Bina yüksekliği boyunca sonlu elemanlara bölünen boşluksuz perde enkesitinin başlık bölgesindeki kabuk ve gövde betonu, sırasıyla, sargısız ve sargılı fiber beton dilimlerinden oluşmaktadır. Gövde de ise, sargısız betona ait beton

modeli kullanılmıştır (Şekil 3.12). Örnek olarak, doğrusal-elastik olmayan davranış gösteren bir perde enkesiti Şekil 3.12’de, kabuk elemanın çok katmanlı modellenmesinde kullanılan parametreler Tablo 3.3’de verilmiştir. Burada,  $N$  düşey doğrultuda doğrusal olmayan (Nonlinear) gerilmeleri,  $L$  ise yataydaki doğrusal-elastik (Linear) gerilmeleri ifade etmektedir. Başlık ve gövde deki donatıdaki düşey gerilmeler ( $S_{11}$ )  $90^\circ$ ’lik açıda oluşmaktadır.



Şekil 3.12: Doğrusal-elastik olmayan davranış gösteren tipik bir fiber perde enkesiti.

Tablo 3.3: Tipik bir perde enkesitine ait çok katmanlı kabuk modeli özellikleri.

Katman	Davranış	Malzeme	Kalınlık (mm)	Referans yüzeyine uzaklık (mm)	Malzeme açısı	$\sigma_{11}$	$\sigma_{22}$	$\sigma_{12}$
1	Membran	Beton	300	0	0	L	N	L
2	Membran	Beton çeliği	1.2	110	$90^\circ$	N	-	-
3	Membran	Beton çeliği	1.2	-110	$90^\circ$	N	-	-
4	Plate	Beton	300	0	0	L	L	L

### 3.4 Performans Düzeylerine ait Şekildeğiştirme Sınırları

Her taşıyıcı eleman için enkesit bazında hesaplanan ve hasar düzeyini ifade eden performans düzeylerine (SH, KH ve GÖ) ait şekildeğiştirme sınırları TBDY-2018’e uygun olarak hesaplanmıştır. Yönetmeliğin 5.8.1 maddesinde verilen bağıntılar kullanılarak tipik bir kiriş plastik kesiti için hesaplamalar aşağıda verilmiştir. Plastik şekildeğiştirmelere ait sınır değerler belirlenirken öncelikle göçme öncesi performans düzeyini ifade eden  $\varepsilon_c^{(GÖ)}$  ve  $\varepsilon_s^{(GÖ)}$  birim boy değişimleri hesaplanmıştır. Moment-eğrilik analizlerinde bu birim boy değişimlerinin hangisine önce ulaşıldıysa, bu durum için hesaplanan  $\phi$  eğrilik değeri nihai (ultimate) eğrilik  $\phi_u$  olarak kullanılmıştır.

$$b \times h = 50^{cm} \times 32^{cm} ; \text{Çekme donatısı: } 3\Phi 14 ; L_s = 0.5L$$

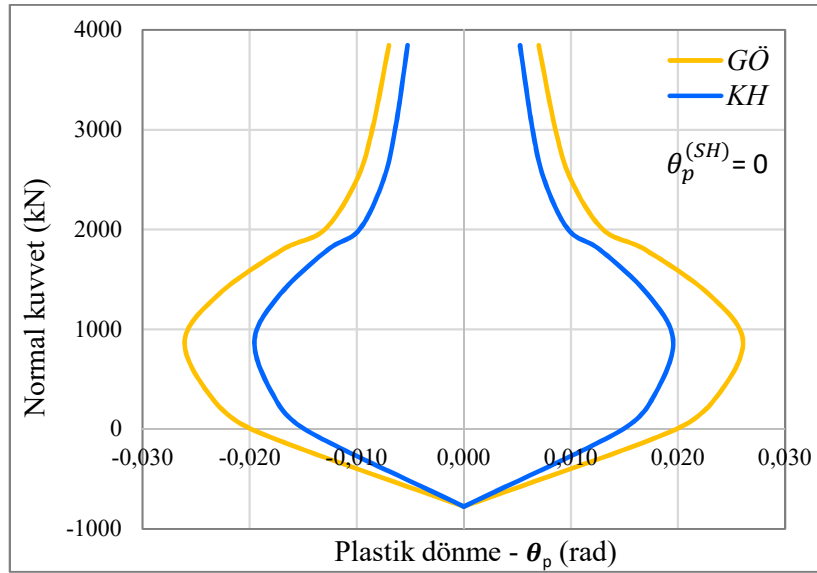
$$\theta_p^{(G\ddot{O})} = \frac{2}{3} \left[ (\phi_u - \phi_y) L_p \left( 1 - 0.5 \frac{L_p}{L_s} \right) + 4.5 \phi_u d_b \right]$$

$$\theta_p^{(G\ddot{O})} = \frac{2}{3} \left[ (0.126 - 0.01195) \times 0.16 \times \left( 1 - 0.5 \times \frac{0.16}{2.5} \right) + 4.5 \times 0.126 \times 0.014 \right] = \mathbf{0.0171}$$

$$\theta_p^{(KH)} = 0.75 \times \theta_p^{(G\ddot{O})} = \mathbf{0.0128}$$

$$\theta_p^{(SH)} = \mathbf{0}$$

Kolon plastik kesitleri için şekildeğiştirme sınırları, benzer şekilde hesaplanmıştır. Burada, nihai eğrilik ( $\phi_u$ ) ve akma eğriliği ( $\phi_y$ ) hesaplanırken elemandaki normal kuvvet düzeyi gözönüne alınmıştır. Örnek olarak,  $40^{cm} \times 40^{cm}$  boyutlarındaki tipik bir kolon plastik kesiti için *Kontrollü Hasar (KH)* ve *Göçmenin Önlenmesi (GÖ)* performans düzeylerinde plastik dönme sınırlarının normal kuvvete göre değişimi Şekil 3.13'deki grafikte sunulmuştur.



**Şekil 3.13:** Tipik bir kolon enkesiti için plastik dönme sınırları.

Yayıllı plastik kesit hipotezi ile modellenen fiber perde enkesitleri için performans düzeylerine ait sınır değerlere ilişkin tipik bir hesap aşağıda sunulmuş, sonuçlar Tablo 3.4'te özetlenmiştir.

$$b \times h = 30^{cm} \times 300^{cm} ; \text{Boyuna donatı: } 9\Phi 16 ; \text{Enine donatı: } \Phi 8/7$$

$$\alpha_{se} = \left( 1 - \frac{\sum a_i^2}{6b_0h_0} \right) \left( 1 - \frac{s}{2b_0} \right) \left( 1 - \frac{s}{2h_0} \right)$$

$$= \left( 1 - \frac{203700}{6 \times 580 \times 230} \right) \left( 1 - \frac{70}{2 \times 580} \right) \left( 1 - \frac{70}{2 \times 230} \right) = 0.5939$$

$$\rho_{sh,x} = \frac{A_{sh,x}}{b_k S} = \frac{101}{580 \times 70} = 0.0025 ; \rho_{sh,y} = \frac{A_{sh,y}}{h_k S} = \frac{151}{230 \times 70} = 0.0094$$

$$\omega_{we} = \alpha_{se} \rho_{sh,min} \frac{f_{ywe}}{f_{ce}} = 0.5939 \times 0.0025 \times \frac{420}{30} = 0.0208$$

$$\varepsilon_c^{(G\ddot{O})} = 0.0035 + 0.04 \sqrt{\omega_{we}} \leq 0.018 = 0.0035 + 0.04 \sqrt{0.0208} = \mathbf{0.0093}$$

$$\varepsilon_c^{(KH)} = 0.75 \times \varepsilon_c^{(G\ddot{O})} = 0.75 \times 0.0093 = \mathbf{0.0070} ; \varepsilon_c^{(SH)} = \mathbf{0.0025}$$

$$\varepsilon_s^{(G\ddot{O})} = 0.4 \times 0.08 = \mathbf{0.032} ; \varepsilon_s^{(KH)} = 0.75 \times \varepsilon_s^{(G\ddot{O})} = \mathbf{0.024} ; \varepsilon_s^{(SH)} = \mathbf{0.0075}$$

**Tablo 3.4:** Tipik bir perde başlık bölgesi için hesaplanan birim şekildeğiştirme sınırları.

Beton dilimi için			Donatı için		
$\varepsilon_c^{(G\ddot{O})}$	$\varepsilon_c^{(KH)}$	$\varepsilon_c^{(SH)}$	$\varepsilon_s^{(G\ddot{O})}$	$\varepsilon_s^{(KH)}$	$\varepsilon_s^{(SH)}$
0.0093	0.0070	0.0025	0.032	0.024	0.0075

### 3.5 Deprem Yer Hareketi Kayıtlarının Seçimi ve Ölçeklendirilmesi

ZTADOA’lerde kullanılmak üzere, aynı depremden en fazla 3 adet kayıt kullanılması koşuluna uygun şekilde 11 adet gerçek deprem yer hareketine ait ivme kayıtları seçilmiştir. Deprem kayıtlarının birbirine dik iki doğrultudaki yatay bileşenleri “*PEER Ground Motion Database*” veri tabanından seçilmiştir. TBDY-2018’e uygun olarak deprem yer hareketlerinin seçiminde, kayma dalgası hızı  $(V_s)_{30}$ , büyüklük, faya uzaklık ve kırılma mekanizmaları gibi parametreler dikkate alınmıştır. Yakın fay etkisinde bulunan ivme kayıtları seçilmemiştir. Çalışma kapsamında ZTADOA’lerde kullanılacak yatay ivme kayıtlarının genel özellikleri Tablo 3.5’te özetlenmiştir.

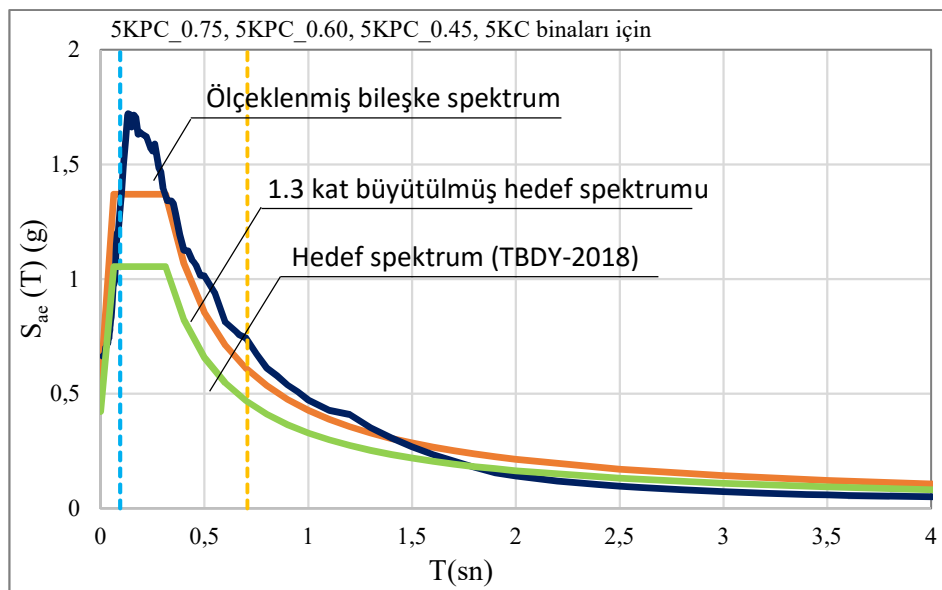
**Tablo 3.5:** Deprem yatay ivme kaydı takımlarının özellikleri.

No	Deprem yer hareketi	Yıl	Yatay bileşen	İstasyon	Moment büyüklüğü $(M_w)$	Mekanizma	En büyük yer ivmesi PGA $(m/sn^2)$	Kayma dalgası hızı $(V_s)_{30}$ $(m/sn)$	Ölçek katsayıları	
									5KPC_0.75	5KPC_0.60
EQ1	Whitter Narrows	1987	A-MU2032	Beverly Hills - 12520	5.99	Ters fay	0.087	545.6	6.89	11.85
			A-MU2122				0.134			
EQ2	Big Bear	1992	BAL090	Mt Baldy – Elementary Sch	6.46	Yanal atımlı	0.043	444.7	16.83	26.53
			BAL0180				0.038			
EQ3	Kobe Japan	1995	CHY000	Chihava	6.9	Yanal atımlı	0.092	352.0	5.20	8.79
			CHY090				0.110			
EQ4	Imperial Valley	1979	H-PTS225	Parachute Test Site	6.53	Yanal atımlı	0.113	348.6	1.62	2.34
			H-PTS315				0.206			
EQ5	Loma Prieta	1989	LOB000	UCSC Lick Observatory	6.93	Ters fay	0.460	713.5	1.18	1.76
			LOB090				0.417			

**Tablo 3.6:** Deprem yatay ivme kaydı takımlarının özellikleri (devam).

EQ6	Loma Prieta	1989	AND340 AND250	Anderson Dam (Downstream)	6.93	Ters fay	$\frac{0.239}{0.246}$	488.7	1.26	2.22
EQ7	N. Palm Springs	1986	FVR045 FVR135	Fun Valley	6.06	Ters fay	$\frac{0.127}{0.125}$	388.6	4.46	6.71
EQ8	Morgan Hill	1984	G06000 G06090	Gilroy Array 6	6.19	Ters fay	$\frac{0.223}{0.292}$	663.3	1.43	2.21
EQ9	Northridge	1994	ORR090 ORR360	Castaic – Old Ridge Route	6.8	Ters fay	$\frac{0.568}{0.514}$	450.2	0.61	0.82
EQ10	San Fernando	1971	PPP000 PPP270	Pearblossom Pump	6.61	Ters fay	$\frac{0.104}{0.135}$	529.0	4.91	8.34
EQ11	Landers	1992	YER270 YER360	Yermo Fire Station	7.28	Yanal atımlı	$\frac{0.245}{0.152}$	353.6	0.83	1.09

TBDY-2018’de önerilen *Basit Ölçekleme Yöntemi* kullanılarak %5 sönümlü tasarım davranış ivme spektrumu ile uyumlu olarak, seçilen bir deprem yer hareketine ait tipik bir ölçeklendirme işlemi Şekil 3.14’de sunulmuştur. Bu yöntemde esasen, seçilen deprem yer hareketine ait yatay ivmeler belirli bir ölçek çarpanı ile büyütülmek/küçültülmek suretiyle kayıt süresince ivme kaydının frekans içeriği korunmaktadır. Ölçekleme işleminde ilk olarak, deprem yer hareketinin birbirine dik iki doğrultusundaki ivme takımının karelerinin toplamının karekökü alınarak bileşke spektrumunu elde edilmiştir. Bunun ardından, bileşke spektrumun  $0.2T_p$  ve  $1.5T_p$  arasında kalan genlikleri 1.3 kat büyütülmüş hedef tasarım spektrumundan küçük olmaması kuralına göre her deprem yer hareketi kaydı ayrı ayrı ölçeklendirilmiştir (Şekil 3.14). Hesaplanan ölçek çarpanları depremin her iki yatay bileşen için de kullanılmıştır (Tablo 3.5).

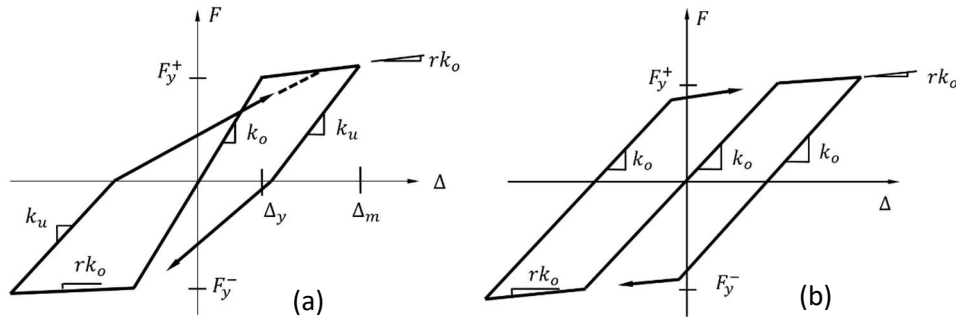


**Şekil 3.14:** Basit ölçekleme yöntemi ile deprem kayıtlarının ölçeklendirilmesi.

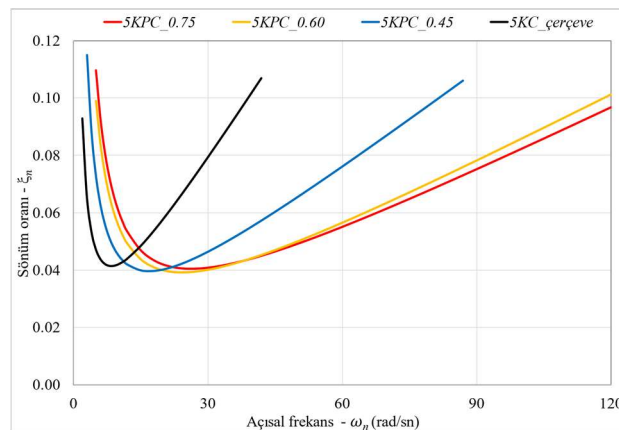
### 3.6 Binaların Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analizleri

Çalışma kapsamında incelenen asmolen döşemeli betonarme binaların ZTADOA'leri, detayları Bölüm 2.12.2'de verilen *Newmark sayısal integrasyonu* ile yapılmıştır. ZTADOA'lerde Newmark'ın sabit ivme uygulaması esas alınmıştır ( $\gamma=1/2$  ve  $\beta=1/4$ ). Yatay deprem yer hareketleri altında kiriş plastik kesitlerindeki çevrimsel davranış için rijitlik değişimini dikkate alan *Large takeda modeli* kullanılmıştır (Şekil 3.15a). Plastik şekildeğişirmelerin daha sınırlı olduğu kolon plastik kesitlerinde ise *Tam Pekleşen Rijit Plastik Model* kullanılmıştır (Şekil 3.15b). Dinamik hareket denklemlerinin çözümünde Şekil 3.16'da gösterilen kütle ve rijitlik orantılı Rayleigh sönüm modeli kullanılmıştır.

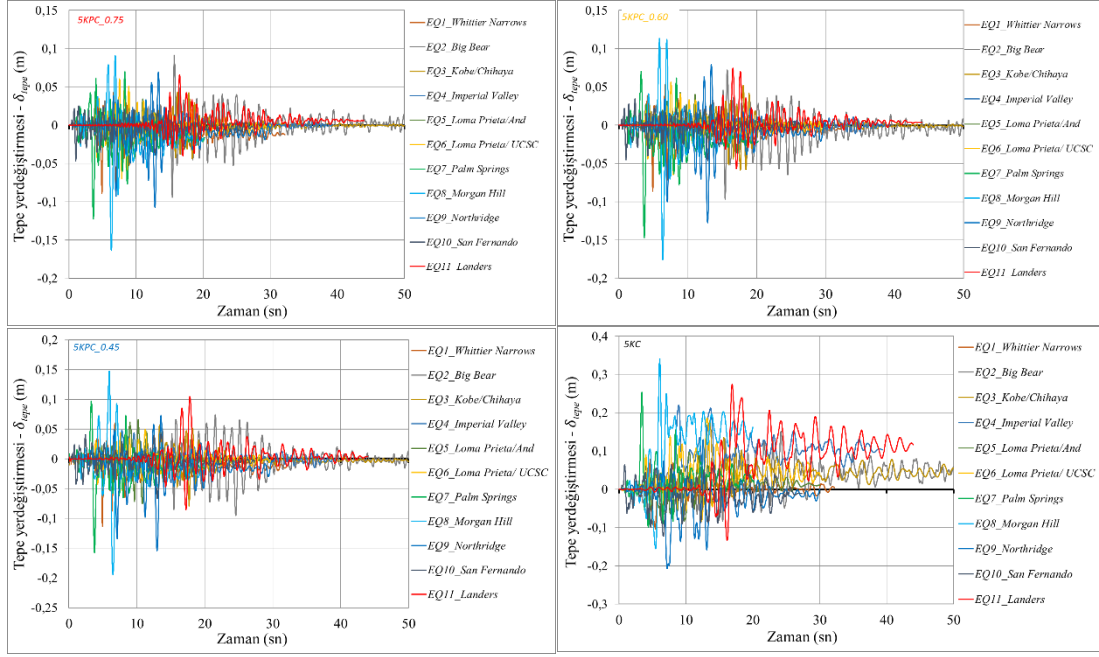
ZTADOA'lerin başlangıç adımını oluşturmak üzere, düşey yükler altında ( $1.0G+0.3Q$ ) doğrusal-elastik olmayan bir statik analiz yapılmıştır. Bu analiz sonucunda hiçbir kritik kesit plastikleşmemiştir. Binaların farklı deprem yer hareketleri altındaki ZTADOA'leri SAP2000 bilgisayar programı (2019) yardımı ile yapılmış, tepe yerdeğişirmelerinin zamana göre değişimi Şekil 3.17'deki grafiklerde sunulmuştur.



Şekil 3.15: Kiriş ve kolon plastik kesitleri için histerik çevrim modelleri a) Takeda modeli b) Tam pekleşen rijit plastik model.



Şekil 3.16: ZTADOA'lerde kullanılan Rayleigh sönümü.



Şekil 3.17: Bina tepe yerdeğiştirmelerinin zamana bağlı değişimleri.

### 3.7 Doğrusal-Elastik Olmayan Analiz Sonuçları

Deprem ivme kayıtlarının, plandaki X ve Y asal eksen doğrultularında birlikte etkimesi hali için asmolen betonarme binaların ZTADOA'leri gerçekleştirilmiştir. İncelenen binaların plan geometrileri ve taşıyıcı elemanların konumları planda simetrik ve antisimetrik olduğundan, analizlerin sadece +X ve +Y yönlerinde yapılması yeterli olmuştur. Deprem yer hareketlerinin diğer yönlerde (-X ve -Y) etkimesi hali için elde edilecek sonuçlar analizlerin gerçekleştirildiği yön ile simetrik/antisimetrik olacaktır. Sayısal incelemeler kapsamında, deprem yer hareketlerine ait yatay bileşenlerin özelliklerine bağlı olarak davranış taleplerinin en *olumsuz* halini veren doğrultudaki (+X veya +Y) sonuçlar sunulmuştur. Tez çalışmasında, asmolen döşemeli betonarme binaların şekildeğiştirme bazlı doğrusal-elastik olmayan davranışında perde devrilme momenti oranının ve süneklik düzeyinin etkisi aşağıdaki davranış büyüklükleri bakımından araştırılmıştır.

- Kat yerdeğiştirme talepleri
- Görelî kat ötelemesi talepleri
- Kat kesme kuvveti talepleri
- Plastikleşen kesitlerin sistem üzerindeki dağılımları
- Kiriş, kolon ve perde elemanlardaki plastik şekildeğiştirme talepleri
  - Plastik dönme talepleri (Kiriş ve kolon elemanlarda)
  - Birim boy değişmesi talepleri (Perde elemanlarda)
- Yapısal elemanlardaki hasar durumlarını ifade eden performans düzeyleri

ZTADOA'ler sonucunda yapısal elemanlara ait performans düzeylerinin belirlenmesine esas teşkil edecek plastik şekildeğiştirme talepleri ile sistem bazında yerdeğiştirme, görelî öteleme ve iç kuvvet taleplerine ait sayısal irdelemeler, mutlak *ortalama talepler* kullanılarak yapılmıştır.

### 3.7.1 Kat Yerdeğiştirme Talepleri

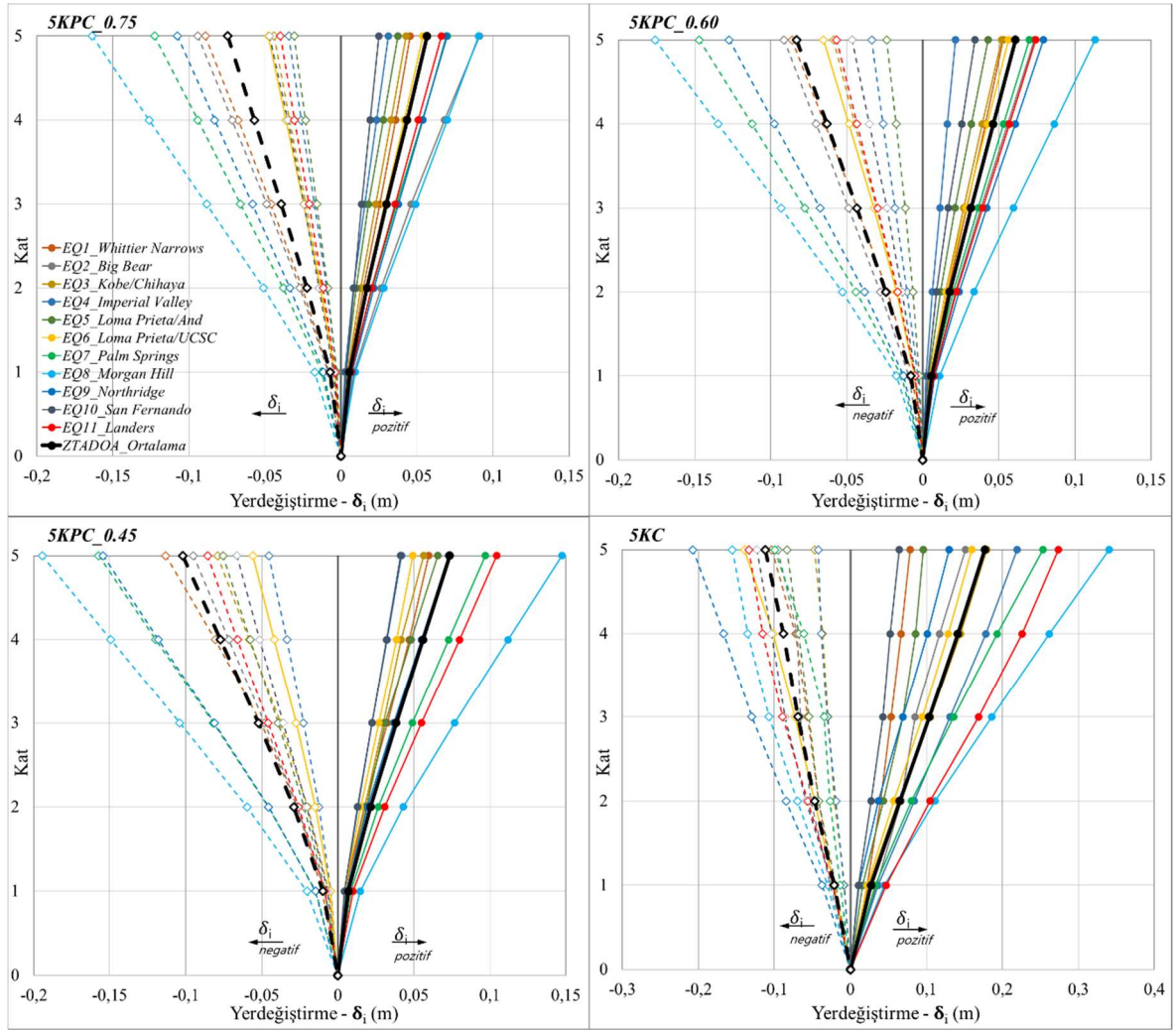
Gözönüne alınan her deprem yer hareketi için binaların kat bazındaki pozitif ve negatif yerdeğiştirme talepleri ile ortalama yerdeğiştirme profilleri Şekil 3.18'deki grafiklerde verilmiştir.

Farklı devrilme oranlarına sahip bina sistemlerinin yerdeğiştirme talepleri ( $\delta_i$ ) incelendiğinde, beklenildiği gibi, devrilme momenti oranı arttıkça, artan yatay rijitliğe bağılı olarak yerdeğiştirmeler daha sınırlı hale gelmiştir. Burada, plandaki perde teşkilinin ikinci mertebe etkileri sınırlamadaki önemi belirgin şekilde ortaya çıkmıştır. TBDY-2018'e uygun tasarlanmış ve süneklik düzeyi karma 5KPC\_0.75'e göre, yüksek süneklik düzeyine sahip 5KPC\_0.60 ve 5KPC\_0.45 perde-çerçeve sistemlerin ortalama tepe yerdeğiştirme talepleri, sırasıyla, %11 ve %36 oranlarında artarken, perde içermeyen 5KC'deki değışim çok daha yüksek düzeydedir (%137). Tüm binalar için en büyük yerdeğiştirme talepleri "*Morgan Hill*" deprem ivme kaydı için oluşmuştur (Şekil 3.18).

ZTADOA'lerden elde edilen yerdeğiştirme taleplerinin en elverişsiz durumları için hesaplanan rölâtif farklar, ortalama taleplerden daha küçüktür. Buna göre 5KPC\_0.75'e göre 5KPC\_0.60, 5KPC\_0.45 ve 5KC binaları için hesaplanan değışim oranları, sırasıyla, %8, %19 ve %108'dir.

Diğer taraftan, en alt kat kolonların alt uçları ile 1. kat seviyesindeki tüm perde enkesitlerinde doğrusal-elastik sınır aşıldığından, perde-çerçeve binalara ait yatay rijitliğin 1.kat seviyesinde azaldığı yerdeğiştirme profillerinden belirgin şekilde görülmektedir (Şekil 3.18).





Şekil 3.18: Binaların farklı deprem kayıtları için elde edilen yerdeğiştirme profilleri.

### 3.7.2 Göreli Kat Ötelemesi Talepleri

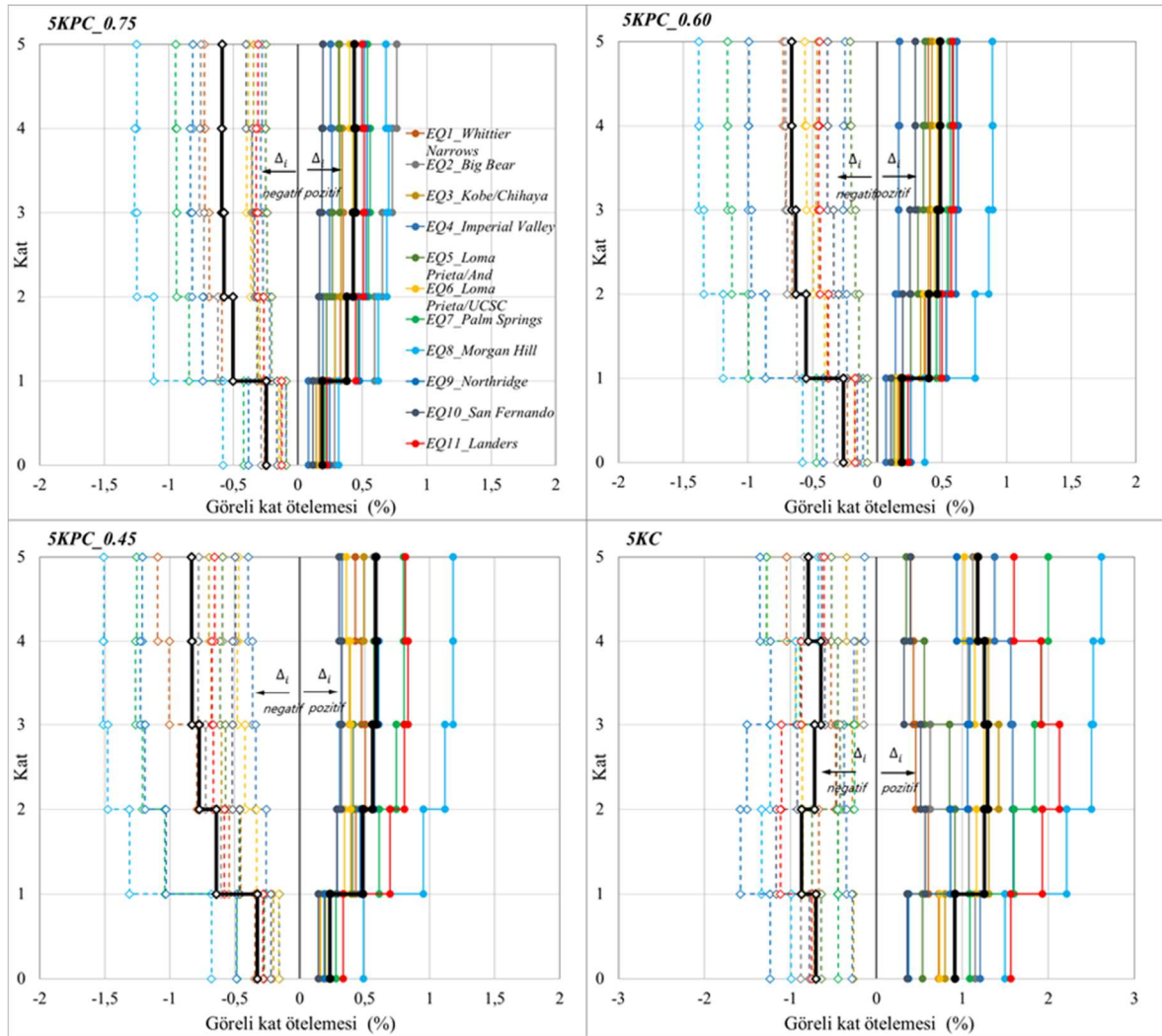
Binaların düşey elemanlarında ardışık iki kat arasındaki rölatif yerdeğiştirme oranı  $\left(\Delta_i = \frac{\delta_i - \delta_{i-1}}{h_i}\right)$  olarak ifade edilen göreli kat ötelemesi talepleri, yerdeğiştirme taleplerinde olduğu gibi her deprem kaydı için hesaplanarak ortalama değişimleri Şekil 3.19'daki grafiklerde verilmiştir.

Grafiklerden görüleceği üzere, taşıyıcı sistemi perde-çerçeve teşkil edilen binalarda ortalama kat öteleme taleplerinin en büyüğü, üst katlarda oluşmasına karşın, 5KC çerçeve sistemde beklendiği gibi orta katlarda (2. ve 3. katlarda) oluşmaktadır (Şekil 3.19).

Bununla birlikte, perde-çerçeve binaların 1. katındaki öteleme oranının oldukça sınırlı kaldığı (<0.5), üst katlarda ise planda farklı perde teşkilinin öteleme talepleri üzerinde

önemli bir etki oluşturmadığı sonucu çıkarılabilir. Buna karşın, çerçeve sistemdeki kolonların yatay rijitlikleri, perde elemanlara kıyasla daha sınırlı kaldığından kat ötelemelerinin kontrol edilmesinde salt çerçeve taşıyıcı sistemin yetersiz kaldığı çok açık görülmektedir (Şekil 3.19).

Taşıyıcı sistemi yüksek süneklikte tasarlanan 5KPC\_0.60, 5KPC\_0.45 ve 5KC binaları için kat bazında hesaplanan ortalama öteleme talepleri süneklik düzeyi karma 5KPC\_0.75'e göre, sırasıyla, %12, %41, %120'ye ulaşan oranlarda artmıştır. Perdeli sistemler için hesaplanan rölatif farklar yerdeğiştirme talepleri için elde edilenlere çok yakın olmakla birlikte, çerçeve sistemde bu fark bir miktar azalmıştır.

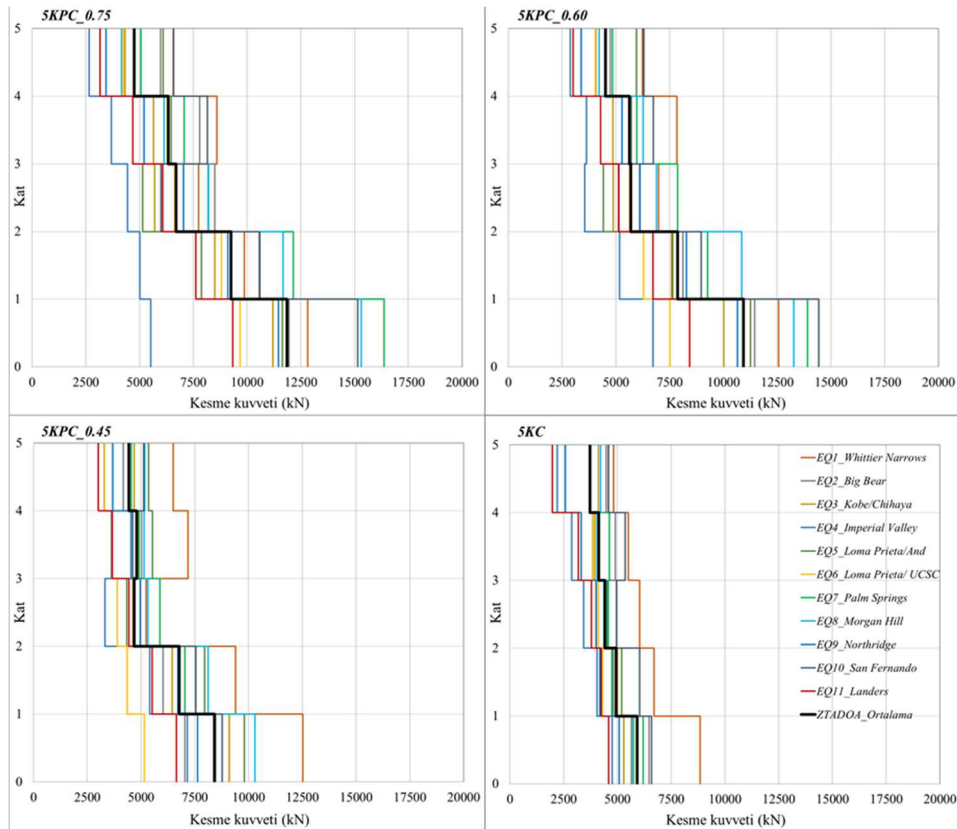


Şekil 3.19: Binaların görel kat öteleme profilleri.

### 3.7.3 Kat Kesme Kuvveti Talepleri

Farklı süneklik ve devrilme momenti oranına sahip betonarme perde-çerçeve binalar ile taşıyıcı sistemi salt çerçevelerden oluşan binada yatay deprem yüklerinden düşey taşıyıcılarda oluşan kat bileşke kesme kuvvetinin dağılımları ile ortalama talepler Şekil 3.20’de verilmiştir.

Kat bazında kesme kuvvetlerine ait değişimler incelendiğinde (Şekil 3.20), planda teşkil edilen boşluksuz perdeler, dolayısıyla devrilme momenti oranı arttıkça en alt katlardaki bileşke kesme kuvveti taleplerinde belirgin artış görülmektedir. Üst katlarda ise bu değişim daha sınırlı kalmıştır. 5KPC\_0.75 ve 5KPC\_0.60 binaları, farklı devrilme momenti oranlarında olmalarına karşın düşey taşıyıcı elemanların taşıdıkları yatay kuvvetler oldukça yakındır. 5KPC\_0.75’e göre, 5KPC\_0.60, 5KPC\_0.45 ve 5KC binaların ortalama kat kesme kuvveti talepleri, sırasıyla, %8, %41 ve %101’e ulaşan oranlarda daha küçük elde edilmiştir. Ayrıca, 5KPC\_0.75 ve 5KPC\_0.60 binalarda düşey elemanlar tarafından taşınan kesme kuvvetleri binaların üst katlarında (3, 4 ve 5) yaklaşık aynıdır. 5KPC\_0.75, 5KPC\_0.60 ve 5KPC\_0.45 binalarda kesme kuvvetlerinin kolonlar tarafından taşınma oranları, sırasıyla,  $\approx\%23$ ,  $\approx\%27$  ve  $\approx\%35$  olarak hesaplanmıştır.



Şekil 3.20: Binalardaki farklı deprem kayıtları için elde edilen kesme kuvveti profilleri.

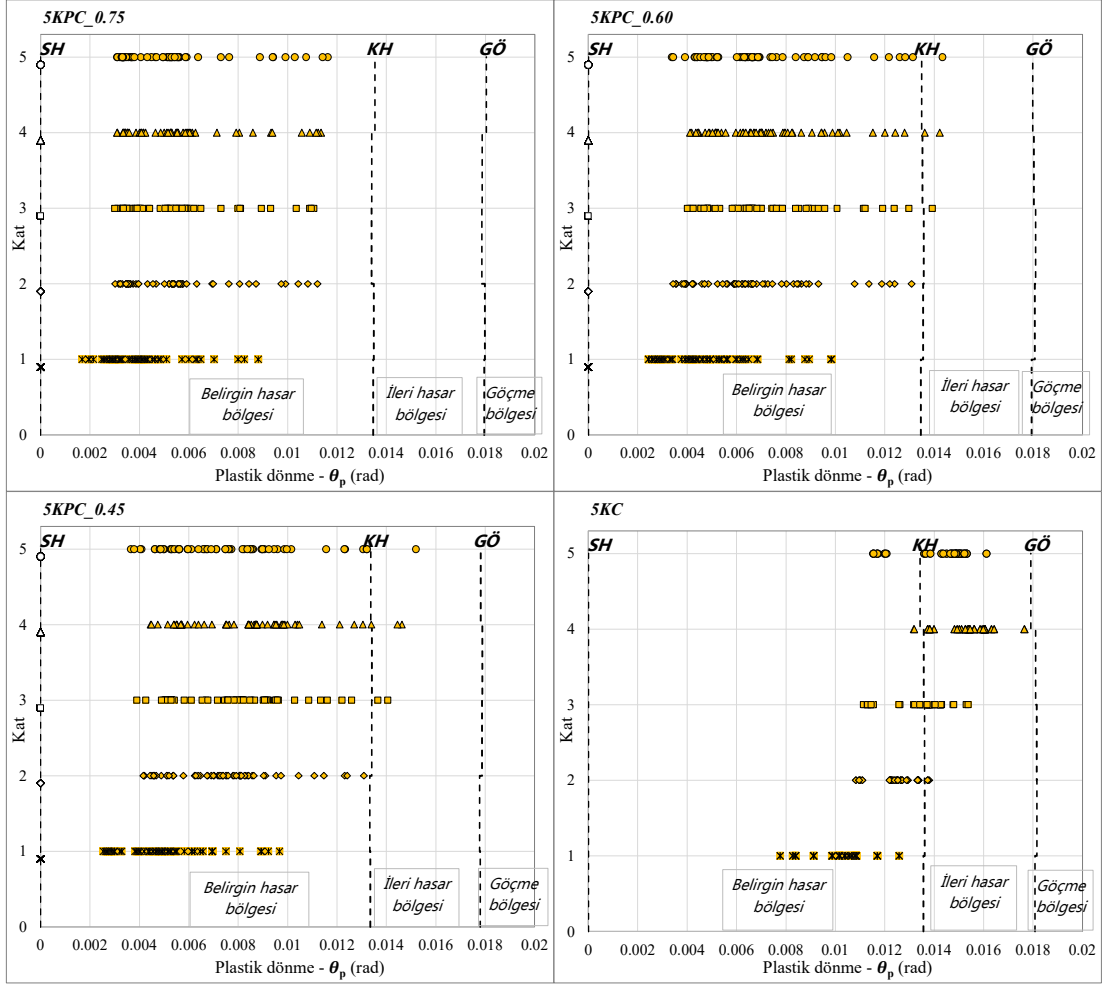
### 3.7.4 Kiriş, Kolon ve Perde Elemanlardaki Plastik Şekildeğiştirme Talepleri

Farklı taşıyıcı sistemlere sahip asmolen döşemeli betonarme binaların 11 farklı deprem ivme kaydı altındaki ZTADOA'leri sonucunda plastik kesitlerdeki şekildeğiştirme talepleri belirlenmiştir. Tek eksenli eğilme etkisindeki kirişlerde plastik dönme talepleri ( $\theta_p$ ), bileşik eğik eğilme etkisindeki kolonlarda iki eksende oluşan plastik dönme talepleri ( $\theta_{px}$  ve  $\theta_{py}$ ) ve fiber enkesitler ile modellenen perde elemanlardaki  $\varepsilon_c$  ve  $\varepsilon_s$  birim boy değişmesi taleplerinin kat bazındaki ortalama değişimleri hazırlanmıştır.

#### 3.7.4.1 Kirişlerdeki Plastik Dönme Talepleri

Farklı devrilme momenti oranlarına sahip asmolen döşemeli binalar için kirişlerin hasar düzeyini ifade eden ortalama plastik dönme talepleri ile bunların TBDY-2018'deki sınırlar içerisindeki dağılımları Şekil 3.21'deki grafiklerde sunulmuştur.

TBDY-2018'de belirtilen kriterlere uygun tasarlanan 5KPC\_0.75 binasındaki kiriş plastik dönme talepleri, 5KPC\_0.60, 5KPC\_0.45 ve 5KC için elde edilenlerden, beklenildiği gibi, daha düşüktür. Buna göre, 5KPC\_0.75'ye göre 5KPC\_0.60, 5KPC\_0.45 ve 5KC binalarının ortalama kiriş plastik dönme taleplerinin maksimumu, sırasıyla, %22, %31 ve %52 oranlarında daha büyük elde edilmiştir. Tüm perde-çerçeve binalardaki plastik şekildeğiştirmeler büyük çoğunlukla “*Sınırlı Hasar*” ve “*Kontrollü Hasar*” performans düzeyi arasındaki “*Belirgin Hasar Bölgesi*”nde kalmıştır (Şekil 3.21). Devrilme momenti oranı daha az olan 5KPC\_0.60 ve 5KPC\_0.45 binalarındaki şekildeğiştirme düzeyleri (hasar düzeyleri) birbirlerine çok yakın olmakla birlikte birkaç plastik kesitin “*İleri Hasar Bölgesi*”ne geçtiği belirlenmiştir (Şekil 3.21). 5KC çerçeve sistemde ise, ilk kattaki tüm kiriş plastik dönmelerinin “*Belirgin Hasar Bölgesi*”nde olduğu, üst katlara doğru şekildeğiştirme taleplerinin artarak çoğunlukla “*İleri Hasar Bölgesi*”ne geçtiği ve “*Göçmenin Önlenmesi*” performans sınırına yaklaştığı görülmüştür (Şekil 3.21).



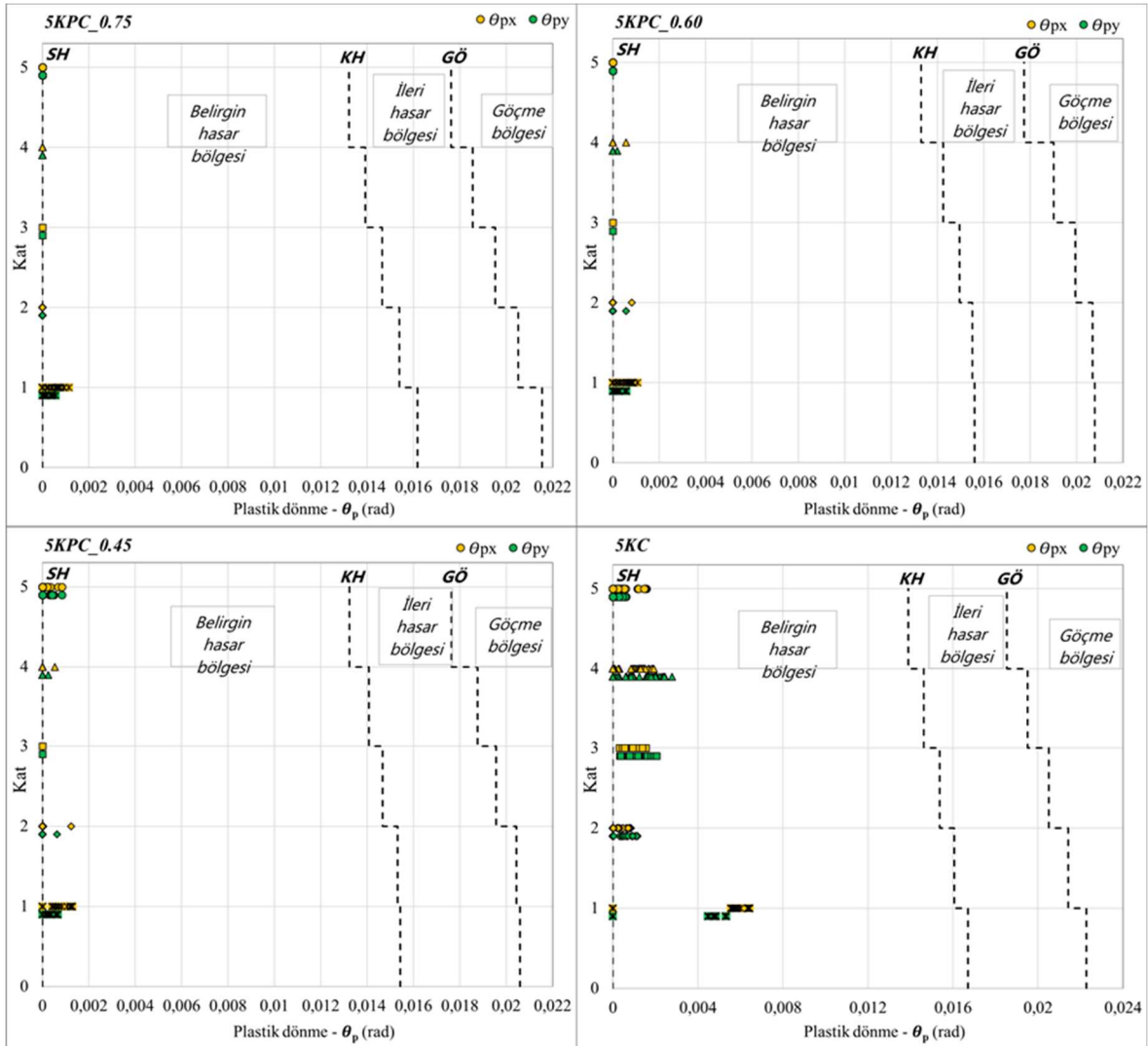
Şekil 3.21: Binalar için elde edilen ortalama giriş plastik dönme talepleri.

### 3.7.4.2 Kolonlardaki Plastik Dönme Talepleri

Farklı devrilme momenti oranlarına sahip asmolen döşemeli perde-çerçeve binalar ile salt çerçeve bina için ortalama kolon plastik dönme talepleri ile bunların TBDY-2018'deki sınırlar içerisindeki dağılımları Şekil 3.22'deki grafiklerde sunulmuştur.

Elde edilen sonuçlara göre, TBDY-2018'e uygun tasarlanan 5KPC\_0.75'de sadece en alt kat kolonların alt uçlarında plastik kesitlerin oluştuğu ve bu kesitlerdeki ortalama şekildeğişimlerinin doğrusal-elastik sınıra çok yakın ( $\theta_p < 0.002$  rad.) olduğu belirlenmiştir. 11 adet deprem yer hareketi için ZTADOA'lerden elde edilen plastik şekildeğişim taleplerinin en büyüğü  $\theta_{p,maxs} = 0.00277$  rad.'dır (Şekil 3.22). Devrilme momenti oranı daha düşük olan 5KPC\_0.60 ve 5KPC\_0.45 binaların üst katlarında plastik kesitler oluşmasına karşın şekildeğişim değerleri oldukça küçüktür (Şekil 3.22). Diğer taraftan, taşıyıcı sistemi perdesiz teşkil edilen 5KC'de çok sayıda kolon enkesiti doğrusal-

elastik sınırı aşarak plastikleşmiştir (Şekil 3.22). Bu sistem için elde edilen plastik dönme talepleri perde-çerçeve sistemlere kıyasla daha büyük mertebelere sahiptir. Buna karşın, “Kontrollü Hasar” performans düzeyine ait dönme sınırları geniş bir bantta olduğundan, plastik kesitlerin hiçbiri “İleri Hasar Bölgesi”ne geçmemiştir (Şekil 3.22). 5KPC\_0.75, 5KPC\_0.60 ve 5KPC\_0.45 perde-çerçeve sistemlere göre 5KC binanın alt kat kolonlarındaki ortalama plastik dönme taleplerinin en büyüğü, sırasıyla, 4.62, 5.01 ve 3.95 kat, en elverişsiz plastik dönme talepleri ise, sırasıyla, 3.16, 4.11 ve 2.21 kat daha fazladır. Bu sonuç, dolgu dişli döşemeli betonarme binaların yatay deprem etkisi altındaki davranışını kontrol etmede ve hasarın sınırlanmasında perde kullanımının önemini ortaya çıkarmaktadır.



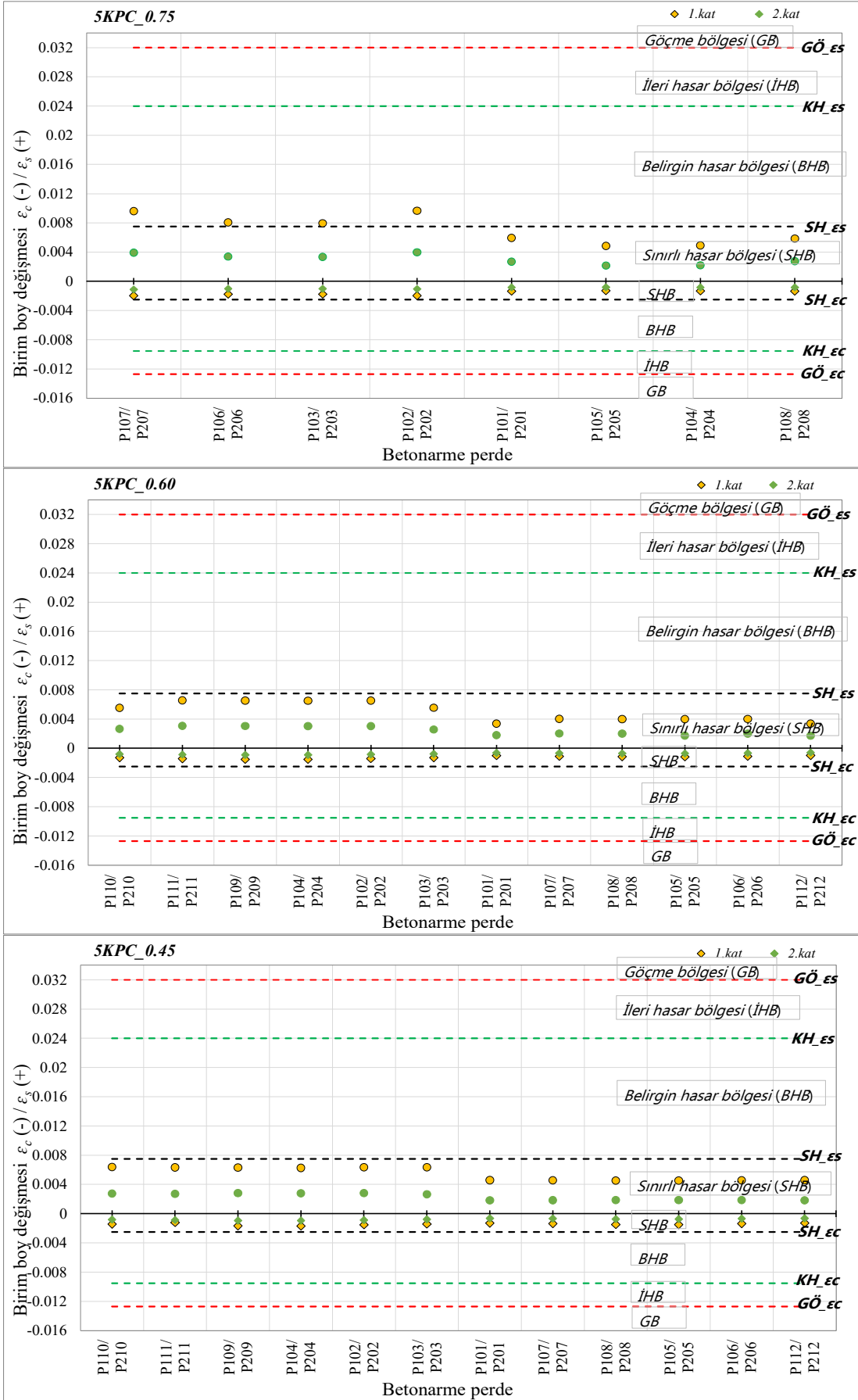
Şekil 3.22: Binalar için elde edilen ortalama kolon plastik dönme talepleri.

### 3.7.4.3 Perdelerdeki Birim Boy Değişmesi Talepleri

Çalışma kapsamında incelenen ve taşıyıcı sistemleri farklı devrilme momenti oranlarına sahip perde-çerçeve binaların boşluksuz perdelerindeki birim boy değişmesi talepleri ile bunların TBDY-2018'deki sınırlar içerisindeki dağılımları Şekil 3.23'te sunulmuştur.

Fiber kesitler ile modellenen betonarme perde elemanlardaki ortalama birim boy değişmesi talepleri ( $\varepsilon_c$  ve  $\varepsilon_s$ ) incelendiğinde, 5KPC\_0.75'deki boşluksuz perdeler yatay yükler altında diğer binalara göre daha fazla kesme kuvveti taşıdığından birim boy değişmesi talepleri  $\approx$ %30 daha fazladır. Buna karşın, tüm perde-çerçeve binalara ait ortalama birim boy değişmesi taleplerinin ( $\varepsilon_c$  ve  $\varepsilon_s$ ) “*Sınırlı Hasar*” performans düzeyinde olduğu söylenebilir (Şekil 3.23).

Farklı devrilme momenti oranlarına sahip karma ve yüksek süneklikte tasarlanan asmolen döşemeli perde-çerçeve binalar için elde edilen plastik şekildeğiştirme talepleri birlikte değerlendirildiğinde, TBDY-2018'de karma taşıyıcı sistemler için belirtilen  $\sum M_{dev} > 0.75M_0$  devrilme momenti oranı koşulunun plastik şekildeğiştirme talepleri bakımından gerekenden fazla güvenli sonuç verdiğini göstermektedir. Bu tür düzenli binaların, süneklik düzeyi yüksek perde ve çerçeveler ile teşkil edilmesi durumunda ( $0.75M_0 > \sum M_{dev} \geq 0.4M_0$ ) yönetmelikte öngörülen performans hedefinin sağlanacağı söylenebilir. Buna karşın, taşıyıcı sistemin perdesiz olarak teşkil edilmesi halinde oluşacak aşırı plastik şekildeğiştirme durumunun binayı göçme durumuna getirebileceği düşünülmektedir.



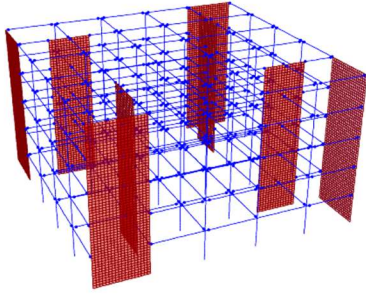
Şekil 3.23: Perde-çerçeve binalarda ortalama birim boy değişmesi talepleri.



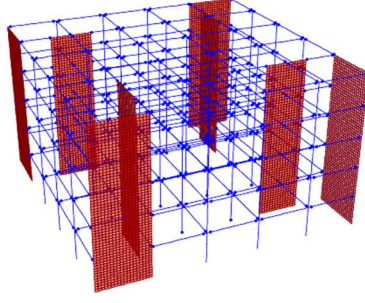
### 3.7.5 Taşıyıcı sistemde Plastik Kesitlerin Dağılımı

Sayısal incelemeler kapsamında gözönüne alınan 11 adet deprem yer hareketi takımına ait yatay bileşenleri binaların asal eksenlerinde etkilerek ZTADOA'leri sonucunda, taşıyıcı sistem elemanlarında oluşan plastik kesitlerin dağılımları Şekil 3.24-3.27'de sunulmuştur. Hazırlanan dağılımlar, ilgili ivme kaydının başlangıcından bitişine kadar en elverişsiz durumunu göstermektedir. Süneklik düzeyi karma 5KPC\_0.75 binasında plastik şekildeğişikliklerin oldukça sınırlı kaldığı görülmekle birlikte, plastikleşmeler çoğunlukla giriş uçlarında oluşmuştur (Şekil 3.24). Yüksek süneklik düzeyinde tasarlanan perde-çerçeve iki binada, devrilme momenti oranı azaldıkça girişlerdeki plastik kesitler artmakla birlikte, alt kat kolonlarının bazılarında plastik kesitlerin oluştuğu gözlenmiştir (Şekil 3.25-26). Ayrıca, devrilme momenti oranı azaldıkça kabuk elemanlar ile modellenen perdelerde doğrusal-elastik sınırı aşan kabuk sayısında düzenli bir artış görülmüştür. Analizi gerçekleştirilen perde-çerçeve binaların üst kat düğüm noktalarında lokal *düğüm noktası mekanizmaları* oluşmasına karşın, toptan göçme oluşturabilecek bir stabilite problemi veya *kat (panel) mekanizması* durumu oluşmamıştır.

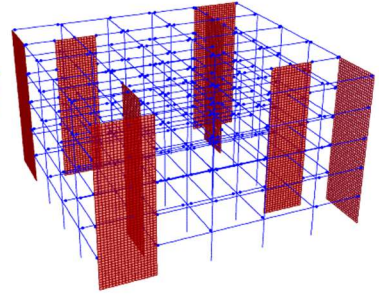
Buna karşın, taşıyıcı sistemi perdesiz teşkil edilen 5KC sistemdeki tüm giriş kritik kesitleri ile en alt kat kolonlarının alt uçları gözönüne alınan tüm deprem kayıtları için plastikleşmiştir (Şekil 3.327). Gözönüne alınan depremlerin çoğu için düğüm noktası mekanizması ile “*Whitter Narrow*”, “*Big Bear*” ve “*Palm Spring*” gibi bazı depremlerde üst kat kolonlarında oluşan plastikleşmeler sistemde panel/kat mekanizması meydana getirmiştir.



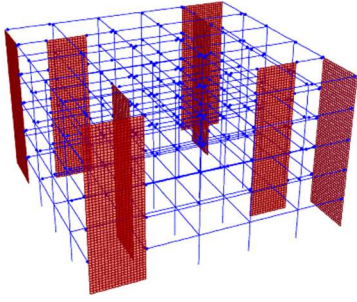
EQ-1 Whitter Narrows



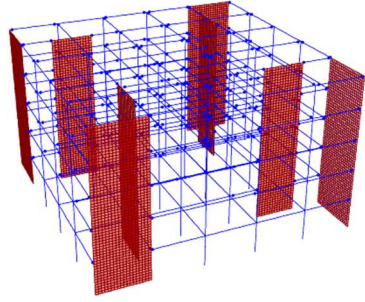
EQ-2 Big Bear



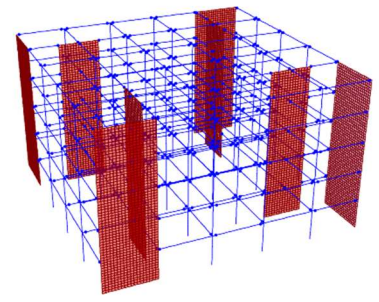
EQ-3 Kobe/Chiyaya



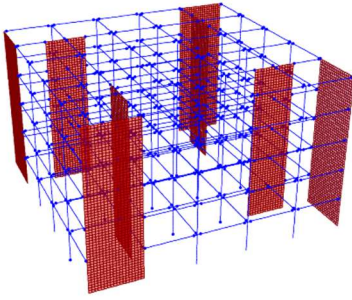
EQ-4 Imperial Valley



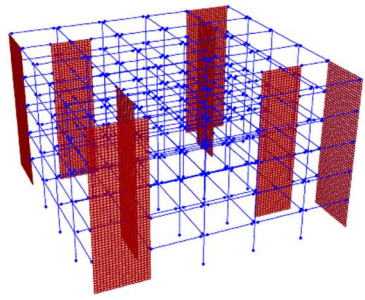
EQ-5 Loma Prieta/Anderson



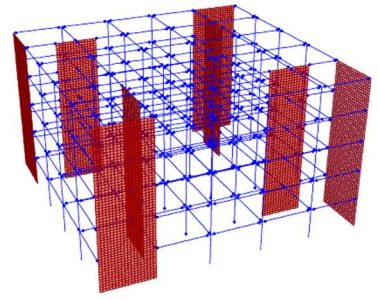
EQ-6 Loma Prieta/UCSC



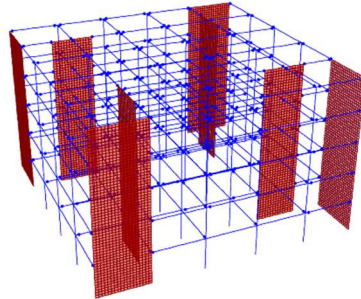
EQ-7 Palm Springs



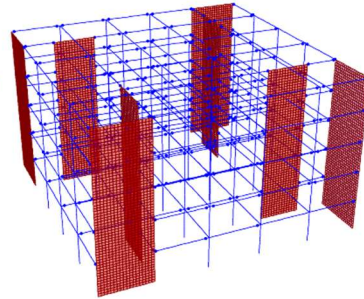
EQ-8 Morgan Hill



EQ-9 Northridge

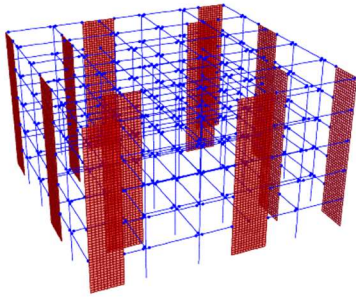


EQ-10 San Fernando

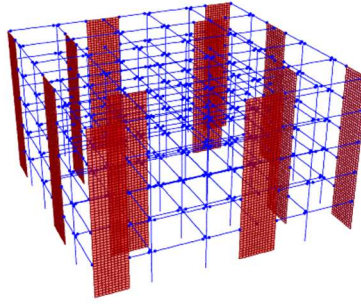


EQ-11 Landers

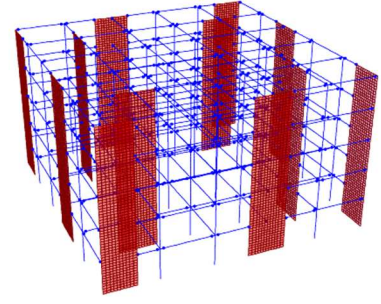
Şekil 3.24: Farklı depremler için 5KPC\_0.75’de oluşan plastik kesitlerin dağılımları.



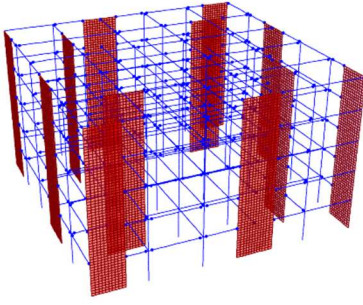
EQ-1 Whitter Narrows



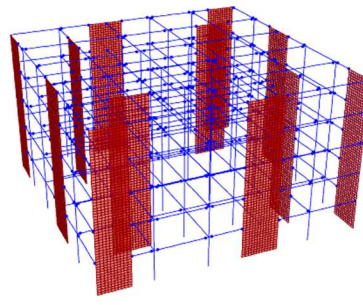
EQ-2 Big Bear



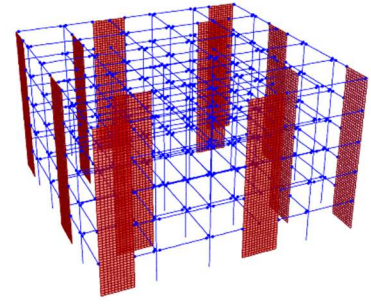
EQ-3 Kobe/Chiyaya



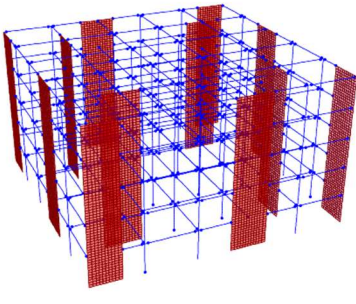
EQ-4 Imperial Valley



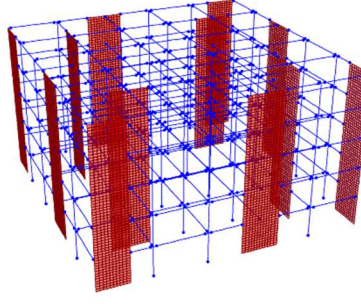
EQ-5 Loma Prieta/Anderson



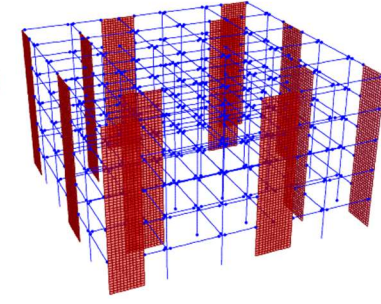
EQ-6 Loma Prieta/UCSC



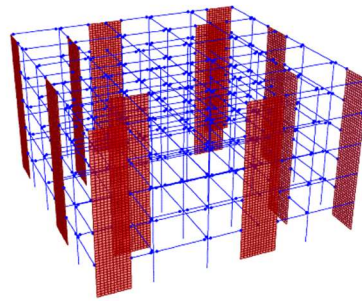
EQ-7 Palm Springs



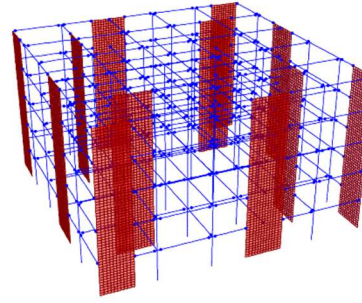
EQ-8 Morgan Hill



EQ-9 Northridge

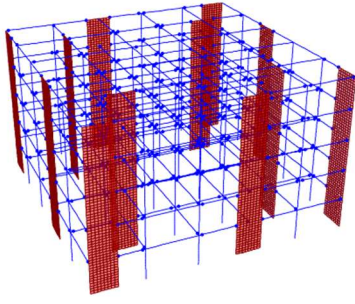


EQ-10 San Fernando

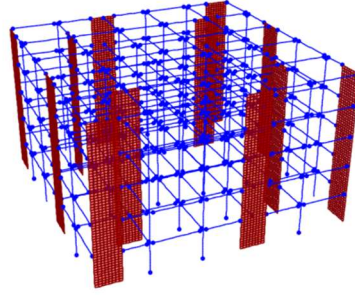


EQ-11 Landers

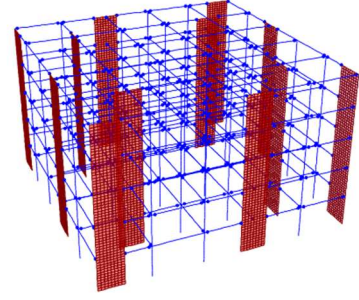
**Şekil 3.25:** Farklı depremler için 5KPC\_0.60'de oluşan plastik kesitlerin dağılımları.



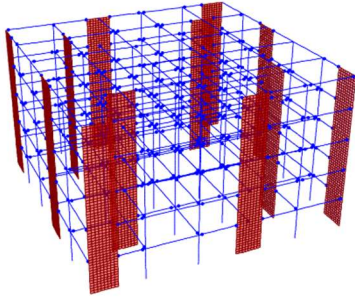
EQ-1 Whitter Narrows



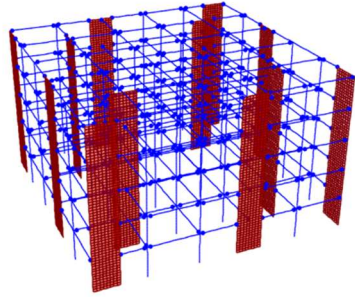
EQ-2 Big Bear



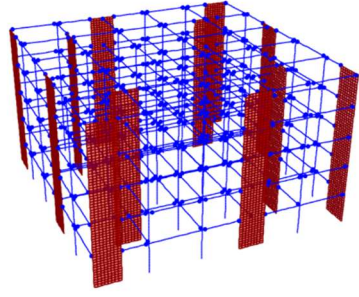
EQ-3 Kobe/Chiyaya



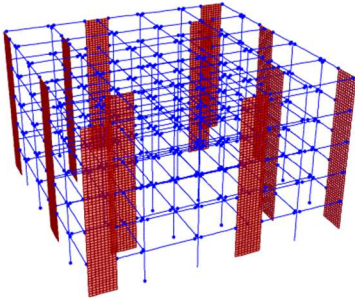
EQ-4 Imperial Valley



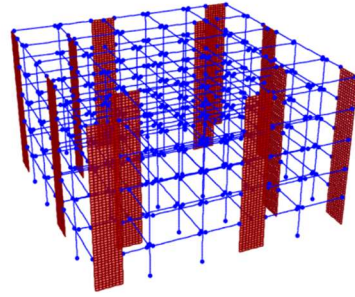
EQ-5 Loma Prieta/Anderson



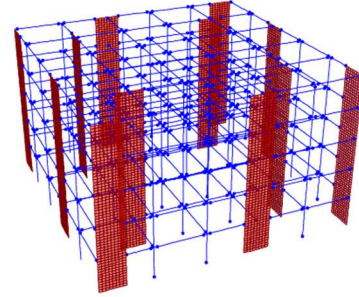
EQ-6 Loma Prieta/UCSC



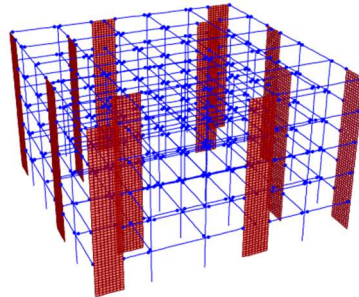
EQ-7 Palm Springs



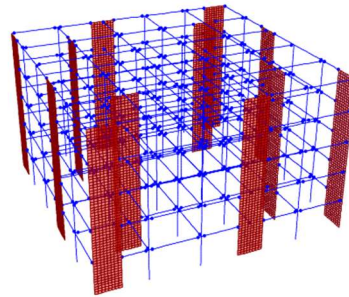
EQ-8 Morgan Hill



EQ-9 Northridge

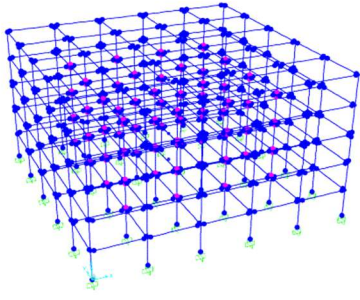


EQ-10 San Fernando

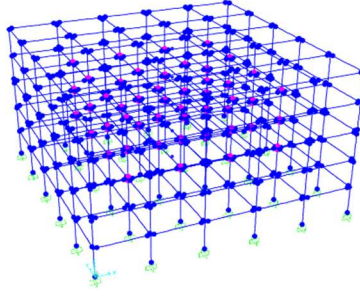


EQ-11 Landers

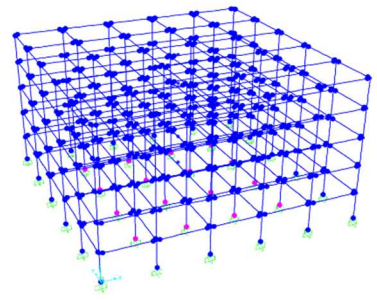
**Şekil 3.26:** Farklı depremler için 5KPC\_0.45’de oluşan plastik kesitlerin dağılımları.



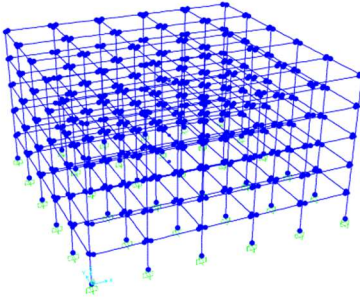
EQ-1 Whitter Narrows



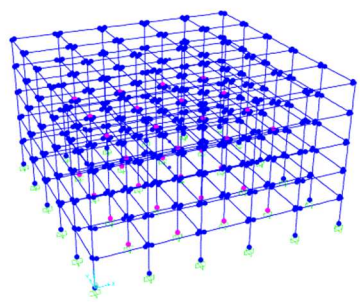
EQ-2 Big Bear



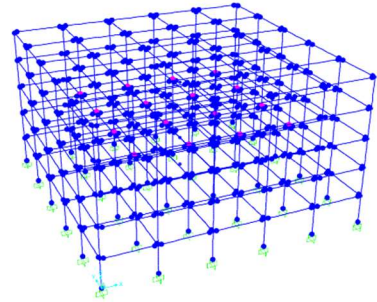
EQ-3 Kobe/Chiyaya



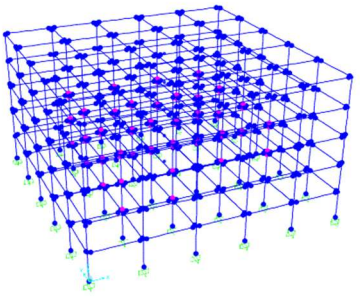
EQ-4 Imperial Valley



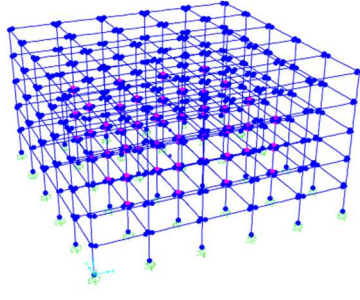
EQ-5 Loma Prieta/Anderson



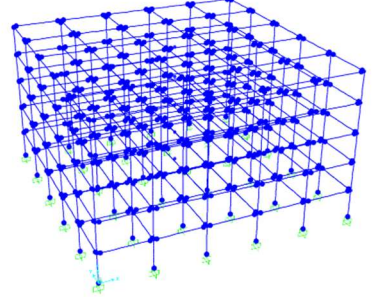
EQ-6 Loma Prieta/UCSC



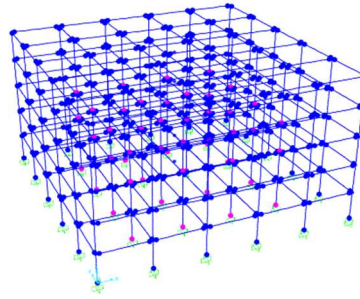
EQ-7 Palm Springs



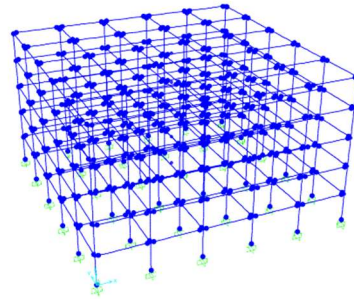
EQ-8 Morgan Hill



EQ-9 Northridge



EQ-10 San Fernando



EQ-11 Landers

Şekil 3.27: Farklı depremler için 5KC’de oluşan plastik kesitlerin dağılımları.

### 3.7.6 Taşıyıcı Sistem Elemanların Performans Düzeyleri

11 deprem yer hareketine ait ivme takımları kullanılarak gerçekleştirilen ZTADOA'ler sonucunda asmolen döşemeli betonarme binaların taşıyıcı elemanlarındaki ortalama plastik şekildeğiştirme talepleri, TBDY-2018'de verilen performans düzeyleri sınırlarıyla karşılaştırılarak her binanın kat bazında plastik kesit sayıları ve hasar dağılımları (Tablo 3.6-3.9) hazırlanmıştır.

Perde-çerçeve binalara ait ortalama şekildeğiştirme talepleri incelendiğinde, kiriş plastik kesitlerinin “*Sınırlı Hasar Bölgesi*” ile “*Belirgin Hasar Bölgesi*”nde (BHB) olduğu, süneklik düzeyi yüksek olarak tasarlanan 5KPC\_0.60 ve 5KPC\_0.45 binalarında birkaç kesitin “*İleri Hasar Bölgesi*”ne (İHB) geçtiği belirlenmiştir (Tablo 3.7-3.8). Taşıyıcı sistemi perdesiz teşkil edilen 5KC sistemde ise, en alt kattaki tüm kirişler ile 2. kattaki kirişlerin büyük çoğunluğu BHB'nde iken, üst kat kirişlerinin çoğunluğunda şekildeğiştirmelerin İHB'ne geçtiği belirlenmiştir (Tablo 3.9). Süneklik düzeyi karma olarak tasarlanan 5KPC\_0.75'de sadece en alt kolonların alt uçlarında plastikleşmeler oluşmakla birlikte, buralardaki şekildeğiştirmelerin çok sınırlı düzeyde kaldığı görülmüştür. Üst kat kolonları ise doğrusal-elastik sınırlar içerisinde kalmıştır (Tablo 3.6). Süneklik düzeyi yüksek seçilen 5KPC\_0.60 ve 5KPC\_0.45 sistemlerinde alt kat kolonlarındaki plastikleşmeye ek olarak üst katlarda çok az sayıda ve “*Sınırlı Hasar*” düzeyine çok yakın hasar belirlenmiştir (Tablo 3.7-3.8). 5KC binasında ise, kolonların şekildeğiştirme talepleri genel olarak BHB'nde olmasına karşın, perde-çerçeve binalara göre hasar miktarının önemli ölçüde arttığı belirlenmiştir (Tablo 3.9).

Yatay deprem etkileri altında analizleri gerçekleştirilen perde-çerçeve binaların boşluksuz perde elemanlarına ait hasar düzeyinin belirlenmesinde beton çeliği  $\varepsilon_s$  birim uzama şekildeğiştirmeleri etkin olmuştur. Perde kritik kesitlerindeki hasar düzeyleri tüm binalarda çok yakın olmasına karşın 5KPC\_0.75'deki perde birim şekildeğiştirmeleri bir miktar daha fazladır (Tablo 3.6-3.8).

ZTADOA'ler sonucunda, yüksek süneklik düzeyinde tasarlanan geleneksel plak döşemeli ve derin kirişli betonarme sistemler için TBDY-2018'de belirtilen devrilme momenti oranı kriterinin ( $0.75M_o > \Sigma M_{dev} > 0.4M_o$ ), asmolen döşemeli sistemler için de uygulanabileceği kanaati oluşmuştur. Buna karşın, taşıyıcı sistemin perdesiz olarak çerçevelerden oluşturulması halinde yönetmelikte öngörülen performans hedefinin sağlanamayacağı belirlenmiştir.

**Tablo 3.7:** 5KPC\_0.75 binanın taşıyıcı sistem elemanlarındaki hasar durumları.

Kat	Taşıyıcı eleman	Plastik şekildeğiştirme		Plastikleşen eleman sayısı	Performans düzeyi bölgesi				$\frac{\sum V_{ele}}{\sum V_{kat}}$	
		$\theta_p / \varepsilon_c / \varepsilon_s$	Maksimum		Ortalama	SHB	BHB	İHB		GB
5	Kiriş	$\theta_p$ (rad.)	0.0259	0.0054	28/[28]	0	28	0	0	-
	Kolon	$\theta_p$ (rad.)	0	0	0/[24]	24	0	0	0	%36
	Perde	$\frac{\varepsilon_c^{maks.}}{\varepsilon_s^{maks.}}$	0	0	0/[8]	8	0	0	0	%64
4	Kiriş	$\theta_p$ (rad.)	0.0265	0.0056	28/[28]	0	28	0	0	-
	Kolon	$\theta_p$ (rad.)	0	0	0/[24]	24	0	0	0	%22
	Perde	$\frac{\varepsilon_c^{maks.}}{\varepsilon_s^{maks.}}$	0	0	0/[8]	8	0	0	0	%78
3	Kiriş	$\theta_p$ (rad.)	0.0264	0.0056	28/[28]	0	28	0	0	-
	Kolon	$\theta_p$ (rad.)	0	0	0/[24]	24	0	0	0	%20
	Perde	$\frac{\varepsilon_c^{maks.}}{\varepsilon_s^{maks.}}$	0	0	0/[8]	8	0	0	0	%80
2	Kiriş	$\theta_p$ (rad.)	0.0252	0.0054	28/[28]	0	28	0	0	-
	Kolon	$\theta_p$ (rad.)	0	0	0/[24]	24	0	0	0	%21
	Perde	$\frac{\varepsilon_c^{maks.}}{\varepsilon_s^{maks.}}$	0.00152 0.00367	0.0009 0.0028	0/[8]	8	0	0	0	%79
1	Kiriş	$\theta_p$ (rad.)	0.0185	0.0041	0/[28]	0	28	0	0	-
	Kolon	$\theta_p$ (rad.)	0.0021	0.0006	0/[24]	0	24	0	0	%18
	Perde	$\frac{\varepsilon_c^{maks.}}{\varepsilon_s^{maks.}}$	0.00373 0.02292	0.00158 0.00711	4/[8]	4	4	0	0	%82

**Tablo 3.8:** 5KPC\_0.60 binanın taşıyıcı sistem elemanlarındaki hasar durumları.

Kat	Taşıyıcı eleman	Plastik şekildeğiştirme		Plastikleşen eleman sayısı	Performans düzeyi bölgesi				$\frac{\sum V_{ele}}{\sum V_{kat}}$	
		$\theta_p / \varepsilon_c / \varepsilon_s$	Maksimum		Ortalama	SHB	BHB	İHB		GB
5	Kiriş	$\theta_p$ (rad.)	0.0310	0.0070	30/[30]	0	29	1	0	-
	Kolon	$\theta_p$ (rad.)	0	0	0/[24]	24	0	0	0	%41
	Perde	$\frac{\varepsilon_c^{maks.}}{\varepsilon_s^{maks.}}$	0	0	0/[12]	12	0	0	0	%59
4	Kiriş	$\theta_p$ (rad.)	0.0315	0.0074	30/[30]	0	29	1	0	-
	Kolon	$\theta_p$ (rad.)	0.0006	0.0002	1/[24]	23	1	0	0	%25
	Perde	$\frac{\varepsilon_c^{maks.}}{\varepsilon_s^{maks.}}$	0	0	0/[12]	12	0	0	0	%75
3	Kiriş	$\theta_p$ (rad.)	0.0308	0.0070	30/[30]	0	29	1	0	-
	Kolon	$\theta_p$ (rad.)	0	0	0/[24]	24	0	0	0	%25
	Perde	$\frac{\varepsilon_c^{maks.}}{\varepsilon_s^{maks.}}$	0	0	0/[12]	12	0	0	0	%75
2	Kiriş	$\theta_p$ (rad.)	0.0302	0.0066	30/[30]	0	30	0	0	-
	Kolon	$\theta_p$ (rad.)	0.0008	0.0006	1/[24]	23	1	0	0	%26
	Perde	$\frac{\varepsilon_c^{maks.}}{\varepsilon_s^{maks.}}$	0.00140 0.00609	0.00075 0.00239	0/[12]	12	0	0	0	%74
1	Kiriş	$\theta_p$ (rad.)	0.0219	0.0049	30/[30]	0	30	0	0	-
	Kolon	$\theta_p$ (rad.)	0.0011	0.0004	22/[24]	2	22	0	0	%20
	Perde	$\frac{\varepsilon_c^{maks.}}{\varepsilon_s^{maks.}}$	0.00274 0.01536	0.00125 0.00500	0/[12]	12	0	0	0	%80

**Tablo 3.9:** 5KPC\_0.45 binanın taşıyıcı sistem elemanlarındaki hasar durumları.

Kat	Taşıyıcı eleman	Plastik şekildeğiştirme		Plastikleşen eleman sayısı	Performans düzeyi bölgesi				$\sum V_{ele} / \sum V_{kat}$	
		$\theta_p / \varepsilon_c / \varepsilon_s$	Maksimum		Ortalama	SHB	BHB	İHB		GB
5	Kiriş	$\theta_p$ (rad.)	0.0267	0.0075	30/[30]	0	29	1	0	-
	Kolon	$\theta_p$ (rad.)	0.0008	0.0005	7/[24]	17	7	0	0	%45
	Perde	$\frac{\varepsilon_c^{maks.}}{\varepsilon_s^{maks.}}$	0	0	0/[12]	12	0	0	0	%55
4	Kiriş	$\theta_p$ (rad.)	0.0278	0.0083	30/[30]	0	28	2	0	-
	Kolon	$\theta_p$ (rad.)	0.0005	0.0002	1/[24]	23	1	0	0	%34
	Perde	$\frac{\varepsilon_c^{maks.}}{\varepsilon_s^{maks.}}$	0	0	0/[12]	12	0	0	0	%66
3	Kiriş	$\theta_p$ (rad.)	0.0275	0.0078	30/[30]	0	29	1	0	-
	Kolon	$\theta_p$ (rad.)	0	0	0/[24]	24	0	0	0	%35
	Perde	$\frac{\varepsilon_c^{maks.}}{\varepsilon_s^{maks.}}$	0	0	0/[12]	12	0	0	0	%65
2	Kiriş	$\theta_p$ (rad.)	0.0262	0.0073	30/[30]	0	30	0	0	-
	Kolon	$\theta_p$ (rad.)	0.0012	0.0006	2/[24]	22	2	0	0	%33
	Perde	$\frac{\varepsilon_c^{maks.}}{\varepsilon_s^{maks.}}$	0.00139	0.00079	0/[12]	12	0	0	0	%67
1	Kiriş	$\theta_p$ (rad.)	0.0181	0.0049	30/[30]	0	30	0	0	-
	Kolon	$\theta_p$ (rad.)	0.0013	0.0005	22/[24]	2	22	0	0	%29
	Perde	$\frac{\varepsilon_c^{maks.}}{\varepsilon_s^{maks.}}$	0.00281	0.00144	0/[12]	12	0	0	0	%71

**Tablo 3.10:** 5KC binanın taşıyıcı sistem elemanlarındaki hasar durumları.

Kat	Taşıyıcı eleman	Plastik şekildeğiştirme		Plastikleşen eleman sayısı	Performans düzeyi bölgesi				
		$\theta_p / \varepsilon_c / \varepsilon_s$	Maksimum		Ortalama	SHB	BHB	İHB	GB
5	Kiriş	$\theta_p$ (rad.)	0.0327	0.0142	30/[30]	0	4	26	0
	Kolon	$\theta_p$ (rad.)	0.0016	0.0004	32/[36]	4	32	0	0
4	Kiriş	$\theta_p$ (rad.)	0.0307	0.0153	30/[30]	0	0	30	0
	Kolon	$\theta_p$ (rad.)	0.0028	0.0014	36/[36]	0	36	0	0
3	Kiriş	$\theta_p$ (rad.)	0.0273	0.0134	30/[30]	0	8	22	0
	Kolon	$\theta_p$ (rad.)	0.0019	0.0010	36/[36]	0	36	0	0
2	Kiriş	$\theta_p$ (rad.)	0.0223	0.0126	30/[30]	0	26	4	0
	Kolon	$\theta_p$ (rad.)	0.0012	0.0005	34/[36]	2	34	0	0
1	Kiriş	$\theta_p$ (rad.)	0.0164	0.0102	30/[30]	0	30	0	0
	Kolon	$\theta_p$ (rad.)	0.0064	0.0050	36/[36]	0	36	0	0



## 4. DEVRİLME MOMENTİ ORANINA İLİŞKİN ŞEKİLDEĞİŞTİRME BAZLI TALEPLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Tez çalışması kapsamında gözönüne alınan 3 farklı devrilme momenti oranına sahip aynı asmolent döşeme sistemli perde-çerçeve binalar ile salt çerçeve sistemden oluşan betonarme bina üzerinde gerçekleştirilen ZTADOA'lerden elde edilen şekildeğiştirme bazlı davranış büyüklükleri karşılaştırılmış ve değerlendirilmiştir.

Gözönüne alınan 11 deprem yer hareketi kaydı için bina sistemleri üzerinde karşılaştırmalar, süneklik düzeyi karma 5KPC\_0.75 binası referans alınarak aşağıda sunulan parametrelerin “ortalama” ve “en elverişsiz” durumları için yapılmıştır.

- a) Kat yerdeğiştirme talepleri
- b) Göreli kat ötelemesi talepleri
- c) Kat kesme kuvveti talepleri
- d) Plastikleşen kesitlerin sistem üzerindeki dağılımları
- e) Kiriş, kolon ve perde elemanlardaki plastik şekildeğiştirme talepleri
- f) Yapısal elemanlardaki hasar durumlarını ifade eden performans düzeyleri

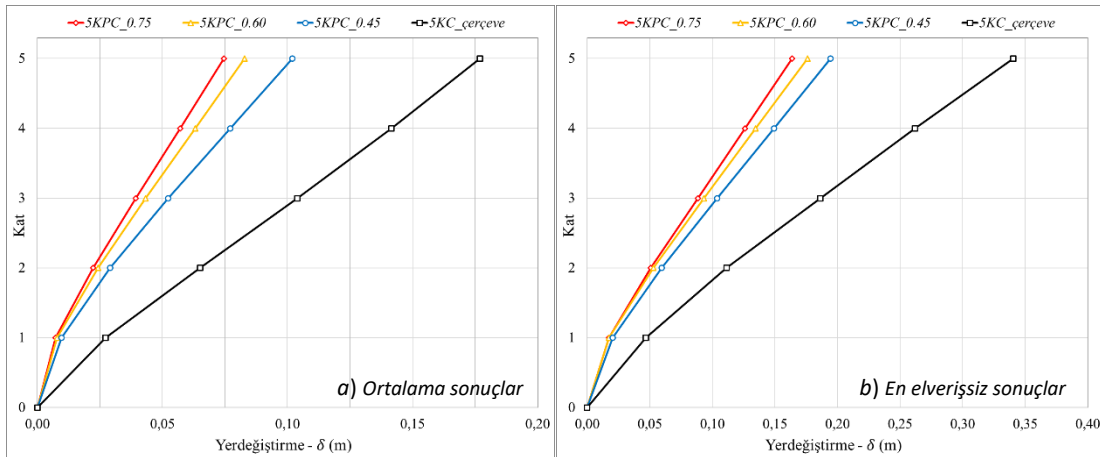
### 4.1 Kat Yerdeğiştirme Taleplerinin Değerlendirilmesi

Binaların doğrusal-elastik olmayan analizlerinden elde edilen “ortalama” ve “en elverişsiz” yerdeğiştirme talepleri Şekil 4.1a-b'deki grafiklerde, 5KPC\_0.75 binasına göre hesaplanan rölatif farklar Tablo 4.1'de verilmiştir.

Şekil 4.1a-b'deki grafiklerden ortalama ve en elverişsiz yerdeğiştirme profillerinin benzer karakteristikte oldukları görülmüştür. TBDY-2018 kriteriumlarına uygun olarak tasarlanan 5KPC\_0.75 ile taşıyıcı sistemi süneklik düzeyi yüksek olarak teşkil edilen 5KPC\_0.60 ve 5KPC\_0.45 binalarının kat yerdeğiştirme talepleri oldukça yakındır. Burada, ortalama sonuçlar bakımından 5KPC\_0.75'e göre 5KPC\_0.60 ve 5KPC\_0.45 binalarına ait yerdeğiştirme taleplerinin, sırasıyla, en fazla  $\approx\%11$  ve  $\approx\%37$  daha fazla olduğu, en elverişsiz sonuçlar bakımından ise hesaplanan rölatif farkların, sırasıyla,  $\%8$  ve  $\%19$  olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.1 ve Tablo 4.1).

Taşıyıcı sistemi perdesiz olarak teşkil edilen süneklik düzeyi yüksek 5KC'deki yerdeğiştirme talepleri, beklenildiği gibi, çok daha fazladır. Bu bina için 1. kat yerdeğiştirme talebinin 5KPC\_0.75'e göre  $\approx\%277$  oranında daha fazla olduğu, tüm katlara ait oranların ortalaması gözönüne alındığında bu farkın  $\approx\%184$  olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.1 ve Tablo 4.1). 11 deprem kaydına ait en elverişsiz sonuçlar bakımından en büyük ve katların ortalama değişimleri, sırasıyla,  $\approx\%170$  ve  $\approx\%123$  oranında daha büyük hesaplanmıştır (Şekil 4.1 ve Tablo 4.1).

Gerçekleştirilen doğrusal-elastik olmayan analizler çerçevesinde, asmolen döşemeli betonarme binalarda yatay deprem etkisi altında oluşacak yatay yerdeğiştirme taleplerini kontrol etmede perde elemanların önemi ortaya çıkmaktadır. Buna karşın, TBDY-2018'de belirtilen devrilme momenti oranının gereğinden fazla güvende olduğu, süneklik düzeyi yüksek perde-çerçeve sistemler için önerilen  $0.75M_0 > \sum M_{de} > 0.4M_0$  koşulunun yeterli olacağı düşünülmektedir.



**Şekil 4.1:** Binaların a) ortalama ve b) en elverişsiz kat yerdeğiştirme profilleri.

**Tablo 4.1:** Binaların kat yerdeğiştirme taleplerine ait rölatif değişimler.

Kat	Sonuçlar	Kat yerdeğiştirme taleplerindeki değişimler			
		5KPC_0.75 [1]	5KPC_0.60 [2]	5KPC_0.45 [3]	5KC [4]
		$\delta_i$ (m)	$\frac{[2] - [1]}{[1]}$ (%)	$\frac{[3] - [1]}{[1]}$ (%)	$\frac{[4] - [1]}{[1]}$ (%)
5	Ortalama	0.0746	+11.1	+36.7	+137.2
	En elverişsiz	0.1637	+7.5	+18.8	+108.0
4	Ortalama	0.0571	+10.5	+35.0	+148.2
	En elverişsiz	0.1262	+6.6	+18.3	+107.6
3	Ortalama	0.0394	+9.8	+32.5	+163.7
	En elverişsiz	0.0883	+5.6	+17.7	+111.0

**Tablo 4.2:** Binaların kat yerdeğiştirme taleplerine ait rölatif değişimler (devam).

2	<i>Ortalama</i>	0.0223	+9.3	+30.3	+192.1
	<i>En elverişsiz</i>	0.0509	+4.0	+17.2	+118.4
1	<i>Ortalama</i>	0.0073	+7.6	+34.2	+276.9
	<i>En elverişsiz</i>	0.0174	-0.6	+17.1	+169.5

#### 4.2 Görelî Kat Ötelemesi Taleplerinin Değerlendirilmesi

Farklı deprem yer hareketleri için elde edilen kat yerdeğiştirme taleplerinden yararlanılarak binaların görelî kat ötelemesi talepleri Şekil 4.2a-b’de “*ortalama*” ve “*en elverişsiz*” durumlar için hesaplanmıştır. Ayrıca, 5KPC\_0.75 binası referans alınarak diğer binalara ait öteleme taleplerindeki rölatif değişimler Tablo 4.2’de verilmiştir.

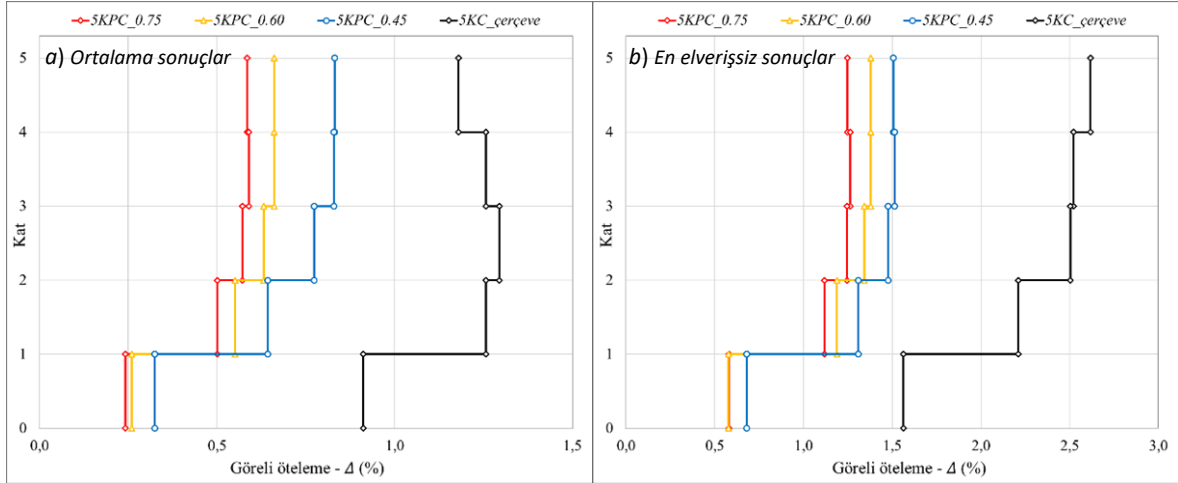
Şekil 4.2a-b’ye göre, perde-çerçeve binaların “*ortalama*” ve “*en elverişsiz*” görelî kat ötelemesi profilleri oldukça benzer bir karakteristik göstermiştir. 5KPC\_0.75’e göre 5KPC\_0.60 binanın ortalama ve en elverişsiz kat öteleme talepleri çatı katında kritik olmakla birlikte, sırasıyla, %13, %10.5 oranlarında artmıştır. 5KPC\_0.45’deki bu değişim bir miktar daha fazladır (ortalama: %42.1; en elverişsiz: %20.6) (Şekil 4.2 ve Tablo 4.2).

Taşıyıcı sistemi süneklik düzeyi yüksek çerçevelerden teşkil edilen 5KC’de ortalama öteleme profilleri alt katlarda daha kritik iken en elverişsiz sonuçlar bakımından çatı katı kritik hale gelmiştir. Her iki parametre için hesaplanan kat öteleme talepleri perde-çerçeve sistemlere göre aşırı derecede büyüktür (>%250). 5KPC\_0.75’e göre bu bina için “*ortalama*” ve “*en elverişsiz*” hesaplanan görelî kat ötelemelerinin en büyüğü, sırayla,  $\approx 2.77$  kat ve  $\approx 1.70$  kat daha büyüktür (Şekil 4.2 ve Tablo 4.2).

Elde edilen yerdeğiştirme ve görelî öteleme sonuçları incelendiğinde, deprem etkisi altındaki asmolon döşemeli salt çerçeve binalar yatay öteleme taleplerini sınırlandırmada yetersiz kalmaktadır. Planda teşkil edilen perde miktarından ve süneklik düzeyinden bağımsız olarak perdelerin sağladığı yatay rijitlik sayesinde ötelemelerin oldukça sınırlı hale geldiği ve konsol davranışına yakın bir öteleme profilinin oluştuğu belirlenmiştir (Şekil 4.2).

Yapı sistemlerinin Şekildeğiştirme bazlı analizlerinde yapısal olmayan elemanların hasar durumları daha çok görelî kat ötelemeleri ile ilişkilidir. Bu nedenle, dişli döşemeli ve derin kirişli plak döşemeli sistemlerde görelî kat ötelemelerinin sınırlandırılması açısından

TBDY-2018’de belirtilen perde kullanım zorunluluğu önem kazanmaktadır. Tez kapsamı çerçevesinde elde edilen sonuçlara göre asmolen döşemeli düzenli betonarme binalar için yönetmelikteki  $\sum M_{dev} > 0.75M_0$  koşulu yerine süneklik düzeyi yüksek sistemler için belirtilen  $0.75M_0 > \sum M_{dev} > 0.4M_0$  koşulunun yeterli olacağı düşünülmektedir.



Şekil 4.2: Binaların a) ortalama ve b) en elverişsiz görel kat öteleme profilleri.

Tablo 4.3: Binaların görel kat öteleme taleplerine ait rölatif değişimler.

Kat	Sonuçlar	Kat öteleme taleplerindeki değişimler			
		5KPC_0.75 [1] $\Delta_i = \frac{\delta_i - \delta_{i-1}}{h_i}$	5KPC_0.60 [2] $\frac{[2] - [1]}{[1]}$ (%)	5KPC_0.45 [3] $\frac{[3] - [1]}{[1]}$ (%)	5KC [4] $\frac{[4] - [1]}{[1]}$ (%)
5	Ortalama	0.5850	+13.0	+42.1	+101.7
	En elverişsiz	1.2482	+10.5	+20.6	+109.6
4	Ortalama	0.5889	+12.1	+40.7	+113.5
	En elverişsiz	1.2635	+9.1	+19.7	+99.6
3	Ortalama	0.5708	+10.6	+35.4	+126.7
	En elverişsiz	1.2462	+7.7	+18.5	+100.8
2	Ortalama	0.5005	+10.1	+28.4	+151.2
	En elverişsiz	1.1176	+6.4	+17.2	+97.9
1	Ortalama	0.2419	+7.6	+34.2	+276.9
	En elverişsiz	0.5798	-0.6	+17.1	+169.5

### 4.3 Kiriş Plastik Dönme Taleplerinin Değerlendirilmesi

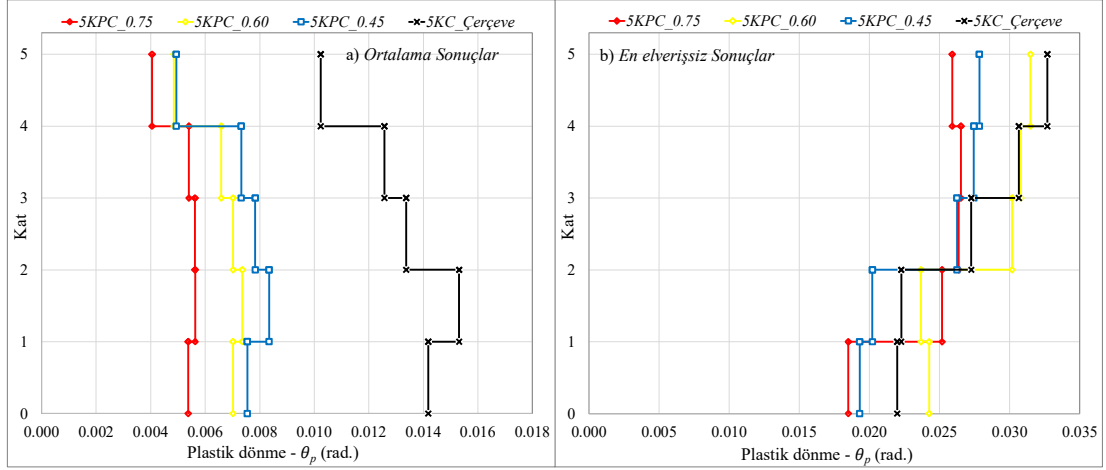
Çalışma kapsamında incelenen betonarme binaların farklı deprem kayıtları için kiriş plastik kesitlerinde elde edilen plastik dönme taleplerinin kat bazındaki “ortalama” ve “en elverişsiz” durumları hesaplanarak hasar profilleri belirlenmiştir (Şekil 4.3a-b). 5KPC\_0.75 binası için elde edilen sonuçlar referans alınarak, diğer taşıyıcı sistemlerin kiriş plastik dönme taleplerindeki rölatif değişimler değerlendirilmiştir (Tablo 4.3).

Şekil 4.3a-b’den görüleceği üzere, üç perde-çerçeve binaya ait kat kiriş plastik dönme taleplerinin birbirleri ile oldukça uyumlu olduğu söylenebilir. Taşıyıcı sistemlere ait devrilme momenti oranı azaldıkça, beklenildiği gibi, kiriş plastik dönme talepleri %50’ye ulaşan oranlarda artmıştır (Şekil 4.3 ve Tablo 4.3). 5KC sistemde yatay yükler altında oluşan dönme talepleri perde-çerçeve sistemlere göre çok daha büyük mertebelindedir. Çerçeve sistemde, ortalama kat talepleri bakımından en büyük dönme 2. katta iken, en elverişsiz kiriş dönmesinin 4. katta olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.3a-b).

Süneklik düzeyi karma olarak teşkil edilen 5KPC\_0.75’e göre süneklik düzeyi yüksek 5KPC\_0.60 ve 5KPC\_0.45 perde-çerçeve binalara ait ortalama kiriş dönme taleplerinin, sırasıyla, %30.8 ve %48.2’ye ulaşan oranlarda fazla olduğu belirlenmiştir. Kiriş elemanların hasar düzeylerine ait yönetmelikteki şekildeğiştirme sınırları dikkate alındığında, plastik dönmeler arasında oluşan farkların oldukça küçük olduğu söylenebilir.

Perde-çerçeve binalarda ortalama dönme talepleri bakımından hesaplanan rölatif farklar, en elverişsiz sonuçlar gözönüne alındığında bir miktar azalmaktadır (Tablo 4.3). Süneklik düzeyi yüksek çerçevelerden teşkil edilen 5KC için ortalama kat kiriş plastik dönme talepleri 5KPC\_0.75 binasına göre %132.7 ile %172.1 arasında değişen oranlarda daha fazla elde edilmiştir. Bunun sonucunda, 2. kat kirişlerinin bir kısmı ile 3,4 ve 5. kat kirişlerinin çoğu plastik kesitinde “İleri Hasar Bölgesi”nde hasar meydana gelmiştir (Şekil 4.3 ve Tablo 4.3).

Perde devrilme momenti oranı en yüksek olan 5KPC\_0.75 ile taşıyıcı sistemi perdesiz teşkil edilen 5KC binası arasında en elverişsiz plastik dönmeler bakımından en büyük rölatif fark  $\approx$ %26’dır. Kiriş kesitlerdeki bu taleplerin yakın olmasının nedeni, yatay deprem etkisi altında konsola yakın davranış gösteren boşluksuz perdelerle mesnetlenen kısa kirişlerdeki dönmelerin lokal olarak büyük değerlere ulaşabilmesinden kaynaklanmaktadır.



**Şekil 4.3:** Binaların kat bazında a) ortalama ve b) en elverişsiz kiriş plastik dönme profilleri.

**Tablo 4.4:** Binaların kat kiriş plastik dönme taleplerine ait rölatif değişimler.

Kat	Sonuçlar	Kiriş plastik taleplerindeki değişimler			
		5KPC_0.75 [1] $\theta_p$ (rad.)	5KPC_0.60 [2] $\frac{[2] - [1]}{[1]}$ (%)	5KPC_0.45 [3] $\frac{[3] - [1]}{[1]}$ (%)	5KC [4] $\frac{[4] - [1]}{[1]}$ (%)
5	Ortalama	0.0054	+30.5	+40.4	+163.9
	En elverişsiz	0.0185	+31.1	+4.4	+18.8
4	Ortalama	0.0056	+30.8	+48.2	+172.1
	En elverişsiz	0.0252	-6.0	-19.8	-11.6
3	Ortalama	0.0056	+24.9	+39.3	+137.9
	En elverişsiz	0.0264	+14.5	-0.4	+3.5
2	Ortalama	0.0054	+21.9	+35.5	+132.7
	En elverişsiz	0.0265	+16.1	+3.5	+15.6
1	Ortalama	0.0040	+19.9	+22.1	+153.0
	En elverişsiz	0.0259	+21.6	+7.5	+26.2

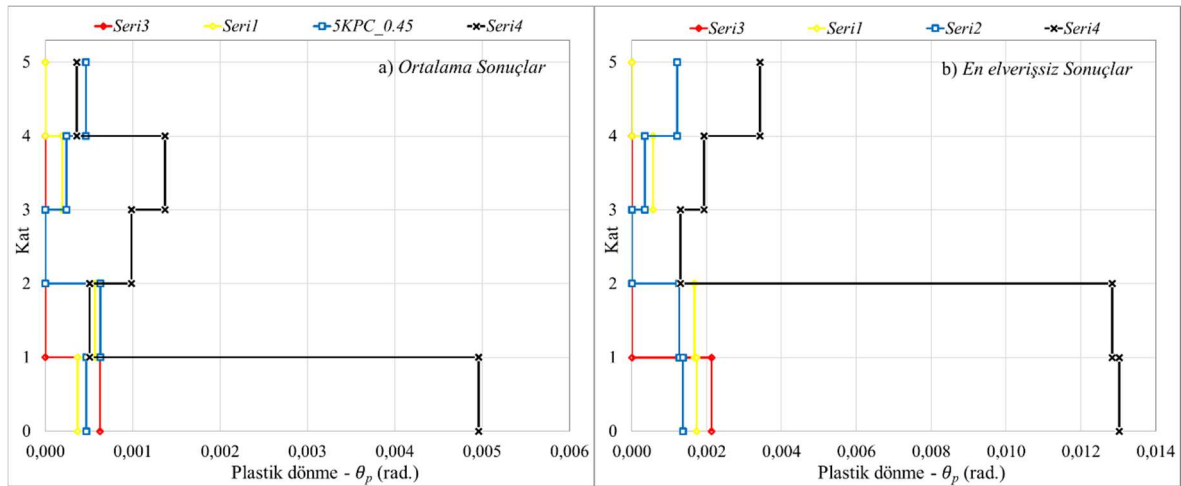
#### 4.4 Kolon Plastik Dönme Taleplerinin Değerlendirilmesi

Planda aynı döşeme sistemine sahip betonarme binaların doğrusal-elastik olmayan analizleri sonucunda her kolon plastik kesitindeki “ortalama” ve “en elverişsiz” plastik dönme talepleri hesaplanarak, kat şekildeğiştirme profilleri belirlenmiştir (Şekil 4.4a-b). Çalışmada incelenen 5KPC\_0.75 binasının üst katlarında plastikleşme olmaması nedeniyle, diğer taşıyıcı sistemlerin hangi oranda sonuç verdiği sadece en alt kat kolonların alt uçlarındaki kesitlerde değerlendirilmiştir (Tablo 4.4).

Farklı taşıyıcı sistemlere sahip perde-çerçeve sistemlerin analizleri sonucunda, kat kolon plastik dönme profilleri benzer dağılımlar göstermekle birlikte elde edilen dönme talepleri

oldukça küçüktür. Bu sistemlerin kolon plastik kesitlerindeki hasar durumlarının doğrusal-elastik sınıra çok yakın olduğu görülmektedir (Şekil 4.4a-b). Bu sonuç, betonarme binaların deprem etkisi altındaki tasarımlarında planda perde teşkilinin ve kapasite tasarım ilkelerinin önemini ortaya çıkarmaktadır.

Diğer taraftan, 5KC'nin üst kat kolon plastik kesitlerinde oluşan dönme talepleri diğer binalara benzer şekilde küçük olmasına karşın, en alt kat kolonlarının alt uçlarındaki dönme talepleri oldukça büyük değerlere ulaşmıştır. 5KPC\_0.75, 5KPC\_0.60 ve 5KPC\_0.45 binalarının en alt kat kolonlarındaki ortalama plastik dönmeleri, sırasıyla, 0.00063 rad., 0.00037 rad. ve 0.00047 rad. mertebelerinde iken çerçeve sistemde çok daha artarak  $\approx 0.005$  rad'a ulaşmıştır. Bununla birlikte, salt çerçeve sistemde alt katta hesaplanan en elverişsiz plastik dönmeler ortalama taleplere göre yaklaşık 2.6 kat daha fazladır (Şekil 4.4 ve Tablo 4.4).



Şekil 4.4: Binaların a) ortalama ve b) en elverişsiz kolon plastik dönme profilleri.

Tablo 4.5: Binaların kat kolon plastik dönme talepleri.

Kat	Sonuçlar	Kolon plastik taleplerindeki değişimler			
		5KPC_0.75 [1] $\theta_p$ (rad.)	5KPC_0.60 [2] $\theta_p$ (rad.)	5KPC_0.45 [3] $\theta_p$ (rad.)	5KC [4] $\theta_p$ (rad.)
5	Ortalama			0.00046	0.00036
	En elverişsiz		Doğrusal-elastik	0.00084	0.00342
4	Ortalama		0.00020	0.00024	0.00137
	En elverişsiz	Doğrusal-elastik	0.00057	0.00188	0.00193
3	Ortalama				0.00098
	En elverişsiz		Doğrusal-elastik	Doğrusal-elastik	0.00130

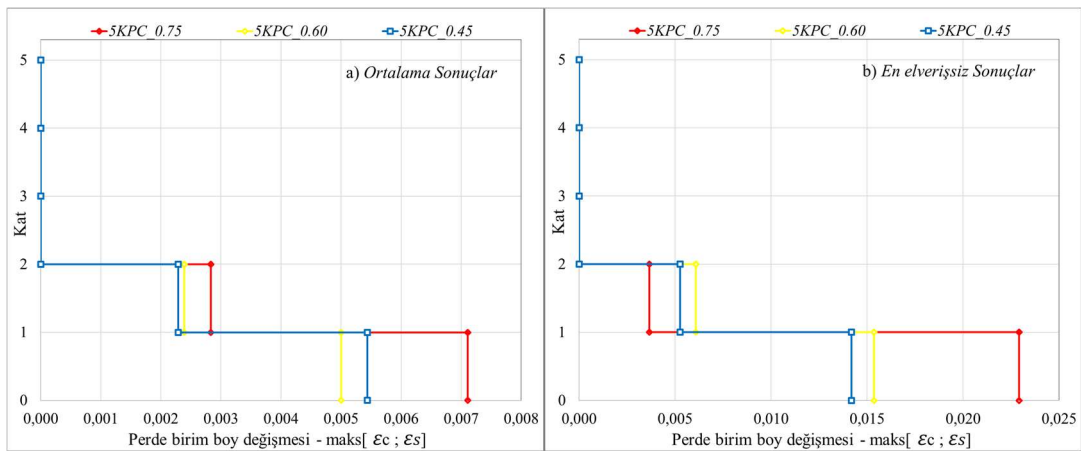
**Tablo 4.6:** Binaların kat kolon plastik dönme talepleri (devam).

2	<i>Ortalama</i>		0.00057	0.00063	0.00051
	<i>En elverişsiz</i>		0.00167	0.00266	0.01283
1	<i>Ortalama</i>	0.00063	0.00037	0.00047	0.00496
	<i>En elverişsiz</i>	0.00213	0.00173	0.00136	0.01302

#### 4.5 Perde Birim Boy Değişmesi Taleplerinin Değerlendirilmesi

Çalışma kapsamında incelenen perde-çerçeve binalarda, kabuk elemanlar ile modellenen perde fiber kesitlerdeki beton ve beton çeliğine ait “ortalama” ve “en elverişsiz” birim boy değişmesi profilleri ( $\varepsilon_c ; \varepsilon_s$ ), 1. ve 2. katlar için hesaplanmıştır (Şekil 4.5a-b). Doğrusal- elastik sınırın aşıldığı fiber kesitlerde  $\varepsilon_s$  birim boy değişmeleri betondaki  $\varepsilon_c$  kısaltmalarından daha kritik olduğundan, karşılaştırmalar ve değerlendirmeler beton çeliğindeki  $\varepsilon_s$  talepleri için yapılmıştır (Şekil 4.5a-b ve Tablo 4.5).

Şekil 4.5a-b ve Tablo 4.5’de sunulan birim şekildeğişme talepleri ve profilleri incelendiğinde, ortalama birim boy değişmesi talepleri bakımından oldukça yakın sonuçlar elde edilmiştir. TBDY-2018’deki devrilme momenti kriterini sağlayan 5KPC\_0.75 binadaki en elverişsiz birim şekildeğiştirme talebinin, yüksek süneklikte tasarlanan 5KPC\_0.60 ve 5KPC\_0.45’e göre, sırasıyla, %33 ve %38.1 daha büyük olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.5). Bunun nedeni, devrilme momenti oranı 0.75 olan karma sistemin yatay yükler altında daha fazla kesme kuvveti aktarması olarak açıklanabilir. Her üç perde çerçeve bina için birim şekildeğiştirmeler bazındaki talepler arasındaki mutlak farkların yapısal değerlendirilmeyi değiştirmeyecek mertebede küçük olduğu söylenebilir.

**Şekil 4.5:** Binaların a) ortalama ve b) en elverişsiz perde birim boy değişimi talepleri.



**Tablo 4.7:** Perde-çerçeve binalardaki birim boy değişimi taleplerine ait rölatif değişimler.

Kat	Sonuçlar	Perde birim boy değişmesi taleplerindeki değişimler		
		5KPC_0.75 [1]	5KPC_0.60 [2]	5KPC_0.45 [3]
		$\varepsilon_s$	$\frac{[2] - [1]}{[1]}$ (%)	$\frac{[3] - [1]}{[1]}$ (%)
5	<i>Ortalama</i>			
	<i>En elverişsiz</i>			
4	<i>Ortalama</i>	<i>Doğrusal-elastik</i>	<i>Doğrusal-elastik</i>	<i>Doğrusal-elastik</i>
	<i>En elverişsiz</i>			
3	<i>Ortalama</i>			
	<i>En elverişsiz</i>			
2	<i>Ortalama</i>	0.00283	-15.5	-19.1
	<i>En elverişsiz</i>	0.00367	+66.0	+43.4
1	<i>Ortalama</i>	0.00711	-29.7	-23.5
	<i>En elverişsiz</i>	0.02292	-33.0	-38.1

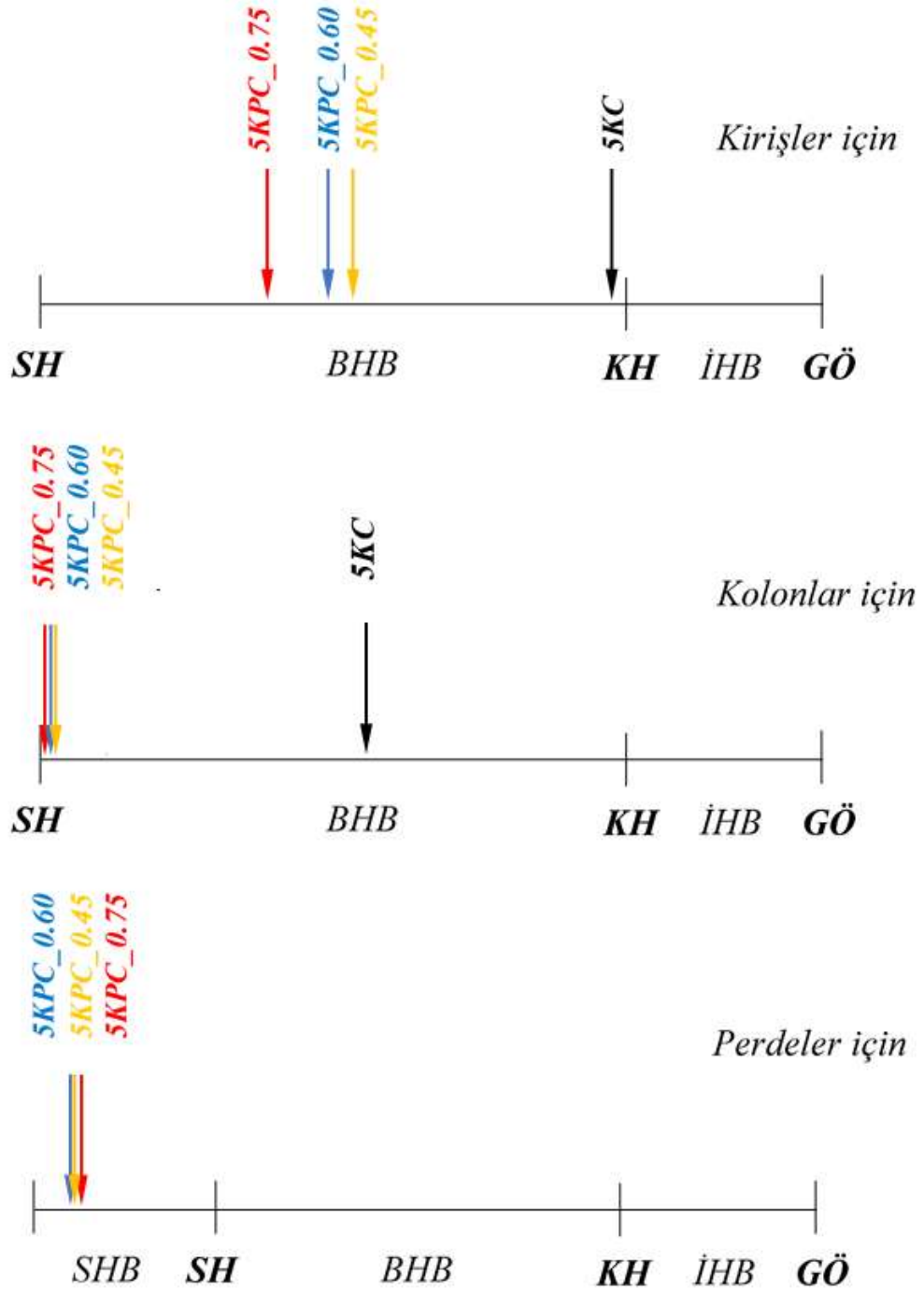
#### 4.6 Bina Performans Düzeylerinin Değerlendirilmesi

Çalışmada incelenen farklı süneklik düzeyi ve taşıyıcı sistemlere sahip asmolon döşemeli binaların kiriş, kolon ve perde elemanlarındaki doğrusal-elastik olmayan plastik şekildeğiştirme talepleri esas alınarak hasar düzeyleri TBDY-2018'deki sınırlar çerçevesinde Şekil 4.6'da gösterilmiştir.

İncelenen üç perde-çerçeve binanın kiriş plastik kesitlerindeki hasar durumları “*Sınırlı Hasar*” ve “*Kontrollü Hasar*” performans düzeyleri arasındaki “*Belirgin Hasar Bölgesi*”nde elde edilmiştir. Planda aynı döşeme sistemine sahip binaların taşıyıcı sistemleri birbirinden farklı olmasına karşın, kiriş plastik dönme talepleri arasında belirgin bir fark oluşmamıştır (Şekil 4.6). Perde içermeyen 5KC sistemde ise, hasar düzeyinin “*Kontrollü Hasar*” performans düzeyi sınırına çok yakın olduğu görülmüştür.

Kolon plastik kesitlerindeki hasar durumları incelendiğinde, perde devrilme momenti oranında bağımsız olarak perde-çerçeve binalarda doğrusal-elastik sınıra çok yakın şekildeğiştirmeler elde edilmiştir (Şekil 4.6). 5KC binasında “*Whitter Narrow*”, “*Big Bear*” ve “*Palm Spring*” gibi bazı deprem kayıtları için sistemde düğüm noktası ve panel mekanizmaları olduğundan kolon elemanlara ait hasar durumunun “*Kontrollü Hasar*” performans sınırına yaklaşan “*Belirgin Hasar Bölgesi*”nde olduğu görülmüştür (Şekil 4.6).

Süneklik düzeyi yüksek boşluksuz tüm perde elemanlarına ait hasar düzeylerinin “*Sınırlı Hasar*” performans düzeyine çok yakın olduğu belirlenmiştir. Bu noktada, planda farklı oranlarda perde teşkilinin ve taşıyıcı sistem seçiminin birim şekildeğiştirme talepleri üzerinde önemli bir etki oluşturmadığı sonucu çıkarılabilir.



Şekil 4.6: Binaların yapısal elemanlarındaki performans düzeyleri.

## 5. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR

Sunulan tez çalışmasında, planda tek doğrultulu dolgulu dişli (asmolen) döşemeli betonarme binalar üzerinde TBDY-2018’de öngörülen perde oranının şekildeğiştirme bazlı davranış büyüklükleri üzerindeki etkisi doğrusal-elastik olmayan teori altında irdelenmiştir. Bu kapsamda, planda ve düşeyde düzensizliği bulunmayan süneklik düzeyi karma 5 katlı ve TBDY-2018’de belirtilen devrilme momenti oranı ( $\Sigma M_{dev} \geq 0.75M_o$ ) şartını sağlayan perde-çerçeve bir bina, devrilme momenti oranı 0.60 ve 0.45 olan 5 katlı 2 adet perde-çerçeve bina ve taşıyıcı sistemi perdesiz salt çerçevelerden oluşturulan 1 adet binanın 11 adet gerçek deprem ivme kaydı altında ZTADOA’leri gerçekleştirilmiştir. Analizler sonucunda binaların; kat yerdeğiştirme talepleri, görelî kat ötelemesi talepleri, kat kesme kuvveti talepleri, plastikleşen kesitlerin sistemdeki dağılımları, taşıyıcı sistem elemanlarının doğrusal-elastik olmayan şekildeğiştirme talepleri ve performans düzeyleri değerlendirilmiştir.

Çalışmada kapsamında gözönüne alınan binalar için elde edilen sonuçlar ve değerlendirmelerin, yapılan idealleştirmeler dikkate alınarak benzer betonarme sisteme sahip binalar için de geçerli olacağı düşünülmektedir.

- Farklı devrilme oranlarına sahip bina sistemlerinin yerdeğiştirme talepleri ( $\delta_i$ ) incelendiğinde, beklenildiği gibi, devrilme momenti oranı arttıkça, artan yatay rijitliğe bağlı olarak yerdeğiştirmeler daha sınırlı hale gelmiştir. Burada, plandaki perde teşkilinin ikinci mertebe etkileri sınırlamadaki önemi belirgin şekilde ortaya çıkmıştır. Tüm binalar için en büyük yerdeğiştirme talepleri “*Morgan Hill*” deprem ivme kaydı için oluşmuştur.
- Taşıyıcı sistemi perde-çerçeve teşkil edilen binalarda ortalama kat öteleme taleplerinin en büyüğü, üst katlarda oluşmasına karşın, 5KC çerçeve sistemde beklendiği gibi orta katlarda (2. ve 3. katlarda) oluşmaktadır. Bununla birlikte, perde-çerçeve binaların 1. katındaki öteleme oranının oldukça sınırlı kaldığı (<0.5), üst katlarda ise planda farklı perde teşkilinin öteleme talepleri üzerinde önemli bir etki oluşturmadığı sonucu çıkarılabilir. Buna karşın, çerçeve sistemdeki kolonların yatay rijitlikleri, perde elemanlara kıyasla daha sınırlı kaldığından kat ötelemelerinin kontrol edilmesinde salt çerçeve taşıyıcı sistemin yetersiz kaldığı çok açık görülmektedir.

- TBDY-2018’de belirtilen kriterlere uygun tasarlanan 5KPC\_0.75 binasındaki kiriş plastik dönme talepleri, 5KPC\_0.60, 5KPC\_0.45 ve 5KC için elde edilenlerden, beklenildiği gibi, daha düşüktür. Tüm perde-çerçeve binalardaki plastik şekildeğiştirmeler büyük çoğunlukla “*Sınırlı Hasar*” ve “*Kontrollü Hasar*” performans düzeyi arasındaki “*Belirgin Hasar Bölgesi*”nde kalmıştır. Devrilme momenti oranı daha az olan 5KPC\_0.60 ve 5KPC\_0.45 binalarındaki şekildeğiştirme düzeyleri (hasar düzeyleri) birbirlerine çok yakın olmakla birlikte birkaç plastik kesitin “*İleri Hasar Bölgesi*”ne geçtiği belirlenmiştir. 5KC çerçeve sistemde ise, ilk kattaki tüm kiriş plastik dönmelerinin “*Belirgin Hasar Bölgesi*”nde olduğu, üst katlara doğru şekildeğiştirme taleplerinin artarak çoğunlukla “*İleri Hasar Bölgesi*”ne geçtiği ve “*Göçmenin Önlenmesi*” performans sınırına yaklaştığı görülmüştür.
- TBDY-2018’e uygun tasarlanan 5KPC\_0.75’de sadece en alt kat kolonların alt uçlarında plastik kesitlerin oluştuğu ve bu kesitlerdeki ortalama şekildeğiştirmelerinin doğrusal-elastik sınıra çok yakın ( $\theta_p < 0.002$  rad.) olduğu belirlenmiştir. Devrilme momenti oranı daha düşük olan 5KPC\_0.60 ve 5KPC\_0.45 binaların üst katlarında plastik kesitler oluşmasına karşın şekildeğiştirme değerleri oldukça küçüktür. Diğer taraftan, taşıyıcı sistemi perdesiz teşkil edilen 5KC’de çok sayıda kolon enkesiti doğrusal-elastik sınırı aşarak plastikleşmiştir. Bu sistem için elde edilen plastik dönme talepleri perde-çerçeve sistemlere kıyasla daha büyük mertebelere sahiptir. Buna karşın, “*Kontrollü Hasar*” performans düzeyine ait dönme sınırları geniş bir bantta olduğundan, plastik kesitlerin hiçbiri “*İleri Hasar Bölgesi*”ne geçmemiştir. Bu sonuç, dolgulu dişli döşemeli betonarme binaların yatay deprem etkisi altındaki davranışını kontrol etmede ve hasarın sınırlanmasında perde kullanımının önemini ortaya çıkarmaktadır.
- Fiber kesitler ile modellenen betonarme perde elemanlardaki ortalama birim boy değişmesi talepleri ( $\varepsilon_c$  ve  $\varepsilon_s$ ) incelendiğinde, 5KPC\_0.75’deki boşluksuz perdeler yatay yükler altında diğer binalara göre daha fazla kesme kuvveti taşıdığından birim boy değişmesi talepleri  $\approx$ %30 daha fazladır. Buna karşın, tüm perde-çerçeve binalara ait ortalama birim boy değişmesi taleplerinin ( $\varepsilon_c$  ve  $\varepsilon_s$ ) “*Sınırlı Hasar*” performans düzeyinde olduğu söylenebilir .

- Farklı devrilme momenti oranlarına sahip karma ve yüksek süneklikte tasarlanan asmolen döşemeli perde-çerçeve binalar için elde edilen plastik şekildeğiştirme talepleri birlikte değerlendirildiğinde, TBDY-2018’de karma taşıyıcı sistemler için belirtilen  $\sum M_{dev} > 0.75M_0$  devrilme momenti oranı koşulunun plastik şekildeğiştirme talepleri bakımından gerekenden fazla güvenli sonuç verdiğini göstermektedir. Bu tür düzenli binaların, süneklik düzeyi yüksek perde ve çerçeveler ile teşkil edilmesi durumunda ( $0.75M_0 > \sum M_{dev} \geq 0.4M_0$ ) yönetmelikte öngörülen performans hedefinin sağlanacağı söylenebilir. Buna karşın, taşıyıcı sistemin perdesiz olarak teşkil edilmesi halinde oluşacak aşırı plastik şekildeğiştirme durumunun binayı göçme durumuna getirebileceği düşünülmektedir.
- Perde-çerçeve binalara ait ortalama şekildeğiştirme talepleri incelendiğinde, kiriş plastik kesitlerinin “Sınırlı Hasar Bölgesi” ile “Belirgin Hasar Bölgesi”nde (BHB) olduğu, süneklik düzeyi yüksek olarak tasarlanan 5KPC\_0.60 ve 5KPC\_0.45 binalarında birkaç kesitin “İleri Hasar Bölgesi”ne (İHB) geçtiği belirlenmiştir (Tablo 3.7-3.8). Taşıyıcı sistemi perdesiz teşkil edilen 5KC sistemde ise, en alt kattaki tüm kirişler ile 2. kattaki kirişlerin büyük çoğunluğu BHB’nde iken, üst kat kirişlerinin çoğunluğunda şekildeğiştirmelerin İHB’ne geçtiği belirlenmiştir.
- Çalışma kapsamında elde edilen şekildeğiştirme bazlı davranış büyüklükleri incelendiğinde, TBDY-2018’de süneklik düzeyi karma sistemler için verilen kriterlerin gerekli olduğu ancak gerekenden fazla olduğu, bu sistemlerin süneklik düzeyi yüksek olarak tasarlanmasının ve daha az devrilme momenti oranının yeterli olacağı düşünülmektedir.

Tez çalışması kapsamında incelenmemiş, ileride yapılacak benzer çalışmalar için öngörülen konular aşağıda verilmiştir.

- Planda ve/veya düşeyde düzensizliğe sahip burulma etkisindeki asmolen döşemeli betonarme binalar üzerinde devrilme momenti oranının şekildeğiştirme bazlı davranış talepleri için sayısal incelenmesi,

- Farklı plan geometrisi ve kat yüksekliklerine sahip asmolen döşemeli betonarme binalar üzerinde, TBDY-2018'deki devrilme momenti oranının parametrik araştırılması
- Tek veya çift doğrultulu dişli döşemeli betonarme sistemler için devrilme momenti ve taban kesme kuvveti oranı parametreleri için bir korelasyonun araştırılması
- Benzer bina sistemlerinin doğrusal-elastik olmayan performansa dayalı tasarım ve değerlendirmesinin, doğrusal-elastik olmayan statik analizler çerçevesinde gerçekleştirilmesi önerilmektedir.

## 6. KAYNAKLAR

- ABYYHY (1968). Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik. İmar ve İskân Bakanlığı, Ankara.
- ABYYHY (1975). Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik. İmar ve İskân Bakanlığı, Ankara.
- ABYYHY (1998). Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik. İmar ve İskân Bakanlığı, Ankara.
- Akyıldız, A. T. ve Girgin, K. (2017). İstanbul'un Kentsel Dönüşümü için Üretilen Binaların Deprem Güvenliklerinin Araştırılması. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 19(55), 100-121.
- ACI (2008). Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-08) and Commentary (318-08). ACI Committee 318, American Concrete Institute, Farmington Hills, Michigan, USA.
- ASCE 41-06 (2006). Seismic Rehabilitation of Existing Buildings. American Society of Civil Engineers, ASCE/SEI 41-06, Reston, Virginia.
- ASCE 41-17 (2017). Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings. American Society of Civil Engineers, Reston, VA, USA.
- ATC 40 (1996). Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings. Applied Technology Council, Vol. 1, Redwood City, California.
- Burak, B. ve Çömlekoğlu H. G. (2013). Effect of Shear Wall Area to Floor Area Ratio on the Seismic Behavior of Reinforced Concrete Buildings. Journal of Structural Engineering, 139(11),1928-1937.
- CEN. Eurocode 8, (2004). Design of Structures for Earthquake Resistance. Part 1: General Rules, Seismic Actions and Rules for Buildings. European Standard EN 1998-1:2003-Comite' Europe'en de Normalisation, Brussels, Belgium.
- Chopra, A.K. (2000). Dynamics of Structures: Theory and Applications to Earthquake Engineering. New Jersey: Prentice Hall.
- Çakıroğlu, A.ve Özer, E. (1980). Malzeme ve Geometri Değişimi Bakımından Lineer Olmayan Sistemler (Cilt:1). İstanbul: İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası.
- Çalışkan, M.S. (2019). Dairesel Enkesitli Betonarme Kolonların Direkt Yerdeğiştirme Esaslı Tasarımında Eşdeğer Akma Eğriliğinin Parametrik İrdelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir, 157s.

- DBYBHY (2007). Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Ankara.
- Deierlein, G. G., Reinhorn, A. M., ve Willford, M. R. (2010). Nonlinear Structural Analysis for Seismic Design, A Guide for Practicing Engineers. NEHRP Seismic Design Technical Brief No. 4, Applied Technology Council (ATC), California.
- Doğangün, A. (2021). Deprem-Zemin ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı. İstanbul: Birsen Yayınevi.
- Doğangün, A. (2004). Performance of Reinforced Concrete Buildings During the May 1, 2003 Bingöl Earthquake in Turkey. *Engineering Structures*, 26(6), 841- 856.
- Domínguez, D., López-Almansa., F. ve Benavent-Climent, A. (2016). Would RC Wide-beam Buildings in Spain Have Survived Lorca Earthquake (11-05-2011)?. *Engineering Structures Journal*, 108, 134-154.
- Dönmez, C., Karaarslan, E. ve Erberik, M. A. (2021). Yatık Kirişli, Tek Doğrultulu Dolgulu Dişli Döşeme Betonarme Çerçevelerin (Asmolen Çerçeveler) Kırılma Analizi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 37 (1), 159-174.
- Dönmez, C. (2013). Türkiye'deki Asmolen Yapıların Deprem Yeterliliği Konusunda Bir İrdeleme. 2. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi.
- Erberik, M. A. (2008). Fragility-Based Assessment of Typical Mid-Rise and Low-Rise RC Buildings in Turkey. *Engineering Structures*, 30(5), 1360-1374.
- FEMA 273 (1997). NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings. Federal Emergency Management Agency, Washington, DC.
- FEMA 356 (2000). Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings. Federal Emergency Management Agency, Washington, DC.
- Gómez-Martínez F, Alonso-Durá A, De Luca F. ve Verderame, G. M. (2016a). Ductility of Wide Beam RC Frames as Lateral Resisting System. *Bulleting of Earthquake Engineering*, 14(6), 1545-1569.
- Gómez-Martínez, F., Alonso-Durá A., De Luca, F. ve Verderame, G. M. (2016b). Seismic Performances and Behaviour Factor of Wide-beam and Deep-beam RC frames. *Earthquakes and Structures*, 125, 107-123.
- Günel, A. O. (2013). Influence of the shear wall area to floor area ratio on the seismic performance of existing reinforced concrete buildings (Master's thesis, Middle East Technical University).



- Hasgöl, U. (2004). Türk Deprem Yönetmeliğine Göre Boyutlandırılan Betonarme Binaların Performanslarının İrdelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir, 109s.
- Hasgöl, U. (2011). Betonarme Binaların Şekildeğiştirme Esaslı Doğrusal Olmayan Analizinde Deprem Doğrultusu Etkisinin İncelenmesi. Doktora Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir, 393s.
- Hognestad, E., Hanson, N.W. ve McHenry, D. (1955). Concrete Stress Distribution in Ultimate Strength Design. Journal of the American Concrete Institute, [27 \(4\), 455-480](#).
- Karaaslan, E. (2015). Seismic Performance Assessment of Wide Beam Infill Joist Block Frame Structures in Turkey. Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara, 83s.
- Kayhan A. H., (2012). Armoni Araştırması ile İvme Kaydı Seçimi ve Ölçeklendirme. İMO Teknik Dergi, 23(1), 5751-5775.
- Kent, D.C. ve Park, R. (1971). Flexural Members with Confined Concrete. Journal of Structural Division, 97 (7), 1969-1990.
- Kızıllkanat, A., Koçak, A., Coşar, A., Güney, D., Selçuk, M. ve Yıldırım, M. (2011). Yıldız Teknik Üniversitesi 23 Ekim 2011 Van Depremi Ön İnceleme Raporu. YTÜ.
- Lalaj, O., Çevik, O. ve Kayhan, A. H. (2019). Seismic Demand on 4-Story Limited Ductility Class Frames Designed According to TBEC2018. 5th International Conference on Earthquake and Seismology 5.ICEES, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara.
- Malviya, S. ve Tiwari, V.K. (2020). Behaviour of Flat Slab, Waffle Slab, Ribbed & Secondary Beam in a Multistorey Building under Seismic Response: A Review. International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET), 8(12).
- Mander, J.B., Priestley, M.J.N. ve Park, R. (1988). Theoretical Stress Strain Model for Confined Concrete. Journal of Structural Division, 114(8), 1804-1826.
- Mert. A., Fahjan, Y., Pınar, A. ve Hutchings, L. (2014). Prens Adaları Fayında Kuvvetli Yer Hareketi Benzeşimleri. İMO Teknik Dergi, 25(123), 6775-6804.
- Mohammad, A.U.R. ve Bharathi, D. (2016). Effect of Shear Wall Area to Floor Area Ratio on the Seismic Behavior of Reinforced Concrete Buildings. International Journal & Magazine of Engineering, Technology, Management and Research, 3(10), 1424-1433.

- Newmark, N. M. (1959). A Method of Computation for Structural Dynamics. *Journal of the Engineering Mechanics Division, ASCE*, 85 (3), 67–94.
- NZS (2006). *Concrete Structures Standard. Part 1-the Design of Concrete Structures*, NZS 3101 Part 1. New Zealand Standards, Wellington.
- ODTÜ Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi, (2012). 9 Kasım 2011 Mw 5.6 Van Edremit Depremi Sismik ve Yapısal Hasara İlişkin Gözlemler. Rapor No: METU-EERC / İMO 2012-01, Ankara.
- Özer, E. (2009). *Yapı Sistemlerinin Doğrusal Olmayan Analizi Ders Notları*. İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Paulay, T. ve Priestley, M.J.N. (1992). *Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings*. New York: John Wiley & Sons Inc.
- Popovic S. (1973). A Numerical Approach to the Complete Stress-strain Curve of Concrete. *Cement and Concrete Research*, 3(5), 583-599.
- Priestley, M.J.N., Calvi, G.M. ve Kowalsky, M.J. (2007). *Displacement Based Seismic Design of Structures*. Pavia: IUSS Press.
- ProtaStructure (2021). *Yapı Sistemlerinin Modellenmesi, Sonlu Elemanlar Analizi, Yönetmelik Destekli Tasarımı, Performans Değerlendirmesi ve Güçlendirilmesi için Çözüm Paketi Programı*. Prota Yazılım A.Ş. Ankara, Türkiye.
- Reinborn A.M., Roh H., Sivaselvan, M., Kunnath, S.K., Valles R.E, Madan A., Li C., Lobo R. ve Park Y.J. (2009). *IDARC2D Version 7.0: A Program for the Inelastic Damage Analysis of Structures*. Technical Report MCEER-09-006, University at Buffalo, State University of New York.
- Saatçioğlu, M. ve Razvi, S.R. (1992). Strength and Ductility of Confined Concrete. *Journal of Structural Engineering*, 118(6), 1590-1607.
- SAP2000 (2019). *Integrated Software for Structural Analysis and Design Program*. Computers and Structures Inc., Berkeley, California.
- Sezen, H., Elwood, K. J., Whittaker, A. S., Mosalam, K. M., Wallace, J. W. ve Stanton, J. F. (2000). *Structural Engineering Reconnaissance of the August 17, 1999 Kocaeli (Izmit), Turkey, Earthquake*. PEER 2000/09, Pacific Earthquake Engineering Research Center, University of California.
- Sheikh S.A. ve Uzumeri, S.M. (1982). Analytical Model for Concrete Confinement in Tied Columns. *Journal of Structural Division*, 108(12), 2703-2722.

- TBDY (2018). Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara.
- TS 500 (2000). Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Turker, K. ve Gungor, İ. (2018). Seismic Performance of Low and Medium-rise RC buildings with Wide-beam and Ribbed-slab. *Earthquakes and Structures*, 15(4), 383-393.
- VISION 2000 (1995). Performance Based Seismic Engineering of Buildings. Structural Engineers Association of California, Sacramento, CA.
- Vielma, J., Barbat, A. H. ve Oller, S. (2008). Seismic Performance of Waffled-slab Floor Buildings. *Structures and Buildings*, 169-182.
- Zakaria, A., Shiva Rama Krishna, M. ve Surendhar, S. V. (2019). Comparative Study of the Seismic Performance of RCC Building with Ribbed Slab and Grid Slab. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, 8(6S3), 139-144.

# **EKLER**

## EKLER

### EK A: Gözönüne Alınan Binaların Kolon, Kiriş ve Perde Elemanlarının Enkesit Boyutları ve Donatıları

**Tablo A.1:** Kolon enkesit boyutları ve beton çeliği özellikleri.

Bina	Kat	Kolon aksları	Enkesit boyutları (cm/cm)	Boyuna donatılar $A_s$ (cm <sup>2</sup> )	Enine donatılar
5KPC_0.75	1-5	A2-A4; B6; C1,C6; D1,D6; E1;F3-F5	40/40	12Φ14 (18.48 cm <sup>2</sup> )	Φ8/11/10
		B3-B4; C2-C5; D2-D5; E3-E4	55/55	16Φ16 (32.16 cm <sup>2</sup> )	Φ8/12/10
5KPC_0.60	1-5	A2, A4, A5; B1, B6; C1; D6; E1, E6; F2, F3, F5	40/40	12Φ14 (18.48 cm <sup>2</sup> )	Φ8/10/8
5KPC_0.45		B3-B4; C2-C5; D2-D5; E3-E4	55/55	16Φ16 (32.16 cm <sup>2</sup> )	Φ8/10/9
5KC	1-5	A1-A6; B1, B6; C1, C6; D1, D6; E1, E6; F1-F6	40/40	12Φ14 (18.48 cm <sup>2</sup> )	Φ8/10/8
		B2-B5; C2-C5; D2-D5; E2-E5	55/55	16Φ16 (32.16 cm <sup>2</sup> )	Φ8/10/9

**Tablo A.2:** Perde enkesit boyutları ve donatı özellikleri.

Bina	Kat	Perde	Boyutlar		Boyuna donatı		Enine donatı	
			Perde boyutu (cm/cm)	Başlık uzunluğu (cm)	Başlık	Gövde	Başlık	Gövde
5KPC_0.75	1-5	P101-P102; P107-P108	500/30	110	2*15Φ16	36Φ14		
		P103-P106	400/30	88	2*11Φ18	28Φ12		
5KPC_0.60	1-5	P101, P103, P110, P112	300/30	65	2*9Φ16	22Φ14	Φ8/7	Φ8/7
		P102; P104-P109; P111	350/30	67	2*11Φ16	26Φ12		
5KPC_0.45	1-5	P101-P112	250/25	65	2*8Φ16	12Φ12		

**Tablo A.3:** 5KPC\_0.75'nin X doğrultusundaki kiriş enkesit boyutları ve donatı özellikleri.

Kat	Aks	Enkesit bxh (cm x cm)		Kiriş mesnetlerdeki boyuna donatılar										
				1.açıklık		2.açıklık		3.açıklık		4.açıklık		5.açıklık		
				Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	
5	A1-A6	50 x 32	Üst	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12			
			Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12			4Φ12
	B1-B6	50 x 32	Üst	3Φ14	3Φ14+ 1Φ16	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14
			Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
	C1-C6	50 x 32	Üst	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ14	3Φ14+ 1Φ14	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ14	3Φ14+ 1Φ14	3Φ14+ 1Φ14	3Φ14+ 1Φ12
			Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
	D1-D6	50 x 32	Üst	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ14	3Φ14+ 1Φ14	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ14	3Φ14+ 1Φ14	3Φ14+ 1Φ14	3Φ14+ 1Φ12
			Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
	E1-E6	50 x 32	Üst	3Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 1Φ16	3Φ14+ 1Φ16	3Φ14
			Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
	F1-F6	50 x 32	Üst			3Φ14	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12
			Alt			4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
4	A1-A6	50 x 32	Üst	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 1Φ14			
			Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12			4Φ12
	B1-B6	50 x 32	Üst	3Φ14+ 1Φ16	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 1Φ20	3Φ14+ 1Φ20	3Φ14+ 1Φ20	3Φ14+ 1Φ20	3Φ14+ 2Φ18	3Φ14+ 2Φ18	3Φ14+ 1Φ16	
			Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	
	C1-C6	50 x 32	Üst	3Φ14+ 1Φ18	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 1Φ18	
			Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	
	D1-D6	50 x 32	Üst	3Φ14+ 1Φ18	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 1Φ18	
			Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	
	E1-E6	50 x 32	Üst	3Φ14+ 1Φ16	3Φ14+ 2Φ18	3Φ14+ 2Φ18	3Φ14+ 1Φ20	3Φ14+ 1Φ20	3Φ14+ 1Φ20	3Φ14+ 1Φ20	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 1Φ16	
			Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	
	F1-F6	50 x 32	Üst			3Φ14+ 1Φ14	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	
			Alt			4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	
3	A1-A6	50 x 32	Üst	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 1Φ12			
			Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12			4Φ12
	B1-B6	50 x 32	Üst	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 1Φ18	3Φ14+ 1Φ18	3Φ14+ 1Φ18	3Φ14+ 1Φ18	3Φ14+ 2Φ18	3Φ14+ 2Φ18	3Φ14+ 1Φ16	
			Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	
	C1-C6	50 x 32	Üst	3Φ14+ 1Φ16	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 1Φ16	
			Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	
	D1-D6	50 x 32	Üst	3Φ14+ 1Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 1Φ16	
			Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	
	E1-E6	50 x 32	Üst	3Φ14+ 1Φ16	3Φ14+ 2Φ18	3Φ14+ 2Φ18	3Φ14+ 1Φ18	3Φ14+ 1Φ18	3Φ14+ 1Φ18	3Φ14+ 1Φ18	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 1Φ12	
			Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	
	F1-F6	50 x 32	Üst			3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ14	
			Alt			4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	

**Tablo A.4:** 5KPC\_0.75'nin X doğrultusundaki kiriş enkesit boyutları ve donatı özellikleri (devam).

A1-A6	50 x 32	Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	
		Alt	2Φ14	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	1Φ12		
B1-B6	50 x 32	Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	
		Alt	1Φ12	1Φ16	1Φ18	1Φ16	1Φ16	1Φ16	1Φ16	1Φ16	2Φ18	2Φ18	
C1-C6	50 x 32	Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	
		Alt	1Φ16	2Φ14	2Φ14	2Φ12	2Φ12	2Φ12	2Φ12	2Φ12	2Φ14	2Φ14	
D1-D6	50 x 32	Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	
		Alt	1Φ16	2Φ14	2Φ14	2Φ12	2Φ12	2Φ12	2Φ12	2Φ12	2Φ14	2Φ14	
E1-E6	50 x 32	Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	
		Alt	1Φ16	2Φ18	2Φ18	1Φ16	1Φ16	1Φ16	1Φ16	1Φ16	1Φ18	1Φ16	
F1-F6	50 x 32	Üst			3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	
		Alt			1Φ12	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	
A1-A6	50 x 32	Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14			
		Alt	1Φ18	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16			
B1-B6	50 x 32	Üst	3Φ14	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	
		Alt	1Φ12	1Φ12	1Φ16	1Φ16	1Φ16	1Φ16	1Φ16	2Φ16	2Φ16	1Φ14	
C1-C6	50 x 32	Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	
		Alt	1Φ14	2Φ14	2Φ14	2Φ12	2Φ12	2Φ12	2Φ12	2Φ12	2Φ14	2Φ14	
D1-D6	50 x 32	Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	
		Alt	1Φ14	2Φ14	2Φ14	2Φ12	2Φ12	2Φ12	2Φ12	2Φ12	2Φ14	2Φ14	
E1-E6	50 x 32	Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14	
		Alt	1Φ14	2Φ16	2Φ16	1Φ16	1Φ16	1Φ16	1Φ16	1Φ16	1Φ12	1Φ12	
F1-F6	50 x 32	Üst			3Φ14	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	
		Alt			2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	1Φ18	
	50 x 32	Üst			4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	
		Alt			4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	

**Tablo A.5:** 5KPC\_0.75'nin Y doğrultusundaki kiriş enkesit boyutları ve donatı özellikleri.

Kat	Aks	Enkesit bxh (cm x cm)	Kiriş mesnetlerdeki boyuna donatılar										
			1.açıklık		2.açıklık		3.açıklık		4.açıklık		5.açıklık		
			Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sol	Sol	Sağ	Sol	Sağ	
5	F1-A1	50 x 32 Üst	3Φ14	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 2Φ14			
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12			
	F2-A2	50 x 32 Üst	3Φ14	3Φ14+ 1Φ16	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
	F3-A3	50 x 32 Üst	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ14	3Φ14+ 1Φ14	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ14	3Φ14+ 1Φ14	3Φ14+ 1Φ14	3Φ14+ 1Φ12
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
	F4-A4	50 x 32 Üst	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ14	3Φ14+ 1Φ14	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ14	3Φ14+ 1Φ14	3Φ14+ 1Φ14	3Φ14+ 1Φ12
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
	F5-A5	50 x 32 Üst	3Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 1Φ16		
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12		
	F6-A6	50 x 32 Üst			3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14
		50 x 32 Alt			4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
4	F1-A1	50 x 32 Üst	3Φ14	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 3Φ16			
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12+ 1Φ12			
	F2-A2	50 x 32 Üst	3Φ14+ 1Φ16	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 1Φ20	3Φ14+ 1Φ20	3Φ14+ 1Φ20	3Φ14+ 1Φ20	3Φ14+ 2Φ18	3Φ14+ 2Φ18	3Φ14+ 1Φ16	
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	
	F3-A3	50 x 32 Üst	3Φ14+ 1Φ18	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 1Φ18	
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	
	F4-A4	50 x 32 Üst	3Φ14+ 1Φ18	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 1Φ18	
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	
	F5-A5	50 x 32 Üst	3Φ14+ 1Φ16	3Φ14+ 2Φ18	3Φ14+ 2Φ18	3Φ14+ 1Φ20	3Φ14+ 1Φ20	3Φ14+ 1Φ20	3Φ14+ 1Φ20	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 1Φ16	
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	
	F6-A6	50 x 32 Üst			3Φ14+ 3Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14
		50 x 32 Alt			4Φ12+ 1Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
3	F1-A1	50 x 32 Üst	3Φ14	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 3Φ16			
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12+ 1Φ12			
	F2-A2	50 x 32 Üst	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 1Φ18	3Φ14+ 1Φ18	3Φ14+ 1Φ18	3Φ14+ 1Φ18	3Φ14+ 2Φ18	3Φ14+ 2Φ18	3Φ14+ 1Φ16	
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	
	F3-A3	50 x 32 Üst	3Φ14+ 1Φ16	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 1Φ16	
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	
	F4-A4	50 x 32 Üst	3Φ14+ 1Φ16	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 1Φ16	
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	
	F5-A5	50 x 32 Üst	3Φ14+ 1Φ16	3Φ14+ 2Φ18	3Φ14+ 2Φ18	3Φ14+ 1Φ18	3Φ14+ 1Φ18	3Φ14+ 1Φ18	3Φ14+ 1Φ18	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 1Φ12	
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	
	F6-A6	50 x 32 Üst			3Φ14+ 3Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14
		50 x 32 Alt			4Φ12+ 1Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12



**Tablo A.6:** 5KPC\_0.75'nin Y doğrultusundaki kiriş enkesit boyutları ve donatı özellikleri (devam).

F1-A1	50 x 32 Üst	3Φ14	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	
	50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12+	1Φ12	
F2-A2	50 x 32 Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
	50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
F3-A3	50 x 32 Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
	50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
F4-A4	50 x 32 Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
	50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
F5-A5	50 x 32 Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
	50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
F6-A6	50 x 32 Üst			3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14
	50 x 32 Alt			4Φ12+	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
F1-A1	50 x 32 Üst	3Φ14	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	
	50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12+	1Φ12	
F2-A2	50 x 32 Üst	3Φ14	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
	50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
F3-A3	50 x 32 Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
	50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
F4-A4	50 x 32 Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
	50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
F5-A5	50 x 32 Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14
	50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
F6-A6	50 x 32 Üst			3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14
	50 x 32 Alt			4Φ12+	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12

**Tablo A.7:** 5KPC\_0.60'nin X yönü doğrultusundaki enkesit boyutları ve donatı özellikleri.

Kat	Aks	Enkesit <i>b x h</i> (cm x cm)	<i>Kiriş mesnetlerdeki boyuna donatılar</i>									
			1.açıklık		2.açıklık		3.açıklık		4.açıklık		5.açıklık	
			Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ
5	A1-A6	50 x 32 Üst	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+1 Φ12	3Φ14	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14	3Φ14	3Φ14	3Φ14	3Φ14+ 2Φ12
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12+ 1Φ12	4Φ12+ 1Φ12
	B1-B6	50 x 32 Üst	3Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
	C1-C6	50 x 32 Üst	3Φ14	3Φ14+ 1Φ14	3Φ14+ 1Φ14	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
	D1-D6	50 x 32 Üst	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ14	3Φ14+ 1Φ14	3Φ14
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
	E1-E6	50 x 32 Üst	3Φ14	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
	F1-F6	50 x 32 Üst	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14	3Φ14	3Φ14	3Φ14	3Φ14+1 Φ12	3Φ14	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12+ 1Φ12	4Φ12+ 1Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
4	A1-A6	50 x 32 Üst	3Φ14+ 3Φ12	3Φ14+ 3Φ12	3Φ14+ 3Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 3Φ12
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12+ 1Φ12	4Φ12+ 1Φ12
	B1-B6	50 x 32 Üst	3Φ14+ 1Φ16	3Φ14+ 3Φ14	3Φ14+ 3Φ14	3Φ14+ 1Φ18	3Φ14+ 1Φ18	3Φ14+ 1Φ18	3Φ14+ 1Φ18	3Φ14+ 1Φ16	3Φ14+ 1Φ16	3Φ14+ 1Φ12
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
	C1-C6	50 x 32 Üst	3Φ14+ 1Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ14
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
	D1-D6	50 x 32 Üst	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 1Φ14
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
	E1-E6	50 x 32 Üst	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ16	3Φ14+ 1Φ16	3Φ14+ 1Φ18	3Φ14+ 1Φ18	3Φ14+ 1Φ18	3Φ14+ 1Φ18	3Φ14+ 3Φ14	3Φ14+ 3Φ14	3Φ14+ 1Φ14
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
	F1-F6	50 x 32 Üst	3Φ14+ 3Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 3Φ12	3Φ14+ 3Φ12	3Φ14+ 3Φ12
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12+ 1Φ12	4Φ12+ 1Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
3	A1-A6	50 x 32 Üst	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 3Φ12	3Φ14+ 3Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 2Φ14
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12+ 1Φ12	4Φ12+ 1Φ12	
	B1-B6	50 x 32 Üst	3Φ14+ 1Φ14	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 1Φ18	3Φ14+ 1Φ18	3Φ14+ 1Φ18	3Φ14+ 1Φ18	3Φ14+ 1Φ14	3Φ14+ 1Φ14	3Φ14+ 1Φ12
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
	C1-C6	50 x 32 Üst	3Φ14+ 1Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ14
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
	D1-D6	50 x 32 Üst	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 1Φ14
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
	E1-E6	50 x 32 Üst	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ14	3Φ14+ 1Φ14	3Φ14+ 1Φ18	3Φ14+ 1Φ18	3Φ14+ 1Φ18	3Φ14+ 1Φ18	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 1Φ14
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
	F1-F6	50 x 32 Üst	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 3Φ12	3Φ14+ 3Φ12	3Φ14+ 2Φ14
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12+ 1Φ12	4Φ12+ 1Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12

**Tablo A.8:** 5KPC\_0.60'nin X yönü doğrultusundaki enkesit boyutları ve donatı özellikleri (devam).

A1-A6	50 x 32	Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
			2Φ14	3Φ12	3Φ12		1Φ14	1Φ12	1Φ12	1Φ12	1Φ12	2Φ12
	50 x 32	Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
B1-B6	50 x 32	Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
			1Φ14	2Φ16	2Φ16	1Φ18	1Φ18	1Φ18	1Φ18	1Φ12	1Φ12	1Φ12
	50 x 32	Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
C1-C6	50 x 32	Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
			1Φ14	2Φ14	2Φ14	2Φ12	2Φ12	2Φ12	2Φ12	2Φ12	2Φ12	2Φ14
	50 x 32	Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
D1-D6	50 x 32	Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
			2Φ14	2Φ12	2Φ12	2Φ12	2Φ12	2Φ12	2Φ12	2Φ14	2Φ14	1Φ14
	50 x 32	Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
E1-E6	50 x 32	Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
			1Φ12	1Φ12	1Φ12	1Φ18	1Φ18	1Φ18	1Φ18	2Φ16	2Φ16	1Φ14
	50 x 32	Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
F1-F6	50 x 32	Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
			2Φ12	1Φ12	1Φ12	1Φ12	1Φ12	1Φ14		3Φ12	3Φ12	2Φ14
	50 x 32	Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
A1-A6	50 x 32	Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14	3Φ14	3Φ14	3Φ14	3Φ14	3Φ14	3Φ14
			1Φ18	3Φ14	3Φ14							
	50 x 32	Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
B1-B6	50 x 32	Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14	3Φ14	3Φ14
			1Φ14	2Φ16	2Φ16	1Φ18	1Φ18	1Φ16	1Φ16			
	50 x 32	Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
C1-C6	50 x 32	Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
			1Φ14	2Φ14	2Φ14	2Φ12	2Φ12	2Φ12	2Φ12	2Φ14	2Φ14	1Φ16
	50 x 32	Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
D1-D6	50 x 32	Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
			1Φ16	2Φ14	2Φ14	2Φ12	2Φ12	2Φ12	2Φ12	2Φ14	2Φ14	1Φ14
	50 x 32	Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
E1-E6	50 x 32	Üst	3Φ14	3Φ14	3Φ14	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
						1Φ16	1Φ16	1Φ18	1Φ18	2Φ16	2Φ16	1Φ14
	50 x 32	Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
F1-F6	50 x 32	Üst	3Φ14	3Φ14	3Φ14	3Φ14	3Φ14	3Φ14	3Φ14	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
										3Φ14	3Φ14	1Φ18
	50 x 32	Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12

**Tablo A.9:** 5KPC\_0.60'nin Y doğrultusundaki kiriş enkesit boyutları ve donatı özellikleri.

Kat	Aks	Enkesit bxh (cm x cm)	Kiriş mesnetlerdeki boyuna donatılar											
			1.açıklık		2.açıklık		3.açıklık		4.açıklık		5.açıklık			
			Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ		
5	F1-A1	50 x 32 Üst	3Φ14	3Φ14	3Φ14	3Φ14+	1Φ12	3Φ14	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12+	4Φ12+	4Φ12+	4Φ12
	F2-A2	50 x 32 Üst	3Φ14	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
	F3-A3	50 x 32 Üst	3Φ14	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
	F4-A4	50 x 32 Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
	F5-A5	50 x 32 Üst	3Φ14	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	2Φ14	2Φ14	3Φ14
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
	F6-A6	50 x 32 Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14	3Φ14+	3Φ14	3Φ14	3Φ14	3Φ14	3Φ14
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12+	4Φ12+	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
4	F1-A1	50 x 32 Üst	3Φ14	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ12	3Φ12	3Φ14+	3Φ16
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12+	4Φ12+	4Φ12+	4Φ12
	F2-A2	50 x 32 Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
	F3-A3	50 x 32 Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
	F4-A4	50 x 32 Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
	F5-A5	50 x 32 Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
	F6-A6	50 x 32 Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12+	4Φ12+	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
3	F1-A1	50 x 32 Üst	3Φ14	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12+	4Φ12+	4Φ12+	4Φ12	
	F2-A2	50 x 32 Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
	F3-A3	50 x 32 Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
	F4-A4	50 x 32 Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
	F5-A5	50 x 32 Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
	F6-A6	50 x 32 Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12+	4Φ12+	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12

**Tablo A.10:** 5KPC\_0.60'nin Y doğrultusundaki kiriş enkesit boyutları ve donatı özellikleri (devam).

F1-A1	50 x 32 Üst	3Φ14	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
	50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12+	4Φ12+	4Φ12
F2-A2	50 x 32 Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
	50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
F3-A3	50 x 32 Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
	50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
F4-A4	50 x 32 Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
	50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
F5-A5	50 x 32 Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
	50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
F6-A6	50 x 32 Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14	3Φ14
	50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12+	4Φ12+	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
F1-A1	50 x 32 Üst	3Φ14	3Φ14	3Φ14	3Φ14	3Φ14	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14	3Φ14
	50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
F2-A2	50 x 32 Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14	3Φ14	3Φ14	3Φ14
	50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
F3-A3	50 x 32 Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
	50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
F4-A4	50 x 32 Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
	50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
F5-A5	50 x 32 Üst	3Φ14	3Φ14	3Φ14	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
	50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
F6-A6	50 x 32 Üst	3Φ14	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14	3Φ14	3Φ14	3Φ14	3Φ14	3Φ14
	50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12

**Tablo A.11:5KPC\_0.45'nin X doğrultusundaki kiriş enkesit boyutları ve donatı özellikleri.**

Kat	Aks	Enkesit <i>b x h</i> (cm x cm)	Kiriş mesnetlerdeki boyuna donatılar									
			1.açıklık		2.açıklık		3.açıklık		4.açıklık		5.açıklık	
			Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ
5	A1-A6	50 x 32 Üst	3Φ14	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14	3Φ14+ 1Φ14	3Φ14	3Φ14	3Φ14	3Φ14	3Φ14+ 1Φ16
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
	B1-B6	50 x 32 Üst	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 1Φ14	3Φ14+ 1Φ14	3Φ14+ 1Φ14	3Φ14+ 1Φ14	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
	C1-C6	50 x 32 Üst	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ14	3Φ14+ 1Φ14	3Φ14+ 1Φ12
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
	D1-D6	50 x 32 Üst	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ14	3Φ14+ 1Φ14	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 1Φ12
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
	E1-E6	50 x 32 Üst	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ14	3Φ14+ 1Φ14	3Φ14+ 1Φ14	3Φ14+ 1Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 1Φ12
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
	F1-F6	50 x 32 Üst	3Φ14+ 1Φ16	3Φ14	3Φ14	3Φ14	3Φ14	3Φ14	3Φ14	3Φ14+ 1Φ14	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
4	A1-A6	50 x 32 Üst	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ16
		50 x 32 Alt	4Φ14	4Φ14	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
	B1-B6	50 x 32 Üst	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 3Φ14	3Φ14+ 3Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 1Φ16
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
	C1-C6	50 x 32 Üst	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 3Φ12	3Φ14+ 3Φ12	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
	D1-D6	50 x 32 Üst	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 3Φ12	3Φ14+ 3Φ12	3Φ14+ 2Φ12
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
	E1-E6	50 x 32 Üst	3Φ14+ 1Φ16	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 3Φ14	3Φ14+ 3Φ14	3Φ14+ 2Φ12
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
	F1-F6	50 x 32 Üst	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ14
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ14	4Φ14
3	A1-A6	50 x 32 Üst	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ16
		50 x 32 Alt	4Φ14	4Φ14	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
	B1-B6	50 x 32 Üst	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 3Φ14	3Φ14+ 3Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 1Φ16
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
	C1-C6	50 x 32 Üst	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 3Φ12	3Φ14+ 3Φ12	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ12
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
	D1-D6	50 x 32 Üst	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 3Φ12	3Φ14+ 3Φ12	3Φ14+ 2Φ12
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
	E1-E6	50 x 32 Üst	3Φ14+ 1Φ16	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 3Φ14	3Φ14+ 3Φ14	3Φ14+ 2Φ12
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
	F1-F6	50 x 32 Üst	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ12
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ14	4Φ14

**Tablo A.12:** 5KPC\_0.45'nin X doğrultusundaki kiriş enkesit boyutları ve donatı özellikleri (devam).

A1-A6	50 x 32	Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
		Alt	2Φ12	2Φ16	2Φ16	1Φ12	2Φ14	2Φ12	2Φ12	2Φ12	2Φ12	2Φ14
B1-B6	50 x 32	Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
		Alt	1Φ16	2Φ16	2Φ16	1Φ18	1Φ18	1Φ18	1Φ18	2Φ12	2Φ12	1Φ14
C1-C6	50 x 32	Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
		Alt	1Φ16	2Φ14	2Φ14	2Φ12	2Φ12	2Φ12	2Φ12	2Φ14	2Φ14	1Φ16
D1-D6	50 x 32	Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
		Alt	1Φ16	2Φ14	2Φ14	2Φ12	2Φ12	2Φ12	2Φ12	2Φ14	2Φ14	1Φ16
E1-E6	50 x 32	Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
		Alt	1Φ14	2Φ12	2Φ12	1Φ18	1Φ18	1Φ18	1Φ18	2Φ16	2Φ16	1Φ16
F1-F6	50 x 32	Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
		Alt	2Φ14	2Φ12	2Φ12	2Φ12	2Φ12	2Φ14	1Φ12	2Φ16	2Φ16	2Φ12
A1-A6	50 x 32	Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
		Alt	1Φ16	3Φ14	3Φ14		1Φ14	1Φ12	1Φ12	1Φ12	1Φ12	1Φ12
B1-B6	50 x 32	Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
		Alt	1Φ16	2Φ16	2Φ16	1Φ18	1Φ18	1Φ18	1Φ18	1Φ12	1Φ12	1Φ12
C1-C6	50 x 32	Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
		Alt	1Φ14	2Φ14	2Φ14	2Φ12	2Φ12	2Φ12	2Φ12	2Φ14	2Φ14	1Φ14
D1-D6	50 x 32	Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
		Alt	1Φ14	2Φ14	2Φ14	2Φ12	2Φ12	2Φ12	2Φ12	2Φ14	2Φ14	1Φ14
E1-E6	50 x 32	Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
		Alt	1Φ12	1Φ12	1Φ12	1Φ18	1Φ18	1Φ18	1Φ18	2Φ16	2Φ16	1Φ16
F1-F6	50 x 32	Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
		Alt	1Φ12	1Φ12	1Φ12	1Φ12	1Φ12	1Φ14		3Φ14	3Φ14	1Φ16

**Tablo A.13:**5KPC\_0.45'nin Y doğrultusundaki kiriş enkesit boyutları ve donatı özellikleri.

Kat	Aks	Enkesit <i>b</i> x <i>h</i> (cm x cm)	<i>Kiriş mesnetlerdeki boyuna donatılar</i>										
			1.açıklık		2.açıklık		3.açıklık		4.açıklık		5.açıklık		
			Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	
5	F1-A1	50 x 32 Üst	3Φ14	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12+	4Φ12+	4Φ12
	F2-A2	50 x 32 Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
	F3-A3	50 x 32 Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
	F4-A4	50 x 32 Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
	F5-A5	50 x 32 Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
	F6-A6	50 x 32 Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
4	F1-A1	50 x 32 Üst	3Φ14	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12+	4Φ12+	4Φ12
	F2-A2	50 x 32 Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
	F3-A3	50 x 32 Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
	F4-A4	50 x 32 Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
	F5-A5	50 x 32 Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
	F6-A6	50 x 32 Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12+	4Φ12+	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
3	F1-A1	50 x 32 Üst	3Φ14	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12+	4Φ12+	4Φ12
	F2-A2	50 x 32 Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
	F3-A3	50 x 32 Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
	F4-A4	50 x 32 Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
	F5-A5	50 x 32 Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
	F6-A6	50 x 32 Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14
		50 x 32 Alt	4Φ12	4Φ12+	4Φ12+	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12



**Tablo A.14:** 5KPC\_0.45'nin Y doğrultusundaki kiriş enkesit boyutları ve donatı özellikleri (devam).

F1-A1	50 x 32	Üst	3Φ14	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
				2Φ12	2Φ12	2Φ14	1Φ12	3Φ12	3Φ12	3Φ12	3Φ12	2Φ12
	50 x 32	Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
F2-A2	50 x 32	Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
				1Φ16	2Φ16	2Φ16	1Φ18	1Φ18	1Φ18	1Φ18	2Φ12	2Φ12
	50 x 32	Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
F3-A3	50 x 32	Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
				1Φ16	2Φ14	2Φ14	2Φ12	2Φ12	2Φ12	2Φ14	2Φ14	1Φ16
	50 x 32	Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
F4-A4	50 x 32	Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
				1Φ16	2Φ14	2Φ14	2Φ12	2Φ12	2Φ12	2Φ12	2Φ14	2Φ14
	50 x 32	Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
F5-A5	50 x 32	Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
				1Φ14	2Φ12	2Φ12	1Φ18	1Φ18	1Φ18	1Φ18	2Φ16	2Φ16
	50 x 32	Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
F6-A6	50 x 32	Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14
				2Φ12	3Φ12	3Φ12	3Φ12	3Φ12	1Φ12	2Φ14	2Φ12	2Φ12
	50 x 32	Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
F1-A1	50 x 32	Üst	3Φ14	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14
				1Φ12	1Φ12	1Φ14		3Φ12	3Φ12	3Φ12	3Φ12	
	50 x 32	Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
F2-A2	50 x 32	Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
				1Φ16	2Φ16	2Φ16	1Φ18	1Φ18	1Φ18	1Φ18	1Φ12	1Φ12
	50 x 32	Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
F3-A3	50 x 32	Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
				1Φ14	2Φ14	2Φ14	2Φ12	2Φ12	2Φ12	2Φ14	2Φ14	1Φ14
	50 x 32	Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
F4-A4	50 x 32	Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
				1Φ14	2Φ14	2Φ14	2Φ12	2Φ12	2Φ12	2Φ12	2Φ14	2Φ14
	50 x 32	Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
F5-A5	50 x 32	Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
				1Φ12	1Φ12	1Φ12	1Φ18	1Φ18	1Φ18	1Φ18	2Φ16	2Φ16
	50 x 32	Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
F6-A6	50 x 32	Üst	3Φ14	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14
				3Φ12	3Φ12	3Φ12	3Φ12	3Φ12		1Φ14	1Φ12	1Φ12
	50 x 32	Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12



**Tablo A.16:** 5KC'nin X doğrultusundaki kiriş enkesit boyutları ve donatı özellikleri (devam).

A1-A6	50 x 32	Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
		Alt	3Φ14	3Φ14	3Φ14	3Φ14	3Φ14	3Φ14	3Φ14	3Φ14	3Φ14	3Φ14
B1-B6	50 x 32	Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
		Alt	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16
C1-C6	50 x 32	Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
		Alt	2Φ14	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ14
D1-D6	50 x 32	Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
		Alt	2Φ14	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ14
E1-E6	50 x 32	Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
		Alt	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16
F1-F6	50 x 32	Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
		Alt	3Φ14	3Φ14	3Φ14	3Φ14	3Φ14	3Φ14	3Φ14	3Φ14	3Φ14	3Φ14
A1-A6	50 x 32	Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
		Alt	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16
B1-B6	50 x 32	Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
		Alt	2Φ14	3Φ12	3Φ12	3Φ12	3Φ12	3Φ12	3Φ12	3Φ12	3Φ12	2Φ14
C1-C6	50 x 32	Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
		Alt	2Φ14	3Φ12	3Φ12	3Φ12	3Φ12	3Φ12	3Φ12	3Φ12	3Φ12	2Φ14
D1-D6	50 x 32	Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
		Alt	2Φ14	3Φ12	3Φ12	3Φ12	3Φ12	3Φ12	3Φ12	3Φ12	3Φ12	2Φ14
E1-E6	50 x 32	Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
		Alt	2Φ14	3Φ12	3Φ12	3Φ12	3Φ12	3Φ12	3Φ12	3Φ12	3Φ12	2Φ14
F1-F6	50 x 32	Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
		Alt	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16

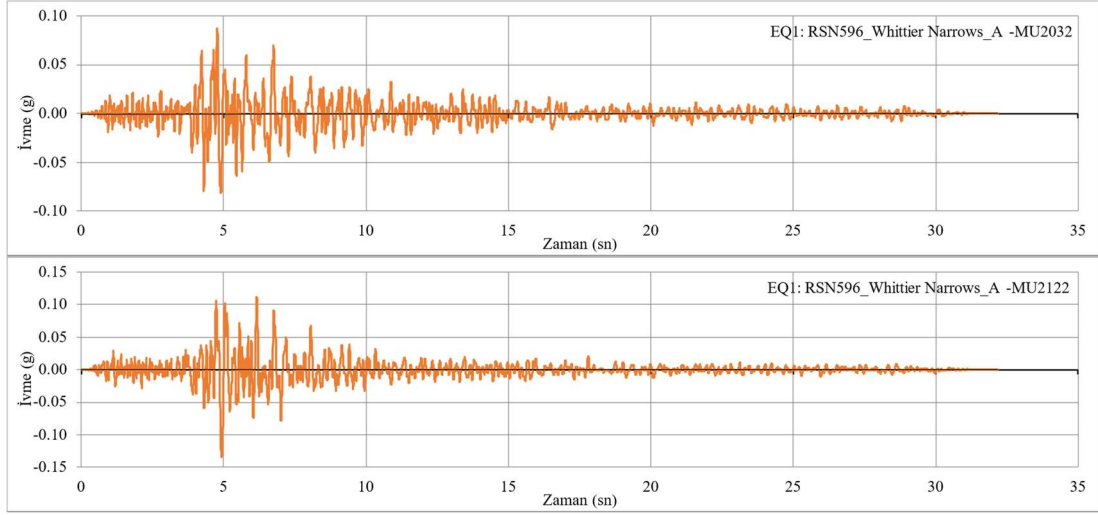
**Tablo A.17:** 5KC'nin Y doğrultusundaki kiriş enkesit boyutları ve donatı özellikleri.

Kat	Aks	Enkesit <i>b</i> x <i>h</i> (cm x cm)	Kiriş mesnetlerdeki boyuna donatılar											
			1.açıklık		2.açıklık		3.açıklık		4.açıklık		5.açıklık			
			Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ		
5	F1-A1	50 x 32	Üst	3Φ14	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ14	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14	
			Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
	F2-A2	50 x 32	Üst	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 1Φ14	3Φ14+ 1Φ14	3Φ14+ 1Φ14	3Φ14+ 1Φ14	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12
			Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
	F3-A3	50 x 32	Üst	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ14	3Φ14+ 1Φ14	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ14	3Φ14+ 1Φ14	3Φ14+ 1Φ14	3Φ14+ 1Φ12
			Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
	F4-A4	50 x 32	Üst	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ14	3Φ14+ 1Φ14	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ14	3Φ14+ 1Φ14	3Φ14+ 1Φ14	3Φ14+ 1Φ12
			Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
	F5-A5	50 x 32	Üst	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ18	3Φ14+ 1Φ18	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 3Φ14	3Φ14+ 3Φ14	3Φ14+ 3Φ14	3Φ14+ 1Φ16
			Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
	F6-A6	50 x 32	Üst	3Φ14+ 1Φ14	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ14	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 1Φ12
			Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
4	F1-A1	50 x 32	Üst	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 1Φ12
			Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
	F2-A2	50 x 32	Üst	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14
			Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
	F3-A3	50 x 32	Üst	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ12
			Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
	F4-A4	50 x 32	Üst	3Φ14+ 2Φ12	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ12
			Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
	F5-A5	50 x 32	Üst	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ14
			Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
	F6-A6	50 x 32	Üst	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 1Φ12
			Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
3	F1-A1	50 x 32	Üst	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 3Φ14	3Φ14+ 3Φ14	3Φ14+ 3Φ14	3Φ14+ 3Φ14	3Φ14+ 3Φ14	3Φ14+ 3Φ14	3Φ14+ 3Φ14	3Φ14+ 3Φ14	3Φ14+ 1Φ12	
			Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
	F2-A2	50 x 32	Üst	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ14	
			Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
	F3-A3	50 x 32	Üst	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ14	
			Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
	F4-A4	50 x 32	Üst	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ14	
			Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
	F5-A5	50 x 32	Üst	3Φ14+ 2Φ14	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ16	3Φ14+ 2Φ14	
			Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12
	F6-A6	50 x 32	Üst	3Φ14+ 1Φ12	3Φ14+ 3Φ14	3Φ14+ 3Φ14	3Φ14+ 3Φ14	3Φ14+ 3Φ14	3Φ14+ 3Φ14	3Φ14+ 3Φ14	3Φ14+ 3Φ14	3Φ14+ 3Φ14	3Φ14+ 3Φ14	3Φ14+ 1Φ12
			Alt	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12

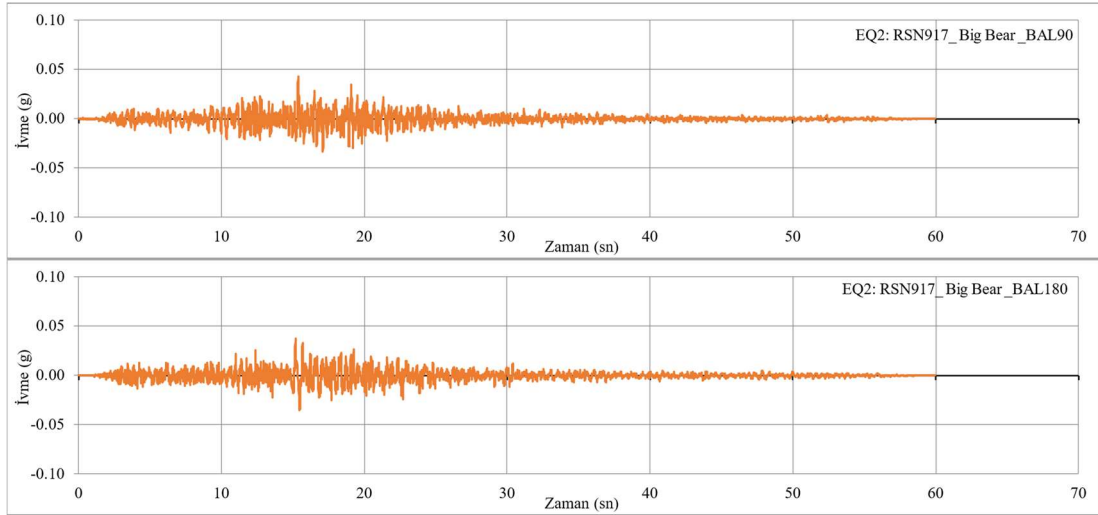
**Tablo A.18:** 5KC'nin Y doğrultusundaki kiriş enkesit boyutları ve donatı özellikleri (devam).

F1-A1	50 x 32	Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
		Alt	1Φ12	3Φ14	3Φ14	3Φ14	3Φ14	3Φ14	3Φ14	3Φ14	3Φ14	3Φ14	1Φ12
F2-A2	50 x 32	Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
		Alt	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16
F3-A3	50 x 32	Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
		Alt	2Φ14	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ14
F4-A4	50 x 32	Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
		Alt	2Φ14	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ14
F5-A5	50 x 32	Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
		Alt	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16
F6-A6	50 x 32	Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
		Alt	1Φ12	3Φ14	3Φ14	3Φ14	3Φ14	3Φ14	3Φ14	3Φ14	3Φ14	3Φ14	1Φ12
F1-A1	50 x 32	Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
		Alt	1Φ12	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	1Φ12
F2-A2	50 x 32	Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
		Alt	2Φ14	3Φ12	3Φ12	3Φ12	3Φ12	3Φ12	3Φ12	3Φ12	3Φ12	3Φ12	2Φ14
F3-A3	50 x 32	Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
		Alt	2Φ14	3Φ12	3Φ12	3Φ12	3Φ12	3Φ12	3Φ12	3Φ12	3Φ12	3Φ12	2Φ14
F4-A4	50 x 32	Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
		Alt	2Φ14	3Φ12	3Φ12	3Φ12	3Φ12	3Φ12	3Φ12	3Φ12	3Φ12	3Φ12	2Φ14
F5-A5	50 x 32	Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
		Alt	2Φ14	3Φ12	3Φ12	3Φ12	3Φ12	3Φ12	3Φ12	3Φ12	3Φ12	3Φ12	2Φ14
F6-A6	50 x 32	Üst	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+	3Φ14+
		Alt	1Φ12	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ16	1Φ12

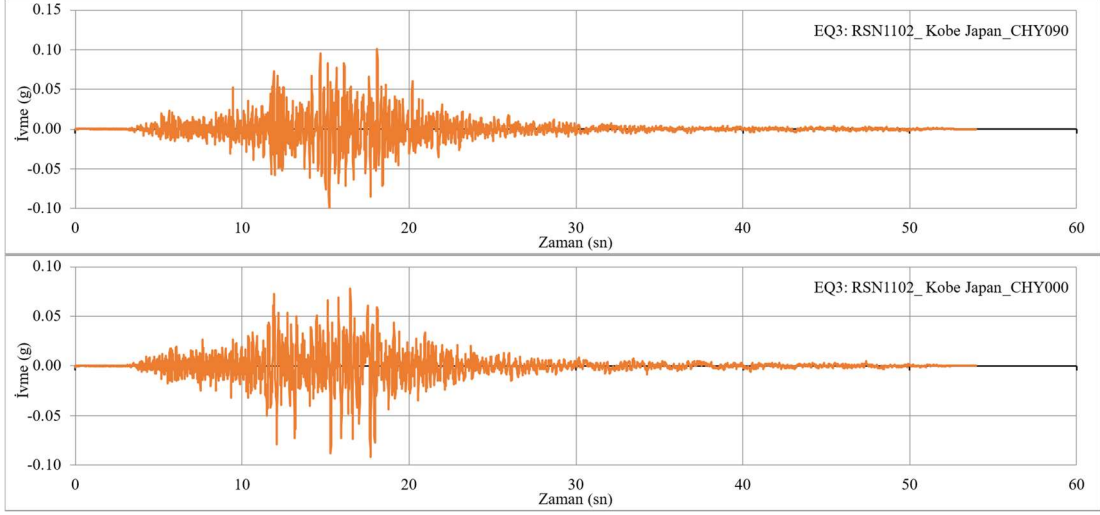
## EK B: Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analizlerde Kullanılmak Üzere Seçilen Deprem Yer Hareketlerine ait Yatay İvme Bileşenleri



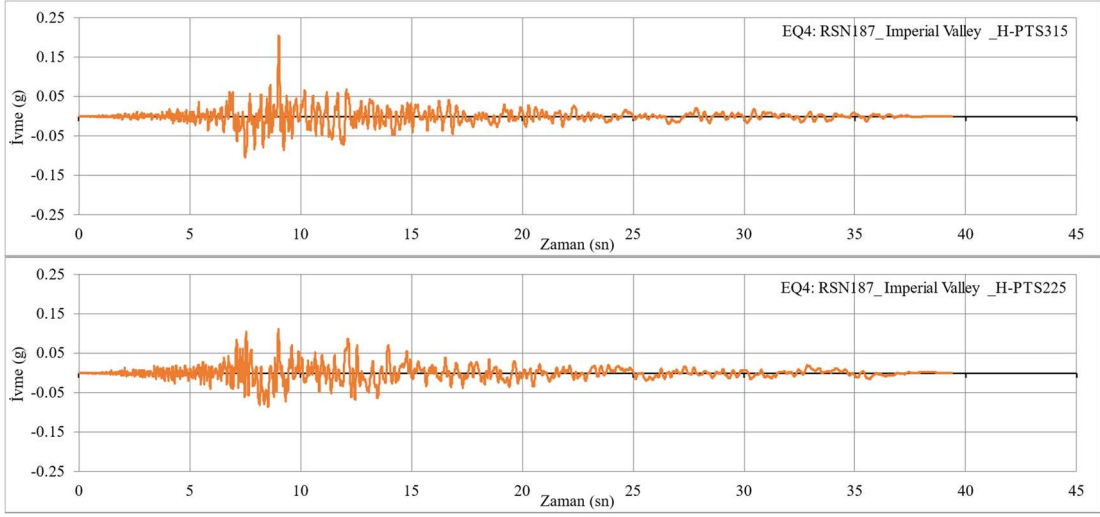
Şekil B.1: EQ-1 deprem yer hareketlerine ait yatay bileşenlerinin ivme-zaman grafikleri.



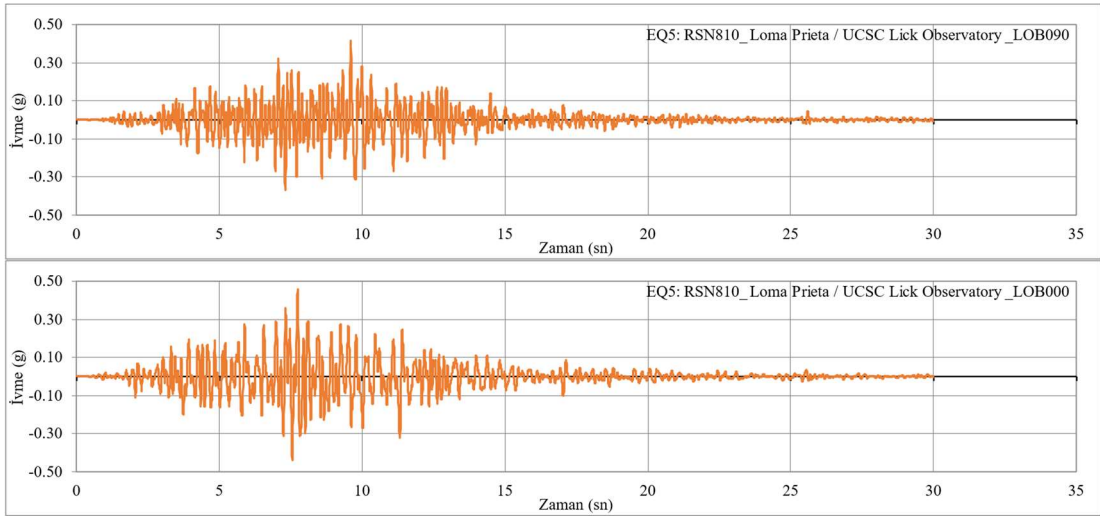
Şekil B.2: EQ-2 deprem yer hareketlerine ait yatay bileşenlerinin ivme-zaman grafikleri.



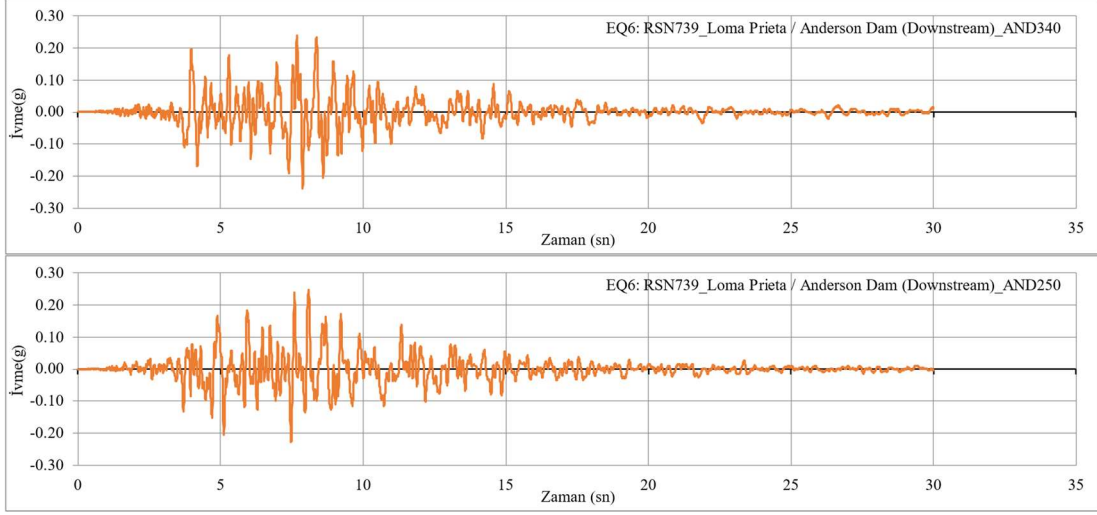
Şekil B.3: EQ-3 deprem yer hareketlerine ait yatay bileşenlerinin ivme-zaman grafikleri.



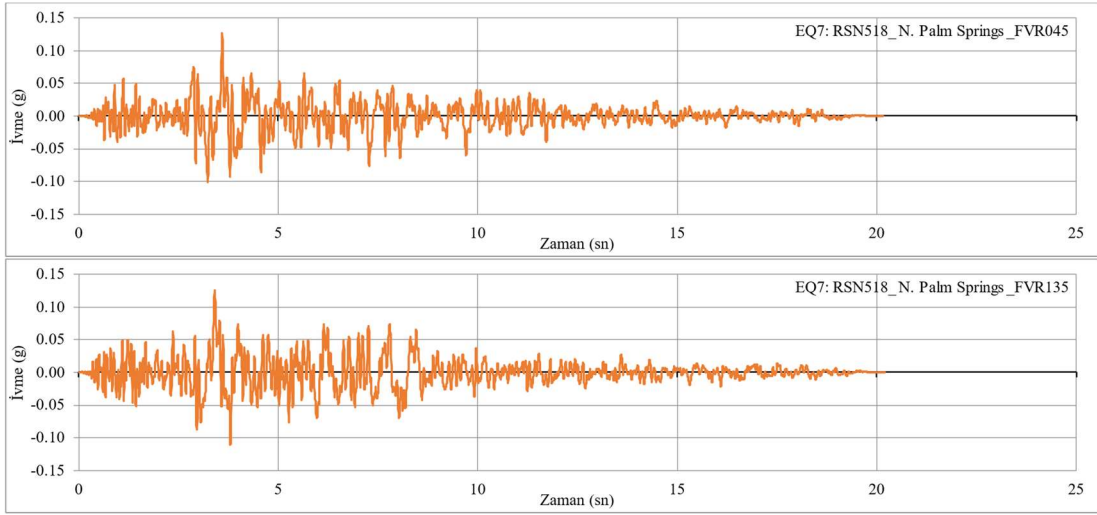
Şekil B.4: EQ-4 deprem yer hareketlerine ait yatay bileşenlerinin ivme-zaman grafikleri.



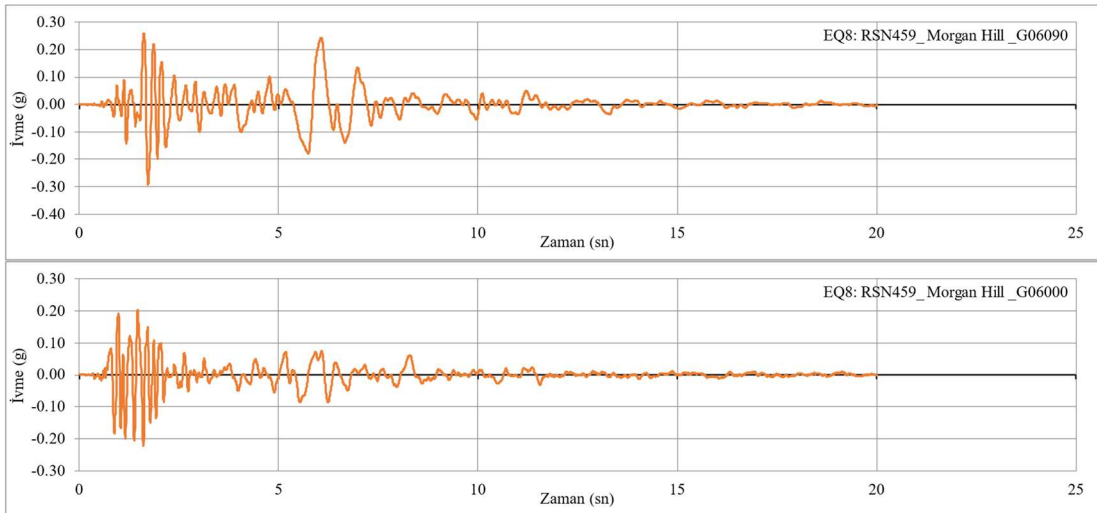
Şekil B.5: EQ-5 deprem yer hareketlerine ait yatay bileşenlerinin ivme-zaman grafikleri.



**Şekil B.6:** EQ-6 deprem yer hareketlerine ait yatay bileşenlerinin ivme-zaman grafikleri.

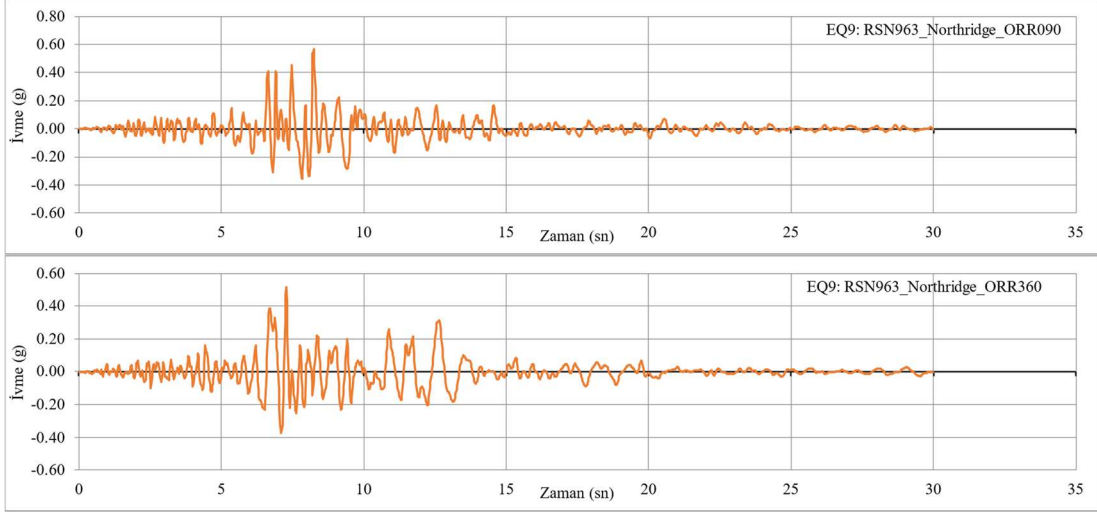


**Şekil B.7:** EQ-7 deprem yer hareketlerine ait yatay bileşenlerinin ivme-zaman grafikleri.

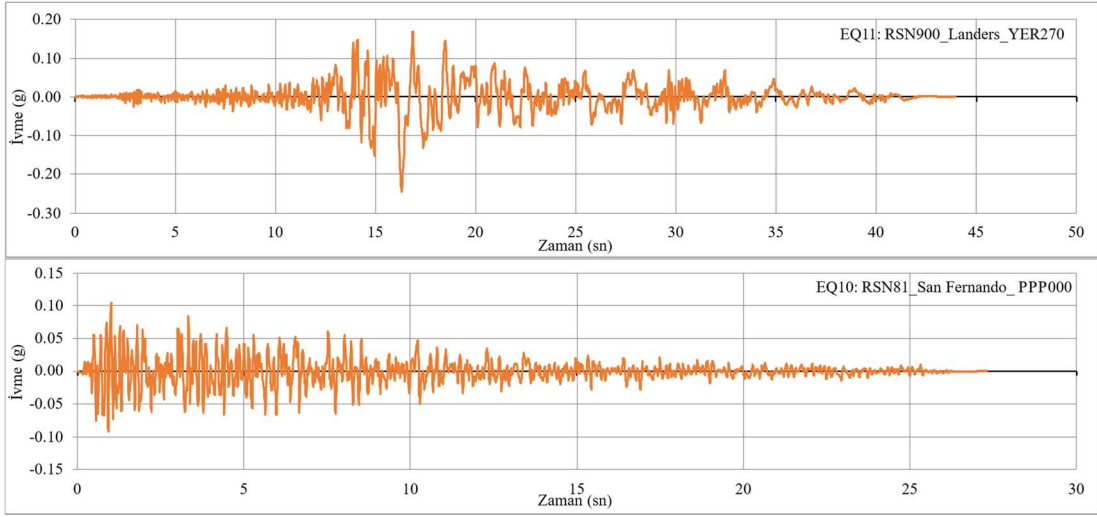


**Şekil B.8:** EQ-8 deprem yer hareketlerine ait yatay bileşenlerinin ivme-zaman grafikleri.

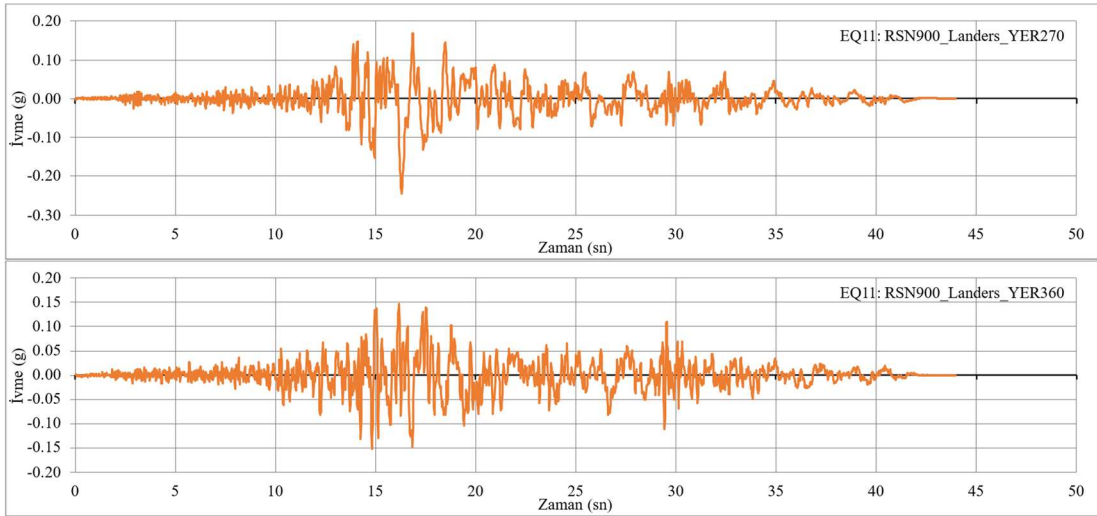




**Şekil B.9:** EQ-9 deprem yer hareketlerine ait yatay bileşenlerinin ivme-zaman grafikleri.



**Şekil B.10:** EQ-10 deprem yer hareketlerine ait yatay bileşenlerinin ivme-zaman grafikleri.



**Şekil B.11:** EQ-11 deprem yer hareketlerine ait yatay bileşenlerinin ivme-zaman grafikleri.

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Mehmet Şeref Kurt

Doğum tarihi ve yeri : 27 / 02 / 1997 BALIKESİR

e-posta : serefkurt18@gmail.com

### Öğrenim Bilgileri

Derece	Okul/Program	Yıl
Y. Lisans	Balıkesir Üniversitesi/İnşaat Mühendisliği	2023
Lisans	Balıkesir Üniversitesi/İnşaat Mühendisliği	2019
Lise	Rahmi Kula Anadolu Lisesi	2015