

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



**BETONARME YAPILARIN DEPREM GÜVENLİĞİNİN HIZLI
DEĞERLENDİRİLMESİ VE BALIKESİR UYGULAMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BURAK KILIÇ

BALIKESİR, HAZİRAN-2014

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



**BETONARME YAPILARIN DEPREM GÜVENLİĞİNİN HIZLI
DEĞERLENDİRİLMESİ VE BALIKESİR UYGULAMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BURAK KILIÇ

BALIKESİR, HAZİRAN-2014

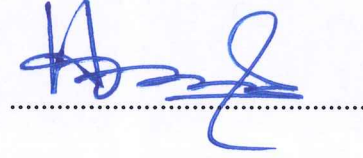
KABUL VE ONAY SAYFASI

BURAK KILIÇ tarafından hazırlanan “BETONARME YAPILARIN DEPREM GÜVENLİĞİNİN HIZLI DEĞERLENDİRİLMESİ VE BALIKESİR UYGULAMASI” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 09.06.2014 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

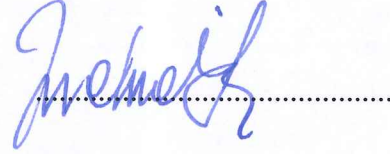
Danışman
Yrd. Doç. Dr. Hasan ELÇİ



Üye
Prof. Dr. Şerif SAYLAN



Üye
Yrd. Doç. Dr. Mehmet İREN



Jüri üyeleri tarafından kabul edilmiş olan bu tez BAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca onanmıştır.

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Prof. Dr. Cihan ÖZGÜR

.....

ÖZET

BETONARME YAPILARIN DEPREM GÜVENLİĞİNİN HIZLI DEĞERLENDİRİLMESİ VE BALIKESİR UYGULAMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BURAK KILIÇ

BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

(YRD. DOÇ. DR. HASAN ELÇİ)

BALIKESİR, HAZİRAN-2014

Bu tez çalışmasında, mevcut betonarme binaların deprem performanslarının hızlı değerlendirilmesi için geliştirilen P25 Hızlı Değerlendirme Yöntemi'nin, Balıkesir il merkezinde bulunan 50 adet konut tipi bina üzerinde uygulaması yapılmıştır. Göz önüne alınan 50 adet bina arasından seçilen, birbirinden farklı özelliklere sahip, 15 adet binanın DBYBHY 2007'de yer alan Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi kullanılarak deprem performansları belirlenmiştir. İki farklı çözümden elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış ve sonuçların, genel olarak tatmin edici düzeyde örtüştüğü görülmüştür. Ancak, bazı örneklerde farklı sonuçlar da elde edilmiştir. Bu da P25 yönteminin yaklaşık bir değerlendirme yöntemi olmasından kaynaklanmaktadır. P25 Hızlı Değerlendirme Yöntemi ile daha sağlıklı sonuçlar elde edebilmek için yapılabilecek düzenlemeler konusunda önerilerde bulunulmuştur.

ANAHTAR KELİMELELER: Deprem, hızlı değerlendirme, P25 yöntemi, eşdeğer deprem yüğü yöntemi, Balıkesir.

ABSTRACT

THE RAPID EVALUATION OF REINFORCED CONCRETE CONSTRUCTION OF EARTHQUAKE SAFETY AND PRACTICE OF BALIKESİR

MSc THESIS

BURAK KILIÇ

INSTITUTE OF SCIENCES OF BALIKESİR UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

(ASSIST. PROF. DR. HASAN ELÇİ)

BALIKESİR, JUNE-2014

In this study of thesis, the application of P25 Rapid Evaluation Method which has been developed for the rapid evaluation of earthquake performances of available reinforced concrete buildings is performed in Balıkesir on 50 residential structures. The earthquake performances of 15 buildings in prospect out of 50 which have different features from each other are defined by being used Total Equivalent Seismic Load Method which takes place in DBYBHY 2007. The results obtained from two different solutions have been compared and it has seemed that the results are satisfactory all in all. However, in some samples, different results are obtained. This is due to being a rough evaluation method of P25. Suggestions are made about possible arrangements to get more healthy results with P25 Rapid Evaluation Method.

KEYWORDS: Earthquake, rapid evaluation, P25 method, total equivalent seismic load method, Balıkesir.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
TABLO LİSTESİ.....	vii
SEMBOL LİSTESİ.....	ix
ÖNSÖZ.....	xiv
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Amaç ve Kapsam.....	2
1.2 Yöntem.....	3
2. HIZLI DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ.....	4
2.1 Japon Sismik İndeks Yöntemi.....	4
2.2 ATC-21 Hızlı Değerlendirme Yöntemi.....	6
2.2.1 ATC-21 Hızlı Değerlendirme Yöntemi'nin Adımları.....	7
2.2.1.1 Veri Toplama.....	7
2.2.1.2 Temel Yapısal Risk Puanı.....	7
2.2.1.3 Eksiltici Yapısal Puanlar.....	7
2.2.1.4 Kesim Değeri.....	8
2.3 Kanada Sismik Tarama Yöntemi.....	9
2.4 Durtes Yöntemi.....	12
2.5 Hasar Kontrol Endeksleri Yöntemi.....	12
2.6 Öncelik İndeksi Yöntemi.....	13
2.7 İki Aşamalı Bina Güvenliği Yöntemi.....	14
2.8 Kapasite/Talep Oranı Yöntemi.....	15
2.9 İstatistiksel Yöntem.....	16
2.10 Sismik Tarama Yöntemi.....	17
3. P25 HIZLI DEĞERLENDİRME YÖNTEMİ.....	20
3.1 Temel Yapısal Puan.....	21
3.1.1 Binanın Seçilecek Bir Kartezyen Sistemine Oturtulması.....	21
3.1.2 Kritik Katta Eleman Boyutlarının Saptanması.....	22
3.1.2.1 Kolon, Perde ve Dolgu Duvarlarına Ait Alan İndekslerinin Hesabı.....	22
3.1.2.2 Kolon, Perde ve Dolgu Duvarlarına Ait Rijitlik İndekslerinin Hesabı.....	23
3.1.3 f_i Yapısal Düzeltme Faktörleri.....	24
3.1.3.1 Burulma Düzensizliği ile İlgili Faktör, f_1	24
3.1.3.2 Döşeme Süreksizliği ile İlgili Faktör, f_2	24
3.1.3.3 Düşey Taşıyıcı Elemanların Süreksizliği ile İlgili Faktör, f_3	25
3.1.3.4 Kütle Düzensizliği ile İlgili Faktör, f_4	25
3.1.3.5 Donatılarda Korozyon Olması ile İlgili Faktör, f_5	25
3.1.3.6 Binada Ağır Cephe Elemanlarının Bulunması ile İlgili Faktör, f_6	25
3.1.3.7 Binada Asma Kat Bulunması ile İlgili Faktör, f_7	26

3.1.3.8 Katlarda Seviye Farkı Bulunması ile İlgili Faktör, f_8	26
3.1.3.9 Beton Kalitesi ile İlgili Faktör, f_9	26
3.1.3.10 Zayıf Kolon Bulunması ile İlgili Faktör, f_{10}	26
3.1.3.11 Binada Etriye Sıklığı ile İlgili Faktör, f_{11}	27
3.1.3.12 Zemin Tipi Faktörü, f_{12}	27
3.1.3.13 Temel Tipi Faktörü, f_{13}	27
3.1.3.14 Temel Derinliği Faktörü, f_{14}	27
3.1.3.15 Yeraltı Su Seviyesi Faktörü, f_{15}	27
3.2 P_2 Kısa Kolon Puanı.....	29
3.3 P_3 Yumuşak Kat/Zayıf Kat Puanı.....	29
3.4 P_4 Ağır Çıkmalar ve Çerçeve Süreksizliği Puanı.....	29
3.5 P_5 Çarpışma Etkisi Puanı.....	30
3.6 P_6 Sıvılaşma Potansiyeli Puanı.....	31
3.7 P_7 Toprak Hareketleri Puanı.....	31
3.8 Bina Performans Sonuç Puanı.....	31
4. DBYBHY 2007'ye GÖRE MEVCUT BİNALARIN DEĞERLENDİRİLMESİ	34
4.1 Binalardan Bilgi Toplanması.....	34
4.1.1 Binalardan Toplanacak Bilginin Kapsamı.....	34
4.1.2 Bilgi Düzeyleri.....	35
4.1.2.1 Betonarme Binalarda Sınırlı Bilgi Düzeyi.....	35
4.1.2.2 Betonarme Binalarda Orta Bilgi Düzeyi.....	37
4.1.2.3 Betonarme Binalarda Kapsamlı Bilgi Düzeyi.....	38
4.2 Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri.....	39
4.3 Deprem Hesabına İlişkin Genel İlke ve Kurallar.....	41
4.4 Bina Performansının Doğrusal Elastik Hesap Yöntemleri ile Belirlenmesi.....	43
4.4.1 Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi.....	43
4.4.2 Mod Birleştirme Yöntemi.....	44
4.5 Bina Performansının Doğrusal Elastik Olmayan Hesap Yöntemleri ile Belirlenmesi.....	47
4.5.1 Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi.....	48
4.5.2 Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi.....	50
4.5.3 Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi.....	50
4.6 Betonarme Binaların Deprem Performansının Belirlenmesi.....	50
4.6.1 Hemen Kullanım Performans Düzeyi (HK).....	50
4.6.2 Can Güvenliği Performans Düzeyi (CG).....	51
4.6.3 Göçme Öncesi Performans Düzeyi (GÖ).....	51
4.6.4 Göçme Durumu.....	52
4.7 Mevcut Binalar için Hedeflenen Bina Performansları.....	52
5. P25 HIZLI DEĞERLENDİRME YÖNTEMİ İLE BİNA PERFORMANSININ BELİRLENMESİ	54
5.1 P_1 Temel Yapısal Puan'ın Hesabı.....	55
5.1.1 Kolon, Perde ve Dolgu Duvarlarına Ait Alan İndekslerinin Hesabı.....	58
5.1.2 Kolon, Perde ve Dolgu Duvarlarına Ait Rijitlik İndekslerinin Hesabı.....	59
5.1.3 Düzeltme Faktörlerinin Belirlenmesi.....	60

5.1.3.1 f_9 'un Hesabı.....	60
5.1.3.2 f_{10} 'un Hesabı.....	60
5.1.3.3 f_{11} 'in Hesabı.....	61
5.2 P_2 Kısa Kolon Puanı'nın Belirlenmesi.....	61
5.3 P_3 Yumuşak Kat/Zayıf Kat Puanı'nın Hesabı.....	61
5.4 P_4 Ağır Çıkmalar ve Çerçeve Süreksizliği Puanı'nın Belirlenmesi.....	62
5.5 P_5 Çarpışma Etkisi Puanı'nın Belirlenmesi.....	62
5.6 P_6 Sıvılaşma Potansiyeli Puanı'nın Belirlenmesi.....	63
5.7 P_7 Toprak Hareketleri Puanı'nın Belirlenmesi.....	63
5.8 P Bina Performans Sonuç Puanı'nın Hesabı.....	63
5.9 Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması.....	64
6. SONUÇLAR.....	74
KAYNAKLAR.....	77
EKLER.....	82

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 3.1 : Örnek bina normal kat planı.....	21
Şekil 3.2 : Çarpışma etkisi durumları.....	30
Şekil 3.3 : β katsayısının değişimi.....	32
Şekil 4.1 : Kesit hasar bölgeleri.....	41
Şekil 4.2 : Performans düzeyleri ve performans bölgeleri.....	52
Şekil 5.1 : 1-25 no'lu binalara ait P25 puanları.....	73
Şekil 5.2 : 26-50 no'lu binalara ait P25 puanları.....	73

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 2.1 : Hızlı değerlendirme yöntemlerinde dikkate alınan parametreler.....	19
Tablo 3.1 : E_m / E_c oranları.....	23
Tablo 3.2 : f düzeltme faktörleri.....	28
Tablo 3.3 : P_2 Kısa kolon puan tablosu.....	29
Tablo 3.4 : P_4 Ağır çıkmalar ve çerçeve süreksizliği için puan tablosu.....	29
Tablo 3.5 : P_5 Çarpışma etkisi için puan tablosu.....	30
Tablo 3.6 : P_6 Sıvılaşma potansiyeli için puan tablosu.....	31
Tablo 3.7 : P_7 Toprak hareketleri için puan tablosu.....	31
Tablo 3.8 : P_i Faktörleri için ağırlık çarpanları.....	32
Tablo 4.1 : Binalar için bilgi düzeyi katsayıları.....	39
Tablo 4.2 : Betonarme kirişler için etki/kapasite sınır değerleri.....	46
Tablo 4.3 : Betonarme kolonlara için etki/kapasite sınır değerleri.....	46
Tablo 4.4 : Betonarme perdeler için etki/kapasite sınır değerleri.....	46
Tablo 4.5 : Güçlendirilmiş dolgu duvarlar için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları ve görelî kat ötelemesi oranları.....	47
Tablo 4.6 : Görelî kat ötelemesi sınırları.....	47
Tablo 4.7 : Farklı deprem düzeylerinde binalar için öngörülen minimum performans düzeyleri.....	53
Tablo 5.1 : Yapıda bulunan kolonlar.....	55
Tablo 5.2 : Yapıda bulunan kritik kat X yönü dolgu duvarları.....	56
Tablo 5.3 : Yapıda bulunan kritik kat Y yönü dolgu duvarları.....	57
Tablo 5.4 : Yapıda bulunan 1.kat (kritik kat üzeri) X yönü dolgu duvarları.....	57
Tablo 5.5 : Yapıda bulunan 1.kat (kritik kat üzeri) Y yönü dolgu duvarları.....	58
Tablo 5.6 : 22020 no'lu bina için seçilen f düzeltme faktörleri.....	61
Tablo 5.7 : Puanlar ve ağırlık çarpanları.....	63

Tablo 5.8 :	Analizi yapılan binalara ait puanlama detayları.....	65
Tablo 5.9 :	Bina özellikleri ve puanları.....	70
Tablo 5.10:	P25 sonuçları ile yönetmelik sonuçlarının karşılaştırılması.....	72

SEMBOL LİSTESİ

- A** : Bölgenin depremselliği.
- A** : Toplam enkesit alan indeksi.
- A₀** : Etkin yer ivmesi katsayısı.
- A_c** : Kritik kattaki kolon alanları toplamı
- A_c** : Eksenel yük altındaki kolon alanı.
- A_{efx}** : Kritik katta X yönünde çalışan düşey taşıyıcı elemanların alanları toplamı.
- A_{efy}** : Kritik katta Y yönünde çalışan düşey taşıyıcı elemanların alanları toplamı.
- A_p** : Kritik kat efektif kat alanı.
- A_{sx}** : Kritik kattaki betonarme perdelerin etkili alanları toplamı.
- A(T)** : Spektral ivme katsayısı.
- A_{tf}** : Toplam bina alanı.
- A_w** : Toplam boşluksuz duvar alanı.
- A_{wx}** : Kritik kattaki dolgu duvarlarının etkili alanları toplamı.
- α** : Binanın önem derecesini, bölgenin depremsellik derecesini ve binanın oturduğu arazinin topoğrafyasını temsil eden katsayı.
- B** : Zemin koşulları.
- BCPI** : Bina kapasite indeksi.
- b_w** : Kiriş genişliği.
- b_w** : Kolon genişliği.
- β** : Göçme kriterlerinin birbiri ile etkileşimini temsil eden katsayı.
- C** : Taşıyıcı sistemin türü.
- C_A** : Mimari özellik katsayısı.
- C_A** : Kritik kat alan indeksi.
- C_{Ax}** : X yönünde çalışan düşey taşıyıcı elemanlara ait alan indeksi.
- C_{Ay}** : Y yönünde çalışan düşey taşıyıcı elemanlara ait alan indeksi.
- C_I** : Kritik kat rijitlik indeksi.

- C_{ix} : X yönünde çalışan düşey taşıyıcı elemanlara ait rijitlik indeksi.
- C_{iy} : Y yönünde çalışan düşey taşıyıcı elemanlara ait rijitlik indeksi.
- C_{AS} : Yumuşak kat katsayısı.
- C_{ASC} : Kısa kolon katsayısı.
- C_{AP} : Planda düzensizlik ve büyük çıkmalar katsayısı.
- C_{AF} : Yatayda veya düşeyde süreksizlik katsayısı.
- C_M : Yapım kalitesi katsayısı.
- CPI : Bina indeksi.
- ÇTB : Çok tehlikeli binalar.
- D : Döşeme sistemi.
- d : Kiriş yüksekliği.
- d : Kolon uzunluğu.
- $DÖB$: Düşük öncelikli binalar.
- E : Binada var olan düzensizlikler.
- E_0 : Temel yapısal performans indisi.
- E_c : Betonun elastisite modülü.
- E_m : Dolgu duvarların elastisite modülü.
- E_s : Yapı için temel sismik karar indisi.
- $(EI)_0$: Eğilme rijitliği.
- $(EI)_e$: Çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitliği.
- F : Binayı kullanan insan sayısına bağlı bir bina önem sayısı.
- f_{cm} : MPa cinsinden mevcut beton dayanımı.
- f_{ctm} : Mevcut beton çekme dayanımı.
- f_i : Düzeltme faktörleri.
- f_{ym} : Mevcut donatı çeliği dayanımı.
- G : Binanın genel durumu.
- H : Yapısal olmayan bileşenler.

- H** : Bina yüksekliği.
- h₀** : Normalizasyon katsayısı.
- h_i** : Kritik kat yüksekliği.
- h_{i+1}** : Kritik katın üzerindeki kata ait kat yüksekliği.
- G** : Yapı zemin etkileşim faktör indisi.
- I** : Atalet momenti.
- I** : Toplam enkesit atalet momenti.
- I** : Bina önem katsayısı.
- I_b** : Kritik katta en çok kullanılan kirişin atalet momenti.
- I_{efx}** : X yönünde çalışan düşey taşıyıcı elemanların atalet momentleri toplamı.
- I_{efy}** : Y yönünde çalışan düşey taşıyıcı elemanların atalet momentleri toplamı.
- I_{px}** : Kritik kat X yönü atalet momenti.
- I_{py}** : Kritik kat Y yönü atalet momenti.
- IO** : Hemen kullanım hasar indeksi.
- IS** : Taban puanı.
- I_s** : Yapı sismik performans indisi.
- I_{s0}** : Yapı sismik karar indisi.
- I_x** : Kritik kattaki ortalama kolon boyutundan elde edilen X yönündeki atalet momenti.
- I_y** : Kritik kattaki ortalama kolon boyutundan elde edilen Y yönündeki atalet momenti.
- K₁** : Mukavemet puanı.
- K₂** : Kusur puanı.
- LS** : Can güvenliği hasar indeksi.
- L_p** : Plastik mafsal bölgesinin uzunluğu.
- L_x** : Binanın kat planının seçilen kartezyen sisteme göre x ve y yönü boyutları.
- L_y** : Binanın kat planının seçilen kartezyen sisteme göre x ve y yönü boyutları.
- M_A** : Artık eğilme momenti kapasitesi.

- M_D : Düşey yük eğilme momenti talebi.
- M_E : Deprem eğilme momenti talebi.
- M_K : Eğilme momenti kapasitesi.
- n : Bina kat sayısı.
- N_A : Artık normal kuvvet kapasitesi.
- N_D : Düşey yükler altında kolonlarda oluşan eksenel yük.
- N_D : Düşey yük normal kuvvet talebi.
- N_E : Deprem normal kuvvet talebi.
- N_K : Normal kuvvet kapasitesi.
- NRS : Hiperstatiklik durumu.
- NSI : Yapısal olmayan indeks.
- $OÖB$: Orta öncelikli binalar.
- or : Çıkma oranı.
- PGV : Yerel zemin ve deprem risk koşulları.
- PS : Sonuç performans puanı.
- P_w : Ağırlıklı ortalama puan.
- R : Taşıyıcı sistem davranış katsayısı.
- R_a : Deprem yükü azaltma katsayısı.
- r : Etki/Kapasite oranı.
- r_{ax} : Komşu iki kat arasında düşey taşıyıcı elemanlara ait X yönündeki alanlar toplamının oranı.
- r_{ay} : Komşu iki kat arasında düşey taşıyıcı elemanlara ait Y yönündeki alanlar toplamının oranı.
- r_a : Komşu iki kat arasında düşey taşıyıcı elemanlara ait X ve Y yönündeki alanlar toplamının ortalaması.
- r_{rx} : Komşu iki kat arasında düşey taşıyıcı elemanlara ait X yönündeki rijitlikler toplamının oranı.
- r_{ry} : Komşu iki kat arasında düşey taşıyıcı elemanlara ait Y yönündeki rijitlikler toplamının oranı.

- r_r : Komşu iki kat arasında düşey taşıyıcı elamanlara ait X ve Y yönündeki rijitlikler toplamının ortalaması.
- S : Sonuç yapısal puanı.
- s : Kolon giriş sarılma bölgesindeki cm cinsinden etriye aralığı.
- S_D : Taşıyıcı sistem tasarım ve boyutlandırma indisi.
- SI : Yapısal indeks.
- SI : Mukavemet indeksi.
- SSI : Yumuşak kat indeksi.
- SPI : Sismik öncelik indeksi.
- T : Yapının zamana bağlı bozulma indisi.
- t : Topografik konum katsayısı.
- TYRP** : Temel yapısal risk puanı.
- U : Yapı kullanımıyla ilgili faktör indisi.
- V_c : Betonun kesme dayanımı.
- V_y : Kesme dayanımı.
- V_{code} : Yönetmelikle bulunan bina taban kesme kuvveti.
- W : Bina toplam ağırlığı.
- w : Ağırlık çarpanı.
- YDG** : Yeterli deprem güvenliği.
- YÖB** : Yüksek öncelikli binalar.
- Z : Sismik bölge faktörü.
- λ : Eşdeğer deprem yükü azaltma katsayısı
- ρ : Çekme donatısı oranı.
- ρ' : Basınç donatısı oranı.
- ρ_b : Dengeli donatı oranı.
- δ_i : Göreli kat ötelemesi.

ÖNSÖZ

Nefes almaya başladığım ilk günden beridir büyük bir özveri ile beni asla yalnız bırakmayan ve her koşulda emek harcamaktan kaçınmayan başta annem, babam ve kardeşim olmak üzere geniş aileme, lisans ve yüksek lisans eğitimim sürecinde maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, fikir ve görüşleriyle yolumu aydınlatan ve zor olanları kolaylaştıran Yrd. Doç. Dr. Hasan ELÇİ'ye, acısıyla tatlısıyla birlikte nice zorlukları aştığım manevi kardeşlerim Uğur KARAKAŞ ve İbrahim LEKESİZ'e ayrıca tezim konusunda elinden gelen yardımları esirgemeyen Balıkesir Büyükşehir Belediyesi'nde hizmet vermekte olan abim Mithat ÖZMEN'e çok teşekkür ederim. Herşey gönlünüzce olsun.

Burak KILIÇ

1. GİRİŞ

Doğal afetlerin en önemlilerinden biri olan deprem, yer kabuğunun bir titreşimidir. Önceden bir uyarı olmadan meydana gelmesi nedeniyle deprem, doğal afetler arasında kendine has bir özelliğe sahiptir. Deprem meydana gelmeden önce bazı ön işaretler görülebilse de, günümüzde depremin önceden tahmin edilebilmesi konusunda güvenilir sonuçlar henüz mevcut değildir. Dünyanın, deprem kuşağı denen bölgeleri içinde bulunan ülkemizde, her gün aletlerin kaydettiği ve insanlar tarafından farkına varılmayan çok sayıda yer hareketi meydana gelmektedir [1].

Dünyanın en önemli deprem kuşaklarından birisi olan Alp-Akdeniz-Himalaya kuşağı üzerinde yer alan Türkiye'nin %92'si deprem olabilecek kuşak üzerinde bulunmakta ve nüfusun %98'i bu deprem bölgelerinde yaşamaktadır [2]. Bu bilgiler ışığında halkımızın deprem gerçeğiyle yaşamak zorunda olduğunu ve depreme karşı hazırlıklı olunması gerektiğini söylemek yanlış olmayacaktır. Ancak ülkemizin 1992 Erzincan Depremi, 1995 Afyon Depremi, 1998 Adana Depremi, 1999 Marmara Depremi, 2011 Van Depremi gibi yakın deprem tarihi incelendiğinde, ülke olarak böylesi bir afete karşı hazırlıklı olduğumuz söylenemez.

Bütün bu yaşanmış kötü günler neticesinde, gerek halkımız, gerek yerel yönetimler, gerek üniversiteler ve gerekse sivil toplum örgütleri kendilerine ders çıkarmış olacaklar ki, yapıların depreme karşı dayanıklılığı gündemin merkezine oturmuş ve depreme karşı alınabilecek önlemler konuşulmaya başlanmıştır.

Alınabilecek bu önlemlerin başında elbette ki mevcut binaların depreme karşı güçlendirilmesi gelmektedir. Ancak, mevcut yapı stoğu göz önüne alındığında, teknik bilgisizlik, dikkatsizlik, işçilik ve malzeme kusurları, maliyet endişesi gibi nedenlerden dolayı birçok binanın taşıyıcı sistemlerinin günümüz yönetmeliğine göre yetersiz kaldığı ve depreme karşı dayanıksız olduğu bilinmektedir. Bilinmeyenler ise hangi binaların dayanıksız olduğudur. Bu yüzden, can kaybını önlemek amacıyla hangi binaların dayanıksız olduğunu belirlemek için, mevcut binaların en kısa zamanda depreme karşı dayanıklı olup olmadıkları araştırılmalıdır. Bu araştırma

deneysel ve analitik bir çalışma olmakla birlikte hem zaman hem de finansman açısından neredeyse imkansızdır. Hızlı değerlendirme yöntemleri de işte tam da bu yüzden geliştirilmiştir.

Hızlı değerlendirme yöntemleri ile ilgili ilk çalışmalar 1968 yılında Tokachi depreminden sonra elde edilen veriler ışığında kolon-duvar indekslerine dayalı çalışmalardır. Hızlı değerlendirme yöntemlerinin deprem mühendisliği açısından önemini ortaya koyan ise FEMA raporlarıdır.

Ülkemizde de 1992 Erzincan Depreminden sonra binaların göçme sınırlarını bulmaya yarayan hızlı değerlendirme yöntemleri araştırılmaya başlanmıştır ve 2005 yılında S. TEZCAN, G. GÜLAY ve E. BAL tarafından TÜBİTAK projesi kapsamında yer alan ve ismi P25 olan bir hızlı değerlendirme yöntemi geliştirilmiştir. Söz konusu yöntemde, taşıyıcı sistem rijitliği, taşıyıcı sistem düzeni, yapısal düzensizlikler, malzeme ve zemin özellikleri gibi parametreler ışığında bir P sonuç puanı bulunup binaların göçme bölgesinde olup olmadıkları hızlı bir deneysel ve analitik çalışmayla yaklaşık olarak belirlenmektedir [3].

1.1 Amaç ve Kapsam

Günümüzde bir yapının depremde göstereceği davranışı en doğru ve gerçekçi şekilde belirlemenin en güvenilir yolu lineer olmayan itme (nonlinear pushover) analizidir. Ancak bu yöntem oldukça zahmetlidir. Dolayısıyla bu yöntemi birçok binanın analizinde kullanmak pratik olmayacağı gibi çok pahalı ve zaman alıcıdır. Bu nedenle mevcut yapı stoğunu elden geçirmek için son yıllarda deprem mühendisliğinde de kendisine yer bulmuş hızlı değerlendirme yöntemlerini kullanmak akıllıca olacaktır.

Bu tez kapsamında, binaların depremde göçme risklerini araştıran hızlı değerlendirme yöntemleri incelenmiş, P25 Hızlı Değerlendirme Yöntemi ile Balıkesir İli'ndeki, birbirinden farklı taşıyıcı sisteme, yüksekliğe ve düzensizliklere sahip 50 adet betonarme bina üzerinde çalışma yapılmıştır. İçlerinden seçilen bazı binaların DBYBHY 2007'de verilen Doğrusal Elastik Hesap Yöntemi ile analizleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar P25 Yöntemi sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

Bu çalışmada ana amaç, Balıkesir'deki mevcut bina stoğunun deprem performanslarının incelenmesi ve olası bir depremde Balıkesir'in genel olarak depreme hazırlıklı olup olmadığının araştırılmasıdır. Bunun yanı sıra, hızlı değerlendirme yöntemlerinin uygulanabilirliğini incelemek, yöntem ve uygulamaları ile ilgili eleştirilerde bulunmaktır.

P25 yöntemi, sadece bina türü betonarme yapılar için uygulanmaktadır. Prefabrik ve çelik yapılar tez kapsamının dışındadır.

1.2 Yöntem

P25 Hızlı Değerlendirme Yöntemi ile incelenen binaların düşey taşıyıcı elemanları göz önünde bulundurularak bina boyutları, dolgu duvarları, malzeme özellikleri ve binaların oturduğu zemin özellikleri bir arada değerlendirilmiştir. Yöntem kapsamında geliştirilmiş olan belli başlı ampirik formüller kullanılarak bir P sonuç puanı belirlenmiştir. Bu puan, belirli bant aralıklarında değerlendirilerek, binanın "depremde geçer mi geçmez mi?" sorusuna cevap teşkil etmektedir. Ayrıca çalışma yapılan binalar arasında yer alan birbirinden farklı özelliklere ve imalat tarihlerine sahip olan 15 adet bina, günümüz DBYBHY 2007 kapsamında değerlendirilmiştir. Binalar bilgisayar ortamında üç boyutlu olarak teşkil edildikten sonra ilgili bina, imalat tarihinde yürürlükte olan deprem yönetmeliğinin esaslarına göre analiz edilmiştir. Yapılan analizin ardından, mevcut donatılar tek tek programa girilip günümüz yönetmeliğine göre deprem performansı belirlenmiş ve P25 Yöntemi sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

Hem P25 Hızlı Değerlendirme Yöntemi'nde hem de binanın üç boyutlu modelinin tasarlanıp TDY 2007'ye göre performansının incelenmesinde, binalara ait projelerde yer alan beton ve çelik sınıfları kullanılmıştır.

2. HIZLI DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ

Bu bölümde, dünyada ve ülkemizde kullanılan bazı hızlı değerlendirme yöntemleri hakkında bilgi verilecek ve bu yöntemlerle P25 Hızlı Değerlendirme Yöntemi karşılaştırılacaktır. P25 Hızlı Değerlendirme Yöntemi, diğer hızlı değerlendirme yöntemlerine nazaran daha fazla analitik hesaplarla desteklenerek gerçeği daha fazla yansıtan bir yöntemdir. Ayrıca, diğer hızlı değerlendirme yöntemlerinden bazılarının sınır koşulları nedeniyle her betonarme bina için uygulanamaması ve birçoğunun pratik olmaması nedeniyle tez kapsamında P25 Hızlı Değerlendirme Yöntemi kullanılmıştır.

P25 Hızlı Değerlendirme Yöntemi'nde dikkate alınan veya alınmayan parametreler Tablo 2.1'de 1 no'lu sütunda verilmiştir.

2.1 Japon Sismik İndeks Yöntemi

İlk olarak Japonya'da geliştirilen ve daha sonra Türkiye'de de çeşitli araştırmacılar tarafından uygulanmaya çalışılan bir yöntemdir. Yöntem, kat sayısı 6'dan az betonarme çerçeve, perde-çerçeve veya sadece perdelerden oluşan taşıyıcı sisteme sahip bina türü yapılara uygulanabilmektedir. Alışılmamış taşıyıcı sistemi olan, malzeme dayanımı düşük, 30 yaşın üzerinde, şiddetli derecede bozulmaya maruz kalmış veya yangın geçirmiş yapılar bu yöntemin dışındadır.

Yöntem, daha gerçekçi sonuç veren ve daha çok zaman alan kademeli üç farklı aşamadan oluşmaktadır. Bu aşamaların her birinde de aşağıda gösterilen I_s ve I_{s0} indisleri bulunarak karşılaştırma yapılır. $I_s > I_{s0}$ durumunda bina öngörülen deprem yer hareketine karşı gerekenden daha fazla sismik performansa sahip olduğundan güvenli sayılmaktadır. $I_s < I_{s0}$ durumunda ise bina öngörülen deprem yer hareketine karşı sismik performans için kararsız kabul edilmektedir.

$$I_s = E_0 S_D T$$

$$I_{s0} = E_s Z G U$$

Burada;

I_s : Yapı sismik performans indisi.

I_{s0} : Yapı sismik karar indisi.

E_0 : Temel yapısal performans indisi.

S_D : Taşıyıcı sistem tasarım ve boyutlandırma indisi.

T : Yapının zamana bağlı bozulma indisi.

E_s : Yapı için temel sismik karar indisi.

Z : Sismik bölge faktörü.

G : Yapı zemin etkileşim faktör indisi.

U : Yapı kullanımıyla ilgili faktör indisi.

Birinci inceleme seviyesinde çerçevelerin taşıma gücü, kolon ve perde gibi düşey taşıyıcı elemanların kesit alanlarından faydalanarak hesaplanır. S_D ve T indisleri de benzer şekilde basitçe hesaplanır. Bu seviyedeki inceleme perdelerin nispeten çok olduğu binaların değerlendirilmesi için uygundur. Perdesiz çerçevelerden oluşan bir yapının deprem davranışı gerçek davranışın oldukça altında tahmin edilir. Çünkü perde sünekliğinin, çerçeve sünekliğini önemli ölçüde etkilediği kabul edilir. Perdesiz sistemlerde bu durumla karşılaşılabilmesi göz önüne alınarak bu seviyedeki bir incelemeyle yetinmeyip diğer seviyelerde de incelenmesi gerekebilir.

İkinci inceleme seviyesinde kolon ve perdelerin taşıma gücü ve süneklik kapasiteleri taşıma gücü esasları kullanılarak hesap edilir. S_D ve T indisleri birinci seviyeye göre daha ayrıntılı hesaplarla bulunur. Bu inceleme seviyesi özellikle zayıf kolon, kolona göre güçlü kiriş sistemlerine uygundur. İnceleme sonucu birinci seviyeden elde edilene kıyasla daha güvenlidir. Bu safhada çerçeveyi oluşturan kirişlerin rijit olduğu kabul edilebilir. E_0 ana indeksi, düşey taşıyıcı elemanların taşıma gücü göz önüne alınarak elde edilir.

Üçüncü inceleme seviyesinde E_0 ana indeksinin hesabında düşey taşıyıcı elemanların göçme türlerinin yanı sıra, kirişlerin davranışı ve perde temelindeki

dönme de dahil olmak üzere yapının mümkün olan tüm göçme mekanizmaları göz önüne alınır. S_D ve T hesabı ikinci seviyede olduğu gibidir [4-8].

Karşılaştırma sonucunda, yapısal çözümlene kesit kapasitelerinin hesabı ile ulaşılan kat bazında (kapasite/iç kuvvet) oranları ile Sismik İndeks Yöntemi kullanılarak elde edilen (performans indeksi/karşılaştırma indeksi) oranları arasında yaklaşık olarak doğrusal bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, incelenen binalarda, herhangi bir kritik katta (performans indeksi/karşılaştırma indeksi) oranının 0.4'ten küçük olması durumunda daha ayrıntılı bir analizin gerekli olduğu, bu oranın 0.4'ten büyük olması durumunda ise daha ayrıntılı bir incelemeye gerek olmaksızın, sadece bu hızlı değerlendirme yönteminin sonucun göre kullanıma devam edilebileceği sonuçlarına ulaşılmıştır [9].

Yöntemde dikkate alınan veya alınmayan parametreler Tablo 2.1'de 2 no'lu sütunda verilmiştir.

2.2 ATC-21 Hızlı Değerlendirme Yöntemi

ABD'de geliştirilmiş ATC-21 (Applied Technology Council) hızlı değerlendirme yöntemlerinin deprem mühendisliğindeki ilk öncülerindendir. Yöntemin temeli incelenen binanın depremdeki performansını temsil eden bir değerlendirme puanı oluşturulmasına dayanmaktadır. Sonuç Yapısal Puanı (S puanı) adı verilen bu puan binadan toplanan veriler doğrultusunda belirlenen Temel Yapısal Risk Puanı ve Eksiltici Yapısal Puanların katılımıyla elde edilir. Genellikle çok sayıda bina için uygulanan yöntemin veri toplama ve puanlama aşamalarının sistemli ve koordine bir şekilde yapılması çok önemlidir.

Yapılan uygulama sonucunda bulunan S puanı belirlenen bir kesim değeri ile karşılaştırılır. S puanı kesim değerinden büyük ise söz konusu yapı güvenli olarak nitelendirilir ve ayrıntılı değerlendirmeye gereksinim duyulmaz, tersi durumda yapı güvensiz olarak nitelendirilir ve yapıda ayrıntılı inceleme yapılması gereklidir. S puanı ne kadar büyükse yapının depremde gösterdiği performans da o kadar iyidir. Genel olarak S puanı 0-5 arasında, çok nadiren risk haritasına bağlı olarak 5'ten büyük bir değere sahip olur.

2.2.1 ATC-21 Hızlı Değerlendirme Yöntemi'nin Adımları

2.2.1.1 Veri Toplama

Değerlendirme toplanan verilerin puanlandırılması esasına dayandığından yöntemin belki de en önemli aşaması veri toplama işlemidir. Veri toplama işlemi hızlı değerlendirme formunun doldurulması şeklinde yapılmaktadır.

Bu formun genel olarak içerdiği bilgiler;

- Fotoğraf veya kroki,
- Yapı ile ilgili temel bilgiler (adres, bina ismi, inşa yılı, kat alanı, kat adedi, kat yüksekliği, kullanım amacı vs.),
- Yapısal olmayan elemanların (bacalar, balkon parapetleri, kalkan duvarlar vs.) düşme tehlikesi,
- Yapısal puanlar (Temel Yapısal Risk Puanı ve Eksiltici Yapısal Puanlar),
- S puanı, yorumlar ve ayrıntılı değerlendirme raporu.

2.2.1.2 Temel Yapısal Risk Puanı

Yapının taşıyıcılığına ve bulunduğu bölgeye bağlı olarak, meydana gelebilecek bir depremde binada oluşacak ana hasarın ihtimali olan puandır. Burada sözü geçen 'ana hasar' binanın %60 veya daha fazlasının fiziksel hasarıdır.

$$TYRP = -\log(\text{hasar ihtimali})$$

Hesaplanan TYRP'ndan Eksiltici Yapısal Puanlar çıkarılarak S puanı elde edilir. Buradan da anlaşılacağı gibi TYRP, depremdeki performansı yüksek olan yapılar için büyük, düşük olan yapılar için ise küçük değerler olacaktır.

2.2.1.3 Eksiltici Yapısal Puanlar

İncelenen binada aşağıdaki ana başlıklar çerçevesinde olumsuz durumlar gözlenirse;

- Yüksek yapı,

- Kötü görüntü durumu,
- Düşey düzensizlik,
- Yumuşak kat,
- Burulma düzensizliği,
- Planda düzensizlik,
- Ağır kaplama malzemesi,
- Kısa kolon,
- Zemin durumu,

her bir olumsuz duruma çeşitli puanlar verilmek suretiyle bu puanlar binaya verilen Temel Yapısal Risk Puanı'ndan çıkarılarak S puanı hesaplanmış olur.

2.2.1.4 Kesim Değeri

Tüm yapılan uygulamadan sonra elde edilen S puanını bir değerle karşılaştırmak ve bunun sonucunda yapının 'güvenli' veya 'güvensiz' olarak nitelendirmek gerekmektedir. Bu doğrultuda bulunan S puanı Kesim Değeri (cut off score) adı verilen bir puan ile karşılaştırılır. Kesim değerinin altındaki S puanına sahip yapılar 'güvensiz' olarak nitelendirilir ve bu yapıların daha ayrıntılı bir değerlendirmeye ihtiyaçları vardır. S puanı kesim değerinin üzerinde olan yapılar 'güvenli' olarak nitelendirilir. Ancak bu kesim değerine karar vermek yöntemin en zor ve en çok deneyim isteyen aşamasıdır.

Amacı doğrultusunda genellikle çok sayıda bina üzerinde uygulanan yöntemin kesim değerinin yüksek seçilmesi durumunda, incelemiden çıkacak sonuç birçok binanın ayrıntılı incelenmesi gerektiği şeklinde olacaktır. Bu durumda maliyet artacak ve uygulanan hızlı değerlendirme yönteminin pek fazla önemi kalmamış olacaktır. Diğer taraftan, daha düşük bir kesim değeri seçilmesi halinde pek çok bina için ikincil bir incelemeye gerek yoktur sonucu ortaya çıkacak, bu sayede maliyet düşecek ancak daha düşük deprem güvenliği elde edilmiş olacaktır. Bu açıdan bakıldığında, maliyet-güvenlik arasındaki optimum dengeyi sağlamak amacıyla bu değerlerin deneyimli kişiler tarafından ekonomik ve toplumsal değerler göz önünde bulundurularak seçilmesi gerekmektedir [9,10].

Yöntemde dikkate alınan veya alınmayan parametreler Tablo 2.1’de 3 no’lu sütunda verilmiştir.

2.3 Kanada Sismik Tarama Yöntemi

Kanada Ulusal Araştırma Birliği tarafından yayınlanan ilkeler doğrultusunda önerilen yöntem çok aşamalı bir incelemenin ilk aşaması olarak düşünülmekte ve incelenen bina grubundaki her bir binanın deprem riskinin sayısal olarak ön değerlendirilmesini içermektedir. Sayısal değerlendirme yapıldıktan sonra öncelik sırasına göre daha kapsamlı bir çalışma mutlaka yapılmalıdır. Değerlendirmeye sokulacak binaların seçilmesi de önemli bir karardır. Hasar görebilirliği yüksek, mühendislik hizmeti görmemiş geleneksel binalar ile sünek olarak tasarlanmadığı ve üretilmediği düşünülen çerçeve türü binalara öncelik verilebilir. Mühendislik hesap ve çizimlerine ulaşılabilen binalar bir sonraki aşamaya bırakılabilir. Yöntemin kullanıcıları yapı mühendisleri, mimarlar, bina sahipleri ve acil müdahale yöneticileri olabilir. Kullanıcı profiline farklı disiplinlerden olması, geliştirilen formların daha özenle hazırlanmasını, teknik terimlere gereğinden fazla yer verilmemesine götürmüştür. Hızlı değerlendirme yöntemlerini içeren el kitapları değerlendirme yapacaklar için hazırlanmıştır. Burada önemli olan diğer bir konu da değerlendirme ekibinin başında sürekli olarak bilgi alabilecekleri, yapı ve deprem mühendisliği konularına yatkın bir liderin bulunmasıdır. İncelenecek binadan olabildiğince bilgi toplamak doğru karar verebilmek için önemlidir. Bu amaçla hazırlanan formda bu bilgilere yer verilmiştir. Her bir bilgi sayısal bir değere karşı gelmektedir. Binanın adresi, posta kodu, kat sayısı, yapım yılı, projelendirme yılı, toplam bina kullanım alanı, bina ismi, değerlendirme yapanın ismi, değerlendirme tarihi, binanın çevresiyle ilişkisini gösterir şematik bir plan, binanın tipik bir fotoğrafı, varsa tipik kat planı ya da kalıp resmi, yapımda kullanılan taşıyıcı sistem malzemesi (ahşap, çelik, betonarme, yığma gibi), taşıyıcı sisteme zaman içinde yapılan müdahale, bozulmalar, beklenen maksimum yer ivmesi ve hızını içeren bölgenin depremselliği (A), zemin koşulları (B), taşıyıcı sistemin türü (C), döşeme sistemi (D), binada var olan düzensizlikler (E), binayı kullanan insan sayısına bağlı bir bina önem sayısı (F) gibi parametreler sayısallaştırılmış ve yapısal indeks (SI) olarak aşağıdaki biçimde tanımlanmıştır.

$$SI=ABCDEF$$

Binanın genel durumu (G) ve yapısal olmayan bileşenleri de (H) dikkate alan yapısal olmayan indeks;

$$NSI=BFGH$$

bağıntısı yardımıyla hesaplanır. Yapısal ve yapısal olmayan indekslerden sismik öncelik indeksine;

$$SPI=SI+NSI$$

bağıntısıyla geçilebilir. Bu sayısal verilerin dışında, incelenen bina ile ilgili yorumlar da forma işlenebilmektedir.

A, B, C, D, E, F, G, H katsayılarının alabileceği sayısal değerlerin üst ve alt sınırları değerlendirme sonuçları bakımından önemlidir. Depremsellik faktörü olarak da tanımlanabilecek A değeri 1~5 arasında değişmektedir, yüksek A değerleri daha riskli bölgelere karşılık gelmektedir. Zemin koşulu faktörü B kaya ya da çok sağlam zeminlerde 1.0, sıvılaşma potansiyeli yüksek, çok zayıf zeminlerde 1.5 değerini almaktadır. Taşıyıcı sistemle ilgili olan C katsayısı, depreme dayanıklı tasarım ilkeleri doğrultusunda tasarlanmış sünek sistemlerde düşük, tersi sistemlerde yüksek değerler almaktadır. Örneğin; 1.0 sünek olarak detaylandırılmış bir taşıyıcı sisteme karşı gelirken 3.5 gevrek sistemlere karşı gelmektedir. Bu değerlerin taşıyıcı sistem davranış katsayısına (R) benzerlikler gösterdiği söylenebilir. Ancak, farklı bir yorumu vardır. Döşeme sistemine bağlı olan D katsayısı 1~2 arasında değişmektedir, hafif ve diyafram özelliği gösterebilen döşeme sistemlerinde bu katsayı düşüktür. Yapısal düzensizlikle ilgili bir faktör olan E hasar görülebilirliği çok etkilemekte olup binada her bir düzensizliğe karşı gelen puanlar vardır. Tanımlanan düzensizlikler, ilgili deprem yönetmeliğinde bulunan kriterlerden farksızdır. Bunlar düşeyde düzensizlik, burulma düzensizliği, kısa kolonlar, yumuşak kat, çekiçleme etkisi, bina taşıyıcı sistemindeki proje dışı önemli değişiklikler ve değişik türde yapısal hasar oluşumlarıdır. Yapısal düzensizliklerin çoğunun mimari proje kaynaklı olduğu bilinmekte, uygun mimari projelerde düzensizliklerin en aza indirilmesi olanaklı olmaktadır. Binada gözlenen her bir düzensizliğe 0.3 ile 1.0 arasında değişen puan verilmekte olup en düşük değer düşeyde düzensizlik, komşu binaların çarpışması, sistemde yapılan değişiklikler ve hasara, en büyük katsayı ise yumuşak kat

oluşumuna verilmektedir. E'nin üstten sınırlandırılması da önerilmektedir, gerçekte böylesi bir bina önemli sorunlar içermektedir. Binanın önemi ile ilgili olan F katsayısı binada yaşayanların sayısına (N) bağlıdır, içinde 10 kişiden az insan barındıran binalarda (düşük önem düzeyi) 0.7, 10~300 arasında (normal önem düzeyi) 1.5, 300~3000 arasında (okul ve yüksek önem düzeyi) 2.0, 3000'den fazla (deprem sonrası hemen kullanım ve çok yüksek önem düzeyi) olması durumunda 3.0 alınmaktadır. Binanın bugünkü durumunu simgeleyen G katsayısı ise en iyi veya sorunsuz durumda 1.0, çok sorunlu durumda 4.0 ile hesaba sokulmaktadır.

Yapısal olmayan faktörler H ile gösterilmektedir, çıkış ve kaçış yollarını etkileyecek bina dışında serbestçe bulunan parapetler ve bacalar ile bina içindeki yağma kagir bölme duvarları, mekanik ve elektrik ekipmanları ile raflar gibi bileşenlerden oluşmaktadır. Mevcut olan her bir iç ve dış bileşen için 1.0 puan verilmektedir. Bina ile ilgili inceleme tamamlandıktan sonra bir sonraki aşama için elde edilen sayısal sonuçların değerlendirilmesi yapılır. Bu aşamada öncelikli olarak hesaplanan indekse göre bir sıralama yapılır. İndeksin yüksek olması önceliğin yüksek olması gerektiği anlamına gelir. Öncelik sıralamasında üç indeksten (SI, NSI, SPI) biri kullanılabilir. Örneğin, deprem riski düşük bölgelerde yapısal olmayan hasarların değerlendirilmesi daha önemli olabilir. Diğer önemli bir karar da herhangi bir indeksin küçük çıkması durumunda o binanın değerlendirme kapsamına alınıp alınmamasına karar vermektir. Öncelik sıralamasında kullanılacak sınır değerlerin belirlenmesi bina için ayrılan bütçeyi doğrudan etkilediğinden, güç olmakla birlikte, varsayılan bazı değerler karşı geldiği öncelik düzeyleri ile aşağıda verilmiştir:

SI ya da NSI 1.0~2.0 yeterli deprem güvenliği (YDG)

SPI < 10 düşük öncelikli binalar (DÖB)

SPI 10~20 orta öncelikli binalar (OÖB)

SPI > 20 yüksek öncelikli binalar (YÖB)

SPI > 30 çok tehlikeli binalar (ÇTB)

Pek çok faktörü dikkate alan bu yöntemin başarıya ulaşması doğru ve güvenilir veri toplamaya bağlıdır. Güvensiz verilerle karşılaşıldığında ya çekince ile

kullanılmalı ya da kullanılmamalıdır. Bir projeye ulaşamadığında güvensizlik doğurabilecek veriler, binanın projelendirme ve yapım yılı, kat alanları, zemin koşulları, yapısal olmayan ve bir deprem sırasında düşmesi ya da göçmesi olası bileşenler olarak sıralanabilir. Belirsizliklerin çok olması durumunda güvenli tarafta kalacak seçimlerin yapılması önerilmektedir [11].

Yöntemde dikkate alınan veya alınmayan parametreler Tablo 2.1'de 4 no'lu sütunda verilmiştir.

2.4 Durtes Yöntemi

DURTES (DURum TESpit programı) Yöntemi İstanbul Üniversite'nde geliştirilmiş ve ilk olarak 2002 yılında yayınlanmıştır. Yöntemin uygulanması bir bilgisayar programı eşliğinde gerçekleştirilmektedir. Hesapların yapılabilmesi için bir formun doldurulması ve bina ile ilgili bilgilerin girilmesi gerekmektedir.

Yöntem kullanılırken, öncelikle binanın malzeme özellikleri göz önüne alınarak maruz kalacağı yüklere karşı birim alan için sahip olması gereken eleman boyutları bulunarak K_1 katsayısı elde edilir daha sonra her bir binanın mevcut durumu dikkate alınarak bir K_2 kusur puanı hesaplanır. Bu puan yaklaşık 100 adet parametreye bağlı olarak elde edilir. Ardından, yöntemde taban kesme kuvveti kesin olarak, eğilme momenti ve eksenel kuvvet değerleri ise belirli parametreler üzerine kurulmuş formüller ile elde edilmektedir [4,12-16].

Yöntemde dikkate alınan veya alınmayan parametreler Tablo 2.1'de 5 no'lu sütunda verilmiştir.

2.5 Hasar Kontrol Endeksleri Yöntemi

1995 yılında Tezcan ve Akbaş tarafından tüm dünya üzerindeki belli başlı 22 farklı deprem yönetmeliği incelenmiş ve bu yönetmeliklerdeki görelî ötelenme oranı sınırları karşılaştırılmıştır. Bu çalışmanın dayanağı, geçmiş depremlerden de tecrübe edildiği gibi, beklenen bina hasarını global olarak en iyi verebilen analitik parametrenin görelî kat arası ötelenme oranı olduğu gerçeğidir. Ancak, her yönetmelikteki yatay yük seviyeleri farklı olduğu için görelî kat arası ötelenme oranı

sınırları da bu yatay yük katsayılarına normalize edilerek Hasar Endeksi isimli bir endeks oluşturulmuştur. Çeşitli depremlerden hasar almış yapılar üzerinde yapılan kalibrasyonlar sonrası, taşıyıcı olmayan eleman hasarlarını da engelleyecek endeks 120 olarak bulunmuştur. Bu değer hafif hasar durumuna karşı gelmektedir.

Yöntem hasar durumuna hızlıca karar verilmesine olanak sağlamakla birlikte, yöntemin uygulanması için elastik de olsa bir bilgisayar analizi yapılması gerektiğinden tam olarak hızlı bir değerlendirme yöntemi olarak kabul edilemez.

Yöntemin hesap sırası aşağıdaki gibidir;

- İncelenecek binanın dolgu duvarları dahil edilmeden bilgisayarda matematik modeli hazırlanır.
- Yönetmelik tarafından belirlenen yükler altında analiz yapılır.
- Bulunan en büyük görelî ötelenme oranı yatay yük katsayısına oranlanarak hasar endeksi hesaplanır.
- Bir önceki adımda bulunan endeks, örneğın hafif hasar için 120 değeri ile karşılaştırılır ve hasar durumuna karar verilir [4,17].

Yöntemde dikkate alınan veya alınmayan parametreler Tablo 2.1’de 6 no’lu sütunda verilmiştir.

2.6 Öncelik İndeksi Yöntemi

Hassan ve Sözen tarafından 1997 yılında yayınlanan ilk çalışmada bina boyutları ve taşıyıcı elemanlar ile dolgu duvarlarının boyutları kullanılmıştır. Genel yaklaşım olarak, çok sık deprem olmayan bölgelerdeki bina stoğu ile ilgili üst seviye bir hesaplama yerine, daha düşük seviyeli bir hesap yöntemi araştırılmıştır. Binalardan beton karot numuneleri alınmış ve Schmidt çekici okumaları yapılmıştır.

Bu yöntemde sadece düşey taşıyıcıların ve dolgu duvarlarının etkili kesme alanlarına bağlı endeksler bulunarak ve birçok önemli parametre ihmal edilerek sonuca ulaşılmaya çalışılmıştır. X ekseninde kolon endeksi, Y ekseninde duvar endeksi olan iki eksenli grafiksel bir gösterim üzerinde binaların risk durumları araştırılmıştır. Bir başlangıç seviyesi çalışması olarak kabul edilebilecek Hassan ve Sözen (1997) çalışmasının ardından Gülkan ve Sözen (1999) tarihli bir çalışma

yayınlanmıştır. Bu ikinci makalede aşağıda detayları verildiği şekilde yöntem yeniden düzenlenmiştir;

- Tabanın üstündeki katta bulunan kolonların alanları toplanıp yarısı alınır.
- Bulunan bu değer kat alanına bölünerek kolon indeksi hesaplanır.
- Perde duvarlar mevcut ise, perde duvarların alanları ile dolgu duvarlarının alanlarının 1/10'u toplanıp yine kat alanına bölünür ve duvar indeksi hesaplanır.
- Kolon indeksi X ekseninde, duvar indeksi Y ekseninde olmak üzere incelenen binanın indeksleri bir kartezyen sisteminde işlenir. Buna ilave olarak kolon ve duvar indeksi birbirine eklenerek öncelik indeksi bulunur.
- İncelemeye konu olan binanın öncelik indeksi veya grafikteki konumu daha önceden belirlenen sınırlar ile karşılaştırılarak binanın önceliği hakkında bilgi verilir.
- PI indeksi düştükçe, binanın risk seviyesinin arttığı kabul edilmektedir.
- Gülkan ve Sözen tarafından 1999 tarihinde yayınlanan daha gelişmiş yöntemde ise kat sayısı, binanın birim alana düşen kütlesi, duvar ve betona ait malzeme özellikleri, dolgu duvarlarının tipi ve mesnetlenme koşulları, kolon ve kirişlerin birbirine göre, görelî boyutları ile mesnetlenme koşulları, kolon burkulma katsayıları ve duvar geometrisi, ortalama kat yüksekliği, zemin ve temel tipi, kolon alanlarının kat alanına oranı, dolgu duvarı alanlarının kat alanına oranı parametreleri de yöntemde eklenerek yöntem geliştirilmiştir [4,18,19].

Yöntemde dikkate alınan veya alınmayan parametreler Tablo 2.1'de 7 no'lu sütunda verilmiştir.

2.7 İki Aşamalı Bina Güvenliği Yöntemi

8 kata kadar olan yapıların deprem güvenliğinin tespiti için geliştirilen iki aşamalı yöntemin ilk aşamasında, binaya dışardan bakılarak kat sayısı, dış görünüşü, yerel zemin ve topografik durumu, yumuşak kat, çıkma veya ağır cephe elamanları, kısa kolon ve çarpışma etkisinin olup olmadığı gözlemlenerek yapının düşük, orta ve yüksek riskli olduğuna karar verilir.

İkinci aşamada ise, orta ve yüksek riskli binaların içine girilerek, yumuşak kat, kısa kolon ve bina kalitesi gibi özelliklerin doğruluğuna bakılır ve ortogonal olmayan aksların varlığı, X ve Y doğrultularındaki sürekli çerçevelerin sayısı ile ilgili hiperstatiklik durumu ($NRS=0.1$ veya 2), giriş katındaki kolon, perde ve duvar alanları ile ilgili olarak hesaplanan mukavemet indeksi ($SI=0.1$ veya 2) bulunur.

Yöntemin hesap sırası aşağıdaki gibidir;

- İki aşamalı değerlendirme ile binanın yukarıda adı geçen etkin parametreleri belirlenir.
- Yerel zemin ve deprem risk koşullarına (PGV) göre binanın bulunduğu bölge, I, II veya III. bölge olarak belirlenir.
- Yapının kat sayısı ve deprem riskine bağlı olarak yapıya 70-160 arasında değişen bir IS taban puanı verilir.
- Daha sonra bu taban puanı gözlemlenen parametrelerin sayı ve derecesine bağlı olarak azaltılır ve PS sonuç performans puanı hesaplanır [4,20,21].

Yöntemde dikkate alınan veya alınmayan parametreler Tablo 2.1'de 8 no'lu sütunda verilmiştir.

2.8 Kapasite/Talep Oranı Yöntemi

Bu yöntemde binaların kapasite-talep farklılıklarından göçme riskleri bulunmaktadır. Burada sadece bina kolonları ile analiz yapılmakta ve kolonların görece kat arası ötelenme oranı değerleri ve kapasite durumlarına göre binanın göçüp göçmeyeceği hakkında yaklaşık bir bilgi edinmek mümkün olmaktadır. Sadece kolonlar mukayese edilmektedir. Örneğin; çarpışma etkisi veya burulma düzensizliği olan binalar bu çalışmanın kapsamı dışındadır.

Yöntem iki aşamalıdır. Öncelikle bir depremden gelebilecek azami görece kat ötelenmeleri bulunur. Bunun için binanın birinci kat planındaki iki ortogonal (x ve y) doğrultusunda bulunan kolonların atalet momentleri hesaplanır ve ardından bina türü ve kat adedine göre incelenecek binanın periyodu bir formül yardımıyla bulunur veya tablodan seçilir. Bulunan periyoda ve yine bina türü ve kat adedine göre depremde

meydana gelebilecek azami görelî kat ötelenmesi, yani deprem talebi, yine aynı tablodan seçilir.

İkinci aşamada ise, planda bulunan kolonların azami ötelenme kapasiteleri bir grafikten seçilir. Burada; kolona gelen yük seviyesi, kolondaki boyuna doğrultudaki donatı oranı, beton pas payının kalınlığı, dikdörtgen kolonların kenar uzunluklarının birbirine olan oranı ve iki kat arası yükseklik bu grafiklerin oluşturulmasında ana parametrelerdir [4,22].

Yöntemde dikkate alınan veya alınmayan parametreler Tablo 2.1'de 9 no'lu sütunda verilmiştir.

2.9 İstatistiksel Yöntem

Yöntem ilk defa 2004 yılında 13. Dünya Deprem Mühendisliği Konferansı kapsamında yayınlanan bir makale ile Yakut, Özcebe ve Yüçemen tarafından önerilmiştir. İstatistiksel olarak tespit edilen bazı katsayılarla dayanarak bir puanlamaya gitme yolu seçilmiştir.

Yöntemin hesap sırası aşağıdaki gibidir;

- Katlardaki düşey elemanlar ve dolgu duvarlarının toplamı enkesit alan (A indeksi) ve enkesit atalet momenti (I indeksi) indeksleri hesaplanır.
- X ve Y yönünde bulunan sıralı çerçeve sayısı ile ilgili hesaplanan NRS hiperstatiklik derecesi puanı: 1, 2 veya 3 bulunur.
- h_1/h_2 değerlerinden SSI yumuşak kat indeksi bulunur.
- Çıkmalı kat alanı/giriş kat alanı = *or* çıkma oranı bulunur.
- Binalar 'n' kat sayısına da bağılı olarak LS: Can Güvenliği ve IO: Hemen Kullanım hasar indekslerine göre iki kere ayrı ayrı puanlanır.

$$DI_{LS} = 0.620n - 0.246(I) - 0.182(A) - 0.699(NRS) + 3.269(SSI) + 2.728or - 4.905$$

$$DI_{IO} = 0.808n - 3.334(I) - 0.107(A) - 0.687(NRS) + 0.508(SSI) + 3.884or - 2.868$$

- Her iki hasar indeksine göre puanlanan binaların, 'n' kat sayılarına göre her iki performans düzeyi için bulunan cut-off puanları ile ve buna göre binaya her iki durum için 0 veya 1 atanır. LS için, 0: (hasarsız, hafif veya orta) ve 1:(ağır hasar, yıkık), IO için, 0: (hasarsız, hafif) ve 1: (orta, ağır hasar, yıkık)

anlamına gelir. LS ve IO performans durumuna göre 0 veya 1 performans puanları atanır: 00 (güvenli), 11 (güvensiz) ve 01 veya 10 (orta) değerleri için performanslar saptanır [4,23,24].

Yöntemde dikkate alınan veya alınmayan parametreler Tablo 2.1'de 10 no'lu sütunda verilmiştir.

2.10 Sismik Performans Yöntemi

Yöntem 2006 yılında yayınlanan bir makale ile Yakut tarafından önerilmiştir. Perdeli veya perdesiz sistemlere uygulanabilir.

Yöntemin hesap sırası aşağıdaki gibidir;

- Giriş (zemin) katındaki X ve Y yönündeki taşıyıcı eleman boyutları ve beton dayanımı ve uygun katsayılar kullanılarak toplam V_c bulunur. Beton kalitesi görünüşe göre alınır; kötü<10, orta10-16, iyi ise 16 alınmaktadır.
- Kat sayısı n 'ye bağlı olarak V_c cinsinden yaklaşık bir V_y kesme dayanımı ifadesi bulunur.

$$V_y = V_c / (0.95 e^{0.125n})$$

- Daha sonra duvar katkısının göz önüne alınması için bu V_c ifadesi; A_w toplam boşluksuz duvar alanı ve A_{tf} toplam bina alanı cinsinden yaklaşık bir V_{yw} ifadesine dönüştürülür.

$$V_{yw} = V_y (46 \times (A_w/A_{tf}) + 1)$$

- BCPI kapasite indeksi $BCPI = V_{yw}/V_{code}$ ile hesaplanır. BCPI büyüdükçe bina kapasitesi artar.
- Son olarak bu BCPI kapasite indeksi C_A mimari özellik ve C_M yapım kalitesi ve ilgili katsayı ile düzeltilir.
- C_A katsayısı için gözle veya projeden incelenerek bulunan; C_{AS} yumuşak kat, C_{ASC} kısa kolon, C_{AP} planda düzensizlik ve büyük çıkmalar, C_{AF} düşey veya yatayda süreksizlik katsayıları bulunur.

$$C_A = 1.0 - (C_{AS} + C_{ASC} + C_{AP} + C_{AF})$$

Bu değerler FEMA154, Gülkan ve Yakut ile Sucuoğlu ve Yazgan çalışmalarından esinlenerek alınan 0.11-0.38-0.5 arası değişen yaklaşık değerlerdir.

- C_M katsayısı, binanın yapım ve işçilik kalitesine bakılır, iyi, orta, kötü olarak değerlendirilerek bulunur.
- BCPI kapasite indeksi C_A mimari özellik ve C_M yapım kalitesi ile ilgili katsayılarla düzeltilerek CPI bina indeksi hesaplanır [4,25].

$$CPI = C_A \times C_M \times BCPI$$

Yöntemde dikkate alınan veya alınmayan parametreler Tablo 2.1'de 11 no'lu sütunda verilmiştir.

Tablo 2.1: Hızlı değerlendirme yöntemlerinde dikkate alınan parametreler

PARAMETRELER	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Yapı Tipi	A	A	G	G	A	A	A	A	A	-	-
Yapının Mevcut Durumu	A	-	G	G	-	-	A	G	A	-	-
Kolon, Perde Alanları	A	-	-	A	-	A	A	A	-	A	A
Kolon, Perde Atalet Momentleri	A	-	-	A	-	-	-	A	A	-	A
Dolgu Duvar Alanları	A	-	-	A	-	A	-	A	-	-	A
Dolgu Duvar Atalet Momentleri	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A
Dolgu Duvar Tipi	A	-	-	A	A	-	-	A	-	-	-
Bina Yüksekliği veya Kat Sayısı	A	A	G	A	A	A	A	A	A	A	A
Hiperstatiklik	-	A	-	-	-	-	-	A	-	-	A
Burulma Düzensizliği	A	A	G	A	G	-	A	A	-	A	-
Döşeme Süreksizliği	A	A	G	-	G	-	A	-	-	A	-
Düşey Doğrultuda Süreksizlik	A	A	G	A	G	-	-	-	A	A	-
Kütle Düzensizliği	A	A	-	-	-	-	-	G	A	-	-
Korozyon Mevcudiyeti	A	-	-	-	-	-	-	G	-	-	-
Ağır Cephe Elemanları	A	-	G	G	-	-	-	G	-	-	-
Asma Kat Mevcudiyeti	A	A	-	-	G	-	-	-	-	-	-
Katlarda Seviye Farkı	A	-	-	-	-	-	-	-	A	-	-
Kısmi Bodrum	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Beton Kalitesi	A	A	-	-	A	A	A	G	A	A	-
Zayıf Kolon-Güçlü Kiriş	A	-	-	-	G	A	G	-	-	-	-
Etriye Sıklığı	A	-	-	-	-	-	-	-	A	-	-
Kısa Kolon	A	-	G	A	G	-	G	G	-	A	-
Yumuşak Kat / Zayıf Kat	A	A	G	A	-	-	A	G	A	A	A
Çıkmalar, Çerçeve Süreksizliği	A	-	-	G	G	-	A	G	-	A	A
Çarpışma	A	-	G	G	A	-	A	A	-	-	-
Bina Önem Katsayısı	A	-	-	A	A	-	A	-	A	-	-
Hareketli Yük Çarpanı	A	A	-	G	-	-	-	-	-	-	-
Yapım ve İşçilik Kalitesi	-	-	-	-	-	-	-	G	-	-	-
Bina Yaşı	-	-	G	G	-	-	-	G	-	-	-
Zemin Sınıfı	A	A	A	A	A	A	A	A	A	-	-
Temel Tipi ve Derinliği	A	-	-	-	A	-	A	-	-	-	-
Zeminin Sıvılaşma Potansiyeli	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Toprak Hareketleri	A	-	-	-	-	-	-	G	-	-	-
Deprem Bölgesi	A	-	-	-	A	-	-	A	-	-	-
Etkin Yer İvmesi	A	-	-	-	-	-	-	A	-	-	-
Topografik Koşullar	A	-	-	A	-	-	G	G	-	-	-
Deprem Merkezine Uzaklık	-	-	-	-	-	-	-	A	-	-	-

G: Gözlemsel olarak dikkate alınmış, A: Analitik olarak dikkate alınmış

3. P25 HIZLI DEĞERLENDİRME YÖNTEMİ

'Sıfır Can Kaybı Projesi ve P5 Yöntemi' adıyla Tezcan v.d. (2002-2004) tarafından depremde can kaybının önlenmesi için mevcut binaların hızla taranmasını amaç edinen değerlendirme yöntemi, çeşitli konferanslarda bildiri olarak sunulmuş ve dergilerde yayınlanmıştır. Daha sonra, Bal (2005) İTÜ'de tamamladığı Yüksek Lisans tezi kapsamında P5 yöntemini geliştirerek, daha önceki depremlerden etkilenen hasarsız, orta hasarlı ve yıkılmış 23 binaya uygulamış ve P24 Yöntemi adıyla başarılı sonuçlar elde etmiştir. 106M278 no'lu TÜBİTAK projesi kapsamında P24 Yöntemi daha çok sayıda binaya uygulanarak kalibre edilmiş ve yeniden düzenlenerek P25 adını almıştır [3,5,26].

Söz konusu yöntemde yapıda mevcut kolon, perde ve dolgu duvar boyutları, rijitlikleri, taşıyıcı sistem düzeni, bina yüksekliği, yönetmelikte tanımlanan çeşitli yapısal düzensizlikler, malzeme ve zemin özellikleri gibi parametreler üzerinden hesap yapılarak bulunan P_1 temel yapısal puanı ile birlikte, binanın değişik göçme modlarını da göz önüne alan toplam yedi adet göçme puanı hesaplanmaktadır.

Son olarak bu puanların birbiri ile etkileşimini, ayrıca yapısal ve çevresel özellikleri, binanın bulunduğu bölge ve deprem verilerini de göz önüne alan bir P sonuç puanı belirlenmektedir. Elde edilen P sonuç puanının az, orta ve yüksek riskli bölgeye düşmesi durumuna göre yapının göçme riski hakkında bilgi edinilmekte veya finansal verilere göre belirlenen bir kararsızlık bandı içine düşmesi halinde, kapsamlı inceleme yapılarak gerekirse yıkılması ya da güçlendirilmesi önerilmektedir.

Hesap sırası şöyledir;

- Önerilen hızlı değerlendirme yönteminde binanın P sonuç puanını hesaplayabilmek için öncelikle söz konusu binanın P_1, P_2, \dots, P_7 olmak üzere 7 ayrı göçme riskini temsil eden 7 farklı değerlendirme puanı hesaplanır.

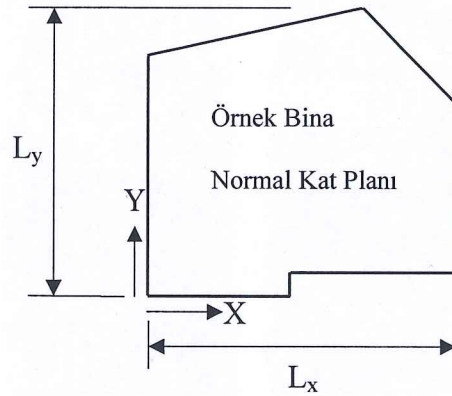
- Bu risklerin birbiri ile etkileşime girip girmediklerini saptamak için her P_i puanı için belirlenen ağırlık çarpanı da dikkate alınarak P_w ağırlıklı ortalama puan hesaplanır. Daha sonra P_i puanlarının en küçüğü olan P_{min} puanı için P_w ağırlıklı ortalama puanına bağlı olarak P_i göçme kriterlerinin birbiri ile etkileşimini temsil eden bir β çarpanı bulunur.
- Ayrıca, binanın önem derecesini, bölgenin depremsellik derecesini ve binanın oturduğu arazinin topoğrafyasını temsil eden bir α çarpanı ile düzeltme yapılır. Elde edilen P sonuç performans puanının değerine göre söz konusu binanın yıkılma riski olup olmadığı konusunda bilgi edinilir.

3.1 P_1 Temel Yapısal Puan

Binanın en genel özelliklerini yansıtan P_1 puanı, P_0 puanının hesaplanması ve bu puanın bazı gözlemsel ve hesaplamalı parametreler yardımıyla düzeltilmesi ile elde edilir.

3.1.1 Binanın Seçilecek Bir Kartezyen Sistemine Oturtulması

Puanlaması yapılacak olan bina, seçimi tamamen değerlendirmeyi yapan teknik elemana bağlı olan kartezyen sistemine oturtulur.



Şekil 3.1: Örnek bina normal kat planı

3.1.2 Kritik Katta Eleman Boyutlarının Saptanması

Puanlama adımlarının tarif edilmesi sırasında 'kritik kat' terimi kullanılmaktadır. Kritik kat genelde, binanın (eğer varsa) çepeçevre bodrum perdeleri ile çevrilmiş bodrum katları hariç, en alt katıdır. Yani rijit kat kabul edilebilecek bodrum kata sahip bir binada kritik kat, genellikle zemin kat olmaktadır. Aynı binada bodrum katın hiç bodrum perdesi bulundurup bulundurmadığı durumunda kritik kat bodrum kat olacaktır. Hangi katın kritik kat olduğundan şüpheye düşüldüğü durumlarda, hesapların şüphe duyulan her kat için yapılması ve en olumsuz puanın binanın performans puanı olarak kabul edilmesi doğru bir yaklaşım olacaktır.

3.1.2.1 Kolon, Perde ve Dolgu Duvarlarına Ait Alan İndekslerinin (C_A) Hesabı

$$C_{Ax} = 7 \times 10^5 \frac{\sum A_{efx}}{A_p} \quad (3.1a)$$

$$C_{Ay} = 7 \times 10^5 \frac{\sum A_{efy}}{A_p} \quad (3.1b)$$

$$A_p = L_x \times L_y \quad (3.2)$$

$$A_{efx} = A_c + A_{sx} + (E_m/E_c) A_{wx} \quad (3.3a)$$

$$A_{efy} = A_c + A_{sy} + (E_m/E_c) A_{wy} \quad (3.3b)$$

Burada;

L_x, L_y : Binanın kat planının seçilen kartezyen sisteme göre x ve y yönü boyutları

A_c : Kritik kattaki kolon alanları toplamı

A_{sx} : Kritik kattaki betonarme perdelerin etkili alanları toplamı

A_{wx} : Kritik kattaki dolgu duvarlarının etkili alanları toplamı

E_m/E_c : Dolgu duvarları elastisite modülünün beton elastisite modülüne oranı (bu oran, dolgu duvar malzemesi tipine bağlı olarak 0.08 ile 0.3 arasında değişebilmektedir. En çok kullanılan boşluklu kil tuğla tipi için bu oran 0.15 önerilmektedir).

Tablo 3.1: E_m/E_c oranları

Duvar Cinsi	Oran
Kerpiç	0.08
Boşluklu tuğla veya Gazbeton	0.15
Harman Tuğla	0.2
Briket	0.3

$$C_{A,\min} = \min (C_{Ax}, C_{Ay}) \quad (3.4a)$$

$$C_{A,\max} = \max (C_{Ax}, C_{Ay}) \quad (3.4b)$$

$$C_A = \sqrt{(0.87 \times C_{A,\min})^2 + (0.50 \times C_{A,\max})^2} \quad (3.5)$$

3.1.2.2 Kolon, Perde ve Dolgu Duvarlarına Ait Rijitlik İndekslerinin (C_I)

Hesabı

$$C_{Ix} = 7 \times 10^5 \left[\frac{\sum I_{efx}}{I_{px}} \right]^{0.4} \quad (3.6a)$$

$$C_{Iy} = 7 \times 10^5 \left[\frac{\sum I_{efy}}{I_{py}} \right]^{0.4} \quad (3.6b)$$

$$I_{px} = \frac{L_y \times L_x^3}{12} \quad (3.7a)$$

$$I_{py} = \frac{L_x \times L_y^3}{12} \quad (3.7b)$$

$$I_{efx} = I_{cx} + I_{sx} + (E_m/E_c)I_{wx} \quad (3.8a)$$

$$I_{efy} = I_{cy} + I_{sy} + (E_m/E_c)I_{wy} \quad (3.8b)$$

$$C_{I,\min} = \min (C_{Ix}, C_{Iy}) \quad (3.9a)$$

$$C_{I,\max} = \max (C_{Ix}, C_{Iy}) \quad (3.9b)$$

$$C_I = \sqrt{(0.87 \times C_{I,\min})^2 + (0.50 \times C_{I,\max})^2} \quad (3.10)$$

C_A ve C_I parametrelerinin hesabında kullanılan (3.5) ve (3.10) numaralı denklemlerde, binanın her iki yönüne ait değerler, depremin binanın zayıf yönüne 30° açı ile geldiği yaklaşımına dayanarak 0.87 ve 0.5 sayıları kullanılarak birleştirilmiştir.

h_0 değeri, 'n' katlı bir binanın sonuçlarını tek katlı bir binaya normalize etmek amacı ile kullanılan bir normalizasyon katsayısıdır. Farklı yüksekliklerdeki tüm binaların performansları tek katlı bir binaya normalize edilerek eşitlenmekte ve ondan sonra karşılaştırılmaktadır. h_0 değerinin bina yüksekliği 'H' a bağlı olarak bulunuşu aşağıda verilmiştir.

$$h_0 = -0.6H^2 + 39.6H - 13.4 \quad (3.11)$$

Buna göre P_0 taşıyıcı sistem puanı denklem 3.12'ye göre elde edilir.

$$P_0 = \frac{C_A + C_I}{h_0} \quad (3.12)$$

Analizi yapılacak binanın temel olarak taşıyıcı sistemini yansıtan bir puan hesaplanmış olmasına rağmen, binanın taşıyıcı sistemini doğrudan veya dolaylı yönde etkileyebilecek birtakım değişkenlerin varlığı da söz konusudur. Bu değişkenler yöntem kapsamında Yapısal Düzeltme Faktörleri adı altında ele alınmıştır.

3.1.3 f_i Yapısal Düzeltme Faktörleri

3.1.3.1 Burulma Düzensizliği ile İlgili Faktör, f_1

Planda ve düşey doğrultudaki düzensizlik durumlarından taşıyıcı elemanların veya dolgu duvarlarının, binada burulmaya neden olacak şekilde yerleştirilmiş olması durumu ile ilgili bir düzeltme faktörüdür ve bu faktör aslında, 1998 ve 2007 Deprem Yönetmeliklerinde de tanımlanan A1 türü düzensizliği temsil etmektedir. Hesap yapılmadan kat planı üzerinde düşey taşıyıcı elemanların yerleşim durumuna göre gözlemsel olarak değerlendirilir.

3.1.3.2 Döşeme Süreksizliği ile İlgili Faktör, f_2

Döşemelerin, ani rijitlik azalması veya büyük açıklıklar yolu ile zayıflatılması durumunu temsil eden bir faktördür. Bu faktör de aslında 1998 ve 2007 Deprem Yönetmeliklerinde tanımlanan A2 türü düzensizliği temsil etmektedir.

3.1.3.3 Düşey Taşıyıcı Elemanların Süreksizliği ile İlgili Faktör, f_3

1998 ve 2007 Deprem Yönetmeliklerinde belirtilen B3 türü düzensizlik, yapı taşıyıcı sistem düşey elemanlarının süreksizliği ile ilgili bir düzeltme faktörüdür. Kolon veya perdelerin bazı katlarda kaldırılarak taşıyıcıların kirişler veya guseli kolonlar üzerine veya ucuna oturtulması, ya da üst kattaki perdelerin altta kolonlara veya kirişlere oturtulması durumuna göre değişiklik gösterir.

Taşıyıcı sistem düşey elemanlarının süreksizliğine ait çeşitli kombinasyonlar, bu çalışmada Deprem Yönetmeliği'nde verildiği şekli ile tarif edilmiştir. Buna göre düzensizlik tipleri;

- Kolonların binanın herhangi bir katında konsol kirişlerin veya alttaki kolonlarda oluşturulan guselerin üstüne veya ucuna oturtulması durumu,
- Kolonun, iki ucundan mesnetli bir kirişe oturması durumu,
- Üst kattaki perdenin her iki ucundan altta kolonlara oturması durumu,
- Perdelerin, binanın herhangi bir katında, kendi düzlemleri içinde kirişlerin üstüne açıklık ortasında oturması durumu.

3.1.3.4 Kütle Düzensizliği ile İlgili Faktör, f_4

Binada herhangi bir yerde anormal kütle birikimi, bir veya daha çok depo katı bulunması durumunu temsil eden bir katsayıdır.

3.1.3.5 Donatılarda Korozyon Olması ile İlgili Faktör, f_5

Binanın taşıyıcı elemanlarında bölgesel veya yaygın olarak gözlenen korozyon ile ilgili katsayıdır.

3.1.3.6 Binada Ağır Cephe Elemanlarının Bulunması ile İlgili Faktör, f_6

Binada mimari nedenle ağır cephe elemanları veya parapetler bulunması durumunda yapıya gelen deprem yükü ve hasar riski artacağından bu olumsuzluğun göz önüne alınmasıyla ilgili katsayıdır.

3.1.3.7 Binada Asma Kat Bulunması ile İlgili Faktör, f_7

Yapıda yerel olarak veya tamamen asma kat bulunması durumunu temsil eden bir katsayıdır. Bina kat alanının %25'inden az veya çoğunda asma kat bulunması ile ilgili olarak sırasıyla 0.95 veya 0.90 değerini almaktadır.

3.1.3.8 Katlarda Seviye Farkı Bulunması ile İlgili Faktör, f_8

Katlar arasında bölgesel olarak veya bina genelinde seviye farkı ve/veya binada kısmi bodrum olması halini temsil eden bir katsayıdır.

3.1.3.9 Beton Kalitesi ile İlgili Faktör, f_9

Yapının mevcut beton kalitesi hakkında bir bilgi olması durumunda kullanılacak, beton kalitesinin bina deprem davranışına etkisini temsil eden bir katsayıdır.

3.1.3.10 Zayıf Kolon Bulunması ile İlgili Faktör, f_{10}

Bilindiği gibi kolonların kirişlerden daha güçlü olması yolu ile plastik mafsalların kolon başları yerine kiriş uçlarında oluşması, sünek tasarımın bir şartıdır. Bu çalışmada da, kolonlar ve onlara bağlı kirişlerin rijitliklerinin oranlanması yolu ile, kolonlar ile kirişler arasındaki rijitlik oranı bulunmaya ve yönteme aktarılmaya çalışılmıştır.

Zayıf kolon-güçlü kiriş probleminin bulunmasını temsil eden f_{10} faktörünün hesaplanması Tablo 3.2'de verilmiştir. I_x ve I_y binada bulunan kolon boyutları ortalamasından elde edilecek temsili kolonun iki yöndeki atalet momentleri, I_b ise binada en çok bulunan kiriş tipine ait atalet momenti olarak tanımlanmaktadır. Formülde 0.15'inci kuvveti almaktaki amaç, yine bulunacak faktörün 0 ile 1 arasında mantıklı, gerçeği temsil edebilecek bir sayıya çekilebilmesini sağlamaktır.

3.1.3.11 Binada Etriye Sıklığı ile İlgili Faktör, f_{11}

Bilindiği üzere etriye sıklığı sünek davranışın temel taşlarındandır. Bu yöntemde de etriye sıklığı ile ilgili temsilen ampirik bir formül geliştirilmiştir. f_{11} binadaki etriye sıklığını gösteren bir katsayıdır.

3.1.3.12 Zemin Tipi Faktörü, f_{12}

Yapının inşaa edildiği zemin tipini temsil eden bir katsayıdır. Zemin ve yapı arasında hakim periyotlardan kaynaklanan etkileşim dikkate alınarak temsil edilmektedir.

3.1.3.13 Temel Tipi Faktörü, f_{13}

Yapının temel tipine bağlı olarak deprem yüklerinin zemine güvenle aktarılışını temsil eden bir faktördür.

3.1.3.14 Temel Derinliği Faktörü, f_{14}

Yapının temel derinliğine ve böylece daha sağlam bir zemine oturup oturmadığına bağlı olarak yapı üzerinde ortaya çıkacak etkilerin göz önüne alınması amacı ile kullanılan bir katsayıdır.

3.1.3.15 Yeraltı Su Seviyesi Faktörü, f_{15}

Yapının oturduğu zemindeki yeraltı su seviyesinin gerek zemine gerekse yapı temellerine olası etkilerinin yöntemde temsil edilmesi amacı ile kullanılan bir katsayıdır.

Bu 15 faktöre ait sayısal değerler Tablo 3.2'de verilmiştir.

Sonuç olarak P_1 Temel Yapısal Puanı, aşağıda verilen 3.13 bağıntısı ile hesaplanır.

$$P_1 = P_0 \left(\prod_{i=1}^{15} f_i \right) \quad (3.13)$$

Tablo 3.2: f Düzeltme faktörleri

Katsayı	Tanım	Risk Seviyesi		
		Yüksek	Az	Yok
f_1	Burulma Düzensizliği	0.96	0.98	1
f_2	Döşeme Süreksizliği	0.96	0.98	1
f_3	Düşey Doğrultuda Süreksizlik	0.6-0.68-0.74	0.84-0.92	1
f_4	Kütle Düzensizliği	0.98	0.99	1
f_5	Korozyon Mevcudiyeti	0.96	0.98	1
f_6	Ağır Cephe Elemanları	0.96	0.98	1
f_7	Asma Kat Mevcudiyeti	0.9	0.95	1
	(y =Asma kat/Kat Alanı)	$y \geq 0.25$	$0 < y < 0.25$	$y = 0$
f_8	Katlarda Seviye Farkı veya Kısmi Bodrum	0.8	0.9	1
f_9	Beton Kalitesi	$f_9 = (f_{cm}/20)^{0.5} \leq 1$		
f_{10}	Zayıf Kolon – Kuvvetli Kiriş	$f_{10} = ((I_x + I_y)/2I_b)^{0.15} \leq 1$		
f_{11}	Etriye Sıklığı	$f_{11} = 0.60 \leq (10/s)^{0.25} \leq 1$		
f_{12}	Zemin Sınıfı	0.92	0.96	1
		(Z4 zemin)	(Z3 zemin)	(Z2, Z1 zemin)
f_{13}	Temel Tipi	0.96-0.94	0.98	1
		(Tekil Temel)	(Sürekli Temel)	
f_{14}	Temel Derinliği	0.96	0.98	1
		(1 m'den az)	(1-4 m arası)	(4 m'den fazla)
f_{15}	YASS	0.98	0.99	1
		(5 m'den az)	(5-10 m arası)	

f_{cm} : Analizi yapılan binanın MPa cinsinden mevcut beton dayanımı.

I_x : Analizi yapılan binada kritik kat kolonlarının ortalama boyutlarından elde edilen temsili kolonun x yönündeki atalet momenti.

I_y : Analizi yapılan binada kritik kat kolonlarının ortalama boyutlarından elde edilen temsili kolonun y yönündeki atalet momenti.

I_b : Analizi yapılan binada kritik katta en çok tekrar eden kirişin atalet momenti.

s : Kolon sarılma bölgesinde cm cinsinden etriye aralığı.

3.2 P₂ Kısa Kolon Puanı

Binada kısa kolonların bulunma oranına bağlı olarak Tablo 3.3'te verilmiştir.

Tablo 3.3: P₂ Kısa kolon puan tablosu

Kısa Kolonların Bulunma Oranı	(Kısa Kolon Uzunluğu / Kat Yüksekliği)			
	(0.75-1.00)h	(0.40-0.75)h	(0.15-0.40)h	(0.00-.015)h
Az (%5den az)	70	64	57	50
Bazı (%5-%15)	60	50	44	37
Fazla (%15-%30)	50	40	30	24
Çok Fazla (%30dan fazla)	40	30	20	10

3.3 P₃ Yumuşak Kat/Zayıf Kat Puanı

$$r_a = \frac{(\sum A_{ef})_i}{(\sum A_{ef})_{i+1}} \leq 1.00 \quad (3.14)$$

$$r_r = \frac{(\sum I_{ef})_i}{(\sum I_{ef})_{i+1}} \leq 1.00 \quad (3.15)$$

(A_{ef} ve I_{ef} değerleri için bkz. Denklem (3.3a), (3.3b) ve (3.8a), (3.3b) r_a ve r_r değerleri x ve y yönü için ayrı ayrı bulunur ve ortalamaları alınır.)

$$P_3 = 100 \left[r_a r_r \left(\frac{h_{i+1}}{h_i} \right)^3 \right]^{0.60} \quad (3.16)$$

3.4 P₄ Ağır Çıkmalar ve Çerçeve Süreksizliği Puanı

Binadaki ağır çıkmalar ve çerçeve süreksizliği puanı P₄, Tablo 3.4'ten alınır.

Tablo 3.4: P₄ Ağır çıkmalar ve çerçeve süreksizliği için puan tablosu

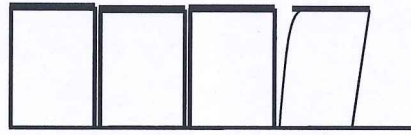
Çevre Çerçeve Kirişleri	Çıkmanın Bulunma Oranı		
	Tek Cephe	İki Cephe	Üç-Dört Cephe
Var	90	80	70
Yok	70	60	50

3.5 P₅ Çarpışma Etkisi Puanı

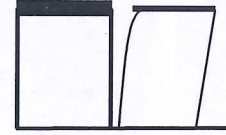
Binaların çarpışma etkisi puanı P₅, Tablo 3.5'ten alınır.

Tablo 3.5: P₅ Çarpışma etkisi için puan tablosu

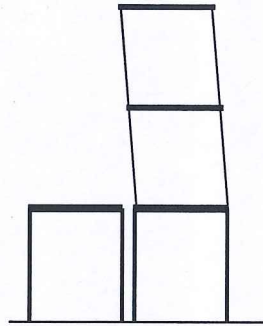
Çarpışma Türü	Eşmerkez Çarpışma		Dışmerkez Çarpışma ⁽⁵⁾	
	Aynı Seviyede Döşeme	Farklı Seviyede Döşeme	Aynı Seviyede Döşeme	Farklı Seviyede Döşeme
Birbirine bitişik binalarda en son parsel	50 ⁽¹⁾	15	20	10
Bir bina diğerinden daha rijit ve/veya ağır	35 ⁽²⁾	25	30	20
Kısa bina ile uzun bina komşu	40 ⁽³⁾	30 ⁽⁴⁾	30	20



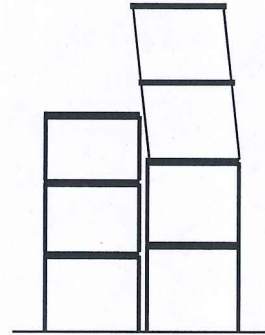
1- Uç Bina (End Building)



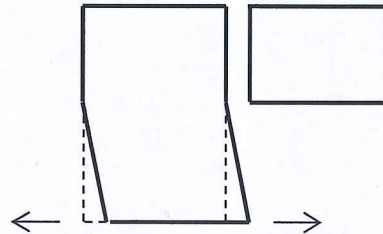
2- Ağır Bina (Heavier Building)



3- Yüksek Bina (Eşit Seviye)
Taller Building



4- Yüksek Bina (Farklı Seviye)
Mid-Column Pounding



5- Dışmerkez çarpışma
Eccentric pounding

Şekil 3.2: Çarpışma etkisi durumları

3.6 P₆ Sıvılaşma Potansiyeli Puanı

Binaların sıvılaşma potansiyeli puanı P₆, Tablo 3.6'dan alınır.

Tablo 3.6: P₆ Sıvılaşma potansiyeli için puan tablosu

Yeraltı Su Seviyesi	Sıvılaşma Potansiyeli Tabanlı Risk		
	Az	Orta	Yüksek
> 10m	60	45	30
2.0m – 10.0m	45	33	20
< 2.0m	30	20	10

3.7 P₇ Toprak Hareketleri Puanı

Binaların toprak hareketleri puanı P₇, Tablo 3.7'den alınır.

Tablo 3.7: P₇ Toprak hareketleri için puan tablosu

Zemin Tipi		Zemin Hareketinin Tipi			
		Büyük Oturmalar	Yatak Toprak Akması	Toprak Kayması	İstinat Duvarı Göçmesi
Zemin Tipi	S _C ≈Z ₂	30	30	30	30
	S _D ≈Z ₃	20	20	20	20
	S _E ≈Z ₄	10	10	10	10
YASS	5.0-20.0m	30	30	30	30
	0.0-5.0m	10	10	10	10

3.8 Bina Performans Sonuç Puanı

En son performans puanı, P₁-P₇ puanlarından ağırlıklı olarak birinin etkisi altında belirlenebileceği gibi, bu bağımsız 7 puanın etkileşimleri ile de belirlenebilir. Bunun için aşağıda belirtildiği şekliyle, tüm puanları ağırlıklarına göre değerlendirilip birbiri ile etkileşimlerini dikkate alan bir yöntem geliştirilmiştir. Buna göre önce minimum puan saptanır ve ağırlık katsayısı olarak 4 ile çarpılır, diğer puanlar da Tablo 3.8'de verilen ilgili ağırlık puanları ile çarpılırlar. Daha sonra Denklem (3.18)'de verilen P_w puanı saptanır. Son adım olarak P_{min} puanı, Şekil 2'den elde edilecek β katsayısı ile çarpılarak Denklem (3.21)'de verilen sonuç puanı

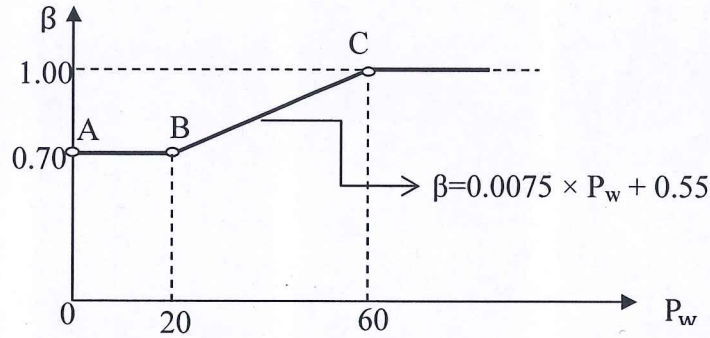
elde edilir. P_w puanı hesaplanırken, zemin ile ilgili P_6 ve P_7 puanları için bilgi edinilemedi ise, bu puanlar P_w hesabında hiç göz önüne alınmaz ve raporda bu durum belirtilir.

$$P_{\min} = \min(P_1, P_2, P_3, P_4, P_5, P_6, P_7) \quad (3.17)$$

Tablo 3.8: P_i Faktörleri için ağırlık çarpanları

Ağırlık Çarpanı	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7
w	4	1	3	2	1	3	2

$$P_w = \frac{\sum_{i=1}^7 w_i \times P_i}{\sum_{i=1}^7 w_i} \quad (3.18)$$



Şekil 3.3: β Katsayısının değişimi

$$AB : 0 \leq P_w \leq 20 \quad \beta = 0.70$$

$$BC : 20 < P_w \leq 60 \quad \beta = 0.0075 \times P_w + 0.55 \quad (3.19)$$

$$C- : P_w \geq 60 \quad \beta = 1.00$$

Yukarıda tarif edildiği şekli ile bina sonuç performans puanı, 0.40 etkili yer ivmesine maruz kalması beklenen, önem katsayısı 1 olan ve hiçbir topografik büyütme maruz kalmayan binalar için hesaplanmaktadır. Bu üç parametreden biri ve daha çoğunun kabul edilen değerlerden farklı olması durumunda, sonuç puanında deprem talebine bağlı olarak bir düzeltme yapmak gerekmektedir. Bu düzeltme için detaylı çalışmalar bulunmuyor ise, düzeltme faktörünün aşağıdaki şekilde hesaplanması önerilmektedir.

$$\alpha = (1 / I) (A_0 / 0.40) t \quad (3.20)$$

Burada I, bina önem katsayısını, A_0 yapılan hesaplamalar sonucunda yerçekimi ivmesi cinsinden beklenen etkili yer ivmesini ve t ise topografik etki katsayısını vermektedir. t katsayısının nominal değeri 1'dir. Bu katsayı, incelenen binanın bir tepenin üstüne kurulu olması durumunda 0.7 ve dik bir yamaçta kurulu olması durumunda ise 0.85 değerini almaktadır.

Sonuç olarak bina performans puanı aşağıdaki gibi hesaplanır [4,5,26-31];

$$P = \alpha \beta P_{\min} \quad (3.21)$$

4. DBYBHY 2007'ye GÖRE MEVCUT BİNALARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

2007 Deprem Yönetmeliği'nde, yeni yapılacak binalar için hedeflenen deprem performansı Yönetmelik Madde 1.2.1'de aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.

“1.2.1 – Bu yönetmeliğe göre yeni yapılacak binaların depreme dayanıklı tasarımının ana ilkesi; hafif şiddetteki depremlerde binalardaki yapısal ve yapısal olmayan sistem elemanlarının herhangi bir hasar görmemesi, orta şiddetteki depremlerde yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda oluşabilecek hasarın sınırlı ve onarılabilecek düzeyde kalması, şiddetli depremlerde ise can güvenliğinin sağlanması amacı ile kalıcı yapısal hasar oluşumunun sınırlanmasıdır.”

Deprem bölgelerinde bulunan mevcut ve güçlendirilecek tüm binaların ve bina türü yapıların deprem etkileri altındaki performanslarının değerlendirilmesinde uygulanacak hesap kuralları, güçlendirme kararlarında esas alınacak ilkeler ve güçlendirilmesine karar verilen binaların güçlendirme tasarımı ilkeleri ilk kez 2007 Deprem Yönetmeliği'nin 7. Bölüm'ünde tanımlanmış ve ayrıntılı olarak verilmiştir. Ancak, bu bölümde verilen hesap yöntemleri ve değerlendirme esasları çelik ve yığma yapılar ile bina türü olmayan yapılar için geçerli değildir. Ayrıca, binada hasara neden olan bir deprem sonrasında hasarlı binanın deprem performansı bu bölümde verilen yöntemlerle belirlenemez.

4.1 Binalardan Bilgi Toplanması

4.1.1 Binalardan Toplanacak Bilginin Kapsamı

Mevcut binaların taşıyıcı sistem elemanlarının kapasitelerinin belirlenmesinde ve deprem dayanımlarının değerlendirilmesinde kullanılacak eleman detayları ve boyutları, taşıyıcı sistem geometrisine ve malzeme özelliklerine ilişkin bilgiler, binaların projelerinden ve raporlarından, binada

yapılacak gözlem ve ölçümlerden, binadan alınacak malzeme örneklerine uygulanacak deneylerden elde edilecektir.

Binalardan bilgi toplanması kapsamında yapılacak işlemler, yapısal sistemin tanımlanması, bina geometrisinin, temel sisteminin ve zemin özelliklerinin saptanması, varsa mevcut hasarın ve evvelce yapılmış olan değişiklik ve/veya onarımların belirlenmesi, eleman boyutlarının ölçülmesi, malzeme özelliklerinin saptanması, sahada derlenen tüm bu bilgilerin binanın varsa projesine uygunluğunun kontrolüdür.

4.1.2 Bilgi Düzeyleri

Binaların incelenmesinden elde edilecek mevcut durum bilgilerinin kapsamına göre, her bina türü için bilgi düzeyi ve buna bağlı olarak Tablo 4.1’de belirtilen bilgi düzeyi katsayıları tanımlanacaktır. Bilgi düzeyleri sırasıyla sınırlı, orta ve kapsamlı olarak sınıflandırılacaktır. Elde edilen bilgi düzeyleri taşıyıcı eleman kapasitelerinin hesaplanmasında kullanılacaktır.

Sınırlı Bilgi Düzeyi’nde binanın taşıyıcı sistem projeleri mevcut değildir. Taşıyıcı sistem özellikleri binada yapılacak ölçümlerle belirlenir. Sınırlı Bilgi Düzeyi Tablo 4.7’de tanımlanan “Deprem Sonrası Hemen Kullanımı Gereken Binalar” ile “İnsanların Uzun Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar” için uygulanamaz.

Orta Bilgi Düzeyi’nde eğer binanın taşıyıcı sistem projeleri mevcut değilse, Sınırlı Bilgi Düzeyi’ne göre daha fazla ölçüm yapılır. Eğer mevcut ise Sınırlı Bilgi Düzeyi’nde belirtilen ölçümler yapılarak proje bilgileri doğrulanır.

Kapsamlı Bilgi Düzeyi’nde binanın taşıyıcı sistem projeleri mevcuttur. Proje bilgilerinin doğrulanması amacıyla yeterli düzeyde ölçümler yapılır.

4.1.2.1 Betonarme Binalarda Sınırlı Bilgi Düzeyi

Bina Geometrisi: Saha çalışması ile binanın taşıyıcı sistem plan rölevesi çıkarılacaktır. Mimari projeler mevcut ise, röleve çalışmalarına yardımcı olarak kullanılır. Elde edilen bilgiler tüm betonarme elemanların ve dolgu duvarlarının

her kattaki yerini, eksen açıklıklarını, yüksekliklerini ve boyutlarını içermelidir ve binanın hesap modelinin oluşturulması için yeterli olmalıdır. Temel sistemi bina içinde veya dışında açılacak yeterli sayıda inceleme çukuru ile belirlenecektir. Binadaki kısa kolonlar ve benzeri olumsuzluklar kat planına ve kesitlere işlenecektir. Binanın komşu binalarla olan ilişkisi (ayrık, bitişik, derz var/yok) belirlenecektir.

Eleman Detayları: Betonarme projeler veya uygulama çizimleri mevcut değildir. Betonarme elemanlardaki donatı miktarı ve detaylarının binanın yapıldığı tarihteki minimum donatı koşullarını sağladığı varsayılır. Bu varsayımın doğrulanması veya hangi oranda gerçekleştiğinin belirlenmesi için her katta en az birer adet olmak üzere perde ve kolonların %10'unun ve kirişlerin %5'inin pas payları sıyrılarak donatı ve donatı bindirme boyu tespiti yapılacaktır. Sıyırma işlemi kolonların ve kirişlerin uzunluğunun açıklık ortasındaki üçte birlik bölümde yapılmalı, ancak donatı bindirme boyunun tespiti amacıyla en az üç kolonda bindirme bölgelerinde yapılmalıdır. Sıyrılan yüzeyler daha sonra yüksek dayanımlı tamir harcı ile kapatılacaktır. Ayrıca pas payı sıyrılmayan elemanların %20'sinde enine ve boyuna donatı sayısı ve yerleşimi donatı tespit cihazları ile belirlenecektir. Donatı tespiti yapılan betonarme kolon ve kirişlerde bulunan mevcut donatının minimum donatıya oranını ifade eden donatı gerçekleşme katsayısı kolonlar ve kirişler için ayrı ayrı belirlenecektir. Bu katsayı donatı tespiti yapılmayan diğer tüm elemanlara uygulanarak olası donatı miktarları belirlenecektir.

Malzeme Özellikleri: Her katta kolonlardan veya perdelerden TS EN 13791'de belirtilen koşullara uygun şekilde en az iki adet beton örneği (karot) alınarak deney yapılacak ve örneklerden elde edilen en düşük basınç dayanımı mevcut beton dayanımı olarak alınacaktır. Donatı sınıfı, yukarıdaki paragrafta açıklandığı şekilde sıyrılan yüzeylerde yapılan görsel inceleme ile tespit edilecek, bu sınıftaki çeliğin karakteristik akma dayanımı mevcut çelik dayanımı olarak alınacaktır. Bu incelemede, donatısında korozyon gözlenen elemanlar planda işaretlenecek ve bu durum eleman kapasite hesaplarında dikkate alınacaktır.

4.1.2.2 Betonarme Binalarda Orta Bilgi Düzeyi

Bina Geometrisi: Binanın betonarme projeleri mevcut ise, binada yapılacak ölçümlerle mevcut geometrinin projesine uygunluğu kontrol edilir. Proje yoksa, saha çalışması ile binanın taşıyıcı sistem rölevesi çıkarılacaktır. Elde edilen bilgiler tüm betonarme elemanların ve dolgu duvarlarının her kattaki yerini, açıklıklarını, yüksekliklerini ve boyutlarını içermelidir. Bina geometrisi bilgileri, bina kütesinin hassas biçimde tanımlanması için gerekli ayrıntıları içermelidir. Binadaki kısa kolonlar ve benzeri olumsuzluklar kat planına ve kesitlere işlenecektir. Binanın komşu binalarla olan ilişkisi (ayrık, bitişik, derz var/yok) belirlenecektir. Temel sistemi bina içinde veya dışında açılacak yeterli sayıda inceleme çukuru ile belirlenecektir.

Eleman Detayları: Betonarme projeler veya imalat çizimleri mevcut değil ise Sınırlı Bilgi Düzeyi'ndeki koşullar geçerlidir, ancak pas payları sıyrılarak donatı kontrolü yapılacak perde, kolon ve kirişlerin sayısı her katta en az ikişer adet olmak üzere o kattaki toplam kolon sayısının %20'sinden ve kiriş sayısının %10'undan az olmayacaktır. Betonarme projeler veya imalat çizimleri mevcut ise donatı kontrolü için Sınırlı Bilgi Düzeyi'nde belirtilen işlemler, aynı miktardaki betonarme elemanda uygulanacaktır. Ayrıca pas payı sıyrılmayan elemanların %20'sinde enine ve boyuna donatı sayısı ve yerleşimi donatı tespit cihazları ile belirlenecektir. Proje ile uygulama arasında uyumsuzluk bulunması halinde, betonarme elemanlardaki mevcut donatının projede öngörülen donatıya oranını ifade eden donatı gerçekleşme katsayısı kolonlar ve kirişler için ayrı ayrı belirlenecektir. Eleman kapasitelerinin belirlenmesinde kullanılan bu katsayı 1'den büyük olamaz. Bu katsayı donatı tespiti yapılmayan diğer tüm elemanlara uygulanarak olası donatı miktarları belirlenecektir.

Malzeme Özellikleri: Her kattaki kolonlardan veya perdelerden toplam üç adetten az olmamak üzere ve binada toplam 9 adetten az olmamak üzere, her 400 m²'den bir adet beton örneği TS EN 13791'de belirtilen koşullara uygun şekilde alınarak deney yapılacaktır. Elemanların kapasitelerinin hesaplanmasında örneklerden elde edilen (ortalama-standart sapma) değerleri mevcut beton dayanımı olarak alınacaktır. Beton dayanımının binadaki dağılımı, karot deney sonuçları ile uyarlanmış beton çekici veya benzeri hasarsız inceleme araçları ile kontrol edilebilir. Donatı sınıfı, yukarıdaki paragrafta açıklandığı şekilde sıyrılan yüzeylerde yapılan

görsel inceleme ile tespit edilecek, bu sınıftaki çeliğin karakteristik dayanımı eleman kapasite hesaplarında mevcut çelik dayanımı olarak alınacaktır. Bu incelemede donatısında korozyon gözlenen elemanlar planda işaretlenecek ve bu durum eleman kapasite hesaplarında dikkate alınacaktır.

4.1.2.3 Betonarme Binalarda Kapsamlı Bilgi Düzeyi

Bina Geometrisi: Binanın betonarme projeleri mevcuttur. Binada yapılacak ölçümlerle mevcut geometrinin projelere uygunluğu kontrol edilir. Projeler ölçümler ile önemli farklılıklar gösteriyor ise proje yok sayılacak ve bina orta bilgi düzeyine uygun olarak incelenecektir. Binadaki kısa kolonlar ve benzeri olumsuzluklar kat planına ve kesitlere işlenecektir. Komşu binalarla ilişkisi (ayrık, bitişik, derz var/yok) belirlenecektir. Bina geometrisi bilgileri, bina kütesinin hassas biçimde tanımlanması için gerekli ayrıntıları içermelidir. Temel sistemi bina içinde veya dışında açılacak yeterli sayıda inceleme çukuru ile belirlenecektir.

Eleman Detayları: Binanın betonarme detay projeleri mevcuttur. Donatının projeye uygunluğunun kontrolü için Orta Bilgi Düzeyi'nde belirtilen işlemler, aynı miktardaki betonarme elemanda uygulanacaktır. Ayrıca pas payı sıyrılmayan elemanların %20'sinde enine ve boyuna donatı sayısı ve yerleşimi donatı tespit cihazları ile belirlenecektir. Proje ile uygulama arasında uyumsuzluk bulunması halinde, betonarme elemanlardaki mevcut donatının projede öngörülen donatıya oranını ifade eden donatı gerçekleşme katsayısı kolonlar ve kirişler için ayrı ayrı belirlenecektir. Eleman kapasitelerinin belirlenmesinde kullanılan bu katsayı 1'den büyük olamaz. Bu katsayı donatı tespiti yapılmayan diğer tüm elemanlara uygulanarak olası donatı miktarları belirlenecektir.

Malzeme Özellikleri: Her kattaki kolonlardan veya perdelerden toplam üç adetten az olmamak üzere ve binada toplam 9 adetten az olmamak üzere, her 200 m²'den bir adet beton örneği TS EN 13791'de belirtilen koşullara uygun şekilde alınarak deney yapılacaktır. Elemanların kapasitelerinin hesaplanmasında, örneklerden elde edilen (ortalama-standart sapma) değerleri mevcut beton dayanımı olarak alınacaktır. Beton dayanımının binadaki dağılımı, karot deney sonuçları ile uyarlanmış beton çekici okumaları veya benzeri hasarsız inceleme araçları ile kontrol edilebilir. Donatı sınıfı, yukarıdaki paragrafta açıklandığı şekilde sıyrılan yüzeylerde

yapılan inceleme ile tespit edilecek, her sınıftaki çelik için (S220, S420, vb.) birer adet örnek alınarak deney yapılacak, çeliğin akma ve kopma dayanımları ve şekildeğiştirme özellikleri belirlenerek projeye uygunluğu saptanacaktır. Projesine uygun ise, eleman kapasite hesaplarında projede kullanılan çeliğin karakteristik akma dayanımı mevcut çelik dayanımı olarak alınacaktır. Uygun değil ise, en az üç adet örnek daha alınarak deney yapılacak, elde edilen en elverişsiz değer eleman kapasite hesaplarında mevcut çelik dayanımı olarak alınacaktır. Bu incelemede, donatısında korozyon gözlenen elemanlar planda işaretlenecek ve bu durum eleman kapasite hesaplarında dikkate alınacaktır [32,33].

İncelenen binalardan elde edilen bilgi düzeylerine göre, eleman kapasitelerine uygulanacak Bilgi Düzeyi Katsayıları Tablo 4.1’de verilmiştir.

Tablo 4.1: Binalar için bilgi düzeyi katsayıları

Bilgi Düzeyi	Bilgi Düzeyi Katsayısı
Sınırlı	0.75
Orta	0.90
Kapsamlı	1.00

Tez kapsamında sadece betonarme binalar için analiz çalışması yapıldığında çelik ve yığma binalar için bilgi düzeyleri hakkında bilgiler verilmemiştir.

4.2 Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri

DBYBHY 2007 Bölüm 7’de, 50 yılda aşılma olasılıkları %50, %10 ve %2 olan üç farklı düzeyde deprem tanımlanmıştır:

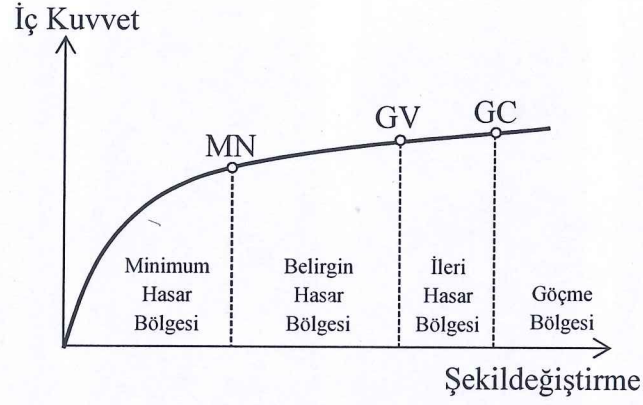
D1 Deprem Düzeyi: Bu deprem düzeyi, binaların servis ömürleri boyunca meydana gelebilmesi olasılığı fazla olan, göreceli olarak sık ancak şiddeti çok yüksek olmayan deprem yer hareketlerini ifade etmektedir. (D1) düzeyindeki depremin 50 yılda aşılma olasılığı %50, buna karşı gelen dönüş periyodu ise 72 yıldır. Bu depremin ülke çapında tanımlanması için yürütülmekte olan bilimsel çalışmalar sonuçlandırılıncaya kadar, Yönetmelik 7.8.1’e göre (D1) depreminin ivme spektrumunun ordinatları, (D2) depremi için Yönetmelik 2.4’te tanımlanan spektrum ordinatlarının yaklaşık yarısı olarak alınacaktır.

D2 Deprem Düzeyi: Bu deprem düzeyi, binaların servis ömürleri boyunca meydana gelebilmesi olasılığı çok fazla olmayan, seyrek ancak şiddetli deprem yer hareketlerini ifade etmektedir. (D2) düzeyindeki depremin 50 yılda aşılma olasılığı %10, buna karşı gelen dönüş periyodu ise 475 yıldır. (D2) depreminin ivme spektrumunun ordinatları, Yönetmelik 2.4'te tanımlanmıştır. Tasarım depremi adıyla da anılır.

D3 Deprem Düzeyi: Bu deprem düzeyi, binaların maruz kalabileceği en şiddetli deprem yer hareketini ifade etmektedir. (D3) düzeyindeki bu çok seyrek depremin 50 yılda aşılma olasılığı %2, buna karşı gelen dönüş periyodu ise 2475 yıldır. Bu depremin ülke çapında tanımlanması için yürütülmekte olan bilimsel çalışmalar sonuçlandırılıncaya kadar, Yönetmelik 7.8.1'e göre (D3) depreminin ivme spektrumunun ordinatları, (D2) depremi için Yönetmelik 2.4'te tanımlanan spektrumun ordinatlarının yaklaşık 1.5 katı olarak alınacaktır [32].

Bu bilgiler ışığında tasarım depremi altında, sünek elemanlar için kesit düzeyinde üç sınır durum tanımlanmıştır. Bunlar Minimum Hasar Sınırı (MN), Güvenlik Sınırı (GV) ve Göçme Sınırı (GÇ)'dir. Minimum Hasar Sınırı; ilgili kesitte elastik ötesi davranışın başlangıcını, Güvenlik Sınırı; kesitin dayanımını güvenli olarak sağlayabileceği elastik ötesi davranışın sınırını, Göçme Sınırı ise kesitin göçme öncesi davranışının sınırını tanımlamaktadır. Gevrek olarak hasar gören elemanlar için bu sınıflandırma geçerli değildir.

Bütün bu sınırlar, elemanlar için hasar bölgelerini oluşturmuşlardır. Kritik kesitlerinin hasarı MN'ye ulaşmayan elemanlar Minimum Hasar Bölgesi'nde, MN ile GV arasında kalan elemanlar Belirgin Hasar Bölgesi'nde, GV ile GÇ arasında kalan elemanlar İleri Hasar Bölgesi'nde ve GÇ'yi aşanlar ise Göçme Bölgesi'nde yer alırlar (Şekil 4.1).



Şekil 4.1: Kesit hasar bölgeleri

Bölüm 4.4 ve 4.5'te açıklanan yöntemlerle hesaplanan iç kuvvetlerin ve/veya şekil değiştirmelerin, Bölüm 4.2'deki kesit hasar sınırlarına karşı gelmek üzere tanımlanan sayısal değerler ile karşılaştırılması sonucunda, kesitlerin hangi hasar bölgelerinde olduğuna karar verilir. Eleman hasarı, elemanın en fazla hasar gören kesitine göre belirlenir [33].

4.3 Deprem Hesabına İlişkin Genel İlke ve Kurallar

Mevcut veya güçlendirilmiş binaların deprem performanslarını belirlemek amacıyla TDY 2007'de doğrusal elastik veya doğrusal elastik olmayan hesap yöntemleri açıklanmıştır. Her iki yöntem için de geçerli olan genel ilke ve kurallar yönetmeliğimizde daha detaylı tanımlanmış olup aşağıdaki gibidir.

Deprem etkisinin tanımında, elastik ivme spektrumu kullanılacak, ancak farklı aşılma olasılıkları için bu spektrum üzerinde Bölüm 4.2'de anlatılan değişiklikler göz önüne alınacaktır. Deprem hesabında Bina Önem Katsayısı uygulanmayacaktır ($I=1.0$).

Binaların deprem performansı, yapıya etkiyen düşey yüklerin ve deprem etkilerinin birleşik etkileri altında değerlendirilecektir. Deprem hesabında göz önüne alınacak kat ağırlıkları yönetmeliğin belirlediği şekilde hesaplanacak, kat kütleleri kat ağırlıklarıyla uyumlu olacak şekilde tanımlanacaktır. Hareketli düşey yükler de aynı şekilde deprem hesabında göz önüne alınan kütleler ile uyumlu olarak tanımlanacaktır.

Deprem kuvvetleri binaya her iki doğrultuda ve her iki yönde ayrı ayrı etki ettirilecektir.

Deprem hesabında kullanılacak zemin parametreleri Yönetmelik Bölüm 6'ya göre belirlenecektir.

Binanın taşıyıcı sistem modeli, deprem etkileri ile düşey yüklerin ortak etkileri altında yapı elemanlarında oluşacak iç kuvvet, şekildeğiştirme ve yerdeğiştirmeleri hesaplamak için yeterli doğrulukta hazırlanacaktır.

Döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, her katta iki yatay yerdeğiştirme ile düşey eksen etrafında dönme serbestlik dereceleri göz önüne alınacaktır. Kat serbestlik dereceleri her katın kütle merkezinde tanımlanacak, ayrıca ek dışmerkezlilik uygulanmayacaktır.

Mevcut binaların taşıyıcı sistemlerindeki belirsizlikler, binadan derlenen verilerin kapsamına göre Tablo 4.1'de tanımlanan bilgi düzeyi katsayıları aracılığı ile hesap yöntemlerine yansıtılacaktır.

Kısa kolon olarak tanımlanan düşey taşıyıcı elemanlar, taşıyıcı sistem modelinde gerçek serbest boyları ile tanımlanacaktır.

Betonarme sistemlerin eleman boyutlarının tanımında birleşim bölgeleri sonsuz rijit uçlar olarak kabul edilebilirler.

Eğilme etkisindeki betonarme elemanlarda çatlama kesite ait etkin eğilme rijitlikleri $(EI)_e$ kullanılacaktır. Kesin hesap yapılmadıkça eğilme rijitliği, kirişlerde $0.40(EI)_0$, kolon ve perdelerde ise, $N_D/(A_c f_{cm}) \leq 0.10$ durumunda $0.40(EI)_0$ alınacak, $N_D/(A_c f_{cm}) \geq 0.40$ olması durumunda ise $0.80(EI)_0$ olarak alınacaktır.

Bir veya iki eksenli eğilme ve eksenel kuvvet etkisindeki betonarme kesitlerin etkileşim diyagramlarının tanımlanmasında ise, analizde kullanılacak beton ve donatı çeliğinin Bölüm 4.1.2'de tanımlanan bilgi düzeylerine göre belirlenen mevcut dayanımları kullanılacaktır. Ayrıca betonun maksimum basınç birim şekildeğiştirmesi 0.003, donatı çeliğinin maksimum birim şekildeğiştirmesi 0.01 olarak alınabilir.

Betonarme tablalı kirişlerin pozitif ve negatif plastik momentlerinin hesabında tabla betonu ve içindeki donatı hesaba katılabilir.

Betonarme elemanlarda kenetlenme boyu yetersiz ise, kesitin kapasite momentinin hesabında donatının akma gerilmesi de kenetlenme boyunun eksikliği oranında azaltılabilir.

Tabii zemindeki şekildeğişirmeler eğer yapının davranışını etkileyebilecek boyutlardaysa, zemindeki bu değişiklik analiz modeline etkileyecektir [33].

4.4 Bina Performansının Doğrusal Elastik Hesap Yöntemleri ile Belirlenmesi

Doğrusal elastik olan yöntemin taşıyıcı sistemin davranışı anlamında doğrusal olduğunu kabul etmek uygun değildir. Yeni tasarımı yapılacak binalarda, doğrusal olmayan davranışla oluşacak yatay yük kapasite artımı tüm bina için öngörülen Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı olan R ve ona bağlı kullanılan Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı R_a ile göz önüne alınmaktadır. Mevcut binaların değerlendirilmesinde kullanılan Doğrusal Elastik Değerlendirme Yöntemi'nde her eleman için göz önüne alınan $r = Etki/Kapasite$ oranı katsayısı ile doğrusal olmayan davranışla oluşacak yatay yük kapasite artımı göz önüne alınmaktadır. Diğer bir ifade ile çözüm işlemi doğrusal olmakla beraber bu yöntemde de taşıyıcı sistemin doğrusal olmayan davranışı söz konusudur. Bu yöntemin iki uygulaması mevcuttur. Bunlar; Doğrusal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ve Mod Birleştirme Yöntemi'dir.

4.4.1 Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi

Bu yöntem, birinci modun etkili olduğu düşük katlı binalarda, burulma düzensizliğinin sınırlı olduğu durumlarda yeterli yaklaşımı sağlamaktadır. Yönetmelikte yöntemin uygulama sınırları aşağıdaki gibi verilmiştir:

- Bodrum üzerindeki toplam yüksekliği 25 m'den az olan binalar,
- Toplam kat adedi 8'i aşmayan binalar,
- Burulma düzensizlik katsayısı 1.4'ten küçük olan binalar.

Bodrum üzerindeki kat adedi ikiden fazla olan binalarda kütlelerin bir kısmının katılımı söz konusu olduğu için eşdeğer deprem yükü $\lambda=0.85$ katsayısı çarpılarak azaltılır. Yöntemin bu tek modlu uygulamasında binaya etkiyen toplam deprem yükü aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$V_t = \lambda \times W \times A(T_1) / R_a \quad (4.1)$$

4.4.2 Mod Birleştirme Yöntemi

Bu yöntem birden daha fazla mod göz önüne aldığı için tüm binalarda uygulanabilmektedir. Bu yöntemde birden fazla mod için deprem kuvvetleri ve kesit etkileri ayrı ayrı hesaplanır, daha sonra bu etkiler yönetmelikte bulunan mod etkilerinin birleştirilmesi için verilen iki yöntemden biri kullanılarak birleştirilir. Bu adımdan sonra Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ve Mod Birleştirme Yöntemleri'nin uygulaması aşağıdaki gibi benzer olarak devam eder;

Doğrusal elastik değerlendirme yöntemi sünek olan elemanlarda uygulanır. Gevrek olan kesme kuvvetinin veya basınç kuvvetinin kritik olduğu elemanlarda uygulanmaz. Kolon, kiriş ve perdelerin sünek eleman olarak sayılabilmeleri için bu elemanlarda eğilme kapasitesi ile uyumlu olarak hesaplanan kesme kuvvetinin bilgi düzeyi ile uyumlu mevcut malzeme dayanımı değerleri kullanılarak, TS500'e göre hesaplanan kesme kapasitesini aşmaması gereklidir. Kolon, kiriş ve perdelerde eğilme momenti ile uyumlu kesme kuvvetinin hesabında pekleşmeli taşıma gücü momentleri yerine taşıma gücü momentleri kullanılır. Birleşim bölgesi kesme kuvvetinin kesme dayanımını aşması durumunda, kolon-kiriş birleşim bölgesi gevrek olarak tanımlanır.

Yeni tasarımda olduğu gibi bu yöntemde kesit ve elemanların dayanımları esas alınır. Bu amaçla taşıyıcı sisteme ayrı ayrı her iki doğrultuda elastik (azaltılmamış, $R_a=1$) deprem yükü yüklenir. Bu işlem Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nde azaltılmamış deprem yükü statik olarak yüklenerek yapılır. Mod Birleştirme Yöntemi'nde ise, deprem etkisini tanımlayan spektrum eğrisinin azaltılmaması şeklinde yapılabilir. Deprem etkisinde zorlanan kiriş, kolon ve perde kesitlerinde deprem etkisinde ortaya çıkan M_E ile bir azaltma yapmaksızın f_{cm} ve f_{ym} mevcut malzeme dayanımları kullanılarak kesitlerin M_K eğilme momenti ve N_K

normal kuvvet kapasiteleri hesap edilir. Bu kapasite momenti yada normal kuvvetinden düşey yüklerin talep ettiği değer çıkartılarak deprem etkisinin karşılanmasına kalan Artık Kapasite ve Etki-Kapasite değerleri hesaplanır.

$$M_A = M_K - M_D = M_K - M_{G+Q} \quad (4.2a)$$

$$N_A = N_K - N_D = N_K - N_{G+Q} \quad (4.2b)$$

$$r = \frac{M_E}{M_A} \quad (4.3a)$$

$$r = \frac{N_E}{N_A} \quad (4.3b)$$

Burada azaltılmamış (elastik) deprem yükünün mevcut kapasite ile karşılanması söz konusu olsaydı $r \leq 1$ olması gerekirdi. Bu durumda elemanlarda hemen hemen hiç hasar beklenmezdi. Ancak, deprem etkisinin elastik ötesi davranış ile karşılanması ve sınırlı hasara izin verilmesi söz konusu olduğu için doğrudan sünekliğe bağlı olan r 'nin sınır değeri 1'den büyük olarak; kesitte kabul edilecek hasar seviyesine, sünekliği olumsuz etkileyen kesme kuvveti ve normal kuvvetin değerlerine ve sünekliği olumlu etkileyen sargı donatısının yönetmelikte öngörülen düzeyde bulunmasına bağlı olarak verilir. Kiriş, kolon ve perdeler için verilen bu sınır değerlerin bu üç parametreye bağlılığı Tablo 4.2, Tablo 4.3 ve Tablo 4.4'te verilmiştir. Sonuç olarak belirli bir hasar bölgesinin aşılması için;

$$r = \frac{M_E}{M_A} \leq r_s \quad (4.4a)$$

$$r = \frac{N_E}{N_A} \leq r_s \quad (4.4b)$$

sağlanmalıdır. Bu eşitsizliğin sağlanamaması, göz önüne alınan depremde ilgili kesitte öngörülen hasar sınırının aşıldığına işaret eder.

Tablo 4.2: Betonarme kirişler için Etki/Kapasite sınır değerleri

Sünek Kirişler			Hasar Sınırı		
$(\rho-\rho')/\rho_b$	Sargılama	$V_e/(b_w d f_{ctm})$	MN	GV	GÇ
≤ 0.0	var	≤ 0.65	3	7	10
≤ 0.0	var	≥ 1.30	2.5	5	8
≥ 0.5	var	≤ 0.65	3	5	7
≥ 0.5	var	≥ 1.30	2.5	4	5
≤ 0.0	yok	≤ 0.65	2.5	4	6
≤ 0.0	yok	≥ 1.30	2	3	5
≥ 0.5	yok	≤ 0.65	2	3	5
≥ 0.5	yok	≥ 1.30	1.5	2.5	4

Tablo 4.3: Betonarme kolonlar için Etki/Kapasite sınır değerleri

Sünek Kolonlar			Hasar Sınırı		
$N_K/(A_c f_{cm})$	Sargılama	$V_e/(b_w d f_{ctm})$	MN	GV	GÇ
≤ 0.1	var	≤ 0.65	3	6	8
≤ 0.1	var	≥ 1.30	2.5	5	6
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	var	≤ 0.65	2	4	6
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	var	≥ 1.30	1.5	2.5	3.5
≤ 0.1	yok	≤ 0.65	2	3.5	5
≤ 0.1	yok	≥ 1.30	1.5	2.5	3.5
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	yok	≤ 0.65	1.5	2	3
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	yok	≥ 1.30	1	1.5	2
≥ 0.7	-	-	1	1	1

Tablo 4.4: Betonarme perdeler için Etki/Kapasite sınır değerleri

Sünek Perdeler	Hasar Sınırı		
Perde uç bölgesinde sargılama	MN	GV	GÇ
var	3	6	8
yok	2	4	6

Tablo 4.5: Güçlendirilmiş dolgu duvarlar için hasar sınırlarını tanımlayan Etki/Kapasite oranları ve görelî kat ötelemesi oranları

I _{duvar} /h _{duvar} oran aralığı 0.5 – 2.0	Hasar Sınırı		
	MN	GV	GÇ
Etki/Kapasite Oranı (r _s)	1	2	-
Görelî Kat Ötelemesi Oranı	0.0015	0.0035	-

Yeni binalarda tüm taşıyıcı sistem için öngörülen tek bir R_a Deprem Yükü Azaltma Katsayısı mevcutken, mevcut binalarda taşıyıcı eleman kesit esasına bağlı olarak etki/kapasite biçiminde hesaplanmakta ve öngörülen sınır değerler ile karşılaştırılmaktadır. Bunun en önemli sebebi, mevcut taşıyıcı sistem elemanlarının sahip olduğu süneklik düzeyi farklılığıdır. Yeni binalarda süneklik düzeyinin bütün elemanlarda tasarımda uygun şartları sağlayarak belirli bir seviyeye getirilmesi mümkünken, mevcut binalarda mevcut süneklik seviyesinin dikkate alınması gerekir.

Doğrusal Elastik Yöntem’de aynen yeni tasarımda olduğu gibi görelî kat ötelemelerinin sınırlandırılması öngörülür. İlgili sınır değerler Tablo 4.6’da verilmiştir. Burada δ_i belirli bir kattaki düşey taşıyıcı elemanın üst ucunun alt ucuna göre görelî ötelemesi, h_i ise kat yüksekliğidir.

Tablo 4.6: Görelî kat ötelemesi sınırları

Görelî Kat Ötelemesi Oranı	Hasar Sınırı		
	MN	GV	GÇ
δ_i / h_i	0.01	0.03	0.04

4.5 Bina Performansının Doğrusal Elastik Olmayan Hesap Yöntemleri ile Belirlenmesi

Bu yöntemde taşıyıcı sistemin doğrusal olmayan davranışı daha gerçekçi biçimde ele alınır. Buna karşılık yöntemin uygulanmasında taşıyıcı sisteme ait daha çok parametreye ihtiyaç vardır. Bu durumda özellikle mevcut binalar için bazen aşılması zor olan belirsizlikler ortaya çıkar. Ayrıca, doğrusal elastik çözüm yapan mevcut programlar kullanılamaz, daha ayrıntılı çözüm tekniklerini içeren programlara ihtiyaç duyulur. Doğrusal yönteme göre çözüm taşıyıcı sistemin

düzensizliğinden daha çok etkilenir. Tahmin edileceği gibi, elde edilecek sonuç ne kadar çok kabulle ortaya çıkıyorsa, güvenilirliği de o oranda azalır. Bu yöntemin esasını oluşturan statik itme analizi olarak ifade edilen çözümün, doğrusal olmayan dinamik analiz sonuçları ile önemli derecede farklılıklar gösterdiği bilinmektedir.

Şekildeğiştirme ve yerdeğiştirme esaslı değerlendirmenin göz önüne alındığı bu yöntemde, belirli bir yatay deprem yükü dağılımı için binadaki yerdeğiştirme talebine ulaşıldığında, binanın beklenen performans hedefinin sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilir. Bu yöntemin üç uygulaması vardır;

4.5.1 Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi

Bu yöntem birinci modun etkili olduğu düşük katlı binalarda ve binada burulma düzensizliğinin sınırlı olduğu durumda yeterli yaklaşım sağlamaktadır. Yönetmelikte bu yöntem için şartlar aşağıdaki gibi verilmiştir:

- Toplam kat adedi 8'i aşmayan binalarda,
- Burulma düzensizlik katsayısı 1.4'ten küçük olan binalarda,
- Deprem doğrultusundaki birinci titreşim moduna ait etkin kütle oranı 0.70'den büyük olan binalarda.

Yöntem, taşıyıcı sistemin yatay yük kapasitesi ile deprem etkisi talebinin buluşturularak, depremlerle duruma karşı gelen performans durumunun belirlenmesi olup, hesap adımları şöyledir:

- Kapasite eğrisinin belirlenmesi,
- Deprem etkisinin talep eğrisinin belirlenmesi,
- İki eğrinin kesiştirilerek taşıyıcı sistemde dengenin olduğu bina performans durumunun belirlenmesi,
- Performans durumunda iç kuvvetler ve şekildeğiştirme durumunun incelenerek sağlanan performans durumunun hedeflenene uygun olup olmadığının tespiti.

Yöntemin idealleştirilmesinde, yaygınlığı ve pratikliği nedeniyle yığılı plastik davranış modeli esas alınmıştır. Bu davranış, basit eğilme altında plastik mafsallık hipotezine karşılık gelmektedir. Plastik mafsallık boyu olarak adlandırılan plastik

şekildeğiştirme bölgesinin uzunluğu (L_p), çalışan doğrultudaki kesit boyunun yarısına eşittir. Ayrıca, sadece eksenel kuvvet altında plastik şekildeğiştirme yapan elemanlarda plastik mafsal boyu, elemanın serbest açıklığına eşit olarak alınır.

Yöntemin adımları kısaca aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Mevcut taşıyıcı sistem $G+nQ$ yükleri altında çözümlenerek kesit etkileri hesaplanır.
- Taşıyıcı sistemde plastik mafsal oluşması beklenen kesitlerin (kiriş, kolonların iki uç kesitleri, perdelerin her kattaki kesitleri) $G+nQ$ yüklemesindeki normal kuvvetler altında pozitif ve negatif eğilme moment kapasiteleri hesaplanır. Kolon ve perdelerde deprem etkisinde normal kuvvette değişiklik olacağı için, bu kapasite değerlerinde de değişiklik olacaktır.
- Taşıyıcı sisteme birinci titreşim modu ve kat kütleleri ile orantılı uygulanan yatay yük etkisi altındaki statik itme eğrisi elde edilir. Bulunan bu eğri modal kapasite eğrisine dönüştürülür.
- Göz önüne alınan depreme bağlı olarak (kullanma, tasarım ve en büyük deprem) ve zemin karakteristik periyotları dikkate alınarak, periyot-spektral ivme eğrisi oluşturulur. Bu eğriden spektral yerdeğiştirme-spektral ivme eğrisine geçilir.
- Bulunan deprem talep ve sistem kapasite eğrileri kullanılarak binanın performans noktası belirlenir.
- Performans noktasında bulunan modal yerdeğiştirme talebinden, taşıyıcı sisteme ait iç kuvvet, şekildeğiştirme ve yerdeğiştirme talebi bulunur.
- Bulunan şekildeğiştirmeler, kesit hasar sınırlarına karşı gelen beton ve donatı şeklideğiştirmeleri ile karşılaştırılarak kesitin bulunduğu hasar bölgesi belirlenir.
- Kiriş ve kolonların uç kesitleri için belirlenen hasar bölgeleri esas alınarak, taşıyıcı sistemin verilen deprem etkisindeki deprem performansı belirlenir.
- Bina için belirlenen performans düzeyinin kabul edilip edilmeyeceği kontrol edilir.

4.5.2 Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi

Bu yöntemin amacı, birinci modal kütlede davranışa yeterli katkıda bulunmadığı durumlarda (yüksek binalar ve taşıyıcı sisteminde düzensizlik bulunan binalar) yeterli kütle katılımının sağlanması için diğer modların katkılarını göz önüne almaktır. Yöntemin uygulanması taşıyıcı sistemin davranışını temsil eden yeterli sayıda doğal titreşim mod şekli ve kat kütlesi ile orantılı olacak şekilde monotonik olarak adım adım arttırılan ve birbirleri ile uygun biçimde ölçeklendirilen modal yerdeğiştirmeler veya onlarla uyumlu modal deprem yükleri esas alınarak yapılır.

4.5.3 Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi

Bu yöntemde taşıyıcı sistemdeki doğrusal olmayan davranış göz önüne alınarak kabul edilen bir deprem hareketi altındaki taşıyıcı sistemin hareket denklemi sayısal olarak çözülerek, doğrusal davranışta olduğu gibi, sistemin bütün elastik ve plastik kesit iç etkileri, şekildeğiştirmeleri ve yerdeğiştirmeleri zamana bağlı olarak bulunur. Daha sonra sistemde plastik mafsallarda dönmesi ile beton ve donatının birim uzama-kısalma talepleri belirlenir. Çözümü en kapsamlı olan bu yöntemde, kabullerin çok sayıda olması sonuçların yorumlanmasında özenli olmayı gerektirir. Ayrıca, seçilen deprem kaydının yönetmelikte verilen spektrum eğrisi ile uyumu ve olabildiğince çok sayıda kayıtlarla çözüm yapılması gereklidir [33, 34].

4.6 Betonarme Binaların Deprem Performansının Belirlenmesi

Binaların deprem performansı, uygulanan deprem etkisi altında binada oluşması beklenen hasarların durumu ile ilişkilidir ve dört farklı hasar durumu esas alınarak tanımlanmıştır. Bölüm 4.4 ve 4.5'te tanımlanan hesap yöntemlerinin uygulanması ve eleman hasar bölgelerine karar verilmesi ile bina deprem performans düzeyi belirlenir.

4.6.1 Hemen Kullanım Performans Düzeyi (HK)

Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişlerin en fazla %10'u Belirgin Hasar Bölgesi'ne geçebilir, ancak diğer taşıyıcı elemanların tümü Minimum Hasar Bölgesi'ndedir. Eğer varsa, gevrek olarak

hasar gören elemanların güçlendirilmeleri kaydı ile, bu durumdaki binaların Hemen Kullanım Performans Düzeyi'nde olduğu kabul edilir.

4.6.2 Can Güvenliği Performans Düzeyi (CG)

Eğer varsa, gevrek olarak hasar gören elemanların güçlendirilmeleri kaydı ile, aşağıdaki koşulları sağlayan binaların Can Güvenliği Performans Düzeyi'nde olduğu kabul edilir.

- Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda, ikincil (yatay yük taşıyıcı sisteminde yer almayan) kirişler hariç olmak üzere, kirişlerin en fazla %30'u ve kolonların aşağıda tanımlandığı kadarı İleri Hasar Bölgesi'nde olabilir.
- İleri Hasar Bölgesi'ndeki kolonların, her bir katta kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı %20'nin altında olmalıdır. En üst katta İleri Hasar Bölgesi'ndeki kolonların kesme kuvvetleri toplamının, o kattaki tüm kolonların kesme kuvvetlerinin toplamına oranı en fazla %40 olabilir.
- Diğer taşıyıcı elemanların tümü Minimum Hasar Bölgesi veya Belirgin Hasar Bölgesi'ndedir. Ancak, herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden Minimum Hasar Sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir (Doğrusal Elastik Yöntem'le hesapta, alt ve üst düğüm noktalarının ikisinde birden Yönetmelik Denklem 3.3'ün sağladığı kolonlar bu hesaba dahi edilmez).

4.6.3 Göçme Öncesi Performans Düzeyi (GÖ)

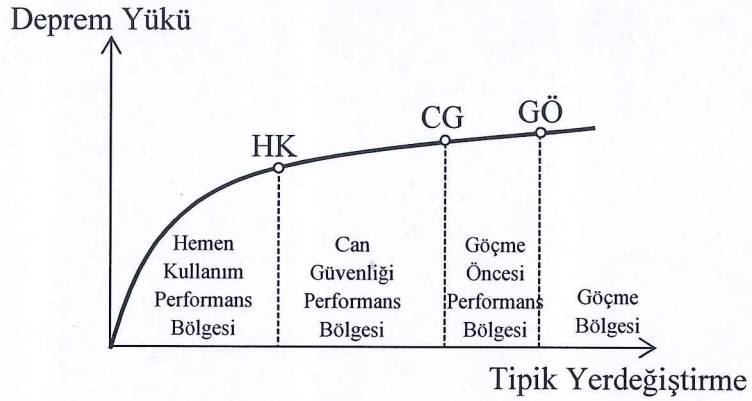
Gevrek olarak hasar gören tüm elemanların Göçme Bölgesi'nde olduğunun göz önüne alınması kaydı ile, aşağıdaki koşulları sağlayan binaların Göçme Öncesi Performans Düzeyi'nde olduğu kabul edilir.

- Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda, ikincil (yatay yük taşıyıcı sisteminde yer almayan) kirişler hariç olmak üzere, kirişlerin en fazla %20'si Göçme Bölgesi'ne geçebilir.

- Diğer taşıyıcı elemanların tümü Minimum Hasar Bölgesi, Belirgin Hasar Bölgesi veya İleri Hasar Bölgesi'ndedir. Ancak, herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden Minimum Hasar Sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir (Doğrusal Elastik Yöntem'le hesapta, alt ve üst düğüm noktalarının ikisinde birden Yönetmelik Denklem 3.3'ün sağladığı kolonlar bu hesaba dahi edilmez).
- Binanın mevcut durumunda kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır.

4.6.4 Göçme Durumu

Bina Göçme Öncesi Performans Düzeyi'ni sağlamıyorsa Göçme Durumu'ndadır. Binanın kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır.



Şekil 4.2: Performans düzeyleri ve performans bölgeleri

4.7 Mevcut Binalar için Hedeflenen Bina Performansları

Aşağıda verilen Tablo 4.7'de belirtildiği üzere, binanın kullanım amacı ve/veya türüne göre, tanımlanan farklı deprem düzeyleri altında, performansa göre değerlendirme yaklaşımı çerçevesinde binalar için farklı performans hedefleri öngörülmüştür [33].

Tablo 4.7: Farklı deprem düzeylerinde binalar için öngörülen minimum performans hedefleri

Binanın Kullanım Amacı ve Türü	Deprem Aşılma Olasılığı		
	50 Yılda %50	50 Yılda %10	50 Yılda %2
Deprem Sonrası Kullanımı Gereken Binalar: Hastaneler, sağlık tesisleri, itfaiye binaları, haberleşme ve enerji tesisleri, ulaşım istasyonları, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, afet yönetim merkezleri, vb.	-	HK	CG
İnsanların Uzun Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar: Okullar, yatakhaneler, yurtlar, pansiyonlar, askeri kışlalar, cezaevleri, müzeler, vb.	-	HK	CG
İnsanların Kısa Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar: Sinema, tiyatro, konser salonları, kültür merkezleri, spor tesisleri.	HK	CG	-
Tehlikeli Madde İçeren Binalar: Toksik, parlayıcı ve patlayıcı özellikleri olan maddelerin bulunduğu ve depolandığı binalar.	-	HK	GÖ
Diğer Binalar: Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (konutlar, işyerleri, oteller, turistik tesisler, endüstri yapıları, vb.).	-	CG	-

5. P25 HIZLI DEĞERLENDİRME YÖNTEMİ İLE BİNA PERFORMANSININ BELİRLENMESİ

Bu bölümde, tez kapsamında P25 Hızlı Değerlendirme Yöntemi ile araştırması yapılan 50 adet mevcut bina arasından seçilen bir binanın hesap adımları ayrıntılı bir biçimde gösterilmiştir.

Balıkesir İli 1. Derece deprem bölgesinde yer almaktadır ve olası bir depremde can kaybına yol açabilecek binalar her yerde olduğu gibi ilimizde de mevcuttur. Balıkesir İli Merkez İlçesi'nde yaklaşık olarak 30000 adet yerel idare tarafından yapı ruhsatı verilmiş bina mevcuttur, ruhsatsız olarak yapılmış ve halen yapılmakta olan binalarda hesaba katılırsa iyimser bir yaklaşımla 40000 adet binadan söz etmekteyiz. Bütün bu mevcut yapı stoğu içerisinde depremde can kaybına yol açabilecek binaları saptamak, bilimsel olarak kabul görmüş ve halen yürürlükte olan deprem yönetmeliğimizdeki yöntemleri kullanarak analiz etmek oldukça zahmetli ve yüksek maliyetli olacaktır. Bu yüzden ilimizin depreme hazırlıklı olup olmadığını öğrenebilmek, zamandan, iş gücünden ve yüksek maliyetten tasarruf etmek için ilimizde de belirli bir bölgede P25 Hızlı Değerlendirme Yöntemi'ni kullanarak aslında farkında olmadığımız gerçeğimizle yüzleşmiş olduk.

Analiz için seçilen bina, 2006 yılında TDY 1998'e göre tasarımı yapılmış ve halen kullanılmaktadır. 22020 no'lu mevcut yapının bodrum katında betonarme perdeler bulunduğundan yani rijit bodrum olduğundan dolayı kritik kat zemin kat olarak belirlenmiştir.

Binanın, yönleri tarafımızdan belirlenen X doğrultusundaki uzunluğu 9.80 m iken Y doğrultusundaki uzunluğu ise 16.85 m'dir.

Bina bodrumuyla birlikte toplamda 4 katlı olup, binanın kritik katı ve kritik katı üzerindeki zemin katın yüksekliği 2.80 m iken yapının toplam yüksekliği 8.40 m'dir. Yapı toplam yüksekliği belirlenirken, bodrum katı rijit olduğu için zemin kat tabanından itibaren yükseklik belirlenmiştir ayrıca, ahşap çatı yüksekliği göz önüne alınmamıştır. Eğer yapıda çatı katı ya da çatı katında oluşturulan betonarme bir

taşıyıcı (kolon, kiriş veya çatı döşemesi) olsaydı bina toplam yüksekliğine bu bölüm de ilave edilmelidir.

Tez kapsamında amaç P25 Hızlı Değerlendirme Yöntemi ile mevcut binaların deprem performanslarını bulmak ve güncel yönetmelik kapsamında bulunan performansıyla karşılaştırmaktır. Binanın projesine uygun olarak yapıldığı kabul edilmiştir. Hem P25 Hızlı Değerlendirme Yöntemi'nde hem de binanın üç boyutlu modelinin tasarlanıp TDY 2007'ye göre performansının incelenmesinde binaya ait projelerinde yer alan beton (C20) ve çelik (S420) mukavemetleri kullanılmıştır.

Tez kapsamında incelenen tüm binalar için, binaların oturduğu zemin özelliklerini belirlemek amacıyla, ilgili binanın zemin etüt raporları yok ise o binanın bulunduğu ada içerisinde inşa edilmiş başka bir yapıya ait zemin etüt değerleri, araştırması yapılan binanın zemin değerleri olarak kabul edilmiştir. 22020 no'lu binanın oturduğu tabii zemin için vaktiyle zemin etüt çalışması yapılmış olup zemin sınıfı C/Z3'tür. Zemin emniyet gerilmesi 1.40 kg/cm^2 ve yeraltı su seviyesi 6.3 m'dir. Zeminde sıvılaşma riski bulunmamaktadır.

22020 no'lu yapıya ait resimler, kat, kalıp ve kolon aplikasyon planları EK A.1, EK A.2, EK A.3, EK A.4 ve EK A.5'de verilmiştir.

5.1 P₁ Temel Yapısal Puan'ın Hesabı

Tablo 5.1: Yapıda bulunan kolonlar

X (m)	Y (m)	ADET	ALAN (m ²)	I _x (m ⁴)	I _y (m ⁴)
0.3	1.75	1	0.525	0.0039	0.1340
0.3	0.6	6	1.080	0.0081	0.0324
0.6	0.3	6	1.080	0.0324	0.0081
1.25	0.25	1	0.312	0.0407	0.0016
0.25	1.25	2	0.625	0.0033	0.0814
TOPLAM		16	3.622	0.0884	0.2575

Dolgu duvarları seçilen X ve Y yönlerine göre hem kritik kat hem de kritik katın üstündeki zemin kat için ayrı ayrı belirlenir. Dolgu duvarlarının boyutları belirlenirken duvarlar içinde yer alan kapı ve pencere boşlukları göz önünde bulundurulur. Eğer kapı ya da pencere boşluğu duvarın uçlarında ise duvar toplam uzunluğu kapı ve pencere uzunluklarının duvar uzunluğundan çıkarılmasıyla bulunur ve duvar kalınlığı aynen alınır. Kapı ya da pencere boşluğu duvarın ortasında ise duvar toplam uzunluğu kapı ve pencere uzunlukları ihmal edilerek aynen alınır. Ancak, duvar kalınlığı olarak mevcut kalınlığının yarısı alınır. Örneğin;

X yönünde 1 aksı üzerinde, B-E aksları arasında bulunan duvarın toplam uzunluğu 4.20 m ve kalınlığı 0.2 m'dir. Ancak duvarın ortasında 1.20 m uzunluğunda pencere bulunduğu için duvar uzunluğu 4.20 m alınırken kalınlığı 0.1 m alınmıştır.

Tablo 5.2: Yapıda bulunan kritik kat X yönü dolgu duvarları

BOY (m)	KALINLIK (m)	ADET	ALAN (m ²)	I _x (m ⁴)
1.50	0.20	1	0.30	0.0563
4.20	0.10	1	0.42	0.6174
2.50	0.10	1	0.25	0.1302
2.20	0.20	1	0.44	0.1775
2.60	0.20	1	0.52	0.2929
3.70	0.10	1	0.37	0.4221
2.60	0.10	1	0.26	0.1465
3.80	0.10	1	0.38	0.4573
3.40	0.10	1	0.34	0.3275
TOPLAM		9	3.28	2.6276

Tablo 5.3: Yapıda bulunan kritik kat Y yönü dolgu duvarları

BOY (m)	KALINLIK (m)	ADET	ALAN (m ²)	I _y (m ⁴)
3.65	0.20	1	0.73	0.8105
3.10	0.10	1	0.31	0.2483
2.70	0.10	1	0.27	0.1640
3.45	0.20	1	0.69	0.6844
2.95	0.20	1	0.59	0.4279
3.10	0.20	1	0.62	0.4965
1.60	0.10	1	0.16	0.0341
2.00	0.10	1	0.20	0.0667
2.60	0.10	1	0.26	0.1465
4.75	0.20	1	0.95	1.7862
3.85	0.10	1	0.39	0.4756
TOPLAM		11	5.17	5.3405

Yapıda, X yönünde zemin kat ve üst katların mimari planları ve duvar boyutları aynıdır.

Tablo 5.4: Yapıda bulunan 1. kat (kritik kat üzeri) X yönü dolgu duvarları

BOY (m)	KALINLIK (m)	ADET	ALAN (m ²)	I _x (m ⁴)
1.50	0.20	1	0.30	0.0563
4.20	0.10	1	0.42	0.6174
2.50	0.10	1	0.25	0.1302
2.20	0.20	1	0.44	0.1775
2.60	0.20	1	0.52	0.2929
3.70	0.10	1	0.37	0.4221
2.60	0.10	1	0.26	0.1465
3.80	0.10	1	0.38	0.4573
3.40	0.10	1	0.34	0.3275
TOPLAM		9	3.28	2.6276

Tablo 5.5: Yapıda bulunan 1. kat (kritik kat üzeri) Y yönü dolgu duvarları

BOY (m)	KALINLIK (m)	ADET	ALAN (m ²)	Iy (m ⁴)
3.65	0.20	1	0.73	0.8105
3.10	0.10	1	0.31	0.2483
2.70	0.10	1	0.27	0.1640
3.45	0.20	1	0.69	0.6844
3.45	0.20	1	0.69	0.6844
3.10	0.20	1	0.62	0.4965
1.60	0.10	1	0.16	0.0341
2.00	0.10	1	0.20	0.0667
2.60	0.10	1	0.26	0.1465
4.75	0.20	1	0.95	1.7862
3.85	0.20	1	0.77	0.9511
TOPLAM		11	5.65	6.0726

5.1.1 Kolon, Perde ve Dolgu Duvarlarına Ait Alan İndekslerinin Hesabı

Denklem (3.2)'den;

$$A_p = 9.80 \times 16.85 = 165.13 \text{ m}^2$$

Denklem (3.3a) ve (3.3b)'den;

$$A_{efx} = 3.6225 + 0 + (0.15 \times 3.28) = 4.1145 \text{ m}^2$$

$$A_{efy} = 3.6225 + 0 + (0.15 \times 5.165) = 4.3973 \text{ m}^2$$

Burada, dolgu duvarları elastisite modülünün beton elastisite modülüne oranı E_m/E_c boşluklu kil tuğla için 0.15'dir (Tablo 3.1).

Denklem (3.1a) ve (3.1b)'den;

$$C_{Ax} = 7 \times 10^5 \times \frac{4.1145}{165.13} = 17441.71 \text{ m}^2$$

$$C_{Ay} = 7 \times 10^5 \times \frac{4.3973}{165.13} = 18640.31 \text{ m}^2$$

Denklem (3.4a) ve (3.4b)'den;

$$C_{Amin} = 17441.71$$

$$C_{Amax} = 18640.31$$

Denklem (3.5)'ten;

$$C_A = \sqrt{(0.87 \times 17441.71)^2 + (0.50 \times 18640.31)^2} = 17807.99$$

5.1.2 Kolon, Perde ve Dolgu Duvarlarına Ait Rijitlik İndekslerinin Hesabı

Denklem (3.8a) ve (3.8b)'den;

$$I_{efx} = 0.08838 + 0 + (0.15 \times 2.62763) = 0.48253 \text{ m}^4$$

$$I_{efy} = 0.25749 + 0 + (0.15 \times 5.34054) = 1.05857 \text{ m}^4$$

Denklem (3.7a) ve (3.7b)'den;

$$I_{px} = \frac{16.85 \times 9.80^3}{12} = 1321.59 \text{ m}^4$$

$$I_{py} = \frac{9.80 \times 16.85^3}{12} = 3907.01 \text{ m}^4$$

Denklem (3.6a) ve (3.6b)'den;

$$C_{Ix} = 7 \times 10^5 \times \left[\frac{0.48253}{1321.59} \right]^{0.4} = 29516.73$$

$$C_{Iy} = 7 \times 10^5 \times \left[\frac{1.05857}{3907.01} \right]^{0.4} = 26196.82$$

Denklem (3.9a) ve (3.9b)'den;

$$C_{I,min} = 26196.82$$

$$C_{I,max} = 29516.73$$

Denklem (3.10)'dan;

$$C_I = \sqrt{(0.87 \times 26196.82)^2 + (0.50 \times 29516.73)^2} = 27152.34$$

Denklem (3.11)'den;

$$h_0 = (-0.6 \times (8.4)^2) + (39.6 \times 8.4) - 13.4 = 276.904$$

Denklem (3.12)'den;

$$P_0 = \frac{17807.99 + 27152.34}{276.904} = 162.3679 \text{ olarak hesaplanır.}$$

5.1.3 Düzeltme Faktörlerinin Belirlenmesi

Düzeltme faktörleri Tablo 3.2'den alınmıştır. f_9 , f_{10} , f_{11} ' in hesapları aşağıda gösterilmiştir.

5.1.3.1 f_9 'un Hesabı

22020 no'lu binanın imalat tarihinde yürürlükte olan deprem yönetmeliğine uygun betonarme projesinde C20 ($f_{ck}=20$ MPa) sınıfı beton kullanılmıştır.

$$f_9 = (f_{ck} / 20)^{0.5} = (20 / 20)^{0.5} = 1$$

5.1.3.2 f_{10} 'un Hesabı

f_{10} no'lu düzeltme faktörü kuvvetli kiriş-zayıf kolon durumunu göz önünde bulundurmak için kullanılan bir faktördür. Kolon ve kiriş için binada en çok tekrar eden ya da binadaki kolon ve kirişleri temsil edebilecek bir kolon-kiriş boyutu seçilmelidir. Bu sebeple kolon boyutu olarak yapıda en çok kullanılan kolon tipi olan 30×60 (cm) kolonu, kiriş boyutları olarak da yapıda en çok kullanılan 25×50 (cm) kirişi seçilmiştir. Bu veriler ışığında;

$$\text{Kolon için; } I_x = 0.00135 \text{ m}^4$$

$$I_y = 0.0054 \text{ m}^4$$

$$\text{Kiriş için; } I_b = 0.002604 \text{ m}^4 \text{ tür.}$$

$$f_{10} = ((0.00135 + 0.0054) / (2 \times 0.002604))^{0.15} = 1.040 > 1 \text{ olduğu için } f_{10} = 1 \text{ alınır.}$$

5.1.3.3 f_{11} 'in Hesabı

f_{11} no'lu düzeltme faktörü yapıdaki sarılma bölgelerindeki etriye sıklığını ifade eden faktördür ve ilgili yapının kolon sarılma bölgelerindeki etriye aralığı 10 cm'dir.

$$f_{11} = (10 / 10)^{0.25} = 1 \text{ olarak belirlenir.}$$

Tablo 5.6: 22020 no'lu bina için seçilen f düzeltme faktörleri

f_1	f_2	f_3	f_4	f_5	f_6	f_7	f_8	f_{12}	f_{13}	f_{14}	f_{15}
0.98	1	1	1	1	1	1	1	0.96	0.98	0.98	0.99

Denklem (3.13)'ten;

$$P_1 = 162.3679 \times (0.98 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0.96 \times 0.98 \times 0.98 \times 0.99) = 145.2395$$

$$P_1 = 145.2395 > 100 \text{ olduğundan, } P_1 = 100 \text{ olarak alınır.}$$

5.2 P_2 Kısa Kolon Puanı'nın Belirlenmesi

Binada kısa kolon bulunmadığından dolayı P_2 Kısa Kolon Puanı 100 olarak seçilmiştir.

5.3 P_3 Yumuşak Kat/Zayıf Kat Puanı'nın Hesabı

$(A_{ef})_{i+1}$ ve $(I_{ef})_{i+1}$ değerleri kritik katın üstündeki zemin kata ait değerlerdir ve tıpkı kritik kat hesabında kullanılan yöntemle hesaplanmıştır.

$$A_{efx,z} = 3.6225 + 0 + (0.15 \times 3.28) = 4.1145 \text{ m}^2$$

$$A_{efy,z} = 3.6225 + 0 + (0.15 \times 5.65) = 4.47 \text{ m}^2$$

$$I_{efx,z} = 0.08838 + 0 + (0.15 \times 2.62763) = 0.48253 \text{ m}^4$$

$$I_{efy,z} = 0.25749 + 0 + (0.15 \times 6.07261) = 1.16838 \text{ m}^4$$

$$r_{ax} = \frac{4.1145}{4.1145} = 1$$

$$r_{ay} = \frac{4.39725}{4.47} = 0.9837 \text{ olarak bulunur.}$$

Denklem (3.14)'ten;

$$r_a = \frac{1 + 0.9837}{2} = 0.99186$$

$$r_{rx} = \frac{0.48253}{0.48253} = 1$$

$$r_{ry} = \frac{1.05857}{1.16838} = 0.9060 \text{ olarak bulunur.}$$

Denklem (3.15)'ten;

$$r_r = \frac{1 + 0.9060}{2} = 0.95301$$

Denklem (3.16)'dan;

$$P_3 = 100 \times \left[0.99186 \times 0.95301 \times \left(\frac{2.8}{2.8} \right)^3 \right]^{0.6} = 96.6782 \text{ olarak belirlenir.}$$

5.4 P₄ Ağır Çıkmalar ve Çerçeve Süreksizliği Puanı'nın Belirlenmesi

Binanın iki cephesinde çıkma bulunmaktadır ve çıkmalarda çerçeve kirişleri mevcut olduğundan P₄ ağır çıkmalar ve çerçeve süreksizliği puanı Tablo 3.4'ten 80 olarak seçilmiştir.

5.5 P₅ Çarpışma Etkisi Puanı'nın Belirlenmesi

Bina mevcut haliyle depremde çarpışma etkisi yaşamayacağı için P₅ Çarpışma Etkisi Puanı 100 olarak seçilmiştir.

5.6 P₆ Sıvılaşma Potansiyeli Puanı'nın Belirlenmesi

Yapının bulunduğu tabii zeminde sıvılaşma riski bulunmadığından P₆ Sıvılaşma Potansiyeli Puanı 100 olarak seçilmiştir.

5.7 P₇ Toprak Hareketleri Puanı'nın Belirlenmesi

Yapının bulunduğu tabii zemin için oturma, akma ya da kayma gibi toprak riskleri olmadığı için P₇ Toprak Hareketleri Puanı 100 olarak seçilmiştir.

5.8 P Bina Performans Sonuç Puanı'nın Hesabı

22020 no'lu binaya ait tüm puanlar belirlenmiştir ve P_{min}=P₄ olarak saptanmıştır. P₄ puanının ağırlık çarpanı 4 olup diğer tüm puanlar Tablo 3.8'de verilen ağırlık çarpanları ile çarpılmıştır.

Tablo 5.7: Puanlar ve ağırlık çarpanları

P Puanları	w _i Ağırlık Çarpanları	P _i × w _i			
P ₁	100	w ₁	4	P ₁ × w ₁	400
P ₂	100	w ₂	1	P ₂ × w ₂	100
P ₃	96.6782	w ₃	3	P ₃ × w ₃	290.0346
P₄	80	w₄	4	P₄ × 4	320
P ₅	100	w ₅	1	P ₅ × w ₅	100
P ₆	100	w ₆	3	P ₆ × w ₆	300
P ₇	100	w ₇	2	P ₇ × w ₇	200
TOPLAM		18			1710.0346

Denklem (3.18)'den;

$$P_w = \frac{1710.0346}{18} = 95.00192$$

P_w>60 olduğu için Denklem (3.19)'dan β = 1 olarak alınır.

Denklem (3.20)'den;

Yapı 1. Derece deprem bölgesindedir bu sebeple yapıya ait Etkin Yer İvmesi Katsayısı 0.40'dır (DBYBHY 2007 Tablo 2.2).

Yapı konut olduğu için Bina Önem Katsayısı 1 olarak alınmıştır (DBYBHY 2007 Tablo 2.3).

$$\alpha = (1 / 1) (0.4 / 0.4) 1 = 1 \text{ olarak belirlenir.}$$

Denklem (3.21)'den;

$$P = 1 \times 1 \times 80 = 80 \text{ olarak bulunur.}$$

5.9 Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması

Balıkesir İli Merkez İlçesi Bahçelievler ve Plevne Mahallelerinde toplamda 50 adet bina üzerinde P25 Hızlı Değerlendirme Yöntemi ile birbirinden farklı özelliklerdeki mevcut binaların deprem performansı analiz çalışması yapılmıştır. Yapılan analizlerin puanlama detayları Tablo 5.8'de, bina özellikleri ve puanları Tablo 5.9'da verilmiştir.

P25 Hızlı Değerlendirme Yöntemi ile analizi yapılan 50 adet bina arasından seçilen 15 adet binanın, STA4CAD programı yardımı ile DBYBHY 2007'de yer alan Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'ni kullanarak deprem performans analizleri yapılmıştır. Sonuçlar, P25 Hızlı Değerlendirme Yöntemi ile bulunan sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma Tablo 5.10'da verilmiştir. P25 Yöntemi ile hesapları yapılan ve işlemleri detaylı bir şekilde gösterilen 22020 no'lu binanın bilgisayar ortamındaki günümüz yönetmeliğine göre performans sonuçları EK D'de verilmiştir [35-37].

Tablo 5.8: Analizi yapılan binalara ait puanlama detayları

Sıra No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Bina Adı	9624	5247	5329	6145	6536	20620	7925	5472	5776	6302
f_1	1	1	0.98	1	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.96
f_2	1	1	1	1	1	1	0.98	1	1	1
f_3	1	1	1	1	1	0.92	1	1	1	1
f_4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
f_5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
f_6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
f_7	1	1	1	1	1	1	1	1	0.90	1
f_8	1	1	0.80	0.90	0.80	1	0.90	0.90	0.80	1
f_9	0.83	0.89	0.83	0.83	0.83	1	1	0.83	0.83	0.83
f_{10}	0.93	0.96	1	0.96	1	1	1	1	0.97	1
f_{11}	1	1	1	0.84	0.84	1	1	0.84	1	1
f_{12}	0.96	1	0.96	1	0.96	0.96	1	1	1	1
f_{13}	1	0.95	0.98	0.96	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
f_{14}	0.98	0.95	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	1	0.98
f_{15}	1	1	0.98	1	0.98	0.98	1	1	1	1
P	45	40	21.36	70	40.28	50	35	50	42	64.52

Tablo 5.8'in devamı

Sıra No	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Bina Adı	6658	8291	8442	9377	9558	20062	20705	20802	9889	3077
f_1	0.96	0.98	0.96	0.96	0.96	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
f_2	1	0.98	1	0.98	1	0.98	1	1	1	1
f_3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
f_4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
f_5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
f_6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
f_7	1	1	1	1	1	0.90	1	1	1	1
f_8	0.80	0.90	1	1	1	0.80	1	1	0.80	1
f_9	0.83	0.89	0.83	0.89	0.89	0.83	1	1	1	0.83
f_{10}	1	0.99	1	1	1	1	1	1	1	0.96
f_{11}	1	0.84	1	1	1	1	1	1	1	0.84
f_{12}	0.96	0.96	1	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96
f_{13}	0.98	0.98	0.96	0.98	0.96	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
f_{14}	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
f_{15}	0.98	0.98	1	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
P	49.15	50	50	54.91	70	30	50	60	50	67

Tablo 5.8'in devamı

Sıra No	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Bina Adı	6885	21465	21706	22020	7525	4025	20725	7285	874	8239
f_1	0.98	0.96	0.98	0.98	0.98	0.98	0.96	0.98	0.98	0.98
f_2	1	1	1	1	1	0.96	1	1	1	1
f_3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
f_4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
f_5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
f_6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
f_7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
f_8	0.80	1	1	1	1	1	1	1	1	1
f_9	0.83	1	1	1	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83
f_{10}	1	0.95	1	1	0.96	0.96	0.72	0.96	0.96	0.96
f_{11}	1	1	1	1	0.84	0.84	1	0.84	0.84	1
f_{12}	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	1	1	1	1	0.96
f_{13}	0.98	0.98	0.98	0.98	0.96	0.96	0.96	0.96	0.98	0.96
f_{14}	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.96	0.98	0.98	0.98
f_{15}	0.98	1	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98	1	0.99	0.98
P	45.09	50	70	80	50	70	93	50	50	50

Tablo 5.8'in devamı

Sıra No	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Bina Adı	8800	9076	4490	9120	5172	9299	3248	6537	21146	22076
f_1	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
f_2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
f_3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
f_4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
f_5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
f_6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
f_7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
f_8	1	1	0.90	1	1	1	0.90	0.80	1	1
f_9	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.77	0.83	0.83	1	1
f_{10}	0.96	1	1	0.96	1	0.88	1	0.96	1	1
f_{11}	1	1	1	1	0.84	0.84	0.84	1	1	1
f_{12}	0.96	1	1	0.96	1	1	0.96	1	0.96	0.96
f_{13}	0.96	0.98	0.96	0.96	0.98	0.96	0.98	0.96	0.98	0.98
f_{14}	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
f_{15}	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	1	0.98	0.99	0.98	0.98
P	35	50	50	50	50	50	44.42	49.66	50	50

Tablo 5.8'in devamı

Sıra No	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Bina Adı	10661	12234	20723	20761	20882	2894	3840	1120	24235	20703
f_1	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
f_2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
f_3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
f_4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
f_5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
f_6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
f_7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
f_8	1	0.90	1	1	1	0.90	1	0.90	1	1
f_9	0.83	0.77	1	1	1	0.83	0.83	0.83	1	1
f_{10}	1	1	1	1	1	0.96	0.88	0.80	1	1
f_{11}	1	0.84	1	1	1	0.84	0.84	0.84	1	1
f_{12}	0.92	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96
f_{13}	0.96	0.98	0.98	0.98	0.98	0.96	0.96	0.96	0.98	0.98
f_{14}	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
f_{15}	0.98	1	0.98	0.98	0.98	1	1	1	0.98	0.98
P	50	46.53	70	59.50	80	50	50	53.09	80	50

Tablo 5.9: Bina özellikleri ve puanları

No	Bina Adı	Bina Yeri	Kat Adedi	H (m)	$C_A + C_I$	$\prod_{i=1}^{15} f_i$	P
1	9624	Balıkesir	4	11.20	52230.87	0.7336	45
2	5247	Balıkesir	4	8.40	41002.24	0.7779	40
3	5329	Balıkesir	7	18.70	50845.56	0.5927	21.36
4	6145	Balıkesir	4	10.90	49876.09	0.5741	70
5	6536	Balıkesir	7	18.00	40818.57	0.4984	40.28
6	20620	Balıkesir	4	10.24	56159.21	0.8146	50
7	7925	Balıkesir	5	14.20	46929.88	0.8250	35
8	5472	Balıkesir	5	13.80	40395.23	0.5960	50
9	5776	Balıkesir	4	11.60	32589.76	0.5648	42
10	6302	Balıkesir	5	11.20	29683.28	0.7714	64.52
11	6658	Balıkesir	7	18.25	43672.58	0.5806	49.15
12	8291	Balıkesir	7	19.30	55999.09	0.5817	50
13	8442	Balıkesir	4	8.40	33984.87	0.7557	50
14	9377	Balıkesir	5	14.40	31228.29	0.7603	54.91
15	9558	Balıkesir	4	8.40	27781.71	0.7600	70
16	20062	Balıkesir	7	21.30	53293.05	0.5227	30
17	20705	Balıkesir	5	14.00	40002.83	0.8855	50
18	20802	Balıkesir	3	8.40	49756.95	0.8855	60
19	9889	Balıkesir	7	21.10	49779.29	0.7084	50
20	3077	Balıkesir	5	11.20	40170.18	0.6003	67
21	6885	Balıkesir	7	17.50	37724.46	0.5927	45.09
22	21465	Balıkesir	4	11.20	49873.15	0.8477	50
23	21706	Balıkesir	5	14.50	52785.50	0.8945	70
24	22020	Balıkesir	4	8.40	44960.33	0.8945	80
25	7525	Balıkesir	4	8.40	40529.55	0.5941	50

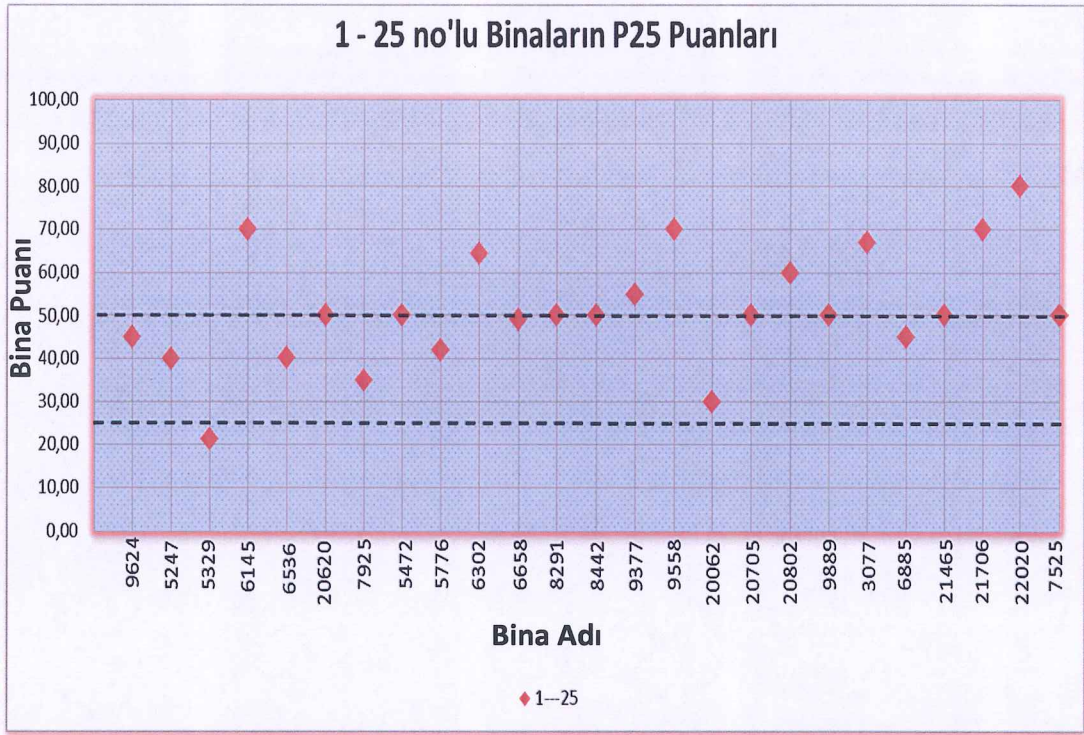
Tablo 5.9'un devamı

No	Bina Adı	Bina Yeri	Kat Adedi	H (m)	$C_A + C_I$	$\prod_{i=1}^{15} f_i$	P
26	4025	Balıkesir	4	11.20	42844.79	0.5881	70
27	20725	Balıkesir	2	6.00	36356.27	0.5272	93
28	7285	Balıkesir	4	8.40	37355.15	0.6251	50
29	874	Balıkesir	5	14.00	53954.52	0.6317	50
30	8239	Balıkesir	4	8.40	41074.86	0.6993	50
31	8800	Balıkesir	4	8.40	43606.38	0.6993	35
32	9076	Balıkesir	5	11.20	42925.06	0.7796	50
33	4490	Balıkesir	5	11.40	46527.38	0.6873	50
34	9120	Balıkesir	4	8.40	37524.52	0.7065	50
35	5172	Balıkesir	7	17.50	46384.35	0.6556	50
36	9299	Balıkesir	4	10.80	49325.88	0.5319	50
37	3248	Balıkesir	7	19.30	41781.92	0.5607	44.42
38	6537	Balıkesir	5	11.90	34061.34	0.5887	49.66
39	21146	Balıkesir	4	11.52	41768.08	0.8855	50
40	22076	Balıkesir	4	11.20	43675.04	0.7969	50
41	10661	Balıkesir	5	14.10	44691.34	0.6955	50
42	12234	Balıkesir	7	19.30	46328.75	0.5297	46.53
43	20723	Balıkesir	5	13.60	48620.08	0.8855	70
44	20761	Balıkesir	7	17.10	32812.88	0.8855	59.50
45	20882	Balıkesir	5	13.50	44265.37	0.8855	80
46	2894	Balıkesir	4	11.00	43516.72	0.5401	50
47	3840	Balıkesir	4	11.60	43034.77	0.5515	50
48	1120	Balıkesir	4	11.00	41325.85	0.4492	53.09
49	24235	Balıkesir	7	17.28	46872.50	0.8855	80
50	20703	Balıkesir	3	8.30	45215.90	0.8855	50

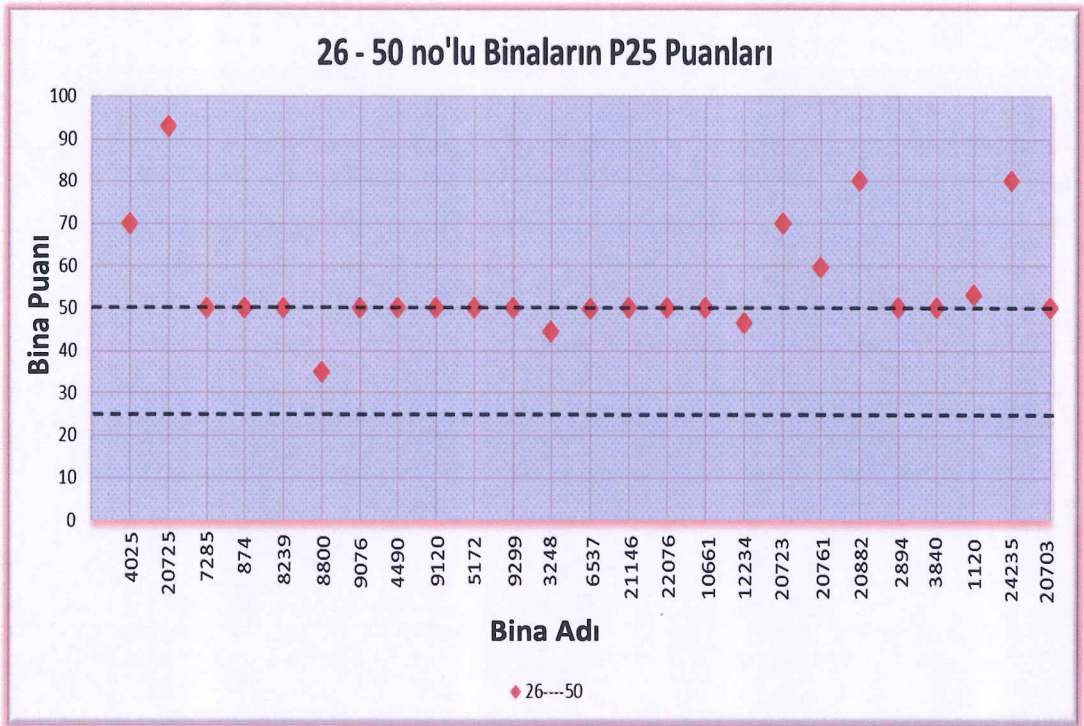
Tablo 5.8'de verilen f_i düzeltme faktörlerinde iki adet ondalık hane kullanıldığı için çarpım sonuçları, Tablo 5.9'da verilen gerçek çarpım sonuçlarıyla uyuşmayabilir.

Tablo 5.10: P25 sonuçları ile yönetmelik sonuçlarının karşılaştırılması

Bina No	Bina Adı	Yapım Yılı	Yönetmelik	P25 Puanı	Performans Değerlendirmesi		
					Performans	Vc oranı	Kiriş hasar oranı
1	5329	1992	TDY 1975	21	Göçme Durumu	%52.1 > %30	%15.4 < %20
2	8800	1996	TDY 1975	35	Göçme Durumu	%59.8 > %30	%18.2 < %20
3	7925	1993	TDY 1975	35	Göçme Durumu	%40.5 > %30	0 < %20
4	5247	1992	TDY 1975	40	Göçme Durumu	%48.2 > %30	%10 < %20
5	6885	1994	TDY 1975	45	Göçme Durumu	%69.1 > %30	%23.1 > %20
6	9624	1998	ABYYHY 1998	45	Göçme Durumu	%48.1 > %30	%86.4 > %20
7	20620	2000	ABYYHY 1998	50	Göçme Önlenmesi Durumu	%29.6 < %30	%4.8 < %20
8	21146	2003	ABYYHY 1998	50	Göçme Durumu	%44.4 > %30	yok
9	874	1982	TDY 1975	50	Göçme Durumu	%83.9 > %30	%16.7 < %20
10	9299	1997	ABYYHY 1998	50	Göçme Durumu	%49.5 > %30	yok
11	9889	1998	ABYYHY 1998	50	Göçme Durumu	%57.1 > %30	%4 < %20
12	20802	2001	ABYYHY 1998	60	Can Güvenliği	0 < %30	0 < %30
13	21706	2006	ABYYHY 1998	70	Can Güvenliği	20.9 < %30	%18.8 < %30
14	4025	1990	TDY 1975	70	Göçme Durumu	%21.5 < %30	%57.1 > %20
15	22020	2006	ABYYHY 1998	80	Can Güvenliği	0 < %30	6.7 < %30



Şekil 5.1: 1-25 no'lu binalara ait P25 puanları



Şekil 5.2: 26-50 no'lu binalara ait P25 puanları

6. SONUÇLAR

P25 Hızlı Değerlendirme Yöntemi'ne göre, bina performans sonuç puanı 25'in altında olan binalar, depremde göçmektedir ve bu binaların detaylı incelemesine gerek yoktur. Puanı, 25 ile 35 arasında olan binalar, Deprem Yönetmeliği'nde belirtilen yöntemler ile daha kapsamlı bir incelemeye tabi tutulmalıdır. Puanı, 35'in üzerinde olan binalar ise genellikle topyekün göçmeye maruz kalmayacak, can ve mal kaybını engelleyebilecek binalardır diye ifade edilmektedir.

Yapılan analizler sonucu P25 puanı 25'in altında olan betonarme binaların Göçme Bölgesi'nde olduklarını ve bu binaların depremde göçüp göçmeyeceklerini belirlemek için P25 Hızlı Değerlendirme Yöntemi'nin yeterli olduğunu söylemek mümkündür. Ancak, P25 puanı 25 ile 50 (dahil) arasında bulunan betonarme binalar için aynı şey söylenemez. Çünkü bu binaların bazıları Göçme Bölgesi'nde iken bazıları Göçme Bölgesi'ne ulaşmamıştır. Bu nedenle belirtilen binaların detaylı bir şekilde deprem performans analizleri yapılmalıdır.

P25 puanı 50'nin üzerinde olan binalar ise genellikle Göçme Bölgesi'nde değildir. Ancak, Tablo 5.10'da verilen 14 numaralı bina sonuçları incelendiğinde; P25 puanı 70 olmasına rağmen yapının kirişlerinin büyük çoğunluğu Göçme Bölgesi'ne geçmiştir, dolayısıyla bina depremde göçmektedir. P25 Hızlı Değerlendirme Yöntemi'nde yapıdaki kolon rijitlikleri bire bir göz önüne alınırken kiriş rijitliği için en çok tekrar eden, yani binadaki kirişleri temsil edebilecek genel bir kiriş rijitliği belirlenmektedir. P25 Hızlı Değerlendirme Yöntemi'nde Deprem Yönetmeliği'nden farklı olarak, kirişler nedeniyle binanın göçmesi durumu öngörülmemiştir. Bu nedenle P25 Yöntemi ile yapılan değerlendirmede binaların kirişlerden dolayı göçüp göçmeyeceğini söylemek mümkün değildir.

P25 Yöntemi'nde bazı puanlar ve değerlerin kaç alınacağı kesin belirli değildir. Örneğin, ağır çıkmalar ve çerçeve süreksizliği puanı gibi. Bu puan değerlendirilirken bina boyunca uzanan ve her katta yer alan kapalı çıkmalar mı göz

önünde bulundurulmalı yoksa binanın herhangi bir bölgesinde küçük bir açık çıkma da puan kriteri olarak değerlendirilmeli midir? Bu belirsizlikten dolayı daha güvenli bölgede kalmak amacıyla çalışma kapsamında incelenen binalardaki küçük açık çıkmalar o cephede boylu boyunca ağır çıkmalar varmış gibi kabul edilmiş ve puanlar bu kabul altında belirlenmiştir. Ayrıca, f düzeltme faktörleri için de benzer durum geçerlidir. Örneğin; burulma düzensizliği, döşeme süreksizliği, korozyon mevcudiyeti, ağır cephe elamanları gibi kriterler için yüksek ya da az olması sınır koşulları belirgin değildir. Belirlenmesi gereken puan ve değerler analizi yapan teknik personelin inisiyatifinde olduğundan, P25 Hızlı Değerlendirme Yöntemi ile belirlenen puanlar birtakım kurallar çerçevesinde binalar hakkında bilgi vermekle birlikte kısmen de olsa kişilerin düşünce ve görüşleriyle şekillenen sonuçlara dönüşmektedir.

Tablo 5.9, Şekil 5.1 ve Şekil 5.2'den görüleceği gibi, P25 Hızlı Değerlendirme Yöntemi ile yapılan hesaplara göre; incelenen toplam 50 adet betonarme binanın 1 adedi göçme bölgesindedir. 15 adet bina göçme güvenliğini sağlamaktadır. 34 bina için ayrıntılı analiz ve değerlendirmeye ihtiyaç vardır. Bu sonuçlara göre, Balıkesir'deki mevcut binaların olası bir depreme hazırlıksız olduğu söylenebilir. Tablo 5.10 incelendiğinde, ABYYHY 1998'ye göre tasarlanmış binaların TDY 1975'e göre tasarlanmış binalara nazaran depremde daha güvenli oldukları görülmektedir. Bu da geçmiş depremlerden -yeteri kadar olmasa da- ders alındığını göstermektedir.

P25 Hızlı Değerlendirme Yöntemi ve Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile yapılan tüm analizlerde, binalara ait beton ve donatı mukavemet değerleri, taşıyıcı sistem boyut ve yerleşimleri, betonarme detayları ilgili binaların yapıldıkları tarihte yürürlükte olan yönetmelik esaslarına uygun hazırlanmış projelerinden alınmıştır. Binaların inşaatı sırasında yapılan imalat hataları ve malzeme kusurları sebebiyle olası bir depremde gösterecekleri gerçek performans değerleri, tez kapsamında kullanılan yöntemlerle elde edilen sonuçlardan daha olumsuz olabilir.

Binada bulunan birçok kirişte plastik mafsalların oluşması o binanın mekanizma durumuna geçmesi anlamına gelmemektedir. Ancak, yine de P25 Hızlı Değerlendirme Yöntemi'nde, incelenen binanın kirişler nedeniyle göçmesi

durumunu öngörebilecek şekilde hesap adımlarında gerekli düzeltmelerin yapılması gerekmektedir.

Ülke genelinde mevcut yapı stoğu P25 Hızlı Değerlendirme Yöntemi başta olmak üzere bu yöntem gibi doğru yaklaşıma sahip hızlı değerlendirme yöntemleri kullanılarak gözden geçirilmeli ve olası bir depremde yaşanabilecek facianın önlenmesi amacıyla gerekli tedbirler alınmalıdır.

KAYNAKLAR

[1] Celep, Z. ve Kumbasar, N., *Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı*. İstanbul, (2004).

[2] Uluğ, A., “17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi Depreminin Beşinci Yıldönümünde Ülkemizdeki Deprem İzlenimleri.” İMO İzmir Şubesi, (2004).

[3] Bal, İ.E., Tezcan, S.S., Gülay, G., “Betonarme Binaların Göçme Riskinin Belirlenmesi için P25 Hızlı Değerlendirme Yöntemi”, Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, (2007).

[4] Bal, E.I., Gülay, G. ve Tezcan, S., *Betonarme Binaların Depremde Göçme Risklerinin Tayine Yarayan P25 Metodu ve Diğer Hızlı Puanlama Yöntemleri Mukayeseli Değerlendirme Raporu Cilt I*. İstanbul, (2007).

[5] Bal, E.I., Gülay, G. ve Tezcan, S., *Betonarme Binaların Depremde Göçme Risklerinin Tayine Yarayan P25 Metodu ve Diğer Hızlı Puanlama Yöntemleri Mukayeseli Değerlendirme Raporu Cilt II*. İstanbul, (2007).

[6] İlki, A., Boduroğlu, H.M., Özdemir, P., Baysan, F., Demir, C. ve Şirin, S., “Mevcut ve Güçlendirilmiş Yapılar için Sismik İndeks Yöntemi ve Yapısal Çözümleme Sonuçlarının Karşılaştırılması”, Beşinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, (2003).

[7] Boduroğlu, H.M., Özdemir, P., İlki, A., Şirin, S., Demir, C. ve Baysan, F., “Towards A Modified Rapid Screening Method for Existing Medium Rise RC Buildings in Turkey”, 13th World Conference on Earthquake Engineering Conference Proceedings, Canada, (2004).

[8] Boduroğlu, H.M., Çađlayan, P.Ö., “Mevcut Yapıların Değerlendirilmesinde Bir Tarama Yöntemi”, Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, (2007).

[9] Tüysüz, S., “Betonarme Binaların Göçme Riskinin Hızlı Değerlendirme Yöntemleri ile Belirlenmesi: P25 Puanlama Yöntemi”. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, (2007).

[10] Anonym, Rapid Visual Screening of Building for Potential Seismic Hazard: A Handbook (ATC-21), Applied Technology Council 3 Twin Dolphin Drive Redwood City, California, USA, (1998).

[11] Çelik, O.C., İlki, A., Yalçın, C. ve Yüksel, E., “Dođu ve Batı Avrupa Kentlerinde Değişik Tip Binaların Deprem Riskinin Hızlı Değerlendirme Üzerine Bir Deneyim”, Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, (2007).

[12] Temur, R. ve Özturun, N.K., “Hızlı Durum Tespit (DURTES) Yöntemi Yazılımının Geliştirilmesi”, II. Mühendislik Bilimleri Genç Araştırmacılar Kongresi, İstanbul, (2005).

[13] Temur, R. ve Özturun, N.K., “Interaction of Expert Computer Programme ‘DURTES’ by General Purpose Finite Element Programmes”, University of İstanbul, Department of Civil Engineering, İstanbul, (2005).

[14] Damcı, E., Yıldızlar, B., Gürsoy, G., Özturun, N.K. ve Çelik, T., “Bakırköy Özelinde Türkiye Geneline Yapı Durum Tespiti için Bir Algoritma”, Beşinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, (2003).

[15] Keleşoğlu, M.K., Özturun, N.K., Çiniciođlu, S.F., Bozbey, İ., Öztoprak, S., Özyazgan, C. ve Çelik, T., “Deprem Risk Analizi: Bakırköy İlçe’si Örneği”, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.

[16] Yıldızlar, B., Gürsoy, M.G., Damcı, E., Özturun, N.K. ve Çelik, T., “Mevcut Yapı Stoğunun Deprem Riski Açısından Durum Tespit için Bir Yöntem ve Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Kıyaslanması”, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.

[17] Tezcan, S.S. ve Akbaş, R., "Damage Control Indices for Reinforced Concrete Buildings", Üçüncü Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, (1995).

[18] Hassan, A.F. and Sözen, M., "Seismic Vulnerability Assessment of Low-Rise Building in Regions with Infrequent Earthquakes", *American Concrete Institute Structural Journal*, Title No: 94-S4., (1997).

[19] Gülkan, P. and Sözen, M., "Procedure for Determining Seismic Vulnerability of Building Structures", *American Concrete Institute Structural Journal*, Title No:96-S36., (1999).

[20] Ozcebe, G., Sucuoğlu, H., Yüçemen, S.M., Yakut, A. and Kubin, J., "Seismic Risk Assessment of Existing Building Stock in İstanbul a Pilot Application Zeytinburnu District", METU, Ankara.

[21] Sucuoğlu, H. and Yazgan, U., "Simple Survey Procedures for Seismic Risk Assessment in Urban Building Stocks", METU, Ankara, Kluwer Academic Publishers, Netherlands.

[22] Yalçın, C. ve Özdemir, U., "Mevcut Betonarme Binaların Deprem Güvenliğinin Tespiti için Geliştirilmiş Bir Yöntem", Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul.

[23] Yakut, A., Ozcebe, G. and Yüçemen, M.S., "A Statistical Procedure for The Assessment of Seismic Performance of Existing Reinforced Concrete Buildings in Turkey", 13th World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, Canada, (2004).

[24] Sucuoğlu, H., "Kentsel Yapı Stoklarında Deprem Risklerinin Sokaktan Tarama Yöntemi ile Belirlenmesi", Altıncı Ulusal Deprem Konferansı, İstanbul, (2007).

[25] Yakut, A., Ozcebe, G. and Yüçemen, M.S., "Seismic Vulnerability Assessment Using Regional Empirical Data", Earthquake Engineering and Structural Dynamics, (2006).

[26] Bal, E.İ., “Deprem Etkisindeki Betonarme Binaların Göçme Riskinin Hızlı Değerlendirme Yöntemleri ile Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, (2005).

[27] Bal, E.İ., Tezcan, S.S. and Gülay, G., “Advanced Applications of The P25 Method for The Rapid Assessment of RC Buildings”, First European Conference on Earthquake Engineering and Seismology 1st ECEES, Switzerland, (2006).

[28] Bal, E.İ., Tezcan, S.S. ve Gülay, G., “Betonarme Binalarda Göçme Riskinin Belirlenmesi için P25 Hızlı Değerlendirme Yöntemi”, Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, (2007).

[29] Gülay, G., Bal, E.İ. and Gökçe, T., “Correlation Between Detailed Assessment and Primary Assessment Techniques in the Light of Real Damage States, HAZTURK-2007”, International Symposium for Earthquake Loss Estimation for Turkey, İstanbul.

[30] Tezcan, S.S., Bal, E.İ., Özdemir, Z. ve Küçük, F., “Depremde Sıfır Can Kaybı Nasıl Sağlanır?”, İzmit Saraybahçe Belediyesi’ne Sunulan Rapor, İzmit, (2005).

[31] Karasu, C.O., “Mevcut Betonarme Binaların Deprem Performansının Doğrusal Elastik Yöntem ile Belirlenmesi ve P25 Hızlı Değerlendirme Yöntemi ile Karşılaştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, (2007).

[32] Aydınoglu, M.N., Celep, Z., Özer, E. ve Sucuoğlu, H., *Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik Açıklamalar ve Örnekler Kitabı*, IPKB, (2012).

[33] DBYBHY, *Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik*, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara, (2007).

[34] Celep, Z., *Betonarme Taşıyıcı Sistemlerde Doğrusal Olmayan Davranış ve Çözümleme*. İstanbul, (2008).

[35] ABYYHY, *Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik*, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara, (1997).

[36] ABYYHY, *Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik*, İmar ve İskan Bakanlığı, Deprem Araştırma Enstitüsü Başkanlığı, Ankara, (1975).

[37] STA4CAD, *Structural Analysis for Computer Aided*, V13.

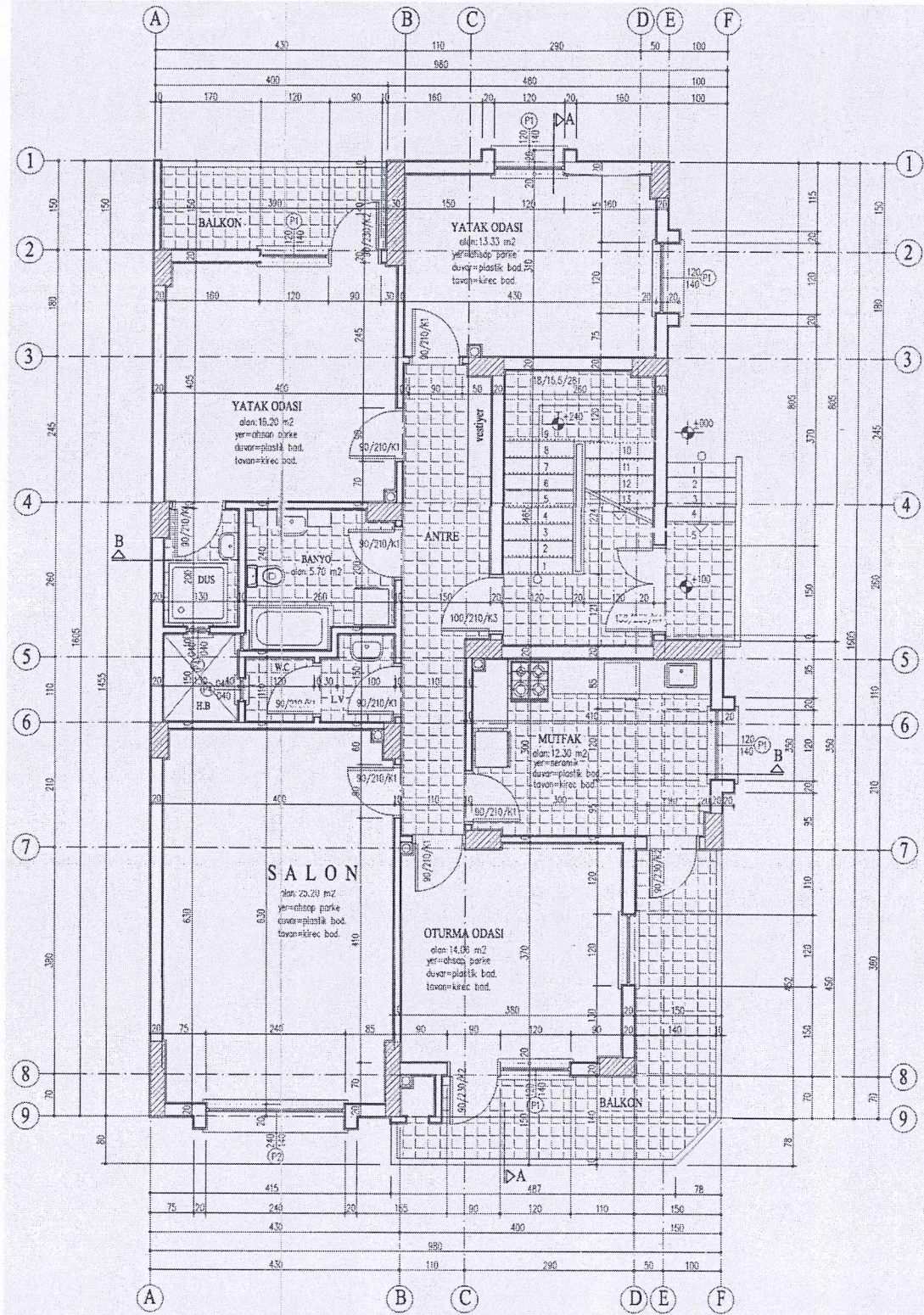
EKLER

EKLER

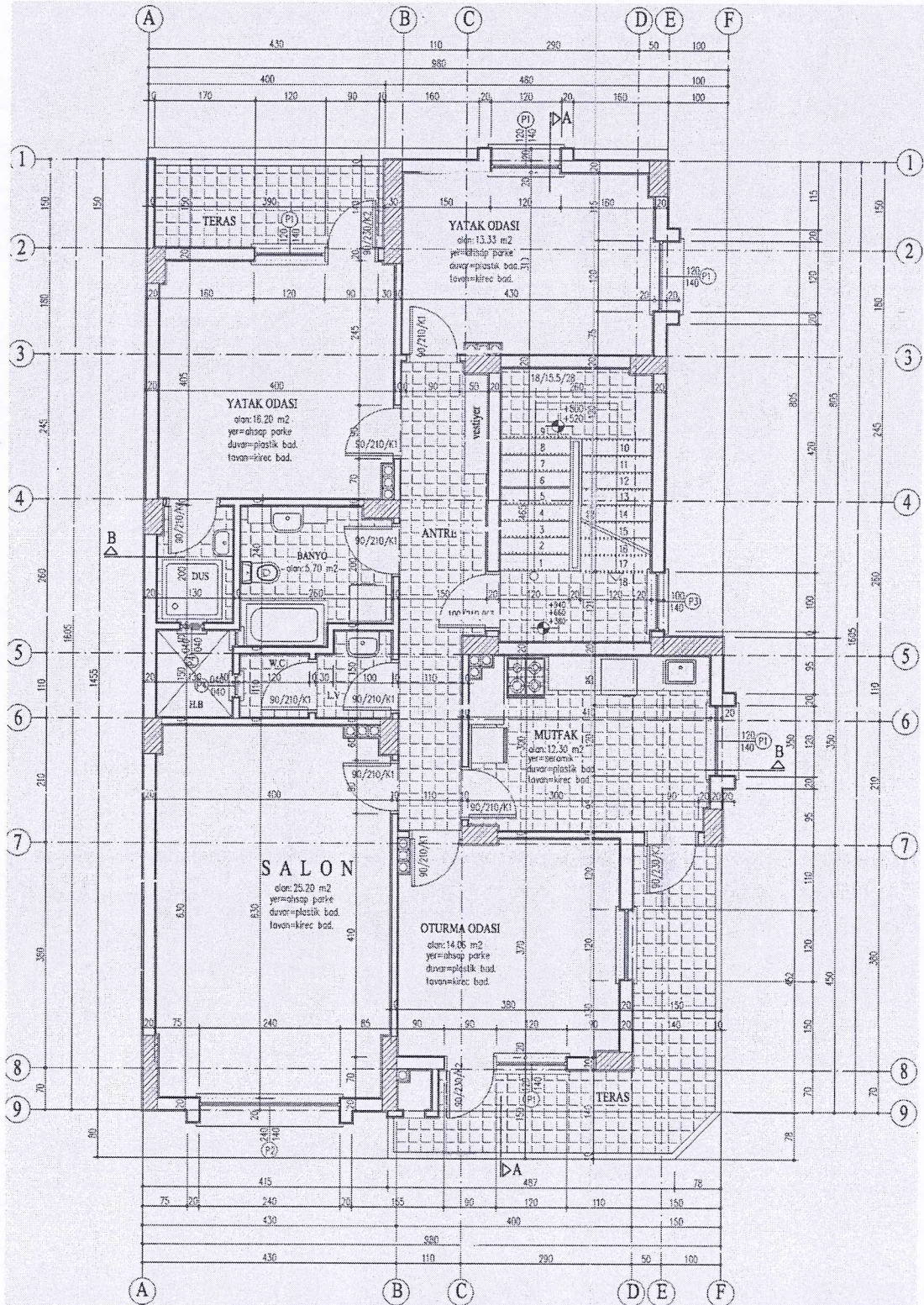
EK A.1. 22020 No'lu Bina'nın Güncel Fotoğrafi



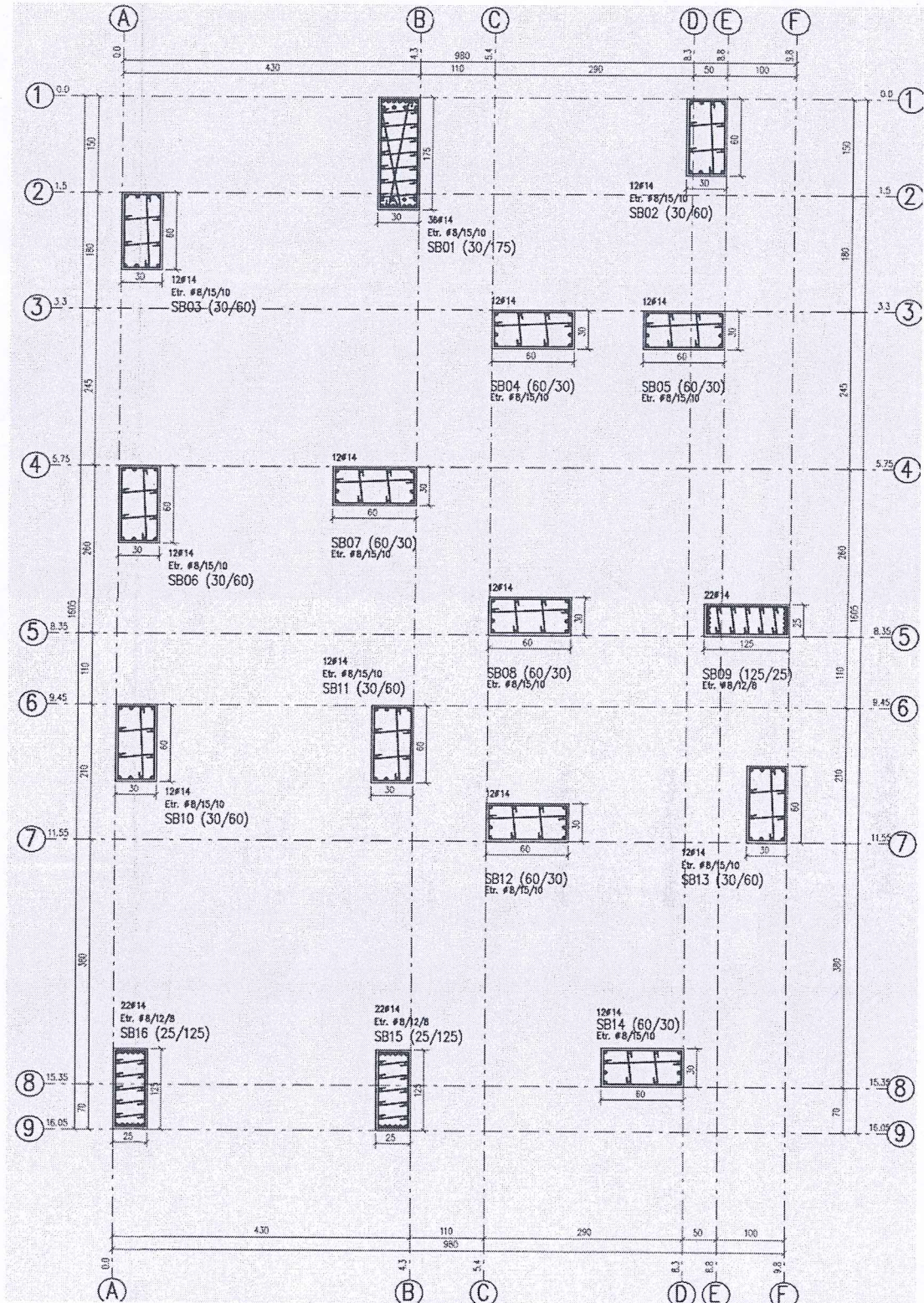
EK A.2. 22020 No'lu Bina'nın Kritik Kat (Zemin Kat) Planı



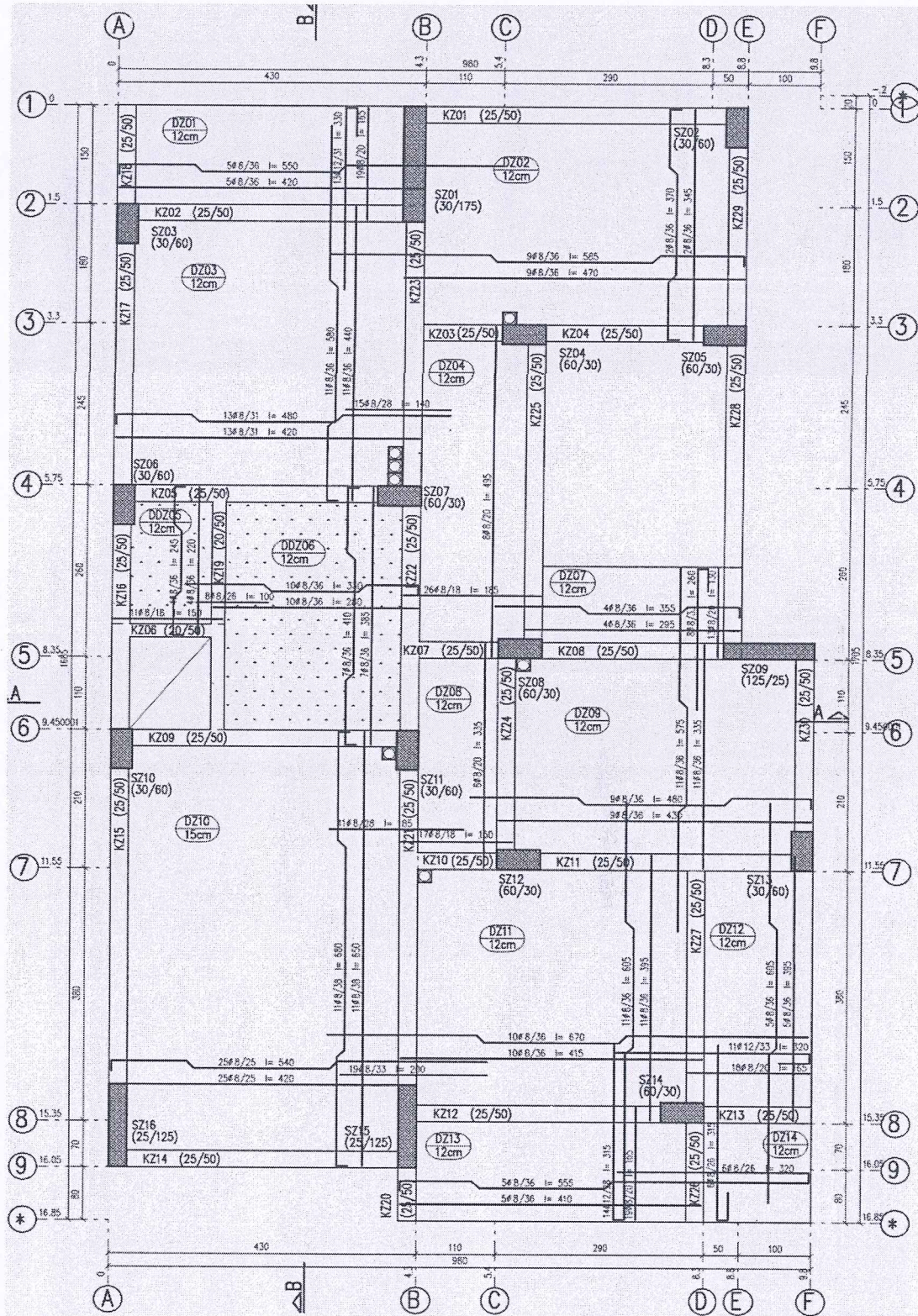
EK A.3. 22020 No'lu Bina'nın Kritik Kat Üzeri (1. Kat) Planı



EK A.4. 22020 No'lu Bina'ya ait Kolon Aplikasyonu



EK A.5. 22020 No'lu Bina'ya Ait Kalıp Planı



EK B. P25 Yöntemi'nin Uygulandığı Binalar Hakkında Bilgiler

Bina No	1
Bina Adı	9624
Adres	Balıkesir
Kat Adedi	4
Bodrum Kat Sayısı	1
Yapım Yılı	1998
Yapısal Sistem	Betonarme Çerçeve
Döşeme Sistemi	Plak
Bina No	2
Bina Adı	5247
Adres	Balıkesir
Kat Adedi	4
Bodrum Kat Sayısı	0
Yapım Yılı	1992
Yapısal Sistem	Betonarme Çerçeve
Döşeme Sistemi	Plak
Bina No	3
Bina Adı	5329
Adres	Balıkesir
Kat Adedi	7
Bodrum Kat Sayısı	1
Yapım Yılı	1992
Yapısal Sistem	Betonarme Çerçeve + Perde
Döşeme Sistemi	Plak
Bina No	4
Bina Adı	6145
Adres	Balıkesir
Kat Adedi	4
Bodrum Kat Sayısı	1
Yapım Yılı	1993
Yapısal Sistem	Betonarme Çerçeve + Perde
Döşeme Sistemi	Plak
Bina No	5
Bina Adı	6536
Adres	Balıkesir
Kat Adedi	7
Bodrum Kat Sayısı	1
Yapım Yılı	1993
Yapısal Sistem	Betonarme Çerçeve
Döşeme Sistemi	Plak

Bina No	6
Bina Adı	20620
Adres	Balıkesir
Kat Adedi	4
Bodrum Kat Sayısı	1
Yapım Yılı	2000
Yapısal Sistem	Betonarme Çerçeve
Döşeme Sistemi	Plak
Bina No	7
Bina Adı	7925
Adres	Balıkesir
Kat Adedi	5
Bodrum Kat Sayısı	1
Yapım Yılı	1995
Yapısal Sistem	Betonarme Çerçeve
Döşeme Sistemi	Asmolen
Bina No	8
Bina Adı	5472
Adres	Balıkesir
Kat Adedi	5
Bodrum Kat Sayısı	1
Yapım Yılı	1992
Yapısal Sistem	Betonarme Çerçeve
Döşeme Sistemi	Plak
Bina No	9
Bina Adı	5776
Adres	Balıkesir
Kat Adedi	4
Bodrum Kat Sayısı	1 (Asma Katlı)
Yapım Yılı	1992
Yapısal Sistem	Betonarme Çerçeve
Döşeme Sistemi	Asmolen
Bina No	10
Bina Adı	6302
Adres	Balıkesir
Kat Adedi	5
Bodrum Kat Sayısı	1
Yapım Yılı	1993
Yapısal Sistem	Betonarme Çerçeve
Döşeme Sistemi	Asmolen

Bina No	11
Bina Adı	6658
Adres	Balıkesir
Kat Adedi	7
Bodrum Kat Sayısı	1
Yapım Yılı	1993
Yapısal Sistem	Betonarme Çerçeve
Döşeme Sistemi	Plak
Bina No	12
Bina Adı	8291
Adres	Balıkesir
Kat Adedi	7
Bodrum Kat Sayısı	1
Yapım Yılı	1995
Yapısal Sistem	Betonarme Çerçeve + Perde
Döşeme Sistemi	Plak + Asmolen
Bina No	13
Bina Adı	8442
Adres	Balıkesir
Kat Adedi	4
Bodrum Kat Sayısı	1
Yapım Yılı	1996
Yapısal Sistem	Betonarme Çerçeve
Döşeme Sistemi	Plak
Bina No	14
Bina Adı	9377
Adres	Balıkesir
Kat Adedi	5
Bodrum Kat Sayısı	1
Yapım Yılı	1996
Yapısal Sistem	Betonarme Çerçeve
Döşeme Sistemi	Asmolen
Bina No	15
Bina Adı	9558
Adres	Balıkesir
Kat Adedi	4
Bodrum Kat Sayısı	1
Yapım Yılı	1997
Yapısal Sistem	Betonarme Çerçeve
Döşeme Sistemi	Asmolen

Bina No	16
Bina Adı	20062
Adres	Balıkesir
Kat Adedi	7
Bodrum Kat Sayısı	1
Yapım Yılı	1998
Yapısal Sistem	Betonarme Çerçeve + Perde
Döşeme Sistemi	Plak + Asmolen
Bina No	17
Bina Adı	20705
Adres	Balıkesir
Kat Adedi	5
Bodrum Kat Sayısı	1
Yapım Yılı	2000
Yapısal Sistem	Betonarme Çerçeve
Döşeme Sistemi	Plak
Bina No	18
Bina Adı	20802
Adres	Balıkesir
Kat Adedi	3
Bodrum Kat Sayısı	1
Yapım Yılı	2001
Yapısal Sistem	Betonarme Çerçeve
Döşeme Sistemi	Plak
Bina No	19
Bina Adı	9889
Adres	Balıkesir
Kat Adedi	7
Bodrum Kat Sayısı	1
Yapım Yılı	1998
Yapısal Sistem	Betonarme Çerçeve + Perde
Döşeme Sistemi	Plak
Bina No	20
Bina Adı	3077
Adres	Balıkesir
Kat Adedi	5
Bodrum Kat Sayısı	1
Yapım Yılı	1988
Yapısal Sistem	Betonarme Çerçeve
Döşeme Sistemi	Plak

Bina No	21
Bina Adı	6885
Adres	Balıkesir
Kat Adedi	7
Bodrum Kat Sayısı	1
Yapım Yılı	1998
Yapısal Sistem	Betonarme Çerçeve
Döşeme Sistemi	Plak
Bina No	22
Bina Adı	21465
Adres	Balıkesir
Kat Adedi	4
Bodrum Kat Sayısı	1
Yapım Yılı	2004
Yapısal Sistem	Betonarme Çerçeve
Döşeme Sistemi	Plak
Bina No	23
Bina Adı	21706
Adres	Balıkesir
Kat Adedi	5
Bodrum Kat Sayısı	1
Yapım Yılı	2006
Yapısal Sistem	Betonarme Çerçeve
Döşeme Sistemi	Plak + Asmolen
Bina No	24
Bina Adı	22020
Adres	Balıkesir
Kat Adedi	4
Bodrum Kat Sayısı	1
Yapım Yılı	2006
Yapısal Sistem	Betonarme Çerçeve
Döşeme Sistemi	Plak
Bina No	25
Bina Adı	7525
Adres	Balıkesir
Kat Adedi	4
Bodrum Kat Sayısı	1
Yapım Yılı	1994
Yapısal Sistem	Betonarme Çerçeve
Döşeme Sistemi	Plak

Bina No	26
Bina Adı	4025
Adres	Balıkesir
Kat Adedi	4
Bodrum Kat Sayısı	1
Yapım Yılı	1990
Yapısal Sistem	Betonarme Çerçeve
Döşeme Sistemi	Plak
Bina No	27
Bina Adı	20725
Adres	Balıkesir
Kat Adedi	2
Bodrum Kat Sayısı	0
Yapım Yılı	2001
Yapısal Sistem	Betonarme Çerçeve
Döşeme Sistemi	Asmolen
Bina No	28
Bina Adı	7285
Adres	Balıkesir
Kat Adedi	4
Bodrum Kat Sayısı	1
Yapım Yılı	1994
Yapısal Sistem	Betonarme Çerçeve
Döşeme Sistemi	Plak
Bina No	29
Bina Adı	874
Adres	Balıkesir
Kat Adedi	5
Bodrum Kat Sayısı	1
Yapım Yılı	1982
Yapısal Sistem	Betonarme Çerçeve
Döşeme Sistemi	Plak
Bina No	30
Bina Adı	8239
Adres	Balıkesir
Kat Adedi	4
Bodrum Kat Sayısı	1
Yapım Yılı	1995
Yapısal Sistem	Betonarme Çerçeve
Döşeme Sistemi	Plak

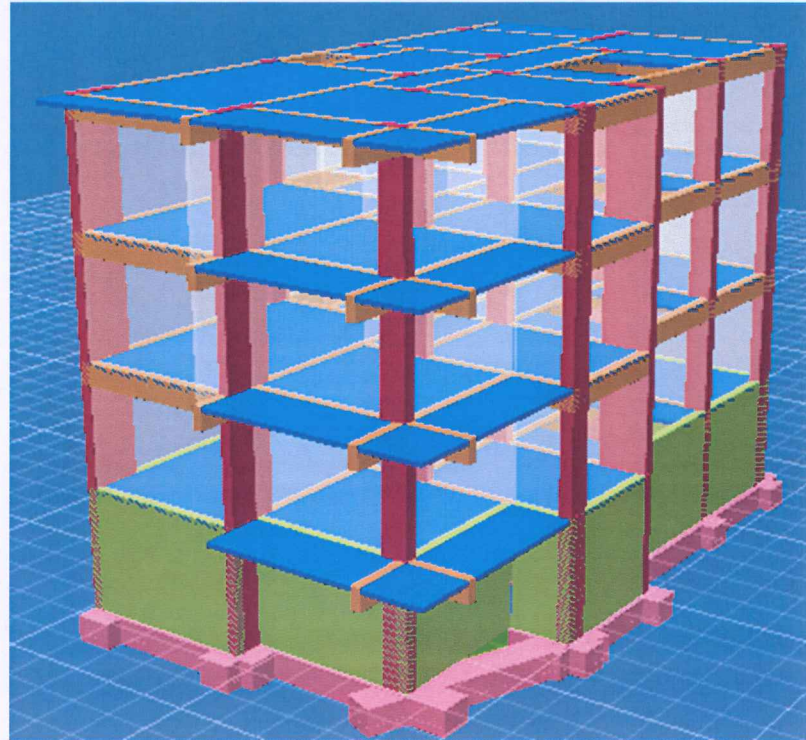
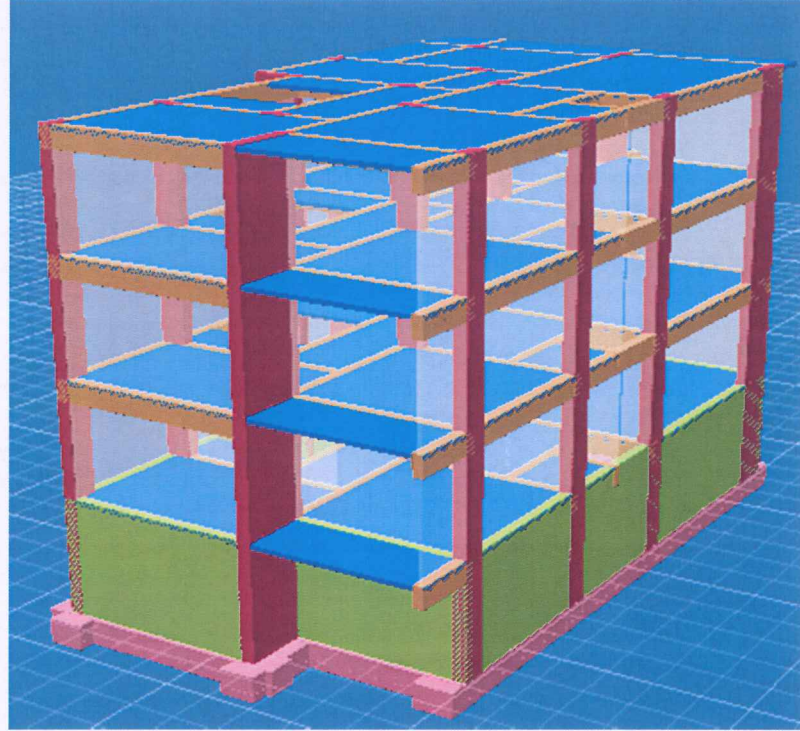
Bina No	31
Bina Adı	8800
Adres	Balıkesir
Kat Adedi	4
Bodrum Kat Sayısı	1
Yapım Yılı	1996
Yapısal Sistem	Betonarme Çerçeve
Döşeme Sistemi	Plak
Bina No	32
Bina Adı	9076
Adres	Balıkesir
Kat Adedi	5
Bodrum Kat Sayısı	1
Yapım Yılı	1997
Yapısal Sistem	Betonarme Çerçeve
Döşeme Sistemi	Plak
Bina No	33
Bina Adı	4490
Adres	Balıkesir
Kat Adedi	5
Bodrum Kat Sayısı	1
Yapım Yılı	1991
Yapısal Sistem	Betonarme Çerçeve + Perde
Döşeme Sistemi	Plak
Bina No	34
Bina Adı	9120
Adres	Balıkesir
Kat Adedi	4
Bodrum Kat Sayısı	1
Yapım Yılı	1997
Yapısal Sistem	Betonarme Çerçeve
Döşeme Sistemi	Plak
Bina No	35
Bina Adı	5172
Adres	Balıkesir
Kat Adedi	7
Bodrum Kat Sayısı	1
Yapım Yılı	1992
Yapısal Sistem	Betonarme Çerçeve
Döşeme Sistemi	Plak + Asmolen

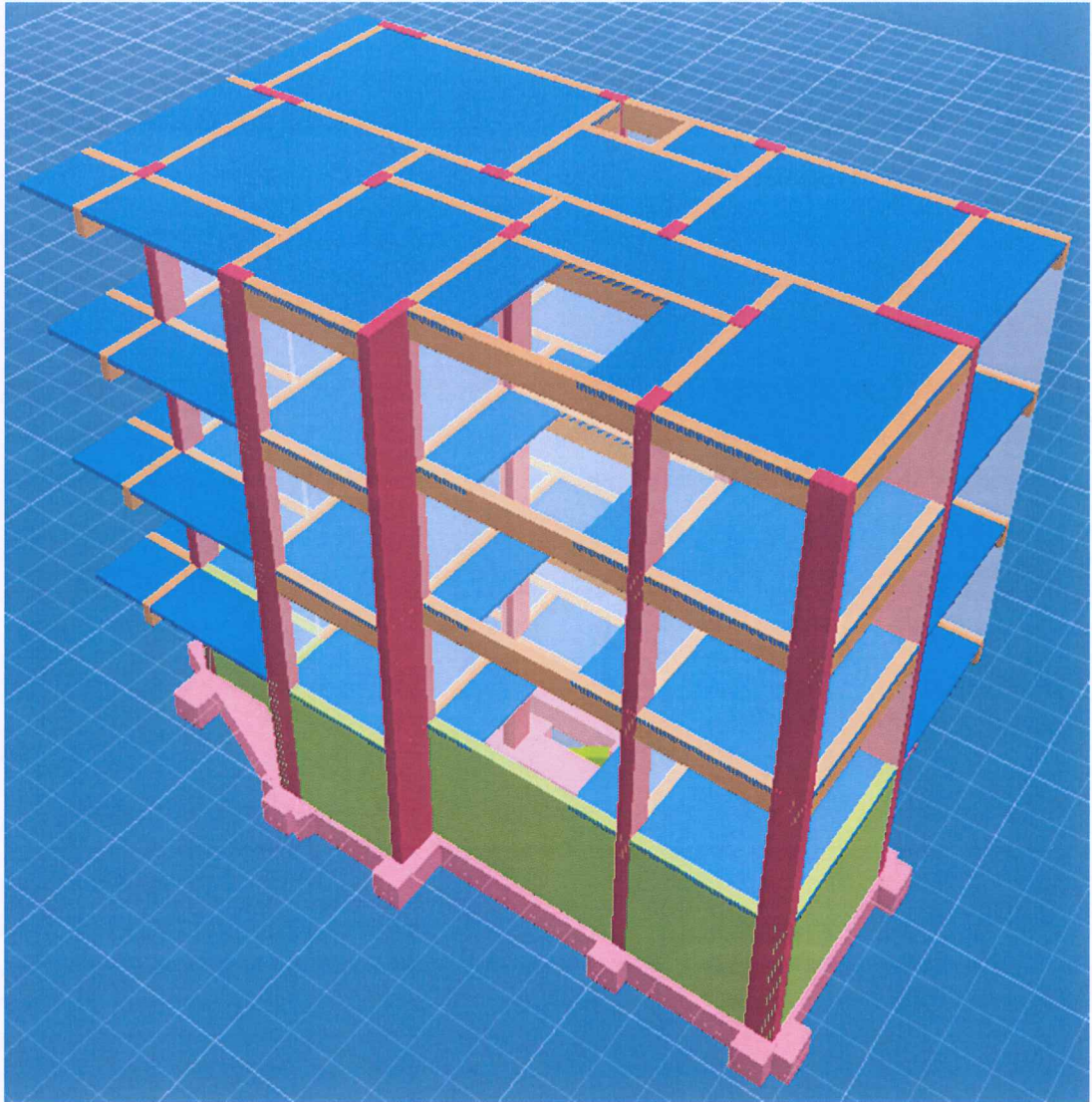
Bina No	36
Bina Adı	9299
Adres	Balıkesir
Kat Adedi	4
Bodrum Kat Sayısı	1
Yapım Yılı	1997
Yapısal Sistem	Betonarme Çerçeve
Döşeme Sistemi	Plak
Bina No	37
Bina Adı	3248
Adres	Balıkesir
Kat Adedi	7
Bodrum Kat Sayısı	1
Yapım Yılı	1988
Yapısal Sistem	Betonarme Çerçeve
Döşeme Sistemi	Plak
Bina No	38
Bina Adı	6537
Adres	Balıkesir
Kat Adedi	5
Bodrum Kat Sayısı	1
Yapım Yılı	1993
Yapısal Sistem	Betonarme Çerçeve
Döşeme Sistemi	Plak
Bina No	39
Bina Adı	21146
Adres	Balıkesir
Kat Adedi	4
Bodrum Kat Sayısı	1
Yapım Yılı	2003
Yapısal Sistem	Betonarme Çerçeve
Döşeme Sistemi	Plak + Asmolen
Bina No	40
Bina Adı	22076
Adres	Balıkesir
Kat Adedi	4
Bodrum Kat Sayısı	1
Yapım Yılı	2006
Yapısal Sistem	Betonarme Çerçeve
Döşeme Sistemi	Asmolen

Bina No	41
Bina Adı	10661
Adres	Balıkesir
Kat Adedi	5
Bodrum Kat Sayısı	1
Yapım Yılı	1985
Yapısal Sistem	Betonarme Çerçeve
Döşeme Sistemi	Plak
Bina No	42
Bina Adı	12234
Adres	Balıkesir
Kat Adedi	7
Bodrum Kat Sayısı	1
Yapım Yılı	1976
Yapısal Sistem	Betonarme Çerçeve
Döşeme Sistemi	Plak
Bina No	43
Bina Adı	20723
Adres	Balıkesir
Kat Adedi	5
Bodrum Kat Sayısı	1
Yapım Yılı	2001
Yapısal Sistem	Betonarme Çerçeve
Döşeme Sistemi	Plak
Bina No	44
Bina Adı	20761
Adres	Balıkesir
Kat Adedi	7
Bodrum Kat Sayısı	1
Yapım Yılı	2001
Yapısal Sistem	Betonarme Çerçeve + Perde
Döşeme Sistemi	Plak
Bina No	45
Bina Adı	20882
Adres	Balıkesir
Kat Adedi	5
Bodrum Kat Sayısı	1
Yapım Yılı	2001
Yapısal Sistem	Betonarme Çerçeve
Döşeme Sistemi	Plak

Bina No	46
Bina Adı	2894
Adres	Balıkesir
Kat Adedi	4
Bodrum Kat Sayısı	1
Yapım Yılı	1987
Yapısal Sistem	Betonarme Çerçeve
Döşeme Sistemi	Plak
Bina No	47
Bina Adı	3840
Adres	Balıkesir
Kat Adedi	4
Bodrum Kat Sayısı	1
Yapım Yılı	1989
Yapısal Sistem	Betonarme Çerçeve + Perde
Döşeme Sistemi	Plak
Bina No	48
Bina Adı	1120
Adres	Balıkesir
Kat Adedi	4
Bodrum Kat Sayısı	1
Yapım Yılı	1983
Yapısal Sistem	Betonarme Çerçeve
Döşeme Sistemi	Plak
Bina No	49
Bina Adı	24235
Adres	Balıkesir
Kat Adedi	7
Bodrum Kat Sayısı	1
Yapım Yılı	2011
Yapısal Sistem	Betonarme Çerçeve
Döşeme Sistemi	Asmolen
Bina No	50
Bina Adı	20703
Adres	Balıkesir
Kat Adedi	3
Bodrum Kat Sayısı	1
Yapım Yılı	2000
Yapısal Sistem	Betonarme Çerçeve + Perde
Döşeme Sistemi	Plak

EK C. 22020 No'lu Binaya Ait Bilgisayar Hesap Modeli

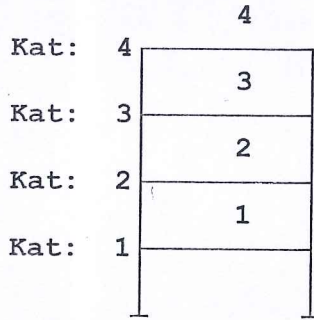




EK D. 22020 No'lu Binaya Ait Bilgisayar Hesap Çıktıları

DEPREM STANDARDI : TDY2007 CODE
 DEPREM ANALIZI : ESDEGER DEPREM YUKU
 YONTEMIYLE LINEER ANALIZ
 DEPREM BOLGE KATSAYISI : 0.40
 YAPI DAVRANIS KATSAYISI : 1.00
 YAPI ONEM KATSAYISI : 1.00
 Dinamik Analiz min. deprem yuku orani β : 0.9
 Deprem yuku eksantirisitesi : 0.000
 BODRUM KAT DEPREM OPSIYONLARI :
 Esdeger deprem analizi davranis katsayisi Rb : 1.5
 Modal Analiz davranis katsayisi Rb : 1.00
 DIYAFRAM SAYISI : 4
 Diyafram tanimi : KAT(diyafram no)

KAT DIYAFRAMLARI



KIRIŞ VE KOLON KAPASİTELERİNE GÖRE YAPI GÖÇME YÜKÜ
 KOLON TABAN KAPASİTE MOMENTLERİ TOPLAMI : $M_{rx}=371.65$ (tm) $M_{ry}=621.79$ (tm)
 KOLONLARA BAĞLI KIRIŞ KAPASİTE MOMENTLERİ TOPLAMI : $M_{rx}=436.45$ (tm) $M_{ry}=557.29$ (tm)
 $\sum M_c < \sum M_b > M_b = M_c$ KIRIŞ KAPASİTE MOMENTLERİ TOPLAMI : $M_{rx}=436.45$ (tm) $M_{ry}=557.29$ (tm)
 X YÖNÜ GÖÇME KAPASİTESİ : $P_x=459.85 \times (371.65 + 436.45) / 2889.28 = 128.61$ (t)
 Y YÖNÜ GÖÇME KAPASİTESİ : $P_y=459.85 \times (621.79 + 557.29) / 2889.28 = 187.66$ (t)
 ZAYIF KAT GÖÇME KAPASİTESİ: $P_x=265.46$ (t), $P_y=444.14$ (t)
 Güçlendirme Projesi: E1: Yeni donatılar, E2-E9: Mevcut donatılara göre kapasite kontrol
 $V_{tx}=\lambda.Ao.I.S(t).W=390.87$ (t) ($\lambda=0.85$)
 $V_{ty}=\lambda.Ao.I.S(t).W=390.87$ (t) ($\lambda=0.85$)

MEVCUT ve GÜÇLENDİRİLMİŞ DURUMDAKİ GÖÇME YÜKÜ MUKAYESE TABLOSU

Kat no	X YÖNÜ			Y YÖNÜ		
	Kolon $\sum M_c$	Kiriş $(M_{ci} \geq M_{bi}) \sum M_{bi}$	Kapasite Vr	Kolon $\sum M_c$	Kiriş $(M_{ci} \geq M_{bi}) \sum M_{bi}$	Kapasite Vr
4	311.66	133.72	159.06	527.67	163.69	246.91
3	342.09	282.54	145.44	574.70	362.12	218.13
2	371.65	436.45	128.61	621.79	557.29	187.66

$(M_{ci} \geq M_{bi}) \gg \sum M_{bi}$ Kiriş Plastik Mafsalsal Kontrolü

GUCLENDIRME PROJESİ; MEVCUT DONATILARA GORE KOLONLARIN KAPASİTE TABLOSU

Kat no	X YÖNÜ			Y YÖNÜ		
	Deprem yükü Ve	Mevcut Yapı Vr	Güçlendirilmiş Yapı Vr	Deprem yükü Ve	Mevcut Yapı Vr	Güçlendirilmiş Yapı Vr
4	199.10	159.06 ×	159.06 ×	199.10	246.91 ✓	246.91 ✓
3	372.93	145.44 ×	145.44 ×	372.93	218.13 ×	218.13 ×
2	459.85	128.61 ×	128.61 ×	459.85	187.66 ×	187.66 ×

BINA BILGI DUZEYI KATSAYISI : 1.0
 KUSATILMIS KOLON KESME KONTROLU : ✓
 CATLAMIS KESİTE GORE ANALİZ : ✓
 HAREKETLİ YUK AZALTMA ORANI : 0.6
 KIRIS DUSEY YUK MOMENT AZALTMA ORANI : 0.85
 DONATI KENETLENME BOYU, KAPASİTE ÇARPANI : 1.0
 KOLON min. BOYUNA DONATI ORANI : 0.01
 KOLON DONATI GERÇEKLEŞME ORANI : %100
 KİRİŞ DONATI GERÇEKLEŞME ORANI : %100
 KIRISLERDE RIJIT BOLGELI KAPASİTE KONTROLU : ✓
 ELEMANLARDA r HESAPLAMA YONTEMI : $r=Me/(Mr-Mg-Mq)$
 KOLON KAPASİTE MOMENTİ EKSENEL YUKU : YAPI KAPASİTE SINIRINDAKI
 EKSENEL YUK
 TASARIM SPECTRUM CARPANI : 1.0 (Deprem aşılma olasılığı,
 50 yılda %10)
 YAPI LINEER KAPASİTE HESABINDA R=1 ALINARAK ÇÖZÜM YAPILMIŞTIR.
 PERFORMANS KAPASİTE HESAPLARI, MALZEME DAYANIM DEĞERLERİNE GÖRE YAPILMIŞTIR. (fck, fyk)

GORELİ KAT OTELEME KONTROLU
 [max(R·Δ/h): MH <0.01< BH <0.03< IH <0.04< GB]

Kat	hi	X yönü Rx·Δx/h	Y yönü Ry·Δy/h
4	2.80	0.0060723 MH	0.0055526 MH
3	2.80	0.0085005 MH	0.0063176 MH
2	2.80	0.0070000 MH	0.0044993 MH
1	2.80	0.0003891 MH	0.0002617 MH

***** BINA PERFORMANSI *****

KIRIŞ HASAR YÜZDELERİ

KAT NO	(-X)				(+X)				(-Y)				(+Y)			
	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB
4	92.3	7.7	0.0	0.0	92.3	7.7	0.0	0.0	93.3	6.7	0.0	0.0	93.3	6.7	0.0	0.0
3	38.5	61.5	0.0	0.0	23.1	76.9	0.0	0.0	66.7	33.3	0.0	0.0	66.7	26.7	6.7	0.0
2	15.4	84.6	0.0	0.0	15.4	84.6	0.0	0.0	66.7	33.3	0.0	0.0	66.7	33.3	0.0	0.0
1	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
Max.	100.	84.6														6.7

X yönü kiriş sayısı=9,13,13,13

Y yönü kiriş sayısı=7,15,15,15

KOLON KESME KUVVETİ DAĞILIMI

KAT NO	(-X)				(+X)				(-Y)				(+Y)			
	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB
4	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
3	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
2	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
1	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
Max.	100.															

ALT VE ÜST KESİTLERİNDE MINIMUM HASAR BÖLGESİNİ AŞAN KOLONLARIN KESME KUVVETİ DAĞILIMI

KAT NO	(-X)		(+X)		(-Y)		(+Y)	
	MH	BH+IH+GB	MH	BH+IH+GB	MH	BH+IH+GB	MH	BH+IH+GB
4	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
3	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
2	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
1	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
Max.	100.							

BINA PERFORMANS SONUCU:

Bina yatay yük kapasite oranı 2. kat : $V_r/V_e=128.61/459.85=0.28$

İleri Kiriş Hasar oranı= $6.7>0$ Hemen kullanım x

Can güvenliği durumu, Güçlendirme gerekli değildir.

Can güvenliği yeterlilik kontrolü:

Kiriş Hasar oranı= $(IH=6.7\leq 30 \checkmark)$, $(GB=0 \checkmark)$

Kolon Hasar oranı= $(IH=0.0\leq 20 \checkmark)$, $(GB=0 \checkmark)$

Üst kat V_c oranı= $(IH=0.0\leq 40 \checkmark)$, $(GB=0 \checkmark)$

Plastiklesen kolon V_c oranı= $(BH+IH+GB=0.0\leq 30 \checkmark)$, $(GB=0 \checkmark)$

CAN GUVENLIGINI SAGLAMAYAN ELEMAN DAĞILIMI

KAT NO	X yönü		Y yönü	
	Kiriş (%)	Kolon (%)	Kiriş (%)	Kolon (%)
4	0/13 (%0.0)	0/16 (%0.0)	0/15 (%0.0)	0/16 (%0.0)
3	0/13 (%0.0)	0/16 (%0.0)	1/15 (%6.7)	0/16 (%0.0)
2	0/13 (%0.0)	0/16 (%0.0)	0/15 (%0.0)	0/16 (%0.0)
1	0/9 (%0.0)	0/28 (%0.0)	0/7 (%0.0)	0/28 (%0.0)