

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BETONARME BİNALARIN GÖÇME RİSKİNİN HIZLI
DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ İLE
BELİRLENMESİ: P25 PUANLAMA YÖNTEMİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnş. Müh. Selim TÜYSÜZ**

Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Programı : YAPI MÜHENDİSLİĞİ

HAZİRAN 2007

**BETONARME BİNALARIN GÖÇME RİSKİNİN HIZLI
DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ İLE
BELİRLENMESİ: P25 PUANLAMA YÖNTEMİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnş. Müh. Selim TÜYSÜZ
501041104**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 7 Mayıs 2007
Tezin Savunulduğu Tarih : 11 Haziran 2007**

**Tez Danışmanı : Doç.Dr. Fatma Gülten GÜLAY
Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Semih S. TEZCAN (B.Ü.)
Yar.Doç.Dr. Ercan YÜKSEL**

HAZİRAN 2007

ÖNSÖZ

Bu çalışmayı yöneten ve çalışmalarım esnasında değerli bilgi ve yardımları ile bana destek olan sayın hocam Doç. Dr. F. Gülten Gülay'a,

Verdiği maddi destek nedeniyle Tübitak' a, çalışmalarımda gösterdikleri ilgi ve yardımları için İnş. Yük. Müh. İhsan Engin Bal' a ve İnş. Müh. Ogün Karasu' ya,

Çalışmalarım süresince her anımda yanımda olan arkadaşım İnş. Yük. Müh. Dilek Avar' a,

Her zaman gösterdikleri ilgi ve destekleri için başta Annem Hayriye Tüysüz ve Babam Abdulkadir Tüysüz olmak üzere, aileme,

teşekkürlerimi sunarım.

Haziran, 2007

Selim TÜYSÜZ

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	vi
TABLO LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	ix
SEMBOL LİSTESİ	x
ÖZET	xiii
SUMMARY	xv
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	3
1.2. Çalışmada Esas Alınan Yaklaşım	3
1.3. Çalışmada Kullanılan Yöntem	4
2. KONU İLE İLGİLİ YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR	5
2.1. Sıfır Can Kaybı Yaklaşımı	5
2.2. Sismik İndeks Yöntemi	6
2.2.1. Deprem indeksleri	7
2.2.1.1. Taşıyıcı elemanlar için deprem indeksi (I_S)	7
2.2.1.2. Taşıyıcı olmayan elemanlar için deprem indeksi (I_N)	7
2.2.2. Karşılaştırma indeksi (I_{S0})	7
2.2.3. Değerlendirme	8
2.3. ATC-21 Hızlı Davranış Değerlendirme Yöntemi	9
2.3.1. ATC-21 hızlı davranış değerlendirme yönteminin adımları	10
2.3.1.1. Veri toplama	10
2.3.1.2. Temel yapısal risk puanı	10
2.3.1.3. Eksiltici yapısal puanlar	10
2.3.1.4. Kesim Değeri	11
2.4. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Normlarına Göre Hızlı Değerlendirme Yöntemi	12
2.4.1. Hasar düzeyi belirleme yöntemi	12
2.4.1.1. Veri toplama	12
2.4.1.2. THP' nin hesabı ve toplam hasar düzeyinin belirlenmesi	13
2.5. Bulanık Mantık Yaklaşımı	14
2.6. İstatistiksel Yöntemler	15
2.6.1. İTÜ' nin bir çalışması	15
2.6.2. ODTÜ' nin bir çalışması	17
2.7. DURTES Yöntemi	18
2.8. Kolon ve Duvar İndeksleri Yöntemi	19
2.9. Kapasite İndeksi Yöntemi	22

3. P25 PUANLAMA YÖNTEMİ	24
3.1. Yöntemde İzlenen Adımlar	24
3.1.1. Binanın kimlik bilgilerinin işlenmesi ve kritik katının belirlenmesi	24
3.1.2. Binanın kartezyen sisteme oturtulması ve boyutların işlenmesi	24
3.1.2.1. Dolgu duvar boyutlarının işlenişi	25
3.1.2.2. Kesit idealizasyonu	26
3.1.2.3. Eleman katsayısı	26
3.1.3. Alan ve rijitlik indekslerinin hesaplanması	27
3.1.3.1. Kritik kat çevre uzunluklarının belirlenmesi	29
3.1.4. "K" değerinin hesaplanması	30
3.1.4.1. Bina yüksekliğinin belirlenmesi	31
3.1.5. "P" performans puanının hesaplanması	32
3.2. Düzeltme Faktörleri	33
3.2.1. Yapısal düzeltme faktörleri	33
3.2.2. Temel ve zemin düzeltme faktörleri	41
4. 2007 DEPREM YÖNETMELİĞİNE GÖRE MEVCUT BİNALARIN DEĞERLENDİRİLMESİ	46
4.1. Binalardan Bilgi Toplanması	46
4.1.1. Binalardan toplanacak bilginin kapsamı	46
4.1.2. Bilgi düzeyleri	46
4.1.3. Bilgi düzeyleri katsayıları	47
4.2. Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri	47
4.2.1. Kesit hasar sınırları	47
4.2.2. Kesit hasar bölgeleri	47
4.2.3. Kesit hasarı tanımları	48
4.3. Bina Deprem Performans Seviyeleri	48
4.3.1. Hemen kullanım performans düzeyi (HK)	48
4.3.2. Can güvenliği performans düzeyi (CG)	49
4.3.3. Göçme öncesi performans düzeyi (GÖ)	49
4.3.4. Göçme durumu	50
4.4. Binalar İçin Hedeflenen Performans Düzeyleri	50
4.5. Depremde Bina Performansının Belirlenmesi	51
4.5.1. Genel ilke ve kurallar	52
4.6. Kuvvet Bazlı Doğrusal Elastik Yöntemde İzlenen Yol	53
4.6.1. Bina performans hedefinin belirlenmesi	53
4.6.2. Bina bilgi düzeyinin belirlenmesi	53
4.6.3. Bina ağırlığının hesaplanması	53
4.6.4. Binanın bilgisayar modelinin kurulması	54
4.6.5. Etkin eğilme rijitliklerinin (EI) _e hesaplanması	54
4.6.6. Binaya etkitilecek deprem yüklerinin bulunması	54

4.6.6.1. Normal katlara gelen yüklerin bulunması	54
4.6.6.1. Bodrum kata gelen yükün bulunması	55
4.6.7. Deprem yüklerinin binaya etkilmesi	55
4.6.8. Hesap yönteminin uygunluk kontrolü	56
4.6.9. Bina performansının belirlenmesi	56
4.6.9.1. Elemanların sünekliklerinin belirlenmesi	56
4.6.9.2. Kesit artık moment kapasitelerinin hesaplanması	57
4.6.9.3. Etki/Kapasite oranlarının hesaplanması	57
4.6.9.4. Elemanların hasar sınırlarının belirlenmesi	58
4.6.9.5. Göreli kat ötelemelerinin kontrolü	59
5. SAYISAL İNCELEMELER	60
5.1. P25 Puanlama Yönteminin Örnek Binalar Üzerinde Uygulanması	60
5.1.1. Kullanılan örnek binalar	60
5.1.2. Kullanılan kodlama sistemi	60
5.1.3. P25 puanlama yönteminin sonuçları	61
5.1.4. Sonuçların değerlendirilmesi	63
5.2. Doğrusal Elastik Yöntemin Örnek Binalar Üzerinde Uygulanması	67
5.2.1. 04-ADN-YRG-M6 kodlu bina	67
5.2.2. 01-İZM-KRM-N5 kodlu bina	70
6. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRMELER	74
KAYNAKLAR	77
EKLER	80
ÖZGEÇMİŞ	103

KISALTMALAR

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
ABYYHY	: Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
AOP	: Aşırı Oturma Puanı
ATC	: Applied Technology Council
BHB	: Belirgin Hasar Bölgesi
CG	: Can Güvenliği Performans Düzeyi
ÇMHP	: Çatı ve Merdiven Hasar Puanı
DBYYHY	: Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
DURTES	: Durum Tespit Programı
GB	: Göçme Bölgesi
GÇ	: Göçme Sınırı
GÖ	: Göçme Öncesi Performans Düzeyi
GV	: Güvenlik Sınırı
HAP	: Hasar Arttırıcı Puan
HK	: Hemen Kullanım Performans Düzeyi
İHB	: İleri Hasar Bölgesi
İTÜ	: İstanbul Teknik Üniversitesi
İÜ	: İstanbul Üniversitesi
KKYP	: Katlar Arası Kalıcı Yerdeğiştirme Puanı
MHB	: Minimum Hasar Bölgesi
MN	: Minimum Hasar Sınırı
ODTÜ	: Orta Doğu Teknik Üniversitesi
SİHP	: Sistem Hasar Puanı
THP	: Toplam Hasar Puanı
TYRP	: Temel Yapısal Risk Puanı
YASS	: Yer Altı Su Seviyesi
YTÜ	: Yıldız Teknik Üniversitesi

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1	Yapı türü ve hasar seviyeleri..... 16
Tablo 3.1	Burulma düzensizliği ile ilgili faktör (f_1)..... 33
Tablo 3.2	Döşeme süreksizliği ile ilgili faktör (f_2)..... 34
Tablo 3.3	Taşıyıcı düşey elemanların süreksizliği ile ilgili faktör (f_3)..... 35
Tablo 3.4	Kütle düzensizliği ile ilgili faktör (f_4)..... 35
Tablo 3.5	Korozyon ile ilgili faktör (f_5)..... 35
Tablo 3.6	Kısa kolon ile ilgili faktör (f_6)..... 36
Tablo 3.7	Ağır cephe elemanları ile ilgili faktör (f_7)..... 36
Tablo 3.8	Asma kat ile ilgili faktör (f_8)..... 36
Tablo 3.9	Çarpışma olasılığı ile ilgili faktör (f_9)..... 37
Tablo 3.10	Katlardaki seviye farkı ve kısmi bodrum ile ilgili faktör (f_{10})..... 37
Tablo 3.11	Beton kalitesi ile ilgili faktör (f_{11})..... 38
Tablo 3.12	Bina önem katsayısı değerleri..... 41
Tablo 3.13	Etkin yer ivmesi katsayıları..... 42
Tablo 3.14	Zemin tipi ile ilgili faktör (f_{17})..... 42
Tablo 3.15	Zemin oturması ile ilgili faktör (f_{18})..... 42
Tablo 3.16	Zemin sıvılaşması ile ilgili faktör (f_{19})..... 43
Tablo 3.17	Heyelan ile ilgili faktör (f_{20})..... 43
Tablo 3.18	Zemin büyütmesi ile ilgili faktör (f_{21})..... 43
Tablo 3.19	Topoğrafik etkiler ile ilgili faktör (f_{22})..... 44
Tablo 3.20	Temel tipi ile ilgili faktör (f_{23})..... 44
Tablo 3.21	Temel derinliği ile ilgili faktör (f_{24})..... 44
Tablo 3.22	Yer altı su seviyesi ile ilgili faktör (f_{25})..... 45
Tablo 4.1	Binalar için bilgi düzeyi katsayıları..... 47
Tablo 4.2	Farklı deprem düzeylerinde binalar için öngörülen minimum performans hedefleri..... 51
Tablo 4.3	Betonarme kirişler için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları..... 58
Tablo 4.4	Betonarme kolonlar için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları..... 58
Tablo 4.5	Görelî kat ötelemesi sınırları..... 59
Tablo 5.1	Binalara ait puanlama detayları..... 62
Tablo 5.2	Binalara ait puanlama detayları..... 63
Tablo 5.3	Bina özellikleri ve puanları..... 66
Tablo 5.4	04-ADN-YRG-M6 kodlu bina için katlara gelen deprem kuvvetleri..... 69
Tablo 5.5	04-ADN-YRG-M6 kodlu bina için katlara göre burulma düzensizliği katsayıları (X yönü)..... 69

Tablo 5.6	04-ADN-YRG-M6 kodlu bina için katlara göre burulma düzensizliği katsayıları (Y yönü).....	70
Tablo 5.7	04-ADN-YRG-M6 kodlu binanın zemin katı için sonuç tablosu....	70
Tablo 5.8	01-İZM-KRM-N5 kodlu bina için katlara gelen deprem kuvvetleri.....	72
Tablo 5.9	01-İZM-KRM-N5 kodlu bina için katlara göre burulma düzensizliği katsayıları (X yönü).....	72
Tablo 5.10	01-İZM-KRM-N5 kodlu bina için katlara göre burulma düzensizliği katsayıları (Y yönü).....	72
Tablo 5.11	01-İZM-KRM-N5 kodlu binanın zemin katı için sonuç tablosu....	73
Tablo A.1	26 binanın bilgileri.....	81
Tablo B.1	04-ADN-YRG-M6 kodlu binanın bilgileri.....	85
Tablo C.1	01-İZM-KRM-N5 kodlu binanın bilgileri.....	87
Tablo D.1	Görelî kat ötelemelerinin kontrolü.....	89
Tablo D.2	Kiriş güvenlik sınırı kontrolü.....	91
Tablo D.3	Kolon güvenlik sınırı kontrolü.....	94
Tablo E.1	Görelî kat ötelemelerinin kontrolü.....	96
Tablo E.2	Kiriş güvenlik sınırı kontrolü.....	98
Tablo E.3	Kolon güvenlik sınırı kontrolü.....	101

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1 : Kolon ve duvar indeksleri yöntemi sonuç grafiği.....	21
Şekil 3.1 : Dolgu duvarın ortasında mevcut olan pencere durumu.....	25
Şekil 3.2 : Dolgu duvarın köşesinde mevcut olan pencere durumu.....	26
Şekil 3.3 : Depremi etkin yönü.....	29
Şekil 3.4 : Farklı plana sahip binalardaki kat çevre uzunlukları.....	30
Şekil 3.5 : Bina yüksekliği parametresinin bina yüksekliği ile değişimi.....	31
Şekil 4.1 : Kesit hasar bölgeleri.....	48
Şekil 5.1 : Binaların puan dağılımları ve belirlenen bant genişlikleri.....	64
Şekil 5.2 : Bina “P” performans puanları.....	65
Şekil 5.3 : İstatistiki “P” performans puanları.....	67
Şekil B.1 : 04-ADN-YRG-M6 kodlu binanın normal kat planı.....	86
Şekil C.1 : 01-İZM-KRM-N5 kodlu binanın normal kat planı.....	88

SEMBOL LİSTESİ

A_0	: ABYYHY' de tanımlanan etkin yer ivmesi katsayısı
A_c	: Kritik kattaki tüm kolonların alanlarının toplamı
A_e	: Kolon veya perdenin brüt kesit alanı
A_{ce}	: Temeldeki kolonların etkili kesit alanı
A_{col}	: Temel üstündeki kolonların toplam kesit alanı
A_{cw}	: Temeldeki betonarme perde duvarların bir yöndeki kesit alanı
$A_{ef,x}$: Binanın kritik katındaki X yönündeki toplam etkili kesme alanı
$A_{ef,y}$: Binanın kritik katındaki Y yönündeki toplam etkili kesme alanı
A_{ft}	: Temel üstündeki toplam kat alanı
A_{mw}	: Temeldeki dolgu duvarlarının bir yöndeki kesit alanı
A_p	: Bina kritik katındaki kat alanı
A_{sw}	: Kesme donatısı toplam kesit alanı
A_{sx}	: Kritik kattaki X yönünde çalışan perde duvarlarının alanlarının toplamı
A_{sy}	: Kritik kattaki Y yönünde çalışan perde duvarlarının alanlarının toplamı
A_{wt}	: Duvarların etkili kesit alanı
A_{wx}	: Kritik kattaki X yönünde çalışan dolgu duvarlarının alanlarının toplamı
A_{wy}	: Kritik kattaki Y yönünde çalışan dolgu duvarlarının alanlarının toplamı
$A(T)$: Spektral ivme katsayısı
b	: Perde elemana birleşen kiriş sayısı
b	: Kolon kesit boyutu
b_w ve h	: Kolon boyutları
C	: Binanın mevcut beton dayanımı
C_a ve C_m	: Binanın karakteristik değerlerine ve düzensizlik durumlarına bağlı katsayılar
C_A	: Kritik kattaki etkili kesme alanı indeksi
C_{Ax}	: Kritik kattaki X yönündeki etkili kesme alanı indeksi
C_{Ay}	: Kritik kattaki Y yönündeki etkili kesme alanı indeksi
C_I	: Kritik kattaki etkili eğilme rijitliği indeksi
C_{Ix}	: Kritik kattaki X yönündeki etkili rijitlik indeksi
C_{Iy}	: Kritik kattaki Y yönündeki etkili rijitlik indeksi
C_I	: Kolon indeksi
d	: Kolon kesit boyutu
d	: Kiriş faydalı yüksekliği
E_0	: Davranış ana indeksi
E_S	: Ana karşılaştırma indeksi
f_{cm}	: Bilgi düzeyine göre tanımlanan mevcut beton dayanımı
f_{ctk}	: Betonun karakteristik çekme dayanımı
f_{ctm}	: Bilgi düzeyine göre tanımlanan mevcut beton çekme dayanımı

f_{ywm}	: Bilgi düzeyine göre tanımlanan mevcut donatı akma dayanımı
F_{bk}	: Bodrum kata etkiyen eşdeğer deprem yükü
F_i	: i' inci kata etkiyen eşdeğer deprem yükü
g_i	: Ölü yük
G	: Zemin indeksi
h_i	: Binanın kritik katının yüksekliği
h_{i+1}	: Binanın kritik katının bir üzerindeki katın yüksekliği
H	: Bina yüksekliği
H_i	: Binanın i' inci katının temel üstünden itibaren ölçülen yüksekliği
I	: ABYYHY' de tanımlanan bina önem katsayısı
I_b	: Binanın kritik katında en çok rastlanan kirişin atalet momenti
I_{cx}	: Kritik kattaki tüm kolonların X yönündeki alalet momentleri toplamı
I_{cy}	: Kritik kattaki tüm kolonların Y yönündeki alalet momentleri toplamı
$I_{ef,x}$: Binanın kritik katındaki X yönündeki toplam etkili atalet momenti
$I_{ef,y}$: Binanın kritik katındaki Y yönündeki toplam etkili atalet momenti
I_N	: Taşıyıcı olmayan elemanlar için deprem indeksi
I_{px}	: Kritik kattaki X yönündeki kat atalet momenti
I_{py}	: Kritik kattaki Y yönündeki kat atalet momenti
I_S	: Deprem performans indeksi
I_S	: Taşıyıcı elemanlar için deprem indeksi
I_{S0}	: Karşılaştırma indeksi
I_{sx}	: Kritik kattaki Y yönünde çalışan perde duvarların atalet momentleri toplamı
I_{sy}	: Kritik kattaki X yönünde çalışan perde duvarların atalet momentleri toplamı
I_{wx}	: Kritik kattaki Y yönünde çalışan dolgu duvarlarının atalet momentleri toplamı
I_{wy}	: Kritik kattaki X yönünde çalışan dolgu duvarlarının atalet momentleri toplamı
I_x	: Binanın kritik katındaki ortalama kolon boyutundan elde edilen X yönündeki atalet momenti
I_y	: Binanın kritik katındaki ortalama kolon boyutundan elde edilen Y yönündeki atalet momenti
K	: Binanın düşey taşıyıcı elemanları ve dolgu duvarlarının alanları - rijitlikleri ile ve bina yüksekliği ile ilgili bir parametre
$K1$: Mukavemet puanı
$K2$: Kusur puanı
l_n	: Kolonun kirişler arasında kalan serbest yüksekliği, kirişin kolon veya perde yüzleri arasında kalan serbest açıklığı
L_x	: Binanın kritik katının X yönündeki çevre uzunluğu
L_y	: Binanın kritik katının Y yönündeki çevre uzunluğu
m	: Binanın kat sayısı
M_A	: Kesit artık moment kapasitesi
M_d	: Düşey yükler altında kesitte hesaplanan moment etkisi
M_e	: Deprem yükleri altında kesitte hesaplanan moment etkisi
M_r	: Kesitin eğilme momenti kapasitesi
M_{ra}	: Kolunun veya perdenin serbest yüksekliğinin alt ucunda hesaplanan taşıma gücü momenti
M_{ri}	: Kirişin sol ucu i' deki kolon veya perde yüzünde pozitif veya negatif taşıma gücü momenti

M_{rj}	: Kirişin sağ ucu j' deki kolon veya perde yüzünde pozitif veya negatif taşıma gücü momenti
$M_{r\bar{u}}$: Kolunun veya perdenin serbest yüksekliğinin üst ucunda hesaplanan taşıma gücü momenti
n	: Perde elemana birleşebilecek maksimum kiriş sayısı
n	: Hareketli yük katılım katsayısı
N	: Binanın toplam kat sayısı
N_D	: Düşey yükler altında kolonda oluşan eksenel kuvvet
P	: Performans puanı
PI	: Öncelik indeksi
q_i	: Hareketli yük
r	: Etki/kapasite oranı
r_a	: Komşu iki kat arası etkili kesme oranlarının küçük olanı
r_r	: Komşu iki kat arası etkili atalet momenti oranlarının küçük olanı
r_s	: Betonarme elemanlar için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranı
$R_a(T)$: Deprem yükü azaltma katsayısı
s	: Kolon sarılma bölgesindeki iki enine donatı arasındaki mesafe
S	: Sonuç yapısal puanı
S_D	: Tasarım ve boyutlama indeksi
$S(T)$: Spektrum katsayısı
t_0	: Bina yüksekliği parametresi
T	: Zamanla bozulma indeksi
U	: Kullanım indeksi
V_c	: Kesme dayanımına beton katkısı
V_{cr}	: Kesitin kesmede çatlama dayanımı
V_{code}	: Deprem yönetmeliği ile bulunan bina taban kesme kuvveti
V_{dy}	: Kirişin kolon yüzünde düşey yüklerden meydana gelen basit kiriş kesme kuvveti
V_e	: Kolon ve kirişte enine donatı hesabına esas alınan kesme kuvveti
V_r	: Kesme dayanımı
V_t	: Binaya etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü (taban kesme kuvveti)
V_w	: Kesme dayanımına kesme donatısı katkısı
w_{bk}	: Binanın bodrum katının ağırlığı
w_i	: Binanın i' inci katının ağırlığı
W	: Bina toplam ağırlığı
WI	: Duvar indeksi
Z	: Bölge indeksi
α_a	: r_a ' nın düzeltme faktörüne etkisini yükselten parametre
$(ED)_e$: Etkin eğilme rijitliği
$(ED)_0$: Çatlamamış kesit eğilme rijitliği
λ	: Eşdeğer deprem yükü azaltma katsayısı
ΔF_N	: Binanın N' inci katına (tepesine) etkiyen ek eşdeğer deprem yükü
ρ	: Çekme donatısı oranı
ρ_b	: Dengeli donatı oranı
ρ'	: Basınç donatısı oranı
δ_{ji}	: i' inci katta j' inci kolon veya perdenin alt ve üst uçları arasında yerdeğiştirme farkı olarak hesaplanan görelî kat ötelemesi

BETONARME BİNALARIN GÖÇME RİSKİNİN HIZLI DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ İLE BELİRLENMESİ: P25 PUANLAMA YÖNTEMİ

ÖZET

Çoğunluğu kritik deprem bölgesi olan ülkemizdeki mevcut binaların neredeyse tamamı, 1998 Türk Deprem Yönetmeliği esaslarına göre “güvensiz” olarak tanımlanabilir. Ancak, yönetmelikte belirlenen güvenlik çizgisinin daha altında, yıkılma yada toptan göçmeye karşı gelen bir alt sınır vardır. Yönetmelik esaslarına göre “güvensiz” olarak tanımlanan bazı yapılar, depremden sonra önemli ölçüde hasar görse bile, içindeki insanlar bu tip binalardan ağır bir yara almadan dışarı çıkabilmektedir. Bu alt sınırın, başka bir deyişle yapının göçme kriterinin bilimsel olarak bulunabilmesi için doğrusal olmayan itme analizinin (push-over) yapılması gerekir. Ancak, bu konuda gerek üniversiteler, gerekse diğer kamu kuruluşları tarafından yapılan çalışmalar, çok sayıda yapı için böyle ayrıntılı bir analitik çalışma yapmanın hem zaman hem de finansman açısından adeta imkansız olduğunu göstermiştir.

Öte yandan son yıllarda geliştirilen bazı hızlı değerlendirme yöntemleri ve geçmiş depremlerde yıkılan ve yıkılmayan örnek binaların karşılaştırmalı olarak incelenmesi ile, itme analizi yapmadan da herhangi bir yapının depremde toptan göçüp göçmeyeceği tespit edilebilir. Şüphesiz, önerilecek bu tür ampirik yöntemler, yeterli sayıda örnek bina üzerinde kesin analiz ve ayrıntılı incelemeler yapılarak sınanmalı, gerçek yapı verileri ve itme analizleri ile kalibre edilmelidir. Bir yapının yıkılma nedeni, teorik olarak, yatay yerdeğiştirmelerin belirli bir sınırı aşması ve adeta sonsuza gidivermesidir. Bu söz konusu kritik sınırı bulmak, yıkılmanın habercisi olan bu aşırı deplasman durumu ile, yapı elemanlarının boyutları arasında ilişki kurabilmek anlamına gelir.

Bu çalışmada, mevcut binaların deprem güvenliğinin belirlenmesi konusunda geliştirilen ve uygulamada kullanılan bazı hızlı değerlendirme yöntemleri incelenmiş ve daha önce Bal İ.E. tarafından hazırlanan yüksek lisans tez çalışmasında ve çeşitli kaynaklarda önerilen ve halen geliştirilmeye çalışılan bir hızlı değerlendirme yöntemi (P25 Puanlama Yöntemi) ele alınarak çeşitli yapı sistemlerine uygulanmıştır. Ayrıca P25 Puanlama Yöntemi uygulanmış olan binalardan iki tanesinin bilgisayar ortamında üç boyutlu modeli kurularak 2007 Türk Deprem Yönetmeliğinde önerilen Kuvvet Bazlı Doğrusal Elastik Hesap Yöntemi ile deprem performansı belirlenmiş ve sonuçlar irdelenmiştir.

Altı bölümden oluşan yüksek lisans tezinin birinci bölümü, konunun açıklanmasına ayrılmış, çalışmanın amacı ve kapsamı hakkında bilgi verilmiştir.

İkinci bölümde, konu ile ilgili daha önce yapılmış olan çalışmalar ele alınmış ve diğer hızlı değerlendirme yöntemlerinin esasları anlatılmıştır.

Üçüncü bölüm, P25 Puanlama Yönteminin ayrıntılı olarak açıklanmasına ayrılmıştır. Bu bölümde yöntemin izlenmiş olduğu hesap adımları açık ve geniş bir şekilde anlatılmıştır.

Dördüncü bölümde, mevcut betonarme binaların deprem performanslarının belirlenmesi için 2007 Türk Deprem Yönetmeliği'nde yer alan genel ilke ve kurallar verilmiş ve Kuvvet Bazlı Doğrusal Elastik Yöntemin hesap adımları anlatılmıştır.

Beşinci bölümde sayısal incelemeler yer almaktadır. Bu bölümde P25 Puanlama Yönteminin ve Doğrusal Elastik Yöntemin ele alınan binalara uygulanması neticesinde ortaya çıkan sonuçlar verilmiştir.

Altıncı bölüm, sonuçlar ve değerlendirmeler isimli bölümdür. Çalışmadan elde edilen sonuçlar incelenmiş ve değerlendirilmiştir.

DETERMINATION OF COLLAPSE VULNERABILITY OF RC BUILDINGS WITH RAPID SCREENING APPROACHES: P25 SCORING METHOD

SUMMARY

The most of the building stock in Turkey can be considered as “unsafe” according to the Turkish Earthquake Code of 1998. However, being “unsafe” is not the same as “collapse vulnerable” during an earthquake. In other words, any building that may be labeled, as “unsafe” according to earthquake code requirements may not necessarily be collapsed during an earthquake. It may experience light or moderate damage but it may permit a safe exit to inhabitants without serious injury that is, with absolutely no loss of life. The actual approach to determine this lower limit of collapse criteria is to perform push-over analyses of the buildings utilizing real soil and material properties. The recent studies carried out both by the governmental institutions and the universities proved that this detailed procedure of push-over analyses of those so many buildings is impossible for both the limited time and economical reasons.

On the other hand, the collapse prevention criteria mentioned above may also be established without going into extensive calculations, but with setting some empirical relations between the capacities of the structural elements and the relative story displacements. Certainly, these empirical criteria should be calibrated and verified by both the push-over analyses and the comparisons with the available real data of collapsed buildings. It is clear that, any building that collapsed during an earthquake has some definite weaknesses or deficiencies. In order to estimate the future earthquake losses and lessen the damage risk, our main target is actually to determine the borderline of collapse stage in relation with the capacities of the structural elements and the relative story displacements.

At this study, developed some rapid screening approaches for determination of earthquake vulnerability of buildings are investigated and P25 Scoring Approach which suggested in a master of science thesis by Bal İ.E. and some sources applied to additional number of damaged and undamaged buildings. Besides, Force Based Linear Method given by 2007 Turkish Earthquake Code are used to determine the earthquake performances of two reinforced concrete buildings on which P25 Scoring Approach was already applied. The results obtained by these methods are compared and discussed.

This study consists of six chapters. The first chapter covers the subject, the scopes and objectives of the study.

In the second chapter, the results of a literature survey investigated and studies on the other rapid screening methods explained.

The third chapter is devoted to detailed explaining of P25 Scoring Method. In this chapter, calculations of the method are widely explained.

In the fourth chapter, the general principles and rules for the determination of earthquake performances of existing reinforced concrete buildings with 2007 Turkish Earthquake Code and the numerical procedures of Force Based Linear Method are explained.

The fifth chapter is devoted to the numerical studies. In this chapter, results of the buildings that applied P25 Scoring Method and Linear Method are presented.

In the sixth chapter the results obtained from numerical solutions are discussed.

1. GİRİŞ

Üzerinde yaşadığımız yerkürenin normal bir evrimi sonucu oluşan depremlerin başlıca nedeni, arz içerisinde hapsolmuş olan ısının dışarıya çıkarken arz mantosunda yapmış olduğu kütle hareketleri ve bunun sonucu olarak oldukça narin ve ince olan arz kabuğunun, daha doğrusu kırılğan ortamın devam ettiği derinliklere kadar arz plakalarının kırılmaları-yırtılmalarıdır. Arz kabuğunda veya plakalardaki bu kırılma ve yırtılmalar sonucu olarak açığa çıkan enerjinin dalgalar halinde yayılımını da bildiğimiz yer sarsıntılarını ve yer titreşimlerini yani depremleri oluştururlar.

Dünyanın en önemli deprem kuşaklarından birisi olan Alp-Akdeniz-Himalaya kuşağı üzerinde yer alan Türkiye' nin topraklarının % 92' si deprem olabilecek kuşak üzerinde bulunmakta ve nüfusun % 98,4' ü bu deprem bölgelerinde yaşamaktadır [1]. Böylesi bir bilgiye bakıldığında bu topraklar üzerinde yaşayan insanların olası bir depreme karşı gerekli önlemleri alması gerektiği, aksi takdirde felaket denebilecek sayıda can kayıplarının yaşanabileceği görülür. Yerkürenin doğal hareketlerini engelleyemeyeceğimiz kesindir. Ancak, hayatımızın büyük bir bölümünü içerisinde geçirdiğimiz yapıların depreme karşı dayanıklılığını sorgulamak ve bu doğrultuda yapılar inşa etmek depremlerde yaşanan can kayıplarını engellemek açısından yeterli olacaktır.

Ülkemizde yaşanan 1992 Erzincan depremi, 1995 Afyon (Dinar) depremi, 1998 Adana (Ceyhan) depremi, 1999 Marmara depremi ve 2000 yılındaki Düzce depremlerine bakıldığında son yıllarda oldukça fazla ağır hasarlı deprem olduğu görülür. Özellikle, 1999 yılında Marmara bölgesinde 17 Ağustos ve 12 Kasım tarihlerinde peş peşe yaşanan depremler sonucunda ortaya çıkan hazin tablo herkesi derinden yaralamıştır. Bu maddi ve manevi kaybı çok büyük olan olaydan sonra, hem devlet hem de vatandaş nezdinde yeterince önemsenmeyen ülkemizin aktif deprem kuşağı içinde yer aldığı ve yapılaşmaya gerekli önemin verilmediği gerçeği geç de olsa herkesin yüzüne bir tokat gibi çarpmıştır.

Ülkemizde yaşanan bu etki neticesinde deprem konusunda bir bilinçlenme süreci başlamıştır. Bu doğrultuda, belediyeler, valilikler, yerel yönetimler, üniversiteler, kamu kuruluşları, çeşitli sivil toplum örgütleri hatta medya dahi az çok bu konunun üzerine eğilmiş ve kısmen ilerlemeler kaydedilmiştir. Medyanın da etkisiyle ülkenin en önemli gündem maddelerinden biri haline gelen İstanbul’ da olası bir deprem senaryoları sık sık konuşulmaya başlanmıştır. Bu sayede yapıların depreme karşı dayanıklılığı hakettiği önemi alan bir konu haline gelmiş ve olası bir depreme karşı alınabilecek önlemler tartışılmaya başlanmıştır.

Alınabilecek önlemlerden birisi mevcut binaların güçlendirmesi olabilir. Ancak, mevcut yapı stoğunun bir çoğunun bilgisizlik, dikkatsizlik, maliyet kaygıları, yapım tekniklerinin yanlışlığı, işçilik ve malzeme sorunları gibi nedenlerle taşıyıcı sisteminin yetersiz olduğu göz önüne alınırsa, halihazırdaki deprem yönetmeliğine göre bu yapıların incelenmesi ve değerlendirilmesi sonucunda büyük bir kısmının “*güvensiz*” olarak nitelendirileceği görülebilir. Ayrıca incelenmek istenen bina adeti göz önüne alındığında bu binaların deprem yönetmeliği normlarına göre değerlendirilmesi sürecinin çok uzun ve masraflı olacağı ve incelenen binalardan bir çoğunda “*güvensiz*” hükmü çıkacağı için bu binaların güçlendirilmesi yada yıkılıp yerlerine yeni bina inşa edilmesi işlemlerinin hem zaman hem de getireceği ekonomik yük açısından optimum çözümü veremeyeceği açıktır.

İstanbul gibi bina sayısının oldukça fazla olduğu şehirlerde yapılmak istenen bir yapı stoğunun depreme karşı performansı tespit çalışmasında, binaların incelenmesi ve değerlendirilmesi hızlı, ekonomik ve güvenilir yöntemler ile gerçekleştirilmelidir. Bu üç şartı da sağlayan yöntemler geliştirmek için dünyanın bir çok ülkesinde çalışmalar yapılmış ve bir çok hızlı değerlendirme yöntemi geliştirilmiştir. Bu yöntemlerden belli başlıları kabaca, hesaba kattıkları parametrelere ve formüllere göre birbirlerine farklılık gösterirler.

Bu tez çalışmasında da binaların deprem güvenliğinin belirlenmesi konusunda geliştirilen ve uygulamada kullanılan çeşitli hızlı değerlendirme yöntemleri ile daha önce [2,3] no.lu kaynaklarda önerilen ve halen geliştirilmeye çalışılan bir hızlı değerlendirme yöntemi ele alınarak çeşitli yapı sistemlerine uygulanmıştır.

1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

İnşaat mühendisliğinde bir yapının göçme kriterini belirlemenin en güvenilir ve bilimsel yollarından biri lineer olmayan itme (push-over) analizidir. Ancak bu yöntem bir çok binanın analizinin hızlı bir şekilde yapılması için çok pratik bir yaklaşım değildir. Çünkü, oldukça ayrıntılı ve zaman alıcı hesaplamaları içerir. Bu nedenle, mevcut yapı stoğunu hızlıca elden geçirebilmek amacıyla son yıllarda deprem mühendisliğindeki gelişmeleri takiben, geliştirilen bir çok hızlı değerlendirme yöntemi ortaya konulmuştur.

Bu tez çalışmasında, binaların depremde göçme riskinin hızlı olarak belirlenmesine yönelik daha önce yapılmış ve yapılmakta olan çalışmalar incelenerek, [2,3] no.lu kaynaklarda önerilen ve sınırlı sayıda yapı üzerinde uygulaması yapılmış olan ve halen yapılmakta olan “P25 Puanlama Yöntemi” nin kat adetleri 5 ila 7 arasında değişen hasarsız, hafif hasarlı ve orta hasarlı toplam 26 binaya uygulaması yapılmıştır. Ayrıca bu binalardan iki tanesinin bilgisayar ortamında üç boyutlu modeli kurularak 1 Mart 2007 tarihinden itibaren yürürlüğe giren 2007 Türk Deprem Yönetmeliğinde önerilen “Doğrusal Elastik Hesap Yöntemi” ile deprem performansı belirlenmiştir. Böylece yöntemden elde edilen sonuçlar ile gerçek yapı verilerinin ve “Doğrusal Elastik Hesap Yöntemi” ile elde edilen sonuçların karşılaştırılması ve sözkonusu yöntemin kalibre edilerek, güvenirlilik kazanması ve uygulamada kullanılabilir hale getirilmesi amaçlanmıştır.

1.2. Çalışmada Esas Alınan Yaklaşım

Bu çalışmada temel olarak “Sıfır Can Kaybı Yaklaşımı” benimsenmiştir [4-9]. Bu yaklaşımda önerilen, öncelikli olarak 1998 Türk Deprem Yönetmeliğinde tanımlanan güvenlik çizgisinin daha altında yer alan ve toptan göçmeye karşı gelen alt sınırdaki bulunan yapıların ayıklanmasıdır. Zira, bu sınırın üzerinde yer alan yapılar depremden sonra önemli ölçüde hasar görse dahi depremin can kaybı yaşanmadan sonlanması mümkün olabilmektedir.

Beklenen büyük ölçekli Marmara depremi için acilen değerlendirilmesi gerekli yapı stoğunun büyüklüğü, zaman darlığı ve özellikle ekonomik kısıtlamalar düşünüldüğünde, incelenen binalar değerlendirilirken “güvenlidir” yada “güvensizdir” hükümleri yerine “deprem sırasında toptan göçme gerçekleşir mi,

gerçekleşmez mi?” diye sorgulayan bu öncelikli yaklaşımla verilecek hükümler insan hayatını ön planda tutmak açısından çok daha mantıklı bir çözüm olabilir.

1.3. Çalışmada Kullanılan Yöntem

“*Sıfır Can Kaybı Yaklaşımı*” ile başlayıp [2] ve [3] no. lu kaynaklarda önerilen ve 106M273 no.lu Tubitak Araştırma Projesi kapsamında halen geliştirilmekte olan “*P25 Puanlama Yöntemi*” ile incelenen binanın düşey taşıyıcı elemanlarının ve dolgu duvarlarının boyutlarının yanı sıra binadaki bir takım yapısal özelliklere ve yapının oturduğu zeminin özelliklerine göre belirlenen 25 adet düzeltme faktörü göz önüne alınır. Aşağıda, yöntemde göz önüne alınan parametreler genel hatlarıyla özetlenmiştir;

- Düşey taşıyıcı elemanların ve taşıyıcı olmayan dolgu duvarlarının boyutları
- Binada hakim olan tipik giriş boyutları
- Yapı önem katsayısı
- Yapısal düzensizlikler ve süreksizlikler
- Zayıf kat, yumuşak kat ve kısa kolon gibi olumsuzluklar
- Binanın geometrik düzeni ve yerleşimi
- Binanın yüksekliği ve asma kat bulunması durumu
- Binanın çarpışma olasılığı
- Beton dayanımının düşüklüğü ve korozyon gibi olumsuzluklar
- Zemin şartları ve topoğrafik koşullar
- Temel tipi ve temel derinliği

Yöntemin akışını kısaca özetlemek gerekirse; Binanın düşey taşıyıcı elemanlarının ve dolgu duvarlarının alanları ve rijitlikleri kullanılarak bir takım ampirik formüllerle elde edilen sayısal değer (K) ile sözü edilen 25 adet düzeltme faktörünün çarpılması sonucu bina için bir Performans Puanı (P) elde edilir. Hesaplanan bu Performans Puanına göre binanın hangi risk bölgesine düştüğüne bakılarak, bina hakkında hüküm verilir.

2. KONU İLE İLGİLİ YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR

Bu bölümde, P25 Puanlama Yönteminin geliştirilmesine önder olan ve *Tezcan, S. S. ve diğerleri* tarafından oluşturulan Sıfır Can Kaybı Yaklaşımında dahil olmak üzere diğer hızlı değerlendirme yöntemleri ve yaklaşımları hakkında bilgi verilecektir.

2.1. Sıfır Can Kaybı Yaklaşımı

Ülkemizdeki bina stoğunun olası bir deprem sırasında göstereceği performans, hızlı bir şekilde incelenmek istendiğinde karşımıza ciddi sorunlar çıkmaktadır. Özellikle, mevcut bina stoğunun büyük oranının Deprem Yönetmeliği kriterlerine göre ‘güvensiz’ olduğu düşünülen İstanbul’ u ele aldığımızda ve tüm binaları Deprem Yönetmeliği kriterlerine göre incelemek istediğimizde; Böylesine bir çalışmanın hem zaman hem de maliyet açısından imkansız olduğunu bir kenara bıraksak dahi, çalışma sonucunda büyük çoğunluktaki binaların güçlendirilmesi ya da yıkılması kararı verilecek olduğundan bu tür bir çalışmadan çözümden çok çözümsüzlük doğacaktır.

Sıfır Can Kaybı Yaklaşımında [4-9] ise mevcut bina stoğunun deprem güvenliği tespit edilmek istendiğinde tüm binaların tek tek Deprem Yönetmeliği kriterlerine göre ya da lineer olmayan itme analizi (push-over) v.b. gibi ayrıntılı ve zaman alıcı yöntemlerle incelenmesinin öncelikli olarak imkandışı ve de ülkemiz koşullarında gereksiz olduğu savunulmaktadır. Yaklaşımında önerilen, öncelikli olarak yıkılma riski çok yüksek olan yapıların ortaya çıkartılması ve daha sonra bu belirlenen yapılar üzerinde bu tür ayrıntılı analizlerin yapılmasıdır. Belirlenenlerin dışında kalan yapıların ise olası bir depremde belirli bir hasar görebileceği ancak can kaybına sebebiyet vermeyeceği kabul edilerek, yapının ayrıntılı incelenmesi kararı mal sahibinin inisiyatifine bırakılmaktadır.

İstanbul örneği ele alınırsa, %96’ sının güvensiz olduğu düşünülen yapıların yüzde kaçını depremde yıkılır ve can kaybına sebebiyet verir diye düşündüğümüzde ve “1999 Kocaeli ve Düzce depremlerinde konut ve işyeri bazında toplam 854.000 binanın sadece %6’ sı yıkık ve ağır hasarlıdır.” istatistiğine baktığımızda, depremde can

kaybını önlemek için acilen yapılması gerekenin sadece, bu %6'lık kısımdaki yapıların tesbit edilmesi ve bunlar üzerinde ikincil ve ayrıntılı inceleme yapılması olduğu görülebilir. Bu yaklaşım ile Deprem Yönetmeliğindeki güvenlik seviyesinin çok daha altında bir güvenlik seviyesine göre belirlenen binaların ayrıntılı olarak incelenmesi ve gerekirse yıkılması ya da acilen güçlendirilmesi sayesinde, depremde can kaybını önlemek imkansız ve karmaşık bir durum olmaktan çıkmaktadır [4-9].

Daha çok bir 'Risk Yönetimi' yaklaşımı olan Sıfır Can Kaybı Yaklaşımının, anlatıldığı gibi hızlı bir şekilde uygulanması için sağlıklı ve gerçeğe yakın sonuçlar üretebilen hızlı değerlendirme yöntemlerinden birinin tüm binalar üzerinde uygulanması gerekmektedir. Sıfır Can Kaybı Yaklaşımı ile birlikte önerilen ve halen geliştirilmekte olan aynı zamanda tez konusu "*P25 Puanlama Yöntemi*" bu hızlı değerlendirme yöntemlerinden biri olarak örnek gösterilebilir.

2.2. Sismik İndeks Yöntemi

Uzun süreli çalışma ve araştırmalar sonucu geliştirilen bu yöntem, tüm dünyaca kabul görmüş ve Japonya'da standart haline gelmiş önemli bir hızlı değerlendirme yöntemidir. Yöntem uygulanırken, incelenen yapının boyutlarını, yaşını ve taşıyıcı sistemini içine alan bir çok indeks belirlenir ve bu indeksler belirlenmiş ampirik formüllerde yerine koyulur. Bu işlemler sonucunda elde edilen Deprem İndekslerinin değerlendirilmesi sonucu seçilen indeks, hesaplanan bir Karşılaştırma İndeksi ile karşılaştırılır. Bu karşılaştırma ile yapının depremdeki davranışı hakkında karar verilmiş olunur.

Yöntem, en fazla altı kata sahip, betonarme çerçeve, perde-çerçeve veya sadece perde tipi taşıyıcı sisteme sahip binalara uygulanabilir. Yöntemin, 30 yaşın üzerindeki, altı kattan daha fazla kat adedi olan, çok düzensiz veya alışılmışın dışında taşıyıcı sisteme sahip olan ve malzeme-işçilik kalitesi çok düşük olan yapılara uygulanması uygun değildir.

Yöntem, birinci, ikinci ve üçüncü inceleme seviyeleri olmak üzere üç farklı hassaslık seviyesinde uygulanabilir. Bu üç inceleme seviyesi, birbirinden bağımsız olarak yapıya uygulanabilmektedir. Hassaslık seviyesi arttıkça yöntemdeki hesapların karmaşıklığı, gözönüne alınan parametreler ve katsayılar artar. Dolayısıyla, yöntemin güvenilirliği artar. Ancak bununla paralel olarak yönteme harcanan zaman ve emek

de artar. Bu nedenle, uygun inceleme seviyesinin belirlenmesi dikkat edilmesi gereken ve tecrübe gerektiren bir konudur. Aşağıda, yalnızca yöntemin birinci inceleme seviyesi ile ilgili bilgi verilmiştir.

2.2.1. Deprem indeksleri

Yukarıda da değinildiği gibi, yapının depremdeki davranışını belirleyebilmek amacıyla hesaplanan Deprem İndeksleri iki tanedir. Bu indeksler birbirinden bağımsız olarak hesaplanır. İndeks değerinin büyük olması, incelenen yapının deprem performansının yüksek olması anlamına gelir.

2.2.1.1. Taşıyıcı elemanlar için deprem indeksi (I_s)

Yapının deprem performansını gösteren I_s , yapının her katı ve her doğrultusu için Denklem 2.1 ile hesaplanır;

$$I_s = E_0 \times S_D \times T \quad (2.1)$$

Denklem içinde yer alan diğer indeksleri kısaca açıklamak gerekirse;

Davranış Ana İndeksi (E_0): Bu indeksin değeri ne kadar büyük olursa yapının deprem performansının da o kadar iyi olması beklenir.

Tasarım ve Boyutlama İndeksi (S_D): İncelenen yapının taşıyıcı sistemin düzensizliği ve kütlelerinin rijitliğinin düzgün dağılmaması ile ilgili bir indekstir.

Zamanla Bozulma İndeksi (T): Yapıda zaman içinde oluşmuş olan çatlaklar, şekildeğişmeler ve yerdeğişmelerin etkilerini gözönüne alan bir indekstir.

2.2.1.2. Taşıyıcı olmayan elemanlar için deprem indeksi (I_N)

İncelenen yapıdaki taşıyıcı olmayan elemanların deprem sırasında düşmesi sonucu meydana gelebilecek olan hayati yaralanmaları esas alan bir indekstir.

2.2.2. Karşılaştırma indeksi (I_{S0})

Tüm bu yapılan çalışmalar sonucunda, yapının depremdeki performansı hakkında yorum yapılabilmesi için yapının deprem performansını gösteren indeks, bir Karşılaştırma İndeksi ile karşılaştırılmalıdır. İşte bu indekse ‘Yapının Karşılaştırma İndeksi (I_{S0})’ adı verilir. Karşılaştırma İndeksi şöyle hesaplanır;

$$I_{S0} = E_S \times Z \times G \times U \quad (2.2)$$

Denklem 2.2 içinde yer alan diğer indeksleri kısaca açıklamak gerekirse;

Ana Karşılaştırma İndeksi (E_S): Birinci inceleme seviyesi için 0,80 alınması önerilir.

Bölge İndeksi (Z): Binanın bulunduğu bölgenin depremselliğine göre değerler alır. Deprem ihtimalinin yüksek olduğu bölgelerde genellikle 1,00 alınır. Hiç bir zaman 0,7' den küçük alınmaması önerilir.

Zemin İndeksi (G): Binanın oturduğu zemin koşullarına göre değerler alır. Zemin koşulları iyileştikçe indeksin değeri küçülür. Genellikle 1,00 ile 1,10 arasında değişen değerler alır.

Kullanım İndeksi (U): Binanın önem derecesine göre değerler alır. Konut tipi yapılarda 1,00 olarak alınması önerilir. Binanın deprem sonrası işlevselliğinin önemi arttıkça bu değerde artar.

2.2.3. Değerlendirme

Karşılaştırma İndeksi de hesaplandıktan sonra incelenen yapı hakkındaki karar,

$I_S > I_{S0} \Rightarrow$ bina depreme karşı güvenli

$I_S < I_{S0} \Rightarrow$ binanın depremdeki davranışı belirsiz

karşılaştırması ile verilir.

Yukarıdaki karşılaştırma yapının tüm kritik katları ve iki asal deprem doğrultusu için ayrı ayrı yapılır. Karşılaştırmada geçen 'güvenli' sözcüğü yapının deprem sırasında hiçbir şekilde hasar almayacağı anlamına gelmez. Sadece, yapının depremde toptan göçmeye karşı güvenli olduğu anlamına gelir [10,11].

Yöntemin birinci inceleme seviyesinin kullanıldığı bir çalışmada Türkiye' deki mevcut yapıların tipik özelliklerini taşıyan dört farklı betonarme bina ve bu binaların 1998 Deprem Yönetmeliği tarafından öngörülen deprem yükleri düzeyi göz önüne alınarak güçlendirildikten sonraki durumları, Sismik İndeks Yöntemi ile incelenmiştir. Bu yapılar ve güçlendirilmiş durumları daha sonra üç boyutlu yapısal çözümlerle incelenmiş ve yapısal çözümlerle sonuçları ile Sismik İndeks Yöntemi ile elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Karşılaştırma sonucunda, yapısal çözümlene ve 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 bulunduğu belirlenmiştir. Ayrıca, incelenen binalarda herhangi bir kritik katta (performans indeksi / karşılaştırma indeksi) oranının 0,4' den küçük olması durumunda daha ayrıntılı bir analizin gerekli olduğu, bu oranın 0,4' den büyük olması durumunda ise daha ayrıntılı bir incelemeye gerek olmaksızın, sadece bu hızlı değerlendirme yönteminin sonucuna göre kullanıma devam edilebileceği sonuçlarına ulaşılmıştır [12].

2.3. ATC-21 Hızlı Davranış Değerlendirme Yöntemi

ABD' de geliştirilmiş ATC-21 (Applied Technology Council) [13], hızlı değerlendirme yöntemlerinin deprem mühendisliğindeki ilk öncülerindendir. Bu yöntemde de diğer tüm hızlı değerlendirme yöntemlerinde olduğu gibi amaç; Kısa sürede bir çok yapının deprem güvenliği hakkında fikir sahibi olmak ve deprem etkisine dayanıklı olmayan, deprem sırasında önemli hasar görebilecek yapıların belirlenmesidir. Böylece mevcut bina stoğu hızlı bir şekilde taranmış ve binaların ikincil ve ayrıntılı bir incelemeye ihtiyaç duyacak kadar güvenli olup olmadıkları belirlenmiş olur.

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 sözkonusu yapı "güvenli" olarak nitelendirilir ve ayrıntılı değerlendirmeye gereksinim duyulmaz tersi durumda yapı "güvensiz" olarak nitelendirilir ve yapıda ayrıntılı inceleme yapılması gerekir. 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.

2.3.1. ATC-21 hızlı davranış değerlendirme yönteminin adımları

2.3.1.1. Veri toplama

Değerlendirme toplanan verilerin puanlandırılması esasına dayandığından yöntemin belkide 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 v.b.)
- Yapısal olmayan elemanların (bacalar, balkon parapetleri, kalkan duvarlar v.b.) düşme tehlikesi
- Yapısal puanlar (Temel Yapısal Risk Puanı ve Eksiltici Yapısal Puanlar)
- S puanı, yorumlar ve ayrıntılı değerlendirme kontrolü

2.3.1.2. Temel yapısal risk puanı

Yapının taşıyıcılığına ve bulunduğu bölgeye bağlı olarak, meydana gelebilecek bir depremde binada oluşacak ana hasarın ihtimali olan puana Temel Yapısal Risk Puanı (TYRP) adı verilir. Burada sözü geçen “ana hasar” binanın %60 veya daha fazlasının fiziksel hasarıdır.

$$TYRP = -\log(\text{hasar ihtimali}) \quad (2.3)$$

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

2.3.1.3. 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 verilerek bu puanlar binaya verilen ana puandan çıkarılır. S puanı bu eksiltmeler sonucu elde edilmiş olur.

2.3.1.4. Kesim değeri

Tüm yapılan uygulamadan sonra elde edilen S puanını bir değerle karşılaştırmak ve bunun sonucunda yapının “güvenli” veya “güvensiz” olarak nitelendirilmesi 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 üstünde olan yapılar ise “güvenli” olarak nitelendirilir. Ancak bu Kesim Değerine karar vermek yöntemin en zor ve en çok deneyim isteyen aşamasıdır. Zira yöntemin esas amacına ulaşması ve işlevini yerine getirmesi açısından Kesim Değeri mihenk taşı gibidir.

Amacı doğrultusunda genellikle çok sayıda bina üzerinde uygulanan yöntemin Kesim Değerinin yüksek seçilmesi durumunda, incelemeden çıkacak sonuç bir çok binanın ayrıntılı incelenmesi gerektiği şeklinde olacaktır. Bu durumda maliyet artacak ve uygulanan hızlı değerlendirme yönteminin pek fazla özelliği kalmamış olacaktır. Diğer taraftan, daha düşük 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 değerleri gözönünde bulundurularak belirlenmesi gerekmektedir [10,14].

2.4. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Normlarına Göre Hızlı Değerlendirme Yöntemi

Bayındırlık ve İskan Bakanlığı tarafından benimsenen Hasar Düzeyi Belirleme Yöntemi diğer ülkelerdeki hızlı değerlendirme yöntemleri de incelenerek yapılan yaklaşımlar ve kalibrasyonlar sonucu elde edilmiş bir yöntemdir [15]. Hızlı bir şekilde mevcut yapıların depreme karşı dayanıklılığını ve hasar düzeyini belirlemek amacıyla uygulanan bu yöntemin temeli yapıdaki hasarların ve deprem hasarına etki edebilecek unsurların puanlandırılması sistemine dayanmaktadır.

Yöntemin uygulanması sonucunda elde edilen ve sınır değerlerle karşılaştırılıp yapının Toplam Hasar Düzeyinin belirlenmesine yarayan sayısal değer Toplam Hasar Puanı (THP) olarak adlandırılır. Binanın Toplam Hasar Düzeyinin belirlenmesine bağlı olarak binanın kullanılabilirlik kararı verilebilmektedir. THP'nin yüksek değerleri için incelenen yapı "güvensiz", düşük değerleri için "güvenli" olarak nitelendirilebilir.

2.4.1. Hasar düzeyi belirleme yöntemi

2.4.1.1. Veri toplama

Bu yöntemde de veri toplama işlemi benzerleri gibi önceden hazırlanmış formların doldurulması şeklindedir. Formda yer alan ve doldurulması gereken bilgiler;

- İdari bilgiler (bina sahibi, adresi, parsel no v.b.)
- Genel bilgiler (mimari özellikler, yapısal düzensizlikler, açıklıklar v.b.)
- Taşıyıcı sistem özellikleri (taşıyıcı sistem türü, döşeme sistemi, temel sistemi, dolgu duvar özellikleri, binanın yerinde dökme veya prefabrike oluşu, malzeme ve işçilik kalitesi)
- Hasar bilgileri (kalıcı yerdeğiştirmeler, kolon, kiriş, duvar veya döşemedeki hasarların şiddeti ve yaygınlığı)

Bu formdaki bilgilerin işlenmesi sonucu, sonradan yapılacak puanlama çalışmasıyla birlikte THP elde edilecek ve bununla paralel olarak Toplam Hasar Düzeyi elde edilmiş olacaktır.

Yöntemin en önemli özelliği hızlı uygulama olduğundan, incelenen binanın hasar tespitinde sadece en çok hasar görmüş kat seviyesinde oluşan hasar esas alınır. Esas alınan katın çok büyük olması durumunda katın sadece belli bir bölümünün incelenmesi yeterli olur. Böylece Toplam Hasar Düzeyi eleman sayısına göre normalize edilerek bulunabilir.

2.4.1.2. THP' nın hesabı ve toplam hasar düzeyinin belirlenmesi

THP' nı hesaplamak için beş farklı Hasar Puanından yararlanır. Bu Hasar Puanlarını kısaca açıklamak gerekirse;

Sistem Hasar Puanı (SİHP): Taşıyıcı sistem türüne ve taşıyıcı sistem elemanlarının hasar durumuna bağlı olarak hesaplanmaktadır. Değeri maksimum 100 olabilmektedir.

Çatı ve Merdiven Hasar Puanı (ÇMHP): Çatı ve merdivenin hasar durumuna bağlı olarak hesaplanmaktadır. Çatı için bu puan 0, 0,75 veya 1,5 değerini alabilmektedir. Merdiven için ise göçme veya çatlama varsa 1,0 hasarsızsa 0 olarak değerlendirilir. Toplamda 0 ile 2,5 arasında değerler alabilmektedir.

Katlar Arası Kalıcı Yerdeğiştirme Puanı (KKYP): Bu puan, yapıda katlar arası kalıcı yerdeğiştirme oluşmuş ise bunun büyüklüğüne bağlı olarak belirlenir. 0 ile 10 arasında değerler alabilmektedir.

Hasar Arttırıcı Puan (HAP): Yapının hasar görme ihtimalini etkileyecek olan durumlara (yataydaki ve düşeydeki düzensizlikler, binanın konumu, komşu yapılarla kat seviyelerinin durumu, kısa kolon olması, malzeme ve işçilik kalitesi) bağlı olarak belirlenir. 0 ile 6 arasında değerler alabilmektedir.

Aşırı Oturma Puanı (AOP): Bu puan, yapı çevresinde oturma olmuş ise bunun büyüklüğüne bağlı olarak belirlenir. 0 ile 1,5 arasında değerler alabilmektedir.

Yukarıda açıklanan Hasar Puanları, veri toplama işlemi esnasında çoğunlukla çıplak gözle yapılan gözlemler sonucu doldurulan formların incelenmesi şeklinde belirlenir. Dolayısıyla, gerek veri toplama, gerekse puanlama aşamasında incelemeyi yapan kişilerin deneyimli, konuya vakıf olmaları yöntemin doğruya yakın sonuçlar vermesi açısından çok önemlidir.

Hasar Puanlarının belirlenmesinden sonra, THP hesaplanır.

$$THP = 0,80 * S\dot{I}HP + \dot{C}MHP + KKYP + HAP + AOP \quad (2.4)$$

Son olarak, Toplam Hasar Düzeyini belirlemek amacıyla hesaplanan THP' nin sayısal olarak hangi sınır aralığına düştüğüne bakılmaktadır. Bu sınır aralıklarına göre incelenen yapı hasarsız, az hasarlı, orta hasarlı ve ağır hasarlı ifadelerinden biri ile nitelendirilir [14]. Sınırlar;

$0 \leq THP \leq 5$	Hasarsız
$6 \leq THP \leq 14$	Az Hasarlı
$15 \leq THP \leq 43$	Orta Hasarlı
$THP > 43$	Ağır Hasarlı

2.5. Bulanık Mantık Yaklaşımı

[14] no.lu çalışmada, depremde hasar gören binaların hasar düzeyinin tesbiti ve mevcut binaların deprem güvenliğinin belirlenmesi gibi konulardaki belirsizlik ve karmaşıklık durumunun giderilmesi amacıyla Bulanık Mantık Yaklaşımı öneri olarak sunulmuş ve incelenmiştir.

Bu bağlamda, geçmiş depremlerden elde edilen bilgiler bilgisayar yardımı ile işlenerek, bulanık mantığa dayalı bir sistem geliştirilmeye çalışılmıştır. Ayrıca, Bulanık Mantık Yaklaşımı ile elde edilen sonuçların alışıldık yöntemlere kıyasla gerçeğe yakınlığının ortaya çıkarılması ve yöntemlerin birbirlerine göre performanslarının karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Çalışmada, ilk olarak Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri tarafından çıkarılmış olan hasar tespit formunda yer alan katlar arası kalıcı yerdeğiştirme ve karakteristik beton basınç dayanımı gibi parametrelerin hasar tespitine etkisi Bulanık Mantık Yaklaşımı ile ele alınmıştır. Bu yaklaşımın hasar tespitine etkisini belirlemek amacıyla, Afyon ili Dinar ilçesinde bulunan ve 1996 Dinar depreminde hasar görmüş bir binada bu yaklaşım uygulanmış ve klasik yöntem ile hasarlı yapı grubuna giren bu binanın, Bulanık Mantık Yaklaşımı ile az hasarlı yapı grubuna girdiği gözlenmiştir. Bu örnekten yola çıkarak, klasik mantığın keskin sınırlarına kıyasla, bulanık mantığın insan düşünüş ve yargısına daha uygun sonuçlar verdiği söylenebilir.

Çalışmada, ikinci olarak, ülkemizde sık karşılaşılan çıkmalı binalar ile plan ve kesitte burulma düzensizliği, döşeme süreksizliği, çıkıntı düzensizliği, zayıf kat ve düşeyde süreksizlik gibi düzensizlik durumları “*Japon Sismik İndeks Yöntemi*” ne eklenerek yöntem genişletilmiş ve bu genişletilmiş yöntemeye dayanan C programlama dili ile kodlanmış bir bilgisayar programı geliştirilmiştir. Bu programda “*Sismik İndeks Yöntemi*” ndeki bodrum kat düzensizliği, kat yüksekliği farklılıklarının oluşturduğu düzensizlik, yumuşak kat, zayıf kat ve çıkmalı binalarda görülen çıkma kat düzensizliğinin etkileri bulanık mantık ile bulunmuştur. Ayrıca deprem performans indeksi I_s değerleri bulanık mantık ile hesaplanmıştır.

Kurulan bilgisayar programı kullanılarak, İstanbul ili Avcılar ilçesinde bulunan dört katlı bir bina, yine İstanbul ili Avcılar ilçesi ile Yalovada bulunan ve 1999 Marmara depreminde hasar görmüş dört katlı 2 bina olmak üzere toplam 3 binaya bulanık mantık yaklaşımı uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde, bulanık mantık çözümünün klasik yöntemlerle elde edilen çözümün keskin geçişlerini yumuşattığı, belli bir esneklik kazandırdığı ve bu durumun daha güvenilir sonuçların elde edilmesine yardımcı olduğu görülmektedir.

2.6. İstatistiksel Yöntemler

İstatistiksel değerlendirmelere dayalı yaklaşım, mevcut bina stoğundan toplanan verilerin derlenmesi ve istatistiksel olarak değerlendirilmesi ile elde edilen ve istatistiksel açıdan da anlam taşıyan sonuçların mevcut bina stoğuna uygulanması ile hızlı bir şekilde hasar tespiti yapılmasını sağlar. Bu yaklaşımda, hasar seviyelerinin hangi parametrelerle ilişkili olduğunun belirlenmesi işlemi, yöntemin gerçeğe yakın sonuçlar vermesi açısından en önemli noktadır.

2.6.1. İTÜ’ nin bir çalışması

İTÜ İnşaat Fakültesi öğretim üyelerinden oluşan bir grup 1999 Düzce depremi sonrasında Kaynaşlı ilçesinde hasar tespitine ve hasar seviyelerinde hangi parametrelerin etkin olduğunu araştırmaya yönelik istatistiksel değerlendirmeyi esas alan bir çalışma yapmıştır [16]. Çalışmada, Kaynaşlı ilçesindeki tüm yapıların %98’ ini oluşturan betonarme, yığma ve karma tip olmak üzere toplam 578 adet yapıda hızlı hasar tespiti yapılmıştır. Ayrıca depremin karakteristik özellikleri ve zemin koşulları ile bölgedeki hasar dağılımı arasındaki ilişki araştırılmıştır.

Bu çalışma kapsamında öncelikle, hasar seviyeleri ile ilişkili olabileceği düşünülen yapıların taşıyıcı sistemi, yapım yılı, kullanım amacı, kat sayısı, en hasarlı katı, yapının güçlü eksen doğrultusu, kullanılan duvar malzemesi, faya yakınlığı ve yapının hasar düzeyi gibi parametreleri içeren bir hasar tespit formu hazırlanmıştır. Daha sonra bu formlar yerlerinde doldurularak elde edilen veriler derlenmiş ve bu veriler doğrultusunda bir istatistiksel çalışma yapılmıştır.

Yapılan istatistiksel çalışmada, yöntemin içerdiği parametrelerin öncelikle istatistiksel anlamları olup olmadığı araştırılmıştır. Çoklu ve kısmi korelasyon katsayılarının anlamlılıklarının test edilmesinde “Fisher Çevrimi” inden yararlanılmıştır. Parametrelerin hasar düzeyi üzerindeki etkisini, % 90 güvenlilikle test etmek amacıyla hipotez testlerinden yararlanılmış ve bu etkinin derecesinin belirlenmesi için SPSS programı ile çoklu regresyon analizi yapılmıştır.

Çalışmadaki hasar sınıflandırması, European Macroseismic Scale 1998’ de betonarme ve yığma yapılar için verilen hasar sınıflandırmasının ülkemizdeki yapı özelliklerine uyarlanması sonucu dört seviye olarak belirlenmiştir. Yapı tipine bağlı olarak hasar seviyelerinin nasıl belirleneceği Tablo 2.1’ de görülebilir. Bu tabloda yer almayan karma tipteki yapılar ise en yüksek hasara sahip katının yapı tipi durumuna göre incelenmiştir.

Tablo 2.1: Yapı türü ve hasar seviyeleri [16]

Hasar Derecesi	Betonarme Yapılar	Yığma Yapılar
1. Derece	Yapısal hasar olarak kabul edilebilecek hasar yoktur. Sıva üzerinde küçük çatlaklar vardır.	Yapısal hasar yoktur, yapısal olmayan elemanlarda hafif hasar söz konusudur.
2. Derece	Yapısal elemanlarda 0,1 mm' ye kadar çatlaklar vardır. Yapısal olmayan elemanlarda orta hasar ve sıva parçalarında düşmeler vardır.	Hafif yapısal hasar, yapısal olmayan elemanlarda orta hasar vardır.
3. Derece	Yapısal elemanlarda orta ve onarılabılır hasar, yapısal olmayan elemanlarda ağır hasar vardır.	Yapısal elemanlarda orta hasar, yapısal olmayan elemanlarda ağır hasar vardır.
4. Derece	Onarılamaz yapısal hasar veya tamamen göçme vardır.	Yapı neredeyse tamamen yıkılmıştır, yıkılarak ortadan kaldırılmalıdır.

Çalışma sonucunda, hasar düzeyi üzerinde etkili olabileceği düşünülerek hasar tespit formlarına konan parametrelerin betonarme binalardaki hasar düzeyi üzerindeki etkisi test edilmiş ve yapı tipi, yumuşak kat etkisi ve kat sayısı parametrelerinin istatistiksel açıdan anlamlı olduğu ancak duvar tipi parametresinin anlamlı olmadığı görülmüştür ve incelenen 578 adet binanın 156 tanesi 4. derece, 42 tanesi 3. derece, 77 tanesi 2. derece ve 303 tanesi 1. derece hasarlı olarak bulunmuştur. Ayrıca bölgedeki zemin koşullarının yapısal hasar dağılımı üzerinde oldukça etkili olduğu tespit edilmiştir.

2.6.2. ODTÜ' nin bir çalışması

ODTÜ Mühendislik Fakültesi öğretim üyeleri tarafından az ve orta katlı betonarme binaların deprem performansını ve mevcut binalardaki hangi parametrelerin hasar durumunu belirlemede daha etkin olduğunu araştırmak amacıyla istatistiksel yaklaşım kullanılarak yapılan bir diğer çalışmada [17] ise Düzce ilçesinde yer alan ve 1999 Düzce depremine maruz kalmış olan 23 adet 2 katlı, 122 adet 3 katlı, 157 adet 4 katlı, 168 adet 5 katlı, ve 14 adet 6 katlı olmak üzere toplam 484 adet betonarme bina üzerinde, geliştirilen bu istatistiksel yöntem ile hızlı hasar tespiti yapılmıştır.

Bu yöntemi kısaca özetlemek gerekirse; Öncelikle, tüm hızlı değerlendirme yöntemlerinde olduğu gibi bu yöntemde de bina hakkında yerinde tespitler yapılır ve gerekli veriler toplanır. Daha sonra binaların yapısal düzeni, plandaki düzeni, düşey eleman boyutları, kat sayısı ve mimari özellikleri gibi temel bilgilerinden yararlanarak Diskriminant Fonksiyonu adı verilen bir fonksiyon elde edilir.

Belirlenmiş olan ampirik formüller uygulandıktan ve bir takım hesaplamalar yapıldıktan sonra söz konusu Diskriminant Fonksiyonu yardımıyla bir hasar puanı elde edilir ve bu hasar puanı, belirlenen bir Kesim Değeri (cut-off score) ile karşılaştırılır. Karşılaştırma sonucunda bina hakkında üç yargıdan biri verilir. Bunlar, “güvenli”, “güvensiz” ve “belirsiz” yargılarıdır. “belirsiz” olarak nitelendirilen binalar ikincil ve ayrıntılı bir değerlendirmeye tabi tutulmalıdırlar.

Söz konusu yöntemde bina hasar düzeyi üzerinde etkili olabileceği düşünülen 6 parametre belirlenmiştir. Bunlar; Kat sayısı, yumuşak katın varlığı, katlardaki çıkma oranı, çerçeve sürekliliği, minimum görelî rijitlik indisi, minimum görelî mukavemet

indisi olarak sıralanır. Yapılan çalışma sonucunda elde edilen veriler incelendiğinde en etkin ve belirleyici parametrenin kat sayısı olduğu ortaya çıkmıştır.

Yukarıda adı geçen ve bina hakkında verilen kararda etkisi oldukça önemli olan Kesim Değeri belli bir depremden veya belli bir bölgenin özelliklerinden elde edildiği için zemin özelliklerine ve depremin kaynak noktası uzaklığına bağlı olarak değişkenlik gösteren yer hareketi değeri yöntemin içine dahil edilmiştir. Böylece yöntemin aynı bina tipine sahip farklı bölgelerde uygulanabilirliği sağlanmış ve güvenilirliği arttırılmıştır. Zira bu yöntem Düzce ilinde bulunan 484 bina dışında, 1992 Erzincan ve 2002 Afyon depremlerine maruz kalmış olan bir çok binada da uygulanmış ve sağlıklı sonuçlar vermiştir.

2.7. Durtes Yöntemi

İÜ Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü tarafından İstanbul ili Bakırköy ilçesinde bulunan yapı stoğunun deprem güvenliğinin analizi kapsamında yapılan çalışmada yaklaşık olarak on bin adet bina üzerinde yapı durum tesbiti ile ilgili detaylı incelemeler yapılmıştır. Bu çalışmalar esnasında hızlı değerlendirme yapan bir algoritma ve bilgisayar programı kullanılmış ve geliştirilmiştir [18].

Bu çalışmada, öncelikle incelenen binanın, matematiksel esasa göre değerlendirilebilmesi için gerekli olan optimum bilgiler belirlenmiş ve bu doğrultuda bu bilgilerin yer aldığı bir anket formu hazırlanmıştır. Bu anket formundaki bilgilerin yerinde doldurulması ve bu bilgilerin söz konusu algoritmayı kullanan “*DURTES*” (DURum TESbit programı) adlı bilgisayar programına aktarılması sayesinde binaların maruz kalacağı deprem yükü, taşıyabileceği deprem yükü ve mukavemeti gibi özellikler çok hızlı bir şekilde belirlenebilmektedir.

Geliştirilen bu programın amacı binaların inceleme sonuçlarının hızlı bir biçimde ve doğruya en yakın şekilde verilmesini sağlamaktır. Farklı tecrübeler ve vizyona sahip uzmanların görüşlerinde yapılabilecek hataları en aza indirmek için bina ile ilgili değerlendirme ve yorumlar tamamen matematiksel prensiplerle yapılmakta ve raporlar program tarafından otomatik olarak hazırlanmaktadır. Program, yapıda oluşabilecek taban kesme kuvvetini deprem şartnamesinde öngörülen kesin yöntemlere göre belirlemektedir. Ancak eğilme momenti, eksenel kuvvet gibi kesit tesiri dağılımlarını belli parametreler üzerine kurulmuş formüllerle hesaplamaktadır.

“*DURTES*” in izlediği yöntem kısaca şöyledir; Binanın malzeme özelliğini de göz önüne alarak, farklı özelliklerde olsalar bile maruz kaldıkları yüklere karşılık, birim alan için sahip olması gerekli olan, yapısal eleman büyüklüklerini belirleyerek bir katsayı elde etmekte (K1: mukavemet puanı) ve bu katsayıya göre binaları gruplandırmaktadır. Her binanın mevcut durumuna göre ayrıca bir puan verilmektedir (K2: kusur puanı). K1 katsayısı yönetmeliklerdeki kriterlere göre, K2 katsayısı ile yapının mevcut durumunu göz önüne alan yaklaşık olarak 100 adet parametreye göre belirlenmektedir.

Söz konusu parametrelere karşılık gelen puan ise, program kullanıldıkça ve verdiği sonuçlar kesin çözüm yöntemlerinin sonuçları ile kıyaslandıkça kalibre edilmektedir. Bu kesin çözüm yöntemleri ile kıyaslama örnekleri çoğaldıkça ve parametrelere karşılık gelen puanlar kalibre edildikçe programın verdiği sonuçlar gerçeğe daha da yaklaşmaktadır. Kaldı ki, yapılan çalışmalarda, detaylı analizler yapılarak incelenen bazı yapıların sonuçları ile “*DURTES*” in verdiği sonuçların oldukça uyduğu görülmüştür.

2.8. Kolon ve Duvar İndeksleri Yöntemi

Az katlı binaların kolon ve duvar boyutlarını göz önüne alarak binanın deprem performansının ve mevcut hasar durumunun hızlı bir şekilde belirlenmesini amaçlayan bu çalışmada *Ahmed F. Hassan ve Mete A. Sozen* 1992 Erzincan depreminde hasar görmüş olan toplam 46 bina üzerinde çalışmışlardır. Bu 46 binanın 10 tanesi 1 katlı, 5 tanesi 2 katlı, 20 tanesi 3 katlı, 8 tanesi 4 katlı ve 3 tanesi 5 katlıdır. Bu verilere bakıldığında, incelenen binaların az katlı olduğu söylenebilir.

Çalışmada ilk olarak, 1968’ de gerçekleşen Tokachi-Oki depreminden sonra, *T. Shiga, A. Shibata ve T. Takahashi* tarafından bu depremde elde edilen doneler kullanılarak geliştirilen SST yöntemi kullanılmıştır. Ancak daha sonra bu yöntemin söz konusu 46 binaya uygulanmasının sağlıklı sonuçlar vermeyeceği sonucuna varılmıştır. Zira, SST yönteminde incelenen binalar benzer tipte ve iyi inşa edilmiş betonarme perde duvarlara sahiptirler. Bu yöntemin, içlerinde birbirlerinden oldukça farklı tipte binaların bulunduğu bu yapı stoğuna uygulanması doğruya yakın sonuçlar vermeyebilir. Bu nedenle çalışmada, SST yöntemine benzer ama farklı yeni bir yöntem geliştirilmiştir.

Aynı bölge içerisinde bulunup birbirinden oldukça değişken tipe sahip az katlı binaların deprem güvenliklerinin belirlenmesi amacıyla geliştirilen bu yöntemin işleme prensibi, temeldeki etkili duvar alanının binanın temel üstündeki toplam kat alanına oranı olan Duvar İndeksi (*Wall Index*) ve temeldeki etkili kolon alanının temel üstündeki toplam kat alanına oranı olan Kolon İndeksi (*Column Index*) hesaplandıktan sonra, bu indekslerin Şekil 2.1’ de gösterilen grafikte işlenmesi ile elde edilen sonuç grafiğinin değerlendirilmesi şeklindedir. Grafikte her bina iki koordinat sistemindeki değerlerin çakıştığı bir nokta olarak gösterilmekte ve bu noktalara göre hasarsız (*none*), hafif hasarlı (*light*), orta hasarlı (*moderate*), ağır hasarlı (*severe*) olarak değerlendirilmektedir. Söz konusu grafikte Y doğrultusunda Duvar İndeksi, X doğrultusunda Kolon İndeksi gösterilir.

Duvar İndeksi (WI):

$$WI = \frac{A_{wt}}{A_{ft}} \times 100 \quad (2.5)$$

A_{ft} : Temel üstündeki toplam kat alanı

A_{wt} : Duvarların etkili kesit alanı

$$A_{wt} = A_{cw} + \frac{A_{mw}}{10} \quad (2.5a)$$

A_{cw} : Temeldeki betonarme perde duvarların bir yöndeki kesit alanı

A_{mw} : Temeldeki dolgu duvarlarının bir yöndeki kesit alanı

Kolon İndeksi (CI):

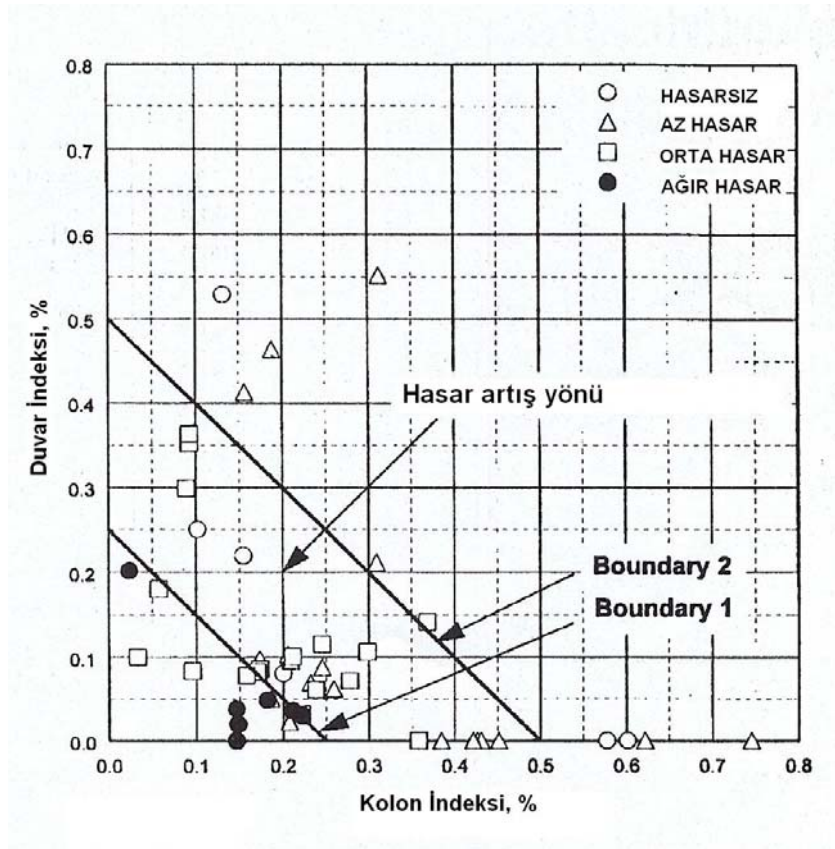
$$CI = \frac{A_{ce}}{A_{ft}} \times 100 \quad (2.6)$$

A_{ce} : Temeldeki kolonların etkili kesit alanı

$$A_{ce} = \frac{A_{col}}{2} \quad (2.6a)$$

A_{col} : Temel üstündeki kolonların toplam kesit alanı

Yukarıdaki formüllerden de anlaşılacağı gibi, betonarme perde duvarların etkisi %100, dolgu duvarların etkisi %10, kolonların etkisi ise %50 olarak alınır. Grafikte Sınır 1 (*Boundary 1*) ve Sınır 2 (*Boundary 2*) isimli iki adet sınır çizgisi vardır. Bu sınır çizgileri hesaplanan indeksler sonucu nokta olarak grafikteki yerini alan binaların hasar tesbit kararı için oldukça önemlidir. Söyle ki; Sınır 1 ile X ve Y aksları arasında kalan üçgen alan içinde bulunan binalar, Sınır 2' nin dışında kalan binalara göre çok daha risk altındadır, bu iki sınır çizgisi arasında kalan binalar ise şüpheli binalardır. Bir başka deyişle orjine yaklaşıldıkça hasar oranının artacağı söylenebilir.



Şekil 2.1: Kolon ve duvar indeksleri yöntemi sonuç grafiği [19]

İncelenen bina hakkında “yıkılmalı” veya “güçlendirilmeli” kararının verilmesinde etkin rol oynayan üçüncü bir indeks Öncelik İndeksi (*Priority Index*) Duvar İndeksi ve Kolon İndeksinin toplamı şeklinde tanımlanır. Bu indeksin değeri düştükçe binanın risk seviyesinin de arttığı kabul edilir.

Öncelik İndeksi (*PI*):

$$PI = WI + CI \quad (2.7)$$

Çalışma sonucunda, incelenen 46 adet binanın 8 tanesi hasarsız, 19 tanesi hafif hasarlı, 17 tanesi orta hasarlı ve 2 tanesi ağır hasarlı olarak tanımlanmıştır. Şüphesiz ki; yöntem malzeme kalitesi, kat yükseklikleri, kiriş özellikleri, düzensizlikler v.b. gibi bir çok değişkeni hasar tespitinde bir parametre olarak hesapların içine almıyor. Bu da yapı hakkında verilen kararın şüpheli olduğu kanaatini doğurabilir. Ancak yöntemin amacı yapı hakkında kesin karar vermek değil, incelenen binaların kolay ve hızlı bir şekilde gözden geçirilmesini sağlamaktır [19].

Söz konusu çalışmadan yaklaşık 2 yıl sonra yine aynı binalar üzerinde *Polat Gülkan ve Mete A. Sözen* tarafından yapılan bir çalışmada ise yöntem, bir takım yeni parametrelerin eklenmesi ve daha ayrıntılı hesaplamalar ile daha sağlıklı ve doğruya yakın sonuçlar veren bir yöntem haline getirilmiştir. Bu yöntemde kullanılan parametreler binanın kat adedi, binanın birim kütlesi, beton ve taşıyıcı olmayan duvarlara ait malzeme özellikleri, dolgu duvarlarının tipi ve mesnetlenme koşulları, kolon ve kirişlerin görelî boyutları ve birbirlerine mesnetlenme durumları, kolon burkulma katsayısı ve duvar geometrisi, ortalama kat yüksekliği, temel tipi ve zemin koşulları, kolon alanının kat alanına oranı, dolgu duvar alanının kat alanına oranıdır [20].

2.9. Kapasite İndeksi Yöntemi

Bu yöntemde kritik kattaki her kolon ve betonarme perde duvar için ampirik olarak hesaplanan kesme kuvveti kapasiteleri, deprem yönetmeliği esaslarına göre bulunan bina taban kesme kuvveti ile karşılaştırılmaktadır. Daha açık olarak anlatılmak istenirse, iki değerin birbirine oranı alınmakta ve çıkan değer bir takım parametrelerle çarpılarak elde edilen CPI değerine bakılarak yapı hakkında yargıda bulunulmaktadır. CPI değerini elde etmek için aşağıdaki formüllerden yararlanılır.

CPI değerı :

$$CPI = C_a \times C_m \times \frac{V_{wy}}{V_{code}} \quad (2.8)$$

V_{code} : Deprem yönetmeliği ile bulunan bina taban kesme kuvveti

C_m ve C_a : Binanın karakteristik değerlerine ve düzensizlik durumlarına bağlı katsayılar

$$V_{cap} = \sum 0,65 \times \alpha \times f_{ctk} \times b_w \times h \quad (2.8a)$$

α : Birimlerin (mm) ve (Mpa) alınması durumunda 0,65 alınır

f_{ctk} : Betonun karakteristik çekme dayanımı

b_w ve h : Kolon boyutları

$$V_{wy} = \frac{V_{cap}}{0,95 \times e^{0,125m}} \left(46 \frac{A_w}{A_{gf}} + 1 \right) \quad (2.8b)$$

m : Kat sayısı

Yönteme göre, CPI değerinin 1,5' dan küçük olması durumunda yapının göçme riskinin yüksek olduğu yargısına varılır [21].

3. P25 PUANLAMA YÖNTEMİ

Bu bölümde, çalışmada kullanılan ve halen 106M273 no.lu Tubitak Araştırma Projesi kapsamında geliştirilmekte olan ve kalibre edilmeye çalışılan yöntemin nasıl bir yol izlediği, mevcut binaların hangi değişkenlerini nasıl ele aldığı ve elde edilen verilerin hesaplarda nasıl kullanıldığı konusunda bilgiler verilecektir.

3.1. Yöntemde İzlenen Adımlar

3.1.1. Binanın kimlik bilgilerinin işlenmesi ve kritik katının belirlenmesi

İlk olarak incelenecek olan binanın adı, bulunduğu il – ilçe, açık adresi, yapım yılı ve kat adedi gibi binanın kimlik bilgileri sayılabilecek bilgiler işlenir. Ayrıca, çalışmada belli bir bina stoğu incelendiğinden bir çok bina arasından kolayca istenilen binaya ulaşılabilmesi açısından binalara bir kod numarası verilir. Bu çalışmada, binanın bulunduğu il – ilçe, hasar derecesi ve kat adedi gibi bina bilgilerinin kısaltılarak yazılması ile oluşturulan bir kodlama kullanılmıştır.

İkincil olarak binanın kritik katı belirlenir, zira yöntemdeki çalışmalar ve hesaplamalar kritik kat ve bir üzerindeki kat baz alınarak yapılır. Bu nedenle, kritik katın belirlenmesi önemli bir adımdır. Genellikle binanın zemin katı kritik katdır. Ancak bazı istisnalar olabilir. Örneğin, bodrum kata sahip bir binada bodrum katta hiç perde bulunmuyorsa ya da rijit kabul edilemeyecek düzeyde perde teşkil edilmiş ise bu binada kritik kat bodrum kat olarak düşünülür.

Bu örneğin dışında, çok nadiren rastlansada binanın zayıf katı üst katlarda da bulunabilmektedir. Bina üzerinde inceleme yapılırken şüphelenilen durumlarda binanın kritik katı olabileceği düşünülen her kat için hesaplama yapılmalı ve bina, en küçük çıkan Performans Puanına göre değerlendirmeye alınmalıdır.

3.1.2. Binanın kartezyen sisteme oturtulması ve boyutların işlenmesi

Bina, planda bir kartezyen (X - Y koordinat sistemi) sisteme oturtulur ve belirlenmiş olan bina kritik katındaki ve bir üzerindeki kattaki kolonların, betonarme perde duvarlarının ve dolgu duvarlarının “X” ve “Y” yönündeki boyutları işlenir. Bu

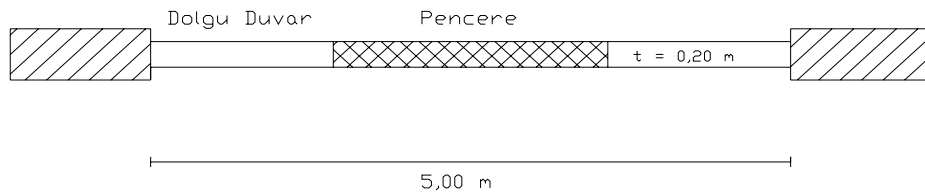
boyutlar ilerde bina kritik katının alan ve rijitlik indekslerinin ve f_{l2} düzeltme faktörünün hesaplanması için sisteme işlenir. Her ne kadar basit bir işlem gibi görünsede eleman boyutları işlenirken bazı belirsizlik durumlarıyla karşılaşılabilir. Bu durumların nasıl aşılabacağı aşağıda özetlenmiştir.

3.1.2.1. Dolgu duvar boyutlarının işlenişi

Dolgu duvar boyutları sisteme işlenirken binanın kritik katının ve kritik katın bir üstündeki katının mimari planlarına bakılır. Ancak, binanın mimari planında görünen her dolgu duvar sisteme işlenmez. Sadece, yapısal sistem içerisindeki çerçeveyi dolduran veya betonarme düşey taşıyıcı elemanlardan herhangi biri ile en az bir taraftan teması olan dolgu duvarlar hesaplarda kullanılmak üzere sisteme işlenir. Betonarme düşey taşıyıcı elemanlardan herhangi biri ile hiç bir teması bulunmayan dolgu duvarları, binanın yanal rijitliğine hiç bir etkisi bulunmadığı için hesaplarda kullanılmayacağından sisteme işlenmez.

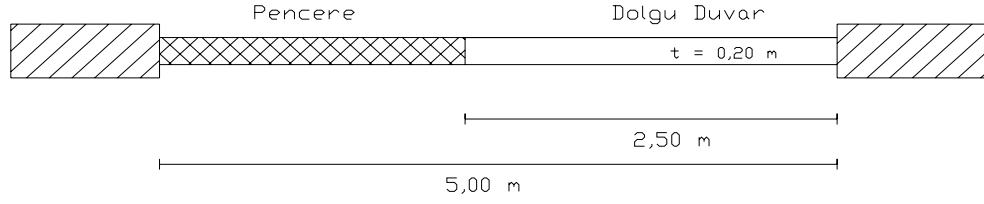
Dolgu duvarlarının içerisinde bulunabilecek pencereler duvarlarda süreksizlik yaratacağından sisteme aşağıdaki gibi işlenir;

- Eğer dolgu duvarın ortasında pencere mevcut ise duvarın plandaki uzunluğu aynen alınır. Fakat kalınlık olarak duvarın gerçek kalınlığının yarısı alınır. Örneğin, Şekil 3.1' deki duvarın boyutları ($L = 5$ m) ve ($t = 0,1$ m) olarak alınır.



Şekil 3.1: Dolgu duvarın ortasında mevcut olan pencere durumu

- Eğer dolgu duvarın köşesinde pencere mevcut ise duvarın kalınlığı aynen alınır. Fakat uzunluk olarak pencere uzunluğu dahil edilmedenki duvar uzunluğu alınır. Örneğin, Şekil 3.2' deki duvarın boyutları ($L = 2,5$ m) ve ($t = 0,2$ m) olarak alınır.



Şekil 3.2: Dolgu duvarın köşesinde mevcut olan pencere durumu

3.1.2.2. Kesit idealizasyonu

Bazı durumlarda, incelenen binalardaki kolonların, betonarme perde duvarlarının ve dolgu duvarlarının binanın kartezyen sistemi olarak belirlenen “X” ve “Y” yönündeki boyutları, ilgili paftalardan bakılarak sisteme işlenirken belirsizliklerle karşılaşılabilir. Bu belirsizlikler iki durum şeklinde karşımıza çıkar. Birincisi, sisteme işlenmek istenen elemanın dikdörtgenden farklı bir kesite sahip olması durumudur. İkincisi ise işlenmek istenen elemanın ortogonal olmaması yani binanın kartezyen sistemi (global eksen sistemi) ile elemanın lokal eksen sisteminin belli bir açı yapması durumudur. Böyle durumlarda, söz konusu eleman parçalara ayrılarak toplam alan ve atalet momenti değerleri elemanın kendi lokal eksen sisteminde hesaplanır ve sonradan global eksen sistemine çevrilerek elemanın bu eksen sistemindeki eşdeğer boyutları bulunur ve sisteme işlenir.

3.1.2.3. Eleman katsayısı

İncelenen binadaki betonarme perde duvarlarının boyutları işlenirken dikkat edilmesi gereken bir diğer husus da, özellikle merdiven kovalarında oluşturulan güçlü betonarme perde duvarlarının binanın çerçeve sistemi ile olan bağlantısı ve bu bağlantının derecesidir. Zira, genellikle “U” şeklinde olan bu perde duvarlarının deprem sırasında etkili bir şekilde çalışmadığı ve binanın burulma direncine olumsuz etki yaptığı bilinmektedir. Bu tür elemanlarda, öncelikle bir önceki bölümde anlatıldığı gibi Kesit İdealizasyonu yapılır. Daha sonra elemanın Eleman Katsayısı belirlenmelidir. Bu katsayı binanın incelenen katındaki ele alınan elemanın kaç adet olduğunu gösteren bir katsayıdır. Örneğin, binanın incelenen katında bulunan 50 x 40 boyutlarındaki kolondan iki adet var ise bu eleman için Eleman Katsayısı değeri 2’ dir. Ancak, bahsedildiği gibi bir elemanda bu katsayı, elemanın çerçeve sistemi ile olan bağlantı durumuna göre Denklem 3.1 ile belirlenir;

$$b / n \quad (3.1)$$

b : elemana birleşen kiriş sayısı

n : elemana birleşebilecek maksimum kiriş sayısı

Eğer, elemana hiç kiriş birleşmiyor ise Eleman Katsayısı 0,10 alınır.

3.1.3. Alan ve rijitlik indekslerinin hesaplanması

Yöntemin bu adımında öncelikle, bir önceki adımda işlenen veriler kullanılarak bina kritik katındaki ve bir üzerindeki kattaki kolonların, betonarme perde duvarlarının ve dolgu duvarlarının alanları ve atalet momentleri hesaplanır ve işlenir. Daha sonraki işlemler sırasıyla aşağıda ayrıntılı olarak anlatılmıştır.

- Kritik kattaki toplam etkili kesme alanı ($A_{ef,x}$ ve $A_{ef,y}$) her iki yön için de hesaplanır

$$A_{ef,x} = A_c + A_{sx} + 0,15A_{wx} \quad (3.2)$$

$$A_{ef,y} = A_c + A_{sy} + 0,15A_{wy} \quad (3.3)$$

A_c : Kritik kattaki tüm kolonların alanlarının toplamı

A_{sx} : Kritik kattaki X yönünde çalışan betonarme perde duvarlarının alanlarının toplamı

A_{sy} : Kritik kattaki Y yönünde çalışan betonarme perde duvarlarının alanlarının toplamı

A_{wx} : Kritik kattaki X yönünde çalışan dolgu duvarlarının alanlarının toplamı

A_{wy} : Kritik kattaki Y yönünde çalışan dolgu duvarlarının alanlarının toplamı

- Kritik kattaki toplam etkili atalet momenti ($I_{ef,x}$ ve $I_{ef,y}$) her iki yön için de hesaplanır

$$I_{ef,x} = I_{cx} + I_{sx} + 0,15I_{wx} \quad (3.4)$$

$$I_{ef,y} = I_{cy} + I_{sy} + 0,15I_{wy} \quad (3.5)$$

I_{cx} : Kritik kattaki tüm kolonların X yönündeki alalet momentleri toplamı

I_{cy} : Kritik kattaki tüm kolonların Y yönündeki alalet momentleri toplamı

I_{sx} : Kritik kattaki Y yönünde çalışan betonarme perde duvarlarının atalet momentleri toplamı

I_{sy} : Kritik kattaki X yönünde çalışan betonarme perde duvarlarının atalet momentleri toplamı

I_{wx} : Kritik kattaki Y yönünde çalışan dolgu duvarlarının atalet momentleri toplamı

I_{wy} : Kritik kattaki X yönünde çalışan dolgu duvarlarının atalet momentleri toplamı

Denklem 3.2, 3.3, 3.4 ve 3.5' te dolgu duvarlarının gerek alanlarının gerekse atalet momentlerinin toplamının başına getirilen 0,15 katsayısı dolgu duvarın elastisite modülünün betonun elastisite modülüne oranını ifade etmektedir.

- Kritik kattaki X yönündeki etkili kesme alanı indeksi hesaplanır

$$C_{Ax} = 9 \times 10^5 (\sum A_{ef,x}) / A_p \quad (3.6)$$

- Kritik kattaki Y yönündeki etkili kesme alanı indeksi hesaplanır

$$C_{Ay} = 9 \times 10^5 (\sum A_{ef,y}) / A_p \quad (3.7)$$

- Kritik kattaki X yönündeki etkili rijitlik indeksi hesaplanır

$$C_{Ix} = 9 \times 10^5 [(\sum I_{ef,x}) / I_{px}]^{0,4} \quad (3.8)$$

- Kritik kattaki Y yönündeki etkili rijitlik indeksi hesaplanır

$$C_{Iy} = 9 \times 10^5 [(\sum I_{ef,y}) / I_{py}]^{0,4} \quad (3.9)$$

Denklem 3.6, 3.7, 3.8 ve 3.9' da yer alan (A_p) ve ($I_{px} - I_{py}$) değerleri sırasıyla kritik kattaki kat alanı ve kat atalet momentleri değerleridir.

$$A_p = L_x \times L_y \quad (3.10)$$

$$I_{px} = \frac{L_x L_y^3}{12} \quad (3.11)$$

$$I_{py} = \frac{L_y L_x^3}{12} \quad (3.12)$$

Bu adımda son olarak;

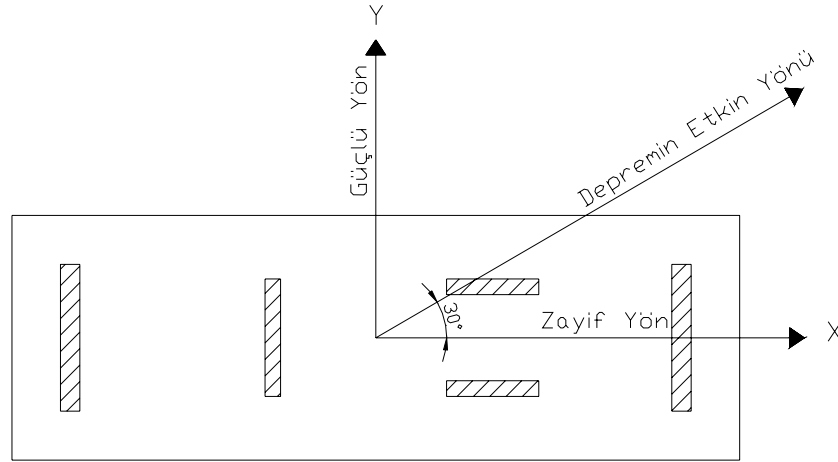
- Kritik kattaki etkili kesme alanı indeksi hesaplanır

$$C_A = \left[(0,87C_{A,\min})^2 + (0,5C_{A,\max})^2 \right]^{0,5} \quad (3.13)$$

- Kritik kattaki etkili eğilme rijitliği indeksi hesaplanır

$$C_I = \left[(0,87C_{I,\min})^2 + (0,5C_{I,\max})^2 \right]^{0,5} \quad (3.14)$$

Denklem 3.13 ve 3.14’deki, “0,87” ve “0,5” çarpanları, depremin etkin yönünün binanın zayıf yönü ile 30 derece açı yaptığı kabul edilerek $\cos 30^\circ = 0,87$ ve $\sin 30^\circ = 0,5$ şeklinde elde edilmişlerdir. Şekil 3.3’de depremin etkin yönünün nasıl kabul edildiği görülebilir.



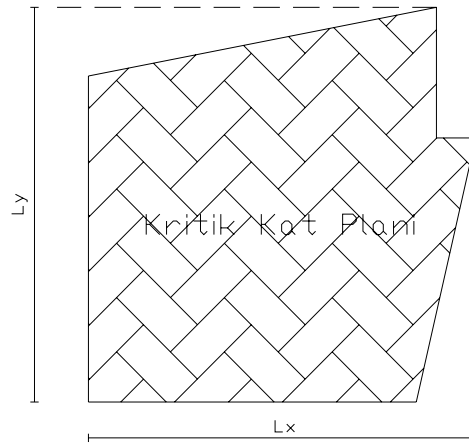
Şekil 3.3: Depremin etkin yönü

Dikkat edilirse, bu adımda (alan ve rijitlik indekslerinin hesabında) sadece kritik kata ait olan alanlar ve atalet momentleri hesaplamalarda kullanılmıştır. Kritik katın bir üzerindeki kata ait olan değerler ise hiç kullanılmamıştır. Bu değerler sadece ileride, ayrıntılı bir şekilde tanımlanan f_{12} düzeltme faktörünün hesabında kullanmak amacıyla hesaplanır.

3.1.3.1. Kritik kat çevre uzunluklarının belirlenmesi

Yukarıda bahsi geçen L_x ve L_y değerleri binanın kat kalıp planındaki kartezyen sisteme göre belirlenen kritik kat çevre uzunluklarıdır. Dikdörtgen plana sahip bir binada bu uzunlukların belirlenmesi oldukça basittir. Ancak, dikdörtgenden farklı

plana sahip bir binada bu uzunlukların nasıl alınması gerektiği önemlidir. Şekil 3.4’ de söz konusu çevre uzunluklarının farklı plana sahip binalarda nasıl alınması gerektiği gösterilmiştir. Burada belirlenen çevre uzunluklarının çarpımından elde edilecek kat alanı değeri gerçek kat alanı değerinden daha büyük olacaktır ve bu da Performans Puanına azaltıcı etki yapacaktır. Bu sayede, farklı plana sahip binalarda oluşabilecek düzensizlik durumları yönteme yansımış olacak ve daha gerçekçi sonuçlar elde edilecektir.



Şekil 3.4: Farklı plana sahip binalardaki kat çevre uzunlukları

3.1.4. “K” değerinin hesaplanması

İncelenen binanın “P” Performans Puanının bulunmasından bir önceki adım olan “K” değerinin hesaplanması için Denklem 3.15’ ten yararlanılır. Formülde yer alan “ C_A ” ve “ C_I ” değerleri bir önceki adımda anlatılan kritik kattaki etkili kesme alanı ve etkili eğilme rijitliği indeksleridir. Buradaki “ t_0 ” değeri ise binanın yüksekliğini temsil eden bir parametredir. Bina yüksekliği parametresi adı verilen bu değer arttıkça binanın “P” Performans Puanı azalacaktır.

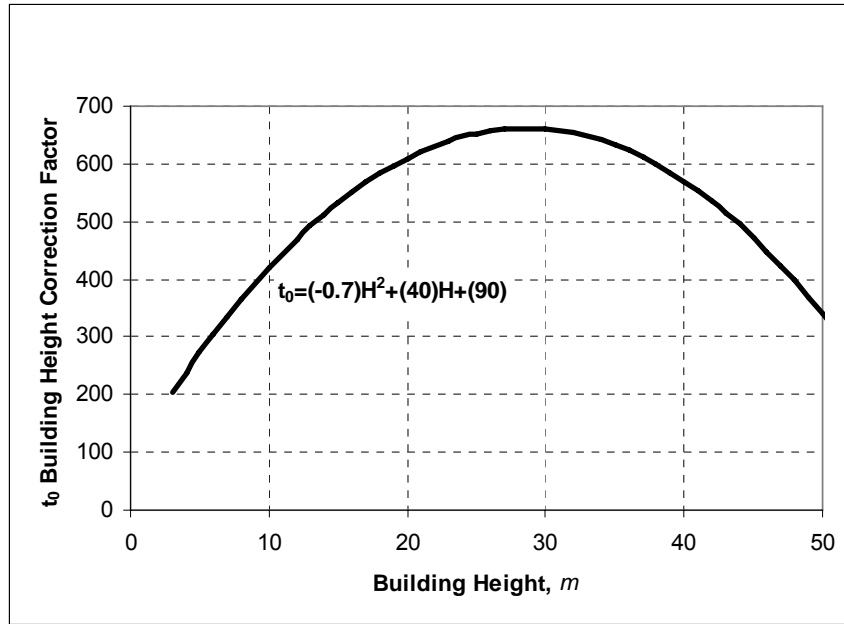
$$K = \frac{C_A + C_I}{t_0} \quad (3.15)$$

Mevcut bir binanın kat sayısı, dolayısıyla da yüksekliği arttıkça binanın kütlesi ve binaya etkileyen deprem kuvvetinin moment kolu büyür. Bu da binada deprem sırasında oluşacak olan taban kesme kuvvetinin artmasına neden olur. Bu nedenle, incelenen binanın “P” Performans Puanının hesaplanmasında bina yüksekliği parametresi de hesaplara dahil edilmelidir.

Sözü edilen bina yüksekliği parametresinin bina yüksekliği ile lineer olarak artması gerçekçi olmayacaktır. Zira, Deprem Yönetmeliğinde yer alan İvme Spektrum Eğrisine bakıldığında, yüksek katlı binaların yüksek periyotları nedeniyle bir noktadan sonra daha az deprem kuvvetini üzerlerine çektikleri görülür. Bu durum düşük katlı binalarda ise aksi halde görülür. Bu nedenle, bina yüksekliği parametresi için Denklem 3.16 geliştirilmiştir.

$$t_0 = -0,7H^2 + 40H + 90 \quad (3.16)$$

Bu denklemin grafik şeklinde gösterimi olan Şekil 3.5' e bakıldığında; Az katlı binalardaki bina yüksekliği parametresinin yaklaşık olarak bina yüksekliği ile birlikte lineer artmakta olduğu, yüksek katlı binalarda ise bina yüksekliği parametresinin bina yüksekliği arttıkça azalmakta olduğu görülebilir. Bu durumda göstermektedir ki Denklem 3.16, Deprem Yönetmeliğindeki İvme Spektrum Eğrisinde yer alan olguyu oldukça gerçekçi temsil etmektedir.



Şekil 3.5: Bina yüksekliği parametresinin bina yüksekliği ile değişimi

3.1.4.1. Bina yüksekliğinin (H) belirlenmesi

Bina yüksekliğinin belirlenmesi her ne kadar basit bir olay gibi görünse de bir takım durumlarda bu yüksekliğin belirlenmesinde belirsizlikler ve karmaşıklıklar doğabilir. Bina yüksekliği belirlenirken dikkat edilmesi gereken hususlar aşağıda özetlenmiştir;

- i) Binada yer alan çatı katı ve çekme kat gibi katlar bina yüksekliğine dahil edilir.

- ii) Binadaki çatı konstrüksiyonu ve betonarme olmayan çatı katı gibi yükseklikler bina yüksekliğine dahil edilmez.
- iii) Binada bodrum kat mevcut ise bu durumda bodrum kattaki betonarme perdelerin düzenine bakılarak, bodrum kat yüksekliğinin bina yüksekliğine dahil edilip edilmemesi konusunda bir karar verilir. Bu karar, biraz da yapıyı inceleyen mühendisin insiyatifinde olup aşağıdaki iki hususa dikkat edilerek verilmelidir;
- Eğer bodrum kat çevresi tamamen betonarme perde duvarlar ile çevrilmiş ise bodrum kat yüksekliği bina yüksekliğine dahil edilmez.
 - Eğer bodrum katta kısmi olarak betonarme perde duvarlar teşkil edilmiş ise mevcut duruma göre bodrum kat yüksekliği bina yüksekliğine belli bir oranda veya tamamen dahil edilir.

3.1.5. “P” performans puanının hesaplanması

Yöntemin son adımı olan bu adımda incelenen binanın “P” Performans Puanı Denklem 3.17 ile elde edilir. Buradaki “ f_i ” değerleri 25 adet düzeltme faktörünü temsil etmektedir. Bu düzeltme faktörleri bir sonraki bölüm olan Bölüm 3.2.’ de ayrıntılı olarak ele alınmıştır.

$$P = K \prod_{i=1}^{25} f_i \quad (3.17)$$

Son olarak, elde edilen “P” Performans Puanına bakılarak incelenen bina hakkında bir hüküm verilir. [3] no.lu çalışmada “P25 Puanlama Yöntemi” 126 bina üzerinde uygulanmış ve elde edilen sonuçlar ışığında binanın sahip olduğu “P” Performans Puanına göre hangi risk bölgesinde kaldığını gösteren bant genişlikleri şöyle belirlenmiştir;

- $P \geq 40 \quad \Rightarrow$ Düşük Risk Bölgesi: Bina, olası bir depremde belirli bir hasar alabilir ancak can kaybına yol açabilecek toptan göçme yaşanmayacaktır.
- $40 > P > 15 \quad \Rightarrow$ Şüpheli Risk Bölgesi: Binanın durumu şüphelidir. İkincil ve ayrıntılı bir incelemeye tabi tutulmalıdır.

$P \leq 15 \Rightarrow$ Yüksek Risk Bölgesi: Bina olası bir depremde büyük olasılıkla toptan göçecektir. En kısa zamanda güçlendirilmesi veya yıkılması gereklidir.

3.2. Düzeltme Faktörleri

Yöntemin son adımında işleme koyulan bu faktörler, incelenen binadaki bir takım olumlu ve olumsuz özelliklere ve bir takım ampirik formüllere dayanarak elde edilen sayısal değerlerden ibaretlerdir. Düzeltme Faktörlerinin hepsi ile, binanın düşey taşıyıcı elemanları ve dolgu duvarlarının alanları ve rijitlikleri ile elde edilen “ K ” değeri çarpılarak binanın Performans Puanı olarak tanımlanan “ P ” sonuç puanı elde edilir. Çalışma konusu yöntemin isminden de anlaşılacağı gibi 25 adet Düzeltme Faktörü vardır. Bu faktörler nicelik ve niteliklerine göre belirli değerler alırlar ve aralarında “Yapısal Düzeltme Faktörleri” ve “Temel ve Zemin Düzeltme Faktörleri” olarak ikiye ayrılırlar.

3.2.1. Yapısal düzeltme faktörleri

f_1 : Burulma Düzensizliği İle İlgili Faktör

ABYYHY 98’ de birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük görelî kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama görelî ötelemeye oranı ile ifade edilen A1 türü düzensizliği temsilen yöntemde yerini bulan bu faktör, binadaki betonarme perde veya dolgu duvarlarının planda burulmaya sebebiyet verebilecek şekilde bulunması veya bulunmaması ile ilgili bir düzeltme faktörüdür. Duruma bağılı olarak faktörün alabileceğı değerler Tablo 3.1’ de görülebilir.

Tablo 3.1: Burulma düzensizliği ile ilgili faktör (f_1)

Durum	Binadaki betonarme perde ve dolgu duvarlarının planda dengeli olması durumu	Binadaki betonarme perde ve dolgu duvarların bir kısmının, burulmaya sebebiyet verebilecek şekilde bir tarafta ve bir yönde bulunması durumu	Binadaki betonarme perde ve dolgu duvarların bir kısmının, her iki yönde de burulmaya sebebiyet verebilecek şekilde bulunması durumu
Değer	1,00	0,98	0,96

f₂: Döşeme Süreksizliği İle İlgili Faktör

ABYYHY 98’ de tanımlanan A2 türü düzensizliği temsilen yöntemde yerini bulan bu faktör, binadaki döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması veya olmaması ve deprem yüklerinin düşey taşıyıcı elemanlara güvenle aktarılabilmesini güçleştiren durumların bulunması veya bulunmaması ile ilgili bir düzeltme faktörüdür. Duruma bağlı olarak faktörün alabileceği değerler Tablo 3.2’ de görülebilir.

Tablo 3.2: Döşeme süreksizliği ile ilgili faktör (f_2)

Durum	Döşemede kat brüt alanının 1/3’ ünü geçen boşluklar ve ani rijitlik azalması hallerinden hiçbirinin bulunmaması durumu	Döşemede kat brüt alanının 1/3’ ünü geçen boşluklar veya ani rijitlik azalması hallerinden birinin bulunması durumu	Döşemede kat brüt alanının 1/3’ ünü geçen boşluklar ve ani rijitlik azalması hallerinden ikisinin de bulunması durumu
Değer	1,00	0,98	0,96

f₃: Taşıyıcı Düşey Elemanların Süreksizliği İle İlgili Faktör

ABYYHY 98’ de taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin veya guseli kolonların üstüne veya ucuna oturtulması, ya da üst kattaki perdelerin altta kolonlara veya kirişlere oturtulması durumu olarak ifade edilen B3 türü düzensizliği temsilen yöntemde yerini bulan bu faktör, binanın taşıyıcı sisteminin düşey elemanlarının çeşitli süreksizlik durumlarının kombinasyonlarına göre değerler alır. Söz konusu süreksizlik durumlarını özetlemek gerekirse;

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

Yukarıda özetlenen süreksizlik durumlarının çeşitli kombinasyonlarına bağlı olarak faktörün alabileceği değerler Tablo 3.3’ de görülebilir.

Tablo 3.3: Taşıyıcı düşey elemanların süreksizliği ile ilgili faktör (f_3)

Durum	Herhangi bir süreksizlik bulunmaması durumu	(b) veya (c) tipi durumun lokal olarak bulunması durumu	(b) veya (c) tipi durumun yaygın olarak bulunması durumu	(a) veya (d) tipi durumun lokal olarak bulunması durumu	(a) veya (d) tipi durumun yaygın olarak bulunması durumu	İkiden fazla tip süreksizliğin yaygın olarak bulunması durumu
Değer	1,00	0,92	0,84	0,76	0,68	0,60

f_4 : Kütle Düzensizliği İle İlgili Faktör

Binada anormal kütle birikimi olması veya depo katı bulunması ile ilgili bir düzeltme faktörüdür. Duruma bağlı olarak faktörün alabileceği değerler Tablo 3.4' de görülebilir.

Tablo 3.4: Kütle düzensizliği ile ilgili faktör (f_4)

Durum	Binada anormal kütle birikimi veya depo katı bulunmaması durumu	Anormal kütle birikimi veya depo katı bulunması durumunun binanın zemin katında veya üst katlarından biri veya birkaçında olması durumu	Anormal kütle birikimi veya depo katı bulunması durumunun binanın zemin katında ve üst katlarından biri veya birkaçında olması durumu
Değer	1,00	0,99	0,98

f_5 : Korozyon İle İlgili Faktör

Binanın taşıyıcı sistem elemanlarında korozyon bulunup bulunmaması ile ilgili bir düzeltme faktörüdür. Duruma bağlı olarak faktörün alabileceği değerler Tablo 3.5' de görülebilir.

Tablo 3.5: Korozyon ile ilgili faktör (f_5)

Durum	Korozyon bulunmaması durumu	Lokal olarak korozyon bulunması durumu	Binanın bir katındaki sistem elemanlarının çoğunda korozyon bulunması durumu
Değer	1,00	0,98	0,96

f₆: Kısa Kolon İle İlgili Faktör

Binada kısa kolon bulunup bulunmaması ile ilgili bir düzeltme faktörüdür. Duruma bağlı olarak faktörün alabileceği değerler Tablo 3.6' da görülebilir.

Tablo 3.6: Kısa kolon ile ilgili faktör (f_6)

Durum	Kısa kolon bulunmaması durumu	Merdiven kovası, iç mekan ve cephelerde lokal olarak kısa kolon bulunması durumu	Tüm bir katta ya da birden çok cephede kısa kolon bulunması durumu
Değer	1,00	0,96	0,92

f₇: Ağır Cephe Elemanları İle İlgili Faktör

Bina cephesinde ağır cephe askıları veya parapetlerin bulunup bulunmaması ile ilgili bir düzeltme faktörüdür. Duruma bağlı olarak faktörün alabileceği değerler Tablo 3.7' de görülebilir.

Tablo 3.7: Ağır cephe elemanları ile ilgili faktör (f_7)

Durum	Ağır cephe askısı veya parapet bulunmaması durumu	Ağır cephe askısı veya parapetlerin lokal olarak veya tek bir cephede bulunması durumu	Ağır cephe askısı veya parapetlerin tüm yapıda veya tüm cephelerde bulunması durumu
Değer	1,00	0,98	0,96

f₈: Asma Kat İle İlgili Faktör

Binada asma kat bulunup bulunmaması ile ilgili bir düzeltme faktörüdür. Duruma bağlı olarak faktörün alabileceği değerler Tablo 3.8' de görülebilir.

Tablo 3.8: Asma kat ile ilgili faktör (f_8)

Durum	Asma kat bulunmaması durumu	Binanın kat alanının % 25' inden küçük bölümünde asma kat bulunması durumu	Binanın kat alanının % 25' inden büyük bölümünde asma kat bulunması durumu
Değer	1,00	0,95	0,90

f₉: Çarpışma Olasılığı İle İlgili Faktör

Binanın komşu binalar ile çarpışma riskinin bulunup bulunmaması ve binanın kurulu bulunduğu parselin, adanın en ucundaki parsel olup olmaması ile ilgili bir düzeltme faktörüdür. Duruma bağlı olarak faktörün alabileceği değerler Tablo 3.9’ da görülebilir.

Tablo 3.9: Çarpışma olasılığı ile ilgili faktör (f_9)

Durum	Aynı kat seviyelerine sahip bir bina ile çarpışma riski bulunması (en uç parselde bulunmamak koşuluyla) veya hiç çarpışma riskinin bulunmaması durumu	Farklı kat seviyelerine sahip bir bina ile çarpışma riski veya binanın en uç parselde bulunması koşuluyla, aynı kat seviyelerine sahip bir bina ile çarpışma riski bulunması durumu	Binanın en uç parselde yer alması ve farklı kat seviyelerine sahip bir bina ile çarpışma riskinin bulunması durumu
Değer	1,00	0,90	0,80

f₁₀: Katlardaki Seviye Farkı ve Kısmi Bodrum İle İlgili Faktör

Binada katlar arasında seviye farkı bulunup bulunmaması veya kısmi bodrum olup olmaması ile ilgili bir düzeltme faktörüdür. Duruma bağlı olarak faktörün alabileceği değerler Tablo 3.10’ da görülebilir.

Tablo 3.10: Katlardaki seviye farkı ve kısmi bodrum ile ilgili faktör (f_{10})

Durum	Seviye farkı veya kısmi bodrum bulunmaması durumu	Binada yalnızca bir katta veya bölgesel olarak tek bir yerde seviye farkı bulunması durumu	Binada her katta seviye farkı bulunması veya kısmi bodrum bulunması durumu
Değer	1,00	0,90	0,80

f₁₁: Beton Kalitesi İle İlgili Faktör

Binanın mevcut beton kalitesi ile ilgili bir düzeltme faktörüdür. Duruma bağlı olarak faktörün alabileceği değerler Tablo 3.11’ de görülebilir. Binanın mevcut beton dayanımının “C” ile simgelendiği bu tablodaki değerler, beton sınıflarına ait elastisite modülleri değerleri arasındaki oranlar dikkate alınarak belirlenmiştir.

Tablo 3.11: Beton kalitesi ile ilgili faktör (f_{11})

Durum	$C > BS16$	$BS10 < C \leq BS16$	$C \leq BS10$
Değer	1,00	0,90	0,80

f_{12} : Yumuşak Kat ve Zayıf Kat İle İlgili Faktör

ABYYHY 98’ de tanımlanan B1 ve B2 türü düzensizlikleri temsilen yöntemde yerini bulan bu faktör, incelenen binalarda Deprem Yönetmeliğinde komşu katlar arası dayanım düzensizliği (B1) olarak tanımlanan “Zayıf Kat” ve yine Deprem Yönetmeliğinde komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (B2) olarak tanımlanan “Yumuşak Kat” düzensizliklerinin mevcut olup olmaması ile ilgili bir düzeltme faktörüdür. Duruma bağlı olarak faktörün alabileceği değerler ampirik olarak geliştirilmiş olan Denklem 3.23 ile elde edilir.

Söz konusu ampirik formülde “Zayıf Kat” düzensizliğinin temsil edilmesi için Deprem Yönetmeliğinde tanımlanan düşey elemanların etkili kesme alanları toplamı aynen kullanılmıştır.

$$A_{ef} = A_c + A_s + 0,15A_w \quad (3.18)$$

Buradaki A_c , A_s ve A_w parametreleri sırasıyla, ele alınan katta bulunan kolonların, betonarme perde duvarların ve dolgu duvarların toplam etkili kesme alanlarıdır.

A_{ef} değeri hem kritik kat hem de kritik katın bir üstündeki kat için bulunur ve bunların birbirine oranı hesaplanır. r_a parametresi olarak gösterilen bu değer 1,00’ den büyük çıktığı takdirde 1,00 olarak alınır.

$$r_a = (\sum A_{ef})_i / (\sum A_{ef})_{i+1} \leq 1,00 \quad (3.19)$$

“Yumuşak Kat” düzensizliğinin temsil edilmesi için ise Deprem Yönetmeliğinde tanımlanan ortalama görelî kat ötelemelerini kullanmak yerine “Zayıf Kat” düzensizliğine benzer şekilde direkt olarak eleman rijitliklerinin (atalet momentleri) toplamı kullanılmıştır.

$$I_{ef} = I_c + I_s + 0,15I_w \quad (3.20)$$

Buradaki I_c , I_s ve I_w parametreleri sırasıyla, ele alınan katta bulunan kolonların, betonarme perde duvarların ve dolgu duvarların toplam atalet momentleridir.

I_{ef} değeri hem kritik kat hem de kritik katın bir üstündeki kat için bulunur ve bunların birbirine oranı hesaplanır. r_r parametresi olarak gösterilen bu değer 1,00' den büyük çıktığı takdirde 1,00 olarak alınır.

$$r_r = (\sum I_{ef})_i / (\sum I_{ef})_{i+1} \leq 1,00 \quad (3.21)$$

Yukarıda tanımlanan r_a ve r_r parametreleri arasında sayısal olarak büyük farklılıklar vardır. Zira bu parametreler kesme ve eğilme rijitliklerini yansıtmaktadırlar. Bu nedenle, Denklem 3.22 ile r_a 'nın faktöre katkısı yükseltilmiştir. Buradaki 0,4 değeri kayma rijitliğini yansıtan kayma modülünün eğilme rijitliğini yansıtan elastisite modülüne oranını temsil eder.

$$\alpha_a = 1 + 0,4(r_a - 1) \quad (3.22)$$

r_a ve r_r parametreleri X ve Y yönü için ayrı ayrı bulunur ve faktörün hesabında her iki yön için de bulunan bu değerlerin küçük olanları kullanılır. Denklem 3.23' den de görüleceği gibi, tanımlanan bu parametreler dışında faktörün hesaplanmasında kat yüksekliğinin yanal rijitliğe etkisi de göz önüne alınmıştır. Buradaki " h_i " kritik kat yüksekliğini " h_{i+1} " ise kritik katın bir üzerindeki katın yüksekliğini göstermektedir.

$$f_{12} = [\alpha_a r_r (h_{i+1} / h_i)^3]^{0,15} \leq 1,00 \quad (3.23)$$

Diğer faktörler gibi f_{12} faktörü de 1,00' den büyük olamaz. Bu nedenle, hesaplanan değer 1,00' den büyük çıktığı takdirde 1,00 olarak alınır.

f₁₃: Zayıf Kolon İle İlgili Faktör

ABYYHY 98' de sünek tasarımın bir şartı olarak tanımlanan "*güçlü kolon-zayıf kiriş*" konseptini temsilen yöntemde yerini bulan bu faktör, incelenen binalardaki kolonların kirişlerden daha güçlü olup olmaması ile ilgili bir düzeltme faktörüdür. Duruma bağlı olarak faktörün alabileceği değerler ampirik olarak geliştirilmiş olan Denklem 3.24 ile elde edilir.

$$f_{13} = \left[\frac{I_x + I_y}{2I_b} \right]^{0,15} \leq 1,00 \quad (3.24)$$

Buradaki I_x ve I_y değerleri bulunurken, öncelikle kritik kattaki tüm kolonların bir doğrultudaki boyutlarının aritmetik ortalamaları alınır böylece X ve Y yönü için ortalama kolon boyutu değeri elde edilmiş olunur. Son olarak bu değerlere göre I_x ve I_y atalet momentleri hesaplanır. Formülde yer alan I_b değeri ise binanın kritik katında en çok rastlanan kirişin atalet momentidir. Eğer binanın kritik katında kiriş yok ise, f_{13} faktörü direkt olarak “0,60” alınır.

Diğer faktörler gibi f_{13} faktörü de 1,00’ den büyük olamaz. Bu nedenle, hesaplanan değer 1,00’ den büyük çıktığı takdirde 1,00 olarak alınır.

f₁₄: Enine Donatı Sıklığı İle İlgili Faktör

Binanın incelenen kritik katında bulunan kolonların sarılma bölgelerindeki enine donatı (etriye) sıklığı ile ilgili bir düzeltme faktörüdür. Duruma bağlı olarak faktörün alabileceği değerler ampirik olarak geliştirilmiş olan Denklem 3.25 ile elde edilir.

$$0,60 \leq f_{14} = (100 / s)^{0,25} \leq 1,00 \quad (3.25)$$

Buradaki “s” ifadesi kolon sarılma bölgesindeki iki enine donatı arasındaki mesafedir ve “mm” cinsinden girilir. Formülle hesaplanan değer 1,00’ den büyük çıktığı takdirde 1,00 olarak, 0,60’ dan küçük çıktığı takdirde ise 0,60 olarak alınır.

f₁₅: Bina Önem Derecesi İle İlgili Faktör

ABYYHY 98’ de tanımlanan bina önem katsayısını (I) temsilen yöntemde yerini bulan bu faktör, incelenen binaların önem dereceleri ile ilgili bir düzeltme faktörüdür. Deprem Yönetmeliğinde binanın önem katsayısına göre deprem yükleri binaya arttırılarak etkilir ve buna göre hesap yapılır. Böylece okul, hastane gibi önem derecesi yüksek binalar güvenli bir şekilde incelenmiş olur. P25 Puanlama Yönteminde bu güvenlik, elde edilen sonuç puanının bina önem katsayısına bölünmesi anlamına gelen bu faktör ile sağlanmıştır. Deprem Yönetmeliğinde yer alan bina türüne göre bina önem katsayısı değerleri Tablo 3.12’ de görülebilir.

$$f_{15} = \frac{1}{I} \quad (3.26)$$

Tablo 3.12: Bina önem katsayısı değerleri [22]

Binanın Kullanım Amacı veya Türü	Bina Önem Katsayısı (I)
<u>1. Deprem sonrası kullanımı gereken binalar ve tehlikeli madde içeren binalar</u> a) Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları) b) Toksik, patlayıcı, parlayıcı v.b. özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar	1.5
<u>2. İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu ve değerli eşyanın saklandığı binalar</u> a) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri v.b. b) Müzeler	1.4
<u>3. İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar</u> Spor tesisleri, sinema, tiyatro ve konser salonları v.b.	1.2
<u>4. Diğer binalar</u> Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları v.b.)	1.0

3.2.2. Temel ve zemin düzeltme faktörleri

f₁₆: Deprem Bölgesi İle İlgili Faktör

ABYYHY 98’ de tanımlanan etkin yer ivmesi katsayısını (A₀) temsilen yöntemde yerini bulan bu faktör, incelenen binaların buldukları deprem bölgesi ile ilgili bir düzeltme faktörüdür. Deprem Yönetmeliğinde binanın bulunduğu deprem bölgesine göre deprem yükleri binaya azaltılarak etkilir ve buna göre hesap yapılır. P25 Puanlama Yönteminde ise bu faktör sayesinde, elde edilen sonuç puanının binanın bulunduğu deprem bölgesine göre artırılması sağlanmıştır. 1,00’ den büyük değer alabilen tek düzeltme faktörüdür. Deprem Yönetmeliğinde yer alan deprem bölgelerine göre etkin yer ivmesi katsayıları Tablo 3.13’ de görülebilir.

$$f_{16} = \frac{0,40}{A_0} \quad (3.27)$$

Tablo 3.13: Etkin yer ivmesi katsayıları [22]

Deprem Bölgesi	A_0
1	0,40
2	0,30
3	0,20
4	0,10

f_{17} : Zemin Tipi İle İlgili Faktör

Binanın oturduğu zemin tipi ile ilgili bir düzeltme faktörüdür. Yerel zemin sınıfına bağlı olarak faktörün alabileceği değerler Tablo 3.14' de görülebilir.

Tablo 3.14: Zemin tipi ile ilgili faktör (f_{17})

Durum	Z1 veya Z2 tipi zeminde 3 veya daha çok katlı bina olması ya da Z3 tipi zeminde 3' den daha az katlı bina olması durumu	Z1 veya Z2 tipi zeminde 3' den daha az katlı bina olması ya da Z3 tipi zeminde 3 veya daha çok katlı bina olması durumu	Binanın Z4 tipi zemine oturması durumu
Değer	1,00	0,96	0,92

f_{18} : Zemin Oturması İle İlgili Faktör

Binanın bulunduğu zeminde oturma riski olup olmaması ile ilgili bir düzeltme faktörüdür. Zemin koşullarına bağlı olarak faktörün alabileceği değerler Tablo 3.15' de görülebilir.

Tablo 3.15: Zemin oturması ile ilgili faktör (f_{18})

Durum	Hiç risk olmaması veya hafif düzeyde risk olması durumu	Orta düzeyde risk olması durumu	Yüksek düzeyde risk olması durumu
Değer	1,00	0,98	0,96

f_{19} : Zemin Sıvılaşması İle İlgili Faktör

Binanın bulunduğu zeminde sıvılaşma riski olup olmaması ile ilgili bir düzeltme faktörüdür. Zemin koşullarına bağlı olarak faktörün alabileceği değerler Tablo 3.16' da görülebilir.

Tablo 3.16: Zemin sıvılaşması ile ilgili faktör (f_{19})

Durum	Hiç risk olmaması veya hafif düzeyde risk olması durumu	Orta düzeyde risk olması durumu	Yüksek düzeyde risk olması durumu
Değer	1,00	0,98	0,96

f_{20} : Heyelan İle İlgili Faktör

Binanın bulunduğu zeminde heyelan riski olup olmaması ile ilgili bir düzeltme faktörüdür. Zemin koşullarına bağlı olarak faktörün alabileceği değerler Tablo 3.17’ de görülebilir.

Tablo 3.17: Heyelan ile ilgili faktör (f_{20})

Durum	Hiç risk olmaması veya hafif düzeyde risk olması durumu	Orta düzeyde risk olması durumu	Yüksek düzeyde risk olması durumu
Değer	1,00	0,98	0,96

f_{21} : Zemin Büyütmesi İle İlgili Faktör

Binanın bulunduğu zeminde zemin büyütmesi riski olup olmaması ile ilgili bir düzeltme faktörüdür. Zemin şartlarına bağlı olarak faktörün alabileceği değerler Tablo 3.18’ de görülebilir.

Tablo 3.18: Zemin büyütmesi ile ilgili faktör (f_{21})

Durum	Hiç risk olmaması veya hafif düzeyde risk olması durumu	Orta düzeyde risk olması durumu	Yüksek düzeyde risk olması durumu
Değer	1,00	0,90	0,75

f_{22} : Topoğrafik Etkiler İle İlgili Faktör

Binanın bulunduğu alanın topoğrafisi ve deprem dalgalarının yapı üzerindeki etkisi arasındaki ilişki ile ilgili bir düzeltme faktörüdür. Duruma bağlı olarak faktörün alabileceği değerler Tablo 3.19’ de görülebilir.

Tablo 3.19: Topoğrafik etkiler ile ilgili faktör (f_{22})

Durum	Binanın eğimsiz bir arazide olması durumu	Binanın yamaçta olması durumu	Binanın bir tepenin üstünde olması durumu
Değer	1,00	0,90	0,80

 f_{23} : Temel Tipi İle İlgili Faktör

Binanın sahip olduğu temel tipi ile ilgili bir düzeltme faktörüdür. Binanın sahip olduğu temel tipine bağlı olarak faktörün alabileceği değerler Tablo 3.20’ de görülebilir.

Tablo 3.20: Temel tipi ile ilgili faktör (f_{23})

Durum	Radye veya iki yönlü sürekli temel olması durumu	Tek yönlü sürekli temel olması durumu	Bağ kirişli tekil temel olması durumu	Bağ kirişsiz tekil temel olması durumu
Değer	1,00	0,98	0,96	0,94

 f_{24} : Temel Derinliği İle İlgili Faktör

Binanın sahip olduğu temel derinliği ile ilgili bir düzeltme faktörüdür. Binanın sahip olduğu temel derinliğine bağlı olarak faktörün alabileceği değerler Tablo 3.21’ de görülebilir.

Tablo 3.21: Temel derinliği ile ilgili faktör (f_{24})

Durum	Temel derinliği ≥ 4 m veya binada birden fazla bodrum kat olması durumu	$4 \text{ m} > \text{Temel derinliği} \geq 1 \text{ m}$ veya binada tek kat bodrum olması durumu	Temel derinliği < 1 m olması durumu
Değer	1,00	0,98	0,96

 f_{25} : Yer Altı Su Seviyesi İle İlgili Faktör

Binanın oturduğu zemindeki yer altı suyunun yüksekliği ile ilgili bir düzeltme faktörüdür. Yer altı su seviyesine bağlı olarak faktörün alabileceği değerler Tablo 3.22’ de görülebilir.

Tablo 3.22: Yer altı su seviyesi ile ilgili faktör (f_{25})

Durum	YASS \geq 10 m olması durumu	10 m > YASS \geq 5 m olması durumu	YASS < 5 m olması durumu
Değer	1,00	0,99	0,98

4. 2007 DEPREM YÖNETMELİĞİNE GÖRE MEVCUT BİNALARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Performansa dayalı tasarım ve değerlendirme anlayışı, son yıllarda inşaat mühendisliğinin en güncel konuları arasında yer almaktadır. 2007 Türk Deprem Yönetmeliğinde de bu konuya yer verilmiş ve deprem bölgelerinde bulunan mevcut binaların ve bina türü yapıların deprem etkileri altındaki davranışlarının değerlendirilmesinde uygulanacak hesap kuralları verilmiştir.

Aşağıda, 2007 Türk Deprem Yönetmeliğindeki [23] mevcut binaların değerlendirilmesi bölümünün ilkelerine ve uygulanmasına ilişkin bilgiler verilmiştir.

4.1. Binalardan Bilgi Toplanması

4.1.1. Binalardan toplanacak bilginin kapsamı

Mevcut binaların taşıyıcı sistem elemanlarının kapasitelerinin hesaplanmasında 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 edilir.

Binalardan bilgi toplanması kapsamında yapılacak işlemler, yapısal sistemin tanımlanması, bina geometrisinin, temel sisteminin ve zemin özelliklerinin belirlenmesi, 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 bilgi düzeyi katsayıları tanımlanır. Bilgi düzeyleri sırasıyla *sınırlı*, *orta* ve *kapsamlı* olarak sınıflandırılır. Ele alınan bina, bina geometrisi, eleman detayları ve malzeme özellikleri bazında

değerlendirilir ve bilgi düzeyine karar verilir. Elde edilen bilgi düzeyleri taşıyıcı eleman kapasitelerinin hesaplanmasında kullanılır.

4.1.3. Bilgi düzeyleri katsayıları

Kullanım süresi içinde deprem ve benzeri dış etkilere ve değişikliklere maruz kalması muhtemel olan mevcut yapıların taşıyıcı sistemindeki belirsizlikleri yeni yapılacak binalara oranla daha fazladır. Tüm bu belirsizlikler, yapıdan derlenen verilerin kapsamına göre tanımlanan bilgi düzeyi katsayıları ile hesap yöntemlerine yansıtılır.

İncelenen binalardan elde edinilen bilgi düzeylerine göre, eleman kapasitelerine uygulanacak bilgi düzeyi katsayıları Tablo 4.1’ de verilmektedir. Malzeme dayanımları, ilgili tasarım yönetmeliklerinde verilen katsayıları ile bölünmez. Bunun yerine, eleman kapasitelerinin hesabında mevcut malzeme dayanımlarının belirlenen bilgi düzeyi katsayısı ile çarpılmış hali kullanılır.

Tablo 4.1: Binalar için bilgi düzeyi katsayıları

Bilgi Düzeyi	Bilgi Düzeyi Katsayısı
Sınırlı	0,75
Orta	0,90
Kapsamlı	1,00

4.2. Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri

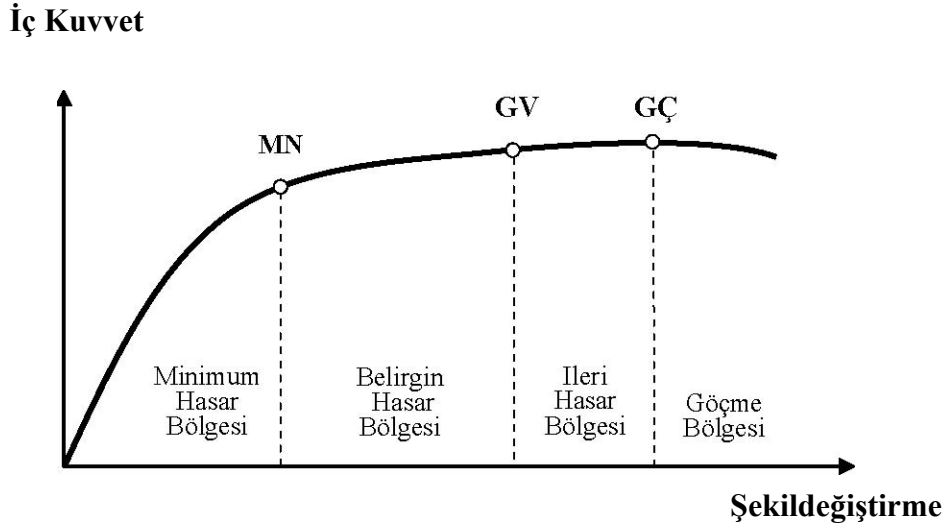
4.2.1. Kesit hasar sınırları

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 elemanlarda bu sınıflandırma geçerli değildir.

4.2.2. Kesit hasar bölgeleri

Kritik kesitlerinin hasarı MN sınırına ulaşmayan elemanlar minimum hasar bölgesinde (MHB), MN ile GV sınırları arasında kalan elemanlar belirgin hasar

bölgesinde (BHB), GV ve GÇ sınırları arasında kalan elemanlar ileri hasar bölgesinde (İHB), GÇ sınırını aşan elemanlar ise göçme bölgesinde (GB) yer alırlar.



Şekil 4.1: Kesit hasar bölgeleri

4.2.3. Kesit hasarı tanımları

Doğrusal elastik veya doğrusal elastik olmayan yöntemlerden herhangi biri ile hesaplanan iç kuvvetlerin ve/veya şekil değişimlerinin, yukarıda tanımlanan 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.

4.3. Bina Deprem Performans Seviyeleri

Binaların deprem performansı, uygulanan deprem etkisi altında binada oluşması beklenen hasarların durumu ile ilişkilidir ve dört farklı hasar durumu esas alınarak tanımlanmıştır. Doğrusal elastik veya doğrusal elastik olmayan yöntemlerden herhangi biri kullanılarak uygulanması ve eleman hasar bölgelerine karar verilmesi ile bina deprem performans düzeyi belirlenir.

4.3.1. Hemen kullanım performans düzeyi (HK)

Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişlerin en fazla %10' u belirgin hasar bölgesine geçebilir, ancak diğer taşıyıcı elemanlarının tümü minimum hasar bölgesindedir. Eğer varsa, gevrek olarak

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

4.3.2. 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:

- a) 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 aşağıdaki (b) paragrafında tanımlanan kadarı İleri Hasar Bölgesi ne geçebilir.
- b) 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.
- c) 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 yöntemle hesapta, alt ve üst düğüm noktalarının ikisinde birden Denklem 4.1' in sağlandığı kolonlar bu hesaba dahil edilmezler.)

$$M_{ra} + M_{r\bar{u}} \geq 1,2 \times (M_{ri} + M_{rj}) \quad (4.1)$$

4.3.3. Göçme öncesi performans düzeyi (GÖ)

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

- a) 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.

- b) 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 yöntemle hesapta, alt ve üst düğüm noktalarının ikisinde birden Denklem 4.1' in sağlandığı kolonlar bu hesaba dahil edilmezler.)
- c) Binanın mevcut durumunda kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır.

4.3.4. Göçme durumu

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

4.4. Binalar İçin Hedeflenen Performans Düzeyleri

Bilindiği üzere tasarım depreminin 50 yılda aşılma olasılığı %10' dur. Bu deprem düzeyine ek olarak, mevcut binaların değerlendirilmesinde ve güçlendirme tasarımında kullanılmak üzere ayrıca aşağıda belirtilen iki farklı deprem düzeyi tanımlanmıştır:

- a) 50 yılda aşılma olasılığı %50 olan depremin ivme spektrumunun ordinatları, tasarım depreminin tanımlanan spektrumunun ordinatlarının yaklaşık yarısı olarak alınır
- b) 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan depremin ivme spektrumunun ordinatları ise tasarım depreminin tanımlanan spektrumunun ordinatlarının yaklaşık 1,5 katı olarak kabul edilir.

Mevcut veya güçlendirilecek binaların deprem performanslarının belirlenmesinde esas alınacak deprem düzeyleri ve bu deprem düzeylerinde binalar için öngörülen minimum performans hedefleri Tablo 4.2' de verilmiştir.

Tablo 4.2: 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
<u>Deprem Sonrası Kullanımı Gereken Binalar:</u> Hastaneler, sağlık tesisleri, itfaiye binaları, haberleşme ve enerji tesisleri, ulaşım istasyonları, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, afet yönetim merkezleri, v.b.	-	HK	CG
<u>İnsanların Uzun Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar:</u> Okullar, yatakhaneler, yurtlar, pansiyonlar, askeri kışlalar, cezaevleri, müzeler, v.b.	-	HK	CG
<u>İnsanların Kısa Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar:</u> Sinema, tiyatro, konser salonları, kültür merkezleri, spor tesisleri	HK	CG	-
<u>Tehlikeli Madde İçeren Binalar:</u> Toksik, parlayıcı ve patlayıcı özellikleri olan maddelerin bulunduğu ve depolandığı binalar	-	HK	GÖ
<u>Diğer Binalar:</u> Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (konutlar, işyerleri, oteller, turistik tesisler, endüstri yapıları, v.b.)	-	CG	-

4.5. Depremde Bina Performansının Belirlenmesi

Binaların deprem etkileri altındaki performanslarının belirlenmesi genel olarak iki farklı yöntemle yapılabilmektedir. Bunlar, doğrusal elastik ve doğrusal elastik olmayan hesap yöntemleridir;

Dayanım (kuvvet) bazlı değerlendirmenin esas alındığı doğrusal elastik hesap yöntemleri ile, yapıya etkitilen yatay deprem yükleri sonrasında gerek dayanım gerekse yerdeğiştirme ve şekildeğiştirmeler bakımından yapıdan beklenen performans hedefinin sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilmektedir. Doğrusal elastik yöntemler ikiye ayrılır. Bunlar;

- Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi
- Mod Birleştirme Yöntemi

Yerdeğiştirme ve şekildeğiştirme bazlı değerlendirmenin esas alındığı doğrusal elastik olmayan hesap yöntemleri ile, belirli bir deprem yükü dağılımı için yapıdaki yerdeğiştirme istemine ulaşıldığında, yapıdan beklenen performans hedefinin

sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilmektedir [24]. Doğrusal Elastik Olmayan Yöntemler üçe ayrılır. Bunlar;

- Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi
- Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi
- Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi

4.5.1. Genel ilke ve kurallar

Bu bölümde gerek doğrusal elastik hesap yöntemleri gerekse, doğrusal elastik olmayan hesap yöntemlerinin her ikisi için de geçerli olan genel ilke ve kurallar verilmiştir.

- Deprem hesabında bina önem katsayısı ($I= 1.0$) alınacaktır.
- Binaların deprem performansı, yapıya etkiyen düşey yüklerin ve deprem etkilerinin birleşik etkileri altında değerlendirilecektir. Deprem kuvvetleri binaya her iki doğrultuda ve her iki yönde ayrı ayrı etki ettirilecektir.
- Binanın serbestlik derecesi kütle merkezinde tanımlanarak, ek dışmerkezlik uygulanmayacaktır.
- Mevcut binaların taşıyıcı sistemindeki belirsizlikler, binadan derlenen verilerin kapsamına göre tanımlanan bilgi düzeyi katsayıları aracılığı ile hesap yöntemine yansıtılacaktır. Analizde beton ve donatı çeliğinin mevcut dayanımlarının bilgi düzeyi katsayısı ile çarpılmış hali esas alınacaktır.
- Kısa kolonlar, taşıyıcı sistem modelinde gerçek boyları ile tanımlanacaktır.
- Eğilme etkisindeki betonarme elmanlarda çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitlikleri $(EI)_e$ kullanılacaktır. Daha kesin bir hesap yapılmadıkça, etkin eğilme rijitlikleri aşağıdaki gibi hesaplanacaktır;

Kirişlerde:

$$(EI)_e = 0,40(EI)_0 \quad (4.2)$$

Kolon ve Perdelerde:

$$N_D / (A_c f_{cm}) \leq 0,10 \Rightarrow (EI)_e = 0,40(EI)_0 \quad (4.3)$$

$$N_D / (A_c f_{cm}) \geq 0,40 \Rightarrow (EI)_e = 0,80(EI)_0 \quad (4.4)$$

Eksenel basınç kuvveti N_D ' nin ara değerleri için doğrusal enterpolasyon yapılabilir. N_D , deprem hesabında esas alınan toplam kütlelerle uyumlu yüklerin gözönüne alındığı ve çatlamamış kesitlere ait $(EI)_0$ eğilme rijitliklerinin kullanıldığı bir ön düşey yük hesabı ile belirlenecektir. Deprem hesabı için başlangıç durumunu oluşturan düşey yük hesabı ise, yukarıda belirtildiği şekilde elde edilen etkin eğilme rijitliği $(EI)_e$ kullanılarak, deprem hesabında esas alınan kütlelerle uyumlu yüklere göre yeniden yapılacaktır. Deprem hesabında da aynı rijitlikler kullanılacaktır.

4.6. Kuvvet Bazlı Doğrusal Elastik Yöntemde İzlenen Yol

Çalışma kapsamında ele alınan 26 bina arasından seçilen 2 binanın performansı 2007 Türk Deprem Yönetmeliğinde tanımlanan “*Doğrusal Elastik Yöntem*” ile belirlenmiştir. Binalara “*Doğrusal Elastik Yöntem*” uygulanırken hesapta izlenen yol aşağıda adım adım özetlenmiştir.

4.6.1. Bina performans hedefinin belirlenmesi

Binaların kullanım amacına uygun olarak Tablo 4.2’ de verilmiş olan farklı deprem düzeylerinde binalar için öngörülen minimum performans hedefleri baz alınarak binaların performans hedefi belirlenir.

4.6.2. Bina bilgi düzeyinin belirlenmesi

Binaların elde edilebilen verileri kapsamında binaların bilgi düzeyine karar verilir ve Tablo 4.1’ den bilgi düzeyi katsayıları belirlenir. binaların mevcut malzeme dayanımları belirlenen bilgi düzeyi katsayıları ile çarpılarak hesaba dahil edilir.

4.6.3. Bina ağırlığının hesaplanması

Binaların kullanım amacına uygun olarak hareketli yük katılım katsayısı belirlendikten sonra, kat ağırlıkları Denklem 4.5 ile hesaplanır.

$$w_i = g_i + nq_i \quad (4.5)$$

4.6.4. Binanın bilgisayar modelinin kurulması

Binaların bilgisayar modeli gerçeğine uygun olarak uygun bir bilgisayar programında kurulur ve düşey yüklerden oluşan etki diyagramları elde edilir. Döşemeler rijit diyafram olarak tanımlanır.

4.6.5. Etkin eğilme rijitliklerinin $(EI)_e$ hesaplanması

Kirişlerde;

$$(EI)_e = 0,40(EI)_0 \quad (4.2)$$

Kolonlarda ise çatlama kesit alınarak düşey yükler altında hesaplanmış olan kolon normal kuvvetleri (N_D) kullanılarak bulunan $N_D/A_c f_{cm}$ değerlerine göre Etkin Eğilme rijitliği değerleri elde edilir.

$$N_D / (A_c f_{cm}) \leq 0,10 \Rightarrow (EI)_e = 0,40(EI)_0 \quad (4.3)$$

$$N_D / (A_c f_{cm}) \geq 0,40 \Rightarrow (EI)_e = 0,80(EI)_0 \quad (4.4)$$

Ara değerler için doğrusal enterpolasyon yapılır. Bulunan etkin rijitlik değerleri binanın bilgisayar modelindeki kesitlerine yansıtılır ve bina çatlama kesitlerle yeniden çözümlenir.

4.6.6. Binaya etkitilecek deprem yüklerinin bulunması

Çatlama kesitlerle düşey yükler altında yeniden çözümlenen binaların elde edilen periyotları ile her iki yön için spektrum katsayıları bulunur ve deprem hesabına esas olacak deprem yüklerinin hesabı yapılır.

4.6.6.1. Normal katlara gelen yüklerin bulunması

Normal katlara gelen deprem yükleri hesaplanırken bodrum kattaki rijit çevre perdeleri göz önüne alınmaksızın hesap yapılır. Ayrıca toplam eşdeğer deprem yükünün (taban kesme kuvveti) hesabında deprem yükü azaltma katsayısı olan $R_a(T)=1,0$ alınır. Ayrıca yine taban kesme kuvveti hesaplanırken (4.6) ifadesindeki λ katsayısı bodrum hariç bir ve iki katlı binalarda 1,0, daha fazla kata sahip binalarda ise 0,85 alınır.

Ele alınan deprem doğrultusunda, binanın tümüne etkiyen Toplam eşdeğer Deprem Yükü (taban kesme kuvveti) V_t Denklem 4.6 ile belirlenir.

$$V_t = \lambda \frac{WA(T)}{R_a(T)} \quad (4.6)$$

$$A(T) = A_0 \times I \times S(T) \quad (4.6a)$$

Binanın son katına (tepesine) etkiyen ek eşdeğer deprem yükü değeri Denklem 4.7 ile belirlenir.

$$\Delta F_N = 0,0075NV_t \quad (4.7)$$

Toplam eşdeğer deprem yükünün ΔF_N dışında kalan kısmı, her kata Denklem 4.8 ile dağıtılır.

$$F_i = (V_t - \Delta F_N) \frac{w_i H_i}{\sum_{j=1}^N w_j H_j} \quad (4.8)$$

Her kata dağıtılan F_i değerleri hesaplandıktan sonra, en üst katın hesaplanan F_i değerine ΔF_N eklenir ve böylece normal katlara gelen deprem yükleri hesaplanmış olur.

4.6.6.2. Bodrum kata gelen yükün bulunması

Bodrum katına etkiyen eşdeğer deprem yükünün hesabında, sadece bodrum kat ağırlığı gözönüne alınır ve Spektrum Katsayısı $S(T)=1,0$ alınır. Her iki deprem yönü için de bodrum kata etkiyen eşdeğer deprem yükü Denklem 4.9 ile hesaplanır.

$$F_{bk} = A_0 \times I \times w_{bk} / 1,5 \quad (4.9)$$

4.6.7. Deprem yüklerinin binaya etkilmesi

Deprem yüklerinin her iki yönde hesaplanmasının ardından, kurulmuş olan bina modellerinde deprem yükleri ek dışmerkezlilik etkisi gözönüne alınmayarak yani serbestlik derecesi kütle merkezinde tanımlanarak her iki doğrultuda ayrı ayrı etkililir ve gerekli etki diyagramları elde edilir.

4.6.8. Hesap yönteminin uygunluk kontrolü

Eşdeğer Deprem Yüğü yöntemi, bodrum üzerinde toplam yüksekliği 25 metreyi ve toplam kat sayısı 8 i aşmayan, ayrıca ek dışmerkezlik göz önüne alınmaksızın hesaplanan burulma düzensizliği katsayısı $\eta_{bi} < 1,4$ olan binalara uygulabileceğinden. Bu aşamada yöntemin binalara uygulanabilirliğini görmek açısından, binaların burulma düzensizliği hakkında bir kontrol yapmak gereklidir.

4.6.9. Bina performansının belirlenmesi

4.6.9.1. Elemanların sünekliklerinin belirlenmesi

Kirişlerde kesme kuvveti V_e , pekleşme etkisi gözönüne alınmadan hesaplanır.

$$V_e = V_{dy} \pm (M_{ri} + M_{rj}) / l_n \quad (4.10)$$

Kolonlarda kesme kuvveti V_e depremin her iki doğrultusu için de pekleşme etkisi gözönüne alınmadan hesaplanır.

$$V_e = M_a + M_{\ddot{u}} / l_n \quad (4.11)$$

Kolon ve kirişlerin sünek eleman olarak sayılabilmeleri için bu elemanların kritik kesitlerinde (uç kesitlerinde) eğilme kapasitesi ile uyumlu olarak hesaplanan kesme kuvveti V_e' nin tanımlanan bilgi düzeyi ile uyumlu mevcut malzeme dayanımı değerleri kullanılarak TS-500' e göre [25] Denklem 4.12 ile hesaplanan kesme kapasitesi V_r' yi aşmaması gereklidir.

$$V_r = V_c + V_w \quad (4.12)$$

$$V_c = 0,8V_{cr} = 0,8 \times (0,65f_{ctm}bd) \quad (4.12a)$$

$$V_w = \frac{A_{sw}}{S} f_{ywm}d \quad (4.12b)$$

Ayrıca, düşey yükler ile birlikte deprem yüklerinden hesaplanan toplam kesme kuvvetinin V_e' den küçük olması durumunda, hesaplanan V_e değeri yerine bu kesme kuvveti kullanılacaktır. Ayrıca V_e değeri; Kirişler için, Denklem 4.13' ü kolonlar için ise Denklem 4.14' ü sağlamalıdır.

$$V_e \leq 0,22b_wdf_{cm} \quad (4.13)$$

$$V_e \leq 0,22A_wf_{cm} \quad (4.14)$$

Yukarıda bahsedilen kesme dayanımlarını sağlamayan elemanlar “gevrek” hasar gören elemanlar olarak tanımlanırlar. Bu tür elemanların hasar sınırlarının belirlenmesi için bu aşamadan sonra herhangi bir hesaplama gidilmez. Zira, bu elemanlar göçme bölgesinde kabul edilirler ve göçmenin önlenmesi için mutlaka güçlendirilmelidirler.

4.6.9.2. Kesit artık moment kapasitelerinin hesaplanması

Kesit artık moment kapasitesi, kesitin eğilme momenti kapasitesi ile düşey yükler altında kesitte hesaplanan moment etkisinin farkıdır. Hem kirişler hem de kolonlar için Denklem 4.15 ile hesaplanır.

$$M_A = M_r - M_d \quad (4.15)$$

4.6.9.3. Etki/Kapasite oranlarının (r) hesaplanması

Elemanların Etki/Kapasite oranı, deprem etkisi altında hesaplanan kesit momentinin kesit artık moment kapasitesine bölünmesi ile elde edilir. Etki/Kapasite oranının hesabında, uygulanan deprem kuvvetinin yönü dikkate alınır.

$$r = M_e / M_A \quad (4.16)$$

Kirişlerde depremin her iki doğrultusu için, sağ ve sol uçların her birinde 2 tane olmak üzere toplam 4 tane r değeri hesaplanır. Bunlar arasından en elverişsiz (en büyük) olanı o elemanın Etki/ Kapasite oranı olarak belirlenir.

Kolonlarda depremin her iki doğrultusu ve yönü için, alt ve üst uçların herbirinde 4 tane olmak üzere toplam 8 tane (kolon donatısı simetrikse 4 tane) r değeri hesaplanır. bunlar arasından en elverişsiz (en büyük) olanı o elemanın Etki/ Kapasite oranı olarak belirlenir.

4.6.9.4. Elemanların hasar sınırlarının belirlenmesi

Hesaplanan Etki/Kapasite oranları (r) değerleri, Tablo 4.3 ve Tablo 4.4' de verilen sınır değerler (r_s) ile karşılaştırılarak elemanların hangi hasar bölgesinde olduğuna karar verilir. Bu tablolardaki ara değerler için doğrusal enterpolasyon uygulanır.

Tablo 4.3: Betonarme kirişler için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları (r_s)

Sünek Kirişler			Hasar Sınırı		
$\frac{\rho - \rho'}{\rho_b}$	Sargılama	$\frac{V_e}{b_w d f_{ctm}}$	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 4.4: Betonarme kolonlar için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları (r_s)

Sünek Kolonlar			Hasar Sınırı		
$\frac{N_K}{A_c f_{cm}}$	Sargılama	$\frac{V_e}{b_w d f_{ctm}}$	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

4.6.9.5. Görelî kat ötelemelerinin kontrolü

Her bir deprem doğrultusunda, binanın herhangi bir katındaki kolon veya perdelerin görelî kat ötelemeleri, her bir hasar sınırı için Tablo 4.5’ de verilen değeri aşmamalıdır. Aşması durumunda yukarıda yapılan hasar değerlendirmeleri gözönüne alınmayacaktır. Tablo 4.5’ de δ_{ji} i’ inci katta j’ inci kolon veya perdenin alt ve üst uçları arasında yerdeğiştirme farkı olarak hesaplanan görelî kat ötelemesini, h_{ji} ise ilgili elemanın yüksekliğini göstermektedir.

Tablo 4.5: Görelî kat ötelemesi sınırları

Görelî Kat Ötelemesi Oranı	Hasar Sınırı		
	MN	GV	GÇ
δ_{ji} / h_{ji}	0.01	0.03	0.04

Sonuç olarak, tüm sistemdeki taşıyıcı elemanların hasar bölgesine bakılarak yapının hedeflenen deprem performans seviyesini sağlayıp sağlamadığı kontrol edilir.

5. SAYISAL İNCELEMELER

5.1. P25 Puanlama Yönteminin Örnek Binalar Üzerinde Uygulanması

Bu bölümde, bir önceki bölümde ayrıntılı olarak anlatılmış olan “*P25 Puanlama Yöntemi*” nin 26 örnek bina üzerinde uygulanması anlatılacak ve buradan elde edilen sonuçlar bilginize sunulacaktır.

5.1.1. Kullanılan örnek binalar

Bu çalışmada ele alınan binalar, İTÜ Deprem Uygulama ve Araştırma Merkezi arşivinden elde edilmiştir. Binaları hasar derecesine göre kategorize etmek gerekirse, binalarda 3 farklı hasar derecesi bulunmaktadır. Seçilen 26 binanın 13 tanesi orta hasarlı, 3 tanesi hafif hasarlı ve 10 tanesi hasarsızdır. Hasarsız olan bu 10 binanın 9 tanesi deprem görmeyen, yalnızca olası bir depreme karşı dayanıklılığı sorgulanmış olan binalardır, 1 tanesi ise deprem gördüğü halde hasar almamış olan bir binadır.

Adana, İstanbul ve İzmit olmak üzere üç farklı ilden seçilmiş olan binaların kat sayıları 5 ila 7 arasında değişmektedir. Binaların çoğunluğu betonarme çerçeve taşıyıcı sisteme, bir kısmında betonarme çerçeve + perde taşıyıcı sistemine sahiptir.

Seçilen binaların detaylı bilgileri EK A’ da verilmiştir.

5.1.2. Kullanılan kodlama sistemi

Çalışmada belli bir bina stoğu incelendiğinden bir çok bina arasından kolayca istenilen binaya ulaşılabilmesi ve tablolaştırmalarda kolaylık sağlanması açısından binalara birer kod numarası verilmiştir. Binalara kod verilirken, binanın bulunduğu il – ilçe, hasar derecesi ve kat adedi gibi bina bilgilerinin kısaltılarak yazılması ile oluşturulan bir kodlama sistemi kullanılmıştır.

Bu kodlama sistemini açıklamak gerekirse, kodlama 4 bölümden oluşur. “XX–XXX–XXX–XX” 1. bölüm binanın yer aldığı il bazında verilen sıra numarasıdır. 2. bölüm binanın yer aldığı ilin, 3. bölüm ise binanın yer aldığı ilçenin 3 harfli kısaltılmış halleridir. 4. bölüm binanın hasar derecesini ve kat adedini vurgular. Yukarıda da

değinildiği gibi, çalışmada ele alınan binalarda 5 farklı hasar derecesi vardır. Bunların kodlama sistemindeki kısaltmaları şöyledir;

- M: Orta hasarlı
- L: Hafif hasarlı
- N: Hasarsız
- RY: Güçlendirme kararı çıkmış
- RN: Güçlendirilmesine gerek yoktur kararı çıkmış

Bu kısaltmaların üçü hasar derecesini, diğer ikisi ise yapı hakkında yapılan tahkik sonucu verilmiş olan güçlendirme kararını içermektedir. Bunun sebebi, çalışma kapsamında incelenen Adana ve İzmit ilindeki binaların deprem gördükleri için hasarlı veya hasarsız olmaları, İstanbul’ daki binaların ise hasarlı olmamalarına karşın, olası bir depreme karşı tahkik edilmelerinden kaynaklanmaktadır.

Kodlama sisteminin özümsemesi açısından örnek vermek gerekirse; “01-ADN-CYH-M5” koduna sahip bir binanın Adana ili Ceyhan ilçesinde bulunan orta hasarlı, 5 katlı bir bina olduğu görülür. “01-IST-BKR-RY5” koduna sahip bir binanın İstanbul ili Bakırköy ilçesinde bulunan ve yapılan tahkik sonucu güçlendirilmesine gerek duyulmayan 5 katlı bir bina olduğu görülür.

5.1.3. P25 puanlama yönteminin sonuçları

Binalar hakkında elde edilebilen veriler ve çizimlerden yola çıkarak, Binalara, “P25 Puanlama Yöntemi” önerilen adımlar dahilinde uygulanmış ve her binanın “P” performans puanı hesaplanmıştır. Binalara ait performans puanı değerleri ve parametre değerleri Tablo 5.1 ve Tablo 5.2’ de verilmiştir.

Tablo 5.1: Binalara ait puanlama detayları

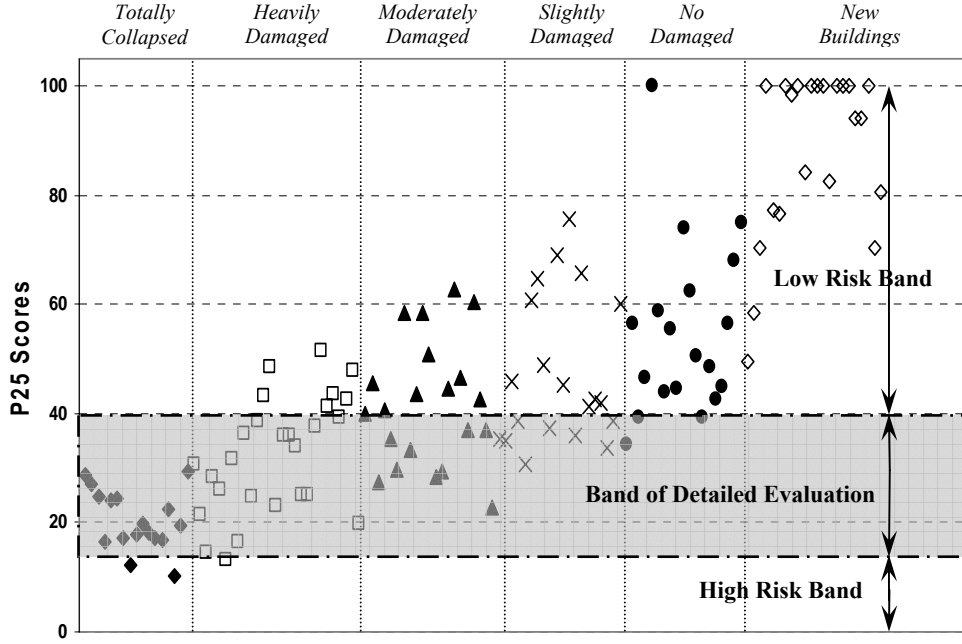
	01-ADN-YRG-M6	02-ADN-YRG-M5	03-ADN-YRG-M6	04-ADN-YRG-M6	05-ADN-YRG-M5	06-ADN-YRG-M5	07-ADN-YRG-L5	08-ADN-YRG-L5	09-ADN-YRG-M5	10-ADN-YRG-M6	11-ADN-YRG-M6	12-ADN-YRG-L6	13-ADN-CYH-M5
K	83,42	64,85	62,89	62,93	87,15	98,53	103,07	99,18	77,10	78,98	87,43	111,60	90,24
f₁	1,00	0,98	1,00	0,98	0,96	0,98	0,96	0,98	0,96	0,98	0,98	1,00	1,00
f₂	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
f₃	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,84	0,68
f₄	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
f₅	0,96	1,00	1,00	0,96	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
f₆	0,92	1,00	1,00	1,00	0,92	0,96	1,00	1,00	1,00	1,00	0,96	0,96	1,00
f₇	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
f₈	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
f₉	1,00	1,00	1,00	0,90	1,00	0,90	1,00	1,00	1,00	0,80	0,90	0,90	1,00
f₁₀	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,80	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
f₁₁	1,00	0,90	0,80	0,80	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	1,00	0,90
f₁₂	0,999	0,876	0,895	1,000	0,966	1,000	0,821	1,000	1,000	0,805	0,808	0,950	0,973
f₁₃	1,000	1,000	1,000	0,989	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,830	1,000	0,761
f₁₄	0,707	0,707	0,707	0,707	0,707	0,707	0,841	0,795	0,707	0,841	0,795	0,841	0,707
f₁₅	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
f₁₆	1,333	1,333	1,333	1,333	1,333	1,333	1,333	1,333	1,333	1,333	1,333	1,333	1,333
f₁₇	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
f₁₈	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
f₁₉	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
f₂₀	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
f₂₁	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
f₂₂	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
f₂₃	0,96	0,96	1,00	0,98	0,96	0,96	1,00	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96
f₂₄	0,98	0,98	0,98	0,98	0,96	0,98	0,98	0,96	0,96	0,96	0,96	0,98	0,98
f₂₅	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
P	65	44	42	38	58	53	80	85	58	46	44	81	36

Tablo 5.2: Binalara ait puanlama detayları

	14-ADN-CYH-M6	15-ADN-CYH-M5	16-ADN-CYH-M5	01-IST-BKR-RY5	02-IST-KRT-RY5	03-IST-BKR-RY5	04-IST-ZYT-RY6	05-IST-CFT-RY5	06-IST-KCK-RY5	07-IST-AVC-RY6	08-IST-EMN-RY6	09-IST-SLV-RN6	01-IZM-KRM-N5
K	78,80	67,34	60,28	75,47	92,54	45,29	82,45	55,85	93,78	98,74	49,34	68,70	98,82
f₁	1,00	0,98	1,00	1,00	1,00	0,98	0,98	0,98	0,96	0,96	0,96	0,98	1,00
f₂	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,98	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
f₃	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,92	1,00	1,00	1,00	1,00
f₄	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
f₅	1,00	1,00	1,00	0,98	1,00	0,98	0,98	0,98	1,00	1,00	0,96	0,98	1,00
f₆	0,92	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,96	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
f₇	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,98	1,00	1,00	1,00
f₈	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
f₉	0,80	1,00	1,00	0,90	0,90	0,90	1,00	1,00	1,00	0,80	0,90	1,00	1,00
f₁₀	1,00	1,00	0,80	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
f₁₁	0,90	0,80	0,90	0,80	1,00	1,00	0,90	0,90	0,90	0,90	0,80	0,90	1,00
f₁₂	0,864	0,995	0,962	0,722	0,825	0,889	0,957	0,938	0,936	0,933	0,960	0,901	1,00
f₁₃	0,966	1,000	1,000	0,923	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,806	1,000	1,00
f₁₄	0,707	0,707	0,731	0,841	0,795	0,795	0,795	0,841	0,841	0,795	0,841	0,841	0,841
f₁₅	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,00
f₁₆	1,333	1,333	1,333	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,333	1,333	1,00
f₁₇	1,00	1,00	1,00	1,00	0,96	1,00	0,96	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,96
f₁₈	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
f₁₉	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
f₂₀	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
f₂₁	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
f₂₂	1,00	1,00	1,00	1,00	0,90	1,00	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
f₂₃	0,96	0,96	0,96	0,98	1,00	1,00	1,00	0,96	0,98	1,00	1,00	1,00	1,00
f₂₄	0,98	0,96	0,98	1,00	0,98	1,00	1,00	0,98	0,98	0,98	1,00	1,00	0,98
f₂₅	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
P	39	46	38	29	46	28	40	36	56	49	28	60	78

5.1.4. Sonuçların değerlendirilmesi

Bu çalışmadaki 26 binanın “P” performans puanlarını değerlendirirken, [3] no.lu kaynakta yeni, hasarsız, hafif hasarlı, orta hasarlı, ağır hasarlı ve yıkık binalardan oluşan toplam 126 adet bina üzerinde uygulaması yapılmış olan “P25 Puanlama Yöntemi” nin bu veriler ışığında belirlenmiş olan bant genişlikleri kullanılmıştır. Şekil 5.1’ de [3] no.lu kaynakta ele alınan binalardan elde edilen puanların dağılımı ve bahsi geçen bant genişlikleri görülebilir.



Şekil 5.1: Binaların puan dağılımları ve belirlenen bant genişlikleri [3]

Şekil 5.1’deki bant genişliklerini ve bunların belirlediği risk bölgelerini açıklamak gerekirse;

$P \geq 40 \Rightarrow$ Düşük Risk Bölgesi (*Low Risk Band*): Bina, olası bir depremde belirli bir hasar alabilir ancak can kaybına yol açabilecek toptan göçme yaşanmayacaktır.

$40 > P > 15 \Rightarrow$ Şüpheli Risk Bölgesi (*Band of Detailed Evaluation*): Binanın durumu şüphelidir. İkincil ve ayrıntılı bir incelemeye tabi tutulmalıdır.

$P \leq 15 \Rightarrow$ Yüksek Risk Bölgesi (*High Risk Band*): Bina olası bir depremde büyük olasılıkla toptan göçecektir. En kısa zamanda güçlendirilmesi veya yıkılması gereklidir.

Bu bilgilerden sonra, 26 binadan elde edilen “P” Performans Puanları Şekil 5.2’den görülebilir. Buradaki grafiksel gösterime bakıldığında, incelenen binalardan hiç birinin Yüksek Risk Bölgesine geçmediği görülür. 8 binanın Şüpheli Risk Bölgesinde olduğu ve geriye kalan 18 binanın Düşük Risk Bölgesinde olduğu görülür.

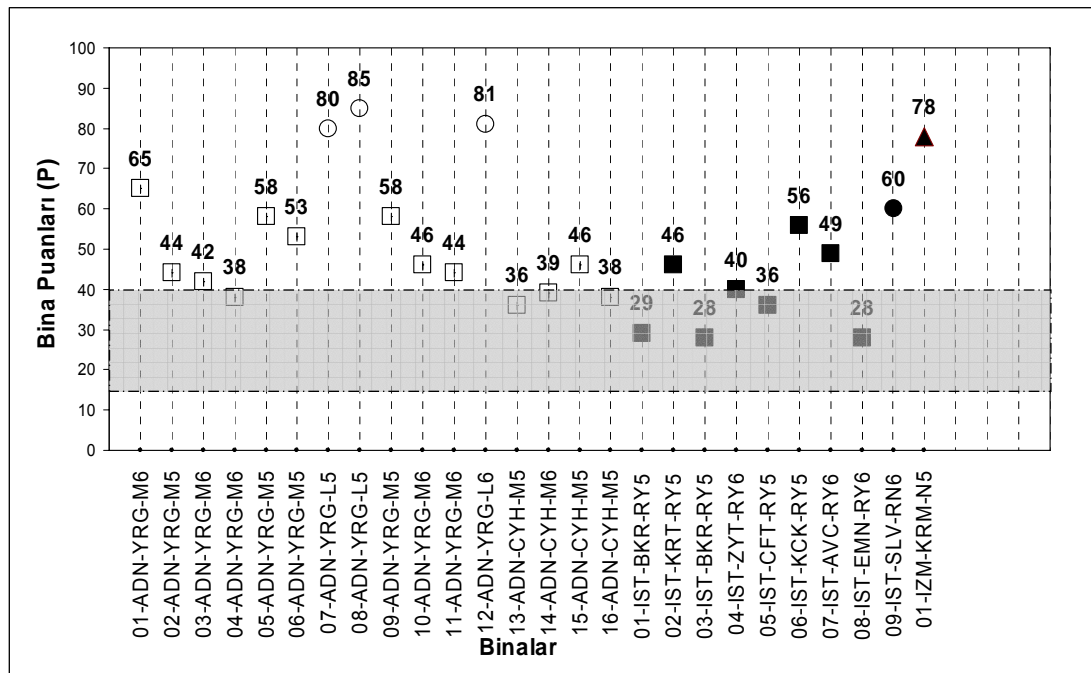
Şüpheli Risk Bölgesindeki 8 binanın 4 tanesinin Adana ilinde “orta hasarlı” binalardan oluştuğu, diğer 4 tanesinin ise İstanbul ilinde depreme karşı dayanıklılık

tahkiki yapılmış ve sonucunda “güçlendirme kararı çıkmış” olan binalardan oluştuğu görülmektedir.

Düşük Risk Bölgesindeki 18 binanın dağılımı ise şu şekildedir; 9 tanesi Adana ilindeki “orta hasarlı” binalar, 3 tanesi yine Adana ilindeki “hafif hasarlı” binalar, 4 tanesi İstanbul ilindeki “güçlendirme kararı çıkmış” olan binalar, 1 tanesi yine İstanbul ilindeki “güçlendirilmesine gerek yoktur kararı çıkmış” olan bir bina, 1 tanesi ise İzmit ilindeki “hasarsız” bir binadır.

İncelenen 26 binanın bilindiği gibi 13 tanesi “orta hasarlı”, 3 tanesi “hafif hasarlı”, 1 tanesi “hasarsız”, 8 tanesi “güçlendirme kararı çıkmış” ve 1 tanesi “güçlendirilmesine gerek yoktur kararı çıkmış” binalardır. Bu verilerden yola çıkarak yüzdesel oranlamalar yapıldığında;

İncelenen, 13 “orta hasarlı” binanın %70’ inin Düşük Risk Bölgesinde %30’ unun Şüpheli Risk Bölgesinde çıktığı, 3 “hafif hasarlı” binanın %100’ nün Düşük Risk Bölgesinde çıktığı, 1 “hasarsız” binanın %100’ nün Düşük Risk Bölgesinde çıktığı, 8 “güçlendirme kararı çıkmış” olan binanın %50’ sinin Düşük Risk Bölgesinde %50’ sinin Şüpheli Risk Bölgesinde çıktığı ve son olarak, incelenen 1 “güçlendirilmesine gerek yoktur kararı çıkmış” olan binanın %100’ ünün Düşük Risk Bölgesinde çıktığı görülür.



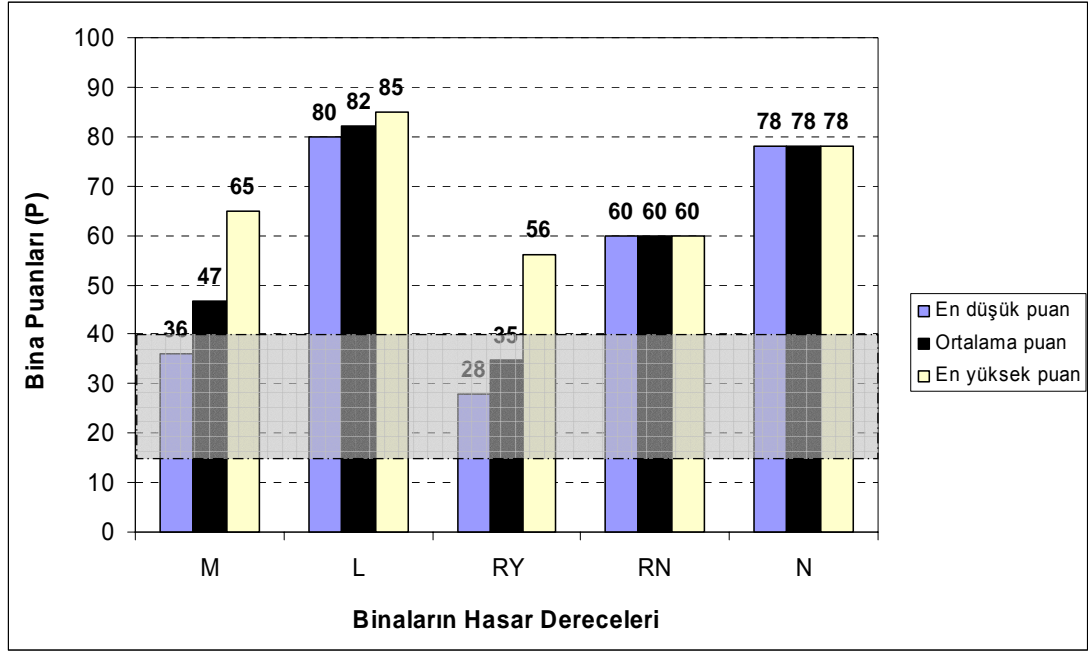
Şekil 5.2: Bina “P” performans puanları

Ele alınan “P” Performans Puanları dışında binalar için hesaplanmış olan “K” değerlerine göz atarsak, binaların elde edilmiş olan “P” Performans Puanına 25 adet düzeltme faktörünün ne derece etki etmiş olduğunu görebiliriz. Zira “K” değeri “P” Performans Puanınının 25 adet düzeltme faktörü ile çarpılmamış halidir. Tüm binalar için hesaplanmış olan “K” değerleri Tablo 5.3’ de verilmiştir. Buraya baktığımızda 25 adet düzeltme faktörünün binanın “K” değerini “P” Performans Puanına dönüştürürken ortalama %37 oranında azalttığı görülmektedir. Bu değer maksimum %62 (01-IST-BKR-RY5 kodlu bina), minimum %13 (09-IST-SLV-RN6 kodlu bina) olarak görülmektedir. Bu da göstermektedir ki düzeltme faktörleri binanın “P” Performans Puanınının belirlenmesinde oldukça etkin rol oynamaktadır.

Tablo 5.3: Bina özellikleri ve puanları

	Bina Kodu	Bina Yeri	Hasar Derecesi	Kat Adedi	H (m)	C_A+C_I	K	$\prod_{i=1}^{25} f_i$	P
1	01-ADN-YRG-M6	Adana, Yüreğir	M	6	18,00	48653	83,42	0,78	65
2	02-ADN-YRG-M5	Adana, Yüreğir	M	5	17,55	37382	64,85	0,68	44
3	03-ADN-YRG-M6	Adana, Yüreğir	M	6	15,90	34526	62,89	0,67	42
4	04-ADN-YRG-M6	Adana, Yüreğir	M	6	14,15	32462	62,93	0,60	38
5	05-ADN-YRG-M5	Adana, Yüreğir	M	5	15,00	46408	87,15	0,67	58
6	06-ADN-YRG-M5	Adana, Yüreğir	M	5	14,00	50525	98,53	0,54	53
7	07-ADN-YRG-L5	Adana, Yüreğir	L	5	15,10	55080	103,07	0,78	80
8	08-ADN-YRG-L5	Adana, Yüreğir	L	5	15,83	54329	99,18	0,86	85
9	09-ADN-YRG-M5	Adana, Yüreğir	M	5	14,95	40984	77,10	0,75	58
10	10-ADN-YRG-M6	Adana, Yüreğir	M	6	17,40	45337	78,98	0,58	46
11	11-ADN-YRG-M6	Adana, Yüreğir	M	6	18,30	51370	87,43	0,50	44
12	12-ADN-YRG-L6	Adana, Yüreğir	L	6	13,90	57000	111,60	0,73	81
13	13-ADN-CYH-M5	Adana, Ceyhan	M	5	13,92	46128	90,24	0,40	36
14	14-ADN-CYH-M6	Adana, Ceyhan	M	6	18,50	46523	78,80	0,49	39
15	15-ADN-CYH-M5	Adana, Ceyhan	M	5	14,75	35534	67,34	0,68	46
16	16-ADN-CYH-M5	Adana, Ceyhan	M	5	14,25	31218	60,28	0,63	38
17	01-IST-BKR-RY5	İstanbul, Bakırköy	RY	5	11,80	35057	75,47	0,38	29
18	02-IST-KRT-RY5	İstanbul, Kartal	RY	5	12,50	44475	92,54	0,50	46
19	03-IST-BKR-RY5	İstanbul, Bakırköy	RY	5	15,85	24823	45,29	0,62	28
20	04-IST-ZYT-RY6	İstanbul, Zeytinburnu	RY	6	17,15	47007	82,45	0,49	40
21	05-IST-CFT-RY5	İstanbul, Çiftelavuzlar	RY	5	14,70	29416	55,85	0,64	36
22	06-IST-KCK-RY5	İstanbul, Küçükçekm.	RY	5	14,70	49399	93,78	0,60	56
23	07-IST-AVC-RY6	İstanbul, Avcılar	RY	6	18,50	58298	98,74	0,50	49
24	08-IST-EMN-RY6	İstanbul, Eminönü	RY	6	18,50	29133	49,34	0,57	28
25	09-IST-SLV-RN6	İstanbul, Silivri	RN	6	17,95	40017	68,70	0,87	60
26	01-IZM-KRM-N5	İzmit, Karamürsel	N	5	14,25	51173	98,82	0,79	78

Elde edilen Bina Performans Puanlarına bir de binaların hasar durumları bazında Performans Puanlarının istatistiksel ortalamaları ve maksimum minimum değerleri bazında bakmak gerekirse (Şekil 5.3); “orta hasarlı” binaların minimum değerinin, “güçlendirme kararı çıkmış” olan binaların minimum değerinin ve “güçlendirme kararı çıkmış” olan binaların ortalama değerinin Şüpheli Risk Bölgesinde olduğu, bunların dışında kalan sınıftaki binaların ise Düşük Risk Bölgesinde olduğu görülür.



Şekil 5.3: İstatistikî “P” performans puanları

5.2. Doğrusal Elastik Yöntemin Örnek Binalar Üzerinde Uygulanması

Çalışma kapsamında “P25 Puanlama Yöntemi” uygulanmış olan 26 bina arasından seçilen 04-ADN-YRG-M6 ve 01-İZM-KRM-N5 kodlu binalar “Doğrusal Elastik Yöntem” ile incelenmiş ve sonuçları irdelenmiştir. Söz konusu binaların bazı bilgileri ve normal kat planları EK B ve EK C’ de verilmiştir.

5.2.1. 04-ADN-YRG-M6 kodlu bina

Bina performans hedefinin belirlenmesi:

Binanın kullanım amacına uygun olarak binanın performans hedefi belirlenirken, 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan tasarım depremi esas alınmış ve performans düzeyi olarak Can Güvenliği Performans Düzeyi (CG) belirlenmiştir.

Bina bilgi düzeyinin belirlenmesi:

Elde edilen veriler kapsamında binanın orta bilgi düzeyinde olduğu kanaatine varılmış ve buna göre, binanın mevcut malzeme dayanımları belirlenen bilgi düzeyi katsayısı (0,90) ile çarpılarak hesaba dahil edilmiştir.

Bina ağırlığının hesaplanması:

Binanın kullanım amacına uygun olarak hareketli yük katılım katsayısı ($n=0.3$) belirlendikten sonra, binanın kat ağırlıkları hesaplanmıştır ve

Normal kat ağırlığı= 1006 kN

Bodrum kat ağırlığı= 1510,3 kN

olarak bulunmuştur.

Binanın bilgisayar modelinin kurulması:

Binanın bilgisayar modeli gerçeğine uygun olarak ETABS Nonlinear v8.5.4 isimli bilgisayar programında kurulmuş ve düşey yüklerden oluşan etki diyagramları elde edilmiştir. Döşemeler rijit diyafram olarak tanımlanmıştır. [26]

Etkin eğilme rijitliklerinin (EI)_e hesaplanması:

Bölüm 4' te anlatıldığı gibi bulunan etkin rijitlik değerleri binanın bilgisayar modelindeki kesitlerine yansıtılmış ve bina çatlama kesitlerle yeniden çözümlenmiştir.

Binaya etkilecek deprem yüklerinin bulunması:

Çatlama kesitlerle düşey yükler altında yeniden çözümlenen binanın elde edilen periyotları

$$T_x = 1,001 \text{ sn}$$

$$T_y = 0,968 \text{ sn}$$

olarak bulunmuş ve buna bağlı olarak her iki yön için spektrum katsayıları hesaplanarak

$$S(T)_x = 1,200$$

$$S(T)_y = 1,233$$

deprem hesabına esas olacak deprem yüklerinin hesabı yapılmıştır.

Normal katlara gelen yüklerin bulunması:

Tablo 5.4' de ele alınan binanın her iki deprem doğrultusunda hesaplanmış olan katlara gelen deprem kuvvetleri değerleri görülmektedir.

Tablo 5.4: 04-ADN-YRG-M6 kodlu bina için katlara gelen deprem kuvvetleri

	Katın Yerden Yüksekliği (m)	Kat Kütlesi (kN)	X Yönü Fi (kN)	Y Yönü Fi (kN)
ZEMİN	2,42	1006	98,76	101,48
1. KAT	4,84	1006	197,53	202,96
2. KAT	7,26	1006	296,29	304,44
3. KAT	9,68	1006	395,06	405,92
4. KAT	12,1	1006	551,54	507,40

Bodrum kata gelen yükün bulunması:

Her iki deprem yönü için de bodrum kata etkiyen eşdeğer deprem yükü aşağıdaki gibi bulunmuştur.

$$F_{bk} = 0,3 \times 1 \times 1510,3 / 1,5 = 302,06 kN$$

Deprem yüklerinin binaya etkitilmesi:

Deprem yüklerinin her iki yönde hesaplanmasının ardından, kurulmuş olan bina modelinde deprem yükleri ek dışmerkezlik etkisi gözönüne alınmayarak yani serbestlik derecesi kütle merkezinde tanımlanarak her iki doğrultuda ayrı ayrı etkitilmiş ve gerekli etki diyagramları elde edilmiştir.

Hesap yönteminin uygunluk kontrolü:

Tablo 5.5 ve 5.6' da görüldüğü gibi, bina için hesaplanmış olan her iki yöndeki burulma düzensizliği katsayıları 1,4 değerinden küçük olduğundan, yöntemin binaya uygulanabileceği görülmektedir.

Tablo 5.5: 04-ADN-YRG-M6 kodlu bina için katlara göre burulma düzensizliği katsayıları (X yönü)

Kat	Ort. Görelî Kat Ötelemeleri	Max. Görelî Kat Ötelemeleri	η_{bi}
4. Kat	0,009	0,009	1,016
3. Kat	0,014	0,014	1,012
2. Kat	0,016	0,016	1,012
1. Kat	0,016	0,017	1,015
Zemin	0,012	0,012	1,013
Bodrum	0,000	0,000	1,000

Tablo 5.6: 04-ADN-YRG-M6 kodlu bina için katlara göre burulma düzensizliği katsayıları (Y yönü)

Kat	Ort. Göreli Kat Ötelemeleri	Max. Göreli Kat Ötelemeleri	η_{bi}
4. Kat	0,008	0,008	1,000
3. Kat	0,012	0,012	1,000
2. Kat	0,015	0,015	1,000
1. Kat	0,015	0,015	1,000
Zemin	0,010	0,010	1,000
Bodrum	0,000	0,000	1,000

Bina performansının belirlenmesi:

04-ADN-YRG-M6 kodlu bina için yapılan hesaplar neticesinde binanın en kritik katı olarak gözükten zemin kat için elde edilen sonuçlar Tablo 5.7’ de verilmiştir. Bu sonuçlara bakıldığında söz konusu binanın Can Güvenliği Performans Düzeyini sağlamadığı görülmektedir. Binanın tüm katlarındaki tüm elemanlarının performanslarını gösteren ayrıntılı tablolar EK D’ de verilmiştir.

Tablo 5.7: 04-ADN-YRG-M6 kodlu binanın zemin katı için sonuç tablosu

Eleman		Hasar Bölgesi								Toplam adet
		MHB		BHB		İHB		GB		
		adet	%	adet	%	adet	%	adet	%	
Kolon	X	-	-	-	-	-	-	17	100%	17
Kolon	Y	-	-	-	-	-	-	17	100%	17
Kiriş		3	11%	13	48%	11	41%	-	-	27

5.2.2. 01-İZM-KRM-N5 kodlu bina

Bina performans hedefinin belirlenmesi:

Binanın kullanım amacına uygun olarak binanın performans hedefi belirlenirken, 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan tasarım depremi esas alınmış ve performans düzeyi olarak Can Güvenliği Performans Düzeyi (CG) belirlenmiştir.

Bina bilgi düzeyinin belirlenmesi:

Elde edilen veriler kapsamında binanın kapsamlı bilgi düzeyinde olduğu kanaatine varılmış ve buna göre, binanın mevcut malzeme dayanımları belirlenen bilgi düzeyi katsayısı (1,00) ile çarpılarak hesaba dahil edilmiştir.

Bina ağırlığının hesaplanması:

Binanın kullanım amacına uygun olarak hareketli yük katılım katsayısı ($n=0.3$) belirlendikten sonra, binanın kat ağırlıkları hesaplanmıştır ve

Normal kat ağırlığı= 2066,66 kN

olarak bulunmuştur.

Binanın bilgisayar modelinin kurulması:

Binanın bilgisayar modeli gerçeğine uygun olarak ETABS Nonlinear v8.5.4 isimli bilgisayar programında kurulmuş ve düşey yüklerden oluşan etki diyagramları elde edilmiştir. Döşemeler rijit diyafram olarak tanımlanmıştır. [26]

Etkin eğilme rijitliklerinin (EI)_e hesaplanması:

Bölüm 4' te anlatıldığı gibi bulunan etkin rijitlik değerleri binanın bilgisayar modelindeki kesitlerine yansıtılmış ve bina çatlama kesitlerle yeniden çözümlenmiştir.

Binaya etkitilecek deprem yüklerinin bulunması:

Çatlama kesitlerle düşey yükler altında yeniden çözümlenen binanın elde edilen periyotları

$$T_x = 1,0789 \text{ sn}$$

$$T_y = 1,1424 \text{ sn}$$

olarak bulunmuş ve buna bağlı olarak her iki yön için spektrum katsayıları hesaplanarak

$$S(T)_x = 1,563$$

$$S(T)_y = 1,493$$

deprem hesabına esas olacak deprem yüklerinin hesabı yapılmıştır.

Normal katlara gelen yüklerin bulunması:

Tablo 5.8' de ele alınan binanın her iki deprem doğrultusunda hesaplanmış olan katlara gelen deprem kuvvetleri değerleri görülmektedir.

Tablo 5.8: 01-İZM-KRM-N5 kodlu bina için katlara gelen deprem kuvvetleri

	Katın Yerden Yüksekliği (m)	Kat Kütlesi (kN)	X Yönü Fi (kN)	Y Yönü Fi (kN)
ZEMİN	2,85	2066,66	352,36	336,58
1. KAT	5,7	2066,66	704,72	673,16
2. KAT	8,55	2066,66	1057,08	1009,74
3. KAT	11,4	2066,66	1409,44	1346,32
4. KAT	14,25	2066,66	1967,72	1879,60

Deprem yüklerinin binaya etkilmesi:

Deprem yüklerinin her iki yönde hesaplanmasının ardından, kurulmuş olan bina modelinde deprem yükleri ek dışmerkezlik etkisi gözönüne alınmayarak yani serbestlik derecesi kütle merkezinde tanımlanarak her iki doğrultuda ayrı ayrı etkilmiş ve gerekli etki diyagramları elde edilmiştir.

Hesap yönteminin uygunluk kontrolü:

Tablo 5.9 ve 5.10' da görüldüğü gibi, bina için hesaplanmış olan her iki yöndeki burulma düzensizliği katsayıları 1,4 değerinden küçük olduğundan, yöntemin binaya uygulanabileceği görülmektedir.

Tablo 5.9: 01-İZM-KRM-N5 kodlu bina için katlara göre burulma düzensizliği katsayıları (X yönü)

Kat	Ort. Görelî Kat Ötelemeleri	Max. Görelî Kat Ötelemeleri	η_{bi}
4. Kat	0,027	0,029	1,086
3. Kat	0,040	0,042	1,067
2. Kat	0,047	0,050	1,061
1. Kat	0,046	0,049	1,056
Zemin	0,026	0,027	1,050

Tablo 5.10: 01-İZM-KRM-N5 kodlu bina için katlara göre burulma düzensizliği katsayıları (Y yönü)

Kat	Ort. Görelî Kat Ötelemeleri	Max. Görelî Kat Ötelemeleri	η_{bi}
4. Kat	0,040	0,041	1,000
3. Kat	0,051	0,051	1,000
2. Kat	0,055	0,055	1,000
1. Kat	0,047	0,047	1,000
Zemin	0,022	0,022	1,000

Bina performansının belirlenmesi:

01-İZM-KRM-N5 kodlu bina için yapılan hesaplar neticesinde binanın en kritik katı olarak gözüken zemin kat için elde edilen sonuçlar Tablo 5.11’ de verilmiştir. Bu sonuçlara bakıldığında söz konusu binanın Can Güvenliği Performans Düzeyini sağlamadığı görülmektedir. Binanın tüm katlarındaki tüm elemanlarının performanslarını gösteren ayrıntılı tablolar EK E’ de verilmiştir.

Tablo 5.11: 01-İZM-KRM-N5 kodlu binanın zemin katı için sonuç tablosu

Eleman		Hasar Bölgesi								Toplam
		MHB		BHB		İHB		GB		
		adet	%	adet	%	adet	%	adet	%	
Kolon	X	-	-	21	60%	2	40%	-	-	23
Kolon	Y	-	-	21	96%	2	4%	-	-	23
Kiriş		16	46%	17	48%	2	6%	-	-	35

6. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRMELER

Bu tez çalışması kapsamında, betonarme binaların göçme riskinin belirlenmesi amacı ile geliştirilmiş ve halen geliştirilmekte olan “P25 Puanlama Yöntemi”, ele alınan 26 binalık bir bina stoğuna uygulanmış ve bu binalardan ikisine 2007 Türk Deprem Yönetmeliğinde yer alan “Doğrusal Elastik Yöntem” uygulanmıştır. Binaların performans değerlerinin elde edilmesi ve bina stoğunun gerçek verileri ile test edilmesi ile bulunan sonuçlar ve değerlendirmeler aşağıda kısaca özetlenmiştir.

- 1) Çalışmada incelenen binaların “P” Performans Puanlarına ve bu puana göre düştükleri Risk Bölgelerine baktığımız zaman hiç bir binanın Yüksek Risk Bölgesine geçmediği görülür ki bu sonuç incelenen binaların hiç birinin hasar düzeyinin “*ağır hasarlı*” veya “*yıkık*” olmaması açısından makul bir sonuç olarak görülebilir.
- 2) Ele alınan “*orta hasarlı*”, “*hafif hasarlı*” ve “*hasarsız*” binaların hesaplanan “P” Performans Puanlarına ve bununla paralel olarak, düştüğü Risk Bölgelerine baktığımız zaman, “*hafif hasarlı*” ve “*hasarsız*” binaların olması gerektiği gibi Düşük Risk Bölgesine düştüğü, “*orta hasarlı*” binaların ise %70’ inin Düşük Risk Bölgesine %30’ unun Şüpheli Risk Bölgesine düştüğü görülür. Bu durum binaların puanlama yönteminden elde edilmiş olan performans sonuçlarının gerçek verilere uygunluğunu göstermektedir.
- 3) Herhangi bir büyük depreme maruz kalmamasına rağmen depreme karşı dayanıklılık kontrolü yapılmış olan 9 binanın puanlama yönteminden elde edilen sonuçlarına baktığımız zaman, “*güçlendirilmesine gerek yoktur kararı çıkmış*” olan bir binanın “P” Performans Puanınının 60 gibi oldukça yüksek bir değer çıktığı, diğer “*güçlendirme kararı çıkmış*” olan 8 binanın ise 4’ ünün Düşük Risk Bölgesinde 4’ ünün Şüpheli Risk Bölgesinde çıktığı görülür. Her ne kadar bu sonuç yöntemin güvenilirliği konusunda bizlere çok büyük bir kanıt sunmasa da kısıtlı sayıda örnek binaya uygulanmış olan yöntemin genel anlamda mantıksal yanıtlarının olmadığını göstermektedir.

- 4) Ele alınan binaları hasar dereceleri bazında gruplandırarak, yöntemden elde edilmiş olan “P” Performans Puanlarının istatistiksel olarak maksimum, minimum ve ortalama değerleri hesaplanmıştır ve binaların gerçek verileri ile oldukça uyumlu olduğu görülmüştür. Zira hasar derecesi “*hasarsız*”, “*hafif hasarlı*” ve “*güçlendirilmesine gerek yoktur kararı çıkmış*” olan binaların her birinin her bir istatistiksel değerinin Düşük Risk Bölgesinde çıkması, “*güçlendirme kararı çıkmış*” olan binaların minimum ve ortalama değerinin Şüpheli Risk Bölgesinde, maksimum değerinin Düşük Risk Bölgesinde çıkması, “*orta hasarlı*” binaların minimum değerinin Şüpheli Risk Bölgesinde, maksimum ve ortalama değerinin Düşük Risk Bölgesinde çıkması yöntemden elde edilen sonuçların gerçek veriler ile olan uyumluluğunu gösteren bir diğer veridir.
- 5) “P25 Puanlama Yöntemi” nde “P” Performans Puanları hesaplanırken 25 adet düzeltme faktörünün etkisi göz önüne alınmıştır. Binaların deprem davranışını etkileyen en önemli 25 özellik dikkate alınarak oluşturulmuş olan bu düzeltme faktörlerinin “P” Performans Puanına etkisini incelemek amacıyla, bu çalışmada ele alınan binaların “K” puanları ve “P” puanları irdelenmiş ve düzeltme faktörlerinin bina sonuçlarına ortalama %37, minimum %13, maksimum % 62 oranında etki ettiği görülmüştür. Bu sonuç, binalarda bulunabilecek düzensiz ve kötü durumların binaya olumsuz etkilerinin yönetime yansıtılması açısından oldukça önemlidir.
- 6) Biri “*orta hasarlı*” bir diğeri ise “*hasarsız*” olarak seçilmiş olan binalara uygulanan Doğrusal Elastik Yöntemin sonuçlarına baktığımız zaman 04-ADN-YRG-M6 kodlu “*orta hasarlı*” binanın kritik katı olarak görünen zemin katındaki kirişlerin %40,7’ sinin İleri Hasar Bölgesine geçtiği, kolonların ise tamamının İleri Hasar Bölgesine geçtiği görülmektedir. 01-İZM-KRM-N5 kodlu “*hasarsız*” binanın ise kritik katı olarak görünen zemin katındaki kirişlerin yalnızca %5,7’ sinin İleri Hasar Bölgesine geçtiği, İleri Hasar Bölgesine geçmiş olan kolonların zemin kattaki tüm kolonların taşıdığı kesme kuvvetine katkısının ise her iki yön için ortalama %21,7 olduğu görülmüştür.
- 7) Yukarıdaki sonuçlardan 04-ADN-YRG-M6 kodlu “*orta hasarlı*” binanın hedeflenen Can Güvenliği Performans Düzeyini sağlamadığı. 01-İZM-KRM-N5 kodlu “*hasarsız*” binanın ise yalnızca zemin kattaki 2 kolonunun İleri Hasar Bölgesine geçtiği ancak bu kolonların tüm kolonların taşıdığı kesme kuvvetine

katkısı oranının Can Güvenliği Performans Düzeyini sağlamadığı görölmektedir. Bu durumda Doğrusal Elastik Yöntemden elde ettiğimiz sonuçlar ile binaların gerçek verilerini kıyasladığımızda, Doğrusal Elastik Yöntemdeki Can Güvenliği Performans Seviyesinin yukarılarda olduğu ve söz konusu yöntemin güvenli tarafta kalarak değerlendirme yaptığı söylenebilir.

- 8) Çalışmada ele alınan “P25 Puanlama Yöntemi” yukarıda da göröldüğu üzere oldukça düzgün sonuçlar vermektedir. Ancak her amprik yöntemde olduğu gibi bu yöntemde de bir yanılma payı bulunmaktadır. Bu yanılma payının minimum düzeyde tutulması, yöntemde kullanılan 25 adet parametrenin bina sonuç puanına ne oranda etki ettiğinin daha detaylı olarak bulunabilmesi ve değerlendirme amacıyla seçilen bant genişliklerinin kesinleştirilmesi için örnek bina sayısının artırılarak yönteminin tekrar tekrar denenmesi gereklidir.

KAYNAKLAR

- [1] **Uluğ, A.**, 2004. 17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi Depreminin Beşinci Yıldönümünde Ülkemizdeki Deprem İzlenimleri, *İMO İzmir Şubesi*, **118**, 40-41.
- [2] **Bal, İ.E.**, 2005. Deprem etkisindeki betonarme binaların göçme riskinin hızlı değerlendirme yöntemleri ile belirlenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [3] **Bal İ.E., Tezcan S.S. ve Gülay G.**, 2006. Advanced Applications of The P25 Scoring Method For The Rapid Assessment of RC Buildings, *1st European Conference on Earthquake Engineering and Seismology*, Geneva, Switzerland, September 3-8.
- [4] **Tezcan, S.S., Gürsoy, M. ve Kaya, E.**, 2002. Depremde Can Kaybını Önleme Projesinin Tek Sorumlusu Devlettir, *Dünya İnşaat Dergisi*, **2002-07**, 107-111.
- [5] **Tezcan, S.S., and Gürsoy, M.**, 2002. Zero loss of life during a future earthquake, *Proceedings of the Regional Workshop on Seismic Hazard and Risk Management*, Tsakhadzor, Armenia, October 24-27.
- [6] **Tezcan, S.S., Gürsoy, M., Kaya, E. ve Bal, İ.E.**, 2003. Depremde Can Kaybını Önleme Projesi, *1999 Kocaeli Acil Durum Konferansı*, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 16-17 Ocak.
- [7] **Tezcan, S.S. ve Bal, İ.E.**, 2003. İstanbul'un Kurtuluş Reçetesi, *İstanbul Dergisi*, Ekim-Aralık, **11**, 86-90.
- [8] **Tezcan, S.S.**, 2004. Depremde Sıfır Can Kaybı Projesi, *Tempo Dergisi*, Mayıs-Haziran **22/859**, 50-52.
- [9] **Tezcan, S.S. ve Bal, İ.E.**, 2005. Sıfır Can Kaybı Projesi İstanbul' un Kurtuluş Reçetesi, *Yapı Denetim Dergisi*, **2005/03**.
- [10] **Celep, Z. ve Kumbasar, N.**, 2000. Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Beta Yayınevi, İstanbul.
- [11] **Yağcıoğlu, A.A.**, 2003. Mevcut bir betonarme binanın yapısal çözümlemesi ve sismik indeks yöntemine göre incelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- [12] **İlki, A., Boduroğlu, H., Özdemir, P., Baysan, F., Demir, C. ve Şirin, S.,** 2003. Mevcut ve Güçlendirilmiş Yapılar İçin Sismik İndeks Yöntemi ve Yapısal Çözümleme Sonuçlarının Karşılaştırılması, *Beşinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, İstanbul, 26-30 Mayıs, Bildiri no. AT-119.
- [13] **ATC-21-1,** 1988. Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards, *Applied Technology Council*, Federal Emergency Management Agency FEMA 154, Washington DC, April 1988.
- [14] **Kömür, M.,** 2004. Binaların deprem güvenliğinin belirlenmesinde bulanık mantık yaklaşımı, *Doktora Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [15] **Gülkan, P. ve Yakut, A.,** 1994. Mühendislik Hizmeti Görmüş Yapılar İçin Hasar Tespit Formu Hazırlanması, *ODTÜ Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi*, **94-01**, Ankara.
- [16] **Özdemir, P., Taşkın, B., Vatanserver, C., Sezen, A., İlki, A., Güney, D., Boduroğlu, H. ve Taşkın, S.,** 2003. Kaynaşlı' daki Bina Türü Yapılarda Düzce Depremi Sonrası Oluşan Hasarın İstatistiksel Değerlendirmesi, *Beşinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, İstanbul, 26-30 Mayıs, Bildiri no. AT-120.
- [17] **Yakut, A., Özcebe, G. ve Yüccemen, M.S.,** 2004. A Statistical Procedure for The Assessment of Seismic Performance of Existing Reinforced Concrete Buildings in Turkey, *13th World Conference on Earthquake Engineering*, Vancouver, B.C., Canada, 1-6 August, 687.
- [18] **Çelik, T., Özturun, N.K., Damcı, E., Yıldızlar, B. ve Gürsoy, G.,** 2003. Bakırköy Özelinde Türkiye Genelinde Yapı Durum Tespiti İçin Bir Algoritma, *Beşinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, İstanbul, 26-30 Mayıs, Bildiri no. AT-041.
- [19] **Hassan, A.F. ve Sözen, M.A.,** 1997. Seismic Vulnerability Assessment of Low-Rise Buildings in Regions with Infrequent Earthquakes, *ACI Structural Journal*, **V.94, No.1**, January-February, 31-39.
- [20] **Gülkan, P. ve Sözen, M.A.,** 1999. Procedure for Determining Seismic Vulnerability of Building Structures, *ACI Structural Journal*, **V.96, No.3**, May-June, 336-342.

- [21] **Yakut, A., Gülkan, P., Bakır, B.S. ve Yılmaz, M.T.**, 2004. Re-examination of Damage Distribution in Adapazarı: Structural Considerations, *Engineering Structures*, **26**, September, 1447-1461.
- [22] **ABYYHY**, 1998. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, *Bayındırlık ve İskan Bakanlığı*, Ankara.
- [23] **DBYBHY**, 2007. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, *Bayındırlık ve İskan Bakanlığı*, Ankara.
- [24] **Özer, E.**, 2006. Yapı Sistemlerinin Lineer Olmayan Analizi Ders Notları, İstanbul.
- [25] **TS-500**, 2000. Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [26] **ETABS**, 2000. Extended 3d Analysis of Buildings Systems, *Computers and Structures Inc.*, Berkeley, California.
- [27] **Ersoy, U. ve Özcebe, G.**, 2001. Betonarme, Evrim Yayınevi, İstanbul.
- [28] **Tüysüz, S.**, 2004. Betonarme bir yapıda malzeme özelliklerinin belirlenmesi, *Bitirme Tezi*, YTÜ İnşaat Fakültesi, İstanbul.

EKLER

EK A: P25 puanlama yönteminin uygulandığı binaların bilgileri**Tablo A.1: 26 binanın bilgileri**

01-ADN-YRG-M6		<u>Kat Adedi</u>	6
<u>Adı</u>	Kelebek Apartmanı	<u>Bodrum Kat Adedi</u>	1
<u>Bulunduğu İl / İlçe</u>	Adana / Yüreğir	<u>Yapım Yılı</u>	-
<u>Açık Adresi</u>	PTT Evleri mahallesi 60. sokak No:5	<u>Yapısal Sistemi</u>	Betonarme çerçeve
<u>Hasar Derecesi</u>	Orta	<u>Döşeme Sistemi</u>	Kirişli plak döşeme
02-ADN-YRG-M5		<u>Kat Adedi</u>	5
<u>Adı</u>	-	<u>Bodrum Kat Adedi</u>	1
<u>Bulunduğu İl / İlçe</u>	Adana / Yüreğir	<u>Yapım Yılı</u>	-
<u>Açık Adresi</u>	PTT Evleri mahallesi 109. sokak No:1	<u>Yapısal Sistemi</u>	Betonarme çerçeve
<u>Hasar Derecesi</u>	Orta	<u>Döşeme Sistemi</u>	Asmolen döşeme
03-ADN-YRG-M6		<u>Kat Adedi</u>	6
<u>Adı</u>	Akev Apartmanı	<u>Bodrum Kat Adedi</u>	1
<u>Bulunduğu İl / İlçe</u>	Adana / Yüreğir	<u>Yapım Yılı</u>	1976 - 1983
<u>Açık Adresi</u>	PTT Evleri mahallesi 111. sokak No:2	<u>Yapısal Sistemi</u>	Betonarme çerçeve
<u>Hasar Derecesi</u>	Orta	<u>Döşeme Sistemi</u>	Asmolen döşeme
04-ADN-YRG-M6		<u>Kat Adedi</u>	6
<u>Adı</u>	Güven Apartmanı	<u>Bodrum Kat Adedi</u>	1
<u>Bulunduğu İl / İlçe</u>	Adana / Yüreğir	<u>Yapım Yılı</u>	-
<u>Açık Adresi</u>	PTT Evleri mahallesi 130. sokak No:36	<u>Yapısal Sistemi</u>	Betonarme çerçeve
<u>Hasar Derecesi</u>	Orta	<u>Döşeme Sistemi</u>	Kirişli plak döşeme
05-ADN-YRG-M5		<u>Kat Adedi</u>	5
<u>Adı</u>	-	<u>Bodrum Kat Adedi</u>	1
<u>Bulunduğu İl / İlçe</u>	Adana / Yüreğir	<u>Yapım Yılı</u>	-
<u>Açık Adresi</u>	PTT Evleri mahallesi 147. sokak No:13	<u>Yapısal Sistemi</u>	Betonarme çerçeve
<u>Hasar Derecesi</u>	Orta	<u>Döşeme Sistemi</u>	Asmolen döşeme
06-ADN-YRG-M5		<u>Kat Adedi</u>	5
<u>Adı</u>	Hacı Emir Kerimoğlu Apartmanı	<u>Bodrum Kat Adedi</u>	0
<u>Bulunduğu İl / İlçe</u>	Adana / Yüreğir	<u>Yapım Yılı</u>	-
<u>Açık Adresi</u>	PTT Evleri mahallesi 152. sokak No:1	<u>Yapısal Sistemi</u>	Betonarme çerçeve
<u>Hasar Derecesi</u>	Orta	<u>Döşeme Sistemi</u>	Asmolen döşeme
07-ADN-YRG-L5		<u>Kat Adedi</u>	5
<u>Adı</u>	-	<u>Bodrum Kat Adedi</u>	1
<u>Bulunduğu İl / İlçe</u>	Adana / Yüreğir	<u>Yapım Yılı</u>	-
<u>Açık Adresi</u>	Selahattin Eyyubi mah. 147. sok. No:46	<u>Yapısal Sistemi</u>	Betonarme çerçeve
<u>Hasar Derecesi</u>	Az	<u>Döşeme Sistemi</u>	Asmolen döşeme

08-ADN-YRG-L5		<u>Kat Adedi</u>	5
<u>Adı</u>	-	<u>Bodrum Kat Adedi</u>	1
<u>Bulunduğu İl / İlçe</u>	Adana / Yüreğir	<u>Yapım Yılı</u>	-
<u>Açık Adresi</u>	Selahattin Eyyübi m. 1234. sok. No:164	<u>Yapısal Sistemi</u>	Betonarme çerçeve
<u>Hasar Derecesi</u>	Az	<u>Döşeme Sistemi</u>	Asmolen döşeme
09-ADN-YRG-M5		<u>Kat Adedi</u>	5
<u>Adı</u>	-	<u>Bodrum Kat Adedi</u>	1
<u>Bulunduğu İl / İlçe</u>	Adana / Yüreğir	<u>Yapım Yılı</u>	-
<u>Açık Adresi</u>	Selahattin Eyyübi m. 1350. sok. No:17	<u>Yapısal Sistemi</u>	Betonarme çerçeve
<u>Hasar Derecesi</u>	Orta	<u>Döşeme Sistemi</u>	Asmolen döşeme
10-ADN-YRG-M6		<u>Kat Adedi</u>	6
<u>Adı</u>	-	<u>Bodrum Kat Adedi</u>	1
<u>Bulunduğu İl / İlçe</u>	Adana / Yüreğir	<u>Yapım Yılı</u>	-
<u>Açık Adresi</u>	Selahattin Eyyübi m. 1350. sok. No:43	<u>Yapısal Sistemi</u>	Betonarme çerçeve
<u>Hasar Derecesi</u>	Orta	<u>Döşeme Sistemi</u>	Asmolen döşeme
11-ADN-YRG-M6		<u>Kat Adedi</u>	6
<u>Adı</u>	-	<u>Bodrum Kat Adedi</u>	1
<u>Bulunduğu İl / İlçe</u>	Adana / Yüreğir	<u>Yapım Yılı</u>	-
<u>Açık Adresi</u>	Selahattin Eyyübi m. 1350. sok. No:71	<u>Yapısal Sistemi</u>	Betonarme çerçeve
<u>Hasar Derecesi</u>	Orta	<u>Döşeme Sistemi</u>	Asmolen döşeme
12-ADN-YRG-L6		<u>Kat Adedi</u>	6
<u>Adı</u>	-	<u>Bodrum Kat Adedi</u>	1
<u>Bulunduğu İl / İlçe</u>	Adana / Yüreğir	<u>Yapım Yılı</u>	-
<u>Açık Adresi</u>	Kışla mahallesi 17. sokak No:4	<u>Yapısal Sistemi</u>	Betonarme çerçeve
<u>Hasar Derecesi</u>	Az	<u>Döşeme Sistemi</u>	Kirişli plak döşeme
13-ADN-CYH-M5		<u>Kat Adedi</u>	5
<u>Adı</u>	Deniz Apartmanı	<u>Bodrum Kat Adedi</u>	0
<u>Bulunduğu İl / İlçe</u>	Adana / Ceyhan	<u>Yapım Yılı</u>	-
<u>Açık Adresi</u>	Burhaniye mahallesi 140. sokak No:9	<u>Yapısal Sistemi</u>	Betonarme çerçeve
<u>Hasar Derecesi</u>	Orta	<u>Döşeme Sistemi</u>	Kirişli plak döşeme
14-ADN-CYH-M6		<u>Kat Adedi</u>	6
<u>Adı</u>	Kılınç Apartmanı	<u>Bodrum Kat Adedi</u>	0
<u>Bulunduğu İl / İlçe</u>	Adana / Ceyhan	<u>Yapım Yılı</u>	-
<u>Açık Adresi</u>	Ulus mahallesi	<u>Yapısal Sistemi</u>	Betonarme çerçeve
<u>Hasar Derecesi</u>	Orta	<u>Döşeme Sistemi</u>	Kirişli plak + asmolen döşeme
15-ADN-CYH-M5		<u>Kat Adedi</u>	5
<u>Adı</u>	Hasevler Apartmanı	<u>Bodrum Kat Adedi</u>	0
<u>Bulunduğu İl / İlçe</u>	Adana / Ceyhan	<u>Yapım Yılı</u>	-
<u>Açık Adresi</u>	Cumhuriyet mahallesi 509. sokak No:3	<u>Yapısal Sistemi</u>	Betonarme çerçeve
<u>Hasar Derecesi</u>	Orta	<u>Döşeme Sistemi</u>	Asmolen döşeme

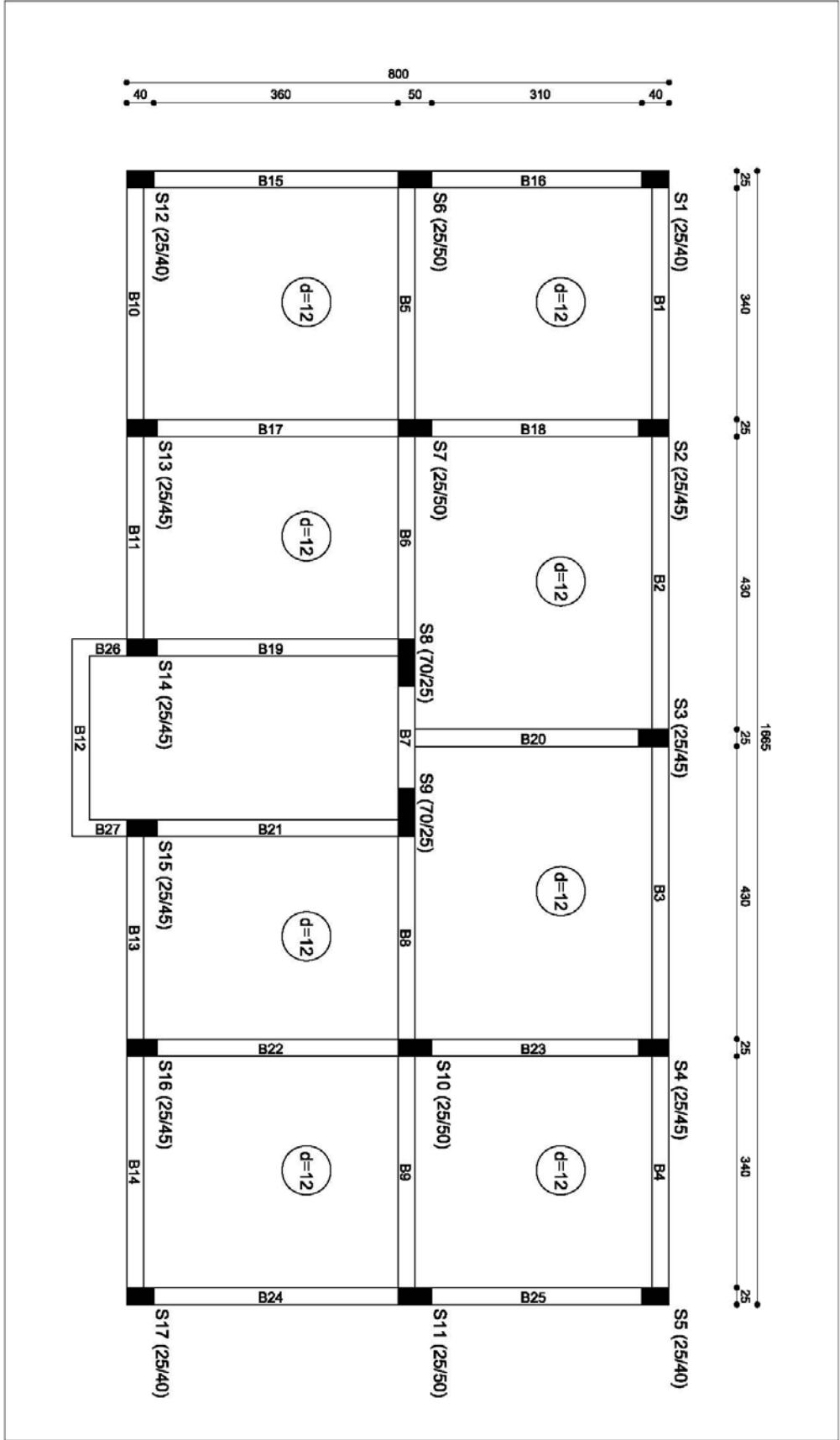
16-ADN-CYH-M5		<u>Kat Adedi</u>	5
<u>Adı</u>	Aktan Apartmanı	<u>Bodrum Kat Adedi</u>	0
<u>Bulunduğu İl / İlçe</u>	Adana / Ceyhan	<u>Yapım Yılı</u>	-
<u>Açık Adresi</u>	Burhaniye mahallesi 140. sokak No:11	<u>Yapısal Sistemi</u>	Betonarme çerçeve
<u>Hasar Derecesi</u>	Orta	<u>Döşeme Sistemi</u>	Asmolen döşeme
01-IST-BKR-RY5		<u>Kat Adedi</u>	5
<u>Adı</u>	İş Bankası Osmaniye Şubesi	<u>Bodrum Kat Adedi</u>	1
<u>Bulunduğu İl / İlçe</u>	İstanbul / Bakırköy	<u>Yapım Yılı</u>	1979
<u>Açık Adresi</u>	Cami sokak No:49	<u>Yapısal Sistemi</u>	Betonarme çerçeve
<u>Hasar Derecesi</u>	Güçlendirilmeli	<u>Döşeme Sistemi</u>	Kirişli plak döşeme
02-IST-KRT-RY5		<u>Kat Adedi</u>	5
<u>Adı</u>	İş Bankası Kartal Şubesi	<u>Bodrum Kat Adedi</u>	1
<u>Bulunduğu İl / İlçe</u>	İstanbul / Kartal	<u>Yapım Yılı</u>	1975
<u>Açık Adresi</u>	Ankara caddesi No:19	<u>Yapısal Sistemi</u>	Betonarme çerçeve + perde
<u>Hasar Derecesi</u>	Güçlendirilmeli	<u>Döşeme Sistemi</u>	Dişli döşeme
03-IST-BKR-RY5		<u>Kat Adedi</u>	5
<u>Adı</u>	İş Bankası Yeşilköy Şubesi	<u>Bodrum Kat Adedi</u>	2
<u>Bulunduğu İl / İlçe</u>	İstanbul / Bakırköy	<u>Yapım Yılı</u>	1972
<u>Açık Adresi</u>	İstasyon Caddesi No: 102	<u>Yapısal Sistemi</u>	Betonarme çerçeve
<u>Hasar Derecesi</u>	Güçlendirilmeli	<u>Döşeme Sistemi</u>	Kirişli plak + asmolen döşeme
04-IST-ZYT-RY6		<u>Kat Adedi</u>	6
<u>Adı</u>	İş Bankası Zeytinburnu Şubesi	<u>Bodrum Kat Adedi</u>	2
<u>Bulunduğu İl / İlçe</u>	İstanbul / Zeytinburnu	<u>Yapım Yılı</u>	1974
<u>Açık Adresi</u>	58. Bulvar Cad. Bulvar İşhanı No:118/A	<u>Yapısal Sistemi</u>	Betonarme çerçeve
<u>Hasar Derecesi</u>	Güçlendirilmeli	<u>Döşeme Sistemi</u>	Kirişli plak + asmolen döşeme
05-IST-CFT-RY5		<u>Kat Adedi</u>	5
<u>Adı</u>	İş Bankası Bağdat Caddesi - Tekül Ap.	<u>Bodrum Kat Adedi</u>	1
<u>Bulunduğu İl / İlçe</u>	İstanbul / Çiftelavuzlar	<u>Yapım Yılı</u>	-
<u>Açık Adresi</u>	Bağdat Caddesi No: 205	<u>Yapısal Sistemi</u>	Betonarme çerçeve
<u>Hasar Derecesi</u>	Güçlendirilmeli	<u>Döşeme Sistemi</u>	Kirişli plak + asmolen döşeme
06-IST-KCK-RY5		<u>Kat Adedi</u>	5
<u>Adı</u>	İş Bankası Tepeüstü Cennet Mah. Şubesi	<u>Bodrum Kat Adedi</u>	1
<u>Bulunduğu İl / İlçe</u>	İstanbul / Küçükçekmece	<u>Yapım Yılı</u>	1995
<u>Açık Adresi</u>	İnönü Cad. No: 41/A	<u>Yapısal Sistemi</u>	Betonarme çerçeve
<u>Hasar Derecesi</u>	Güçlendirilmeli	<u>Döşeme Sistemi</u>	Kirişli plak + asmolen döşeme
07-IST-AVC-RY6		<u>Kat Adedi</u>	6
<u>Adı</u>	İş Bankası Avcılar Şubesi	<u>Bodrum Kat Adedi</u>	1
<u>Bulunduğu İl / İlçe</u>	İstanbul / Avcılar	<u>Yapım Yılı</u>	1986
<u>Açık Adresi</u>	Reşitpaşa Caddesi	<u>Yapısal Sistemi</u>	Betonarme çerçeve + perde
<u>Hasar Derecesi</u>	Güçlendirilmeli	<u>Döşeme Sistemi</u>	Kirişli plak + asmolen döşeme

08-IST-EMN-RY6		<u>Kat Adedi</u>	6
<u>Adı</u>	İş Bankası Beyazıt Şubesi (1.Kısım)	<u>Bodrum Kat Adedi</u>	2
<u>Bulunduğu İl / İlçe</u>	İstanbul / Eminönü	<u>Yapım Yılı</u>	-
<u>Açık Adresi</u>	Yeniçeriler caddesi No:81	<u>Yapısal Sistemi</u>	Betonarme çerçeve
<u>Hasar Derecesi</u>	Güçlendirilmeli	<u>Döşeme Sistemi</u>	Kirişli plak döşeme
09-IST-SLV-RN6		<u>Kat Adedi</u>	6
<u>Adı</u>	İş Bankası Silivri Şubesi	<u>Bodrum Kat Adedi</u>	1
<u>Bulunduğu İl / İlçe</u>	İstanbul / Silivri	<u>Yapım Yılı</u>	1982
<u>Açık Adresi</u>	Fevzi Çakmak Cad. Aziz Sok. No:1	<u>Yapısal Sistemi</u>	Betonarme çerçeve + perde
<u>Hasar Derecesi</u>	Güçlendirmeye gerek yok	<u>Döşeme Sistemi</u>	Kirişli plak + asmolen döşeme
01-İZM-KRM-N5		<u>Kat Adedi</u>	5
<u>Adı</u>	-	<u>Bodrum Kat Adedi</u>	0
<u>Bulunduğu İl / İlçe</u>	İzmit / Karamürsel	<u>Yapım Yılı</u>	-
<u>Açık Adresi</u>	-	<u>Yapısal Sistemi</u>	Betonarme çerçeve
<u>Hasar Derecesi</u>	Hasarsız	<u>Döşeme Sistemi</u>	Kirişli plak döşeme

EK B: 04-ADN-YRG-M6 kodlu bina

Tablo B.1: 04-ADN-YRG-M6 kodlu binanın bilgileri

04-ADN-YRG-M6	
Adı	: Güven apartmanı
Bulunduğu İl/ilçe	: Adana/Yüreğir
Hasar Derecesi	: Orta hasarlı
Normal Kat Adedi	: 5
Bodrum Kat Adedi	: 1
Yapısal Sistemi	: Betonarme çerçeve
Döşeme Sistemi	: Kirişli plak döşeme
Normal Kat Yüksekliği	: 2,42 m
Bodrum Kat Yüksekliği	: 2,05 m
Hesaplanan Normal Kat Ağırlığı	: 1006 kN
Hesaplanan Bodrum Kat Ağırlığı	: 1510,3 kN
Beton Basınç Dayanımı	: 10 Mpa
Donatı Akma Dayanımı	: 220 Mpa
Belirlenen Bilgi Düzeyi Katsayısı	: 0,9
Deprem Bölgesi	: 2
Zemin Sınıfı	: Z2
Etkin Yer İvmesi Katsayısı (A0)	: 0,3
Spektrum Karakteristik Periyotları (TA-TB)	: 0,15 - 0,40
X Yönü İçin Elde Edilen Periyot	: 1,001 sn
Y Yönü İçin Elde Edilen Periyot	: 0,968 sn
X Yönü İçin Hesap. Spektrum Katsayısı	: 1,2
Y Yönü İçin Hesap. Spektrum Katsayısı	: 1,233

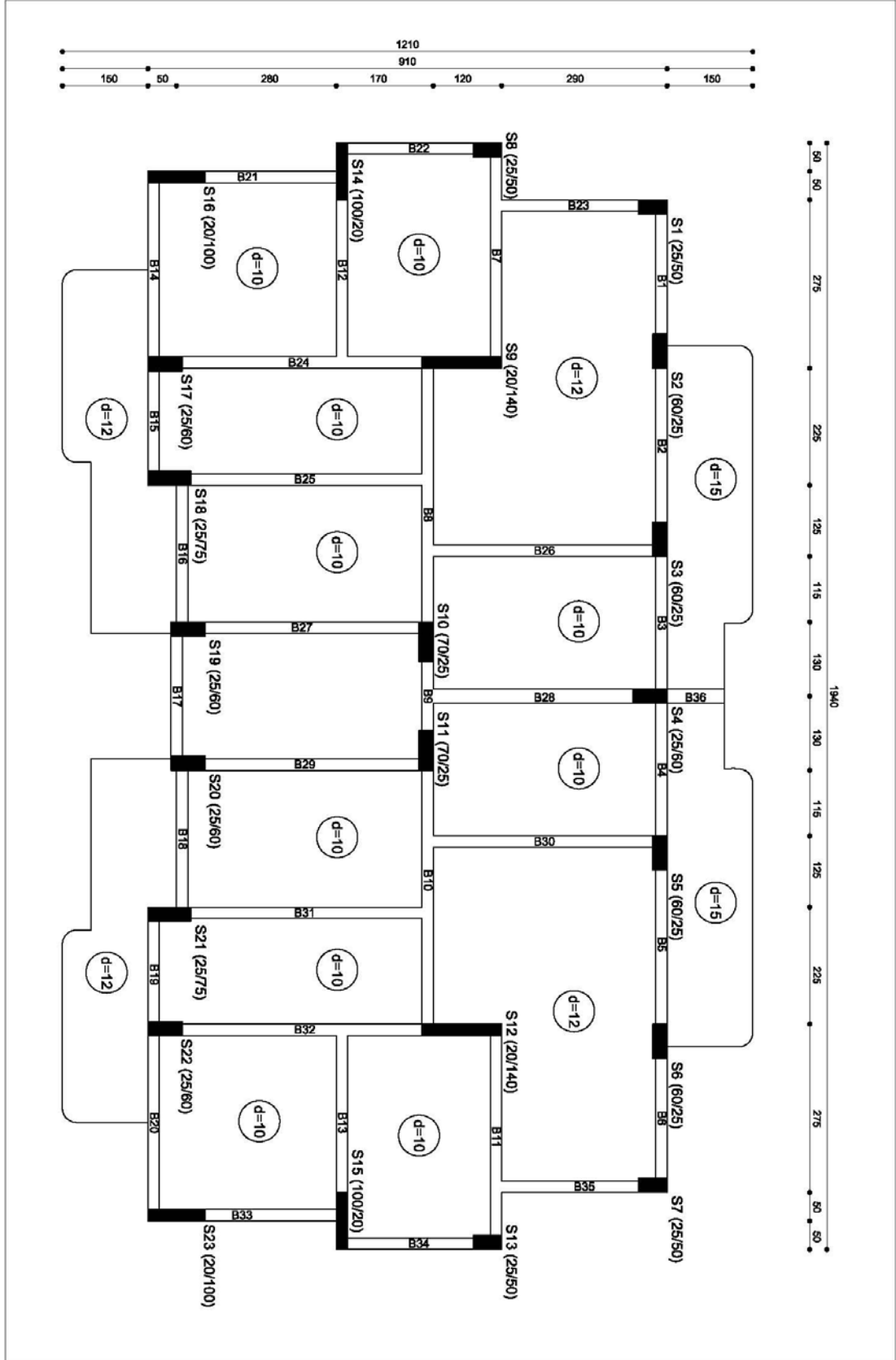


Şekil B.1: 04-ADN-YRG-M6 kodlu binanın normal kat planı

EK C: 01-İZM-KRM-N5 kodlu bina

Tablo C.1: 01-İZM-KRM-N5 kodlu binanın bilgileri

01-İZM-KRM-N5	
Adı	: -
Bulunduğu İl/İlçe	: İzmit/Karamürsel
Hasar Derecesi	: Hasarsız
Normal Kat Adedi	: 5
Bodrum Kat Adedi	: -
Yapısal Sistemi	: Betonarme çerçeve
Döşeme Sistemi	: Kirişli plak döşeme
Normal Kat Yüksekliği	: 2,85 m
Bodrum Kat Yüksekliği	: -
Hesaplanan Normal Kat Ağırlığı	: 2066,66 kN
Hesaplanan Bodrum Kat Ağırlığı	: -
Beton Basınç Dayanımı	: 16 Mpa
Donatı Akma Dayanımı	: 420 Mpa
Belirlenen Bilgi Düzeyi Katsayısı	: 1,0
Deprem Bölgesi	: 1
Zemin Sınıfı	: Z3
Etkin Yer İvmesi Katsayısı (A0)	: 0,4
Spektrum Karakteristik Periyotları (TA-TB)	: 0,15 - 0,60
X Yönü İçin Elde Edilen Periyot	: 1,0789 sn
Y Yönü İçin Elde Edilen Periyot	: 1,1424 sn
X Yönü İçin Hesap. Spektrum Katsayısı	: 1,563
Y Yönü İçin Hesap. Spektrum Katsayısı	: 1,493



Şekil C.1: 01-İZM-KRM-N5 kodlu binanın normal kat planı

EK D: 04-ADN-YRG-M6 kodlu bina için hesap tabloları

Tablo D.1: Göreli kat ötelemelerinin kontrolü

Kat	Kolon	X YÖNÜ			Y YÖNÜ			Hasar Bölgesi
		δ_{ji}	h_{ji}	δ_{ji}/h_{ji}	δ_{ji}	h_{ji}	δ_{ji}/h_{ji}	
4. KAT	S6	0,0090	2,42	0,0037	0,0077	2,42	0,0032	MHB
4. KAT	S1	0,0091	2,42	0,0038	0,0077	2,42	0,0032	MHB
4. KAT	S2	0,0091	2,42	0,0038	0,0077	2,42	0,0032	MHB
4. KAT	S4	0,0091	2,42	0,0038	0,0077	2,42	0,0032	MHB
4. KAT	S5	0,0091	2,42	0,0038	0,0077	2,42	0,0032	MHB
4. KAT	S9	0,0090	2,42	0,0037	0,0077	2,42	0,0032	MHB
4. KAT	S10	0,0090	2,42	0,0037	0,0077	2,42	0,0032	MHB
4. KAT	S11	0,0090	2,42	0,0037	0,0077	2,42	0,0032	MHB
4. KAT	S7	0,0090	2,42	0,0037	0,0077	2,42	0,0032	MHB
4. KAT	S8	0,0090	2,42	0,0037	0,0077	2,42	0,0032	MHB
4. KAT	S12	0,0088	2,42	0,0036	0,0077	2,42	0,0032	MHB
4. KAT	S13	0,0088	2,42	0,0036	0,0077	2,42	0,0032	MHB
4. KAT	S14	0,0088	2,42	0,0036	0,0077	2,42	0,0032	MHB
4. KAT	S15	0,0088	2,42	0,0036	0,0077	2,42	0,0032	MHB
4. KAT	S16	0,0088	2,42	0,0036	0,0077	2,42	0,0032	MHB
4. KAT	S17	0,0088	2,42	0,0036	0,0077	2,42	0,0032	MHB
4. KAT	S3	0,0091	2,42	0,0038	0,0077	2,42	0,0032	MHB
3. KAT	S6	0,0136	2,42	0,0056	0,0122	2,42	0,0050	MHB
3. KAT	S1	0,0137	2,42	0,0057	0,0122	2,42	0,0050	MHB
3. KAT	S2	0,0137	2,42	0,0057	0,0122	2,42	0,0050	MHB
3. KAT	S4	0,0137	2,42	0,0057	0,0122	2,42	0,0050	MHB
3. KAT	S5	0,0137	2,42	0,0057	0,0122	2,42	0,0050	MHB
3. KAT	S9	0,0136	2,42	0,0056	0,0122	2,42	0,0050	MHB
3. KAT	S10	0,0136	2,42	0,0056	0,0122	2,42	0,0050	MHB
3. KAT	S11	0,0136	2,42	0,0056	0,0122	2,42	0,0050	MHB
3. KAT	S7	0,0136	2,42	0,0056	0,0122	2,42	0,0050	MHB
3. KAT	S8	0,0136	2,42	0,0056	0,0122	2,42	0,0050	MHB
3. KAT	S12	0,0134	2,42	0,0055	0,0122	2,42	0,0050	MHB
3. KAT	S13	0,0134	2,42	0,0055	0,0122	2,42	0,0050	MHB
3. KAT	S14	0,0134	2,42	0,0055	0,0122	2,42	0,0050	MHB
3. KAT	S15	0,0134	2,42	0,0055	0,0122	2,42	0,0050	MHB
3. KAT	S16	0,0134	2,42	0,0055	0,0122	2,42	0,0050	MHB
3. KAT	S17	0,0134	2,42	0,0055	0,0122	2,42	0,0050	MHB
3. KAT	S3	0,0137	2,42	0,0057	0,0122	2,42	0,0050	MHB
2. KAT	S6	0,0159	2,42	0,0066	0,0148	2,42	0,0061	MHB
2. KAT	S1	0,0161	2,42	0,0067	0,0148	2,42	0,0061	MHB
2. KAT	S2	0,0161	2,42	0,0067	0,0148	2,42	0,0061	MHB
2. KAT	S4	0,0161	2,42	0,0067	0,0148	2,42	0,0061	MHB
2. KAT	S5	0,0161	2,42	0,0067	0,0148	2,42	0,0061	MHB
2. KAT	S9	0,0159	2,42	0,0066	0,0148	2,42	0,0061	MHB
2. KAT	S10	0,0159	2,42	0,0066	0,0148	2,42	0,0061	MHB
2. KAT	S11	0,0159	2,42	0,0066	0,0148	2,42	0,0061	MHB
2. KAT	S7	0,0159	2,42	0,0066	0,0148	2,42	0,0061	MHB
2. KAT	S8	0,0159	2,42	0,0066	0,0148	2,42	0,0061	MHB
2. KAT	S12	0,0158	2,42	0,0065	0,0148	2,42	0,0061	MHB
2. KAT	S13	0,0158	2,42	0,0065	0,0148	2,42	0,0061	MHB
2. KAT	S14	0,0158	2,42	0,0065	0,0148	2,42	0,0061	MHB
2. KAT	S15	0,0158	2,42	0,0065	0,0148	2,42	0,0061	MHB
2. KAT	S16	0,0158	2,42	0,0065	0,0148	2,42	0,0061	MHB
2. KAT	S17	0,0158	2,42	0,0065	0,0148	2,42	0,0061	MHB
2. KAT	S3	0,0161	2,42	0,0067	0,0148	2,42	0,0061	MHB
1. KAT	S6	0,0164	2,42	0,0068	0,0151	2,42	0,0062	MHB
1. KAT	S1	0,0166	2,42	0,0069	0,0151	2,42	0,0062	MHB
1. KAT	S2	0,0166	2,42	0,0069	0,0151	2,42	0,0062	MHB
1. KAT	S4	0,0166	2,42	0,0069	0,0151	2,42	0,0062	MHB
1. KAT	S5	0,0166	2,42	0,0069	0,0151	2,42	0,0062	MHB
1. KAT	S9	0,0164	2,42	0,0068	0,0151	2,42	0,0062	MHB
1. KAT	S10	0,0164	2,42	0,0068	0,0151	2,42	0,0062	MHB
1. KAT	S11	0,0164	2,42	0,0068	0,0151	2,42	0,0062	MHB
1. KAT	S7	0,0164	2,42	0,0068	0,0151	2,42	0,0062	MHB

1. KAT	S8	0,0164	2,42	0,0068	0,0151	2,42	0,0062	MHB
1. KAT	S12	0,0162	2,42	0,0067	0,0151	2,42	0,0062	MHB
1. KAT	S13	0,0162	2,42	0,0067	0,0151	2,42	0,0062	MHB
1. KAT	S14	0,0162	2,42	0,0067	0,0151	2,42	0,0062	MHB
1. KAT	S15	0,0162	2,42	0,0067	0,0151	2,42	0,0062	MHB
1. KAT	S16	0,0162	2,42	0,0067	0,0151	2,42	0,0062	MHB
1. KAT	S17	0,0162	2,42	0,0067	0,0151	2,42	0,0062	MHB
1. KAT	S3	0,0166	2,42	0,0069	0,0151	2,42	0,0062	MHB
ZEMİN	S6	0,0116	2,42	0,0048	0,0097	2,42	0,0040	MHB
ZEMİN	S1	0,0117	2,42	0,0048	0,0097	2,42	0,0040	MHB
ZEMİN	S2	0,0117	2,42	0,0048	0,0097	2,42	0,0040	MHB
ZEMİN	S4	0,0117	2,42	0,0048	0,0097	2,42	0,0040	MHB
ZEMİN	S5	0,0117	2,42	0,0048	0,0097	2,42	0,0040	MHB
ZEMİN	S9	0,0116	2,42	0,0048	0,0097	2,42	0,0040	MHB
ZEMİN	S10	0,0116	2,42	0,0048	0,0097	2,42	0,0040	MHB
ZEMİN	S11	0,0116	2,42	0,0048	0,0097	2,42	0,0040	MHB
ZEMİN	S7	0,0116	2,42	0,0048	0,0097	2,42	0,0040	MHB
ZEMİN	S8	0,0116	2,42	0,0048	0,0097	2,42	0,0040	MHB
ZEMİN	S12	0,0114	2,42	0,0047	0,0097	2,42	0,0040	MHB
ZEMİN	S13	0,0114	2,42	0,0047	0,0097	2,42	0,0040	MHB
ZEMİN	S14	0,0114	2,42	0,0047	0,0097	2,42	0,0040	MHB
ZEMİN	S15	0,0114	2,42	0,0047	0,0097	2,42	0,0040	MHB
ZEMİN	S16	0,0114	2,42	0,0047	0,0097	2,42	0,0040	MHB
ZEMİN	S17	0,0114	2,42	0,0047	0,0097	2,42	0,0040	MHB
ZEMİN	S3	0,0117	2,42	0,0048	0,0097	2,42	0,0040	MHB
BODRUM	S6	0,0001	2,05	0,0000	0,0002	2,05	0,0001	MHB
BODRUM	S1	0,0001	2,05	0,0000	0,0002	2,05	0,0001	MHB
BODRUM	S2	0,0001	2,05	0,0000	0,0002	2,05	0,0001	MHB
BODRUM	S4	0,0001	2,05	0,0000	0,0002	2,05	0,0001	MHB
BODRUM	S5	0,0001	2,05	0,0000	0,0002	2,05	0,0001	MHB
BODRUM	S9	0,0001	2,05	0,0000	0,0002	2,05	0,0001	MHB
BODRUM	S10	0,0001	2,05	0,0000	0,0002	2,05	0,0001	MHB
BODRUM	S11	0,0001	2,05	0,0000	0,0002	2,05	0,0001	MHB
BODRUM	S7	0,0001	2,05	0,0000	0,0002	2,05	0,0001	MHB
BODRUM	S8	0,0001	2,05	0,0000	0,0002	2,05	0,0001	MHB
BODRUM	S12	0,0001	2,05	0,0000	0,0002	2,05	0,0001	MHB
BODRUM	S13	0,0001	2,05	0,0000	0,0002	2,05	0,0001	MHB
BODRUM	S14	0,0001	2,05	0,0000	0,0002	2,05	0,0001	MHB
BODRUM	S15	0,0001	2,05	0,0000	0,0002	2,05	0,0001	MHB
BODRUM	S16	0,0001	2,05	0,0000	0,0002	2,05	0,0001	MHB
BODRUM	S17	0,0001	2,05	0,0000	0,0002	2,05	0,0001	MHB
BODRUM	S3	0,0001	2,05	0,0000	0,0002	2,05	0,0001	MHB

Tablo D.2: Kiriş güvenlik sınırı kontrolü

Kat	Kiriş	Kiriş Süneklği	$V_e/bw*d*f_{ctm}$	r	Hasar Bölgesi
KAT 4	B1	Sünek	0,47	0,68	MHB
KAT 4	B2	Sünek	0,47	0,77	MHB
KAT 4	B3	Sünek	0,47	0,77	MHB
KAT 4	B4	Sünek	0,47	0,68	MHB
KAT 4	B5	Sünek	0,50	0,73	MHB
KAT 4	B6	Sünek	0,52	1,42	MHB
KAT 4	B7	Sünek	0,69	1,38	MHB
KAT 4	B8	Sünek	0,52	1,42	MHB
KAT 4	B9	Sünek	0,50	0,73	MHB
KAT 4	B10	Sünek	0,45	0,56	MHB
KAT 4	B11	Sünek	0,44	0,57	MHB
KAT 4	B12	Sünek	0,42	0,34	MHB
KAT 4	B13	Sünek	0,44	0,57	MHB
KAT 4	B14	Sünek	0,45	0,56	MHB
KAT 4	B15	Sünek	0,52	1,16	MHB
KAT 4	B16	Sünek	0,50	1,04	MHB
KAT 4	B17	Sünek	0,51	1,22	MHB
KAT 4	B18	Sünek	0,49	1,03	MHB
KAT 4	B19	Sünek	0,38	0,97	MHB
KAT 4	B20	Sünek	0,49	0,83	MHB
KAT 4	B21	Sünek	0,38	0,97	MHB
KAT 4	B22	Sünek	0,51	1,22	MHB
KAT 4	B23	Sünek	0,49	1,03	MHB
KAT 4	B24	Sünek	0,52	1,16	MHB
KAT 4	B25	Sünek	0,50	1,04	MHB
KAT 4	B26	Sünek	1,20	0,10	MHB
KAT 4	B27	Sünek	1,20	0,10	MHB
KAT 3	B1	Sünek	0,49	1,67	MHB
KAT 3	B2	Sünek	0,47	2,09	MHB
KAT 3	B3	Sünek	0,47	2,09	MHB
KAT 3	B4	Sünek	0,49	1,67	MHB
KAT 3	B5	Sünek	0,55	2,06	MHB
KAT 3	B6	Sünek	0,77	2,65	BHB
KAT 3	B7	Sünek	1,11	2,47	BHB
KAT 3	B8	Sünek	0,77	2,65	BHB
KAT 3	B9	Sünek	0,55	2,06	MHB
KAT 3	B10	Sünek	0,48	1,53	MHB
KAT 3	B11	Sünek	0,46	1,38	MHB
KAT 3	B12	Sünek	0,42	0,63	MHB
KAT 3	B13	Sünek	0,46	1,38	MHB
KAT 3	B14	Sünek	0,48	1,53	MHB
KAT 3	B15	Sünek	0,63	2,57	BHB
KAT 3	B16	Sünek	0,64	2,11	MHB
KAT 3	B17	Sünek	0,67	3,24	BHB
KAT 3	B18	Sünek	0,68	2,46	BHB
KAT 3	B19	Sünek	0,48	2,03	MHB
KAT 3	B20	Sünek	0,54	1,99	MHB
KAT 3	B21	Sünek	0,48	2,03	MHB
KAT 3	B22	Sünek	0,67	3,24	BHB
KAT 3	B23	Sünek	0,68	2,46	BHB
KAT 3	B24	Sünek	0,63	2,57	BHB
KAT 3	B25	Sünek	0,64	2,11	MHB
KAT 3	B26	Sünek	1,20	0,19	MHB
KAT 3	B27	Sünek	1,20	0,19	MHB
KAT 2	B1	Sünek	0,62	2,56	BHB
KAT 2	B2	Sünek	0,54	3,10	BHB
KAT 2	B3	Sünek	0,54	3,10	BHB
KAT 2	B4	Sünek	0,62	2,56	BHB
KAT 2	B5	Sünek	0,69	3,11	BHB
KAT 2	B6	Sünek	0,96	3,55	İHB
KAT 2	B7	Sünek	1,50	3,47	İHB
KAT 2	B8	Sünek	0,96	3,55	İHB
KAT 2	B9	Sünek	0,69	3,11	BHB

KAT 2	B10	Sünek	0,60	2,23	MHB
KAT 2	B11	Sünek	0,59	1,96	MHB
KAT 2	B12	Sünek	0,42	0,85	MHB
KAT 2	B13	Sünek	0,59	1,96	MHB
KAT 2	B14	Sünek	0,60	2,23	MHB
KAT 2	B15	Sünek	0,78	3,68	BHB
KAT 2	B16	Sünek	0,83	3,21	BHB
KAT 2	B17	Sünek	0,82	4,52	İHB
KAT 2	B18	Sünek	0,88	3,61	BHB
KAT 2	B19	Sünek	0,61	2,90	BHB
KAT 2	B20	Sünek	0,65	2,83	BHB
KAT 2	B21	Sünek	0,61	2,90	BHB
KAT 2	B22	Sünek	0,82	4,52	İHB
KAT 2	B23	Sünek	0,88	3,61	BHB
KAT 2	B24	Sünek	0,78	3,68	BHB
KAT 2	B25	Sünek	0,83	3,21	BHB
KAT 2	B26	Sünek	1,20	0,25	MHB
KAT 2	B27	Sünek	1,20	0,25	MHB
KAT 1	B1	Sünek	0,71	3,17	BHB
KAT 1	B2	Sünek	0,60	3,69	BHB
KAT 1	B3	Sünek	0,60	3,69	BHB
KAT 1	B4	Sünek	0,71	3,17	BHB
KAT 1	B5	Sünek	0,78	3,86	BHB
KAT 1	B6	Sünek	1,06	3,94	İHB
KAT 1	B7	Sünek	1,70	3,98	İHB
KAT 1	B8	Sünek	1,06	3,94	İHB
KAT 1	B9	Sünek	0,78	3,86	BHB
KAT 1	B10	Sünek	0,68	2,72	BHB
KAT 1	B11	Sünek	0,70	2,46	BHB
KAT 1	B12	Sünek	0,42	1,00	MHB
KAT 1	B13	Sünek	0,70	2,46	BHB
KAT 1	B14	Sünek	0,68	2,72	BHB
KAT 1	B15	Sünek	0,86	4,36	İHB
KAT 1	B16	Sünek	0,94	3,80	İHB
KAT 1	B17	Sünek	0,90	5,44	İHB
KAT 1	B18	Sünek	0,99	4,28	İHB
KAT 1	B19	Sünek	0,69	3,46	BHB
KAT 1	B20	Sünek	0,72	3,38	BHB
KAT 1	B21	Sünek	0,69	3,46	BHB
KAT 1	B22	Sünek	0,90	5,44	İHB
KAT 1	B23	Sünek	0,99	4,28	İHB
KAT 1	B24	Sünek	0,86	4,36	İHB
KAT 1	B25	Sünek	0,94	3,80	İHB
KAT 1	B26	Sünek	1,20	0,30	MHB
KAT 1	B27	Sünek	1,20	0,30	MHB
ZEMİN	B1	Sünek	0,71	3,16	BHB
ZEMİN	B2	Sünek	0,58	3,51	BHB
ZEMİN	B3	Sünek	0,58	3,51	BHB
ZEMİN	B4	Sünek	0,71	3,16	BHB
ZEMİN	B5	Sünek	0,75	3,58	BHB
ZEMİN	B6	Sünek	1,00	3,54	İHB
ZEMİN	B7	Sünek	1,63	3,78	İHB
ZEMİN	B8	Sünek	1,00	3,54	İHB
ZEMİN	B9	Sünek	0,75	3,58	BHB
ZEMİN	B10	Sünek	0,68	2,67	BHB
ZEMİN	B11	Sünek	0,70	2,49	BHB
ZEMİN	B12	Sünek	0,42	0,99	MHB
ZEMİN	B13	Sünek	0,70	2,49	BHB
ZEMİN	B14	Sünek	0,68	2,67	BHB
ZEMİN	B15	Sünek	0,82	3,95	İHB
ZEMİN	B16	Sünek	0,90	3,62	İHB
ZEMİN	B17	Sünek	0,84	4,83	İHB
ZEMİN	B18	Sünek	0,91	3,86	İHB
ZEMİN	B19	Sünek	0,65	3,18	BHB
ZEMİN	B20	Sünek	0,69	3,19	BHB
ZEMİN	B21	Sünek	0,65	3,18	BHB

ZEMİN	B22	Sünek	0,84	4,83	İHB
ZEMİN	B23	Sünek	0,91	3,86	İHB
ZEMİN	B24	Sünek	0,82	3,95	İHB
ZEMİN	B25	Sünek	0,90	3,62	İHB
ZEMİN	B26	Sünek	1,20	0,29	MHB
ZEMİN	B27	Sünek	1,20	0,29	MHB
BODRUM	B1	Sünek	0,34	0,05	MHB
BODRUM	B2	Sünek	0,34	0,04	MHB
BODRUM	B3	Sünek	0,34	0,04	MHB
BODRUM	B4	Sünek	0,34	0,05	MHB
BODRUM	B5	Sünek	0,38	0,40	MHB
BODRUM	B6	Sünek	0,40	0,78	MHB
BODRUM	B7	Sünek	0,48	0,92	MHB
BODRUM	B8	Sünek	0,40	0,78	MHB
BODRUM	B9	Sünek	0,38	0,40	MHB
BODRUM	B10	Sünek	0,34	0,05	MHB
BODRUM	B11	Sünek	0,35	0,04	MHB
BODRUM	B12	Sünek	0,35	0,05	MHB
BODRUM	B13	Sünek	0,35	0,04	MHB
BODRUM	B14	Sünek	0,34	0,05	MHB
BODRUM	B15	Sünek	0,36	0,10	MHB
BODRUM	B16	Sünek	0,36	0,09	MHB
BODRUM	B17	Sünek	0,38	0,65	MHB
BODRUM	B18	Sünek	0,37	0,62	MHB
BODRUM	B19	Sünek	0,31	0,53	MHB
BODRUM	B20	Sünek	0,38	0,49	MHB
BODRUM	B21	Sünek	0,31	0,53	MHB
BODRUM	B22	Sünek	0,38	0,65	MHB
BODRUM	B23	Sünek	0,37	0,62	MHB
BODRUM	B24	Sünek	0,36	0,10	MHB
BODRUM	B25	Sünek	0,36	0,09	MHB

Tablo D.3: Kolon güvenlik sınırı kontrolü

Kat	Kolon	Kolon Süneklği	$V_e/bw*d*fctm$	r	n	Hasar Bölgesi
KAT 4	S1	Sünek	0,33	2,0	0,07	MHB
KAT 4	S2	Sünek	0,34	1,8	0,11	MHB
KAT 4	S3	Sünek	0,34	1,5	0,12	MHB
KAT 4	S4	Sünek	0,34	1,8	0,11	MHB
KAT 4	S5	Sünek	0,33	2,0	0,07	MHB
KAT 4	S6	Sünek	0,39	1,9	0,11	MHB
KAT 4	S7	Sünek	0,39	2,1	0,13	BHB
KAT 4	S8	Sünek	0,47	1,4	0,07	MHB
KAT 4	S9	Sünek	0,45	1,4	0,07	MHB
KAT 4	S10	Sünek	0,39	2,1	0,13	BHB
KAT 4	S11	Sünek	0,39	1,9	0,11	MHB
KAT 4	S12	Sünek	0,30	1,7	0,08	MHB
KAT 4	S13	Sünek	0,33	1,9	0,10	MHB
KAT 4	S14	Sünek	0,30	1,9	0,07	MHB
KAT 4	S15	Sünek	0,30	1,9	0,07	MHB
KAT 4	S16	Sünek	0,33	1,9	0,10	MHB
KAT 4	S17	Sünek	0,30	1,7	0,08	MHB
KAT 3	S1	Sünek	0,45	1,9	0,17	BHB
KAT 3	S2	Sünek	0,48	2,4	0,23	BHB
KAT 3	S3	Sünek	0,48	2,4	0,24	BHB
KAT 3	S4	Sünek	0,48	2,4	0,23	BHB
KAT 3	S5	Sünek	0,45	1,9	0,17	BHB
KAT 3	S6	Sünek	0,65	2,0	0,22	BHB
KAT 3	S7	Sünek	0,75	3,3	0,24	BHB
KAT 3	S8	Sünek	0,77	1,6	0,15	BHB
KAT 3	S9	Sünek	0,71	1,6	0,15	BHB
KAT 3	S10	Sünek	0,75	3,3	0,24	BHB
KAT 3	S11	Sünek	0,65	2,0	0,22	BHB
KAT 3	S12	Sünek	0,36	2,1	0,18	BHB
KAT 3	S13	Sünek	0,47	2,5	0,21	BHB
KAT 3	S14	Sünek	0,37	2,1	0,15	BHB
KAT 3	S15	Sünek	0,37	2,1	0,15	BHB
KAT 3	S16	Sünek	0,44	2,5	0,21	BHB
KAT 3	S17	Sünek	0,36	2,1	0,18	BHB
KAT 2	S1	Sünek	0,61	2,5	0,26	BHB
KAT 2	S2	Sünek	0,65	4,0	0,33	GB
KAT 2	S3	Sünek	0,61	3,6	0,35	GB
KAT 2	S4	Sünek	0,65	4,0	0,33	GB
KAT 2	S5	Sünek	0,61	2,5	0,26	BHB
KAT 2	S6	Sünek	0,91	3,6	0,32	GB
KAT 2	S7	Sünek	0,93	5,0	0,36	GB
KAT 2	S8	Sünek	0,94	1,9	0,23	BHB
KAT 2	S9	Sünek	0,88	1,9	0,23	BHB
KAT 2	S10	Sünek	0,93	5,0	0,36	GB
KAT 2	S11	Sünek	0,91	3,6	0,32	GB
KAT 2	S12	Sünek	0,41	2,6	0,27	BHB
KAT 2	S13	Sünek	0,60	3,5	0,32	GB
KAT 2	S14	Sünek	0,46	2,5	0,24	BHB
KAT 2	S15	Sünek	0,42	2,5	0,24	BHB
KAT 2	S16	Sünek	0,58	3,5	0,32	GB
KAT 2	S17	Sünek	0,45	2,6	0,27	BHB
KAT 1	S1	Sünek	0,68	3,3	0,33	İHB
KAT 1	S2	Sünek	0,74	6,7	0,43	GB
KAT 1	S3	Sünek	0,70	6,1	0,46	GB
KAT 1	S4	Sünek	0,74	6,7	0,43	GB
KAT 1	S5	Sünek	0,68	3,3	0,33	İHB
KAT 1	S6	Sünek	1,02	7,6	0,41	GB
KAT 1	S7	Sünek	1,11	9,5	0,47	GB
KAT 1	S8	Sünek	1,10	2,5	0,30	İHB
KAT 1	S9	Sünek	1,05	2,5	0,30	İHB
KAT 1	S10	Sünek	1,11	9,5	0,47	GB
KAT 1	S11	Sünek	1,02	7,6	0,41	GB
KAT 1	S12	Sünek	0,47	3,8	0,35	GB

KAT 1	S13	Sünek	0,77	6,1	0,41	GB
KAT 1	S14	Sünek	0,53	3,2	0,31	İHB
KAT 1	S15	Sünek	0,50	3,2	0,31	İHB
KAT 1	S16	Sünek	0,74	6,1	0,41	GB
KAT 1	S17	Sünek	0,50	3,8	0,35	GB
ZEMİN	S1	Sünek	0,77	4,5	0,40	GB
ZEMİN	S2	Sünek	0,78	10,2	0,53	GB
ZEMİN	S3	Sünek	0,72	12,0	0,56	GB
ZEMİN	S4	Sünek	0,78	10,2	0,53	GB
ZEMİN	S5	Sünek	0,77	4,5	0,40	GB
ZEMİN	S6	Sünek	1,18	15,0	0,51	GB
ZEMİN	S7	Sünek	0,95	22,9	0,58	GB
ZEMİN	S8	Sünek	1,52	4,5	0,34	GB
ZEMİN	S9	Sünek	1,47	4,5	0,34	GB
ZEMİN	S10	Sünek	0,95	22,9	0,58	GB
ZEMİN	S11	Sünek	1,18	15,0	0,51	GB
ZEMİN	S12	Sünek	0,68	5,5	0,42	GB
ZEMİN	S13	Sünek	0,65	8,3	0,50	GB
ZEMİN	S14	Sünek	0,57	4,3	0,38	GB
ZEMİN	S15	Sünek	0,57	4,3	0,38	GB
ZEMİN	S16	Sünek	0,64	8,3	0,50	GB
ZEMİN	S17	Sünek	0,68	5,5	0,42	GB
BODRUM	S1	Sünek	0,38	0,0	0,04	MHB
BODRUM	S2	Sünek	0,45	0,3	0,08	MHB
BODRUM	S3	Sünek	0,44	0,3	0,07	MHB
BODRUM	S4	Sünek	0,45	0,3	0,08	MHB
BODRUM	S5	Sünek	0,38	0,0	0,04	MHB
BODRUM	S6	Sünek	0,49	0,1	0,10	MHB
BODRUM	S7	Sünek	0,08	7,6	0,71	GB
BODRUM	S8	Sünek	0,70	1,7	0,37	BHB
BODRUM	S9	Sünek	0,70	1,7	0,37	BHB
BODRUM	S10	Sünek	0,08	7,6	0,71	GB
BODRUM	S11	Sünek	0,49	0,1	0,10	MHB
BODRUM	S12	Sünek	0,39	0,0	0,04	MHB
BODRUM	S13	Sünek	0,46	0,3	0,09	MHB
BODRUM	S14	Sünek	0,42	0,4	0,06	MHB
BODRUM	S15	Sünek	0,42	0,4	0,06	MHB
BODRUM	S16	Sünek	0,46	0,3	0,09	MHB
BODRUM	S17	Sünek	0,39	0,0	0,04	MHB

EK E: 01-İZM-KRM-N5 kodlu bina için hesap tabloları

Tablo E.1: Göreli kat ötelemelerinin kontrolü

Kat	Kolon	X YÖNÜ			Y YÖNÜ			Hasar Bölgesi
		δ_{ji}	h_{ji}	δ_{ji}/h_{ji}	δ_{ji}	h_{ji}	δ_{ji}/h_{ji}	
4. KAT	S1	0,0250	2,85	0,0088	0,0405	2,85	0,0142	BHB
4. KAT	S2	0,0250	2,85	0,0088	0,0405	2,85	0,0142	BHB
4. KAT	S3	0,0250	2,85	0,0088	0,0405	2,85	0,0142	BHB
4. KAT	S4	0,0250	2,85	0,0088	0,0405	2,85	0,0142	BHB
4. KAT	S5	0,0250	2,85	0,0088	0,0405	2,85	0,0142	BHB
4. KAT	S6	0,0250	2,85	0,0088	0,0405	2,85	0,0142	BHB
4. KAT	S7	0,0250	2,85	0,0088	0,0405	2,85	0,0142	BHB
4. KAT	S8	0,0261	2,85	0,0092	0,0405	2,85	0,0142	BHB
4. KAT	S9	0,0263	2,85	0,0092	0,0405	2,85	0,0142	BHB
4. KAT	S10	0,0265	2,85	0,0093	0,0405	2,85	0,0142	BHB
4. KAT	S11	0,0265	2,85	0,0093	0,0405	2,85	0,0142	BHB
4. KAT	S12	0,0263	2,85	0,0092	0,0405	2,85	0,0142	BHB
4. KAT	S13	0,0261	2,85	0,0092	0,0405	2,85	0,0142	BHB
4. KAT	S14	0,0272	2,85	0,0095	0,0405	2,85	0,0142	BHB
4. KAT	S15	0,0272	2,85	0,0095	0,0405	2,85	0,0142	BHB
4. KAT	S16	0,0285	2,85	0,0100	0,0405	2,85	0,0142	BHB
4. KAT	S17	0,0285	2,85	0,0100	0,0405	2,85	0,0142	BHB
4. KAT	S18	0,0285	2,85	0,0100	0,0405	2,85	0,0142	BHB
4. KAT	S19	0,0283	2,85	0,0099	0,0405	2,85	0,0142	BHB
4. KAT	S20	0,0283	2,85	0,0099	0,0405	2,85	0,0142	BHB
4. KAT	S21	0,0285	2,85	0,0100	0,0405	2,85	0,0142	BHB
4. KAT	S22	0,0285	2,85	0,0100	0,0405	2,85	0,0142	BHB
4. KAT	S23	0,0285	2,85	0,0100	0,0405	2,85	0,0142	BHB
3. KAT	S1	0,0369	2,85	0,0129	0,0506	2,85	0,0178	BHB
3. KAT	S2	0,0369	2,85	0,0129	0,0506	2,85	0,0178	BHB
3. KAT	S3	0,0369	2,85	0,0129	0,0506	2,85	0,0178	BHB
3. KAT	S4	0,0369	2,85	0,0129	0,0506	2,85	0,0178	BHB
3. KAT	S5	0,0369	2,85	0,0129	0,0506	2,85	0,0178	BHB
3. KAT	S6	0,0369	2,85	0,0129	0,0506	2,85	0,0178	BHB
3. KAT	S7	0,0369	2,85	0,0129	0,0506	2,85	0,0178	BHB
3. KAT	S8	0,0385	2,85	0,0135	0,0506	2,85	0,0178	BHB
3. KAT	S9	0,0388	2,85	0,0136	0,0506	2,85	0,0178	BHB
3. KAT	S10	0,0391	2,85	0,0137	0,0506	2,85	0,0178	BHB
3. KAT	S11	0,0391	2,85	0,0137	0,0506	2,85	0,0178	BHB
3. KAT	S12	0,0388	2,85	0,0136	0,0506	2,85	0,0178	BHB
3. KAT	S13	0,0385	2,85	0,0135	0,0506	2,85	0,0178	BHB
3. KAT	S14	0,0401	2,85	0,0141	0,0506	2,85	0,0178	BHB
3. KAT	S15	0,0401	2,85	0,0141	0,0506	2,85	0,0178	BHB
3. KAT	S16	0,0421	2,85	0,0148	0,0506	2,85	0,0178	BHB
3. KAT	S17	0,0421	2,85	0,0148	0,0506	2,85	0,0178	BHB
3. KAT	S18	0,0421	2,85	0,0148	0,0506	2,85	0,0178	BHB
3. KAT	S19	0,0418	2,85	0,0147	0,0506	2,85	0,0178	BHB
3. KAT	S20	0,0418	2,85	0,0147	0,0506	2,85	0,0178	BHB
3. KAT	S21	0,0421	2,85	0,0148	0,0506	2,85	0,0178	BHB
3. KAT	S22	0,0421	2,85	0,0148	0,0506	2,85	0,0178	BHB
3. KAT	S23	0,0421	2,85	0,0148	0,0506	2,85	0,0178	BHB
2. KAT	S1	0,0438	2,85	0,0154	0,0547	2,85	0,0192	BHB
2. KAT	S2	0,0438	2,85	0,0154	0,0547	2,85	0,0192	BHB
2. KAT	S3	0,0438	2,85	0,0154	0,0547	2,85	0,0192	BHB
2. KAT	S4	0,0438	2,85	0,0154	0,0547	2,85	0,0192	BHB
2. KAT	S5	0,0438	2,85	0,0154	0,0547	2,85	0,0192	BHB
2. KAT	S6	0,0438	2,85	0,0154	0,0547	2,85	0,0192	BHB
2. KAT	S7	0,0438	2,85	0,0154	0,0547	2,85	0,0192	BHB
2. KAT	S8	0,0457	2,85	0,0160	0,0547	2,85	0,0192	BHB
2. KAT	S9	0,0460	2,85	0,0162	0,0547	2,85	0,0192	BHB
2. KAT	S10	0,0464	2,85	0,0163	0,0547	2,85	0,0192	BHB
2. KAT	S11	0,0464	2,85	0,0163	0,0547	2,85	0,0192	BHB
2. KAT	S12	0,0460	2,85	0,0162	0,0547	2,85	0,0192	BHB
2. KAT	S13	0,0457	2,85	0,0160	0,0547	2,85	0,0192	BHB
2. KAT	S14	0,0476	2,85	0,0167	0,0547	2,85	0,0192	BHB

2. KAT	S15	0,0476	2,85	0,0167	0,0547	2,85	0,0192	BHB
2. KAT	S16	0,0499	2,85	0,0175	0,0547	2,85	0,0192	BHB
2. KAT	S17	0,0499	2,85	0,0175	0,0547	2,85	0,0192	BHB
2. KAT	S18	0,0499	2,85	0,0175	0,0547	2,85	0,0192	BHB
2. KAT	S19	0,0496	2,85	0,0174	0,0547	2,85	0,0192	BHB
2. KAT	S20	0,0496	2,85	0,0174	0,0547	2,85	0,0192	BHB
2. KAT	S21	0,0499	2,85	0,0175	0,0547	2,85	0,0192	BHB
2. KAT	S22	0,0499	2,85	0,0175	0,0547	2,85	0,0192	BHB
2. KAT	S23	0,0499	2,85	0,0175	0,0547	2,85	0,0192	BHB
1. KAT	S1	0,0430	2,85	0,0151	0,0472	2,85	0,0166	BHB
1. KAT	S2	0,0430	2,85	0,0151	0,0472	2,85	0,0166	BHB
1. KAT	S3	0,0430	2,85	0,0151	0,0472	2,85	0,0166	BHB
1. KAT	S4	0,0430	2,85	0,0151	0,0472	2,85	0,0166	BHB
1. KAT	S5	0,0430	2,85	0,0151	0,0472	2,85	0,0166	BHB
1. KAT	S6	0,0430	2,85	0,0151	0,0472	2,85	0,0166	BHB
1. KAT	S7	0,0430	2,85	0,0151	0,0472	2,85	0,0166	BHB
1. KAT	S8	0,0449	2,85	0,0158	0,0472	2,85	0,0166	BHB
1. KAT	S9	0,0453	2,85	0,0159	0,0472	2,85	0,0166	BHB
1. KAT	S10	0,0456	2,85	0,0160	0,0472	2,85	0,0166	BHB
1. KAT	S11	0,0456	2,85	0,0160	0,0472	2,85	0,0166	BHB
1. KAT	S12	0,0453	2,85	0,0159	0,0472	2,85	0,0166	BHB
1. KAT	S13	0,0449	2,85	0,0158	0,0472	2,85	0,0166	BHB
1. KAT	S14	0,0468	2,85	0,0164	0,0472	2,85	0,0166	BHB
1. KAT	S15	0,0468	2,85	0,0164	0,0472	2,85	0,0166	BHB
1. KAT	S16	0,0491	2,85	0,0172	0,0472	2,85	0,0166	BHB
1. KAT	S17	0,0491	2,85	0,0172	0,0472	2,85	0,0166	BHB
1. KAT	S18	0,0491	2,85	0,0172	0,0472	2,85	0,0166	BHB
1. KAT	S19	0,0487	2,85	0,0171	0,0472	2,85	0,0166	BHB
1. KAT	S20	0,0487	2,85	0,0171	0,0472	2,85	0,0166	BHB
1. KAT	S21	0,0491	2,85	0,0172	0,0472	2,85	0,0166	BHB
1. KAT	S22	0,0491	2,85	0,0172	0,0472	2,85	0,0166	BHB
1. KAT	S23	0,0491	2,85	0,0172	0,0472	2,85	0,0166	BHB
ZEMİN	S1	0,0243	2,85	0,0085	0,0220	2,85	0,0077	MHB
ZEMİN	S2	0,0243	2,85	0,0085	0,0220	2,85	0,0077	MHB
ZEMİN	S3	0,0243	2,85	0,0085	0,0220	2,85	0,0077	MHB
ZEMİN	S4	0,0243	2,85	0,0085	0,0220	2,85	0,0077	MHB
ZEMİN	S5	0,0243	2,85	0,0085	0,0220	2,85	0,0077	MHB
ZEMİN	S6	0,0243	2,85	0,0085	0,0220	2,85	0,0077	MHB
ZEMİN	S7	0,0243	2,85	0,0085	0,0220	2,85	0,0077	MHB
ZEMİN	S8	0,0253	2,85	0,0089	0,0220	2,85	0,0077	MHB
ZEMİN	S9	0,0255	2,85	0,0090	0,0220	2,85	0,0077	MHB
ZEMİN	S10	0,0257	2,85	0,0090	0,0220	2,85	0,0077	MHB
ZEMİN	S11	0,0257	2,85	0,0090	0,0220	2,85	0,0077	MHB
ZEMİN	S12	0,0255	2,85	0,0090	0,0220	2,85	0,0077	MHB
ZEMİN	S13	0,0253	2,85	0,0089	0,0220	2,85	0,0077	MHB
ZEMİN	S14	0,0264	2,85	0,0093	0,0220	2,85	0,0077	MHB
ZEMİN	S15	0,0264	2,85	0,0093	0,0220	2,85	0,0077	MHB
ZEMİN	S16	0,0277	2,85	0,0097	0,0220	2,85	0,0077	MHB
ZEMİN	S17	0,0277	2,85	0,0097	0,0220	2,85	0,0077	MHB
ZEMİN	S18	0,0277	2,85	0,0097	0,0220	2,85	0,0077	MHB
ZEMİN	S19	0,0275	2,85	0,0096	0,0220	2,85	0,0077	MHB
ZEMİN	S20	0,0275	2,85	0,0096	0,0220	2,85	0,0077	MHB
ZEMİN	S21	0,0277	2,85	0,0097	0,0220	2,85	0,0077	MHB
ZEMİN	S22	0,0277	2,85	0,0097	0,0220	2,85	0,0077	MHB
ZEMİN	S23	0,0277	2,85	0,0097	0,0220	2,85	0,0077	MHB

Tablo E.2: Kiriş güvenlik sınırı kontrolü

Kat	Kiriş	Kiriş Süneklği	$V_e/bw*d*f_{ctm}$	r	$\rho-p'/\rho_b$	Hasar Bölgesi
KAT 4	B1	Sünek	0,64	0,97	-0,05	MHB
KAT 4	B2	Sünek	0,86	1,28	0,14	MHB
KAT 4	B3	Sünek	0,88	0,81	0,23	MHB
KAT 4	B4	Sünek	0,95	0,81	0,23	MHB
KAT 4	B5	Sünek	0,86	1,28	0,14	MHB
KAT 4	B6	Sünek	0,62	0,97	-0,05	MHB
KAT 4	B7	Sünek	0,73	0,69	0,14	MHB
KAT 4	B8	Sünek	0,91	1,00	0,20	MHB
KAT 4	B9	Sünek	1,00	0,92	0,20	MHB
KAT 4	B10	Sünek	0,66	1,00	0,20	MHB
KAT 4	B11	Sünek	0,73	0,69	0,14	MHB
KAT 4	B12	Sünek	0,76	2,04	0,04	MHB
KAT 4	B13	Sünek	0,76	2,04	0,04	MHB
KAT 4	B14	Sünek	0,57	0,84	0,14	MHB
KAT 4	B15	Sünek	0,83	0,79	0,14	MHB
KAT 4	B16	Sünek	0,57	0,92	-0,05	MHB
KAT 4	B17	Sünek	0,61	0,54	0,14	MHB
KAT 4	B18	Sünek	0,55	0,92	-0,05	MHB
KAT 4	B19	Sünek	0,83	0,79	0,14	MHB
KAT 4	B20	Sünek	0,57	0,84	0,14	MHB
KAT 4	B21	Sünek	0,91	2,73	0,04	MHB
KAT 4	B22	Sünek	0,61	2,21	0,04	MHB
KAT 4	B23	Sünek	0,88	2,88	0,04	MHB
KAT 4	B24	Sünek	1,37	3,03	0,14	BHB
KAT 4	B25	Sünek	0,81	0,99	0,14	MHB
KAT 4	B26	Sünek	0,62	1,27	0,14	MHB
KAT 4	B27	Sünek	0,60	2,46	0,04	MHB
KAT 4	B28	Sünek	0,61	1,44	0,04	MHB
KAT 4	B29	Sünek	0,60	2,46	0,04	MHB
KAT 4	B30	Sünek	0,62	1,27	0,14	MHB
KAT 4	B31	Sünek	0,81	0,99	0,14	MHB
KAT 4	B32	Sünek	1,37	3,03	0,14	BHB
KAT 4	B33	Sünek	0,91	2,73	0,04	MHB
KAT 4	B34	Sünek	0,61	2,21	0,04	MHB
KAT 4	B35	Sünek	0,88	2,88	0,04	MHB
KAT 4	B36	Sünek	1,86	0,00	0,42	MHB
KAT 3	B1	Sünek	1,14	2,16	-0,05	MHB
KAT 3	B2	Sünek	1,34	2,45	0,14	MHB
KAT 3	B3	Sünek	1,29	1,71	0,23	MHB
KAT 3	B4	Sünek	1,29	1,71	0,23	MHB
KAT 3	B5	Sünek	1,34	2,45	0,14	MHB
KAT 3	B6	Sünek	1,14	2,16	-0,05	MHB
KAT 3	B7	Sünek	0,99	1,43	0,14	MHB
KAT 3	B8	Sünek	1,03	1,82	0,20	MHB
KAT 3	B9	Sünek	1,97	1,84	0,20	MHB
KAT 3	B10	Sünek	1,03	1,82	0,20	MHB
KAT 3	B11	Sünek	0,99	1,43	0,14	MHB
KAT 3	B12	Sünek	1,16	3,02	0,04	BHB
KAT 3	B13	Sünek	1,16	3,02	0,04	BHB
KAT 3	B14	Sünek	0,80	1,78	0,14	MHB
KAT 3	B15	Sünek	1,23	1,92	0,14	MHB
KAT 3	B16	Sünek	0,71	1,73	-0,05	MHB
KAT 3	B17	Sünek	0,80	1,32	0,14	MHB
KAT 3	B18	Sünek	0,71	1,73	-0,05	MHB
KAT 3	B19	Sünek	1,23	1,92	0,14	MHB
KAT 3	B20	Sünek	0,80	1,78	0,14	MHB
KAT 3	B21	Sünek	1,34	3,73	0,04	BHB
KAT 3	B22	Sünek	1,02	3,76	0,04	BHB
KAT 3	B23	Sünek	1,27	4,70	0,04	BHB
KAT 3	B24	Sünek	1,58	3,69	0,14	BHB
KAT 3	B25	Sünek	0,98	1,29	0,14	MHB
KAT 3	B26	Sünek	0,69	2,39	0,14	MHB
KAT 3	B27	Sünek	0,92	3,86	0,04	BHB

KAT 3	B28	Sünek	0,85	2,20	0,04	MHB
KAT 3	B29	Sünek	0,92	3,86	0,04	BHB
KAT 3	B30	Sünek	0,69	2,39	0,14	MHB
KAT 3	B31	Sünek	0,98	1,29	0,14	MHB
KAT 3	B32	Sünek	1,58	3,69	0,14	BHB
KAT 3	B33	Sünek	1,34	3,73	0,04	BHB
KAT 3	B34	Sünek	1,02	3,76	0,04	BHB
KAT 3	B35	Sünek	1,27	4,70	0,04	BHB
KAT 3	B36	Sünek	1,86	0,00	0,42	MHB
KAT2	B1	Sünek	1,59	3,14	-0,05	BHB
KAT2	B2	Sünek	1,70	3,34	0,14	BHB
KAT2	B3	Sünek	1,80	2,40	0,23	MHB
KAT2	B4	Sünek	1,80	2,40	0,23	MHB
KAT2	B5	Sünek	1,70	3,34	0,14	BHB
KAT2	B6	Sünek	1,59	3,14	-0,05	BHB
KAT2	B7	Sünek	1,15	2,00	0,14	MHB
KAT2	B8	Sünek	1,21	2,40	0,20	MHB
KAT2	B9	Gevrek	-	-	-	Güçlendiril.
KAT2	B10	Sünek	1,21	2,40	0,20	MHB
KAT2	B11	Sünek	1,15	2,00	0,14	MHB
KAT2	B12	Sünek	1,33	4,10	0,04	BHB
KAT2	B13	Sünek	1,33	4,10	0,04	BHB
KAT2	B14	Sünek	1,03	2,33	0,14	MHB
KAT2	B15	Sünek	1,73	2,75	0,14	BHB
KAT2	B16	Sünek	0,92	2,32	-0,05	MHB
KAT2	B17	Sünek	1,14	1,92	0,14	MHB
KAT2	B18	Sünek	0,92	2,32	-0,05	MHB
KAT2	B19	Sünek	1,73	2,75	0,14	BHB
KAT2	B20	Sünek	1,03	2,33	0,14	MHB
KAT2	B21	Sünek	1,60	4,50	0,04	BHB
KAT2	B22	Sünek	1,19	4,40	0,04	BHB
KAT2	B23	Sünek	1,47	5,48	0,04	İHB
KAT2	B24	Sünek	1,77	4,38	0,14	BHB
KAT2	B25	Sünek	1,18	1,54	0,14	MHB
KAT2	B26	Sünek	0,79	2,92	0,14	BHB
KAT2	B27	Sünek	1,10	4,66	0,04	BHB
KAT2	B28	Sünek	0,98	2,60	0,04	MHB
KAT2	B29	Sünek	1,10	4,66	0,04	BHB
KAT2	B30	Sünek	0,79	2,92	0,14	BHB
KAT2	B31	Sünek	1,11	1,54	0,14	MHB
KAT2	B32	Sünek	1,77	4,38	0,14	BHB
KAT2	B33	Sünek	1,60	4,50	0,04	BHB
KAT2	B34	Sünek	1,19	4,40	0,04	BHB
KAT2	B35	Sünek	1,47	5,48	0,04	İHB
KAT2	B36	Sünek	1,86	0,00	0,42	MHB
KAT 1	B1	Sünek	1,84	3,70	-0,05	BHB
KAT 1	B2	Sünek	1,89	3,79	0,14	BHB
KAT 1	B3	Sünek	2,15	2,78	0,23	MHB
KAT 1	B4	Sünek	2,15	2,78	0,23	MHB
KAT 1	B5	Sünek	1,89	3,79	0,14	BHB
KAT 1	B6	Sünek	1,84	3,70	-0,05	BHB
KAT 1	B7	Sünek	1,17	2,41	0,14	MHB
KAT 1	B8	Sünek	1,31	2,69	0,20	MHB
KAT 1	B9	Gevrek	-	-	-	Güçlendiril.
KAT 1	B10	Sünek	1,31	2,69	0,20	MHB
KAT 1	B11	Sünek	1,17	2,41	0,14	MHB
KAT 1	B12	Sünek	1,37	4,45	0,04	BHB
KAT 1	B13	Sünek	1,37	4,45	0,04	BHB
KAT 1	B14	Sünek	1,14	2,52	0,14	MHB
KAT 1	B15	Sünek	2,09	3,35	0,14	BHB
KAT 1	B16	Sünek	1,04	2,71	-0,05	MHB
KAT 1	B17	Sünek	1,32	2,22	0,14	MHB
KAT 1	B18	Sünek	1,04	2,71	-0,05	MHB
KAT 1	B19	Sünek	2,09	3,35	0,14	BHB
KAT 1	B20	Sünek	1,14	2,52	0,14	MHB
KAT 1	B21	Sünek	1,63	4,51	0,04	BHB

KAT 1	B22	Sünek	1,23	4,53	0,04	BHB
KAT 1	B23	Sünek	1,49	5,48	0,04	İHB
KAT 1	B24	Sünek	1,75	4,25	0,14	İHB
KAT 1	B25	Sünek	1,30	1,53	0,14	MHB
KAT 1	B26	Sünek	0,81	3,02	0,14	BHB
KAT 1	B27	Sünek	1,12	4,73	0,04	BHB
KAT 1	B28	Sünek	0,99	2,60	0,04	MHB
KAT 1	B29	Sünek	1,12	4,73	0,04	BHB
KAT 1	B30	Sünek	0,81	3,02	0,14	BHB
KAT 1	B31	Sünek	1,30	1,53	0,14	MHB
KAT 1	B32	Sünek	1,75	4,25	0,14	İHB
KAT 1	B33	Sünek	1,63	4,51	0,04	BHB
KAT 1	B34	Sünek	1,23	4,53	0,04	BHB
KAT 1	B35	Sünek	1,49	5,48	0,04	İHB
KAT 1	B36	Sünek	1,86	0,00	0,42	MHB
ZEMİN	B1	Sünek	1,62	3,12	-0,05	BHB
ZEMİN	B2	Sünek	1,66	3,28	0,14	BHB
ZEMİN	B3	Sünek	1,89	2,41	0,23	MHB
ZEMİN	B4	Sünek	1,89	2,41	0,23	MHB
ZEMİN	B5	Sünek	1,66	3,28	0,14	BHB
ZEMİN	B6	Sünek	1,62	3,12	-0,05	BHB
ZEMİN	B7	Sünek	0,90	2,05	0,14	MHB
ZEMİN	B8	Sünek	1,18	2,28	0,20	MHB
ZEMİN	B9	Gevrek	-	-	-	Güçlendiril.
ZEMİN	B10	Sünek	1,18	2,28	0,20	MHB
ZEMİN	B11	Sünek	0,83	2,05	0,14	MHB
ZEMİN	B12	Sünek	1,06	3,74	0,04	BHB
ZEMİN	B13	Sünek	1,06	3,74	0,04	BHB
ZEMİN	B14	Sünek	1,00	2,11	0,14	MHB
ZEMİN	B15	Sünek	1,85	2,91	0,14	BHB
ZEMİN	B16	Sünek	0,89	2,31	-0,05	MHB
ZEMİN	B17	Sünek	1,11	1,87	0,14	MHB
ZEMİN	B18	Sünek	0,89	2,31	-0,05	MHB
ZEMİN	B19	Sünek	1,85	2,91	0,14	BHB
ZEMİN	B20	Sünek	1,00	2,11	0,14	MHB
ZEMİN	B21	Sünek	1,19	3,23	0,04	BHB
ZEMİN	B22	Sünek	0,92	3,23	0,04	BHB
ZEMİN	B23	Sünek	1,11	3,82	0,04	BHB
ZEMİN	B24	Sünek	1,40	5,65	0,14	İHB
ZEMİN	B25	Sünek	1,15	1,70	0,14	MHB
ZEMİN	B26	Sünek	0,66	2,18	0,14	MHB
ZEMİN	B27	Sünek	0,85	3,41	0,04	BHB
ZEMİN	B28	Sünek	0,79	3,80	0,04	BHB
ZEMİN	B29	Sünek	0,85	3,35	0,04	BHB
ZEMİN	B30	Sünek	0,66	2,18	0,14	MHB
ZEMİN	B31	Sünek	1,15	1,70	0,14	MHB
ZEMİN	B32	Sünek	1,40	5,65	0,14	İHB
ZEMİN	B33	Sünek	1,19	3,23	0,04	BHB
ZEMİN	B34	Sünek	0,92	3,23	0,04	BHB
ZEMİN	B35	Sünek	1,11	3,82	0,04	BHB
ZEMİN	B36	Sünek	1,86	0,00	0,42	MHB

Tablo E.3: Kolon güvenlik sınırı kontrolü

Kat	Kolon	Kolon Süneklği	Ve/bw*d*fctm	r	n	Hasar Bölgesi
KAT 4	S1	Sünek	0,63	1,97	0,04	BHB
KAT 4	S2	Sünek	0,58	1,62	0,04	BHB
KAT 4	S3	Sünek	0,66	1,92	0,05	BHB
KAT 4	S4	Sünek	0,40	2,00	0,05	BHB
KAT 4	S5	Sünek	0,60	1,92	0,05	BHB
KAT 4	S6	Sünek	0,66	1,62	0,04	BHB
KAT 4	S7	Sünek	0,63	1,97	0,04	BHB
KAT 4	S8	Sünek	0,76	2,29	0,03	BHB
KAT 4	S9	Sünek	0,96	2,49	0,04	BHB
KAT 4	S10	Sünek	0,72	2,23	0,05	BHB
KAT 4	S11	Sünek	0,53	2,23	0,05	BHB
KAT 4	S12	Sünek	0,96	2,49	0,04	BHB
KAT 4	S13	Sünek	0,76	2,29	0,03	BHB
KAT 4	S14	Sünek	0,60	4,20	0,03	BHB
KAT 4	S15	Sünek	0,60	4,20	0,03	BHB
KAT 4	S16	Sünek	0,62	1,59	0,04	BHB
KAT 4	S17	Sünek	0,35	1,92	0,06	BHB
KAT 4	S18	Sünek	0,41	1,53	0,04	BHB
KAT 4	S19	Sünek	0,40	2,16	0,03	BHB
KAT 4	S20	Sünek	0,40	2,16	0,03	BHB
KAT 4	S21	Sünek	0,41	1,53	0,04	BHB
KAT 4	S22	Sünek	0,35	1,92	0,06	BHB
KAT 4	S23	Sünek	0,62	1,59	0,04	BHB
KAT 3	S1	Sünek	0,63	1,71	0,11	BHB
KAT 3	S2	Sünek	0,88	1,89	0,07	BHB
KAT 3	S3	Sünek	1,04	2,16	0,10	BHB
KAT 3	S4	Sünek	0,62	2,94	0,10	BHB
KAT 3	S5	Sünek	1,00	2,16	0,10	BHB
KAT 3	S6	Sünek	0,94	1,89	0,07	BHB
KAT 3	S7	Sünek	0,63	1,71	0,11	BHB
KAT 3	S8	Sünek	0,79	2,06	0,08	BHB
KAT 3	S9	Sünek	1,14	2,18	0,08	BHB
KAT 3	S10	Sünek	1,12	2,41	0,12	BHB
KAT 3	S11	Sünek	0,98	2,41	0,12	BHB
KAT 3	S12	Sünek	1,14	2,18	0,08	BHB
KAT 3	S13	Sünek	0,79	2,06	0,08	BHB
KAT 3	S14	Sünek	0,69	3,91	0,06	BHB
KAT 3	S15	Sünek	0,69	3,91	0,06	BHB
KAT 3	S16	Sünek	0,74	1,87	0,07	BHB
KAT 3	S17	Sünek	0,59	2,75	0,11	BHB
KAT 3	S18	Sünek	0,50	1,87	0,08	BHB
KAT 3	S19	Sünek	0,51	2,56	0,06	BHB
KAT 3	S20	Sünek	0,51	2,56	0,06	BHB
KAT 3	S21	Sünek	0,50	1,87	0,08	BHB
KAT 3	S22	Sünek	0,60	2,75	0,11	BHB
KAT 3	S23	Sünek	0,74	1,87	0,07	BHB
KAT 2	S1	Sünek	0,84	2,35	0,15	BHB
KAT 2	S2	Sünek	1,18	2,42	0,11	BHB
KAT 2	S3	Sünek	1,34	2,71	0,15	BHB
KAT 2	S4	Sünek	0,83	3,51	0,16	BHB
KAT 2	S5	Sünek	1,29	2,71	0,15	BHB
KAT 2	S6	Sünek	1,24	2,42	0,11	BHB
KAT 2	S7	Sünek	0,84	2,35	0,15	BHB
KAT 2	S8	Sünek	1,00	2,48	0,13	BHB
KAT 2	S9	Sünek	1,27	2,43	0,12	BHB
KAT 2	S10	Sünek	1,42	2,66	0,19	BHB
KAT 2	S11	Sünek	1,27	2,66	0,19	BHB
KAT 2	S12	Sünek	1,27	2,43	0,12	BHB
KAT 2	S13	Sünek	1,00	2,48	0,13	BHB
KAT 2	S14	Sünek	0,77	4,53	0,08	BHB
KAT 2	S15	Sünek	0,77	4,53	0,08	BHB
KAT 2	S16	Sünek	0,85	1,95	0,12	BHB
KAT 2	S17	Sünek	0,80	3,37	0,16	BHB

KAT 2	S18	Sünek	0,57	2,42	0,12	BHB
KAT 2	S19	Sünek	0,68	3,36	0,09	BHB
KAT 2	S20	Sünek	0,68	3,36	0,09	BHB
KAT 2	S21	Sünek	0,57	2,42	0,12	BHB
KAT 2	S22	Sünek	0,80	3,37	0,16	BHB
KAT 2	S23	Sünek	0,85	1,95	0,12	BHB
KAT 1	S1	Sünek	0,75	2,18	0,22	BHB
KAT 1	S2	Sünek	1,35	2,97	0,14	BHB
KAT 1	S3	Sünek	1,54	3,25	0,20	BHB
KAT 1	S4	Sünek	1,05	4,12	0,21	BHB
KAT 1	S5	Sünek	1,49	3,25	0,20	BHB
KAT 1	S6	Sünek	1,41	2,97	0,14	BHB
KAT 1	S7	Sünek	0,75	2,18	0,22	BHB
KAT 1	S8	Sünek	0,99	2,72	0,17	BHB
KAT 1	S9	Sünek	1,68	2,76	0,16	BHB
KAT 1	S10	Sünek	1,67	2,69	0,26	BHB
KAT 1	S11	Sünek	1,50	2,69	0,26	BHB
KAT 1	S12	Sünek	1,68	2,76	0,16	BHB
KAT 1	S13	Sünek	0,99	2,72	0,17	BHB
KAT 1	S14	Sünek	0,84	3,47	0,12	BHB
KAT 1	S15	Sünek	0,87	3,47	0,12	BHB
KAT 1	S16	Sünek	0,94	1,77	0,18	BHB
KAT 1	S17	Sünek	0,89	3,56	0,22	BHB
KAT 1	S18	Sünek	0,61	2,71	0,16	BHB
KAT 1	S19	Sünek	0,65	3,05	0,13	BHB
KAT 1	S20	Sünek	0,65	3,05	0,13	BHB
KAT 1	S21	Sünek	0,62	2,71	0,16	BHB
KAT 1	S22	Sünek	0,90	3,56	0,22	BHB
KAT 1	S23	Sünek	0,94	1,77	0,18	BHB
ZEMİN	S1	Sünek	0,60	2,31	0,28	BHB
ZEMİN	S2	Sünek	1,40	4,08	0,17	BHB
ZEMİN	S3	Sünek	1,58	4,77	0,24	BHB
ZEMİN	S4	Sünek	0,67	3,33	0,27	BHB
ZEMİN	S5	Sünek	1,54	4,77	0,24	BHB
ZEMİN	S6	Sünek	1,43	4,08	0,17	BHB
ZEMİN	S7	Sünek	0,60	2,31	0,28	BHB
ZEMİN	S8	Sünek	0,62	2,31	0,24	BHB
ZEMİN	S9	Sünek	2,32	5,67	0,18	İHB
ZEMİN	S10	Sünek	1,92	4,57	0,29	BHB
ZEMİN	S11	Sünek	1,82	4,57	0,29	BHB
ZEMİN	S12	Sünek	2,32	5,67	0,18	İHB
ZEMİN	S13	Sünek	0,62	2,31	0,24	BHB
ZEMİN	S14	Sünek	1,97	4,80	0,14	BHB
ZEMİN	S15	Sünek	2,01	4,80	0,14	BHB
ZEMİN	S16	Sünek	1,11	3,39	0,15	BHB
ZEMİN	S17	Sünek	0,69	3,47	0,28	BHB
ZEMİN	S18	Sünek	0,79	3,79	0,18	BHB
ZEMİN	S19	Sünek	0,63	2,97	0,16	BHB
ZEMİN	S20	Sünek	0,63	2,97	0,16	BHB
ZEMİN	S21	Sünek	0,79	3,79	0,18	BHB
ZEMİN	S22	Sünek	0,69	3,47	0,28	BHB
ZEMİN	S23	Sünek	1,11	3,39	0,15	BHB

ÖZGEÇMİŞ

Selim TÜYSÜZ, 1981 yılında İstanbul’ da doğdu. İlköğretim ve lise eğitimini İstanbul’ da tamamladı. 1999 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümüne girdi. 1999-2000 öğretim yılında Y.T.Ü İngilizce Hazırlık Bölümünü tamamladıktan sonra, 2000 yılında başladığı lisans öğrenimini 2004 yılında tamamladı. Aynı yıl İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Yapı Anabilimdalı’nda yüksek lisans öğrenimine başladı.