

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ DEPREM MÜHENDİSLİĞİ VE AFET
YÖNETİMİ ENSTİTÜSÜ**

**30 KATLI BETONARME YÜKSEK BİR BİNANIN 2018 TBDY KAPSAMINDA
TASARIMI VE PERFORMANS ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Yasemin ÖZAYDIN

Deprem Mühendisliği Anabilim Dalı

Deprem Mühendisliği Programı

HAZİRAN 2019

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ DEPREM MÜHENDİSLİĞİ VE AFET
YÖNETİMİ ENSTİTÜSÜ**

**30 KATLI BETONARME YÜKSEK BİR BİNANIN 2018 TBDY KAPSAMINDA
TASARIMI VE PERFORMANS ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Yasemin ÖZAYDIN
(802141244)**

Deprem Mühendisliği Anabilim Dalı

Deprem Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Kutlu DARILMAZ

HAZİRAN 2019

İTÜ, Deprem Mühendisliği ve Afet Yönetimi Enstitüsü'nün 802141244 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Yasemin ÖZAYDIN, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “30 KATLI BETONARME YÜKSEK BİR BİNANIN 2018 TBDY KAPSAMINDA TASARIMI VE PERFORMANS ANALİZİ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Kutlu DARILMAZ**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Konuralp GİRĞİN**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Güray ARSLAN
Yıldız Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : 3 Mayıs 2019
Savunma Tarihi : 19 Haziran 2019





Aileme,



ÖNSÖZ

Bu çalışma hazırlanırken “2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği” doğrultusunda betonarme yüksek bir binanın tasarımının yapılması ve performansının değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Tez hazırlama sürecinde anlayışlı ve hoşgörülü tavrıyla, bilgi ve tecrübelerini esirgemeyip bana vaktini ayırdığı için tez danışmanım, hocam Prof.Dr. Kutlu Darılmaz’a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans süreci boyunca desteğini hiçbir zaman esirgemeyen ve bana güvenen değerli büyüğüm Mehmet Sadık Bektaş’a, çalışmalarımda yardımcı olan arkadaşlarım Hülya Yüksel, Hakan Özen ve Ferit Kürkçü’ye teşekkürü borç bilirim.

Hayatımın her aşamasında her zaman yanımda olan ve bana güç veren aileme ve destekleri ile yanımda olan tüm arkadaşlarıma sonsuz sevgiler ve teşekkürler.

Mayıs 2019

Yasemin ÖZAYDIN



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xiii
SEMBOLLER	xv
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xix
ŞEKİL LİSTESİ.....	xxi
ÖZET.....	xxiii
SUMMARY	xxv
1. GİRİŞ	1
1.1 Giriş ve Literatür Özeti	1
1.2 Amaç ve Çalışmanın Kapsamı	2
2. MALZEME DAVRANIŞI VE DOĞRUSAL OLMAYAN DAVRANIŞ	3
2.1 Malzeme Davranışı	3
2.1.1 Beton davranışı	3
2.1.2 Çelik davranışı	6
2.2 Doğrusal Olmayan Davranış ve Plastik Mafsallık Kavramı	7
2.2.1 Doğrusal olmayan davranış	7
2.2.2 Plastik mafsallık kavramı	8
3. TÜRKİYE BİNA DEPREM YÖNETMELİĞİNE GÖRE DOĞRUSAL TASARIM İLKELERİ.....	11
3.1 Tasarıma Esas Konular.....	11
3.1.1 Deprem yer hareketi düzeyleri	11
3.1.2 Standart deprem yer hareketi spektrumları	11
3.1.3 Bina kullanım sınıfları ve bina önem katsayıları	13
3.1.4 Deprem tasarım sınıfları.....	14
3.1.5 Bina yükseklik sınıfları	14
3.1.6 Bina performans düzeyleri ve bina performans hedefleri	15
3.1.7 Düzensiz binalar.....	16
3.2 Dayanıma Göre Tasarım(DGT)	17
3.2.1 Deprem yükü azaltma katsayısı	17
3.2.2 Taşıyıcı sistem davranış katsayısı ve dayanım fazlalığı katsayısı	18
3.2.3 Deprem etkilerinin tanımlanması.....	18
3.2.3.1 Yatayda birbirine dik iki doğrultudaki deprem etkilerinin birleştirilmesi	19
3.2.3.2 Düşey deprem etkisi ve diğer etkilerle birleştirilmesi	19
3.2.4 Taşıyıcı sistemin modellenmesine yönelik koşullar	20
3.2.4.1 Kütlelerin modellenmesi	21
3.2.5 Doğrusal hesap yönteminin seçilmesi.....	21
3.3 Betonarme Elemanların Tasarım Kuralları	23
3.3.1 Süneklik düzeyi yüksek kolonlar için özel kurallar	23

3.3.2 Süneklik düzeyi yüksek kirişler için özel kurallar	25
3.3.3 Süneklik düzeyi yüksek perdeler için özel kurallar	26
4. TÜRKİYE BİNA DEPREM YÖNETMELİĞİNE GÖRE DOĞRUSAL OLMAYAN TASARIM İLKELERİ.....	31
4.1 Şekil Değiştirmeye Göre Tasarım Yaklaşımı	31
4.1.1 Performans hedefleri	31
4.1.2 Deprem etkilerinin tanımlanması ve diğer etkilerle birleştirilmesi.....	32
4.2 Doğrusal Olmayan Davranış Modelleri.....	32
4.2.1 Yığılı plastik davranış	32
4.2.2 Yayılı plastik davranış.....	33
4.3 Doğrusal Olmayan Hesap İçin Taşıyıcı Sistemin Modellenmesine Yönelik Kurallar.....	34
4.3.1 Betonarme taşıyıcı sistem elemanlarının etkin kesitlik rijitlikleri hesabı .	34
4.4 Doğrusal Olmayan Hesap Yönteminin Seçilmesi	35
4.4.1 İtme yöntemleri	35
4.4.2 Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi	35
4.5 Yeni Betonarme Binalar İçin İzin Verilen Şekildeğiştirme ve İç Kuvvet Sınırları.....	37
4.5.1 Göçmenin önlenmesi (GÖ) performans düzeyi	37
4.5.2 Kontrollü hasar (KH) performans düzeyi.....	39
4.5.3 Sınırlı hasar (SH) performans düzeyi.....	39
4.6 Betonarme yüksek binalar ile ilgili özel kurallar	40
4.6.1 Yüksek bina tasarım aşamaları.....	40
4.6.1.1 Tasarım aşaması I: DD-2 deprem düzeyi altında ön rasarım ve boyutlandırma.....	40
4.6.1.2 Tasarım aşaması II: Kesintisiz kullanım veya sınırlı hasar performans hedefi için hesap esasları.....	41
4.6.1.3 Tasarım aşaması III: Göçmenin önlenmesi veya kontrollü hasar performans değerlendirmesi için hesap esasları.....	43
4.6.1.4 Tasarımın sonuçlandırılması	44
5. DOĞRUSAL ANALİZLER	45
5.1 Tasarlanacak Bina Hakkında Genel Bilgiler	45
5.1.1 Genel yapı geometrisi.....	45
5.1.2 Deprem tasarım parametreleri	45
5.1.3 Sabit ve hareketli yükler.....	45
5.1.3.1 Sabit yükler	45
5.1.3.2 Hareketli yükler.....	47
5.1.4 Malzeme özellikleri.....	48
5.2 Bina Parametreleri	48
5.2.1 Deprem tasarım spektrumu	48
5.2.2 Bina önem katsayısı, deprem tasarım sınıfı, bina yükseklik sınıfı.....	49
5.2.3 Deprem etkisi altında bina performans hedefi ve tasarım yaklaşımları	49
5.2.4 Taşıyıcı sistem davranış katsayısı ve dayanım fazlalığı katsayısı.....	49
5.2.5 Azaltılmış tasarım ivme spektrumu.....	50
5.2.6 Düşey deprem etkisi	50
5.2.7 Düzensizlik kontrolleri.....	51
5.2.7.1 A1 Burulma düzensizliği.....	51
5.2.7.2 A2 Döşeme süreksizlikleri	52
5.2.7.3 A3 Planda çıkıntılar bulunması düzensizliği.....	53
5.2.7.4 B1 Komşu katlar arası dayanım düzensizliği	53

5.2.7.5 B2 Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği.....	53
5.2.7.6 B3 Taşığı sistem düşey elemanlarının süreksizliği	55
5.2.8 Etkin kesit rijitlikleri	55
5.3 Doğrusal Hesapların Gerçekleştirilmesi.....	57
5.3.1 Modal analiz sonuçları	57
5.3.2 Bina hakim titreşim periyodunun belirlenmesi	61
5.3.3 Bina ağırlığı.....	62
5.3.4 Eşdeğer deprem yükü kontrolü	62
5.4 Betonarme Kesit Hesapları.....	63
5.4.1 Kolon betonarme hesapları	63
5.4.1.1 Kesit boyutlandırması	63
5.4.1.2 Eğilme donatısı hesabı	63
5.4.1.3 Kesme donatısı hesabı.....	63
5.4.2 Kirişlerin betonarme hesabı	64
5.4.2.1 Eğilme donatısı hesabı	64
5.4.2.2 Kesme donatısı hesabı.....	64
5.4.3 Perdelerin betonarme hesabı	68
5.4.3.1 Eksenel yük kontrolü.....	68
5.4.3.2 Perde uç bölgeleri ve kritik perde yüksekliği.....	69
5.4.3.3 Boyuna donatı hesabı	70
5.4.3.4 Perde uç bölgelerinde enine donatı hesabı	72
5.4.3.5 Perde yatay donatılarının belirlenmesi	72
5.4.3.6 Perdelerde sürtünme kesmesi kontrolü	74
6. DOĞRUSAL OLMAYAN ANALİZLER	75
6.1 Malzeme Beklenen Dayanımları	75
6.2 Beton ve Donatı Çeliği İçin Gerilme-Şekildeğiştirme Modelleri	75
6.3 Kesitlerde Doğrusal Olmayan Davranış Modelleri.....	75
6.3.1 Kirişlerde plastik mafsal tanımları	75
6.3.2 Kolonlarda plastik mafsal tanımları	77
6.3.3 Perdelerde kesit hücresi modeli tanımı	78
6.4 Performans Hedefleri ve Sınır Değerleri.....	79
6.4.1 Kirişler için plastik dönme sınır değerleri.....	79
6.4.2 Kolonlar için plastik dönme sınır değerleri.....	81
6.4.3 Perdeler için birim şekil değiştirme sınır değerleri	82
6.5 Etkin Kesit Rijitlikleri	83
6.5.1 Kirişler için etkin kesit rijitliği hesabı.....	83
6.5.2 Kolonlar için etkin kesit rijitliği hesabı.....	83
6.6 Deprem Kayıtlarının Ölçeklendirilmesi	84
6.7 Analiz Sonuçları	88
6.7.1 Göreli kat ötelemeleri kontrolü	88
6.7.2 Perde kesme kapasitesi kontrolü	89
6.7.3 Etki/kapasite oranlarının kontrolü.....	90
6.7.4 Kolon ve kirişlerde plastik dönme sınır değerlerinin kontrolü	91
6.7.5 Perdelerde birim şekil değiştirme sınır değerlerinin kontrolü	92
7. SONUÇLAR	93
EKLER.....	95
KAYNAKLAR	103
ÖZGEÇMİŞ.....	105



KISALTMALAR

AFAD	: Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
BKS	: Bina Kullanım Sınıfı
BYS	: Bina Yükseklik Sınıfı
DTS	: Deprem Tasarım Sınıfı
DD-1	: Aşılma Olasılığı 50 Yılda %2 Olan Deprem Yer Hareketi Düzeyi
DD-2	: Aşılma Olasılığı 50 Yılda %10 Olan Deprem Yer Hareketi Düzeyi
DD-3	: Aşılma Olasılığı 50 Yılda %50 Olan Deprem Yer Hareketi Düzeyi
DD-4	: Aşılma Olasılığı 50 Yılda %68 Olan Deprem Yer Hareketi Düzeyi
GÖ	: Göçmenin Önlenmesi Performans Düzeyi
KH	: Kontrollü Hasar Performans Düzeyi
SH	: Sınırlı Hasar Performans Düzeyi
PEER	: Pasific Earthquake Engineering Research Center
DGT	: Dayanıma Göre Tasarım
ŞGDT	: Şekil Değiştirmeye Göre Değerlendirme ve Tasarım
TBDY 2018	: Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, 2018
TS 498	: Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri, 1997
TS 500	: Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, 2000



SEMBOLLER

A_c	: Kolon veya perde uç bölgesinin brüt enkesit alanı
A_{ch}	: Perdenin brüt enkesit alanı
A_{ck}	: Sargı donatısının dışından dışına alınan ölçü içinde kalan çekirdek beton alanı
A_e	: Herhangi bir katta, gözönüne alınan deprem doğrultusunda etkili kesme alanı
a_i	: Yatayda bir etriye kolu veya çiroz tarafından mesnetlenen boyuna donatıların eksenleri arasındaki uzaklık
A_s	: Boyuna donatı alanı
A_{sh}	: Enine donatı alanı (dikdörtgen kesit)
A_t	: Ampirik doğal titreşim periyodu hesabında kullanılan eşdeğer alan
b_0	: Göbek betonunu sargılayan etriyelerin eksenleri arasında kalan kesit boyutu
b_k	: Çekirdek boyutu (en dıştaki enine donatı eksenleri arasındaki uzaklık)
C_t	: Ampirik doğal titreşim periyodu hesabında kullanılan katsayı
d	: Kiriş faydalı derinliği
D	: Dayanım fazlalığı katsayısı
d_b	: Boyuna donatı çapı
E	: Deprem etkisi
E_c	: Betonun elastisite modülü
E_d	: Doğrultu birleştirmesi uygulanmış tasarıma esas toplam deprem etkisi
$E_{d(H)}$: Doğrultu birleştirmesi uygulanmış tasarıma esas yatay deprem etkisi
$E_{d(X)}$: (X) doğrultusundaki depremin etkisi altında tasarıma esas deprem etkisi
$E_{d(Y)}$: (Y) doğrultusundaki depremin etkisi altında tasarıma esas deprem etkisi
$E_{d(Z)}$: (Z) doğrultusundaki depremin etkisi altında tasarıma esas deprem etkisi
E_s	: Donatı çeliğinin elastisite modülü
$(E)_{e}$: Yığılı plastik davranışa göre modellenen kolon, kiriş, bağ kiriş veya perdenin etkin kesit rijitliği
e	: %5'lik ek dışmerkezlilik etkisi
F_s	: Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayısı

F₁	: 1.0 saniye periyot için yerel zemin etki katsayısı
f_c	: Sargılı betonda beton basınç gerilmesi
f_{cc}	: Sargılı beton dayanımı
f_{cd}	: Betonun tasarım basınç dayanımı
f_{ce}	: Betonun ortalama (beklenen) basınç dayanımı
f_{ck}	: Betonun karakteristik basınç dayanımı
f_{co}	: Sargısız betonun basınç dayanımı
f_{ctd}	: Betonun tasarım çekme dayanımı
f_e	: Etkili sargılama basıncı
f_s	: Donatı çeliğinde gerilme
f_{su}	: Donatı çeliğinde kopma dayanımı
f_{yd}	: Boyuna donatının tasarım akma dayanımı
f_{ye}	: Çeliğin ortalama (beklenen) akma dayanımı
f_{yk}	: Çeliğin karakteristik akma dayanımı
f_{ywd}	: Enine donatının tasarım akma dayanımı
f_{ywk}	: Enine donatının karakteristik akma dayanımı
f_{ywe}	: Enine donatının ortalama (beklenen) akma dayanımı
G	: Sabit yük etkisi
G	: Kayma modülü
g	: Yerçekimi ivmesi
H_{cr}	: Perde kritik yüksekliği
H_N	: Bina toplam yüksekliği
H_w	: Perde yüksekliği
H_i	: Binanın i'inci katının kat yüksekliği
k_e	: Sargılama etkinlik katsayısı
I	: Bina önem katsayısı
l_w	: Perdenin plandaki boyu
L_p	: Plastik mafsal boyu
L_s	: Kesme açıklığı
M_{DEV}	: Betonarme perdenin veya çaprazlı çerçevenin tabanında deprem yüklerinden meydana gelen devrilme momenti
M_y	: Etkin akma momenti
m_i	: i'inci katın toplam kütlesi
m_t	: Binanın bodrum katlarının üstündeki üst bölümünün toplam kütlesi
N	: Binanın bodrum katlarının üstündeki üst bölümdeki toplam kat sayısı

n	: Hareketli yük katılım katsayısı
R	: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
R_a(T)	: Öngörülen süneklik kapasitesi ve periyoda bağlı deprem yükü azaltma Katsayısı
s	: Sargı donatısı aralığı
Q	: Hareketli yük etkisi
S_{ae}(T)	: Yatay elastik tasarım spektral ivmesi
S_{aR}(T)	: Azaltılmış tasarım spektral ivmesi
S_{DS}	: Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı
S_{D1}	: 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı
S_s	: Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı
S₁	: 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı
T	: Doğal titreşim periyodu
T_A	: Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu
T_B	: Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu
T_L	: Yatay elastik tasarım spektrumunda sabit yerdeğiştirme bölgesine geçiş periyodu
T_p	: Binanın hakim doğal titreşim periyodu
T_{pA}	: Ampirik olarak hesaplanan hakim doğal titreşim periyodu
T_{p(X)}	: (X) deprem doğrultusunda binanın hakim doğal titreşim periyodu
T_n	: n'inci noda ait doğal titreşim periyodu
V_c	: Betonun kesme kuvveti dayanımına katkısı
V_d	: Yük katsayıları ile çarpılmış düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan kesme kuvveti
V_e	: Kolon, kiriş, birleşim bölgesi ve perdede enine donatı hesabında esas alınan kesme kuvveti
V_r	: Kolon, kiriş veya perde kesitinin kesme kuvveti dayanımı
V_{i(X)}	: (X) deprem doğrultusunda i'inci kattaki azaltılmış kat kesme kuvveti
V_{tE(X)}	: (X) deprem doğrultusunda binanın tümüne etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü
V_{tx(X)}	: Modal hesap yöntemlerinden biri ile x doğrultusunda elde edilen en büyük toplam deprem yükü
α_{se}	: Sargı donatısı etkinlik katsayısı
ε_{c(GÖ)}	: Göçmenin önlenmesi performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalması sınırı

$\epsilon_c(KH)$: Kontrollü hasar performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısılması sınırı
$\epsilon_c(SH)$: Sınırlı hasar performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısılması sınırı
$\epsilon_s(GÖ)$: Göçmenin önlenmesi performans düzeyi için izin verilen donatı çeliği şekildeğiştirmesi sınırı
$\epsilon_s(KH)$: Kontrollü hasar performans düzeyi için izin verilen donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi sınırı
$\epsilon_s(SH)$: Sınırlı hasar performans düzeyi için izin verilen donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi sınırı
ϵ_{su}	: Maksimum dayanıma karşı gelen donatı birim uzaması
$\beta_{IE(X)}$: Eşdeğer taban kesme kuvveti büyütme katsayısı
γ_E	: Eşdeğer taban kesme kuvveti büyütme katsayısının belirlenmesinde kullanılan ampirik katsayı
θ_y	: Akma eğriliği
θ_u	: Göçme öncesi eğrilik
ω_{we}	: Etkin sargı donatısının mekanik donatı oranı
μ	: Kesme sürtünmesi katsayısı
ρ_s	: Toplam enine donatının hacimsel oranı
ρ_{sh}	: Gözönüne alınan doğrultuda enine donatının hacimsel oranı
$\rho_{sh,min}$: İki yatay doğrultuda hacimsel enine donatı oranının küçük olanı
$\theta_p(KH)$: Kontrollü Hasar performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı
$\theta_p(GÖ)$: Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı
$\theta_p(SH)$: Sınırlı Hasar performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1 : Kısa periyot için yerel zemin etki katsayıları (TBDY, 2018).	12
Çizelge 3.2 : 1.0 saniye periyot için yerel zemin etki katsayıları (TBDY, 2018).	13
Çizelge 3.3 : Bina kullanım sınıfları ve bina önem katsayısı.	14
Çizelge 3.4 : Deprem tasarım sınıfları.	14
Çizelge 3.5 : Bina yükseklik sınıfları ve deprem tasarım sınıflarına göre tanımlanan bina yükseklik aralıkları.	15
Çizelge 3.6 : Deprem tasarım sınıflarına göre binalar için performans hedefleri ve uygulanacak değerlendirme/tasarım yaklaşımları (BYS=1).	16
Çizelge 3.7 : Süneklik düzeyi yüksek betonarme sistemler için R ve D katsayıları ile izin verilen BYS.	19
Çizelge 3.8 : Betonarme taşıyıcı elemanların etkin kesit rijitliği çarpanları.	20
Çizelge 3.9 : Hareketli yük katılım katsayısı.	21
Çizelge 3.10 : Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabileceği binalar.	21
Çizelge 4.1 : Yüksek binalar için performans hedefleri ve değerlendirme/tasarım yaklaşımları.	31
Çizelge 4.2 : Malzemelerin beklenen dayanımları.	34
Çizelge 4.3 : II. Aşama deprem hesabı için etkin kesit rijitliği çarpanları.	42
Çizelge 5.1 : A1 Burulma düzensizliği kontrolü (X yönü).	51
Çizelge 5.2 : A1 Burulma düzensizliği kontrolü (Y yönü).	52
Çizelge 5.3 : X doğrultusu B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü.	53
Çizelge 5.4 : Y doğrultusu B2 komşu katlar arası dayanım düzensizliği kontrolü. ..	54
Çizelge 5.5 : Kütle katılım oranları.	57
Çizelge 5.6 : Bina ağırlığı.	62
Çizelge 5.7 : Mod birleştirme yöntemi ile elde edilen bina tabanındaki kuvvetler. ..	62
Çizelge 5.8 : Kolon eksenel kuvvet tahkiki.	65
Çizelge 5.9 : Kolon boy donatı seçimi.	65
Çizelge 5.10 : Kolon kesme donatısı hesabı.	66
Çizelge 5.11 : Kiriş kesme donatısı hesabı.	68
Çizelge 5.12 : 1.kat perdeleri için yapılan eksenel yük kontrolü.	69
Çizelge 5.13 : Perde uç bölgeleri boy donatıları.	71
Çizelge 5.14 : W11-W12 perdeleri için kesme donatısı hesabı.	73
Çizelge 6.1 : Örnek perde fiber modeli.	78
Çizelge 6.2 : PEER veritabanından seçilen depremler.	85
Çizelge A.1 : Kirişler için hesaplanan plastik dönme sınır değerleri	97
Çizelge A.2 : Kolonlar için hesaplanan plastik dönme sınır değerleri	99
Çizelge A.3 : Perde uç bölgeleri için hesaplanan şekildeğiştirme sınır değerleri ...	101



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Farklı sargı etkileri altındaki betonun gerilme-şekildeğiştirme davranışı (Darılmaz, 2014).....	3
Şekil 2.2 : Sargılı ve sargısız beton için Mander modeli gerilme-şekildeğiştirme grafiği (TBDY, 2018).	4
Şekil 2.3 : Donatı çeliği gerilme-şekildeğiştirme grafiği (TBDY, 2018).	6
Şekil 2.4 : Betonarme konsol kolonda doğrusal olmayan çevrimsel davranış (Darılmaz, 2014).	7
Şekil 2.5 : İdeal elasto-plastik model (Darılmaz, 2014).	8
Şekil 2.6 : Betonarme kesitte eğilme-momenti ve eğrilik ilişkisi (Celep, 2007).	8
Şekil 2.7 : Normal kuvvet etkisi altındaki bir betonarme kesitte eğilme momenti-eğrilik ilişkisi (Celep, 2007).	9
Şekil 2.8 : Sürekli bir kirişte mesnette ve açıklıkta plastik eğriliğin değişimi (Celep, 2007).	10
Şekil 3.1 : Yatay elastik tasarım spektrumu.	12
Şekil 3.2 : Perdeli sistemlerde tasarım eğilme momentleri.	28
Şekil 3.3 : Perdelerde tasarım kesme kuvveti.	29
Şekil 4.1 : Perde lif modeli.	33
Şekil 5.1 : Tipik kat planı.	46
Şekil 5.2 : Deprem tasarım parametreleri.	47
Şekil 5.3 : DD-2 Deprem yer hareketi düzeyi için binaya ait elastik tasarım spektrumu.....	49
Şekil 5.4 : DD-2 deprem düzeyi için azaltılmış tasarım ivme spektrumu.	50
Şekil 5.5 : Kirişlerin etkin kesit rijitlikleri.	55
Şekil 5.6 : Kolonların etkin kesit rijitlikleri.	56
Şekil 5.7 : Perdelerin etkin kesit rijitlikleri.	56
Şekil 5.8 : Döşemelerin etkin kesit rijitlikleri.	57
Şekil 5.9 : Kirişler için gerekli eğilme donatısı alanı (cm ²).	67
Şekil 5.10 : P03 perde grubu için tasarım eğilme momenti.	70
Şekil 5.11 : P03 perde grubu için tasarım kesme kuvveti.	72
Şekil 6.1 : Perdelerde uç bölgeleri için tanımlanan tipik sargılı beton modeli ve gövde için tanımlanan sargısız beton modeli.	76
Şekil 6.2 : Donatı çeliği gerilme-şekildeğiştirme grafiği.	76
Şekil 6.3 : Tip 35x70 kiriş moment eğrilik ilişkisi.	77
Şekil 6.4 : 60x240 Kolon moment-eğrilik grafiği.	77
Şekil 6.5 : 60x240 Kolon karşılıklı etkileşim diyagramı.	78
Şekil 6.6 : Kiriş için tip moment eğrilik grafiği.	80
Şekil 6.7 : Kirişler için ETABS programına tanımlanan mafsal özellikleri ve sınır değerler.	80
Şekil 6.8 : 40x160 kolon için tip moment-eğrilik grafiği.	81
Şekil 6.9 : Kolonlar için tanımlanan plastik mafsal özellikleri ve sınır değerler.	82
Şekil 6.10 : PEER veritabanı deprem kaydı arama ekranı.	84

Şekil 6.11 : Hedef spektrum ve ölçeklendirme aralığı.....	85
Şekil 6.12 : ETABS programına ivme kaydının tanımlanması.	86
Şekil 6.13 : ETABS programında hedef spektruma göre deprem ölçekleme işlemi.	86
Şekil 6.14 : Ölçeklendirilmemiş ivme kayıtları ve hedef spektrum	87
Şekil 6.15 : Ölçeklendirilmiş ivme kayıtları ve hedef spektrum	87
Şekil 6.16 : X doğrultusu görelî kat ötelemeleri oranı.....	88
Şekil 6.17 : Y doğrultusu görelî kat ötelemeleri oranı.....	89
Şekil 6.18 : W9 perdesi kesme kapasitesi kontrolü	90
Şekil 6.19 : Göçmenin önlenmesi performans hedefi için tanımlanan performans kontrolü	91
Şekil 6.20 : B11 kirişî plastik dönmeler	92



30 KATLI BETONARME YÜKSEK BİR BİNANIN 2018 TBDY KAPSAMINDA TASARIMI VE PERFORMANS ANALİZİ

ÖZET

Deprem, yer kabuğunu oluşturan levhaların hareketleri sonucu ortaya çıkan gerilme ve şekil değiştirme enerjisinin aniden boşalması ile oluşan doğal olaydır.

Türkiye, dünyanın en aktif deprem kuşaklarından birisi üzerinde yer almaktadır ve bulunduğu konum itibarıyla deprem riski yüksektir. Yaşanan yıkıcı depremlerle birlikte depreme dayanıklı yapı tasarımının önemi ortaya çıkmıştır. Depreme dayanıklı yapılarda istenilen deprem performansının sağlanmasının, can ve mal kaybının en aza indirilmesi açısından ne derece önemli olduğu görülmüştür.

Depreme dayanıklı bina tasarımında, binalarda göçmenin önlenmesi ya da onarılabilir düzeyde hasar oluşması amaçlanmaktadır. Ülkeler, deprem performansının sağlanması ve doğru bina tasarımı yapılabilmesi için inşaat mühendislerine rehberlik edecek yönetmelikler düzenlenmektedirler. Ülkemizde de son kullanılan “*Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007*” güncellenerek “*Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018*” yürürlüğe girmiştir.

Artan nüfus ve kalabalıklaşan şehirlerle birlikte yüksek binalara olan talepler artmıştır. Gelişen teknoloji ile birlikte yapı sistemlerinin çözümünde kullanılan analiz programları gelişmiş, gerçeğe daha yakın sonuçlar elde etmek mümkün hale gelmiştir. Bu tez çalışmasında yüksek bir betonarme binanın tasarımının yapılması ve deprem performansının incelenmesi amaçlanmıştır.

Çalışmanın birinci bölümünde çalışmanın konusu ve amacından bahsedilmiştir.

İkinci bölümde, doğrusal olmayan malzeme davranışı ve plastik mafsallık kavramı açıklanmıştır.

Üçüncü bölümde TBDY 2018’e göre doğrusal tasarım ilkelerinden bahsedilmiştir.

Dördüncü bölümde TBDY 2018’e göre doğrusal olmayan tasarım ilkelerinden bahsedilmiştir.

Beşinci bölümde doğrusal analizler gerçekleştirilmiş, kesit boyutları ve donatıları belirlenmiştir.

Altıncı bölümde doğrusal olmayan analizlerin gerçekleştirilmesi ve eleman hasar sınırlarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

Çalışmanın yedinci bölümünde elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.



DESIGN AND PERFORMANCE ANALYSIS OF A 30 STOREY REINFORCED CONCRETE TALL BUILDING BASED ON 2018 TURKISH EARTHQUAKE RESISTANT DESIGN CODE

SUMMARY

By definition, an earthquake is a natural phenomenon that occurs due to the sudden discharge of the stress and strain energy resulting from the movements of the plates constituting the earth's crust.

Turkey lies along one of the most active seismic belts of the globe and owing to its location is one of the most earthquake-prone countries in the world. The importance of the concept of earthquake resistant structural design came forth with destructive earthquakes that took place in the past. Evidence indicates that for earthquake resistant structures achieving the target earthquake performance is vital towards minimizing the loss of life and property.

The main purpose of the earthquake resistant structural design is to prevent the collapse of the structure or ensure that only reparable levels of damage will occur. Worldwide, countries have long been developing seismic design codes to guide the civil engineers in the process of ensuring the target earthquake performance and adopting an adequate structural design approach. Similarly, in our country the then current seismic designs code ("Earthquake Resistant Design Code, 2007") has been updated and replaced with the "Turkish Earthquake Resistant Design Code, 2018".

The increasing trend of population and crowded cities have resulted in an increased demand for tall buildings. In addition, due to the development of technology the software and tools employed for structural analysis have improved significantly, thereby, making it possible to obtain more accurate and realistic results. In this context, this thesis study aims at designing a reinforced concrete tall building and investigating its earthquake performance.

The first chapter presents information regarding the topic and purpose of this study.

The second chapter provides information on and explains the notions of nonlinear material behavior and plastic hinges.

The third chapter covers the principles of linear design according to 2018 Turkish Seismic Code.

The fourth chapter covers the principles of nonlinear design according to 2018 Turkish Seismic Code.

The fifth chapter covers the linear analysis of the structure and designation of the member dimensions and reinforcement.

The sixth chapter is devoted to the nonlinear analysis of the structure and specification of member damage limits.

Finally, the obtained results are discussed and reviewed under the seventh chapter.



1. GİRİŞ

1.1 Giriş ve Literatür Özeti

Türkiye, dünyanın en aktif deprem kuşakları arasında yer alan Alp-Himalaya deprem kuşağında yer alır ve etrafı büyük tektonik plakalarla çevrelenmiştir. Neredeyse yüzölçümünün tamamında aktif faylar bulunmakta ve bu durum depremin ülkemiz için kaçınılmaz bir doğal afet olduğunu göstermektedir. Geçmişte kaydedilen ve yakın zamanda ölçülen depremler de ülkemizde büyük depremlerin sıkça meydana geldiğini göstermektedir, içlerinde en şiddetli depremler ise Kuzey Anadolu Fay hattı üzerinde olmuştur, çok fazla can ve mal kaybı yaşanmıştır.

Deprem etkisinin yapılardaki olumsuz etkisi sebebiyle, depreme maruz kalan ülkelerde deprem yapı etkileşimi ile ilgili çalışmalar yapılmakta ve yapılan çalışmalar ışığında yönetmelikler hazırlanıp gerektiğinde güncellenmektedir. Ülkemizdeki ilk deprem yönetmeliği, Zelzele Mıntıklarında Yapılacak İnşaata Ait İtalyan Yapı Talimatnamesi 1940, 1939 Erzincan depreminden sonra uygulamaya konulmuştur. Bu yönetmeliği sırasıyla, Zelzele Mıntıkları Muvakkat Yapı Talimatnamesi 1944, Türkiye Yersarsıntısı Bölgeleri Yapı Yönetmeliği 1949, Yersarsıntı Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik 1953, Afet Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (ABYBHY) 1962, ABYBHY 1968, ABYBHY 1975, ABYBHY 1998 izlemiştir. Son olarak “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY) 2007” güncellenerek “Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY) 2018” yürürlüğe girmiştir.

Hem dünyada hem de ülkemize hızla artan nüfus ve yapılaşma ile birlikte yüksek binalara olan talep de artmıştır. Bu durum yüksek bina tasarımında ve teknolojisinde yenilikleri beraberinde getirmiştir. Yüksek bina tasarımında, dayanım esaslı doğrusal yaklaşım pratikte tasarımın gerçekleştirilmesini ve değerlendirilmesini neredeyse imkansız kılmaktadır. Dayanım esaslı yaklaşım ile, aslında doğrusal davranmayan bir yapının doğrusal şekilde temsil edilmesi, yapının doğrusal olmayan davranışını göz ardı ederek güvenli tasarım yapmak anlamına gelmektedir ancak bu durum yüksek

binalarda pratikte uygulanması mümkün olmayan sonuçlara varmaktadır. İlk defa 1994 Northridge depreminden sonra Kaliforniya Yapı Mühendisleri Derneği (SEAOC) tarafından ortaya atılan performans kavramı ile yeni bir tasarım yaklaşımı olan performansa dayalı tasarımın temellerinin atılmasını sağlamıştır (Vision-2000, 1995). Bunun sonucu olarak performansa dayalı tasarım yaklaşımı ile yapının doğrusal olmayan davranışının değerlendirilmesi, sistemde sınırlı hasara izin verilerek daha ekonomik tasarımlar yapmak konusu gündeme gelmiştir. Performansa dayalı tasarım ile doğrusal olmayan davranışın daha gerçekçi bir şekilde temsil edilmesi ile daha ekonomik tasarımlar yapmak mümkün olmuştur.

1.2 Amaç ve Çalışmanın Kapsamı

Çalışma kapsamında, yüksek bir betonarme binanın TBDY 2018'e göre tasarımının ve performans değerlendirmesinin yapılması amaçlanmıştır. Bu doğrultuda binanın ön tasarımı için "Mod Birleştirme Yöntemi" ile doğrusal analizi, performans değerlendirmesi için "Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap" ile analizi yapılmıştır.

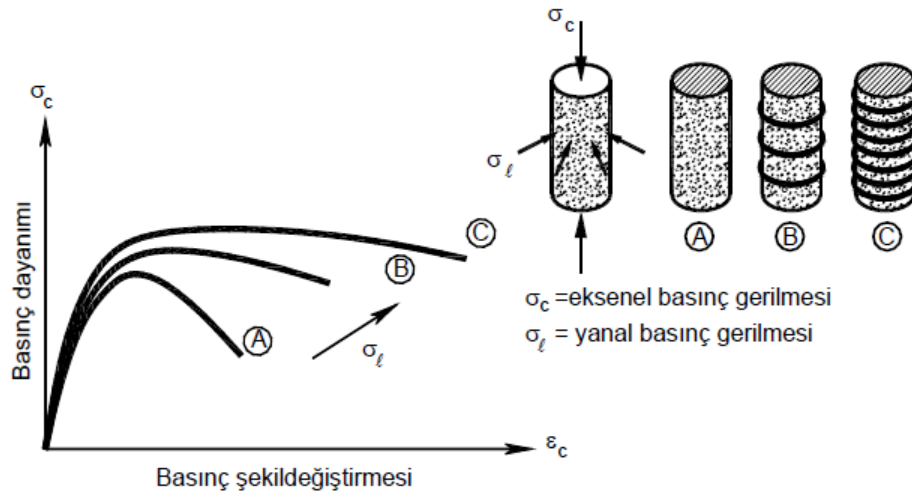
2. MALZEME DAVRANIŞI VE DOĞRUSAL OLMAYAN DAVRANIŞ

2.1 Malzeme Davranışı

Deprem etkisi altında yapısal tasarım gerçekleştirebilmek ve yapının deprem davranışını inceleyebilmek için öncelikle yapıyı oluşturan malzeme ve eleman davranışlarının bilinmesi gerekmektedir. Tekrarlı yükler altında yapının sünek davranması yani dayanımda önemli bir azalma olmadan elastik ötesi şekil değiştirmeler yapabilmesi ve kararlı çevrimsel davranışa girerek deprem enerjisini tüketmesi beklenir (Celep,2017).

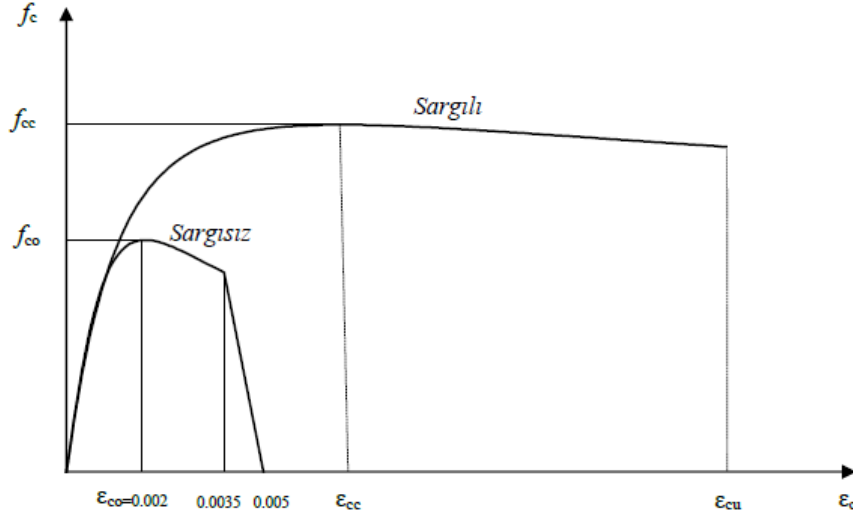
2.1.1 Beton davranışı

Beton tek başına gevrek davranış gösteren bir malzemedir. Basınç dayanımı yüksek ancak çekme dayanımı basınç dayanımına göre çok düşüktür. Donatı çeliği ise betonun aksine çekme dayanımını çok yüksek bir malzemedir. Bu yüzden betonarme elemanlarda donatı çeliği etkisi ile sünek davranış sağlanmaya çalışılır, enine sargılama etkisi ile süneklik artırılır. Yanal basınç etkisi ile enine sargılama etkisi benzerdir. Yanal basınç etkisinin kesit dayanımı ve sünekliği üzerindeki olumlu etkisi deneylerle gözlemlenmiştir. Sargı donatısının kesit davranışına etkisi Şekil 2.1'de gösterilmiştir.



Şekil 2.1 : Farklı sargı etkileri altındaki betonun gerilme-şekildeğiştirme davranışı (Darılmaz, 2014).

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinde sargısız ve sargılı beton modeli olarak Mander beton modeli esas alınmıştır. TBDY 2018'deki beton modelleri Şekil 2.2'de verilmiştir.



Şekil 2.2 : Sargılı ve sargısız beton için Mander modeli gerilme-şekildeğiştirme grafiği (TBDY, 2018).

Şekil 2.2'de, f_{co} sargısız betonun basınç dayanımı, f_{cc} sargılı betonun basınç dayanımı, ϵ_{co} sargısız betonun en yüksek dayanımına karşılık gelen birim şekildeğiştirme, ϵ_{cc} sargılı betonun en yüksek dayanımına karşılık gelen birim şekildeğiştirme, ϵ_{cu} sargılı betondaki maksimum basınç birim şekildeğiştirme olarak tanımlanmıştır.

Mander beton modelinde, betonun sargı donatısı etkisi dikkate alınarak, yükleme ve boşaltma eğrilerini içeren gerilme-şekildeğiştirme ilişkileri aşağıdaki denklemlerle tanımlandığı gibidir.

Mander beton modelinde sargılı beton için verilen beton basınç gerilmesi bağıntısı denklem 2.1'de verilmiştir.

$$f_c = \frac{f_{cc} x r}{r - 1 + x^r} \quad (2.1)$$

Denklem 2.1 bağıntısındaki x ve r bağıntısındaki x ve r değişkenleri için denklem 2.2 ve 2.3'teki bağıntılar verilmiştir.

$$x = \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{cc}} \quad (2.2)$$

$$r = \frac{E_c}{E_c - E_{sec}} \quad (2.3)$$

ε_{cc} birim şekildeğiştirme formülü denklem 2.4'te verildiği gibidir, ε_{co} yaklaşık olarak 0.002 kabul edilecektir. E_c beton elastisite modülü ve E_{sec} secant modülü formülleri denklem 2.5 ve 2.6'da verilmiştir.

$$\varepsilon_{cc} = \varepsilon_{co} [1 + 5(\lambda_c - 1)] \quad (2.4)$$

$$E_c \cong 5000 \sqrt{f_{co}} [MPa] \quad (2.5)$$

$$E_{sec} = \frac{f_{cc}}{\varepsilon_{cc}} \quad (2.6)$$

Denklem 2.1'deki f_{cc} , sargılı betonun dayanımı, sargısız betonun dayanımı f_{co} ile bir λ_c katsayısının çarpımı ile denklem 2.7'ye göre hesaplanmaktadır. λ_c katsayısı için 2.8'de verilen denklem kullanılmaktadır.

$$f_{cc} = \lambda_c f_{co} \quad (2.7)$$

$$\lambda_c = 2.254 \sqrt{1 + 7.94 \frac{f_e}{f_{co}}} - 2 \frac{f_e}{f_{co}} - 1.254 \quad (2.8)$$

Dikdörtgen kesitlerde birbirine dik x ve y doğrultuları için hesaplanacak sargılama basınçları denklem 2.9'da verilmiştir. Bu değerlerin ortalaması alınarak etkin sargılama basıncı, f_e elde edilecektir.

$$f_{ex} = k_e \rho_x f_{yw} \quad ; \quad f_{ey} = k_e \rho_y f_{yw} \quad (2.9)$$

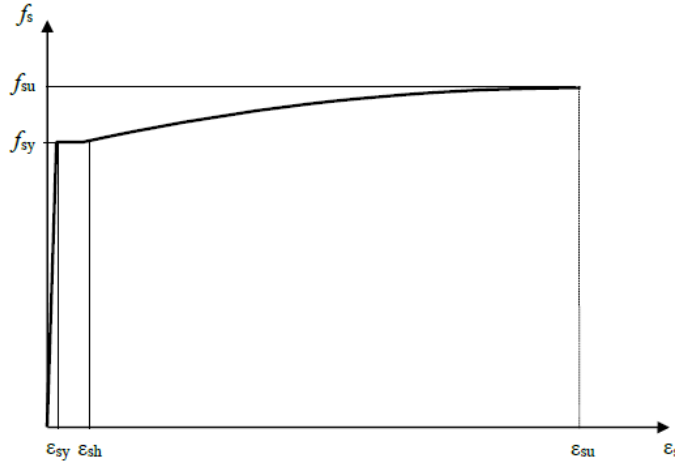
ρ_x ve ρ_y ilgili doğrultudaki enine sargılamanın hacimsel oranıdır. Sargılama etkinlik katsayısı oranını ifade eden k_e denklem 2.10'da verilmiştir.

$$k_e = \left(1 - \frac{\sum a_i^2}{6b_o h_o}\right) \left(1 - \frac{s}{2b_o}\right) \left(1 - \frac{s}{2h_o}\right) \left(1 - \frac{A_s}{b_o h_o}\right)^{-1} \quad (2.10)$$

2.1.2 Çelik davranışı

Çelik, çekme ve basınç etkisi altında gösterdiği davranış bakımından benzerdir ancak gerilme-şekildeğiştirme özellikleri genellikle çekme davranışı incelenerek elde edilir. Basınç etkisinde burkulabilir bu yüzden yeterli kenetlenme boyu sağlanarak betonarme kesit oluşturulduğunda, basınç etkisinin beton tarafından karşılanması sağlanır.

Donatı çeliğine ait gerilme-şekil değiştirme eğrisi üç kısımda incelenebilir; elastik bölge, plastik bölge ve pekleşme bölgesi. Elastik bölgede, akma sınırına ulaşana kadar, kalıcı yerdeğiştirmeler oluşmaz ve yükleme kaldırıldığında kesit eski haline döner, doğrusal elastik davranış gözlemlenir. Akma sınırından sonraki düz bölge akma sahanlığı olarak adlandırılır, bu bölgede kalıcı plastik şekil değiştirmeler meydana gelir. Akma sahanlığını pekleşme bölgesi takip eder, bu bölgede gerilme yeniden artmaya başlar ve belirli bir gerilme değerine ulaştığında kesit küçülür ve kopar. Şekil 2.3'te TBDY'de donatı çeliği için tanımlanan gerilme-şekildeğiştirme modeli verilmiştir.



Şekil 2.3 : Donatı çeliği gerilme-şekildeğiştirme grafiği (TBDY, 2018).

Şekil 2.3'de, f_{sy} donatı çeliğinde akma dayanımını, f_{su} donatı çeliğinde kopma anındaki dayanımı, ϵ_{sy} donatı çeliğinde akma anındaki birim şekil değiştirmeyi, ϵ_s donatı çeliğinde pekleşme başlangıcı birim şekil değiştirmesini, ϵ_{su} donatı çeliğinde kopma anındaki birim şekil değiştirmeyi göstermektedir.

Donatı çeliği için verilen gerilme-şekildeğiştirme denklemleri 2.11’de verilmiştir.

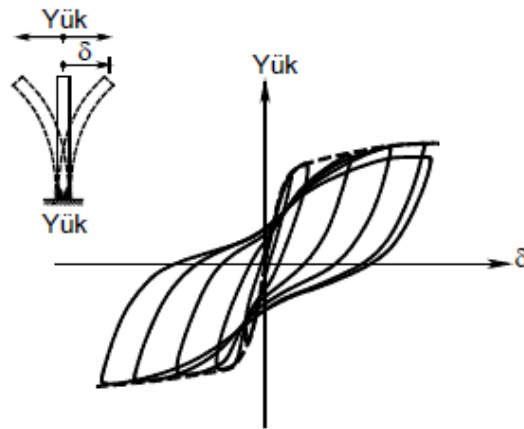
$$\begin{aligned}
 f_s &= E_s \varepsilon_s & (\varepsilon_s \leq \varepsilon_{sy}) \\
 f_s &= f_{sy} & (\varepsilon_{sy} \leq \varepsilon_s \leq \varepsilon_{sh}) \\
 f_s &= f_{su} - (f_{su} - f_{sy}) \frac{(\varepsilon_{su} - \varepsilon_s)^2}{(\varepsilon_{su} - \varepsilon_{sh})^2} & (\varepsilon_{sh} \leq \varepsilon_s \leq \varepsilon_{su})
 \end{aligned} \tag{2.11}$$

2.2 Doğrusal Olmayan Davranış ve Plastik Mafsal Kavramı

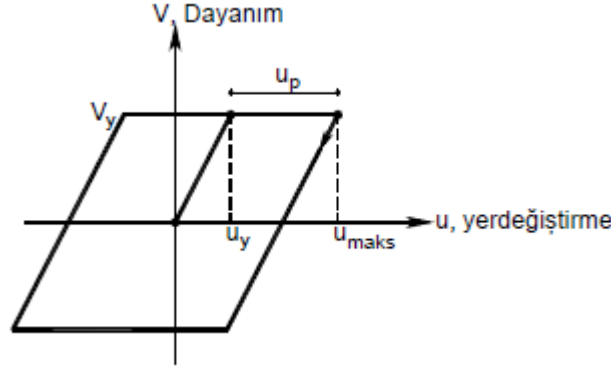
2.2.1 Doğrusal olmayan davranış

Deprem karakteristiğine bağlı olarak deprem süresince yapıya gelen yüklerde sürekli tersinmeler oluşur. Bu yük tersinmeleri sonucu elde edilen yükleme-boşaltma eğrileri, şiddetli depremlerde, dayanım ile ötelenme arasındaki tersinir doğrusal olmayan ilişkiyi bize tarifler (Şekil 2.4). Şekil 2.4’de kesikli çizgiler ile gösterilen zarf eğrisi, hesaplarda kullanılmak üzere, en basit hali ile ideal elasto-plastik davranış olarak sadeleştirilmektedir (Şekil 2.5).

Çevrimsel eğriler altında kalan alan, deprem esnasında tüketilen enerjinin büyüklüğü ile ilgili bize fikir vermektedir. Eğilme etkisi altında yapılan tasarımlarda, sünek davranış gösteren sistem varsayımı yapıldığı için, gevrek davranışa göre, çevrimsel halkalarda çok daha fazla enerji tüketilmektedir, bu da bina taşıyıcı sisteminde sünekliğin önemini daha iyi açıklamaktadır (Darılmaz, 2014).



Şekil 2.4 : Betonarme konsol kolonda doğrusal olmayan çevrimsel davranış (Darılmaz, 2014).

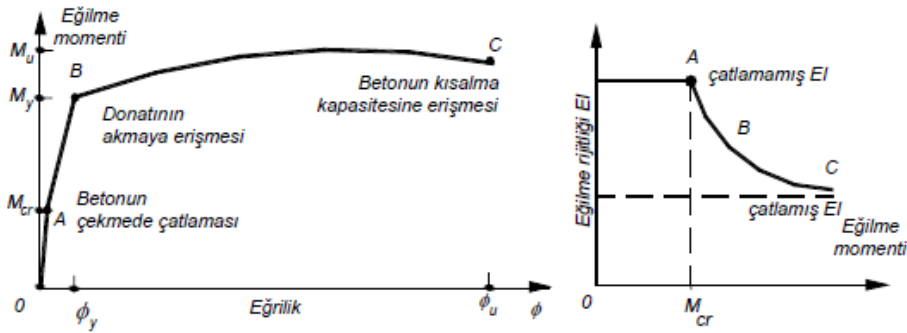


Şekil 2.5 : İdeal elasto-plastik model (Darılmaz, 2014).

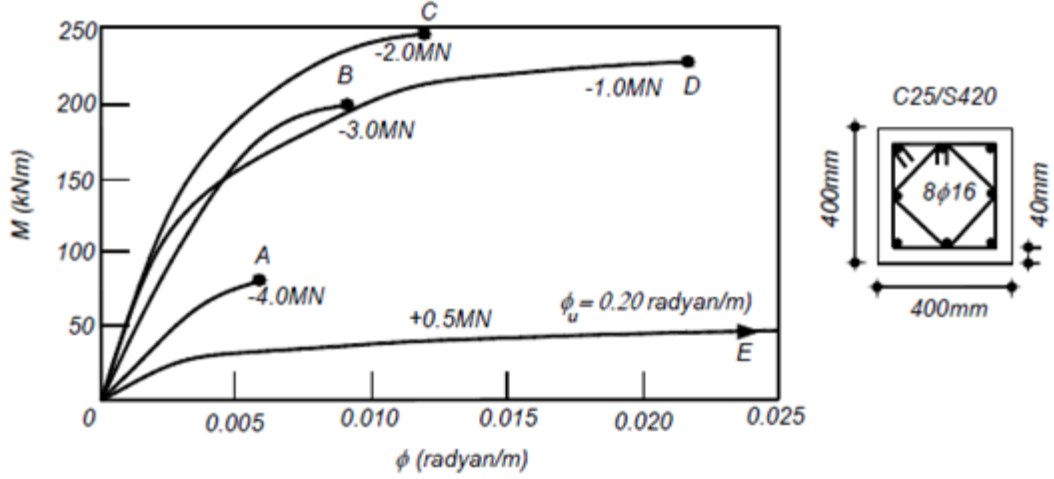
2.2.2 Plastik mafsal kavramı

Bir kesitin basit eğilme ve normal kuvvet veya yalnızca basit eğilme etkisi altındaki davranışı, moment eğrilik grafiği elde edilerek incelenebilir, davranışına bakarak süneklik düzeyi ve rijitliğindeki değişimler gözlemlenebilir.

Şekil 2.6'daki moment-eğrilik ilişkisi incelendiğinde, eğilme momentinin küçük olduğu değerler için kesitin doğrusal elastik davrandığı gözlenmektedir. Artan moment değerleri ile birlikte çekme bölgesindeki betonun çatlamasıyla kesitte eğilme rijitliği kaybı yaşandığı görülmektedir. Eğilme momenti artarken donatının akmaya başlamasıyla elastik ötesi davranış net bir şekilde gözlemlenmektedir, bu noktadan itibaren kesitin karşıladığı momentte önemli bir değişiklik olmazken, betonun ulaşabileceği maksimum birim kısalmaya kadar eğrilik artmaya devam eder ve sonunda kesit taşıma gücü kapasitesine ulaşır. B ve C noktaları arasında kalan platonun uzunluğu kesitin sünekliğine işaret etmektedir, bu bölgede eğilme rijitliği çok azalmıştır. Bu haliyle kesit davranışı plastik malzeme davranışına benzediği için plastik mafsal kabulü uygulanabilmektedir (Celep, 2007).



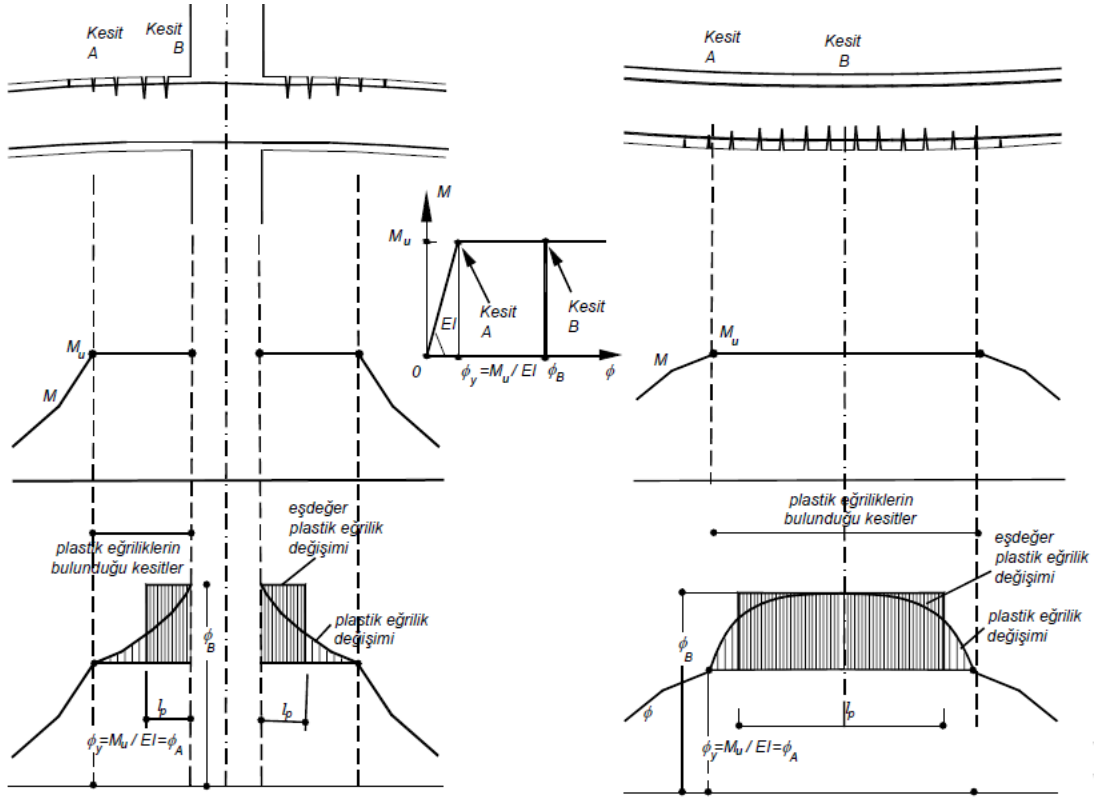
Şekil 2.6 : Betonarme kesitte eğilme-momenti ve eğrilik ilişkisi (Celep, 2007).



Şekil 2.7 : Normal kuvvet etkisi altındaki bir betonarme kesitte eğilme momenti-eğrilik ilişkisi (Celep, 2007).

Kolonlarda eğilme momenti yanında aksenal kuvvet etkisi de bulunduğu için moment-eğrilik ilişkisi kirişten farklı olarak, plastikleşme durumunu gösteren yatay kol uzunluğunu küçültmektedir, bu da kolonlarda dönme kapasitesini azaltır. Normal kuvvetin kolon eksenini boyunca sabit bir değer olması, plastikleşme bölgesini yani plastik mafsalları boyunu arttırmaktadır bu durumda plastik mafsalları kabulü uygun görülmemektedir. Plastik mafsalları oluşacağı bölgenin uzunluğu, moment eğrilik değerleri arasındaki ilişkiye, elemanda eğilme momentindeki değişim ve normal kuvvet değerine bağlı olarak değişmektedir (Şekil 2.7). TBDY’de basit bir kabul olarak $l_p=0.5h$ olarak uygun görülmüştür (Celep, 2007).

Plastik mafsalları konusunu basit eğilme etkisindeki kirişlerde ele alacak olursak, plastik şekil değiştirmeler kiriş boyunca değişkenlik göstermektedir. Şekil 2.8’de mesnet bölgelerinde, basit eğilmeye maruz kirişteki moment-eğrilik değişimi görülmektedir. Moment değerinin nispeten küçük olduğu kesitlerde, elastik eğrilik momentle orantılı şekilde artar. Kolona yakın kesitlerde sabit bir moment değeri korunurken, plastik eğrilikler oluşmuştur. A ile B bölgesi arasında kalan eğrilik değişimindeki taralı alan, bu iki kesit arasındaki göreceli dönmeyi ifade etmektedir. B kesitindeki plastik eğrilikler esas alınarak oluşturulan eşdeğer bir dikdörtgen alanının boyu l_p , plastik mafsalları boyunu temsil eder (Celep, 2007).



Şekil 2.8 : Sürekli bir kirişte mesnette ve açıklıkta plastik eğriliğin değişimi (Celep, 2007).

3. TÜRKİYE BİNA DEPREM YÖNETMELİĞİNE GÖRE DOĞRUSAL TASARIM İLKELERİ

Bu bölümde TBDY kapsamında, deprem etkisi altında yeni yapılacak betonarme bir binanın taşıyıcı sistem tasarımında esas alınan genel kurallar üzerinde durulacaktır, çalışma kapsamında ele alınan yüksek bina tasarımı için gerekli kurallar özelinde incelenecektir.

3.1 Tasarıma Esas Konular

3.1.1 Deprem yer hareketi düzeyleri

Yönetmelikte farklı büyüklükte dört adet deprem yer hareketi tanımlanmıştır.

DD-1 Deprem yer hareketi düzeyi: Aşılma olasılığı 50 yılda %2 olan, tekrarlanma periyodu 2475 yıla tekabül eden, çok seyrek ve en büyük deprem olarak tariflenen yer hareketi düzeyidir.

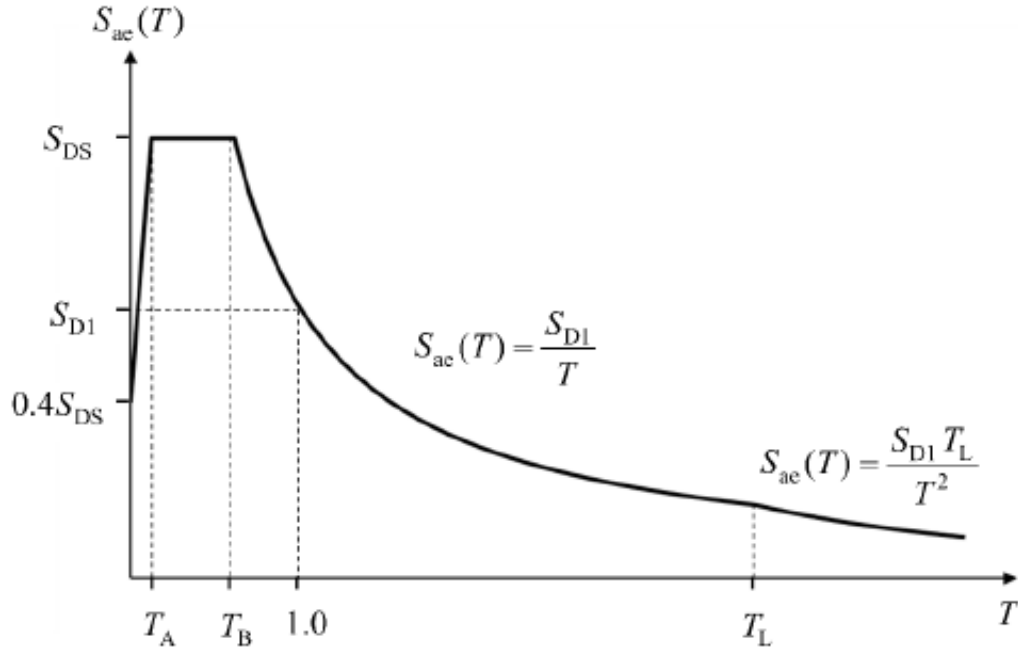
DD-2 Deprem yer hareketi düzeyi: Aşılma olasılığı 50 yılda %10 olan, tekrarlanma periyodu 475 yıla tekabül eden, standart tasarım depremi olarak tariflenmektedir.

DD-3 Deprem yer hareketi düzeyi: Aşılma olasılığı 50 yılda %50 olan, tekrarlanma periyodu 72 yıla tekabül eden, sık deprem yer hareketi olarak tariflenmektedir.

DD-4 Deprem yer hareketi düzeyi: Aşılma olasılığı 50 yılda %68 ve tekrarlanma periyodu 43 yıla tekabül eden, çok sık deprem yer hareketi olarak tariflenmektedir.

3.1.2 Standart deprem yer hareketi spektrumları

Deprem yer hareketi spektrumları, %5 sönüm oranı için, esas alınan deprem yer hareketi düzeyine göre harita spektral ivme katsayıları (S_s ve S_I) ve yerel zemin etki katsayıları (F_s ve F_I) kullanılarak oluşturulur. Yönetmelikteki yatay elastik tasarım spektrumunu şekil 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1 : Yatay elastik tasarım spektrumu.

S_s kısa periyot harita spektral ivme katsayısını, S_l 1.0 saniye periyota karşılık gelen spektral ivme katsayısını temsil eder. Bu boyutsuz katsayılar her bir deprem yer hareketi düzeyi için Türkiye deprem tehlike haritaları veri tabanından (<https://tdth.afad.gov.tr/>) temin edilebilir.

Tasarım spektral ivmeleri, harita spektral ivme katsayıları ile yerel zemin etki katsayıları çarpılarak elde edilir (Denklem 3.1, Denklem 3.2).

$$S_{DS} = S_s F_s \quad (3.1)$$

$$S_{D1} = S_l F_l \quad (3.2)$$

Yerel zemin sınıflarına ve harita spektral ivme katsayılarına göre tanımlanan yerel zemin katsayıları F_s ve F_l Çizelge 3.1 ve 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.1 : Kısa periyot için yerel zemin etki katsayıları (TBDY, 2018).

Yerel Zemin Sınıfı	Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayısı F_s					
	$S_s \leq 0.25$	$S_s \leq 0.50$	$S_s \leq 0.75$	$S_s \leq 1.00$	$S_s \leq 1.25$	$S_s \leq 1.50$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
ZC	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
ZD	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
ZE	2.4	1.7	1.3	1.1	0.9	0.8
ZF	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır					

Çizelge 3.2 : 1.0 saniye periyot için yerel zemin etki katsayıları (TBDY, 2018).

Yerel Zemin Sınıfı	1.0 saniye periyot için Yerel Zemin Etki Katsayısı F_1					
	$S_I \leq 0.10$	$S_I \leq 0.20$	$S_I \leq 0.30$	$S_I \leq 0.40$	$S_I \leq 0.50$	$S_I \leq 0.60$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZC	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4
ZD	2.4	2.2	2.0	1.9	1.8	1.7
ZE	4.2	3.3	2.8	2.4	2.2	2.0
ZF	<i>Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır</i>					

Yatay elastik tasarım spektrumunun ordinatını oluşturan yatay elastik tasarım spektral ivmeleri $S_{ae}(T)$ değerleri, yerçekimi ivmesi cinsinden, doğal titreşim periyoduna bağlı olarak denklem 3.3'e göre hesaplanacaktır.

$$\begin{aligned} S_{ae}(T) &= \left(0.4 + 0.6 \frac{T}{T_A}\right) S_{DS} \quad (0 \leq T \leq T_A) \\ S_{ae}(T) &= S_{DS} \quad (T_A \leq T \leq T_B) \\ S_{ae}(T) &= \frac{S_{D1}}{T} \quad (T_B \leq T \leq T_L) \\ S_{ae}(T) &= \frac{S_{DS} T_L}{T^2} \quad (T_L \leq T) \end{aligned} \quad (3.3)$$

Yatay elastik ivme spektrumunun köşe periyotları S_{DS} ile S_{D1} 'e bağlı olarak hesaplanacaktır (Denklem 3.4). T_L değeri 6 sn'dir.

$$T_A = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (3.4)$$

3.1.3 Bina kullanım sınıfları ve bina önem katsayıları

Deprem tasarım sınıflarının belirlenmesinde kullanılacak olan bina önem katsayıları, bina kullanım sınıflarına göre seçilecektir (Çizelge 3.3).

3.1.4 Deprem tasarım sınıfları

Bina kullanım sınıflarına ve DD-2 deprem yer hareketi düzeyi için tanımlanan kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısına bağlı olarak, deprem tasarım sınıfları belirlenecektir (Çizelge 3.4).

Çizelge 3.3 : Bina kullanım sınıfları ve bina önem katsayısı.

Bina Kullanım Sınıfı	Binanın Kullanım Amacı	Bina Önem Katsayısı
BKS=1	Deprem sonrası kullanımı gereken binalar, insanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar, değerli eşyaların saklandığı binalar ve tehlikeli madde içeren binalar a) Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminaleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri; vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları) b) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb. c) Müzeler d) Toksik, patlayıcı, vb özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar	1.5
BKS=2	İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar Alışveriş merkezleri, spor tesisleri, sinema, tiyatro, konser salonları, ibadethaneler, vb	1.2
BKS=3	Diğer binalar Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları	1.0

Çizelge 3.4 : Deprem tasarım sınıfları.

DD-2 Deprem Yer Hareketi Düzeyinde Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısı (S_{DS})	Bina Kullanım Sınıfı	
	BKS = 1	BKS = 2, 3
$S_{DS} < 0.33$	DTS = 4a	DTS = 4
$0.33 \leq S_{DS} < 0.50$	DTS = 3a	DTS = 3
$0.50 \leq S_{DS} < 0.75$	DTS = 2a	DTS = 2
$0.75 \leq S_{DS}$	DTS = 1a	DTS = 1

3.1.5 Bina yükseklik sınıfları

Bina yükseklik sınıfları, deprem tasarım sınıflarına bağlı olarak Çizelge 3.5'te verilmiştir. Bina yüksekliği H_N , bina tabanından itibaren ölçülen yüksekliği ifade etmektedir. Bodrumlu binalar için bina tabanı, bodrum perdesinin üst kotundaki

döşeme seviyesi olarak kabul edilmektedir. Çatı döşemesinin üstünde yer alan asansör makine dairesi gibi küçük alana sahip eklemeler bina yüksekliği hesabında ihmal edilebilir.

Çizelge 3.5 : Bina yükseklik sınıfları ve deprem tasarım sınıflarına göre tanımlanan bina yükseklik aralıkları.

Bina Yükseklik Sınıfı	Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Tanımlanan Bina Yükseklik Aralıkları (m)		
	DTS = 1, 1a, 2, 2a	DTS = 3, 3a	DTS = 4, 4a
BYS=1	$H_N > 70$	$HN > 91$	$HN > 105$
BYS=2	$56 < H_N \leq 70$	$70 < HN \leq 91$	$91 < HN \leq 105$
BYS=3	$42 < H_N \leq 56$	$56 < HN \leq 70$	$56 < HN \leq 91$
BYS=4	$28 < H_N \leq 42$	$42 < HN \leq 56$	
BYS=5	$17.5 < H_N \leq 28$	$28 < HN \leq 42$	
BYS=6	$10.5 < H_N \leq 17.5$	$17.5 < HN \leq 28$	
BYS=7	$7 < H_N \leq 10.5$	$10.5 < HN \leq 17.5$	
BYS=8	$H_N \leq 7$	$HN \leq 10.5$	

3.1.6 Bina performans düzeyleri ve bina performans hedefleri

Bina performans hedeflerinin belirlenmesinde kullanılan bina performans düzeyleri aşağıda açıklanmıştır. Yüksek binalar için performans hedefleri ise Çizelge 3.6'da verilmiştir.

Kesintisiz kullanım (KK) performans düzeyi: Taşıyıcı sistemi oluşturan elemanlarda yapısal hasar oluşmayacak veya yapısal hasarın ihmal edilebilecek düzeyde kaldığı durumu ifade eder.

Sınırlı hasar (SH) performans düzeyi: Taşıyıcı sistemi oluşturan elemanlarda sınırlı düzeyde hasar oluşacak veya doğrusal olmayan davranışın kabul edilebilir sınırlarda kalacağı durumu ifade eder.

Kontrollü hasar (KH) performans düzeyi: Taşıyıcı sistemi oluşturan elemanlarda onarılabilir seviyede hasarın oluştuğu durumu ifade eder.

Göçmenin önlenmesi (GÖ) performans düzeyi: Taşıyıcı sistemi oluşturan elemanların ileri düzeyde ağır hasar aldığı göçme öncesi durumu ifade eder.

Çizelge 3.6 : Deprem tasarım sınıflarına göre binalar için performans hedefleri ve uygulanacak değerlendirme/tasarım yaklaşımları (BYS=1).

Deprem Yer Hareketi Düzeyi	DTS=1, 2, 3, 3a, 4, 4a		DTS=1a, 2a	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
DD-4	KK	DGT	-	-
DD-3	-	-	SH	ŞGDT
DD-2	KH	DGT ⁽³⁾	KH	DGT ^(3,4)
DD-1	GÖ	ŞGDT	KH	ŞGDT

⁽³⁾ Ön tasarım olacak yapılacaktır.

⁽⁴⁾ I = 1.5 alınarak uygulanacaktır.

3.1.7 Düzensiz binalar

Deprem etkisi altında davranışındaki olumsuzluklar nedeni ile tasarımından kaçınılması gereken planda ve düşeyde düzensiz bina tanımları TBDY’de verilmiştir. Planda düzensizlikler;

- A1-Burulma düzensizliği: X ve Y doğrultularından herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük görelî kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama görelî ötelemeye oranı burulma düzensizliği katsayısı η_{bi} 'nin 1.2'den büyük olması durumu.

$$\eta_{bi} = \left(\Delta_i^{(x)} \right)_{max} / \left(\Delta_i^{(x)} \right)_{ort} > 1.2$$

- A2-Döşeme süreksizlikleri: Herhangi bir katta; merdiven ve asansör boşlukları dahil olmak üzere tüm boşluk alanları toplamının kat brüt alanına oranı 1/3'den fazla olmamalıdır, deprem yüklerinin taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılmasına engel olacak yerel döşeme boşlukları bulunmamalıdır ve döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmalar olmamalıdır.
- A3-Planda çıkıntılar bulunması: Bina kat planındaki çıkıntıların X ve Y doğrultularındaki boyutlarının her ikisinde de, binanın o katının aynı doğrultudaki toplam plan boyutlarının %20'sinden daha az olmamalıdır.

Düşeyde düzensizlikler;

- B1-Komşu katlar arası dayanım düzensizliği: X ve Y doğrultularından herhangi birinde, herhangi bir kattaki toplam etkili kesme alanının bir üst

kattaki toplam etkili kesme alanına oranı dayanım düzensizliği katsayısı η_{ci} 0.80'den küçük olmamalıdır.

$$\eta_{ci} = (\Sigma A_e)_i / (\Sigma A_e)_{i+1} < 0.80$$

$$(\Sigma A_e)_i = (\Sigma A_w)_i + (\Sigma A_g)_i + (0.15 \Sigma A_k)_i$$

- B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (Yumuşak kat): X ve Y doğrultuları için bodrum katlar dışında herhangi bir kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranının bir üst veya bir alt kattaki görelî kat ötelemesi oranına bölünmesi ile elde edilen rijitlik düzensizliği katsayısı η_{ki} 2.0'den fazla olmamalıdır.

$$\eta_{ki} = (\Delta_i^{(X)} / h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}^{(X)} / h_{i+1})_{ort} > 2.0$$

$$\eta_{ki} = (\Delta_i^{(X)} / h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}^{(X)} / h_{i-1})_{ort} > 2.0$$

- B3-Taşıyıcı sistem düşey elemanlarının süreksizliği: Kolon veya perdelerin bazı katlarda kaldırılarak kirişlere veya guseli kolonlara oturtulması ya da üst katlardaki perdelerin kolonlara oturtulması durumlarına izin verilemez.

3.2 Dayanıma Göre Tasarım(DGT)

Bu bölümde TBDY Bölüm 13'te detayları verilen yüksek binaların ön tasarımı için kullanılması istenen dayanıma göre tasarım doğrusal hesap yaklaşımı esaslarından bahsedilecektir.

3.2.1 Deprem yükü azaltma katsayısı

Dayanıma göre tasarım çerçevesinde, doğrusal elastik deprem yüklerinin azaltılmasında gözönüne alınacak deprem yükü azaltma katsayısı $R_a(T)$, dayanım fazlalığı katsayısı D , bina önem katsayısına I , sistemin doğal titreşim periyodu T ve köşe periyodu T_B 'ye göre hesaplanacaktır (Denklem 3.5, Denklem 3.6).

$$R_a(T) = \frac{R}{I} \quad T > T_B \quad (3.5)$$

$$R_a(T) = D + \left(\frac{R}{I} - D \right) \frac{T}{T_B} \quad T \leq T_B \quad (3.6)$$

3.2.2 Taşıyıcı sistem davranış katsayısı ve dayanım fazlalığı katsayısı

Bina yükseklik sınıfı ve seçilen süneklik düzeyine göre, taşıyıcı sistemin davranış katsayısı ile dayanım fazlalığı katsayısı belirlenecektir (Çizelge 3.7).

- $BYS=1$ olan betonarme binalarda yalnızca, süneklik düzeyi yüksek A12, A13, A14, A15, B12, B13 simgeleri ile tanımlanan taşıyıcı sistemler kullanılabilir.
- Taşıyıcı sistemde, tek bir perdenin veya çelik çaprazlı çerçevenin alacağı taban devrilme momenti o doğrultudaki toplam devrilme momentinin $1/3$ 'ünü geçmeyecektir.
- Birbirine dik iki doğrultuda taşıyıcı sistemin süneklik düzeyleri aynı olmalıdır.

Süneklik düzeyi yüksek boşluklu veya boşluksuz betonarme perdelerin tabanında deprem yükleri etkisiyle oluşan devrilme momentlerinin toplamı, bina tabanına etkiyen devrilme momentinin, %40'ından daha az %75'inden daha fazla olmayacaktır. Bu bağıntıdaki üst sınır koşulunun sağlanamaması durumunda, deprem etkilerinin tamamının süneklik düzeyi yüksek perdelerce karşılandığı sistemler için yönetmelikte tanımlanan R ve D katsayıları ve izin verilen en yüksek bina yükseklik sınıfı kullanılacaktır.

3.2.3 Deprem etkilerinin tanımlanması

Doğrusal deprem hesabı yapılırken kullanılan eşdeğer deprem yükü ve mod birleştirme yöntemlerinde, yatayda azaltılmış deprem yüklerinin belirlenmesi için azaltılmış tasarım ivme spektrumları kullanılır. Bu spektrumun ordinatı, azaltılmış tasarım spektral ivmesi $S_{aR}(T)$ denklem 3.7'ye göre belirli bir T titreşim periyodu için hesaplanır. $S_{ae}(T)$, DD-2 deprem yer hareketi düzeyi için belirlenmiş yatay elastik tasarım spektral ivmesi değeri, $R_a(T)$ ise deprem yükü azaltma katsayısıdır.

$$S_{aR}(T) = \frac{S_{ae}(T)}{R_a(T)} \quad (3.7)$$

Çizelge 3.7 : Süneklik düzeyi yüksek betonarme sistemler için R ve D katsayıları ile izin verilen BYS.

Bina Taşıyıcı Sistem	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı R	Dayanım Fazlalığı Katsayısı D	İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları BYS
A. YERİNDE DÖKME BETONARME BİNALARIN TAŞIYICI SİSTEMLERİ			
A1. Süneklik Düzeyi Yüksek Taşıyıcı Sistemler			
A11. Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçevelerle karşılandığı binalar	8	3	BYS≥3
A12. Deprem etkilerinin tamamının süneklik düzeyi yüksek bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdelerle karşılandığı binalar	7	2.5	BYS≥2
A13. Deprem etkilerinin tamamının süneklik düzeyi yüksek boşluksuz betonarme perdelerle karşılandığı binalar	6	2.5	BYS≥2
A14. Deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	8	2.5	BYS≥2
A15. Deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	7	2.5	BYS≥2
A16. Deprem etkilerinin tamamının çatı yüzeyindeki bağlantıları mafsallı olan ve yüksekliği 12 m'yi geçmeyen süneklik düzeyi yüksek betonarme kolonlar tarafından karşılandığı tek katlı binalar	3	2	-

3.2.3.1 Yatayda birbirine dik iki doğrultudaki deprem etkilerinin birleştirilmesi

Yatayda birbirine dik iki deprem etkisi, eşdeğer deprem yükü yöntemi veya mod birleştirme yöntemi ile deprem hesabı yapılması durumunda, aşağıdaki gibi birleştirilecektir (Denklem 3.8, Denklem3.9)

$$E_d^{(H)} = \pm E_d^{(X)} \pm 0.3E_d^{(Y)} \quad (3.8)$$

$$E_d^{(H)} = \pm 0.3E_d^{(X)} \pm E_d^{(Y)} \quad (3.9)$$

3.2.3.2 Düşey deprem etkisi ve diğer etkilerle birleştirilmesi

DTS=1,1a,2,2a olan ve aşağıdaki durumların bulunduğu binalarda düşey deprem etkisi, düşey elastik ivme spektrumu oluşturularak tanımlanacaktır.

- Kiriş açıklıklarının yataydaki izdüşümünün 20 m'yi geçtiği binalar,
- Konsol açıklıklarının yataydaki izdüşümünün 5 m'yi geçtiği binalar,
- Kolonların kirişlere oturduğu binalar,
- Düşeyde eğimli kolonlar bulunan binalar.

Yukarıdaki belirtilenlerin dışındaki tüm binalarda, düşey deprem etkisi $E_d^{(Z)}$,

binadaki sabit yük G 'ye ve kısa periyot tasarım spektral ivmesi S_{DS} 'ye bağlı olarak denklem 3.10'a göre hesaplanacaktır.

$$E_d^{(Z)} \approx (2/3)S_{DS}G \quad (3.10)$$

Tasarımda esas alınacak yük birleşimleri ise denklem 3.11 ve denklem 3.12'deki gibi olacaktır.

$$G + Q + 0.2S + E_d^{(H)} + 0.3E_d^{(Z)} \quad (3.11)$$

$$0.9G + H + E_d^{(H)} - 0.3E_d^{(Z)} \quad (3.12)$$

3.2.4 Taşıyıcı sistemin modellenmesine yönelik koşullar

TBDY'ye göre elemanların modellenmesinde uyulacak kurallar;

- Taşıyıcı sistem modellemesi her zaman üç boyutlu olarak yapılacaktır.
- Deprem etkisi, birbirine dik iki yatay doğrultu için her zaman göz önüne alınacaktır.
- Sönüm %5 alınacaktır.
- Kirişler ve kolonlar çubuk sonlu eleman olarak modellenecektir.
- Perdeler kabuk sonlu eleman olarak modellenecektir.
- Bağ kirişler çubuk eleman olarak modellenebilir.
- Döşemeler, A2 ve A3 türü düzensizlikleri olan veya döşemelerde rijit diyafram davranışının öngörülemediği durumlarda ve kirişsiz döşemeli sistemlerde, iki boyutlu sonlu elemanlar olarak modellenecektir.

Dayanıma göre tasarımı yapılacak binalarda elemanlar için etkin kesit rijitliği çarpanları kullanılacaktır (Çizelge 3.8).

Çizelge 3.8 : Betonarme taşıyıcı elemanların etkin kesit rijitliği çarpanları.

Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanı	Etkin Kesit Rijitliği Çarpanı	
	Eksenel	Kayma
Perde-Döşeme (Düzlem İçi)		
Perde	0.50	0.50
Bodrum Perdesi	0.80	0.50
Döşeme	0.25	0.25
Perde-Döşeme (Düzlem Dışı)	Eğilme	Kesme
Perde	0.25	1.00
Bodrum Perdesi	0.50	1.00
Döşeme	0.25	1.00
Çubuk Eleman	Eğilme	Kesme
Bağ kirişi	0.15	1.00
Çerçeve kirişi	0.35	1.00
Çerçeve kolonu	0.70	1.00
Perde (eşdeğer çubuk)	0.50	0.50

3.2.4.1 Kütlelerin modellenmesi

Taşıyıcı sistem elemanları için, tipik bir j sonlu eleman düğüm noktasındaki tekil kütle $m_j^{(S)}$ denklem 3.13'e göre hesaplanacaktır.

$$w_j^{(S)} = w_{Gj}^{(S)} + nw_{Qj}^{(S)} \quad ; \quad m_j^{(S)} = \frac{w_j^{(S)}}{g} \quad (3.13)$$

Denklem 3.13'te bulunan hareketli yük katılım katsayısı n , Çizelge 3.9'a göre seçilecektir.

Çizelge 3.9 : Hareketli yük katılım katsayısı.

Binanın Kullanım Amacı	n
Depo, antrepo, vb.	0.8
Okul, öğrenci yurdu, ibadethane, spor tesisi, sinema, tiyatro, konser salonu, lokanta, mağaza, vb.	0.6
Konut, işyeri, otel, hastane, otopark, vb.	0.3

3.2.5 Doğrusal hesap yönteminin seçilmesi

Doğrusal hesap yöntemleri deprem yönetmeliğinde, eşdeğer deprem yükü yöntemi ve modal hesap yöntemleri olmak üzere ikiye ayrılmıştır.

Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabilmesi için binalarda aranan şartlar Çizelge 3.10 'da verilmiştir.

Çizelge 3.10 : Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabileceği binalar.

Bina Türü	İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfı	
	DTS=1, 1a, 2, 2a	DTS=3, 3a, 4, 4a
Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{br} \leq 2.0$ koşulunu sağlandığı ve ayrıca B2 türü düzensizliğin olmadığı binalar	BYS \geq 4	BYS \geq 5
Diğer tüm binalar	BYS \geq 5	BYS \geq 6

Gözönüne alınan bir X doğrultusu için, eşdeğer deprem yükü yönteminde, binaya etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü yani taban kesme kuvveti, $V_{tE}^{(X)}$ denklem 3.14'deki şekilde hesaplanacaktır.

$$V_{tE}^{(X)} = m_t S_{aR}(T_p^{(X)}) \geq 0.04 m_t I S_{DS} g \quad (3.14)$$

Bu denklemde, $S_{aR}(T_p^{(X)})$, X doğrultusundaki deprem için bina doğal titreşim periyodu $T_p^{(X)}$ 'e göre hesaplanan azaltılmış tasarım spektral ivmesini, m_t , bina kütlelerini, I bina önem katsayısını son olarak S_{DS} , kısa periyot için tasarım spektral ivme katsayısını ifade eder.

Deprem hesabında dikkate alınacak en büyük $T_p^{(X)}$ değeri, ampirik formüller ile hesaplanacak T_{pA} doğal titreşim periyodunun 1.4 katından fazla olmamalıdır (Denklem 3.15).

$$T_{pA} = C_t H_N^{3/4} \quad (3.15)$$

Burada C_t , sadece betonarme çerçevelere sahip binalar için 0.1, çelik çerçeveler veya çaprazlı çelik çerçeveler ile teşkil edilen binalarda 0.08, geri kalan binalarda 0.07 alınacaktır. Betonarme perdelerle tüm deprem etkilerinin karşılandığı sistemlerde ise Denklem 3.16'e göre hesaba dahil edilecektir.

$$C_t = \frac{0.1}{\sqrt{A_t}} \leq 0.07 \quad (3.16)$$

A_t eşdeğer alan hesabı ise Denklem 3.17'e göre yapılacaktır.

$$A_t = \sum_j A_{wj} \left[0.2 + \left(\frac{l_{wj}}{H_N} \right)^2 \right] \leq \sum_j A_{wj} \quad (3.17)$$

Modal hesap yöntemleri, mod toplama yöntemi ve mod birleştirme yöntemi olarak ikiye ayrılır. Modal hesap yöntemlerinde, hesapta kullanılması gereken yeterli titreşim modu sayısı, iki yatay deprem doğrultusu için ayrı ayrı, her bir modda hesaplanan toplam taban kesme kuvveti modal etkin kütlelerinin, bina toplam kütlelerine oranı %95'ten az olmayacak şekilde hesaplanacaktır (Denklem 3.18).

$$\sum_{n=1}^{YM} m_{t_{xn}}^{(X)} \geq 0.95m_t \quad ; \quad \sum_{n=1}^{YM} m_{t_{yn}}^{(Y)} \geq 0.95m_t \quad (3.18)$$

Mod toplama yönteminde, modal davranış büyüklükleri, birbirine dik iki yatay doğrultudaki depremin eşzamanlı etkidiği gözönüne alındığında, her bir titreşim modu için zaman tanım alanında hesaplanacaktır. Yeterli sayıda titreşim modu için hesaplanacak eşzamanlı modal büyüklükler zaman tanım alanında doğrusal olarak toplanarak davranış büyüklüklerinin zamana göre değişimi ve en büyük değerleri elde edilir. Bu yöntemde modal katkılar doğrudan toplanarak hesaplandığı için istatistiksel birleştirme yöntemlerinin uygulanmasına ve deprem etkisi iki doğrultuda eşzamanlı olarak uygulandığından deprem etkilerinin birleştirilmesine gerek yoktur.

Mod birleştirme yönteminde, deprem tasarım spektrumu kullanılarak, verilen bir deprem doğrultusunda, gözönüne alınan her bir titreşim modu için davranış

büyükliklerinin en büyük değerleri hesaplanır, eşzamanlı olmayan modal davranış büyüklükleri daha sonra istatistiksel olarak birleştirilerek yaklaşık değerler elde edilir.

Herhangi bir deprem doğrultusu için modal hesap yöntemleri kullanılarak hesaplanan taban kesme kuvveti $V_{tx}^{(X)}$ ile eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanılarak hesaplanan taban kesme kuvveti $V_{tE}^{(X)}$ arasında $V_{tx}^{(X)} < \gamma_E V_{tE}^{(X)}$ ilişkisi bulunması durumunda, modal hesap yöntemi kullanılarak hesaplanan iç kuvvet ve yerdeğiştirme büyüklüklerinin $\beta_{tE}^{(X)}$ katsayısı ile çarpılarak büyütülmesi gerekmektedir (Denklem 3.19).

$$\beta_{tE}^{(X)} = \frac{\gamma_E V_{tE}^{(X)}}{V_{tx}^{(X)}} \geq 1 \quad (3.19)$$

γ_E çarpanı, A1, B2 veya B3 düzensizliklerden, en az birinin binada bulunması durumunda 0.90, bu düzensizliklerden hiçbirinin bulunmaması durumunda 0.80 olarak alınacaktır.

Yüksek binaların ön tasarımı yapılırken, eşdeğer taban kesme kuvvetine göre azaltılmış iç kuvvetlerin büyütülmesi işleminde $V_{tE}^{(X)}$ yerine $V_{t,min}$ kullanılacak $\gamma_E = 1$ alınacaktır. $V_{t,min}$ denklem 3.20'ye göre hesaplanacaktır.

$$V_{t,min} = 0.04 \alpha_H m_t S_{DS} g \quad (3.20)$$

3.3 Betonarme Elemanların Tasarım Kuralları

TBDY'ye göre yüksek bina taşıyıcı sistemlerinde;

- Taşıyıcı sistem elemanları, DTS=4 olan yüksek binalar dışında, TBDY bölüm 7'de tanımlanan özel kurallara göre süneklik düzeyi yüksek olarak tasarlanacaktır.

Sadece B420C veya B500C kalitesinde nervürlü donatı çeliği kullanılacaktır.

3.3.1 Süneklik düzeyi yüksek kolonlar için özel kurallar

- Dikdörtgen kesitli kolonlarda en küçük kesit boyutu en az 300 mm ve dairesel kolonların çapı en az 350 mm olacaktır.
- $G+Q+E$ yüklerinin ortak etkisi ile hesaplanacak en büyük aksel basınç kuvveti N_{dm} olmak üzere, kolonun brüt enkesit alanı A_c , $A_c \geq N_{dm}/(0.40f_{ck})$ koşulunu sağlayacaktır.

- Boyuna donatı alanının brüt kesite oranı %1'den az %4'den fazla olmayacaktır. Bindirme yapılan bölgelerde ise bu oran %6'yı geçmeyecektir.
- Kullanılacak donatı en az $\phi 14$ çapında olacak ve dairesel kolonlarda en az 6 adet donatı kullanılacaktır.
- Boyuna donatı bindirmeleri, kolonun orta üçte birlik bölgesinde yapılacaktır.
- Kolon kesitinin katlar arası değişmesi durumunda, kolon-kiriş birleşim bölgesinde boyuna donatının düşeye göre eğimi en fazla 1/6 olacaktır. Donatının kenetlenmesi ile ilgili TBDY ve TS 500'de verilen koşullar sağlanacaktır.
- Her bir kolonun alt ve üst ucunda TBDY'de verilen koşullar sağlanarak sarılma bölgeleri oluşturulacaktır. Sarılma bölgelerinde en az $\phi 8$ çapında enine donatı kullanılacak, etriye ve çiroz aralıkları ile ilgili şartlar sağlanacaktır.
- $N_d > 0.20A_c f_{ck}$ (basınç) olması durumunda, etriyeli kolonlarda, sarılma bölgelerinde kullanılacak enine donatı alanı aşağıdaki koşullardan elverişsiz olana göre hesaplanacaktır.

$$A_{sh} \geq 0.30s_b k [(A_c/A_{ck}) - 1] (f_{ck}/f_{ywk})$$

$$A_{sh} \geq 0.075s_b k (f_{ck}/f_{ywk})$$

- $N_d \leq 0.20A_c f_{ck}$ olması durumunda, yukarıdaki enine donatı alanı koşullarının en az 2/3'ü sağlanacak şekilde enine donatı teşkil edilecektir.
- Güçlü kolon zayıf giriş koşulu, verilen özel durumlar dışında TBDY 7.3.5'e göre sağlanacaktır.
- Kolonların sargı donatısı hesabında kullanılacak olan kesme kuvveti $V_e = (M_a + M_{ii})/l_n$ denkleminde M_a ve M_{ii} TBDY 7.3.7.1'de verilen koşullara göre hesaplanacaktır. Düşey yükler ile birlikte D ile arttırılmış deprem yüklerinden hesaplanan toplam kesme kuvveti, $V_e = (M_a + M_{ii})/l_n$ formülü ile hesaplanan kesme kuvveti değerinden az ise, V_e yerine bu değer kullanılacaktır ayrıca;

$$V_e \leq V_r$$

$V_e \leq 0.85A_w\sqrt{f_{ck}}$ koşulları da sağlanacaktır, verilen ikinci koşul sağlanmadığı takdirde, kesit boyutları yeterince arttırılacak ve hesap yenilenecektir.

Kolonlar sarılma bölgelerinde hesaplanacak enine donatıda, kesme dayanımına betonun katkısı (V_c), sadece deprem yüklerinden oluşan kesme kuvvetinin depremlili durumda oluşan toplam kesme kuvvetinin yarısından büyük olması ve $N_d \leq 0.05A_c f_{ck}$ koşulunun sağlanması durumunda yok sayılacaktır. Aksi durumda V_c , TS 500'e göre hesaplanacaktır.

3.3.2 Süneklik düzeyi yüksek kirişler için özel kurallar

- Kirişlerde gövde genişliği minimum 250 mm olacaktır.
- Kiriş yüksekliği döşeme kalınlığının 3 katından ve 300 mm'den az, kiriş gövde genişliğinin 3.5 katından fazla olmayacaktır.
- Kiriş yüksekliği serbest açıklığın $\frac{1}{4}$ 'ünden fazla ise kiriş yüksekliği boyunca her iki yüze gövde donatıları konulacaktır.
- Tasarım aksenal basınç kuvveti $N_d \leq 0.10A_c f_{ck}$ koşulunun sağlanmadığı durumlarda kirişler kolon gibi boyutlandırılıp donatılacaktır.
- Kiriş boyuna donatı çapı $\phi 12$ 'den küçük olmayacaktır. Kiriş mesnetlerinde çekme donatısı minimum oranı $\rho \geq 0.8f_{ctd} / f_{yd}$ koşulunu sağlayacaktır.
- DTS=1, 1a, 2, 2a olan binalarda, mesnet alt donatısı aynı mesnetteki üst donatının yarısından az olmayacaktır. Diğer binalarda bu oran %30'a düşürülebilir.
- Çekme donatısı oranı TS 500'de verilen maksimum değerden ve %2'den fazla olmayacaktır. Donatıların yerleştirilmesi ve kenetlenmesi TS 500'deki koşullara uygun olarak yapılacaktır.
- Kirişlerde kolon yüzünden itibaren kiriş yüksekliğinin iki katı kadar uzunluktaki bölgelerde sarılma bölgeleri oluşturulacaktır. Bu bölgelerde özel deprem etriyeleri kullanılacaktır. Kiriş sarılma bölgelerinde ve açıklık ortasında, donatının akma durumuna geçmesi riski olan kritik bölgelerde bindirmeli ekler yapılmayacaktır.
- Kirişlerde sargı donatısı hesabında gözönüne alınacak kesme kuvveti,

$V_e = V_{dy} \pm (M_{pi} + M_{pj}) / l_n$ denkleminde göre hesaplanacak, kiriş uçlarındaki moment kapasiteleri $M_{pi} \approx 1.4M_{ri}$ ve $M_{pj} \approx 1.4M_{rj}$ olarak alınabilir. Düşey yükler ile deprem yüklerinden gelen D ile arttırılmış toplam kesme kuvvetinin V_e 'den küçük olması durumunda, V_e yerine bu kesme kuvveti kullanılacaktır. $V_e \leq V_r$

$V_e \leq 0.085b_w d \sqrt{f_{ck}}$ koşulları da sağlanacaktır, ikinci koşulun sağlanmaması durumunda kesit boyutları gerektiği kadar arttırılacaktır.

Kiriş sarılma bölgelerindeki enine donatı hesabında, yalnızca deprem yükleri etkisiyle oluşan kesme kuvveti değerinin depremlili durumda oluşan toplam kesme kuvveti değerinin yarısından büyük olması durumunda betonun kesme dayanımına katkısı (V_c) yok sayılacaktır. Aksi durumda V_c TS 500'e göre belirlenecektir.

3.3.3 Süneklik düzeyi yüksek perdeler için özel kurallar

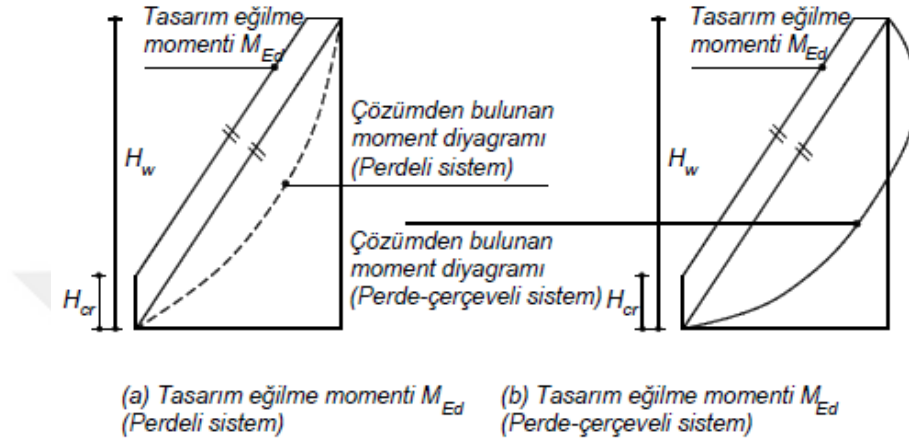
Perdeler planda uzun kenarının kalınlığına oranı minimum 6 olan düşey taşıyıcı sistem elemanlarıdır.

- Yüksek betonarme binaların perde kalınlıkları en az 300 mm olacaktır.
- Düşey yükler ile deprem yükleri $G+Q+E$ altında hesaplanan en büyük aksenal basınç kuvveti N_{dm} ise, perde net enkesit alanında $A_c \geq N_{dm} / (0.35 f_{ck})$ koşulu sağlanacaktır.
- Perdelerde $H_w / l_w > 2.0$ ise, perde uçlarında uç bölgeleri teşkil edilecektir.
- Temel üstünden veya perdenin plandaki uzunluğunun %20'den daha fazla küçüldüğü seviyeden itibaren, kritik perde yüksekliği, $2l_w \geq H_{cr} \geq \max[l_w; H_w / 6]$ koşullarından elverişsiz olanı sağlayacak şekilde hesaplanacaktır.
- Uç bölgelerin plandaki uzunlukları, kritik perde yüksekliği boyunca, perde kalınlığının en az iki katı ve planda perde toplam uzunluğunun en az %20'si olacak şekilde belirlenecektir. Kritik perde yüksekliğine dahil olmayan perdelerde ise uç bölgeleri, planda perde toplam uzunluğunun en az %10'u ve en az perde kalınlığı kadar olacaktır. İki perdenin içinde birleşen uç bölgelerinin oluşması durumunda, uç bölgelerinin her biri

perdenin içine en az 300 mm olmak üzere perde kalınlığı kadar uzatılacaktır.

- Her iki yönde perde gövdesindeki donatıların toplam enkesit alanı ile perde gövdesi brüt enkesit alanının oranı en az 0.0025 olacaktır. $H_w / l_w \leq 2.0$ olan perdelerde, perdenin tüm kesiti gövde bölgesi olarak alınacaktır. Boyuna ve enine donatı aralığı gövde bölgesinde maksimum 250 mm olacaktır.
- Perde gövdesindeki donatılar, uç bölgeleri dışında, kritik perde yüksekliği boyunca, metrekaresine 10 adet, kritik perde yüksekliğine dahil olmayan perdeler boyunca metrekaresine 4 adet özel deprem çirozu ile bağlanacaktır. Çiroz çapı ile yatay donatının çapı aynı olacaktır, çiroz çapı küçültülmek istendiğinde, $\phi_{gövde} / \phi_{çiroz}$ oranında, çirozların birim alandaki sayısı artırılarak çap küçültülebilir.
- Gövde donatıları perde uç bölgesinde kenetlenecektir.
- Kritik perde yüksekliği boyunca perde uç bölgelerinde, düşey donatı alanı ile perde brüt enkesit alanı oranı en az 0.002 olacaktır. Kritik perde yüksekliği dışında ise en az 0.001 olacaktır. Düşey donatı oranı, uç bölgelerinde maksimum 0.03, bindirme bölgelerinde maksimum 0.06 olacaktır. Uç bölgelerinde düşeyde en az 4 ϕ 14 donatı kullanılacaktır.
- Uç bölgelerindeki enine donatı çapı en az ϕ 8 olacaktır. Enine donatılar arasındaki yatay mesafe, maksimum, çiroz ve etriye çapınının 25 katı kadar olacaktır.
- Perde uç bölgelerinde, kritik perde yüksekliği boyunca, $A_{sh} \geq 0.075sb_k (f_{ck} / f_{yw})$ koşulunun en az 2/3'ünü sağlayacak şekilde enine donatı konulacaktır. Enine donatı aralıkları, 150 mm'den çok 50 mm'den az olmayacak aynı zamanda boyuna donatı çapınının 6 katından ve perde kalınlığının üçte birinden fazla olmayacaktır. Uç bölgelerindeki enine donatılar, temel içine 300 mm'den ve perde kalınlığından az olmayacak kadar devam ettirilecektir.
- Perde uç bölgelerinde, kritik perde yüksekliği dışında kalan perdelerde, enine donatı aralığı en fazla 200 mm olacak ve perde kalınlığını geçmeyecektir.

$H_w/l_w > 2.0$ koşulunun sağlandığı perdelerde, tasarım eğilme momenti kritik perde yüksekliği boyunca sabit olacak şekilde perde tabanından alınan eğilme momenti değerine eşit kabul edilecektir. Kritik perde yüksekliğinden itibaren, perde tabanında ve tepesinde hesaplanan momentleri birleştiren doğruya paralel olarak elde edilen moment değerleri kullanılacaktır (Şekil 3.2).

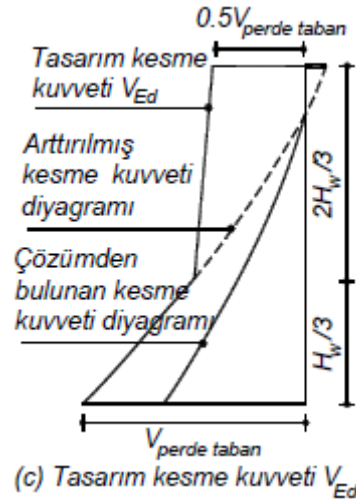


Şekil 3.2 : Perdeleri sistemlerde tasarım eğilme momentleri.

- $H_w/l_w > 2.0$ koşulunun sağlandığı perdelerde, enine donatı hesabında kullanılacak olan kesme kuvveti V_e aşağıdaki denklem 3.21'e göre hesaplanacaktır. β_v dinamik büyütme katsayısı deprem yükünün tamamının betonarme perdelerce karşılandığı sistemlerde 1.0 diğer sistemlerde 1.5 alınacaktır. Kesin hesap yapılamadığı takdirde $(M_p)_t \leq 1.25(M_r)$ alınacaktır.

$$V_e = \beta_v \frac{(M_p)_t}{(M_d)_t} V_d \quad (3.21)$$

Boşluksuz perdelerde 1.2D bağ kirişli perdelerde 1.4D ile büyütülen, düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisiyle hesaplanan kesme kuvveti yukarıda hesaplanan V_e değerinden küçük olduğu takdirde hesaplarda bu kesme kuvveti dikkate alınacaktır. Tasarım kesme kuvvetleri şekil 3.3 dikkate alınarak hesaplanacaktır.



Şekil 3.3 : Perdelerde tasarım kesme kuvveti.

- Perdelerin kesme dayanımı hesabı denklem 3.22'ye göre yapılacaktır.

$$V_r = A_{ch} (0.65 f_{ctd} + \rho_{sh} f_{ywd}) \quad (3.22)$$

- Hesaplanan tasarım kesme kuvveti denklem 3.23'te verilen şartları sağlayacaktır.

$$V_e \leq 0.85 A_{ch} \sqrt{f_{ck}} \quad (\text{Boşluksuz perdeler}) \quad (3.23)$$

$$V_e \leq 0.65 A_{ch} \sqrt{f_{ck}} \quad (\text{Bağ kirişli perdeler})$$

- Perdenin temelle bağlandığı düzeyde ve üst katlarda yatay inşaat derzlerindeki düşey donatı, aktarılan kesme kuvveti dikkate alınarak, kesme sürtünmesi yöntemi ile tahkik edilecektir. Denklem 3.24'de verilen şartlar sağlanacaktır.

$$V_e \leq f_{ctd} A_c + \mu A_s f_{yd} \quad (3.24(a))$$

$$V_e \leq \min [0.2 f_{ck} A_c; (3.3 + 0.08 f_{ck}) A_c] \quad (3.24(b))$$

Burada A_s perde gövde ve uç bölgelerindeki düşey donatı alanını, f_{ctd} pürüzlendirilmiş yüzey için beton katkısını, A_c perde enkesit alanını, μ sürtünme katsayısını ifade etmektedir. Donatı akma gerilmesi f_{yk} , kesme sürtünmesi hesabında 500 Mpa değerini geçmeyecektir.

- Bağ kirişli perdelerde denklem 3.25'teki koşullardan herhangi biri sağlandığı takdirde bağ kirişi için kesme donatısı hesabı kirişlerdeki gibi yapılacaktır. Her ikisi de sağlanmadığı takdirde, kesme kuvvetini ve kesme kuvvetinden meydana gelen eğilme momentini karşılamak için denklem 3.26'daki donatı alanını sağlayacak çapraz donatılar

kullanılacaktır.

$$l_n > h_k \quad (3.25(a))$$

$$V_d \leq 1.5b_w d f_{ctd} \quad (3.25(b))$$

$$A_{sd} = V_d / (2f_{yd} \sin \gamma) \quad (3.26)$$

Çapraz donatı demetlerinde en az dört adet donatı çubuğu bulunacak ve perdelerin içine en az $1.5l_b$ kenetlenme boyunu sağlayacak kadar uzatılacaktır. Donatı demetleri, en fazla 100 mm ve donatı çapının 8 katını geçmeyecek aralıklarla, en az 8 mm çapında özel deprem etriyeleri ile sarılacaktır. Çapraz donatıların etriyelerle sarılmadığı durumlarda, kiriş etriyelerinin aralığı donatı çapının 6 katını ve 150 mm'yi geçmeyecektir. Ayrıca kiriş genişliği ve yüksekliği boyunca 200 mm'yi geçmeyen aralıklarla çirozlarla bağlanacaktır.

- Bağ kirişlerinin kesme kuvveti kontrolü denklem 3.27'ye göre yapılacaktır.

$$V_d \leq 0.085b_w d \sqrt{f_{ck}} \quad (3.27)$$

4. TÜRKİYE BİNA DEPREM YÖNETMELİĞİNE GÖRE DOĞRUSAL OLMAYAN TASARIM İLKELERİ

4.1 Şekil Değiştirmeye Göre Tasarım Yaklaşımı

Mevcut veya yeni yapılacak binaların deprem etkisi altındaki performansını değerlendirmek için uygulanan bir hesap yöntemidir.

- Ön tasarımı yapılmış veya mevcut bir binada, doğrusal olmayan modelleme yaklaşımları ile sistemin iç kuvvet-şekil değiştirme ilişkileri belirlenir.
- Yapıda, öngörülen performans hedefleri doğrultusunda şekilde seçilen deprem hareketi etkisi altında, statik veya zaman tanım alanında artımsal dinamik analiz yapılarak elemanların doğrusal olmayan sünek davranışına ilişkin şekildeğiştirme talepleri ile gevrek davranışa ilişkin dayanım talepleri elde edilir.
- Elde edilen talepler, öngörülen performans hedefleri doğrultusunda elde edilen şekil değiştirme ve dayanım kapasiteleri ile karşılaştırılır.

Şekildeğiştirme ve dayanım talepleri, kapasitelerin altında kalıyorsa analiz tamamlanmıştır. Yeni yapılacak binalarda kapasiteler talebi karşılamıyorsa kesitler büyütülerek hesap tekrarlanır.

4.1.1 Performans hedefleri

Yüksek binaların şekildeğiştirmeye göre değerlendirme ve tasarımında esas alınacak performans düzeyleri Çizelge 4.1'deki gibidir.

Çizelge 4.1 : Yüksek binalar için performans hedefleri ve değerlendirme/tasarım yaklaşımları.

Deprem Yer H. Düzeyi	DTS=1, 2, 3, 3a, 4, 4a		DTS=1a, 2a	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
DD-4	KK	DGT	-	-
DD-3	-	-	SH	ŞDGT
DD-2	KH	DGT ⁽³⁾	KH	DGT ^(3,4)
DD-1	GÖ	ŞDGT	KH	ŞDGT

⁽³⁾ Ön tasarım olacak yapılacaktır. ⁽⁴⁾ I = 1.5 alınarak uygulanacaktır.

4.1.2 Deprem etkilerinin tanımlanması ve diğer etkilerle birleştirilmesi

İtme yöntemlerinde deprem etkileri TBDY bölüm 2’de açıklanan yatay elastik ivme spektrumu ya da ölçeklenmiş deprem yer hareketleri oluşturularak gözönüne alınacaktır. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesapta ise ölçeklenmiş deprem yer hareketleri kullanılacaktır. Deprem etkileri denklem 4.1’e göre diğer etkilerle birleştirilecektir.

$$G + Q_e + 0.2S + E_d^{(H)} + 0.3E_d^{(Z)} \quad (4.1)$$

Bu denklemde G sabit yük etkisini, Q_e , n hareketli yük katsayısı olmak üzere $Q_e = nQ$ olarak elde edilen etkin hareketli yük etkisini, S kar yükünü, $E_d^{(H)}$ yatay deprem etkisini, $E_d^{(Z)}$ düşey deprem etkisini temsil etmektedir.

Statik düşey yüklerin sisteme artımsal olarak etkitildiği doğrusal olmayan statik hesap yapıldıktan sonra doğrusal olmayan hesap yöntemlerine geçilecek, bu doğrusal olmayan statik hesaptan elde edilen iç kuvvet ve şekildeğiştirme değerleri dinamik deprem hesabı için başlangıç değerler kabul edilecektir. Yeni yapılan veya güçlendirilen binalarda bu aşamada doğrusal olmayan şekil değiştirmelere izin verilemez, mevcut binalarda varsa bu şekildeğiştirmeler başlangıç değeri olarak kullanılır.

Yatay deprem etkisi $E_d^{(H)}$ hesabı itme yöntemleri ile yapılmışsa, X ve Y doğrultuları için ayrı ayrı hesaplanan deprem etkileri doğrusal hesap yöntemlerinde olduğu gibi birleştirilir. Zaman tanım alanında yapılan hesaplarda ise X ve Y doğrultularındaki deprem etkileri eş zamanlı olarak etkitildiği için yatay deprem etkisi $E_d^{(H)}$, hesaptan doğrudan elde edilir.

4.2 Doğrusal Olmayan Davranış Modelleri

4.2.1 Yığılı plastik davranış

Çubuk sonlu elemanlar olarak modellenebilen kolon ve kirişlerde ve TBDY’de verilen gerekli geometrik şartları sağladığı takdirde perdelerde, yığılı plastik davranış modeli ile doğrusal olmayan davranış temsil edilebilir.

- Yığılı plastik mafsallarda kabulünde plastik şekildeğiştirmelerin, kesitte sınırlı bölgeler boyunca düzgün yayılı biçimde olduğu varsayılır. Plastik

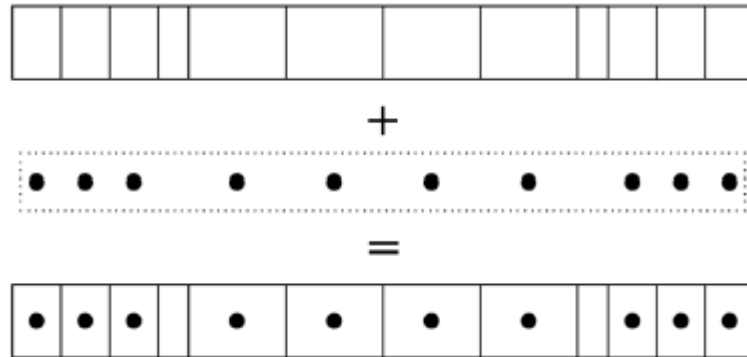
şekildeğiştirme bölgesi, plastik mafsal boyu L_p , çalışan doğrultudaki kesit boyutun (h)'nin yarısı kabul edilerek hesaplanır ($L_p \leq 0.5h$).

- Sadece aksel yüküne maruz kalan yapısal elemanlarda plastik mafsal boyu elemanın serbest boyuna eşit alınacaktır.
- Plastik mafsallar teoride plastik şekil değiştirme bölgesinin ortasına yerleştirilmelidir, ancak uygulamada pratiklik kazanmak için kolon ve kirişlerde, birleşim bölgelerinin dışına konulabilir. Kirişlerde düşey yük etkisi ile açıklıklarda da plastik mafsalların oluşabileceği gözönüne alınmalıdır.
- Etkin akma momenti hesabında beton basınç birim şekildeğiştirme 0.0035, donatı çeliğinin birim şekil değiştirme ise 0.01 alınabilir.
- Kolonlarda etkin akma momenti hesabında, düşey yüklerin oluşturduğu aksel yükler dikkate alınacaktır.

Betonarme ve çelik kesitlerde iki doğrultulu iç kuvvet-plastik şekildeğiştirme ilişkilerinde pekleşme etkisi ihmal edilebilir.

4.2.2 Yayılı plastik davranış

Yayıllı plastik davranış modelinde plastik şekildeğiştirmelerin eleman uzunluğu boyunca sürekli olduğu kabul edilir. Yayıllı davranış modeli tüm elemanlara uygulanabilir. Bu modelde özetle, kesit içindeki betonun ve donatının yeterince küçük hücrelere bölünerek tariflendiği, bu küçük hücrelerin her birinde doğrusal olmayan gerilme-şekildeğiştirmelerin gözönüne alındığı lif modeli kullanılır. Bu model uygulamada özellikle perdelerin doğrusal olmayan davranışının tariflenmesinde kullanılabilir, şekil 4.1'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1 : Perde lif modeli.

4.3 Doğrusal Olmayan Hesap İçin Taşıyıcı Sistemin Modellenmesine Yönelik Kurallar

- Bina taşıyıcı sistemlerinin modellenmesi 3 boyutlu olarak yapılacaktır.
- İki yatay doğrultudaki deprem etkileri göz önüne alınacaktır.
- Doğrusal sönüm oranı aksi belirtilmedikçe %5 alınacaktır.
- Eksenel kuvvetlerin şekil değiştirmemiş sistemde meydana getirdiği ikinci mertebe etkileri göz önüne alınacaktır.
- Mevcut binaların değerlendirilmesinde mevcut malzeme dayanımları esas alınacaktır.
- Yeni yapılacak binaların değerlendirmesinde malzemelerin beklenen (ortalama) dayanımları göz önüne alınacaktır (Çizelge 4.2).
- Kiriş ve kolonlar çubuk sonlu elemanlar olarak modellenecektir. Plastik şekil değiştirme tanımları için yığılı plastik davranıl modeli kullanılabilir.
- Plastik mafsallar, kolon ve kirişlerde birleşim bölgesini dışına yani elemanların net açıklıklarının uçlarına tanımlanabilir. Bu durumda plastik mafsalların arasında kalan uzunluk boyunca elemanın doğrusal davranış gösterdiği kabul edilir ve etkin kesit rijitlikleri kullanılır.
- Perdelerin modellenmesinde yığılı ya da yayılı plastik davranış modelleri kullanılabilir. Yüksek binaların zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesabında yayılı plastik davranış modeli kullanmak zorunludur.

Kütlelerin modellenmesi doğrusal modelleme kuralları ile yapılacaktır.

Çizelge 4.2 : Malzemelerin beklenen dayanımları.

Beton	$f_{ce}=1.3f_{ck}$
Donatı çeliği	$f_{ye}=1.2f_{yk}$
Yapı çeliği (S235)	$f_{ye}=1.5f_{yk}$
Yapı çeliği (S275)	$f_{ye}=1.3f_{yk}$
Yapı çeliği (S355)	$f_{ye}=1.1f_{yk}$
Yapı çeliği (S460)	$f_{ye}=1.1f_{yk}$

4.3.1 Betonarme taşıyıcı sistem elemanlarının etkin kesitlik rijitlikleri hesabı

Yığılı plastik davranış modeli kullanılan elemanlarda etkin kesit rijitliği hesabı denklem 4.2'ye göre hesaplanacaktır.

$$(EI)_e = \frac{M_y L_s}{\theta_y} \frac{L_s}{3} \quad (4.2)$$

M_y ve θ_y plastik mafsalların etkin akma momentleri ile etkin akma dönmelerinin ortalamasını temsil eder. L_s kesme açıklığı, kolon ve kirişlerde net açıklığın yarısı, perdelerde ise her tabandan perde tepesine kadar olan uzunluğun yarısı olarak kabul edilebilir. Akma dönmesi θ_y denklem 4.3'teki gibi hesaplanacaktır.

$$\theta_y = \frac{\phi_y L_s}{3} + 0.0015\eta \left(1 + 1.5 \frac{h}{L_s} \right) + \frac{\phi_y d_b f_{ye}}{8\sqrt{f_{ce}}} \quad (4.3)$$

Denklem 4.3'te ϕ_y etkin akma eğriliği, h kesit yüksekliği, d_b mesnete kenetlenen donatı çeliklerinin ortalama çapını, f_{ce} ve f_{ye} ise beton ve donatının ortalama dayanımlarını göstermektedir. η kiriş ve kolonlarda 1.0, perdelerde 0.5 alınacaktır.

4.4 Doğrusal Olmayan Hesap Yönteminin Seçilmesi

Doğrusal olmayan hesap yöntemleri itme yöntemleri ve zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemleri olmak üzere ikiye ayrılır.

4.4.1 İtme yöntemleri

Tek modlu itme yöntemi ve çok modlu itme yöntemi olmak üzere ikiye ayrılır. Tek modlu itme yöntemi, mod birleştirme yönteminin tek modda doğrusal olmayan artımsal uygulamasıdır. Uygulanabilmesi için gereken şartlar;

- Burulma düzensizliği katsayısı $\eta_{bi} < 1.4$ koşulu sağlanmalı.

Göz önüne alınan deprem doğrultusu için hesaplanan hakim doğal titreşim moduna ait taban kesme kuvveti etkin kütesinin bina toplam kütesine oranının en az 0.70 olması gerekmektedir.

4.4.2 Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi

Zamana tanım alanında doğrusal olmayan hesap, deprem yer hareketinin etkisi altında taşıyıcı sistemine ait hareket denkleminin, adım adım doğrudan çözümüne karşılık gelir, doğrusal olmayan davranış nedeniyle bu işlem sırasında sistemin rijitlik matrisi sürekli olarak değişir.

- Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap en az onbir deprem kaydı takımı kullanılarak yapılacaktır. Birbirine dik iki yatay doğrultudaki deprem ivme kayıtları sisteme aynı anda uygulanacaktır, daha sonra eksenleri 90° döndürülerek hesap tekrar yapılacaktır.
- Taşıyıcı sistem elemanlarının doğrusal olmayan davranış ile deprem enerjisini tüketirken, doğrusal çalışan yapısal ve yapısal olmayan elemanların tükettiği deprem enerjisi de hareket denklemlerinde, viskoz sönüm matrisi ile temsil edilecektir, Rayleigh orantılı sönüm matrisi veya modal sönüm matrisi kullanılarak viskoz sönüm matrisi oluşturulacaktır.
- Doğrusal olmayan hesaplara geçmeden önce, başlangıç adımı olarak deprem dışındaki statik düşey yükler etkisi altında, sistemin doğrusal olmayan statik analizi yapılacaktır ve elde edilen iç kuvvet-şekildeğiştirme değerleri kullanılacaktır başlangıç değerleri olarak kullanılacaktır.

Deprem kaydı seçimi ve ölçeklemesi TBDY bölüm 2'ye göre yapılacaktır. Deprem kayıtlarının seçimi, tasarıma esas deprem hareketi büyüklüğü, aktif fay düzlemine uzaklık, kaynak mekanizması ve yerel zemin koşulları dikkate alınarak yapılacaktır. Yeterli sayıda veya nitelikte deprem yer hareketi bulunamadığı takdirde, benzeştirilmiş yer hareketi kayıtları kullanılabilir. Benzeştirilmiş kayıtlar kullanıldığı takdirde, bölgede daha önce gerçekleşen kaydedilmiş deprem kayıtları ile uyumlu olması gerekmektedir. En az onbir adet deprem kaydı takımı kullanılacaktır ve aynı depremden en fazla üç kayıt kullanılacaktır.

Deprem kayıtlarının basit ölçeklemesi yapılırken;

- Bir ve ya iki boyutlu hesap için seçilen tüm kayıtlara ait spektrumların ortalamasının $0.2T_p$ ve $1.5T_p$ periyotları arasındaki genliklerinin, yapının tasarım spektrumunun aynı periyot aralığındaki genliklerinden küçük olmaması kuralına göre ölçeklendirilecektir.

Üç boyutlu hesap için seçilen her bir deprem kaydı takımının iki yatay bileşenine ait spektrumları kareleri toplamının karekökü yöntemine göre bileşkesi alınarak yatay spektrum elde edilecektir. Seçilen tüm yatılara ait spektrumların ortalamasının $0.2T_p$ ve $1.5T_p$ periyotları arasındaki genliklerinin, tasarım spektrumunun aynı periyot aralığındaki genliklerine oranının 1.3'ten daha küçük olmaması kuralına göre ölçeklendirilecektir.

4.5 Yeni Betonarme Binalar İçin İzin Verilen Şekildeğiştirme ve İç Kuvvet Sınırları

Şekildeğiştirmeye göre tasarımda elemanlarda izin verilebilecek şekil değiştirme ve iç kuvvet sınırları belirlenmiştir. Yeni yapılacak binalarda hasar düzeyini tespit etmek için kullanılacak şekildeğiştirme ve iç kuvvet sınırları aşağıda anlatıldığı gibi hesaplanacaktır.

4.5.1 Göçmenin önlenmesi (GÖ) performans düzeyi

Yeni yapılacak binalarda, beton ve donatı için izin verilen toplam birim şekildeğiştirme sınırları $\varepsilon_c^{(GÖ)}$ ve $\varepsilon_s^{(GÖ)}$ aşağıdaki gibi hesaplanacaktır.

Göçmenin önlenmesi performans düzeyinde betonda izin verilen birim kısalma denklem 4.4 ve denklem 4.5'teki gibi hesaplanacaktır.

Dikdörtgen kesitli kolon, kiriş ve perdelerde:

$$\varepsilon_c^{(GÖ)} = 0.0035 + 0.04\sqrt{\omega_{we}} \leq 0.018 \quad (4.4)$$

Dairesel kesitlerde:

$$\varepsilon_c^{(GÖ)} = 0.0035 + 0.07\sqrt{\omega_{we}} \leq 0.018 \quad (4.5)$$

Bu denklemlerde 0.0035 değeri sargısız betonun (kabuk betonu) birim kısalmasını temsil eder. ω_{we} terimi ise etkin sargı donatısının mekanik donatı oranı'nı göstermektedir, denklem 4.6'ya göre hesaplanır.

$$\omega_{we} = \alpha_{se} \rho_{sh,min} \frac{f_{ywe}}{f_{ce}} \quad (4.6)$$

Denklem 4.6'da, α_{se} sargı donatısı etkinlik katsayısı'nı, $\rho_{sh,min}$ dikdörtgen kesitte iki yatay doğrultudaki hacimsel enine donatı oranlarından küçük olanını, f_{ywe} enine donatı için ortalama akma dayanımını göstermektedir. α_{se} ve ρ_{sh} denklem 4.7'ye göre hesaplanacaktır.

$$\alpha_{se} = \left(1 - \frac{\sum a_i^2}{6b_o h_o}\right) \left(1 - \frac{s}{2b_o}\right) \left(1 - \frac{s}{2h_o}\right) \quad ; \quad \rho_{sh} = \frac{2A_{sh}}{b_k s} \quad (4.7)$$

Denklem 4.7’de;

A_{sh} gözönüne alınan doğrultuda enine donatı alanı,

ρ_{sh} enine donatının hacimsel oranı,

b_k dik doğrultudaki çekirdek boyutu,

s enine donatı aralığı,

b_o ve h_o sargı donatısı eksenlerinden ölçülen sargılı beton boyutları,

a_i bir etriye kolu veya çiroz tarafından mesnetlenen boyuna donatıların eksenleri arasındaki uzaklık olara tarif edilmektedir.

Dairesel sargı donatısının etkinlik katsayısı denklem 4.8’e göre hesaplanacaktır.

$$\alpha_{se} = \left(1 - \frac{s}{2D}\right)^n \quad ; \quad \rho_{sh} = \frac{2A_{os}}{Ds} \quad (4.8)$$

Denklem 4.8’de;

A_{os} spiral/sargı donatısının alanı,

s enine donatı aralığı veya spiralin adımı,

D ise spiral/sargı donatısı eksenleri arasındaki uzaklıktır.

Dairesel etriye için $n=2$, spiral donatı için $n=1$ alınacaktır.

Göçmenin önlenmesi performans düzeyinde donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi denklem 4.9’a göre hesaplanacaktır.

$$\varepsilon_s^{(GÖ)} = 0.4\varepsilon_{su} \quad (4.9)$$

ε_{su} çekme dayanımına karşı gelen birim uzamayı temsil etmektedir.

Yeni yapılacak binalarda yığılı plastik davranış modeline göre hesaplanan plastik dönmeler için izin verilen sınır değerleri denklem 4.10’daki gibi hesaplanacaktır.

$$\theta_p^{(GÖ)} = \frac{2}{3} \left[(\phi_u - \phi_y) L_p \left(1 - 0.5 \frac{L_p}{L_s} \right) + 4.5 \phi_u d_b \right] \quad (4.10)$$

ϕ_u , TBDY EK 5A'da verilen beton ve donatı çeliği modelleri ile kesite etkiyen aksel kuvvetlerin etkisi göz önünde bulundurularak yapılan eğrilik analizinden elde edilen göçme öncesi toplam eğriliği ifade eder. d_b , akma sonrası durum için akma uzaması penetrasyonuna bağlı donatı sıyrılması dönmesine karşı gelmektedir.

4.5.2 Kontrollü hasar (KH) performans düzeyi

Kontrollü hasar performans düzeyi için yapılacak kontrollerde kullanılacak izin verilen toplam birim şekildeğiştirmeler ε_c^{KH} ve ε_s^{KH} ve plastik dönme $\theta_p^{(KH)}$ sınırları, göçmenin önlenmesi performans düzeyinde hesaplanan değerlere bağlı olarak hesaplanacaktır.

$$\varepsilon_c^{(KH)} = 0.75 \varepsilon_c^{(GÖ)} \quad ; \quad \varepsilon_s^{(KH)} = 0.75 \varepsilon_s^{(GÖ)} \quad (4.11)$$

$$\theta_p^{(KH)} = 0.75 \theta_p^{(GÖ)} \quad (4.12)$$

4.5.3 Sınırlı hasar (SH) performans düzeyi

Sınırlı hasar performans düzeyi için izin verilen toplam birim şekildeğiştirmeler ε_c^{SH} ve ε_s^{SH} ile plastik dönme $\theta_p^{(SH)}$ sınırları, göçmenin önlenmesi performans düzeyinde hesaplanan değerlere bağlı olarak hesaplanacaktır.

$$\varepsilon_c^{(SH)} = 0.0025 \quad ; \quad \varepsilon_s^{(SH)} = 0.0075 \quad (4.13)$$

$$\theta_p^{(SH)} = 0 \quad (4.14)$$

Yeni betonarme bina elemanları için göçmenin önlenmesi performans hedefi için hesaplanan iç kuvvet taleplerinin, ilgili elemanlar için doğrusal tasarım aşamasında tanımlanan iç kuvvet kapasitelerini aşmadığı gösterilecektir.

4.6 Betonarme yüksek binalar ile ilgili özel kurallar

TBDY’de yüksek bina tanımı deprem tasarım sınıfına ve bina yüksekliğine bağlı olarak yapılmıştır. Buna göre;

- DTS=1, 1a, 2, 2a için $H_N > 70$ m olan binalar,
- DTS=3, 3a için $H_N > 91$ m olan binalar,
- DTS=4. 4a için $H_N > 105$ m olan binalar,

BYS=1 yani yüksek binalar olarak sınıflandırılır.

Betonarme yüksek binalar TBDY’de açıklanan A12, A13, A14, A15, B12, B13 simgeleri ile tanımlanan süneklik düzeyi yüksek sistemlerden oluşturulacaktır.

Yalnızca DTS=4 olan betonarme yüksek binalarda süneklik düzeyi karma sistemler kullanılmasına izin verilebilir.

Betonarme yüksek bina taşıyıcı sisteminde minimum perde kalınlığı 300 mm olacaktır.

Taşıyıcı sisteminde, sadece donatı kalitesi B420C veya B500C olan nervürlü donatı çeliği kullanılabilir.

4.6.1 Yüksek bina tasarım aşamaları

Yüksek binaların tasarımı üç aşamada yapılacaktır.

4.6.1.1 Tasarım aşaması I: DD-2 deprem düzeyi altında ön rasarım ve boyutlandırma

İlk tasarım aşamasında, DD-2 deprem yer hareketi altında DGT’ye göre modellenerek, kontrollü hasar performans hedefini sağlamak üzere, sistemin ön tasarım ve boyutlandırması gerçekleştirilecektir.

- Seçilen yüksek bina taşıyıcı sistemi için verilen R ve D katsayıları kullanılacaktır.
- I. Aşamada DD-2 yer hareketi etkisi altında modal hesap yöntemlerinden biri uygulanacaktır.
- Eşdeğer taban kesme kuvvetine göre iç kuvvetler büyütülürken $V_{t,min}$ denklem 4.15’e göre hesaplanacaktır.

$$V_{t,min} = 0.04\alpha_H m_t S_{DS} g \quad (4.15)$$

Buradan m_t bina toplam kütleini, S_{DS} kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısını, g yerçekimi ivmesini, α_H ise H_N bina yüksekliğine bağlı olarak hesaplanan bir katsayıyı ifade eder (Denklem 4.16).

$$\begin{aligned}\alpha_H &= 1.0 & H_N \leq 105 \text{ m} \\ \alpha_H &= 2.05 - 0.01H_N & 105 \text{ m} < H_N \leq 155 \text{ m} \\ \alpha_H &= 0.5 & 155 \text{ m} < H_N\end{aligned}\quad (4.16)$$

4.6.1.2 Tasarım aşaması II: Kesintisiz kullanım veya sınırlı hasar performans hedefi için hesap esasları

Ön tasarımı yapılmış taşıyıcı sistem elemanlarının, DD-4 deprem yer hareketi altında normal performans hedefi için kesintisiz kullanım performans hedefini, DD-3 deprem yer hareketi etkisi altında ileri performans hedefi için ise sınırlı hasar performans hedefini sağlamak üzere doğrusal tarafta kaldıkları gösterilecektir. Kesintisiz kullanım performans hedefi için değerlendirme dayanıma göre tasarım yaklaşımı ile, sınırlı hasar performans hedefi için değerlendirme ise şekil değiştirmeye göre tasarım yaklaşımı ile uygulanacaktır.

- Ek dış merkezlik etkisi göz önüne alınmayacaktır.
- Sönüm oranı %2.5 alınacaktır.
- Normal performans hedefi için DD-4 deprem yer hareketi altında modal hesap yöntemleri ile doğrusal hesap yapılacaktır.
 - Normal performans hedefi için dayanıma göre tasarım yaklaşımının uygulanması durumunda Çizelge 4.3’de verilen etkin kesit rijitliği çarpanları kullanılacaktır.
 - İç kuvvetlerin hesabında $R/I=1$ ve $D=1$ alınacaktır.
 - Birinci aşamada uygulanan minimum taban kesme kuvveti şartı aranmayacaktır.
 - Mod birleştirme yöntemi uygulanması durumunda, %2.5 sönüm oranına karşılık gelen spektral ivme değerlerini elde edebilmek için %5 sönüm oranı için hesaplanan spektral ivme değerleri 1.25 ile çarpılacaktır.
 - Bu hesapta elde edilen iç kuvvetler şekil değiştirmeye esas iç kuvvetler olarak göz önüne alınacaktır.

- Sünek elemanlar için iç kuvvetlerin etki/kapasite oranları $E/K=1.5$ değerini geçmeyecektir.
- Gevrek elemanlar için iç kuvvetlerin etki/kapasite oranları $E/K=0.7$ değerini geçmeyecektir.
- İleri performans hedefi için, zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap, DD-3 deprem yer hareketi etkisi altında yapılacaktır.
 - İleri performans hedefi için şekil değiştirmeye göre tasarım yaklaşımı uygulandığında döşeme ve bodrum perdeleri için Çizelge 4.3’de verilen etkin kesit rijitliği çarpanları kullanılabilir.

Çizelge 4.3 : II. Aşama deprem hesabı için etkin kesit rijitliği çarpanları.

Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanı	Etkin Kesit Rijitliği Çarpanı	
	Eksenel	Kayma
Perde-Döşeme (Düzlem İçi)		
Perde	0.75	1.00
Bodrum Perdesi	1.00	1.00
Döşeme	0.50	0.80
Perde-Döşeme (Düzlem Dışı)	Eğilme	Kesme
Perde	1.00	1.00
Bodrum Perdesi	1.00	1.00
Döşeme	0.50	1.00
Çubuk Eleman	Eğilme	Kesme
Bağ kirişi	0.30	1.00
Çerçeve kirişi	0.70	1.00
Çerçeve kolonu	0.90	1.00
Perde (eşdeğer çubuk)	0.80	1.00

- Sönüm matrisinin oluşturulması için göz önüne alınacak sönüm oranı %2.5 alınacaktır.
- Sünek elemanlarda değerlendirilecek şekil değiştirme talepleri, yapılan hesaplardan elde edilen sonuçların en büyük mutlak değerlerinin ortalaması olarak alınacaktır.
- Kritik iç kuvvetler için değerlendirilecek talepler, hesap sonuçlarının en büyük mutlak değerlerinin ortalamasınının 1.4 katı kadar alınacaktır.
- Kritik olmayan kuvvetler, yapılan hesap sonuçlarının, en büyük mutlak değerlerinin ortalaması olarak alınacaktır.

- Sünek elemanlarda, hesaplanan şekil değiştirme talepleri ilgili performans düzeyi için TBDY bölüm 5'e göre hesaplanan sınır değerleri geçmeyecektir.

Gevrek elemanların hesaplanan iç kuvvet talepleri, elemanların iç kuvvet kapasitlerini geçmeyecektir.

4.6.1.3 Tasarım aşaması III: Göçmenin önlenmesi veya kontrollü hasar performans değerlendirmesi için hesap esasları

İlk iki aşamada hedeflenen performans seviyeleri sağlandıktan sonra, bu aşamada zaman tanım alanında DD-1 depremi etkisi altında hesap yapılarak, normal performans hedefi olarak göçmenin önlenmesi veya ileri performans hedefi olarak kontrollü hasar performans hedefinin sağlanması gerekmektedir. Hesaptan elde edilen şekildeğiştirme, iç kuvvet ve görelî kat ötelemeleri taleplerinin, istenilen performans sınırını geçmemesi gerekmektedir aksi takdirde sistemde iyileştirmeler yapıp analizlerin tekrar edilmesi gerekmektedir. Bu aşamada;

- Şekil değiştirmeye göre tasarım kapsamında verilen yük birleşimleri uygulanacaktır.
- Ek dışmerkezlik etkisi, A1 türü düzensizlik bulunması ve burulma düzensizliği katsayısının 1.5'ten çok olduğu durumlarda gözönüne alınacaktır.
- Sönüm oranı %2.5 alınacaktır. Modal sönüm matrisi veya Rayleigh orantılı sönüm matrisi kullanılacaktır.
- Sünek elemanlarda, 11 adet deprem kaydı ile yapılacak analizler sonucunda elde edilen şekildeğiştirme talepleri, yapılan hesapların her birinden alınan en büyük mutlak değerlerin ortalaması hesaplanarak belirlenecektir.
- Kritik iç kuvvetlerde değerlendirilecek talepler, yapılan analizlerden elde edilen sonuçların en büyük mutlak değerlerinin ortalamasına bir standart sapma eklenerek hesaplanacak, bu standart sapma değerleri ortalamasının 1.5 katından fazla 1.2 katından az olmayacaktır.
- Kritik olmayan iç kuvvetlerde değerlendirilecek talepler, yapılan analizlerden elde edilen sonuçların en büyük mutlak değerlerinin ortalaması alınarak hesaplanacaktır.

Yapılan analizler sonucunda elde edilen ortalama görelî kat ötelemesi oranı her bir katta 0.003'ü, bir adet depremden elde edilen en büyük görelî kat ötelemesi oranı ise 0.0045'i geçmeyecektir.

4.6.1.4 Tasarımın sonuçlandırılması

I. Aşamada belirlenen temel ve düşey taşıyıcı eleman boyut ve donatıları son aşamada azaltılmayacaktır, azaltma yapılmak istenirse üç hesap aşaması da tekrarlanacaktır. Diğer taşıyıcı elemanlar için gerekli görüldüğü takdirde sadece III. Aşamamın tekrarlanması koşulu ile azaltma yapılabilir.



5. DOĞRUSAL ANALİZLER

Doğrusal analizlerin gerçekleştirilmesinde ETABS 17.0.1 programı kullanılmıştır.

5.1 Tasarlanacak Bina Hakkında Genel Bilgiler

5.1.1 Genel yapı geometrisi

Kat yükseklikleri 3.15 m olmak üzere 30 katlı betonarme bir yüksek bina tasarlanması amaçlanmıştır. Bina toplam yüksekliği 94.5 m'dir. Kullanım amacı konut olarak belirlenmiş yapının plandaki uzunlukları 35x25 m'dir. Binaya ait kat planı Şekil 5.1'de verilmiştir.

5.1.2 Deprem tasarım parametreleri

Binanın Avcılar/İstanbul'da konumlanacağı kabul edilmiştir. AFAD'ın hazırladığı sismik tehlike haritaları kullanılarak binaya ait deprem tasarım parametreleri, "<https://testdth.afad.gov.tr/>" sitesinden alınmıştır. Zemin sınıfı ZB kabul edilerek, spektral ivme katsayıları ve yer ivmesi büyüklükleri DD-1 ve DD-2 deprem düzeyleri için ayrı ayrı elde edilmiştir, sırasıyla Şekil 5.2'de verilmiştir.

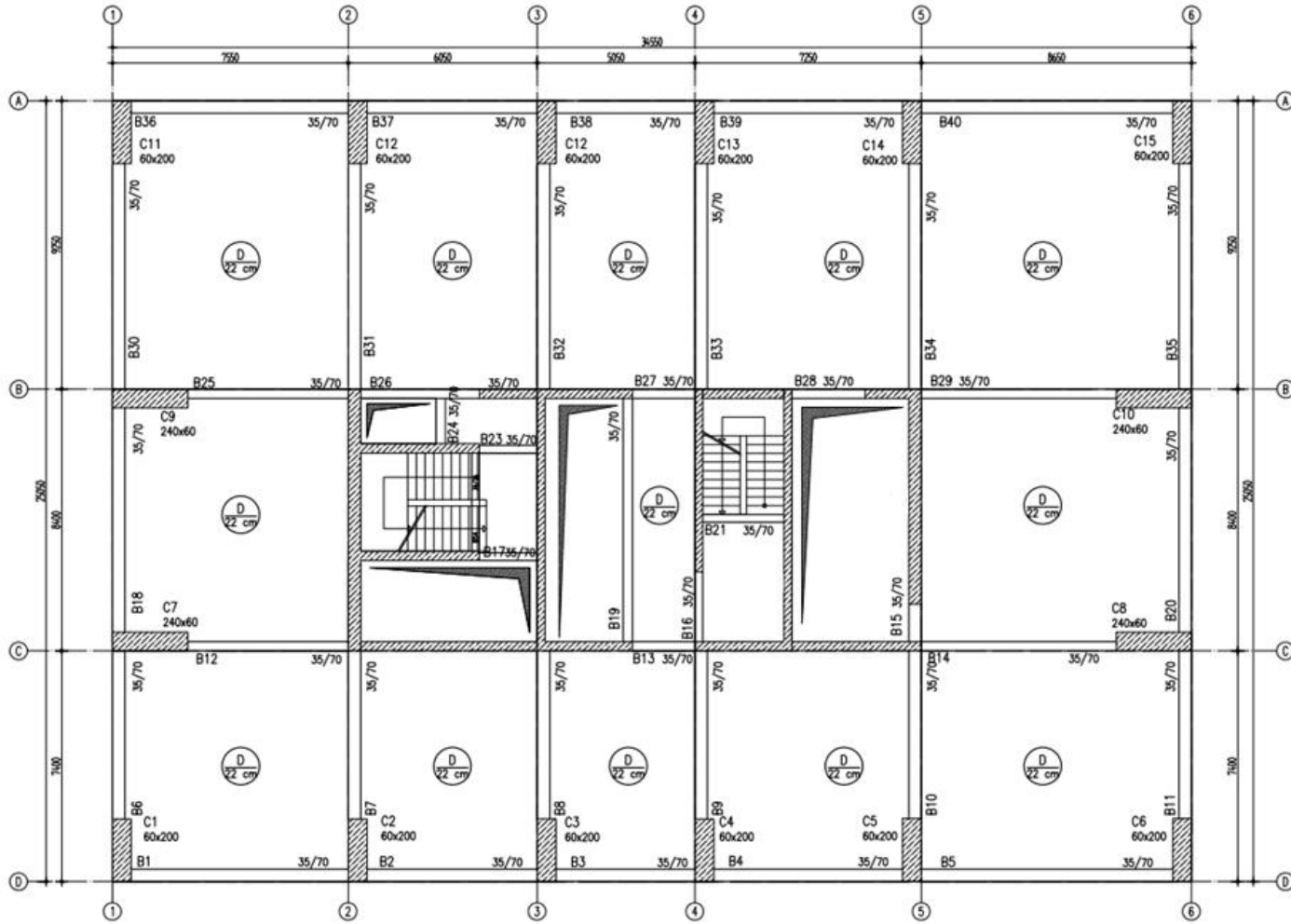
5.1.3 Sabit ve hareketli yükler

5.1.3.1 Sabit yükler

Binada bulunan taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan yapısal elemanların ağırlıkları bilgisayar programı tarafından hesaplanıp analizlerde kullanılmaktadır buna ek olarak binada bulunan duvar yükü ve kaplama yükü gibi ilave yüklerin hesaplanarak programa dışarıdan tanımlanması gerekmektedir.

Duvar yükü = 6 kN/m olarak kirişlere etkilmiştir.

Kaplama yükü = 2 kN/m² olarak döşemelere etkilmiştir.



Şekil 5.1 : Tipik kat planı.

Kullanıcı Girdileri

Rapor Başlığı:	tez	
Deprem Yer Hareketi Düzeyi	DD-1	50 yılda aşılma olasılığı %2 (tekrarlanma periyodu 2475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
Yerel Zemin Sınıfı	ZB	Az ayrışmış, orta sağlam kayalar
Enlem:	41.08°	
Boylam	28.711°	

Çıktılar

$$S_s = 1.444 \quad S_1 = 0.403 \quad PGA=0.582 \quad PGV=36.747$$

S_s : Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

S_1 : 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

PGA : En büyük yer ivmesi [g]

PGV : En büyük yer hızı [cm/sn]

Kullanıcı Girdileri

Rapor Başlığı:	TEZ	
Deprem Yer Hareketi Düzeyi	DD-2	50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
Yerel Zemin Sınıfı	ZB	Az ayrışmış, orta sağlam kayalar
Enlem:	41.08°	
Boylam	28.711°	

Çıktılar

$$S_s = 0.820 \quad S_1 = 0.233 \quad PGA=0.340 \quad PGV=21.323$$

S_s : Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

S_1 : 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

PGA : En büyük yer ivmesi [g]

PGV : En büyük yer hızı [cm/sn]

Şekil 5.2 : Deprem tasarım parametreleri.

5.1.3.2 Hareketli yükler

Hareketli yükler TS 498'e göre;

Normal kat döşemeleri için = 2.0 kN/m²

Merdiven ve koridorlar için =5.0 kN/m² alınmıştır.

5.1.4 Malzeme özellikleri

Malzeme özellikleri, beton sınıfı C45 ve donatı çeliği sınıfı B420C için TS 500'den alınmıştır.

Beton Karakteristik Basınç Dayanımı : $f_{ck} = 45000 \text{ kN/m}^2$

Beton Elastisite Modülü : $E = 36000 \text{ N/mm}^2$

Beton Kayma Modülü : $E = 14400 \text{ N/mm}^2$

Beton Birim Hacim Ağırlığı : $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$

Poisson Oranı : $\nu = 0.2$

Donatı Çeliği Karakteristik Akma Dayanımı: $f_{yk} = 420000 \text{ kN/m}^2$

Donatı Çeliği Elastisite Modülü : $E = 200000 \text{ N/mm}^2$

5.2 Bina Parametreleri

5.2.1 Deprem tasarım spektrumu

Doğrusal analizlerde kullanılacak DD-2 deprem yer hareketi düzeyi için, AFAD'ın sitesinde bulunan sismik tehlike haritalarından alınan spektral ivme katsayıları kullanılarak köşe periyotları belirlenmiş ve bunlara bağlı olarak deprem tasarım spektrumu oluşturulmuştur. DD-2 deprem yer hareketi düzeyi için deprem tasarım ivme spektrumu şekil 5.3'te verilmiştir.

$$S_S = 0.820$$

$$S_1 = 0.233$$

$$F_S = 0.90$$

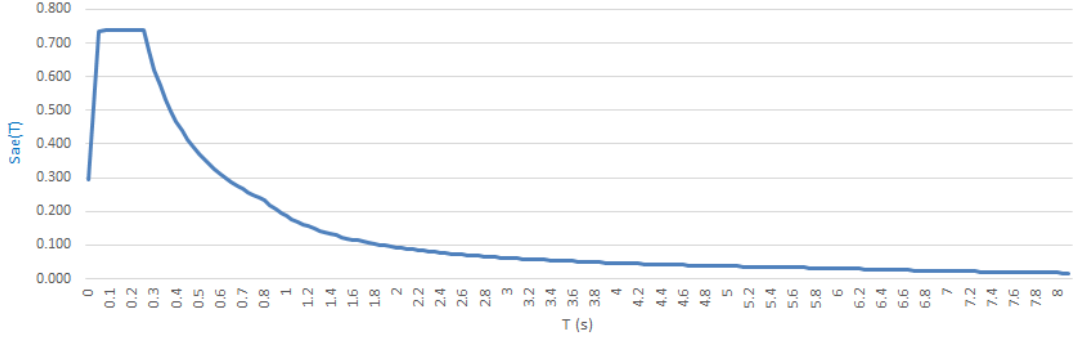
$$F_1 = 0.80$$

$$S_{DS} = 0.820 \times 0.90 = 0.738$$

$$S_{D1} = 0.233 \times 0.80 = 0.186$$

$$T_A = 0.2 \times \frac{0.186}{0.738} = 0.051s$$

$$T_B = \frac{0.186}{0.738} = 0.253s$$



Şekil 5.3 : DD-2 Deprem yer hareketi düzeyi için binaya ait elastik tasarım spektrumu.

5.2.2 Bina önem katsayısı, deprem tasarım sınıfı, bina yükseklik sınıfı

Bina önem katsayısı (I), bina kullanım sınıfı ve kullanım amacına göre Çizelge 3.3'e göre belirlenmektedir. Burada bina kullanım amacı konut olup BKS =3, I=1.0'dır.

Deprem tasarım sınıfı (DTS), DD-2 deprem yer hareketi düzeyi için bulunan kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısına ve bina kullanım sınıfına bağlı olarak Çizelge 3.4'e göre belirlenmiştir, DTS=2'dir. Bina yüksekliği 94.5 m, DTS=2 ise Çizelge 3.5'e göre bina yükseklik sınıfı, BYS=1'dir ve bina, yüksek bina sınıfına girmektedir.

5.2.3 Deprem etkisi altında bina performans hedefi ve tasarım yaklaşımları

Çizelge 3.6'ya göre belirlenen performans hedefleri ve tasarım yaklaşımlarına göre, BYS=1 olan söz konusu binada, ön tasarım olarak DD-2 deprem yer hareketi düzeyi altında dayanıma göre tasarım yapılmıştır. Ön tasarımda kesit boyutları ve donatıları belirlendikten sonra, ikinci aşama olarak DD-1 deprem yer hareketi düzeyi altında binanın şekil değiştirmeye göre değerlendirme ve tasarım yaklaşımı ile performans değerlendirmesi yapılmıştır.

5.2.4 Taşıyıcı sistem davranış katsayısı ve dayanım fazlalığı katsayısı

Çizelge 3.8'e göre sistemin davranış katsayısı ve dayanım fazlalığı katsayısı belirlenmiştir. Söz konusu bina için seçim yapmadan önce TBDY'de verilen 3.2.2'de anlatılan, süneklik düzeyi yüksek boşluklu veya boşluksuz betonarme perdelerin tabanında deprem yükleri etkisiyle oluşan devrilme momentlerinin toplamı, bina tabanına etkiyen devrilme momentinin, %40'ından daha az %75'inden daha fazla olmaması koşulunun sağlanması gerekmektedir.

ETABS programından alınan, bina devrilme momentleri X ve Y yönü deprem yükü için ayrı ayrı elde edilmiştir. Buna göre X yönü deprem etkisi altında bina tabanındaki devrilme momenti toplamı 370687 kNm, Y yönü deprem etkisi altında bina tabanındaki devrilme momenti toplamı 215624 kNm olarak elde edilmiştir. Perde tabanlarına gelen devrilme momentleri ise, X yönü deprem yükü için toplamda 306041 kNm, Y yönü deprem yükü etkisi için 170748 kNm'dir. Bu durumda perde toplam taban devrilme momentinin bina toplam taban devrilme momentine oranı X yönü için 0.825, Y yönü için 0.791 olmaktadır. Bu koşul sağlanamadığı için TBDY'de deprem etkilerinin tamamının süneklik düzeyi yüksek betonarme perdeler tarafından karşılandığı taşıyıcı sistem için tanımlanan R ve D katsayıları ile izin verilen BYS kullanılacaktır. Sonuç olarak, R=6, D=2.5 alınmıştır.

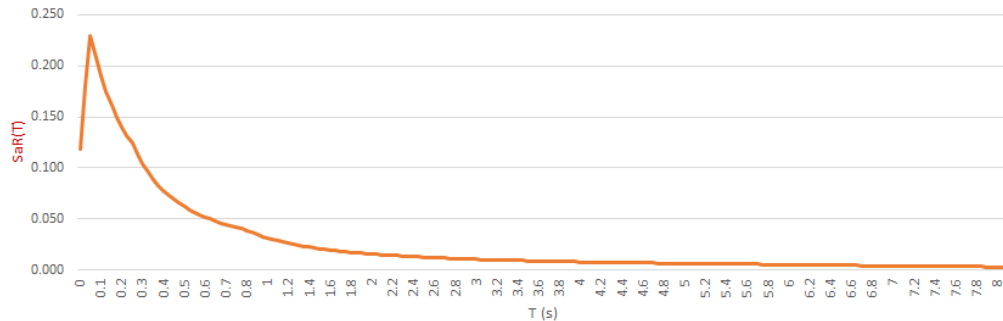
5.2.5 Azaltılmış tasarım ivme spektrumu

Azaltılmış yatay deprem yüklerinin belirlenmesinde kullanılacak, azaltılmış tasarım ivme spektrumu, tasarım spektrumunun deprem yükü azaltma katsayısı R'ye bölünmesi ile elde edilir (Denklem 3.7). DD-2 deprem yer hareketi düzeyi için azaltılmış tasarım ivme spektrumu şekil 5.4'te verilmiştir.

5.2.6 Düşey deprem etkisi

TBDY'de belirtilen, 3.2.3.2'de anlatılan özel koşullar söz konusu binada bulunmadığı için düşey deprem etkisi için spektral analiz yapılmasına gerek yoktur. Düşey deprem etkisi, G sabit yükler olmak üzere, denklem 3.10'a göre belirlenmiştir.

$$E_d^{(Z)} \approx (2/3) \times 0.738 \times G = 0.492G$$



Şekil 5.4 : DD-2 deprem düzeyi için azaltılmış tasarım ivme spektrumu.

5.2.7 Düzensizlik kontrolleri

5.2.7.1 A1 Burulma düzensizliği

X ve Y doğrultuları için yapılan burulma düzensizliği kontrolleri sırasıyla çizelge 5.1 ve çizelge 5.2’de verilmiştir. Binada A1 burulma düzensizliği hemen hemen her katta bulunmaktadır.

Çizelge 5.1 : A1 Burulma düzensizliği kontrolü (X yönü).

Kat	Yön	(Δ)max	(Δ)ort	η bi	<1.20	başlangıç eksantrisite	Dbi	eksantrisite
Kat30	X	0.00133	0.00095	1.398	not ok	5	1.3572	7
Kat29	X	0.00134	0.00108	1.247	not ok	5	1.0799	5
Kat28	X	0.00135	0.00116	1.167	ok	5	0.9458	5
Kat27	X	0.00138	0.00117	1.172	ok	5	0.9539	5
Kat26	X	0.00152	0.00125	1.218	not ok	5	1.0302	5
Kat25	X	0.00165	0.00132	1.255	not ok	5	1.0938	5
Kat24	X	0.00178	0.00138	1.288	not ok	5	1.1520	6
Kat23	X	0.00190	0.00144	1.317	not ok	5	1.2045	6
Kat22	X	0.00200	0.00149	1.341	not ok	5	1.2488	6
Kat21	X	0.00206	0.00152	1.356	not ok	5	1.2769	6
Kat20	X	0.00199	0.00148	1.344	not ok	5	1.2544	6
Kat19	X	0.00199	0.00148	1.346	not ok	5	1.2581	6
Kat18	X	0.00198	0.00147	1.351	not ok	5	1.2675	6
Kat17	X	0.00197	0.00145	1.355	not ok	5	1.2750	6
Kat16	X	0.00194	0.00143	1.358	not ok	5	1.2807	6
Kat15	X	0.00168	0.00129	1.303	not ok	5	1.1790	6
Kat14	X	0.00166	0.00127	1.310	not ok	5	1.1917	6
Kat13	X	0.00166	0.00125	1.325	not ok	5	1.2192	6
Kat12	X	0.00166	0.00124	1.343	not ok	5	1.2525	6
Kat11	X	0.00167	0.00122	1.367	not ok	5	1.2977	6
Kat10	X	0.00163	0.00118	1.385	not ok	5	1.3321	7
Kat9	X	0.00163	0.00116	1.409	not ok	5	1.3787	7
Kat8	X	0.00164	0.00114	1.438	not ok	5	1.4360	7
Kat7	X	0.00164	0.00112	1.473	not ok	5	1.5068	8
Kat6	X	0.00165	0.00109	1.513	not ok	5	1.5897	8
Kat5	X	0.00164	0.00105	1.554	not ok	5	1.6770	8
Kat4	X	0.00162	0.00101	1.599	not ok	5	1.7756	9
Kat3	X	0.00154	0.00094	1.647	not ok	5	1.8838	9
Kat2	X	0.00131	0.00078	1.689	not ok	5	1.9811	10
Kat1	X	0.00064	0.00037	1.719	not ok	5	2.0521	10

Çizelge 5.2 : A1 Burulma düzensizliği kontrolü (Y yönü).

Kat	Yön	(Δ_i)max	(Δ_i)ort	η_{bi}	<1.20	başlangıç eksantrisine	D _{bi}	eksantrisine
Kat30	Y	0.00121	0.00102	1.185	ok	5	0.9752	5
Kat29	Y	0.00126	0.00106	1.189	ok	5	0.9818	5
Kat28	Y	0.00140	0.00114	1.234	not ok	5	1.0575	5
Kat27	Y	0.00154	0.00121	1.275	not ok	5	1.1289	6
Kat26	Y	0.00167	0.00128	1.309	not ok	5	1.1899	6
Kat25	Y	0.00179	0.00134	1.340	not ok	5	1.2469	6
Kat24	Y	0.00191	0.00139	1.369	not ok	5	1.3015	7
Kat23	Y	0.00200	0.00144	1.394	not ok	5	1.3495	7
Kat22	Y	0.00205	0.00145	1.410	not ok	5	1.3806	7
Kat21	Y	0.00205	0.00145	1.419	not ok	5	1.3983	7
Kat20	Y	0.00192	0.00137	1.399	not ok	5	1.3592	7
Kat19	Y	0.00188	0.00135	1.398	not ok	5	1.3572	7
Kat18	Y	0.00184	0.00132	1.395	not ok	5	1.3514	7
Kat17	Y	0.00179	0.00129	1.392	not ok	5	1.3456	7
Kat16	Y	0.00175	0.00126	1.387	not ok	5	1.3360	7
Kat15	Y	0.00171	0.00123	1.388	not ok	5	1.3379	7
Kat14	Y	0.00169	0.00121	1.393	not ok	5	1.3475	7
Kat13	Y	0.00167	0.00119	1.402	not ok	5	1.3650	7
Kat12	Y	0.00165	0.00117	1.413	not ok	5	1.3865	7
Kat11	Y	0.00163	0.00114	1.430	not ok	5	1.4201	7
Kat10	Y	0.00160	0.00110	1.452	not ok	5	1.4641	7
Kat9	Y	0.00158	0.00107	1.470	not ok	5	1.5006	8
Kat8	Y	0.00155	0.00104	1.488	not ok	5	1.5376	8
Kat7	Y	0.00149	0.00099	1.505	not ok	5	1.5729	8
Kat6	Y	0.00142	0.00093	1.520	not ok	5	1.6044	8
Kat5	Y	0.00132	0.00086	1.535	not ok	5	1.6363	8
Kat4	Y	0.00120	0.00078	1.546	not ok	5	1.6598	8
Kat3	Y	0.00102	0.00066	1.548	not ok	5	1.6641	8
Kat2	Y	0.00075	0.00049	1.540	not ok	5	1.6469	8
Kat1	Y	0.00043	0.00027	1.574	not ok	5	1.7205	9

5.2.7.2 A2 Döşeme süreksizlikleri

A2 düzensizliğinin bulunmaması için, binadaki merdiven boşlukları asansör boşlukları ve diğer boşluklar dahil, binada bulunan toplam boşluk alanı bina toplam alanının 1/3'ünden fazla olmamalıdır, deprem yüklerinin güvenle aktarılmasını engelleyen yerel döşeme boşlukları bulunmamalı ve döşemelerde ani rijitlik ve dayanım azalmaları olmamalıdır.

$$\text{Toplam bina alanı} = 865 \text{ m}^2$$

$$\text{Toplam boşluk alanı} = 30 \text{ m}^2$$

Toplam boşluk alanı / Bina alanı = 30/865 = 0.035 < 1/3

Oran 1/3'ten küçük olduğu için binada A2 döşeme süreksizliği bulunmamaktadır.

5.2.7.3 A3 Planda çıkıntılar bulunması düzensizliği

Bina planında herhangi bir çıkıntı yoktur bu sebepten A3 düzensizliği bulunmamaktadır.

5.2.7.4 B1 Komşu katlar arası dayanım düzensizliği

Perde kalınlıklarının değiştiği 10-11 katları arasında dayanım düzensizliği kontrolü aşağıda gösterilmiştir. Duvarların tüm kirişlerin üstünde bulunduğu ve 10 cm kalınlığında olduğu varsayılarak kesme alanına eklenmiştir.

$$10. \text{ Kat kesme alanı} = 28.22 + 17.04 + 0.15 \times (253 \times 0.10) = 49.055 \text{ m}^2$$

$$11. \text{ Kat kesme alanı} = 24.59 + 14.08 + 0.15 \times (253 \times 0.10) = 42.5 \text{ m}^2$$

$$\text{Katma kesme alanı oranı} = \frac{42.5}{49.055} = 0.867 > 0.80$$

Oran 0.80'den büyük olduğu için dayanım düzensizliği bulunmamaktadır.

5.2.7.5 B2 Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği

X ve Y doğrultuları için yapılan B2 düzensizliği kontrolü sırasıyla çizelge 5.3 ve çizelge 5.4'de verilmiştir.

Çizelge 5.3 : X doğrultusu B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü.

Kat	Yön	hi	(Δi)ort	$\frac{(\Delta_i/h_i)_{\text{ort}}}{(\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{\text{ort}}}$	$\frac{(\Delta_i/h_i)_{\text{ort}}}{(\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{\text{ort}}}$	ηbi	<2.00
Kat30	X	3.15	0.00095		0.8801	0.880	ok
Kat29	X	3.15	0.00108	1.1362	0.9300	1.136	ok
Kat28	X	3.15	0.00116	1.0753	0.9855	1.075	ok
Kat27	X	3.15	0.00117	1.0147	0.9392	1.015	ok
Kat26	X	3.15	0.00125	1.0647	0.9484	1.065	ok
Kat25	X	3.15	0.00132	1.0544	0.9530	1.054	ok
Kat24	X	3.15	0.00138	1.0493	0.9591	1.049	ok
Kat23	X	3.15	0.00144	1.0427	0.9658	1.043	ok
Kat22	X	3.15	0.00149	1.0354	0.9809	1.035	ok
Kat21	X	3.15	0.00152	1.0194	1.0305	1.030	ok
Kat20	X	3.15	0.00148	0.9704	1.0014	1.001	ok

Kat	Yön	h _i	(Δ _i) _{ort}	(Δ _i /h _i) _{ort} / (Δ _{i+1} /h _{i+1}) _{ort}	(Δ _i /h _i) _{ort} / (Δ _{i-1} /h _{i-1}) _{ort}	η _{bi}	<2.00
Kat19	X	3.15	0.00148	0.9986	1.0055	1.005	ok
Kat18	X	3.15	0.00147	0.9946	1.0096	1.010	ok
Kat17	X	3.15	0.00145	0.9905	1.0154	1.015	ok
Kat16	X	3.15	0.00143	0.9849	1.1119	1.112	ok
Kat15	X	3.15	0.00129	0.8994	1.0174	1.017	ok
Kat14	X	3.15	0.00127	0.9829	1.0120	1.012	ok
Kat13	X	3.15	0.00125	0.9881	1.0121	1.012	ok
Kat12	X	3.15	0.00124	0.9880	1.0131	1.013	ok
Kat11	X	3.15	0.00122	0.9870	1.0374	1.037	ok
Kat10	X	3.15	0.00118	0.9639	1.0156	1.016	ok
Kat9	X	3.15	0.00116	0.9847	1.0176	1.018	ok
Kat8	X	3.15	0.00114	0.9827	1.0197	1.020	ok
Kat7	X	3.15	0.00112	0.9807	1.0229	1.023	ok
Kat6	X	3.15	0.00109	0.9776	1.0361	1.036	ok
Kat5	X	3.15	0.00105	0.9651	1.0406	1.041	ok
Kat4	X	3.15	0.00101	0.9610	1.0813	1.081	ok
Kat3	X	3.15	0.00094	0.9248	1.2065	1.206	ok
Kat2	X	3.15	0.00078	0.8289	2.1003	2.100	not ok
Kat1	X	3.15	0.00037	0.4761		0.476	ok

Çizelge 5.4 : Y doğrultusu B2 komşu katlar arası dayanım düzensizliği kontrolü.

Kat	Yön	h _i	(Δ _i) _{ort}	(Δ _i /h _i) _{ort} / (Δ _{i+1} /h _{i+1}) _{ort}	(Δ _i /h _i) _{ort} / (Δ _{i-1} /h _{i-1}) _{ort}	η _{bi}	<2.00
Kat30	Y	3.15	0.00102		0.9604	0.960	ok
Kat29	Y	3.15	0.00106	1.0413	0.9331	1.041	ok
Kat28	Y	3.15	0.00114	1.0717	0.9388	1.072	ok
Kat27	Y	3.15	0.00121	1.0651	0.9468	1.065	ok
Kat26	Y	3.15	0.00128	1.0562	0.9552	1.056	ok
Kat25	Y	3.15	0.00134	1.0469	0.9605	1.047	ok
Kat24	Y	3.15	0.00139	1.0411	0.9707	1.041	ok
Kat23	Y	3.15	0.00144	1.0302	0.9890	1.030	ok
Kat22	Y	3.15	0.00145	1.0111	1.0028	1.011	ok
Kat21	Y	3.15	0.00145	0.9972	1.0531	1.053	ok
Kat20	Y	3.15	0.00137	0.9496	1.0208	1.021	ok
Kat19	Y	3.15	0.00135	0.9796	1.0220	1.022	ok
Kat18	Y	3.15	0.00132	0.9785	1.0225	1.023	ok
Kat17	Y	3.15	0.00129	0.9780	1.0238	1.024	ok
Kat16	Y	3.15	0.00126	0.9767	1.0203	1.020	ok
Kat15	Y	3.15	0.00123	0.9801	1.0173	1.017	ok

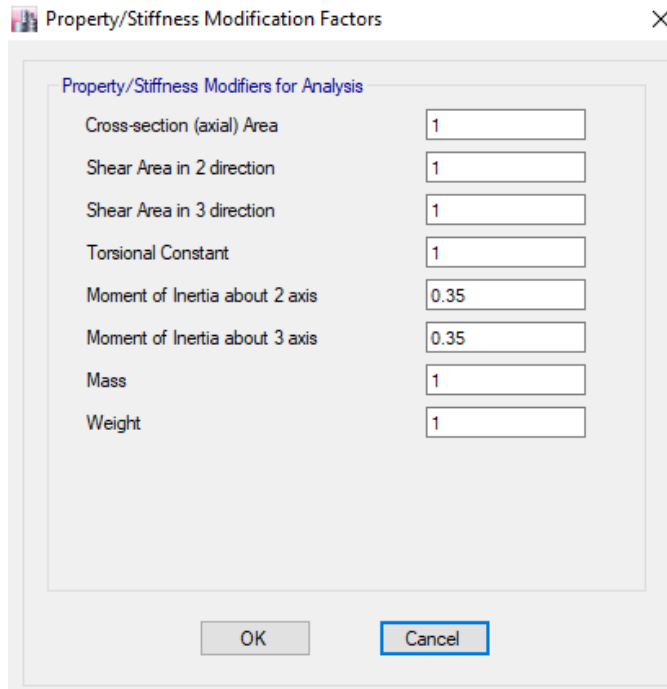
Kat	Yön	hi	(Δ_i)ort	(Δ_i/h_i)ort/ (Δ_{i+1}/h_{i+1})ort	(Δ_i/h_i)ort/ (Δ_{i-1}/h_{i-1})ort	η_{bi}	<2.00
Kat14	Y	3.15	0.00121	0.9830	1.0202	1.020	ok
Kat13	Y	3.15	0.00119	0.9802	1.0197	1.020	ok
Kat12	Y	3.15	0.00117	0.9806	1.0237	1.024	ok
Kat11	Y	3.15	0.00114	0.9768	1.0336	1.034	ok
Kat10	Y	3.15	0.00110	0.9675	1.0251	1.025	ok
Kat9	Y	3.15	0.00107	0.9755	1.0347	1.035	ok
Kat8	Y	3.15	0.00104	0.9665	1.0464	1.046	ok
Kat7	Y	3.15	0.00099	0.9557	1.0655	1.066	ok
Kat6	Y	3.15	0.00093	0.9385	1.0863	1.086	ok
Kat5	Y	3.15	0.00086	0.9205	1.1058	1.106	ok
Kat4	Y	3.15	0.00078	0.9043	1.1725	1.172	ok
Kat3	Y	3.15	0.00066	0.8529	1.3573	1.357	ok
Kat2	Y	3.15	0.00049	0.7368	1.7970	1.797	ok
Kat1	Y	3.15	0.00027	0.5565		0.556	ok

5.2.7.6 B3 Taşığı sistem düşey elemanlarının süreksizliği

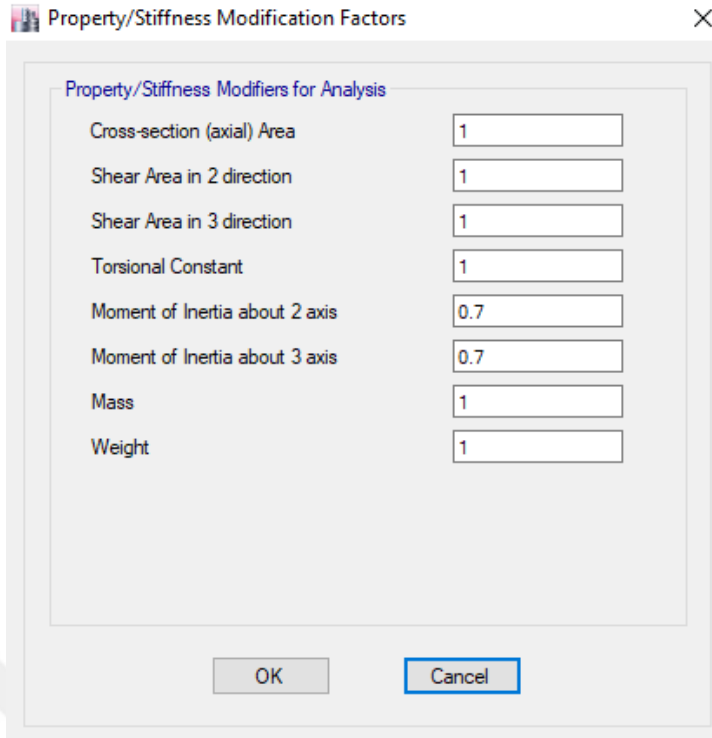
Binada süreksiz düşey taşıyıcı eleman bulunmamaktadır, B3 düzensizliği yoktur.

5.2.8 Etkin kesit rijitlikleri

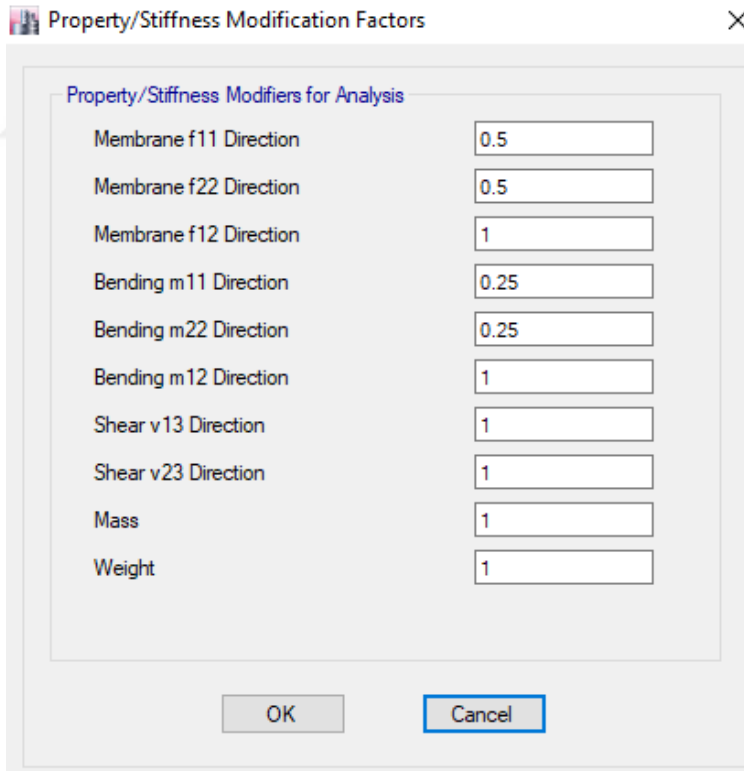
ETABS modelinde dikkate alınan, elemanların etkin kesit rijitliği değerleri Şekil 5.5, 5.6, 5.7 ve 5.8'de çizelge 3.9'a göre verilmiştir.



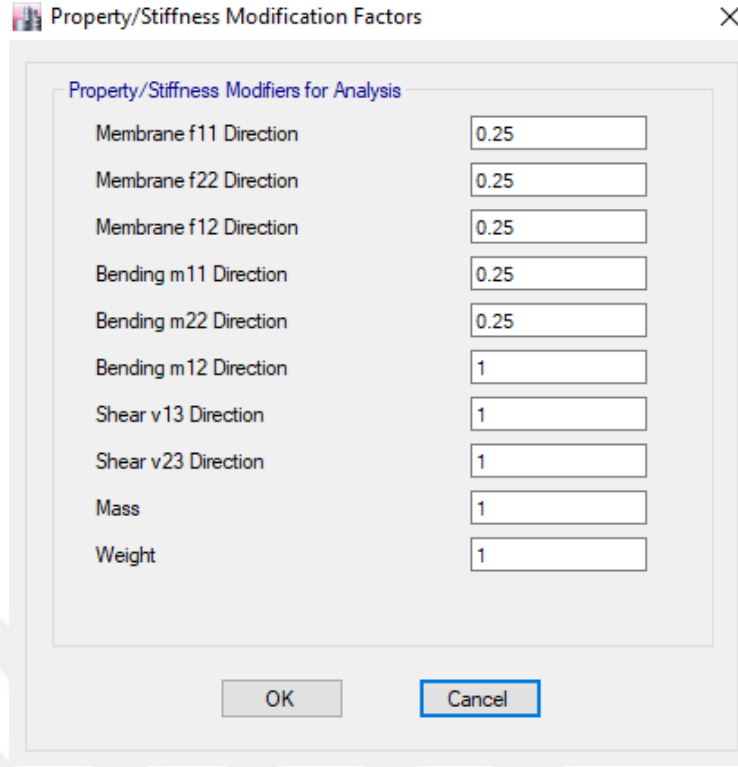
Şekil 5.5 : Kirişlerin etkin kesit rijitlikleri.



Şekil 5.6 : Kolonların etkin kesit rijitlikleri.



Şekil 5.7 : Perdelerin etkin kesit rijitlikleri.



Şekil 5.8 : Döşemelerin etkin kesit rijitlikleri.

5.3 Doğrusal Hesapların Gerçekleştirilmesi

Doğrusal hesapların gerçekleştirilmesinde mod birleştirme yöntemi kullanılmıştır. Öncelikle, yönetmelikte verilen yeterli titreşim modu sayısı sağlanarak doğrusal analizler yapılmış, daha sonra eşdeğer deprem yükü kontrolü ve betonarme kesit hesapları gerçekleştirilmiştir.

5.3.1 Modal analiz sonuçları

Modal analiz için hesaba katılacak yeterli titreşim modu sayısı, her iki doğrultudaki kütle katılım oranlarının %95'ten fazla olması koşuluna göre belirlenmiştir. Çizelge 5.5'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.5 : Kütle katılım oranları.

Mod	Periyot	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY
1	4.016	0.2045	0.0097	0	0.20	0.01
2	3.233	0.3153	0.2191	0	0.52	0.23
3	2.64	0.1327	0.3862	0	0.65	0.62
4	1.737	0.0016	0.0114	0	0.65	0.63
5	1.593	0.0092	0.0003	0	0.66	0.63
6	1.519	0.0103	0.0082	0	0.67	0.64

Mod	Periyot	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY
7	1.439	0.03	0.0332	0	0.70	0.67
8	1.292	0.0012	0.0045	0	0.70	0.67
9	1.254	0.0115	0.0182	0	0.72	0.69
10	1.144	0.0131	0.0038	0	0.73	0.69
11	1.113	0.0139	0.0064	0	0.74	0.70
12	1.012	0.0041	0.0004	0	0.75	0.70
13	0.967	0.0016	0.0045	0	0.75	0.71
14	0.879	0.0016	0.0046	0	0.75	0.71
15	0.832	0.0029	0.0005	0	0.75	0.71
16	0.797	0.0004	0.0000198	0	0.75	0.71
17	0.744	0.0137	0.0002	0	0.77	0.71
18	0.731	0.054	0.006	0	0.82	0.72
19	0.688	0.0001	0.005	0	0.82	0.72
20	0.663	0.0004	0.0041	0	0.82	0.73
21	0.652	0.0049	0.002	0	0.83	0.73
22	0.645	0.0081	0.0359	0	0.84	0.76
23	0.63	0.0002	0.0034	0	0.84	0.77
24	0.58	0.0031	0	0	0.84	0.77
25	0.519	0.0013	0.0001	0	0.84	0.77
26	0.506	0.0002	0.0035	0	0.84	0.77
27	0.504	0.0104	4.137E-05	0	0.85	0.77
28	0.488	0.0002	0.0604	0	0.85	0.83
29	0.482	5.218E-06	0.0029	0	0.85	0.83
30	0.474	2.301E-05	0.0046	0	0.85	0.84
31	0.467	0.0017	0.0001	0	0.85	0.84
32	0.463	0.0001	0.0011	0	0.85	0.84
33	0.456	0.0013	0.0001	0	0.85	0.84
34	0.436	0.0013	0.0003	0	0.85	0.84
35	0.423	0.0016	1.873E-06	0	0.86	0.84
36	0.408	1.164E-05	0.0001	0	0.86	0.84
37	0.389	0.0001	0.0015	0	0.86	0.84
38	0.388	0.0014	0.0002	0	0.86	0.84
39	0.378	0.0092	0.0062	0	0.87	0.85
40	0.374	0.0065	0.0019	0	0.87	0.85
41	0.366	1.425E-05	0.0013	0	0.87	0.85
42	0.361	0.0172	3.782E-05	0	0.89	0.85
43	0.354	0.0012	3.187E-06	0	0.89	0.85
44	0.342	0.0004	2.611E-05	0	0.89	0.85
45	0.327	0.0012	1.131E-06	0	0.89	0.85
46	0.319	5.927E-06	0.019	0	0.89	0.87
47	0.317	0.007	0.0003	0	0.90	0.87
48	0.309	4.724E-05	0.0001	0	0.90	0.87
49	0.301	3.645E-05	0.0009	0	0.90	0.87
50	0.3	0.0009	2.786E-05	0	0.90	0.87

Mod	Periyot	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY
51	0.288	0.0001	0.0075	0	0.90	0.88
52	0.285	0	0.0011	0	0.90	0.88
53	0.281	0.0008	0	0	0.90	0.88
54	0.276	0.0001	0	0	0.90	0.88
55	0.258	0.0008	1.142E-06	0	0.90	0.88
56	0.248	0.0001	0.0001	0	0.90	0.88
57	0.246	0.006	0.0118	0	0.91	0.89
58	0.244	0.0007	1.194E-06	0	0.91	0.89
59	0.241	0	0.0012	0	0.91	0.89
60	0.23	0.009	0.0005	0	0.92	0.89
61	0.229	8.443E-07	0.0011	0	0.92	0.90
62	0.225	0.0005	0.0000353	0	0.92	0.90
63	0.224	0.0005	0.0037	0	0.92	0.90
64	0.221	1.487E-05	2.081E-06	0	0.92	0.90
65	0.22	3.476E-05	1.238E-06	0	0.92	0.90
66	0.213	0.0007	0	0	0.92	0.90
67	0.209	0.0003	0.0002	0	0.92	0.90
68	0.207	0.0004	0.0002	0	0.92	0.90
69	0.205	0.0006	0.0013	0	0.92	0.90
70	0.201	0.0023	0.0004	0	0.92	0.90
71	0.198	1.154E-06	0.0008	0	0.92	0.90
72	0.198	0.0002	4.236E-06	0	0.92	0.90
73	0.197	0.0001	4.791E-05	0	0.92	0.90
74	0.197	0.0005	0	0	0.93	0.90
75	0.195	0.0005	0.0051	0	0.93	0.91
76	0.194	0.0002	2.007E-05	0	0.93	0.91
77	0.19	0.0031	0.0035	0	0.93	0.91
78	0.189	0.0005	0	0	0.93	0.91
79	0.189	5.406E-07	0.0008	0	0.93	0.91
80	0.187	0.0003	0.0039	0	0.93	0.92
81	0.186	2.271E-05	0.0001	0	0.93	0.92
82	0.184	0.0017	0.0002	0	0.93	0.92
83	0.182	0.0004	8.176E-06	0	0.93	0.92
84	0.18	0.0014	0.0057	0	0.93	0.92
85	0.177	0.0004	0.0004	0	0.93	0.92
86	0.177	5.16E-06	0	0	0.93	0.92
87	0.176	6.933E-07	0.0002	0	0.93	0.92
88	0.175	0.0007	0.0001	0	0.93	0.92
89	0.175	0.0004	5.342E-07	0	0.94	0.92
90	0.173	0.0002	0.0016	0	0.94	0.92
91	0.172	0.0003	0.001	0	0.94	0.93
92	0.17	0.0005	0.0002	0	0.94	0.93
93	0.169	0.0012	0.0001	0	0.94	0.93
94	0.168	0.0005	0	0	0.94	0.93

Mod	Periyot	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY
95	0.167	0.0001	2.623E-06	0	0.94	0.93
96	0.165	0	0.0008	0	0.94	0.93
97	0.163	1.495E-05	0.0008	0	0.94	0.93
98	0.163	0.0003	0.0001	0	0.94	0.93
99	0.163	0.0003	0.0003	0	0.94	0.93
100	0.159	5.017E-07	4.023E-05	0	0.94	0.93
101	0.158	0.0000328	0	0	0.94	0.93
102	0.157	0	0.0008	0	0.94	0.93
103	0.157	3.174E-06	2.68E-06	0	0.94	0.93
104	0.156	0.0002	0.0005	0	0.94	0.93
105	0.156	0.0005	2.672E-06	0	0.94	0.93
106	0.153	0.0043	0.0002	0	0.94	0.93
107	0.151	0.0005	0	0	0.94	0.93
108	0.151	3.058E-05	2.313E-05	0	0.94	0.93
109	0.151	0.0001	5.458E-06	0	0.94	0.93
110	0.149	9.521E-06	0.0004	0	0.94	0.93
111	0.144	4.286E-05	0	0	0.94	0.93
112	0.144	6.714E-07	2.414E-05	0	0.94	0.93
113	0.142	0.0001	0.0001	0	0.94	0.93
114	0.142	3.351E-05	0	0	0.94	0.93
115	0.14	2.282E-05	0.0007	0	0.94	0.93
116	0.14	0.0003	3.997E-05	0	0.94	0.93
117	0.138	0.0024	0.0007	0	0.95	0.93
118	0.138	0.0004	0.0002	0	0.95	0.93
119	0.138	4.559E-05	1.084E-05	0	0.95	0.93
120	0.137	0.0002	0.0006	0	0.95	0.93
121	0.137	0.0003	0	0	0.95	0.93
122	0.136	2.211E-05	0.0003	0	0.95	0.93
123	0.136	0.0006	0.002	0	0.95	0.93
124	0.134	0	0.0006	0	0.95	0.93
125	0.132	2.564E-05	3.384E-05	0	0.95	0.93
126	0.131	1.839E-06	0.0071	0	0.95	0.94
127	0.13	0	0	0	0.95	0.94
128	0.13	4.359E-06	0.0001	0	0.95	0.94
129	0.128	0.0001	5.031E-06	0	0.95	0.94
130	0.128	0.0007	0.0001	0	0.95	0.94
131	0.127	0.0003	0	0	0.95	0.94
132	0.126	0.0000123	0	0	0.95	0.94
133	0.125	0	2.361E-05	0	0.95	0.94
134	0.124	0.0003	0	0	0.95	0.94
135	0.124	3.62E-06	0.0001	0	0.95	0.94
136	0.12	3.193E-05	2.598E-06	0	0.95	0.94
137	0.12	0	0.0005	0	0.95	0.94
138	0.12	0.0038	0.0033	0	0.95	0.95

Mod	Periyot	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY
139	0.119	0.0001	2.518E-05	0	0.95	0.95
140	0.119	0.0003	0.0001	0	0.95	0.95
141	0.119	0.0031	1.992E-05	0	0.96	0.95
142	0.116	1.059E-05	0	0	0.96	0.95
143	0.115	1.146E-06	0	0	0.96	0.95
144	0.115	0.0003	0	0	0.96	0.95
145	0.115	0	0.0005	0	0.96	0.95
146	0.114	0.0003	0	0	0.96	0.95
147	0.114	0	5.266E-07	0	0.96	0.95
148	0.114	1.103E-06	0.0001	0	0.96	0.95
149	0.113	2.906E-05	0.0003	0	0.96	0.95
150	0.11	7.479E-06	0	0	0.96	0.95

5.3.2 Bina hakim titreşim periyodunun belirlenmesi

Bina hakim titreşim periyodu hesaplanırken, denklem 3.15'te verilen ampirik hakim doğal titreşim periyodu T_{pA} gözönünde bulundurularak, T_{pA} 'nın 1.4 katından daha büyük bir periyot bulunması halinde hesaplarda T_{pA} periyodu kullanılacaktır. ETABS'den alınan, Çizelge 5.1'de, X doğrultusunda kütle katılım oranı en fazla olan mod 2'ye ait periyot $T_p^{(X)} = 3.233$ sn, binanın X doğrultusundaki hakim titreşim periyodudur, Y doğrultusunda kütle katılım oranı en fazla olan mod 3'e ait periyot $T_p^{(Y)} = 2.64$ sn, binanın Y doğrultusundaki hakim titreşim periyodudur. Bulunan bu periyot değerleri T_{pA} ile karşılaştırılacak, eşdeğer deprem yüküne göre taban kesme kuvvetlerinin büyütülmesi işleminde de buradan çıkan sonuç göz önünde bulundurulacaktır.

$$T_{pA} = C_t H_N^{3/4}$$

$$C_t = 0.07$$

$$H_N = 94.5 \text{ m}$$

$T_{pA} = 2.122$ sn olarak bulunur.

$$1.4 T_{pA} = 2.971 \text{ sn} < T_p^{(X)} = 3.233 \text{ s}$$

$1.4 T_{pA} = 2.971 \text{ sn} > T_p^{(Y)} = 2.64 \text{ sn}$ olduğuna göre, $T_p^{(X)} = 2.971 \text{ sn}$, $T_p^{(Y)} = 2.64 \text{ sn}$ olarak belirlenmiştir.

5.3.3 Bina ağırlığı

Bina ağırlığı, G sabit yükler, Q hareketli yükler, n hareketli yük katılım katsayısı olmak üzere, katlara gelen yüklerin G+nQ kuralına göre birleştirilmesi ile elde edilir. G ve Q yüklerinin bina tabanında oluşturduğu kuvvetler, katlarda oluşturdukları kuvvetlerin toplamını verir. ETABS programından alınan G ve Q yüklerinin G+nQ kuralına göre birleştirilmesi ile bina ağırlığı $m_t=373393.26$ kN bulunmuştur (Çizelge 5.6). Hareketli yük katılım katsayısı $n=0.3$ 'tür.

Çizelge 5.6 : Bina ağırlığı.

Yükleme	Bina Taban Kuvveti (kN)
G	358941.13
Q	48173.77
G+nQ	373393.26

5.3.4 Eşdeğer deprem yükü kontrolü

Yüksek yapılarda, modal analiz sonucundan elde edilen kesme kuvveti ile eşdeğer deprem yükü yöntemi ile elde edilen kesme kuvvetinin ölçeklemesi, denklem 3.20'ye göre minimum kesme kuvveti kullanılarak yapılacaktır. Modal analiz sonuçlarından elde edilen taban kesme kuvveti çizelge 5.7'de verilmiştir. $\gamma_E=1$, $H_N \leq 105m$ olduğu için $\alpha_H=1.0$ alınmıştır.

Çizelge 5.7 : Mod birleştirme yöntemi ile elde edilen bina tabanındaki kuvvetler.

Yükleme	Bina Taban Kuvveti (kN)
RESX	3089.02
RESY	3873.405

$$V_{tE}^{(X)} = m_t S_{aR}(T_p^{(X)}) \geq 0.04 \alpha_H m_t S_{DS} g$$

$V_{tE}^{(X)}$ ve $V_{tE}^{(Y)}$ hesabı yapılırken, $S_{aR}(T_p^{(X)})$ ve $S_{aR}(T_p^{(Y)})$ değerleri, hesaplanan ampirik titreşim periyotlarına göre belirlenmiştir.

$$V_{tE}^{(X)} = m_t S_{aR}(T_p^{(X)}) = 373393.26 \times 0.015 = 5600.9 \text{ kN}$$

$$V_{tE}^{(Y)} = m_t S_{aR}(T_p^{(Y)}) = 373393.26 \times 0.012 = 4480.72 \text{ kN}$$

$$V_{t,\min} = 0.04 \alpha_H m_t S_{DS} g = 0.04 \times 1.0 \times 373393.26 \times 0.738 = 11022.6 \text{ kN}$$

$$\beta_{tE}^{(X)} = \frac{\gamma_E V_{tE}^{(X)}}{V_{tx}^{(X)}} \geq 1$$

$$\gamma_E = 1$$

$$\beta_{tE}^{(X)} = 11022.6 / 3089.02 = 3.568$$

$$\beta_{tE}^{(Y)} = 11022.6 / 3873.405 = 2.846$$

5.4 Betonarme Kesit Hesapları

Betonarme hesaplar kapsamında perde, kolon ve kirişlerin boyutlandırılması ve donatı hesabı yapılmıştır. ETABS programından alınan iç kuvvet sonuçları kullanılarak, TBDY'ye göre boyutlandırma yapılmış, kesme ve eğilme donatıları seçilmiştir.

5.4.1 Kolon betonarme hesapları

Kolonların kesit hesapları yapılırken 3.3.1'de anlatılan kurallar dikkate alınmıştır. Boyut kontrolü için aksenal kuvvet tahkiki yapılmıştır. Eğilme ve kesme donatısı hesabı için ise yönetmelikte verilen kurallar uygulanmıştır.

5.4.1.1 Kesit boyutlandırması

Kolon boyutlandırması, $G+Q+E$ yüklerinin ortak etkisi ile oluşan aksenal basınç kuvvetlerin maksimum değeri için $A_c \geq N_{dm} / (0.40 f_{ck})$ koşulu sağlanarak hesaplanmıştır. Örnek olarak 1. Kattaki kolonlar için yapılan aksenal kuvvet tahkiki çizelge 5.8'de verilmiştir.

5.4.1.2 Eğilme donatısı hesabı

Kolonlar için, ETABS programından alınan gerekli eğilme donatısı oranları tüm kolonlarda %1 olarak elde edilmiştir. Minimum donatı oranı olan %1'e göre hesaplanan tip kolon boyuna donatıları Çizelge 5.9' te gösterilmiştir.

5.4.1.3 Kesme donatısı hesabı

Kesme donatısı hesabı için 3.3.1'de anlatılan kesme donatısı minimum koşulları uygulanmıştır. Kolonların kesme güvenliği ise, dayanım fazlalığı katsayısı ile

arttırılmış deprem yükleri ve düşey yüklerin ortak etkisi ile oluşan kesme kuvveti ile kolonlara gelen kesme kuvvetleri karşılaştırılarak kontrol edilmiştir. Örnek olarak 1. kattaki kolonlar için minimum kesme donatısı hesabı çizelge 5.10'da verilmiştir. Arttırılmış deprem yükleri ve düşey yükler etkisinde en yüksek kesme kuvvetine sahip eleman, 1. Kattaki C7 kolonu, için kesme güvenliği kontrolü yapılmıştır.

C7 (240/60) kolonuna gelen kesme kuvveti = 349.41 kN

Seçilen kesme donatısı : 5φ14/20

$$V_{max} = 0.85 \times 2400 \times 600 \times \sqrt{45} / 1000 = 8210 \text{ kN}$$

$V_c = 0$ (Betonun kesme dayanımına katkısı)

$$V_w = (5 \times 154 / 200) \times 365 \times 2365 / 1000 = 3323.4 \text{ kN}$$

Kesme dayanımı V_w gerekli dayanımı sağlamıştır.

5.4.2 Kirişlerin betonarme hesabı

Kirişlerin kesit hesapları yapılırken 3.3.2'de anlatılan kurallar dikkate alınmıştır. Eğilme ve kesme donatısı hesapları yapılmıştır.

5.4.2.1 Eğilme donatısı hesabı

Kirişlerde eğilme donatısı hesabı talepleri ETABS programından alınmıştır. 1. Kat için eğilme donatısı alanları şekil 5.9'de gösterilmiştir. Kirişler 35x70 boyutlarında olup dört tip eğilme donatısı seçilmiştir.

35x70_1 kirişleri için: Üst donatı 5φ30, Alt donatı 6φ20

35x70_2 kirişleri için: Üst donatı 5φ26, Alt donatı 6φ20

35x70_3 kirişleri için: Üst donatı 6φ20, Alt donatı 6φ16

35x70_4 kirişleri için: Üst donatı 5φ20, Alt donatı 5φ16

5.4.2.2 Kesme donatısı hesabı

Kirişlerde, dayanım fazlalığı katsayısı ile arttırılmış deprem yükleri ve düşey yüklerin ortak etkisi altında kirişlerde oluşan en büyük kesme kuvvetleri dikkate alınarak kesme donatısı seçimi yapılmıştır. 9. Katta en yüksek kesme kuvveti değerlerine rastlanmıştır, örnek olarak 9. Kattaki kirişler için kesme donatısı hesabı çizelge 5.11'de verilmiştir.

Çizelge 5.8 : Kolon aksenal kuvvet tahkiki.

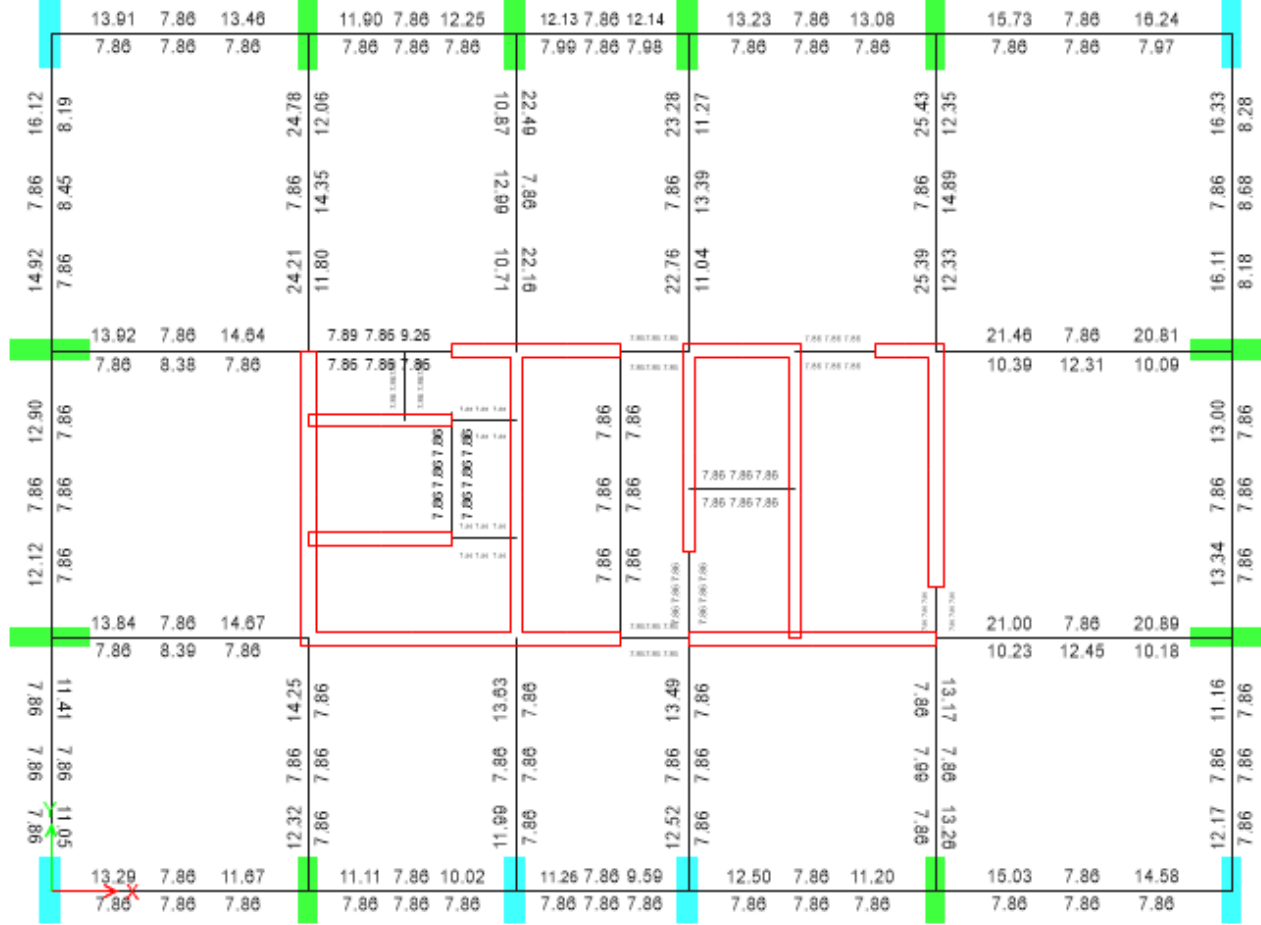
Kat	Kolon	Yük Birleşimi	P	Section	b	h	$N_d=0,4 \cdot f_{ck} \cdot A_c$	P/Nd	
			kN		m	m	kN	D/C%	
Kat1	C1	G+Q+E	-10613.096	C60x200	0.60	2.00	21600.0	49%	doğru
Kat1	C2	G+Q+E	-14325.558	C60x200	0.60	2.00	21600.0	66%	doğru
Kat1	C3	G+Q+E	-12586.357	C60x200	0.60	2.00	21600.0	58%	doğru
Kat1	C4	G+Q+E	-13463.602	C60x200	0.60	2.00	21600.0	62%	doğru
Kat1	C5	G+Q+E	-16156.17	C60x200	0.60	2.00	21600.0	75%	doğru
Kat1	C6	G+Q+E	-11462.37	C60x200	0.60	2.00	21600.0	53%	doğru
Kat1	C7	G+Q+E	-16916.08	C240x60	2.40	0.60	25920.0	65%	doğru
Kat1	C8	G+Q+E	-18398.435	C240x60	2.40	0.60	25920.0	71%	doğru
Kat1	C9	G+Q+E	-18479.571	C240x60	2.40	0.60	25920.0	71%	doğru
Kat1	C10	G+Q+E	-19934.841	C240x60	2.40	0.60	25920.0	77%	doğru
Kat1	C11	G+Q+E	-12081.988	C60x200	0.60	2.00	21600.0	56%	doğru
Kat1	C12	G+Q+E	-17007.568	C60x220	0.60	2.20	23760.0	72%	doğru
Kat1	C13	G+Q+E	-15075.635	C60x220	0.60	2.20	23760.0	63%	doğru
Kat1	C14	G+Q+E	-16147.445	C60x220	0.60	2.20	23760.0	68%	doğru
Kat1	C15	G+Q+E	-18902.656	C60x220	0.60	2.20	23760.0	80%	doğru
Kat1	C16	G+Q+E	-13180.628	C60x200	0.60	2.00	21600.0	61%	doğru

Çizelge 5.9 : Kolon boy donatı seçimi.

KOLON(cm)	b (cm)	h (cm)	BOY DONATI ÇAPI	DONATI ORANI(%)	BOY DONATI ADEDİ (SEÇİLEN)	SEÇİLENE GÖRE DONATI ORANI(%)
40x120	40	120	20	1.00	16	1.047
40x160	40	160	24	1.00	16	1.131
60x160	60	160	26	1.00	20	1.106
60x180	60	180	26	1.00	22	1.082
60x200	60	200	28	1.00	20	1.026
60x220	60	220	28	1.00	22	1.026
120x40	120	40	20	1.00	16	1.047
160x60	160	60	26	1.00	20	1.106
200x60	200	60	28	1.00	20	1.026
240x60	240	60	28	1.00	24	1.026

Çizelge 5.10 : Kolon kesme donatısı hesabı.

Kat	Kolon	P	V2	V3	Kesit	b	h	d'	Donatı çapı.	Aralık	Kol sayısı h	Kol sayısı b	A _{sw,X}	A _{sw,Y}	A _{sh1,X}	A _{sh1,Y}	A _{sh2,X}	A _{sh2,Y}	A _{s,V2}	A _{s,V3}	A _{sV2} / A _{sw,X}	A _{shX} / A _{swx}	A _{v3} / A _{swY}	A _{shY} / A _{swY}
		kN	kN	kN		n	n	cr	mn	cr	adç	ad	cn	cn	ci	ci	cn	cn	c	ci	D/C	D/C	D/C	D/C
1	C1	-10609.47	-156.99	-281.16	C60x200	0.6	2	3.5	14	10	11	5	16.93	7.70	5.61	1.57	10.41	2.91	0.60	0.30	4%	62%	4%	38%
1	C2	-14320.67	-134.89	-264.28	C60x200	0.6	2	3.5	14	10	11	5	16.93	7.70	8.42	2.36	15.62	4.37	0.51	0.28	3%	92%	4%	57%
1	C3	-12582.06	-149.70	-249.69	C60x200	0.6	2	3.5	14	10	11	5	16.93	7.70	8.42	2.36	15.62	4.37	0.57	0.27	3%	92%	3%	57%
1	C4	-13459.00	-168.40	-185.37	C60x200	0.6	2	3.5	14	10	11	5	16.93	7.70	8.42	2.36	15.62	4.37	0.64	0.20	4%	92%	3%	57%
1	C5	-16150.65	-155.28	-237.38	C60x200	0.6	2	3.5	14	10	11	5	16.93	7.70	8.42	2.36	15.62	4.37	0.59	0.25	3%	92%	3%	57%
1	C6	-11458.46	-83.94	-324.28	C60x200	0.6	2	3.5	14	10	11	5	16.93	7.70	8.42	2.36	15.62	4.37	0.32	0.35	2%	92%	4%	57%
1	C7	-16910.30	-349.41	-62.91	C240x60	2.4	0.6	3.5	14	10	5	13	7.70	20.01	2.26	9.74	4.37	18.84	0.31	0.24	4%	57%	1%	94%
1	C8	-18392.15	-140.99	-72.53	C240x60	2.4	0.6	3.5	14	10	5	13	7.70	20.01	2.26	9.74	4.37	18.84	0.12	0.28	2%	57%	1%	94%
1	C9	-18473.26	-316.82	-60.93	C240x60	2.4	0.6	3.5	14	10	5	13	7.70	20.01	2.26	9.74	4.37	18.84	0.28	0.23	4%	57%	1%	94%
1	C10	-19928.03	-178.07	-72.02	C240x60	2.4	0.6	3.5	14	10	5	13	7.70	20.01	2.26	9.74	4.37	18.84	0.16	0.27	2%	57%	1%	94%
1	C11	-12077.86	-161.86	-200.28	C60x200	0.6	2	3.5	14	10	11	5	16.93	7.70	8.42	2.36	15.62	4.37	0.62	0.21	4%	92%	3%	57%
1	C12	-17001.76	-156.02	-158.18	C60x220	0.6	2.2	3.5	14	10	12	5	18.47	7.70	9.08	2.30	17.23	4.37	0.59	0.15	3%	93%	2%	57%
1	C13	-15070.49	-169.82	-159.58	C60x220	0.6	2.2	3.5	14	10	12	5	18.47	7.70	9.08	2.30	17.23	4.37	0.65	0.15	3%	93%	2%	57%
1	C14	-16141.93	-186.00	-93.32	C60x220	0.6	2.2	3.5	14	10	12	5	18.47	7.70	9.08	2.30	17.23	4.37	0.71	0.09	4%	93%	1%	57%
1	C15	-18896.20	-171.84	-131.04	C60x220	0.6	2.2	3.5	14	10	12	5	18.47	7.70	9.08	2.30	17.23	4.37	0.65	0.13	4%	93%	2%	57%
1	C16	-13176.13	-91.61	-231.29	C60x200	0.6	2	3.5	14	10	11	5	16.93	7.70	8.42	2.36	15.62	4.37	0.35	0.25	2%	92%	3%	57%



Şekil 5.9 : Kirişler için gerekli eğilme donatısı alanı (cm²).

Çizelge 5.11 : Kiriş kesme donatısı hesabı.

Kiriş	Kat	Kesit	Ve kN	d	b _w	d'	f _{ck}	f _{ywk}	donatı çapı	aralık	A _{sw}	V _w =A _{sw} / s × f _{ywk} × d	V _c =0,8 × 0,65 × f _{ck} × d × b _w × d	V _c ?	V _c =V _w + V _c	V _w =0,85 × b × d × f _{ck} ^{0.5}	maks (V _d /V _w ; V _d /V _c)
				cm	cm	cm	M	M	mm	cm	cm	kN	kN	Yes/No	kN	kN	
B1	9	B35x70	171.2	66.5	35	3.5	45	420	12	10	2.26	538.9	279.5	No	538.9	1301.92	0.32
B2	9	B35x70	205.3	66.5	35	3.5	45	420	12	10	2.26	538.9	279.5	No	538.9	1301.92	0.38
B3	9	B35x70	243.7	66.5	35	3.5	45	420	12	10	2.26	538.9	279.5	No	538.9	1301.92	0.45
B4	9	B35x70	225.3	66.5	35	3.5	45	420	12	10	2.26	538.9	279.5	No	538.9	1301.92	0.42
B5	9	B35x70	172.6	66.5	35	3.5	45	420	12	10	2.26	538.9	279.5	No	538.9	1301.92	0.32
B6	9	B35x70	170.7	66.5	35	3.5	45	420	12	10	2.26	538.9	279.5	No	538.9	1301.92	0.32
B7	9	B35x70	197.1	66.5	35	3.5	45	420	12	10	2.26	538.9	279.5	No	538.9	1301.92	0.37
B8	9	B35x70	199.0	66.5	35	3.5	45	420	12	10	2.26	538.9	279.5	No	538.9	1301.92	0.37
B9	9	B35x70	205.4	66.5	35	3.5	45	420	12	10	2.26	538.9	279.5	No	538.9	1301.92	0.38
B10	9	B35x70	172.4	66.5	35	3.5	45	420	12	10	2.26	538.9	279.5	No	538.9	1301.92	0.32
B11	9	B35x70	192.6	66.5	35	3.5	45	420	12	10	2.26	538.9	279.5	No	538.9	1301.92	0.36
B12	9	B35x70	183.7	66.5	35	3.5	45	420	12	10	2.26	538.9	279.5	No	538.9	1301.92	0.34
B13	9	B35x70	268.0	66.5	35	3.5	45	420	12	10	2.26	538.9	279.5	No	538.9	1301.92	0.50
B14	9	B35x70	159.5	66.5	35	3.5	45	420	12	10	2.26	538.9	279.5	No	538.9	1301.92	0.30
B15	9	B35x70	349.8	66.5	35	3.5	45	420	12	10	2.26	538.9	279.5	No	538.9	1301.92	0.65
B16	9	B35x70	219.0	66.5	35	3.5	45	420	12	10	2.26	538.9	279.5	No	538.9	1301.92	0.41
B17	9	B35x70	289.4	66.5	35	3.5	45	420	12	10	2.26	538.9	279.5	No	538.9	1301.92	0.54
B18	9	B35x70	168.9	66.5	35	3.5	45	420	12	10	2.26	538.9	279.5	No	538.9	1301.92	0.31
B20	9	B35x70	176.3	66.5	35	3.5	45	420	12	10	2.26	538.9	279.5	No	538.9	1301.92	0.33
B21	9	B35x70	190.9	66.5	35	3.5	45	420	12	10	2.26	538.9	279.5	No	538.9	1301.92	0.35
B22	9	B35x70	294.8	66.5	35	3.5	45	420	12	10	2.26	538.9	279.5	No	538.9	1301.92	0.55
B23	9	B35x70	289.4	66.5	35	3.5	45	420	12	10	2.26	538.9	279.5	No	538.9	1301.92	0.54
B24	9	B35x70	500.8	66.5	35	3.5	45	420	12	10	2.26	538.9	279.5	No	538.9	1301.92	0.93
B25	9	B35x70	159.8	66.5	35	3.5	45	420	12	10	2.26	538.9	279.5	No	538.9	1301.92	0.30
B26	9	B35x70	492.2	66.5	35	3.5	45	420	12	10	2.26	538.9	279.5	No	538.9	1301.92	0.91
B27	9	B35x70	268.0	66.5	35	3.5	45	420	12	10	2.26	538.9	279.5	No	538.9	1301.92	0.50
B28	9	B35x70	233.2	66.5	35	3.5	45	420	12	10	2.26	538.9	279.5	No	538.9	1301.92	0.43
B29	9	B35x70	142.2	66.5	35	3.5	45	420	12	10	2.26	538.9	279.5	No	538.9	1301.92	0.26
B30	9	B35x70	163.1	66.5	35	3.5	45	420	12	10	2.26	538.9	279.5	No	538.9	1301.92	0.30
B31	9	B35x70	156.2	66.5	35	3.5	45	420	12	10	2.26	538.9	279.5	No	538.9	1301.92	0.29
B32	9	B35x70	158.7	66.5	35	3.5	45	420	12	10	2.26	538.9	279.5	No	538.9	1301.92	0.29
B33	9	B35x70	160.9	66.5	35	3.5	45	420	12	10	2.26	538.9	279.5	No	538.9	1301.92	0.30
B34	9	B35x70	159.0	66.5	35	3.5	45	420	12	10	2.26	538.9	279.5	No	538.9	1301.92	0.29
B35	9	B35x70	173.1	66.5	35	3.5	45	420	12	10	2.26	538.9	279.5	No	538.9	1301.92	0.32
B36	9	B35x70	166.0	66.5	35	3.5	45	420	12	10	2.26	538.9	279.5	No	538.9	1301.92	0.31
B37	9	B35x70	203.7	66.5	35	3.5	45	420	12	10	2.26	538.9	279.5	No	538.9	1301.92	0.38
B38	9	B35x70	225.6	66.5	35	3.5	45	420	12	10	2.26	538.9	279.5	No	538.9	1301.92	0.42
B39	9	B35x70	170.9	66.5	35	3.5	45	420	12	10	2.26	538.9	279.5	No	538.9	1301.92	0.32
B40	9	B35x70	169.3	66.5	35	3.5	45	420	12	10	2.26	538.9	279.5	No	538.9	1301.92	0.31

5.4.3 Perdelerin betonarme hesabı

Perdelerin boyutlandırılması ve betonarme hesabı için 3.3.3'te verilen kurallar dikkate alınmıştır.

5.4.3.1 Eksenel yük kontrolü

Yüksek binalarda, süneklik düzeyi yüksek perdeler için minimum kalınlık 300 mm olarak verilmiştir, bu doğrultuda yapıdaki en ince perde 300 mm kalınlığındadır. Perde kalınlıklarının perde serbest yüksekliğinin 1/16'sından daha az olmaması kuralına göre, perde serbest yüksekliği 240 cm, minimum perde kalınlığı 240/16=15

cm olmak üzere bu koşul sağlanmaktadır. Perde kalınlığı, yanal doğrultuda tutulu olmayan uzunluğunun 1/30'undan daha az olmayacaktır. Planda yanal doğrultuda tutulu olmayan en uzun perdeler, P06 ve P09 perdelerinin boyları 8.40 m'dir, bu perdelerin kalınlığı minimum $840/30=28$ cm koşulunu sağlamaktadır.

Perdelerde, düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan eksenel kuvvet değerinin, $0.35A_{cfck}$ değerini aşmaması gerekmektedir. Örnek olarak 1. Kattaki perdeler için yapılan eksenel yük kontrolü hesabı çizelge 5.12'de verilmiştir.

Çizelge 5.12 : 1.kat perdeleri için yapılan eksenel yük kontrolü.

Kat	Perde	Yük Birleşimi	P	L	d	$N_d=0,35 \cdot f_{ck} \cdot A_{ch}$	P/Nd	P/Nd
			kN	cm	cm	kN	D/C%	f_{ck}
Kat1	P01	G+Q+E	-42932	840.0	45	59534.9	72%	0.03
Kat1	P02	G+Q+E	-15733	420.0	35	23152.5	68%	0.02
Kat1	P03	G+Q+E	-12263	420.0	35	23152.5	53%	0.02
Kat1	P04	G+Q+E	-38720	910.0	40	57330.0	68%	0.02
Kat1	P05	G+Q+E	-24689	490.0	40	30870.0	80%	0.03
Kat1	P06	G+Q+E	-23806	840.0	35	46305.0	51%	0.02
Kat1	P07	G+Q+E	-18680	586.5	35	32330.9	58%	0.02
Kat1	P08	G+Q+E	-16980	310.0	40	19530.0	87%	0.03
Kat1	P09	G+Q+E	-29325	840.0	35	46305.0	63%	0.02
Kat1	P10	G+Q+E	-34068	725.0	40	45673.9	75%	0.03
Kat1	P11	G+Q+E	-9772.1	180.0	40	11340.0	86%	0.03
Kat1	P12	G+Q+E	-31768	690.0	45	48903.8	65%	0.02

5.4.3.2 Perde uç bölgeleri ve kritik perde yüksekliği

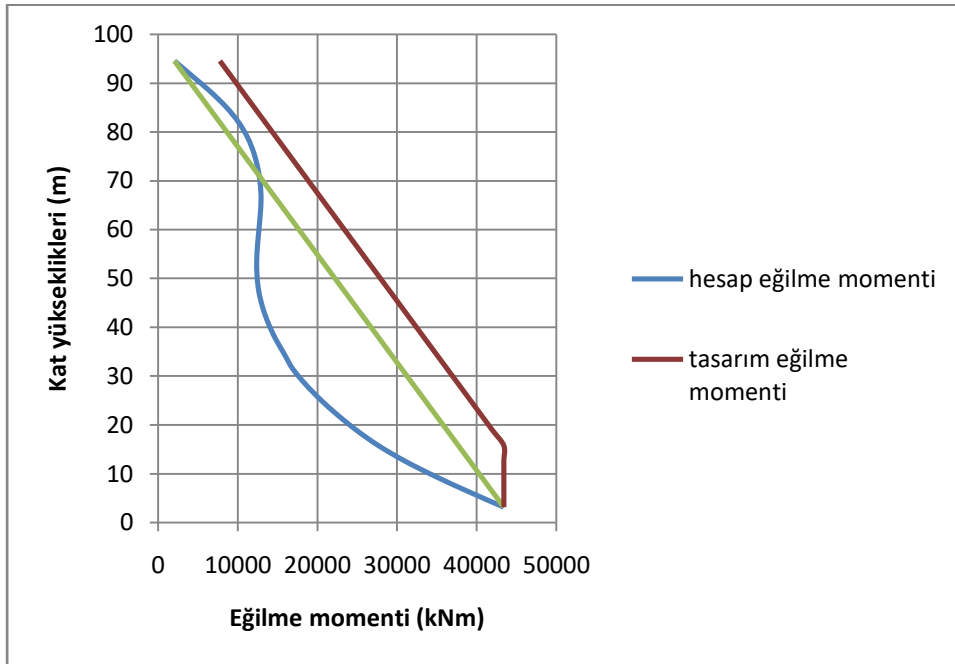
Perde yüksekliğinin perdenin plandaki boyuna oranı 2'den fazla olan perdelerde ($H_w / l_w > 2.0$) uç bölgeleri teşkil edilecektir, bu koşula göre yapıdaki tüm perdelerde uç bölgeleri oluşturulacaktır.

Kritik perde yüksekliği, perdenin plandaki boyunun 2 katını aşmamak üzere, perde yüksekliğinin altıda biri ile perde boyundan büyük olanı seçilerek hesaplanır ($2l_w \geq H_{cr} \geq \max[l_w; H_w / 6]$).

Buna göre $H_w / 6 = 94.5/6 = 15.75$ m ve tüm l_w değerleri için $H_w / 6 > l_w$ olduğu için kritik perde yüksekliği 15.75 m olarak hesaplanır. 15.75 m binanın ilk 5 katına denk geldiğinden kritik perde yüksekliği olarak ilk 5 kat seçilmiştir.

5.4.3.3 Boyuna donatı hesabı

Boyuna donatıların belirlenmesi için tasarım eğilme momenti değerleri hesaplanmıştır. Perdenin kritik kat yüksekliği boyunca bina tabanındaki momente eşit sabit bir moment etkisinde olduğu kabul edilmiştir. Kritik kat üstünde ise tabandaki ve tepedeki moment değerlerini birleştiren doğruya paralel olacak şekilde hesaplanan moment değerleri kullanılacaktır. P03 perde grubu için tasarım eğilme momenti grafiği şekil 5.10'da verilmiştir.



Şekil 5.10 : P03 perde grubu için tasarım eğilme momenti.

L şeklindeki P03 perde grubu için kritik kat boyunca belirlenen uç bölgelerindeki boy donatılar aşağıdaki gibi hesaplanmıştır. Perde uç bölgeleri için seçilen boy donatılar çizelge 5.13'de verilmiştir.

P03 perdesi boyutları ve uç bölgeleri:

1.kol: 180x40, uç bölgesi uzunluğu:80 cm

2.kol: 690x45, uç bölgesi uzunluğu:150 cm

Uç bölgesi için istenen minimum donatı alanı:

1.kol: $0.002 \times 1800 \times 400 = 1440 \text{ mm}^2$

2.kol: $0.002 \times 6900 \times 450 = 6210 \text{ mm}^2$

Uç bölgesi için seçilen donatı:

1.kol: 16φ16 (3216 mm²)

2.kol: 22φ20 (6908 mm²)

Gövde donatısı için minimum donatı alanı:

1.kol için: 0.0025 x 1000 x 400 = 1000 mm²

2.kol için: 0.0025 x 1000 x 450 = 1125 mm²

Seçilen gövde donatısı alanı: φ12/10 (1130 mm²)

Çizelge 5.13 : Perde uç bölgeleri boy donatıları.

KAT	PERDE GRUBU	PERDE KOLLARI	Lw (CM)	PERDE UÇ BÖLGELERİ (CM)	KISA KENAR (CM)	UZUN KENAR (CM)	BOY DONATI ÇAPI (MM)	ALAN (CM ²)	DONATI ALANI (CM ²)	DONATI ORANI	BOY DONATI ADEDİ
KAT 1-5	P01	P1	840	45x170	45	170	20	37800	3.14	0.0022	26
		P2	910	40x190	40	190	20	36400	3.14	0.0022	26
		P3-4	420	35x90	35	90	16	14700	2.01	0.0022	16
		P5	490	40x100	40	100	16	19600	2.01	0.0021	20
		P6	840	35x170	35	170	20	29400	3.14	0.0021	20
	P02	P7	590	35x120	35	120	20	20650	3.14	0.0021	14
		P8	310	40x80	40	80	16	12400	2.01	0.0026	16
		P9	725	40x150	40	150	20	29000	3.14	0.0022	20
		P10	840	35x170	35	170	20	29400	3.14	0.0021	20
	P03	P11	690	45x150	45	150	20	31050	3.14	0.0022	22
		P12	180	40x80	40	80	16	7200	2.01	0.0045	16
	KAT 6-10	P01	P1	840	45x90	45	90	20	37800	3.14	0.0012
P2			910	40x100	40	100	16	36400	2.01	0.0011	20
P3-4			420	35x90	35	90	16	14700	2.01	0.0022	16
P5			490	40x80	40	80	16	19600	2.01	0.0016	16
P6			840	35x90	35	90	16	29400	2.01	0.0011	16
P02		P7	590	35x90	35	90	16	20650	2.01	0.0016	16
		P8	310	40x80	40	80	16	12400	2.01	0.0026	16
		P9	725	40x80	40	80	16	29000	2.01	0.0011	16
		P10	840	35x90	35	90	16	29400	2.01	0.0011	16
P03		P11	690	40x80	40	80	16	27600	2.01	0.0012	16
		P12	180	45x80	45	80	20	8100	3.14	0.0047	12
KAT 11-30		P01	P1	840	40x90	40	90	20	33600	3.14	0.0011
	P2		910	35x100	35	100	20	31850	3.14	0.0012	12
	P3-4		420	30x80	30	80	16	12600	2.01	0.0019	12
	P5		490	35x60	35	60	16	17150	2.01	0.0014	12
	P6		840	30x90	30	90	16	25200	2.01	0.0011	14
	P02	P7	590	30x70	30	70	16	17700	2.01	0.0014	12
		P8	310	35x70	35	70	16	10850	2.01	0.0026	14
		P9	725	35x80	35	80	16	25375	2.01	0.0011	14
		P10	840	30x90	30	90	16	25200	2.01	0.0011	14
	P03	P11	690	35x70	35	70	16	24150	2.01	0.0012	14
		P12	180	40x70	40	70	16	7200	2.01	0.0039	14

5.4.3.4 Perde uç bölgelerinde enine donatı hesabı

Sargı donatıları 3.3.3'te anlatıldığı gibi hesaplanmıştır. P03 perde grubu için 80x40'luk uç bölgesine sahip perde kolunda yapılan sargı donatısı hesabı örnek olarak aşağıda gösterilmiştir. P03 perde grubu için yapılan kesme donatısı hesabı çizelge 5.14'de verilmiştir.

$$A_{shx} = 2/3 \times 0.075 \times 100 \times 720 \times \left(\frac{45}{420}\right) = 385 \text{ mm}^2$$

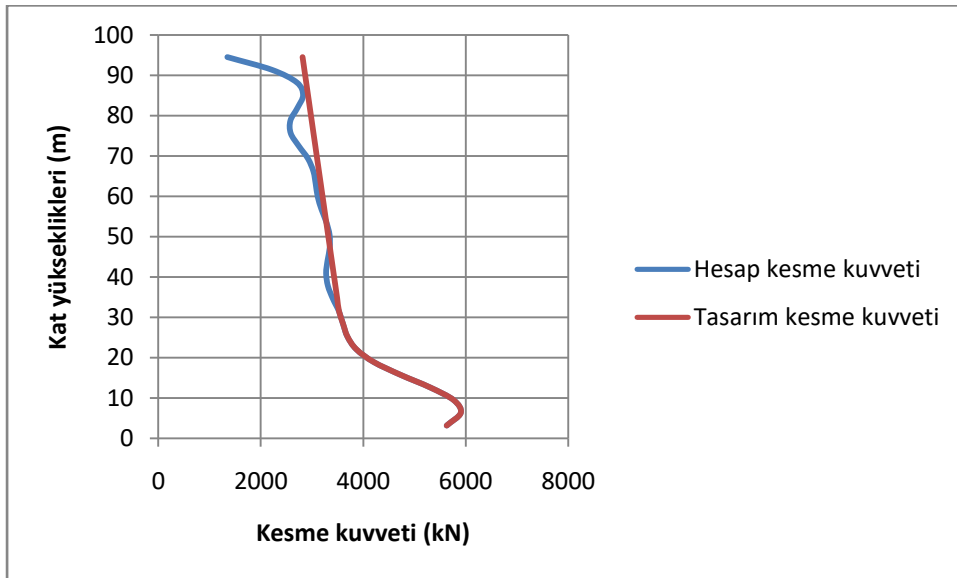
Seçilen donatı: 7Ø12 = 791 mm²

$$A_{shy} = 2/3 \times 0.075 \times 100 \times 320 \times \left(\frac{45}{420}\right) = 171 \text{ mm}^2$$

Seçilen donatı: 3Ø12 = 339 mm²

5.4.3.5 Perde yatay donatılarının belirlenmesi

Yatay donatıların belirlenmesi için düşey yükler ve dayanım fazlalığı katsayısı ile arttırılan deprem yükleri etkisinde hesaplanan kesme kuvvetleri kullanılarak tasarım kesme kuvvetleri 3.3.3'te anlatıldığı gibi elde edilmiştir. D=2.5 ve boşluksuz perdeler için 1.2D=3 alınmıştır. P03 perde grubu için hesaplanan tasarım kesme kuvveti grafiği şekil 5.11'de gösterilmiştir.



Şekil 5.11 : P03 perde grubu için tasarım kesme kuvveti.

5.4.3.6 Perdelerde sürtünme kesmesi kontrolü

P03 perdesi için en alt katta kesme sürtünmesi kontrolü örnek olarak aşağıda verilmiştir.

P03 perdesi tasarım kesme kuvveti; $V_e = 5626 \text{ kN}$

Seçilen uç bölgesi boy donatısı = $22\phi 20$ (6908 mm^2)

Seçilen gövde boy donatısı = $\phi 12/10$ (1130 mm^2)

Toplam donatı alanı = $6908 \times 2 + 1130 \times 2 = 16076 \text{ mm}^2$

$\mu = 1$

$V_1 = (1.565 \times 6900 \times 450 + 1.0 \times 16076 \times 365)/1000 = 10727 \text{ kN}$

$V_{2,1} = 0.2 \times 45 \times \frac{6900 \times 450}{1000} = 27945 \text{ kN}$

$V_{2,2} = (3.3 + 0.08 \times 45) \times 6900 \times \frac{450}{1000} = 21424 \text{ kN}$

$V_e \leq V_1; V_e \leq V_2$ olduğuna göre sürtünme kesmesi kontrolü sağlanmıştır.

6. DOĞRUSAL OLMAYAN ANALİZLER

Doğrusal olmayan analizler gerçekleştirilirken, TBDY’de yüksek binalar için tasarım aşaması III’de verilen kurallar uygulanacaktır. Doğrusal olmayan analizler için ETABS ve XTRACT programları kullanılmıştır.

6.1 Malzeme Beklenen Dayanımları

Yeni yapılacak binaların doğrusal olmayan hesabında malzeme beklenen dayanımları kullanılacaktır. Malzeme beklenen dayanımları çizelge 4.2’de verilmiştir. Buna göre;

C45 beton için beklenen dayanım: $f_{ce}=58000 \text{ kN/m}^2$

Beton elastisite modülü: $E=38840 \text{ mPa}$

Donatı sınıfı B420C: $f_{yk}=504000 \text{ kN/m}^2$

6.2 Beton ve Donatı Çeliği İçin Gerilme-Şekildeğiştirme Modelleri

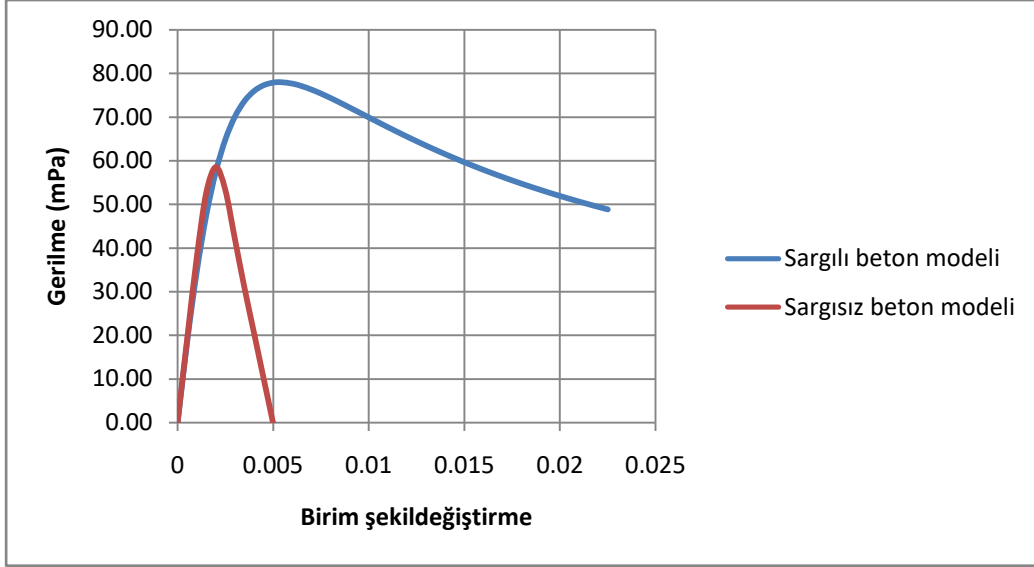
Perdelere yayılı plastik davranış modeli kesit hücresi şeklinde tarif edildiği için, başlık bölgelerindeki sargılı beton etkisi ve gövde bölgesindeki sargısız beton etkisi farklı beton modelleri ile tarif edilmiştir. Her perdenin uç bölgesi için kritik katlarda ve kritik kat üstlerinde ayrı ayrı sargılı beton modelleri oluşturulmuştur. Gövdedeki sargısız beton için de ayrı bir model tarif edilmiştir. Bu beton modelleri şekil 6.1’de verilmiştir. Beton modelleri TBDY’de verilen Mander beton modeli esas alınarak oluşturulmuştur. TBDY’de verilen modele göre oluşturulan donatı çeliği gerilme-şekildeğiştirme grafiği şekil 6.2’de verilmiştir.

6.3 Kesitlerde Doğrusal Olmayan Davranış Modelleri

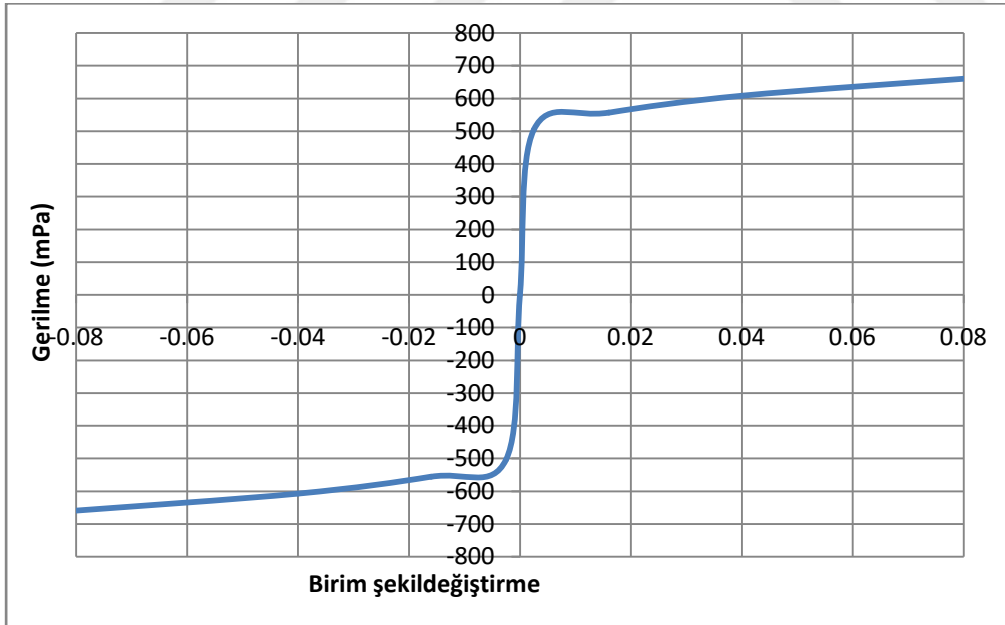
6.3.1 Kirişlerde plastik mafsal tanımları

Kirişlerde doğrusal olmayan davranış yığılı plastik davranış kabulü yapılarak gerçekleştirilmiştir. Kirişler daha çok eğilme momentine maruz kalan elemanlar oldukları için normal kuvvet değerleri ihmal edilebilir düzeydedir, mafsal özellikleri

hesaplanırken normal kuvvet etkisi göz önüne alınmamıştır. Moment-eğrilik grafikleri XTRACT programı kullanılarak yapılan kesit analizlerinden elde edilerek ETABS programında tanımlanmıştır. Tipik bir 35x70 kiriş için elde edilen moment-eğrilik grafiği şekil 6.3'te verilmiştir.



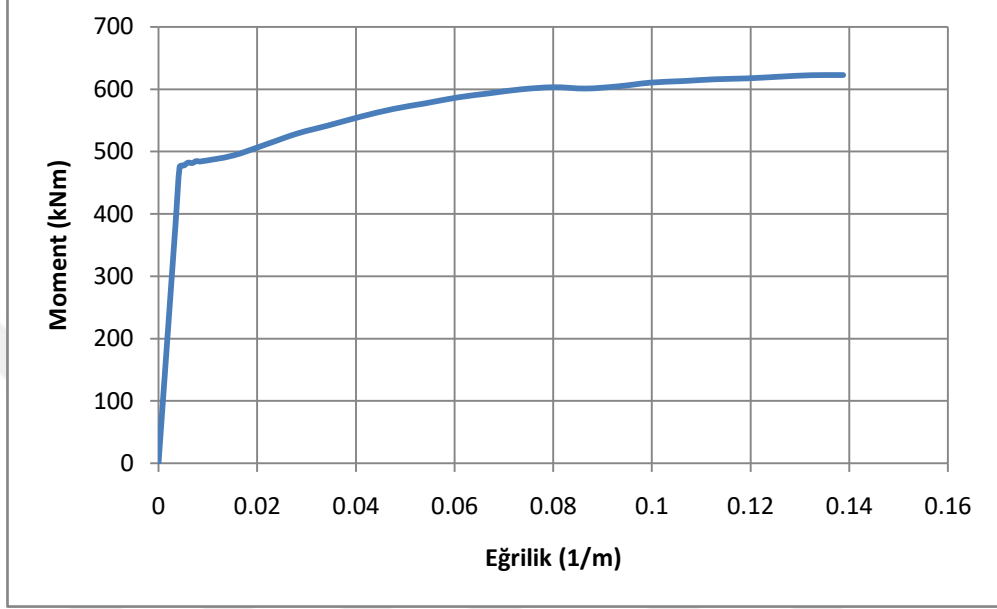
Şekil 6.1 : Perdelerde uç bölgeleri için tanımlanan tipik sargılı beton modeli ve gövde için tanımlanan sargısız beton modeli.



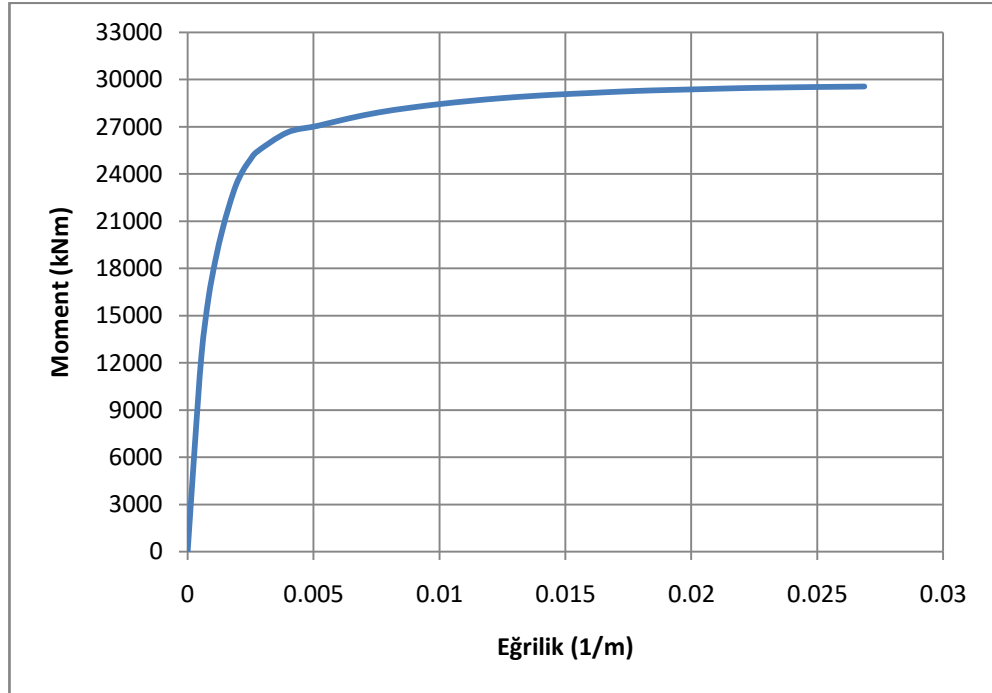
Şekil 6.2 : Donatı çeliği gerilme-şekil değiştirme grafiği.

6.3.2 Kolonlarda plastik mafsal tanımları

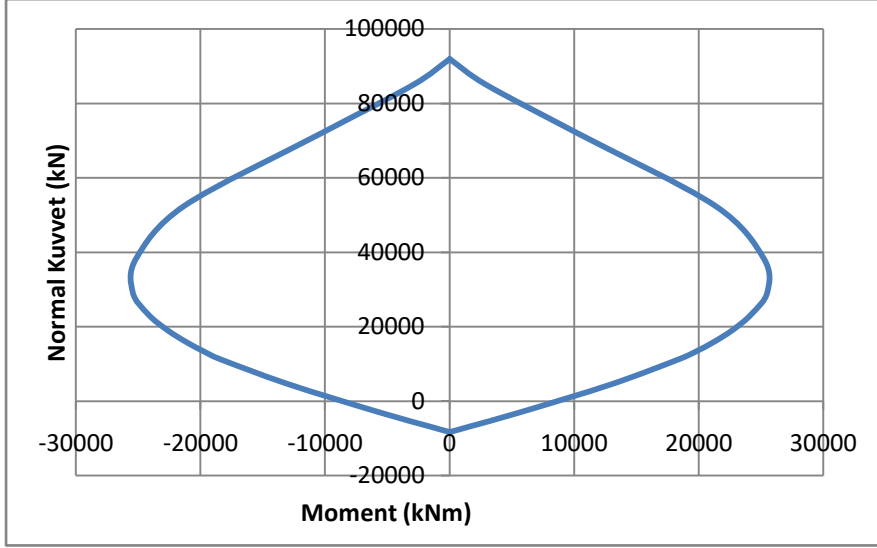
Kolonlarda da doğrusal olmayan davranış yığılı plastik davranış modeline göre gerçekleştirilmiştir. Kolonlarda her iki yön için hem normal kuvvet hem de eğilme momenti etkisi gözönüne alınmıştır. 60x240 boyutlarındaki kolonlar için şekil 6.4'te moment-eğrilik grafiği, şekil 6.5'te karşılıklı etki diyagramı verilmiştir.



Şekil 6.3 : Tip 35x70 kiriş moment eğrilik ilişkisi.



Şekil 6.4 : 60x240 Kolon moment-eğrilik grafiği.



Şekil 6.5 : 60x240 Kolon karşılıklı etkileşim diyagramı.

6.3.3 Perdelerde kesit hücresi modeli tanımı

Perdelerde doğrusal olmayan davranış yayılı plastik davranış modeline göre modellenmiştir. Perdelerde bulunan beton ve donatı kesitleri hücelere bölünerek, her bir hücrede bulunan donatı ve betonun koordinat ve alanları programa tanımlanarak model oluşturulmuştur. Örnek olarak P01 perde grubunda bulunan 420x35 ebatlarındaki perde kolunda (W2-W3), kritik katlar olan ilk 5 kat için oluşturulan fiber model çizelge 6.1’de gösterilmiştir. Perde uç bölgeleri gri hücrelerde gösterilmiştir.

Çizelge 6.1 : Örnek perde fiber modeli.

Fiber no	Koordinat (cm)	Beton alanı (cm ²)	Donatı alanı (cm ²)
1	-205.5	315	6.03
2	-165	2520	20.1
3	-124.5	315	6.03
4	-100	1400	9.04
5	-60	1400	9.04
6	-20	1400	9.04
7	20	1400	9.04
8	60	1400	9.04
9	100	1400	9.04
10	124.5	315	6.03
11	165	2520	20.1
12	205.5	315	6.03

6.4 Performans Hedefleri ve Sınır Değerleri

DTS=1 olan yüksek binalarda, yapının normal performans hedefi olarak, DD-4 deprem düzeyi için kesintisiz kullanım, DD-2 deprem düzeyi için kontrollü hasar ve DD-1 deprem düzeyi için göçmenin önlenmesi performans hedeflerinin sağlanması gerekmektedir. DD-4 ve DD-2 deprem düzeyi için yapılacak hesaplarda dayanıma göre tasarım yaklaşımı, DD-1 deprem düzeyi için yapılacak hesaplarda şekil değiştirmeye göre değerlendirme ve tasarım yaklaşımı kullanılacaktır. Göçmenin önlenmesi performans seviyesi hesabı için, kontrollü hasar performans seviyesi ile yapılan hesap ön tasarım olarak kabul edilecektir.

Şekil değiştirmeye göre değerlendirme yapılırken kullanılacak sınır değerler 4.5'te tariflenmiştir. Kiriş ve kolonlarda yığılı plastik davranış modeli için sınır değerler, perdede yayılı plastik davranış modeli için sınır değerler hesaplanmıştır.

6.4.1 Kirişler için plastik dönme sınır değerleri

Yığılı plastik davranış modeli için dönme sınır değeri denklem 4.10'daki gibi hesaplanacaktır.

35x70'lik tipik bir kiriş için sınır değeri aşağıda hesaplanmıştır.

Kiriş üst donatısı: 5φ30

Kiriş alt donatısı: 6 φ20

Kiriş enine donatı: φ12/10

Plastik mafsal boyu (L_p) = 0.70/2=0.35 m

Kesme açıklığı (L_s) =7.40/2=3.70 m

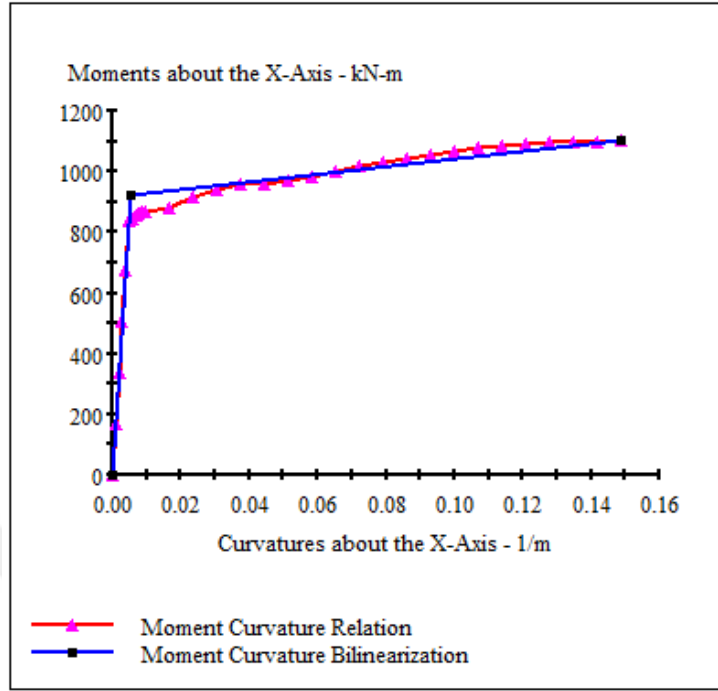
Akma eğriliği= 0.005025 1/m

Kopma eğriliği= 0.14245 1/m

$$\theta_p^{(G\ddot{\theta})} = \frac{2}{3} \left[(0.14245 - 0.005025) \times 0.35 \times \left(1 - 0.5 \times \frac{0.35}{3.70} \right) + 4.5 \times 0.14245 \times 0.025 \right]$$
$$= 0.041 \text{ rad}$$

XTRACT ile yapılan eğrilik analizi neticesinde bulunan moment-eğrilik grafiği şekil 6.6'da verilmiştir. Kirişler için XTRACT'ten alınan plastikleşme özellikleri ve yukarıda hesaplanan plastik dönme sınır değerleri plastik mafsal boyuna bölünerek

eğrilik cinsinden sınır değerler, elemanların performans değerlendirilmesi için ETABS programında şekil 6.7'deki gibi tanımlanmıştır.



Şekil 6.6 : Kiriş için tip moment eğrilik grafiği.

Hinge Property Data for FH_B35x70_1 - Moment M3

Displacement Control Parameters

Point	Moment/SF	Curvature/SF
E-	-0.2	-1
D-	-0.2	-0.1435
C-	-1.1898	-0.1435
B-	-1	0
A	0	0
B	1	0
C	1.1765	0.13133
D	0.2	0.13133
E	0.2	1

Symmetric

Additional Backbone Curve Points

BC - Between Points B and C

CD - Between Points C and D

Type

Moment - Rotation

Moment - Curvature

Hinge Length m

Relative Length

Load Carrying Capacity Beyond Point E

Drops To Zero

Is Extrapolated

Hysteresis Type and Parameters

Hysteresis

Scaling for Moment and Curvature

Use Yield Moment

Moment SF Positive Negative kN-m

Use Yield Curvature (Steel Objects Only)

Curvature SF Positive Negative 1/m

Acceptance Criteria (Plastic Curvature/SF)

Immediate Occupancy

Positive Negative

Life Safety

Positive Negative

Collapse Prevention

Positive Negative

Show Acceptance Criteria on Plot

Şekil 6.7 : Kirişler için ETABS programına tanımlanan mafsal özellikleri ve sınır değerler.

6.4.2 Kolonlar için plastik dönme sınır değerleri

Kolonlarda plastik dönme sınır değerleri de yığılı plastik davranış modeli için verilen denkleme göre hesaplanacaktır. Tipik bir kolon için yapılan hesap verilmiştir. XTRACT programından alınan moment-eğrilik grafiği şekil 6.8’de verilmiştir. Kolonlarda da kirişlerdekine benzer şekilde XTRACT’ten alınan plastikleşme özellikleri ve aşağıda hesaplanan plastik sınır dönmeleri plastik mafsalsal boyuna bölünerek eğrilik cinsinden sınır değerler, elemanların performans değerlendirilmesi için ETABS programında şekil 6.9’deki gibi tanımlanmıştır.

Kolon boy donatısı: 5φ30

Kolon enine donatı: φ12/10

Plastik mafsalsal boyu (L_p) = 1.60/2=0.80 m

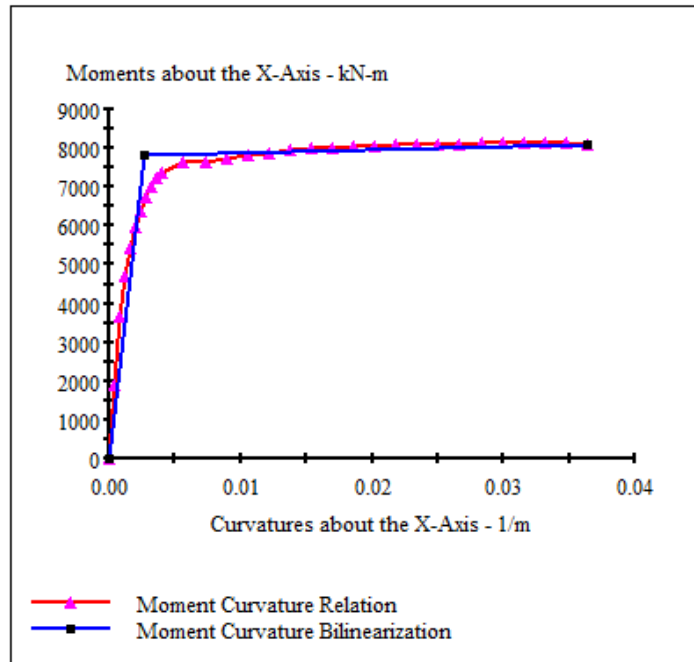
Kesme açıklığı (L_s) = 3.15/2=1.575 m

Akma eğriliği= 0.0027 1/m

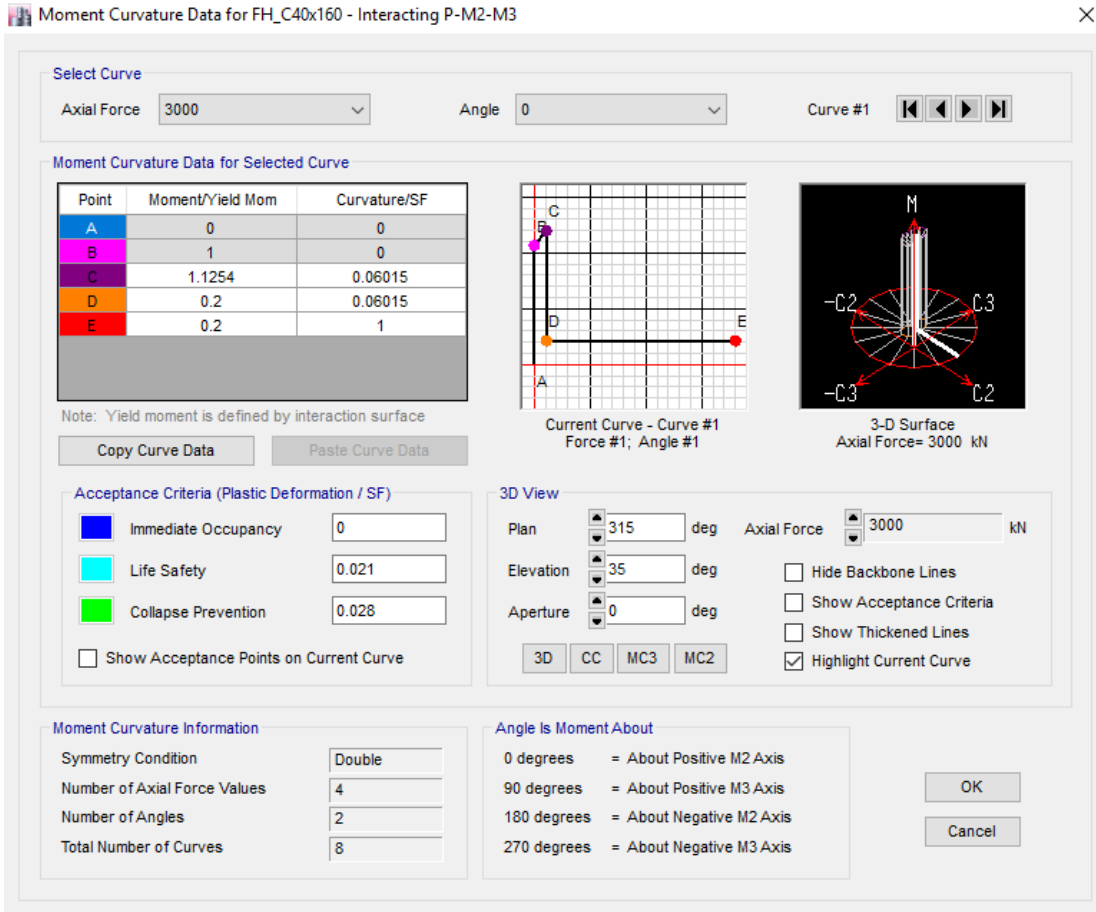
Kopma eğriliği= 0.0364 1/m

$$\theta_p^{(G0)} = \frac{2}{3} \left[(0.0629 - 0.0027) \times 0.80 \times \left(1 - 0.5 \times \frac{0.80}{1.575} \right) + 4.5 \times 0.0629 \times 0.030 \right]$$

=0.028 rad.



Şekil 6.8 : 40x160 kolon için tip moment-eğrilik grafiği.



Şekil 6.9 : Kolonlar için tanımlanan plastik mafsıl özellikleri ve sınır değerleri.

6.4.3 Perdeler için birim şekil değiştirme sınır değerleri

Perdelerde yayılı plastik davranış modeli kullanıldığı için beton ve çelikteki birim kısalma değerleri için sınır değerler belirlenecektir, 4.5.1’de beton ve çelik için verilen denklemler ile hesaplanmıştır. P03 perdesi için örnek hesap verilmiştir.

Göçmenin önlenmesi performans hedefi için beton birim şekil değiştirme sınır değerinin ve ona bağlı olarak kesintisiz hasar performans hedefi ile sınırlı hasar performans hedefi sınır değerlerinin hesabı aşağıda verilmiştir.

$$\alpha_{se} = \left(1 - \frac{(2 \times 19^2 + 10 \times 14.3^2) \times 2}{6 \times 38 \times 143} \right) \left(1 - \frac{10}{2 \times 38} \right) \left(1 - \frac{10}{2 \times 143} \right) = 0.696$$

$$\rho_{sh} = \frac{11 \times 1.13}{143 \times 10} = 0.0087$$

$$\omega_{we} = 0.696 \times 0.0087 \times \frac{504}{58.5} = 0.0522$$

$$\varepsilon_c^{(G\ddot{O})} = 0.0035 + 0.04\sqrt{0.0522} = 0.0126 \leq 0.018$$

$$\varepsilon_c^{(KH)} = 0.75 \times 0.0126 = 0.00945$$

$$\varepsilon_c^{(SH)} = 0.0025$$

Göçmenin önlenmesi performans hedefi için donatı birim şekil değiştirme sınır değerinin ve ona bağlı olarak kesintisiz hasar performans hedefi ile sınırlı hasar performans hedefi sınır değerlerinin hesabı aşağıda verilmiştir.

$$\varepsilon_s^{(G\ddot{O})} = 0.4 \times 0.08 = 0.032$$

$$\varepsilon_s^{(KH)} = 0.75 \times 0.032 = 0.024$$

$$\varepsilon_s^{(SH)} = 0.0075$$

6.5 Etkin Kesit Rijitlikleri

Yığılı plastik davranışa göre modellenen elemanlarda akma momenti ve akma dönmelerine göre etkin kesit rijitliği hesabı yapılmıştır.

6.5.1 Kirişler için etkin kesit rijitliği hesabı

$$\theta_y = \frac{5.02 \times 10^{-6} \times 3700}{3} + 0.0015 \times 1 \times \left(1 + 1.5 \times \frac{700}{3700}\right) + \left(\frac{5.02 \times 10^{-6} \times 25 \times 504}{8 \times \sqrt{58.5}}\right) =$$

$$0.0092 \text{ rad}$$

$$(EI)_e = \frac{726.4}{0.0092} \times \frac{3700}{3} \times 10^{-3} = 97380 \text{ kN/m}^2$$

$$(EI)_0 = 388739 \text{ kN/m}^2$$

Çatlamış kesit rijitliği, brüt kesit rijitliğine bölünürse etkin kesit rijitliği çarpanı elde edilmiş olur.

$$\frac{(EI)_e}{(EI)_0} = 0.25 \text{ (kesitin etkin kesit rijitliği çarpanı)}$$

6.5.2 Kolonlar için etkin kesit rijitliği hesabı

C40x160 kolonu için örnek etkin kesit rijitliği hesabı verilmiştir.

$$\theta_y = \frac{3.07 \times 10^{-6} \times 1575}{3} + 0.0015 \times 1 \times \left(1 + 1.5 \times \frac{1600}{1575}\right) + \left(\frac{3.07 \times 10^{-6} \times 24 \times 504}{8 \times \sqrt{58.5}}\right) = 0.0060 \text{ rad}$$

$$(EI)_e = \frac{6367.25}{0.0060} \times \frac{1575}{3} \times 10^{-3} = 556512 \text{ kN/m}^2$$

$$(EI)_0 = 5305374 \text{ kN/m}^2$$

Çatlamış kesit rijitliği, brüt kesit rijitliğine bölünürse etkin kesit rijitliği çarpanı elde edilmiş olur.

$$\frac{(EI)_e}{(EI)_0} = 0.0105 \text{ (kesitin etkin kesit rijitliği çarpanı)}$$

6.6 Deprem Kayıtlarının Ölçeklendirilmesi

Derprem kayıtlarının ölçeklenmesi yönetmelikteki kurallar çerçevesinde, ETABS programı kullanılarak yapılmıştır. Kullanılacak deprem kayıtları “PEER Ground Motion Database” veritabanından alınmıştır. Kayıtlar, deprem büyüklüğü 6.0~8.0 aralığında, kaynak mekanizması doğrultu atımlı, zemin sınıfı ZB ve aktif fay düzlemine maksimum 40 km uzaklıkta olması koşullarına göre seçilmiştir. PEER veritabanı deprem kaydı arama ekranı şekil 6.10’da gösterilmiştir. Veritabanından alınan deprem kayıtları ve özellikleri çizelge 6.2’de verilmiştir.

Load Sample Input Values Clear Input Values

Search

These characteristics are defined in the NGA-West2 Flatfile. You need to re-run Search when any of these parameters are updated.

Record Characteristics:

RSN(s) : RSN1,...RSNn

Event Name :

Station Name :

Search Parameters:

Fault Type :

Magnitude : min,max

R_JB(km) : min,max

R_rup(km) : min,max

Vs30(m/s) : min,max

D5-95(sec) : min,max

Pulse :

Additional Characteristics:

Max No. Records : (<=100)

Initial ScaleFactor : min,max

Suite

Spectral Ordinate :

Damping Ratio :

Suite Average :

Scaling

Scaling Method :

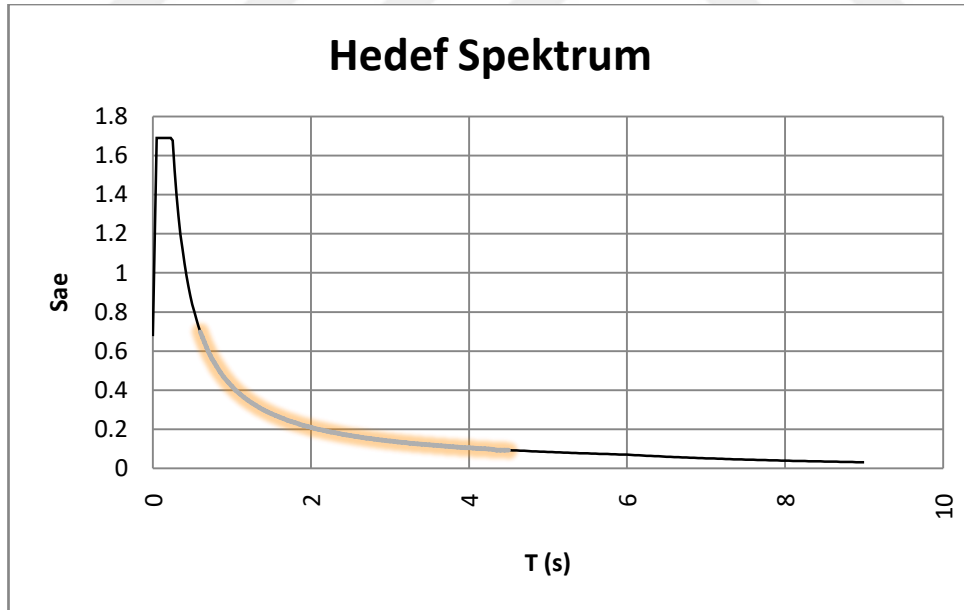
Şekil 6.10 : PEER veritabanı deprem kaydı arama ekranı.

Çizelge 6.2 : PEER veritabanından seçilen depremler.

RSN	Deprem	Yıl	Kayıt istasyonu	Mw
1602	Düzce	1999	Bolu	7.14
821	Erzincan	1992	Erzincan	6.69
6	Imperial Valley	1940	El Centro Array	6.95
1165	Kocaeli	1999	İzmit	7.51
850	Landers	1992	Desert Hot Springs	7.28
1787	Hector Mine	1999	Hector	7.13
6928	Darfield	2010	LPCC	7.0

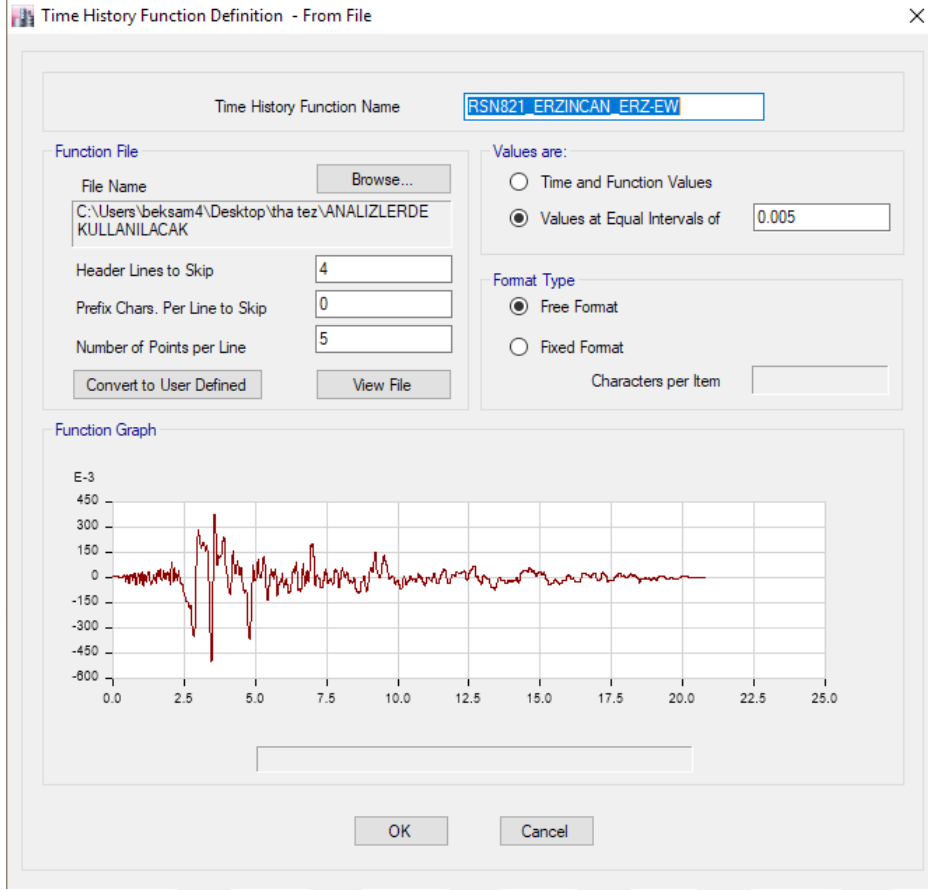
Deprem kayıtlarının ölçeklendirilmesi, DD-1 deprem düzeyi için oluşturulan bir hedef spektruma göre yapılacaktır. Seçilen kayıtların bileşke spektrumunun tasarım spektrumuna oranının en az 1.3 olması koşuluna göre, DD-1 depreminden elde edilen spektrumun 1.3 katsayısı ile çarpılarak büyütülmesi ile hedef spektrum elde edilmiştir.

Binanın doğal titreşim periyotları 2.971 ve 2.64 saniyedir. Ölçeklendirme 0.2T ve 1.5T aralığında yapılacak olup bu değerler, 0.5 s ve 4.5 s aralığındaki periyot değerlerine karşılık gelmektedir. Hedef spektrum ve ölçeklendirme aralığı şekil 6.11’de verilmiştir.

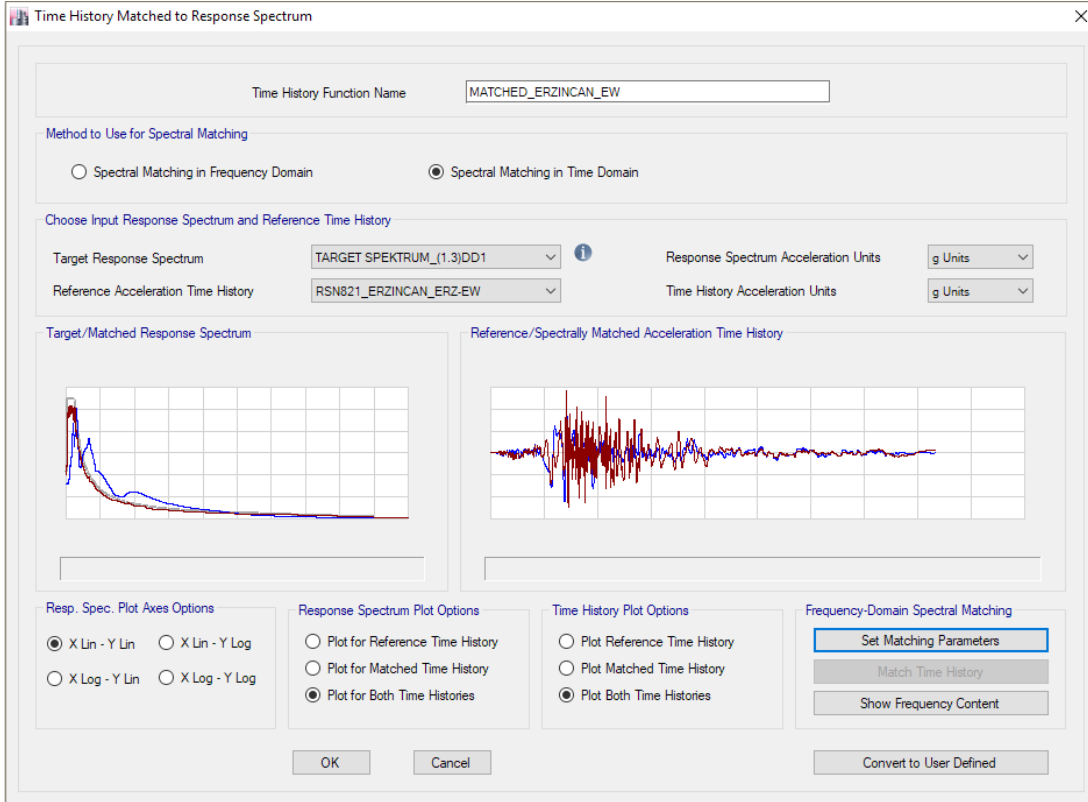


Şekil 6.11 : Hedef spektrum ve ölçeklendirme aralığı.

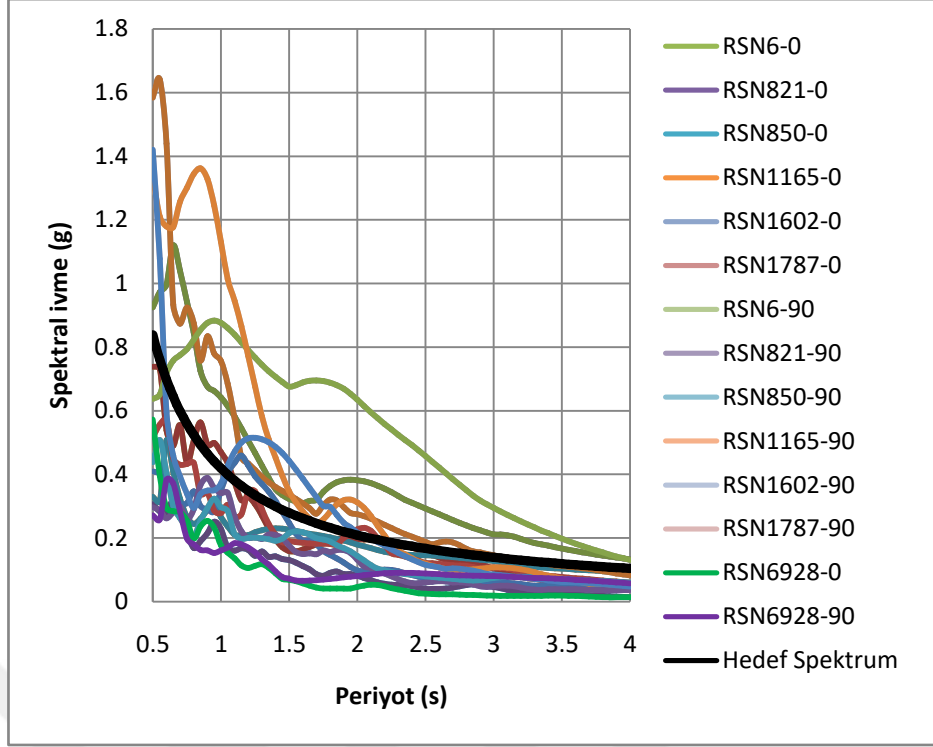
ETABS programına ivme kayıtlarının tanımlanması şekil 6.12’de ölçekleme işleminin yapılması şekil 6.13’te gösterilmiştir. Ölçeklendirilmemiş deprem kayıtları ve hedef spektrum şekil 6.14’te, ETABS programı kullanılarak elde edilen ölçeklendirilmiş deprem kayıtları ve hedef spektrum şekil 6.15’te gösterilmiştir.



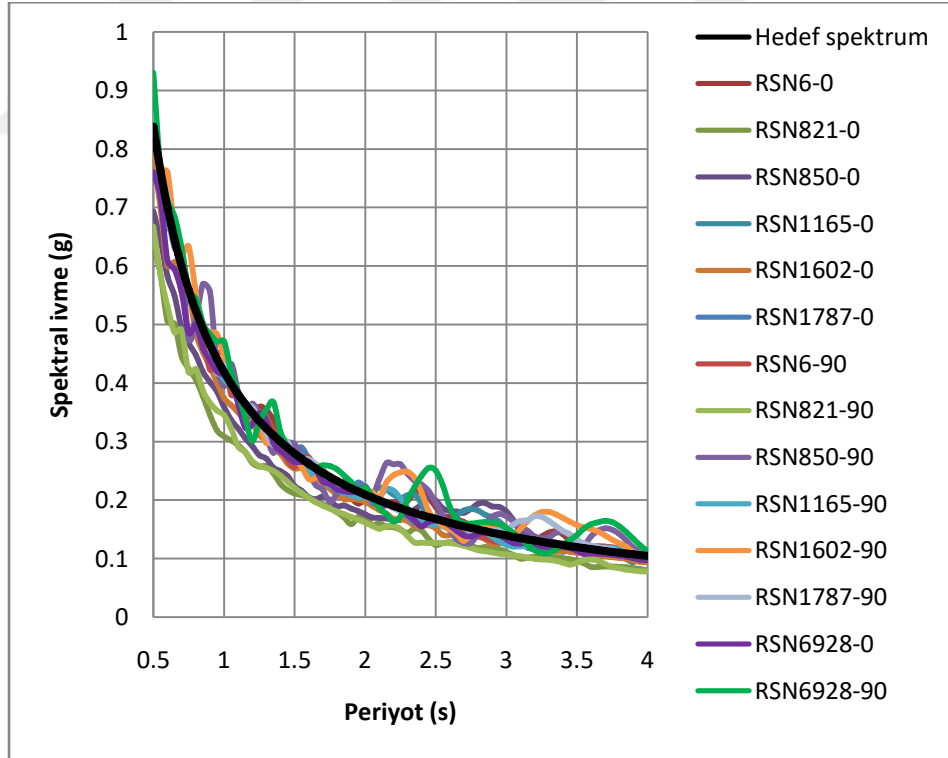
Şekil 6.12 : ETABS programına ivme kaydının tanımlanması.



Şekil 6.13 : ETABS programında hedef spektruma göre deprem ölçekleme işlemi.



Şekil 6.14 : Ölçeklendirilmemiş ivme kayıtları ve hedef spektrum.



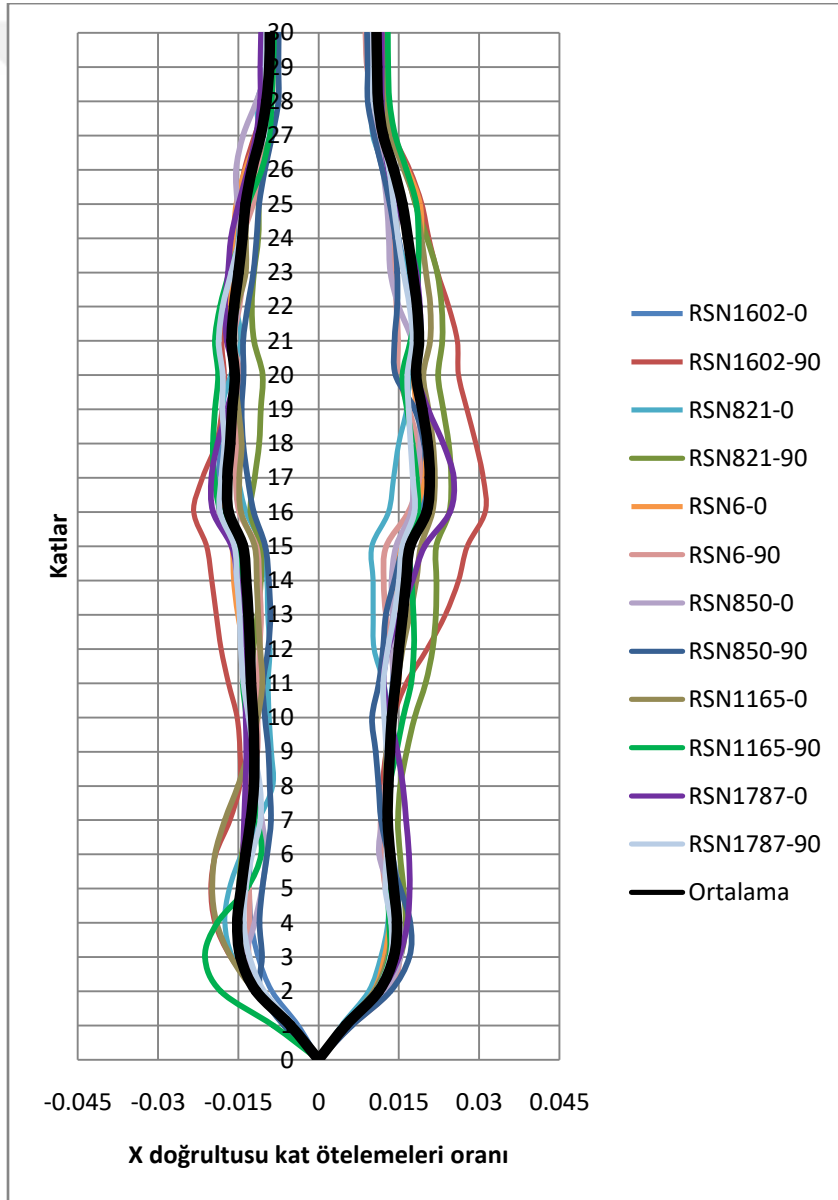
Şekil 6.15 : Ölçeklendirilmiş ivme kayıtları ve hedef spektrum.

6.7 Analiz Sonuçları

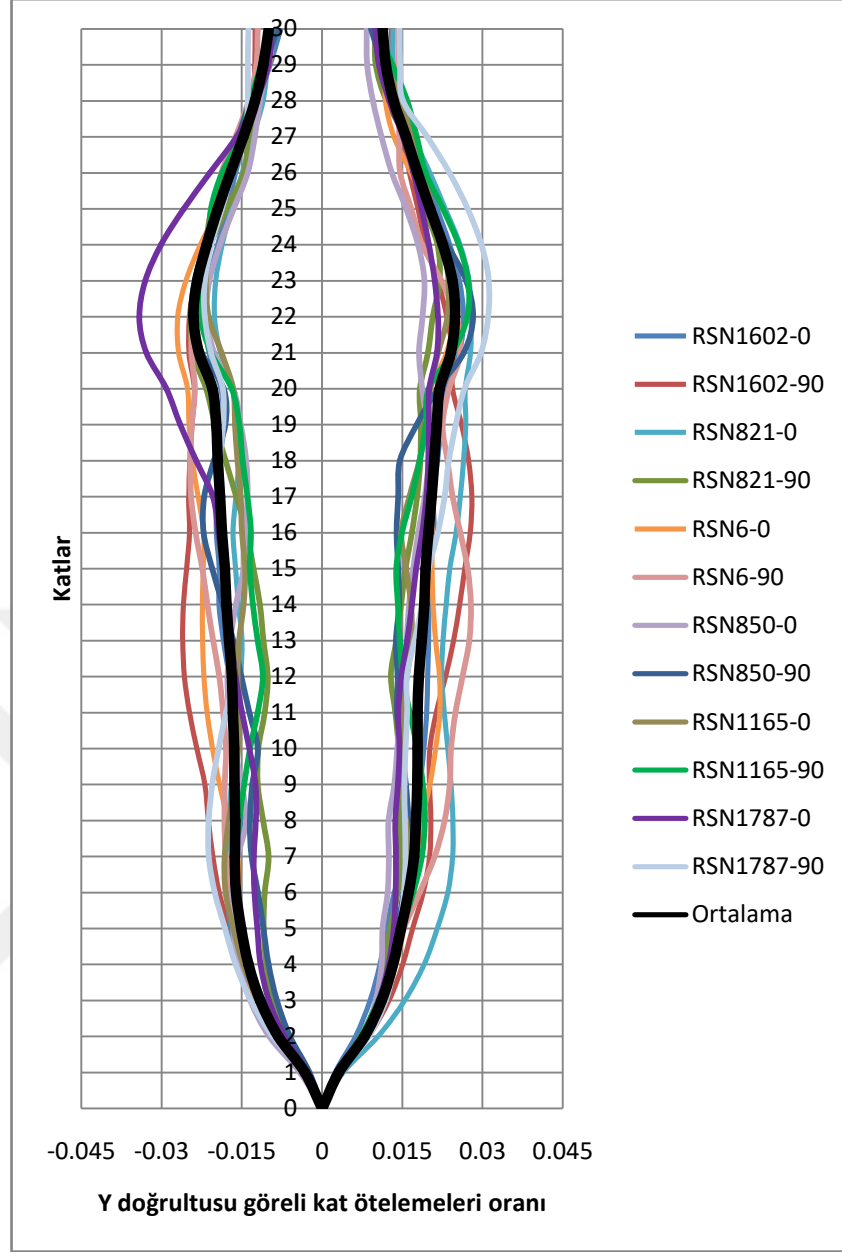
Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesaplar yapılırken sönüm oranı %2.5 alınmış, Rayleigh orantılı sönüm matrisi kullanılmıştır. P- Δ etkileri göz önüne alınmıştır.

6.7.1 Göreli kat ötelemeleri kontrolü

DD-1 deprem düzeyi altında hesaplanan göreli kat ötelemelerinin ortalaması 0.03 değerini, tek bir depremden elde edilen maksimum göreli kat ötelemesi ise 0.045 değerini geçmemelidir. X doğrultusu için şekil 6.16'da Y doğrultusu için şekil 6.17'de göreli kat ötelemesi kontrolünün sağlandığı gösterilmiştir.



Şekil 6.16 : X doğrultusu göreli kat ötelemeleri oranı.

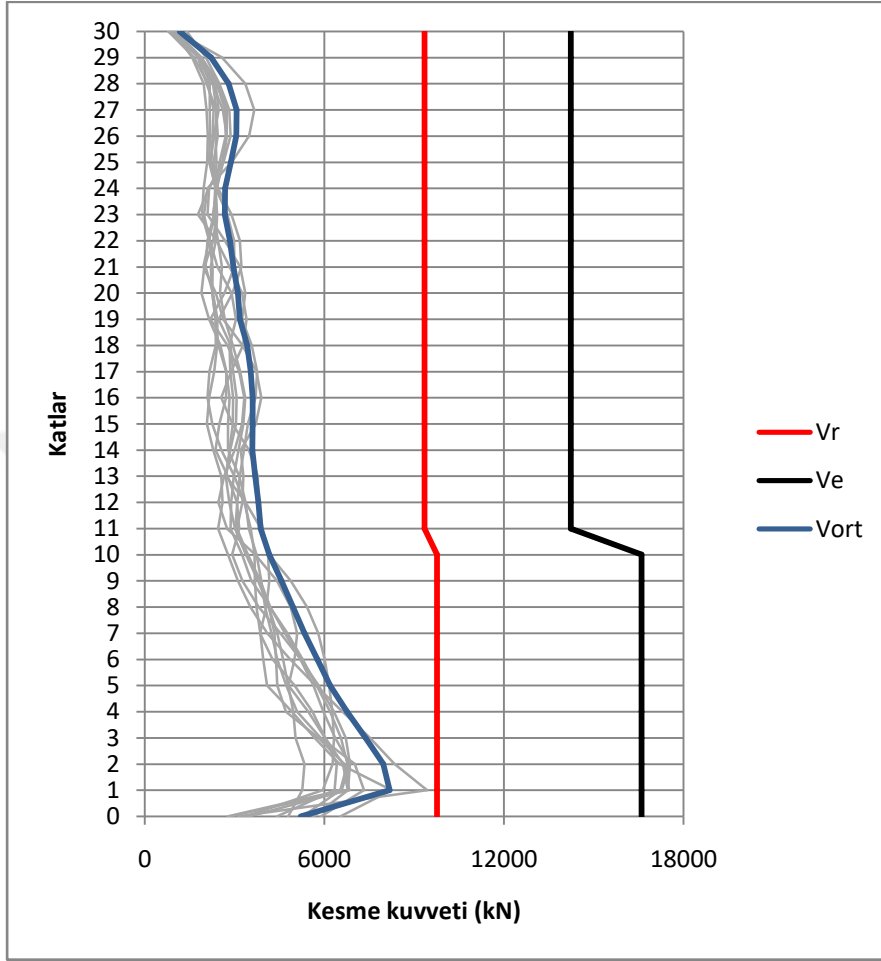


Şekil 6.17 : Y doğrultusu göreli kat ötelemeleri oranı.

6.7.2 Perde kesme kapasitesi kontrolü

Perdelerde kesme kuvveti kritik iç kuvvet kabul edildiğinden, her bir deprem kaydından elde edilen kesme kuvvetlerinin ortalamasının, kritik kuvvetler için yönetmelikte verilen katsayı ile çarpılarak büyütülmesi ile elde edilen ortalama kesme kuvveti değeri, perdenin kesme kuvveti kapasitesi ile karşılaştırılmıştır. W9 perdesi için kesme kuvveti kontrolü şekil 6.18’de gösterilmiştir. Boşluksuz perdeler için verilen $0.85A_{ch}\sqrt{f_{ck}}$ formülü ile perdenin alabileceği maksimum kesme kuvveti değeri hesaplanmıştır ve perdenin kesme kapasitesinin yeterli olduğu görülmüştür. Kesme kuvveti ortalamasının kesme kapasitesi V_r 'yi geçtiği perdelerde enine donatı

oranı arttırılarak kapasite yeterli olacak seviyeye çekilmiştir, perdenin kesme davranışı doğrusal olduğundan bu işlemten sonra analizlerin tekrarlanmasına gerek görülmemiştir.



Şekil 6.18 : W9 perdesi kesme kapasitesi kontrolü.

6.7.3 Etki/kapasite oranlarının kontrolü

ETABS programında kolon, kiriş ve perdeler için belirlenen plastik dönme sınır değerleri kullanılarak performans kontrolü mümkündür. Şekil 6.19'da göçmenin önlenmesi performans hedefi için tanımlanan performans kontrolü PC1 tanımı görülmektedir. Kolon ve kirişlerde göçmenin önlenmesi performans hedefi için PC1 altındaki etki/kapasite oranlarına baktığımızda 1'den küçük değerler gelmiştir, gerekli performans hedefi sağlanmaktadır.

Performance Check Data

Performance Check Name: PC1

Demand

Demand Type	Demand Name
Nonlinear Direct Integration Time History	HECTORMINE_THA_RSN1787

Add
Delete

Use Mean Plus Times Standard Deviation Demand
 Use Maximum Demand

Demand/Capacity Ratios

Calculate D/C Ratios Using this Performance Objective: Collapse Prevention

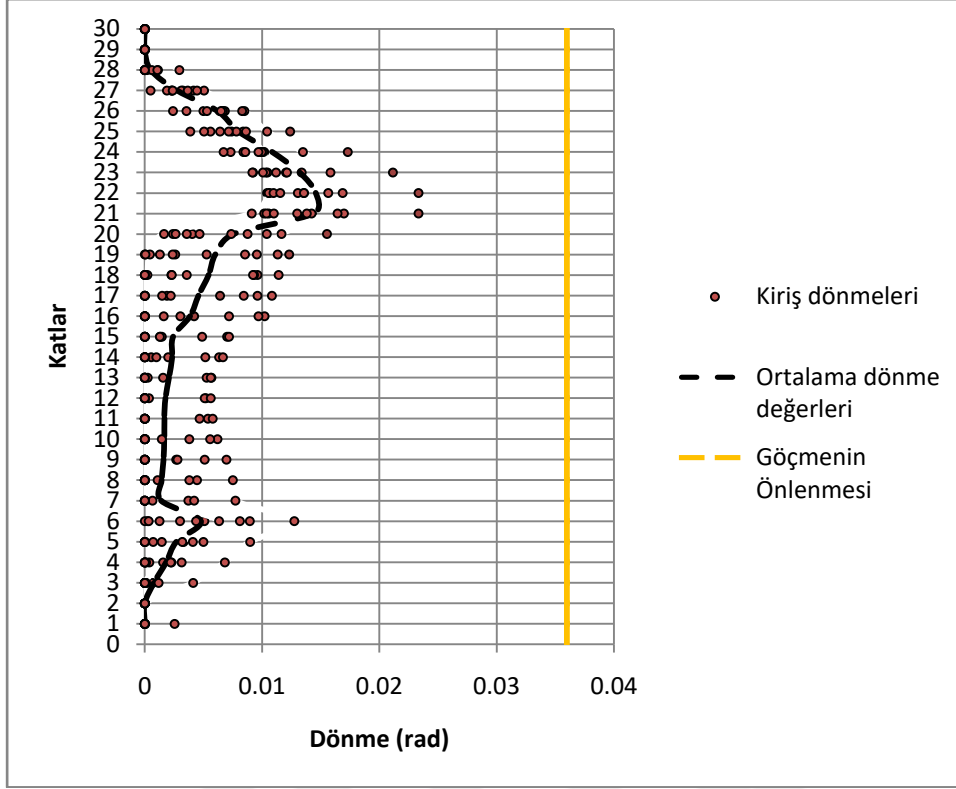
OK Cancel

Şekil 6.19 : Göçmenin önlenmesi performans hedefi için tanımlanan performans kontrolü.

6.7.4 Kolon ve kirişlerde plastik dönme sınır değerlerinin kontrolü

ETABS programından tüm analizler için elde edilen kolon ve kirişlere ait plastik dönme değerleri, göçmenin önlenmesi performans hedefi için hesaplanan plastik dönme sınır değerleri ile karşılaştırıldığında, göçmenin önlenmesi performans hedefinin çok altında kaldığı görülmüştür. Kirişlerdeki hasarın az olmasının sebebi hassas bir donatı seçimi ve tiplendirmesi yapılmamasından kaynaklanmaktadır. B11 kirişi için katlara göre analizlerden elde edilen plastik dönme değerleri, şekil 6.20’de verilmiştir.

Kolonlarda ise, mafsal oluşumu gözlenmemiştir, plastik dönme değerleri sıfırdır. Bunun sebebi ise kesme kuvvetlerinin büyük kısmının perdeler tarafından karşılanıyor olmasıdır.



Şekil 6.20 : B11 kirişi plastik dönmeler.

6.7.5 Perdelerde birim şekildeğiştirme sınır değerlerinin kontrolü

Analizlerden alınan perde fiber mafsal sonuçlarına bakıldığında perde uç bölgelerindeki hasarların gövde bölgesine göre daha fazla olduğu ve donatı liflerinde sınırlı hasar bölgesinde kalınırken, beton liflerinde belirgin hasar bölgesine yaklaşıldığı görülmüştür. Kritik katlarda, bazı depremlerde sınırlı hasar bölgesini geçerek belirgin hasar alan perde kolları bulunsa da analizlerin ortalaması alındığında minimum hasar sınırını geçen perde olmamıştır. Örnek olarak en P01 perde grubundaki W1 kolu için hesaplanan hasar sınırları aşağıdaki gibidir.

$$\varepsilon_c^{(GÖ)} = 0.0121 \leq 0.018$$

$$\varepsilon_c^{(KH)} = 0.00902$$

$$\varepsilon_c^{(SH)} = 0.0025$$

Analizlerden W1 kolunda beton lifinin birim şekildeğiştirme ortalaması 0.00236 olarak bulunmuştur ve yukarıda belirlenen sınırlı hasar değerini geçmeyerek minimum hasar sınırında kalmıştır. Yapıdaki tüm perdeler benzer şekilde minimum hasar sınırında bulunmaktadır.

7. SONUÇLAR

Bu çalışmada konut olarak kullanılacak 30 katlı yüksek bir binanın TBDY 2018 kapsamında, TS500’de verilen kurallar da dikkate alınarak, tasarımı ve performans değerlendirmesi yapılmıştır.

50 yılda gerçekleşme olasılığı %10 olan deprem yer hareketi düzeyi için dayanıma göre tasarım yaklaşımı ile eleman boyutlandırması ve ön tasarımı yapılmıştır. Her iki doğrultuda da boşluksuz perdelerle sahip binada devrilme momenti kontrolleri yapıldığında, X doğrultusunda %83, Y doğrultusunda %79 oranında olmak üzere eğilme momentlerinin perdeler tarafından karşılandığı ve yönetmelikte verilen üst sınır koşulu %75’in sağlanmadığı görülmüş, bu yüzden “deprem etkilerinin tamamının süneklik düzeyi yüksek perdeler tarafından karşılandığı” durum için verilen R ve D katsayıları kullanılarak tasarım gerçekleştirilmiştir. Kirişlerde ve kolonlarda boy donatılar için programdan alınan donatı alanları ve oranları kullanılmıştır. Kolonlar için yönetmelikte izin verilen minimum donatı oranları yeterli olmuştur. Tüm enine donatı hesapları için kesme kuvveti kontrolleri sağlanmış ve yönetmelikte verilen sınırlarda kalınmıştır.

50 yılda gerçekleşme olasılığı %2 olan deprem yer hareketi düzeyi için şekil değiştirmeye göre değerlendirme ve tasarım yaklaşımı ile zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizler yapılarak göçmenin önlenmesi performans hedefi için performans değerlendirmesi yapılmıştır. Buna göre;

- Kolon ve kirişlerin hasar durumunun belirlenmesi için, yönetmelikte izin verilen şekil değiştirme sınırları ile analizlerden elde edilen plastik dönme değerleri karşılaştırılmıştır. Kolonlarda plastik mafsallı oluşumu gözlenmemiştir. Depremden gelen kesme kuvvetlerinin büyük bir kısmının perdeler tarafından karşılandığı ve kolonların kesme kuvveti değerlerinin doğrusal hesaplardan elde edilen kesme kuvveti değerlerinin de altında kaldığı, bu yüzden de elastik ötesi davranışa geçemediği gözlemlenmiştir. Bu

da kolonların daha çok düşey yüklerde etkin olduğunu göstermektedir. Kirişlerde ise analizlerden elde edilen plastik dönme değerleri minimum hasar sınırında kalmıştır, bu durum hassas bir donatı seçimi ve tripleştirilmesi yapılmamasından kaynaklanmaktadır.

- Perdelerde sargılı beton davranışı gösteren perde uç bölgeleri ile sargısız beton davranışı gösteren gövde bölgelerinde lif modeli ile mafsal tanımı yapılmıştır. Sargılı ve sargısız beton ile donatı çeliği için ayrı ayrı hesaplanan birim şekildeğiştirme sınır değerleri, her lif için analizlerden elde edilen sonuçların ortalaması ile karşılaştırılmış ve hasar durumları tespit edilmiştir. Uç bölgelerindeki hasarların gövde bölgesine göre daha fazla olduğu ancak hem donatı hem de beton için minimum hasar bölgesinde kalındığı görülmüştür.
- Binanın X ve Y doğrultusundaki perdelerin oransal olarak yakın olması sebebi ile görelî kat ötelemeleri oranlarının da yakın değerler olduğu görülmektedir, yalnızca kolon boyutlarının küçüldüğü bazı katlarda görelî kat ötelemeleri oranında artış olduğu görülmektedir.

Bu hali ile binanın göçmenin önlenmesi performans hedefini sağladığı görülmektedir.

EKLER

EK A: Kolon ve kirişler için plastik dönme sınır değerleri





Çizelge A.1 : Kirişler için hesaplanan plastik dönme sınır değerleri.

Kiriş	L	Kesit	Ls	Φ_u	Φ_y	Lp	db	$\theta_p^{(G\ddot{O})}$	$\theta_p^{(KH)}$	$\theta_p^{(SH)}$
	cm		(m)	(1/m)	(1/m)	(m)	(m)	(rad)	(rad)	(rad)
B1	755	B35x70_4	3.78	0.13555	0.00461	0.35	0.016	0.036	0.027	0
B1	755	B35x70_3	3.78	0.13615	0.00466	0.35	0.016	0.036	0.027	0
B2	605	B35x70_4	3.02	0.13555	0.00461	0.35	0.016	0.035	0.026	0
B3	505	B35x70_4	2.53	0.13555	0.00461	0.35	0.016	0.035	0.026	0
B4	725	B35x70_3	3.63	0.13615	0.00466	0.35	0.016	0.036	0.027	0
B4	725	B35x70_4	3.63	0.13555	0.00461	0.35	0.016	0.036	0.027	0
B5	865	B35x70_3	4.33	0.13615	0.00466	0.35	0.016	0.036	0.027	0
B5	865	B35x70_4	4.33	0.13555	0.00461	0.35	0.016	0.036	0.027	0
B6	740	B35x70_3	3.70	0.13615	0.00466	0.35	0.016	0.036	0.027	0
B6	740	B35x70_4	3.70	0.13555	0.00461	0.35	0.016	0.036	0.027	0
B7	740	B35x70_1	3.70	0.14245	0.00502	0.35	0.02	0.039	0.029	0
B7	740	B35x70_2	3.70	0.14195	0.00493	0.35	0.02	0.039	0.029	0
B7	740	B35x70_3	3.70	0.13615	0.00466	0.35	0.016	0.036	0.027	0
B7	740	B35x70_4	3.70	0.13555	0.00461	0.35	0.016	0.036	0.027	0
B8	740	B35x70_1	3.70	0.14245	0.00502	0.35	0.02	0.039	0.029	0
B8	740	B35x70_2	3.70	0.14195	0.00493	0.35	0.02	0.039	0.029	0
B9	740	B35x70_2	3.70	0.14195	0.00493	0.35	0.02	0.039	0.029	0
B9	740	B35x70_3	3.70	0.13615	0.00466	0.35	0.016	0.036	0.027	0
B9	740	B35x70_4	3.70	0.13555	0.00461	0.35	0.016	0.036	0.027	0
B10	740	B35x70_2	3.70	0.14195	0.00493	0.35	0.02	0.039	0.029	0
B10	740	B35x70_3	3.70	0.13615	0.00466	0.35	0.016	0.036	0.027	0
B10	740	B35x70_4	3.70	0.13555	0.00461	0.35	0.016	0.036	0.027	0
B11	740	B35x70_2	3.70	0.14195	0.00493	0.35	0.02	0.039	0.029	0
B11	740	B35x70_3	3.70	0.13615	0.00466	0.35	0.016	0.036	0.027	0
B11	740	B35x70_4	3.70	0.13555	0.00461	0.35	0.016	0.036	0.027	0
B12	755	B35x70_1	3.78	0.14245	0.00502	0.35	0.02	0.039	0.029	0
B12	755	B35x70_2	3.78	0.14195	0.00493	0.35	0.02	0.039	0.029	0
B12	755	B35x70_3	3.78	0.13615	0.00466	0.35	0.016	0.036	0.027	0
B12	755	B35x70_4	3.78	0.13555	0.00461	0.35	0.016	0.036	0.027	0
B13	200	B35x70_4	1.00	0.13555	0.00461	0.35	0.016	0.032	0.024	0
B14	865	B35x70_1	4.33	0.14245	0.00502	0.35	0.02	0.039	0.029	0
B14	865	B35x70_2	4.33	0.14195	0.00493	0.35	0.02	0.039	0.029	0
B15	150	B35x70_4	0.75	0.13555	0.00461	0.35	0.016	0.030	0.022	0
B16	254	B35x70_4	1.27	0.13555	0.00461	0.35	0.016	0.033	0.025	0
B17	185	B35x70_4	0.93	0.13555	0.00461	0.35	0.016	0.031	0.023	0
B18	840	B35x70_3	4.20	0.13615	0.00466	0.35	0.016	0.036	0.027	0
B18	840	B35x70_4	4.20	0.13555	0.00461	0.35	0.016	0.036	0.027	0
B19	840	B35x70_4	4.20	0.13555	0.00461	0.35	0.016	0.036	0.027	0
B20	840	B35x70_2	4.20	0.14195	0.00493	0.35	0.02	0.039	0.029	0
B20	840	B35x70_3	4.20	0.13615	0.00466	0.35	0.016	0.036	0.027	0
B20	840	B35x70_4	4.20	0.13555	0.00461	0.35	0.016	0.036	0.027	0

Çizelge A.1 (devamı) : Kirişler için hesaplanan plastik dönme sınır değerleri.

Kiriş	L	Kesit	Ls	Φ_u	Φ_y	Lp	db	$\theta_p^{(G\bar{O})}$	$\theta_p^{(KH)}$	$\theta_p^{(SH)}$
	cm		(m)	(1/m)	(1/m)	(m)	(m)	(rad)	(rad)	(rad)
B21	310	B35x70_4	1.55	0.13555	0.00461	0.35	0.016	0.034	0.025	0
B23	185	B35x70_4	0.93	0.13555	0.00461	0.35	0.016	0.031	0.023	0
B24	205	B35x70_4	1.02	0.13555	0.00461	0.35	0.016	0.032	0.024	0
B25	755	B35x70_1	3.78	0.14245	0.00502	0.35	0.02	0.039	0.029	0
B25	755	B35x70_2	3.78	0.14195	0.00493	0.35	0.02	0.039	0.029	0
B25	755	B35x70_3	3.78	0.13615	0.00466	0.35	0.016	0.036	0.027	0
B25	755	B35x70_4	3.78	0.13555	0.00461	0.35	0.016	0.036	0.027	0
B26	420	B35x70_1	2.10	0.14245	0.00502	0.35	0.02	0.038	0.028	0
B26	420	B35x70_2	2.10	0.14195	0.00493	0.35	0.02	0.038	0.028	0
B27	200	B35x70_4	1.00	0.13555	0.00461	0.35	0.016	0.032	0.024	0
B28	235	B35x70_4	1.18	0.13555	0.00461	0.35	0.016	0.033	0.024	0
B29	865	B35x70_1	4.33	0.14245	0.00502	0.35	0.02	0.039	0.029	0
B29	865	B35x70_2	4.33	0.14195	0.00493	0.35	0.02	0.039	0.029	0
B30	925	B35x70_2	4.63	0.14195	0.00493	0.35	0.02	0.039	0.029	0
B30	925	B35x70_3	4.63	0.13615	0.00466	0.35	0.016	0.036	0.027	0
B31	925	B35x70_1	4.63	0.14245	0.00502	0.35	0.02	0.039	0.030	0
B31	925	B35x70_2	4.63	0.14195	0.00493	0.35	0.02	0.039	0.029	0
B32	925	B35x70_1	4.62	0.14245	0.00502	0.35	0.02	0.039	0.030	0
B32	925	B35x70_2	4.62	0.14195	0.00493	0.35	0.02	0.039	0.029	0
B33	925	B35x70_1	4.63	0.14245	0.00502	0.35	0.02	0.039	0.030	0
B33	925	B35x70_2	4.63	0.14195	0.00493	0.35	0.02	0.039	0.029	0
B34	925	B35x70_1	4.63	0.14245	0.00502	0.35	0.02	0.039	0.030	0
B35	925	B35x70_2	4.63	0.14195	0.00493	0.35	0.02	0.039	0.029	0
B35	925	B35x70_3	4.63	0.13615	0.00466	0.35	0.016	0.036	0.027	0
B36	755	B35x70_3	3.78	0.13615	0.00466	0.35	0.016	0.036	0.027	0
B36	755	B35x70_4	3.78	0.13555	0.00461	0.35	0.016	0.036	0.027	0
B37	605	B35x70_3	3.02	0.13615	0.00466	0.35	0.016	0.035	0.027	0
B37	605	B35x70_4	3.02	0.13555	0.00461	0.35	0.016	0.035	0.026	0
B38	505	B35x70_4	2.53	0.13555	0.00461	0.35	0.016	0.035	0.026	0
B39	725	B35x70_3	3.63	0.13615	0.00466	0.35	0.016	0.036	0.027	0
B39	725	B35x70_4	3.63	0.13555	0.00461	0.35	0.016	0.036	0.027	0
B4	725	B35x70_3	3.63	0.13615	0.00466	0.35	0.016	0.036	0.027	0
B4	725	B35x70_4	3.63	0.13555	0.00461	0.35	0.016	0.036	0.027	0
B40	865	B35x70_2	4.33	0.14195	0.00493	0.35	0.02	0.039	0.029	0
B40	865	B35x70_3	4.33	0.13615	0.00466	0.35	0.016	0.036	0.027	0

Çizelge A.2 : Kolonlar için hesaplanan plastik dönme sınır değerleri.

	Yön	P	L	b	h	Ls	Φ_u	Φ_y	Lp	db	$\theta_p^{(G\ddot{O})}$	$\theta_p^{(KH)}$	$\theta_p^{(SH)}$
		kN	(m)	(m)	(m)	(m)	(1/m)	(1/m)	(m)	(m)	(rad)	(rad)	(rad)
C40x120	X (0°)	2200	3.15	0.4	1.2	1.575	0.0850	0.0035	0.6	0.02	0.031	0.024	0
	Y (90°)	2200	3.15	1.2	0.4	1.575	0.2856	0.0097	0.2	0.02	0.052	0.039	0
	X (0°)	4400	3.15	0.4	1.2	1.575	0.0867	0.0038	0.6	0.02	0.032	0.024	0
	Y (90°)	4400	3.15	1.2	0.4	1.575	0.3069	0.0110	0.2	0.02	0.055	0.042	0
	X (0°)	6600	3.15	0.4	1.2	1.575	0.0610	0.0041	0.6	0.02	0.022	0.017	0
	Y (90°)	6600	3.15	1.2	0.4	1.575	0.2355	0.0117	0.2	0.02	0.042	0.032	0
	X (0°)	8800	3.15	0.4	1.2	1.575	0.0493	0.0034	0.6	0.02	0.018	0.013	0
	Y (90°)	8800	3.15	1.2	0.4	1.575	0.1984	0.0096	0.2	0.02	0.035	0.027	0
C40x160	X (0°)	3000	3.15	0.4	1.6	1.575	0.0629	0.0027	0.8	0.024	0.028	0.021	0
	Y (90°)	3000	3.15	1.6	0.4	1.575	0.2894	0.0100	0.2	0.024	0.056	0.042	0
	X (0°)	6000	3.15	0.4	1.6	1.575	0.0584	0.0030	0.8	0.024	0.026	0.020	0
	Y (90°)	6000	3.15	1.6	0.4	1.575	0.3093	0.0116	0.2	0.024	0.059	0.045	0
	X (0°)	9000	3.15	0.4	1.6	1.575	0.0455	0.0039	0.8	0.024	0.020	0.015	0
	Y (90°)	9000	3.15	1.6	0.4	1.575	0.2375	0.0118	0.2	0.024	0.045	0.034	0
	X (0°)	12000	3.15	0.4	1.6	1.575	0.0364	0.0027	0.8	0.024	0.016	0.012	0
	Y (90°)	12000	3.15	1.6	0.4	1.575	0.2063	0.0099	0.2	0.024	0.039	0.030	0
C60x160	X (0°)	4400	3.15	0.6	1.6	1.575	0.0617	0.0027	0.8	0.026	0.028	0.021	0
	Y (90°)	4400	3.15	1.6	0.6	1.575	0.1751	0.0068	0.3	0.026	0.044	0.033	0
	X (0°)	8800	3.15	0.6	1.6	1.575	0.0612	0.0029	0.8	0.026	0.028	0.021	0
	Y (90°)	8800	3.15	1.6	0.6	1.575	0.1964	0.0076	0.3	0.026	0.049	0.037	0
	X (0°)	13200	3.15	0.6	1.6	1.575	0.0456	0.0031	0.8	0.026	0.020	0.015	0
	Y (90°)	13200	3.15	1.6	0.6	1.575	0.1688	0.0079	0.3	0.026	0.042	0.032	0
	X (0°)	17600	3.15	0.6	1.6	1.575	0.0359	0.0027	0.8	0.026	0.016	0.012	0
	Y (90°)	17600	3.15	1.6	0.6	1.575	0.1152	0.0070	0.3	0.026	0.029	0.021	0
C60x180	X (0°)	4950	3.15	0.6	1.8	1.575	0.0542	0.0024	0.9	0.026	0.026	0.020	0
	Y (90°)	4950	3.15	1.8	0.6	1.575	0.1746	0.0068	0.3	0.026	0.044	0.033	0
	X (0°)	9900	3.15	0.6	1.8	1.575	0.0576	0.0026	0.9	0.026	0.028	0.021	0
	Y (90°)	9900	3.15	1.8	0.6	1.575	0.1953	0.0076	0.3	0.026	0.049	0.037	0
	X (0°)	14850	3.15	0.6	1.8	1.575	0.0443	0.0028	0.9	0.026	0.021	0.016	0
	Y (90°)	14850	3.15	1.8	0.6	1.575	0.1823	0.0080	0.3	0.026	0.046	0.034	0
	X (0°)	19800	3.15	0.6	1.8	1.575	0.0348	0.0024	0.9	0.026	0.017	0.012	0
	Y (90°)	19800	3.15	1.8	0.6	1.575	0.1255	0.0070	0.3	0.026	0.031	0.023	0
C60x200	X (0°)	5500	3.15	0.6	2	1.575	0.0488	0.0021	1	0.028	0.025	0.019	0
	Y (90°)	5500	3.15	2	0.6	1.575	0.1750	0.0068	0.3	0.028	0.045	0.034	0
	X (0°)	11000	3.15	0.6	2	1.575	0.0528	0.0024	1	0.028	0.027	0.021	0
	Y (90°)	11000	3.15	2	0.6	1.575	0.1956	0.0077	0.3	0.028	0.050	0.038	0
	X (0°)	16500	3.15	0.6	2	1.575	0.0402	0.0025	1	0.028	0.021	0.015	0
	Y (90°)	16500	3.15	2	0.6	1.575	0.1867	0.0080	0.3	0.028	0.048	0.036	0
	X (0°)	22000	3.15	0.6	2	1.575	0.0323	0.0022	1	0.028	0.016	0.012	0
	Y (90°)	22000	3.15	2	0.6	1.575	0.1290	0.0071	0.3	0.028	0.033	0.025	0

Çizelge A.2 (devamı) : Kolonlar için hesaplanan plastik dönme sınır değerleri.

	Yön	P	L	b	h	Ls	Φ_u	Φ_y	Lp	db	$\theta_p^{(G\ddot{O})}$	$\theta_p^{(KH)}$	$\theta_p^{(SH)}$
		kN	(m)	(m)	(m)	(m)	(1/m)	(1/m)	(m)	(m)	(rad)	(rad)	(rad)
C60x220	X (0°)	6000	3.15	0.6	2.2	1.575	0.0443	0.0020	1.1	0.028	0.024	0.018	0
	Y (90°)	6000	3.15	2.2	0.6	1.575	0.1748	0.0068	0.3	0.028	0.045	0.034	0
	X (0°)	12000	3.15	0.6	2.2	1.575	0.0477	0.0022	1.1	0.028	0.026	0.019	0
	Y (90°)	12000	3.15	2.2	0.6	1.575	0.1951	0.0076	0.3	0.028	0.050	0.038	0
	X (0°)	18000	3.15	0.6	2.2	1.575	0.0363	0.0023	1.1	0.028	0.019	0.014	0
	Y (90°)	18000	3.15	2.2	0.6	1.575	0.1888	0.0080	0.3	0.028	0.049	0.036	0
	X (0°)	24000	3.15	0.6	2.2	1.575	0.0293	0.0020	1.1	0.028	0.015	0.012	0
	Y (90°)	24000	3.15	2.2	0.6	1.575	0.1304	0.0071	0.3	0.028	0.033	0.025	0
C120x40	X (90°)	2200	3.15	0.4	1.2	1.575	0.0850	0.0035	0.6	0.02	0.031	0.024	0
	Y (0°)	2200	3.15	1.2	0.4	1.575	0.2856	0.0097	0.2	0.02	0.052	0.039	0
	X (90°)	4400	3.15	0.4	1.2	1.575	0.0867	0.0038	0.6	0.02	0.032	0.024	0
	Y (0°)	4400	3.15	1.2	0.4	1.575	0.3069	0.0110	0.2	0.02	0.055	0.042	0
	X (90°)	6600	3.15	0.4	1.2	1.575	0.0610	0.0041	0.6	0.02	0.022	0.017	0
	Y (0°)	6600	3.15	1.2	0.4	1.575	0.2355	0.0117	0.2	0.02	0.042	0.032	0
	X (90°)	8800	3.15	0.4	1.2	1.575	0.0493	0.0034	0.6	0.02	0.018	0.013	0
	Y (0°)	8800	3.15	1.2	0.4	1.575	0.1984	0.0096	0.2	0.02	0.035	0.027	0
C160x60	X (90°)	4400	3.15	0.6	1.6	1.575	0.0617	0.0027	0.8	0.026	0.028	0.021	0
	Y (0°)	4400	3.15	1.6	0.6	1.575	0.1751	0.0068	0.3	0.026	0.044	0.033	0
	X (90°)	8800	3.15	0.6	1.6	1.575	0.0612	0.0029	0.8	0.026	0.028	0.021	0
	Y (0°)	8800	3.15	1.6	0.6	1.575	0.1964	0.0076	0.3	0.026	0.049	0.037	0
	X (90°)	13200	3.15	0.6	1.6	1.575	0.0456	0.0031	0.8	0.026	0.020	0.015	0
	Y (0°)	13200	3.15	1.6	0.6	1.575	0.1688	0.0079	0.3	0.026	0.042	0.032	0
	X (90°)	17600	3.15	0.6	1.6	1.575	0.0359	0.0027	0.8	0.026	0.016	0.012	0
	Y (0°)	17600	3.15	1.6	0.6	1.575	0.1152	0.0070	0.3	0.026	0.029	0.021	0
C200x60	X (90°)	5500	3.15	0.6	2	1.575	0.0488	0.0021	1	0.028	0.025	0.019	0
	Y (0°)	5500	3.15	2	0.6	1.575	0.1750	0.0068	0.3	0.028	0.045	0.034	0
	X (90°)	11000	3.15	0.6	2	1.575	0.0528	0.0024	1	0.028	0.027	0.021	0
	Y (0°)	11000	3.15	2	0.6	1.575	0.1956	0.0077	0.3	0.028	0.050	0.038	0
	X (90°)	16500	3.15	0.6	2	1.575	0.0402	0.0025	1	0.028	0.021	0.015	0
	Y (0°)	16500	3.15	2	0.6	1.575	0.1867	0.0080	0.3	0.028	0.048	0.036	0
	X (90°)	22000	3.15	0.6	2	1.575	0.0323	0.0022	1	0.028	0.016	0.012	0
	Y (0°)	22000	3.15	2	0.6	1.575	0.1290	0.0071	0.3	0.028	0.033	0.025	0
C240x60	X (90°)	6600	3.15	0.6	2.4	1.575	0.0407	0.0018	1.2	0.028	0.023	0.017	0
	Y (0°)	6600	3.15	2.4	0.6	1.575	0.1746	0.0067	0.3	0.028	0.045	0.034	0
	X (90°)	13200	3.15	0.6	2.4	1.575	0.0434	0.0020	1.2	0.028	0.024	0.018	0
	Y (0°)	13200	3.15	2.4	0.6	1.575	0.1948	0.0076	0.3	0.028	0.050	0.038	0
	X (90°)	19800	3.15	0.6	2.4	1.575	0.0336	0.0021	1.2	0.028	0.018	0.014	0
	Y (0°)	19800	3.15	2.4	0.6	1.575	0.1898	0.0080	0.3	0.028	0.049	0.037	0
	X (90°)	26400	3.15	0.6	2.4	1.575	0.0269	0.0019	1.2	0.028	0.015	0.011	0
	Y (0°)	26400	3.15	2.4	0.6	1.575	0.1309	0.0071	0.3	0.028	0.033	0.025	0

Çizelge A.3 : Perde uç bölgeleri için hesaplanan şekilgeçirme sınır değerleri.

Uç bölgesi	α_{se}	$\rho_{sh,min}$	ω_{we}	$\epsilon_c^{(GÖ)}$	$\epsilon_c^{(KH)}$	$\epsilon_c^{(SH)}$	$\epsilon_s^{(GÖ)}$	$\epsilon_s^{(KH)}$	$\epsilon_s^{(SH)}$
45x170	0.7106	0.0083	0.0497	0.012	0.0093	0.0025	0.032	0.024	0.0075
40x190	0.6734	0.0080	0.0454	0.012	0.0090	0.0025	0.032	0.024	0.0075
35x90	0.6014	0.0095	0.0482	0.012	0.0092	0.0025	0.032	0.024	0.0075
40x100	0.6297	0.0085	0.0450	0.012	0.0090	0.0025	0.032	0.024	0.0075
35x170	0.6330	0.0083	0.0443	0.012	0.0089	0.0025	0.032	0.024	0.0075
35x120	0.6206	0.0090	0.0470	0.012	0.0091	0.0025	0.032	0.024	0.0075
40x80	0.6143	0.0093	0.0480	0.012	0.0092	0.0025	0.032	0.024	0.0075
40x150	0.6691	0.0087	0.0489	0.012	0.0093	0.0025	0.032	0.024	0.0075
35x170	0.6330	0.0083	0.0443	0.012	0.0089	0.0025	0.032	0.024	0.0075
45x150	0.6958	0.0087	0.0508	0.013	0.0094	0.0025	0.032	0.024	0.0075
40x80	0.6143	0.0093	0.0480	0.012	0.0092	0.0025	0.032	0.024	0.0075
45x90	0.6350	0.0082	0.0436	0.012	0.0089	0.0025	0.032	0.024	0.0075
40x100	0.6297	0.0085	0.0450	0.012	0.0090	0.0025	0.032	0.024	0.0075
40x60	0.5858	0.0103	0.0506	0.012	0.0094	0.0025	0.032	0.024	0.0075
35x90	0.6014	0.0095	0.0482	0.012	0.0092	0.0025	0.032	0.024	0.0075
40x80	0.6143	0.0093	0.0480	0.012	0.0092	0.0025	0.032	0.024	0.0075
45x80	0.6586	0.0093	0.0514	0.013	0.0094	0.0025	0.032	0.024	0.0075
40x90	0.6108	0.0082	0.0419	0.012	0.0088	0.0025	0.032	0.024	0.0075
35x100	0.6153	0.0097	0.0503	0.012	0.0094	0.0025	0.032	0.024	0.0075
30x80	0.5805	0.0124	0.0604	0.013	0.0100	0.0025	0.032	0.024	0.0075
35x60	0.5846	0.0121	0.0595	0.013	0.0099	0.0025	0.032	0.024	0.0075
30x90	0.5751	0.0109	0.0527	0.013	0.0095	0.0025	0.032	0.024	0.0075
30x70	0.5670	0.0126	0.0599	0.013	0.0100	0.0025	0.032	0.024	0.0075
35x70	0.5868	0.0108	0.0531	0.013	0.0095	0.0025	0.032	0.024	0.0075
35x80	0.6054	0.0108	0.0552	0.013	0.0097	0.0025	0.032	0.024	0.0075
30x90	0.5751	0.0109	0.0527	0.013	0.0095	0.0025	0.032	0.024	0.0075
40x70	0.6135	0.0103	0.0530	0.013	0.0095	0.0025	0.032	0.024	0.0075



KAYNAKLAR

- Celep, Z.** (2007). Betonarme sistemlerde doğrusal olmayan davranış: plastik mafsal kabulü ve çözümlenme, 6. *Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, İstanbul, 16-20 Ekim.
- Celep, Z.** (2017). *Deprem mühendisliğine giriş ve depreme dayanıklı yapı tasarımı*, Beta Dağıtım, İstanbul.
- Chopra, A. K.** (2000). *Dynamics of structures: theory and applications to earthquake engineering*, Prentice Hall, New Jersey.
- Chopra, A. K.** (2007). *Yapı dinamiği: teori ve deprem mühendisliği uygulamaları* (Hilmi Luş Çev.). Palme Yayıncılık, İstanbul.
- Darılmaz, K.** (2014). *Depreme dayanıklı betonarme binaların tasarımına giriş*, Yapı Yazılımı Yayınları, İstanbul.
- ETABS** (Version 17.0.1) [Computer software]. *Integrated software for structural analysis and design program*, Computers and Structures Inc., Berkeley, California.
- Fahjan, M. Y.** (2008). Türkiye deprem yönetmeliği (DBYBHY, 2007) tasarım ivme spektrumuna uygun gerçek deprem kayıtlarının seçilmesi ve ölçeklendirilmesi, *İMO Teknik Dergi*. 2008 44423-44444, yazı 292.
- TBDY** (2018). Türkiye bina deprem yönetmeliği, *Bayındırlık ve İskan Bakanlığı*, Ankara.
- Türk Bina Deprem Yönetmeliği Kapsamında Yapıların Performansa Dayalı Tasarımı Kursu**, GTÜ, 2017.
- Sucuoğlu, H.** (2015). Performans esaslı deprem mühendisliği, 3. *Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*, İzmir, 14-16 Ekim.
- X-TRACT** (Version 3.0.8) [Computer software]. *Cross-Section analysis program for structural engineers*, Imbsen Software System, California.
- Url-1** <<https://tdth.afad.gov.tr>>, erişim tarihi 11.01.2019.
- Url-2** < <https://ngawest2.berkeley.edu> >, erişim tarihi 13.04.2019.



ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Yasemin Özaydın
Doğum Tarihi ve Yeri : 14.09.1990 Merzifon
E-posta : yasemin.ozydn@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2013, Kocaeli Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği