



**T.C.
BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**TBDY-2018' E GÖRE TASARLANMIŞ PLANDA A1 VE A3 DÜZENSİZLİĞİ
BULUNAN BETONARME BİR BİNANIN PERFORMANS ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Melih Muhlis TEMİZ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

TEMMUZ 2022

**T.C.
BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**TBDY-2018'e GÖRE TASARLANMIŞ
PLANDA A1 VE A3 DÜZENSİZLİĞİ BULUNAN
BETONARME BİR BİNANIN PERFORMANS ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Melih Muhlis TEMİZ
(182262821001)**

İnaaat Mühendisliğı Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Melih SÜRMELİ

TEMMUZ 2022

BTÜ, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün 182262821001 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Melih Muhlis TEMİZ, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "TBDY-2018'e GÖRE TASARLANMIŞ PLANDA A1 VE A3 DÜZENSİZLİĞİ BULUNAN BETONARME BİR BİNANIN PERFORMANS ANALİZİ" başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Dr. Öğr. Üyesi Melih SÜRMELİ**
Bursa Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Beyhan BAYHAN**
Bursa Teknik Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Cihan SOYDAN
Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi

Teslim Tarihi :
Savunma Tarihi : 18 Temmuz 2022



20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’ de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, Bursa Teknik Üniversitesi’nin abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Lisansüstü Eğitim Enstitüsü’nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

İNTİHAL BEYANI

Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belgelediğimi, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

Öğrencinin Adı Soyadı: Melih Muhlis TEMİZ

İmzası :

(Faint, stylized signature watermark)



Babama,

ÖNSÖZ

Tez çalışmam süresince çok kıymetli desteğini ve ilgisini esirgemeyen değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Melih SÜRMELİ' ye teşekkürlerimi sunuyorum. Bilgi ve tecrübelerini her daim paylaşan saygıdeğer insanla tanışmak benim için büyük bir onurdur.

Her zaman her koşulda yanımda olan annem, kardeşim, eşim ve oğlum bu çalışmanın ortaya çıkmasındaki en büyük etken sizlersiniz. Varlığınız ve çabanız için sonsuz minnettarlığımı sunuyorum.

Temmuz 2022

Melih Muhlis TEMİZ
(İnşaat Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR	x
SEMBOLLER	xi
ÇİZELGE LİSTESİ	xvi
ŞEKİL LİSTESİ	xviii
ÖZET	xx
SUMMARY	xxiii
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı	2
1.2 Tezin Önemi	2
1.3 Tezin Kapsamı	2
1.4 Tezin Organizasyonu	3
1.5 Literatür Araştırması	3
2. TÜRKİYE BİNA DEPREM YÖNETMELİĞİ TASARIM ESASLARI	8
2.1 Deprem Yer Hareketi Düzeyleri	8
2.2 Türkiye Deprem Tehlike Haritası	9
2.3 Yatay Elastik Tasarım Spektrumu	10
2.4 Bina Kullanım, Deprem Tasarım ve Bina Yükseklik Sınıfları	11
2.4.1 Bina kullanım sınıfı (BKS)	11
2.4.2 Deprem tasarım sınıfı (DTS)	12
2.4.3 Bina yükseklik sınıfı (BYS)	12
2.5 Bina Performans Düzeyleri	12
2.5.1 Performans hedefi ve tasarım yaklaşımının belirlenmesi	13
2.6 Taşıyıcı Sistemde Düzensizlik Durumları	14
2.6.1 Burulma düzensizliği (A1)	14
2.6.2 Planda çıkıntılar bulunması (A3)	16
2.7 TBDY-2018' de Tasarım Yaklaşımları	17
2.7.1 Dayanıma göre tasarım (DGT)	17
2.7.1.1 DGT' de kullanılacak doğrusal hesap yöntemleri	18
2.7.2 Dayanıma göre tasarımda kullanılan önemli parametreler	18
2.7.2.1 Dayanım fazlalığı katsayısı (D)	18
2.7.2.2 Deprem yükü azaltma katsayısı (R_a)	19
2.7.3 Şekil değiştirmeye göre tasarım (ŞDGT)	20
2.7.3.1 ŞDGT' de kullanılacak doğrusal olmayan hesap yöntemleri	21
2.7.4 Deprem etkilerinin hesaba katılması	21
2.7.5 Analiz hesap yönteminin belirlenmesi	22
2.7.6 Doğrusal olmayan davranış modelleri	23
2.7.6.1 Yığılı plastik davranış modeli	23

2.7.6.2 Yayılı plastik davranış modeli	25
3. BİNANIN DAYANIMA GÖRE TASARIMI.....	28
3.1 Bina Hakkında Genel Bilgiler	28
3.2 Deprem Hesabı için Gerekli Parametreler.....	32
3.3 Binanın Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Ön Tasarımı.....	32
3.3.1 Döşeme kalınlığı hesabı	32
3.3.2 Kiriş enkesit boyutlarının belirlenmesi	33
3.3.3 Kolon enkesit boyutlarının belirlenmesi	33
3.3.4 Perde enkesit boyutlarının belirlenmesi	35
3.4 Yapı Analiz Modeli	37
3.4.1 Modellemede uygulanan kurallar.....	37
3.4.2 Kütlelerin modellenmesi	37
3.4.3 Etkin kesit rijitliklerin tanımlanması.....	38
3.4.4 Ek dışmerkezlik etkisinin modellenmesi	38
3.4.5 Yük kombinasyonları	41
3.5 Doğrusal Hesap Yönteminin Seçilmesi.....	41
3.5.1 Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanması	42
3.5.1.1 Bina hâkim doğal titreşim periyodunun belirlenmesi	43
3.5.1.2 Deprem etkisi altında azaltılmış ivme spektrumu tayini.....	44
3.5.1.3 Toplam eşdeğer deprem yükünün hesaplanması.....	46
3.5.1.4 Bodrum kat eşdeğer deprem yükü hesabı	46
3.5.1.5 Ek dışmerkezlik etkisinin hesaplanması	47
3.5.1.6 Eşdeğer deprem yüklerinin katlara dağıtılması.....	47
3.5.2 Taşıyıcı sistem davranış katsayısının belirlenmesi	48
3.5.3 Yeni R katsayılarına göre eşdeğer deprem yükü değerlerinin bulunması.	50
3.5.4 Kat burulma momentleri ve deprem etkilerinin birleştirilmesi.....	51
3.5.5 Etkin görel kat ötelemelerinin hesaplanması ve kontrolü.....	51
3.5.6 İkinci mertebe etkilerinin kontrolü	54
3.5.7 Düzensizlik kontrolleri.....	55
3.5.7.1 A1-Burulma düzensizliği kontrolü.....	55
3.5.7.2 A3-Planda çıkıntılar bulunması düzensizliği kontrolü.....	57
3.5.7.3 B2- Yumuşak kat düzensizliği kontrolü.....	58
3.5.8 Mod birleştirme yönteminin uygulanması	63
3.5.8.1 Yeterli titreşim modu sayısı	63
3.5.8.2 Mod birleştirme yöntemi ve eşdeğer deprem yükü yöntemlerinin taban kesme kuvveti açısından kıyaslanması	69
3.5.9 Mod birleştirme yönteminde kuvvetlerin büyütülmesi	69
3.5.10 Kiriş elemanların detaylandırılması	71
3.5.11 Kolon elemanların detaylandırılması	72
3.5.12 Perde elemanların detaylandırılması	73
4. BİNANIN ŞEKİLDEĞİŞTİRMEYE GÖRE TASARIMI	74
4.1 Kesit Hasar Sınırı ve Hasar Bölgeleri	74
4.1.1 Kesit ve eleman hasarlarının tanımlanması	75
4.2 Doğrusal Olmayan Hesap Yönteminin Seçilmesi.....	75
4.2.1 Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi	75
4.2.2 Hesapta gözönüne alınacak hususlar.....	75
4.3 Doğrusal Olmayan Yöntemler için Beton ve Donatı Modelleri	76
4.3.1 Sargılı ve sargısız beton modelleri.....	76
4.3.2 Donatı çeliği modeli.....	78
4.4 Etkin Eğilme Rijitliklerinin Hesabı.....	79

4.5 Moment Eğrilik İlişkisi	79
4.6 Şekildeğiştirmelerin ve İç Kuvvetlerin Değerlendirilmesi.....	80
4.6.1 Göçmenin önlenmesi (GÖ) performans düzeyi sınır değerleri	80
4.6.2 Kontrollü hasar (KH) performans düzeyi sınır değerleri	82
4.6.3 Sınırlı hasar (SH) performans düzeyi sınır değerleri	82
4.7 Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Kesitlerinin Etkin Eğilme Rijitlikleri ve Sınır Plastik Dönmelerinin Tayini	82
4.7.1 Kolon kesitleri.....	83
4.7.1.1 Kolon kesitlerine ait malzeme modellerinin tanımlanması.....	84
4.7.1.2 Moment eğrilik ilişkisinin elde edilmesi.....	85
4.7.1.3 Kolon kesitleri etkin eğilme rijitlikleri ve sınır plastik dönme değerlerinin tayini	86
4.7.2 Kiriş kesitleri.....	88
4.7.2.1 Kiriş elemanlara ait malzeme modellerinin tanımlanması.....	91
4.7.2.2 Moment eğrilik ilişkisinin elde edilmesi.....	92
4.7.2.3 Kiriş kesitleri etkin eğilme rijitlikleri ve sınır plastik dönme değerlerinin tayini	93
4.8 Perdelerin Doğrusal Olmayan Davranışının Tanımlanması.....	95
4.9 Taşıyıcı Sistem Elemanları için Plastik Mafsal Tanımlamaları	96
4.9.1 Kolon kesitleri için plastik mafsal tanımlaması.....	96
4.9.2 Kiriş kesitleri için plastik mafsal tanımlaması.....	97
4.9.3 Perdeler için yayılı plastisite davranışının tanımlaması.....	97
4.10 Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz.....	98
4.10.1 Deprem kayıtlarının seçimi ve ölçeklendirilmesi	98
5. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRMELER	103
5.1 Kolonların Performans Düzeyleri	103
5.2 Kirişlerin Performans Düzeyleri	106
5.3 Perdelerin Performans Düzeyleri	108
5.4 Kat Yerdeğiştirme Değerleri	114
5.5 Görelî Kat Ötelemeleri Oranı	115
5.6 Kat Kesme Kuvvetleri	117
KAYNAKLAR	120
EKLER	123

KISALTMALAR

BKS	: Bina Kullanım Sınıfı
BYS	: Bina Yükseklik Sınıfı
DBYBHY	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
DD	: Deprem Düzeyi
DGT	: Dayanıma Göre Tasarım
DTS	: Deprem Tasarım Sınıfı
ETABS	: Extended Three Dimensional Analysis of Building System
GÖ	: Göçmenin Önlenmesi Performans Düzeyi
KH	: Kontrollü Hasar Performans Düzeyi
KK	: Kesintisiz Kullanım Performans Düzeyi
PEER	: Pacific Earthquake Engineering Center
PGA	: Peak Ground Acceleration
PGV	: Peak Ground Velocity
SH	: Sınırlı Hasar Performans Düzeyi
ŞDGT	: Şekil Değiştirmeye Göre Tasarım
TBDY-2018	: Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği-2018
TDTH	: Türkiye Deprem Tehlike Haritası
ZTA	: Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz
XTRACT	: Cross-Sectional X Structural Analysis of Components

SEMBOLLER

a	: Kolonda veya perde uç bölgesinde etriye kollarının veya çirozların arasındaki yatay uzaklık
A(T)	: Spektral ivme katsayısı
A_c	: Kolonun veya perde uç bölgesinin brüt enkesit alanı
A_{ch}	: Perdenin her bir perde parçasının brüt enkesit alanı
A_{ck}	: Sargı donatısının dışından dışına kalan çekirdek beton alanı
a_i	: Kesit çevresindeki düşey donatıların merkezleri arasındaki uzaklık
A_k	: Kesme alanı
A_o	: Etkin yer ivmesi katsayısı
A_s	: Boyuna donatı alanı
A_{sd}	: Bağ kirişinde çapraz donatı demetinin her birinin toplam alanı
A_{sh}	: s enine donatı aralığına karşı gelen yükseklik boyunca, kolonda veya perde uç bölgesindeki tüm etriye kollarının ve çirozların enkesit alanı değerlerinin göz önüne alınan <i>b_k</i> 'ya dik doğrultudaki izdüşümlerinin toplamı
b_k	: Birbirine dik yatay doğrultuların her biri için, kolon veya perde uç bölgesi çekirdeğinin enkesit boyutu (en dıştaki enine donatı eksenleri arasındaki uzaklık)
b_o	: Çekirdek bölgeyi sargılayan etriyelerin eksenleri arasında kalan kesit boyutu
b_w	: Kirişin gövde genişliği, perdenin gövde kalınlığı
d	: Kirişin faydalı yüksekliği
d_{fi}	: Binanın i' inci katında F _{fi} fiktif yüklerine göre hesaplanan yerdeğiştirme
d_i	: Binanın i' inci katıda azaltılmış deprem yüklerine göre hesaplanan yerdeğiştirme
D_i	: Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi' nde burulma düzensizliği olan binalar için i' inci katta ± %5 ek dış merkezliğe uygulanan büyütme katsayısı
E	: Deprem etkisi
E_c	: Beton elastisite modülü
EI_e	: Kesit etkin eğilme rijitliği
EI_o	: Kesit brüt eğilme rijitliği

E_s	: Donatı çeliği elastisite modülü
F_1	: 1.0 sn periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayısı
f_c	: Sargılı beton basınç gerilmesi
f_{cc}	: Sargılı beton dayanımı
f_{cd}	: Betonun tasarım basınç dayanımı
f_{ck}	: Betonun karakteristik silindir basınç dayanımı
f_{cm}	: Mevcut beton dayanımı
f_{co}	: Sargısız betonun basınç dayanımı
f_{ctd}	: Betonun tasarım çekme dayanımı
f_{ctm}	: Mevcut betonun çekme dayanımı
F_{fi}	: Birinci doğal titreşim periyodunun hesabında i' inci kata etkiyen fiktif yük
F_i	: Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi' nde i' inci kata etkiyen eşdeğer deprem yüğü
f_s	: Donatı çeliğindeki gerilme
F_S	: Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayısı
f_{su}	: Donatı çeliğinin kopma dayanımı
f_{sy}	: Donatı çeliğinin akma dayanımı
F_x	: X doğrultusu için elde edilen tepki kuvveti
F_z	: Z doğrultusu için elde edilen tepki kuvveti
f_{yd}	: Boyuna donatının tasarım akma dayanımı
f_{yk}	: Boyuna donatının karakteristik akma dayanımı
f_{yw}	: Çelik sargının akma dayanımı
f_{ywd}	: Enine donatının tasarım akma dayanımı
f_{ywk}	: Enine donatının karakteristik akma dayanımı
g	: Yerçekimi ivmesi (9.81 m/s ²)
G	: Bina zati ağırlığı ve ölü yüklerin toplamı
g_i	: Binanın i' inci katındaki toplam sabit yük
h	: Kolonun göz önüne alınan deprem doğrultusundaki enkesit boyutu
H_{cr}	: Kritik perde yüksekliği
h_i	: Binanın i' inci katının kat yüksekliği
H_i	: Binanın i' inci katının temel üstünden itibaren ölçülen yüksekliği (Bodrum katlarında rijit çevre perdelerinin bulunduğu binalarda i' inci katın zemin kat döşemesi üstünden itibaren ölçülen yüksekliği)
h_k	: Kiriş yüksekliği

H_N	: Binanın temel üstünden itibaren ölçülen toplam yüksekliği (Bodrum katlarında rijit çevre perdelerinin bulunduğu binalarda zemin kat döşemesi üstünden itibaren ölçülen toplam yükseklik)
h_o	: Çekirdek betonunu sargılayan etriyelerin eksenleri arasında kalan kesit boyutu
H_w	: Temel üstünden veya zemin kat döşemesinden itibaren ölçülen toplam perde yüksekliği
I	: Bina Önem Katsayısı
k_e	: Sargılama Etkinlik Katsayısı
L_p	: Plastik mafsallı boyu
ℓ_b	: TS-500'de çekme donatısı için verilen kenetlenme boyu
ℓ_n	: Kolonun kirişler arasında kalan serbest yüksekliği, kirişin kolon veya perde yüzleri arasında kalan serbest açıklığı
ℓ_w	: Perdenin veya bağ kirişli perde parçasının plandaki uzunluğu
m	: Döşeme uzun kenarının kısa kenarına oranı, ($m: \ell_\ell / \ell_s$)
M_a	: Kolonun serbest yüksekliğinin alt ucunda, kolon kesme kuvvetinin hesabında esas alınan moment
m_d	: Döşeme birim genişliğine düşen tasarım eğilme momenti
$M_{d,t}$	: Perdenin taban kesitinde yük katsayıları ile çarpılmış düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan moment
M_i	: Binanın i' inci katının kütlesi
M_n	: n' inci doğal titreşim moduna ait modal kütle
ΣM_p	: Düğüm noktasına birleşen kirişlerin moment kapasitelerinin toplamı
$M_{r,t}$	: Perdenin taban kesitinde f_{cd} ve f_{yd} 'ye göre hesaplanan taşıma gücü momenti
M_s	: Deprem yüzey dalgası büyüklüğü
M_u	: Maksimum kesit momenti
M_y	: Kesit akma momenti
n	: Hareketli yük katılım katsayısı
N	: Binanın temel üstünden itibaren toplam kat sayısı (Bodrum katlarında rijit çevre perdelerinin bulunduğu binalarda zemin kat döşemesi üstünden itibaren toplam katsayısı)
N_d	: Yük katsayıları ile çarpılmış düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan eksenel kuvvet
N_{dm}	: Düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan eksenel basınç kuvvetlerinin en büyüğü
Q	: Hareketli yük
q_i	: Binanın i'inci katındaki toplam hareketli yük
R	: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı

$R_a(T)$	: Deprem yükü azaltma katsayısı
s	: Enine donatı aralığı, spiral donatı adımı
$S(T)$	: Spektrum Katsayısı
S_1	: 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı
$S_{ae}(T)$	: Yatay elastik spektral ivme [g]
$S_{aeD}(T)$	: Düşey elastik spektral ivme [g]
$S_{aR}(T_r)$	: r' inci doğal titreşim modu için azaltılmış spektral ivme [g]
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
T	: Bina doğal titreşim periyodu [s]
T_1	: Binanın birinci doğal titreşim periyodu [s]
T_A, T_B	: Spektrum Karakteristik Periyotlar [s]
T_{AD}	: Düşey elastik tasarım ivme spektrum köşe periyodu
T_{BD}	: Düşey elastik tasarım ivme spektrum köşe periyodu
T_m, T_n	: Binanın m' inci ve n' inci doğal titreşim periyotları [s]
T_P	: Binanın hâkim doğal titreşim periyodu
T_{PA}	: Ampirik doğal titreşim periyodu
V_i	: Göz önüne alınan deprem doğrultusunda binanın i' inci katına etki eden kat kesme kuvveti
V_c	: Betonun kesme dayanımına katkısı
V_{cr}	: Kesitin kesmede çatlama dayanımı
V_d	: Yük katsayıları ile çarpılmış düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan tasarım kesme kuvveti
V_{dy}	: Kirişin herhangi bir kesitinde düşey yüklerden meydana gelen basit kiriş kesme kuvveti
V_e	: Kolon, kiriş ve perdede enine donatı hesabında esas alınan kesme kuvveti
V_r	: Kolon, kiriş veya perde kesitinin kesme dayanımı
$(V_s)_{30}$	: Üst 30 metredeki ortalama kayma dalgası hızı
V_t	: Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nde göz önüne alınan deprem doğrultusunda binaya etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü (taban kesme kuvveti)
V_{tB}	: Mod Birleştirme Yöntemi'nde, göz önüne alınan deprem doğrultusunda modlara ait katkıların birleştirilmesi ile bulunan bina toplam deprem yükü (taban kesme kuvveti)
W	: Binanın, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak bulunan toplam ağırlığı

w_i	: Binanın i' inci katının, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak hesaplanan ağırlığı
α_i	: Herhangi bir i'inci katta hesaplanan V_{is} / V_{ik} oranı
α_s	: Süneklik düzeyi yüksek perdelerin tabanında elde edilen kesme kuvvetleri toplamının, binanın tümü için tabanda meydana gelen toplam kesme kuvvetine oranı
β	: Mod Birleştirme Yöntemi ile hesaplanan büyüklüklerin alt sınırlarının belirlenmesi için kullanılan katsayı
δ_i	: Binanın i' inci katındaki etkin görelî kat ötelemesi
δ_{imax}	: Binanın i' inci katındaki maksimum etkin görelî kat ötelemesi
ϵ_c	: Beton basınç birim şekil değıştirmesi
ϵ_{cg}	: Etriye içindeki bölgenin en dış lifindeki beton basınç birim şekil değıştirmesi
ϵ_{cu}	: Sargılı betondaki maksimum basınç birim şekil değıştirmesi
ϵ_s	: Donatı çeliğı birim şekil değıştirmesi
ϵ_{su}	: Donatı çeliğinin kopma birim şekil değıştirmesi
ϵ_{sy}	: Donatı çeliğinin akma birim şekil değıştirmesi
η_{bi}	: i' inci katta tanımlanan burulma düzensizliğı Katsayısı
η_{ci}	: i' inci katta tanımlanan dayanım düzensizliğı katsayısı
η_{ki}	: i' inci katta tanımlanan rijitlik düzensizliğı katsayısı
ρ	: Kiriş mesnedinde üstteki veya alttaki çekme donatısı oranı
ρ'	: Kiriş mesnedinde üstteki veya alttaki basınç donatısı oranı
ρ_b	: Kiriş dengeli donatı oranı
ρ_s	: Kolonda spiral donatının hacimsel oranı
ρ_{sh}	: Perdede yatay gövde donatılarının hacimsel oranı
ρ_x, ρ_y	: İlgili doğrultulardaki enine donatı hacim oranı
θ_i	: i' inci katta tanımlanan ikinci mertebe gösterge değeri
θ_p	: Plastik dönme istemi
Δi	: Binanın i' inci katındaki etkin görelî kat ötelemesi
Δi_{ort}	: Binanın i' inci katındaki ortalama azaltılmış görelî kat ötelemesi
ΔF_N	: Binanın N' inci katına (tepesine) etkiyen ek eşdeğer deprem yükü
$\emptyset$	: Donatı çapı
ϕ_t	: Toplam eğrilik istemi
ϕ_y	: Eşdeğer akma eğriliğı

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Harita spektral ivme katsayıları ile en büyük yer ivmesi ve yer hızı	9
Çizelge 2.2 : Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayıları (F_s)	10
Çizelge 2.3 : 1.0 sn periyot için yerel zemin etki katsayısı (F_1)	10
Çizelge 2.4 : Bina kullanım sınıfı ve önem katsayısı	12
Çizelge 2.5 : Deprem tasarım sınıfı	12
Çizelge 2.6 : Bina yükseklik sınıfı	12
Çizelge 2.7 : Yeni yapılacak yerinde dökme betonarme binalar ($BYS \geq 2$)	14
Çizelge 2.8 : TBDY-2018' e göre düzensizlik durumları	14
Çizelge 2.9 : Taşıyıcı sistem davranış katsayısı ve dayanım fazlalığı katsayısı	19
Çizelge 3.1 : Yapı için deprem hesap parametreleri	32
Çizelge 3.2 : Döşeme kalınlıkları tayini	33
Çizelge 3.3 : Kolon enkesit boyutları	34
Çizelge 3.4 : Hareketli yük kütle katılım katsayısı	38
Çizelge 3.5 : Etkin kesit rijitliği çarpanları	38
Çizelge 3.6 : Deprem yüklerinin ve düşey yüklerin birleştirilmesi	41
Çizelge 3.7 : Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabileceği binalar	41
Çizelge 3.8 : Fiktif yük altında yapıya ait X ve Y yönlerindeki periyot değerleri	43
Çizelge 3.9 : Taban Kesme Kuvveti Hesabına Esas Olacak Sınır Periyot Değeri	44
Çizelge 3.10 : Azaltılmış ivme spektrumu tayini için gerekli parametreler	44
Çizelge 3.11 : Yatay elastik tasarım spektral ivme ifadeleri ve periyot aralıkları	44
Çizelge 3.12 : X ve Y yönünde toplam eşdeğer deprem yükü kuvvetleri	46
Çizelge 3.13 : X ve Y yönü için bodrum eşdeğer deprem yükü değerleri	47
Çizelge 3.14 : X yönü için hesaplanan eşdeğer deprem kuvvetleri ($R=7$)	48
Çizelge 3.15 : Y yönü için hesaplanan eşdeğer deprem kuvvetleri ($R=7$)	48
Çizelge 3.16 : Depremden dolayı perde tabanlarında oluşan devrilme momentleri toplamı	49
Çizelge 3.17 : P1, P2 ve P3 perde devrilme momentleri ve toplam değere oranları .	49
Çizelge 3.18 : Perde ve tüm bina tabanlarında oluşan toplam devrilme momentleri	50
Çizelge 3.19 : X yönü için hesaplanan eşdeğer deprem kuvvetleri ($R=5.6$)	50
Çizelge 3.20 : Y yönü için hesaplanan eşdeğer deprem kuvvetleri ($R=5.6$)	50
Çizelge 3.21 : X ve Y yönünde en büyük görelî kat ötelemeleri kontrolü	53
Çizelge 3.22 : X yönü ikinci mertebe etkileri kontrolü	55
Çizelge 3.23 : Y yönü ikinci mertebe etkileri kontrolü	55
Çizelge 3.24 : X yönü burulma düzensizliği kontrolü	56
Çizelge 3.25 : Y yönü burulma düzensizliği kontrolü	56
Çizelge 3.26 : X yönünde artırılan dışmerkezlilik için hesaplanan eşdeğer deprem kuvvetleri	57
Çizelge 3.27 : Y yönünde artırılan dışmerkezlilik için hesaplanan eşdeğer deprem kuvvetleri	57
Çizelge 3.28 : X ve Y yönleri için A3 türü düzensizlik kontrolü	58

Çizelge 3.29 : X yönü B2 düzensizlik kontrolü.....	59
Çizelge 3.30 : Y yönü B2 düzensizlik kontrolü.....	61
Çizelge 3.31 : Bina kütle katılım oranları.....	64
Çizelge 3.32 : Eşdeğer deprem yükü ve mod birleştirme yöntemleri deprem yükleri	69
Çizelge 3.33 : Azaltılmış iç kuvvetlerin eşdeğer taban kesme kuvvetine göre büyütülmesi	70
Çizelge 3.34 : Kolon boyutları ve donatı detayları.....	72
Çizelge 4.1 : Beklenen malzeme dayanımları	76
Çizelge 4.2 : Donatı çeliklerine ait bilgiler.....	78
Çizelge 4.3 : Kolon enkesit özellikleri	83
Çizelge 4.4 : Bodrum kat kolon plastik dönme parametreleri	87
Çizelge 4.5 : Tiç kiriş enkesit özellikleri	89
Çizelge 4.6 : Tkenar kiriş enkesit özellikleri	89
Çizelge 4.7 : Liç kiriş enkesit özellikleri	90
Çizelge 4.8 : Lkenar kiriş enkesit özellikleri	90
Çizelge 4.9 : Lkenar_Tipli kiriş için moment-eğrilik değerleri	92
Çizelge 4.10 : Tkenar kiriş plastik dönme parametreleri.....	94
Çizelge 4.11 : Deprem kayıtları parametreleri	100
Çizelge 5.1 : X Yönü kolon performansının değerlendirilmesi.....	104
Çizelge 5.2 : Y Yönü kolon performansının değerlendirilmesi.....	104
Çizelge 5.3 : C2 Kolonu plastik dönme değerleri.....	105
Çizelge 5.4 : X Yönündeki kiriş performansının değerlendirilmesi.....	107
Çizelge 5.5 : Y Yönü kiriş performansının değerlendirilmesi.....	107
Çizelge 5.6 : B31 Kirişi plastik dönme değerleri	108
Çizelge 5.7 : P1 Perdesi donatı çeliği birim şekildeğiştirmeleri.....	111
Çizelge 5.8 : P1 Perdesi sargılı beton birim şekildeğiştirmeleri.....	113

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Türkiye deprem tehlike haritası.....	9
Şekil 2.2 : Yatay elastik tasarım ivme spektrumu (TBDY-2018)	11
Şekil 2.3 : Bina performans düzeyleri (Kutlu Darılmaz / TMMOB eğitimleri 2017).....	13
Şekil 2.4 : Burulma düzensizliği bulunan yapı [17]	14
Şekil 2.5 : Burulma düzensizliği (TBDY-2018).....	15
Şekil 2.6 : Planda çıkıntı bulunan yapı [17]	16
Şekil 2.7 : Planda çıkıntı durumu (TBDY-2018).....	17
Şekil 2.8 : Deprem yükü azaltma Katsayısı-Periyot İlişkisi	20
Şekil 2.9 : Doğrusal olmayan davranış modelleri [2].....	23
Şekil 3.1 : Bodrum kat kalıp planı	29
Şekil 3.2 : Zemin, 1. ve 2. kat kalıp planı.....	30
Şekil 3.3 : 3., 4., 5., 6., 7. ve 8. Kat kalıp planı	31
Şekil 3.4 : P1, P2 ve P3 Perdeleri enkesitleri	36
Şekil 3.5 : Nümerik modelin 3D ve plan görüntüleri	39
Şekil 3.6 : Nümerik modelin çeşitli açılardan görüntüleri.....	40
Şekil 3.7 : Yatay elastik tasarım spektrumu	45
Şekil 3.8 : Azaltılmış elastik tasarım spektrumu	45
Şekil 3.9 : Ek dışmerkezlik etkime noktaları [30]	47
Şekil 3.10 : Bina 1. mod şekli.....	65
Şekil 3.11 : Bina 2. mod şekli.....	66
Şekil 3.12 : Bina 3. mod şekli.....	67
Şekil 3.13 : Bina 4. mod şekli.....	68
Şekil 3.14 : 4-4 Aksı kiriş donatı detayı	71
Şekil 3.15 : P1, P2 ve P3 Perde detayları	73
Şekil 4.1 : Kesit hasar bölgeleri (TBDY-2018).....	74
Şekil 4.2 : Sargılı ve sargısız beton gerilme-şekildeğiştirme grafiği (TBDY-2018).	76
Şekil 4.3 : Donatı çeliği için gerilme-şekildeğiştirme grafiği (TBDY-2018).....	78
Şekil 4.4 : Moment-Eğrilik ilişkisi	80
Şekil 4.5 : Kolon enkesitleri	83
Şekil 4.6 : Kolon enkesiti (70x70)cm XTRACT	84
Şekil 4.7 : Kolon sargısız ve sargılı beton modelleri (70x70)cm XTRACT	84
Şekil 4.8 : Donatı çeliği modeli (kolon) XTRACT	85
Şekil 4.9 : Zemin kat 70x70 kolon moment eğrilik ilişkisi	86
Şekil 4.10 : Tipik kiriş enkesitleri	88
Şekil 4.11 : XTRACT Tkenar_Tip1 kiriş enkesiti	91
Şekil 4.12 : Kiriş sargısız ve sargılı beton modelleri (Tkenar_Tip1) XTRACT	91
Şekil 4.13 : Lkenar_Tip1 kiriş pozitif moment-eğrilik ilişkisi.....	92
Şekil 4.14 : Lkenar_Tip1 kiriş negatif moment-eğrilik ilişkisi	92
Şekil 4.15 : Perde gövde bölgesinin tanımlanması.....	95
Şekil 4.16 : Perde başlık bölgesinin tanımlanması	95

Şekil 4.17 : Örnek bir kolon için plastik mafsalları tanımlaması	96
Şekil 4.18 : Tkenar_Tip1 kesiti için plastik mafsalları tanımlaması.....	97
Şekil 4.19 : Deprem kayıtları spektrumları ve hedef spektrum	99
Şekil 4.20 : Deprem ivme kayıtları için en büyük yer hızı değerleri.....	101
Şekil 4.21 : Deprem ivme kayıtları için en büyük yer ivmesi değerleri.....	102
Şekil 5.1 : C2 Kolonu plastik dönme değerleri	106
Şekil 5.2 : B31 Kirişi plastik dönme değerleri	108
Şekil 5.3 : P1 Perdesi donatı çeliği birim şekildeğiştirmeleri.....	110
Şekil 5.4 : P1 Perdesi sargılı beton birim şekildeğiştirmeleri.....	112
Şekil 5.5 : ZTA sonucu elde edilen X ve Y yönü kat yerdeğiştirmeleri.....	114
Şekil 5.6 : ZTA ile mod birleştirme yöntemlerinin yerdeğiştirmeler açısından kıyaslanması.....	115
Şekil 5.7 : ZTA ile elde edilen X ve Y yönü göreli kat öteleme oranları.....	116
Şekil 5.8 : ZTA ile mod birleştirme yöntemlerinin göreli kat ötelemeleri açısından kıyaslanması.....	117
Şekil 5.9 : ZTA sonucunda elde edilen X ve Y yönü kat kesme kuvvetleri.....	118
Şekil 5.10 : ZTA ile mod birleştirme yöntemlerinin kat kesme kuvvetleri açısından kıyaslanması.....	119

TBDY-2018' E GÖRE TASARLANMIŞ PLANDA A1 VE A3 DÜZENSİZLİĞİ BULUNAN BETONARME BİR BİNANIN PERFORMANS ANALİZİ

ÖZET

Deprem, tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de insanlığı tehdit eden bir doğa olayıdır. Gelişen teknoloji ile birlikte bu afete karşı önlemler alınmaya çalışılsa da can güvenliğini sağlamak adına depreme karşı dayanıklı yapı tasarlamak büyük önem arz etmektedir. Bu bağlamda, depreme dayanıklı bina tasarımının gerçekleştirilmesi ile ilgili belirli kuralların ve uygulama esaslarının yer aldığı deprem yönetmelikleri oluşturulmuştur. Tez çalışması kapsamında, 1 Ocak 2019 tarihi itibarıyla ülkemizde yürürlüğe giren Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği-2018 (TBDY-2018) esas alınmıştır.

Bina tasarımında genel anlamda doğrusal-elastik hesaba dayalı dayanıma göre tasarım prensipleri kullanılmaktadır. Buna karşın, binaların gerçek davranışını yansıtan ve doğrusal olmayan analiz yöntemlerinin kullanıldığı şekilde değiştirmeye göre tasarım, binaların deprem yükleri altında performans seviyelerini belirlemek adına önem arz etmektedir. TBDY-2018'de deprem yer hareketi etkisi altındaki gerçek bina davranışının tahmin edilmesini gerektiren yüksek binalar, sismik izolasyonlu binalar gibi önemli binaların tasarımı ve mevcut binalarda şekilde değiştirmeye göre tasarım zorunlu kılınmıştır. Bu tür binalarda dayanıma göre tasarım bir ön tasarım yöntemi olarak benimsenmiştir. Bu kapsamda, söz konusu tez çalışmasında, TBDY-2018 esasları uyarınca dayanıma göre tasarımı yapılmış, bünyesinde A1-burulma düzensizliği ve A3-planda çıkıntı düzensizliği bulunduran, taşıyıcı sistemi boşluksuz perde ve çerçevelerden oluşan 10 katlı betonarme bir binanın performans değerlendirilmesi yapılarak şekil değiştirmeye göre tasarımı tamamlanmıştır.

Tez çalışmasında, ilk olarak dayanıma göre tasarım kapsamında, binanın doğrusal-elastik davranışını esas alan üç boyutlu (3D) nümerik modeli ETABS programında oluşturulmuştur. Kolon ve kirişler çubuk eleman, perde ve döşemeler ise kabuk eleman olarak modellenmiştir. Doğrusal-elastik analizde kullanılan etkin kesit rijitlik çarpanları ilgili kesitlere atanmıştır. TS498'de belirtilen yük kabullerine göre döşeme ve kirişlere yük ataması yapılmıştır. Binanın kat kütleleri programa hesaplatılarak serbest titreşim analizi (modal analiz) gerçekleştirilmiş; binanın X, Y ve burulma doğrultularındaki hâkim titreşim periyotları, mod şekilleri ve kütle katılım oranları belirlenmiştir. TBDY-2018'de tanımlı olan elastik ivme spektrumu ve kat kütleleri ile birlikte ek dışmerkezlik etkileri de dikkate alınarak eşdeğer deprem yükü yöntemi uygulanmıştır. Dışmerkezlik etkileri ile X ve Y doğrultularındaki deprem yer hareketlerinin yönleri dikkate alınarak sekiz farklı kombinasyon oluşturulup düzensizlik, göreceli kat ötelemeleri, ikinci mertebe etkileri ve devrilme momenti kontrolleri yapılmıştır. Binada A1 burulma düzensizliği ve A3 planda çıkıntı bulunması düzensizliklerinin yer aldığı tespit edilmiştir. Devrilme momenti kontrollerinin sağlanamaması üzerine yapı davranış katsayısında (R) düzeltme yapılmıştır. Burulma düzensizliği katsayısı oranında dışmerkezlik etkileri artırılmış ve eşdeğer deprem yükü yöntemi binaya tekrar uygulanmıştır. Yalnızca düşey yüklerin

bulunduğu tasarım kombinasyonu ile birlikte depremin X ve Y bileşenlerinin aynı anda etkimesi durumlarını gözönüne alacak şekilde oluşturulan toplamda 65 yük kombinasyonu için en olumsuz durumu veren yükleme değerine göre kolon, kiriş ve perde elemanların boyut ve donatı miktarları belirlenmiştir. Binanın serbest titreşim modlarının kütle katılım oranlarının X, Y ve burulma doğrultularında yeterli katılımı sağlayamadığından dolayı binaya ayrıca mod birleştirme yöntemi de uygulanmıştır. Mod birleştirme yöntemi ile de yük kombinasyonları oluşturulup tasarım gerçekleştirilmiş ve dayanıma göre tasarım sonlandırılmıştır.

Şekildeğiştirmeye göre tasarım kapsamında, binanın doğrusal olmayan davranışı esas alan nümerik modeli yine ETABS programıyla oluşturulmuştur. Malzeme açısından doğrusal olmama durumunu dikkate alabilmek adına kiriş ve kolonlarda yığılı plastisite; perdelerde ise yayılı plastisite kullanılmıştır. Kirişlerin uçlarına M3 eğilme mafsallı, kolonlara iki eksenli eğilme ve normal kuvvet etkileşimini dikkate alabilen P-M2-M3 mafsallı, perdelerde ise kritik perde yüksekliği boyunca bünyesinde doğrusal olmayan beton ve donatı çeliği gerilme-şekildeğiştirme bağıntılarının tanımlanabildiği kesit hücreleri atanmıştır. Kolon ve kiriş kesitlerinin moment-eğrilik ilişkilerinin oluşturulması için XTRACT programından faydalanılmıştır. Moment-eğrilik ilişkileri iki doğrulu olarak idealleştirilerek doğrusal olmayan analize esas olacak etkin kesit rijitlikleri ile göçme öncesi (GÖ) ve kontrollü hasar (KH) performans sınırları için plastik dönme değerleri hesaplanmıştır. Kolonlarda moment-eğrilik ilişkileri oluşturulurken dikkate alınacak eksenel yük doğrusal olmayan düşey yük analiziyle belirlenmiştir. Perde elemanlarında kullanılan kesit hücrelerine atanan parabolik pekleşen donatı ve Mander sargılı-sargısız beton modelleri TBDY-2018'den alınmıştır. X ve Y yönünde kütle katılım oranlarının düşük olması sebebiyle binaya sabit tek modlu itme analizi yöntemi uygulanmamış; Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz (ZTA) yöntemi uygulanmıştır. Analizde kullanılacak yatay deprem ivme kayıtları, tasarıma esas deprem yer hareketi düzeyine uygun deprem büyüklüğü, kaynak mekanizması, yerel zemin grubu ve faya olan mesafelere göre Pacific Earthquake Engineering Research Center (PEER) veritabanında bulunan gerçek deprem ivme kayıtlarından seçilmiştir. TBDY-2018'de yer alan basit ölçeklendirme yöntemi PEER veritabanı tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, on bir deprem ivme kayıt takımının bileşenlerinin elastik ivme spektrum ordinatlarının karelerinin toplamının karekökü alındıktan sonra ortalamalarından oluşan spektrumdaki ivme değerlerinin, tasarıma esas elastik spektrum ivme ordinatlarının 1.3 katından büyük olması esas alınmıştır. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizin başlangıç adımı olarak doğrusal olmayan düşey yük analizi tanımlanmıştır. Bu analiz sonucu oluşan deformasyon ve rijitlik durumları esas alınarak yer hareketinin her iki bileşeni aynı anda binaya belirlenen ölçek katsayısı ile çarpılarak etki ettirilmiştir. Analizlerde Rayleigh sönümü kullanılmış olup sınır periyotlar için belirli yaklaşımlar yapılmıştır. Sonuç olarak, on bir adet yer hareket çifti, doğrultuları değiştirilerek binaya etki ettirilmiş, toplamda 22 adet zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yapılmıştır.

Yeni yapılacak binanın deprem yer hareketi karşısında performansını belirlemek adına, ZTA'dan elde edilen istem büyüklüklerinin zaman serisi sonuçlarının en büyük değerlerinin ortalamaları dikkate alınmıştır. Bazı istem değerleri için, doğrusal olmayan analiz için hesaplanan bu değerler ile mod birleştirme yöntemi ile hesaplanan değerler karşılaştırılmıştır.

Hesaplamalar sonucunda, TBDY-2018 uyarınca Dayanıma Göre Tasarımda belli oranda hasar oluşumuna izin verilmiş olsa da A1 ve A3 türü düzensizliğe rağmen

kolon ve kiriş olarak çalışan elemanların yaklaşık %85' i Sınırlı Hasar Bölgesi' nde kalmıştır. Perde elemanlarda plastikleşmenin zemin kat düzeyinde sınırlı kaldığı ve şekildeğiştirmelerin bütün depremler için yönetmelik hasar sınır değerinin altında kaldığı belirlenmiştir.

Mod Birleştirme yöntemi ile bulunan sonuçlar karşılaştırıldığında, tepe yerdeğiştirmelerinin doğrusal olmayan analizde her iki yönde de ortalama %70 oranında daha fazla çıktığı, görelî kat ötelemeleri değerlerinin iki yöntem için de yönetmelik sınır değerleri altında kaldığı, taban kat kesme kuvvetlerinin doğrusal olmayan analiz sonuçlarında yaklaşık 3 katı kadar fazla olduğu gözlemlenmiştir.

Bütün olarak bakıldığında, TBDY-2018 esaslarına göre tasarlanan söz konusu binanın tasarım deprem yer hareketi olan DD-2 altında Kontrollü Hasar performans düzeyinde olduğu, ancak Belirgin Hasar Bölgesi' ne geçen çok az sayıda elemanın bulunması nedeniyle oldukça güvenli tarafta kalan bir performans sergilediği söylenebilir. Özellikle perdelerin sınırlı hasar performans seviyesinde kaldığı düşünüldüğünde perde tasarımında daha düşük donatı oranlarının kullanılabilmesine olanak doğmaktadır.

Anahtar kelimeler: Burulma düzensizliği, Planda çıkıntı bulunması, Performans analizi, Doğrusal olmayan analiz, TBDY-2018

PERFORMANCE EVALUATION OF A RC BUILDING WITH A1 AND A3 PLAN IRREGULARITIES DESIGNED ACCORDING TO TBDY-2018

SUMMARY

Earthquake is a natural event that threatens humanity in our country as well as all over the world. Although precautions are being taken against this disaster with the developing technology, it is important to design an earthquake-resistant structure to ensure life safety. In this context, earthquake regulations have been established, including specific rules and guidelines for the implementation principles of earthquake-resistant building design. Within the scope of the thesis, the Turkish Building Earthquake Code-2018 (TBEC-2018), which entered into force in our country as of January 1, 2019, was taken as a basis.

In general, strength-based design principles built on linear-elastic analysis are used in building design. On the other hand, deformation-based design, which reflects the real behavior of the buildings and where nonlinear analysis methods are used, is important in order to determine the performance levels of the buildings under seismic loads. In TBEC-2018, deformation-based design has been made mandatory for important buildings such as high-rise buildings, seismic isolated buildings, which require the estimation of the actual building behavior under earthquake ground motion. In such buildings, strength-based design has been adopted as a preliminary design method. Within this scope, in the thesis study, performance evaluation of a 10-storey reinforced concrete building consisting of shear walls and frames with A1-torsion irregularity and A3-re-entrant corner irregularity designed in accordance with strength-based design principles of TBEC-2018 is done. Therefore, deformation-based design is completed.

In the thesis study, first of all, within the scope of strength-based design, a three-dimensional (3D) numerical model rely on the linear-elastic behavior of the building was created in the ETABS program. Columns and beams are modeled as frame elements, shear walls and floors are modeled as shell elements. The effective section stiffness factors used in the linear-elastic analysis are assigned to the related sections. According to the load acceptance criteria specified in TS498, loads were assigned to the floors and beams. Free vibration analysis (modal analysis) of building was performed by considering the floor masses calculated by the program. The dominant vibration periods, mode shapes and mass participation ratios in the X, Y and torsional directions of the building were determined. Equivalent earthquake load method was applied, taking into account the elastic acceleration spectrum and storey masses defined in TBEC-2018, as well as additional eccentricity effects. Eight different combinations were created by taking into account the eccentricity effects and the directions of earthquake ground motions in the X and Y directions, and controls for irregularity, storey drifts, second order effects and overturning moment were made. It has been determined that there are A1 torsional irregularities and A3 re-entrant corner irregularities in the plan. Since the overturning moment controls could not be achieved, the building behavior coefficient (R) was corrected. The eccentricity effects were

increased by the ratio of the torsional irregularity coefficient and the equivalent earthquake load method was applied to the building again. Considering the simultaneous effect of the X and Y components of the earthquake, the dimensions and reinforcement ratio of columns, beams and shear walls were determined according to the most unfavorable situations arising from a total of 65 load combinations including the design combination of vertical loads only. Since the mass participation ratios of the free vibration modes of the building could not provide sufficient participation in the X, Y and torsional directions, the mode superposition method was also applied to the building. The design was carried out with also by load combinations created for mode superposition method and strength-based design was finalized.

Within the scope of deformation-based design, the numerical model rely on the non-linear behavior of the building was created with the ETABS program. In order to take into account the material nonlinearity, the concentrated plasticity model in beams and columns, while, distributed plasticity model was used in shear walls. M3 moment hinge are assigned to the ends of the beams, the P-M2-M3 hinge which can take into account the biaxial bending and normal force interaction was assigned to columns, and fibers in which nonlinear concrete and reinforcing steel stress-strain relations can be defined, were assigned to shear walls along the critical wall height. XTRACT program is used to create moment-curvature relations of column and beam sections. By idealizing the moment-curvature relations as bi-linear, the plastic rotation values were calculated for the effective section stiffnesses and the Collapse Prevention (CP) and Life Safety (LS) performance limits, which will be the basis for the non-linear analysis. The axial load to be considered when creating the moment-curvature relations in columns is determined by nonlinear vertical load analysis. Parabolic hardening reinforcement steel and Mander confined-unconfined concrete models assigned to the fibers used in the shear walls elements are taken from TBEC-2018. Due to the low mass participation ratios in the X and Y directions, the single-mode pushover analysis method was not applied to the building; Nonlinear Time History Analysis (NTHA) method was applied. The horizontal earthquake acceleration records to be used in the analysis corresponding to the design earthquake ground motion level were selected from the real earthquake records in the Pacific Earthquake Engineering Research Center (PEER) database, according to the earthquake magnitude, the source mechanism, local site class and the distance to the fault that. The simple scaling method in TBEC-2018 was performed by the PEER database. In this context, earthquake selection was done by the following rule: the average elastic spectrum calculated from the 11 acceleration spectrum ordinates after taking the square root of the sum of the squares of X and Y components of each earthquake pair should be greater than 1.3 times of the design basis elastic spectrum acceleration ordinates. Nonlinear vertical load analysis is defined as the initial step of nonlinear time history analysis. Based on the deformation and stiffness conditions resulting from this analysis, both components of the ground motion were simultaneously applied to the building by using pre-determined scale factor. As a result, eleven ground motion acceleration pairs were affected on the building by changing their directions, and 22 nonlinear time history analysis was performed in total.

In order to determine the performance of the new building under earthquake ground motion, the averages of the largest values of the time series results of demand parameters obtained from the NTHA were taken into account. For some demand parameters, the values calculated from NTHA analysis were compared with the results obtained from the mode superposition method. As a result of the calculations, although

a certain amount of damage was allowed in the strength-based design in accordance with TBEC-2018, approximately 85% of the elements working as columns and beams remained in the Limited Damage Zone despite the A1 and A3 type irregularities. It has been determined that the plasticization of the shear wall elements is limited at the ground floor level and the deformations are below the damage limit value of the regulation for all earthquakes.

Compared to the results obtained by the Mode Combination Method, it was observed that the peak displacements are increased by 70% on average in both directions in the nonlinear analysis, the relative storey drift values are below the regulation limit values for both methods, and the nonlinear analysis results of the base story shear forces are approximately 3 times higher.

As a whole, it can be said that the building was designed according to the TBEC-2018 guidelines, and that it was at the level of controlled damage performance under the design earthquake ground level DD-2, but it has a very safe performance due to the fact that there are very few elements in the significant damage zone. Especially considering that the shear walls remain at a limited damage performance level, it becomes possible to use lower reinforcement ratios in the design of the shear wall.

Keywords: Torsional irregularity, Projections in plan irregularity, Performance analysis, Nonlinear analysis, TBDY-2018

1. GİRİŞ

Ülkemiz, aktif fay hatlarının bulunduğu deprem kuşağında yer almaktadır. Söz konusu hatların hareketlenmeleri ile oluşan deprem olgusu insan yaşamını tehdit eden yıkıcı bir doğa olayıdır. Deprem yer kabuğunu titreştirerek üzerinde mesnetlenen her türlü yapıyı yerdeğiştirmeye zorlar ve bu durum dinamik etkilere neden olur. Deprem yarattığı asıl tehlike ise zamana bağlı bu etkiler ile yapının alışılmış yükler üzerinde zorlanarak tasarımında ve yapımında gerçekleşen kusurları ortaya çıkarması olmaktadır. Yer hareketinin doğal bir afet sayılmasında, her ne kadar deprem sorunun kaynağı olarak görülse de asıl sorun binanın deprem karşısındaki davranışının doğru tahmin edilememesi olmaktadır.

İnsan hayatı için depreme dayanıklı yapı tasarımının gerektiği gibi yapılması büyük önem taşımaktadır. Yer hareketi altında bütün yapıların elastik bölgede kalarak hasar görmeden davranış sergilemesi ekonomik olarak mümkün değildir. Depreme dayanıklı, uygulanabilir ve ekonomik bir çözüm ancak sınırları belirlenmiş hasarlara izin verilmesi ile gerçekleşir. Bu bakımdan yapının ömrü boyunca etkileneceği en büyük depremde dahi can güvenliğini sağlayarak ayakta kalması beklenir. Tüm bunları göz önüne almak, sınırları çizmek ve kuralları belirlemek için yönetmelikler oluşturulmuştur.

Bina tasarımında esas alınan deprem yönetmeliklerinin ana ilkesi; hafif büyüklükteki depremlerde yapılarda herhangi bir hasar oluşmaması, orta büyüklükteki depremlerde yapıda ve yapı elemanlarında oluşan hasarın sınırlı ve onarılabilir düzeyde olması, büyük depremlerde ise can güvenliği sınırının sağlanması koşulu ile kalıcı hasarlara izin verilmesi olarak belirlenmiştir.

Özetle, depreme dayanıklı yapı tasarımı için, yapının ömrü boyunca karşılayacağı yüklere karşı yeterli dayanım, yeterli rijitlik ve yeterli süneklik gösterecek şekilde uygun bir taşıyıcı sistem seçilerek boyutlandırılması; yönetmeliklerde öngörülen dayanım ve yer değiştirme koşullarının sağlanmış olması gerekmektedir.

1.1 Tezin Amacı

Depreme dayanıklı yapı tasarımı ilkeleri gereğince bir bina kullanım ömrü boyunca üzerine etkiyecek yükleri belirli güvenlik düzeyinde karşılamalıdır. Yani bina; yeterli dayanım, yeterli rijitlik ve yeterli sünekliğin yanı sıra yeterli kararlılık, yeterli sönüm ve yeterli uyuma sahip olmalıdır. Bu ilkeler doğrultusunda bu tezde, TBDY-2018 kriterleri uyarınca dayanıma göre tasarımı yapılan, bünyesinde A1 ve A3 düzensizliklerini bulunduran yeni bir binanın eleman bazında ve bina ölçeğinde performansının belirlenmesi amaçlanmaktadır.

1.2 Tezin Önemi

Deprem etkisi altında kalacak olan binalarda düzensizlik olması istenmeyen bir durumdur. Gerek binanın inşa edileceği arazinin şekli ve mimari proje gereksinimleri gerekse yapı tasarımcısının yetkin olmaması gibi sebeplerden dolayı söz konusu zayıflıklar binalarda bulunabilmektedir. Bu doğrultuda, bina tasarlanırken kütle ve rijitlik merkezlerinin çakışmaması sonucu oluşan Burulma Düzensizliği (A1) ve genelde arazinin şekli ve mimari kısıtlamalardan dolayı planda büyük girinti ve çıkıntıların bir arada bulunmasıyla oluşan Planda Çıkıntı Bulunması (A3) düzensizliklerinin aynı anda yer aldığı çok katlı bir betonarme binanın dayanım ve şekildeğiştirmeye göre tasarımının gerçekleştirilmesi bu tür zafiyetleri bulunan binaların deprem etkilerine karşı davranışının anlaşılması açısından önem arz etmektedir.

1.3 Tezin Kapsamı

1 Ocak 2019 tarihi itibarı ile yürürlüğe girmiş olan Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği-2018 (TBDY-2018) uyarınca sismik izolasyonlu binalar, yüksek binalar vb. gibi önemli yapılarda ve mevcut binaların değerlendirilmesinde, şekildeğiştirmeye göre değerlendirme ve tasarım yaklaşımı zorunlu kılınmıştır. Ancak bu tür yapıların ön tasarımı yine dayanıma göre tasarımla gerçekleştirilmektedir. Bu çalışma kapsamında, TBDY 2018 kuralları gereğince dayanıma göre tasarlanmış A1 ve A3 düzensizliklerinin bir arada bulunduğu 10 katlı taşıyıcı sistemi boşluksuz perde ve çerçevelerden oluşan betonarme bir binanın Şekil Değiştirmeye Göre Tasarımı (ŞDGT) gerçekleştirilmiştir. Her iki tasarım yönteminin gerektirdiği analiz

parametreleri ve hesap adımları belirlenmiş ve şekildeğiştirmeye göre tasarım kapsamında performans analizi sonuçları değerlendirilerek çalışma tamamlanmıştır.

1.4 Tezin Organizasyonu

Tez çalışması 5 bölümden oluşmaktadır.

- ❖ 1. Bölüm’ de tez konusu doğrultusunda genel bilgiler verilmiş, tezin amacı, önemi ve kapsamına değinilmiştir. Ayrıca, literatürde yer alan tez konusuyla ilgili çalışmaların özetlerinden bahsedilmiştir.
- ❖ 2. Bölüm’ de Dayanıma Göre Tasarıma ilişkin kuralların neler olacağına dair deprem yönetmeliği esasları sunulmuştur.
- ❖ 3. Bölüm’ de tezde konu edilen binaya dair bilgiler verilip ETABS yazılımı kullanılarak analiz modelinin oluşturulması anlatılmıştır.
- ❖ 4. Bölüm’ de doğrusal olmayan davranış esas alınarak gerçekleştirilecek olan performans analizi için gerekli olan parametrelerin belirlenmesi ve belirlenen bu değerler ile yapılacak analiz süreci paylaşılmıştır.
- ❖ 5. Bölüm’ de binanın şekil değiştirmeye göre tasarımı kapsamında elde edilen sonuçlar ve değerlendirmeler sunulmuştur.

1.5 Literatür Araştırması

Kefeli (2019); planda düzensizlik bulunan binaların TBDY-2018 esaslarına göre tek modlu itme analizi ve zaman tanım alanında hesap yöntemi ile performans değerlendirmesini yapmıştır. Bina hâkim modunun 0.70 ve üzerinde katılım göstermesi durumunda her iki hesap yöntemi için tepe yer değiştirmesi ve kesit hasar bölgesi değerlerinin paralellik gösterdiğini bulmuştur. Burulma düzensizliği, giriş süreksizliği gibi düzensizliklerin varlığında bina performans düzeylerinin olumsuz yönde etkilendiği ifade etmiştir. Ayrıca, tez kapsamında TBDY-2018’e göre yapılan performans değerlendirilmesi ile daha önce Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik-2007 (DBYBHY-2007) esaslarına göre performans analizi yapılan çalışmalar kıyaslanmış, kesit hasarlarının daha ileri düzeyde olduğu gözlemlenmiş ve TBDY-2018 yönetmeliğinin daha hassas ve daha güvenli hesap yaptığı savunulmuştur [1].

Deierlein ve diğerkleri (2010) doğrusal olmayan analiz esaslarını incelemiş ve rehber halinde sunmuşlardır. Yayılı ve yığılı plastisite yaklaşımları açıklanarak bu yaklaşımlara ait modelleme tekniklerinden bahsedilmiştir [2].

İbiş (2021) yeni yapılacak betonarme bir binanın TBDY-2018' e göre tasarımı ve deprem karşısındaki performansını incelemiştir. Burulma düzensizliğinin hesapla belirlendiğı binanın, kolon ve perde kesitlerinde herhangi bir hasarın oluşmadığı ancak bazı kiriş kesitlerinin belirgin hasar bölgesine geçtiğini gözlemlemiştir. Sonuç olarak, binanın performans düzeyinde belirleyici etkenin düzgün tasarlanan düşey taşıyıcı elemanlar yerine kirişler olduğunu belirtmiştir [3].

Balta (2020) burulma düzensizliğini dikkate alarak betonarme yapıların doğrusal olmayan davranışlarını incelemiştir. TBDY-2018' e göre zaman tanım alanında hesap yönteminin kullanıldığı çalışmada uygun olmayan rijitlik dağılımı sonucu oluşan burulma düzensizliğinin, binanın deprem karşısındaki performansını olumsuz yönde etkilediğini belirtmiştir. Binada oluşan kat kesme kuvvetinin ve yer değiştirme değerlerinin düzenli binalara göre daha fazla olduğu görüşünü savunmuştur [4].

Momen ve diğerkleri (2016) L şeklinde planda düzensizliği bulunan çok katlı binaların deprem performansına olan etkilerini incelemiştir. Çalışmada, taşıyıcı sistemi düzenli olarak teşkil edilmiş referans bina ile karşılaştırdıkları düzensiz binada oluşan tepe yer değiştirmelerinin %135 kadar arttığı gözlenmiştir. Yapıdaki burulma düzensizliğinin deprem etkisi altında daha fazla kesme kuvveti ve devrilme momenti oluşmasına yol açtığı belirtilmiştir [5].

Kürkçü (2019) TBDY-2018' e göre betonarme bir yapının performans analizini gerçekleştirmiştir. Çalışmada Dayanıma Göre Tasarım (DGT) esaslarınca tasarlanan yapıda perdelerin, yapıdaki toplam devrilme momentinin neredeyse %50'sini, toplam kesme kuvvetinin ise yaklaşık %73' ünü karşıladığı belirlenmiştir. 22 adet deprem kaydı ile yapılan zaman tanım alanında analiz sonuçlarına göre kolonlarda plastikleşme olmadığı, ileri hasar bölgesine geçen 2 adet kiriş dışında bütün kirişlerin sınırlı hasar bölgesi ve belirgin hasar bölgesinde kaldığı gözlenmiştir. Ayrıca U şeklinde 2 adet perdede boyuna donatıların kritik perde yüksekliği boyunca akma gerilmelerine ulaştığı, perde kesitlerinin ise belirgin hasar bölgesinde kaldığı belirtilmiştir [6].

Tekdemir (2020) betonarme binaların deprem performanslarını TBDY-2018'e göre değerlendirmiştir. Farklı taşıyıcı sistem özelliklerine sahip binaların doğrusal ve doğrusal olmayan analiz sonuçlarını kıyaslamıştır. Çalışmada, dört katlı betonarme bir binada eşdeğer deprem yükü sonucu bulunan görelî kat ötelemelerinin mod birleştirme sonucu bulunan değerlere göre fazla olduğu saptanmıştır. Beş katlı farklı uzunluklarda konsol çıkmalarına sahip 4 binanın spektrum analizleri sonucu, konsol boyu arttıkça yapının periyot ve kat ötelemesi değerlerinin arttığı gözlenmiştir. Farklı zemin kat yüksekliğine sahip 8' er katlı iki binanın statik itme analizi ile kat yüksekliği fazla olan yapıda büyük periyot değerinin olduğunu, kat yüksekliği az olan yapıda ise yaklaşık %10 mertebesinde daha fazla taban kesme kuvveti karşılandığı tespit edilmiştir. Ayrıca bu iki bina için plastik mafsall oluşumu adımlarının aynı olduğundan bahsedilmiştir [7].

Shatnawi ve diğerleri (2018) planda çıkıntı düzensizliği bulunan moment taşıyan betonarme çerçevelerden oluşan bina için sismik analiz prosedürlerini incelemiştir. Yönetmeliklerin farklı analiz yöntemlerine müsaade etmesinin yanı sıra düzensiz binalarda dahi bazı durumlarda eşdeğer deprem yükü yönteminin kullanılmasına izin verildiğini belirtmişlerdir. Böylesi bir durumda maksimum yer değiştirmelerin ve görelî kat öteleme oranlarının gereğinden fazla hesap edildiği belirtilmektedir. Bunun için eşdeğer deprem yükü yönteminin 12 kata kadar olan binalarda uygulanabilir olduğu, 12 katın üstünde kolon kesme kuvveti değerinin nonlineer analiz sonuçlarına göre yaklaşık %30 daha fazla sonuçlar verdiğini anlatmışlardır. Eşdeğer deprem yükü yöntemi için güvenlik katsayısının artırılması önerisinde bulunmuşlardır [8].

Shreyasvi ve diğerleri (2018) farklı deprem kuşaklarında yer alan planda çıkıntı bulunan binaların sismik davranışlarını incelemiştir. Biri düzenli diğeri aynı alan değerine sahip düzensiz iki bina analiz edilerek tepe yer değiştirmeleri, görelî kat ötelemeleri ve çıkıntıların kesişim yerlerindeki derz yer değiştirmelerini kıyaslamışlardır. Binaların farklı deprem bölgelerinde farklı davranış sergiledikleri, düzensiz binaların daha fazla yer değiştirme yaptıkları, özellikle köşe kolonların iç kolonlara göre daha fazla zorlandıkları, planda çıkıntı oluşturan bölümlerin ara kesitlerinin birbirinden ayrıldıklarını gözlemlemiştir [9].

Gökdemir ve diğerleri (2013) deprem etkisi altındaki burulma düzensizliği bulunan binaların davranışını incelemiştir. Farklı kat sayısı ve oturum alanına sahip burulma düzensizliği olan binaları analiz ederek kıyaslamalar yapmışlardır. Çalışmada aşırı

burulma etkisindeki binaların moment taşıma kapasitesi ve yanal öteleme sınırlarının aşılabileceği bunun da yapısal sistemin kötü performans sergilemesine neden olabileceği bildirilmiştir. Burulma düzensizliğinin yapılarda darbe niteliğinde ek yüklere neden olacağından bahsedilmiştir. Bütün bunların önüne geçmek adına, düzgün taşıyıcı sisteme sahip yapılar tasarlanması, gerektiğinde yapı bölümlerinin derzlerle birbirinden ayrılması, rijitliği zayıf olan doğrultuda rijitliğin artırılması gerektiği yönünde önerilerde bulunulmuştur [10].

Arslan ve diğerleri (2018) DBYBHY-2007' ye göre planda düzensizliği bulunan betonarme binanın performans değerlendirmesini yapmışlardır. Çalışmada farklı değerlerde burulma düzensizliği katsayısı bulunan 5 ve 7 katlı 8 adet binanın; doğrusal elastik, doğrusal olmayan statik ve zaman tanım alanında analizlerini yapmışlardır. Doğrusal olmayan statik analiz ve zaman tanım alanında analiz sonuçlarının birbirine yakın olduğu, doğrusal elastik davranış sonuçlarının güvenilir olmayabileceğini saptamışlardır [11].

Ajmal (2021) TBDY-2018' e göre planda çıkıntı düzensizliği bulunan yapının davranışını incelemiştir. A3 düzensizliği bulunan binanın kendisi referans yapı olmak üzere binanın köşelerine perde eklenmesi ve dilatasyonla birbirinden ayrılan çift kolonlu sistemlerle yapı bölümlerinin ayrıştırıldığı 10'ar katlı 3 farklı yapıyı analiz etmiştir. Araştırmanın sonucu olarak perde kullanımının A3 türü düzensizlik etkilerini büyük oranda azalttığı, yeniden dağılıma yardımcı olması gerekçesiyle çift kolonla birbirinden izole edilen sistemde, referans yapıya göre kritik düzeyde olan kolonların çok fazla zorlanmadıklarını tespit etmiştir [12].

Şimşek (2020) A3 düzensizliğine sahip betonarme yapıların TBDY-2018 ve DBYBHY-2007 yönetmeliklerine göre davranışlarını incelemiştir. 20 katlı bir binanın her iki yönetmeliğe göre mod birleştirme yöntemi ile analizini gerçekleştirmiştir. Sonuç olarak; TBDY-2018' de etkin rijitlikler kullanıldığı için daha büyük periyot değerlerinin oluştuğu, dayanım fazlalığı katsayısı azaltma kriterlerinin nispeten daha zor sağlandığı için daha fazla taban kesme kuvvetinin oluştuğunu belirtmiştir. Çalışmada her iki yönetmelik çerçevesinde de planda çıkıntıların bulunduğu döşemelere fazla yükler geldiği ve dolayısıyla donatı talebinin arttığı gerçeği ortaya konulmuştur. Son olarak TBDY-2018 ile gevrek kırılmanın önüne geçilmesi, daha sünek yapılar tasarlanmanın önemi üzerinde durulmuştur [13].

Erdem (2016) A1 düzensizliğinin deprem karşısında betonarme bina davranışına etkisini incelemiştir. Tasarım kurallarına uygun olarak düzenlenen yapı referans kabul edilip, kolon boyutlarıyla oynanarak düzensizlik bulunduran 4 farklı bina modeli daha oluşturmuştur. Deprem yüklemesi altında kiriş donatı alanlarında çok fazla fark oluşmaz iken kolonlarda donatı isteminin arttığını belirtmiştir. Burulma düzensizliğinin oluşması ile kuvvet dağılımlarında farklılıkların meydana geldiği bu yüzden düzensizlik oluşturacak durumlardan kaçınılması gerektiği önerilmiştir [14].

Özmen (2004) çok katlı yapılarda burulma düzensizliği katsayısının yüksek olduğu durumları incelemiştir. Çalışmada, perdelerin farklı akslarda konumlandırıldığı kat ve aks sayıları birbirinden farklı 8 adet bina analiz edilerek A1 düzensizliği katsayısının üst sınırı olan 2.00' ye yaklaşma durumları araştırılmıştır. Katsayının maksimum olması için hem aks hem de kat sayısının düşük olması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Perdelerin kenar akslarda değil de bina ağırlık merkezine yakın ama rijitlik merkezi ile çakışmaması koşulu altında konumlandırılmasının burulma düzensizliği katsayısını üst sınırlara ulaştırabileceği belirtilmiştir. Bu bakımdan perde konumlandırmasının kenar akslarda yapılmasının ve ayrıca az katlı binalarda yoğun perde kullanımı yerine doğru yerlerde az sayıda perde kullanılmasının burulma düzensizliği katsayısını olumlu yönde değiştireceği ifade edilmiştir [15].

2. TÜRKİYE BİNA DEPREM YÖNETMELİĞİ TASARIM ESASLARI

Deprem yer hareketi karşısında binanın davranışını, tasarım aşamasında belirlenen özellikleri ve depremin büyüklüğü belirlemektedir. Dinamik büyüklük olarak kabul edilen bu titreşimin yapıya kullanım ömrü boyunca ne zaman ve hangi sıklıkta etki edeceği kesin olarak belirlenmemektedir. Bu amaçla bina konumunun yakın yerlerinde oluşan deprem hareketleri incelenerek, istatistiki bilgilere dayalı belirli bir olasılık dahilinde ortaya çıkabilecek en büyük yer hareketinin değerleri gözönüne alınabilir. Deprem yer hareketi altında binaların tasarımı öngörülen bir performans düzeyini sağlayacak şekilde TBDY-2018 kriterlerine uygun olarak gerçekleştirilmektedir.

2.1 Deprem Yer Hareketi Düzeyleri

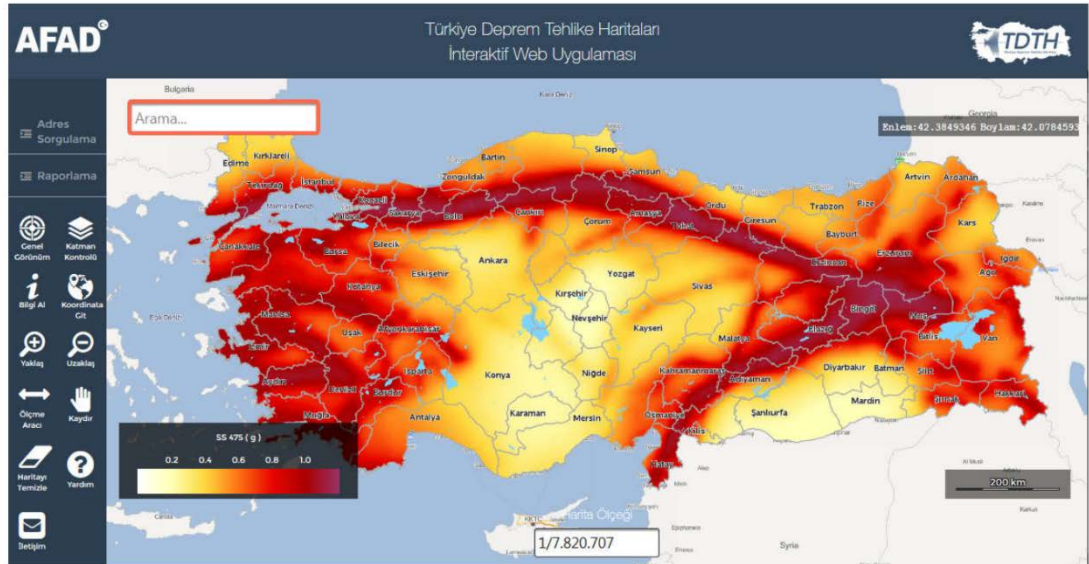
Deprem etkilerinin hesaplanabilmesindeki belirsizliklerden dolayı, farklı büyüklüklerdeki depremleri hesaba katabilmek için TBDY-2018’de 4 farklı deprem düzeyi tanımlanmıştır.

- ❖ **Deprem Yer Hareketi Düzeyi-1 (DD-1):** Gözönüne alınan en büyük depremleri tanımlamak için kullanılan deprem düzeyi; 50 yılda aşılma olasılığı %2 ve tekrarlanma periyodu 2475 yıl olan çok seyrek depremleri tanımlamaktadır.
- ❖ **Deprem Yer Hareketi Düzeyi-2 (DD-2):** Standart deprem yer hareketini tanımlamak için kullanılan deprem düzeyi; 50 yılda aşılma olasılığı %10 ve tekrarlanma periyodu 475 yıl olan seyrek depremleri tanımlamaktadır.
- ❖ **Deprem Yer Hareketi Düzeyi-3 (DD-3):** Sık oluşan deprem yer hareketini tanımlamak için kullanılan deprem düzeyi; 50 yılda aşılma olasılığı %50 ve tekrarlanma periyodu 72 yıl olan sık depremleri tanımlamaktadır.

- ❖ **Deprem Yer Hareketi Düzeyi-4 (DD-4):** Servis deprem yer hareketini tanımlamak için kullanılan deprem düzeyi; 50 yılda aşılma olasılığı %68 ve tekrarlanma periyodu 43 yıl olan çok sık depremleri tanımlamaktadır.

2.2 Türkiye Deprem Tehlike Haritası

TBDY-2018 esaslarıncı düzeyleri tarif edilen deprem etkilerinin parametreleri <http://tdth.afad.gov.tr> internet sitesinde tanımlı Türkiye Deprem Tehlike Haritaları (TDTH) ile belirlenmektedir (Şekil 2.1) [16]. Web sitesinden yapının konum bilgilerine, zemin özelliklerine ve depremin düzeyine bağlı olarak harita spektrum katsayıları S_1 ve S_s ile en büyük yer ivmesi (PGA) ve en büyük yer hızı (PGV) değerleri elde edilmektedir.



Şekil 2.1 : Türkiye deprem tehlike haritası

Çalışmaya konu olan bina Bursa ili Yıldırım ilçesinde 40.185793° enlem 29.103432° boylam değerlerinde konumlandırılmıştır. Spektral ivme katsayılarının hesabında kullanılacak parametreler ile en büyük yer ivmesi ve en büyük yer hızı, ZC zemin sınıfı ve DD-2 düzeyine göre deprem tehlike haritasından bulunarak aşağıda verilmiştir (Çizelge 2.1).

Çizelge 2.1 : Harita spektral ivme katsayıları ile en büyük yer ivmesi ve yer hızı

S_s	S_1	PGA (g)	PGV (cm/sn)
0.845	0.226	0.352	21.572

2.3 Yatay Elastik Tasarım Spektrumu

Binanın bulunduğu konumun zemin sınıfı ve depremselliğine göre tasarım spektral ivme katsayılarına (S_{DS} ve S_{D1}) bağlı olarak oluşturulan yatay elastik ivme spektrumu %5 kritik sönüm oranı esas alınarak hazırlanmıştır. Tasarım spektral ivme katsayıları, harita spektral ivme katsayılarına bağlı olarak aşağıdaki denklemler yardımı ile bulunurlar (Denklemler 2.1)

$$\begin{aligned} S_{DS} &= S_s \cdot F_s \\ S_{D1} &= S_1 \cdot F_1 \end{aligned} \quad (2.1)$$

Burada sırasıyla, S_{DS} ve S_{D1} kısa periyot ve 1 sn periyot için tanımlı tasarım spektral ivme katsayılarını, F_s ve F_1 ise bu katsayılarla karşılık gelen yerel zemin etki katsayılarını ifade etmektedir. Zemin sınıfı ve harita spektral ivme katsayılarına bağlı olan, zemin etki katsayıları Çizelge 2.2 ve Çizelge 2.3 'te verilmiştir. Ara değerler bulunmak istendiğinde doğrusal enterpolasyon yapılmalıdır.

Çizelge 2.2 : Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayıları (F_s)

Zemin Sınıfı	$S_s \leq 0.25$	$S_s = 0.50$	$S_s = 0.75$	$S_s = 1.00$	$S_s = 1.25$	$S_s \geq 1.50$
ZC	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2

Çizelge 2.3 : 1.0 sn periyot için yerel zemin etki katsayısı (F_1)

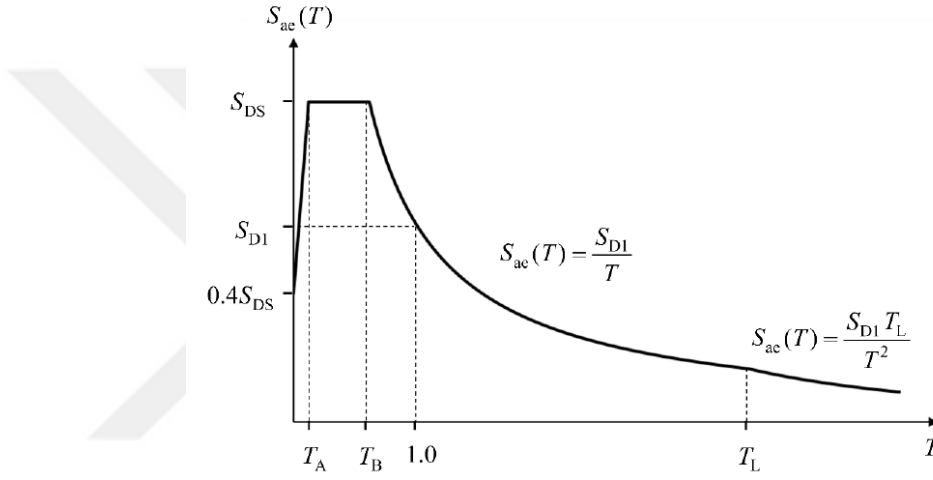
Zemin Sınıfı	$S_1 \leq 0.10$	$S_1 = 0.20$	$S_1 = 0.30$	$S_1 = 0.40$	$S_1 = 0.50$	$S_1 \geq 0.60$
ZC	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4

Tez çalışmasına konu olan bina için $F_s = 1.20$, $F_1 = 1.5$ olarak belirlenmiştir. Bu değerler aynı zamanda TDTH sitesinden elde edilen raporda da yer almaktadır.

Göz önüne alınan bir deprem yer hareketi için, doğal titreşim periyoduna bağlı olarak yatay elastik tasarım spektral ivmelerinin $[g]$ cinsinden ifade edilmesi yatay elastik tasarım spektrumunu vermektedir. Söz konusu spektrumun TBDY-2018' de yer alan fonksiyonel ifadesi aşağıda verilmiştir (Denklemler 2.2).

$$\begin{aligned}
S_{ae}(T) &= \left(0.4 + 0.6 \frac{T}{T_A} \right) S_{DS} & (0 \leq T < T_A) \\
S_{ae}(T) &= S_{DS} & (T_A \leq T \leq T_B) \\
S_{ae}(T) &= \frac{S_{D1}}{T} & (T_B < T \leq T_L) \\
S_{ae}(T) &= \frac{S_{D1} T_L}{T^2} & (T_L < T)
\end{aligned} \tag{2.2}$$

TBDY-2018’ de belirtilen yatay elastik ivme spektrumu Şekil 2.2’ de verilen grafik halinde sunulmaktadır.



Şekil 2.2 : Yatay elastik tasarım ivme spektrumu (TBDY-2018)

Burada; $S_{ae}(T)$ yatay elastik tasarım spektral ivme değerlerini, T doğal titreşim periyodunu T_A ve T_B köşe periyotlarını ve T_L ise sabit yerdeğiştirme bölgesine geçiş periyodunu ifade etmektedir. $T_L = 6\text{sn}$ olarak alınması gerektiği belirtilmiştir. T_A ve T_B değerleri ise aşağıda verilen bağıntılar ile bulunabilir (Denklem 2.3).

$$T_A = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad , \quad T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \tag{2.3}$$

2.4 Bina Kullanım, Deprem Tasarım ve Bina Yükseklik Sınıfları

2.4.1 Bina kullanım sınıfı (BKS)

Bina kullanım sınıfı (BKS) inşa edilmesi planlanan binaların kullanım amacına göre TBDY-2018’e göre belirlenmektedir. Bina kullanım sınıfı, deprem tasarım sınıfı (DTS) ve bina önem katsayısının (I) belirlenmesi için gerekli olan bir parametredir.

Tez çalışması kapsamında incelenen bina konut türüdür. Dolayısıyla Çizelge 2.4’ te de belirtildiği gibi BKS=3 olup, bina önem katsayısı I=1.0 alınmıştır.

Çizelge 2.4 : Bina kullanım sınıfı ve önem katsayısı

Bina Kullanım Sınıfı	Binanın Kullanım Amacı	Bina Önem Katsayısı
Diğer Binalar		
BKS = 3	Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları vb	1

2.4.2 Deprem tasarım sınıfı (DTS)

Tasarıma esas olacak deprem tasarım sınıfı (DTS), kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı (S_{DS}) ve bina kullanım sınıfına (BKS) bağlı olarak TBDY-2018’de ilgili tablo yardımıyla belirlenmektedir. Söz konusu bina için $S_{DS} = 1.014$ ve BKS=3 olduğundan DTS=1 olarak belirlenmiştir (Çizelge 2.5).

Çizelge 2.5 : Deprem tasarım sınıfı

DD-2 Düzeyinde Kısa Periyot Tasarım Spektral İvmesi (S_{DS})	Bina Kullanım Sınıfı	
	BKS = 1	BKS = 2,3
$0.75 \leq S_{DS}$	DTS = 1a	DTS = 1

2.4.3 Bina yükseklik sınıfı (BYS)

TBDY-2018 esaslarına göre binalar, yüksekliklerine ve tasarım sınıflarına göre Bina Yükseklik Sınıflarına (BYS) ayrılmışlardır. Söz konusu binanın yüksekliği zemin kat tabanı seviyesi itibari ile 31.5m (H_N) ve deprem tasarım sınıfı (DTS) 1 olduğu için bina yükseklik sınıfı (BYS) 4 olarak belirlenmiştir (Çizelge 2.6).

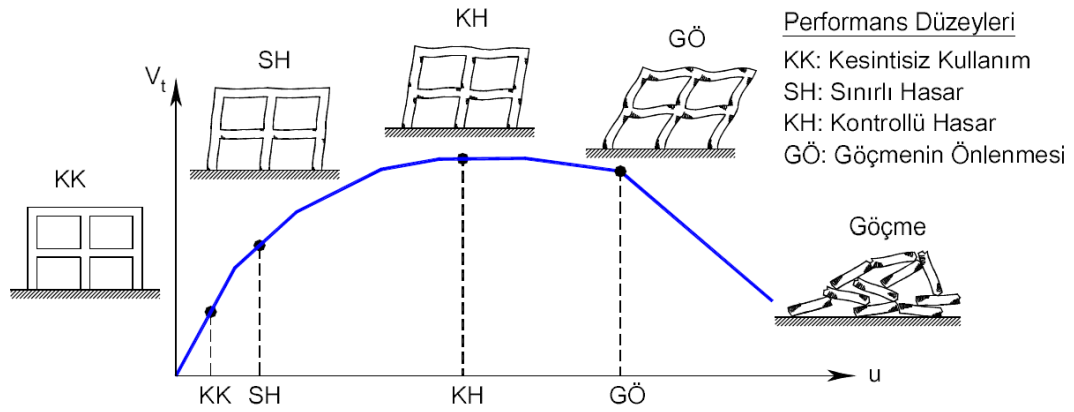
Çizelge 2.6 : Bina yükseklik sınıfı

Bina Yükseklik Sınıfı	Bina Yükseklik Aralıkları (m)	
	DTS = 1, 1a, 2, 2a	DTS = 3, 3a, 4, 4a
BYS = 4	$28 < H_N \leq 42$	$42 < H_N \leq 56$

2.5 Bina Performans Düzeyleri

TBDY-2018’e göre tasarlanacak binaların farklı deprem seviyeleri için farklı performans sergilemeleri istenmektedir. Bu amaçla 4 tür performans düzeyi tanımlanmıştır.

- ❖ **Kesintisiz Kullanım Performans Düzeyi (KK):** yapıda, taşıyıcı sistem elemanlarında herhangi bir hasarın meydana gelmediği ya da ihmal edilebilir seviyede olduğu durumu tanımlar.
- ❖ **Sınırlı Hasar Performans Düzeyi (SH):** yapıda, taşıyıcı sistem elemanlarında meydana gelen hasarın sınırlı seviyede olduğu durumu tanımlar.
- ❖ **Kontrollü Hasar Performans Düzeyi (KH):** yapıda, taşıyıcı sistem elemanlarında çok ağır olmayan ve çoğunlukla onarılması mümkün olan hasarın olduğu durumu tanımlar.
- ❖ **Göçmenin Önlenmesi Performans Düzeyi (GÖ):** yapının tamamen göçmesinin önlendiği, yapısal elemanlarda ileri düzeyde ağır hasarların olduğu durumu tanımlar.



Şekil 2.3 : Bina performans düzeyleri (Kutlu Darılmaz / TMMOB eğitimleri 2017)

2.5.1 Performans hedefi ve tasarım yaklaşımının belirlenmesi

TBDY-2018' de farklı deprem yer hareketi düzeyleri için, binaların deprem tasarım sınıflarına bağlı olarak performans hedefleri ve tasarım yaklaşımları belirlenmiştir. Bu tez çalışmasına esas olan ve yeni yapılacak binalar için Çizelge 2.7'de görüldüğü üzere DTS=1 olan söz konusu binanın, DD-2 deprem yer hareketi düzeyi için normal performans hedefi KH ve tasarım yaklaşımı ise Dayanıma Göre Tasarım (DGT) olmaktadır.

Çizelge 2.7 : Yeni yapılacak yerinde dökme betonarme binalar ($BYS \geq 2$)

	DTS = 1, 1a, 2, 2a, 3, 3a, 4, 4a		DTS = 1a, 2a	
	Normal Performans Hedefi	Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Tasarım Yaklaşımı
DD-3	-	-	SH	ŞDGT
DD-2	KH	DGT	KH	DGT
DD-1	-	-	KH	ŞDGT

2.6 Taşıyıcı Sistemde Düzensizlik Durumları

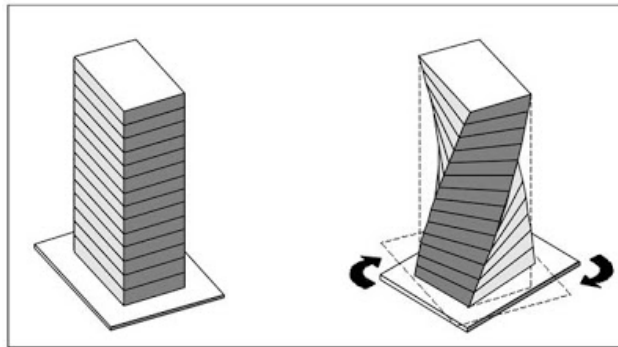
TBDY-2018’ de taşıyıcı sistemde bulunabilecek düzensizlik durumları; Planda Düzensizlik ve Düşeyde Düzensizlik durumları olarak iki sınıfa ayrılmıştır (Çizelge 2.8).

Çizelge 2.8 : TBDY-2018' e göre düzensizlik durumları

A -Planda Düzensizlik Durumları	A1 – Burulma Düzensizliği
	A2 – Döşeme Süreksizlikleri
	A3 – Planda Çıkıntılar Bulunması
B- Düşeyde Düzensizlik Durumları	B1 – Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat)
	B2 – Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat)
	B3 – Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği

2.6.1 Burulma düzensizliği (A1)

Deprem kuvvetleri yapının kütle merkezine etkimektedir. Tasarım aşamasında binanın kütle ve rijitlik merkezi çakıştırılmaz ise bina yatay ötelemelere ek olarak düşey eksen etrafında burulma etkisine de maruz kalmaktadır (Şekil 2.4). Bunun sonucunda taşıyıcı sistem elemanlarında ilave iç kuvvet ve ötelemeler oluşmaktadır.

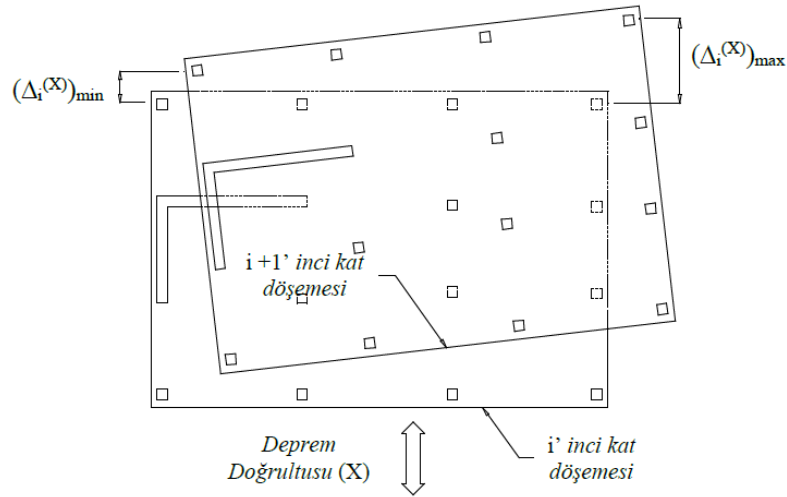


Şekil 2.4 : Burulma düzensizliği bulunan yapı [17]

TBDY-2018' de A1 Burulma Düzensizliği, birbirine dik deprem doğrultularından birisi için uygulanan eşdeğer deprem yüklerinin $\pm\%5$ ek dışmerkezlilik etkilerini de içerecek şekilde uygulanması durumunda herhangi bir katta oluşan maksimum görel kat ötelemesinin aynı kattaki ortalama görel kat ötelemesine oranı olarak ifade edilen burulma düzensizliği katsayısı η_{bi} değerinin 1.2' den büyük olması durumu olarak tanımlanmaktadır (Denklemler 2.4).

$$\eta_{bi} = \frac{(\Delta_i)_{\max}}{(\Delta_i)_{ort}} > 1.2 \quad (2.4)$$

Bina planda düzlem içi rijitliği sağlaması durumunda rijit diyafram davranışı göstereceğinden ortalama görel kat ötelemesi oranı; minimum ve maksimum görel kat ötelemelerinin ortalaması olarak alınabilmektedir (Şekil 2.5).



Şekil 2.5 : Burulma düzensizliği (TBDY-2018)

Binada burulma düzensizliğinin bulunması durumunda:

- ❖ Deprem hesabı için kullanılacak analiz yönteminin seçimi değişebilmektedir. Burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} \leq 2$ şartının sağlanması ve B2 türü düzensizlik bulunmaması durumunda, DTS= 1, 1a, 2, 2a olan BYS ≥ 4 sınıfında bulunan binalar ile DTS= 3, 3a, 4, 4a şartının sağlandığı BYS ≥ 5 sınıfında olan binalarda eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanılabilir. Aksi halde Mod Birleştirme ya da Mod Toplama Yöntemlerinden biri kullanılmalıdır.

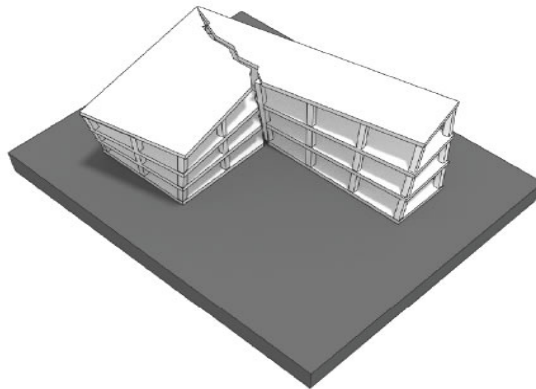
- ❖ Mod Birleştirme Yöntemi hesabında kullanılan eşdeğer taban kesme kuvveti büyütme katsayısı (β_{tE})' nin hesabı değişmektedir. Bu katsayının formülünde yer alan (γ_E) çarpanı, A1, B2 ve B3 düzensizliklerinin herhangi birinin bulunmadığı durumda 0.80; aksi takdirde 0.90 olarak alınmalıdır.
- ❖ Binada burulma düzensizliği katsayısı $1.2 < \eta_{bi} \leq 2.0$ aralığında ise, Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi' nde %5 dışmerkezlilik değeri D_{bi} katsayısı ile çarpılarak büyütülmelidir (Denklem 2.5).

$$D_{bi} = \left(\frac{\eta_{bi}}{1.2} \right)^2 \quad (2.5)$$

- ❖ $\eta_{bi} > 1.5$ olması durumunda doğrusal olmayan hesap yapılırken dikkate alınmayan ek dışmerkezlilik etkisi modelleme esnasında dikkate alınmalıdır.
- ❖ $\eta_{bi} > 1.4$ olması durumunda doğrusal olmayan hesap yöntemi olan tek modlu itme analizlerinin uygulanmasına izin verilmemektedir.
- ❖ Yüksek katlı binaların deprem hesabında kullanılan ek dışmerkezlilik etkisinin hangi aşamada dikkate alınacağı değişebilmektedir.

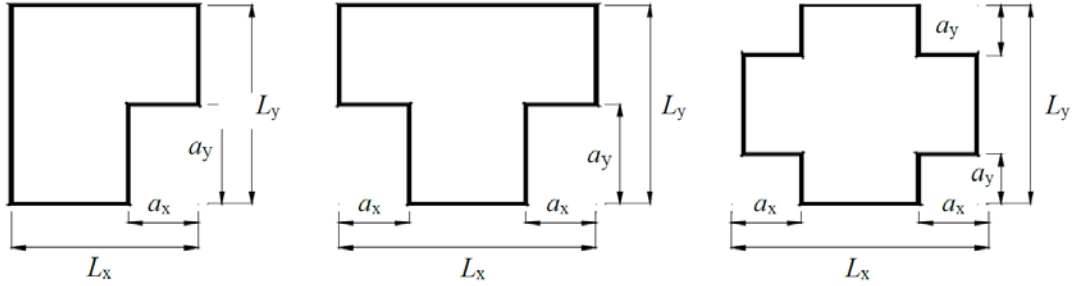
2.6.2 Planda çıkıntılar bulunması (A3)

İnşa edilecek yapının arazi durumunun uygun olmayışı veya mimari kısıtlamalardan dolayı dikdörtgen gibi basit geometrilerle tasarlanamayan bina kat planlarında bitişik nizamda büyük girinti ve çıkıntılar olabilmektedir. Dilatasyon derzleri kullanılmamış ise bina geometrilerinin değiştiği ara yüzeylerde gerilme yığılmaları ve dolayısıyla büyük zorlamalar oluşmakta, hatta kısmen ya da tamamen göçme olabilmektedir.



Şekil 2.6 : Planda çıkıntı bulunan yapı [17]

Planda çıkıntılar bulunması (A3) düzensizliği, TBDY-2018’ de, birbirine dik deprem doğrultularının her biri için seçilen katta çıkıntı yapan kısımların aynı katta ve aynı doğrultuda bina toplam boyutunun %20’ sinden büyük olması durumu olarak tanımlanır (Şekil 2.7).



Şekil 2.7 : Planda çıkıntı durumu (TBDY-2018)

Binada A3 türü düzensizlik bulunması durumunda, en sağlıklı çözüm planda çıkıntı yapan kısımların birbirinden ayrılması olmaktadır. Bunun mümkün olmadığı durumlarda ise, yatay yüklerin düşey taşıyıcı elemanlara güvenli bir şekilde aktarımın sağlanması adına döşemelerin düzlem içi deformasyonlarını dikkate alan membran türü sonlu elemanlarla rijit diyafram kabulü yapılmadan analiz edilmesi gerekmektedir.

2.7 TBDY-2018’ de Tasarım Yaklaşımları

2.7.1 Dayanıma göre tasarım (DGT)

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği’ nde, kuvveti esas alan, yeterli dayanım, rijitlik ve süneklik hedefleyen Dayanıma Göre Tasarım (DGT) yaklaşımı doğrusal hesaba dayalı bir tasarım yaklaşımıdır. Burada, doğrusal olmayan davranış dolaylı olarak dikkate alınmakta; bu amaçla kullanılan Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R), Dayanım Fazlalığı Katsayısı (D), Yerdeğiştirme Sünekliği (μ) gibi katsayılar büyük yaklaşıklıklar içermektedir.

Dayanıma Göre tasarımın hesap adımları şu şekildedir:

- ❖ Sistem için öngörülen performans hedefi için yönetmelik kurallarınca belirlenen süneklik kapasitesine karşı gelen azaltılmış deprem yükleri belirlenir.
- ❖ Doğrusal hesap ilkeleri kullanılarak azaltılmış iç kuvvetler ve dayanım talepleri elde edilir.

- ❖ Bulunan dayanım istemleri ile belirlenen performans hedefi için tanımlı olan dayanım kapasiteleri karşılaştırılır.
- ❖ Elde edilecek göreceli kat ötelemeleri değerleri yönetmelik sınırları ile kıyaslanır.
- ❖ Karşılaştırılan değerler güvenlik sınırları altında kalır ise tasarım sonlandırılır aksi halde taşıyıcı sistem üzerinde değişiklikler yapılarak binanın dayanım ve/veya rijitliğini artırıcı önlemler alınarak ötelemelerin azaltılması ve yapısal güvenliğin sağlanması yoluna gidilir.

2.7.1.1 DGT' de kullanılabilecek doğrusal hesap yöntemleri

- ❖ Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi
- ❖ Modal Hesap Yöntemleri
 - Mod birleştirme yöntemi
 - Mod toplama yöntemi

2.7.2 Dayanıma göre tasarımda kullanılan önemli parametreler

2.7.2.1 Dayanım fazlalığı katsayısı (D)

Yapıların gerçek dayanımları tasarımda dikkate alınan değerlerden daha fazladır. Esasen güvenli tarafta kalınmasına olanak sağlayan bu durum deprem gibi kesin olarak hesap edilemeyen yüklerin etkimesi durumunda ek bir kapasite sağlamaktadır. Dayanım fazlalığı katsayısı akma dayanımının tasarım dayanımına oranı olarak tanımlanmaktadır (Denklemler 2.6).

$$D = \frac{f_y(\mu, T)}{f_d(\mu, T)} \quad (2.6)$$

Burada; D dayanım fazlalığı katsayısını, f_y akma dayanımını, f_d tasarım dayanımını, μ süneklik değerini, T doğal titreşim periyodunu ifade etmektedir.

Yük kombinasyonlarda yer alan yük artırma katsayılarının kullanımı, malzeme güvenlik katsayılarının kullanılması, yönetmelik minimum tasarım koşulları, taşıyıcı olmayan yapı elemanlarının katkısı, sargılama nedeniyle beton basınç dayanımındaki

artış, sistemde yeterli derecede uyum ve sürekliliğin sağlanması vb. nedenlerle dayanım fazlalığı oluşmaktadır.

Tez çalışmasına esas olan D katsayısı Çizelge 2.9’ da görüldüğü gibi belirlenmiştir.

Çizelge 2.9 : Taşıyıcı sistem davranış katsayısı ve dayanım fazlalığı katsayısı

Bina Taşıyıcı Sistemi	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı R	Dayanım Fazlalığı Katsayısı D	Bina Yükseklik Sınıfı BYS
A. YERİNDE DÖKME BETONARME BİNA TAŞIYICI SİSTEMLERİ			
A1. Süneklik Düzeyi Yüksek Taşıyıcı Sistemler			
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

Burada R, Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısını ifade etmektedir. Sistem için öngörülen süneklik kapasitesi (μ_k), bina önem katsayısı (I) ve dayanım fazlalığı katsayısına (D) bağlı bir büyüklüktür (Denklem 2.7).

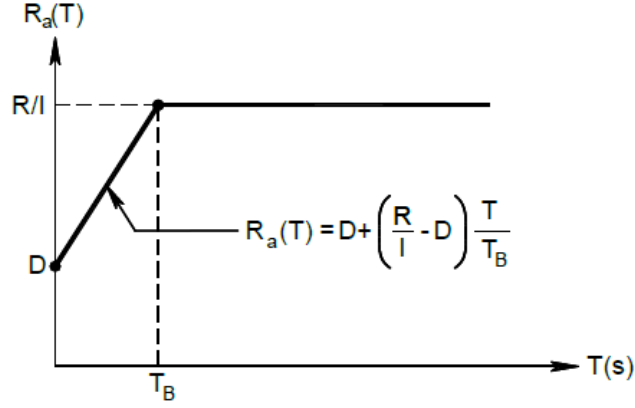
$$\frac{R}{I} = \mu_k \cdot D \quad (2.7)$$

2.7.2.2 Deprem yükü azaltma katsayısı (R_a)

Binalar, deprem etkisi altında bir miktar hasar oluşumu öngörülerek tasarlanmaktadır. Dayanıma göre tasarımda kullanılan deprem yükü azaltma katsayısı (R_a) süneklik düzeyine bağlı olarak binaya etkileyen elastik deprem yükünü hasar neticesinde ulaşılan doğrusal olmayan davranışta oluşan tasarım dayanımına ölçeklemek amacıyla kullanılmaktadır. Böylelikle yer hareketi karşısında yapının daha sünek davranışa zorlanması ve oluşan hasar ile daha düşük deprem kuvvetlerinin oluşmasına olanak sağlanmış olur.

Tasarımda kullanılacak kesme kuvveti hesabı için deprem yükü azaltma katsayısı aşağıdaki Denklem 2.8’deki bağıntılarla hesaplanmaktadır.

$$\begin{aligned} R_a(T) &= \frac{R}{I} & T > T_B \\ R_a(T) &= D + \left(\frac{R}{I} - D \right) \frac{T}{T_B} & T \leq T_B \end{aligned} \quad (2.8)$$



Şekil 2.8 : Deprem yükü azaltma Katsayısı-Periyot İlişkisi

Burada; R Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısını, D Dayanım Fazlalığı Katsayısını, I Bina Önem Katsayısını, T sistemin Doğal Periyodunu ve T_B Spektrum Köşe Periyodunu ifade etmektedir.

2.7.3 Şekil değiştirmeye göre tasarım (ŞDGT)

Yönetmelikte benimsenen diğer bir tasarım yaklaşımı ise doğrusal olmayan davranışı doğrudan hesaba katan Şekil Değiştirmeye Göre Tasarım (ŞDGT) yaklaşımıdır. Taşıyıcı sistem öngörülen bir deprem tehlikesi için statik veya dinamik deprem yüklerine maruz bırakılır. Malzeme güvenlik katsayıları, yapı davranış katsayısı gibi katsayılar bu yaklaşımda kullanılmaz. Burada esas olan şekil değiştirmelerdir. ŞDGT ikinci mertbe etkileri gibi dış yükler altındaki binanın gerçek davranışını yansıtan durumları dikkate alan rasyonel bir yaklaşımdır [18].

ŞDGT yaklaşımındaki hesap adımları şu şekildedir:

- ❖ Yeni yapılacak veya mevcut yapı için doğrusal olmayan hesap yöntemleri kullanılarak kuvvet-şekil değiştirme bağıntıları belirlenir.
- ❖ Yapı için hesaplamalarda göz önüne alınacak performans hedefleri dahilinde, taşıyıcı sistemin statik veya dinamik analizleri yapılarak sünek davranışa özgü şekil değiştirme talepleri ve gevrek davranışa özgü dayanım talepleri belirlenir.
- ❖ Hesaplamalar sonucu elde edilen kuvvet-şekil değiştirme istemleri belirlenen performans düzeyi ile uyumlu yönetmelik sınır değerleri ile karşılaştırılır.
- ❖ Mevcut binalarda bu kıyaslama sonucu, hesaplanan istem büyüklükleri yönetmelik sınırları itibarıyla güvenli tarafta kaldığında değerlendirme tamamlanır aksi halde güçlendirmeye gidilir.

- ❖ Yeni yapılacak binalarda tasarımdan bulunan istemler yönetmelik sınırları altında kaldığında değerlendirme tamamlanır aksi halde taşıyıcı sistem üzerinde iyileştirmeler yapılarak hesaplar tekrarlanır.

2.7.3.1 ŞDGT’ de kullanılabilecek doğrusal olmayan hesap yöntemleri

❖ İtme Yöntemleri

- Sabit tek modlu itme yöntemi
- Değişken tek modlu itme yöntemi
- Çok modlu itme yöntemi

❖ Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi

2.7.4 Deprem etkilerinin hesaba katılması

ŞDGT kapsamında, binaya doğrusal olmayan statik analiz yöntemi uygulandığında, deprem etkisi başka bir deyişle deprem istemi tasarım ivme spektrumu tanımlanarak gözönüne alınmaktadır. Dinamik bir yöntem olan zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemi seçildiğinde ise deprem etkisi deprem kayıtlarının öngörülen deprem tasarım sınıfına göre oluşturulmuş ivme spektrumuna uygun şekilde ölçeklendirilmesi ile hesaba dahil edilmektedir. Yer hareketi etkilerinin düşey yüklerle birleşimi Denklem 2.9’da belirtilmiştir:

$$\begin{aligned}
 &G + Q_e + 0.2S \pm E_d^X \pm 0.3E_d^Y + 0.3E_d^Z \\
 &G + Q_e + 0.2S \pm E_d^Y \pm 0.3E_d^X + 0.3E_d^Z \\
 &0.9G + H \pm E_d^X \pm 0.3E_d^Y - 0.3E_d^Z \\
 &0.9G + H \pm E_d^Y \pm 0.3E_d^X - 0.3E_d^Z
 \end{aligned} \tag{2.9}$$

Burada G sabit yükü, S kar yükünü, Q_e hareketli yükü, E_d^X ve E_d^Y yatay yer hareketini E_d^Z ise düşey yer hareketi etkisini ifade etmektedir. $Q_e = nQ$ bağıntısında olduğu gibi hareketli yük değerinin hareketli yük katılım katsayısı ile çarpılmasıyla elde edilir.

Eşdeğer Deprem Yüğü ve Mod Birleştirme yöntemlerinde kullanılan tasarım ivme spektrumu depremin tek bir doğrultusunu tarif ettiği için, depremin iki yatay bileşeni eş zamanlı olarak dikkate alınmamaktadır. Analiz sonucu bulunacak yerdeğiştirme ve iç kuvvet değerlerinin doğru hesaplanması adına ayrı ayrı yapılan hesapların istatistiki

(%30 kuralı ile) olarak birleştirilmesi sağlanmıştır (Denklem 2.9). Düşey deprem etkisi ise genel olarak Denklem 2.10'daki formülle hesaplanmaktadır.

$$E_d^Z \approx \left(\frac{2}{3}\right) \cdot S_{DS} \cdot G \quad (2.10)$$

Burada E_d^Z düşey yer hareketi etkisini, S_{DS} kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısını, G sabit yük etkisini göstermektedir. E_d^Z 'nin hesabı Denklem 2.10 ile yapılmaktadır. Deprem Tasarım Sınıfı 1, 1a, 2 ve 2a olan; 20 metreden uzun kirişlere sahip, 5 metreden fazla uzunlukta konsol içeren, kirişlere oturan kolon ve eğimli kolonları olan yapılarda düşey elastik tasarım spektrumu tanımlamasıyla elemanların düşey titreşim modları alınarak Mod Birleştirme Yöntemi uygulanmalıdır. Yukarıda tanımlı durumlar dışında kalan yapılarda düşey deprem etkisi Denklem 2.10'daki formüle göre yaklaşık olarak dikkate alınabilmektedir.

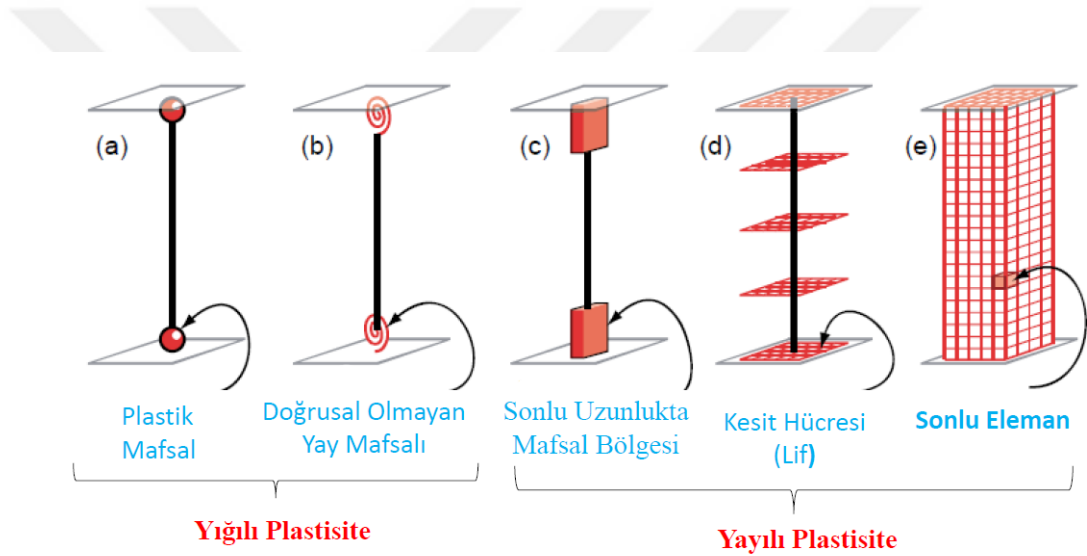
2.7.5 Analiz hesap yönteminin belirlenmesi

TBDY 2018'de ŞDGT kapsamında analiz yöntemleri, itme yöntemleri ve zaman tanım alanında hesap yöntemi olarak belirlenmiştir. Bu hesap yöntemlerinin belirlenme kriterleri aşağıdaki gibidir:

- ❖ Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi $BYS=1$ olan binalarda zorunlu olmak üzere bütün yapılarda kullanılabilir.
- ❖ Çok Modlu İtme Analiz Yöntemi $BYS \geq 2$ olan her yapıda kullanılabilir.
- ❖ Tek Modlu İtme Analiz Yöntemleri ise $BYS \geq 5$ olan ve aşağıdaki şartları sağlayan yapılarda kullanılabilir:
 - Ek dışmerkezlik etkisini hesaba katmadan doğrusal elastik davranış sınırları içerisinde burulma düzensizliği katsayısının 1.4' ten küçük olduğu durumlar,
 - Seçilen deprem doğrultusu için, doğrusal elastik davranış sınırları içerisinde hâkim moda ait taban kesme kuvveti etkin kütlelerinin bina toplam kütlelerine oranının minimum 0.70 olduğu durumlar.

2.7.6 Doğrusal olmayan davranış modelleri

Şekildeğiştirmeye göre tasarım ya da değerlendirme kapsamında doğrusal olmayan analizlerde kullanılmak üzere bazı doğrusal olmayan davranış modelleri bulunmaktadır [2]. Şekil 2.9’da iki temel plastisite yaklaşımı olan yığılı ve yayılı plastisite için davranış modelleri gösterilmiştir. Yığılı plastisite modelinde yapılan kabullerle bilgisayar işlem hacmi azalmakla birlikte gerçek davranışı tahmin edebilmek zorlaşmaktadır. Daha detaylı olan yayılı plastisite yaklaşımında, daha gerçeğe yakın sonuçlar elde edilmesine karşın, analizlerde yakınsamanın sağlanamaması ve bilgisayar işlem süresinin uzunluğu gibi sıkıntılar ortaya çıkabilmektedir.



Şekil 2.9 : Doğrusal olmayan davranış modelleri [2]

2.7.6.1 Yığılı plastik davranış modeli

Yatay yükler altında kiriş ve kolonların uçlarında eğilme momentinin büyük olmasından kaynaklı olarak hasar oluşur ve plastikleşmeler kolon ve kiriş uçlarında belirli bölgelerde yayılı şekildedir. Sünek olarak tasarlanan, başka bir deyişle güç tükenmesi eğriliğinin (ϕ_u) akma eğriliğine (ϕ_y) oranı olarak ifade edilen kesit süneklik oranının (μ) (Denklem 2.11) büyük olduğu kesitlerden oluşan kolon ve kiriş elemanlarında plastikleşmelerin sınırlı bölgelerde oluştuğu düşünülebilir.

$$\mu = \frac{\phi_u}{\phi_y} \quad (2.11)$$

Bu plastikleşme bölgelerindeki plastik eğrilik değişim alanının ilgili uçtaki toplam plastik dönmeye eşit olduğu düşünülürse, hesaplanan bu plastik dönme değerine karşılık gelen, uzunluğu boyunca sabit bir plastik eğrilik dağılımı ihtiva eden bir bölge tanımlanabilir. Toplam dönme, o bölgede sabit olduğu varsayılan plastik eğrilik ile plastik mafsallık uzunluğu olarak ifade edilen L_p 'nin çarpımı şeklinde bulunur (Denklem 2.12).

$$\theta_p = \phi_p L_p \quad (2.12)$$

Böylelikle aslında plastikleşmenin tek bir kesitte toplanmış olduğu varsayımı yapılmış olmaktadır. Plastik mafsallık uzunluğu (L_p) olarak ifade edilen bu bölgenin uzunluğu yaklaşık çalışan kesit yüksekliğinin yarısı olarak hesaplanmaktadır (Denklem 2.13).

$$L_p \approx 0.5h \quad (2.13)$$

Plastik mafsallık bölgelerinde plastik dönmenin sabit olduğu, tüm plastikleşmenin tek kesitte toplandığı bu varsayıma yığılı plastisite denir. Genellikle plastik mafsallık uzunluğunun ortasındaki kesitte tanımlanan plastik mafsallık ile doğrusal olmayan davranış o kesitle sınırlı tutulur; mafsallık dışındaki kesitlerde sistemin elastik davranış sergilediği varsayılır.

Kirişlerde düşey yük etkisi altında en büyük kesit zorlanmaları kiriş uçlarında ve açıklık ortasında gerçekleşirken, deprem yükü etkisi altında en fazla kiriş uçları zorlanmaktadır. Düzgün tasarlanmış bir binada, düşey yükler altında yapılan kiriş tasarımı artırılmış yükler hesaba dahil edildiğinden açıklık ortasında mafsallaşma büyük ölçüde engellenmiş olmaktadır. Bu bakımdan kirişlerde plastik şekil değiştirmelerin mesnetlerde yoğunlaştığı kabulü yapılmaktadır. Kolonlarda ise hem düşey yükler hem de deprem yükleri altında, eleman alt ve üst uçlarının ikisinin de fazla zorlandığı gerekçesiyle plastik mafsallığın alt ve üst uçlarda oluştuğu kabulü yapılır.

Plastik şekil değiştirmelerin bu bölgelerde toplanabilmesi için, kesitlerin yeterli düzeyde plastik dönme kapasitelerine sahip olmaları gerekmektedir. Kesitte oluşan

toplam plastik dönme kapasitesi (θ_{pu}) Denklem 2.14 ile verilmiştir. Kirişlerde kesme kuvvetinin, kolonlarda normal kuvvetin varlığı dönme kapasitesini azaltacağından plastikleşme bölgesinin büyümesine diğer bir ifade ile plastik mafsal boyunun artmasına neden olacaktır. Bu bakımdan elemanlar tasarlanırken sünek davranış kurallarının dikkatlice uygulanması gerekir.

$$\theta_{pu} = (\phi_u - \phi_y) \cdot L_p \quad (2.14)$$

Modelleme yapılırken plastik mafsal atamaları bölge ortalarına yapılabilir. Ancak kolon ve kiriş birleşim yüzeylerinde moment değerinin maksimum olduğu düşünülürse eleman net açıklık uçlarına tanımlamak yanlış olmayacaktır.

Plastik dönmelerin ve eleman kapasitelerinin hesaplanması sırasında dikkate alınacak TBDY-2018 esasları aşağıda maddeler halinde sunulmuştur:

- ❖ Malzeme dayanımlarının hesaba katılmasında, mevcut binalarda malzeme deneyleri ile tespit edilen dayanımların; yeni yapılacak binalarda ise beklenen/ortalama dayanımlar olarak beton için $f_{ce}=1.3f_{ck}$, donatı için $f_{ye}=1.2f_{yk}$ şeklinde kullanılması esas alınmalıdır. Burada f_{ce} ve f_{ye} beton ve çeliğin ortalama dayanımlarını, f_{ck} ve f_{yk} beton ve çeliğin karakteristik dayanımlarını tanımlamaktadır.
- ❖ Etkin akma momentinin hesabında betonun basınç birim şekildeğiştirmesi 0.0035, donatı çeliğinin birim şekildeğiştirmesi ise 0.01 alınabilir.
- ❖ Düşey yük kaynaklı eksenel kuvvetler akma momenti hesabında dikkate alınmalıdır.

2.7.6.2 Yayılı plastik davranış modeli

Yayılı plastik davranış modeli, taşıyıcı sistem elemanları boyunca plastik şekil değiştirmelerin yayılı olarak gerçekleştiği kabulünü yapan davranış modelini temsil etmektedir. Şekil 2.9'da görüldüğü üzere yayılı plastisite modelleri sonlu uzunlukta mafsal bölgesi, kesit hücresi modeli ve sonlu elemanlar şeklinde sınıflandırılmaktadır [2].

Sonlu uzunlukta mafsalsal bölge

Şekil 2.9c’de gösterilen sonlu uzunluklu mafsalsal bölge modelinde, eleman uçlarında belirlenmiş mafsalsal bölgelerinin tanımlanmasıyla verimli bir yayılı plastisite formülasyonu yaratılması amaçlanmıştır. Elastik olmayan mafsalsal bölgelerindeki kesitler, doğrusal olmayan moment-eğrilik ilişkileri veya düzlem kesitler şekil değiştirdikten sonra düzlem kalır varsayımı altında açık fiber kesit integrasyonları ile karakterize edilir. Doğrusal olmayan davranışın yoğunlaştığı mafsalsal bölgesinde sabit ya da değişken olarak eğilme momenti-normal kuvvet etkileşimi de dikkate alınabilmektedir. Bu uzunluk boyunca deformasyonların integrasyonu, plastikleşme yayılımını yığılı plastisite varsayımına nazaran daha gerçekçi bir şekilde yakalar ve sonlu mafsalsal uzunluğu tanımlı mafsalsal dönmelerinin hesaplanmasını kolaylaştırır.

Kesit Hücresi (Lif) Modeli (yayılı plastisite)

Kesit hücresi (Şekil 2.9d) modelleri, plastisiteyi, eleman kesitleri içerisinde ve eleman uzunluğu boyunca sayısal integrasyonlar vasıtasıyla dikkate almaktadır. Tek eksenli deneylerden elde edilen malzeme bünye bağıntılarının modelleri enine kesitlerde tanımlanarak doğrusal olmayan davranış hücre bazında tanımlanabilmektedir. Düzlem kesit düzlem kalır varsayımı altında, kesit hücrelerinin gerilme bileşikleri (eksenel kuvvet ve momentler), moment-eğrilik ve eksenel kuvvet-şekildeğiştirme ilişkilerini elde etmek için kesit üzerinde sayısal integrasyon yapılır. Kesit parametreleri daha sonra yer değiştirme veya kuvvet interpolasyon fonksiyonları kullanılarak eleman uzunluğu boyunca ayrı bölümlerde sayısal olarak integre edilir. Dağıtılmış kesit hücresi formülasyonları genellikle plastik mafsalsal dönmelerini yakalayamaz, bunun yerine kesitteki çelik ve beton şekildeğiştirmelerini bildirir. Hesaplanan şekildeğiştirme talepleri, moment büyüklüğüne, eleman uzunluğuna, integrasyon yöntemine ve pekleşme parametrelerine oldukça duyarlı olabilir. Bu nedenle şekildeğiştirme talepleri ve izin verilen şekildeğiştirme değerleri, plastik dönme için yaygın olarak bildirilen limit değerlere göre kıyaslanmalıdır.

Sonlu Elemanlar Modeli (yayılı plastisite)

Sonlu elemanlar modeli, taşıyıcı elemanlarda boyuna ve enine kesitler boyunca doğrusal olmayan bünye bağıntılarının tanımlandığı, elemanların katı sonlu

elemanlara ayrılarak davranışın en karmaşık şekilde dikkate alındığı modelleme biçimidir. Bu modelleme türünde, eleman davranışı çok yönlü olarak dikkate alınabilmekte, ancak model parametre kalibrasyonu ve hesaplama kaynakları açısından sıkıntı yaşanabilmektedir. Kesit hücresi formülasyonunda olduğu gibi, sonlu elemanlardan hesaplanan şekildeğiştirme değerlerinin, tipik olarak plastik mafsallı dönmeleri için verilen kabul kriterlerine göre yorumlanması zor olabilir.

Tez çalışmasında, dayanıma göre tasarım ve betonarme hesaplamalar yapılırken TBDY-2018 Eğitim El Kitabı [19], Betonarme Yapılar [20], Betonarme Yapıların Hesap ve Tasarımı [21], TBDY-2018 [22] kaynaklarından, şekildeğiştirmeye göre tasarım ve doğrusal olmayan hesaplamalar yapılırken TBDY-2018 Eğitim El Kitabı [19], TBDY-2018 [22], Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımına Giriş [23], Betonarme Taşıyıcı Sistemlerde Doğrusal Olmayan Davranış [24], Deprem Mühendisliğine Giriş [25], Deprem-Zemin ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı [26], kaynaklarından yararlanılmıştır.

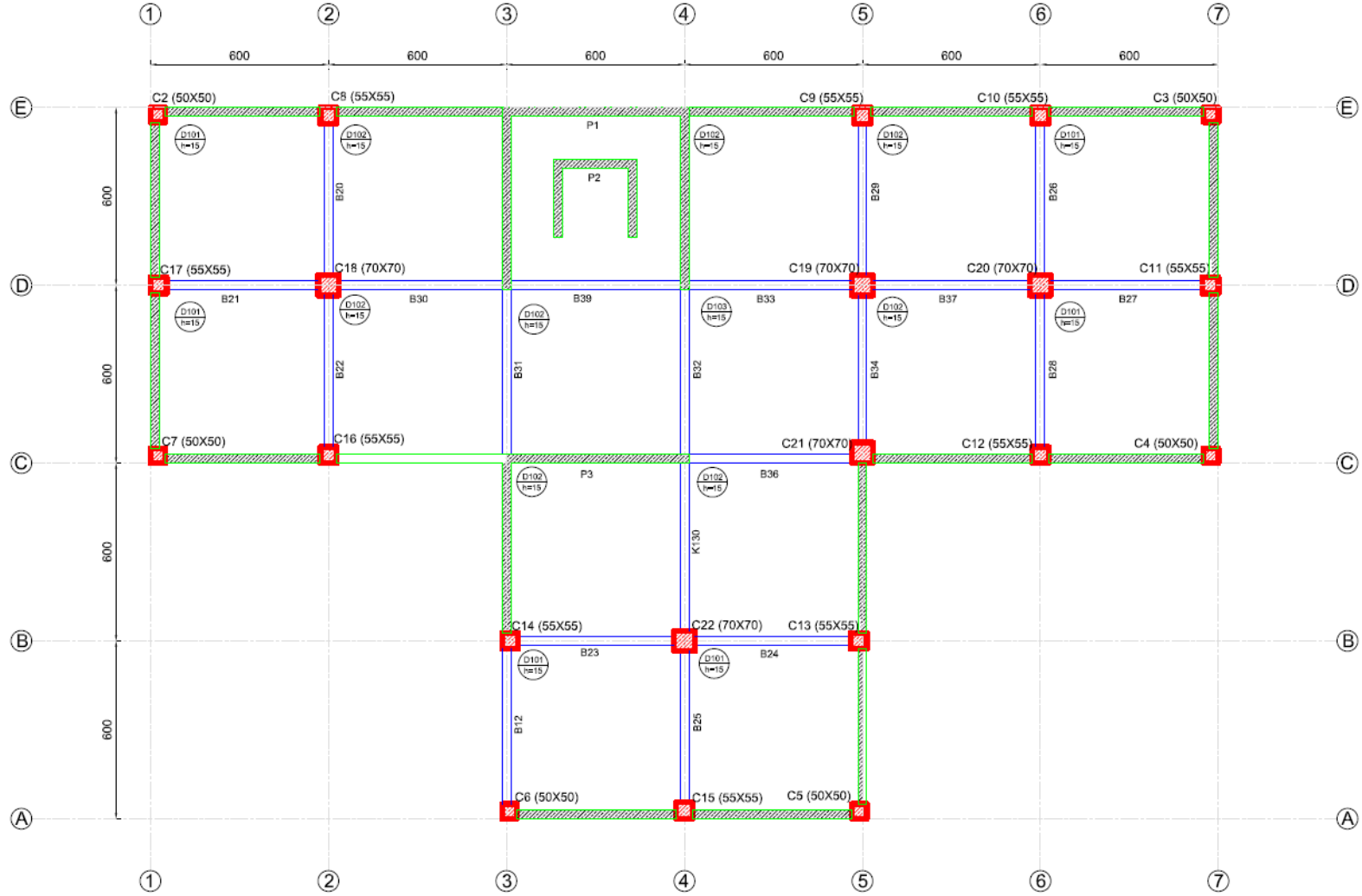
3. BİNANIN DAYANIMA GÖRE TASARIMI

3.1 Bina Hakkında Genel Bilgiler

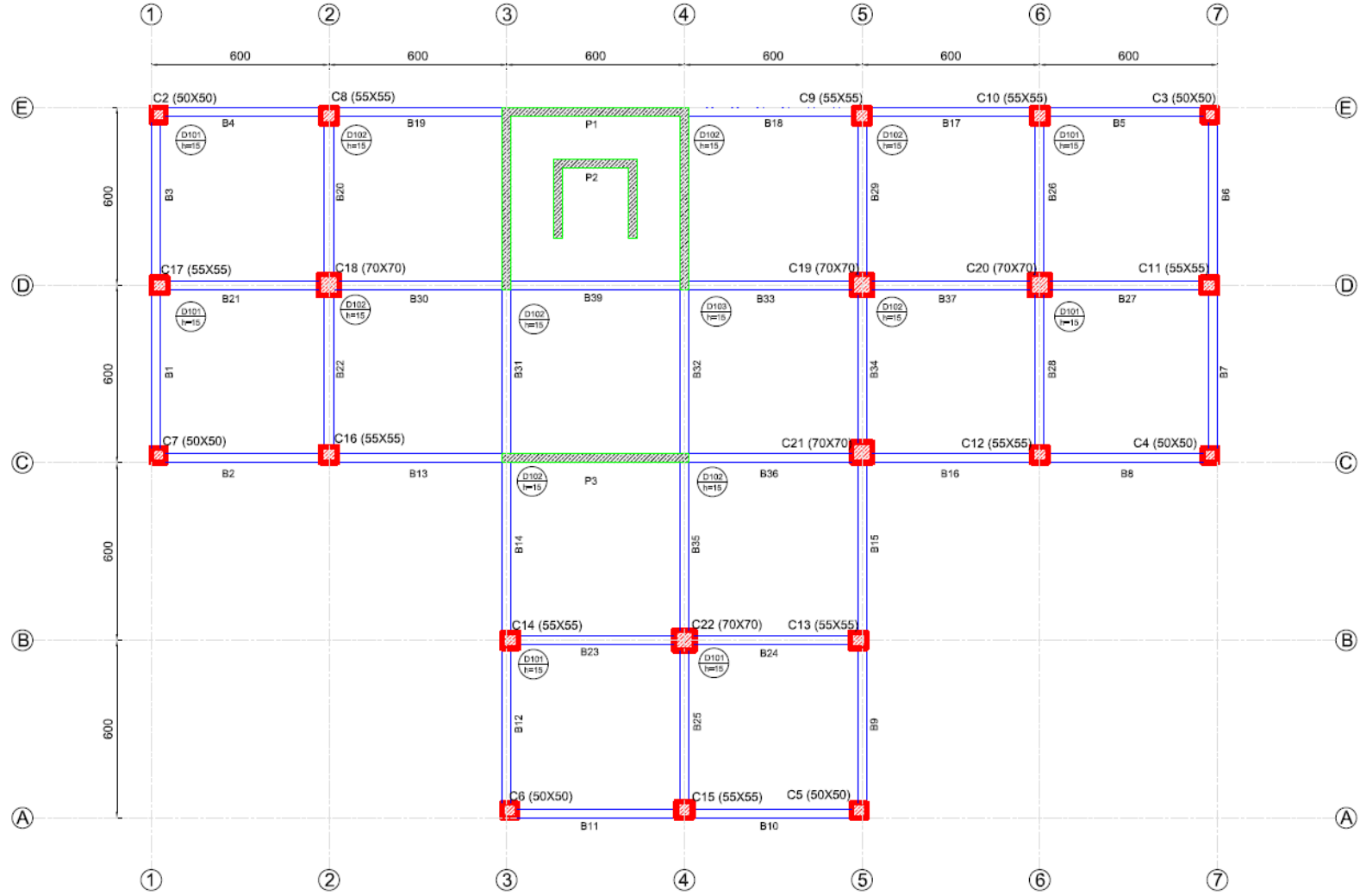
Tez çalışmasına konu olan bina, süneklik düzeyi yüksek boşluksuz perde ve çerçevelerin bir arada bulunduğu bir taşıyıcı sistemden oluşmaktadır. Bina 1 bodrum, zemin ve 8 normal kat olmak üzere 10 kattan oluşmaktadır. Kat yükseklikleri 3.5 m olup toplam yapı yüksekliği 35 m'dir. Bodrum kat her iki yönde de perdelerle çevrelenmiştir.

Kullanım amacı konut olarak tasarlanacak binanın bulunduğu yerel zemin sınıfı ZC' dir. Koordinatları, 40.185793° enlem ve 29.103432° boylam üzerinde inşa edilmesi planlanan bina DD-2 deprem yer hareketi düzeyi için kontrollü hasar performansını sağlayacak şekilde tasarlanacaktır.

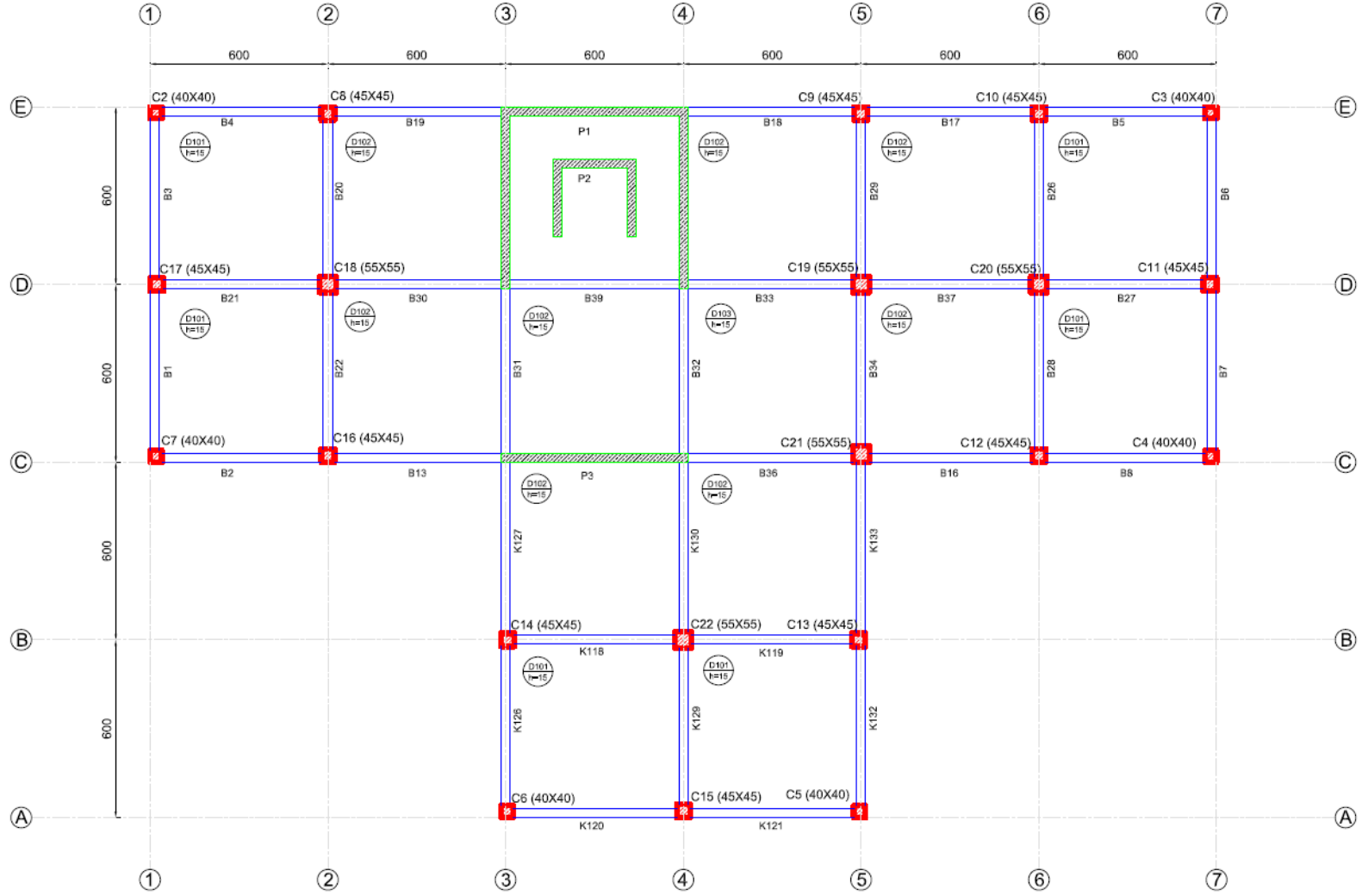
Binada beton sınıfı olarak C30, donatı çeliği olarak B420C mekanik özelliklerine sahip malzemeler kullanılmıştır. Binanın plan boyutları X yönünde 6 m uzunluğunda 6 açıklıktan, Y yönünde ise aynı ölçülerde dört açıklıktan oluşturulmuştur. Ekonomiklik açısından 3. Normal kattan itibaren kolon boyutlarında küçültmeye gidilmiştir. Yapının tamamını temsil eden 3 farklı kalıp planı Şekil 3.1- 3.3 aralığında verilmiştir.



Şekil 3.1 : Bodrum kat kalıp planı



Şekil 3.2 : Zemin, 1. ve 2. kat kalıp planı



Şekil 3.3 : 3., 4., 5., 6., 7. ve 8. Kat kalıp planı

3.2 Deprem Hesabı için Gerekli Parametreler

Tasarıma esas olan binanın konumuna bağlı olarak 2.Bölüm’de de ifade edildiği üzere TBDY-2018’ de belirtilen deprem hesabı parametreleri aşağıda tablo halinde verilmiştir (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1 : Yapı için deprem hesap parametreleri

Parametre	Simge	Değer
Yerel Zemin Sınıfı		ZC
Deprem Yer Hareketi Düzeyi		DD-2
Kısa Periyot Harita Spektral İvme Katsayısı	S_S	0.845
1.0 sn Periyot için Harita Spektral İvme Katsayısı	S_1	0.226
En Büyük Yer İvmesi (g)	PGA	0.352
En Büyük Yer Hızı (cm/sn)	PGV	21.572
Kısa Periyot için Yerel Zemin Etki Katsayısı	F_S	1.2
1.0 sn Periyot için Yerel Zemin Etki Katsayısı	F_1	1.5
Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısı	S_{DS}	1.014
1.0sn Periyot için Tasarım Spektral İvme Katsayısı	S_{D1}	0.339
Bina Önem Katsayısı	I	1.0
Bina Kullanım Sınıfı	BKS	3
Deprem Tasarım Sınıfı	DTS	1
Bina Yükseklik Sınıfı	BYS	4
Taşıyıcı sistem Davranış Katsayısı	R	7
Dayanım Fazlalığı Katsayısı	D	2.5
Yatay Elastik Tasarım İvme Spektrumu Köşe Periyodu (sn)	T_A	0.067
Yatay Elastik Tasarım İvme Spektrumu Köşe Periyodu (sn)	T_B	0.334

3.3 Binanın Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Ön Tasarımı

3.3.1 Döşeme kalınlığı hesabı

Döşemeler üzerine gelen düşey yüklerle birlikte düzlem içi rijitliklerinden dolayı binaya etkileyen yatay yükleri düşey taşıyıcı elemanlara güvenle aktaran elemanlardır. Yapı tasarımında döşeme sistemleri; kirişsiz, kirişli plak ve dişli döşemeler olmak üzere sınıflandırılmıştır. Tez kapsamında her iki yönde de 6’ şar metre uzunluğa sahip döşemeler kirişli plak döşeme olarak tasarlanmıştır. TS-500’ de aşağıda bağıntısı verilen minimum koşullara göre döşeme kalınlığı seçimi yapılmıştır (Denklem 3.1) [27]. Yük kabulleri ise TS-498’ de verilen esaslara göre yapılmıştır [28].

$$h_f \geq \begin{cases} h \geq \frac{l_{sn}}{15 + \frac{20}{m}} \left(1 - \frac{\alpha_s}{4} \right) \\ h \geq 80mm \end{cases} \quad (3.1)$$

Burada h döşeme kalınlığını, l_{sn} döşemenin kısa doğrultudaki temiz açıklığı, m döşemenin uzun kenarın kısa kenara oranını, α_s sürekli kenar uzunlukları toplamının döşeme çevresine oranını ifade etmektedir. Yapıda bütün döşemeler çift yönde çalışmakta olup mesnetlenme durumuna göre 3 farklı döşeme tanımlanmıştır. Aşağıdaki tabloda döşeme kalınlığı seçimi verilmiştir (Çizelge 3.2)

Çizelge 3.2 : Döşeme kalınlıkları tayini

Döşeme	m	l_{sn} (mm)	α_s	$h \geq$ (mm)	h_f (mm)
D101	1	5550	0.5	138.75	150
D102	1	5700	0.75	132.32	150
D103	1	5700	1	122.14	150

3.3.2 Kiriş enkesit boyutlarının belirlenmesi

Kirişler taşıyıcı sistemde eğilmeye çalışan elemanlar olarak üzerlerine gelen düşey ve/veya deprem yükleri etkisiyle oluşan iç kuvvetleri güvenli şekilde karşılayacak şekilde tasarlanırlar. TBDY 2018’ de verilen $0.10 A_c.f_{ck}$ yük seviyesi üzerinde eksenel kuvvet oluşması durumunda, kiriş tasarımı, kolon tasarımında olduğu eksenel kuvvet-eğilme momenti etkileşimini dikkate alacak şekilde yapılmalıdır. Tezde tasarımı yapılan binadaki kiriş boyutları TBDY-2018 Madde 7.4 süneklik düzeyi yüksek kirişler için verilen koşullara göre belirlenmiştir. Bu bağlamda, kiriş gövde genişliği, 250 mm’ den az olmayacak ve mesnetlendiği noktadaki elemanın kiriş eksenine dik genişliği ile kiriş yüksekliğinin toplamını geçmeyecek şekilde 300 mm olarak; kiriş yüksekliği ise döşeme kalınlığının 3 katından ve 300 mm’ den az olmayacak kiriş genişliğinin 3.5 katını da geçmeyecek şekilde 600 mm olarak belirlenmiştir. Modelde bütün kirişler tablalı kiriş olarak dikkate alınmıştır.

3.3.3 Kolon enkesit boyutlarının belirlenmesi

Kolonlar binada iki eksenli eğilme ve normal kuvvet etkisi altında olan düşey taşıyıcı elemanlardır. Kolon tasarımı yapılırken eksenel yük seviyesinin sınırlandırılması sünek davranışı egemen kılmak açısından önem arz etmektedir. Bu bakımdan TBDY-2018

kolonlarda eksenel basınç kuvvetini aşağıda verilen bağıntı ile sınırlandırmıştır (Denklem 3.2)

$$A_c \geq \frac{N_{dm}}{0.40 f_{ck}} \quad (3.2)$$

Burada A_c kolon kesit alanı, N_{dm} düşey yükler ve deprem etkilerinin ortak etkisi altında oluşan en büyük basınç kuvveti, f_{ck} betonun dayanımını ifade etmektedir.

Yönetmelikte ayrıca süneklik düzeyi yüksek dikdörtgen kolon enkesitleri için, en küçük kenar uzunluğunun 300 mm' den az olamayacağı belirtilmiştir. Binada bütün kolonlar kare kesitli olup 2. kattan sonra kolon boyutları küçültülmüştür. Yapılan tasarım sonrası belirlenen enkesitler Çizelge 3.3'de sunulmuştur.

Çizelge 3.3 : Kolon enkesit boyutları

Kolon İsmi	Kolonların Bulundukları Katlar	
	Bodrum, Zemin, 1. ve 2. Kat	3., 4., 5., 6., 7. Ve 8. Kat
C2	500 x 500	400 x 400
C3	500 x 500	400 x 400
C4	500 x 500	400 x 400
C5	500 x 500	400 x 400
C6	500 x 500	400 x 400
C7	500 x 500	400 x 400
C8	550 x 550	450 x 450
C9	550 x 550	450 x 450
C10	550 x 550	450 x 450
C11	550 x 550	450 x 450
C12	550 x 550	450 x 450
C13	550 x 550	450 x 450
C14	550 x 550	450 x 450
C15	550 x 550	450 x 450
C16	550 x 550	450 x 450
C17	550 x 550	450 x 450
C18	700 x 700	550 x 550
C19	700 x 700	550 x 550
C20	700 x 700	550 x 550
C21	700 x 700	550 x 550
C22	700 x 700	550 x 550

3.3.4 Perde enkesit boyutlarının belirlenmesi

Perdeler kolonlar gibi düşey taşıyıcı elemanlardır. Eksenleri boyunca taşıdıkları eksenel yüklerin yanı sıra eğilme rijitliklerinin kolonlara nazaran çok büyük olması nedeniyle yatay kuvvetleri büyük ölçüde karşılarlar. Perdeler, planda uygun yerlere yerleştirildiğinde, binanın rijitliğini önemli miktarda artırmakta ve bu sayede yer değiştirmelerin sınırlandırılması sağlanmaktadır.

TBDY-2018, perdeleri bir kenarının diğer kenara oranının en az 6 olduğu düşey taşıyıcı elemanlar olarak tanımlamaktadır. Kolonlarda olduğu gibi perdelerde de yüksek süneklik sağlamak adına eksenel yük değeri Denklem 3.3’de verildiği üzere sınırlı tutulmuştur.

$$A_c \geq \frac{N_{dm}}{0.35 f_{ck}} \quad (3.3)$$

Burada A_c perde alanını tanımlamaktadır.

Yönetmelikte taşıyıcı sistemi tamamen perdelerden oluşan sistemler dışında dikdörtgen, U, L, T enkesitlerine sahip perdelerde; perde kollarının tutulu olması durumlarına özel kurallar getirilmesinin yanı sıra perde kalınlığı kat yüksekliği değerinin 1/16’ sından ve 250 mm’ den küçük olmayacaktır kuralı doğrultusunda bu çalışmadaki perde kalınlıkları belirlenmiştir.

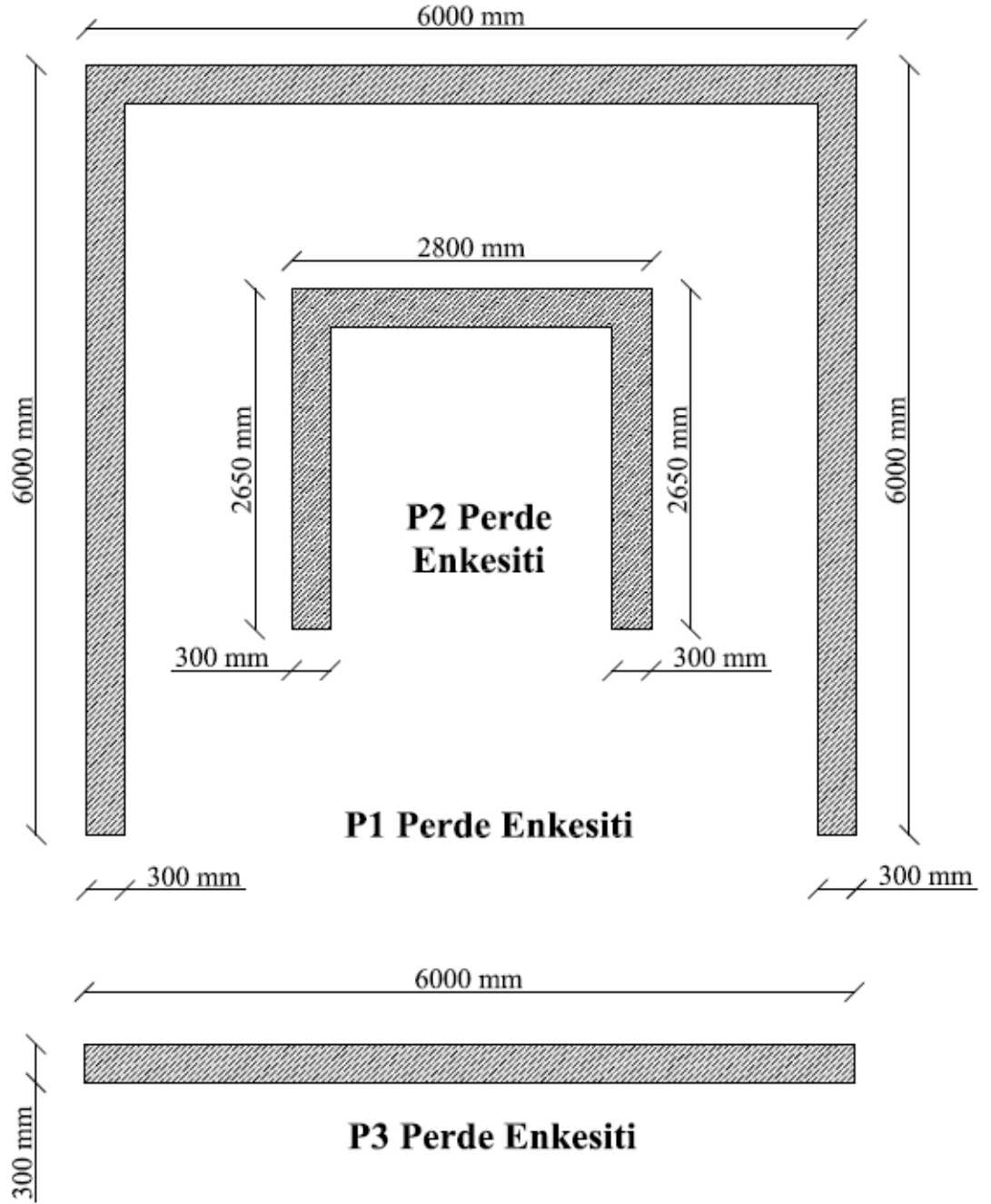
TBDY-2018’ de bina için zemin kat tabanından itibaren ölçülen toplam yüksekliğinin, plandaki perde uzun boyutuna oranı 2’ den büyük olan perdeler için perde uç bölgeleri tanımlanmasını zorunlu tutmuştur. Ayrıca Yönetmeliğe göre perde uzun boyutunun minimum %20 azaltıldığı seviyeden veya temel kotu referans alınarak aşağıda verilen bağıntı ile hesaplanan değerde kritik perde yüksekliği tanımlanmalıdır (Denklem 3.4).

$$2l_w \geq H_{cr} \geq \max \left[l_w, \frac{H_w}{6} \right] \quad (3.4)$$

Burada; l_w planda perde uzun kenar uzunluğunu, H_{cr} kritik perde yüksekliğini, H_w referans alınan perde yüksekliğini ifade etmektedir.

Şartnamede dikdörtgen kesitli perde uç bölgeleri ile ilgili olarak; H_{cr} boyunca uç bölgelerin plan uzunluklarının perde kalınlığının 2 katından ve perdenin uzun kenarının beşte birinden küçük olmayacağı belirtilmiştir. Perde uç bölgesinin başka

bir perde içerisine teşkil edilmesi durumunda ise, o kısmın en az 300 mm olması veya en az perde perde kalınlığı değeriinde inşa edilmesi gerektiği ifade edilmiştir. Bu kurallar çerçevesinde tez çalışması kapsamındaki bina için teşkil edilen perde enkesitleri Şekil 3.4’de gösterilmiştir.



Şekil 3.4 : P1, P2 ve P3 Perdeleri enkesitleri

3.4 Yapı Analiz Modeli

3.4.1 Modellemede uygulanan kurallar

TBDY-2018 Madde 4.5.1 kuralları gereğince;

- ❖ Taşıyıcı sistem üç boyutlu modellenmiştir.
- ❖ Yapı sönüm oranı %5 olarak sisteme dahil edilmiştir.
- ❖ Birbirine dik doğrultulardaki her iki deprem etkisi de dikkate alınmıştır.
- ❖ Düşey deprem etkisi hesaba katılmıştır.
- ❖ **Kiriş ve kolonlar** yönetmelikteki etkin eğilme rijitlikleri tanımlanarak çubuk eleman olarak modellenmiştir. Binanın kat döşemelerine rijit diyafram tanımlaması yapılmıştır.
- ❖ **Boşluksuz perdeler** modellenirken kabuk sonlu elemanlar kullanılmıştır. İç kuvvet değerlerinin yeterli doğrulukta hesaplanabilmesi için uygun sayıda elemana bölünmüştür. Yönetmelikte tanımlanan etkin kesit rijitlikleri perdelerine tanımlanmıştır. Kesit tesirlerinden dolayı perde tabanında bulunacak moment değeri, taban devrilme momenti olarak kullanılmıştır.
- ❖ **Döşemeler**, binada A3 türü düzensizlik bulunduğundan dolayı öncelikle rijit diyafram tanımı yapılmadan modellenmiştir. Yatay deprem yükleri altında döşemede oluşan düzlem içi gerilmelerin kayda değer büyüklüklerde olmadığı gözönünde bulundurularak analiz sürelerini kısaltmak, hesap kolaylığı sağlamak adına rijit diyafram tanımı yapılması uygun bulunmuş ve ayrı bir model oluşturulmuştur. Her iki modelde periyot değerleri, görelî kat ötelemeleri ve yatay deplasmanlar kıyaslanmıştır. Döşemelerin düzlem içi rijitliğinin yeterli olmasından dolayı her iki model kıyaslandığında bütün istem büyüklüklerinde değerlerin $\pm\%5$ farkla birbirine yakın çıktığı görülmüş; bu yüzden rijit diyafram varlığı kabul edilerek doğrusal ve doğrusal olmayan analizler gerçekleştirilmiştir.

3.4.2 Kütlelerin modellenmesi

Kolon ve kirişlerin çubuk, döşemelerin levha ve perdelerin kabuk sonlu eleman olarak modellendiği nihai modelde, elemanların yük alanları oranında tekil düğüm noktası kütleleri program tarafından otomatik olarak dikkate alınmaktadır. Düğüm noktası

kütlesi hesabında sabit yüklerin %100'ünün hesaba katıldığı, hareketli yüklerin yapı kullanım amacına bağlı olarak aşağıdaki tabloda verilen hareketli yük katılım katsayısı oranında katılım sağladığı TBDY-2018'de (Çizelge 3.4) belirtilmiştir. Ayrıca çatı katı ağırlığı hesaplanırken kar yükünün %30 oranında katılım sağladığı dikkate alınmıştır.

Çizelge 3.4 : Hareketli yük kütle katılım katsayısı

Bina Kullanım Amacı	n
Konut, İşyeri, Otel, Hastane, Otopark vb	0.30

3.4.3 Etkin kesit rijitliklerin tanımlanması

TBDY-2018'de belirtilen etkin kesit rijitlik çarpanları Çizelge 3.5'de listelenmiş ve kiriş, kolon, döşeme, perde ve bodrum perdeleri için ayrı ayrı ETABS programında tanımlanmıştır.

Çizelge 3.5 : Etkin kesit rijitliği çarpanları

Taşıyıcı Sistem Elemanı	Etkin Kesit Rijitliği Çarpanı	
Perde – Döşeme (Düzlem İçi)	Eksenel	Kayma
Perde	0.50	0.50
Bodrum Perdesi	0.80	0.50
Döşeme	0.25	0.25
Perde – Döşeme (Düzlem İçi)	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

3.4.4 Ek dışmerkezlik etkisinin modellenmesi

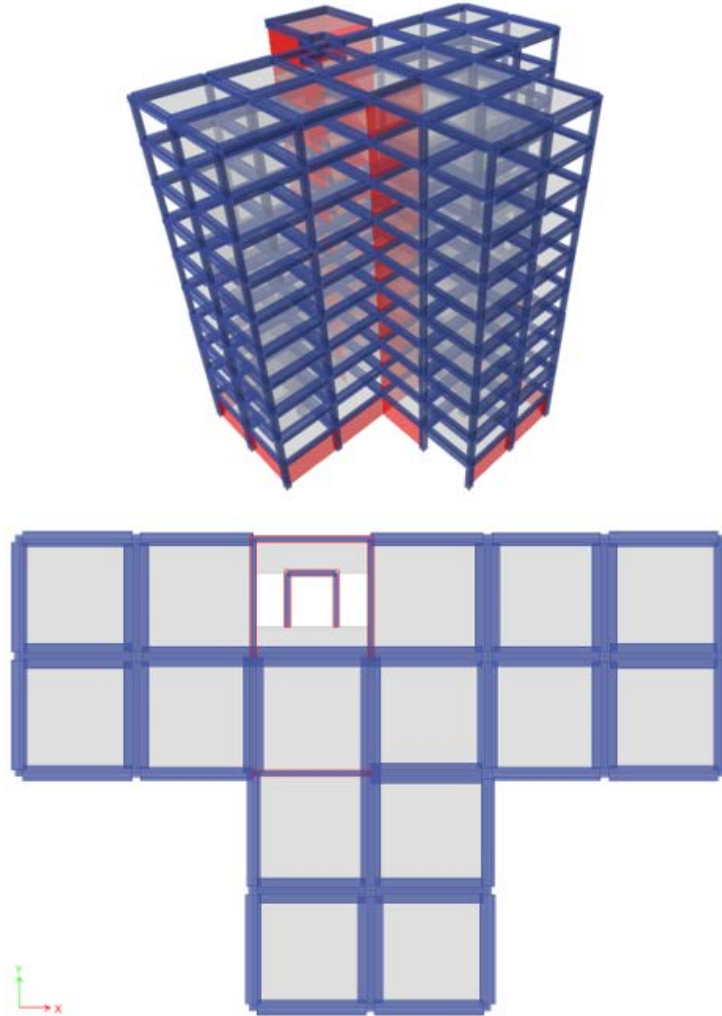
Döşemelerin rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda kütle ve rijitlik merkezlerinin tahmin edilmesindeki olası belirsizlikler, bina inşa edilirken yapılan hatalar ve deprem yer hareketinin burulma bileşeninin hesaplarda göz ardı edilmesi gibi etkenleri dikkate alabilmek adına, TBDY-2018 uyarınca kat kütle merkezleri, binanın her iki ortogonal

doğrultusu için, kat plan boyutlarının $\pm\%5$ 'i mertebesinde ötelenerek yatay deprem yükleri bu noktalara etki ettirilmektedir.

Eşdeğer deprem yükü hesabı yapıldığında deprem yüklerini kaydırmak yerine Denklem 3.5'de verildiği üzere, deprem yükleri kat kütle merkezinde etki ettirilip, ek dışmerkezlilik etkileri sanal ek burulma momentleri şeklinde gözönüne alınmış olmaktadır. Burulma düzensizliği katsayısının 1.2 değerini aşması durumunda ise dışmerkezlilik değeri Denklem 2.5' te verilen katsayı ile çarpılarak büyütülür.

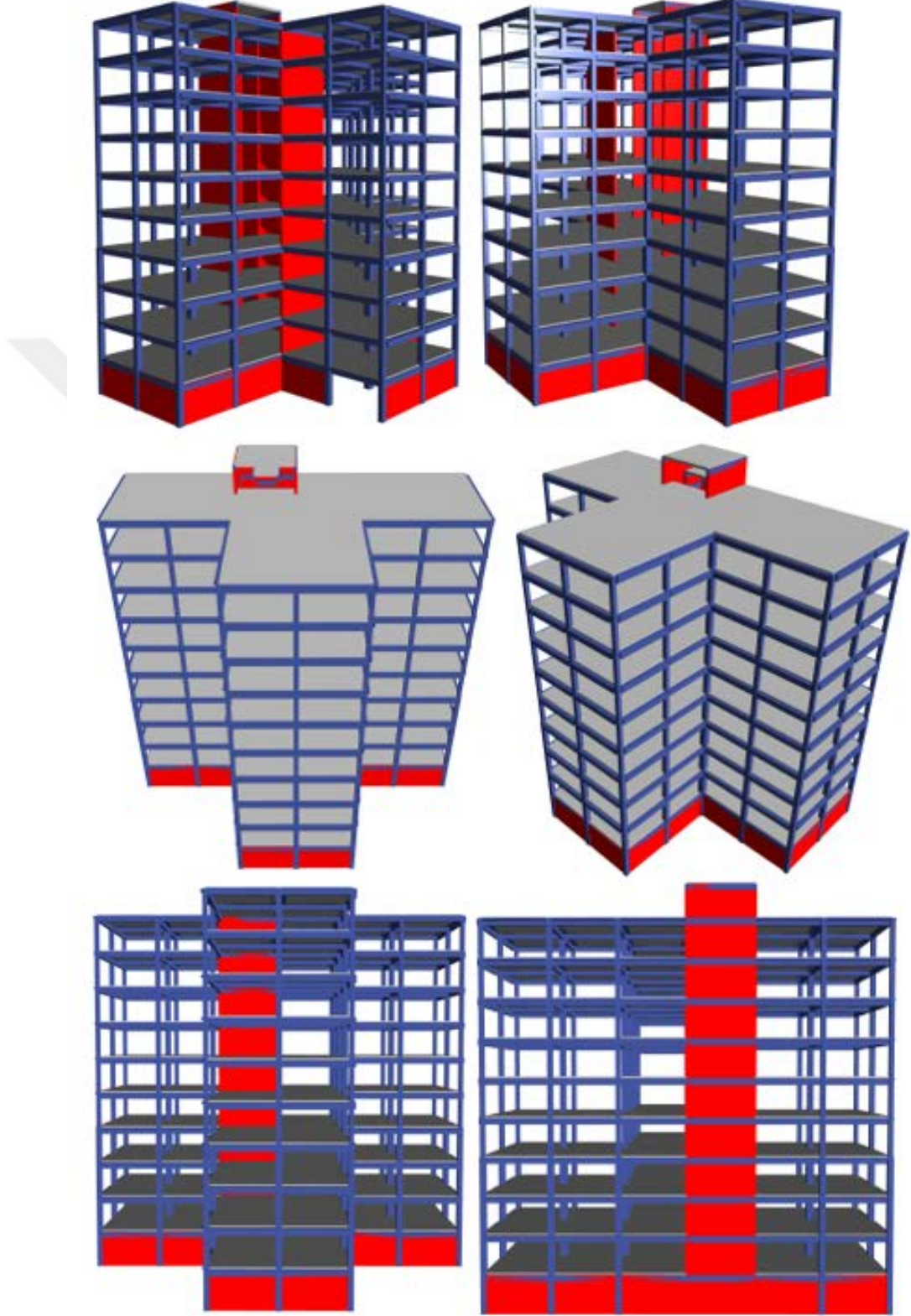
$$M_{ib}^{(X)} = F_{iE}^{(X)} e \quad (3.5)$$

Burada, $M_{ib}^{(X)}$ i'inci katta (X) deprem doğrultusuna dik doğrultuda ek dışmerkezlilik etkisine karşı gelen ek kat burulma momentini, $F_{iE}^{(X)}$ (X) deprem doğrultusunda i'inci kat kütle merkezine etkiyen eşdeğer deprem yükünü, e dışmerkezliliği tanımlamaktadır.



Şekil 3.5 : Nümerik modelin 3D ve plan görüntüleri

Tez çalışmasına konu olan binanın TBDY-2018 kurallarına göre ETABS [29] programında oluşturulan modelinin 3D ve plan görüntüleri Şekil 3.5’ te, çeşitli açılardan alınan görüntüleri ise Şekil 3.6’da verilmiştir.



Şekil 3.6 : Nümerik modelin çeşitli açılardan görüntüleri

3.4.5 Yük kombinasyonları

TS 500 uyarınca düşey yüklerden oluşan tasarım kombinasyonu $P_d = 1.4G + 1.6Q$ sisteme tanımlanmıştır. Bununla beraber TBDY-2018 esaslarına göre deprem etkileri diğer yük kombinasyonları ile Denklem 2.9’ da belirtildiği gibi birleştirilerek taşıyıcı sisteme etki ettirilmiştir. Deprem yüklerini ve düşey yükleri bir araya getirmek için oluşturulan kombinasyonlar Çizelge 3.6’ da verilmiştir.

Çizelge 3.6 : Deprem yüklerinin ve düşey yüklerin birleştirilmesi

Heplamada Dikkate Alınacak Yük Birleşimleri
$1.2028G + Q_e + 0.2S \pm E_d^X \pm 0.3E_d^Y$
$1.2028G + Q_e + 0.2S \pm E_d^Y \pm 0.3E_d^X$
$0.6972G + H \pm E_d^X \pm 0.3E_d^Y$
$0.6972G + H \pm E_d^Y \pm 0.3E_d^X$

3.5 Doğrusal Hesap Yönteminin Seçilmesi

Modal hesap yöntemleri, ileri mod etkilerinin dikkate alındığı, eşdeğer deprem yüküne kıyasla gerçeğe daha yakın sonuçlar veren analiz yöntemleridir. Buna rağmen, TBDY-2018, modal hesaplamalar sonucu elde edilen istem büyüklükleri ile eşdeğer deprem yükü yöntemi ile elde edilen büyüklüklerin belirli oranlarda yakın olmasını zorunlu kılmıştır. Eşdeğer deprem yükü yönteminin binada uygulanabilmesi için dikkat edilen ölçütler Çizelge 3.7’ de verilmiştir. Binada eşdeğer deprem yükü yönteminin şartları sağlanmasına rağmen, ileri modların katkısını gözönüne almak adına Mod Birleştirme Yöntemi’ ne göre hesap da yapılmıştır. Her iki yöntemden elde edilen en olumsuz yük kombinasyonlarına göre yapısal elemanlar tasarlanmıştır.

Çizelge 3.7 : Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabileceği binalar

	İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfı	
	DTS=1, 1a, 2, 2a	DTS=3, 3a, 4, 4a
Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının 2.0’ den küçük olduğu ve B2 türü düzensizliğin bulunmadığı binalar	$BYS \geq 4$	$BYS \geq 5$
Diğer tüm binalar	$BYS \geq 5$	$BYS \geq 6$

Yukarıda da bahsedildiği üzere analizde ilk olarak eşdeğer deprem yükü yöntemi uygulanacaktır.

3.5.1 Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanması

Eşdeğer deprem yükü yöntemi, seçilen bir doğrultudaki deprem etkisinin binanın o doğrultudaki hâkim titreşim modu esas alınarak dikkate alındığı bir yöntem olarak ifade edilebilir. Yöntemde ilk olarak hâkim titreşim moduna ait toplam eşdeğer deprem kuvveti başka bir deyişle taban kesme kuvveti hesaplanır. Daha sonra, bu kuvvet katlara statik yatay yükler olarak aktarılmaktadır. Kuvvetlerin katlara dağılımı binanın ilgili doğrultusundaki hâkim mod şekliyle büyük benzerlik içermektedir. Bu nedenle, yöntemin uygulama sınırları tanımlanmış olup, burulma düzensizliğinin şartname sınırları içerisinde kaldığı ve birinci modun hâkim olduğu binalar için yeterli yaklaşım sağladığı bilinmektedir. Eşdeğer deprem yüklerinin toplamını veren taban kesme kuvveti Denklem 3.6' da verilen ifade ile hesap edilmektedir.

$$V_{tE}^{(X)} = S_{aR}(T_p^{(X)}) \cdot m_t \geq 0.04 \cdot S_{DS} \cdot I \cdot m_t \cdot g \quad (3.6)$$

Burada; S_{aR} , gözönüne alınan yöndeki T_p bina hâkim periyoduna bağlı azaltılmış tasarım spektral ivmesini, m_t bina kütlelerini, g yerçekimi ivmesini ifade etmektedir. Binaya etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin toplamı ise Denklem 3.7' de verilen bağıntı ile hesaplanır.

$$V_{tE}^{(X)} = \Delta F_{NE}^{(X)} + \sum_{i=1}^N F_{iE}^{(X)} \quad (3.7)$$

Yöntemde kamçı etkisi gibi düşünülen ΔF_N ek eşdeğer deprem yükü binanın en üst katına etki ettirilir (Denklem 3.8).

$$\Delta F_N^{(X)} = 0.0075 \cdot N \cdot V_{tE}^{(X)} \quad (3.8)$$

N kat sayısı, H ilgili katın yerden yüksekliği olmak üzere; eşdeğer deprem yükü bütün katlara Denklem 3.9' da verilen bağıntı ile dağıtılır. Rijit diyafram tanımlaması yapıldığında; $F_{iE}^{(X)}$ deprem yükleri her katta kütle merkezine etki ettirilir.

$$F_{iE}^{(X)} = (V_{tE}^{(X)} - \Delta F_{NE}^{(X)}) \frac{m_i H_i}{\sum_{j=1}^N (m_j H_j)} \quad (3.9)$$

3.5.1.1 Bina hâkim doğal titreşim periyodunun belirlenmesi

Göz önüne alınan yer hareketi doğrultusu için periyot değerlerini bulabilmek adına fiktif yatay yük değerleri kat kütle merkezlerine etki ettirilir ve bu değerlere karşı gelen yerdeğiştirme değerleri hesaplanır. Burada uygulanan fiktif kuvvetler öngörülen bir taban kesme kuvveti değerinin Denklem 3.7’deki gibi katlara dağıtılması şeklindedir. Denklem 3.8’ de ifade edilen ve en üst kata etki ettirilen ek kuvvet burada kullanılmamaktadır. Bu veriler doğrultusunda her iki ortogonal doğrultu için T_p periyot değerleri Denklem 3.10 ile belirtilen Rayleigh oranı ile hesaplanmaktadır.

$$T_p^{(X)} = 2\pi \left(\frac{\sum_{i=1}^N m_i d_{fi}^{(X)2}}{\sum_{i=1}^N F_{fi}^{(X)} d_{fi}^{(X)}} \right)^{1/2} \quad (3.10)$$

Burada; F_{fi} göz önüne alınan yöndeki fiktif yük değerini, d_{fi} fiktif yükün oluşturduğu fiktif yerdeğiştirme değerini ve m_i ise yükün uygulandığı kat kütle değerini ifade etmektedir. Yapıya ait X ve Y yönlerine ait hesaplanan periyot değerleri aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

Çizelge 3.8 : Fiktif yük altında yapıya ait X ve Y yönlerindeki periyot değerleri

Gözönüne Alınan Yöndeki Periyot	Periyot Değeri (sn)
$T_p^{(X)}$	1.0377
$T_p^{(Y)}$	1.1599

TBDY-2018’ e göre ayrıca Denklem 3.10 ile hesaplanan periyot değerinin en büyük değerinin Denklem 3.11’ de verilen bağıntı ile bulunacak olan ampirik hâkim doğal periyot değerinin 1.4 katını aşamayacağı belirtilmiştir.

$$T_{pA} = C_t H_N^{3/4} \quad (3.11)$$

Burada; H_N binanın bodrum kat üstündeki yüksekliğini ifade etmektedir. C_t ise sadece betonarme çerçevelerden oluşan binalarda 0.10, çelik çerçeveli ve çaprazlı binalarda 0.08, diğer binalarda 0.07 alınan sabit bir katsayıdır. Aşağıdaki çizelgede Denklem 3.11’ e göre ampirik periyot değeri hesaplanmış ve her iki yönde de bina hâkim periyodunun söz konusu bu değerin 1.4 katından küçük olduğu görülmüştür (Çizelge 3.9).

Çizelge 3.9 : Taban Kesme Kuvveti Hesabına Esas Olacak Sınır Periyot Değeri

Artırılmış Ampirik Periyot
$1.4 T_{pA} = 1.3031 \text{ sn}$

3.5.1.2 Deprem etkisi altında azaltılmış ivme spektrumu tayini

Yer hareketi etkisi altında azaltılmış ivme spektrumunu tanımlayabilmek için her iki yönde de Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı belirlenmelidir. Bu amaçla tezin önceki bölümlerinde değerleri bulunan parametreler Çizelge 3.10’ da toplu halde verilmiştir.

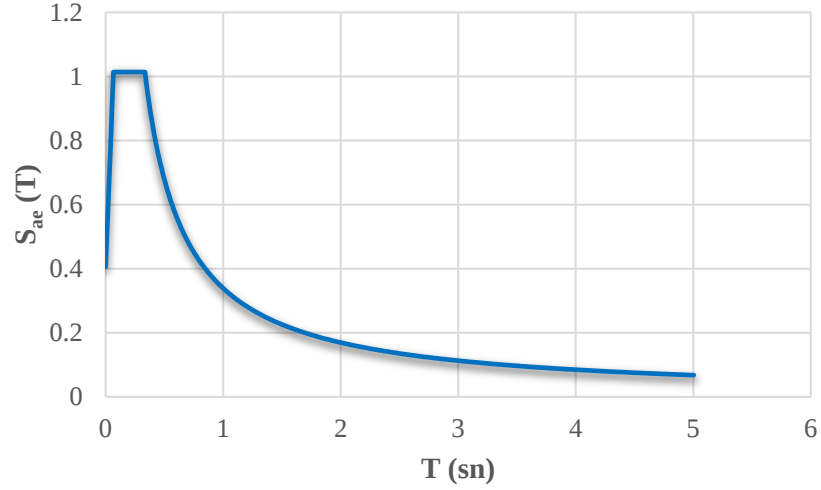
Çizelge 3.10 : Azaltılmış ivme spektrumu tayini için gerekli parametreler

Parametre	X Yönü	Y Yönü
S_{DS}	1.014	1.014
S_{D1}	0.339	0.339
$T_A \text{ (sn)}$	0.06686	0.06686
$T_B \text{ (sn)}$	0.3343	0.3343
$T_L \text{ (sn)}$	6	6
$T_p \text{ (sn)}$	1.0377	1.1599
R	7	7
I	1	1
D	2.5	2.5
R_{ax}	7	7
R_{ay}	7	7

Burada; T_A ve T_B periyot değerleri Denklem 2.3’ e göre, R_{ax} ve R_{ay} değerleri de Denklem 2.8’ e göre hesaplanarak tabloda listelenmiştir. Verilen parametrelere bağlı olarak Denklem 2.2’ ye göre belirlenen yatay elastik tasarım spektral ivme ifadeleri Çizelge 3.11’ de, periyota bağlı grafiği ise Şekil 3.7’ de verilmiştir.

Çizelge 3.11 : Yatay elastik tasarım spektral ivme ifadeleri ve periyot aralıkları

Yatay Elastik Tasarım Spektral İvme	Belirlenen İfade	Periyot Aralığı
$S_{ae}(T) = (0.4 + 0.6 T/T_A) S_{DS}$	$0.4056 + 9.0997T$	$0 \leq T \leq T_A$
$S_{ae}(T) = S_{DS}$	1.014	$T_A \leq T \leq T_B$
$S_{ae}(T) = S_{D1} / T$	$0.339 / T$	$T_B \leq T \leq T_L$
$S_{ae}(T) = S_{D1} \cdot T_L / T^2$	$2.034 / T^2$	$T_L \leq T$

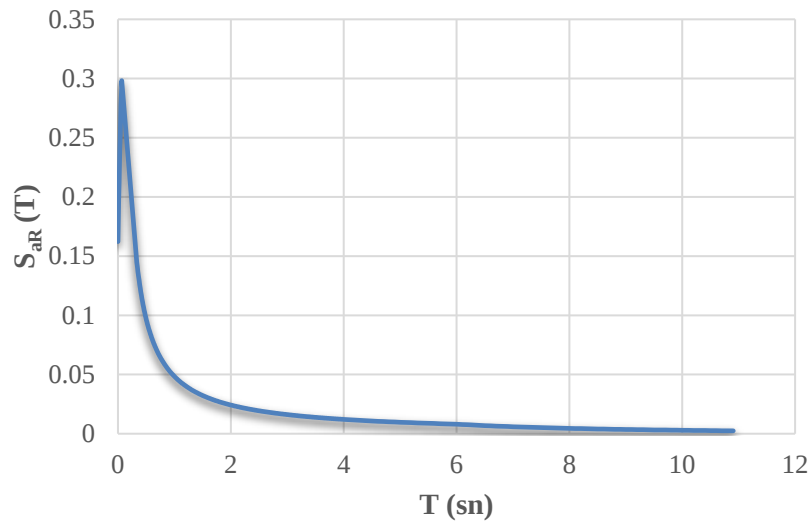


Şekil 3.7 : Yatay elastik tasarım spektrumu

Yatay doğrultuda azaltılmış deprem yüklerini belirlemek için ise azaltılmış tasarım ivme spektrumu belirlenir. Periyodu T , ordinatı azaltılmış tasarım spektral ivme $S_{aR}(T)$ olan değeri Denklem 3.12’ de verilen bağıntı ile belirlenmektedir.

$$S_{aR}(T) = \frac{S_{ae}(T)}{R_d(T)} \quad (3.12)$$

Burada; $S_{ae}(T)$ dikkate alınan deprem düzeyi için yatay elastik tasarım spektral ivmesini, $R_d(T)$ deprem yükü azaltma katsayısını tanımlamaktadır. Söz konusu bina için periyota bağlı azaltılmış tasarım spektral ivme grafiği aşağıdaki gibi modelde tanımlanmıştır (Şekil 3.8).



Şekil 3.8 : Azaltılmış elastik tasarım spektrumu

3.5.1.3 Toplam eşdeğer deprem yükünün hesaplanması

Gözönüne alınan deprem doğrultusu için, binanın tamamına etkiyen taban kesme kuvveti olarakta adlandırılan toplam eşdeğer deprem yükü Denklem 3.13' te verilen ifade ile hesaplanmaktadır.

$$V_{tE} = m_t S_{aR}(T_p) \geq 0.04 m_t I S_{DS} g \quad (3.13)$$

Burada; T_p yapının doğal hâkim periyodunu, $S_{aR}(T_p)$ dikkate alınan doğrultuda azaltılmış tasarım spektral ivmesini, m_t bina toplam kütesini, I bina önem katsayısını, S_{DS} kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısını, g yerçekimi ivmesini tanımlamaktadır. Çalışmaya konu olan bina için her iki yönde hesaplanan taban kesme kuvveti Çizelge 3.12' de verilmiştir.

Çizelge 3.12 : X ve Y yönünde toplam eşdeğer deprem yükü kuvvetleri

Seçilen Yön	Taban Kesme Kuvveti (kN)	Minimum Koşul
$V_{tE}^{(X)}$	$3853.66 \geq 2546.83$	Koşul Sağlandı
$V_{tE}^{(Y)}$	$2671.83 \geq 2546.83$	Koşul Sağlandı

Tabloda da görüldüğü üzere her iki deprem doğrultusu için hesaplanan toplam eşdeğer deprem yükleri etkilmesi gereken minimum kuvvetten büyük çıkmıştır. Toplam kat kesme kuvvetleri katlara dağıtılarak eşdeğer deprem yükleri binaya etki ettirilmiştir.

3.5.1.4 Bodrum kat eşdeğer deprem yükü hesabı

TBDY-2018' e göre etrafı çepeçevre perdeler ile tasarlanmış bodrumlu binalarda üst bölüm yani bodrum kat üzerinde kalan katlar ile bodrum katı dayanım ve rijitlik bakımından çok farklı davranışlar sergilemektedirler. Birbirine göre uzak modlarda titreşen bu iki bölüm için deprem hesabı iki yükleme durumu ile yapılır.

İlk yükleme durumu için, yukarıda hesap esasları anlatılan yöntemle bulunan eşdeğer deprem yükleri sadece bina üst bölümüne etki ettirilmektedir. İkinci yükleme durumunda ise Denklem 3.12 ile verilen bağıntıda $T=0$ yazılarak elde edilen azaltılmış spektral ivme ile bodrum kat kütesi çarpılarak yaklaşık eşdeğer deprem yükü hesaplanır. Hesaplamalarda bodrum kat için deprem yükü azaltma katsayısı ve dayanım fazlalığı katsayısı birbirine eşit ve 1.5 olarak alınır (TBDY-2018 Madde 4.7.5).

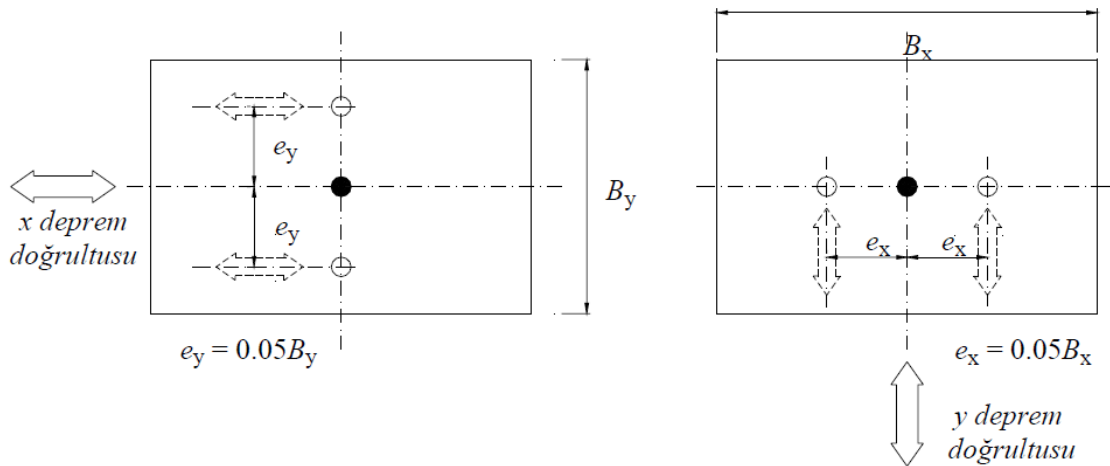
Çizelge 3.13’de bodrum kata ya da diğer bir tabirle alt bölüme ait eşdeğer deprem yükleri verilmiştir.

Çizelge 3.13 : X ve Y yönü için bodrum eşdeğer deprem yükü değerleri

$S_{ae}(0)$ (g)	R_a	$S_{aR}(0)$ (g)	m_{bodrum} (kNsn ² /m)	$V_{tE}(\text{bodrum})$ (kN)
$0.4S_{DS}$		$S_{ae}(0)/R_a$		$S_{aR} \cdot m_{\text{bodrum}}$
3.9789	1.5	2.6526	843.972	2238.720

3.5.1.5 Ek dışmerkezlilik etkisinin hesaplanması

Tek doğrultu için hesap adımları üzerine kurgulanmış eşdeğer deprem yükü ve mod birleştirme yöntemleri ile iç kuvvet hesabında ek dışmerkezlilik etkisi her bir doğrultu için gözönüne alınmalıdır. Aşağıdaki şekilde kütle merkezinin referans alındığı örnek bir yapı için dışmerkezlilik mesafeleri gösterilmiştir (Şekil 3.9).



Şekil 3.9 : Ek dışmerkezlilik etkime noktaları [30]

Bu çalışmada, ek dışmerkezlilik etkileri Denklem 3.5’ e göre hesaplanarak eşdeğer burulma momentleri şeklinde binaya etki ettirilmiştir.

3.5.1.6 Eşdeğer deprem yüklerinin katlara dağıtılması

Yukarıda maddeler halinde sıralanan hesaplama esasları uygulandıktan sonra her iki yön için ayrı ayrı hesaplanan eşdeğer deprem yükleri ve dışmerkezliliklerden dolayı oluşan burulma momentleri aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir (Çizelge 3.14, Çizelge 3.15).

Çizelge 3.14 : X yönü için hesaplanan eşdeğer deprem kuvvetleri (R=7)

Kat No	H _i (m)	m _i (kNsn ² /m)	F _{iE} ^(X) (kN)	M _{ib} ^(X) (kNm)
8	31.5	608.874	888.481	1066.178
7	28	700.539	642.629	771.155
6	24.5	720.285	578.150	693.780
5	21	720.285	495.557	594.669
4	17.5	720.285	412.964	495.557
3	14	720.285	330.371	396.446
2	10.5	729.535	250.960	301.153
1	7	739.953	169.696	203.635
Zemin	3.5	739.953	84.848	101.817

Çizelge 3.15 : Y yönü için hesaplanan eşdeğer deprem kuvvetleri (R=7)

Kat No	H _i (m)	m _i (kNsn ² /m)	F _{iE} ^(Y) (kN)	M _{ib} ^(Y) (kNm)
8	31.5	608.874	616.003	1108.806
7	28	700.539	445.548	801.988
6	24.5	720.285	400.844	721.520
5	21	720.285	343.580	618.445
4	17.5	720.285	286.317	515.371
3	14	720.285	229.053	412.297
2	10.5	729.535	173.996	313.193
1	7	739.953	117.654	211.777
Zemin	3.5	739.953	58.8270	105.888

3.5.2 Taşıyıcı sistem davranış katsayısının belirlenmesi

Sözkonusu bina betonarme boşluksuz perde ve çerçevelerden oluştuğundan ve DTS=1 olduğundan TBDY 2018 uyarınca aşağıda tanımlanan iki koşuldan herhangi birinin sağlanamaması durumunda Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R) yerine (4/5) R olarak alınması gereklidir:

- Yapıda deprem hesabı yapılan doğrultuda tek bir perdenin karşıladığı taban devrilme momenti o yöndeki toplam devrilme momentinin üçte birinden fazla ise
- Binanın kenar aksında yer alan perdelerde oluşacak devrilme momentleri toplamının hesap doğrultusundaki toplam devrilme momentine oranı 1/6' dan küçük ise

Yukarıda belirtilen kontrolleri yapmak adına X ve Y yönünde gerçekleştirilen eşdeğer deprem yükleri için perde tabanlarında oluşan devrilme momentleri ile her iki deprem doğrultusu için elde edilen toplam taban devrilme momenti değerleri hesaplanmış ve sınır değerlerle karşılaştırılmıştır. Çizelge 3.16’da X ve Y yönü için perde tabanlarında oluşan toplam devrilme momentleri, Çizelge 3.17’de i şikkındaki koşulun, sağlanıp sağlanmadığının kontrolü yapılmıştır. Binada kenar akslarda perde bulunmadığından kenar aks perde devrilme momenti kontrolü yapılmamıştır.Çizelge 3.17’ da görüldüğü üzere P1 perdesi tek başına X ve Y yönünde, toplam devrilme momentinin 1/3’ ünden fazlasını karşılamaktadır. TBDY-2018 Madde 4.5.4.5b gereğince X ve Y yönünde R katsayısı 4/5 ile çarpılarak deprem hesabı tekrarlanmıştır.

Çizelge 3.16 : Depremden dolayı perde tabanlarında oluşan devrilme momentleri toplamı

Perde İsmi	Deprem Yönü	ΣM_{xx} (kNm)	ΣM_{yy} (kNm)
Tüm Bina	X Yönü	-	86524.20
Tüm Bina	Y Yönü	59983.13	-

Çizelge 3.17 : P1, P2 ve P3 perde devrilme momentleri ve toplam değere oranları

Perde İsmi	Deprem Yönü	M_{22} (kNm)	M_{33} (kNm)	$\Sigma M_{perde}/\Sigma M_{yy}$	$\Sigma M_{perde}/\Sigma M_{xx}$
P1	X Yönü	31652.20	-	0.366>1/3	
P2	X Yönü	2801.81	-	0.032<1/3	
P3	X Yönü	14778.37	-	0.171<1/3	
P1	Y Yönü	-	28796.55		0.48>1/3
P2	Y Yönü	-	2565.29		0.043<1/3
P3	Y Yönü	-	79.44		0.001<1/3

Ayrıca, TBDY-2018 taşıyıcı sistemi süneklik düzeyi yüksek betonarme perde ve çerçevelerden oluşan binalarda perdelerin tabanında deprem yüklerinden dolayı meydana gelen devrilme momentleri toplamının, binanın tabanında oluşan toplam devrilme momenti değerinin Denklem 3.14 ile verilen sınırların arasında olmasını zorunlu kılmıştır.

$$0.40M_0 < \sum M_{DEV} < 0.75M_0 \quad (3.14)$$

Burada; M_0 binanın tümü için devrilme momentini, M_{DEV} perdelerin tabanında oluşan devrilme momentini tanımlamaktadır. Burada %75’ ten küçük olma koşulu sağlanamaz ise tasarımda süneklik düzeyi yüksek duruma karşılık gelen R ve D katsayıları ile en üst sınırdan BYS dikkate alınmalıdır. Değerin %40’ tan büyük olma

koşulu sağlanamaz ise R ve D katsayıları aynı değerde, BYS ise en üst sınırdan 1 fazla olarak alınmalıdır. TBDY-2018’de Denklem 3.14 ile verilen koşul sağlandığını gösteren değerler Çizelge 3.18’ de verilmiştir.

Çizelge 3.18 : Perde ve tüm bina tabanlarında oluşan toplam devrilme momentleri

Devrilme Momenti Yerleri	X Yönü	Y Yönü	$0.4M_0 < \Sigma M_{DEV} < 0.75M_0$
Perde Tabanları	49232.43	32608.40	Şart Sağlandı
Tüm Bina	86524.20	59983.13	Şart Sağlandı

3.5.3 Yeni R katsayılarına göre eşdeğer deprem yükü değerlerinin bulunması

Binada perde elemanların karşıladığı devrilme momentlerinin TBDY-2018’ de verilen sınırları karşılayamaması nedeniyle Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı $R=(4/5)*7$ olarak belirlenmiştir. Bu katsayı hesaba katılarak her iki deprem doğrultusu için hesaplanan eşdeğer deprem yükleri Çizelge 3.19 ve Çizelge 3.20’de verilmiştir.

Çizelge 3.19 : X yönü için hesaplanan eşdeğer deprem kuvvetleri (R=5.6)

Kat No	H_i (m)	m_i (kNsn ² /m)	$F_{iE}^{(X)}$ (kN)	$M_{ib}^{(X)}$ (kNm)
8	31.5	608.874	1110.602	1332.722
7	28	700.539	803.2868	963.944
6	24.5	720.285	722.688	867.226
5	21	720.285	619.447	743.336
4	17.5	720.285	516.206	619.447
3	14	720.285	412.964	495.557
2	10.5	729.535	313.701	376.441
1	7	739.953	212.120	254.544
Zemin	3.5	739.953	106.060	127.272

Çizelge 3.20 : Y yönü için hesaplanan eşdeğer deprem kuvvetleri (R=5.6)

Kat No	H_i (m)	m_i (kNsn ² /m)	$F_{iE}^{(Y)}$ (kN)	$M_{ib}^{(Y)}$ (kNm)
8	31.5	608.874	770.004	1386.008
7	28	700.539	556.936	1002.485
6	24.5	720.285	501.055	901.900
5	21	720.285	429.476	773.057
4	17.5	720.285	357.896	644.214
3	14	720.285	286.317	515.371
2	10.5	729.535	217.495	391.492
1	7	739.953	147.067	264.721
Zemin	3.5	739.953	73.533	132.360

3.5.4 Kat burulma momentleri ve deprem etkilerinin birleştirilmesi

Ek dışmerkezlilik etkisi dikkate alınarak hesaplanan kat burulma momentleri kat kütle merkezlerinde tanımlı olan noktalara etki ettirilerek hesaba dahil edilmiştir. Deprem etkileri ile birleştirildikten sonra en olumsuz iç kuvvet değerlerini verecek şekilde yükleme kombinasyonlarının tanımlanması gerekmektedir. Bu amaçla kat burulma momentlerinin yer hareketi etkileri ile birleşimlerini örnek olarak; X doğrultusunda pozitif yönde deprem etkisi ve pozitif burulma momentini +ExP ile, Y doğrultusunda negatif yönde deprem etkisi ve negatif burulma momentini -EyN ile açıklamak yerinde olacaktır.

Çalışmada X ve Y doğrultularındaki eşdeğer deprem yükleri negatif (N) ve pozitif (P) yönleriyle birlikte ek dışmerkezliliğin pozitif ve negatif olması (+,-) durumlarını dikkate alan toplamda sekiz farklı durum (+ExP, -ExP, +ExN, -ExN, EyP, -EyP, +EyN, -EyN) tanımlanmaktadır. Çizelge 3.6' da yer alan kombinasyonlara eklenerek tasarım açısından en olumsuz durumları yaratmak adına 64 adet yük kombinasyonu oluşturulup ETABS programında tanımlanmıştır.

3.5.5 Etkin görelî kat ötelemelerinin hesaplanması ve kontrolü

Deprem kuvveti etkileri altında binada yeterli rijitliğin sağlanması; böylelikle ikinci mertebe etkilerinin önüne geçilmesi ve yapısal olmayan elemanların hasar görebilirliğinin en alt düzeyde kalması istenmektedir. Böylece yapı kararlı bir tasarıma sahip olacak ve yatay yükler etkisi altında insanların zarar görme olasılıkları azalacaktır. Bütün bunları sağlamak adına birbirini takip eden katlar arasındaki yerdeğiştirme farkı yani görelî kat ötelemelerinin sınırlı düzeyde tutulması gerekmektedir.

TBDY-2018' e göre, öngörülen yer hareketi doğrultusu için herhangi bir kattaki kolon veya perde elemanının yaptığı en büyük görelî kat ötelemesi değeri için bazı koşullar bulunmaktadır. Koşullar sağlanamadığı durumda sistem rijitliği artırılarak hesap tekrarlanmalıdır.

Gevrek malzemelerden yapılmış yapısal olmayan elemanların taşıyıcı sistem elemanlarına aralarında derz gibi bağlantı yer almadan bütünleşik imal edilmesi durumunda Denklem 3.15 ile verilen sınır şartı sağlanmalıdır.

$$\lambda \frac{\delta_{i,max}^{(X)}}{h_i} \leq 0.008\kappa \quad (3.15)$$

Yapısal olmayan yapı elemanlarının bağımsız olarak yapıldığı veya esnek bağlantılar, derzler ile taşıyıcı sistem çerçevesine bağlantılı olduğu durumlarda Denklem 3.16 ile verilen sınır değeri aşılmamalıdır.

$$\lambda \frac{\delta_{i,max}^{(X)}}{h_i} \leq 0.016\kappa \quad (3.16)$$

Burada $\delta_{i,max}$ i' inci kattaki en büyük etkin görelî kat ötelemesini, h_i kat yüksekliğini, λ hesap yönünde DD-3 için bulunan elastik tasarım spektral ivmesinin DD-2 için hesaplanan elastik tasarım spektral ivmesine oranı olarak tanımlanmaktadır. Ayrıca κ betonarme binalar için 1 olarak alınmalıdır. Etkin görelî kat ötelemeleri ise Denklem 3.17' de verilen bağıntı ile bulunmalıdır.

$$\delta_i^{(X)} = \frac{R}{I} \Delta_i^{(X)} \quad (3.17)$$

Burada, $\Delta_i^{(X)}$ ardışık katlar arasındaki yerdeğiştirme farkını ifade eden azaltılmış görelî kat ötelemesini ifade etmekte ve Denklem 3.18 ile hesaplanmaktadır.

$$\Delta_i^{(X)} = u_i^{(X)} - u_{i-1}^{(X)} \quad (3.18)$$

Burada $u_i^{(X)}$ ve $u_{i-1}^{(X)}$ azaltılmış deprem yüklerine göre hesaplanmış kolon veya perde elemanlarının bağlandığı üst (i'inci kat) ve alt (i-1'inci kat) düğüm noktalarındaki yatay yerdeğiştirmeleri tanımlamaktadır. Tez kapsamında DD-2 deprem yer hareketi düzeyi için her iki deprem doğrultusunda etkin görelî kat ötelemeleri hesaplanmış ve sınır değerler ile kıyaslanmıştır. En büyük görelî kat öteleme değerlerini veren +EXP ve +EYP yükleme durumları ve bunlara karşılık gelen şartname sınır değerleri Çizelge 3.21' de verilmiştir.

Çizelge 3.21 : X ve Y yönünde en büyük görelî kat ötelemeleri kontrolü

Kat	Yükleme	$\Delta_i^{(X)}$	R/I	$\delta_i^{(X)}=(R/I) \Delta_i^{(X)}$ (m)	κ	h_i (m)	$S_{ae}(T_x)_{DD-3}/S_{ae}(T_x)_{DD-2}$	$\lambda_x(\delta_i^{(X)}_{max}/h)$	$\lambda_x(\delta_i^{(X)}_{max}/h)<0.008\kappa$
8	+ExP	0.006654	5.6	0.0372596	1	3.5	0.407080	0.00433361	Şart Sağlandı
7	+ExP	0.007651	5.6	0.0428456	1	3.5	0.407080	0.00498331	Şart Sağlandı
6	+ExP	0.008680	5.6	0.0486080	1	3.5	0.407080	0.00565352	Şart Sağlandı
5	+ExP	0.009576	5.6	0.0536256	1	3.5	0.407080	0.00623711	Şart Sağlandı
4	+ExP	0.010108	5.6	0.0566048	1	3.5	0.407080	0.00658362	Şart Sağlandı
3	+ExP	0.010129	5.6	0.0567224	1	3.5	0.407080	0.00659730	Şart Sağlandı
2	+ExP	0.008946	5.6	0.0500976	1	3.5	0.407080	0.00582678	Şart Sağlandı
1	+ExP	0.007413	5.6	0.0415128	1	3.5	0.407080	0.00482830	Şart Sağlandı
Zemin	+ExP	0.004827	5.6	0.0270284	1	3.5	0.407080	0.00314363	Şart Sağlandı
8	+EyP	0.005355	5.6	0.0299880	1	3.5	0.407080	0.00348786	Şart Sağlandı
7	+EyP	0.005863	5.6	0.0328300	1	3.5	0.407080	0.00381841	Şart Sağlandı
6	+EyP	0.006307	5.6	0.0353192	1	3.5	0.407080	0.00410792	Şart Sağlandı
5	+EyP	0.006650	5.6	0.0372400	1	3.5	0.407080	0.00433133	Şart Sağlandı
4	+EyP	0.006780	5.6	0.0379652	1	3.5	0.407080	0.00441567	Şart Sağlandı
3	+EyP	0.006640	5.6	0.0371812	1	3.5	0.407080	0.00432449	Şart Sağlandı
2	+EyP	0.005856	5.6	0.0327908	1	3.5	0.407080	0.00381385	Şart Sağlandı
1	+EyP	0.004984	5.6	0.0279104	1	3.5	0.407080	0.00324622	Şart Sağlandı
Zemin	+EyP	0.003931	5.6	0.0220108	1	3.5	0.407080	0.00256004	Şart Sağlandı

3.5.6 İkinci mertebe etkilerinin kontrolü

İkinci mertebe etkilerinin tasarımı dikkate alınmaması için TBDY-2018’de hesabı Denklem 3.19’da verilmiş olan ikinci mertebe etkileri gösterge değerinin $(\theta_{II}^{(X)})$ Denklem 3.20’deki sınır değerden küçük olması gerekmektedir. İkinci mertebe etkileri göstergeleri bütün katlar için hesaplanmalıdır.

$$\theta_{II}^{(X)} = \frac{(\Delta_i^{(X)})_{ort} \sum_{j=1}^N w_j}{V_i^{(X)} h_i} \quad (3.19)$$

Burada; $(\Delta_i)_{ort}$ dikkate alınan hesap doğrultusunda azaltılmış göreceli kat ötelemelerinin ortalamasını, V_i azaltılmış kat kesme kuvvetini, w_j kat ağırlığını tanımlamaktadır.

İkinci mertebe gösterge değeri bütün katlar için hesaplandıktan sonra en büyük değeri bulunur. Bu değer Denklem 3.20 ile verilen sınırı sağlıyorsa ikinci mertebe etkilerini hesaba katmak gerekli değildir.

$$\theta_{II,max}^{(X)} \leq 0.12 \frac{D}{C_h R} \quad (3.20)$$

Burada; C_h bina davranışına bağlı bir katsayı olup betonarme binalar için 0.5 alınır. Denklem 3.20 koşulunun sağlanamaması durumunda ise tüm iç kuvvetler Denklem 3.21’ de verilen bağıntı ile çarpılarak büyütülmelidir.

$$\beta_{II}^{(X)} = 0.88 + \frac{C_h R}{D} \theta_{II,max}^{(X)} \geq 1.0 \quad (3.21)$$

TBDY-2018’ deki bu koşul sağlanamadığında kuvvetleri büyütme yerine ikinci mertebe etkilerini artırmayacak şekilde taşıyıcı sistem üzerinde rijitlik artışı yapmak da bir çözüm olabilmektedir. Bodrum katı perdeler ile çevrelenen binalarda hesaplamalar bodrum kat üzerindeki katlar için yapılır.

Tez kapsamında X ve Y yönü için ikinci mertebe gösterge değerleri hesap edilmiş, Çizelge 3.22 ve Çizelge 3.23’de sunulmuştur.

Çizelge 3.22 : X yönü ikinci mertebe etkileri kontrolü

Kat	$\theta_{II,max}^{(X)}$	D	C _h	R	Sınır Değer	Kontrol
8	0.007626	2.5	0.5	5.6	0.107143	Güvenli
7	0.010557	2.5	0.5	5.6	0.107143	Güvenli
6	0.013049	2.5	0.5	5.6	0.107143	Güvenli
5	0.015377	2.5	0.5	5.6	0.107143	Güvenli
4	0.017300	2.5	0.5	5.6	0.107143	Güvenli
3	0.018516	2.5	0.5	5.6	0.107143	Güvenli
2	0.017841	2.5	0.5	5.6	0.107143	Güvenli
1	0.016006	2.5	0.5	5.6	0.107143	Güvenli
Zemin	0.011483	2.5	0.5	5.6	0.107143	Güvenli

Çizelge 3.23 : Y yönü ikinci mertebe etkileri kontrolü

Kat	$\theta_{II,max}^{(Y)}$	D	C _h	R	Sınır Değer	Kontrol
8	0.009510	2.5	0.5	5.6	0.107143	Güvenli
7	0.012362	2.5	0.5	5.6	0.107143	Güvenli
6	0.014345	2.5	0.5	5.6	0.107143	Güvenli
5	0.015930	2.5	0.5	5.6	0.107143	Güvenli
4	0.017065	2.5	0.5	5.6	0.107143	Güvenli
3	0.017582	2.5	0.5	5.6	0.107143	Güvenli
2	0.016805	2.5	0.5	5.6	0.107143	Güvenli
1	0.015096	2.5	0.5	5.6	0.107143	Güvenli
Zemin	0.013855	2.5	0.5	5.6	0.107143	Güvenli

3.5.7 Düzensizlik kontrolleri

Döşemelerde yayılı kütlelerden dolayı mevcut olan atalet kuvvetlerinin sağlıklı bir şekilde düşey taşıyıcı elemanlara aktarımı için taşıyıcı sistemin simetrik veya simetriğe yakın bir şekilde düzenlenmesi büyük önem taşımaktadır. Sistemde A2-Döşeme Süreksizliği, B1-Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği ve B3-Taşıyıcı Sistem düşey Eleman Süreksizliği bulunmamaktadır. Diğer düzensizliklerin hesabı alt bölümlerde açıklanmıştır.

3.5.7.1 A1-Burulma düzensizliği kontrolü

Teze konu olan bina için X ve Y yönlerinde hesaplanan burulma düzensizliği kontrolleri aşağıdaki tablolarda verilmiştir (Çizelge 3.24, 3.25).

Çizelge 3.24 : X yönü burulma düzensizliği kontrolü

Kat	Yükleme Durumu	$(\Delta_i^{(X)})_{\max}/h_i$	$(\Delta_i^{(X)})_{\text{ort}}/h_i$	η_{bi}	$\eta_{bi} > 1.2$
8.Kat	+ExP, -ExN	0.001450	0.001108	1.309	A1 Düzensizliği Var
	-ExP, +ExN	0.001152	0.000993	1.161	-
7.Kat	+ExP, -ExN	0.001666	0.001226	1.359	A1 Düzensizliği Var
	-ExP, +ExN	0.001312	0.001085	1.209	A1 Düzensizliği Var
6.Kat	+ExP, -ExN	0.001887	0.001344	1.405	A1 Düzensizliği Var
	-ExP, +ExN	0.001478	0.001177	1.256	A1 Düzensizliği Var
5.Kat	+ExP, -ExN	0.002081	0.00144	1.445	A1 Düzensizliği Var
	-ExP, +ExN	0.001622	0.001249	1.298	A1 Düzensizliği Var
4.Kat	+ExP, -ExN	0.002195	0.001485	1.478	A1 Düzensizliği Var
	-ExP, +ExN	0.001703	0.001277	1.334	A1 Düzensizliği Var
3.Kat	+ExP, -ExN	0.002198	0.001458	1.507	A1 Düzensizliği Var
	-ExP, +ExN	0.001696	0.001244	1.363	A1 Düzensizliği Var
2.Kat	+ExP, -ExN	0.001939	0.001285	1.509	A1 Düzensizliği Var
	-ExP, +ExN	0.001488	0.001092	1.362	A1 Düzensizliği Var
1.Kat	+ExP, -ExN	0.001602	0.001048	1.529	A1 Düzensizliği Var
	-ExP, +ExN	0.001209	0.000882	1.371	A1 Düzensizliği Var
Zemin	+ExP, -ExN	0.001036	0.000677	1.530	A1 Düzensizliği Var
	-ExP, +ExN	0.000749	0.000550	1.363	A1 Düzensizliği Var

Çizelge 3.25 : Y yönü burulma düzensizliği kontrolü

Kat	Yükleme Durumu	$(\Delta_i^{(Y)})_{\max}/h_i$	$(\Delta_i^{(Y)})_{\text{ort}}/h_i$	η_{bi}	$\eta_{bi} > 1.2$
8.Kat	+EyP, -EyN	0.00113	0.000976	1.157	-
	-EyP, +EyN	0.001095	0.000962	1.138	-
7.Kat	+EyP, -EyN	0.001229	0.001015	1.211	A1 Düzensizliği Var
	-EyP, +EyN	0.001112	0.000993	1.12	-
6.Kat	+EyP, -EyN	0.001314	0.001044	1.259	A1 Düzensizliği Var
	-EyP, +EyN	0.001123	0.001014	1.107	-
5.Kat	+EyP, -EyN	0.001378	0.001055	1.306	A1 Düzensizliği Var
	-EyP, +EyN	0.001113	0.001018	1.094	-
4.Kat	+EyP, -EyN	0.001397	0.001036	1.349	A1 Düzensizliği Var
	-EyP, +EyN	0.001074	0.000992	1.082	-
3.Kat	+EyP, -EyN	0.001362	0.000978	1.393	A1 Düzensizliği Var
	-EyP, +EyN	0.000996	0.000931	1.07	-
2.Kat	+EyP, -EyN	0.001199	0.000855	1.402	A1 Düzensizliği Var
	-EyP, +EyN	0.000872	0.000812	1.073	-
1.Kat	+EyP, -EyN	0.001016	0.000698	1.455	A1 Düzensizliği Var
	-EyP, +EyN	0.000695	0.000658	1.056	-
Zemin	+EyP, -EyN	0.000806	0.000581	1.387	A1 Düzensizliği Var
	-EyP, +EyN	0.000598	0.00051	1.174	-

Görüldüğü üzere yapıda hem X hem de Y yönünde burulma düzensizliği mevcuttur. Bu yüzden ek dışmerkezlilik değeri her iki yön için de Denklem 2.5' te verilen D_{bi} katsayısı ile büyütülerek deprem hesabı tekrarlanmıştır.

Dışmerkezlilik mesafelerinin artırılması ile hesaplanan kat burulma momentlerinin her iki yön için değerleri aşağıdaki tablolarda verilmiştir (Çizelge 3.26, 3.27).

Çizelge 3.26 : X yönünde artırılan dışmerkezlilik için hesaplanan eşdeğer deprem kuvvetleri

Kat No	H_i (m)	m_i (kNsn ² /m)	$F_{iE}^{(X)}$ (kN)	$M_{ib}^{(X)}$ (kNm)
8	31.5	608.874	1110.602	1959.310
7	28	700.539	803.2868	1417.148
6	24.5	720.285	722.688	1274.958
5	21	720.285	619.447	1092.821
4	17.5	720.285	516.206	910.684
3	14	720.285	412.964	728.547
2	10.5	729.535	313.701	553.427
1	7	739.953	212.120	374.220
Zemin	3.5	739.953	106.060	187.110

Çizelge 3.27 : Y yönünde artırılan dışmerkezlilik için hesaplanan eşdeğer deprem kuvvetleri

Kat No	H_i (m)	m_i (kNsn ² /m)	$F_{iE}^{(Y)}$ (kN)	$M_{ib}^{(Y)}$ (kNm)
8	31.5	608.874	770.004	2253.129
7	28	700.539	556.936	1629.664
6	24.5	720.285	501.055	1466.151
5	21	720.285	429.476	1256.701
4	17.5	720.285	357.896	1047.250
3	14	720.285	286.317	837.800
2	10.5	729.535	217.495	636.419
1	7	739.953	147.067	430.338
Zemin	3.5	739.953	73.533	215.169

3.5.7.2 A3-Planda çıkıntılar bulunması düzensizliği kontrolü

Binanın planda çıkıntı yapan kısımlarının, birbirine dik her iki doğrultu için de gözönüne alınan doğrultudaki bina toplam uzunluğuna oranının %20' den büyük olması durumu A3 türü düzensizlik olarak tanımlanmaktadır. Çalışmamıza esas bina için A3 türü düzensizlik kontrolü aşağıdaki tabloda verilmiştir (Çizelge3.28).

Çizelge 3.28 : X ve Y yönleri için A3 türü düzensizlik kontrolü

Yön	Çıkıntı Uzunluk(a) (m)	Toplam Uzunluk(L)(m)	$a > 0.2*L$ (m)	Düzensizlik
X	12	36	$12 > 7.2$	A3 Düzensizliği Var
Y	12	24	$12 > 4.8$	A3 Düzensizliği Var

3.5.7.3 B2- Yumuşak kat düzensizliği kontrolü

Yönetmelikte komşu katlar arası rijitlik düzensizliği olarak da adlandırılan yumuşak kat düzensizliği durumunda esas olan yapının toplam yerdeğiştirmesi değil, katların birbirine göre rölatif yerdeğiştirmeleridir. Gözönüne alınan herhangi bir deprem doğrultusu için ilgili kattaki (bodrum katlar dışında) ortalama görelî kat ötelemesi oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama görelî kat ötelemesine oranını ifade eden rijitlik düzensizliği katsayısının 2.0' den büyük olması binada yumuşak kat düzensizliği olduğu anlamına gelmektedir. Bu duruma genelde binalarda dolgu duvarların yapılmaması veya ticari amaç için kullanılan katlarda düşey taşıyıcı eleman boylarının diğer katlara göre daha uzun yapılması neden olmaktadır. Çalışmaya esas olan bina için X ve Y depremleri için farklı yön ve dışmerkezlik durumlarını yansıtan 8 kombinasyon için yumuşak kat düzensizliği kontrolleri yapılmıştır (Çizelge 3.29, 3.30).

Çizelge 3.29 : X yönü B2 düzensizlik kontrolü

Kat	Yükleme Durumu	Max. Drift	Ort. Drift	$(\Delta_i/h_i)_{ort}/(\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}/(\Delta_{i-1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{k(i-1)}$	$\eta_{k(i+1)}$
8.Kat	+ExP	0.001901	0.001418	0.90146	-	B2 Düzensizliği Yok	-
7.Kat	+ExP	0.002186	0.001573	0.91030	1.10930	B2 Düzensizliği Yok	B2 Düzensizliği Yok
6.Kat	+ExP	0.00248	0.001728	0.93104	1.09853	B2 Düzensizliği Yok	B2 Düzensizliği Yok
5.Kat	+ExP	0.002736	0.001856	0.96818	1.07407	B2 Düzensizliği Yok	B2 Düzensizliği Yok
4.Kat	+ExP	0.002888	0.001917	1.01691	1.03286	B2 Düzensizliği Yok	B2 Düzensizliği Yok
3.Kat	+ExP	0.002894	0.001885	1.13346	0.98330	B2 Düzensizliği Yok	B2 Düzensizliği Yok
2.Kat	+ExP	0.002556	0.001663	1.22457	0.88222	B2 Düzensizliği Yok	B2 Düzensizliği Yok
1.Kat	+ExP	0.002118	0.001358	1.54149	0.81659	B2 Düzensizliği Yok	B2 Düzensizliği Yok
Zemin Kat	+ExP	0.001379	0.000881	-	0.64874	-	B2 Düzensizliği Yok
8.Kat	+ExN	0.001352	0.001207	0.91717	-	B2 Düzensizliği Yok	-
7.Kat	+ExN	0.001536	0.001316	0.92545	1.09030	B2 Düzensizliği Yok	B2 Düzensizliği Yok
6.Kat	+ExN	0.001727	0.001422	0.94485	1.08054	B2 Düzensizliği Yok	B2 Düzensizliği Yok
5.Kat	+ExN	0.001892	0.001505	0.98045	1.05836	B2 Düzensizliği Yok	B2 Düzensizliği Yok
4.Kat	+ExN	0.001984	0.001535	1.02882	1.01993	B2 Düzensizliği Yok	B2 Düzensizliği Yok
3.Kat	+ExN	0.001972	0.001492	1.13980	0.97198	B2 Düzensizliği Yok	B2 Düzensizliği Yok
2.Kat	+ExN	0.001728	0.001309	1.24193	0.87734	B2 Düzensizliği Yok	B2 Düzensizliği Yok
1.Kat	+ExN	0.001395	0.001054	1.62654	0.80519	B2 Düzensizliği Yok	B2 Düzensizliği Yok
Zemin Kat	+ExN	0.000852	0.000648	-	0.61480	-	B2 Düzensizliği Yok

Çizelge 3.29 (Devam) : X yönü B2 düzensizlik kontrolü

Kat	Yükleme Durumu	Max. Drift	Ort. Drift	$(\Delta_i/h_i)_{ort}/(\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}/(\Delta_{i-1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{k(i-1)}$	$\eta_{k(i+1)}$
8.Kat	-ExP	0.001352	0.001207	0.91717	-	B2 Düzensizliği Yok	-
7.Kat	-ExP	0.001536	0.001316	0.92546	1.09031	B2 Düzensizliği Yok	B2 Düzensizliği Yok
6.Kat	-ExP	0.001727	0.001422	0.94485	1.08055	B2 Düzensizliği Yok	B2 Düzensizliği Yok
5.Kat	-ExP	0.001892	0.001505	0.98046	1.05837	B2 Düzensizliği Yok	B2 Düzensizliği Yok
4.Kat	-ExP	0.001984	0.001535	1.02882	1.01993	B2 Düzensizliği Yok	B2 Düzensizliği Yok
3.Kat	-ExP	0.001972	0.001492	1.13980	0.97199	B2 Düzensizliği Yok	B2 Düzensizliği Yok
2.Kat	-ExP	0.001728	0.001309	1.24194	0.87735	B2 Düzensizliği Yok	B2 Düzensizliği Yok
1.Kat	-ExP	0.001395	0.001054	1.62654	0.80519	B2 Düzensizliği Yok	B2 Düzensizliği Yok
Zemin Kat	-ExP	0.000852	0.000648	-	0.61480	-	B2 Düzensizliği Yok
8.Kat	-ExN	0.001901	0.001418	0.90146	-	B2 Düzensizliği Yok	-
7.Kat	-ExN	0.002186	0.001573	0.91030	1.10931	B2 Düzensizliği Yok	B2 Düzensizliği Yok
6.Kat	-ExN	0.00248	0.001728	0.93103	1.09854	B2 Düzensizliği Yok	B2 Düzensizliği Yok
5.Kat	-ExN	0.002736	0.001856	0.96818	1.07407	B2 Düzensizliği Yok	B2 Düzensizliği Yok
4.Kat	-ExN	0.002888	0.001917	1.01698	1.03287	B2 Düzensizliği Yok	B2 Düzensizliği Yok
3.Kat	-ExN	0.002894	0.001885	1.13349	0.98331	B2 Düzensizliği Yok	B2 Düzensizliği Yok
2.Kat	-ExN	0.002556	0.001663	1.22459	0.88223	B2 Düzensizliği Yok	B2 Düzensizliği Yok
1.Kat	-ExN	0.002118	0.001358	1.54143	0.81660	B2 Düzensizliği Yok	B2 Düzensizliği Yok
Zemin Kat	-ExN	0.001379	0.000881	-	0.64875	-	B2 Düzensizliği Yok

Çizelge 3.30 : Y yönü B2 düzensizlik kontrolü

Kat	Yükleme Durumu	Max. Drift	Ort. Drift	$(\Delta_i/h_i)_{ort}/(\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}/(\Delta_{i-1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{k(i-1)}$	$\eta_{k(i+1)}$
8.Kat	+EyP	0.00153	0.001226	0.96006	-	B2 Düzensizliği Yok	-
7.Kat	+EyP	0.001675	0.001277	0.96963	1.04160	B2 Düzensizliği Yok	B2 Düzensizliği Yok
6.Kat	+EyP	0.001802	0.001317	0.98800	1.03132	B2 Düzensizliği Yok	B2 Düzensizliği Yok
5.Kat	+EyP	0.0019	0.001333	1.01678	1.01215	B2 Düzensizliği Yok	B2 Düzensizliği Yok
4.Kat	+EyP	0.001937	0.001311	1.05641	0.98350	B2 Düzensizliği Yok	B2 Düzensizliği Yok
3.Kat	+EyP	0.001897	0.001241	1.14273	0.94661	B2 Düzensizliği Yok	B2 Düzensizliği Yok
2.Kat	+EyP	0.001673	0.001086	1.22297	0.87510	B2 Düzensizliği Yok	B2 Düzensizliği Yok
1.Kat	+EyP	0.001424	0.000888	1.20488	0.81768	B2 Düzensizliği Yok	B2 Düzensizliği Yok
Zemin Kat	+EyP	0.001123	0.000737	-	0.82995	-	B2 Düzensizliği Yok
8.Kat	+EyN	0.001475	0.001197	0.97159	-	B2 Düzensizliği Yok	-
7.Kat	+EyN	0.001512	0.001232	0.98089	1.02924	B2 Düzensizliği Yok	B2 Düzensizliği Yok
6.Kat	+EyN	0.00154	0.001256	0.99920	1.01948	B2 Düzensizliği Yok	B2 Düzensizliği Yok
5.Kat	+EyN	0.001541	0.001257	1.02696	1.00080	B2 Düzensizliği Yok	B2 Düzensizliği Yok
4.Kat	+EyN	0.001499	0.001224	1.06900	0.97375	B2 Düzensizliği Yok	B2 Düzensizliği Yok
3.Kat	+EyN	0.001402	0.001145	1.14615	0.93546	B2 Düzensizliği Yok	B2 Düzensizliği Yok
2.Kat	+EyN	0.00123	0.000999	1.23792	0.87249	B2 Düzensizliği Yok	B2 Düzensizliği Yok
1.Kat	+EyN	0.000991	0.000807	1.18676	0.80781	B2 Düzensizliği Yok	B2 Düzensizliği Yok
Zemin Kat	+EyN	0.000842	0.00068	-	0.84263	-	B2 Düzensizliği Yok

Çizelge 3.30 (Devam) : Y yönü B2 düzensizlik kontrolü

Kat	Yükleme Durumu	Max. Drift	Ort. Drift	$(\Delta_i/h_i)_{ort}/(\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}/(\Delta_{i-1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{k(i-1)}$	$\eta_{k(i+1)}$
8.Kat	-EyP	0.001475	0.001197	0.97159		B2 Düzensizliği Yok	
7.Kat	-EyP	0.001512	0.001232	0.98089	1.02924	B2 Düzensizliği Yok	B2 Düzensizliği Yok
6.Kat	-EyP	0.00154	0.001256	0.99920	1.01948	B2 Düzensizliği Yok	B2 Düzensizliği Yok
5.Kat	-EyP	0.001541	0.001257	1.02696	1.00080	B2 Düzensizliği Yok	B2 Düzensizliği Yok
4.Kat	-EyP	0.001499	0.001224	1.06900	0.97375	B2 Düzensizliği Yok	B2 Düzensizliği Yok
3.Kat	-EyP	0.001402	0.001145	1.14615	0.93546	B2 Düzensizliği Yok	B2 Düzensizliği Yok
2.Kat	-EyP	0.00123	0.000999	1.23792	0.87249	B2 Düzensizliği Yok	B2 Düzensizliği Yok
1.Kat	-EyP	0.000991	0.000807	1.18676	0.80781	B2 Düzensizliği Yok	B2 Düzensizliği Yok
Zemin Kat	-EyP	0.000842	0.00068		0.84263		B2 Düzensizliği Yok
8.Kat	-EyN	0.00153	0.001226	0.96006		B2 Düzensizliği Yok	
7.Kat	-EyN	0.001675	0.001277	0.96963	1.04160	B2 Düzensizliği Yok	B2 Düzensizliği Yok
6.Kat	-EyN	0.001802	0.001317	0.98800	1.03132	B2 Düzensizliği Yok	B2 Düzensizliği Yok
5.Kat	-EyN	0.0019	0.001333	1.01678	1.01215	B2 Düzensizliği Yok	B2 Düzensizliği Yok
4.Kat	-EyN	0.001937	0.001311	1.05641	0.98350	B2 Düzensizliği Yok	B2 Düzensizliği Yok
3.Kat	-EyN	0.001897	0.001241	1.14273	0.94661	B2 Düzensizliği Yok	B2 Düzensizliği Yok
2.Kat	-EyN	0.001673	0.001086	1.22297	0.87510	B2 Düzensizliği Yok	B2 Düzensizliği Yok
1.Kat	-EyN	0.001424	0.000888	1.20488	0.81768	B2 Düzensizliği Yok	B2 Düzensizliği Yok
Zemin Kat	-EyN	0.001123	0.000737		0.82995		B2 Düzensizliği Yok

3.5.8 Mod birleştirme yönteminin uygulanması

Azaltılmış deprem tasarım ivme spektrumunu esas alan bu analiz yönteminde taşıyıcı sistemin serbest titreşimine dayalı modal davranışı irdelenmektedir. Gözönüne alınan deprem doğrultusunda binanın her bir titreşim moduna ait azaltılmış spektral ivme değerleri kullanılarak her bir titreşim modunun davranışa olan katkısı belirlenir ve daha sonra istatistiki bilgilere göre birleştirilerek binanın deprem etkileri altındaki bütünsel davranışı belirlenir. Bina'nın ayrı mod titreşimlerinde maksimum etkilerin farklı zaman dilimlerinde oluştuğu gözönüne alınırsa mod birleştirme yönteminin yaklaşık sonuç vereceği gözönünde tutulmalıdır.

TBDY-2018' de yeterli mod sayısının belirlenmesi, mod katkılarının birleştirilmesi, eşdeğer taban kesme kuvveti büyütülmesi gibi modal hesap yöntemi hesap esasları belirtilmiştir.

3.5.8.1 Yeterli titreşim modu sayısı

TBDY-2018'e göre hesap sırasında dikkate alınan deprem doğrultularından herhangi birisi için modal taban kesme kuvveti bulunmak istendiğinde, dikkate alınacak modların kütle katılım oranları toplamının bina toplam kütlelerine oranının en az %95 olması istenmektedir. Denklem 3.22 ile verilen bağıntılarda açıklanan durum ifade edilmiştir.

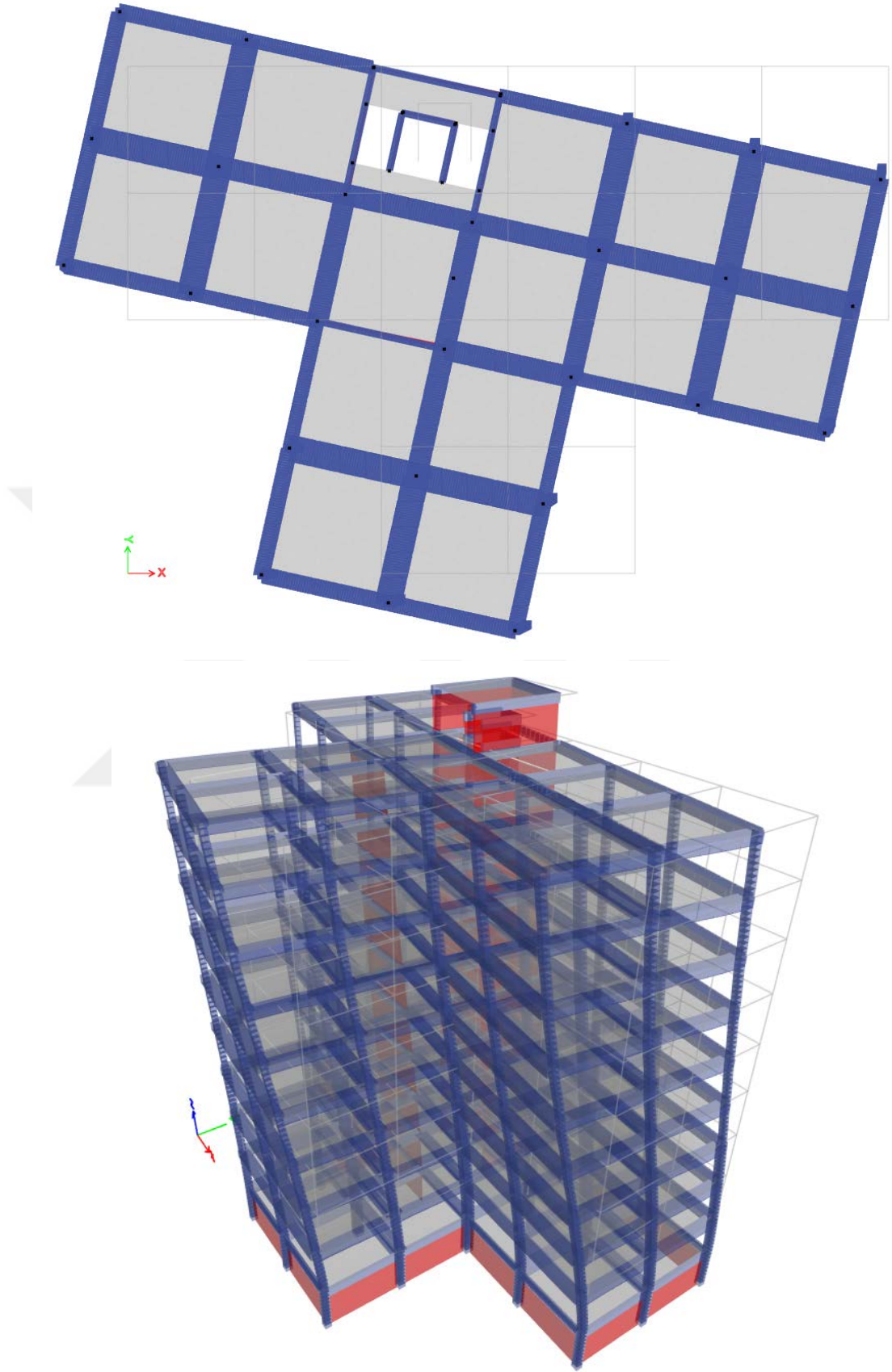
$$\sum_{n=1}^{MS} m_{t,n}^{(X)} \geq 0.95m_t \quad , \quad \sum_{n=1}^{MS} m_{t,n}^{(Y)} \geq 0.95m_t \quad (3.22)$$

Burada; MS yeterli titreşim modu sayısını, $m_{t,n}^{(X)}$ ve $m_{t,n}^{(Y)}$ ilgili doğrultulardaki n ' inci moda ait taban kesme kuvveti modal etkin kütlelerini m_t ise bina toplam kütlelerini göstermektedir.

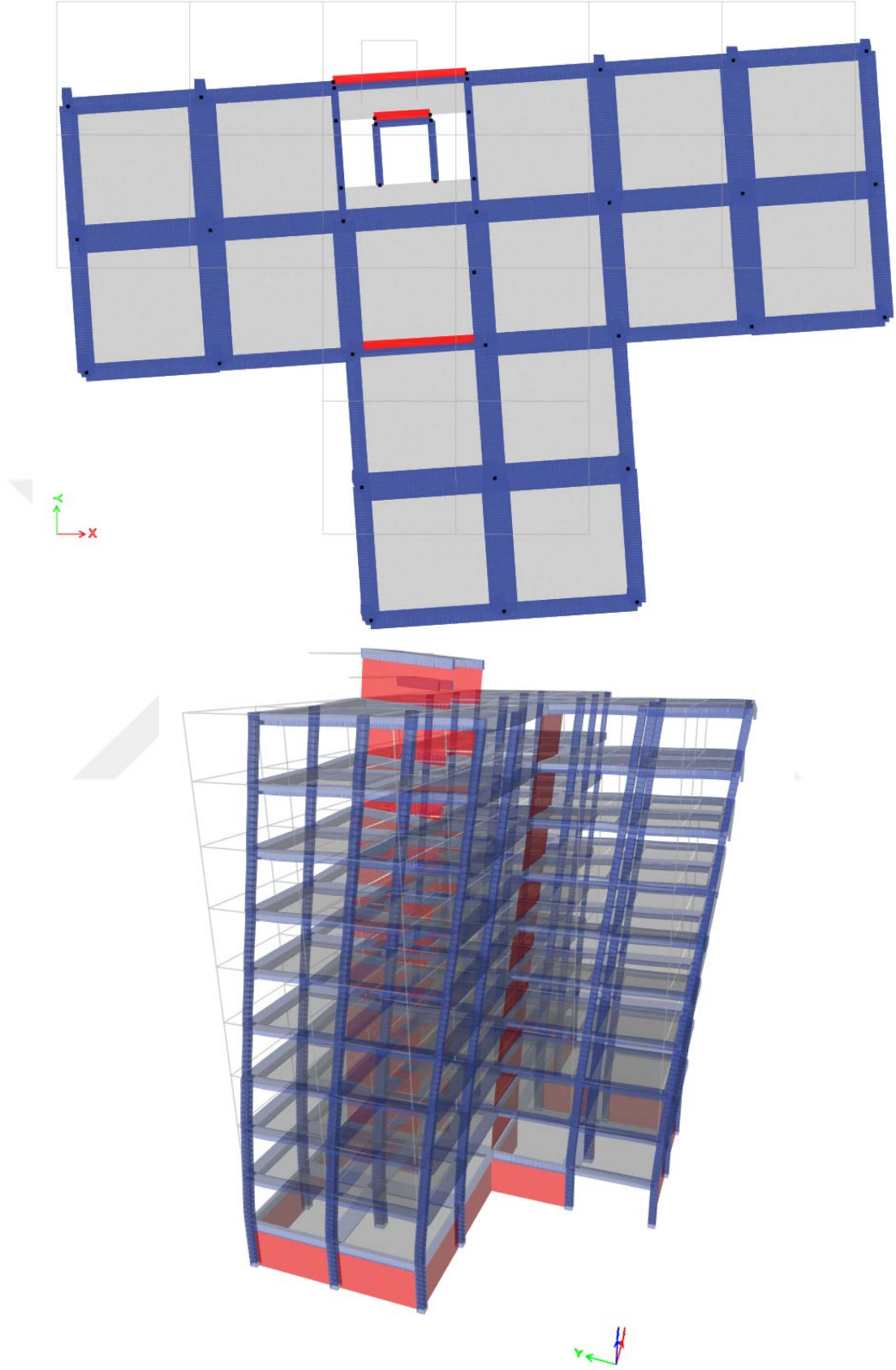
Rijit diyafram tanımlı 10 katlı söz konusu bina için her katta 3 serbestlik derecesini hesaba katacak şekilde 30 mod sayısı dikkate alınmıştır. Bina'nın mod periyotları ve kütle katılım oranları aşağıdaki Çizelge 3.31'de verilmiştir. Görüldüğü üzere kütle katılım oranlarının toplamı X, Y ve burulma doğrultularında %95'i geçmektedir. Ayrıca bina'nın kütle katılımına en fazla katkı sunan ilk 4 titreşim moduna ait mod şekilleri Şekil 3.10 – Şekil 3.13 aralığında verilmiştir.

Çizelge 3.31 : Bina kütle katılım oranları

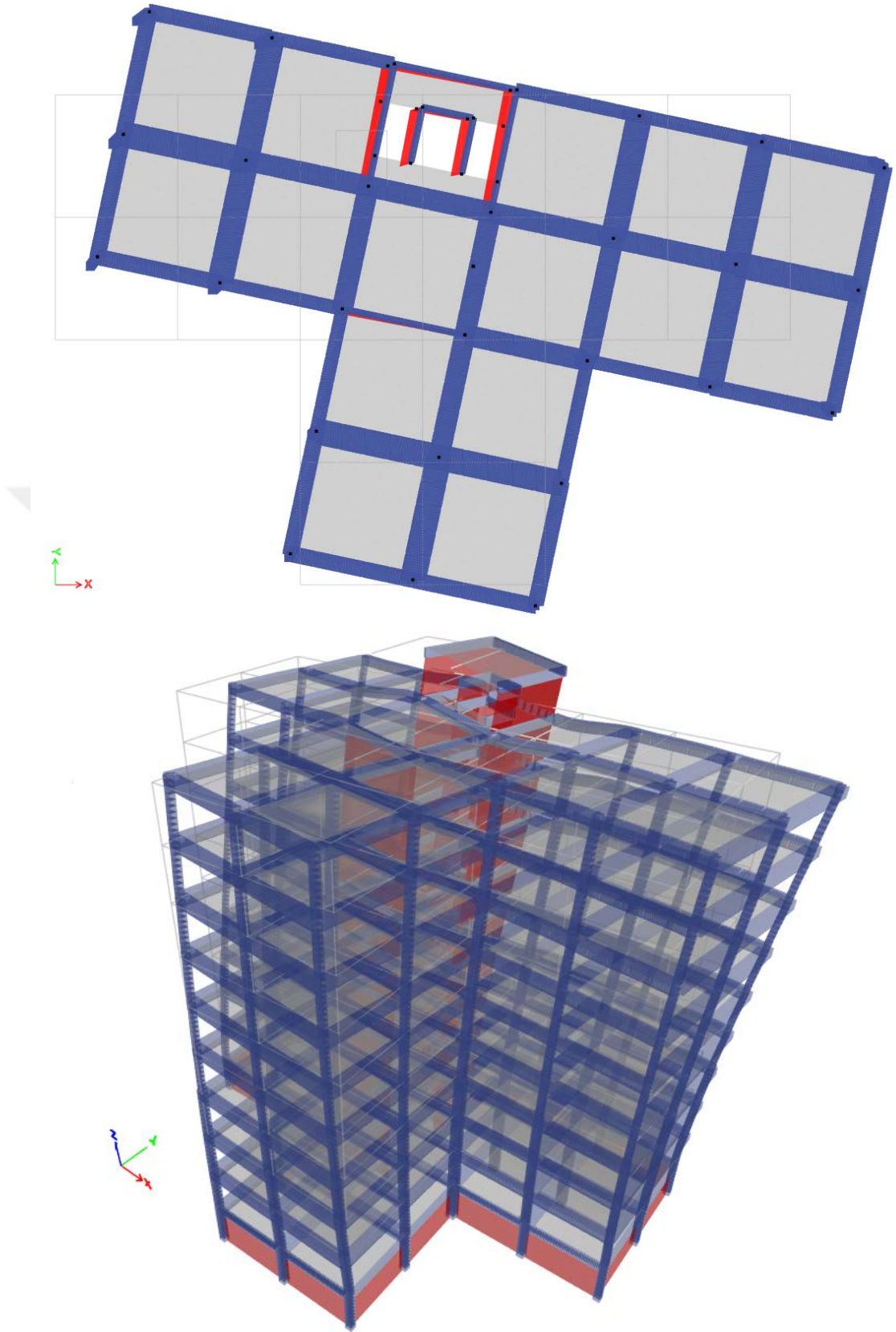
Mod Sayısı	Periyot (sn)	Kütle Katılım Oranları		
		X Yönü	Y Yönü	θ_z Yönü
1	1.336	0.2547	0.0867	0.3248
2	1.138	0.0575	0.5591	0.0313
3	0.789	0.3262	0.0028	0.3186
4	0.387	0.0575	0.0115	0.0592
5	0.265	0.0114	0.1626	0.0026
6	0.201	0.0211	0.00002641	0.0989
7	0.186	0.102	0.0054	0.0025
8	0.121	0.0033	0.006	0.0165
9	0.115	0.0072	0.0495	0.0025
10	0.092	0.0372	0.0032	0.0119
11	0.087	0.0022	0.0008	0.0109
12	0.069	0.0006	0.0202	0.001
13	0.069	0.008	0.0044	0.0036
14	0.06	0.0122	0.0028	0.0084
15	0.059	0.0051	0.0015	0.0012
16	0.052	0.0003	0.0013	0.0032
17	0.05	0.0033	0.0217	0.0016
18	0.049	0.005	0.0003	0.0034
19	0.046	0.0045	0.0211	0.0032
20	0.044	0.0081	0.000002018	0.015
21	0.041	0.0223	0.0051	0.0096
22	0.04	0.0052	0.0079	0.0033
23	0.039	0.0025	0.0002	0.0063
24	0.037	0.0086	0.001	0.0034
25	0.036	0.0064	0.0031	0.0002
26	0.035	0.0003	0.0001	0.0002
27	0.033	0.000009822	0.0002	0.0003
28	0.033	0.0001	0.000002369	0.000007943
29	0.031	0.000007747	0.00003096	0
30	0.03	0.0001	0.00003235	0.0001
Toplam Katılımlar:		0.973	0.978	0.944



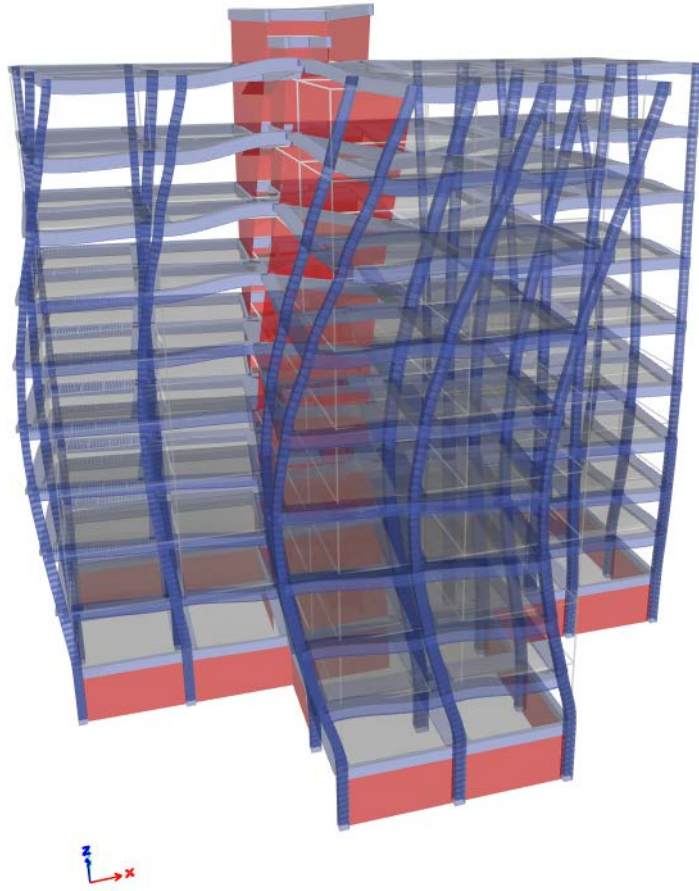
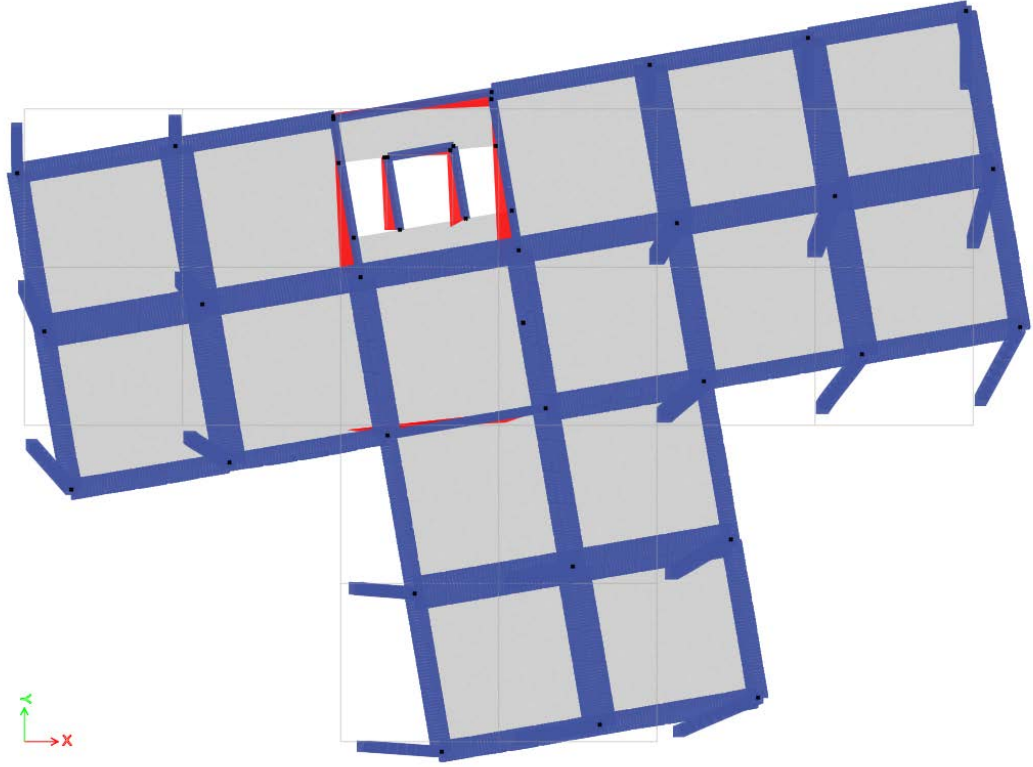
Şekil 3.10 : Bina 1. mod şekli



Şekil 3.11 : Bina 2. mod şekli



Şekil 3.12 : Bina 3. mod şekli



Şekil 3.13 : Bina 4. mod şekli

3.5.8.2 Mod birleştirme yöntemi ve eşdeğer deprem yükü yöntemlerinin taban kesme kuvveti açısından kıyaslanması

Mod birleştirme yönteminin uygulanması için Şekil 3.8’de gösterilen azaltılmış elastik ivme spektrumu ETABS programında tanımlanmıştır. Serbest titreşim analizi sonucu 30 titreşim modunun taban kesme kuvvetine olan kütle katılım oranının X ve Y doğrultuları için %95’in üzerinde olduğu anlaşılmış ve bu modlar esas alınarak mod birleştirme yöntemi Tam Karesel Birleştirme Kuralı (TKB) dikkate alınarak uygulanmıştır. Eşdeğer deprem yükü ve mod birleştirme yöntemleri ile elde edilen taban kesme kuvvetleri Çizelge 3.32’ te verilmiştir.

Çizelge 3.32 : Eşdeğer deprem yükü ve mod birleştirme yöntemleri deprem yükleri

Hesap Yönü ve Yöntemi	F _x (kN)	F _y (kN)
Eşdeğer Deprem Yükü X Yükleme	4817.078	-
Eşdeğer Deprem Yükü Y Yükleme	-	3339.784
Mod Birleştirme X Yükleme	3430.738	1185.373
Mod Birleştirme Y Yükleme	1185.376	3782.455

3.5.9 Mod birleştirme yönteminde kuvvetlerin büyütülmesi

TBDY-2018 kuralları gereğince herhangi bir yönde mod birleştirme yöntemine göre elde edilen taban kesme kuvvetinin, eşdeğer deprem yükü yöntemi ile bulunan değer belirlenen bir yüzdesinden küçük olduğu durumlarda söz konusu kuvvet eşdeğer taban kesme kuvveti büyütme katsayısı $\beta_{IE}^{(X)}$ ile büyütülmelidir. Bu kural Denklem 3.23’ te verilen bağıntı ile ifade edilmiştir.

$$\beta_{IE}^{(X)} = \frac{\gamma_E V_{IE}^{(X)}}{V_{tx}^{(X)}} \geq 1 \quad (3.23)$$

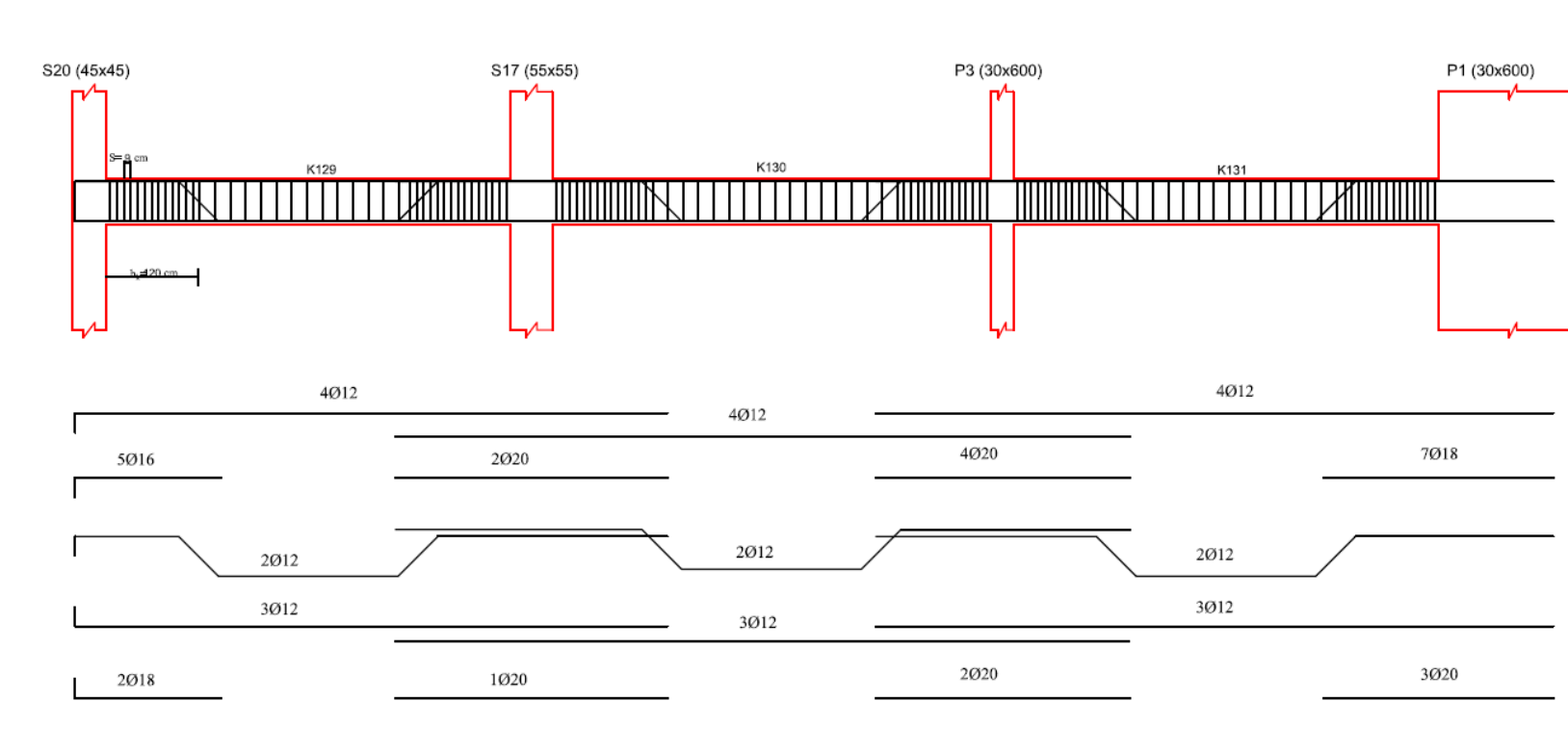
Burada; V_{IE} eşdeğer deprem yükü yöntemine göre bulunan, V_{tx} mod birleştirme yöntemine göre bulunan taban kesme kuvvetlerini göstermektedir. γ_E ise yapıda A1, B2 ve B3 düzensizliklerinden herhangi birisinin bulunması durumunda 0.90 alınmalıdır. Çalışmada kontrol edilen bu durum sonucu yalnızca X yönünde koşul sağlanmamıştır. İlgili yönde büyütülen deprem yükleri aşağıdaki tabloda verilmiştir (Çizelge 3.33).

Çizelge 3.33 : Azaltılmış iç kuvvetlerin eşdeğer taban kesme kuvvetine göre büyütülmesi

Hesap Yönü ve Yöntemi	β_{tE}	F_x (kN)	F_y (kN)
Eşdeğer Deprem Yüğü X Yönü	-	4817.078	-
Eşdeğer Deprem Yüğü Y Yönü	-	-	3339.784
Mod Birleştirme X Yönü	1.264	4335.369	1497.938
Mod Birleştirme Y Yönü	-	1185.376	3782.455

0 Kiriş elemanların detaylandırılması

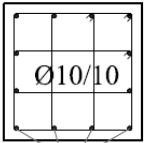
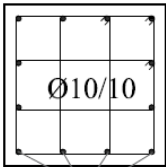
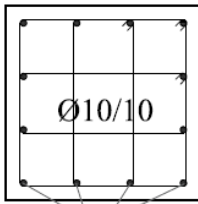
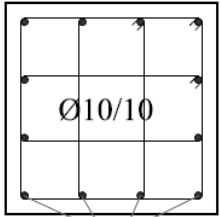
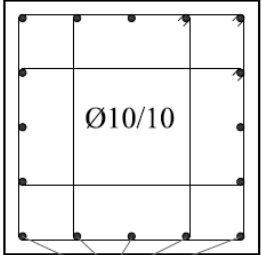
apsamında incelenen yapıda her katta X yönünde 20, Y yönünde 18 adet kiriş bulunmaktadır. Kirişlerin donatı hesapları TS EN 1992-1-1 kurallarına göre betonarme hesabı yapılan kirişlerin donatı detayları belirlenmiştir.



3.5.11 Kolon elemanların detaylandırılması

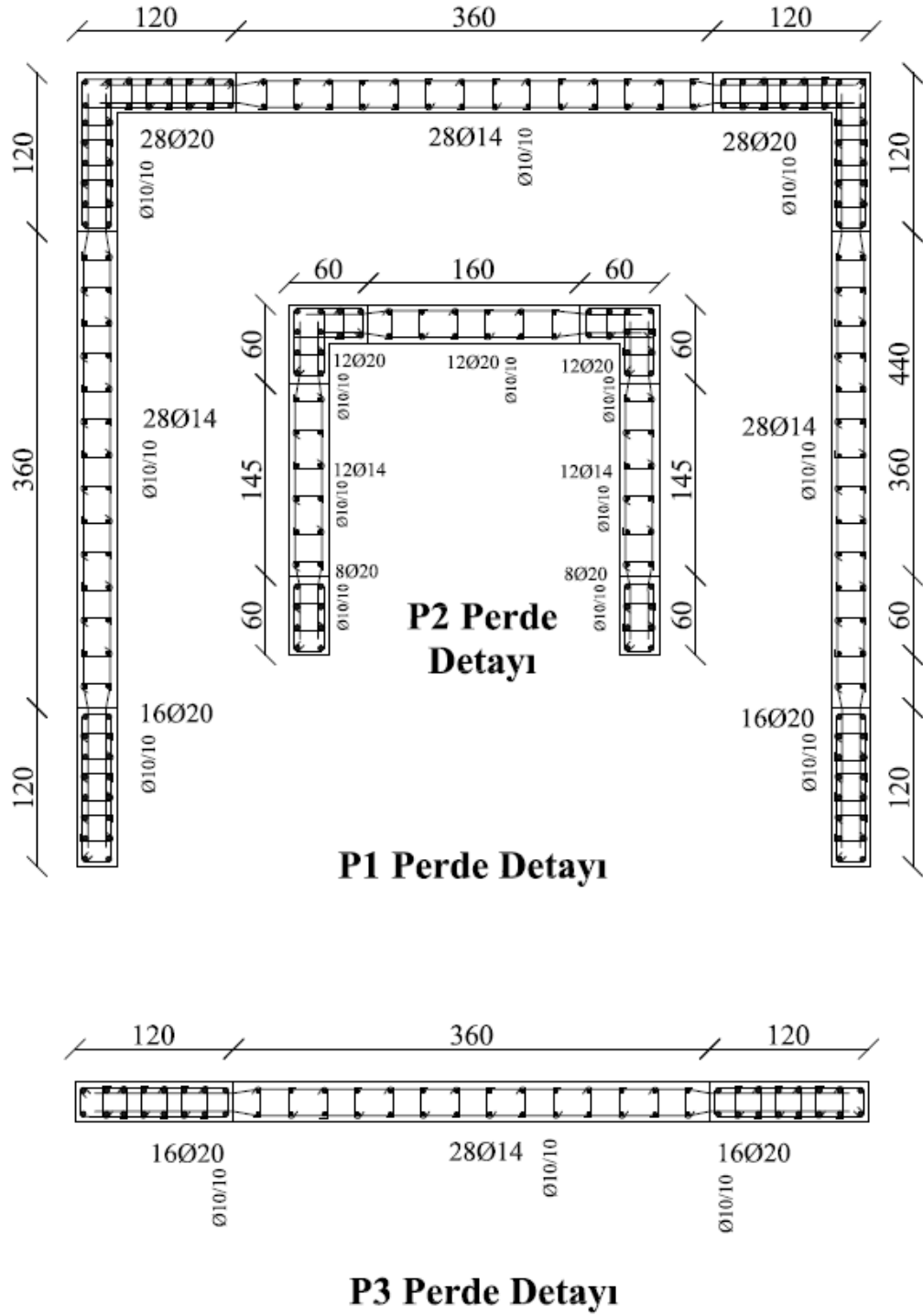
Her katta 21 adet kolon bulunduran yapıda 3. kattan itibaren kolon boyutlarında küçülmeye gidilmiştir. TBDY-2018 esaslarına göre betonarme hesabı yapılan kolon tipleri ve donatı detayları aşağıdaki tabloda verilmiştir (Çizelge 3.34).

Çizelge 3.34 : Kolon boyutları ve donatı detayları

Kolon İsimleri	Katlar	Kolon Tipleri
C2, C3, C4, C5, C6, C7	3, 4, 5, 6, 7, 8	40x40 
		12Ø16
C8, C9, C10, C11, C12, C13, C14, C15, C16, C17	3, 4, 5, 6, 7, 8	45x45 
		12Ø18
C2, C3, C4, C5, C6, C7	Bodrum, Zemin, 1, 2	50x50 
		12Ø18
C8, C9, C10, C11, C12, C13, C14, C15, C16, C17, C18, C19, C20, C21, C22	Bodrum, Zemin, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	55x55 
		12Ø20
C18, C19, C20, C21, C22	Bodrum, Zemin, 1, 2	70x70 
		16Ø20

3.5.12 Perde elemanların detaylandırılması

Binalarda deprem yüklerini büyük oranda karşılayan perdeler süneklik düzeyi yüksek eleman tasarım kurallarınca detaylandırılmıştır. TBDY-2018 esaslarınca boyutlandırılıp donatı hesabı yapılan perde enkesitleri aşağıdaki şekilde verilmiştir (Şekil 3.15).



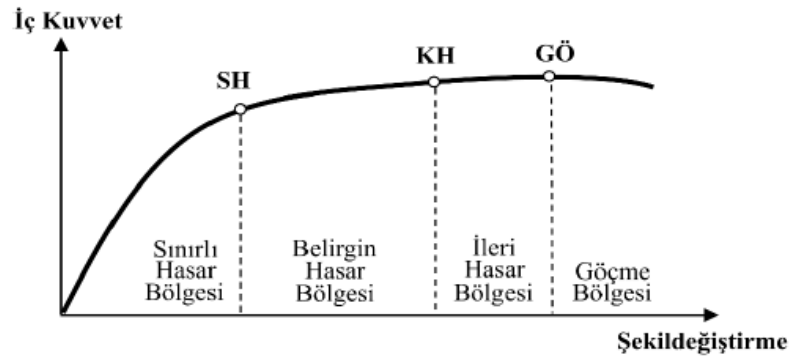
Şekil 3.15 : P1, P2 ve P3 Perde detayları

4. BİNANIN ŞEKİLDEĞİŞTİRMEYE GÖRE TASARIMI

TBDY-2018' e göre şekildeğiştirmeye göre tasarım, öncesinde dayanıma göre tasarımı gerçekleştirilmiş olan binanın performans analizini esas almaktadır. Dayanıma göre tasarıma göre kesit boyutları, donatı detayları, malzeme kalitesi, taşıyıcı sistemi belirlenmiş olan binanın performansı, öncesinde belirlenmiş olan deprem tehlikesi altında binanın sağlaması gereken performans seviyesi için değerlendirmeye tabi tutulur. Bu bağlamda, binanın olası plastikleşme bölgelerinde doğrusal olmayan özellikler tanımlanarak ve ikinci mertebe etkileri dikkate alınarak doğrusal olmayan statik ya da dinamik analiz gerçekleştirilir. Sünek elemanlar için şekildeğiştirme talepleri; gevrek elemanlar için ise dayanım talepleri hesaplanarak sınır değerlerle karşılaştırılır ve kesit hasar durumları belirlenir. Eğer kesit hasar durumları öngörülen performans hedefini sağlıyorsa şekildeğiştirmeye göre tasarım tamamlanır. Sağlamıyorsa yeni binalarda taşıyıcı elemanların boyut, donatı vb. özelliklerinde değişiklikler yapılarak hesap tekrarlanır.

4.1 Kesit Hasar Sınırı ve Hasar Bölgeleri

TBDY-2018' de kesit düzeyinde 3 farklı hasar sınırı tanımlanmıştır. İncelenen kesitte sınırlı miktarda elastik ötesi davranışın görüldüğü Sınırlı Hasar (SH), dayanımın yeterli güvenlikte sağlanması koşuluyla oluşan elastik ötesi davranışın var oluşu Kontrollü Hasar (KH), ileri düzeyde elastik ötesi davranışın görüldüğü Göçme Öncesi Hasar (GÖ) sözkonusu üç hasar sınırı olarak tanımlanmıştır. Bu sınır durumları arasında oluşturulan bölgeler ise ilgili kesitin hangi hasar bölgesinde kaldığını göstermektedir. Bu amaçla yönetmelikte verilen Kesit Hasar Bölgeleri kapasite eğrisi üzerinden Şekil 4.1' de gösterilmiştir.



Şekil 4.1 : Kesit hasar bölgeleri (TBDY-2018)

4.1.1 Kesit ve eleman hasarlarının tanımlanması

Kesit hasar durumları sünek elmanlar için geçerli olup, gevrek elemanlar için geçerli değildir. Performans hesabı için kullanılacak iç kuvvetlerin veya yerdeğiştirmelerin sayısal değerleri sınır değerler ile karşılaştırılarak kesit hasar durumuna karar verilir. En fazla hasar gören kesit ise eleman hasar durumunu belirler.

4.2 Doğrusal Olmayan Hesap Yönteminin Seçilmesi

TBDY-2018' e göre $BYS \geq 5$ olan ve $\eta_{bi} < 1.4$ olan binalarda Tek Modlu İtme Analizi $BYS \geq 2$ olan tüm binalarda da Çok Modlu İtme Analizi yöntemi kullanılabilir. Çalışmaya konu olan yapı için $BYS=4$ ve $\eta_{bi}=1.5$ olduğu için tek modlu itme analizi yöntemi kullanılamamaktadır. Çok modlu itme analizi yerine de gerçek davranışa ve sonuçlara daha yakın değerler bulmak için $BYS \geq 1$ olan bütün binalara uygulanabilecek Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz Yöntemi seçilmiştir.

4.2.1 Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi

TBDY-2018' de, yer hareketi etkisi altında bulunan taşıyıcı sisteme ait hareket denklemlerinin zamana bağlı olarak entegre edilmesi olarak tanımlanmaktadır. Bu işlem sırasında, doğrusal olmayan davranış nedeni ile sistem rijitlik matrisinin zamanla değişimi gözönüne alınmaktadır. Öngörülen bir deprem yer hareketi altında, hareket denklemleri zamana bağlı çözülerek şekildeğiştirmeler, yerdeğiştirmeler ve kesitlerde oluşan plastik deformasyonlar bulunur.

4.2.2 Hesapta gözönüne alınacak hususlar

- ❖ Taşıyıcı sistem üç boyutlu olarak modellenmelidir.
- ❖ Özel bir sönüm oranı belirlenmedikçe, sönüm oranı %5 olarak alınmalıdır.
- ❖ Birbirine dik deprem doğrultuları dikkate alınmalıdır.
- ❖ İkinci mertebe etkileri hesaba katılmalıdır.
- ❖ Zaman tanım alanında analiz uygulanmadan önce sistemde düşey yüklerden oluşan doğrusal olmayan statik analiz yapılmalıdır. Dinamik analizin başlangıç adımı olarak anılan bu statik analiz sonucunda elastik ötesi şekildeğiştirmelerin oluşmaması gerekmektedir.

- ❖ Bina için kullanılan beton ve donatı çeliği için Çizelge 4.1’ de verildiği gibi beklenen dayanımları kullanılmalıdır.

Çizelge 4.1 : Beklenen malzeme dayanımları

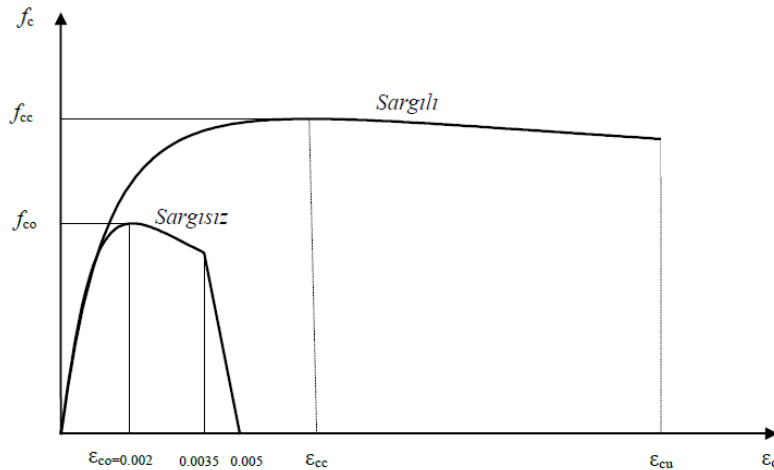
Malzeme Türü	Kullanılacak Dayanım
Beton	$f_{ce} = 1.3 f_{ck}$
Donatı Çeliği	$f_{ye} = 1.2 f_{yk}$

- ❖ Eşzamanlı olarak dikkate alınan deprem etkileri için en az 11 adet yatay deprem kayıt çifti kullanılmalı; her bir kayıt çiftinin bileşenleri 90° çevrilmek suretiyle toplamda en az 22 adet (2x11) analiz gerçekleştirilmelidir.
- ❖ ŞGDT’ ye göre tasarım kapsamında esas alınacak olan sünek elemanlar için şekildeğiştirme talepleri ve gevrek elemanlarda ise iç kuvvet talepleri her bir depremde oluşan mutlak değerce en büyük değerlerin ortalamaları olarak dikkate alınmalıdır.

4.3 Doğrusal Olmayan Yöntemler için Beton ve Donatı Modelleri

4.3.1 Sargılı ve sargısız beton modelleri

TBDY-2018 Ek 5A.1 maddesine göre; şekil değiştirmeye göre hesaplamalarda kullanılmak üzere beton için Mander sargılı ve sargısız beton modellerinin [31] kullanılması önerilmektedir. Analizde farklı bir model de kabul edilerek kullanılabilir.



Şekil 4.2 : Sargılı ve sargısız beton gerilme-şekildeğiştirme grafiği (TBDY-2018)

Beton basınç gerilmesinin (f_c) bağıntısı Denklem 4.1’ de verildiği gibidir.

$$f_c = \frac{f_{cc} x^r}{r-1+x^r} \quad (4.1)$$

Burada f_{cc} sargılı betonun, f_{co} ise sargısız betonun basınç dayanımını göstermektedir. Bu iki dayanım arasındaki ilişki Denklem 4.2 ile verilmiştir.

$$f_{cc} = \lambda_c f_{co} \quad ; \quad \lambda_c = 2.254 \sqrt{1 + 7.94 \frac{f_e}{f_{co}} - 2 \frac{f_e}{f_{co}} - 1.254} \quad (4.2)$$

Etkili sargılama basıncını gösteren f_e birbirine dik doğrultuların ikisi için Denklem 4.3 ile verilen bağıntıların ortalaması olarak alınabilir.

$$f_{ex} = k_e \rho_x f_{yw} \quad ; \quad f_{ey} = k_e \rho_y f_{yw} \quad (4.3)$$

Burada; f_{yw} enine donatı akma dayanımını, ρ_x ve ρ_y değerleri gözönüne alınan doğrultulardaki hacimsel donatı oranların, k_e sargılama etkinlik katsayısını göstermektedir. Bu katsayı ise Denklem 4.4 ile ifade edilmektedir.

$$k_e = \left(1 - \frac{\sum a_i^2}{6b_o h_o}\right) \left(1 - \frac{s}{2b_o}\right) \left(1 - \frac{s}{2h_o}\right) \left(1 - \frac{A_s}{b_o h_o}\right)^{-1} \quad (4.4)$$

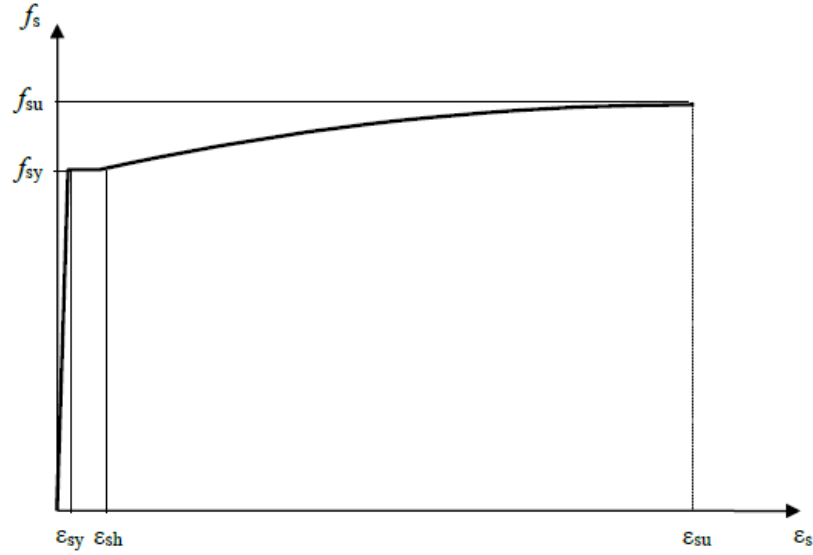
Burada; a_i boyuna donatılar arasındaki mesafeyi, b_o ve h_o çekirdek betonu saran etriyenin eksenleri arasındaki boyutları, s etriye aralığını, A_s ise boyuna donatı alanını tanımlamaktadır. x ve r arasındaki bağıntılarda ise aşağıda verilmiştir (Denklem 4.5, 4.6). E_c betonun elastisite modülünü ifade etmektedir.

$$x = \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{cc}} \quad ; \quad \varepsilon_{cc} = \varepsilon_{co} [1 + 5(\lambda_{c-1})] \quad ; \quad \varepsilon_{co} \cong 0.002 \quad (4.5)$$

$$r = \frac{E_c}{E_{c-sec}} \quad ; \quad E_c \cong 5000 \sqrt{f_{co}} [MPa] \quad ; \quad E_{sec} = \frac{f_{cc}}{\varepsilon_{cc}} \quad (4.6)$$

4.3.2 Donatı çeliği modeli

TBDY-2018 Ek 5A.2 maddesine göre; şekil değiştirmeye göre hesaplamalarda kullanılmak üzere donatı çeliği için parabolik pekleşen çelik modeli önerilmektedir. (Şekil 4.3).



Şekil 4.3 : Donatı çeliği için gerilme-şekildeğiştirme grafiği (TBDY-2018)

Grafiği tanımlayan gerilme-şekildeğiştirme bağıntıları Denklem 4.7 ile verilmiştir.

$$\begin{aligned}
 f_s &= E_s \varepsilon_s & (\varepsilon_s \leq \varepsilon_{sy}) \\
 f_s &= f_{sy} & (\varepsilon_{sy} < \varepsilon_s \leq \varepsilon_{sh}) \\
 f_s &= f_{su} - (f_{su} - f_{sy}) \frac{(\varepsilon_{su} - \varepsilon_s)^2}{(\varepsilon_{su} - \varepsilon_{sh})^2} & (\varepsilon_{sh} < \varepsilon_s \leq \varepsilon_{su})
 \end{aligned} \tag{4.7}$$

Burada; f_{sy} ve f_{su} donatı çeliği akma ve kopma dayanımlarını, ε_{sy} ve ε_{sh} bu dayanımlara karşı gelen birim şekil değiştirmeleri tanımlamaktadır. E_s ise çeliğin elastisite modülü olup 2×10^5 MPa değerindedir. Farklı donatı çeliği kalitelerine ait malzeme gerilme-şekildeğiştirme bağıntılarına ait değerler ise Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2 : Donatı çeliklerine ait bilgiler

Kalite	f_{sy} (MPa)	ε_{sy}	ε_{sh}	ε_{su}	f_{su} / f_{sy}
S220	220	0.0011	0.011	0.12	1.2
S420	420	0.0021	0.008	0.08	1.15-1.35
B420C	420	0.0021	0.008	0.08	1.15-1.35
B500C	500	0.0025	0.008	0.08	1.15-1.35

4.4 Etkin Eğilme Rijitliklerinin Hesabı

Doğrusal olarak modellenen perde ve döşeme gibi elemanların düzlem içi ve düzlem dışı davranışlarına ilişkin etkin kesit rijitliği çarpanları 3. Bölümde de bahsedildiği üzere Çizelge 3.5’ ten alınacaktır.

Yığılılı plastisite davranışına göre modellenen kolon, kiriş, bağ kirişi ve perde elemanlarda etkin kesit rijitlikleri TBDY-2018 Madde 5.4.5.2’ de verilen, Denklem 4.8 ile ifade edilen bağıntı ile hesaplanmıştır.

$$(EI)_e = \frac{M_y L_s}{\theta_y} \frac{1}{3} \quad (4.8)$$

Burada; M_y ve θ_y çubuk elemanların uçlarındaki plastik mafsalların etkin akma momentleri ile akma dönmelerinin ortalamalarını göstermektedir. L_s kesme açıklığı, kolon ve kirişlerde yaklaşık olarak açıklığın yarısı perdelerde ise her katın tabanından perde tepesine olan uzaklığın yarısı olarak alınabilmektedir. θ_y plastik mafsal akma dönmesi ise Denklem 4.9’ da verilen bağıntı ile hesaplanmaktadır.

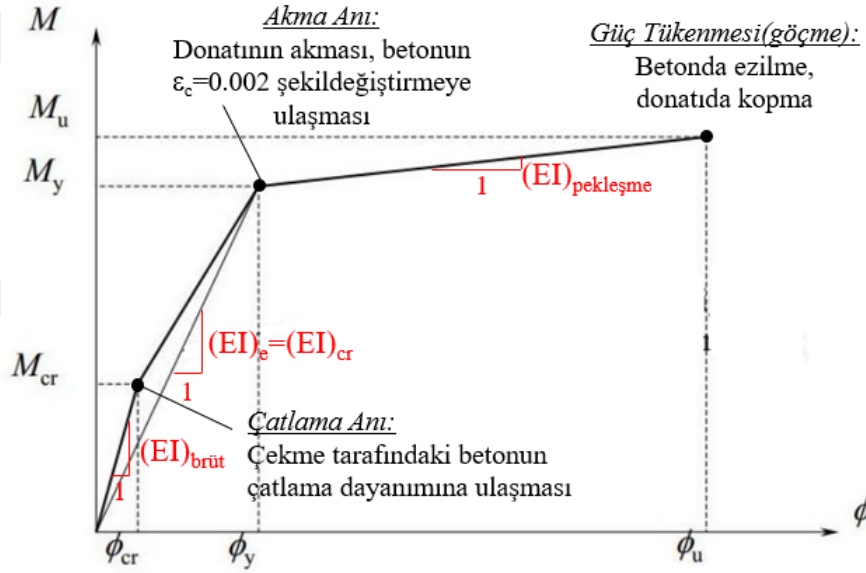
$$\theta_y = \frac{\phi_y L_s}{3} + 0.0015\eta \left(1 + 1.5 \frac{h}{L_s} \right) + \frac{\phi_y d_b f_{ye}}{8\sqrt{f_{ce}}} \quad (4.9)$$

Burada; ϕ_y plastik mafsal kesitindeki etkin akma eğriliğini göstermektedir. Kiriş ve kolonlarda $\eta=1$, perdelerde $\eta=0.5$ alınacaktır. h kesit yüksekliğidir. Akma durumu için donatı sıyrılması dönmesini ifade eden son terimde yer alan d_b mesnede kenetlenen donatı çeliklerinin ortalama çapını, f_{ce} ve f_{ye} ise betonun ortalama basınç dayanımı ile donatı çeliğinin ortalama akma dayanımını göstermektedir.

4.5 Moment Eğrilik İlişkisi

Taşıyıcı sistem elemanlarının eğilme davranışlarını büyük ölçüde plastikleşme beklenen kesitlerin davranışı tayin eder. Bu amaçla betonarme kesitler için oluşturulan moment eğrilik ilişkileri eğrisel olmakla birlikte, bu ilişkilerdeki üç karakteristik nokta kritik önem taşımaktadır. Bunlar, sırasıyla betonun çekme kapasitesine ulaşması anlamına gelen çatlama momenti ve eğriliği (M_{cr} , ϕ_{cr}); kesitin akmasını tarifleyen akma momenti ve eğriliği (M_y , ϕ_y); güç tükenmesi durumunu ifade

eden (M_u, ϕ_u)'dur. Şekil 4.4'de bu üç nokta dikkate alınarak idealleştirilmiş moment-eğrilik ilişkisi gösterilmiştir. Burada başlangıç noktasını çatlama anına birleştiren doğrunun eğimi brüt eğilme rijitliği $(EI)_{brüt}$ olarak isimlendirilmekte, basitçe elastisite modülü ile donatı etkisini de dahil eden atalet momentinin çarpımı olarak hesaplanmaktadır. Akma durumunu güç tükenmesi durumuna birleştiren doğrunun eğimi ise $(EI)_{pekleşme}$ olarak tarif edilmiştir. Deprem yükleri altında eğilmeye maruz bırakılmış bir kesitte betonun hemen çatladığı düşünülürse, moment-eğrilik ilişkilerinin üç doğrulu idealleştirilmesi yerine iki doğrulu olarak idealleştirilmesi hesap kolaylığı ve plastik mafsalları tanımlama için gereklidir. Bu idealleştirmede, başlangıç noktasından akma anına çizilen doğrunun eğimi çatlamış rijitlik ya da TBDY-2018'de belirtildiği üzere etkin eğilme rijitliği $(EI)_e$ olarak ifade edilmektedir.



Şekil 4.4 : Moment-Eğrilik ilişkisi

4.6 Şekildeğiştirmelerin ve İç Kuvvetlerin Değerlendirilmesi

4.6.1 Göçmenin önlenmesi (GÖ) performans düzeyi sınır değerleri

Yayıllı plastik davranış modeline göre yeni yapılacak binalarda, beton ve çelik için birim şekildeğiştirmelerin sırasıyla $\epsilon_c^{(GÖ)}$ ve $\epsilon_s^{(GÖ)}$ olarak gösterildiği sınır değerler Denklem 4.9 - Denklem 4.12 ifadeleri ile hesap edilmektedir.

Dikdörtgen kesitli kiriş, kolon ve perdelerde beton birim kısalması:

$$\varepsilon_c^{(G\ddot{O})} = 0.0035 + 0.04\sqrt{\omega_{we}} \leq 0.0018 \quad (4.9)$$

Burada; 0.0035 değeri kabuk betonun birim kısalmasını göstermektedir. Etkin sargı donatısının mekanik donatı oranını ifade eden ω_{we} ise Denklem 4.10 bağıntısı ile bulunur.

$$\omega_{we} = \alpha_{se} \rho_{sh,min} \frac{f_{ywe}}{f_{ce}} \quad (4.10)$$

Burada; α_{se} sargı donatısı etkinlik katsayısını, $\rho_{sh,min}$ dörtgen kesitteki birbirine dik iki yatay doğrultuda küçük olan hacimsel donatı oranını, f_{ywe} enine donatının ortalama/beklenen dayanımını göstermektedir. α_{se} sargı donatısı etkinlik katsayısı Denklem 4.11 ile ifade edilmektedir.

$$\alpha_{se} = \left(1 - \frac{\sum a_i^2}{6b_o h_o}\right) \left(1 - \frac{s}{2b_o}\right) \left(1 - \frac{s}{2h_o}\right) \quad ; \quad \rho_{sh} = \frac{A_{sh}}{b_k s} \quad (4.11)$$

Burada; A_{sh} enine donatı alanını, ρ_{sh} enine donatı hacimsel oranını göstermektedir. s donatı aralığını, b_k dik doğrultudaki çekirdek boyutunu, b_o ve h_o çekirdek betonu boyutlarını (enine donatı eksenleri arası), a_i çiroz ya da etriye kolu ile tutulan boyuna donatı eksenleri arasındaki uzaklığı ifade etmektedir.

Donatı çeliğinin birim şekildeğiştirmesi ise Denklem 4.12' de verilmiştir.

$$\varepsilon_s^{(G\ddot{O})} = 0.4\varepsilon_{su} \quad (4.12)$$

Burada; ε_{su} çekme dayanımına karşılık gelen birim uzamayı tanımlamaktadır. Yığılı plastik davranış modeline göre yeni yapılacak binalarda hesaplanan plastik dönmeler için izin verilen sınır değeri Denklem 4.13' te verilen bağıntı ile ifade edilmiştir.

$$\theta_p^{(G\ddot{O})} = \frac{2}{3} \left[(\phi_u - \phi_y) L_p \left(1 - 0.5 \frac{L_p}{L_s} \right) + 4.5 \phi_u d_b \right] \quad (4.13)$$

Burada; ϕ_y donatının akma anına denk gelen eğriliği, ϕ_u ise donatının kopma anına denk gelen toplam eğriliği tanımlamaktadır. d_b donatı çapını, L_p plastik mafsalsal boyunu,

L_s ise kesme açıklığını ifade etmektedir. Parantez içinde yer alan ilk terim eğilmeden kaynaklı olan; ikinci terim ise donatı sıyrılmasından kaynaklanan maksimum plastik dönme miktarını vermektedir.

4.6.2 Kontrollü hasar (KH) performans düzeyi sınır değerleri

Yayıllı plastik davranış modeline göre yeni yapılacak binalarda kontrollü hasar performans düzeyi için malzeme sınır değerleri Denklem 4.14 ile, plastik dönme sınır değerleri ise Denklem 4.15 ile verilmiştir.

$$\varepsilon_c^{(KH)} = 0.75\varepsilon_c^{(GÖ)} \quad ; \quad \varepsilon_s^{(KH)} = 0.75\varepsilon_s^{(GÖ)} \quad (4.14)$$

$$\theta_p^{(KH)} = 0.75\theta_p^{(GÖ)} \quad (4.15)$$

Burada; $\varepsilon_c^{(KH)}$ ve $\varepsilon_s^{(KH)}$ sırasıyla beton ve çelik için birim şekildeğiştirmelerini, θ_p plastik dönmeleri tanımlamaktadır.

4.6.3 Sınırlı hasar (SH) performans düzeyi sınır değerleri

Yayıllı plastik davranış modeline göre yeni yapılacak binalarda sınırlı hasar performans düzeyi için malzeme sınır değerleri Denklem 4.16' da ki bağıntıda ile verilmiştir. Ayrıca bu düzeyde yığılı plastisite kabulü yapılan elemanlarda plastik dönme oluşmasına izin verilmemektedir.

$$\varepsilon_c^{(SH)} = 0.0025 \quad ; \quad \varepsilon_s^{(SH)} = 0.0075 \quad ; \quad \theta_p^{SH} = 0 \quad (4.16)$$

4.7 Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Kesitlerinin Etkin Eğilme Rijitlikleri ve Sınır Plastik Dönmelerinin Tayini

Yapının TBDY-2018'e göre performans düzeyini belirlemek için taşıyıcı sistem elemanlarının kesit hasar sınırlarını ve bölgeleri ile etkin kesit rijitlikleri belirlenmelidir.

Tez çalışması kapsamında kirişler, kesit özellikleri ve donatı miktarına bağlı olarak, kolonlar ise enkesit özellikleri, donatı miktarı ve eksenel yük düzeylerine bağlı olarak tiplenştirilerek XTRACT [32] programında modellenmiştir. XTRACT programında

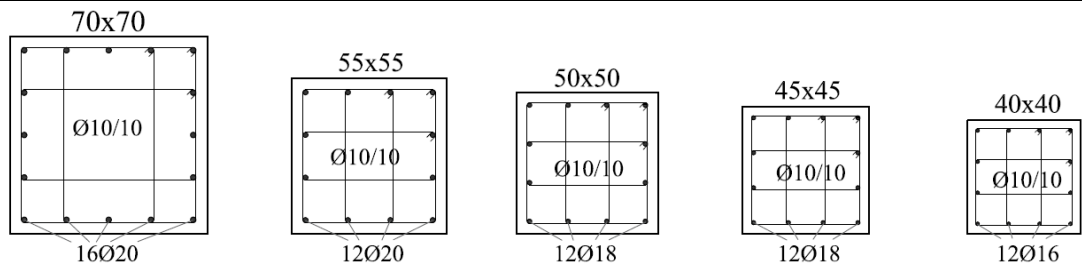
moment eğrilik ilişkileri oluşturulmuş ve plastik dönme sınır değerleri ve etkin eğilme rijitliklerinin hesaplanması için gerekli olan akma momenti (M_y), akma eğriliği (ϕ_y), ve güç tükenmesi eğriliği (ϕ_u) değerleri hesaplanmıştır. Perdeler için ise yayılı plastisite davranışını yansıtan doğrusal olmayan modelleme yaklaşımlarından kesit hücrelerinden yararlanılmıştır. Kesit hücreleri ETABS programında tanımlanmıştır. Ayrıca, DGT kapsamında, perde kesitleri Section Designer alt programında modellenerek P- M_x - M_y diyagramları elde edilmiştir. Olumsuz yük kombinasyonları dikkate alınarak eksenel kuvvet ve M_y/M_x oranlarına bağlı olarak eğilme açıları elde edilmiştir. İlgili eğilme açısı ve normal kuvvet düzeyine karşılık gelen iki boyutlu normal kuvvet-eğilme etkileşim diyagramlarından yararlanılarak perde donatı miktarları tayin edilmiştir.

4.7.1 Kolon kesitleri

Enkesitleri Şekil 4.5'te gösterilen kolonlar için XTRACT programında tanımlanması gereken enkesit özellikleri Çizelge 4.3'de listelenmiştir.

Çizelge 4.3 : Kolon enkesit özellikleri

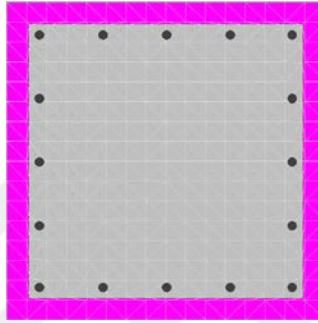
Özellik	Simge	S70x70	S55x55	S50x50	S45x45	S40x40
Kesit Genişliği (mm)	b	700	550	500	450	400
Kesit Yüksekliği (mm)	h	700	550	500	450	400
Net Beton Örtüsü (mm)	c	50	50	50	50	50
Enine Donatı Çapı (mm)	ϕ_w	12	12	12	12	12
Boyuna Donatı Çapı (mm)	ϕ_L	20	18	16	14	14
Boyuna Donatı Sayısı	n_L	16	12	12	12	12
Boyuna Donatı Alanı (mm ²)	A_s	5027	3054	2413	1847	1847
Çekirdek Beton Boyutu (mm)	b_0	588	438	388	338	288
Çekirdek Beton Boyutu (mm)	h_0	588	438	388	338	288
Enine Donatı Aralığı (mm)	s	100	100	100	100	100
X Yönü Enine Donatı Kol Sayısı	n_x	4	4	4	4	4
Y Yönü Enine Donatı Kol Sayısı	n_y	4	4	4	4	4



Şekil 4.5 : Kolon enkesitleri

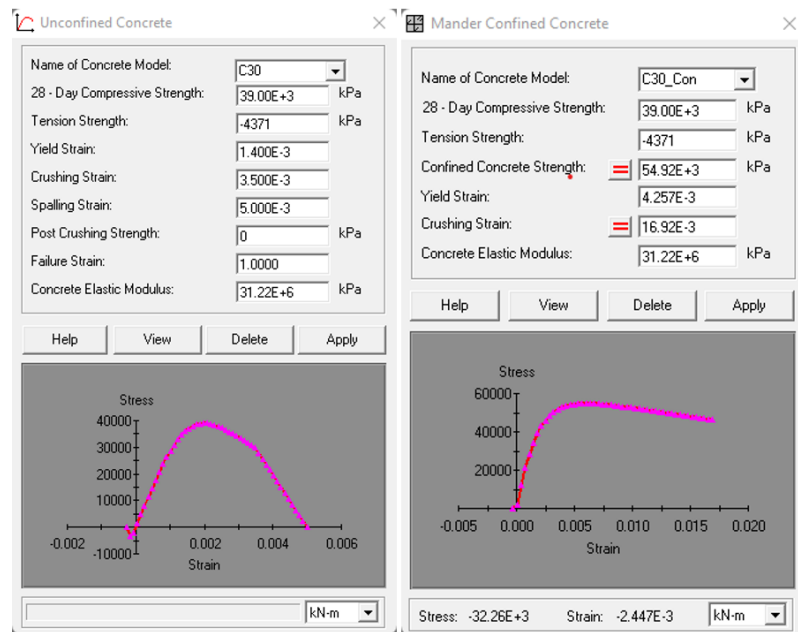
4.7.1.1 Kolon kesitlerine ait malzeme modellerinin tanımlanması

XTRACT programında moment eğrilik analizlerinin gerçekleştirilebilmesi için doğrusal olmayan malzeme bünye bağıntılarının tanımlanması gerekmektedir. Programa TBDY-2018’de önerildiği üzere beton için Mander sargılı ve sargısız beton modelleri, donatı çeliği için ise parabolik pekleşen çelik modeli girilmiştir. İlgili betonarme kesitte, kabuk betonuna sargısız; enine donatıların çevrelediği alana ise sargılı beton modeli atanmaktadır. Kesit boyutları 70x70cm olan bir kolon kesiti XTRACT programında tanımlanmış ve Şekil 4.6’da gösterilmiştir.



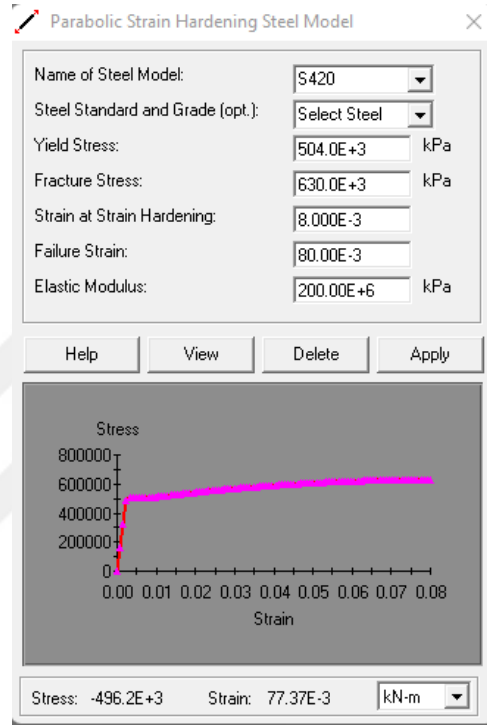
Şekil 4.6 : Kolon enkesiti (70x70)cm XTRACT

Bina tasarım aşamasında olduğundan, sargısız beton basınç dayanımı olarak karakteristik dayanım ($f_{ck} = 30$ MPa) yerine beklenen dayanım (f_{ce}) olan 39 MPa kullanılmıştır. Betonun elastisite modülü Denklem 4.6’ ya göre hesaplanmaktadır. XTRACT programında sargılı ve sargısız beton modellerinin tanımlanması ile ilgili giriş bilgileri Şekil 4.7’de verilmiştir.



Şekil 4.7 : Kolon sargısız ve sargılı beton modelleri (70x70)cm XTRACT

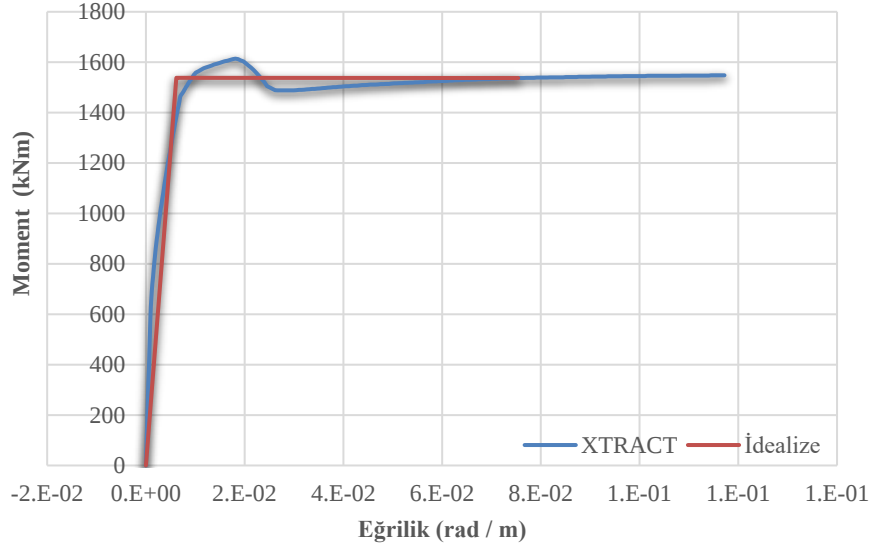
B420C kalitesinde donatı çeliğinin akma dayanımı için yine karakteristik dayanım olan 420 MPa değeri yerine Çizelge 4.1’ de verilen katsayı oranında büyütülmüş olan beklenen dayanım, $f_{ye}=420 \times 1.2=504$ MPa kullanılmıştır. Donatı çeliğinin beklenen kopma dayanımı ise Çizelge 4.2’ den seçilen pekleşme katsayısı 1.25 ile beklenen akma dayanımının çarpımı şeklinde $f_{ue}=504 \times 1.25=630$ MPa olarak hesaplanmıştır. Donatı çeliğinin malzeme modelinin tanımlanması ile ilgili diğer bilgiler de Çizelge 4.2’de verilmiş olup XTRACT giriş bilgisi Şekil 4.8’de gösterilmiştir.



Şekil 4.8 : Donatı çeliği modeli (kolon) XTRACT

4.7.1.2 Moment eğrilik ilişkisinin elde edilmesi

Moment-eğrilik ilişkilerine örnek olması açısından zemin katta bulunan 3700 kN eksenel yük taşıyan 70x70 cm boyutlarındaki kolon için XTRACT programında moment-eğrilik analizi gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucunda akma momenti (M_y) 1538 kNm, akma eğriliği (ϕ_y) 6.155E-3 rad/m, nihai momenti (M_u) 1548 kNm ve nihai eğriliği (ϕ_u) 0.1172 rad/m olarak bulunmuştur. Kolonun enkesiti kare olarak seçildiği için X ve Y yönü için eğilme davranışı aynı olduğundan, burada sadece X-X ekseninde oluşturulan moment-eğrilik ilişkisi iki doğrulu idealleştirilmesi ile birlikte Şekil 4.9’ da gösterilmiştir.



Şekil 4.9 : Zemin kat 70x70 kolon moment eğrilik ilişkisi

4.7.1.3 Kolon kesitleri etkin eğilme rijitlikleri ve sınır plastik dönme değerlerinin tayini

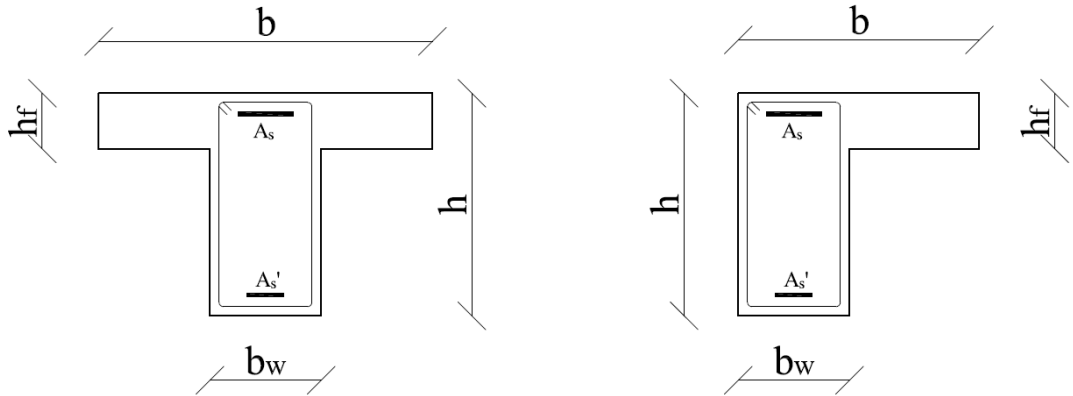
Hesaplarda kolaylık olması bakımından aynı boyutta olan ve taşıdıkları eksenel yükler birbirine yakın kolon kesitleri gruplandırılarak XTRACT programına dahil edilmiştir. Bölüm 4.4 ve Bölüm 4.5’de verilen bağıntılar kullanılarak tüm kolonlar için plastik dönme sınırları ve etkin eğilme rijitlikleri hesaplanmıştır. Bodrum kat kolonlarına ait bu veriler Çizelge 4.4’te listelenmiştir. Diğer kolonlara ait plastik dönme sınırları ve etkin eğilme rijitlikleri ile ilgili tablolar EK B’ de sunulmuştur.

Çizelge 4.4 : Bodrum kat kolon plastik dönme parametreleri

Kolon Tipi	Yük Değeri	Kolon İsmi	ϕ_y (1/m)	ϕ_u (1/m)	M_y (kNm)	M_u (kNm)	L_s (m)	L_p (m)	h (m)	η	d_b (m)	θ_y (rad)	$\theta_p^{(G\acute{O})}$ (rad)	$\theta_p^{(KH)}$ (rad)	$(EI)_{Etkin}$ (kNm ²)	$(EI)_{Brüt}$ (kNm ²)	EI_E/EI_B
50x50	B_200kN	C2	0.0093	0.0940	285.6	282.1	1.45	0.25	0.5	1	0.016	0.0544	0.0174	0.0131	14785.78	162630.16	0.09
		C3	0.0093	0.0940	285.6	282.1	1.45	0.25	0.5	1	0.016	0.0544	0.0174	0.0131	14785.78	162630.16	0.09
		C4	0.0093	0.0940	285.6	282.1	1.45	0.25	0.5	1	0.016	0.0544	0.0174	0.0131	14785.78	162630.16	0.09
	B_350kN	C5	0.0094	0.0955	310.5	306.2	1.45	0.25	0.5	1	0.016	0.0546	0.0177	0.0133	16030.23	162630.16	0.10
		C6	0.0094	0.0955	310.5	306.2	1.45	0.25	0.5	1	0.016	0.0546	0.0177	0.0133	16030.23	162630.16	0.10
		C7	0.0094	0.0955	310.5	306.2	1.45	0.25	0.5	1	0.016	0.0546	0.0177	0.0133	16030.23	162630.16	0.10
55x55	B_475kN	C10	0.0085	0.0852	444.3	442.7	1.45	0.275	0.55	1	0.018	0.0555	0.0173	0.0130	25160.52	238106.81	0.11
		C11	0.0085	0.0852	444.3	442.7	1.45	0.275	0.55	1	0.018	0.0555	0.0173	0.0130	25160.52	238106.81	0.11
		C12	0.0085	0.0852	444.3	442.7	1.45	0.275	0.55	1	0.018	0.0555	0.0173	0.0130	25160.52	238106.81	0.11
		C8	0.0085	0.0852	444.3	442.7	1.45	0.275	0.55	1	0.018	0.0555	0.0173	0.0130	25160.52	238106.81	0.11
		C9	0.0085	0.0852	444.3	442.7	1.45	0.275	0.55	1	0.018	0.0555	0.0173	0.0130	25160.52	238106.81	0.11
	B_625kN	C13	0.0086	0.0867	473	469.7	1.45	0.275	0.55	1	0.018	0.0560	0.0176	0.0132	26549.37	238106.81	0.11
		C14	0.0086	0.0867	473	469.7	1.45	0.275	0.55	1	0.018	0.0560	0.0176	0.0132	26549.37	238106.81	0.11
		C15	0.0086	0.0867	473	469.7	1.45	0.275	0.55	1	0.018	0.0560	0.0176	0.0132	26549.37	238106.81	0.11
		C16	0.0086	0.0867	473	469.7	1.45	0.275	0.55	1	0.018	0.0560	0.0176	0.0132	26549.37	238106.81	0.11
		C17	0.0086	0.0867	473	469.7	1.45	0.275	0.55	1	0.018	0.0560	0.0176	0.0132	26549.37	238106.81	0.11
70x70	B_4200kN	C18	0.0057	0.0774	1610	1608	1.45	0.35	0.7	1	0.02	0.0419	0.0194	0.0145	135805.70	624760.01	0.22
		C19	0.0057	0.0774	1610	1608	1.45	0.35	0.7	1	0.02	0.0419	0.0194	0.0145	135805.70	624760.01	0.22
		C20	0.0057	0.0774	1610	1608	1.45	0.35	0.7	1	0.02	0.0419	0.0194	0.0145	135805.70	624760.01	0.22
		C21	0.0057	0.0774	1610	1608	1.45	0.35	0.7	1	0.02	0.0419	0.0194	0.0145	135805.70	624760.01	0.22
		C22	0.0057	0.0774	1610	1608	1.45	0.35	0.7	1	0.02	0.0419	0.0194	0.0145	135805.70	624760.01	0.22

4.7.2 Kiriş kesitleri

Binanın kiriş kesitleri TS500 uyarınca tablalı kesit olarak dikkate alınmıştır. Kenar kirişler L ve içteki kirişler ise T kesit olarak hesaplara dahil edilmiştir. Kirişlerin plandaki konumuna göre $T_{iç}$, T_{kenar} , $L_{iç}$ ve L_{kenar} olmak üzere dört farklı kiriş kesiti tanımlanmıştır. Dayanıma göre tasarım kapsamında ETABS programında donatılan 380 adet kiriş, birbirine yeteri kadar yakınlıkta bulunan donatı alanlarına göre tiplenmiştir. Şekil 4.10'da tipik T ve L kesitleri için geometrik parametreler görsel olarak sunulmuştur. Bu şekilden yararlanılarak tezde kullanılan tüm kesit tipleri ve enkesit özellikleri Çizelgeler 4.5-4.8 aralığında listelenmiştir. Tüm kiriş kesitleri için, kesit gövde kalınlığı (b_w) 300 mm, kesit yüksekliği (h) 600 mm, net beton örtüsü (c) 30 mm, enine donatı çapı (ϕ_w) 10 mm, etriye kol sayısı x ve y yönünde (n_x , n_y) ikişer adet, çekirdek beton boyutu (b_0) 230 mm, diğer çekirdek betonu boyutu (h_0) 530 mm, enine donatı aralığı (s) 100 mm olarak tasarlanmıştır. $T_{iç}$, T_{kenar} , $L_{iç}$ ve L_{kenar} kiriş kesitleri için etkili tabla genişlikleri sırasıyla 1020 mm, 1260 mm, 660 mm ve 780 mm olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.10 : Tipik kiriş enkesitleri

Çizelge 4.5 : Tiç kiriş enkesit özellikleri

Özellik	Simge	Tiç Tip1	Tiç Tip2	Tiç Tip3	Tiç Tip4	Tiç Tip5	Tiç Tip6	Tiç Tip7	Tiç Tip8	Tiç Tip9	Tiç Tip10	Tiç Tip11	Tiç Tip12	Tiç Tip13
Boyuna Donatı Çapı_Üst (mm)	$\phi_{L_üst}$	14	16	16	20	20	20	22	14	14	22	14	14	20
Boyuna Donatı Sayısı_Üst	$n_{L_üst}$	5	5	6	5	6	8	7	5	4	6	4	6	4
Boyuna Donatı Çapı_Alt (mm)	ϕ_{L_alt}	14	14	14	16	16	18	20	16	16	18	14	14	14
Boyuna Donatı Sayısı_Alt	n_{L_alt}	3	4	4	4	5	5	5	2	2	5	3	3	4
Boyuna Donatı Alanı (mm ²)	A_s	1232	1621	1822	2375	2890	3786	4232	1172	1018	3553	1078	1385	1872

Çizelge 4.6 : Tkenar kiriş enkesit özellikleri

Özellik	Simge	Tkenar Tip1	Tkenar Tip2	Tkenar Tip3	Tkenar Tip4	Tkenar Tip5	Tkenar Tip6	Tkenar Tip7	Tkenar Tip8
Boyuna Donatı Çapı_Üst (mm)	$\phi_{L_üst}$	16	16	20	20	14	14	14	14
Boyuna Donatı Sayısı_Üst	$n_{L_üst}$	5	6	5	6	5	3	4	6
Boyuna Donatı Çapı_Alt (mm)	ϕ_{L_alt}	14	14	16	16	14	14	14	14
Boyuna Donatı Sayısı_Alt	n_{L_alt}	4	4	4	5	3	2	3	3
Boyuna Donatı Alanı (mm ²)	A_s	1621	1822	2375	2890	1232	770	1078	1385

Çizelge 4.7 : Liç kiriş enkesit özellikleri

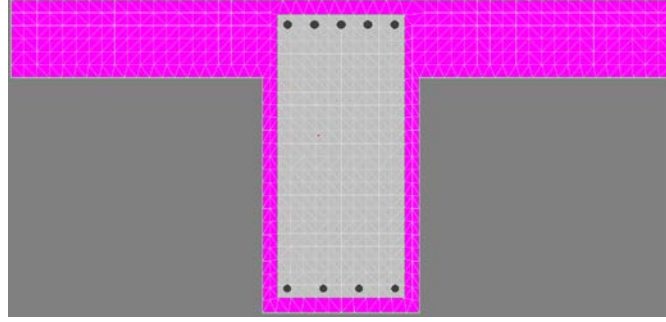
Özellik	Simge	Liç Tip1	Liç Tip2	Liç Tip3	Liç Tip4	Liç Tip5	Liç Tip6	Liç Tip7	Liç Tip8	Liç Tip9	Liç Tip10
Boyuna Donatı Çapı_Üst (mm)	$\phi_{L_üst}$	14	16	16	20	20	14	14	14	14	20
Boyuna Donatı Sayısı_Üst	$n_{L_üst}$	5	5	6	5	6	4	3	4	6	4
Boyuna Donatı Çapı_Alt (mm)	ϕ_{L_alt}	14	14	14	16	16	16	14	14	14	14
Boyuna Donatı Sayısı_Alt	n_{L_alt}	3	4	4	4	5	2	2	3	3	4
Boyuna Donatı Alanı (mm ²)	A_s	1232	1621	1822	2375	2890	1018	770	1078	1385	1872

Çizelge 4.8 : Lkenar kiriş enkesit özellikleri

Özellik	Simge	Lkenar Tip1	Lkenar Tip2	Lkenar Tip3	Lkenar Tip4	Lkenar Tip5	Lkenar Tip6	Lkenar Tip7
Boyuna Donatı Çapı_Üst (mm)	$\phi_{L_üst}$	14	16	20	16	14	14	14
Boyuna Donatı Sayısı_Üst	$n_{L_üst}$	5	5	5	6	4	3	4
Boyuna Donatı Çapı_Alt (mm)	ϕ_{L_alt}	14	14	16	14	16	14	14
Boyuna Donatı Sayısı_Alt	n_{L_alt}	3	4	4	4	2	2	3
Boyuna Donatı Alanı (mm ²)	A_s	1232	1621	2375	1822	1018	770	1078

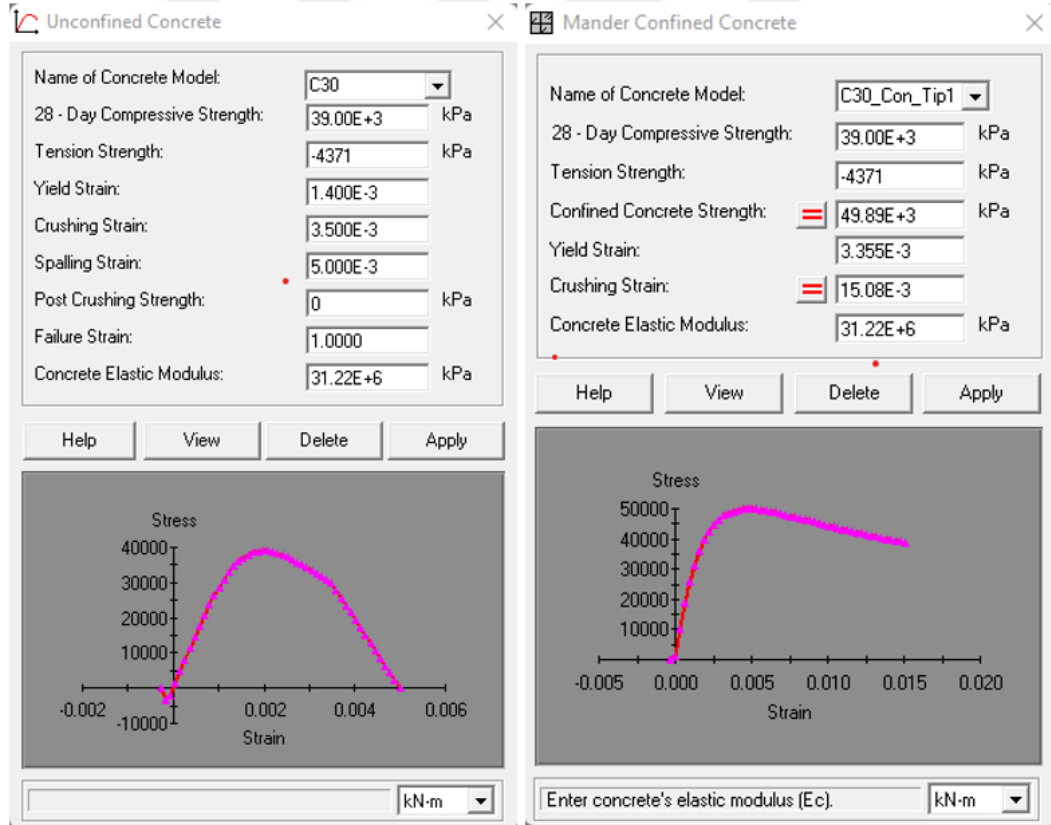
4.7.2.1 Kiriş elemanlara ait malzeme modellerinin tanımlanması

Kolon kesitlerinde olduğu gibi kiriş kesitleri için de moment eğrilik ilişkileri tanımlanması gerekmektedir. Örnek bir kiriş kesiti için (Tkenar_Tip1) XTRACT modeli Şekil 4.11’de gösterilmiştir.



Şekil 4.11 : XTRACT Tkenar_Tip1 kiriş enkesiti

Moment eğrilik ilişkilerine esas olacak sargılı ve sargısız beton modelleri yine beklenen dayanımlara göre XTRACT programında tanımlanmıştır (Şekil 4.12).



Şekil 4.12 : Kiriş sargısız ve sargılı beton modelleri (Tkenar_Tip1) XTRACT

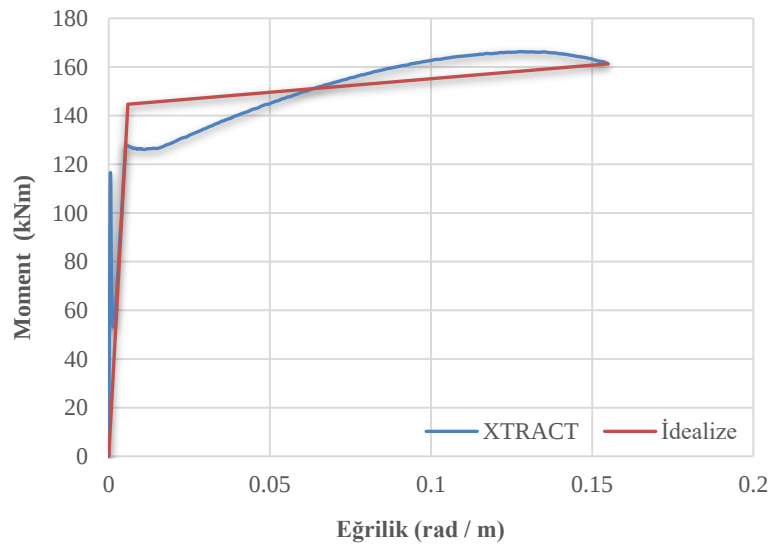
Kolonlar için tanımlı olan donatı çeliği modeli kiriş kesitleri için de tanımlanmıştır (Şekil 4.8).

4.7.2.2 Moment eğrilik ilişkisinin elde edilmesi

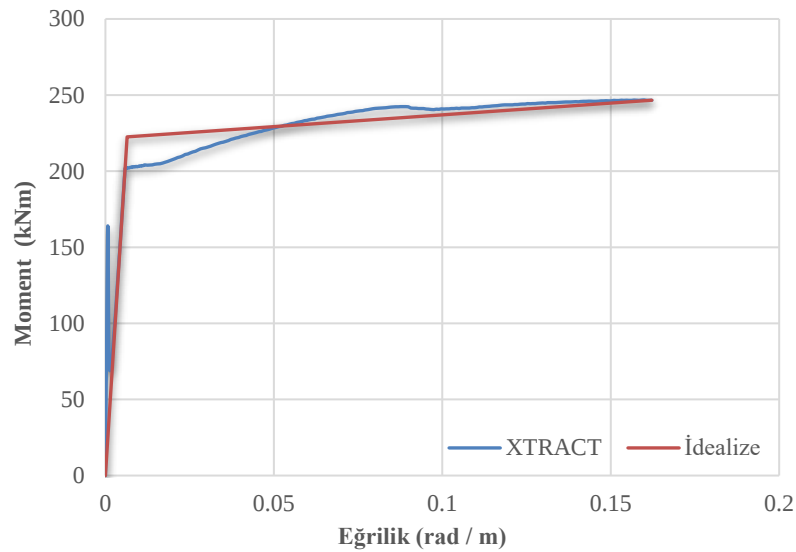
Örnek teşkil etmesi bakımından tez çalışması kapsamında XTRACT programında moment-eğrilik analizi gerçekleştirilen Lkenar_Tip1 kiriş için moment eğrilik sonuçları Çizelge 4.9’ da, pozitif ve negatif momentlere ilişkin moment-eğrilik grafikleri de sırasıyla Şekil 4.14 ve 4.15’ de verilmiştir.

Çizelge 4.9 : Lkenar_Tip1 kiriş için moment-eğrilik değerleri

Moment Yönü	M_y (kNm)	ϕ_y (rad/m)	M_u (kNm)	ϕ_u (rad/m)
Pozitif Moment	144.70	0.005934	161.30	0.1549
Negatif Moment	222.50	0.006424	246.60	0.1622



Şekil 4.13 : Lkenar_Tip1 kiriş pozitif moment-eğrilik ilişkisi



Şekil 4.14 : Lkenar_Tip1 kiriş negatif moment-eğrilik ilişkisi

4.7.2.3 Kiriş kesitleri etkin eğilme rijitlikleri ve sınır plastik dönme değerlerinin tayini

Hesaplarda kolaylık olması bakımından donatı detayları birbirine yakın olan kiriş kesitleri gruplandırılarak XTRACT programına dahil edilmiştir. Bölüm 4.4 ve Bölüm 4.5’de verilen bağıntılar kullanılarak tüm kirişler için plastik dönme sınırları ve etkin eğilme rijitlikleri hesaplanmıştır. Tkenar kiriş kesiti için bu veriler Çizelge 4.10’da listelenmiştir. Diğer kirişlere ait plastik dönme sınırları ve etkin eğilme rijitlikleri ile ilgili tablolar EK C’ de sunulmuştur. Kirişler için etkin eğilme rijitlikleri bulunurken öncelikle her bir kiriş ucu için pozitif ve negatif moment yönleri için hesaplanmış rijitliklerin ortalaması, sonrasında ise kiriş uç kesiti için hesaplanmış değerlerin ortalaması alınmıştır.

Çizelge 4.10 : Tkenar kiriş plastik dönme parametreleri

Tip	Moment	ϕ_v (rad/m)	ϕ_u (rad/m)	M_y (kNm)	M_u (kNm)	L_s (m)	L_p (m)	h (m)	η	d_b (m)	θ_v (rad)	$\theta_p^{(G\ddot{O})}$ (rad)	$\theta_p^{(KH)}$ (rad)	$(EI)_{Etkin}$ (kNm ²)	$(EI)_{Brüt}$ (kNm ²)	$(EI)_E/(EI)_B$
Tk_Tip1	Pozitif Moment	0.0055	0.1504	186.0	228.9	2.8	0.15	0.6	1	0.016	0.03527	0.02132	0.01599	3.15E+04	3.37E+05	0.09338
	Negatif Moment	0.0066	0.1641	284.8	320.8	2.8	0.15	0.6	1	0.016	0.04181	0.02321	0.01740	4.03E+04	3.37E+05	0.11948
Tk_Tip2	Pozitif Moment	0.0055	0.1508	186.9	232.0	2.8	0.15	0.6	1	0.016	0.03542	0.02138	0.01603	3.15E+04	3.37E+05	0.09340
	Negatif Moment	0.0068	0.167	337.9	382.1	2.8	0.15	0.6	1	0.016	0.04278	0.02361	0.01771	4.67E+04	3.37E+05	0.13840
Tk_Tip3	Pozitif Moment	0.0062	0.1569	264.8	274.5	2.8	0.15	0.6	1	0.02	0.04735	0.02408	0.01806	3.98E+04	3.37E+05	0.11815
	Negatif Moment	0.0070	0.1734	432.8	491.2	2.8	0.15	0.6	1	0.02	0.05354	0.02659	0.01995	5.73E+04	3.37E+05	0.16993
Tk_Tip4	Pozitif Moment	0.0062	0.1576	322.9	336.3	2.8	0.15	0.6	1	0.02	0.04727	0.02419	0.01814	4.87E+04	3.37E+05	0.14433
	Negatif Moment	0.0073	0.1765	515.1	585.3	2.8	0.15	0.6	1	0.02	0.05524	0.02706	0.02029	6.60E+04	3.37E+05	0.19577
Tk_Tip5	Pozitif Moment	0.0054	0.1496	140.8	172.4	2.8	0.15	0.6	1	0.014	0.03111	0.02032	0.01524	2.44E+04	3.37E+05	0.07223
	Negatif Moment	0.0064	0.1623	223.0	247.0	2.8	0.15	0.6	1	0.014	0.03677	0.02198	0.01649	3.23E+04	3.37E+05	0.09579
Tk_Tip6	Pozitif Moment	0.0052	0.1486	95.3	114.4	2.8	0.15	0.6	1	0.014	0.03018	0.02019	0.01515	1.70E+04	3.37E+05	0.05052
	Negatif Moment	0.0064	0.1597	141.6	148.9	2.8	0.15	0.6	1	0.014	0.03629	0.02163	0.01622	2.08E+04	3.37E+05	0.06169
Tk_Tip7	Pozitif Moment	0.0054	0.1494	139.8	170.0	2.8	0.15	0.6	1	0.014	0.03093	0.02029	0.01522	2.43E+04	3.37E+05	0.07217
	Negatif Moment	0.0064	0.1606	182.6	197.8	2.8	0.15	0.6	1	0.014	0.03641	0.02175	0.01632	2.67E+04	3.37E+05	0.07925
Tk_Tip8	Pozitif Moment	0.0054	0.1499	141.5	175.0	2.8	0.15	0.6	1	0.014	0.03126	0.02036	0.01527	2.44E+04	3.37E+05	0.07223
	Negatif Moment	0.0066	0.1642	263.9	294.8	2.8	0.15	0.6	1	0.014	0.03737	0.02224	0.01668	3.76E+04	3.37E+05	0.11146

4.8 Perdelerin Doğrusal Olmayan Davranışının Tanımlanması

Söz konusu binada deprem yüklerini önemli oranda karşılayan U şeklinde (P1) ve dikdörtgen şeklinde (P3) perdeleri bulunmaktadır. Bu perdelerin doğrusal olmayan davranışları yayılı plastisite yaklaşımı kullanılarak kesit hücresi şeklinde modellenmiştir. Perdenin gövdesi için Mander sargısız beton modeli, perde başlıklarında Mander sargılı beton modeli ve donatı çeliği için ise parabolik pekleşen çelik modeli tanımlanmıştır. Kolon ve kirişte kullanılan malzeme dayanımlarına benzer şekilde beklenen dayanımlar ile çalışılmıştır. ETABS programının kabuk elemanlara katmanlar tanımlama özelliği sayesinde perde başlık ve gövde kısımları için ayrı ayrı özellikler atanabilmektedir. Başlık ve gövde bölgelerinin tanımlanması ile ilgili veriler Şekil 4.16 ve 4.17’de gösterilmiştir.

Layer Name	Distance	Thickness	Modeling Type	Number Integration Points	Material	Material Angle	Material Behavior	Material S11	Material S22	Material S12
ConcM	0	300	Membrane	1	C30/37	0	Directional	Linear	Nonlinear	Linear
Pos3Bar2M	93	0.6	Membrane	1	B420C	90	Directional	Nonlinear	Inactive	Linear
Neg3Bar2M	-93	0.6	Membrane	1	B420C	90	Directional	Nonlinear	Inactive	Linear
ConcP	0	189	Plate	2	C30/37	0	Directional	Linear	Linear	Linear

Calculated Layer Information
Number of Layers: 4
Total Section Thickness: 300 mm
Sum of Layer Overlaps: 191.4 mm
Sum of Gaps Between Layer: 0 mm

Cross Section

Order Layers
Order Ascending by Distance
Order Descending by Distance

Quick Start
Parametric Quick Start...

Şekil 4.15 : Perde gövde bölgesinin tanımlanması

Layer Name	Distance	Thickness	Modeling Type	Number Integration Points	Material	Material Angle	Material Behavior	Material S11	Material S22	Material S12
ConcM	0	300	Membrane	1	C30_Con	0	Directional	Linear	Nonlinear	Linear
Pos3Bar2M	90	2.1	Membrane	1	B420C	90	Directional	Nonlinear	Inactive	Linear
Neg3Bar2M	-90	2.1	Membrane	1	B420C	90	Directional	Nonlinear	Inactive	Linear
ConcP	0	189	Plate	2	C30_Con	0	Directional	Linear	Linear	Linear

Calculated Layer Information
Number of Layers: 4
Total Section Thickness: 300 mm
Sum of Layer Overlaps: 197.3 mm
Sum of Gaps Between Layer: 0 mm

Cross Section

Order Layers
Order Ascending by Distance
Order Descending by Distance

Quick Start
Parametric Quick Start...

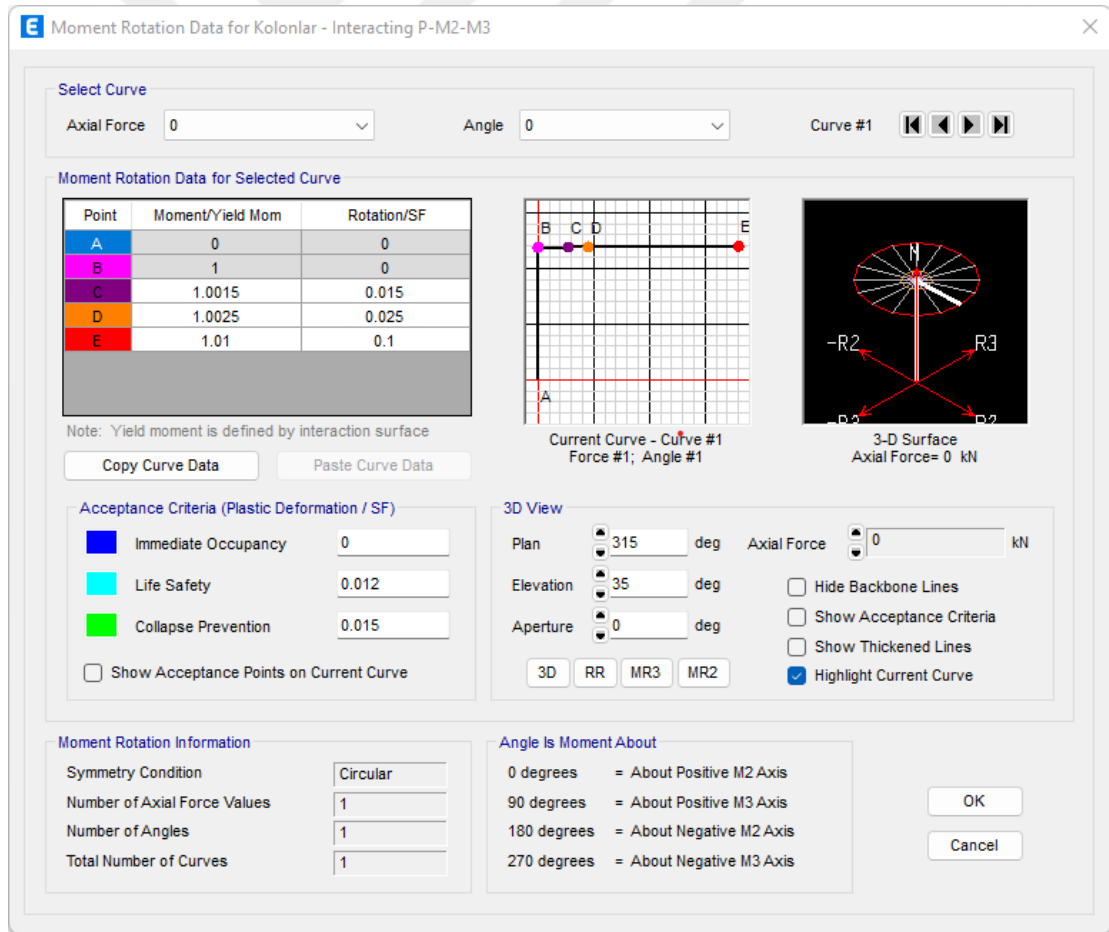
Şekil 4.16 : Perde başlık bölgesinin tanımlanması

4.9 Taşıyıcı Sistem Elemanları için Plastik Mafsal Tanımlamaları

XTRACT programından elde edilen moment-eğrilik değerlerinden yararlanılarak ETABS programında plastik mafsal tanımlamaları yapılmıştır.

4.9.1 Kolon kesitleri için plastik mafsal tanımlaması

Kolonlar için iki eksenli eğilme ve normal kuvvet etkileşimini dikkate alan PMM mafsalı tanımlanmıştır. ETABS programındaki mafsal tanımında, kolonlar için gruplandırılmış eksenel yük düzeylerine göre XTRACT programında üretilen moment-eğrilik ilişkilerinden elde edilen ve TBDY-2018’de belirtilen plastik dönme hasar sınırları tanımlanmıştır. Donatısı, kesit özellikleri ve doğrusal olmayan malzeme modelleri tanımlanmış olan kolon kesitleri için normal kuvvet eğilme momenti etkileşimi ACI-318’e [34] göre otomatik olarak program tarafından yapılmaktadır (Şekil 4.18).



Şekil 4.17 : Örnek bir kolon için plastik mafsal tanımlaması

4.9.2 Kiriş kesitleri için plastik mafsalları tanımlama

Her bir kiriş tipi için, kiriş uçlarına tanımlanacak olan plastik mafsallar XTRACT programıyla oluşturulan moment-eğrilik ilişkilerinden yararlanılarak hazırlanmıştır. Akma ve güç tükenmesi durumlarını içerecek şekilde iki doğrulu olarak idealleştirilmiş hale getirilen moment eğrilik ilişkilerinden yararlanarak kirişler için M3 mafsalları tanımlanmış ve TBDY-2018’de SH, KH ve GÖ performans sınırları programa girilmiştir. Örnek bir kiriş kesiti için ETABS programında plastik mafsalları özelliklerinin tanımlanması Şekil 4.19’ de gösterilmiştir.

Point	Moment/SF	Rotation/SF
E-	-0.2	-0.06
D-	-0.2	-0.034808
C-	-1.126404	-0.023205
B-	-1	0
A	0	0
B	1	0
C	1.230645	0.02132
D	0.2	0.03198
E	0.2	0.06

Scaling for Moment and Rotation

	Positive	Negative
Use Yield Moment	186	284.8
Use Yield Rotation	1	1

Acceptance Criteria (Plastic Rotation/SF)

	Positive	Negative
Immediate Occupancy	0	0
Life Safety	0.01599	-0.017404
Collapse Prevention	0.02132	-0.023205

Şekil 4.18 : Tkenar_Tip1 kesiti için plastik mafsalları tanımlama

4.9.3 Perdeler için yayılı plastisite davranışının tanımlama

Perdeler yayılı plastik davranış gösteren elemanlardır. Bu kapsamda, ETABS programında perdeler doğrusal olmayan malzeme özelliklerinin tanımlanabildiği kesit hücresi modeli tanımlanmıştır. Perde başlık bölgelerinin sargılı beton davranışı sergilediği perde gövdelerinin ise sargısız beton davranışı sergilediği dikkate alınmıştır. Gerçek davranışa yakın olabilmek adına kesit yeterli sayıda kesit hücresine ayrılmalıdır.

4.10 Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz

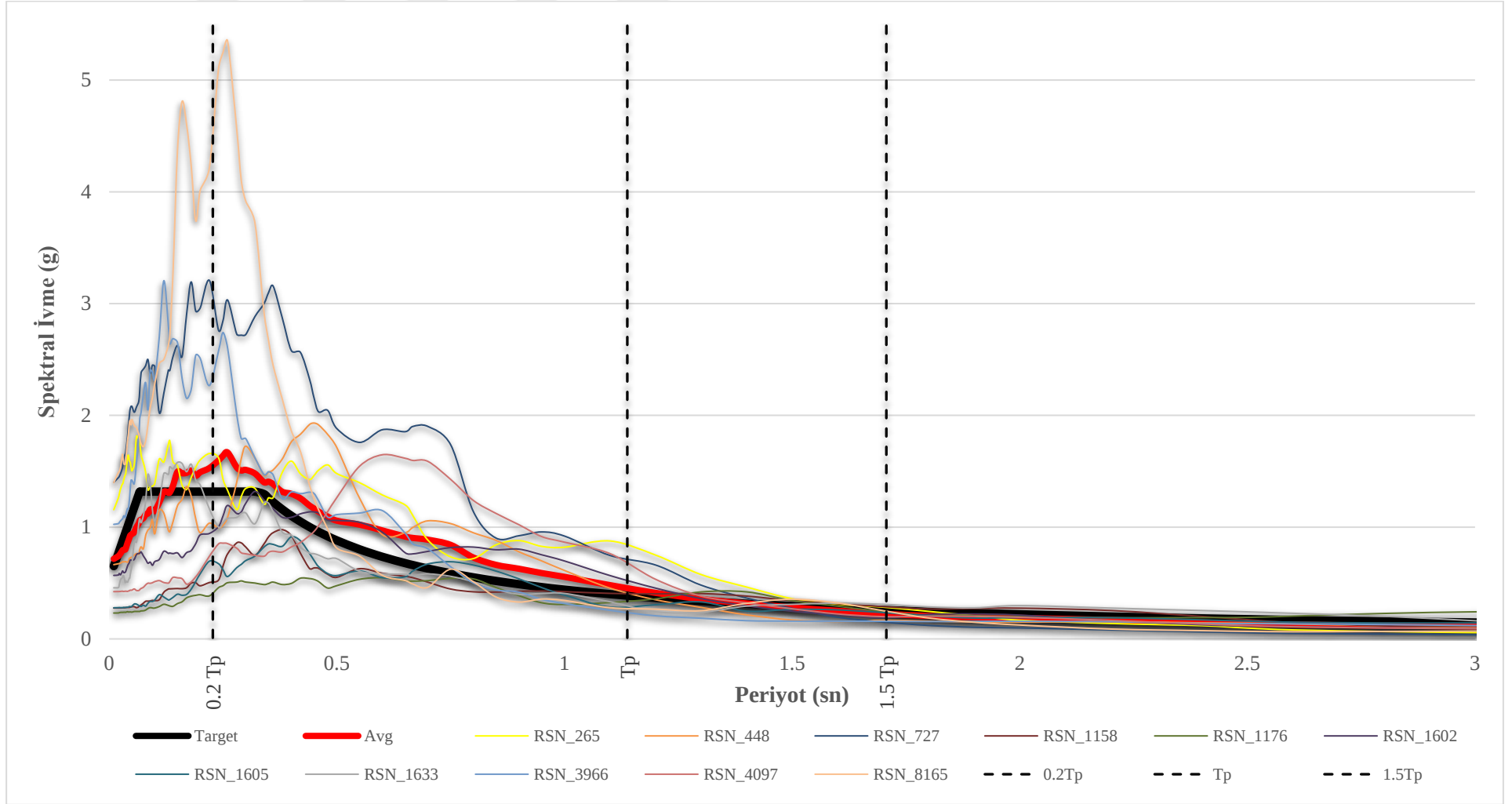
Doğrusal olmayan bu hesap yöntemi taşıyıcı sistemin deprem etkisi altında hareket denklemlerinin adım adım çözümü esasına dayanmaktadır. Dikkate alınan deprem yer hareketi altında sistemde meydana gelecek şekildeğıştirmeler, iç kuvvetler ve yerdeğıştirmeler gibi büyüklükler zamana bağlı olarak hesap edilir. Kapsamlı bir analiz yöntemi olmasına karşın deprem yer hareketlerinde bulunan olası belirsizlikler nedeniyle farklı deprem kayıtları için birbirinden çok farklı sonuçlar ortaya çıkarabilmektedir. Bu nedenle bu yöntem kullanılırken çok sayıda kayıttan yararlanılır ve deprem isteminin belirlenmesinde ortalama değerlerden yararlanılır.

4.10.1 Deprem kayıtlarının seçimi ve ölçeklendirilmesi

TBDY-2018' e göre Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz yöntemi kullanılarak yapılan hesaplamalarda en az 11 deprem yer hareketi takımı tanımlanmalıdır. İvme kayıtları X ve Y doğrultularında birbirine dik olacak şekilde her iki yönde aynı anda etki ettirilmelidir. Daha sonra eksenler 90° döndürülerek yükleme yeniden yapılmalıdır.

Tez çalışması kapsamında deprem verilerinin seçilmesi için Pacific Earthquake Engineering Research Center (PEER) veritabanı kullanılmıştır. 11 deprem ivme kaydı takımının seçilmesi esnasında; tasarıma esas deprem yer hareketi düzeyi ile uyumlu deprem büyüklükleri, yapı konumunun faya olan uzaklığı, depremin kaynak mekanizması ve yerel zemin koşulları gibi parametreler dikkate alınmıştır. Aynı depremden seçilecek kayıt sayısı 3' ü geçmeyecek şekilde binanın bulunduğu bölgede tasarıma esas deprem düzeyi ile uyumlu geçmiş deprem kayıtlarına öncelik verilmiştir.

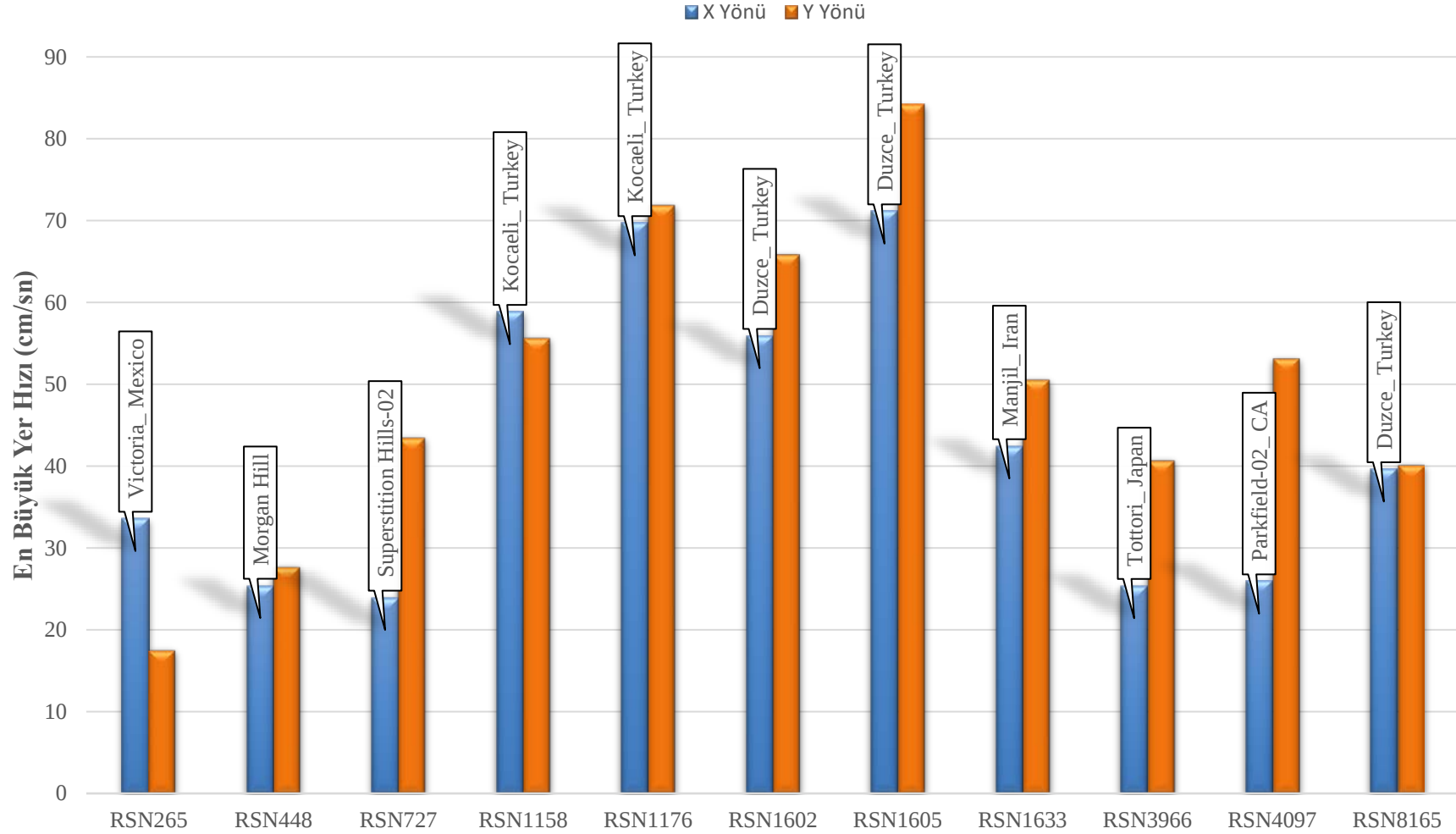
Seçilen her bir deprem takımı bileşenlerinden elde edilen ivme spektrumlarının karelerinin toplamının karekökü alındıktan sonra 11 deprem takımından elde edilen ortalama spektrumun $0.2T_p$ ve $1.5T_p$ periyotları arasındaki genlikleri, yapıya ait yatay elastik tasarım spektrumuna ait aynı periyot aralığındaki genliklerin 1.3 katından büyük olması koşuluna göre PEER veritabanı tarafından deprem seçimi yapılmıştır. Ölçeklendirme yapılırken depremin her iki yatay bileşeninde de aynı katsayı kullanılmıştır. Seçilen depremlere ait spektrumlar ve hedef spektrum Şekil 4.20' de, seçilen deprem kayıtlarına ait parametreler ise Çizelge 4.11' de verilmiştir. Ayrıca depremlere ilişkin PGA ve PGV değerleri de Şekil 4.21 ve 4.22' de gösterilmiştir.



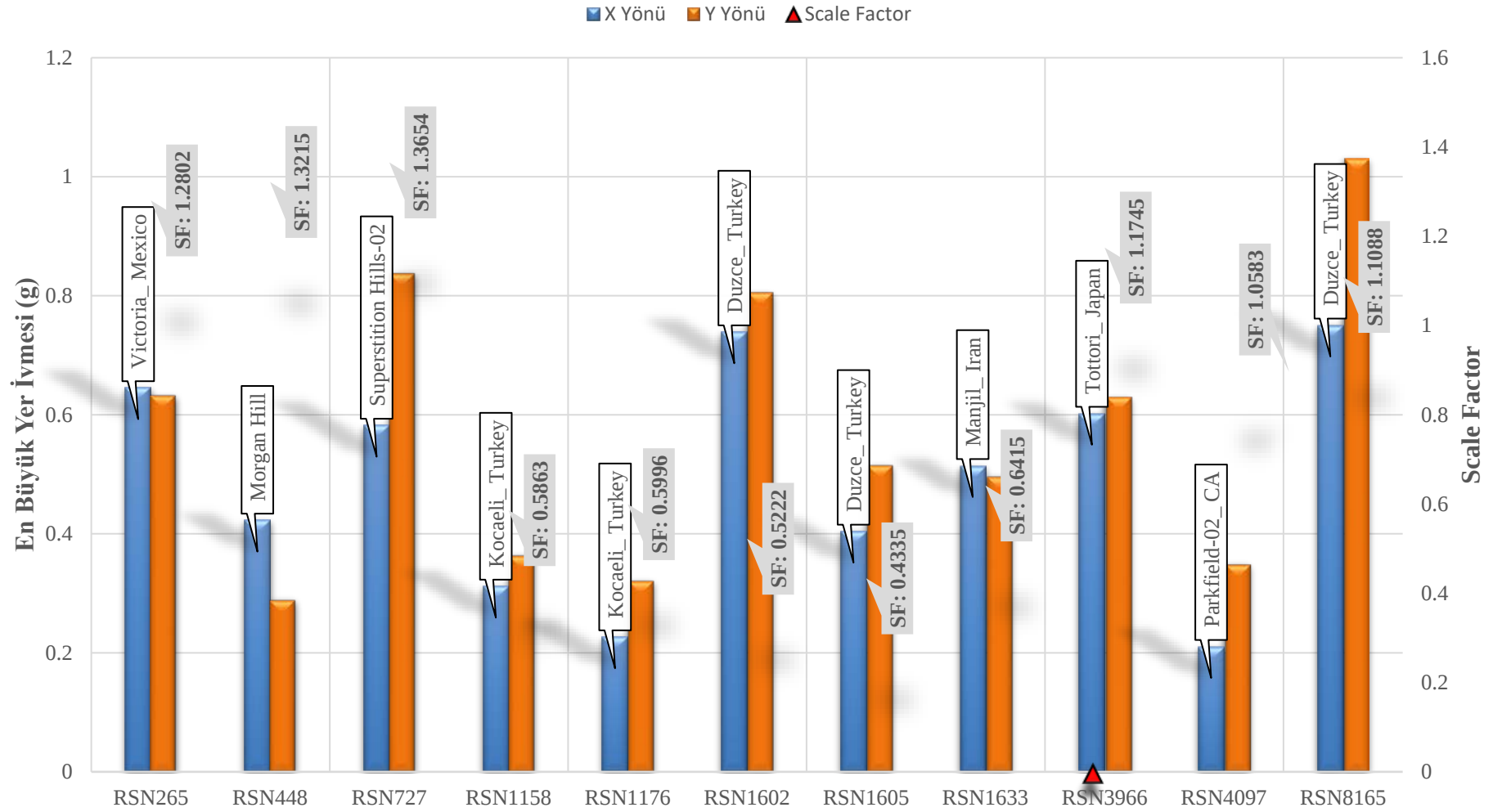
Şekil 4.19 : Deprem kayıtları spektrumları ve hedef spektrum

Çizelge 4.11 : Deprem kayıtları parametreleri

No	Deprem İsmi	İstasyon Adı	Tarih	Kayıt Sıra Numarası	Ölçek Faktörü	Magnitude (M _s)	Kaynak	R _{rup} (km)	(V _s) ₃₀ (m/sn)	PGA (cm/sn ²)	PGV (cm/sn)
1	Victoria_ Mexico	Cerro Prieto	9.06.1980	RSN265_VICT_CPE045.AT2	1.2802	6.33	Strike Slip	14.37	471.53	632.90	33.59
2				RSN265_VICT_CPE315.AT2						620.28	17.60
3	Morgan Hill	Anderson Dam	24.04.1984	RSN448_MORGAN_AND250.AT2	1.3215	6.19	Strike Slip	3.26	488.77	414.63	25.41
4				RSN448_MORGAN_AND340.AT2						283.81	27.80
5	Superstition Hills-02	Superstition Mtn	24.11.1987	RSN727_SUPER.B_B-SUP045.AT2	1.3654	6.54	Strike Slip	5.61	362.38	571.03	23.95
6				RSN727_SUPER.B_B-SUP135.AT2						821.24	43.50
7	Kocaeli_ Turkey	Duzce	17.08.1999	RSN1158_KOCAELI_DZC180.AT2	0.5863	7.51	Strike Slip	15.37	281.86	305.88	58.87
8				RSN1158_KOCAELI_DZC270.AT2						357.14	55.66
9	Kocaeli_ Turkey	Yarimca	17.08.1999	RSN1176_KOCAELI_YPT060.AT2	0.5996	7.51	Strike Slip	4.83	297	222.37	69.72
10				RSN1176_KOCAELI_YPT150.AT2						315.58	71.89
11	Duzce_ Turkey	Bolu	12.11.1999	RSN1602_DUZCE_BOL000.AT2	0.5222	7.14	Strike Slip	12.04	293.57	724.95	55.93
12				RSN1602_DUZCE_BOL090.AT2						790.10	65.88
13	Duzce_ Turkey	Duzce	12.11.1999	RSN1605_DUZCE_DZC180.AT2	0.4335	7.14	Strike Slip	6.58	281.86	396.48	71.15
14				RSN1605_DUZCE_DZC270.AT2						505.01	84.23
15	Manjil_ Iran	Abbar	20.06.1990	RSN1633_MANJIL_ABBAR--L.AT2	0.6415	7.37	Strike Slip	12.55	723.95	504.62	42.46
16				RSN1633_MANJIL_ABBAR--T.AT2						487.26	50.59
17	Tottori_ Japan	TTR009	6.10.2000	RSN3966_TOTTORI_TTR009NS.AT2	1.1745	6.61	Strike Slip	8.83	420.2	590.73	25.38
18				RSN3966_TOTTORI_TTR009EW.AT2						617.84	40.81
19	Parkfield-02_ CA	Slack Canyon	28.09.2004	RSN4097_PARK2004_SCN090.AT2	1.0583	6	Strike Slip	2.99	648.09	206.49	25.94
20				RSN4097_PARK2004_SCN360.AT2						342.42	53.18
21	Duzce_ Turkey	IRIGM 496	12.11.1999	RSN8165_DUZCE_496-NS.AT2	1.1088	7.14	Strike Slip	4.21	760	736.12	39.64
22				RSN8165_DUZCE_496-EW.AT2						1010.65	40.23



Şekil 4.20 : Deprem ivme kayıtları için en büyük yer hızı değerleri



Şekil 4.21 : Deprem ivme kayıtları için en büyük yer ivmesi değerleri

5. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRMELER

Tez çalışması kapsamında, dayanıma göre tasarımı gerçekleştirilmiş olan taşıyıcı sistemi boşluksuz perdeler ve çerçevelerden oluşan 10 katlı betonarme bir binanın şekil değiştirmeye göre tasarım kapsamında performans analizi gerçekleştirilmiştir. Burada bazı önemli istem büyüklüklerinin farklı tasarım yöntemlerine göre irdelenmesinin yanı sıra yeni bir betonarme binanın performans düzeyinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Şekildeğiştirmeye göre tasarım kapsamında yapılan performans değerlendirilmesinde sünek davranış sergileyen elemanlarda şekildeğiştirme talepleri, sünek olmayan elemanlarda ise iç kuvvet talepleri sınır değerler ile karşılaştırılmaktadır. Bu tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen 22 adet zaman tanım alanında analizin her birinden elde edilen mutlak değerce en büyük deprem istemi büyüklükleri hesaplanmış olup bu sonuçların ortalamaları alınmıştır. Burada ilk etapta kolon, kiriş ve perde elemanların performansları değerlendirilmiştir. Sonrasında ise tepe yerdeğiştirmesi, görelî kat ötelemesi, taban kesme kuvveti gibi önemli istem büyüklüklerinin DGT' da esas alınan mod birleştirme yöntemi sonuçları ile kıyaslanmıştır. Bu kıyaslamalar Denklem 5.1' de verilen bir fark oranı tanımı ile birlikte yapılmıştır.

$$\%Fark = \left| \frac{R_{ZTA} - R_{MB}}{R_{ZTA}} \right| \times 100 \quad (5.1)$$

Burada; R seçilen herhangi bir istem büyüklüğünü tariflemektedir. Dolayısıyla, R_{ZTA} ve R_{MB} sırasıyla zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz ve mod birleştirme yöntemi ile elde edilen R değerini temsil etmektedir.

5.1 Kolonların Performans Düzeyleri

Kolonların performansı 22 adet zaman tanım alanında analiz sonuçlarının ortalaması alınarak değerlendirilmiştir. Kolonların alt ve üst kesitlerinde oluşan ve her iki eğilme eksenî etrafında hesaplanan plastik deformasyonlardan mutlak değerce en büyük olanı

değeri veren durum gözönüne alınarak performans değerlendirilmesi yapılmıştır. Çizelge 5.1 ve Çizelge 5.2’de sırasıyla X ve Y yönü için performans sonuçları katlar bazında listelenmiştir. Tablolarda verilen SH, BH, İH ve GB sırasıyla Sınırlı Hasar, Belirgin Hasar, İleri Hasar ve Göçme Bölgelerini ifade etmektedir. Çizelgede bu bölgelerde yer alan kolon sayılarıyla birlikte kat bazında her bir bölgede yer alan kolon sayısının oranı da verilmiştir. Her iki tablo beraber değerlendirildiğinde son 4 kat ve zemin katta SH limitinin aşıldığı anlaşılmaktadır. Son dört katta BH bölgesine geçen kolonların oranı %10’ un altında kalmıştır. Zemin katta ise en büyük hasar gözlenmiş olup BH bölgesindeki kolon oranı %14.29’dur.

Çizelge 5.1 : X Yönü kolon performansının değerlendirilmesi

Kat No	SH Bölgesindeki Kolon Sayısı	BH Bölgesindeki Kolon Sayısı	SH	BH	İH	GB
8	19	2	90.48%	9.52%	-	-
7	21	-	100.00%	-	-	-
6	21	-	100.00%	-	-	-
5	21	-	100.00%	-	-	-
4	21	-	100.00%	-	-	-
3	21	-	100.00%	-	-	-
2	21	-	100.00%	-	-	-
1	21	-	100.00%	-	-	-
Zemin	20	1	95.24%	4.76%	-	-
Toplam	186	3	98.00%	2.00%	0	0

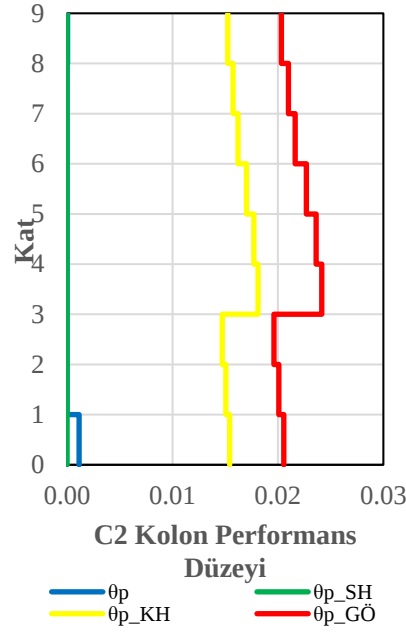
Çizelge 5.2 : Y Yönü kolon performansının değerlendirilmesi

Kat No	SH Bölgesindeki Kolon Sayısı	BH Bölgesindeki Kolon Sayısı	SH	BH	İH	GB
8	21	-	100.00%	-	-	-
7	20	1	95.24%	4.76%	-	-
6	20	1	95.24%	4.76%	-	-
5	20	1	95.24%	4.76%	-	-
4	21	-	100.00%	-	-	-
3	21	-	100.00%	-	-	-
2	21	-	100.00%	-	-	-
1	21	-	100.00%	-	-	-
Zemin	18	3	85.71%	14.29%	-	-
Toplam	183	6	97.00%	3.00%	0	0

Tüm analizlerden elde edilen plastik deformasyonlar değerlendirildiğinde, en olumsuz durumun C2 kolonunun alt ucunda olduğu anlaşılmıştır. Her iki eksen etrafında plastik dönmeler (θ_2 , θ_3) gözönüne alınarak yapılan hesaplamalar sonucu en olumsuz değeri veren durum esas alınmıştır. Çizelge 5.3’de katlar bazında C2 kolonunun alt kesitinde oluşan plastik dönmeler ile KH ve GÖ plastik dönme sınırları birlikte verilmiştir. Ayrıca çizelgedeki verileri içeren görsel grafik de Şekil 5.1’ de verilmiştir. Zemin kat için 22 analizin ortalaması alındığında hesaplanan plastik dönme değerinin 0.00113977 rad olduğu ve bu değer kontrolü hasar plastik dönme sınır değerinin %7.39’ u mertebesinde olduğu gözlemlenmiştir. Yine zemin kat için 22 deprem analizi içerisinde en olumsuz plastik dönmeyi veren RSN8165_Duzce_496-NS-AT2 isimli deprem ivme kaydı olup C2 kolonunda elde edilen en büyük plastik dönmenin 0.005285 rad olduğu ve bu değer de kontrolü hasar plastik dönme sınır değerinin %34.27’ si mertebesinde olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 5.3 : C2 Kolonu plastik dönme değerleri

Kat	C2 Kolonu Plastik Dönme Değerleri			
	θ_p	$\theta_p^{(SH)}$	$\theta_p^{(KH)}$	$\theta_p^{(GÖ)}$
8	5.0E-05	0	0.01525	0.0203292
7	0	0	0.01574	0.0209925
6	0	0	0.01622	0.0216281
5	0	0	0.01702	0.0226931
4	0	0	0.01772	0.023627
3	0	0	0.01812	0.0241559
2	0	0	0.01472	0.0196219
1	0	0	0.01507	0.0200874
Zemin	0.00114	0	0.01542	0.0205598



Şekil 5.1 : C2 Kolonu plastik dönme değerleri

Kolon performans düzeyleri değerlendirilirse, Dayanıma Göre Tasarım esaslarına göre her ne kadar belirli oranda hasar oluşmasına izin verilmiş olsa da, binada A1 ve A3 düzensizliklerinin bulunmasına rağmen en olumsuz plastik dönme değerlerinin mevcut olduğu zemin katta dahi kolonların ortalama %85' inin Sınırlı Hasar Bölgesi' nde diğer kolonların ise Kontrollü Hasar Bölgesi' nde kaldığı belirlenmiştir.

5.2 Kirişlerin Performans Düzeyleri

Kirişlerde performans değerlendirilmesi yapılırken KH ve GÖ limitleri negatif ve pozitif moment altında oluşturulan moment-eğrilik ilişkileri dikkate alınarak belirlenmiştir. Eleman performansı, kirişlerin her iki ucu için ayrı ayrı olmak üzere her bir uçtaki pozitif ve negatif moment altında oluşan en olumsuz durum gözönüne alınarak yapılmıştır. Çizelge 5.4 ve Çizelge 5.5'de sırasıyla X ve Y yönündeki kirişlerin kat bazında performans değerlendirilmesi yapılmıştır. Kirişler için doğrusal olmayan analiz sonuç ortalamaları değerlendirildiğinde, bina yüksekliği boyunca hasar düzeylerinin benzer olduğu söylenebilir. Elemanlarda oluşan plastik dönme değerleri kontrollü hasar plastik dönme sınır değerleri ile kıyaslanmış; belirgin hasar bölgesine geçen kirişlerin oranlarının %5 ile %33 arasında değiştiği gözlenmiştir.

Çizelge 5.4 : X Yönündeki kiriş performansının değerlendirilmesi

Kat No	SH Bölgesindeki Kiriş Sayısı	BH Bölgesindeki Kiriş Sayısı	SH (%)	BH (%)	İH (%)	GB (%)
8	18	2	90	10	-	-
7	17	3	85	15	-	-
6	17	3	85	15	-	-
5	18	2	90	10	-	-
4	18	2	90	10	-	-
3	18	2	90	10	-	-
2	18	2	90	10	-	-
1	19	1	95	5	-	-
Zemin	18	2	90	10	-	-
Toplam	161	19	89	11	0	0

Çizelge 5.5 : Y Yönü kiriş performansının değerlendirilmesi

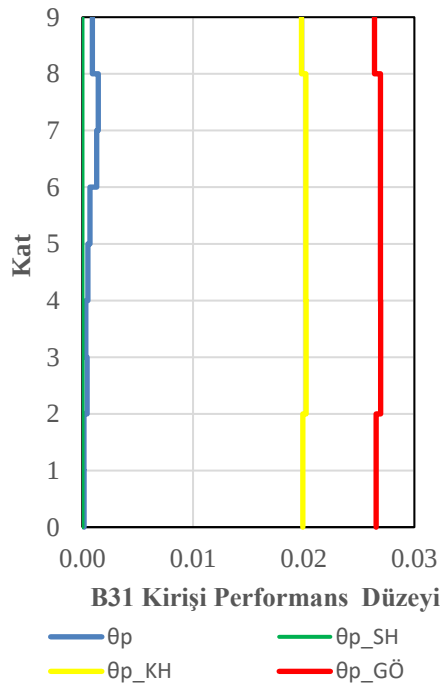
Kat No	SH Bölgesindeki Kiriş Sayısı	BH Bölgesindeki Kiriş Sayısı	SH (%)	BH (%)	İH (%)	GB (%)
8	16	2	88.89	11.11	-	-
7	15	3	83.33	16.67	-	-
6	15	3	83.33	16.67	-	-
5	15	3	83.33	16.67	-	-
4	15	3	83.33	16.67	-	-
3	14	4	77.78	22.22	-	-
2	12	6	66.67	33.33	-	-
1	13	5	72.22	27.78	-	-
Zemin	13	5	72.22	27.78	-	-
Toplam	128	34	79.00	21.00	0	0

Tüm kirişlerde oluşan plastik deformasyonlar değerlendirildiğinde en olumsuz plastik dönme değerlerinin B31 kirişinin sağ ucunda olduğu tespit edilmiştir. Örnek bir kirişin katlar bazında hasar dağılımını göstermek adına B31 kirişinin sağ ucundaki plastik dönme değerleri Çizelge 5.6’ da sunulmuştur. B31 kirişinde 22 adet zaman tanım alanında analiz sonucunun ortalaması alındığında ortaya çıkan en büyük plastik dönme 7. Katta 0.0014278 rad olarak hesaplanmış ve bu değer yönetmelikte verilen kontrollü hasar plastik dönme sınır değerinin %7.77’ si mertebesinde olduğu tespit edilmiştir. Gözönüne alınan deprem yer hareketleri içerisinde aynı katta en büyük plastik dönmeyi RSN8165_Duzce_496-NS-AT2 isimli deprem ivme kaydının etkilendiği analizden elde edildiği görülmüş ve söz konusu kirişte 0.00825 rad’ lık plastik dönmenin olduğu; bu değer de yönetmelik kontrollü hasar plastik dönme

sınır değerinin %41.48' i mertebesinde olduğu belirlenmiştir. Bu kiriş için plastik dönme değerleri ve TBDY-2018 sınır değerler Çizelge 5.6'da listelenmiştir.

Çizelge 5.6 : B31 Kirişi plastik dönme değerleri

B31 Kirişi Sınır Değerler				
Kat	θ_p	$\theta_p^{(SH)}$	$\theta_p^{(KH)}$	$\theta_p^{(GÖ)}$
8	0.0008882	0	0.020	0.0263955
7	0.0014278	0	0.020	0.0269325
6	0.0012803	0	0.020	0.0269325
5	0.0006777	0	0.020	0.0269325
4	0.0004946	0	0.020	0.0269325
3	0.0002947	0	0.020	0.0269516
2	0.000417	0	0.020	0.0269516
1	0.0001328	0	0.020	0.0265493
Zemin	0.0001487	0	0.020	0.0265493



Şekil 5.2 : B31 Kirişi plastik dönme değerleri

5.3 Perdelerin Performans Düzeyleri

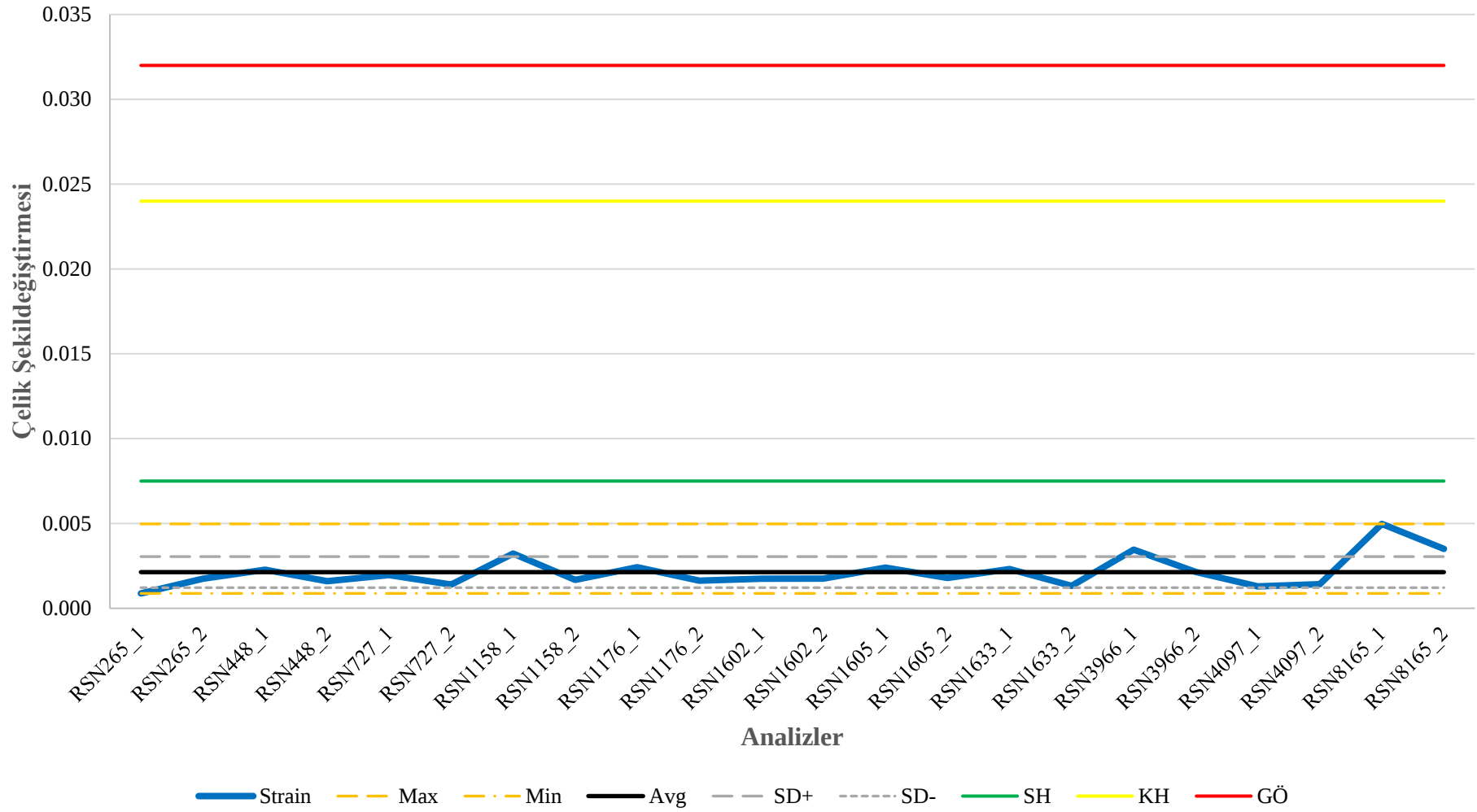
Gerçeğe yakın bir davranış elde etmek amacıyla kesit hücrelerine bölünen perdelerde, beton ve donatı çeliği birim şekildeğiştirmeleri açısından en büyük değerleri veren liflerin zemin kat tabanında perde uç bölgelerinde olduğu ve plastikleşmenin zemin

kat düzeyinde sınırlı kaldığı belirlenmiştir. P1 perdesinde oluşan donatı çeliği şekildeğiştirmeleri her bir deprem yer hareketi için ayrı ayrı hesaplanmış ve Şekil 5.1’de grafik halinde ve Çizelge 5.7’de ise değerler halinde; sargılı beton şekildeğiştirmeleri ise Şekil 5.2’da gösterilmiş ve Çizelge 5.8’de listelenmiştir. Burada, herbir depreme ait şekildeğiştirme değerlerinin yanı sıra, yatay çizgiler halinde analiz sonuçlarından elde edilen ortalama şekildeğiştirme, en büyük ve en küçük şekildeğiştirmeler, ortalama±standart sapma şekildeğiştirme değerleri de gösterilmiştir.

Donatı çeliği birim şekildeğiştirmeleri incelendiğinde, değerlerin 0.000878 ile 0.004974 aralığında değiştiği ve ortalama 0.002132 değerinde olduğu görölmektedir. Çelik şekildeğiştirmelerinin TBDY-2018 sınırlı hasar limit değeri olan 0.008’ in oldukça altında oldukları görölmektedir. Beton birim şekildeğiştirme değerleri ise 0.000924 ile 0.003756 arasındadır. Burada ortalama sargılı beton şekildeğiştirmesi 0.001782 olmakta ve TBDY-2018’de verilen sınırlı hasar limiti olan 0.0025 değerinden küçük olduğu görölmektedir.

Beton ve donatı çeliği birim şekildeğiştirme değerlerinden de göröldüğü üzere perde elemanların doğrusal davranışa çok yakın çalıştıkları ve sınırlı hasar performans seviyesinde oldukları anlaşılmaktadır.

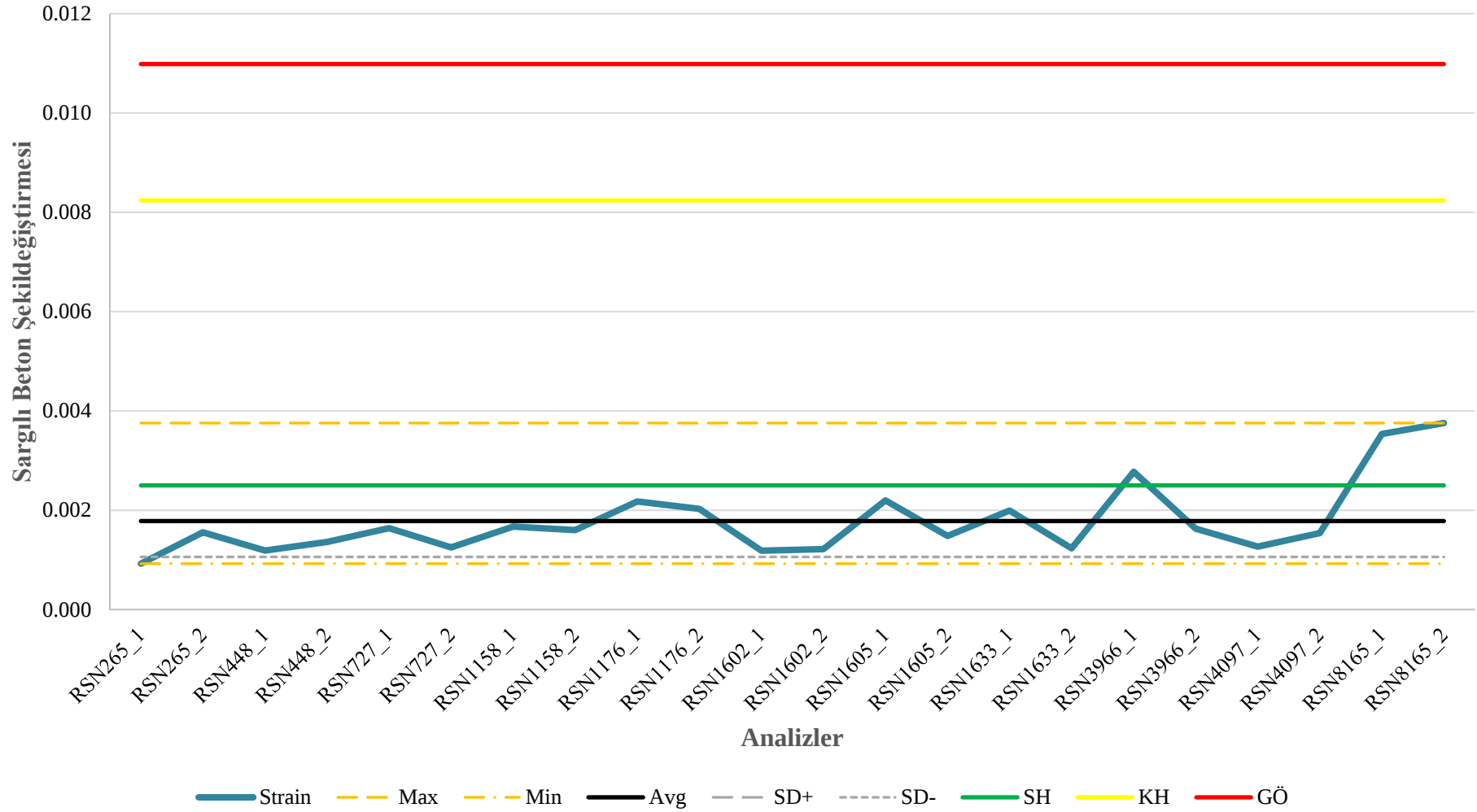
P3 perdesi için performans değerlendirilmesi ile ilgili şekildeğiştirme değerleri Ekler bölümünde Çizelge D.1 ve Çizelge D.2’de listelenmiş ve Şekil D.1 ve D.2’de ise grafik olarak sunulmuştur. P3 perdesi için P1 perdesiyle benzer sonuçlar elde edilmiştir.



Şekil 5.3 : P1 Perdesi donatı çeliği birim şekildeğiştirmeleri

Çizelge 5.7 : P1 Perdesi donatı çeliği birim şekildeğişimleri

Deprem	$\epsilon_s^{(KH)}$	$\epsilon_s^{(KH)}_{Mak}$	$\epsilon_s^{(KH)}_{Min}$	$\epsilon_s^{(KH)}_{Ort}$	$\epsilon_s^{(KH)}_{SD+}$	$\epsilon_s^{(KH)}_{SD-}$	$\epsilon_s^{(SH)}$	$\epsilon_s^{(KH)}$	$\epsilon_s^{(GÖ)}$
	mm/mm	mm/mm	mm/mm	mm/mm	mm/mm	mm/mm	mm/mm	mm/mm	mm/mm
RSN265_1	0.000878	0.004974	0.000878	0.002132	0.003047	0.001217	0.0075	0.024000	0.032000
RSN265_2	0.001747	0.004974	0.000878	0.002132	0.003047	0.001217	0.0075	0.024000	0.032000
RSN448_1	0.002277	0.004974	0.000878	0.002132	0.003047	0.001217	0.0075	0.024000	0.032000
RSN448_2	0.001598	0.004974	0.000878	0.002132	0.003047	0.001217	0.0075	0.024000	0.032000
RSN727_1	0.001961	0.004974	0.000878	0.002132	0.003047	0.001217	0.0075	0.024000	0.032000
RSN727_2	0.001396	0.004974	0.000878	0.002132	0.003047	0.001217	0.0075	0.024000	0.032000
RSN1158_1	0.003224	0.004974	0.000878	0.002132	0.003047	0.001217	0.0075	0.024000	0.032000
RSN1158_2	0.001674	0.004974	0.000878	0.002132	0.003047	0.001217	0.0075	0.024000	0.032000
RSN1176_1	0.002419	0.004974	0.000878	0.002132	0.003047	0.001217	0.0075	0.024000	0.032000
RSN1176_2	0.001632	0.004974	0.000878	0.002132	0.003047	0.001217	0.0075	0.024000	0.032000
RSN1602_1	0.001743	0.004974	0.000878	0.002132	0.003047	0.001217	0.0075	0.024000	0.032000
RSN1602_2	0.001753	0.004974	0.000878	0.002132	0.003047	0.001217	0.0075	0.024000	0.032000
RSN1605_1	0.002394	0.004974	0.000878	0.002132	0.003047	0.001217	0.0075	0.024000	0.032000
RSN1605_2	0.001787	0.004974	0.000878	0.002132	0.003047	0.001217	0.0075	0.024000	0.032000
RSN1633_1	0.002313	0.004974	0.000878	0.002132	0.003047	0.001217	0.0075	0.024000	0.032000
RSN1633_2	0.001319	0.004974	0.000878	0.002132	0.003047	0.001217	0.0075	0.024000	0.032000
RSN3966_1	0.003453	0.004974	0.000878	0.002132	0.003047	0.001217	0.0075	0.024000	0.032000
RSN3966_2	0.002141	0.004974	0.000878	0.002132	0.003047	0.001217	0.0075	0.024000	0.032000
RSN4097_1	0.001292	0.004974	0.000878	0.002132	0.003047	0.001217	0.0075	0.024000	0.032000
RSN4097_2	0.001420	0.004974	0.000878	0.002132	0.003047	0.001217	0.0075	0.024000	0.032000
RSN8165_1	0.004974	0.004974	0.000878	0.002132	0.003047	0.001217	0.0075	0.024000	0.032000
RSN8165_2	0.003504	0.004974	0.000878	0.002132	0.003047	0.001217	0.0075	0.024000	0.032000



Şekil 5.4 : P1 Perdesi sargılı beton birim şekildeğiştirmeleri

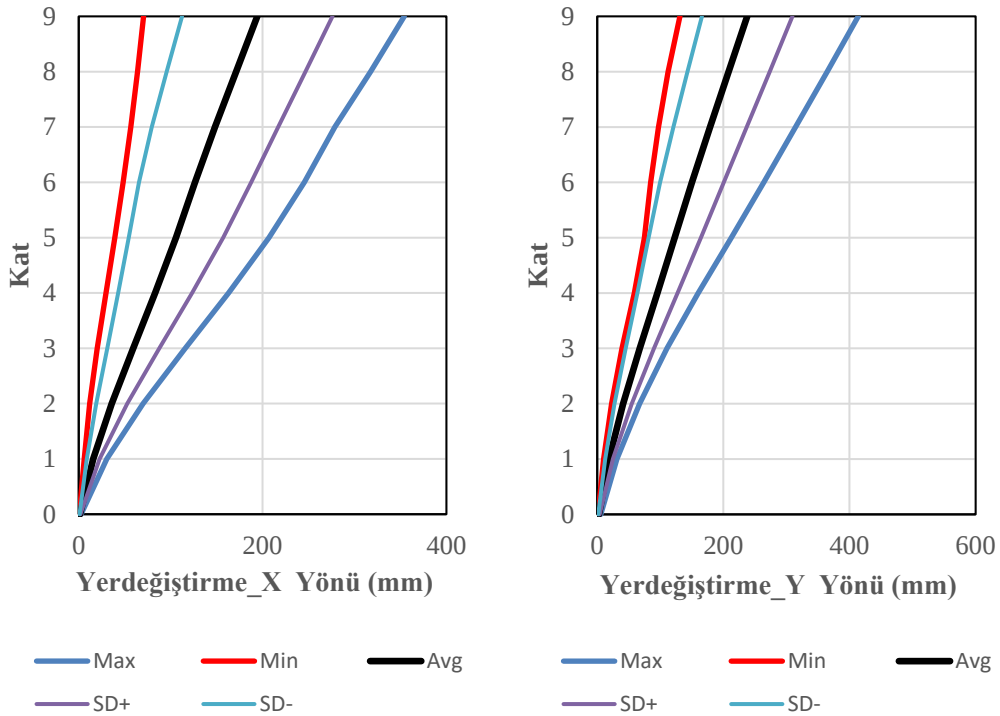
Çizelge 5.8 : P1 Perdesi sargılı beton birim şekildeğiştirmeleri

Deprem	$\epsilon_c^{(KH)}$	$\epsilon_c^{(KH)}_{Mak}$	$\epsilon_c^{(KH)}_{Min}$	$\epsilon_c^{(KH)}_{Ort}$	$\epsilon_c^{(KH)}_{SD+}$	$\epsilon_c^{(KH)}_{SD-}$	$\epsilon_c^{(SH)}$	$\epsilon_c^{(KH)}$	$\epsilon_c^{(GÖ)}$
	mm/mm	mm/mm	mm/mm	mm/mm	mm/mm	mm/mm	mm/mm	mm/mm	mm/mm
RSN265_1	0.000924	0.003756	0.000924	0.001782	0.002504	0.001060	0.0025	0.008239	0.010986
RSN265_2	0.001555	0.003756	0.000924	0.001782	0.002504	0.001060	0.0025	0.008239	0.010986
RSN448_1	0.001188	0.003756	0.000924	0.001782	0.002504	0.001060	0.0025	0.008239	0.010986
RSN448_2	0.001361	0.003756	0.000924	0.001782	0.002504	0.001060	0.0025	0.008239	0.010986
RSN727_1	0.001639	0.003756	0.000924	0.001782	0.002504	0.001060	0.0025	0.008239	0.010986
RSN727_2	0.001252	0.003756	0.000924	0.001782	0.002504	0.001060	0.0025	0.008239	0.010986
RSN1158_1	0.001670	0.003756	0.000924	0.001782	0.002504	0.001060	0.0025	0.008239	0.010986
RSN1158_2	0.001600	0.003756	0.000924	0.001782	0.002504	0.001060	0.0025	0.008239	0.010986
RSN1176_1	0.002178	0.003756	0.000924	0.001782	0.002504	0.001060	0.0025	0.008239	0.010986
RSN1176_2	0.002028	0.003756	0.000924	0.001782	0.002504	0.001060	0.0025	0.008239	0.010986
RSN1602_1	0.001185	0.003756	0.000924	0.001782	0.002504	0.001060	0.0025	0.008239	0.010986
RSN1602_2	0.001216	0.003756	0.000924	0.001782	0.002504	0.001060	0.0025	0.008239	0.010986
RSN1605_1	0.002199	0.003756	0.000924	0.001782	0.002504	0.001060	0.0025	0.008239	0.010986
RSN1605_2	0.001483	0.003756	0.000924	0.001782	0.002504	0.001060	0.0025	0.008239	0.010986
RSN1633_1	0.001994	0.003756	0.000924	0.001782	0.002504	0.001060	0.0025	0.008239	0.010986
RSN1633_2	0.001234	0.003756	0.000924	0.001782	0.002504	0.001060	0.0025	0.008239	0.010986
RSN3966_1	0.002774	0.003756	0.000924	0.001782	0.002504	0.001060	0.0025	0.008239	0.010986
RSN3966_2	0.001628	0.003756	0.000924	0.001782	0.002504	0.001060	0.0025	0.008239	0.010986
RSN4097_1	0.001268	0.003756	0.000924	0.001782	0.002504	0.001060	0.0025	0.008239	0.010986
RSN4097_2	0.001539	0.003756	0.000924	0.001782	0.002504	0.001060	0.0025	0.008239	0.010986
RSN8165_1	0.003536	0.003756	0.000924	0.001782	0.002504	0.001060	0.0025	0.008239	0.010986
RSN8165_2	0.003756	0.003756	0.000924	0.001782	0.002504	0.001060	0.0025	0.008239	0.010986

5.4 Kat Yerdeğiştirme Değerleri

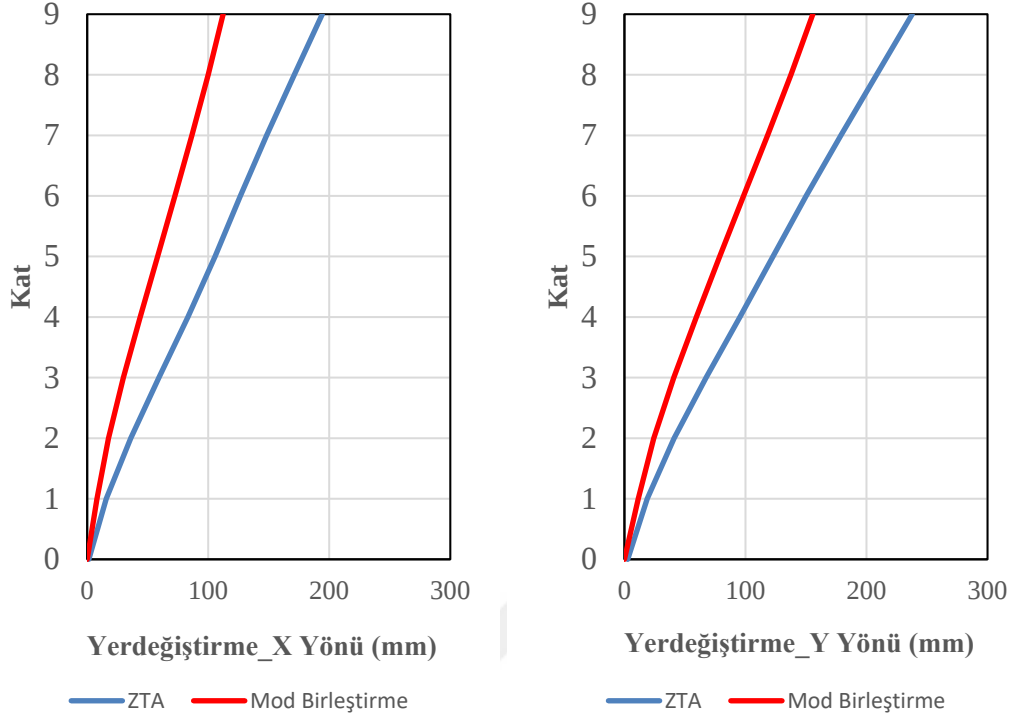
Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz sonuçları katlarda meydana gelen yerdeğiştirme büyüklükleri açısından incelenmiştir. On bir deprem yer ivmesi kayıt takımı ile gerçekleştirilen 22 adet zaman tanım alanında analiz sonucunda elde edilen kat yerdeğiştirmelerinin en büyük, en küçük, ortalama ve ortalama $\pm$ standart sapma değerleri hesaplanmıştır. X ve Y yönleri için kat yüksekliği boyunca yerdeğiştirme değişimleri Şekil 5.3' de verilmiştir.

X yönü tepe yerdeğiştirme değeri en küçük 71 mm, en büyük değeri 355 mm iken ortalama değer ise 195 mm bulunmuştur. Y yönü tepe yerdeğiştirmesi en küçük değeri 132mm, en büyük değeri 414mm ve ortalama değeri 238mm olarak hesap edilmiştir.



Şekil 5.5 : ZTA sonucu elde edilen X ve Y yönü kat yerdeğiştirmeleri

Ayrıca Mod Birleştirme Yöntemi ile analizden elde edilen yerdeğiştirme değerleri ile Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz sonucu elde edilen yerdeğiştirme sonuçları karşılaştırılmış ve Şekil 5.4' te gösterilmiştir. Zaman tanım alanında hesap sonucu elde edilen yerdeğiştirmeler için fark oranı X yönü için %42.2, Y yönü için ise yaklaşık %34.5'tur. Binanın doğrusal olmayan analizde daha fazla yerdeğiştirme yaptığı, bu yöntemin daha olumsuz sonuçlar verdiği söylenebilir.

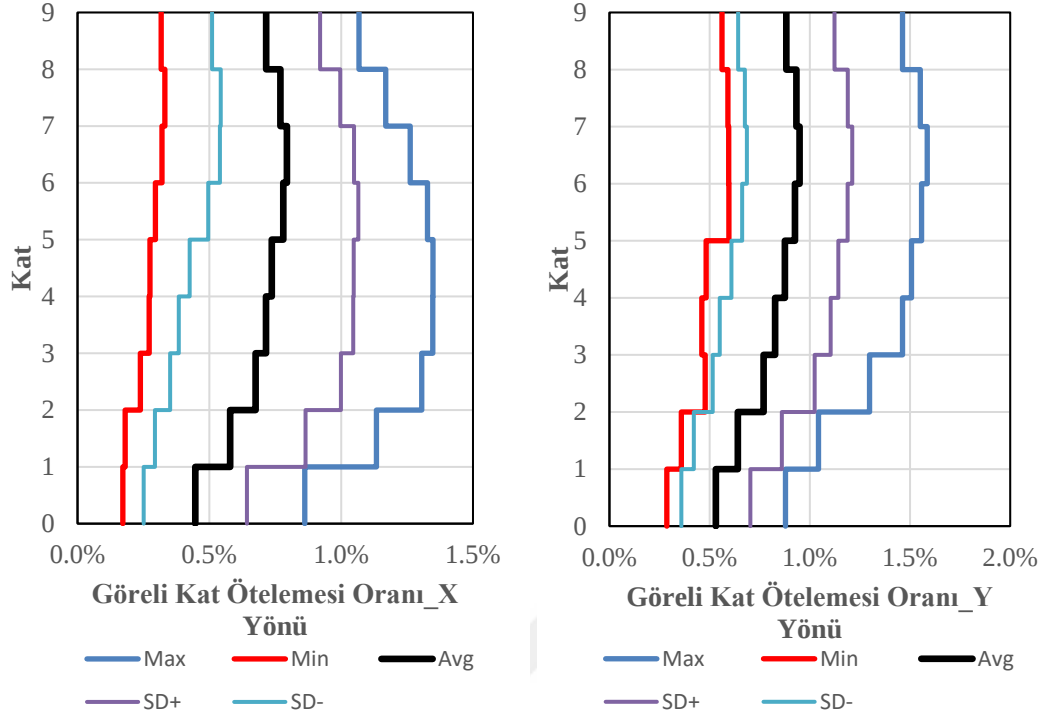


Şekil 5.6 : ZTA ile mod birleştirme yöntemlerinin yerdeğiştirmeler açısından kıyaslanması

5.5 Göreli Kat Ötelemeleri Oranı

Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz sonuçları göreli kat öteleme oranları açısından incelenmiştir. On bir deprem yer ivmesi kayıt takımı ile gerçekleştirilen 22 adet zaman tanım alanında analiz sonucunda elde edilen göreli kat ötelemelerinin en büyük, en küçük, ortalama ve ortalama $\pm$ standart sapma değerleri hesaplanmıştır. X ve Y yönleri için kat yüksekliği boyunca değişen göreli öteleme oranı değerleri Şekil 5.5' te verilmiştir.

X yönü göreli kat öteleme oranının en küçük değeri zemin katta 0.001719, en büyük değeri 4.katta 0.013486 olarak bulunmuş ve Denklem 3.15 ile hesaplanan sınır değer olan 0.01965 değerinden küçük çıkmıştır. Y yönü göreli kat öteleme oranı en küçük değeri ise zemin katta 0.002863, en büyük değeri 7.katta 0.015859 olarak bulunmuş ve bu değer de yönetmelik sınır değeri olan 0.01965 değerinden küçük olduğu görülmüştür.



Şekil 5.7 : ZTA ile elde edilen X ve Y yönü görel kat öteleme oranları

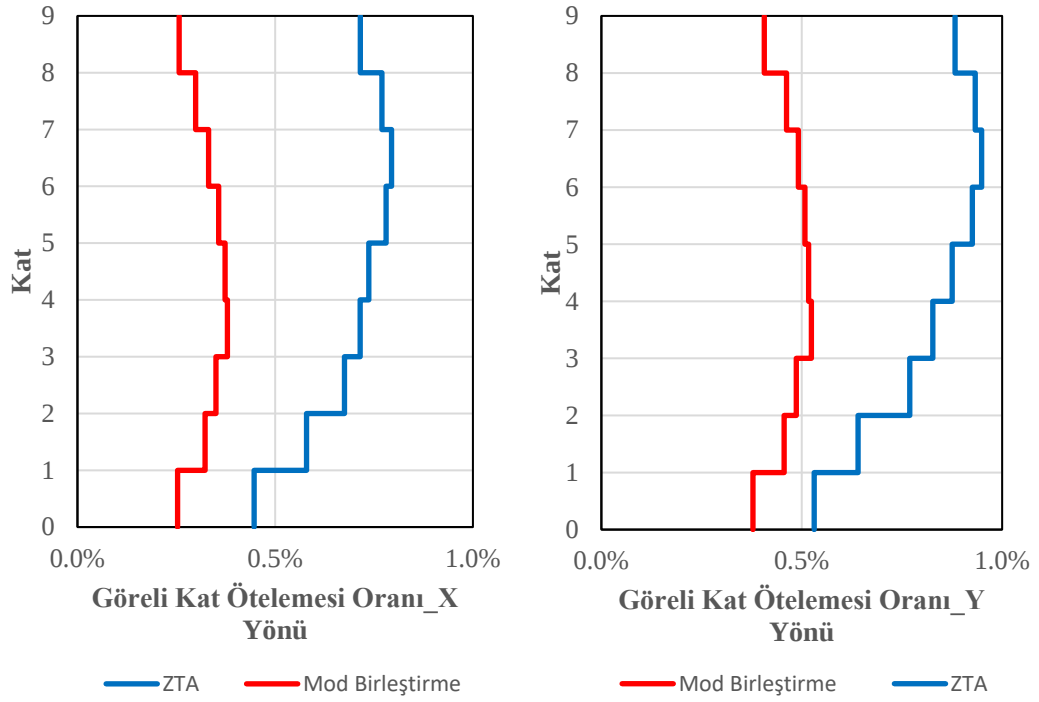
Yukarıda hesaplanan sınır değer, TBDY-2018 Madde 4.9.1.3' te görel kat ötelemeleri sınır değerinin doğrusal olmayan analiz açısından değerlendirmeye esas alınabilmesi bakımından düzenlenmesi ile Denklem 5.1'deki gibi hesaplanmaktadır.

$$\frac{\delta_{i,max}^{(X)}}{h_i} \leq \frac{0.008}{\lambda} \quad (5.1)$$

Burada; $\delta_{i,max}^{(X)}$ i' inci katta dikkate alınan doğrultuda Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan analiz sonucu bulunan görel kat ötelemesini, h kat yüksekliğini, λ λ hesap yönünde DD-3 için bulunan elastik tasarım spektral ivmesinin DD-2 için hesaplanan elastik tasarım spektral ivmesine oranı olarak tanımlanmaktadır.

Şekil 5.6'da Mod Birleştirme Yöntemi ile elde edilen görel kat öteleme oranları ile Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz sonucu elde edilen görel kat ötelemeleri oranlarının karşılaştırılması bulunmaktadır. Kat ötelemelerinde oluşan farklılığın tepe yerdeğiştirmelerine de yansıdığı belirlenmiştir. Doğrusal olmayan analizde X yönü için %64'lere varan, Y yönü değerleri için ise %54'lere varan oranlarda fark oranı oluşmuştur. Binanın doğrusal olmayan analizde daha fazla görel kat ötelemeleri yaptığı, bu yöntemin daha olumsuz sonuçlar verdiği söylenebilir. Mod

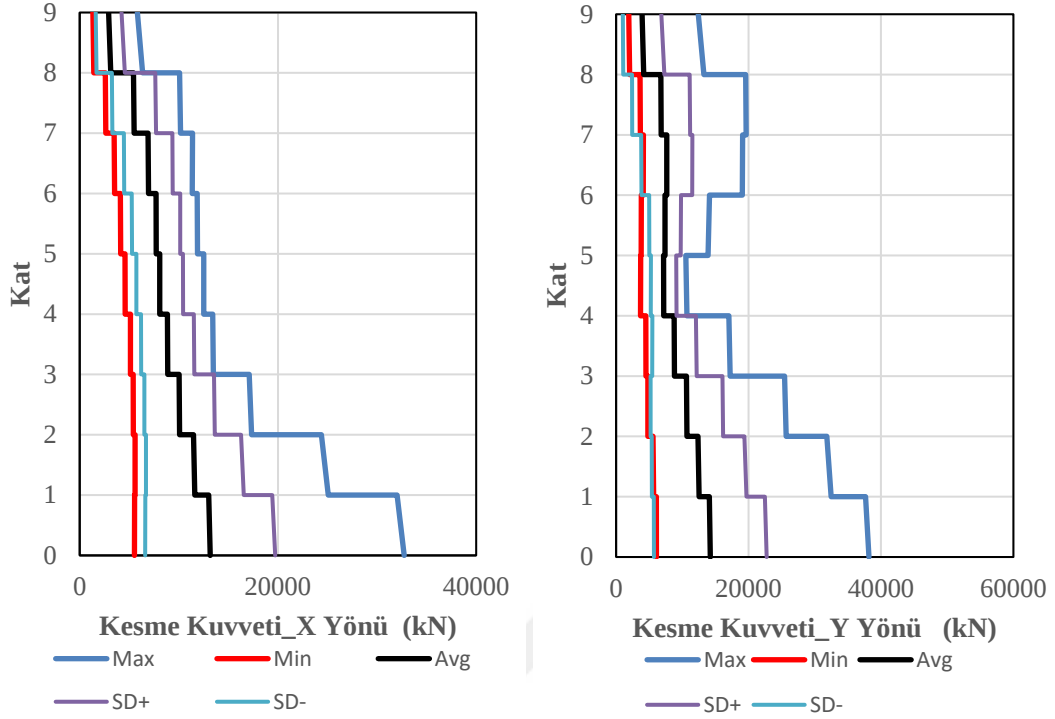
Birleştirme Yöntemi ve Zaman Tanım Alanında Analiz Yöntemi değerleri aynı grafik üzerinde Şekil 5.6’ da verilmiştir



Şekil 5.8 : ZTA ile mod birleştirme yöntemlerinin görel kat ötelemeleri açısından kıyaslanması

5.6 Kat Kesme Kuvvetleri

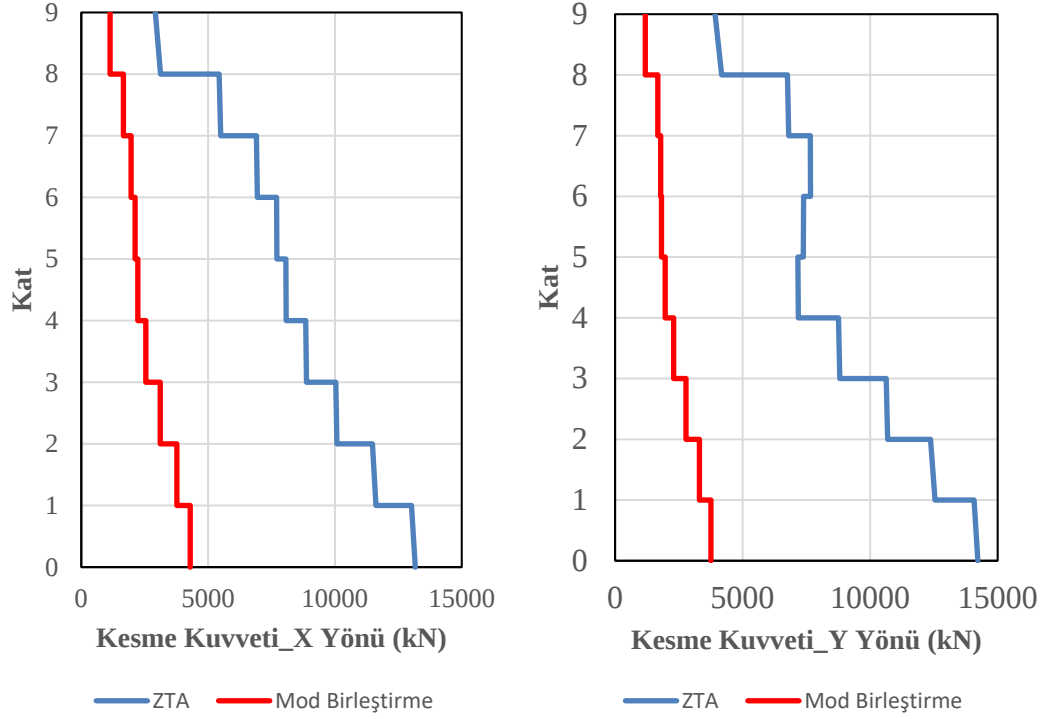
Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz sonucu katlar bazında kesme kuvvetleri incelenmiştir. On bir deprem yer ivmesi kayıt takımı ile gerçekleştirilen 22 adet zaman tanım alanında analiz sonucunda elde edilen kesme kuvvetlerinin en büyük, en küçük, ortalama ve ortalama $\pm$ standart sapma değerleri hesaplanmıştır. X ve Y yönleri için kat yüksekliği boyunca değişen kesme kuvveti dağılımları Şekil 5.7’ de sunulmuştur.



Şekil 5.9 : ZTA sonucunda elde edilen X ve Y yönü kat kesme kuvvetleri

Şekil 5.8’ de Mod Birleştirme Yöntemi ile elde edilen kat kesme kuvvetleri ile Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz sonucu elde edilen değerlerin karşılaştırılması gösterilmiştir. Taban kesme kuvvetleri değerlendirildiğinde her iki deprem doğrultusu için büyük farklılıkların olduğu görülmektedir. Mod Birleştirme Yöntemi sonuçlarına göre X yönünde 4295 kN olarak hesaplanan taban kesme kuvveti ZTA’ da 13170 kN olarak bulunmuştur. Benzer farklılık Y yönünde geçerli olmakla birlikte, Mod Birleştirme ve ZTA hesaplamaları sonucunda oluşan taban kesme kuvvetleri sırasıyla 3760 kN ve 14225 kN olarak hesap edilmiştir.

X yönü için zemin katta taban kesme kuvvetleri arasında %323’ lük fark oranı, son katta ise %257 fark oranı vardır. Y yönünde taban kesme kuvvetleri arasında zemin katta %396’ lık fark oranı, son katta ise %331 fark oranı mevcuttur.



Şekil 5.10 : ZTA ile mod birleştirme yöntemlerinin kat kesme kuvvetleri açısından kıyaslanması

Gerçekleştirilen analiz sonuçları, söz konusu bina için DD-2 deprem yer hareketi düzeyinde Kontrollü Hasar Performans Düzeyinin sağlandığını göstermektedir. Diğer taraftan kolon-kiriş plastik dönmeleri ile perde şekildeğiştirmeleri bakımından değerlendirildiğinde, plastikleşmelerin sınırlı kaldığı binanın doğrusala yakın davrandığı anlaşılmaktadır. Tasarımı yapılan binanın oldukça güvenli tarafta kaldığı söylenebilir. Özellikle perdelerin sınırlı hasar performans seviyesinde kaldığı düşünülürse perde tasarımında daha düşük donatı oranlarının kullanılabilmesi ve dolayısıyla daha ekonomik bir tasarım yapılabilmesi öngörülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] **Kefeli, E.** (2019). *Planda düzensizliği bulunan betonarme binaların Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018'e göre performanslarının değerlendirilmesi.* (Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [2] **Deierlein, G. G., Reinhorn, A. M., & Willford, M. R.** (2010). Nonlinear structural analysis for seismic design. *NEHRP seismic design technical brief*, 4, 1-36.
- [3] **İbiş, T.** (2021). *Yeni yapılacak betonarme bir binanın TBODY 2018'e göre tasarım kontrolleri ve deprem performansının belirlenmesi.* (Yüksek Lisans Tezi). Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Burdur.
- [4] **Balta, H.** (2020). *Betonarme binaların burulma düzensizliği dikkate alınarak doğrusal olmayan davranışlarının incelenmesi.* (Yüksek Lisans Tezi). Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- [5] **Momen, M. A., Abdel Raheem, S. E., Ahmed, M. M., & Abdel Shafy, A. G.** (2016). Irregularity effects on the seismic performance of L-shaped multi-story buildings. *JES. Journal of Engineering Sciences*, 44(5), 513-536.
- [6] **Kürkçü, F.** (2019). *20 katlı betonarme bir yapının Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'ne göre tasarımı ve deprem performansının belirlenmesi.* (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [7] **Tekdemir, H.** (2020). *Betonarme binaların deprem performanslarının türkiye bina deprem yönetmeliği 2018'e göre değerlendirilmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır.
- [8] **Shatnawi, A. S., Musmar, M., & Gharaibeh, L. I.** (2018). Evaluation of Seismic Analysis Procedures for Concrete Moment-Resistant Frames with Horizontal Re-entrant Corners Irregularity. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology (IJIRSET)*, 8(3), 876-881.
- [9] **Shreyasvi, C., & Shivakumaraswamy, B.** (2015). Seismic response of buildings with re-entrant corners in different seismic zones. *International Journal of Research in Engineering and Technology (IJRET)*, 4(Special Issue:04), 55-60.
- [10] **Gökdemir, H., Özbasaran, H., Doğan, M., Unluoğlu, E., & Albayrak, U.** (2013). Effects of torsional irregularity to structures during earthquakes. *Engineering Failure Analysis*, 35(2013), 713-717.

- [11] Arslan, G., Borekci, M., Sahin, B., Denizler, M. I., & Duman, K. S. (2018). Performance evaluation of in-plan irregular RC frame buildings based on Turkish seismic code. *International Journal of Civil Engineering*, 16, 323-333.
- [12] Ajmal, M. J. (2021). *Study of RC buildings with re-entrant corners irregularity according to TBSC-2018*. (Master's thesis). Istanbul Technical University, Institute Of Science And Technology, Istanbul.
- [13] Şimşek, F. (2020). *A3 türü düzensizliğe sahip betonarme bir yapının DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 esaslarına göre incelenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [14] Erdem, H. (2016). Burulma düzensizliğinin betonarme kirişler ve kolonlar üzerine etkileri. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 5(2), 148-156.
- [15] Özmen, G. (2004). Çok katlı yapılarda aşırı burulma düzensizliği. *İMO Teknik Dergi*, 15(71), 3131-3144.
- [16] Url-1<<https://tdth.afad.gov.tr/TDTH/main.xhtml>> erişim tarihi 23.06.2022
- [17] Url-1<<https://insapedia.com>> erişim tarihi 23.06.2022
- [18] İTÜ SEM ve Türkiye Prefabrik Birliği. (2022). *Önüretimli betonarme binaların tasarım ve güçlendirilmesine yönelik sertifikalı eğitim programı ders notları* [Powerpoint slide].
- [19] Aydınoglu, M. N., Özer, E., Celep, Z., & Özyayın, K. (2018). *Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018) Eğitim Elkitabı*. Ankara: Lotus Life Ajans Ltd. Şti.
- [20] Celep, Z. (2020). *Betonarme yapılar*. İstanbul: Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş.
- [21] Doğangün, A. (2021). *Betonarme yapıların hesap ve tasarımı*. İstanbul: Birsen Yayınevi.
- [22] Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY). (2018). T.C. Resmi Gazete, 30364, 12 Mart 2018.
- [23] Darılmaz, K. (2019). *Depreme Dayanıklı Binaların Tasarımına Giriş*. İstanbul: Birsen Yayın Dağıtım Ltd. Şti.
- [24] Celep, Z. (2020). *Betonarme taşıyıcı sistemlerde doğrusal olmayan davranış ve çözümleme*. İstanbul: Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş.
- [25] Celep, Z. & Kumbasar, N. (2004). *Deprem mühendisliğine giriş ve depreme dayanıklı yapı tasarımı*. İstanbul: Beta Dağıtım.
- [26] Doğangün, A. (2021). *Deprem-zemin ve depreme dayanıklı yapı tasarımı*. İstanbul: Birsen Yayınevi.
- [27] Türk Standartları. (2000). *Betonarme yapıların tasarım ve yapım kuralları*. (TS 500). Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [28] Türk Standartları. (2021). *Yapı elemanlarının boyutlandırılmasında alınacak yüklerin hesap değerleri*. (TS 498). Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

- [29] **ETABS Ultimate** (Version 19.0.0) [Computer Software] *Extended Three Dimensional Analysis of Building System*, Computers and Structures Inc., Berkeley, California.
- [30] **Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY)**. (2007) T.C. Resmi Gazete, 26454, 6 Mart 2007.
- [31] **Mander, J. B., Priestley, M. J., & Park, R.** (1988). Theoretical stress-strain model for confined concrete. *Journal of structural engineering*, 114(8), 1804-1826.
- [32] **XTRACT** (Version 3.0.9) [Computer Software] *Cross-Sectional X Structural Analysis of Components*, Imbsen Software Systems, Sacramento, CA 95827, USA.
- [33] **Sürmeli, M.** (2008). *Performance evaluation of precast columns under seismic excitation*. (Master's thesis). Istanbul Technical University, Institute Of Science And Technology, Istanbul.
- [34] **ACI 318-19**. (2019). *Building Code Requirements for Structural Concrete*. Farmington Hills, American Concrete Institute.

EKLER

EK A: Bina Deprem Tehlike Haritası Raporu

EK B: Kolon Plastik Dönme Parametreleri Tabloları

EK C: Kiriş Plastik Dönme Parametreleri Tabloları

EK D: P3 Perdesi Birim Şekildeğişirmeler





Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması

Kullanıcı Girdileri

Rapor Başlığı:	T Bina- DD-2	
Deprem Yer Hareketi Düzeyi	DD-2	50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
Yerel Zemin Sınıfı	ZC	Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrışmış, çok çatlaklı zayıf kayalar
Enlem:	40.185793°	
Boylam	29.103432°	

Çıktılar

$S_s = 0.845$ $S_1 = 0.226$ $PGA = 0.352$ $PGV = 21.572$

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 A.1 : Bina Deprem Tehlike Haritası Raporu

Yerel Zemin Sınıfları

Yerel Zemin Sınıfı	Zemin Cinsi	Üst 30 metrede ortalama		
		$(V_s)_{30}$ [m/s]	$(N_{60})_{30}$ [darbe/30 cm]	$(C_u)_{30}$ [kPa]
ZA	Sağlam, sert kayalar	> 1500	-	-
ZB	Az ayrılmış, orta sağlam kayalar	760 - 1500	-	-
ZC	Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrılmış, çok çatlaklı zayıf kayalar	360 - 760	> 50	> 250
ZD	Orta sıkı - sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları	180 - 360	15 - 50	70 - 250
ZE	Gevşek kum, çakıl veya yumuşak - katı kil tabakaları veya $PI > 20$ ve $w > \% 40$ koşullarını sağlayan toplamda 3 metreden daha kalın yumuşak kil tabakası ($C_u < 25$ kPa) içeren profiller	< 180	< 15	< 70
ZF	Sahaya özel araştırma ve değerlendirme gerektiren zeminler : 1) Deprem etkisi altında çökme ve potansiyel göçme riskine sahip zeminler (sıvılaşabilir zeminler, yüksek derecede hassas killer, göçebilir zayıf çimentolu zeminler vb.), 2) Toplam kalınlığı 3 metreden fazla turba ve/veya organik içeriği yüksek killer, 3) Toplam kalınlığı 8 metreden fazla olan yüksek plastisiteli ($PI > 50$) killer , 4) Çok kalın (> 35 m) yumuşak veya orta katı killer.			

Şekil A.1(devam) : Bina Deprem Tehlike Haritası Raporu

Yerel Zemin Etki Katsayıları

Yerel Zemin Sınıfı	Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayısı F_S					
	$S_S \leq 0.25$	$S_S = 0.50$	$S_S = 0.75$	$S_S = 1.00$	$S_S = 1.25$	$S_S \geq 1.50$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
ZC	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
ZD	1.6	1.4	1.2	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.					

Yerel Zemin Sınıfı ZC ve $S_S = 0.845$ için $F_S = 1.200$

Yerel Zemin Sınıfı	1.0 saniye periyot için Yerel Zemin Etki Katsayısı F_1					
	$S_1 \leq 0.10$	$S_1 = 0.20$	$S_1 = 0.30$	$S_1 = 0.40$	$S_1 = 0.50$	$S_1 \geq 0.60$
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	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır.					

Şekil A.1 (devam): Bina Deprem Tehlike Haritası Raporu

Yerel Zemin Sınıfı ZC ve $S_1=0.226$ için $F_1=1.500$

Tasarım Spektral İvme Katsayıları

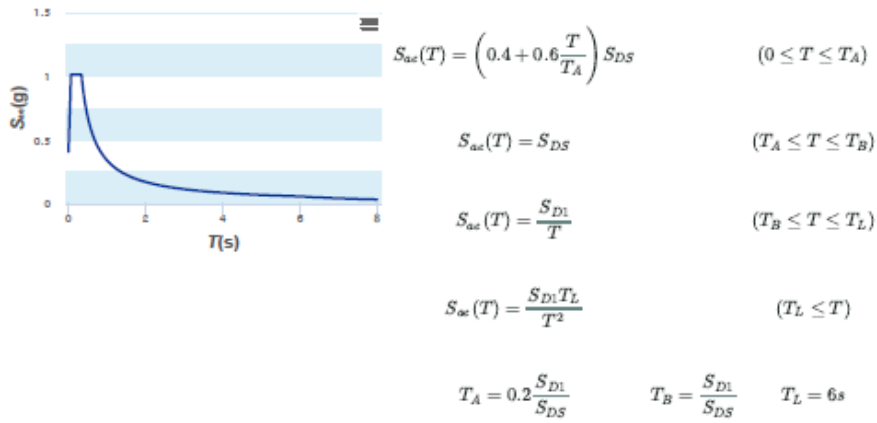
$$S_{DS} = S_S F_S = 0.845 \times 1.200 = 1.014$$

$$S_{D1} = S_1 F_1 = 0.226 \times 1.500 = 0.339$$

S_{DS} : Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

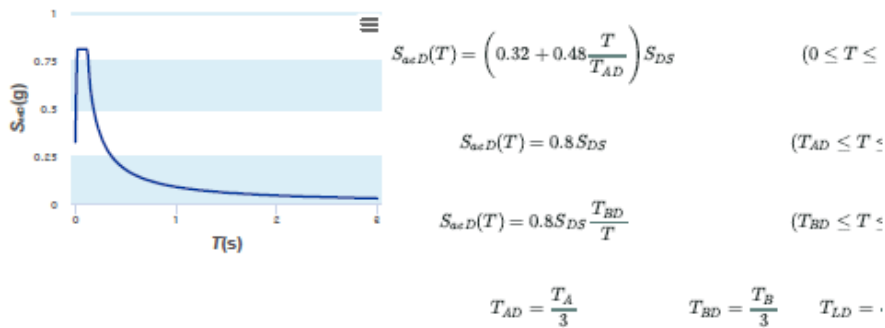
S_{D1} : 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

Yatay Elastik Tasarım Spektrumu



$T_A = 0.067$ (s) $T_B = 0.334$ (s) $T_L = 6.000$ (s)

Düşey Elastik Tasarım Spektrumu



$T_{AD} = 0.022$ (s) $T_{BD} = 0.111$ (s) $T_{LD} = 3.000$ (s)

Şekil A.1 (devam): Bina Deprem Tehlike Haritası Raporu

Çizelge B.1 : Zemin kat kolon plastik dönme parametreleri

Kolon Tipi	Yük Değeri	Kolon İsmi	ϕ_y (1/m)	ϕ_u (1/m)	M_y (kNm)	M_u (kNm)	L_s (m)	L_p (m)	h (m)	η	d_b (m)	θ_y (rad)	$\theta_p^{(G\acute{O})}$ (rad)	$\theta_p^{(KH)}$ (rad)	$(EI)_{Etkin}$ (kNm ²)	$(EI)_{Brüt}$ (kNm ²)	EI_E/EI_B
50x50	Z_1350kN	C2	0.0094	0.1098	451.7	447	1.45	0.25	0.5	1	0.016	0.0548	0.0206	0.0154	23203.49	162630.16	0.14
		C3	0.0094	0.1098	451.7	447	1.45	0.25	0.5	1	0.016	0.0548	0.0206	0.0154	23203.49	162630.16	0.14
	Z_1500kN	C4	0.0091	0.1123	468.5	463.9	1.45	0.25	0.5	1	0.016	0.0532	0.0211	0.0158	24840.02	162630.16	0.15
		C5	0.0091	0.1123	468.5	463.9	1.45	0.25	0.5	1	0.016	0.0532	0.0211	0.0158	24840.02	162630.16	0.15
		C6	0.0091	0.1123	468.5	463.9	1.45	0.25	0.5	1	0.016	0.0532	0.0211	0.0158	24840.02	162630.16	0.15
		C7	0.0091	0.1123	468.5	463.9	1.45	0.25	0.5	1	0.016	0.0532	0.0211	0.0158	24840.02	162630.16	0.15
55x55	Z_2225kN	C10	0.0077	0.1032	699.2	696.1	1.45	0.275	0.55	1	0.018	0.0502	0.0214	0.0161	43951.97	238106.81	0.18
		C11	0.0077	0.1032	699.2	696.1	1.45	0.275	0.55	1	0.018	0.0502	0.0214	0.0161	43951.97	238106.81	0.18
		C12	0.0077	0.1032	699.2	696.1	1.45	0.275	0.55	1	0.018	0.0502	0.0214	0.0161	43951.97	238106.81	0.18
		C8	0.0077	0.1032	699.2	696.1	1.45	0.275	0.55	1	0.018	0.0502	0.0214	0.0161	43951.97	238106.81	0.18
		C9	0.0077	0.1032	699.2	696.1	1.45	0.275	0.55	1	0.018	0.0502	0.0214	0.0161	43951.97	238106.81	0.18
	Z_2425kN	C13	0.0074	0.1080	723	716.8	1.45	0.275	0.55	1	0.018	0.0483	0.0225	0.0169	47376.63	238106.81	0.20
		C14	0.0074	0.1080	723	716.8	1.45	0.275	0.55	1	0.018	0.0483	0.0225	0.0169	47376.63	238106.81	0.20
		C15	0.0074	0.1080	723	716.8	1.45	0.275	0.55	1	0.018	0.0483	0.0225	0.0169	47376.63	238106.81	0.20
		C16	0.0074	0.1080	723	716.8	1.45	0.275	0.55	1	0.018	0.0483	0.0225	0.0169	47376.63	238106.81	0.20
		C17	0.0074	0.1080	723	716.8	1.45	0.275	0.55	1	0.018	0.0483	0.0225	0.0169	47376.63	238106.81	0.20
70x70	Z_3700kN	C18	0.0062	0.0754	1538	1537	1.45	0.35	0.7	1	0.02	0.0448	0.0187	0.0141	120774.44	624760.01	0.19
		C19	0.0062	0.0754	1538	1537	1.45	0.35	0.7	1	0.02	0.0448	0.0187	0.0141	120774.44	624760.01	0.19
		C20	0.0062	0.0754	1538	1537	1.45	0.35	0.7	1	0.02	0.0448	0.0187	0.0141	120774.44	624760.01	0.19
		C21	0.0062	0.0754	1538	1537	1.45	0.35	0.7	1	0.02	0.0448	0.0187	0.0141	120774.44	624760.01	0.19
		C22	0.0062	0.0754	1538	1537	1.45	0.35	0.7	1	0.02	0.0448	0.0187	0.0141	120774.44	624760.01	0.19

Çizelge B.2 : 1. Kat kolon plastik dönme parametreleri

Kolon Tipi	Yük Değeri	Kolon İsmi	ϕ_y (1/m)	ϕ_u (1/m)	M_y (kNm)	M_u (kNm)	L_s (m)	L_p (m)	h (m)	η	d_b (m)	θ_y (rad)	$\theta_p^{(G\ddot{O})}$ (rad)	$\theta_p^{(KH)}$ (rad)	$(EI)_{Etkin}$ (kNm ²)	$(EI)_{Brüt}$ (kNm ²)	EI_E/EI_B
50x50	1_1200kN	C2	0.0097	0.1077	434.5	429.1	1.45	0.25	0.5	1	0.016	0.0567	0.0201	0.0151	21541.53	162630.16	0.13
		C3	0.0097	0.1077	434.5	429.1	1.45	0.25	0.5	1	0.016	0.0567	0.0201	0.0151	21541.53	162630.16	0.13
	1_1350kN	C4	0.0094	0.1098	451.7	447	1.45	0.25	0.5	1	0.016	0.0548	0.0206	0.0154	23203.49	162630.16	0.14
		C5	0.0094	0.1098	451.7	447	1.45	0.25	0.5	1	0.016	0.0548	0.0206	0.0154	23203.49	162630.16	0.14
		C6	0.0094	0.1098	451.7	447	1.45	0.25	0.5	1	0.016	0.0548	0.0206	0.0154	23203.49	162630.16	0.14
		C7	0.0094	0.1098	451.7	447	1.45	0.25	0.5	1	0.016	0.0548	0.0206	0.0154	23203.49	162630.16	0.14
55x55	1_1950kN	C10	0.0082	0.1010	667.8	664.9	1.45	0.275	0.55	1	0.018	0.0531	0.0209	0.0156	39584.25	238106.81	0.17
		C11	0.0082	0.1010	667.8	664.9	1.45	0.275	0.55	1	0.018	0.0531	0.0209	0.0156	39584.25	238106.81	0.17
		C12	0.0082	0.1010	667.8	664.9	1.45	0.275	0.55	1	0.018	0.0531	0.0209	0.0156	39584.25	238106.81	0.17
		C8	0.0082	0.1010	667.8	664.9	1.45	0.275	0.55	1	0.018	0.0531	0.0209	0.0156	39584.25	238106.81	0.17
		C9	0.0082	0.1010	667.8	664.9	1.45	0.275	0.55	1	0.018	0.0531	0.0209	0.0156	39584.25	238106.81	0.17
	1_2125kN	C13	0.0078	0.1026	687.7	684.9	1.45	0.275	0.55	1	0.018	0.0511	0.0213	0.0160	42445.20	238106.81	0.18
		C14	0.0078	0.1026	687.7	684.9	1.45	0.275	0.55	1	0.018	0.0511	0.0213	0.0160	42445.20	238106.81	0.18
		C15	0.0078	0.1026	687.7	684.9	1.45	0.275	0.55	1	0.018	0.0511	0.0213	0.0160	42445.20	238106.81	0.18
		C16	0.0078	0.1026	687.7	684.9	1.45	0.275	0.55	1	0.018	0.0511	0.0213	0.0160	42445.20	238106.81	0.18
		C17	0.0078	0.1026	687.7	684.9	1.45	0.275	0.55	1	0.018	0.0511	0.0213	0.0160	42445.20	238106.81	0.18
70x70	1_3275kN	C18	0.0065	0.0735	1472	1472	1.45	0.35	0.7	1	0.02	0.0469	0.0182	0.0136	110100.07	624760.01	0.18
		C19	0.0065	0.0735	1472	1472	1.45	0.35	0.7	1	0.02	0.0469	0.0182	0.0136	110100.07	624760.01	0.18
		C20	0.0065	0.0735	1472	1472	1.45	0.35	0.7	1	0.02	0.0469	0.0182	0.0136	110100.07	624760.01	0.18
		C21	0.0065	0.0735	1472	1472	1.45	0.35	0.7	1	0.02	0.0469	0.0182	0.0136	110100.07	624760.01	0.18
		C22	0.0065	0.0735	1472	1472	1.45	0.35	0.7	1	0.02	0.0469	0.0182	0.0136	110100.07	624760.01	0.18

Çizelge B.3 : 2. Kat kolon plastik dönme parametreleri

Kolon Tipi	Yük Değeri	Kolon İsmi	ϕ_y (1/m)	ϕ_u (1/m)	M_y (kNm)	M_u (kNm)	L_s (m)	L_p (m)	h (m)	η	d_b (m)	θ_y (rad)	$\theta_p^{(G\ddot{O})}$ (rad)	$\theta_p^{(KH)}$ (rad)	$(EI)_{Etkin}$ (kNm ²)	$(EI)_{Brüt}$ (kNm ²)	EI_E/EI_B
50x50	2_1050kN	C2	0.0096	0.1053	414.1	409	1.45	0.25	0.5	1	0.016	0.0562	0.0196	0.0147	20742.91	162630.16	0.13
		C3	0.0096	0.1053	414.1	409	1.45	0.25	0.5	1	0.016	0.0562	0.0196	0.0147	20742.91	162630.16	0.13
	2_1150kN	C4	0.0097	0.1066	428.4	422.3	1.45	0.25	0.5	1	0.016	0.0566	0.0199	0.0149	21284.95	162630.16	0.13
		C5	0.0097	0.1066	428.4	422.3	1.45	0.25	0.5	1	0.016	0.0566	0.0199	0.0149	21284.95	162630.16	0.13
		C6	0.0097	0.1066	428.4	422.3	1.45	0.25	0.5	1	0.016	0.0566	0.0199	0.0149	21284.95	162630.16	0.13
		C7	0.0097	0.1066	428.4	422.3	1.45	0.25	0.5	1	0.016	0.0566	0.0199	0.0149	21284.95	162630.16	0.13
55x55	2_1700kN	C10	0.0086	0.0977	637.4	634.1	1.45	0.275	0.55	1	0.018	0.0558	0.0201	0.0151	35893.82	238106.81	0.15
		C8	0.0086	0.0977	637.4	634.1	1.45	0.275	0.55	1	0.018	0.0558	0.0201	0.0151	35893.82	238106.81	0.15
		C9	0.0086	0.0977	637.4	634.1	1.45	0.275	0.55	1	0.018	0.0558	0.0201	0.0151	35893.82	238106.81	0.15
	2_1800kN	C11	0.0084	0.0993	650	647	1.45	0.275	0.55	1	0.018	0.0549	0.0204	0.0153	37241.19	238106.81	0.16
		C12	0.0084	0.0993	650	647	1.45	0.275	0.55	1	0.018	0.0549	0.0204	0.0153	37241.19	238106.81	0.16
		C13	0.0084	0.0993	650	647	1.45	0.275	0.55	1	0.018	0.0549	0.0204	0.0153	37241.19	238106.81	0.16
		C14	0.0084	0.0993	650	647	1.45	0.275	0.55	1	0.018	0.0549	0.0204	0.0153	37241.19	238106.81	0.16
		C15	0.0084	0.0993	650	647	1.45	0.275	0.55	1	0.018	0.0549	0.0204	0.0153	37241.19	238106.81	0.16
		C16	0.0084	0.0993	650	647	1.45	0.275	0.55	1	0.018	0.0549	0.0204	0.0153	37241.19	238106.81	0.16
		C17	0.0084	0.0993	650	647	1.45	0.275	0.55	1	0.018	0.0549	0.0204	0.0153	37241.19	238106.81	0.16
70x70	2_2850kN	C18	0.0068	0.0718	1401	1403	1.45	0.35	0.7	1	0.02	0.0493	0.0176	0.0132	99420.06	624760.01	0.16
		C19	0.0068	0.0718	1401	1403	1.45	0.35	0.7	1	0.02	0.0493	0.0176	0.0132	99420.06	624760.01	0.16
		C20	0.0068	0.0718	1401	1403	1.45	0.35	0.7	1	0.02	0.0493	0.0176	0.0132	99420.06	624760.01	0.16
		C21	0.0068	0.0718	1401	1403	1.45	0.35	0.7	1	0.02	0.0493	0.0176	0.0132	99420.06	624760.01	0.16
		C22	0.0068	0.0718	1401	1403	1.45	0.35	0.7	1	0.02	0.0493	0.0176	0.0132	99420.06	624760.01	0.16

Çizelge B.4 : 3. Kat kolon plastik dönme parametreleri

Kolon Tipi	Yük Değeri	Kolon İsmi	ϕ_y (1/m)	ϕ_u (1/m)	M_y (kNm)	M_u (kNm)	L_s (m)	L_p (m)	h (m)	η	d_b (m)	θ_y (rad)	$\theta_p^{(G\ddot{O})}$ (rad)	$\theta_p^{(KH)}$ (rad)	$(EI)_{Etkin}$ (kNm ²)	$(EI)_{Brüt}$ (kNm ²)	EI_E/EI_B
40x40	3_875kN	C2	0.0114	0.1539	231.3	229	1.45	0.2	0.4	1	0.014	0.0584	0.0242	0.0181	9823.81	66613.31	0.15
		C3	0.0114	0.1539	231.3	229	1.45	0.2	0.4	1	0.014	0.0584	0.0242	0.0181	9823.81	66613.31	0.15
	3_975kN	C4	0.0111	0.1591	240.5	237.5	1.45	0.2	0.4	1	0.014	0.0568	0.0251	0.0188	10519.61	66613.31	0.16
		C5	0.0111	0.1591	240.5	237.5	1.45	0.2	0.4	1	0.014	0.0568	0.0251	0.0188	10519.61	66613.31	0.16
		C6	0.0111	0.1591	240.5	237.5	1.45	0.2	0.4	1	0.014	0.0568	0.0251	0.0188	10519.61	66613.31	0.16
		C7	0.0111	0.1591	240.5	237.5	1.45	0.2	0.4	1	0.014	0.0568	0.0251	0.0188	10519.61	66613.31	0.16
45x45	3_1425kN	C10	0.0092	0.1337	344.2	337.3	1.45	0.225	0.45	1	0.014	0.0478	0.0228	0.0171	18037.88	106701.65	0.17
		C8	0.0092	0.1337	344.2	337.3	1.45	0.225	0.45	1	0.014	0.0478	0.0228	0.0171	18037.88	106701.65	0.17
		C9	0.0092	0.1337	344.2	337.3	1.45	0.225	0.45	1	0.014	0.0478	0.0228	0.0171	18037.88	106701.65	0.17
	3_1575kN	C11	0.0088	0.1399	356.9	349.3	1.45	0.225	0.45	1	0.014	0.0456	0.0240	0.0180	19651.59	106701.65	0.18
		C12	0.0088	0.1399	356.9	349.3	1.45	0.225	0.45	1	0.014	0.0456	0.0240	0.0180	19651.59	106701.65	0.18
		C13	0.0088	0.1399	356.9	349.3	1.45	0.225	0.45	1	0.014	0.0456	0.0240	0.0180	19651.59	106701.65	0.18
		C14	0.0088	0.1399	356.9	349.3	1.45	0.225	0.45	1	0.014	0.0456	0.0240	0.0180	19651.59	106701.65	0.18
		C15	0.0088	0.1399	356.9	349.3	1.45	0.225	0.45	1	0.014	0.0456	0.0240	0.0180	19651.59	106701.65	0.18
		C16	0.0088	0.1399	356.9	349.3	1.45	0.225	0.45	1	0.014	0.0456	0.0240	0.0180	19651.59	106701.65	0.18
		C17	0.0088	0.1399	356.9	349.3	1.45	0.225	0.45	1	0.014	0.0456	0.0240	0.0180	19651.59	106701.65	0.18
55x55	3_2425kN	C18	0.0074	0.1080	723	716.8	1.45	0.275	0.55	1	0.018	0.0483	0.0225	0.0169	47376.63	238106.81	0.20
		C19	0.0074	0.1080	723	716.8	1.45	0.275	0.55	1	0.018	0.0483	0.0225	0.0169	47376.63	238106.81	0.20
		C20	0.0074	0.1080	723	716.8	1.45	0.275	0.55	1	0.018	0.0483	0.0225	0.0169	47376.63	238106.81	0.20
		C21	0.0074	0.1080	723	716.8	1.45	0.275	0.55	1	0.018	0.0483	0.0225	0.0169	47376.63	238106.81	0.20
		C22	0.0074	0.1080	723	716.8	1.45	0.275	0.55	1	0.018	0.0483	0.0225	0.0169	47376.63	238106.81	0.20

Çizelge B.5 : 4. Kat kolon plastik dönme parametreleri

Kolon Tipi	Yük Değeri	Kolon İsmi	ϕ_y (1/m)	ϕ_u (1/m)	M_y (kNm)	M_u (kNm)	L_s (m)	L_p (m)	h (m)	η	d_b (m)	θ_y (rad)	$\theta_p^{(G\ddot{O})}$ (rad)	$\theta_p^{(KH)}$ (rad)	$(EI)_{Etkin}$ (kNm ²)	$(EI)_{Brüt}$ (kNm ²)	EI_E/EI_B
40x40	4_775kN	C2	0.0118	0.1510	223.1	220.7	1.45	0.2	0.4	1	0.014	0.0603	0.0236	0.0177	9169.36	66613.31	0.14
		C3	0.0118	0.1510	223.1	220.7	1.45	0.2	0.4	1	0.014	0.0603	0.0236	0.0177	9169.36	66613.31	0.14
		C4	0.0118	0.1510	223.1	220.7	1.45	0.2	0.4	1	0.014	0.0603	0.0236	0.0177	9169.36	66613.31	0.14
		C5	0.0118	0.1510	223.1	220.7	1.45	0.2	0.4	1	0.014	0.0603	0.0236	0.0177	9169.36	66613.31	0.14
		C6	0.0118	0.1510	223.1	220.7	1.45	0.2	0.4	1	0.014	0.0603	0.0236	0.0177	9169.36	66613.31	0.14
		C7	0.0118	0.1510	223.1	220.7	1.45	0.2	0.4	1	0.014	0.0603	0.0236	0.0177	9169.36	66613.31	0.14
45x45	4_1175kN	C10	0.0100	0.1282	319.3	313.6	1.45	0.225	0.45	1	0.014	0.0519	0.0217	0.0163	15371.35	106701.65	0.14
		C8	0.0100	0.1282	319.3	313.6	1.45	0.225	0.45	1	0.014	0.0519	0.0217	0.0163	15371.35	106701.65	0.14
		C9	0.0100	0.1282	319.3	313.6	1.45	0.225	0.45	1	0.014	0.0519	0.0217	0.0163	15371.35	106701.65	0.14
	4_1300kN	C11	0.0096	0.1311	331.1	325.6	1.45	0.225	0.45	1	0.014	0.0499	0.0223	0.0167	16609.41	106701.65	0.16
		C12	0.0096	0.1311	331.1	325.6	1.45	0.225	0.45	1	0.014	0.0499	0.0223	0.0167	16609.41	106701.65	0.16
		C13	0.0096	0.1311	331.1	325.6	1.45	0.225	0.45	1	0.014	0.0499	0.0223	0.0167	16609.41	106701.65	0.16
		C14	0.0096	0.1311	331.1	325.6	1.45	0.225	0.45	1	0.014	0.0499	0.0223	0.0167	16609.41	106701.65	0.16
		C15	0.0096	0.1311	331.1	325.6	1.45	0.225	0.45	1	0.014	0.0499	0.0223	0.0167	16609.41	106701.65	0.16
		C16	0.0096	0.1311	331.1	325.6	1.45	0.225	0.45	1	0.014	0.0499	0.0223	0.0167	16609.41	106701.65	0.16
		C17	0.0096	0.1311	331.1	325.6	1.45	0.225	0.45	1	0.014	0.0499	0.0223	0.0167	16609.41	106701.65	0.16
55x55	4_2000kN	C18	0.0081	0.1008	673.5	670.4	1.45	0.275	0.55	1	0.018	0.0526	0.0208	0.0156	40362.68	238106.81	0.17
		C19	0.0081	0.1008	673.5	670.4	1.45	0.275	0.55	1	0.018	0.0526	0.0208	0.0156	40362.68	238106.81	0.17
		C20	0.0081	0.1008	673.5	670.4	1.45	0.275	0.55	1	0.018	0.0526	0.0208	0.0156	40362.68	238106.81	0.17
		C21	0.0081	0.1008	673.5	670.4	1.45	0.275	0.55	1	0.018	0.0526	0.0208	0.0156	40362.68	238106.81	0.17
		C22	0.0081	0.1008	673.5	670.4	1.45	0.275	0.55	1	0.018	0.0526	0.0208	0.0156	40362.68	238106.81	0.17

Çizelge B.6 : 5. Kat kolon plastik dönme parametreleri

Kolon Tipi	Yük Değeri	Kolon İsmi	ϕ_y (1/m)	ϕ_u (1/m)	M_y (kNm)	M_u (kNm)	L_s (m)	L_p (m)	h (m)	η	d_b (m)	θ_y (rad)	$\theta_p^{(GÖ)}$ (rad)	$\theta_p^{(KH)}$ (rad)	$(EI)_{Etkin}$ (kNm ²)	$(EI)_{Brüt}$ (kNm ²)	EI_E/EI_B
40x40	5_625kN	C2	0.0122	0.1457	210.4	207.6	1.45	0.2	0.4	1	0.014	0.0625	0.0227	0.0170	8342.36	66613.31	0.13
		C3	0.0122	0.1457	210.4	207.6	1.45	0.2	0.4	1	0.014	0.0625	0.0227	0.0170	8342.36	66613.31	0.13
		C4	0.0122	0.1457	210.4	207.6	1.45	0.2	0.4	1	0.014	0.0625	0.0227	0.0170	8342.36	66613.31	0.13
		C5	0.0122	0.1457	210.4	207.6	1.45	0.2	0.4	1	0.014	0.0625	0.0227	0.0170	8342.36	66613.31	0.13
		C6	0.0122	0.1457	210.4	207.6	1.45	0.2	0.4	1	0.014	0.0625	0.0227	0.0170	8342.36	66613.31	0.13
		C7	0.0122	0.1457	210.4	207.6	1.45	0.2	0.4	1	0.014	0.0625	0.0227	0.0170	8342.36	66613.31	0.13
45x45	5_925kN	C10	0.0107	0.1229	293.9	288.2	1.45	0.225	0.45	1	0.014	0.0550	0.0207	0.0155	13313.18	106701.65	0.12
		C8	0.0107	0.1229	293.9	288.2	1.45	0.225	0.45	1	0.014	0.0550	0.0207	0.0155	13313.18	106701.65	0.12
		C9	0.0107	0.1229	293.9	288.2	1.45	0.225	0.45	1	0.014	0.0550	0.0207	0.0155	13313.18	106701.65	0.12
	5_1025kN	C11	0.0105	0.1259	304.4	298.9	1.45	0.225	0.45	1	0.014	0.0543	0.0213	0.0159	13985.42	106701.65	0.13
		C12	0.0105	0.1259	304.4	298.9	1.45	0.225	0.45	1	0.014	0.0543	0.0213	0.0159	13985.42	106701.65	0.13
		C13	0.0105	0.1259	304.4	298.9	1.45	0.225	0.45	1	0.014	0.0543	0.0213	0.0159	13985.42	106701.65	0.13
		C14	0.0105	0.1259	304.4	298.9	1.45	0.225	0.45	1	0.014	0.0543	0.0213	0.0159	13985.42	106701.65	0.13
		C15	0.0105	0.1259	304.4	298.9	1.45	0.225	0.45	1	0.014	0.0543	0.0213	0.0159	13985.42	106701.65	0.13
		C16	0.0105	0.1259	304.4	298.9	1.45	0.225	0.45	1	0.014	0.0543	0.0213	0.0159	13985.42	106701.65	0.13
		C17	0.0105	0.1259	304.4	298.9	1.45	0.225	0.45	1	0.014	0.0543	0.0213	0.0159	13985.42	106701.65	0.13
55x55	5_1575kN	C18	0.0088	0.0965	621.5	618	1.45	0.275	0.55	1	0.018	0.0569	0.0198	0.0148	34291.29	238106.81	0.14
		C19	0.0088	0.0965	621.5	618	1.45	0.275	0.55	1	0.018	0.0569	0.0198	0.0148	34291.29	238106.81	0.14
		C20	0.0088	0.0965	621.5	618	1.45	0.275	0.55	1	0.018	0.0569	0.0198	0.0148	34291.29	238106.81	0.14
		C21	0.0088	0.0965	621.5	618	1.45	0.275	0.55	1	0.018	0.0569	0.0198	0.0148	34291.29	238106.81	0.14
		C22	0.0088	0.0965	621.5	618	1.45	0.275	0.55	1	0.018	0.0569	0.0198	0.0148	34291.29	238106.81	0.14

Çizelge B.7 : 6. Kat kolon plastik dönme parametreleri

Kolon Tipi	Yük Değeri	Kolon İsmi	ϕ_y (1/m)	ϕ_u (1/m)	M_y (kNm)	M_u (kNm)	L_s (m)	L_p (m)	h (m)	η	d_b (m)	θ_y (rad)	$\theta_p^{(G\ddot{O})}$ (rad)	$\theta_p^{(KH)}$ (rad)	$(EI)_{Etkin}$ (kNm ²)	$(EI)_{Brüt}$ (kNm ²)	EI_E/EI_B
40x40	6_450kN	C2	0.0121	0.1392	193	190	1.45	0.2	0.4	1	0.014	0.0619	0.0216	0.0162	7728.53	66613.31	0.12
		C3	0.0121	0.1392	193	190	1.45	0.2	0.4	1	0.014	0.0619	0.0216	0.0162	7728.53	66613.31	0.12
		C4	0.0121	0.1392	193	190	1.45	0.2	0.4	1	0.014	0.0619	0.0216	0.0162	7728.53	66613.31	0.12
		C5	0.0121	0.1392	193	190	1.45	0.2	0.4	1	0.014	0.0619	0.0216	0.0162	7728.53	66613.31	0.12
		C6	0.0121	0.1392	193	190	1.45	0.2	0.4	1	0.014	0.0619	0.0216	0.0162	7728.53	66613.31	0.12
		C7	0.0121	0.1392	193	190	1.45	0.2	0.4	1	0.014	0.0619	0.0216	0.0162	7728.53	66613.31	0.12
45x45	6_675kN	C10	0.0105	0.1174	263.7	257.9	1.45	0.225	0.45	1	0.014	0.0541	0.0197	0.0148	12150.14	106701.65	0.11
		C8	0.0105	0.1174	263.7	257.9	1.45	0.225	0.45	1	0.014	0.0541	0.0197	0.0148	12150.14	106701.65	0.11
		C9	0.0105	0.1174	263.7	257.9	1.45	0.225	0.45	1	0.014	0.0541	0.0197	0.0148	12150.14	106701.65	0.11
	6_750kN	C11	0.0105	0.1184	273.1	267.1	1.45	0.225	0.45	1	0.014	0.0544	0.0199	0.0149	12523.56	106701.65	0.12
		C12	0.0105	0.1184	273.1	267.1	1.45	0.225	0.45	1	0.014	0.0544	0.0199	0.0149	12523.56	106701.65	0.12
		C13	0.0105	0.1184	273.1	267.1	1.45	0.225	0.45	1	0.014	0.0544	0.0199	0.0149	12523.56	106701.65	0.12
		C14	0.0105	0.1184	273.1	267.1	1.45	0.225	0.45	1	0.014	0.0544	0.0199	0.0149	12523.56	106701.65	0.12
		C15	0.0105	0.1184	273.1	267.1	1.45	0.225	0.45	1	0.014	0.0544	0.0199	0.0149	12523.56	106701.65	0.12
		C16	0.0105	0.1184	273.1	267.1	1.45	0.225	0.45	1	0.014	0.0544	0.0199	0.0149	12523.56	106701.65	0.12
		C17	0.0105	0.1184	273.1	267.1	1.45	0.225	0.45	1	0.014	0.0544	0.0199	0.0149	12523.56	106701.65	0.12
55x55	6_1175kN	C18	0.0088	0.0916	562.1	558.8	1.45	0.275	0.55	1	0.018	0.0571	0.0187	0.0140	30890.47	238106.81	0.13
		C19	0.0088	0.0916	562.1	558.8	1.45	0.275	0.55	1	0.018	0.0571	0.0187	0.0140	30890.47	238106.81	0.13
		C20	0.0088	0.0916	562.1	558.8	1.45	0.275	0.55	1	0.018	0.0571	0.0187	0.0140	30890.47	238106.81	0.13
		C21	0.0088	0.0916	562.1	558.8	1.45	0.275	0.55	1	0.018	0.0571	0.0187	0.0140	30890.47	238106.81	0.13
		C22	0.0088	0.0916	562.1	558.8	1.45	0.275	0.55	1	0.018	0.0571	0.0187	0.0140	30890.47	238106.81	0.13

Çizelge B.8 : 7. Kat kolon plastik dönme parametreleri

Kolon Tipi	Yük Değeri	Kolon İsmi	ϕ_y (1/m)	ϕ_u (1/m)	M_y (kNm)	M_u (kNm)	L_s (m)	L_p (m)	h (m)	η	d_b (m)	θ_y (rad)	$\theta_p^{(G\acute{O})}$ (rad)	$\theta_p^{(KH)}$ (rad)	$(EI)_{Etkin}$ (kNm ²)	$(EI)_{Brüt}$ (kNm ²)	EI_E/EI_B
40x40	7_300kN	C2	0.0120	0.1353	176.5	173.8	1.45	0.2	0.4	1	0.014	0.0614	0.0210	0.0157	7126.84	66613.31	0.11
		C3	0.0120	0.1353	176.5	173.8	1.45	0.2	0.4	1	0.014	0.0614	0.0210	0.0157	7126.84	66613.31	0.11
		C4	0.0120	0.1353	176.5	173.8	1.45	0.2	0.4	1	0.014	0.0614	0.0210	0.0157	7126.84	66613.31	0.11
		C5	0.0120	0.1353	176.5	173.8	1.45	0.2	0.4	1	0.014	0.0614	0.0210	0.0157	7126.84	66613.31	0.11
		C6	0.0120	0.1353	176.5	173.8	1.45	0.2	0.4	1	0.014	0.0614	0.0210	0.0157	7126.84	66613.31	0.11
		C7	0.0120	0.1353	176.5	173.8	1.45	0.2	0.4	1	0.014	0.0614	0.0210	0.0157	7126.84	66613.31	0.11
45x45	7_475kN	C10	0.0104	0.1144	238.3	233	1.45	0.225	0.45	1	0.014	0.0537	0.0192	0.0144	11074.84	106701.65	0.10
		C11	0.0104	0.1144	238.3	233	1.45	0.225	0.45	1	0.014	0.0537	0.0192	0.0144	11074.84	106701.65	0.10
		C12	0.0104	0.1144	238.3	233	1.45	0.225	0.45	1	0.014	0.0537	0.0192	0.0144	11074.84	106701.65	0.10
		C13	0.0104	0.1144	238.3	233	1.45	0.225	0.45	1	0.014	0.0537	0.0192	0.0144	11074.84	106701.65	0.10
		C14	0.0104	0.1144	238.3	233	1.45	0.225	0.45	1	0.014	0.0537	0.0192	0.0144	11074.84	106701.65	0.10
		C15	0.0104	0.1144	238.3	233	1.45	0.225	0.45	1	0.014	0.0537	0.0192	0.0144	11074.84	106701.65	0.10
		C16	0.0104	0.1144	238.3	233	1.45	0.225	0.45	1	0.014	0.0537	0.0192	0.0144	11074.84	106701.65	0.10
		C17	0.0104	0.1144	238.3	233	1.45	0.225	0.45	1	0.014	0.0537	0.0192	0.0144	11074.84	106701.65	0.10
		C8	0.0104	0.1144	238.3	233	1.45	0.225	0.45	1	0.014	0.0537	0.0192	0.0144	11074.84	106701.65	0.10
		C9	0.0104	0.1144	238.3	233	1.45	0.225	0.45	1	0.014	0.0537	0.0192	0.0144	11074.84	106701.65	0.10
55x55	7_750kN	C18	0.0086	0.0885	493.8	491.2	1.45	0.275	0.55	1	0.018	0.0561	0.0180	0.0135	27633.44	238106.81	0.12
		C19	0.0086	0.0885	493.8	491.2	1.45	0.275	0.55	1	0.018	0.0561	0.0180	0.0135	27633.44	238106.81	0.12
		C20	0.0086	0.0885	493.8	491.2	1.45	0.275	0.55	1	0.018	0.0561	0.0180	0.0135	27633.44	238106.81	0.12
		C21	0.0086	0.0885	493.8	491.2	1.45	0.275	0.55	1	0.018	0.0561	0.0180	0.0135	27633.44	238106.81	0.12
		C22	0.0086	0.0885	493.8	491.2	1.45	0.275	0.55	1	0.018	0.0561	0.0180	0.0135	27633.44	238106.81	0.12

Çizelge B.9 : 8. Kat kolon plastik dönme parametreleri

Kolon Tipi	Yük Değeri	Kolon İsmi	ϕ_y (1/m)	ϕ_u (1/m)	M_y (kNm)	M_u (kNm)	L_s (m)	L_p (m)	h (m)	η	d_b (m)	θ_y (rad)	$\theta_p^{(G\acute{O})}$ (rad)	$\theta_p^{(KH)}$ (rad)	$(EI)_{Etkin}$ (kNm ²)	$(EI)_{Brüt}$ (kNm ²)	EI_E/EI_B
40x40	8_125kN	C2	0.0120	0.1313	156.5	154	1.45	0.2	0.4	1	0.014	0.0613	0.0203	0.0152	6324.55	66613.31	0.09
		C3	0.0120	0.1313	156.5	154	1.45	0.2	0.4	1	0.014	0.0613	0.0203	0.0152	6324.55	66613.31	0.09
		C4	0.0120	0.1313	156.5	154	1.45	0.2	0.4	1	0.014	0.0613	0.0203	0.0152	6324.55	66613.31	0.09
		C5	0.0120	0.1313	156.5	154	1.45	0.2	0.4	1	0.014	0.0613	0.0203	0.0152	6324.55	66613.31	0.09
		C6	0.0120	0.1313	156.5	154	1.45	0.2	0.4	1	0.014	0.0613	0.0203	0.0152	6324.55	66613.31	0.09
		C7	0.0120	0.1313	156.5	154	1.45	0.2	0.4	1	0.014	0.0613	0.0203	0.0152	6324.55	66613.31	0.09
45x45	8_200kN	C10	0.0104	0.1090	200.4	194.3	1.45	0.225	0.45	1	0.014	0.0535	0.0182	0.0137	9340.41	106701.65	0.09
		C11	0.0104	0.1090	200.4	194.3	1.45	0.225	0.45	1	0.014	0.0535	0.0182	0.0137	9340.41	106701.65	0.09
		C12	0.0104	0.1090	200.4	194.3	1.45	0.225	0.45	1	0.014	0.0535	0.0182	0.0137	9340.41	106701.65	0.09
		C13	0.0104	0.1090	200.4	194.3	1.45	0.225	0.45	1	0.014	0.0535	0.0182	0.0137	9340.41	106701.65	0.09
		C14	0.0104	0.1090	200.4	194.3	1.45	0.225	0.45	1	0.014	0.0535	0.0182	0.0137	9340.41	106701.65	0.09
		C15	0.0104	0.1090	200.4	194.3	1.45	0.225	0.45	1	0.014	0.0535	0.0182	0.0137	9340.41	106701.65	0.09
		C16	0.0104	0.1090	200.4	194.3	1.45	0.225	0.45	1	0.014	0.0535	0.0182	0.0137	9340.41	106701.65	0.09
		C17	0.0104	0.1090	200.4	194.3	1.45	0.225	0.45	1	0.014	0.0535	0.0182	0.0137	9340.41	106701.65	0.09
		C8	0.0104	0.1090	200.4	194.3	1.45	0.225	0.45	1	0.014	0.0535	0.0182	0.0137	9340.41	106701.65	0.09
		C9	0.0104	0.1090	200.4	194.3	1.45	0.225	0.45	1	0.014	0.0535	0.0182	0.0137	9340.41	106701.65	0.09
55x55	8_350kN	C18	0.0085	0.0834	421.4	420.8	1.45	0.275	0.55	1	0.018	0.0553	0.0169	0.0127	23930.99	238106.81	0.10
		C19	0.0085	0.0834	421.4	420.8	1.45	0.275	0.55	1	0.018	0.0553	0.0169	0.0127	23930.99	238106.81	0.10
		C20	0.0085	0.0834	421.4	420.8	1.45	0.275	0.55	1	0.018	0.0553	0.0169	0.0127	23930.99	238106.81	0.10
		C21	0.0085	0.0834	421.4	420.8	1.45	0.275	0.55	1	0.018	0.0553	0.0169	0.0127	23930.99	238106.81	0.10
		C22	0.0085	0.0834	421.4	420.8	1.45	0.275	0.55	1	0.018	0.0553	0.0169	0.0127	23930.99	238106.81	0.10

Çizelge C.1 : Liç kiriş plastik dönme parametreleri

Tip	Moment	ϕ_y (rad/m)	ϕ_u (rad/m)	M_y (kNm)	M_u (kNm)	L_s (m)	L_p (m)	h (m)	η	d_b (m)	θ_y (rad)	$\theta_p^{(G\ddot{O})}$ (rad)	$\theta_p^{(KH)}$ (rad)	$(EI)_{Etkin}$ (kNm ²)	$(EI)_{Brüt}$ (kNm ²)	$(EI)_E/(EI)_B$
Li_Tip1	Pozitif Moment	0.0060	0.155	145.3	160.9	2.8	0.15	0.6	1	0.014	0.03412	0.02102	0.01576	2.28E+04	3.37E+05	0.06756
	Negatif Moment	0.0064	0.1623	222.4	246.8	2.8	0.15	0.6	1	0.014	0.03667	0.02199	0.01649	3.23E+04	3.37E+05	0.09582
Li_Tip2	Pozitif Moment	0.0062	0.1573	194.4	204.6	2.8	0.15	0.6	1	0.016	0.03916	0.02226	0.01669	2.95E+04	3.37E+05	0.08739
	Negatif Moment	0.0066	0.164	283.9	320.9	2.8	0.15	0.6	1	0.016	0.04165	0.02319	0.01739	4.03E+04	3.37E+05	0.11958
Li_Tip3	Pozitif Moment	0.0062	0.1575	195.0	204.1	2.8	0.15	0.6	1	0.016	0.03925	0.02229	0.01672	2.95E+04	3.37E+05	0.08744
	Negatif Moment	0.0067	0.1668	337.2	382.5	2.8	0.15	0.6	1	0.016	0.04267	0.02358	0.01769	4.67E+04	3.37E+05	0.13849
Li_Tip4	Pozitif Moment	0.0062	0.1592	246.9	262.7	2.8	0.15	0.6	1	0.02	0.04721	0.02444	0.01833	3.73E+04	3.37E+05	0.11050
	Negatif Moment	0.0070	0.1726	431.7	491.1	2.8	0.15	0.6	1	0.02	0.05340	0.02647	0.01985	5.73E+04	3.37E+05	0.16996
Li_Tip5	Pozitif Moment	0.0062	0.1599	302.1	325.4	2.8	0.15	0.6	1	0.02	0.04731	0.02455	0.01841	4.55E+04	3.37E+05	0.13490
	Negatif Moment	0.0072	0.1761	514.4	585.8	2.8	0.15	0.6	1	0.02	0.05496	0.02700	0.02025	6.63E+04	3.37E+05	0.19653
Li_Tip6	Pozitif Moment	0.0057	0.1536	122.8	145.7	2.8	0.15	0.6	1	0.014	0.03287	0.02084	0.01563	2.00E+04	3.37E+05	0.05942
	Negatif Moment	0.0064	0.1616	181.7	198.0	2.8	0.15	0.6	1	0.014	0.03629	0.02190	0.01642	2.67E+04	3.37E+05	0.07916
Li_Tip7	Pozitif Moment	0.0055	0.1498	93.9	114.0	2.8	0.15	0.6	1	0.014	0.03186	0.02033	0.01525	1.58E+04	3.37E+05	0.04695
	Negatif Moment	0.0063	0.1592	139.6	150.1	2.8	0.15	0.6	1	0.014	0.03577	0.02157	0.01618	2.08E+04	3.37E+05	0.06175
Li_Tip8	Pozitif Moment	0.0058	0.1543	142.5	162.9	2.8	0.15	0.6	1	0.014	0.03352	0.02093	0.01570	2.28E+04	3.37E+05	0.06752
	Negatif Moment	0.0063	0.1609	181.7	198.2	2.8	0.15	0.6	1	0.014	0.03622	0.02180	0.01635	2.67E+04	3.37E+05	0.07931
Li_Tip9	Pozitif Moment	0.0061	0.1557	148.1	158.5	2.8	0.15	0.6	1	0.014	0.03474	0.02110	0.01583	2.28E+04	3.37E+05	0.06756
	Negatif Moment	0.0063	0.1602	181.9	199.1	2.8	0.15	0.6	1	0.014	0.03610	0.02170	0.01628	2.69E+04	3.37E+05	0.07968
Li_Tip10	Pozitif Moment	0.0062	0.1582	195.6	204.0	2.8	0.15	0.6	1	0.02	0.04729	0.02429	0.01821	2.95E+04	3.37E+05	0.08739
	Negatif Moment	0.0068	0.1695	349.5	395.9	2.8	0.15	0.6	1	0.02	0.05182	0.02600	0.01950	4.79E+04	3.37E+05	0.14194

Çizelge C.2 : Lkenar kiriş plastik dönme parametreleri

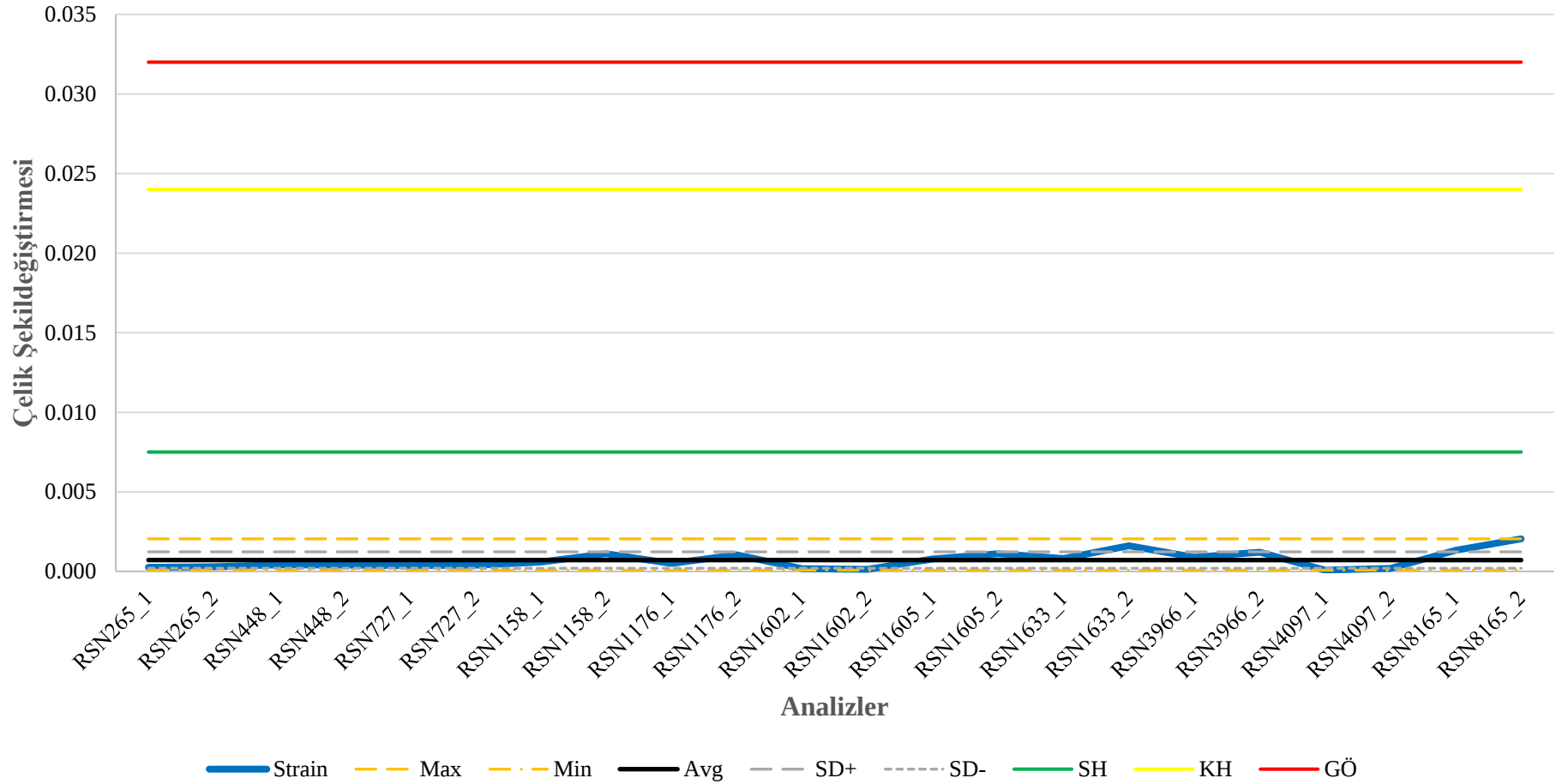
Tip	Moment	ϕ_y (rad/m)	ϕ_u (rad/m)	M_y (kNm)	M_u (kNm)	L_s (m)	L_p (m)	h (m)	η	d_b (m)	θ_y (rad)	$\theta_p^{(G\ddot{O})}$ (rad)	$\theta_p^{(KH)}$ (rad)	$(EI)_{Etkin}$ (kNm ²)	$(EI)_{Brüt}$ (kNm ²)	$(EI)_E/(EI)_B$
Lk_Tip1	Pozitif Moment	0.0057	0.1535	142.0	167.9	2.8	0.15	0.6	1	0.014	0.03288	0.02083	0.01562	2.32E+04	3.37E+05	0.06867
	Negatif Moment	0.0064	0.1623	222.7	246.7	2.8	0.15	0.6	1	0.014	0.03670	0.02199	0.01649	3.23E+04	3.37E+05	0.09586
Lk_Tip2	Pozitif Moment	0.0061	0.1561	195.2	209.1	2.8	0.15	0.6	1	0.016	0.03865	0.02209	0.01657	3.00E+04	3.37E+05	0.08896
	Negatif Moment	0.0066	0.1637	284.2	320.7	2.8	0.15	0.6	1	0.016	0.04171	0.02315	0.01736	4.03E+04	3.37E+05	0.11954
Lk_Tip3	Pozitif Moment	0.0062	0.1587	251.9	264.5	2.8	0.15	0.6	1	0.02	0.04728	0.02436	0.01827	3.80E+04	3.37E+05	0.11256
	Negatif Moment	0.0070	0.173	432.1	491.0	2.8	0.15	0.6	1	0.02	0.05346	0.02653	0.01990	5.73E+04	3.37E+05	0.16992
Lk_Tip4	Pozitif Moment	0.0061	0.1565	196.2	208.4	2.8	0.15	0.6	1	0.016	0.03883	0.02215	0.01661	3.00E+04	3.37E+05	0.08897
	Negatif Moment	0.0067	0.1667	337.3	382.5	2.8	0.15	0.6	1	0.016	0.04268	0.02357	0.01768	4.67E+04	3.37E+05	0.13851
Lk_Tip5	Pozitif Moment	0.0056	0.1506	121.4	148.8	2.8	0.15	0.6	1	0.014	0.03201	0.02044	0.01533	2.04E+04	3.37E+05	0.06041
	Negatif Moment	0.0064	0.1616	181.9	197.9	2.8	0.15	0.6	1	0.014	0.03633	0.02190	0.01642	2.67E+04	3.37E+05	0.07913
Lk_Tip6	Pozitif Moment	0.0055	0.1494	94.3	114.2	2.8	0.15	0.6	1	0.014	0.03152	0.02028	0.01521	1.61E+04	3.37E+05	0.04771
	Negatif Moment	0.0063	0.1591	139.9	149.9	2.8	0.15	0.6	1	0.014	0.03585	0.02156	0.01617	2.08E+04	3.37E+05	0.06172
Lk_Tip7	Pozitif Moment	0.0056	0.151	138.5	169.3	2.8	0.15	0.6	1	0.014	0.03212	0.02049	0.01537	2.32E+04	3.37E+05	0.06868
	Negatif Moment	0.0064	0.1608	182.0	198.1	2.8	0.15	0.6	1	0.014	0.03629	0.02178	0.01634	2.67E+04	3.37E+05	0.07927
Lk_Tip8	Pozitif Moment	0.0059	0.1547	146.6	164.3	2.8	0.15	0.6	1	0.014	0.03387	0.02098	0.01573	2.32E+04	3.37E+05	0.06871
	Negatif Moment	0.0065	0.1641	263.2	295.0	2.8	0.15	0.6	1	0.014	0.03727	0.02223	0.01667	3.76E+04	3.37E+05	0.11147

Çizelge C.3 : Tiç kiriş plastik dönme parametreleri

Tip	Moment	ϕ_v (rad/m)	ϕ_u (rad/m)	M_v (kNm)	M_u (kNm)	L_s (m)	L_p (m)	h (m)	η	d_b (m)	θ_v (rad)	$\theta_p^{(G\ddot{O})}$ (rad)	$\theta_p^{(KH)}$ (rad)	$(EI)_{Etkin}$ (kNm ²)	$(EI)_{Brüt}$ (kNm ²)	$(EI)_E/(EI)_B$
Ti_Tip1	Pozitif Moment	0.0055	0.15	140.3	172.0	2.8	0.15	0.6	1	0.014	0.03170	0.02036	0.01527	2.38E+04	3.37E+05	0.07055
	Negatif Moment	0.0064	0.1625	222.8	246.8	2.8	0.15	0.6	1	0.014	0.03677	0.02201	0.01651	3.23E+04	3.37E+05	0.09572
Ti_Tip2	Pozitif Moment	0.0058	0.1542	191.6	221.6	2.8	0.15	0.6	1	0.016	0.03707	0.02184	0.01638	3.08E+04	3.37E+05	0.09125
	Negatif Moment	0.0066	0.1639	284.6	320.8	2.8	0.15	0.6	1	0.016	0.04177	0.02318	0.01738	4.03E+04	3.37E+05	0.11953
Ti_Tip3	Pozitif Moment	0.0060	0.1555	199.1	215.2	2.8	0.15	0.6	1	0.016	0.03843	0.02201	0.01651	3.08E+04	3.37E+05	0.09128
	Negatif Moment	0.0067	0.1667	337.7	382.3	2.8	0.15	0.6	1	0.016	0.04272	0.02357	0.01768	4.67E+04	3.37E+05	0.13853
Ti_Tip4	Pozitif Moment	0.0062	0.1574	258.0	270.3	2.8	0.15	0.6	1	0.02	0.04714	0.02416	0.01812	3.90E+04	3.37E+05	0.11564
	Negatif Moment	0.0071	0.173	432.4	491.1	2.8	0.15	0.6	1	0.02	0.05357	0.02653	0.01990	5.72E+04	3.37E+05	0.16965
Ti_Tip5	Pozitif Moment	0.0062	0.1584	317.0	330.5	2.8	0.15	0.6	1	0.02	0.04736	0.02432	0.01824	4.77E+04	3.37E+05	0.14139
	Negatif Moment	0.0072	0.1758	514.7	585.6	2.8	0.15	0.6	1	0.02	0.05500	0.02695	0.02021	6.63E+04	3.37E+05	0.19651
Ti_Tip6	Pozitif Moment	0.0062	0.1594	389.1	414.1	2.8	0.15	0.6	1	0.02	0.04728	0.02447	0.01836	5.86E+04	3.37E+05	0.17389
	Negatif Moment	0.0077	0.1837	675.1	766.4	2.8	0.15	0.6	1	0.02	0.05796	0.02816	0.02112	8.23E+04	3.37E+05	0.24411
Ti_Tip7	Pozitif Moment	0.0062	0.1611	470.0	505.7	2.8	0.15	0.6	1	0.022	0.05157	0.02570	0.01928	7.03E+04	3.37E+05	0.20859
	Negatif Moment	0.0077	0.1853	815.7	813.8	2.8	0.15	0.6	1	0.022	0.06350	0.02951	0.02213	9.84E+04	3.37E+05	0.29183
Ti_Tip8	Pozitif Moment	0.0055	0.1501	123.1	151.7	2.8	0.15	0.6	1	0.014	0.03158	0.02038	0.01528	2.10E+04	3.37E+05	0.06216
	Negatif Moment	0.0064	0.1629	222.6	246.4	2.8	0.15	0.6	1	0.014	0.03677	0.02207	0.01655	3.22E+04	3.37E+05	0.09562
Ti_Tip9	Pozitif Moment	0.0054	0.1498	122.4	149.0	2.8	0.15	0.6	1	0.014	0.03140	0.02034	0.01526	2.10E+04	3.37E+05	0.06217
	Negatif Moment	0.0064	0.1611	181.9	198.0	2.8	0.15	0.6	1	0.014	0.03630	0.02183	0.01637	2.67E+04	3.37E+05	0.07922
Ti_Tip10	Pozitif Moment	0.0062	0.1597	389.3	414.0	2.8	0.15	0.6	1	0.022	0.05132	0.02548	0.01911	5.86E+04	3.37E+05	0.17364
	Negatif Moment	0.0075	0.1822	617.5	701.5	2.8	0.15	0.6	1	0.022	0.06182	0.02902	0.02177	7.66E+04	3.37E+05	0.22711

Çizelge C.3 (devam) : Tiç kiriş plastik dönme parametreleri

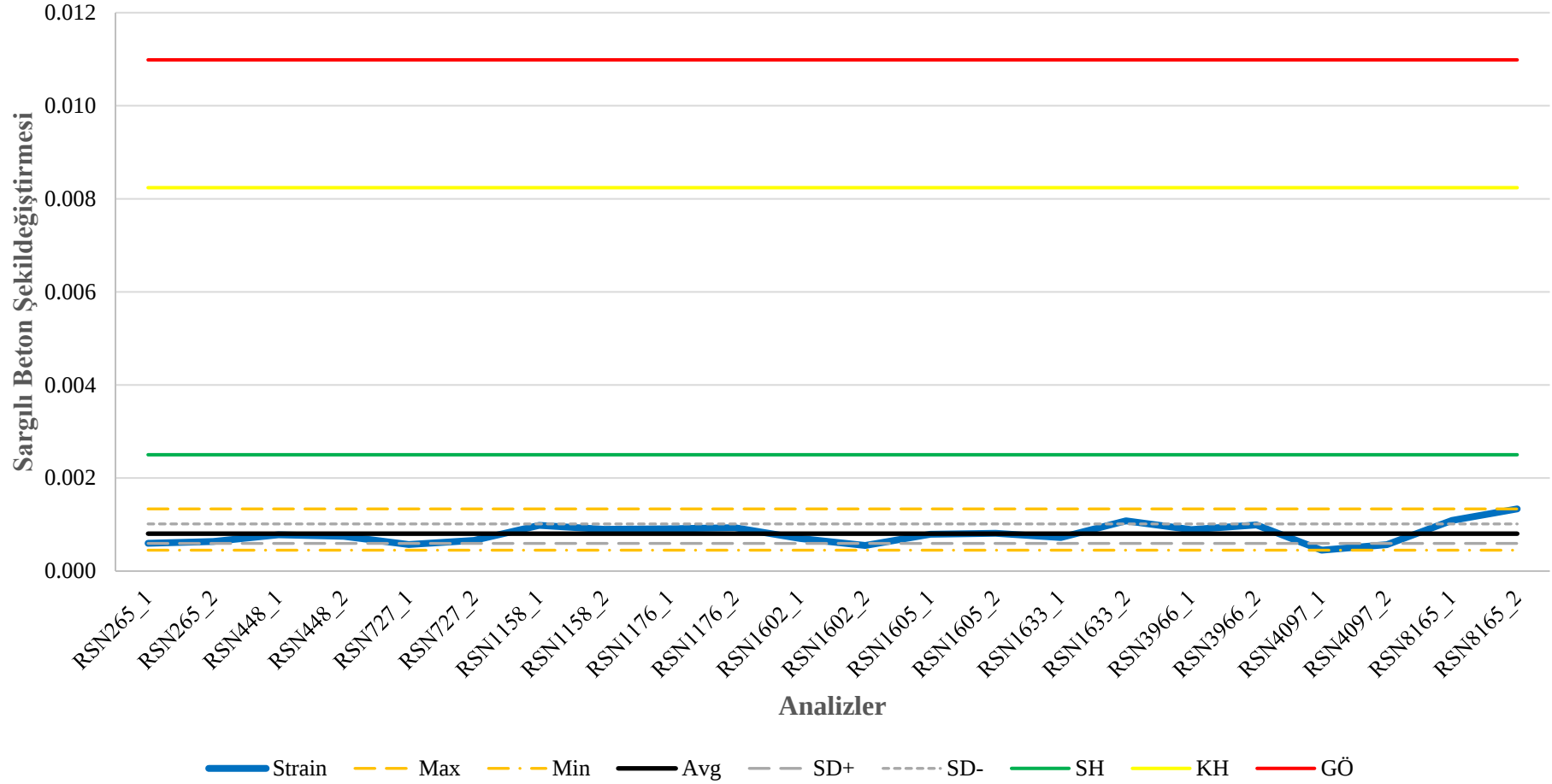
Tip	Moment	ϕ_v (rad/m)	ϕ_u (rad/m)	M_v (kNm)	M_u (kNm)	L_s (m)	L_p (m)	h (m)	η	d_b (m)	θ_v (rad)	$\theta_p^{(G\ddot{O})}$ (rad)	$\theta_p^{(KH)}$ (rad)	$(EI)_{Etkin}$ (kNm ²)	$(EI)_{Brüt}$ (kNm ²)	$(EI)_E/(EI)_B$
Ti_Tip11	Pozitif Moment	0.0055	0.1496	139.5	169.6	2.8	0.15	0.6	1	0.014	0.03152	0.02031	0.01523	2.38E+04	3.37E+05	0.07057
	Negatif Moment	0.0063	0.1606	181.7	198.4	2.8	0.15	0.6	1	0.014	0.03625	0.02176	0.01632	2.67E+04	3.37E+05	0.07924
Ti_Tip12	Pozitif Moment	0.0055	0.1504	140.8	174.7	2.8	0.15	0.6	1	0.014	0.03179	0.02042	0.01531	2.38E+04	3.37E+05	0.07060
	Negatif Moment	0.0065	0.164	263.2	295.1	2.8	0.15	0.6	1	0.014	0.03729	0.02221	0.01666	3.76E+04	3.37E+05	0.11140
Ti_Tip13	Pozitif Moment	0.0062	0.1561	202.9	213.2	2.8	0.15	0.6	1	0.02	0.04698	0.02396	0.01797	3.08E+04	3.37E+05	0.09128
	Negatif Moment	0.0068	0.1682	349.3	396.0	2.8	0.15	0.6	1	0.02	0.05180	0.02580	0.01935	4.79E+04	3.37E+05	0.14192



Şekil D.1 : P3 Perdesi donatı çeliği birim şekildeğiştirmeler

Çizelge D.1 : P3 Perdesi donatı çeliği birim şekildeğiştirmeler

Deprem	$\epsilon_s^{(KH)}$	$\epsilon_s^{(KH)}_{Mak}$	$\epsilon_s^{(KH)}_{Min}$	$\epsilon_s^{(KH)}_{Ort}$	$\epsilon_s^{(KH)}_{SD+}$	$\epsilon_s^{(KH)}_{SD-}$	$\epsilon_s^{(SH)}$	$\epsilon_s^{(KH)}$	$\epsilon_s^{(GÖ)}$
	mm/mm	mm/mm	mm/mm	mm/mm	mm/mm	mm/mm	mm/mm	mm/mm	mm/mm
RSN265_1	0.000257	0.002046	0.000079	0.000714	0.001229	0.000198	0.0075	0.024000	0.032000
RSN265_2	0.000290	0.002046	0.000079	0.000714	0.001229	0.000198	0.0075	0.024000	0.032000
RSN448_1	0.000412	0.002046	0.000079	0.000714	0.001229	0.000198	0.0075	0.024000	0.032000
RSN448_2	0.000397	0.002046	0.000079	0.000714	0.001229	0.000198	0.0075	0.024000	0.032000
RSN727_1	0.000365	0.002046	0.000079	0.000714	0.001229	0.000198	0.0075	0.024000	0.032000
RSN727_2	0.000384	0.002046	0.000079	0.000714	0.001229	0.000198	0.0075	0.024000	0.032000
RSN1158_1	0.000582	0.002046	0.000079	0.000714	0.001229	0.000198	0.0075	0.024000	0.032000
RSN1158_2	0.001114	0.002046	0.000079	0.000714	0.001229	0.000198	0.0075	0.024000	0.032000
RSN1176_1	0.000501	0.002046	0.000079	0.000714	0.001229	0.000198	0.0075	0.024000	0.032000
RSN1176_2	0.001045	0.002046	0.000079	0.000714	0.001229	0.000198	0.0075	0.024000	0.032000
RSN1602_1	0.000172	0.002046	0.000079	0.000714	0.001229	0.000198	0.0075	0.024000	0.032000
RSN1602_2	0.000133	0.002046	0.000079	0.000714	0.001229	0.000198	0.0075	0.024000	0.032000
RSN1605_1	0.000780	0.002046	0.000079	0.000714	0.001229	0.000198	0.0075	0.024000	0.032000
RSN1605_2	0.001113	0.002046	0.000079	0.000714	0.001229	0.000198	0.0075	0.024000	0.032000
RSN1633_1	0.000811	0.002046	0.000079	0.000714	0.001229	0.000198	0.0075	0.024000	0.032000
RSN1633_2	0.001607	0.002046	0.000079	0.000714	0.001229	0.000198	0.0075	0.024000	0.032000
RSN3966_1	0.000888	0.002046	0.000079	0.000714	0.001229	0.000198	0.0075	0.024000	0.032000
RSN3966_2	0.001209	0.002046	0.000079	0.000714	0.001229	0.000198	0.0075	0.024000	0.032000
RSN4097_1	0.000079	0.002046	0.000079	0.000714	0.001229	0.000198	0.0075	0.024000	0.032000
RSN4097_2	0.000188	0.002046	0.000079	0.000714	0.001229	0.000198	0.0075	0.024000	0.032000
RSN8165_1	0.001327	0.002046	0.000079	0.000714	0.001229	0.000198	0.0075	0.024000	0.032000
RSN8165_2	0.002046	0.002046	0.000079	0.000714	0.001229	0.000198	0.0075	0.024000	0.032000



Şekil D.2 : P3 Perdesi sargılı beton birim şekildeğiştirmeler

Çizelge D.2 : P3 Perdesi sargılı beton birim şekildeğiştirmeler

Deprem	$\epsilon_c^{(KH)}$	$\epsilon_c^{(KH)}_{Mak}$	$\epsilon_c^{(KH)}_{Min}$	$\epsilon_c^{(KH)}_{Ort}$	$\epsilon_c^{(KH)}_{SD+}$	$\epsilon_c^{(KH)}_{SD-}$	$\epsilon_c^{(SH)}$	$\epsilon_c^{(KH)}$	$\epsilon_c^{(GÖ)}$
	mm/mm	mm/mm	mm/mm	mm/mm	mm/mm	mm/mm	mm/mm	mm/mm	mm/mm
RSN265_1	0.000596	0.001336	0.000449	0.000804	0.000595	0.001013	0.0025	0.008239	0.010986
RSN265_2	0.000636	0.001336	0.000449	0.000804	0.000595	0.001013	0.0025	0.008239	0.010986
RSN448_1	0.000781	0.001336	0.000449	0.000804	0.000595	0.001013	0.0025	0.008239	0.010986
RSN448_2	0.000747	0.001336	0.000449	0.000804	0.000595	0.001013	0.0025	0.008239	0.010986
RSN727_1	0.000572	0.001336	0.000449	0.000804	0.000595	0.001013	0.0025	0.008239	0.010986
RSN727_2	0.000660	0.001336	0.000449	0.000804	0.000595	0.001013	0.0025	0.008239	0.010986
RSN1158_1	0.000982	0.001336	0.000449	0.000804	0.000595	0.001013	0.0025	0.008239	0.010986
RSN1158_2	0.000896	0.001336	0.000449	0.000804	0.000595	0.001013	0.0025	0.008239	0.010986
RSN1176_1	0.000910	0.001336	0.000449	0.000804	0.000595	0.001013	0.0025	0.008239	0.010986
RSN1176_2	0.000933	0.001336	0.000449	0.000804	0.000595	0.001013	0.0025	0.008239	0.010986
RSN1602_1	0.000699	0.001336	0.000449	0.000804	0.000595	0.001013	0.0025	0.008239	0.010986
RSN1602_2	0.000551	0.001336	0.000449	0.000804	0.000595	0.001013	0.0025	0.008239	0.010986
RSN1605_1	0.000792	0.001336	0.000449	0.000804	0.000595	0.001013	0.0025	0.008239	0.010986
RSN1605_2	0.000812	0.001336	0.000449	0.000804	0.000595	0.001013	0.0025	0.008239	0.010986
RSN1633_1	0.000721	0.001336	0.000449	0.000804	0.000595	0.001013	0.0025	0.008239	0.010986
RSN1633_2	0.001079	0.001336	0.000449	0.000804	0.000595	0.001013	0.0025	0.008239	0.010986
RSN3966_1	0.000891	0.001336	0.000449	0.000804	0.000595	0.001013	0.0025	0.008239	0.010986
RSN3966_2	0.000990	0.001336	0.000449	0.000804	0.000595	0.001013	0.0025	0.008239	0.010986
RSN4097_1	0.000449	0.001336	0.000449	0.000804	0.000595	0.001013	0.0025	0.008239	0.010986
RSN4097_2	0.000567	0.001336	0.000449	0.000804	0.000595	0.001013	0.0025	0.008239	0.010986
RSN8165_1	0.001087	0.001336	0.000449	0.000804	0.000595	0.001013	0.0025	0.008239	0.010986
RSN8165_2	0.001336	0.001336	0.000449	0.000804	0.000595	0.001013	0.0025	0.008239	0.010986