

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**DIŞMERKEZ ÇAPRAZLI ÇELİK ÇERÇEVELİ ÇOK KATLI BİR YAPININ
DOĞRUSAL VE DOĞRUSAL OLMAYAN DİNAMİK ANALİZ YÖNTEMLERİ
İLE İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Muhammet Sait BÜYÜK

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapı Mühendisliği Programı

TEMMUZ 2022

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**DIŞMERKEZ ÇAPRAZLI ÇELİK ÇERÇEVELİ ÇOK KATLI BİR YAPININ
DOĞRUSAL VE DOĞRUSAL OLMAYAN DİNAMİK ANALİZ YÖNTEMLERİ
İLE İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Muhammet Sait BÜYÜK
501161025**

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapı Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Konuralp GİRGİN

TEMMUZ 2022

İTÜ, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün 501161025 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Muhammet Sait BÜYÜK, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “DIŞMERKEZ ÇAPRAZLI ÇELİK ÇERÇEVELİ ÇOK KATLI BİR YAPININ DOĞRUSAL VE DOĞRUSAL OLMAYAN DİNAMİK ANALİZ YÖNTEMLERİ İLE İNCELENMESİ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Konuralp GİRGİN**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Doç. Dr. Cüneyt VATANSEVER**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Edip SEÇKİN
T.C. İstanbul Kültür Üniversitesi

Teslim Tarihi : 16 Haziran 2022
Savunma Tarihi : 01 Temmuz 2022





Aileme,



ÖNSÖZ

Akademik çalışmalarım boyunca desteğini her zaman hissettiğim, bilgi ve tecrübeleri ile her zaman yol gösteren kıymetli hocam ve danışmanım Prof. Dr. Konuralp GİRGİN'e, tez çalışmalarım süresince danıştığım her konuda şahsımdan sabır ve anlayışını asla esirgemeyen Doç. Dr. Cüneyt VATANSEVER'e teşekkürü bir borç bilirim.

Lisansüstü eğitimim boyunca beni destekleyen, tez çalışmalarım sırasında sabır ve anlayış gösteren İstanbul Havalimanı Denetim Kurulu Başkan Yardımcısı Ediz KIZILTEPE'ye, çalışmalarım sırasında bilgi birikimi ve tecrübesi ile yardımını esirgemeyen İnşaat Yüksek Mühendisi İbrahim Vefa TOKER'e, tecrübelerinden istifade ettiğim İnşaat Yüksek Mühendisi Mustafa KÜRÇE'ye teşekkür ederim.

Uzun süren tez araştırmalarım sırasında şahsımdan sabrını esirgemeyen ve akademik çalışmalarım için beni her zaman cesaretlendiren kıymetli aileme emeklerinden dolayı şükranlarımı sunarım.

Haziran 2022

Muhammet Sait Büyük
İnşaat Mühendisi



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR.....	xi
SEMBOLLER	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xvii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xix
ÖZET	xxiii
SUMMARY	xxv
1. GİRİŞ	1
1.1 Genel.....	1
1.2 Çalışmanın Kapsam ve Amacı	2
1.3 Literatür Taraması.....	6
1.4 Dışmerkez Çaprazlı Çerçeve Elemanlarının Tasarım Kriterleri	7
1.4.1 Kolonların tasarımı	7
1.4.2 Çaprazların tasarımı.....	8
1.4.3 Bağ kirişlerinin tasarımı	8
1.4.4 Bağ kirişi dışında kalan kiriş bölgelerinin tasarımı	11
2. YAPI TASARIM VERİLERİ VE KONTROLLER.....	13
2.1 Giriş	13
2.2 Düzensizliklerin Kontrolü	13
2.2.1 A1 tipi düzensizlik kontrolü	13
2.2.2 A2 tipi düzensizlik kontrolü	15
2.2.3 A3 tipi düzensizlik kontrolü	15
2.2.4 B1 tipi düzensizlik kontrolü	16
2.2.5 B2 tipi düzensizlik kontrolü	16
2.2.6 B3 tipi düzensizlik kontrolü	17
2.3 Yapıya Etki Eden Sabit ve Hareketli Yükler	17
2.4 Kar Yükü Hesabı	18
2.5 Rüzgar Yükü Hesabı.....	20
2.6 Deprem Yükü Hesabı	27
2.6.1 Deprem tasarım bilgileri.....	27
2.6.2 Hakim doğal titreşim periyodunun belirlenmesi	33
2.6.3 Deprem yükü azaltma katsayısı.....	35
2.6.4 Eşdeğer deprem yükü hesabı	35
2.7 Genel (Doğrudan) Analiz	39
2.8 Yük Birleşimleri	39
2.9 Etkin Göreli Kat Ötelemelerinin Kontrolü	41

2.10 İkinci Mertebe Etkileri	42
3. DOĞRUSAL ANALİZ VE TASARIM	45
3.1 Giriş	45
3.2 İkincil Kiriş Elemanının Tasarımı	48
3.3 Bağ Kiriş Elemanının Tasarımı	52
3.4 Bağ Kirişi Dışında Kalan Kiriş Bölgesinin Tasarımı	54
3.5 Çapraz Elemanının Tasarımı	59
3.6 Kolon Elemanının Tasarımı	63
4. DOĞRUSAL OLMAYAN ANALİZ	67
4.1 Giriş	67
4.2 Şekil Değiştirmeye Göre Tasarım.....	67
4.3 Deprem İvme Kayıtlarının Seçimi.....	69
4.4 Deprem İvme Kayıtlarının Ölçeklenmesi.....	71
4.5 Doğrusal Olmayan Analiz Modelinin Oluşturulması.....	73
4.6 Dışmerkez Çaprazlı Çelik Çerçeve Elemanlarının Davranışlarının Değerlendirilmesi.....	76
4.6.1 Yapı elemanlarının değerlendirilmesi.....	76
4.6.1.1 Bağ kirişi	77
4.6.1.2 Bağ kirişi dışında kalan kiriş bölgesi.....	80
4.6.1.3 Çapraz	80
4.6.1.4 Kolon	80
4.6.2 Kat Ötelemeleri	80
4.6.3 Kat Yerdeğiştirmeleri.....	82
4.6.4 Kat Kesme Kuvvetleri	83
4.6.5 Kolon İç Kuvvetlerinin Kontrolü.....	84
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	87
KAYNAKLAR.....	91
EKLER	93
ÖZGEÇMİŞ	145

KISALTMALAR

AFAD	: Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
AISC	: American Institute of Steel Construction
ASCE	: American Society of Civil Engineers
BKS	: Bina Kullanım Sınıfı
BYS	: Bina Yükseklik Sınıfı
ÇYTHYDE	: Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapımına Dair Esaslar
DGT	: Dayanıma Göre Tasarım
DTS	: Deprem Tasarım Sınıfı
FEMA	: Federal Emergency Management Agency
PEER	: Pacific Earthquake Engineering Research Center
TBDY	: Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği
TS EN	: Türk Standartları Enstitüsü
YDKT	: Yük ve Dayanım Katsayıları ile Tasarım



SEMBOLLER

A	: Enkesit alanı
A_e	: Etkin net enkesit alanı
A_g	: Kayıpsız enkesit alanı
b	: Enkesit genişliği
B₁	: P-δ etkisini dikkate alan büyütme katsayısı
B₂	: P-Δ etkisini dikkate alan büyütme katsayısı
BH	: Belirgin hasar
c₀(z_e)	: Orografi katsayısı
C_{dir}	: Doğrultu katsayısı
C_{dir}	: Yön katsayısı
C_e	: Maruz kalma katsayısı
C_e	: Maruz kalma katsayısı
C_e	: Maruz kalma katsayısı
C_{pe}	: Dış basınç katsayısı
C_{pi}	: İç basınç katsayısı
c_r(z)	: Engebe katsayısı
C_{season}	: Mevsim katsayısı
C_t	: Ampirik doğal titreşim periyodu hesabında kullanılan katsayı
c_t	: Isı katsayısı
C_w	: Çarpılma sabiti
D	: Dayanım fazlalığı katsayısı
d	: Enkesit yüksekliği
DD-2	: 50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
DD-3	: 50 yılda aşılma olasılığı %50 (tekrarlanma periyodu 72 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
d_{fi}	: Binanın i'inci katına etki ettirilen fiktif yükten oluşan yerdeğiştirme
e	: Bağ kirişi boyu
E	: Elastisite modülü
E_d^(H)	: Yatay deprem etkisi

$E_d^{(H)}$	: Yatay deprem etkisi
$E_d^{(Z)}$	: Düşey deprem etkisi
F_1	: 1 saniye periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayısı
F_{cr}	: Kritik burkulma gerilmesi
F_{fi}	: Binanın i'inci katına etki ettirilen fiktif yük
F_{iE}	: Binanın i. kat kütle merkezine etkiyen eşdeğer deprem yükü
F_s	: Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayısı
F_u	: Yapısal çelik karakteristik çekme gerilmesi
F_y	: Yapısal çelik karakteristik akma gerilmesi
F_{ye}	: Yapısal çelik beklenen akma gerilmesi
G	: Kayma modülü
G	: Sabit yük
g	: Yer çekim ivmesi
$G\ddot{O}$	: Göçmenin önlenmesi
G_p	: Parapet yükü
G_w	: Dış duvar yükü
h_i	: Binanın i'inci katının kat yüksekliği
H_N	: Bina toplam yüksekliği
I	: Bina önem katsayısı
$I_v(z_e)$	: Türbülans şiddeti
$I_{x,y}$	: X ve Y yönleri atalet momentleri
$i_{x,y}$	: X ve Y yönleri atalet yarıçapları
J	: Burulma sabiti
K	: Burkulma boyu katsayısı
k_1	: Türbülans katsayısı
KH	: Kontrollü hasar
KK	: Kesintisiz kullanım
k_r	: Arazi katsayısı
L_b	: Stabilite bağlantısı ile desteklenmeyen eleman uzunluğu
L_p	: Akma sınır durumu için yanıl olarak desteklenmeyen sınır uzunluk
M_3	: Eğilme etkisinde şekildeğiştirme davranışı gösteren yığılı plastik mafsallı modeli
M_d	: Tasarım eğilme momenti dayanımı
m_i	: Binanın i. katının kütlesi
M_{ib}	: Ek kat burulma momenti

M_n	: Karakteristik eğilme momenti dayanımı
M_p	: Karakteristik plastic eğilme dayanımı
N_i	: İ. kat düzeyine etkitilen fiktif yük
P_d	: Tasarım eksenel basınç kuvveti
P_e, P_{gqs}	: Eksenel kuvvetler
PGA	: En büyük yer ivmesi
PGV	: En büyük yer hızı
PMM	: Eksenel yük ve eğilme etkisinde şekildeğiştirme davranışı gösteren yığılı plastik mafsallı model
Q	: Hareketli yük
q_b	: Esas hız kaynaklı rüzgar basıncı
q_p	: Tepe hız kaynaklı rüzgar basıncı
Q_r	: Çatı katı hareketli yükü
R	: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
$R_a(T)$	: Deprem yükü azaltma katsayısı
rad	: Radyan
R_y	: Olası akma gerilmesinin karakteristik akma gerilmesine oranı
S	: Berkitme levhaları arası uzaklıkları
S	: Kar yükü
s	: Saniye
S_1	: 1 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı
$S_{ae}(T)$	: Yatay elastik tasarım spektral ivmesi
$S_{aR}(T)$	: Azaltılmış tasarım spektral ivmesi
S_{D1}	: 1 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı
S_{DS}	: Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı
SH	: Sınırlı hasar
S_s	: Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı
T_A, T_B	: Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyotları
t_f	: Başlık kalınlığı
T_p	: Hakim doğal titreşim periyodu
T_{pA}	: Ampirik doğal titreşim periyodu
t_w	: Gövde kalınlığı
V2	: Kesme kuvveti etkisinde şekildeğiştirme davranışı gösteren yığılı plastik mafsallı model
v_b	: Esas rüzgar hızı
v_b	: Esas rüzgar hızı

V_d	: Tasarım kesme kuvveti
V_E	: Deprem etkilerinden oluşan tasarım kesme kuvveti
$V_m(z_e)$	: z_e metre referans yükseklik için ortalama rüzgar hızı
V_n	: Karakteristik kesme kuvveti dayanımı
V_p	: Plastik kesme kuvveti dayanımı
V_{tE}	: Binaya etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü
V_{tX}	: Eşdeğer deprem yükü ile elde edilen taban kesme kuvveti
V_x	: Zaman tanım alanında analiz ile elde edilen taban kesme kuvveti
w	: Rüzgar basıncı
w_i	: Binanın i. katının ağırlığı
$W_{pl,x}$	: Plastik mukavemet momenti
z	: Yer seviyesinden yükseklik
z_0	: Engebellik uzunluğu
$z_{0,II}$	: Arazi kategorisi II için engebellik uzunluğu
ZC	: Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrışmış, çok çatlaklı zayıf kayalar
z_e	: Bina yüksekliği
$z_{en\ büyük}$	: En büyük yükseklik
$z_{en\ küçük}$	: En düşük yükseklik
$z_{en\ küçük}$	: En düşük yükseklik
γ_p	: Bağ kirişi dönme açısı
ΔF_N	: Ek eşdeğer deprem yükü
δ_i	: Etkin görel kat ötelemesi
$\Delta_i^{(X)}_{maks}$	: Binanın i'inci katındaki en büyük azaltılmış görel kat ötelemesi
$\Delta_i^{(X)}_{ort}$	: Binanın i'inci katındaki ortalama azaltılmış görel kat ötelemesi
η_{bi}	: Binanın i'inci katında tanımlanan burulma düzensizliği katsayısı
η_{ci}	: Binanın i'inci katında tanımlanan dayanım düzensizliği katsayısı
η_{ki}	: Binanın i'inci katında tanımlanan rijitlik düzensizliği katsayısı
$\theta_{II,i}$	: İkinci mertebe gösterge değeri
θ_p	: Görel kat ötelemesi açısı
θ_y	: Akma durumu için yerdeğiştirmiş eksen dönmesi
λ	: Süneklik düzeyi yüksek
μ	: Çatı şekil katsayısı
ρ	: Hava yoğunluğu
ϕ_v	: Kesme kuvveti etkisi için dayanım katsayısı

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 1.1 : Kolon kesitleri.	8
Çizelge 1.2 : Çapraz kesitleri.....	8
Çizelge 1.3 : Kesme akması davranışı için bağ kirişinin alabileceği en büyük uzunluklar.....	10
Çizelge 1.4 : Hesap modeli için belirlenen bağ kirişi boyları.	10
Çizelge 1.5 : Bağ kirişi kesitleri.	10
Çizelge 2.1 : X yönü doğrultusunda A1 tipi düzensizlik kontrolü.	14
Çizelge 2.2 : Y yönü doğrultusunda A1 tipi düzensizlik kontrolü.	14
Çizelge 2.3 : X yönü doğrultusunda B2 tipi düzensizlik kontrolü.	16
Çizelge 2.4 : Y yönü doğrultusunda B2 tipi düzensizlik kontrolü.	17
Çizelge 2.5 : Çatı katı döşemesine etki eden sabit ve hareketli yükler.....	18
Çizelge 2.6 : Çatı katı döşemesine etki eden hareketli yükler.	18
Çizelge 2.7 : Normal kat döşemesine etki eden sabit ve hareketli yükler.	18
Çizelge 2.8 : Dış duvar ve parapet yükleri.	18
Çizelge 2.9 : A, B, C, D, E yüzeyleri için dış basınç katsayıları.	25
Çizelge 2.10 : Çatı ve cephelere etkiyen rüzgar yükleri.....	27
Çizelge 2.11 : Kat ağırlıkları ve kat kütleleri.	33
Çizelge 2.12 : X doğrultusu için fiktif yük kaynaklı kat yerdeğiştirmeleri.	34
Çizelge 2.13 : Y doğrultusu için fiktif yük kaynaklı kat yerdeğiştirmeleri.	34
Çizelge 2.14 : (X) yönünde katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri.	37
Çizelge 2.15 : (Y) yönünde katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri.	37
Çizelge 2.16 : Deprem yüklemeleri.....	38
Çizelge 2.17 : Fiktif yükler.....	39
Çizelge 2.18 : Yük birleşimleri.....	40
Çizelge 2.19 : (X) doğrultusu için etkin görelı kat ötelemelerinin kontrolü.	42
Çizelge 2.20 : (Y) doğrultusu için etkin görelı kat ötelemelerinin kontrolü.	42
Çizelge 2.21 : (X) doğrultusu için II. mertebe etkilerinin kontrolü.....	44
Çizelge 2.22 : (Y) doğrultusu için II. mertebe etkilerinin kontrolü.....	44
Çizelge 3.1 : Bina tasarımında kullanılan kesitler.	45
Çizelge 3.2 : Ortalama tasarım büyütme katsayıları.....	46
Çizelge 4.1 : Kiriş plastik dönme sınırları.	68
Çizelge 4.2 : Kolon plastik dönme sınırları.	68
Çizelge 4.3 : Bağ kirişi plastik dönme sınırları.	69
Çizelge 4.4 : Deprem yer hareketleri ve ölçek katsayıları.....	72
Çizelge 4.5 : Bağ kirişlerinde plastik şekildeğiştirme durumları.	79
Çizelge 4.6 : Her bir kattaki ortalama plastik şekildeğiştirme.	80

Çizelge 4.7 : Doğrusal ve doğrusal olmayan analizler sonucu elde edilen kesme kuvvetleri.	85
Çizelge G.1 : Corinth depremi plastik mafsal uzama ve dönme değerleri.	129
Çizelge G.2 : Darfield depremi plastik mafsal uzama ve dönme değerleri.	131
Çizelge G.3 : Düzce 1617 depremi plastik mafsal uzama ve dönme değerleri.	133
Çizelge G.4 : Düzce 8166 depremi plastik mafsal uzama ve dönme değerleri.	135
Çizelge G.5 : Hectormine depremi plastik mafsal uzama ve dönme değerleri.	137
Çizelge G.6 : Imperial Valley depremi plastik mafsal uzama ve dönme değerleri.	139
Çizelge G.7 : Irpinia depremi plastik mafsal uzama ve dönme değerleri.	141
Çizelge G.8 : Landers depremi plastik mafsal uzama ve dönme değerleri.	143
Çizelge G.9 : Manjil depremi plastik mafsal uzama ve dönme değerleri.	145
Çizelge G.10 : Tottori 3948 depremi plastik mafsal uzama ve dönme değerleri.	147
Çizelge G.11 : Tottori 3964 depremi plastik mafsal uzama ve dönme değerleri.	149



ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1 : Yapı üç boyutlu model görseli.	3
Şekil 1.2 : XZ düzlemi yapı kesiti.	4
Şekil 1.3 : XZ düzlemi yapı kesiti.	5
Şekil 1.4 : XY düzlemi kat planı.	6
Şekil 1.5 : Bağ kirişi uzunluğunun davranışına etkisi.	9
Şekil 2.1 : A1 tipi burulma düzensizliği.	14
Şekil 2.2 : A2 tipi döşeme süreksizlikleri durumları.	15
Şekil 2.3 : TS EN 1991-1-3 (2007) Ek MA, Çizelge MA.1.	19
Şekil 2.4 : TS EN 1991-1-3 Çizelge 5.1.	19
Şekil 2.5 : TS EN 1991-1-3 Şekil 5.1, Şekil 5.2, Çizelge 5.2.	20
Şekil 2.6 : TS EN 1991-1-4 Çizelge 5.1.	21
Şekil 2.7 : c_{pe} , dış basınç katsayısı.	23
Şekil 2.8 : Hız kaynaklı rüzgar basıncı profili.	24
Şekil 2.9 : Düşey duvarlar için açıklamalar.	24
Şekil 2.10 : $\theta = 0^0$ için çatı ve cephe rüzgar basınç yüzeyleri.	26
Şekil 2.11 : $\theta = 90^0$ için çatı ve cephe rüzgar basınç yüzeyleri.	26
Şekil 2.12 : Türkiye Deprem Tehlike Haritaları interaktif web uygulaması raporlama ekranı.	28
Şekil 2.13 : TBDY 2018 Yerel zemin etki katsayıları tabloları.	29
Şekil 2.14 : Yatay elastik tasarım spektrumu.	30
Şekil 2.15 : Düşey elastik tasarım spektrumu.	30
Şekil 2.16 : Bina kullanım sınıfları ve bina önem katsayısı.	31
Şekil 2.17 : Deprem tasarım sınıfları.	31
Şekil 2.18 : Bina yükseklik sınıfları.	31
Şekil 2.19 : Performans hedefi ve tasarım yaklaşımı.	32
Şekil 2.20 : Taşıyıcı sistem davranış katsayısı ve dayanım fazlalığı katsayısı.	32
Şekil 2.21 : Eşdeğer deprem yüklerinin katlara göre dağılımı.	37
Şekil 3.1 : Bina kat planı.	47
Şekil 3.2 : (XZ) eksen takımı bina kesiti.	47
Şekil 3.3 : (YZ) eksen takımı bina kesiti.	48
Şekil 3.4 : Tali giriş planı.	48
Şekil 3.5 : Tali girişte meydana gelen iç kuvvetler.	49
Şekil 3.6 : Bağ kirişi dışında kalan giriş bölgesine aktarılan yükler.	55
Şekil 4.1 : 0.2T-1.5T aralığında hedef spektrum eğrisi.	71
Şekil 4.2 : 1.3xTasarım spektrumu ve ölçeklendirilmiş deprem yer hareketi spektrumları.	72

Şekil 4.3	: 1.3xTasarım spektrumu ve ölçeklendirilmiş deprem yer hareketi spektrumları ortalaması.....	73
Şekil 4.4	: Imperial Valley H1 CPE147 ölçeklenmemiş ve ölçeklenmiş ivme kayıtları.	73
Şekil 4.5	: Doğrusal olmayan malzeme davranışı.	74
Şekil 4.6	: Yığılı plastik mafsalsal modeli.....	75
Şekil 4.7	: Plastik mafsalsal tanımlamaları 1.....	76
Şekil 4.8	: Plastik mafsalsal tanımlamaları 2.....	76
Şekil 4.9	: Kesit hasar bölgeleri.....	78
Şekil 4.10	: X doğrultusunda ortalama görel kat ötelemeleri.....	81
Şekil 4.11	: Y doğrultusunda ortalama görel kat ötelemeleri.....	82
Şekil 4.12	: X doğrultusunda kat yerdeğiştirmeleri.....	83
Şekil 4.13	: Y doğrultusunda kat yerdeğiştirmeleri.....	83
Şekil 4.14	: X doğrultusunda kat kesme kuvvetleri.....	84
Şekil 4.15	: Y doğrultusunda kat kesme kuvvetleri.....	84
Şekil 4.16	: Y yönü, A-2-3 aksı dışmerkez çaprazlı çerçeve için $V_x/V_{tx} - 1.25 R_y V_n/V_e$ grafiğı.....	86
Şekil 4.17	: 1. kat kolonlarının akslara yerleşimi.....	86
Şekil 4.18	: Kolon iç kuvvet karşılaştırması.....	87
Şekil A.1	: Çapraz-kolon-kiriş tipik bağlantı detayı.	97
Şekil A.2	: Çapraz-kiriş tipik bağlantı detayı.....	97
Şekil B.1	: Imperial Valley H1 ölçeklenmiş ve ölçeklenmemiş ivme kayıtları.....	99
Şekil B.2	: Imperial Valley H2 ölçeklenmiş ve ölçeklenmemiş ivme kayıtları.....	99
Şekil B.3	: Irpinia H1 ölçeklenmiş ve ölçeklenmemiş ivme kayıtları.....	100
Şekil B.4	: Irpinia H2 ölçeklenmiş ve ölçeklenmemiş ivme kayıtları.....	100
Şekil B.5	: Corinth H1 ölçeklenmiş ve ölçeklenmemiş ivme kayıtları.	101
Şekil B.6	: Corinth H2 ölçeklenmiş ve ölçeklenmemiş ivme kayıtları.	101
Şekil B.7	: Landers H1 ölçeklenmiş ve ölçeklenmemiş ivme kayıtları.	102
Şekil B.8	: Landers H2 ölçeklenmiş ve ölçeklenmemiş ivme kayıtları.	102
Şekil B.9	: Düzce 1617 H1 ölçeklenmiş ve ölçeklenmemiş ivme kayıtları.	103
Şekil B.10	: Düzce 1617 H2 ölçeklenmiş ve ölçeklenmemiş ivme kayıtları.	103
Şekil B.11	: Düzce 8166 H1 ölçeklenmiş ve ölçeklenmemiş ivme kayıtları.	104
Şekil B.12	: Düzce 8166 H2 ölçeklenmiş ve ölçeklenmemiş ivme kayıtları.	104
Şekil B.13	: Manjil H1 ölçeklenmiş ve ölçeklenmemiş ivme kayıtları.....	105
Şekil B.14	: Manjil H2 ölçeklenmiş ve ölçeklenmemiş ivme kayıtları.....	105
Şekil B.15	: Hectormine H1 ölçeklenmiş ve ölçeklenmemiş ivme kayıtları.	106
Şekil B.16	: Hectormine H2 ölçeklenmiş ve ölçeklenmemiş ivme kayıtları.	106
Şekil B.17	: Tottori 3948 H1 ölçeklenmiş ve ölçeklenmemiş ivme kayıtları.	107
Şekil B.18	: Tottori 3948 H2 ölçeklenmiş ve ölçeklenmemiş ivme kayıtları.	107
Şekil B.19	: Tottori 3964 H1 ölçeklenmiş ve ölçeklenmemiş ivme kayıtları.	107
Şekil B.20	: Tottori 3964 H2 ölçeklenmiş ve ölçeklenmemiş ivme kayıtları.	108
Şekil B.21	: Darfield H1 ölçeklenmiş ve ölçeklenmemiş ivme kayıtları.	108
Şekil B.22	: Darfield H2 ölçeklenmiş ve ölçeklenmemiş ivme kayıtları.	109
Şekil C.1	: Corinth depremi kat yer değıştirmeleri.	111
Şekil C.2	: Düzce 1617 depremi kat yer değıştirmeleri.	111
Şekil C.3	: Düzce 8166 depremi kat yer değıştirmeleri.	112

Şekil C.4	: Hectormine depremi kat yer değiştirmeleri.	112
Şekil C.5	: Imperial Valley depremi kat yer değiştirmeleri.....	112
Şekil C.6	: Irpinia depremi kat yer değiştirmeleri.....	113
Şekil C.7	: Landers depremi kat yer değiştirmeleri.	113
Şekil C.8	: Manjil depremi kat yer değiştirmeleri.....	114
Şekil C.9	: Tottori 3948 depremi kat yer değiştirmeleri.....	114
Şekil C.10	: Tottori 3964 depremi kat yer değiştirmeleri.....	115
Şekil C.11	: Darfield depremi kat yer değiştirmeleri.	115
Şekil D.1	: Corinth depremi kat ötelemeleri.	117
Şekil D.2	: Düzce 1617 depremi kat ötelemeleri.	117
Şekil D.3	: Düzce 8166 depremi kat ötelemeleri.	117
Şekil D.4	: Hectormine depremi kat ötelemeleri.....	117
Şekil D.5	: Imperial Valley depremi kat ötelemeleri.....	118
Şekil D.6	: Irpinia depremi kat ötelemeleri.....	118
Şekil D.7	: Landers depremi kat ötelemeleri.....	118
Şekil D.8	: Manjil depremi kat ötelemeleri.....	118
Şekil D.9	: Tottori 3948 depremi kat ötelemeleri.....	118
Şekil D.10	: Tottori 3964 depremi kat ötelemeleri.....	119
Şekil D.11	: Darfield depremi kat ötelemeleri.....	119
Şekil E.1	: Corinth depremi kat kesme kuvvetleri.	121
Şekil E.2	: Düzce 1617 depremi kat kesme kuvvetleri.	121
Şekil E.3	: Düzce 8166 depremi kat kesme kuvvetleri.	121
Şekil E.4	: Hectormine depremi kat kesme kuvvetleri.	121
Şekil E.5	: Imperial Valley depremi kat kesme kuvvetleri.....	122
Şekil E.6	: Irpinia depremi kat kesme kuvvetleri.....	122
Şekil E.7	: Landers depremi kat kesme kuvvetleri.	122
Şekil E.8	: Manjil depremi kat kesme kuvvetleri.....	122
Şekil E.9	: Tottori 3948 depremi kat kesme kuvvetleri.....	123
Şekil E.10	: Tottori 3964 depremi kat kesme kuvvetleri.....	123
Şekil E.11	: Darfield depremi kat kesme kuvvetleri.	123
Şekil F.1	: X yönü, 1-A-B aksı dışmerkez çaprazlı çerçeve için V_x/V_{tx} - 1.25 $R_y V_n/V_e$ grafiği.....	125
Şekil F.2	: X yönü, 1-D-E aksı dışmerkez çaprazlı çerçeve için V_x/V_{tx} - 1.25 $R_y V_n/V_e$ grafiği.....	125
Şekil F.3	: X yönü, 4-A-B aksı dışmerkez çaprazlı çerçeve için V_x/V_{tx} - 1.25 $R_y V_n/V_e$ grafiği.....	126
Şekil F.4	: X yönü, 4-D-E aksı dışmerkez çaprazlı çerçeve için V_x/V_{tx} - 1.25 $R_y V_n/V_e$ grafiği.....	126
Şekil F.5	: Y yönü, 2-3-A aksı dışmerkez çaprazlı çerçeve için V_x/V_{tx} - 1.25 $R_y V_n/V_e$ grafiği.....	126
Şekil F.6	: Y yönü, 1-2-C aksı dışmerkez çaprazlı çerçeve için V_x/V_{tx} - 1.25 $R_y V_n/V_e$ grafiği.....	127
Şekil F.7	: Y yönü, 3-4-C aksı dışmerkez çaprazlı çerçeve için V_x/V_{tx} - 1.25 $R_y V_n/V_e$ grafiği.....	127
Şekil F.8	: Y yönü, 2-3-E aksı dışmerkez çaprazlı çerçeve için V_x/V_{tx} - 1.25 $R_y V_n/V_e$ grafiği.....	127

Şekil G.1	: Katlara ve akslara göre bağ kirişi eleman numaraları.....	129
------------------	---	-----



DIŞMERKEZ ÇAPRAZLI ÇELİK ÇERÇEVELİ ÇOK KATLI BİR YAPININ DOĞRUSAL VE DOĞRUSAL OLMAYAN DİNAMİK ANALİZ YÖNTEMLERİ İLE İNCELENMESİ

ÖZET

Birçok farklı endüstriyel alanda hammadde olarak kullanılan çelik, çeşitli kalite ve ölçülerde üretilerek yapısal tasarım ürünü olarak karşımıza çıkmaktadır. Farklı kalite sınıflarında üretilen çelik, ihtiyaca göre çeşitli şekillerde bir araya getirilerek yapı iskeletini oluşturmaktadır. Merkezi çaprazlı ve dışmerkez çaprazlı çerçevelerin kullanıldığı yüksek katlı yapılar, moment aktaran çerçevelerden teşkil edilen endüstriyel tesisler, serbest formlar oluşturularak üretilen kabuk tasarımlar, kafes sistemler oluşturularak meydana gelen özel çatılar veya makaslı kemerler ile oluşturulan köprüler gibi farklı ihtiyaçlara yönelik tasarımlar, çeliğin kullanıldığı yapısal sistemlere örnek olarak verilebilir. Tüm bu sistemler, deprem gibi doğal afetlere karşı güvenli ve güvenilir yapılar üretmek için keşfedilen yöntemlerdir. Dışmerkez çaprazlı çelik çerçeveler de deprem gibi afetlerin yaşanmasının yüksek ihtimalde olduğu bölgelerde meydana gelebilecek yanal yüklere karşı direnç sağlanması amacıyla üretilmiş bir modeldir. Dışmerkez çaprazlı çelik çerçeveli sistemler, sismik olaylara karşı öngörülebilir davranış modeli sağlaması bakımından elverişlidir. Bu durumun nedeni bağ kirişi olarak isimlendirilen elemanlardır. Yapı sistemine etki eden kuvvetli yanal yükler, çerçeve sistemindeki çaprazlar aracılığı ile bağ kirişine aktarılmaktadır. Bu sayede deprem kuvvetleri gibi büyük kuvvetler, yapı iskeletinde belirli noktalara indirgenir ve bu noktalarda yapılacak uygun tasarımlar ile güvenli yapılar ortaya çıkar.

Çalışmamızın amacı, dışmerkez çaprazlı çelik çerçeveli sistemlerden teşkil edilmiş sekiz katlı bir yapının doğrusal davranışını ve gerçek deprem kayıtlarının uygun metotlar kullanılarak yapıya etki ettirilmesi sonucu meydana gelen doğrusal olmayan davranışını irdelemektir. Bu kapsamda öncelikle elemanlar belirlenmiş, sünek davranış gösterecek şekilde yapı sistemi oluşturulmuştur. Oluşturulan sistem ve davranış şekli için kapsamlı bir literatür taraması gerçekleştirilmiştir. Bu sebeple kesme kuvveti etkisinde sünek davranış gösteren bağ kirişi elemanları tercih edilmiştir. Oluşturulan yapı sistemi, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (2018) içerisinde yer alan tanımlamalar ve kurallara göre doğrusal olarak tasarlanmıştır. Elde edilen analiz sonuçları ile Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapımına Dair Yönetmelik (2018) doğrultusunda yapı sistemine ait elemanların boyutlandırma hesapları yapılmıştır. Doğrusal tasarımı yapılan yapı sistemi, doğrusal olmayan dinamik yöntem kullanılarak yeniden analiz edilmiştir. Bu analiz sonucunda, dışmerkez çaprazlı çelik çerçeve elemanlarının şekil değiştirme kapasiteleri ve yapı sisteminde meydana gelen kat ötelemeleri gibi davranışlar irdelenmiştir. Şekil değiştirmeye göre tasarım için zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemi tercih edilmiştir. Bu metot için gerçek deprem kayıtları uygun yöntemler ile belirli kriterlere uygun şekilde seçilmiş ve ölçeklenmiştir. Aynı şekilde, yapı elemanlarının da doğrusal olmayan davranış

modeli oluşturulmuştur. Yapılan çalışmalar için uluslararası kabul görmüş SAP2000 v22 yazılımı tercih edilmiştir.

Çalışma sonucunda, doğrusal olarak tasarlanan yapı sisteminin doğrusal olmayan davranışı incelenmiş ve dışmerkez çaprazlı çelik çerçevelerden teşkil edilmiş yapı sistemlerinin deprem etkileri altında davranışları gözlemlenmiştir. Netice itibari ile gerek doktrinde gerekse de deneysel çalışmalarda hemfikir olunduğu gibi deprem kuvvetlerinin bağ kirişi elemanlarına aktarıldığı ve bu elemanların uygun şekilde tasarlanması sonucu depreme karşı dirençli sistemler üretilebileceği görülmüştür. Bağ kirişi elemanlarında oluşturulan farklı nitelikteki plastik mafsalları modelleri ile inceleme yapılmış ve meydana gelen plastikleşme durumları göz önüne alınarak tasarım önerileri sunulmuştur.



STUDY ON LINEAR AND NONLINEAR DYNAMIC ANALYSIS OF ECCENTRICALLY BRACED STEEL FRAMED MULTI-STOREY BUILDING

SUMMARY

Steel, which is used as a raw material in many different industrial areas, is produced in various qualities and sizes and appears as a structural design product. Steel produced in different quality classes can be gathered in various ways to form structural frame systems. Structural systems that consist of steel can be exemplified as follows: Concentrically-braced framed and eccentrically-braced framed highrise buildings, moment-resisting framed industrial buildings, free form shell designs, truss systemed special roofs and bridges. All aforementioned systems are discovered to produce safe and reliable systems against natural disasters such as earthquake. Eccentrically-braced steel frames are also a model produced to provide resistance against lateral loads that may occur in regions where disasters such as earthquakes are highly possible. Eccentrically-braced steel framed systems are convenient in that they provide a predictable behavior pattern against seismic events. The reason for this is the elements called link beams. Strong lateral loads acting on the building system are transferred to the link beam through the braces in the frame system. Thus, large forces such as earthquake are accumulated on certain points of the structure systems and safe structures come to exist when appropriate designs are made for these accumulating points.

The aim of this study is to examine linear behaviour and non-linear behaviour under real time earthquake records acting on an eight-floored eccentrically-braced steel framed structure using appropriate methods. Within this scope, first of all, the elements are determined and a structure system is formed to show ductile behavior. A comprehensive literature review is made for the formed system and the pattern of behaviour. Therefore, link beams are preferred for the reason that such elements show ductile behaviour when shear force acted. The formed structure system is designed linearly according to the definitions and rules in the Turkey Building Earthquake Regulation (2018). Design of the elements are completed according to beforementioned analysis and ÇYTHYE (2018). The linear analyzed system is reanalyzed using the non-linear dynamic method. As a result of this analysis, behaviours such as deformation capacities of the eccentrically-braced steel frame elements and story drifts of the building are examined. Dynamic time history analysis method is preferred for the non-linear design. For this method, real time earthquake records are selected and scaled in accordance with appropriate methods and certain criteria. In the same way, a nonlinear behavior model of the building elements is formed as well. Internationally accepted SAP2000 v22 software is preferred for the examinations.

As a result of the study, nonlinear behaviour of the linear-designed structure system is analyzed and behaviours of eccentrically-braced steel framed systems when

earthquake acted are examined. Consequently, in parallel with both doctrine and experimental studies, it has been seen that the earthquake forces are transferred to the link beam elements and earthquake resistant systems can be produced when these elements are properly designed. Examinations are made with different plastic hinge models formed in the link beam elements and design suggestions are presented considering the plasticization occurred.



1. GİRİŞ

1.1 Genel

Avrasya, Arap ve Afrika levhalarının tektonik hareketleri nedeni ile sıkışan Anadolu levhasında meydana gelen kırılmalar, Türkiye'nin bugünkü morfolojik yapısını oluşturmuş, güneyinde Akdeniz ve kuzeyinde Karadeniz boyunca sıradağlar oluşmasına sebep olmuştur. Yer kabuğunda meydana gelen sıkışmalar sonucunda kırılmalar gerçekleşerek fay hatlarını oluşturmaktadır. Ülkenin doğusundan batısına doğru uzanan Kuzey Anadolu Fay hattı, yine doğusundan güneyine doğru ilerleyen ve Arap levhası ile Anadolu levhası arasında sınır boyunca uzanan Doğu Anadolu Fay hattı ve ülke batısında yer alan Batı Anadolu Bölgesi fay hatları olmak üzere neredeyse ülkenin büyük çoğunluğunda fay hatları bulunmaktadır. Tarih boyunca birçok depremin yaşandığı bir bölgede bulunan Türkiye; günümüzde, aktif fay hatlarının yer aldığı bir ülke olarak deprem gerçeği ile her an karşı karşıyadır. Özellikle ülke nüfusunun büyük bir çoğunluğunun fay hatlarına yakın olarak yaşamlarını sürdürmesi, depreme karşı hazırlık çalışmalarının ve mühendislik faaliyetlerinin önemini bir kere daha bizlere göstermektedir. Olası can kayıplarının azaltılması, deprem gibi doğal afetlere karşı hazırlıklı olunması için idari, fenni bir çok paydaşa sorumluluk getirmektedir. Bu sebeptendir ki gerek ülkemiz bilim insanlarının ve mühendislerin gerekse de kanuni düzenlemeleri yapan kamu görevlilerinin gelişen teknoloji ile beraber meydana gelen bilimsel çalışmaları yakinen takip etmesi önem arz etmektedir.

Fay hatlarındaki kırılmalar sonucunda meydana gelen depremler, yatay ve düşey yük etkisi olarak yapılara tesir etmektedir. Yapıların tasarımında, statik yükler ile birlikte dinamik etkilerin hesaba katılması gerekmektedir. Bu nedenle yapıların hem düşey hem de yatay yüklere maruz kaldığı bilinmektedir. Yatay ve düşey kuvvetlere karşı emniyetli bir şekilde tasarım için çeşitli yöntemler kullanılmakta ve bu konularda birçok bilimsel ve teknolojik gelişmeler yaşanmaktadır. Gelişen bilim ve teknoloji ile yapı tasarımında farklı malzemeler kullanılmakta ve farklı nitelikteki

birçok taşıyıcı sistem modeli oluşmaktadır. Çelik de bu malzemelerden biri olmakla birlikte çeşitli ölçü ve şekillere sahip olarak, farklı şekillerde bir araya getirilerek, çeşitli yapı sistemi modellerinin oluşmasına olanak sağlamaktadır. Çeliğin malzeme olarak yapılarda kullanılması 18. yüzyıla kadar dayanmaktadır. Nitekim 18. yüzyıl sonlarında yapılan Coalbrookdale köprüsü yaklaşık 30 metre açıklığa sahiptir ve günümüzde halen kullanılmaktadır. Tarih boyunca çelik; köprülerden yüksek yapılara, endüstriyel tesislerden stadyumlara kadar bir çok farklı amaçlı projede taşıyıcı sistem elemanı olarak tercih edilmiştir. Malzeme özelliği olarak ise çelik, yüksek süneklik düzeyine sahiptir. Süneklik ise kısaca, malzemenin şekil değiştirme kapasitesi olarak tanımlanabilir. Süneklik, depreme dayanıklı yapıların tasarımında önemli bir kriterdir.

Çeliğin yapılarda tercih edilmesi ve zamanla gelişen bilimsel ve teknolojik çalışmalar, günümüzde farklı taşıyıcı sistem modelleri oluşmasına imkan sağlamıştır. Bu modellerden biri de dışmerkezli çaprazlara sahip çelik çerçeveli sistemlerdir. Yatay kuvvetlere karşı dayanım sağlayan dışmerkez çaprazlı sistemler, yüksek süneklik düzeyine sahip olmakla beraber önemli ölçüde elastik rijitlik kapasitesine sahiptir. Bu sistemin tasarım felsefesindeki esas amaç, yapıya etki eden deprem yükü gibi büyük yatay kuvvetleri, plastik davranış kapasitesi yüksek bağ kirişi adı verilen elemanlar aracılığı ile sönmlemektir.

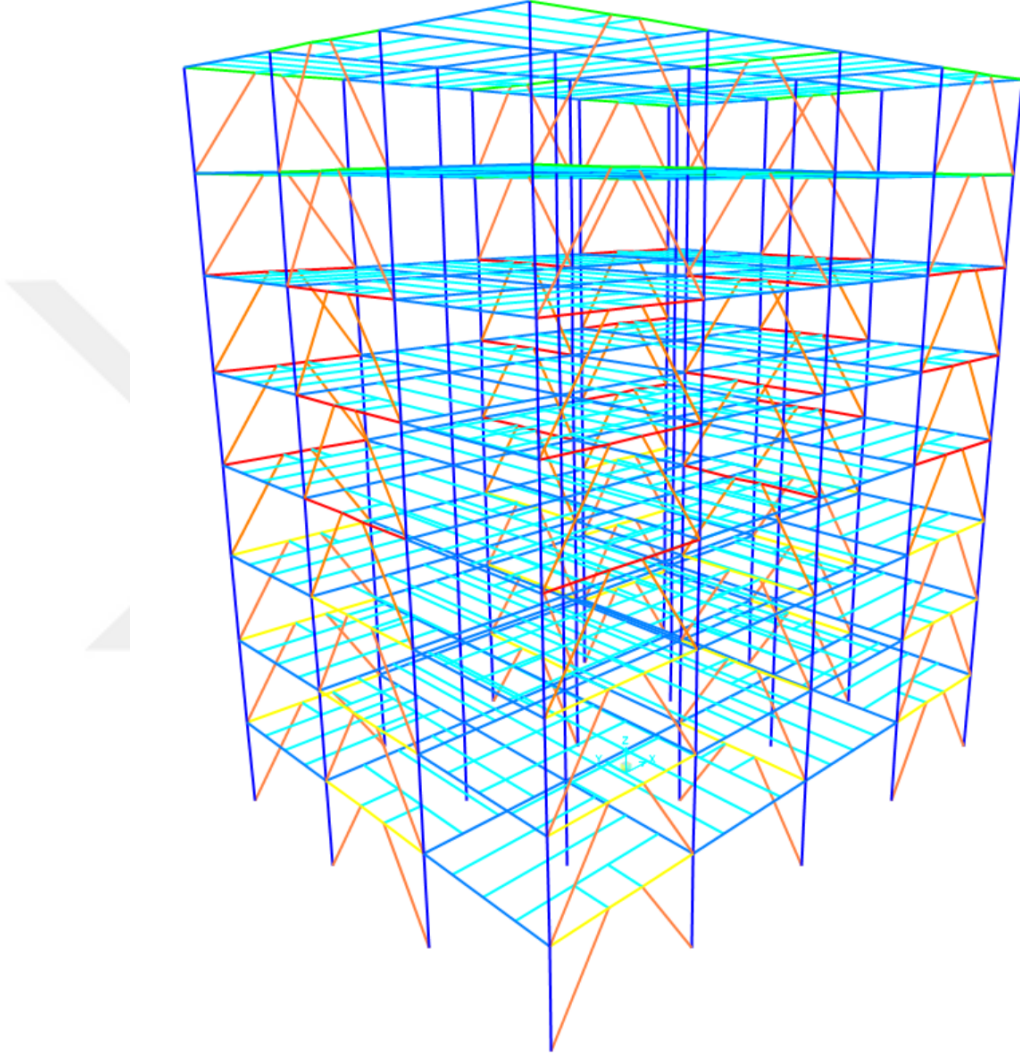
1.2 Çalışmanın Kapsam ve Amacı

Çalışma kapsamında, her iki yatay doğrultuda dışmerkez çaprazlı çelik çerçevelere sahip sekiz katlı bir yapı ele alınmıştır. Bu yapının öncelikle dayanıma göre tasarımı gerçekleştirilmiştir. Daha sonra aynı yapı üzerinde şekil değiştirmeye göre değerlendirmesi yapılarak yapı performansı incelenmiştir. Doğrusal hesap adımları için eşdeğer deprem yükü kullanılırken doğrusal olmayan dinamik analiz metodu olarak ise zaman tanım alanında hesap tercih edilmiştir. Yapı sistemi sünek bir sistem olarak tasarlanmıştır ve bu sisteme etkiyen yanal yüklerin bağ kirişi elemanlarına ne şekilde aktarıldığı, bağ kirişi elemanlarının da bu yükler altında nasıl davranış gösterdiği izlenmiştir.

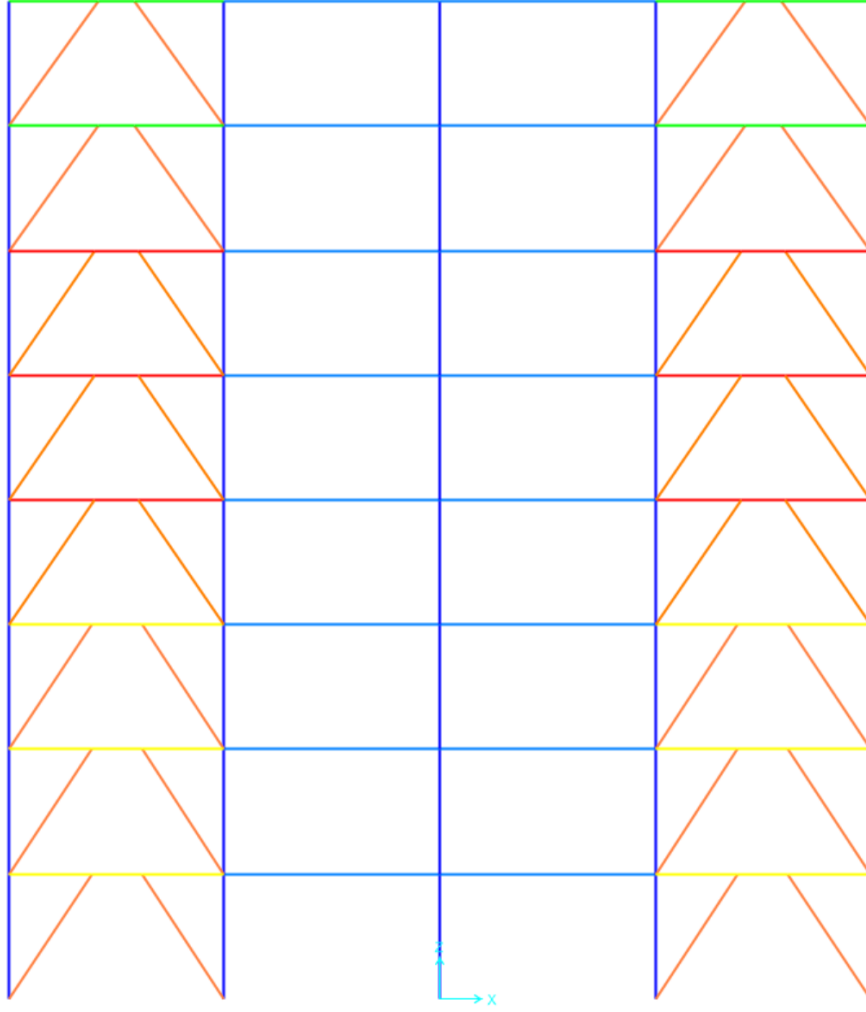
Yapılan araştırmalar ve çalışmalar doğrultusunda, süneklik düzeyi yüksek dışmerkez çaprazlı çelik çerçeveli bir yapının istenilen davranışı ve performansı ne şekilde sergileyebildiği irdelenmiştir. Yapılan doğrusal ve doğrusal olmayan analizler ve

sonuçlar neticesinde, dışmerkez aprazlı ereve elemanlarının tasarımı için farklı önerilere yer verilmeye çalışılmıştır.

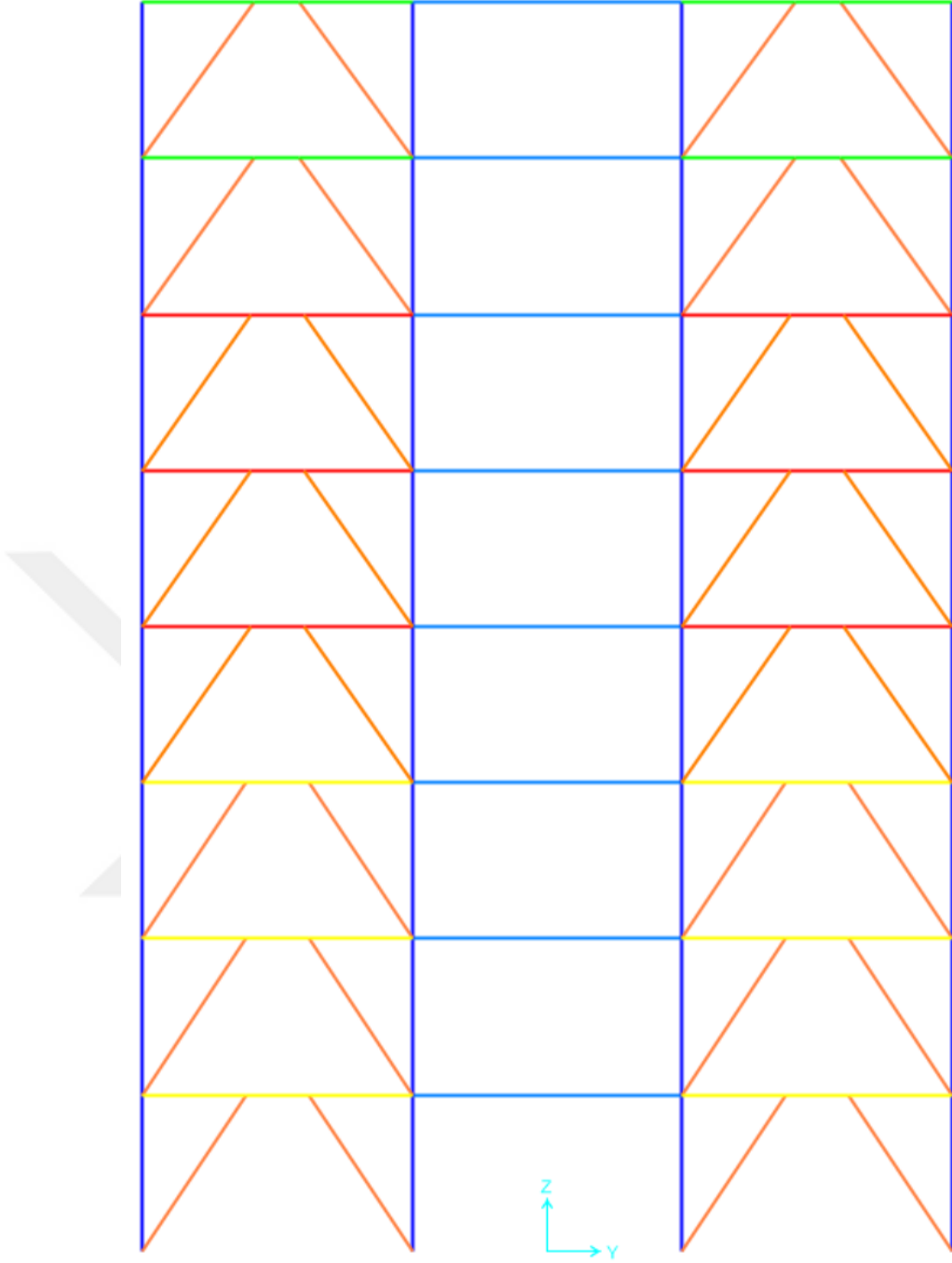
Tez alışması kapsamında incelenen yapı modelinin üç boyutlu görseli şekil 1.1’de ve kesitleri şekil 1.2 ve şekil 1.3’te yer almaktadır. Ayrıca plan kesitine ait görsel de şekil 1.4’te yer almaktadır.



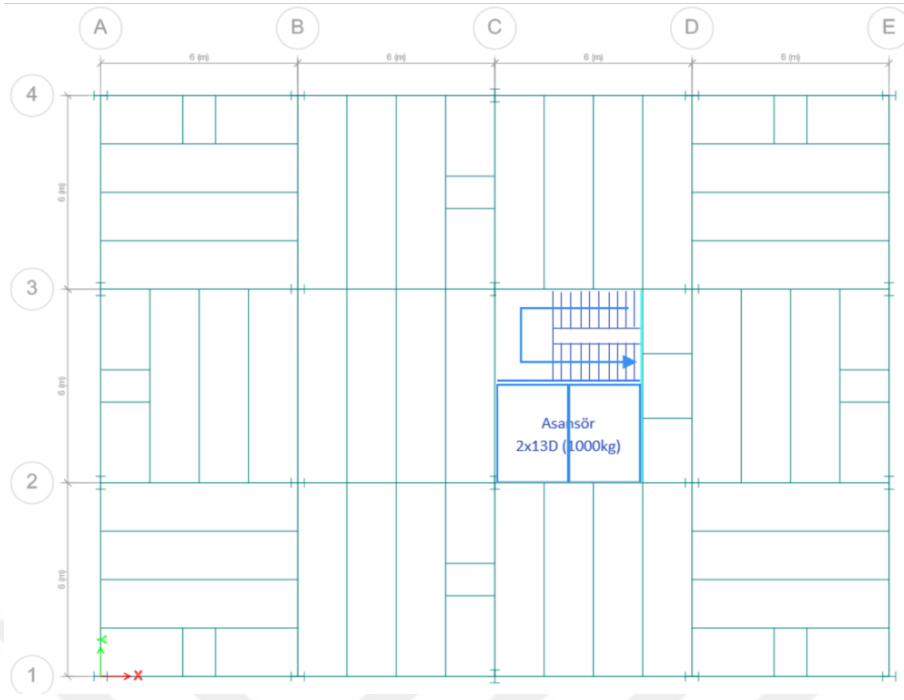
şekil 1.1 : Yapı üç boyutlu model görseli.



Şekil 1.2 : XZ düzlemi yapı kesiti.



Şekil 1.3 : XZ düzlemi yapı kesiti.



Şekil 1.4 : XY düzlemi kat planı.

1.3 Literatür Taraması

Dışmerkez çaprazlı çelik çerçeveli yapılarla ilgili geçmişte yapılan araştırmalar ve bilimsel çalışmalar tez çalışmasının hazırlanmasında yol gösterici olmuştur. Konu hakkında literatür taraması gerçekleştirilmiş ve bu araştırmalar bu bölümde özetlenmiştir.

Engelhardt ve Popov [1], araştırma kapsamında dışmerkez çaprazlı çerçevelerin tasarımı üzerine çalışmışlardır. Bu kapsamda, kapasite tasarımı ilkesinin önemi ve uygulamadaki eksiklerin giderilmesi konusuna önem vermişlerdir. Bağ kirişi elamanlarının farklı boylardaki tasarımlarına göre segiledikleri davranışlar ele alınmıştır.

Hjelmstad ve Popov [2], araştırma kapsamında bağ kirişlerinin yükler altında çevrimsel davranışı ve tasarımı üzerine çalışmalar gerçekleştirmişlerdir.

Hjelmstad ve Popov [3], araştırma kapsamında dış merkez çaprazlı çelik çerçevelerin temel karakteristik özellikleri üzerinde durmuşlar ve deprem bölgelerinde yapılacak yapılardaki çerçeve sistemlerinin davranışlarını değerlendirmişlerdir.

Malley ve Popov [4], araştırma kapsamında kesme kuvveti etkisinde akma davranışı sergileyen bağ kirişi elemanlarının bağlantı detayları ve gövdede yer alan berkitme levhası eklerinin davranışa etkisi üzerine çalışmışlardır.

Ramadan ve Ghobarah [5], araştırma kapsamında kesme etkisinde çalışan kısa bağ kirişi davranışı için analitik bir model önerilmiş, çeşitli deneylerden elde edilen gözlem ve sonuçlara dayalı olarak model parametreleri oluşturulmuştur.

Durgun ve arkadaşları [6], araştırma kapsamında dış merkez çaprazlı çelik perdenin zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizi ile deprem performansı üzerine çalışmışlardır.

Bruneau ve diğerleri [7], çalışma kapsamında dış merkez çaprazlı çelik çerçeveler üzerine yapılmış çalışmaları ve kapasite tasarım ilkelerini toparlamışlardır. Ayrıca yönetmeliklere girmiş tasarım yöntemlerini ele almışlardır.

Fahjan [8], gerçek deprem kayıtlarının seçilmesi ve ölçeklenmesi üzerine çalışmalar gerçekleştirmiştir.

1.4 Dışmerkez Çaprazlı Çerçeve Elemanlarının Tasarım Kriterleri

1.4.1 Kolonların tasarımı

Kolonlar için çelik malzeme kalitesi S355 olan H enkesitine sahip elemanlar tercih edilmiştir. Kolonların yerleşiminde dışmerkez çaprazlı çerçeveler dikkate alınmıştır. Çapraz olan çerçeve elemanlarında, kolonların güçlü ekseninin çaprazlı çerçeve yönünde olmasına dikkat edilmiştir. Yatay yüklerin çaprazlı çerçeve elemanları tarafından taşınmasında kolonların güçlü ekseninin yerleşimi önem arz etmektedir. Çaprazlı çerçeve elemanları üç farklı şekilde tasarlanmıştır. Katlara göre tercih edilen kolon enkesitleri Çizelge 1.1’de yer almaktadır.

Çizelge 1.1 : Kolon kesitleri.

Kat	Malzeme Sınıfı	Enkesit
8	S355	HE400B
7	S355	HE400B
6	S355	HE450B
5	S355	HE450B
4	S355	HE450B
3	S355	HE500B
2	S355	HE500B
1	S355	HE500B

Kolonların tasarımı, TBDY (2018) Bölüm 9 ve ÇYTHYDE (2018) yönetmeliğinde yer alan ilgili hususlar göz önüne alınarak gerçekleştirilmiştir.

1.4.2 Çaprazların tasarımı

Çaprazlar için çelik malzeme kalitesi S355 olan H enkesitine sahip elemanlar tercih edilmiştir. Çapraz elemanların üst yani bağ kirişi ile birleşim detayı ankastre, alt yani kolon ve kiriş kesişim noktası ile birleşimi mafsallı olacak şekilde tasarlanmıştır. Kolon tasarımı gibi çaprazlar da üç ayrı kesit olarak katlara yerleştirilmiştir. Katlara göre tercih edilen çapraz enkesitleri Çizelge 1.2’de yer almaktadır.

Çizelge 1.2 : Çapraz kesitleri.

Kat	Malzeme Sınıfı	Enkesit
8	S355	HE200B
7	S355	HE200B
6	S355	HE220B
5	S355	HE220B
4	S355	HE220B
3	S355	HE240B
2	S355	HE240B
1	S355	HE240B

Çaprazların tasarımı, TBDY (2018) Bölüm 9 ve ÇYTHYDE (2018) yönetmeliğinde yer alan ilgili hususlar göz önüne alınarak gerçekleştirilmiştir.

1.4.3 Bağ kirişlerinin tasarımı

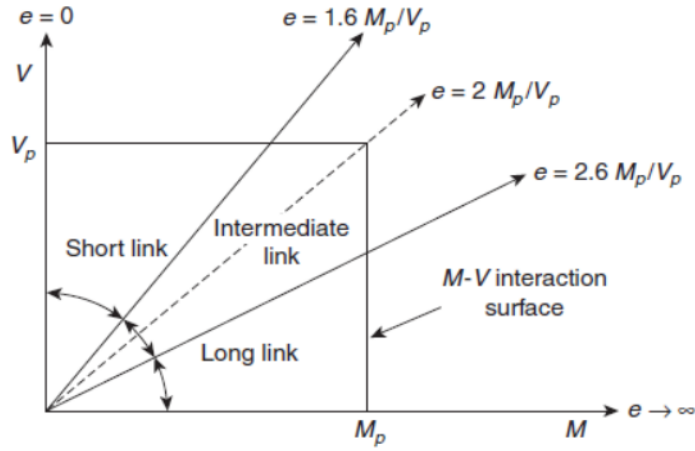
Engelhardt ve Popov [1], araştırma kapsamında yapmış oldukları deneysel çalışmalar ile bağ kirişi boyunun sistem davranışı üzerindeki etkisi hakkında belli sonuçlara

ulaşmışlardır. Dışmerkez çaprazlı çelik çerçevenin elastik olmayan deformasyon kapasitesinin, uzun bağ kirişleri kullanıldığında büyük ölçüde azaltılabileceğini göstermektedir [1]. Buna göre bağ kirişi uzunluğu (e) olmak üzere;

$e > 2.6M_p/V_p$ ise bağ kirişinde eğilme akması,

$1.6M_p/V_p < e < 2.6M_p/V_p$ ise bağ kirişinde hem kesme hem de eğilme akması,

$e < 1.6M_p/V_p$ ise bağ kirişinde kesme akması gerçekleşmektedir. Bu durum Şekil 1.1’de grafik halinde gösterilmiştir.



Şekil 1.5 : Bağ kirişi uzunluğunun davranışına etkisi.

Tez çalışması kapsamında tasarlanan bağ kirişi elemanlarının sadece kesme akması gerçekleşmesi istenmektedir. Bu kesme akması, bağ kirişi gövdesinde ve bağ kirişi boyunca oluşmaktadır. Bu davranışın gerçekleşmesi için kısa bağ kirişi yani $e < 1.6M_p/V_p$ şeklinde tasarım gerçekleştirilmiştir [9]. Ön boyutlandırma çalışmasında, bağ kirişi uzunluğu, e $1.3M_p/V_p$ civarında alınmış ve yapı, yatay ve düşey yükler altında analiz edilerek nihai sonuçlara varılmıştır. TBDY (2018)’de yer alan yönergeler doğrultusundan bağ kirişi tasarımı gerçekleştirilmiştir. $1.6M_p/V_p$ sınır değeri için katlara göre hesaplanan bağ kiriş boyları Çizelge 1.3’te yer almaktadır. Tez çalışması için tercih edilen bağ kirişi boyu, e ’nin $1.3M_p/V_p$ civarlarında belirlenen değerleri, katlara göre Çizelge 1.4’te yer almaktadır.

Çizelge 1.3 : Kesme akması davranışı için bağ kirişinin alabileceği en büyük uzunluklar.

Kat	$1.6M_p/V_p$ (m)
8	1.23
7	1.23
6	1.52
5	1.52
4	1.52
3	1.73
2	1.73
1	1.73

Çizelge 1.4 : Hesap modeli için belirlenen bağ kirişi boyları.

Kat	$1.3M_p/V_p$ (m)	Belirlenen Bağ Kirişi Boyları (m)
8	1.00	1.00
7	1.00	1.00
6	1.24	1.20
5	1.24	1.20
4	1.24	1.20
3	1.41	1.40
2	1.41	1.40
1	1.41	1.40

Bağ kirişi elemanları için çelik malzeme sınıfı S275 olarak tercih edilmiştir. Kesit olarak H enkesitli eleman tercih edilmiştir. Bina, aralarında benzer katlar olmak üzere üç farklı şekilde modellenmiştir. Bunun sonucunda ilk üç kat kendi içerisinde aynı, ikinci üç kat kendi içerisinde aynı ve son iki kat da kendi içerisinde aynı şekilde tasarlanmıştır. Bu sebeple üç farklı bağ kirişi kesiti tercih edilmiştir. Bağ kirişlerinin katlara göre tercih edilen kesitleri Çizelge 1.5’te sunulmuştur.

Çizelge 1.5 : Bağ kirişi kesitleri.

Kat	Malzeme Sınıfı	Enkesit
8	S275	HE220B
7	S275	HE220B
6	S275	HE260B
5	S275	HE260B
4	S275	HE260B
3	S275	HE300B
2	S275	HE300B
1	S275	HE300B

1.4.4 Bağ kirişi dışında kalan kiriş bölgelerinin tasarımı

Çaprazlı çerçeve kirişi; bağ kirişi ve bağ kirişi dışında kalan kiriş bölgese olarak, çaprazların kirişe bağlandığı şekil ve konuma göre farklı bölgelere ayrılmıştır. Bağ kirişi dışında kalan kiriş bölgese kesitleri de bağ kirişi ile aynı olmakla beraber katlardaki tercih durumu da yine bağ kirişi ile aynı şekildedir. Bağ kirişi dışında kalan kiriş bölgelerinin tasarımı, TBDY (2018) Bölüm 9 ve ÇYTHYDE (2018) yönetmeliğinde yer alan ilgili hususlar göz önüne alınarak gerçekleştirilmiştir. TBDY (2018) 9.8.6.3 uyarınca, bağ kirişi elemanının plastikleşmesine neden olan yükleme, yönetmeliğin aynı maddesinde yer alan katsayı ile çarpılarak büyütülecektir. Bağ kirişi dışında kalan kiriş bölgeseinin tasarımı, elde edilen arttırılmış yükler ile yapılacaktır. Ayrıca kiriş elemanının kolon ile birleşimi mafsallı olacak şekilde tasarlanmıştır.



2. YAPI TASARIM VERİLERİ VE KONTROLLER

2.1 Giriş

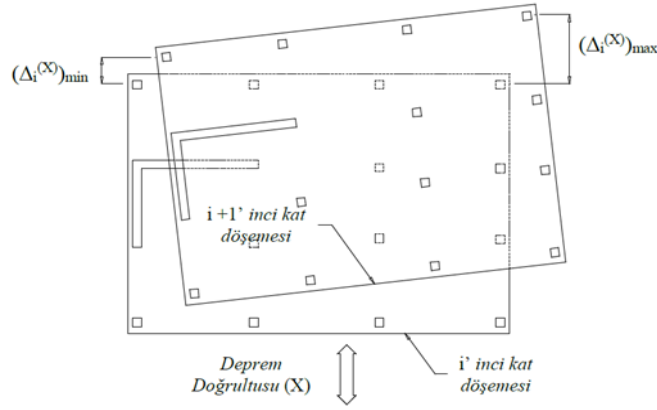
Bu bölümde, öncelikle yapı geometrisinin düzensizlik kontrolleri gerçekleştirilecektir. Daha sonra, yapı tasarımına esas alınacak sabit ve hareketli yükler, kar yükü, rüzgar yükü ve deprem yükleri belirlenecektir. Elde edilen yükler, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'nde yer alan ve doğrusal hesap yöntemi olan “Dayanıma Göre Hesap” metodu yönergeleri doğrultusunda analiz edilecektir. Elde edilen analiz sonuçları ile deprem yönetmeliğinde verilen kurallara göre bina taşıyıcı sisteminin gerekli kontrolleri sağlanacaktır.

2.2 Düzensizliklerin Kontrolü

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (2018) Bölüm 3.6 uyarınca, planda ve düşey doğrultuda düzensizlik meydana getiren durumlar yer almaktadır [9]. Yönetmelikte yer alan bu durumlar için yapı sistemine ait düzensizlik kontrollerinin yapılması zaruridir. Bu bağlamda A1, A2, A3, B1, B2 ve B3 tipi düzensizlik kontrolleri gerçekleştirilecektir.

2.2.1 A1 tipi düzensizlik kontrolü

TBDY (2018) Tablo 3.6 da belirtildiği üzere, “burulma düzensizliği katsayısı, η_{bi} birbirine dik deprem doğrultularından herhangi biri için, herhangi bir kattaki en büyük görelî kat ötelemesinin yine o katta ve aynı doğrultudaki ortalama kat ötelemesine oranı demektir” [9]. A1 tipi burulma düzensizliği durumu Şekil 2.1’de gösterilmiştir.



Döşemelerin kendi düzlemleri içinde rijit diyafram olarak çalışmaları durumunda

$$(\Delta_i^{(X)})_{ort} = 1/2 [(\Delta_i^{(X)})_{max} + (\Delta_i^{(X)})_{min}]$$

$$\text{Burulma düzensizliği katsayısı: } \eta_{bi} = (\Delta_i^{(X)})_{max} / (\Delta_i^{(X)})_{ort}$$

$$\text{Burulma düzensizliği durumu: } \eta_{bi} > 1.2$$

Şekil 2.1 : A1 tipi burulma düzensizliği.

TBDY (2018)'de verilen koşullar doğrultusunda her bir kat için burulma düzensizliği katsayısı hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda, burulma düzensizliği katsayısının gerekli koşulları sağladığı tespit edilmiş ve bu hesaplamalar Çizelge 2.1 ve Çizelge 2.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1 : X yönü doğrultusunda A1 tipi düzensizlik kontrolü.

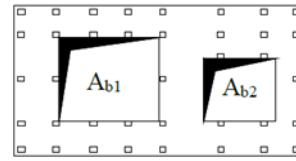
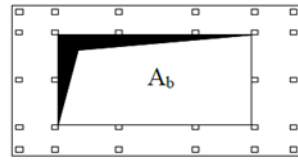
Kat	$\Delta_{i,maks}(m)$	$\Delta_{i,ort}(m)$	η_{bi}	Koşul
Çatı	0.0044	0.0041	1.051	≤ 2.0
7	0.0051	0.0048	1.052	≤ 2.0
6	0.0055	0.0052	1.055	≤ 2.0
5	0.0058	0.0055	1.055	≤ 2.0
4	0.0057	0.0054	1.055	≤ 2.0
3	0.0052	0.0049	1.055	≤ 2.0
2	0.0046	0.0043	1.055	≤ 2.0
1	0.0028	0.0026	1.058	≤ 2.0

Çizelge 2.2 : Y yönü doğrultusunda A1 tipi düzensizlik kontrolü.

Kat	$\Delta_{i,maks}(m)$	$\Delta_{i,ort}(m)$	η_{bi}	Koşul
Çatı	0.0045	0.0041	1.097	≤ 2.0
7	0.0053	0.0048	1.098	≤ 2.0
6	0.0057	0.0052	1.099	≤ 2.0
5	0.0060	0.0055	1.100	≤ 2.0
4	0.0060	0.0054	1.100	≤ 2.0
3	0.0054	0.0049	1.100	≤ 2.0
2	0.0048	0.0044	1.100	≤ 2.0
1	0.0031	0.0028	1.101	≤ 2.0

2.2.2 A2 tipi düzensizlik kontrolü

TBDY (2018) Tablo 3.6 da belirtildiği üzere, “Merdiven ve asansör boşlukları dahil, boşluk alanları toplamının kat brüt alanının 1/3’ünden fazla olması, deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunması ve döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması” durumlarında süreksizlikler meydana gelmektedir [9]. A2 tipi döşeme süreksizlikleri durumları Şekil 2.2’de gösterilmiştir.



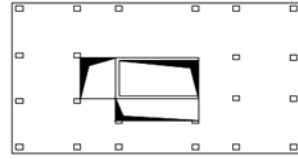
$$A_b = A_{b1} + A_{b2}$$

A2 türü düzensizlik durumu – I

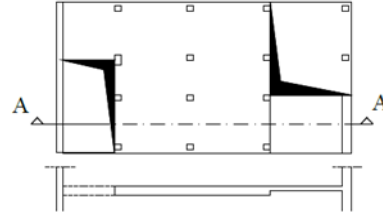
$$A_b / A > 1/3$$

A_b : Boşluk alanları toplamı

A : Brüt kat alanı



A2 türü düzensizlik durumu – II



Kesit A-A

A2 türü düzensizlik durumu – II ve III

Şekil 2.2 : A2 tipi döşeme süreksizlikleri durumları.

Bu durumda, yönetmelikte belirtilen hususlar doğrultusunda yapılan tahkikler sonucunda, yapı sisteminde A2 tipi bir düzensizlik durumu tespit edilmemiştir.

2.2.3 A3 tipi düzensizlik kontrolü

TBDY (2018) Tablo 3.6 da belirtildiği üzere A3 tipi planda çıkıntıların bulunması, “bina kat planlarında çıkıntı yapan kısımların birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisinin de binanın o katının aynı doğrultulardaki toplam plan boyutlarının %20’sinden daha büyük olması durumu” şeklinde açıklanmıştır [9].

Yapılan kontroller neticesinde, yapıda, A3 tipi planda çıkıntıların bulunması durumu düzensizlik mevcut değildir.

2.2.4 B1 tipi düzensizlik kontrolü

B1 tipi düzensizlik kontrolü TBDY (2018)'de “komşu katlar arası dayanım süzensizliği (zayıf kat)” olarak tanımlanmaktadır [9]. Yine TBDY (2018) Tablo 3.6 da belirtildiği üzere, “Betonarme binalarda, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir kattaki toplam etkili kesme alanının, bir üst kattaki toplam etkili kesme alanına oranı olarak tanımlanan dayanım düzensizliği katsayısı, η_{ci} ’nin 0.80’den küçük olması durumu” olarak ifade edilmektedir [9].

Yapılan kontroller neticesinde, yapıda, B1 tipi düzensizlik durumu mevcut değildir.

2.2.5 B2 tipi düzensizlik kontrolü

B2 tipi düzensizlik kontrolü TBDY (2018)'de “komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat)” olarak tanımlanmaktadır. Yine TBDY (2018) Tablo 3.6 da belirtildiği üzere, “Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, bodrum katlar dışında, herhangi bir i. Kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranına bölünmesi ile tanımlanan rijitlik düzensizliği katsayısı, η_{ki} ’nin 2.0’den büyük olması durumu” olarak ifade edilmektedir [9].

Yönetmelikte verilen koşullar doğrultusunda her bir kat için rijitlik düzensizliği katsayısı hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda, rijitlik düzensizliği katsayısının gerekli koşulları sağladığı tespit edilmiş ve bu hesaplamalar Çizelge 2.3 ve Çizelge 2.4’te gösterilmiştir.

Çizelge 2.3 : X yönü doğrultusunda B2 tipi düzensizlik kontrolü.

Kat	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$(\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$	η_{ki}	Koşul
Çatı-7	0.00118	-	-	-
7-6	0.00138	0.00138	1.17	≤ 2.0
6-5	0.00148	0.00148	1.07	≤ 2.0
5-4	0.00156	0.00156	1.05	≤ 2.0
4-3	0.00155	0.00155	1.00	≤ 2.0
3-2	0.00140	0.00140	0.90	≤ 2.0
2-1	0.00124	0.00124	0.89	≤ 2.0
1-Zemin	-	0.00075	0.60	≤ 2.0

Çizelge 2.4 : Y yönü doğrultusunda B2 tipi düzensizlik kontrolü.

Kat	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$(\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$	η_{ki}	Koşul
Çatı-7	0.00117	-	-	-
7-6	0.00137	0.00137	1.17	≤ 2.0
6-5	0.00148	0.00148	1.08	≤ 2.0
5-4	0.00156	0.00156	1.06	≤ 2.0
4-3	0.00156	0.00156	1.00	≤ 2.0
3-2	0.00140	0.00140	0.90	≤ 2.0
2-1	0.00126	0.00126	0.90	≤ 2.0
1-Zemin	-	0.00080	0.63	≤ 2.0

Bu sonuçlara göre, binada B2 tipi bir düzensizlik durumu mevcut değildir.

2.2.6 B3 tipi düzensizlik kontrolü

B2 tipi düzensizlik kontrolü TBDY (2018)’de “taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği” olarak tanımlanmaktadır. Yine TBDY (2018) Tablo 3.6 da belirtildiği üzere, “Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının (kolon veya perdelerin) bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin veya guseli kolonların üstüne veya ucuna oturtulması, ya da üst kattaki perdelerin altta kolonlara oturtulması durumu” olarak ifade edilmektedir.

Binada böyle bir durum mevcut olmadığı için B3 tipi düzensizlik bulunmamaktadır.

2.3 Yapıya Etki Eden Sabit ve Hareketli Yükler

Yapıya etki eden yükler, TBDY 2018 Uygulama Örnekleri kitabında yer alan üçüncü örnek referans alınarak belirlenmiştir [10]. Yapı sisteminin çatı katı gezilebilir teras olarak tasarlanacaktır. Bu sebeple çatı çevresinde de alüminyum doğrama parapet imalatı olduğu varsayılmıştır. Çatı döşemesine etki eden sabit yükler toplamı G , 4.00 kN/m^2 olmak üzere bu yükün dağılımı Çizelge 2.5’te yer almaktadır. Çatı döşemesine etki eden hareketli yükler ise Çizelge 2.6’da gösterilmiştir. Çizelge 2.6’da yer alan kar yüklemesi TS EN 1991-1-3’e göre ayrıca hesaplanacaktır.

Çizelge 2.5 : Çatı katı döşemesine etki eden sabit ve hareketli yükler.

Malzeme Tipi	Malzeme Yüğü (kN/m^2)
Çatı Kaplaması	0.50
İzolasyon	0.40
Trapez Saclı Hafif Betonlu Döşeme Sistemi	2.10
Çelik Konstrüksiyon	0.50
Asma Tavan ve Tesisat	0.50

Çizelge 2.6 : Çatı katı döşemesine etki eden hareketli yükler.

Yüklemeye Türü	Yük Miktarı (kN/m^2)
Hareketli Yüğü (Q_r)	2.00
Kar Yüğü (S)	1.30

Normal kat döşemesine etki eden sabit yükler toplamı G, $4.90 kN/m^2$ ve hareketli yüğü Q, $2.00 kN/m^2$ tespit edilmiştir. Bu yükler özet olarak Çizelge 2.7’te yer almaktadır.

Çizelge 2.7 : Normal kat döşemesine etki eden sabit ve hareketli yükler.

Yüklemeye Türü	Yük Miktarı (kN/m^2)
Döşeme Kaplaması	0.50
Trapez Saclı Hafif Betonlu Döşeme Sistemi	2.10
Bölme Duvarlar	1.00
Çelik Konstrüksiyon	0.50
Asma Tavan ve Tesisat	0.50
Hareketli Yüğü (Q)	2.00

Yapıya ait çatı katında parapet ve normal katlarında ise dış duvar yükleri tanımlanmış olup bu yüklerin büyüklüğü Çizelge 2.8’te özetlenmiştir.

Çizelge 2.8 : Dış duvar ve parapet yükleri.

Yüklemeye Türü	Yük Miktarı (kN/m)
Dış Duvar Yüğü (G_w)	3.50
Parapet (G_p)	2.00

2.4 Kar Yüğü Hesabı

Yapıya etki eden kar yüğü TS EN 1991-1-3 Bölüm 5’te yer alan koşullar doğrultusunda hesaplanmıştır [11].

TS EN 1991-1-3 (2007) Bölüm 1.6.1'e göre "Karakteristik zemin kar yükü değeri; yıllık aşılma ihtimali %2 olan, istisnai kar yüklerini kapsamayan zemin üzerindeki kar yüküdür" [11]. Şekil 2.3'te verilen TS EN 1991-1-3 (2007) Ek MA, Çizelge MA.1'e göre, zemin yüzeyindeki kar ağırlığı yapının bulunduğu konum olan İstanbul ili, Büyükçekmece ilçesi için 0.75 kN/m^2 olarak verilmektedir. Ayrıca yapının bulunduğu konumda, yerdeki en büyük kar yüksekliği de 75 cm olarak verilmektedir. Ancak bu çalışma kapsamında kar yüksekliği 80 cm olarak alınmıştır.

Çizelge MA.1 - Karakteristik zemin kar yükü (s_k) değerleri kN/m^2 (*)

1	2	3	4	5
Yapı yerinin denizden yüksekliği	BÖLGELER			
m	I	II	III	IV
≤ 200	0,75	0,75	0,75	0,75
200 - 300	0,75	0,75	0,75	0,80
300 - 400	0,75	0,75	0,75	0,80
400 - 500	0,75	0,75	0,75	0,85
500 - 600	0,75	0,75	0,80	0,90
600 - 700	0,75	0,75	0,85	0,95
700 - 800	0,80	0,85	1,25	1,40
800 - 900	0,80	0,95	1,30	1,50
900 - 1000	0,80	1,05	1,35	1,60
> 1000	1000 m'ye tekabül eden değerler, 1500 m'ye kadar % 10, 1500 m'den yukarı yüksekliklerde % 15 artırılır.			

* Kar yağmayan yerlerde kar yükü hesap değeri sıfır alınır.

Şekil 2.3 : TS EN 1991-1-3 (2007) Ek MA, Çizelge MA.1.

Kar yükü hesabına esas diğer parametreler aşağıda yer almaktadır:

Kar birim hacim ağırlığı: 2.00 kN/m^3

Maruz kalma katsayısı (c_e): 1.00 Şekil 2.4'te yer alan TS EN 1991-1-3 Çizelge 5.1'e göre maruz kalma katsayısı belirlenmiştir.

Çizelge 5.1 - Farklı topografik alanlar için tavsiye edilen C_e değerleri

Topografik bölge	C_e
Rüzgara açık ^a	0,8
Normal ^b	1,0
Korunmuş ^c	1,2

^a Rüzgara açık topografik alanlar: her coğrafi yönden etkiye maruz kalan, arazi tarafından korunma imkanının olmadığı veya az olduğu daha yüksek yapıların veya ağaçların bulunmadığı engelsiz düz alanlar

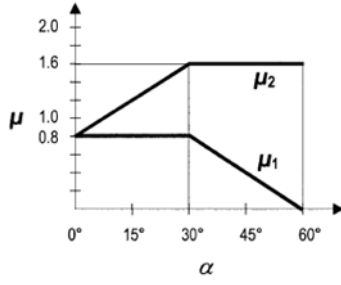
^b Normal topografik alanlar: rüzgarın yapı üzerine etkisiyle kar kütlesinin, arazi, diğer yapılar ve ağaçlar sebebiyle önemli bir değişime uğramadığı alanlar

^c Korunmuş topografik alanlar: dikkate alınan yapının yüksekliğinin önemli ölçüde çevre arazisinden veya çevresindeki yüksek ağaçlardan ve/veya çevresindeki daha yüksek yapılardan düşük olduğu alanlar

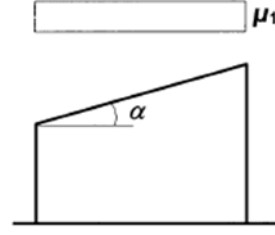
Şekil 2.4 : TS EN 1991-1-3 Çizelge 5.1.

Isı katsayısı (c_i): 1.00 (TS EN 1991-1-3 Bölüm 5.2(8), 2007)

Çatı şekil katsayısı (μ_1): 0.80 Şekil 2.5'te verilen grafik ve tabloya göre tek eğimli çatılar için çatı şekil katsayısı 0.80 olarak tespit edilmektedir. (TS EN 1991-1-3 (2007) Şekil 5.1-2 ve Çizelge 5.2)



Şekil 5.1 - Kar yükü şekil katsayıları



Şekil 5.2 - Kar yükü şekil katsayısı-tek eğimli çatı

Çizelge 5.2 - Kar yükü şekil katsayıları

Çatı eğim açısı α	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
μ_1	0,8	$0,8 (60-\alpha)/30$	0,0
μ_2	$0,8+0,8 \alpha/30$	1,6	--

Şekil 2.5 : TS EN 1991-1-3 Şekil 5.1, Şekil 5.2, Çizelge 5.2.

Bu durumda, $s_k = (0.80) \cdot (2.00) = 1.60 \text{ kN/m}^2$ olmak üzere, çatı kar yükü (S), denklem 2.1’de görüleceği gibi hesaplanmaktadır:

$$S = \mu_1 \cdot c_e \cdot c_t \cdot s_k = (0.80) \cdot (1.00) \cdot (1.00) \cdot (1.60) = 1.30 \text{ kN/m}^2 \quad (2.1)$$

Yapılan hesaplamalar sonucunda yapıya etki eden kar yükü (S) 1.30 kN/m^2 olarak elde edilmiştir.

2.5 Rüzgar Yükü Hesabı

Rüzgar yükü hesabı, TS EN 1991-1-4 Yapılar Üzerindeki Etkiler-Bölüm 1-4: Genel Etkiler - Rüzgar Etkileri (2007) standardı esas alınarak gerçekleştirilmiştir. Rüzgar etkilerinin belirlenmesi için, TS EN 1991-1-4 Kısım 5’te yer alan hesaplama işlemleri özet tablosu Çizelge 5.1 adımları takip edilmiştir. İlgili standartta yer alan tablo Şekil 2.6’da gösterilmiştir [12].

Çizelge 5.1 - Rüzgâr etkilerinin belirlenmesi için hesaplama işlemleri özeti

Parametre	Referans
Hızın tepe değere ulaştığı rüzgâr basıncı q_p	
Esas rüzgâr hızı v_b	Madde 4.2 (2) P
Referans yükseklik z_e	Kısım 7
Arazi kategorisi	Çizelge 4.1
Karakteristik tepe hız kaynaklı rüzgâr basıncı q_p	Madde 4.5 (1)
Türbülans şiddeti I_v	Madde 4.4
Ortalama rüzgâr hızı v_m	Madde 4.3.1
Orografi katsayısı $c_o(z)$	Madde 4.3.3
Engebelilik katsayısı $c_f(z)$	Madde 4.3.2
Rüzgâr basıncı (sabitleme elemanları, yapısal parçalar ve kaplamalar için)	
Dış basınç katsayısı c_{pe}	Kısım 7
İç basınç katsayısı c_{pi}	Kısım 7
Net basınç katsayısı $c_{p,net}$	Kısım 7
Dış rüzgâr basıncı: $w_e = q_p c_{pe}$	Madde 5.2 (1)
İç rüzgâr basıncı: $w_i = q_p c_{pi}$	Madde 5.2 (2)
Yapıya etkiyen rüzgâr kuvvetleri (bütün rüzgâr tesirleri için)	
Yapısal katsayı: $c_s c_d$	Kısım 6
Kuvvet katsayılarıyla hesaplanan rüzgâr kuvveti F_w	Madde 5.3 (2)
Basınç katsayılarıyla hesaplanan rüzgâr kuvveti F_w	Madde 5.3 (3)

Şekil 2.6 : TS EN 1991-1-4 Çizelge 5.1.

Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapımına Dair Esaslar (2018) Yönetmelik Bölüm 5.3'e göre, rüzgar hızının temel değeri, $v_{b,0} = 28m/s$ (100 km/sa)'den ve binanın ana taşıyıcı sistemine, dış cephe kaplama elemanlarına ve rüzgara maruz yapısal ve yapısal olmayan elemanlarına etkiyen rüzgar yükleri $0.50 kN/m^2$ 'den az olmayacaktır. Bu nedenle temel rüzgar hızı $v_{b,0} = 28m/s$ olarak alınmıştır.

Rüzgar hesabına dair bilinmesi gereken diğer parametreler ise TS EN 1991-1-4' göre aşağıdaki gibi tespit edilmiştir;

$$c_{dir} = 1.00 \text{ (Doğrultu katsayısı)}$$

$$c_{season} = 1.00 \text{ (Mevsim katsayısı)}$$

Arazi kategorisi: III (TS EN 1991-1-4 Çizelge (4.1), 2007)

Arazi parametreleri: $z_0 = 0.30m$, $z_{enküçük} = 5m$ (TS EN 1991-1-4 Çizelge (4.1), 2007).

Arazi kategorisi II için $z_{0,II} = 0.05$ (TS EN 1991-1-4 Çizelge (4.1), 2007).

Bina yüksekliği: $z_e = 28m$

Esas rüzgar hızı, v_b ise TS EN 1991-1-4 Madde 4.2 (2)'ye göre denklem 2.2'ye göre hesaplanmaktadır.

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = (1.00) \cdot (1.00) \cdot (28) = 28 \text{ m/s} \quad (2.2)$$

Arazi katsayısı, k_r denklem 2.3'e göre hesaplanmaktadır (TS EN 1991-1-4 Denk. (4.5), 2007).

$$k_r = (0.19) \cdot (z_0/z_{0,H})^{0.07} = (0.19) \cdot (0.30/0.05)^{0.07} = 0.2154 \quad (2.3)$$

Engebe katsayısı, $c_r(z)$ denklem 2.4'e göre hesaplanmaktadır (TS EN 1991-1-4 Denk. (4.4), 2007).

$$c_r(z) = k_r \cdot \ln(z_e/z_0) = (0.2154) \cdot \ln(28/0.30) = 0.977 \quad (2.4)$$

Orografi katsayısı, $c_0(z_e) = 1$ olarak belirlenmiştir (TS EN 1991-1-4 Madde 4.3.3, 2007).

Elde edilen bu değerler ile z_e metre referans yükseklik için ortalama rüzgar hızı, $v_m(z_e)$ denklem 2.5'e göre hesaplanmıştır.

$$v_m(z_e) = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b = (0.977) \cdot (1) \cdot (28) = 27.36 \text{ m/s} \quad (2.5)$$

Türbülans şiddeti, $I_v(z_e)$ denklem 2.6'ya göre aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır (TS EN 1991-1-4 Denk. (4.7), 2007).

$$I_v(z_e) = k_t / [c_0(z_e) \cdot \ln(z_e/z_0)] = 1.00 / [(1.00) \cdot \ln(28/0.30)] = 0.2204 \quad (2.6)$$

Türbülans katsayısı, $k_t = 1.00$ olarak bilinmektedir (TS EN 1991-1-4 Madde 4.4(1), 2007).

Fırtınalar esnasında bölgede olması beklenen sıcaklık, basınç ve rakıma bağlı olan hava yoğunluğu, $\rho = 1.25 \text{ kg/m}^3$ 'tür.

Esas hız kaynaklı rüzgar basıncı, q_b denklem 2.7'de hesaplanmıştır (TS EN 1991-1-4 Denk (4.10), 2007).

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 = \frac{1}{2} \cdot (1.25) \cdot (28)^2 = 0.490 \text{ kN/m}^2 \quad (2.7)$$

z_e metre yükseklikteki, ortalama ve kısa süreli hız değişikliklerini içeren tepe hız kaynaklı rüzgar basıncı, $q_p(z_e)$ denklem 2.8'e göre hesaplanmıştır (TS EN 1991-1-4

Denk. (4.8), 2007).

$$q_p(z_e) = [1 + 7 \cdot I(z_e)] \cdot \left(\frac{1}{2}\right) \cdot \rho \cdot v_m(z_e)^2 = 1.190 kN/m^2 \quad (2.8)$$

$\theta = 0^\circ$, yani rüzgarın 24 metre genişliğindeki bina cephesine dik olarak etki ettiği durumda, $z=b=24m$ yüksekliği için tepe hız kaynaklı rüzgar basıncı, $q_p(b) = 1.134 kN/m^2$ olarak elde edilmektedir.

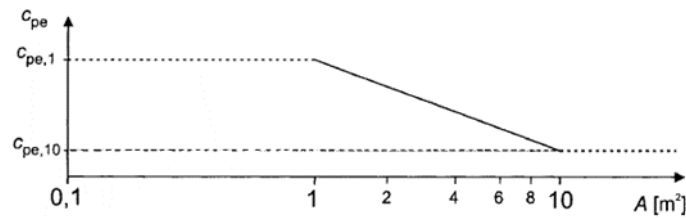
$\theta = 90^\circ$, yani rüzgarın 18 metre genişliğindeki bina cephesine dik olarak etki ettiği durumda, $z=b=18m$ yüksekliği için tepe hız kaynaklı rüzgar basıncı, $q_p(b) = 1.033 kN/m^2$ olarak elde edilmektedir.

Yapıların ve yapısal elemanların üzerindeki rüzgar etkileri, iç ve dış rüzgar basınçları dikkate alınarak belirlenmektedir. Dış basınç katsayıları, rüzgar etkisi ile yüklenmiş yapı alanı kesiti A'ya bağlı olarak, kısmi katsayı $c_{pe,1}$ ve genel katsayı $c_{pe,10}$ olarak ikiye ayrılmaktadır. Ayrıntıları TS EN 1991-1-4 7.2.1(1)'de verilen bilgilere göre, c_{pe} dış basınç katsayısı, $c_{pe,1}$ ve $c_{pe,10}$ değerleri arasında interpolasyon yapılarak elde edilebilmektedir. c_{pe} dış basınç katsayısı denklem 2.9'da verilmiştir.

$1 m^2 < A < 10 m^2$ için;

$$c_{pe} = c_{pe,1} - (c_{pe,1} + c_{pe,10}) \cdot \log_{10} A \quad (2.9)$$

Dış basınç katsayısına ait grafik Şekil 2.7'de gösterilmiştir.

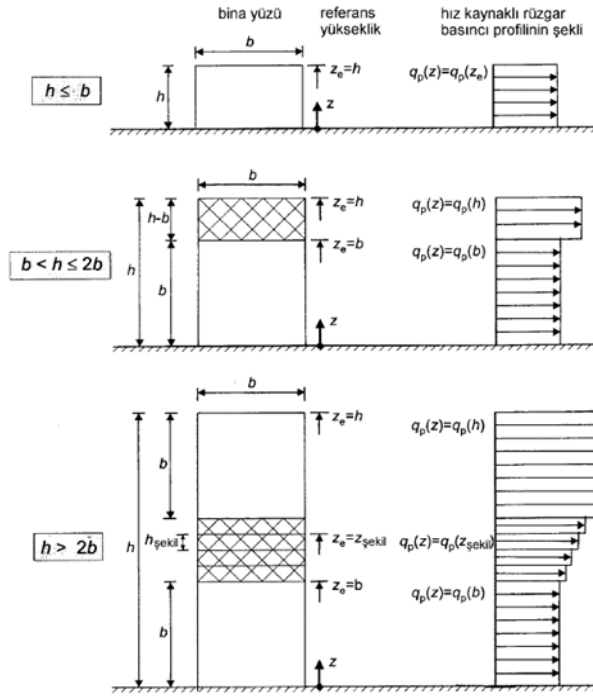


Şekil 2.7 : c_{pe} , dış basınç katsayısı.

Rüzgar yükünün etkidiği bina yüzeyindeki hız kaynaklı rüzgar basıncı profili Şekil 2.8'de gösterilmiştir (TS EN 1991-1-4 Şekil 7.4, 2007). Ayrıca, düşey duvarlar yüzeyindeki 5 (A, B, C, D, E) bölge için belirlenecek dış basınç katsayıları da Şekil 2.9'da yer almaktadır (TS EN 1991-1-4 Şekil 7.5, 2007). Bu bölgelerin alanı da "e" uzunluğuna bağlı olarak belirlenmektedir. e uzunluğu ise şu şekilde hesaplanmaktadır;

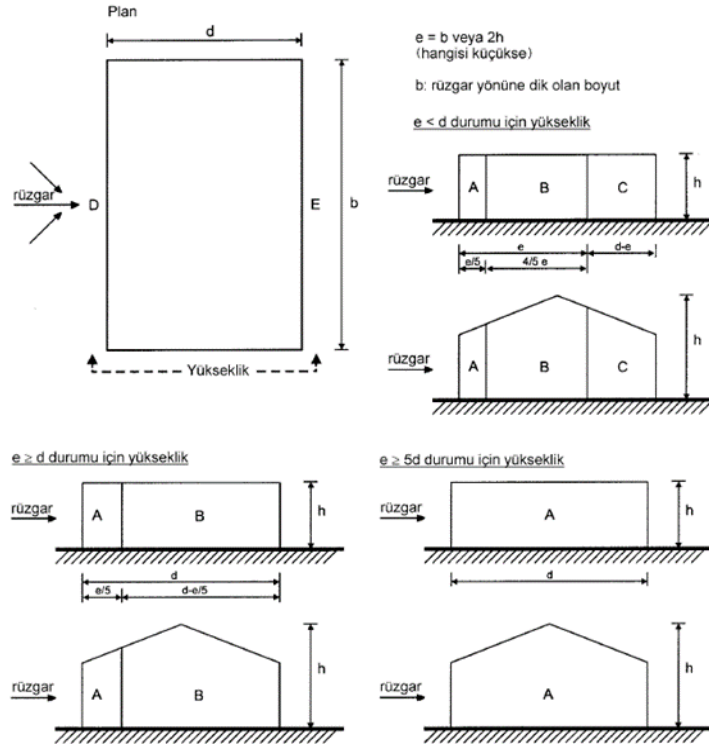
$\theta = 0^\circ$ için; $e = \min(b, 2h) = \min(24, 2 \cdot 28) = 24$ metre olmaktadır.

$\theta = 90^\circ$ için; $e = \min(b, 2h) = \min(18, 2 \cdot 28) = 18$ metre olmaktadır.



Not - Dikkate alınan her yatay şerit için hız kaynaklı rüzgar basıncının düzgün yayılı olarak etki ettiği kabul edilmelidir.

Şekil 2.8 : Hız kaynaklı rüzgar basıncı profili.



Şekil 2.9 : Düşey duvarlar için açıklamalar.

$b < h \leq 2h$ olan binalarda, rüzgarın estiği yöndeki duvar 2 kısım olarak göz önüne alınmaktadır. Bu durumda yerden b yüksekliğine kadarki kısım D' bölgesi olarak hesaplanırken, b yüksekliğinden h yüksekliğine kadar olan kısım ise D olarak hesaplanmaktadır.

Binanın yan cephelerinde bulunan her bir bölge (A, B, C, D, E) için dış basınç katsayısı c_{pe} değerleri belirlenmiş olup Çizelge 2.9'da verilmiştir.

$\theta = 0^0$ için; $h/d=28/18=1.556$

$\theta = 90^0$ için $h/d=28/24=1.167$

Çizelge 2.9 : A, B, C, D, E yüzeyleri için dış basınç katsayıları.

$\theta = 0^0$	A	B	C	D	E
c_{pe}	-1.200	-0.800	-0.500	0.800	-0.528
$\theta = 90^0$	A	B	C	D	E
c_{pe}	-1.200	-0.800	-0.500	0.800	-0.508

Dış basınç katsayılarındaki negatif değerler, bina duvarı yüzeyinden dışarıya doğru yönelen emişe karşılık gelmektedir.

İç basınç katsayıları c_{pi} , TS EN 1991-1-4 (2007) 7.2.9'da belirtildiği üzere, bina cephesindeki açıklıkların (pencere, havalandırma vb.) boyut ve dağılımına bağlı olarak belirlenmektedir. c_{pi} değeri, +0.200 ve -0.300 değerlerinden en elverişsiz durumu oluşturan değer olarak alınmalıdır. Elde edilen bu katsayılar ile dış, iç ve net rüzgar basınçları denklem 2.10, denklem 2.11 ve denklem 2.12'deki gibi hesaplanmaktadır (TS EN 1991-1-4 5.2, 7.2, 2007).

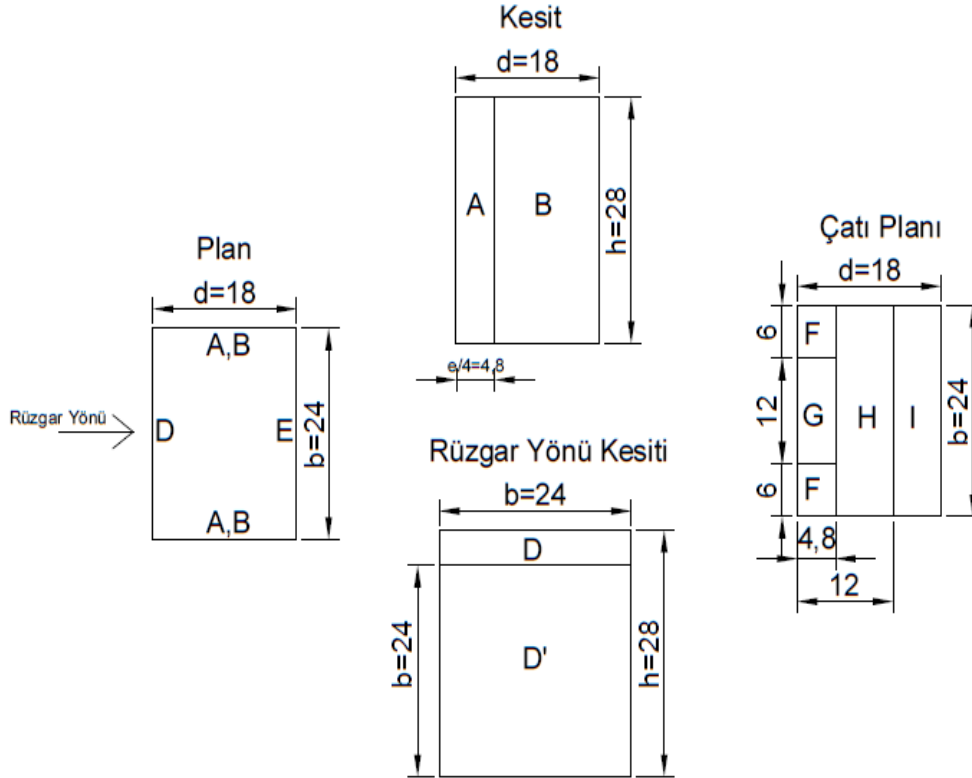
$$W_e = (q_p) \cdot (z_e) \cdot (c_{pe}) \quad (2.10)$$

$$W_i = (q_p) \cdot (z_i) \cdot (c_{pi}) \quad (2.11)$$

$$W_{net} = W_e - W_i \quad (2.12)$$

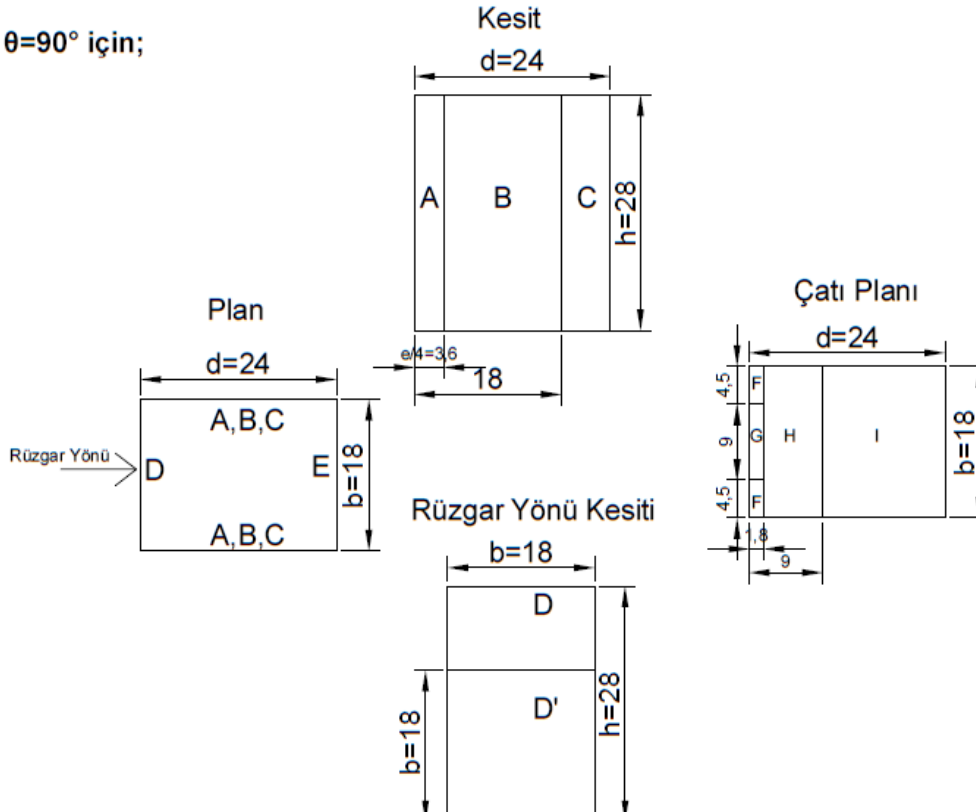
Rüzgar basınç yüzeylerinin plan ve kesitleri Şekil 2.10'da ve Şekil 2.11'de, rüzgar basınçları ise Çizelge 2.10'da özet olarak gösterilmiştir.

$\theta=0^\circ$ için;



Şekil 2.10 : $\theta = 0^\circ$ için çatı ve cephe rüzgar basınç yüzeyleri.

$\theta=90^\circ$ için;



Şekil 2.11 : $\theta = 90^\circ$ için çatı ve cephe rüzgar basınç yüzeyleri.

Çizelge 2.10 : Çatı ve cephelere etkiyen rüzgar yükleri.

$\theta = 0^0$	A	B	C	D	D'	E
$W_{net}(kN/m^2)$	-1.665	-1.190	-	1.309	1.247	-0.866

$\theta = 0^0$	F	G	H	I
$W_{net}(kN/m^2)$	-2.061	-1.460	-1.082	-0.481
				0.601

$\theta = 90^0$	A	B	C	D	D'	E
$W_{net}(kN/m^2)$	-1.665	-1.190	-0.833	1.309	1.136	-0.843

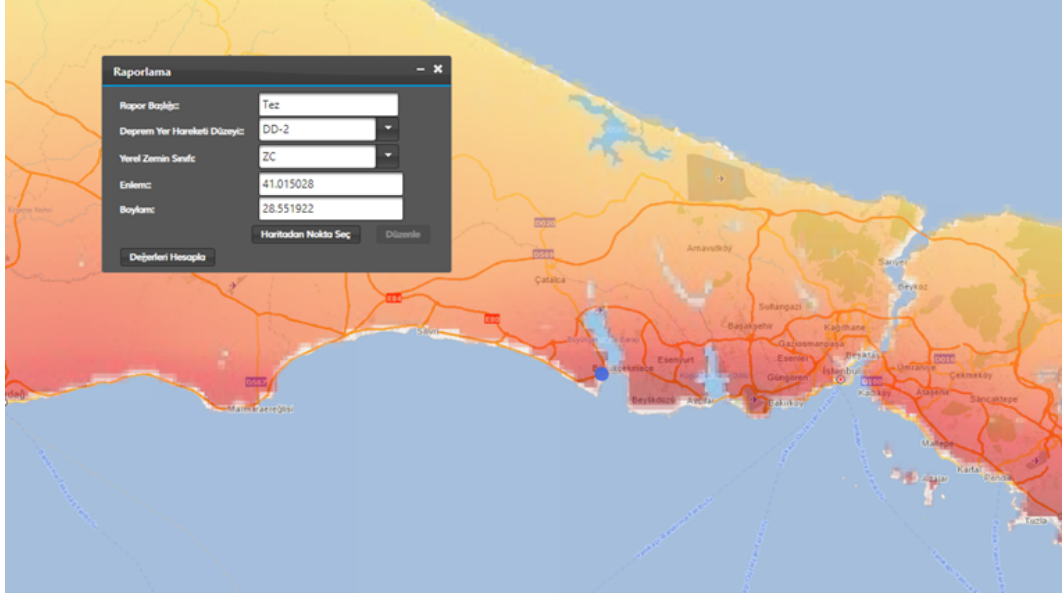
$\theta = 90^0$	F	G	H	I
$W_{net}(kN/m^2)$	-2.061	-1.460	-1.082	-0.481
				0.601

2.6 Deprem Yüğü Hesabı

TBDY (2018) 3.6.2.1 maddesi gereğı, A1 ve B2 tipi düzensizlikler TBDY (2018) 4.6.2 maddesine göre deprem hesap yönteminin belirlenebilmesi için gerekli şartları içermektedir [9]. Bu durumda, çalışma konusu bina için ilgili koşullar dikkate alındığında, eşdeğer deprem yükü metodunun kullanılabildiğı görülmüştür. Deprem hesap yöntemi ilgili şartları sağladığı gerekçesi ile eşdeğer deprem yükü metodu olarak seçilmiştir.

2.6.1 Deprem tasarım bilgileri

Daha önce bahsedildiğı üzere yapıya ait koordinatlar; 41.015028⁰ kuzey ve 28.551922⁰ doğu şeklindedir. Binanın yerel zemin sınıfı ZC kabul edilmiştir. DD-2 deprem yer hareketi düzeyi için, AFAD Türkiye Deprem Tehlike Haritaları (<https://tdth.afad.gov.tr/TDTH/main.xhtml>) interaktif web adresinden yapılan sorgulama Şekil 2.12’de gösterilmiştir. Yapılan sorgulama için kullanılan girdiler ve sorgulama neticesinde elde edilen veriler aşağıda sunulmuştur.



Şekil 2.12 : Türkiye Deprem Tehlike Haritaları interaktif web uygulaması raporlama ekranı.

Girdiler

Deprem yer hareketi düzeyi: DD-2
 Yerel zemin sınıfı: ZC
 Enlem: 41.015028⁰
 Boylam: 28.551922⁰

Çıktılar

Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı (boyutsuz), S_s : 1.120
 1,0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı (boyutsuz), S_1 : 0.303
 En büyük yer ivmesi (g), PGA: 0.458
 En büyük yer hızı (cm/s), PGV: 27.538

Yapıya ait yerel zemin sınıfının ZC (Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrışmış, çok çatlaklı zayıf kayalar) olması durumunda kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayısı, F_s ve 1.0 saniye periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayısı, F_1 değerleri aşağıda yer alan Şekil 2.13'e göre tayin edilmiştir (TBDY, Tablo 2.1, Tablo 2.2, 2018).

Yerel Zemin Sınıfı	Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayısı F_s					
	$S_s \leq 0.25$	$S_s = 0.50$	$S_s = 0.75$	$S_s = 1.00$	$S_s = 1.25$	$S_s \geq 1.50$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
ZC	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
ZD	1.6	1.4	1.2	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 (Bkz.16.5).					

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 (Bkz.16.5).					

Şekil 2.13 : TBDY 2018 Yerel zemin etki katsayıları tabloları.

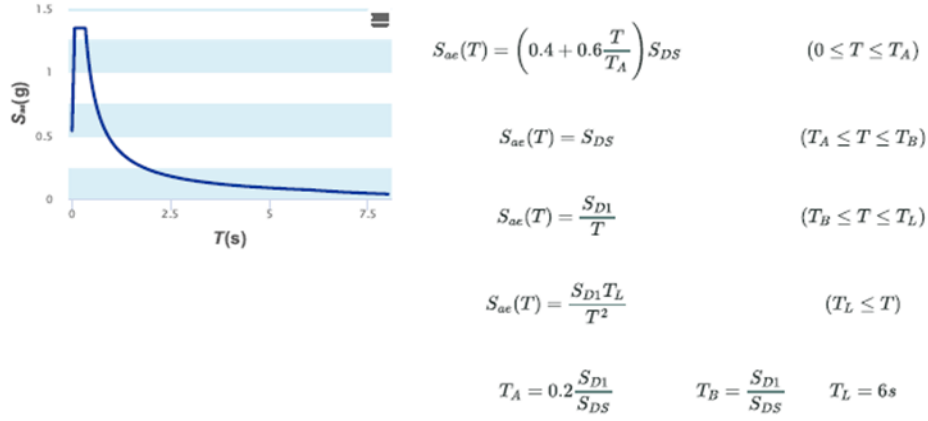
Bu durumda; kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayısı, $F_s = 1.200$ ve 1.0 saniye periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayısı, $F_1 = 1.500$ olarak belirlenmiştir. Elde edilen kısa periyot harita spektral ivme katsayısı (S_s), 1.0 saniye periyot harita spektral ivme katsayısı (S_1), kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayısı (F_s) ve 1.0 saniye periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayısı (F_1) değerleri ile kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı (S_{DS}) ve 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı (S_{D1}), TBDY (2018) Madde 2.3.2.2'e göre denklem 2.13 ve denklem 2.14'e göre hesaplanmıştır:

$$S_{DS} = (S_s) \cdot (F_s) = (1.120) \cdot (1.200) = 1.344 \quad (2.13)$$

$$S_{D1} = (S_1) \cdot (F_1) = (0.303) \cdot (1.500) = 0.455 \quad (2.14)$$

AFAD Türkiye Deprem Tehlike Haritaları (<https://tdth.afad.gov.tr/TDTH/main.xhtml>) interaktif web adresinden elde edilen yatay elastik tasarım spektrumu Şekil 2.14'te gösterilmiştir.

Yatay Elastik Tasarım Spektrumu

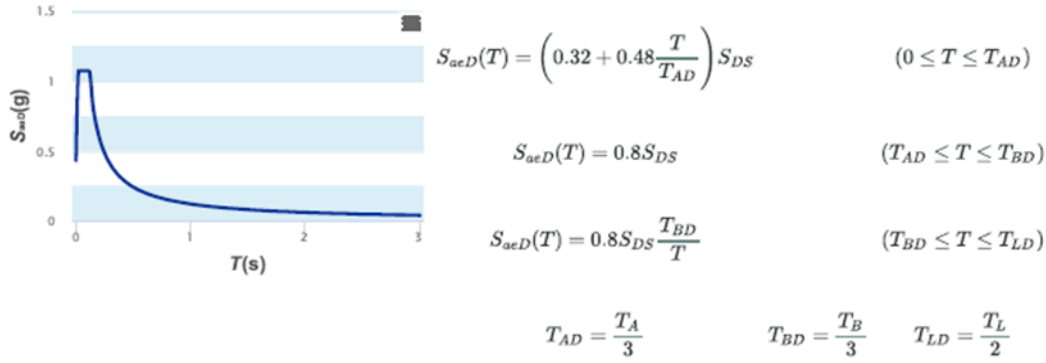


$$T_A = 0.068 \text{ (s)} \quad T_B = 0.338 \text{ (s)} \quad T_L = 6.000 \text{ (s)}$$

Şekil 2.14 : Yatay elastik tasarım spektrumu.

AFAD Türkiye Deprem Tehlike Haritaları (<https://tdth.afad.gov.tr/TDTH/main.xhtml>) interaktif web adresinden elde edilen düşey elastik tasarım spektrumu Şekil 2.15'te gösterilmiştir.

Düşey Elastik Tasarım Spektrumu



$$T_{AD} = 0.023 \text{ (s)} \quad T_{BD} = 0.113 \text{ (s)} \quad T_{LD} = 3.000 \text{ (s)}$$

Şekil 2.15 : Düşey elastik tasarım spektrumu.

Bina Kullanım Sınıfı (BKS) ve Bina Önem Katsayısı (I) TBDY (2018) Tablo 3.1 uyarınca Şekil 2.16'ya göre belirlenmektedir. Yapının kullanım amacı işyeri olması sebebi ile BKS=3 ve I=1.0 olarak tespit edilmiştir.

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

Şekil 2.16 : Bina kullanım sınıfları ve bina önem katsayısı.

Deprem Tasarım Sınıfı (DTS) TBDY (2018) Tablo 3.2 uyarınca Şekil 2.17'ye göre belirlenmektedir. Buna göre, $S_{DS}=1.344$ ve BKS=3 için DTS=1 olarak tespit edilmiştir.

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

Şekil 2.17 : Deprem tasarım sınıfları.

Bina Yükseklik Sınıfı (BYS), TBDY (2018) Tablo 3.3 uyarınca Şekil 2.18'e göre belirlenmektedir. Buna göre, $H_N = 28m$ ve DTS=1 için BYS=5 olarak tespit edilmiştir.

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

Şekil 2.18 : Bina yükseklik sınıfları.

Ofis amaçlı kullanılacak olan bina, yeni yapılacak çelik yapı sistemine sahiptir ve $BYS=5 \geq 2$ olduğundan, TBDY (2018) Tablo 3.4(a) uyarınca performans hedefi ve

tasarım yaklaşımı Şekil 2.19'daki gibi belirlenmektedir. Buna göre, deprem yer hareketi düzeyi DD-2 için, normal performans hedefinin kontrollü hasar (KH) ve uygulanacak değerlendirme/tasarım yaklaşımının ise dayanıma göre tasarım (DGT) olduğu tespit edilmiştir.

(a) Yeni Yapılacak Yerinde Dökme Betonarme, Öntüretimli Betonarme ve Çelik Binalar
(Yüksek Binalar Dışında – $BYS \geq 2$)

Deprem Yer H. Düzeyi	DTS = 1, 1a ⁽¹⁾ , 2, 2a ⁽¹⁾ , 3, 3a, 4, 4a		DTS = 1a ⁽²⁾ , 2a ⁽²⁾	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
DD-3	—	—	SH	ŞGDT
DD-2	KH	DGT ⁽⁵⁾	KH	DGT ^(3,4)
DD-1	—	—	KH	ŞGDT

Şekil 2.19 : Performans hedefi ve tasarım yaklaşımı.

Bina taşıyıcı sistemleri için Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R) ve Dayanım Fazlalığı Katsayısı (D), TBDY 2018 Tablo 4.1(C) uyarınca belirlenmektedir. Bina, süneklik düzeyi yüksek dışmerkez çaprazlı çelik çerçeveli bir yapıdır. Bina yükseklik sınıfı ise 5'tir. Yapı, X ve Y yönlerinin her ikisinde de dışmerkez çaprazlı çelik yapı sistemine sahiptir. Bu sebeple, hem X hem de Y yönlerindeki deprem etkilerinin tamamı, süneklik düzeyi yüksek dışmerkez çaprazlı çelik çerçeveler tarafından karşılanacaktır. Yapımıza uygun R ve D katsayıları Şekil 2.20'ye göre tespit edilmiştir. Bina taşıyıcı sistemi C12, $R_x = R_y = 8$ ve $D_x = D_y = 2.5$ olarak belirlenmiştir.

Bina Taşıyıcı Sistemi	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı R	Dayanım Fazlalığı Katsayısı D	İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları BYS
C. ÇELİK BİNA TAŞIYICI SİSTEMLERİ			
C1. Süneklik Düzeyi Yüksek Taşıyıcı Sistemler			
C11. Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> çelik çerçevelerle karşılandığı binalar	8	3	$BYS \geq 3$
C12. Deprem etkilerinin tamamının <i>süneklik düzeyi yüksek</i> dışmerkez veya burkulması önlenmiş merkezi çaprazlı çelik çerçeveler tarafından karşılandığı binalar	8	2.5	$BYS \geq 2$
C13. Deprem etkilerinin tamamının <i>süneklik düzeyi yüksek</i> merkezi çaprazlı çelik çerçeveler tarafından karşılandığı binalar	5	2	$BYS \geq 4$
C14. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> çelik çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> dışmerkez veya burkulması önlenmiş merkezi çaprazlı çelik çerçeveler veya <i>süneklik düzeyi yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.4.5)	8	3	$BYS \geq 2$
C15. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> çelik çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> merkezi çaprazlı çelik çerçeveler veya <i>süneklik düzeyi yüksek</i> boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.4.5)	6	2.5	$BYS \geq 2$
C16. Deprem etkilerinin tamamının çatı düzeyindeki bağlantıları mafsalı olan ve yüksekliği 12 m'yi geçmeyen <i>süneklik düzeyi yüksek</i> çelik kolonlar tarafından karşılandığı tek katlı binalar	4	2	—

Şekil 2.20 : Taşıyıcı sistem davranış katsayısı ve dayanım fazlalığı katsayısı.

TBDY (2018) Denk. (2.3) uyarınca, yatay elastik tasarım ivme spektrumunda sabit ivme bölgesine geçiş köşe periyodu T_A ve yatay elastik tasarım ivme spektrumunda sabit hız bölgesine geçiş köşe periyodu T_B denklem 2.15 ve denklem 2.16'ya göre hesaplanmıştır.

$$T_A = (0.2) \cdot \left(\frac{S_{D1}}{S_{DS}} \right) = (0.2) \cdot \left(\frac{0.455}{1.344} \right) = 0.068s \quad (2.15)$$

$$T_B = \left(\frac{S_{D1}}{S_{DS}} \right) = \left(\frac{0.455}{1.344} \right) = 0.338s \quad (2.16)$$

2.6.2 Hakim doğal titreşim periyodunun belirlenmesi

Bina model ve analizi için SAP2000 programı tercih edilmiştir. Sistem modellenmiş ve mod şekillerinin tayini için analiz edilmiştir. Binanın modal analizi sonucunda elde edilen birinci mod şekli Y doğrultusunda olmaktadır. İkinci mod şekli ise X doğrultusunda olmaktadır.

Elde edilen periyot değerleri Rayleigh yöntemi kullanılarak kontrol edilmiştir. Bu yöntem için öncelikle kat kütleleri belirlenmektedir. Daha sonra yapıya fiktif bir yük etki ettirilmekte ve bu yük katlara dağıtılarak yer değiştirme kontrolleri yapılmaktadır. Elde edilen değerler TBDY (2018) Denk. 4.26 ve Denk. 4.27'ye göre hesaplanmakta ve kontrol edilmektedir. Bu çalışma için fiktif yük 1000.00 kN olarak seçilmiştir.

Çizelge 2.11'de toplam kat kütleleri, Çizelge 2.12'de X doğrultusu için fiktif yük kaynaklı kat yerdeğiştirmeleri ve Çizelge 2.13'te ise Y doğrultusu için fiktif yük kaynaklı kat yerdeğiştirmeleri yer almaktadır. Kat kütlelerinin hesabında, $(G+n.Q)$, hareketli yük katılım katsayısı $n=0.30$ olarak alınmıştır. SAP2000 modelinde yapılan kütle kaynağı tanımlamasında da bu katsayı göz önüne alınmıştır.

Çizelge 2.11 : Kat ağırlıkları ve kat kütleleri.

Kat	w_i (kN)	$m_i(kN \cdot s^2/m)$
Çatı	2,507.30	255.67
7	2,724.02	277.77
6	2,750.68	280.49
5	2,750.68	280.49
4	2,750.68	280.49
3	2,780.56	283.54
2	2,780.56	283.54
1	2,780.56	283.54
Σ	21,825.04	2,225.53

Çizelge 2.12 : X doğrultusu için fiktif yük kaynaklı kat yerdeğiştirmeleri.

Kat	$F_{fi(x)}$ (kN)	$d_{fi(x)}$ (m)	m_i	$m_i \cdot (d_{fi(x)})^2$	$F_{fi(x)} \cdot d_{fi(x)}$
Çatı	206.64	0.0249	255.67	0.158	5.145
7	196.44	0.0223	277.77	0.138	4.381
6	170.02	0.0192	280.49	0.103	3.260
5	141.69	0.0157	280.49	0.069	2.228
4	113.35	0.0120	280.49	0.041	1.364
3	85.93	0.0083	283.54	0.020	0.714
2	57.29	0.0049	283.54	0.007	0.281
1	28.64	0.0019	283.54	0.001	0.053
Σ	1000.00	-	2,225.53	0.537	17.426

Çizelge 2.13 : Y doğrultusu için fiktif yük kaynaklı kat yerdeğiştirmeleri.

Kat	$F_{fi(y)}$ (kN)	$d_{fi(y)}$ (m)	m_i	$m_i \cdot (d_{fi(y)})^2$	$F_{fi(y)} \cdot d_{fi(y)}$
Çatı	206.64	0.0251	255.67	0.161	5.193
7	196.44	0.0226	277.77	0.141	4.433
6	170.02	0.0194	280.49	0.106	3.306
5	141.69	0.0160	280.49	0.072	2.265
4	113.35	0.01203	280.49	0.042	1.391
3	85.93	0.0085	283.54	0.021	0.732
2	57.29	0.0051	283.54	0.007	0.291
1	28.64	0.0020	283.54	0.001	0.057
Σ	1000.00	-	2,225.53	0.552	17.668

Buna göre, (X) doğrultusu için hakim doğal titreşim periyodu denklem 2.17'ye göre hesaplanmaktadır.

$$T_p^{(X)} = 2\pi \cdot \left(\frac{\sum m_i \cdot (d_{fi(x)})^2}{\sum F_{fi(x)} \cdot d_{fi(x)}} \right)^{1/2} = 2\pi \cdot \left(\frac{0.537}{17.426} \right)^{1/2} = 1.10s \quad (2.17)$$

Buna göre, (Y) doğrultusu için hakim doğal titreşim periyodu denklem 2.18'e göre hesaplanmaktadır.

$$T_p^{(Y)} = 2\pi \cdot \left(\frac{\sum m_i \cdot (d_{fi(y)})^2}{\sum F_{fi(y)} \cdot d_{fi(y)}} \right)^{1/2} = 2\pi \cdot \left(\frac{0.552}{17.668} \right)^{1/2} = 1.11s \quad (2.18)$$

Hesaplanan hakim doğal titreşim periyodu $T_p^{(X)}$ ve $T_p^{(Y)}$ değerleri, ampirik doğal titreşim periyodu olan T_{pA} değerinin 1.4 katından daha fazla alınamamaktadır (TBDY 4.7.3.2, 2018). T_{pA} değeri denklem 2.19'a göre hesaplanmaktadır. Denklem 2.19'da yer alan C_t değeri, TBDY (2018) 4.7.3.4(a)'ya göre çaprazlı çelik çerçevelerden oluşan binalar için 0.08 olarak alınmaktadır.

$$T_{pA} = C_t H_N^{(3/4)} = (0.08) \cdot (28^{3/4}) = 0.974s \quad (2.19)$$

Buna göre; $1.4 \cdot T_{pA}$ değeri 1.363 saniye olarak bulunmaktadır. Bu durumda $T_p^{(X)}$ ve $T_p^{(Y)}$ periyot değerleri sırası ile 1.10 ve 1.11 saniye olarak alınabilir. SAP2000 programı üzerinde yapılan model çalışmasında da aynı periyot değerleri elde edilmiştir. Bu değerler, deprem yönetmeliğinde yer alan kurallara göre kontrol edilmiştir.

2.6.3 Deprem yükü azaltma katsayısı

TBDY (2018) 4.2.1.2 Denk.(4.1a)'da belirtildiği üzere, $T > T_B$ olması durumunda denklem 2.20'deki gibi hesaplanacaktır. (X) ve (Y) doğrultuları için hesap aynı olmaktadır.

$$R_a(T) = R/I = 8/1 = 8 \quad (2.20)$$

2.6.4 Eşdeğer deprem yükü hesabı

TBDY (2018) Bölüm 4.6 ve Tablo 4.4'te yer alan kriterler göz önüne alındığında, yapının doğrusal hesabı için “Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi” seçilmiştir. Birbirlerine dik (X) ve (Y) deprem doğrultularında binaya etkiyen depremler için eşdeğer deprem yükü yöntemi ayrı ayrı uygulanacak ve elde edilen deprem yükleri SAP2000 programı aracılığı ile modellenmiş yapıımıza etki ettirilecektir.

Elde edilen periyot değerlerine göre, (X) ve (Y) doğrultularındaki yatay elastik spektral ivmeleri $S_{ae}(T)$ denklem 2.21 ve denklem 2.22'deki gibi hesaplanmaktadır.

$T_B = 0.338s$, $T_L = 6s$ ve $T_p^{(X)} = 1.10s$; $T_B < T_p^{(X)} < T_L$ olmak üzere,

$$S_{ae}(T_x) = \frac{S_{D1}}{T} = \frac{0.455}{1.10} = 0.414 \quad (2.21)$$

$T_B = 0.338s$, $T_L = 6s$ ve $T_p^{(Y)} = 1.11s$; $T_B < T_p^{(Y)} < T_L$ olmak üzere,

$$S_{ae}(T_y) = \frac{S_{D1}}{T} = \frac{0.455}{1.11} = 0.410 \quad (2.22)$$

Deprem etkisi altında yatay doğrultuda azaltılmış deprem yüklerinin belirlenmesi için kullanılacak azaltılmış tasarım ivme spektrumunun, belirli bir T doğal titreşim periyodundaki ordinatı olan, azaltılmış tasarım spektrum ivmesi $S_{aR}(T)$ TBDY (2018) 4.4.1 doğrultusunda denklem 2.23 ve denklem 2.24'e göre hesaplanmıştır.

(X) doğrultusu için,

$$S_{aR}(T_x) = \frac{S_{ae}(T_x)}{R_a(T)} = \frac{0.414}{8} = 0.052 \quad (2.23)$$

(Y) doğrultusu için,

$$S_{aR}(T_Y) = \frac{S_{ae}(T_Y)}{R_a(T)} = \frac{0.410}{8} = 0.051 \quad (2.24)$$

(X) ve (Y) doğrultuları için taban kesme kuvvetleri yani diğer bir deyişle toplam eşdeğer deprem yükleri TBDY (2018) Denk.(4.19)'a göre, denklem 2.25'de görüldüğü şekilde hesaplanmaktadır.

$$V_{tE} = m_t \cdot S_{aR}(T) \geq 0.04 \cdot m_t \cdot I \cdot S_{DS} \cdot g \quad (2.25)$$

Yönetmelikte verilen bilgilere göre, (X) doğrultusu için meydana gelen toplam eşdeğer deprem yükü, denklem 2.26'da görüleceği üzere, $V_{tE}^{(X)} = 1,173.314$ kN olarak hesaplanmıştır.

$$V_{tE}^{(X)} = (2,225.53) \cdot (0.052) \cdot (9.81) < (0.04) \cdot (2,225.53) \cdot (1) \cdot (1.344) \cdot (9.81) \quad (2.26)$$

Yine aynı şekilde yönetmelikte verilen bilgilere göre, (Y) doğrultusu için meydana gelen toplam eşdeğer deprem yükü, denklem 2.27'de görüleceği üzere, $V_{tE}^{(Y)} = 1,173.314$ kN olarak hesaplanmıştır.

$$V_{tE}^{(Y)} = (2,225.53) \cdot (0.051) \cdot (9.81) < (0.04) \cdot (2,225.53) \cdot (1) \cdot (1.344) \cdot (9.81) \quad (2.27)$$

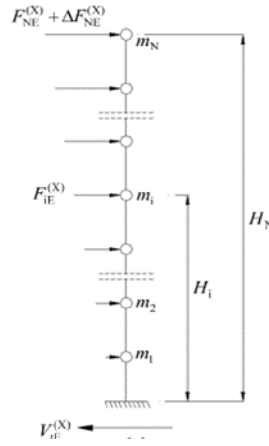
TBDY (2018) Denk.(4.22)'ye göre, binanın en üst kotuna etki eden ek eşdeğer deprem yükü ΔF_N 'nin değeri denlem 2.28'de görüldüğü gibi hesaplanmıştır.

$$\Delta F_N = (0.0075) \cdot (N) \cdot (V_t) = (0.0075) \cdot (8) \cdot (1,173.314) = 70.40 \text{ kN} \quad (2.28)$$

(X) ve (Y) doğrultularında hesaplanan toplam eşdeğer deprem yükleri eşit olduğu için binanın en üst kotuna etki eden ek eşdeğer deprem yükü de her iki doğrultuda eşit bulunmuştur.

Toplam eşdeğer deprem yükü, ΔF_N dışında geri kalan kısmı, N. Kat dahil olmak üzere bina katlarına dağıtılacaktır. Bu dağıtma işlemi TBDY (2018) doğrultusunda denklem 2.29'da göre hesaplanacaktır. Yüklerin, ilgili katlara dağılımı Şekil 2.21'de sunulmuştur.

$$F_{tE} = (V_{tE} - \Delta F_N) \cdot \left(\frac{m_t \cdot H_t}{\sum w_j \cdot H_j} \right) \quad (2.29)$$



Şekil 2.21 : Eşdeğer deprem yüklerinin katlara göre dağılımı.

Elde edilen deprem yüklerinin (X) ve (Y) doğrultularında, katlara göre dağıtılmış halleri Çizelge 2.14 ve Çizelge 2.15’te özet olarak gösterilmiştir.

Çizelge 2.14 : (X) yönünde katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri.

Kat	h (m)	H_i (m)	w_i (kN)	$w_i \cdot H_i$ (kNm)	$\frac{w_i \cdot H_i}{\sum w_i \cdot H_i}$	F_{ix} (kN)
8	3.50	28.00	2,507.30	70,204.33	0.2066	298.303
7	3.50	24.50	2,724.02	66,738.43	0.1964	216.653
6	3.50	21.00	2,750.68	57,764.25	0.1700	187.520
5	3.50	17.50	2,750.68	48,136.88	0.1417	156.267
4	3.50	14.00	2,750.68	38,509.51	0.1133	125.013
3	3.50	10.50	2,780.56	29,195.87	0.0859	94.779
2	3.50	7.00	2,780.56	19,463.92	0.0573	63.186
1	3.50	3.50	2,780.56	9,731.96	0.0286	31.593
Σ			21,825.03	339,745.15	1.00	1.173,314

Çizelge 2.15 : (Y) yönünde katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri.

Kat	h (m)	H_i (m)	w_i (kN)	$w_i \cdot H_i$ (kNm)	$\frac{w_i \cdot H_i}{\sum w_i \cdot H_i}$	F_{iy} (kN)
8	3.50	28.00	2,507.30	70,204.33	0.2066	298.303
7	3.50	24.50	2,724.02	66,738.43	0.1964	216.653
6	3.50	21.00	2,750.68	57,764.25	0.1700	187.520
5	3.50	17.50	2,750.68	48,136.88	0.1417	156.267
4	3.50	14.00	2,750.68	38,509.51	0.1133	125.013
3	3.50	10.50	2,780.56	29,195.87	0.0859	94.779
2	3.50	7.00	2,780.56	19,463.92	0.0573	63.186
1	3.50	3.50	2,780.56	9,731.96	0.0286	31.593
Σ			21,825.03	339,745.15	1.00	1.173,314

TBDY (2018) 4.5.10’da, deprem yer hareketinin binaya etkisinde taşıyıcı sistemin rijitlik ve kütle dağılımındaki olası belirsizlikleri göz önüne almak üzere ek

dışmerkezlik etkisi tanımlanmıştır. Kat döşemelerinin kendi düzlemleri içinde rijit diyafram olarak modellenmeleri durumunda, “Kat kütle merkezinde (ana düğüm noktası) tanımlanan kat kütlesi esas alınarak her bir deprem doğrultusunda deprem hesabı yapılacaktır.”, “Kat kütle merkezine (ana düğüm noktası) etkiyen yatay deprem yükleri, göz önüne alınan deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyutunun +%5’i ve -%5’i kadar kaydırılacak ve bu durumlar için de ayrıca deprem hesabı yapılacaktır.” ve “Deprem hesabının eşdeğer deprem yükü yöntemi ile yapılması durumunda modelleme kolaylığı bakımından deprem yükünün kaydırılması yerine, kat kütle merkezinde (ana düğüm noktası) etkiyen eşdeğer deprem yükü F_{IE} ile birlikte denklem 2.30’da verilen ek kat burulma momentinin göz önüne alınması uygundur.”

$$M_{Ib} = F_{ie} \cdot e \quad (2.30)$$

Burada verilen e, %5’lik ek dışmerkezliği göstermektedir.

Sonuç olarak, ± 0.05 dışmerkezlikler de göz önüne alınarak, deprem yükleri kat hizalarına etki ettirilmektedir. Bu nedenle deprem yüklemeleri, SAP2000 analiz programında hazırlanan model üzerine EXP, EX, EXN, EYP, EY ve EYN şeklinde tanımlanacaktır. Ayrıca dışmerkezlik içermeyen EX ve EY yüklemeleri de yer değiştirme kontrolleri için kullanılacaktır. Çizelge 2.16’da deprem yüklerinin özet hali gösterilmektedir.

Çizelge 2.16 : Deprem yüklemeleri.

Yükleme Adı	Yükleme Tipi	Deprem Yönü	Dışmerkezlik
EXP	DEPREM	X	+%5
EX	DEPREM	X	%0
EXN	DEPREM	X	-%5
EYP	DEPREM	Y	+%5
EY	DEPREM	Y	%0
EYN	DEPREM	Y	-%5

Sisteme etki ettirilen yatay deprem yüklerinin yanında, TBDY (2018) 4.4.3’e göre ayrıca düşey deprem etkisi de hesaba katılmalıdır. Düşey deprem etkisi, $E_d^{(Z)}$ denklem 2.31’e göre hesaplanmaktadır.

$$E_d^{(Z)} = (2/3) \cdot S_{DS} \cdot G = (2/3) \cdot (1.344) \cdot (G) = 0.896G \quad (2.31)$$

Burada yer alan G, sabit yük etkisini göstermektedir. Sonuç olarak düşey deprem sisteme 0.896G olarak etki ettirilecektir.

2.7 Genel (Doğrudan) Analiz

Sistemin stabilite tasarımı için genel (doğrudan) analiz yöntemi kullanılacaktır. Bu sebeple fiktif yükler tanımlanacaktır. Yapı sistemine etkiyen düşey yükler için X ve Y doğrultularında olmak üzere çift yönlü fiktif yük tanımlaması yapılmıştır. Sisteme tanımlanan fiktif yükler Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapımına Dair Esaslar (2018) Denk. (6.1)'e göre denklem 2.32'de belirtildiği gibi hesaplanmaktadır:

$$N_i = (0.002) \cdot \alpha \cdot Y_i \quad (2.32)$$

Yük ve dayanım katsayıları (YDKT) ile hesap için $\alpha=1.0$ olarak alınmaktadır. $N_i=(i)$ kat düzeyine etki ettirilecek fiktif yükü ve Y_i ise yük birleşimleri ile belirlenen, (i) kat döşemesine etkiyen toplam düşey yükü temsil etmektedir. Bu durumda fiktif yükler SAP2000 analiz programında tasarlanan modelde yer alan yük birleşimlerine eklenmektedir. Tanımlanan fiktif yükler Çizelge 2.17'de özetlenmiştir.

Çizelge 2.17 : Fiktif yükler.

Yük Tipi	Yük Adı	(X) Yönü	(Y) Yönü
EXP	G	NGX	NGY
EX	Q	NQX	NQY
EXN	Q_r	NQ_rX	NQ_rY
EYN	S	NSX	NSY

2.8 Yük Birleşimleri

Sabit ve hareketli yükler, rüzgar yükleri ve deprem yükleri ÇYTHYDE (2018) 5.3.1, TBDY (2018) 9.2.5 ve 4.4'te yer alan esaslara göre birleştirilecektir. İlgili yönetmeliklerde geçen yük birleşim esasları aşağıda yer almaktadır:

1.4G

1.2G+1.6(Q_r veya S veya R)

1.2G+1.6Q+0.5(Q_r veya S veya R)

1.2G+1.6(Q_r veya S veya R)+(Q veya 0,8W)

1.2G+1.0Q+0.5(Q_r veya S veya R)+1.6W

$$1.2G+1.0Q+0.2S+1.0E$$

$$0.9G+1.6W$$

$$0.9G+1.0E$$

Bu yük birleşimlerine katılan E, deprem yükleri TBDY (2018) 4.4.2.1 Denk. (4.9)'a göre denklem 2.33 ve denklem 2.34'te gösterildiği gibi;

$$E_d^{(H)} = \pm E_d^{(X)} \pm (0.3)E_d^{(Y)} \quad (2.33)$$

ve

$$E_d^{(H)} = \pm (0.3)E_d^{(X)} \pm E_d^{(Y)} \quad (2.34)$$

şeklinde hesaba katılacaktır [9].

Çalışma konusu bina, yük ve dayanım katsayıları ile tasarım (YDKT) esasına göre analiz edilecektir [13]. Yönetmeliklerin ilgili maddeleri doğrultusunda belirlenen yük birleşimleri ise Çizelge 2.18'de ayrıntılı bir şekilde yer almaktadır. Bina modeline toplam 171 adet yük birleşimi tanımlanmıştır.

Çizelge 2.18 : Yük birleşimleri.

Birleşim Ttipi	Yük Birleşimi
Düşey Yük Birleşimleri	1.4G+(1.4NG)
Düşey Yük Birleşimleri	1.2G+1.6S+(1.2NG+1.6NS)
Düşey Yük Birleşimleri	1.2G+1.6Qr+(1.2NG+1.6NQr)
Düşey Yük Birleşimleri	1.2G+1.6Q+0.5Qr+(1.2NG+1.6NQ+0.5NQr)
Düşey Yük Birleşimleri	1.2G+1.6Q+0.5S+(1.2NG+1.6NQ+0.5NS)
Düşey Yük Birleşimleri	1.2G+1.6Qr+1.0Q+(1.2NG+1.6NQr+1.0NQ)
Düşey Yük Birleşimleri	1.2G+1.6S+1.0Q+(1.2NG+1.6NS+1.0NQ)
Düşey+Rüzgar Yüğü Birleşimleri	1.2G+1.6Qr±0.8W (4)
Düşey+Rüzgar Yüğü Birleşimleri	1.2G+1.6S±0.8W (4)
Düşey+Rüzgar Yüğü Birleşimleri	1.2G+1.0Q+0.5Qr±1.6W (4)
Düşey+Rüzgar Yüğü Birleşimleri	1.2G+1.0Q+0.5S±1.6W (4)
Düşey+Rüzgar Yüğü Birleşimleri	0.9G±1.6W (4)
Düşey+Deprem Yüğü Birleşimleri	1.2G+1.0Q+0.2S±1.0EX±0.3EY+0.3EZ (36)
Düşey+Deprem Yüğü Birleşimleri	1.2G+1.0Q+0.2S±1.0EY±0.3EX+0.3EZ (36)
Düşey+Deprem Yüğü Birleşimleri	0.9G±1.0EX±0.3EY-0.3EZ (36)
Düşey+Deprem Yüğü Birleşimleri	0.9G±1.0EY±0.3EX-0.3EZ (36)

2.9 Etkin Göreli Kat Ötelemelerinin Kontrolü

Etkin görelî kat ötelemelerinin hesaplanması ve kontrolü TBDY (2018) 4.9.1'e göre yapılmaktadır. Etkin görelî kat ötelemelerinin kontrolü için öncelikle belirli ifadelerin açıklanması ve bu ifadelerin hesaplanması gerekmektedir.

Azaltılmış görelî kat ötelemesi; deprem yükü etkisinde, herhangi bir kolonda meydana gelen ardışık iki kat arasındaki yatay yer değıştirme farkı olarak ifade edilmektedir. (Δ_i), denklem 2.35'de gösterildiğı gibi hesaplanmaktadır.

$$\Delta_i^{(x,y)} = u_i^{(x,y)} - u_{i-1}^{(x,y)} \quad (2.35)$$

$u_i^{(x,y)}$ ve $u_{i-1}^{(x,y)}$ (X), (Y) deprem doğrultularında ve azaltılmış deprem yükleri etkisinde, binanın (i). ve (i-1). katlarında, herhangi bir kolunun uçlarında meydana gelen en büyük yatay yer değıştirmelerdir (TBDY, Bölüm 4, 2018). Bu değerler, SAP2000 programında oluşturulmuş modelin analizi ile elde edilmiş olup Çizelge 2.19 ve Çizelge 2.20'de gösterilmiştir.

Etkin görelî kat ötelemesi; TBDY (2018) Denk.(4.33)'te belirtildiğı üzere, etkin görelî kat ötelemesi, (δ_i) denklem 2.36'daki gibi hesaplanmaktadır.

$$\delta_i^{(x,y)} = \frac{R}{I} \cdot \Delta_i^{(x,y)} \quad (2.36)$$

Herhangi bir kattaki etkin görelî kat ötelemelerinin en büyük değeri deprem yönetmeliğine göre denklem 2.37'deki koşulu sağlamak zorundadır.

$$\lambda \cdot \frac{\delta_{i,maks}^{(x,y)}}{h_i} \leq (0.016) \cdot \kappa \quad (2.37)$$

λ : "Binanın göz önüne alınan deprem doğrultusundaki hakim titreşim periyodu için; DD-3 deprem yer hareketinin TBDY (2018) 2.3.4.1'e göre hesaplanan elastik tasarım spektral ivmesinin, DD-2 deprem yer hareketinin elastik tasarım spektral ivmesine oranı" olarak ifade edilmektedir. Bu durumda, AFAD deprem tehlike haritaları web sitesinden alınan sahaya özel DD-3 ve DD-2 deprem yer hareketlerine ait yatay elastik tasarım spektrumu değerlerinden bina hakim titreşim periyotlarımıza karşı gelen elastik tasarım spektral ivmeleri oranlanmış ve hem X hem de Y doğrultuları için λ değerleri hesaplanmıştır.

(X) doğrultusu için hesap denklem 2.38'de yer almaktadır,

$$\lambda^{(x)} = \frac{S_{ae}(T_x)_{DD-3}}{S_{ae}(T_x)_{DD-2}} = \frac{0.153}{0.413} = 0.3705 \quad (2.38)$$

(Y) doğrultusu için hesap denklem 2.39'da yer almaktadır,

$$\lambda^{(y)} = \frac{S_{ae}(T_y)_{DD-3}}{S_{ae}(T_y)_{DD-2}} = \frac{0.154}{0.416} = 0.3702 \quad (2.39)$$

κ : TBDY (2018) 1.9.1.4'e göre, çelik binalarda 0.5 olarak alınmaktadır. Bu durumda 0.016κ değeri 0.008 olmaktadır. Etkin görelî kat ötelemelerinin değerleri 0.008'i aşmamalıdır. Sonuçlar Çizelge 2.19 ve Çizelge 2.20'de yer almaktadır.

Çizelge 2.19 : (X) doğrultusu için etkin görelî kat ötelemelerinin kontrolü.

Kat	h_i (m)	Δ_x (m)	δ_x (m)	$\lambda_x \cdot \frac{\delta_x}{h_i}$	$(0.016) \cdot \kappa$
8	3.5	0.0044	0.0349	0.0037	0.008
7	3.5	0.0051	0.0407	0.0043	0.008
6	3.5	0.0055	0.0437	0.0046	0.008
5	3.5	0.0058	0.0460	0.0049	0.008
4	3.5	0.0057	0.0459	0.0049	0.008
3	3.5	0.0052	0.0414	0.0044	0.008
2	3.5	0.0046	0.0367	0.0039	0.008
1	3.5	0.0028	0.0222	0.0023	0.008

Çizelge 2.20 : (Y) doğrultusu için etkin görelî kat ötelemelerinin kontrolü.

Kat	h_i (m)	Δ_y (m)	δ_y (m)	$\lambda_y \cdot \frac{\delta_y}{h_i}$	$(0.016) \cdot \kappa$
8	3.5	0.0045	0.0359	0.0038	0.008
7	3.5	0.0053	0.0422	0.0045	0.008
6	3.5	0.0057	0.0455	0.0048	0.008
5	3.5	0.0060	0.0481	0.0051	0.008
4	3.5	0.0060	0.0481	0.0051	0.008
3	3.5	0.0054	0.0432	0.0046	0.008
2	3.5	0.0048	0.0387	0.0041	0.008
1	3.5	0.0031	0.0245	0.0026	0.008

(X) ve (Y) doğrultuları için elde edilen en büyük değerler 0.0049 ve 0.0051'dir. Bu değerler başta olmak üzere, katlara ait etkin görelî kat öteleme değerleri, sınır değeri olan 0.008 değerinden küçük kalmaktadır. Böylece etkin görelî kat ötelemelerinin kontrolü sağlanmış ve herhangi bir sorun ile karşılaşılmasıdır.

2.10 İkinci Mertebe Etkileri

İkinci mertebe etkilerinin kontrolü TBDY 4.9.2 ve ÇYTHYDE Bölüm 6'ya göre gerçekleştirilecektir. TBDY (2018) 4.9.2.1'e göre, "Göz önüne alınan (X) deprem

doğrultusunda her bir (i). katta Denk. (4.35) ile ikinci mertebe gösterge değeri $\theta_{II,i}^{(x)}$ hesaplanacaktır.” İlgili formül denklem 2.40’ta gösterilmiştir.

$$\theta_{II,i}^{(x)} = \frac{(\Delta_i^{(x)})_{ort} \cdot \sum w_k}{V_i^{(x)} \cdot h_i} \quad (2.40)$$

Denklem 2.40’ta yer alan ifadeler sırası ile aşağıda açıklanmaktadır.

$(\Delta_i^{(x)})_{ort}$: “(i). kattaki kolon ve perdelerde, (X) deprem doğrultusunda hesaplanan azaltılmış göreceli kat ötelemelerinin kat içindeki ortalama değeridir.”

$\sum w_k$: “Her bir (i) katına etkiyen toplam kütle miktarını ifade etmektedir.”

V_i : “Her bir (i) katına etkiyen toplam kesme kuvvetini ifade etmektedir.”

h_i : “Her bir (i) katının yüksekliğini ifade etmektedir.”

Öncelikle hem (X) hem de (Y) doğrultuları için her bir kata ait ikinci mertebe gösterge değeri hesaplanacaktır. Elde edilen maksimum ikinci mertebe gösterge değeri TBDY (2018) 4.9.2.2’de yer alan şartı sağlamalıdır. Bu koşulun sağlanmaması durumunda, taşıyıcı sistemin rijitliği ve/veya dayanımının uygun şekilde artırılması gerekmektedir. Diğer bir seçenek ise TBDY (2018) 4.9.2.3’te yer alan ikinci mertebe büyütme katsayısı ile çözümdür. TBDY (2018) 4.9.2.2’de yer alan formül denklem 2.41’de gösterilmektedir.

$$\theta_{II,maks}^{(x)} \leq (0.12) \cdot \frac{D}{C_h \cdot R} \quad (2.41)$$

Denklem 2.41’de yer alan R, taşıyıcı sistem davranış katsayısını ve D, dayanım fazlalığı katsayısını göstermektedir. C_h ise taşıyıcı sistemin doğrusal olmayan hiperstatik davranışına bağlı olarak tanımlanan bir katsayıyı göstermektedir ve çelik kolonlu binalar için TBDY 4.9.2.2’de 1.0 olarak verilmektedir. Bu durumda $\theta_{II,maks}^{(x)}$ denklem 2.42’deki gibi hesaplanmaktadır.

$$\theta_{II,maks}^{(x)} \leq (0.12) \cdot \frac{2.5}{(1.0) \cdot (8)} = 0.375 \quad (2.42)$$

Bu bilgiler doğrultusunda ikinci mertebe etkileri kontrol edilmiş ve Çizelge 2.21 ve Çizelge 2.22’de detaylı bir şekilde gösterilmiştir.

Çizelge 2.21 : (X) doğrultusu için II. mertebe etkilerinin kontrolü.

Kat	h_i (m)	$\Delta_{x,ort}$ (m)	w_i (kN)	$\sum w_i$ (kN)	V_i (kN)	$V_i \cdot h_i$	$\theta_{II,x}$
8	3.5	0.0041	2,507.30	2,507.30	298.30	1,044.06	0.0100
7	3.5	0.0048	2,724.02	5,231.32	514.96	1,802.35	0.0140
6	3.5	0.0052	2,750.68	7,981.99	702.48	2,458.67	0.0168
5	3.5	0.0055	2,750.68	10,732.67	858.74	3,005.60	0.0195
4	3.5	0.0054	2,750.68	13,483.35	983.76	3,443.15	0.0213
3	3.5	0.0049	2,780.56	16,263.91	1,078.54	3,774.87	0.0211
2	3.5	0.0043	2,780.56	19,044.47	1,141.72	3,996.02	0.0207
1	3.5	0.0026	2,780.56	21,825.03	1,173.31	4,106.60	0.0139

Çizelge 2.22 : (Y) doğrultusu için II. mertebe etkilerinin kontrolü.

Kat	h_i (m)	$\Delta_{y,ort}$ (m)	w_i (kN)	$\sum w_i$ (kN)	V_i (kN)	$V_i \cdot h_i$	$\theta_{II,y}$
8	3.5	0.0041	2,507.30	2,507.30	298.30	1,044.06	0.0098
7	3.5	0.0048	2,724.02	5,231.32	514.96	1,802.35	0.0139
6	3.5	0.0052	2,750.68	7,981.99	702.48	2,458.67	0.0168
5	3.5	0.0055	2,750.68	10,732.67	858.74	3,005.60	0.0195
4	3.5	0.0055	2,750.68	13,483.35	983.76	3,443.15	0.0214
3	3.5	0.0049	2,780.56	16,263.91	1,078.54	3,774.87	0.0212
2	3.5	0.0044	2,780.56	19,044.47	1,141.72	3,996.02	0.0210
1	3.5	0.0028	2,780.56	21,825.03	1,173.31	4,106.60	0.0148

Yapılan hesaplamalar sonucunda en büyük $\theta_{II,x} = 0.0213$ ve en büyük $\theta_{II,y} = 0.0214$ olarak elde edilmiştir. Sağlanması gereken koşul denklem 2.42’de hesaplanmış ve 0.375 olarak bulunmuştur. Bu durumda $0.0213 < 0.0375$ ve $0.0214 < 0.0375$ olmakta ve gerekli şartları sağlamaktadır. Bu koşulun sağlanması ile birlikte, ÇYTHYDE (2018) 6.1’e göre, çelik yapı elemanlarının tasarımında ikinci mertebe etkilerinin dikkate alınması gerekmektedir.

3. DOĞRUSAL ANALİZ VE TASARIM

3.1 Giriş

Boyutlandırma hesapları kapsamında yapılacak olan çalışmalar, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (2018) Bölüm 9 ve Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapımına Dair Esaslar (2018) doğrultusunda gerçekleştirilecektir [9, 14]. Deprem etkilerini ve meydana gelecek yanal yük durumlarına karşı yapı sisteminin her iki yatay doğrultusuna da dışmerkez çaprazlı çelik çerçeve sistemi teşkil edilmiştir. Dışmerkez çaprazlı çelik çerçeveler, her katta, (X) yönünde dört adet ve (Y) yönünde de dört adet olmak üzere simetrik şekilde yerleşmesi planlanmıştır. Bu sayede daha düzenli bir yapı formu oluşturulmuş olacak ve yapı sistemi yanal yüklere karşı düzgün bir davranış gösterecektir.

Bina sisteminin ilk üç katı (1, 2, 3) kendi içerisinde, ikinci üç katı (4, 5, 6) da kendi içerisinde ve yine son iki katı (7, 8) da kendi içerisinde benzer katlar olarak tasarlanmıştır. Bu şekilde bina sistemi 3 farklı benzer kat olarak tasarlanmış ve benzer katlar içerisinde aynı kesitler kullanılmıştır. Tercih edilen kesitler Çizelge 3.1’de özet olarak verilmiştir.

Çizelge 3.1 : Bina tasarımında kullanılan kesitler.

Eleman	Kesit (Kat 1-2-3)	Kesit (Kat 4-5-6)	Kesit (Kat 7-8)
Kolon (S355)	HE500B	HE450B	HE400B
Kiriş (S275)	HE300B	HE300B	HE300B
Bağ Kirişi (S275)	HE300B	HE260B	HE220B
Çapraz (S355)	HE240B	HE220B	HE200B
Tali Kiriş (S275)	IPE270	IPE270	IPE270

Yapı sisteminde yer alan kolonlar ve çaprazlar S355 kalitesinde, kiriş, bağ kirişi ve tali kirişler ise S275 kalitesinde olacak şekilde modellenmiştir. Kirişlerin kolonlar ile oluşturduğu bağlantılar mafsallı, çaprazların kolon-kiriş birleşimleri ile yaptıkları bağlantı mafsallı ve yine çaprazların bağ kirişi ile yaptığı bağlantı ankastre olarak

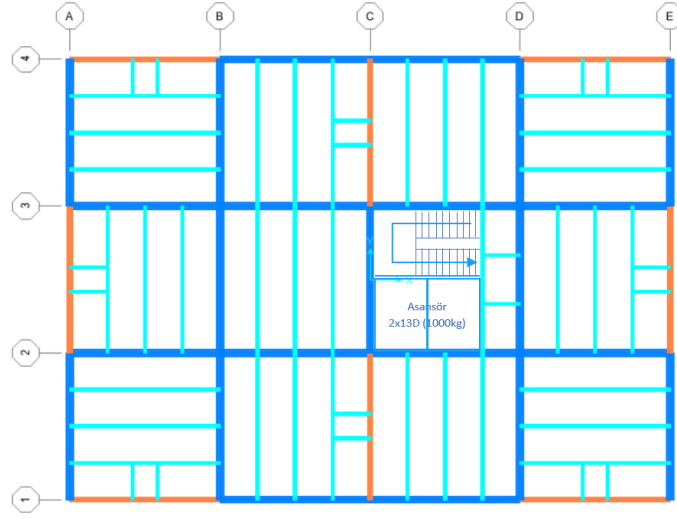
düzenlenmiştir. Tipik bağlantı detayı EK A'da yer almaktadır. Yapı sisteminde yer alan kolonların güçlü eksekleri çaprazlı sistem doğrultusunda konumlandırılmıştır. Yapı sistemindeki elemanların yerleştirilmesi ve bu elemanların gerek kesitleri ve malzeme özellikleri, kısacası modellemenin esas amacı tamamen dışmerkez çaprazlı çelik çerçeveli yapı sisteminin yanal yük etkisinde düzgün bir şekilde çalışabilmesi için tercih edilmiştir. Dışmerkez çaprazlı çelik çerçeveli yapı sistemlerinde temel amaç yanal yükleri bağ kirişi üzerine doğru bir şekilde aktarabilmektir. Doğru bir şekilde tasarlanan süneklik düzeyi yüksek bu yapı sisteminde yanal yükler, çaprazlı çerçevelerde yani bağ kirişlerinde karşılanmaktadır. Bağ kirişleri de kısa bağ kirişi olarak tasarlanmıştır ve bu durumla ilgili gerekli açıklamalar bağ kirişi boyutlandırılması kısmında detaylı olarak ele alınmıştır.

Ayrıca yapısal elemanların kesitlerinin seçiminde önemli bir etken de tasarım büyütme katsayılarıdır. Bağ kirişlerinin tasarımı yapıldıktan sonra bağ kirişi dışında kalan kiriş bölgesi, kolon ve çapraz elemanlarının tasarımı, iç kuvvetlerin belirli katsayılar ile büyütülmesi suretiyle gerçekleşmektedir [9]. Yapı sisteminde katlara göre değişen tasarım büyütme katsayılarının her kattaki ortalamaları için elde edilen veriler Çizelge 3.2'de yer almaktadır.

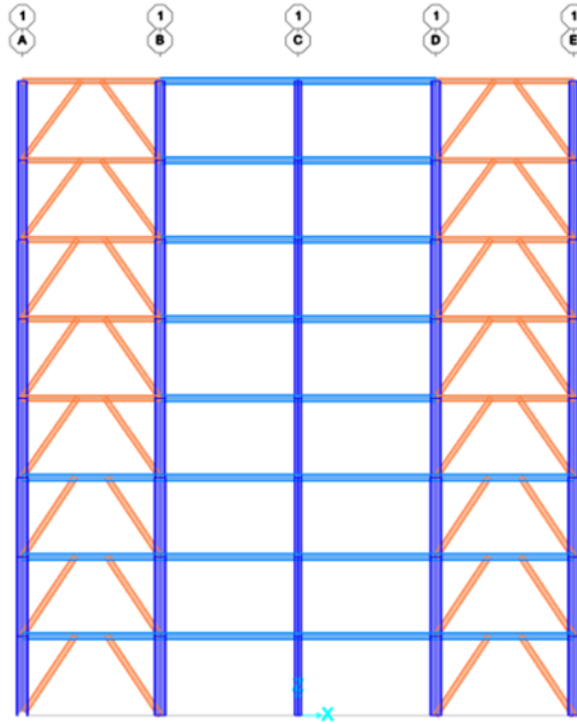
Çizelge 3.2 : Ortalama tasarım büyütme katsayıları.

Katlar	$1.1R_y.V_n/V_{EX}$	$1.1R_y.V_n/V_{EY}$	$1.25R_y.V_n/V_{EX}$	$1.25R_y.V_n/V_{EY}$
8	5.054	5.613	5.743	6.378
7	3.847	4.408	4.372	5.009
6	3.661	4.056	4.161	4.609
5	3.226	3.471	3.666	3.944
4	2.993	3.147	3.401	3.576
3	3.480	3.619	3.954	4.112
2	3.488	3.559	3.964	4.045
1	3.382	3.442	3.844	3.911

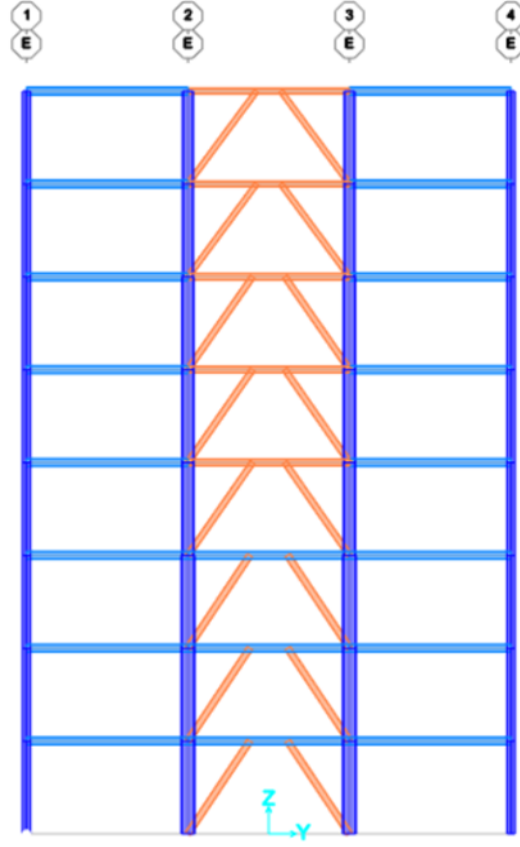
Yapı sistemine ait kat planı Şekil 3.1'de, (XZ) eksen takımındaki kesiti Şekil 3.2'de ve (YZ) eksen takımındaki kesiti Şekil 3.3'te verilmiştir.



Şekil 3.1 : Bina kat planı.



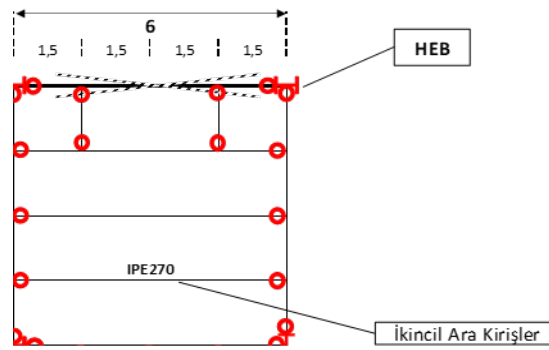
Şekil 3.2 : (XZ) eksen takımı bina kesiti.



Şekil 3.3 : (YZ) eksen takımı bina kesiti.

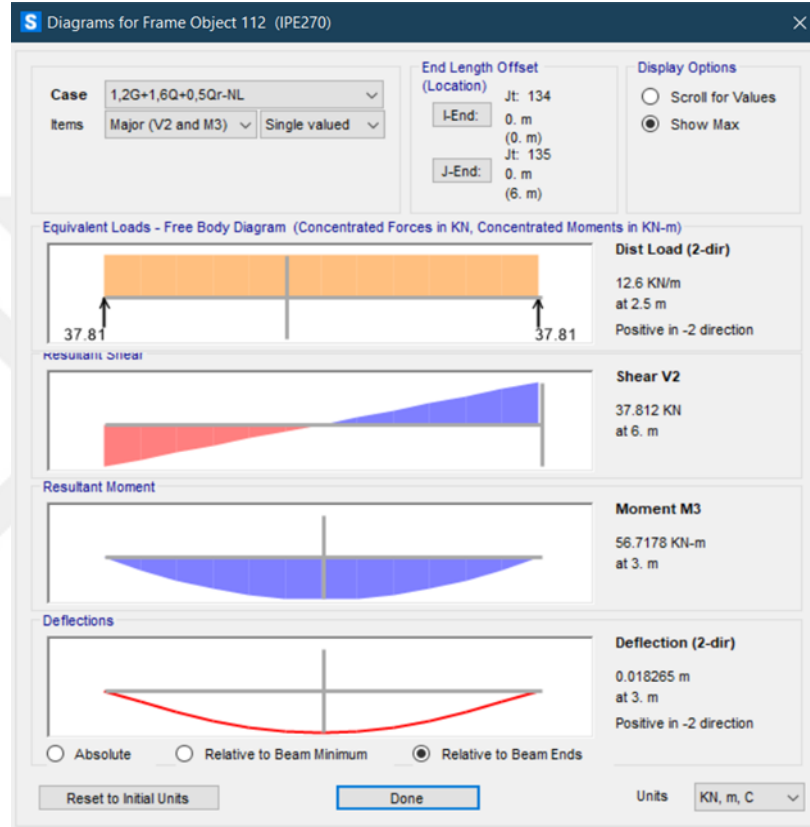
3.2 İkincil Kiriş Elemanının Tasarımı

Döşeme elemanı olan trapez sacların altına, açıklıkları dört eşit parçaya bölecek şekilde üç adet IPE270 kesitine sahip ikincil kiriş yerleştirilmesi öngörülmüştür. Tali kirişlerin her birinin uzunluğu 6 metredir. Tipik bir yerleşim planı Şekil 3.4'te bulunmaktadır.



Şekil 3.4 : Tali kiriş planı.

İkincil kirişler, döşemeden gelen yükleri çerçeve kirişlerine aktarmaktadır. Bu kirişler çerçeve kirişlerine her iki ucu mafsallı olacak şekilde mesnetlenmektedir. Tali kirişlerin tasarım dayanımı, düşey yükler altında kontrol edilecektir. Ayrıca, işletme yükleri altında da kullanılabilirlik sınır durumu yani sehim kontrolü gerçekleştirilecektir. İkincil kirişlerde en elverişsiz durum “1.2G+1.6Q+0.5Qr” yük birleşimi etkisinde meydana gelmektedir. Normal katlarda Qr yüklemesi değeri sıfırdır. Normal kat tali kirişinde meydana gelen iç kuvvetler Şekil 3.5’te gösterilmektedir.



Şekil 3.5 : Tali kirişte meydana gelen iç kuvvetler.

Bu durumda meydana gelen kesme kuvveti, $V_u = 37.81$ kN ve moment, $M_u = 56.72$ kNm olarak elde edilmiştir.

Kirişin çelik malzeme sınıfı S275’tir. Bu durumda akma gerilmesi, $F_y = 275$ N/mm² ve çekme dayanımı, $F_u = 430$ N/mm²’dir. Kiriş enkesiti IPE270 olarak belirlenmiştir ve bu kesite ait tasarım özellikleri aşağıda sırası ile yer almaktadır.

$d : 270\text{mm}$, $h : 219.60\text{mm}$, $b : 135\text{mm}$, $t_w : 6.60\text{mm}$, $t_f : 10.20\text{mm}$, $A : 45.95\text{cm}^2$, $I_x : 5790\text{cm}^4$, $I_y : 419.90\text{cm}^4$, $i_x : 112.30\text{mm}$, $i_y : 30.20\text{mm}$, $J : 15.71\text{cm}^4$, $W_{pl,x} : 484\text{cm}^3$, $G : 77200\text{N/mm}^2$, $E : 200000\text{N/mm}^2$

Kiriş enkesit parçalarının yerel burkulma sınır durumu kontrolleri

Öncelikle kiriş enkesitinin yerel burkulma sınır durumu için kontrolleri sağlanmalıdır. Bu durum ÇYTHYDE (2018) 5.4'te şu şekilde açıklanmaktadır; “Eğilme momentinden oluşan basınç gerilmeleri etkisindeki enkesit parçaları, yerel burkulma sınır durumu dikkate alındığında; kompakt, kompakt olmayan ve narin enkesit parçaları olarak üçe ayrılırlar. Genişlik (çap) / kalınlık oranı, Tablo 5.1B’de verilen λ_p sınır değerini aşmayan enkesit parçaları kompakt olarak tanımlanır.”

Başlık parçası için yerel burkulma sınır durumu kontrolü ÇYTHYDE (2018) Tablo 5.1, Durum 10’a göre denklem 3.1’de hesaplanmıştır.

$$\lambda = \frac{b}{t} = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{135}{(2) \cdot (10.20)} = 6.62 \leq \lambda_p = (0.38) \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 10.25 \quad (3.1)$$

Gövde parçası için yerel burkulma sınır durumu kontrolü ÇYTHYDE (2018) Tablo 5.1, Durum 15’e göre denklem 3.2’de hesaplanmıştır.

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{219.60}{6.60} = 33.27 \leq \lambda_p = (3.76) \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 101.40 \quad (3.2)$$

Bu durumda, kesit kompaktır.

ÇYTHYDE (2018) 9.2’de, “Kuvvetli asal eksenleri etrafında eğilme etkisindeki, Tablo 5.1B’e göre, gövde ve başlık parçaları kompakt sınıfında olan U-enkesitli ve çift simetri eksenli I-enkesitli elemanların karakteristik eğilme momenti dayanımı, M_n , aşağıda verilen sınır durumlar için hesaplanan değerlerin en küçüğü olarak alınacaktır.” Şeklinde açıklanmıştır. Bu sınır durumlar; Akma sınır durumu, yanal burulmalı burkulma sınır durumu olarak yine yönetmeliğin 9.2’inci bölümünde açıklanmaktadır. Bu sınır durumlarda oluşacak karakteristik eğilme momenti dayanımları sırası ile belirlenecektir.

Akma sınır durumu denklem 3.3’te hesaplanmıştır.

$$M_n = M_p = F_y \cdot W_{px} = (275) \cdot (484) \cdot (10^{-3}) = 133.10 kNm \quad (3.3)$$

Yanal burulmalı burkulma sınır durumunun hesaplanmasına gerek yoktur. Kiriş üst başlığı, kiriş boyunca döşemeye bağlı bulunmaktadır. Bu nedenle üst başlık, mesnet noktaları arasında yanal doğrultuda sürekli olarak desteklenmektedir. ÇYTHYDE (2018) 9.2.2(a)’da belirtildiği üzere, $L_b < L_p$ olduğu için, yanal burulmalı burkulma sınır durumunun hesaplanmasına gerek yoktur.

Bu durumda, tali kirişin karakteristik eğilme momenti dayanımı $M_n = 133.10kNm$ olarak elde edilmiştir.

Kirişin tasarım eğilme momenti dayanımının belirlenmesi:

ÇYTHYDE (2018) 9.1’de, tüm eğilme elemanları için $\phi_b = 0.90$ (YDKT) olarak verilmiştir. Tasarım eğilme momenti dayanımı denklem 3.4’te hesaplanmıştır.

$$M_d = \phi_b \cdot M_n = (0.90) \cdot (133.10) = 119.80kNm \quad (3.4)$$

Kirişin karakteristik kesme kuvveti dayanımının belirlenmesi

ÇYTHYDE (2018) Denk. (10.1) ve madde 10.2.1(a)’da yer alan ifadelerle göre karakteristik kesme kuvveti dayanımı denklem 3.5 ve denklem 3.6’daki gibi hesaplanmaktadır.

$$\frac{h}{t_w} = 33.27 \leq (2.24) \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 60.41 \quad (3.5)$$

olmak üzere, $\phi_v = 0.90$ (YDKT) ve $C_{v1} = 1.0$,

$$V_n = 0.60 \cdot F_y \cdot A_w \cdot C_{v1} = 0.60 \cdot 275 \cdot (270 \cdot 6.60) \cdot 1.0 \cdot 10^{-3} = 294.03kN \quad (3.6)$$

Kirişin tasarım kesme kuvveti dayanımının belirlenmesi denklem 3.7’de görüldüğü şekilde hesaplanmaktadır.

$$V_d = \phi_v \cdot V_n = (0.90) \cdot (294.03) = 264.63kN \quad (3.7)$$

Tasarım eğilme momentinin kontrolü denklem 3.8’de göre yapılmaktadır.

$$\frac{M_u}{M_d} = \frac{56.72}{119.80} = 0.47 \leq 1.0 \quad (3.8)$$

Tasarım kesme kuvvetinin denklem 3.9’da göre yapılmaktadır.

$$\frac{V_u}{V_d} = \frac{37.81}{264.63} = 0.143 \leq 1.0 \quad (3.9)$$

Bu sonuçlara göre seçilen kesitin uygun olduğu görülmüştür. Ayrıca, kiriş elemanın sehim kontrolünün yapılması gerekmektedir. Sehim kontrolü işletme yükleri altında yapılmaktadır. Bu durumda G+Q yüklemesine ait kiriş açıklığında meydana gelen yer değiştirme değeri belirlenmelidir. İlgili değer, SAP2000 programından elde edilmiştir ve bu yer değiştirme miktarı, $\Delta_{maks} = 0.01385$ metre olarak çözümlenmiştir. Kiriş açıklığı 6 metre olmak üzere, sehim kontrolü denklem 3.10’da göre hesaplanmıştır.

$$\frac{\Delta_{maks}}{L} = \frac{0.01385}{6} = 0.00231 < \frac{1}{300} = 0.00333 \quad (3.10)$$

Kullanılabilirlik sınır durumu yani sehim koşulu sağlanmıştır.

3.3 Bağ Kiriş Elemanının Tasarımı

Boyutlandırma hesapları içilen seçilen bağ kirişi elemanı A2 ve A3 aksları arasında, ikinci katta yer almaktadır. Bağ kirişinin tasarım dayanım kontrolü, TBDY (2018) 9.8.2.2' ye göre belirlenen ve genel analiz yöntemi gereğince azaltılmış eleman rijitlikleri ile ikinci mertebe etkilerin göz önüne alınması sureti ile, TBDY (2018) 9.2.5'te verilen deprem etkilerini içeren yük birleşimleri altında hesaplanan en elverişsiz iç kuvvetler (gerekli dayanımlar) esas alınarak yapılmaktadır.

Kirişin çelik malzeme sınıfı S275'tir. Bu durumda akma gerilmesi, $F_y = 275 \text{ N/mm}^2$ ve çekme dayanımı, $F_u = 430 \text{ N/mm}^2$ 'dir. Elastisite modülü, $E=200000 \text{ MPa}$; kayma modülü, $G=77200 \text{ MPa}$ 'dır.

Enkesit olarak 2. katta bağ kirişi için HE300B profil seçilmiştir. Enkesit tasarım özellikleri aşağıda yer almaktadır.

$d : 300\text{mm}$, $h : 208\text{mm}$, $b : 300\text{mm}$, $t_w : 11\text{mm}$, $t_f : 19\text{mm}$, $A : 149.08\text{cm}^2$, $I_x : 25170\text{cm}^4$, $I_y : 8563\text{cm}^4$, $i_x : 129.90\text{mm}$, $i_y : 75.80\text{mm}$, $J : 185\text{cm}^4$, $W_{ex} : 1678\text{cm}^3$, $W_{px} : 1869\text{cm}^3$, $C_w : 1651000\text{cm}^6$

Bağ kirişi uzunluğu ikinci katta, $e=1.40$ metredir. Ayrıca toplam kiriş uzunluğu, $L=6$ metredir.

Yapılan analiz sonucunda en elverişsiz yükleme durumu "1.2G+1.0Q+0.2S+0.3EXP+1.0EYN+0.3EZ" birleşimi altında gerçekleşmiştir. ÇYTHYDE (2018) 6.5'e göre 2. mertebe analizi yapılarak elde edilen sonuçlar aşağıda gösterilmektedir:

$M=155.646 \text{ kNm}$ ve $V=205.183 \text{ kN}$ olarak elde edilmiştir.

Öncelikle enkesit kontrolü yapılacaktır. TBDY (2018) 9.8.1'e göre, "bağ kirişi enkesitinin başlık genişliği/kalınlığı ve gövde yüksekliği/kalınlığı oranları, TBDY Tablo 9.3'te verilen sınır değerini aşmayacaktır."

Başlık parçası için enkesit kontrolü denklem 3.11'de yer almaktadır.

$$\frac{b_f}{2t_f} = 7.895 < (0.3) \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 8.09 \quad (3.11)$$

Gövde parçası için enkesit kontrolü denklem 3.12'de yer almaktadır.

$$\frac{h}{t_w} = 18.909 < (2.45) \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} \cdot (1 - 0.93 \cdot C_a) = 66.072 \quad (3.12)$$

Süneklik düzeyi yüksek enkesitler için verilen koşullar sağlanmaktadır.

TBDY (2018) 9.8.3'te, bağ kirişinin üst ve alt başlıkları 9.2.8.2(b)'ye göre yanal doğrultuda destekleneceği belirtilmiştir. Bu durumda bağ kirişi denklem 3.13'te yer alan koşulu sağlamalıdır. Bağ kirişi boyu 1.4 metredir.

$$1.4m \leq L_p = 1.76 \cdot i_y \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3.598m \quad (3.13)$$

Koşulun sağlandığı görülmüştür. Bu durumda, bağ kirişinin karakteristik eğilme momenti dayanımı ÇYTHYDE (2018) Denk.(9.2) uyarınca, denklem 3.14'deki gibi hesaplanmaktadır.

$$M_n = M_p = F_y \cdot W_{px} = 513.975kNm \quad (3.14)$$

ağ kirişinin tasarım eğilme momenti dayanımı TBDY (2018) 9.8.2.3'e göre denklem 3.15'deki gibi belirlenmektedir. YDKT için $\phi_b = 0.90$ 'dır.

$$M_d = \phi_b \cdot M_n = 462.578kNm \quad (3.15)$$

Bağ kirişinin tasarım eğilme momenti dayanımının kontrolü denklem 3.16'da hesaplanmıştır.

$$\frac{M}{M_d} = \frac{155.646}{462.578} = 0.336 < 1.0 \quad (3.16)$$

Bağ kirişinin karakteristik kesme kuvveti dayanımı TBDY (2018) 9.8.2.3'e göre denklem 3.17'deki gibi belirlenmektedir.

$$V_n = V_p = 0.60 \cdot F_y \cdot A_w = 475.53kN \quad (3.17)$$

Bağ kirişinin tasarım kesme kuvveti dayanımı TBDY (2018) 9.8.2.3'e göre denklem 3.18'de belirlenmektedir. YDKT için $\phi_v = 0.90$ 'dır.

$$V_d = \phi_v \cdot V_p = 427.977kN \quad (3.18)$$

Bağ kirişinin tasarım kesme kuvveti dayanımının kontrolü denklem 3.19'da görüldüğü şekilde hesaplanmıştır.

$$\frac{V}{V_d} = \frac{205.183}{427.977} = 0.479 < 1.0 \quad (3.19)$$

Bağ kirişi dönme açısının kontrolü TBDY (2018) 9.8.3'göre yapılacaktır. İlgili hesaplamalar denklem 3.20 ve denklem 3.21'de yer almaktadır. ($R=8$, $I=1$, $\Delta_i = 0.00502m$, $h_i = 3.5m$, $L=6m$, $e=1.4m$)

$$\theta_p = \frac{R}{I} \cdot \frac{\Delta_i}{h_i} = \frac{8 \cdot 0.00502}{1 \cdot 3.5} = 0.011rad \quad (3.20)$$

$$\gamma_p = \frac{L}{e} \cdot \theta_p = 0.049 \text{ rad} \quad (3.21)$$

Bağ kirişi dönme açısı, bağ kirişi uzunluğunun 1.6Mp/Vp 'ye eşit veya daha küçük olması halinde 0.08 radyan sınır değerini aşmamalıdır. 0.049 rad < 0.08 rad olarak elde edilmiştir. Koşullar sağlanmaktadır.

Bağ kirişinde meydana gelen büyük miktardaki kesme kuvvetlerine karşı bağ kirişi boyunca berkitme levhaları teşkil edilmelidir. Bu levhaların yerleşimi ve boyutlandırılması TBDY (2018) 9.8.5'e göre yapılacaktır.

Levha genişliği denklem 3.22'e göre hesaplanmıştır.

$$\frac{b_f - t_w}{2} = 144.50 \text{ mm} \quad (3.22)$$

Levha kalınlığı denklem 3.23'e göre hesaplanmıştır.

$$\max((0.75 \cdot t_w), (10 \text{ mm})) = 10 \text{ mm} \quad (3.23)$$

TBDY (2018) 9.8.5.2(a) uyarınca, bağ kirişi dönme açısının 0.02 rad < 0.049 rad < 0.08 rad olması durumunda, berkitme levhalarının ara uzaklıkları, S doğrusal interpolasyon yapılarak tespit edilecektir. Bu durumda denklem 3.24'te yer alan hesaplama göre S=350 mm olarak seçilmiştir. Ayrıca bağ kirişi boyunca 350 mm aralıklarla teşkil edilen berkitme levhalarından çapraz bağlantı noktalarına da ek olarak monte edilecektir.

$$S = \frac{((52 \cdot t_w - \frac{d_b}{5}) - (30 \cdot t_w - \frac{d_b}{5})) \cdot (0.08 \cdot \gamma_p)}{(0.08 - 0.02)} + (30 \cdot t_w - \frac{d_b}{5}) = 394.325 \text{ mm} \quad (3.24)$$

3.4 Bağ Kirişi Dışında Kalan Kiriş Bölgesinin Tasarımı

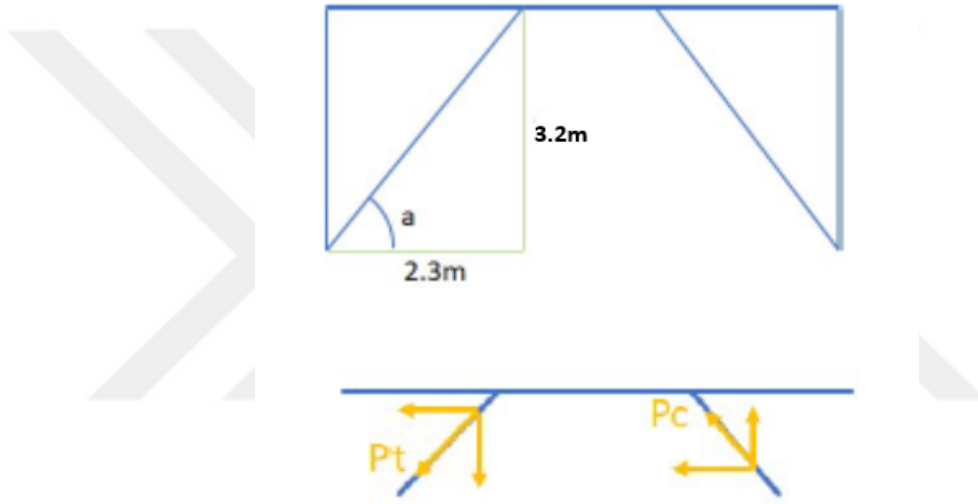
Boyutlandırma hesapları içilen seçilen bağ kirişi elemanı A2 ve A3 aksları arasında, ikinci katta yer almaktadır. Bağ kirişi dışında kalan kiriş bölgesi alanlar için yapılacak boyutlandırma hesapları da yine aynı akslarda ve katta yer alan kiriş için yapılmıştır. Gerekli dayanımın belirlenmesinde, TBDY (2018) 9.8.6.3'te belirtilen esaslar ve TBDY (2018) 9.2.5'te verilen deprem etkilerini içeren yük birleşimleri altında hesaplanan en elverişsiz iç kuvvetler (gerekli dayanımlar) esas alınacaktır.

Kirişin çelik malzeme sınıfı S275'tir. Bu durumda akma gerilmesi, $F_y = 275 \text{ N/mm}^2$ ve çekme dayanımı, $F_u = 430 \text{ N/mm}^2$ 'dir. Elastisite modülü, $E=200000 \text{ MPa}$; kayma modülü, $G=77200 \text{ MPa}$ 'dır.

Enkesit olarak 2. kattaki ve ilgili akstaki çaprazlı çerçeve kirişi için HE300B profil seçilmiştir. Enkesit tasarım özellikleri aşağıda yer almaktadır.

$d : 300mm, h : 208mm, b : 300mm, t_w : 11mm, t_f : 19mm, A : 149.08cm^2, I_x : 25170cm^4, I_y : 8563cm^4, i_x : 129.90mm, i_y : 75.80mm, J : 185cm^4, W_{ex} : 1678cm^3, W_{px} : 1869cm^3, C_w : 1651000cm^6$

Bağ kirişi uzunluğu ikinci katta, $e=1.40$ metredir. Ayrıca toplam kiriş uzunluğu, $L=6$ metredir. Bağ kirişi dışında kalan kiriş bölgesinde oluşan eksenel yük, çaprazlarda oluşan basınç ve çekme kuvvetleri aracılığı ile oluşmakta ve bu yüklerin aktarımı Şekil 3.6'da gösterilmektedir.



Şekil 3.6 : Bağ kirişi dışında kalan kiriş bölgesine aktarılan yükler.

Çaprazlarda oluşan en elverişsiz eksenel basınç ve çekme yükleri, yapılan analiz sonucunda şu şekilde elde edilmektedir; $P_{t,e} = 281.56kN, P_{t,qqs} = 63.26kN, P_{c,e} = 281.56kN, P_{c,qqs} = -17.79kN$.

Çapraz elemanının yatay eksen ile yaptığı açı, a denklem 3.25'te hesaplanmıştır.

$$a = \arctan\left(\frac{3.2}{2.3}\right) = 54.293^\circ \quad (3.25)$$

Bu durumda; deprem yükü etkisinde bağ kirişi dışında kalan kiriş kısmında oluşan eksenel yük, denklem 3.26'da hesaplanmıştır.

$$P_e = \cos(a) \cdot (P_{t,e} + P_{c,e}) = 328.657kN \quad (3.26)$$

Diğer yükler etkisinde bağ kirişi dışında kalan kiriş kısmında oluşan eksenel yük, denklem 3.27’de hesaplanmıştır.

$$P_{gqs} = \cos(a) \cdot (P_{t,gqs} + P_{c,gqs}) = 26.538kN \quad (3.27)$$

Yapılan analiz sonucunda bağ kirişi dışında kalan kiriş kısmı için SAP2000 programından elde edilen kesme kuvveti; deprem yükü etkisinde, $V_e = 44.87kN$, diğer yükler etkisinde, $V_{gqs} = 16.71kN$ olmaktadır. Ayrıca, moment değerleri; deprem yükü etkisinde, $M_e = 103.16kNm$, diğer yükler etkisinde, $M_{gqs} = 20.365kNm$ olmaktadır.

Bağ kirişinde oluşan deprem yükü etkili kesme kuvveti, $V_e = 195.269kN$ ve karakteristik kesme kuvveti, $V_n = 475.53kN$ olduğu, bağ kirişi boyutlandırma hesabı bölümünde elde edilmişti. TBDY (2018) Madde 9.8.6.3’te yer alan ifadeye göre, bağ kirişinin plastik şekildeğiştirmesine neden olan yükleme $1.1R_y$ ile büyütülecektir. Büyütme katsayısı denklem 3.28’de hesaplanmıştır. S275 malzeme sınıfı çelik için $R_y = 1.3$ olarak alınmaktadır (TBDY Tablo 9.2, 2018).

$$\frac{1.1 \cdot R_y \cdot V_n}{V_e} = \frac{1.1 \cdot 1.3 \cdot 475.53}{195.269} = 3.482 \quad (3.28)$$

Bu durumda, bağ kirişi dışında kalan kiriş bölümünün boyutlandırma hesaplarında kullanılacak eksenel yük, kesme kuvveti ve moment sırası ile denklem 3.29, denklem 3.30 ve denklem 3.31’de yer almaktadır. Gerekli eğilme momenti dayanımı ve eksenel yük dayanımı, ÇYTHYDE (2018) 6.5’e göre yaklaşık ikinci mertebe analizi yapılarak hesaplanmaktadır. Bu analiz metodu için B1 ve B2 arttırma katsayılarının hesaplanması gerekmektedir. Bağ kirişi dışında kalan kiriş bölümünün hesabı için arttırılmış yükler kullanıldığı için, B2 katsayısı 1.0 olarak alınabilir. B1 katsayısı da hesaplanmış ve moment değeri ona göre belirlenmiştir.

Eksenel yük,

$$P_u = 3.482 \cdot P_e + P_{gqs} = 1170.922kN \quad (3.29)$$

Kesme kuvveti,

$$V_u = 3.482 \cdot V_e + V_{gqs} = 172.947kN \quad (3.30)$$

Moment,

$$M_u = 3.482 \cdot M_e + M_{gqs} = 379.568kN \quad (3.31)$$

Öncelikle enkesit kontrolü yapılmalıdır. TBDY (2018) 9.8.1’e göre, "bağ kirişi enkesitinin başlık genişliği/kalınlığı ve gövde yüksekliği/kalınlığı oranları, TBDY Tablo 9.3’te verilen sınır değerini aşmayacaktır."

Başlık parçası için enkesit kontrolü denklem 3.32’te yer almaktadır.

$$\frac{b_f}{2t_f} = 7.895 < (0.3) \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 8.09 \quad (3.32)$$

Gövde parçası için enkesit kontrolü denklem 3.33’te yer almaktadır. $P_u = 1210.51$ kN olduğu için C_a değeri 0.328 olarak elde edilmektedir. Bu sebeple denklem 3.33’te yer alan ifade ile sonuç kontrol edilmiştir.

$$\frac{h}{t_w} = 18.909 < (0.77) \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} \cdot (2.93 - C_a) = 54.03 \quad (3.33)$$

BDY 9.8.3’te, bağ kirişinin üst ve alt başlıkları 9.2.8.2(b)’ye göre yanal doğrultuda destekleneceği belirtilmiştir. Bu durumda, denklem 3.34 kontrolü gerçekleştirilmiştir. ($d_c = 0.5$ metredir).

$$L_b = \frac{L - e - 2 \cdot (d_c/2)}{2} = 2.05m < (0.86) \cdot i_y \cdot \frac{E}{F_y} = 4.74m \quad (3.34)$$

Tasarım eğilme momenti dayanımının belirlenmesi,

YDKT için $\phi_b = 0.90$ olmaktadır. Denklem 3.35’e göre $L_b < L_p$ çıkmaktadır. Bu durumda kat kirişinin karakteristik eğilme momenti dayanımını enkesitin plastik eğilme momenti dayanımı belirleyecektir.

$$L_b = 2.05m < (1.76) \cdot i_y \cdot \sqrt{\frac{E}{R_y \cdot F_y}} = 3.155m \quad (3.35)$$

Karakteristik eğilme momenti dayanımı denklem 3.36’da hesaplanmıştır.

$$M_n = M_p = R_y \cdot F_y \cdot W_{px} = 668.17kNm \quad (3.36)$$

Bu durumda tasarım eğilme momenti dayanımı denklem 3.37’da hesaplanmıştır.

$$M_d = \phi_b \cdot M_n = 601.35kNm \quad (3.37)$$

Tasarım eksenel basınç kuvvetinin belirlenmesi,

Kuvvetli eksen (X) için eğilmeli burkulma kontrolü yapılacaktır. $K_x = 1$ ve $L_{cx} = 2.05m$ olmak üzere eğilmeli burkulma hesabı denklem 3.38, denklem 3.39 ve denklem 3.40’ta yer almaktadır.

$$\frac{K_x \cdot L_{cx}}{i_x} = 15.78 < 4.71 \cdot \sqrt{\frac{E}{R_y \cdot F_y}} = 111.403 \quad (3.38)$$

$$F_{ex} = \frac{\pi^2 \cdot E}{\left(\frac{K_y \cdot L_{cy}}{i_x}\right)^2} = 7925.75 MPa \quad (3.39)$$

$$F_{crx} = \left(0.658^{\frac{R_y \cdot F_y}{F_{ex}}}\right) \cdot R_y \cdot F_y = 350.81 MPa \quad (3.40)$$

Zayıf eksen (Y) için eğilmeli burkulma kontrolü yapılacaktır. $K_y = 1$ ve $L_{cy} = 2.05m$ olmak üzere eğilmeli burkulma hesabı denklem 3.41, denklem 3.42 ve denklem 3.43'te yer almaktadır.

$$\frac{K_y \cdot L_{cy}}{i_y} = 27.045 < 4.71 \cdot \sqrt{\frac{E}{R_y \cdot F_y}} = 111.403 \quad (3.41)$$

$$F_{ey} = \frac{\pi^2 \cdot E}{\left(\frac{K_y \cdot L_{cy}}{i_y}\right)^2} = 2698.74 MPa \quad (3.42)$$

$$F_{cry} = \left(0.658^{\frac{R_y \cdot F_y}{F_{ey}}}\right) \cdot R_y \cdot F_y = 338.22 MPa \quad (3.43)$$

Boyuna eksen (Z) için burulmalı burkulma kontrolü yapılacaktır. $K_z = 1$ ve $L_{cz} = 2.05m$ olmak üzere burulmalı burkulma hesabı denklem 3.44, denklem 3.45 ve denklem 3.46'da yer almaktadır.

$$F_{ez} = \left(\frac{\pi^2 \cdot E \cdot C_w}{L_{cz}^2} + G \cdot J\right) \cdot \frac{1}{I_x + I_y} = 2722.25 MPa \quad (3.44)$$

$$\frac{R_y \cdot F_y}{F_{ez}} = 0.131 < 2.25 \quad (3.45)$$

$$F_{crz} = \left(0.658^{\frac{R_y \cdot F_y}{F_{ez}}}\right) \cdot R_y \cdot F_y = 338.38 MPa \quad (3.46)$$

Yapılan bu üç tahkik sonucunda kritik burkulma gerilmesi, F_{cr} minimum değer olan 338.22 MPa olarak elde edilmektedir. Elde edilen kritik burkulma gerilmesi ile karakteristik basınç kuvveti P_n denklem 3.47'deki gibi hesaplanmaktadır.

$$P_n = A_g \cdot F_{cr} = 14908 \cdot 338.22 \cdot 10^{-3} = 5042.15 kN \quad (3.47)$$

Tasarım basınç kuvveti, P_d denklem 3.48'deki gibi hesaplanmıştır. Bu denklemdeki ϕ_c değeri 0.90'dır.

$$P_d = \phi_c \cdot P_n = 4537.94 kN \quad (3.48)$$

Bileşik etkiler altında dayanım kontrolü denklem 3.49'de hesaplanmaktadır.

$$\frac{P_u}{P_d} + \frac{8}{9} \cdot \frac{M_u}{M_d} = \frac{1170.922}{4537.94} + \frac{8}{9} \cdot \frac{379.568}{601.35} = 0.819 < 1.0 \quad (3.49)$$

Karakteristik kesme kuvveti dayanımının kontrolü, $A_w = h \cdot t_w$ ve $C_{v1} = 1.0$ olmak üzere denklem 3.50'de hesaplanmıştır.

$$V_n = 0.60 \cdot R_y \cdot F_y \cdot A_w \cdot C_{v1} = 490.776kN \quad (3.50)$$

ϕ_v değeri 0.90 olmak üzere tasarım kesme kuvveti dayanımı denklem 3.51’de hesaplanmıştır.

$$V_d = \phi_v \cdot V_n = 441.70kN \quad (3.51)$$

Kesme kuvveti dayanım kontrolü denklem 3.52’de hesaplanmıştır.

$$\frac{V_u}{V_d} = 0.4 < 1.0 \quad (3.52)$$

3.5 Çapraz Elemanın Tasarımı

Boyutlandırma hesapları içilen seçilen çapraz elemanı A2 ve A3 aksları arasında, ikinci katta yer almaktadır. Gerekli dayanımın belirlenmesinde, TBDY (2018) 9.8.6.3’te belirtilen esaslar ve TBDY (2018) 9.2.5’te verilen deprem etkilerini içeren yük birleşimleri altında hesaplanan en elverişsiz iç kuvvetler (gerekli dayanımlar) esas alınacaktır. En elverişsiz yük birleşimi, “1.4688G+1.0Q+0.2S+EXN-0.3EYN” olarak elde edilmiştir.

Çapraz elemanının çelik malzeme sınıfı S355’tir. Bu durumda akma gerilmesi, $F_y = 355 \text{ N/mm}^2$ ve çekme dayanımı, $F_u = 510 \text{ N/mm}^2$ ’dir. Elastisite modülü, $E=200000 \text{ MPa}$; kayma modülü, $G=77200 \text{ MPa}$ ’dır.

Enkesit olarak HE240B profil seçilmiştir. Enkesit tasarım özellikleri aşağıda yer almaktadır.

$$d : 240mm, h : 164mm, b : 240mm, t_w : 10mm, t_f : 17mm, A : 105.99cm^2, I_x : 11260cm^4, I_y : 3923cm^4, i_x : 103.10mm, i_y : 60.80mm, J : 103.6cm^4, W_{ex} : 938.3cm^3, W_{px} : 1053cm^3, C_w : 486900cm^6$$

SAP2000 programında yapılan analiz sonucunda elde edilen iç kuvvetler deprem etkili ve diğer yükler olarak şu şekildedir,

$$P_e = 281.56kN, V_e = 6.46kN, M_e = 27.06kNm$$

$$P_{gqs} = 63.26kN, V_{gqs} = 0.782kN, M_{gqs} = -0.496kNm$$

Bağ kirişinde oluşan deprem yükü etkili kesme kuvveti, $V_e = 185.95kN$ ve karakteristik kesme kuvveti, $V_n = 475.53kN$ olduğu, bağ kirişi boyutlandırma hesabı bölümünde elde edilmişti. TBDY (2018) Madde 9.8.6.2’de yer alan ifadeye göre, bağ kirişinin

plastik şekildeğiştirmesine neden olan yükleme $1.25R_y$ ile büyütülecektir. Büyütme katsayısı denklem 3.53'te hesaplanmıştır. S275 malzeme sınıfı  elik için $R_y = 1.3$ olarak alınmaktadır (TBDY Tablo 9.2, 2018).

$$\frac{1.25 \cdot R_y \cdot V_n}{V_E} = \frac{1.25 \cdot 1.3 \cdot 475.53}{195.269} = 3.957 \quad (3.53)$$

Bu durumda, çapraz elemanının boyutlandırma hesaplarında kullanılacak eksenel yük, kesme kuvveti ve moment sırası ile denklem 3.54 denklem 3.55 ve denklem 3.56'da yer almaktadır. Gerekli eğilme momenti dayanımı ve eksenel yük dayanımı, ÇYTHYDE (2018) 6.5'e göre yaklaşık ikinci mertebe analizi yapılarak hesaplanmaktadır. Elde edilen iç kuvvetler ikinci mertebe etkileri yani B1 ve B2 katsayıları hesaba katılarak sırası ile aşağıda yer almaktadır.

Eksenel yük,

$$P_u = 3.957 \cdot P_e + P_{gqs} = 1177.391 kN \quad (3.54)$$

Kesme kuvveti,

$$V_u = 3.957 \cdot V_e + V_{gqs} = 26.344 kN \quad (3.55)$$

Moment,

$$M_u = 3.957 \cdot M_e + M_{gqs} = 106.58 kN \quad (3.56)$$

Çaprazların tasarımımda, arttırılmış deprem yükleri hesaba katıldığı için P-  etkilerinin hesaba katılmasına gerek kalmamaktadır. Bu durumda $B_2 = 1.0$ olarak hesaplara katılacaktır. B_1 katsayısı ise 1.00'dan küçük hesaplandığı için 1.00 olarak alınacaktır.

Enkesit kontrolleri yapılarak başlık ve gövde süneklik düzeyi belirlenmelidir. Denklem 3.57'de başlık ve denklem 3.58'de gövde enkesiti tahkikleri yer almaktadır. Bu sonuçlara göre gövde ve başlık süneklik düzeyi yüksek enkesit koşulunu sağlamaktadır.

Başlık,

$$\frac{b_f}{2t_f} = 7.059 < (0.3) \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 7.121 \quad (3.57)$$

Gövde,

$$\frac{h}{t_w} = 16.4 < (1.49) \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 35.37 \quad (3.58)$$

Tasarım eğilme momentinini belirlenebilmesi için öncelikle L_p , L_b ve L_r uzunluklarının belirlenmesi gerekmektedir. L_p uzunluğu denklem 3.59'da hesaplanmıştır.

$L_b = 3.75$ metre olarak elde edilmiştir.

$$L_p = 1.76 \cdot i_y \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2.54m \quad (3.59)$$

L_r uzunluğu denklem 3.61'de yer almaktadır. Denklem 3.61'de yer alan i_{ts} değeri denklem 3.60'ta hesaplanmıştır. h_0 değeri $d-t_f$ ile elde edilmektedir. Denklem 3.60'ta yer alan c katsayısı 1.0 olmaktadır.

$$i_{ts} = \frac{b}{\sqrt{12 \cdot (1 + \frac{1}{6} \cdot \frac{h \cdot t_w}{b \cdot t_f})}} = 0.067m \quad (3.60)$$

Bu duruma göre,

$$L_r = 1.95 \cdot i_{ts} \cdot \frac{E}{0.7 \cdot F_y} \cdot \sqrt{\frac{J \cdot c}{W_{ex} \cdot h_0} + \sqrt{(\frac{J \cdot c}{W_{ex} \cdot h_0})^2 + 6.76 \cdot (\frac{0.7 \cdot F_y}{E})^2}} = 10.97m \quad (3.61)$$

Elde edilen sonuçlara göre $L_p < L_b < L_r$ olmaktadır. Bu durumda yanıl burulmalı burkulma sınır durumuna göre karakteristik eğilme momenti dayanımı belirlenecektir. Plastik moment değeri denklem 3.62'de hesaplanmıştır.

$$M_p = F_y \cdot W_{px} = 373.82kNm \quad (3.62)$$

$c_b = 1$ olmak üzere karakteristik eğilme momenti dayanımı denklem 3.63'te hesaplanmıştır.

$$M_n = c_b \cdot (M_p - (M_p - 0.7 \cdot F_y \cdot W_{ex}) \cdot (\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p})) = 353.63kNm \quad (3.63)$$

YDKT için $\phi_b = 0.90$ olmak üzere tasarım eğilme momenti dayanımı denklem 3.64'te hesaplanmıştır.

$$M_d = \phi_b \cdot M_n = 318.27kNm \quad (3.64)$$

Tasarım eksenel basınç kuvvetinin belirlenmesi için (X) ve (Y) eksenlerinde eğilmeli burkulma, (Z) ekseninde ise burulmalı burkulma durumları için gerilme kontrolleri yapılacaktır. Öncelikle kuvvetli eksen (X) için eğilmeli burkulma hesabı yapılmıştır.

$K_x = 1$ ve $L_{cx} = 3.75m$ olmak üzere eğilmeli burkulma hesabı denklem 3.65, denklem 3.66 ve denklem 3.67'de yer almaktadır.

$$\frac{K_x \cdot L_{cx}}{i_x} = 36.37 < 4.71 \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 111.8 \quad (3.65)$$

$$F_{ex} = \frac{\pi^2 \cdot E}{\left(\frac{K_y \cdot L_{cy}}{i_x}\right)^2} = 1492.05 MPa \quad (3.66)$$

$$F_{crx} = (0.658^{\frac{F_y}{F_{ex}}}) \cdot F_y = 321.35 MPa \quad (3.67)$$

Zayıf eksen (Y) için eğilmeli burkulma kontrolü yapılacaktır. $K_y = 1$ ve $L_{cy} = 3.75m$ olmak üzere eğilmeli burkulma hesabı denklem 3.68, denklem 3.69 ve denklem 3.70'te yer almaktadır.

$$\frac{K_y \cdot L_{cy}}{i_y} = 61.68 < 4.71 \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 111.8 \quad (3.68)$$

$$F_{ey} = \frac{\pi^2 \cdot E}{\left(\frac{K_y \cdot L_{cy}}{i_y}\right)^2} = 518.89 MPa \quad (3.69)$$

$$F_{cry} = (0.658^{\frac{F_y}{F_{ey}}}) \cdot F_y = 266.60 MPa \quad (3.70)$$

Boyuna eksen (Z) için burulmalı burkulma kontrolü yapılacaktır. $K_z = 1$ ve $L_{cz} = 3.75m$ olmak üzere burulmalı burkulma hesabı denklem 3.71, denklem 3.72 ve denklem 3.73'te yer almaktadır.

$$F_{ez} = \left(\frac{\pi^2 \cdot E \cdot C_w}{L_{cz}^2} + G \cdot J\right) \cdot \frac{1}{I_x + I_y} = 976.91 MPa \quad (3.71)$$

$$\frac{F_y}{F_{ez}} = 0.363 < 2.25 \quad (3.72)$$

$$F_{crz} = (0.658^{\frac{F_y}{F_{ez}}}) \cdot F_y = 304.91 MPa \quad (3.73)$$

Yapılan bu üç tahkik sonucunda kritik burkulma gerilmesi, F_{cr} minimum değer olan 266.60 MPa olarak elde edilmektedir. Elde edilen kritik burkulma gerilmesi ile karakteristik basınç kuvveti P_n denklem 3.74'daki gibi hesaplanmaktadır.

$$P_n = A_g \cdot F_{cr} = 2825.74 kN \quad (3.74)$$

Tasarım basınç kuvveti, P_d denklem 3.75'deki gibi hesaplanmıştır. Bu denklemdeki ϕ_c değeri 0.90'dır.

$$P_d = \phi_c \cdot P_n = 2543.16 kN \quad (3.75)$$

$P_u/P_d = 0.463 > 0.2$ olmaktadır ve bileşik etkiler altında dayanım kontrolü denklem 3.76'da hesaplanmaktadır.

$$\frac{P_u}{P_d} + \frac{8}{9} \cdot \frac{M_u}{M_d} = \frac{1177.391}{2543.16} + \frac{8}{9} \cdot \frac{106.58}{318.27} = 0.761 < 1.0 \quad (3.76)$$

Çapraz elemanın karakteristik kesme kuvveti dayanımının kontrolü, $A_w = h \cdot t_w$ ve $C_{v1} = 1.0$ olmak üzere denklem 3.77 ve denklem 3.78’de hesaplanmıştır.

$$\frac{h}{t_w} = 16.4 < 2.24 \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 53.17 \quad (3.77)$$

Olmak üzere,

$$V_n = 0.60 \cdot F_y \cdot A_w \cdot C_{v1} = 349.32 kN \quad (3.78)$$

ϕ_v değeri 0.90 olmak üzere tasarım kesme kuvveti dayanımı denklem 3.79’da hesaplanmıştır.

$$V_d = \phi_v \cdot V_n = 314.39 kN \quad (3.79)$$

Kesme kuvveti dayanım kontrolü denklem 3.80’de hesaplanmıştır.

$$\frac{V_u}{V_d} = 0.084 < 1.0 \quad (3.80)$$

3.6 Kolon Elemanının Tasarımı

Boyutlandırma hesapları için seçilen kolon elemanı A3 aks kesişim noktasında ve ikinci katta yer almaktadır. Gerekli dayanımın belirlenmesinde, TBDY (2018) 9.8.6.4’te belirtilen esaslar ve TBDY (2018) 9.2.5’te verilen deprem etkilerini içeren yük birleşimleri altında hesaplanan en elverişsiz iç kuvvetler (gerekli dayanımlar) esas alınacaktır. En elverişsiz yük birleşimi, “1.4688G+1.0Q+0.2S+0.3EXP+1.0EYN” olarak elde edilmiştir [15].

Çapraz elemanın çelik malzeme sınıfı S355’tir. Bu durumda akma gerilmesi, $F_y = 355 \text{ N/mm}^2$ ve çekme dayanımı, $F_u = 510 \text{ N/mm}^2$ ’dir. Elastisite modülü, $E=200000 \text{ MPa}$; kayma modülü, $G=77200 \text{ MPa}$ ’dır.

Enkesit olarak HE500B profil seçilmiştir. Enkesit tasarım özellikleri aşağıda yer almaktadır.

$d : 500mm$, $h : 390mm$, $b : 300mm$, $t_w : 14.5mm$, $t_f : 28mm$, $A : 238.64cm^2$, $I_x : 107200cm^4$, $I_y : 12620cm^4$, $i_x : 211.9mm$, $i_y : 72.7mm$, $J : 549.9cm^4$, $W_{ex} : 4287cm^3$, $W_{px} : 4815cm^3$, $C_w : 6920700cm^6$

SAP2000 programında yapılan analiz sonucunda elde edilen iç kuvvetler deprem etkili ve diğer yükler olarak şu şekildedir,

$$P_e = 677.34kN, V_e = 0.95kN, M_e = 10.58kNm$$

$$P_{gqs} = 1414.8kN, V_{gqs} = -2.97kN, M_{gqs} = 0.43kNm$$

Kolonların boyutlandırılmasında, bağ kirişi elemanının plastik şekildeğiştirmesine sebep olan arttırılmış deprem yükleri kullanılması sebebi ile B_2 katsayısı 1.0 olarak alınacaktır. Aynı zamanda kolon elemanında eğilme etkileri ihmal edilebilir küçük düzeyde kaldığı için B_1 katsayısı da 1.0 olarak alınacaktır. Kolon elemanının tasarımı için, tasarımı yapılan kolon elemanının üstünde kalan katlardaki bağ kirişlerinden elde edilen mekanizma durumlarına ait kesme dayanımları toplamı dikkate alınacaktır. Aşağıda sıra ile verilen V , kesme kuvvetlerindeki alt simge olarak belirtilen rakamlar ilgili katları ifade etmektedir. Bu durumda, bağ kirişi mekanizma durumlarına ait kesme kuvvetleri şu şekildedir,

$$V_3 = 475.53kN$$

$$V_4 = 371.25kN$$

$$V_5 = 371.25kN$$

$$V_6 = 371.25kN$$

$$V_7 = 294.69kN$$

$$V_8 = 294.69kN$$

Toplam kesme kuvveti denklem 3.81’de yer almaktadır.

$$\sum V_n = V_3 + V_4 + V_5 + V_6 + V_7 + V_8 = 2178.66kN \quad (3.81)$$

Bu durumda ek kesme kuvveti etkisi hesap edilmelidir. V_{ek} denklem 3.82’de yer almaktadır.

$$V_{ek} = 1.1 \cdot R_y \cdot \sum V_n = 3115.48kN \quad (3.82)$$

Kolon elemanı için arttırılmış eksenel yük denklem 3.83’te hesaplanmıştır.

$$P_u = P_{gqs} + V_{ek} = 4530.28kN \quad (3.83)$$

Enkesit kontrolleri yapılarak başlık ve gövde süneklik düzeyi belirlenmelidir. Denklem 3.84’de başlık ve denklem 3.86’da gövde enkesiti tahkikleri yer almaktadır.

Başlık,

$$\frac{b_f}{2t_f} = 5.36 < (0.3) \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 7.121 \quad (3.84)$$

Gövde elemanının enkesit kontrolü için öncelikle c_a değeri tespit edilmelidir. Bu değer denklem 3.85'te yer almaktadır. $\phi_c = 0.90$ ve $P_{uc} = 2092.2$ kN olmak üzere,

$$c_a = \frac{P_{uc}}{\phi_c \cdot F_y \cdot A} = 0.27 \quad (3.85)$$

elde edilmiştir. Bu durumda gövde enkesiti,

$$\frac{h}{t_w} = 26.9 < (0.77) \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} \cdot (2.93 - c_a) = 48.53 \quad (3.86)$$

bulunmuştur. Bu sonuçlara göre gövde ve başlık süneklik düzeyi yüksek enkesit koşulunu sağlamaktadır.

Tasarım eksenel basınç kuvvetinin belirlenmesi için (X) ve (Y) eksenlerinde eğilmeli burkulma, (Z) ekseninde ise burulmalı burkulma durumları için gerilme kontrolleri yapılacaktır. Öncelikle kuvvetli eksen (X) için eğilmeli burkulma hesabı yapılmıştır.

$K_x = 1$ ve $L_{cx} = 3.50$ metre olmak üzere eğilmeli burkulma hesabı denklem 3.87, denklem 3.88 ve denklem 3.89'da yer almaktadır.

$$\frac{K_x \cdot L_{cx}}{i_x} = 16.52 < 4.71 \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 111.8 \quad (3.87)$$

$$F_{ex} = \frac{\pi^2 \cdot E}{\left(\frac{K_x \cdot L_{cx}}{i_x}\right)^2} = 7235.28 MPa \quad (3.88)$$

$$F_{crx} = (0.658^{\frac{F_y}{F_{ex}}}) \cdot F_y = 347.78 MPa \quad (3.89)$$

Zayıf eksen (Y) için eğilmeli burkulma kontrolü yapılacaktır. $K_y = 1$ ve $L_{cy} = 3.50$ metre olmak üzere eğilmeli burkulma hesabı denklem 3.90, denklem 3.91 ve denklem 3.92'de yer almaktadır.

$$\frac{K_y \cdot L_{cy}}{i_y} = 48.14 < 4.71 \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 111.8 \quad (3.90)$$

$$F_{ey} = \frac{\pi^2 \cdot E}{\left(\frac{K_y \cdot L_{cy}}{i_y}\right)^2} = 851.65 MPa \quad (3.91)$$

$$F_{cry} = (0.658^{\frac{F_y}{F_{ey}}}) \cdot F_y = 298.17 MPa \quad (3.92)$$

Boyuna eksen (Z) için burulmalı burkulma kontrolü yapılacaktır. $K_z = 1$ ve $L_{cz} = 3.5m$ metre olmak üzere burulmalı burkulma hesabı denklem 3.93, denklem 3.94 ve denklem 3.95'te yer almaktadır.

$$F_{ez} = \left(\frac{\pi^2 \cdot E \cdot C_w}{L_{cz}^2} + G \cdot J \right) \cdot \frac{1}{I_x + I_y} = 1285.01 MPa \quad (3.93)$$

$$\frac{F_y}{F_{ez}} = 0.28 < 2.25 \quad (3.94)$$

$$F_{crz} = (0.658^{\frac{F_y}{F_{ez}}}) \cdot F_y = 316.24 MPa \quad (3.95)$$

Yapılan bu üç tahkik sonucunda kritik burkulma gerilmesi, F_{cr} minimum değer olan 298.17 MPa olarak elde edilmektedir. Elde edilen kritik burkulma gerilmesi ile karakteristik basınç kuvveti P_n denklem 3.96'daki gibi hesaplanmaktadır.

$$P_n = A_g \cdot F_{cr} = 7115.44 kN \quad (3.96)$$

Tasarım basınç kuvveti, P_d denklem 3.97'deki gibi hesaplanmıştır. Bu denklemdeki ϕ_c değeri 0.90'dır.

$$P_d = \phi_c \cdot P_n = 6403.89 kN \quad (3.97)$$

Kolon elemanının aksenal basınç kuvveti altında dayanımının kontrolü denklem 3.98'de yer almaktadır.

$$\frac{P_u}{P_d} = \frac{4530.28}{6403.89} = 0.71 < 1.0 \quad (3.98)$$

4. DOĞRUSAL OLMAYAN ANALİZ

4.1 Giriş

Doğrusal analizi ve tasarımı gerçekleştirilen dışmerkez çelik çaprazlı sekiz katlı yapının eleman ve sistem özelinde şekil değiştirmeye göre tasarımı gerçekleştirilecek ve bu yapının davranış şekilleri detaylı bir şekilde gösterilmeye çalışılacaktır.

Yapının doğrusal analizi eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Doğrusal olmayan hesabında ise doğrusal olmayan dinamik analiz metodu olan ve TBDY 2018’de yer alan “Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi ile deprem hesabı” yöntemi tercih edilmiştir. TBDY 2018 5.7.1’de şu tanım yer almaktadır: “Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap, deprem yer hareketinin etkisi altında taşıyıcı sistemin hareket denklemlerini ifade eden diferansiyel deprem takımının zaman artımları ile adım adım doğrudan integrasyonuna karşı gelir. Bu işlem sırasında, doğrusal olmayan davranış nedeni ile sistem rijitlik matrisinin zamanla değişimi göz önüne alınır” [9]. Özet olarak bu metotta, gerçek deprem kayıtları kullanılacak ve yapının, ölçeklenecek bu deprem kayıtları altında analizi gerçekleştirilecektir.

Hesap adımları olarak öncelikle deprem kayıtlarının seçimi ve ölçeklenmesi gerçekleştirilecektir [16]. Dışmerkez çaprazlı çerçeve elemanlarında, yapı sisteminin beklenen davranışına uygun olarak yığılı plastik mafsallı tasarım yapılacaktır ve deprem yükleri altında meydana gelecek davranışlar TBDY 2018’e göre irdelenecektir.

4.2 Şekil değiştirmeye Göre Değerlendirme

Öncelikle TBDY (2018) Tablo 3.4(a) uyarınca performans hedefi kontrollü hasar olarak belirlenmiş yapının elastik tasarımı gerçekleştirilmiştir. Elastik tasarım için değerlendirme yaklaşımı dayanıma göre tasarım metodu ile olmuştur. Dayanıma göre tasarımı gerçekleştirilen yapının bu bölümde şekil değiştirme yöntemine göre tasarımı gerçekleştirilecektir. TBDY (2018) 5.1.1’de açıklandığı üzere, “ön tasarımı

yapılmış taşıyıcı sistem elemanlarının doğrusal olmayan modelleme yaklaşımları ile uyumlu iç kuvvet-şekildeğiştirme bağıntıları belirlenir. Daha sonra, zaman tanım alanında dinamik analiz yöntemi ile hesaplar yapılır. Yapının sünek davranışına ait şekildeğiştirme talepleri ile gevrek davranışa ait dayanım talepleri belirlenir. Bu sonuçlar öngörülen performans hedefleri ile karşılaştırılır” [9, 17].

TBDY (2018) Ek 5C’de yer alan bilgiler ile çelik elemanlar için izin verilen şekildeğiştirme sınırları hesaplanmaktadır. Buna göre, çelik kirişler için akma dönmesi denklem 4.1’de yer almaktadır.

$$\theta_y = \frac{W_p \cdot F_{ye} \cdot l_b}{6EI_b} \quad (4.1)$$

Aynı zamanda, çelik kolonlar için akma dönmesi denklem 4.2’de yer almaktadır.

$$\theta_y = \frac{W_p \cdot F_{ye} \cdot l_k}{6EI_k} \cdot \left[1 - \frac{P}{P_{ye}}\right] \quad (4.2)$$

Çizelge 4.1’de, çelik kirişlerin performans hedeflerine göre plastik dönme sınırları yer almaktadır.

Çizelge 4.1 : Kiriş plastik dönme sınırları.

Kiriş (Eğilme)	Plastik Dönme Sınırları (rad)		
	Sınırlı H.	Kontrollü H.	Göçmenin Ö.
Süneklik Düzeyi Yüksek	$1\theta_y$	$6\theta_y$	$9\theta_y$
Süneklik Düzeyi Sınırlı	$0.25\theta_y$	$3\theta_y$	$4\theta_y$

Çizelge 4.2’de, çelik kolonların performans hedeflerine göre plastik dönme sınırları yer almaktadır.

Çizelge 4.2 : Kolon plastik dönme sınırları.

Kolon (Eğilme) $P/P_c < 0.20$	Plastik Dönme Sınırları (rad)		
	Sınırlı H.	Kontrollü H.	Göçmenin Ö.
Süneklik Düzeyi Yüksek	$1\theta_y$	$6\theta_y$	$9\theta_y$
Süneklik Düzeyi Sınırlı	$0.25\theta_y$	$3\theta_y$	$4\theta_y$

Çizelge 4.3’te, çelik bağ kirişlerinin performans hedeflerine göre plastik dönme sınırları yer almaktadır.

Çizelge 4.3 : Bağ kirişi plastik dönme sınırları.

Bağ kirişi	Plastik Dönme Sınırları (rad)		
	Sınırlı H.	Kontrollü H.	Göçmenin Ö.
$e \leq 1.6 \frac{M_{pe}}{V_{pe}}$	0.005	0.12	0.15

4.3 Deprem İvme Kayıtlarının Seçimi

Doğrusal olmayan dinamik metot olan zaman tanım alanında analiz yöntemi için gerçek deprem kayıtları seçilmeli ve bu kayıtlar belirli kriterlere uygun olarak ölçeklenmelidir. Bu yöntemin temel taşlarından birini oluşturan gerçek deprem kayıtlarının uygun şekilde seçilmesi ve bu kayıtların ölçeklenerek yapı sistemine uygulanabilir hale getirilmesi büyük önem arz etmektedir.

Deprem kayıtlarının seçimi ve ölçeklenme kriterleri ile ilgili izlenecek adımlar TBDY 2018 Bölüm 2.5'te yer almaktadır. Yönetmeliklerde yer alan şartlar ile beraber bu çalışmaya konu olan yapıya ait uygun deprem kayıtları birçok parametreye dikkat edilerek titizlikle seçilmeye çalışılmıştır. Nitekim deprem kayıtlarının seçimi fay mekanizmasından yapının faya olan uzaklığına, depremin büyüklüğünden yapının bulunduğu konumun zemin koşullarına, depremin frekans aralığından efektif süresine kadar birçok parametreye bağlı olmakla birlikte bu parametreler ile ilgili yönetmeliğimizde detaylı açıklamalar yer almamaktadır. Ayrıca, TBDY 2018 2.5.1.3'e göre, "üç boyutlu hesap için seçilecek deprem kaydı takımlarının sayısı en az 11 olacaktır." İfadesi yer almaktadır [9].

Bu çalışma kapsamında, uygun deprem kayıtlarının tespit edilmesi ve bu kayıtların doğru bir şekilde ölçeklenmesi için 21 farklı depremden 43 kayıt takımı incelenmiş ve ölçekleme sonuçlarının uygunluğuna göre 9 depremden 11 kayıt takımı (Her iki yatay yönde, toplam 22 adet ivme kaydı) seçimi gerçekleştirilmiştir.

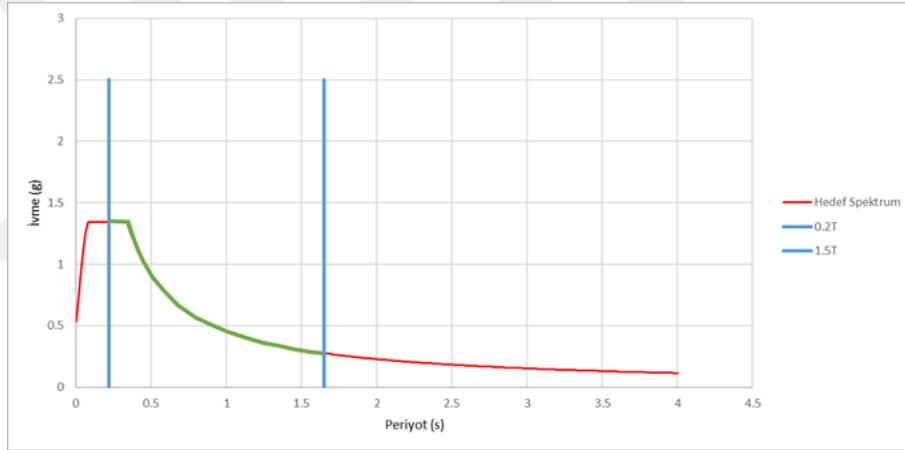
Zaman tanım alanında yapının doğrusal olmayan hesabı için kullanılan 11 deprem kaydı takımı aşağıda yer alan maddeler dikkate alınarak seçilmiş ve ölçeklendirilmiştir:

- Deprem kayıtları, Pasific Earthquake Engineering Research Center – PEER Ground Motion Database arşivlerinden seçilmiştir (<https://ngawest2.berkeley.edu/>) [18].

- Deprem kayıtlarının jeolojik ve sismolojik şartları, yapının yer aldığı bölgedeki tasarım ivme spektrumuna uygun olacak şekilde olmalıdır. Yapının bulunduğu konuma ait yerel zemin sınıfı ZC olarak tespit edilmiştir. TBDY 2018 Bölüm 16.4'te, üst 30 metredeki ortalama kayma dalgası hızı, $(V_s)_{30}$, ZC yerel zemin sınıfı için 360-760 m/s olarak hesaplanmıştır. Bu husus doğrultusunda; deprem kayıtlarının seçilmesi, binanın bulunduğu yerel zemin koşullarından kaynaklı parametrelere dikkat edilerek yapılmıştır [19].
- Seçilecek kayıtlara ait deprem büyüklükleri, tasarıma esas deprem yer hareketi düzeyi ile uyumlu olacak şekilde belirlenmiştir. Bu nedenle deprem büyüklüğü aralığı 6,5-8,0 magnitüd olarak belirlenmiştir.
- Kuzey Anadolu Fay Hattı, dünyanın en aktif ve en önemli kırık hatları arasında yer almaktadır. Fay hattının uzunluğu ise Karlıova/Bingöl'den başlayıp Mudurnu vadisine kadar yaklaşık 1200 km'dir. Fayın mekanizması ise doğrultu atımlı fay (Strike slip fault) yapısına sahiptir. Seçilen deprem kayıtları öncelikle bu mekanizmaya uygun olacak şekilde belirlenmiştir.
- Deprem kayıtlarının alındığı istasyonların deprem merkezine olan uzaklıklarına göre kayıtlarda değişiklik olmaktadır. Bu sebeple, deprem kayıtlarının seçim tercihinde; fay uzaklıklarına dikkat edilmiş, yapının bulunduğu konuma ve davranış spektrumuna uygun kayıtlar seçilmiştir. Nitekim bu teze konu olan ve tasarımı gerçekleştirilen bina İstanbul ili, Büyükçekmece ilçesinde yer almaktadır ve bulunduğu konum itibarı ile fay hattına oldukça yakındır.
- Depremlerin kuvvetli yer hareketi kısmının süresi binanın birinci doğal titreşim periyodunun 5 katından ve 15 saniyeden kısa olmayacak şekilde belirlenmiştir [?]. Seçilen kayıtlarda bu duruma dikkat edilmiştir.
- Deprem kayıtlarının bir diğer parametresi ise high pass filter (HP) ve low pass filter (LP) olarak isimlendirilen ve kayıtların belirli bir frekans aralığında olmasını sağlayan filtrelerdir. Her yapının doğal titreşim frekansı ile her deprem kaydının filtrelenmiş frekans aralığı uyum sağlamamaktadır. Bu nedenle, seçilen deprem kayıtları, bina doğal titreşim periyodu/frekansına uygun olacak şekilde belirlenmiştir. Hangi frekans aralığında işlem yapıldığına önem arz etmektedir.

4.4 Deprem İvme Kayıtlarının Ölçeklenmesi

Deprem kayıtlarının uygun şekilde ölçeklendirilmesinde izlenen yöntem, basit ölçeklendirme yöntemi olan davranış spektrumuna göre ölçeklendirme yöntemidir. Deprem kayıtları, TBDY (2018) Bölüm 2’de verilen kurallara göre spektral uyum sağlayacak şekilde ölçeklendirilmiştir. Basit ölçeklendirme yöntemi için TBDY 2018 2.5.2’de yer alan kurallar şu şekilde özetlenebilir; “Üç boyutlu hesap için seçilen her bir deprem kaydı takımının iki yatay bileşenine ait spektrumların kareleri toplamının karekökü (SRSS) alınarak bileşke yatay spektrum elde edilecektir [20]. Seçilen tüm kayıtlara ait bileşke spektrumların ortalamasının $0.2T_p$ ve $1.5T_p$ periyotları arasındaki genliklerinin, tasarım spektrumunun aynı periyot aralığındaki genliklerine oranının 1.3’ten daha küçük olmaması kuralına göre deprem yer hareketi bileşenlerinin genlikleri ölçeklendirilecektir” [9]. Bu durum özet olarak Şekil 4.1’de yer almaktadır.



Şekil 4.1 : 0.2T-1.5T aralığında hedef spektrum eğrisi.

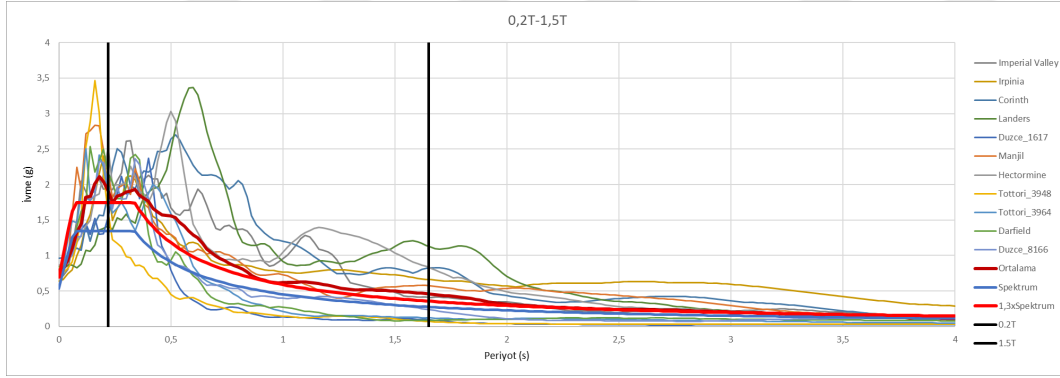
Belirli parametrelere bağlı olarak seçilen deprem ivme kayıtlarının ölçeklenme katsayılarının tespit edilmesi için öncelikle bileşke yatay spektrumlar elde edilmiştir. Daha sonra bileşke yatay spektrumların ortalamasının $0.2T_p$ ve $1.5T_p$ periyotları arasındaki genliklerinin tasarım spektrumunun aynı periyot aralığındaki genliklerine oranının 1.3’ten küçük olmaması koşulu ile ölçek katsayıları bulunmuştur [21]. Bu ölçekleme işlemi için SeismoMatch ve Microsoft Excel programları kullanılmıştır [22]. Fahjan (2008) [8], yapıların doğrusal elastik olmayan analizleri için seçilecek deprem kayıtlarını ölçekleme için kullanılacak katsayıların 0.5 ile 2 arasında sınırlandırılması gerektiğini tavsiye etmiştir. Yapılan ölçekleme işlemlerinde bu durum

dikkate alınmış ve azami ölçüde bu hususa dikkat edilerek çalışmalar yapılmıştır. Ölçeklenen depremler Çizelge 4.4’te yer almaktadır.

Çizelge 4.4 : Deprem yer hareketleri ve ölçek katsayıları.

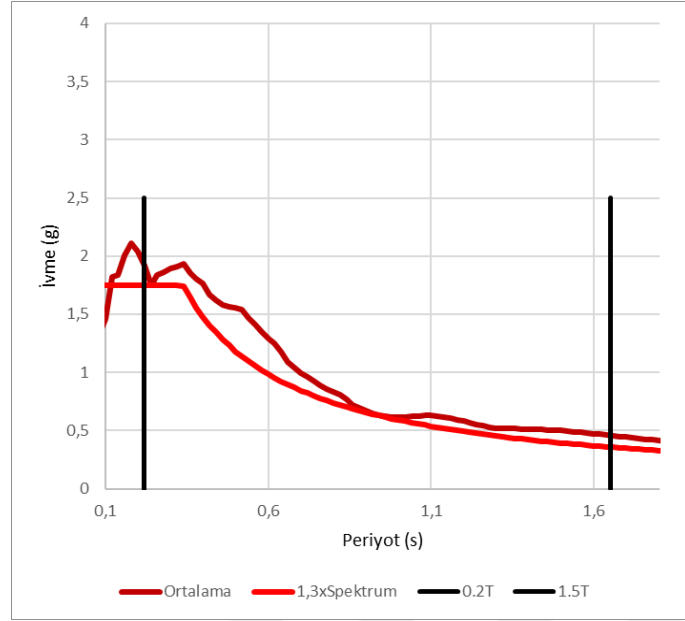
Ad (Kayıt no)	İstasyon	Magnitüd	Ölçek
Imperial Valley (164)	Cerro Prieto	6.53	3.068
Landers (881)	Morongo Valley Fire Station	7.28	2.866
Düzce (1617)	Lamont 375	7.14	0.722
Düzce (8166)	IRIGM 498	7.14	1.470
Manjil (1633)	Abbar	7.37	1.136
Tottori (3948)	SMNH02	6.61	1.145
Tottori (3964)	TTR007	6.61	0.866
Darfield (6915)	Heathcote Valley Primary School	7.00	0.984
Irpinia (292)	Sturno (STN)	6.90	1.624
Corinth (313)	Corinth	6.60	2.885
Hector Mine (1787)	Hector	7.13	2.05

Yapılan ölçekleme çalışmaları sonucunda ortalama spektrumun $0.2T_p$ ve $1.5T_p$ aralığında hedef spektrum olan 1.3xtasarım spektrumu değerinden büyük olduğu görülmüştür. Bu durum Şekil 4.2’de yer almaktadır.



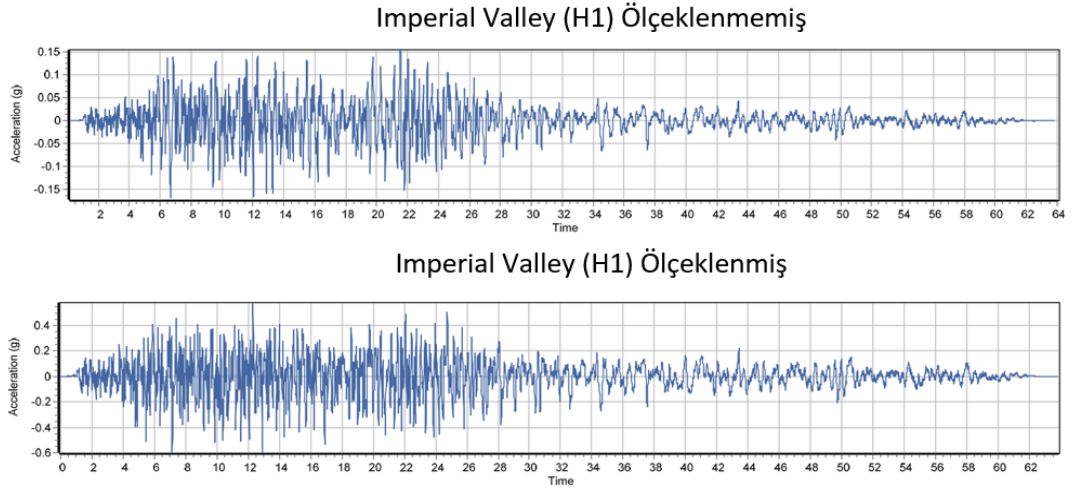
Şekil 4.2 : 1.3xTasarım spektrumu ve ölçeklendirilmiş deprem yer hareketi spektrumları.

Deprem ivme kayıtlarından elde edilen ortalama spektrum ile tasarım spektrumunun 1.3 katı olan grafiklerin detaylı durumu Şekil 4.3’te gösterilmiştir.



Şekil 4.3 : 1.3xTasarım spektrumu ve ölçeklendirilmiş deprem yer hareketi spektrumları ortalaması.

Seçilen kayıtlardan Imperial Valley H1 CPE147 depremine ait ölçeklenmemiş ve ölçeklenmiş ivme kaydı takımı Şekil 4.4’te yer almaktadır. Diğer kayıtlara ait grafikler ise EK B’de yer almaktadır.

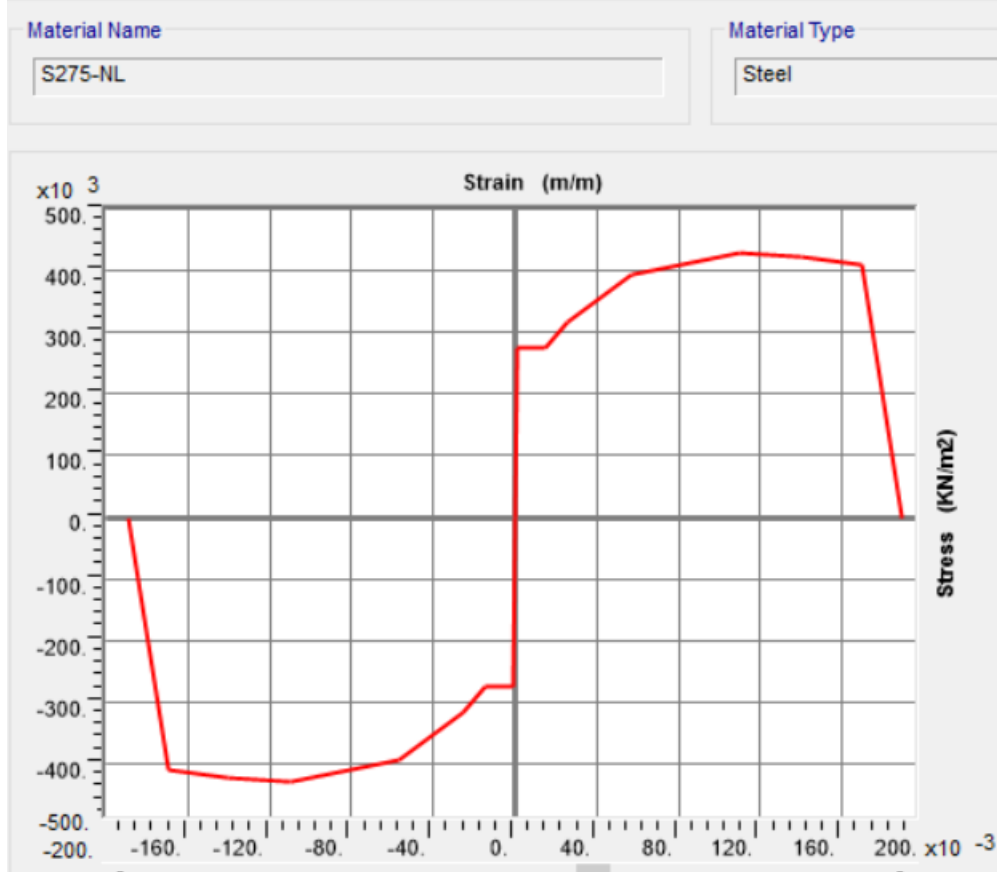


Şekil 4.4 : Imperial Valley H1 CPE147 ölçeklenmemiş ve ölçeklenmiş ivme kayıtları.

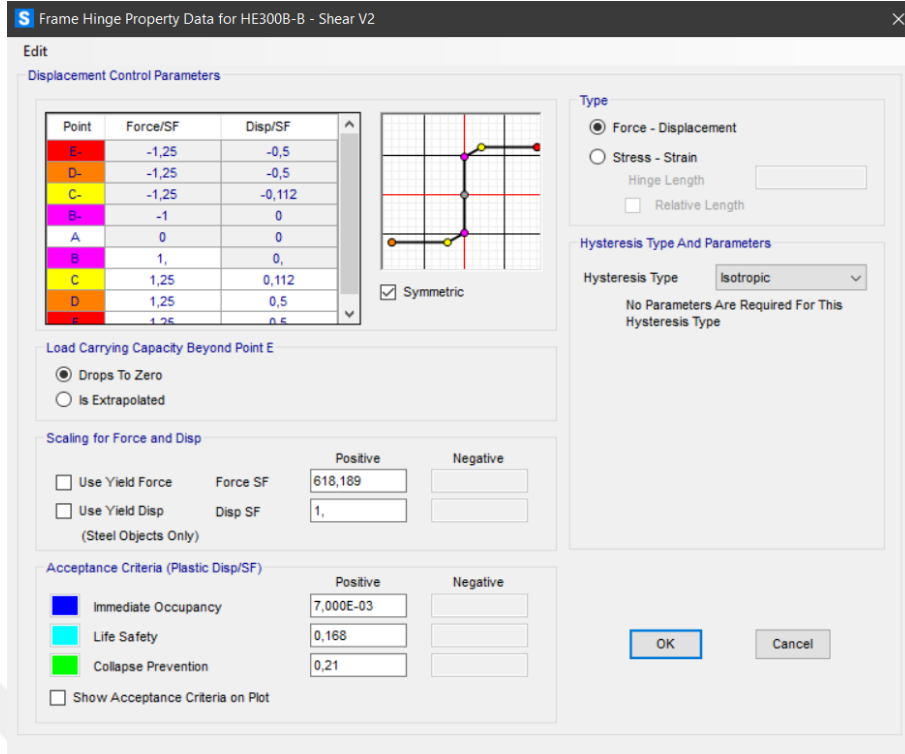
4.5 Doğrusal Olmayan Analiz Modelinin Oluşturulması

Doğrusal olmayan davranışı görebilmek için öncelikle şekildeğiştirmeye göre tasarım yöntemine uygun bir model oluşturulmalıdır. TBDY (2018) Bölüm 5.4’te, doğrusal olmayan modellemeler ile ilgili belirli kurallar yer almaktadır. Buna göre, doğrusal sönüm oranının yüzde 5 olarak belirlenebileceği düzenlenmiştir. Ayrıca, malzemenin

de doğrusal olmayan tanımlaması yapılmalıdır. Bu sebeple malzeme dayanımı olarak beklenen dayanım esas alınacaktır. S275 çelik malzeme sınıfı için $f_{ye} = 1.3f_{yk}$, S355 çelik malzeme sınıfı için $f_{ye} = 1.1f_{yk}$ olacağı TBDY (2018) Tablo 5.1’de yer almaktadır [9]. Doğrusal olmayan malzeme davranışı Şekil 4.5’te gösterilmiştir. Yığılı plastik mafsalları Şekil 4.6’da gösterilmiştir.



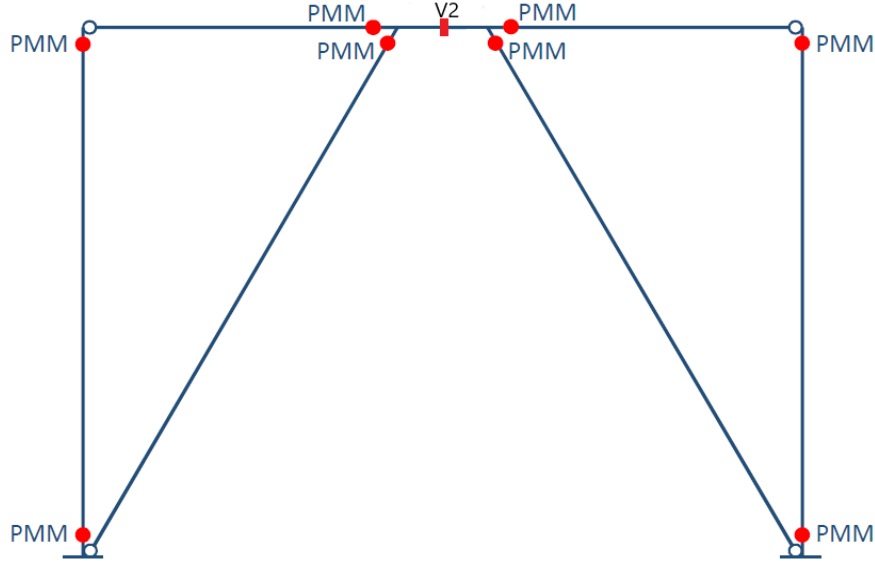
Şekil 4.5 : Doğrusal olmayan malzeme davranışı.



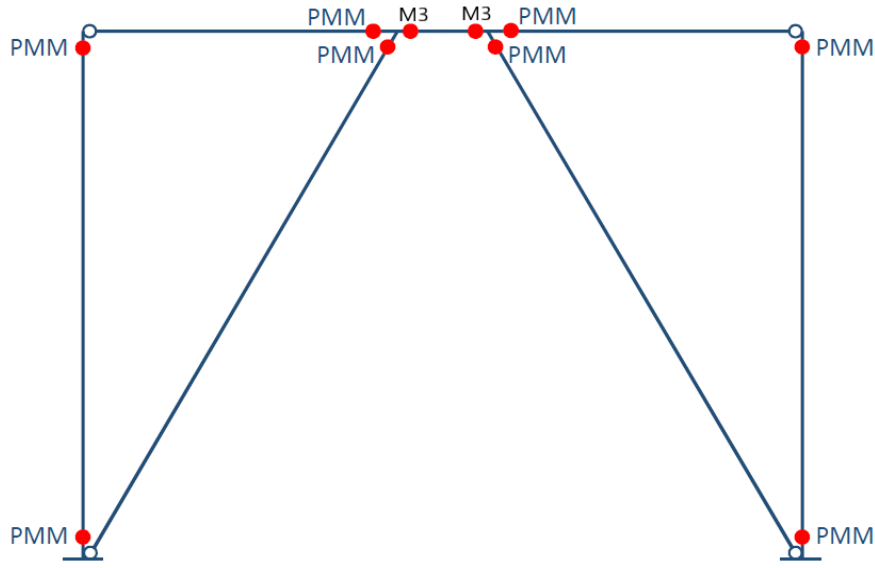
Şekil 4.6 : Yığılı plastik mafsallı model.

Kiriş ve kolon elemanların uçlarına yığılı plastik mafsallı tanımlanabileceği TBDY (2018) 5.4.2.1’de düzenlenmiştir. Bu sebeple; kolonların her iki ucuna PMM plastik mafsallı, bağ kirişi dışında kalan kiriş bölgelerinin mafsallı bağlantı olmayan ucuna PMM plastik mafsallı, çapraz elemanların bağ kirişi ile birleşimine yakın uçlarına PMM plastik mafsallı tanımlanması yapılmıştır [16, 23, 24].

Bağ kiriş elemanları, kısa bağ kirişi olarak modellenmiştir. Kısa bağ kirişinden beklenen performans, kesme kuvveti altında davranış göstermesidir. Tez çalışması kapsamında kısa bağ kiriş elemanında kesme davranışı incelenmiştir. Ancak kesme kuvveti etkisinde akma davranışı göstermesi beklenen bağ kiriş elemanlarında eğilme etkisinin de olup olmadığı irdelenmiş ve bu inceleme için farklı bir plastik mafsallı model daha oluşturulmuştur. Sonuç olarak bağ kiriş elemanlarında kesme yani V_2 plastik mafsallı ile eğilme kontrolü için M_3 plastik mafsallı modellenmiştir. Bağ kiriş elemanlarındaki eğilme etkisinin gözlemleneceği plastik mafsallar bağ kirişlerinin her iki ucuna yerleştirilirken kesme etkisi altındaki davranış gösterecek kesme plastik mafsalları bağ kiriş elemanlarının ortasına yerleştirilmiştir [16, 25]. Dışmerkez çaprazlı çerçevelerde tanımlanan plastik mafsallı modelleri Şekil 4.7 ve Şekil 4.8’de yer almaktadır.



Şekil 4.7 : Plastik mafsalları tanımlamaları 1.



Şekil 4.8 : Plastik mafsalları tanımlamaları 2.

Yapılan plastik mafsalları tanımlamaları FEMA 356 Tablo 5-6'da belirtildiği şekilde düzenlenmiştir [26].

4.6 Dışmerkez Çaprazlı Çelik Çerçeve Elemanlarının Davranışlarının Değerlendirilmesi

Şekildeğiştirmeye göre değerlendirme yöntemine göre analizi tamamlanan yapı sistemi, eleman özelinde ve yapı genel davranışı şeklinde değerlendirilmiştir. Bu

sebeple öncelikle eleman özelinde ve daha sonrasında ise yapı sisteminin zaman tanım alanında dinamik analizi sonuçlarına göre davranışı ele alınmıştır. Eleman özelinde gerçekleştirilen incelemeler plastik mafsallı davranışlarının değerlendirilmesi şeklindedir. Yapı sisteminin genel davranışının incelenmesi hususunda ise kat ötelemeleri, kat yer değiştirmeleri, kat kesme kuvvetleri ve devrilme momentleri değerlendirilmiştir.

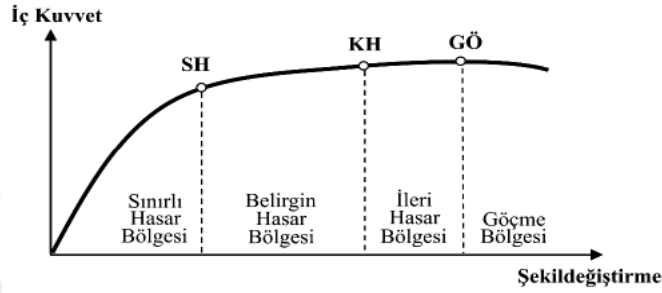
4.6.1 Yapı elemanlarının değerlendirilmesi

Daha önce bahsedildiği üzere, yapı sisteminde yer alan dışmerkez çaprazlı çelik çerçeve elemanlarında plastik mafsallı tanımlaması yapılmıştır. Dışmerkez çaprazlı çelik çerçeveli yapı sistemlerinde esas amaç, yapıya etki eden deprem kuvvetlerinin belirli elemanlara aktarılması ve bu sayede öngörülebilir şekilde tasarım yapılmasıdır. Bu elemanlar yapı sisteminde sigorta görevi gören bağ kirişleridir. Bağ kirişleri de daha önce belirtildiği gibi üç farklı türde olabilir. Bunlar; kısa, orta ve uzun bağ kirişleridir. Tez çalışması kapsamında ele alınan bağ kirişi türü kısa bağ kirişidir ve bu tip bağ kirişinde beklenen davranış kesme kuvveti etkisinde akma gerçekleşmesidir. Yapı sisteminin hedeflendiği gibi çalışıp çalışmadığını anlamak üzere öncelikle eleman modellemeleri yapılırken bu durum test edilmiştir. Test yöntemi olarak öncelikle bağ kirişlerinde eğilme etkisi altında herhangi bir plastik şekil değiştirme davranışının olup olmadığı irdelenmiştir. Bu amaçla bağ kirişlerine eğilme etkilerini görebilecek plastik mafsallı tanımlamaları yapılmış ve 22 adet ölçeklenmiş deprem kaydı ile ayrı ayrı analiz edilmiştir. Atanan eğilme plastik mafsallarında herhangi bir plastik değiştirme davranışı görülmemiştir. Bu durum ile tasarım felsefesi teyit edilmiş ve bağ kiriş elemanlarında eğilme etkisini gösteren plastik mafsallar kaldırılarak yerine esas davranışın izlenebileceği kesme etkisi altında plastik şekil değiştirmeyi gösterecek mafsallı atamaları yapılmıştır. Yapılan 22 adet deprem analizi sonucunda gerçekleşen plastik şekil değiştirme durumları aşağıda detaylı şekilde ele alınmıştır.

4.6.1.1 Bağ kirişi

Yapı sisteminde toplam 64 adet bağ kirişi elemanı yer almaktadır. Bu bağ kirişlerinin her iki ucuna atanan ve eğilme etkisi altında plastik şekil değiştirme davranışı göstermesi beklenen M_3 plastik mafsallarında, 22 adet analiz sonucunda herhangi bir plastik şekil değiştirme meydana gelmemiştir. Tahmin edildiği üzere bağ kirişi

elemanları eğilme etkisi altında plastik şekil değiştirme davranışı göstermemektedir. daha sonra 64 adet bağ kirişinin ortasına toplam 64 adet olacak şekilde atanan ve kısa bağ kirişi yani kesme kuvveti etkisinde plastik şekil değiştirme davranışı gösterecek V_2 türü mafsallarda plastik şekil değiştirme meydana gelmiştir. Ancak meydana gelen plastik şekil değiştirme davranışları, tasarım hedefi olarak belirlenen kontrollü hasar sınır durumunun ötesine geçmemiştir. Hasar bölgelerine ait görsel TBDY 2018 Bölüm 15.3.2’de yer almakta olup Şekil 4.9’da gösterilmiştir [9].



Şekil 4.9 : Kesit hasar bölgeleri.

22 adet deprem analizi sonucunda meydana gelen plastik şekil değiştirme durumlarının özeti Çizelge 4.5’te yer almaktadır. Bu çizelgede yer alan rakamlar, ilgili deprem analizi sonucunda meydana gelen plastik şekil değiştirme adedini göstermektedir [23]. Aynı zamanda plastik şekil değiştirme adetleri hasar durumlarına göre çizelgede sınıflandırılmıştır. Çizelge 4.5’te görüldüğü üzere, bağ kirişlerine tanımlanmış olan 64 adet kesme etkisi altında plastik şekil değiştirme davranışı göstermesi beklenen plastik mafsalın, ölçeklenmiş gerçek deprem ivme kayıtları ile oluşturulan 22 adet analizi sonucunda ortalama olarak şu sonuçlara varılmıştır; tanımlanan plastik mafsalların ortalama yüzde 26’sında herhangi bir plastik şekil değiştirme durumu meydana gelmemiştir. Yine ortalama olarak bağ kirişlerinde yer alan plastik mafsalların yüzde 41’i sınırlı hasar durumuna geçmiştir. Bağ kirişlerine tanımlanmış plastik mafsalların ortalama yüzde 33’ü ise belirgin hasar bölgesinde yer almaktadır. Ancak belirgin hasar durumuna geçen plastik mafsalların şekil değiştirme ve kesme kuvvet değerleri sınırlı hasar bölgesi sınırlarına çok yakın değerler göstermiş olup belirgin hasar sınır durumunun en düşük seviyelerindedir. Plastik mafsallara ait dönme değerleri EK G’de verilmiştir.

Çizelge 4.5 : Bağ kırışlarında plastik şekil değiştirme durumları.

Deprem	Yön (Derece)	plastik şekil değiştirme Yok	Sınırlı Hasar	Belirgin Hasar	İleri Hasar	Göçme
Imperial Valley_164	0	15	30	19	0	0
	90	14	26	24	0	0
Landers_881	0	14	41	9	0	0
	90	16	38	10	0	0
Düzce_1617	0	31	33	0	0	0
	90	31	29	4	0	0
Düzce_8166	0	12	30	22	0	0
	90	12	31	21	0	0
Manjil_1633	0	16	20	28	0	0
	90	12	22	30	0	0
Tottori_3948	0	12	17	35	0	0
	90	8	23	33	0	0
Tottori_3964	0	20	24	20	0	0
	90	18	24	22	0	0
Darfield_6915	0	14	26	24	0	0
	90	19	27	18	0	0
Irpinia_292	0	36	23	5	0	0
	90	32	27	5	0	0
Corinth_313	0	1	7	56	0	0
	90	8	20	36	0	0
Hector Mine_1787	0	10	27	27	0	0
	90	12	29	23	0	0

Bağ kirişlerinde gerçekleşen plastik şekildeğiştirmelerin her bir kat içerisindeki ortalama değerleri Çizelge 4.6'da yer almaktadır. Bu değerler, 22 adet deprem analizi sonucunda meydana gelmiş plastik şekildeğiştirmelerin ortalaması şeklindedir.

Çizelge 4.6 : Her bir kattaki ortalama plastik şekildeğiştirme.

Kat	Dönme (rad)	Plastik Şekildeğiştirme Durumu
8	0.0025	Sınırlı hasar
7	0.0038	Sınırlı hasar
6	0.0052	Belirgin hasar
5	0.0083	Belirgin hasar
4	0.0106	Belirgin hasar
3	0.0060	Belirgin hasar
2	0.0077	Belirgin hasar
1	0.0021	Sınırlı hasar

4.6.1.2 Bağ kirişi dışında kalan kiriş bölgesi

Bağ kirişi dışında kalan kiriş bölgesinin kolon yüzeyi ile birleşim detayı mafsallı bağlantı olarak tasarlanmıştır. Bu sebeple bağ kirişi dışında kalan kiriş bölgesinin, bağ kirişe yakın olan ucuna PMM etkilerinin gözlenebileceği plastik mafsal tanımlamaları yapılmıştır. Yapılan 22 adet zaman tanım alanında dinamik analiz sonucunda bağ kiriş elemanının dışında kalan kiriş bölgesinde herhangi bir plastik şekildeğiştirme meydana gelmemiştir. Bu durum, yapı sistemi için öngörülen davranışı teyit etmiştir.

4.6.1.3 Çapraz

Dışmerkez çapraz elemanların bir ucu mafsallı diğer ucu ankastre bağlantı olarak belirlenmiştir. Bu sebeple çapraz elemanların kolon-kiriş ile birleştiği ucu mafsallı ve bağ kirişi ile bağlandığı ucu ise ankastredir. Çapraz elemanların bağ kirişe yakın ucuna PMM plastik mafsal tanımlaması gerçekleştirilmiştir. Yapılan 22 adet zaman tanım alanında dinamik analiz sonucunda çapraz elemanlarda herhangi bir plastik şekildeğiştirme meydana gelmemiştir. Bu durum, yapı sistemi için öngörülen davranışı teyit etmiştir.

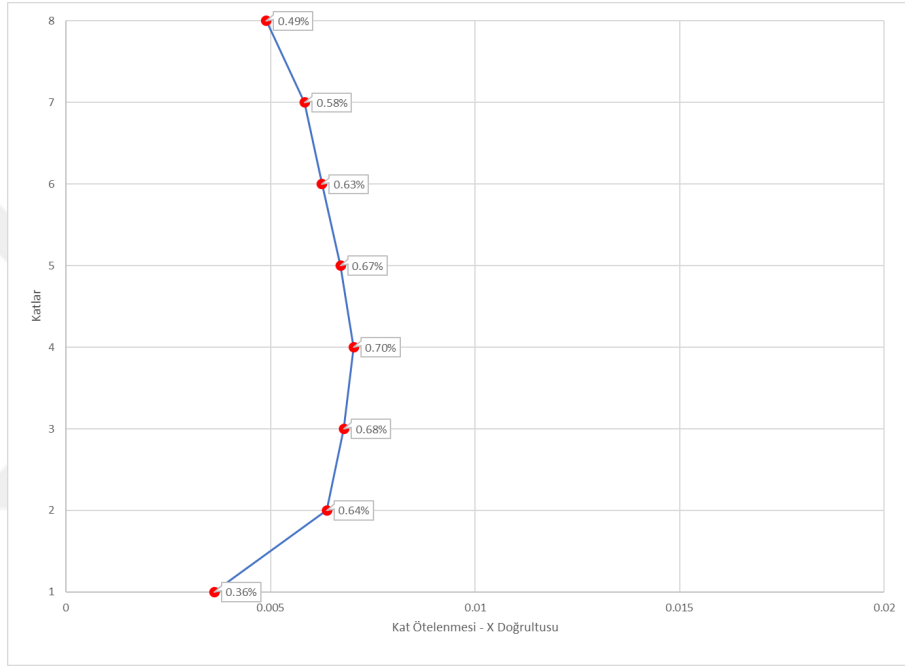
4.6.1.4 Kolon

Dışmerkez çaprazlı çerçeve kolonlarının her iki ucuna PMM etkilerinin gözlenebileceği plastik mafsal tanımlaması gerçekleştirilmiştir. Yapılan 22 adet zaman tanım alanında dinamik analiz sonucunda kolon elemanlarda herhangi bir plastik

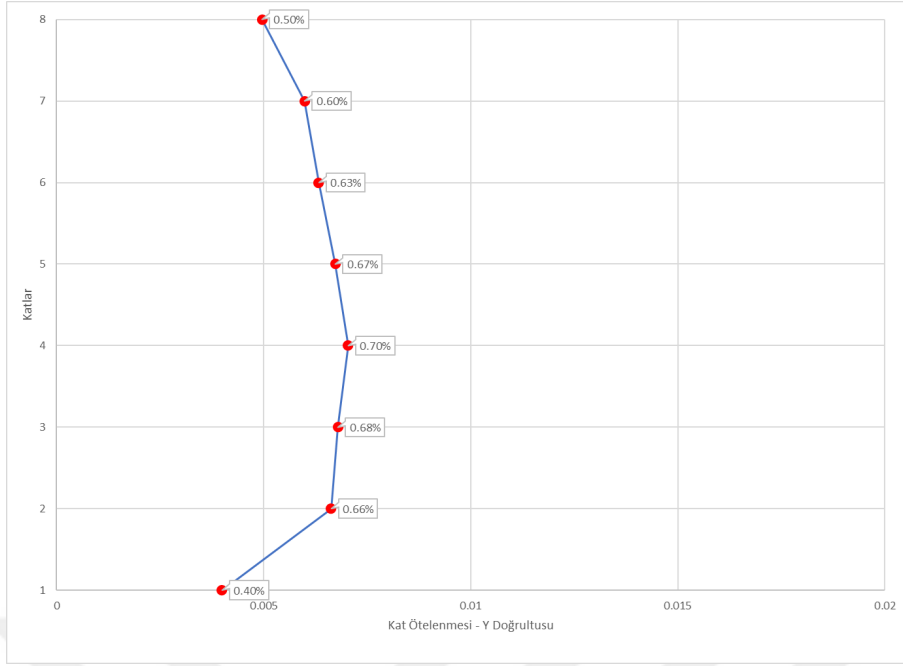
şekildeğiştirme meydana gelmemiştir. Bu durum, yapı sistemi için öngörülen davranışı teyit etmiştir.

4.6.2 Kat Ötelemeleri

Zaman tanım alanında 22 adet yük durumu altında dinamik analizi gerçekleştirilen sisteme ait kat öteleme değerleri X ve Y doğrultuları için ayrı ayrı tespit edilmiş olup ortalama sonuç değerlerine ait grafik görselleri Şekil 4.10 ve Şekil 4.11’de gösterilmiştir [27]. Analizlere ait detaylı grafikler EK D’de yer almaktadır.



Şekil 4.10 : X doğrultusunda ortalama göreli kat ötelemeleri.

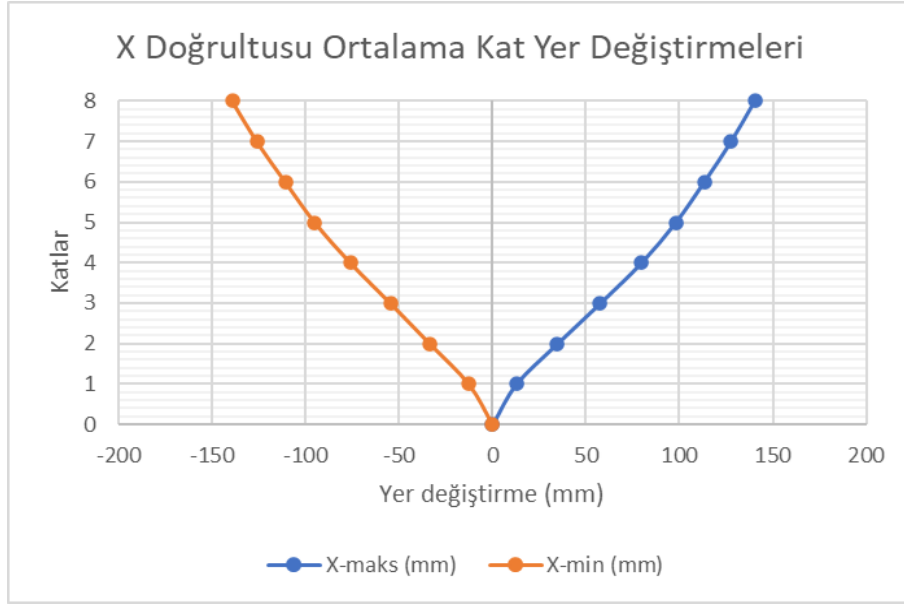


Şekil 4.11 : Y doğrultusunda ortalama görelî kat ötelemeleri.

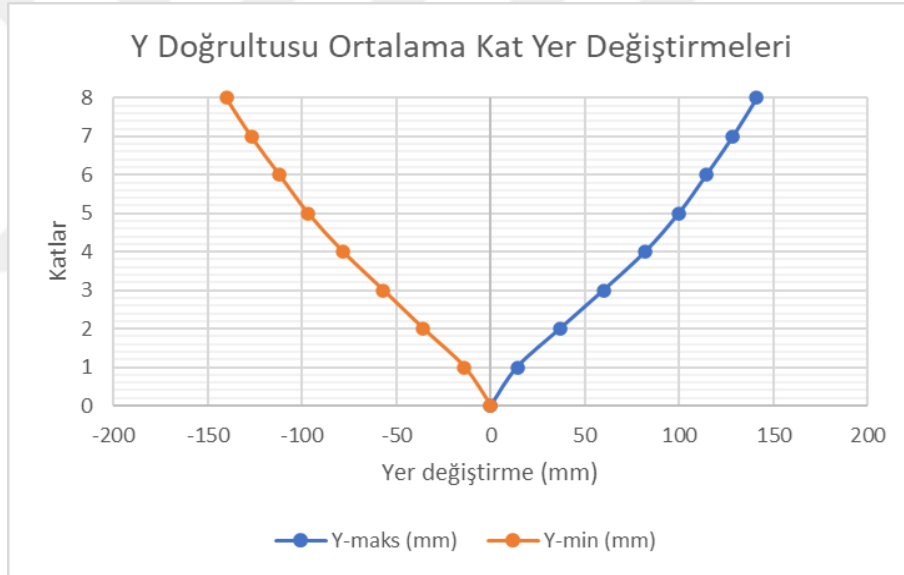
Elde edilen sonuçlara göre, X ve Y doğrultularında meydana gelen en büyük görelî kat öteleme değerleri birbirine yakın sonuçlar olmakla birlikte yaklaşık olarak yüzde 1.7 mertebesinde ulaşmaktadır. 22 adet analiz sonucunda elde edilen ortalama değerlere bakıldığında ise görelî kat öteleme değerlerinin X ve Y doğrultularında yaklaşık olarak binde 7 gibi bir seviyede olduğu görülmüştür. Bu değer yapı davranışı için uygun olduğu görülmüştür [28].

4.6.3 Kat Yerdeğiştirmeleri

Zaman tanım alanında 22 adet yük durumu altında dinamik analizi gerçekleştirilen sisteme ait kat yerdeğiştirme değerleri X ve Y doğrultuları için ayrı ayrı tespit edilmiş olup ortalama değerlere ait grafik görselleri Şekil 4.12 ve Şekil 4.13'te gösterilmiştir. Analizlere ait detaylı grafikler EK C'de yer almaktadır [27].



Şekil 4.12 : X doğrultusunda kat yerdeğiştirmeleri.

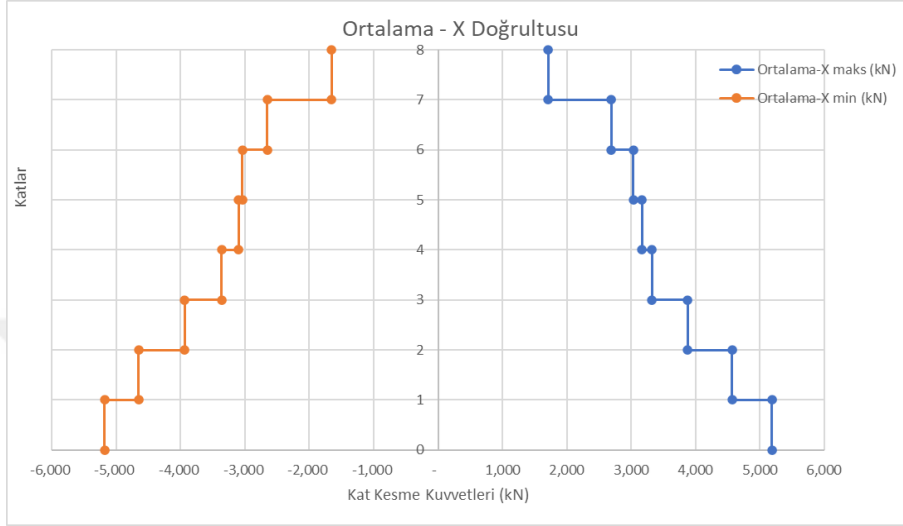


Şekil 4.13 : Y doğrultusunda kat yerdeğiştirmeleri.

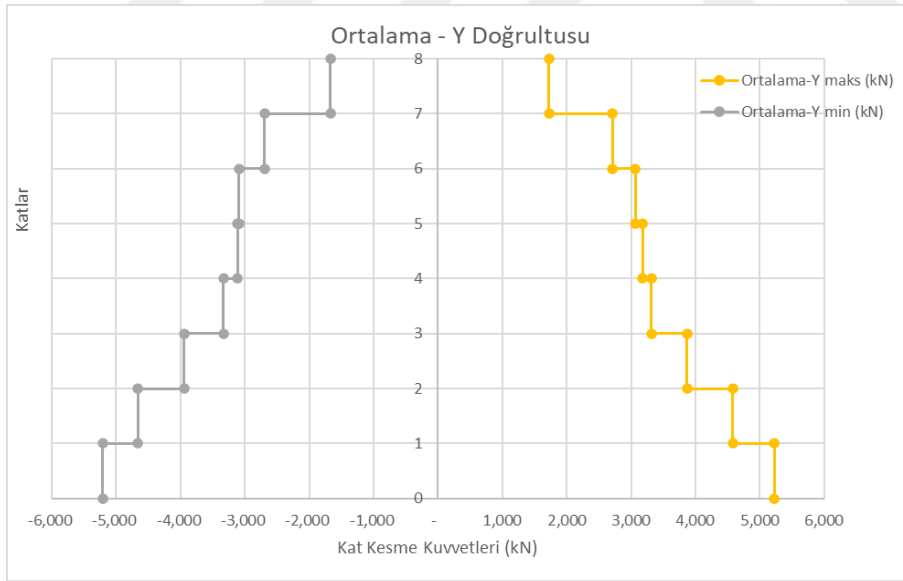
Grafik görsellerinden de anlaşıldığı üzere, X doğrultusunda meydana gelen tepe yerdeğiştirme değeri, yirmi iki deprem analizi ortalaması için maksimum 140, minimum 139 mm civarlarında olmaktadır. Bu değer Y doğrultusu için maksimum 141, minimum 140 mm civarlarında olduğu görülmüştür. Bu değerler yapı toplam yüksekliğinin yaklaşık binde beşi mertebesinde.

4.6.4 Kat Kesme Kuvvetleri

İncelenen bir diğer durum ise yirmi iki adet analiz neticesinde katlarda meydana gelen kesme kuvvetleridir. Kat kesme kuvvetleri, yapılan analizler sonucunda elde edilen verilerin bir araya getirilmesi sonucunda ortalama olarak X ve Y doğrultuları için görselleştirilmiştir. Görselleştirilen veriler Şekil 4.14 ve Şekil 4.15'te yer almaktadır. Analizlere ait detaylı veriler ve görsel grafikler EK E'de bulunmaktadır [27].



Şekil 4.14 : X doğrultusunda kat kesme kuvvetleri.



Şekil 4.15 : Y doğrultusunda kat kesme kuvvetleri.

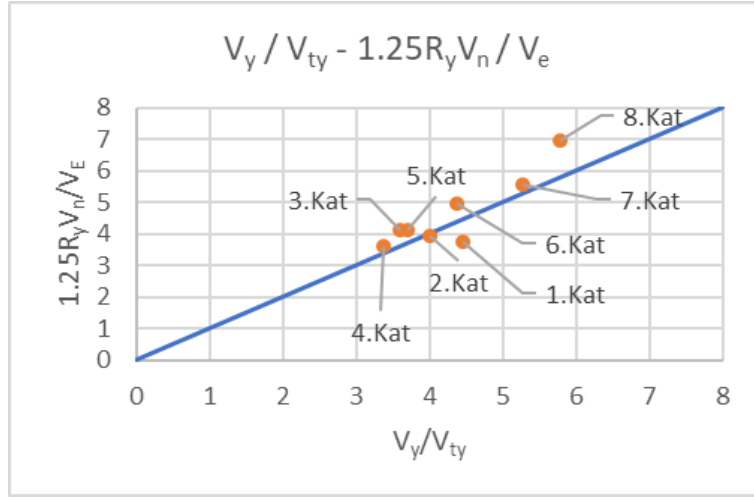
Bu durumda, grafik görsellerindeki veriler incelendiğinde, X doğrultusu için 22 adet analizden ortalama olarak elde edilen maksimum kat kesme kuvveti 5186 kN, minimum kat kesme kuvveti -5181 kN olarak bulunmuştur. Aynı şekilde Y doğrultusu için elde edilen maksimum kat kesme kuvveti 5227 kN olurken, minimum kat kesme kuvveti -5207 kN olmuştur.

Zaman tanım alanında dinamik yöntem ile 22 adet analizi gerçekleştirilen sistemde meydana gelen ortalama kat kesme kuvvetleri ile eşdeğer deprem yükü yöntemi ile elde edilen kat kesme kuvvetleri Çizelge 4.7’de yer almaktadır.

Çizelge 4.7 : Doğrusal ve doğrusal olmayan analizler sonucu elde edilen kesme kuvvetleri.

Kat	V_x (ŞGDT)	V_y (ŞGDT)	V_{tx} (DGT)	V_{ty} (DGT)
8	1708.948	1721.455	298.303	298.303
7	2690.614	2714.130	514.956	514.956
6	3035.097	3069.208	702.476	702.476
5	3170.163	3182.119	858.743	858.743
4	3322.968	3315.957	983.756	983.756
3	3874.113	3867.253	1078.535	1078.535
2	4564.330	4577.723	1141.721	1141.721
1	5186.211	5226.918	1173.314	1173.314

Yapılan analizler göstermiştir ki tasarım depremi yer hareketi etkisinde elastik bölgede kalması öngörülen elemanlarda oluşması beklenen iç kuvvetler, eşdeğer deprem yükü altında elde edilen iç kuvvetlerin $1.25R_y V_n/V_e$ ile büyütülmesiyle yeterli yaklaşıklıkta tahmin edilebilmektedir. Bağ kirişinin plastik şekil değiştirmesine neden olan yüklemenin $1.25R_y$ katının alınması suretiyle, mekanizma durumunda elastik kalması beklenen elemanlar için hesaplanan iç kuvvetler yeterli yaklaşıklıkla tahmin edilebilmektedir. Doğrusal ve doğrusal olmayan analiz sonuçlarından elde edilen kat kesme kuvvetleri oranlarının, her bir katın X ve Y doğrultularında yer alan dışmerkez çaprazlı çelik çerçeve mekanizma durumları ($1.25R_y V_n/V_e$) ile kıyası Şekil 4.16’da yer almaktadır. Şekil 4.16’da yer alan karşılaştırma grafiği bölüm 3 içerisinde yer alan ve boyutlandırma hesapları gerçekleştirilen çerçevenin bulunduğu aks için verilmiştir. Elde edilen bu görsellerin her bir dışmerkez çaprazlı çerçeve için detaylı olarak hazırlanmış şekilleri ise EK F’de yer almaktadır.



Şekil 4.16 : Y yönü, A-2-3 aksı dışmerkez çaprazlı çerçeve için $V_y / V_{ty} - 1.25 R_y V_n / V_e$ grafiği.

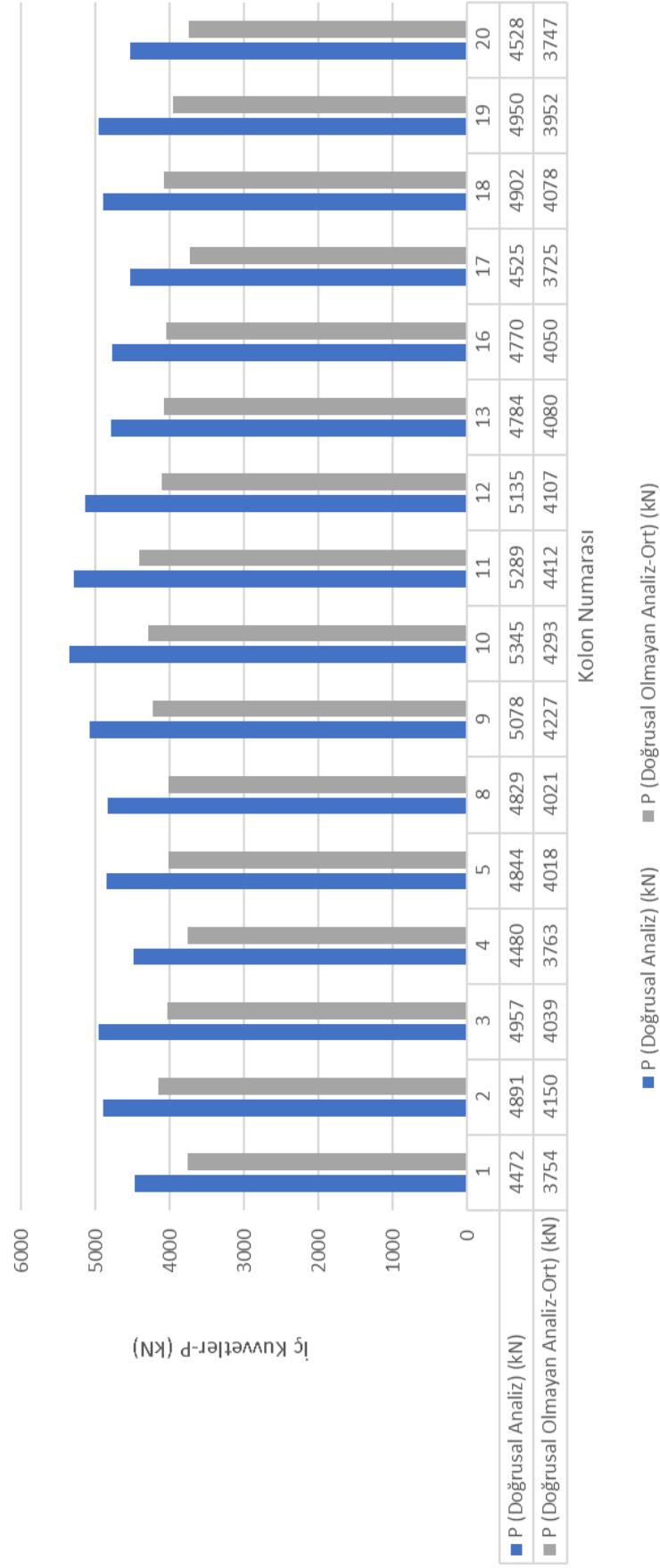
4.6.5 Kolon İç Kuvvetlerinin Kontrolü

Bu diğer incelenen konu ise boyutlandırmaya esas alınan ve doğrusal analiz ile elde edilen iç kuvvetler ile zaman tanım alanında dinamik analizler sonucunda meydana gelen iç kuvvetlerin karşılaştırılmasıdır. Bu bölümde karşılaştırması yapılan kolonlar yapının 1. katına ait kolonlardır. 1. katta yer alan dışmerkez çaprazlı çerçeve kolonlarına etki eden iç kuvvetler karşılaştırmalı olarak Şekil 4.18’de yer almaktadır. Ayrıca kolonların numaralarına göre bulundukları aksları gösteren görsel ise Şekil 4.17’de yer almaktadır [23].



Şekil 4.17 : 1. kat kolonlarının akslara yerleşimi.

1. Kat Kolonları İç Kuvvet Karşılaştırması



Şekil 4.18 : Kolon iç kuvvet karşılaştırması.



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışma kapsamında, süneklik düzeyi yüksek dışmerkez çaprazlı bir çelik çerçeve sisteminin önce güncel yönetmelikler kullanılarak tasarımı yapılmış, ardından doğrusal olmayan hesap yöntemi ile deprem performansı araştırılmıştır. Geçmişte yapılan araştırmalar ve deneysel çalışmalar ile bu tez çalışması kapsamında yapılan boyutlandırma ve analizler göz önüne alındığında, dış merkez çaprazlı çelik çerçeve sistemlerin deprem etkilerinin karşılanmasında etkin bir yatay yük taşıyıcı sistem olduğu ve elemanlarının şekildeğiştirme durumlarının öngörülen koşulları sağladığı görülmektedir. Bu tür yapı sistemlerinde deprem enerjisinin sönmelenmesi ve deprem etkisi altında sünek bir davranışın sağlanması, plastik şekildeğiştirmelerin sadece bağ kirişlerinde oluşması esasına dayanmaktadır. Buna göre, plastik şekildeğiştirmelerin öngörüldüğü şekilde sadece bağ kirişlerinde meydana geldiği, diğer tüm elemanların (kolonlar, bağ kirişi dışında kalan kiriş bölümleri ve çaprazların) ise, elastik bölge içinde kaldığı belirlenmiştir.

Yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen sonuçlar şu şekilde özetlenebilir;

1. Boyutlandırmada bağ kirişlerinin boyları kısa tutularak, bu elemanlarda sadece kesme kuvveti etkisinde plastik şekildeğiştirmelerin oluşması sağlanmıştır. Doğrusal olmayan analiz yöntemleri ile hesap yapıldığında, bağ kirişlerinde oluşan plastik şekildeğiştirmelerin kontrollü hasar sınır durumunu geçmediği görülmüştür. Bu durumun, boyutlandırma aşamasında öngörülen tasarım sınır durumları ile uyumlu olduğu gözlenmiştir.
2. Yapıda toplam 64 adet bağ kirişi bulunmaktadır. Her bir bağ kirişinde 1 adet kesme etkili plastik mafsalları tanımlanmıştır. Bu plastik mafsalların 11 deprem yer hareketi kaydı ile oluşturulan 22 adet analiz sonucunda ortalama olarak % 26'sında herhangi bir plastikleşme durumunun oluşmadığı görülmüştür. Yine ortalama olarak bağ kirişlerinde yer alan plastik mafsalların %41'i sınırlı hasar durumuna geçmiştir.

Bağ kirişlerindeki plastik mafsalların ortalama % 33'ü ise belirgin hasar bölgesinde yer almaktadır.

3. Bağ kirişlerinin dışında kalan kiriş bölümlerinde beklenildiği gibi herhangi bir plastik şekil değiştirme meydana gelmemiştir.
4. Kolonlar ve çapraz elemanların başlangıçta öngörüldüğü gibi elastik bölge içinde kaldığı görülmüştür.
5. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemiyle yapılan 22 adet analiz sonucunda elde edilen ortalama değerlere göre, görelî kat ötelemesi açılarının X ve Y doğrultularında yaklaşık olarak % 0.7 seviyesinde kaldığı görülmüştür.
6. Analizlerle elde edilen ortalama sonuçlara göre yapının tepe yer değiştirmesi, binanın her iki doğrultusu içinde 140 mm civarlarındadır. Bu değer yapı yüksekliğinin %0.5'ine karşı gelmektedir.
7. Binanın 1. kat kolonlarında oluşan iç kuvvetler, zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi ile boyutlandırma aşamasında elde edilenler ile karşılaştırılmıştır. Bu sonuçlara göre, dış merkez çaprazlı çelik çerçevelerin kolonlarının doğrusal hesap ile elde edilen ve TBDY 2018'e uygun olarak boyutlandırmada esas alınan iç kuvvetler, doğrusal olmayan analizler ile elde edilen ortalama değerlerden yaklaşık olarak % 18 daha büyüktür.
8. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemiyle yapılan 22 adet analiz neticesinde elde edilen toplam taban kesme kuvvetleri, binanın X ve Y doğrultularında ortalama olarak sırası ile 5186 kN ve 5227 kN olarak bulunmuştur.
9. Tasarım depremi yer hareketi etkisinde elastik bölgede kalması öngörülen elemanlarda oluşması beklenen iç kuvvetler, eşdeğer deprem yükü altında elde edilen iç kuvvetlerin $1.25R_y V_n / V_e$ ile büyütülmesiyle yeterli yaklaşıklıkta tahmin edilebilmektedir.
10. Bağ kirişinin plastik şekil değiştirmesine neden olan yüklemenin $1.25R_y$ katının alınması suretiyle, mekanizma durumunda elastik kalması beklenen elemanlar için hesaplanan iç kuvvetler yeterli yaklaşıklıkla tahmin edilebilmektedir.

Bu çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar doğrultusunda sunulacak öneriler şu şekilde özetlenebilir;

1. Yapıda sigorta görevi gören bağ kirişleri, bağ kirişi dışında kalan kiriş bölümlerinden farklı bir enkesit kullanılarak boyutlandırılabilir. Bu sayede herhangi bir deprem sonrasında, hasar tespiti ve güçlendirmenin daha kolay uygulanabilirliği sağlanabilir.
2. Yapılan çalışmanın kapsamı farklı uzunluklara sahip bağ kirişlerinin bulunduğu dışmerkez çaprazlı çelik çerçeve sistemler de dikkate alınarak genişletilebilir. Çapraz elemanların farklı konfigürasyonları için çalışmalar yapılabilir. Böylece mimari zorunluluklar nedeniyle ortaya çıkacak zorlukların aşılabilmesi için alternatif çözümler geliştirilebilir.



KAYNAKLAR

- [1] **Engelhardt, M. ve Popov, E.** (1989). On Design of Eccentrically Braced Frames, *Earthquake Spectra, EERI*, 5(3), 495-511.
- [2] **Hjelmstad, K. ve Popov, E.** (1983). Cyclic Behaviour and Design of Link Beams, *Journal of Structural Engineering*, 109(10), 2387-2403.
- [3] **Hjelmstad, K. ve Popov, E.** (1984). Characteristics of Eccentrically Braced Frames, *Journal of Structural Engineering*, 110(2), 340-353.
- [4] **Malley, J. ve Popov, E.** (1984). Shear Links in Eccentrically Braced Frames, *Journal of Structural Engineering*, 110(9), 2275-2295.
- [5] **Ramadan, T. ve Ghobarah, A.** (1995). Analytical Model for Shear-Link Behaviour, *Journal of Structural Engineering*, 121.
- [6] **Durgun, Y., Vatansever, C., Girgin, K. ve Orakdöğen, E.** (2013). Dış Merkez çaprazlı bir çelik perdenin deprem performansının doğrusal olmayan dinamik hesap yöntemi ile değerlendirilmesi, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 19(6), 266-74.
- [7] **Bruneau, M., Uang, C.M. ve Sabelli, R.** (2011). Ductile Design of Steel Structures, (2nd Ed.), McGraw Hill, New York, USA.
- [8] **Fahjan, Y.M.** (2008). Türkiye Deprem Yönetmeliği (DBYBHY, 2007) Tasarım İvme Spektrumuna Uygun Gerçek Deprem Kayıtlarının Seçilmesi ve Ölçeklenmesi. *Teknik Dergi*, 19(93), 4423-4444. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tekderg/issue/12765/155259>
- [9] **TBDY-2018.** Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara.
- [10] **Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018) Eğitim El Kitabı**, (2018). Açıklamalar ve Uygulama Örnekleri.
- [11] **TS EN 1991-1-3** (2007). Yapılar Üzerindeki Etkiler – Bölüm 1-3: Genel Etkiler-Kar Yükleri (Eurocode 1), Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [12] **TS EN 1991-1-4** (2007). Yapılar Üzerindeki Etkiler – Bölüm 1-3: Genel Etkiler-Rüzgar Yükleri (Eurocode 1), Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [13] **ASCE/SEI 7-16** (2017), Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures, American Society of Civil Engineers, Reston, Virginia.
- [14] **ÇYTHYE** (2018). Çelik Yapıların Tasarım Hesap ve Yapım Esaslarına Dair Esaslar 2018, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.
- [15] **Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelik Uygulama Kılavuzu**, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Nisan 2017, İstanbul.

- [16] **ASCE/SEI 41-17** (2017). Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings, American Society of Civil Engineers, Reston, Virginia.
- [17] **FEMA 450** (2003). NEHRP Recommended Provisions for Seismic Regulations for New Buildings and Other Structures - Part 1: Provisions, Federal Emergency Management Agency, 2003, Washington, D.C.
- [18] **PEER**, (2017), Pacific Earthquake Engineering Research Center Strong Ground Motion Database, <https://ngawest2.berkeley.edu/> ,
- [19] **FEMA 273** (1997). NEHRP Guidelines for The Seismic Rehabilitation of Buildings, Federal Emergency Management Agency, October 1997, Washington, D.C.
- [20] **Al Atik, L., & Abrahamson, N.** (2010). An Improved Method for Nonstationary Spectral Matching. *Earthquake Spectra*, 26(3), 601–617. <https://doi.org/10.1193/1.3459159>
- [21] **Vatansever, C. ve Şimşek, Y.E.** (2021). Taşıyıcı sistemi beton dolgulu kompozit kolonlar ve çelik kirişlerden oluşan çok katlı bir binanın tasarımı ve zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizi, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 27(3), 264-273.
- [22] **SeismoMatch v2021**, Response Spectrum Matching, Seismosoft.
- [23] **SAP2000 v23.3.1**, Structural Analysis Program, Computers and Structures, Inc., Berkeley, California, USA.
- [24] **Manheim, D. ve Popov, E.** (1983). Plastic Shear Hinges in Steel Frames, *Journal of Structural Engineering*, 109(10), 2404-2419.
- [25] **ASCE/SEI 41-13** (2014). Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings, American Society of Civil Engineers, Reston, Virginia.
- [26] **FEMA 356** (2000). Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings, November 2000, Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C.
- [27] **ETABS v20**, Integrated Analysis, Design, and Drafting of Buildings Systems Program, Computers and Structures Inc., Berkeley, California, USA.
- [28] **FEMA P-2082-1** (2020). NEHRP Recommended Seismic Provisions for New Buildings and Other Structures, Volume I: Part 1 Provisions, Part 2 Commentary, September 2020, Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C.

EKLER

EK A : Tipik Bağlantı Detayı

EK B : Deprem İvme Kayıtları

EK C : Kat Yerdeğiştirmeleri

EK D : Kat Ötelemeleri

EK E : Kat Kesme Kuvvetleri

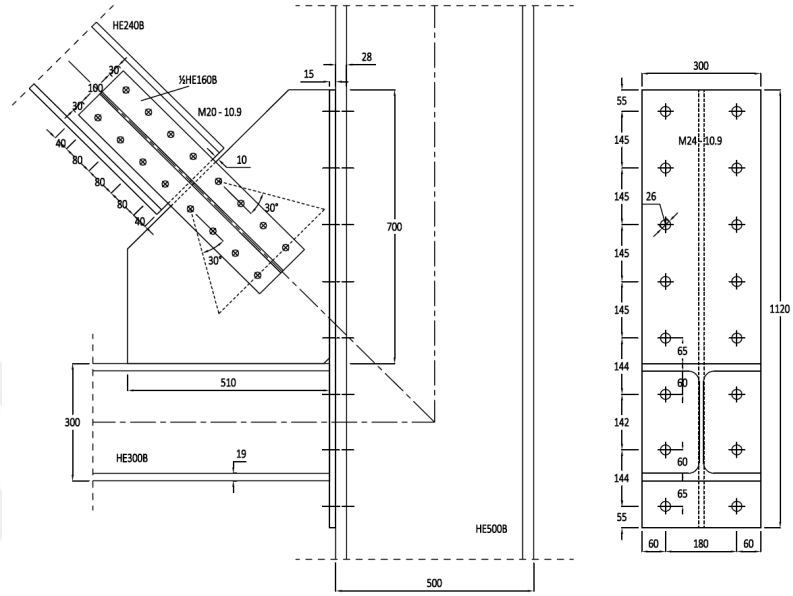
EK F : Kat Kesme Kuvvetleri Oranları ile Mekanizma Durumlarının Kıyası

EK G : Plastik Mafsal Uzama ve Dönme Değerleri

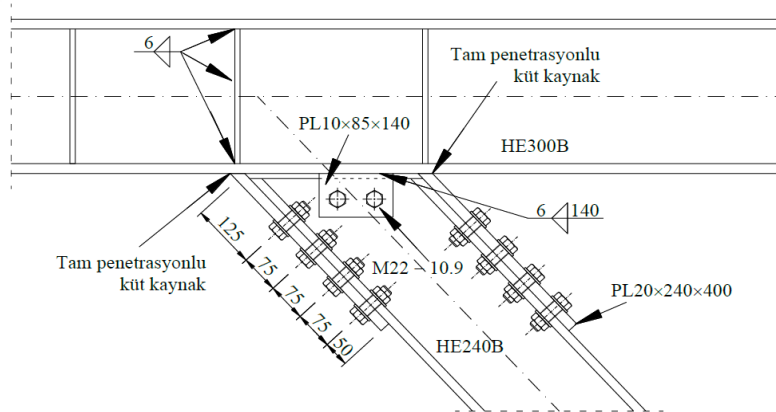




EK A: Tipik Bağlantı Detayı



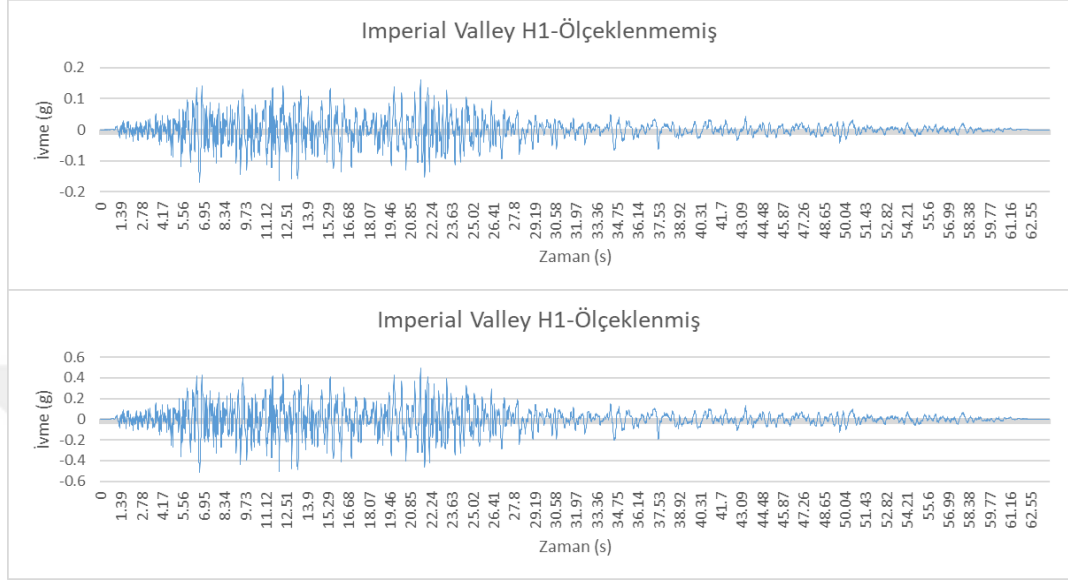
Şekil A.1 : Çapraz-kolon-kiriş tipik bağlantı detayı.



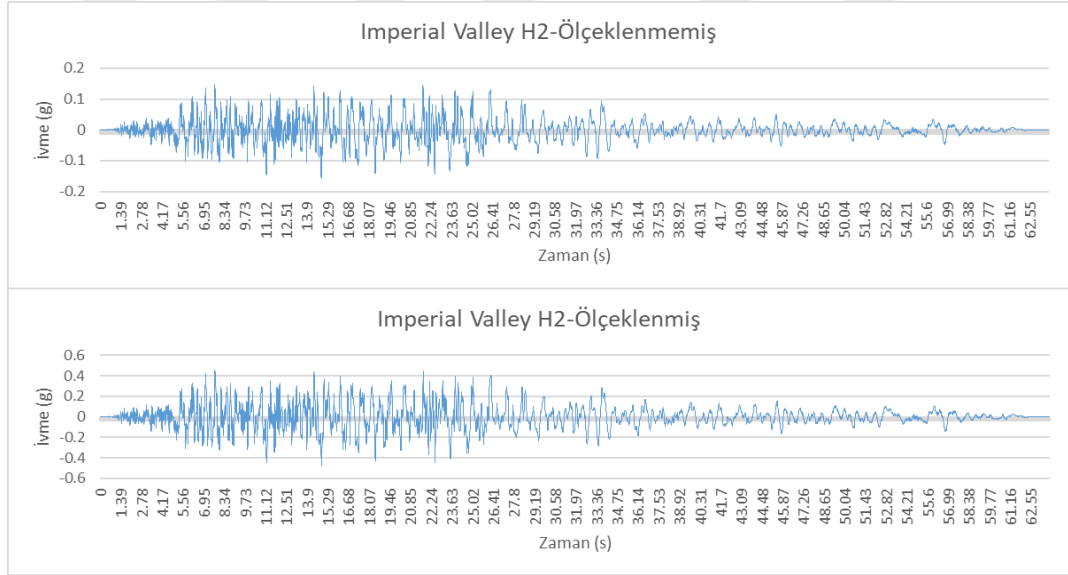
Şekil A.2 : Çapraz-kiriş tipik bağlantı detayı.



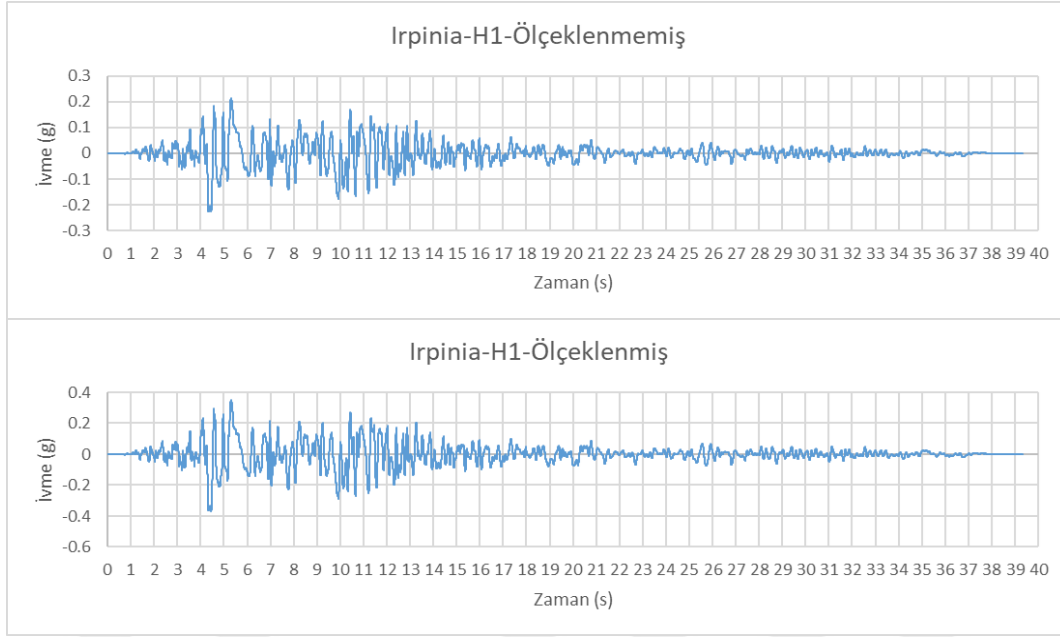
EK B: Deprem İvme Kayıtları



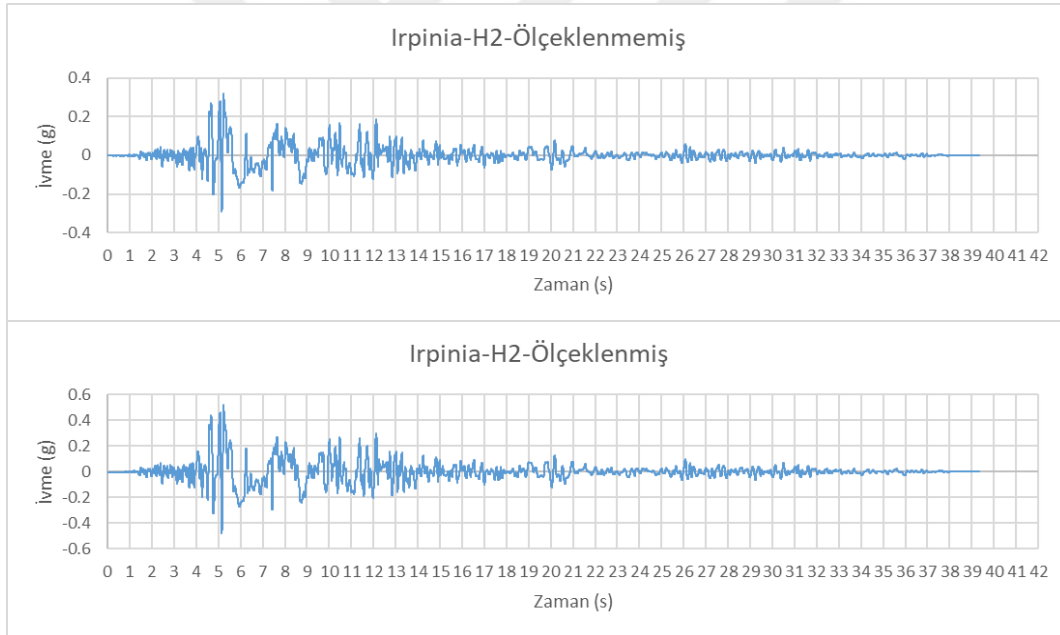
Şekil B.1 : Imperial Valley H1 ölçeklenmiş ve ölçeklenmemiş ivme kayıtları.



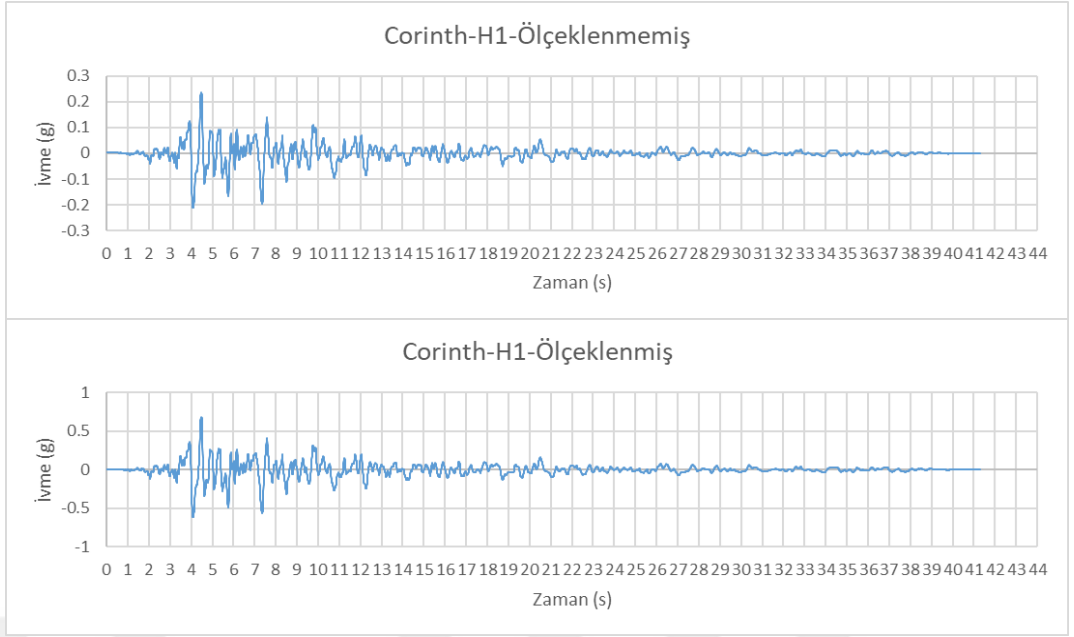
Şekil B.2 : Imperial Valley H2 ölçeklenmiş ve ölçeklenmemiş ivme kayıtları.



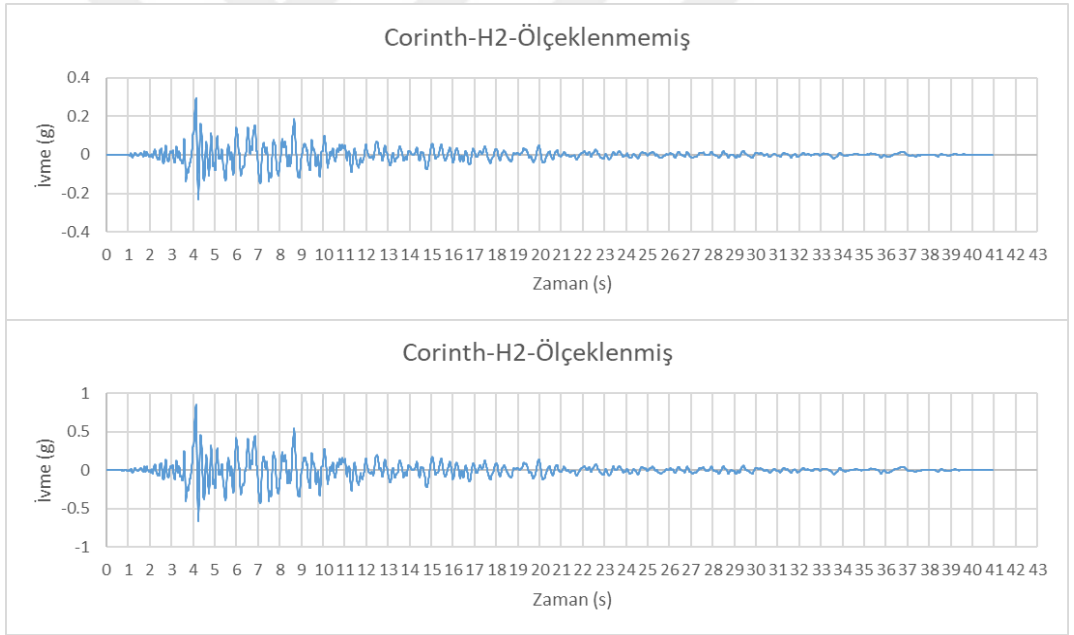
Şekil B.3 : Irpinia H1 ölçeklenmiş ve ölçeklenmemiş ivme kayıtları.



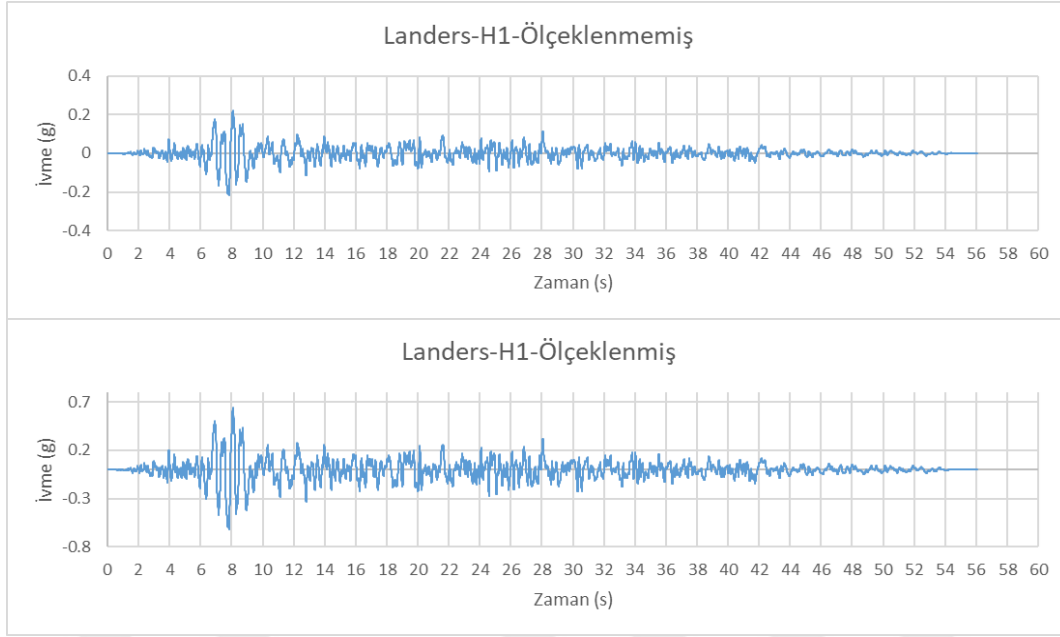
Şekil B.4 : Irpinia H2 ölçeklenmiş ve ölçeklenmemiş ivme kayıtları.



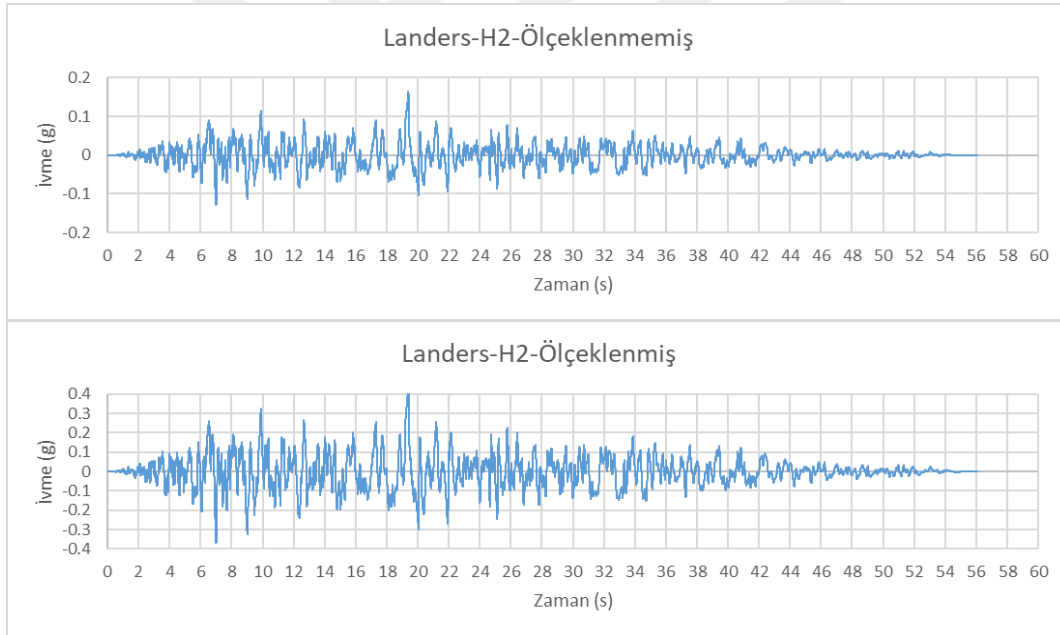
Şekil B.5 : Corinth H1 ölçeklenmiş ve ölçeklenmemiş ivme kayıtları.



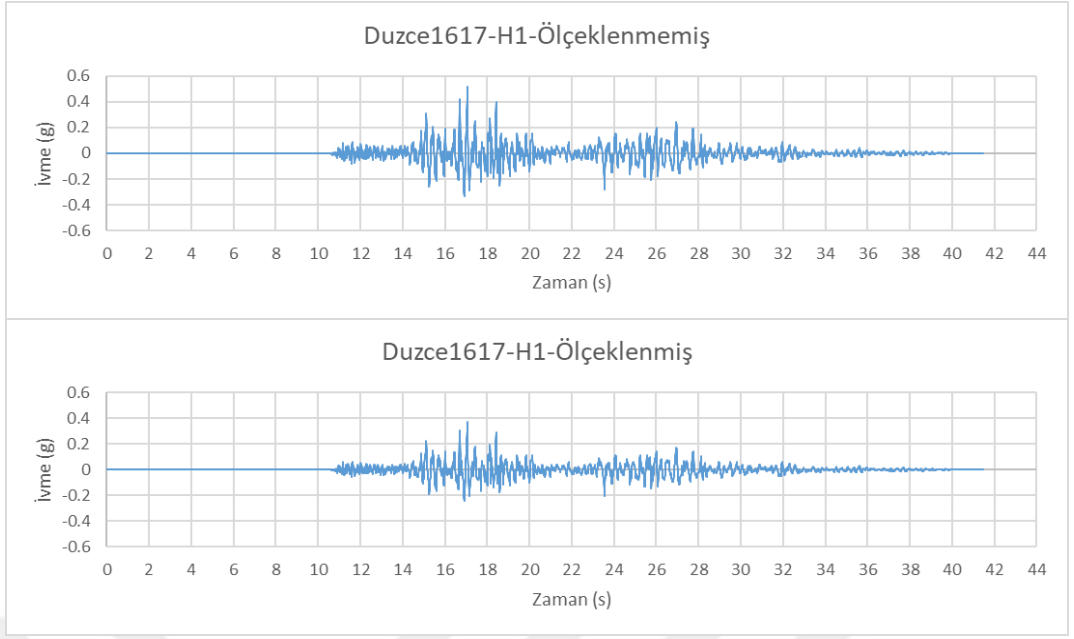
Şekil B.6 : Corinth H2 ölçeklenmiş ve ölçeklenmemiş ivme kayıtları.



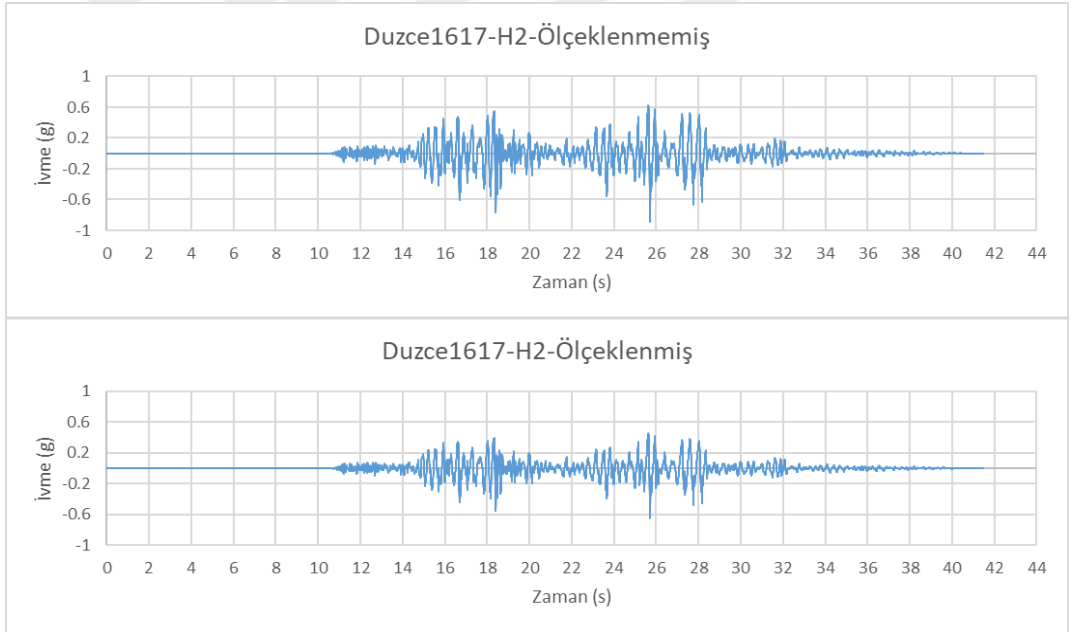
Şekil B.7 : Landers H1 ölçeklenmiş ve ölçeklenmemiş ivme kayıtları.



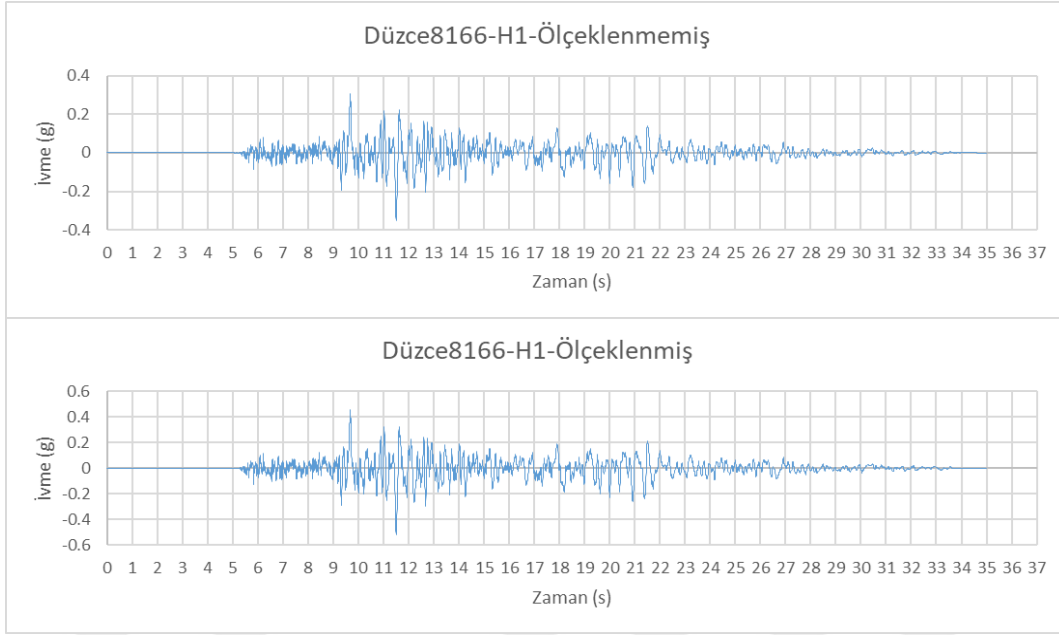
Şekil B.8 : Landers H2 ölçeklenmiş ve ölçeklenmemiş ivme kayıtları.



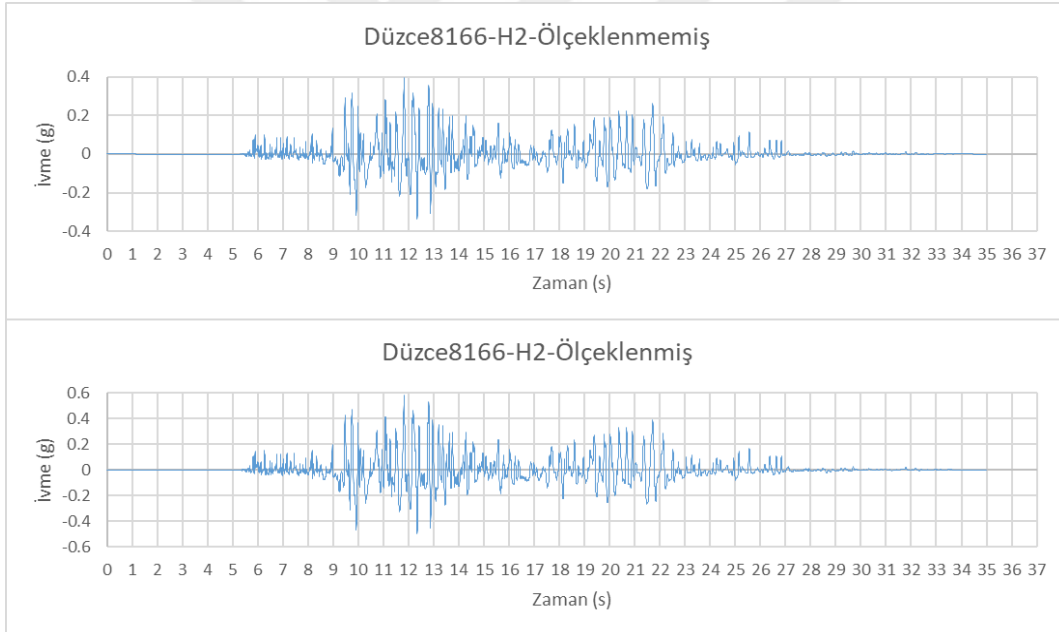
Şekil B.9 : Düzce 1617 H1 ölçeklenmiş ve ölçeklenmemiş ivme kayıtları.



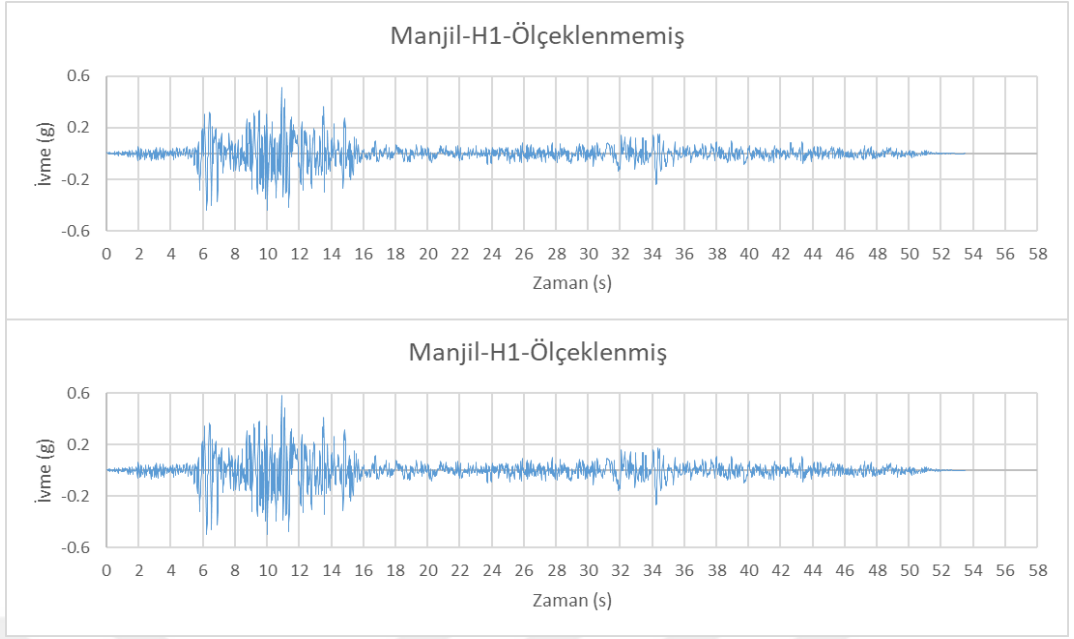
Şekil B.10 : Düzce 1617 H2 ölçeklenmiş ve ölçeklenmemiş ivme kayıtları.



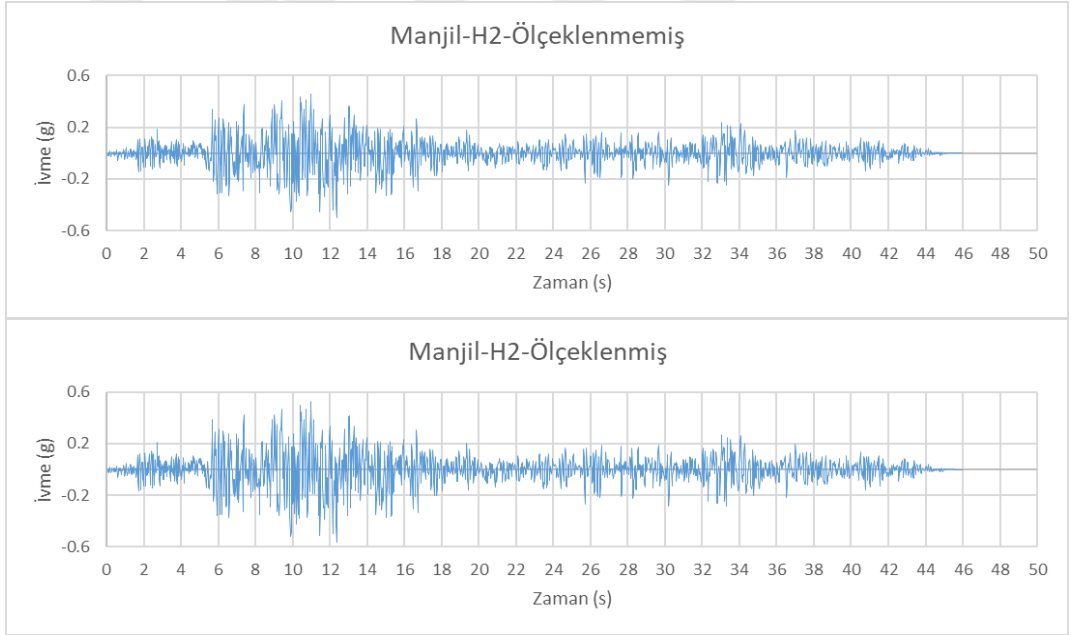
Şekil B.11 : Düzce 8166 H1 ölçeklenmiş ve ölçeklenmemiş ivme kayıtları.



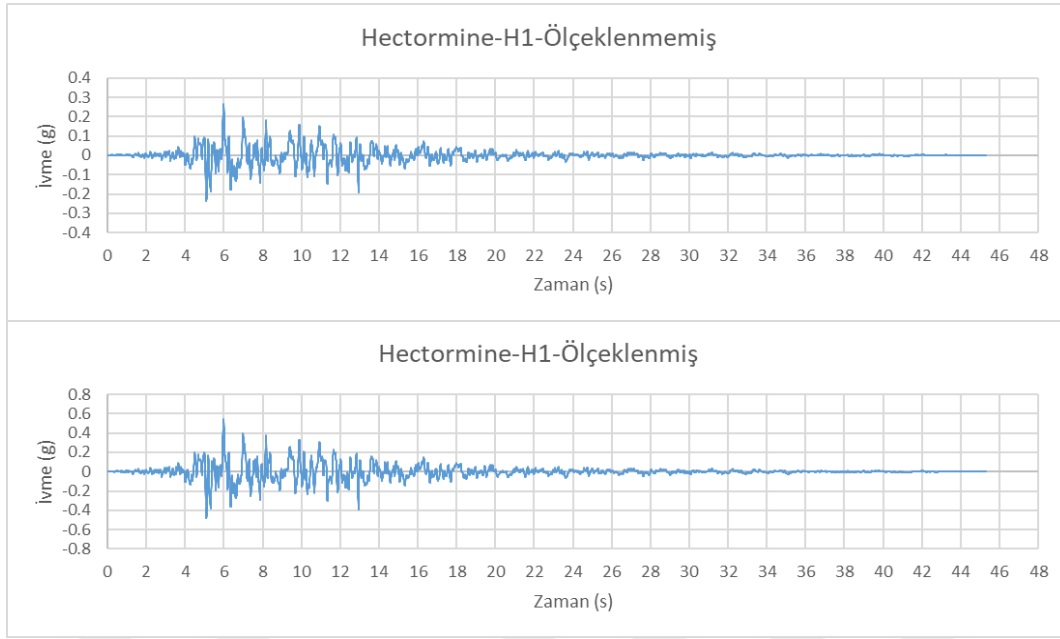
Şekil B.12 : Düzce 8166 H2 ölçeklenmiş ve ölçeklenmemiş ivme kayıtları.



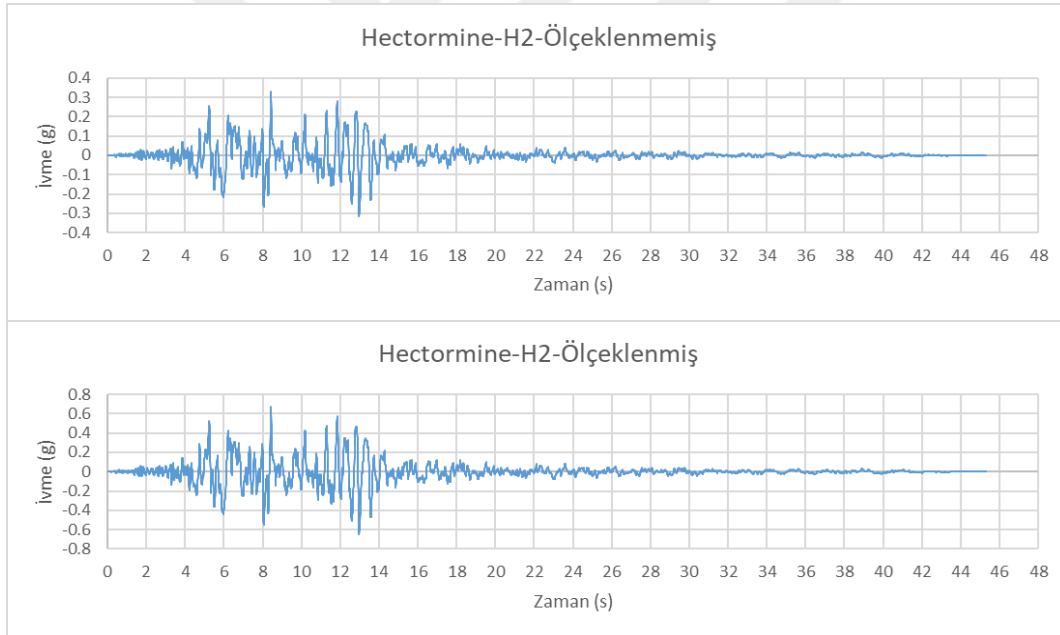
Şekil B.13 : Manjil H1 ölçeklenmiş ve ölçeklenmemiş ivme kayıtları.



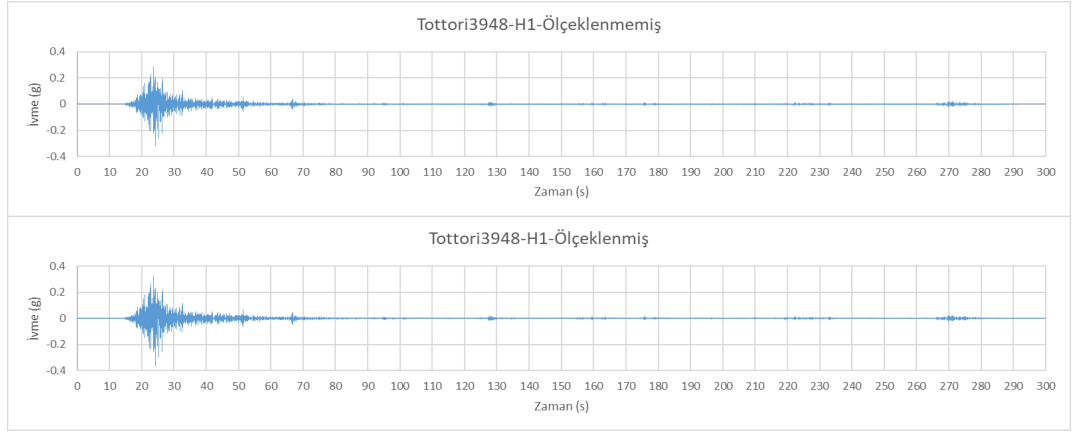
Şekil B.14 : Manjil H2 ölçeklenmiş ve ölçeklenmemiş ivme kayıtları.



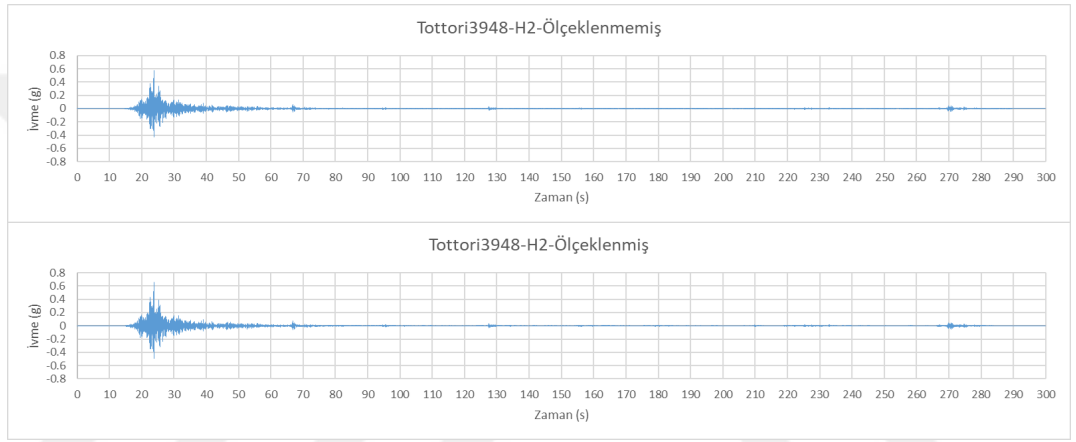
Şekil B.15 : Hectormine H1 ölçeklenmiş ve ölçeklenmemiş ivme kayıtları.



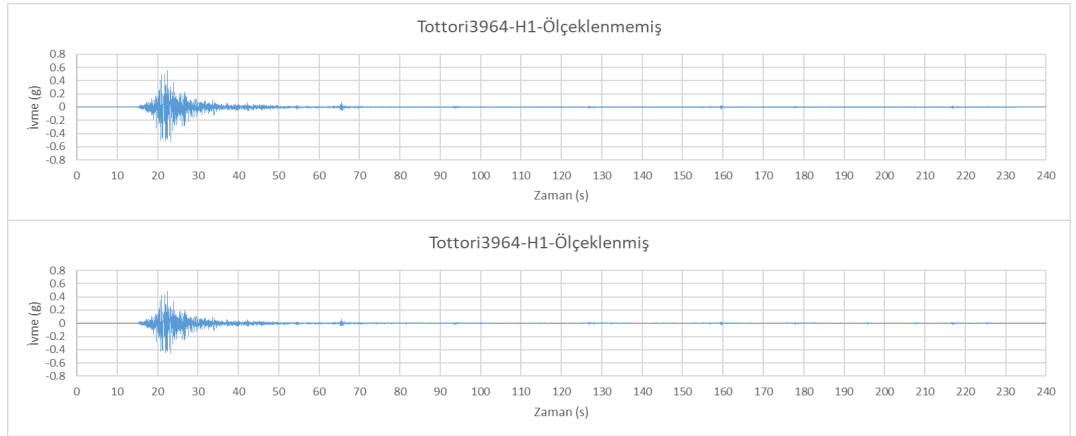
Şekil B.16 : Hectormine H2 ölçeklenmiş ve ölçeklenmemiş ivme kayıtları.



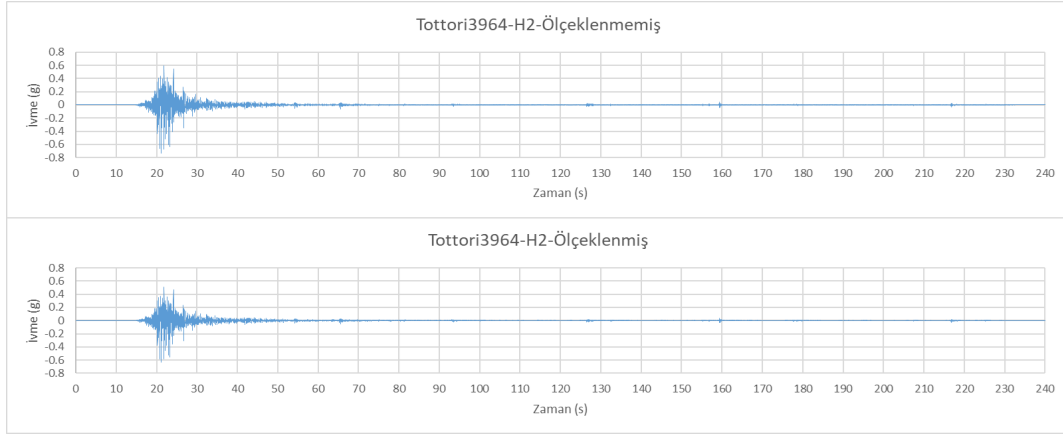
Şekil B.17 : Tottori 3948 H1 ölçeklenmiş ve ölçeklenmemiş ivme kayıtları.



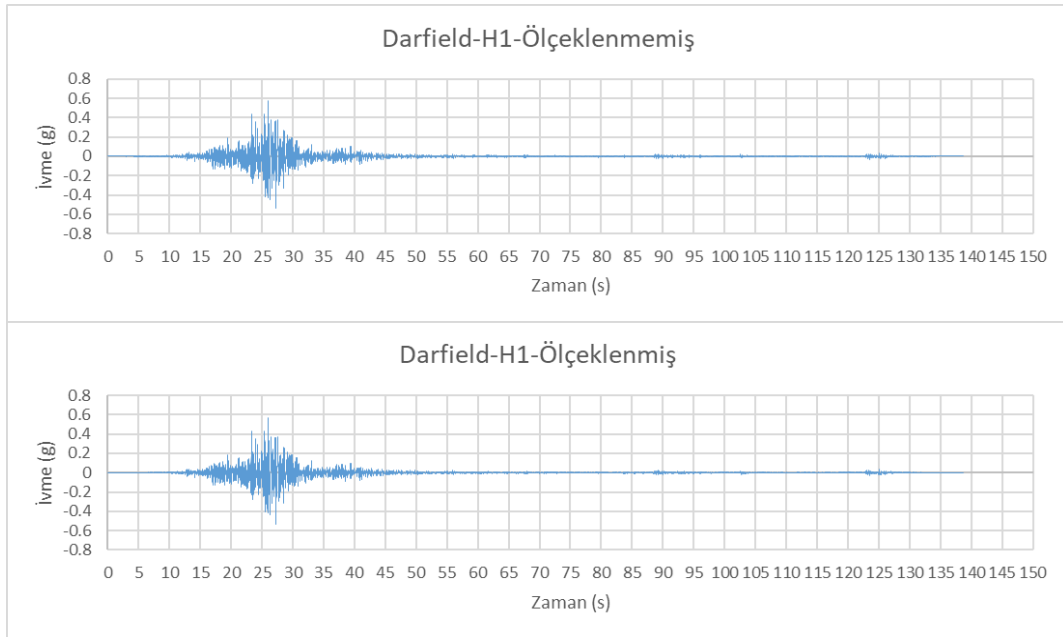
Şekil B.18 : Tottori 3948 H2 ölçeklenmiş ve ölçeklenmemiş ivme kayıtları.



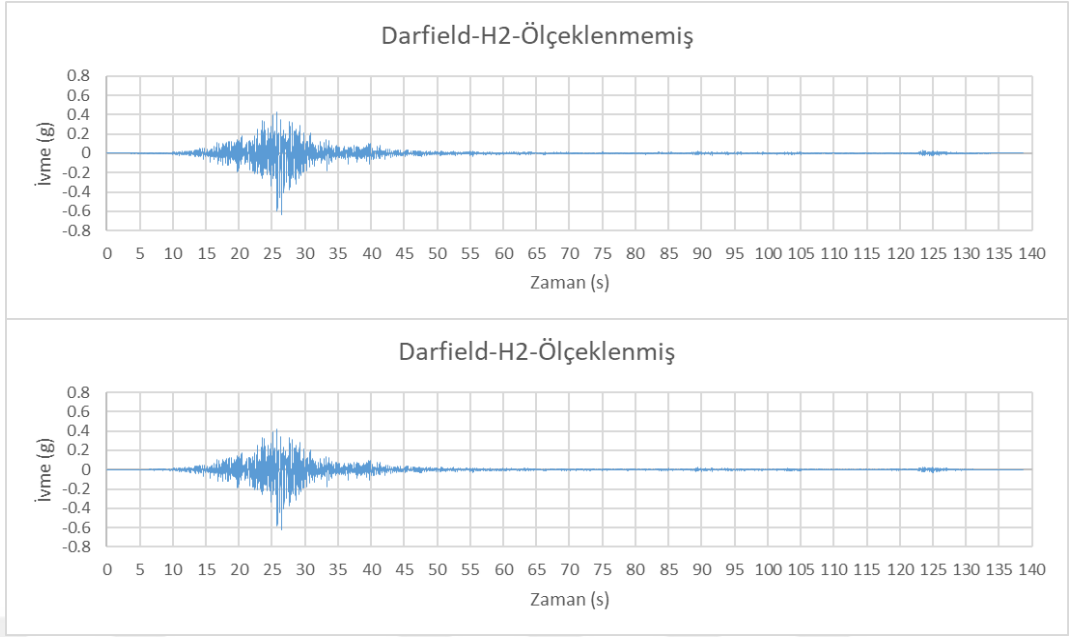
Şekil B.19 : Tottori 3964 H1 ölçeklenmiş ve ölçeklenmemiş ivme kayıtları.



Şekil B.20 : Tottori 3964 H2 ölçeklenmiş ve ölçeklenmemiş ivme kayıtları.



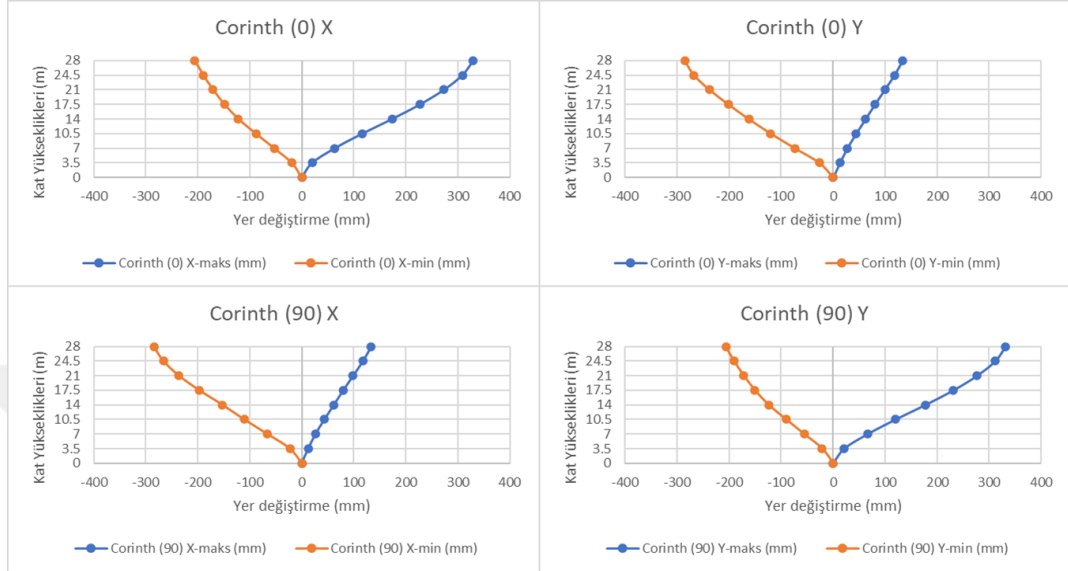
Şekil B.21 : Darfield H1 ölçeklenmiş ve ölçeklenmemiş ivme kayıtları.



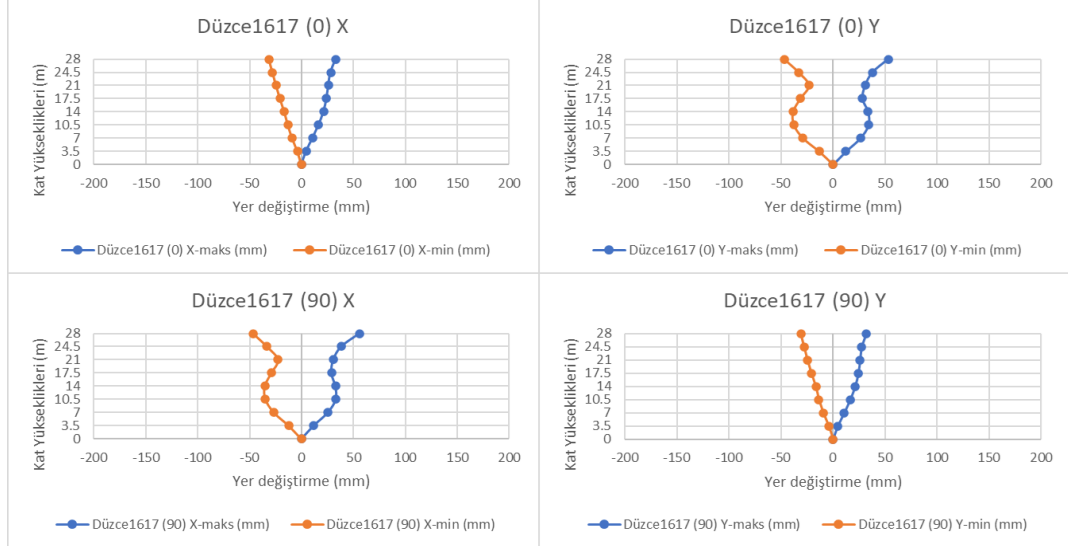
Şekil B.22 : Darfield H2 ölçeklenmiş ve ölçeklenmemiş ivme kayıtları.



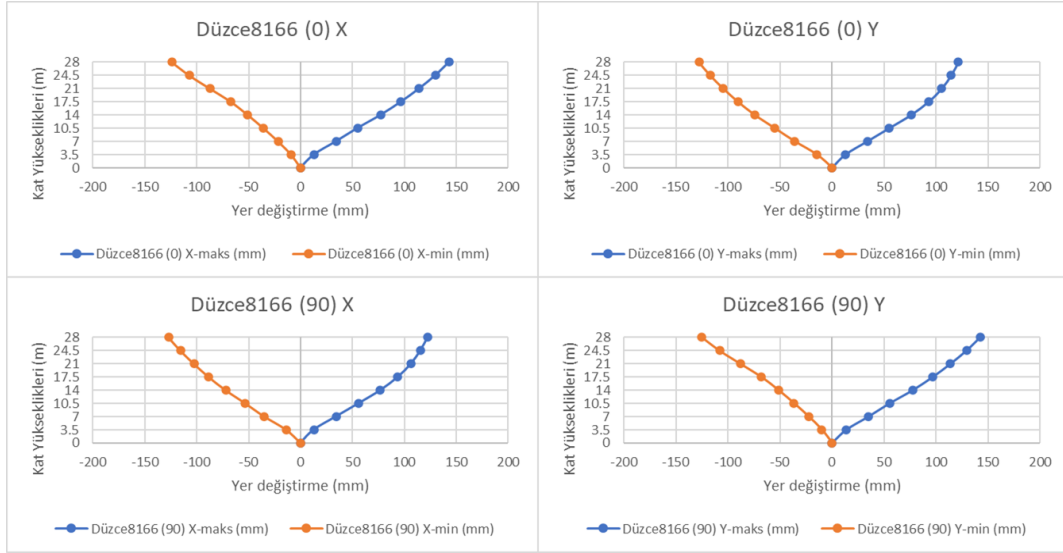
EK C: Kat Yerdeşistirmeleri



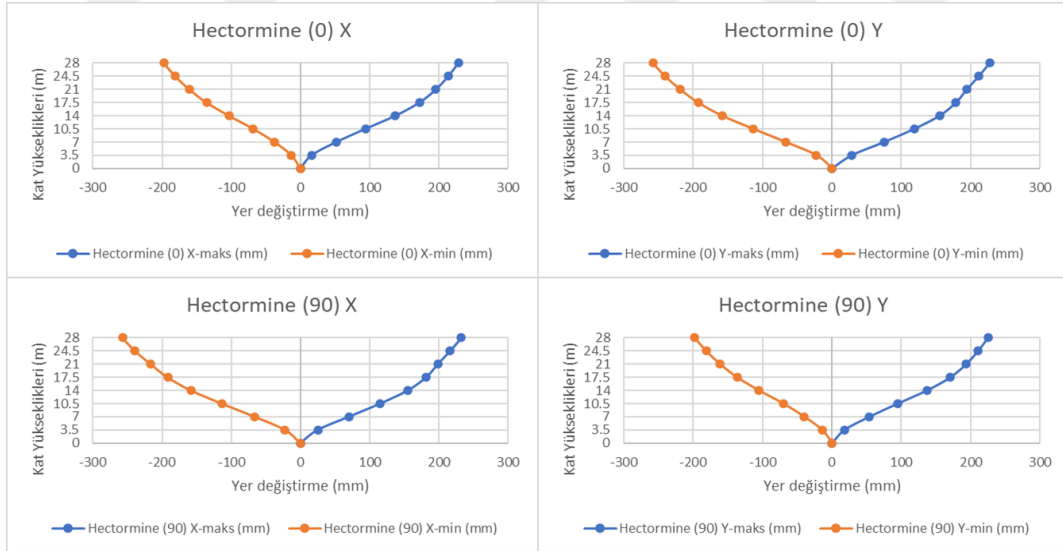
şekil C.1 : Corinth depremi kat yer değiştirmeleri.



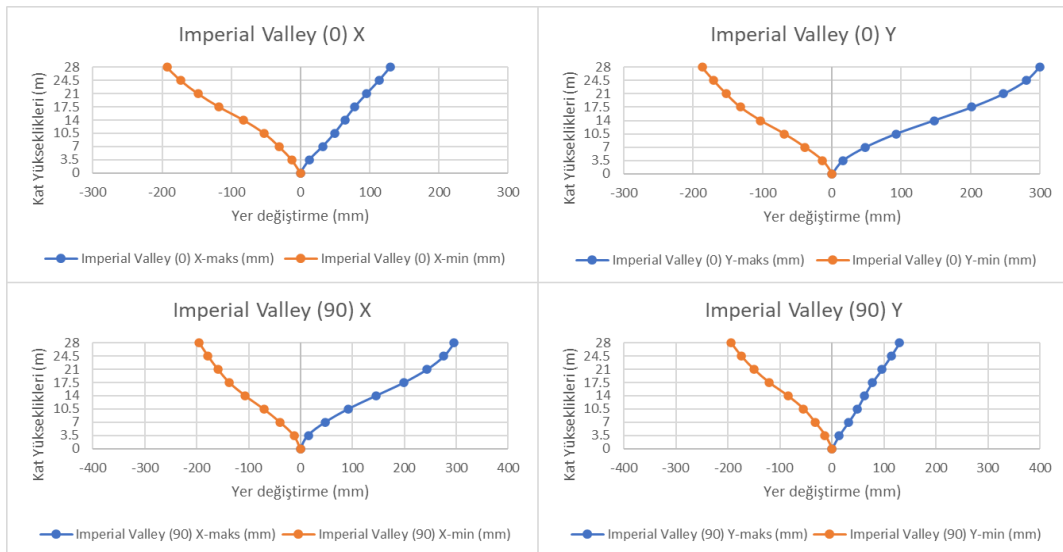
şekil C.2 : Dzce 1617 depremi kat yer değiştirmeleri.



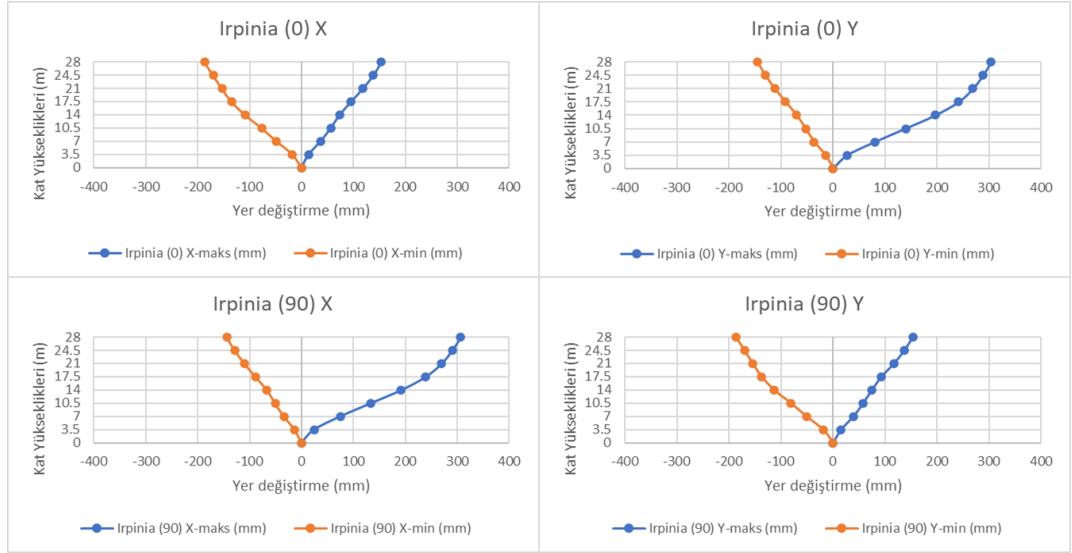
Şekil C.3 : Düzce 8166 depremi kat yer değiştirmeleri.



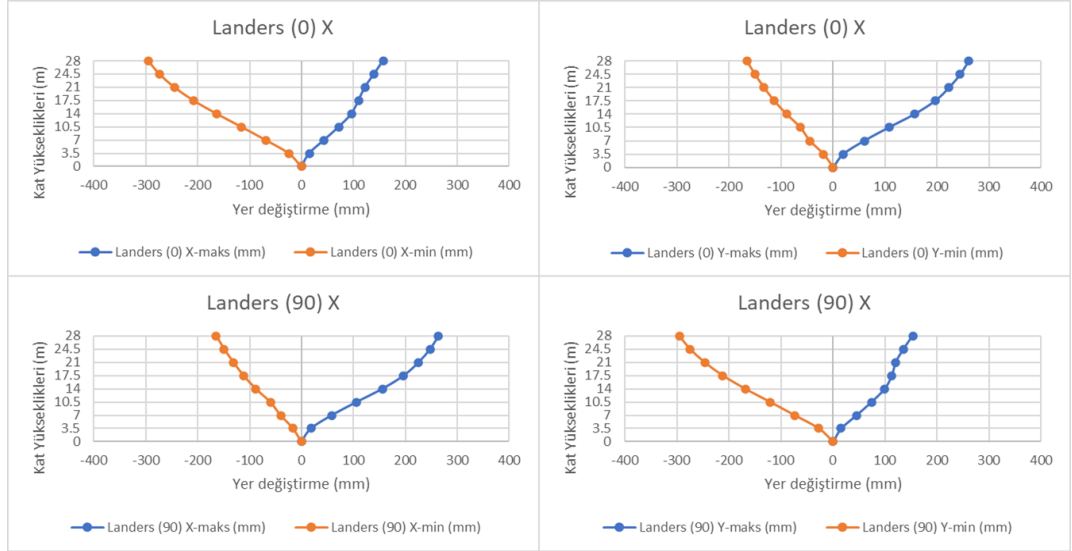
Şekil C.4 : Hectormine depremi kat yer değiştirmeleri.



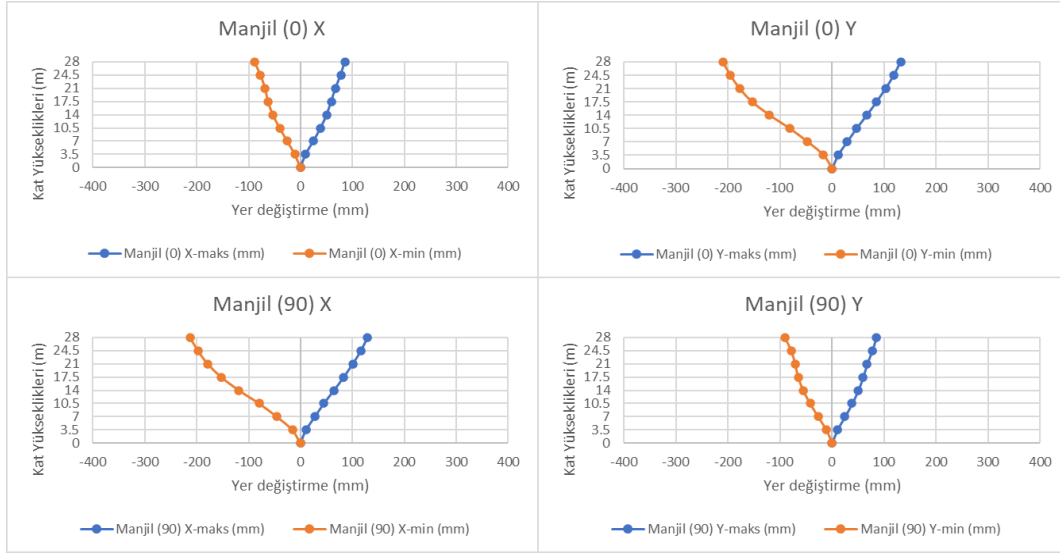
Şekil C.5 : Imperial Valley depremi kat yer değiştirmeleri.



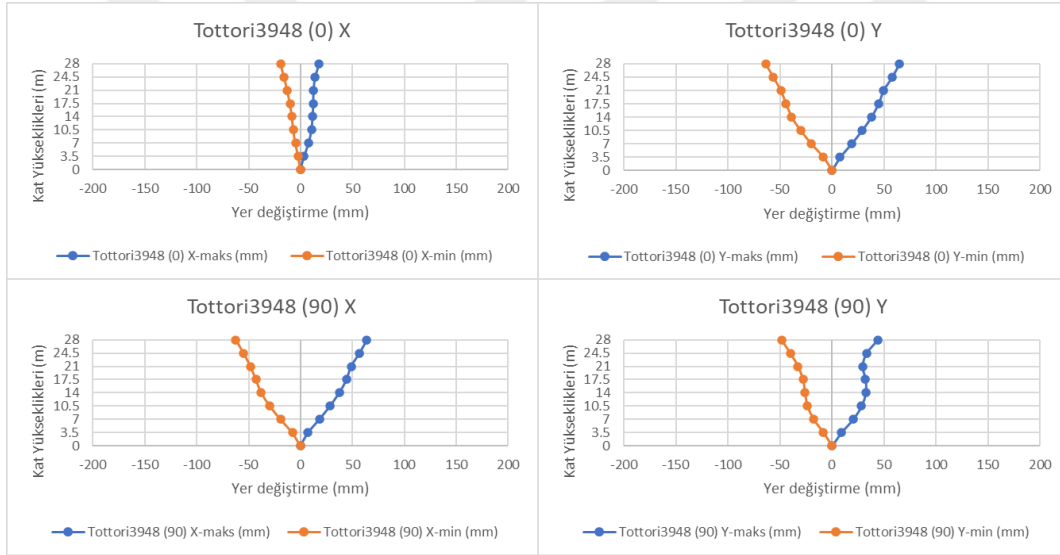
şekil C.6 : İrpinia değrmi kat yer değiştirmeleri.



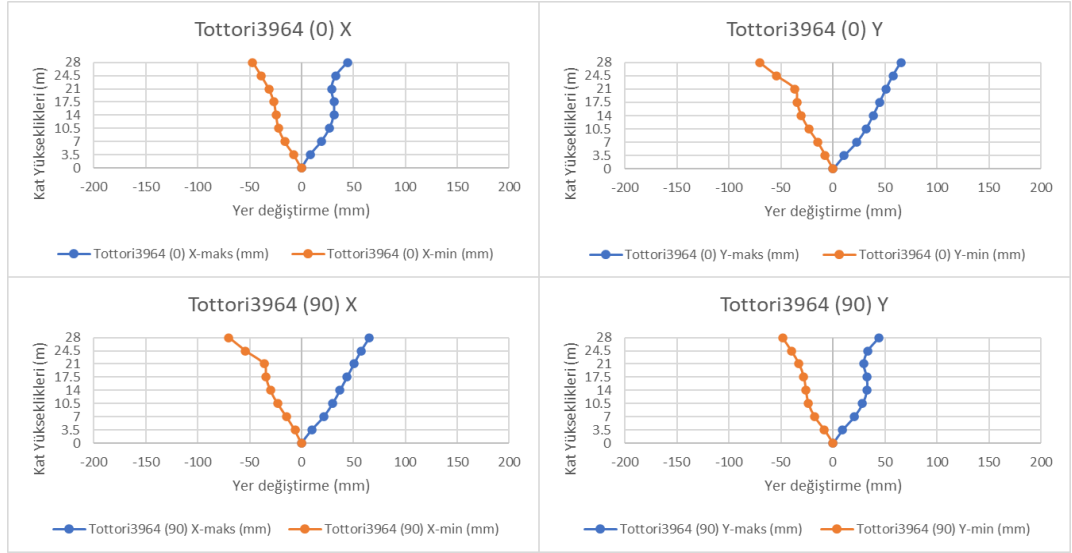
şekil C.7 : Landers değrmi kat yer değiştirmeleri.



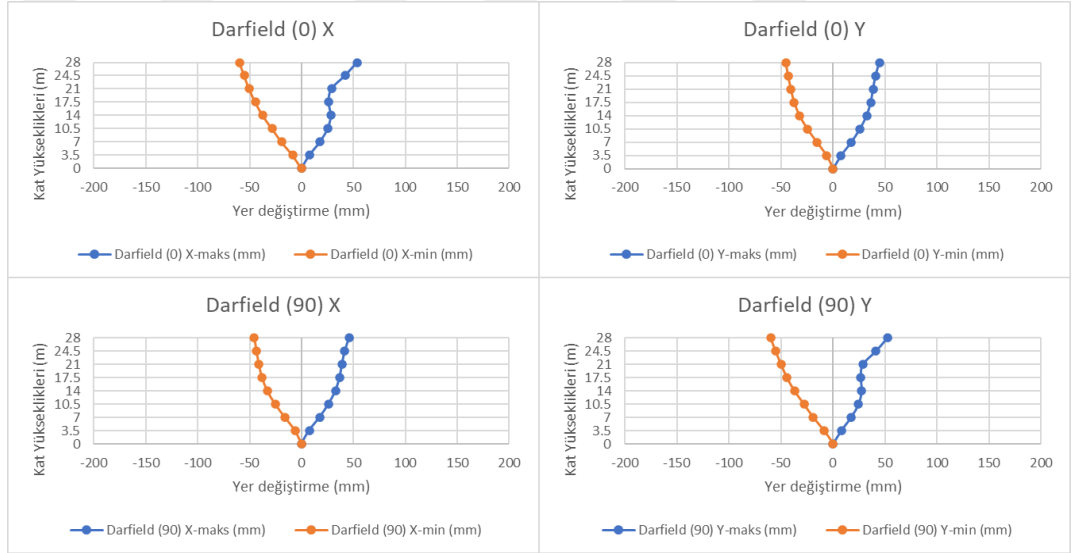
şekil C.8 : Manjil değmi kat yer değiştirmeleri.



şekil C.9 : Tottori 3948 değmi kat yer değiştirmeleri.



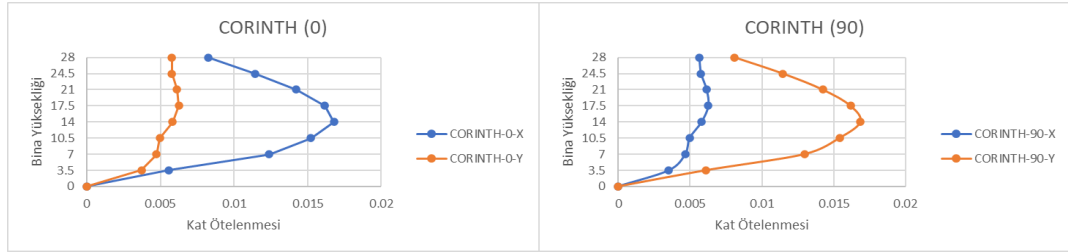
şekil C.10 : Tottori 3964 değrmi kat yer değiştirmeleri.



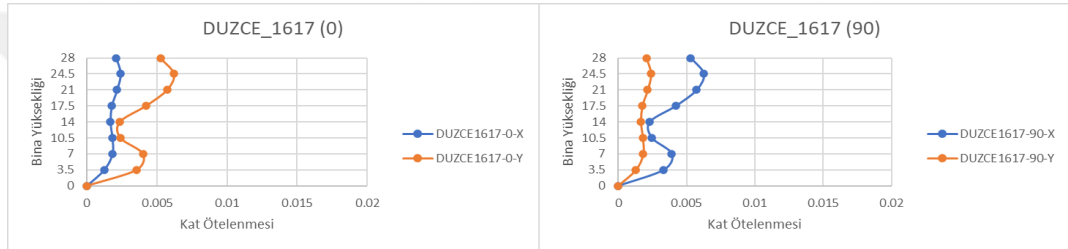
şekil C.11 : Darfield değrmi kat yer değiştirmeleri.



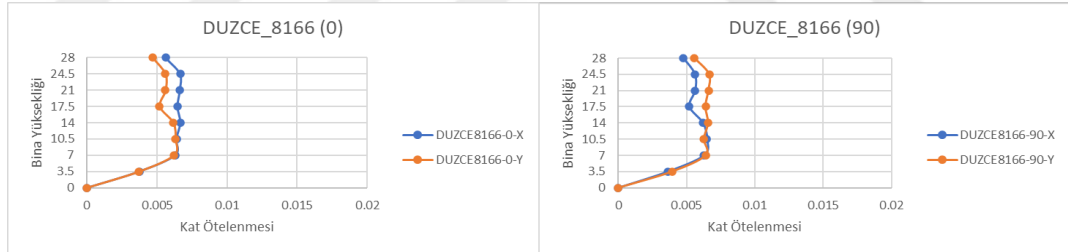
EK D: Kat Ötelemeleri



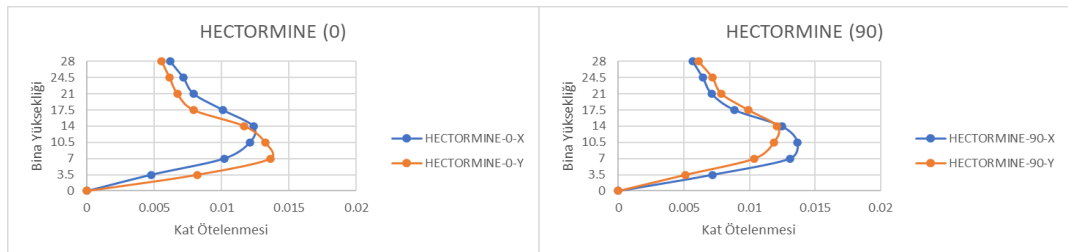
Şekil D.1 : Corinth depremi kat ötelemeleri.



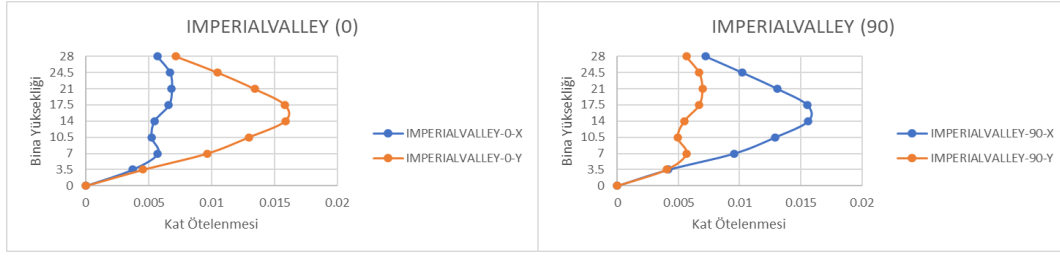
Şekil D.2 : Düzce 1617 depremi kat ötelemeleri.



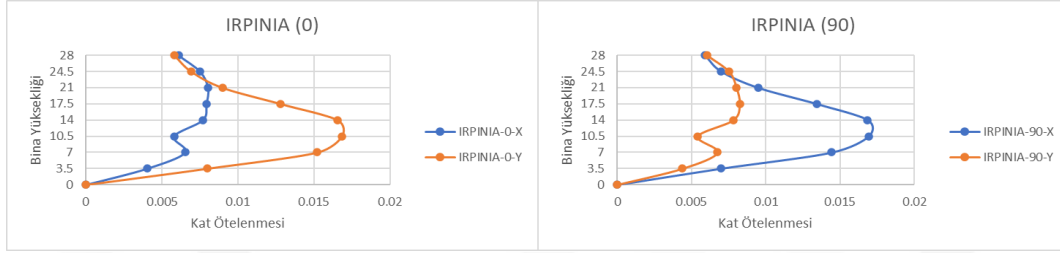
Şekil D.3 : Düzce 8166 depremi kat ötelemeleri.



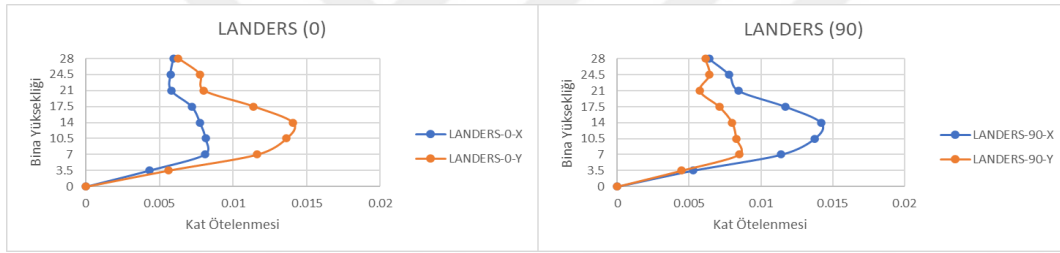
Şekil D.4 : Hectormine depremi kat ötelemeleri.



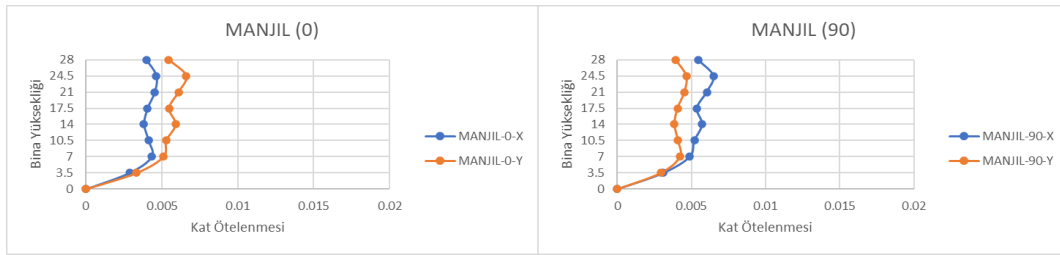
Şekil D.5 : Imperial Valley depremi kat ötelemeleri.



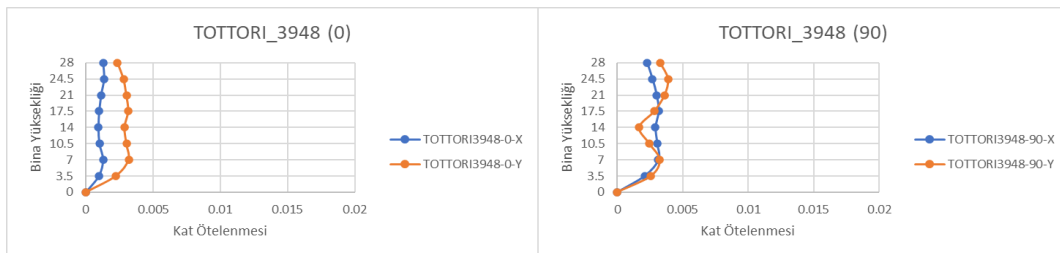
Şekil D.6 : Irpinia depremi kat ötelemeleri.



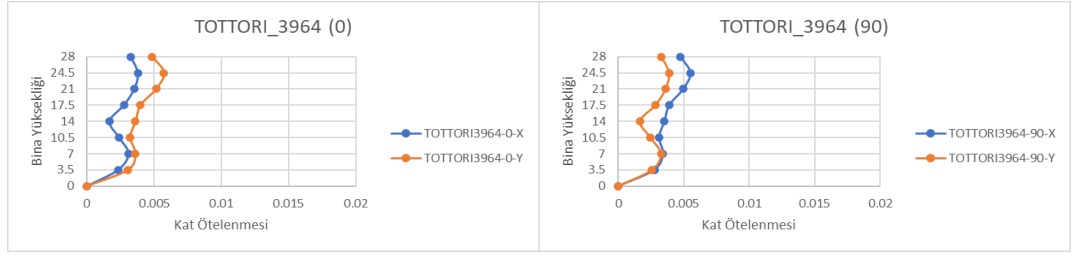
Şekil D.7 : Landers depremi kat ötelemeleri.



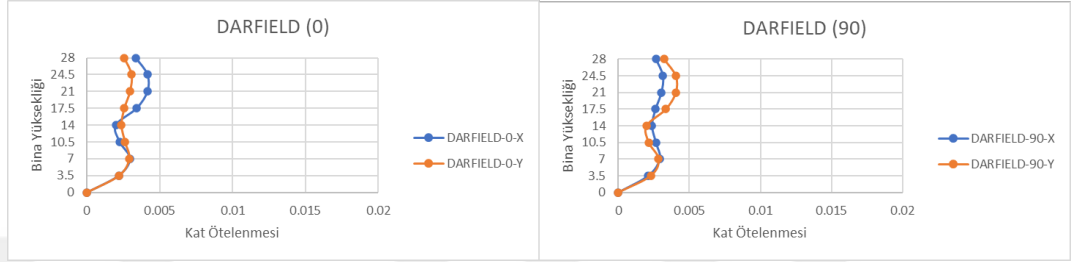
Şekil D.8 : Manjil depremi kat ötelemeleri.



Şekil D.9 : Tottori 3948 depremi kat ötelemeleri.



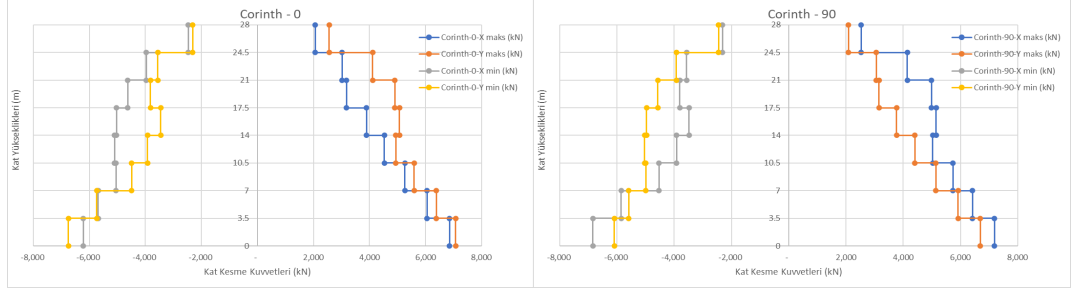
Şekil D.10 : Tottori 3964 depremi kat ötelemeleri.



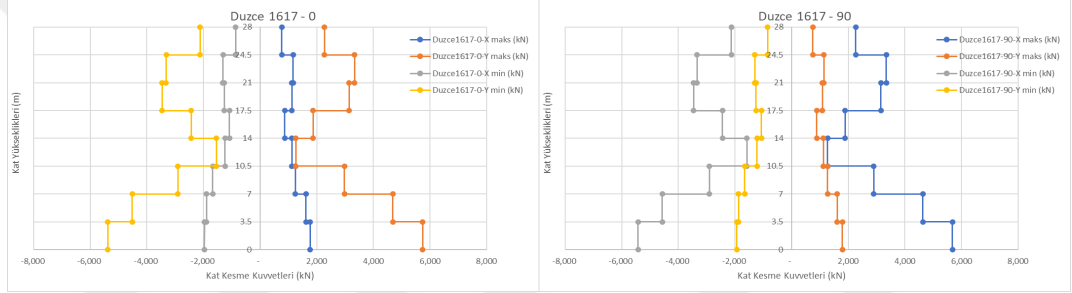
Şekil D.11 : Darfield depremi kat ötelemeleri.



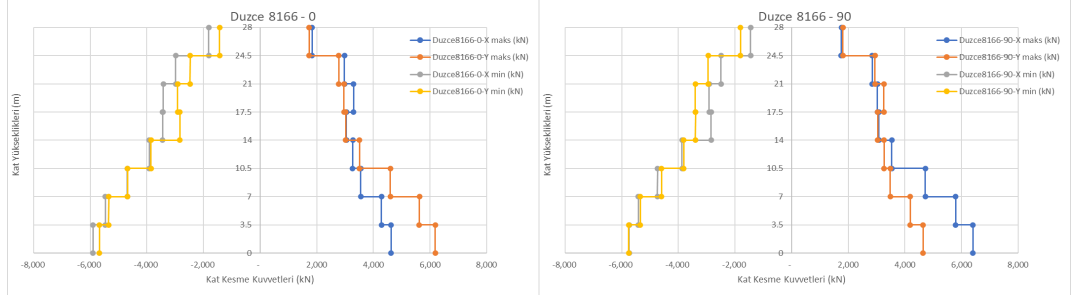
EK E: Kat Kesme Kuvvetleri



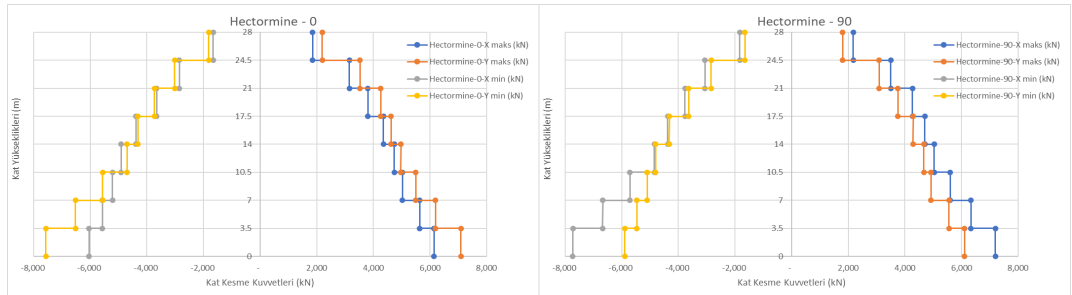
Şekil E.1 : Corinth depremi kat kesme kuvvetleri.



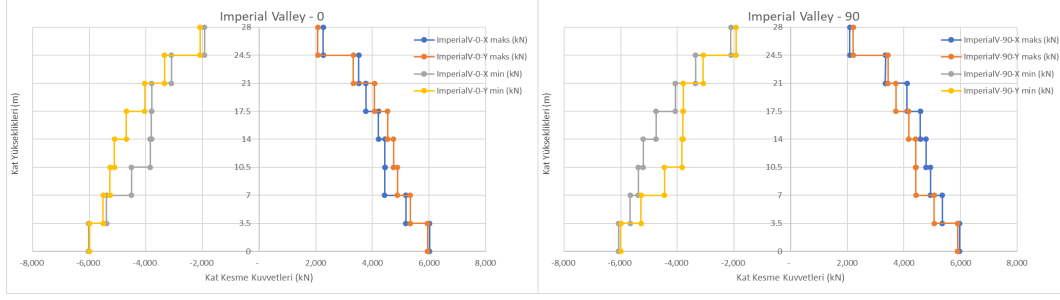
Şekil E.2 : Düzce 1617 depremi kat kesme kuvvetleri.



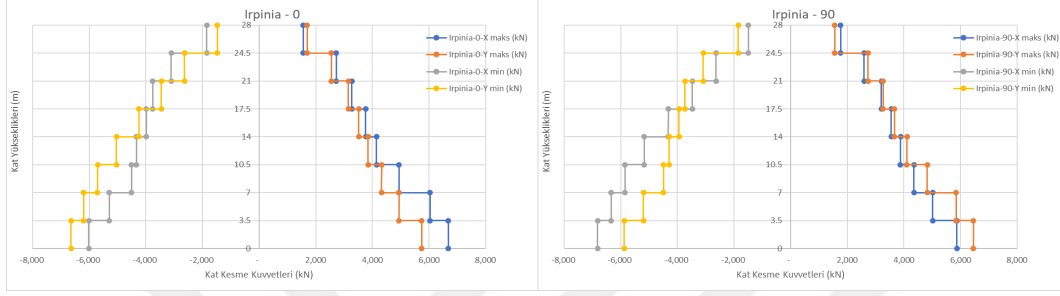
Şekil E.3 : Düzce 8166 depremi kat kesme kuvvetleri.



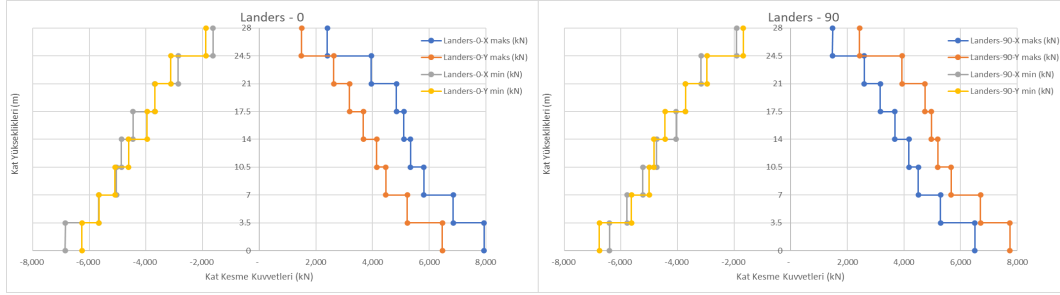
Şekil E.4 : Hectormine depremi kat kesme kuvvetleri.



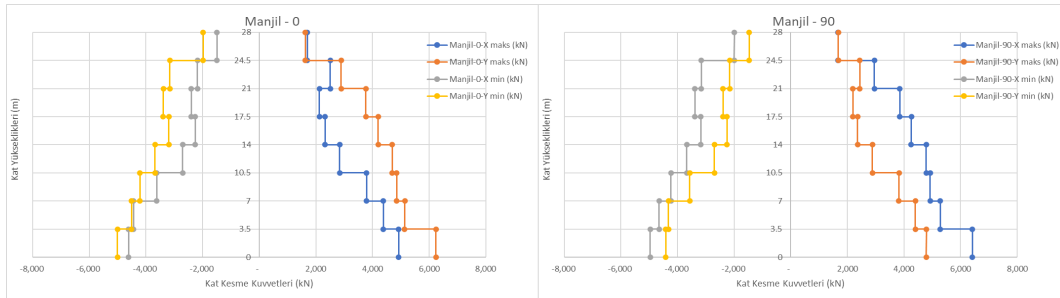
Şekil E.5 : Imperial Valley depremi kat kesme kuvvetleri.



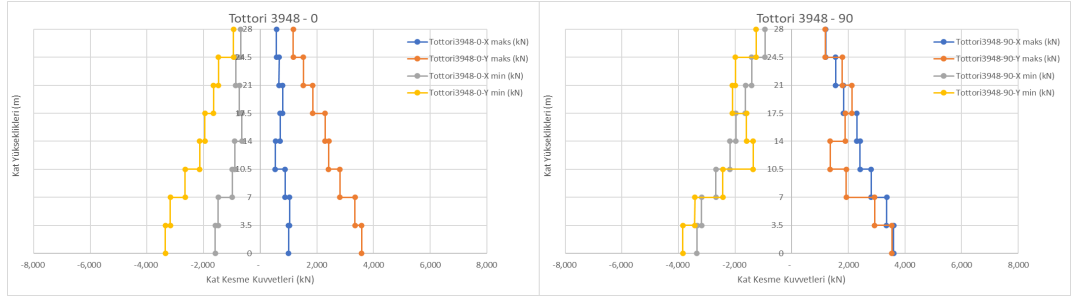
Şekil E.6 : Irpinia depremi kat kesme kuvvetleri.



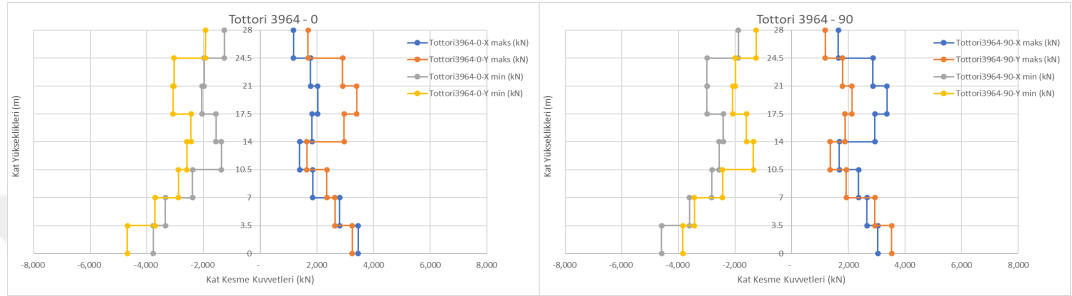
Şekil E.7 : Landers depremi kat kesme kuvvetleri.



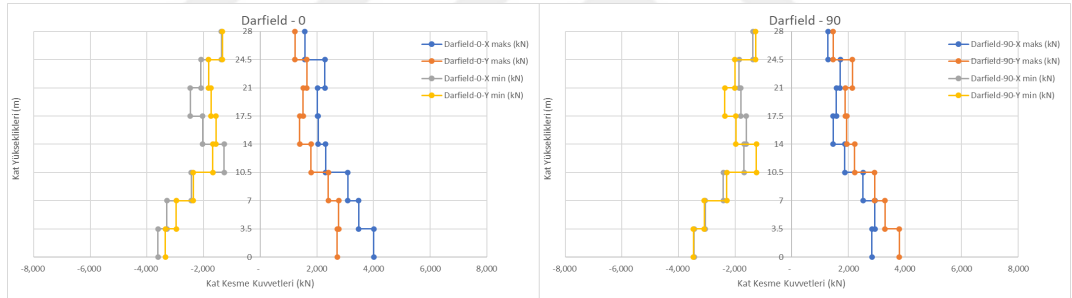
Şekil E.8 : Manjil depremi kat kesme kuvvetleri.



Şekil E.9 : Tottori 3948 depremi kat kesme kuvvetleri.



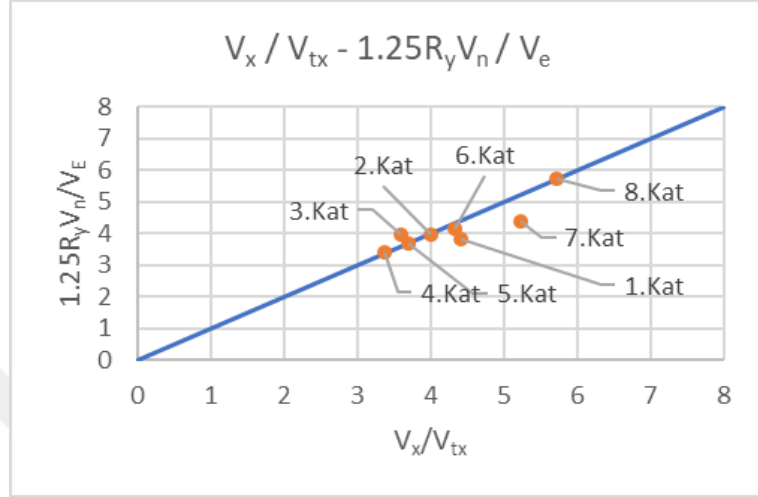
Şekil E.10 : Tottori 3964 depremi kat kesme kuvvetleri.



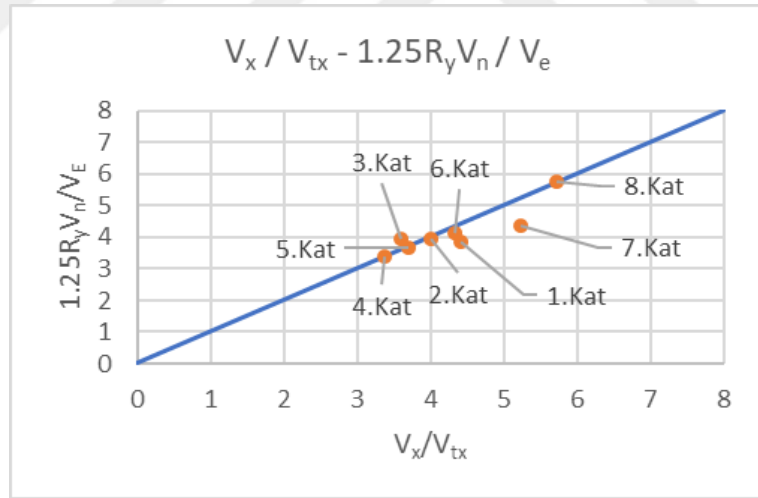
Şekil E.11 : Darfield depremi kat kesme kuvvetleri.



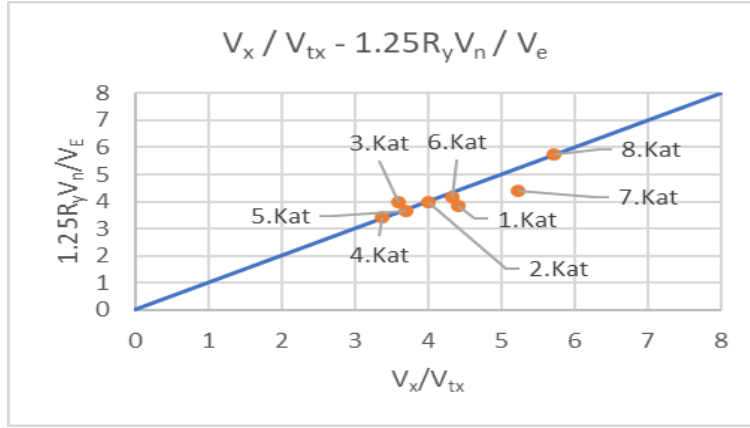
EK F: Kat Kesme Kuvvetleri Oranları ile Mekanizma Durumlarının Kıyası



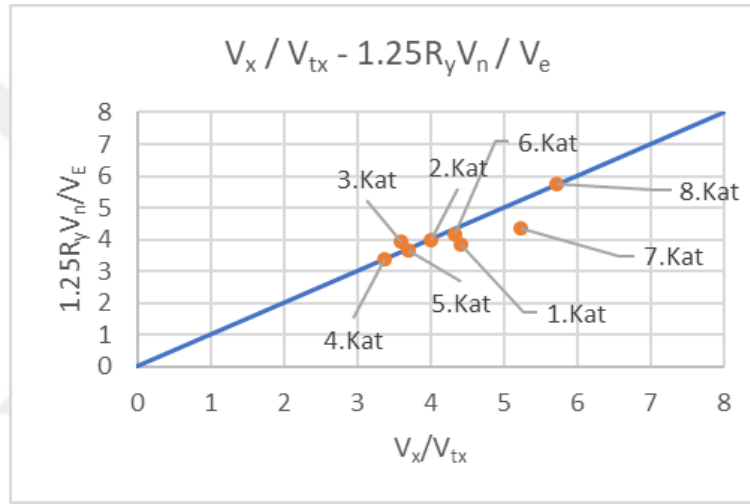
Şekil F.1 : X yönü, 1-A-B aksı dışmerkez çaprazlı çerçeve için $V_x / V_{tx} - 1.25 R_y V_n / V_e$ grafiği.



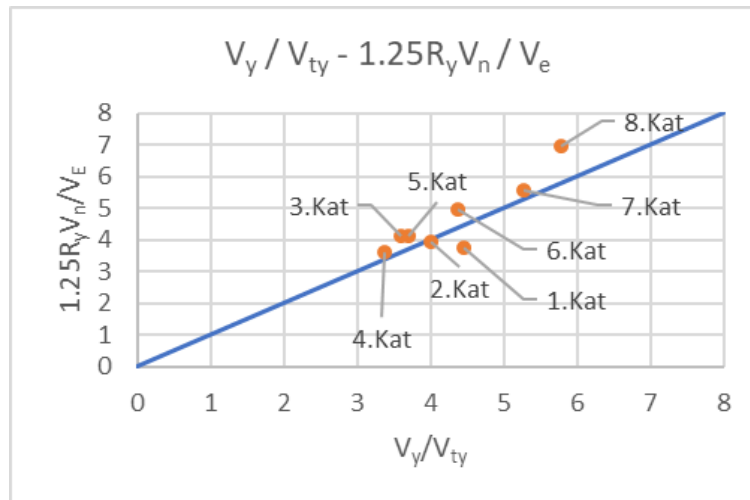
Şekil F.2 : X yönü, 1-D-E aksı dışmerkez çaprazlı çerçeve için $V_x / V_{tx} - 1.25 R_y V_n / V_e$ grafiği.



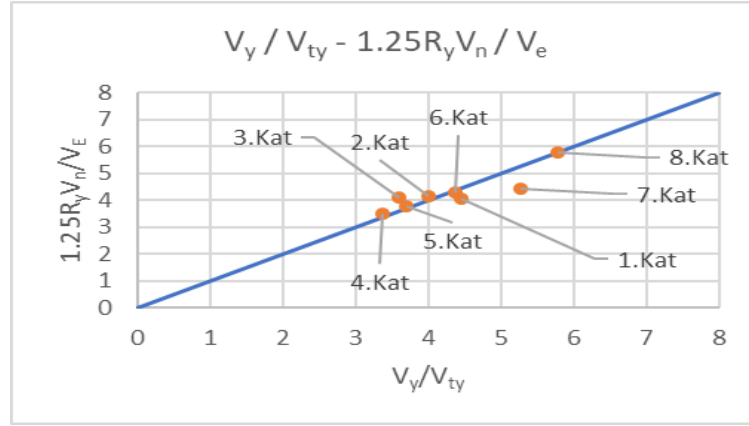
Şekil F.3 : X yönü, 4-A-B aksı dışmerkez çaprazlı çerçeve için $V_x / V_{tx} - 1.25 R_y V_n / V_e$ grafiği.



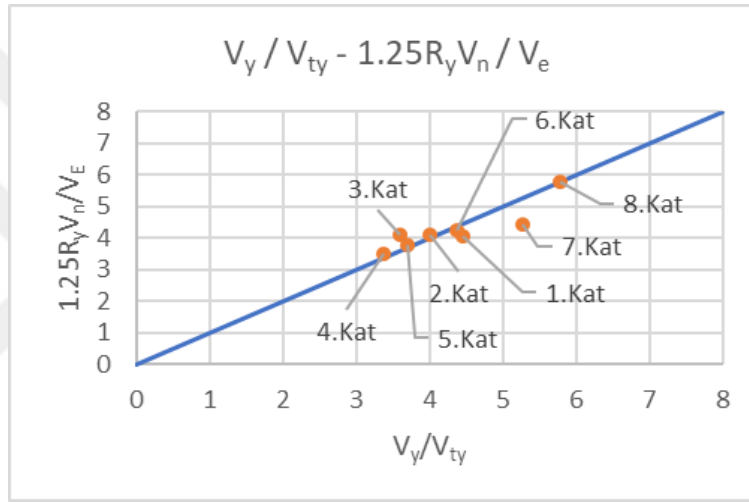
Şekil F.4 : X yönü, 4-D-E aksı dışmerkez çaprazlı çerçeve için $V_x / V_{tx} - 1.25 R_y V_n / V_e$ grafiği.



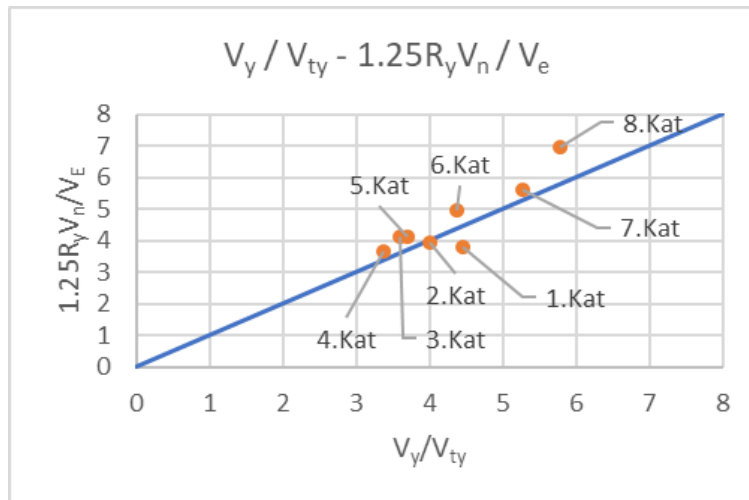
Şekil F.5 : Y yönü, 2-3-A aksı dışmerkez çaprazlı çerçeve için $V_x / V_{tx} - 1.25 R_y V_n / V_e$ grafiği.



Şekil F.6 : Y yönü, 1-2-C aksı dışmerkez çaprazlı çerçeve için $V_x / V_{tx} - 1.25 R_y V_n / V_e$ grafiği.



Şekil F.7 : Y yönü, 3-4-C aksı dışmerkez çaprazlı çerçeve için $V_x / V_{tx} - 1.25 R_y V_n / V_e$ grafiği.



Şekil F.8 : Y yönü, 2-3-E aksı dışmerkez çaprazlı çerçeve için $V_x / V_{tx} - 1.25 R_y V_n / V_e$ grafiği.



EK G: Plastik Mafsal Uzama ve Dönme Değerleri

	A	B	C	D	E
4	8. kat: 1005 7. kat: 1025 6. kat: 1031 5. kat: 65 4. kat: 68 3. kat: 431 2. kat: 433 1. kat: 514		8. kat: 1052 7. kat: 1054 6. kat: 1068 5. kat: 1070 4. kat: 1072 3. kat: 1086 2. kat: 1088 1. kat: 1090		8. kat: 1006 7. kat: 1026 6. kat: 1032 5. kat: 66 4. kat: 157 3. kat: 432 2. kat: 517 1. kat: 526
3	8. kat: 169 7. kat: 172 6. kat: 428 5. kat: 429 4. kat: 531 3. kat: 1034 2. kat: 1035 1. kat: 1036				8. kat: 1107 7. kat: 1108 6. kat: 1115 5. kat: 1116 4. kat: 1117 3. kat: 1124 2. kat: 1125 1. kat: 1126
2	8. kat: 67 7. kat: 103 6. kat: 953 5. kat: 976 4. kat: 978 3. kat: 988 2. kat: 990 1. kat: 1001		8. kat: 1051 7. kat: 1053 6. kat: 1067 5. kat: 1069 4. kat: 1071 3. kat: 1085 2. kat: 1087 1. kat: 1089		8. kat: 102 7. kat: 834 6. kat: 964 5. kat: 977 4. kat: 979 3. kat: 989 2. kat: 991 1. kat: 1002
1					

Şekil F.1 : Katlara ve akslara göre bağ kirişi eleman numaraları.

Çizelge F.1 : Corinth depremi plastik mafsal uzama ve dönme değerleri.

Bağ Kirişi No	Corinth 0		Corinth 90	
	U2 (mm)	Dönme (Rad)	U2 (mm)	Dönme (Rad)
65	0.044	0.037	0.021	0.018
66	0.046	0.039	0.020	0.017
67	0.000	0.000	0.000	0.000
68	0.051	0.043	0.019	0.016
102	0.003	0.003	0.000	0.000
103	0.020	0.020	0.008	0.008
157	0.053	0.044	0.018	0.015
169	0.001	0.001	0.000	0.000
172	0.021	0.021	0.002	0.002
428	0.032	0.027	0.005	0.004
429	0.038	0.032	0.010	0.009
431	0.045	0.032	0.012	0.008
432	0.047	0.033	0.011	0.008
433	0.037	0.026	0.014	0.010
514	0.010	0.007	0.002	0.001
517	0.037	0.027	0.013	0.009
526	0.009	0.007	0.002	0.001
531	0.047	0.039	0.013	0.011
834	0.023	0.023	0.007	0.007
953	0.033	0.028	0.016	0.013
964	0.035	0.029	0.014	0.011
976	0.045	0.038	0.021	0.017

Çizelge F.1 (devamı): Corinth depremi plastik mafsallara uzama ve dönme değerleri.

Bağ Kirişi No	Corinth 0		Corinth 90	
	U2 (mm)	Dönme (Rad)	U2 (mm)	Dönme (Rad)
977	0.047	0.039	0.019	0.016
978	0.052	0.043	0.017	0.014
979	0.053	0.044	0.015	0.013
988	0.046	0.033	0.012	0.009
989	0.047	0.033	0.012	0.008
990	0.038	0.027	0.014	0.010
991	0.039	0.028	0.014	0.010
1001	0.010	0.007	0.002	0.001
1002	0.010	0.007	0.002	0.001
1005	0.000	0.000	0.000	0.000
1006	0.002	0.002	0.000	0.000
1025	0.021	0.021	0.009	0.009
1026	0.024	0.024	0.008	0.008
1031	0.033	0.028	0.016	0.013
1032	0.035	0.030	0.014	0.012
1034	0.042	0.030	0.006	0.004
1035	0.035	0.025	0.010	0.007
1036	0.015	0.011	0.002	0.002
1051	0.001	0.001	0.000	0.000
1052	0.000	0.000	0.000	0.000
1053	0.021	0.021	0.002	0.002
1054	0.020	0.020	0.003	0.003
1067	0.032	0.027	0.004	0.003
1068	0.031	0.026	0.005	0.004
1069	0.038	0.032	0.009	0.008
1070	0.037	0.031	0.010	0.009
1071	0.047	0.039	0.013	0.011
1072	0.046	0.038	0.014	0.011
1085	0.041	0.030	0.006	0.004
1086	0.041	0.029	0.006	0.005
1087	0.035	0.025	0.010	0.007
1088	0.035	0.025	0.010	0.007
1089	0.015	0.011	0.002	0.001
1090	0.015	0.011	0.002	0.001
1107	0.001	0.001	0.000	0.000
1108	0.020	0.020	0.002	0.002
1115	0.031	0.026	0.004	0.003
1116	0.037	0.031	0.010	0.008
1117	0.046	0.038	0.013	0.011
1124	0.041	0.029	0.006	0.004
1125	0.035	0.025	0.010	0.007
1126	0.015	0.011	0.001	0.001

Çizelge F.2 : Darfield depremi plastik mafsallara uzama ve dönme değerleri.

Bağ Kirişi No	Darfield 0		Darfield 90	
	U2 (mm)	Dönme (Rad)	U2 (mm)	Dönme (Rad)
65	0.004	0.003	0.008	0.007
66	0.003	0.002	0.010	0.008
67	0.000	0.000	0.000	0.000
68	0.008	0.007	0.011	0.009
102	0.000	0.000	0.000	0.000
103	0.000	0.000	0.000	0.000
157	0.007	0.006	0.013	0.011
169	0.000	0.000	0.000	0.000
172	0.000	0.000	0.001	0.001
428	0.002	0.002	0.000	0.000
429	0.011	0.009	0.004	0.004
431	0.005	0.004	0.007	0.005
432	0.006	0.005	0.008	0.005
433	0.010	0.007	0.006	0.005
514	0.001	0.000	0.000	0.000
517	0.011	0.008	0.007	0.005
526	0.001	0.000	0.000	0.000
531	0.014	0.012	0.009	0.007
834	0.002	0.002	0.000	0.000
953	0.000	0.000	0.001	0.001
964	0.000	0.000	0.003	0.003
976	0.004	0.003	0.009	0.008
977	0.003	0.002	0.011	0.009
978	0.008	0.007	0.012	0.010
979	0.007	0.006	0.013	0.011
988	0.005	0.004	0.007	0.005
989	0.006	0.004	0.007	0.005
990	0.010	0.007	0.006	0.005
991	0.010	0.007	0.007	0.005
1001	0.001	0.000	0.000	0.000
1002	0.000	0.000	0.000	0.000
1005	0.000	0.000	0.000	0.000
1006	0.000	0.000	0.000	0.000
1025	0.000	0.000	0.001	0.001
1026	0.002	0.002	0.000	0.000
1031	0.000	0.000	0.001	0.000
1032	0.000	0.000	0.002	0.002
1034	0.009	0.006	0.006	0.004
1035	0.010	0.007	0.012	0.008
1036	0.002	0.001	0.002	0.001
1051	0.000	0.000	0.000	0.000
1052	0.000	0.000	0.000	0.000
1053	0.001	0.001	0.000	0.000
1054	0.000	0.000	0.001	0.001

Çizelge F.2 (devamı) : Darfield depremi plastik mafsal uzama ve dönme değerleri.

Bağ Kirişi No	Darfield 0		Darfield 90	
	U2 (mm)	Dönme (Rad)	U2 (mm)	Dönme (Rad)
1067	0.001	0.001	0.000	0.000
1068	0.002	0.002	0.000	0.000
1069	0.010	0.008	0.004	0.003
1070	0.011	0.009	0.003	0.003
1071	0.014	0.011	0.008	0.007
1072	0.014	0.012	0.008	0.006
1085	0.008	0.006	0.005	0.004
1086	0.009	0.006	0.006	0.004
1087	0.010	0.007	0.011	0.008
1088	0.010	0.007	0.011	0.008
1089	0.002	0.001	0.002	0.001
1090	0.001	0.001	0.001	0.001
1107	0.000	0.000	0.000	0.000
1108	0.000	0.000	0.000	0.000
1115	0.002	0.001	0.000	0.000
1116	0.010	0.008	0.003	0.003
1117	0.014	0.011	0.007	0.006
1124	0.008	0.006	0.005	0.003
1125	0.010	0.007	0.010	0.007
1126	0.001	0.001	0.001	0.001

Çizelge F.3 : Düzce 1617 depremi plastik mafsallara uzama ve dönme değerleri.

Bağ Kirişi No	Düzce 1617 0		Düzce 1617 90	
	U2 (mm)	Dönme (Rad)	U2 (mm)	Dönme (Rad)
65	0.002	0.002	0.002	0.001
66	0.004	0.003	0.001	0.001
67	0.000	0.000	0.000	0.000
68	0.004	0.003	0.004	0.003
102	0.000	0.000	0.000	0.000
103	0.000	0.000	0.000	0.000
157	0.004	0.003	0.003	0.003
169	0.000	0.000	0.000	0.000
172	0.000	0.000	0.000	0.000
428	0.000	0.000	0.001	0.001
429	0.002	0.001	0.004	0.003
431	0.001	0.001	0.000	0.000
432	0.002	0.001	0.000	0.000
433	0.006	0.004	0.001	0.001
514	0.000	0.000	0.000	0.000
517	0.006	0.004	0.001	0.001
526	0.000	0.000	0.000	0.000
531	0.005	0.004	0.004	0.003
834	0.000	0.000	0.000	0.000
953	0.000	0.000	0.000	0.000
964	0.001	0.001	0.000	0.000
976	0.003	0.002	0.002	0.002
977	0.004	0.004	0.001	0.000
978	0.003	0.003	0.004	0.004
979	0.004	0.004	0.003	0.003
988	0.001	0.001	0.000	0.000
989	0.002	0.001	0.000	0.000
990	0.006	0.004	0.001	0.001
991	0.006	0.004	0.001	0.001
1001	0.000	0.000	0.000	0.000
1002	0.000	0.000	0.000	0.000
1005	0.000	0.000	0.000	0.000
1006	0.000	0.000	0.000	0.000
1025	0.000	0.000	0.000	0.000
1026	0.001	0.001	0.000	0.000
1031	0.000	0.000	0.000	0.000
1032	0.001	0.001	0.000	0.000
1034	0.000	0.000	0.003	0.002
1035	0.001	0.001	0.009	0.006
1036	0.000	0.000	0.000	0.000
1051	0.000	0.000	0.000	0.000
1052	0.000	0.000	0.000	0.000
1053	0.000	0.000	0.000	0.000

Çizelge F.3 (devamı) : Düzce 1617 depremi plastik mafsallara uzama ve dönme değerleri.

Bağ Kirişi No	Düzce 1617 0		Düzce 1617 90	
	U2 (mm)	Dönme (Rad)	U2 (mm)	Dönme (Rad)
1054	0.000	0.000	0.000	0.000
1067	0.000	0.000	0.000	0.000
1068	0.000	0.000	0.001	0.001
1069	0.001	0.001	0.003	0.002
1070	0.001	0.000	0.003	0.003
1071	0.004	0.003	0.004	0.003
1072	0.003	0.003	0.004	0.003
1085	0.000	0.000	0.002	0.001
1086	0.000	0.000	0.002	0.002
1087	0.000	0.000	0.008	0.006
1088	0.000	0.000	0.008	0.006
1089	0.000	0.000	0.000	0.000
1090	0.000	0.000	0.000	0.000
1107	0.000	0.000	0.000	0.000
1108	0.000	0.000	0.000	0.000
1115	0.000	0.000	0.000	0.000
1116	0.000	0.000	0.002	0.002
1117	0.003	0.003	0.003	0.002
1124	0.000	0.000	0.001	0.001
1125	0.000	0.000	0.007	0.005
1126	0.000	0.000	0.000	0.000

Çizelge F.4 : Düzce 8166 depremi plastik mafsallara uzama ve dönme değerleri.

Bağ Kirişi No	Düzce 8166 0		Düzce 8166 90	
	U2 (mm)	Dönme (Rad)	U2 (mm)	Dönme (Rad)
65	0.0066	0.0055	0.0102	0.0085
66	0.0053	0.0044	0.0090	0.0075
67	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
68	0.0118	0.0098	0.0112	0.0093
102	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
103	0.0004	0.0004	0.0018	0.0018
157	0.0110	0.0092	0.0102	0.0085
169	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
172	0.0028	0.0028	0.0009	0.0009
428	0.0061	0.0051	0.0030	0.0025
429	0.0111	0.0092	0.0066	0.0055
431	0.0070	0.0050	0.0059	0.0042
432	0.0064	0.0046	0.0052	0.0037
433	0.0096	0.0069	0.0049	0.0035
514	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000
517	0.0093	0.0067	0.0046	0.0033
526	0.0002	0.0001	0.0000	0.0000
531	0.0123	0.0102	0.0129	0.0107
834	0.0005	0.0005	0.0020	0.0020
953	0.0036	0.0030	0.0067	0.0056
964	0.0015	0.0013	0.0046	0.0039
976	0.0068	0.0057	0.0105	0.0088
977	0.0050	0.0042	0.0088	0.0073
978	0.0123	0.0102	0.0123	0.0102
979	0.0110	0.0092	0.0109	0.0091
988	0.0071	0.0051	0.0065	0.0046
989	0.0062	0.0045	0.0055	0.0040
990	0.0097	0.0070	0.0054	0.0038
991	0.0093	0.0066	0.0049	0.0035
1001	0.0002	0.0001	0.0000	0.0000
1002	0.0002	0.0002	0.0000	0.0000
1005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1006	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1025	0.0018	0.0018	0.0033	0.0033
1026	0.0005	0.0005	0.0020	0.0020
1031	0.0037	0.0031	0.0062	0.0052
1032	0.0021	0.0018	0.0048	0.0040
1034	0.0064	0.0046	0.0073	0.0052
1035	0.0064	0.0045	0.0113	0.0081
1036	0.0000	0.0000	0.0017	0.0012
1051	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1052	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1053	0.0032	0.0032	0.0009	0.0009
1054	0.0020	0.0020	0.0000	0.0000

Çizelge F.4 (devamı) : Düzce 8166 depremi plastik mafsallara uzama ve dönme değerleri.

Bağ Kirişi No	Düzce 8166 0		Düzce 8166 90	
	U2 (mm)	Dönme (Rad)	U2 (mm)	Dönme (Rad)
1067	0.0062	0.0051	0.0029	0.0024
1068	0.0050	0.0042	0.0017	0.0014
1069	0.0110	0.0092	0.0067	0.0056
1070	0.0100	0.0084	0.0057	0.0047
1071	0.0121	0.0101	0.0128	0.0107
1072	0.0113	0.0094	0.0121	0.0101
1085	0.0059	0.0042	0.0070	0.0050
1086	0.0054	0.0038	0.0065	0.0046
1087	0.0058	0.0041	0.0110	0.0078
1088	0.0055	0.0039	0.0107	0.0076
1089	0.0000	0.0000	0.0013	0.0009
1090	0.0000	0.0000	0.0013	0.0010
1107	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1108	0.0026	0.0026	0.0001	0.0001
1115	0.0052	0.0044	0.0017	0.0014
1116	0.0101	0.0084	0.0058	0.0049
1117	0.0112	0.0093	0.0121	0.0100
1124	0.0050	0.0035	0.0062	0.0044
1125	0.0050	0.0036	0.0104	0.0074
1126	0.0000	0.0000	0.0009	0.0006

Çizelge F.5 : Hectormine depremi plastik mafsallara uzama ve dönme değerleri.

Bağ Kirişi No	Hectormine 0		Hectormine 90	
	U2 (mm)	Dönme (Rad)	U2 (mm)	Dönme (Rad)
65	0.0059	0.0049	0.0125	0.0104
66	0.0056	0.0047	0.0144	0.0120
67	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
68	0.0093	0.0078	0.0118	0.0099
102	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
103	0.0006	0.0006	0.0000	0.0000
157	0.0107	0.0089	0.0133	0.0111
169	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
172	0.0009	0.0009	0.0008	0.0008
428	0.0060	0.0050	0.0027	0.0022
429	0.0136	0.0114	0.0053	0.0044
431	0.0064	0.0046	0.0026	0.0019
432	0.0073	0.0052	0.0036	0.0026
433	0.0082	0.0058	0.0063	0.0045
514	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
517	0.0087	0.0062	0.0062	0.0044
526	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
531	0.0122	0.0102	0.0116	0.0097
834	0.0006	0.0006	0.0016	0.0016
953	0.0043	0.0036	0.0048	0.0040
964	0.0022	0.0018	0.0065	0.0054
976	0.0070	0.0058	0.0117	0.0098
977	0.0061	0.0050	0.0133	0.0111
978	0.0103	0.0086	0.0106	0.0089
979	0.0114	0.0095	0.0118	0.0099
988	0.0077	0.0055	0.0020	0.0014
989	0.0085	0.0060	0.0029	0.0021
990	0.0095	0.0068	0.0073	0.0052
991	0.0099	0.0071	0.0069	0.0050
1001	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000
1002	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001
1005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1006	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1025	0.0018	0.0018	0.0000	0.0000
1026	0.0004	0.0004	0.0019	0.0019
1031	0.0028	0.0023	0.0049	0.0041
1032	0.0013	0.0010	0.0070	0.0058
1034	0.0018	0.0013	0.0087	0.0062
1035	0.0092	0.0066	0.0112	0.0080
1036	0.0018	0.0013	0.0016	0.0011
1051	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1052	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1053	0.0001	0.0001	0.0010	0.0010
1054	0.0010	0.0010	0.0002	0.0002

Çizelge F.5 (devamı) : Hectormine depremi plastik mafsal uzama ve dönme değerleri.

Bağ Kirişi No	Hectormine 0		Hectormine 90	
	U2 (mm)	Dönme (Rad)	U2 (mm)	Dönme (Rad)
1067	0.0049	0.0041	0.0025	0.0021
1068	0.0061	0.0051	0.0014	0.0012
1069	0.0128	0.0107	0.0052	0.0043
1070	0.0138	0.0115	0.0050	0.0042
1071	0.0118	0.0099	0.0105	0.0088
1072	0.0126	0.0105	0.0113	0.0094
1085	0.0016	0.0012	0.0077	0.0055
1086	0.0019	0.0013	0.0082	0.0059
1087	0.0090	0.0064	0.0105	0.0075
1088	0.0088	0.0063	0.0107	0.0077
1089	0.0015	0.0011	0.0013	0.0009
1090	0.0016	0.0011	0.0013	0.0009
1107	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1108	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003
1115	0.0050	0.0042	0.0014	0.0012
1116	0.0131	0.0109	0.0041	0.0035
1117	0.0123	0.0102	0.0102	0.0085
1124	0.0013	0.0009	0.0072	0.0051
1125	0.0086	0.0061	0.0100	0.0071
1126	0.0013	0.0009	0.0009	0.0007

Çizelge F.6 : Imperial Valley depremi plastik mafsallara uzama ve dönme değerleri.

Bağ Kirişi No	Imperial Valley 0		Imperial Valley 90	
	U2 (mm)	Dönme (Rad)	U2 (mm)	Dönme (Rad)
65	0.0042	0.0035	0.0067	0.0055
66	0.0030	0.0025	0.0083	0.0069
67	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
68	0.0060	0.0050	0.0142	0.0119
102	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
103	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000
157	0.0051	0.0042	0.0156	0.0130
169	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
172	0.0000	0.0000	0.0004	0.0004
428	0.0000	0.0000	0.0013	0.0011
429	0.0070	0.0058	0.0057	0.0048
431	0.0006	0.0004	0.0117	0.0084
432	0.0013	0.0009	0.0126	0.0090
433	0.0075	0.0054	0.0120	0.0086
514	0.0008	0.0006	0.0001	0.0001
517	0.0080	0.0057	0.0125	0.0089
526	0.0008	0.0006	0.0001	0.0001
531	0.0153	0.0128	0.0073	0.0061
834	0.0005	0.0005	0.0000	0.0000
953	0.0026	0.0022	0.0000	0.0000
964	0.0006	0.0005	0.0006	0.0005
976	0.0058	0.0048	0.0071	0.0059
977	0.0040	0.0033	0.0084	0.0070
978	0.0067	0.0056	0.0143	0.0119
979	0.0053	0.0044	0.0154	0.0128
988	0.0011	0.0008	0.0110	0.0079
989	0.0018	0.0013	0.0118	0.0084
990	0.0079	0.0057	0.0109	0.0078
991	0.0083	0.0059	0.0113	0.0080
1001	0.0009	0.0007	0.0003	0.0002
1002	0.0008	0.0006	0.0002	0.0002
1005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1006	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1025	0.0010	0.0010	0.0000	0.0000
1026	0.0002	0.0002	0.0000	0.0000
1031	0.0018	0.0015	0.0000	0.0000
1032	0.0004	0.0004	0.0005	0.0004
1034	0.0128	0.0092	0.0010	0.0007
1035	0.0140	0.0100	0.0099	0.0070
1036	0.0014	0.0010	0.0026	0.0019
1051	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1052	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1053	0.0000	0.0000	0.0006	0.0006
1054	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Çizelge F.6 (devamı) : Imperial Valley depremi plastik mafsal uzama ve dönme değerleri.

Bağ Kirişi No	Imperial Valley 0		Imperial Valley 90	
	U2 (mm)	Dönme (Rad)	U2 (mm)	Dönme (Rad)
1067	0.0000	0.0000	0.0015	0.0012
1068	0.0000	0.0000	0.0005	0.0004
1069	0.0052	0.0043	0.0056	0.0047
1070	0.0060	0.0050	0.0046	0.0039
1071	0.0137	0.0114	0.0076	0.0063
1072	0.0144	0.0120	0.0068	0.0056
1085	0.0119	0.0085	0.0012	0.0008
1086	0.0124	0.0089	0.0006	0.0004
1087	0.0134	0.0095	0.0089	0.0064
1088	0.0136	0.0097	0.0091	0.0065
1089	0.0010	0.0007	0.0022	0.0016
1090	0.0009	0.0007	0.0022	0.0015
1107	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1108	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001
1115	0.0000	0.0000	0.0007	0.0006
1116	0.0042	0.0035	0.0046	0.0038
1117	0.0127	0.0106	0.0071	0.0059
1124	0.0117	0.0083	0.0008	0.0006
1125	0.0129	0.0092	0.0081	0.0058
1126	0.0006	0.0004	0.0017	0.0012

Çizelge F.7 : Irpinia depremi plastik mafsallara uzama ve dönme değerleri.

Bağ Kirişi No	Irpinia 0		Irpinia 90	
	U2 (mm)	Dönme (Rad)	U2 (mm)	Dönme (Rad)
65	0.0000	0.0000	0.0013	0.0011
66	0.0000	0.0000	0.0029	0.0024
67	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
68	0.0068	0.0057	0.0044	0.0037
102	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
103	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
157	0.0061	0.0051	0.0057	0.0047
169	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
172	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
428	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
429	0.0026	0.0022	0.0000	0.0000
431	0.0045	0.0032	0.0001	0.0001
432	0.0040	0.0028	0.0008	0.0006
433	0.0053	0.0038	0.0017	0.0012
514	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
517	0.0051	0.0037	0.0021	0.0015
526	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
531	0.0063	0.0052	0.0075	0.0062
834	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
953	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000
964	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
976	0.0000	0.0000	0.0019	0.0016
977	0.0000	0.0000	0.0032	0.0026
978	0.0069	0.0058	0.0055	0.0046
979	0.0058	0.0049	0.0065	0.0054
988	0.0050	0.0036	0.0009	0.0006
989	0.0042	0.0030	0.0016	0.0011
990	0.0058	0.0042	0.0027	0.0020
991	0.0055	0.0039	0.0030	0.0022
1001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1006	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1025	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1026	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1031	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1032	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1034	0.0014	0.0010	0.0047	0.0033
1035	0.0038	0.0027	0.0063	0.0045
1036	0.0000	0.0000	0.0004	0.0003
1051	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1052	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1053	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1054	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Çizelge F.7 (devamı) : Irpinia depremi plastik mafsallarda uzama ve dönme değerleri.

Bağ Kirişi No	Irpinia 0		Irpinia 90	
	U2 (mm)	Dönme (Rad)	U2 (mm)	Dönme (Rad)
1067	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1068	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1069	0.0018	0.0015	0.0000	0.0000
1070	0.0026	0.0022	0.0000	0.0000
1071	0.0055	0.0046	0.0073	0.0061
1072	0.0062	0.0051	0.0067	0.0056
1085	0.0007	0.0005	0.0044	0.0031
1086	0.0011	0.0008	0.0039	0.0028
1087	0.0030	0.0022	0.0057	0.0041
1088	0.0033	0.0023	0.0055	0.0039
1089	0.0000	0.0000	0.0002	0.0001
1090	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001
1107	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1108	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1115	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1116	0.0019	0.0016	0.0000	0.0000
1117	0.0054	0.0045	0.0064	0.0054
1124	0.0005	0.0003	0.0036	0.0026
1125	0.0025	0.0018	0.0049	0.0035
1126	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Çizelge F.8 : Landers depremi plastik mafsal uzama ve dönme değerleri.

Bağ Kirişi No	Landers 0		Landers 90	
	U2 (mm)	Dönme (Rad)	U2 (mm)	Dönme (Rad)
65	0.0029	0.0024	0.0048	0.0040
66	0.0046	0.0039	0.0067	0.0055
67	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
68	0.0043	0.0036	0.0076	0.0064
102	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
103	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001
157	0.0058	0.0049	0.0091	0.0076
169	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
172	0.0011	0.0011	0.0013	0.0013
428	0.0005	0.0004	0.0021	0.0017
429	0.0063	0.0052	0.0045	0.0038
431	0.0031	0.0022	0.0038	0.0027
432	0.0041	0.0029	0.0048	0.0034
433	0.0050	0.0036	0.0086	0.0062
514	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
517	0.0055	0.0040	0.0092	0.0065
526	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
531	0.0090	0.0075	0.0058	0.0048
834	0.0022	0.0022	0.0019	0.0019
953	0.0012	0.0010	0.0007	0.0006
964	0.0028	0.0023	0.0013	0.0011
976	0.0030	0.0025	0.0053	0.0044
977	0.0045	0.0038	0.0068	0.0057
978	0.0043	0.0036	0.0082	0.0068
979	0.0057	0.0048	0.0094	0.0078
988	0.0022	0.0016	0.0049	0.0035
989	0.0032	0.0023	0.0058	0.0041
990	0.0044	0.0032	0.0102	0.0073
991	0.0047	0.0034	0.0106	0.0076
1001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1006	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1025	0.0004	0.0004	0.0011	0.0011
1026	0.0023	0.0023	0.0020	0.0020
1031	0.0009	0.0008	0.0005	0.0004
1032	0.0028	0.0023	0.0014	0.0011
1034	0.0041	0.0029	0.0040	0.0028
1035	0.0104	0.0074	0.0066	0.0047
1036	0.0008	0.0006	0.0000	0.0000
1051	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1052	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1053	0.0008	0.0008	0.0004	0.0004
1054	0.0010	0.0010	0.0014	0.0014

Çizelge F.8 (devamı) : Landers depremi plastik mafsal uzama ve dönme değerleri.

Bağ Kirişi No	Landers 0		Landers 90	
	U2 (mm)	Dönme (Rad)	U2 (mm)	Dönme (Rad)
1067	0.0004	0.0004	0.0010	0.0008
1068	0.0004	0.0004	0.0020	0.0017
1069	0.0048	0.0040	0.0035	0.0029
1070	0.0059	0.0049	0.0044	0.0037
1071	0.0073	0.0061	0.0046	0.0038
1072	0.0082	0.0068	0.0052	0.0043
1085	0.0031	0.0022	0.0034	0.0024
1086	0.0032	0.0023	0.0040	0.0028
1087	0.0091	0.0065	0.0063	0.0045
1088	0.0094	0.0067	0.0066	0.0047
1089	0.0003	0.0002	0.0000	0.0000
1090	0.0003	0.0002	0.0000	0.0000
1107	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1108	0.0005	0.0005	0.0006	0.0006
1115	0.0001	0.0001	0.0011	0.0009
1116	0.0045	0.0037	0.0035	0.0029
1117	0.0066	0.0055	0.0042	0.0035
1124	0.0024	0.0017	0.0033	0.0024
1125	0.0081	0.0058	0.0063	0.0045
1126	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Çizelge F.9 : Manjil depremi plastik mafsallara uzama ve dönme değerleri.

Bağ Kirişi No	Manjil 0		Manjil 90	
	U2 (mm)	Dönme (Rad)	U2 (mm)	Dönme (Rad)
65	0.0152	0.0127	0.0058	0.0048
66	0.0139	0.0116	0.0063	0.0052
67	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
68	0.0098	0.0082	0.0094	0.0079
102	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
103	0.0053	0.0053	0.0029	0.0029
157	0.0095	0.0079	0.0084	0.0070
169	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
172	0.0059	0.0059	0.0060	0.0060
428	0.0072	0.0060	0.0118	0.0098
429	0.0075	0.0062	0.0166	0.0138
431	0.0031	0.0022	0.0052	0.0037
432	0.0039	0.0028	0.0044	0.0031
433	0.0065	0.0046	0.0056	0.0040
514	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
517	0.0067	0.0048	0.0053	0.0038
526	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
531	0.0083	0.0069	0.0112	0.0094
834	0.0055	0.0055	0.0060	0.0060
953	0.0126	0.0105	0.0053	0.0044
964	0.0104	0.0087	0.0070	0.0058
976	0.0160	0.0134	0.0051	0.0043
977	0.0142	0.0118	0.0066	0.0055
978	0.0104	0.0087	0.0084	0.0070
979	0.0094	0.0078	0.0067	0.0056
988	0.0031	0.0022	0.0050	0.0036
989	0.0038	0.0027	0.0039	0.0028
990	0.0060	0.0043	0.0055	0.0039
991	0.0063	0.0045	0.0050	0.0036
1001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1006	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1025	0.0066	0.0066	0.0038	0.0038
1026	0.0052	0.0052	0.0060	0.0060
1031	0.0115	0.0096	0.0049	0.0041
1032	0.0100	0.0083	0.0068	0.0057
1034	0.0044	0.0031	0.0028	0.0020
1035	0.0059	0.0042	0.0086	0.0061
1036	0.0000	0.0000	0.0013	0.0009
1051	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1052	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1053	0.0046	0.0046	0.0064	0.0064
1054	0.0058	0.0058	0.0051	0.0051

Çizelge F.9 (devamı) : Manjil depremi plastik mafsallarda uzama ve dönme değerleri.

Bağ Kirişi No	Manjil 0		Manjil 90	
	U2 (mm)	Dönme (Rad)	U2 (mm)	Dönme (Rad)
1067	0.0059	0.0049	0.0115	0.0096
1068	0.0070	0.0059	0.0103	0.0086
1069	0.0065	0.0054	0.0162	0.0135
1070	0.0074	0.0062	0.0152	0.0126
1071	0.0085	0.0071	0.0112	0.0093
1072	0.0076	0.0064	0.0104	0.0087
1085	0.0046	0.0033	0.0022	0.0015
1086	0.0040	0.0028	0.0026	0.0019
1087	0.0060	0.0043	0.0080	0.0057
1088	0.0057	0.0041	0.0077	0.0055
1089	0.0000	0.0000	0.0007	0.0005
1090	0.0000	0.0000	0.0008	0.0006
1107	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1108	0.0046	0.0046	0.0057	0.0057
1115	0.0059	0.0049	0.0102	0.0085
1116	0.0066	0.0055	0.0149	0.0124
1117	0.0079	0.0066	0.0105	0.0088
1124	0.0041	0.0030	0.0020	0.0015
1125	0.0058	0.0041	0.0071	0.0050
1126	0.0000	0.0000	0.0003	0.0002

Çizelge F.10 : Tottori 3948 depremi plastik mafsallara uzama ve dönme değerleri.

Bağ Kirişi No	Tottori 3948 0		Tottori 3948 90	
	U2 (mm)	Dönme (Rad)	U2 (mm)	Dönme (Rad)
65	0.0109	0.0091	0.0112	0.0094
66	0.0129	0.0108	0.0100	0.0083
67	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
68	0.0210	0.0175	0.0148	0.0123
102	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
103	0.0003	0.0003	0.0007	0.0007
157	0.0226	0.0188	0.0138	0.0115
169	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
172	0.0012	0.0012	0.0006	0.0006
428	0.0048	0.0040	0.0031	0.0025
429	0.0115	0.0096	0.0125	0.0104
431	0.0159	0.0114	0.0139	0.0099
432	0.0169	0.0121	0.0134	0.0096
433	0.0122	0.0087	0.0183	0.0131
514	0.0000	0.0000	0.0045	0.0032
517	0.0128	0.0091	0.0182	0.0130
526	0.0000	0.0000	0.0047	0.0033
531	0.0148	0.0124	0.0236	0.0197
834	0.0004	0.0004	0.0008	0.0008
953	0.0047	0.0039	0.0066	0.0055
964	0.0026	0.0022	0.0046	0.0038
976	0.0106	0.0088	0.0122	0.0102
977	0.0121	0.0101	0.0104	0.0087
978	0.0203	0.0169	0.0158	0.0132
979	0.0215	0.0179	0.0145	0.0121
988	0.0153	0.0110	0.0147	0.0105
989	0.0162	0.0115	0.0139	0.0099
990	0.0112	0.0080	0.0184	0.0132
991	0.0116	0.0083	0.0181	0.0129
1001	0.0000	0.0000	0.0048	0.0034
1002	0.0000	0.0000	0.0049	0.0035
1005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1006	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1025	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021
1026	0.0006	0.0006	0.0008	0.0008
1031	0.0045	0.0038	0.0058	0.0049
1032	0.0030	0.0025	0.0044	0.0037
1034	0.0143	0.0102	0.0170	0.0122
1035	0.0209	0.0149	0.0134	0.0096
1036	0.0074	0.0053	0.0009	0.0007
1051	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1052	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1053	0.0012	0.0012	0.0011	0.0011
1054	0.0002	0.0002	0.0001	0.0001

Çizelge F.10 (devamı) : Tottori 3948 depremi plastik mafsal uzama ve dönme değerleri.

Bağ Kirişi No	Tottori 3948 0		Tottori 3948 90	
	U2 (mm)	Dönme (Rad)	U2 (mm)	Dönme (Rad)
1067	0.0045	0.0038	0.0032	0.0026
1068	0.0034	0.0028	0.0020	0.0017
1069	0.0115	0.0095	0.0110	0.0092
1070	0.0104	0.0087	0.0121	0.0101
1071	0.0148	0.0123	0.0218	0.0181
1072	0.0140	0.0116	0.0226	0.0188
1085	0.0137	0.0098	0.0158	0.0113
1086	0.0133	0.0095	0.0164	0.0117
1087	0.0202	0.0144	0.0127	0.0091
1088	0.0200	0.0143	0.0130	0.0093
1089	0.0070	0.0050	0.0006	0.0004
1090	0.0071	0.0051	0.0005	0.0004
1107	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1108	0.0003	0.0003	0.0006	0.0006
1115	0.0033	0.0027	0.0023	0.0019
1116	0.0104	0.0087	0.0107	0.0089
1117	0.0139	0.0116	0.0208	0.0173
1124	0.0127	0.0091	0.0153	0.0109
1125	0.0193	0.0138	0.0123	0.0088
1126	0.0067	0.0048	0.0002	0.0001

Çizelge F.11 : Tottori 3964 depremi plastik mafsallara uzama ve dönme değerleri.

Bağ Kirişi No	Tottori 3964 0		Tottori 3964 90	
	U2 (mm)	Dönme (Rad)	U2 (mm)	Dönme (Rad)
65	0.0131	0.0109	0.0047	0.0039
66	0.0151	0.0126	0.0063	0.0053
67	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
68	0.0179	0.0149	0.0078	0.0065
102	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
103	0.0009	0.0009	0.0000	0.0000
157	0.0195	0.0162	0.0091	0.0076
169	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
172	0.0000	0.0000	0.0017	0.0017
428	0.0000	0.0000	0.0032	0.0027
429	0.0060	0.0050	0.0154	0.0128
431	0.0096	0.0068	0.0036	0.0026
432	0.0104	0.0075	0.0031	0.0022
433	0.0152	0.0109	0.0048	0.0034
514	0.0034	0.0024	0.0000	0.0000
517	0.0157	0.0112	0.0046	0.0033
526	0.0033	0.0023	0.0000	0.0000
531	0.0093	0.0078	0.0215	0.0179
834	0.0015	0.0015	0.0000	0.0000
953	0.0029	0.0024	0.0000	0.0000
964	0.0047	0.0039	0.0005	0.0004
976	0.0138	0.0115	0.0051	0.0042
977	0.0153	0.0128	0.0064	0.0053
978	0.0189	0.0157	0.0081	0.0068
979	0.0201	0.0168	0.0092	0.0077
988	0.0093	0.0066	0.0031	0.0022
989	0.0101	0.0072	0.0023	0.0016
990	0.0143	0.0102	0.0045	0.0032
991	0.0146	0.0104	0.0041	0.0029
1001	0.0030	0.0021	0.0000	0.0000
1002	0.0029	0.0021	0.0000	0.0000
1005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1006	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1025	0.0018	0.0018	0.0000	0.0000
1026	0.0018	0.0018	0.0000	0.0000
1031	0.0023	0.0019	0.0000	0.0000
1032	0.0045	0.0038	0.0007	0.0006
1034	0.0048	0.0034	0.0102	0.0073
1035	0.0069	0.0049	0.0173	0.0124
1036	0.0000	0.0000	0.0054	0.0038
1051	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1052	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1053	0.0000	0.0000	0.0018	0.0018
1054	0.0000	0.0000	0.0010	0.0010

Çizelge F.11 (devamı) : Tottori 3964 depremi plastik mafsal uzama ve dönme değerleri.

Bağ Kirişi No	Tottori 3964 0		Tottori 3964 90	
	U2 (mm)	Dönme (Rad)	U2 (mm)	Dönme (Rad)
1067	0.0000	0.0000	0.0017	0.0014
1068	0.0000	0.0000	0.0029	0.0025
1069	0.0048	0.0040	0.0134	0.0111
1070	0.0056	0.0047	0.0144	0.0120
1071	0.0078	0.0065	0.0195	0.0163
1072	0.0085	0.0071	0.0203	0.0169
1085	0.0043	0.0031	0.0093	0.0066
1086	0.0038	0.0027	0.0098	0.0070
1087	0.0064	0.0046	0.0167	0.0119
1088	0.0062	0.0044	0.0169	0.0121
1089	0.0000	0.0000	0.0052	0.0037
1090	0.0000	0.0000	0.0051	0.0036
1107	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1108	0.0000	0.0000	0.0012	0.0012
1115	0.0000	0.0000	0.0015	0.0013
1116	0.0046	0.0038	0.0124	0.0104
1117	0.0072	0.0060	0.0184	0.0154
1124	0.0033	0.0024	0.0089	0.0064
1125	0.0057	0.0041	0.0164	0.0117
1126	0.0000	0.0000	0.0049	0.0035

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Muhammet Sait Büyük

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans:** 2016, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği
- **Yüksek Lisans:** 2022, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği, Yapı Anabilim Dalı

MESLEKİ DENEYİMLER VE ÖDÜLLER:

- Kalyon Holding 2016-2018
- İGA İstanbul Havalimanı İnşaatı A.O. 2018-2019
- İGA İstanbul Havalimanı İşletmesi A.Ş. 2019-2021
- MSB Teknik Mühendislik ve İnşaat Ticaret A.Ş. 2021-