

**T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MERKEZİ ÇAPRAZLI VE DIŞ MERKEZ ÇAPRAZLI ÇOK KATLI  
ÇELİK YAPILARIN DOĞRUSAL OLMAYAN DAVRANIŞINDA  
SÜNEKLİ DÜZEYLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İnş.Müh. Mithat Bora BULUT**

**Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ**

**Enstitü Bilim Dalı : YAPI**

**Tez Danışmanı : Doç.Dr.A.Necati YELGİN**

**Ağustos 2008**

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MERKEZİ ÇAPRAZLI VE DIŞ MERKEZ ÇAPRAZLI ÇOK KATLI  
ÇELİK YAPILARIN DOĞRUSAL OLMAYAN DAVRANIŞINDA  
SÜNEKLİ DÜZEYLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İnş.Müh. Mithat Bora BULUT**

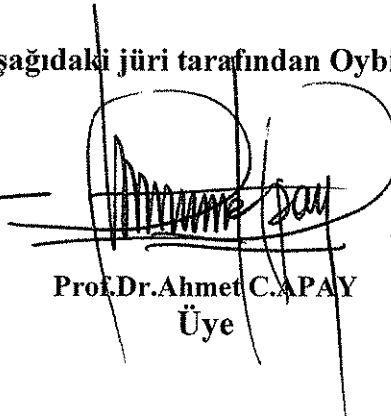
**Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ**

**Enstitü Bilim Dalı : YAPI**

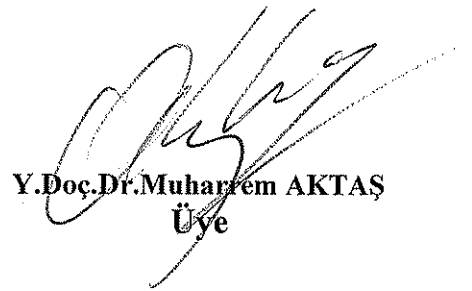
**Bu tez 28 / 08 /2008 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.**



**Doç.Dr.A.Necati YELGİN**  
**Jüri Başkanı**



**Prof.Dr.Ahmet C. APAY**  
**Üye**



**Y.Doç.Dr.Muharrem AKTAŞ**  
**Üye**

## ÖNSÖZ

1999 Marmara Bölgesinde meydana gelen depremden sonra çelik yapıların tasarımı çok önem kazanmıştır. Depremden önce genellikle Endüstri yapıları, mağazalar, spor tesisleri gibi yapılarda uygulama alanı bulmuş iken, depremden sonra çelik malzemesinin sünek davranışı nedeniyle çok katlı çelik yapıların yapıldığı görülmüştür. ABD, AB ülkeleri, Japonya ve Rusya gibi ülkelerde çelik yapıların, betonarme yapılara nazaran oranı % 30 – 50 civarındadır.

Lisans ve lisans üstü düzeyinde çelik yapılara olan yakın ilgilim dolayısıyla, tez konusu olarak çok katlı çelik yapıların Eurocode 1, 3, 4 ve 8 yönetmeliklerine göre dizaynı ve süneklik düzeylerinin karşılaştırılması konusunda çalışma yapmak istedim.

Avrupa Birliği ülkesi olma aşamasında bulunmamız dolayısıyla ülkemiz yönetmeliklerinin de bu doğrultuda Eurocode yönetmeliklerine uyumlu hale gelmesi gerektiği kanaatindeyim.

Tez çalışmamın her safhasında yol gösterici olan, bilgi ve tecrübelerini paylaşmaktan kaçınmayarak kıymetli zamanlarını bana ayıran değerli hocam ve danışmanım Doç. Dr. Ahmet Necati Yelgin 'e , lisans ve lisans üstü öğretimim boyunca yakın ilgi ve desteklerini esirgemeyen SAÜ-Müh. Fak. İnş. Müh. Öğretim üyelerine minnet ve teşekkürlerimi arz ederim.

Mithat Bora Bulut

Ağustos 2008

## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ .....	ii
İÇİNDEKİLER .....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ .....	ix
ŞEKİL LİSTESİ.....	xiii
TABLO LİSTESİ.....	xvii
ÖZET.....	xx
SUMMARY .....	xxi
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ .....	1
1.1. Giriş ve Çalışmanın Amacı .....	1
BÖLÜM 2.	
EUROCODE 8'in TEMEL İLKELERİ VE UYULACAK KURALLAR.....	3
2.1. Göçmeye Karşı Dayanım İlkesi .....	3
2.2. Hasar Sınırlandırılması İlkesi .....	3
2.3. Taşıma Sınır Durumu .....	3
2.4. Eurocode 8 Yönetmeliğine Göre Zemin Koşulları.....	4
2.5. Eurocode 8 Yönetmeliğine Göre Deprem Hesabı .....	5
2.5.1. Elastik tepki spektrumu.....	6
2.5.2. Tasarım spektrumu.....	8
2.5.3. Güç spektrumu tanımlaması.....	10
2.5.4. Zaman – tanım tanımlaması.....	11
2.5.5. Yük kategorileri .....	12



### BÖLÜM 3.

EUROCODE 8 YÖNETMELİĞİNE GÖRE GENEL KURALLAR .....	13
3.1. Depreme Dayanıklı Yapılarda Karakteristik Değerler .....	14
3.2. Yapısal Düzgünlük Karakteristiği .....	15
3.3. Düzensizlik Karakteristiği .....	15
3.4. Yapının Planda Düzensizlik Karakteristiği .....	16
3.5. Düşey Doğrultuda Düzensizlik Karakteristiği.....	16
3.6. Modelleme ve Analiz Metodları .....	18
3.7. Modal Tepki Spektrum Analizi .....	19
3.8. Burulma Etkilerinin Alınması.....	21
3.9. Alternatif Analiz Metodları .....	24
3.10. Güç Spektrumu Tanımı.....	25
3.11. Frekans Alanı Analizi .....	25
3.12. Yer Değiştirme Analizi.....	27

### BÖLÜM 4.

YAPISAL OLMAYAN ELEMANLARIN TANIMI.....	28
4.1. Yapısal olmayan elemanların analizi .....	28
4.2. Önem Faktörü ve Davranış Faktörü .....	29
4.3. Taşıma Sınır Durumu Tanımı .....	30
4.4. Kullanılabilirlik Sınır Durumu .....	32

### BÖLÜM 5.

ÇELİK YAPILARLA İLGİLİ DİĞER KURALLAR.....	33
5.1. Tanımlar.....	33
5.2. Tasarım Kavramları .....	33
5.3. Malzemeler İle İlgili Açıklamalar.....	34
5.4. Yapı Tipleri ve Davranış Faktörleri.....	34
5.4.1. Yapı tipleri .....	34
5.4.2. Davranış faktörü.....	36
5.5. Yapısal analiz için kurallar .....	40
5.6. Tasarım Kriterleri ve Enerji Yutucu ( Sönümleyici ) .....	40
Bölgelerin bulunması halinde ayrıntılı kurallar	

5.7. Eurocode 8 Yönetmeliğine göre tüm yapı tipleri için .....	41
ayrıntılı kurallar şu şekilde dikkate alınmıştır	
5.8. Moment Aktaran Çerçeveler için diğer kurallar .....	42
<b>BÖLÜM 6.</b>	
<b>MERKEZİ GÜÇLENDİRİLMİŞ ÇERÇEVELER İÇİN KURALLAR .....</b>	<b>45</b>
6.1. Temel Kabuller .....	45
<b>BÖLÜM 7.</b>	
<b>DIŞMERKEZ GÜÇLENDİRİLMİŞ ÇERÇEVELER İÇİN KURALLAR .....</b>	<b>47</b>
7.1. Temel kurallar .....	47
7.2. Konsol veya Ters Pandül Yapılar için diğer kurallar .....	48
7.3. İkili yapılar için kurallar .....	49
7.4. Karma yapılar için kurallar .....	49
7.5. Dizayn ve yapı kontrolü.....	49
<b>BÖLÜM 8.</b>	
<b>EUROCODE 3 YÖNETMELİĞİNE GÖRE BİNALARIN</b>	
<b>BOYUTLANDIRMA KURALLARI .....</b>	<b>51</b>
8.1. Genel Bilgiler.....	51
8.2. Kullanılabilirlik Limit Durumu .....	52
8.2.1. Sehim limit değerleri.....	52
8.3. Taşıma Sınır Durumu Kriterleri.....	53
8.3.1. Genel bilgiler.....	53
8.3.2. Çerçeve tasarımı .....	54
8.3.3. Yorulma etkilerinin kontrolü.....	55
8.3.4. İç kuvvetler ve momentlerin elde edilmesi .....	55
8.4. Enkesitlerin sınıflandırılması.....	56
8.4.1. Enkesit sınıfları .....	56
8.4.2. Elastik global analiz kullanıldığında	
enkesit gereksinimleri .....	56
8.4.3. Sınıf 4 enkesitler için efektif kesit karakteristikleri .....	58
8.4.4. Enine kuvvetlerin gövde üzerindeki etkisi.....	59

8.5. Kesitlerin dayanımı.....	59
8.5.1. Genel bilgiler.....	59
8.5.2. Kesit özellikleri.....	59
8.5.3. Eksenel çekme durumunda bulunan elemanlar .....	63
8.5.4. Basınç durumu .....	63
8.5.5. Eğilme momenti durumu.....	64
8.5.6. Kesme durumu .....	65
8.5.7. Kesmeli eğilme durumu .....	66
8.5.8. Moment, kesme kuvveti ve eksenel kuvvet durumu .....	70
8.5.9. Gövdeye tesir eden enine kuvvetler .....	70
8.6. Elemanların Burkulma Dayanımı Hesabı.....	72
8.6.1. Basınç elemanı için .....	72
8.6.2. Kirişlerin yanal burulmalı burkulması hali .....	76
8.6.3. Eğilme ve eksenel çekmenin birlikte olması hali.....	77
8.6.4. Eğilme ve eksenel basıncın birlikte tesir etmesi hali .....	77
8.7. Elemanların Kesme Burkulması Hali .....	80
8.7.1. Elemanların tasarımı .....	80
8.7.2. Basit post-kritik yöntemle kontrol .....	80
8.7.3. Çekme alanı yöntemi.....	83
8.7.4. Kesme kuvveti + eğilme momenti ve eksenel normal kuvvetin birbiriyle etkileşimleri.....	86
<b>BÖLÜM 9. YAPISAL ANALİZ SONUÇLARI.....</b>	<b>89</b>
9.1. Matematik Model Plan Görünüşü.....	89
9.1.1. Moment çerçeve modeli dinamik analiz sonuçları.....	90
9.1.2. Eurocode 8 ‘ e göre modelin spektrum değerleri .....	92
9.1.3. Moment çerçeve mod durumları .....	95
9.1.4. Moment çerçeve modeli deprem yüklemesi deplasmanları ..	100
9.2.1. Merkezi ters V dinamik analiz sonuçları .....	101
9.2.2. Eurocode 8 ‘ e göre modelin spektrum değerleri .....	103
9.2.3. Merkezi ters V mod durumları.....	106
9.2.4. Merkezi ters V mod durumları.....	111
9.3. Dış merkez V modeli dinamik analiz sonuçları.....	112

9.3.1. Eurocode 8 ‘ e göre modelin spektrum değerleri .....	114
9.3.2. Dış merkez V mod durumları.....	117
9.3.3. Dış merkez V modeli deprem yüklemesi deplasmanları.....	122
9.4.1. Merkez X çaprazlı model dinamik analiz sonuçları.....	123
9.4.2. Eurocode 8 ‘ e göre modelin spektrum değerleri .....	125
9.4.3. Merkez X çaprazlı mod durumları .....	128
9.4.4. Merkez X çaprazlı modeli deprem yüklemesi deplasmanları	133
9.5.1. Dış merkez ters V modeli dinamik analiz sonuçları .....	134
9.5.2. Eurocode 8 ‘ e göre modelin spektrum değerleri .....	136
9.5.3. Dış merkez ters V mod durumları .....	139
9.5.4. Dış merkez ters V deprem yüklemesi deplasmanları.....	144
9.6. Sistemde Kullanılan Kesitlerin Değerleri .....	145
9.7. Dış Merkez Ters V Çaprazlı Modelin Bağ Elemanlarının Dizaynı.	147
9.8. Kompozit Döşeme Dizaynı.....	148
9.8.1. Hesap yöntemleri .....	148
9.8.2. Düğüm noktaları.....	149
9.8.3. Malzeme .....	150
9.8.4. Kesitler .....	150
9.8.4. Mesnetler.....	150
9.8.5. Yük tanımları .....	151
9.8.6. Eleman yükleri tip 1 LC 1 .....	151
9.8.7. Eleman yükleri tip 2 LC 2 .....	151
9.8.8. Eleman yükleri tip 3 LC 3 .....	151
9.8.9. Eleman yükleri tip 4 LC 4.....	151
9.8.10. Kompozit döşeme detayı.....	152
9.8.11. Kompozit döşeme yan görünüşü .....	152
9.8.12. Kompozit döşeme plan görünüşü .....	153
9.8.13. Kompozit döşeme kesit görünüşü .....	153
9.8.14. Kompozit döşeme hesap bilgileri.....	153
9.8.15. Mesnet Bilgisi .....	153
9.8.16. Malzeme bilgisi .....	154
9.8.17. Beton plak özellikleri .....	154
9.8.18. Beton plak donatı özellikleri .....	155

9.8.19. Kesmeye çalışan bağlantılar (STUD).....	155
9.8.20. Efektif yük genişliği .....	155
9.8.21. Öz ağırlık.....	156
9.8.22. Sabit yük.....	156
9.8.23. İnşaat safhası öz ağırlık yükü.....	156
9.8.24. Hesap parametreleri.....	156
9.8.25. Kesitler .....	157
9.8.26. İnşaat safhası yük durumu.....	158
9.8.27. Limit dizayn durumu .....	159
9.8.28. Stud hesap çıktıları .....	160
9.8.29. Boyuna kesme hali (Plakta) .....	162
9.8.30. Servis limit hali .....	164
9.8.31. Boyuna burkulma kontrolü .....	165
9.8.32. Tepki kuvvetleri .....	165
9.9. Eurocode ‘ a göre Yük Kombinasyonları .....	166
9.9.1. Tasarım yükleri .....	167
9.9.2. Kar yükü – rüzgar yükü.....	167
9.9.3. Karşılaştırma tablosu.....	168
BÖLÜM 10. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	169
KAYNAKLAR .....	171
ÖZGEÇMİŞ .....	172

## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

$a_g$	: Kullanılan deprem periyodu için tasarım zemin ivmesi
$S_e(T)$	: Elastik tepki spektrumunun ordinatı
$T$	: Tek serbestlik dereceli lineer sistemin titreşim periyodu
$T_B, T_C$	: Elastik tepki spektrumu platosu sınırları
$T_D$	: Spektrumda lineer değişimin başladığı değer
$B_0$	: % 5 sönüm için spektral ivme artım faktörü
$k_1, k_2$	: Titreşim periyodunun $T_1, T_2$ 'den büyük olması halinde spektrum şeklinin etkisi
$S$	: Zemin parametresi
$\eta$	: Sönüm düzeltme faktörü (% 5 sönüm için $\eta=1$ olarak alınır)
$S_d(T)$	: g ile normalize edilmiş tasarım spektrumun ordinatı
$\alpha$	: Tasarım zemin ivmesi $a_g$ ile yerçekimi ivmesi g arasındaki oran
q	: Davranış faktörü
$G_{kj}$	: j sabit yükünün karakteristik değeri
$\gamma_1$	: Önem faktörü
$A_{Ed}$	: Belirli bir deprem hareketinin dönüş periyodu için tasarım değeri
$P_k$	: Tüm kayıplar olduktan sonra öngerilme yükünün karakteristik değeri
$\psi_{2i}$	: Hareketli yüklerin sabit yüklere benzer kombinezon katsayıları
$Q_{ki}$	: Hareketli yüklerin karakteristik değeri
$\psi_{Ei}$	: Hareketli yüklerin kombinezon katsayısı
$E_E$	: Sismik yer hareketi etkisi

$E_{Edx}, E_{Edy}$	: Deprem hareketinin yatay bileşenlerinden kaynaklanan hareket etkilerinin tasarım değerleri
$E_{Ed}$	: Deprem hareketinin düşey bileşeninden kaynaklanan hareket etkisinin tasarım değeri
$F$	: Yatay deprem kuvveti
$F_a$	: Yapısal olmayan elemanlara tesir eden yatay deprem kuvveti
$H$	: Bina yüksekliği
$R_d$	: Tasarım direnci
$T_1$	: Yapının esas titreşim periyodu
$T_a$	: Yapısal olmayan elemanların temel titreşim periyodu
$W$	: Ağırlık
$W_a$	: Yapısal olmayan elemanların ağırlığı
$d$	: Yerdeğiştirme
$d_r$	: Kat arası tasarım ötelemesi
$e_1$	: Kat kütlelerinin nominal dış merkezliği
$h$	: Kat yüksekliği
$m$	: Kütle
$q_a$	: Yapısal olmayan elemanların davranış faktörü
$q_d$	: Yerdeğiştirme davranış faktörü
$s$	: Binanın esas mod şeklindeki $m$ kütlelerinin yerdeğiştirmesi
$z$	: Bina kütlelerinin yüksekliği
$\gamma_a$	: Yapısal olmayan elemanların önem faktörü
$\theta$	: Kat arası öteleme hassasiyet katsayısı
$R_d$	: Birleşimlerin dayanımı
$R_{jY}$	: Birleşim bölümünün plastik dayanımı
$E_{F,E}$	: Önem faktörü ile çarpılmış deprem yüküne bağlı olan yük etkisi
$\alpha$	: Dikkate alınan $E_F$ tesiri altında yapının en büyük tesir alan enerji yutucu bölge ya da $i$ elemanının ( $R_{di}/S_{di}$ ) oranı

$R_d$	: Enerji yutucu bölge ya da i elemanının dizayn dayanımı
$S_{di}$	: Deprem yüküne göre hesapta, bölge ya da i elemanına tesir eden yük etkisinin dizayn değeri
$N_{sd}, M_{sd}$	: Yapısal analizden elde edilen dizayn hareket etkileri
$V_{Pl,Rd}$	: Dizayn dayanımı
$V_{G,Sd}$	: Sismik olmayan hareketlerden dolayı oluşan kesme kuvveti
$V_{M,Sd}$	: Kirişin A ve B uçlarındaki $M_{Rd,A}$ ve $M_{Rd,B}$ momentlerinin ters işaretli olarak uygulanmasından dolayı oluşan kesme kuvveti
$V_{WP,Sd}$	: Gövde panelinde hareket etkilerinin dolayı oluşan tasarım kesme kuvveti
$V_{G,Rd}$	: Eurocode 3'e göre hesaplanan gövde paneli kesme dayanımı
$N_{Sd,G}$	: Sismik dizayn yük kombinasyonunda sismik olmayan hareketlerden dolayı kolonlarda veya çaprazlarda oluşan basınç kuvveti
$N_{Sd,E}$	: Önem faktörü çarpanı ile çarpılmış dizayn deprem yüküne bağlı olarak kolonda veya çaprazda meydana gelen basınç kuvveti
$V_{Pl,Rdi}$	: i kirişinin plastik bölgesinin dizayn kesme kuvveti
$V_{s,di}$	: Sismik yük durumunda i kirişin plastik bölgesinin tasarım kesme kuvveti
$M_{Pl,Rdi}$	: i kirişinin plastik bölgesinin dizayn eğilme kuvveti
$M_{sdi}$	: Sismik yük durumunda i kirişinin plastik bölgesinin tasarım eğilme momenti
E	: Deprem yükü simgesi
G	: Sabit yük simgesi
$M_{Pa}$	: Kolonun alt ucunda hesaplanan plastikleşme momenti
$M_{Pi}$	: Kirişin sol ucu i 'de hesaplanan pozitif veya negatif plastikleşme momenti
$M_{Pj}$	: Kirişin sağ ucu j 'de hesaplanan pozitif veya negatif plastikleşme momenti



$M_{Pü}$	: Kolonun üst ucunda hesaplanan plastikleşme momenti
$Q$	: Hareketli yük simgesi
$\sigma_{cr}$	: Düzlem burulma faktörü
$N_{t.Rd}$	: Kesitin tasarım çekme dayanımı
$N_{c.Rd}$	: Kesitin tasarım çekme dayanımı
$\sigma_{x.Ed}$	: Moment ve eksenel kuvvetin bir noktaya birlikte etkimesi halinde boyuna gerilmelerin tasarım değeri
$\sigma_{z.Ed}$	: Enine kuvvetin aynı noktaya etkimesi halinde gerilmenin tasarım değeri
$W_{com}$	: En dış basınç lifi için elastik bölge modülü
$N_{tsd}$	: Eksenel çekme tasarım değeri
$k_t$	: Kesme için burkulma faktörü
$V_{bb.Rd}$	: Kesme burkulma dayanımı
$\phi$	: Çekme alanı eğimi
$T_{bb}$	: Başlangıç kesme burkulma kuvveti
$M_{Nf.Rk}$	: Başlığın azaltılmış plastik moment dayanımı
$\sigma_{bem}$	: Yalnız basınç kuvveti tesir etmesi durumunda burkulma emniyet geril

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1.	Elastik tepki spektrumu.....	6
Şekil 3.1.	Düşeyde yapısal düzensizlik kuralları .....	17
Şekil 3.2.	Dış merkez deprem yükü .....	24
Şekil 5.1.	Yapı tiplerine göre davranış faktörleri değerleri.....	38
Şekil 5.2.	Yapı tiplerine göre davranış faktörleri değerleri.....	39
Şekil 5.3.	Gövde paneli .....	44
Şekil 6.1.	Çekmeye çalışan çapraz elemanlar .....	46
Şekil 8.1.	Sehim değişimi.....	52
Şekil 8.2.	Maksimum genişlik – kalınlık oranları .....	57
Şekil 8.3.	Yırtılma çizgisi.....	60
Şekil 8.4.	Basınca çalışan iç elemanlar .....	61
Şekil 8.5.	Basınca çalışan dış elemanlar .....	62
Şekil 8.6.	Burkulma gerilmesi grafiği .....	74
Şekil 8.7.	$\beta$ değerleri .....	82
Şekil 8.8.	Gövde paneli .....	84
Şekil 8.9.	Gövde bitiş paneli .....	86
Şekil 8.10.	Etkileşim grafiği.....	87
Şekil 8.11.	Etkileşim grafiği.....	88
Şekil 9.1.1.	Matematik model tip kat planı .....	89
Şekil 9.1.2.	Moment çerçeve 3 boyutlu analiz modeli.....	90
Şekil 9.1.3.	Dizayn Spektrumu X yönü – Eurocode 8 .....	92
Şekil 9.1.4.	Dizayn Spektrumu Y yönü – Eurocode 8 .....	93
Şekil 9.1.5.	Dizayn Spektrumu Z yönü – Eurocode 8.....	93
Şekil 9.1.6.	Mode 1 .....	95
Şekil 9.1.7.	Mode 2 .....	95
Şekil 9.1.8.	Mode 3 .....	96
Şekil 9.1.8.	Mode 4 .....	96

Şekil 9.1.9. Mode 5 .....	97
Şekil 9.1.10. Mode 6 .....	97
Şekil 9.1.11. Mode 7 .....	98
Şekil 9.1.12. Mode 8 .....	98
Şekil 9.1.13. Mode 9 .....	99
Şekil 9.1.14. Mode 10 .....	99
Şekil 9.1.15. Deprem X deplasmanı.....	100
Şekil 9.1.16. Deprem Y deplasmanı.....	100
Şekil 9.2.1. Merkezi ters V 3 boyutlu analiz modeli.....	101
Şekil 9.2.2. Dizayn Spektrumu X yönü – Eurocode 8 .....	103
Şekil 9.2.3. Dizayn Spektrumu Y yönü – Eurocode 8 .....	104
Şekil 9.2.4. Dizayn Spektrumu Z yönü – Eurocode 8.....	104
Şekil 9.2.5. Mode 1 .....	106
Şekil 9.2.6. Mode 2 .....	107
Şekil 9.2.7. Mode 3 .....	107
Şekil 9.2.8. Mode 4 .....	108
Şekil 9.2.9. Mode 5 .....	108
Şekil 9.2.10. Mode 6 .....	109
Şekil 9.2.11. Mode 7 .....	109
Şekil 9.2.12. Mode 8 .....	110
Şekil 9.2.13. Mode 9 .....	110
Şekil 9.2.14. Mode 10 .....	111
Şekil 9.2.15. Deprem X deplasmanı.....	111
Şekil 9.2.15. Deprem X deplasmanı.....	112
Şekil 9.3.1. Dış merkez V 3 boyutlu analiz modeli .....	112
Şekil 9.3.2. Dizayn Spektrumu X yönü – Eurocode 8 .....	114
Şekil 9.3.3. Dizayn Spektrumu Y yönü – Eurocode 8 .....	115
Şekil 9.3.4. Dizayn Spektrumu Z yönü – Eurocode 8.....	115
Şekil 9.3.5. Mode 1 .....	117
Şekil 9.3.6. Mode 2 .....	117
Şekil 9.3.7. Mode 3 .....	118
Şekil 9.3.8. Mode 4 .....	118
Şekil 9.3.9. Mode 5 .....	119

Şekil 9.3.10.	Mode 6 .....	119
Şekil 9.3.11.	Mode 7 .....	120
Şekil 9.3.12.	Mode 8 .....	120
Şekil 9.3.13.	Mode 9 .....	121
Şekil 9.3.14.	Mode 10 .....	121
Şekil 9.3.15.	Deprem X deplasmanı.....	122
Şekil 9.3.16.	Deprem Y deplasmanı.....	122
Şekil 9.4.1.	Merkezi X çapraz 3 boyutlu analiz modeli.....	123
Şekil 9.4.2.	Dizayn Spektrumu X yönü – Eurocode 8 .....	125
Şekil 9.4.3.	Dizayn Spektrumu Y yönü – Eurocode 8 .....	126
Şekil 9.4.4.	Dizayn Spektrumu Z yönü – Eurocode 8.....	126
Şekil 9.4.5.	Mode 1 .....	128
Şekil 9.4.6.	Mode 2 .....	128
Şekil 9.4.7.	Mode 3 .....	129
Şekil 9.4.8.	Mode 4 .....	129
Şekil 9.4.9.	Mode 5 .....	130
Şekil 9.4.10.	Mode 6 .....	130
Şekil 9.4.11.	Mode 7 .....	131
Şekil 9.4.12.	Mode 8 .....	131
Şekil 9.4.13.	Mode 9 .....	132
Şekil 9.4.14.	Mode 10 .....	132
Şekil 9.4.15.	Deprem X deplasmanı.....	133
Şekil 9.4.16.	Deprem Y deplasmanı.....	133
Şekil 9.5.1.	Dış merkez ters V 3 boyutlu analiz modeli.....	134
Şekil 9.5.2.	Dizayn Spektrumu X yönü – Eurocode 8 .....	136
Şekil 9.5.3.	Dizayn Spektrumu Y yönü – Eurocode 8 .....	137
Şekil 9.5.4.	Dizayn Spektrumu Z yönü – Eurocode 8.....	137
Şekil 9.5.5.	Mode 1 .....	139
Şekil 9.5.6.	Mode 2 .....	139
Şekil 9.5.7.	Mode 3 .....	140
Şekil 9.5.8.	Mode 4 .....	140
Şekil 9.5.9.	Mode 5 .....	141
Şekil 9.5.10.	Mode 6 .....	141

Şekil 9.5.11.	Mode 7 .....	142
Şekil 9.5.12.	Mode 8 .....	142
Şekil 9.5.13.	Mode 9 .....	143
Şekil 9.5.14.	Mode 10 .....	143
Şekil 9.5.15.	Deprem X deplasmanı.....	144
Şekil 9.5.16.	Deprem Y deplasmanı.....	144
Şekil 9.8.1.	Kompozit döşeme detayı.....	152
Şekil 9.8.2.	Kompozit döşeme yan görünüşü.....	153
Şekil 9.8.3.	Kompozit döşeme plan görünüşü.....	153
Şekil 9.8.4.	Kompozit döşeme kesit görünüşü.....	153

## TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1.	Zemin parametreleri.....	7
Tablo 2.2.	$k_{d1}$ , $k_{d2}$ değerleri.....	10
Tablo 2.3.	Bina önem faktörü .....	10
Tablo 2.4.	$\gamma_{1,\alpha}$ ve $T_s$ değerleri .....	11
Tablo 3.1.	Yapısal düzgünlük durumu .....	15
Tablo 4.1.	Yapısal olmayan elemanların davranış faktörleri .....	29
Tablo 4.2.	Azaltma faktörü değerleri .....	32
Tablo 5.1.	Davranış faktörüne bağlı gerekli enkesit sınıfı .....	41
Tablo 8.1.	Yapı çelikleri için nominal akma ve kopma değerleri.....	51
Tablo 8.2.	Sehim limit değeri.....	53
Tablo 8.3.	Kusur faktörü değeri .....	73
Tablo 8.4.	$\chi$ azaltma faktörleri .....	75
Tablo 9.1.1.	Moment çerçeve modeli analiz parametreleri.....	91
Tablo 9.1.2.	Eurocode Parametreleri.....	92
Tablo 9.1.3.	Spektrum değerleri.....	93
Tablo 9.1.4.	Periyot seçimi .....	94
Tablo 9.1.5.	Eigen değerleri .....	94
Tablo 9.2.1.	Merkezi ters v modeli analiz parametreleri .....	102
Tablo 9.2.2.	Eurocode Parametreleri.....	103
Tablo 9.2.3.	Spektrum değerleri.....	105
Tablo 9.2.4.	Periyot seçimi .....	105
Tablo 9.2.5.	Eigen değerleri .....	105
Tablo 9.3.1.	Dış merkez v modeli analiz parametreleri .....	113
Tablo 9.3.2.	Eurocode parametreleri.....	114
Tablo 9.3.3.	Spektrum değerleri.....	115
Tablo 9.3.4.	Periyot seçimi .....	116
Tablo 9.3.5.	Eigen değerleri .....	116
Tablo 9.4.2.	Eurocode parametreleri.....	125

Tablo 9.4.3.	Spektrum değerleri.....	126
Tablo 9.4.4.	Periyot seçimi .....	127
Tablo 9.4.5.	Eigen değerleri.....	127
Tablo 9.5.1.	Dış merkez ters v modeli analiz parametreleri .....	135
Tablo 9.5.2.	Eurocode parametreleri .....	136
Tablo 9.5.3.	Spektrum değerleri.....	137
Tablo 9.5.4.	Periyot seçimi .....	138
Tablo 9.5.5.	Eigen değerleri.....	138
Tablo 9.6.1.	İstavroz HEA 400 kolon en kesit özellikleri.....	145
Tablo 9.6.2.	HEA 300 kiriş en kesit özellikleri.....	145
Tablo 9.6.3.	HEA 220 kat ızgaraları en kesit özellikleri.....	146
Tablo 9.6.4.	HEA 160 apraz en kesit özellikleri .....	146
Tablo 9.8.1.	Hesap yöntem tablosu .....	148
Tablo 9.8.2.	Duğum noktaları tablosu.....	149
Tablo 9.8.3.	Malzeme özellikleri tablosu.....	150
Tablo 9.8.4.	Kesit özellikleri tablosu .....	150
Tablo 9.8.5.	Mesnet tanımları tablosu.....	150
Tablo 9.8.6.	Yük tanımları tablosu.....	151
Tablo 9.8.7.	LC1 Yük tanımları tablosu .....	151
Tablo 9.8.8.	LC2 Yük tanımları tablosu .....	151
Tablo 9.8.9.	LC3 Yük tanımları tablosu .....	151
Tablo 9.8.10.	LC4 Yük tanımları tablosu .....	152
Tablo 9.8.11.	Kompozit döşeme hesap tablosu.....	154
Tablo 9.8.12.	Mesnet bilgi tablosu.....	154
Tablo 9.8.13.	Malzeme bilgi tablosu.....	154
Tablo 9.8.14.	Beton donatı tablosu .....	155
Tablo 9.8.14.	Stud tablosu.....	155
Tablo 9.8.15.	Efektif genişlik tablosu .....	156
Tablo 9.8.16.	z ağırlık tablosu.....	156
Tablo 9.8.17.	Sabit yük tablosu.....	156
Tablo 9.8.18.	İnşaat safhası öz ağırlık tablosu .....	156
Tablo 9.8.19.	Hesap parametreleri tablosu.....	157
Tablo 9.8.20.	Kesit özellikleri tablosu .....	157

Tablo 9.8.21.	İnşaat safhası yük durumu tablosu.....	158
Tablo 9.8.22.	Limit dizayn durumu tablosu .....	159
Tablo 9.8.23.	Stud hesap çıktı tablosu .....	160
Tablo 9.8.24.	Boyuna kesme hali tablosu .....	162
Tablo 9.8.25.	Servis limit hali tablosu .....	164
Tablo 9.8.26.	Boyuna burkulma kontrolü tablosu.....	165
Tablo 9.8.27.	Tepki kuvvetleri tablosu .....	165
Tablo 9.9.1.	Eurocode yük kombinasyonları tablosu.....	166
Tablo 9.9.2.	Tasarım yükleri tablosu .....	167
Tablo 9.9.3.	Kar yükü ve rüzgar yükü tablosu .....	167
Tablo 9.9.4.	Karşılaştırma tablosu .....	168



## ÖZET

% 95'i deprem bölgesinde bulunan ülkemizin, % 90 nüfusu bu bölgede bulunmaktadır. Ayrıca sanayimizin % 95'i de bölgede olduğu dikkate alınırsa önemli bir deprem riski ile karşı karşıya bulunmaktayız.

Ülkemizin Avrupa Birliği Ülkesi olma aşamasındaki uyum paketleri çerçevesinde İnşaat Mühendisliği dalında da yönetmeliklerimizin bu doğrultuda olması için büyük gayret göstermektedir.

Bu bakımdan örnek olarak çok katlı bir ofis binası ele alınmış ve bu binanın merkezi çaprazlı ve dışmerkez çaprazlı olması halinde süneklik davranışları hesaplanmış ve birbirleriyle karşılaştırılarak uygun sistem araştırması yapılmıştır.

# **THE COMPARISON OF DUCTILITY LEVELS OF CONCENTRIC AND ECCENTRIC BRACED MULTI STOREY STEEL BUILDINGS DUE TO THE NON-LINEAR BEHAVIOR**

## **SUMMARY**

%90 of population is located at the region of %95 of our country. We are faced with an earthquake risk due to %95 of our industry is also located at this region. By the way of integration in Europe Union, our country is also giving a great effort for the civil engineering codes. As a reason of this, 10 storey commercial building has been taken as a sample model, ductility behaviours are measured within concentric and eccentric braced ones. Each models are compared in order to find the most proper structural system.

# BÖLÜM 1. GİRİŞ

## 1.1. Giriş ve Çalışmanın Amacı

Ülkemizin % 95'i deprem bölgesi içerisinde bulunmaktadır. Bunun yanında ülke nüfusunun % 90'ı bu bölgelerde ikamet etmektedir. Diğer taraftan sanayimizin hemen hemen tamamı 1. ve 2. derece deprem bölgelerinde bulunmaktadır. Özellikle Kuzey Anadolu Fay Hattı, Doğu Anadolu Fay Hattı ve Ege Bölgesinde meydana gelen 1. derece depremlerde, birçok can ve mal kaybına neden olmuşlardır. Son zamanlarda meydana gelen Erzincan, Adana-Ceyhan, Afyon-Dinar ve özellikle 1999 Marmara bölgesinde meydana gelen depremde çok sayıda vatandaşımızı kaybetmemizin yanında mal kaybı ve sanayi tesislerimizin ağır hasarlı olmasına neden olmuştur.

ABD, AB ülkeleri ve Japonya gibi ekonomik bakımdan güçlü olan bu ülkelerde yüksek yapıların çelikten yapılmasına karşın, ülkemizde halen çelik yüksek yapılar istenilen düzeye gelmemiştir. Marmara depreminden önce geleneksel çelik yapı kullanımı, Endüstri yapıları, Büyük açıklıklı spor tesisleri, konferans-kongre salonları ve köprü gibi yapılarda kullanılmıştır. Depremden sonra ise çeliğin sünek davranışı göstermesi ve deprem kuvveti altında enerji yutma kapasitesine sahip oluşu nedeni ile çok katlı yapı yapma ihtiyacı doğurmuştur. Özellikle İstanbul-Levent' deki 14 katlı otopark, Bursa'da 18 katlı çelik ofis binası, İstanbul-Maslak' ta 72 katlı çok katlı karma-çelik yapı ve Kocaeli-İzmit' te 41 katlı çok katlı ofis binaları gibi yapıların gelecekte yüksek yapıların çelik malzemesinden yapılacağı ümidimizi arttırmıştır.

Ülkemizin Avrupa Birliği Ülkesi olma aşamasındaki uyum paketleri çerçevesinde İnşaat Mühendisliği Dalında da yönetmeliklerimizin bu doğrultuda olması için büyük gayretler gösterilmektedir. Bunun için özellikle yapı malzemesi, rüzgar etkileri, kar

yükleri gibi bir çok yönetmelik, Eurocode Yönetmeliği benimsenerek kabul edilmiştir. Çok kısa bir zamanda ( 2 veya 3 yıl içinde ) Eurocode Yönetmeliğinin tamamı tercüme edilerek yeni yönetmeliğimiz olarak yürürlüğe gireceği kanaatindeyim.

Bu düşünce ile tez konumu Eurocode Yönetmeliğini dikkate alarak yönetmelik hakkında kısa açıklamalardan sonra çok katlı bir ofis binasının merkezi çaprazlı ve dış merkez çaprazlı olması halinde sünek davranışlarını belirleyerek, karşılaştırmalarını yapmak ve uygun sistem araştırmasını ortaya koymaktır.

## **BÖLÜM 2. EUROCODE 8'in TEMEL İLKELERİ VE UYULACAK KURALLAR**

Deprem bölgelerinde yapılacak binalar aşağıda belirtilen kurallara uygun olacak şekilde tasarlanmalı ve uygulanmalıdır.

### **2.1. Göçmeye Karşı Dayanım İlkesi**

Deprem bölgelerinde yapılacak binalar genel ve yerel göçmeye karşı dayanabilecek şekilde tasarlanacaktır. Buna göre binanın depremden sonra bütünlüğü sağlanmış ve yük taşıma kapasitesi devam etmektedir.

### **2.2. Hasar Sınırlandırılması İlkesi**

Bina tasarım deprem yükünden daha fazla olacak deprem yüküne dayanacak şekilde tasarlanacak ve uygulanacaktır.

Bu ilkeler doğrultusunda bina güvenlik hedefleri yapı çeşitlerine göre belirlenir. Burada yapıların önem kategorilerine göre değişik güvenlik dereceleri belirlenmiştir. Her bir önem derecesine karşı gelen  $\gamma$  önem faktörü kullanılır.

### **2.3. Taşıma Sınır Durumu**

Yapının göçmesi durumu veya insanların güvenliğini tehlikeye sokacak değişik tiplerdeki yapısal hasarlarla ilgili durumdur. Burada yapısal sistem, belirtilen dayanım ve süneklik koşullarına sahip olmalıdır. Dikkate alınan yapının dayanımı ve sünekliği, lineer olmayan davranışa bağlı olarak değişir. Yapının dayanımı ve süneklik düzeyi arasındaki ilişki  $q$  davranış faktörü olarak karakterize edilmiştir. Enerji yutucu olmayan yapı sistemlerinde histerik çevrimler sonucu, enerji

sönümlemenin olmadığı yapılarda davranış faktörü  $q = 1$  alınır. Enerji yutucu yapılarda davranış faktör  $q > 1$  alınır. Burada yapının tamamı deprem hareketine göre kayma ve devrilmeye karşı güvenli olmalıdır ve zemin-yapı etkileşiminin deprem etkisini karşılayacak şekilde dayanımı yeterli olmalıdır.

#### **2.4. Eurocode 8 Yönetmeliğine Göre Zemin Koşulları**

Yapının yapılacağı sahada genel olarak zemin grubunun belirlenmesi amacı ile uygun araştırmalar yapılmalıdır. Depremden dolayı inşaa sahasında temel zemininde zemin kırılması, şev instabilitesi ve sıvılaşma veya yoğunlaşmadan dolayı oluşabilecek zemin oturması gibi riskler meydana gelmemelidir. Deprem riski düşük bölgelerdeki önem katsayısı düşük yapılar için ( $\gamma_1 = 1$ ) zemin araştırması yapmaya gerek yoktur. Buna göre ve bazı kesin sonuçlar dikkate alınarak deprem hesabında B sınıfı zemin olarak kabul edilir.

Zemin Sınıfları Şu Şekilde Belirlenmiştir :

Yerel zemin koşullarının deprem hareketi üzerine etkisi dikkate alınarak üç çeşit zemin sınıfı tarif edilmiştir:

A sınıfı zemin :

Kesme dalga hızı 800 m/sn olan kaya veya diğer jeolojik oluşumlar. Yüzeyinden itibaren en çok 5 m zayıf zemin tabakası mevcut olabilir. Çok kalın rijit birikinti, kum, çakıl veya konsolide olmuş kil tabakaları olan zemin türüdür. Mekanik özellikleri derinlikle orantılı artar ve kesme dalga hızı en az 400m/sn ' dir.

B sınıfı zemin :

Kalınlığı onlarca metreden, yüzlerce metreye kadar değişiklik gösteren orta sıklıkta kum, çakıl veya orta rijitlikte kilden oluşan zemin sınıfıdır. 10 m de kesme hızı 200 m/sn, 50 m de en az 350 m/sn ' dir.

C sınıfı zemin :

Yumuşak kohezyonlu tabakalardan oluşan veya oluşmayan gevşek kohezyonsuz kum birikintili zemin sınıfıdır. Kesme hızı 70 m'ye kadar 200 m/sn 'nin altındadır. Yumuşak orta rijitlikteki kohezyonlu kum birikintisinin hakim olduğu zemin sınıfıdır.

## 2.5. Eurocode 8 Yönetmeliğine Göre Deprem Hesabı

Tüm Avrupa ülkeleri meydana gelecek hasarlara göre ulusal komiteler tarafından bölgeleri çeşitli deprem bölgelerine bölünmüştür. Burada her deprem bölgesindeki hasar sabit kabul edilmiştir.

Eurocode 8 uygulamalarının çoğunluğunda hasar  $a_g$  parametresine göre tanımlanır.  $a_g$  etkin maksimum yer ivmesidir ve tasarım yer ivmesi olarak adlandırılmıştır. Tasarım yer ivmesi ulusal komiteler tarafından her deprem bölgesi için 475 yıllık dönüş periyodu olan bir deprem seçilerek bulunur. Burada yapı önem katsayısı  $\gamma_1 = 1$  olarak seçilmiştir.

Tasarım yer ivmesi  $a_g$  nin  $0,1.g$  'den küçük olduğu bölgeler düşük sismik etkisi olan deprem bölgeleri olarak kabul edilmiştir. Burada bazı yapı tipleri ve kategorileri için basitleştirilmiş veya azaltılmış tasarım yöntemleri uygulanabilir. Tasarım yer ivmesinin  $0,04.g$  'den daha düşük olan bölgelerde Eurocode 8 şartlarına uyma zorunluluğu yoktur.

Dikkate alınan bir noktadaki deprem hareketi genellikle elastik zemin ivme tepki spektrumu ile ifade edilir. Buna elastik tepki spektrumu denir. Burada yatay deprem hareketi aynı tepki spektrumu içinde gösterilebilen birbirinden bağımsız ve ortogonal iki bileşeni vardır. Şayet özel çalışmalar yapılarak deprem hareketinin düşey bileşeni gösterilmemiş ise düşey bileşen ordinatlarda aşağıda gösterildiği gibi azaltmalar yapılarak tepki spektrumunda yatay deprem hareketi olarak ifade edilir:

a) T, titreşim periyodu  $0,15 \text{ sn}$  'den küçük ise ordinat  $0,70$  ile çarpılır.

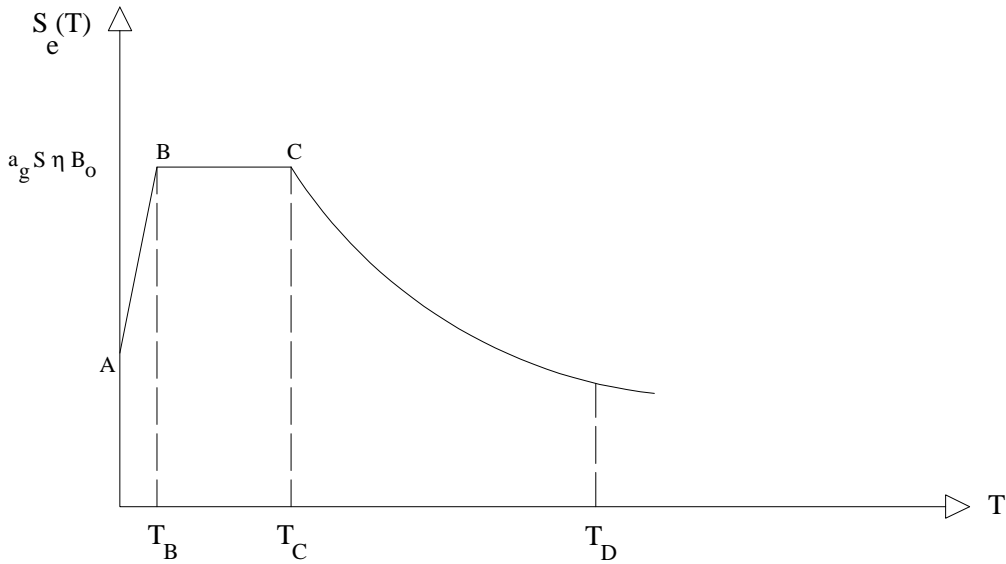
- b) T, titreşim periyodu 0,50 sn' den büyük ise ordinat 0,50 ile çarpılır.  
a) T, titreşim periyodu 0,50 sn ile 0,15 sn arasında bulunuyorsa ordinat lineer enterpolasyon ile bulunur.

Özel durumlarda arazideki deprem hasarını uygun bir biçimde tanımlayacak birden fazla spektruma ihtiyaç duyulabilir. Bu durumda değişik  $a_g$  tasarım yer ivmesi ve tepki spektrumu alınır. Şiddetli deprem bölgelerinde önemli yapılar için arazinin topografik yapısından dolayı meydana gelebilecek tesirlerde dikkate alınmalıdır.

Deprem hareketinin gösterimi için güç spektrumu veya zaman-tarih yöntemi de kullanılabilir.

### 2.5.1. Elastik tepki spektrumu

Eurocode 8 yönetmeliğine göre elastik tepki spektrumu hesabında aşağıda açıklanan kurallar geçerlidir. Aşağıdaki şekilde gösterilen tepki spektrumu için kullanılan deprem periyodunun elde edilmesinde aşağıdaki ifadelerden yararlanılır.



Şekil 2.1. Elastik Tepki Spektrumu



$$0 \leq T \leq T_B \quad : \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \left[ 1 + \left( \frac{T}{T_B} \right) \cdot (\eta \cdot B_0 - 1) \right] \quad 2.1$$

$$T_B \leq T \leq T_C \quad : \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot B_0 \quad 2.2$$

$$T_C \leq T \leq T_D \quad : \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot B_0 \cdot \left[ \frac{T_C}{T} \right]^{k_1} \quad 2.3$$

$$T_D \leq T \quad : \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot B_0 \cdot \left[ \frac{T_C}{T_D} \right]^{k_1} \cdot \left[ \frac{T_D}{T} \right]^{k_2} \quad 2.4$$

$S_e(T)$  : Elastik Tepki Spektrumu Ordinatu

$T$  : Tek Serbestlik Dereceli Lineer Sistemin Titreşim Periyodu

$a_g$  : Kullanılan Deprem Periyodu İçin Tasarım Zemin İvmesi

$B_0$  : % 5 Sönüm İçin Spektral İvme Artım Faktörü

$T_B, T_C$  : Elastik Tepki Spektrumu Platosu Sınırları

$T_D$  : Spektrumda Lineer Değişimin Başladığı Değer

$K_1, K_2$  : Titreşim Periyodunun  $T_1, T_2$  'den Büyük Olması Halinde Spektrum Şeklinin Etkisi

$S$  : Zemin Parametresi

$\eta$  : Sönüm Düzenleme Faktörü (%5 sönüm için  $\eta = 1$  alınır.)

Aşağıdaki tabloda A,B,C zemin sınıfları için  $B_0, T_B, T_C, k_1, k_2, S$  parametrelerinin değerleri verilmiştir.

Tablo 2.1. Zemin Parametreleri

Zemin Sınıfı	S	$B_0$	$k_1$	$k_2$	$T_B$	$T_C$	$T_D$
A	1,0	2,5	1,0	2	0,10	0,40	3,0
B	1,0	2,5	1,0	2	0,15	0,60	3,0
C	0,9	2,5	1,0	2	0,20	0,80	3,0

Tablodaki bu değerler tepki spektrumunun ordinatının tüm periyot değerlerini aşması ihtimali % 50 olacak şekilde dikkate alınmıştır. Özel bir çalışma yapılmaması halinde 5 – 20 m. Alüvyon katmanı ile kaplanmış olan A sınıfı zemin grubu için, zemin parametresi olarak 1,4 alınarak B sınıfı zemin gibi hesaplanması uygun

olabilir. Her üç zemin sınıfına uymayan zeminlerde spektrumun tanımlanması için özel bir çalışma yapılması önerilmektedir. Yüksek plastisite indisine sahip olan ve fazla su içeren en az 10 m kalınlığındaki yumuşak kil veya silt katmanları içeren C sınıfı zeminlere daha titiz bakılmalıdır. Bu tür zemin sınıfları düşük kesme dalga hızına, düşük iç sönüme ve anormal boyutta değişen lineer davranışa sahip olduğu bilinmektedir. Bundan dolayı burada deprem kuvveti artımı ve yapı ile zemin etkileşimi meydana gelir. Bundan dolayı bu tip zeminler için daha titizlik gösterilerek özel çalışmaların yapılması önerilmektedir.

Sönüm düzenleme faktörü aşağıda ifade edildiği gibi tanımlanmıştır ;

$$\eta = \sqrt{\frac{7}{2 + \delta}} \geq 0,7 \quad 2.5$$

Burada

$\delta$  : yapının viskoz sönüm yüzde oranıdır. Özel çalışmalarda viskoz sönüm oranı % 5 den farklı alınabilir.

Eurocode 8 yönetmeliğine göre şayet özel bir çalışma yapılarak maksimum zemin yer değiştirmesi  $d_g$  değeri verilmemiş ise yaklaşık olarak  $d_g$  değeri için aşağıda verilen ifade kullanılabilir ;

$$d_g = [ 0,05 ] \cdot a_g \cdot S \cdot T_C \cdot T_D \quad 2.6$$

### 2.5.2. Tasarım spektrumu

Eurocode 8 yönetmeliğine göre tasarım spektrumu için aşağıda belirtilen kurallar geçerlidir.

Deprem etkilerine karşı yapı sistemlerinin doğrusal olmayan bölgedeki kapasitesi, doğrusal davranışa göre daha düşük tasarım kuvvetlerine imkan sağlar. Tasarım hesabı yaparken lineer olmayan yapısal analiz kullanmak yerine, lineer hesapta elemanların veya çeşitli mekanizmaların sünek davranışından dolayı enerji yutma

kapasitesi dikkate alınır. Doğrusal hesapta tepki spektrumu elastik tepki spektrumuna göre azaltılır. Buna tasarım spektrumu denir. Bu küçültme işlemi  $q$  davranış faktörü dikkate alınarak yapılır. Burada  $k_{d1}$  ve  $k_{d2}$  üstleri kullanılır. Burada  $q$  davranış faktörü, yapının % 5 viskoz sönüm ile tamamen elastik tepki verdiği durumda, yaklaşık olarak deprem kuvvetlerinin, genel modellerle yapının yeterli derecedeki tepkisinden emin olunan tasarımda kullanılan minimum deprem kuvvetlerine oranıdır. Burada  $q$  davranış faktörünün çeşitli süneklik düzeyine göre verilen çeşitli malzemeler ve yapı sistemleri için % 5 viskoz sönüm haricindeki değerleri dikkate alınarak hesaplanabilir.

Yerçekim ivmesi  $g$  ile normalize edilmiş  $S_d(T)$  tasarım spektrum değerleri aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır ;

$$0 \leq T \leq T_B \quad : \quad S_d(T) = \alpha \cdot S \cdot \left[ 1 + \frac{T}{T_B} \left( \frac{B_0}{\rho} \right) - 1 \right] \quad 2.7$$

$$T_B \leq T \leq T_C \quad : \quad S_d(T) = \alpha \cdot S \cdot \left( \frac{B_0}{\rho} \right) \quad 2.8$$

$$T_C \leq T \leq T_D \quad : \quad S_d(T) = \alpha \cdot S \cdot \frac{B_0}{T} \left[ \frac{T_C}{T} \right]^{k_{d1}}$$

$$S_d(T) \geq [0,20] \alpha \quad 2.9$$

$$T_D \leq T \quad : \quad S_d(T) = \alpha \cdot S \cdot \frac{B_0}{T} \left[ \frac{T_C}{T} \right]^{k_{d1}} \left[ \frac{T_D}{T} \right]^{k_{d2}}$$

$$S_d(T) \geq [0,20] \alpha \quad 2.10$$

$S_d(T)$  :  $g$  ile normalize edilmiş tasarım spektrumun ordinatı

$\alpha$  : tasarım zemin ivmesi  $a_g$  ile yerçekimi ivmesi  $g$  arasındaki oran

$q$  : davranış faktörü

$k_{d1}$  ,  $k_{d2}$  : titreşim periyodunun  $T_C$  ,  $T_D$  değerlerinden büyük olması durumunda dikkate alınan tasarım spektrumunun şekil etkisi

Zemin sınıflarına göre  $k_{d1}$  ,  $k_{d2}$  değerleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 2.2.  $k_{d1}$ ,  $k_{d2}$  değerleri

Zemin Sınıfı	$k_{d1}$	$k_{d2}$
A	2/3	5/3
B	2/3	5/3
C	2/3	5/3

Eurocode 8 yönetmeliğine göre bina önem faktörü için, geri dönüşüm periyodu 475 yıl olan deprem dikkate alınarak aşağıdaki tabloda verildiği gibi dikkate alınmıştır.

Tablo 2.3. bina önem faktörü

Önem kategorisi	YAPILAR	Önem faktörü ( $\gamma_1$ )
I	Depremde yapısal bütünlüğü hayati öneme sahip yapılar: Hastaneler, itfaiye, nükleer santraller	1,4
II	Depremde ortaya çıkacak sonuçlar itibariyle önemli olan yapılar : okul , toplantı salonları vs.	1,2
III	Normal sıradan binalar	1
IV	Toplum güvenliği için az öneme sahip yapılar	0,8

### 2.5.3. Güç Spektrumu tanımlaması

Eurocode 8 yönetmeliğine göre deprem hareketinde güç spektrumu tanımlaması aşağıda belirtildiği şekilde ifade edilmiştir :

Deprem hareketi, zemin yüzeyinin verilen bir noktasında, belirli bir zaman aralığında ivmelenmenin güç spektral yoğunluk fonksiyonu gibi bir fonksiyon ile tanımlanabilir. Güç spektrumu elastik tepki spektrumu ile uyumluluk göstermelidir.

Burada uyumluluk için, elastik tepki spektrumunun 0,2 sn – 0,3 sn arasında %  $\pm 10$  toleransa uygunluk gösteren güç spektrumu ile geliş güzel seçilmiş tek serbestlik

dereceli sistemin maksimum tepki dağılımlarından elde edilen kırılma değerinin % 50' sine ulaşması durumunda dikkate alınabilir. Deprem hareketi, keyfi  $x$ ,  $y$  ortogonal yatay eksenleri ve bunlara dik  $z$  düşey eksen boyunca aynı anda tesir eden üç bağımsız değer olarak düşünülmüştür.

#### 2.5.4. Zaman – tanım tanımlaması

Eurocode 8 yönetmeliğine göre zaman-tanım alanında hesap yöntemi aşağıda belirtildiği şekilde ifade edilmiştir.

Deprem hareketi, yer ivmesi zaman-tanım ve bununla ilgili büyüklüklerle ifade edilmiştir. Şayet uzaysal model gerekli ise sismik hareketin eş zamanlı olarak çalışan üç akselogram tarafından ivme kayıtlarının alınmış olması gerekir. Aynı akselogram yatay doğrultuda eş zamanlı olarak kullanılması mümkün değildir. Uygulamanın doğasına ve gerçek bilgilerin elde edilmesine bağlı olarak deprem hareketi yapay akselogramlar veya kaydediciler kullanılarak gerekli değerler alınabilir.

Yatay akselogramlar elastik tepki spektrumuna uyumlu olacak şekilde türetilmiştir. Akselogram zamanı  $a_g$  yer ivmesinden kaynaklanan diğer büyüklüklerle uyumlu olacak şekilde türetilmiştir. Akselogram zamanı  $a_g$  yer ivmesinden kaynaklanan diğer büyüklüklerle uyumlu olmasına dikkat etmelidir. Şayet özel bir veri yok ise deprem merkezindeki bölgelerde akselogramın sabit zamanı  $T_S$ ,  $\gamma_1$ ,  $\alpha$  değerleri için aşağıdaki tablo değerleri alınmalıdır :

Tablo 2.4.  $\gamma_1$ ,  $\alpha$  ve  $T_S$

$\gamma_1$ , $\alpha$	0,10	0,20	0,30	0,40
$T_S$ (sn)	10	15	20	25

Özel karakteristik konumundan dolayı tüm mesnet noktalarında aynı hareketi göstermeyen yapılar için deprem hareketi üç boyutlu olarak modellenmelidir. Bu durumda uzaysal model deprem hareketinin temel tanımını için kullanılan elastik spektruma uygun duruma getirilmelidir.

### 2.5.5. Yük kategorileri

Eurocode 1 part 1.2 yönetmeliğinde yükler aşağıda belirtildiği gibi çeşitli kategorilere ayrılmıştır.

a) A Kategorisine Göre : Evler veya barınmak için yapılmış binalar

Evler ve resident binalardaki odalar

Hastanelerdeki odalar veya bölümler

Yurt veya otellerdeki yatak odaları

Mutfaklar ve tuvaletler

b) B Kategorisine Göre : Ofis alanları

c) C Kategorisine Göre : İnsanların toplandığı alanlar ( A,B,D,E ‘ de tanımlanan yapılar haricindeki yapılar.)

C1 : Okullar, kafeler, restoranlar, okuma salonları, resepsiyonlar

C2 : Sandalyeleri sabitlenmiş alanlar : Kiliseler tiyatrolar, sinema salonları, toplantı ve konferans salonları vs..

C3 : İnsanların hareketini engelleyecek bir şeyin olmadığı yapılar : Müzeler, sergi salonları vs..

C4 : Fiziksel aktivitelerin olabileceği yapılar : Dans ve jimnastik salonları

C5 : Fazla kalabalığa hassas yapılar : Konser salonları, spor salonları , teraslar

d) D Kategorisine Göre : Alışveriş alanları

D1 : Parakende satışların yapıldığı alanlar

D2 : Depo, ambar, büyük alışveriş merkezlerinin olduğu yapılar

e) E Kategorisine Göre : Malların depo edileceği yapılar

## BÖLÜM 3. EUROCODE 8 YÖNETMELİĞİNE GÖRE GENEL KURALLAR

Bu kurallar şu şekilde açıklanmıştır;

$E_E$  : Sismik yer hareketi etkisi

$E_{Edx}$  ,  $E_{Edy}$  : Deprem hareketinin yatay bileşenlerinden kaynaklanan hareket etkilerinin tasarım değerleri

$E_{Edz}$  : Deprem hareketinin düşey bileşeninden kaynaklanan hareket etkisinin tasarım değerleri

$F$  : Yatay deprem kuvveti

$F_a$  : Yapısal olmayan elemanlara etkiyen yatay deprem kuvveti

$H$  : Yapı yüksekliği

$R_d$  : Tasarım direnci

$T_1$  : Yapının esas titreşim periyodu

$T_a$  : Yapısal olmayan elemanların temel titreşim periyodu

$W$  : Ağırlık

$W_a$  : Yapısal olmayan elemanların ağırlığı

$d$  : Yer değiştirme

$d_r$  : Kat arası tasarım ötelemesi

$e_1$  : Kat kütlelerinin nominal dış merkezi

$h$  : Kat yüksekliği

$q_a$  : Yapısal olmayan elemanların davranış faktörü

$q_d$  : Yer değiştirme davranış faktörü

Eurocode 8 yönetmeliğine göre sismik yer hareketi etkisi aşağıda açıklandığı şekilde verilmiştir ;

$E_E$  : Sismik yer hareketi etkisi

$E_{Edx}$  ,  $E_{Edy}$  : Deprem hareketinin yatay bileşenlerinden dolayı hareket etkilerinin tasarım değerleri

$E_{Edz}$  : Deprem hareketinin düşey bileşeninden dolayı hareket tesirlerinin tasarım değerleri

$F$  : Yatay deprem kuvveti

$F_a$  : Yapısal olmayan elemanlara tesir eden yatay deprem kuvveti

$H$  : Yapı yüksekliği

$R_d$  : Tasarım direnci

$T_1$  : Yapının esas titreşim periyodu

$T_a$  : Yapısal olmayan elemanların temel titreşim periyodu

$W$  : Ağırlık

$W_a$  : Yapısal olmayan elemanların ağırlığı

$d$  : Yer değiştirme

$d_r$  : Kat arası tasarım ötelemesi

$e_1$  : Kat kütlelerinin nominal dış merkezliği

$h$  : Kat yüksekliği

$q_a$  : Yapısal olmayan elemanların davranış faktörü

$q_d$  : Yer değiştirme davranış faktörü

$s$  : Yapının esas mod şeklindeki  $m$  kütlelerinin yer değiştirmesi

$z$  : Yapı kütlelerinin yüksekliği

$\gamma_a$  : Yapısal olmayan elemanların önem faktörü

$\theta$  : Kat arası öteleme hassasiyet katsayısı

### 3.1. Depreme Dayanıklı Yapılarda Karakteristik Değerler

Eurocode 8 yönetmeliğine göre depreme dayanıklı yapıların karakteristik değerleri şu şekilde açıklanmıştır ;

Yapının depremde hasar görmemesi için tasarımda çeşitli kavramlar dikkate alınmıştır. Bunlardan başlıcaları :

a) Yapısal basitlik

b) Düzgünlük ve simetri özelliğine sahip olma



- c) Benzeşme
- d) Çift yönlü dayanım ve rijitliğe sahip olma
- e) Burulma dayanımı ve rijitliğe sahip olma
- f) Kat seviyesinde diyafram davranış özelliğine sahip olma

### 3.2. Yapısal Düzgünlük Karakteristiği

Burada yapısal düzgünlük şu şekilde ifade edilmiştir ;

Depreme uygun tasarım yapmak için yapılar düzenli ve düzensiz olarak dikkate alınmalıdır. Buradaki ayırım deprem tasarımındaki çeşitli bakış açıları ile açıklanmıştır ;

- 1) Yapısal model basitleştirilmiş düzlemsel veya uzaysal olabilmektedir.
- 2) Analiz metodu basitleştirilmiş modal veya multi-modal tarzda olabilir
- 3) q davranış faktörünün değeri düşeydeki belirsizliğe göre azalabilmektedir.

### 3.3. Düzensizlik Karakteristiği

Burada tasarımda yapısal bakımdan düzensizliklerde planda ve düşey doğrultudaki düzensizlik karakterleri aşağıdaki tabloda belirtildiği gibi ayrı ayrı dikkate alınmalıdır.

Tablo 3.1. Yapısal Düzgünlük Durumu

Zemin Sınıfı		İzin Verilen Basitleştirilme		Davranış Faktörü
Planda	Düşey doğrultuda	Model	Analiz	
Evet	Evet	Düzlemsel	Basitleştirilmiş	Mevcut
Evet	Hayır	Düzlemsel	Multi-Modal	Azaltılmış
Hayır	Evet	Uzaysal	Multi-Modal	Mevcut
Hayır	Hayır	Uzaysal	Multi-Modal	Azaltılmış

### 3.4. Yapının Planda Düzensizlik Karakteristiği

Eurocode 8 yönetmeliğine göre planda düzensizlik kriterleri için aşağıda belirtilen kurallar önerilmiştir.

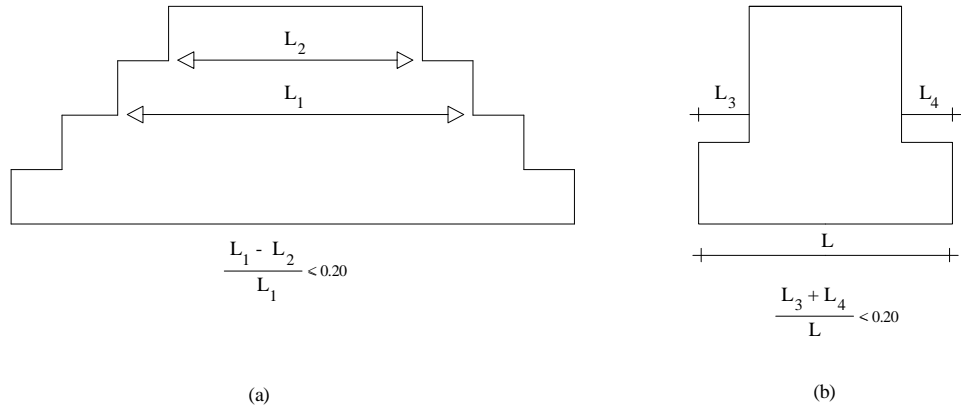
Bunun için binanın yapısı, kütle dağılımı ve yanal rijitlik bakımından binanın dik eksenlerine göre yaklaşık olarak simetrik olması sağlanmalıdır. Plan düzeni simetrik olacak şekilde tanzim edilmelidir. Binanın plandaki şekli H , I , X gibi bölünmüş şekillere benzememelidir. Binadaki girintilerin ve girişlerin bir doğrultudaki toplam uzunluğu , binanın o doğrultudaki uzunlukları toplamının % 25 ‘ ini geçmemelidir. Döşemelerin düzlem içindeki rijitlikleri, düşey doğrultudaki elemanların yanal rijitliklerine göre yeterli rijitliğe sahip olmalıdır. Bu suretle döşemedeki deformasyonun yatay yük dağılımına etkisi çok azalır. Deprem kuvvetinin dağılımında, herhangi bir kata uygulanan dış merkezliğin maksimum değer, ortalama kat ötelemesinin % 20 ‘ inden fazla olmayacak şekilde tasarlanmalıdır.

### 3.5. Düşey Doğrultuda Düzensizlik Karakteristiği

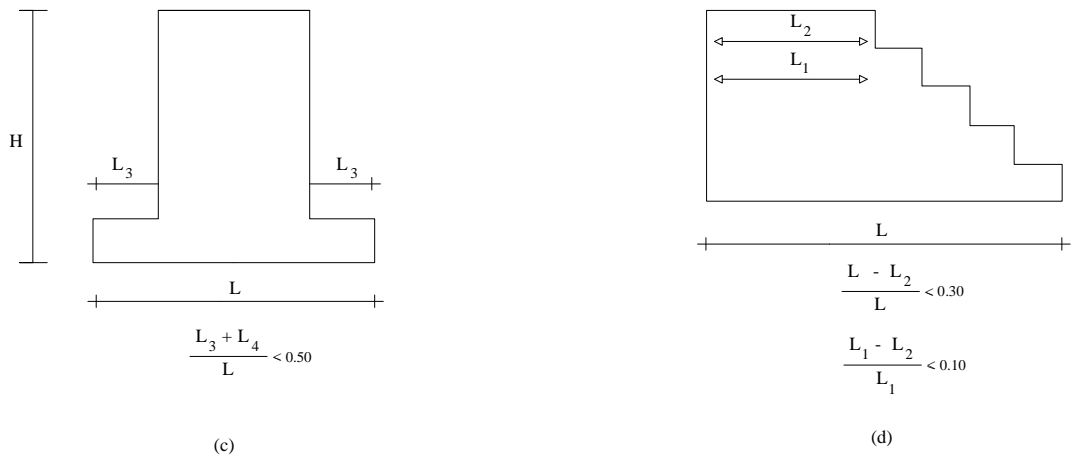
Eurocode 8 yönetmeliğine göre düşey doğrultuda düzensizlik kriterleri için aşağıda belirtilen kurallar önerilmiştir.

Burada yatay yüklere karşı koyan sistemlerin hepsi, çekirdekler, perdeler ve çerçeveler temellerden itibaren binanın tepesine kadar herhangi bir süreksizlik olmadan devam etmelidir. Her kattaki kat kütleleri ve yanal rijitlik zemin kattan itibaren son kata kadar ani değişiklikler olmadan ya sabit olarak devam etmelidir veya tedrici azalacak şekilde değişmelidir.

Çerçeve yapılarında analiz sonucunda gerekli olan kat dayanım oranı bitişik katlar arasında orantısız olarak değişmemelidir. Düşey değişken kesitli binalarda ise aşağıdaki şekillerde belirtildiği gibi önlemler alınmalıdır.



( Düşey plandaki değişim bina yüksekliğinin %15 'nin üstünde )



( Düşey plandaki değişim bina yüksekliğinin %15 'inin altında )

### Şekil 3.1. Düşeyde Yapısal Düzensizlik Kuralları

Burada aksenal simetrisi kornan düşey değişken kesitli binalar için, plandaki herhangi bir kesit ile bir önceki kesit arasındaki oran %20 'den fazla olmamasına dikkat edilmelidir (şekil 3/a ve b) .

Binanın toplam yüksekliğinin %15'i içinde, düşey kesitte sadece bir defa değişim bulunan binalarda, değişim bir önceki kesitin % 50 'sinden fazla olmasına

çalışılmalıdır. Bu durumda üst katların çevresinin izdüşümünde zemin bölgesinin yapısı dikkate alınarak, zemin genişletilmesi yapılmamış benzer diğer bir binada oluşacak yanal kesme kuvvetlerinin %75 'ini karşılayacak şekilde tasarım yapılmalıdır. ( şekil 3.1 c ).

Şayet düşey değişken kesitli binalarda simetri korunamıyorsa bu takdirde her iki yüzde değişim toplamı ilk katın boyutlarının % 30 ' undan fazla olmamalıdır. Bunun yanında ayrıca herhangi bir katta bir önceki kata göre değişim % 10'dan fazla olmamalıdır. (şekil 3.1 d ).

### 3.6. Modelleme ve Analiz Metodları

Eurocode 8 yönetmeliğine göre binaların modellenmesi ve analiz metodlarının kuralları aşağıda gösterildiği gibi verilmiştir.

Burada bina modeli, rijitlik ve kütle dağılımını yeteri kadar karşılayacak şekilde olmasını çalışmalıdır. Bu suretle etkin deformasyon şekilleri ve atalet kuvvetleri, sismik hareketler dikkate alındığında uygun bir şekilde çözüm yapılabilir. Binanın genel olarak yatay diyaframlarla birbirine bağlanmış yatay ve düşey yük taşıyıcı sistemlerden meydana geldiği dikkate alınabilir. Şayet binanın döşemeleri kendi düzlemi içerisinde yeterince rijit ise atalet momentleri ve kütleler ağırlık merkezine tesir ediyormuş gibi bir noktada toplandığı farz edilir. Böylece her döşemede istemin serbestlik derecesi üç adede ( yatay yer değiştirmeler ve düşey eksen etrafında dönme ) indirilmiş olur. Düzenli olma şartlarına uyum sağlayan binalarda her biri kendi doğrultusunda olmak üzere iki adet düzlemsel model dikkate alınabilir.

Binada oluşacak ek burulma etkileri, hesaplanan gerçek dış merkezliliklere ek olarak kütle merkezinin yerinin belirsizliği ve deprem hareketinin uzaysal değişimini dikkate almak için her katta hesaplanan kütle merkezinin nominal değeri yerine her bir doğrultuda ek dış merkezlilik ilave edilmelidir ;

Burada

$$e_{li} = \pm 0,05 \cdot L_i$$

3.1

$e_{1i}$  = Binanın i katının kütle merkezinin nominal değeri yerine uygulanacak ek dış merkezlilik

Bu söz konusu dış merkezlilik tüm katlarda aynı doğrultuda uygulanmalıdır.

$L_i$  = Binanın deprem doğrultusuna dik doğrultudaki döşeme uzunluğu

Eurocode 8 yönetmeliğine göre binalar için uygulanacak analiz metodları aşağıda belirtildiği şekilde açıklanmıştır.

Buna göre binalar için çeşitli hesap metodları önerilmiştir. Söz konusu binanın yapısal karakterine göre aşağıda önerilen iki metoddan biri tercih edilmelidir.

- Basitleştirilmiş modal tepki spektrum analizi
- Multi-modal tepki spektrum analizi ( bu metod tüm bina tipleri için uygulanabilir. )

Yukarıda bahsedilen tepki metodlarına alternatif olarak, zaman-tarih analizi, güç spektrumu analizi ve frekans alan analizi metodları da kullanılabilir.

### 3.7. Modal Tepki Spektrum Analizi

Basitleştirilmiş Modal Tepki Spektrum Analizi :

Modal Tepki Spektrum metodunu kullanabilmek için daha önce açıklanmış olan yatayda ve düşeyde düzenlilik şartlarını sağlaması gerekmektedir. Bunun yanında ayrıca binanın etkin titreşim periyodu  $T_1$  her iki deprem doğrultusunda da

$$T \leq \begin{cases} 4T_c \\ 2sn \end{cases} \quad 3.2$$

şartlarını sağladığı gösterilmelidir.

Binada meydana gelecek Taban Kesme Kuvveti :

Taban Kesme Kuvveti  $F_b$  değeri, hesaplanan doğrultuda

$$F_b = S_d ( T_1 ) \cdot W \quad 3.3$$

olarak hesaplanır. Burada

$S_d ( T_1 )$  : tasarım spektrumunun  $T_1$  periyodundaki değeri

$T_1$  : binanın dikkate alınan doğrultudaki çevrimsel hareketten dolayı etkin titreşim periyodu

$W$  : Binanın deprem yönünde dikkate alınan ağırlığı

$$W_i = g_i + \varphi_{Ei} \cdot q_i$$

Binanın etkin titreşim periyodunu hesaplamak için dinamik hesap metodlarına dayanan yaklaşık ifadeler kullanılabilir :

$$T_1 = C_t \cdot H^{3/4} \quad 3.4$$

Burada  $C_t$  değeri yapı tiplerine göre aşağıda belirtildiği şekilde alınacaktır ;

$$C_t = 0,085 \quad \text{Moment taşıyıcı çelik çerçevelerde}$$

$C_t = 0,075$  Moment taşıyıcı betonarme sistemlerde ve dış merkez güçlendirilmiş çelik çerçevelerde

$$C_t = 0,050 \quad \text{Diğer tüm binalarda}$$

Yukarıda verilen formülde  $H$  değeri, binanın zeminden itibaren yüksekliğini ifade etmektedir.

Diğer bir formüle göre  $T_1 = 2 \cdot \sqrt{d}$  olarak alınabilir. Bu formülde  $d$  ile ifade edilen değer, binanın yer çekimi yüklerinin yatay olarak etkimesi halinde en üst noktada meydana gelecek yer değiştirmenin  $m$  cinsinden ifadesidir.

Eurocode 8 yönetmeliğine göre yatay deprem kuvvetinin binadaki dağıtımı şu şekilde ifade edilmiştir ;

Düzlemde iki boyutlu model dikkate alındığında  $F_i$  yatay kuvvetleri  $m$  kat kütlelerine tesir ettirilir.

Tesir eden yatay deprem kuvveti

$$F_i = F_b \cdot \frac{S_i \cdot W_i}{\sum S_j \cdot W_j} \quad 3.5$$

şeklinde dağıtılır. Bu formüldeki

$F_i$  : her bir kata karşı gelen yatay kuvvet

$F_b$  : taban kesme kuvveti

$S_i, S_j$  :  $m_i, m_j$  kütlelerinin yer değiştirmesi

$W_i, W_j$  :  $m_i, m_j$  kütlelerinin ağırlıkları

$$F_i = F_b \cdot \frac{z_i \cdot W_i}{\sum z_j \cdot W_j} \quad 3.6$$

Buradaki

$z_i$  ,  $z_j = m_j$  ,  $m_j$  kütlelerinin yatay deprem kuvvetinin uygulandığı, yerden itibaren yüksekliği ifade eder.

### 3.8. Burulma Etkilerinin Alınması

Eurocode 8 yönetmeliğine göre binalarda meydana gelen burulma etkileri aşağıda belirtilen kurallara bağlanmıştır.

Binanın yanal rijitliği ve kütlelerin simetrik olması durumunda iken tesadüfi (hayali ) burulma etkileri, belirli bir yöntemle dikkate alınmıyorsa, bu burulma etkileri, her bir yük taşıyan eleman için  $\delta$  katsayısıyla arttırılmak suretiyle hesaba dahil edilmiştir ;

$$\delta = 1 + 0,6 \cdot \left( \frac{X}{L_e} \right) \quad 3.7$$

Bu formüldeki

$X$  ;Elemanın bina merkezine, deprem hareketi doğrultusundaki dik uzaklığı

$L_e$  ;Yanal doğrultuda yük taşıyan iki eleman arasındaki en uzak uzaklık

Şayet bina, planda düzenlilik şartlarını sağlıyorsa düzlemsel modelleme yapılarak Multi Modal tepki spektrumu analizi tatbik edilir. Şayet bu şartlara uyulmaz ise yapının üç boyutlu modellemesi yapılarak çözüme gidilmelidir. Bu metod ile analiz yapılırken bina modları dikkate alınırken, efektif modal kütlelerinin toplamının, binanın toplam kütlelerinin %90'ından fazla olması aranır. Ayrıca efektif modal kütlesi, bina kütlelerinin % 5 inden büyük olan tüm modların dikkate alındığı ifade edilmelidir.

Burada efektif modal kütle değeri aşağıdaki formül ile hesaplanmalıdır ;

$$F_{bk} = S_d \cdot (T_k) \cdot m_k \cdot g \quad 3.8$$

Buradan da görüldüğü gibi binanın bütün modlarına ait efektif modal kütleleri toplamının binanın kütlelerine eşit olduğu görülmektedir.

Binanın üç boyutlu (uzaysal) modelin kullanıldığı durumlarda yukarıda ifade edilen bağıntı hangi doğrultuda hesap yapılması düşünülüyorsa o doğrultuda dikkate alınmalıdır.

Şayet etkin modal kütlelerin büyük bir bölümü burulma modları tarafından karşılanıyorsa, uzaysal modda hesaba dahil edilecek k mod sayısı aşağıda gösterilen şartları sağlamalıdır ;

$$k \geq 3 \cdot \sqrt{n} \quad 3.9$$

$$T_k \leq 0,20 \text{ sn} \quad 3.10$$

Burada ;

k : mod sayısı

n : yer üzerindeki kat adedi

$T_k$  : titreşim periyodu

Eurocode 8 yönetmeliğine göre model tepkilerin birleştirilmesinde aşağıdaki kurallar dikkate alınmıştır ;

Çevrimsel ve burulma modlarını içeren i ve j titreşim mod tepkilerinin birbirinden tamamen bağımsız olarak düşünülmesi için  $T_i$  ,  $T_j$  periyodları için şu şartı sağlamalıdır ;

$$T_i \leq 0,9 \cdot T_j \quad 3.11$$

Burada söz konusu olan metodlardan her biri birbirinden bağımsız modlar olarak dikkate alınabilir. Maksimum değeri olarak  $E_e$  şu şekilde elde edilir ;

$$E_E = (\sqrt{E_{Ei}^2} E_e ) \quad 3.12$$



Burada ;

$E_E$  : deprem hareketinin etkisi ( kuvvet ve yer değiştirme )

$E_{E_i}$  : titreşim modundaki deprem hareketinin etkisi

şayet modlar birbirinden bağımsız değil ise modal kombinasyon için ( tam kuadratik kombinasyon ) gibi daha kesin olan işlemler yapılabilir.

Eurocode 8 yönetmeliğine göre burulma etkileri için aşağıda açıklanan kurallar uygulanmalıdır. Bunun için analiz yaparken uzaysal model kullanıldığında tesadüfi burulma ( hayali burulma etkileri ) etkileri, her i katında, kat düzlemine dik  $M_{1i}$  burulma momentini de kapsayacak statik yüklerin analizinin kapsamında incelenebilir;

$$M_{1i} : e_{1i} \cdot F_i \quad 3.13$$

Burada ;

$M_{1i}$  : binanın i katının düşey eksene göre burulma momenti

$e_{1i}$  : binanın i katının tesadüfi dış merkezliliği

$F_i$  : binanın i katına tesir eden yatay kuvvet

Binada oluşacak burulma etkileri için yaklaşık hesap şu şekilde yapılmalıdır. Binanın analizi düzlemsel bir modellemeye göre hesaplanacaksa, her iki ana doğrultu için ayrı ayrı analiz yapılmalıdır. Her bir "i" katına gelen yatay doğrultudaki  $F_i$  deprem kuvveti, binanın kütle merkezinin nominal yerinden  $e_2$  gibi bir dış merkezlik kabul alınarak tesir ettiği kabul edilir. Bu dış merkezliğin minimum değeri için aşağıda verilen formülden yararlanılmalıdır ;

$$e_2 = 0,1 \cdot (L + B) \cdot \sqrt{\frac{10 \cdot e_0}{L}} \leq 0,1 (L + B) \quad 3.14$$

$$e_2 = \frac{1}{2 \cdot e_0} \cdot [L_s^2 - e_0^2 - r^2 + \sqrt{(s^2 + e_0^2 - r^2)^2 + 4 \cdot e_0^2 \cdot r^2}] \quad 3.15$$

Burada ;

$e_2$  : eşzamanlı çevrimsel ve burulma titreşimlerini hesaba katmak için dikkate alınan dış merkezlik

$e_0$  : binanın rijitlik merkezi ile kütle merkezi arasındaki gerçek dış merkezlik

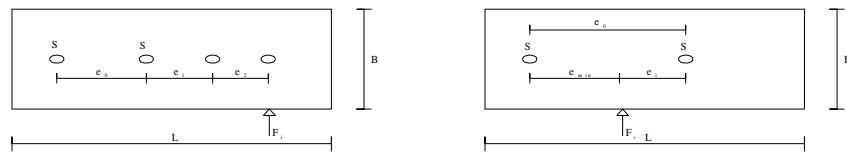
$L_s$  :  $(L^2 + B^2) / 12$  dönme yarıçapının karesi

$r^2$  : binanın kat burulma ve yanal rijitlik oranı ( burulma yarı çapının karesi )

Burada  $e_2$  ilave edilen dış merkezlik

$$r^2 > 5 (L_s^2 + e_0^2) \quad 3.16$$

olduğunda ihmal edilebilir. Bu durumu dikkate alarak  $F_i$  deprem kuvveti dış merkezliğin maksimum ve minimum olduğu durum dikkate alınarak burulma etkileri hesabı yapılmalıdır.



Şekil 3.2. Dış merkez deprem yükü

(a) Maksimum

(b) Minimum

$$M_i = F_i \cdot e_{\max} = F_i \cdot (e_0 + e_1 + e_2) \quad 3.17$$

$$M_i = F_i \cdot e_{\min} = F_i \cdot (e_0 - e_1) \quad 3.18$$

şeklinde hesaplanır.

### 3.9. Alternatif Analiz Metodları

Eurocode 8 yönetmeliğine göre Alternatif Analiz metodları ile binanın analizi için aşağıdaki kurallar geçerlidir;

Bunun için binanın temel gereksinimlerinin belirli bir güvenlik oranı ile sağlandığı gösterilmelidir. Bu doğrultuda uygulanan iki kural önerilmiştir;

- Her iki doğrultuda mesnetlerde hesaplanan keme kuvvetlerinin toplamı, bu mesnetlerde Multi-Modal analiz yapılarak bulunan kesme kuvvetinin %80 'inden az olmaması sağlanır.
- Alternatif Analiz Metodlarında elde edilen kesme kuvvetleri toplamı, herhangi bir doğrultuda Multi-Modal analiz sonucunda elde edilen mesnetlerdeki kesme kuvvetinin %80 'inden az çıkıyorsa, hesaplanan tüm tepki değişkenleri için, önceki şartı sağlayacak şekilde orantılı olarak arttırılması sağlanmalıdır.

### **3.10. Güç Spektrumu Tanımı**

Eurocode 8 yönetmeliğine göre Güç Spektrumu Analizi için aşağıda açıklanan kurallar geçerlidir.

Binanın ivme – güç spektrum verileri dikkate alınarak modal analiz veya frekansa bağlı Tepki Matrisi Analiz metodlarından biri kullanılarak Lineer Skokastik Analiz yapılır. Burada elastik hareket etkileri, hareketin zaman tanım aralığında meydana gelecek pik tepkinin % 50'sidir. Oluşacak tasarım değerleri, elastik hareket etkilerini, elastik tepki spektrumun ordinatlarının, binanın tasarım spektrumunun ordinatları oranına bölerek elde edilir.

Eurocode 8 yönetmeliğine göre Zaman-Tarih Analizi için aşağıda açıklanan kurallar geçerlidir. Burada binanın zamana bağlı tepkisi, zeminin hareketini gösteren akselogramlar kullanılarak bulunmuş olan diferansiyel depremlerin nümerik integrasyonu vasıtasıyla elde edilir.

### **3.11. Frekans Alanı Analizi**

Frekans Alanı Analizinde, deprem hareketi girdileri Zaman-Tarih Analizindeki gibi dikkate alınır. Burada akselogram değerleri Fourier serisine çevrilerek uygulanır. Binanın tepkisi, Frekans alan girdilerinin harmonik bileşenlerinin kendi frekans tepki matrisi ve fonksiyonlarının birleştirilmesiyle bulunur. Burada elastik hareket etkileri çeşitli akselogramların tepe noktalarının ortalaması dikkate alınır.

Binaya gelen deprem hareketlerinin bileşenleri şu şekilde birleştirilir ;

Deprem hareketinin yatay bileşeninin elde edilmesinde, deprem hareketinin ortogonal ve birbirinden bağımsız yatay bileşenlerinin aynı anda etkidiği dikkate alınır. Binada oluşacak her bir yatay bileşen tepkisi, daha önce Mod Birleştirme Yönteminde açıklandığı gibi ayrı ayrı bulunur. Veya her iki doğrultudaki maksimum etkilerin kareleri toplamının karekökü alınarak yaklaşık olarak elde edilir;

$$E_{Edx} + 0,30 \cdot E_{Edy} \quad 3.19$$

$$0,30 \cdot E_{Edx} + E_{Edy} \quad 3.20$$

Bu kombinasyonlar yardımı ile hesap yapılır.

Deprem hareketinin düşey bileşeni için aşağıdaki kurallar dikkate alınmalıdır ;

- 1-Yatay veya yaklaşık olarak yatay kabul edilebilen binaların açıklığının 20 m den fazla olması halinde
  - 2-Yatay veya yaklaşık olarak yatay kabul edilebilen öngörülmesi elemanlardan oluşan binalar
  - 3-Yatay veya yaklaşık olarak yatay kabul edilebilen konsolların bulunması halinde
- Binalarda kolonların giriş üzerine oturması halinde

Burada genel olarak deprem hareketinin düşey bileşeninin hesabında, analizi yapılmak istenen eleman, elemana bitişik elemanlar ve rijitlikleri dikkate alınarak kısmi modelleme yapılmalıdır.

Elemana tesir eden yatay ve düşey deprem etkilerinin kombinasyonu şu şekilde yapılmalıdır ;

$$0,30 \cdot E_{Edx} + 0,30 \cdot E_{Edy} + E_{Edz} \quad 3.21$$

$$E_{Edx} + 0,30 \cdot E_{Edy} + 0,30 \cdot E_{Edz} \quad 3.22$$

$$0,30 \cdot E_{Edx} + E_{Edy} + 0,30 \cdot E_{Edz} \quad 3.23$$

### 3.12. Yer Değiştirme Analizi

Eurocode 8 yönetmeliğine göre Yer Değiştirme Analizi için aşağıda açıklanan kurallar dikkate alınmalıdır.

Bunun için deprem hareketinden meydana gelen yer değiştirme ifadeleri için basitleştirilmiş

$$d_s = q_d \cdot d_e \cdot \gamma_1 \quad 3.24$$

formül kullanılabilir.

## **BÖLÜM 4. YAPISAL OLMAYAN ELEMANLARIN TANIMI**

Eurocode 8 yönetmeliğine göre Yapısal olmayan Elemanlar için aşağıda açıklanan kurallar geçerlidir.

Burada söz konusu binaların yapısal olmayan elemanları ( parapetler, çatı antenleri, mekanik eklentiler, bölmeler, duvarlar ve küpeşteler gibi vs. ) depremin etkisi altında bulunan insanlar için bir risk meydana getirirler. Bunun yanında bu elemanlar binanın yapısal bütünlüğünü etkiler. Diğer taraftan hizmet amacına yönelik kullanımda büyük engeller oluştururlar. Bundan dolayı binalardaki yapısal olmayan elemanların ve bunların bağların bağlantı yerlerinin deprem hareketlerine karşı dayanımının kontrol edilmesi gerekir. Bunun yanında çok büyük önem arz eden veya tabii olarak kısmen tehlikeli olan yapısal olmayan elemanlar için bina ile ilgili gerçeğe çok uyumlu modelleme yapılmasına dikkat edilmelidir.

Burada binanın ana taşıyıcı sistemi için uygulanan tepki spektrumundan yararlanılarak elde edilen uygun bir tepki spektrumu uygulanmalıdır.

### **4.1. Yapısal Olmayan Elemanların Analizi**

Yapısal olmayan elemanların analizinde uyulması gereken kurallar aşağıda verilmiştir. Binada yapısal olmayan elemanlara tesir eden deprem etkileri şu şekilde hesaplanır.

$$F_s = ( S_a \cdot W_a \cdot \gamma_a ) / q_a \quad 4.1$$

Burada

$F_s$  : en elverişsiz yapısal olmayan elemanın kütle merkezine tesir eden yatay deprem kuvveti

$S_a$  : yapısal olmayan elemanla ilgili deprem sabiti

$W_a$  : yapısal olmayan elemanın ağırlığı

$\gamma_a$  : yapısal olmayan elemanın önem faktörü

$q_a$  : elemanın davranış faktörü

$S_a$  sabiti şu şekilde hesaplanır;

$$S_a = \alpha \cdot 3 \left[ 1 + \frac{z}{H} \right] / \left[ 1 + \left( \frac{T_a}{T_1} \right)^2 \right] \quad 4.2$$

Burada ;

$\alpha$  : tasarım yerçekimi ivmesi “ $a_g$ ” ile yerçekim ivmesi “ $g$ ” oranı

$T_a$  : yapısal olmayan elemanların titreşim periyodu

$Z$  : yapısal olmayan elemanların tabandan yüksekliği

$H$  : binanın toplam yüksekliği

#### 4.2. Önem Faktörü ve Davranış Faktörü

Burada Önem Faktörü ve Davranış Faktörü için aşağıdaki kurallar geçerlidir.

Yapısal olmayan elemanların önem faktörü  $\gamma_a$  , aşağıdaki durumlar haricinde genellikle bina önem faktörü ile aynı alınır.

Bu durum;

1-İnsan hayatı koruma sistemlerinin ekipmanlarının ve makinalarının ankrajında

2-İnsanların güvenliğini tehlikeye sokacağı düşünülen ve içlerinde patlayıcı veya toksin madde bulunan tanklar ve teknelerin önem faktörü 1,5 ‘dan az alınmamalıdır.

Yapısal olmayan elemanların davranış faktörü için dikkate alınması gerekli katsayılar aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 4.1. Yapısal Olmayan Elemanların Davranış Faktörleri

Yapısal olmayan Elemanların Tipi	$q_a$
Konsol parapetler ve süslemeler İşaret ve reklam panoları, yüksekliklerinin yarısından fazlası yatay çaprazlar olmadan ayakta duran bacalar, direkler ve tanklar	1,0
İç ve dış duvarlar, döşemeye ankre edilen kabinler ve kitap rafları Asma tavanlar ve lamba armatürleri, yüksekliklerinin yarısından azı yatay çaprazlar olmadan ayakta duran bacalar, direkler ve tanklar yada kütle merkezinin üzerinden yapıya tutturulan bacalar,direkler veya tanklar	2,0

### 4.3. Taşıma Sınır Durumu Tanımı

Eurocode 8 yönetmeliğine göre Taşıma Sınır kuralları aşağıda gösterildiği gibi açıklanmıştır.

Binanın depreme karşı tasarımı için binanın sünekliği, dengesi, temel stabilitesi ve depreme maruz elemanların bulunduğu noktaların güvenlikleri dikkate alınmalıdır.

Binanın depreme karşı dayanım şartı için bütün yapısal elemanlarda bileşimlerde ve yapısal olmayan elemanlarda aşağıda açıklanan kurallara uyulmalıdır;

$$E_d \leq R_d \quad 4.3$$

$$E_d = E \left\{ \sum G_{jk} \cdot \gamma_1 \cdot A_{Ed} \cdot P_k \cdot \sum \psi_{2i} Q_{ki} \right\} \quad 4.4$$

Burada gerektiğinde 2. Mertebe etkileri de hesaba dahil edilen deprem hareketi tesirlerinin tasarım değeridir.

$$R_d = R \left\{ \frac{f_k}{\gamma_M} \right\} \quad 4.5$$

Malzemenin kısmi güvenlik faktörünü  $\gamma_M$  ve malzemenin karakteristik değeri  $f_k$  'ya bağlı olarak ve yapı sistemine göre oluşturulan mekanik modellemeye göre hesaplanan malzemenin tasarım dayanımıdır.

İkinci mertebe etkileri ( P –  $\Delta$  etkileri ) tüm katlar için aşağıda belirtilen şartları sağlıyorsa dikkate alınmayacaktır;

$$\theta = \frac{P_{tot} \cdot d_r}{V_{tot} \cdot h} \leq 0,10 \quad 4.6$$

burada ;

$\theta$  : katlar arası kayma hassasiyeti sabiti

$P_{tot}$  : deprem tesirleri hesaplanırken kat üzerindeki toplam ağırlık



$d_r$  : tasarım kat arası kayması, katın üst ve alt noktalarının yer değiştirmeleri farkı hesaplanarak bulunur.

$V_{tot}$  : toplam kat kesme kuvveti

$h$  : katlar arası yükseklik

Şayet

$$0,1 < \theta \leq 0,2 \quad 4.7$$

arasında bulunması halinde ikinci mertebe etkileri, deprem tesirlerinin

$$\frac{1}{1-\theta} \quad 4.8$$

faktörü ile çarpılıp arttırılarak yaklaşık olarak hesaba dahil edilmiş olur. Buradaki  $\theta$  değerinin hiçbir zaman 0,3 değerini aşmamasına dikkat etmelidir.

Binanın Süneklik Şartı için yapı ve yapısal elemanlar, seçilen sistem ve davranış faktörü değerleri süneklik şartlarını sağlamalıdır.

Binanın denge koşulları için binanın yapısı, binaya uygulanan yük kombinasyonlarına göre kaymaya ve devrilmeye karşı stabil olması sağlanmalıdır.

Binanın Yatay Diyafram Diyagramı için, yatay düzlemdeki diyafram ve çaprazlar deprem tasarım yüklerinden daha fazla yük taşıyacak şekilde tanzim edilmelidir. Bunun için elemanların analizleri yapılırken tesir eden yükler 1,3 ile çarpılarak sistem analizleri yapılmalıdır.

Binanın Deprem Düğüm Noktası Şartı için deprem tesiri halinde bitişik binanın çarpma tesirlerinden korunacak şekilde dizayn edilmelidir. Bunun için bitişik iki bina arasındaki minimum uzaklık, binaların yapacağı en büyük yer değiştirmelerden az olmayacak şekilde dizayn edilmelidir. Bitişik iki bina arasındaki kat seviyeleri birbirine eşit ise bu takdirde iki bina arasındaki en büyük yer değiştirme 0,7 katsayısı ile azaltma yapılarak tanzim edilmelidir. Şayet iki bina çevresi boyunca perdeler mevcut ve perdeler her iki doğrultuda da binanın yüksekliğince devam ediyorsa bu takdirde iki bina arasındaki uzaklık 4 cm ' ye kadar indirilmelidir.

#### 4.4. Kullanılabilirlik Sınır Durumu

Eurocode 8 yönetmeliğine göre Kullanılabilirlik Sınır Durumu için aşağıda açıklanan kurallar geçerlidir.

Kullanılabilirlik Sınır Durumu için, orta büyüklükteki deprem hareketi durumunda yapının yeterli rijitliğe ve dayanıma sahip olması istenmektedir. Buna göre limit durumunda yapının elastik kalması istenir. Bu durumda deprem etkilerinin birbirine süperpoze edilebilmesi sağlanmış olur.

a) Burada limit durumuna göre yapısal olmayan kırılma elemanları için aşağıda verilen şartı sağlamalıdır ;

$$\frac{d_r}{\nu} \leq [ 0,004 ] \cdot h \quad 4.9$$

b) Binanın esas taşıyıcı olan yapısal deformasyonları sonucu hareket etmemesi istenen yapısal olmayan elemanlar için aşağıda verilen şartı sağlamalıdır,

$$\frac{d_r}{\nu} \leq [ 0,006 ] \cdot h \quad 4.10$$

Burada

$\nu$  : binanın kullanılabilirlik limit durumu için küçük geri dönüşüm periyotlu depremler dikkate alındığında Azaltma Katsayısıdır. Azaltma Katsayısı, binanın özelliği dikkate alındığında önem kategorisine göre aşağıdaki tabloda gösterildiği gibi değişik değerler alır.

Tablo 4.2. Azaltma Faktörü Değerleri

Önem Kategorisi	I	II	III	IV
Azaltma Katsayısı ( $\nu$ )	2,5	2,5	2,5	2,5

## **BÖLÜM 5. ÇELİK YAPILARLA İLGİLİ DİĞER KURALLAR**

Eurocode 8 yönetmeliğine göre Çelik yapılarla ilgili diğer kurallar aşağıda belirtildiği gibi açıklanmıştır.

### **5.1. Tanımlar**

Burada kullanılan terimlerin anlamları aşağıda verilmiştir.

- 1-Ankastre Yapı : Tüm bina serbest ucu bulunan bir kolon gibi şekillenmiştir.
- 2-Ters Pandül Yapı : Ağırlığının büyük bir bölümü yapının üst bölümünde olan Ankastre Yapılar olarak düşünülmüştür.
- 3-İkili Yapı : Aynı düzlem içinde yapıya gelen yatay yüklerin belirli bir bölümünün moment çerçeveleri tarafından belli bir kısmının da güçlendirilmiş çerçeveler tarafından alındığı yapılardır.
- 4-Karma Yapı : Moment taşıyıcı çelik çerçevelerden ve yatay yük taşıyıcı elemanı betonarme veya dolu tuğla elemanlardan meydana gelen yapılardır.

### **5.2. Tasarım Kavramları**

Depreme Dayanıklı Çelik Yapılar aşağıda verilen kavramlardan birisi tarafından tasarlanır.

- a) Enerji yutucu yapı davranışı
- b) Enerji yutucu olmayan yapı davranışı

Enerji yutucu yapı davranışı kavramında, yapının deprem etkisine karşı dayanımı, yapının elastik sınırının ötesinde hesap yapılmıştır. Tasarım spektrumu kullanılacağı

zaman ; q yapı davranış faktörü değeri 1 'den büyük olacak şekilde alınır. Burada q değeri yapı tipine göre değişme gösteren bir katsayıdır.

Enerji yutucu olmayan yapı davranışı kavramında, hareket etkileri, yapı tipine bağlı olmaksızın ( yapı tipi ne olursa olsun ), malzemenin non-lineer davranışını hesaba dahil etmeden elastik global analiz esasına göre hesaplanmaktadır.

Tasarım spektrumu kullanılacağı zaman, q yapı davranış faktörü 1 alınır. Bu kavram kullanılarak tasarlanan yapılar için, elemanların ve birleşimlerin dayanımları Eurocode 3'de belirtilen elastik veya plastik dayanıma uyumlu olacak şekilde analiz yapılacaktır. Bu durumda binanın süneklik şartlarını sağlamasına gerek duyulmaz.

### **5.3. Malzemeler İle İlgili Açıklamalar**

Çelik kesitlerin birleştirilmesinde kaynak ve bulonlar, bundan sonra aksi belirtilmedikçe Eurocode 3 'de belirtilen esaslara uyumlu olacaktır.

Enerji yutucu bölgede aşağıda açıklanan kurallar uygulanacaktır.

a) Bulonlu bileşimlerde, kapasite tasarımının gereklerine uymak için 8.8 veya 10.9 sınıfı yüksek mukavemetli bulonlar kullanılmalıdır. 12.9 sınıfı bulonlar ise yalnız kesme bileşenlerinde uygulanmasına müsaade edilmiştir.

b) Yapının inşasında kullanılan malzemenin akma sınırı değeri ile kullanılan çeliğin dayanımı karakteristik değerleri açık bir şekilde belirtilmelidir.

### **5.4. Yapı Tipleri ve Davranış Faktörleri**

#### **5.4.1. Yapı tipleri**

Çelik yapıların dizaynı, deprem hareketindeki davranışa göre aşağıda açıklanan yapı tiplerinden birisi vasıtasıyla yapılacaktır.

### 1- Moment Aktaran Çerçeve :

Yatay yükler altında, özellikle bükülme etkilerine karşı kayan yapı tipleridir. Bu tip yapılarda, enerji yutucu bölge, kolon-kiriş birleşimlerinin yanında oluşan plastik mafsallarda oluşur ve enerji bu bölgelerdeki çevrimsel eğilmelerle yutulmaya çalışılır.

### 2- Merkezi Güçlendirilmiş Çerçeve (MGÇ) :

Yatay yükler, çoğunlukla aksel yükler altındaki elemanlar tarafından taşınan yapı tipleridir. Bu tip yapılarda enerji yutucu bölge, çekme diyagonal elemanlarda bulunur. Merkezi güçlendirilmiş çerçeveler üç kısımda dikkate alınabilir:

3- Aktif Çekme Çaprazları : Yatay yükler, sadece çekmeye çalışan diyagonal elemanlar tarafından karşılanır. Burada basınca çalışan diyagonaller dikkate alınmazlar.

4- V Çaprazları : Yatay yükler, hem çekmeye ve hem de basınca çalışan diyagonal elemanlar tarafından karşılanırlar. Bu diyagonallerin birleşim noktası, yatayda ve sürekli olan bir eleman üzerinde olacak şekilde dizayn edilir.

5- K Çaprazları : Diyagonalin kesişme noktası kolon üzerinde bulunmaktadır. Bu durumda K çaprazlarının akma mekanizmaları kolonların akmasını da kapsadığından bu çaprazlar enerji yutucu elemanlar olarak dikkate alınmalıdır.

### 1- Dış Merkezli Güçlendirilmiş Çerçeve (DMGÇ) :

Yatay yükler, aksel yük alan elemanlar ve güçlendirme sisteminin dış merkezliği vasıtasıyla karşılanır. Burada enerji ; kirişler üzerindeki eğilme yada kesme çevrimleriyle karşılanır. Dış merkezli güçlendirilmiş çerçeveler yalnızca çekmeye veya basınca çalışan elemanların sınır dayanımına ulaşmadan önce, eğilme elemanlarında eğilme veya kesmeden dolayı oluşan akma meydana geliyorsa enerji yutucu olarak dikkate alınabilir.

## 2- Konsol Yapılar Veya Ters Pandül Yapılar :

Bu tip yapılarda enerji yutucu bölge tabanda toplanır. Daha önce 3.1.2 de bu tip yapılar hakkında bilgi verilmişti.

## 3- Beton Çekirdekli veya Betonarme Yapılar :

Yatay yükler betonarme çekirdek veya betonarme duvarlar tarafından karşılanan yapı tipleridir.

### 5.4.2. Davranış faktörü

Yapı davranış faktörü olarak  $q$ , yapı türlerine göre aşağıdaki şekil 5.1'de verilen değerlerde alınmalıdır.

1- Şayet yapı boy kesitte düzensiz ise aşağıdaki şekil 5.1 'de  $q$  değeri % 20 oranında azaltma yapılmalıdır. Fakat  $q$  değeri hiçbir zaman 1 den küçük olmamalıdır.

2- Deprem riski küçük olan bölgelerde, haddeden geçmiş profiller ile veya haddeden geçmiş profiller ile yapılmış düzenli yapılarda ( şekil 5.1'e bakınız )  $q$  davranış faktörü , daha önce verilen kuralları dikkate almadan K-Güçlendirilmiş (K Çaprazlı) yapılar hariç 1,5 değerinde alınabilir.

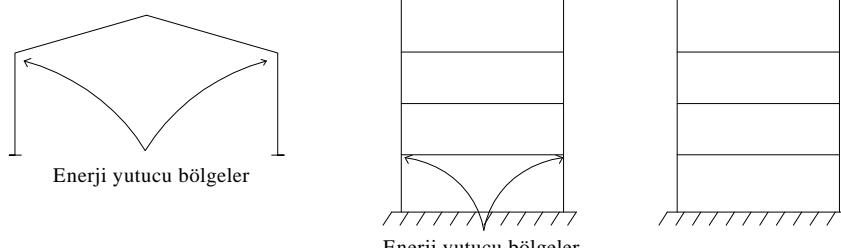
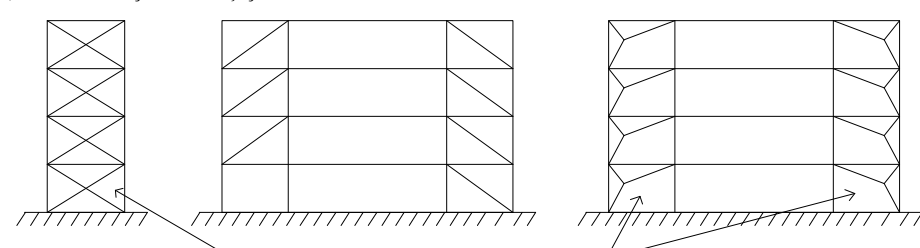
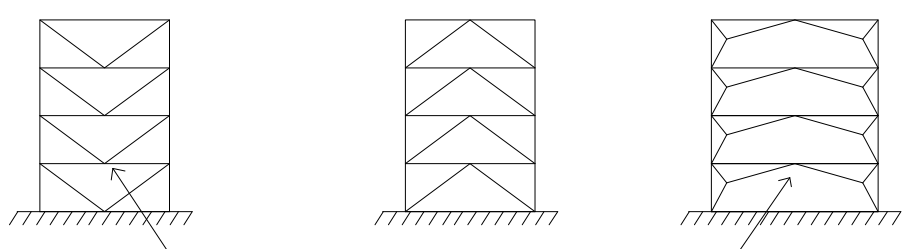
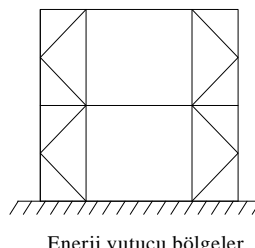
Çökmeye karşı yeterli dayanımın Eurocode 3'de açıklanan kontrollerin tatbik edilmesiyle sağladığı kabul edilmelidir.

Şekil 5.1 'de kullanılan parametrelerin değerleri

$\alpha_1$  : Yatay deprem yükü çarpanıdır. Diğer tüm tasarım yükleri sabit iken deprem yükü , adım adım arttırılır. En çok gerilme olan kesitte plastik moment dayanımına ulaşıldığında ( plastik mafsalin meydana gelmesi ) deprem yükü değerine bağlı olarak  $\alpha_1$  yatay tasarım deprem yükü olarak dikkate alınır.


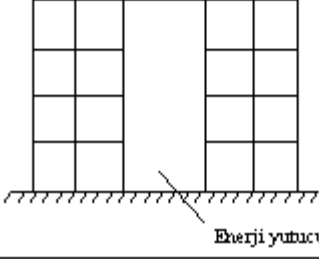

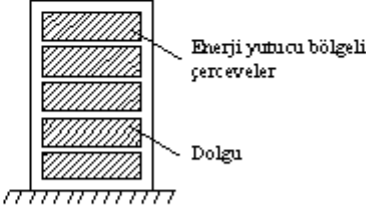
$\alpha_u$  : Yatay deprem yükü çarpanıdır. Burada diğer tüm tasarım yükleri sabit kalırken, deprem yükü adım adım arttırılır. Yeterli sayıda kesitte plastik moment dayanımına ulaşıldığında ( plastik mafsalın meydana gelmesi hali ) göçme mekanizmasının meydana geldiği andaki deprem yükü değerine bağlı olarak  $\alpha_u$  yatay tasarım deprem yükü çarpanı belirlenmiş olur.

Hesaplamalar sonucunda  $\alpha_u$  değerine ulaşamamış ise (  $\alpha_u / \alpha_1$  ) oranının yaklaşık değeri olarak şekil 5.2 deki tablo değerlerinden yararlanmalıdır.

<p>a) Moment taşıyıcı çerçeve</p>  <p style="text-align: right;"><math>\frac{\alpha_u}{\alpha_1} = 1.20</math></p>	<p style="text-align: right;">* )</p> <p style="text-align: right;"><math>q = 5 \cdot \frac{\alpha_u}{\alpha_1}</math></p>
<p>b) Merkezi Güçlendirilmiş Çerçeve</p> 	<p style="text-align: right;"><math>q = 4</math></p>
<p>V Güçlendirilmesi ( V çaprazları )</p> 	<p style="text-align: right;"><math>q = 2</math></p>
<p>K Güçlendirilmesi ( K çaprazları )</p> 	<p style="text-align: right;"><math>q = 1</math></p>
<p>* )</p> <p style="text-align: center;"><math>\frac{\alpha_u}{\alpha_1} = \leq 1.6</math> olmalıdır.</p>	

Şekil 5.1. Yapı tiplerine göre davranış faktörleri değerleri



<p>c) Dış Merkez Güçlendirilmiş Çerçeve</p> <p style="text-align: right;"><math>\frac{\alpha_2}{\alpha_1} = 1.10</math></p>  <p style="text-align: center;">Enerji yutucu bölgeler</p>	<p>*)</p> <p><math>q = 5 \cdot \frac{\alpha_2}{\alpha_1}</math></p>
<p>d) Konsol Yapılar Kısaltmalar :</p> <p><math>\lambda \leq 1.5</math> , <math>\theta \leq 0.2</math></p>	<p><math>q = 2</math></p>
<p>e) Beton çekirdekli veya betonarme perdeli yapılar</p>  <p style="text-align: center;">Enerji yutucu bölgeler</p>	
<p>f) İkili yapı</p>  <p style="text-align: center;">Enerji yutucu bölge li çerçeve      Enerji yutucu bölge li çekme çaprazları</p>	<p>*)</p> <p><math>q = 5 \cdot \frac{\alpha_2}{\alpha_1}</math></p>
<p>g) Karma yapılar</p>  <p style="text-align: center;">Enerji yutucu bölge li çerçeveler Dolgu</p>	<p><math>q = 2</math></p>
<p>*)</p> <p><math>\frac{\alpha_2}{\alpha_1} = \leq 1.6</math> olmalıdır.</p>	

Şekil 5.2. Yapı tiplerine göre davranış faktörü değerleri

### **5.5. Yapısal Analiz İçin Kurallar**

Eurocode 8 yönetmeliğine göre yapısal analiz aşağıda açıklanan kuralları kapsamaktadır.

Burada döşeme diyaframları , aşağıda belirtilen şartlara uyum gösterdiği takdirde başka bir kontrole gerek kalmadan rijit kabul edilebilir.

- a) Döşemeler betonarmeden yapılmalıdır.
- b) Döşemede bırakılan boşlukların , aynı düzlemde olmak şartıyla düzlemin rijitliğine önemli bir tesiri olmamasına dikkat edilmelidir.
- c) Yapının dinamik analizinde çelik elemanların rijitliği Eurocode 3 'de verilmiş olan Elastisite Modülü kullanılarak hesaba dahil edilmelidir.

### **5.6. Tasarım Kriterleri ve Enerji Yutucu ( Sönümleyici ) Bölgelerin Bulunması Halinde Ayrıntılı Kurallar**

Binanın deprem yüklerine karşı çalışan elemanları enerji yutucu davranış kurallarına uygun seçilmelidir.

Enerji yutucu bölge binalarda , bölgelerdeki çevrimsel davranıştan meydana gelen akma , yerel burkulma veya diğer oluşumların tüm binanın stabilitesini etkilememesi için gerekli şu tedbirler alınmalıdır ;

- 1- Enerji yutucu bölgelerdeki yapısal elemanların uygun dayanıklılığa ve sünekliğe sahip olması istenir.
- 2- Enerji yutucu binaların , enerji yutucu olmayan elemanları ve enerji yutucu elemanlarla yapının diğer kısmının birleşim elemanları , enerji yutucu elemanlarda çevrimsel akmaların gelişmesine karşı yeterli dayanıma sahip olmasına gayret edilmelidir.

### 5.7. Eurocode 8 Yönetmeliğine Göre Tüm Yapı Tipleri İçin Ayrıntılı Kurallar Şu Şekilde Dikkate Alınmıştır

Yapının basınca çalışan bölümlerinde ve elemanlarında yeterli yerel sünekliliğinin sağlanması amacı ile Eurocode 3 Bölüm 1.1 Madde 5.3 de açıklanan kesit sınıflarına göre, genişlik-kalınlık oranlarına (b/t) belirli sınırlar önerilmiştir. Bu sınırlandırmalar aşağıdaki tablo 5.1’de verilmiştir.

Tablo 5.1. Davranış faktörüne bağlı gerekli en kesit sınıfı

Davranış Faktörü	En kesit sınıfı
$4 < q$	Sınıf 1
$2 < q \leq 4$	Sınıf 2
$q \leq 2$	Sınıf 3

Enerji yutucu bölgedeki birleşimlerde , birleşim elemanlarının akması için yeterli dayanıma sahip olması gerekir. Burada birleşim elemanlarının dayanımı kesin olarak bilinmiyorsa uygun bir yaklaşımla dayanım değeri belirlenmelidir. Elemanların akma dayanımının maksimum değeri olarak ileride açıklanacak olan Dizayn ve Yapı Kontrolü Kriterleri ‘ne göre hesaplar yapılmalıdır.

Enerji yutucu bölümlerin birleşimleri küt kaynakla veya tam penetrasyonlu kaynakla yapılmış ise bu durumda birleşimlerin dayanım kriterinin sağlandığı düşünülür. Köşe kaynaklı birleşimler veya bulonlu birleşimlerin yapılması halinde aşağıdaki kuralın sağlandığı gösterilmelidir ;

$$R_d = 1,20.R_{fy}$$

5.1

$R_d$  : Birleşim elemanlarının dayanımı

$R_{fy}$  : Birleşim bölümünün plastik dayanımı

Birleşim elemanları seçilen davranış faktöründen dolayı doğal olarak enerji yutma kapasitesine katkıda bulunduğu takdirde , birleşimlerde dayanım şartına uymaya

gerek görülmez. Birleşim elemanlarının etkisi ve dayanımı, çevrimsel yükler altında test edilmek suretiyle gösterilmelidir.

Çekmeye çalışan elemanlar veya bölümler verilen süneklik değerlerine uymalıdır.

Temeller üzerindeki yük etkilerinin tasarım değerleri ( $E_{fd}$ ) aşağıda gösterildiği gibi dikkate alınmalıdır ;

$$E_{fd} = 1.20 (E_{F,G} + \alpha.E_{F,E}) \quad 5.2$$

$E_{F,G}$  : Deprem yüklemesi halinde , deprem yükünün dışındaki yüklere bağlı olarak alınan yük etkisi

$E_{F,E}$  : Bina önem faktörü ile çarpılmış deprem yüküne bağlı olarak alınan yük etkisi

$\alpha$  : Dikkate alınan  $E_F$  etkisi altında yapının en büyük etki olan enerji yutucu bölge veya i elemanının  $R_{di} / S_{di}$  oranı

$$\alpha = \frac{R_{di}}{S_{di}} \quad 5.3$$

$R_{di}$  : Enerji yutucu bölge ya da i elemanının dizayn dayanımı

$S_{di}$  : Deprem yüküne göre hesapta , bölge ya da i elemanına tesir eden yük etkisinin dizayn değeri

### 5.8. Moment Aktaran Çerçeveler İçin Diğer Kurallar

Eurocode 8 yönetmeliğine göre

Moment Aktaran Çerçeveler için Ayrıntılı Kurallar aşağıda verildiği gibidir ;

Moment aktaran çerçeve sistemlerinde , plastik mafsalların kolon üzerinde değil, kiriş üzerinde olacak şekilde dizayn edilmelidir. Ancak çok katlı yapıların en üst katında veya tek katlı yapılarda bu kurala uyulma zorunluluğu yoktur.

Kiriş-kolon birleşimlerinde , plastik mafsalların kirişlerde oluşmasını sağlayacak şekilde dizayn edilmeli ve bu birleşimler uygun dayanıma sahip olmalıdır.

Kirişler , bir ucunda plastik moment oluşumu kabul edilerek yanal burkulma veya yanal burulmalı burkulma etkilerine yeterli güvenlikte dizayn edilmelidir.

Kirişlerdeki plastik mafsallar için , tüm plastik moment kapasitesi ve dönme kapasitesi basınç ve çekme etkileriyle azalmadığı kontrol edilmelidir. Burada plastik mafsal oluşumunun beklendiği kesitlerde aşağıdaki bağıntıların sağlandığı gösterilmelidir;

$$\frac{M_{sd}}{M_{Pl,Rd}} \leq 1.0 \quad 5.4$$

$$\frac{V_{G,Sd} + V_{M,Sd}}{V_{Pl,Rd}} \leq 0.5 \quad 5.5$$

$$\frac{N_{sd}}{N_{Pl,Rd}} \leq 0.15 \quad 5.6$$

$N_{sd}, M_{sd}$  : Yapısal analiz yapılarak elde edilen dizayn hareket etkileri

$N_{Pl,Rd}, M_{Pl,Rd}, V_{Pl,Rd}$  : Eurocode 3 Bölüm 1.1 'e göre tasarım dayanımları

$V_{G,Sd}$  : Sismik olmayan hareketlerden meydana gelen kesme kuvveti

$V_{M,Sd}$  : Kirişin A ve B uçlarındaki  $M_{Rd,A}$  ve  $M_{Rd,B}$  momentlerinin ters işaretli olarak uygulanmasından meydana gelen kesme kuvveti

Kolonların kontrolü :

Kolonların hesabında N aksenal normal kuvveti ve  $M_x, M_y$  eğilme momentleri olmak üzere en elverişsiz yükleme durumu dikkate alınarak kontrol edilmelidir. Düğüm noktalarında , kolonların bitişik kesitlerinin dizayn eğilme momentleri toplamı , o kolona bağlanan kiriş dayanım momenti  $M_{Rd}$  'den daha küçük olmamalıdır.

Çerçevenin temelinde , kolonlardan temele olan birleşimin hesabında tasarım momentleri aşağıdaki gösterildiği gibi dikkate alınmalıdır ;

$$M_{sd} = M_{sd,G} + 1,2M_{sd,E} \quad 5.7$$

Burada

$M_{Sd,G}$ : Deprem kuvvetleri etkisinde , sismik olmayan yüklere bağlı olan eğilme momenti

$M_{Sd,E}$ : Önem faktörü ile çarpılmış deprem yükünden kaynaklanan eğilme momenti değeri

Yapısal analiz sonucu elde edilen  $V_{Sd}$  değeri aşağıdaki bağıntıyı sağlamalıdır ;

$$\frac{V_{Sd}}{V_{Pl,Rd}} \leq 0.5 \quad 5.8$$

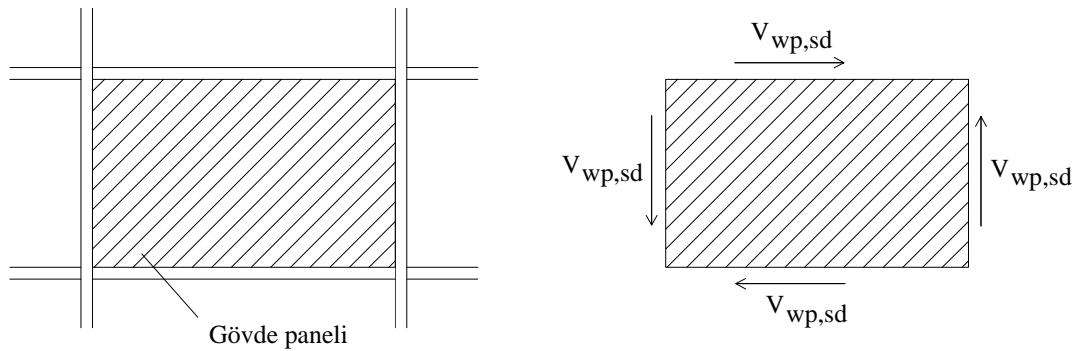
Kiriş – kolon birleşimlerindeki gövde panelleri için aşağıdaki bağıntıyı sağlamalıdır ;

$$\frac{V_{wp,sd}}{V_{wp,Rd}} \leq 1,0 \quad 5.9$$

Burada ,

$V_{wp,sd}$  : Gövde panelinde deprem tesirlerinden dolayı oluşan tasarım kesme kuvveti

$V_{wp,sd}$  : Eurocode 3 ' e göre hesaplanan gövde paneli kesme dayanımı



Şekil 5.3. Gövde paneli

Burada kiriş – kolon birleşimleri ;  $M_{Pl,Rd}$  Moment Dayanımı ve  $V_{G,Sd} + V_{M,Sd}$  Kesme Kuvveti değerleri yeterli derecede dayanımı karşılayacak şekilde olmalıdır.

## BÖLÜM 6. MERKEZİ GÜÇLENDİRİLMİŞ ÇERÇEVELER İÇİN KURALLAR

### 6.1. Temel Kabuller

Merkezi güçlendirilmiş çerçevelerde , çekmeye çalışan çaprazlardaki akma , giriş veya kolonlardaki akma veya burkulma , birleşim noktasının göçmesinden önce oluşmalıdır. Güçlendirilmiş çerçevelerin her bir çapraz elemanı , yön değiştiren yükler altında , her katta ve her çapraz doğrultusunda benzer şekil değiştirme özellikleri açıklanmalıdır. Bunun için kattan kata aşağıdaki kuralların sağlandığı gösterilmelidir ;

$$\frac{A^+ - A^-}{A^+ + A^-} \leq 0,05 \quad 6.1$$

Burada

$A^+, A^-$  : Yatay deprem kuvvetlerinin tesir etmesi halinde (+) ve (-) yönden tesir ederken , çekme çaprazlarının yatay izdüşüm alanları

Kullanılan çapraz elemanlar , elastik burkulmayı önlemek için boyutsuz narinlik olarak

$$\lambda \leq 1,5 \quad 6.2$$

şartını sağlamalıdır.

$N_{sd}$  çekme kuvveti , brüt enkesitin akma dayanımı  $N_{Pl,Rd}$  ile sınırlandırılmalıdır. V güçlendirmeli sistemlerde basınç çaprazları Eurucode 3 'e göre dizayn edilmelidir.

Çaprazların herhangi bir elemanla birleşiminde bütün dayanım şartları şu şekilde sağlanmalıdır ;

$$R_d \geq 1,2 \cdot N_{Pl,Rd} \quad 6.3$$

Burada

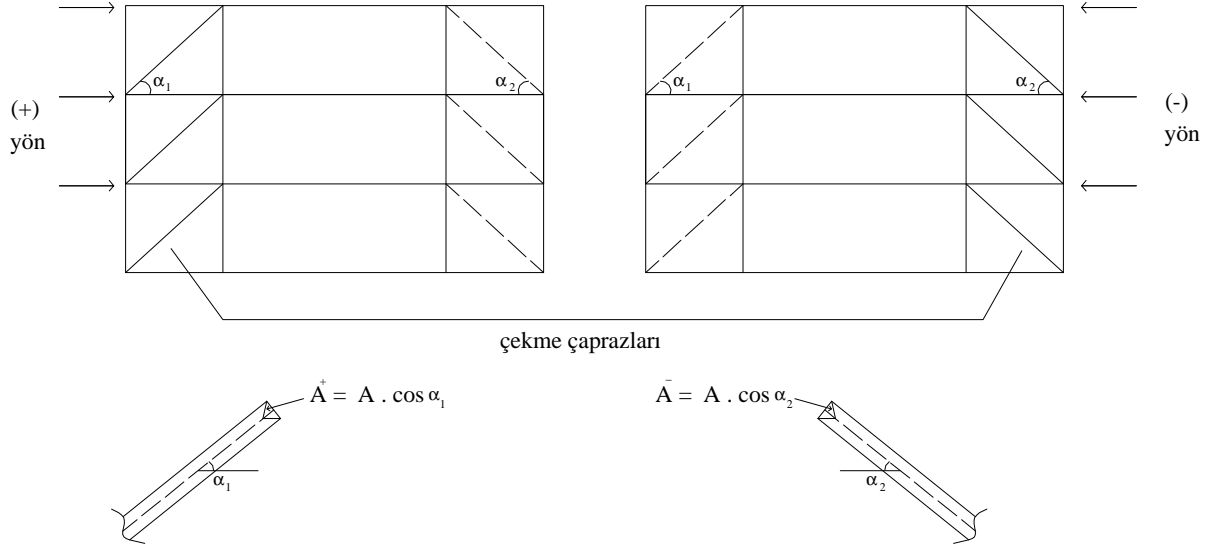
$N_{Pl,Rd}$  : Çapraz elemanın çekmede ve basınçta aksenal dayanımı

Kirişler ve kolonlarda aksenal yük etkisi için minimum dayanım

$$N_{Rd}(M) \geq 1,2(N_{sd,G} + \alpha \cdot N_{sd,E})$$

6.4

koşullarını sağlamalıdır.



Şekil 6.1. Çekmeye çalışan çapraz elemanlar



## BÖLÜM 7. DIŞMERKEZ GÜÇLENDİRİLMİŞ ÇERÇEVELER İÇİN KURALLAR

### 7.1. Temel Kurallar

Dış merkez güçlendirilmiş çerçeveler , kirişlerin plastik eğilme ve/veya plastik kesme mekanizmaları meydana gelmesiyle enerji yutabilecekleri düşünülerek dizayn edilecektir. Diğer kurallar , kirişlerdeki plastik mafsallar veya kesme panelleri , diğer bölgelerdeki akmalardan veya göçmelerden önce meydana gelmelidir. Kirişlerin plastik mafsal oluşumu ile enerji yutabilmesi için yukarıda tanımlanan kuralların sağlanması göz önüne alınmalıdır. Kirişlerin çerçevenmiş gövde panellerinde, plastik kesme mekanizmasının meydana gelmesiyle enerji yutabilmesi için aşağıda verilen kurallara uyulması gerekmektedir ;

$$\frac{V_{Sd}}{V_{wp,Rd}} \leq 1,0 \quad 7.1$$

$$\frac{M_{Sd}}{M_{Pl,Rd}} \leq 0,70 \quad 7.2$$

$$\frac{N_{Sd}}{N_{Pl,Rd}} \leq 0,15 \quad 7.3$$

Kolonlar ve çapraz elemanlar, basınç altında en elverişsiz eksenel kuvvet ve eğilme momentleri kombinasyonu dikkate alınarak aşağıdaki kuralları sağladığı gösterilmelidir ;

$$N_{Rd}(M_{sd}, V_{sd}) \geq 1,2(N_{sd,G} + \alpha.N_{sd,E}) \quad 7.4$$

Burada

$N_{Rd}(M_{sd}, V_{sd})$ : Kolonun veya çapraz elemanın Eurocode 3 'e göre aksenal kuvvet dizayn dayanımıdır.

$N_{sd,G}$  : Sismik dizayn yük kombinasyonunda sismik olmayan hareketlerden dolayı kolonlarda veya çapraz elemanlarda oluşan basınç kuvveti

$N_{sd,E}$  : Önem faktörü çarpanı ile çarpılmış , dizayn deprem yüküne bağlı olarak kolonda veya çaprazda meydana gelen basınç kuvveti

$\alpha$  : Güçlendirme sistemindeki toplam enerji yutucu bölgelerde

$$\alpha_i = N_{Pl,Rdi} / N_{Sdi} \quad 7.5$$

ve

$$\alpha_i = M_{Pl,Rdi} / M_{Sdi} \quad 7.6$$

değerlerinin en küçük değeridir.

$V_{Pl,Rdi}$  : i kirişinin plastik bölgesinin dizayn kesme kuvveti

$V_{Sdi}$  : Sismik yük durumunda i kirişinin plastik bölgesinin dizayn kesme kuvvetidir.

$M_{Pl,Rdi}$  : i kirişinin plastik bölgesinin dizayn eğilme momenti değeri

$M_{Sdi}$  : Sismik yük durumunda i kirişinin plastik bölgesinin tasarım eğilme momenti değeridir.

## 7.2. Konsol Veya Ters Pandül Yapılar İçin Diğer Kurallar

Yapının boyutsuz narinliği  $\bar{\lambda} \leq 1,5$  olarak sınırlandırılmıştır. Kolonun katlar arası rölatif yerdeğiştirme hassasiyet katsayısı

$$\theta \leq 1,5 \quad 7.7$$

olacak şekilde sınırlandırılmıştır.

Konsol yapılarda kolonlar ve temelleri mutlaka kontrol edilmelidir. Kolonun temele bağlandığı taban birleşim noktasında  $M_{Rd}$  dayanımı aşağıdaki şartı sağlayacak şekilde dizayn edilmelidir ;

$$M_{Rd} \geq 1,20 \cdot M_{Pl,Rd} \cdot \left( 1 - \frac{N_{sd}}{N_{Pl,Rd}} \right) \quad 7.8$$

### 7.3. İkili Yapılar İçin Kurallar

Moment taşıyıcı çerçeveler ve güçlendirilmiş çerçeveler birlikte bulunuyorsa aynı yönde çalışırlar. Yatay kuvvet kendi elastik rijitlikleri oranında aralarında dağıtılır.

### 7.4. Karma Yapılar İçin Kurallar

Dolgu duvarlar , çerçeve elemanının süneklik gereksinimi arttırmamak için boy kesit boyunca düzgün bir şekilde dağıtılır.Şayet bu sağlanamıyorsa bina boy kesit olarak düzensiz olarak kabul edilmelidir.

Çerçeve – Dolgu etkileşimi , kiriş ve kolonlardaki iç kuvvetleri elde edilirken nazarı dikkate alınmalıdır.

### 7.5. Dizayn Ve Yapı Kontrolü

- 1- İmalat ve yapı için yapılan planlar , birleşim detayları, bulonların çaplarını ve kalitelerini ve kaynakları ayrıca elemanların çelik sınıfını ve enerji yutucu bölgelerdeki müsaade edilen maksimum akma değeri  $f_y$  'yi belirlemelidir.
- 2- İmalat sırasında gerçekte kullanılan çeliğin akma dayanımı, tasarım akma dayanımının %10 'undan daha fazla olmayacak şekilde dizayn edilmelidir.
- 3- Yapım aşamasında , akma dayanımının yapının her yerine dağılımı, tasarımda kabul edilen değerden çok farklı olmamalıdır.

Burada

$$\left( \max r_i - \min r_i \right) \leq 0,2 \quad 7.9$$

bağıntısı ile bu şart sağlanabilir.

$$r_i : f_{yri} / f_{yi}$$

$f_{yri}$  : Gerçek akma dayanımı

$f_{yi}$  : Tasarım akma dayanımı

Yapım aşamasında , tasarımda alınan rijitlik ve dayanım değerlerinin %10 'undan fazla azalmamalı ve artmamalıdır.

Yukarıda açıklanan kurallardan biri sağlanmadığı takdirde, yapının yeniden analizinin ayrıntıları ve yönetmeliğe uygunluğu mutlaka gösterilmelidir.

Bulonların uygunluğunun ve kaynak kalitesinin kontrolü için EN10910 yönetmeliğindeki kurallara uyulduğu gösterilmedir.

## BÖLÜM 8. EUROCODE 3 YÖNETMELİĞİNE GÖRE BİNALARIN BOYUTLANDIRMA KURALLARI

### 8.1. Genel Bilgiler

Eurocode 3, Bölüm 1-1'e göre kesit tesirlerinin elde edilmesinde elastik veya plastik analiz yöntemlerinden herhangi birine başvurulabilmektedir. Elastik hesap yöntemleri ile çözüm yapıldığında, hesabın geçerlilik alanını sınırlayan her hangi bir kural bulunmamaktadır.

Eurocode 3'e göre çözümlenmede kullanılacak sınır değerleri aşağıdaki tabloda verilmiştir. Burada kullanılan yapı çeliğinin nominal sınır değerleri, elemanların başlık ve gövde kalınlıklarına göre farklılıklar göstermektedir.

Tablo 8.1. Yapı çelikleri için nominal akma ve kopma değerleri

Yapı Çelikleri için verilen Nominal Akma ve Kopma Değerleri				
Nominal Çelik Sınıfı	t = kalınlık (mm)			
	$t \leq 40$ mm		$40 \leq t \leq 100$ mm	
	$f_y (N/mm^2)$	$f_y (N/mm^2)$	$f_y (N/mm^2)$	$f_y (N/mm^2)$
$F_e 360$	235	360	215	340
$F_e 430$	275	430	255	410
$F_e 510$	355	510	335	490

Yapı çeliğinin mekanik özellikleri aşağıda açıklandığı gibidir ;

E = Elastisite modülü =  $210\,000\ N/mm^2$

G = Kayma modülü =  $\frac{E}{2(1+\nu)}$

$\nu$  = Poisson oranı = 0,3

$\alpha$  = Sıcaklık katsayısı =  $12 \cdot 10^{-6} / C^o$

$\rho$  = Birim ağırlığı =  $7850 \text{ kg} / m^3$

## 8.2. Kullanılabilirlik Limit Durumu

Deformasyonlar ve sehimler, yapının kullanımını etkileyeceğini veya göre hoş görünmeyen görünüm meydana getireceği için bu değerlere sınırlandırmalar konmuştur. Sehim için müsaade edilen max değerler aşağıdaki tabloda verilmiştir. Bu değerler ampirik ifadeler olduklarından , istenilen performans düzeyi için hesaplanan değerlerle karşılaştırılmalıdır.

### 8.2.1. Sehim limit değerleri

$$\delta_{\max} = \delta_1 + \delta_2 + \delta_o$$

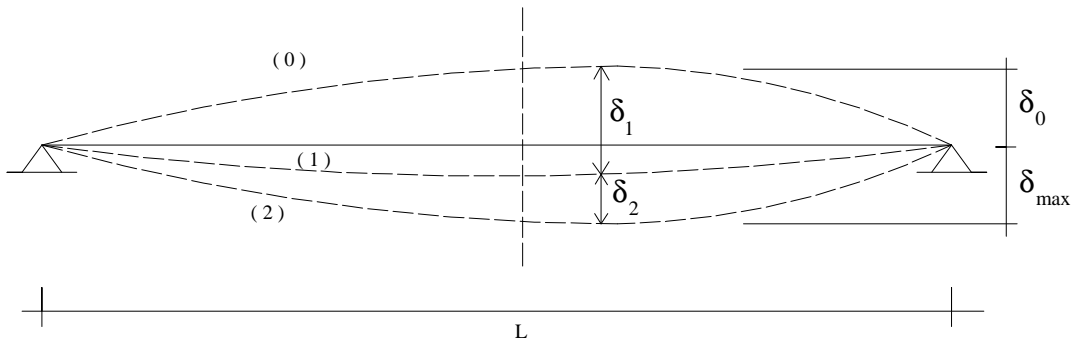
Burada

$\delta_{\max}$  : İki mesnet noktasının aksı ile düşeyde oluşan sehim farkı

$\delta_o$  : Negatif eğilme momentinden meydana gelebilecek ters sehim

$\delta_1$  : Yüklemeden hemen sonra meydana gelen sehim

$\delta_2$  : Değişken yükler altında meydana gelen sehim



Şekil 8.1. Sehim değişimi

Tablo 8.2 Sehim Limit Değerleri

Durum	$d_{max}$	$d_2$
Çatılar	L / 200	L / 250
Sık , sık kullanılan çatılar	L / 250	L / 300
Döşemeler	L / 250	L / 300
Çatılar ve döşemeler (kırılgan bir malzeme ile kaplanmış ise )	L / 250	L / 350
Kolon basan döşemeler	L / 400	L / 500
Sehim görüntüyü bozma değeri	L / 250	L / 250

Binalar için yatay doğrultudaki sehim değerleri aşağıda gösterildiği gibi kontrol edilmelidir;

- 1- Ana kapı çevrelerinde  $h/150$
- 2- Tek katlı yapılarda  $h/300$

Çok katlı yapılarda sehim değeri

- 1- Her katta  $h/300$
- 2- Binanın toplamında  $h_o/500$

olarak alınmıştır.

### 8.3. Taşıma Sınır Durumu Kriterleri

#### 8.3.1. Genel bilgiler

Çelik yapılar ve elemanlarında kısmi bir güvenlik faktörü  $\gamma_M$  nazarı dikkate alınmalıdır. Bu  $\gamma_M$  değerleri çelik yapı elemanlarında aşağıda gösterilen değerlerde alınmalıdır ;

- a) Sınıf 1,2,3 enkesitlerin dayanımı için  $\gamma_{M0} = 1,1$
- b) Sınıf 4 enkesitler için  $\gamma_{M1} = 1,1$
- c) Burkulmaya maruz elemanlar için  $\gamma_{M1} = 1,1$

d) Bulon deliklerinde net kesit dayanımı için  $\gamma_{M1} = 1,25$

### 8.3.2. Çerçeve tasarımı

- 1- Burada çerçeveler;
- 2- Kesit dayanımına göre
- 3- Elemanın dayanımına göre
- 4- Birleşimlerin dayanımına göre
- 5- Çerçeve stabilitesine göre
- 6- Statik dengeye göre

dizaynı yapılmalıdır. Kesitlerin ve elemanların dayanımı kontrol edilirken çerçevenin analizinden elde edilen kesit zorları nazarı dikkate alınarak boyutlandırılması yapılmalıdır.

Çekmeye çalışan elemanlarda kesit dayanımı kontrolü,

Basınca çalışan elemanlarda

- a) Kesit dayanım kontrolü
  - b) Burkulma kontrolü
- yapılmalıdır.

Kirişlerde ise

- 1- Kesit dayanımı
- 2- Yanal burulma burkulması
- 3- Kesme burkulması
- 4- Başlıkların burkulma kontrolü
- 5- Gövdenin burkulma dayanımının kontrolünün yapılması gerekmektedir.

Eksenel yük ve moment etkisindeki elemanlarda

- a) Kesitlerin
  - b) Elemanlar için kontrollerin
- yapılması gereklidir.



Burada ayrıca kirişlerde , çekme elemanları ve basınç elemanları için gerekli kontroller yapılmalıdır.

### 8.3.3. Yorulma etkilerinin kontrolü

Yapıya uygulanan tekrarlı azalan ve artan yükler dikkate alındığında elemanın yorulma kontrolünün yapılması gerekir. Ancak normal bina tipi yapılar için bu yorulma kontrolünün yapılması gerekli değildir.

### 8.3.4. İç kuvvetler ve momentlerin elde edilmesi

İç kuvvetler ve momentler, elastik global analiz veya plastik global analiz vasıtasıyla elde edilir.

Elastik global analiz metodu bütün yapı tiplerine uygulanabilir . Plastik global analiz metodu ise sadece gerekli şartları sağlayan yapı tipleri uygulanabilirler.

Deformasyon etkilerinin dikkate alınması halinde iç kuvvetler ve momentler Birinci Mertebe Teorisine göre veya şekil değiştirmelerin sistem geometrisi üzerindeki etkileri dikkate alınarak İkinci Mertebe Teorisine göre hesaplanır.

1-Birinci Mertebe Teorisi Dikkate alındığında;

2-Güçlendirilmiş çerçevelerde

3-Yatay hareketi engellenmiş çerçevelerde

4-İkinci mertebe etkilerine müsaade edilen tasarım yöntemlerinde uygulanabilir.

5-İkinci Mertebe Teorisi ise bütün yapı tiplerine uygulanabilir.

Elastik global analiz, basınç - yer değiştirme eğrisinin lineer olduğu esas prensibine dayanır. Bu teori kesit dayanımının plastik duruma geldiğinde dahi Birinci Mertebe ve İkinci Mertebe Teorisinde kullanılabilir.

Birinci Mertebe Elastik analizde elde edilen eğilme momentleri, en büyük moment % 15 arttırılarak tekrar dağıtılarak elde edilir.

## 8.4. Enkesitlerin Sınıflandırılması

Elastik global analizin kullanıldığı durumlarda , kesitin yerel burkulmaya karşı dayanımının sağlandığı her çeşitli kesit kullanılabilir.

### 8.4.1. Enkesit sınıfları

Enkesitler aşağıda belirtildiği gibi sınıflandırılmıştır.

- 1- Sınıf 1 Enkesitler : Plastik mafsal oluşumu için gerekli dönme kapasitesine sahip olan enkesitler
  - 2- Sınıf 2 Enkesitler : Plastik moment kapasitesi yüksek , dönme kapasitesi düşük olan enkesitlerdir.
  - 3- Sınıf 3 Enkesitler : Yüksek basınç altında çelik lifleri akma kapasitesine varan , fakat plastik moment dayanımına , yerel burkulma etkisinde kalmalarından dolayı ulaşamayan enkesitler
  - 4- Sınıf 4 Enkesitler : Moment dayanımının veya basınç dayanımının elde edilmesinde yerel burkulma etkilerinin dikkate alınması gereken enkesitler
- Sınıf 4 enkesitlerde yerel burkulmalar nedeniyle dayanımda meydana gelen azalmayı nazarı dikkate almak için bu sınıf enkesitlerde efektif genişlik göz önüne alınmalıdır.

### 8.4.2. Elastik global analiz kullanıldığında enkesit gereksinimleri

Bütün basınç kesitleri Sınıf 2 olduğundan , kesitin plastik moment taşıma kapasitesi arttırılabilir. Bütün basınç kesitleri sınıf 3 olduğu durumlarda ise en uçtaki çelik lif, akma sınırına ulaşacak şekilde kesit içinde elastik gerilme dağılımı oluşur.

Kesit Sınıfı	Gövde eğilmeye m arız kalıyorsa	Gövde basınca m arız kalıyorsa	Gövde eğilmeye ve basınca m arız kalıyorsa		
Gerilme dağılımı					
1	$d/t_w < 72 \cdot \epsilon$	$d/t_w < 33 \cdot \epsilon$	$\alpha > 0.5$ ise $d/t_w < 396 \cdot \epsilon / (13 \cdot \alpha - 1)$ $\alpha < 0.5$ ise $d/t_w < 39 \cdot \epsilon / (13 \cdot \alpha - 1)$		
2	$d/t_w < 83 \cdot \epsilon$	$d/t_w < 38 \cdot \epsilon$	$\alpha > 0.5$ ise $d/t_w < 396 \cdot \epsilon / (13 \cdot \alpha - 1)$ $\alpha < 0.5$ ise $d/t_w < 39 \cdot \epsilon / (13 \cdot \alpha - 1)$		
Gerilme dağılımı					
3	$d/t_w < 124 \cdot \epsilon$	$d/t_w < 42 \cdot \epsilon$	$\psi > -1$ ise $d/t_w < 42 \cdot \epsilon / (0.67 + 0.33 \cdot \psi)$ $\psi < -1$ ise $d/t_w < 62 \cdot \epsilon / (1 - \psi) - \psi^{0.5}$		
$\epsilon = (235/f_y)^{0.5}$	$f_y$ $\epsilon$	235 1	275 0.92	355 0.81	

Şekil 8.2 Maksimum genişlik – kalınlık oranları

### 8.4.3. Sınıf 4 Enkesitler için efektif kesit karakteristikleri

Bu tip kesitler için efektif kesit özellikleri basınca çalışan elemanın genişliğine bağlıdır. Şekil 8.3 ve Şekil 8.4 'de açıklanmıştır.

Azalma faktörü  $\rho$  'nun değeri yaklaşık aşağıda verildiği gibidir ;

$$\bar{\lambda}_P \leq 0,673 \rightarrow \rho = 1,0 \quad 8.2$$

$$\bar{\lambda}_P \geq 0,673 \rightarrow \rho = (\bar{\lambda} - 0,22) / (\bar{\lambda}_P)^2 \quad 8.3$$

ile azaltma faktörü bulunabilir.

$\bar{\lambda}_P$  değeri aşağıdaki formül vasıtasıyla elde edilir ;

$$\bar{\lambda}_P = (f_{yd} / \sigma_{cr}) \cdot 0,5 = \left( \frac{b}{t} \right) / 28,4 \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{k_\sigma} \quad 8.4$$

Burada

t : kalınlık

$\sigma_{cr}$  : düzlem burkulma yükü

$\psi$  : Gerilme oranına bağlı olarak bulunan burkulma faktörü

$\bar{b}$  : Uygun genişlik ,  $\bar{b}$  'nin kesit tiplerine göre değerleri şu şekilde verilmiştir ;

$\bar{b} = d$  gövdede

$\bar{b} = b$  başlıkta (dikdörtgen ve kutu profiller hariç)

$\bar{b} = b - 3t$  dikdörtgen profillerin başlıkları

$\bar{b} = c$  kesitlerin dışarıda kalan kısımları

$\bar{b} = (b+h)/2$  eş kenarlı köşebent olduğu durumlarda

$\bar{b} = h$  veya  $(b+h)/2$  farklı kenarlı köşebentlerde

Efektif kesit alanlarının merkezi eksenini , kesitin merkez ekseninden  $e_N$  kadar uzakta bulunmaktadır. Efektif kesitin özellikleri hesaplanırken bu  $e_N$  uzaklığının da hesaba dahil edilmesi gerekir. Şayet kesit üzerinde bir aksenal normal kuvvet mevcut ise ilave bir  $\Delta M$  momenti ortaya çıkar.

$$\Delta M = N \cdot e_N \quad 8.5$$

#### 8.4.4. Enine kuvvetlerin gövde üzerindeki etkisi

Enine basınç gerilmelerinin önemli etkileri gövdenin yerel burkulma hesabında nazarı dikkate alınmalıdır. Enine gerilmeler , elemanların birleşim bölgelerinde artma gösterebilirler. Enine basınç gerilmeleri tablolarda verilen 1,2,3 enkesitlerinin maksimum derinlik/genişlik oranının değerini efektif olarak düşürebilmektedir.

#### 8.5. Kesitlerin Dayanımı

##### 8.5.1. Genel bilgiler

Kesitlerin ,

- 1- Brüt kesit alanının plastik dayanımına göre
  - 2- Kesme etkilerine göre
  - 3- Yerel burkulma dayanımına göre
  - 4- Kesme burkulması dayanımına göre
- dizayn edilmelidir.

##### 8.5.2. Kesit özellikleri

Brüt kesit, belirtilen boyutlar kullanılarak elde edilir. Bulon veya perçin için açılan delikler, kesitin özelliklerine dahil edilmesine ihtiyaç yoktur. Ayrıca birleşim elemanının kesit özelliklerine katılmazlar.

Kesitin net alanı, kesitin bütün alanından bulon veya perçin deliklerinin çıkarılması ile elde edilen alandır. Net kesit özellikleri bulunurken kesit alanında bulon ya da perçin deliğinin kendi düzlemindeki alanı çıkarılır. Havşalı deliklerin bulunması halinde belirli bir orana kadar net kesit hesabı yapılırken dikkate alınmayabilir. Şayet bulon veya perçin delikleri şaşırtmalı olarak açılmamış ise bu durumda net kesit alanı hesaplanırken elemanın eksenine dik olan herhangi bir kesitte delik alanları toplamının maksimum değeri kesit alanından çıkarılır. Delikler şaşırtmalı olarak yerleştirildiğinde gereken delin alanı için aşağıda açıklanandan büyük olanı alınır ;

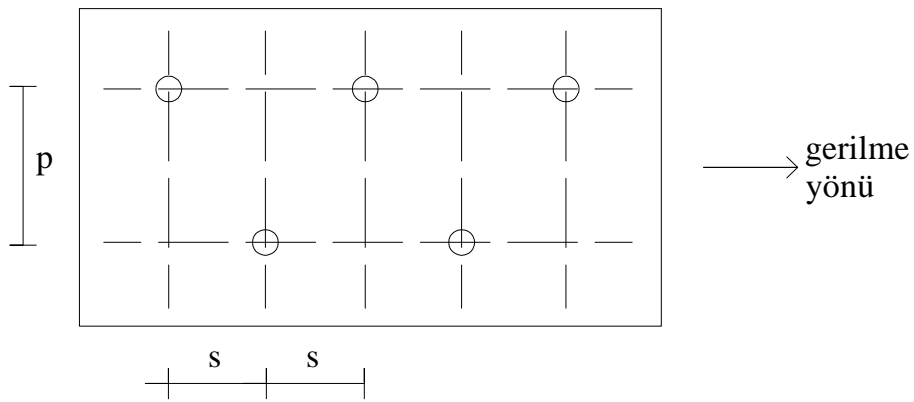
- a) Şaşırtmalı olmayan deliklerin kesit alanı toplamı  
 b) Eleman veya elemanın bir parçası boyunca aralıksız uzanan diyagonal veya zikzag yırtılma çizgisindeki deliklerin kesit alanları toplamından delik zincirinde her boşluk için  $s^2 \cdot t \cdot (4.p)$  ilave edilir.

Burada

t : kalınlık

s : Eleman eksenine paralel olarak ölçülen iki delik merkezi arasındaki uzaklık

p : Eleman eksenine dik olarak ölçülen aynı iki delik merkezi arasındaki uzaklık



Şekil 8.3. Yırtılma çizgisi

Kesme – Lag etkisi elemanın başlıklarının gövdesinden çok fazla gerilme etkisinde bulunmasına denir . Aşağıda belirtilen durumlarda ihmal edilebilir ;

$$c \leq L_o / 20 \quad 8.6$$

$$b \leq L_o / 10 \quad 8.7$$

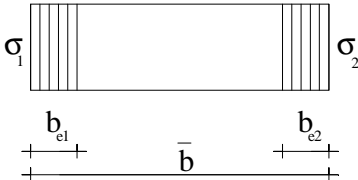
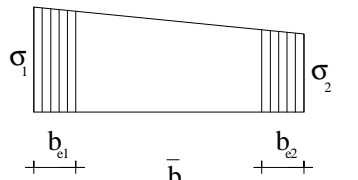
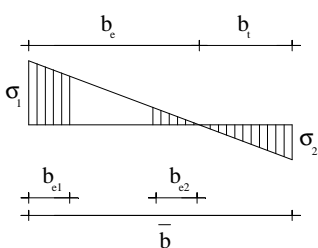
Burada

$L_o$  : Moment sıfır noktasına olan uzaklık

b : genişlik

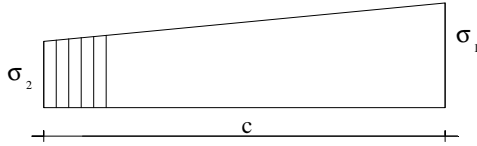
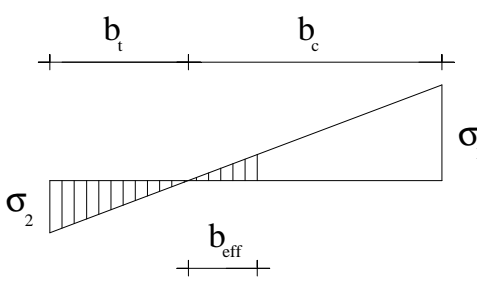
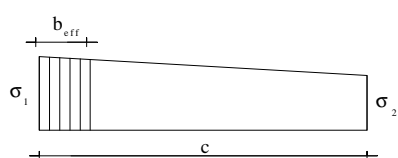
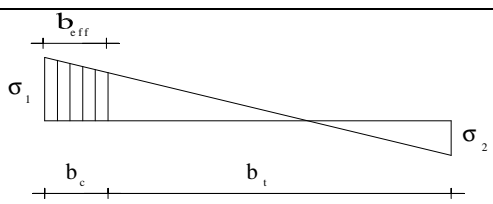
c : dış kısım uzunluğu

Şayet bu sınırlar aşıyorsa kesit başlıkları için efektif genişlik alınması gerekir.

Basınca çalışan iç elemanlar	
Gerilme dağılımı	Efektif genişlik $b_{eff}$
	$\psi = 1$ $b_{eff} = \rho \cdot \bar{b}$ $b_{e1} = 0,5 \cdot b_{eff}$ $b_{e2} = 0,5 \cdot b_{eff}$
	$1 > \psi > 0$ $b_{eff} = \rho \cdot \bar{b}$ $b_{e1} = \frac{2 \cdot b_{eff}}{5 - \psi}$ $b_{e2} = 0,6 \cdot b_{eff}$
	$\psi < 0$ $b_{eff} = \rho \cdot b_c = \rho \cdot \bar{b} / (1 - \psi)$ $b_{e1} = 0,4 \cdot b_{eff}$ $b_{e2} = 0,6 \cdot b_{eff}$

$\psi = \sigma_1 / \sigma_2$	1	$1 > \psi > 0$	0	$0 > \psi > -1$	-1	$-1 > \psi > -2$
Burkulma faktörü	4	$\frac{8,2}{1,05 + \psi}$	7,81	$7,81 - 6,29 \cdot \psi + 9,78 \cdot \psi^2$	23,9	$5,98 \cdot (1 - \psi)^2$
$k_\sigma$						
Alternatif olarak $1 > \psi > 1$		$k_\sigma = \frac{16}{[(1 + \psi)^2 + 0,112 \cdot (1 - \psi)^2]^{0,5} + (1 + \psi)}$				

Şekil 8.4 Basınca çalışan iç elemanlar

Basınca çalışan dış elemanlar					
Gerilme dağılımı	Etkatif genişlik $b_{eff}$				
 	$1 > \psi > 0$ $b_{eff} = \rho \cdot c$  $\psi < 0$ $b_{eff} = \rho \cdot b_c = \rho \cdot c / (1 - \psi)$				
$\psi = \sigma_1 / \sigma_2$	1	0	-1	$1 > \psi > -1$	
Burkulma faktörü $k_\sigma$	0,43	0,57	0,85	$0,57 - 0,21 \cdot \psi + 0,07 \cdot \psi^2$	
 	$1 > \psi > 0$ $b_{eff} = \rho \cdot c$  $\psi < 0$ $b_{eff} = \rho \cdot b_c = \rho \cdot c / (1 - \psi)$				
$\psi = \sigma_1 / \sigma_2$	1	$1 > \psi > 0$	0	$0 > \psi > -1$	-1
Burkulma fak. $k_\sigma$	0,43	$\frac{0,578}{\psi + 0,34}$	1,70	$1,7 - 5 \cdot \psi + 17,1 \cdot \psi^2$	23,9

Şekil 8.5. Basınca çalışan Dış Elemanlar



### 8.5.3. Eksenel çekme durumunda bulunan elemanlar

Eksenel çekme durumunda bulunan elemanların her bir kesitinde

$$N_{sd} \leq N_{t.Rd} \quad 8.8$$

şartı mutlak suretle sağlanmalıdır. Burada

$N_{sd}$  : Çekme kuvveti tasarım değeri

$N_{t.Rd}$  : Kesitin tasarım çekme dayanımı ( aşağıdaki değerlerden küçük olanı  $N_{t.Rd}$  olarak alınmalıdır )

Brüt kesitin tasarım plastik dayanımı

$$N_{pL.Rd} = A_{fy} / \gamma_{Mo} \quad 8.9$$

Net kesitin nihai tasarım dayanımı

$$N_{U.Rd} = A_{fy} / \gamma_{M2} \quad 8.10$$

Elemanda sünek davranışın istenildiği durumlarda plastik tasarım dayanımı  $N_{pL.Rd}$  net kesitin nihai tasarım dayanımından ( $N_{U.Rd}$ ) , küçük olması sağlanmalıdır .

$$N_{U.Rd} \geq N_{pL.Rd} \cdot b \quad 8.11$$

Bu şartın sağlanması için aşağıdaki koşul yerine getirilmelidir ;

$$0,9 \cdot (A_{net} / A) \geq (f_y / f_u) (\gamma_{M2} / \gamma_{Mo}) \quad 8.12$$

### 8.5.4. Basınç durumu

Eksenel basınç durumu dikkate alındığında elemanın her kesitinde

$$N_{sd} \leq N_{c.Rd} \quad 8.13$$

şartı yerine getirilmelidir. Burada

$N_{c.Rd}$  : Kesitin tasarım çekme dayanımı . Bu değer aşağıdaki değerlerden küçük olanı  $N_{c.Rd}$  olarak alınmalıdır.

Brüt kesitin tasarım plastik dayanımı için

$$N_{pL.Rd} = A_{fy} / \gamma_{Mo} \quad 8.14$$

Brüt kesitin tasarım burkulma dayanımı için

$$N_{o.Rd} = A_{eff} \cdot f_y / \gamma_{M1} \quad 8.15$$

Kesitin tasarım basınç dayanımı  $N_{c,Rd}$ , kesit sınıfı 1,2,3 ' de gösterildiği gibi

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_y / \gamma_{Mo} \quad 8.16$$

Kesit sınıfı 4 'de ise

$$N_{c,Rd} = A_{eff} \cdot f_y / \gamma_{M1} \quad 8.17$$

olarak alınmalıdır.

Basınç elemanlarında çok büyük deliklerin bulunması haricinde bulon veya perçin deliklerinin hesaba katılması gerekli değildir.

### 8.5.5. Eğilme momenti durumu

Kesme kuvvetinin bulunduğu durumlarda eğilme momentinin tasarım dayanımı  $M_{sd}$ , elemanın her bir kesitinde

$$M_{sd} \leq M_{c,Rd} \quad 8.18$$

şartını sağlamalıdır.  $M_{c,Rd}$  eğilme momentinin tasarım dayanımı olarak elemanın her kesitinde aşağıda verilen değerlerden küçük olan değeri dikkate alınmalıdır. Brüt kesitin plastik moment tasarım dayanımı olarak

$$M_{pL} \leq W_{pL} \cdot f_y / \gamma_{Mo} \quad 8.19$$

alınmalıdır. Kesitin yerel burkulma tasarım dayanımı olarak

$$M_{o,Rd} \leq W_{eff} \cdot f_y / \gamma_{M1} \quad 8.20$$

alınmalıdır. Burada

$W_{eff}$  : Efektif kesit modülü

$M_{u,Rd}$  : Net kesitin nihai moment kapasitesi

Sınıf 3 kesitler için brüt kesitin tasarım moment dayanımı elastik tasarım dayanımı olarak alınabilir ;

$$M_{el,Rd} = W_{el} \cdot f_y / \gamma_{Mo} \quad 8.21$$

Tek eksenli eğilme durumunda, kesmeli eğilme olduğu durum dikkate alındığında brüt kesitin tasarım moment dayanımı sınıf 1 ve 2 kesitler için

$$M_{c,Rd} = W_{pL} \cdot f_y / \gamma_{Mo} \quad 8.22$$

alınmalıdır.

Sınıf 3 kesitler için

$$M_{c.Rd} = W_{el} f_y / \gamma_{Mo} \quad 8.23$$

Sınıf 4 kesitler için ise

$$M_{c.Rd} = W_{eff} f_y / \gamma_{M1} \quad 8.24$$

ile hesaplanmalıdır.

Çekme başlıklarında aşağıdaki şart sağlanıyorsa bulon ya da perçin deliklerinin hesaba dahil edilmesi gerekli değildir.

$$0.9.(A_{f,net} / A) \geq (f_y / f_u).(\gamma_{M2} / \gamma_{Mo}) \quad 8.25$$

Burada  $A_{f,net} / A$  oranının limit durumundan yüksek olması halinde başlık alanı düşülerek bu oranın limit durumundan yüksek olması sağlanabilir. (8.25) eşitsizliğinin gövdenin çekme bölgesindeki delikler için yapılmasına ihtiyaç yoktur.

Kesitin tamamının kontrolü yapılırken gövdedeki çekme bölgesi de hesabın içine konulmalıdır. Basınç bölgesindeki delikler çok büyük boyutta bulunmadığı hallerde hesaba katılmasına ihtiyaç yoktur.

### 8.5.6. Kesme durumu

Kesme tasarım dayanımı  $V_{sd}$  elemanın tüm kesitlerinde

$$V_{sd} \leq V_{pL.Rd} \quad 8.26$$

şartını sağladığı gösterilmelidir.  $V_{pL.Rd}$  plastik kesme dayanımı aşağıda verildiği gibi elde edilmelidir ;

$$V_{pL.Rd} = A_v.(f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{Mo} \quad 8.27$$

Burada  $A_v$  kesme alanı değeri , haddeden geçmiş I ve H kesitlerinde gövdeye paralel olarak yük tesir ediyorsa

$$A_v = A - 2.b.t_f + (t_w + 2.r).t_f \quad 8.28$$

olarak hesaplanır. Haddeden geçmiş C kesitlerinde gövdeye paralel olarak yük tesir ediyorsa

$$A_v = A - 2.b.t_f + (t_w + r).t_f \quad 8.29$$

olarak alınır.

Kaynaklı I , H ve kutu kesitlerde gövdeye paralel yük tesir ediyorsa

$$A_v = \sum (d.t_w) \quad 8.30$$

alınmalıdır.

Kaynaklı I , H ve kutu kesitlerde başlığa paralel yük tesir ediyorsa

$$A_v = A - \sum (d.t_w) \quad 8.31$$

alınmalıdır. Diğer durumlarda da  $A_v$  kesme alanı benzer yollarla elde edilebilir.  $A_v$  değeri için hadde I ve H kesitlerinde yaklaşık olarak

$$A_v = 1,04.h.t_w \quad 8.32$$

kullanılabilir.

Gövde kalınlığının değişken olduğu kesitlerde, gövde kalınlığı olarak en küçük kalınlık alınmalıdır.

Ayrıca kesme burkulma dayanımı için

$d / t_w > 69.\varepsilon$  rijitleştirilmemiş kesit gövdelerinde

$d / t_w > 30.\varepsilon.\sqrt{k_r}$  rijitleştirilmiş kesit gövdelerinde

alınmalıdır.Burada

$k_r$  : Kesme burkulma faktörü

$\varepsilon : (235 / f_y)^{0.5}$

sınır şartlarının sağladığı gösterilmelidir.

$$A_{v.net} = (f_y / f_u).A_v$$

şartı sağlanıyorsa delik kesitlerinin göz önüne alınmasına ihtiyaç yoktur.

$A_{v.net}$  değeri limit değerden düşük ise efektif kesme alanı

$$A_{v.eff} = (f_y / f_u).A_{v.net} \quad 8.33$$

olarak alınmalıdır.

### 8.5.7. Kesmeli eğilme durumu

Kesme kuvvetinin bulunduğu kesitlerde plastik moment dayanımının teorik değeri küçüktür. Kesme değerinin küçük bulunduğu durumda bu kesme değerinden meydana gelen moment dayanımının küçülmesi, kesme kuvvetinden meydana gelen pekleşme nedeniyle ihmal edilebilir. Kesme kuvveti plastik kesme dayanımının yarısını geçtiği takdirde kesme kuvveti etkilerinin plastik moment taşıma kapasitesi

üzerindeki etkileri dikkate alınmalıdır. Tasarım kesme kuvveti  $V_{sd}$  'nin plastik kesme dayanımı  $V_{pL,Rd}$  'nin % 50'sini aşmadığı durumlarda  $V_{sd} \leq 0,50.V_{pL,Rd}$  , tasarım moment dayanımında herhangi bir azalma dikkate alınmaz.  $V_{sd} \geq 0,50.V_{pL,Rd}$  olduğu konumda , plastik moment dayanımı değerleri aşağıda gösterildiği şekliyle alınabilir ;

Eşit başlıklı kesitlerde eğilme durumu ana ekseninde bulunuyorsa

$$M_{v,Rd} = \left[ W_{pL} - \frac{\rho \cdot A_v^2}{4 \cdot t_w} \right] \cdot f_y / \gamma_{Mo} \quad M_{v,Rd} \leq M_{c,Rd} \quad 8.34$$

burada

$$\rho = (2 \cdot V_{sd} / V_{pL,Rd} - 1)^2 \quad 8.35$$

Diğer durumlarda ise  $M_{v,Rd}$  , kesitin plastik moment dayanımı, kesme alanı için  $(1 - \rho) \cdot f_y$  ile azaltılarak hesaplanmalıdır.

Normal kuvvet – eğilme durumunda kesme kuvveti mevcut bulunuyorsa sınıf 1 ve sınıf 2 kesitler için

$$M_{sd} \leq M_{N,Rd}$$

şartı dikkate alınmalıdır.  $M_{N,Rd}$  , aksenal kuvvet için azaltılmış tasarım plastik moment dayanımı ifade eder. Bulon deliklerinin bulunmadığı durumda azaltılmış plastik moment dayanımı  $M_{N,Rd}$  şu şekilde hesaplanabilir;

$$M_{N,Rd} = M_{pL,Rd} \cdot \left[ 1 - (N_{sd} / N_{pL,Rd})^2 \right] \quad 8.36$$

ve

$$\frac{M_{sd}}{M_{pL,Rd}} + \left[ \frac{N_{sd}}{N_{pL,Rd}} \right]^2 \leq 1 \quad 8.37$$

Başlık bölgelerinde , kesmeli eğilmede olduğu gibi küçük aksenal kuvvetlerde dolayı teorik plastik moment dayanımındaki azalma , pekleşme ile karşılaştırılır ve bu değer dikkate alınmayabilir. Ancak y-y eksenindeki eğilme durumunda aksenal kuvvet , plastik moment dayanımını etkiler . Aksenal kuvvet gövdede plastik çekme

dayanımının yarısını veya tüm kesitte plastik çekme dayanımını geçtiği takdirde , kesitteki plastik moment dayanımına etkisi olur.

Aynı şekilde z-z eksenindeki eğilmede aksenal kuvvet gövdedeki plastik çekme değerini aşarsa moment dayanımını etkiler.

Bulon delikleri hesaba katılmadan hadde I ve H profilleri için aşağıdaki yaklaşık değerler dikkate alınabilir ;

$$M_{Ny.Rd} = M_{Pl.y.Rd} (1-\eta)/(1-0,5.\alpha) \quad , \quad M_{Ny.Rd} \leq M_{Pl.y.Rd} \quad 8.38$$

$$n \leq a \text{ için } M_{Nz.Rd} \leq M_{Pl.z.Rd} \quad 8.39$$

$$n \geq a \text{ için } M_{Nz.Rd} = M_{Pl.z.Rd} \left[ 1 - \left( \frac{n-a}{1-a} \right)^2 \right] \quad 8.40$$

$$n = N_{sd} / N_{pL.Rd} \text{ ve } a \leq 0,5 \rightarrow a = (A - 2.b.t_f) / A \quad 8.41$$

Standart hadde I ve H profilleri için aşağıdaki yaklaşık değerler alınabilir ;

$$M_{Ny.Rd} = 1,11.M_{pL.y.Rd} \cdot (1-n) \quad M_{Ny.Rd} \leq M_{Pl.y.Rd} \quad 8.42$$

$$n \leq 0,2 \text{ için } M_{Nz.Rd} \leq M_{Pl.z.Rd} \quad 8.43$$

$$n \geq 0,2 \text{ için } M_{Nz.Rd} = 1,56.M_{pL.z.Rd} \cdot (1-n) \cdot (n+0,6) \quad 8.44$$

Delik kesitleri hesaba dahil edilmeden sabit kalınlıklı dikdörtgen kutu kesitler için aşağıdaki yaklaşık değerler dikkate alınabilir ;

$$M_{Ny.Rd} = M_{Pl.y.Rd} \cdot (1-n)/(1-0,5.a_w) \quad , \quad M_{Ny.Rd} \leq M_{Pl.y.Rd} \quad 8.45$$

$$M_{Nz.Rd} = M_{Pl.z.Rd} \cdot (1-n)/(1-0,5.a_f) \quad , \quad M_{Nz.Rd} \leq M_{Pl.z.Rd} \quad 8.46$$

$$a_w = (A - 2.b.t) / A \quad a_w \leq 0,5 \quad 8.47$$

$$a_f = (A - 2.h.t) / A \quad 8.48$$

Sabit kalınlıklı dikdörtgen kutu kesitler için aşağıdaki yaklaşık değerler dikkate alınabilir ;

Kare kesitler için ;

$$M_{N.Rd} = 1,26 . M_{pL.Rd} (1 - \eta) \quad , \quad M_{N.Rd} \leq M_{pL.Rd} \quad 8.49$$

Dikdörtgen kesitler için ;

$$M_{Ny.Rd} = 1,33.M_{pL,y.Rd} \cdot (1 - \eta) \quad , \quad M_{Ny.Rd} \leq M_{pLy.Rd} \quad 8.50$$

$$M_{Nz.Rd} = 1,33.M_{pL,z.Rd} \cdot (1 - \eta) / (0,5 + h.t / A) \quad , \quad M_{Nz.Rd} \leq M_{pLz.Rd} \quad 8.51$$

Delik kesitlerinin olmadığı , sabit kalınlıklı tüp kesitler için

$$M_{N.Rd} = 1,04.M_{pL.Rd} (1 - n^{1,7}) \quad , \quad M_{N.Rd} \leq M_{pL.Rd} \quad 8.52$$

İki eksenli momentin etkimesi halinde aşağıdaki bağıntının gerçekleşmesi istenir ;

$$\left[ \frac{M_{y.sd}}{M_{Ny.Rd}} \right]^\alpha + \left[ \frac{M_{z.sd}}{M_{Nz.Rd}} \right]^\beta \leq 1 \quad 8.53$$

Burada  $\alpha$  ve  $\beta$  sabitleri kesit tiplerine bağlı katsayılardır ; I ve H kesitlerinde bu değer

$$\alpha = 2 \quad \text{ve} \quad \beta = 5.\eta \quad \beta \geq 1$$

alınır.

Dairesel tüp kesitler için  $\alpha = 2$  ve  $\beta = 2$

Dikdörtgen kutu kesitler için

$$\alpha = \beta = \frac{1,66}{1 - 1,13.\eta^2} \quad \text{ve} \quad \alpha = \beta \leq 6$$

İçi dolu dikdörtgen kesitler ve plakalar için

$$\alpha = \beta = 1,736 + 1,8.\eta^3 \quad 8.54$$

İki eksenli moment durumu dikkate alındığında aşağıdaki yaklaşık değerler dikkate alınabilir ;

$$\frac{N_{sd}}{N_{pL,Rd}} + \frac{M_{y.sd}}{W_{pL,y.Rd}} + \frac{M_{z.sd}}{W_{pL,z.Rd}} \leq 1 \quad 8.55$$

Sınıf 3 enkesitlerde kesme kuvveti etkisi var ise kesit boyunca maksimum gerilme  $\sigma_{x.Ed} \leq f_{yd}$  şartının gerçekleşmesi sağlanmalıdır. Bulon delikleri olmaksızın kesitte aşağıda belirtilen bağıntı gerçekleşmelidir ;

$$\frac{N_{sd}}{A \cdot f_{Yd}} + \frac{M_{Y, sd}}{W_{el, Y} \cdot f_{Yd}} + \frac{M_{z, sd}}{W_{el, z} \cdot f_{Yd}} \leq 1$$

8.56

Sınıf 4 enkesitlerde kesme kuvveti etkisi olması halinde efektif genişlik dikkate alınarak hesaplanan gerilmenin maksimum değeri için aşağıda belirtilen bağıntıları sağlamalıdır;

$$\sigma_{x, Ed} \leq f_{Yd} \qquad f_{Yd} = f_Y / \gamma_{M1} \qquad 8.57$$

Delik kesitleri olmaksızın sınıf 4 enkesitler için

$$\frac{N_{sd}}{A_{eff} \cdot f_{Yd}} + \frac{M_{Y, sd} + N_{sd} \cdot e_{NY}}{W_{eff} \cdot f_{Yd}} + \frac{M_{z, sd} + N_{sd} \cdot e_{Nz}}{W_{eff} \cdot f_{Yd}} \leq 1$$

### 8.5.8. Moment, kesme kuvveti ve eksenel kuvvet durumu

Kesme kuvveti, plastik kesme dayanımının yarısı geçtiği takdirde kesme kuvveti ve eksenel kuvvet, plastik moment kapasitesini azaltır. Kesme kuvvetinin tasarım değeri  $V_{sd}$ , plastik kesme tasarım  $V_{Pl, Rd}$  değerinin % 50 'ini aşmıyor ise ( $V_{sd} \leq 0,50 \cdot V_{Pl, Rd}$ ), moment ve eksenel kuvvet kombinasyonları dikkate alındığında herhangi bir azaltmaya ihtiyaç yoktur. Şayet ( $V_{sd} > 0,50 \cdot V_{Pl, Rd}$ ) ise moment ile eksenel kuvvet  $(1 - \rho) \cdot f_Y$  ile azaltma yapılarak çözüm yapılmalıdır.

$$\rho = (2 \cdot V_{sd} / V_{Pl, Rd} - 1)^2$$

### 8.5.9. Gövdeye tesir eden enine kuvvetler

Gövde düzleminde tesir eden enine kuvvetlerin bulunması halinde, elemanda kesme kuvveti bulunuyorsa, elemanın tüm noktalarında aşağıda verilen bağıntıya uyulmalıdır ;



$$\left[ \frac{\sigma_{X.Ed}}{f_{Yd}} \right]^2 + \left[ \frac{\sigma_{Z.Ed}}{f_{Yd}} \right]^2 - \left[ \frac{\sigma_{X.Ed}}{f_{Yd}} \right] \left[ \frac{\sigma_{Z.Ed}}{f_{Yd}} \right] \leq 1 \quad 8.60$$

Burada

$\sigma_{X.Ed}$  : Moment ve aksenal kuvvetin bir noktaya tesir etmesi halinde boyunca gerilmelerin tasarım değeridir.

$\sigma_{Z.Ed}$  : Enine kuvvetin aynı noktaya tesir etmesi halinde gerilmenin tasarım değeri

$$f_{Yd} = f_Y / \gamma_{M_0} \quad 8.61$$

Kesitin moment dayanımı, plastik gerilmenin kesit içindeki dağılımına bağlı ise aşağıda verilen bağıntıya uyulmalıdır ;

$$\left[ \frac{\sigma_{Xm.Ed}}{f_{Yd}} \right]^2 + \left[ \frac{\sigma_{Z.Ed}}{f_{Yd}} \right]^2 - k \left[ \frac{\sigma_{Xm.Ed}}{f_{Yd}} \right] \left[ \frac{\sigma_{Z.Ed}}{f_{Yd}} \right] \leq 1 - \beta_m \quad 8.62$$

Burada

$\sigma_{xm.Ed}$  : Gövdedeki ortalama boyuna gerilmenin tasarım değeri

$$\beta_m : M_{W.sd} / M_{Pl.W.Rd} \quad 8.63$$

$M_{W.sd}$  : Gövde momenti tasarım değeri

$$M_{Pl.W.Rd} : 0,25 \cdot t_w \cdot d^2 \cdot f_Y / \gamma_{M_0} \quad 8.64$$

$$\sigma_{xm.Ed} / \sigma_{z.Ed} \leq 0 \rightarrow k = 1 - \beta_m \quad 8.65$$

$$\sigma_{xm.Ed} / \sigma_{z.Ed} \geq 0 \quad \text{ise} \quad 8.66$$

$$\beta_m \leq 0,5 \rightarrow k = 0,5 \cdot (1 + \beta_m) \quad 8.67$$

$$\beta_m > 0,5 \rightarrow k = 0,5 \cdot (1 - \beta_m) \quad 8.68$$

Şayet ( $V_{sd} \leq 0,50 \cdot V_{Pl.Rd}$ ) ise yukarıda açıklanan, kesme kuvveti etkisi halinde bir değiştirme yapılmaksızın uygulanabilir.

Şayet ( $V_{sd} > 0,50 \cdot V_{Pl.Rd}$ ) oluyorsa bu taktirde aşağıda verilen bağıntıya uyulmalıdır ;

$$\left[ \frac{\sigma_{X.Ed}}{f_{Yd}} \right]^2 + \left[ \frac{\sigma_{Z.Ed}}{f_{Yd}} \right]^2 - \left[ \frac{\sigma_{Xm.Ed}}{f_{Yd}} \right] \left[ \frac{\sigma_{Z.Ed}}{f_{Yd}} \right] \leq 1 - \rho \quad 8.69$$

Ve

$$\left[ \frac{\sigma_{Xm.Ed}}{f_{Yd}} \right]^2 + \left[ \frac{\sigma_{Z.Ed}}{f_{Yd}} \right]^2 - k \left[ \frac{\sigma_{Xm.Ed}}{f_{Yd}} \right] \left[ \frac{\sigma_{Z.Ed}}{f_{Yd}} \right] \leq 1 - \beta_m - \rho \quad 8.70$$

## 8.6. Elemanların Burkulma Dayanımı Hesabı

### 8.6.1. Basınç Elemanı İçin

Basınca çalışan elemanın tasarım burkulma dayanımı için aşağıda verilen kritiklere uyulmalıdır ;

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot \beta_A \cdot A \cdot f_Y / \gamma_{M1} \quad 8.71$$

Sınıf 1 , 2 ve 3 enkesitlerinde  $\beta_A = 1$  alınır.

Sınıf 4 enkesitlerinde ise  $\beta_A = A_{eff} / A$  alınmalıdır.

Burada ,  $\chi$  azaltma faktörü , burkulma moduna bağlı olarak değişir.

Üniform elemanlarda,sabit basınçta değişken olmayan kesitin azaltma faktörü olarak  $\chi$  değeri kesite uygun boyutsuz narinlik oranı  $\bar{\lambda}$ 'ya bağlı olarak ifade edilir ;

$$\chi = \frac{1}{\phi + \left[ \phi^2 - \bar{\lambda}^2 \right]^{0,5}} \quad \chi \leq 1 \quad \text{alınmalıdır.} \quad 8.72$$

Burada

$$\phi = 0,5 \left[ 1 + \alpha(\phi^2 - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right] \quad 8.73$$

$\alpha$  : kusur faktörü

$$\bar{\lambda} = \left[ \beta_A \cdot A : f_Y / N_{cr} \right]^{0,5} = (\lambda / \lambda_1) \cdot [\beta_A]^{0,5} \quad 8.74$$

$\bar{\lambda}$  : ilgili moda ait burkulma narinliği

$$\lambda_1 = \pi \left[ \frac{E}{f_Y} \right]^{0.5} = 93,9 \cdot \varepsilon \quad 8.75$$

$$\varepsilon = \left[ \frac{235}{f_Y} \right]^{0.5} \quad 8.76$$

$N_{cr}$  : ilgili burkulma moduna ait kritik elastik kuvvet

Kusur faktörü  $\alpha$  aşağıdaki tablodan alınır :

Tablo 8.3. Kusur faktörü değerleri

Burkulma eğrisi	a	b	c	d
Kusur faktörü $\alpha$	0,21	0,34	0,49	0,76

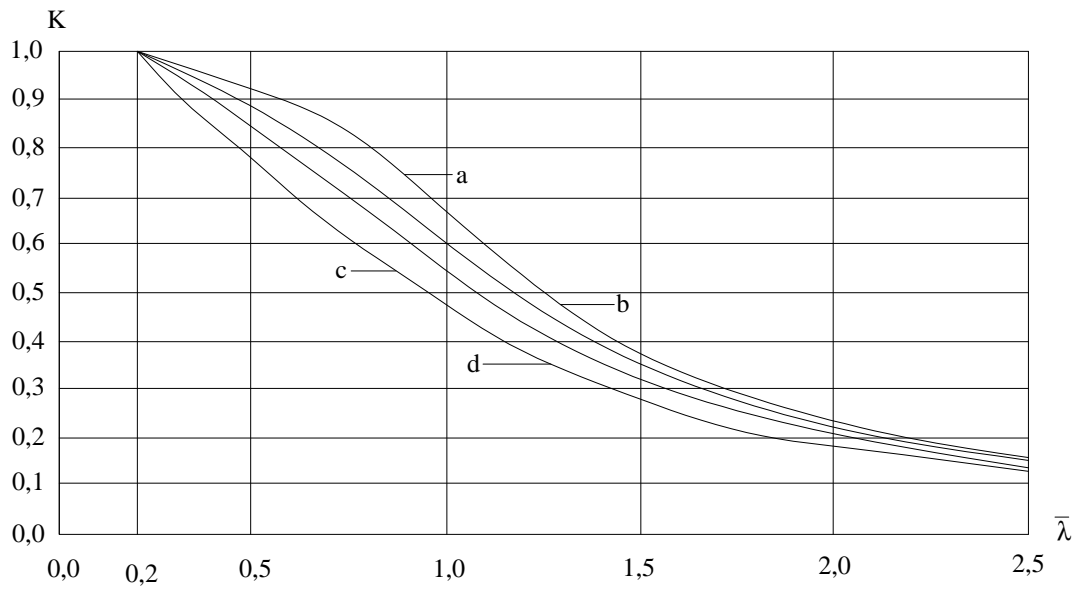
$\chi$  azaltma faktörü, boyutsuz narinlik değerine göre aşağıdaki tablodan alınmalıdır.

Eğilme burkulması hesabı için uygun burkulma eğrisi değerleri aşağıdaki tablo 8.4'dan alınmalıdır.

$$\lambda = \frac{1}{i}$$

$i$  : burkulma eksenine göre dönme yarı çapı değeridir.

Basınç elemanının  $l$  burkulma boyu elemanın yanal harekete karşı tutulma uzaklığı olarak alınmalıdır. Bu halde burkulma boyu  $l$ , sistem boyu ile aynı uzaklıkta olabilir.



Şekil 8.6. Burkulma Gerilmesi Grafiği

Tablo 8.4.  $\chi$  Azaltma Faktörleri

Burkulma Faktörleri					
Burkulma Eğrisi					
	$\bar{\lambda}$	a	b	c	d
	0,2	1	1	1	1
	0,3	0,9775	0,9775	0,9491	0,9235
	0,4	0,9528	0,9528	0,8973	0,8504
	0,5	0,9243	0,9243	0,843	0,7793
	0,6	0,89	0,89	0,7854	0,71
	0,7	0,8477	0,8477	0,7247	0,6431
	0,8	0,7957	0,7957	0,6622	0,5797
	0,9	0,7339	0,7339	0,5998	0,5208
	1	0,6656	0,6656	0,5399	0,4671
	1,1	0,596	0,596	0,4842	0,4189
	1,2	0,53	0,53	0,4338	0,3762
	1,3	0,4703	0,4703	0,3888	0,3385
	1,4	0,4179	0,4179	0,3492	0,3055
	1,5	0,3724	0,3724	0,3145	0,2766
	1,6	0,3332	0,3079	0,2842	0,2512
	1,7	0,2994	0,2781	0,2577	0,2289
	1,8	0,2702	0,2521	0,2345	0,2093
	1,9	0,2449	0,2294	0,2141	0,192
	2	0,2229	0,2095	0,1962	0,1766
	2,1	0,2036	0,192	0,1803	0,163
	2,2	0,1867	0,1765	0,1662	0,1508
	2,3	0,1717	0,1628	0,1537	0,1399
	2,4	0,1585	0,1506	0,1425	0,1302
	2,5	0,1467	0,1397	0,1325	0,1214
	2,6	0,1362	0,1299	0,1234	0,1134
	2,7	0,1267	0,1211	0,1153	0,1062
	2,8	0,1182	0,1132	0,1079	0,0997
	2,9	0,1105	0,106	0,1012	0,0937
	3	0,1036	0,0994	0,0951	0,0882

### 8.6.2. Kirişlerin yanal burulmalı burkulması hali

Yatay hareketi önlenmiş kirişlerde tasarım burkulma dayanımı için aşağıda verilen ifadelerden yararlanılmalıdır ;

$$M_{b.Rd} = \chi_{LT} \cdot \beta_w \cdot W_{pl,y} \cdot F_y / \gamma_{M1} \quad 8.77$$

$\beta_w = 1$  sınıf ve 2 enkesitlerde

$\beta_w = W_{el,y} / W_{pl,y}$  sınıf 3 enkesitlerde

$\beta_w = W_{eff} / W_{pl,y}$  sınıf 4 enkesitlerde

Burada

$\chi_{LT}$  : Yanal burulmalı burkulma için azaltma faktörüdür.  $\chi$  azaltma faktörü tablosundan alınacaktır.

$\chi_{LT}$  değeri  $\bar{\lambda}$  boyutsuz narinliğe göre aşağıdaki gibi hesaplanabilir;

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + [\phi_{LT}^2 - (\bar{\lambda})^2]^{0,5}} \quad \chi_{LT} \leq 1 \text{ alınmalıdır.} \quad 8.78$$

$$\phi_{LT} = 0,5 \cdot [1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + (\bar{\lambda})_{LT}^2] \quad 8.79$$

Burada  $\alpha_{LT}$  kusur oranı hadde profiller için 0,21, kaynakla yapılmış profiller için 0,49 alınmalıdır.  $\bar{\lambda}_{LT} \leq 0,4$  değerinde, yanal burulmalı burkulma kontrolüne ihtiyaç yoktur. Ayrıca kirişin hareketi tam önlenmiş ise bu durumda yanal burulmalı burkulma kontrolüne ihtiyaç yoktur.

### 8.6.3. Eğilme ve aksenal çekmenin birlikte olması hali

Eleman eğilme ve aksenal çekmenin birlikte etkisi altında bulunuyorsa, aksenal kuvvet ile momentin vektörel tesirleri dikkate alınarak yanal burulmalı burkulma kontrolü yapılmalıdır. Eğilme momenti ile aksenal kuvvetin birlikte tesir etmesi hallerinde aksenal gerilme dayanımının tasarım değeri, vektörel etkiler dikkate alınarak  $\psi_{VEC} = 0,8$  değeri ile azaltılmalıdır. Bu durumda hesaplanan net gerilme

$$\sigma_{com.Ed} = \frac{M_{sd}}{W_{com}} = \psi_{vec} \cdot \frac{N_{tsd}}{A} \quad 8.80$$

olarak hesaplanır.

Burada

$W_{com}$  = en dış basınç lifinde elastik bölge modülü

$N_{tsd}$  = aksenal çekme tasarım değeri

### 8.6.4. Eğilme ve aksenal basıncın birlikte tesir etmesi hali

Sınıf 1 ve 2 enkesitler, eğilme ve aksenal basınç etkisinde bulunuyorsa aşağıda verilen bağıntıları karşılaması araştırılır ;

$$\frac{N_{sd}}{\chi_{min} \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1}} + \frac{k_y \cdot M_{y.sd}}{W_{P1.Y} \cdot f_Y / \gamma_{M1}} + \frac{k_z \cdot M_{z.sd}}{W_{P1.z} \cdot f_Y / \gamma_{M1}} \leq 1 \quad 8.81$$

$$k_Y = 1 - \frac{\mu_Y \cdot N_{sd}}{\chi_Y \cdot A \cdot f_Y} \quad k_Y \leq 1,5 \quad 8.82$$

$$\mu_Y = \bar{\lambda} (2 \cdot \beta_{MY} - 4) + \left[ \frac{W_{P1.Y} - W_{e1.Y}}{W_{e1.Y}} \right] \quad \mu_Y \leq 0,90 \quad 8.83$$

$$k_Z = 1 - \frac{\mu_Z \cdot N_{sd}}{\chi_Z \cdot A \cdot f_Y} \quad k_Z \leq 1,5 \quad 8.84$$

$$\mu_z = \bar{\lambda}(2.\beta_{MZ} - 4) + \left[ \frac{W_{P1.Z} - W_{e1.Z}}{W_{e1.Z}} \right] \quad \mu_z \leq 0,90 \quad 8.85$$

Burada

$\chi_{\min}$  :  $\chi_y$  veya  $\chi_z$  'den daha küçük olanı alınır.

$\beta_{MY}$  ve  $\beta_{MZ}$  eğilme burkulmasına göre eş uniform moment faktörü

Sınıf 1 ve 2 enkesitlerin potansiyel göçme modu olan yanal burulmalı burkulma modu değeri için aşağıda verilen şartın gerçekleşmesine çalışılmalıdır;

$$\frac{N_{sd}}{\chi_z \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1}} + \frac{k_y \cdot M_{y.sd}}{\chi_{LT} \cdot W_{P1.Y} \cdot f_Y / \gamma_{M1}} + \frac{k_z \cdot M_{z.sd}}{W_{P1.z} \cdot f_Y / \gamma_{M1}} \leq 1 \quad 8.86$$

Burada

$$k_{LT} = 1 - \frac{\mu_{LT} \cdot N_{sd}}{\chi_z \cdot A \cdot f_Y} \quad k_{LT} \leq 1,5 \quad 8.87$$

$$\mu_{LT} = 0,15 \cdot \lambda_z \cdot \bar{\beta}_{M.LT}^{-0,15} \quad \mu_{LT} \leq 0,90 \quad 8.88$$

Sınıf 3 enkesitli elemanlarda eğilme momenti ve eksenel kuvvetin tesir ettiği hallerde aşağıda verilen şartların varlığı gösterilmelidir;

$$\frac{N_{sd}}{\chi_{\min} \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1}} + \frac{k_y \cdot M_{y.sd}}{W_{e1.Y} \cdot f_Y / \gamma_{M1}} + \frac{k_z \cdot M_{z.sd}}{W_{e1.z} \cdot f_Y / \gamma_{M1}} \leq 1 \quad 8.89$$

$k_y, k_z$  ve  $\chi_{\min}$  sınıf 1 ve 2 enkesitlerinde olduğu gibi alınacaktır.

$$\mu_y = \bar{\lambda}_y (2.\beta_{MY} - 4) \quad \mu_y \leq 0,90 \quad 8.90$$



$$\mu_z = \overline{\lambda_z}(2\beta_{MZ} - 4) \quad \mu_z \leq 0,90 \quad 8.91$$

Sınıf 3 enkesitlerin potansiyel göçme modu olan yanal burulmalı burkulma modunun kontrolü için aşağıda verilen bağıntının gerçekleşmesi gerekir;

$$\frac{N_{sd}}{\chi_z \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1}} + \frac{k_{LT} \cdot M_{y,sd}}{\chi_{LT} \cdot W_{e1,y} \cdot f_Y / \gamma_{M1}} + \frac{k_z \cdot M_{z,sd}}{W_{e1,z} \cdot f_Y / \gamma_{M1}} \leq 1 \quad 8.92$$

Sınıf 4 enkesitlerin eğilme momenti ve eksenel kuvvetin birlikte tesir etmesi halinde aşağıda gösterilen bağıntının gerçekleşmesi gerekir;

$$\frac{N_{sd}}{\chi_{\min} \cdot A_{\text{eff}} \cdot f_y / \gamma_{M1}} + \frac{k_y \cdot M_{y,sd} + N_{sd} \cdot e_{N,y}}{W_{\text{eff},y} \cdot f_Y / \gamma_{M1}} + \frac{k_z \cdot M_{z,sd} + N_{sd} \cdot e_{N,z}}{W_{\text{eff},z} \cdot f_Y / \gamma_{M1}} \leq 1 \quad 8.93$$

Burada burulmalı göçme halinin olmaması için aşağıdaki kontrol yapılmalıdır;

$$\frac{N_{sd}}{\chi_z \cdot A_{\text{eff}} \cdot f_y / \gamma_{M1}} + \frac{k_y \cdot M_{y,sd} + N_{sd} \cdot e_{N,y}}{\chi_{LT} \cdot W_{\text{eff},y} \cdot f_Y / \gamma_{M1}} + \frac{k_z \cdot M_{z,sd} + N_{sd} \cdot e_{N,z}}{W_{\text{eff},z} \cdot f_Y / \gamma_{M1}} \leq 1 \quad 8.94$$

Eş üniform moment faktörleri için  $\beta_{MY}, \beta_{MY}$  ve  $\beta_{MY}$  daha önce verilmiştir.

Faktör	Moment Eksenini	Güçlendirilen noktaların doğrultuları
$\beta_{MY}$	y-y	z-z
$\beta_{MY}$	z-z	y-y
$\beta_{MY}$	y-y	y-y

## 8.7. Elemanların Kesme Burkulması Hali

Rijitleştirilmemiş kesit gövdelerinde  $\frac{d}{t_w} > 69.\varepsilon$  değeri rijitleştirilmiş kesit gövdelerinde  $\frac{d}{t_w} > 69.\varepsilon.\sqrt{k_r}$  değerinden daha büyük olan enkesitler için kesme burkulması dayanım kontrolü gereklidir. Gövdenin kesme burkulma dayanımı derinlik/kalınlık oranı ve gövde rijitleştiricileri arasındaki uzaklığa bağlı olarak değişir. Bunun yanında burkulma dayanımı, çekme alanının takviye veya başlık plakası ile ankre edilmesine bağlı olarak değişir. Ankraj başlıktaki boyuna gerilmeleri, eksenel kuvvet ve eğilme momenti azalacağından o da azalır.

$\frac{d}{t_w} > 69.\varepsilon$  olan kesit gövdelerinin mesnetler bölgesi enine levhalarla (berkitme levhaları) rijitleştirilmelidir.

### 8.7.1. Elemanların tasarımı

Ara berkitme plakaları bulunmayan ve yalnız berkitme plakaları olan gövde elemanları için aşağıda açıklanan yöntemler dikkate alınarak kontrol yapılmalıdır;

- 1- Basit post – kritik yöntem
- 2- Çekme alanı yöntemi

### 8.7.2. Basit post-kritik yöntemle kontrol

Bu yöntemde tasarım kesme-burkulma dayanımı

$$V_{ba.Rd} = d.t_w.T_{ba} / \gamma_{M1} \quad 8.95$$

Burada

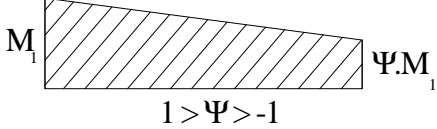
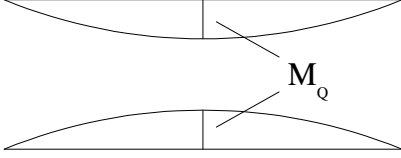
$T_{ba}$  : Post-kritik kesme kuvveti

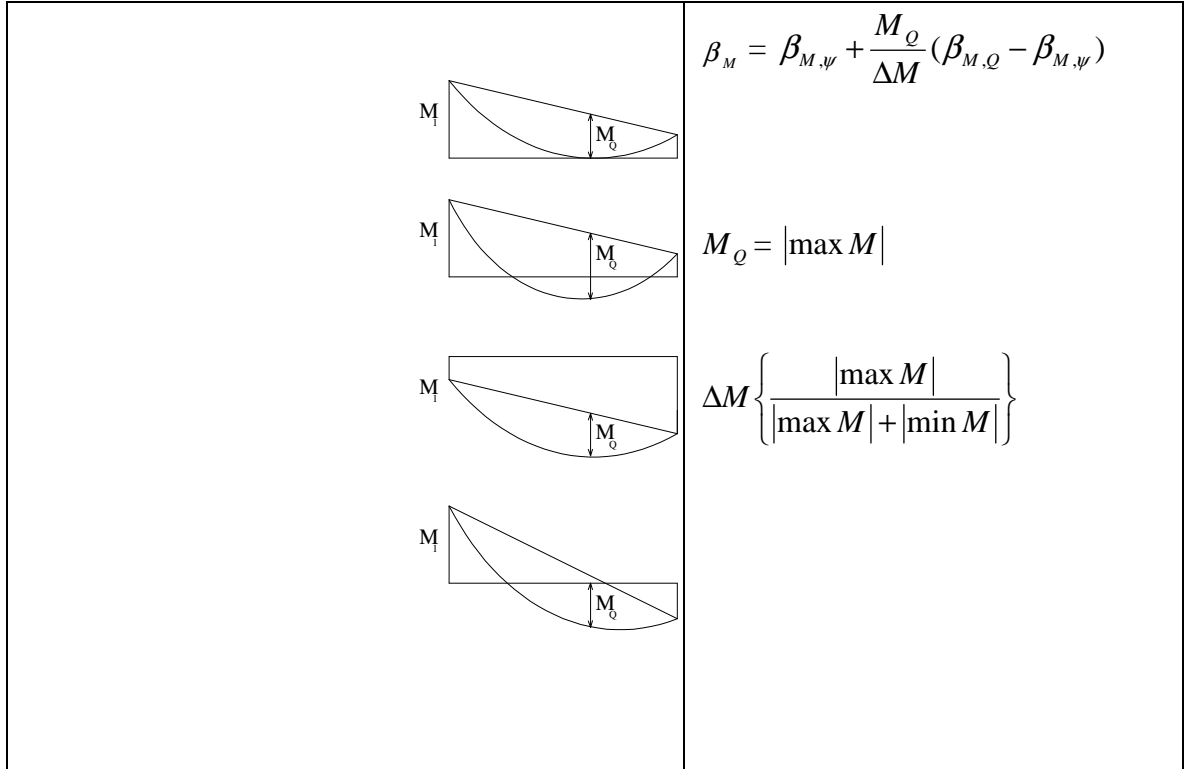
Post-kritik kesme kuvveti şu şekilde ifade edilir ;

$$\bar{\lambda}_w \leq 0,8$$

$$T_{ba} = f_{yW} / \sqrt{3}$$

$$0,8 \leq \bar{\lambda}_w \leq 1,2$$

Moment diyagramı	Üniform Moment Faktörü $\beta_M$
 <p style="text-align: center;"><math>1 &gt; \Psi &gt; -1</math></p>	$1 > \psi > 0$ $b_{eff} = \rho \cdot c$
<p>Moment düzlem içi yanal kuvvetten meydana gelmiş ise</p>  <p style="text-align: center;"><math>M_Q</math></p>	$\beta_{M,Q} = 1,3$ $\beta_{M,Q} = 1,4$



Şekil 8.7 □ değerleri

$$T_{ba} = [1 - 0,625(\bar{\lambda}_w - 0,8)](f_{yw} / \sqrt{3}) \quad 8.97$$

$$\bar{\lambda}_w = 1,2 \quad 8.98$$

$$T_{ba} = [0,9 / \bar{\lambda}_w](f_{yw} / \sqrt{3}) \quad 8.99$$

Burada

$\bar{\lambda}_w$  elemanların gövde narinliğidir ve aşağıda gösterildiği gibi bulunur ;

$$\bar{\lambda}_w = \left[ (f_{yw} / \sqrt{3}) / T_{cr} \right]^{0,5} = \frac{d / t_w}{37,4 \cdot \varepsilon \sqrt{k_T}} \quad 8.100$$

$T_{cr}$  : elastik kritik kesme kuvveti

$k_T$  : kesme kuvveti için burkulma faktörü

Buradaki kesme kuvveti faktörü  $k_T$  farklı durumlarda aşağıda gösterildiği gibi elde edilir;

$$k_T = 5,34 \quad 8.101$$

Eleman gövdesi mesnetlerde berkitilmiş ve aradaki enine berkitme plakaları  $\frac{a}{d} < 1$

ise

$$k_T = 4 + 5,34 \left( \frac{a}{d} \right)^2 \quad 8.102$$

Eleman gövdesi mesnetlerde berkitilmiş ve aradaki berkitmeler  $\frac{a}{d} > 1$  ise

$$k_T = 5,34 + 4 \left( \frac{a}{d} \right)^2 \quad 8.103$$

olarak hesaplanır.

### 8.7.3. Çekme alanı yöntemi

Bu yöntemde  $V_{bb.Rd}$  kesme burkulma dayanımı aşağıda açıklandığı gibi hesaplanır ;

$$V_{bb.Rd} = [(d \cdot t_w T_{bb}) + 0,9(g \cdot t_w \cdot \sigma_{bb} \cdot \sin \psi)] / \gamma_{M1} \quad 8.104$$

Burada

$\sigma_{bb}$  : eleman çekme alanı gerilmesi

$$\sigma_{bb} = [f_{Yw}^2 - 3T_{bb} + \psi^2]^{0,5} - \psi \quad 8.105$$

$$\psi = 1,5 \cdot T_{bb} \cdot \sin 2\phi$$

$\phi$  : eleman çekme alanı eğimi

$g$  : çekme alanı genişliği

$T_{bb}$  : başlangıç kesme-burkulma genişliği

Başlangıç kesme burkulma kuvveti  $T_{bb}$  aşağıda gösterildiği gibi hesaplanır ;

$$\bar{\lambda}_w \leq 0,8$$

$$T_{bb} = F_{Yw} / \sqrt{3}$$

$$0,8 \leq \bar{\lambda}_w \leq 1,25$$

$$T_{bb} = [1 - 0,8 \cdot (\bar{\lambda}_w - 0,8)] (f_{Yw} / \sqrt{3}) \quad 8.106$$

$$\bar{\lambda}_w \geq 1,25$$

$$T_{ba} = [1 / \bar{\lambda}_w^2] (f_{Yw} / \sqrt{3})$$

Eleman çekme alanı genişliği  $g$  değeri ;

$$g = d \cdot \cos \phi - (\alpha - s_c - s_t) \cdot \sin \phi \quad 8.107$$

olarak hesaplanır.

burada

$$s = \frac{2}{\sin \phi} \left[ \frac{M_{Nf.Rk}}{t_w \cdot \sigma_{bb}} \right]^{0.5} \quad s \leq a \quad 8.108$$

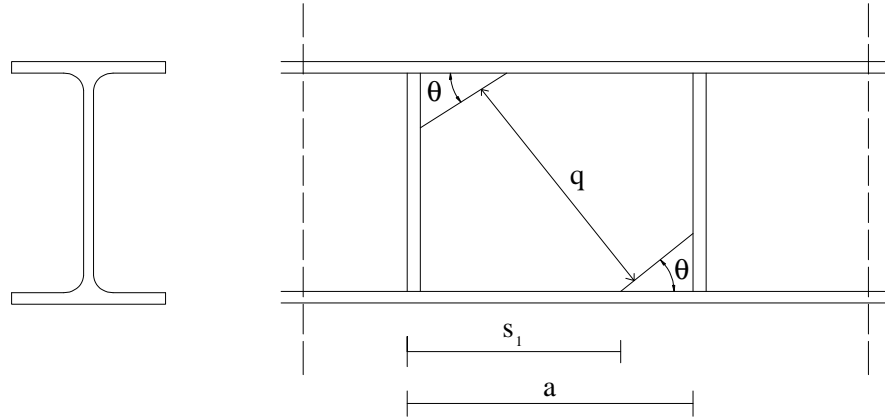
Burada

$M_{Nf.Rk}$  : başlığın azaltılmış plastik moment dayanımı

$M_{Nf.Rk}$  : azaltılmış moment kapasitesi, aşağıda gösterildiği gibi elde edilir;

$$M_{Nf.Rk} = 0,25 \cdot b \cdot t_f^2 \cdot f_{yf} \left[ 1 - \left[ N_{f.sd} / (b \cdot t_f \cdot f_{yf} / \gamma_{M0}) \right] \right]^2 \quad 8.109$$

Burada  $b$  başlığın genişliği,  $t_f$  başlığın kalınlığıdır.



Şekil 8.8. Gövde paneli

Çekme alanının eğimi  $\phi$  değeri, panel köşegenin eğiminin yarısı  $\phi/2$  alınarak, panel köşegenin eğimi  $\theta$  arasında değişim gösterir.

$$\theta = \arctg\left(\frac{d}{a}\right)$$

Çekme alanı eğimi,  $\theta/2$  değerini, başlıklar eğilme momentinin dayanımı dikkate alınarak tamamı kullanıldığı zaman alır. Bunun için  $\phi$ 'nın  $\theta$  ve  $\theta/2$  değeri, maksimum kesme burkulması dayanım değeri  $V_{bb.Rd}$  olarak elde edilir.

Burada bitiş panellerinde

$$s_c = \frac{2}{\sin \phi} \left[ \frac{M_{Pl.1} + M_{Pl.2}}{2t_w \cdot \sigma_{bb}} \right]^{0.5} \quad s_c \leq a$$

$$M_{Pl.1} = 0,25 \cdot b \cdot t_f^2 \cdot f_{yf} \cdot \left[ 1 - \left[ N_{f.1} / (b \cdot t_f \cdot f_{yf}) \right]^2 \right] \quad 8.110$$

$$N_{f.1} = g \cdot t_w \cdot \sigma_{bb} \cdot \cos \phi$$

$M_{Pl.2}$  :  $M_{Nf}$  veya  $M_{Ns}$  'den küçük olanı alınır.

$$M_{Nf} = 0,25 \cdot b \cdot t_f^2 \cdot f_{yf} \cdot \left[ 1 - \left[ F_{bb} / (b \cdot t_f \cdot f_{yf}) \right]^2 \right] \quad 8.111$$

$$M_{Ns} = 0,25 \cdot b_s \cdot t_s^2 \cdot f_{Ys} \cdot \left[ 1 - \left[ N_{s2} / (b_s \cdot t_s \cdot f_{Ys}) \right]^2 \right]$$

$$F_{bb} = t_w \cdot S_s \cdot \sigma_{bb} \cdot \cos^2 \phi$$

$$N_{s2} = t_w \cdot S_c \cdot \sigma_{bb} \cdot \sin^2 \phi \quad 8.112$$

$$S_s = d - (a - s_t) \cdot t \cdot g \phi$$

Diğer taraftan

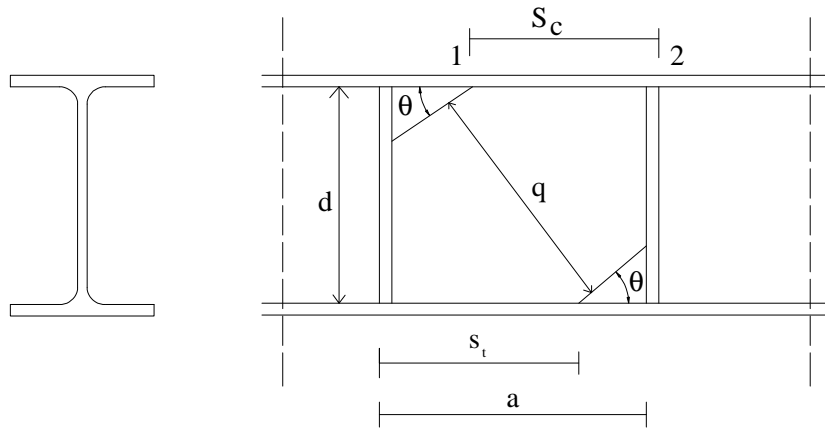
$$M_{Pl.1} + M_{Pl.3} \geq 0,5 \cdot F_{bb} \cdot S_s \quad 8.113$$

Şartını sağlamalıdır.

$$M_{Pl.3} = 0,25 \cdot b_s \cdot t_s^2 \cdot f_{Ys} \cdot \left[ 1 - \left[ N_{s3} / (b_s \cdot t_s \cdot f_{Ys}) \right]^2 \right] \quad 8.114$$

$$N_{s3} = V_{sd} - T_{bb} \cdot t_w \cdot (d - s_s) \quad 8.115$$

Şayet yukarıda açıklanan kriter sağlanamıyorsa bu taktirde  $\phi$  değeri arttırılarak  $s_s$  değeri azaltılmalıdır.



Şekil 8.9. Gövde bitiş paneli

#### 8.7.4 Kesme kuvveti + eğilme momenti ve eksenel normal kuvvetin birbiriyle etkileşimleri

Eleman başlıklarının, elemana tesir eden eksenel kuvvet ile eğilme momentini karşıladığının ifade edildiği hallerde elemanın kesme kuvveti dayanımının, mesnet ve eksenel yükten dolayı azaltılması gerekli değildir.

Basit Post-Kritik Yöntemde;

Aşağıda verilen şartlar sağlandığında kesme kuvvetinin moment dayanımına etkisinin olmadığı düşünülür ;

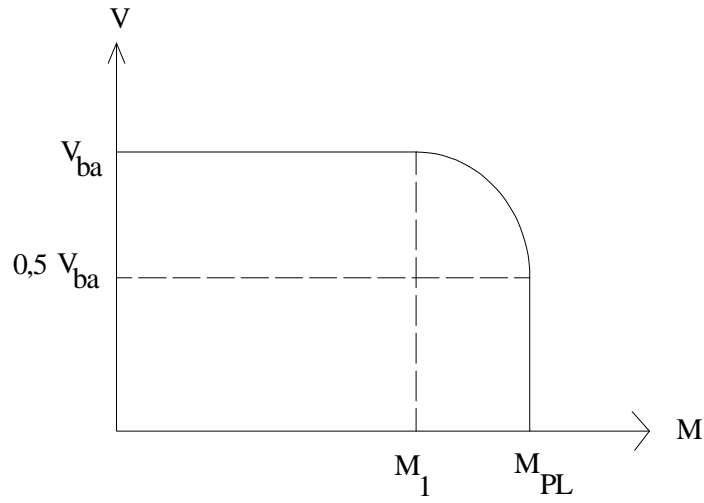
$$M_{sd} \leq M_{f.Rd} \quad 8.116$$

$$V_{sd} \leq V_{ba.Rd}$$

Burada

$M_{f.Rd}$  : en kesit başlıklarının plastik moment dayanımıdır. Bunun için  $b_{eff}$  genişliği dikkate alınır.





Şekil 8.10. Etkileşim grafiği

Şayet kesitte  $N_{sd}$  aksenal kuvveti tesir ediyorsa,  $M_{f.Rd}$  azaltılmalıdır.

$V_{sd} \leq 0,5 \cdot V_{ba.Rd}$  ise

$$M_{sd} \leq M_{f.Rd} + (M_{Pl.1} - M_{f.Rd}) \cdot \left[ 1 - (2V_{sd} / V_{ba.Rd} - 1)^2 \right] \quad 8.117$$

Bağıntısının sağlanmasına çalışılmalıdır. Şayet kesitte aksenal  $N_{sd}$  kuvveti mevcut ise  $M_{Pl.Rd}$  momenti yerine,  $M_{N.Rd}$  azaltılmış plastik moment dayanımı alınmalıdır.

Gerilme Alanı Yönteminde ;

Post-Kritik Yöntemde gösterildiği gibi

$$M_{sd} \leq M_{f.Rd}$$

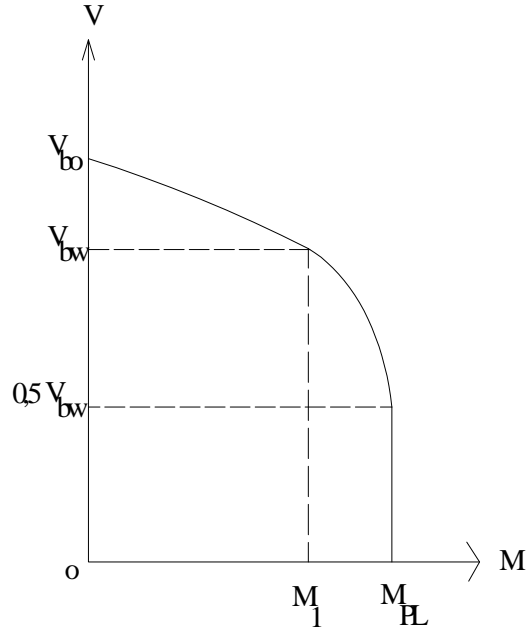
$$V_{sd} \leq V_{bw.Rd} \quad 8.118$$

İse kesme kuvvetinin, moment dayanımı üzerinde etkisinin olmadığı düşünülür.

Burada

$M_{sd}$  ve  $V_{sd}$  : enine bitişik gövde berkitmeleri arasındaki maksimum değerleri ifade etmektedir.

$V_{bw.Rd}$  : Yalnız gövdenin dayanımını ifade etmektedir.



Şekil 8.11. Etkileşim grafiği

Şayet eksenel  $N_{sd}$  kuvveti tesir ediyorsa  $M_{f.Rd}$  momenti, post-kritik yöntemdekine benzer şekilde azaltılmalıdır. Kesitin başlıkları ve elemandan eksenel yük tesir etmiyorsa bu takdirde

$$s_s = s_t = 0 \quad \text{ve} \quad \phi = \frac{\theta}{2} \quad \text{olur.}$$

$V_{sd} \leq 0,5 \cdot V_{bw.Rd}$  ise kesitin tasarım eğilme momentinin ve eksenel kuvvetinin azaltılmasına ihtiyaç yoktur. Şayet

$$0,5 \cdot V_{bw.Rd} < V_{sd} < V_{bw.Rd} \quad \text{ise}$$

$$M_{sd} \leq M_{f.Rd} + (M_{Pt.Rd} - M_{f.Rd}) \cdot [1 - (2V_{sd} / V_{bw.Rd} - 1)^2] \quad 8.119$$

Bağıntısının gerçekleşmesi sağlanmalıdır.

$$V_{sd} > V_{bw.Rd} \quad \text{ise}$$

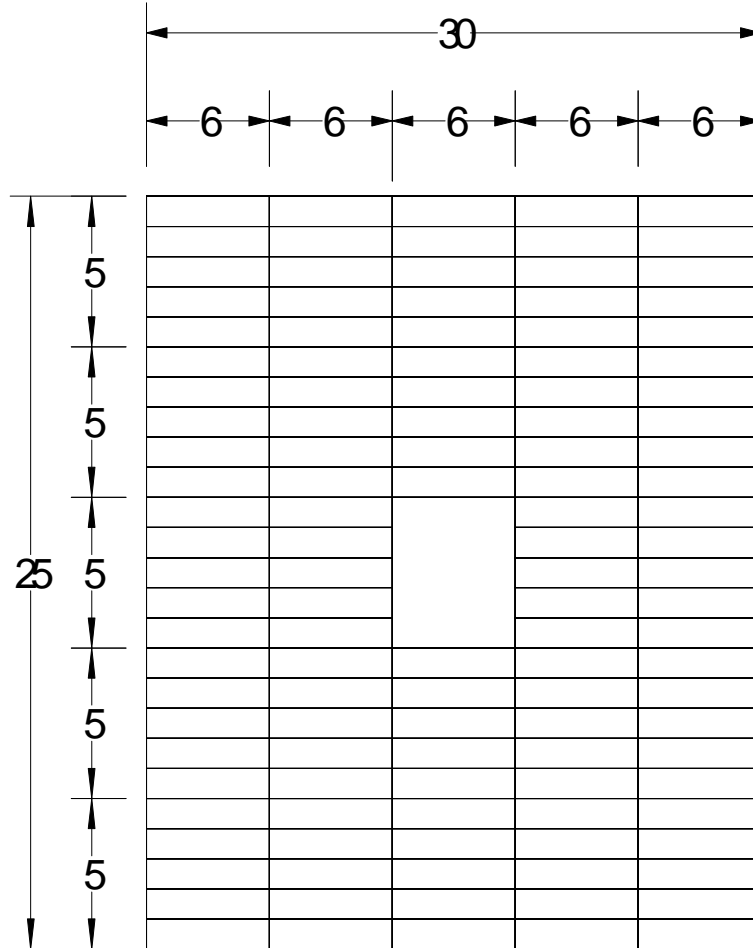
$$V_{sd} \leq V_{bw.Rd} \quad 8.120$$

şartı yerine getirilmelidir.

## BÖLÜM 9. YAPISAL ANALİZ SONUÇLARI

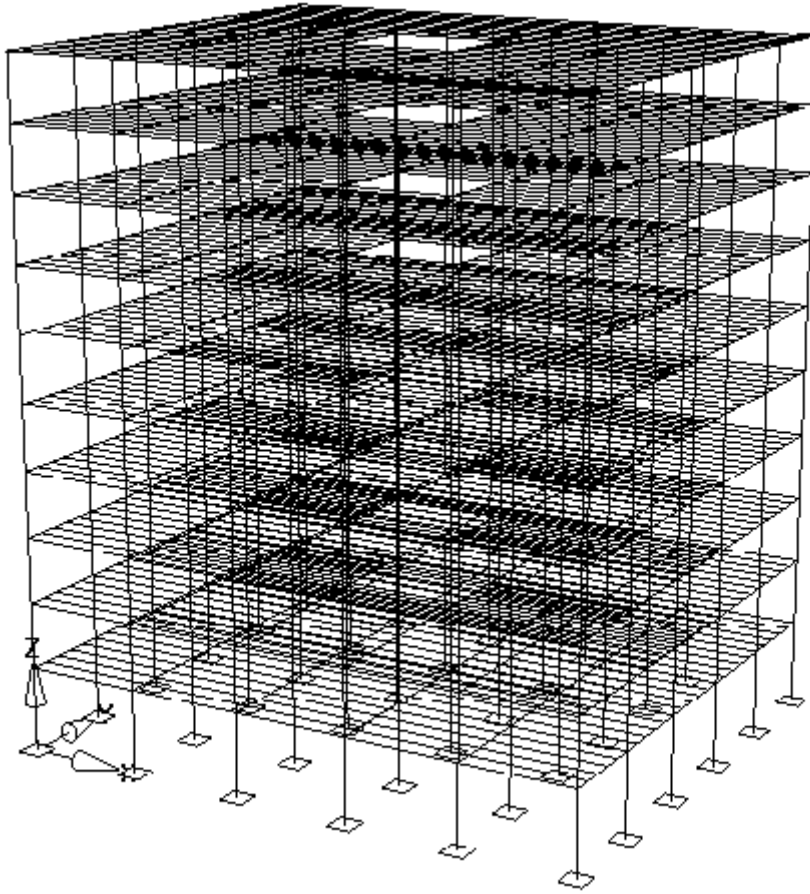
Yapısal analizlerde sonlu elemanlar metodu (SEM) kullanılmıştır. SEM yazılımı olarak RSTAB yazılımı kullanılmıştır. Tüm analiz modellerinde benzer kat planı kullanılmış ve süneklilik durumlarına göre çapraz yerleri düzenlenmiştir.

### 9.1. Matematik Model Plan Görünüşü



Şekil 9.1.1. Matematik model tip kat planı

### 9.1.1. Moment çerçeve modeli dinamik analiz sonuçları



Şekil 9.1.2. Moment çerçeve 3 boyutlu analiz modeli

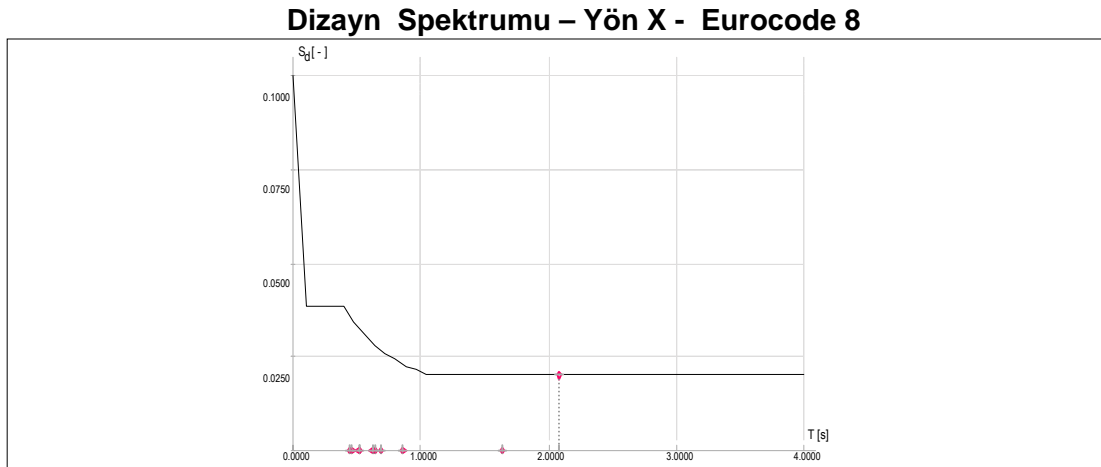
Tablo 9.1.1. Moment çerçeve modeli analiz parametreleri

<b>GENEL BİLGİLER</b>	
Selected method:	<input checked="" type="checkbox"/> Eigenvibrations Forced Vibrations <input checked="" type="checkbox"/> Equivalent Lateral Forces Analysis
Number of lowest EIGENVALUE:	10
<input checked="" type="checkbox"/> Consider self-weight - with factor:	1.00
Effect of Masses in	
X-direction	X-rotational
<input checked="" type="checkbox"/> Y-direction	Y-rotational
Z-direction	Z-rotational
Internal Partition for	
- Approximation Method:	1
- Tapering/El Foundations:	1
Type of Mass Matrix	
<input checked="" type="checkbox"/> Diagonal	
Consistent	
Standard matrix	
Considering geometrical stiffness matrix	
Details	
- Gravity acceleration:	10.00 [ms <sup>-2</sup> ]
- Max number of iterations:	100
- Break Off Limit:	0.00001

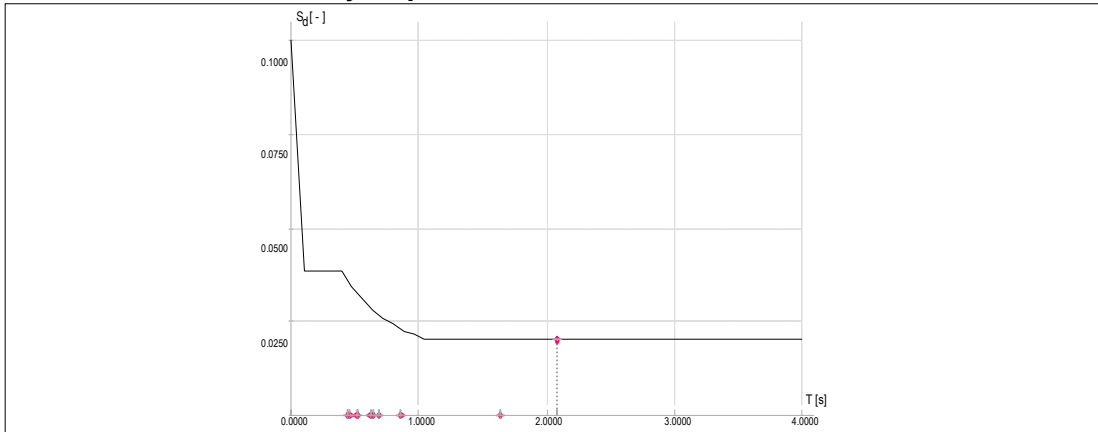
Tablo 9.1.2. Eurocode Parametreleri

Parametre	Simge	Değer	Birim
Spectrum		Dizayn spectrum	
Zemin Cinsi		A	
Zemin Faktörü	S	1.000	
Katsayı	beta-0	2.500	
Exponent	k-d1	2/3	
Exponent	k-d2	5/3	
Parametre	T-B	0.100	s
Parametre	T-C	0.400	s
Parametre	T-D	3.000	s
Davranış Faktörü	q	6.500	
İvme oranı(a-g/g)	alfa	0.100	

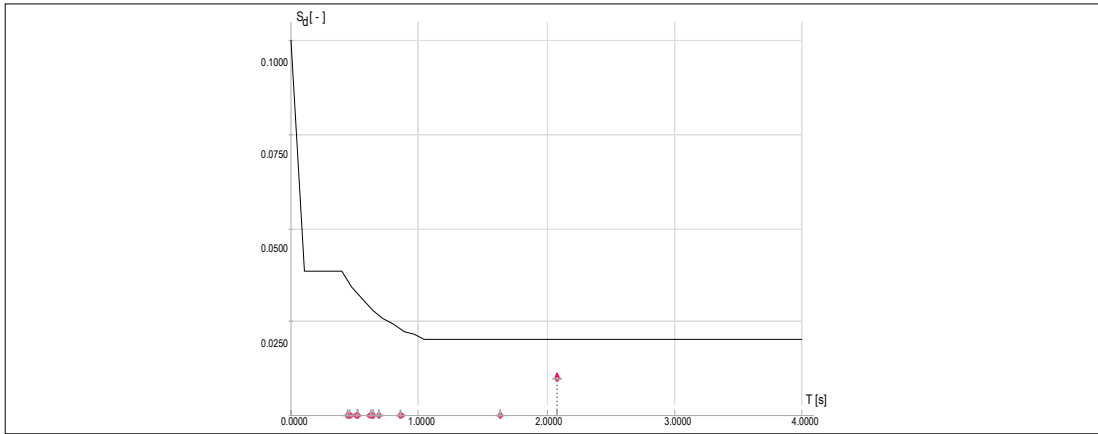
### 9.1.2. Eurocode 8 ' e göre modelin spektrum değerleri



Şekil 9.1.3. Dizayn Spektrumu X yönü – Eurocode 8

**Dizayn Spektrumu – Yön Y – Eurocode 8**

Şekil 9.1.4. Dizayn Spektrumu Y yönü – Eurocode 8

**DİZAYN SPEKTURUMU – YÖN Z – EUROCODE 8**

Şekil 9.1.5. Dizayn Spektrumu Z yönü – Eurocode 8

Tablo 9.1.3. Spektrum değerleri

Eigen No.	Eigenperiod T-i [s]	Factor in X-direction	Factor in Y-direction	Factor in Z-direction	
1	2.08587	1.00	1.00	0.50	
2	1.63765	1.00	1.00	0.50	
3	0.86088	1.00	1.00	0.50	
4	0.69014	1.00	1.00	0.50	
5	0.63774	1.00	1.00	0.50	

Eigen No.	Eigenperiod T-i [s]	Factor in X-direction	Factor in Y-direction	Factor in Z-direction	
6	0.62130	1.00	1.00	0.50	
7	0.52135	1.00	1.00	0.50	
8	0.51358	1.00	1.00	0.50	
9	0.46451	1.00	1.00	0.52	
10	0.44551	1.00	1.00	0.53	

Tablo 9.1.4. Periyot seçimi

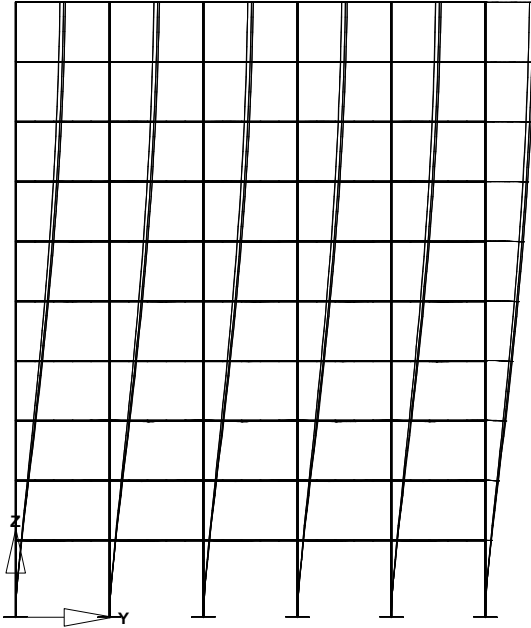
No.	Generated Eigenvalue No.	In RSTAB LC No.	Ordinate of Dizayn spectrum S-d [-]	
1	1 - 0.479425 Hz		0.0200	
	EQY			

Tablo 9.1.5. Eigen değerleri

Eigen No.	Eigenvalue lambda-i [1/s <sup>2</sup> ]	Angular Frequency omega-i [rad/s]	Frequency f-i [Hz]	Eigenperiod T-i [s]	
1	9.07375	3.01227	0.47942	2.085866	
2	14.72036	3.83671	0.61063	1.637649	
3	53.26925	7.29858	1.16160	0.860878	
4	82.88646	9.10420	1.44898	0.690141	
5	97.06854	9.85234	1.56805	0.637736	
6	102.27211	10.11297	1.60953	0.621300	
7	145.24377	12.05171	1.91809	0.521352	
8	149.67069	12.23400	1.94710	0.513584	
9	182.96458	13.52644	2.15280	0.464511	
10	198.90780	14.10347	2.24464	0.445506	

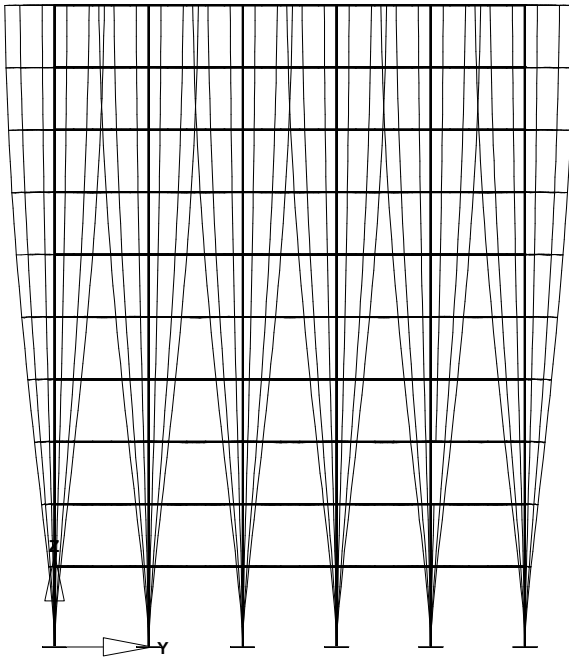


### 9.1.3. Moment çerçeve mod durumları



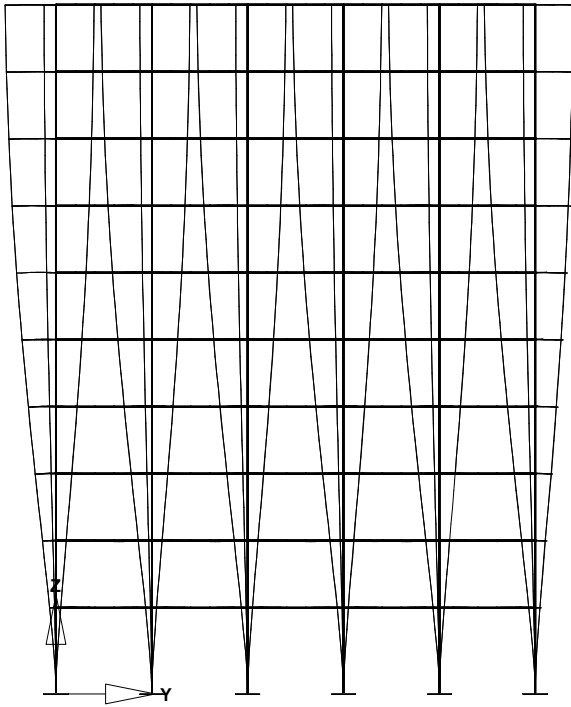
Angular Frequency: 3.012 [1/sec]

Şekil 9.1.6. Mode 1



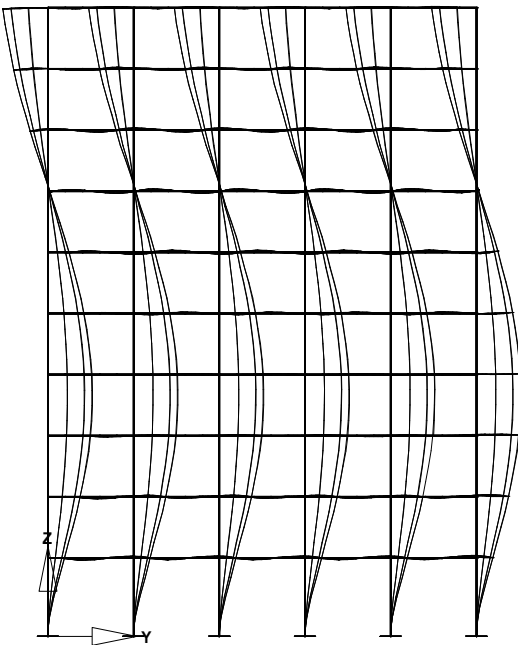
Angular Frequency: 3.837 [1/sec]

Şekil 9.1.7. Mode 2



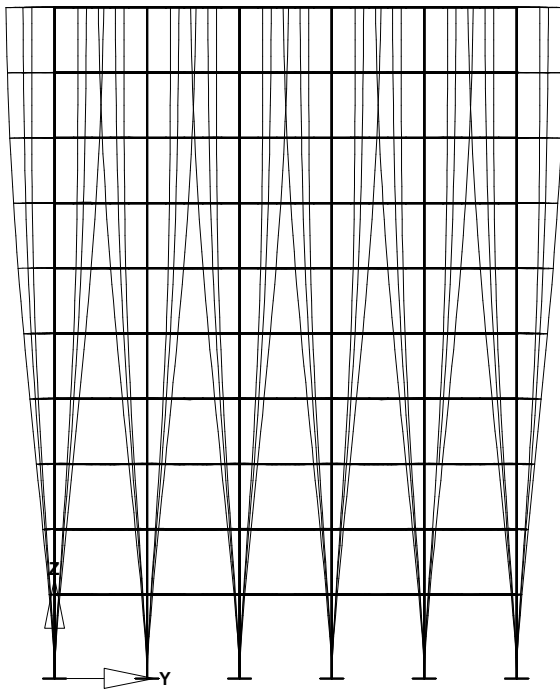
Angular Frequency: 7.299 [1/sec]

Şekil 9.1.8. Mode 3



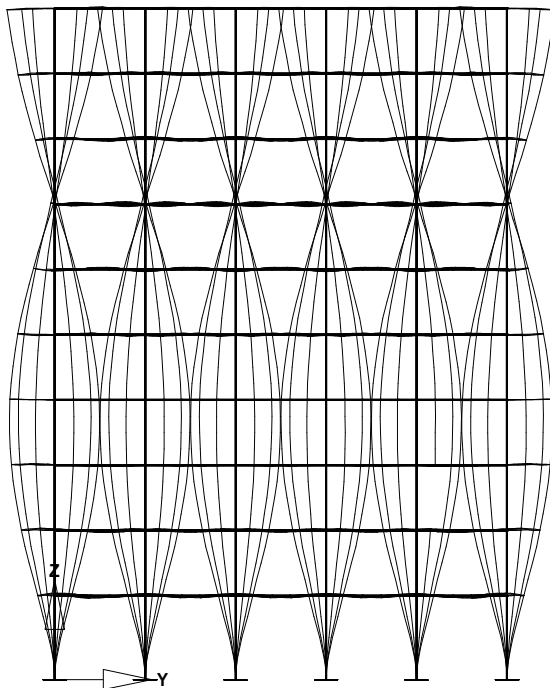
Angular Frequency: 9.104 [1/sec]

Şekil 9.1.8. Mode 4



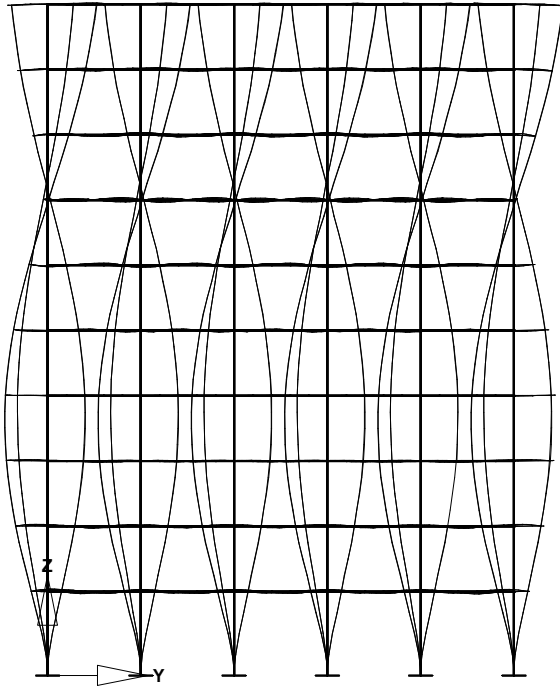
Angular Frequency: 9.852 [1/sec]

Şekil 9.1.9. Mode 5



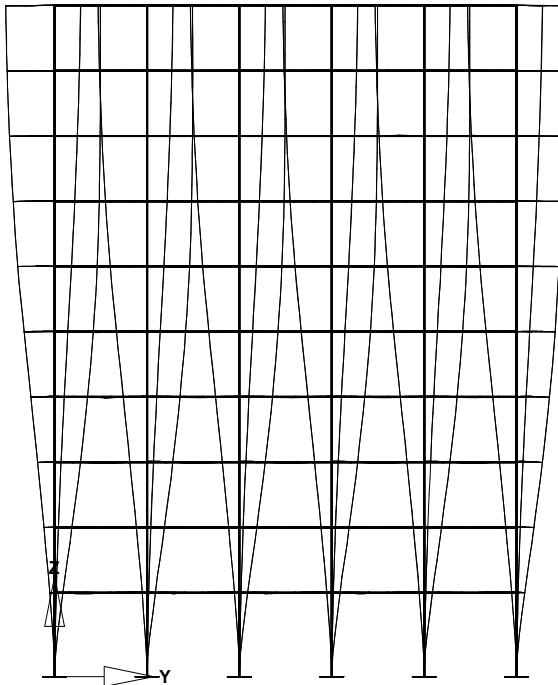
Angular Frequency: 10.113 [1/sec]

Şekil 9.1.10. Mode 6



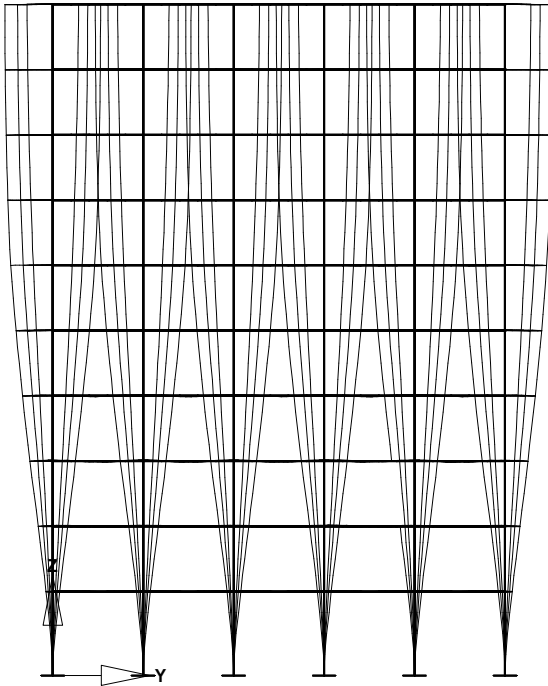
Angular Frequency: 12.052 [1/sec]

Şekil 9.1.11. Mode 7



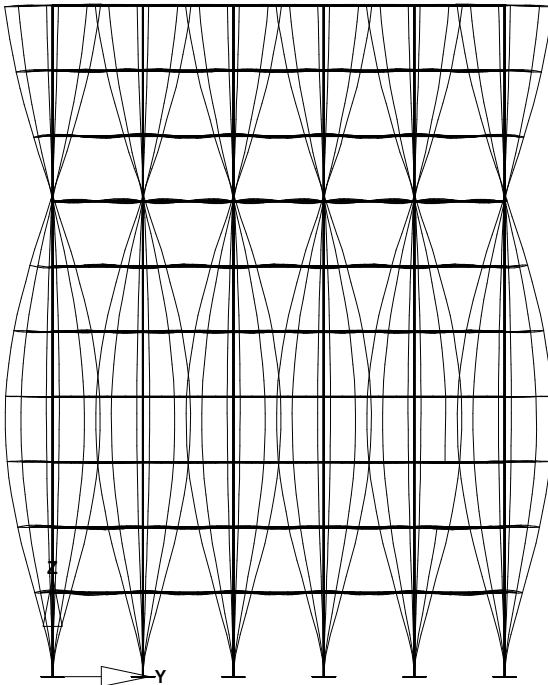
Angular Frequency: 12.234 [1/sec]

Şekil 9.1.12. Mode 8



Angular Frequency: 13.526 [1/sec]

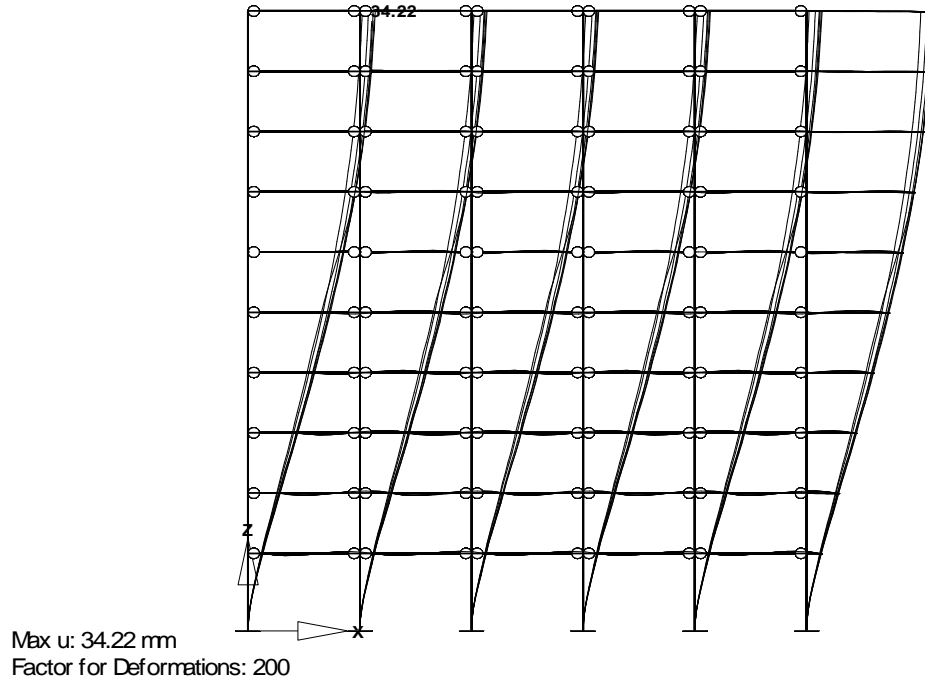
Şekil 9.1.13. Mode 9



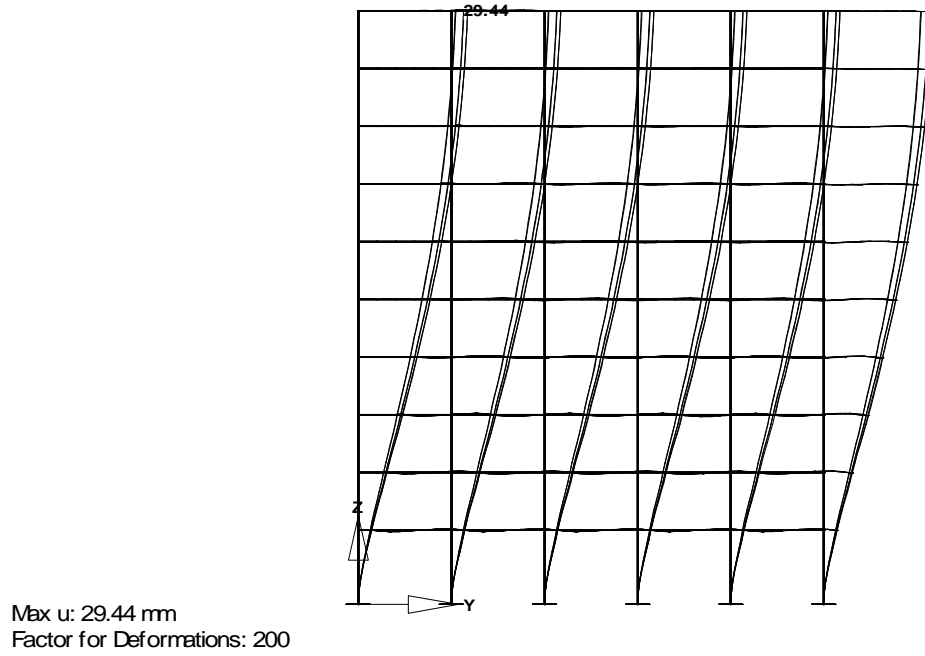
Angular Frequency: 14.103 [1/sec]

Şekil 9.1.14. Mode 10

#### 9.1.4. Moment çerçeve modeli deprem yüklemesi deplasmanları

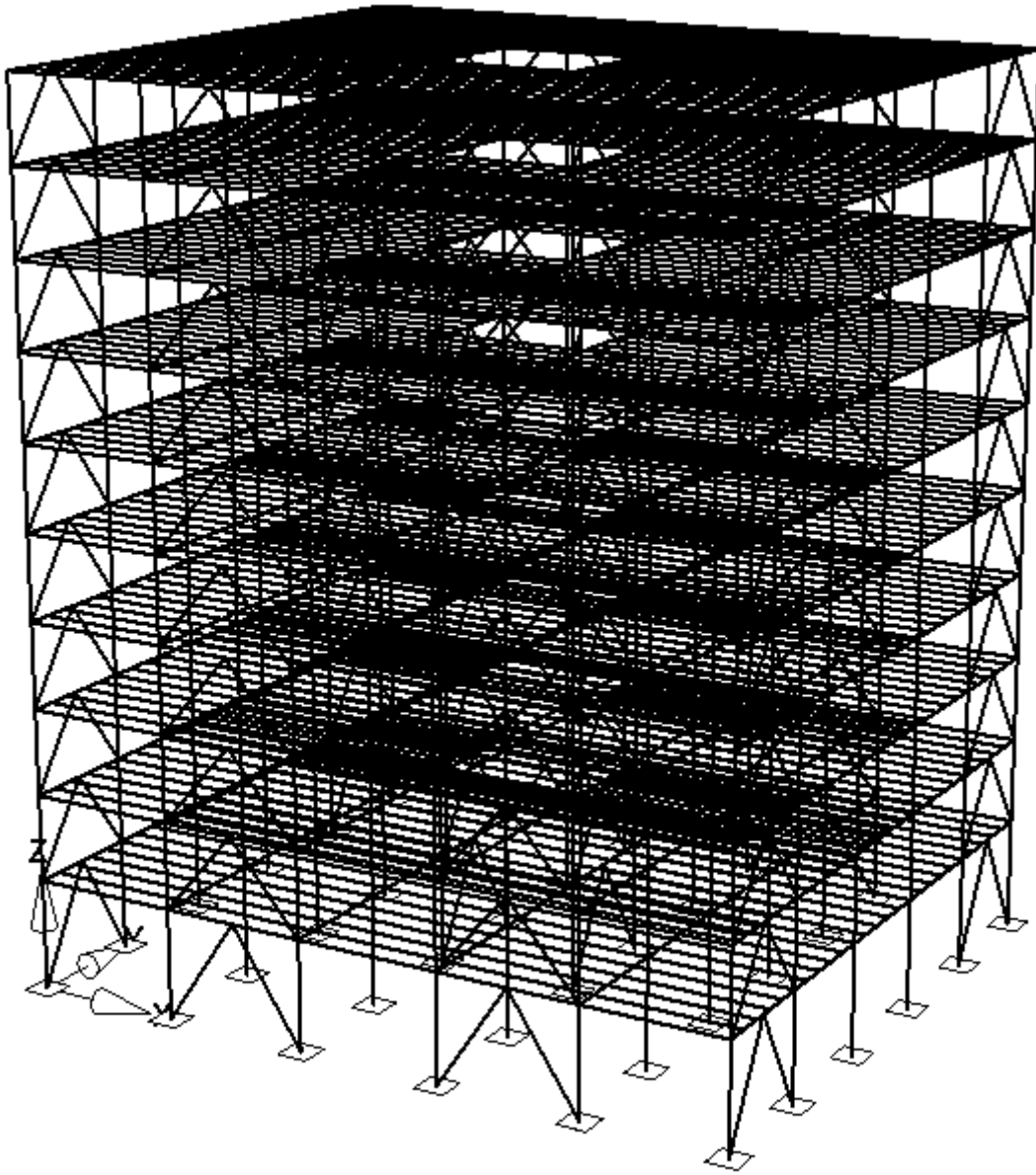


Şekil 9.1.15. Deprem X deplasmanı



Şekil 9.1.16. Deprem Y deplasmanı

### 9.2.1. Merkezi ters V dinamik analiz sonuçları



Şekil 9.2.1. Merkezi ters V 3 boyutlu analiz modeli

Tablo 9.2.1. Merkezi ters v modeli analiz parametreleri

<b>GENEL BİLGİLER</b>	
Selected method:	<input checked="" type="checkbox"/> Eigenvibrations Forced Vibrations <input checked="" type="checkbox"/> Equivalent Lateral Forces Analysis
Number of lowest EIGENVALUE: 10	
<input checked="" type="checkbox"/> Consider self-weight - with factor:	1.00
Effect of Masses in	
X-direction	X-rotational
<input checked="" type="checkbox"/> Y-direction	Y-rotational
Z-direction	Z-rotational
Internal Partition for	
- Approximation Method:	1
- Tapering/El Foundations:	1
Type of Mass Matrix	
<input checked="" type="checkbox"/> Diagonal	
Consistent	
Standard matrix	
Considering geometrical stiffness matrix	
Details	
- Gravity acceleration:	10.00 [ms <sup>-2</sup> ]

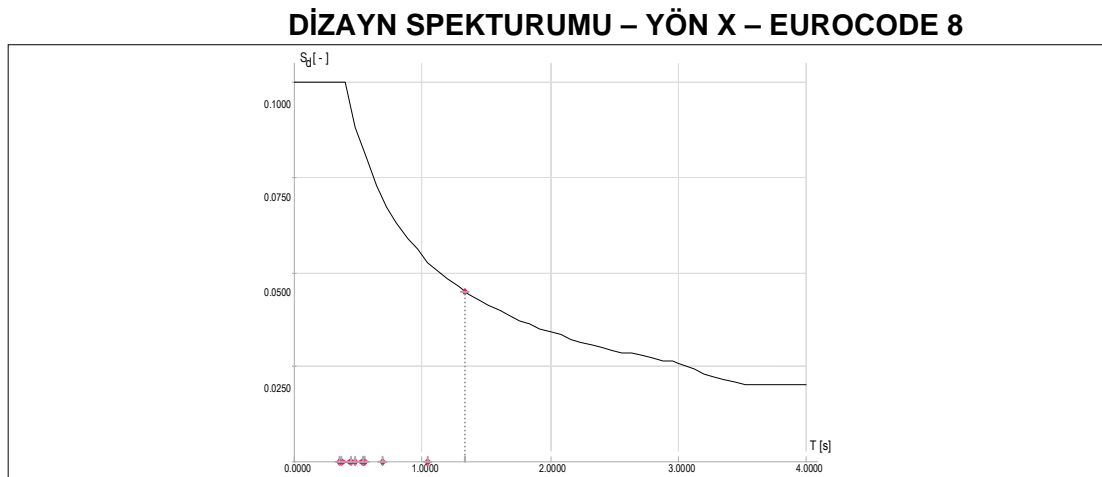


<b>GENEL BİLGİLER</b>	
- Max number of iterations:	100
- Break Off Limit:	0.00001

Tablo 9.2.2. Eurocode Parametreleri

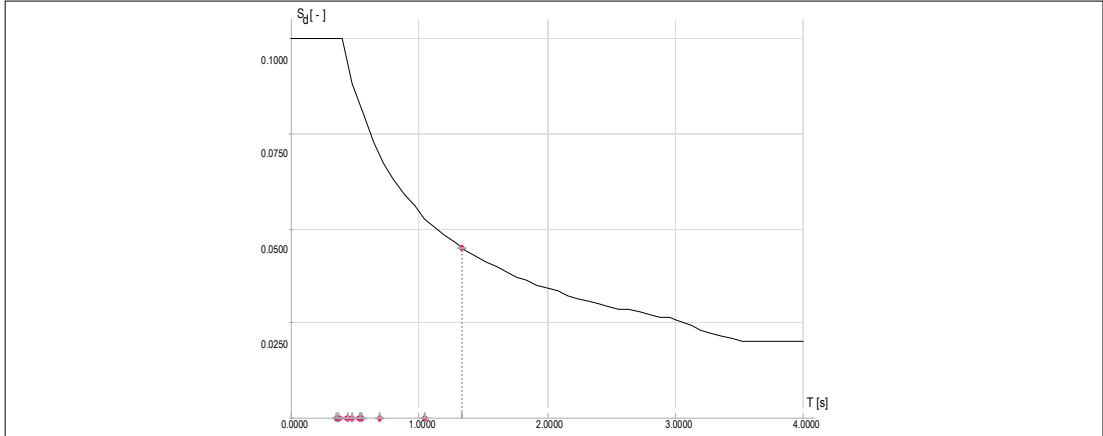
Parametre	Simge	Değer	Birim
Spectrum		Dizayn spectrum	
Zemin Cinsi		A	
Zemin Faktörü	S	1.000	
Katsayı	beta-0	2.500	
Exponent	k-d1	2/3	
Exponent	k-d2	5/3	
Parametre	T-B	0.100	s
Parametre	T-C	0.400	s
Parametre	T-D	3.000	s
Davranış Faktörü	q	2.500	
İvme oranı(a-g/g)	alfa	0.100	

### 9.2.2. Eurocode 8 ' e göre modelin spektrum değerleri



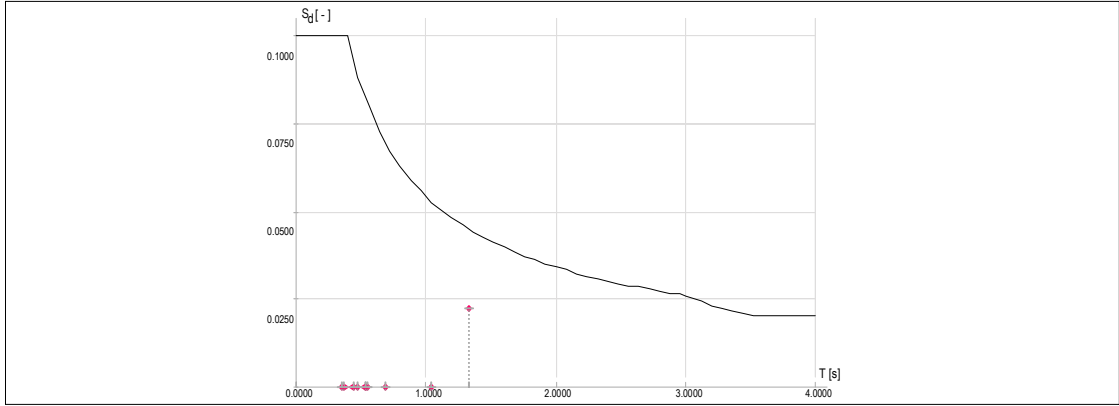
Şekil 9.2.2. Dizayn Spektrumu X yönü – Eurocode 8

### DİZAYN SPEKTURUMU – YÖN Y – EUROCODE 8



Şekil 9.2.3. Dizayn Spektrumu Y yönü – Eurocode 8

### DİZAYN SPEKTURUMU – YÖN Z - EUROCODE 8



Şekil 9.2.4. Dizayn Spektrumu Z yönü – Eurocode 8

Tablo 9.2.3. Spektrum değerleri

Eigen No.	Eigenperiod T-i [s]	Factor in X-direction	Factor in Y-direction	Factor in Z-direction	
1	1.32806	1.00	1.00	0.50	
2	1.04078	1.00	1.00	0.50	
3	0.68979	1.00	1.00	0.50	
4	0.54563	1.00	1.00	0.50	
5	0.53744	1.00	1.00	0.50	
6	0.53010	1.00	1.00	0.50	
7	0.47298	1.00	1.00	0.52	
8	0.43758	1.00	1.00	0.54	
9	0.37115	1.00	1.00	0.57	
10	0.35466	1.00	1.00	0.58	

Tablo 9.2.4. Periyot seçimi

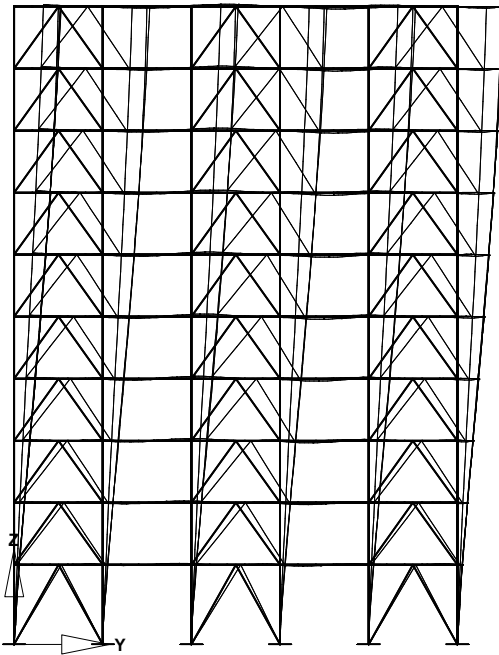
No.	Generated Eigenvalue No.	In RSTAB LC No.	Ordinate of Dizayn spectrum S-d [-]	
1	1 - 0.752985 Hz		0.0449	
	EQY			

Tablo 9.2.5. Eigen değerleri

Eigen No.	Eigenvalue lambda-i [1/s <sup>2</sup> ]	Angular Frequency omega-i [rad/s]	Frequency f-i [Hz]	Eigenperiod T-i [s]	
1	22.38328	4.73110	0.75298	1.328061	
2	36.44516	6.03698	0.96082	1.040782	
3	82.97202	9.10890	1.44973	0.689785	

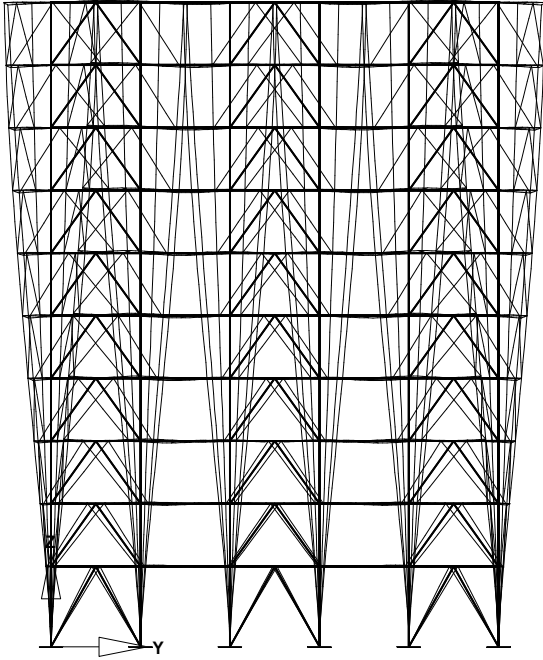
Eigen No.	Eigenvalue $\lambda_i$ [1/s <sup>2</sup> ]	Angular Frequency $\omega_i$ [rad/s]	Frequency $f_i$ [Hz]	Eigenperiod $T_i$ [s]	
4	132.60843	11.51557	1.83276	0.545625	
5	136.68016	11.69103	1.86069	0.537436	
6	140.49015	11.85285	1.88644	0.530099	
7	176.47424	13.28436	2.11427	0.472976	
8	206.17983	14.35896	2.28530	0.437579	
9	286.59224	16.92904	2.69434	0.371148	
10	313.85423	17.71593	2.81958	0.354663	

### 9.2.3. Merkezi ters V mod durumları



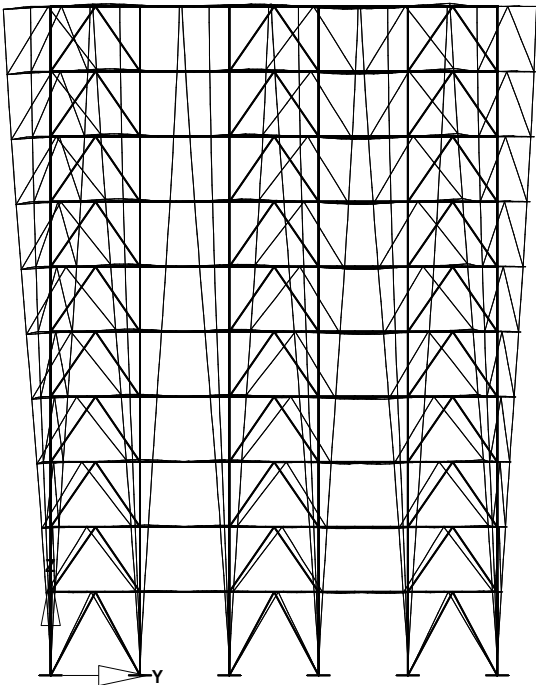
Angular Frequency: 4.731 [1/sec]

Şekil 9.2.5. Mode 1



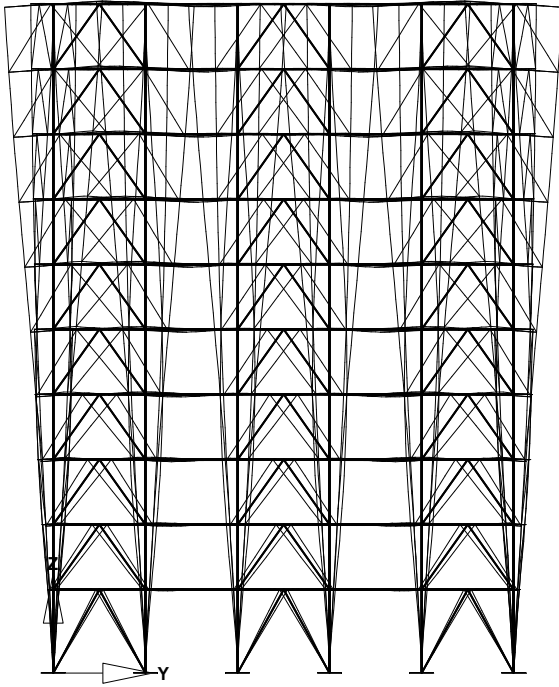
Angular Frequency: 6.037 [1/sec]

Şekil 9.2.6. Mode 2



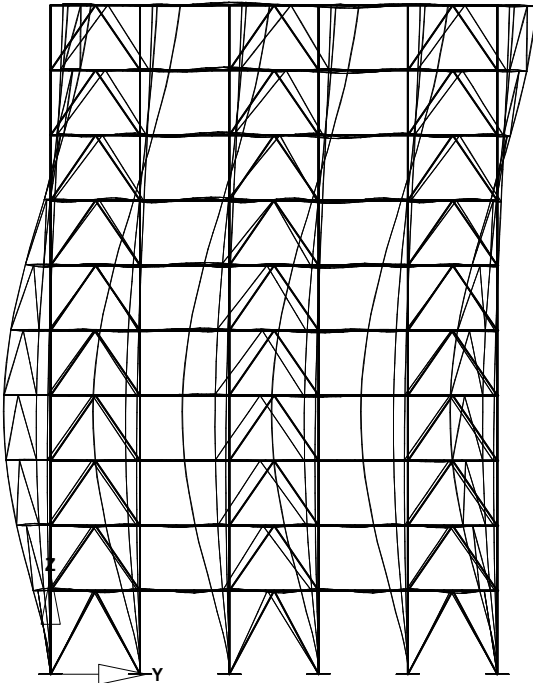
Angular Frequency: 9.109 [1/sec]

Şekil 9.2.7. Mode 3



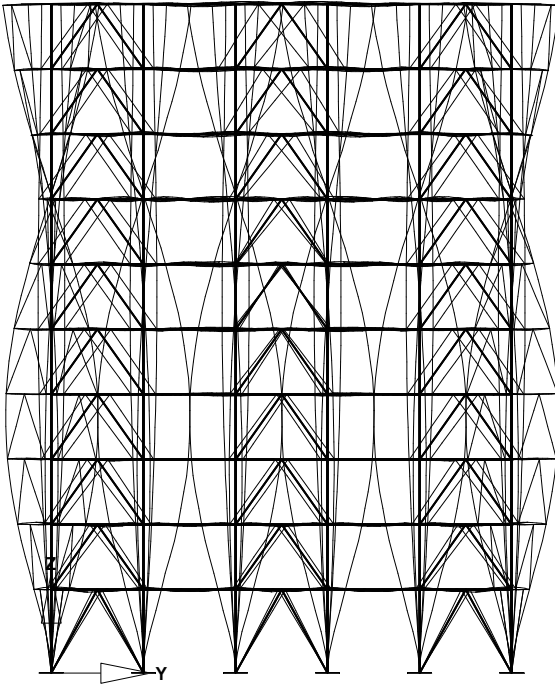
Angular Frequency: 11.516 [1/sec]

Şekil 9.2.8. Mode 4



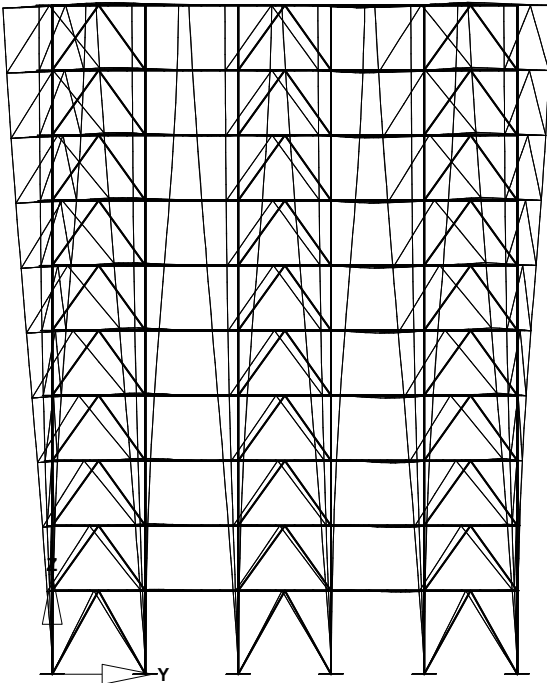
Angular Frequency: 11.691 [1/sec]

Şekil 9.2.9. Mode 5



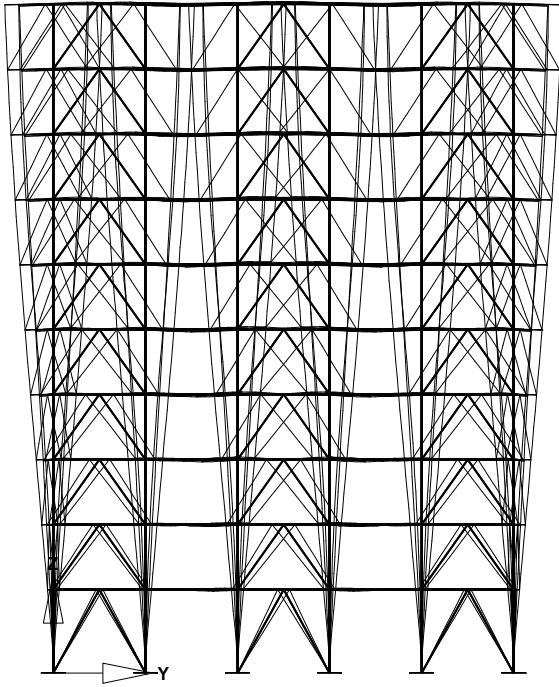
Angular Frequency: 11.853 [1/sec]

Şekil 9.2.10. Mode 6



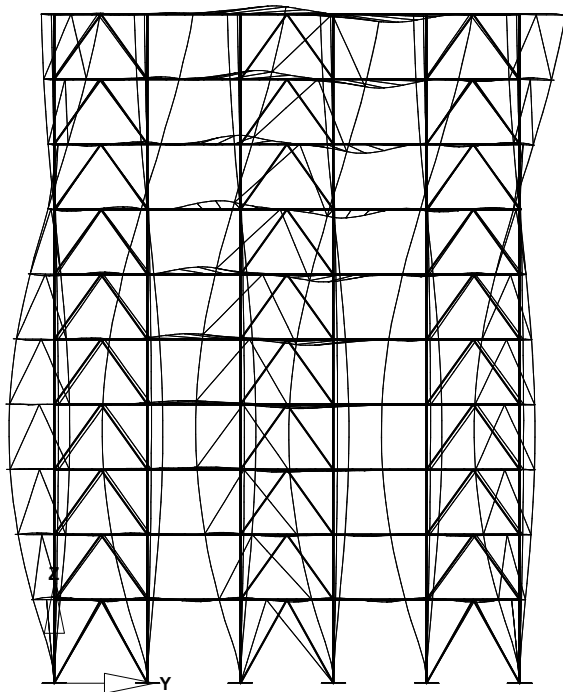
Angular Frequency: 13.284 [1/sec]

Şekil 9.2.11. Mode 7



Angular Frequency: 14.359 [1/sec]

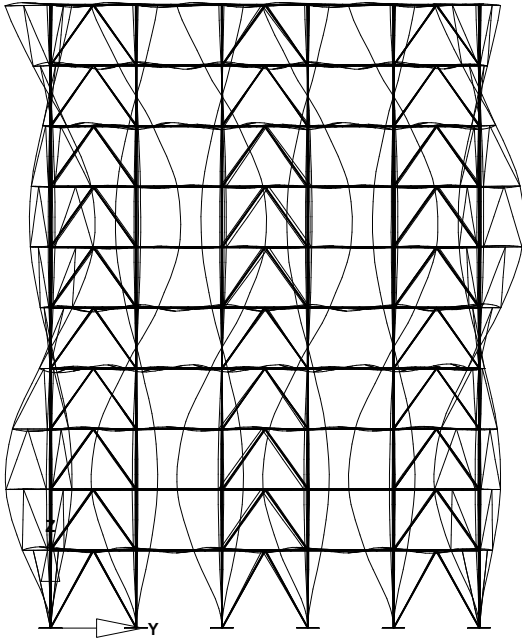
Şekil 9.2.12. Mode 8



Angular Frequency: 16.929 [1/sec]

Şekil 9.2.13. Mode 9

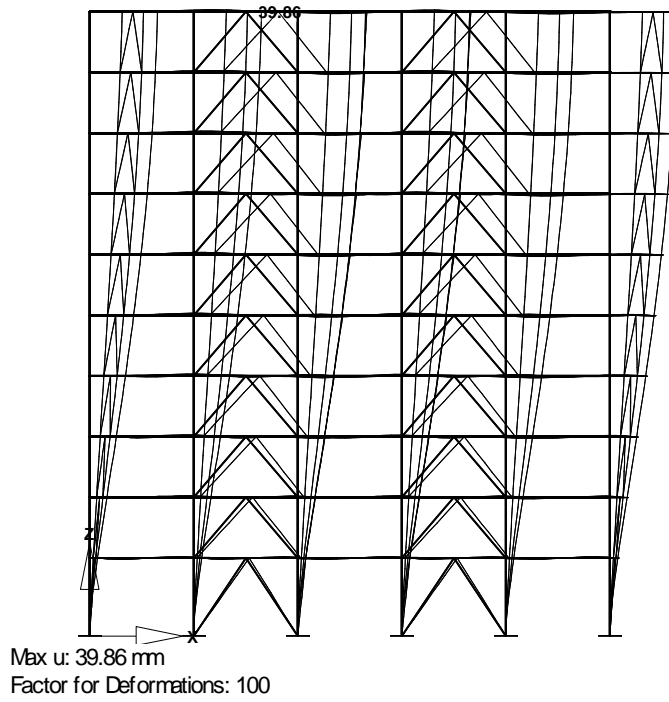




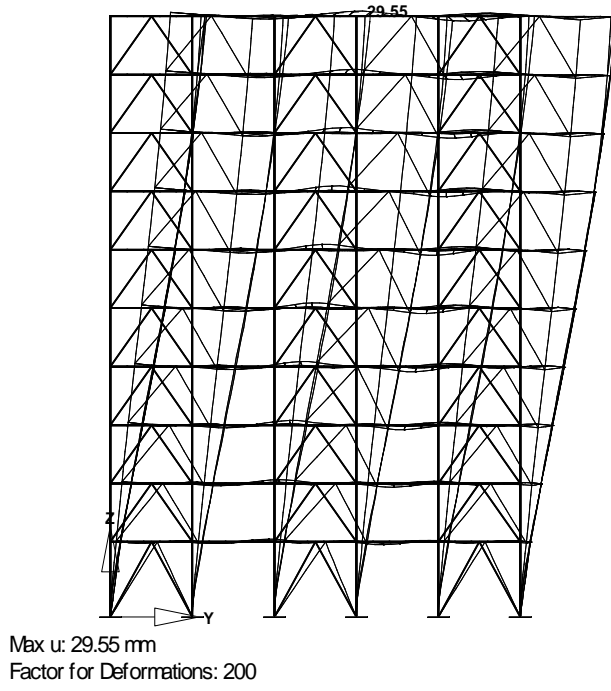
Angular Frequency: 17.716 [1/sec]

Şekil 9.2.14. Mode 10

#### 9.2.4. Merkezi ters V deprem deplasmanları

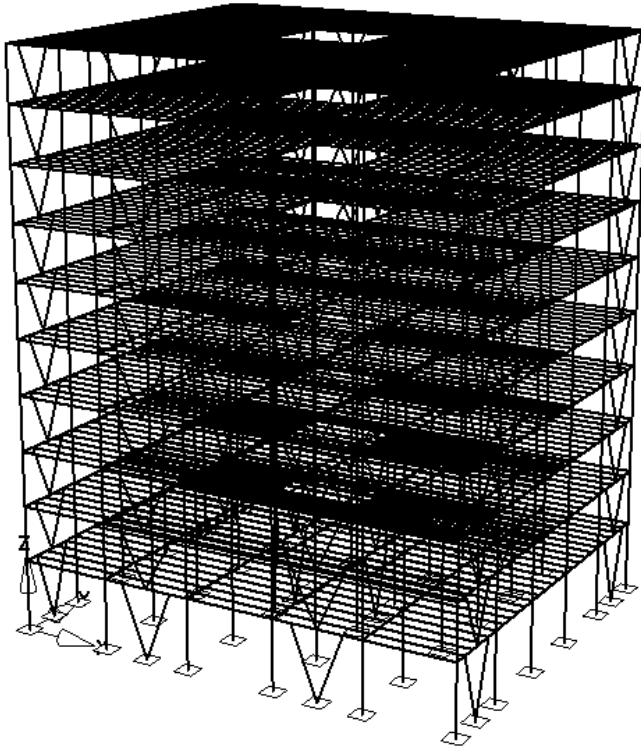


Şekil 9.2.15. Deprem X deplasmanı



Şekil 9.2.15. Deprem X deplasmanı

### 9.3. Dış merkez V modeli dinamik analiz sonuçları



Şekil 9.3.1. Dış merkez V 3 boyutlu analiz modeli

Tablo 9.3.1. Dış merkez v modeli analiz parametreleri

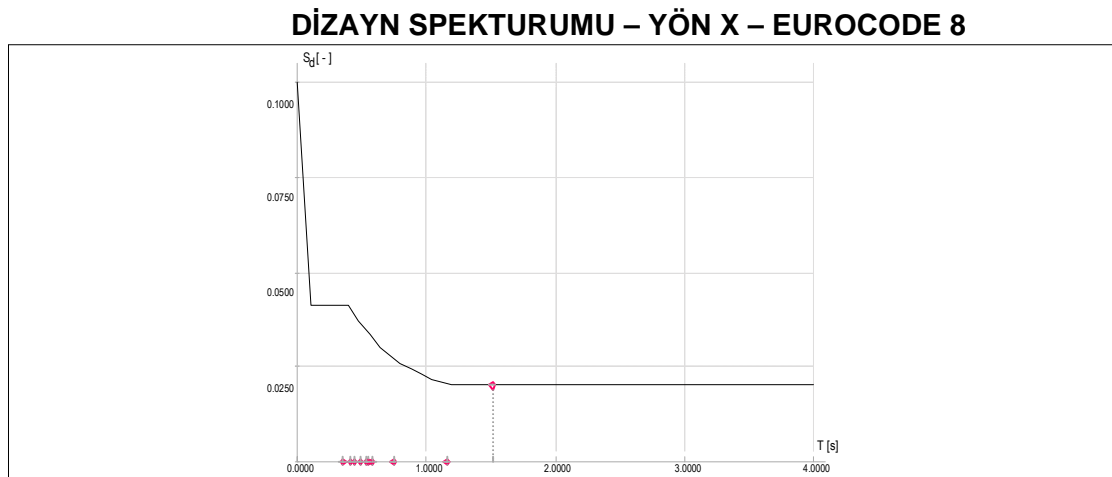
<b>GENEL BİLGİLER</b>	
Selected method:	<input checked="" type="checkbox"/> Eigenvibrations <input type="checkbox"/> Forced Vibrations <input checked="" type="checkbox"/> Equivalent Lateral Forces Analysis
Number of lowest EIGENVALUE: 10	
<input checked="" type="checkbox"/> Consider self-weight - with factor:	1.00
Effect of Masses in	
X-direction	X-rotational
<input checked="" type="checkbox"/> Y-direction	Y-rotational
Z-direction	Z-rotational
Internal Partition for	
- Approximation Method:	1
- Tapering/El Foundations:	1
Type of Mass Matrix	
<input checked="" type="checkbox"/> Diagonal	
<input type="checkbox"/> Consistent	
<input type="checkbox"/> Standard matrix	
Considering geometrical stiffness matrix	
Details	
- Gravity acceleration:	10.00 [ms <sup>-2</sup> ]

<b>GENEL BİLGİLER</b>	
- Max number of iterations:	100
- Break Off Limit:	0.00001

Tablo 9.3.2. Eurocode parametreleri

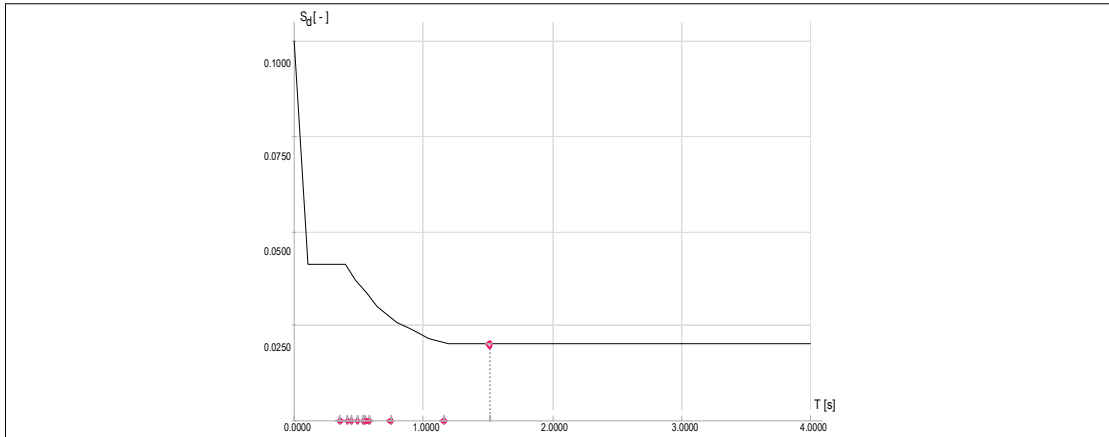
Parametre	Simge	Değer	Birim
Spectrum		Dizayn spectrum	
Zemin Cinsi		A	
Zemin Faktörü	S	1.000	
Katsayı	beta-0	2.500	
Exponent	k-d1	2/3	
Exponent	k-d2	5/3	
Parametre	T-B	0.100	s
Parametre	T-C	0.400	s
Parametre	T-D	3.000	s
Davranış Faktörü	q	6.000	
İvme oranı(a-g/g)	alfa	0.100	

### 9.3.1. Eurocode 8 ' e göre modelin spektrum değerleri



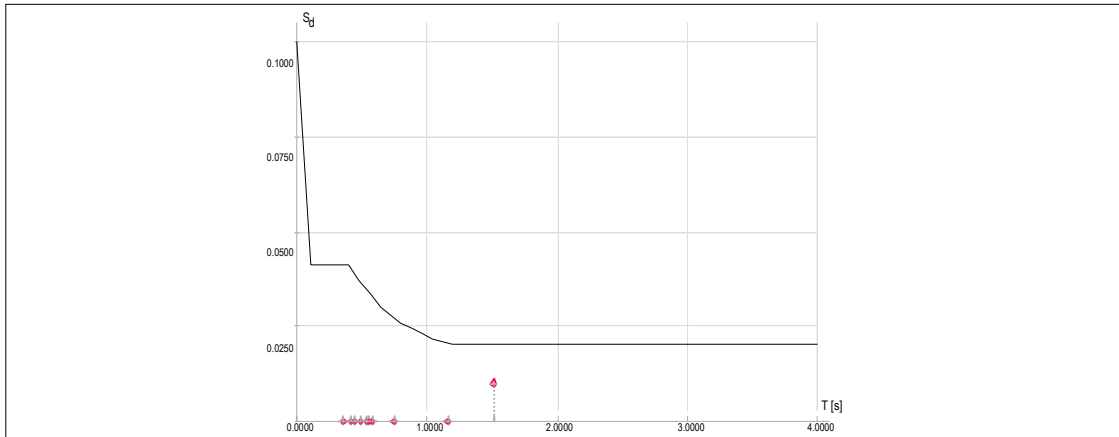
Şekil 9.3.2. Dizayn Spektrumu X yönü – Eurocode 8

### DİZAYN SPEKTURUMU – YÖN Y – EUROCODE 8



Şekil 9.3.3. Dizayn Spektrumu Y yönü – Eurocode 8

### DİZAYN SPEKTURUMU – YÖN Z – EUROCODE 8



Şekil 9.3.4. Dizayn Spektrumu Z yönü – Eurocode 8

Tablo 9.3.3. Spektrum değerleri

Eigen No.	Eigenperiod T-i [s]	Factor in X-direction	Factor in Y-direction	Factor in Z-direction	
1	1.50849	1.00	1.00	0.50	
2	1.15674	1.00	1.00	0.50	
3	0.74178	1.00	1.00	0.50	
4	0.57628	1.00	1.00	0.50	
5	0.55625	1.00	1.00	0.50	

Eigen No.	Eigenperiod T-i [s]	Factor in X-direction	Factor in Y-direction	Factor in Z-direction	
6	0.54065	1.00	1.00	0.50	
7	0.48740	1.00	1.00	0.51	
8	0.44466	1.00	1.00	0.53	
9	0.41033	1.00	1.00	0.55	
10	0.35543	1.00	1.00	0.58	

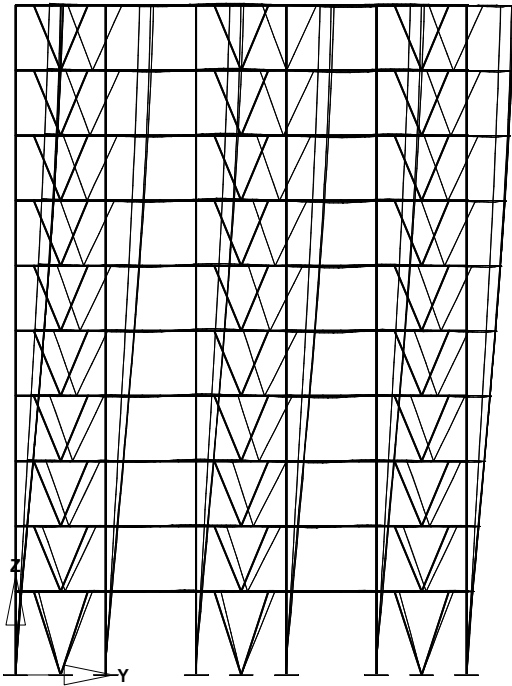
Tablo 9.3.4. Periyot seçimi

No.	Generated Eigenvalue No.	In RSTAB LC No.	Ordinate of Dizayn spectrum S-d [-]	
1	1 - 0.662915 Hz		0.0200	
	EQY			

Tablo 9.3.5. Eigen değerleri

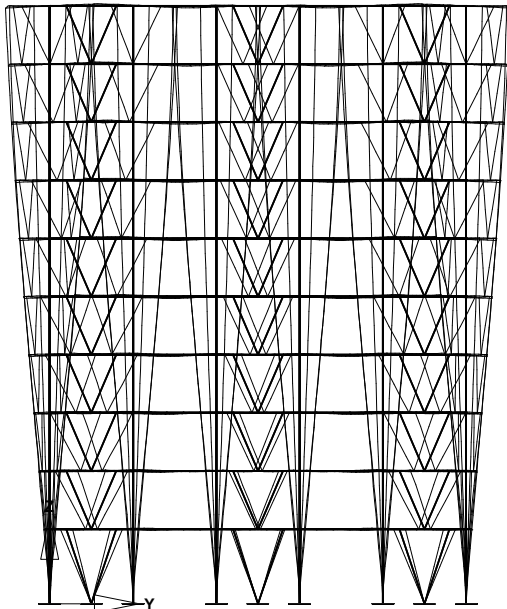
Eigen No.	Eigenvalue lambda-i [1/s <sup>2</sup> ]	Angular Frequency omega-i [rad/s]	Frequency f-i [Hz]	Eigenperiod T-i [s]	
1	17.34903	4.16522	0.66291	1.508490	
2	29.50452	5.43181	0.86450	1.156740	
3	71.74731	8.47038	1.34810	0.741783	
4	118.87579	10.90302	1.73527	0.576279	
5	127.58904	11.29553	1.79774	0.556254	
6	135.06054	11.62155	1.84963	0.540649	
7	166.18616	12.89132	2.05172	0.487397	
8	199.66476	14.13028	2.24890	0.444661	
9	234.47225	15.31249	2.43706	0.4103308	
10	312.49339	17.67748	2.81346	0.355434	

### 9.3.2. Dış merkez V mod durumları



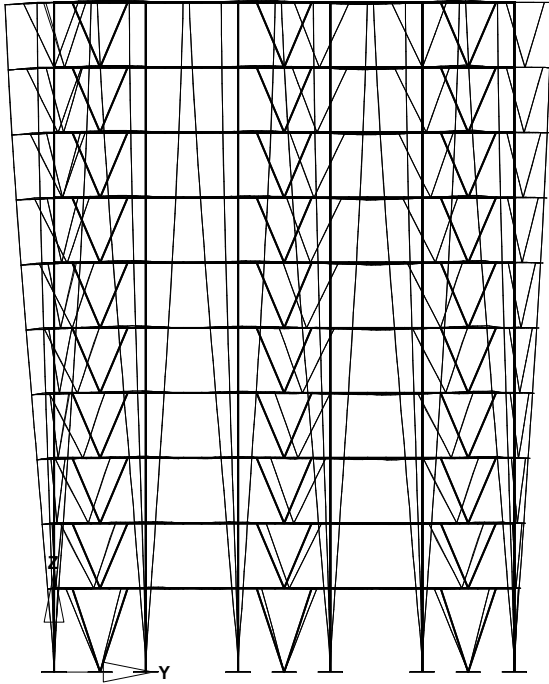
Angular Frequency: 4.165 [1/sec]

Şekil 9.3.5. Mode 1



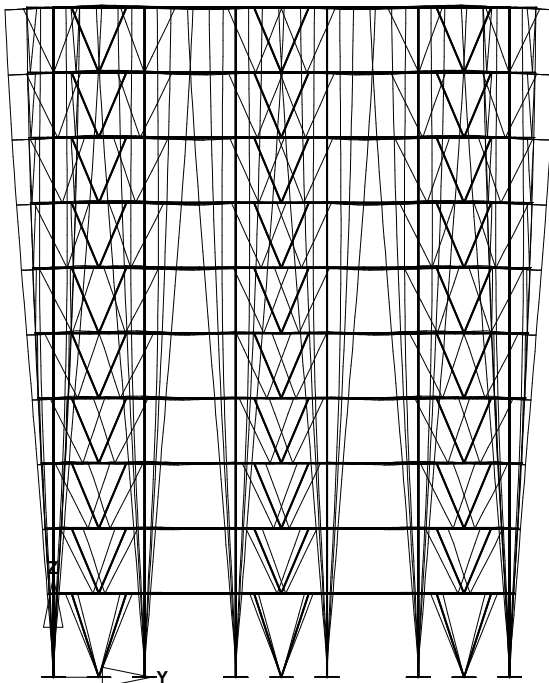
Angular Frequency: 5.432 [1/sec]

Şekil 9.3.6. Mode 2



Angular Frequency: 8.47 [1/sec]

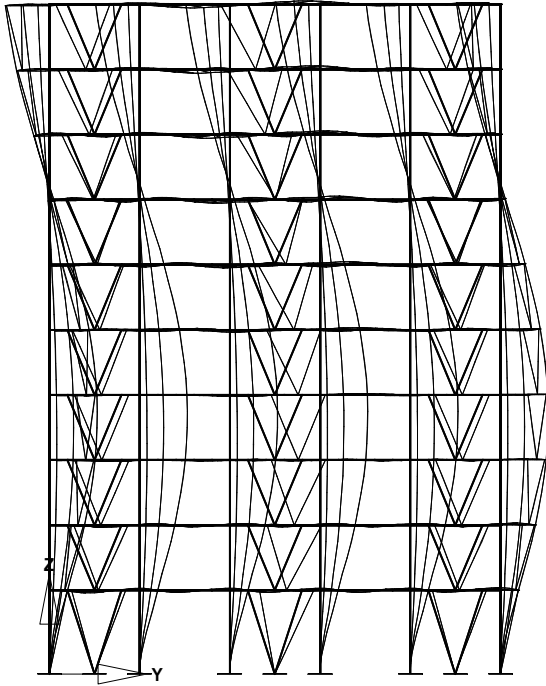
Şekil 9.3.7. Mode 3



Angular Frequency: 10.903 [1/sec]

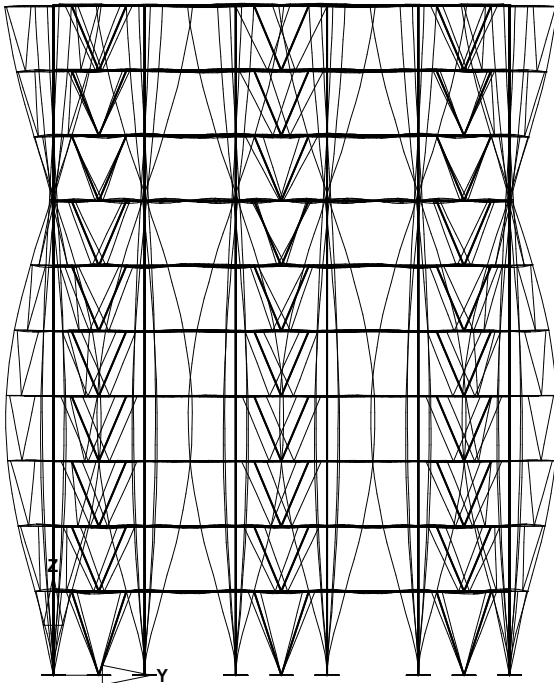
Şekil 9.3.8. Mode 4





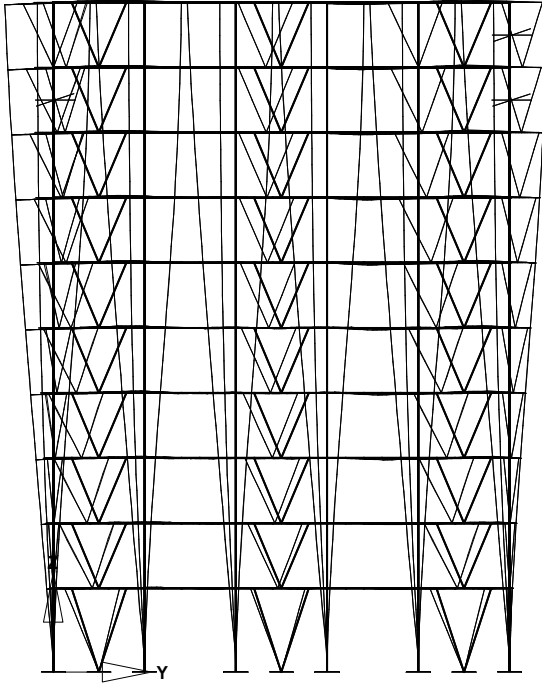
Angular Frequency: 11.296 [1/sec]

Şekil 9.3.9. Mode 5



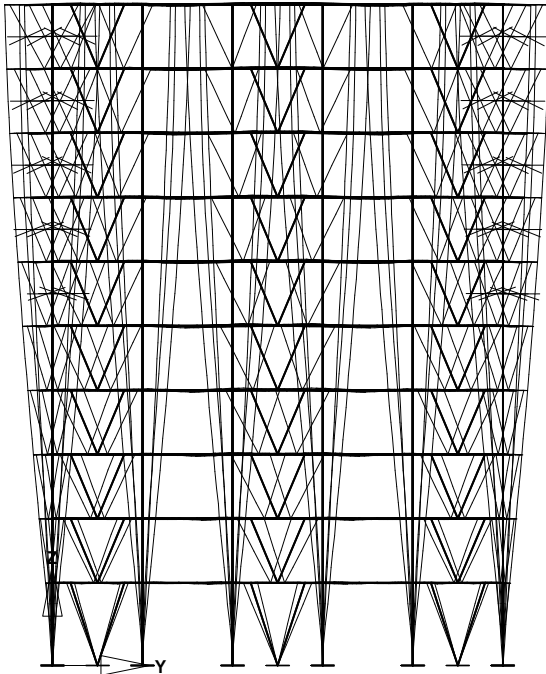
Angular Frequency: 11.622 [1/sec]

Şekil 9.3.10. Mode 6



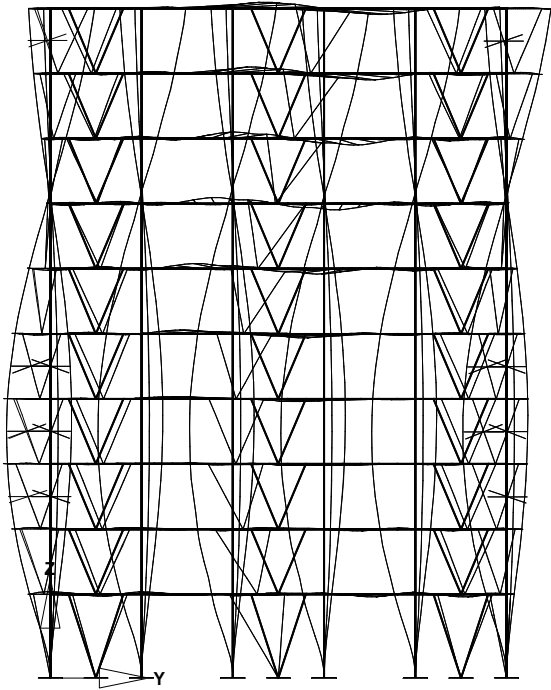
Angular Frequency: 12.891 [1/sec]

Şekil 9.3.11. Mode 7



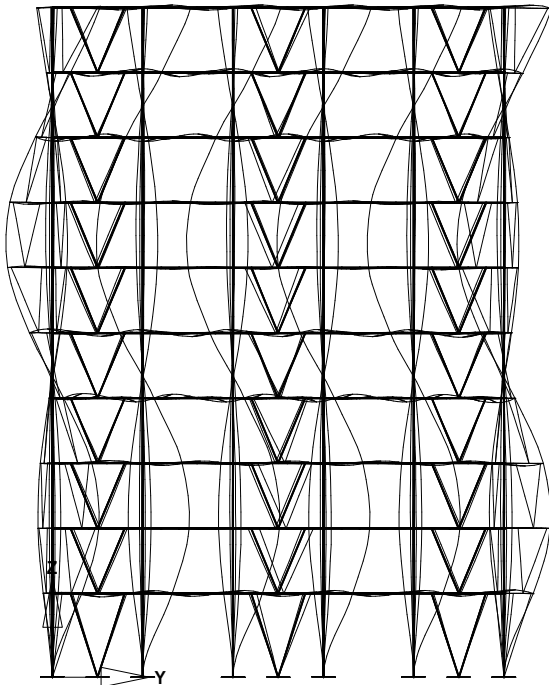
Angular Frequency: 14.13 [1/sec]

Şekil 9.3.12. Mode 8



Angular Frequency: 15.312 [1/sec]

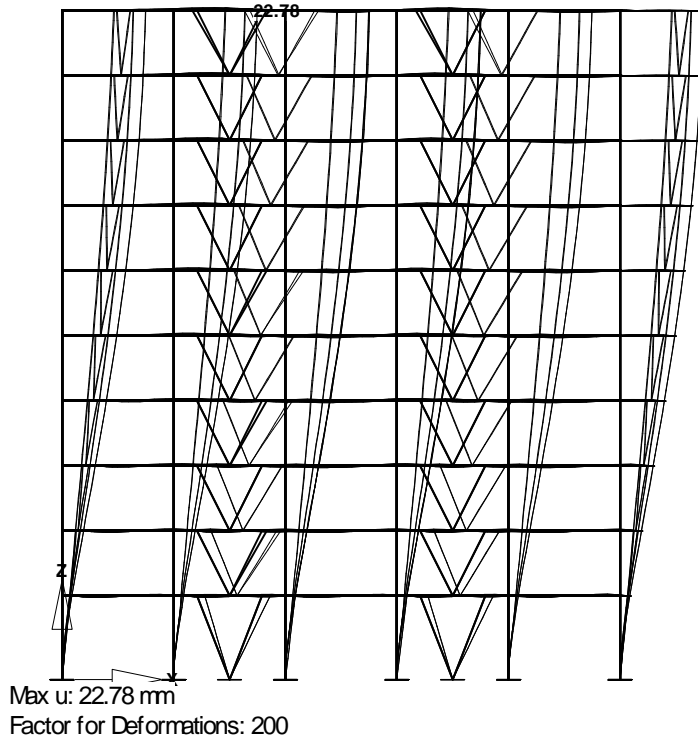
Şekil 9.3.13. Mode 9



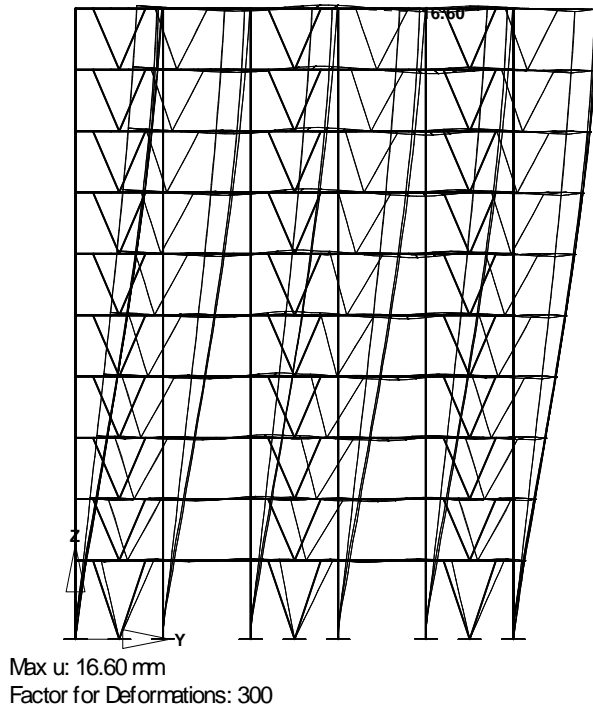
Angular Frequency: 17.677 [1/sec]

Şekil 9.3.14. Mode 10

### 9.3.3. Dış merkez V modeli deprem yüklemesi deplasmanları

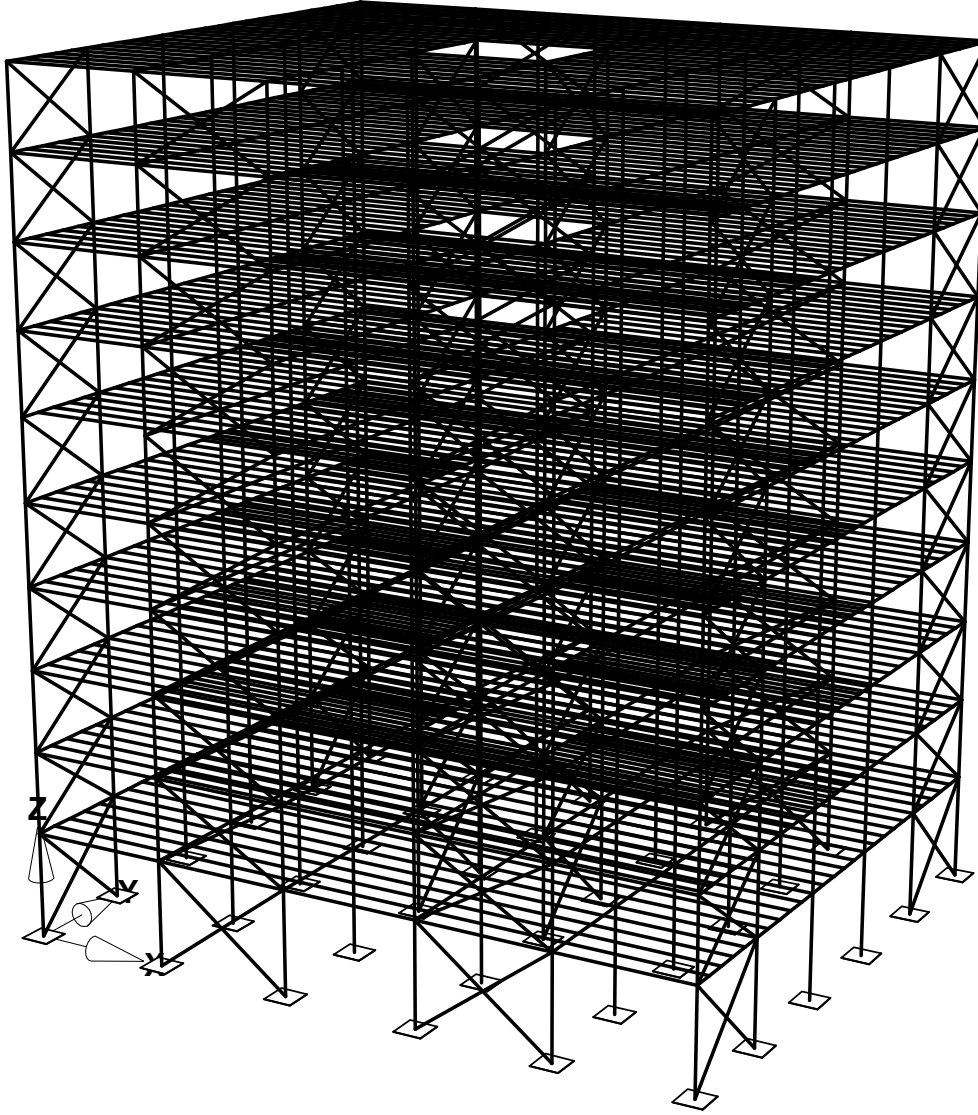


Şekil 9.3.15. Deprem X deplasmanı



Şekil 9.3.16. Deprem Y deplasmanı

#### 9.4.1. Merkez X aprazlı model dinamik analiz sonuçları



Şekil 9.4.1. Merkezi X apraz 3 boyutlu analiz modeli

<b>GENEL BİLGİLER</b>	
Selected method:	<input checked="" type="checkbox"/> Eigenvibrations Forced Vibrations <input checked="" type="checkbox"/> Equivalent Lateral Forces Analysis
Number of lowest EIGENVALUE: 10	
<input checked="" type="checkbox"/> Consider self-weight - with factor:	1.00
Effect of Masses in	
X-direction	X-rotational
<input checked="" type="checkbox"/> Y-direction	Y-rotational
Z-direction	Z-rotational
Internal Partition for	
- Approximation Method:	1
- Tapering/El Foundations:	1
Type of Mass Matrix	
<input checked="" type="checkbox"/> Diagonal	
Consistent	
Standard matrix	
Considering geometrical stiffness matrix	

## Details

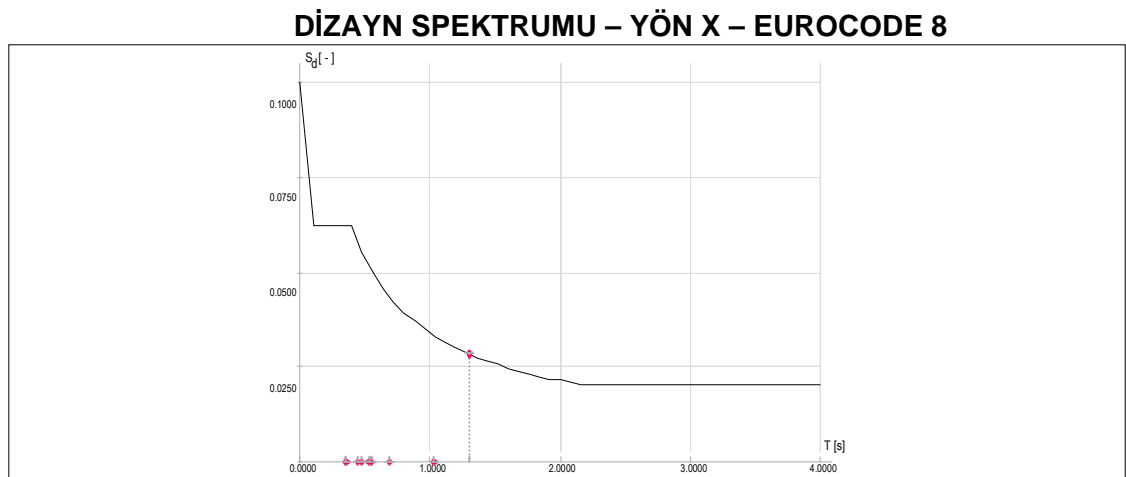
- Gravity acceleration: 10.00 [ms<sup>-2</sup>]
- Max number of iterations: 100

**GENEL BİLGİLER**

- Break Off Limit: 0.00001

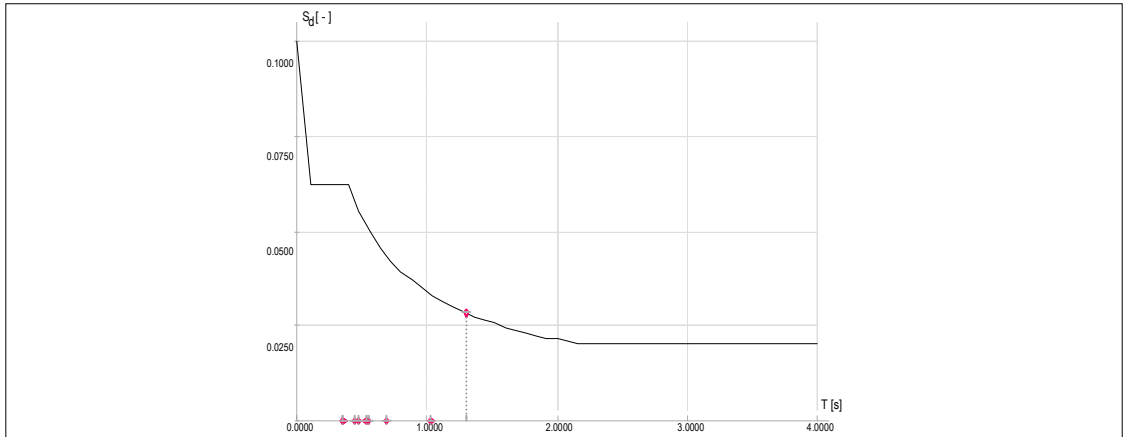
Tablo 9.4.2. Eurocode parametreleri

Parametre	Simge	Değer	Birim
Spectrum		Dizayn spectrum	
Zemin Cinsi		A	
Zemin Faktörü	S	1.000	
Katsayı	beta-0	2.500	
Exponent	k-d1	2/3	
Exponent	k-d2	5/3	
Parametre	T-B	0.100	s
Parametre	T-C	0.400	s
Parametre	T-D	3.000	s
Davranış Faktörü	q	4.000	
İvme oranı(a-g/g)	alfa	0.100	

**9.4.2. Eurocode 8 ‘ e göre modelin spektrum değerleri**

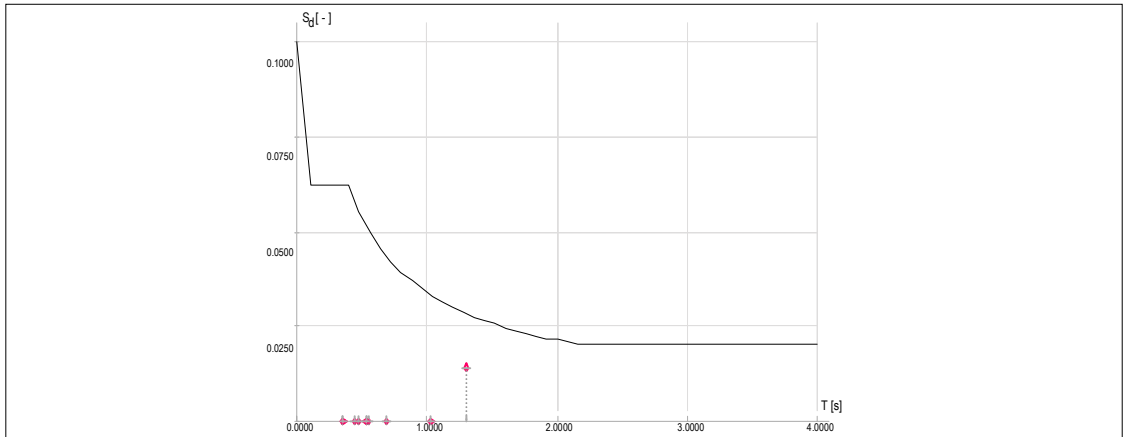
Şekil 9.4.2. Dizayn Spektrumu X yönü – Eurocode 8

### DİZAYN SPEKTRUMU – YÖN Y – EUROCODE 8



Şekil 9.4.3. Dizayn Spektrumu Y yönü – Eurocode 8

### DİZAYN SPEKTRUMU – YÖN Z – EUROCODE 8



Şekil 9.4.4. Dizayn Spektrumu Z yönü – Eurocode 8

Tablo 9.4.3. Spektrum değerleri

Eigen No.	Eigenperiod T-i [s]	Factor in X-direction	Factor in Y-direction	Factor in Z-direction	
1	1.30416	1.00	1.00	0.50	
2	1.03198	1.00	1.00	0.50	
3	0.68964	1.00	1.00	0.50	
4	0.54465	1.00	1.00	0.50	



5	0.53427	1.00	1.00	0.50	
6	0.52889	1.00	1.00	0.50	
7	0.47481	1.00	1.00	0.51	
8	0.44415	1.00	1.00	0.53	
9	0.35811	1.00	1.00	0.58	
10	0.35793	1.00	1.00	0.58	

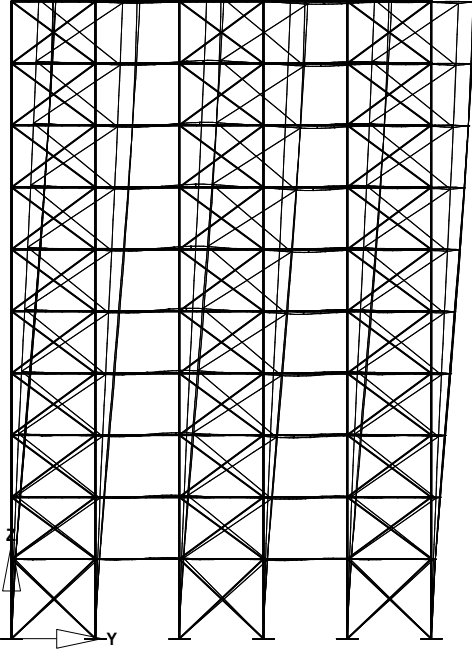
Tablo 9.4.4. Periyot seçimi

No.	Generated Eigenvalue No.	In RSTAB LC No.	Ordinate of Dizayn spectrum S-d [-]	
1	1 - 0.766785 Hz		0.0284	

Tablo 9.4.5. Eigen değerleri

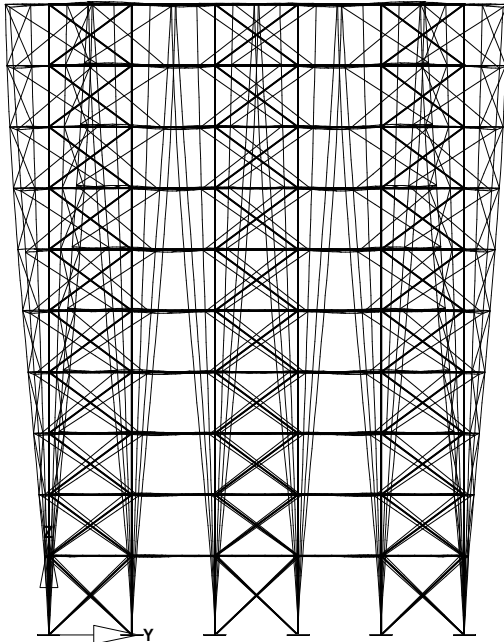
Eigen No.	Eigenvalue $\lambda_i$ [1/s <sup>2</sup> ]	Angular Frequency $\omega_i$ [rad/s]	Frequency $f_i$ [Hz]	Eigenperiod $T_i$ [s]	
1	23.21138	4.81782	0.76678	1.304156	
2	37.06933	6.08846	0.96901	1.031983	
3	83.00615	9.11077	1.45002	0.689644	
4	133.08124	11.53608	1.83602	0.544655	
5	138.30275	11.76022	1.87170	0.534275	
6	141.13217	11.87991	1.89075	0.528892	
7	175.11563	13.23313	2.10612	0.474807	
8	200.12759	14.14665	2.25151	0.444147	
9	307.84685	17.54556	2.79246	0.358107	
10	308.15464	17.55433	2.79386	0.357928	

### 9.4.3. Merkez X çaprazlı mod durumları



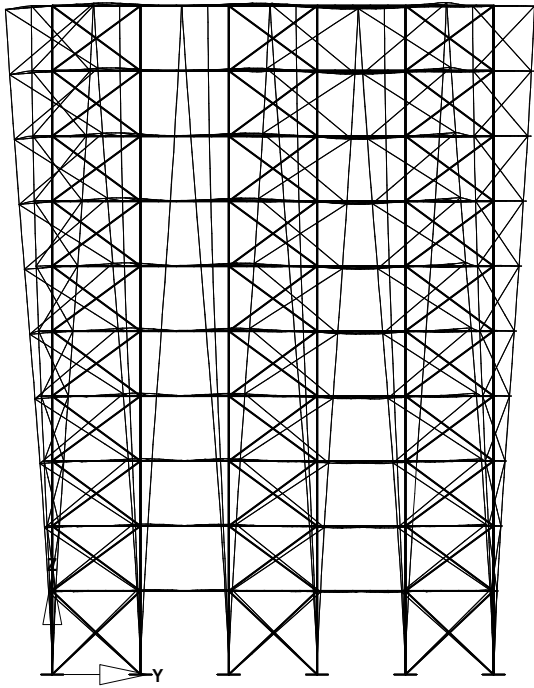
Angular Frequency: 4.818 [1/sec]

Şekil 9.4.5. Mode 1



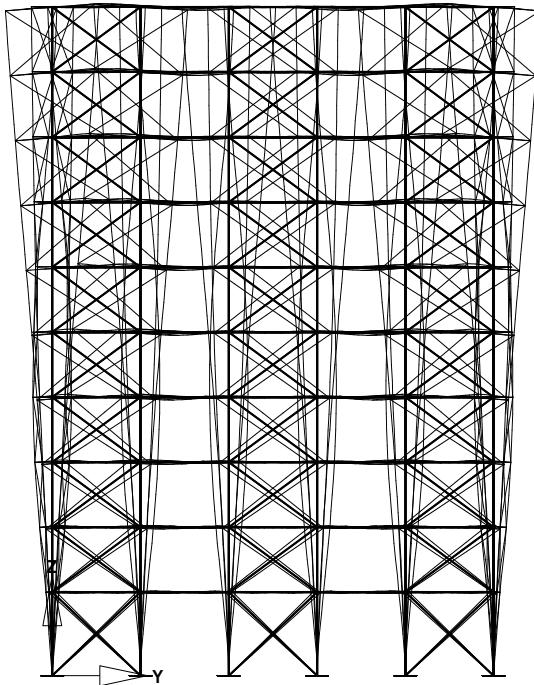
Angular Frequency: 6.088 [1/sec]

Şekil 9.4.6. Mode 2



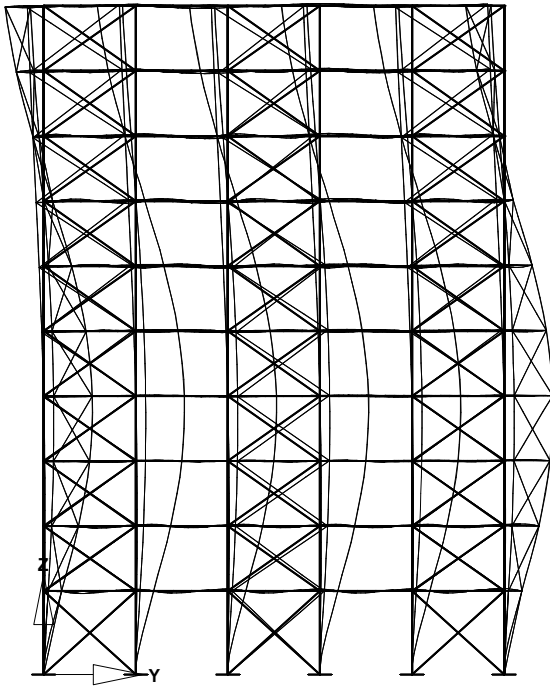
Angular Frequency: 9.111 [1/sec]

Şekil 9.4.7. Mode 3



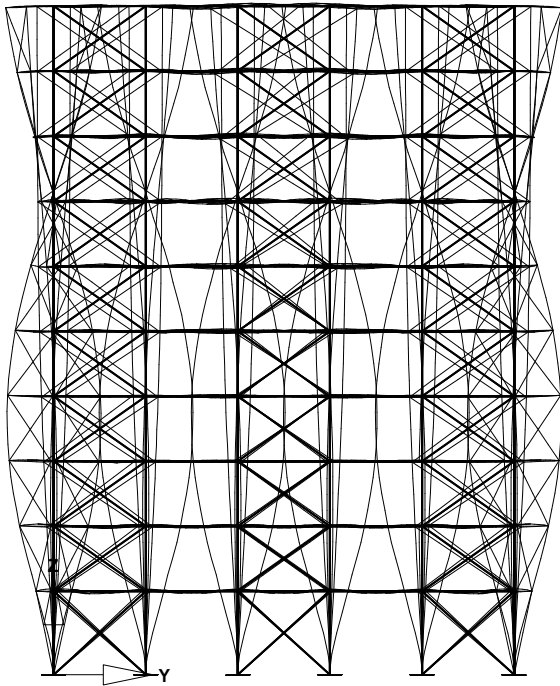
Angular Frequency: 11.536 [1/sec]

Şekil 9.4.8. Mode 4



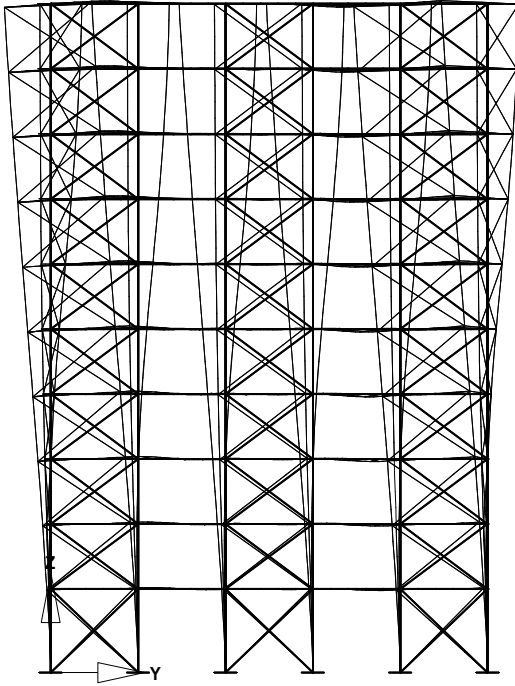
Angular Frequency: 11.76 [1/sec]

Şekil 9.4.9. Mode 5



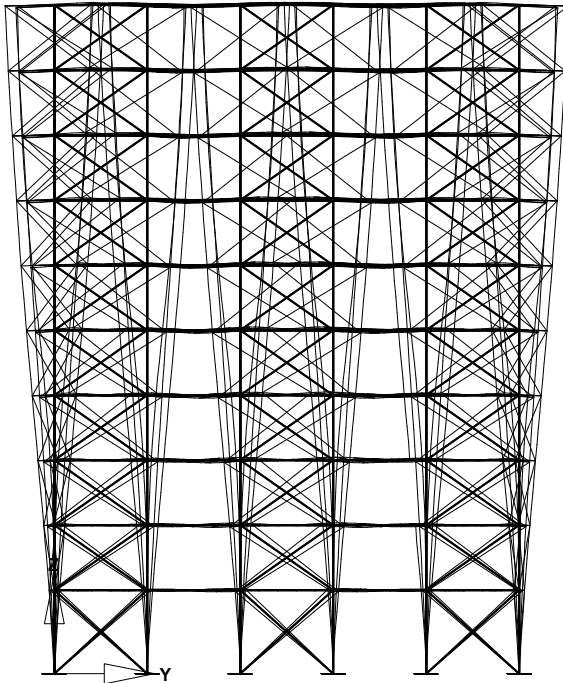
Angular Frequency: 11.88 [1/sec]

Şekil 9.4.10. Mode 6



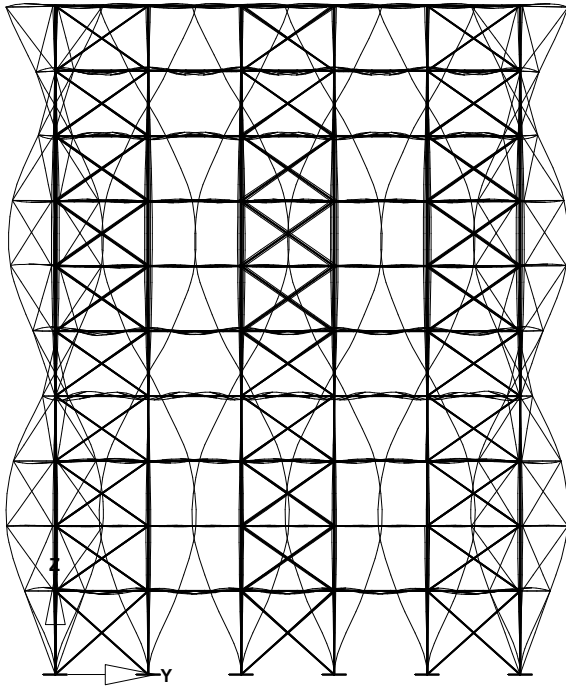
Angular Frequency: 13.233 [1/sec]

Şekil 9.4.11. Mode 7



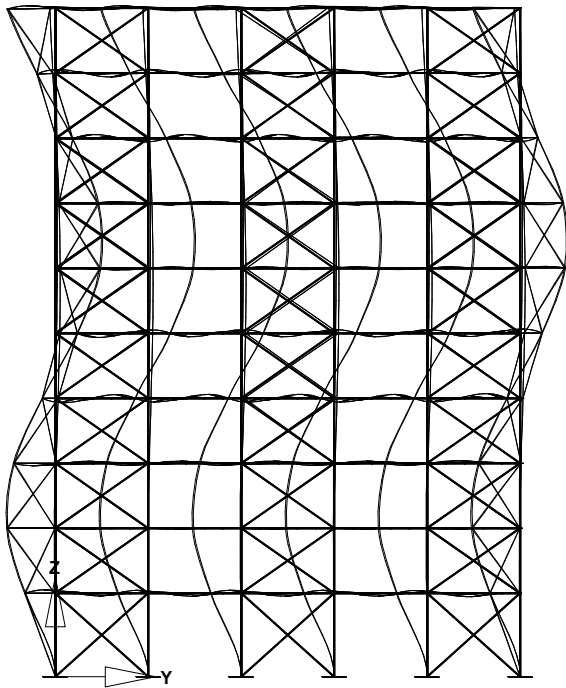
Angular Frequency: 14.147 [1/sec]

Şekil 9.4.12. Mode 8



Angular Frequency: 17.546 [1/sec]

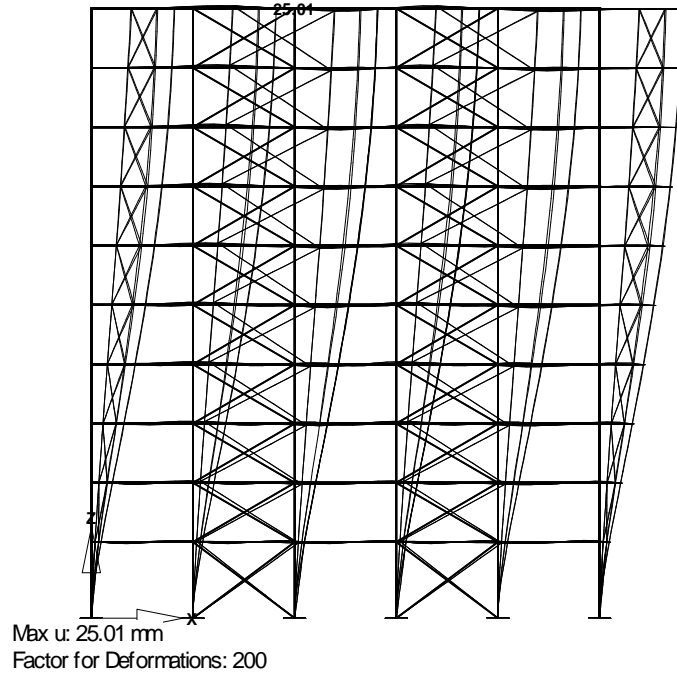
Şekil 9.4.13. Mode 9



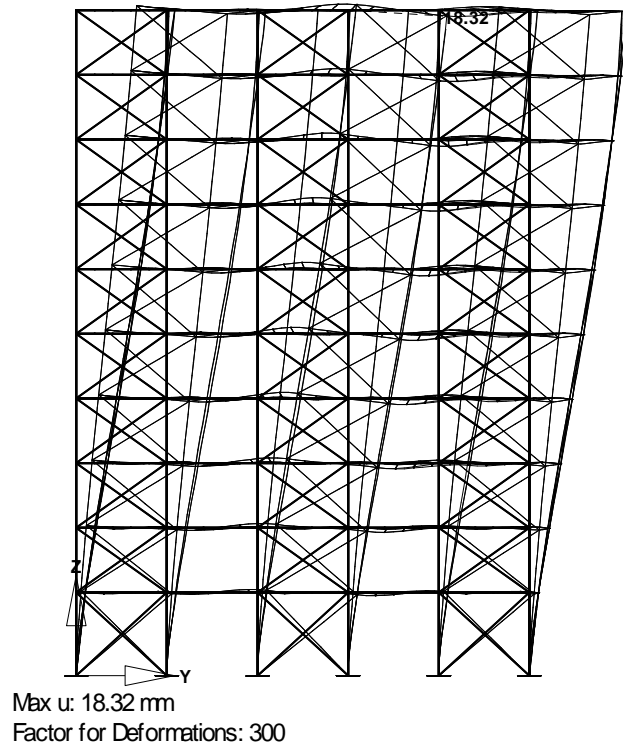
Angular Frequency: 17.554 [1/sec]

Şekil 9.4.14. Mode 10

#### 9.4.4. Merkez X çaprazlı modeli deprem yüklemesi deplasmanları

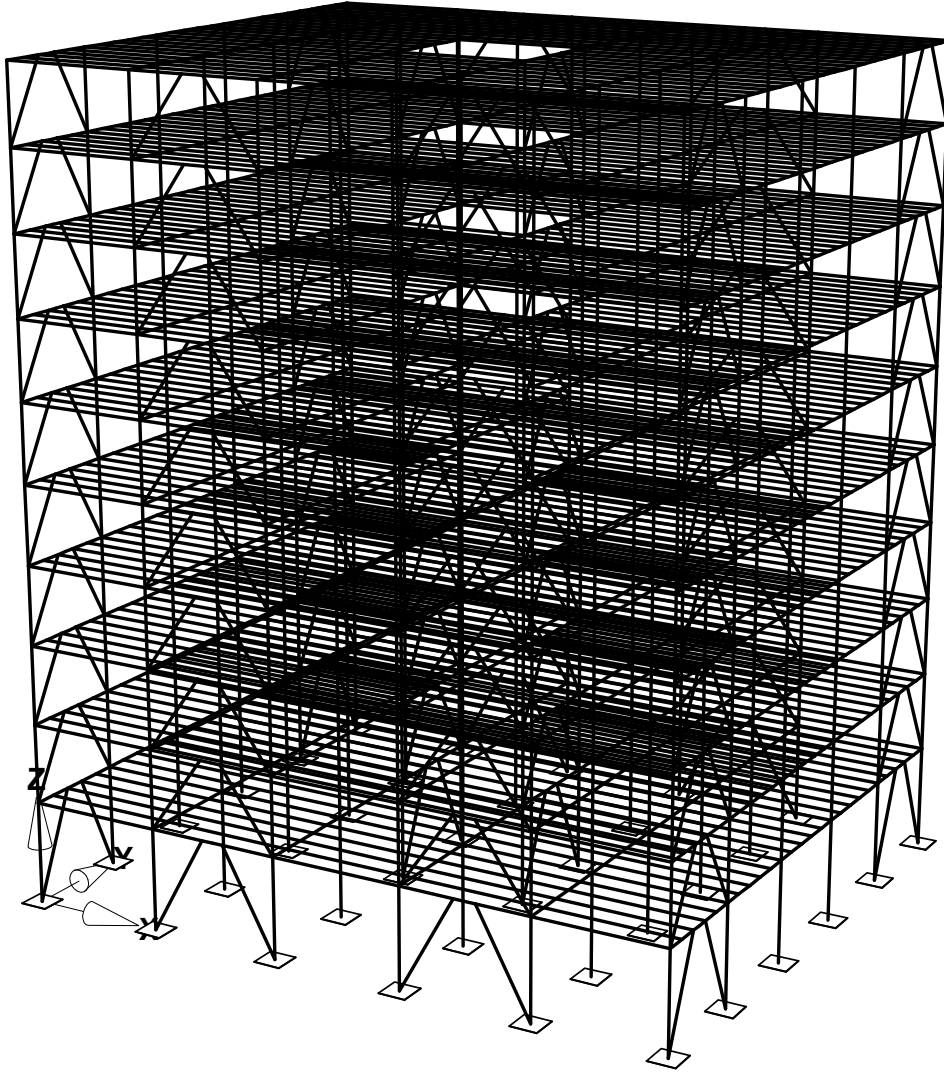


Şekil 9.4.15. Deprem X deplasmanı



Şekil 9.4.16. Deprem Y deplasmanı

### 9.5.1. Dış merkez ters V modeli dinamik analiz sonuçları



Şekil 9.5.1. Dış merkez ters V 3 boyutlu analiz modeli



Tablo 9.5.1. Dış merkez ters v modeli analiz parametreleri

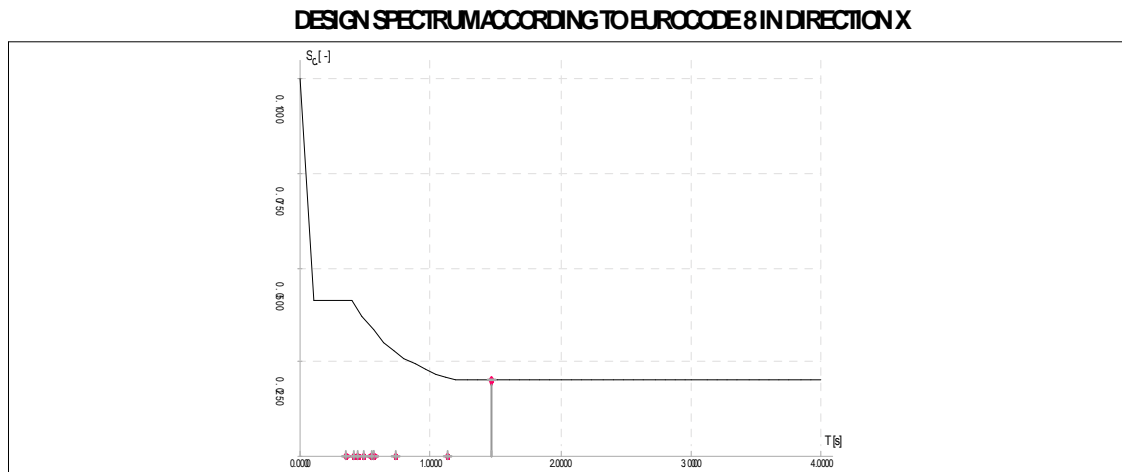
<b>GENEL BİLGİLER</b>	
Selected method:	<input checked="" type="checkbox"/> Eigenvibrations Forced Vibrations <input checked="" type="checkbox"/> Equivalent Lateral Forces Analysis
Number of lowest EIGENVALUE:	10
<input checked="" type="checkbox"/> Consider self-weight - with factor:	1.00
Effect of Masses in	
X-direction	X-rotational
<input checked="" type="checkbox"/> Y-direction	Y-rotational
Z-direction	Z-rotational
Internal Partition for	
- Approximation Method:	1
- Tapering/El Foundations:	1
Type of Mass Matrix	
<input checked="" type="checkbox"/> Diagonal	
Consistent	
Standard matrix	
Considering geometrical stiffness matrix	
Details	

GENEL BİLGİLER	
- Gravity acceleration:	10.00 [ms <sup>-2</sup> ]
- Max number of iterations:	100
- Break Off Limit:	0.00001

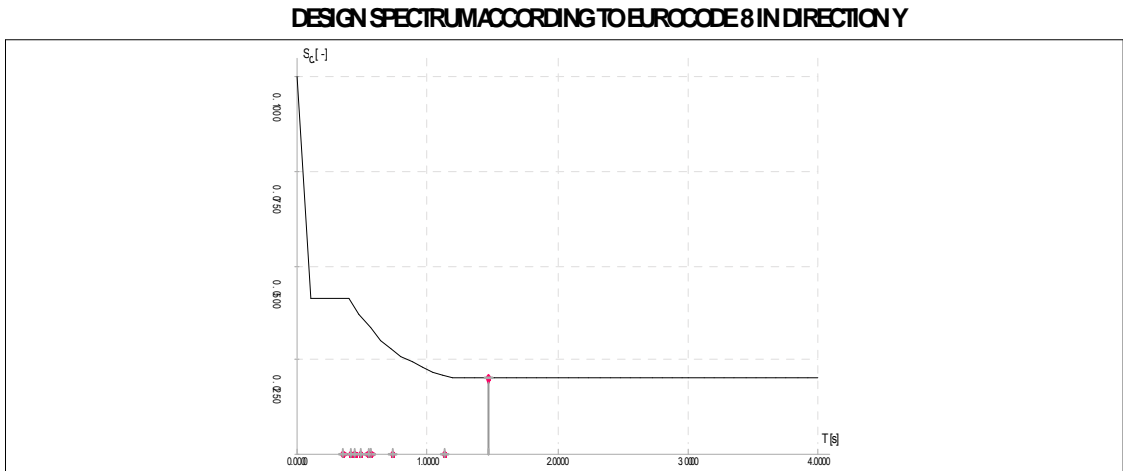
Tablo 9.5.2. Eurocode parametreleri

Parametre	Simge	Değer	Birim
Spectrum		Dizayn spectrum	
Zemin Cinsi		A	
Zemin Faktörü	S	1.000	
Katsayı	beta-0	2.500	
Exponent	k-d1	2/3	
Exponent	k-d2	5/3	
Parametre	T-B	0.100	s
Parametre	T-C	0.400	s
Parametre	T-D	3.000	s
Davranış Faktörü	q	6.000	
İvme oranı(a-g/g)	alfa	0.100	

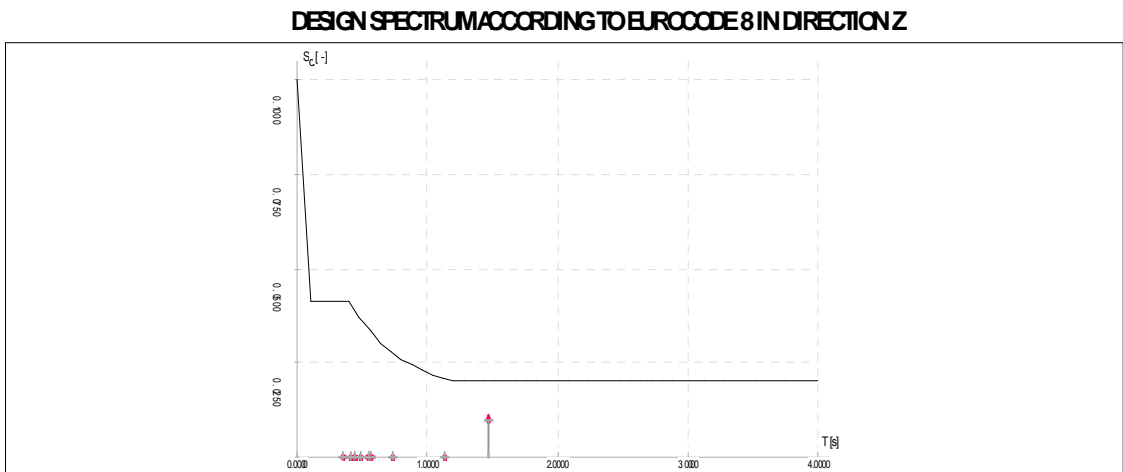
### 9.5.2. Eurocode 8 ' e göre modelin spektrum değerleri



Şekil 9.5.2. Dizayn Spektrumu X yönü – Eurocode 8



Şekil 9.5.3. Dizayn Spektrumu Y yönü – Eurocode 8



Şekil 9.5.4. Dizayn Spektrumu Z yönü – Eurocode 8

Tablo 9.5.3. Spektrum değerleri

Eigen No.	Eigenperiod T-i [s]	Factor in X-direction	Factor in Y-direction	Factor in Z-direction	
1	1.47181	1.00	1.00	0.50	
2	1.13084	1.00	1.00	0.50	
3	0.73140	1.00	1.00	0.50	
4	0.57063	1.00	1.00	0.50	
5	0.56044	1.00	1.00	0.50	

6	0.54383	1.00	1.00	0.50	
7	0.48525	1.00	1.00	0.51	
8	0.44369	1.00	1.00	0.53	
9	0.41352	1.00	1.00	0.55	
10	0.35677	1.00	1.00	0.58	

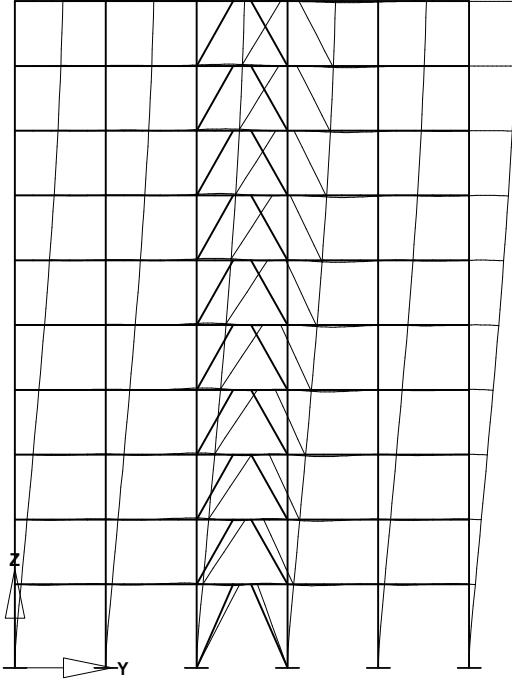
Tablo 9.5.4. Periyot seçimi

No.	Generated Eigenvalue No.	In RSTAB LC No.	Ordinate of Dizayn spectrum S-d [-]	
1	1 - 0.679435 Hz EQY		0.0200	

Tablo 9.5.5. Eigen değerleri

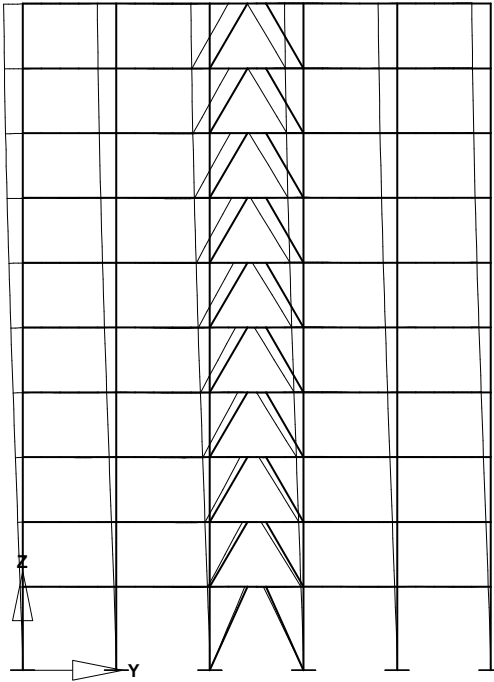
Eigen No.	Eigenvalue $\lambda_i$ [1/s <sup>2</sup> ]	Angular Frequency $\omega_i$ [rad/s]	Frequency $f_i$ [Hz]	Eigenperiod $T_i$ [s]	
1	18.22447	4.26901	0.67943	1.471812	
2	30.87122	5.55619	0.88429	1.130845	
3	73.79915	8.59064	1.36724	0.731399	
4	121.23999	11.01090	1.75244	0.570633	
5	125.69242	11.21126	1.78433	0.560435	
6	133.48539	11.55359	1.83881	0.543830	
7	167.66022	12.94837	2.06080	0.485249	
8	200.53567	14.16106	2.25380	0.443695	
9	230.87288	15.19450	2.41828	0.413517	
10	310.16425	17.61148	2.80295	0.356766	

### 9.5.3. Dış merkez ters V mod durumları



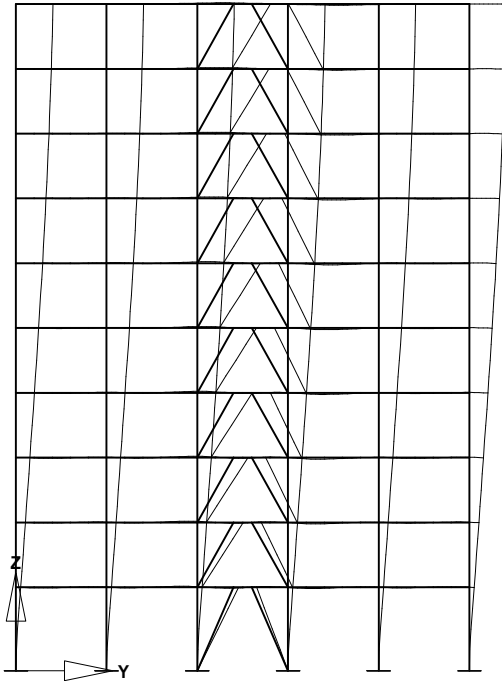
Angular Frequency: 4.269 [1/sec]

Şekil 9.5.5. Mode 1



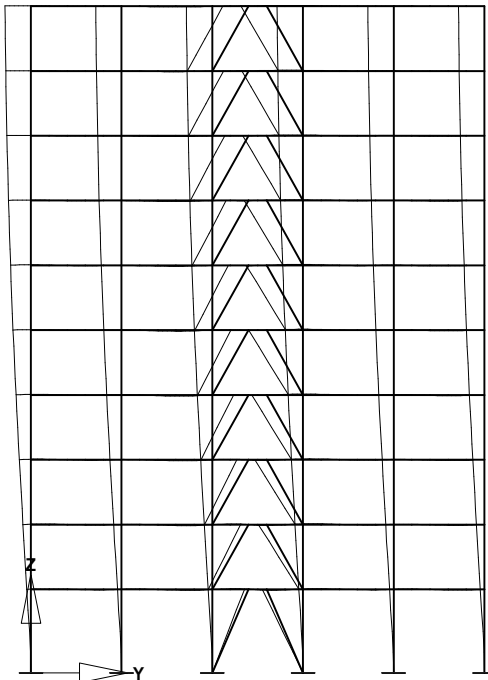
Angular Frequency: 5.556 [1/sec]

Şekil 9.5.6. Mode 2



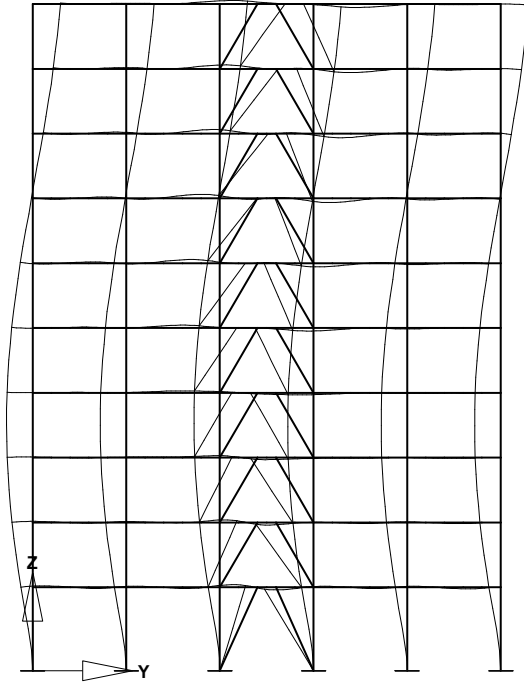
Angular Frequency: 8.591 [1/sec]

Şekil 9.5.7. Mode 3



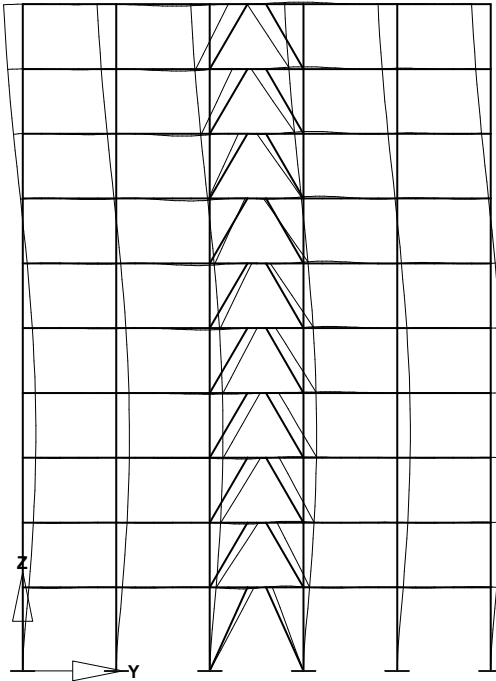
Angular Frequency: 11.011 [1/sec]

Şekil 9.5.8. Mode 4



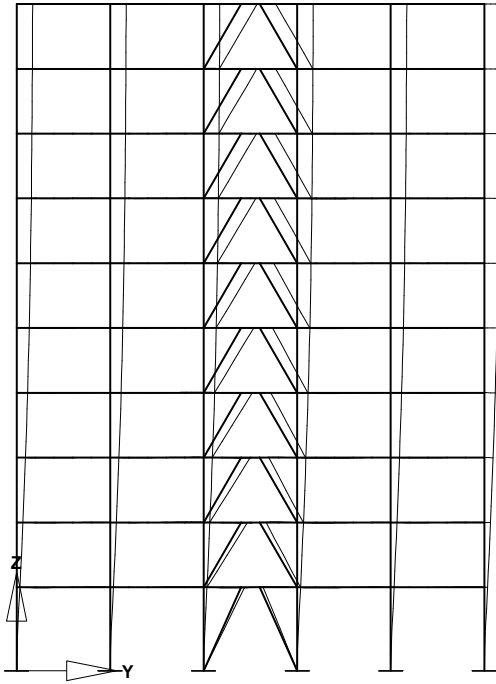
Angular Frequency: 11.211 [1/sec]

Şekil 9.5.9. Mode 5



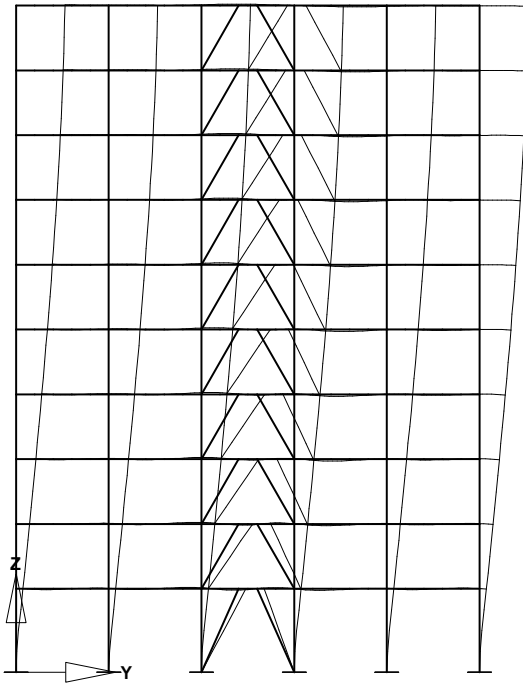
Angular Frequency: 11.554 [1/sec]

Şekil 9.5.10. Mode 6



Angular Frequency: 12.948 [1/sec]

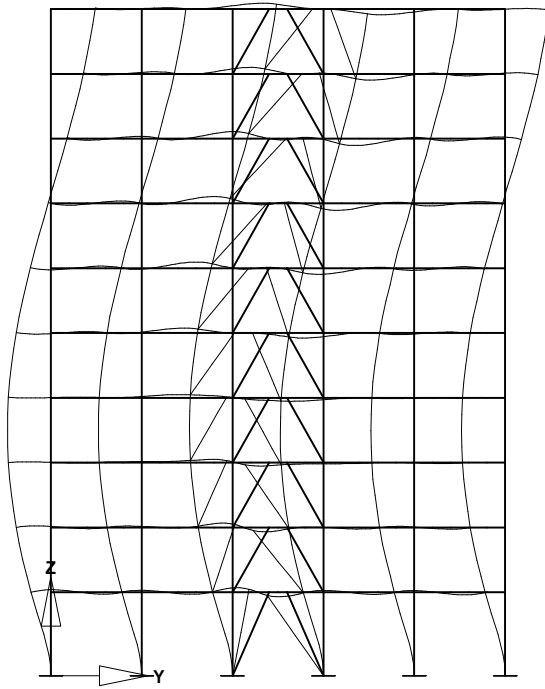
Şekil 9.5.11. Mode 7



Angular Frequency: 14.161 [1/sec]

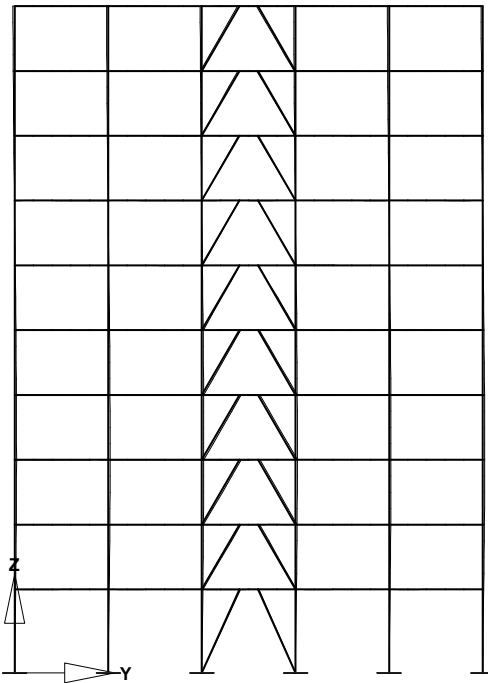
Şekil 9.5.12. Mode 8





Angular Frequency: 15.195 [1/sec]

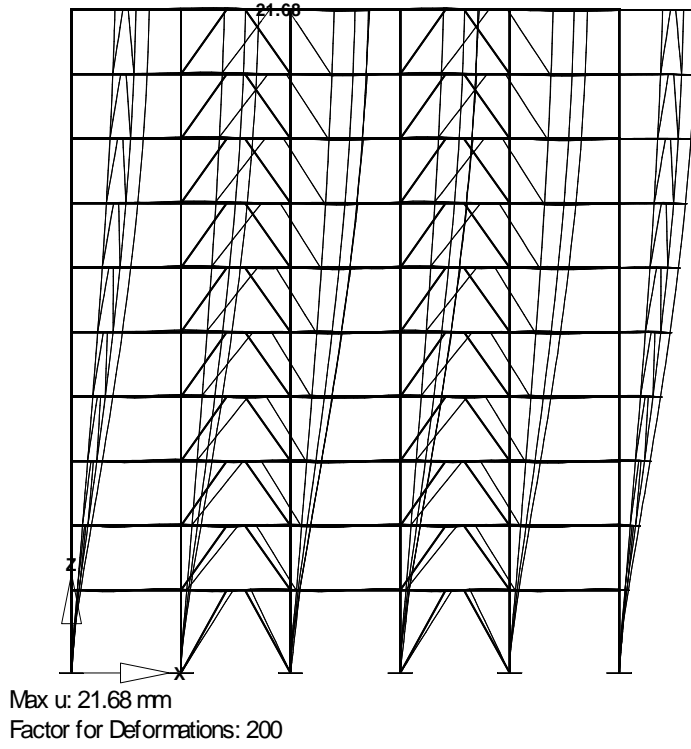
Şekil 9.5.13. Mode 9



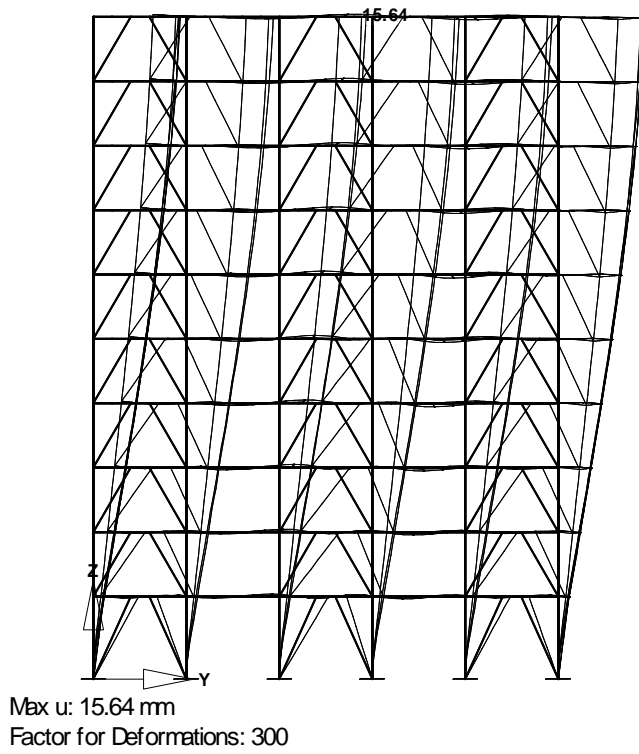
Angular Frequency: 17.611 [1/sec]

Şekil 9.5.14. Mode 10

### 9.5.4. Dış merkez ters V deprem yüklemesi deplasmanları



Şekil 9.5.15. Deprem X deplasmanı



Şekil 9.5.16. Deprem Y deplasmanı

## 9.6. Sistemde Kullanılan Kesitlerin Değerleri

Tablo 9.6.1. İstavroz HEA 400 kolon en kesit özellikleri

<b>G (kg/m)</b>	249.63
<b>A (cm<sup>2</sup>)</b>	318
<b>h<sub>x</sub> (mm)</b>	390
<b>h<sub>y</sub> (mm)</b>	401
<b>b<sub>x</sub> (mm)</b>	300
<b>b<sub>y</sub> (mm)</b>	300
<b>t<sub>wx</sub> (mm)</b>	11
<b>t<sub>wy</sub> (mm)</b>	11
<b>t<sub>fx</sub> (mm)</b>	19
<b>t<sub>fy</sub> (mm)</b>	19
<b>I<sub>x</sub> (cm<sup>4</sup>)</b>	53634
<b>I<sub>y</sub> (cm<sup>4</sup>)</b>	56500.1
<b>W<sub>xel</sub> (cm<sup>3</sup>)</b>	2750.46
<b>W<sub>xpl</sub> (cm<sup>3</sup>)</b>	3439.4
<b>W<sub>yel</sub> (cm<sup>3</sup>)</b>	2897.44
<b>W<sub>ypl</sub> (cm<sup>3</sup>)</b>	3529.98

Tablo 9.6.2. HEA 300 kiriş en kesit özellikleri

<b>G (kg/m)</b>	88.31
<b>A (cm<sup>2</sup>)</b>	112.50
<b>h (mm)</b>	290
<b>b (mm)</b>	300
<b>t<sub>w</sub> (mm)</b>	8,50
<b>t<sub>f</sub> (mm)</b>	14
<b>I<sub>x</sub> (cm<sup>4</sup>)</b>	18260
<b>I<sub>y</sub> (cm<sup>4</sup>)</b>	6310
<b>W<sub>xel</sub> (cm<sup>3</sup>)</b>	1260
<b>W<sub>xpl</sub> (cm<sup>3</sup>)</b>	1383
<b>W<sub>yel</sub> (cm<sup>3</sup>)</b>	420.60
<b>W<sub>ypl</sub> (cm<sup>3</sup>)</b>	641.17

Tablo 9.6.3. HEA 220 kat ızgaraları en kesit özellikleri

G (kg/m)	50.51
A (cm <sup>2</sup> )	64.34
h(mm)	210
b (mm)	220
t <sub>w</sub> (mm)	7
t <sub>f</sub> (mm)	11
I <sub>x</sub> (cm <sup>4</sup> )	5410
I <sub>y</sub> (cm <sup>4</sup> )	1955
W <sub>xel</sub> (cm <sup>3</sup> )	515.20
W <sub>xpl</sub> (cm <sup>3</sup> )	177.70
W <sub>yel</sub> (cm <sup>3</sup> )	568.50
W <sub>ypl</sub> (cm <sup>3</sup> )	270.59

Tablo 9.6.4. HEA 160 çapraz en kesit özellikleri

G (kg/m)	30.43
A (cm <sup>2</sup> )	38.77
h(mm)	152
b (mm)	160
t <sub>w</sub> (mm)	6
t <sub>f</sub> (mm)	9
I <sub>x</sub> (cm <sup>4</sup> )	1673
I <sub>y</sub> (cm <sup>4</sup> )	615.60
W <sub>xel</sub> (cm <sup>3</sup> )	220.10
W <sub>xpl</sub> (cm <sup>3</sup> )	76.95
W <sub>yel</sub> (cm <sup>3</sup> )	245.10
W <sub>ypl</sub> (cm <sup>3</sup> )	117.63

### 9.7. Dış Merkez Ters V Çaprazlı Modelin Bağ Elemanlarının Dizaynı

Bağ elemanı : HEA300

$b$  : 300 mm

$t_w$  : 8.50 mm

$t_f$  : 14.00 mm

$f_y$  : 235 Nmm

$e = 1$  mt için;

$V_{Ed} \leq V_{p,link}$  ve  $M_{Ed} \leq M_{p,link}$  şartını sağlamalıdır.

$V_{Ed}, M_{Ed}$  : Bağlantının her ucundaki dizayn kuvvetleridir.

$V_{p,link}, M_{p,link}$  : Bağlantının dayanım kuvvet miktarlarıdır.

$$M_{p,link} = f_y \cdot b \cdot t_f \cdot (d - t_f) \quad M_{p,link} = 235 \cdot 290 \cdot 14 \cdot (290 - 14) = 263,33 \text{ kNmm}$$

$$V_{p,link} = (f_y / \sqrt{3}) \cdot t_w \cdot (d - t_f) \quad V_{p,link} = (235 / \sqrt{3}) \cdot 8,5 \cdot (290 - 14) = 318,3 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 74,68 \text{ kN} \leq V_{p,link} = 318,3 \text{ kN} \quad M_{Ed} = 46,59 \text{ kN} \leq M_{p,link} = 263,33 \text{ kNmm} \leftarrow \text{OK}$$

Bağlantı elemanları aşağıdaki değerlere göre sınıflandırılırlar .

1- Kısa bağlantılar için  $e < e_s = 1,6 M_{p,link} / V_{p,link}$

2- Uzun bağlantılar için  $e_s > e_L = 3,0 M_{p,link} / V_{p,link}$

3- Orta bağlantılar için  $e_s < e < e_L$

Kısa bağlantılara göre kontrol ;

$$e < e_s = 1,6 \cdot M_{p,link} / V_{p,link}$$

$$1 \text{ mt} < e_s = 1,6 \cdot 263,33 / 318,33$$

$$1 \text{ mt} < 1,32 \text{ mt} \quad (\checkmark)$$

Kısa bağlantılarda

$$\theta_p \leq \theta_{pR} = 0,08 \text{ radyandır.}$$

$$\theta_p = \delta / 0,5 L$$

$\delta$  = kiriş orta açıklığındaki seğim

$L$  = kiriş açıklığı

$$\theta_p = 3 / 5000 = 0,0006$$

$$0,0006 \text{ radyan} \leq \theta_{pR} = 0,08 \text{ radyan} \quad (\checkmark)$$

Bağlantı noktası dönmesi

$\theta_p = 0,02$  den az olan bağlantı için  $(52 t_w - d / 5)$  aralığını geçmeyecektir.

$(52 t_w - d / 5) = 384$  mm Seçilen ise 333 mm 'dir.

Berkitme plaka kalınlığı  $\geq 0,75 \cdot t_w = 0,75 \cdot 8,5 = 6,375$  mm

Seçilen plaka kalınlığı  $t = 10$  mm 'dir.

Bağlantı dönme açısı  $\theta_p$  aşağıdaki değerleri aşmayacaktır.

1-Kısa bağlantılar için  $\theta_p \leq \theta_{pR} = 0,08$  radyan

2-Uzun bağlantılar için  $\theta_p \leq \theta_{pR} = 0,02$  radyan

3-Orta bağlantılar için  $\theta_p \leq \theta_{pR} =$  yukarıdaki değerlerin lineer interpolasyonu

## 9.8. Kompozit Döşeme Dizayını

### 9.8.1. Hesap yöntemleri

Tablo 9.8.1. Hesap yöntem tablosu

COMPUTING METHOD			
x Structural Analysis		1st Order Analysis	
Stress Analysis		2nd Order Analysis	
Dynamic Analysis		Cable Theory	
x Load Cases		Design Cases	
Load Groups		Dynamic Cases	
x Load Combinations		Buckling Curves	
STRUCTURAL DATA			
PARAMETERS			
1D Continuous Beam	16	Nodes	8 Elements
x 2D Construction Type	1	Materials	0 Cables
3D Construction Type	9	Sections	0 Tapered Elements
Grid	0	Element Hinges	0 Elastic Foundations
	0	Element Partitions	0 Sets of Elements

### 9.8.2. Dügüm noktaları

Tablo 9.8.2. Dügüm noktaları tablosu

Node No	Coordinates-System	Ref Nodes	Node Coordinates		
			X [m]	Y [m]	Z [m]
1	Cartesian Supported	┆	0.000		0.000
2	Cartesian Supported	┆	6.000		0.000
101	Cartesian Supported	┆	0.000		3.000
102	Cartesian Supported	┆	6.000		3.000
201	Cartesian Supported	┆	0.000		6.000
202	Cartesian Supported	┆	6.000		6.000
301	Cartesian Supported	┆	0.000		9.000
302	Cartesian Supported	┆	6.000		9.000
401	Cartesian Supported	┆	0.000		12.000
402	Cartesian Supported	┆	6.000		12.000
501	Cartesian Supported	┆	0.000		15.000
502	Cartesian Supported	┆	6.000		15.000
601	Cartesian Supported	┆	0.000		21.000
602	Cartesian Supported	┆	6.000		21.000
701	Cartesian Supported	┆	0.000		24.000
702	Cartesian Supported	┆	6.000		24.000

### 9.8.3. Malzeme

Tablo 9.8.3. Malzeme özellikleri tablosu

Mat No	Material Description	E Modulus [kN/cm <sup>2</sup> ]	Shear Mod [kN/cm <sup>2</sup> ]	Spec Weight [kN/cm <sup>3</sup> ]	Coeff Therm [1/°C]
1	S 235	2.100E+04	8.100E+03	7.850E-05	1.200E-05

### 9.8.4. Kesitler

Tablo 9.8.4 Kesit özellikleri tablosu

Sec No	Mat No	Section Description	I-2 [cm <sup>4</sup> ]	A [cm <sup>2</sup> ]	A-3 [cm <sup>2</sup> ]
1	1	HE 220A (ARBED)	5410.00	64.340	
2	1	Cross-section 2	19101.50	195.569	
3	1	HE 220A (ARBED)	5410.00	64.340	
4	1	Cross-section 4	12151.10	96.982	
5	1	Cross-section 5	12969.60	103.315	
6	1	Cross-section 6	17667.20	166.134	
7	1	Cross-section 7	16320.50	142.350	
8	1	HE 220A (ARBED)	5410.00	64.340	
9	1	Cross-section 9	19101.50	195.569	

### 9.8.5. Mesnetler

Tablo 9.8.5. Mesnet tanımları tablosu

Support No	Supported Nodes	Rotation [°]		Fixed Support/Support Spring [kN/m] [kNm/rad]					
		Alpha	Beta	in X	in Y	in Z	ar X	ar Y	ar Z
1	1,2	0.0	0.0	Yes		Yes		No	
2	101,102	0.0	0.0	Yes		Yes		No	
3	201,202	0.0	0.0	Yes		Yes		No	
4	301,302	0.0	0.0	Yes		Yes		No	
5	401,402	0.0	0.0	Yes		Yes		No	
6	501,502	0.0	0.0	Yes		Yes		No	
7	601,602	0.0	0.0	Yes		Yes		No	
8	701,702	0.0	0.0	Yes		Yes		No	



### 9.8.6. Yük tanımları

Tablo 9.8.6. Yük tanımları tablosu

LC No	LC Description	Factor	Combination Type	Dead Weight
1	Construction stage, self-weight in construction stage	1.00	Permanent	-
2	Self-weight	1.00	Permanent	-
3	Fixed load	1.00	Permanent	-
4	Shrinkage	1.00	Permanent	-

### 9.8.7. Eleman yükleri tip 1 LC 1

Tablo 9.8.7. LC1 Yük tanımları tablosu

No	Loaded Elements	Load type	Load Direction	Parameters [kN, kNm, m, °C, kN/m, kNm/m]			
				P-1			
1	1	1	Z	4.18282			

### 9.8.8. Eleman yükleri tip 2 LC 2

Tablo 9.8.8. LC2 Yük tanımları tablosu

No	Loaded Elements	Load type	Load Direction	Parameters [kN, kNm, m, °C, kN/m, kNm/m]			
				P-1	P-2	A	B
1	101	4	Z	4.04137	4.04137	0.000	6.000

### 9.8.9. Eleman yükleri tip 3 LC 3

Tablo 9.8.9. LC3 Yük tanımları tablosu

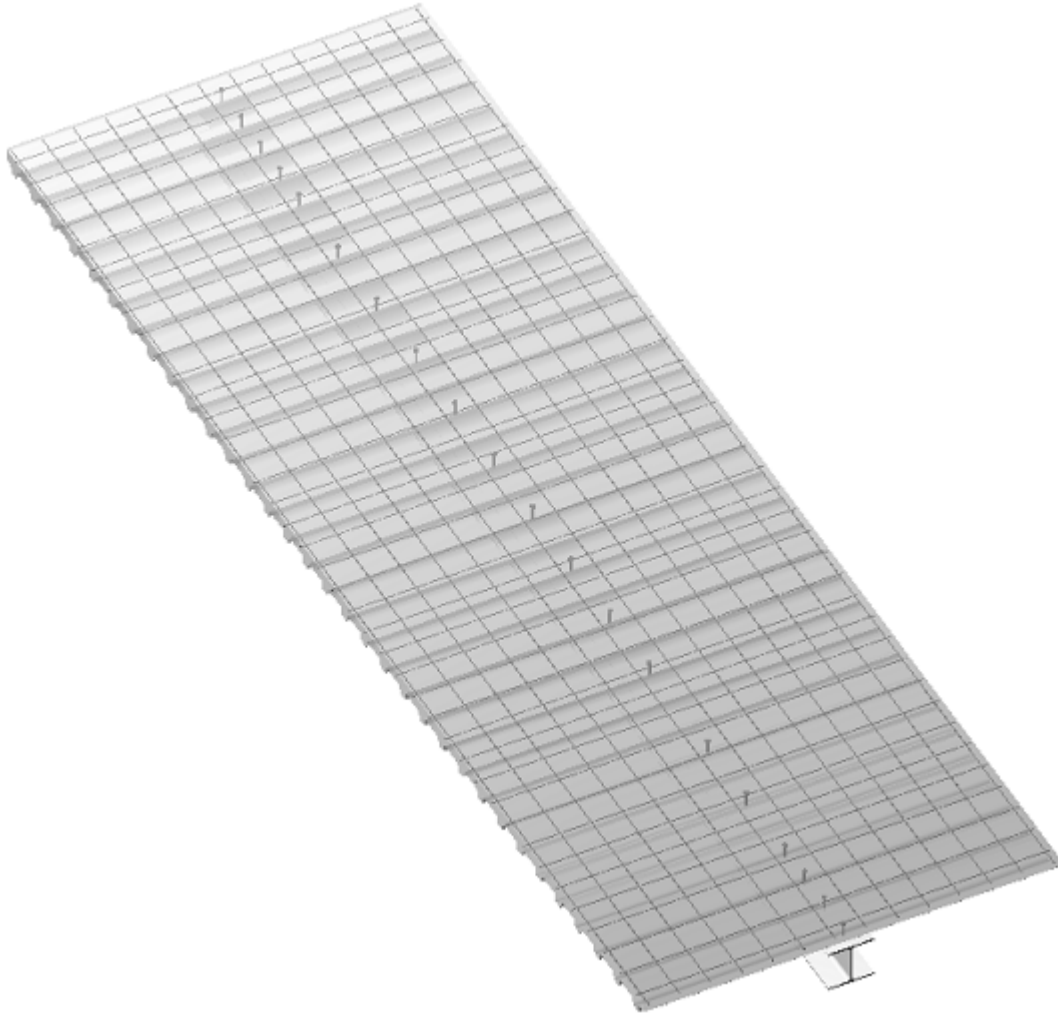
No	Loaded Elements	Load type	Load Direction	Parameters [kN, kNm, m, °C, kN/m, kNm/m]			
				P-1	P-2	A	B
1	201	4	Z	4.000	4.000	0.000	6.000

### 9.8.10. Eleman yükleri tip 4 LC 4

Tablo 9.8.10. LC4 Yük tanımları tablosu

No	Loaded Elements	Load type	Load Direction	Parameters [kN, kNm, m, °C, kN/m, kNm/m]			
				P-1		A	
1	501	3	Y	-73.966		0.000	
2	501	3	Y	73.9662		6.000	

### 9.8.11. Kompozit döşeme detayı



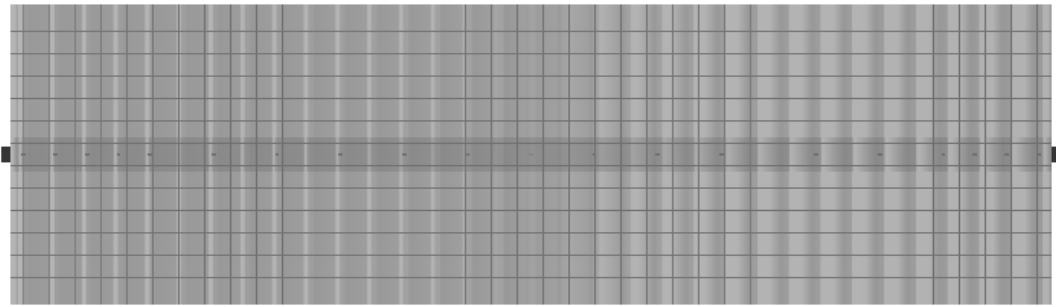
Şekil 9.8.1. Kompozit döşeme detayı

### 9.8.12. Kompozit döşeme yan görünüşü



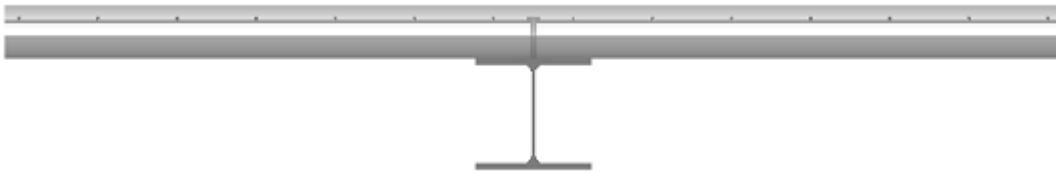
Şekil 9.8.2. Kompozit döşeme yan görünüşü

### 9.8.13. Kompozit döşeme plan görünüşü



Şekil 9.8.3. Kompozit döşeme plan görünüşü

### 9.8.14. Kompozit döşeme kesit görünüşü



Şekil 9.8.4. Kompozit döşeme kesit görünüşü

### 9.8.15. Kompozit döşeme hesap bilgileri

Tablo 9.8.11. Kompozit döşeme hesap tablosu

<b>Total Length of the Beam</b>		
L 6.000 m		
<b>Partial Safety Factor for the resistance at ULS</b>		
gamma-c 1.50	gamma-s 1.15	gamma-v 1.25
gamma-a 1.10	gamma-ap 1.10	
<b>Partial Safety Factor for Loads</b>		
gamma-G 1.35	gamma-Q 1.50	
<b>Design Values for SLS</b>		
Lim L / delta 250 min f 3.00 Hz		
<b>Pre-camber of the Beam for</b>		
delta-0,1 0 %	delta-0,3 0 %	delta-0,5 0 %
delta-0,2 0 %	delta-0,4 0 %	

### 9.8.16. Mesnet Bilgisi

Tablo 9.8.12. Mesnet bilgi tablosu

Supp No.	Distance x [m]	Type of Support	
1	0.000	Hinged	
2	6.000	Hinged	

### 9.8.17. Malzeme bilgisi

Tablo 9.8.13. Malzeme bilgi tablosu

No.	Type of Material	
1	<b>Concrete C 25/30</b>	
	E-c 30500.000 N/mm <sup>2</sup> f-ck 30.000 N/mm <sup>2</sup> f-ctk,0.05 1.800 N/mm <sup>2</sup> 25.000 kN/m <sup>3</sup> beta-w150 32.600 N/mm <sup>2</sup> f-ctk,0.95 3.300 N/mm <sup>2</sup> alfa 1.0e-05 K <sup>-1</sup> f-cm 33.000 N/mm <sup>2</sup> -3.300 ‰ f-ck 25.000 N/mm <sup>2</sup> f-ctm 2.600 N/mm <sup>2</sup> epsilon-c1 -2.200 ‰	
2	<b>Reinforcement S 500 S</b>	
	E-s 200000.000 N/mm <sup>2</sup> f-tk 550.000 N/mm <sup>2</sup> f-tk / f-sk 1.10 > 1.08 f-sk 500.000 N/mm <sup>2</sup> epsilon-uk 10.000 >= 5.0 ‰	

No.	Type of Material	
3	Steel S 235	
	E-s 210000.000 N/mm <sup>2</sup> t-1 40.000 mm f-yk,2 215.000 N/mm <sup>2</sup> G-a 81000.000 N/mm <sup>2</sup> f-yk,1 235.000 N/mm <sup>2</sup> alfa-T 1.2e-05 K <sup>-1</sup> t-2 100.000 mm	

### 9.8.18. Beton plak donatı özellikleri

Tablo 9.8.14. Beton donatı tablosu

Segment No.	Segment [m]		Definition of Material	Type of Reinforcing	
	from	to			
1	0.000	6.000	S 500 S	Mesh reinforcement	
	<b>Reinforcement parameter : Q188 A/0/0/1/0/20/20</b> Type Q188 A Pos-Up x Dirb Along c-up 20.0 mm				
	Near Along Pos-Bot c-Bot - mm				

### 9.8.19. Kesmeye çalışan bağlantılar (STUD)

Tablo 9.8.14. Stud tablosu

	Description	Symbol	Value	Unit	
	Bolt Diameter		12.7	mm	
	Total Length	h	79.0	mm	
	Maximal Number in Row	N-r	1	-	
	Diameter of Head of a Stud	D	25.0	mm	
	Height of Head of a Stud	h-d	6.0	mm	
	Ultimate Tensile Strength	f-u	450.0	N/mm <sup>2</sup>	

### 9.8.20 Efektif yük genişliği

Tablo 9.8.15. Efektif genişlik tablosu

	Segment [m]		Load Width [m]		
	from	to	e-1	e-2	
	0.000	6.000	1.000	1.000	

### 9.8.21. Öz ağırlık

Tablo 9.8.16. Öz ağırlık tablosu

No.	Segment [m]		Load [kN/m]		Note
	from	to	g-1,start	g-1,end	
1	0.000	6.000	0.51	0.51	Steel
2	0.000	6.000	3.54	3.54	Concrete Flange

### 9.8.22. Sabit yük

Tablo 9.8.17. Sabit yük tablosu

No.	Segment [m]		Load [kN/m <sup>2</sup> ]		
	from	to	g-2,start	g-2,end	
Age of Concrete by Loading 28 Days					
1	0.000	6.000	2.00	2.00	

### 9.8.23. İnşaat safhası öz ağırlık yükü

Tablo 9.8.18. İnşaat safhası öz ağırlık tablosu

No.	Segment [m]		Self-weight	
	from	to	g-M [kN/m]	
1	0.000	6.000	0.51	
2	0.000	6.000	3.68	

### 9.8.24. Hesap parametreleri

Tablo 9.8.19. Hesap parametreleri tablosu

	Bending Moment Distribution - Method	Uncracked along the Whole Beam	
	Constant effective width of the concrete flange in whole support area according to EC4, 4.2.2.1 (1)	x	
	Redistribution of moments	x	
	Limit to hogging moment redistribution for class 1	40 %	
	Limit to hogging moment redistribution for class 2	30 %	
	Limit to hogging moment redistribution for class 3	20 %	
	Limit to hogging moment redistribution for class 4	10 %	
	Exposure class	1 - Dry environment	
	Request of concrete cover of shear connector according to EC4, 6.4.1.2 (2)	x	
	Partial shear connection with application of ductile shear connectors according to EC4 6.2.1.2		
	A steel compression flange that is restrained from buckling by effective attachment to a concrete flange by shear connectors according to EC4, 4.3.2(1) may be assumed to be in class 1.		
	Advancement of cross-section from class 3 to class 2, if possible.	x	

### 9.8.25. Kesitler

Tablo 9.8.20. Kesit özellikleri tablosu

Span No.	Segment [m]		Class of Cross-section	
	from	to		
1	0.000	6.000	1	
<b>Ideal Cross-section Values</b>				
b-eff 1500.0 mm n-b 6.8852				
<b>Ideal Positive Resistance Bending Moment</b>				
b-red 217.9 mm A 195.57 cm <sup>2</sup>				
I-2 19101.50 cm <sup>4</sup> z -12.9 mm				
Classification				
Web - compression free				

Span No.	Segment [m] from	to	Class of Cross-section
	Upper flange - compression free Bottom flange - compression free Class of Cross-section CI-sect 1		
	Elastic Cross-section Values <b>Steel Profile</b> I-a 5410.00 cm <sup>4</sup> A-i,L 64.34 cm <sup>2</sup> z-a 105.0 mm <b>Composite Member t-0 = 28 days Fixed Loads</b> n-I,B 87.6674 I-i,B 12151.10 cm <sup>4</sup> z-i,B 45.8 mm I-c,B 29.28 cm <sup>4</sup> A-i,B 96.98 cm <sup>2</sup> n-A,B 29.5501 A-c,B 29.95 cm <sup>2</sup> <b>Composite Member t-0 = 90 days Fixed Loads</b> n-I,B 57.7601 I-i,B 12969.60 cm <sup>4</sup> z-i,B 38.6 mm I-c,B 44.45 cm <sup>4</sup> A-i,B 103.31 cm <sup>2</sup> n-A,B 24.3922 A-c,B 36.28 cm <sup>2</sup> <b>Composite Profile - Variable Loads</b> n-I,PT 28.5017 I-i,PT 17667.20 cm <sup>4</sup> z-i,PT -2.6 mm I-c,PT 90.07 cm <sup>4</sup> A-i,PT 166.13 cm <sup>2</sup> n-A,PT 8.9303 A-c,PT 99.10 cm <sup>2</sup> <b>Composite Profile t-0 = 1 Day Shrinkage</b> n-I,S 158.2280 I-i,S 16320.50 cm <sup>4</sup> z-i,S 8.7 mm I-c,S 21.63 cm <sup>4</sup> A-i,S 142.35 cm <sup>2</sup> n-A,S 15.6670 A-c,S 75.32 cm <sup>2</sup>		

### 9.8.26. İnşaat safhası yük durumu

Tablo 9.8.21. İnşaat safhası yük durumu tablosu

Span No.	x [m]	Design-Criterion
1	3.000	0.2308
	<b>Shear Force</b> V-z,Sd 0.00 kN V-z,Rd 254.95 kN  <b>Shear Buckling of the Web</b> d 152.0 mm epsilon 1.0000 Criterion 0.3132 < 1.0	
	t-w 7.0 mm lim 69.3253 k-tau 5.3400 d/t-w 21.7143 Proof - non-critical	



Span No.	x [m]	Design-Criterion	
		<b>Shear</b>	Combined Strain V-z,Sd, M-y,Sd Design Criterion V-z,Sd/V-z,Rd 0.0000 < 1.0 Composite stage 0.0000 < 1.0
		<b>Bending</b>	M-y,Sd 25.41 kNm V-z,Sd 0.00 kN Design Elastic Resistance Moment M-y,Rd 110.07 kNm sigma-u 49.3 N/mm <sup>2</sup> sigma-o -49.3 N/mm <sup>2</sup> Combined Strain V-z,Sd, M-y,Sd Design Criterion M-y,Sd/M-y,Rd 0.2308 < 1.0 Resistance N 0.2308 < 1.0

### 9.8.27. Limit dizayn durumu

Tablo 9.8.22. Limit dizayn durumu tablosu

Span No.	x [m]	Design-Criterion	
1	3.000	0.2668	<p><b>Shear Force</b></p> V-z,Sd 0.00 kN V-el,z,Rd 254.95 kN
			<p><b>Shear Buckling of the Web</b></p> d 152.0 mm epsilon 1.0000 Criterion 0.3132 < 1.0 t-w 7.0 mm lim 69.3253 k-tau 5.3400 d/t-w 21.7143 Proof - non-critical
			<p><b>Shear</b></p> Combined Strain V-z,Sd, M-y,Sd Design Criterion V-z,Sd/V-el,z,Rd 0.0000 < 1.0 Composite stage 0.0000 < 1.0
			<p><b>Bending</b></p> M-y,Sd 48.85 kNm V-z,Sd 0.00 kN M-y,Rd 183.12 kNm Combined Strain V-z,Sd, M-y,Sd Design Criterion M-y,Sd/M-y,Rd 0.2668 < 1.0 Limiting Tension Bottom Flange f-yd 213.6 N/mm <sup>2</sup> sigma-u,1 28.6 N/mm <sup>2</sup> sigma-u,3 0.0 N/mm <sup>2</sup> sigma-u 57.0 N/mm <sup>2</sup>

Span No.	x [m]	Design-Criterion	
		sigma-u,2 28.4 N/mm <sup>2</sup> sigma-u,4 0.0 N/mm <sup>2</sup> r 0.2668 Upper Flange f-yd 213.6 N/mm <sup>2</sup> sigma-o,1 1.7 N/mm <sup>2</sup> sigma-o,3 0.0 N/mm <sup>2</sup> sigma-o 3.3 N/mm <sup>2</sup> sigma-o,2 1.6 N/mm <sup>2</sup> sigma-o,4 0.0 N/mm <sup>2</sup> r 0.0154 Concrete f-cd 14.2 N/mm <sup>2</sup> sigma-c,1 -1.6 N/mm <sup>2</sup> sigma-c,3 0.0 N/mm <sup>2</sup> sigma-c -3.2 N/mm <sup>2</sup> sigma-c,2 -1.6 N/mm <sup>2</sup> sigma-c,4 0.0 N/mm <sup>2</sup> r 0.2285 Reinforcement f-sd 434.8 N/mm <sup>2</sup> sigma-s,1 -8.6 N/mm <sup>2</sup> sigma-s,3 0.0 N/mm <sup>2</sup> sigma-s -17.2 N/mm <sup>2</sup>	
		sigma-s,2 -8.5 N/mm <sup>2</sup> sigma-s,4 0.0 N/mm <sup>2</sup> r 0.0395  <b>ULS Proof 0.2668 &lt; 1.0</b>	

### 9.8.28. Stud hesap çıktıları

Tablo 9.8.23. Stud hesap çıktı tablosu

No.	Segment [m]		Number n	
	from	to		
1	0.000	0.750	4	
	<p>Full Shear Connection</p> <p>Total Design Shear Force V-I 82.91 kN 128.54 cm<sup>2</sup> V-sd,1 32.57 kN F-ci,v 82.91 kN e-i 57.6 mm V-sd,2 24.43 kN N-min 2 I-2 19101.50 cm<sup>4</sup> L 0.750 m N-max 4 Factor 3.879 1/m Red-segment 1.0000 s 183.0 mm</p> <p>Required No. of Shear Connectors N-f 4 Number of Shear Connectors N 4 Full shear connection. All proofs fulfilled.</p> <p>Characteristic Resistance of Shear Connector P-Rk 31.38 kN Design Resistance of Shear Connector P-Rd 25.10 kN</p>			
2	0.750	1.500	3	
	<p>Full Shear Connection</p> <p>Total Design Shear Force V-I 59.22 kN 128.54 cm<sup>2</sup> V-sd,1 24.43 kN F-ci,v 59.22 kN e-i 57.6 mm V-sd,2 16.28 kN N-min 2 I-2 19101.50 cm<sup>4</sup> L 0.750 m N-max 4 Factor 3.879 1/m Red-segment 1.0000 s 366.0 mm</p> <p>Required No. of Shear Connectors N-f 3 Number of Shear Connectors N 3 Full shear connection. All proofs fulfilled.</p>			

No.	Segment [m] from   to		Number n	
	Characteristic Resistance of Shear Connector P-Rk 31.38 kN Design Resistance of Shear Connector P-Rd 25.10 kN			
3	1.500	3.000	4	
	Full Shear Connection Total Design Shear Force V-I 47.38 kN 128.54 cm <sup>2</sup> V-sd,1 16.28 kN F-ci,v 47.38 kN e-i 57.6 mm V-sd,2 0.00 kN N-min 3 I-2 19101.50 cm <sup>4</sup> L 1.500 m N-max 8 Factor 3.879 1/m Red-segment 1.0000 s 366.0 mm Required No. of Shear Connectors N-f 2			
	Number of Shear Connectors N 4 Full shear connection. All proofs fulfilled.  Characteristic Resistance of Shear Connector P-Rk 31.38 kN Design Resistance of Shear Connector P-Rd 25.10 kN			
4	3.000	4.500	4	
	Full Shear Connection Total Design Shear Force V-I 47.38 kN 128.54 cm <sup>2</sup> V-sd,1 0.00 kN F-ci,v 47.38 kN e-i 57.6 mm V-sd,2 -16.28 kN N-min 3 I-2 19101.50 cm <sup>4</sup> L 1.500 m N-max 8 Factor 3.879 1/m Red-segment 1.0000 s 366.0 mm Required No. of Shear Connectors N-f 2 Number of Shear Connectors N 4 Full shear connection. All proofs fulfilled.  Characteristic Resistance of Shear Connector P-Rk 31.38 kN Design Resistance of Shear Connector P-Rd 25.10 kN			
5	4.500	5.250	3	
	Full Shear Connection Total Design Shear Force V-I 59.22 kN 128.54 cm <sup>2</sup> V-sd,1 -16.28 kN F-ci,v 59.22 kN e-i 57.6 mm V-sd,2 -24.43 kN N-min 2 I-2 19101.50 cm <sup>4</sup> L 0.750 m N-max 4 Factor 3.879 1/m Red-segment 1.0000 s 366.0 mm Required No. of Shear Connectors N-f 3 Number of Shear Connectors N 3 Full shear connection. All proofs fulfilled.  Characteristic Resistance of Shear Connector P-Rk 31.38 kN Design Resistance of Shear Connector P-Rd 25.10 kN			

No.	Segment [m]		Number n	
	from	to		
6	5.250	6.000	4	
Full Shear Connection				
Total Design Shear Force V-I 82.91 kN				
<p>128.54 cm<sup>2</sup> V-sd,1 -24.43 kN F-ci,v 82.91 kN  e-i 57.6 mm V-sd,2 -32.57 kN N-min 2  I-2 19101.50 cm<sup>4</sup> L 0.750 m N-max 4  Factor 3.879 1/m Red-segment 1.0000 s 183.0 mm  Required No. of Shear Connectors N-f 4  Number of Shear Connectors N 4  Full shear connection. All proofs fulfilled.</p> <p>Characteristic Resistance of Shear Connector P-Rk 31.38 kN  Design Resistance of Shear Connector P-Rd 25.10 kN</p>				

### 9.8.29. Boyuna kesme hali (Plakta)

Tablo 9.8.24. Boyuna kesme hali tablosu

No.	Segment [m]		Design- Criterion	
	from	to		
1	0.000	0.750	0.5528	
<b>Longitudinal Shear Strain</b>				
V-sd 137.16 kN/m P-Rd 25.10 kN tau-Rd 0.2 N/mm <sup>2</sup> N-r 1 s 183.0 mm				
Section (a-a)				
A-cv1 707.26 cm <sup>2</sup> /m Form-6.25 129.25 kN/m V-Sd,red 68.58 kN/m A-cv2 1000.00 cm <sup>2</sup> /m Form-6.26 266.67 kN/m D 0.5306 < 1.0 A-e 1.98 cm <sup>2</sup> /m V-Rd 129.25 kN/m				
Section (b-b)				
A-cv1 1244.52 cm <sup>2</sup> /m Form-6.25 248.11 kN/m D 0.5528 < 1.0 A-cv2 1010.00 cm <sup>2</sup> /m Form-6.26 336.67 kN/m A-e 3.96 cm <sup>2</sup> /m V-Rd 248.11 kN/m				
Composite stage D 0.5528 < 1.0				
2	0.750	1.500	0.2764	
<b>Longitudinal Shear Strain</b>				
V-sd 68.58 kN/m P-Rd 25.10 kN tau-Rd 0.2 N/mm <sup>2</sup> N-r 1 s 366.0 mm				
Section (a-a)				
A-cv1 707.26 cm <sup>2</sup> /m Form-6.25 129.25 kN/m V-Sd,red 34.29 kN/m A-cv2 1000.00 cm <sup>2</sup> /m Form-6.26 266.67 kN/m D 0.2653 < 1.0 A-e 1.98 cm <sup>2</sup> /m V-Rd 129.25 kN/m				

No.	Segment [m]		Design-Criterion	
	from	to		
	Section (b-b)			
	A-cv1 1244.52 cm <sup>2</sup> /m Form-6.25 248.11 kN/m D 0.2764 < 1.0			
	A-cv2 1010.00 cm <sup>2</sup> /m Form-6.26 336.67 kN/m			
	A-e 3.96 cm <sup>2</sup> /m V-Rd 248.11 kN/m			
	Composite stage			
	D 0.2764 < 1.0			
3	1.500	3.000	0.2764	
	<b>Longitudinal Shear Strain</b>			
	V-sd 68.58 kN/m P-Rd 25.10 kN tau-Rd 0.2 N/mm <sup>2</sup>			
	N-r 1 s 366.0 mm			
	Section (a-a)			
	A-cv1 707.26 cm <sup>2</sup> /m Form-6.25 129.25 kN/m V-Sd,red 34.29 kN/m			
	A-cv2 1000.00 cm <sup>2</sup> /m Form-6.26 266.67 kN/m D 0.2653 < 1.0			
	A-e 1.98 cm <sup>2</sup> /m V-Rd 129.25 kN/m			
	Section (b-b)			
	A-cv1 1244.52 cm <sup>2</sup> /m Form-6.25 248.11 kN/m D 0.2764 < 1.0			
	A-cv2 1010.00 cm <sup>2</sup> /m Form-6.26 336.67 kN/m			
	A-e 3.96 cm <sup>2</sup> /m V-Rd 248.11 kN/m			
	Composite stage			
	D 0.2764 < 1.0			
4	3.000	4.500	0.2764	
	<b>Longitudinal Shear Strain</b>			
	V-sd 68.58 kN/m P-Rd 25.10 kN tau-Rd 0.2 N/mm <sup>2</sup>			
	N-r 1 s 366.0 mm			
	Section (a-a)			
	A-cv1 707.26 cm <sup>2</sup> /m Form-6.25 129.25 kN/m V-Sd,red 34.29 kN/m			
	A-cv2 1000.00 cm <sup>2</sup> /m Form-6.26 266.67 kN/m D 0.2653 < 1.0			
	A-e 1.98 cm <sup>2</sup> /m V-Rd 129.25 kN/m			
	Section (b-b)			
	A-cv1 1244.52 cm <sup>2</sup> /m Form-6.25 248.11 kN/m D 0.2764 < 1.0			
	A-cv2 1010.00 cm <sup>2</sup> /m Form-6.26 336.67 kN/m			
	A-e 3.96 cm <sup>2</sup> /m V-Rd 248.11 kN/m			
	Composite stage			
	D 0.2764 < 1.0			
5	4.500	5.250	0.2764	
	<b>Longitudinal Shear Strain</b>			
	V-sd 68.58 kN/m P-Rd 25.10 kN tau-Rd 0.2 N/mm <sup>2</sup>			
	N-r 1 s 366.0 mm			
	Section (a-a)			
	A-cv1 707.26 cm <sup>2</sup> /m Form-6.25 129.25 kN/m V-Sd,red 34.29 kN/m			
	A-cv2 1000.00 cm <sup>2</sup> /m Form-6.26 266.67 kN/m D 0.2653 < 1.0			
	A-e 1.98 cm <sup>2</sup> /m V-Rd 129.25 kN/m			
	Section (b-b)			

No.	Segment [m]		Design-Criterion	
	from	to		
	A-cv1 1244.52 cm <sup>2</sup> /m Form-6.25 248.11 kN/m D 0.2764 < 1.0			
	A-cv2 1010.00 cm <sup>2</sup> /m Form-6.26 336.67 kN/m			
	A-e 3.96 cm <sup>2</sup> /m V-Rd 248.11 kN/m			
	Composite stage			
	D 0.2764 < 1.0			
6	5.250	6.000	0.5528	
	<b>Longitudinal Shear Strain</b>			
	V-sd 137.16 kN/m P-Rd 25.10 kN tau-Rd 0.2 N/mm <sup>2</sup>			
	N-r 1 s 183.0 mm			
	Section (a-a)			
	A-cv1 707.26 cm <sup>2</sup> /m Form-6.25 129.25 kN/m V-Sd,red 68.58 kN/m			
	A-cv2 1000.00 cm <sup>2</sup> /m Form-6.26 266.67 kN/m D 0.5306 < 1.0			
	A-e 1.98 cm <sup>2</sup> /m V-Rd 129.25 kN/m			
	Section (b-b)			
	A-cv1 1244.52 cm <sup>2</sup> /m Form-6.25 248.11 kN/m D 0.5528 < 1.0			
	A-cv2 1010.00 cm <sup>2</sup> /m Form-6.26 336.67 kN/m			
	A-e 3.96 cm <sup>2</sup> /m V-Rd 248.11 kN/m			
	Composite stage			
	D 0.5528 < 1.0			

### 9.8.30. Servis limit hali

Tablo 9.8.25. Servis limit hali tablosu

Span No.	x [m]	delta [mm]		L / delta	
		max	min		
1	0.000	0.0	0.0	-	
	delta-e 0.0 mm delta-vl,max 0.0 mm delta-vl,min 0.0 mm delta-a 0.0 mm delta-vs,max 0.0 mm delta-vs,min 0.0 mm delta-s 0.0 mm delta-max 0.0 mm delta-min 0.0 mm delta-0 0.0 mm				
	3.000	18.4	18.4	326.0	
delta-e 6.0 mm delta-vl,max 0.0 mm delta-vl,min 0.0 mm delta-a 2.6 mm delta-vs,max 0.0 mm delta-vs,min 0.0 mm delta-s 9.7 mm delta-max 18.4 mm delta-min 18.4 mm delta-0 0.0 mm					
SLS Proof					

Span No.	x [m]	delta [mm]		L / delta	
		max	min		
Maximum Deflection L / delta 326.0 >= 250.0					
Natural Frequency f 9.41 >= 3.00 Hz					

### 9.8.31. Boyuna burkulma kontrolü

Tablo 9.8.26. Boyuna burkulma kontrolü tablosu

Span No.	Segment[m]		Design Criterion	
	from	to		
1	0.000	6.000	-	
<p>Lateral-torsional Buckling  M-y,Sd 48.85 kNm M-el,y,Rd 183.12 kNm M-el,y,k 201.43 kNm  Parts of M-course  M1 0.00 kNm M3 47.72 kNm -175.5 mm  M2 0.00 kNm M4 0.93 kNm -205.0 mm  N -6.723 kNm<sup>2</sup>  Lateral-torsional Buckling non-critical while N is negative.</p>				

### 9.8.32. Tepki kuvvetleri

Tablo 9.8.27. Tepki kuvvetleri tablosu

Supp No.	Distance x [m]	Type of Support	
1	0.000	Hinged	
<p>Construction Stage  P-Tz,min 16.94 kN P-Gz,min 12.55 kN  P-Tz,max 16.94 kN P-Gz,max 12.55 kN  Composite Stage  P-Tz,min 32.57 kN P-Gz,min 24.12 kN  P-Tz,max 32.57 kN P-Gz,max 24.12 kN</p>			
2	6.000	Hinged	
<p>Construction Stage  P-Tz,min 16.94 kN P-Gz,min 12.55 kN  P-Tz,max 16.94 kN P-Gz,max 12.55 kN</p>			

Supp No.	Distance x [m]	Type of Support	
	Composite Stage P-Tz,min 32.57 kN P-Gz,min 24.12 kN P-Tz,max 32.57 kN P-Gz,max 24.12 kN		

### 9.9. Eurocode ‘ a göre Yük Kombinasyonları

Tablo 9.9.1. Eurocode yük kombinasyonları tablosu

<b>K1</b>		<b>K2</b>		<b>K3</b>		<b>K4</b>	
<b>Yük</b>	<b>Katsayı</b>	<b>Yük</b>	<b>Katsayı</b>	<b>Yük</b>	<b>Katsayı</b>	<b>Yük</b>	<b>Katsayı</b>
Dead	1,35	Dead	1,35	Dead	1,35	Dead	1,35
Sabit	1,35	Sabit	1,35	Sabit	1,35	Sabit	1,35
Hareketli	1,5	Hareketli	1,5	Hareketli	1,5	Hareketli	1,5
Kar	1,5	Kar	1,5	Kar	1,5	Kar	1,5
Rüzgâr X	1,5	Rüzgâr X	-1,5	Rüzgâr Y	1,5	Rüzgâr Y	-1,5
<b>K5</b>		<b>K6</b>		<b>K7</b>		<b>K8</b>	
Dead	1,35	Dead	1,35	Dead	1,35	Dead	1,35
Sabit	1,35	Sabit	1,35	Sabit	1,35	Sabit	1,35
Hareketli	1,35	Hareketli	1,35	Hareketli	1,35	Hareketli	1,35
Kar	1,35	Kar	1,35	Kar	1,35	Kar	1,35
Rüzgâr X	1,35	Rüzgâr X	-1,35	Rüzgâr Y	1,5	Rüzgâr Y	-1,35
<b>K9</b>		<b>K10</b>		<b>K11</b>		<b>K12</b>	
<b>Yük</b>	<b>Katsayı</b>	<b>Yük</b>	<b>Katsayı</b>	<b>Yük</b>	<b>Katsayı</b>	<b>Yük</b>	<b>Katsayı</b>
Dead	1,35	Dead	1,35	Dead	1,35	Dead	1,35
Sabit	1,35	Sabit	1,35	Sabit	1,35	Sabit	1,35
Hareketli	1,5	Hareketli	1,5	Hareketli	1,5	Hareketli	1,5
Kar	1,5	Kar	1,5	Kar	1,5	Kar	1,5
Ex	1	Ex	-1	Ey	1	Ey	-1



### 9.9.1. Tasarım yükleri

Tablo 9.9.2. Tasarım yükleri tablosu

<b>Sabit Yükler</b>		
<b>Yük Cinsi</b>	<b>Etkidiği Yer</b>	<b>Miktar (kg/m<sup>2</sup>)</b>
Döşeme Betonunu (8 cm)	Çatı Katı	192
Eğim Şapı (3 cm)	Çatı Katı	60
Yalıtım Malzemesi	Çatı Katı	17
Döşeme Betonunu (10 cm)	Normal Kat	240
Şap (3 cm)	Normal Kat	60
Bölme Duvar Yüğü	Normal kat	50
Döşeme Kaplaması	Tüm Katlar	25
Asma Tavan	Tüm Katlar	15
Tesisat Yüğü	Tüm Katlar	25
<b>Katlara Etkiyen Toplam Sabit Yükler</b>		
<b>Çatı Katı (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Normal Kat (kg/m<sup>2</sup>)</b>	
334	415	
<b>Hareketli Yükler</b>		
Hareketli Yüğü	Normal Kat	350
Hareketli Yüğü	Çatı Katı	100

### 9.9.2. Kar yüğü ve rüzgar yüğü

Tablo 9.9.3. Kar yüğü ve rüzgar yüğü tablosu

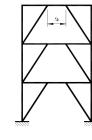
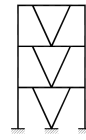
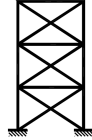
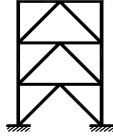
<b>KAR YÜĞÜ (I. Kar Bölgesi İçin)</b>	
Yapının Denizden Yüksekliği (m)	65
P <sub>k0</sub> Zati Kar Yüğü Değeri (kg/m <sup>2</sup> )	75

<b>RÜZGAR YÜKLERİ</b>			
<b>h (m)</b>	<b>C Katsayısı</b>	<b>q (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Cxq (kg/m<sup>2</sup>)</b>
0 - 8	1,2	50	60
8 - 18,5	1,2	80	96
18,5 - 71	1,2	110	132

### 9.9.3. Karşılaştırma tablosu

Tablo 9.9.4. Karşılaştırma tablosu

SİSTEM	G (kg)	$T_{1x,y}$	$\delta_{max}$ <sup>el</sup>	$\delta_{max}$ <sup>pl</sup>	$\mu$
		(sn)	(mm)	(mm)	
MERKEZİ TERS V	933310	1,328061	73,86	81,3	1,100731
MERKEZİ X	941910	1,304156	43,74	58,6	1,339735
DIŞMERKEZ V	929890	1.508.490	39,19	47,6	1,214596
DIŞMERKEZ TERS V	931600	1,471812	33,09	45,4	1,372016
MOMENT ÇERÇEVESİ	902350	2,08587	34,22	37,6	1,098773



MERKEZİ

MERKEZİ

D.MERKEZ

D.MERKEZ

TERS V

X

V

TERS V

## BÖLÜM 10. SONUÇLAR

Tez çalışma konusu olarak, Eurocode 1, 3, 4 ve 8 yönetmelikleri dikkate alınarak çelik yapıları tasarımı hakkında özet bilgiler verilmiştir. Bunun için önce Eurocode 8' in temel ilkeleri ve uyulacak kurallar hakkında açıklamalar yapılmıştır. Burada “Göçmeye karşı dayanım ilkesi, Hasar sınırlandırılması ilkesi, Taşıma sınır durumu, Zemin koşulları, Deprem hesabı, Elastik tepki spektrumu, Tasarım spektrumu, Güç spektrumu, Zaman-Tanım tanımlaması, Yük kategorileri hakkında ” bilgiler verilmiştir.

Eurocode 8'in genel kuralları çerçevesinde “Depreme dayanıklı yapılarda Karakteristik değerler, Yapısal düzgünlük karakteristiği, Düzensizlik karakteristiği, Yapının planda düzensizlik karakteristiği, Düşey doğrultuda düzensizlik karakteristiği, Modelleme ve analiz metodları, Güç spektrumu tanımı, Frekans alanı analizi, Yer değiştirme analizi” gibi ek bilgiler verilmiştir.

Diğer taraftan yapısal olmayan elemanların tanımı için, Yapısal olmayan elemanların analizi, Önem faktörü ve davranış faktörü, Taşıma sınır durumu tanımı, Kullanılabilirlik sınır durumu gibi diğer bilgiler verilmiştir.

Eurodoce 8' in diğer kuralları çerçevesinde, Malzemeler ile ilgili açıklamalar, Yapı tipleri ve davranış faktörleri, Yapısal analiz için kurallar, Tasarım kriterleri ve enerji yutucu bölgelerin bulunması halinde ayrıntılı kurallar, tüm yapı tipleri için ayrıntılı kuralları, Moment aktaran çerçeveler için kurallar hakkında açıklayıcı bilgiler verilmiştir.

Diğer taraftan ayrıca Merkezi güçlendirilmiş çerçeveler için kurallar, Dış merkez güçlendirilmiş çerçeveler için kurallar, Konsol veya ters pandül yapılar için kurallar,

İkili yapılar için kurallar, Karma yapılar için kurallar, Dizayn yapı faktörü, Binaların boyutlandırma kuralları, Kullanılabilirlik limit durumu , Sehim limit değerleri, Taşıma sınır durumu kriterleri, Çerçeve tasarımı, Yorulma etkilerinin kontrolü, Enkesitlerin sınıflandırılması, Eksenel çekme durumunda bulunan elemanlar, Basınç durumu, Eğilme momenti durumu, Kesme durumu, Kesmeli eğilme durumu, Moment-Kesme kuvveti ve eksenel kuvvet durumu, Gövdeye tesir eden enine kuvvetler, Burkulma dayanımı hesabı, Kirişlerin yanal burulmalı burkulması, Eğilme ve eksenel çekmenin birlikte olması hali, Eğilme ve eksenel basıncın birlikte tesir etmesi hali, Kesme burkulması hali, Çekme alanı yöntemi, Kesme kuvveti-Eğilme momenti-Eksenel normal kuvvetin birbirleriyle etkileşimleri gibi kurallar ayrı ayrı açıklanmıştır.

Eurocode yönetmeliklerine göre “11 katlı çelik ofis binasının Merkezi ters V, Merkezi X, Dış merkez V, Dış merkez ters V ve Moment çerçevesi “ sistemi dikkate alınarak doğrusal ve doğrusal olmayan analizleri ayrı ayrı yapılarak her bir sistemin süneklik durumları araştırılmıştır.

Burada kullanılan çelik malzemesi st37, deprem bölgeleri I, Zemin sınıfı A olarak alınmıştır. Döşemeler kompozit olarak hesaplanmıştır.

Dış merkez ters V çaprazlı modeldeki bağ kirişi elemanı hesabı ve berkitme levhalarının hesabı Eurocode’ e göre yapılmıştır.

Sonuç olarak, her bir sistemin süneklik durumları ayrı ayrı hesaplanmış ve tablo haline getirilmiştir. Tablodan açık bir şekilde görüleceği gibi, Dış merkez V sistemi olarak seçilmesi halinde süneklik davranışının diğer sistemlere nazaran daha uygun sonuçlar verdiği görülmüştür.

## **KAYNAKLAR**

- [1] Eurocode 1, EVN 1991 Basis of Dizayn, Part 1-1, CEN, Brussels
- [2] Eurocode 1, ENN 1991 Basis of Dizayn, Part 1-2, CEN, Brussels
- [3] Eurocode 3, 1993 Dizayn of Steel Structures , Part 1-1, CEN, Brussels [4]
- [4] Eurocode 8, EVN 1998 Dizayn of Structures for Earthquake Resistance, CEN Ders Notları, Prof.Salih Zeki BULUT
- [5] Depreme Dayanıklılı Çelik Yapılar, E. Uzgider, B.Ö. Çağlayan. Türk Brussels Yapısal Çelik Birliği, İstanbul
- [6] Çelik Yapılar, H.Deren, E.Uzgider, F.Piroğlu,,1992. Çağlayan Kitabevi, İstanbul RSTAB – RFEM Sonlu Elemanlar Yazılımları, DLUBAL ,Almanya

## ÖZGEÇMİŞ

Mithat Bora BULUT , 1982 yılında Adapazarı / Sakarya 'da doğmuştur. İlköğretimini Adapazarı Ahmet Akkoç İlkokulu 'nda bitirdikten sonra ortaokul ve lise eğitimini İstanbul – Kadıköy Anadolu Lisesi 'nde tamamlamıştır. 2001 yılında Sakarya Üniversitesi , Mühendislik Fakültesi , İnşaat Mühendisliği Bölümü 'nde öğretime başlamıştır. 2005 yılında inşaat mühendisi olarak mezun olmuştur. 2005 – 2006 öğretim yılında Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü , İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı , Yapı Mühendisliği Bilim Dalı 'nda yüksek lisans eğitimine başlamıştır. Mezun olduğu tarihten itibaren inşaat sektöründe sayısız toplu konutun ve endüstriyel yapıların statik ve uygulama projelerine başarıyla imza atmaktadır.İleri düzeyde İngilizce ve orta düzeyde de Almanca bilmektedir.