

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mustafa TANSEL

**ÇOK KATLI ÇELİK YAPILARIN 2007 DEPREM YÖNETMELİĞİNE GÖRE
ANALİZ VE TASARIMI**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA, 2010

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÇOK KATLI ÇELİK YAPILARIN 2007 DEPREM
YÖNETMELİĞİNE GÖRE ANALİZ VE TASARIMI**

Mustafa TANSEL

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu tez 12/02/2010 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği İle Kabul Edilmiştir.

İmza

Yrd. Doç. Dr. Beytullah TEMEL
DANIŞMAN

İmza

Yrd. Doç. Dr. A. Hamza TANRIKULU
ÜYE

İmza

Doç. Dr. S. Seren GÜVEN
ÜYE

Bu tez Enstitümüz İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.
Kod No

Prof. Dr. İlhami YEĞİNGİL
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÇOK KATLI ÇELİK YAPILARIN 2007 DEPREM YÖNETMELİĞİNE GÖRE ANALİZ VE TASARIMI

Mustafa TANSEL

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Beytullah TEMEL
Yıl : 2010, Sayfa: 159

Jüri : Yrd. Doç. Dr. Beytullah TEMEL
: Yrd. Doç. Dr. A. Hamza TANRIKULU
: Doç. Dr. S. Seren GÜVEN

Bu tezde, çelik yapıların deprem yükleri altındaki davranışı 2007 deprem yönetmeliğine göre incelenmiştir. Deprem yükleri Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemine göre hesaplanmıştır. Depreme dayanıklı tasarım koşulları çeşitli örnek yapılar üzerinde analizleri yapılarak araştırılmıştır. Yapı analiz ve tasarımları için sonlu elemanlar yöntemine dayalı, genel amaçlı SAP2000 paket programından yararlanılmıştır. Hesaplamalardan elde edilen sonuçlar irdelenerek kıyaslamalar yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Deprem Yükleri, Çok Katlı Çelik Yapılar.

ABSTRACT

MSc THESIS

DESIGN AND ANALYSIS OF MULTISTOREY STEEL BUILDINGS ACCORDING TO TURKISH SEISMIC CODE 2007
--

Mustafa TANSEL

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
UNIVERSITY OF CUKUROVA

Supervisor : Asst. Prof. Dr. Beytullah TEMEL
Year : 2010, Page : 159

Jury : Asst. Prof. Dr. Beytullah TEMEL
: Asst. Prof. Dr. A. Hamza TANRIKULU
: Assoc. Prof.Dr. S. Seren GÜVEN

In this thesis, the response of steel structures subjected to earthquake forces was investigated according to Turkish Seismic Design Code 2007. Earthquake forces were calculated by using “Equivalent Earthquake Load Method” procedure. The design conditions resisting earthquake forces was analyzed through different building models. SAP2000 structural analysis program based on finite elements method was used for the design and analysis of the structures. The results obtained from the calculations for different three dimensional models have been compared with each other.

Key Words: Earthquake Forces, Multistorey Steel Structures

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca her türlü desteğini esirgemeyen, verdiği akademik bilgilerle üzerinde çalıştığım tezin bu aşamaya gelmesinde büyük emeği olan danışman hocam sayın Yrd. Doç. Dr. Beytullah TEMEL'e, çalışmalarımda verdiği tavsiyeler ve destekleri için sayın Yrd. Doç. Dr. Hakan T. TÜRKER'e ve hayatım boyunca maddi manevi desteklerini her zaman yanımda hissettiğim aileme teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ.....	I
ABSTRACT	II
TEŞEKKÜR	III
İÇİNDEKİLER.....	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ	XI
ŞEKİLLER DİZİNİ	XIV
SİMGELER VE KISALTMALAR	XVI
1. GİRİŞ	1
1.1. Çok Katlı Çelik Yapıların Tarihçesi.....	1
1.2. Çok Katlı Yapılarda Çelik Konstrüksiyonun Yeri	1
1.3. Çelik Yapıların Depreme Karşı Avantajları	2
1.4. Çok Katlı Çelik Taşıyıcı Sistemler.....	3
1.4.1. Rijit Çerçeve Sistemler	4
1.4.2. Çaprazlı Çerçeve Sistemler	4
1.4.3. Çerçeve Tüp Sistemler	4
1.4.4. Kafesli Tüp Sistemler	5
1.4.5. Demet (Modüler) Tüp Sistemler	5
1.4.6. Düşey Kafes Kirişli Yapılar	5
1.4.7. Yatay Kafes Kirişli ve Kuşaklı Yapılar	6
1.4.8. Asma Sistemler	6
1.4.9. Uzun Sistemler	7
1.4.10. Omurgalı Sistemler	7
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	8
3. DEPREME DAYANIKLI ÇELİK YAPI TASARIMI	10
3.1. Yapı Malzemesi Olarak Çelik.....	10
3.2. Yapı Geometrisi ve Süreklilik	11
3.3. Sünek (Düktil) Yapı	11
3.4. 2007 Deprem Yönetmeliğinde Öngörülen Çelik Taşıyıcı Sistemler	13

3.4.1. Moment Aktaran Çerçeveler	13
3.4.2. Merkezi Çaprazlı Perdeler	15
3.4.3. Dışmerkez Çaprazlı Perdeler	17
4. DEPREM BÖLGELERİNDE YAPILACAK BİNALAR HAKKINDAKİ YÖNETMELİK	19
4.1. Depreme Dayanıklı Binalar İçin Hesap Kuralları.....	19
4.1.1. Genel İlke ve Kurallar	19
4.1.1.1. Bina Taşıyıcı Sistemine İlişkin Genel İlkeler	19
4.1.1.2. Deprem Yüklerine İlişkin Genel Kurallar	20
4.1.2. Düzensiz Binalar	20
4.1.2.1. Planda Düzensizlikler Durumu	20
4.1.2.2. Düşey Doğrultuda Düzensizlikler Durumu	23
4.1.3. Elastik Deprem Yüklerinin Tanımlanması: Spektral İvme Katsayısı ..	25
4.1.3.1. Etkin Yer İvmesi Katsayısı (A _o).....	25
4.1.3.2. Bina Önem Katsayısı (I).....	26
4.1.3.3. Spektrum Katsayısı	26
4.1.3.4. Özel Tasarım İvme Spektrumları.....	27
4.1.4. Elastik Deprem Yüklerinin Azaltılması: Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı	27
4.1.4.1. Taşıyıcı Sistemlerin Süneklik Düzeylerine İlişkin Genel Koşullar	28
4.1.4.2. Süneklik Düzeyi Normal Bazı Sistemlerde Perde Kullanım Zorunluluğuna İlişkin Koşullar	29
4.1.4.3. Süneklik Düzeyi Bakımından Karma Taşıyıcı Sistemlere İlişkin Koşullar	30
4.1.4.4. Kolonları Üstten Mafsallı Binalara İlişkin Koşullar	30
4.1.5. Hesap Yönteminin Seçilmesi	31
4.1.5.1. Hesap Yöntemleri	31
4.1.5.2. Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminin Uygulama Sınırları	32
4.1.6. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi	32
4.1.6.1. Toplam Eşdeğer Deprem Yüğüünün Belirlenmesi	32
4.1.6.2. Katlara Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüğülerinin Belirlenmesi ...	33

4.1.6.3. Gözönüne Alınacak Yer değiştirme Bileşenleri ve Deprem Yüklerinin Etkime Noktaları.....	34
4.1.6.4. Binanın Birinci Doğal Titreşim Periyodunun Belirlenmesi ...	36
4.1.6.5. Eleman Asal Eksen Doğrultularındaki İç Kuvvetler.....	37
4.1.7. Mod Birleştirme Yöntemi.....	38
4.1.7.1. İvme Spektrumu.....	38
4.1.7.2. Gözönüne Alınacak Dinamik Serbestlik Dereceleri	39
4.1.7.3. Hesaba Katılacak Yeterli Titreşim Modu Sayısı	39
4.1.7.4. Mod Katkılarının Birleştirilmesi.....	40
4.1.7.5. Hesaplanan Büyüklüklere İlişkin Altsınır Değerleri.....	41
4.1.7.6. Eleman Asal Eksen Doğrultularındaki İç Kuvvetler.....	41
4.1.8. Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemleri.....	41
4.1.8.1. Yapay Deprem Yer Hareketleri	42
4.1.8.2. Kaydedilmiş veya Benzeştirilmiş Deprem Yer Hareketleri ...	42
4.1.8.3. Zaman Tanım Alanında Hesap	42
4.1.9. Göreli Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması, İkinci Mertebe Etkileri ve Deprem Derzleri	43
4.1.9.1. Etkin Göreli Kat Ötelemelerinin Hesaplanması ve Sınırlandırılması	43
4.1.9.2. İkinci Mertebe Etkileri	44
4.1.9.3. Deprem Derzleri.....	44
4.1.10. Yapısal Çıkıntılara, Mimari Elemanlara, Mekanik ve Elektrik Donanımına Etkiyen Deprem Yükleri	45
4.1.11. Bina Türü Olmayan Yapılar.....	46
4.1.12. Deprem Hesap Raporuna İlişkin Kurallar	47
4.2. Çelik Binalar İçin Depreme Dayanıklı Tasarım Kuralları.....	48
4.2.1. Genel Kurallar.....	48
4.2.1.1. Çelik Taşıyıcı Sistemlerin Sınıflandırılması.....	48
4.2.1.2. İlgili Standartlar	49
4.2.1.3. Malzeme Koşulları ve Emniyet Gerilmeleri.....	49
4.2.1.4. Arttırılmış Deprem Etkileri.....	50
4.2.1.5. İç Kuvvet Kapasiteleri ve Gerilme Sınır Değerleri.....	51

4.2.2. Süneklik Düzeyi Yüksek Çerçeveler.....	51
4.2.2.1. Enkesit Koşulları.....	52
4.2.2.2. Kolonların Kirişlerden Daha Güçlü Olması Koşulu	52
4.2.2.3. Kolonların Kirişlerden Daha Güçlü Olması Koşulunun Bazı Kolonlarda Sağlanamaması Durumu.....	54
4.2.2.4. Kiriş - Kolon Birleşim Bölgeleri.....	55
4.2.2.5. Kolon ve Kiriş Ekleri	58
4.2.2.6. Kiriş Başlıklarının Yanal Doğrultuda Mesnetlenmesi	59
4.2.3. Süneklik Düzeyi Normal Çerçeveler.....	59
4.2.3.1. Enkesit Koşulları.....	59
4.2.3.2. Kiriş – Kolon Birleşim Bölgeleri.....	60
4.2.3.3. Kiriş ve Kolon Ekleri	61
4.2.3.4. Kiriş Başlıklarının Yanal Doğrultuda Mesnetlenmesi	61
4.2.4. Merkezi ve Dışmerkez Çelik Çaprazlı Perdeler.....	61
4.2.5. Süneklik Düzeyi Yüksek Merkezi Çelik Çaprazlı Perdeler	62
4.2.5.1. Enkesit Koşulları.....	62
4.2.5.2. Yatay Yüklerin Dağılımı	63
4.2.5.3. Çaprazların Birleşimleri	63
4.2.5.4. Özel Çapraz Düzenleri İçin Ek Koşullar	64
4.2.5.5. Kolon Ekleri.....	64
4.2.6. Süneklik Düzeyi Normal Merkezi Çelik Çaprazlı Perdeler	65
4.2.6.1. Enkesit Koşulları.....	65
4.2.6.2. Çaprazların Birleşimleri	65
4.2.6.3. Özel Çapraz Düzenleri İçin Ek Koşullar	66
4.2.7. Süneklik Düzeyi Yüksek Dışmerkez Çelik Çaprazlı Perdeler.....	66
4.2.7.1. Enkesit Koşulları.....	66
4.2.7.2. Bağ Kirişleri.....	67
4.2.7.3. Bağ Kirişinin Yanal Doğrultuda Mesnetlenmesi.....	68
4.2.7.4. Bağ Kirişinin Dönme Açısı	68
4.2.7.5. Rijitlik (Berkitme) Levhaları	70
4.2.7.6. Çaprazlar, Kat Kirişleri ve Kolonlar	71

4.2.7.7. Çapraz – Bağ Kirişi Birleşimi.....	72
4.2.7.8. Bağ Kirişi – Kolon Birleşimi.....	72
4.2.7.9. Kiriş-Kolon Birleşimi.....	73
4.2.8. Temel Bağlantı Detayları.....	73
4.2.9. Proje Hesap Rapor ve Uygulama Projelerine İlişkin Kurallar.....	74
4.2.9.1. Proje Hesap Raporu.....	74
4.2.9.2. Çelik Uygulama Projesi Çizimlerine İlişkin Kurallar.....	74
4.2.10. Moment Aktaran Çerçevelerde Kiriş-Kolon Birleşim Detayları.....	75
4.2.10.1. Kapsam ve Genel Hususlar.....	75
4.2.10.2. Alın Levhalı Bulonlu Birleşim Detayı.....	76
4.2.10.3. Takviyeli Alın Levhalı Bulonlu Birleşim Detayı.....	77
4.2.10.4. Alın Levhasız Bulonlu Birleşim Detayı.....	78
4.2.10.5. Kaynaklı Birleşim Detayı.....	80
4.2.10.6. Ek Başlık Levhalı Kaynaklı Birleşim Detayı.....	81
4.2.10.7. Zayıflatılmış Kiriş Enkesiti Kaynaklı Birleşim Detayı.....	82
5. YAPI ANALİZİ VE TASARIMI.....	84
5.1. Tip Projenin Genel Özellikleri.....	84
5.2. Malzeme ve Özellikleri.....	85
5.3. Hesap Yöntemi ve Dikkate Alınacak Yönetmelikler.....	86
5.3.1. Kapasite Tasarımının Temel İlkeleri.....	86
5.4. Yük Analizi.....	87
5.4.1. Düşey Yükler.....	87
5.4.2. Rüzgar Yükleri.....	88
5.4.3. Deprem Yükleri.....	89
5.5. Yük Kombinasyonları.....	89
5.6. Moment Aktaran Rijit Çerçeve Sistem.....	91
5.6.1. Eşdeğer Deprem Yüğü Hesabı.....	92
5.6.2. Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması.....	93
5.6.3. Burulma Düzensizliği Kontrolü.....	94
5.6.4. İkinci Mertebe Etkileri.....	95
5.6.5. Kolon Kesit Tahkikleri.....	96

5.6.6. Kiriş Kesit Tahkikleri	107
5.6.7. Kolonların Kirişlerden Daha Güçlü Olması Kontrolü	112
5.6.8. Düzensizlik Kontrolü.....	113
5.7. Merkezi Çelik Çaprazlı Sistem	116
5.7.1. Eşdeğer Deprem Yüğü Hesabı.....	117
5.7.2. Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması.....	119
5.7.3. Burulma Düzensizliğı Kontrolü	120
5.7.4. İkinci Mertebe Etkileri.....	121
5.7.5. Kolon Kesit Tahkikleri	121
5.7.6. Kiriş Kesit Tahkikleri	125
5.7.7. Çapraz Tahkiki	127
5.7.8. Düzensizlik Kontrolü.....	128
5.8. Dışmerkezi Çelik Çaprazlı Sistem	131
5.8.1. Eşdeğer Deprem Yüğü Hesabı.....	132
5.8.2. Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması.....	134
5.7.3. Burulma Düzensizliğı Kontrolü	135
5.8.4. İkinci Mertebe Etkileri.....	136
5.8.5. Kolon Kesit Tahkikleri	136
5.8.6. Kiriş Kesit Tahkikleri	140
5.8.7. Bağ Kirişi Tahkiki	142
5.8.8. Çapraz Tahkiki	147
5.8.9. Düzensizlik Kontrolü.....	149
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	151
6.1. Taşıyıcı Sistem Titreşim Periyotları.....	151
6.2. Toplam Dinamik Analiz Deprem Yüğüleri	152
6.3. Görelî Etkin Kat Ötelemeleri	152
6.4. Enkesit Koşulları.....	153
6.5. Çelik Taşıyıcı Sistem Ağırlıkları	153
6.6. İç Kuvvetlerin Karşılaştırılması	153
6.6. Öneriler	155
KAYNAKLAR.....	157

ÖZGEÇMİŞ	159
----------------	-----

ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 4.1. Etkin Yer İvmesi Katsayısı.....	25
Çizelge 4.2. Bina Önem Katsayısı.....	26
Çizelge 4.3. Spektrum Karakteristik Peryotları	27
Çizelge 4.4. Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R).....	28
Çizelge 4.5. Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminin Uygulanabildiğı Binalar	32
Çizelge 4.6. Hareketli Yüğü Katılım Katsayısı.....	33
Çizelge 4.7. Bina Türü Olmayan Yapılar İçin Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı ..	47
Çizelge 4.8. D_a Artırma Katsayıları.....	50
Çizelge 4.9. Büyütme Katsayıları.....	51
Çizelge 4.10. Enkesit Koşulları	53
Çizelge 4.11. Alın Levhalı Bulonu Kiriş-Kolon Birleşim Detayının Uygulama Sınırları.....	77
Çizelge 4.12. Takviyeli Alın Levhalı Bulonlu Kiriş-Kolon Birleşim Detayının Uygulama Sınırları.....	78
Çizelge 4.13. Alın Levhasız Bulonlu Kiriş-Kolon Birleşim Detayının Uygulama Sınırları.....	80
Çizelge 4.14. Kaynaklı Kiriş-Kolon Birleşim Detayının Uygulama Sınırları.....	80
Çizelge 4.15. Ek Başlık Levhalı Kaynaklı Kiriş-Kolon Birleşim Detayının Uygulama Sınırları.....	82
Çizelge 4.16. Zayıflatılmış Kiriş Enkesiti Kaynaklı Kiriş-Kolon Birleşim Detayının Uygulama Sınırları.....	83
Çizelge 5.1. Emniyet Gerilmeleri.....	85
Çizelge 5.2. Rijit Çerçeve Sistemde Katlara Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüğüleri	93
Çizelge 5.3. Rijit Çerçeve Sistemde (x) Doğrultusu Göreli Kat Ötelemesi Sınırları.....	94
Çizelge 5.4. Rijit Çerçeve Sistemde (y) Doğrultusu Göreli Kat Ötelemesi Sınırları.....	94

Çizelge 5.5.	Rijit Çerçeve Sistemde (x) Doğrultusu Burulma Düzensizliği	
	Sınırları.....	95
Çizelge 5.6.	Rijit Çerçeve Sistemde (y) Doğrultusu Burulma Düzensizliği	
	Sınırları.....	95
Çizelge 5.7.	69 Numaralı Kolon Kesit Özellikleri.....	99
Çizelge 5.8.	69 Numaralı Kolon İç Kuvvetleri.....	99
Çizelge 5.9.	143 Numaralı Kolon Kesit Özellikleri.....	102
Çizelge 5.10.	143 Numaralı Kolon İç Kuvvetleri.....	103
Çizelge 5.11.	Kiriş Kesit Tesirleri.....	107
Çizelge 5.12.	1120 Numaralı Kiriş Kesit Özellikleri.....	108
Çizelge 5.13.	218 Numaralı Kiriş Kesit Özellikleri.....	110
Çizelge 5.14.	Merkezi Çaprazlı Sistemde Katlara Etkiyen Eşdeğer Deprem	
	Yükleri.....	118
Çizelge 5.15.	Merkezi Çaprazlı Sistemde (x) Doğrultusu Görelî Kat Ötelemesi	
	Sınırları.....	119
Çizelge 5.16.	Merkezi Çaprazlı Sistemde (y) Doğrultusu Görelî Kat Ötelemesi	
	Sınırları.....	119
Çizelge 5.17.	Merkezi Çaprazlı Sistemde (x) Doğrultusu Burulma Düzensizliği	
	Sınırları.....	120
Çizelge 5.18.	Merkezi Çaprazlı Sistemde (y) Doğrultusu Burulma Düzensizliği	
	Sınırları.....	120
Çizelge 5.19.	3 Numaralı Kolon Kesit Özellikleri.....	122
Çizelge 5.20.	3 Numaralı Kolon İç Kuvvetleri.....	122
Çizelge 5.21.	931 Numaralı Kiriş Kesit Tesirleri.....	126
Çizelge 5.22.	931 Numaralı Kiriş Kesit Özellikleri.....	126
Çizelge 5.23.	1316 Numaralı Çapraz Kesit Tesirleri.....	127
Çizelge 5.24.	1316 Numaralı Çapraz Özellikleri.....	127
Çizelge 5.25.	Dışmerkezi Çaprazlı Sistem Katlara Etkiyen Eşdeğer Deprem	
	Yükleri.....	133
Çizelge 5.26.	Dışmerkezi Çaprazlı Sistemde (x) Doğrultusu Görelî Kat Ötelemesi	
	Sınırları.....	134

Çizelge 5.27. Dışmerkezi Çaprazlı Sistemde (y) Doğrultusu Görelî Kat Ötelemesi	
Sınırları.....	134
Çizelge 5.28. Dışmerkezi Çaprazlı Sistemde (x) Doğrultusu Burulma Düzensizliği	
Sınırları.....	135
Çizelge 5.29. Dışmerkezi Çaprazlı Sistemde (y) Doğrultusu Burulma Düzensizliği	
Sınırları.....	135
Çizelge 5.30. 3 Numaralı Kolon Kesit Özellikleri.....	137
Çizelge 5.31. 3 Numaralı Kolon İç Kuvvetleri.....	137
Çizelge 5.32. 822 Numaralı Kiriş Kesit Tesirleri	141
Çizelge 5.33. 822 Numaralı Kiriş Kesit Özellikleri.....	141
Çizelge 5.34. Kiriş Kesit Tesirleri.....	142
Çizelge 5.35. 45 Numaralı Kiriş Kesit Özellikleri.....	143
Çizelge 5.36. 105 Numaralı Kiriş Kesit Özellikleri.....	145
Çizelge 5.37. 1428 Numaralı Çapraz Kesit Tesirleri	147
Çizelge 5.38. 1428 Numaralı Çapraz Kesit Özellikleri.....	147
Çizelge 6.1. Periyotların Karşılaştırılması.....	151
Çizelge 6.2. Deprem Yüklerinin Karşılaştırılması.....	152
Çizelge 6.3. Görelî Etkin Kat Ötelemelerinin Karşılaştırılması	152
Çizelge 6.4. Çelik Taşıyıcı Sistem Ağırlıklarının Karşılaştırılması.....	153

Şekil 1.1. Çelik taşıyıcı sistemler	3
Şekil 3.1. Gerilme-şekil değiştirme diyagramı.....	11
Şekil 3.2. Rijit çelik çerçeve birleşimi.....	13
Şekil 3.3. Kiriş.....	14
Şekil 3.4. Merkezi çapraz perdeli sistemler	16
Şekil 3.5. Merkezi çelik çaprazlı perde davranışı	17
Şekil 3.6. Dışmerkezli çelik çaprazlı sistemler	17
Şekil 4.1. Burulma düzensizliği durumu	21
Şekil 4.2. Döşeme düzensizliği durumu	22
Şekil 4.3. Planda çıkıntılar bulunması durumu	23
Şekil 4.4. Taşıyıcı sistem düşey elemanların süreksizliği	24
Şekil 4.5. Özel tasarım ivme spektrumu	27
Şekil 4.6. Bina katlarına etkiyen eşdeğer deprem yükleri	34
Şekil 4.7. Ek dışmerkezlik etkisi	35
Şekil 4.8. Ek dışmerkezlik etkisinin dağılı bulunan tekil kütlelere uygulanması	36
Şekil 4.9. Eşdeğer deprem yükünün katlara dağılımı	37
Şekil 4.10. X ve Y doğrultusunda etkiyen deprem, sistemin A ve B asal eksenleri ..	38
Şekil 4.11. Kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşulu	53
Şekil 4.12. Kiriş-kolon birleşim detayında kayma bölgesi.....	56
Şekil 4.13. Takviye levhaları	57
Şekil 4.14. Bağ kirişi dönme açısı	69
Şekil 4.15. Dışmerkez çapraz- bağ kirişi birleşimi.....	70
Şekil 4.16. Bağ kirişi kolon birleşimi	73
Şekil 4.17. Alın levhalı bulonlu birleşim.....	76
Şekil 4.18. Takviyeli alın levhalı bulonlu birleşim	78
Şekil 4.19. Alın levhasız bulonlu birleşim.....	79
Şekil 4.20. Kaynaklı birleşim detayı	81
Şekil 4.21. Ek başlık levhalı kaynaklı birleşim.....	82

Şekil 4.22. Zayıflatılmış kiriş enkesiti kaynaklı birleşim detayı.....	83
Şekil 5.1. Tip mimari plan	84
Şekil 5.2. Kompozit döşeme	85
Şekil 5.3. Rijit çerçeve sistem	91
Şekil 5.4. Rijit çerçeve sistem zemin kat planı	114
Şekil 5.5. Rijit çerçeve sistem a aksı çerçevesi enkesiti	115
Şekil 5.6. Merkezi çaprazlı sistem.....	116
Şekil 5.7. Merkezi çaprazlı sistem zemin kat planı	129
Şekil 5.8. Merkezi çaprazlı sistem a-aksı çerçevesi enkesiti	130
Şekil 5.9. Dışmerkezi çaprazlı sistem.....	131
Şekil 5.10. Dışmerkezi çaprazlı sistem zemin kat planı	149
Şekil 5.11. Dışmerkezi çaprazlı sistem a aksı çerçevesi enkesiti.....	150
Şekil 5.12. $G+Q+E_{xp}+0.3E_y$ yükleme sonucu oluşan kolon asal gerilmeleri	154
Şekil 5.13. $G+Q+E_{xp}+0.3E_y$ yükleme sonucu oluşan kolon M33 momentleri.....	154
Şekil 5.14. $G+Q+E_{xp}+0.3E_y$ yükleme sonucu oluşan kiriş M33 momentleri.....	155

SİMGELER VE KISALTMALAR

A	: Enkesit alanı
A_k	: Kesme alanı
A_{net}	: Net enkesit alanı
$A(T)$	: Spektral İvme Katsayısı
A_o	: Etkin Yer İvmesi Katsayısı
B_a	: Taşıyıcı sistem elemanının a asal eksenı doğrultusunda tasarımı esas iç kuvvet büyüklüğü
B_{ax}	: Taşıyıcı sistem elemanının a asal eksenı doğrultusunda, x doğrultusundaki depremde oluşan iç kuvvet büyüklüğü
B_{ay}	: Taşıyıcı sistem elemanının a asal eksenı doğrultusunda, x'e dik y doğrultusundaki depremde oluşan iç kuvvet büyüklüğü
B_b	: Taşıyıcı sistem elemanının b asal eksenı doğrultusunda tasarımı esas iç kuvvet büyüklüğü
B_{bx}	: Taşıyıcı sistem elemanının b asal eksenı doğrultusunda, x doğrultusundaki depremde oluşan iç kuvvet büyüklüğü
B_{by}	: Taşıyıcı sistem elemanının b asal eksenı doğrultusunda, x'e dik y doğrultusundaki depremde oluşan iç kuvvet büyüklüğü
B_B	: Mod Birleştirme Yöntemi'nde mod katkılarının birleştirilmesi ile bulunan herhangi bir büyüklük
B_D	: B_B büyüklüğüne ait büyütölmüş değeri
b	: Genişlik
b_{cf}	: Kolon kesitinin başlık genişliği
b_{bf}	: Kiriş kesitinin başlık genişliği
D	: Dairesel halka kesitlerde dış çap
D_a	: Akma gerilmesi arttırma katsayısı
D_i	: Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nde burulma düzensizliği olan binalar için i'inci katta $\pm$ %5 ek dışmerkezliğe uygulanan büyütme katsayısı
d_b	: Kiriş enkesit yüksekliği

d_c	: Kolon enkesit yüksekliği
d_{fi}	: Binanın i'inci katında F_{fi} fiktif yüklerine göre hesaplanan yerdeğiştirme
d_i	: Binanın i'inci katında azaltılmış deprem yüklerine göre hesaplanan yerdeğiştirme
E	: Deprem yükü simgesi
E_s	: Yapı çeliği elastisite modülü
e	: Bağ kirişı boyu
F_{fi}	: Birinci doğal titreşim periyodunun hesabında i'inci kata etkiyen fiktif yük
F_i	: Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nde i'inci kata etkiyen eşdeğer deprem yüğü
f_e	: Yapısal çıkıntının, mimari elemanın, mekanik ve elektrik donanımın ağırlık merkezine etkiyen eşdeğer deprem yüğü
G	: Sabit yük simgesi
g	: Yerçekimi ivmesi (9.81 m/s^2)
g_i	: Binanın i'inci katındaki toplam sabit yük
H_i	: Binanın i'inci katının temel üstünden itibaren ölçülen yüksekliği (Bodrum katlarında rijit çevre perdelerinin bulunduğu binalarda i'inci katın zemin kat döşemesi üstünden itibaren ölçülen yüksekliği)
H_N	: Binanın temel üstünden itibaren ölçülen toplam yüksekliği (Bodrum katlarında rijit çevre perdelerinin bulunduğu binalarda zemin kat döşemesi üstünden itibaren ölçülen toplam yükseklik)
H_{ort}	: Düşüm noktasının üstündeki ve altındaki kat yüksekliklerinin ortalaması
h	: Gövde levhası yüksekliği
h_i	: Binanın i'inci katının kat yüksekliği
I	: Bina Önem Katsayısı
ℓ_b	: Kirişin yanal doğrultuda mesnetlendiği noktalar arasındaki uzaklık
ℓ_n	: Kiriş uçlarındaki olası plastik mafsallık noktaları arasındaki uzaklık
M_d	: Düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan eğilme momenti
M_n	: n'inci doğal titreşim moduna ait modal kütle
M_p	: Eğilme momenti kapasitesi

- M_{pa} : Kolonun alt ucunda hesaplanan moment kapasitesi
- M_{pi} : Kirişin sol ucu i’de hesaplanan pozitif veya negatif moment kapasitesi
- M_{pj} : Kirişin sağ ucu j’de hesaplanan negatif veya pozitif moment kapasitesi
- M_{pn} : İndirgenmiş moment kapasitesi
- $M_{pü}$: Kolonun üst ucunda hesaplanan moment kapasitesi
- M_{vi} : Kirişin sol ucu i’ deki olası plastik mafsaldaki kesme kuvvetinden dolayı kolon yüzünde meydana gelen ek eğilme momenti
- M_{vj} : Kirişin sağ ucu j’ deki olası plastik mafsaldaki kesme kuvvetinden dolayı kolon yüzünde meydana gelen ek eğilme momenti
- M_{xn} : Gözönüne alınan x deprem doğrultusunda binanın n’inci doğal titreşim modundaki etkin kütle
- M_{yn} : Gözönüne alınan y deprem doğrultusunda binanın n’inci doğal titreşim modundaki etkin kütle
- m_i : Binanın i’inci katının kütlesi ($m_i : w_i / g$)
- m_{0i} : Kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalışması durumunda, binanın i’inci katının kaydırılmamış kütle merkezinden geçen düşey eksene göre kütle eylemsizlik momenti
- N : Binanın temel üstünden itibaren toplam kat sayısı (Bodrum katlarında rijit çevre perdelerinin bulunduğu binalarda zemin kat döşemesi üstünden itibaren toplam kat sayısı)
- N_{bp} : Eksenel basınç kapasitesi
- $N_{çp}$: Eksenel çekme kapasitesi
- N_d : Düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan eksenel kuvvet
- n : Hareketli Yük Katılım Katsayısı
- Q : Hareketli yük simgesi
- q_i : Binanın i’inci katındaki toplam hareketli yük
- R : Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı
- $R_{alt}, R_{üst}$: Kolonları üstten mafsallı tek katlı çerçevelerin, yerinde dökme betonarme, prefabrike veya çelik binaların en üst (çatı) katı olarak kullanılması

- durumunda, sırası ile, alttaki katlar ve en üst kat için tanımlanan R katsayıları
- $R_{NÇ}$: DBYBHY Tablo 2.5'te deprem yüklerinin tamamının süneklik düzeyi normal çerçeveler tarafından taşındığı durum için tanımlanan Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı
- R_{YP} : DBYBHY Tablo 2.5'te deprem yüklerinin tamamının süneklik düzeyi yüksek perdeler tarafından taşındığı durum için tanımlanan Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı
- $R_a(T)$: Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı
- r_y : Kiriş başlığının ve gövdenin $1/5$ 'inin yanal doğrultudaki atalet yarıçapı
- $S(T)$: Spektrum Katsayısı
- $S_{ae}(T)$: Elastik spektral ivme [m/s^2]
- $S_{ar}(T_r)$: r 'inci doğal titreşim modu için azaltılmış spektral ivme [m/s^2]
- T : Bina doğal titreşim periyodu [s]
- T_1 : Binanın birinci doğal titreşim periyodu [s]
- T_A, T_B : Spektrum Karakteristik Periyotları [s]
- T_m, T_n : Binanın m 'inci ve n 'inci doğal titreşim periyotları [s]
- t : Kalınlık
- t_{bf} : Kiriş kesitinin başlık kalınlığı
- t_{cf} : Kolon kesitinin başlık kalınlığı
- t_{min} : Kayma bölgesindeki en küçük levha kalınlığı
- t_p : Takviye levhaları dahil olmak üzere, kayma bölgesindeki toplam levha kalınlığı
- t_t : Takviye levhası kalınlığı
- t_w : Gövde kalınlığı
- u : Kayma bölgesi çevresinin uzunluğu
- V_d : Düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan kesme kuvveti
- V_{dy} : Kirişin kolona birleşen yüzünde düşey yüklerden meydana gelen basit kiriş kesme kuvveti

- V_e : Kolon-kiriş birleşim bölgesinin gerekli kesme dayanımı
- V_{ke} : Kayma bölgesinin gerekli kesme dayanımı
- V_i : Gözönüne alınan deprem doğrultusunda binanın i'inci katına etki eden kat kesme kuvveti
- V_p : Kesme kuvveti kapasitesi
- V_{pn} : İndirgenmiş kesme kuvveti kapasitesi
- V_t : Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nde gözönüne alınan deprem Doğrultusunda binaya etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü (taban kesme kuvveti)
- V_{tB} : Mod Birleştirme Yöntemi'nde, gözönüne alınan deprem doğrultusunda modlara ait katkıların birleştirilmesi ile bulunan bina toplam deprem yükü (taban kesme kuvveti)
- W : Binanın, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak bulunan toplam ağırlığı
- W_p : Plastik mukavemet momenti
- w_e : Yapısal çıkıntının, mimari elemanın, mekanik veya elektrik donanımının ağırlığı
- w_i : Binanın i'inci katının, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak hesaplanan ağırlığı
- Y : Mod Birleştirme Yöntemi'nde hesaba katılan yeterli doğal titreşim modu sayısı
- α : Deprem derzi boşluklarının hesabında kullanılan katsayı
- α_i : Herhangi bir i'inci katta hesaplanan V_{is} / V_{ik} oranı
- α_s : Süneklik düzeyi yüksek perdelerin tabanında elde edilen kesme kuvvetleri toplamının, binanın tümü için tabanda meydana gelen toplam kesme kuvvetine oranı
- β : Mod Birleştirme Yöntemi ile hesaplanan büyüklüklerin alt sınırlarının belirlenmesi için kullanılan katsayı
- Δ_i : Binanın i'inci katındaki azaltılmış görelî kat ötelemesi
- $(\Delta_i)_{ort}$: Binanın i'inci katındaki ortalama azaltılmış görelî kat ötelemesi
- ΔF_N : Binanın N'inci katına (tepesine) etkiyen ek eşdeğer deprem yükü

- δ_i : Binanın i'inci katındaki etkin görelî kat ötelemesi
- $(\delta_i)_{\max}$: Binanın i'inci katındaki maksimum etkin görelî kat ötelemesi
- γ_p : Bağ kirişî dönme açısı
- Ω_o : Büyütme katsayısı
- σ_a : Yapı çeliğinin akma gerilmesi
- σ_{bem} : Elemanın narinliğine bağılı olarak, TS-648'e göre hesaplanan basınç emniyet gerilmesi
- σ_{em} : Emniyet gerilmesi
- η_{bi} : i'inci katta tanımlanan Burulma Düzensizliği Katsayısı
- η_{ci} : i'inci katta tanımlanan Dayanım Düzensizliği Katsayısı
- η_{ki} : i'inci katta tanımlanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısı
- Φ_{xin} : Kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, n'inci mod şeklinin i'inci katta x eksenî doğrultusundaki yatay bileşeni
- Φ_{yin} : Kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, n'inci mod şeklinin i'inci katta y eksenî doğrultusundaki yatay bileşeni
- $\Phi_{\theta in}$: Kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, n'inci mod şeklinin i'inci katta düşey eksen etrafındaki dönme bileşeni
- θ_i : i'inci katta tanımlanan İkinci Mertebe Gösterge Değeri
- θ_p : Görelî kat ötelemesi açısı

1. GİRİŞ

1.1. Çok Katlı Çelik Yapıların Tarihçesi

Yüksek çelik yapıların örneklerini dünyanın birçok yerinde görmek mümkündür. İlk yüksek çelik yapı 1883 yılında montajı tamamlanan Chichago daki “Home Insurance Building” dir. Yüksek çelik yapılarda dünyadaki en önemli ve başı çeken örnek ise şüphesiz Pariste bulunan 300m yüksekliğindeki Eiffel Kulesidir. Yüksek yapı fikri ve örnekleri ilk kez Chichago şehrinde çıkması nedeniyle yıllarca yüksek yapılara “Chichago Yapısı” denilmiştir. İlerleyen yıllarda ise New York şehri bu konuda ön plana çıkmaktadır. Görüldüğü gibi Amerika’da sıkça imal edilen yüksek çelik yapılarla ilgili 1921 yılında AISC (American Institute of Steel Construction) kurulmuş ve ilk AISC yönetmeliği 1923 yılında yayınlanmıştır. Yapılan bilimsel çalışmalar ve deneyler neticesinde bu yönetmelik zaman içinde pek çok kez revizyona uğramıştır. 1994 yılındaki Northridge depreminde çelik yapılar özellikle kolon-kiriş birleşimlerinde beklenen performansı gösterememiştir. Bunun üzerine çelik yapıların sünek tasarımı ön plana çıkmış, hasar gören yapılarda edinilen gözlemler, deneyler ve çalışmalar sonucu yönetmeliklerde önemli değişiklikler ve eklemeler yapılmıştır.

1.2. Çok Katlı Yapılarda Çelik Konstrüksiyonun Yeri

Çok katlı yüksek yapılarda; yapının inşa edileceği bölgenin deprem açısından aktif olup, olmadığına; yapı fonksiyonuna (konut, otel veya iş merkezi); inşa edileceği ülkenin yapı teknolojisinin seviyesine; işçilik ücretlerine bağlı olarak, bazen çelik malzeme betonarmeye, bazen de betonarme malzeme çeliğe üstünlük sağlamaktadır. Deprem açısından aktif bölgelerde çeliğin betonarmeye karşı üstünlüğü tartışılmaz bir gerçek olarak bilinmektedir.

Türkiye’de ortalama 35 yılda bir şiddetli bir deprem oluyor, başka bir deprem ülkesi olan Japonya ise ortalama her beş yılda bir şiddetli depremlerle sarsılıyor. Depremde ölen kişi sayısı ve maddi hasarlara bakıldığında dünyada Türkiye birinci

sıralardadır. Bir deprem ülkesinde yaşadığımız gerçeği göz önünde tutulursa, bu bilinçle yeni yapıların da depreme dayanıklı olarak tasarlanıp üretilmesi öne çıkmaktadır.

Depreme dayanıklı yapı tasarımında çelik yapılar birçok avantajı ile öne çıkmaktadır. 1985'te oluşan Mexico City depreminde 107 betonarme yapıda göçme, 36 betonarme yapıda ise önemli tahribat meydana gelmesine rağmen, sadece 9 çelik yapıda göçme olurken birinde önemli tahribat oluşmuştur. Prof.Dr.Emilio Rousenblueth tarafından yayınlanmış bir yazıda Mexico City depreminin bir değerlendirmesi yapılarak, deprem bölgelerinde çelik yapıların betonarmeye karşı üstünlüğün tartışılmaz olduğu belirtilmiştir.

Deprem etkileri altında bir yapının enerji yutması isteniyorsa yapı malzemesinin sünek davranışı gereklidir. Çeliğin, kopmadan büyük deformasyon yapabilme özelliği yani büyük bir şekil değiştirme sığası olması ve yüksek dayanımı, malzemeyi deprem bölgelerinde inşa edilecek olan yapılar için ideal bir malzeme durumuna getirmektedir.

1.3. Çelik Yapıların Depreme Karşı Avantajları

Yüksek dayanımlı olup, öz ağırlığının taşıdığı yüke oranı çok küçüktür; dolayısıyla yapının toplam ağırlığını azaltmaktadır.

Elastiste modülü, diğer yapı malzemeleriyle karşılaştırıldığında, çok yüksektir. Bu nedenle, stabilite sorunlarına, dinamik yüklere, titreşimlere uygun bir davranış göstermekte ve sehim problemi olan taşıyıcı sistemlerin boyutlandırılmasında daha ekonomik kesitler elde edilmektedir.

Çekme dayanımı basınç dayanımına eşit, hatta burkulma olayı düşünülürse daha yüksektir. Bu niteliği, çeliğe mimari açıdan tasarımı özellik gösteren yapılarda bir avantaj sağlamaktadır.

Sünek olduğu için büyük bir şekil değiştirme kapasitesi bulunmakta, dolayısıyla, beklenmeyen olağan dışı yük durumlarında, çürük zeminlerde oluşabilecek oturmalarda ve deprem bölgelerinde çok önem kazanmaktadır.

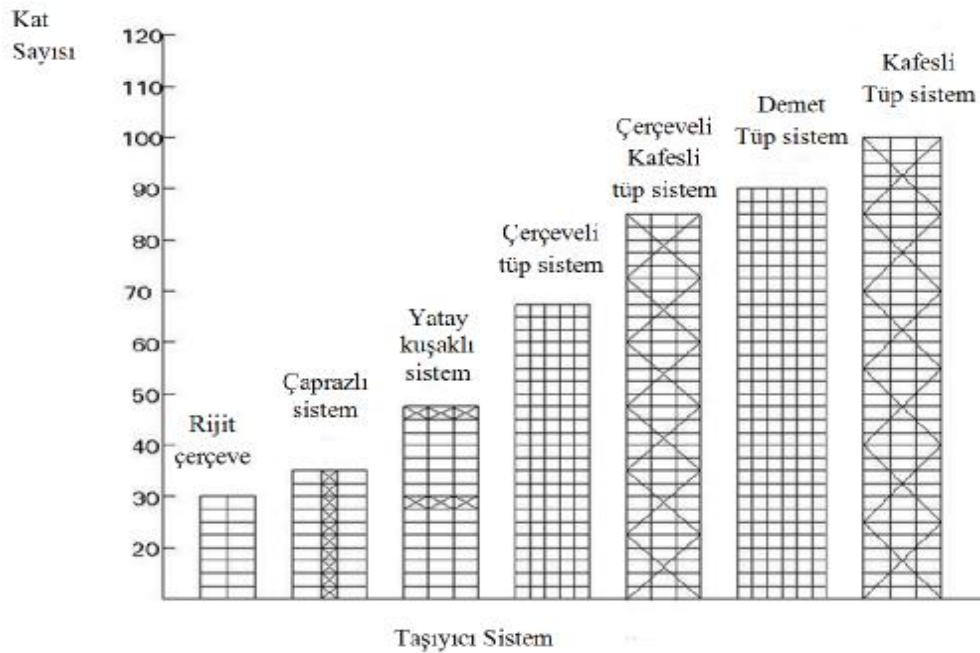
Taşıyıcı elemanların atölyelerde işlenmeleri, inşaatın montaj aşamasında hava koşullarından fazla etkilenmemesine neden olmakta ve dolayısıyla yapım süresi kısalmaktadır.

Değiştirme ve takviye olanağı çok kolay olduğu için, elemanlar söküldüklerinde yeniden az bir kayıpla, veya yeniden kullanılmaları önceden planlanmış ise hiç kayıpsız, kullanılabilir. Hatta yapının tümüyle sökülüp başka bir yere taşınması olanağı vardır. Restorasyona açıktır ve diğer tür yapıların restorasyonunda da pek çok olanaklar sunar.

Çelik dünyanın en çok ve tam olarak geri dönüştürülen malzemesidir. Çelik hurda %100 çeliğe dönüşür ve doğru yapılırsa kalite ve güvenirlilik kaybı olmaz.

1.4. Çok Katlı Çelik Taşıyıcı Sistemler

Çok katlı çelik yapılarda kat sayısı arttıkça, taşıyıcı sistemin boyutlandırılmasında rüzgar ve deprem gibi yatay yükler düşey yüklere göre daha etkili olmaya başlar. Yapı yüksekliğine bağlı olarak tasarımcının da tercihiyle farklı taşıyıcı sistemler kullanılmaktadır (Eşsiz, 2005).



Şekil 1.1. Çelik taşıyıcı sistemler (Fazlur, 1974)

1.4.1. Rijit Çerçeve Sistemler

Rijit çerçeveler birbirine rijit olarak bağlanmış kolon ve kirişlerden oluşmaktadır. Çerçeve sistemde yapıya gelen rüzgar ve deprem gibi yatay yüklerle yapıda oluşan ölü ve hareketli yükler, kolon ve kirişler tarafından taşınmaktadır. Rijit çerçeveler normal şartlarda 30 kata kadar ekonomik olmaktadır. Deprem bölgelerinde ise bu yükseklik 20 kata inmektedir.

1.4.2. Çaprazlı Çerçeve Sistemler

Rijit çerçeveli sistemler 20 kattan yüksek binalarda kiriş ve kolonlardaki eğilmenin büyük deformasyonlara neden olmasından dolayı, yatay yükler karşısında yeterli etkinlik gösterememektedir. Bu durumda çerçeveye düşey bir kafes eklenmesi yoluyla sistemin rijitleştirilmesine gidilmektedir. Böylece çerçevenin düşey yükleri, kafesin ise yatay yükleri taşıyacağı kabul edilmektedir. Genellikle çerçeveli yapılarda yanıl stabiliteyi arttırmanın en ekonomik yolu düşey çaprazlamalarla olmaktadır.

1.4.3. Çerçeveli Tüp Sistemler

Cephede sık aralıklı kolonlar ve yüksek parapet kirişlerinden oluşan tüp sistem, delikli dikdörtgen ya da benzeri bir boru şeklinde davranan bu çerçeveli tüp, yüksek binalar için oldukça etkin bir sistemdir. Yatay yüke paralel iki cephe duvarı yaklaşık olarak çerçeve davranışı göstermekte, bu yükler kiriş ve kolonların eğilmesi ile karşılanmakta ve yatay yükler karşısında bina tümüyle bir konsol tüp davranışı göstermektedir. Burada sık kolonların oluşturduğu sistem rijit bir diyafram gibi çalışmaktadır. Tüp sistemlerde dış cephe duvarları yatay yük bağlantısı ve perdelerle gerek kalmamaktadır. Ancak bina yüksekliği ve yatay yükler arttıkça iç tüplerden ya da çekirdekten yararlanılmaktadır.

1.4.4. Kafesli Tüp Sistemler

Bina yüksekliklerinin çerçeve tüplerin etkin olamayacağı kadar yükselmesi durumunda çerçeve tüpün cephesine diyagonal elemanların eklenmesi yoluyla sistemin daha fazla yükseklikler için yatay yük karşısındaki etkinliği arttırılmış ve cephedeki kolonlar daha geniş açıklıklı olarak tasarlanabilmiştir. Bu sistem tüpün başlıklarındaki ve diğer tüp elemanlardaki kesme etkisini de ortadan kaldırmaktadır. Kafeslerin eklenmesi, çerçeve tüpün konsol şeklinde davranmasını sağlamak için en etkin yöntemdir. Çerçeve tüp sistemin en olumsuz yönü ise alın kirişlerinin esnekliğidir. Bu amaçla çapraz elemanlar eklenerek sistemin rijitliği arttırılmaktadır. Bu durumda kesme kuvveti alın kirişleri ile değil, diyagonaller ile karşılanmaktadır. Bu diyagonaller gerek çerçeve tüpte kirişlerin karşıladığı kaymayı gerekse de eksenel çubuk çalışması ile yatay yükleri karşılaması son derece önemlidir.

1.4.5. Demet (Modüler) Tüp Sistemler

30 kattan çok yüksek binalara kadar geniş bir yelpazede uygulanabilen demet tüp kavramı, bir dizi çerçeve tüpün, ortak iç çerçevelerle, çok hücreli bir tüp oluşturacak şekilde bir araya getirilmesiyle oluşturulmaktadır. Bu sistemde yatay yüke paralel çerçeveler kesme kuvvetlerini karşılar, diğer çerçeveler eğilme momentlerini karşılamaktadır. Demet tüpü oluşturan her bir tüpün bütünlüğünü bozmadan herhangi bir seviyede kesilebilir. Tek bir çerçeve tüpe göre, demet tüplerde kolonların daha büyük açıklıklara sahip olması mümkündür. Aradaki çerçeveler iç mekan tasarımını engellemeden yerleştirilebilir. İlke olarak her türlü kapalı form demet tüp oluşturmak için kullanılabilir.

1.4.6. Düşey Kafes Kirişli Yapılar

Çok katlı yüksek yapılar en ekonomik ve etkin şekilde düşey kafes kirişlerle rijitleştirilir. Düşey kafes kirişler statik bakımdan zemine ankastre kiriş gibidir. Dar kafes kirişlerde çubuk kuvvetleri yanında deformasyonlar da büyük olur. Geniş

olanlar ise, çubuk kuvvetleri küçük olduğundan ekonomik şekilde boyutlandırılabilir. Dar kafes kirişlerin rijitliklerini arttırmak için, birkaç katta diyagonal bağlantılar kat genişliğince uzatılır. Ayrıca, rijitliğin sadece üst kata konan yatay bir kafes kirişle artırılması da mümkündür. Kafes kiriş rijitliği ise çubuklar eğilme rijitlikli seçilerek ve düğüm noktaları rijit düzenlenerek arttırılabilir.

1.4.7. Yatay Kafes Kirişli ve Kuşaklı Yapılar

40 katın üzerindeki binalarda yalnızca düşey bir kafes ve çerçeveden oluşan taşıyıcı sistemler rüzgar ve deprem yükleri karşısında yetersiz kalmaktadır. Ayrıca bu sistemlerin belli bir yüksekliğin üzerinde etkin olabilmesi için kullanılan çelik miktarı ekonomiklik sınırını geçmektedir. Bu durumda sisteme yatay kafes kirişlerin (ara kuşakların) eklenmesiyle iki yönlü yarar sağlamaktadır. Birinci sistemin devrilme momentlerine karşı devrilme rijitliği arttırılmakta, ikincisi kullanılan çelik miktarından tasarruf sağlanmaktadır. Bu taşıyıcı sistem çaprazlı bir çekirdek ve bu çekirdekten dış kolonları birbirine bağlayan yatay kafes kirişlerden oluşabilmektedir. Yatay kafes kirişler, eğilme ve kesme kuvvetlerine karşı etkinliği arttırmak için, genellikle bir veya iki kat yükseklikte tasarlanmaktadır. Aynı amaca yönelik olarak katlar arasına diyagonaller yerleştirmek de olası bir çözümdür. Sonuç olarak her kattaki ana kirişler moment bağlantılarıyla çekirdeğe veya dış kolonlara bağlanarak yatay kafes kirişlere dönüştürülebilmektedir. Bütün bu durumlarda yatay kafes kirişler taşıyıcı sistemin eğilme dayanımını arttırsa da, kesme kuvvetlerine karşı dayanımı arttırmazlar; bu kuvvetlerin çekirdek tarafından karşılanması belirlenir.

1.4.8. Asma Sistemler

Asma sistem bir veya daha fazla çekirdek ile çatı seviyesinde çelik kablo ve benzeri gibi elemanlarla bir ucundan bu çekirdeğe asılmış, kat döşemelerinden oluşmaktadır. Asma sistemlerde tüm yükler doğrudan doğruya çekme kuvvetleri olarak karşılanmaktadır.

1.4.9. Uzay Sistemler

Uzay sistemlerde binaya etkiyen yatay yükler, üç boyutlu bir çerçeve tarafından karşılanmaktadır. Bu üç boyutlu çerçeveyi oluşturan elemanlar diğer sistemlerden farklı olarak hem yatay hem de düşey yükleri karşılamaktadır. Sonuç olarak ortaya oldukça etkin ve hafif bir sistem çıkmaktadır.

1.4.10. Omurgalı Sistemler

Yakın bir geçmişte geliştirilmiş olan omurgalı sistemlerde, yatay yüke dayanım sağlayan omurga düşey ya da eğik elemanlar, çaprazlı çerçeveler veya virendeel kirişlerinden oluşmaktadır. Düşey ve eğik elemanlar devrilme momentlerinin neden olduğu aksel yükleri karşılamaktadır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Ülkemizde çelik yapıların önündeki en büyük engellerden biri; standart ve teknik şartname gereksiniminin yeterince karşılanmaması olmuştur. Tasarım konusunda bu sorun kısmen giderilmiş olsa da imalat ve uygulama safhasında standartlar ve teknik şartnameler yetersiz kalmaktadır. Bu nedenlerle genelde diğer ülkelerin şartnamelerinden yararlanılmaktadır. Son zamanlarda çelik yapılara olan talep doğrultusunda önem ve çalışmalarda artış göstermiştir.

2009 yılının ekim ayında TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası 3. Ulusal Çelik yapılar sempozyumunu düzenlemiştir. Türkiye Yapısal Çelik Derneği (TUSCA) çelik yapılarla ilgili ulusal ve uluslar arası gelişmeler ve çalışmaları konu edinen aylık bültenler yayınlamakla beraber, teknik yayınlar çıkarılmaktadır.

Üniversitelerimizde çelik yapılar ile ilgili yapılmış olan pek çok çalışma bulunmaktadır. Bunlardan bir kısmı aşağıda verilmiştir.

S. Kocabaş (2005), Tek ve çok açıklıklı endüstri yapıları ile çok katlı çelik yapıların analizi, tasarımı ve kesit ve birleşim hesapları ayrıntılı olarak adım adım yapmış ve uygulama projeleri oluşturmuştur.

F. Güner (2006), Çok katlı çelik yapıların deprem performansının belirlenmesi ve doğrusal olmayan davranışın incelenmesine yönelik bir çalışma yapmıştır.

İ. Şirikçi (2006), Çelik taşıyıcılı bir sisteminin elastik ve plastik hesap yöntemlerine göre analizlerini yapıp karşılaştırmıştır. Ayrıca aynı sistemi betonarme olarak da modelleyip maliyet karşılaştırmaları yapmıştır.

E. Çağatay (2006), İstanbul da bulunan ve betonarme olarak inşa edilmiş olan Metrocity binasını, süneklik düzeyi yüksek dış merkez güçlendirilmiş çerçeveli çelik yapı olarak tasarlamış, yapım süresi, maliyet ve yatırımın geri dönüşü bakımından çelik yapının daha avantajlı olduğunu ispatlamıştır.

A. Ateş (2006), Çelik yapıların analiz ve tasarım kurallarını 1997 ve 2006 deprem yönetmeliklerini karşılaştırarak irdelenmiştir.

M. Kabil (2006), Tek ve çift yönde rijit çerçeve sistemler tasarlamış, analiz sonuçlarını karşılaştırmıştır.

G. Şen (2006), Çelik yapıların performansa dayalı tasarım yöntemleri üzerinde durmuş, kapasite spektrum metodu ve deplasman katsayıları metodunu kullanarak performans değerlendirilmesi yapmıştır.

Ç. Gözüaçık (2006), Düznesiz bir yapıyı merkezi ve dışmerkezi güçlendirilmiş çerçeve sistem olarak tasarlayıp analiz yaparak, metraj ve maliyet sonuçlarını karşılaştırmıştır.

E. Çileli (2008), 20 katlı merkezi ve dışmerkezi çapraz düzenleri ile tasarladığı yapıları çözümlenerek tasarım koşulları ve süneklik düzeylerini karşılaştırmıştır.

B. Aslangiray (2008), Çelik yapılar için kullanılan en önemli uluslararası standartlar ve ülkemizde kullanılan standartlar arasında karşılaştırmalar yapmış, örnek yapı üzerinde çözüm yaparak sonuçları irdlemiştir.

M. Bulut (2008), Çaprazlı çok katlı çelik yapıların doğrusal olmayan davranışını Eurocode 1,3,4 ve 8 yönetmeliklerine göre incelemiş, dizayn ve süneklik düzeylerini karşılaştırmıştır.

N. Aydınoglu, Z. Celep, H.Sucuoğlu, E. Özer (2009), Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmelik açıklamalar ve örnekler kitabını Bayındırlık Ve İskan Bakanlığını adına hazırlamışlardır.

Bu çalışmada ise Aynı koşullar altındaki bir bina rijit çerçeve, merkezi çaprazlı ve dış merkezi çaprazlı olarak modellenmiş, 2007 deprem yönetmeliğine göre analizi yapıp, yönetmelikte kuralları verilen kapasite tasarımı ilkeleri doğrultusunda kontrolleri yapılmış. Sonuçlar karşılaştırılarak yorumlanmaya çalışılmıştır.

3. DEPREME DAYANIKLI ÇELİK YAPI TASARIMI

Depreme dayanıklı yapı tasarımında tüm dünyada uygulanan ilke, yapının sık ve küçük şiddetteki depremleri elastik sınırlar içinde kalarak; orta şiddetteki depremleri elastik sınırların ötesinde, fakat taşıyıcı sistemde kolayca onarılabilecek önemsiz hasarlarla; çok seyrek şiddetli depremleri, büyük hasarla fakat taşıyıcı sistemi tamamen göçmeden, can kaybı olmaksızın karşılayabilmesidir.

Deprem riski yüksek olan bir bölgede yapılacak yapının deprem etkisiyle maruz kalacağı yükler, yapının kütle, rijitlik, sönüm gibi dinamik özellikleri ile deprem hareketinin özellikleri arasındaki ilişkiye bağlıdır. Deprem yapı için hareketli ve dinamik bir yüküdür. Dinamik kuvvetler zamanla değişir ve zamanla değişen kuvvetler altında yapıda atalet kuvvetleri doğar. Meydana gelen atalet kuvvetleri, kütle ile yer ivmesinin çarpımına eşittir. Bunun dışında depremin etkisi depremin frekans karakteristikleri ve deprem etki süresine de bağlıdır.

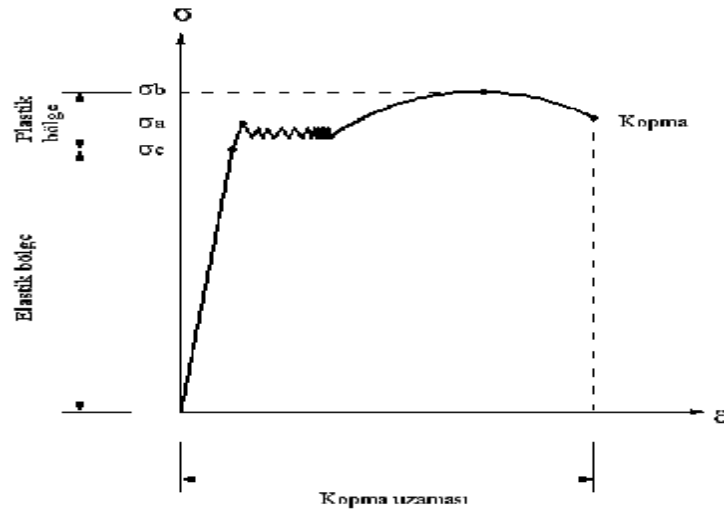
Depremden oluşan kesit tesirlerinin, taşıyıcı sistemin elastik davranışı ile karşılanması mümkün değildir. Yatay deprem kuvvetlerinin %10-25 değerlerinin elastik davranış ile karşılandığı kabul edilir. Deprem enerjisinin büyük bir kısmı lineer olamayan deformasyonlarla tüketilir.

Tüm bunlar bir arada düşünüldüğünde kopmadan büyük defromasyon yapabilme özelliğinin yanı sıra hafif ve yüksek dayanımlı olması nedeniyle deprem dayanıklı yapı çözümlerinde çelik yapılar öne çıkmıştır.

3.1. Yapı Malzemesi Olarak Çelik

Çelik yüksek ölçüde demir düşük ölçüde karbon içeren bir alaşımdır. Karbon miktarı artıkça çeliğin dayanımı artar fakat bu durumda çelik daha gevrek hale gelir. Yapısal çeliğin hem yüksek dayanımlı hem de sünek olmasının gerekliliği düşünüldüğünde üretiminde karbon yüzdesi hassas ve önemli rol oynamaktadır. Çelik alaşımına ayrıca fosfor, kükürt, azot, silisyum, manganez, bakır, krom ve nikel gibi elemanlarda çeliğin kalitesini artırmak için ilave edilir.

Yapı çeliğinin işlenme ve kullanıma yönelik en önemli özellikleri mukavemet, süneklik, kaynaklanabilirlik, işlenme özelliği ve korozyon dayanımı sayılabilir. Statik yükler ve çekme kuvvetleri altındaki dayanımını tanımlamak için malzemenin akma sınırı, çekme mukavemeti, sertlik özelliklerinden yararlanılır. Akma sınırı ve çekme mukavemetine karşı gelen karakteristik değerler çekme deneyi ile saptanır ve kuvvet- uzama diyagramı elde edilir ki, buradan da gerilme- şekil değiştirme diyagramına geçilir.



Şekil 3.1. Gerilme-şekil değiştirme diyagramı

3.2. Yapı Geometrisi ve Süreklilik

Geometri olarak basit ve düzenli yapıların yapımı kolay olup yapımda hata yapma olasılığının az olmasına ek olarak bu tür yapıların depremdeki davranışının tahmin etmek ve buna göre çözümleme yapmak daha kolaydır. Her iki doğrultuda simetrik tasarlanmış binalarda, karmaşık ve düzensiz binalarda ortaya çıkan burulma etkilerinden de kaçınılmış olunur.

3.3. Sünek (Düktil) Yapı

Yapı elemanlarının kırılma konumuna ulaşmadan önce, büyük deformasyonlar gösterebilme özelliğine süneklik denir. Sünek yapılar deprem

esnasında deprem enerjisinin yıkılmadan kalıcı deformasyonlar yaparak tüketmeye çalışırlar. Sünek bir yapının enerji yutma özelliği nedeniyle herhangi bir depremde maruz kalacağı yatay yüklerin şiddeti, süneklik düzeği düşük bir yapıya göre daha azdır.

Yapıya gelecek deprem kuvvetlerini mümkün olan minimuma indirmek, büyük deprem kuvvetleri doğmasına meydan vermeden, gerekirse plastik mafsallar teşkili ile, alternatif yönlü yatay deprem deplasmanlarının yer alabilmesini sağlamaktır. Sünek yapıda deprem enerjisi bu kesitlerde oluşan deplasmanlarla, kesitlerde kopma olmadan plastik mafsallar tarafından yutulur.

Çeliğin en önemli iki özelliği, sünekliği ve tekrarlı inelastik yükleme altında enerji yutma kapasitesidir. Bir çok çelik elemanın plastik uzaması veya kısılması için ihtiyaç duyulan enerji, plastik kuvvet ile plastik deformasyonun çarpımı olarak hesaplanır ve histerik enerji olarak adlandırılır.

Bir taşıyıcı sisteme etkileyen deprem yükü, bu sisteme bir dış enerji uygular. Bu enerjinin karşılığı ise, sistemde harcanan plastik enerji ile depolanan deformasyon enerjisi ve kinetik enerjidir.

$$E_D = E_H + E_e + E_K$$

Burada;

E_D : Deprem enerjisi

E_H : Kinetik enerji

E_e : Elastik deformasyon enerjisi

E_K : Harcanan plastik enerji

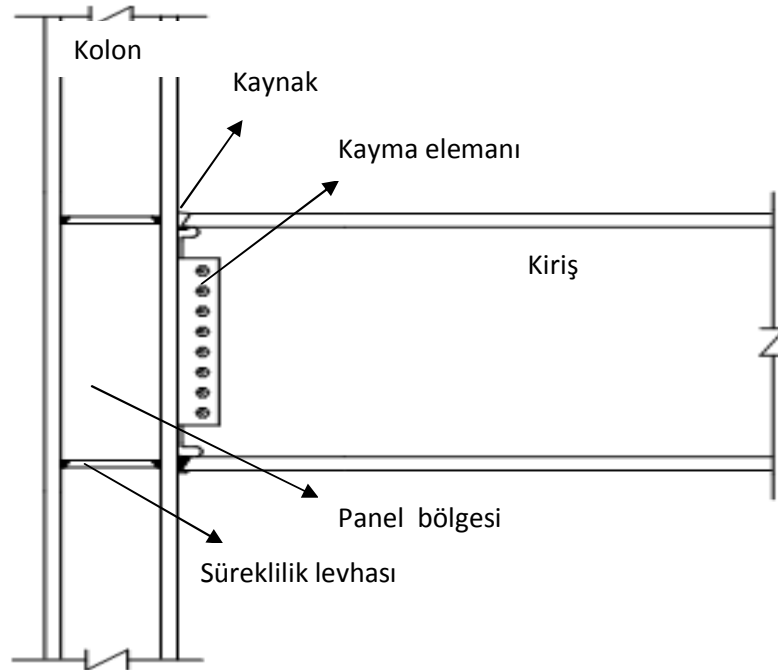
3.4. 2007 Deprem Yönetmeliğinde Öngörülen Çelik Taşıyıcı Sistemler

3.4.1. Moment Aktaran Çerçeveler

Sünek rijit çerçeve sistemleri, birbirlerine rijit olarak bağlanmış kolon ve kiriş elemanlarında oluşur. Yanal yüklere direnç, çerçeve elemanlarında moment ve kesme kuvvetlerinin oluşumu ile gerçekleşir.

Rijit çelik çerçeve sistemler diğer sistemlere nazaran mimari açıdan daha geniş tasarım olanakları sağlarlar. Yüksek düktiliye sahip olmakla birlikte düşük elastik rijitliğe sahiptirler.

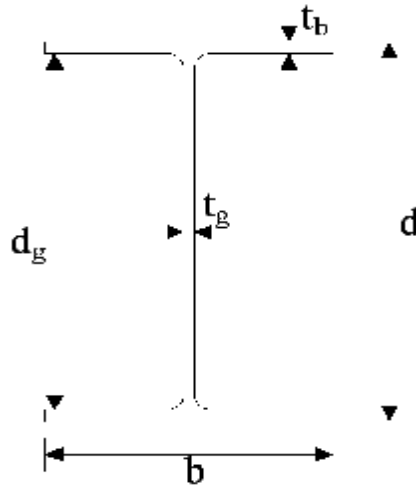
Çelik çerçeve sistemleri aşırı deprem yükleri altında plastik mafsalların kolonlardan ziyade kirişlerde oluşması halinde, daha çok histerik enerji sarf edilir. Plastik mafsalların kirişlerde oluşması sonucu ortaya çıkan göçme mekanizması yumuşak kat mekanizmasının oluşumunu önler. Bu şekilde boyutlandırılan sistemlere kuvvetli kolon-zayıf kiriş sistemleri denir.



Şekil 3.2. Rijit çelik çerçeve birleşimi

Panel bölgesi: Depreme dayanıklı olarak tasarlanan çok katlı çelik çerçeve sistemlerin kirişleri üzerinde plastik mafsallar oluşması beklenir. Bunun için istenmeyen kolon-kiriş birleşim yetersizlikleri oluşmaması şarttır. Bu amaçla birleşim yerinde, oluşmaları muhtemel olan akma, buruşma ve panel bölgesi yük taşıma kaybı durumlarının önlenmesi gerekir. Kiriş başlık levhası hizasında kolon gövdesine her iki yandan konan takviye levhaları, panel bölgesinde oluşması muhtemel akma ve buruşma durumlarını etkin bir biçimde önler. Bazı durumlarda diyagonal berkitme levhası kullanılması durumuna da gidilebilir.

Kirişler: Çelik kirişlerde yük taşıma kapasitesi kaybı, kiriş başlıklarında, gövde levhasında meydana gelen yerel burkulma ve yanal burkulma nedeniyle oluşur. Eğilme sünekliğini yüksek tutmak için kiriş enkesit oranlarını uygun seçmek gereklidir. Yerel burkulma yük taşıma kapasitesi kayıplarında birinci derecede rol oynadığından kesit oranları ögle olmalıdır ki, lokal burulma büyük deformasyon değerlerinde oluşsun.



Şekil 3.3. Kiriş kesiti

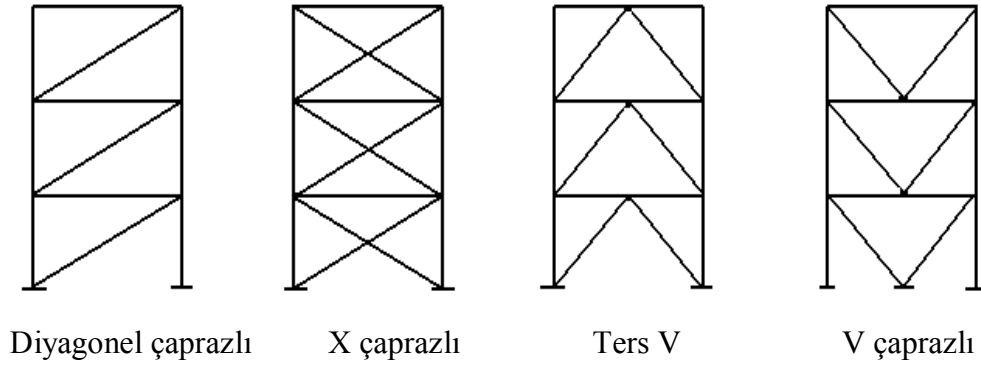
Uygun bir süneklik seviyesine ulaşılabilmesi için b/t_b oranı St37 çeliği için 17, St52 çeliği için 14 den küçük olmamalıdır. d_g/t_g oranı ise St37 çeliği için 44 ten, St52 çeliği için ise 36 dan küçük olmamalıdır.

Kolonlar: Kolonların maksimum moment taşıma kapasitesi ve sünekliği üzerine etkiyen eksenel kuvvet, burkulmalarla değişir. Küçük eksenel basınç kuvveti etkisi altındaki kolonlar daha sünek davranış gösterirken, büyük eksenel yükler altındaki kolonlarda daha az sünek davranış gözlenir. Eğilme sünekliğini yüksek tutmak için en kesit oranlarını uygun seçmek gerekir. Geniş ve ince levhalı başlık ya da gövde kesitleri yerel burkulma oluşabilecek kesitlerdir.

Birleşimler: ABD'nin Los Angeles kentinde 1994'te meydana gelen Northridge depreminde hiçbir çelik binada göçme ya da can kaybı olmamasına karşın kolon-kiriş bölgelerinde gevrek kırılmalar ve çatlaklar gözlenmiştir. Bunun üzerine çalışmalar ve deneylerle daha güvenilir birleşim teşkilleri ortaya konmuştur. Northridge depreminden önce kullanılan başlıklardan kaynaklı gövdeden bulon levhalı birleşimler yapılan testlerde yüksek performans göstermelerine rağmen deprem esnasında beklenenin aksine bir sonuç çıkmıştır. Genellikle kirişi kolona bağlayan kaynaklarda, kolon başlığında ve kaynaktan başlayıp kolon başlığına doğru çatlaklar gözlenmiştir. Yeni test ve çalışmalarla geliştirilen birleşim şekil ve detaylarıyla eskisinin yerini almıştır.

3.4.2. Merkezi Çaprazlı Perdeler

Merkezi çapraz perdeli sistemler, çapraz elemanların merkez çizgileri ana çerçevenin birleşim noktaları ile düzenli bir konfigürasyon içerisinde birleşerek düşey taşıyıcı sistem içinde bir tür düşey kafes sistem oluşturan sistemlerdir. Yatay deprem + rüzgar yükleri bu düşey kafes sistem ile taşınır. Bu sistemler rijit çelik çerçeve sistemlere göre yüksek yatay elastik rijitliğe sahip olmalarına karşın düşük sünek davranış gösterirler. Mimari çeşitlilik açısından ise çapraz elemanları engel teşkil edebilmektedir.

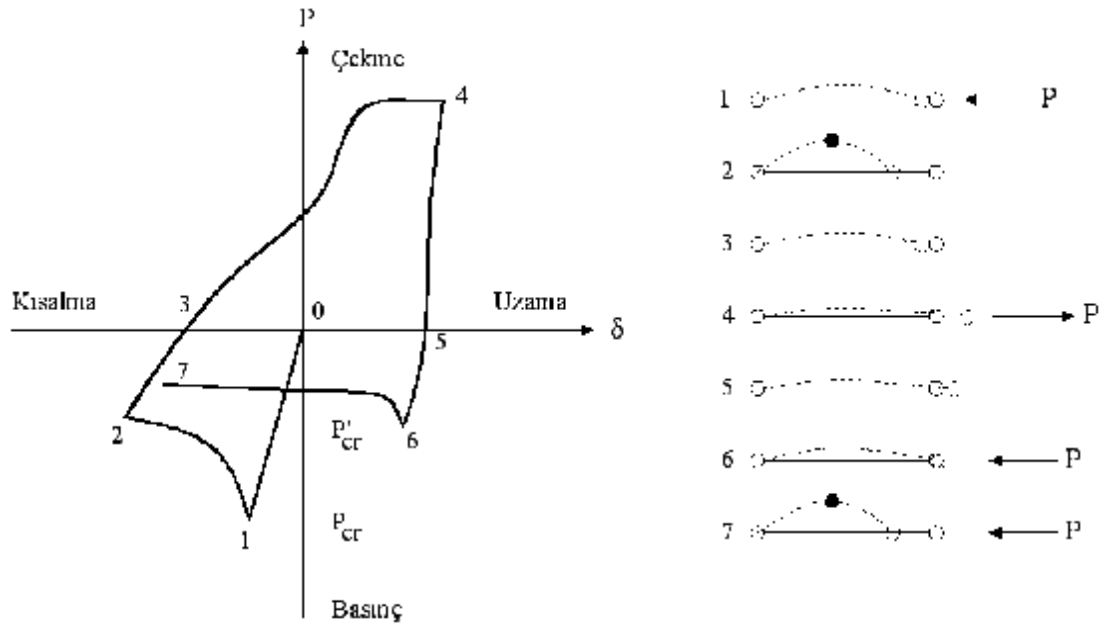


Şekil 3.4. Merkezi çapraz perdeli sistemler

Merkezi çelik çaprazlar tekrarlı aksenal yük etkisinde enerji tüketirler. Çekme altında akarak, basınç altında da burkularak, dayanımını ve rijitliğini önemli ölçüde kaybetmeden büyük deformasyonlar yapabilmeleri beklenir. Çaprazlar sistemdeki diğer elemanlara nazaran en zayıf eleman olarak seçilmelidir. Çaprazların deprem esnasındaki akma ve burkulma hareketleri sırasında birleşimler, kolonlar ve kirişler elastik sınırlar içinde kalacak şekilde daha güçlü tasarlanmalıdır.

Çapraz elemanların λ narinliği azaldıkça inelastik çevrimsel davranışlar iyileşmeye, yani enerji yutma kapasitesi artmaya başlar. Bu nedenle yönetmeliklerde narinlikler için sınırlamalar getirilmiştir. Bir çapraz elemanın enerji yutma kapasitesi basınç etkisi altında iken narinliğe bağlıdır.

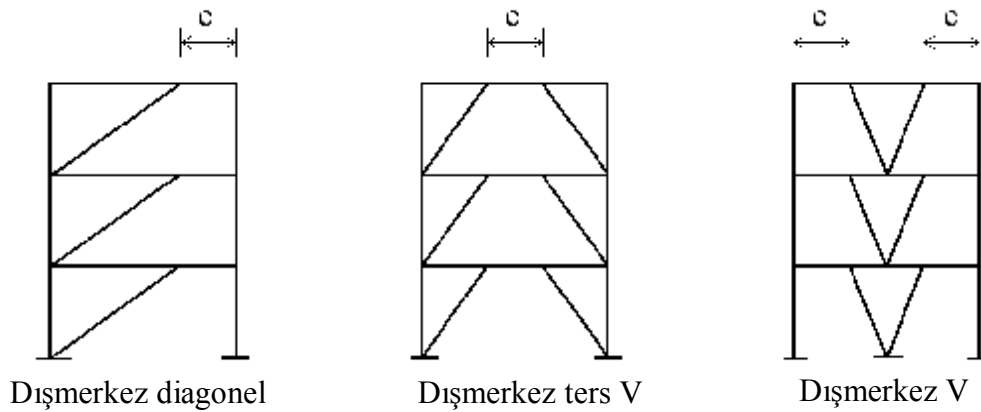
Merkezi Çapraz Elemanların Davranışı: Tekrarlı aksenal yük etkisinde çapraz elemanı çevrimsel davranış eğrisi Şekil 3.5’de görülmektedir. Eleman aksenal basınç etkisinde burkulma kapasitesine kadar yüklenir ve 1 noktasında burkulma oluşur ve eleman yanal deplasman yapar. 2 noktasında artan basınç yüküyle beraber elemanın orta noktasında plastik mafsal oluşur. 3 noktasında aksenal yük sıfıra inmiştir fakat aksenal deformasyon ve yanal deplasman mevcuttur. 3’den sonra aksenal yük tekrar yüklemeye çekmeye dönüşür, elemandaki yanal deplasman azalır fakat sıfıra inmeden elemanda akma gözlenir. 4 noktasından sonra kuvvet tekrar sıfıra iner fakat eleman da kalıcı deformasyonlar oluşmuştur ve görüldüğü gibi 6 noktasında burkulma kapasitesi, P_{cr} , başlangıçtakinden küçüktür.



Şekil 3.5. Merkezi çelik çaprazlı perde davranışı

3.4.3. Dışmerkez Çaprazlı Perdeler

Dışmerkez çelik çapraz perdeli sistemlerde çapraz elemanın bir ucu kirişe “bağlantı kirişi olarak anılan” parçayı oluşturacak şekilde bağlanır. İn elastik davranış bu bağlantı elemanı (bağlantı kirişi) üzerinde sınırlandırılır. Dış merkez çelik çaprazlı sistemler çeşitli geometrik formlarda olabilir. Bunlar arasında ters V formu kolonlarda yüksek momentlere neden olmayacak bir formda oldukları için en çok tercih edilendir.



Şekil 3.6. Dışmerkezli çelik çaprazlı sistemler

Dışmerkezli çelik çaprazlı sistemler yüksek elastik rijitliğe sahip olmalarının yanı sıra, çevrimsel yatay yükler altında stabil bir inelastik davranışa ve mükemmel bir süneklik ve enerji yutma kapasitesine sahiptir. Sisteme gelen deprem enerjisi bağlantı kirişinin inelastik davranışı ile tüketilmeye çalışılır. Bağlantı kirişi dışındaki tüm kolonlar, kirişler, çaprazlar ve birleşimler elastik sınırlar içinde kalacak şekilde tasarım yapılmalıdır.

Çapraz elemanda oluşacak eksenel yük, kirişe eksenel gerilme yaratan yatay bileşeni ve kiriş gövdesine kayma gerilmeleri oluşturan düşey bileşeni ile aktarılır. Berkeley Üniversitesinde yapılan çalışmalar sonucu; bağlantı kirişlerinin gövde takviye levhaları olmaksızın tekrarlı yüklere karşı koyacak kapasiteye sahip olmadıkları ve yük taşıma kapasitesinin, gövde buruşması nedeniyle önemli oranda azaldığı ortaya konulmuştur. Bunun için, gövde burkulmasını önleyecek şekilde bağlantı kirişlerine rijitlik verilmelidir.

4. DEPREM BÖLGELERİNDE YAPILACAK BİNALAR HAKKINDAKİ YÖNETMELİK

Bu bölümde ülkemizde deprem bölgelerinde yapılacak olan yapıların analiz ve tasarımlarında ve daha önce yapılmış binaların değerlendirilmesinde kullanılan *Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, 2007* (DBYBHY) irdelenerek, çelik yapılar için esaslar ortaya konacaktır.

4.1. Depreme Dayanıklı Binalar İçin Hesap Kuralları

4.1.1. Genel İlke ve Kurallar

4.1.1.1. Bina Taşıyıcı Sistemine İlişkin Genel İlkeler

(1) Bir bütün olarak deprem yüklerini taşıyan bina taşıyıcı sisteminde ve aynı zamanda taşıyıcı sistemi oluşturan elemanların her birinde, deprem yüklerinin temel zeminine kadar sürekli bir şekilde ve güvenli olarak aktarılmasını sağlayacak yeterlikte rijitlik, kararlılık ve dayanım bulunmalıdır.

(2) Döşeme sistemleri, deprem kuvvetlerinin taşıyıcı sistem elemanları arasında güvenli aktarılmasını sağlayacak düzeyde rijitlik ve dayanıma sahip olmalıdır. Yeterli olmayan durumlarda, döşemelerde uygun aktarma elemanları düzenlenmelidir.

(3) Binaya aktarılan deprem enerjisinin önemli bir bölümünün taşıyıcı sistemin sünek davranışı ile tüketilmesi için, Bölüm 3.2’de belirtilen sünek tasarım ilkelerine titizlikle uyulmalıdır.

(4) İleriki kısımlarda tanımlanacak olan düzensiz binaların tasarımından ve yapımından kaçınılmalıdır. Taşıyıcı sistem planda simetrik veya simetriğe yakın düzenlenmeli A1 başlığı ile tanımlanan burulma düzensizliğine olabildiğince yer verilmemelidir. Bu bağlamda, rijit taşıyıcı sistem elemanlarının binanın burulma rijitliğini arttıracak biçimde yerleştirilmesine özen gösterilmelidir. Düşey doğrultuda

ise özellikle B1 ve B2 başlıkları ile tanımlanan ve herhangi bir katta zayıf kat veya yumuşak kat durumu oluşturan düzensizliklerden kaçınılmalıdır.

(5) (C) ve (D) gruplarına giren zeminlere oturan kolon ve özellikle perde temellerindeki dönmelerin taşıyıcı sistem hesabına etkileri, uygun idealleştirme yöntemleri ile göz önüne alınmalıdır.

4.1.1.2. Deprem Yüklerine İlişkin Genel Kurallar

(1) Binalara etkiyen deprem yüklerinin belirlenmesi için, bu bölümde aksi belirtilmedikçe, Spektral İvme Katsayısı ve Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı esas alınacaktır.

(2) Deprem yüklerinin sadece yatay düzlemde ve birbirine dik iki eksen doğrultusunda etkidikleri varsayılacaktır.

(3) Deprem yükleri ile diğer yüklerin ortak etkisi altında binanın taşıyıcı sistem elemanlarında oluşacak tasarım iç kuvvetlerinin taşıma gücü ilkesine göre hesabında kullanılacak yük katsayılar, ilgili yapı yönetmeliklerinden alınacaktır.

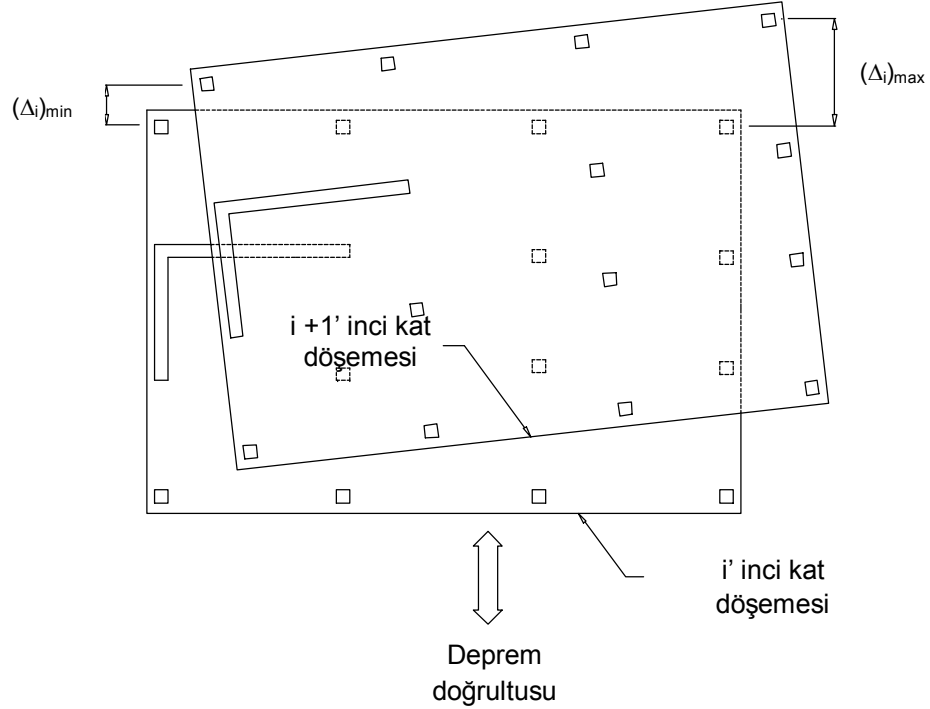
(4) Deprem yükleri ile rüzgar yüklerinin binaya aynı zamanda etkimediği varsayılacak ve her bir yapı elemanının boyutlandırılmasında, deprem ya da rüzgar etkisi için hesaplanan büyüklüklerin elverişsiz olanı göz önüne alınacaktır. Ancak, rüzgardan oluşan büyüklüklerin daha elverişsiz olması durumunda bile; elemanların boyutlandırılması, detaylandırılması ve birleşim noktalarının düzenlenmesinde, bu Yönetmelikte belirtilen koşullara uyulması zorunludur.

4.1.2. Düzensiz Binalar

4.1.2.1. Planda Düzensizlikler Durumu

(1) **A1- Burulma Düzensizliği:** Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük görelî kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama görelî ötelemeye oranını ifade eden Burulma Düzensizliği

Katsayısı η_{bi} 'nin 1.2'den büyük olması durumu (Şekil 4.1). [$\eta_{bi} = (\Delta i)_{\max} / (\Delta i)_{\text{ort}} > 1.2$]



Döşemelerin kendi düzlemleri içinde rijit diyafram olarak çalışmaları durumunda
 $(\Delta i)_{\text{ort}} = 1/2 [(\Delta i)_{\max} + (\Delta i)_{\min}]$
Burulma düzensizliği katsayısı : $\eta_{bi} = (\Delta i)_{\max} / (\Delta i)_{\text{ort}}$
Burulma düzensizliği durumu : $\eta_{bi} > 1.2$

Şekil 4.1. Burulma düzensizliği durumu

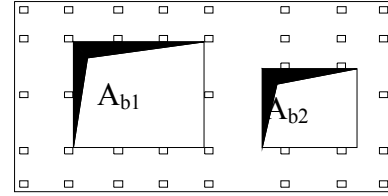
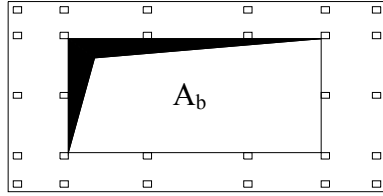
Görelî kat ötelemelerinin hesabı, $\pm \%5$ ek dışmerkezlîk etkileri de gözönüne alınarak yapılacaktır. A1 türü düzensizlik deprem hesap yönteminin seçiminde etken olan düzensizliklerdendir.

(2) A2- Döşeme Süreksizlikleri: Herhangi bir kattaki döşemede (Şekil 4.2);

(a) – Merdiven ve asansör boşlukları dahil, boşluk alanları toplamının kat brüt alanının 1/3'ünden fazla olması durumu,

(b) – Deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunması durumu,

(c)– Döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumu,

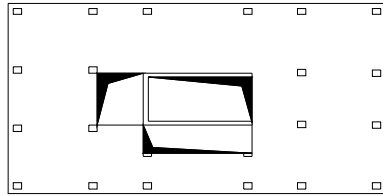


$$A_b = A_{b1} + A_{b2}$$

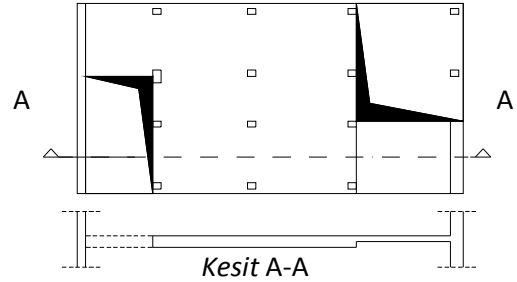
A2 türü düzensizlik durumu – 1

$$A_b / A > 1/3$$

A_b : Boşluk alanları toplamı, A : Brüt alan



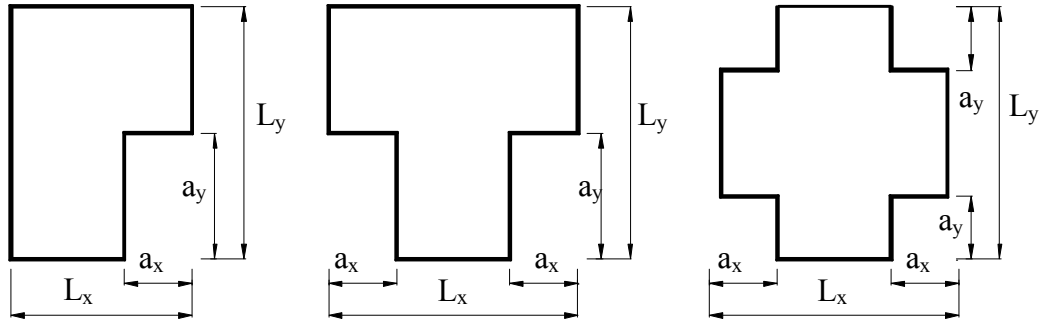
A2 türü düzensizlik durumu – 2



A2 türü düzensizlik durumu-2 ve 3

Şekil 4.2. Döşeme düzensizliği durumu

(3) A3- Planda Çıkıntılar Bulunması: Bina kat planlarında çıkıntı yapan kısımların birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisinin de, binanın o katının aynı doğrultulardaki toplam plan boyutlarının %20'sinden daha büyük olması durumu.



A3 türü düzensizlik durumu:
 $a_x > 0.2 L_x$ ve aynı zamanda $a_y > 0.2 L_y$
 $a_x > 0.2 L_x$ ve aynı zamanda $a_y > 0.2 L_y$

Şekil 4.3. Planda çıkıntılar bulunması durumu

A2 ve A3 türü düzensizliklerin bulunduğu binalarda, birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde, kat döşemelerinin kendi düzlemleri içinde deprem kuvvetlerini düşey taşıyıcı sistem elemanları arasında güvenle aktarabildiği hesapla doğrulanacaktır.

4.1.2.2. Düşey Doğrultuda Düzensizlikler Durumu

(1) B2- Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat):

Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir i'inci kattaki ortalama görelî kat öteleme oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama görelî kat öteleme oranına bölünmesi ile tanımlanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısı η_{ki} 'nin 2.0'den fazla olması durumu. [$\eta_{ki} = (\Delta_i / h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1} / h_{i+1})_{ort} > 2.0$ veya $\eta_{ki} = (\Delta_i / h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1} / h_{i-1})_{ort} > 2.0$]

Görelî kat ötelemelerinin hesabı, $\pm$ %5 ek dışmerkezlik etkileri de göz önüne alınacaktır. Deprem hesabı yönteminin seçiminde etken olan bir düzensizlik durumudur.

(2) B3 - Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği :Taşıyıcı

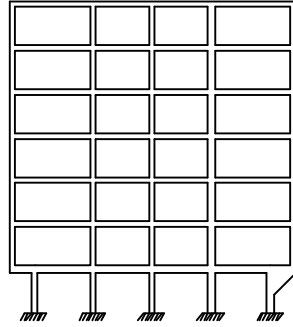
sistemin düşey elemanlarının (kolon veya perdelerin) bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin veya guseli kolonların üstüne veya ucuna oturtulması, ya da üst kattaki perdelerin altta kolonlara oturtulması durumu.

(a) Kolonların binanın herhangi bir katında konsol kirişlerin veya alttaki kolonlarda oluşturulan guselerin üstüne veya ucuna oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmez.

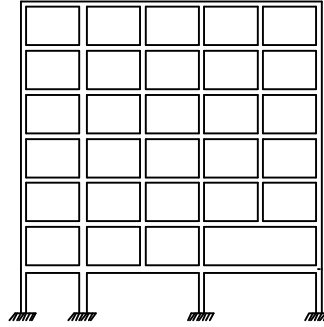
(b) Kolonun iki ucundan mesnetli bir kirişe oturması durumunda, kirişin bütün kesitlerinde ve ayrıca gözönüne alınan deprem doğrultusunda bu kirişin bağlandığı düğüm noktalarına birleşen diğer kiriş ve kolonların bütün kesitlerinde, düşey yükler ve depremin ortak etkisinden oluşan tüm iç kuvvet değerleri %50 oranında arttırılacaktır.

(c) Üst katlardaki perdenin altta kolonlara oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmez.

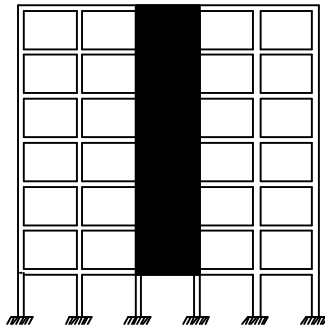
(d) Perdelerin binanın herhangi bir katında, kendi düzlemleri içinde kirişlerin üstüne açıklık ortasında oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmez.



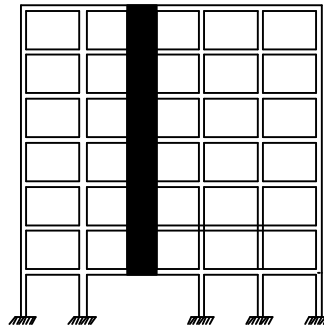
Bkz. 3.1.4.2.2 (a)



Bkz. 3.1.4.2.2 (b)



Bkz. 3.1.4.2.2 (c)



Bkz. 3.1.4.2.2 (d)

Şekil 4.4. Taşıyıcı sistem düşey elemanların süreksizliği

4.1.3. Elastik Deprem Yüklerinin Tanımlanması: Spektral İvme Katsayısı

Deprem yüklerinin belirlenmesi için esas alınacak olan Spektral İvme Katsayısı, $A(T)$, Denk.(4.1) ile verilmiştir. %5 sönüm oranı için tanımlanan Elastik İvme Spektrumu'nun ordinatı olan Elastik Spektral İvme, $S_{ae}(T)$, Spektral İvme Katsayısı ile yerçekimi ivmesi g 'nin çarpımına karşı gelmektedir.

$$\begin{aligned} A(T) &= A_0 I S(T) \\ S_{ae}(T) &= A(T) g \end{aligned} \tag{4.1}$$

4.1.3.1. Etkin Yer İvmesi Katsayısı (A_0)

Çizelge 4.1. Etkin Yer İvmesi Katsayısı

Deprem Bölgesi	A_0
1	0.4
2	0.3
3	0.2
4	0.1

4.1.3.2. Bina Önem Katsayısı (I)

Çizelge 4.2. Bina Önem Katsayısı

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

4.1.3.3. Spektrum Katsayısı

Spektrum Katsayısı, $S(T)$, yerel zemin koşullarına ve bina doğal periyodu T 'ye bağlı olarak Denk.(4.2) ile hesaplanacaktır.

$$\begin{aligned}
 S(T) &= 1 + 1.5 \frac{T}{T_A} & (0 \leq T \leq T_A) \\
 S(T) &= 2.5 & (T_A < T \leq T_B) \\
 S(T) &= 2.5 \left(\frac{T_B}{T} \right)^{0.8} & (T_B < T)
 \end{aligned} \tag{4.2}$$

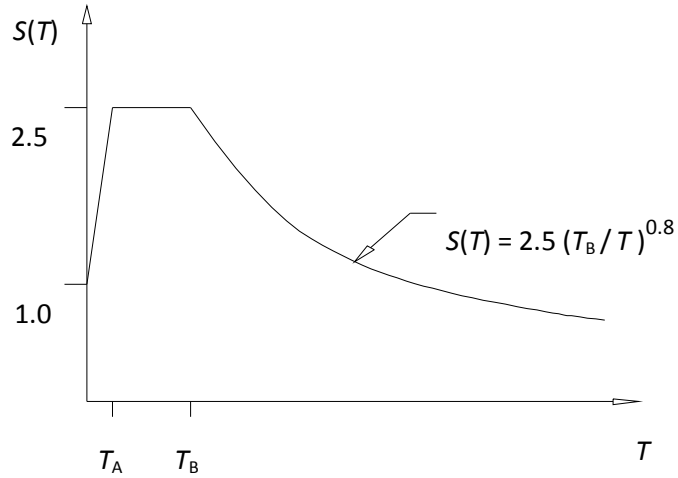
Denk.(4.2)'deki Spektrum Karakteristik Periyotları, T_A ve T_B , Yerel Zemin Sınıfları'na bağlı olarak Çizelge 4.3'te verilmiştir.

Çizelge 4.3. Spektrum Karakteristik Periyotları

Yerel Zemin Sınıfı	TA (saniye)	TB (saniye)
Z1	0.10	0.30
Z2	0.15	0.40
Z3	0.15	0.60
Z4	0.20	0.90

4.1.3.4. Özel Tasarım İvme Spektrumları

Gerekli durumlarda elastik tasarım ivme spektrumu, yerel deprem ve zemin koşulları göz önüne alınarak yapılacak özel araştırmalarla da belirlenebilir. Ancak, bu şekilde belirlenecek ivme spektrumu ordinatlarına karşı gelen spektral ivme katsayıları, tüm periyotlar için, Çizelge 4.3'teki ilgili karakteristik periyotlar gözönüne alınarak Denk. (4.1)'den bulunacak değerlerden hiçbir zaman daha küçük olmayacaktır.



Şekil 4.5. Özel tasarım ivme spektrumu

4.1.4. Elastik Deprem Yüklerinin Azaltılması: Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı

Depremde taşıyıcı sistemin kendine özgü doğrusal elastik olmayan davranışını göz önüne almak üzere, 4.1.3'te verilen spektral ivme katsayısına göre bulunacak elastik deprem yükleri, aşağıda tanımlanan Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı'na bölünecektir. Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı, çeşitli taşıyıcı sistemler

için Çizelge 4.4'te tanımlanan Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı, R'ye ve doğal titreşim periyodu, T'ye bağlı olarak Denk.(4.3) ile belirlenecektir.

$$R_a(T) = 1.5 + (R - 1.5) \frac{T}{T_A} \quad (0 \leq T \leq T_A) \quad (4.3)$$

$$R_a(T) = R \quad (T_A < T)$$

Çizelge 4.4. Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R)

BİNA TAŞIYICI SİSTEMİ	Süneklik Düzeyi Normal Sistemler	Süneklik Düzeyi Yüksek Sistemler
(3) ÇELİK BİNALAR		
(3.1) Deprem yüklerinin tamamının çerçevelerle taşındığı binalar.....	5	8
(3.2) Deprem yüklerinin tamamının, üstten bağlantıları mafsallı olan kolonlar tarafından taşındığı tek katlı binalar.....	-	4
(3.3) Deprem yüklerinin tamamının çaprazlı perdeler veya yerinde dökme betonarme perdeler tarafından taşındığı binalar		
(a) Çaprazların merkezi olması durumu.....	4	5
(b) Çaprazların dışmerkezi olması durumu.....	-	7
(c) Betonarme perdelerin kullanılması durumu.....	4	6
(3.4) Deprem yüklerinin çerçevelerle birlikte çaprazlı çelik perdeler veya yerinde dökme betonarme perdeler tarafından birlikte taşındığı binalar		
(a) Çaprazların merkezi olması durumu.....	5	6
(b) Çaprazların dışmerkezi olması durumu.....	-	8
(c) Betonarme perdelerin kullanılması durumu.....	4	7

4.1.4.1. Taşıyıcı Sistemlerin Süneklik Düzeylerine İlişkin Genel Koşullar

(1) Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayıları Çizelge 4.4'te verilen süneklik düzeyi yüksek taşıyıcı sistemler ve süneklik düzeyi normal taşıyıcı sistemlere ilişkin tanımlar ve uyulması gerekli koşullar, Çelik binalar için bu çalışmada Bölüm 4.2'de, Yönetmelikte ise Bölüm 4'te verilmiştir.

(2) Çizelge 4.4'te süneklik düzeyi yüksek olarak göz önüne alınacak taşıyıcı sistemlerde, süneklik düzeyinin her iki yatay deprem doğrultusunda da yüksek olması zorunludur. Süneklik düzeyi bir deprem doğrultusunda yüksek veya karma,

buna dik diğer deprem doğrultusunda ise normal olan sistemler, her iki doğrultuda da süneklik düzeyi normal sistemler olarak sayılacaktır.

(3) Süneklik düzeyleri her iki doğrultuda aynı olan veya bir doğrultuda yüksek, diğer doğrultuda karma olan sistemlerde, farklı doğrultularda birbirinden farklı R katsayıları kullanılabilir.

(4) Birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde;

(a) Taşıyıcı sistemi sadece çerçevelerden oluşan binalarda süneklik düzeyi yüksek taşıyıcı sistemlerin kullanılması zorunludur.

(b) Çizelge 4.2'ye göre Bina Önem Katsayısı $I=1.2$ ve $I=1$ olan çelik binalarda, $H_N \leq 16m$ olmak koşulu ile, sadece süneklik düzeyi normal çerçevelerden oluşan taşıyıcı sistem kullanılabilir.

(c) Çizelge 4.2'ye göre Bina Önem Katsayısı $I = 1.5$ ve $I = 1.4$ olan tüm binalarda süneklik düzeyi yüksek taşıyıcı sistemler veya süneklik düzeyi bakımından karma taşıyıcı sistemler kullanılacaktır.

4.1.5.1.5. Perde içermeyen süneklik düzeyi normal taşıyıcı sistemlere, sadece üçüncü ve dördüncü deprem bölgelerinde, sadece süneklik düzeyi normal çerçevelerden oluşan betonarme ve çelik binalar $H_N \leq 25m$ olmak koşulu ile yapılabilir.

4.1.4.2. Süneklik Düzeyi Normal Bazı Sistemlerde Perde Kullanım Zorunluluğuna İlişkin Koşullar

Süneklik düzeyi normal sistemler, bütün deprem bölgelerinde ve aynı paragraflarda tanımlanan yükseklik sınırlarının üzerinde de yapılabilir. Ancak bu durumda, Çelik binalarda süneklik düzeyi normal veya yüksek merkezi veya dışmerkez çaprazlı perdelerin kullanılması zorunludur.

(1) Taşıyıcı sistemde süneklik düzeyi normal perdelerin kullanılması durumunda, her bir deprem doğrultusunda, deprem yüklerine göre perdelerin tabanında elde edilen kesme kuvvetlerinin toplamı, binanın tümü için tabanda meydana gelen toplam kesme kuvvetinin %75'inden daha fazla olacaktır.

(2) Taşıyıcı sistemde süneklik düzeyi yüksek perdelerin kullanılması durumunda, aşağıda karma taşıyıcı sistemler için verilen kurallar uygulanacaktır.

4.1.4.3. Süneklik Düzeyi Bakımından Karma Taşıyıcı Sistemlere İlişkin Koşullar

(1) Süneklik düzeyi normal sistemlerin, süneklik düzeyi yüksek perdelerle bir arada kullanılması mümkündür. Bu şekilde oluşturulan süneklik düzeyi bakımından karma sistemlerde, aşağıda belirtilen koşullara uyulmak kaydı ile, süneklik düzeyi yüksek boşluksuz, bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler veya çelik binalar için merkezi veya dışmerkez çaprazlı çelik perdeler kullanılabilir.

(a) Bu tür karma sistemlerin deprem hesabında çerçeveler ve perdeler birarada gözönüne alınacak, ancak her bir deprem doğrultusunda mutlaka $\alpha_S \geq 0.40$ olacaktır.

(b) Her iki deprem doğrultusunda da $\alpha_S \geq 2/3$ olması durumunda, Çizelge 3.4'te deprem yüklerinin tamamının süneklik düzeyi yüksek perde tarafından taşındığı durum için verilen R katsayısı ($R = R_{YP}$), taşıyıcı sistemin tümü için kullanılabilir.

(c) $0.40 < \alpha_S < 2/3$ aralığında ise, her iki deprem doğrultusunda da taşıyıcı sistemin tümü için $R = R_{NÇ} + 1.5 \alpha_S (R_{YP} - R_{NÇ})$ bağıntısı uygulanacaktır.

4.1.4.4. Kolonları Üstten Mafsallı Binalara İlişkin Koşullar

Kolonları üstten mafsallı tek katlı çerçevelerden oluşan ve R katsayıları Çizelge 4.4'te (4.2)'de verilen çelik binalara ilişkin koşullar 4.1.5.4.(1)'de verilmiştir. Bu tür çerçevelerin, çelik binalarda en üst kat (çatı katı) olarak kullanılması durumuna ilişkin koşullar ise 4.1.5.4.(2)'de tanımlanmıştır.

(1) Bu tür tek katlı binaların içinde planda, binanın oturma alanının %25'inden fazla olmamak kaydı ile, kısmi tek bir ara kat yapılabilir. Ancak deprem hesabında ara katın taşıyıcı sistemi, ana taşıyıcı çerçevelerle birlikte göz önüne alınacak ve bu ortak sistem, betonarme prefabrike binalarda süneklik düzeyi yüksek

sistem olarak düzenlenecektir. Ortak sistemde, düzensiz binalarda tanımlanan burulma düzensizliğinin bulunup bulunmadığı mutlaka kontrol edilecek ve varsa hesapta göz önüne alınacaktır. Ara katın ana taşıyıcı çerçevelere bağlantıları mafsallı veya monolitik olabilir.

(2) Kolonları üstten mafsallı tek katlı çerçevelerin, yerinde dökme betonarme, prefabrike veya çelik binalarda en üst kat (çatı katı) olarak kullanılması durumunda, en üst kat için Çizelge 4.4'te tanımlanan R katsayısı ($R_{üst}$) ile alttaki katlar için farklı olarak tanımlanabilen R katsayısı (R_{alt}), aşağıdaki koşullara uyulmak kaydı ile, bir arada kullanılabilir.

(a) Başlangıçta deprem hesabı, binanın tümü için $R = R_{alt}$ alınarak ileriki kısımlarda verilecek olan denklem 3.7 veya 3.8'e göre yapılacaktır. Azaltılmış ve etkin görelî kat ötelemeleri, binanın tümü için bu hesaptan elde edilecektir.

(b) En üst katın iç kuvvetleri, (a)'da hesaplanan iç kuvvetlerin ($R_{alt} / R_{üst}$) oranı ile çarpımından elde edilecektir.

(c) Altteki katların iç kuvvetleri ise iki kısmın toplamından oluşacaktır. Birinci kısım, (a)'da hesaplanan iç kuvvetlerdir. İkinci kısım ise, (b)'de en üst kat kolonlarının mesnet reaksiyonları olarak hesaplanan kuvvetlerin $(1 - R_{üst} / R_{alt})$ ile çarpılarak alttaki katların taşıyıcı sistemine etki ettirilmesi ile ayrıca hesaplanacaktır.

4.1.5. Hesap Yönteminin Seçilmesi

4.1.5.1. Hesap Yöntemleri

Binaların ve bine türü yapıların deprem hesabında kullanılacak yöntemler; Eşdeğer Deprem yükü yöntemi, Mod birleştirme yöntemi ve Zaman tanım alanında hesap yöntemleridir. Mod birleştirme ve zaman tanım alanında hesap yöntemleri tüm bina ve bina türü yapıların deprem hesabında kullanılabilir.

4.1.5.2. Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminin Uygulama Sınırları

Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nin uygulanabileceği binalar Çizelge 4.5'de özetlenmiştir. Çizelge 4.5'in kapsamına girmeyen binaların deprem hesabında, diğer yöntemler kullanılacaktır.

Çizelge 4.5. Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminin Uygulanabildiği Binalar.

Deprem Bölgesi	Bina Türü	Toplam Yükseklik Sınırı
1, 2	Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağladığı binalar	$H_N \leq 25$ m
1, 2	Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağladığı ve ayrıca B2 türü düzensizliğinin olmadığı binalar	$H_N \leq 40$ m
3, 4	Tüm binalar	$H_N \leq 40$ m

4.1.6. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi

4.1.6.1. Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü'nün Belirlenmesi

(1) Gözönüne alınan deprem doğrultusunda, binanın tümüne etkiyen Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü (taban kesme kuvveti), V_t , Denk.(4.4) ile belirlenecektir.

$$V_t = \frac{WA(T_1)}{R_a(T_1)} \geq 0.10 A_0 I W \quad (4.4)$$

Binanın birinci doğal titreşim periyodu T_1 , 4.1.7.4'e göre hesaplanacaktır.

(2) Denk.(4.4)'te yer alan ve binanın deprem yüklerinin hesaplanmasında kullanılacak toplam ağırlığı, W , Denk.(4.5) ile belirlenecektir.

$$W = \sum_{i=1}^N w_i \quad (4.5)$$

Denk.(4.5)'deki w_i kat ağırlıkları ise Denk.(4.6) ile hesaplanacaktır.

$$w_i = g_i + n q_i \quad (4.6)$$

Denk.(4.6)'da yer alan Hareketli Yük Katılım Katsayısı, n , Çizelge 4.6'da verilmiştir. Endüstri binalarında sabit ekipman ağırlıkları için $n = 1$ alınacak, ancak vinç kaldırma yükleri kat ağırlıklarının hesabında göz önüne alınmayacaktır. Deprem yüklerinin belirlenmesinde kullanılacak çatı katı ağırlığının hesabında kar yüklerinin %30'u göz önüne alınacaktır.

Çizelge 4.6. Hareketli Yük Katılım Katsayısı

Binanın Kullanım Amacı	n
Depo, antrepo, vb.	0.80
Okul, öğrenci yurdu, spor tesisi, sinema, tiyatro, konser salonu, garaj, lokanta, mağaza, vb.	0.60
Konut, işyeri, otel, hastane, vb.	0.30

4.1.6.2. Katlara Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Belirlenmesi

(1) Denk.(4.4) ile hesaplanan toplam eşdeğer deprem yükü, bina katlarına etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin toplamı olarak Denk.(4.7) ile ifade edilir.

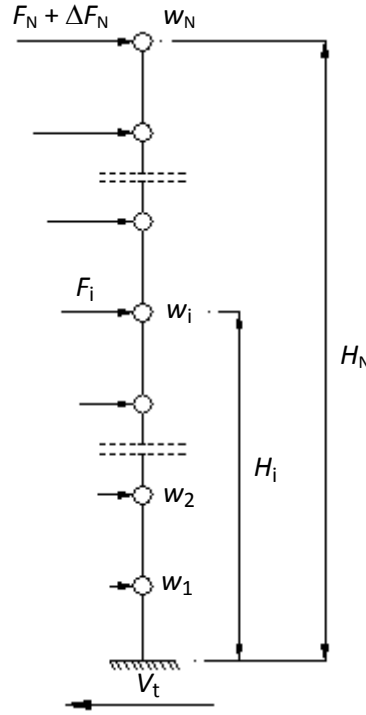
$$V_t = \Delta F_N + \sum_{i=1}^N F_i \quad (4.7)$$

(2) Binanın N'inci katına (tepesine) etkiyen ek eşdeğer deprem yükü ΔF_N 'in değeri Denk.(4.8) ile belirlenecektir.

$$\Delta F_N = 0.0075 N V_t \quad (4.8)$$

(3) Toplam eşdeğer deprem yükünün ΔF_N dışında geri kalan kısmı, N'inci kat dahil olmak üzere, bina katlarına Denk.(3.9) ile dağıtılacaktır.

$$F_i = (V_t - \Delta F_N) \frac{w_i H_i}{\sum_{j=1}^N w_j H_j} \quad (4.9)$$



Şekil 4.6. Bina katlarına etkiyen eşdeğer deprem yükleri

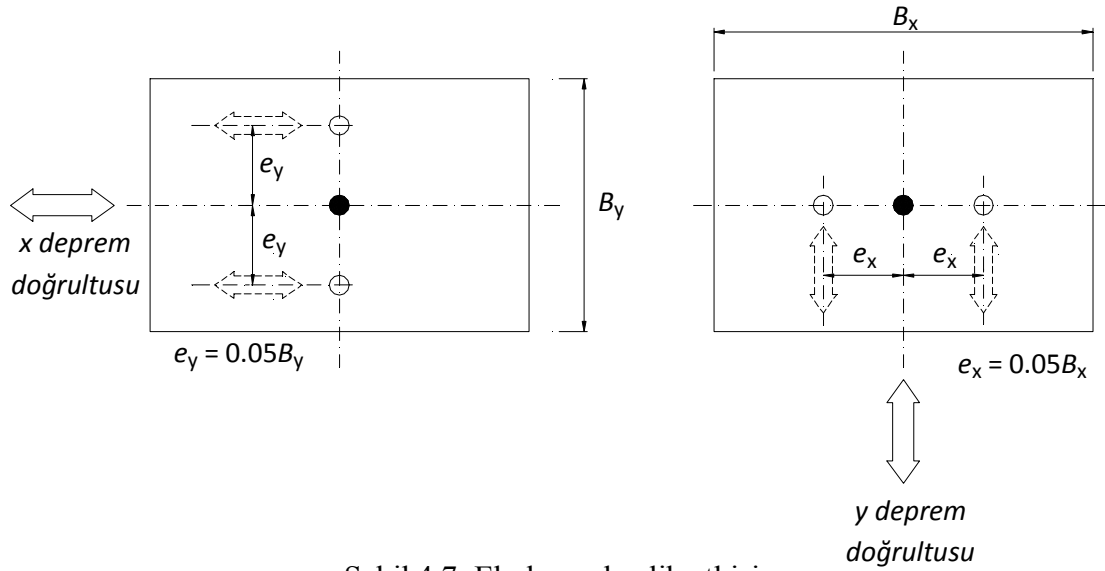
4.1.6.3. Gözönüne Alınacak Yer değiştirme Bileşenleri ve Deprem Yüklerinin Etkime Noktaları

(1) Döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, her katta iki yatay yer değiştirme bileşeni ile düşey eksen etrafındaki dönme, bağımsız yer değiştirme bileşenleri olarak göz önüne alınacaktır. Her katta 4.1.6.2'ye göre belirlenen eşdeğer deprem yükleri, ek dışmerkezlilik etkisi'nin hesaba katılabilmesi amacı ile, göz önüne alınan deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyutunun +%5'i ve -%5'i kadar kaydırılması ile belirlenen noktalara ve ayrıca kat kütle merkezine uygulanacaktır (Şekil 4.7).

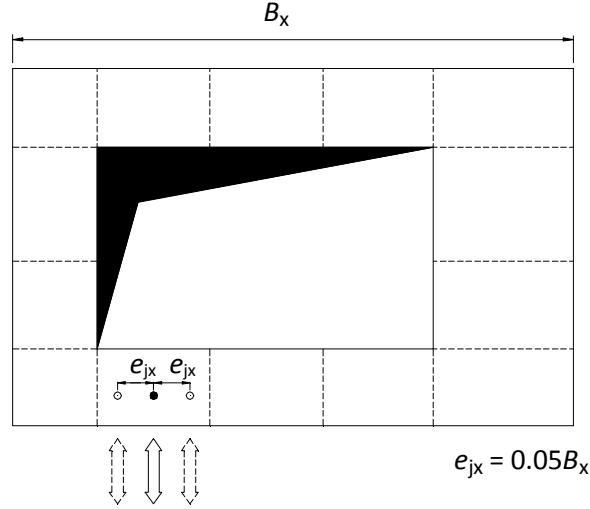
(2) A2 türü düzensizliğin bulunduğu ve döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalışmadığı binalarda, döşemelerin yatay düzlemdeki şekil değiştirmelerinin göz önüne alınmasını sağlayacak yeterlikte bağımsız statik yer değiştirme bileşeni hesapta göz önüne alınacaktır. Ek dışmerkezlilik etkisinin hesaba katılabilmesi için, her katta çeşitli noktalarda dağılı bulunan tekil kütlelere etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin her biri, deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyutunun $\pm\%5$ 'i ve $-\%5$ 'i kadar kaydırılacaktır (Şekil 4.8).

(3) Binanın herhangi bir i'inci katında A1 türü düzensizliğin bulunması durumunda, $1.2 < \eta_{bi} \leq 2.0$ olmak koşulu ile, 4.1.6.3.(1) ve/veya 4.1.6.3.(2)'ye göre bu katta uygulanan $\pm\%5$ ek dışmerkezlilik, her iki deprem doğrultusu için Denk.(4.10)'da verilen D_i katsayısı ile çarpılarak büyütülecektir.

$$D_1 = \left(\frac{\eta_{bi}}{1.2} \right)^2 \quad (4.10)$$



Şekil 4.7. Ek dışmerkezlilik etkisi



Şekil 4.8. Ek dışmerkezlik etkisinin dağılılı bulunan tekil kütlelere uygulanması

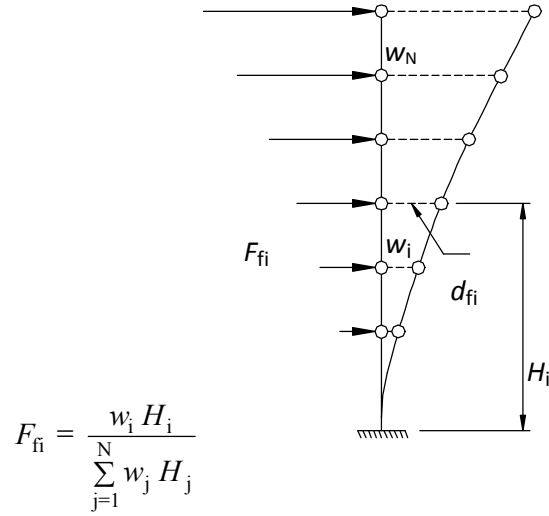
4.1.6.4. Binanın Birinci Doğal Titreşim Periyodunun Belirlenmesi

(1) Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nin uygulanması durumunda, binanın deprem doğrultusundaki hakim doğal periyodu, Denk.(4.11) ile hesaplanan değerden daha büyük alınmayacaktır.

$$T_1 = 2\pi \left(\frac{\sum_{i=1}^N m_i d_{fi}^2}{\sum_{i=1}^N F_{fi} d_{fi}} \right)^{1/2} \quad (4.11)$$

i'inci kata etkiyen fiktif yükü gösteren F_{fi} , Denk.(4.9)'da $(V_t - \Delta F_N)$ yerine herhangi bir değer (örneğin birim değer) konularak elde edilecektir (Şekil 4.9)

(2) Denk.(4.11) ile hesaplanan değerden bağımsız olarak, bodrum kat(lar) hariç kat sayısı $N > 13$ olan binalarda doğal periyod, $0.1N$ 'den daha büyük alınmayacaktır.

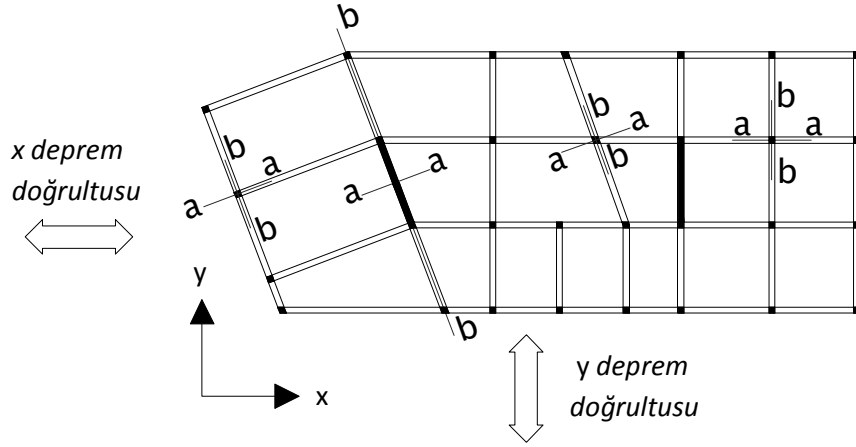


Şekil 4.9. Eşdeğer Deprem Yükünün Katlara Dağılımı

4.1.6.5. Eleman Asal Eksen Doğrultularındaki İç Kuvvetler

Taşıyıcı sisteme ayrı ayrı etki ettirilen x ve y doğrultularındaki depremlerin ortak etkisi altında, taşıyıcı sistem elemanlarının a ve b asal eksen doğrultularındaki iç kuvvetler, en elverişsiz sonucu verecek şekilde Denk.(4.12) ile elde edilecektir (Şekil 4.10)

$$\begin{aligned} B_a &= \pm B_{ax} \pm 0.30 B_{ay} & \text{veya} & B_a = \pm 0.30 B_{ax} \pm B_{ay} \\ B_b &= \pm B_{bx} \pm 0.30 B_{by} & \text{veya} & B_b = \pm 0.30 B_{bx} \pm B_{by} \end{aligned} \quad (4.12)$$



Şekil 4.10. X ve Y doğrultusunda etkiyen deprem, sistemin A ve B asal eksenleri

4.1.7. Mod Birleştirme Yöntemi

Bu yöntemde maksimum iç kuvvetler ve yer değiştirmeler, binada yeterli sayıda doğal titreşim modunun her biri için hesaplanan maksimum katkıların istatistiksel olarak birleştirilmesi ile elde edilir.

4.1.7.1. İvme Spektrumu

Herhangi bir n'inci titreşim modunda göz önüne alınacak azaltılmış ivme spektrumu ordinatı Denk.(4.13) ile belirlenecektir.

$$S_{aR}(T_n) = \frac{S_{ae}(T_n)}{R_a(T_n)} \quad (4.13)$$

Elastik tasarım ivme spektrumunun özel olarak belirlenmesi durumunda, Denk.(4.13)'te $S_{ae}(T_n)$ yerine, ilgili özel spektrum ordinatı gözönüne alınacaktır.

4.1.7.2. Gözönüne Alınacak Dinamik Serbestlik Dereceleri

(1) Döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, her bir katta, birbirine dik doğrultularda iki yatay serbestlik derecesi ile kütle merkezinden geçen düşey eksen etrafındaki dönme serbestlik derecesi göz önüne alınacaktır. Her katta modal deprem yükleri bu serbestlik dereceleri için hesaplanacak, ancak ek dışmerkezlik etkisi'nin hesaba katılabilmesi amacı ile, deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyutunun $\pm 5\%$ 'i kadar kaydırılması ile belirlenen noktalara ve ek bir yükleme olarak kat kütle merkezine uygulanacaktır (Şekil 4.7)

(2) A2 başlığı altında tanımlanan döşeme süreksizliğinin bulunduğu ve döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalışmadığı binalarda, döşemelerin kendi düzlemleri içindeki şekil değiştirmelerinin göz önüne alınmasını sağlayacak yeterlikte dinamik serbestlik derecesi göz önüne alınacaktır. Ek dışmerkezlik etkisinin hesaba katılabilmesi için, her katta çeşitli noktalarda dağılı bulunan tekil kütlelere etkiyen modal deprem yüklerinin her biri, deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyutunun $\pm 5\%$ 'i kadar kaydırılacaktır (Şekil 4.8). Bu tür binalarda, sadece ek dışmerkezlik etkilerinden oluşan iç kuvvet ve yer değiştirme büyüklükleri 4.1.7'ye göre de hesaplanabilir. Bu büyüklükler, ek dışmerkezlik etkisi göz önüne alınmaksızın her bir titreşim modu için hesaplanarak 4.1.7.4'e göre birleştirilen büyüklüklere doğrudan eklenecektir.

4.1.7.3. Hesaba Katılacak Yeterli Titreşim Modu Sayısı

Hesaba katılması gereken yeterli titreşim modu sayısı, Y , göz önüne alınan birbirine dik x ve y yatay deprem doğrultularının her birinde, her bir mod için hesaplanan etkin kütle'lerin toplamının hiçbir zaman bina toplam kütlelerinin 90% 'ından daha az olmaması kuralına göre belirlenecektir:

$$\sum_{n=1}^Y M_{xn} = \sum_{n=1}^Y \frac{L_{xn}^2}{M_n} \geq 0.90 \sum_{i=1}^N m_i$$

$$\sum_{n=1}^Y M_{yn} = \sum_{n=1}^Y \frac{L_{yn}^2}{M_n} \geq 0.90 \sum_{i=1}^N m_i$$
(4.14)

Denk.(4.14)'te yer alan L_{xn} ve L_{yn} ile modal kütle M_n 'nin ifadeleri, kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalar için aşağıda verilmiştir:

$$L_{xn} = \sum_{i=1}^N m_i \Phi_{xin} \quad ; \quad L_{yn} = \sum_{i=1}^N m_i \Phi_{yin}$$

$$M_n = \sum_{i=1}^N (m_i \Phi_{xin}^2 + m_i \Phi_{yin}^2 + m_{0i} \Phi_{0in}^2)$$
(4.15)

4.1.7.4. Mod Katkılarının Birleştirilmesi

Binaya etkiyen toplam deprem yükü, kat kesme kuvveti, iç kuvvet bileşenleri, yer değiştirme ve görelî kat ötelemesi gibi büyüklüklerin her biri için ayrı ayrı uygulanmak üzere, her titreşim modu için hesaplanan ve eşzamanlı olmayan maksimum katkıların istatistiksel olarak birleştirilmesi için uygulanacak kurallar aşağıda verilmiştir:

(1) $T_m < T_n$ olmak üzere, göz önüne alınan herhangi iki titreşim moduna ait doğal periyotların daima $T_m / T_n < 0.80$ koşulunu sağlaması durumunda, maksimum mod katkılarının birleştirilmesi için Karelerin Toplamının Kare Kökü Kuralı uygulanabilir.

(2) Yukarıda belirtilen koşulun sağlanamaması durumunda, maksimum mod katkılarının birleştirilmesi için Tam Karesel Birleştirme (CQC) Kuralı uygulanacaktır. Bu kuralın uygulanmasında kullanılacak çapraz korelasyon katsayıları'nın hesabında, modal sönüm oranları bütün titreşim modları için %5 olarak alınacaktır.

4.1.7.5. Hesaplanan Büyüklüklere İlişkin Altsınır Değerleri

Göz önüne alınan deprem doğrultusunda, 4.1.7.5'e göre birleştirilerek elde edilen bina toplam deprem yükü V_{tB} 'nin, Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nde Denk.4.4'ten hesaplanan bina toplam deprem yükü V_t 'ye oranının aşağıda tanımlanan β değerinden küçük olması durumunda ($V_{tB} < \beta V_t$), Mod Birleştirme Yöntemi'ne göre bulunan tüm iç kuvvet ve yer değiştirme büyüklükleri, Denk.(4.16)'ya göre büyütülecektir.

$$B_D = \frac{\beta V_t}{V_{tB}} B_B \quad (4.16)$$

A1, B2 veya B3 türü düzensizliklerden en az birinin binada bulunması durumunda Denk.(4.16)'da $\beta=0.90$, bu düzensizliklerden hiçbirinin bulunmaması durumunda ise $\beta=0.80$ alınacaktır.

4.1.7.6. Eleman Asal Eksen Doğrultularındaki İç Kuvvetler

Taşıyıcı sisteme ayrı ayrı etki ettirilen x ve y doğrultularındaki depremlerin ortak etkisi altında, taşıyıcı sistem elemanlarının a ve b asal eksen doğrultularında 4.1.74'e göre birleştirilerek elde edilen iç kuvvetler için 4.7.5'te verilen birleştirme kuralı ayrıca uygulanacaktır (Şekil 4.10).

4.1.8. Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemleri

Bina ve bina türü yapıların zaman tanım alanında doğrusal elastik ya da doğrusal elastik olmayan deprem hesabı için, yapay yollarla üretilen, daha önce kaydedilmiş veya benzeştirilmiş deprem yer hareketleri kullanılabilir.

4.1.8.1. Yapay Deprem Yer Hareketleri

Yapay yer hareketlerinin kullanılması durumunda, aşağıdaki özellikleri taşıyan en az üç deprem yer hareketi üretilecektir.

(a) Kuvvetli yer hareketi kısmının süresi, binanın birinci doğal titreşim periyodunun 5 katından ve 15 saniyeden daha kısa olmayacaktır.

(b) Üretilen deprem yer hareketinin sıfır periyoda karşı gelen spektral ivme değerlerinin ortalaması A_0g 'den daha küçük olmayacaktır.

(c) Yapay olarak üretilen her bir ivme kaydına göre %5 sönüm oranı için yeniden bulunacak spektral ivme değerlerinin ortalaması, göz önüne alınan deprem doğrultusundaki birinci (hakim) periyot T_1 'e göre $0.2T_1$ ile $2T_1$ arasındaki periyotlar için, $S_{ae}(T)$ elastik spektral ivmelerinin %90'ından daha az olmayacaktır. Zaman tanım alanında doğrusal elastik analiz yapılması durumunda, azaltılmış deprem yer hareketinin elde edilmesi için esas alınacak spektral ivme değerleri Denk.(4.13) ile hesaplanacaktır.

4.1.8.2. Kaydedilmiş veya Benzeştirilmiş Deprem Yer Hareketleri

Zaman tanım alanında yapılacak deprem hesabı için kaydedilmiş depremler veya kaynak ve dalga yayılımı özellikleri fiziksel olarak benzeştirilmiş yer hareketleri kullanılabilir. Bu tür yer hareketleri üretilirken yerel zemin koşulları da uygun biçimde göz önüne alınmalıdır. Kaydedilmiş veya benzeştirilmiş yer hareketlerinin kullanılması durumunda en az üç deprem yer hareketi üretilecek ve bunlar 4.1.8.1'de verilen tüm koşulları sağlayacaktır.

4.1.8.3. Zaman Tanım Alanında Hesap

Zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan hesap yapılması durumunda, taşıyıcı sistem elemanlarının tekrarlı yükler altındaki dinamik davranışını temsil eden iç kuvvet-şekil değiştirme bağıntıları, teorik ve deneysel geçerlilikleri kanıtlanmış olmak kaydı ile, ilgili literatürden yararlanılarak tanımlanacaktır. Doğrusal veya

doğrusal olmayan hesapta, üç yer hareketi kullanılması durumunda sonuçların maksimumu, en az yedi yer hareketi kullanılması durumunda ise sonuçların ortalaması tasarım için esas alınacaktır.

4.1.9. Göreli Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması, İkinci Mertebe Etkileri ve Deprem Derzleri

4.1.9.1. Etkin Göreli Kat Ötelemelerinin Hesaplanması ve Sınırlandırılması

(1) Herhangi bir kolon veya perde için, ardışık iki kat arasındaki yer değiştirme farkını ifade eden azaltılmış göreli kat ötelemesi, Δ_i , Denk.(4.17) ile elde edilecektir.

$$\Delta_i = d_i - d_{i-1} \quad (4.17)$$

Denk.(4.17)'de d_i ve d_{i-1} , her bir deprem doğrultusu için binanın i 'inci ve $(i-1)$ 'inci katlarında herhangi bir kolon veya perdenin uçlarında azaltılmış deprem yüklerine göre hesaplanan yatay yer değiştirmeleri göstermektedir. Ancak 4.1.7.4.(2)'deki koşul ve ayrıca Denk.(4.4)'te tanımlanan minimum eşdeğer deprem yükü koşulu d_i 'nin ve Δ_i 'nin hesabında göz önüne alınmayabilir.

(2) Her bir deprem doğrultusu için, binanın i 'inci katındaki kolon veya perdeler için etkin göreli kat ötelemesi, δ_i , Denk.(4.18) ile elde edilecektir.

$$\delta_i = R \Delta_i \quad (4.18)$$

(3) Her bir deprem doğrultusu için, binanın herhangi bir i 'inci katındaki kolon veya perdelerde, Denk.(4.18) ile hesaplanan δ_i etkin göreli kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değeri $(\delta_i)_{\max}$, Denk.(4.19)'da verilen koşulu sağlayacaktır:

$$\frac{(\delta_i)_{\max}}{h_i} \leq 0.02 \quad (4.19)$$

(4) Denk.(4.19)'de verilen koşulun binanın herhangi bir katında sağlanamaması durumunda, taşıyıcı sistemin rijitliği arttırılarak deprem hesabı tekrarlanacaktır. Ancak verilen koşul sağlansa bile, yapısal olmayan gevrek elemanların (cephe elemanları vb) etkin görelî kat ötelemeleri altında kullanılabilirliği hesapla doğrulanacaktır.

4.1.9.2. İkinci Mertebe Etkileri

Taşıyıcı sistem elemanlarının doğrusal elastik olmayan davranışını esas alan daha kesin bir hesap yapılmadıkça, ikinci mertebe etkileri yaklaşık olarak aşağıdaki şekilde göz önüne alınabilir:

(1) Göz önüne alınan deprem doğrultusunda her bir katta, İkinci Mertebe Gösterge Değeri, θ_i 'nin Denk.(4.20) ile verilen koşulu sağlaması durumunda, ikinci mertebe etkileri yürürlükteki betonarme ve çelik yapı yönetmeliklerine göre değerlendirilecektir.

$$\theta_i = \frac{(\Delta_i)_{\text{ort}} \sum_{j=1}^N w_j}{V_i h_i} \leq 0.12 \quad (4.20)$$

Burada $(\Delta_i)_{\text{ort}}$, i'inci kattaki kolon ve perdelerde hesaplanan azaltılmış görelî kat ötelemelerinin kat içindeki ortalama değeri olarak 4.1.9.1.(1)'e göre bulunacaktır.

(2) Denk.(4.20)'deki koşulun herhangi bir katta sağlanamaması durumunda, taşıyıcı sistemin rijitliği yeterli ölçüde arttırılarak deprem hesabı tekrarlanacaktır.

4.1.9.3. Deprem Derzleri

Farklı zemin oturmalarına bağlı temel öteleme ve dönmeleri ile sıcaklık değişimlerinin etkisi dışında, bina blokları veya mevcut eski binalarla yeni yapılacak binalar arasında, sadece deprem etkisi için bırakılacak derz boşluklarına ilişkin koşullar aşağıda belirtilmiştir:

(1) 4.1.9.3.(2)'ye göre daha elverişsiz bir sonuç elde edilmedikçe derz boşlukları, her bir kat için komşu blok veya binalarda elde edilen yer değiştirmelerin karelerinin toplamının karekökü ile aşağıda tanımlanan α katsayısının çarpımı sonucunda bulunan değerden az olmayacaktır. Göz önüne alınacak kat yer değiştirmeleri, kolon veya perdelerin bağlandığı düğüm noktalarında hesaplanan azaltılmış d_i yer değiştirmelerinin kat içindeki ortalamaları olacaktır. Mevcut eski bina için hesap yapılmasının mümkün olmaması durumunda eski binanın yer değiştirmeleri, yeni bina için aynı katlarda hesaplanan değerlerden daha küçük alınmayacaktır.

(a) Komşu binaların veya bina bloklarının kat döşemelerinin bütün katlarda aynı seviyede olmaları durumunda $\alpha = R / 4$ alınacaktır.

(b) Komşu binaların veya bina bloklarının kat döşemelerinin, bazı katlarda olsa bile, farklı seviyelerde olmaları durumunda, tüm bina için $\alpha = R / 2$ alınacaktır.

(2) Bırakılacak minimum derz boşluğu, 6 m yüksekliğe kadar en az 30 mm olacak ve bu değere 6 m'den sonraki her 3 m'lik yükseklik için en az 10 mm eklenecektir.

(3) Bina blokları arasındaki derzler, depremde blokların bütün doğrultularda birbirlerinden bağımsız olarak çalışmasına olanak verecek şekilde düzenlenecektir.

4.1.10. Yapısal Çıkıntılara, Mimari Elemanlara, Mekanik ve Elektrik Donanımına Etkiyen Deprem Yükleri

4.1.10.1. Binalarda balkon, parapet, baca, vb konsol olarak binanın taşıyıcı sistemine bağlı, ancak bağımsız çalışan yapısal çıkıntılar ile cephe, ara bölme panoları, vb yapısal olmayan tüm mimari elemanlara uygulanacak; mekanik ve elektrik donanımlar ile bunların bina taşıyıcı sistem elemanlarına bağlantılarının hesabında kullanılacak eşdeğer deprem yükleri Denk.(4.21) ile verilmiştir.

$$f_e = 0.5 A_0 I w_e \left(1 + 2 \frac{H_i}{H_N} \right) \quad (4.21)$$

Hesaplanan deprem yükü, yatay doğrultuda en elverişsiz iç kuvvetleri verecek yönde ilgili elemanın ağırlık merkezine etki ettirilecektir. Düşey konumda olmayan elemanlara, Denk.(4.21) ile hesaplanan eşdeğer deprem yükünün yarısı düşey doğrultuda etki ettirilecektir.

4.1.10.2. Denk.(4.21)'de w_e ile gösterilen mekanik veya elektrik donanım ağırlıklarının binanın herhangi bir i'inci katındaki toplamının $0.2w_i$ 'den büyük olması durumunda, donanımların ağırlıklarının ve binaya bağlantılarının rijitlik özellikleri, bina taşıyıcı sisteminin deprem hesabında göz önüne alınacaktır.

4.1.10.3. Mekanik veya elektrik donanımın bulunduğu kattaki en büyük ivmeyi tanımlayan kat ivme spektrumu'nun uygun yöntemlerle belirlenmesi durumunda, Denk.(4.21) uygulanmayabilir.

4.1.10.4. Yangın söndürme sistemleri ve acil yedek elektrik sistemleri ile dolgu duvarlarına bağlanan donanımlar ve bunların bağlantılarında Denk.(4.21) ile hesaplanan veya 4.1.10.3'e göre elde edilen deprem yükünün iki katı alınacaktır.

4.1.11. Bina Türü Olmayan Yapılar

Bina türü olmadığı halde, deprem hesabının bu bölümde verilen kurallara göre yapılmasına izin verilen yapılar ve bu yapılara uygulanacak Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayıları (R), Çizelge 4.7'de tanımlanmıştır. Deprem yükü azaltma katsayıları ise Denk.(4.3)'e göre belirlenecektir. Gerekli durumlarda, Çizelge 4.2'de verilen Bina Önem Katsayıları bu yapılar için de kullanılacaktır. Ancak Çizelge 4.6'de verilen Hareketli Yük Katılım Katsayıları geçerli değildir. Kar yükleri ve vinç kaldırma yükleri dışında, depolanan her türlü katı ve sıvı maddeler ile mekanik gereçlerin ağırlıklarının azaltılmamış değerleri kullanılacaktır.

Bu tür yapıların deprem hesabı, taşıyıcı sistemi yeterince tanımlayan ayırık dinamik serbestlik dereceleri göz önüne alınarak, 4.1.7 veya 4.1.8'e göre yapılacaktır.

Çizelge 4.7. Bina Türü Olmayan Yapılar İçin Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı

YAPI TÜRÜ	R
Süneklik düzeyi yüksek çerçeveler veya dışmerkez çaprazlı çelik perdeler tarafından taşınan yükseltilmiş sıvı tankları, basınçlı tanklar, bunkerler, hazneler	4
Süneklik düzeyi normal çerçeveler veya merkezi çaprazlı çelik perdeler tarafından taşınan yükseltilmiş sıvı tankları, basınçlı tanklar, bunkerler, hazneler	2
Kütlesi yüksekliği boyunca yayılı, yerinde dökülmüş betonarme silo, endüstri bacaları ve benzeri taşıyıcı sistemler	3
Betonarme soğutma kuleleri (*)	3
Kütlesi yüksekliği boyunca yayılı uzay kafes kirişli çelik kuleler, çelik silo ve endüstri bacaları	4
Gergili yüksek çelik direk ve gergili çelik bacalar	2
Kütlesi tepede yığılı, bağımsız tek bir düşey taşıyıcı eleman tarafından taşınan ters sarkaç türü yapılar	2
Endüstri tipi çelik depolama ve istif rafları	4

4.1.12. Deprem Hesap Raporuna İlişkin Kurallar

Binaların deprem hesaplarını içeren hesap raporlarının hazırlanmasında aşağıda belirtilen kurallara uyulacaktır:

4.1.12.1. Tasarımı yapılan bina için, düzensizlik türleri ayrıntılı olarak irdelenecek, eğer varsa, binada hangi tür düzensizliklerin bulunduğu açık olarak belirtilecektir.

4.1.12.2. Seçilen süneklik düzeyi yüksek veya normal taşıyıcı sistemin, çelik yapılar için Bölüm 4.2’teki koşullara göre tanımı açık olarak yapılacak ve R katsayısının seçim nedeni belirtilecektir.

4.1.12.3. Binanın bulunduğu deprem bölgesi, bina yüksekliği ve taşıyıcı sistem düzensizlikleri göz önüne alınarak, 4.1.6’ya göre uygulanacak hesap yönteminin seçim nedeni açık olarak belirtilecektir.

4.1.12.4. Bilgisayarla hesap yapılması durumunda, aşağıdaki kurallar uygulanacaktır:

(a) Düğüm noktalarının ve elemanların numaralarını gösteren üç boyutlu taşıyıcı sistem şeması hesap raporunda yer alacaktır.

(b) Tüm giriş bilgileri ile iç kuvvetleri ve yer değiştirmeleri de içeren çıkış bilgileri, kolayca anlaşılır biçimde mutlaka hesap raporunda yer alacaktır. Proje kontrol makamının talep etmesi durumunda, tüm bilgisayar dosyaları elektronik ortamda teslim edilecektir.

(c) Hesapta kullanılan bilgisayar yazılımının adı, müellifi ve versiyonu hesap raporunda açık olarak belirtilecektir.

(d) Proje kontrol makamının talep etmesi durumunda, bilgisayar yazılımının teorik açıklama kılavuzu ve kullanma kılavuzu hesap raporuna eklenecektir.

4.2. Çelik Binalar İçin Depreme Dayanıklı Tasarım Kuralları

4.2.1. Genel Kurallar

4.2.1.1. Çelik Taşıyıcı Sistemlerin Sınıflandırılması

Depreme karşı davranışı bakımından, çelik binaların yatay yük taşıyıcı sistemleri, süneklik düzeyi yüksek sistemler ve süneklik düzeyi normal sistemler olarak tanımlanan iki sınıfa ayrılmıştır. Bu iki sınıfa giren sistemlerin karma olarak kullanılmasına ilişkin özel durum ve koşullar 4.2.1.1.(3) ile 4.2.1.1.(4)'te verilmiştir.

(1) Aşağıda belirtilen çelik taşıyıcı sistemler, Süneklik Düzeyi Yüksek Sistemler olarak tanımlanmıştır:

(a) 4.2.2'de belirtilen koşulları sağlayan çerçeve türü taşıyıcı sistemler.

(b) 4.2.5'de belirtilen koşulları sağlayan merkezi çaprazlı çelik perdelerden veya 4.2.7'de belirtilen koşulları sağlayan dışmerkez çaprazlı çelik perdelerden meydana gelen yatay yük taşıyıcı sistemler.

(c) (a) ve (b) paragraflarında belirtilen iki tür sistemin birleşiminden oluşan çaprazlı çelik perdeli-çerçeve sistemler.

(2) Aşağıda belirtilen çelik taşıyıcı sistemler, Süneklik Düzeyi Normal Sistemler olarak tanımlanmıştır:

(a) 4.2.3'de belirtilen koşulları sağlayan çerçeve türü taşıyıcı sistemler.

(b) 4.2.6'de belirtilen koşulları sağlayan merkezi çaprazlı çelik perdelerden meydana gelen yatay yük taşıyıcı sistemler.

(c) (a) ve (b) paragraflarında belirtilen iki tür sistemin birleşiminden oluşan çaprazlı çelik perdeli-çerçeve sistemler.

4.2.1.2. İlgili Standartlar

Bu bölümün kapsamı içinde bulunan çelik taşıyıcı sistemlerin tasarımı; 4.1’de verilen deprem yükleri ve hesap kuralları, TS-498’de öngörülen diğer yükler, emniyet gerilmeleri yöntemine ilişkin olarak TS-648’de verilen kurallara göre yapılacaktır. İlgili standartlarda verilen kuralların farklı olduğu özel durumlarda, bu bölümdeki kurallar esas alınacaktır.

Birleşim elemanları ile ilgili olarak, bu bölümde verilen kuralların dışında kalan diğer hususlar için TS-648 ve TS-3357’deki kurallara uyulacaktır.

4.2.1.3. Malzeme Koşulları ve Emniyet Gerilmeleri

(1) Bu Yönetmelik kapsamında, TS-648’de veya uluslararası düzeyde kabul görmüş diğer standartlarda tanımlanan ve kaynaklanabilme özelliğine sahip olan tüm yapı çelikleri kullanılabilir. Başlıklarının et kalınlığı en az 40 mm olan hadde profillerinde, kalınlığı en az 50 mm olan levhalar ve bu levhalar ile imal edilen yapma profillerde, minimum Charpy-V-Notch (CVN) dayanımı (Çentik Dayanımı) değeri 218C’de 27 Nm (27 J) olacaktır.

(2) Deprem yükleri etkisindeki elemanların birleşim ve eklerinde kullanılacak bulonlar ISO 8.8, 10.9 veya daha yüksek kalitede olacaktır. Bu bulonlar, moment aktaran birleşimlerde kendilerine uygulanabilecek öngerme kuvvetinin tümü ile, diğer birleşimlerde ise en az yarısı ile öngerilecektir. Deprem yükleri etkisinde olmayan elemanların birleşim ve eklerinde ISO 4.6 ve 5.6 kalitesinde bulonlar kullanılabilir.

(3) Kaynaklı birleşimlerde çelik malzemesine ve kaynaklama yöntemine uygun elektrod kullanılacak ve elektrodun akma dayanımı birleştirilen malzemelerin akma dayanımından daha az olmayacaktır. Moment aktaran çerçevelerin kaynaklı kolon-kiriş birleşimlerinde tam penetrasyonlu küt kaynak veya köşe kaynağı dikişleri kullanılacaktır. Bu kaynaklarda kullanılan elektrodun minimum Charpy-V-Notch (CVN) dayanımı (Çentik Dayanımı) -298C’de 27 Nm (27 J) olacaktır.

(4) Deprem yükleri etkisindeki elemanlarda, aynı birleşim noktasında, kaynaklı ve bulonlu birleşimler bir arada kullanılamaz.

(5) Emniyet Gerilmeleri Yöntemi'ne göre yapılan kesit hesaplarında, birleşim ve ekler dışında, emniyet gerilmeleri için TS-648'deki EIY yükleme durumunda izin verilen %15 arttırım, deprem durumunda en fazla %33'e çıkarılabilir. Birleşim ve eklerin tasarımı ise, bu bölümün ilgili maddelerinde belirtildiği şekilde, emniyet gerilmeleri esasına göre ve/veya eleman kapasitelerine ya da arttırılmış deprem etkilerine göre yapılacaktır.

(6) Bu bölümün çelik yapı elemanlarının ve birleşim detaylarının gerekli kapasitelerinin hesabında, σ_a akma gerilmesi yerine $D_a\sigma_a$ arttırılmış akma gerilmesi değerleri kullanılacaktır. Arttırılmış akma gerilmesinin hesabında uygulanacak D_a katsayıları, yapı çeliğinin sınıfına ve eleman türüne bağlı olarak, Çizelge 4.8' de verilmiştir.

Çizelge 4.8. D_a Artırma Katsayıları

Yapı Çeliği Sınıfı ve Eleman Türü	D_a
Fe 37 çeliğinden imal edilen hadde profilleri	1.2
Diğer yapı çeliklerinden imal edilen hadde profilleri	1.1
Tüm yapı çeliklerinden imal edilen levhalar	1.1

4.2.1.4. Arttırılmış Deprem Etkileri

Bu bölümün 4.2.3.1.(2), 4.2.3.5.(3), 4.2.4.2.(1), 4.2.4.2.(3), 4.2.6.3.(1), 4.2.6.5.(2), 4.2.7.2.(1), 4.2.8.6.(4) ve 4.2.9.1 maddelerinde gerekli görülen yerlerde, çelik yapı elemanlarının ve birleşim detaylarının tasarımında, aşağıda verilen arttırılmış deprem etkileri göz önüne alınacaktır. Arttırılmış deprem etkilerini veren yüklemeler

$$1.0 G + 1.0 Q \pm \Omega_0 E \quad (4.22)$$

veya daha elverişsiz sonuç vermesi halinde

$$0.9 G \pm \Omega_0 E \quad (4.23)$$

şeklinde tanımlanmıştır. 4.1'e göre hesaplanan deprem yüklerinden oluşan iç kuvvetlere uygulanacak Ω_0 Büyütme Katsayısı'nın değerleri, çelik taşıyıcı sistemlerin türlerine bağlı olarak, Çizelge 4.9'de verilmiştir.

Çizelge 4.9. Büyütme Katsayıları

Taşıyıcı Sistem Türü	Ω_0
Süneklik düzeyi yüksek çerçeveler	2.5
Süneklik düzeyi normal çerçeveler	2.0
Merkezi çelik çaprazlı perdeler (süneklik düzeyi yüksek veya normal)	2.0
Dışmerkez çelik çaprazlı perdeler	2.5

4.2.1.5. İç Kuvvet Kapasiteleri ve Gerilme Sınır Değerleri

Gerekli durumlarda kullanılmak üzere, yapı elemanlarının iç kuvvet kapasiteleri ve birleşim elemanlarının gerilme sınır değerleri aşağıda tanımlanmıştır.

Yapı elemanlarının iç kuvvet kapasiteleri:

$$\text{Eğilme momenti kapasitesi} : M_p = W_p \sigma_a \quad (4.24)$$

$$\text{Kesme kuvveti kapasitesi} : V_p = 0.60 \sigma_a A_k \quad (4.25)$$

$$\text{Eksenel basınç kapasitesi} : N_{bp} = 1.7 \sigma_{bem} A \quad (4.26)$$

$$\text{Eksenel çekme kapasitesi} : N_{cp} = \sigma_a A_{net} \quad (4.27)$$

Birleşim elemanlarının gerilme sınır değerleri

$$\text{Tam penetrasyonlu kaynak} : \sigma_a$$

$$\text{Kısmi penetrasyonlu küt kaynak} : 1.7 \sigma_{em}$$

$$\text{Bulonlu birleşimler} : 1.7 \sigma_{em}$$

Burada, σ_{em} ilgili birleşim elemanına ait emniyet gerilmelerini (normal gerilme, kayma ve ezilme gerilmeleri) göstermektedir.

4.2.2. Süneklik Düzeyi Yüksek Çerçeveler

Süneklik düzeyi yüksek çerçevelerin boyutlandırılmasında uyulacak kurallar aşağıda verilmiştir.

4.2.2.1. Enkesit Koşulları

(1) Süneklik düzeyi yüksek çerçevelerin kiriş ve kolonlarında, başlık genişliği/kalınlığı ve gövde yüksekliği/kalınlığı oranlarına ilişkin koşullar Çizelge 4.10'da verilmiştir.

(2) Kolonlar, düşey yükler ve depremin ortak etkisinden oluşan eksenel kuvvet ve eğilme momentleri altında gerekli gerilme kontrollerini sağlamaları yanında, birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde, Denk.(4.22) ve Denk.(4.23)'e göre arttırılmış deprem etkileri yükleme durumlarından oluşan eksenel basınç ve çekme kuvvetleri altında da (eğilme momentleri göz önüne alınmaksızın) yeterli dayanım kapasitesine sahip olacaktır. Kolon en kesitlerinin eksenel basınç ve çekme kapasiteleri Denk.(4.26) ve Denk.(4.27) ile hesaplanacaktır.

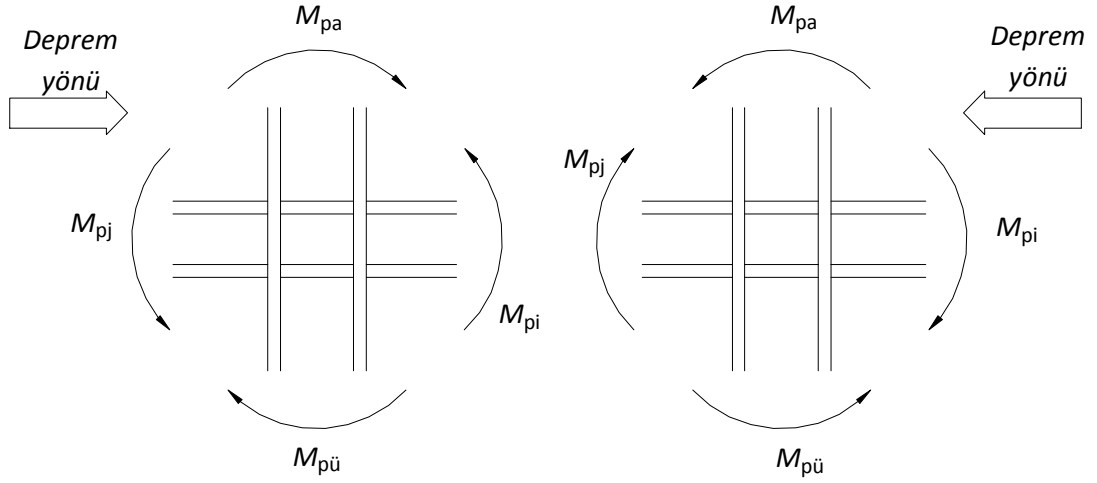
4.2.2.2. Kolonların Kirişlerden Daha Güçlü Olması Koşulu

(1) Çerçeve türü sistemlerde veya perdeli-çerçeve sistemlerin çerçevelerinde, göz önüne alınan deprem doğrultusunda her bir kolon - kiriş düğüm noktasına birleşen kolonların eğilme momenti kapasitelerinin toplamı, o düğüm noktasına birleşen kirişlerin kolon yüzündeki eğilme momenti kapasiteleri toplamının 1.1D_a katından daha büyük olacaktır (Şekil 4.10).

$$(M_{pa} + M_{pü}) \geq 1.1D_a (M_{pi} + M_{vi} + M_{pj} + M_{vj}) \quad (4.28)$$

Bu denklemdaki M_{vi} ve M_{vj} terimleri, zayıflatılmış kiriş en kesitleri kullanılması veya kiriş uçlarında guseler oluşturulması halinde, kiriş uçlarındaki olası plastik mafsallardaki kesme kuvvetlerinden dolayı, kolon yüzünde meydana gelen ek eğilme momentlerini göstermektedir. Plastik momentlerin kirişlerin kolon yüzündeki kesitlerinde oluşması halinde, bu terimler sıfır değerini almaktadır.

4. DEPREM BÖLGELERİNDE YAPILACAK BİNALAR HAKKINDAKİ
YÖNETMELİK Mustafa TANSEL



Şekil 4.11. Kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşulu

Çizelge 4.10. Enkesit Koşulları

Eleman Tanımı	Narinlik Oranları	Sınır Değerler	
		Süneklik Düzeyi Yüksek Sistemler	Süneklik Düzeyi Normal Sistemler
Eğilme etkisindeki I Kesitleri U Kesitleri	b/t	$0.3\sqrt{E_s/\sigma_a}$	$0.4\sqrt{E_s/\sigma_a}$
Eğilme etkisindeki I Kesitleri U Kesitleri	h/t_w	$3.2\sqrt{E_s/\sigma_a}$	$4.0\sqrt{E_s/\sigma_a}$
Basınç etkisindeki T Kesitleri L Kesitleri	h/t_w	$0.3\sqrt{E_s/\sigma_a}$	$0.4\sqrt{E_s/\sigma_a}$
Eğilme ve eksenel basınç etkisindeki I Kesitleri U Kesitleri	h/t_w	$ N_d/\sigma_a A \leq 0.10$ için $3.2\sqrt{E_s/\sigma_a} \left(1 - 1.7 \left \frac{N_d}{\sigma_a A} \right \right)$	$ N_d/\sigma_a A \leq 0.10$ için $4.0\sqrt{E_s/\sigma_a} \left(1 - 1.7 \left \frac{N_d}{\sigma_a A} \right \right)$
		$ N_d/\sigma_a A > 0.10$ için $1.33\sqrt{E_s/\sigma_a} \left(2.1 - \left \frac{N_d}{\sigma_a A} \right \right)$	$ N_d/\sigma_a A > 0.10$ için $1.66\sqrt{E_s/\sigma_a} \left(2.1 - \left \frac{N_d}{\sigma_a A} \right \right)$
Eğilme veya eksenel basınç etkisindeki dairesel halka kesitler (borular)	D/t	$0.05 \frac{E_s}{\sigma_a}$	$0.07 \frac{E_s}{\sigma_a}$
Eğilme veya eksenel basınç etkisindeki dikdörtgen kutu kesitler	b/t veya h/t_w	$0.7\sqrt{E_s/\sigma_a}$	$1.1\sqrt{E_s/\sigma_a}$
Tanımlar b : I, U kesitleri ve dikdörtgen kutu kesitlerinde başlık genişliği h : I, U, T kesitleri ve dikdörtgen kutu kesitlerinde gövde yüksekliği L kesitlerinde büyük kenar uzunluğu D : Dairesel halka kesitlerinde (borularda) dış çap t : I, U, T kesitleri ve dikdörtgen kutu kesitlerinde başlık kalınlığı halka kesitlerinde (borularda) kalınlık t_w : I, U, T, L kesitleri ve dikdörtgen kutu kesitlerinde gövde kalınlığı			

(2) Denklem(4.28), depremin her iki yönü için elverişsiz sonuç verecek şekilde ayrı ayrı uygulanacaktır. Kolon eğilme momenti kapasitelerinin hesabında, depremin yönü ile uyumlu olarak bu moment kapasitelerini en küçük yapan tasarım eksenel kuvvetleri göz önüne alınacaktır.

(3) Tek katlı binalarda ve çok katlı binaların kolonları üst kata devam etmeyen düğüm noktalarında denklem(4.28)'in sağlanıp sağlanmadığına bakılmayacaktır.

4.2.2.3. Kolonların Kirişlerden Daha Güçlü Olması Koşulunun Bazı Kolonlarda Sağlanamaması Durumu

(1) Sadece çerçevelerden veya perde ve çerçevelerin birleşiminden oluşan taşıyıcı sistemlerde, göz önüne alınan deprem doğrultusunda binanın herhangi bir i'inci katında, Denk.(4.29)'un sağlanması koşulu ile, ilgili katın alt ve/veya üstündeki bazı düğüm noktalarında Denk.(4.28)'un sağlanamamış olmasına izin verilebilir.

$$\alpha_i = V_{is} / V_{ik} \geq 0.70 \quad (4.29)$$

(2) Denk.(4.29)'un sağlanması durumunda, $0.70 < \alpha_i < 1.00$ aralığında, Denk.(4.28)'un hem alttaki, hem de üstteki düğüm noktalarında sağlandığı kolonlara etkiyen eğilme momentleri ve kesme kuvvetleri $(1/\alpha_i)$ oranı ile çarpılarak arttırılacaktır. Denk.(4.29)'ü sağlamayan kolonlar, kesitlerinde oluşan düşey yük ve deprem etkileri altında hesaplanacaktır.

(3) Herhangi bir katta Denk.(4.29)'un sağlanamaması durumunda, sadece çerçevelerden veya perde ve çerçevelerin birleşiminden oluşan taşıyıcı sistemlerdeki tüm çerçeveler Süneklik Düzeyi Normal Çerçeve olarak göz önüne alınacak ve Çizelge 4.4'e göre taşıyıcı sistem davranış katsayısı değiştirilerek hesap tekrarlanacaktır. Ancak süneklik düzeyi normal çerçevelerin, süneklik düzeyi yüksek perdelerle bir arada kullanılması da mümkündür.

4.2.2.4. Kiriş - Kolon Birleşim Bölgeleri

(1) Süneklik düzeyi yüksek çerçevelerin moment aktaran kiriş-kolon birleşimlerinde aşağıdaki üç koşul bir arada sağlanacaktır:

(a) Birleşim en az 0.04 radyan Görelî Kat Ötelemesi Açısı'nı (görelî kat ötelemesi/kat yüksekliği) sağlayabilecek kapasitede olacaktır. Bunun için, deneysel ve/veya analitik yöntemlerle geçerliliği kanıtlanmış olan detaylar kullanılacaktır. Geçerliliği kanıtlanmış olan çeşitli bulonlu ve kaynaklı birleşim detayı örnekleri ve bunların uygulama sınırları 4.2.10'da verilmiştir.

(b) Birleşimin kolon yüzündeki gerekli eğilme dayanımı, birleşen kirişin kolon yüzündeki eğilme momenti kapasitesinin $0.80 \times 1.1D_a$ katından daha az olmayacaktır. Ancak bu dayanımın üst limiti, düğüm noktasına birleşen kolonlar tarafından söz konusu birleşime aktarılan en büyük eğilme momenti ile uyumlu olacaktır. Zayıflatılmış kiriş en kesitleri kullanılması veya kiriş uçlarında guseler oluşturulması halinde, kolon yüzündeki eğilme momenti kapasitesi, kiriş plastik momenti ile kiriş ucundaki olası plastik mafsaldaki kesme kuvvetinden dolayı kolon yüzünde meydana gelen ek eğilme momenti toplanarak hesaplanacaktır.

(c) Birleşimin boyutlandırılmasında esas alınacak V_e kesme kuvveti Denk.(4.30) ile hesaplanacaktır.

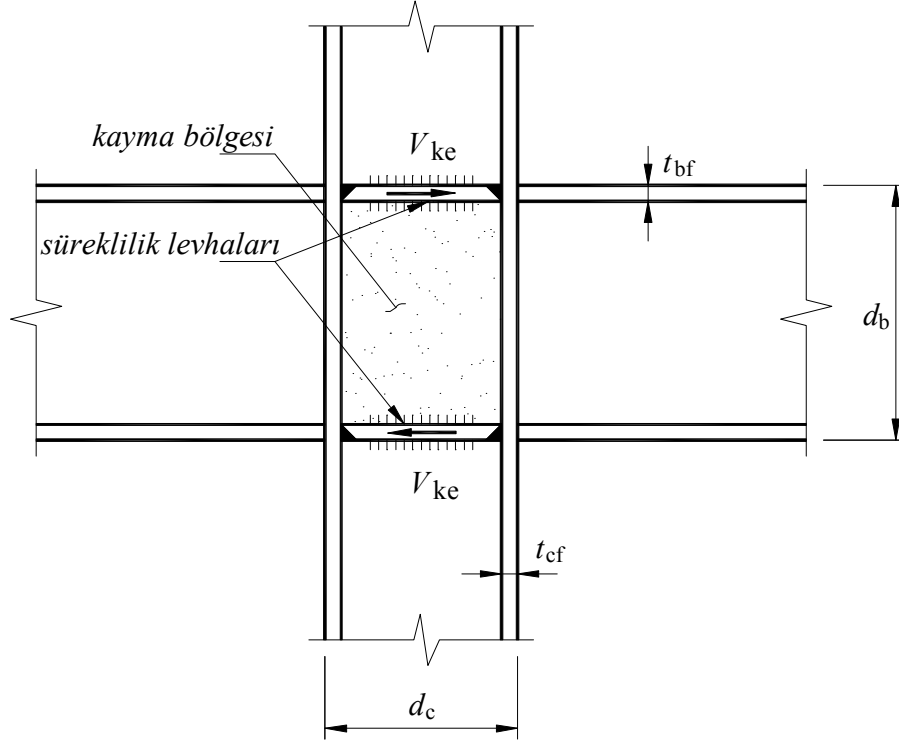
$$V_e = V_{dy} \pm 1.1R_a \frac{(M_{pi} + M_{pj})}{\ell_n} \quad (4.30)$$

(2) Birleşimin taşıma kapasitesinin hesabında, 4.2.1.5'te verilen gerilme sınır değerleri kullanılacaktır.

(3) Kiriş – kolon birleşim detayında, kolon ve kiriş başlıklarının sınırladığı kayma bölgesi (Şekil 4.2) aşağıdaki koşulları sağlayacak şekilde boyutlandırılacaktır:

(a) Kayma bölgesinin gerekli V_{ke} kesme kuvveti dayanımı, düğüm noktasına birleşen kirişlerin kolon yüzündeki eğilme momenti kapasiteleri toplamının 0.80 katından meydana gelen kesme kuvvetine eşit olarak alınacaktır.

$$V_{ke} = 0.8 \sum M_p \left(\frac{1}{d_b} - \frac{1}{H_{ort}} \right) \quad (4.31)$$



Şekil 4.12. Kiriş- kolon birleşim detayında kayma bölgesi

(b) Kayma bölgesinin V_p kesme kuvveti kapasitesi

$$V_p = 0.6 \sigma_a d_c t_p \left[1 + \frac{3b_{cf} t_{cf}^2}{d_b d_c t_p} \right] \quad (4.32)$$

denklemleri ile hesaplanacaktır. Kayma bölgesinin yeterli kesme dayanımına sahip olması için

$$V_p \geq V_{ke} \quad (4.33)$$

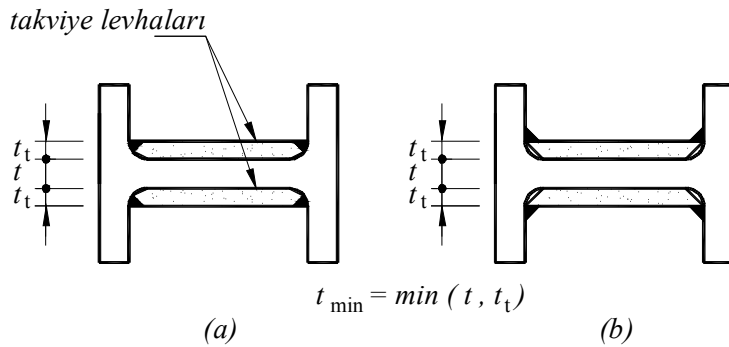
koşulunun sağlanması gerekmektedir. Bu koşulun sağlanmaması halinde, gerekli miktarda takviye levhası kullanılacak veya kayma bölgesine köşegen doğrultusunda berkitme levhaları eklenecektir.

(c) Kolon gövde levhasının ve eğer kullanılmış ise takviye levhalarının her birinin en küçük kalınlığı, $t_{\min}$, (Şekil 4.12) aşağıdaki koşulu sağlayacaktır.

$$t_{\min} \geq u / 180 \quad (4.34)$$

Bu koşulun sağlanmadığı durumlarda takviye levhaları ve kolon gövde levhası birbirlerine kaynakla bağlanarak birlikte çalışmaları sağlanacak ve levha kalınlıkları toplamının Denk.(4.34)'ü sağladığı kontrol edilecektir.

(d) Kayma bölgesinde takviye levhaları kullanılması halinde, bu levhaların kolon başlık levhalarına bağlanması için tam penetrasyonlu küt kaynak veya köşe kaynağı kullanılacaktır, Şekil 4.12. Bu kaynaklar, takviye levhası tarafından karşılanan kesme kuvvetini güvenle aktaracak şekilde kontrol edilecektir. Bu hesapta, (4.2.1.5)'te verilen kaynak gerilme kapasiteleri kullanılacaktır.



Şekil 4.13. Takviye levhaları

(4) Moment aktaran kiriş-kolon birleşim detaylarında, kolon gövdesinin her iki tarafına, kiriş başlıkları seviyesinde süreklilik levhaları konularak kiriş başlıklarındaki çekme ve basınç kuvvetlerinin kolona (ve iki taraflı kiriş-kolon birleşimlerinde komşu kirişe) güvenle aktarılması sağlanacaktır.

(a) Süreklilik levhalarının kalınlıkları, tek taraflı kiriş birleşimlerinde birleşen kirişin başlık kalınlığından, kolona iki taraftan kiriş birleşmesi durumunda ise birleşen kirişlerin başlık kalınlıklarının büyüğünden daha az olmayacaktır.

(b) Süreklilik levhalarının kolon gövde ve başlıklarına bağlantısı için tam penetrasyonlu küt kaynak kullanılacaktır. Süreklilik levhasının kolon gövdesine bağlantısı için köşe kaynağı da kullanılabilir, (Şekil 4.11) Ancak bu kaynağın, süreklilik levhasının kendi düzlemindeki kesme kapasitesine eşit bir kuvveti kolon gövdesine aktaracak boy ve kalınlıkta olması gereklidir.

(c) Kolon başlık kalınlığının

$$t_{cf} \geq 0.54 \sqrt{b_{bf} t_{bf}} \quad (4.35)$$

ve

$$t_{cf} \geq \frac{b_{bf}}{6} \quad (4.36)$$

koşullarının her ikisini de sağlaması durumunda süreklilik levhasına gerek olmayabilir.

4.2.2.5. Kolon ve Kiriş Ekleri

(1) Tam penetrasyonlu küt kaynaklı veya bulonlu olarak yapılan kolon ekleri, kolon-kiriş birleşim yerinden en az net kat yüksekliğinin 1/3'ü kadar uzakta olacaktır. Köşe kaynağı ile veya tam penetrasyonlu olmayan küt kaynakla yapılan eklerde bu uzaklık, ayrıca 1.20 m' den az olmayacaktır.

(2) Kiriş ekleri, kolon-kiriş birleşim kesitinden en az kiriş yüksekliğinin iki katı kadar uzakta yapılacaktır.

(3) Kolon ve kiriş eklerinin eğilme kapasitesi, eklenen elemanın eğilme kapasitesinden, kesme kuvveti kapasitesi ise Denk.(4.30)'da verilen değerden az olmayacaktır. Ayrıca, birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde, kolon eklerinin eksenel kuvvet kapasiteleri Denk.(4.22) ve Denk.(4.23) ile hesaplanan eksenel basınç

ve çekme kuvvetleri altında da (eğilme momentleri gözönüne alınmaksızın) yeterli olacaktır. Ek elemanlarının taşıma güçlerinin hesabında, (4.2.1.5)'te verilen kaynak ve bulon gerilme sınır değerleri kullanılacaktır.

4.2.2.6. Kiriş Başlıklarının Yanal Doğrultuda Mesnetlenmesi

(1) Kirişlerin üst ve alt başlıkları yanal doğrultuda mesnetlenecektir. Kirişlerin yanal doğrultuda mesnetlendiği noktalar arasındaki ℓ_b uzaklığı

$$\ell_b \leq 0.086 \frac{r_y E_s}{\sigma_a} \quad (4.37)$$

koşulunu sağlayacaktır. Ayrıca, tekil yüklerin etki ettiği noktalar, kiriş en kesitinin ani olarak değiştiği noktalar ve sistemin doğrusal olmayan şekil değiştirmesi sırasında plastik mafsallık oluşabilecek noktalar da yanal doğrultuda mesnetlenecektir.

(2) Yanal doğrultudaki mesnetlerin gerekli basınç ve çekme dayanımı, kiriş başlığının eksenel çekme kapasitesinin 0.02'sinden daha az olmayacaktır.

(3) Betonarme döşemelerin çelik kirişler ile kompozit olarak çalıştığı çelik taşıyıcı sistemlerde yukarıdaki koşullara uyulması zorunlu değildir.

4.2.3. Süneklik Düzeyi Normal Çerçeveler

Süneklik düzeyi normal çerçevelerin boyutlandırılmasında uyulacak kurallar aşağıda verilmiştir.

4.2.3.1. Enkesit Koşulları

(1) Süneklik düzeyi normal çerçevelerin kiriş ve kolonlarında, başlık genişliği/kalınlığı ve gövde yüksekliği/kalınlığı oranlarına ilişkin koşullar Çizelge 4.10'da verilmiştir. Ancak en çok iki katlı binalarda, gerekli yerel burkulma kontrollerinin yapılması koşulu ile, bu sınırların aşılmasına izin verilebilir.

(2) Süneklik düzeyi yüksek çerçevelerin kolonları için 4.2.2.1.(2)'de verilen koşullar süneklik düzeyi normal çerçevelerin kolonları için de geçerlidir.

(3) Süneklik düzeyi normal çerçevelerde, süneklik düzeyi yüksek çerçeveler için 4.2.2.2 ve 4.2.2.3'te verilen koşullara uyulması zorunlu değildir.

4.2.3.2. Kiriş – Kolon Birleşim Bölgeleri

(1) Süneklik düzeyi normal çerçevelerin moment aktaran kiriş-kolon birleşimlerinde, düşey yükler ve depremin ortak etkisinden oluşan iç kuvvetler altında gerekli gerilme kontrolleri yapılacaktır. Ayrıca, birleşimin taşıma kapasitesi aşağıda tanımlanan iç kuvvetlerden küçük olanlarını da sağlayacaktır:

(a) Kolona birleşen kirişin 4.2.2.4.(1).(b)'de tanımlandığı şekilde hesaplanan eğilme momenti kapasitesi ve Denk.(4.30) ile hesaplanan gerekli kesme kuvveti dayanımı.

(b) Denk.(4.22) ve Denk.(4.23)'de verilen arttırılmış yükleme durumlarından dolayı kolon yüzünde meydana gelen eğilme momenti ve kesme kuvveti.

(2) Birleşimin taşıma kapasitesinin hesabında, 4.2.1.5'te verilen gerilme sınır değerleri kullanılacaktır.

(3) Kiriş-kolon birleşim detayında, kolon ve kiriş başlıklarının sınırladığı kayma bölgesi (Şekil 4.11) aşağıdaki koşulları sağlayacak şekilde boyutlandırılacaktır:

(a) Kayma bölgesinin V_{ke} gerekli kesme kuvveti dayanımının hesabında, Denk.(4.22) ve Denk.(4.23)'de verilen arttırılmış deprem yüklemesinden meydana gelen kesme kuvveti ve Denk.(4.31) ile hesaplanan kesme kuvvetinden küçük olanı kullanılacaktır.

(b) Kayma bölgesinin V_p kesme kuvveti dayanımı Denk.(4.32) ile hesaplanacaktır. Kayma bölgesinin yeterli kesme dayanımına sahip olması için Denk.(4.33)'in sağlanması gerekmektedir.

(c) Süneklik düzeyi yüksek çerçevelerin kayma bölgesi hesabı için 4.2.2.4.(3).(c) ve 4.2.2.4.(3).(d)'de verilen kurallar süneklik düzeyi normal çerçeveler için de aynen geçerlidir.

(4) Süneklik düzeyi yüksek çerçevelerde süreklilik levhalarının hesabı için 4.2.2.4.(4)'de verilen kurallar süneklik düzeyi normal çerçeveler için de aynen geçerlidir.

4.2.3.3. Kiriş ve Kolon Ekleri

Süneklik düzeyi yüksek çerçevelerde kolon ve kiriş ekleri için 4.2.2.5'te verilen kurallar süneklik düzeyi normal çerçeveler için de aynen geçerlidir.

4.2.3.4. Kiriş Başlıklarının Yanal Doğrultuda Mesnetlenmesi

(1) Kirişlerin üst ve alt başlıkları yanal doğrultuda mesnetlenecektir. Kirişlerin yanal doğrultuda mesnetlendiği noktalar arasındaki ℓ_b uzaklığı

$$\ell_b \leq 0.124 \frac{r_y E_s}{\sigma_a} \quad (4.38)$$

koşulunu sağlayacaktır. Ayrıca, tekil yüklerin etkidği noktalar, kiriş en kesitinin ani olarak değiştiği noktalar ve sistemin lineer olmayan şekil değiştirmesi sırasında plastik mafsallı oluşabilecek noktalar da yanal doğrultuda mesnetlenecektir.

(2) Yanal doğrultudaki mesnetlerin gerekli basınç ve çekme dayanımı, kiriş başlığının eksenel çekme kapasitesinin 0.02' sinden daha az olmayacaktır.

(3) Betonarme döşemelerin çelik kirişler ile kompozit olarak çalıştığı çelik taşıyıcı sistemlerde yukarıdaki koşullara uyulması zorunlu değildir.

4.2.4. Merkezi ve Dışmerkez Çelik Çaprazlı Perdeler

Çelik çaprazlı perdeler, mafsallı birleşimli veya moment aktaran çerçeveler ile bunlara merkezi ve dışmerkez olarak bağlanan çaprazlardan oluşan yatay yük taşıyıcı sistemlerdir. Bu tür sistemlerin yatay yük taşıma kapasiteleri, eğilme dayanımlarının yanında, daha çok veya tümüyle elemanların eksenel kuvvet

dayanımları ile sağlanmaktadır. Çelik çaprazlı perdeler, çaprazların düzenine bağlı olarak ikiye ayrılırlar:

(a) Merkezi Çelik Çaprazlı Perdeler

(b) Dışmerkez Çelik Çaprazlı Perdeler

Çaprazların çerçeve düğüm noktalarına merkezi olarak bağlandığı Merkezi Çelik Çaprazlı Perdeler süneklik düzeyi yüksek veya süneklik düzeyi normal sistem olarak boyutlandırılabilirler. Buna karşılık, çaprazların çerçeve düğüm noktalarına dışmerkez olarak bağlandığı Dışmerkez Çelik Çaprazlı Perdeler süneklik düzeyi yüksek sistem olarak boyutlandırılacaklardır.

4.2.5. Süneklik Düzeyi Yüksek Merkezi Çelik Çaprazlı Perdeler

Süneklik düzeyi yüksek merkezi çelik çaprazlı perdeler, basınç elemanlarının bazılarının burkulması halinde dahi, sistemde önemli ölçüde dayanım kaybı meydana gelmeyecek şekilde boyutlandırılırlar. Bu sistemlerin boyutlandırılmasında uygulanacak kurallar aşağıda verilmiştir.

4.2.5.1. Enkesit Koşulları

(1) Süneklik düzeyi yüksek merkezi çelik çaprazlı perdelerin kiriş, kolon ve çaprazlarında, başlık genişliği/kalınlığı, gövde yüksekliği/kalınlığı ve çap/kalınlık oranlarına ilişkin koşullar Çizelge 4.10'da verilmiştir.

(2) Çatı ve düşey düzlem çaprazlarının narinlik oranı (çubuk burkulma boyu/atalet yarıçapı) $5.87\sqrt{E_s / \sigma_a}$ sınır değerini aşmayacaktır.

(3) Çok parçalı çaprazlarda bağ levhalarının aralıkları, ardışık iki bağ levhası arasındaki tek elemanın narinlik oranı tüm çubuğun narinlik oranının 0.40 katını aşmayacak şekilde belirlenecektir. Çok parçalı çaprazın burkulmasının bağ levhasında kesme etkisi oluşturmadığının gösterilmesi halinde, bağ levhalarının aralıkları, iki bağ levhası arasındaki tek çubuğun narinlik oranı çok parçalı çubuğun etkin narinlik oranının 0.75 katını aşmayacak şekilde belirlenebilir. Bağ levhalarının toplam kesme kuvveti kapasitesi, her bir çubuk elemanının eksenel çekme

kapasitesinden daha az olmayacaktır. Her çubukta en az iki bağ levhası kullanılacak ve bağ levhaları eşit aralıklı olarak yerleştirilecektir. Bulonlu bağ levhalarının, çubuğun temiz açıklığının orta dörtte birine yerleştirilmesine izin verilmez.

4.2.5.2. Yatay Yüklerin Dağılımı

Binanın bir aksı üzerindeki düşey merkezi çapraz elemanlar, o aks doğrultusundaki depremde ve her bir deprem yönünde etkiyen yatay kuvvetlerin en az %30'u ve en çok %70'i basınca çalışan çaprazlar tarafından karşılanacak şekilde düzenlenecektir.

4.2.5.3. Çaprazların Birleşimleri

(1) Çaprazların birleşim detaylarında, düşey yükler ve depremin ortak etkisinden oluşan iç kuvvetler altında gerekli gerilme kontrolleri yapılacaktır. Ayrıca, birleşimin taşıma kapasitesi aşağıda tanımlanan iç kuvvetlerden küçük olanını da sağlayacaktır:

(a) Çaprazın eksenel çekme kapasitesi.

(b) Düğüm noktasına birleşen diğer elemanların kapasitelerine bağlı olarak, söz konusu çapraza aktarılabilecek en büyük eksenel kuvvet.

(c) Denk.(4.22) ve Denk.(4.23)'de verilen arttırılmış yükleme durumlarından meydana gelen çapraz eksenel kuvveti.

(2) Birleşimin taşıma kapasitesinin hesabında, 4.2.1.5'te verilen gerilme sınır değerleri kullanılacaktır.

(3) Çaprazları kolonlara ve/veya kirişlere bağlayan düğüm noktası levhaları aşağıdaki iki koşulu da sağlayacaklardır:

(a) Düğüm noktası levhasının düzlemi içindeki eğilme kapasitesi, düğüm noktasına birleşen çaprazın eğilme kapasitesinden daha az olmayacaktır.

(b) Düğüm noktası levhasının düzlem dışına burkulmasının önlenmesi amacıyla, çaprazın ucunun kiriş veya kolon yüzüne uzaklığı düğüm levhası kalınlığının iki katından daha fazla olmayacaktır. Buna uyulmadığı durumlarda,

ilave berkitme levhaları kullanarak, düğüm levhasının düzlem dışına burkulması önlenecektir.

4.2.5.4. Özel Çapraz Düzenleri İçin Ek Koşullar

(1) V veya ters V şeklindeki çapraz sistemlerinin sağlaması gereken ek koşullar aşağıda verilmiştir:

(a) Çaprazların bağlandığı kirişler sürekli olacaktır.

(b) Çaprazlar düşey yüklerin ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında boyutlandırılacaktır. Ancak çaprazların bağlandığı kirişler ve uç bağlantıları, çaprazların yok sayılması durumunda, kendi üzerindeki düşey yükleri güvenle taşıyacak şekilde boyutlandırılacaktır.

(c) Süneklik düzeyi yüksek çerçevelerin kirişleri için 4.2.2.6’da verilen koşullar çaprazların bağlandığı kirişler için de aynen geçerlidir.

(2) Süneklik düzeyi yüksek merkezi çelik çaprazlı perdelerde K şeklindeki (çaprazların kolon orta noktasına bağlandığı) çapraz düzenine izin verilemez.

4.2.5.5. Kolon Ekleri

(1) Kolon ekleri kolon serbest yüksekliğinin ortadaki 1/3’lük bölgesinde yapılacaktır.

(2) Kolon eklerinin eğilme dayanımı eklenen elemanlardan küçüğünün eğilme kapasitesinin %50’sinden, kesme kuvveti dayanımı ise eklenen elemanlardan küçüğünün kesme kapasitesinden daha az olmayacaktır. Ayrıca, birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde, kolon eklerinin aksenal kuvvet taşıma güçleri Denk.(4.22) ve Denk.(4.23)’de verilen arttırılmış deprem yüklemelerinden oluşan basınç ve çekme kuvvetleri altında da (eğilme momentleri göz önüne alınmaksızın) yeterli olacaktır. Ek elemanlarının hesabında, 4.2.1.5’te verilen kaynak ve bulon gerilme kapasiteleri kullanılacaktır.

4.2.6. Süneklik Düzeyi Normal Merkezi Çelik Çaprazlı Perdeler

Süneklik düzeyi normal çelik çaprazlı perdelerin boyutlandırılmasında uygulanacak kurallar aşağıda belirtilmiştir.

4.2.6.1. Enkesit Koşulları

(1) Süneklik düzeyi normal merkezi çelik çaprazlı perdelerin kiriş, kolon ve çaprazlarında, başlık genişliği/kalınlığı, gövde yüksekliği/kalınlığı ve çap/kalınlık oranlarına ilişkin koşullar Çizelge 4.10'da verilmiştir. Ancak en çok iki katlı binalarda, gerekli yerel burkulma kontrollerinin yapılması koşulu ile, bu sınırların aşılmasına izin verilebilir.

(2) Basınca çalışan çatı ve düşey düzlem çaprazlarının narinlik oranı (çubuk burkulma boyu/atalet yarıçapı) $4.23\sqrt{E_s / \sigma_a}$ sınır değerini aşmayacaktır.

(3) Çok parçalı çaprazlarda, TS648'in bağ levhalarına ilişkin kuralları geçerlidir. Her çubukta en az iki bağ levhası kullanılacaktır.

(4) Sadece çekme kuvveti taşıyacak şekilde hesaplanan çaprazlarda narinlik oranı 250'yi aşmayacaktır. Ancak, en çok iki katlı binalardaki çapraz elemanların, hesaplanan çekme kuvvetinin Çizelge 4.9'daki Ω_o katsayısı ile çarpımını taşıyacak şekilde boyutlandırılmaları halinde bu kural uygulanmayabilir.

4.2.6.2. Çaprazların Birleşimleri

(1) Çaprazların birleşim detaylarında, düşey yükler ve depremin ortak etkisinden oluşan iç kuvvetler altında gerekli gerilme kontrolleri yapılacaktır. Ayrıca, birleşimin taşıma kapasitesi aşağıda tanımlanan iç kuvvetlerden küçük olanını da sağlayacaktır:

(a) Çaprazın eksenel çekme kapasitesi.

(b) Denk.(4.22) ve Denk.(4.23)'de verilen arttırılmış yüklemelerden meydana gelen çapraz eksenel kuvveti.

(c) Düğüm noktasına birleşen diğer elemanlar tarafından söz konusu çaprazla aktarılabilecek en büyük kuvvet.

(2) Birleşimin taşıma kapasitesinin hesabında, 4.2.1.5’te verilen gerilme sınır değerleri kullanılacaktır.

(3) Süneklik düzeyi yüksek merkezi çelik çaprazlı perdeler için 4.2.5.3.(3)’de verilen koşullar süneklik düzeyi normal merkezi çelik çaprazlı perdeler için de geçerlidir.

4.2.6.3. Özel Çapraz Düzenleri İçin Ek Koşullar

(1) Süneklik düzeyi yüksek merkezi çelik çaprazlı perdeler için 4.2.5.4.(1).(a) ve 4.2.5.4.(1).(b)’ de verilen koşullar süneklik düzeyi normal merkezi çelik çaprazlı perdeler için de geçerlidir.

(2) Süneklik düzeyi normal çerçevelerin kirişleri için 4.2.3.4’de verilen kiriş başlıklarının yanal doğrultuda mesnetlenmesi koşulları çaprazların bağlandığı kirişler için de aynen geçerlidir.

4.2.7. Süneklik Düzeyi Yüksek Dışmerkez Çelik Çaprazlı Perdeler

Süneklik düzeyi yüksek dışmerkez çelik çaprazlı perdeler, deprem etkileri altında bağ kirişlerinin önemli ölçüde doğrusal olmayan şekil değiştirme yapabilme özelliğine sahip olduğu yatay yük taşıyıcı sistemlerdir. Bu sistemler, bağ kirişlerinin plastik şekil değiştirmesi sırasında, kolonların, çaprazların ve bağ kirişi dışındaki diğer kirişlerin elastik bölgede kalması sağlanacak şekilde boyutlandırılırlar. Süneklik düzeyi yüksek merkezi çelik çaprazlı perdelerin boyutlandırılmasında uygulanacak kurallar aşağıda verilmiştir.

4.2.7.1. Enkesit Koşulları

(1) Süneklik düzeyi yüksek dışmerkez çelik çaprazlı perdelerin bağ kirişleri, diğer kirişleri, kolon ve çaprazlarında başlık genişliği/kalınlığı, gövde

yüksekliği/kalınlığı ve çap/kalınlık oranlarında Çizelge 4.10'daki koşullara uyulacaktır. Bağ kirişlerine ilişkin ek koşullar, 4.2.7.2'de verilmiştir.

(2) Çaprazların narinlik oranı (çubuk burkulma boyu/atalet yarıçapı) $4.23\sqrt{E_s / \sigma_a}$ sınır değerini aşmayacaktır.

(3) Çok parçalı çaprazlar için 4.2.5.1.(3)'te verilen koşullar dışmerkez çelik çaprazlı perdeler için de aynen geçerlidir.

4.2.7.2. Bağ Kirişleri

(1) Süneklik düzeyi yüksek dışmerkez çelik çaprazlı perdelerde, her çapraz elemanın en az bir ucunda bağ kirişi bulunacaktır.

(2) Bağ kirişinin boyu, 4.2.7.8.(1)'deki özel durumun dışında, aşağıdaki şekilde belirlenebilir.

$$1.0 M_p / V_p \leq e \leq 5.0 M_p / V_p \quad (4.39)$$

Bu bağıntıdaki M_p eğilme momenti ve V_p kesme kuvveti kapasiteleri Denk.(4.24) ve Denk.(4.25) ile hesaplanacaktır.

(3) Bağ kirişleri, düşey yükler ve hesaplanan deprem etkilerinden oluşan tasarım iç kuvvetleri (kesme kuvveti, eğilme momenti ve eksenel kuvvet) altında boyutlandırılacaktır.

(4) Bağ kirişinin V_d tasarım kesme kuvveti, aşağıdaki koşulların her ikisini de sağlayacaktır.

$$V_d \leq V_p \quad (4.30)$$

$$V_d \leq 2M_p / e \quad (4.31)$$

(5) Bağ kirişi tasarım eksenel kuvvetinin

$$N_d / \sigma_a A > 0.15 \quad (4.32)$$

olması halinde, Denk.(3.30) ve Denk.(3.31)'de M_p ve V_p yerine

$$M_{pn} = 1.18M_p \left[1 - \frac{N_d}{\sigma_a A} \right] \quad (4.33)$$

$$V_{pn} = V_p \sqrt{1 - (N_d / \sigma_a A)^2} \quad (4.34)$$

değerleri kullanılacaktır.

(6) Bağ kirişinin gövde levhası tek parçalı olacak, gövde düzlemi içinde takviye levhaları bulunmayacaktır. Gövde levhasında boşluk açılmayacaktır.

4.2.7.3. Bağ Kirişinin Yanal Doğrultuda Mesnetlenmesi

(1) Bağ kirişinin üst ve alt başlıkları kirişin iki ucunda, kolon kenarında düzenlenen bağ kirişlerinde ise kirişin bir ucunda, yanal doğrultuda mesnetlenecektir. Yanal doğrultudaki mesnetlerin gerekli dayanımı, kiriş başlığının eksenel çekme kapasitesinin 0.06'sından daha az olmayacaktır.

(2) Ayrıca, bağ kirişi dışında kalan kiriş bölümü de, $0.45b_{bf}\sqrt{E_s/\sigma_a}$ aralıklarla yanal doğrultuda mesnetlenecektir. Bu mesnetlerin gerekli dayanımı, kiriş başlığının eksenel çekme kapasitesinin 0.01'inden daha az olmayacaktır.

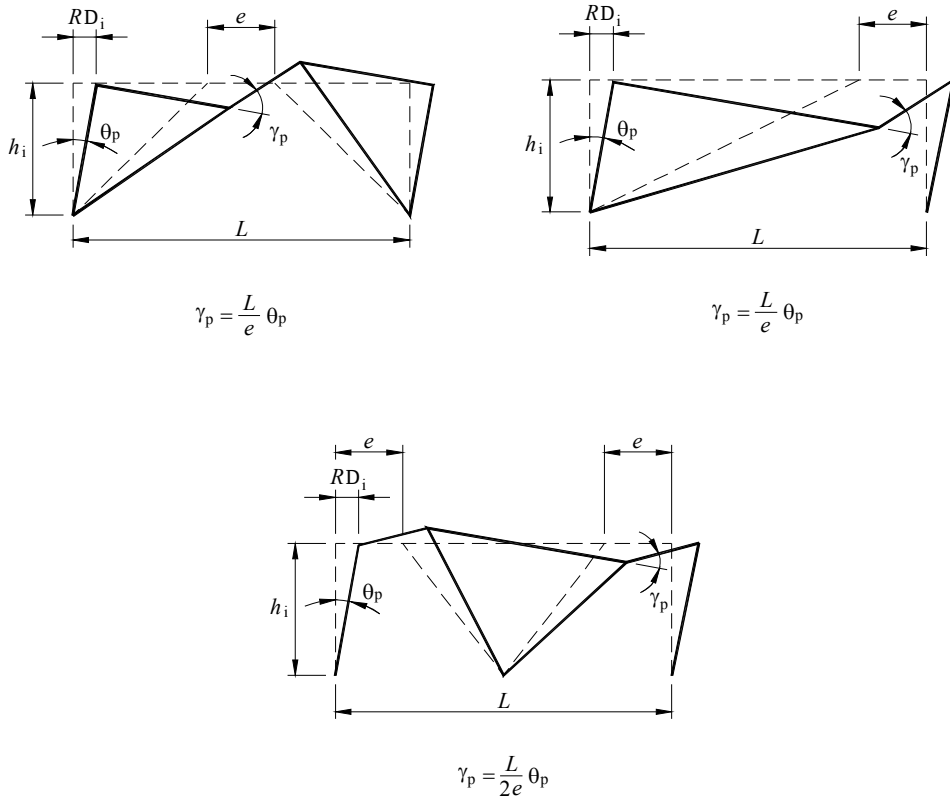
(3) Betonarme döşemelerin çelik kirişler ile kompozit olarak çalıştığı çelik taşıyıcı sistemlerde yukarıdaki koşullara uyulması zorunlu değildir.

4.2.7.4. Bağ Kirişinin Dönme Açısı

Bağ kirişinin bulunduğu i ' inci katın Bölüm 4.1' de tanımlanan Δ_i görelî kat ötelemesine bağlı olarak

$$\theta_p = R \frac{\Delta_i}{h_i} \quad (4.35)$$

denklemleri ile bulunan göreceli kat ötelemesi açısından dolayı, bağ kirişi ile bu kirişin uzantısındaki kat kirişi arasında meydana gelen γ_p bağ kirişi dönme açısı aşağıda verilen sınır değerleri aşmayacaktır (Şekil 4.13).



Şekil 4.14. Bağ kirişi dönme açısı

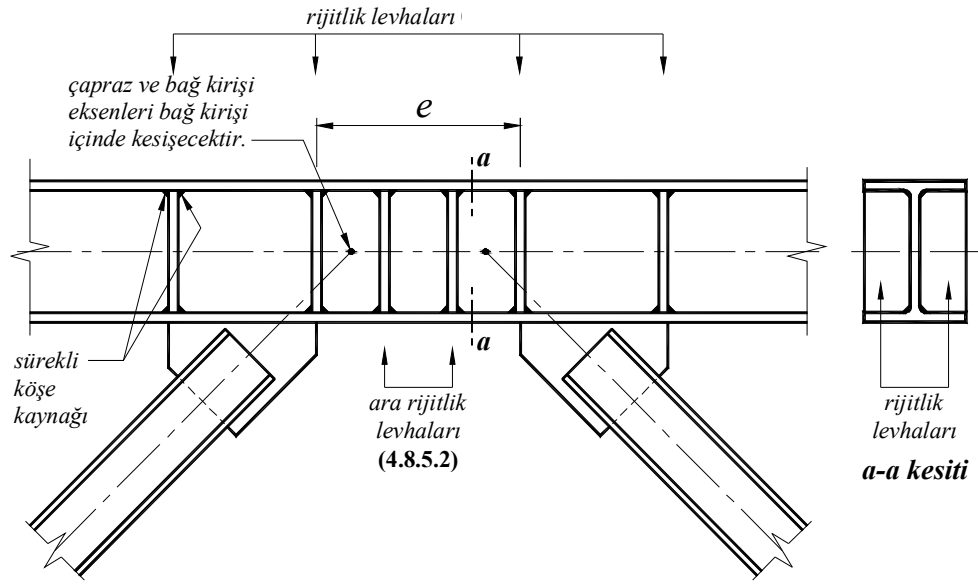
(a) Bağ kirişi uzunluğunun $1,6M_p/V_p$ ' ye eşit veya daha küçük olması halinde 0.10 radyan.

(b) Bağ kirişi uzunluğunun $2,6M_p/V_p$ ' ye eşit veya daha büyük olması halinde 0.03 radyan.

Bağ kirişi uzunluğunun bu iki sınır değer arasında olması halinde doğrusal interpolasyon yapılacaktır.

4.2.7.5. Rijitlik (Berkitme) Levhaları

(1) Çapraz elemanların bağ kirişine ve uzantılarına doğrudan yük aktardığı uçlarında rijitlik levhaları düzenlenecektir. Rijitlik levhaları, aksi belirtilmedikçe, bağ kirişi gövde levhasının her iki tarafına konulacak, gövde levhası yüksekliğinde ve yarım başlık levhası genişliğinde olacaktır (Şekil 4.14). Rijitlik levhalarının kalınlığı, gövde levhası kalınlığının 0.75'inden ve 10mm'den az olmayacaktır. Rijitlik levhalarını bağ kirişinin gövdesine bağlayan sürekli köşe kaynakları, rijitlik levhasının enkesit alanı ile malzeme akma gerilmesinin çarpımından oluşan kuvvetleri aktaracak kapasitede olacaktır.



Şekil 4.15. Dışmerkez çapraz- bağ kirişi birleşimi

(2) Bağlantı kirişi uçlarındaki rijitlik levhalarına ek olarak, aşağıda tanımlanan ara rijitlik levhaları konulacaktır:

(a) Boyu $1.6M_p/V_p$ 'den daha kısa olan bağ kirişlerinde, ara rijitlik levhalarının ara uzaklıkları, bağ kirişi dönme açısının 0.10 radyan olması halinde ($30 t_w - d_b/5$)'den, bağ kirişi dönme açısının 0.03 radyandan daha küçük olması halinde

ise $(52 t_w - d_b/5)$ 'den daha az olmayacaktır. Dönme açısının ara değerleri için doğrusal interpolasyon yapılacaktır.

(b) Boyu $2.6M_p/V_p$ 'den büyük ve $5M_p/V_p$ 'den küçük olan bağ kirişlerinde, bağ kirişi uçlarından $1.5b_{bf}$ uzaklıkta birer rijitlik levhaları konulacaktır.

(c) Boyu $1.6M_p/V_p$ ve $2.6M_p/V_p$ arasında olan bağ kirişlerinde, (a) ve (b)'de belirtilen ara rijitlik levhaları birlikte kullanılacaktır.

(d) Boyu $5M_p/V_p$ 'den büyük olan bağ kirişlerinde ara rijitlik levhaları kullanılmayabilir.

4.2.7.6. Çaprazlar, Kat Kirişleri ve Kolonlar

(1) Bağ kirişinin plastikleşmesine neden olan yükleme, Bölüm 4.1'ye göre hesaplanan deprem etkilerinden oluşan iç kuvvetlerin, bağ kirişinde kesit seçimi sonucunda hesaplanan M_p/M_d ve V_p/V_d Tasarım Büyütme Katsayıları'nın büyüğü ile çarpımı suretiyle belirlenecektir.

(2) Çaprazlar, bağ kirişinin plastikleşmesine neden olan yüklemenin $1.25D_a$ katından oluşan iç kuvvetlere göre boyutlandırılacaktır.

(3) Kat kirişinin bağ kirişi dışında kalan bölümü, bağ kirişinin plastikleşmesine neden olan yüklemenin $1.1D_a$ katından oluşan iç kuvvetlere göre boyutlandırılacaktır.

(4) Kolonlarda, düşey yükler ve depremin ortak etkisinden oluşan iç kuvvetler altında gerekli gerilme kontrolleri yapılacaktır. Ayrıca, kolonun taşıma kapasitesi aşağıda tanımlanan iç kuvvetlerden küçük olanlarını da sağlayacaktır:

(a) Bağ kirişinin plastikleşmesine neden olan yüklemenin $1.1D_a$ katından oluşan iç kuvvetler.

(b) Denk.(4.22) ve Denk.(4.23)'de verilen arttırılmış yüklemelerden meydana gelen iç kuvvetler.

(5) Çapraz, kat kirişi ve kolon en kesitlerinin iç kuvvet kapasiteleri 4.2.1.5'de verilen bağıntılar ile hesaplanacaktır.

4.2.7.7. Çapraz – Bağ Kirişi Birleşimi

Çaprazların bağ kirişi ile birleşim detayı 4.2.7.6.(2)'de belirtilen şekilde hesaplanan arttırılmış iç kuvvetlere göre boyutlandırılacaktır.

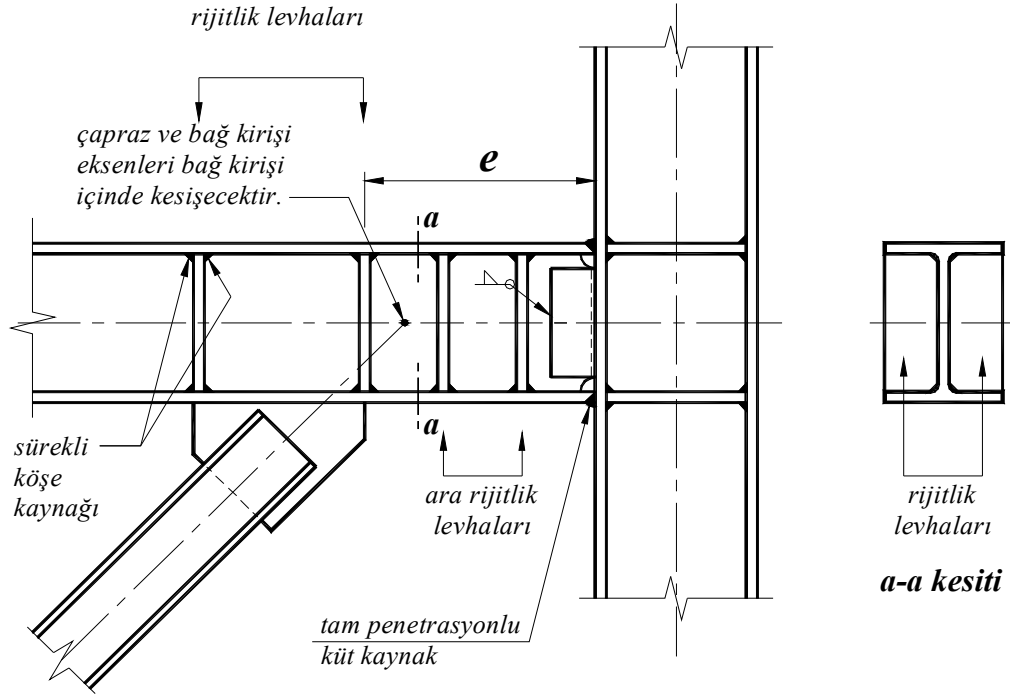
4.2.7.8. Bağ Kirişi – Kolon Birleşimi

(1) Kolona birleşen bağ kirişinin boyu

$$e \leq 1.6M_p / V_p \quad (4.36)$$

koşulunu sağlayacaktır.

Birleşimin kolon yüzündeki gerekli eğilme ve kesme dayanımları, sırasıyla bağ kirişinin M_p eğilme momenti kapasitesinden ve V_p kesme kuvveti kapasitesinden daha az olmayacaktır. Bağ kirişi başlıklarının kolona bağlantısı için tam penetrasyonlu küt kaynak uygulanacaktır (Şekil 4.15).



Şekil 4.16. Bağ kirişi kolon birleşimi

4.2.7.9. Kiriş-Kolon Birleşimi

Kat kirişinin bağ kirişi dışında kalan bölümünün kolon ile birleşim detayı kiriş gövde düzlemi içinde mafsallı olarak yapılabilir. Ancak bu bağlantı, kiriş başlıklarının eksenel çekme kapasitesinin 0.01'ine eşit, enine doğrultuda ve ters yönlü kuvvetlerin oluşturduğu burulma momentine göre boyutlandırılacaktır.

4.2.8. Temel Bağlantı Detayları

4.2.8.1. Çelik taşıyıcı sistem elemanlarının temel bağlantı detaylarında, düşey yükler ve depremin ortak etkisinden oluşan mesnet tepkileri esas alınarak gerekli gerilmeleri kontrolleri yapılacaktır. Ayrıca, temel bağlantı detayının taşıma kapasitesi aşağıda tanımlanan iç kuvvetlerden küçük olanlarını da sağlayacaktır.

(a) Temele birleşen kolonun eğilme momenti kapasitesinin $1.1D_a$ katından oluşan eğilme momenti ile temele birleşen kolon ve çaprazların eksenel yük kapasitelerinin $1.1D_a$ katından oluşan toplam düşey ve yatay kuvvetler.

(b) Denk.(4.22) ve Denk.(4.2.3)'de verilen arttırılmış yüklemelerden meydana gelen iç kuvvetler.

4.2.8.2. Bağlantı detayının taşıma kapasitesinin hesabında, 4.2.1.5'te verilen gerilme sınır değerleri kullanılacaktır.

4.2.9. Proje Hesap Rapor ve Uygulama Projelerine İlişkin Kurallar

4.2.9.1. Proje Hesap Raporu

(1) Proje hesap raporunda, deprem hesap raporuna ilişkin olarak, 4.1.12'deki Deprem hesap raporuna ilişkin kurallardaki belirtilen bilgiler yer alacaktır.

(2) Proje hesap raporunda ayrıca, aşağıda sıralanan bilgiler bulunacaktır:

(a) Yapı taşıyıcı sistemini oluşturan profil ve sac levhalar ile ek ve birleşimlerde kullanılan bulonların malzeme kaliteleri ve karakteristik dayanım değerleri, elektrot cinsi.

(b) Tasarımda esas alınan yükleme kombinasyonları ve arttırılmış deprem etkilerini veren yüklemeler.

(3) Yapı elemanlarının boyutlandırma hesapları ve stabilite (kararlılık) tahkiklerinin yanında, birleşim ve ek detaylarının hesapları ile bu detaylara ait kapasite kontrol tahkikleri proje hesap raporu kapsamında ayrıntılı olarak verilecektir.

4.2.9.2. Çelik Uygulama Projesi Çizimlerine İlişkin Kurallar

(1) Çelik uygulama projesinde şu paftalar bulunacaktır:

(a) çatı döşemesi ve kat döşemelerine ait genel konstrüksiyon planları

(b) kolon aplikasyon (yerleşim) planı

(c) ankraj planı ve detayları

(d) yeterli sayıda cephe görünüşleri ve kesitler

(e) yapı sistemini oluşturan kolonlar ve kirişler ile çatı, yatay düzlem ve düşey düzlem çaprazlarının detay çizimleri

(f) tüm birleşim ve ek detayları

(2) Binada kullanılan profil ve sac levhalar ile birleşimlerde kullanılan bulonların cinsi ve malzeme kaliteleri ile kullanılacak elektrot cinsi bütün paftalarda belirtilecektir.

(3) Tasarımda göz önüne alınan Etkin Yer İvmesi Katsayısı, Bina Önem Katsayısı, Yerel Zemin Sınıfı ve Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı bütün genel konstrüksiyon paftalarında belirtilecektir.

(4) Bulonlu birleşim ve ek detaylarında, kullanılan bulon cinsi, bulon ve delik çapları, rondela ve somun özellikleri ile bulonlara uygulanacak öngerme kuvveti belirtilecektir.

(5) Kaynaklı birleşim ve ek detaylarında, uygulanacak kaynak türü, kaynak kalınlığı ve uzunluğu ile, kaynak ağzı açılması gereken küt kaynaklarda, kaynak ağzının geometrik boyutları verilecektir.

4.2.10. Moment Aktaran Çerçevelerde Kiriş-Kolon Birleşim Detayları

4.2.10.1. Kapsam ve Genel Hususlar

(1) En az 0.04 radyan Görelî Kat Ötelemesi Açısı'nı (görelî kat ötelemesi/kat yüksekliği) sağlayabilecek kapasitede olduğu deneysel ve/veya analitik yöntemlerle kanıtlanmış olan çeşitli bulonlu ve kaynaklı birleşim detayı örnekleri verilmiştir.

(2) Bu detaylar, süneklik düzeyi yüksek çerçevelerin moment aktaran kiriş-kolon birleşimlerinde, kendilerine ait uygulama sınırları çerçevesinde kullanılabilirlerdir.

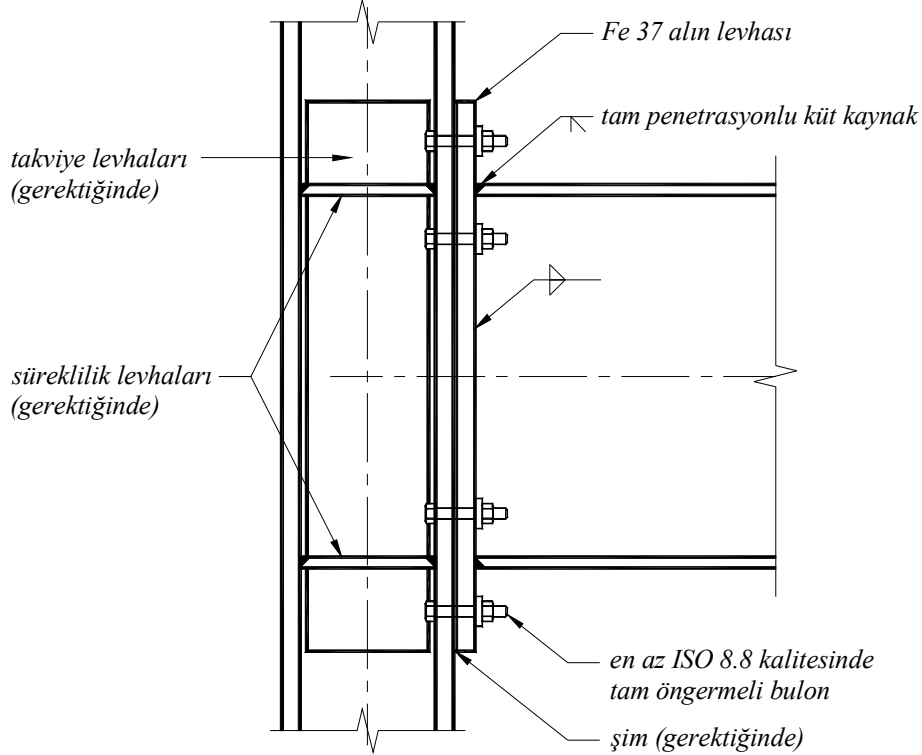
(3) Süneklik düzeyi normal çerçevelerin moment aktaran kiriş-kolon birleşimlerinde ise, söz konusu detaylar koşulsuz olarak kullanılabilirler.

(4) Birleşim detaylarının dayanım hesapları ve kapasite kontrol tahkikleri, süneklik düzeyi yüksek ve normal çerçeveler için, sırasıyla 4.2.2.4 ve 4.2.3.2'deki esaslara uygun olarak yapılacaktır.

4.2.10.2. Alın Levhalı Bulonlu Birleşim Detayı

Alın levhalı, bulonlu kiriş-kolon birleşim detayı Şekil 4.16'da verilmiştir. Detayda, Fe37 çeliğinden yapılan alın levhası kirişin başlık levhalarına tam penetrasyonlu küt kaynak ile, gövde levhasına ise çift taraflı köşe kaynağı ile birleştirilmektedir. Alın levhasının kolona bağlantısı için, en az ISO 8.8 kalitesinde tam öngermeli bulonlar kullanılacaktır.

Bu detayın süneklik düzeyi yüksek çerçevelere uygulanabilmesi için, birleşim detayı parametrelerinin Çizelge 4.11'de verilen uygulama sınırlarını sağlaması gerekmektedir.



Şekil 4.17. Alın levhalı bulonlu birleşim

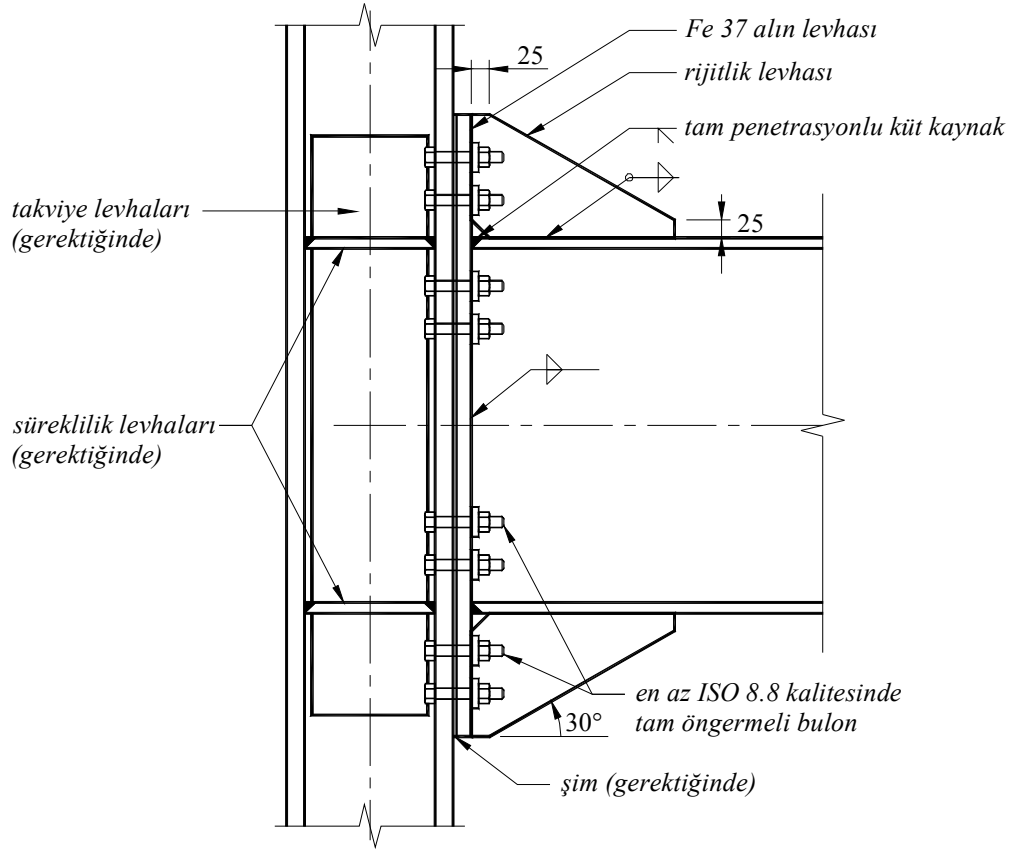
Çizelge 4.11. Alın Levhalı Bulonu Kiriş-Kolon Birleşim Detayının Uygulama Sınırları

Birleşim Detayı Parametreleri	Uygulama Sınırları
Kiriş ve kolon için izin verilen malzeme sınıfı	Fe 52
Kiriş enkesit yüksekliği	≤ 750 mm
Kiriş açıklığı / enkesit yüksekliği oranı	≥ 7
Kiriş başlık kalınlığı	≤ 20 mm
Kolon enkesit yüksekliği	≤ 600 mm
Bulon sınıfı	8.8 veya 10.9
Bulon öngerme koşulları	Tam öngerme
Alın levhası malzeme sınıfı	Fe 37
Başlık levhası kaynağı	Tam penetrasyonlu küt kaynak

4.2.10.3. Takviyeli Alın Levhalı Bulonlu Birleşim Detayı

Rijitlik levhaları ile takviye edilmiş alın levhalı, bulonlu kiriş-kolon birleşim detayı Şekil 4.17’de verilmiştir. Detayda, Fe37 çeliğinden yapılan alın levhası kirişin başlık levhalarına küt kaynak ile, gövde levhasına ve rijitlik levhalarına ise çift taraflı köşe kaynağı ile birleştirilmektedir. Alın levhasının kolona bağlantısı için, en az ISO 8.8 kalitesinde tam öngermeli bulonlar kullanılacaktır.

Bu detayın süneklik düzeyi yüksek çerçevelere uygulanabilmesi için, birleşim detayı parametrelerinin Çizelge 4.12’de verilen uygulama sınırlarını sağlaması gerekmektedir.



Şekil 4.18. Takviyeli alın levhalı bulonlu birleşim

Çizelge 4.12. Takviyeli Alın Levhalı Bulonlu Kiriş-Kolon Birleşim Detayının Uygulama Sınırları

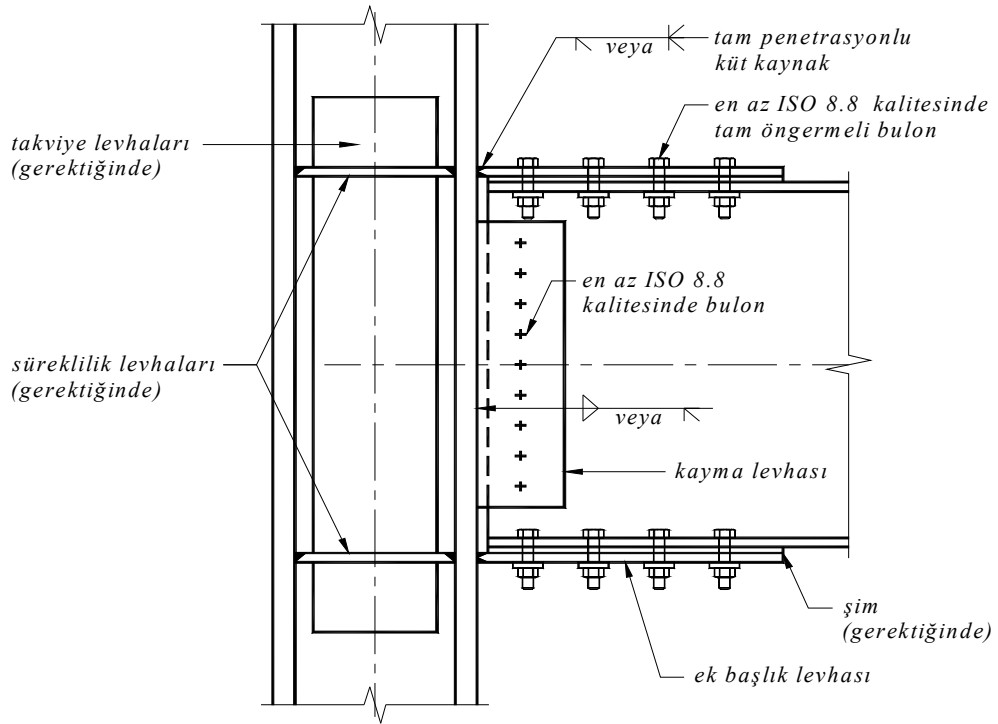
Birleşim Detayı Parametreleri	Uygulama Sınırları
Kiriş ve kolon için izin verilen malzeme sınıfı	Fe 52
Kiriş enkesit yüksekliği	≤ 1000 mm
Kiriş açıklığı / enkesit yüksekliği oranı	≥ 7
Kiriş başlık kalınlığı	≤ 25 mm
Kolon enkesit yüksekliği	≤ 600 mm
Bulon sınıfı	8.8 veya 10.9
Bulon öngörme koşulları	Tam öngörme
Alın levhası malzeme sınıfı	Fe 37
Başlık levhası kaynağı	Tam penetrasyonlu küt kaynak

4.2.10.4. Alın Levhasız Bulonlu Birleşim Detayı

Alın levhasız, bulonlu kiriş-kolon birleşim detayı Şekil 4.18’te verilmiştir. Detayda, kirişin kolona bağlantısı ek başlık levhaları ve gövdedeki kayma levhası ile sağlanmaktadır. Ek başlık levhaları kolona tam penetrasyonlu küt kaynak ile, kayma

levhası ise küt kaynak veya köşe kaynağı ile birleştirilmiştir. Kiriş başlık ve gövde levhalarının ek başlık levhasına ve kayma levhasına bağlantısı için en az ISO 8.8 kalitesinde bulonlar kullanılacaktır.

Bu detayın süneklik düzeyi yüksek çerçevelere uygulanabilmesi için, birleşim detayı parametrelerinin Çizelge 4.13'te verilen uygulama sınırlarını sağlaması gerekmektedir.



Şekil 4.19. Alın levhasız bulonlu birleşim

4. DEPREM BÖLGELERİNDE YAPILACAK BİNALAR HAKKINDAKİ YÖNETMELİK

Mustafa TANSEL

Çizelge 4.13. Alın Levhasız Bulonlu Kiriş-Kolon Birleşim Detayının Uygulama Sınırları

Birleşim Detayı Parametreleri	Uygulama Sınırları
Kiriş ve kolon için izin verilen malzeme sınıfı	Fe 52
Kiriş enkesit yüksekliği	≤ 800 mm
Kiriş açıklığı / enkesit yüksekliği oranı	≥ 8
Kiriş başlık kalınlığı	≤ 20 mm
Kolon enkesit yüksekliği	≤ 600 mm
Bulon sınıfı	8.8 veya 10.9
En büyük bulon boyutu	M 30
Başlık levhası bulonlarının öngerme koşulları	Tam öngerme
Ek başlık levhası malzeme sınıfı	Fe 37, Fe 42, Fe 50
Ek başlık levhası kaynağı	Tam penetrasyonlu küt kaynak

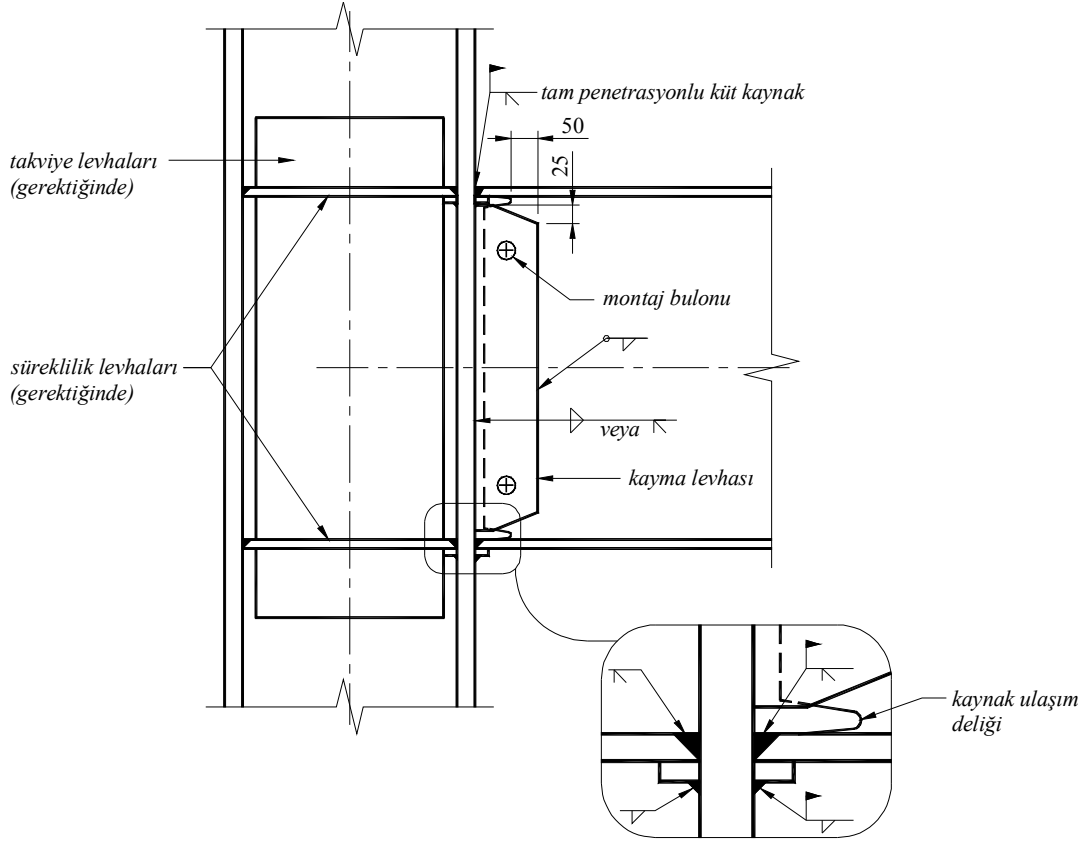
4.2.10.5. Kaynaklı Birleşim Detayı

Kaynaklı birleşim detayı Şekil 4.19’da verilmiştir. Detayda, kiriş başlık levhalarının kolona birleşimi tam penetrasyonlu küt kaynak ile sağlanmaktadır. Kiriş gövde levhası ise, kayma levhası kullanarak, küt kaynak veya köşe kaynağı ile kolona bağlanmaktadır. Detayda gösterildiği gibi, kiriş başlıklarındaki küt kaynaklar için kaynak ulaşım deliklerine gerek olmaktadır.

Bu detayın süneklik düzeyi yüksek çerçevelere uygulanabilmesi için, birleşim detayı parametrelerinin Çizelge 4.14’te verilen uygulama sınırlarını sağlaması gerekmektedir.

Çizelge 4.14. Kaynaklı Kiriş-Kolon Birleşim Detayının Uygulama Sınırları

Birleşim Detayı Parametreleri	Uygulama Sınırları
Kiriş ve kolon için izin verilen malzeme sınıfı	Fe 52
Kiriş enkesit yüksekliği	≤ 1000 mm
Kiriş açıklığı / enkesit yüksekliği oranı	≥ 7
Kiriş başlık kalınlığı	≤ 25 mm
Kolon enkesit yüksekliği	≤ 600 mm
Kaynak ulaşım deliği	gerekli
Başlık levhası kaynağı	Tam penetrasyonlu küt kaynak

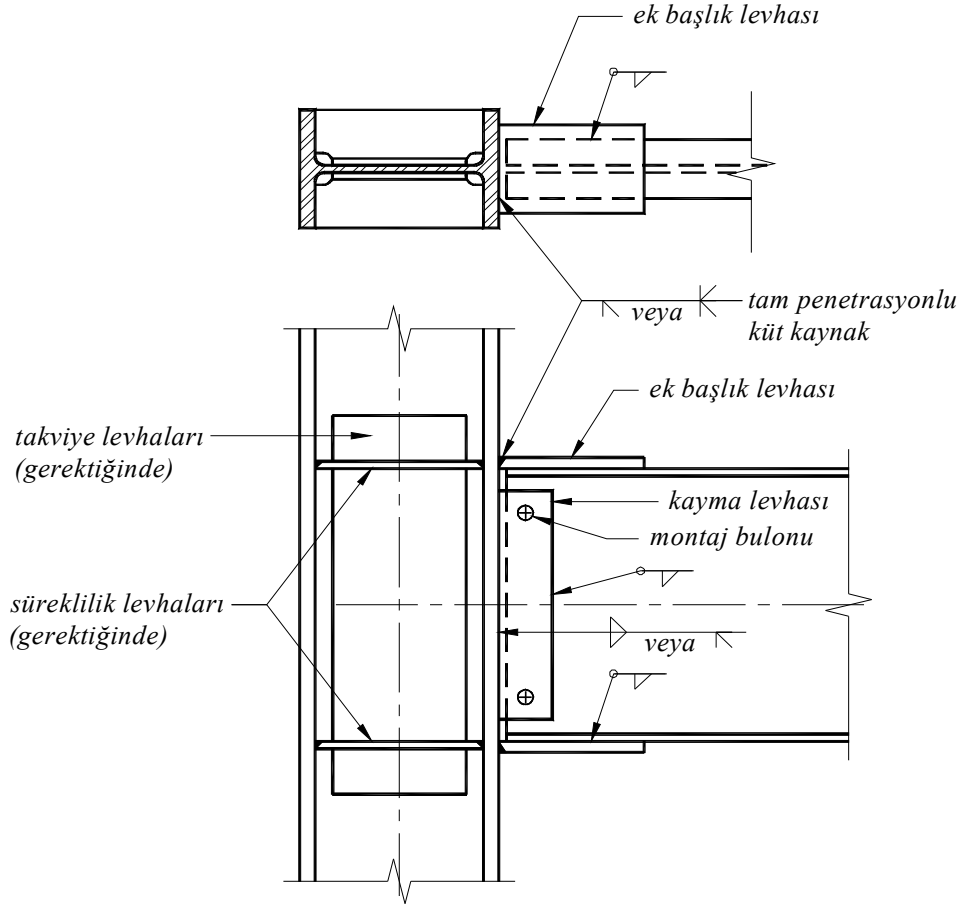


Şekil 4.20. Kaynaklı birleşim detayı

4.2.10.6. Ek Başlık Levhali Kaynaklı Birleşim Detayı

Ek başlık levhali kaynaklı birleşim detayı Şekil 4.20’de verilmiştir. Detayda, ek başlık levhasının kolona birleşimi tam penetrasyonlu küt kaynak ile, kiriş başlığına birleşimi çevresel köşe kaynağı ile sağlanmaktadır. Kiriş gövde levhası ise, kayma levhası kullanarak, küt kaynak veya köşe kaynağı ile kolona bağlanmaktadır. Bu detayda kaynak ulaşım deliğine gerek olmamaktadır.

Bu detayın süneklik düzeyi yüksek çerçevelere uygulanabilmesi için, birleşim detayı parametrelerinin Çizelge 4.15’te verilen uygulama sınırlarını sağlaması gerekmektedir.



Şekil 4.21. Ek başlık levhalı kaynaklı birleşim

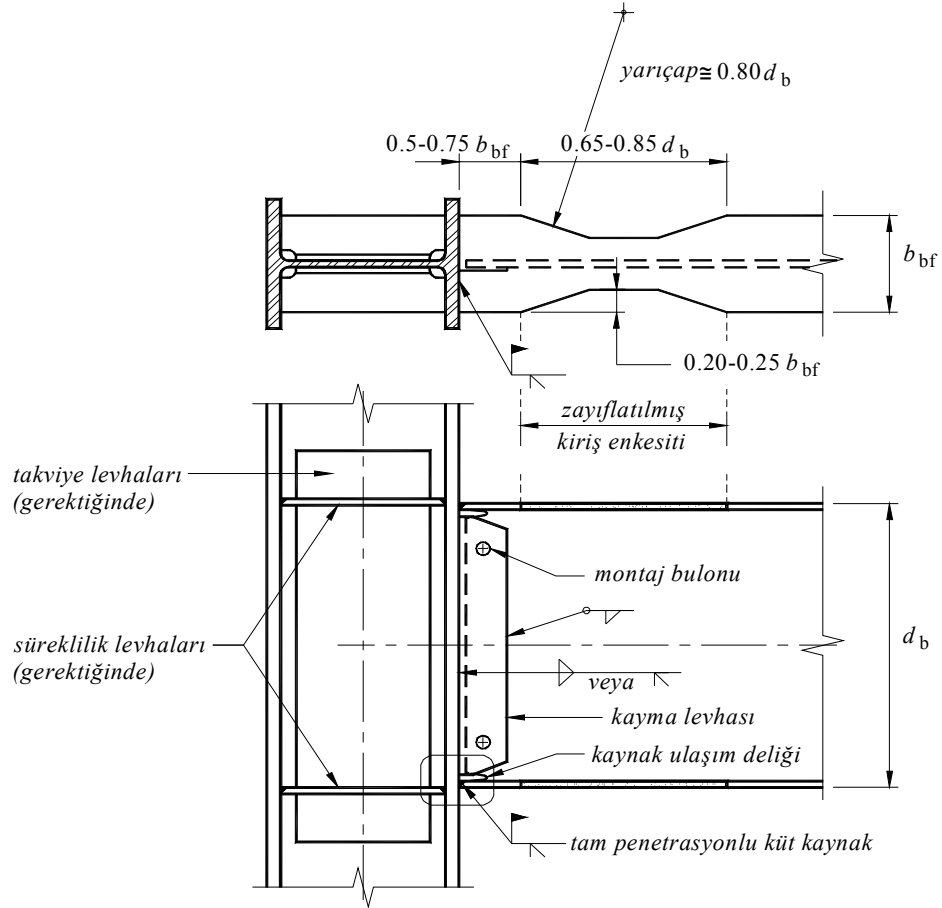
Çizelge 4.15. Ek Başlık Levhalı Kaynaklı Kiriş-Kolon Birleşim Detayının Uygulama Sınırları

Birleşim Detayı Parametreleri	Uygulama Sınırları
Kiriş ve kolon için izin verilen malzeme sınıfı	Fe 52
Kiriş enkesit yüksekliği	≤ 1000 mm
Kiriş açıklığı / enkesit yüksekliği oranı	≥ 7
Kiriş başlık kalınlığı	≤ 25 mm
Kolon enkesit yüksekliği	≤ 600 mm
Ek başlık levhası malzeme sınıfı	Fe 52
Ek başlık levhası kaynağı	Tam penetrasyonlu küt kaynak

4.2.10.7. Zayıflatılmış Kiriş Enkesiti Kaynaklı Birleşim Detayı

Zayıflatılmış kiriş enkesiti, kaynaklı birleşim detayı Şekil 4.21’de verilmiştir. Kaynaklı birleşim detayı ile aynı özelliklere sahip olan bu detayda, ayrıca zayıflatılmış kiriş enkesiti kullanılmaktadır. Zayıflatılmış kiriş enkesiti için öngörülen geometrik boyutlar şekil üzerinde gösterilmiştir.

Bu detayın süneklik düzeyi yüksek çerçevelere uygulanabilmesi için, birleşim detayı parametrelerinin Çizelge 4.16’da verilen uygulama sınırlarını sağlaması gerekmektedir.



Şekil 4.22. Zayıflatılmış kiriş enkesiti kaynaklı birleşim detayı

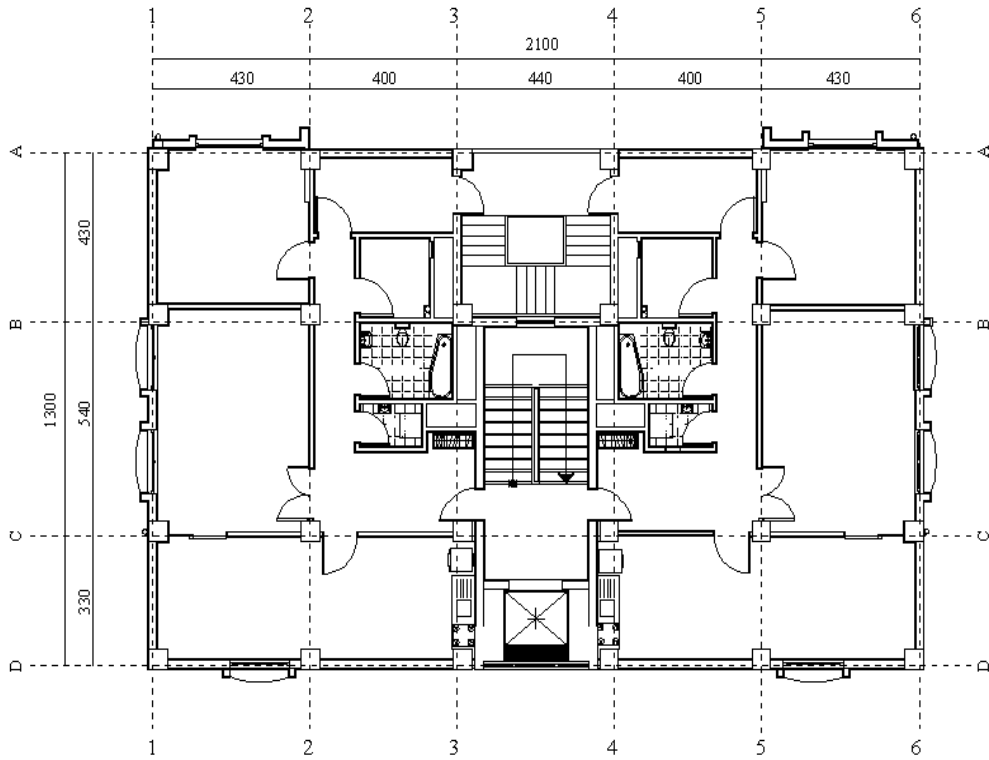
Çizelge 4.16. Zayıflatılmış Kiriş Enkesiti Kaynaklı Kiriş-Kolon Birleşim Detayının Uygulama Sınırları

Birleşim Detayı Parametreleri	Uygulama Sınırları
Kiriş ve kolon için izin verilen malzeme sınıfı	Fe 52
Kiriş enkesit yüksekliği	≤ 1000 mm
Kiriş birim boy ağırlığı	≤ 450 kg/m
Kiriş açıklığı / enkesit yüksekliği oranı	≥ 7
Kiriş başlık kalınlığı	≤ 45 mm
Kolon enkesit yüksekliği	≤ 600 mm
Kaynak ulaşım deliği	gerekli
Ek başlık levhası kaynağı	Tam penetrasyonlu küt kaynak

5. YAPI ANALİZİ VE TASARIMI

Bu bölümde Şekil 5.1 de kat planı verilen bir binanın değişik tiplerde çelik taşıyıcı sistemlerle analizleri yapılacaktır. Binaların analizleri ve tasarımları için genel amaçlı Sap2000 paket programından yararlanılacaktır.

5.1. Tip Projenin Genel Özellikleri

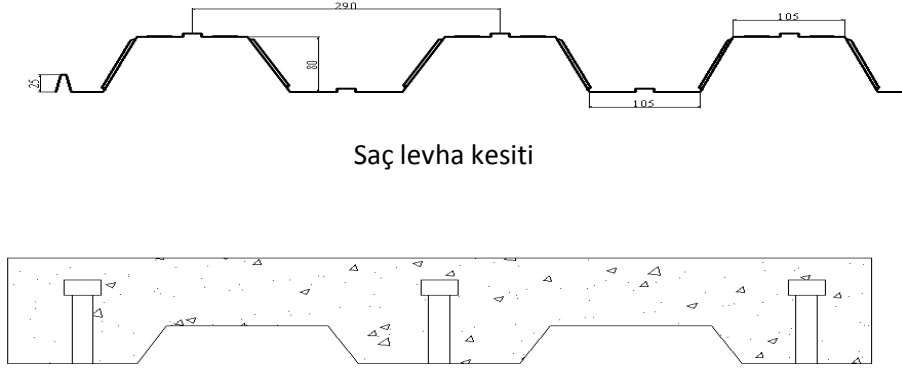


Şekil 5.1. Tip mimari plan

Mimari planı ve aks ölçüleri Şekil 5.1’de görülen yapı 13m x 21m boyutlarında dikdörtgen bir yapıya sahiptir. Kullanım amacı konut olarak tasarlanan bina, kat yüksekliği eşit ve 3.3m olmak üzere on kattan oluşmaktadır. Bina toplamda 33 m yüksekliğindedir.

Binanın inşa edildiği bölge 1. dereceden deprem bölgesi olarak değerlendirilecektir. Zemin sınıfı Z1 zemini olarak göz önüne alınacaktır.

Döşeme olarak katlanmış çelik saç levha ile betonun birlikte kullanıldığı kompozit döşemeler tercih edilecektir. Düzlemi içinde rijit diyafram oluşturan betonarme döşemenin çelik kirişlere bağlantısı için, boyutları ve yerleşimi konstrüktif olarak seçilen kayma çivilerinden (stud) yararlanılmıştır. Döşeme sisteminde saç kalınlığı 1mm, kalınlığı 15 cm C35 betonu seçilmiştir (Şekil5.2)



Şekil 5.2. Kompozit döşeme ve saç levha kesiti

5.2. Malzeme ve Özellikleri

Çizelge 5.1. Emniyet Gerilmeleri

Emniyet Gerilmeleri		
St52	SL Tipi Bulon	E10016-D2 Tipi Elektrod
$\sigma_a = 36 \text{ kN/cm}^2$	$\tau_{em,H} = 24 \text{ kN/cm}^2$	$\sigma_{v,H} = 21 \text{ kN/cm}^2$
$\sigma_{\text{çem},H} = 24 \text{ kN/cm}^2$	$\tau_{em,HZ} = 27 \text{ kN/cm}^2$	
$\sigma_{\text{çem},HZ} = 27 \text{ kN/cm}^2$	$\sigma_{1em,H} = 42 \text{ kN/cm}^2$	$\sigma_{v,HZ} = 24.1 \text{ kN/cm}^2$
$\tau_{em,H} = 13.5 \text{ kN/cm}^2$	$\sigma_{1em,HZ} = 47 \text{ kN/cm}^2$	
$\tau_{em,HZ} = 15.5 \text{ kN/cm}^2$	Öngörme $\geq 0.5P_v$ alındığında;	$\sigma_{v,HE} = 27.9 \text{ kN/cm}^2$
	$\sigma_{1em,H} = 57 \text{ kN/cm}^2$	
	$\sigma_{1em,HZ} = 64 \text{ kN/cm}^2$	

Yapı elemanı olarak tüm çelik taşıyıcı sistemde St52 kalitesinde çelik kullanılacaktır. DBYBHY-2007 4.2.3.2'ye uygun olarak, deprem yükleri etkisindeki elemanların birleşim ve ekleri ile temel bağlantı detaylarında ISO 10.9 kalitesinde (akma gerilmesi $\sigma_a = 900 \text{ N/mm}^2$), deprem yükü etkisi altında olmayan elemanların birleşim ve eklerinde ISO 5.6 kalitesinde (akma gerilmesi 300 N/mm^2), bulonların, kaynaklı birleşimlerde ise E11018-D2 tipi elektrodlar

kullanılacağı öngörülmüştür. Yapı çeliğinin elastik modülü $E_{çelik} = 21000 \text{ kN/cm}^2$ dir.

5.3. Hesap Yöntemi ve Dikkate Alınacak Yönetmelikler

Tasarım depremi altında bina taşıyıcı sisteminin doğrusal-elastik sınır ötesi davranışını göz önüne almak için kapasite tasarımı ilkeleri, DBYBHY-2007 ışığında uygulanacaktır. Kapasite tasarımında sistemde, en uygun mekanizma durumunun oluşturulması öngörülür ve sadece belirli elemanlarda doğrusal elastik sınır ötesindeki şekil değiştirmelere izin verilir. Bu tasarım yaklaşımı yeter derecede güvenli ve ekonomik sonuçlar verebilir. Yapı elemanlarına etkiyen yüklerin hesaplanmasında TS498 Yük Standardı dikkate alınacaktır. Çelik yapı elemanlarının tahkikleri için TS 648 Çelik Yapılar Standardından yararlanılacaktır.

5.3.1. Kapasite Tasarımının Temel İlkeleri

a) Taşıyıcı sistem, tasarımda kullanılması öngörülen R(taşıyıcı sistem davranış katsayısı) için gerekli olan süneklik düzeyini sağlayacak şekilde, doğrusal-elastik sınır ötesinde şekil değiştirme yapabilmelidir. Sistemde elastoplastik şekil değiştirmelerin oluşması beklenen bölgeler, yeterli süneklik düzeyine sahip olacak, buna karşılık gevrek ve ani göçme meydana gelmeyecek şekilde boyutlandırılacaktır.

b) Çerçeveler içeren sistemlerde kat mekanizması veya benzeri, sünek olmayan bölgesel ve ani göçme mekanizmalarının oluşmaması sağlanmalı, bunun için gerekli önlemler alınmalıdır (örneğin güçlü kolon tasarımı).

c) Bir düğüm noktasına birleşen kolonların eğilme momenti kapasiteleri toplamının, aynı düğüm noktasındaki kirişlerin eğilme momenti kapasiteleri toplamından daha büyük olmasının öngörüldüğü güçlü kolon tasarımı ile, plastik mafsalların kirişlerde oluşması sağlanmakta ve dolayısı ile bölgesel kat mekanizması oluşumu önlenmektedir.

d) Sistemin tüm elemanları ve birleşim detayları, sünek şekil değiştirmelerin oluşumundan önce, ani ve gevrek göçmeye neden olabilecek yetersizlikler meydana gelmeyecek şekilde boyutlandırılmalıdır.

e) Kapasite tasarımı ilkesinin uygulamasında, yapı çeliğinin akma gerilmesinde meydana gelebilecek olası artışın, çeliğin pekleşmesinden, boyutlandırmada göz önüne alınan enkesit ve eleman özellikleri ile uygulama arasındaki farklılıklardan, yapısal olmayan elemanların taşıyıcı sistemin davranışına olan katkılardan ve benzeri nedenlerden kaynaklanan dayanım fazlalıkları hesaba katılmalı, bu etkilerin taşıyıcı sistemde meydana gelmesi öngörülen mekanizmaların oluşumunu engellemesi önlenmelidir.

f) Özellikle kiriş-kolon birleşim bölgeleri, bu bölgede birleşen elemanların taşıma kapasitelerinden daha büyük bir kapasiteye sahip olacak şekilde boyutlandırılmalı, böylece birleşime giren elemanlarda plastik şekil değiştirmelerin oluşması halinde de birleşimin iç kuvvet kapasitelerinin aşılmasından sağlanmalıdır.

g) Kapasite tasarımında birleşimlerin iç kuvvet kapasitelerinin belirlenmesinde, hesaplanan kapasite bükülükleri yapı sisteminin deprem etkileri altındaki doğrusal-elastik davranışına ait büyüklüklerle veya artırılmış deprem yüklemeleri ile sınırlandırılmalı, diğer bir deyişle bu sınır değerlerin aşılmasına gerek olmadığı göz önünde tutulmalıdır.

5.4. Yük Analizi

Tanımlanan taşıyıcı elemanların öz ağırlıklarını çözümleme yapacağımız bilgisayar programı otomatik olarak dikkate almaktadır. Bunun dışında sisteme dışarıdan gireceğimiz yükler aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

5.4.1. Düşey Yükler

a) Çatı Döşemesi:

Çatı kaplaması	1.0 kN/m^2
İzalsyon	0.2 kN/m^2

Trapez saç+betonarme döşeme	2.1 kN/m^2
Asma tavan+tesisat	0.5 kN/m^2
	$g = 3.8 \text{ kN/m}^2$
Hareketli yük	$q = 1.0 \text{ kN/m}^2$

b) Normal Kat Döşemesi:

Kaplaması	0.5 kN/m^2
Trapez saç+betonarme döşeme	2.1 kN/m^2
Bölme duvar	1.0 kN/m^2
Asma tavan+tesisat	0.5 kN/m^2
	$g = 4.1 \text{ kN/m}^2$
Hareketli yük	$q = 2.0 \text{ kN/m}^2$

c) Duvar ağırlığı:

Dış duvar ağırlığı(normal katlarda) $g = 3 \text{ kN/m}$

5.4.2. Rüzgar Yükleri

Rüzgar yükleri TS498 Yük Standardına göre belirlenecektir. Rüzgar doğrultusuna dik olan yüzeye yayılı olarak etkiyen rüzgar yükleri, kat döşemelerine etkiyen statikçe eşdeğer kuvvetlere dönüştürülerek hesaba katılacaktır.

Yapı yüzeyine etki eden rüzgar basıncı;

$$W = C_f \cdot q \cdot A \quad (5.1)$$

C_f = Aerodinamik yük katsayısı

q = Emme(hız basıncı) kN/m^2

A = Etkiyen yüzey alanı m^2

$0 < H \leq 8.0 \text{ m}$ için $q = 0.5 \text{ kN/m}^2$

$8.0 < H \leq 20.0 \text{ m}$ için $q = 0.8 \text{ kN/m}^2$

$20.0 < H \leq 100.0 \text{ m}$ için $q = 1.1 \text{ kN/m}^2$

$C_f = 1.2$ (rüzgar yönüne dikey yüzeylerde genel olarak)

x-doğrultusu için:

$$W_{1x}, W_{2x} = 1.2 \times 0.5 \times 13 \times 3.3 = 25.74 \text{ kN}$$

$$W_{3x} = 1.2 \times 13 \times ((0.5 \times 1.4) + (0.8 \times 1.9)) = 34.63 \text{ kN}$$

$$W_{4x}, W_{5x}, W_{6x} = 1.2 \times 0.8 \times 13 \times 3.3 = 41.18 \text{ kN}$$

$$W_{7x}, W_{8x}, W_{9x} = 1.2 \times 1.1 \times 13 \times 3.3 = 56.63 \text{ kN}$$

$$W_{10x} = 1.2 \times 1.1 \times 13 \times (3.3/2) = 28.32 \text{ kN}$$

y- doğrultusu için:

$$W_{1y}, W_{2y} = 1.2 \times 0.5 \times 21 \times 3.3 = 41.58 \text{ kN}$$

$$W_{3y} = 1.2 \times 21 \times ((0.5 \times 1.4) + (0.8 \times 1.9)) = 59.17 \text{ kN}$$

$$W_{4y}, W_{5y}, W_{6y} = 1.2 \times 0.8 \times 21 \times 3.3 = 66.53 \text{ kN}$$

$$W_{7y}, W_{8y}, W_{9y} = 1.2 \times 1.1 \times 13 \times 3.3 = 91.47 \text{ kN}$$

$$W_{10y} = 1.2 \times 1.1 \times 13 \times (3.3/2) = 45.74 \text{ kN}$$

5.4.3. Deprem Yükleri

Deprem etkileri altında uygulanacak hesap yöntemine ilişkin olarak, DBYBHY-2007 2.6'ya göre, bina yüksekliğinin: $H_N = 33 \text{ m} < 40 \text{ m}$ olması ve taşıyıcı sistemde burulma ve yumuşak kat düzensizliklerinin bulunmaması nedeniyle Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi uygulanacaktır.

Yapı 1. derece deprem bölgesinde olup $A_0 = 0.4$ alınacaktır. Yapı konut olarak tasarlandığından deprem hesabında kullanılacak hareketli yük katılım katsayısı $n = 0.3$ alınacaktır. Yerel zemin sınıfı Z1 kabul edilmiştir ve karakteristik periyotları $T_A = 0.1$ ve $T_B = 0.3$ alınacaktır. Bina önem katsayısı, yapı konut olarak tasarlandığından $I = 1$ alınacaktır.

5.5. Yük Kombinasyonları

Yapı sisteminin düşey yükler ile yatay deprem ve rüzgar yükleri altında analizi ile elde edilen iç kuvvetler, DBYBHY-2007 ve TS648 Çelik Yapılar Standardına uygun olarak, aşağıdaki şekilde birleştirilecektir.

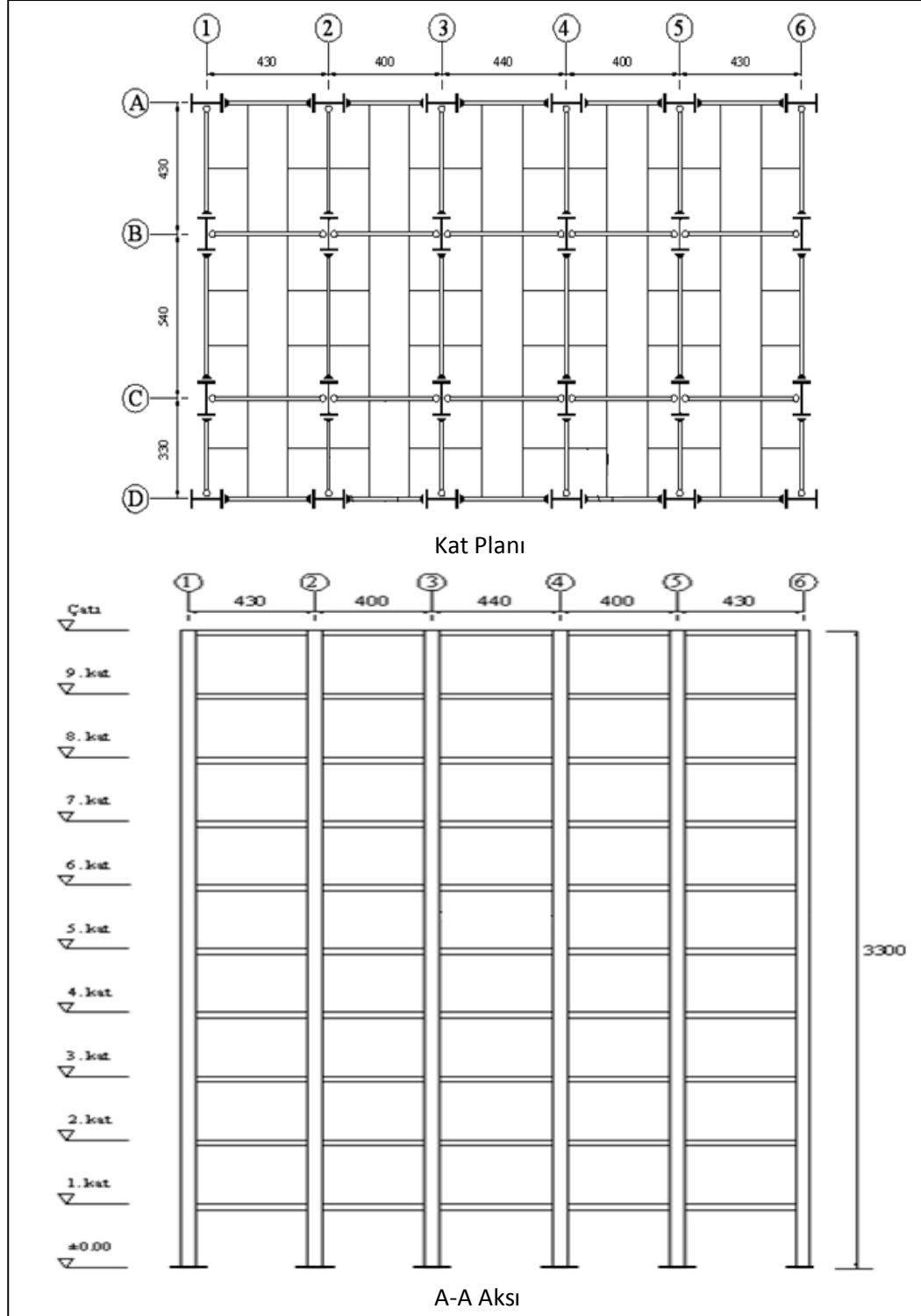
- a) Düşey yük birleşimleri : $G+Q$ (1 yükleme)
- b) Düşey yük + deprem birleşimleri : $G+Q\pm E_X$ (36 yükleme)
- $G+Q\pm E_Y$
- $G+Q\pm E_{Xp}\pm 0.3E_Y$
- $G+Q\pm E_{Xn}\pm 0.3E_Y$
- $G+Q\pm 0.3E_X\pm E_{Yp}$
- $G+Q\pm 0.3E_X\pm E_{Yn}$
- $0.9G\pm E_{Xp}\pm 0.3E_Y$
- $0.9G\pm E_{Xn}\pm 0.3E_Y$
- $0.9G\pm 0.3E_X\pm E_{Yp}$
- $0.9G\pm 0.3E_X\pm E_{Yn}$
- c) Düşey yük + rüzgar birleşimleri : $G+Q\pm W_X$ (8 yükleme)
- $G+Q\pm W_Y$
- $0.9G\pm W_X$
- $0.9G\pm W_Y$

Burada E_{X1} , E_{X2} x- doğrultusunda kat kütle merkezlerinin, bu doğrultuya dik doğrultudaki bina genişliğinin $\pm 5\%$ 'i ve $\pm 5\%$ 'i kadar kaydırılması ile belirlenen noktalara deprem yüklerinden oluşan iç kuvvetlerdir. E_{Y1} , E_{Y2} ise y- doğrultusunda kat kütle merkezlerinin, bu doğrultuya dik doğrultudaki bina genişliğinin $\pm 5\%$ 'i ve $\pm 5\%$ 'i kadar kaydırılması ile belirlenen noktalara deprem yüklerinden oluşan iç kuvvetlerdir.

Ayrıca DBYBHY-2007, 4.2.4'e göre yönetmeliğin gerekli gördüğü yerlerde, çelik yapı elemanlarının ve birleşim detaylarının tasarımında artırılmış deprem yüklerini göz önüne almak için Ω_0 büyütme katsayı ile artırılmış deprem kombinasyonları da oluşturulacaktır.

TS648 Çelik Yapılar Standardı, emniyet gerilmelerine göre yapılan kesit hesaplarında, birleşim ve ekler dışında emniyet gerilmeleri düşey yük+rüzgar yükleri için 15% , düşey yük+ deprem yükleri için 33% artırılacaktır. Birleşim ve eklerin tasarımında ise her iki yükleme durumu için emniyet gerilmeleri 15% artırılacaktır.

5.6. Moment Aktaran Rijit Çerçeve Sistem



Şekil 5.3. Rijit çerçeve sistem

Binanın her iki doğrultudaki yatay yük taşıyıcı sistemi süneklik düzeyi yüksek moment aktaran çerçevelerden oluşmaktadır. Akslardaki ana çerçeve kirişlerinin kolonlara bağlantısı, kolonların zayıf eksenleri doğrultusunda mafsallı, kuvvetli eksenleri doğrultusunda rijit olacaktır. Kolonların 0.00 kotunda, temele ankastre olarak mesnetlendiği göz önünde tutulacaktır. Deprem yüklerinin tamamının çerçevelerle taşındığı süneklik düzeyi yüksek sistem olarak düşünüldüğünden R=8 olarak alınacaktır. Analiz Sap2000 paket programı yardımıyla yapılacaktır.

Taşıyıcı sistem kolon ve kirişleri Avrupa norm profilleri(kirişler için IPE, kolonlar için HEB profilleri) seçilecektir.

Yapı, Sap2000 hesap programında modellenmiştir. Eleman kesitleri tanımlanıp atanmış, yüklemeler oluşturulduktan sonra modal analizi yapılmıştır. Her iki yönde %90 üzerinde etkin kütle katılım oranları ile binanın birinci doğal titreşim periyodu statik hesap programından:

$$T_{1x}=2.1404 \text{ s} \quad T_{1y}=2.1357 \text{ s} \text{ olarak okunmuştur.}$$

$$\text{Ayrıca } G=15387\text{kN ve } Q=5187\text{kN olarak çözümden okunmuştur.}$$

5.6.1. Eşdeğer Deprem Yüğü Hesabı

$$V_t = \frac{WA(T_1)}{R_a(T_1)} \geq 0,01A_0IW$$

$$W=g+0.3q=15387+0.3 \times 5187=16943\text{kN}$$

Binanın x- doğrultusundaki taban kesme kuvveti:

$$T_{1x}=2.1404 \text{ s} > 0.4\text{s} = T_B$$

$$S(T_{1x}) = 2.5 \left(\frac{0.4}{2.1404} \right)^{0.8} = 0.654 \text{ ve}$$

$$R_{ax}(T_{1x}) = R_x = 8.$$

$$V_{tx} = 16943 \frac{0.4 \times 1 \times 0.654}{8} = 554\text{kN}$$

Binanın y- doğrultusundaki taban kesme kuvveti:

$$T_{1y}=2.1357 \text{ s} > 0.4\text{s} = T_B$$

$$S(T_{1y}) = 2.5 \left(\frac{0.4}{2.1357} \right)^{0.8} = 0.654 \text{ ve}$$

$$R_{ay}(T_{1y}) = R_y = 8$$

$$V_{ty} = 16943 \frac{0.4 \times 1 \times 0.654}{8} = 554 \text{ kN}$$

Ek eşdeğer deprem yükü ΔF_N :

$$\Delta F_{Nx} = 0.0075 N V_{tx} = 0.0075 \times 10 \times 554 = 41.55 \text{ kN}$$

$$\Delta F_{Ny} = 0.0075 N V_{ty} = 0.0075 \times 10 \times 554 = 41.55 \text{ kN}$$

Toplam eşdeğer deprem yükü katlara aşağıdaki denklem yardımı ile dağıtılacaktır.

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

Çizelge 5.2. Rijit Çerçeve Sistemde Katlara Etkiyen Eşdeğer Deprem Yükleri

Kat	$w_i H_i$	$w_i H_i / \sum w_i H_i$	$F_{ix}(\text{kN})$	$F_{iy}(\text{kN})$
Çatı	45936.00	0.152	119.583	119.583
9	51112.00	0.170	86.881	86.881
8	45434.00	0.151	77.229	77.229
7	39755.00	0.132	67.576	67.576
6	34076.00	0.113	57.923	57.923
5	28396.00	0.094	48.268	48.268
4	22717.00	0.075	38.615	38.615
3	17038.00	0.057	28.961	28.961
2	11359.00	0.038	19.308	19.308
1	5680.00	0.019	9.655	9.655
Σ	301503.00	1.000	554.000	554.000

Ek dış merkezlikleri dikkate almak amacıyla kütle merkezinin $\pm\%5$ ek dışmerkezlik kadar kaydırıldığı noktalara da deprem yükleri etkitilecektir.

$$e_x = \pm 0.05 \times 21 = 1.05 \text{ m} \quad \text{ve} \quad e_y = \pm 0.05 \times 13 = 0.65 \text{ m}$$

5.6.2. Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması

Yapı sisteminin analizi sonucunda x ve y doğrultusunda % 5 ek dışmerkezliklerle uygulanan azaltılmış deprem yükleri altında en büyük yatay yer değiştirmeleri olan d_{ix} ve d_{iy} 'nin her katta aldığı değerler aşağıdaki tabloda verilmiştir. Azaltılmış görelî kat ötelemeleri söz konusu deprem doğrultusundaki

deprem yükü azaltma katsayısı, R ile çarpılarak δ_i etkin görel kat ötelemeleri hesaplanmış ve tabloya yerleştirilmiştir.

Çizelge 5.3. Rijit Çerçeve Sistemde x- Doğrultusu Görel Kat Ötelemesi Sınırları

Kat	$d_{ix}(\text{cm})$	$\Delta_{ix}(\text{cm})$	$h_i(\text{cm})$	$\delta_{ix}=R\Delta_{ix}$	δ_{ix}/h_i	<0.02
10	5.78	0.26	330	2.08	0.0063	0.02
9	5.52	0.39	330	3.12	0.0095	0.02
8	5.13	0.53	330	4.24	0.0128	0.02
7	4.60	0.62	330	4.96	0.0150	0.02
6	3.98	0.69	330	5.52	0.0167	0.02
5	3.29	0.77	330	6.16	0.0187	0.02
4	2.52	0.79	330	6.32	0.0192	0.02
3	1.73	0.76	330	6.08	0.0184	0.02
2	0.97	0.65	330	5.20	0.0158	0.02
1	0.32	0.32	330	2.56	0.0078	0.02

Çizelge 5.4. Rijit Çerçeve Sistemde y- Doğrultusu Görel Kat Ötelemesi Sınırları

Kat	$d_{iy}(\text{cm})$	$\Delta_{iy}(\text{cm})$	$h_i(\text{cm})$	$\delta_{iy}=R\Delta_{iy}$	δ_{iy}/h_i	<0.02
10	5.86	0.27	330	2.16	0.0065	0.02
9	5.59	0.40	330	3.20	0.0097	0.02
8	5.19	0.55	330	4.40	0.0133	0.02
7	4.64	0.62	330	4.96	0.0150	0.02
6	4.02	0.71	330	5.68	0.0172	0.02
5	3.31	0.77	330	6.16	0.0187	0.02
4	2.54	0.79	330	6.32	0.0192	0.02
3	1.75	0.78	330	6.24	0.0189	0.02
2	0.97	0.65	330	5.20	0.0158	0.02
1	0.32	0.32	330	2.56	0.0078	0.02

Yönetmelikte öngörülen koşul sağlanmaktadır.

$$(\delta_{ix}/h_i)_{max} = 0.0192 < 0.02 \text{ ve } (\delta_{iy}/h_i)_{max} = 0.0192 < 0.02$$

5.6.3. Burulma Düzensizliği Kontrolü

Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük görel kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama görel kat ötelemeye oranını ifade eden burulma düzensizliği katsayısı:

$$[\eta_{bi} = (\Delta_i)_{max}/(\Delta_i)_{ort} > 1.2]$$

Çizelge 5.5. Rijit Çerçeve Sistemde x- Doğrultusu Burulma Düzensizliği Sınırları

Kat	$(d_i)_{\max}$	$(d_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	η_{bi}
10	5.78	5.71	0.26	0.25	0.26	1.02
9	5.52	5.46	0.39	0.39	0.39	1.00
8	5.13	5.07	0.53	0.52	0.53	1.01
7	4.60	4.55	0.62	0.61	0.62	1.01
6	3.98	3.94	0.69	0.69	0.69	1.00
5	3.29	3.25	0.77	0.76	0.77	1.01
4	2.52	2.49	0.79	0.77	0.78	1.01
3	1.73	1.72	0.76	0.76	0.76	1.00
2	0.97	0.96	0.65	0.65	0.65	1.00
1	0.32	0.31	0.32	0.31	0.32	1.02

Çizelge 5.6. Rijit Çerçeve Sistemde y- Doğrultusu Burulma Düzensizliği Sınırları

Kat	$(d_i)_{\max}$	$(d_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	η_{bi}
10	5.86	5.20	0.27	0.23	0.25	1.08
9	5.59	4.97	0.4	0.35	0.38	1.07
8	5.19	4.62	0.55	0.50	0.53	1.05
7	4.64	4.12	0.62	0.55	0.59	1.06
6	4.02	3.57	0.71	0.63	0.67	1.06
5	3.31	2.94	0.77	0.69	0.73	1.05
4	2.54	2.25	0.79	0.70	0.75	1.06
3	1.75	1.55	0.78	0.69	0.74	1.06
2	0.97	0.86	0.65	0.58	0.62	1.06
1	0.32	0.28	0.32	0.28	0.30	1.07

Yönetmelikte öngörülen koşul sağlanmaktadır.

$$\eta_{bix_{\max}} = 1.02 < 1.2 \text{ ve } \eta_{biy_{\max}} = 1.08 < 1.2$$

5.6.4. İkinci Mertebe Etkileri

Göz önüne alınan deprem doğrultusunda her bir katta, ikinci mertebe etkilerini temsil eden değer θ_i hesaplanacaktır.

$$\theta_i = \frac{(\Delta_i)_{\text{ort}} \sum_{j=1}^N w_j}{V_i h_i}$$

Her iki deprem doğrultusu için her katta hesaplanan θ_i parametrelerinin en büyük değeri y- doğrultusunda ve 4. Katta meydana gelmektedir.

$$(\Delta_{4y})_{ort}=0.79\text{cm}$$

$$\sum_{j=4}^{10} w_j = 1721 \times 5 + 1392 = 9997 \text{ kN}$$

$$V_{4y} = 554 - (28.961 + 19.308 + 9.655) = 496 \text{ kN}$$

$$h_3 = 330 \text{ cm}$$

$$\theta_i = \frac{0.79 \times 9997}{496 \times 330} = 0.05 < 0.12$$

koşulu sağlandığından ikinci mertebe etkilerinin TS-648 Çelik Yapılar Standardına göre değerlendirilmesi yeterlidir.

5.6.5. Kolon Kesit Tahkikleri

Tasarımda kolon kesiti olarak, ilk 4 katta HE500B, sonraki 3 katta HE450B ve en son 3 katta ise HE360B profilleri kullanılmıştır.

Kolon kesit hesabı 1. kattaki B ve 2 aksları kesişiminde bulunan 69 numaralı kolonlar ve 2. katta B ve 5 aksları kesişiminde bulunan 143 numaralı kolonlar için yapılacaktır.

Eksenel ya da eksantirik basınç kuvvetiyle beraber eğilme momentleriyle zorlanan çubuklarda genel kontrol:

$$\frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{bem}} + \frac{C_{mx} \chi \sigma_{bx}}{\left(1 - \frac{\sigma_{eb}}{\sigma'_{ex}}\right) \chi \sigma_{Bx}} + \frac{C_{my} \chi \sigma_{by}}{\left(1 - \frac{\sigma_{eb}}{\sigma'_{ey}}\right) \chi \sigma_{By}} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{eb}}{0.6 \chi \sigma_a} + \frac{\sigma_{bx}}{\sigma_{Bx}} + \frac{\sigma_{by}}{\sigma_{By}} \leq 1$$

formülleri ile yapılır. Eğer $(\sigma_{eb}/\sigma_{bem}) \leq 1.5$ ise yukarıdaki ifadeler yerine aşağıdaki ifade kullanılır.

$$\frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{bem}} + \frac{\sigma_{bx}}{\sigma_{Bx}} + \frac{\sigma_{by}}{\sigma_{By}} \leq 1$$

σ_{eb} : Yalnız basınç kuvveti altında hesaplanan gerilme

σ_{bem} : Kolonun λ_x ve λ_y narinliklerinden büyük olana bağlı olan basınç emniyet gerilmesi

C_m : Uç açıklık momentleri ile yanal desteklemeyi göz önüne alan bir katsayı olup;

Yanal deplasmanın mümkün olduğu çerçevelerde $C_m = 0.85$

Düğüm noktalarının ötelenmesine izin verilmeyen ve üzerinde moment düzleminde tesir eden herhangi bir yük olmayan çubuklarda

$$C_m = 0.6 + 0.4 \times \frac{M_1}{M_2} \geq 0.4$$

Düğüm noktalarının ötelenmesine izin verilmeyen çerçevelerde ve üzerinde, moment düzleminde yük bulunan çubuklarda C_m kesin hesap yoluyla bulunacaktır.

$$C_m = 1 + \psi \times \frac{\sigma_{eb}}{\sigma'_e} \quad \psi = \frac{\pi^2 \delta_0 EI}{M_{max} l^2} - 1$$

δ_0 : Eğilme yükünden meydana gelen maksimum deplasman

M_{max} : Çubuktaki maksimum açıklık momenti

$$\sigma'_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{Kxl}{i}\right)^2} \times \frac{1}{2.5} = \frac{8.29 \times 10^4}{\left(\frac{Kxl}{i}\right)^2}$$

l : Mesnetler arası desteksiz mesafe

i : Eğilme deformasyonunun olduğu eksene dik eksene göre atalet yarıçapı

K : Eğilme eksenindeki burkulma boyunu elde etmek için kullanılan katsayı

$$\lambda_b = \frac{l_b}{i_b} \leq \sqrt{\frac{3 \times 10^5 \times C_b}{\sigma_a}} \text{ ise:}$$

$$\sigma_B = \left[\frac{2}{3} - \frac{\sigma_a \cdot \lambda_{xb}^2}{9 \cdot 10^5 \cdot C_b} \right] \cdot \sigma_a > \sqrt{\frac{3 \cdot 10^5 \cdot C_b}{\sigma_a}} \text{ ise } \sigma_B = \frac{10^5 \cdot C_b}{\lambda_b^2}$$

Eğer basınç başlığı dolu kesitli olup yaklaşık olarak dikdörtgen şeklinde ve alanı, çubuk enkesitinin çekme başlığı alanından daha küçük değil ise

$$\sigma_B = \frac{84 \cdot 10^2 \cdot C_b}{l_b \cdot x \cdot h / A_b}$$

σ_B : Yalnız eğilme tesiri altında müsaade edilecek emniyet gerilmesi

l_b : Kirişin basınç başlığında, dönmeye ve yanal deplasmana karşı koyan mesnetler arasındaki mesafe

A_b : Basınç başlığı ve gövdenin basınç bölgesinin 1/3'ünden oluşan kesitin alanı

h : Kesitin başlıkları arasındaki dıştan dışa mesafe

σ_a : Akma gerilmesi

C_b : Bir katsayı olup aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$C_b = 1.75 + 1.05 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) + 0.3 \left(\frac{M_1}{M_2} \right)^2 \leq 2.3$$

M_1 ve M_2 : Çubuk uç momentleri

Yanal mesnetler arasındaki herhangi bir noktada moment uç momentlerden daha büyükse C_b değeri 1 alınır.

➤ 69 Numaralı Kolon Tahkiki

Hesaplarda kolonun kuvvetli eksenini doğrultusunda yanal ötelemesinin önlenmemiş olduğu, zayıf eksenini doğrultusunda diğer rijit kolonlar tarafından yanal ötelemesinin önlendiği varsayımı yapılacaktır.

Çizelge 5.7. 69 Numaralı Kolon Kesit Özellikleri

Kesit	h(mm)	b(mm)	t _w (mm)	t _b (mm)	F(cm ²)
HE500B	500	300	14.5	28	238.6
J _x (cm ⁴)	J _y (cm ⁴)	W _x (cm ³)	W _y (cm ³)	i _x (cm)	i _y (cm)
12620	107200	841.6	4287	7.27	21.19

Kolonda en elverişsiz kesit tesirleri $G+Q+E_{yn}+0.3E_x$ kombinasyonu sonucu alınmıştır;

Çizelge 5.8. 69 Numaralı Kolon İç Kuvvetleri

Eleman Numarası	Bölge (m)	Kombinasyon	P (kN)	M22 (kN-m)	M33 (kN-m)	V2 (kN)
69	0.00	$G+Q+E_{yn}+0.3E_x$	-1449.79	-8.81	178.68	44.73
69	1.65	$G+Q+E_{yn}+0.3E_x$	-1446.83	-3.00	104.88	44.73
69	3.30	$G+Q+E_{yn}+0.3E_x$	-1443.88	2.82	31.08	44.73

- En kesit koşulları kontrolü

Süneklik düzeyi yüksek çerçevelerin kolonları için DBYBHY-2007 4.3.1' de verilen koşullar uyarınca, kolon enkesitinde olası yerel burkulmaların önlenmesini amaçlayan tahkikler yapılacaktır.

$$\frac{b/2}{t} \leq 0.3\sqrt{E_s/\sigma_a} \rightarrow 15/2.8 \leq 0.3\sqrt{21000/36} \rightarrow 5.35 \leq 6.76$$

$$\left| \frac{N_d}{\sigma_a x A} \right| = \left| \frac{1406.39}{36 \times 238.6} \right| = 0.164 > 0.1$$

$$\frac{h}{t_w} = \frac{50}{1.45} = 34.5 < 1.33\sqrt{E_s/\sigma_a} \left(2.1 - \left| \frac{N_d}{\sigma_a x A} \right| \right) = 62.2$$

Kontrol sağlanmıştır.

- Gerilme kontrolü

x- doğrultusu için; Kolona bağlı kiriş kesitleri IPE300; $J_x = 8356 \text{ cm}^4$,

$L_1=430\text{cm}$ $L_2= 400\text{cm}$

$$G_A = \frac{\sum I_c/S_c}{\sum I_g/S_g} = \frac{\frac{12620}{330} + \frac{12620}{330}}{\frac{8356}{430} + \frac{8356}{400}} = 1.9$$

$$G_B = 1.0 \text{ (Temelde ankastre bağlantı)}$$

$$K_x = 0.8$$

y- doğrultusu için; Kolona bağlı kiriş kesitleri IPE300; $J_y = 8356 \text{ cm}^4$,
 $L_1 = 540 \text{ cm}$, $L_2 = 430 \text{ cm}$

$$G_A = \frac{\sum I_c / S_c}{\sum I_g / S_g} = \frac{\frac{107200}{330} + \frac{107200}{330}}{\frac{8356}{540} + \frac{8356}{430}} = 16.25$$

$$G_B = 1.0 \text{ (Temelde ankastre bağlantı)}$$

$$K_y = 2$$

$$S_{kx} = K_x \cdot L = 0.8 \times 330 = 264$$

$$S_{ky} = K_y \cdot L = 2 \times 330 = 660$$

$$\lambda_y = \frac{S_{ky}}{i_y} = \frac{660}{21.19} = 31.15, \quad \lambda_x = \frac{S_{kx}}{i_x} = \frac{264}{7.27} = 36.32$$

$$\lambda = (\text{maks } \lambda_x, \lambda_y) = 36.32$$

$$w = 1.15$$

$$\sigma_{eb} = \frac{N}{F} = \frac{1449.8}{238.6} = 6.07 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{cem} = 24 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{bem} = \frac{\sigma_{cem}}{w} = \frac{24}{1.15} = 20.8 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{bem}} = \frac{6.07}{20.8} = 0.29 > 0.15$$

$$\sigma_{bx} = \frac{M_{x-x}}{W_x} = \frac{881}{841.6} = 1.05 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{by} = \frac{M_{y-y}}{W_y} = \frac{17868}{4287} = 4.17 \text{ kN/cm}^2$$

$$A_b = b \times t_b + 2 \times \left(\frac{h - 2t_b}{2} \right) \times \frac{1}{3} \times t_w$$

$$= 30 \times 2.8 + 2x \left(\frac{50 - 5.6}{2} \right) \times \frac{1}{3} \times 1.45 = 105.4 \text{ cm}^2$$

$$I_{yb} = t_b \frac{b^3}{12} + A x d A^2 = 2.8 \times \frac{30^3}{12} + 24.65 \times 10^2 = 8765 \text{ cm}^4$$

$$i_{yb} = \sqrt{\frac{I_{yb}}{A_b}} = 9.12 \text{ cm}$$

$$\lambda_{xb} = \frac{S_{kx}}{i_{xb}} = \frac{264}{9.12} = 28.95$$

$$\lambda_{yb} = \frac{S_{ky}}{i_{yb}} = \frac{660}{9.12} = 72.37$$

$$C_{bx} = 1.75 + 1.05 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) + 0.3 \left(\frac{M_1}{M_2} \right)^2$$

$$= 1.75 + 1.05 \left(\frac{282}{-881} \right) + 0.3 \left(\frac{282}{-881} \right)^2 = 1.45 \leq 2.3$$

$$C_{by} = 1.75 + 1.05 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) + 0.3 \left(\frac{M_1}{M_2} \right)^2$$

$$= 1.75 + 1.05 \left(\frac{3108}{17868} \right) + 0.3 \left(\frac{3108}{17868} \right)^2 = 1.4 \leq 2.3$$

$$\lambda_{xb} \leq \sqrt{\frac{3 \cdot 10^5 \times C_{bx}}{\sigma_a}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 10^5 \times 1.45}{36}} = 109.92 \rightarrow 28.95 \leq 109.92$$

$$\lambda_{yb} \leq \sqrt{\frac{3 \cdot 10^5 \times C_{by}}{\sigma_a}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 10^5 \times 1.94}{36}} = 127.15 \rightarrow 72.37 < 127.15$$

$$\sigma_{Bx} = \left[\frac{2}{3} - \frac{\sigma_a \times \lambda_{xb}^2}{9 \times 10^5 \times C_b} \right] \times \sigma_a = \left[\frac{2}{3} - \frac{36 \times 28.95^2}{9 \times 10^5 \times 1.45} \right] \times 36 = 18.8 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{By} = \left[\frac{2}{3} - \frac{\sigma_a \times \lambda_{yb}^2}{9 \times 10^5 \times C_b} \right] \times \sigma_a = \left[\frac{2}{3} - \frac{36 \times 72.37^2}{9 \times 10^5 \times 1.94} \right] \times 36 = 20.1 \text{ kN/cm}^2$$

$$C_{mx} = C_{my} = 0.85 \text{ (yanal ötelemesi önlenmiş sistem)}$$

$$\sigma'_{ex} = \frac{8.29 \times 10^4}{(Kx l/i)^2} = \frac{8.29 \times 10^4}{(0.8 \times 330/7.27)^2} = 62.85 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma'_{ey} = \frac{8.29 \times 10^4}{(Kx l/i)^2} = \frac{8.29 \times 10^4}{(2 \times 330/21.19)^2} = 85.46 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{bem}} + \frac{C_{mx} \times \sigma_{bx}}{\left(1 - \frac{\sigma_{eb}}{\sigma'_{ex}}\right) \times \sigma_{Bx}} + \frac{C_{my} \times \sigma_{by}}{\left(1 - \frac{\sigma_{eb}}{\sigma'_{ey}}\right) \times \sigma_{By}}$$

$$\frac{6.07}{20.8} + \frac{0.85 \times 1.05}{\left(1 - \frac{6.07}{62.85}\right) \times 18.8} + \frac{0.85 \times 4.17}{\left(1 - \frac{6.07}{85.46}\right) \times 20.11}$$

$$0.292 + 0.06 + 0.190 = 0.542 < 1 \times 1.33$$

$$\frac{\sigma_{eb}}{0.6 \times \sigma_a} + \frac{\sigma_{bx}}{\sigma_{Bx}} + \frac{\sigma_{by}}{\sigma_{By}} = \frac{6.07}{0.6 \times 36} + \frac{1.05}{18.8} + \frac{4.17}{20.11} = 0.544 \leq 1 \times 1.33$$

Gerilme kontrolü sağlanmıştır.

- Kayma gerilmesi kontrolü

$$\tau = \frac{TS_y}{I_y t_w}$$

HE500B kesiti için $S_y = 2407 \text{ cm}^3$

$$\tau = \frac{44.73 \times 2407}{107200 \times 1.45} = 0.69 \text{ kN/cm}^2 < 1.33 \times 13.5 \text{ kN/cm}^2 = \tau_{em}$$

Kayma gerilmesi kontrolü sağlanmıştır.

➤ 143 Numaralı Kolon Tahkiki

Çizelge 5.9. 143 Numaralı Kolon Kesit Özellikleri

Kesit	h(mm)	b(mm)	t _w (mm)	t _b (mm)	F(cm ²)
HE500B	500	300	14.5	28	238.6
J _x (cm ⁴)	J _y (cm ⁴)	W _x (cm ³)	W _y (cm ³)	i _x (cm)	i _y (cm)
12620	107200	841.6	4287	7.27	21.19

Kolonda en elverişsiz kesit tesirleri $G+Q+E_{yp}-0.3E_x$ kombinasyonu sonucu alınmıştır:

Çizelge 5.10. 143 Numaralı Kolon İç Kuvvetleri

Eleman Numarası	Bölge (m)	Kombinasyon	P (kN)	M22 (kN-m)	M33 (kN-m)	V2 (kN)
143	0.00	$G+Q+E_{yp}-0.3E_x$	-1295.91	-5.79	103.35	40.47
143	1.65	$G+Q+E_{yp}-0.3E_x$	-1292.96	-1.13	36.57	40.47
143	3.30	$G+Q+E_{yp}-0.3E_x$	-1290.00	3.52	-30.21	40.47

- En kesit koşulları kontrolü

Süneklik düzeyi yüksek çerçevelerin kolonları için DBYBHY-2007 4.3.1' de verilen koşullar uyarınca, kolon enkesitinde olası yerel burkulmaların önlenmesini amaçlayan tahkikler yapılacaktır.

$$\frac{b/2}{t} \leq 0.3\sqrt{E_s/\sigma_a} \rightarrow 15/2.8 \leq 0.3\sqrt{21000/36} \rightarrow 5.35 \leq 6.76$$

$$\left| \frac{N_d}{\sigma_a x A} \right| = \left| \frac{1406.39}{36 \times 238.6} \right| = 0.164 > 0,1$$

$$\frac{h}{t_w} = \frac{50}{1.45} = 34.5 < 1.33\sqrt{E_s/\sigma_a} \left(2.1 - \left| \frac{N_d}{\sigma_a x A} \right| \right) = 62.2$$

Kontrol sağlanmıştır.

- Gerilme kontrolü

x- doğrultusu için; Kolona bağlı kiriş kesitleri IPE300; $J_x = 8356 \text{ cm}^4$,

$L_1=430\text{cm}$, $L_2= 400\text{cm}$

$$G_A = \frac{\sum I_c/S_c}{\sum I_g/S_g} = \frac{\frac{12620}{330} + \frac{12620}{330}}{\frac{8356}{430} + \frac{8356}{400}} = 1.9$$

$$G_B = \frac{\sum I_c/S_c}{\sum I_g/S_g} = \frac{\frac{12620}{330} + \frac{12620}{330}}{\frac{8356}{430} + \frac{8356}{400}} = 1.9$$

$$K_x=0.85$$

y- doğrultusu için; Kolona bağlı kiriş kesitleri IPE300; $J_y = 8356 \text{ cm}^4$,
 $L_1=540\text{cm}$, $L_2= 430\text{cm}$

$$G_A = \frac{\sum I_c/S_c}{\sum I_g/S_g} = \frac{\frac{107200}{330} + \frac{107200}{330}}{\frac{8356}{540} + \frac{8356}{430}} = 16.25$$

$$G_B = \frac{\sum I_c/S_c}{\sum I_g/S_g} = \frac{\frac{107200}{330} + \frac{107200}{330}}{\frac{8356}{540} + \frac{8356}{430}} = 16,25$$

$$K_y=3.7$$

$$S_{kx}=K_x.L=0.85 \times 330=280.5$$

$$S_{ky}=K_y.L= 3.7 \times 330=1221$$

$$\lambda_y = \frac{S_{ky}}{i_y} = \frac{1221}{21.19} = 57.62, \quad \lambda_x = \frac{S_{kx}}{i_x} = \frac{280.5}{7.27} = 38.6$$

$$\lambda = (\text{maks } \lambda_x, \lambda_y)=57.62$$

$$w=1.34$$

$$\sigma_{eb} = \frac{N}{F} = \frac{1295.91}{238.6} = 5.43 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{\zeta em} = 24 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{bem} = \frac{\sigma_{\zeta em}}{w} = \frac{24}{1.34} = 17.9 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{bem}} = \frac{5.43}{17.9} = 0.30 > 0.15$$

$$\sigma_{bx} = \frac{M_{x-x}}{W_x} = \frac{579}{841.6} = 0.69 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{by} = \frac{M_{y-y}}{W_y} = \frac{10335}{4287} = 2.41 \text{ kN/cm}^2$$

$$A_b = b \times t_b + 2 \times \left(\frac{h - 2t_b}{2} \right) \times \frac{1}{3} \times t_w$$

$$= 30 \times 2.8 + 2x \left(\frac{50 - 5.6}{2} \right) \times \frac{1}{3} \times 1.45 = 105.4 \text{ cm}^2$$

$$I_{yb} = t_b \frac{b^3}{12} + A x d A^2 = 2.8 \times \frac{30^3}{12} + 24.65 \times 10^2 = 8765 \text{ cm}^4$$

$$i_{yb} = \sqrt{\frac{I_{yb}}{A_b}} = 9.12 \text{ cm}$$

$$\lambda_{xb} = \frac{S_{kx}}{i_{xb}} = \frac{280,5}{9.12} = 30.75$$

$$\lambda_{yb} = \frac{S_{ky}}{i_{yb}} = \frac{1221}{9.12} = 133.88$$

$$C_{bx} = 1.75 + 1.05 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) + 0.3 \left(\frac{M_1}{M_2} \right)^2$$

$$= 1.75 + 1.05 \left(\frac{352}{-579} \right) + 0.3 \left(\frac{3.52}{-579} \right)^2 = 1.17 \leq 2.3$$

$$C_{by} = 1.75 + 1.05 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) + 0.3 \left(\frac{M_1}{M_2} \right)^2$$

$$= 1.75 + 1.05 \left(\frac{-3021}{10335} \right) + 0.3 \left(\frac{-3021}{10335} \right)^2 = 2.07 \leq 2.3$$

$$\lambda_{xb} \leq \sqrt{\frac{3 \times 10^5 \times C_{bx}}{\sigma_a}} = \sqrt{\frac{3 \times 10^5 \times 1.17}{36}} = 98.74 \rightarrow 30.75 \leq 98.74$$

$$\lambda_{yb} \leq \sqrt{\frac{3 \times 10^5 \times C_{by}}{\sigma_a}} = \sqrt{\frac{3 \times 10^5 \times 2.07}{36}} = 134.47 \rightarrow 133.88 < 134.47$$

$$\sigma_{Bx} = \left[\frac{2}{3} - \frac{\sigma_a \times \lambda_{xb}^2}{9 \times 10^5 \times C_b} \right] \times \sigma_a = \left[\frac{2}{3} - \frac{36 \times 30.75^2}{9 \times 10^5 \times 1.17} \right] \times 36 = 22.8 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{By} = \left[\frac{2}{3} - \frac{\sigma_a \times \lambda_{yb}^2}{9 \times 10^5 \times C_b} \right] \times \sigma_a = \left[\frac{2}{3} - \frac{36 \times 133.88^2}{9 \times 10^5 \times 2.3} \right] \times 36 = 12.78 \text{ kN/cm}^2$$

$$C_{mx} = C_{my} = 0.85 \text{ (yanal ötelemesi önlenmiş sistem)}$$

$$\sigma'_{ex} = \frac{8.29 \times 10^4}{(Kx l/i)^2} = \frac{8.29 \times 10^4}{(0.85 \times 330 / 7.27)^2} = 55.64 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma'_{ey} = \frac{8.29 \times 10^4}{(Kx l/i)^2} = \frac{8.29 \times 10^4}{(3.7 \times 330 / 21.19)^2} = 30.21 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{bem}} + \frac{C_{mx} \times \sigma_{bx}}{\left(1 - \frac{\sigma_{eb}}{\sigma'_{ex}}\right) \times \sigma_{Bx}} + \frac{C_{my} \times \sigma_{by}}{\left(1 - \frac{\sigma_{eb}}{\sigma'_{ey}}\right) \times \sigma_{By}}$$

$$\frac{5.43}{17.9} + \frac{0.85 \times 0.69}{\left(1 - \frac{5.43}{55.64}\right) \times 22.8} + \frac{0.85 \times 2.41}{\left(1 - \frac{5.43}{30.21}\right) \times 12.78}$$

$$0.30 + 0.03 + 0.20 = 0.53 < 1 \times 1.33$$

$$\frac{\sigma_{eb}}{0.6 \times \sigma_a} + \frac{\sigma_{bx}}{\sigma_{Bx}} + \frac{\sigma_{by}}{\sigma_{By}} = \frac{5.43}{0.6 \times 36} + \frac{0.69}{22.8} + \frac{2.41}{12.78} = 0.47 \leq 1 \times 1.33$$

Gerilme kontrolü sağlanmıştır.

- Kayma gerilmesi kontrolü

$$\tau = \frac{TS_y}{I_y t_w}$$

HE500B kesiti için $S_y = 2407 \text{ cm}^3$

$$\tau = \frac{40.47 \times 2407}{107200 \times 1.45} = 0.63 \text{ kN/cm}^2 < 1.33 \times 13.5 \text{ kN/cm}^2 = \tau_{em}$$

Kayma gerilmesi kontrolü sağlanmıştır.

➤ Artırılmış Deprem Yükleri Dayanım Kontrolü

Taşıyıcı sistem davranış katsayısına bağlı olarak azaltılan deprem yükleri, devrilme momentlerinin yönetmelikten öngörülenden daha büyük değerler alabilmekte ve deprem hesaplarında çoğu kere göz önüne alınmayan düşey deprem etkileri bulunmaktadır. Bu olası durumlar nedeniyle kolonun eksenel yük taşıma kapasitesi aşılarak, gevrek göçme riski oluşabilmektedir.

Kolonlarda ani göçmenin önlenmesi amacıyla, kolonların 1. ve 2. deprem bölgelerinde, DBYBHY-2007’de tanımlanan artırılmış yükleme durumlarından oluşan aksel basıç ve çekme kuvvetleri altında (eğilme momenti göz önüne alınmaksızın) yeterli dayanım kapasitesine sahip olmaları gerekmektedir. Artırılmış deprem yüklemeleri;

$$G+Q\mp\Omega_0 E \text{ ve } 0.9G\mp\Omega_0 E$$

$$\Omega_0=2.5 \text{ (süneklik düzeyi yüksek çerçeveler)}$$

Zemin katta en yüksek aksel gerilme 69 numaralı kolon elemanında oluşmaktadır.

$$G+Q-2.5E_y \text{ yüklemesinde kolonda } N_{b \max}=1505.302\text{kN oluşmaktadır.}$$

$$\text{Eksenel basınc kapasitesi } N_{b p}=1.7 \times \sigma_{bem} \times A=1.7 \times 20.8 \times 238.6=8436.9 > 1505.302$$

Kontrol sağlanmıştır.

5.6.6. Kiriş Kesit Tahkikleri

Tüm taşıyıcı sistem kirişleri IPE300 olarak tasarlanmıştır. Kesit hesaplarında en büyük iç kuvvetlere sahip olan kirişler ve bunların sehim miktarları aşağıdaki çizelgede görülmektedir. Tahkikler bu kesitler için yapılacaktır.

Çizelge 5.11. Kiriş Kesit Tesirleri

Kiriş No	Aks	Kesit	Kombinasyon	V (kN)	M (kNm)	f (cm)
1120	3. kat B-C/2	IPE300	$G+Q+E_{yn}-0.3E_x$	47.65	-78.54	0.7
218	3. kat 1-2 /D	IPE300	$G+Q-E_{xn}+0.3E_y$	-43.36	68.03	0.24

Taşıyıcı sistemde kirişler, betonarme döşeme plaklarıyla çelik döşeme kirişlerinin ortak çalıştırılmasıyla ortaya çıkan kompozit kirişler şeklindedir. Fakat hesaplarda kompozit döşemenin katkısı ihmal edilecektir.

➤ **1120 Numaralı Kiriş Tahkiki**

Çizelge 5.12. 1120 Numaralı Kiriş Kesit Özellikleri

Kesit	h(mm)	b(mm)	t _w (mm)	t _b (mm)	F(cm ²)
IPE300	300	150	7.1	10.7	53.81
J _x (cm ⁴)	J _y (cm ⁴)	W _x (cm ³)	W _y (cm ³)	i _x (cm)	i _y (cm)
8356	603.8	557.1	80.50	12.46	3.35

- Enkesit kontrolü

Kolonlarda olduğu gibi kirişler içinde yerel burkulmaların önlenmesini amaçlayan enkesit kontrolleri DBYBHY-2007 tablo 4.3'e göre yapılacaktır.

$$\frac{b}{2xt} = \frac{150}{21.4} = 7 < 0.3x \sqrt{\frac{E_{\text{çelik}}}{\sigma_a}} = 0.3x \sqrt{\frac{21000}{36}} = 7.25$$

$$\frac{h}{t_w} = \frac{300}{7.1} = 42.25 < 3.2x \sqrt{\frac{E_{\text{çelik}}}{\sigma_a}} = 3.2x \sqrt{\frac{21000}{36}} = 77$$

Kontrol sağlanmıştır.

- Kiriş başlıklarının yanal doğrultuda mesnetlenmesi

DBYBHY-2007 4.3.6.1'de belirtildiği üzere yatay yük taşıyıcı sistem kirişlerinin üst ve alt başlıklarının yanal doğrultuda mesnetlenmesini ve mesnetlendiği noktalar arası uzaklığın

$$l_b < 0.086 \frac{r_y E_s}{\sigma_a}$$

koşulunu sağlaması öngörülmektedir. Betonarme döşemelerin çelik kirişler ile kompozit çalıştığı çelik taşıyıcı sistemlerde, kirişlerin betonarme döşemeye bağlanan başlıklarında bu koşula uyulması zorunlu değildir. (r_y kiriş başlığı ve gövdenin basınç etkisindeki bölümünün 1/3'nün yanal doğrultudaki atalet yarıçapı)

$$A_b = bxt_b + 2x \left(\frac{h - 2t_b}{2} \right) x \frac{1}{3} xt_w$$

$$15 \times 1.07 + 2x \left(\frac{30 - 2.14}{2} \right) \times \frac{1}{3} \times 0.71 = 22.5 \text{ cm}^2$$

$$I_{yb} = t_b \frac{b^3}{12} + A x d A^2 = 1.07 \times \frac{15^3}{12} + 6.34 \times 5.71^2 = 509 \text{ cm}^4$$

$$r_y = \sqrt{\frac{509}{22.5}} = 4.76 \text{ cm}$$

$$l_b < 0.086 \frac{4.76 \times 210000}{360} = 239 \text{ cm}$$

Buna karşılık taşıyıcı sistemimizde $l = 540 \text{ cm}$ olduğundan uygun aralıklarla x- ve y- doğrultusundaki çerçeve kirişleri komşu kirişlere ve betonarme döşemeye bağlanması gerekmektedir. Yapı sistemimizde $l = 540 \text{ cm}$ olan tüm kirişlerimiz 2 noktasından eşit aralıklarla yanal olarak tali kirişlerle bağlanmıştır. $l_b = 540/3 = 180 < 239$ olduğundan bu kontrol sağlanmaktadır. Ayrıca diğer tüm kirişlerimizde bu kontrolü sağlayacak şekilde yanal doğrultuda mesnetlenmiştir.

- Gerilme Kontrolü

Basınç başlığının dolu dikdörtgen kesit olması ve enkesit alanının çekme başlığı enkesit alanından daha küçük olmaması halinde, TS-648'e göre basınç emniyet gerilmesi:

$$\sigma_B = \frac{840000 \times C_b}{s x d / F_b} \leq 0.6 \sigma_a$$

s: kirişin basınç başlığının yanal burkulmaya karşı mesnetlendiği noktalar arasındaki uzaklık olup, buradaki kirişin iki ara kirişle tutulduğunu düşünürsek, $s = 540/3 = 180 \text{ cm}$ olur.

d: en kesit yüksekliği

$$C_b = 1.75 + 1.05 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) + 0.3 \left(\frac{M_1}{M_2} \right)^2 \text{ güvenli tarafta kalmak için } M_1/M_2 = -1$$

alınarak $C_b = 1$ alınırsa

$$\sigma_B = \frac{840000 \times 1}{\frac{180 \times 30}{22.15}} = \frac{3442 \text{ kg}}{\text{cm}^2}$$

$$= 344.2 \text{ N/mm}^2 > 0.6 \times 360 = 216 \text{ N/mm}^2$$

$\sigma_B = 216 \text{ N/mm}^2$ elde edilir.

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{78.54 \times 10^6}{557.1 \times 10^3} = 140.98 \text{ N/mm}^2 < 1.33 \times 216 \text{ N/mm}^2 = \sigma_{em}$$

$$\tau = \frac{TS_x}{I_x t_w} = \frac{47.65 \times 314.2 \times 10^6}{8356 \times 7.1 \times 10^4} = \frac{25.23 \text{ N}}{\text{mm}^2} < \frac{1.33 \times 135 \text{ N}}{\text{mm}^2} = \tau_{em}$$

Gerilme kontrolü sağlanmıştır.

$$f_{maks} = 0.7 \text{ cm}, L = 540 \text{ m}$$

$$\frac{f_{maks}}{L} = \frac{0.70}{540} = \frac{1}{772} < \frac{1}{300}$$

Sehim kontrolü sağlanmıştır.

➤ 218 Numaralı Kiriş Tahkiki

Çizelge 5.13. 218 Numaralı Kiriş Kesit Özellikleri

Kesit	h(mm)	b(mm)	t _w (mm)	t _b (mm)	F(cm ²)
IPE300	300	150	7.1	10.7	53.81
J _x (cm ⁴)	J _y (cm ⁴)	W _x (cm ³)	W _y (cm ³)	i _x (cm)	i _y (cm)
8356	603.8	557.1	80.50	12.46	3.35

- Enkesit kontrolü

$$\frac{b}{2xt} = \frac{150}{21.4} = 7 < 0.3x \sqrt{\frac{E_{\text{çelik}}}{\sigma_a}} = 0.3x \sqrt{\frac{21000}{36}} = 7.25$$

$$\frac{h}{t_w} = \frac{300}{7.1} = 42.25 < 3.2x \sqrt{\frac{E_{\text{çelik}}}{\sigma_a}} = 3.2x \sqrt{\frac{21000}{36}} = 77$$

Kontrol sağlanmıştır.

- Kiriş başlıklarının yanal doğrultuda mesnetlenmesi

$$l_b < 0.086 \frac{r_y E_s}{\sigma_a}$$

$$A_b = bxt_b + 2x \left(\frac{h - 2t_b}{2} \right) x \frac{1}{3} xt_w$$

$$15x1.07 + 2x \left(\frac{30 - 2.14}{2} \right) x \frac{1}{3} x0.71 = 22.5 \text{ cm}^2$$

$$I_{yb} = t_b \frac{b^3}{12} + AxdA^2 = 1.07x \frac{15^3}{12} + 6.34x5.71^2 = 509 \text{ cm}^4$$

$$r_y = \sqrt{\frac{509}{22.5}} = 4.76 \text{ cm}$$

$$l_b < 0.086 \frac{4.76x210000}{360} = 239 \text{ cm}$$

Yapı sistemimizde $l = 430$ cm olan tüm kirişlerimiz 2 noktasından eşit aralıklarla yanal olarak tali kirişlerle bağlanmıştır. $l_b = 430/3 = 144 < 239$ olduğundan bu kontrol sağlanmaktadır.

- Gerilme Kontrolü

$$\sigma_B = \frac{840000xC_b}{sxd/F_b} \leq 0.6\sigma_a$$

$$C_b = 1.75 + 1.05 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) + 0.3 \left(\frac{M_1}{M_2} \right)^2$$

güvenli tarafta kalmak için $M_1/M_2 = -1$ alınarak

$C_b = 1$ alınırsa

$$\sigma_B = \frac{840000x1}{\frac{180x30}{22.15}} = 3442 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 344.2 \text{ N/mm}^2 > 0.6x360 = 216 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{68,06 \times 10^6}{557.1 \times 10^3} = 122.16 \text{ N/mm}^2 < 1.33 \times 216 \text{ N/mm}^2 = \sigma_{em}$$

$$\tau = \frac{TS_x}{I_x t_w} = \frac{43.36 \times 314.2 \times 10^6}{8356 \times 7.1 \times 10^4} = 22.96 \text{ N/mm}^2 < 1.33 \times 135 \text{ N/mm}^2 = \tau_{em}$$

Gerilme kontrolü sağlanmıştır.

$$f_{maks} = 0.24 \text{ cm}, L = 430 \text{ m}$$

$$\frac{f_{maks}}{L} = \frac{0.24}{430} = \frac{1}{1792} < \frac{1}{300}$$

Sehim kontrolü sağlanmıştır.

5.6.7. Kolonların Kirişlerden Daha Güçlü Olması Kontrolü

DBYBHY-2007 4.3.2 uyarınca süneklik düzeyi yüksek çerçevelerden oluşan yapının kolonlarının kirişlerden daha güçlü olması kontrolü için en elverişsiz olduğu düşünülen 8. Kat (2) aksı çerçevesinin (2/B) düğüm noktasında tahkik yapılacaktır.

$$(M_{pa} + M_{pü}) \geq 1.1 D_a (M_{pi} + M_{pj})$$

St52 yapı çeliği için $D_a = 1.1$

M_{pi}, M_{pj} : Düğüm noktasına birleşen kirişlerin eğilme momenti kapasiteleri

$$M_p = W_p \sigma_a$$

W_p : Plastik mukavemet momenti

$M_{pa}, M_{pü}$ Düğüm noktasına birleşen kolonların, N tasarımsal eksenel kuvveti altında, güvenli tarafta kalmak üzere eğilme momenti kapasitesidir.

$$M_p = W_p \left(\sigma_a - \frac{N}{A} \right)$$

N: düşey yükler ve deprem yükünden dolayı kesitin uçlarında oluşan en büyük eksenel basınç kuvveti

$$N_{üst} = -383.52 \text{ kN} \quad N_{alt} = -248.33 \text{ kN}$$

$$M_{pi} = M_{pj} = 628.4 \times 360 \times 10^{-3} = 226.23 \text{ kNm}$$

$$M_{pa} = 2683x \left(360 - \frac{383.52x10^3}{180x10^2} \right) x10^{-3} = 908.7kNm$$

$$M_{pü} = 2683x \left(360 - \frac{248.33x10^3}{180x10^2} \right) x10^{-3} = 928.8kNm$$

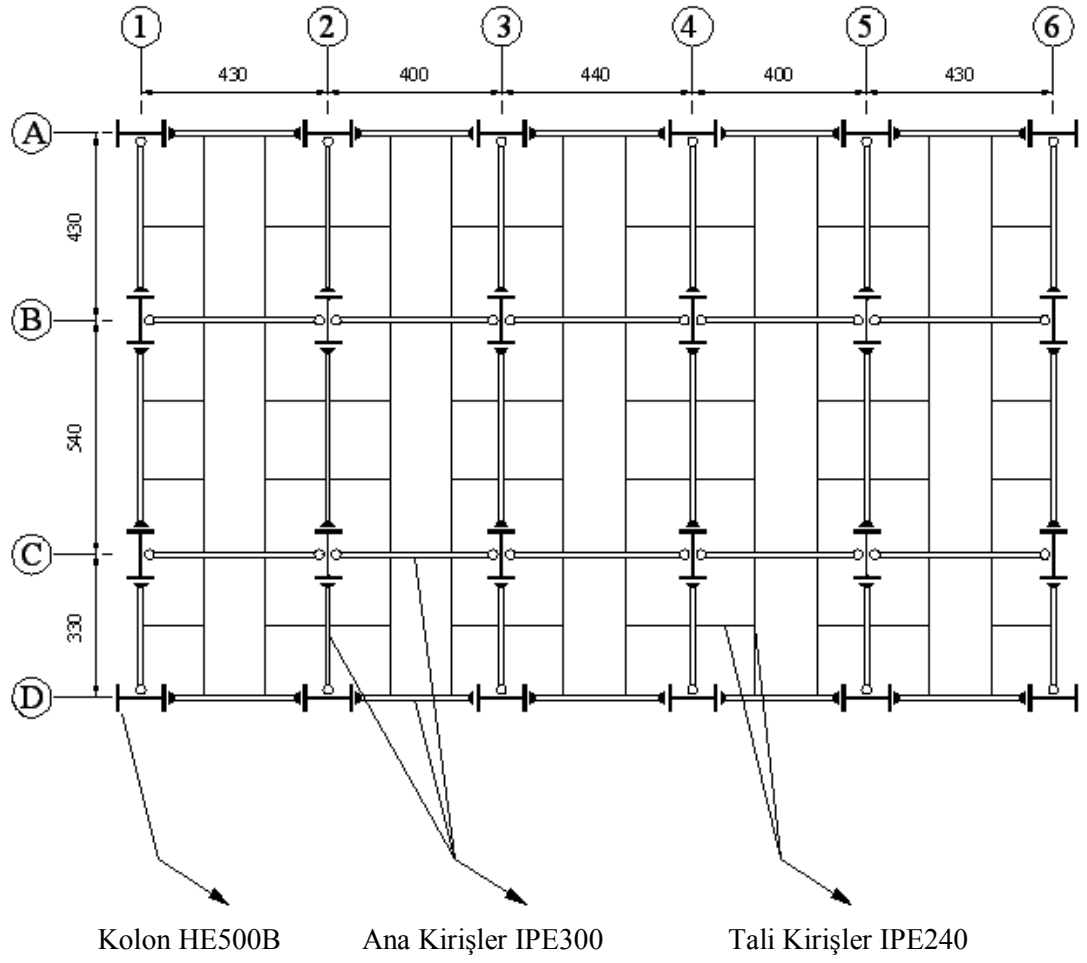
$$(908.7 + 928.8) \geq 1.1x1,1(226.23 + 226.23)$$

1837.5 $\geq$ 547.5 koşul sağlanmaktadır.

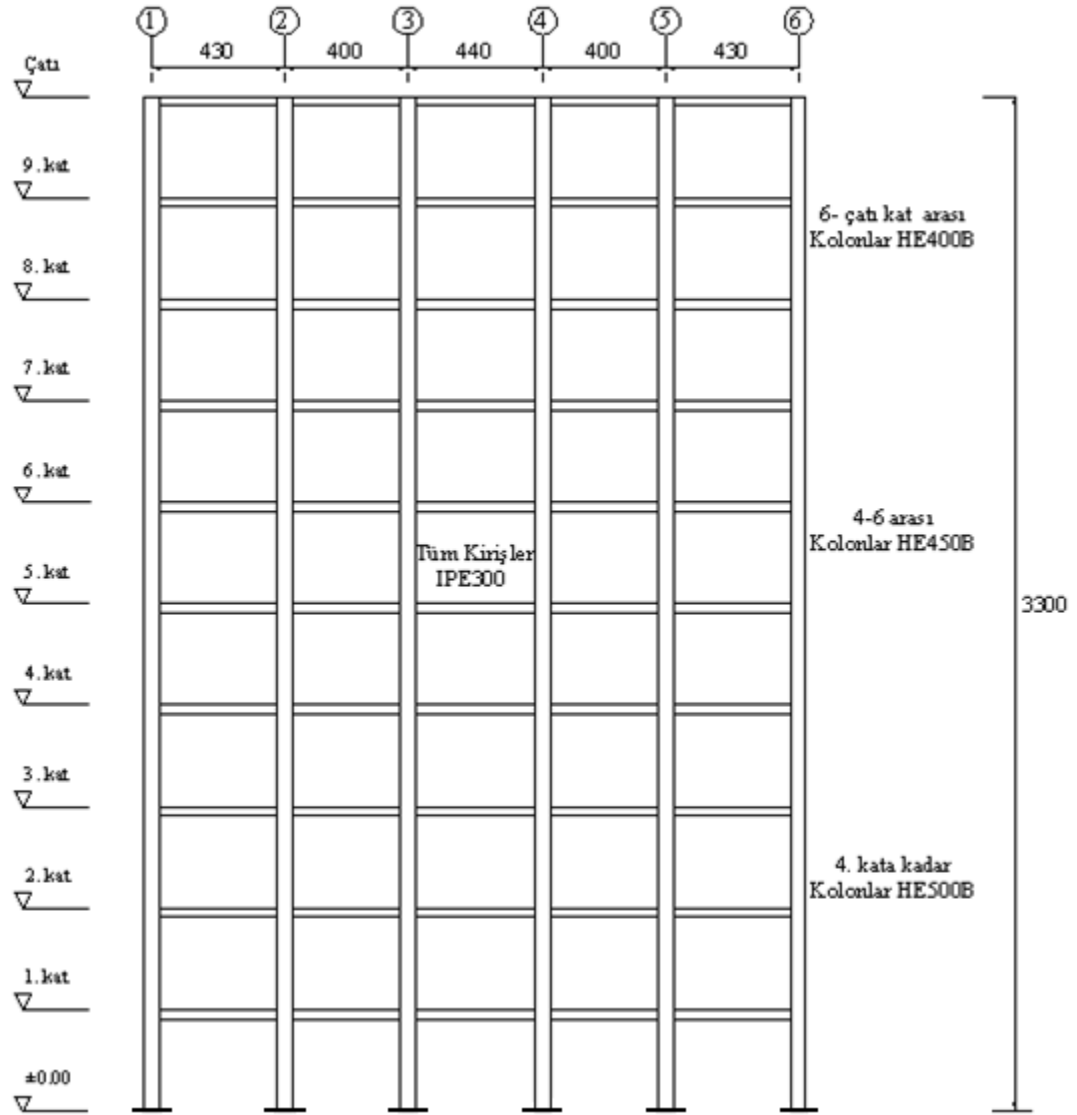
5.6.8. Düzensizlik Kontrolü

Bina kat planlarında çıkıntıların olmaması, döşeme süreksizliklerinin ve döşemelerde büyük boşlukların bulunmaması, yatay yük taşıyıcı sistemin planda düzenli olarak yerleşmesi nedeniyle planda düzensizlik durumları mevcut değildir.

Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarında süreksizliklerin ve ani rijitlik değişimlerinin olmaması ve kat kütlelerinin yapı yüksekliği boyunca değişiklik göstermemesi nedeniyle, düşey doğrultuda düzensizlik durumları mevcut değildir.



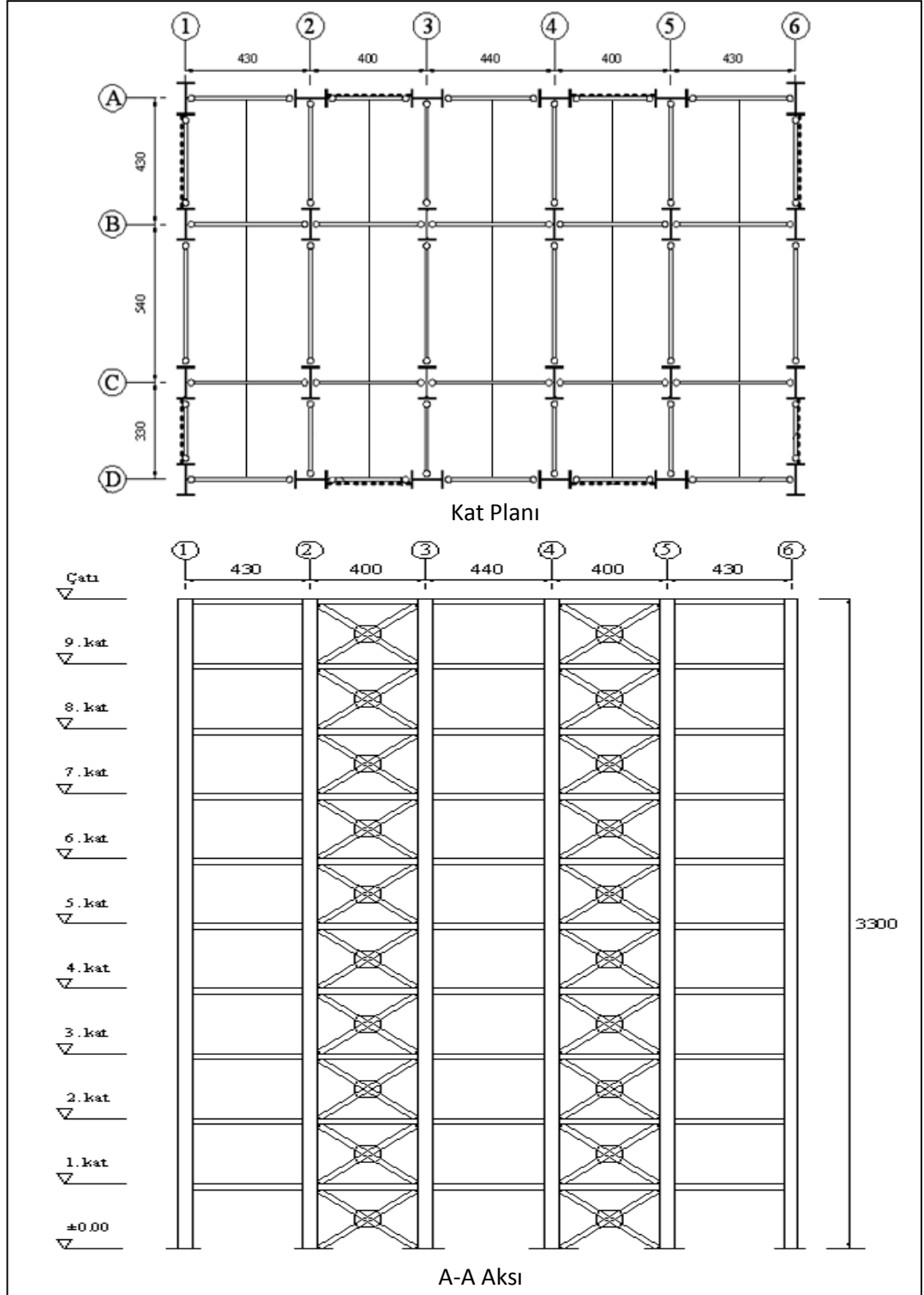
Şekil 5.4. Rijit çerçeve sistem zemin kat planı



Şekil 5.5. Rijit çerçeve sistem a aksı çerçevesi enkesiti

Tasarım sonucunda elde edilen kolonların, ana ve tali kirişlerin kesitleri kat planı ve rijit çerçeve aksı üzerinde gösterilmiştir.

5.7. Merkezi Çelik Çaprazlı Sistem



Şekil 5.6. Merkezi çaprazlı sistem

Binanın her iki doğrultudaki yatay yük taşıyıcı sistemi süneklik düzeyi yüksek merkezi çelik çaprazlı perdelerden oluşmaktadır. Akslardaki ana çerçeve kirişlerinin kolonlara ve tali kirişlerin ana kirişlere bağlantısı mafsallı olarak teşkil edilmiştir. Kolonların 0.00 kotunda, temele mafsallı olarak mesnetlendiği göz önünde tutulacaktır. Deprem yüklerinin tamamının süneklik düzeyi yüksek merkezi çelik çaprazlı perdelerle taşındığı çelik binalar için $R=5$ olarak alınacaktır.

Çapraz sistemi olarak her iki doğrultuda tek kat boyunca uzanan X çaprazlar kullanılacaktır.

Taşıyıcı sistem kolon ve kirişleri Avrupa norm profilleri(kirişler için IPE kolonlar için HEB profilleri) seçilecektir.

Yapı Sap2000 hesap programı ile modellenmiştir, eleman kesitleri tanımlanıp atanmış, yüklemeler oluşturulduktan sonra modal analizi yapılmıştır. Her iki yönde %90 üzerinde etkin kütle katılım oranları ile binanın birinci doğal titreşim periyodu statik hesap programından:

$$T_{1x}=1.2018 \text{ s} \quad T_{1y}=1.2750 \text{ s} \text{ olarak hesaplanmıştır.}$$

Ayrıca $G=15780 \text{ kN}$ ve $Q=5187 \text{ kN}$ olarak çözümden okunmuştur.

5.7.1. Eşdeğer Deprem Yüğü Hesabı

$$V_t = \frac{WA(T_1)}{R_a(T_1)} \geq 0.01A_0IW$$

$$W=g+0.3q=15780+0.3 \times 5187=17336 \text{ kN}$$

Binanın x- doğrultusundaki taban kesme kuvveti:

$$T_{1x}=1.2018 \text{ s} > 0.4 \text{ s} = T_B$$

$$S(T_{1x}) = 2.5 \left(\frac{0.4}{1.2018} \right)^{0.8} = 1.037 \text{ ve } R_{ax}(T_{1x}) = R_x = 5$$

$$V_{tx} = 17336 \frac{0.4 \times 1 \times 1.037}{5} = 1438 \text{ kN}$$

Binanın y- doğrultusundaki taban kesme kuvveti:

$$T_{1y}=1.2750 \text{ s} > 0.4 \text{ s} = T_B$$

$$S(T_{1y}) = 2.5 \left(\frac{0.4}{1.2750} \right)^{0.8} = 0.988 \text{ ve } R_{ay}(T_{1y}) = R_y = 5$$

$$V_{ty} = 17366 \frac{0.4 \times 1 \times 0.988}{5} = 1373 \text{ kN}$$

Ek eşdeğer deprem yükü ΔF_N :

$$\Delta F_{Nx} = 0.0075 N V_{tx} = 0.0075 \times 10 \times 1438 = 107.85 \text{ kN}$$

$$\Delta F_{Ny} = 0.0075 N V_{ty} = 0.0075 \times 10 \times 1372 = 102.90 \text{ kN}$$

Toplam eşdeğer deprem yükü katlara aşağıdaki denklem yardımı ile dağıtılacaktır.

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

Çizelge 5.14. Merkezi Çaprazlı Sistemde Katlara Etkiyen Eşdeğer Deprem Yükleri

Kat	$w_i H_i$	$w_i H_i / \sum w_i H_i$	$F_{ix}(\text{kN})$	$F_{iy}(\text{kN})$
Çatı	48675.00	0.162	322.966	308.143
9	50460.00	0.168	223.005	212.770
8	44854.00	0.149	198.230	189.131
7	39247.00	0.130	173.450	165.489
6	33640.00	0.112	148.670	141.846
5	28033.00	0.093	123.890	118.204
4	22427.00	0.075	99.115	94.566
3	16820.00	0.056	74.335	70.923
2	11214.00	0.037	49.560	47.285
1	5607.00	0.019	24.780	23.642
Σ	300977.00	1.000	1438.000	1372.000

Ek dış merkezlikleri dikkate almak amacıyla kütle merkezinin $\pm\%5$ ek dışmerkezlik kadar kaydırıldığı noktalara da deprem yükleri etkitilecektir.

$$e_x = \pm 0.05 \times 21 = 1.05 \text{ m} \quad \text{ve} \quad e_y = \pm 0.05 \times 13 = 0.65 \text{ m}$$

5.7.2. Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması

Yapı sisteminin analizi sonucunda x ve y doğrultusunda %5 ek dışmerkezliliklerle uygulanan azaltılmış deprem yükleri altında en büyük yatay yer değiştirmeleri olan d_{ix} ve d_{iy} 'nin her katta aldığı değerler aşağıdaki tabloda verilmiştir. Azaltılmış görelî kat ötelemeleri söz konusu deprem doğrultusundaki deprem yükü azaltma katsayısı, R ile çarpılarak δ_i etkin görelî kat ötelemeleri hesaplanmış ve tabloya yerleştirilmiştir.

Çizelge 5.15. Merkezi Çaprazlı Sistemde x- Doğrultusu Görelî Kat Ötelemesi Sınırları

Kat	$d_{ix}(\text{cm})$	$\Delta_{ix}(\text{cm})$	$h_i(\text{cm})$	$\delta_{ix}=R\Delta_{ix}$	δ_{ix}/h_i	<0.02
10	5.80	0.74	330	5.92	0.0179	0.02
9	5.06	0.74	330	5.92	0.0179	0.02
8	4.32	0.75	330	6.00	0.0182	0.02
7	3.57	0.73	330	5.84	0.0177	0.02
6	2.84	0.70	330	5.60	0.0170	0.02
5	2.14	0.65	330	5.20	0.0158	0.02
4	1.49	0.56	330	4.48	0.0136	0.02
3	0.93	0.46	330	3.68	0.0112	0.02
2	0.47	0.32	330	2.56	0.0078	0.02
1	0.15	0.15	330	1.20	0.0036	0.02

Çizelge 5.16. Merkezi Çaprazlı Sistemde y- Doğrultusu Görelî Kat Ötelemesi Sınırları

Kat	$d_{iy}(\text{cm})$	$\Delta_{iy}(\text{cm})$	$h_i(\text{cm})$	$\delta_{iy}=R\Delta_{iy}$	δ_{iy}/h_i	<0.02
10	6.12	0.78	330	6.24	0.0189	0.02
9	5.34	0.80	330	6.40	0.0194	0.02
8	4.54	0.80	330	6.40	0.0194	0.02
7	3.74	0.77	330	6.16	0.0187	0.02
6	2.97	0.74	330	5.92	0.0179	0.02
5	2.23	0.67	330	5.36	0.0162	0.02
4	1.56	0.59	330	4.72	0.0143	0.02
3	0.97	0.48	330	3.84	0.0116	0.02
2	0.49	0.33	330	2.64	0.0080	0.02
1	0.16	0.16	330	1.28	0.0039	0.02

Yönetmelikte öngörülen koşul sağlanmaktadır.

$$(\delta_{ix}/h_i)_{\max} = 0.0182 < 0.02 \text{ ve } (\delta_{iy}/h_i)_{\max} = 0.0194 < 0.02$$

5.7.3. Burulma Düzensizliği Kontrolü

Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük göreceli kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama göreceli kat ötelemeye oranını ifade eden burulma düzensizliği katsayısı:

$$[\eta_{bi} = (\Delta_i)_{max}/(\Delta_i)_{ort} > 1.2]$$

Çizelge 5.17. Merkezi Çaprazlı Sistemde x- Doğrultusu Burulma Düzensizliği Sınırları

Kat	$(d_i)_{max}$	$(d_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{max}$	$(\Delta_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{bi}
10	5.80	5.54	0.74	0.70	0.72	1.03
9	5.06	4.84	0.74	0.71	0.73	1.02
8	4.32	4.13	0.75	0.72	0.74	1.02
7	3.57	3.41	0.73	0.70	0.72	1.02
6	2.84	2.71	0.70	0.66	0.68	1.03
5	2.14	2.05	0.65	0.62	0.64	1.02
4	1.49	1.43	0.56	0.54	0.55	1.02
3	0.93	0.89	0.46	0.44	0.45	1.02
2	0.47	0.45	0.32	0.30	0.31	1.03
1	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	1.00

Çizelge 5.18. Merkezi Çaprazlı Sistemde y- Doğrultusu Burulma Düzensizliği Sınırları

Kat	$(d_i)_{max}$	$(d_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{max}$	$(\Delta_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{bi}
10	6.12	5.66	0.78	0.73	0.76	1.03
9	5.34	4.93	0.80	0.74	0.77	1.04
8	4.54	4.19	0.80	0.73	0.77	1.05
7	3.74	3.46	0.77	0.72	0.75	1.03
6	2.97	2.74	0.74	0.68	0.71	1.04
5	2.23	2.06	0.67	0.62	0.65	1.04
4	1.56	1.44	0.59	0.54	0.57	1.04
3	0.97	0.90	0.48	0.44	0.46	1.04
2	0.49	0.46	0.33	0.31	0.32	1.03
1	0.16	0.15	0.16	0.15	0.16	1.03

Yönetmelikte öngörülen koşul sağlanmaktadır.

$$\eta_{bix_{max}} = 1.03 < 1.2 \text{ ve } \eta_{biy_{max}} = 1.05 < 1.2$$

5.7.4. İkinci Mertebe Etkileri

Gözönüne alınan deprem doğrultusunda her bir katta, ikinci mertebe etkilerini temsil eden ikinci mertebe gösterge değeri, θ_i hesaplanacaktır.

$$\theta_i = \frac{(\Delta_i)_{ort} \sum_{j=1}^N w_j}{V_i h_i}$$

Her iki deprem doğrultusu için her katta hesaplanan θ_i parametrelerinin en büyük değeri (y) doğrultusunda ve 8. Katta meydana gelmektedir.

$$(\Delta_{8y})_{ort} = 0.80 \text{ cm}$$

$$\sum_{j=8}^{10} w_j = 1798 \times 1 + 1480 = 3269 \text{ kN}$$

$$V_{8y} = 189.13 + 212.72 + 308.14 = 701 \text{ kN}$$

$$h_8 = 330 \text{ cm}$$

$$\theta_i = \frac{0.80 \times 3269}{701 \times 330} = 0.01 < 0.12$$

koşulu sağlandığından ikinci mertebe etkilerinin TS648 Çelik Yapılar Standardına göre değerlendirilmesi yeterlidir.

5.7.5. Kolon Kesit Tahkikleri

Tasarımda kolon kesiti olarak, ilk 4 katta HE450B, sonraki 3 katta HE400B ve en son 3 katta ise HE360B profilleri kullanılmıştır.

Kolon kesit hesabı 1. kattaki B ve 1 aksları kesişiminde bulunan 3 numaralı kolon için yapılacaktır.

➤ 3 Numaralı Kolon Tahkiki

Çizelge 5.19. 3 Numaralı Kolon Kesit Özellikleri

Kesit	h(mm)	b(mm)	t _w (mm)	t _b (mm)	F(cm ²)
HE450B	450	300	14	26	218
J _x (cm ⁴)	J _y (cm ⁴)	W _x (cm ³)	W _y (cm ³)	i _x (cm)	i _y (cm)
11720	79890	781.4	3551	7.33	19.14

Kolonda en elverişsiz kesit tesirleri G+Q-E_{yn}+0.3E_xkombinasyonu sonucu alınmıştır:

Çizelge 5.20. 3 Numaralı Kolon İç Kuvvetleri

Eleman Numarası	Bölge (m)	Kombinasyon	P (kN)	M22 (kN-m)	M33 (kN-m)	V2 (kN)
3	0.00	G+Q-E _{yn} +0.3E _x	-2392.14	0.00	0.00	9.77
3	1.65	G+Q-E _{yn} +0.3E _x	-2389.45	-2.78	-16.12	9.77
3	3.30	G+Q-E _{yn} +0.3E _x	-2386.76	-5.58	-32.24	9.77

- En kesit koşulları kontrolü

$$\frac{b/2}{t} \leq 0.3\sqrt{E_s/\sigma_a} \rightarrow 15/2.6 \leq 0.3\sqrt{21000/36} \rightarrow 5.77 \leq 6.76$$

$$\left| \frac{N_d}{\sigma_a x A} \right| = \left| \frac{2392.14}{36 \times 218} \right| = 0.3 > 0.1$$

$$\frac{h}{t_w} = \frac{45}{1.4} = 32.14 < 1.33\sqrt{E_s/\sigma_a} \left(2.1 - \left| \frac{N_d}{\sigma_a x A} \right| \right) = 57.82$$

Kontrol sağlanmıştır.

- Gerilme kontrolü

x- doğrultusu için; Kolona bağlı kiriş kesitleri IPE300; J_x= 8356 cm⁴,

L=430cm

$$G_A = \frac{\sum I_c/S_c}{\sum I_g/S_g} = \frac{\frac{11720}{330} + \frac{11720}{330}}{\frac{8356}{430}} = 3.65$$

$$G_B = 1.0 \text{ (Temelde ankastre bağlantı)}$$

$$K_x = 1.7$$

y- doğrultusu için; Kolona bağlı kiriş kesitleri IPE300; $J_y = 8356 \text{ cm}^4$

$$L_1 = 430 \text{ cm}, L_2 = 540 \text{ cm}$$

$$G_A = \frac{\sum I_c / S_c}{\sum I_g / S_g} = \frac{\frac{79890}{330} + \frac{79890}{330}}{\frac{8356}{430} + \frac{8356}{540}} = 13.87$$

$$G_B = 1.0 \text{ (Temelde ankastre bağlantı)}$$

$$K_y = 2$$

$$S_{kx} = K_x \cdot L = 1.7 \times 330 = 561$$

$$S_{ky} = K_y \cdot L = 2.0 \times 330 = 660$$

$$\lambda_y = \frac{S_{ky}}{i_y} = \frac{660}{19.14} = 34.48, \lambda_x = \frac{S_{kx}}{i_x} = \frac{561}{7.33} = 76.53$$

$$\lambda = (\text{maks } \lambda_x, \lambda_y) = 76.53$$

$$w = 1.85$$

$$\sigma_{eb} = \frac{N}{F} = \frac{2392.14}{218} = 10.97 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{\zeta em} = 24 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{bem} = \frac{\sigma_{\zeta em}}{w} = \frac{24}{1.85} = 12.97 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{bem}} = \frac{10.97}{12.97} = 0.846 > 0.15$$

$$\sigma_{bx} = \frac{M_{x-x}}{W_x} = \frac{558}{78.4} = 0.71 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{by} = \frac{M_{y-y}}{W_y} = \frac{3224}{3551} = 0.90 \text{ kN/cm}^2$$

$$A_b = b \times t_b + 2 \times \left(\frac{h - 2t_b}{2} \right) \times \frac{1}{3} \times t_w$$

$$= 30 \times 2.6 + 2 \times \left(\frac{45 - 5,2}{2} \right) \times \frac{1}{3} \times 1.4 = 96.57 \text{ cm}^2$$

$$I_{yb} = t_b \frac{b^3}{12} + A \times d^2 = 2.6 \times \frac{30^3}{12} + 18.57 \times 7.93^2 = 7017 \text{ cm}^4$$

$$i_{yb} = \sqrt{\frac{I_{yb}}{A_b}} = 8.52 \text{ cm}$$

$$\lambda_{xb} = \frac{S_{kx}}{i_{xb}} = \frac{561}{9.04} = 62.05$$

$$\lambda_{yb} = \frac{S_{ky}}{i_{yb}} = \frac{660}{9.04} = 73.00$$

$$C_{bx} = C_{by} = 1$$

$$\lambda_{xb} \leq \sqrt{\frac{3 \times 10^5 \times C_{bx}}{\sigma_a}} = \sqrt{\frac{3 \times 10^5 \times 1}{36}} = 91.29 \rightarrow 62.05 \leq 91.29$$

$$\lambda_{yb} \leq \sqrt{\frac{3 \times 10^5 \times C_{by}}{\sigma_a}} = \sqrt{\frac{3 \times 10^5 \times 1}{36}} = 91.29 \rightarrow 73.00 < 91.29$$

$$\sigma_{Bx} = \left[\frac{2}{3} - \frac{\sigma_a \times \lambda_{xb}^2}{9 \times 10^5 \times C_b} \right] \times \sigma_a = \left[\frac{2}{3} - \frac{36 \times 62.05^2}{9 \times 10^5 \times 1} \right] \times 36 = 18.45 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{By} = \left[\frac{2}{3} - \frac{\sigma_a \times \lambda_{yb}^2}{9 \times 10^5 \times C_b} \right] \times \sigma_a = \left[\frac{2}{3} - \frac{36 \times 73^2}{9 \times 10^5 \times 1} \right] \times 36 = 16.32 \text{ kN/cm}^2$$

$$C_{mx} = C_{my} = 0.85 \text{ (yanal ötelemesi önlenmiş sistem)}$$

$$\sigma'_{ex} = \frac{8.29 \times 10^4}{(K \times l / i)^2} = \frac{8.29 \times 10^4}{(1.7 \times 330 / 7.33)^2} = 14.15 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma'_{ey} = \frac{8.29 \times 10^4}{(K \times l / i)^2} = \frac{8.29 \times 10^4}{(2.0 \times 330 / 19.14)^2} = 69.7 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{bem}} + \frac{C_{mx} \sigma_{bx}}{\left(1 - \frac{\sigma_{eb}}{\sigma'_{ex}}\right) \sigma_{Bx}} + \frac{C_{my} \sigma_{by}}{\left(1 - \frac{\sigma_{eb}}{\sigma'_{ey}}\right) \sigma_{By}}$$

$$\frac{10.97}{12.97} + \frac{0.85 \times 0.71}{\left(1 - \frac{10.97}{14.15}\right) \times 18.45} + \frac{0.85 \times 0.90}{\left(1 - \frac{10.97}{69.7}\right) \times 16.32}$$

$$0.85 + 0.15 + 0.05 = 1.05 < 1 \times 1.33$$

$$\frac{\sigma_{eb}}{0.6 \sigma_a} + \frac{\sigma_{bx}}{\sigma_{Bx}} + \frac{\sigma_{by}}{\sigma_{By}} = \frac{10.97}{0.6 \times 36} + \frac{0.71}{18.45} + \frac{0.90}{16.32} = 0.60 \leq 1 \times 1.33$$

Gerilme kontrolü sağlanmıştır.

➤ Artırılmış Deprem Yükleri Dayanım Kontrolü

$$G+Q \mp \Omega_0 E \text{ ve } 0.9G \mp \Omega_0 E$$

$\Omega_0=2$ (süneklik düzeyi yüksek ve normal merkezi çelik çaprazlı perdeler)

Zemin katta en yüksek eksenel gerilme 4 numaralı kolon elemanında oluşmaktadır.

$G+Q+2E_y$ yüklemesinde kolonda $N_{b \max}=4043.27 \text{ kN}$ oluşmaktadır.

Eksenel basınç kapasitesi

$$N_{b p} = 1.7 \cdot \sigma_{bem} \cdot A = 1.7 \times 12.97 \times 218 = 4806.68 \text{ kN} > 4043.27 \text{ kN}$$

Kontrol sağlanmıştır.

5.7.6. Kiriş Kesit Tahkikleri

➤ 931 Numaralı Kiriş Tahkiki

Tüm taşıyıcı sistem kirişleri IPE270 olarak tasarlanmıştır. Kesit hesaplarında en büyük iç kuvvetlere sahip olan kiriş ve buna ait sehim miktarı aşağıdaki çizelgede görülmektedir. Tahkikler bu kesit için yapılacaktır.

Çizelge 5.21. 931 Numaralı Kiriş Kesit Tesirleri

Kiriş No	Aks	Kesit	Kombinasyon	V (kN)	M (kNm)	f (cm)
931	9. kat B-C/3	IPE270	G+Q+E _{yn} -0.3E _x	8.78	22.49	0.82

Çizelge 5.22. 931 Numaralı Kiriş Kesit Özellikleri

Kesit	h(mm)	b(mm)	t _w (mm)	t _b (mm)	F(cm ²)
IPE270	300	135	6,6	10,2	45,95
J _x (cm ⁴)	J _y (cm ⁴)	W _x (cm ³)	W _y (cm ³)	i _x (cm)	i _y (cm)
5790	419,9	428,9	62,20	11,23	3,02

- Enkesit kontrolü

Kolonlarda olduğu gibi, kirişler için de yerel burkulmaların önlenmesini amaçlayan enkesit kontrolleri DBYBHY-2007 tablo 4.3'e göre yapılacaktır.

$$\frac{b}{2xt} = \frac{135}{20.4} = 6.62 < 0.3x \sqrt{\frac{E_{çelik}}{\sigma_a}} = 0.3x \sqrt{\frac{21000}{36}} = 7.25$$

$$\frac{h}{t_w} = \frac{270}{6.6} = 41 < 3.2x \sqrt{\frac{E_{çelik}}{\sigma_a}} = 3.2x \sqrt{\frac{21000}{36}} = 77$$

Kontrol sağlanmıştır.

- Kiriş başlıklarının yanal doğrultuda mesnetlenmesi

$$l_b < 0.086 \frac{r_y E_s}{\sigma_a}$$

$$l_b < 239cm$$

Betonarme döşemenin kompozit etkisi nedeniyle kiriş üst başlığının yanal burkulması önlenmektedir. Sistemde kirişlerin tümü basit mesnetli ve pozitif eğilme momenti etkisinde bulunan kirişlerdir. Bu tür kirişlerde yanal burkulma tahkikine gerek görülmemektedir. Buna rağmen x- doğrultusundaki kirişler bu koşulu sağlayacak şekilde tutulmuştur.

- Normal gerilme kontrolü

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{22.49 \times 10^6}{428.9 \times 10^3} = 52.43 \text{ N/mm}^2 < 1.33 \times 216 \text{ N/mm}^2 = \sigma_{em}$$

$$\tau = \frac{TS_x}{I_x t_w} = \frac{8.78 \times 242 \times 10^6}{5790 \times 6.6 \times 10^4} = 5.56 \text{ N/mm}^2 < 1.33 \times 135 \text{ N/mm}^2 = \tau_{em}$$

Gerilme kontrolü sağlanmıştır.

$$f_{maks} = 0.82 \text{ cm}, L = 540$$

$$\frac{f_{maks}}{L} = \frac{0.82}{540} = \frac{1}{658} < \frac{1}{300}$$

Sehim kontrolü sağlanmıştır.

5.7.7. Çapraz Tahkiki

Çapraz elemanı olarak tüm sistemde 25.25.1,5 kare kesit profiller kullanılmıştır. En elverişsiz kombinasyon ve bundan dolayı oluşan kesit tesirleri aşağıdaki çizelgede görülmektedir.

➤ 1356 Numaralı Çapraz Tahkiki

Çizelge 5.23. 1316 Numaralı Çapraz Kesit Tesirleri

Çapraz No	Aks	Kesit	Kombinasyon	P (kN)
1316	1. kat A-B/1	25.25.1,5	G+Q+E _{yp} +0.3E _{ex}	-465.27

Çizelge 5.24. 1316 Numaralı Çapraz Özellikleri

Kesit	h(mm)	b(mm)	t _w (mm)	t _b (mm)	F(cm ²)
25.25.1,5	250	250	15	15	141
J _x (cm ⁴)	J _y (cm ⁴)	W _x (cm ³)	W _y (cm ³)	i _x (cm)	i _y (cm)
13030	13030	1042	1042	9.61	9.61

- Enkesit kontrolü

$$\frac{h}{t_w} \text{ veya } \frac{b}{t} \leq 0.7\sqrt{E_s/\sigma_a} \rightarrow \frac{25}{1.5} \leq 0.7\sqrt{\frac{21000}{36}} \rightarrow 16.67 \leq 16.90$$

Kontrol sağlanmıştır.

- Gerilme kontrolü

DBYBHY-2007 4.6.1.2'ye göre basınca çalışan elemanın narinlik oranı;

$$4\sqrt{E_s/\sigma_a} = 96.57 \text{ sındır değerini aşmayacaktır.}$$

$$\text{Çubuk boyu } L = 271 \quad \lambda = 271/9.61 = 28.20 < 96.57$$

Narinliğin $\lambda = 28.20$ değeri için TS648 Çizelge 8'den bulunan basınç emniyet gerilmesi

$$\sigma_{bem} = 192.17 \text{ N/mm}^2$$

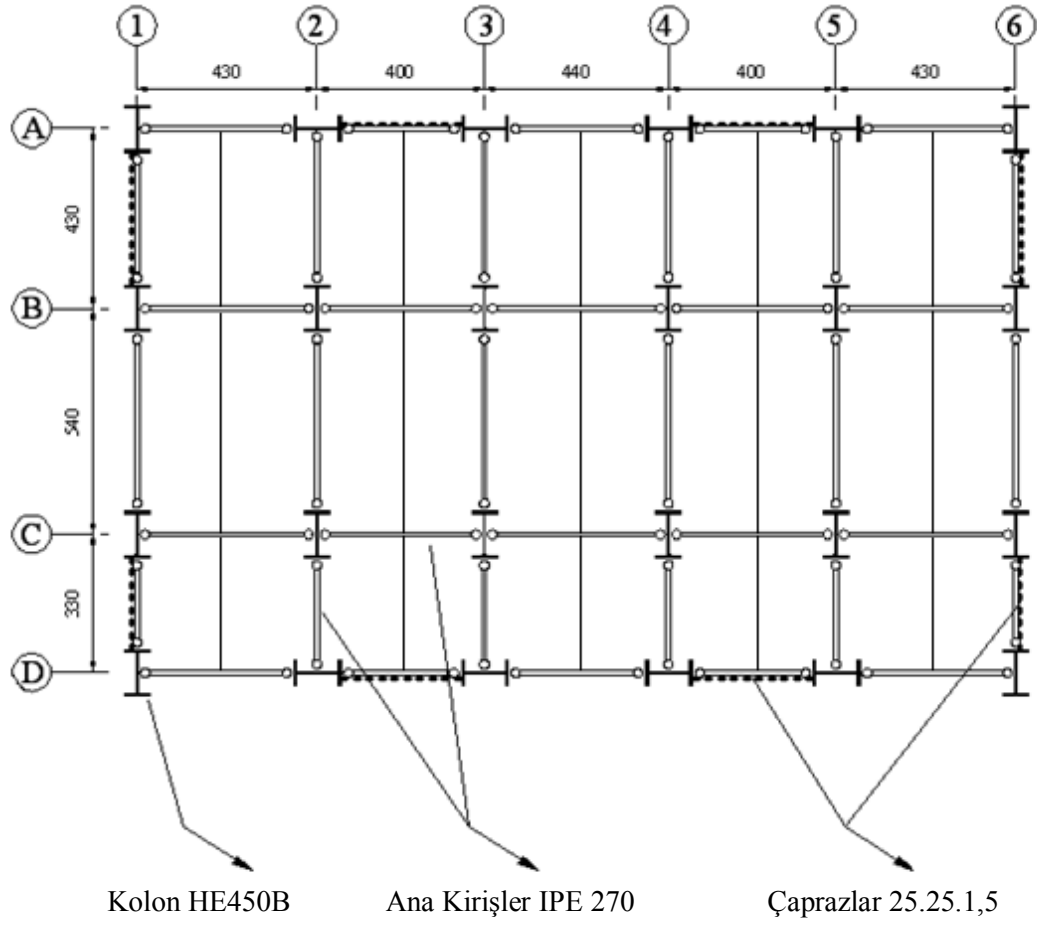
$$\frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{bem}} = \frac{465.27 \times 10^3}{141 \times 10^2 \times 192.17} = 0.17 < 1 \times 1.33$$

Gerilme kontrolü sağlanmıştır.

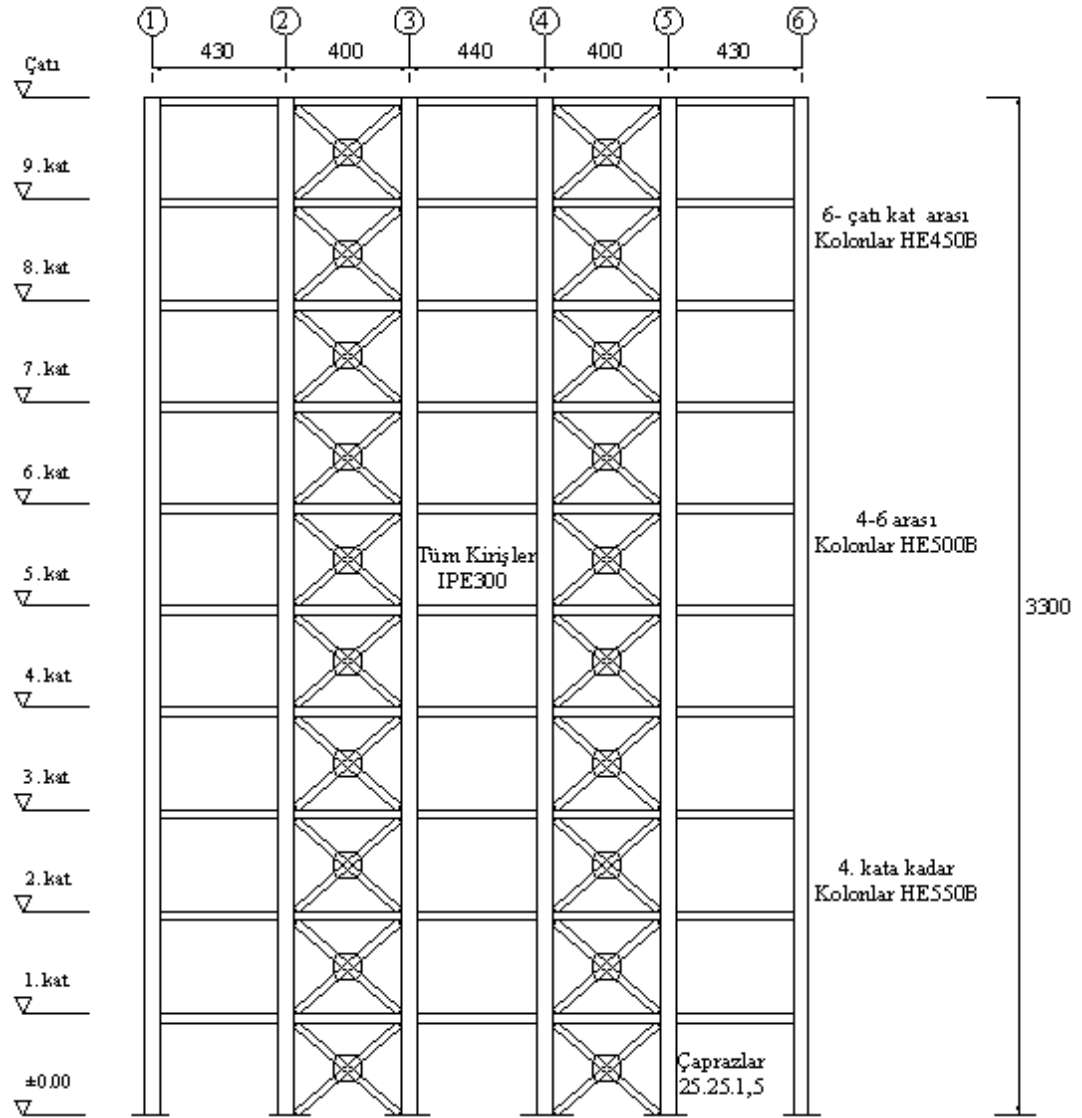
5.7.8. Düzensizlik Kontrolü

Bina kat planlarında çıkıntılarının olmaması, döşeme süreksizliklerinin ve döşemelerde büyük boşlukların bulunmaması, yatay yük taşıyıcı sistemin planda düzenli olarak yerleşmesi nedeniyle planda düzensizlik durumları mevcut değildir.

Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarında süreksizliklerin ve ani rijitlik değişimlerinin olmaması ve kat kütlelerinin yapı yüksekliği boyunca değişiklik göstermemesi nedeniyle, düşey doğrultuda düzensizlik durumları mevcut değildir.



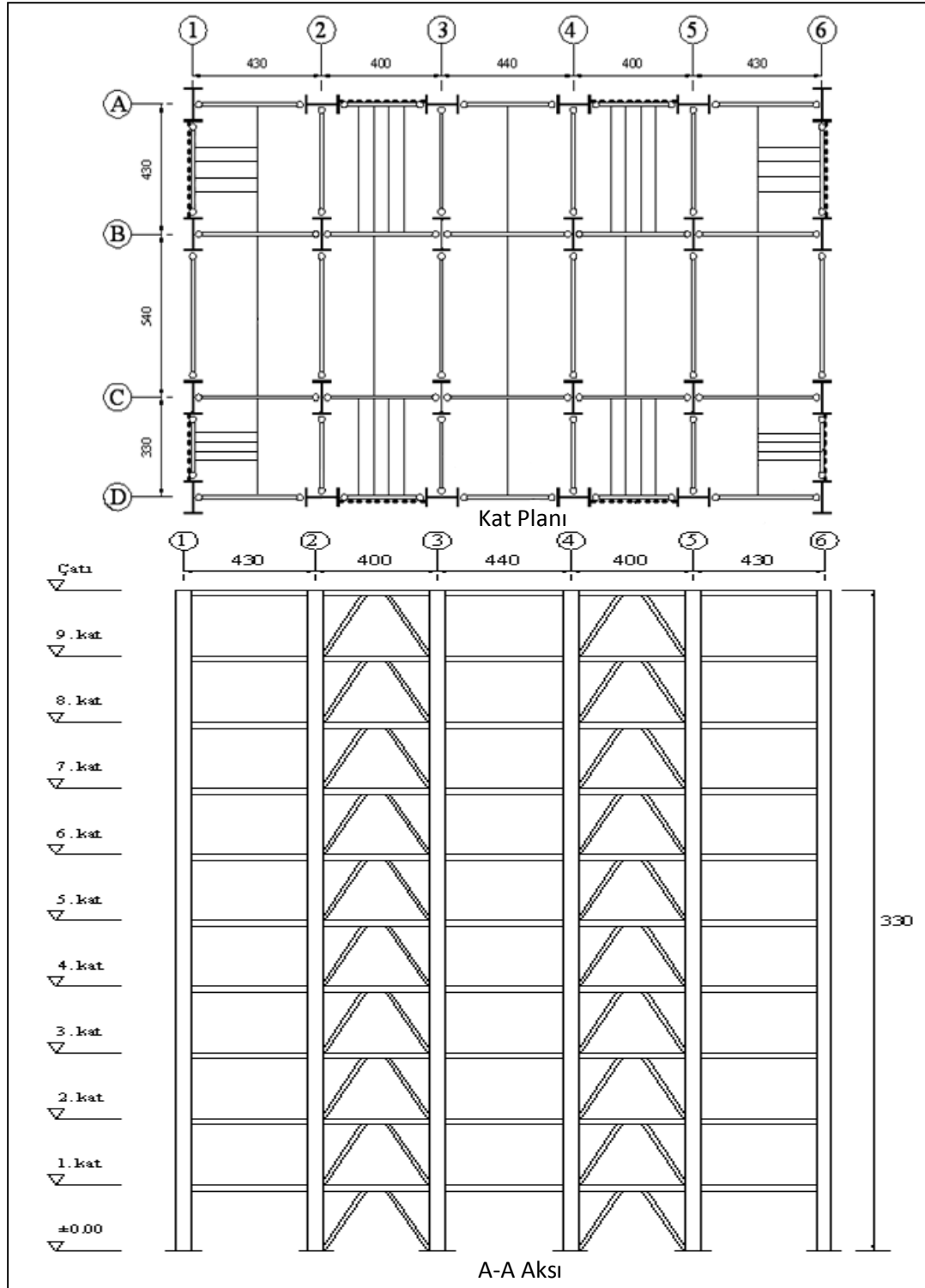
Şekil 5.7. Merkezi çaprazlı sistem zemin kat planı



Şekil 5.8. Merkezi çaprazlı sistem a aksı çerçevesi enkesiti

Tasarım sonucu elde edilen kolonların, ana ve tali kirişlerin kesitlerin kesitleri kat planı ve merkezi çaprazlı çerçeve aksı üzerinde gösterilmiştir.

5.8. Dışmerkezi Çelik Çaprazlı Sistem



Şekil 5.9. Dışmerkezi çaprazlı sistem

Binanın her iki doğrultudaki yatay yük taşıyıcı sistemi süneklik düzeyi yüksek dışmerkezi çelik çaprazlı perdelerden oluşmaktadır. Akslardaki ana çerçeve kirişlerinin kolonlara bağlantısı mafsallı olarak, tali kirişlerin ana kirişlere bağlantısı da mafsallı olarak teşkil edilmiştir. Kolonların 0.00 kotunda, temele mafsallı olarak mesnetlendiği göz önünde tutulacaktır. Deprem yüklerinin tamamının süneklik düzeyi yüksek dışmerkezi çelik çaprazlı perdelerle taşındığı çelik binalar için $R=7$ olarak alınacaktır.

Taşıyıcı sistem kolon ve kirişleri Avrupa norm profilleri(kirişler için IPE kolonlar için HEB profilleri) seçilecektir.

Yapı, Sap2000 hesap programında modellenmiştir. Eleman kesitleri tanımlanıp atanmış, yüklemeler oluşturulduktan sonra modal analizi yapılmıştır. Her iki yönde %90 üzerinde etkin kütle katılım oranları ile binanın birinci doğal titreşim periyodu statik hesap programından:

$$T_{1x}=1.5338 \text{ s} \quad T_{1y}=1.5607 \text{ s} \text{ olarak okunmuştur.}$$

$$\text{Ayrıca } G=15128\text{kN ve } Q=5187\text{kN olarak çözümden okunmuştur.}$$

5.8.1. Eşdeğer Deprem Yüğü Hesabı

$$V_t = \frac{WA(T_1)}{R_a(T_1)} \geq 0.01A_0IW$$

$$W=g+0.3q=15072+0.3 \times 5187=16684\text{kN}$$

Binanın x- doğrultusundaki taban kesme kuvveti:

$$T_{1x}=1.5338 \text{ s} > 0.4\text{s} = T_B$$

$$S(T_{1x}) = 2.5 \left(\frac{0.4}{1.5338} \right)^{0.8} = 0.853 \text{ ve } R_{ax}(T_{1x}) = R_x = 7$$

$$V_{tx} = 16684 \frac{0.4 \times 1 \times 0.853}{7} = 814\text{kN}$$

Binanın y- doğrultusundaki taban kesme kuvveti:

$$T_{1y}=1,5607 \text{ s} > 0,4\text{s} = T_B$$

$$S(T_{1y}) = 2.5 \left(\frac{0.4}{1.5907} \right)^{0.8} = 0.841 \text{ ve } R_{ay}(T_{1y}) = R_y = 7$$

$$V_{ty} = 16684 \frac{0.4 \times 1 \times 0.841}{7} = 802 \text{ kN}$$

Ek eşdeğer deprem yükü ΔF_N :

$$\Delta F_{Nx} = 0.0075 N V_{tx} = 0.0075 \times 10 \times 814 = 61.05 \text{ kN}$$

$$\Delta F_{Ny} = 0.0075 N V_{ty} = 0.0075 \times 10 \times 802 = 60.15 \text{ kN}$$

Toplam eşdeğer deprem yükü katlara aşağıdaki denklem yardımı ile dağıtılacaktır.

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

Çizelge 5.25. Dışmerkezi Çaprazlı Sistem Katlara Etkiyen Eşdeğer Deprem Yükleri

Kat	$w_i H_i$	$w_i H_i / \sum w_i H_i$	$F_{ix}(\text{kN})$	$F_{iy}(\text{kN})$
Çatı	42009.00	0.153	176.568	173.965
9	46362.00	0.169	127.488	125.608
8	41210.00	0.151	113.320	111.650
7	36059.00	0.132	99.156	97.694
6	30908.00	0.113	84.992	83.739
5	25756.00	0.094	70.825	69.781
4	20605.00	0.075	56.660	55.825
3	15454.00	0.056	42.496	41.869
2	10303.00	0.038	28.331	27.914
1	5151.00	0.019	14.164	13.956
Σ	273817.00	1.000	814.000	802.000

Ek dış merkezlikleri dikkate almak amacıyla kütle merkezinin $\pm\%5$ ek dışmerkezlik kadar kaydırıldığı noktalara da deprem yükleri etkitilecektir.

$$e_x = \pm 0.05 \times 21 = 1.05 \text{ m} \quad \text{ve} \quad e_y = \pm 0.05 \times 13 = 0.65 \text{ m}$$

5.8.2. Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması

Yapı sisteminin analizi sonucunda x- ve y- doğrultusunda %5 ek dışmerkezliliklerle uygulanan azaltılmış deprem yükleri altında en büyük yatay yer değiştirmeleri olan d_{ix} ve d_{iy} 'nin her katta aldığı değerler aşağıdaki tabloda verilmiştir. Azaltılmış görelî kat ötelemeleri söz konusu deprem doğrultusundaki deprem yükü azaltma katsayısı, R ile çarpılarak δ_i etkin görelî kat ötelemeleri hesaplanmış ve tabloya yerleştirilmiştir.

Çizelge 5.26. Dışmerkezi Çaprazlı Sistemde x- Doğrultusu Görelî Kat Ötelemesi Sınırları

Kat	$d_{ix}(\text{cm})$	$\Delta_{ix}(\text{cm})$	$h_i(\text{cm})$	$\delta_{ix}=R\Delta_{ix}$	δ_{ix}/h_i	<0.02
10	4.98	0.41	330	3.28	0.0099	0.02
9	4.57	0.47	330	3.76	0.0114	0.02
8	4.10	0.52	330	4.16	0.0126	0.02
7	3.58	0.56	330	4.48	0.0136	0.02
6	3.02	0.58	330	4.64	0.0141	0.02
5	2.44	0.57	330	4.56	0.0138	0.02
4	1.87	0.55	330	4.40	0.0133	0.02
3	1.32	0.51	330	4.08	0.0124	0.02
2	0.81	0.44	330	3.52	0.0107	0.02
1	0.37	0.37	330	2.96	0.0090	0.02

Çizelge 5.27. Dışmerkezi Çaprazlı Sistemde y- Doğrultusu Görelî Kat Ötelemesi Sınırları

Kat	$d_{iy}(\text{cm})$	$\Delta_{iy}(\text{cm})$	$h_i(\text{cm})$	$\delta_{iy}=R\Delta_{iy}$	δ_{iy}/h_i	<0.02
10	5.51	0.50	330	4.00	0.0121	0.02
9	5.01	0.56	330	4.48	0.0136	0.02
8	4.45	0.60	330	4.80	0.0145	0.02
7	3.85	0.64	330	5.12	0.0155	0.02
6	3.21	0.64	330	5.12	0.0155	0.02
5	2.57	0.63	330	5.04	0.0153	0.02
4	1.94	0.59	330	4.72	0.0143	0.02
3	1.35	0.54	330	4.32	0.0131	0.02
2	0.81	0.45	330	3.60	0.0109	0.02
1	0.36	0.36	330	2.88	0.0087	0.02

Yönetmelikte öngörülen koşul sağlanmaktadır.

$$(\delta_{ix}/h_i)_{\max} = 0.0141 < 0.02 \text{ ve } (\delta_{iy}/h_i)_{\max} = 0.0155 < 0.02$$

5.7.3. Burulma Düzensizliği Kontrolü

Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük göreceli kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama göreceli kat ötelemeye oranını ifade eden burulma düzensizliği katsayısı:

$$[\eta_{bi} = (\Delta_i)_{\max}/(\Delta_i)_{\text{ort}} > 1.2]$$

Çizelge 5.28. Dışmerkezi Çaprazlı Sistemde x- Doğrultusu Burulma Düzensizliği Sınırları

Kat	$(d_i)_{\max}$	$(d_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	η_{bi}
10	4.98	4.77	0.41	0.38	0.40	1.04
9	4.57	4.39	0.47	0.45	0.46	1.02
8	4.10	3.94	0.52	0.50	0.51	1.02
7	3.58	3.44	0.56	0.53	0.55	1.03
6	3.02	2.91	0.58	0.55	0.57	1.03
5	2.44	2.36	0.57	0.55	0.56	1.02
4	1.87	1.81	0.55	0.53	0.54	1.02
3	1.32	1.28	0.51	0.49	0.50	1.02
2	0.81	0.79	0.44	0.43	0.44	1.01
1	0.37	0.36	0.37	0.36	0.37	1.01

Çizelge 5.29. Dışmerkezi Çaprazlı Sistemde y- Doğrultusu Burulma Düzensizliği Sınırları

Kat	$(d_i)_{\max}$	$(d_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	η_{bi}
10	5.51	4.69	0.50	0.42	0.46	1.09
9	5.01	4.27	0.56	0.48	0.52	1.08
8	4.45	3.79	0.60	0.51	0.56	1.08
7	3.85	3.28	0.64	0.54	0.59	1.08
6	3.21	2.74	0.64	0.55	0.60	1.08
5	2.57	2.19	0.63	0.53	0.58	1.09
4	1.94	1.66	0.59	0.51	0.55	1.07
3	1.35	1.15	0.54	0.46	0.50	1.08
2	0.81	0.69	0.45	0.38	0.42	1.08
1	0.36	0.31	0.36	0.31	0.34	1.07

Yönetmelikte öngörülen koşul sağlanmaktadır.

$$\eta_{bix_{\max}} = 1.04 < 1.2 \text{ ve } \eta_{biy_{\max}} = 1.09 < 1.2$$

5.8.4. İkinci Mertebe Etkileri

Göz önüne alınan deprem doğrultusunda her bir katta, ikinci mertebe etkilerini temsil eden ikinci mertebe gösterge değeri, θ_i hesaplanacaktır.

$$\theta_i = \frac{(\Delta_i)_{ort} \sum_{j=1}^N w_j}{V_i h_i}$$

Her iki deprem doğrultusu için her katta hesaplanan θ_i parametrelerinin en büyük değeri y- doğrultusunda ve 6. Katta meydana gelmektedir.

$$(\Delta_{6y})_{ort} = 0.64 \text{ cm}$$

$$\sum_{j=6}^{10} w_j = 1691 \times 3 + 1408 = 6481 \text{ kN}$$

$$V_{6y} = 83.74 + 97.70 + 111.65 + 125.61 + 173.96 = 552.66 \text{ kN}$$

$$h_3 = 330 \text{ cm}$$

$$\theta_i = \frac{0.64 \times 6481}{592.66 \times 330} = 0.021 < 0.12$$

koşulu sağlandığından ikinci mertebe etkilerinin TS-648 Çelik Yapılar Standardına göre değerlendirilmesi yeterlidir.

5.8.5. Kolon Kesit Tahkikleri

Tasarımda kolon kesiti olarak, tüm katlarda HE360B kesitlerindeki profiller kullanılmıştır.

Kolon kesit hesabı 1. kattaki A ve I aksları kesişimin deki 4 numaralı kolon için yapılacaktır.

➤ 3 Numaralı Kolon Tahkiki

Çizelge 5.30. 3 Numaralı Kolon Kesit Özellikleri

Kesit	h(mm)	b(mm)	t _w (mm)	t _b (mm)	F(cm ²)
HE360B	360	300	12,5	22,5	180,60
J _x (cm ⁴)	J _y (cm ⁴)	W _x (cm ³)	W _y (cm ³)	i _x (cm)	i _y (cm)
10140	43190	676,1	2400	7,49	15,46

Kolonda en elverişsiz kesit tesirleri G+Q-E_{yn}-0.3E_x kombinasyonu sonucu alınmıştır;

Çizelge 5.31. 3 Numaralı Kolon İç Kuvvetleri

Eleman Numarası	Bölge (m)	Kombinasyon	P (kN)	M22 (kN-m)	M33 (kN-m)	V2 (kN)
3	0.00	G+Q-E _{yn} -0.3E _x	-1516.08	0.00	0.00	4.25
3	1.65	G+Q-E _{yn} -0.3E _x	-1513.86	-2.36	-7.00	4.25
3	3.30	G+Q-E _{yn} -0.3E _x	-1511.65	-4.76	-14.01	4.25

- En kesit koşulları kontrolü

$$\frac{b/2}{t} \leq 0.3\sqrt{E_s/\sigma_a} \rightarrow 15/2.25 \leq 0.3\sqrt{\frac{21000}{36}} \rightarrow 6.66 \leq 6.76$$

$$\left| \frac{N_d}{\sigma_a x A} \right| = \left| \frac{1543.86}{36 \times 238.6} \right| = 0.18 > 0.1$$

$$\frac{h}{t_w} = \frac{36}{1.25} = 28.8 < 1.33\sqrt{E_s/\sigma_a} \left(2.1 - \left| \frac{N_d}{\sigma_a x A} \right| \right) = 61.67$$

Kontrol sağlanmıştır.

- Gerilme kontrolü

x- doğrultusu için; Kolona bağlı kiriş kesitleri IPE270; J_x= 5790 cm⁴,

L=430cm

$$G_A = \frac{\sum I_c/S_c}{\sum I_g/S_g} = \frac{\frac{10140}{330} + \frac{10140}{330}}{\frac{5790}{430}} = 4.56$$

$$G_B = 1.0 \text{ (Temelde ankastre bağlantı)}$$

$$K_x = 1.7$$

y- doğrultusu için; Kolona bağlı kiriş kesitleri IPE300; $J_y = 5790 \text{ cm}^4$

$$L_1 = 540 \text{ cm} \quad L_2 = 430 \text{ cm}$$

$$G_A = \frac{\sum I_c / S_c}{\sum I_g / S_g} = \frac{\frac{43190}{330} + \frac{43190}{330}}{\frac{5790}{540} + \frac{5790}{430}} = 1.82$$

$$G_B = 1.0 \text{ (Temelde ankastre bağlantı)}$$

$$K_y = 1.9$$

$$S_{kx} = K_x \cdot L = 1.7 \times 330 = 561$$

$$S_{ky} = K_y \cdot L = 1.9 \times 330 = 627$$

$$\lambda_y = \frac{S_{ky}}{i_y} = \frac{627}{15.46} = 40.55, \quad \lambda_x = \frac{S_{kx}}{i_x} = \frac{561}{7.49} = 74.90$$

$$\lambda = (\text{maks } \lambda_x, \lambda_y) = 74.90$$

$$w = 1.54$$

$$\sigma_{eb} = \frac{N}{F} = \frac{1516.08}{180.6} = 8.40 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{\zeta em} = 24 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{bem} = \frac{\sigma_{\zeta em}}{w} = \frac{24}{1.54} = 15.58 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{bem}} = \frac{8.40}{15.58} = 0.54 > 0.15$$

$$\sigma_{bx} = \frac{M_{x-x}}{W_x} = \frac{476}{676.1} = 0.70 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{by} = \frac{M_{y-y}}{W_y} = \frac{1401}{2400} = 0.58 \text{ kN/cm}^2$$

$$A_b = bxt_b + 2x \left(\frac{h - 2t_b}{2} \right) x \frac{1}{3}xt_w$$

$$= 30x2.25 + 2x \left(\frac{36 - 4.5}{2} \right) x \frac{1}{3}x1.25 = 80.63 \text{ cm}^2$$

$$I_{yb} = t_b \frac{b^3}{12} + AxdA^2 = 2.25x \frac{30^3}{12} + 12.19x5.44^2 = 5423 \text{ cm}^4$$

$$i_{yb} = \sqrt{\frac{I_{yb}}{A_b}} = 8.20 \text{ cm}$$

$$\lambda_{xb} = \frac{S_{kx}}{i_{xb}} = \frac{561}{8.20} = 68.4$$

$$\lambda_{yb} = \frac{S_{ky}}{i_{yb}} = \frac{627}{8.20} = 78.18$$

$$C_{bx} = C_{by} = 1$$

$$\lambda_{xb} \leq \sqrt{\frac{3x10^5xC_{bx}}{\sigma_a}} = \sqrt{\frac{3x10^5x1}{36}} = 91.29 \rightarrow 58.4 \leq 91.29$$

$$\lambda_{yb} \leq \sqrt{\frac{3x10^5xC_{by}}{\sigma_a}} = \sqrt{\frac{3x10^5x1}{36}} = 91.29 \rightarrow 80.3 < 91.29$$

$$\sigma_{Bx} = \left[\frac{2}{3} - \frac{\sigma_a x \lambda_{xb}^2}{9x10^5xC_b} \right] x \sigma_a = \left[\frac{2}{3} - \frac{36x68.4^2}{9x10^5x1} \right] x 36 = 17.26 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{By} = \left[\frac{2}{3} - \frac{\sigma_a x \lambda_{yb}^2}{9x10^5xC_b} \right] x \sigma_a = \left[\frac{2}{3} - \frac{36x78.18^2}{9x10^5x1} \right] x 36 = 15.20 \text{ kN/cm}^2$$

$$C_{mx} = C_{my} = 0.85 \text{ (yanal ötelemesi önlenmiş sistem)}$$

$$\sigma'_{ex} = \frac{8.29x10^4}{(Kxl/i)^2} = \frac{8.29x10^4}{(1.7x330/7.49)^2} = 14.77 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma'_{ey} = \frac{8.29x10^4}{(Kxl/i)^2} = \frac{8.29x10^4}{(1.9x330/15.46)^2} = 50.4 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{bem}} + \frac{C_{mx} \times \sigma_{bx}}{\left(1 - \frac{\sigma_{eb}}{\sigma'_{ex}}\right) \times \sigma_{Bx}} + \frac{C_{my} \times \sigma_{by}}{\left(1 - \frac{\sigma_{eb}}{\sigma'_{ey}}\right) \times \sigma_{By}}$$

$$\frac{8.40}{15.58} + \frac{0.85 \times 0.70}{\left(1 - \frac{8.40}{14.77}\right) \times 19.08} + \frac{0.85 \times 0.58}{\left(1 - \frac{8.40}{50.4}\right) \times 14.71}$$

$$0.540 + 0.07 + 0.04 = 0.65 < 1 \times 1.33$$

$$\frac{\sigma_{eb}}{0.6 \times \sigma_a} + \frac{\sigma_{bx}}{\sigma_{Bx}} + \frac{\sigma_{by}}{\sigma_{By}} = \frac{8.40}{0.6 \times 36} + \frac{0.70}{17.26} + \frac{0.58}{15.20} = 0.47 \leq 1 \times 1.33$$

Gerilme kontrolü sağlanmıştır.

➤ Artırılmış Deprem Yükleri Dayanım Kontrolü

$$G + Q \mp \Omega_0 E \text{ ve } 0.9G \mp \Omega_0 E$$

$$\Omega_0 = 2.5 \text{ (dışmerkez çelik çaprazlı perdeler)}$$

Zemin katta en yüksek eksenel gerilme 3 numaralı kolon elemanında oluşmaktadır.

$$G + Q - 2.5E_y \text{ yüklemede kolonda } N_{b \max} = -2614.93 \text{ kN oluşmaktadır.}$$

Eksenel basınç kapasitesi

$$N_{b p} = 1.7 \cdot \sigma_{bem} \cdot A = 1.7 \times 15.58 \times 180.60 = 4783.37 \text{ kN} > 2614.93 \text{ kN}$$

5.8.6. Kiriş Kesit Tahkikleri

Tüm taşıyıcı sistem kirişleri IPE300 olarak tasarlanmıştır. Kesit hesaplarında en büyük iç kuvvetlere sahip olan kiriş ve buna ait sehim miktarı ağıdaki çizelgede görülmektedir. Tahkikler bu kesit için yapılacaktır.

➤ 822 Numaralı Kiriş Tahkiki

Çizelge 5.32. 822 Numaralı Kiriş Kesit Tesirleri

Kiriş No	Aks	Kesit	Kombinasyon	V (kN)	M (kNm)	f (cm)
822	8. kat B-C/3	IPE270	G+Q+E _{yn} -0.3E _x	-8.38	21.40	1.05

Çizelge 5.33. 822 Numaralı Kiriş Kesit Özellikleri

Kesit	h(mm)	b(mm)	t _w (mm)	t _b (mm)	F(cm ²)
IPE270	270	135	6.6	10.2	45.95
J _x (cm ⁴)	J _y (cm ⁴)	W _x (cm ³)	W _y (cm ³)	i _x (cm)	i _y (cm)
5790	419.9	428.9	62.20	11.23	3.02

- Enkesit kontrolü

Kolonlarda olduğu gibi, kirişler için de yerel burkulmaların önlenmesini amaçlayan enkesit kontrolleri DBYBHY-2007 tablo 4.3'e göre yapılacaktır.

$$\frac{b}{2xt} = \frac{135}{20.4} = 6.62 < 0.3x \sqrt{\frac{E_{çelik}}{\sigma_a}} = 0.3x \sqrt{\frac{21000}{36}} = 7.25$$

$$\frac{h}{t_w} = \frac{270}{6.6} = 41 < 3.2x \sqrt{\frac{E_{çelik}}{\sigma_a}} = 3.2x \sqrt{\frac{21000}{36}} = 77$$

Kontrol sağlanmıştır.

- Kiriş başlıklarının yanal doğrultuda mesnetlenmesi

$$l_b < 0.086 \frac{r_y E_s}{\sigma_a}$$

$$l_b < 239 \text{ cm}$$

Betonarme döşemenin kompozit etkisi nedeniyle kiriş üst başlığının yanal burkulması önlenmektedir. Sistemde kirişlerin tümü basit mesnetli ve pozitif eğilme momenti etkisinde bulunan kirişlerdir. Bu tür kirişlerde yanal burkulma tahkikine

gerek görülmemektedir. Buna rağmen x- doğrultusundaki kirişler bu koşulu sağlayacak şekilde tutulmuştur.

- Normal gerilme kontrolü

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{21.4 \times 10^6}{428.9 \times 10^3} = 50.12 \text{ N/mm}^2 < 1.33 \times 216 \text{ N/mm}^2 = \sigma_{em}$$

$$\tau = \frac{TS_x}{I_x t_w} = \frac{8.38 \times 242 \times 10^6}{5790 \times 6.6 \times 10^4} = 5.36 \text{ N/mm}^2 < 1.33 \times 135 \text{ N/mm}^2 = \tau_{em}$$

Gerilme kontrolü sağlanmıştır.

$$f_{maks} = 1.05 \text{ cm}, L = 540$$

$$\frac{f_{maks}}{L} = \frac{1.05}{540} = \frac{1}{514} < \frac{1}{300}$$

Sehim kontrolü sağlanmıştır.

5.8.7. Bağ Kirişi Tahkiki

x-doğrultusundaki bağ kirişleri için IPE270 kesiti seçilmiş, y-doğrultusundakiler için ise IPE400 kesiti seçilmiştir. x- ve y- doğrultusunda en elverişsiz yükleme kombinasyonuna göre en büyük iç kuvvetlerin olduğu bağ kirişlerinin kesit tesirleri ve kesit özellikleri verilmiştir. Tahkikler bu kesitler için yapılacaktır.

Çizelge 5.34. Kiriş Kesit Tesirleri

Kiriş No	Aks	Kesit	Kombinasyon	P (kN)	V (kN)	M (kN)
45	1. kat 4-5/D	IPE270	G+Q+E _{xn} -0.3E _y	-29.58	69.24	-53.52
105	1.kat A-B/6	IPE300	G+Q-E _{yp} -0.3E _x	-32.21	-78.54	-64.47

➤ 45 Numaralı Kiriş Tahkiki

Çizelge 5.35. 45 Numaralı Kiriş Kesit Özellikleri

Kesit	h(mm)	b(mm)	t _w (mm)	t _b (mm)	F(cm ²)
IPE270	270	135	6.6	10.2	45.95
J _x (cm ⁴)	J _y (cm ⁴)	W _x (cm ³)	W _y (cm ³)	i _x (cm)	i _y (cm)
5790	419.9	428.9	62.20	11.23	3.02

- Enkesit kontrolü

$$\frac{b}{2xt} = \frac{135}{20.4} = 6.62 < 0.3x \sqrt{\frac{E_{çelik}}{\sigma_a}} = 0.3x \sqrt{\frac{21000}{36}} = 7.25$$

$$\frac{h}{t_w} = \frac{270}{6.6} = 41 < 3.2x \sqrt{\frac{E_{çelik}}{\sigma_a}} = 3.2x \sqrt{\frac{21000}{36}} = 77$$

Kontrol sağlanmıştır.

- Yanal burkulma kontrolü

DBYBHY-2007 4.8.3.1'e göre bağ kirişlerinin alt ve üst başlıkları kirişin iki ucunda, yanal doğrultuda mesnetlenecek ve yanal doğrultudaki mesnetlerin gerekli dayanımı kiriş başlığının aksenal çekme kapasitesinin 0.06'sından daha az olmayacaktır.

DBYBHY-2007 4.8.3.2'e göre bağ kirişi dışında kalan kiriş bölümünün de

$$0.45b_{bf}\sqrt{E_s/\sigma_a} = 0.45 \times 13.5 \times 24.15 = 147 \text{ cm}$$

Aralıklarla mesnetlenmesi gerekmektedir.

Bu koşulu sağlamak için bağ kirişinin iki ucunda 86cm aralıkla ve bağ kirişi dışında kalan kiriş kısımlarının ortalarında 86 cm aralıklarla bağ kirişine dik doğrultuda kirişler oluşturularak ve bu kirişler kompozit betonarme döşemeye bağlanacak şekilde düşünülmüştür. Bu kirişlerin kesiti ise IPE240 seçilmiştir.

Betonarme döşemenin kompozit etkisi nedeniyle kiriş üst başlığının yanal burkulması önlenmektedir. Tümü basit mesnetli olan ve pozitif eğilme moment etkisinde bulunan kirişlerde yanal burkulma tahkikine gerek yoktur.

- Normal gerilme kontrolü

$$\sigma = \frac{M}{W} + \frac{N}{A} = \frac{53.6 \times 10^6}{429 \times 10^3} + \frac{29.58 \times 10^3}{45.9 \times 10^2}$$

$$= 125 + 6.5 = 131.5 \text{ N/mm}^2 < 1.33 \times 216 \text{ N/mm}^2 = \sigma_{em}$$

$$\tau = \frac{TS_x}{I_x t_w} = \frac{69.24 \times 242 \times 10^6}{5790 \times 6.6 \times 10^4} = 43.84 \text{ N/mm}^2 < 1.33 \times 135 \text{ N/mm}^2 = \tau_{em}$$

$$\sigma_h = \sqrt{131.5^2 + 3 \times 43.84^2} = \frac{151.84 \text{ N}}{\text{mm}^2} = 0.85 \times 360 = 306 \text{ N/mm}^2 \sigma_{h,em}$$

- Bağ kirişinin boyunun kontrolü

DBYBHY-2007 4.8.2.2'e göre kolona birleşen bağ kirişlerinin dışında, bağ kirişinin boyu

$$1.0 M_p / V_p \leq e \leq 5.0 M_p / V_p$$

Bağıntısını sağlayacak şekilde belirlenecektir.

M_p : Bağ kirişinin eğilme momenti kapasitesi

V_p : Bağ kirişinin kesme kuvveti kapasitesi

$$M_p = W_p \times \sigma_a = 484 \times 360 \times 10^{-3} = 174.24 \text{ kNm}$$

$$V_p = 0.6 \times \sigma_a \times A_k = 0.6 \times 360 \times 249.6 \times 6.6 \times 10^{-3} = 355.82 \text{ kN}$$

$e = 86 \text{ cm}$ seçilmiştir. Buna göre

$$\frac{174.24}{355.82} = 0.49 \text{ m} \leq e = 0.86 \text{ m} \leq 5 \times 0.49 = 2.45 \text{ m}$$

- Bağ kirişinin dönme açısı

DBYBHY-2007 4.8.4 uyarınca bağ kirişinin dönme açısı kontrol edilecektir. Buna göre, incelenen bağ kirişinin bulunduğu 1. Katın x- doğrultusundaki göreceli kat öteleme açısı;

$$\theta_p = R \frac{\Delta_i}{h_i} = \frac{\delta_i}{h_i} = 0.0090$$

$$\gamma_p = \frac{L}{e} \theta_p = \frac{4.3}{0.86} 0.0090 = 0.045$$

$e = 0.86m = 1.22M_p/V_p \leq 1.6M_p/V_p$ olduğundan dönme açısı en fazla 0.1 radyan olacaktır.

$$\gamma_p = 0.045 \leq 0.1$$

Kontrol sağlanmıştır.

➤ 105 Numaralı Kiriş Tahkiki

Çizelge 5.36. 105 Numaralı Kiriş Kesit Özellikleri

Kesit	h(mm)	b(mm)	t _w (mm)	t _b (mm)	F(cm ²)
IPE300	300	150	7,1	10,7	53,81
J _x (cm ⁴)	J _y (cm ⁴)	W _x (cm ³)	W _y (cm ³)	i _x (cm)	i _y (cm)
8356	603,8	557,1	80,50	12,46	3,35

- Enkesit kontrolü

$$\frac{b}{2xt} = \frac{150}{21.4} = 7.00 < 0.3x \sqrt{\frac{E_{çelik}}{\sigma_a}} = 0.3x \sqrt{\frac{21000}{36}} = 7.25$$

$$\frac{h}{t_w} = \frac{300}{7.1} = 42.25 < 3.2x \sqrt{\frac{E_{çelik}}{\sigma_a}} = 3.2x \sqrt{\frac{21000}{36}} = 77$$

Kontrol sağlanmıştır.

- Yanal Burkulma Kontrolü

Alt ve üst başlıkları kirişin iki ucunda, yanal doğrultuda mesnetlenecek ve bağ kirişi dışında kalan kiriş bölümünün de

$$0.45b_{bf} \sqrt{E_s/\sigma_a} = 0.45x15.0x24.15 = 163cm$$

Aralıklarla mesnetlenmesi gerekmektedir.

Bu koşulu sağlamak için bağ kirişinin iki ucunda 86cm aralıkla ve bağ kirişi dışında kalan kiriş kısımlarının ortalarında 86 cm aralıklarla bağ kirişine dik doğrultuda kirişler oluşturularak ve bu kirişler kompozit betonarme döşemeye bağlanacak şekilde düşünülmüştür. Bu kirişlerin kesiti ise IPE240 seçilmiştir.

Betonarme döşemenin kompozit etkisi nedeniyle kiriş üst başlığının yanal burkulması önlenmektedir. Tümü basit mesnetli olan ve pozitif eğilme moment etkisinde bulunan kirişlerde yanal burkulma tahkikine gerek yoktur.

- Normal Gerilme Kontrolü

$$\sigma = \frac{M}{W} + \frac{N}{A} = \frac{64.47 \times 10^6}{557.1 \times 10^3} + \frac{32.21 \times 10^3}{53.81 \times 10^2} = 115.7 + 6,0$$

$$121.7 \text{ N/mm}^2 < 1.33 \times 216 \text{ N/mm}^2 = \sigma_{em}$$

$$\tau = \frac{TS_x}{I_x t_w} = \frac{78.54 \times 314 \times 10^6}{8356 \times 7.1 \times 10^4} = 41.6 \text{ N/mm}^2 < 1.33 \times 135 \text{ N/mm}^2 = \tau_{em}$$

$$\sigma_h = \sqrt{121.7^2 + 3 \times 4.6^2} = 141.4 \text{ N/mm}^2 = 0.85 \times 360 = 306 \text{ N/mm}^2 \sigma_{h,em}$$

Kontrol sağlanmıştır.

- Bağ kirişinin boyunun kontrolü

Kolona birleşen bağ kirişlerinin dışında, bağ kirişinin boyu

$$1.0 M_p / V_p \leq e \leq 5.0 M_p / V_p$$

$$M_p = W_p \times \sigma_a = 628 \times 360 \times 10^{-3} = 206.08 \text{ kNm}$$

$$V_p = 0.6 \times \sigma_a \times A_k = 0.6 \times 360 \times 278.6 \times 7.1 \times 10^{-3} = 427.26 \text{ kN}$$

$e = 86 \text{ cm}$ seçilmiştir. Buna göre

$$\frac{226.08}{427.26} = 0.53 \text{ m} \leq e = 0.86 \text{ m} \leq 5 \times 0.53 = 2.65 \text{ m}$$

Kontrol sağlanmıştır.

- Bağ Kirişinin Dönme Açısı

İncelenen bağ kirişinin bulunduğu 1. Katın y- doğrultusundaki görelî kat ötelemesi açısı;

$$\theta_p = R \frac{\Delta_i}{h_i} = \frac{\delta_i}{h_i} = 0.0087$$

$$\gamma_p = \frac{L}{e} \theta_p = \frac{4.3}{0.86} 0.0087 = 0.044$$

$e = 0.86m = 1.22M_p/V_p \leq 1.6M_p/V_p$ olduğundan dönme açısı en fazla 0.1 radyan olacaktır.

$$\gamma_p = 0.044 \leq 0.1$$

Kontrol sağlanmıştır.

5.8.8. Çapraz Tahkiki

Çapraz elemanı olarak tüm sistemde 14.14.1 kare kesit profiller kullanılmıştır. En elverişsiz kombinasyon ve bundan dolayı oluşan kesit tesirleri aşağıdaki çizelgede görülmektedir.

Çizelge 5.37. 1428 Numaralı Çapraz Kesit Tesirleri

Çapraz No	Aks	Kesit	Kombinasyon	P (kN)
1428	1. kat C-D/1	14.14.1	G+Q+E _{yn} -0.3E _x	-307.32

Çizelge 5.38. 1428 Numaralı Çapraz Kesit Özellikleri

Kesit	h(mm)	b(mm)	t _w (mm)	t _b (mm)	F(cm ²)
14.14.1	140	140	10	10	52
J _x (cm ⁴)	J _y (cm ⁴)	W _x (cm ³)	W _y (cm ³)	i _x (cm)	i _y (cm)
1373.33	1473.33	210.47	210.47	5.32	5.32

- Enkesit kontrolü

$$\frac{h}{t_w} \text{ veya } \frac{b}{t} \leq 0.7\sqrt{E_s/\sigma_a} \rightarrow \frac{14}{1.0} \leq 0.7\sqrt{\frac{21000}{36}} \rightarrow 14.00 \leq 16.90$$

Kontrol sağlanmıştır.

- Gerilme kontrolü

DBYBHY-2007 4.6.1.2'ye göre basınca çalışan elemanın narinlik oranı;

$$4\sqrt{E_s/\sigma_a} = 96.57 \text{ sındır değerini aşmayacaktır.}$$

$$\text{Çubuk boyu } L = 355 \quad \lambda = 355/5.32 = 66.73 < 96.57$$

Narinliğin $\lambda = 66.73$ değeri için TS648 Çizelge 8'den bulunan basınç emniyet gerilmesi

$$\sigma_{bem} = 148.24 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{bem}} = \frac{301.32 \times 10^3}{52 \times 10^2 \times 148.24} = 0.39 < 1 \times 1.33$$

DBYBHY-2007 4.8.6.2'ye göre ayrıca, bağ kirişlerinin plastikleşmesine neden olan yüklemenin $1.25D_a$ katından oluşan iç kuvvetlere göre çaprazların tahkik edilmesi gerekmektedir.

DBYBHY-2007 4.8.6.1'ye göre bağ kirişlerinin plastikleşmesine neden olan yükleme deprem etkilerinden oluşan iç kuvvetlerin, bağ kirişinin kesit seçimi sonucu belirlenen

$$\frac{M_p}{M_d} = \frac{206.08}{64.47} = 3.1 \quad \text{ve} \quad \frac{V_p}{V_d} = \frac{427.26}{78.54} = 5.44$$

Tasarım büyütme katsayılarının küçüğü ile uyumlu olacak şekilde artırılması suretiyle belirlenecektir.

$$\frac{M_p}{M_d} = 3.1 < \frac{V_p}{V_d}$$

$$D_a = 1.1 (\text{St52 çeliği})$$

$$\overline{N_p} = 1.25 \times 1.1 \times 3.1 \times 307.32 = 1309 \text{ kN}$$

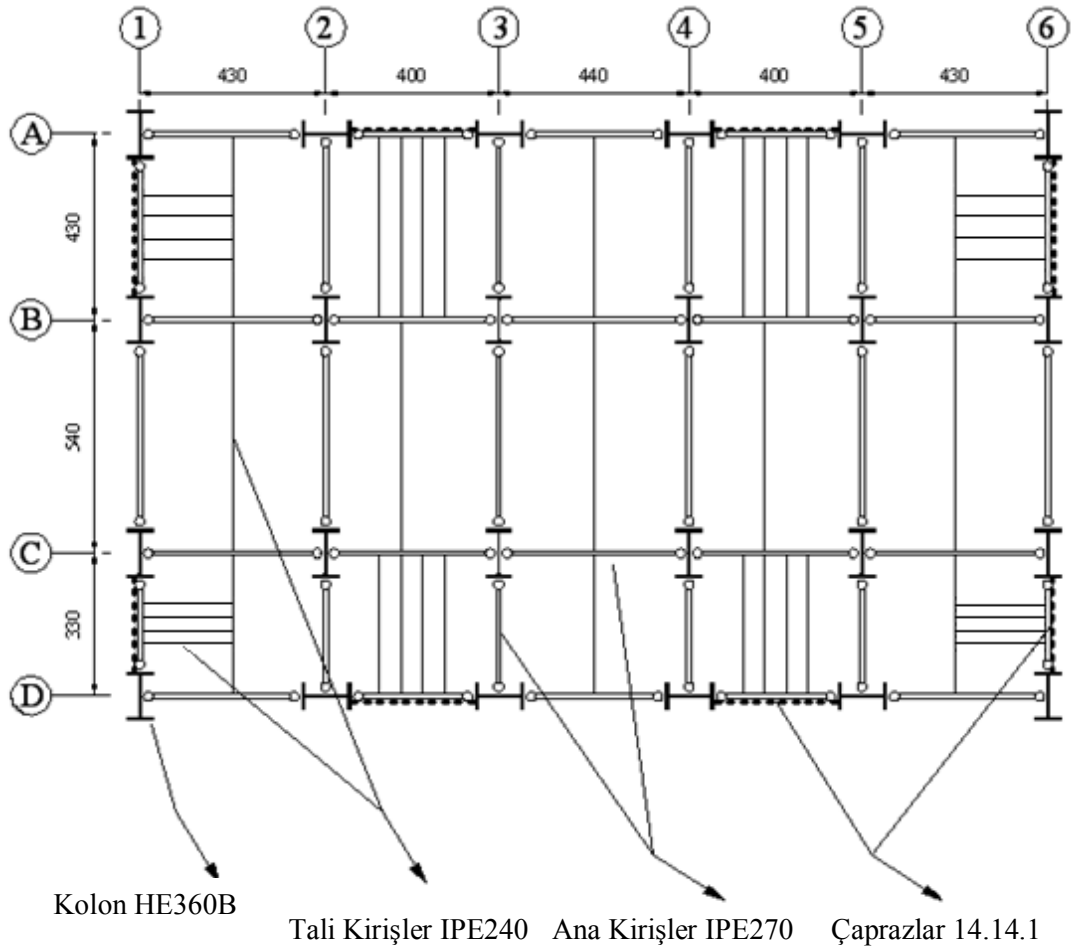
$$\frac{\sigma_{eb}}{1.7\sigma_{bem}} = \frac{1309 \times 10^3}{52 \times 10^2 \times 1.7 \times 148.24} = 0.99 < 1$$

Gerilme kontrolü sağlanmıştır.

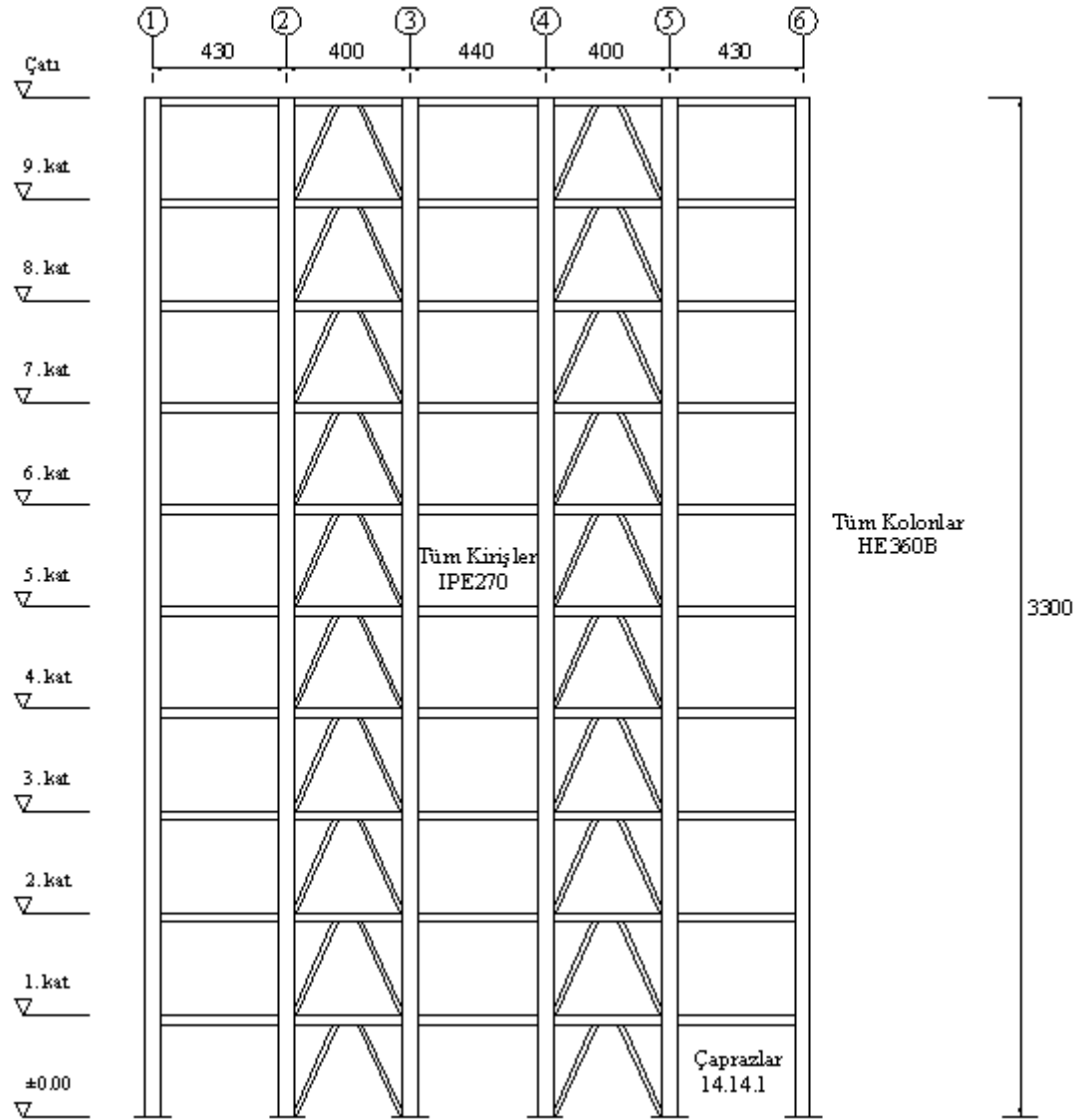
5.8.9. Düzensizlik Kontrolü

Bina kat planlarında çıkıntılarının olmaması, döşeme süreksizliklerinin ve döşemelerde büyük boşlukların bulunmaması, yatay yük taşıyıcı sistemin planda düzenli olarak yerleşmesi nedeniyle planda düzensizlik durumları mevcut değildir.

Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarında süreksizliklerin ve ani rijitlik değişimlerinin olmaması ve kat kütlelerinin yapı yüksekliği boyunca değişiklik göstermemesi nedeniyle, düşey doğrultuda düzensizlik durumları mevcut değildir.



Şekil 5.10. Dışmerkezi çaprazlı sistem zemin kat planı



Şekil 5.11. Dışmerkezi çaprazlı sistem A aksı çerçevesi enkesiti

Tasarım sonucu kolonların, ana ve tali kirişlerin kesitleri kat planı ve dışmerkez çaprazlı çerçeve aksı üzerinde gösterilmiştir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Zemin koşulları, mimari planı, yapı ve kat yükseklikleri, döşeme şekli, düşey yükler ve rüzgar yükleri, deprem bölgesi, yapı kullanım amacı tamamen aynı, fakat farklı çelik taşıyıcı sistemlere sahip olan üç yapı için TS-648 ve DBYBHY-2007 kuralları dahilinde analiz ve tasarımlar yapılmıştır. Yapıların hakim titreşim periyotları modal analiz sonucu elde edilmiş, eşdeğer deprem yükü yöntemi ile bulunan toplam taban kesme kuvveti katlara dağıtılarak yatay yükler oluşturulmuştur. Yapıların kompozit döşemeler için rijit diyafram kabulü yapılmıştır. Bu bölümde elde edilen sonuçları karşılaştırılacaktır.

6.1. Taşıyıcı Sistem Titreşim Periyotları

Çizelge 6.1. Periyotların Karşılaştırılması

Taşıyıcı Sistem	Titreşim Periyodu X doğrultusu (sn)	Titreşim Periyodu Y doğrultusu (sn)
MAÇS	2.1404	2.1357
MÇÇS	1.2018	1.2750
DÇÇS	1.5338	1.5607

MAÇS: Moment Aktaran Çerçevesel Sistem

MÇÇS: Merkezi Çelik Çaprazlı Sistem

DÇÇS: Dışmerkezi Çelik Çaprazlı Sistem

Görüldüğü gibi çaprazlı sistemlerde periyotlar daha düşüktür. Bunun nedeni çaprazlı sistemlerin yüksek elastik rijitliğe sahip olmalarıdır. Moment aktaran çerçeve sistemin yüksek sünek özelliğinden dolayı her iki yöndeki periyotları da diğerlerine nazaran yüksektir.

Yapının mimari planı dikdörtgen olmasına rağmen x ve y doğrultusundaki periyotlar birbirine yakın değerlerdedir. Bunun nedeni sistem elemanlarının yerleşiminin ve boyutlarının iki yöndeki rijitliği birbirine yaklaştıracak şekilde seçilmesidir.

Periyotlar normale göre yüksek değerlerdedir. Bunun nedeni bina oturum alanının, bina boyuna nazaran küçük olmasıdır.

6.2. Toplam Dinamik Analiz Deprem Yükleri

Çizelge 6.2. Deprem Yüklerinin Karşılaştırılması

Taşıyıcı Sistem	Deprem Yüğü X doğrultusu (kN)	Deprem Yüğü Y doğrultusu (kN)
MAÇS	554	554
MÇPS	1438	1372
DÇPS	814	802

Üç taşıyıcı sistemde süneklik düzeyi yüksek olarak tasarlanmıştır. Böylece yapının tasarımında etkitilecek deprem yükleri azaltılarak süneklik düzeyi yüksek sistemler için uyulması zorunlu tasarım şartlarının uygulanacağı düşünülmüştür. DBYBHY-2007'ye göre hesaplanan deprem yükleri yapıların titreşim periyotları ve süneklik düzeyi ile doğrudan ilgilidir. Yapının periyodu artıka spektrum katsayısı ve spektral ivme katsayısı azalmaktadır. Titreşim periyotları düşük ve deprem yükü azaltma katsayısı düşük olan merkezi çelik çaprazlı perdeli sistem en fazla tasarım deprem yükünü almıştır.

6.3. Göreli Etkin Kat Ötelemeleri

Yapının temel oturum alanı, yüksekliğine nazaran küçük seçildiğinden analiz sonucu deprem yüklerinden kaynaklanan yatay kat deplasmanları üç sistem içinde kesitlerin belirlenmesinde öne çıkmıştır. Özellikle moment aktaran çerçevesel sistem ile merkezi çelik perdeli sistemlerde kesit seçiminde göreli etkin kat ötelemeleri aktif rol oynamıştır. Bu sistemlerde eleman gerilmeleri düşük değerlerde kalmasına rağmen göreli etkin kat ötelemeleri sınır değerlerdedir. Bu sistemlerde, kesitler artırılarak sistemleri rijitleştirme ve kat deplasmanlarını azaltma yoluna gidilmiştir.

Çizelge 6.3. Göreli Etkin Kat Ötelemelerinin Karşılaştırılması

Taşıyıcı Sistem	$\max \delta_{ix} / h_i$ (x doğ.)	$\max \delta_{iy} / h_i$ (y doğ.)	<0.02
MAÇS	0.0192	0.0192	0.02
MÇPS	0.0182	0.0194	0.02
DÇPS	0.0140	0.0155	0.02

6.4. Enkesit Koşulları

Kesit seçiminde yine öne çıkan ikinci bir etmen elemanlarda oluşması muhtemel yerel burkulmaların önlenmesini amaçlayan enkesit koşullarıdır. Eleman iç gerilemeleri sınır değerlere ulaşmamasına rağmen enkesit koşullarından dolayı kesitler küçültülememiştir.

Özellikle dışmerkezi çelik perdeli sistemde bu koşullar kesit seçiminde aktif rol oynamıştır. Kolonlardaki gerilmeler sınır değerlere ulaşmamasına rağmen enkesit koşullarının sınırdaki olduğu görülmektedir;

$$\frac{b/2}{t} \leq 0,3\sqrt{E_s/\sigma_a} \rightarrow 15/2,25 \leq 0,3\sqrt{\frac{21000}{36}} \rightarrow 6,66 \leq 6,76$$

Ayrıca yine dışmerkezi çelik perdeli sistemin çapraz kesitlerinde de gerilmeler çok düşük değerlerde olmasına rağmen kesitleri, enkesit koşullarından dolayı büyültülmüştür.

6.5. Çelik Taşıyıcı Sistem Ağırlıkları

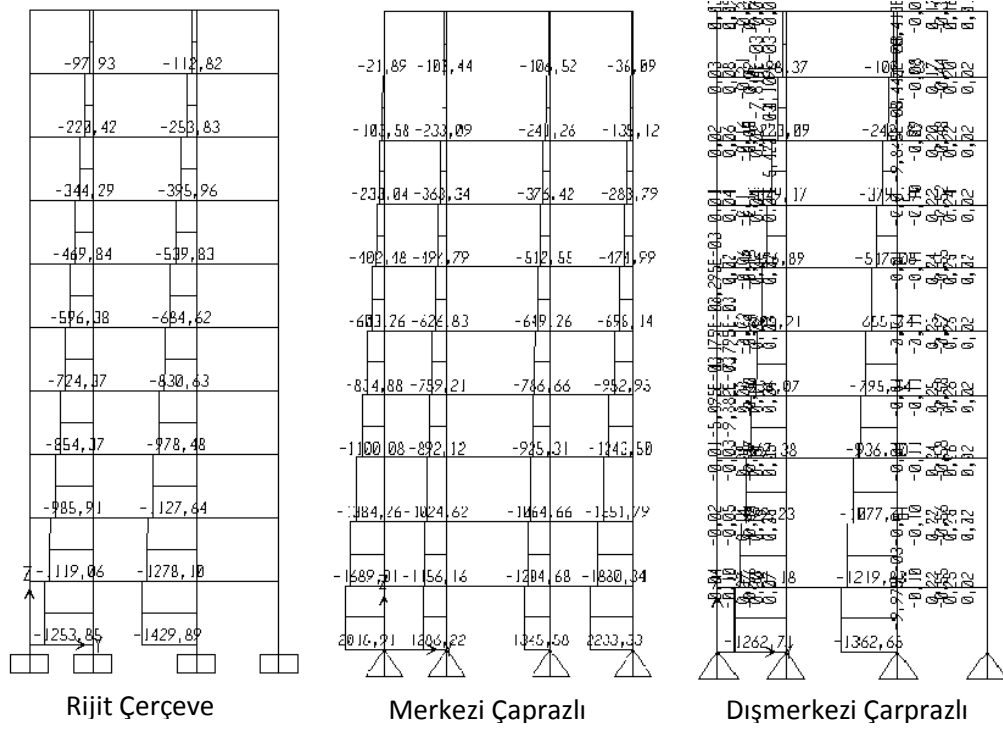
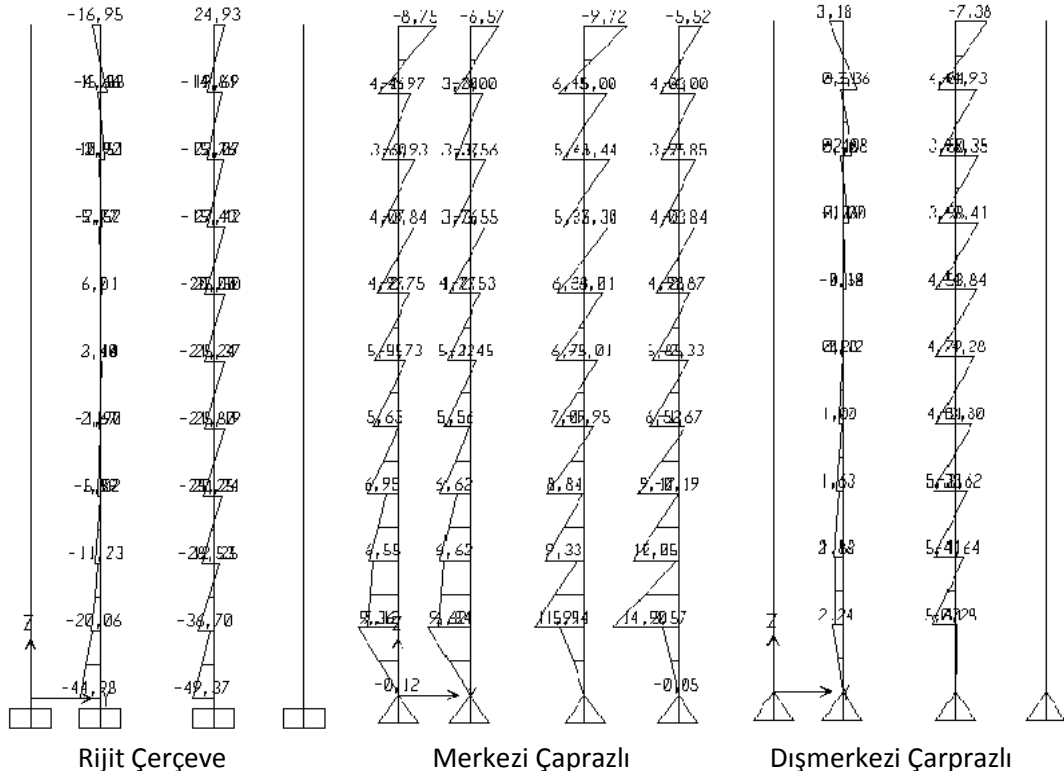
Çelik elemanların ağırlıkları toplamı birebir maliyeti yansıtmasa da bizlere bir fikir verebilmektedir. Elemanların bağlantı detayları ve buna bağlı olarak işçilikler de toplam maliyeti etkileyen çok önemli bir etmendir.

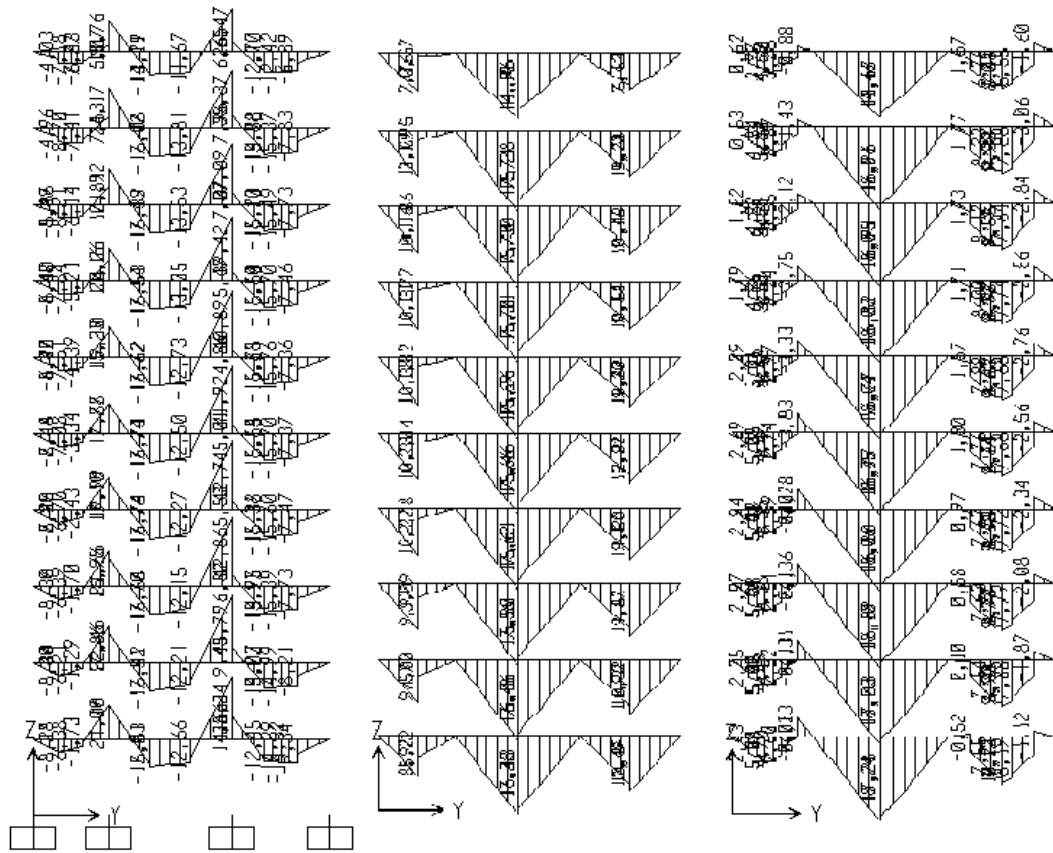
Çizelge 6.4. Çelik Taşıyıcı Sistem Ağırlıklarının Karşılaştırılması

Taşıyıcı Sistem	Toplam Ağırlık (kN)	Birim Ağırlık (kN/m)
MAÇS	2430.31	0.8896
MÇPS	2833.09	1.0370
DÇPS	2180.03	0.7980

6.6. İç Kuvvetlerin Karşılaştırılması

Sistemlerde oluşan kesit tesirleri arasında bir kıyaslama yapılabilmesi için aynı kombinasyon altında 4-4 aksı enkesitinde oluşan kesit tesirlerini gösteren şekiller aşağıdaki gibidir.

Şekil 5.12. $G+Q+E_{xp}+0.3E_y$ yüklemesi sonucu oluşan kolon asal gerilmeleriŞekil 5.13. $G+Q+E_{xp}+0.3E_y$ yüklemesi sonucu oluşan kolon M33 momentleri



Şekil 5.14. G+Q+E_{xp}+0.3E_y yüklemesi sonucu oluşan kiriş M33 momentleri

6.6. Öneriler

Binanın yapıldığı bölgenin afet riski, zemin özellikleri, bina geometrik özellikleri, mimari gereksinimler, işçilik ve süre gibi etmenler düşünülüp değerlendirildiğinde, sistemler farklı koşullarda birbirlerinden avantajlı duruma geçebilir. Buna rağmen genel olarak yüksek deprem riskinin bulunduğu çok katlı binalarda dışmerkezi çelik çaprazlı yapılar yüksek elastik rijitliği yanında yüksek süneklik ve enerji yutma kapasitesine sahip olduğundan daha ekonomik çözümler sunduğu görülmektedir.

Dışmerkezi çaprazlı sistemlerde, merkezi çaprazlı sistemlere nazaran yönetmelik tasarım deprem yükünün daha fazla azaltılmasına olanak vermektedir. Bu

da çaprazların boyutlandırılmasında dışmerkezi sistemin merkezi sisteme göre çok daha ekonomik sonuçlar vermesini sağlamıştır.

Deprem sonrası hasar gören yapıların onarımı düşünüldüğünde, dışmerkezi çaprazlı sistemde hasarın yapının daha küçük bir kesiminde sınırlandığı düşünülürse, daha ekonomik çözümlerle tekrar kullanıma açılabileceği söylenebilir.

Rijit çerçeve sistemlerin moment aktaran kolon kiriş birleşimleri ve dışmerkezi çaprazlı sistemlerin bağ kirişi detaylarına nazaran merkezi çaprazlı sistemler daha pratik ve kolay birleşimlere sahiptir.

Yüksek sünek yapı olarak tasarladığımız yapılar yönetmelikte verilen deprem yükü azaltma katsayısı oranında küçültülen tasarım deprem yüklerine göre analiz edilmiştir. Yapının sünek davranışını sağlamak için bütün birleşimlerde süneklik prensibi korunmalı, kolonlardan önce kirişlerin plastikleşmesi için tüm önlemler alınmalıdır. Bu tasarım sonucu birleşim ve detaylar eksiksiz ve özenle uygulanmalıdır. Yüksek sünek tasarlanan yapının muhtemel deprem anında daha rijit davranması, beklenen kısımlarda plastik mafsalların oluşmaması, yerel burkulma ve buruşmaların olması gibi durumlarda göçme riski oluşabilir.

Yapını taşıyıcı sistem seçiminde yapı geometrisi önemli rol oynamaktadır. Yapılar mümkün mertebede düzensizlikler içermemelidir. Yapının taşıyıcı sistem aksları birbirine paralel olmalıdır. Yapının yüksekliği artıkça çaprazlı sistemlerin kullanılması zorunlu hale gelmektedir. Rijit çerçeve sistemi, çaprazlı sistem davranışına getirebilmek için çok büyük kesitlerin kullanılması gerekmektedir, bu da inşaat maliyetini oldukça artıracak ve uygulanabilirliği zorlaştıracaktır.

Yapılarda kullanılan kompozit döşeme ve sürekli kirişler, deprem durumunda yatay yük taşıyıcı elemanların birbirleriyle yardımlaşmasına olanak sağlamaktadır. Çapraz sistemler burulma etkilerini almak amacıyla dış akslara yerleştirilmesi önemlidir.

Yapılarda imalat ve montaj kolaylığı açısından çok farklı kesitler seçilmemesi ve ek detaylarının verilmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- ASLANGİRAY, B., 2008 Çelik Yapılarda Farklı Standartların Karşılaştırılması. Eskişehir.
- ATEŞ, A., 2006, Çelik Yapıların Deprem Analizi ve 1997 ile 2006 Deprem Yönetmeliklerinin Karşılaştırılması. İstanbul.
- BULUT, M., 2008, Merkezi Çaprazlı ve Dışmerkez Çaprazlı Çok Katlı Çelik Yapıların Doğrusal Olmayan Davranışında Süneklik Düzeylerinin Karşılaştırılması. Sakarya.
- ÇAĞATAY, E., 2006, Çok Katlı Çelik Yapıların Tasarımı. İstanbul.
- ÇİLELİ, E., 2008, Çok Katlı Çelik Yapılarda Çaprazlı Çerçeve Sistemlerin DBYBHY 2007'ye Göre Tasarımı ve Süneklik Düzeylerinin Karşılaştırılması. İstanbul.
- DBYBHY, 2007. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik. Ankara.
- DEREN, H., UZGİDER, E., PİROĞU, F., ÇAĞLAYAN, Ö., 2008. Çelik Yapılar. Çağlayan Kitapevi, İstanbul.
- Eşsiz, Ö., 2005. Deprem Sempozyumu. Kocaeli.
- FAZLUR, R., New Structural Systems for Tall Buildings and Their Scale Effects on Cities. Nashville, Tennessee, ABD.
- GÖZÜAÇIK, Ç. 2006, Çelik Çok Katlı Bir Yapıda Dışmerkez ve Merkezi Güçlendirilmiş Sistemlerin İrdelenmesi. İstanbul.
- GÜNER, F., 2006, Çok Katlı Çelik Yapılarda Deprem Performansının Belirlenmesi ve Doğrusal Olmayan Davranışın İncelenmesi. İstanbul.
- Kabil, M. (2006), Tek ve Çift Doğrultuda Rijit Çerçeve Sistemlerin Karşılaştırılması. İstanbul.
- KOCABAŞ, S., 2005. Çelik Yapıların Sap2000 Programıyla Analiz ve Tasarımı. Adana.
- MERTOL, A., MERTOL, H., 2002. Deprem Mühendisliği ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı. İstanbul.

- AYDINOĞLU, N., CELEP Z., ÖZER, E., SUCUOĞLU H., 2009. DBYBHY Açıklamalar ve Örnekler, Bayındırlık Ve İskan Bakanlığı, Ankara.
- ŞEN, G., 2006, Çok Katlı Çelik Yapılarda Performansa Dayalı Tasarım Kriterleri. İstanbul.
- ŞİRİKÇİ, İ., 2006, Çelik Bir Sistemin Elastik ve Plastik Analiz Sonuçlarının Betonarme Sistemle Maliyet Karşılaştırması. Kahramanmaraş.
- TS 498, 1997. Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri. Ankara.
- TS 648, 1980. Çelik Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları. Ankara.

ÖZGEÇMİŞ

1983 yılında Kilis ilinde doğdu. İlk, orta ve lise öğretimimi Kilis'te tamamladı. 2006 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Fakültesinden mezun oldu. Bir yıl kadar İstanbul'da Sistem Çelik isimli firmada proje ve uygulama mühendisi olarak çalıştı. 2007 yılında Seyhan Belediyesi İmar Müdürlüğünde kontrol mühendisi olarak çalışmaya başladı. Aynı yıl Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Ana Bilim Dalında yüksek lisans eğitime başladı.

Halen Seyhan Belediyesinde çalışmaktadır.