İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PERDE DUVARLI ÇERÇEVELİ ÇOK KATLI BETONARME BİR YAPININ TASARIMI VE TS 500 İLE ACI 318 YÖNETMELİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. Esra NAMLI

Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Programı : YAPI MÜHENDİSLİĞİ

HAZİRAN 2005

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PERDE DUVARLI ÇERÇEVELİ ÇOK KATLI BETONARME BİR YAPININ TASARIMI VE TS 500 İLE ACI 318 YÖNETMELİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. Esra NAMLI
(501031016)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 11 Mayıs 2005
Tezin Savunulduğu Tarih : 6 Haziran 2005

Tez Danışmanı : Doç.Dr. Tülay AKSU ÖZKUL
Diğer Jüri Üyeleri Doç.Dr. Turgut ÖZTÜRK (İ.T.Ü.)
Doç.Dr. İrfan COŞKUN (Y.T.Ü.)

HAZİRAN 2005

ÖNSÖZ

Yüksek Lisans Tezi olarak perde duvarlı çerçeveli çok katlı betonarme bir yapının tasarım aşamaları incelenmiştir. Çalışmalarımın her aşamasında benden ilgi, alaka ve bilgisini esirgemeyen, bana her konuda yardımcı olmaya çalışan değerli hocam Sayın Doç. Dr. Tülay AKSU ÖZKUL' a teşekkürlerimi sunarım.

Tüm öğrenim hayatım boyunca olduğu gibi, yüksek lisans tezi çalışmam sırasında da benden her türlü maddi manevi desteklerini esirgemeyen hep yanımda olan aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Esra Namlı

Mayıs 2005

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR **vii**
TABLO LİSTESİ **viii**
ŞEKİL LİSTESİ **xi**
SEMBOL LİSTESİ **xiii**
ÖZET **xvi**
SUMMARY **xxiii**

1. GİRİŞ **1**

2. PERDELİ SİSTEMLER **2**
2.1.Perdeli Sistemler Hakkında Genel Bilgi 2
2.2. Boşluklu Perde 5
2.3. Perdelerin Kat Planında Düzenlenme Şekilleri 6
2.4. Yapısal Düzensizlikler 9
2.5. Tüpler 10
2.5.1. Kapalı veya boşluklu tüp 10
2.5.2. Çerçeveler ve çerçevelerle oluşturulan tüpler 11
2.5.3. Perdeli çerçevelerle teşkil edilen tüp sistem 15
2.6. Karma Taşıyıcılar 15
2.7. Perdeli- Çerçeveli Sistemlerde Güç Tükenmesi Biçimleri 19
2.7.1. Kirişlerde mafsallaşma 19
2.7.2. Perde taban kesitinde plastikleşme 19
2.7.3. Perdenin kalkması 20

3. PERDELERİN DAVRANIŞLARI VE HESAP ESASLARI **21**
3.1 Konsol Perdelerin Davranışları 21
3.2 Perdeler İçin Güç Tükenmesi Şekilleri 21
3.2.1. Eğilme güç tükenmesi 24
3.2.2. Kayma göçmesi 24
3.2.3. Toptan kayma göçmesi 24
3.2.4. Devrilme 25
3.3. Perde Duvarlarda İş Derzindeki Hasarın Önlenmesi 25
3.4. Perde Duvarların Kesme Kuvveti Etkisinde Davranışının Belirlenmesi 26
3.5. Kesit Karşılıklı Etki Diyagramı 26
3.6. Perdeler Arası Karşılıklı Etkileşim 28

3.7 Bağlantı Kirişli Betonarme Perdelerin Yapısal Davranışı 34
3.7.1. Bağlantı kirişlerinin eğilme ile özdeşleştirilen göçme biçimi 34
3.7.2. Bağlantı kirişlerinin diyagonal yarılma ile özdeşleştirilen göçme biçimi 34
3.7.3. Bağlantı kirişli perdelerin taşıma gücü hesabı 35
3.7.4. Bağlantı kirişlerinin etkinliği 36
3.7.5. Bağ kirişli(boşluklu) perdelere ilişkin kurallar 37
3.8. Perde ve Çerçeve Karşılıklı Etkileşimi 39
3.9. Döşeme Plağı Elastikiyetinin Yatay Yük Dağılımına Etkisi 40
3.10. Kısa Perdeler 41
3.11. Yüksek Perdeler 42
3.12. Konstrüktif Kurallar 44
3.12.1. Süneklik düzeyi yüksek perdeler 46
3.12.1.1. Enkesit koşulları 46
3.12.1.2. Perde uç bölgeleri ve kritik perde yüksekliği 47
3.12.1.3. Gövde donatısı koşulları 48
3.12.1.4. Gövde donatılarının düzenlenmesi 48
3.12.1.5. Perde uç bölgelerinde donatı koşulları 49
3.12.1.6. Perdelerin kesme güvenliği 50
3.12.2. Süneklik düzeyi normal perdeler 50

4. ÖZEL KONULAR 51
4.1. Perde Çiftleri İçin Sınıflandırma Metotları 51
4.1.1. Rijitlik derecesinin hesaplanması 52
4.1.2. Perde çiftlerinin sınıflandırılması 53
4.1.3. Doğal periyotlara göre perde çiftlerinin sınıflandırılması 54
4.2. Çok Katlı Betonarme Çerçeveli Yapıların Sismik Davranışlarının Kıyaslamalı Çalışması 56
4.2.1. Test yapılarının tasarımı 58
4.2.2. Çatlama şekilleri ve göçme modları 58

5.TS 500 ve ACI 318 YÖNETMELİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI 60
5.1. Güvenlik 61
5.1.1. Hesap Metotları 61
5.1.2. Çözüm Metotları 61
5.1.3. Elastisite Modülü 62
5.1.4. Hesap Açıklıkları 63
5.1.5. Kolonlar 64
5.1.6. Etkili Tabla Genişliği 64

5.2. Dayanım ve Kullanılabilirlik Şartları 66
5.2.1. Gerekli Dayanım 66
5.2.1.1. Yük Katsayıları ve Kombinasyonlar 67
5.2.1.2. Hesap Dayanımları 69
5.2.1.3. Donatı Hesap Dayanımı 72
5.3. Eğilme ve Eksenel Yükler 73
5.3.1. Hesap kabulleri 73
5.3.2. Genel ilkeler ve şartlar 75
5.3.3. Eğilme elemanındaki minimum donatı oranı 77
5.3.4. Basınç elemanı donatısı için sınırlar 78
5.4. Kayma Dayanımı 78
5.4.1. Kayma Donatısı Hesabı 80

6. BETONARME BİR YAPININ TASARIMI 85
6.1. Projelendirilen Yapı Hakkında Genel Bilgi 85
6.2. Yapı Elemanlarına Ön Boyut Verilmesi 86
6.2.1. Döşeme kalınlıklarının kontrolü 86
6.2.1.1. Bir doğrultuda çalışan döşemeler 86
6.2.1.2. İki doğrultuda çalışan döşemeler 86
6.2.2. Döşeme yüklerinin tayini 88
6.2.3. Döşeme hesap momentlerinin bulunması 90
6.2.3.1. Mesnet momenti düzeltmesi 92
6.2.4. Döşeme donatısı hesabı 95
6.2.5. Kiriş ve kolon ön boyutlandırılması 99
6.2.5.1. Kirişlerin ön boyutlandırılması 99
6.2.5.2. Kolonlara ön boyut verilmesi 100
6.3. SAP 2000 Programı İle Yapının Modellenmesi 123
6.4. Dinamik Analiz ve Özel Periyotların Bulunması 125
6.5. Deprem Yüklerinin Bulunması 128
6.5.1. X doğrultusunda deprem yüklerinin bulunması 129
6.5.2. Y doğrultusunda deprem yüklerinin bulunması 130
6.6. Düzensizlik Kontrolleri 137
6.6.1. A1 burulma düzensizliği kontrolü 137
6.6.2. B2 yumuşak kat düzensizliği kontrolü 139
6.6.3. Göreli kat ötelemeleri kontrolü 141
6.6.4. İkinci mertebe etkileri kontrolü 143

7. BETONARME HESAPLAR **146**
7.1.Zemin Kat Kolonları Boyuna Donatı Hesabı 149
7.2. Zemin Kat Kolonları Kesme Güvenliği 155
7.3. Kiriş Boyuna Donatı Hesabı 155
7.3.1. Kirişlerin Taşıma Gücü Momentleri 165
7.4. Kirişlerin Kesme Güvenliği 170
7.5. Tasarım Kesme Kuvveti Kontrolleri 174
7.6 . Zemin Kat Kolonları Taşıma Gücü Hesabı 176
7.7. Kolonların Kirişlerden Güçlü Olma Koşulu 178
7.8. Perde Duvarların Betonarme Hesabı 181
7.8.1. Perdelerin kesme güvenliği 186
7.9. Kirişsiz Radye Temel Çözümü 188
7.9.1. Zımbalama dayanımı kontrolleri 188
7.9.2. Yükler ve zemin gerilmeleri 192
7.9.3. Radye plakların betonarme hesabı 196

8. DONATI ALANLARININ TS 500 ve ACI 318 YÖNETMELİKLERİ AÇISINDAN KARŞILAŞTIRILMASI **199**
8.1. Zemin Kat Kolonları Donatı Alanları Karşılaştırılması 199
8.2. Zemin Kat Kirişleri Donatı Alanları Hesabı Karşılaştırılması 201

9. SONUÇLAR VE ÖNERİLER **212**

KAYNAKLAR **215**

EK LİSTESİ **217**

ÖZGEÇMİŞ **218**

KISALTMALAR

ABYYHY : Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
SAP 2000 : Structural Analysis Program
ATC : American Technology Concul

TABLO LİSTESİ

		Sayfa No
Tablo 2.1.	Planda düzensiz olan yapılar……...	9
Tablo 2.2.	Düşeyde düzensiz olan yapılar……	10
Tablo 3.1.	Perdelerle ilgili konstrüktif kurallar……	46
Tablo 4.1.	k sabitinin ve a,b,c üstel fonksiyonlarının değeri……	53
Tablo 5.1.	TS 500 ile ACI 318 yönetmeliklerinde geçen elastisite modülü (E_c) değerlerinin karşılaştırılması……	63
Tablo 5.2.	Yük kombinasyonlarının karşılaştırılması……..	69
Tablo 5.3.	TS500 ile ACI 318 yönetmeliklerinin dayanım ve dayanım azaltma katsayıları yönünden karşılaştırılması…….	71
Tablo 5.4.	Malzeme hesap dayanımları (Mpa)…….....	72
Tablo 5.5.	k_1 ve β_1 değerlerinin TS500 ve ACI 318 yönetmeliklerinde karşılaştırılması…….....	75
Tablo 5.6.	TS 500 ve ACI318 yönetmeliklerinin dengeli donatı oranları açısından karşılaştırılması……...	76
Tablo 5.7.	Kayma donatısı hesaplarının karşılaştırılması……	82
Tablo 6.1.	Döşeme ön boyutlandırılması…….	88
Tablo 6.2.	Döşeme momentleri hesabı…….	91
Tablo 6.3.	X doğrultusunda döşemelerin statik hesabı……	97
Tablo 6.4.	Y doğrultusunda döşemelerin statik hesabı……	98
Tablo 6.5.	Kiriş boyutları…….	99
Tablo 6.6.	15. Kat kolonları ön boyutlandırılması……...	104
Tablo 6.7.	14. Kat kolonları ön boyutlandırılması……...	105
Tablo 6.8.	13. Kat kolonları ön boyutlandırılması……...	106
Tablo 6.9.	12. Kat kolonları ön boyutlandırılması……...	107
Tablo 6.10.	11. Kat kolonları ön boyutlandırılması……...	108
Tablo 6.11.	10. Kat kolonları ön boyutlandırılması……...	109
Tablo 6.12.	9. Kat kolonları ön boyutlandırılması…….	110
Tablo 6.13.	8. Kat kolonları ön boyutlandırılması…….	111
Tablo 6.14.	7. Kat kolonları ön boyutlandırılması…….	112
Tablo 6.15.	6. Kat kolonları ön boyutlandırılması…….	113
Tablo 6.16.	5. Kat kolonları ön boyutlandırılması…….	114
Tablo 6.17.	4. Kat kolonları ön boyutlandırılması…….	115
Tablo 6.18.	3. Kat kolonları ön boyutlandırılması…….	116
Tablo 6.19.	2. Kat kolonları ön boyutlandırılması……	117
Tablo 6.20.	1. Kat kolonları ön boyutlandırılması…….	118
Tablo 6.21.	Yük sınıfları…….	123
Tablo 6.22.	Yük kombinasyonları……..	124
Tablo 6.23.	Modal analiz sonuçları……	125
Tablo 6.24.	X yönünde katlara etkiyen deprem yükü…….....	132
Tablo 6.25.	Y yönünde katlara etkiyen deprem yükü…….	133

Tablo 6.26. Eşdeğer deprem yükleri ve burulma momentleri…… 134
Tablo 6.27. Burulma düzensizliği kontrolü (x yönü)…… 138
Tablo 6.28. Burulma düzensizliği kontrolü (y yönü)…… 139
Tablo 6.29. Yumuşak kat düzensizliği kontrolü (x yönü)…….. 140
Tablo 6.30. Yumuşak kat düzensizliği kontrolü (y yönü)…….. 141
Tablo 6.31. Göreli kat ötelemeleri kontrolü (x yönü) ……. 142
Tablo 6.32. Göreli kat ötelemeleri kontrolü (y yönü) ……... 143
Tablo 6.33. Yapının ikinci mertebe etkilerinin kontrolü (x doğrultusu)….. 144
Tablo 6.34. Yapının ikinci mertebe etkilerinin kontrolü (y doğrultusu)….. 145
Tablo 7.1. Zemin kat kolonları boyuna donatı hesabı…….. 148
Tablo 7.2. Zemin kat kolonları enine donatı hesabı (x doğrultusunda)..... 153
Tablo 7.3. Zemin kat kolonları enine donatı hesabı (y doğrultusunda)….... 154
Tablo 7.4. A aksı kirişleri eğilme donatısı hesabı…… 156
Tablo 7.5. B aksı kirişleri eğilme donatısı hesabı…… 157
Tablo 7.6. C aksı kirişleri eğilme donatısı hesabı……. 158
Tablo 7.7. D aksı kirişleri eğilme donatısı hesabı…… 159
Tablo 7.8. 1 aksı kirişleri eğilme donatısı hesabı……..... 160
Tablo 7.9. 2 aksı kirişleri eğilme donatısı hesabı……..... 161
Tablo 7.10. 3 aksı kirişleri eğilme donatısı hesabı……. 162
Tablo 7.11. 4 aksı kirişleri eğilme donatısı hesabı……. 163
Tablo 7.12. 4’ aksı kirişleri eğilme donatısı hesabı…… 164
Tablo 7.13. A aksı kirişleri taşıma gücü momentleri …… 165
Tablo 7.14. B aksı kirişleri taşıma gücü momentleri ……. 166
Tablo 7.15. C aksı kirişleri taşıma gücü momentleri ……. 166
Tablo 7.16 D aksı kirişleri taşıma gücü momentleri …… 167
Tablo 7.17 1 aksı kirişleri taşıma gücü momentleri ……. 167
Tablo 7.18 2 aksı kirişleri taşıma gücü momentleri…….. 168
Tablo 7.19 3 aksı kirişleri taşıma gücü momentleri ……..... 168
Tablo 7.20 4 aksı kirişleri taşıma gücü momentleri…….. 169
Tablo 7.21 4’ aksı kirişleri taşıma gücü momentleri …… 169
Tablo 7.22 Kirişlerin kesme güvenliği kontrolü…… 172
Tablo 7.23 Kirişlerin kesme güvenliği kontrolü…… 173
Tablo 7.24 Tasarım kesme kuvveti kontrolleri (x doğrultusu)……. 175
Tablo 7.25 Tasarım kesme kuvveti kontrolleri (y doğrultusu)…….. 176
Tablo 7.26 Bodrum kat kolonları taşıma gücü momentleri……... 177
Tablo 7.27 Zemin kat kolonları taşıma gücü momentleri……. 177
Tablo 7.28 Kolonların kirişlerden güçlü olması koşulu kontrolleri (x doğrultusu)…….. 179
Tablo 7.29 Kolonların kirişlerden güçlü olması koşulu kontrolleri (y doğrultusu)…….. 180
Tablo 7.30 Perde duvarların betonarme hesabı……. 185
Tablo 7.31 Zemin kat perdeleri kesme güvenliği…….. 186
Tablo 7.32 Zımbalama dayanımı kontrolü…… 191
Tablo 7.33 Radye temel açıklıkta betonarme hesap…….. 197
Tablo 7.34 Radye temel mesnet kesitinde betonarme hesap……..... 198
Tablo 8.1. Zemin kat kolonları donatı alanı karşılaştırılması……... 200
Tablo 8.2. Zemin kat kirişlerinin yönetmeliklere göre donatı alanlarının karşılaştırılması……..... 204
Tablo 8.3 Zemin kat kirişlerinin yönetmeliklere göre donatı alanlarının karşılaştırılması……..... 205

Tablo 8.4 Zemin kat kirişlerinin yönetmeliklere göre donatı alanlarının karşılaştırılması…… 206
Tablo 8.5 Zemin kat kirişlerinin yönetmeliklere göre donatı alanlarının karşılaştırılması…… 207
Tablo 8.6 Zemin kat kirişlerinin yönetmeliklere göre donatı alanlarının karşılaştırılması…… 208
Tablo 8.7 Zemin kat kirişlerinin yönetmeliklere göre donatı alanlarının karşılaştırılması…… 209
Tablo 8.8 Zemin kat kirişlerinin yönetmeliklere göre donatı alanlarının karşılaştırılması…… 210
Tablo 8.9 Zemin kat kirişlerinin yönetmeliklere göre donatı alanlarının karşılaştırılması…… 211

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1 : Perde geometrileri…… 2
Şekil 2.2 : Perdenin yatay yük etkisinde davranışı…….. 3
Şekil 2.3 : Düzlem sistem idealleştirmesi……. 3
Şekil 2.4 : Yatay yüklerin perdelere dağılımı……. 4
Şekil 2.5 : Rijitlik elemanları simetrik yerleştirilmemiş sistem…….. 4
Şekil 2.6 : Yapı yüksekliği boyunca rijitliği değişen perdeler……... 5
Şekil 2.7 : Boşluklu perde……. 6
Şekil 2.8 : Perdeli yapıların deprem etkisindeki davranışları bakımından plandaki durumu…….. 7
Şekil 2.9 : Simetrik perde yerleşimi…….. 7
Şekil 2.10 : Perdelerin düzenlenme şekilleri……... 8
Şekil 2.11 : Çerçevelerin yatay yük etkisinde davranışları…… 11
Şekil 2.12 : Çerçevelerden oluşan tüp sistemde yük dağılımı…… 12
Şekil 2.13 : Çerçevelerden oluşan bir tüp sistemin eşlenik sistemi…… 14
Şekil 2.14 : Perdeli–çerçeveli sistemin yatay yük etkisindeki davranışı…… 15
Şekil 2.15a : Simetrik yükler etkisi altındaki perdeli çerçeveli sistem……. 16
Şekil2.15b : Simetrik yükler etkisi altındaki sistemin düzlem sistem eşleniği…….. 17
Şekil 2.16 : İç-içe tüp sistem……... 17
Şekil 2.17a : Dolu gövdeli perdeyle teşkil edilmiş perde-çerçeve sistem ….. 18
Şekil2.17b : Boşluklu perdeyle teşkil edilmiş perde-çerçeve sistem……... 18
Şekil 2.18 : Perde-çerçeve güç tükenmesi biçimleri……... 19
Şekil 3.1 : Konsol perde davranışı…… 21
Şekil 3.2 : Perde kesitinde eğilme momenti eğrilik değişimi……... 22
Şekil 3.3 : Perde başlık bölgesinde dik kesişen perdelerde etkili tabla genişliği…… 23
Şekil 3.4 : Perdeler için güç tükenmesi biçimleri……. 24
Şekil 3.5 : ⊂ kesitli perdenin karşılıklı etki diyagramları……..... 27
Şekil 3.6 : Konsol perdelerin karşılıklı etkileşerek yük taşımaları……... 28
Şekil 3.7 : Perdelere yatay yükün dağılımı…….…….. 29
Şekil 3.8 : İki perdenin bağ kirişleriyle etkileşimi…… 31
Şekil 3.9 : Bağ kirişleri ile perdeler arasındaki eğilme momenti paylaşımı…….. 32
Şekil 3.10 : Perdeler arası bağ kirişlerinde göçme türleri …….. 32
Şekil 3.11 : Perdeler arası bağ kirişinde donatı ve kuvvet dengesi……. 33
Şekil 3.12 : Perdeler arasındaki yük paylaşımının yeniden düzenlenmesi…. 35
Şekil 3.13 : Perde kesitinde yeniden düzenlemeden önce ve sonra boyutlama……. 36
Şekil 3.14 : Boşluklu perdelerde taban momentinin karşılanması…….. 37
Şekil 3.15 : Bağ kirişlerinin donatı detayı……... 38

Şekil 3.16 **:** Perde ve çerçevenin karşılıklı etkileşimi……. 39
Şekil 3.17 **:** Perde ve çerçevelerden oluşan taşıyıcı sistem……. 40
Şekil 3.18 **:** Döşeme plağının etkisinin yatay yükün paylaşımına etkisi……. 41
Şekil 3.19 **:** Kısa perdelerin kayma dayanımı……. 42
Şekil 3.20 **:** Yüksek perdenin yatay yük etkindeki davranışı…….. 43
Şekil 3.21 **:** Yüksek perdelerde donatı detayı……. 43
Şekil 3.22 **:** Perdelerde donatı düzeni…….. 45
Şekil 4.1 **:** Kanada beton standartlarına göre rijitlik derecesi (DC)'nin hesaplanması……... 52
Şekil 4.2 **:** Farklı rijitlik derecelerine (DC) sahip perdelerin yapısal davranışı ve şekil değiştirme eğrileri……... 54
Şekil 4.3 **:** Boşluklu perdelerin modellemesi ve konfigürasyonu……. 56
Şekil 4.4 **:** İncelenen yapıların geometrileri…….. 57
Şekil 4.5 **:** EL 0.90 testinden sonra çatlak şekilleri……... 59
Şekil 5.1 **:** TS500 ve ACI 318 şartnamelerinde kabul edilen dikdörtgen gerilme bloğu…….. 74
Şekil 6.1 **:** Mimari plan……. 83
Şekil 6.2 **:** Zemin kat kalıp planı……... 84
Şekil 6.3 **:** SAP2000 programı ile modellenen yapının 3- boyutlu görünümü …… 119
Şekil 6.4 **:** SAP2000 programı ile modellenen yapının X-Z düzleminde görünümü …… 120
Şekil 6.5 **:** SAP 2000 programı ile modellenen yapının Y-Z düzleminde görünümü…… 121
Şekil 6.6 **:** SAP 2000 programı ile modellenen yapının X-Y düzleminde görünümü……. 122
Şekil 6.7 **:** SAP 2000 analizi sonucu elde edilen binanın X doğrultusundaki 3-boyutlu mod şekli……..... 126
Şekil 6.8 **:** SAP 2000 analizi sonucu elde edilen binanın Y doğrultusundaki 3-boyutlu mod şekli…….. 127
Şekil 6.9 **:** SAP 2000 analizi sonucu elde edilen binanın X doğrultusundaki x-z düzlemindeki mod şekli…….. 135
Şekil 6.10 **:** SAP 2000 analizi sonucu elde edilen binanın Y doğrultusundaki y-z düzlemindeki mod şekli……. 136
Şekil 7.1 **:** Radye temel plan görünümü…… 187
Şekil 7.2 **:** Radye temel M11 moment diyagramı görünümü…… 194
Şekil 7.3 **:** Radye temel M22 moment diyagramı görünümü…… 195

SEMBOL LİSTESİ

$A(T)$: Spektral ivme katsayısı
A_0 : Etkin yer ivme katsayısı
A_c : Kolonun veya perde uç bölgesinin brüt en kesit alanı
A_{ch} : Boşluksuz perdenin, bağ kirişli perdede her bir perde parçasının brüt en kesit alanı
A_{ck} : Sargı donatısının dışından dışına ölçü içinde kalan çekirdek beton alanı
A_g : Kesitin brüt alanı
A_s : Donatı alanı
A_{sh} : Söz konusu deprem doğrultusundaki enine donatı kesit alanı
A_{sw} : Kayma donatısı alanı
A_v : ACI 318'de geçen kayma donatısı alanı
b : Tablalı kesitte etkili tabla genişliği; kolon en kesit genişliği
b_j : Göz önüne alınan deprem doğrultusunda, birleşim bölgesine saplanan kirişin düşey orta ekseninden itibaren kolon kenarlarına olanlardan küçük olanın iki katı
b_k : Birbirine dik yatay doğrultuların her biri için, kolon veya perde uç bölgesinin en kesit boyutu
b_w : Tablalı kesitte gövde genişliği
d : Kirişte faydalı yükseklik; yatay deplasman
d' : Pas payı mesafesi
D_w : Perde duvar uzunluğu
E : Elastisite modülü
e_x,e_y : Dış kuvvetlerin dışmerkezliği
F : Yatay kuvvet
F_d : Hesap yükü
f_{cd} : Beton tasarım basınç dayanımı
f_{ck} : Beton karakteristik basınç dayanımı
f_{cm} : Beton ortalama basınç dayanımı
f_{ctd} : Beton tasarım çekme dayanımı
f_{ctk} : Beton karakteristik çekme dayanımı
f_{yd} : Donatı tasarım akma gerilmesi
f_{yk} : Donatının karakteristik akma gerilmesi
f_{ywd} : Etriye donatısının tasarım akama gerilmesi
h : Kolonun göz önüne alınan deprem doğrultusundaki en kesit boyutu
h_n : Bina yüksekliği
h_s : Temiz kat yüksekliği
H_{cr} : Kritik perde yüksekliği
h_k : Kiriş yüksekliği
H_w : Temel üstünde veya zemin kat döşemesinden itibaren ölçülen toplam perde yüksekliği
I : Kesit atalet momenti; yapı önem katsayısı

$\mathbf{I_g}$: Kesitin çatlamamış atalet momenti
$\mathbf{I_p}$: Perde duvarın atalet momenti
$\mathbf{K}$: Yapı rijitliği
$\mathbf{k_1}$: Beton basınç bloğu derinliğinin tarafsız eksen derinliğine oranı
$\mathbf{l_b}$: TS 500'de çekme donatısı için verilen kenetlenme boyu
$\mathbf{L_b}$: Bağlantı kirişlerinin uzunluğu
$\mathbf{l_n}$: Serbest açıklık mesafesi
$\mathbf{l_{sn}}$: Döşemenin kısa doğrultudaki net açıklığı
$\mathbf{l_w}$: Perde duvar uzunluğu
$\mathbf{m}$: Boyutsuz moment; döşemede uzun kenarın kısa kenara oranı
$\mathbf{M_0}$: Eşdeğer basit kiriş eğilme momenti
$\mathbf{M_1}, \mathbf{M_2}$: Kolon uç momentleri
$\mathbf{M_a}$: Kolonun serbest yüksekliğinin alt ucunda hesaplanan taşıma gücü momenti
$\mathbf{M_g}, \mathbf{M_q}$: Sabit ve hareketli yüklerden oluşan eğilme momenti
$\mathbf{M_d}, \mathbf{M_l}$: ACI 318 yönetmeliğine göre sabit ve hareketli yüklerden oluşan eğilme momenti
$\mathbf{m_i}$: Binanın i'inci katının kütlesi
$\mathbf{M_{ki}}$: Binanın herhangi bir i'inci katının toplam kiriş momenti
$\mathbf{M_n}$: ACI 318 yönetmeliğinde hesap eğilme momenti
$\mathbf{M_{pi}}$: Kirişin sol ucu i' deki kolon yüzünde çeliğin pekleşmesi göz önüne alınarak hesaplanan pozitif veya negatif pekleşmeli taşıma gücü momenti
$\mathbf{M_{pj}}$: Kirişin sol ucu j' deki kolon yüzünde çeliğin pekleşmesi göz önüne alınarak hesaplanan pozitif veya negatif pekleşmeli taşıma gücü momenti
$\mathbf{M_r}$: Kirişin taşıma gücü momenti
$\mathbf{M_{ra}}$: Kolonun veya perdenin serbest yüksekliğinin alt ucunda hesaplanan taşıma gücü momenti
$\mathbf{M_{ri}}$: Kirişin sol ucu i' deki kolon veya perde yüzünde hesaplanan pozitif veya negatif pekleşmeli taşıma gücü momenti
$\mathbf{M_{rj}}$: Kirişin sol ucu j' deki kolon veya perde yüzünde hesaplanan pozitif veya negatif pekleşmeli taşıma gücü momenti
$\mathbf{M_{rü}}$: Kolonun veya perdenin serbest yüksekliğinin üst ucunda hesaplanan taşıma gücü momenti
$\mathbf{M_u}$: ACI 318 yönetmeliğinde gerekli eğilme momenti
$\mathbf{M_ü}$: Kolonun serbest yüksekliğinin üst ucunda hesaplanan taşıma gücü momenti
$\mathbf{n}$: Hareketli yük katılım katsayısı; boyutsuz normal kuvvet; kat sayısı
$\mathbf{N}$: Eksenel normal kuvvet
$\mathbf{P}$: Toplam yük
$\mathbf{p}$: Birim boy ve alana etkiyen toplam yük
$\mathbf{q}$: Birim boy ve alana etkiyen hareketli yük
$\mathbf{Q}$: Hareketli yük
$\mathbf{R}$: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
$\mathbf{R_a(T)}$: Deprem yükü azaltma katsayısı
$\mathbf{R_d}$: Hesap dayanımı
$\mathbf{R_k}$: Karakteristik dayanım
$\mathbf{s}$: Enine donatı aralığı
$\mathbf{T_A}, \mathbf{T_B}$: Spektrum karakteristik periyotları
$\mathbf{V}$: Kesme kuvveti
$\mathbf{V_c}$: Beton kesitin taşıdığı kesme kuvveti
$\mathbf{V_{cr}}$: Eğik çatlamayı oluşturan kesme kuvveti

$\mathbf{V_d}$: Tasarım kesme kuvveti

$\mathbf{V_{dy}}$: Kirişin kolon yüzünde düşey yüklerden meydana gelen basit kiriş kesme kuvveti

$\mathbf{V_e}$: Kolon ve kirişte enine donatı hesabında esas alınan kesme kuvveti

$\mathbf{V_{kol}}$: Düğüm noktasının üstünde ve altındaki kolon kesme kuvvetlerinden küçük olanı

$\mathbf{V_n}$: Nominal kayma dayanımı

$\mathbf{V_{pd}}$: Tasarım zımbalama kuvveti

$\mathbf{V_{pr}}$: Zımbalama taşıma gücü

$\mathbf{V_r}$: Kolon, kiriş, perde kesitinin kesme dayanımı

$\mathbf{V_s}$: Kayma donatısı tarafından karşılana nominal kayma dayanımı

$\mathbf{V_t}$: Taban kesme kuvveti

$\mathbf{V_w}$: Kayma donatısının kesme kuvveti

$\mathbf{V_u}$: Kesitte arttırılmış kesme kuvveti

$\mathbf{W}$: Binanın , hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak hesap edilen ağırlığı

α_s : Döşemelerde sürekli kenar uzunluğunun toplam kenar uzunluğuna oranı

γ : Bağ kirişinde kullanılan çapraz donatı demetinin yatayla yaptığı açı

γ_f :Yük katsayısı

γ_m : Malzeme katsayısı

γ_{mc} : Beton için malzeme katsayısı

γ_{ms} : Donatı çeliği için malzeme katsayısı

ΔF_N : Binanın i' inci katına (tepesine) etkiyen eşdeğer deprem yükü

Δ_i : Binanın i' inci katındaki göreli kat ötelemesi

$\Delta_{i,max}$: Binanın i' inci katındaki maksimum göreli kat ötelemesi

$\Delta_{i,min}$: Binanın i' inci katındaki minimum göreli kat ötelemesi

$\Delta_{i.ort}$: Binanın i' inci katındaki ortalama göreli kat ötelemesi

ε_{cu} : Betonda en büyük birim kısalma

ε_s : Donatıda birim uzama

η_{bi} : i' inci katta tanımlanan burulma düzensizliği katsayısı

η_{ki} : i' inci katta tanımlanan yumuşak kat düzensizliği katsayısı

θ_i : i' inci katta tanımlanan ikinci mertebe gösterge değeri

ρ : Çekme donatısı oranı

ρ' : Öngerilmesiz basınç donatısı oranı

ρ_b : Dengeli donatı oranı

ρ_{max} : Maksimum donatı oranı

ρ_{min} : Minimum donatı oranı

ρ_{sh} : Perdede yatay gövde donatılarının perde gövdesi brüt en kesit alanına oranı

ρ_v : Gövde donatısı oranı

ρ_w : Etriye donatısı oranı

σ_{mc} : Ortalama beton gerilmesi

σ_s : Çekme gerilmesi

σ'_s : Basınç gerilmesi

τ : Kayma gerilmesi

Φ : Donatı çapı

ϕ : Dayanım azaltma katsayısı

β_1 :ACI 318 yönetmeliğinde beton basınç blok derinliğinin tarafsız eksen derinliğine oranı

PERDE DUVARLI ÇERÇEVELİ ÇOK KATLI BETONARME BİR YAPININ TASARIMI VE TS 500 İLE ACI 318 YÖNETMELİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

ÖZET

Yüksek lisans tezi olarak, Doç. Dr. Tülay AKSU ÖZKUL danışmanlığında yapılan bu çalışmada, deprem kuvvetleri etkisinde betonarme perde duvarların davranışı ve boyutlandırılması ile ilgili esaslardan bahsedilmiş ve çok katlı, taşıyıcı sistemi perde ve çerçevelerden oluşan betonarme bir binanın deprem yükleri etkisindeki davranışı ve projelendirme aşamaları irdelenmiştir.

Söz konusu çalışmanın ikinci bölümünde, betonarme perdeler hakkında genel bilgiler verilmiştir. Yine aynı bölümde, perdelerin kat planında düzenlenme şekilleri ve modelleme esasları, boşluklu ve boşluksuz perdeler ve tüp sistemler hakkında genel bilgiler verilmiştir.

Çalışmanın üçüncü bölümünde ise, perdelerin davranış esasları, göçme şekilleri, boyutlandırma esasları, perdeler arası bağ kirişleri, bağ kirişlerinin davranışı, önemi ve göçme şekilleri üzerinde durulmuştur. Aynı zamanda ABYYHY' deki perde ve bağ kirişleri hakkındaki konstrüktif kurallar ve hesap esasları hakkında bilgi verilmiştir.

Çalışmanın dördüncü bölümünde, betonarme perdeler ve perde–çerçeve taşıyıcı sistemler hakkında yabancı makalelerden elde edilen bilgiler verilmiştir. Bağlantı kirişleriyle birbirine bağlanan perde gruplarının bağ kirişlerinin rijitlik derecesine göre sınıflandırılması ve çok katlı betonarme çerçeveli yapıların deprem etkisindeki davranışlarını anlatan çalışmalar bu bölümde sunulmuştur.

Tez çalışmasının beşinci bölümünde, TS 500 ve ACI 318 yönetmelikleri, hesap kabulleri, güvenlik esasları, çözüm metotları, dayanım ve kullanılabilirlik şartları açısından karşılaştırılmıştır.

Çalışmanın sonraki bölümlerinde, perde ve çerçeve sistemden oluşan çok katlı betonarme bir binanın tasarımı yapılmıştır. Söz konusu bina 1. Deprem Bölgesinde olup, 1 bodrum kattan, 1 zemin kattan ve 13 normal kattan oluşmakta ve konut olarak kullanılması amaçlanmaktadır.

Bodrum kat yüksekliği 3.5 m, zemin ve normal katların yükseklikleri ise 3m' dir. Döşeme kirişli plak döşeme olarak seçilmiştir. Malzeme olarak C25 ve BÇIIIa (S420) kullanılmıştır.

TS 498'de verilen yüklere göre zati ağırlık ve hareketli yükler hesaplanmış ve bu yüklerin etkisinde elemanların ön boyutları TS 500 ve ABYYHY'de belirtilen kurallara göre belirlenmiştir. Daha sonra binanın SAP 2000 sonlu elemanlar analiz programı kullanılarak 3 boyutlu modellemesi yapılmıştır. Binanın deprem kuvvetleri etkisindeki davranışını incelemek için ABYYHY' de anlatılan Eşdeğer Deprem Yükü yöntemine göre belirlenen kuvvetler bilgisayar modelinde etki ettirilip dinamik analiz yapılmış ve binanın doğal titreşim periyotları bulunmuştur.

SAP 2000'de elde edilen sonuçlar kullanılarak, zemin kat kolon ve kirişleri ile perde duvarlar için betonarme hesaplar yapılmıştır. Yine SAP 2000 programı kullanılarak sistem altında teşkil edilen kirişsiz radye temel için analiz yapılmıştır ve elde edilen sonuçlardan radye temel plaklarının betonarme hesapları yapılmıştır. Bina ABYYHY'de belirtilen bina düzensizlikleri, A1-Burulma Düzensizliği ve B2-Yumuşak Kat Düzensizlikleri açısından irdelenmiştir. Ayrıca göreli kat ötelemeleri ile ikinci mertebe etkisi kontrolleri de yapılmıştır.

Çalışmanın son bölümünde ise TS 500 ve ACI 318 yönetmeliklerine göre SAP 2000 programında kolon ve kirişler için donatı alanı çözümlemesi yaptırılmıştır. Elde edilen sonuçlarla zemin kat kolon ve kirişleri için TS 500 parabol+dikdörtgen gerilme dağılımı yöntemine göre elle yapılan betonarme hesap sonuçları karşılaştırılmıştır.

DESIGN OF A FRAMED SHEAR WALL REINFORCED CONCRETE TALL STORY BUILDING AND THE COMPARISON BETWEEN TS 500 AND ACI 318 CODES

SUMMARY

It is talked about, the behaviors and dimensioning basis of shear walls under dynamic loads and also the behaviors and the design steps of a tall story reinforced concrete building, as a master thesis under the supervision of Assoc. Prof. Dr. Tülay AKSU ÖZKUL.

In the second part of the thesis, some general knowledge about shear walls is given. Once again at the same part, it is talked about arranging and the basis of shear walls, coupled shear walls and the tube systems.

Afterwards, in the third part of the thesis, it is talked about the behaviors and the dimensioning basis, failure modes of shear walls, the behaviors and the failure modes of coupled beams. At the same time, some knowledge is given about the constructive rules and calculation basis according to the Turkish Earthquake Code, about the shear walls and the coupled beams.

In the forth part of the thesis, some knowledge which are obtained from foreign journals about the reinforced concrete shear walls and the framed shear wall systems is given. A methodology for classification of the coupled shear walls and a comparative study of seismic behavior of multi-story reinforced concrete framed structures were debated.

In the fifth part of the thesis, the Turkish Building Code Requirements For Reinforced Concrete Structures (TS 500) and the American Building Code For Reinforced Concrete Structures (ACI 318) are compared according to the general considerations, design assumptions, strength, serviceability and design methods.

In the following part of the thesis, reinforced concrete tall story building consisting of 1 basement story, ground floor and 13 official stories, which is located in the 1st degree seismic zone, is analysed. This building is designed as residence. The basement story is 3.5 m, the ground floor and official stories are 3m in height. The floor slabs are plates and structural system consists of frame elements and shear walls . C25 and S420 are used, as materials.

First of all, under the effects of self weight and live loads presnted in TS 498, preliminary dimensions are assigned to the structural elements according to the rules mentioned in TS 500. After that, 3 dimensional modelling of the building is made by using the SAP 2000 finite analysis programme. For the purpose of considering the behavior of the building undergoing the lateral seismic effects, the loads found according to the Equivalent Seismic Load method that is presented in the Turkish Earthquake Code, are applied in the computer model. According to the results of these analysis made by SAP 2000 programme, the natural vibration periods of the building are found.

By using the results from SAP 2000 analysis, the reinforced concrete sectional calculations about the ground floor columns, beams and the shear walls, are made. Once again, according to the results obtained from SAP 2000 analysis, the reinforced concrete sectional calculations about the disorders, presented in Turkish Earthquake Code, which are A1 – Twist Disorder and B2- Between Adjacent Stories Stiffness Disorder. The checkings, relative floor displacement and second stage effects, presented in Turkish Earthquake Code are also made.

In the last part of the thesis, SAP 2000 analysis is done according to the codes, TS 500 and ACI 318, for reinforced concrete sectional area calculations of the beams and the columns. Afterwards, the solutions obtained from the analysis of the programme for reinforced concrete sectional areas for the ground floor beams and columns are compared with the solutions which are obtained from the calculations done by hand.

1 . GİRİŞ

Perdeler genel anlamda, planda uzun kenarının kalınlığına oranı en az yedi olan,yapıda yanal rijitliği sağlayan düşey taşıyıcı yapı elemanı olarak tanımlanır. Perdeler, özellikle çok katlı yapılarda yatay yükün önemli bir kısmını karşılamakta oldukça başarılıdır. Deprem ve rüzgar etkisine maruz çok katlı yapılarda, sadece çerçevelerden oluşan bir taşıyıcı sistem teşkili hem ekonomik olmamakta hem de yeterli yatay rijitliği sağlamakta güçlükler yaratmaktadır. Bu nedenlerden dolayı, yüksek yapılarda perde-duvar sistemleri yada çerçeve-perde sistemleri etkin bir şekilde tercih edilmeye başlanmıştır. Son yıllarda artan nüfus ve şehirleşmenin bir sonucu olarak çok katlı yapılara olan talep artmış, bunun doğal bir sonucu olarak perde-çerçeveli sistemler daha fazla uygulanır bir hale gelmişlerdir. Çok katlı yapılarda perdeler, deprem yüklemelerine maruz bir sistemin güvenilirliğini sağlamanın yanı sıra; yapıya dayanım ve süneklik kazandırmakta ani toptan göçmeleri engellemektedir. Ayrıca, daha az şiddetli depremlerde yapısal olmayan hasarların önüne geçmektedir.

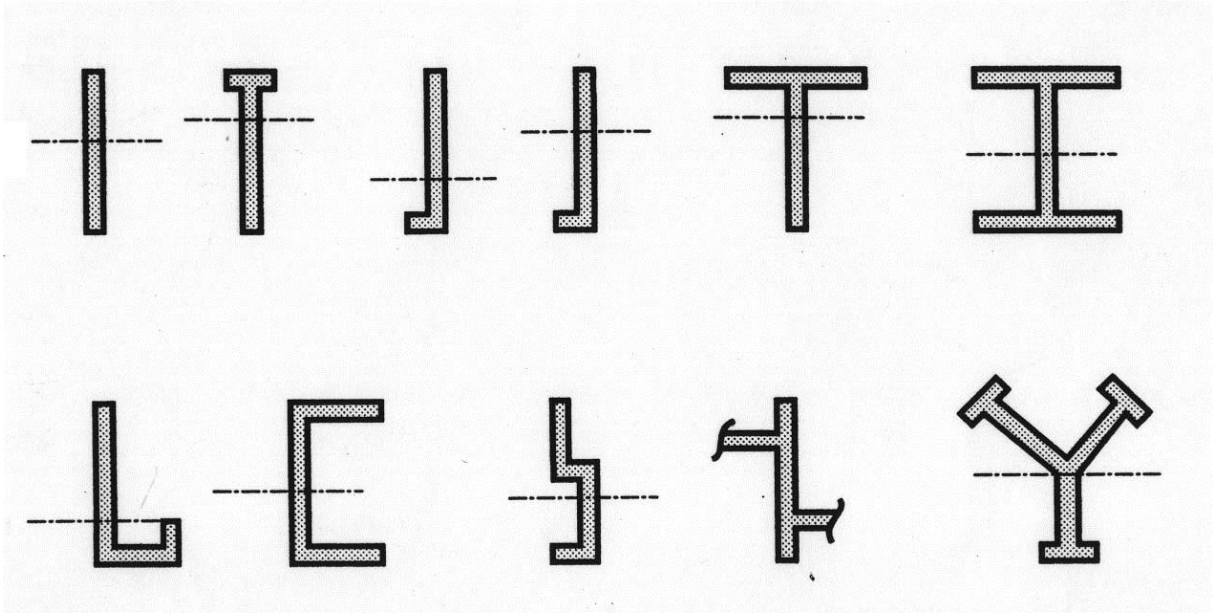
Perdeler, yapı içinde farklı şekillerde teşkil edilebilirler. Perdeler yapılarda, yan cephe duvarları, asansör ve merdiven kovası olarak ya da bodrum katlarda yatay zemin itkisini karşılamak üzere kullanılabilirler. Perdeler genellikle konsol kiriş davranışı sergilerler. Konsol kiriş davranışı gösteren perdeler yatay yükler etkisinde eğilme momenti, düşey yükler etkisinde ise normal kuvvet tesirinde kalırlar. Buna rağmen zemin itkisini karşılamak üzere bodrum katlarda kullanılan perdeler, zemin itkisinden meydana gelen yatay yükleri düzlemlerine dik doğrultuda taşıdıkları için konsol kiriş davranışından ziyade kat döşemeleri davranışı sergiler.

2. PERDELİ SİSTEMLER

2.1 Perdeler Hakkında Genel Bilgi

Perdelerin temel görevi; yapının yatay rijitliğini arttırmak ve bunun yanı sıra kat ötelenmelerini sınırlandırmaktır. Ayrıca tekrarlı ve yön değiştiren deprem, rüzgar gibi yatay yüklerin etkisindeki sisteme dayanım ve süneklik kazandırmaktır.

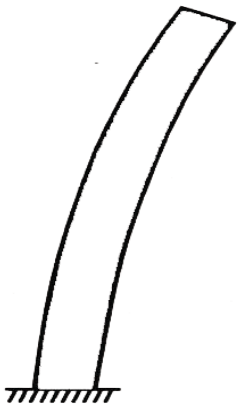
Perdeler, yapı içinde farklı geometrilere sahip olabilir ve bir yapı içinde birbirinden farklı teşkiller yapılabilir. Şekil 2.1 de perdeler için farklı geometriler gösterilmiştir. Bu perdeler, kat düzeylerinde rijit diyafram görevi yapan döşemelerle, kirişlerle bağlanarak beraber çalışırlar.



Şekil 2.1: Çeşitli Perde Geometrileri

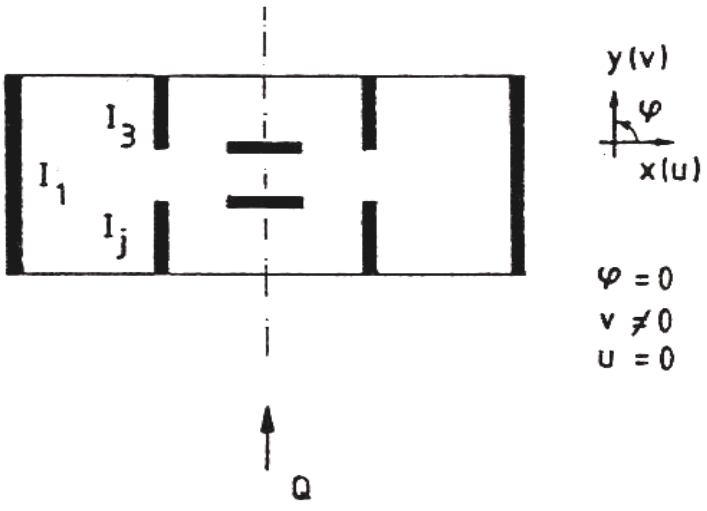
Daha önceki bölümde de belirtildiği gibi planda uzun kenarının kısa kenarına oranı en az yedi olan düşey taşıyıcı betonarme yapı elemanları olarak tanımlanmışlardır. Taşıyıcı eleman olarak perdeler özellikle yatay yüklerin karşılanmasında etkilidirler.

Perdeler tek başlarına bulundukları durumda konsol kiriş davranışı sergilerler. Düşey perdelerin rijitlikleri fazla olduğu için eğilme momenti etkisindedirler ve eğilme kirişi davranışı gösterirler. Bir konsol perdenin yatay yük etkisindeki davranışı aşağıda gösterilmiştir (Şekil 2.2).



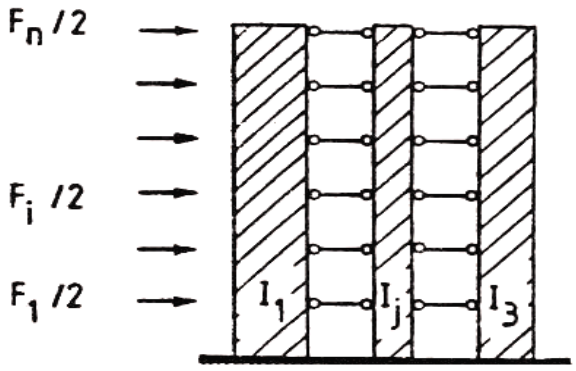
Şekil 2.2: Perdenin Yatay Yük Etkisindeki Davranışları

Planda simetrik olan bir yapıda eğer yatay rijitlik elemanları ya da perdeler simetrik olarak yerleştirilmişse yatay yük etkisinde bütün elemanlar aynı yatay ötelemeyi gerçekleştirecektir. Bu tarz bir durumda, sistem davranış olarak idealleştirilebilir. Yatay yükler perdelerin her birine rijitlikleri ile doğru orantılı olarak dağıtılır ve bu durumda perdelerin her biri bir konsol kiriş gibi düşünülerek donatılandırılmalıdır. Planda simetrik olarak yerleştirilmiş bir sistemin düzlem sistem idealleştirilmesi Şekil 2.3 de verilmiştir.



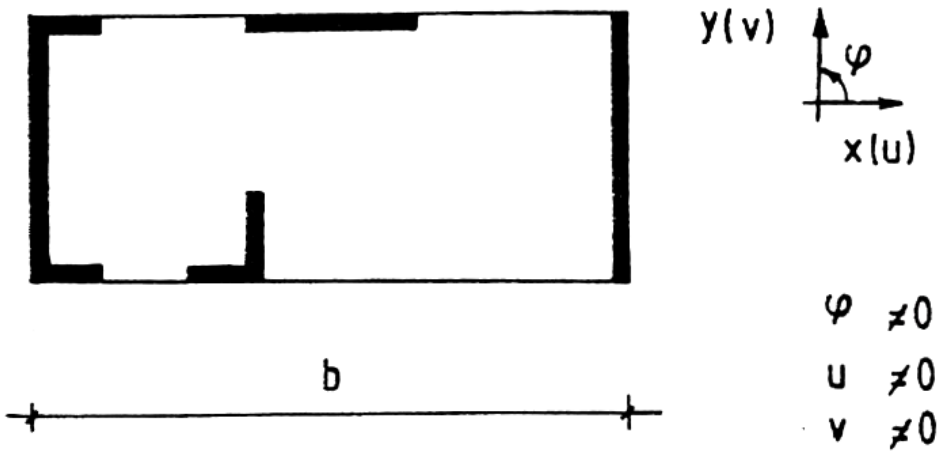
Şekil 2.3: Düzlem Sistem İdealleştirilmesi

Şekil 2.3 te verilen sistem için yatay yükün perdelere dağılımı da aşağıdaki şekilde gösterilmiştir (Şekil 2.4).



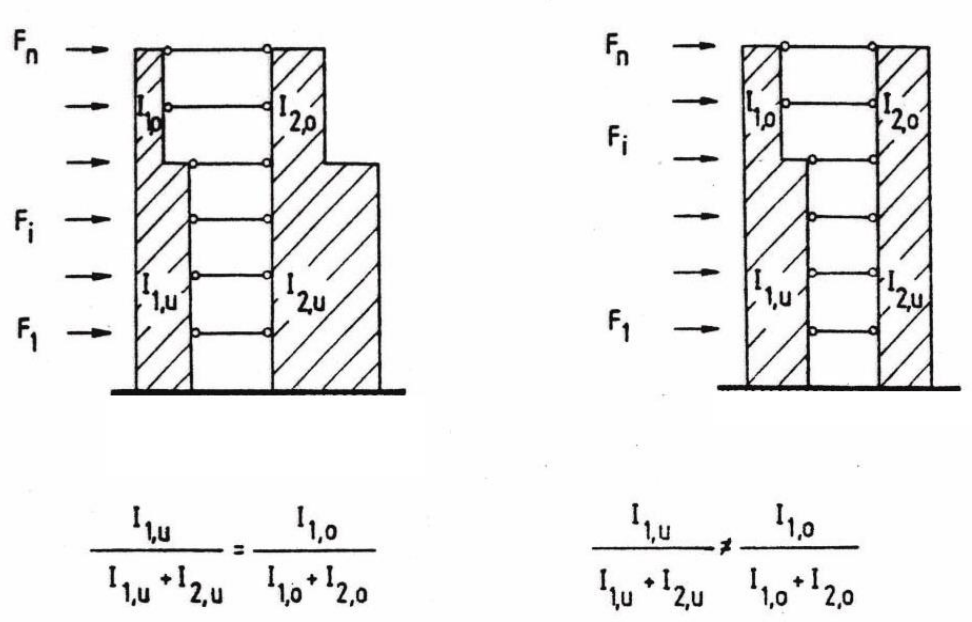
Şekil 2.4 : Yatay Yüklerin Perdelere Dağılımı

Yatay rijitliği sağlayan elemanlar planda simetrik olarak yerleştirilmesine rağmen yüklemenin asimetrik olduğu durumda, eğilme ve burulma yüklemeleri birbirinden ayrı düşünülerek, birleştirme yoluna gidilebilir.



Şekil 2.5: Rijitlik Elemanları Simetrik Yerleştirilmemiş Sistem

Bazı hallerde perde uzunlukları yapı yüksekliği boyunca değişebilir. Bu tür durumlarda, yatay rijitlik elemanlarının planda yerleşimi simetrik olsa dahi sadece kalınlığın farklılık gösterdiği iki katta eğer atalet momentleri eşitse düzlem sistem idealleştirilmesine gidilebilir. Bu tarz bir sistem örneği Şekil 2.6 de belirtilmiştir.

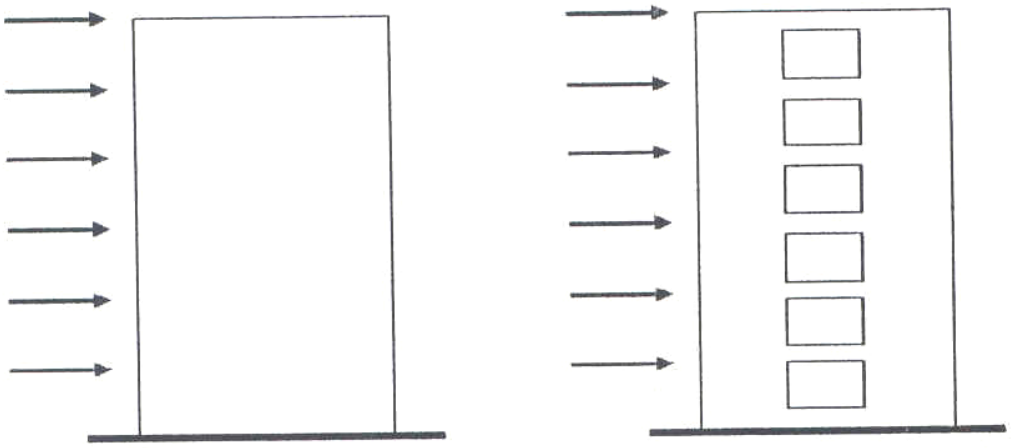


Şekil 2.6: Yapı Yüksekliği Boyunca Rijitlikleri Değişen Perdeler

2.2 Boşluklu Perde

Perdeler yapılarda dolu gövdeli olarak teşkil edilebildikleri gibi bina içinde bulunmaları halinde kapı, pencere gibi bir takım boşlukların bulunması gerekir. Bu boşluklar kat yükseklikleri boyunca düzgün bir şekilde dağılmışsa düzlemi içinde etkiyen yükler için bir perde tanımı yapılabilir. Boşluklu perde olarak tanımlanan bu perde sisteminin üç boyutlu yük taşıması halinde bir boşluklu tüpten bahsedilecektir (Şekil 2.7). Boşlukların tüm kat yüksekliğince devam etmesi halinde birbirlerine bağ kirişleri veya döşemelerle bağlanacaklardır. Bina yüksekliğinin artmasıyla bağlantı kirişleri ve döşemelerle teşkil edilen bu tür boşluklu perdelerde ciddi rijitlik artışı meydana gelir. Tekil şekilde bulunan perdelerle kıyaslandığında bu tür boşluklu perdelerdeki rijitlik fazladır.

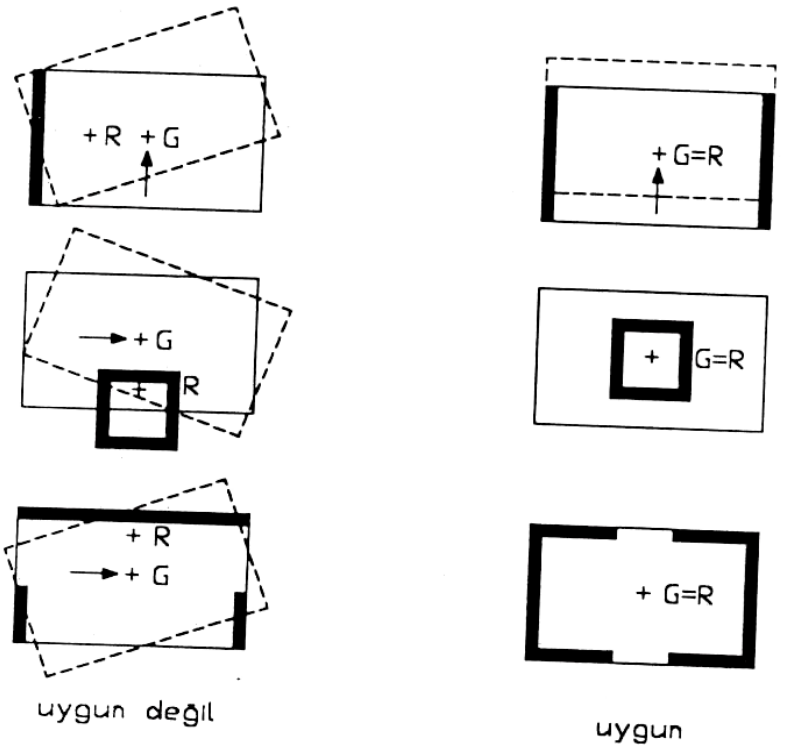
Boşluklu perdenin taşıma gücü kapasitesi, bağlantı kirişlerinin yüksekliklerinin artmasıyla boşluksuz perdelere yakın bir hal alır.



Şekil 2.7: Boşluklu Perde

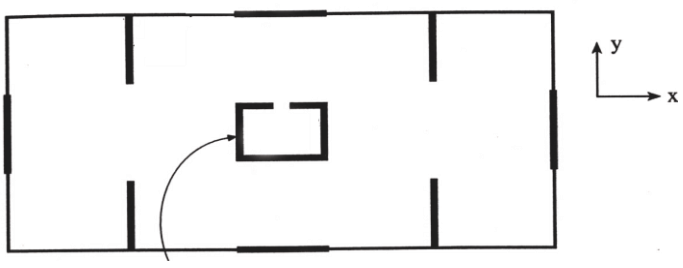
2.3 Perdelerin Kat Planında Düzenlenme Şekilleri

Perdelerin kat planındaki konumları ve düzenlenmeleri oldukça önemlidir. Çünkü, özensiz düzenlemeler planda bir takım düzensizliklerin ortaya çıkmasına sebep olurlar. Her şeyden önce perdeler, rijitlik elemanı olarak simetrik bir şekilde düzenlenmelidir. Perdelerin planda asimetrik düzenlenmeleri ek burulma momentlerinin oluşmasına sebep olur. Bunun sonucu olarak planda A1 tipi burulma düzensizliği meydana gelir (Tablo 2.1 Yapısal Düzenlikler). Bu muhtemel düzensizliği ortadan kaldırmak için kat kütle merkezi ile kat rijitlik merkezi mümkün olduğunca birbiriyle çakıştırılmalıdır. Perdeler, rijitlikleri diğer taşıyıcı sistem elemanlarına göre fazla olan yapı elemanlarıdır. Bu nedenle planda düzenlenme şekilleri oldukça önemlidir. Örneğin, Şekil 2.8 de olduğu gibi planda rijitlikleri büyük elemanların bir tarafta toplanması sistemin rijitlik merkezi ile kütle merkezinin birbirinden uzaklaşmasına sebep olur. Planda simetrik düzenlenen perdeli sistemlerde rijitlik merkezi planda simetri merkezine yaklaşır.



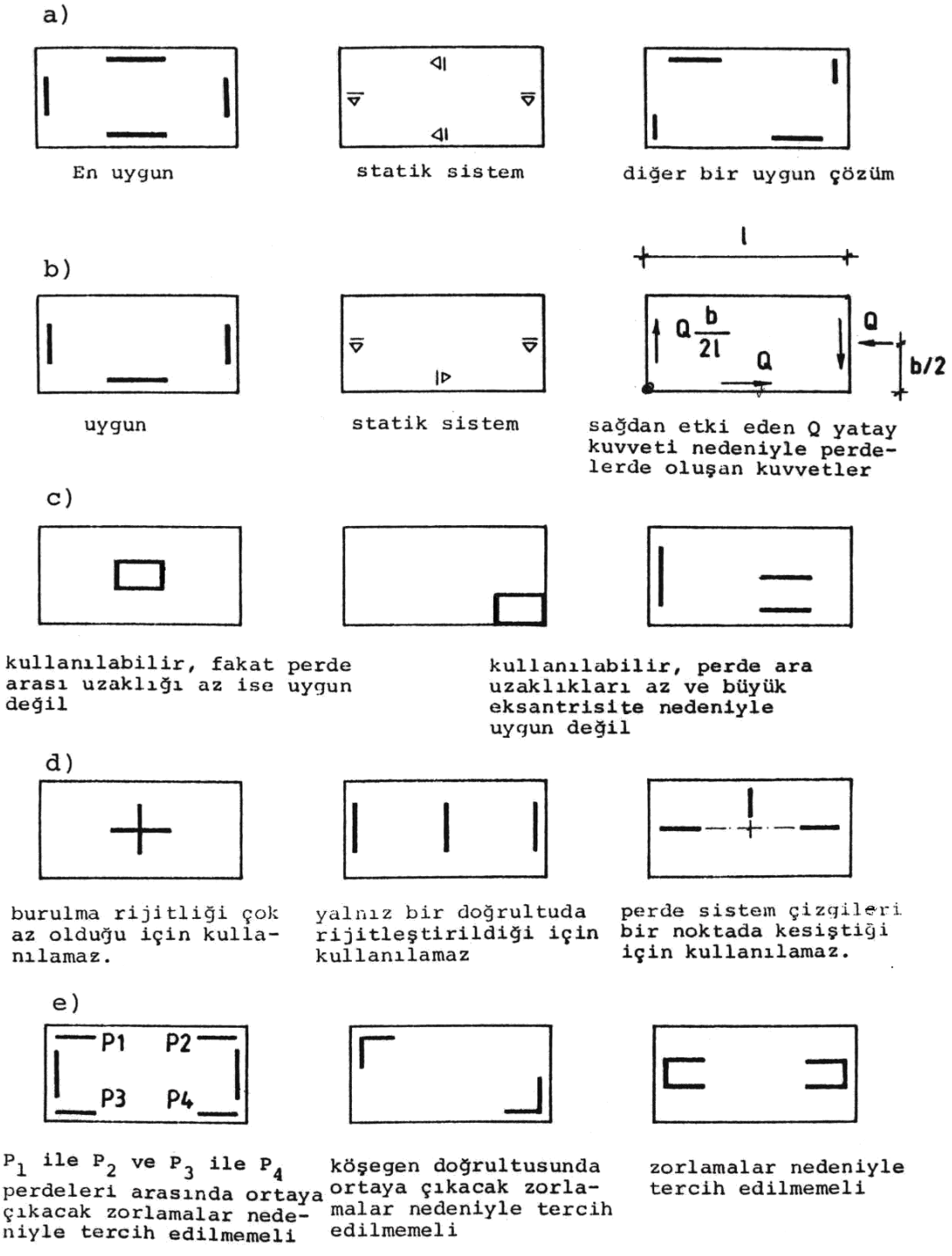
Şekil 2.8 : Perdeli Yapıların Deprem Etkisindeki Davranışı Bakımından Plandaki Durumu

Bunun yanı sıra; perdeler yapının kullanımına engel teşkil etmeyecek bölgelere yerleştirilmelidir. Asansör, merdiven boşlukları,yan cepheler perde yerleşimi için uygundur. Ayrıca yanal yüklerin kat içinde sağlıklı dağılımı sağlanacak şekilde perdeler yerleştirilmelidir. Aksi halde A2 tipi Döşeme Süreksizlik Düzensizliği ortaya çıkabilir. Sonuç olarak, kuvvetin iletilmesindeki olumsuzluklardan dolayı gerilme yığılmaları oluşacaktır. Perdeler için ideal yerleşim kapalı kutu şeklidir (Şekil 2.9). Böylece oluşabilecek ek burulma momentleri önlenecek ve yanal yüklere rahatlıkla karşı konulabilecektir.



Şekil 2.9: Simetrik Perde Yerleşimi

Perdelerin kat planında farklı düzenlenme şekilleri ve bu düzenlemelerin etkileri aşağıda gösterilmiştir (Şekil 2.10).



Şekil 2.10: Perdelerin Düzenlenme Şekilleri

2.4 Yapısal Düzensizlikler

Yapının taşıyıcı sisteminin düzenli veya düzensiz olması yapının deprem etkisindeki davranışının saptanmasında ve ilgili kesit tesirlerinin bulunmasında önemli ölçüde etkilidir. Bu ayırım, Tablo 2.1 ve Tablo 2.2 de verildiği gibi, taşıyıcı sistemin yatay ve düşey kesitlerinin değerlendirilmesiyle yapılabilir. Bahsedilen düzensizlikler, taşıyıcı sistem davranışının belirlenmesinde yapılan kabullerin artmasına sebep olurken; taşıyıcı sistem elemanlarının daha fazla zorlanmasına sebep olur.

Tablo 2.1: Planda Düzensiz Olan Yapılar

<table>
<tr><th>Düzensizlik</th><th>Tanım</th><th>Önlem</th></tr>
<tr><td rowspan="2">A1) Burulma düzensizliği</td><td rowspan="2">Bir katta %5'lik yatay kuvvet dışmerkezliği altında öteleme ve burulma sonucu oluşan en büyük relatif yer değiştirmesinin ortalama öteleme yer değiştirmesine oranının 1.2 den büyük olması(η>1.2)</td><td>η_{bi}>1.2 ise,ek dışmerkezlik arttırılır.</td></tr>
<tr><td>η_{bi} >2.0 dinamik hesap yapılır.</td></tr>
<tr><td>A2) Döşeme süreksizlik düzensizliği</td><td>Katlarda diyafram görevi yapan döşeme sisteminde %33 den fazla boşluk bulunması(A_b/A>1/3)</td><td rowspan="2">Deprem yükünün döşemelerden kolon ve perdelere iletildiği hesapla gösterilir.</td></tr>
<tr><td>A3) Planda çıkıntı düzensizliği</td><td>Planda her iki doğrultudaki çıkıntıların bu doğrultudaki yapı boyutunun %20 sinden fazla olması(a_x>l_x/5;a_y>l_y/5)</td></tr>
<tr><td>A4) Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Paralel Olmama Düzensizliği</td><td>Yatay yükleri taşıyan elemanların , yapıya depremin etkidiğinin kabul edildiği eksenlere paralel olmaması</td><td>Dik iki doğrultudaki deprem etkisinde bulunan iç kuvvetler birleştirilir.</td></tr>
</table>

Tablo 2.2 : Düşeyde Düzensiz Olan Yapılar

Düzensizlik	Tanım	Önlem
B1) Dayanım (zayıf kat) düzensizliği	Bir katın etkili kesme alanının (kolon + perde + 0,15 x kargir duvar alanı) üst katınkine oranının 0,80 den küçük olması ($\eta_{ci\ min} < 0,80$)	$0,60 < \eta_{ci\ min} < 0,80$ ise , R katsayısı $1,25\eta_{ci\ min}$ ile büyütülür.
		$\eta_{ci\ min} < 0,60$ olmasına izin verilmediği için , kolon ve perde kesitleri arttırılarak bu oran büyütülür.
B2) Rijitlik (yumuşak kat) düzensizliği	Bir katta %5'lik yatay kuvvet dışmerkezliği altında oluşan ortalama relatif yerdeğiştirmesinin üst katınkine oranının 1,5 dan fazla olması ($\eta_{ki} > 1,50$)	Dinamik hesap yapılır.
B3)Süreksizlik düzensizliği	Yatay yük taşıyan düşey elemanların alt katlarda devam etmemesi	Kolon konsola oturamaz Perde kirişlere mesnetlenemez
		Kolonun iki ucundan mesnetli kirişe oturması durumunda veya perdenin iki ucunda kolona oturması durumunda iç kuvvetler %50 arttırılır.

2.5 Tüpler

Tüpler yatay yükler etkisinde eğilme ve burulma ile zorlanırlar. Perdelerden oluşan bir tüp sistemde eğer simetri varsa eğilme etkisinde bir perde veya boşluklu perde olarak idealize edilebilirler.

2.5.1 Kapalı Veya Boşluklu Tüp

Daha önceki bölümlerde de belirtildiği gibi perdeler, merdiven ve asansör kovalarında bir tüp teşkil edebilirler. Bu tür durumlarda, perdelerde kapı, pencere, servis açıklıkları gibi boşluklar bulunabilir. Binanın yüksekliği boyunca devam eden bu boşlukların üç boyutlu yatay yüklere maruz kalması halinde "boşluklu tüp"'ten söz edilir. Boşluklu perdeler rijit kat döşemeleri ya da bağlantı kirişleri ile birbirine bağlanarak beraber çalışabilirler.

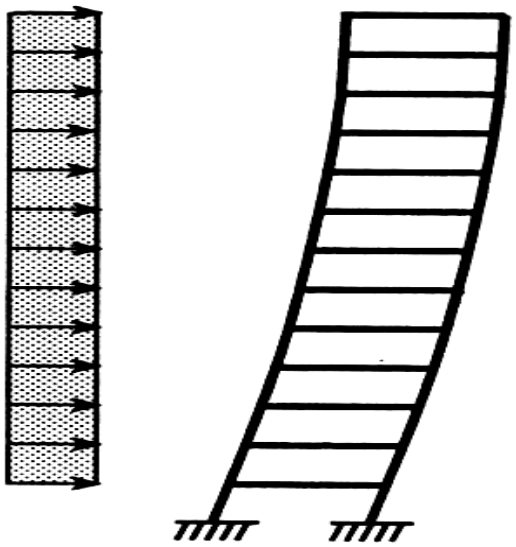
Bağlantı kirişleri tekil perdeye nazaran önemli rijitlik artışına sebep olur ve perde davranışının boşluksuz perde davranışına yaklaştırır. Bu durumda üç boyutlu yükün taşınması halinde "boşluklu tüp"ten "kapalı tüp"' e geçiş olur.

2.5.2 Çerçeveler Ve Çerçevelerle Oluşturulan Tüpler

Çerçeveler, kolon ve kirişlerden oluşan düzlem taşıyıcı sistemlerdir. Çerçevelerin bina içinde rijitleştirici yapı elemanı olarak kullanılmaları halinde kiriş boyutları sorun yaratacaktır. Bu tip çerçeveler duvarlar boyunca teşkil edilmeli ve sık kolon düzeneği oluşturularak yeterli rijitlik sağlanmalıdır.

Kat sayısının artmasıyla, çerçeveler tek başına yatay yükleri karşılayamaz hale gelir. Kiriş-kolon yapı elemanlarından teşkil edilen çerçeveler yatay rijitliği sağlamakta zorlanır. Boyutlar mimarinin izin vermeyeceği derecede artar. Bu durumda çerçeve-perde sistemleri tercih edilir.

Çerçeveli sistemden teşkil edilen bir yapının yatay yükler etkisindeki davranışı aşağıda gösterilmiştir (Şekil 2.11)

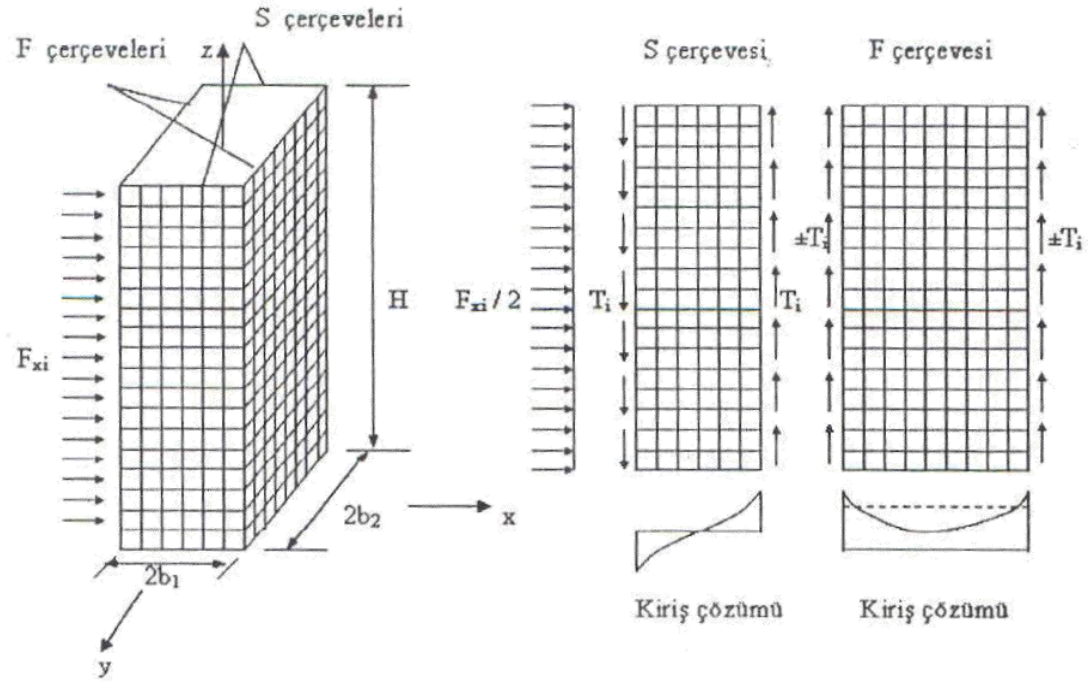


Şekil 2.11 : Çerçevelerin Yatay Yük Etkisindeki Davranışı

Fakat yapı yüksekliğinin daha da artmasıyla (kat sayısının 30'u aşması) sonucu "tüp-çerçeve" olarak tanımlanan sistem etkili bir şekilde kullanılır. Bu sistemde kolonlar yapının etrafına sık bir şekilde merkezden belli bir uzaklıkta yerleştirilirler ve "kuşak etkisi" oluşturacak şekilde kirişlerle birbirine bağlanırlar.

Bu şekilde sık konumda yerleştirilerek kirişlerle bağlanan kolonlar rijitliği arttırarak etkin bir tüp sistem oluştururlar. Bu kolonlar, merkezden uzağa yerleştirildikleri için çerçevelerle teşkil edilen tüp sistemler burulma momentlerine yüksek direnç sağlarlar.

Tüp sistemlerde, yatay yükler etkisindeki bileşke moment tüpün başlarındaki normal kuvvetlerden oluşan kuvvet çifti ile karşılanır. Çerçeve başlarında oluşan normal kuvvet doğrultusunda düzenlenme şekillerine göre tüp çerçeveler S ve F tipi olarak iki kısımda incelenirler. S çerçeveleri çerçeve başlarında oluşan normal kuvvet doğrultusunda düzenlenirken (Şekil 2.12); F çerçeveleri normal kuvvet doğrultusuna dik olarak düzenlenirler. S ve F çerçevelerinin bir arada olması halinde, S ve F çerçeveleri arasında yalnızca kayma kuvveti iletilebilir. Böylece S çerçevelerinin yükü azalır.



Şekil 2.12 : Çerçevelerden Oluşan Tüp Sistemde Yük Dağılımı

F çerçevesi kolonları birlikte çalışma etkisinden kurtulmaya çalışırlar ve sonuçta köşe kolonlarda normal kuvvet artışı olur. Ayrıca, S çerçevelerinin kiriş ve kolonlarında ilave eğilme zorlamaları oluşur.

Çerçevelerden oluşan tüp kesitler simetrik olmalarına rağmen statikçe yüksek dereceden belirsiz oldukları için çerçeve sistem olarak hesaplanmaları zordur.

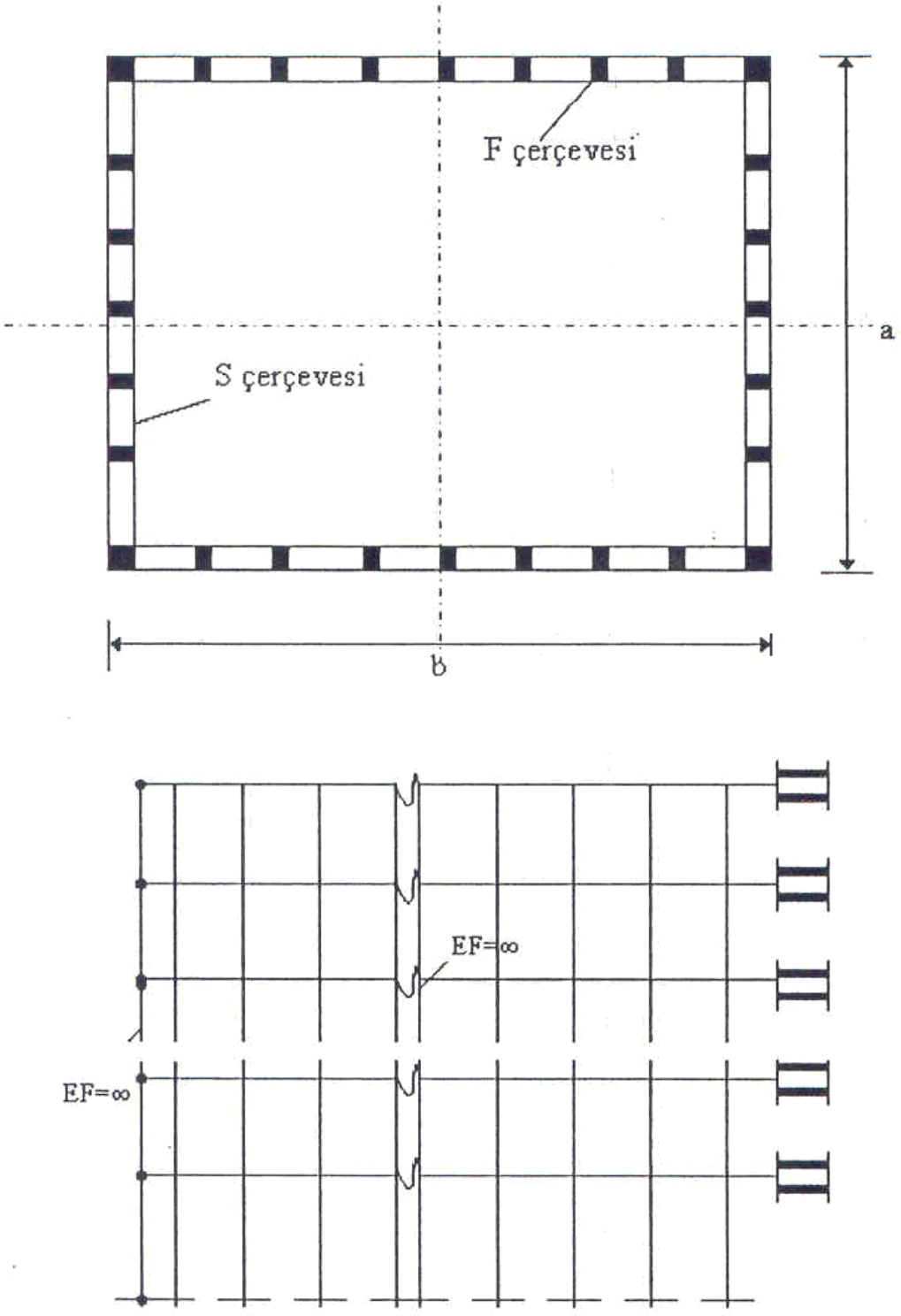
Bu nedenle hesaplamalarda Şekil 2.13 de görüldüğü gibi bir eşlenik sistem kullanılarak hesaplamalar basitleştirilebilir. Fakat, üç boyutlu taşıma biçimi ve yatay rijitlikler de kesin hesabın yapılabilmesi için zorunludur.

Planda biçimi iki ayrı U kesitten oluşan bir eşdeğer tüp tanımlayarak çerçevelerden oluşan tüp sistemin çözümlemesi yapılabilir. Bu U kesitlerin başlıklarını, köşeye yakın kolonlarını bulunduran parçalar oluşturur.

Ön boyutlamada kullanılacak bu başlık genişlikleri;

- Gövde uzunluğunun yarısından
- Yatay yük doğrultusuna dik duvar boyutlarının 1/ 3' ünden
- Yapı yüksekliğinin %10'undan

fazla olmamalıdır.



Şekil 2.13 : Çerçeveli Bir Tüp Sistemin Eşlenik Sistemi

Genel olarak bu kural, tüp çerçeve sistemini oluşturan kolonlarda yatay yük etkisiyle oluşan kesit tesirleri (eğilme momenti, kesme kuvveti ve normal kuvvet) için bilgisayar programlarından elde edilen sonuçlarla eşdeğerdir.

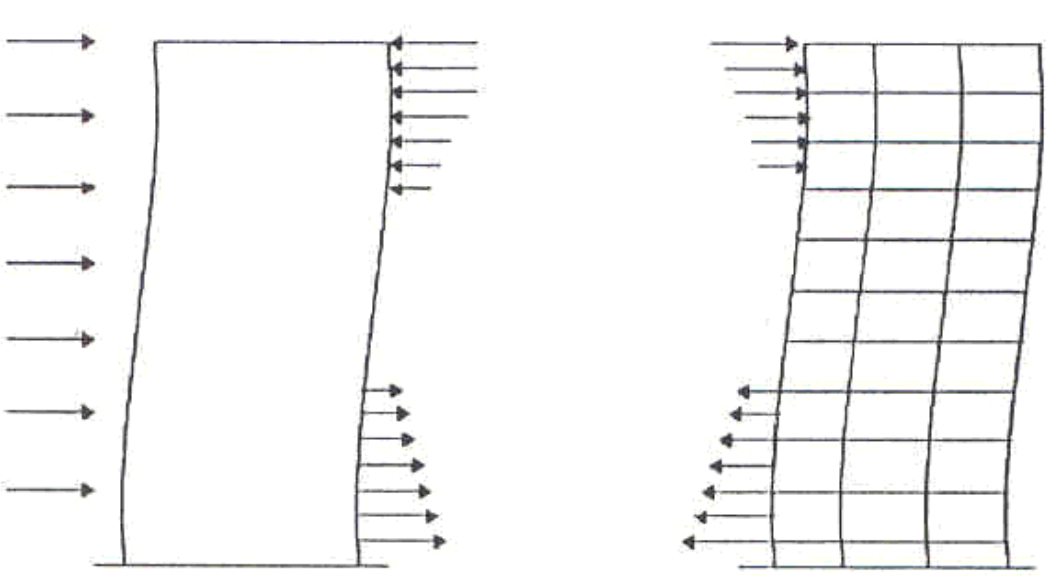
2.5.3 Perdeli Çerçevelerle Teşkil Edilen Tüp Sistem

Yapı yüksekliğinin daha da artmasıyla çerçevelerle teşkil edilen tüp sistemlerde bahsi geçen S çerçevesi köşe kolonlarında normal kuvvet artışı sonucu büyük eğilme momentleri oluşur. Çerçevelerle teşkil edilen tüp sistem, yatay rijitliği sağlamakta yetersiz kalır. Yapının ekonomik olarak boyutlandırılması güçleşir. Bu durumda sistemde çerçevelerin yanı sıra perde elemanlar rijitliği arttırmak için teşkil edilebilirler. Tüp çerçevelerin ve perdelerin şekil değiştirme durumları birbirinden farklıdır. Sonuç olarak, bu iki sistemin bir arada kullanılması halinde özellikle alt katlarda yatay yüklerin taşınmasında daha etkili bir sistem ortaya çıkacaktır.

Ayrıca, S çerçevesi kolonlarında eğilme zorlamaları önemli derecede azalacak ve bu elemanların yatay rijitlikleri ve yatay yük taşıma kapasiteleri önemli düzeyde artacaktır. Yatay rijitliğin daha da arttırılması isteniyorsa çerçevelerle teşkil edilen tüp sistem boşluklu perdelerle de birleştirilebilir. Bu durum sistemin yatay yük taşıma kapasitesini daha fazla arttıracaktır.

2.6 Karma Taşıyıcılar

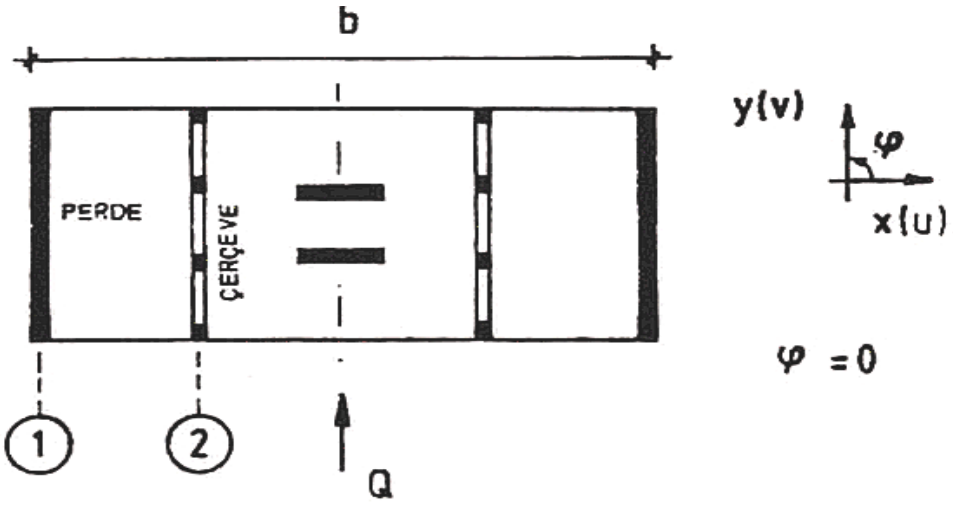
Yatay yüklerin taşınmasında en uygun sistem perde ve çerçevelerin birlikte kullanılmasıdır. Perde–çerçeveli bir sistemin yatay yükler etkisindeki şekil değiştirme durumu Şekil 2.14 de gösterilmiştir.



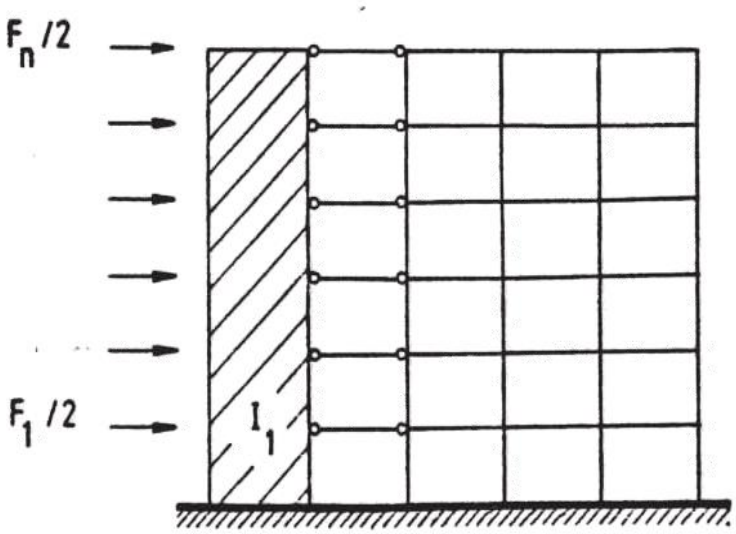
Şekil 2.14: Perde Çerçeveli Sistemin Yatay Yük Etkisindeki Davranışı

Perde duvarlar yatay yüklere karşı koyan yapı elemanlarıdır. Çerçeveler ise, kolon ve kirişlerden oluşan ve düşey yüklere karşı koyan taşıyıcı sistemlerdir. Çok katlı yapılarda yapı yüksekliği arttıkça sistem daha fazla yatay yüke maruz kalır. Bunun bir sonucu olarak, temel seviyesine doğru kesme kuvvetinin artmasıyla kolon boyutları ekonomik olmayacak seviyede artar. Bu durum, çerçeve sisteme perde ilavesi ile engellenebilir. Böylece, perdeler özelliklerinden dolayı yatay yükün büyük bir kısmını karşılarken çerçevelerle birlikte daha etkili bir davranış sergilerler. Fakat, perde duvarların ve çerçeveli sistemlerin şekil değiştirme durumları birbirinden farklıdır. Perdeler eğilme kirişi özelliği gösterirken, çerçeve sistemi kayma davranışı özelliği gösterir. Perde ile çerçeve belli bir aşamadan sonra birlikte çalışmaya başlar. Perde- çerçeveli sistemlerin düzlemlerinde sonsuz rijit hareket ettikleri ve burulma etkisinden uzak oldukları kabulüne dayanarak her kat seviyesinde eşit deplasman yaptıkları düşünülür. Bu da sistemin özellikle deprem etkisindeki davranışının rijit olmasını sağlayacaktır.

Perdeli çerçeveli karma sistemlerin, planda simetrik düzenlenmesi ve yatay yüklemenin de düzleme simetrik etkimesi halinde sistem çözümlemesinde düzlem sistem idealleştirilmesi yapılabilir. Şekil 2.15 de simetrik yükleme altındaki perdeli-çerçeveli bir sistemin düzlem sistem idealleştirilmesi gösterilmiştir.



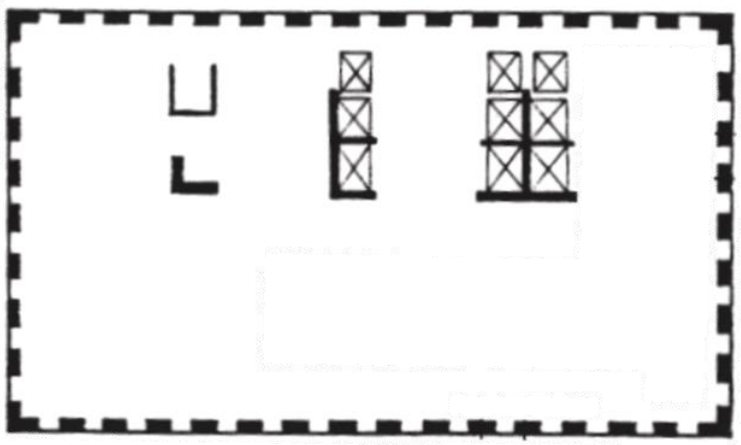
(a)



(b)

Şekil 2.15: Simetrik Yükler Etkisindeki Sistem Ve Düzlem Sistem Eşleniği

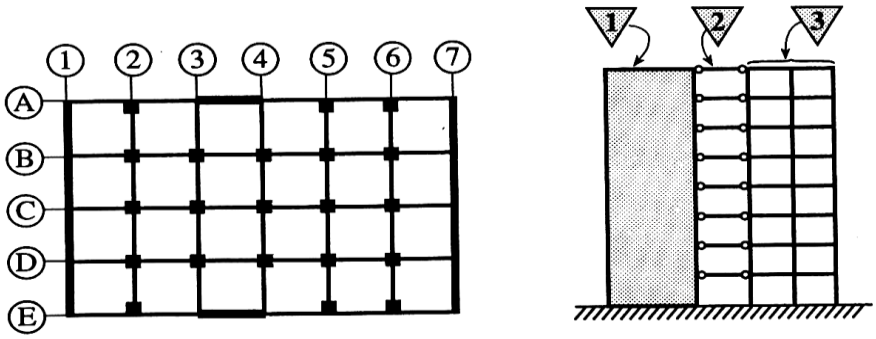
Daha önceki bölümlerde bahsedilen tüp-çerçeve sistemde yatay yüklerin daha da artması halinde sistem iç-içe tüp şeklinde teşkil edilir. Bu tür bir durumda çerçeveli tüp sistem olarak teşkil edilmiş bir bina planının içinde bir çerçeve tüp sistem daha teşkil edilir. Böylece sistem daha rijit bir hal alır (Şekil 2.16).



Şekil 2.16: İç İçe Tüp

Perdeli çerçeveli bir sistemde perde ve çerçevenin farklı rijitliklere sahip olmasına bağlı olarak şekil değiştirme eğrisi ya kayma ya da eğilme kirişi davranışı sergileyecektir. Sonuçta, perde ve çerçevenin yük taşıma oranlarındaki değişiklik yapı tasarımını yakından etkileyecektir.

Perde-çerçeve sistemler, pratikte çok farklı şekillerde tasarlanabilir. Aşağıdaki şekillerde farklı perde- çerçeve sistem teşkilleri gösterilmiştir (Şekil 2.17).



Şekil 2.17a: Dolu Gövdeli Perdelerle Teşkil Edilmiş Perde- Çerçeve Sistem Teşkili

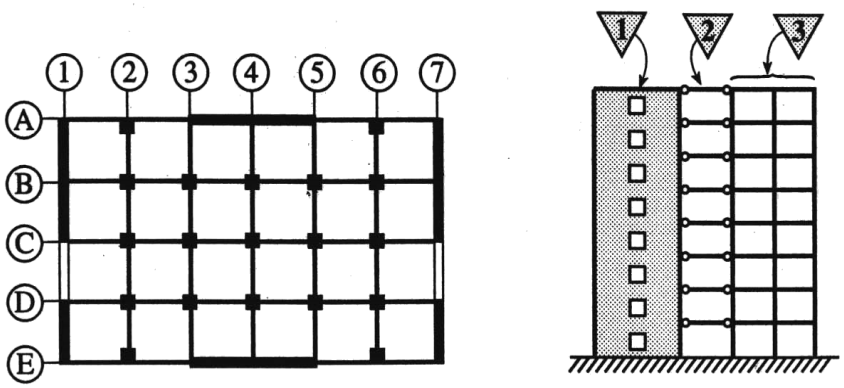
Bu sistem idealleştirilmesinde :

1 (1) ve (7) akslarındaki dolu perdelerin toplamını

2 Perde ve çerçevelerin eşit ötelenme yapmasını sağlayan sonsuz rijit döşeme plağı.

3 (2)- (6) akslarındaki çerçevelerin toplamını

Şekil 2.17b de ise boşluklu perde duvarlarla teşkil edilen bir perde–çerçeve sisteminin plandaki ve düşey düzlemdeki durumu gösterilmiştir.



Şekil 2.17b : Boşluklu Perdelerle Teşkil Edilmiş Perde- Çerçeve Sistem

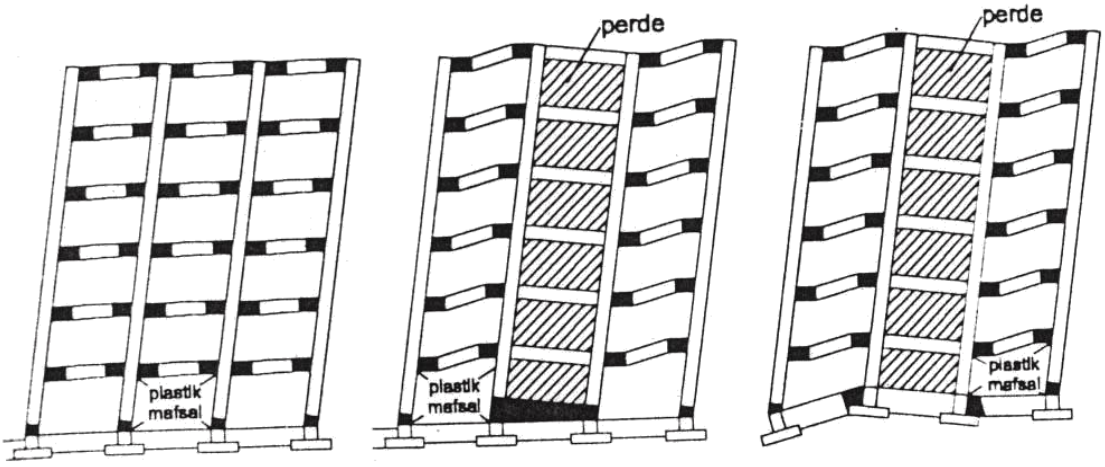
1 (1) ve (7) akslarındaki boşluklu perdelerin toplamını

2 Perde ve çerçevelerin eşit ötelenme yapmasını sağlayan sonsuz rijit döşeme plağını

3 (2)- (6) akslarındaki çerçevelerin toplamını tanımlamaktadır.

2.7 Perde Çerçeveli Sistemlerde Güç Tükenmesi Biçimleri

Perde çerçeveli sistemlerin güç tükenmesi biçimleri aşağıda gösterilmiş ve bu durumlar incelenmiştir (Şekil 2.18).



(a) (b) (c)

2.18: Perde-Çerçeve Sisteminde Güç Tükenmesi Biçimleri

2.7.1 Kirişlerde Mafsallaşma

Bu durumda, güç tükenmesi yaygın olarak kiriş mesnetinde görülür. Elastik ötesi şekil değiştirmeler çerçeve sistemin kiriş mesnetinden başlamıştır. Dolayısıyla plastik mafsallaşma bölgeleri kiriş uçlarındadır. Sistemde hasar bir yerde yoğunlaşmamıştır. Böylece toptan göçme engellenmiştir. Sünek türden bir davranış sergilenir (Şekil 2.18 a).

2.7.2 Perde Taban Kesitinde Plastikleşme

Bu durumda, elastik ötesi şekil değiştirmeler perde mesnet kesitinde yoğunlaşmıştır. Güç tükenmesi ve plastik mafsallaşmanın bu bölgede olduğu kabul edilir. Bu göçme biçiminde de tüm sistem hasar görmemiş toptan göçme gözlenmemiştir (Şekil 2.18b)

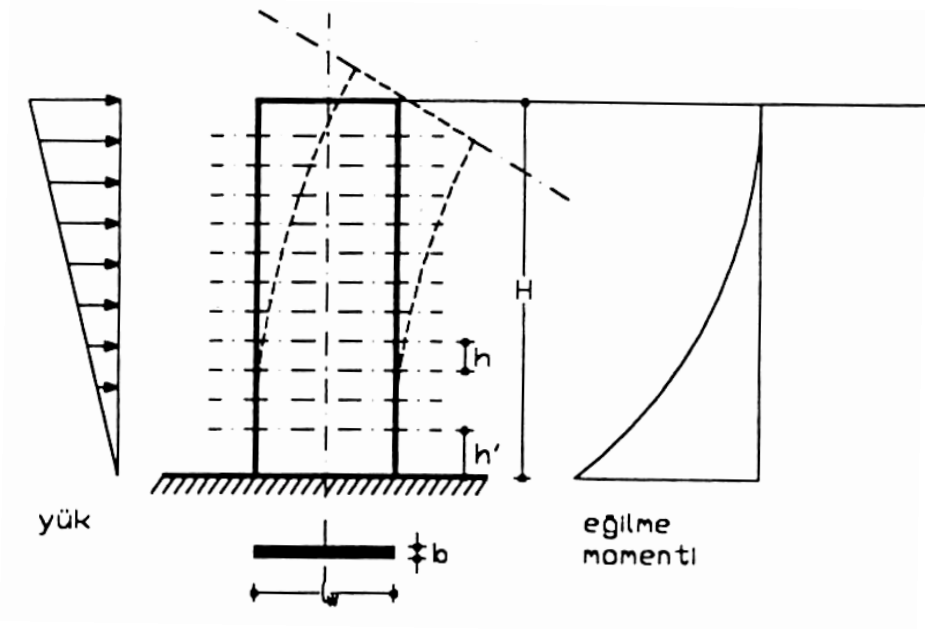
2.7.3 Perdenin Kalkması

Bu durumda, perde temelinde meydana gelen ek çekme gerilmeleri sonucu perde temeli sünek olmayan türden yatay ötelenerek kalkar. Sünek olmayan ve istenmeyen bir davranış olan bu hareket perde temelinde yeterli normal kuvvetin sağlanmadığının bir göstergesidir. Bu durumun önlenmesi için, temel boyutu büyütülmeli ve komşu kolonların temelleri ile birleştirilerek plak temel haline getirilmelidir ve normal kuvvet arttırılmalıdır (Şekil 2.18c).

3. PERDELERİN DAVRANIŞLARI VE HESAP ESASLARI

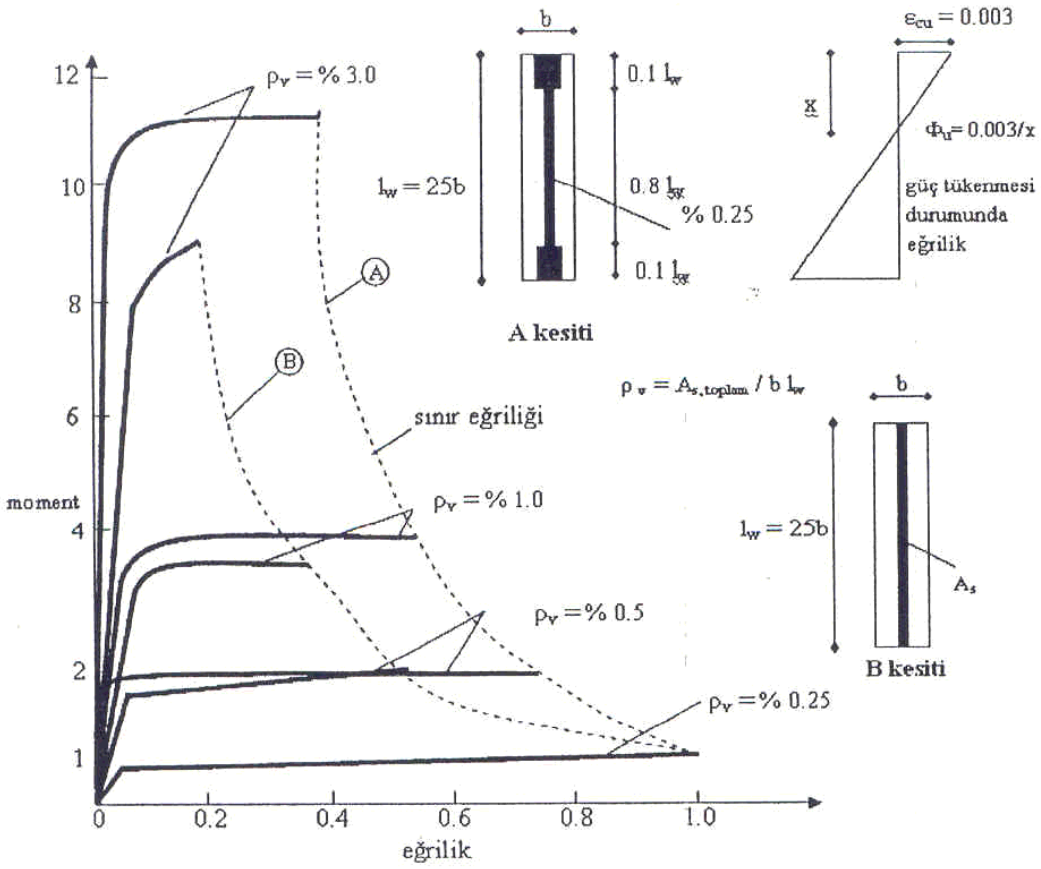
3.1 Konsol Perdelerin Davranışları

Perdeler, yüksek yapılarda tek başlarına bulunmaları halinde konsol kiriş davranışı sergilerler. Bu durumda konsol perdeler yatay yüklerden dolayı eğilme momenti, düşey yüklerden dolayı normal kuvvet etkisinde kalırlar. Fakat konsol perdelerde eğilme etkisi daha baskındır (Şekil 3.1). Perdeler kolonlara nazaran daha rijit oldukları için normal kuvvetleri o kadar büyük değildir. Bu durum, konsol perdelerin temel düzenlenmesinde sorun çıkarabilir. Böyle bir durumla karşılaşıldığında perde temeli daha büyük tasarlanmalı ve diğer sınır kolonlarla birleştirilerek plak temel teşkil edilmelidir.



Şekil 3.1: Konsol Perde Davranışı

Yapı yüksekliği azaldıkça deprem kuvvetleri küçülecektir. Bu tür yapılarda perdeler, sıklıkla gereğinden daha fazla büyük olarak , mimari plana göre düzenlendiklerinden fazla zorlanmayacaklardır. Bu tür hallerde perdeye her iki doğrultuda 0,0025 oranında konstrüktif donatı yerleştirilmesi uygundur. Sonuç olarak, perdenin hem dayanım hem de sünekliği artacaktır.

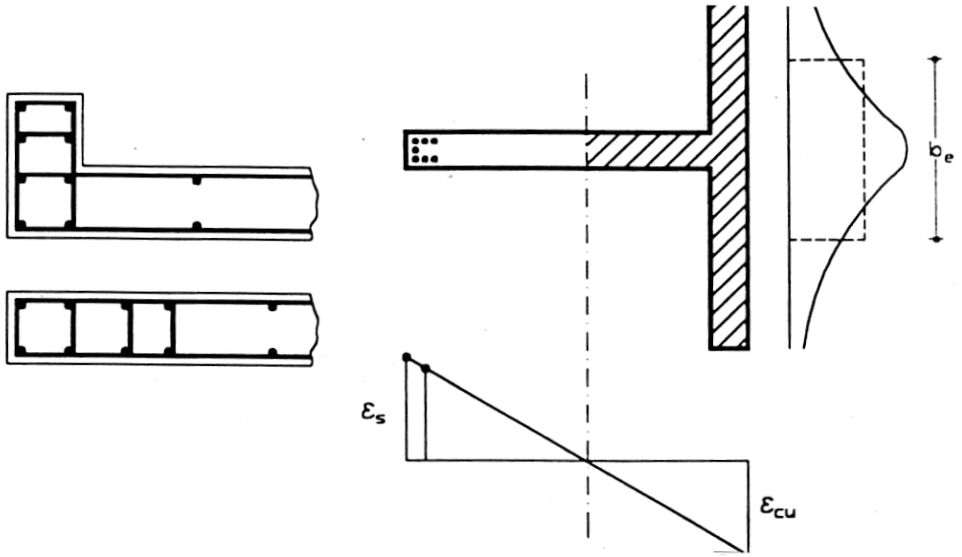


Şekil 3.2: Perde Kesitinde Eğilme Momenti-Eğrilik Değişimi

Boyutları özdeş, donatı oranları farklı iki ayrı betonarme perde kesiti yukarıda gösterilmiştir (Şekil 3.2). A kesitinde perde uç bölgeleri teşkil edilmiş ve bu bölgelerde donatı oranı yoğunlaştırılmıştır. B kesitinde ise bu yönde bir uygulamaya gidilmemiştir. Bu iki kesit için eğilme momenti-eğrilik değişimi Şekil 3.2 de gösterilmiştir. Eğilme momenti kapasitesi gövde donatısının arttırılması ile artsa bile kesitin güç tükenmesi durumundaki şekil değiştirme kapasitesinin (sünekliğin) azaldığı gözlenmiştir. Bunun yerine perdelerin kritik olarak nitelendirilen uç kısımlarında donatı sıklaştırılmasına gidilmesi eğilme momentinin büyük olduğu durumlarda ekonomik sonuçlar verecektir. Gövde donatısının ρ_v=0,0025 olduğu perdedeki eğilme momenti- eğrilik verilerinin diğer durumlarla karşılaştırılması için Şekil 3.2 verilmiştir. Normal kuvvetin küçük olduğu perdelerin boyutlandırılmasında karşılıklı etki diyagramındaki basit eğilme-dengeli durum arası bölgenin kullanılması uygun olur. Normal kuvvet arttıkça kesitte güç tükenmesi durumunda şekil değiştirme kapasitesi azalacaktır. Bu nedenle, en elverişsiz yükleme olarak 0.9G+E yüklemesinin seçilmesi normal kuvveti azaltacaktır.

Perdeler en fazla mesnet kesitinde zorlanırlar. Bu bölgelerde kolonlara benzer şekilde, perde mesnetinden yukarı kesimlerde perdenin plandaki yüksekliği boyunca etriye sıklaştırılmasına gidilmesi kesitin sünekliğinin arttırılması açısından önemlidir. Yine kolonlara benzer şekilde perdelerin yanal burkulmalarını önleyecek şekilde yükseklik boyunca yatay donatı yerleştirilmesi de uygundur.

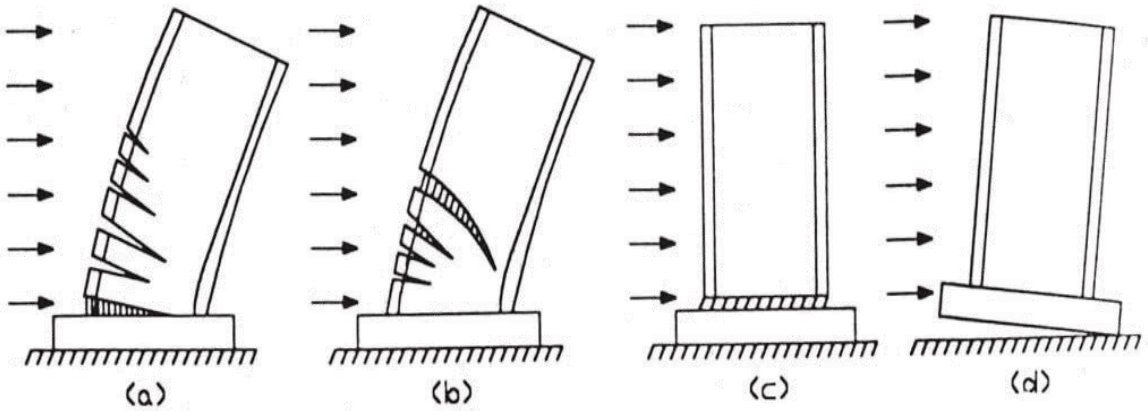
Daha öncede belirttiğimiz gibi perdelerin en çok zorlanan kesitleri uç bölgelerdir. Uç bölgelerde zorlanmayı azaltmak, beton basınç bölgesini büyütmek ve perde elemanının burkulmasını önlemek amacıyla, perde başlık bölgesi tasarlanmalıdır. Perde başlık bölgeleri, özellikle bodrum katlarında teşkil edilmelidir. Başlık bölgesinin kolonlarının konstrüktif kurallarına benzer şekilde donatılması yatay yüklerin karşılanmasında uygundur. Başlık bölgesi, bir perdeye dik doğrultuda diğer bir perdeyle birleştirildiği takdirde doğrudan elde edilir. Perdenin eğilme momenti kapasitesi başlık bölgesi teşkiliyle oldukça artar. Dik kesişen perdelerde bir perdenin başlık bölgesine birleşmesi halinde başlık bölgesinde basınç gerilmeleri azalacağından başlık bölgesi tablalı kesitlere benzer şekilde etkili tabla genişliği tariflenerek hesaplamak uygun olur (Şekil 3.3).



Şekil 3.3: Perde Başlık Bölgesi Ve Dik Kesişen Perdelerde Etkili Tabla Genişliği

3.2 Perdeler İçin Güç Tükenmesi Şekilleri

Perdeler için güç tükenmesi biçimleri aşağıda verilmiştir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4: Perdeler İçin Güç Tükenmesi Biçimleri

3.2.1 Eğilme Güç Tükenmesi

Perdeler rijitliklerinin fazla olması sebebiyle yatay yüklerin büyük bir kısmını karşılarlar. Bu nedenle ciddi eğilme mometleri oluşur. Bu eğilme momenti değerinin büyük değerlere ulaşması sonucunda perdenin en büyük moment kısmında elastik ötesi şekil değiştirmeler artarak perdenin güç tükenmesine ulaşmasına sebep olur (Şekil 3.4a).

3.2.2 Kayma Göçmesi

Eğik çekme gerilmelerinin sebep olduğu göçme tipidir. Kayma güç tükenmesi sünek olmayan bir olay olduğu için, elden geldiği kadar bunun önlenmesi gerekir. Bu amaçla, donatının pekleşmesini de göz önüne alacak şekilde hesaplanan kesit eğilme dayanımının üstünde kalacak bir düşey ve yatay kayma donatısının ön görülmesi ve bunun eğilme güç tükenmesinden önce akmaya erişmemesinin sağlanması uygundur (Şekil 3.4b).[1]

3.2.3 Toptan Kayma Göçmesi

Perde temelindeki iş derzi boyunca oluşan toptan kayma göçmesi gevrek türden bir göçme olduğu için dikkat edilmelidir. Donatının kesitte düzgün dağıtılması sorunu çözebilir (Şekil 3.4c)

3.2.4 Devrilme

Perde duvar temelinde eğilme momentinin karşılanmaması sonucu devrilme olayı gerçekleşir (Şekil 3.4d). Deprem etkisiyle ortaya çıkacak güç tükenmesinin önlenmesi için deprem enerjileri yapıda sönümlendirilebilmelidir. Bu da taşıyıcı sistemin sünek olmayan davranışıyla gerçekleşecektir. Sünekliğin sağlanması içinse yapı elemanları uygun şekilde boyutlandırılmalı ve donatılandırılmalıdır. Donatı bindirme eklerinin veya kenetlenme boylarının yeterli olmasına dikkat edilmelidir.

3.3 Perde Duvarlarda İş Derzindeki Hasarın Önlenmesi

Tersinir deprem yükleri altında, iş derzlerinde kaymalar ve kayma dayanımında azalmalar meydana gelebilir. Hasarın onarılması güç olduğu için istenmeyen bir göçme tipidir. Agrega kilitlenmesi bir iş derzinde kesme kuvvetini iletirken en önemli faktör olduğu için iş derzi önce pürüzlendirilmeli, temizlenmeli daha sonra beton dökümüne geçilmelidir.

Kesme kuvvetinin iletilmesinde ikinci önemli faktör, donatının perçin etkisidir. Kesitte kaymadan dolayı oluşan şekil değiştirmesi sonucu donatılarda uzama oluşur. Bu uzamanın etkisiyle iki beton yüzeyi arasındaki çekme kuvvetini dengelemek üzere, yüzey pürüzlülüğüne bağlı bir sürtünme kuvveti oluşturan, bir basınç kuvveti oluşturur. Fakat bu katkının önemi az olduğu için göz önünde tutulmamalıdır. Kesme kuvvetinin iletilmesinde önemli katkıya sahip olan agreganın katkısının devamı için pürüzlü yüzeyler birbirine değmeye devam etmeli ve ayrıca yüzeyler açılmamalıdır. Bu sebeple sürtünme kuvvetinin ortaya çıkmasını sağlamak için düşey donatının açılmasını önlemek uygundur. Sürtünme kuvvetinin ortaya çıkması sağlanmalıdır. Sürtünme katsayısı 1 alınarak pürüzlendirilmiş ara beton yüzeyinde bu kontrol yapılabilir.

Deprem yüklemelerine maruz perdelerin çok katlı yapılarda iş derzinden kaynaklanan bir kayma sonucu göçtüğü gözlenmiştir. Bu nedenle, iş derzindeki kaymalar mümkün olduğunca önlenmeye çalışılmalıdır.

3.4 Perde Duvarların Kesme Kuvveti Etkisinde Davranışının Belirlenmesi

Yüksekliğinin kalınlığına oranı üçten büyük olan perdeler kesme kuvveti altında kirişlere benzer bir davranış sergilerler. Bu durumda betonun basınç dayanımına katkısının fazla olduğu düşünülür. Fakat bu katkı düşünülürken depremin tersinir etkisinin eğik çatlaklar oluşturacağını unutmamak gerekir.

Betonarme perde duvarlarda da diğer yapı elemanları gibi kesme kuvveti beton ve donatı tarafından taşınmaktadır. Buna göre yalnızca betonun taşıyabileceği kesme kuvveti TS500' de;

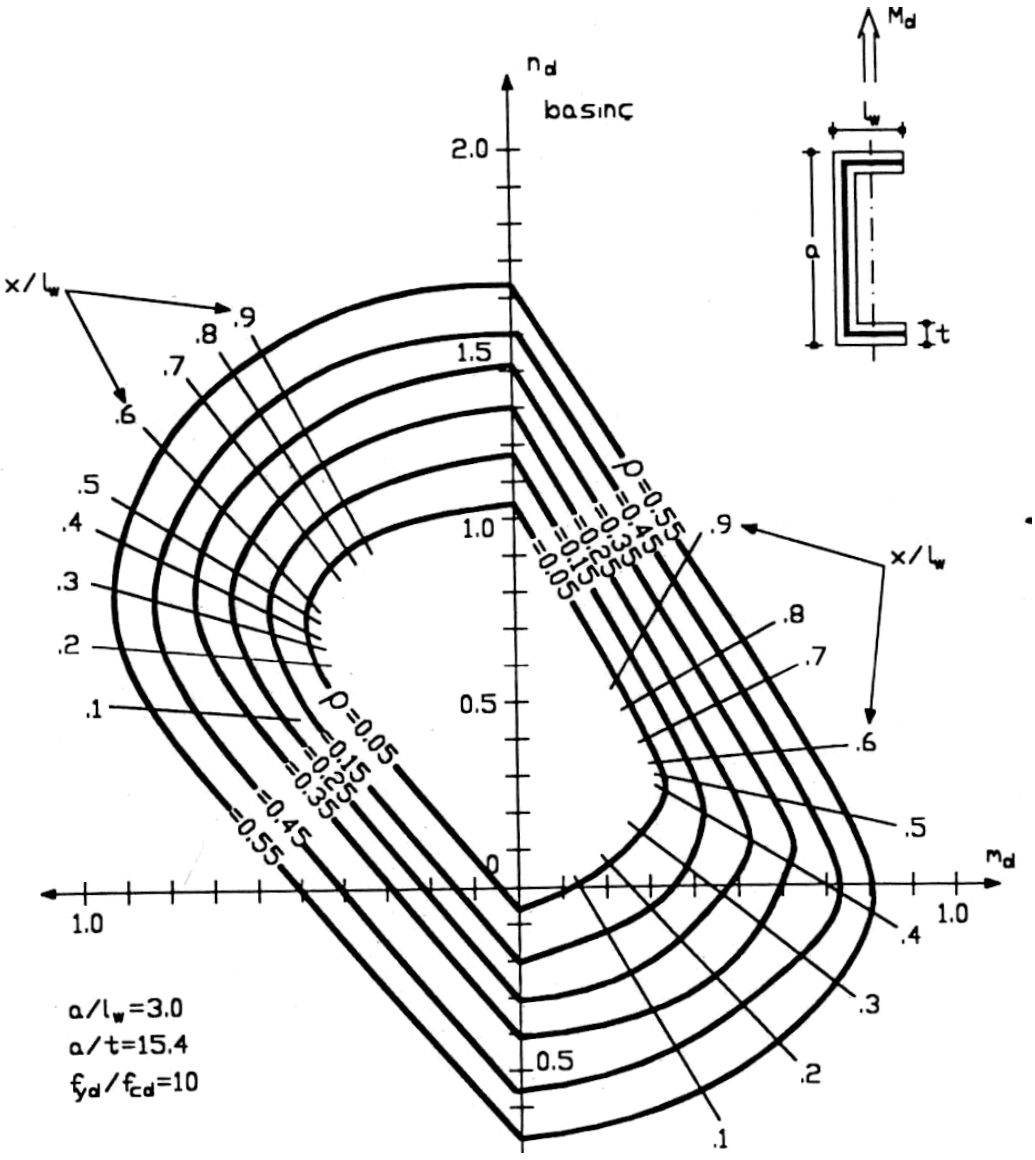
$$V_{cr} = 0{,}65 \ f_{ctd} \ b_w \ d \qquad (3.1)$$

olarak verilmiştir. Burada yer alan (d) faydalı yüksekliğinin 0.8h'dan büyük alınmaması da önerilmiştir.

Kesme kuvveti etkisiyle oluşan eğik çekme gerilmelerini karşılayacak şekilde donatı kullanılmalıdır. Perdeli sistemlerde kayma güç tükenmesi sünek olmayan bir göçme tipi olduğu için arzu edilmez. Bu nedenle, kesit eğilme dayanımı kapasitesini aşacak şekilde düşey ve yatay kayma donatısı kullanılmalıdır ve eğilme güç tükenmesinden önce akmaya erişmesi engellenmelidir.

3.5 Kesit Karşılıklı Etki Diyagramı

Perdeler betonarme yapılarda ayrık olabildikleri gibi binanın çekirdeğini de teşkil edebilirler. Başlıklı ve kanal şeklindeki perdelerin eğilme momenti ve normal kuvvet etkisi altındaki davranışının belirlenmesi biraz güçtür. Buna rağmen verilen bir donatı düzeni için belirlenen tarafsız eksene göre taşınabilecek eğilme momenti ve normal kuvvet çifti rahatlıkla hesaplanabilir. Eğilme momenti-normal kuvvet çifti yardımıyla çizilecek karşılıklı etki diyagramı yardımıyla belirli katlarda perde kesiti için donatı bulunabilir. Şekil 3.5 te $\subset$ şeklindeki kesit için karşılıklı etki diyagramı verilmiştir. Perde ekseninde donatının düzgün olarak dağıtılmadığı düşünülerek ve kesit moment vektörü eksenine simetrik olmadığı için karşılıklı etki diyagramının moment değerindeki işaret farklılaşması ile değiştiği kabul edilmiştir.

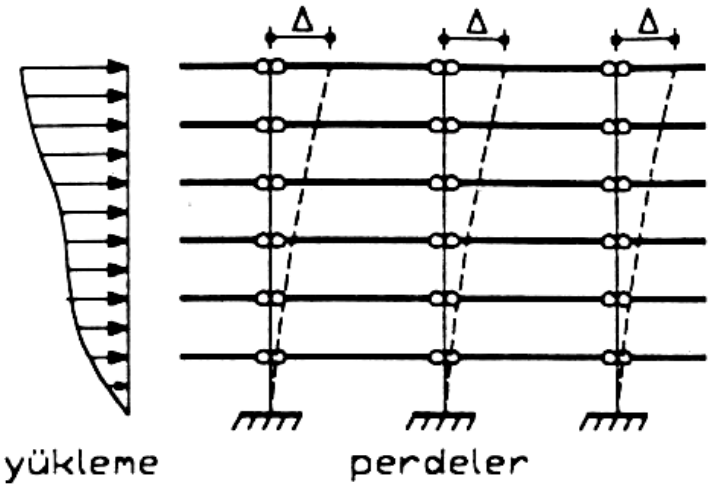


Şekil 3.5: ⊂ Kesitli Perdenin Karşılıklı Etki Diyagramı

Örnek vermek gerekirse, basit eğilme durumunda momentin pozitif değeri için beton basınç bölgesi büyürken, tarafsız eksen derinliği küçülür, kuvvet kolu büyür ve böylece moment taşıma kapasitesi artar. Aksi halde, negatif moment durumunda basınç bölgesi küçülür, tarafsız eksen derinliği büyür ve kuvvet kolu ile momentin değeri azalır.

3.6 Perdeler Arası Karşılıklı Etkileşim

Perdelerin sayısının fazla olduğu sistemlerde yatay yükün önemli kısmı ve özellikle tamamen perdelerden oluşan ve tünel kalıpla yapılan sistemlerden tamamı, perdeler tarafından taşınır. Böyle durumlarda kolonların taşıdığı kısım ihmal edilelebilir ve perde kesitleri sadece büyük atalet momenti doğrultusunda hesaba katılabilir. Döşemeler düzlemlerine dik doğrultuda, perdelere göre çok daha az rijit olduklarından, yatay yükün taşınmasına olan katkıları gözönüne alınmayabilir. Buna karşılık döşemeler düzlemlerinde çok rijit olmaları sebebiyle perdelerin birbirlerine göre relatif hareket etmelerini engeller [2]. Şekil 3.6 da gösterildiği gibi perdeleri aynı yatay hareketi yapmaya zorlarlar.



Şekil 3.6: Konsol Perdelerin Karşılıklı Etkileşerek Yük Taşımaları

F_x ve F_y sisteme her iki doğrultuda etki eden toplam dış kuvvetler olmak üzere bu kabullere dayanarak kuvvetlerin perdeye dağılımı aşağıdaki gibi yapılabilir.

$$F_{ix} = F_{ix}^{b} + F_{ix}^{t} \qquad (3.2a)$$

$$F_{iy} = F_{iy}^{b} + F_{iy}^{t} \qquad (3.2b)$$

Herhangi bir " i " perdesinin her iki doğrultuda taşıdığı yük eğilme ötelemesi (F_i^b) ile burulma dönmesi (F_i^t) olmak üzere iki kısımda düşünülmüştür.

$$F_{ix}^{b} = F_x \, I_{iy} / \Sigma \, I_{iy} \qquad (3.3a)$$

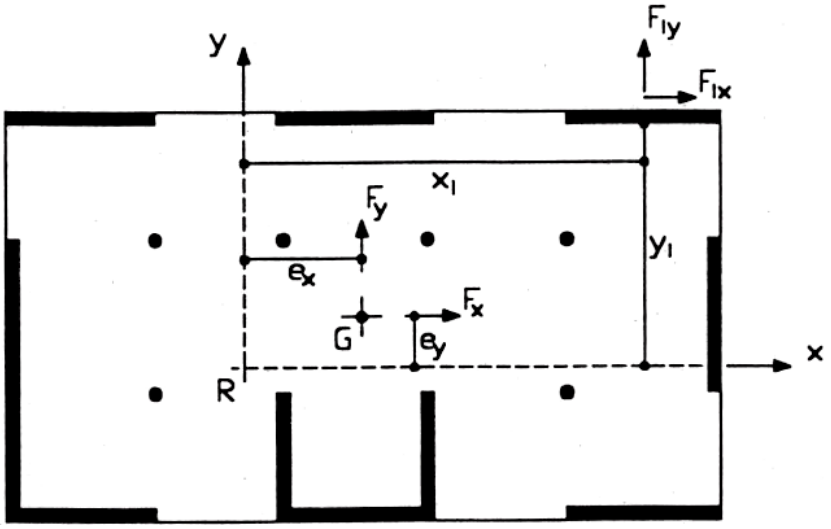
$$F_{iy}^{b} = F_y \, I_{ix} / \Sigma \, I_{ix} \qquad (3.3b)$$

$$F_{ix}^{t} = [\, F_x \, e_y - F_y \, e_y] \; y_i \; I_{iy} / J \qquad (3.3c)$$

$$F_{iy}^{t} = [\, F \, e_y - F_y \, e_y] \; x_i \; I_{ix} / J \qquad (3.3d)$$

$$J = \Sigma [\, x_i^{\,2} \, I_{ix} + y_i^{\,2} \, I_{iy}] \qquad (3.3e)$$

(3.3) de verilen ifadeler, döşemelerin kendi düzlemleri içinde rijit ve düzlemlerine dik doğrultuda kolay şekil değiştirme yapabildikleri kabulü yapılarak elde edilmiştir. Sonuç olarak, I_{ix} ve I_{iy} perdelerin atalet momentleri oranına göre yatay kuvvetlerin sistemde dağıtıldığı kabul edilmiştir. Bunun yanında, binanın rijitlik merkezi etrafında dönmesi sonucu perdelerin oluşturduğu burulma momentinin de kesme kuvveti oluşturduğu görülmüştür.



Şekil 3.7: Perdelere Yatay Yükün Dağılımı

e_y ve e_x dış kuvvetlerin dış merkezlikleri olmak üzere;

$$x_r = \sum [x_i \; I_{ix}] \; / \; \sum I_{ix} \qquad (3.4a)$$

$$y_r = \sum [y_i \; I_{iy}] \; / \; \sum \; I_{iy} \qquad (3.4b)$$

Binanın dışmerkezlikleri (e_y ve e_x) verilen rijitlik merkezi koordinatlarına (x_r , y_r) uygun olarak hesaplanarak bulunacaktır. Ayrıca formül (3.4) te geçen perdenin x_i ve y_i koordinatları da aynı rijitlik merkezi noktasına göre belirlenecektir (Şekil 3.7). Bu yaklaşım, perde atalet momentlerinin birbirine göre değişiklik göstermesi takdirinde geçerliliğini kaybedecektir.

Etkisi küçük olan perdelerin kayma şekil değiştirmesi ile burulma rijitlikleri yukarıdaki ifadelerde ihmal edilebilir. Yüksekliğinin derinliğine oranı 3'ten küçük olan kısa perdelerde kayma deformasyonları önem taşırken, kapalı kesitli perdelerde burulma deformasyonu önem taşır.

Eğilme etkisindeki perdelerin rijitlikleri donatının akmaya erişmesi ve kesitin çatlaması sonucu değişecektir. Çekme bölgesi, donatının akma gerilmesinin f_{yk} (Mpa) artmasıyla büyür ve ayrıca kesitin atalet momenti azalır. Bunun yanı sıra, basınç bölgesi de ortalama basınç gerilmesi N_d / A_g 'nin artmasıyla genişler ve kesitin atalet momenti artar. Kesitin çatlamamış atalet momentini I_g olarak tanımlarsak, bu kabulden yola çıkarak yeniden eşdeğer bir atalet momenti tanımlanabilir.

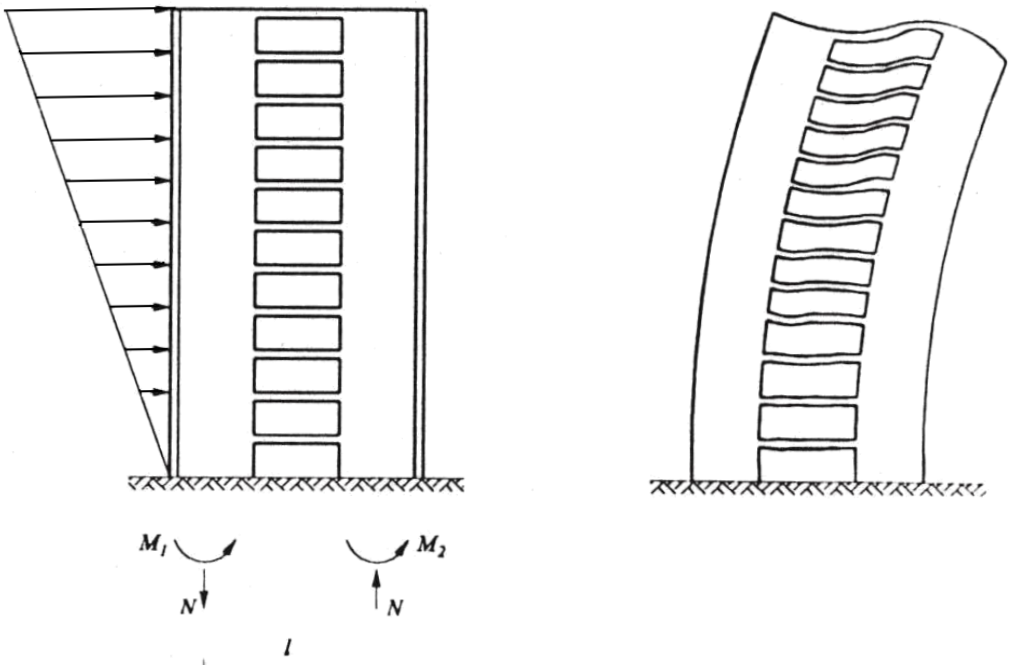
$$I_e = \left[\frac{100}{f_{yk}} + \frac{Nd}{A_g \cdot f_{ck}} \right] \cdot Ig \qquad (3.5)$$

Betonarme perdeler birbirlerine kirişlerle bağlanabilirler, bazı durumlarda da perdede açılan boşluklardan dolayı kirişler ortaya çıkabilir. Bu tür durumlarda, iki perdenin birbiriyle etkileşimi bu bağlantı kirişlerindeki uç kuvvetleri ile gerçekleşir. Örneğin Şekil 3.8 de oluşturulan boşluklarla ana kirişle bağlanmış iki perde meydana gelmiştir. Perdelerde açılan boşluklar bağ kirişlerinin oluşmasına sebep olmuştur.

Perde kesitlerinde dış kuvvetlerden dolayı bir M_0 momenti oluşur. M_0 momentini, perde kesitlerinde meydana gelen M_1 ve M_2 momentlerinin yanında bağlantı kirişlerinin uçlarında oluşan kesme kuvvetlerinin sebep olduğu normal kuvvetlerin momentleri karşılayacaktır :

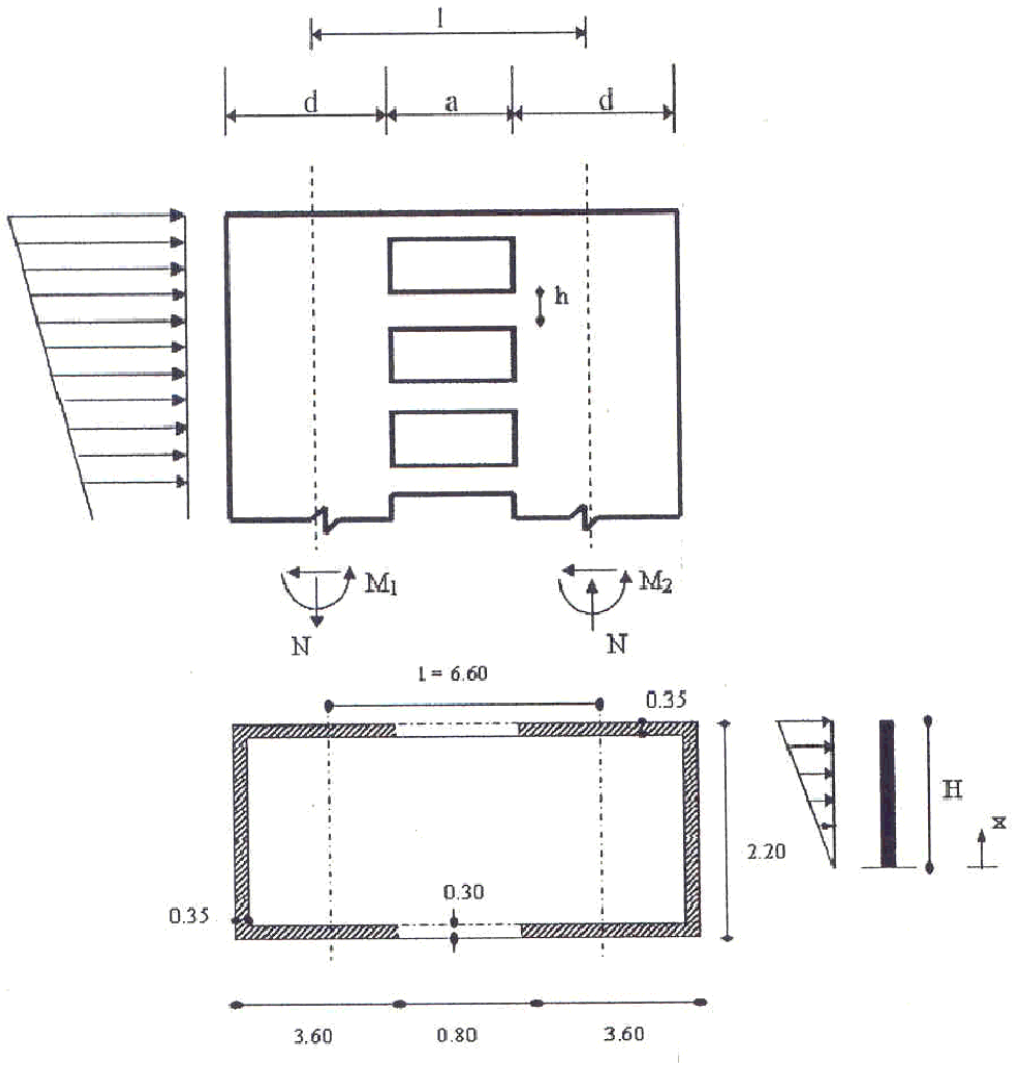
$$M_0 = M_1 + M_2 + N.\, l \qquad (3.6)$$

Bu ifadede, "l" perdelerin ağırlık merkezleri arasındaki mesafeyi ve N eksenel normal kuvveti ifade eder (Şekil 3.8).

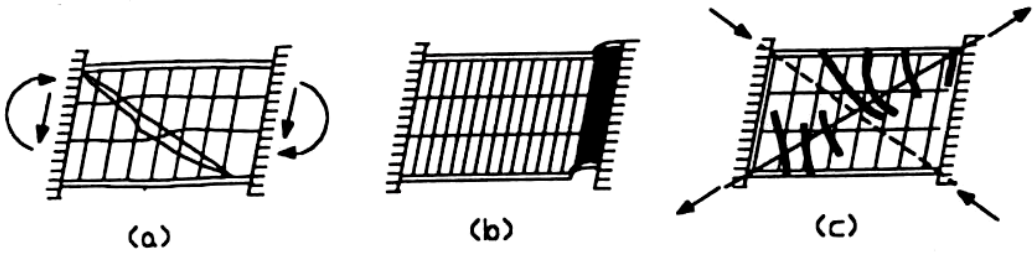


Şekil 3.8: İki Perdenin Bağ Kirişleriyle Etkileşimi

Bağ kirişlerinin rijitlikleri büyüdükçe perdelerin beraber çalışması daha etkili ortaya çıkacak, buna karşılık bağ kirişlerindeki kesme kuvvetleri dolayısıyla perdelerdeki N normal kuvveti artacaktır. Bu normal kuvvetlerin arasındaki mesafe büyük olduğu için, dış momentin bu yolla karşılanması daha uygun olabilir. Ancak bu durumda bağ kirişlerinin de önemli ölçüde zorlanacağı unutulmamalıdır. Şekil 3.9 da bu paylaşmanın perde yüksekliği boyunca değişimini göstermektedir. Görüldüğü gibi artan bağ kirişi rijitliği ile perdelere düşen eğilme momenti rijitliği azalmaktadır. Yükün artmasıyla bağ kirişlerinde eğilme momenti etkisiyle çatlamalar oluşacağından bağ kirişi rijitliği önemli ölçüde azalır [2].



Şekil 3.9: Bağ Kirişleri İle Perdeler Arasındaki Eğilme Momenti Paylaşımı



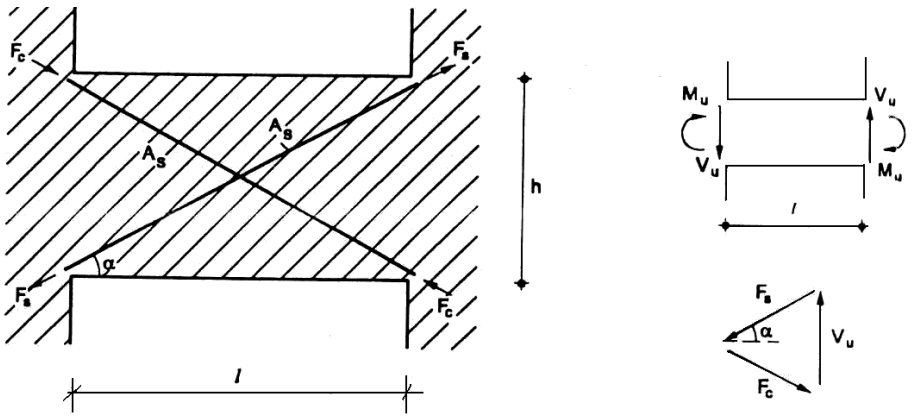
Şekil 3.10: Perdeler Arası Bağ Kirişlerinde Göçme Türleri

Bağ kirişlerinin asıl amacı kesme kuvvetinin perdeler arası geçişini sağlamaktır. Özellikle deprem etkisinde yön değiştiren kesit tesirlerine maruz kalırlar. Alışılagelen kiriş gibi donatılanan kısa açıklıklı bağ kirişleri Şekil 3.10a da gösterilmiştir. Burada, kesitin eğilme kapasitesine erişilmeden, eğik çekme gerilmeleri nedeniyle göçme durumuna gelmesi söz konusudur. Etriyelerin uygun düzenlenmesi kesme kuvveti kapasitesini arttırır fakat, yön değiştiren yükler etkisinde aderansın zayıflaması, eğilme çatlaklarının iki tarafta birleşmesine ve sonuçta uç kesitlerde ani kayma göçmesine neden olabilir (Şekil 3.10b). Özellikle kısa açıklıklı bağ kirişlerinde Şekil 3.10c de görüldüğü gibi köşegen doğrultusunda donatıların yerleştirilmesi uygun sonuç verir. Tek yönlü yüklemede çekme kuvveti taşıyan ve büyük uzamalar yapan çubuk, yükleme yönü değiştiğinde beton basınç bölgesinde kalacak, donatıda elastik sınır ötesi uzama meydana gelmişse basınç durumunda betondaki çatlaklar kapanmadan sabit çekme kuvveti taşıdıklarından aderans sorunu oluşmayacaktır.

Fakat bu donatı çubuklarının perde içindeki beton bölgesine kenetlenmesi önemlidir. Bağ kirişi dengesinden donatıda meydana gelen kuvvet ve gereken donatı alanı kolayca hesaplanabilir (Şekil 3.11). Taşıyıcı sistemin statik çözümlemesinde, bağ kirişleri ne kadar narin olursa o kadar az eğilme momenti karşılar. Bu nedenle, çatlamaları ve kesitin eğilme rijitliğinin küçülmesi daha az olacaktır. Köşegen donatıya sahip bağ kirişinin eşdeğer atalet momenti, h yüksekliği ve l_n serbest açıklığı olmak üzere;

$$I_e = 0.4I_g / [1+3 (h / l_n)^2] \qquad (3.7)$$

olarak alınır.



Şekil 3.11: Perdeler Arası Bağ Kirişinde Donatı ve Kuvvet Dengesi

Eğer bağ kirişi normal tarzda donatılandırılmışsa çatlama daha etkindir. Bu nedenle etkili atalet momenti daha da azaltılmalıdır :

$$I_e = 0.2I_g / [1+3 (h / l_n)^2] \quad (3.8)$$

Yukarıdaki ifadede paydadaki ikinci terim bağlantı kirişlerinde kayma şekil değiştirmelerinin göz önüne alındığını gösterir. Bu bağlantı kirişleri döşemelerle birlikte ise kiriş genişliğine döşeme kalınlığının sekiz katı ilave edilerek etkili tabla kalınlığı bulunur.

3.7 Bağlantı Kirişli Betonarme Perdelerin Yapısal Davranışı

İki perdenin betonarme bağlantı kirişleriyle bağlanması sonucu oluşan bir taşıyıcı sistem için taşıma gücü, bağlantı kirişlerinin davranışlarının yanı sıra kirişlerin duvarla etkileşimine de bağlıdır. Bağlantı kirişleriyle oluşturulan iki perdeli sistemin davranışı aşağıda özetlenmiştir.

3.7.1 Bağlantı Kirişlerinin Eğilmeli Kırılma İle Özdeşleştirilen Göçme Biçimi

Ana donatısı az olan bağlantı kirişlerine sahip perde duvarlı sistemlerde bu tip göçme biçimi oluşur. Perdelerin yatay yüklemeye maruz kalmasıyla birlikte yükün bulunduğu perdede (çekme perdesi) eğilme çatlakları oluşacaktır. Aşırı zorlanan katlarda bağlantı kirişlerinin perde duvarla birleştiği yerlerde eğilme çatlakları ortaya çıkacaktır. Yük artmaya devam ederse çatlaklar perde duvar boyunca ilerlemeye devam edecek ve bağlantı kirişlerinin çoğunda bu çatlaklar belirecektir. Yükün daha da artması halinde yüke yakın olmayan taraftaki perdenin (basınç perdesi), çok fazla zorlanan köşesinde ezilme olacak ve sonuçta sistem taşıma taşıma gücüne erişecektir.

3.7.2 Bağlantı Kirişlerinin Diyagonal Yarılma İle Özdeşleştirilen Göçme Biçimi

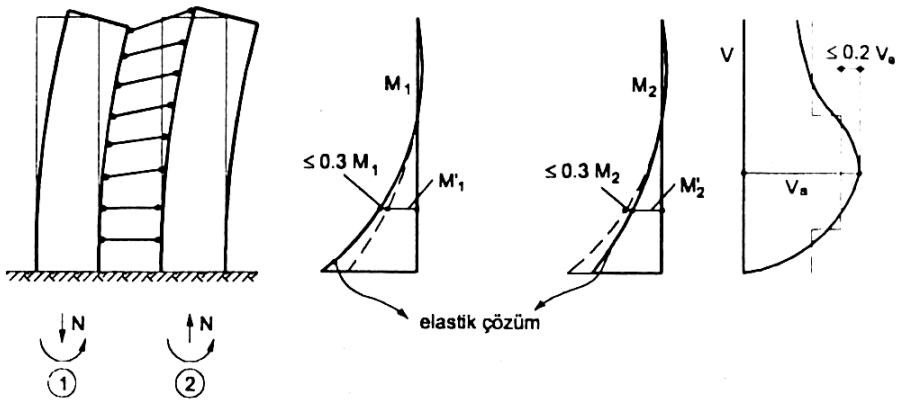
Bağlantı kirişlerinin daha uygun donatılması durumunda ortaya çıkan göçme biçimidir. Göçme süreci ilk olarak çekme perdesinde eğilme çatlaklarının oluşması ile başlayacaktır. İleri safhalarda, bağlantı kirişlerinin perdelerle birleştiği yerlerde küçük eğilme çatlakları görülecektir.

Yatay yük etkinin artmasıyla sistem daha fazla zorlanacak aderans zayıflaması ve eğilme çatlaklarının iki tarafta birleşmesi sonucu çok fazla zorlanan katlarda bağlantı kirişlerinde diyagonal yarılma çatlakları şekillenmeye başlayacaktır. Yükün giderek arttırılması ile eğilme çatlakları duvar yüksekliği boyunca yayılacak ve diğer bağlantı kirişlerinde de diyagonal yarılma gözlemlenecektir. En fazla zorlanan basınç perde duvarının köşesinde betonun ezilmesi ile perde duvar taşıma gücüne erişecektir.

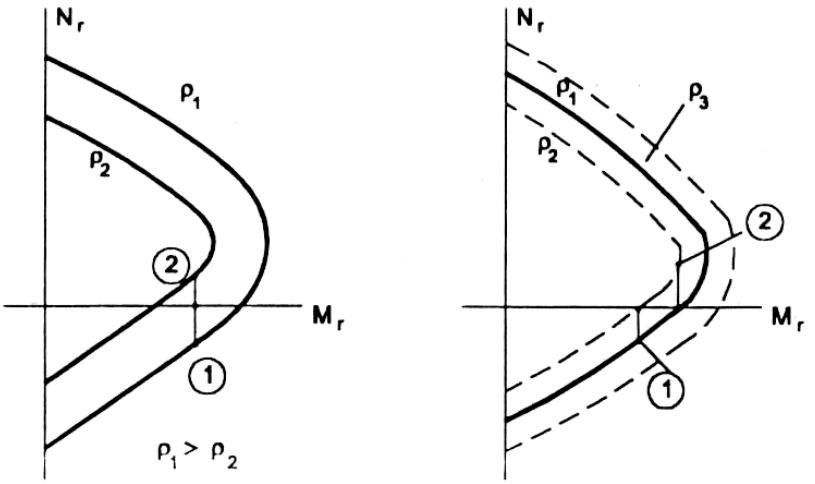
Bu durumda, bağlantı kirişlerinde az bir hasar gözlenirken, basınç perdesinin köşesinin ezilmesi ile sonuçlanır. Perde duvarların çok rijit bağlanmaları sonucu sistemin bir bütün olarak davranması bunun başlıca sebebidir.

3.7.3 Bağlantı Kirişli Perdelerin Taşıma Gücü Hesabı

Bağlantı kirişleriyle oluşturulan iki perdeli bir sistemde, moment değişimi ve bağ kirişlerindeki kesme kuvvetinin elastik olarak çözümlenmesinden elde edilen değişim ifade edilir. Bu tür bir sistem Şekil 3.12 de gösterilmiştir. Böyle bir durumda "yeniden dağılım" ilkesi uyarınca sistemin taşıma gücü hesabına gidilip donatı yerleştirilebilir. Bu sistemde 1. perdede düşey çekme kuvvetinin, 2. perdede düşey basınç kuvvetinin olduğunu düşünelim. Birinci perdeye ρ_1, ikinci perdeye ρ_2 donatısı gereklidir. Fakat deprem yön değiştiren bir yüklemedir. Bu nedenle donatı tercihimizi büyük olan donatı miktarından yana kullanmamız gerekir. Bu sebeple, eğilme momentleri yeniden düzenlenir (Şekil 3.13). Çekme kuvveti taşıyan perdede moment azaltılır, basınç kuvveti taşıyan perdede ise moment arttırılır. Böylece toplam momentin sabit kalması sağlanır. Bunun yanı sıra donatı miktarı ρ_3 olarak belirlenir. Böylece kesit için ekonomik ve güvenilir bir boyutlama mümkün olur. Fakat uyum için bu azalma %30 olarak belirlenmiştir. TS500'de bağ kirişlerinde maksimum %15 azaltmaya gidilebilir.



Şekil 3.12: Perdeler Arasındaki Yük Paylaşımının Yeniden Düzenlenmesi



Şekil 3.13: Perde Kesitinde Yeniden Düzenlemeden Önce Ve Sonra Boyutlama

3.7.4 Bağlantı Kirişlerinin Etkinliği

Bağlantı kirişleri perdeli sistemlerin birleştirilmesinde ve beraber çalışmalarının sağlanmasında etkili bir şekilde kullanılır. Bağlantı kirişlerinin rijitlikleri oranı bütün bir sistemi etkileyecek kadar önemlidir. Bağlantı kirişlerinin rijitlikleri arttıkça uçlardaki kesme kuvvetleri de büyür ve eksenel kuvvet artar. Bunun yanı sıra bağ kirişlerindeki rijitlik artışı eğilme momentinin büyümesini ve böylece perdeler arası etkileşimin artmasını sağlar.

Bunun bir sonucu olarak, perde kesitlerinde oluşan normal kuvvetle, moment taşıma kapasitesi artar. Fakat rijitlik arttıkça periyot azalır ve sistem daha fazla deprem yükünün etkisine girer. Perdelerin üst katlarındaki konsol kiriş davranışlarından dolayı, bu bölgelerde daha fazla dönme ve yer değiştirmesi yapmaları beklenir.

İki perdeden oluşan bir sistemde mesnet bölgelerinde akmaya erişilmesi sonucu güç tükenmesi gerçekleşir. Elemanların rijitlik oranlarıyla orantılı olarak, hangisinin daha önce akmaya erişeceği belirlenir.

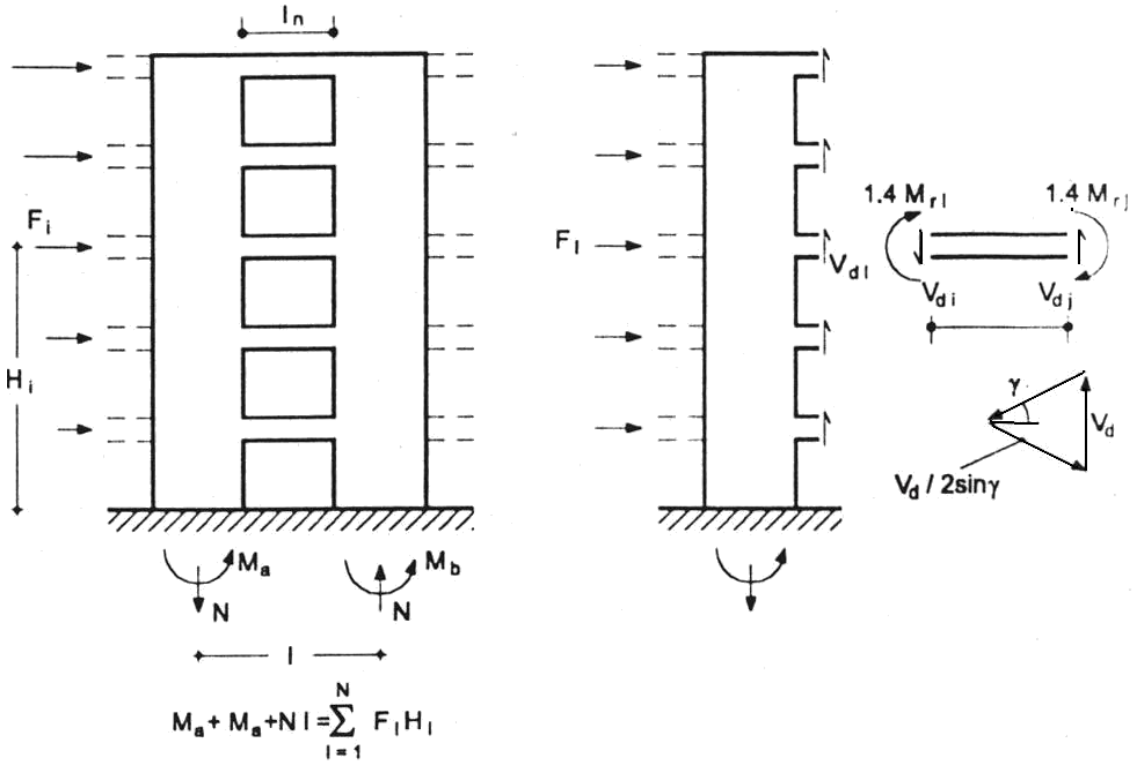
Buna göre sistemde akmanın ilk önce bağlantı kirişlerinden başlaması, sünek bir güç tükenmesinin ortaya çıkması açısından önem arz eder. Böylece tersinir deprem yüklemelerinin büyük bir kısmı öncelikle bağ kirişlerinde sönümlendirilerek plastik mafsal oluşumu sağlanacak ve hasarlar tüm sistemi etkilemeyen, giderilir bir düzeyde seyredecektir.

Bağlantı kirişlerinin çatlayacaklarını düşünerek, atalet momentlerini azaltmak suretiyle deprem etkileri azaltılabilir. Fakat böyle bir durumda, normal kuvvet azalacağından perdelerin birlikte çalışması etkilenir.

3.7.5 Bağ Kirişli (Boşluklu) Perdelere İlişkin Kurallar

Bağ kirişleriyle birbirine bağlanan boşluklu perdelerin birbirleriyle etkileşimleri bağ kirişleri ile sağlanır. Beraber çalışmalarının sağlanması amacıyla bir takım koşullar öngörülmüştür.

Göz önüne alınan deprem doğrultusunda, herhangi bir bağ kirişli perde sistemi oluşturan perde parçalarında deprem yüklerinden oluşan, taban momentlerinin toplamı, bağ kirişli perde sisteminde deprem yüklerinden oluşan toplam devrilme momentinin 2/3'ünden fazla olmayacaktır. Bu koşulun sağlanamaması durumunda, bağ kirişli perdeyi oluşturan perde parçalarından her biri boşluksuz perde olarak tanımlanacak ve deprem azaltma katsayısı (R) değiştirilecektir.



Şekil 3.14: Boşluklu Perdelerde Oluşan Taban Momentlerinin Karşılanması

Bağ kirişlerinin temiz açıklıkları (l_n), yüksekliğinin (h) üç katından büyük ya da eşit olması halinde:

$$l_n \geq 3.\ h \tag{3.9a}$$

V_e kesme kuvvetinin,

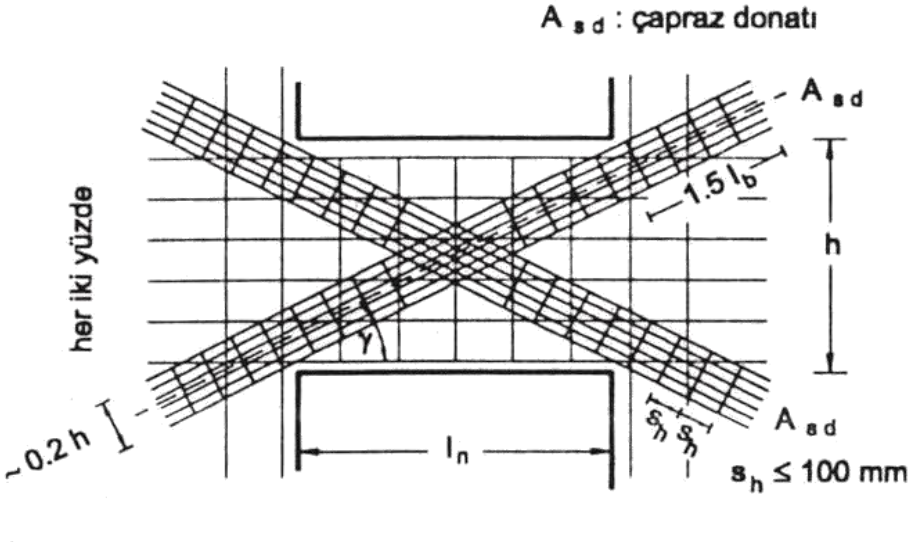
$$V_d \leq 1{,}5.\ f_{ctd}.\ b_w\ .\ d \tag{3.9b}$$

Koşullarını sağlaması halinde, bağ kirişleri kirişlere benzer şekilde donatılacak ve perde içine donatıların kenetlenmesi sağlanacaktır.

Denklem (3.9) ifadelerinden herhangi birinin sağlanamaması halinde, kesme kuvveti ve eğilme momenti etkilerini karşılamak üzere;

$$Asd = \frac{Vd}{(2 \cdot fyd \cdot \sin\gamma)} \tag{3.10}$$

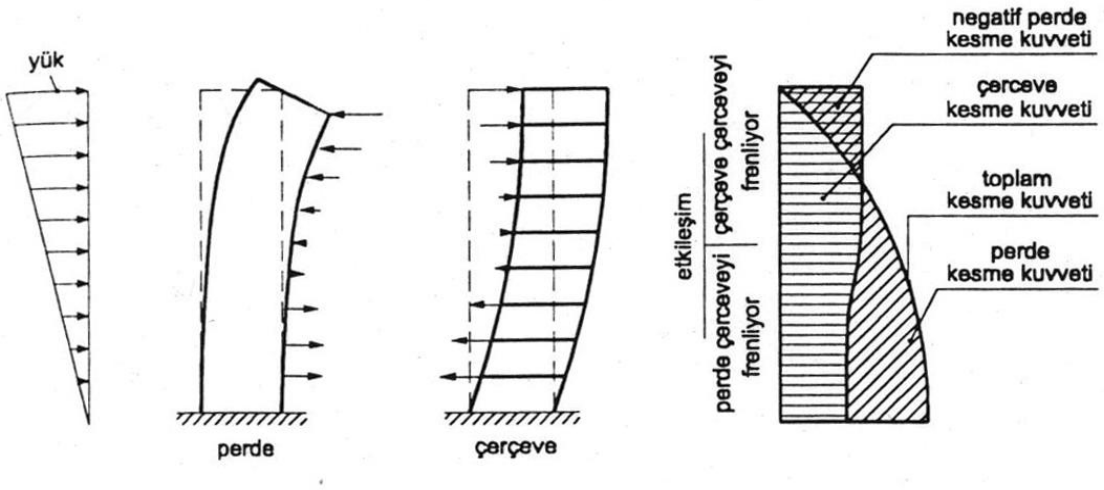
Kesit alanını sağlayacak dörtten az olmamak üzere çapraz donatı yerleştirilerek, donatı demetinin aralıkları bu alana sahip, donatı çapının 6 katından ve 100mm'den fazla olmayan etriye ile sarılacaktır. Bunun yanı sıra, uygun yatay donatı ve etriye yerleştirilmelidir(Şekil 3.15).



Şekil 3.15: Bağ Kirişlerinin Donatı Detayı

Yatay donatı ile aynı çapa sahip, metrekarede 4 adet olmak üzere (kritik perde yüksekliği boyunca 10 adet) çiroz, perdenin her iki yüzündeki gövde donatılarının bağlanması için kullanılmalıdır. Perdelerin yatay donatıların uç elemanı içine kıvrılarak kenetlenmesi sağlanmalıdır. Perde kesiti boyutlandırılırken G+Q+E yüklemesinden daha elverişsiz olan 0,9G+E yüklemesi göz önünde tutulmalıdır.

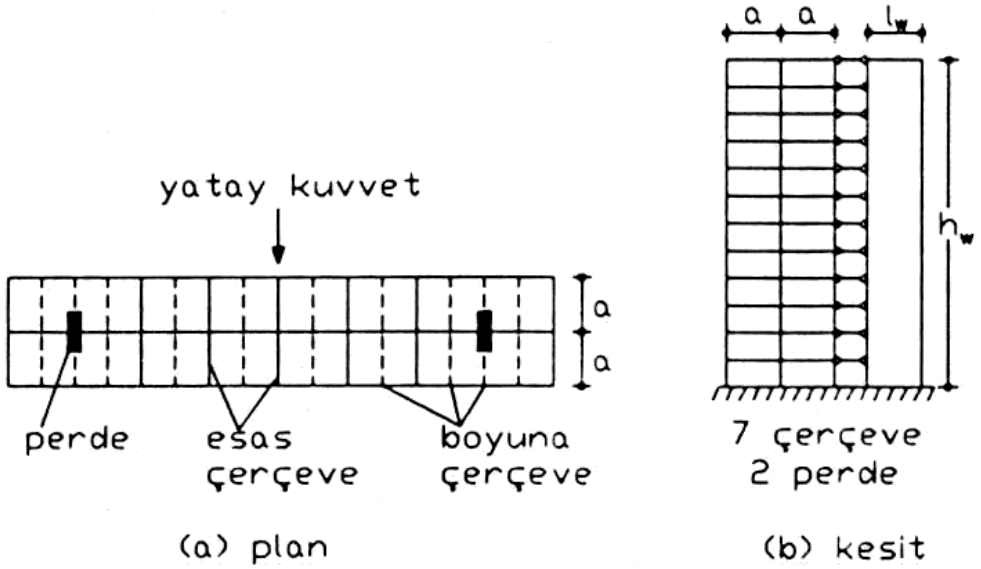
3.8 Perde Ve Çerçeve Karşılıklı Etkileşimi



Şekil 3.16: Perde ve Çerçevenin Karşılıklı Etkileşimi

Perdeler ve çerçeveler yatay yük etkisinde birbirlerinden farklı davranış sergilerler. Bu sebeple, sistem çözümlemesinde perde ve çerçevenin birbirinden bağımsız düşünülmesi hatalıdır. Şekil 3.16 da yatay yük etkisindeki bir konsol perdenin ve çerçevenin davranışları, önce ayrı ayrı daha sonra da bir sistem olarak birlikte incelenmiştir. Buna göre, perdenin şekil değiştirmesinde eğilme etkisi baskındır ve bunun sonucunda yatay yükün etkidiği noktanın üst seviyesinde sabit bir eğim görülür. Böylece, tüm katlarda başlangıca göre bir dönme gözlenir. Çerçevenin davranışı incelendiğinde ise yatay ötelemelerin alt katlarda oluştuğu ve yükün etkidiği noktanın üzerindeki katları yukarı doğru düşey bir doğrultuya geldikleri gözlenmiştir. Perde ve çerçevenin, bu farklı yerdeğiştirme davranışından dolayı, çerçeve üst katlarda perdenin yatay yer değiştirmesine engel teşkil eder. Bu sebeple, alt katlarda perde ve çerçeve, yatay yükün taşınmasında birbirine yardım eder. Üst katlarda ise perde maruz kaldığı yükten dolayı işaret değiştirir.

Sonuç olarak, perde-çerçeve sistemine etkiyen yük perdeler ve çerçeveler tarafından bir ortaklık içinde taşınacaktır. Perde- çerçeve sistemlerinde iki farklı davranışın etkileşimi söz konusudur. Perdeler yatay yük etkisinde "eğilme kirişi" şeklinde davranırken, çerçeve bir "kayma kirişi" davranışı gösterecektir. Perde duvar "dışbükey" bir deformasyon eğrisi, çerçeve ise "içbükey" olma eğiliminde olacaktır. Fakat, perde ve çerçevenin birlikte davranmaları gereğince, hem "eğilme kirişi" hem de "kayma kirişi" özelliğinde bir deformasyon eğrisi ortaya çıkacaktır.



Şekil 3.17 : Perde ve çerçevelerden Oluşan Taşıyıcı Sistem

Simetrik bir yapı planı Şekil 3.17a da gösterilmiştir. Döşemenin her kat seviyesinde rijit davrandığı düşünülerek, simetriden faydalanılarak, çerçeveler ve perdelerin ayrı ayrı birleştirilmesiyle Şekil 3.17b elde edilmiştir.

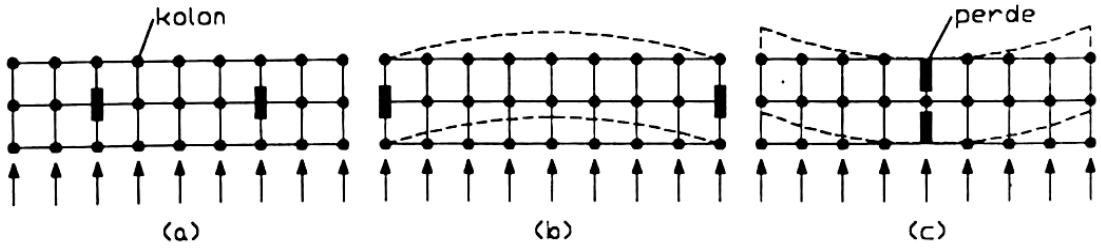
3.9 Döşeme Plağı Elastikiyetinin Yatay Yük Dağılımına Etkisi

Eğer sistemde döşemeler uzun ve inceyse, yatay yükün büyük bir kısmı perdeler tarafından taşınıyorsa, döşemelerin düzlemleri içinde yaptıkları yer değiştirmeler de hesaba katılmalıdır. Şekil 3.18a da verilen sistemde döşemenin kendi düzlemi içindeki yatay yerdeğiştirmesi ihmal edilebilir.

Şekil 3.18b ve 3.18c sistemlerinde döşeme rijit kabul edilirse, çerçeve tarafından taşınan yatay yük az gösterilirken, perde tarafından taşınan daha fazla gösterilecektir.

Rijit döşeme kabulünün yapılması sonucu, bulunan kesme kuvvetlerinin kullanılmasıyla, aynı kattaki kolon yatay yerdeğiştirmeleri hesaplanır. Böylece döşemenin esnekliğine ve rijitliğine karar verilir. Bundan sonra, rijit kabul edilen döşemenin üzerine etkiyen yükler altında döşemenin yatay yerdeğiştirmesi hesaplanır ve daha önceki kolon hesapları ile karşılaştırılır.

Bu iki hesaplama sonucu çıkan değerler arasında önemli bir fark yoksa, kabul doğrudur. Toptan yatay yerdeğiştirmenin büyük olduğu hallerde daha büyük farklara izin verilebilirler.



Şekil 3.18: Döşeme Plağının Etkisinin Yatay Yükün Paylaşımına Etkisi

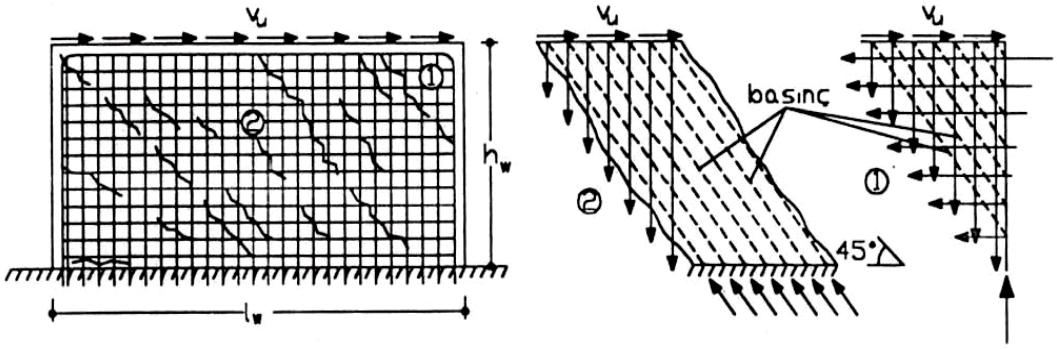
3.10 Kısa Perdeler

Yüksekliği az olan yapılarda, perde yüksekliğinin genişliğine oranı küçük ya da yapı yüksekliğinin fazla olduğu hallerde perde tüm katlarda devam etmeyebilir.

$$H_w / b_w \quad < 2 \qquad (3.11)$$

Kısa perde olarak adlandırılan bu perdelerin davranışları farklıdır. Bu tür perdelerin narinlik oranları küçüktür bu yüzden kayma dayanımları eğilme dayanımlarına göre büyüktür. Fakat, eğilme momentleri ve kesme kuvvetleri etkileşim içinde olduğu için birbirinden ayrı düşünülemez. Eğilme momenti değeri küçük olduğu için, kesit boyunca düşey eğilme donatısı düzgün bir şekilde dağıtılmalıdır.

Genel itibariyle 0,0025 değerindeki donatı oranı boyutlandırma için yeterlidir. Yük iletimi, perdelerin kat seviyelerinde birleştikleri kat döşemelerince gerçekleştirilir. Yükün temele iletilmesinde ise eğik beton basınç çubukları kullanılır. Bu eğik beton basınç çubuğunun dengesinin sağlanması için düşey ve yatay donatılara ihtiyaç vardır. Kısa perdeler de iş derzi kaymalarının olabileceği hassas bir kesittir.



Şekil 3.19: Kısa Perdelerin Kayma Dayanımı

Kayma gerilmelerinin sebep olduğu şekil değiştirmelerin hesaba katılması gerekirse eşdeğer atalet momentin

$$F = \frac{3Ie}{h_w b_w l_w} \tag{3.12a}$$

ve b_w perde kalınlığı olmak üzere;

$$I_w = \frac{Ie}{1{,}2 + F} \tag{3.12b}$$

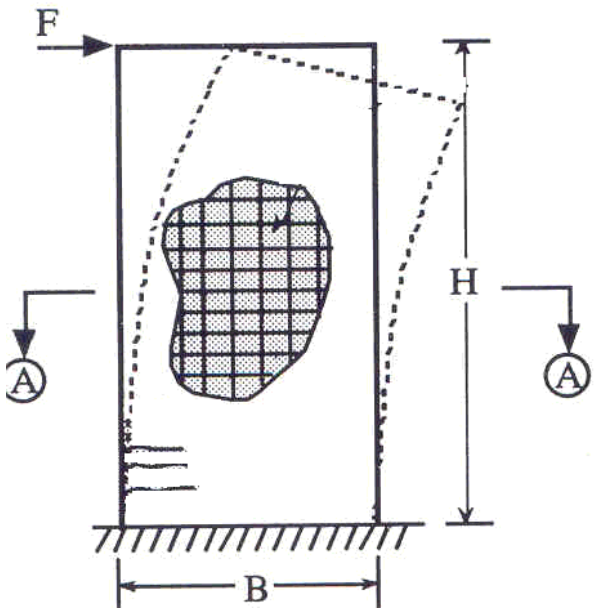
değerine azaltılması tavsiye edilir.

3.11 Yüksek Perdeler

Yüksekliğinin kalınlığına oranı ikiden büyük olan perdeler "yüksek perdeler" olarak tanımlanırlar.

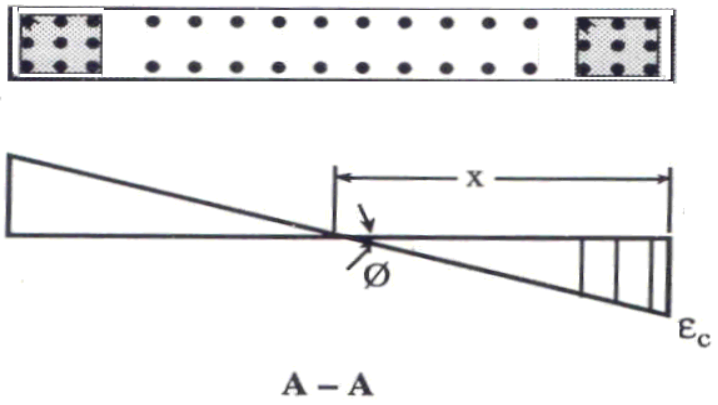
$$\frac{H}{B} > 2 \tag{3.13}$$

Yatay yükler etkisinde, perdelerde oluşan yatay öteleme büyük oranda eğilme deformasyonundan oluşur. Kayma deformasyonun katkısı küçük olduğu için ihmal edilebilir. Yatay öteleme rijitliği, sadece eğilme deformasyonu dikkate alınarak hesaplanır. Yüksek bir perdenin yatay yük etkisindeki davranışı Şekil 3.20 de ve aynı tip perdenin donatı detayı Şekil 3.21 de gösterilmiştir.



Şekil 3.20 : Yüksek Perdenin Yatay Yük Etkindeki Davranışı

Yön değiştiren deprem yükleri etkisindeki bir yüksek perdeye eşit aralıklarla düşey ve yatay donatı yerleştirilmiştir. Donatının akması sonucu kesitte eğilme çatlakları oluşmuştur. Bu yüksek perdenin A-A kesitine ait donatı detayı aşağıda verilmiştir (Şekil 3.21) .



Şekil 3.21: Yüksek Perdelerde Donatı Detayı

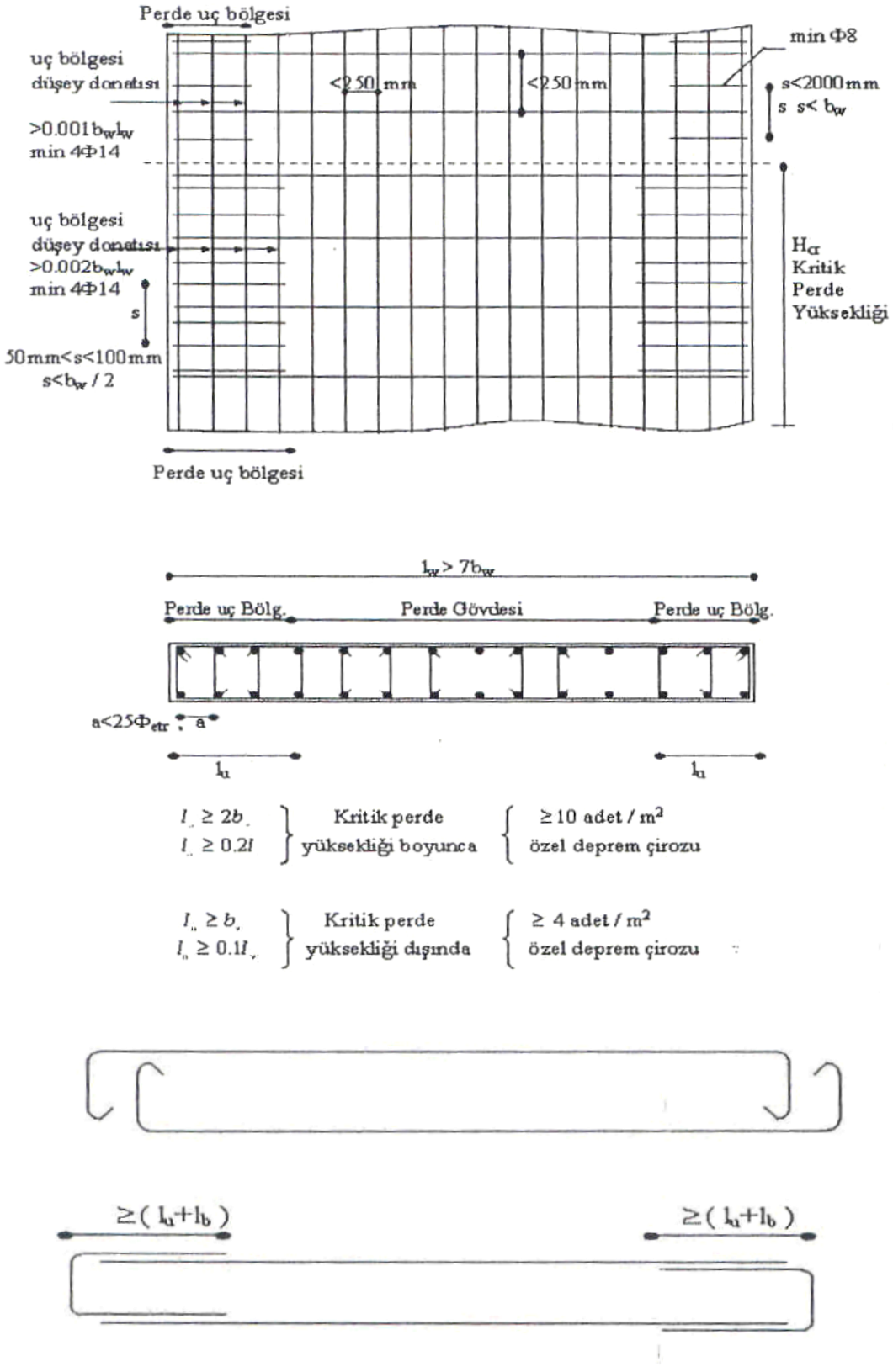
Burada yön değiştiren deprem yüklerine maruz sistemde büyük basınç kuvveti altında donatının burkulmasını ve kesitin dağılmasının önlenmesi amacıyla düşey donatı perde uç kesitlerinde yoğunlaştırılmıştır. Böylece deprem yükleri etkisindeki sistemin sünek bir davranış sergilemesi sağlanmıştır.

3.12 Konstrüktif Kurallar

Perdeler, yönetmeliklerde, planda uzun kenarının kısa kalınlığına oranı en az 7 olan düşey taşıyıcı yapı elemanları olarak tanımlanmıştır. Perdelere ilişkin konstrüktif kurallar Şekil 3.22 de gösterilmiştir. Tablo 3.1 de standartlardaki değerlere ilişkin bilgiler verilmiştir.

Perdelerde eğilme etkisi, kesit uçlarında büyük gerilmelerin oluşmasına sebep olur. Uç bölgeleri, perde boyunun %10' u kadardır ve 300 mm'den daha kısa değerler alamayan kısımlar olarak belirlenir. Düzenlenen bu uç bölgelerinin her birinde perde brüt kesitine oranı % 0,1'den az olmayan ve 4Φ14'den az olmayan donatı kullanılmalıdır.

Konsol kiriş davranışı gösteren perdelerin, en çok zorlanan bölgeleri, temele birleşen bölgeleridir. Bu sebeple, temel üst kotundan itibaren toplam perde yüksekliğinin 1/6' sı boyunca uç bölgesi tasarlaması yapılır ve donatı oranı %0,1'den %0,2'ye arttırılır. Kolonlara benzer şekilde bu bölgeler etriyelerle sarılmalıdır.



Şekil 3.22 : Perdelerde Donatı Düzeni

Deprem Yönetmeliğine göre diğer taşıyıcı elemanlar gibi perdeler de Süneklik Düzeyi Yüksek ve Süneklik Düzeyi Normal olmak üzere iki sınıfta incelenmiştir. Tablo 3.1 de Süneklik Düzeyi Yüksek perdeler için koşullar verilmiştir.

Tablo 3.1: Perdelerle İlgili Konstrüktif Kurallar

Tanım	TS500	Deprem Yönetmeliği
min l_w	-	7 b_w
min b_w	150mm	200mm ; kat yüksekliği /15
max s_w ; max s_h	300mm ; b_w ;l_w /3	250mm
min ϕ_w ; minϕ_h	-	8mm
min ρ_v ; min ρ_h	0.0025	0.0025
min $\rho_{uç}$= $A_{s\ uç}$ / ($b_w l_w$)	-	0.001
min $A_{s\ uç}$	-	4 ϕ14
min $l_{uç}$ [H_{cr} içinde (dışında)]	-	0.2 (0.1) l_w ; 2.0 (1.0) b_w
max $s_{uç}$ [H_{cr} içinde (dışında)]	-	100 (200) mm ;0.5 (1.0)b_w
min $\phi_{uç}$	-	8 mm

3.12.1 Süneklik Düzeyi Yüksek Perdeler

Bir önceki bölümde, perde tanımı yönetmeliğe göre yapılmış Tablo 3.1 de öngörülen koşullar belirtilmiştir. Deprem Yönetmeliğinin depreme dayanıklı yapı tasarımı ilkesi uyarınca geliştirdiği Süneklik Düzeyi Yüksek Perdeler bu bölümde incelenecektir.

3.12.1.1 Enkesit Koşulları

Perdeler, planda uzun kenarının kısa kenarına oranı en az yedi olan düşey taşıyıcı sistem elemanları olarak tanımlanmışlardır. Özel durumlar dışında perde kalınlığı, kat yüksekliğinin 1/15'inden ve 200mm'den az olmayacak şekilde tasarlanmalıdır.

Bir istisna olarak, yükseklik/uzunluk (H_w / l_w) oranı 2'den büyük olan perdeler için birazdan tanımlanacak kritik perde yüksekliği boyunca perde kalınlığı, kat yüksekliğinin 1/12'sinden az olmayacak şekilde tasarlanmalıdır.

Tünel kalıp sistemiyle yapılan, sadece perdeler tarafından deprem yükünün taşındığı binalarda, denklem 3.14 ile verilen koşulları her ikisinin birden sağlanması halinde, perde duvar kalınlığı, binadaki en yüksek kat yüksekliğinin 1/20'sinden ve 150 mm'den az olmayacak şekilde boyutlandırılmalıdır.

$$\frac{\Sigma A_g}{\Sigma A_p} \geq 0{,}002 \qquad (3.14a)$$

$$\frac{\mathrm{Vt}}{\Sigma \mathrm{Ag}} \leq 0{,}5\, f_{cd} \qquad (3.14b)$$

Denklem (3.14) bodrum katların çevresinde çok rijit betonarme perdelerin bulunduğu binalarda zemin kat düzeyinde, diğer binalarda ise temel üst kotu düzeyinde uygulanacaktır.

3.12.1.2 Perde Uç Bölgeleri Ve Kritik Perde Yüksekliği

H_w / L_w > 2 olan perdelerin planda her iki ucunda perde uç bölgeleri oluşturulacaktır. Perde uç bölgeleri, perdenin kendi kalınlığı içinde oluşturulabileceği gibi, perdeye birleşen diğer bir perdenin veya perdenin ucunda genişletilmiş bir kesitin içinde de düzenlenebilir.

Temel üstünden itibaren kritik perde yüksekliği, 2lw değerini aşmamak üzere, aşağıda verilen koşulların elverişsiz olanını sağlayacak şekilde belirlenmelidir. Bu koşullar şunlardır:

$$H_{cr} \geq l_w \qquad (3.15a)$$

$$H_{cr} \geq H_w / 6 \qquad (3.15b)$$

Bodrum katlarında rijitliği üst katlara oranla çok büyük olan betonarme çevre perdelerin bulunduğu ve bodrum kat döşemelerinin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, H_w ve H_{cr} büyüklükleri zemin kat döşemesinden itibaren yukarıya doğru göz önüne alınacaktır. Bu tür binalarda kritik perde yüksekliği, en az zemin katının yüksekliği boyunca aşağıya doğru ayrıca uzatılacaktır.

Dikdörtgen kesitli perdelerde, yukarıda tanımlanan kritik perde yüksekliği boyunca uç bölgelerin her birinin plandaki uzunluğu, perdenin plandaki toplam uzunluğunun %20 sinden ve perde kalınlığının iki katından daha az olmayacaktır.

Kritik perde yüksekliğinin üstünde kalan kesim boyunca ise, perde uç bölgelerinin her birinin toplam uzunluğunun % 10'undan ve perde kalınlığından az olmayacaktır (Şekil 3.22).

Perde uç bölgelerinin, perdeye birleşen diğer bir perdenin veya perdenin ucunda genişletilmiş bir kesitin içinde düzenlenmesi durumunda; her bir perde uç bölgesinin enkesit alanı, en az dikdörtgen kesitli perdeler için daha önce tanımlanan alana eşit olacaktır.

3.12.1.3 Gövde Donatısı Koşulları

Perdenin her iki yüzünde gövde donatılarının toplam enkesit alanı, düşey ve yatay donatıların her biri için, perde uç bölgelerinin arasında kalan perde gövdesi brüt enkesit alanının 0.0025'inden az olmayacaktır.

$H_w / l_w \leq 2.0$ olması durumunda perde gövdesi, perdenin tüm kesiti olarak göz önüne alınacaktır. Perde gövdesinde boyuna ve enine donatı aralığı 250 mm' den fazla olmayacaktır (Şekil 3.22).

Deprem yüklerinin tümünün bina yüksekliği boyunca sadece perdelerle taşındığı ve Denklem 3.14 ile verilen her iki koşulun sağlandığı binalarda, düşey ve yatay toplam gövde donatısı oranlarının her biri 0.0015' e indirilebilir. Ancak bu durumda donatı aralığı 300 mm'yi geçmemelidir. Uç bölgeleri dışında, perde gövdelerinin her iki yüzündeki donatı ağları, beher metrekare perde yüzünde en az 4 adet özel deprem çirozu ile karşılıklı olrak bağlanmalıdır. Ancak kritik perde yüksekliği boyunca, uç bölgeleri dışındaki beher metrekare perde yüzünde en az 10 adet özel deprem çirozu kullanılmalıdır.

3.12.1.4 Gövde Donatılarının Düzenlenmesi

Yatay gövde donatıları etriyelerle sarılı perde uç bölgesinin sonunda 90 derece kıvrılarak karşı yüzde köşedeki düşey donatıya 135 derecelik kanca ile bağlanmalıdır.

Yatay gövde donatılarının perde ucunda 90 derece kıvrım yapılmaksızın bitirilmesi durumunda, perdenin her iki ucuna gövde donatısı ile aynı çapta U biçiminde yatay donatılar yerleştirilecektir. Bu donatılar, perde uç bölgesinin iç sınırından itibaren perde gövdesine doğru en az kenetleme boyu kadar uzatılacaktır.

3.12.1.5 Perde Uç Bölgelerinde Donatı Koşulları

Perde uç bölgelerinin her birinde, düşey donatı toplam alanının perde brüt enkesit alanına oranı 0.001'den az olmayacaktır. Ancak daha önce tanımlanan kritik perde yüksekliği boyunca bu oran 0.002'ye çıkarılmalıdır. Perde uç bölgelerinin her birinde düşey donatı miktarı 4Φ14'ten az olmamalıdır. (Şekil 3.22)

Perde uç bölgelerindeki düşey donatılar, aşağıdaki kurallara uyarak, kolonlarda olduğu gibi etriyeler ve / veya çirozlardan oluşan enine donatılarla sarılmalıdır. Bu kurallar şu şekilde sıralanabilir:

Uç bölgelerinde kullanılacak enine donatının çapı 8 mm'den az olmamalıdır. Etriye kollarının ve /veya çirozların arasındaki yatay uzaklık etriye ve çiroz çapının 25 katından fazla olmamalıdır.

a) Kritik perde yüksekliği boyunca perde uç bölgelerine, kolonların sarılma bölgeleri için deprem yönetmeliğinde aşağıdaki denklemle belirtilen enine donatıların en az 2 /3' ü konulmalıdır.

b) Düşey doğrultuda etriye ve / veya çiroz aralığı perde kalınlığının yarısından ve 100 mm'den daha fazla, 50 mm'den daha az olmamalıdır. Bu donatılar, temelin içinde de en az perde kalınlığının iki katı kadar bir yükseklik boyunca devam ettirilmelidir.

$$A_{sb} \geq 0{,}075 \cdot s \cdot b_k \cdot \left(\frac{f_{ck}}{f_{ywk}} \right) \tag{3.16}$$

c) Kritik perde yüksekliğinin dışında kalan perde uç bölgelerinde düşey doğrultudaki etriye ve /veya çiroz aralığı, perde duvar kalınlığından ve 200 mm'den daha fazla olmamalıdır. Ancak, perde uç bölgelerinde enine donatının çapı ve aralığı, hiçbir zaman perde gövdesindeki yatay donatıdan az olmayacaktır.

3.12.1.6 Perdelerin Kesme Güvenliği

Perde ve perde parçalarındaki enine donatının hesabında V_d kesme kuvveti esas alınmalıdır. Perde kesitlerinin kesme dayanımı V_r aşağıdaki denklemle hesaplanacaktır:

$$V_r = A_{ch} (0.65 . f_{ctd} + \rho_{sh} . f_{yd}) \quad (3.17)$$

V_d kesme kuvveti aşağıda tanımlanan koşulları sağlamalıdır:

$$V_d \leq V_r \quad (3.18a)$$

$$V_d \leq 0.22 . A_{ch} . f_{cd} \quad (3.18b)$$

3.12.2 Süneklik Düzeyi Normal Perdeler

Süneklik Düzeyi Normal Perdeler, düşey yükler ve depremin ortak etkisinden oluşan iç kuvvetlere göre boyutlandırılarak donatılacaktır. Süneklik Düzeyi Yüksek Perdeler için verilen tasarım eğilme momentleri, Boşluklu Perdelere ilişkin kurallar ve yeniden dağılım ilkesi dışında, diğer tüm kurallar ve koşullar, Süneklik Düzeyi Normal Perdeler için de aynen geçerlidir

4. ÖZEL KONULAR

4.1 Perde Çiftleri İçin Sınıflandırma Metotları

Betonarme sünek perde çiftlerini sınıflandırılmasında bir rehber olarak sunulan bu çalışma Kanada'da O. Chaallal, D. Gauthier ve P. Malenfant tarafından yürütülmüştür.

Betonarme yüksek yapılarda perde grupları rüzgar ve sismik etkilere bağlı oluşan yatay yüklere etkin bir yapısal sistem sağlar. Perde grupları genellikle yapının yüksekliği boyunca inşa edilirler ve bağ kirişleri (döşemeler) tarafından bağlanan bir dizi perde sistemi olarak ya da kapı, pencere, koridor gibi açıklıklarda kullanılan bir merkezi çekirdek yapı oluştururlar. Yapılan çalışmalar, perde çiftlerinin yapısal davranışlarının bağlantı kirişlerinin geometrisine ve dayanımına bağlı olduğu kadar bağlantı kirişleri ile perde duvarların etkileşim derecelerine bağlı olduğunu göstermiştir. Bağlantı kirişlerinin rijitlik oranı olarak tanımlanan bu değer perde çiftlerinin sınıflandırılmasında kullanılmıştır [3]. Buna göre, rijitlik oranına göre perde çiftleri 3 kategoride incelenebilir:

1. izole bağlı duvarlar serisi (düşük bağlanma)
2. etkili bağlı perde çiftleri (orta dereceli bağlanma)
3. boşluklu perdeler (yüksek dereceli bağlanma)

Perde çiftlerinde adı geçen bağlantı kirişlerinin etkileşim derecesi (DC) , Kanada Beton Standart'ının yeni versiyonunda (CSA 1994) başlıca konulardan biri haline gelmiştir [3]. Deprem yükü azaltma katsayısı ile doğrudan aşağıdaki şekilde ilişkilendirilmiştir :

$$RD\ (DC) \geq 0{,}66 \Rightarrow R = 4{,}0 \qquad (4.1a)$$

$$RD\ (DC) < 0{,}66 \Rightarrow R = 3{,}5 \qquad (4.1b)$$

Burada önemli olan iki nokta; etkileşim derecesinin (DC) uzun yapısal analizlere gerek kalmadan nasıl elde edileceği, ikincisi ise perde çiftlerinin bu orana bağlı olarak nasıl sınıflandırılacağıdır. Yapılan çalışmalar, bu problemlerin aşılması için yeni öneriler sunmaktadır [3].

4.1.1 Rijitlik Derecesinin Hesaplanması

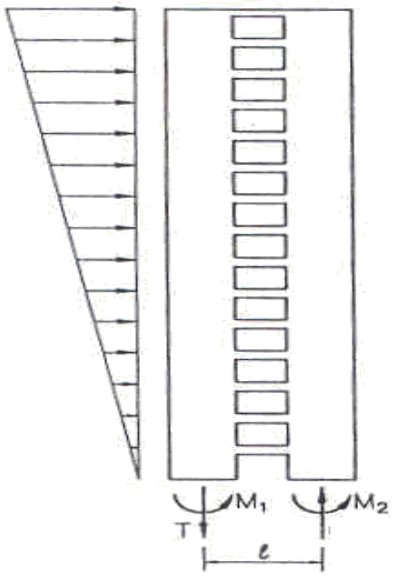
Perde çiftleri depremden oluşan yanal yükler etkisine maruz kaldığında, toplam devrilme momenti M_0, perde duvarlarda oluşan M_1 ve M_2 içsel momentleri ile normal kuvvet tarafından karşılanacaktır ;

$$M_0 = M_1 + M_2 + Pl \tag{4.2}$$

Bu ifadede, P perde çiftinde kesme kuvvetleri tarafından oluşturulan normal kuvvet değerini ve l ise iki perde duvar arasındaki mesafeyi göstermektedir. Sistemin rijitliği ne kadar büyük olursa, kayma kuvvetleri daha büyük olur ve P eksenel kuvvet değeri artar.

Bağlantı kirişlerinde oluşan çekme basınç kuvvetleri tarafından karşı koyulan toplam devrilme momenti yüzdesi olarak tanımlanan etkileşim derecesi (DC) Kanada Beton Standatlar'ında aşağıdaki şekilde hesaplanır (Şekil 4.1) :

$$RD\ (DC) = \frac{Pl}{M0} \tag{4.3}$$



Şekil 4.1: Kanada Beton Standartlarına Göre Rijitlik Derecesi (DC) Hesaplanması

Bu yöntemle etkileşim derecesinin (DC) hesabı uzun ve zahmetli olduğu için yapılan çalışmalarda perde çiftlerinin geometrisi ile etkileşim derecesi arasında istatistiki bir regresyon korelasyon metoduna dayalı yeni bir çözüm önerisi sunulmuştur[3] .

Buna göre rijitlik derecesinin (DC) bulunmasında aşağıdaki formül uygulanır :

$$\text{RD (DC)} = k \frac{H_b^a}{D_w^b L_b^c} \tag{4.4}$$

Bu ifadede geçen H_b bağlantı kirişi yüksekliği, L_b bağlantı kirişi uzunluğu, D_w perde duvar uzunluğudur. Kat sayısı (n) bağlı olarak elde edilen k, a, b, c sabitleri Tablo 4.1 de verilmiştir

Tablo 4.1 : k sabitinin ve a,b,c Üstel Fonksiyonlarının Değeri

Kat Sayısı (n)	k	a	b	c
6	2,976	0,706	0,615	0,698
10	2,342	0,512	0,462	0,509
15	1,67	0,352	0,345	0,279
20	1,463	0,265	0,281	0,19
30	1,295	0,1936	0,223	0,106
40	1,19	0,145	0,188	0,059

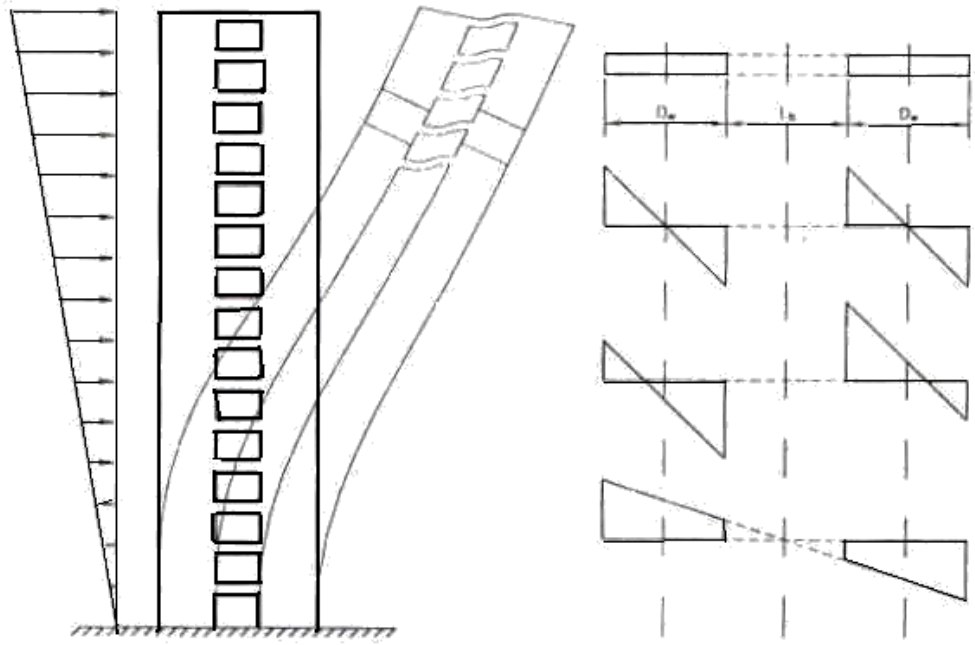
4.1.2 Perde Çiftlerinin Sınıflandırılması

Kanada Beton Standartları rijitlik derecesine (DC) bağlı hesaplanan deprem azaltma katsayısı (R)' nin değerine göre perde çiftlerini iki kısımda inceler:

RD (DC) $\geq$ 0,66 $\Rightarrow$ R = 4,0 $\Rightarrow$ kısmi bağlı

RD (DC) < 0,66 $\Rightarrow$ R = 3,5 $\Rightarrow$ tam bağlı

Şekil 4.2a da farklı bağlanma derecelerine sahip perde çiftlerinin yatay deprem yükü etkisinde yapısal davranışları ve Şekil 4.2b de bunun sonucu oluşan şekil değiştirme eğrileri verilmiştir.



(a) (b)

Şekil 4.2 : Farklı Rijitlik Derecelerine (DC) Sahip Perdelerin Yapısal Davranışı Ve Şekil Değiştirme Eğrileri

4.1.3 Doğal Periyotlara Göre Perde Çiftlerinin Sınıflandırılması

Rijitlik derecesi (DC) arttıkça yapının doğal periyodunun azalması beklenir. Çok katlı perde-duvarlı yapıların doğal periyotlarının belirlenmesinde basit farklı formüller uygun düşer. Çok katlı perde sistemlerinin doğal periyotlarının belirlenmesi için perde grupları da dahil olarak bağ kirişlerinin ya çok rijit (Ds=2Dw+ Lb) ya da çok esnek (Ds=Dw) olduğu düşünülerek (4.5a) ve (4.5b) denklemleri elde edilir:

$$T = \frac{0{,}09h_n}{\sqrt{2D_w + L_b}} \qquad (4.5a)$$

$$T = \frac{0{,}09h_n}{\sqrt{D_w}} \qquad (4.5b)$$

Bu ifadelerde; h_n bina yüksekliği, D_w perde duvar uzunluğu ve L_b bağlantı kirişi uzunluğu' dur.

Wallace ve Moehle (1992) tarafından yürütülen çalışmada, perde duvarların üniform rijitliği ve kütle dağılımı da göz önünde bulundurularak doğal periyodun hesabı için yeni bir formül geliştirilmiştir [3]:

$$T_{g-esnek}^{Wallace} = 6{,}2\frac{h_w}{D_w} n\sqrt{\frac{wh_s}{gE_c p}} \tag{4.6a}$$

$$T_{g\ \ rijit}^{Wallace} = 6{,}2\frac{h_w}{(2D_w + L_b)} n\sqrt{\frac{wh_s}{gE_c p}} \tag{4.6b}$$

bu ifadede; n: kat sayısı, w : birim kat ağırlığı, h_s :temiz kat yüksekliği, l_w ve h_w : duvar uzunluğu ve yüksekliği ve p: perde duvar alanının kat planı alanına oranıdır. Bu formüller esnek bağlı perde çiftleri ile ($l_w = D_w$) ile çok rijit bağlı perde çiftleri ($l_w = 2D_w + L_b$) için uygundur.

Son olarak perde çiftlerinin doğal periyodunun bulunması için önerilen formül ise :

$$T = 3n\left(\frac{L_b}{H_b}\right)^{0{,}19}\left(\frac{h_w}{D_w}\right)^{0{,}76}\sqrt{\frac{W}{gE_c t}} \tag{4.7}$$

burada T: doğal periyot, h_w : duvar yüksekliği, D_w : duvar uzunluğu, L_b bağlantı kirişi uzunluğu, W: ortalama sismik kat ağırlığı, t : duvar kalınlığını ifade eder.

Yukarıda verilen (4.6) ve (4.7) formülleri kullanılarak perde çiftleri aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir [3]:

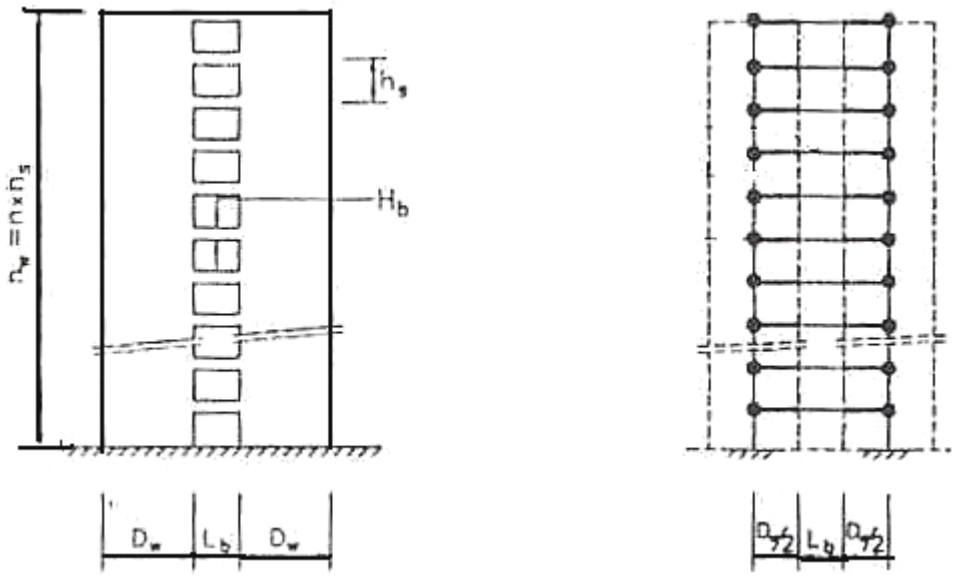
$T \leq \alpha T_{g\text{-}rijit} \Rightarrow$ perde grubu boşluklu perde,

$T \geq \beta T_{gesnek} \Rightarrow$ perde grubu iki ayrı perde,

$\alpha T_{grijit} < T < \beta T_{gesnek} \Rightarrow$ perde grubu aynı şekilde iki izole perde olarak düşünülür.

(α ve β =1,1-0,9)

Sonuç olarak; perde gruplarının geometrik özelliklerine ve bağlantı kirişlerinin rijitlik derecelerine (DC) göre perde grupları sınıflandırılmıştır. Bu şekilde bir boşluklu perdenin modellemesi ve konfigürasyonu Şekil 4.3 de gösterilmiştir.



Şekil 4.3 : Boşluklu Perdelerin Modellemesi Ve Konfigürasyonu

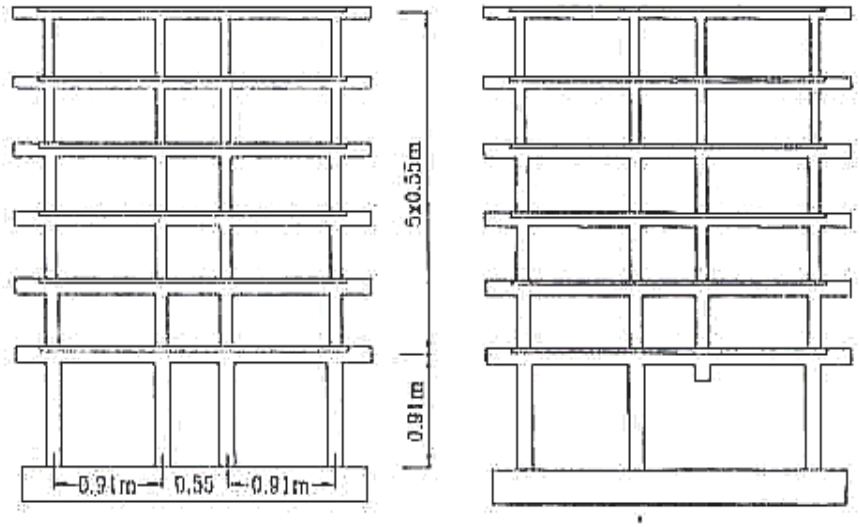
4.2 Çok Katlı Betonarme Çerçeveli Yapıların Sismik Davranışının Kıyaslamalı Çalışması:

Çok katlı betonarme çerçeveli sistemlerin lineer olmayan davranışlarını karşılaştırarak inceleyen bu çalışma, Singapur Nanyang Teknik Üniversitesi doçentlerinden Yong Lu tarafından yürütülmüştür [4].

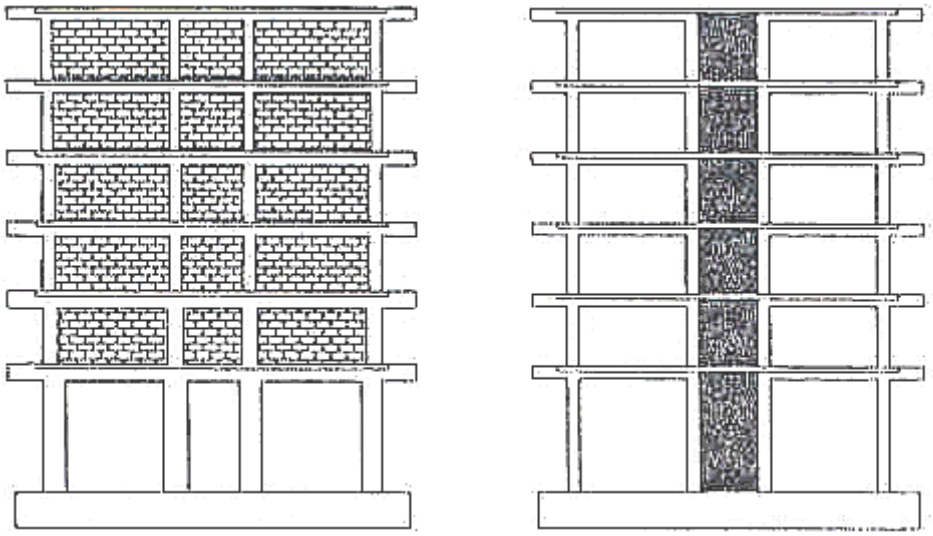
Çok katlı yapıların sismik davranışları son on yılın en yaygınlaşmış çalışma konularından biri haline gelmiştir. Genellikle bahsedilen, çerçeve sistemleri sismik davranışları düşünülerek 3 kategoride incelenebilir; betonarme çerçeveler, yığma-dolgu çerçeveler ve perde duvar-çerçeve sistemleri. Yapılan son çalışmalar, sünekliğin geliştirilmesi ve kapasite tasarımı metodlaştırmalarından ayrı olarak, yapısal düzenlemelerin ve yapısal olmayan elemanların sismik performans üzerindeki etkilerinin incelenmesi doğrultusundadır [4].

Atina Uluslararası Teknik Üniversitesi'yle birlikte yürütülen deneysel çalışmada, farklı gruplardan çerçeve sistemleri sismik performans değerleri açısından incelenmiştir. Bunlar; sıradan düzgün basit bir betonarme çerçeve sistem (BFR), düşeyde düzensizliği göstermek için kolon süreksizliğinin bulunduğu bir çerçeve sistem (DCF), birinci katı açık kısmi tuğla dolgulu çerçeve bir sistem (PIF) ve son olarak yapısal bir perde duvar – çerçeve sistemini (SWF) içermektedir.

Şekil 4.4 de bu sistemlerin geometrileri gösterilmiştir. Yapıların hepsi 6 katlı, 3 açıklıklı, süneklik düzeyi orta olarak seçilmiştir. Bütün bu yapılar EC8 ile uyumlu süneklik düzeyi ortak sismik ihtiyaçları karşılamak için tasarlanmıştır. Yapılan çalışmada farklı tepki karakteristikleri kıyaslanması için bir araştırma sunulmuş ve göçme mekanizmalarının deneysel gözlemleri baz alınarak nümerik derlemeler verilmiştir.



BFR DCF



PIF SWF

Şekil 4.4 : İncelenen Yapıların Geometrileri

4.2.1 Test Yapılarının Tasarımı:

EC8 yönetmeliği, davranış faktörü q (deprem azaltma katsayısı)nı yapıları süneklik sınıfına ayırarak belirlemiştir. Buna göre yapılar süneklik sınıfı olarak 3 kısımda sınıflandırılmıştır: yüksek, normal ve düşük. q davranış faktör değeri seçilen süneklik sınıfına göre, yapı tipini ve içerdiği düzensizlikleri de hesaba katarak belirlenir. Düzenli çerçeve BFR ye karşı gelen q faktörü 3,5 sonuç tasarım değerleri düşeyde düzensiz çerçeve (DCF) için 2.7 ve tuğla dolgulu çerçeve (PIF) için 2.4 tür.

Test modelleri El Centro deprem dalgalarına benzeyen çeşitli seviyelerdeki deprem etkilerine tabi tutulmuşlardır. Bu deprem dalgaları; EL0.10, EL0.30, EL0.60, EL0.90 ve EL1.20 dir. İkinci terimde yer alan değerler "g" etkin yer ivmesini göstermektedir.

4.2.2 Çatlama Şekilleri ve Göçme Modları

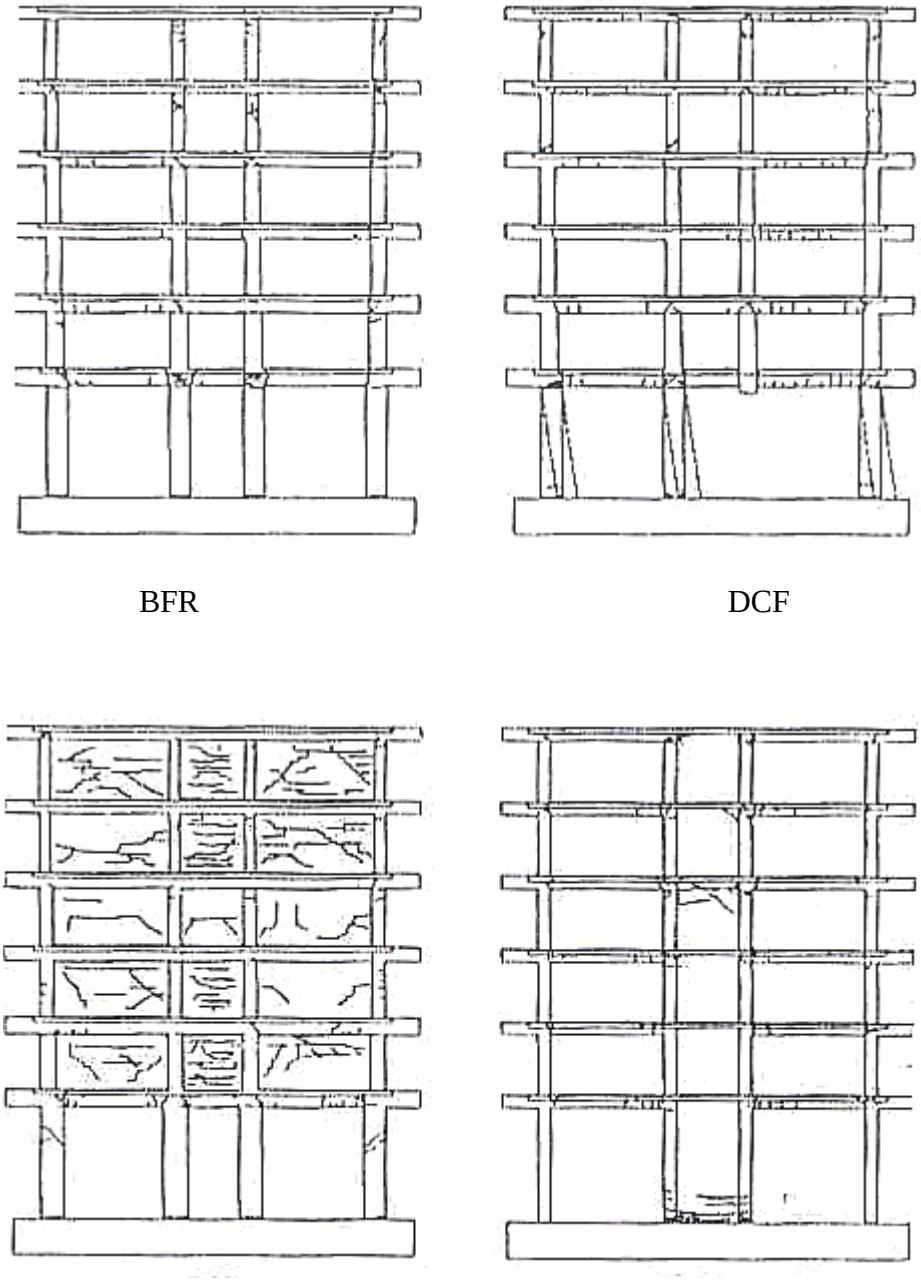
EL0.30 testi sonucunda hiçbir çerçevede çatlama gözlenmezken, EL0.60 testinde düşeyde düzensiz çerçeve (DCF) dışındaki çerçevelerde çatlak gözlenmemiştir. EL0.90 tesitinde hemen hemen tüm çerçevelerde çatlaklar belirgin hale gelirken EL1.20 de tüm çerçeveler güç tükenmesine ulaşmıştır. Planda ve düşeyde düzgün BFR çerçevesinde çatlaklar tüm sistem içinde düzgün dağılmıştır. EL0.90 testinde, donatının akmasını tamamlaması sonucu çatlaklar genişlemiş tüm sisteme yayılmıştır. Buna rağmen BFR çerçevesi stabilitesini korumuştur. Bazı kolonlarda plastik mafsallaşmalar görülmüş, bazı kolon- kiriş birleşim bölgelerinde diyagonal çatlaklar belirmiştir. Fakat, bu birleşim bölgelerinde yeterli donatı ve etriye sarılmasından dolayı çatlaklar kritik seviyeye ulaşmamıştır.

DCF'nin çatlama şekli yumuşak kat mekanizmasının ve yumuşak orta ve sağ açıklık etkisinin birleşmesinin sonucu olduğu ispatlanmıştır. EL0.90 testi sırasında beton dağılmış ve donatı burkulmuştur. Birinci kat kolonlarında gözlenen bu durum yumuşak kat mekanizmasının bir sonucudur.

PIF çerçevesinde, genişletilmiş birinci kat kolonları yumuşak kat mekanizmasını önlemekte etkili olmuştur. Bunun yerine, kolon–kiriş elemanlarında kesme türü çatlaklar gözlenmiştir.

SWF modeli için çatlama şekli karşı konulmaz iri duvar çatlama tepkisi olarak gözlenmiştir. Büyük yatay çatlakların EL0.6 testi sırasında duvar alt kesiti boyunca oluştuğu ve sonra gelişerek düşey donatının kopmasına sebep olduğu görülmüştür. Duvar altının hemen hemen tabandan ayrıldığı ve kiriş-duvar birleşim bölgelerinde aderans göçmesi gerçekleştiği de gözlenmiştir.

EL0.90 testinden sonra tüm çerçeve sistemlerde oluşan çatlak şekilleri aşağıda gösterilmiştir (Şekil 4.5)



Şekil 4.5 : EL0.90 Testinden Sonra Çatlak Şekilleri

5. TS 500 ve ACI 318 YÖNETMELİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Betonarme, günümüzde tüm dünyada her çeşit yapı için en yaygın olarak kullanılan iskeletli yapı türleri arasına girmiştir. Betonarme yapıların, güvenilirliğinin arttırılması ve farklı yüklemeler etkisi altındaki davranışının iyileştirilmesi için yeni hesap yöntemleri ve bunların çözümlemesine dayalı bilgisayar programları geliştirilmektedir. Bütün bunların bir sonucu olarak, geçmişten günümüze kadar betonarme yapıların davranışları ve hesap esaslarına dayalı pek çok yönetmelik yayınlanmıştır.

Yurdumuzda yönetmelik uygulaması Alman Betonarme Yönetmeliği'nin kullanılmasıyla başlar. 1953'te Türkiye Köprü Ve İnşaat Cemiyeti'nin hazırladığı yönetmelik 1953 ve bazı küçük değişikliklerle 1962'de tekrar yayınlanmıştır. Türk Standartları Enstitüsü'nün hazırladığı TS 500: Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları yönetmeliği ise 1975 ten itibaren geçerli olmuştur. Günümüzde geçerli olan ise 2000 yılında yayınlanan TS 500-2000 yönetmeliğidir. Yapılan araştırmalarda bulunan sonuçlar devre devre yönetmeliklere aktarıldığı için zamanla değiştirilmeleri kaçınılmazdır [2].

Gelişmiş ülkeler tarafından yayınlanan yönetmelikler bizim ulusal yönetmeliğimizi de çoğu zaman etkilemiştir. Amerikan Beton Enstitüsü tarafından tarafından hazırlanan betonarme yönetmeliği, ACI 318 (Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary) , bunlardan birisidir. ACI 318 yönetmeliği bir takım yönleri ile TS 500 ile benzerlik gösterirken bazı ifadeler itibariyle farklılık göstermektedir.

Bu bölümde TS500 ve ACI 318 yönetmelikleri, genel hesap esasları, tanımlamalar, çözüm metodları ve genel kurallar açısından kıyaslanacaktır.

5.1 Güvenlik

5.1.1 Hesap Metodları

Taşıma Gücü Hesap metodu (Strength Design Method) karakteristik yük faktörleri ile arttırılacak servis yükleri, ilgili iç moment ve kuvvetler ile birlikte karakteristik dayanım azaltma faktörleri ile azaltılacak nominal dayanım hesaplamasını gerektirir[5].

TS00 yönetmeliğinde Taşıma Gücü Yöntemine göre kesit hesabında, taşıyıcı sistemin toptan göçmeye karşı güvenliği aşağıdaki koşulla sağlanır :

$$R_d = \frac{R_k}{\gamma_m} > F_d = F_k \gamma_f \qquad (5.1)$$

Her iki yönetmelikte de karakteristik yüklerin yük katsayıları ile arttırılması benzerlikler içerirken, ACI 318 de ϕ katsayıları, malzeme katsayıları yerine kullanılmaktadır. ϕ katsayıları malzeme katsayılarını kapsar fakat; bu katsayı davranışın sünekliği, elemanın tüm yapının güvenliği açısından önemi ve o konu hakkındaki bilgi düzeyi dikkate alınarak belirlenmiştir. ϕ bu açıdan salt malzeme katsayısı olarak düşünülemez.

Bunun yanı sıra ACI 318 de alternatif bir metot tanımlanmıştır. Alternatif Hesap Metodu ACI 318 1963 şartnamesindeki emniyet gerilmeleri hesap metoduna yakındır [6]. Taşıma Gücü Hesap Yöntemi iki yönetmeliğin karşılaştırılmasında esas alınmıştır.

5.1.2 Çözüm Metotları

Çerçeve veya yapı içerisindeki tüm yapı elemanları Elastik Çözüm Teorisi ile çözümlenerek arttırılmış yüklerin en elverişsiz olanına göre boyutlandırılmalıdır. ACI yönetmeliğinde, her iki hesap metodu, Taşıma Gücü Hesap Metodu ve Alternatif Hesap Metodu, için iç kuvvetleri (momentler , kesme kuvveti , normal kuvvetler) elde etmek için kullanılır.

TS 500'de beton ve çeliğin gerçek kuvvet-şekil değiştirme ilişkilerini yansıtan doğrusal olmayan bir yöntem kullanılabileceği belirtilmiştir. Fakat, çoğu zaman hesaplamaların basitleştirilmesi açısından doğrusal elastik kabuller yapılarak çözüm yapılır.

5.1.3 Elastisite Modülü

Aşağıda Amerikan (ACI) ve Türk (TS 500) yönetmeliklerinde elastisite modülünün hesabı için bağıntılar verilmiştir. Bu bağıntılar ani yüklemeler içindir ve zaman etkisinden bağımsızdır. Kalıcı yük durumunda bu değerler yarıya hatta üçte birine inecektir. Denklemler SI birimi cinsinden verilmiş, metrik eşdeğerleri parantez içinde verilmiştir [7] :

$$E_{cj} = w^{1,5} 1362 \sqrt{f_{cj}} \qquad (5.2)$$

Normal ağırlıkta beton için ($w=23\ kN/m^2$)

$$E_{cj} = 4750 \sqrt{f_{cj}} \qquad (\text{metrik},\ 151000 \sqrt{f_{cj}}\ ) \qquad (5.3)$$

şeklinde hesaplanır. Elastisite modülü gerilme-şekil değiştirme (σ-ε) eğrisinin eğimine eşittir. Bu nedenle, bu değer gerilme mertebesindedir. Ayrıca, betonun basınç dayanımını etkileyen tüm faktörler elastisite modülünü de etkileyecektir.

TS 500 de normal ağırlıklı betonlar için elastisite modülü :

$$E_{cj} = 3250 \sqrt{f_{ckj}} + 14000\,(Mpa) \qquad (5.4)$$

şeklindedir. f_{ckj} değeri betonun "j" günlük karakteristik basınç dayanımı ifade eder.

28 günlük beton değerleri baz alınarak farklı beton sınıfları için denklem (5.3) ve denklem (5.4)'e göre hesaplanan elastisite modülü değerleri ve bunların ACI 318 deki değerlerle karşılaştırılması Tablo 5.1 de verilmiştir.

Tablo 5.1 : TS 500 ile ACI 318 Yönetmeliklerinde Geçen Elastisite Modülü (E_c) Değerlerinin Karşılaştırılması

Beton Sınıfı	TS 500	ACI 318
	E_C (28 günlük) MPa	
C16 C18 C20 C25	27 000 27 500 28 000 30 000	19 000 20 153 21 243 23 750
C30 C35 C40 C45 C50	32 000 33 000 34 000 36 000 37 000	26 017 28 100 30 042 31 864 33 600

Öngerilmesiz çelik donatı elastisite modülü ACI 318 yönetmeliğinde 29.10^6 olarak verilmiştir (204205,3 MPa). TS 500 de $E_s = 2.10^5$ MPa dır.

5.1.4 Hesap Açıklıkları

ACI 318 de mesnetleri ile birlikte dökülmeyen elemanların açıklık boyu, mesnet ortasından mesnet ortasına olan uzaklığı geçmeyecek biçimde temiz açıklıkla eleman derinliğinin toplamı olarak düşünülmelidir.

TS 500 de mesnetleri ile birlikte dökülen kiriş ve döşemelerde serbest açıklığın 1.05 katından fazla olmayacak biçimde mesnet ortasından mesnet ortasına olan mesafe hesap açıklığı olarak tanımlanır.

ACI 318 de momentlerin hesaplanması için sürekli çerçevelerin çözümünde açıklık boyu, mesnetlerin merkezlerinden merkezine olan uzaklık olarak düşünülmelidir. TS 500 de sürekli kiriş ve döşemeler için eşdeğer ifadeler yer almaktadır (Madde 11.4.2).

ACI 318 yönetmeliğinde mesnetleri birlikte dökülen kirişler için boyutlandırmada mesnet yüzündeki momentlere müsade edilebilir. TS 500'de bir doğrultuda çalışan plaklarda, iki doğrultuda çalışan plak ve kirişlerde hesap momentleri olarak mesnet yüzündeki değer alınmalıdır :

$$M_{mesnet} = M_1 - \Delta M = M_1 - Va / 3 \qquad (5.4)$$

5.1.5 Kolonlar

ACI yönetmeliğine göre kolonlar aşağıdaki özelliklere sahiptir:

1. Kolonlar, çatı üzerindeki veya tüm katlardaki arttırılmış yüklerden gelen eksenel yükler ve dikkate alınan katın ve çatının tek komşu açıklığındaki arttırılmış yüklerden gelen maksimum momenti taşımak üzere hesaplanmalıdır.
2. Kolonlar üzerindeki kat ve çatı yüklerinin dengelenmemesinden ve diğer sebeplerden dolayı oluşan eksantirik yüklere dikkat edilmelidir.
3. Herhangi bir kat seviyesine etkiyen moment, dikkate alınan katın altında ve üstündeki kolonlara bağıl rijitlikleri oranında dağıtılmalıdır.

TS 500 yönetmeliğinde ise, kolonlar eksenel basınç taşıyan elemanlar olarak tanımlanmıştır. Kolonların temel görevi katlardan gelen yükleri taşıyarak bunları temele aktarmaktır. Düşey taşıyıcı elemanlar olan kolonlar, deprem ve rüzgar türü yatay yüklerin karşılanmasında tek başlarına varsa perde duvarlarla birlikte önemli bir işleve sahiptirler. Eksenel yük taşıyan bu elemanlar az da olsa kesme kuvveti ve moment taşır. Ayrıca, betonarme kesiti oluşturan beton heterojen bir yapıya sahip olduğundan eksen eğrilikleri nedeniyle bir miktar dışmerkezlik oluşur. Yapısal çözümlemede moment sıfır çıksa bile elemanının kesit hesabı minimum bir dışmerkezliğe göre yapılması TS 500 yönetmeliğinde öngörülmektedir.

5.1.6 Etkili Tabla Genişliği

ACI 318 yönetmeliğine göre, simetrik kesitlerde (T- kiriş konstrüksiyon) kiriş tablası ve gövde birlikte dökülmeli ve kenetlenmeleri sağlanmalıdır. T- kirişler için aşağıdaki şartlar sağlanmalıdır :

1. T- kirişinin etkili tabla genişliği kiriş açıklığının 1 /4' ünden fazla olmamalı ve gövdenin her iki tarafındaki tabla mesafesi :

a) plak kalınlığının 8 katını,

b) komşu kirişin gövde yüzüne olan uzaklığının yarısını

aşmamalıdır.

2. Simetrik olmayan kesitler için (L –kirişi) dışarı tabla genişliği;

a) kiriş açıklığının 1/12'si

b) döşeme kalınlığının 6 katı

c) komşu kiriş gövdesine olan uzaklığın yarısını

aşmamalıdır [5].

TS 500 de etkili tabla genişliği simetrik ve simetrik olmayan kesitler için Madde 6.3.6 da verilmiştir.

ACI 318 yönetmeliğinde kirişlerin donatılandırılması tabla genişliği ile ilgili olarak aşağıdaki uyarılarda da bulunmuştur:

- Simetrik kesitin (T- kiriş) tablaya ilave basınç alanı oluşturmak için kullanıldığı tekil kirişlerde (isolated beam) gövde genişliğinin yarısından az olmamak üzere bir tabla kalınlığı ve gövde genişliğinin 4 katından fazla olmamak üzere etkili bir tabla genişliği tasarlanmalıdır.
- Simetrik kesitli kirişin tablası durumundaki döşemenin eğilme donatısının kirişe paralel olmaması halinde kirişe dik bir donatı aşağıda belirtilen özelliklere uygun olarak döşeme üst yüzünde teşkil edilmelidir :

1.Arttırılmış yükleri taşımak üzere taşan tabla üzerinde düzenlenen enine donatıda tüm taşan tabla dikkate alınmalıdır. Fakat diğer T- kirişler için yalnızca taşan döşeme genişliğinin düşünülmesi şarttır.

2.Enine donatı arasındaki mesafe; plak kalınlığının 5 katından ve 18inç (45.72cm) den büyük olmamalıdır.

5.2 Dayanım Ve Kullanılabilirlik Şartları

5.2.1 Gerekli Dayanım

ACI 318 yönetmeliğine göre, yapılar ve yapı elemanlarında tüm kesitler yönetmelikte belirtilen kombinasyonlardaki arttırılmış yükler ve kuvvetler için hesaplanan gerekli dayanıma eşit ve daha büyük hesap dayanımına sahip olmalıdır [5]. Yönetmelik, yapının kullanılabilirliğinin servis yükleri etkisinde sağlanması ve arttırılmış yüklerin karşılanabileceği yeterli bir dayanıma sahip olmasını gerektirmektedir. TS 500 yönetmeliğinde de benzer ifadeler yer almaktadır.

ACI 318' de dayanıma esas teşkil eden koşul ;

Gerekli Dayanım $\leq$ Hesap Dayanımı

$$U \leq \phi \text{ (nominal dayanım)}$$

şeklinde olmalıdır.

TS 500 de aynı ifade;

$$R_d = \frac{R_k}{\gamma_m} > F_d = F_k \gamma_f \qquad (5.5)$$

şeklindedir.

ACI 318 şartnamesinde yapı emniyetinin sağlanması iki şekilde olur :

1. Yapısal çözümlemedeki basitleştirilmiş kabuller ve aşırı yük sebebiyle meydana gelen yüklerin etkilerini karşılamak için servis yüklerinin yük faktörleri ile çarpılmasıyla gerekli dayanım (U) hesaplanır.

Örnek vermek gerekirse M_u gerekli moment (sabit ve hareketli yükler için):

$$U = 1{,}4G + 1{,}7L \qquad (5.6)$$

$$M_u = 1{,}4M_d + 1{,}7\ M_l \qquad (5.7)$$

Burada M_d ve M_l momentleri sabit ve hareketli servis yüklerinden oluşan moment değerleridir.

TS 500’ de bu ifade;

$$M_d = 1{,}4M_g + 1{,}6M_q \quad (5.8)$$

şeklindedir.

2. Bir yapı elemanı için hesap dayanımı, dayanım azaltma faktörünün ($\phi<1$) nominal dayanım ile çarpılması sonucu hesaplanır. ϕ değeri, istenilen sınırlarda kalmak şartıyla yapı elemanının farklı tiplerinin belirsizliklerini dikkate alır. Nominal dayanım hesaplanırken yapı elemanının kesin boyut ve malzeme özelliklerine sahip olduğu kabulü yapılır. Basınç donatısı olmayan bir kesitin eğilme halindeki hesap dayanımı örnek verilirse ;

$$\phi M_n = \phi [A_s . f_y . (d-a/2)] \quad (5.9)$$

Sonuç olarak, bir kiriş kesitinin donatı hesabında temel şart aşağıdaki gibidir;

Gerekli Dayanım ≤ Hesap Dayanımı

$$M_u \leq \phi M_n$$

$$1{,}4M_d + 1{,}7 M_l \leq \phi [A_s . f_y . (d-a/2)]$$

dayanım değerlerini “u” indisli notasyonlarla, hesap dayanımları ise ϕM_n, ϕV_n şeklinde göterilir. TS 500’ de ise bu ifadeler formül (5.5) de verildiği şekilde gösterilir.

5.2.1.1 Yük Katsayıları Ve Kombinasyonlar

ACI 318 yönetmeliğinde, gerekli dayanımın tanımlanmasında arttırılmış yükler ve bunların etkisinde oluşan kesit tesirleri kullanılır. Arttırılmış yükler yük faktörleriyle çarpılarak elde edilmiştir. Yük faktörleri her bir yük için yük etkisinin hesaplanabildiği ve yükte yapının ömrü boyunca olabilecek değişimlerin derecesine göre belirlenmektedir. Örneğin, sabit yükler (ölü yükler) daha az değişime uğradığı ve daha doğru hesaplandığı için hareketli yüke oranla daha az bir yük katsayısına sahiptir.

ACI 318, TS 500 yönetmeliğinde olduğu gibi yüklerin kendine özgü kombinasyonları için yük faktörleri vermektedir.

ACI 318 yönetmeliğinde yapının etkisinde kaldığı yükler belli katsayılarla arttırılmalı farklı yüklerin aynı anda etkime oranının düşük olması dikkate alınarak küçültme katsayıları ile azaltılmalıdır. Bu madde TS 500 ile örtüşmektedir.

Buna göre; yönetmelikte D : ölü yükü, L : hareketli yükü ve U : gerekli dayanımı göstermek üzere :

$$U = 1{,}4\,D + 1{,}7\,L \tag{5.10}$$

TS 500 de aynı ifade :

$$F_d = 1{,}4G + 1{,}6\,Q \tag{5.11}$$

şeklindedir (Madde 6.2.6). TS 500 yönetmeliğinde düşey yük durumu için yük birleşimleri bu şekilde verilmiştir.

Deprem etkisinde ACI 318' de geçen yük kombinasyonları :

$$U = 1{,}05D + 1{,}28L + 1{,}4E \tag{5.12}$$

$$U = 0{,}9D + 1{,}3W \tag{5.13}$$

olarak elde edilir.

TS 500' de deprem etkisinde yük birleşimleri :

$$F_d = 1{,}0G + 1{,}0Q + 1{,}0E \tag{5.14}$$

$$F_d = 0{,}9G + 1{,}0E \tag{5.15}$$

şeklindedir.

TS 500 ve ACI 318 yönetmelikleri yük katsayıları ve yük birleşimleri yönünden karşılaştırılmıştır (Tablo 5.2).

Tablo 5.2 : Yük Kombinasyonlarının Karşılaştırılması

Yük Tipi	TS 500	ACI 318
G ve Q	1,4G + 1,6Q	1,4D + 1,7L
G , Q ve W	1,4G + 1,6Q 1,0G + 1,3Q + 1,3W 0,9G +1,3W	1,4D + 1,7L 0,75 (1,4D + 1,7L + 1,7W) 0,9G + 1,3W
G, Q ve E	1,0G + 1,0Q + 1,0E 0,9G + 1,0E	1,4D + 1,7L 0,75 (1,4D + 1,7L + 1,87W) 0,9G + 1,43L
G , Q ve H	1,4G + 16Q 1,4G + 1,6Q + 1,6H 0,9G + 1,6H	1,4D + 1,7L 1,4D + 1,7L + 1,7H 0,9G + 1,7H
G , Q ve T	1,0G + 1,0Q 1,0G 1,2Q + 1,2T	1,4 (D + T) 0,75 (1,4D + 1,7L + 1,4T)
F (ACI 318)	—	1,4D + 1,7L 1,4D + 1,7L + 1,4F 0,9G + 1,7F
Çarpma	—	L1= L + impact

Amerika'da deprem hesapları için oluşturulan ATC'nin deprem yük birleşimi, TS 500 yönetmeliğine benzemektedir[7] :

U =1,2D + 1,0L + 1,0E (5.16)

5.2.1.2 Hesap Dayanımları

TS 500 yönetmeliğinde hesaplarda kullanılacak beton ve çelik dayanımları, karakteristik değerler malzeme katsayılarına bölünerek bulunur.

Çelik için $\Rightarrow \quad f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{ms}}$ (5.17)

Beton için $\Rightarrow \quad f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_{mc}}$ ve $\quad f_{ctd} = \frac{f_{ctk}}{\gamma_{mc}}$ (5.18)

f_{yd} = donatı çeliği için hesap akma dayanımı

f_{cd} = betonun hesap basınç dayanımı

f_{ctd} = betonun hesap çekme dayanımı

f_{yk} = donatı çeliği için karakteristik akma dayanımı

f_{ck}, f_{ctk}= betonun karakteristik basınç ve çekme dayanımı

γ_{ms} = donatı çeliği için malzeme katsayısı

γ_{mc} = beton için malzeme katsayısı

Ortalama dayanım, tasarımda öngörülen beton sınıfına, yani karakteristik dayanıma göre saptanır.

$$f_{cm} = f_{ck} + u\bar{\sigma}_{mc} \tag{5.19}$$

şeklinde hesaplanır. Dayanımı fazla yüksek olmayan betonlar için u= 1,28 alınır. Formülde geçen $\bar{\sigma}_{mc}$ değeri ise, deneyimlerin ışığında kestirilmeye çalışılır.

ACI 318 yönetmeliğinde, tasarımda öngörülen beton dayanımı ile ortalama dayanım arasındaki ilişki, aşağıdaki gibi ifade edilmektedir. ACI 318 'de karakteristik dayanım kavramı yoktur. Ancak tasarımda öngörülen beton dayanımı, karakteristik değer olarak kabul edilebilirler [7].

$$f_{cm} = f_{ck} + 1{,}34\bar{\sigma}_{mc} \tag{5.20}$$

ACI 318 yönetmeliğinde TS 500'de geçen malzeme katsayılarının yerini, malzeme katsayılarının kapsamakla birlikte davranışın sünekliği, elemanın tüm yapı güvenliği açısından önemini dikkate alan ϕ katsayıları kullanılmaktadır.

Yapı elemanın pek çok özelliği (diğer elemanlara bağlanma, şekli, enkesit özellikleri, eğilme, eksenel yük, kesme ve burulma etkisi, hesap dayanımı) yönetmelikte geçen kurallar ve kabullere dayalı hesaplanarak bir ϕ dayanım azaltma faktörü ile çarpılan nominal dayanıma ulaşılır.

ACI 318 yönetmeliğine göre bir yapı elemanının hesap değeri dayanım azaltma katsayısı (ϕ <1) ile çarpılan nominal dayanımdır. Gerilme, uzama, çatlama, kırılma gibi sınır durumlarının seçimi, bir yapı elemanının nominal dayanımının hesaplanmasında etkilidir.

Dayanım azaltma faktörünün kullanılmasındaki amaç aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

1. Düşük dayanımlı eleman olasılığını dikkate almak (malzeme dayanımları ve boyutlarındaki değişimden kaynaklanan)
2. Hesap denklemlerindeki belirsizliklerin müsade edilen sınırlarda kalması
3. Dikkate alınan yük etkisindeki elemanın sünekliği ve güvenilirliğini göstermek
4. Yapı elemanının yapıdaki önem derecesini vurgulamak

Örnek vermek gerekirse; kolonlar kirişlere göre daha az sünek bir davranışa sahip oldukları için beton dayanımındaki değişikliklere daha az duyarlıdır ve kirişlere göre daha büyük alanlı yükleri alırlar. Bu nedenle kolonlarda kullanılan ϕ değeri kirişlerde kullanılan değerden daha küçüktür.

Yapının farklı davranışları altında kullanılması gereken dayanım azaltma katsayıları ile bu değerlerin TS 500' deki karşılıkları Tablo 5.3 de verilmiştir.

Tablo 5.3 : TS 500 ile ACI 318 Yönetmeliklerinin Dayanım Ve Dayanım Azaltma Katsayıları Yönünden Karşılaştırılması

	TS 500	ACI 318
Dayanımın Temel İlkesi	$\frac{R_k}{\gamma_m} \geq F_k \gamma_f$	$\phi \geq U$ Hesap Dayanımı ≥ Gerekli Dayanım
Azaltma Katsayıları	Yerinde döküm γ_{mc}= 1,5 öndöküm beton γ_{mc}= 1,4 denetimin yeterince yapılamadığı beton γ_{mc} =1,7 donatı çeliği γ_{ms} =1,15	Basit eğilme ϕ =0,90 Eksenel çekme ve eğilmeli ϕ =0,90 Eksenel basınç ve eğilmeli (etriyeli) ϕ=0,70 (firetli) ϕ= 0,75 Kesme ve burulma ϕ= 0,85 Bileşik eğilme ϕ = 0,70-0,90

5.2.3 Donatı Hesap Dayanımı

Öngerilme elemanları dışında hesaplarda 80000psi (5636 kgf / cm^2)'yi geçen f_y donatı akma dayanımı göz önünde tutulmalıdır. Madde 7.5.2 -7.6.4'de burulma ve kesme donatısı için hesaplarda kullanılabilen maksimum f_y =60000 psi'dir.TS 500 yönetmeliğine göre, karakteristik çelik dayanımı, yönetmeliklerde öngörülen minimum akma dayanımıdır. Donatı çeliğinin malzeme katsayısının (γ_{ms}=1,15) alınması öngörülmüştür. Bunun dışında farklı çelik sınıfları için hesap dayanımları değişiklik göstermektedir. TS 500' de beton ve çelik sınıfları için hesap dayanımları Tablo 5.4 de verilmiştir.

Tablo 5.4 : Malzeme Hesap Dayanımları (MPa)

Cinsi	Hesap Dayanımları γ_{ms}=1,15 γ_{mc}= 1,5 (MPa)								
	C16	C18	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50
f_{cd}	11,00	12,00	13,00	17,00	20,00	23,00	27,00	30,00	33,00
f_{yd}	0,90	1,00	1,00	1,20	1,25	1,25	1,45	1,55	1,65
f_{yd} (S220)	191	191	191	191	191	191	191	191	191
f_{yd} (S420)	365	365	365	365	365	365	365	365	365
f_{yd} (S500)	435	435	435	435	435	435	435	435	435

5.3 Eğilme Ve Eksenel Yükler

5.3.1 Taşıma Gücüne Göre Hesabın Temel İlke ve Kabulleri

Basit ve bileşik eğilme altındaki betonarme bir kesitin taşıma gücü hesabı, gerekli denge ve uygunluk denklemleri yazılarak ve malzemeler için gerilme–birim deformasyon ilişkileri belirlenerek yapılır[7]. Bu hesabın yapılması için belli kabuller yapılmıştır:

- Düzlem kesitler düzlem kalırlar (birim deformasyon dağılımı doğrusaldır).
- Betonun çekme dayanımı ihmal edilir.
- Donatı ile beton arasında aderans tamdır. Bu nedenle, donatıdaki birim boy değişimi kendisini saran beton basınç lifindeki birim boy değişimi ile aynıdır.
- Donatı çeliğinin gerilme – şekil değiştirme eğrisi elasto – plastiktir.

$$\sigma_{si} = E_{si}\,\varepsilon_{si} \leq f_{yd} \qquad (5.21)$$

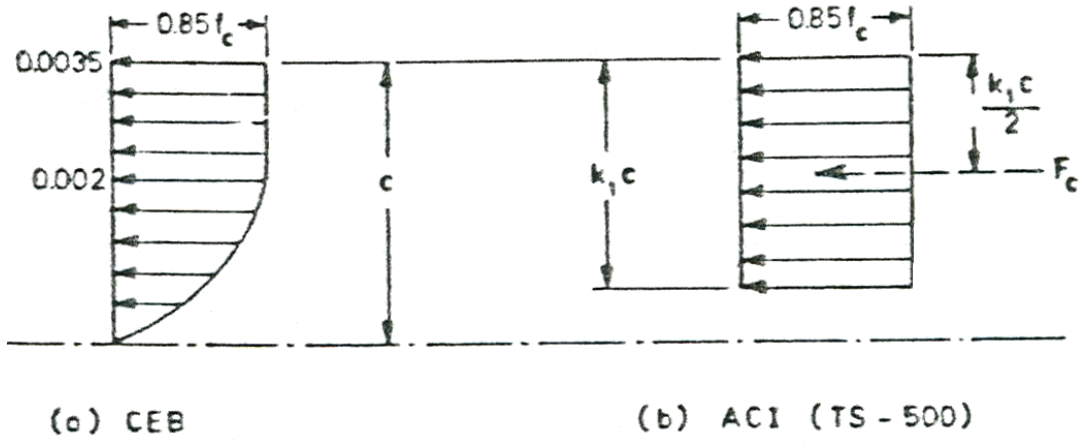
- Sistem taşıma gücüne eriştiğinde, beton basınç bölgesinin en dış lifindeki betonun birim kısalması ε_{cu} dur.
- Sistem taşıma gücüne eriştiğinde basınç bölgesindeki beton gerilme dağılımı, eksenel basınç etkisinde denenen numunelerin gerilme – şekil değiştirme eğrisi ile benzerdir.

Taşıma Gücü Yöntemi'ne göre yapılan bu kabullerden ilk dördü TS 500 ve ACI 318 yönetmeliklerinde özdeştir. Fakat son iki madde pratikte bir takım farklılıklar içermektedir.

Beton basınç bölgesindeki en büyük birim kısalma (ε_{cu}) ACI 318 ve TS 500 yönetmeliklerinin her ikisinde de 0,003 olarak kabul edilmiştir. Fakat CEB (Avrupa Beton Komitesi Örnek Yönetmeliği)'de bu değer ε_{cu}= 0,0035 olarak kabul edilmiştir.

Taşıma Gücü Yöntemi'ne göre yapılan son kabul, basınç bölgesindeki gerilme dağılımı ile ilgilidir. Bu gerilme dağılımı için bir çok farklı eğriler önerilmiştir. Fakat günümüzde en çok kabul gören CEB'nin parabol dikdörtgeni ve ACI'nın dikdörtgenidir.

TS 500 -2000 ‘de, “ Beton basınç bölgesindeki gerilme dağılımı için, geçerliliği deneysel verilerle kanıtlanmış herhangi bir dağılım kullanılabilir”, ibaresi yer almaktadır [8]. Bu ifade şu şekilde anlaşılmalıdır: deneysel olarak saptanan değerlerle bu gerilme bloğunun oluşturduğu hacim ve onun ağırlık merkezi uyuşmalıdır. ACI 318 ve TS 500 ‘de yer alan eşdeğer dikdörtgen gerilme bloğu özdeştir(Şekil 5.1).



Şekil 5.1 : TS500 ve ACI 318 Şartnamelerinde Kabul Edilen Dikdörtgen Gerilme Bloğu

Şekilde görüldüğü gibi dikdörtgen dağılımın genişliği $0{,}85f_c$ alınarak, $k_3 = 0{,}85$ kabulü yapılmıştır. Eşdeğer dikdörtgen dağılımın derinliğini k_1 parametresi tanımlar. Basınç–gerilme dağılımının etkidiği alan genişliğinin sabit olduğu durumlarda, $k_2 = k_1 / 2$ dir. Alan genişliğinin sabit olmadığı durumlarda ise k_2c, basınç bölgesi derinliğidir.

ACI 318 yönetmeliğinde k_1 değeri :

$f_c' \leq 4000 \Rightarrow \beta_1 = 0{,}85$

$f_c' > 4000 \Rightarrow \beta_1$ sürekli olarak 0,05 oranında düşürülmelidir.

k_1c ve β_1 değerlerinin TS 500 ve ACI şartnamelerinde karşılaştırılmaları Tablo 5.5’de yapılmıştır.

Tablo 5.5: k_1 ve β_1 Değerlerinin TS 500 ve ACI 318 Yönetmeliklerinde Karşılaştırılması

	TS 500			ACI 318		
Koşul	$f_c \leq 25$ N/ mm$^2 \Rightarrow k_1=0,85$ fc > 25 N/ mm2 $\Rightarrow$ k1=0,85-0,006 (f_c-25)			fc $\leq$ 4000psi $\Rightarrow \beta_1$ =0,85 fc > 4000psi $\Rightarrow \beta$1 =0,00005 - (fc'-4000)		
Beton Sınıfı	C16-C25	C30	C35	C40	C45	C50
TS 500	0,850	0,820	0,790	0,760	0,730	0,700
ACI 318	0,850	0,837	0,802	0,776	0,730	0,695

Bu kabullerden yola çıkarak elde edilen denge denklemleri aşağıdaki şekilde yazılabilir:

$$N = 0{,}85\, f_{cd}\, A_c + \Sigma A_{si}\, \sigma_{si} \tag{5.22}$$

$$M = F_c\,(x_p - k_2 c) + \Sigma A_{si}\sigma_{si}\, x_i \tag{5.23}$$

Uygunluk denklemleri ise;

$$\varepsilon_{si} = \frac{c - x_p + x_i}{c}\,\varepsilon_{cu} \tag{5.24}$$

şeklindedir. burada x_p basınç bölgesi derinliği, x_i ise çekme bölgesi derinliğidir.

Denge denklemleri ve uygunluk denklemleri TS 500 ve ACI 318 yönetmeliklerinde özdeştir.

5.3.2 Genel İlkeler Ve Şartlar

Bölüm 5.3.1 de verilen hesap kabulleri kullanılarak eğilmeye, eksenel yüke veya bileşik eğilmeye maruz elemanlar için kesit hesabı yapılır. Beton en büyük basınç kısalmasını yaparken (ε_c =0,003), çekme donatısı karakteristik akma dayanımına gelen uzamasını yaptığı anda kesitte dengeli durum oluşacaktır. Bu anda kesitte taşınabilecek donatı oranı ise dengeli donatı oranı ρ_b'ye karşılık gelir.

Sünek davranışı korumak için eğilme elemanlarının çekme donatısı bir maksimum oranla sınırlandırılmıştır.Tablo 5.6 da TS 500 ve ACI 318 donatı oranları bakımından kıyaslanmıştır.

Tablo 5.6: TS 500 ve ACI 318 Yönetmeliklerinin Dengeli Donatı Oranları Açısından Karşılaştırılması

		ACI 318	TS 500
Tek donatılı dikdörtgen kesit (çekme donatılı)	ρ_b	$\rho_b=\rho_b=0{,}85\beta\frac{f_c'}{f_y}\left(\frac{87000}{87000+f_y}\right)$	$\rho_b=\rho_{b1}=\frac{0{,}85k_1 f_{cd}}{f_{yd}}\left(\frac{\varepsilon_{cu}E_s}{\varepsilon_{cu}E_s+f_{yd}}\right)$
	ρ_{max}	$\rho_{max}=0{,}75\rho_b$	$\rho_{max}=0{,}85\rho_b$
Tek donatılı tablalı kesit (çekme donatılı)	ρ_b	$\rho_b=\frac{b_w}{b}(\bar{\rho}_b+\rho_f)\quad \rho_f=\frac{A_{sf}}{b_w d}$ $A_{sf}=0{,}85\frac{f_c}{f_y}(b-b_w)h_f$	$\rho_b=[\rho_{b1}+0{,}85\frac{f_{cd}}{f_{yd}}(\frac{b}{b_w}-1)h_f/d$
	ρ_{max}	$\rho_{max}=0{,}75[\frac{b_w}{b}(\bar{\rho}_b+\rho_f)]$	$\rho_{max}=0{,}85\rho_b$
Basınç donatılı dikdörtgen kesit	ρ_b	$\rho_b=\bar{\rho}_b+\frac{f'_{sb}}{f_y}$ $f_{sb}=87000-\frac{d'}{d}(87000+f_y)\le f_y$	$\rho_b=\rho_{b1}+\frac{\sigma_{sb}}{f_{yd}}$ $\sigma_{sb}=\varepsilon_{cu}E_s\frac{a-k_1 d}{a}\le f_{yd}$
	ρ_{max}	$\rho_{max}=0{,}75\rho'_b+\frac{f'_s}{f_y}$	$(\rho-\rho')\frac{\sigma_s'}{f_{yd}}\le 0{,}85$

Eğilme elemanlarının dayanımını arttırmak için çekme donatısı ile basınç donatısı birlikte kullanılır.

TS 500 yönetmeliğine göre, eksenel yük taşıyan elemanın taşıma gücü (fretli ve etriyeli kolonlarda):

$$N_0 = N_r = \varphi\,(0{,}85\,f_{cd}\,A_c + f_{yd}\,A_{st}) \qquad (5.25)$$

Bu ifadede φ =1 (etriyeli kolonlarda) , φ =1,1(fretli kolonlarda) şeklindedir.

ACI 318'de spiral donatılı öngerilmesiz eksenel yük taşıyan elemanların eksenel yük dayanımı :

$$\phi P_{nmax} = 0{,}85\ \phi\ [\ 0{,}85\ f'_c\ (A_g - A_{st}) + f_y\ A_{st}\ ] \tag{5.26}$$

Etriyeli öngerilmesiz elemanlar için eksenel yük dayanımı :

$$\phi P_{nmax} = 0{,}80\ \phi\ [\ 0{,}85\ f'_c\ (A_g - A_{st}) + f_y\ A_{st}\ ] \tag{5.27}$$

şeklinde hesaplanır.

Eksenel basınç yükü etkisindeki kesitler, eksenel yük ile birlikte oluşacak maksimum momente göre hesaplanmalıdır. Eksantrik yük belli bir sınır değeri aşmamalıdır.

TS 500'de kesit boyutları ve donatının alanı, taşıma gücü yöntemindeki uygun yük faktörleri ve kombinasyonları uygulanarak ve uygun malzeme katsayılarıyla elde edilen malzeme dayanımları kullanılarak hesaplanmaktadır [9].

5.3.2 Eğilme Elemanlarındaki Minimum Donatı Oranı

ACI 318 yönetmeliğinde eğilme elemanının herhangi bir kesitinde pozitif moment için sağlanması gereken minimum donatı oranı :

$$\rho_{min} = \frac{200}{f_y} \tag{5.28}$$

şeklinde verilmiştir. Ayrıca, ani türden gevrek güç tükenmesini önlemek için minimum donatıya sınırlandırmalar getirilmiştir:

f_y = 40000 psi $\Rightarrow$ ρ_{min} = 0,5

f_y = 60000 psi $\Rightarrow$ ρ_{min} = 0,33

Pozitif veya negatif moment için kullanılan donatı oranı çözümle elde edilenden en az 1/4 oranında fazla olmalıdır.

TS 500 yönetmeliğinde eğilme etkisindeki elemanların , gevrek davranışlarını önlemek ve sünek güç tükenmesini sağlamak amacıyla donatı oranları için alt ve üst sınırlar getirmiştir.

Buna göre minimum donatı oranı :

$$\rho_{min} \geq 0{,}8\frac{f_{ctd}}{f_{yd}} \tag{5.29}$$

şeklinde olmalıdır ve üst sınır

$$\rho_{min} \leq \rho_{max} \leq 0{,}02 \tag{5.30}$$

olarak verilmiştir.

5.3.3 Basınç Elemanı Donatısı İçin Sınırlar

ACI 318 şartnamesine göre basınç elemanları için boyuna donatı alanı , A_g kesit brüt alanı olmak üzere , bu alanın 0,01 katından az ve 0,04 katından fazla olmamalıdır.

TS 500'de basınç elemanı donatısı için sınır koşullar :

$$\rho_{min} = 0{,}01 \leq \rho_t \leq \rho_{max} = 0{,}04 \tag{5.31}$$

şeklindedir.

5.4 Kayma Dayanımı

Kayma dayanımı, etkili kesit üzerindeki kayma gerilmelerine bağlıdır. Kesme donatısının temel işlevi, asal çekme gerilmelerini karşılayarak bu nedenle oluşacak gevrek türden güç tükenmesini önlemektir. ACI 318 yönetmeliğinde eleman boyunca kesme donatısının bulundurulması zorunludur. Buna göre kesme kuvveti etkisindeki elemanların hesabı ACI 318 yönetmeliğinde:

$$V_u \leq \phi V_n \tag{5.32}$$

şeklinde verilmiştir.

$$V_n = V_c + V_s \tag{5.33}$$

İfadesinde ise kayma dayanımı, kayma donatısının ve betonun katkısı birlikte düşünülerek hesaplanmıştır.

TS 500 yönetmeliğinde de kayma dayanımı için bu ifadeler özdeştir. Fakat, ACI 318 yönetmeliğinde nominal dayanım ve dayanım azaltma faktörü denklemde yer almıştır.

TS 500' de kayma dayanımı:

$$V_d \leq V_r = V_w + V_c \tag{5.34}$$

şeklindedir.

Burada ;

V_d = mesnet yüzünden d kadar mesafedeki kesme kuvvetini,

V_w = kesme donatısının karşıladığı kayma dayanımını,

V_c = beton tarafından karşılanan kayma dayanımını gösterir

$$V_c = 0{,}8\ V_{cr} \tag{5.35}$$

Burada V_{cr} çatlama dayanımını gösteren kritik bir değerdir ve;

$$V_{cr} = 0{,}65\ f_{ctd}\ b_w\ d \tag{5.36}$$

şeklinde ifade edilir.

ACI 318 'de eğik çatlama kapasitesinin hesabı

$$V_{cr} = 0{,}16\sqrt{f_{ck}}\ b_w d \tag{5.37}$$

şeklinde yapılır. Ayrıca ACI 318 yönetmeliğinde beton katkısı eğik çatlama dayanımına eşit alınır ($V_c = V_{cr}$).

5.4.1 Kayma Donatısı Hesabı

ACI 318 yönetmeliğinde kayma donatısı, toplam kesme kuvvetinin kayma donatısı tarafından karşılanması varsayımına dayanan kafes teorisine bağlantılandırılır. Bu kabule göre hesaplanan kayma donatısı ifadesi A_v ;

$$A_v = \frac{(V_u - \phi V_c)\, s}{\phi\, f_y\, d} \tag{5.38}$$

olarak verilmiştir. Kayma donatısının kesme kuvveti :

$$V_s = \frac{A_v\ f_y\ d}{s} \tag{5.39}$$

TS 500'de ise kayma donatısının karşıladığı kesme kuvveti ;

$$V_W = \frac{A_{sw}}{s}\ f_{ywd}\, d \tag{5.40}$$

$$A_{sw} = n \cdot A_0 \tag{5.41}$$

şeklinde hesaplanır. Burada,

A_{sw} = Kayma donatısı alanı

f_{ywd} = donatı akma dayanımı

n = etriye kol sayısı

A_0 = donatı alanı

göstermektedir.

Asal çekme gerilmeleri nedeniyle oluşacak gevrek kırılma ancak $\rho_w \geq \rho_{wmin}$ bağıntısının sağlanması ile gerçekleştirilebilir.

TS 500' de minimum kesme donatısı oranı ;

$$\min \rho_w = \frac{A_{sw}}{b_w s} = 0{,}30 \frac{f_{ctd}}{f_{ywd}} \tag{5.42}$$

şeklinde hesaplanır.

ACI 318 yönetmeliğinde ise minimum kesme donatısı oranı ;

$$\min \rho_w = \frac{A_{sw}}{b_w s} = \frac{f_{ck}}{35}\left(\frac{1}{3 f_{ywk}}\right) \le \frac{1}{f_{ywk}} \tag{5.43}$$

şeklinde hesaplanmıştır. ACI 318 yönetmeliği 95 yılından sonra yüksek dayanımlı betonların kullanılmaya başlamasıyla beton dayanımını da bağıntıya dahil etmek zorunda kalmıştır.

ACI 318 de V_s için bir üst sınır verilmiştir. Fakat, TS 500 de bu üst sınır kayma dayanımı V_w için değil asal basınç gerilmelerinden oluşacak gevrek bir güç tükenmesini önlemek amacıyla kayma dayanımı için tanımlamıştır:

$$V_d \le 0{,}22 \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot d \tag{5.44}$$

ACI 318 de ;

$$V_{cmax} \le 8 \cdot \sqrt{f_{cd}} \cdot b_w \cdot d \tag{5.45}$$

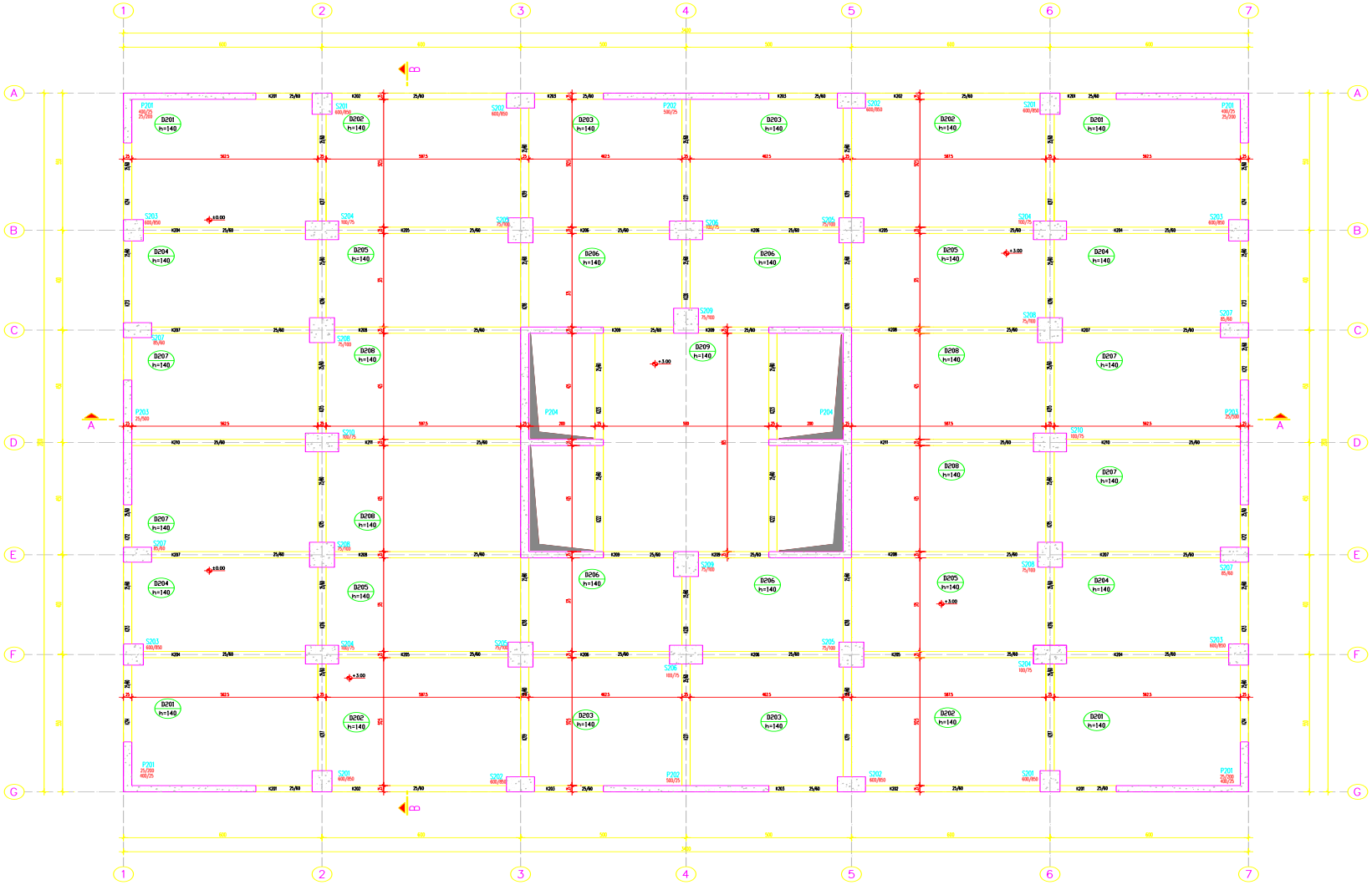
Kayma dayanımı için bir üst sınır verilmiştir. Fakat TS 500 deki yaklaşım kayma davranışına daha uygun düşmektedir.

TS 500 ve ACI 318 yönetmelikleri Tablo 5.7 de kayma donatısı hesapları açısından hesaplanmıştır.

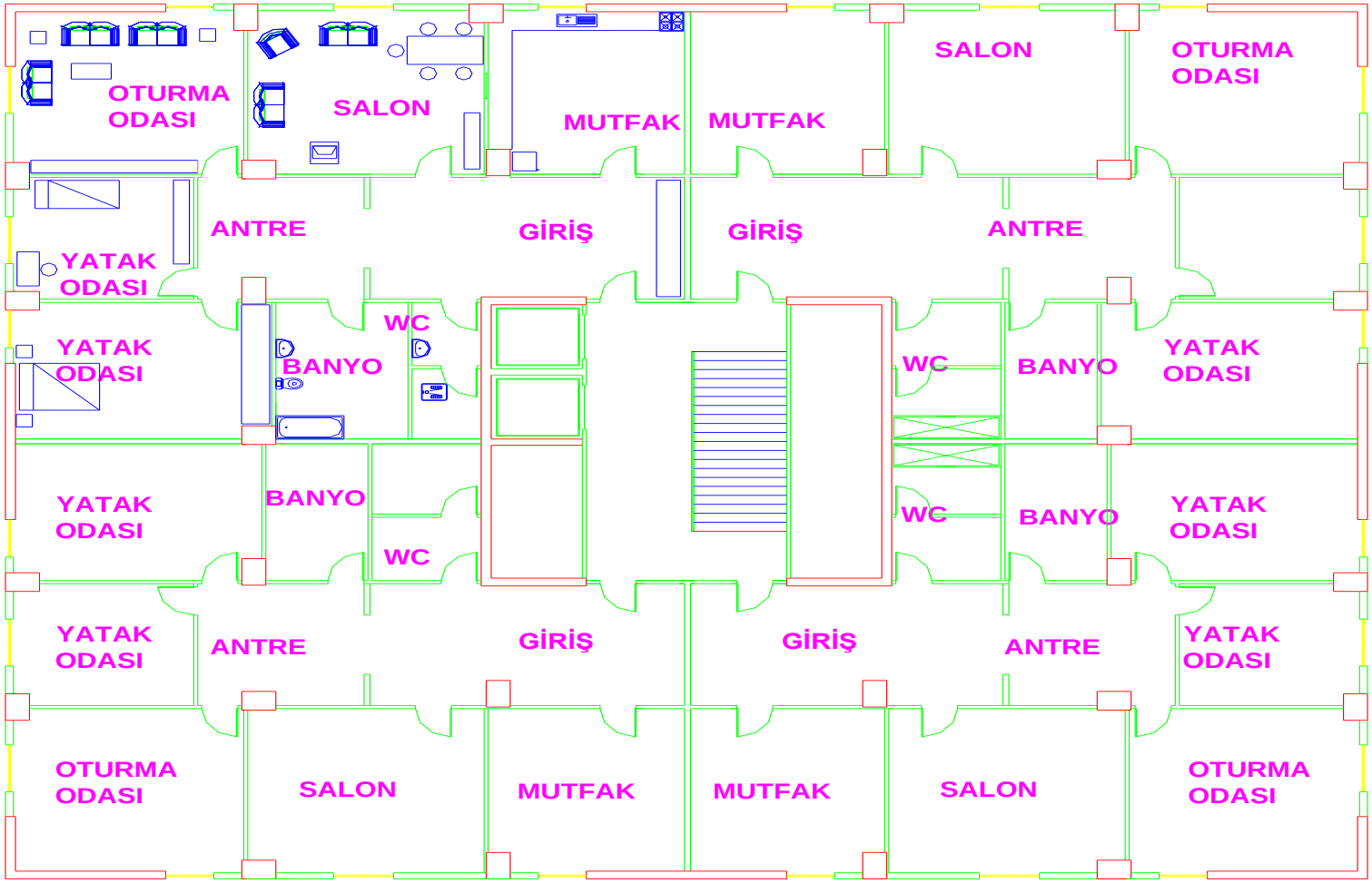
Tablo 5.7 : Kayma Donatısı Hesaplarının Karşılaştırılması

	TS 500	ACI 318
Temel Koşul	$Vd > Vcr \Rightarrow V_w + Vc \geq Vd$	$Vu > \phi Vc \Rightarrow \phi (Vc + Vs) \geq Vu$
Dik Kayma Donatılı Durum	$V_w = \frac{A_{sw} f_{ywd} d}{s}$	$V_s = \frac{A_v f_y d}{s}$
Eğimli Etriye	$V_w = \frac{A_{sw} f_{ywd} d}{s} (\sin\alpha + \cos\alpha)$	$V_s = \frac{A_v f_y d}{s} (\sin\alpha + \cos\alpha)$
Tek veya Grup Pilye	-	$V_s = A_v \ f_y \ \sin\alpha < 3\sqrt{f_c'} \ b_w \ d$
Maksimum Kayma Dayanımı	-	$V_{s\max} \leq 8\sqrt{f_c'} \ b_w \ d$

Sonuç olarak TS 500 ve ACI 318 yönetmelikleri betonarme davranış ve genel hesap kabulleri açısından benzerlikler gösterirken katsayılar ve diğer bir takım hususlar da farklılıklar içermektedir.



Şekil 6.1: Zemin Kat Kalıp Planı



Şekil 6.2: Mimari Plan

6. BETONARME BİR YAPININ TASARIMI

6.1 Projelendirilen Yapı Hakkında Genel Bilgi

Bu bölümde geometrisi bakımından simetrik çok katlı betonarme bir yapının TS500 ve Deprem Yönetmeliği' ne göre detaylı olarak boyutlandırılması amaçlanmıştır.

Yapı bir bodrum, zemin kat ve on üç normal katından oluşmuş taşıyıcı sistemi betonarme çerçeve+ perde olan bir yapıdır.

Yapı hakkında daha detaylı bilgi vermek gerekirse;

- Yapı 1 bodrum, zemin kat ve 13 normal kattan oluşmuş toplam 15 katlı betonarme bir yapıdır. Toplam yapı yüksekliği 45,5 m' dir.
- Kat yükseklikleri:

  Bodrum kat :3,5 m

  Zemin kat :3 m
- Beton sınıfı :C25(BS25)
- Çelik sınıfı :S420 (BÇIIIa)
- Yapının kat alanı 952m^2 dir.
- Yapı I. Derece Deprem Bölgesindedir. Bundan dolayı;

  Etkin Yer İvme Katsayısı (A_0) =0,40 alınmıştır.
- Yapı Z1 sınıfı zemin üzerinde yer almaktadır. Zemin karakteristik periyotları T_A=0,10 sn ve T_B= 0,30 sn olarak kabul edilmiştir.
- Yapının üzerinde bulunduğu zemin için

  Zemin emniyet gerilmesi σ_z =250 kN/m^2

  Zemin düşey yatak katsayısı k_v =100000 kN/ m^2

- Yapının kullanım amacı konut olduğundan;

  Hareketli yük katılım katsayısı n= 0,30

  Bina önem katsayısı I=1,0 alınmıştır.

- Kullanılan temel sistemi 1,00 m kalınlığında kirişsiz radye temeldir

6.2 Yapı Elemanlarına Ön Boyut Verilmesi

Yapıda kullanılacak kiriş, kolon, perde ve döşemeler için ön boyut değerleri TS500 ve Deprem Yönetmeliği'ne göre belirlenmiştir.

6.2.1 Döşeme Kalınlıklarının Kontrolü

Döşemeler, faydalı yükü çevre duvarlara ya da kirişlere ileten iki boyutlu taşıyıcı yapı elemanlarıdır. Döşeme plakları kenar uzunlukları oranına göre iki sınıfa ayrılır.

6.2.1.1 Bir Doğrultuda Çalışan Döşemeler

Düzgün yayılı yük taşıyan ve uzun kenarının kısa kenarına oranı 2'den büyük olan ($l_{uzun}/l_{kısa} > 2$)betonarme plaklar, bir doğrultuda çalışan plaklar olarak adlandırılır. Bir doğrultuda çalışan plaklarda eğilme donatısı yalnız kısa doğrultuda yerleştirilir, uzun doğrultuda dağıtma donatısı bulunur.

6.2.1.2 İki Doğrultuda Çalışan Döşemeler

Düzgün yayılı yük taşıyan, dört kenarı boyunca mesnetlenmiş ve uzun kenarının kısa kenarına oranı ikiden küçük olan ($l_{uzun}/l_{kısa} < 2$) olan betonarme plaklar iki doğrultuda çalışan plak olarak adlandırılır.

TS500'e göre döşeme plaklar için minimum kalınlık 80 mm (deprem bölgelerinde 100 mm) ile sınırlandırılmıştır. Döşeme kalınlığının tahkikinde ve moment katsayılarının(α) belirlenmesinde mesnetlenme tipi de önemlidir.

Döşeme plağı kalınlığı (h_f) aşağıdaki formülle hesaplanır ;

$$hf = \frac{l_{sn} \cdot \left(1 - \frac{\alpha}{4}\right)}{15 + \frac{20}{m}} \qquad (6.1)$$

l_{sn} : döşemenin kısa doğrultudaki net açıklığı,

m: uzun kenarın kısa kenara oranını (l_{uzun}/ $l_{kısa}$),

α :sürekli kenarların toplam uzunluğunun döşeme çevresine oranı

Yapıda bulunan döşeme tipleri ve döşeme kalınlıklarının belirlenmesi aşağıda belirtilmiştir.

D201:

$$m = \frac{6,0}{5,5} = 1,09$$

$$\alpha s = \frac{5,25 + 5,75}{2 \cdot (5,25 + 5,75)} = 0,5$$

$$hf > \frac{525}{15 + \frac{20}{1,09}} (1 - \frac{0,5}{4}) = 13,77cm \qquad \Rightarrow \text{ 14 cm döşeme kalınlığı seçilir.}$$

D202:

$$m = \frac{6,0}{5,5} = 1,09$$

$$\alpha s = \frac{5,25 + 5,75 + 5,25}{2 \cdot (5,25 + 5,75)} = 0,74$$

$$hf > \frac{525}{15 + \frac{20}{1,09}} (1 - \frac{0,74}{4}) = 12,83cm \Rightarrow \text{ 14 cm döşeme kalınlığı seçilir.}$$

D203:

$$m = \frac{5,5}{5,0} = 1,1$$

$$\alpha s = \frac{5,25 + 4,75 + 5,25}{2 \cdot (5,25 + 5,75)} = 0,76$$

$$hf > \frac{475}{15 + \frac{20}{1,1}} (1 - \frac{0,76}{4}) = 11,60cm \Rightarrow \text{ 14 cm döşeme kalınlığı seçilir.}$$

Yapıda bulunan diğer döşemelerin ön boyutlandırılması Tablo 6.1 de verilmiştir.

Tablo 6.1: Döşeme Ön Boyutlandırılması

Döşeme No Tipi	l_{uzun}	$l_{kısa}$	m	α_s	min h_f	Seçilen h_f
D201-3	6,00	5,50	1,09	0,50	13,77	14
D202-2	6,00	5,50	1,09	0,74	12,83	14
D203-2	5,50	5,00	1,10	0,76	11,60	14
D204-2	6,00	4,00	1,50	0,80	10,58	14
D205-1	6,00	4,00	1,50	1,00	9,93	14
D206-1	5,00	4,00	1,25	1,00	9,10	14
D207-2	6,00	4,50	1,33	0,79	11,40	14
D208-1	6,00	4,50	1,33	1,00	10,61	14
D209-1	9,00	5,00	1,80	1,00	13,64	14

6.2.2 Döşeme Yüklerinin Tayini

Kullanılacak Malzeme Birim Ağırlıkları :

Beton :25 kN /m^3

Sıva :20 kN/ m^2

Şap : 22 kN / m^2

Ahşap parke : 7,85 kN /m^3

Seramik karo : 22 kN/ m^2

Döşeme Yükleri:

- Kullanım Alanlarında

B.A. Plak = h x γ_{beton} =0,14 x 25 = 3,50 kN /m^2

Şap (5cm) =h x $\gamma_{şap}$ = 0,05 x 22 =1,10 kN /m^2

Sıva (2 cm) =h x$\gamma_{sıva}$ = 0,02 x 20 = 0,40 kN/m^2

Ahşap parke (2,5 cm) = h x γ_{parke} = 0,025 x 7,85=0,196 KN/m^2

g_1=5,196 kN/m^2

- Banyo Ve Koridor

B.A. Plak = h x γ_{beton} =0,14 x 25 = 3,50 kN /m^2

Şap (5cm) =h x $\gamma_{şap}$ = 0,05 x 22 =1,10 kN /m^2

Sıva (2 cm) =h x$\gamma_{sıva}$ = 0,02 x 20 = 0,40 kN/m^2

Seramik Karo (1,5cm) = 0,015 x 22 =0,33 kN/m^2

g=5,33 kN/m^2

- Asansör koridoru

B.A. Plak = h x γ_{beton} =0,14 x 25 = 3,50 kN /m^2

Şap (5cm) = h x $\gamma_{şap}$ = 0,05 x 22 =1,10 kN /m^2

Sıva (2 cm) =h x$\gamma_{sıva}$ = 0,02 x 20 = 0,40 kN/m^2

Seramik Karo (1,5cm) = 0,015 x 22 =0,33 kN/m^2

g=5,33 kN/m^2

- Çatı döşemesi

Ahşap çatı = 0,75 kN /m^2

B.A Plak :0,14 x 25 = 3,50 kN /m^2

sıva (2 cm):0,02x20 = 0,40 kN /m^2

g=4,65kN/m^2

TS 498' den çatı katı için hareketli yük 1 kN /m^2 alınmıştır

Hareketli yük ;

TS498'den 2 kN/m^2 alınmıştır.

Döşemelerde hesap yük kombinasyonu olarak ;

$$Pd = 1,4\ g + 1,6q \qquad (6.2)$$

kullanılmıştır.

Buna göre hesap yükü ;

Pd_1 =1,4x5,196 + 1,6x2 =10,47 kN/m^2

Pd_2 = 1,4x 5,33 + 1,6x 2 = 10,66 kN/m^2

bulunur.

6.2.3 Döşeme Hesap Momentlerinin Bulunması

Döşeme momentleri , döşemenin mesnetlenme şekli ve kenar uzunlukları oranı göz önünde bulundurularak ve α moment katsayılarından yararlanılarak hesaplanır. Yapıda bulunan döşeme tipleri için hesaplanan moment değerleri aşağıda verilmiştir:

<u>D201:</u>

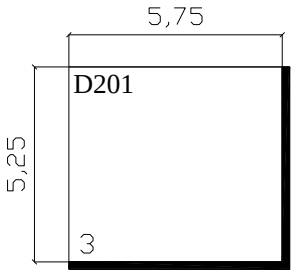
$m= l_l / l_s$ m= 1,09

$M_X = 0,049 \times 10,47 \times 5,25^2 = 14,14$ kNm/m

$M_a = 0,037 \times 10,47 \times 5,25^2 = 10,68$ kNm/m

$M_Y = 0,055 \times 10,47 \times 5,25^2 = 15,88$ kNm/m

$M_a = 0,041 \times 10,47 \times 5,25^2 = 11,84$ kNm/m



<u>D202:</u>

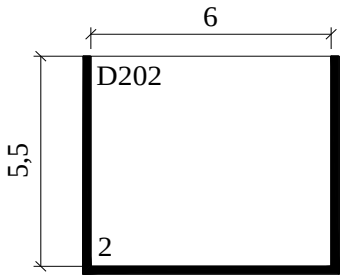
$m= l_l / l_s$ m= 1,09

$M_X = 0,042 \times 10,47 \times 5,25^2 = 12,12$ kNm/m

$M_a = 0,031 \times 10,47 \times 5,25^2 = 8,95$ kNm/m

$M_Y = 0,0465 \times 10,47 \times 5,25^2 = 13,42$ kNm/m

$M_a = 0,0346 \times 10,47 \times 5,25^2 = 10,00$ kNm/m



<u>D203:</u>

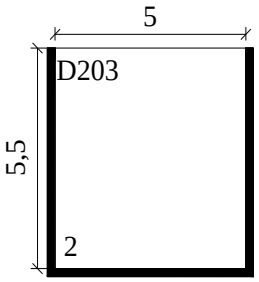
$m= l_l / l_s$ m= 1,1

$M_X = 0,047 \times 10,47 \times 4,75^2 = 11,11$ kNm/m

$M_a = 0,035 \times 10,47 \times 4,75^2 = 8,27$ kNm/m

$M_Y = 0,042 \times 10,47 \times 4,75^2 = 9,93$ kNm/m

$M_a = 0,031 \times 10,47 \times 4,75^2 = 7,33$ kNm/m



Yapıdaki diğer döşemelerin moment değerleri Tablo 6.2 de belirtilmiştir.

Tablo 6.2: Döşeme Momentleri Hesabı

				x-Doğrultusu				y-Doğrultusu			
Döşeme	l_x	l_y	m	α_1	α_2	M_1	M_2	α_1	α_2	M_1	M_2
D201	5,75	5,25	1,09	0,049	0,037	14,15	10,68	0,055	0,041	15,88	11,84
D202	5,75	5,25	1,09	0,042	0,031	12,12	8,95	0,0465	0,0346	13,42	10,00
D203	4,75	5,25	1,10	0,047	0,035	11,11	8,27	0,042	0,031	9,93	7,33
D204	5,75	3,75	1,50	0,042	0,031	6,19	4,57	0,065	0,049	9,57	7,22
D205	5,75	3,75	1,50	0,033	0,025	4,95	3,75	0,059	0,045	8,85	6,75
D206	4,75	3,75	1,25	0,033	0,025	4,95	3,75	0,0475	0,036	7,12	5,40
D207	5,75	4,25	1,33	0,042	0,0,31	7,95	5,86	0,058	0,044	10,97	8,32
D208	5,75	4,25	1,33	0,033	0,025	6,35	4,81	0,051	0,039	9,82	7,51

6.2.3.1 Mesnet Momenti Düzeltmesi

TS 500 kolon şeridi olarak tanımlanan kenar şeridinde, mesnet momentinin 2/3 oranında azaltılabileceğini belirtmiştir. TS500 de boyutlandırma için yaklaşık bir yöntem verilmiştir.

Eğer mesnetler arası bulunan moment değerleri arasındaki oran;

$$\frac{M_{min}}{M_{max}} \geq 0{,}8 \quad \Rightarrow \quad \text{kesit büyük momente göre donatılır.}$$

Eğer aradaki fark büyükse;

$$\frac{M_{min}}{M_{max}} < 0{,}8 \text{ ise}$$

$$\Delta M = \frac{2}{3}(M_{max} - M_{min}) \tag{6.4}$$

formülüyle komşu plaklara rijitlikleri oranında dağıtılacaktır:

$$M_1 = M_{max} - \Delta M \frac{l_2}{l_1 + l_2} \tag{6.5a}$$

$$M_2 = M_{min} + \Delta M \frac{l_1}{l_1 + l_2} \tag{6.5b}$$

Burada ;

l_1=1. döşeme temiz açıklığı

l_2 =2. döşeme temiz açıklığı

kesit bu moment değerlerinden büyük olana göre donatılandırılacaktır.

Sistemde bulunan döşeme mesnet kesitlerinde moment düzeltmeleri hesap momentleri aşağıda verilmiştir.

D201 / D202 $\Rightarrow \quad \frac{M_{min}}{M_{max}} = \frac{12,12}{14,146} = 0,85 > 0,8$ moment dengelemesine gerek yoktur. Büyük olan değer alınır.

$\Rightarrow \quad M_{hesap}$= 14,146 kNm

D202 / D203 $\Rightarrow \quad \frac{M_{min}}{M_{max}} = \frac{11,11}{12,12} = 0,917 > 0,8$ moment dengelemesine gerek yoktur. Büyük olan değer alınır.

$\Rightarrow \quad M_{hesap}$= 12,12 kNm

D204 /D205 $\Rightarrow \quad \frac{M_{min}}{M_{max}} = \frac{4,75}{6,19} = 0,77 < 0,8$ moment dengelemesine gerek vardır.

$$M1 = 6,19 - \frac{0,96 \cdot 5,75}{5,75 + 5,75} = 5,71\,\text{kNm}$$

$$\Delta M = \frac{2}{3} \cdot (6,19 - 4,75) = 0,96 \quad \Rightarrow \quad M_{hesap}=5,71\text{kNm}$$

$$M2 = 4,75 + \frac{0,96 \cdot 5,75}{5,75 + 5,75} = 5,23\ \text{kNm}$$

D207 /D208$\Rightarrow \quad \frac{M_{min}}{M_{max}} = \frac{6,35}{7,95} = 0,799 < 0,8$ moment dengelemesine gerek vardır.

$$M1 = 6,19 - \frac{1,07 \cdot 5,75}{5,75 + 5,75} = 7,415\ \text{kNm}$$

$$\Delta M = \frac{2}{3}(7,95 - 6,35) = 1,07 \quad \Rightarrow \quad M_{hesap}=7,415\text{kNm}$$

$$M2 = 4,75 + \frac{1,07 \cdot 5,75}{5,75 + 5,75} = 6,885\ \text{kNm}$$

D201 /D204$\Rightarrow$ $\frac{M_{min}}{M_{max}} = \frac{9,57}{15,88} = 0,603 < 0,8$ moment dengelemesine gerek vardır.

$$M_1 = 15,88 - \frac{4,207 \cdot 3,75}{3,75 + 5,25} = 14,127 \text{ kNm}$$

$$\Delta M = \frac{2}{3} \cdot (15,88 - 9,57) = 4,207 \Rightarrow$$ M_{hesap}=14,127kNm

$$M_2 = 9,57 + \frac{4,207 \cdot 5,25}{3,75 + 5,25} = 12,02 \text{ kNm}$$

D204 / D207 $\Rightarrow$ $\frac{M_{min}}{M_{max}} = \frac{9,57}{10,97} = 0,87 > 0,8$ moment dengelemesine gerek yoktur.

Büyük olan değer alınır.

$\Rightarrow$ M_{hesap}= 10,97 kNm

D202 /D205$\Rightarrow$ $\frac{M_{min}}{M_{max}} = \frac{8,85}{13,42} = 0,66 < 0,8$ moment dengelemesine gerek vardır.

$$M_1 = 13,42 - \frac{3,047 \cdot 3,75}{3,75 + 5,25} = 12,15 \text{ kNm}$$

$$\Delta M = \frac{2}{3} \cdot (13,42 - 8,85) = 3,047 \Rightarrow$$ M_{hesap}=12,15kNm

$$M_2 = 8,85 + \frac{3,047 \cdot 5,25}{3,75 + 5,25} = 10,63 \text{ kNm}$$

D205 / D208 $\Rightarrow$ $\frac{M_{min}}{M_{max}} = \frac{8,85}{9,82} = 0,9 > 0,8$ moment dengelemesine gerek yoktur.

Büyük olan değer alınır.

$\Rightarrow$ M_{hesap}= 9,82 kNm

D203 /D206$\Rightarrow$ $\frac{M_{min}}{M_{max}} = \frac{7,12}{9,93} = 0,72 < 0,8$ moment dengelemesine gerek vardır.

$$M_1 = 9,93 - \frac{1,87 \cdot 3,75}{3,75 + 5,25} = 9,15\,\text{kNm}$$

$\Delta M = \frac{2}{3} \bullet (9,93 - 7,12) = 1,87 \Rightarrow$ M_{hesap}=9,15kNm

$$M_2 = 7,12 + \frac{1,87 \cdot 5,25}{3,75 + 5,25} = 8,21\ \text{kNm}$$

6.2.4 Döşeme Donatısı Hesabı

Kesit momentlerinin bulunmasında TS500 de yer alan, mesnetlenme tipine göre belirlenen moment katsayıları (α) kullanılır.

İki doğrultuda çalışan döşemelere ait kesit momentleri bulunurken aşağıdaki formülden yararlanılır:

$$M = \alpha \,.P_d.\, l_{sn}^2 \qquad (6.3)$$

$$K = \frac{b_w\, d^2}{M_d} \qquad (6.4)$$

Katsayısından yola çıkarak abaklardan k_s değerine ulaşılır. Buradan;

$$A_s = \frac{k_s\, M_d}{d} \qquad (6.5)$$

donatı alanı hesaplanır.

Tek doğrultuda çalışan döşemelerde, asal donatı yüzdesi (ρ_{min}) ;

S220 için $\rho_{min} \geq 0,003$

S420 ve S500 için $\rho_{min} \geq 0,002$

Yapıda tek doğrultuda çalışan döşeme yoktur.

Çift doğrultuda çalışan döşemelerde, iki yöndeki donatı yüzdelerinin toplamı S220 için 0,004; S420 için 0,0035; S500 için 0,003'den az olamaz. Yapıda kullanılan çelik sınıfı S420 olduğundan ;

Minimum donatı yüzdesi = $\rho_{min} \leq \rho_{xmin} + \rho_{ymin} = 0{,}0035$

Donatı aralığı (s) ise;

$s \leq 1{,}5h_f$;

kısa doğrultuda $\Rightarrow$ $s \leq 20$ cm;

uzun doğrultuda $\Rightarrow$ $s \leq 25$ cm olmalıdır.

Yapıdaki çift doğrultuda çalışan döşemelerin kalınlığı 14 cm olduğuna göre, donatı aralığı (s) ;

$s \leq 1{,}5x\ 14 = 21$ cm

kısa doğrultuda $\Rightarrow$ $s \leq 20$ cm

uzun doğrultuda $\Rightarrow$ $s \leq 25$cm olmalıdır.

Tablo 6.3 ' de X doğrultusunda Tablo 6.4 'de ise Y doğrultusunda döşemeler için donatı hesabı gösterilmiştir.

Tablo 6.3: X Doğrultusunda Döşemelerin Statik Hesabı

Döşeme no	M_d (kNm)	d (m)	K (10^{-5})	k_s	A_s (mm^2)	Seçilen (mm^2/m)	Mevcut (mm^2/m)	EkDonatı (mm^2/m)
D201 (açıklık)	10,68	0,12	135	2,85	254	Φ8 / 140 (360)		
D201/D202	14,15	0,12	102	2,88	340		Φ8/280+Φ8/300 (348)	Yok
D202 (açıklık)	8,95	0,12	161	2,84	212	Φ8 / 150 (335)		
D202 / D203	12,12	0,12	119	2,86	289		Φ8/300+Φ8/300(335)	Yok
D203(açıklık)	8,27	0,12	174	2,84	196	Φ8 / 150 (335)		
D203/D203	11,11	0,12	130	2,86	265		Φ8/300+Φ8/300(335)	Yok
D204 (açıklık)	4,57	0,12	315	2,80	107	Φ8 / 200(251)		
D204 / D205	5,71	0,12	252	2,81	134		Φ8/400+Φ8/400(251)	Yok
D205 (açıklık)	3,75	0,12	384	2,80	88	Φ8 / 200(251)		
D205 / D206	4,75	0,12	303	2,81	111		Φ8/400+Φ8/400(251)	Yok
D206 (açıklık)	3,75	0,12	384	2,80	88	Φ8 / 200(251)		
D206/D206	4,75	0,12	303	2,81	111		Φ8/400+Φ8/400(251)	Yok
D207 (açıklık)	5,86	0,12	246	2,82	138	Φ8 / 190(265)		
D07/D08	7,42	0,12	194	2,83	175		Φ8/380+Φ8/400((258)	Yok
D208 (açıklık)	4,81	0,12	299	2,81	113	Φ8 / 200 (254)		

Tablo 6.4: Y Doğrultusunda Döşemelerin Statik Hesabı

Döşeme no	M_d (kNm)	d (m)	K (10^{-5})	k_s	A_s (mm^2)	Seçilen (mm^2/m)	Mevcut (mm^2/m)	EkDonatı (mm^2/m)
D201 (açıklık)	11,84	0,12	122	2,86	282	Φ8 / 130(387)		
D201/D204	14,27	0,12	102	2,88	339		Φ8/260+Φ8/320(351)	yok
D204 (açıklık)	7,22	0,12	199	2,83	170	Φ8 / 160(314)		
D204/D07	10,97	0,12	131	2,85	261		Φ8/320+Φ8/300(325)	yok
D207 (açıklık)	8,32	0,12	173	2,84	197	Φ8 / 150(335)		
D207/D207	10,97	0,12	131	2,85	261		Φ8/300+Φ8/300(335)	yok
D202 (açıklık)	10	0,12	144	2,84	237	Φ8 / 140(360)		
D202/D205	12,15	0,12	119	2,86	290		Φ8/280+Φ8/380(312)	yok
D205 (açıklık)	6,75	0,12	213	2,82	159	Φ8/190(265)		
D205/D208	9,82	0,12	147	2,85	233		Φ8/380+Φ8/320(422)	yok
D208 (açıklık)	7,51	0,12	192	2,83	177	Φ8 / 160(314)		
D208/D208	9,82	0,12	147	2,85	233		Φ8/320+Φ8/320(314)	yok
D203(açıklık)	7,33	0,12	196	2,83	173	Φ8 / 160(314)		
D203/D206	9,15	0,12	157	2,84	217		Φ8/320+Φ8/400(283)	yok
D206 (açıklık)	5,4	0,12	267	2,81	126	Φ8 / 200(251)		

6.2.5 Kiriş Ve Kolon Ön Boyutlandırılması

6.2.5.1 Kirişlerin Ön Boyutlandırılması

Kiriş ön boyutları aşağıdaki kriterleri sağlayacak şekilde belirlenmiştir:

- $h_{kiriş} > 3 \times h_{döş}$
- $b_w > 200$ mm
- $h_{kiriş} < (1/4) \times l_{sn}$
- $h_{kiriş} < 3{,}5 \times b_w$

Buna göre b_w=25 cm ve h=60 cm seçilmiştir.

Tablo 6.5 'de sistemde bulunan kirişlerin boyutları ayrıntılı bir şekilde verilmiştir.

Tablo 6.5 : Kiriş Boyutları

Kiriş Adı	Tipi	$b_{w\,(m)}$	b (m)	h (m)	hf (m)
K01	Angle	0,25	0,41	0,6	0,14
K02	Tee	0,25	1,21	0,6	0,14
K03	Tee	0,25	0,65	0,6	0,14
K04	Tee	0,25	0,97	0,6	0,14
K05	Tee	0,25	0,97	0,6	0,14
K06	Tee	0,25	0,85	0,6	0,14
K07	Tee	0,25	0,97	0,6	0,14
K08	Tee	0,25	0,97	0,6	0,14
K09	Tee	0,25	0,55	0,6	0,14
K10	Tee	0,25	0,97	0,6	0,14
K11	Tee	0,25	0,97	0,6	0,14
K12	Tee	0,25	0,57	0,6	0,14
K13	Tee	0,25	0,89	0,6	0,14
K14	Angle	0,25	0,53	0,6	0,14
K15	Tee	0,25	0,79	0,6	0,14
K16	Tee	0,25	0,73	0,6	0,14
K17	Tee	0,25	0,91	0,6	0,14
K18	Tee	0,25	0,73	0,6	0,14
K19	Tee	0,25	0,91	0,6	0,14
K20	Tee	0,25	0,73	0,6	0,14
K21	Tee	0,25	0,91	0,6	0,14
K22	Tee	0,25	0,79	0,6	0,14
K23	Tee	0,25	0,79	0,6	0,14

6.2.5.2 Kolonlara Ön Boyut Verilmesi

Sabit Yükler:

- Döşemelerden gelen
- Kiriş ağırlığı
- Cephe kaplaması
- Kolon / Perde zati ağırlığı

Hareketli Yükler:

- Döşemelerden gelen

En üst kat çatı katı döşemesi olarak düşünülmüş ve hesap yükleri buna göre belirlenmiştir.

Kolonların ön boyutlandırılmasında kullanılan formüller aşağıda verilmiştir:

Döşemeden gelen yük;

$$N_g = g_{döşeme} \times l_x \times l_y \quad (6.6a)$$

$$N_q = q_{döşeme} \times l_x \times l_y \quad (6.6b)$$

Kirişten gelen yük;

$$N_g = b_w \times (h-h_f) \times \gamma_{beton} \times (l_x + l_y) \quad (6.7)$$

Duvar yüksekliği = kat yüksekliği – kiriş yüksekliği (6.8)

Delikli yarım tuğla için sıva dahil ; $q_{diyafram\ tuğla} = 2,5\ kN/m^2$

Delikli tam tuğla için sıva dahil ; $q_{diyafram\ tuğla} = 4,2\ kN/m^2$

değerleri kullanılmıştır.

N_d (1,4 G+ 1,6Q) ve α kullanılarak kolon kesitleri seçildi:

α : 1,3 alınmıştır.

$$fi = 0,85*fcd + \rho t*fyd \quad (6.9)$$

$Ac(1) = \alpha . N_d / fi$ (6.10)

$Ac(2) = N_d / (0,5 . fck)$ (6.11)

Ac > maks (Ac(1); Ac(2))

Kolon boyutları her 2 katta bir değiştirilmiştir.

Kolonlar :

-Çatı Katı için:

S1 kolonuna gelen yük:

- Sabit Yükler :

D1501/D1502 döşemesi ;

$N_g = 4,65 . (6/2). (6/2). (5,5/2) = 76,725$ kN

Kirişten gelen yük;

$N_g = 0,25. (0,60-0,14) . 25. (3+3+2,75) = 25,156$ kN

- D1501/D1502 döşemesi

Hareketli Yükler:

$N_q = 1,00. (672+6/2) . 2,75 = 16,50$ kN

S2 kolonuna gelen yük :

- Sabit Yükler :

D1502/D1503 döşemesi

$N_g = 70,33$ kN

Kiriş ağırlığı : 23,72 kN

- Hareketli Yük

D1502/D1503 döşemesi;

$N_q = 15,125$ kN

-Normal Katlar İçin (h=3m)

S1 kolonuna gelen yük :

- Sabit Yükler:

D201/D202 döşemesinden gelen yük ;

N_g = 5,196 **.** (6/2+6/2) **.** 2,75 =88,73 kN

Duvardan gelen Yük ;

N_g = 4,2 **.** 2,4 **.** (6/2+6/2) + 2,5 **.** 2,4**.** (5,5/2) = 76,98 kN

Kiriş ağırlığı : 25,156 kN

- Hareketli Yükler :

D201/D202 döşemesinden gelen yük ;

N_q =2**.** (6/2+6/2)**.** (5,5/2) =33 kN

S2 kolonuna gelen yük :

- Sabit Yükler ;

D202/D203 döşemesinden gelen :78,59 kN

Duvardan Gelen Yük : 71,94 kN

Bölme Duvardan Gelen Yük: 8,25 kN

Kiriş Ağırlığı :23,72 kN

- Hareketli Yükler:

D202 /D203 döşemesinden gelen : 30,25 kN

- Bodrum Kat için (h=3,5m):

Döşeme ve kirişten gelen yükler aynıdır. Sadece duvardan gelen yükler değişecektir.

S1 kolonuna gelen yük :

- Sabit Yükler:

D201/D202 döşemesinden gelen yük ;

N_g = 5,196 **.** (6/2+6/2)**.** 2,75 =88,73 kN

Duvardan gelen Yük ;

N_g = 4,2 **.** 2,9**.** (6/2+6/2) + 2,5**.** 2,4**.**(5,5/2) = 76,98 kN

Kiriş ağırlığı : 25,156 kN

- Hareketli Yükler :

D201/D202 döşemesinden gelen yük ;

N_q =2**.** (6/2+6/2)**.** (5,5/2) =33 kN

S2 kolonuna gelen yük :

- Sabit Yükler ;

D202/D203 döşemesinden gelen :78,59 kN

Duvardan Gelen Yük : 86,93 kN

Bölme Duvardan Gelen Yük: 8,25 kN

Kiriş Ağırlığı :23,72 kN

- Hareketli Yükler:

D202 /D203 döşemesinden gelen : 30,25 kN

Tablo 6.6 da tüm katlar için kolonlara gelen yükler ve kolonlara ön boyut verilmesi detaylı bir şekilde gösterilmiştir.

Tablo 6.6: 15. Kat Kolonları Ön Boyutlandırılması

Kat no	Kolon	Normal Döşeme (kN)		Banyo ve Koridor Döşemesi (kN)		Merdiven Döşemesi (kN)		Kiriş (kN)	Duvar (kN)	Kolon (kN)	Üst Kattan Gelen Yük (kN)		ToplamYük (kN)		Hesap Yükü (kN)	Ac (cm^2)	Kolon Boyutu
		N_g	N_q	N_g	N_q	N_g	N_q	N_g	N_q	N_g	N_g	N_q	N_g	N_q	N_d		
15	S1501	76,73	16,50	0	0	0	0	25,16	0	0	0	0	101,89	16,50	169,05	135	25X35
	S1502	70,33	15,13	0	0	0	0	23,72	0	0	0	0	94,05	15,13	155,88	125	35X25
	S1503	66,26	14,25	0	0	0	0	22 ,28	0	0	0	0	88,54	14,25	146,76	117	25X35
	S1504	132,53	28,50	0	0	0	0	30,91	0	0	0	0	163,44	28,50	274,42	220	35X25
	S1505	121,48	26,13	0	0	0	0	29,47	0	0	0	0	150,95	26,13	253,14	203	25X35
	S1506	110,44	23,75	0	0	0	0	28,00	0	0	0	0	138,44	23,75	231,82	185	35X25
	S1507	59,29	12,75	0	0	0	0	20,84	0	0	0	0	80,13	12,75	132,58	106	35X25
	S1508	118,58	25,50	0	0	0	0	29,47	0	0	0	0	148,05	25,50	248,07	198	25X35
	S1509	98,81	21,25	0	0	0	0	26,59	0	0	0	0	125,40	21,25	209,56	168	25X35
	S1510	125,55	27,00	0	0	0	0	30,19	0	0	0	0	155,74	27,00	261,24	209	35X25

Tablo 6.7: 14. Kat Kolonları Ön Boyutlandırılması

Kat no	Kolon	Normal Döşeme (kN)		Banyo ve Koridor Döşemesi (kN)		Merdiven Döşemesi (kN)		Kiriş (kN)	Duvar (kN)	Kolon (kN)	Üst Kattan Gelen Yük (kN)		ToplamYük (kN)		Hesap Yükü (kN)	Ac (cm^2)	Kolon Boyutu
		N_g	N_q	N_g	N_q	N_g	N_q	N_g	N_q	N_g	N_g	N_q	N_g	N_q	N_d		
14	S1401	85,73	33,00	0,00	0,00	0,00	0,00	25,16	76,98	10,00	101,89	16,50	299,76	49,50	498,86	399	25X35
	S1402	78,59	30,25	0,00	0,00	0,00	0,00	23,72	80,19	10,00	94,05	15,13	286,55	45,38	473,78	379	35X25
	S1403	74,04	28,50	0,00	0,00	0,00	0,00	22,28	65,88	10,00	88,54	14,25	260,74	42,75	433,44	347	25X35
	S1404	116,91	45,00	31,98	12,00	0,00	0,00	30,91	72,75	10,00	163,44	28,50	425,99	85,50	733,19	587	35X25
	S1405	78,59	30,25	58,63	22,00	0,00	0,00	29,47	69,75	10,00	150,95	26,13	397,39	78,38	681,75	545	25X35
	S1406	71,45	27,50	53,30	20,00	0,00	0,00	28,00	58,50	10,00	138,44	23,75	359,69	71,25	617,57	494	35X25
	S1407	66,25	25,50	0,00	0,00	0,00	0,00	20,84	60,84	10,00	80,13	12,75	238,06	38,25	394,48	316	35X25
	S1408	66,25	25,50	67,96	25,50	0,00	0,00	29,47	94,26	10,00	148,05	25,50	415,99	76,50	704,79	564	25X35
	S1409	53,30	20,00	0,00	0,00	59,96	39,38	26,59	62,40	10,00	125,40	21,25	337,65	80,63	601,72	481	25X35
	S1410	70,15	27,00	71,96	27,00	0,00	0,00	30,19	104,94	10,00	155,74	27,00	442,98	81,00	749,77	600	35X25

Tablo 6.8: 13. Kat Kolonları Ön Boyutlandırılması

Kat no	Kolon	Normal Döşeme (kN)		Banyo ve Koridor Döşemesi (kN)		Merdiven Döşemesi (kN)		Kiriş (kN)	Duvar (kN)	Kolon (kN)	Üst Kattan Gelen Yük (kN)		ToplamYük (kN)		Hesap Yükü (kN)	Ac (cm^2)	Kolon Boyutu
		N_g	N_q	N_g	N_q	N_g	N_q	N_g	N_q	N_g	N_g	N_q	N_g	N_q	N_d		
13	S1301	85,73	33,00	0,00	0,00	0,00	0,00	25,16	76,98	10,00	299,76	49,50	497,63	82,50	828,68	663	30X50
	S1302	78,59	30,25	0,00	0,00	0,00	0,00	23,72	80,19	10,00	286,55	45,38	479,05	75,63	791,68	633	50X30
	S1303	74,04	28,50	0,00	0,00	0,00	0,00	22,28	65,88	10,00	260,74	42,75	432,94	71,25	720,12	576	30X50
	S1304	116,91	45,00	31,98	12,00	0,00	0,00	30,91	72,75	10,00	425,99	85,50	688,54	142,50	1191,96	954	55X35
	S1305	78,59	30,25	58,63	22,00	0,00	0,00	29,47	69,75	10,00	397,39	78,38	643,83	130,63	1110,37	888	35X55
	S1306	71,45	27,50	53,30	20,00	0,00	0,00	28,00	58,50	10,00	359,69	71,25	580,94	118,75	1003,32	803	50X30
	S1307	66,25	25,50	0,00	0,00	0,00	0,00	20,84	60,84	10,00	238,06	38,25	395,99	63,75	656,39	525	35X55
	S1308	66,25	25,50	67,96	25,50	0,00	0,00	29,47	94,26	10,00	415,99	76,50	683,93	127,50	1161,50	929	35X55
	S1309	53,30	20,00	0,00	0,00	59,96	39,38	26,59	62,40	10,00	337,65	80,63	589,28	140,01	1049,01	839	35X55
	S1310	70,15	27,00	71,96	27,00	0,00	0,00	30,19	104,94	10,00	442,98	81,00	730,22	135,00	1238,31	991	55X35

Tablo 6.9: 12. Kat Kolonları Ön Boyutlandırılması

Kat no	Kolon	Normal Döşeme (kN)		Banyo ve Koridor Döşemesi (kN)		Merdiven Döşemesi (kN)		Kiriş (kN)	Duvar (kN)	Kolon (kN)	Üst Kattan Gelen Yük (kN)		ToplamYük (kN)		Hesap Yükü (kN)	Ac (cm^2)	Kolon Boyutu
		N_g	N_q	N_g	N_q	N_g	N_q	N_g	N_q	N_g	N_g	N_q	N_g	N_q	N_d		
12	S1201	85,73	33,00	0,00	0,00	0,00	0,00	25,16	76,98	10,00	497,63	82,50	695,50	115,50	1158,50	927	30X50
	S1202	78,59	30,25	0,00	0,00	0,00	0,00	23,72	80,19	10,00	479,05	75,63	671,55	105,88	1109,58	888	50X30
	S1203	74,04	28,50	0,00	0,00	0,00	0,00	22,28	65,88	10,00	432,94	71,25	605,14	99,75	1006,80	805	30X50
	S1204	116,91	45,00	31,98	12,00	0,00	0,00	30,91	72,75	10,00	688,54	142,50	951,09	199,50	1650,73	1321	55X35
	S1205	78,59	30,25	58,63	22,00	0,00	0,00	29,47	69,75	10,00	643,83	130,63	890,27	182,88	1538,99	1231	35X55
	S1206	71,45	27,50	53,30	20,00	0,00	0,00	28.00	58,50	10,00	580,94	118,75	802,19	166,25	1389,07	1111	50X30
	S1207	66,25	25,50	0,00	0,00	0,00	0,00	20,84	60,84	10,00	395,99	63,75	553,92	89,25	918,29	735	35X55
	S1208	66,25	25,50	67,96	25,50	0,00	0,00	29,47	94,26	10,00	683,93	127,50	951,87	178,50	1618,22	1295	35X55
	S1209	53,30	20,00	0,00	0,00	59,96	39,38	26,59	62,40	10,00	589,28	140,01	801,53	199,39	1441,17	1153	35X55
	S1210	70,15	27,00	71,96	27,00	0,00	0,00	30,19	104,94	10,00	730,22	135,00	1017,46	189,00	1726,84	1381	55X35

Tablo 6.10: 11. Kat Kolonları Ön Boyutlandırılması

Kat no	Kolon	Normal Döşeme (kN)		Banyo ve Koridor Döşemesi (kN)		Merdiven Döşemesi (kN)		Kiriş (kN)	Duvar (kN)	Kolon (kN)	Üst Kattan Gelen Yük (kN)		ToplamYük (kN)		Hesap Yükü (kN)	Ac (cm^2)	Kolon Boyutu
		N_g	N_q	N_g	N_q	N_g	N_q	N_g	N_q	N_g	N_g	N_q	N_g	N_q	N_d		
11	S1101	85,73	33,00	0,00	0,00	0,00	0,00	25,16	76,98	10,00	695,50	115,50	893,37	148,50	1488,32	1191	40X50
	S1102	78,59	30,25	0,00	0,00	0,00	0,00	23,72	80,19	10,00	671,55	105,88	864,05	136,13	1427,48	1142	50X40
	S1103	74,04	28,50	0,00	0,00	0,00	0,00	22,28	65,88	10,00	605,14	99,75	777,34	128,25	1293,48	1035	40X50
	S1104	116,91	45,00	31,98	12,00	0,00	0,00	30,91	72,75	10,00	951,09	199,50	1213,64	256,50	2109,50	1688	65X45
	S1105	78,59	30,25	58,63	22,00	0,00	0,00	29,47	69,75	10,00	890,27	182,88	1136,71	235,13	1967,60	1574	45X65
	S1106	71,45	27,50	53,30	20,00	0,00	0,00	28,00	58,50	10,00	802,19	166,25	1023,44	213,75	1774,82	1420	65X45
	S1107	66,25	25,50	0,00	0,00	0,00	0,00	20,84	60,84	10,00	553,92	89,25	711,85	114,75	1180,19	944	50X40
	S1108	66,25	25,50	67,96	25,50	0,00	0,00	29,47	94,26	10,00	951,87	178,50	1219,81	229,50	2074,93	1660	45X65
	S1109	53,30	20,00	0,00	0,00	59,96	39,38	26,59	62,40	10,00	801,53	199,39	1013,78	258,77	1833,32	1467	45X65
	S1110	70,15	27,00	71,96	27,00	0,00	0,00	30,19	104,94	10,00	1017,46	189,00	1304,70	243,00	2215,38	1772	65X45

Tablo 6.11: 10. Kat Kolonları Ön Boyutlandırılması

Kat no	Kolon	Normal Döşeme (kN)		Banyo ve Koridor Döşemesi (kN)		Merdiven Döşemesi (kN)		Kiriş (kN)	Duvar (kN)	Kolon (kN)	Üst Kattan Gelen Yük (kN)		ToplamYük (kN)		Hesap Yükü (kN)	Ac (cm^2)	Kolon Boyutu
		N_g	N_q	N_g	N_q	N_g	N_q	N_g	N_q	N_g	N_g	N_q	N_g	N_q	N_d		
10	S1001	85,73	33,00	0,00	0,00	0,00	0,00	25,16	76,98	10,00	893,37	148,50	1091,24	181,50	1818,14	1455	40X50
	S1002	78,59	30,25	0,00	0,00	0,00	0,00	23,72	80,19	10,00	864,05	136,13	1056,55	166,38	1745,38	1396	50X40
	S1003	74,04	28,50	0,00	0,00	0,00	0,00	22,28	65,88	10,00	777,34	128,25	949,54	156,75	1580,16	1264	40X50
	S1004	116,91	45,00	31,98	12,00	0,00	0,00	30,91	72,75	10,00	1213,64	256,50	1476,19	313,50	2568,27	2055	65X45
	S1005	78,59	30,25	58,63	22,00	0,00	0,00	29,47	69,75	10,00	1136,71	235,13	1383,15	287,38	2396,22	1917	45X65
	S1006	71,45	27,50	53,30	20,00	0,00	0,00	28,00	58,50	10,00	1023,44	213,75	1244,69	266,00	2168,17	1735	65X45
	S1007	66,25	25,50	0,00	0,00	0,00	0,00	20,84	60,84	10,00	711,85	114,75	869,78	140,25	1442,09	1154	50X40
	S1008	66,25	25,50	67,96	25,50	0,00	0,00	29,47	94,26	10,00	1219,81	229,50	1487,75	280,50	2531,65	2025	45X65
	S1009	53,30	20,00	0,00	0,00	59,96	39,38	26,59	62,40	10,00	1013,78	258,77	1226,03	318,15	2225,48	1780	45X65
	S1010	70,15	27,00	71,96	27,00	0,00	0,00	30,19	104,94	10,00	1304,70	243,00	1591,94	297,00	2703,92	2163	65X45

Tablo 6.12: 9. Kat Kolonları Ön Boyutlandırılması

Kat No	Kolon	Normal Döşeme (kN)		Banyo ve Koridor Döşemesi (kN)		Merdiven Döşemesi (kN)		Kiriş (kN)	Duvar (kN)	Kolon (kN)	Üst Kattan Gelen Yük (kN)		ToplamYük (kN)		Hesap Yükü (kN)	Ac (cm^2)	Kolon Boyutu
		N_g	N_q	N_g	N_q	N_g	N_q	N_g	N_q	N_g	N_g	N_q	N_g	N_q	N_d		
9	S901	85,73	33,00	0,00	0,00	0,00	0,00	25,16	76,98	10,00	1091,24	181,50	1289,11	214,50	2147,95	1718	50X60
	S902	78,59	30,25	0,00	0,00	0,00	0,00	23,72	80,19	10,00	1056,55	166,38	1249,05	196,63	2063,28	1651	60X50
	S903	74,04	28,50	0,00	0,00	0,00	0,00	22,28	65,88	10,00	949,54	156,75	1121,74	185,25	1866,84	1493	50X60
	S904	116,91	45,00	31,98	12,00	0,00	0,00	30,91	72,75	10,00	1476,19	313,50	1738,74	370,50	3027,04	2422	75X55
	S905	78,59	30,25	58,63	22,00	0,00	0,00	29,47	69,75	10,00	1383,15	287,38	1629,59	339,63	2824,83	2260	55X75
	S906	71,45	27,50	53,30	20,00	0,00	0,00	28.00	58,50	10,00	1244,69	266,00	1465,94	313,50	2553,92	2043	75X55
	S907	66,25	25,50	0,00	0,00	0,00	0,00	20,84	60,84	10,00	869,78	140,25	1027,71	165,75	1703,99	1363	60X50
	S908	66,25	25,50	67,96	25,50	0,00	0,00	29,47	94,26	10,00	1487,75	280,50	1755,69	331,50	2988,37	2391	55X75
	S909	53,30	20,00	0,00	0,00	59,96	39,38	26,59	62 ,40	10,00	1226,03	318,15	1438,25	377,53	2617,60	2094	55X75
	S910	70,15	27,00	71,96	27,00	0,00	0,00	30,19	104,94	10,00	1591,94	297,00	1879,18	351,00	3192,45	2554	75X55

Tablo 6.13: 8. Kat Kolonları Ön Boyutlandırılması

Kat No	Kolon	Normal Döşeme (kN)		Banyo ve Koridor Döşemesi (kN)		Merdiven Döşemesi (kN)		Kiriş (kN)	Duvar (kN)	Kolon (kN)	Üst Kattan Gelen Yük (kN)		ToplamYük (kN)		Hesap Yükü (kN)	Ac (cm^2)	Kolon Boyutu
		N_g	N_q	N_g	N_q	N_g	N_q	N_g	N_q	N_g	N_g	N_q	N_g	N_q	N_d		
8	S801	85,73	33,00	0,00	0,00	0,00	0,00	25,16	76,98	10,00	1289,11	214,50	1486,98	247,50	2477,77	1982	50X60
	S802	78,59	30,25	0,00	0,00	0,00	0,00	23,72	80,19	10,00	1249,05	196,63	1441,55	226,88	2381,18	1905	60X50
	S803	74,04	28,50	0,00	0,00	0,00	0,00	22,28	65,88	10,00	1121,74	185,25	1293,94	213,75	2153,52	1723	50X60
	S804	116,91	45,00	31,98	12,00	0,00	0,00	30,91	72,75	10,00	1738,74	370,50	2001,29	427,50	3485,81	2789	75X55
	S805	78,59	30,25	58,63	22,00	0,00	0,00	29,47	69,75	10,00	1629,59	339,63	1876,03	391,88	3253,45	2603	55X75
	S806	71,45	27,50	53,30	20,00	0,00	0,00	28,00	58,50	10,00	1465,94	313,50	1687,19	361,00	2939,67	2352	75X55
	S807	66,25	25,50	0,00	0,00	0,00	0,00	20,84	60,84	10,00	1027,71	165,75	1185,64	191,25	1965,90	1573	60X50
	S808	66,25	25,50	67,96	25,50	0,00	0,00	29,47	94,26	10,00	1755,69	331,50	2023,63	382,50	3445,08	2756	55X75
	S809	53,30	20,00	0,00	0,00	59,96	39,38	26,59	62,40	10,00	1438,25	377,53	1650,50	436,91	3009,76	2408	55X75
	S810	70,15	27,00	71,96	27,00	0,00	0,00	30,19	104,94	10,00	1879,18	351,00	2166,42	405,00	3680,99	2945	75X55

Tablo 6.14: 7. Kat Kolonları Ön Boyutlandırılması

Kat No	Kolon	Normal Döşeme (kN)		Banyo ve Koridor Döşemesi (kN)		Merdiven Döşemesi (kN)		Kiriş (kN)	Duvar (kN)	Kolon (kN)	Üst Kattan Gelen Yük (kN)		ToplamYük (kN)		Hesap Yükü (kN)	Ac (cm^2)	Kolon Boyutu
		N_g	N_q	N_g	N_q	N_g	N_q	N_g	N_q	N_g	N_g	N_q	N_g	N_q	N_d		
7	S701	85,73	33,00	0,00	0,00	0,00	0,00	25,16	76,98	10,00	1486,98	247,50	1684,85	280,50	2807,59	2246	50X75
	S702	78,59	30,25	0,00	0,00	0,00	0,00	23,72	80,19	10,00	1441,55	226,88	1634,05	257,13	2699,08	2159	75X50
	S703	74,04	28,50	0,00	0,00	0,00	0,00	22,28	65,88	10,00	1293,94	213,75	1466,14	242,25	2440,20	1952	50X75
	S704	116,91	45,00	31,98	12,00	0,00	0,00	30,91	72,75	10,00	2001,29	427,50	2263,84	484,50	3944,58	3156	90X55
	S705	78,59	30,25	58,63	22,00	0,00	0,00	29,47	69,75	10,00	1876,03	391,88	2122,47	444,13	3682,07	2946	55X90
	S706	71,45	27,50	53,30	20,00	0,00	0,00	28,00	58,50	10,00	1687,19	361,00	1908,44	408,50	3325,42	2660	90X55
	S707	66,25	25,50	0,00	0,00	0,00	0,00	20,84	60,84	10,00	1185,64	191,25	1343,57	216,75	2227,80	1782	75X50
	S708	66,25	25,50	67,96	25,50	0,00	0,00	29,47	94,26	10,00	2023,63	382,50	2291,57	433,50	3901,80	3121	55X90
	S709	53,30	20,00	0,00	0,00	59,96	39,38	26,59	62,40	10,00	1650,50	436,91	1862,75	496,29	3401,91	2722	55X90
	S710	70,15	27,00	71,96	27,00	0,00	0,00	30,19	104,94	10,00	2166,42	405,00	2453,66	459,00	4169,52	3336	90X55

Tablo 6.15 : 6. Kat Kolonları Ön Boyutlandırılması

Kat No	Kolon	Normal Döşeme (kN)		Banyo ve Koridor Döşemesi (kN)		Merdiven Döşemesi (kN)		Kiriş (kN)	Duvar (kN)	Kolon (kN)	Üst Kattan Gelen Yük (kN)		ToplamYük (kN)		Hesap Yükü (kN)	Ac (cm^2)	Kolon Boyutu
		N_g	N_q	N_g	N_q	N_g	N_q	N_g	N_q	N_g	N_g	N_q	N_g	N_q	N_d		
6	S601	85,73	33,00	0,00	0,00	0,00	0,00	25,16	76,98	10,00	1684,85	280,50	1882,72	313,50	3137,41	3263	50X75
	S602	78,59	30,25	0,00	0,00	0,00	0,00	23,72	80,19	10,00	1634,05	257,13	1826,55	287,38	3016,98	2510	75X50
	S603	74,04	28,50	0,00	0,00	0,00	0,00	22,28	65,88	10,00	1466,14	242,25	1638,34	270,75	2726,88	2414	50X75
	S604	116,91	45,00	31,98	12,00	0,00	0,00	30,91	72,75	10,00	2263,84	484,50	2526,39	541,50	4403,35	2182	90X55
	S605	78,59	30,25	58,63	22,00	0,00	0,00	29,47	69,75	10,00	2122,47	444,13	2368,91	496,38	4110,68	3523	55X90
	S606	71,45	27,50	53,30	20,00	0,00	0,00	28,00	58,50	10,00	1908,44	408,50	2129,69	456,00	3711,17	3289	90X55
	S607	66,25	25,50	0,00	0,00	0,00	0,00	20,84	60,84	10,00	1343,57	216,75	1501,50	242,25	2489,70	2969	75X50
	S608	66,25	25,50	67,96	25,50	0,00	0,00	29,47	94,26	10,00	2291,57	433,50	2559,51	484,50	4358,51	1992	55X90
	S609	53,30	20,00	0,00	0,00	59,96	39,38	26,59	62,40	10,00	1862,75	496,29	2075,00	555,67	3794,07	3487	55X90
	S610	70,15	27,00	71,96	27,00	0,00	0,00	30,19	104,94	10,00	2453,66	459,00	2740,90	513,00	4658,06	3035	90X55

Tablo 6.16 : 5. Kat Kolonları Ön Boyutlandırılması

Kat No	Kolon	Normal Döşeme (kN)		Banyo ve Koridor Döşemesi (kN)		Merdiven Döşemesi (kN)		Kiriş (kN)	Duvar (kN)	Kolon (kN)	Üst Kattan Gelen Yük (kN)		ToplamYük (kN)		Hesap Yükü (kN)	Ac (cm^2)	Kolon Boyutu
		N_g	N_q	N_g	N_q	N_g	N_q	N_g	N_q	N_g	N_g	N_q	N_g	N_q	N_d		
5	S501	85,73	33	0	0	0	0	25,16	76,98	10	1882,72	313,5	2080,59	346,5	3467,23	2774	60X75
	S502	78,59	30,25	0	0	0	0,00	23,72	80,19	10	1826,55	287,38	2019,05	317,63	3334,88	2668	75X60
	S503	74,04	28,5	0	0	0	0	22,28	65,88	10	1638,34	270,75	1810,54	299,25	3013,56	2411	60X75
	S504	116,91	45	31,98	12	0	0	30,91	72,75	10	2526,39	541,5	2788,94	598,5	4862,12	3890	90X65
	S505	78,59	30,25	58,63	22	0	0	29,47	69,75	10	2368,91	496,38	2615,35	548,63	4539,3	3631	65X90
	S506	71,45	27,5	53,3	20	0	0	28,00	58,5	10	2129,69	456	2350,94	503,5	4096,92	3278	90X65
	S507	66,25	25,5	0	0	0	0	20,84	60,84	10	1501,5	242,25	1659,43	267,75	2751,6	2201	75X60
	S508	66,25	25,5	67,96	25,5	0	0	29,47	94,26	10	2559,51	484,5	2827,45	535,5	4815,23	3852	65X90
	S509	53,3	20	0	0	59,96	39,38	26,59	62,4	10	2075	555,67	2287,25	615,05	4186,23	3349	65X90
	S510	70,15	27	71,96	27	0	0	30,19	104,94	10	2740,9	513	3028,14	567	5146,6	4117	90X65

Tablo 6.17 : 4. Kat Kolonları Ön Boyutlandırılması

Kat No	Kolon	Normal Döşeme (kN)		Banyo ve Koridor Döşemesi (kN)		Merdiven Döşemesi (kN)		Kiriş (kN)	Duvar (kN)	Kolon (kN)	Üst Kattan Gelen Yük (kN)		ToplamYük (kN)		Hesap Yükü (kN)	Ac (cm^2)	Kolon Boyutu
		N_g	N_q	N_g	N_q	N_g	N_q	N_g	N_q	N_g	N_g	N_q	N_g	N_q	N_d		
4	S401	85,73	33,00	0,00	0,00	0,00	0,00	25,16	76,98	10,00	2080,59	346,50	2278,46	379,50	3797,04	3038	60X75
	S402	78,59	30,25	0,00	0,00	0,00	0,00	23,72	80,19	10,00	2019,05	317,63	2211,55	347,88	3652,78	2922	75X60
	S403	74,04	28,50	0,00	0,00	0,00	0,00	22,28	65,88	10,00	1810,54	299,25	1982,74	327,75	3300,24	2640	60X75
	S404	116,91	45,00	31,98	12,00	0,00	0,00	30,91	72,75	10,00	2788,94	598,50	3051,49	655,50	5320,89	4257	90X65
	S405	78,59	30,25	58,63	22,00	0,00	0,00	29,47	69,75	10,00	2615,35	548,63	2861,79	600,88	4967,91	3974	65X90
	S406	71,45	27,50	53,30	20,00	0,00	0,00	28,00	58,50	10,00	2350,94	503,50	2572,19	551,00	4482,67	3586	90X65
	S407	66,25	25,50	0,00	0,00	0,00	0,00	20,84	60,84	10,00	1659,43	267,75	1817,36	293,25	3013,50	2411	75X60
	S408	66,25	25,50	67,96	25,50	0,00	0,00	29,47	94,26	10,00	2827,45	535,50	3095,39	586,50	5271,95	4218	65X90
	S409	53,30	20,00	0,00	0,00	59,96	39,38	26,59	62,40	10,00	2287,25	615,05	2499,50	674,43	4578,39	3663	65X90
	S410	70,15	27,00	71,96	27,00	0,00	0,00	30,19	104,94	10,00	3028,14	567,00	3315,38	621,00	5635,13	5410	90x65

Tablo 6.18 : 3. Kat Kolonları Ön Boyutlandırılması

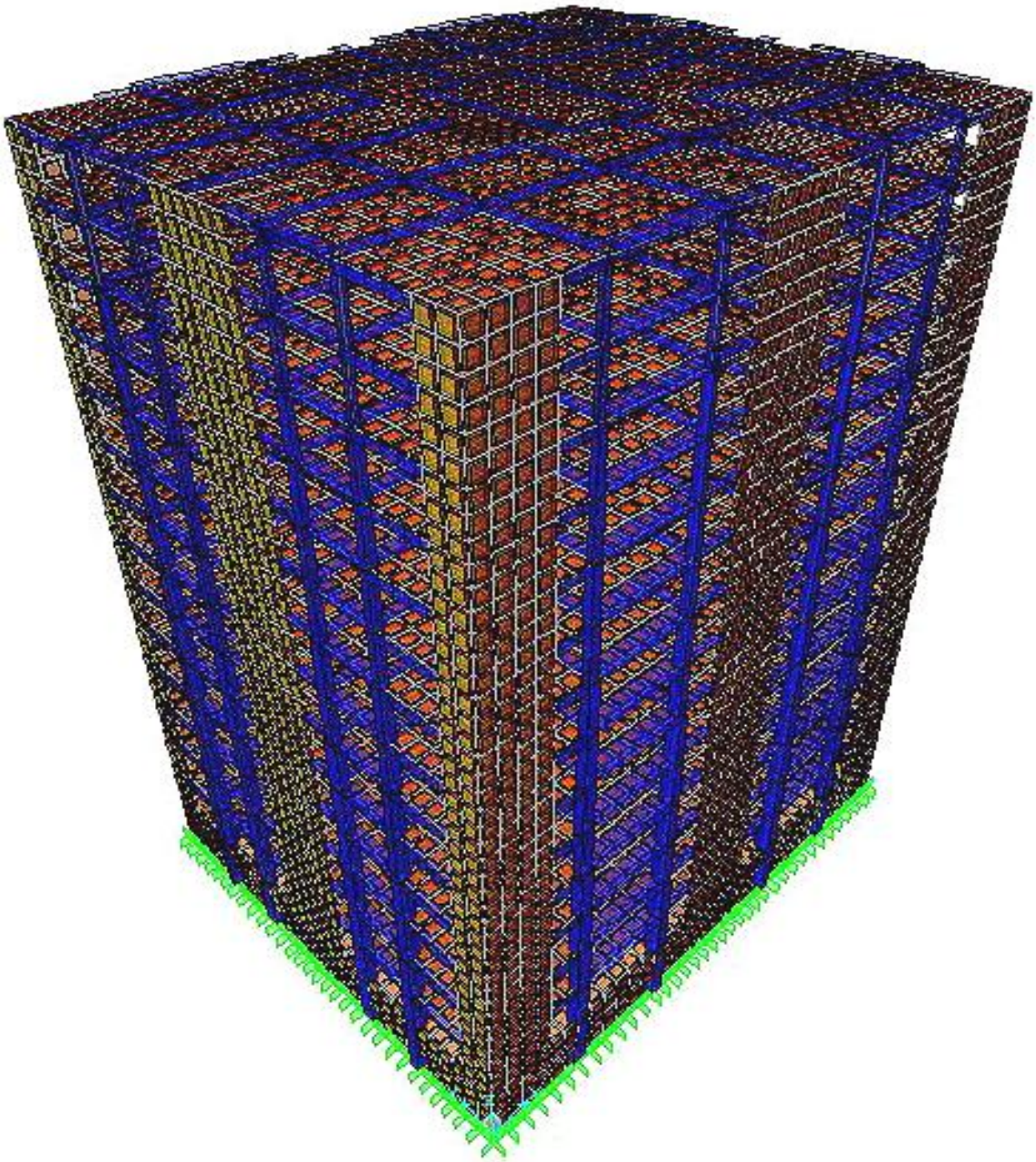
Kat No	Kolon	Normal Döşeme (kN)		Banyo ve Koridor Döşemesi (kN)		Merdiven Döşemesi (kN)		Kiriş (kN)	Duvar (kN)	Kolon (kN)	Üst Kattan Gelen Yük (kN)		ToplamYük (kN)		Hesap Yükü (kN)	Ac (cm^2)	Kolon Boyutu
		N_g	N_q	N_g	N_q	N_g	N_q	N_g	N_q	N_g	N_g	N_q	N_g	N_q	N_d		
3	S301	85,73	33,00	0,00	0,00	0,00	0,00	25,16	76,98	10,00	2278,46	379,50	2476,32	412,50	4126,85	3301	60X85
	S302	78,59	30,25	0,00	0,00	0,00	0,00	23,72	80,19	10,00	2211,55	347,88	2404,05	378,13	3970,68	3177	85X60
	S303	74,04	28,50	0,00	0,00	0,00	0,00	22,28	65,88	10,00	1982,74	327,75	2154,94	356,25	3586,92	2870	60X85
	S304	116,91	45,00	31,98	12,00	0,00	0,00	30,91	72,75	10,00	3051,49	655,50	3314,04	712,50	5779,66	4624	100X75
	S305	78,59	30,25	58,63	22,00	0,00	0,00	29,47	69,75	10,00	2861,79	600,88	3108,23	653,13	5396,53	4317	75X100
	S306	71,45	27,50	53,30	20,00	0,00	0,00	28.00	58,50	10,00	2572,19	551,00	2793,44	598,50	4868,42	3895	100X75
	S307	66,25	25,50	0,00	0,00	0,00	0,00	20,84	60,84	10,00	1817,36	293,25	1975,29	318,75	3275,41	2620	85X60
	S308	66,25	25,50	67,96	25,50	0,00	0,00	29,47	94,26	10,00	3095,39	586,50	3363,33	637,50	5728,66	4583	75X100
	S309	53,30	20,00	0,00	0,00	59,96	39,38	26,59	62,40	10,00	2499,50	674,43	2711,75	733,81	4970,55	3976	75X100
	S310	70,15	27,00	71,96	27,00	0,00	0,00	30,19	104,94	10,00	3315,38	621,00	3602,62	675,00	6123,67	4899	100X75

Tablo 6.19 : 2. Kat Kolonları Ön Boyutlandırılması

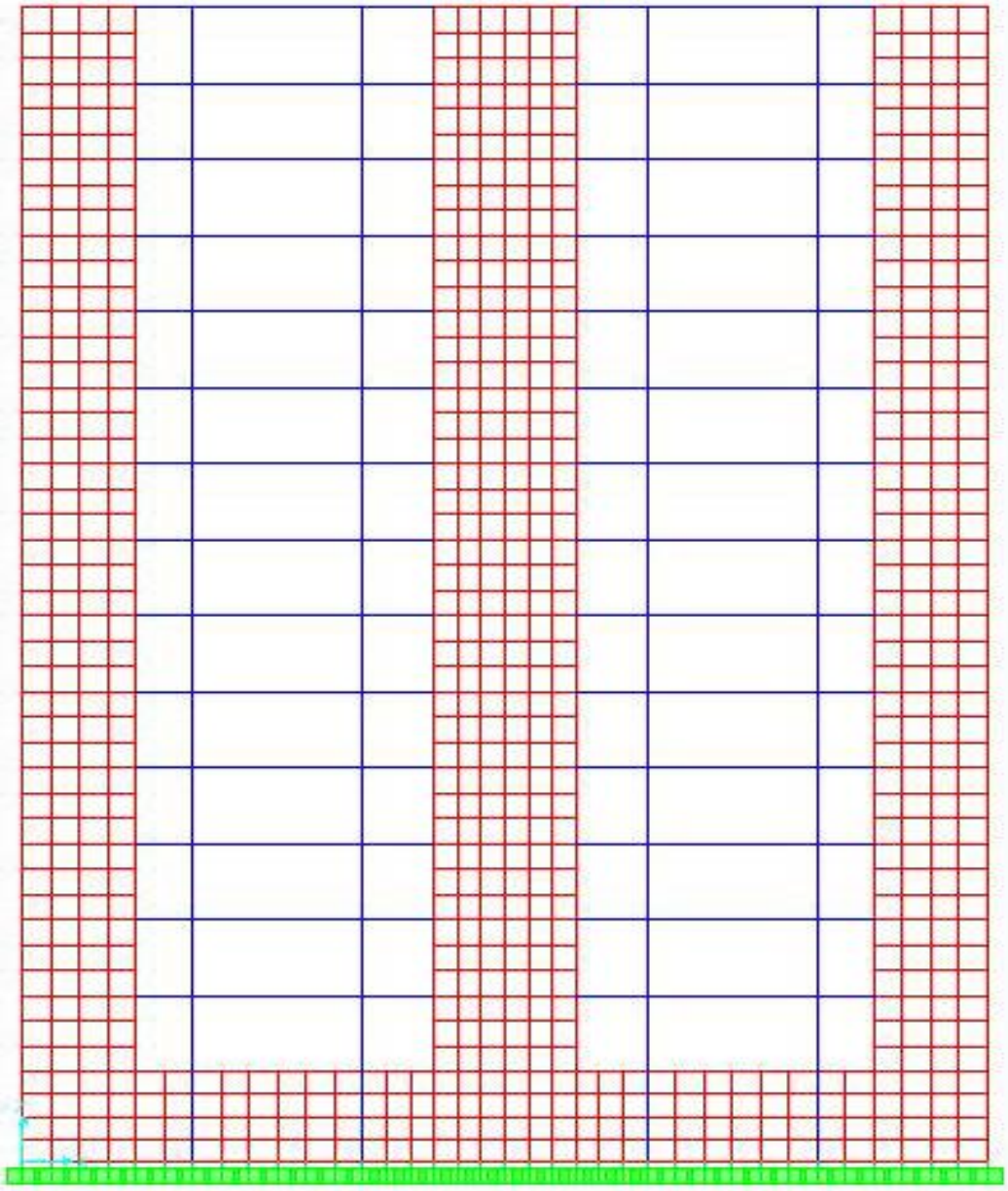
Kat No	Kolon	Normal Döşeme (kN)		Banyo ve Koridor Döşemesi (kN)		Merdiven Döşemesi (kN)		Kiriş (kN)	Duvar (kN)	Kolon (kN)	Üst Kattan Gelen Yük (kN)		ToplamYük (kN)		Hesap Yükü (kN)	Ac (cm^2)	Kolon Boyutu
		N_g	N_q	N_g	N_q	N_g	N_q	N_g	N_q	N_g	N_g	N_q	N_g	N_q	N_d		
2	S201	85,73	33,00	0,00	0,00	0,00	0,00	25,16	76,98	10,00	2476,32	412,50	2674,19	445,50	4456,67	3565	60X85
	S202	78,59	30,25	0,00	0,00	0,00	0,00	23,72	80,19	10,00	2404,05	378,13	2596,55	408,38	4288,58	3431	85X60
	S203	74,04	28,50	0,00	0,00	0,00	0,00	22,28	65,88	10,00	2154,94	356,25	2327,40	384,75	3873,96	3099	60X85
	S204	116,91	45,00	31,98	12,00	0,00	0,00	30,91	72,75	10,00	3314,04	712,50	3576,59	769,00	6237,63	4990	100X75
	S205	78,59	30,25	58,63	22,00	0,00	0,00	29,47	69,75	10,00	3108,23	653,13	3354,67	705,38	5825,15	4660	75X100
	S206	71,45	27,50	53,30	20,00	0,00	0,00	28,00	58,50	10,00	2793,44	598,50	3014,69	646,00	5254,17	4203	100X75
	S207	66,25	25,50	0,00	0,00	0,00	0,00	20,84	60,84	10,00	1975,29	318,75	2133,22	476,68	3749,20	2999	85X60
	S208	66,25	25,50	67,96	25,50	0,00	0,00	29,47	94,26	10,00	3363,33	637,50	3631,27	688,00	6184,58	4948	75X100
	S209	53,30	20,00	0,00	0,00	59,96	39,38	26,59	62,40	10,00	2711,75	733,81	2924,00	793,19	5362,70	4290	75X100
	S210	70,15	27,00	71,96	27,00	0,00	0,00	30,19	104,94	10,00	3602,62	675,00	3889,86	729,00	6612,20	5290	100X75

Tablo 6.20 : 1. Kat Kolonları Ön Boyutlandırılması

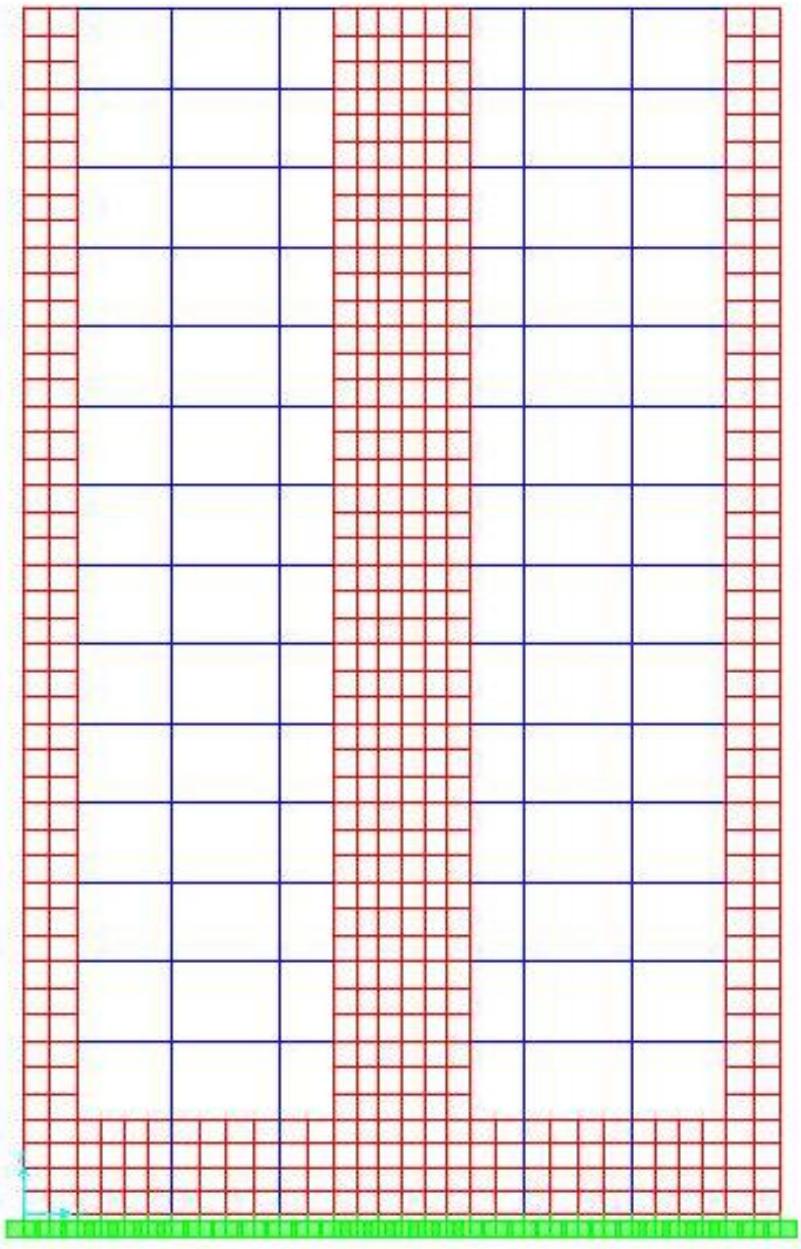
Kat No	Kolon	Normal Döşeme (kN)		Banyo ve Koridor Döşemesi (kN)		Merdiven Döşemesi (kN)		Kiriş (kN)	Duvar (kN)	Kolon (kN)	Üst Kattan Gelen Yük (kN)		ToplamYük (kN)		Hesap Yükü (kN)	Ac (cm^2)	Kolon Boyutu
		N_g	N_q	N_g	N_q	N_g	N_q	N_g	N_q	N_g	N_g	N_q	N_g	N_q	N_d		
1	S101	85,73	33,00	0,00	0,00	0,00	0,00	25,16	93,02	10,00	2674,19	445,50	2888,10	478,50	4808,94	3847	60X85
	S102	78,59	30,25	0,00	0,00	0,00	0,00	23,72	86,93	10,00	2596,55	408,38	2795,79	438,63	4615,91	3693	85X60
	S103	74,04	28,50	0,00	0,00	0,00	0,00	22,28	79,61	10,00	2327,14	384,75	2513,07	413,25	4179,50	3344	60X85
	S104	116,91	45,00	31,98	12,00	0,00	0,00	30,91	77,94	10,00	3576,59	769,50	3844,33	826,50	6704,46	5364	100X75
	S105	78,59	30,25	58,63	22,00	0,00	0,00	29,47	74,31	10,00	3354,67	705,38	3605,67	757,63	6260,15	5008	75X100
	S106	71,45	27,50	53,30	20,00	0,00	0,00	28,00	70,69	10,00	3014,69	646,00	3248,13	693,50	5656,98	4526	100X75
	S107	66,25	25,50	0,00	0,00	0,00	0,00	20,84	73,52	10,00	2133,20	476,68	2303,83	502,18	4028,85	3223	85X60
	S108	66,25	25,50	67,96	25,50	0,00	0,00	29,47	100,20	10,00	3631,27	688,00	3905,15	739,00	6649,61	5320	75X100
	S109	53,30	20,00	0,00	0,00	59,96	39,38	26,59	75,40	10,00	2924,00	793,19	3149,25	852,57	5773,06	4618	75X100
	S110	70,15	27,00	71,96	27,00	0,00	0,00	30,19	113,10	10,00	3889,86	729,00	4185,26	783,00	7112,16	5690	100X75



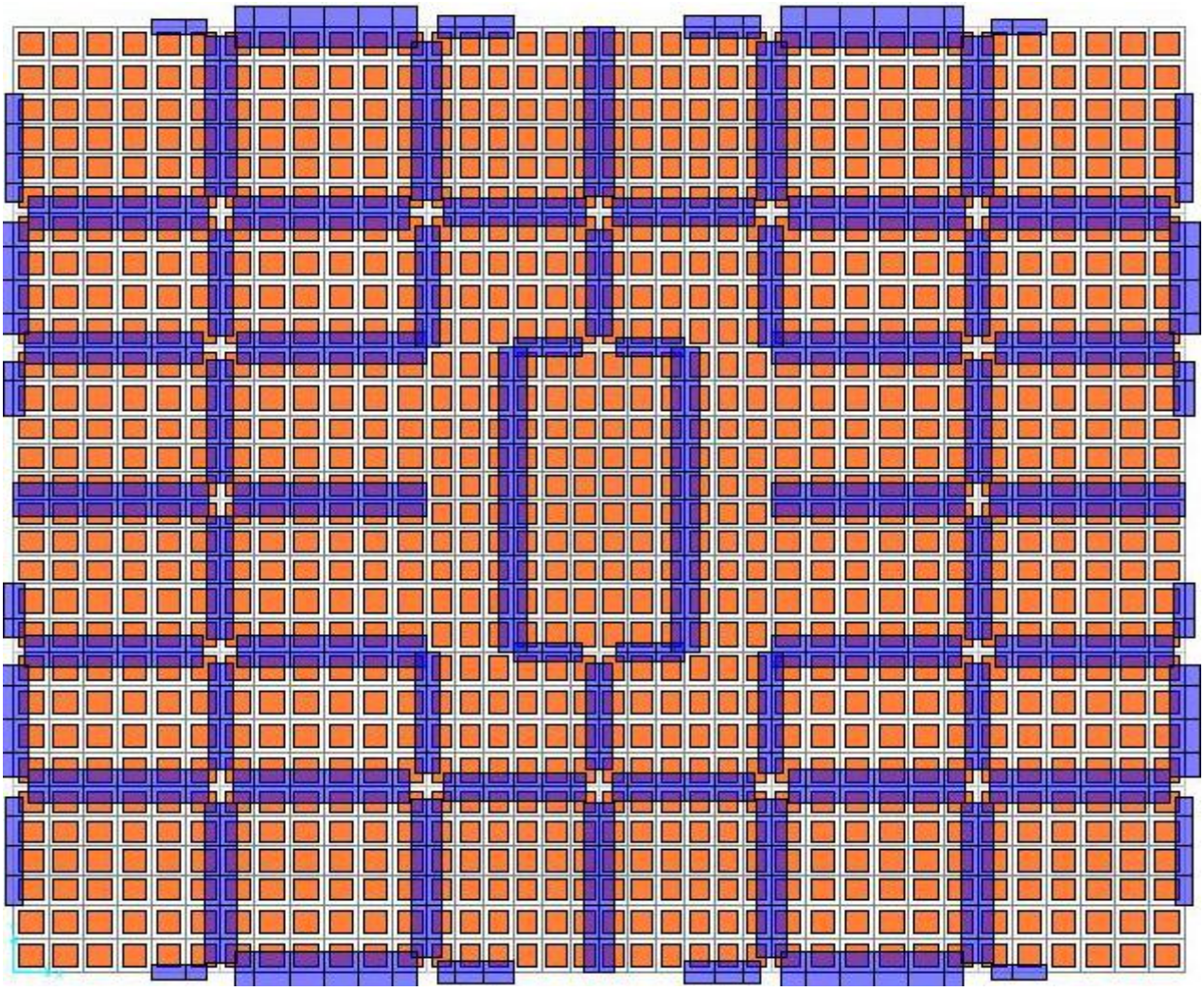
Şekil 6.3 : SAP2000 Programı İle Modellenen Yapının 3- boyutlu Görünümü



Şekil 6.4 : SAP2000 Programı İle Modellenen Yapının X-Z Düzleminde Görünümü



Şekil 6.5 : SAP2000 Programı İle Modellenen Yapının Y-Z Düzleminde Görünümü



Şekil 6.6 : SAP2000 Programı İle Modellenen Yapının X-Y Düzleminde Görünümü

6.3 SAP 2000 Programı İle Yapının Modellenmesi

Yapının bütün taşıyıcı elemanlarının ön boyutlandırılması aşamasından sonra SAP 2000 programı yardımı ile sistem modellenmiştir. Bu modelleme aşamasında, ilk önce sistemin geometrisi oluşturulmuş daha sonra da geometrisi oluşturulan sistemin bütün taşıyıcı elemanlarına kesit ve malzeme özellikleri atanmıştır. Düşey taşıyıcılar ankastre olarak mesnetlenmiştir. Her katın ortasındaki düğüm noktasında kat kütlesi tanımlanmıştır. Her katta diyafram tanımlanarak bütün düğüm noktaları diyaframla birbirine bağlanmıştır. Elastisite Modülü C25 için $E = 3{,}25 \times 10^6$ alınmıştır. Malzeme özellikleri ile ilgili verilerin girişinde, kütle ve ağırlık sıfır alınmış olup, düşey taşıyıcıların zati ağırlıkları daha sonra gerekli yük çarpanı ile çarpılarak göz önüne alınacaktır. Sistem modellenirken, perdeler ve döşeme elemanları shell eleman olarak atanmış ve mesh alanlarına bölünmüştür. PG ve PL yük değerleri için döşeme yükünden gelen değerler hesaplanarak bilgisayar modelinde shell elemanlara yüklenmiş ve oradan da kiriş çubuk elemanlarına aktarılması sağlanmıştır. Böylece tüm sistem aynı anda modelleme de yer almış ve bir bütün şeklinde çözümlemesi yapılmıştır. Ayrıca gerçek elverişsiz iç kuvvetleri elde etmek için, hareketli yük sistem içinde tüm katlarda dolaştırılarak elverişsiz yüklemeleri yapılmıştır. Sap2000 ile ilgili tüm modelleme detayları EK 1 de verilmiştir.

Tablo 6.21 : Yük Sınıfları

Yük	Tipi	Zati Ağırlık Yük Çarpanı
PG	Zati	0
PL1	Hareketli	0
PL2	Hareketli	0
PL3	Hareketli	0
PL4	Hareketli	0
DXP	Deprem	0
DYP	Deprem	0
DXN	Deprem	0
DYN	Deprem	0

Tablo 6.22 : Yük Kombinasyonları

İsim	Tip	Açılımı
PGPL1	DÜŞEY	1,4PG+ 1,6 PL1
PGPL2	DÜŞEY	1,4PG+ 1,6 PL2
PGPL3	DÜŞEY	1,4PG+1,6PL3
PGPL4	DÜŞEY	1,4PG+1,6PL4
PGPL1XPDP	DEPREM	PG+PL1+DXP
PGPL1XPDN	DEPREM	PG+PL1+DXN
PGPL1XNDP	DEPREM	PG+PL1-DXP
PGPL1XNDN	DEPREM	PG+PL1-DXN
PGPL2XPDP	DEPREM	PG+PL2+DXP
PGPL2XPDN	DEPREM	PG+PL2+DXN
PGPL2XNDP	DEPREM	PG+PL2-DXP
PGPL2XNDN	DEPREM	PG+PL2-DXN
PGPL3XPDP	DEPREM	PG+PL3+DXP
PGPL3XPDN	DEPREM	PG+PL3+DXN
PGPL3XNDP	DEPREM	PG+PL3-DXP
PGPL3XNDN	DEPREM	PG+PL3-DXN
PGPL4XPDP	DEPREM	PG+PL4+DXP
PGPL4XPDN	DEPREM	PG+PL4+DXN
PGPL4XNDP	DEPREM	PG+PL4-DXP
PGPL4XNDN	DEPREM	PG+PL4-DXN
PGPL1YPDP	DEPREM	PG+PL1+DYP
PGPL1YPDN	DEPREM	PG+PL1+DYN
PGPL1YNDP	DEPREM	PG+PL1-DXP
PGPL1YNDN	DEPREM	PG+PL1+DXN
PGPL2YPDP	DEPREM	PG+PL2+DYP
PGPL2YPDN	DEPREM	PG+PL2+DYN
PGPL2YNDP	DEPREM	PG+PL2-DXP
PGPL2YNDN	DEPREM	PG+PL2+DXN
PGPL3YPDP	DEPREM	PG+PL3+DYP
PGPL3YPDN	DEPREM	PG+PL3+DYN
PGPL3YNDP	DEPREM	PG+PL3-DXP
PGPL3YNDN	DEPREM	PG+PL3+DXN
PGPL4YPDP	DEPREM	PG+PL4+DYP
PGPL4YPDN	DEPREM	PG+PL4+DYN
PGPL4YNDP	DEPREM	PG+PL4-DXP
PGPL4YNDN	DEPREM	PG+PL4+DXN
MAX		

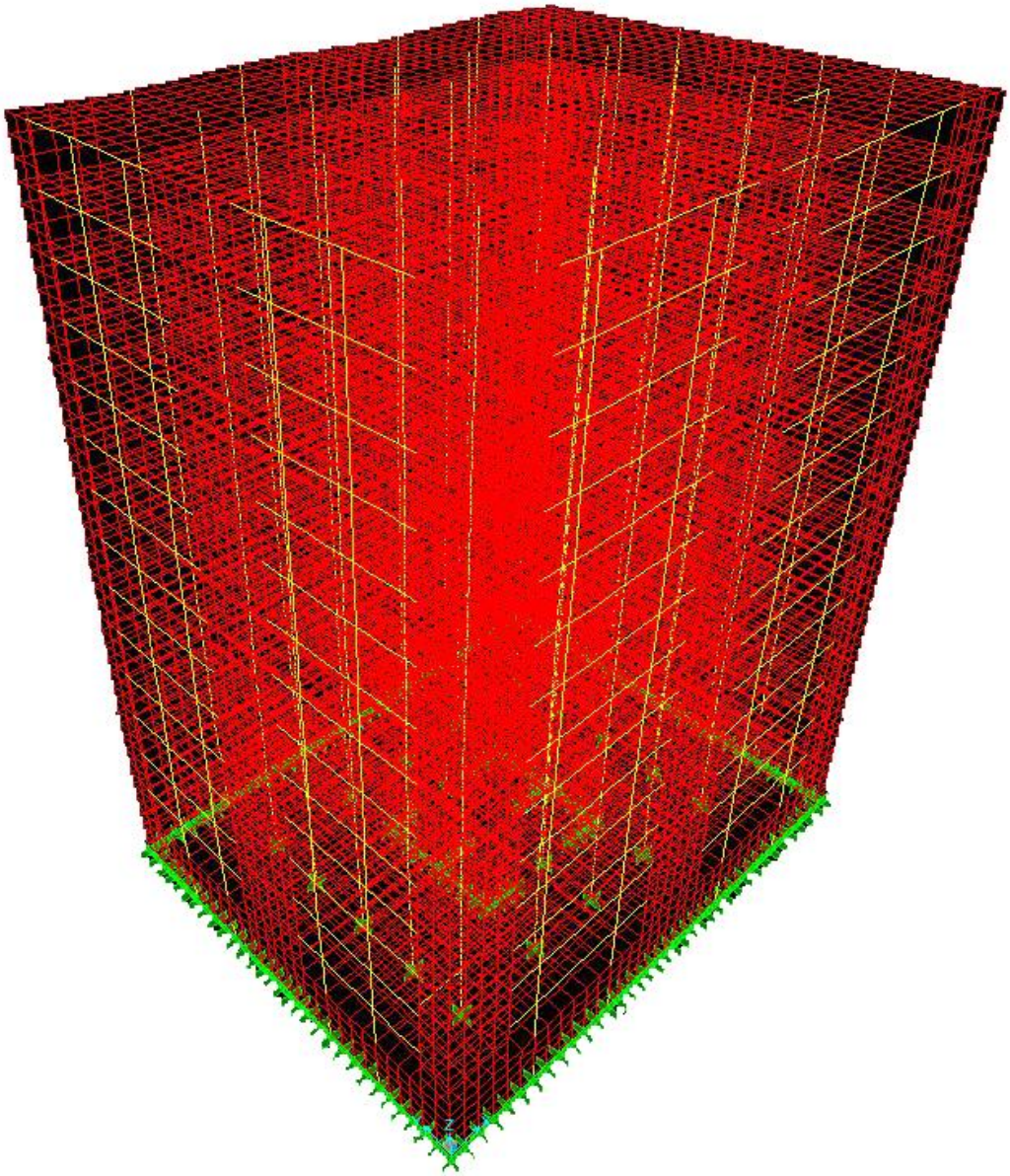
Tablo 6.22’ de verilen kombinasyonlardan max yükleme kombinasyonu diğer tüm kombinasyonlar süperpoze edilerek (zarf yöntemi) elde edilmiştir. En elverişsiz sonuçları içeren bu kombinasyon betonarme hesaplarda esas teşkil etmiştir.

6.4 Dinamik Analiz ve Özel Periyotların Bulunması

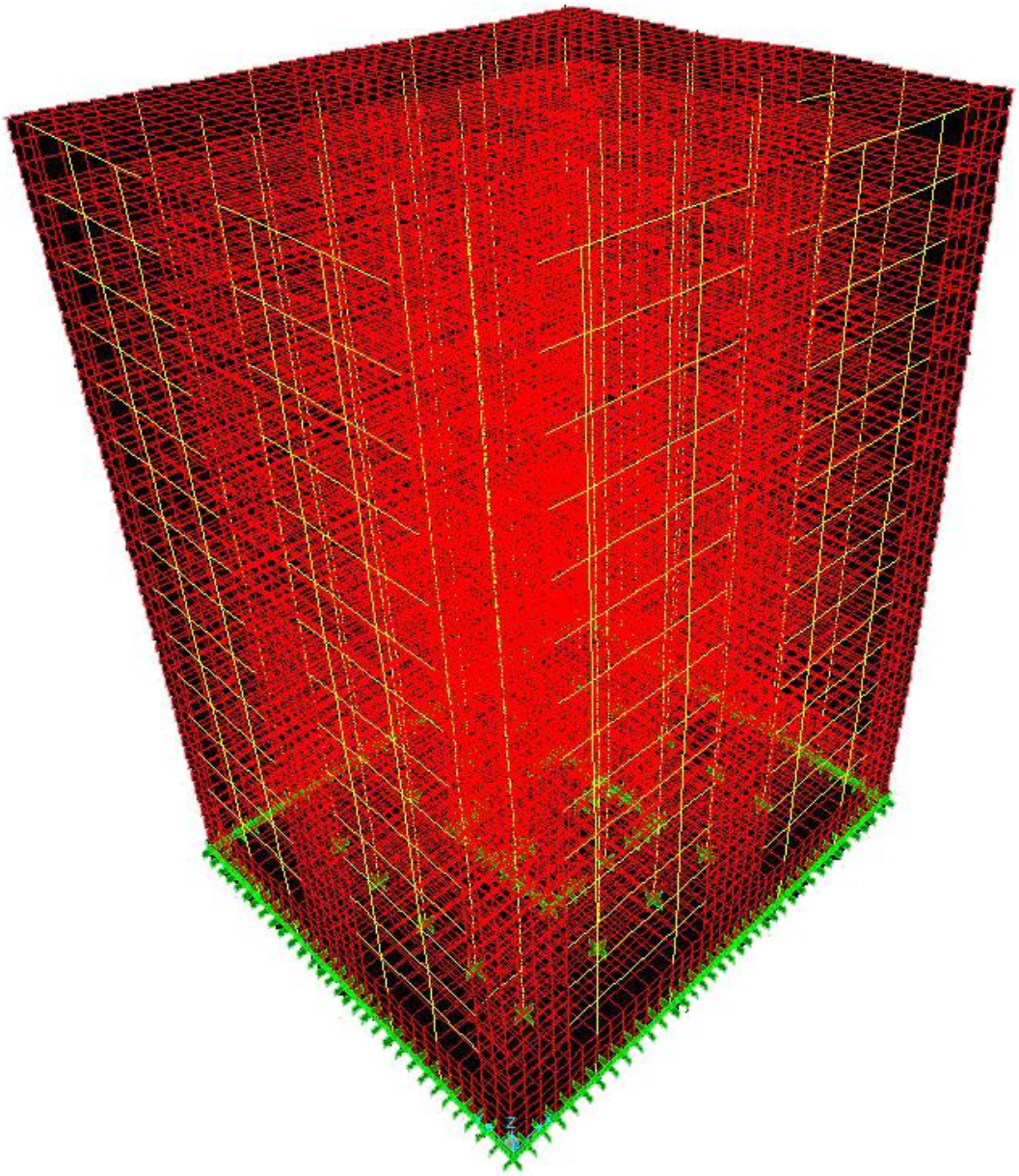
Sistem SAP 2000 programı ile modellenip, her katın düğüm noktasına kat kütleleri atandıktan sonra sadece düşey yüklemeler altında sisteme modal analiz yaptırılmıştır. Bu analiz sonucunda sistemin özel periyotları belirlenmiştir. Modal analiz sonucu elde edilen veriler Tablo 6.23' de verilmiştir.

Tablo 6.23: Modal Analiz Sonuçları

OutputCase	**StepType**	**StepNum**	**Period**	**Frequency**	**CircFreq**	**Eigenvalue**
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec	rad/sec	Rad^2/sec^2
MODAL	Mode	1,0000	0,8807	1,135	7,134	50,897
MODAL	Mode	2,0000	0,7412	1,349	8,477	71,860
MODAL	Mode	3,0000	0,2769	3,611	22,690	514,820
MODAL	Mode	4,0000	0,2121	4,716	29,628	877,830
MODAL	Mode	5,0000	0,1311	7,629	47,935	2297,800
MODAL	Mode	6,0000	0,1010	9,897	62,187	3867,200
MODAL	Mode	7,0000	0,0789	12,673	79,627	6340,400
MODAL	Mode	8,0000	0,0645	15,511	97,459	9498,300
MODAL	Mode	9,0000	0,0544	18,392	115,560	13354,000
MODAL	Mode	10,0000	0,0470	21,274	133,670	17867,000
MODAL	Mode	11,0000	0,0410	24,401	153,320	23507,000
MODAL	Mode	12,0000	0,0371	26,971	169,470	28719,000
MODAL	Mode	13,0000	0,0329	30,420	191,130	36532,000
MODAL	Mode	14,0000	0,0308	32,467	204,000	41614,000
MODAL	Mode	15,0000	0,0275	36,373	228,540	52231,000



Şekil 6.7 : SAP 2000 Analizi Sonucu Elde edilen Binanın X Doğrultusundaki 3-Boyutlu Mod Şekli



Şekil 6.8 : SAP 2000 Analizi Sonucu Elde edilen Binanın Y Doğrultusundaki 3-Boyutlu Mod Şekli

6.5 Deprem Yüklerinin Bulunması

Deprem Yönetmeliğine göre, yatay deprem yükleri, ±0,05 dışmerkezlikler göz önüne alınarak, kat hizalarına etkitilmelidir. Bunun için Tablo 6.22' de verilen 4 adet deprem yüklemesi bilgisayar programında statik yükleme olarak tanımlanmıştır. Modal analizden elde edilen periyotlar kullanılarak (Tablo 6.24) Eşdeğer Deprem Yükü yöntemine göre her iki yöndeki toplam deprem yükleri hesaplanmıştır.

Yapıların depreme dayanıklı olarak boyutlandırılmasında kullanılan Toplam Eşdeğer Deprem Yükü, taban kesme kuvveti olarak bilinir ve W yapı toplam ağırlığı olmak üzere,

$$Vt = \frac{WA(T1)}{Ra(T1)} \geq 0{,}10\ A_0 I\ W \qquad (6.12)$$

şeklinde belirlenir. Burada;

A_0 = Etkin Yer İvmesi Katsayısı,

I = Yapı Önem Katsayısı,

S = Spektrum Katsayısı,

T_1 = Yapının birinci Titreşim Periyodu,

W = Toplam Yapı Ağırlığı,

R_a = Deprem Yükü Azaltma Katsayısı,

$A(T_1)$ = Spektral İvme Katsayısıdır ve;

$$A(T_1) = A_0\, I\ S(T_1) \qquad (6.13)$$

olarak verilmiştir.

Spektrum Katsayısı aşağıdaki ifadelerle verilmiştir :

$$S(T_1) = 1+1{,}5\ T_1 / T_A \qquad (0 \leq T_1 \leq T_A) \qquad (6.14a)$$

$$S(T_1) = 2{,}5 \qquad (T_A \leq T_1 \leq T_B) \qquad (6.14b)$$

$$S(T_1) = 2{,}5\ (T_B / T_1)^{0,8} \qquad (T_B \leq T_1) \qquad (6.14c)$$

Deprem kuvvetlerinin zemin seviyesinden itibaren yukarı doğru arttığı göz önüne alınırsa, yapının kat seviyelerine uygulanacak F_i yatay yükleri ;

$$Fi = (Vt - \Delta F_N)\frac{Wi\,Hi}{\Sigma_{j=1}^{N} Wj\,Hj} \qquad (6.15)$$

denklemi ile hesaplanır.

Burada, ΔF_N yapının en üst N. katının tepesine uygulanacak olan ek eşdeğer deprem yükü olup :

$$\Delta F_N = 0{,}07\ T_1\ V_t \leq 0{,}20\ V_t \qquad (6.16)$$

şeklinde hesaplanacaktır.

6.5.1 X Doğrultusunda Deprem Yüklerinin Bulunması

SAP 2000 programı kullanılarak yapının X doğrultusundaki doğal periyot modal analiz sonucu elde edilmiştir (Tablo 6.24). Bulunan bu periyoda bağlı olarak ve yönetmelik koşullarına uygun, yapının x doğrultusundaki taban kesme kuvveti ve dolayısıyla katlara gelen kesme kuvvetleri bulunmuş ve deprem hesabı yapılmıştır.

Modal analiz sonucu elde edilen $T_x = 0{,}8807$ bulunmuştur.

Yapının deprem hesabında kullanılacak deprem parametreleri aşağıda verilmiştir:

- Etkin Yer İvmesi Katsayısı $\Rightarrow$ $A_0 = 0{,}4$ (1. Derece Deprem Bölgesi)
- Yapı Önem Katsayısı $\Rightarrow$ $I = 1{,}0$
- Spektrum Karakteristik Periyodu $\Rightarrow$ $T_B = 0{,}30$ (Yerel Zemin Sınıfı Z1)
- Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı $\Rightarrow$ $R = 7$ (Süneklik DüzeyiYüksek)
- Yapının ağırlığı $\Rightarrow$ $W = \Sigma_{i=1}^{N} Wi = \Sigma_{i=1}^{N}(Gi + nQi) = 164176{,}5\text{kN}$

Spektrum Katsayısı S(T) formül 6.14c uygulanarak;

* X Yönünde : $S_x = 2{,}5\ (0{,}30/\ 0{,}880712)^{0{,}8} = 1{,}056$ $\Rightarrow$ $(T_B \leq T_X)$

şeklinde bulunmuştur.

Spektral ivme katsayısı A (T), formül 6.13 kullanılarak;

$A(T)_x = A_0 \, I \, S(T) = 0{,}4 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}056 = 0{,}4224$

Buna göre toplam eşdeğer deprem yükü;

$V_t = W \, A(T_1) / R_a(T_1) \geq 0{,}10 A_0 I W$

$V_t = 164176{,}5 \cdot 0{,}4224 / 7 = 9906{,}88 \text{ kN} > 0{,}1 \cdot 0{,}4 \cdot 1{,}0 \cdot 164176{,}5 = 656{,}706 \text{ kN}$

şeklinde hesaplanmıştır.

Ayrıca yapı $H_N > 45{,}5$m olduğundan;

$\Delta F_{Nx} = 0{,}07 \, T_1 \, V_t \leq 0{,}20 V_t$

$\Delta F_{Nx} = 0{,}07 \cdot 0{,}880712 \cdot 9906{,}88 = 610{,}76 \text{ kN} < 0{,}2 \cdot 9906{,}88 = 1981{,}14 \text{ kN}$

ek eşdeğer deprem yükleri hesaplanmıştır.

6.5.2 Y Doğrultusunda Deprem Yüklerinin Bulunması

Modal analiz sonucu elde edilen $T_y = 0{,}74120$ bulunmuştur (Tablo 6.24).

X doğrultusu deprem hesabı için kullanılan tüm parametre ve formüller Y doğrultusunda da uygulanarak deprem hesabı yapılmıştır.

Spektrum Katsayısı S (T) formül 6.14c uygulanarak;

* Y Yönünde : $S_x = 2{,}5 \, (0{,}30 / 0{,}74120)^{0{,}8} = 1{,}213 \quad \Rightarrow \quad (T_B \leq T_Y)$

şeklinde bulunmuştur.

Spektral ivme katsayısı A (T), formül 7.2 kullanılarak;

$A(T)_y = A_0 \, I \, S(T) = 0{,}4 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}213 = 0{,}4852$

Buna göre toplam eşdeğer deprem yükü;

$V_t = W A(T_1) / R_a(T_1) \geq 0{,}10 A_0 I W$

$V_t = 164176{,}5 \cdot 0{,}4852 / 7 = 11379{,}8 \text{ kN} > 0{,}1 \cdot 0{,}4 \cdot 1{,}0 \cdot 164176{,}5 = 656{,}706 \text{ kN}$

Ayrıca yapı $H_N > 45,5m$ olduğundan;

$\Delta F_{Ny} = 0,07 T_1 V_t \leq 0,20 V_t$

$\Delta F_{Ny} = 0,07.\ 0,7412.\ 11379,8 = 590,43\ kN < 0,2.\ 11379,8 = 2275,96\ kN$

şeklinde hesaplanmıştır.

Her iki doğrultu için toplam eşdeğer deprem yükünün ΔF_N dışında kalan kısmı, N'inci kat dahil olmak üzere, bina katlarına denklem 6.15 kullanılarak dağıtılmıştır. Burada bulunan yükler ±0,05 ek dışmerkezlik etkisinden dolayı oluşan burulma momentleri ile birlikte sistem modellemesine etki ettirilerek analiz yapılmıştır. Bu analiz esnasında kullanılan yükleme tipleri aşağıda belirtilmiştir:

DXP : Fx + 0,05 . By . Fx

DXN : Fx - 0,05 . By . Fx

DYP : Fy + 0,05 . Bx . Fy

DYP : Fy - 0,05 . Bx . Fy

Bx : x doğrultusundaki toplam bina genişliği

By : y doğrultusundaki toplam bina genişliği

olarak tanımlanmıştır.

Tablo 6.24 ve Tablo 6.25 de her iki doğrultuda kat seviyelerine etkiyen yatay deprem yükleri gösterilmiştir.

Tablo 6.24 : X Yönünde Katlara Etkiyen Deprem Yükü

Kat no	Hi (m)	Wi (kN)	WixHi	$\frac{W_i x H_i}{\sum W_i x H_i}$	ΔFn (kN)	Vt (kN)	Fi (kN)	Vi (kN)
15	45,5	6559,68	298465,44	0,0780963	610,76	9906,88	728,22	728,22
14	42,5	10468,38	444906,15	0,116414	610,76	9906,88	1085,52	1813,74
13	39,5	10666,48	421325,96	0,110244	610,76	9906,88	1025,53	2839,27
12	36,5	10666,48	389326,52	0,101871	610,76	9906,88	947,64	3786,91
11	33,5	10822,48	362553,08	0,0948655	610,76	9906,88	882,50	4669,41
10	30,5	10822,48	330085,64	0,0863701	610,76	9906,88	803,47	5472,88
9	27,5	11047,18	303797,45	0,0794915	610,76	9906,88	739,58	6212,46
8	24,5	11047,18	270655,91	0,0708197	610,76	9906,88	658,90	6871,36
7	21,5	11209,18	240997,37	0,0630593	610,76	9906,88	586,67	7458,03
6	18,5	11209,18	207369,83	0,0542603	610,76	9906,88	504,81	7962,84
5	15,5	1137838	176364,89	0,0461476	610,76	9906,88	429,35	8392,19
4	12,5	11378,38	142229,75	0,0372158	610,76	9906,88	346,25	8738,44
3	9,5	11614,18	110334,71	0,0288701	610,76	9906,88	268,61	9007,05
2	6,5	11614,18	75492,17	0,0197533	610,76	9906,88	183,79	9190,84
1	3,5	13672,71	47854,47	0,0125216	610,76	9906,88	105,30	9296,14

$\sum W_i x H_i = 38211759{,}34$ $\sum V_t = 9296{,}140$

Tablo 6.25 : Y Yönünde Katlara Etkiyen Deprem Yükü

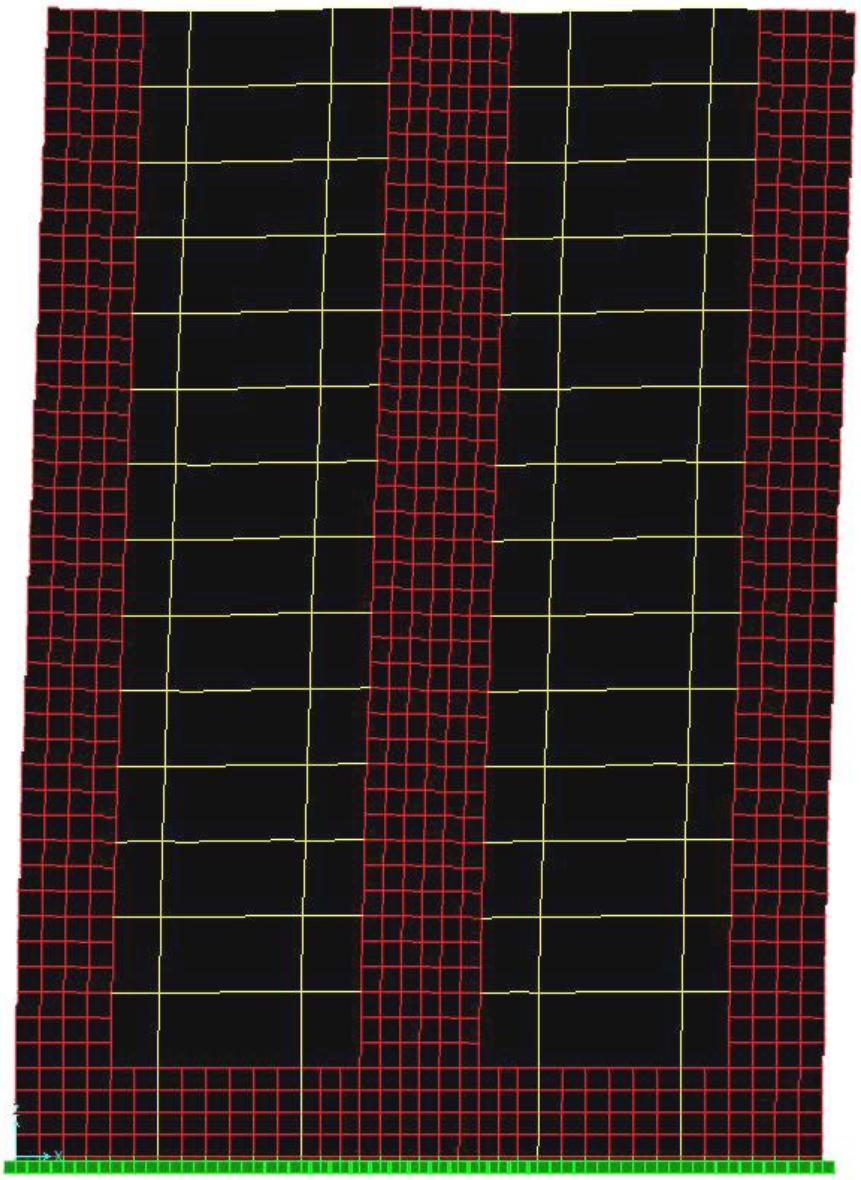
Kat No	Hi (m)	Wi (kN)	WixHi	$\frac{W_i x H_i}{\sum W_i x H_i}$	ΔFn (kN)	Vt (kN)	Fi (kN)	Vi (kN)
15	45,5	6559,68	298465,44	0,0780963	590,43	11379,8	845,20	845,20
14	42,5	10468,38	444906,15	0,116414	590,43	11379,8	1259,89	2105,09
13	39,5	10666,48	421325,96	0,110244	590,43	11379,8	1190,26	3295,35
12	36,5	10666,48	389326,52	0,101871	590,43	11379,8	1099,86	4395,21
11	33,5	10822,48	362553,08	0,0948655	590,43	11379,8	1024,26	5419,47
10	30,5	10822,48	330085,64	0,0863701	590,43	11379,8	932,54	6352,00
9	27,5	11047,18	303797,45	0,0794915	590,43	11379,8	858,38	7210,38
8	24,5	11047,18	270655,91	0,0708197	590,43	11379,8	764,74	7975,12
7	21,5	11209,18	240997,37	0,0630593	590,43	11379,8	680,90	8656,02
6	18,5	11209,18	207369,83	0,0542603	590,43	11379,8	585,89	9241,92
5	15,5	1137838	176364,89	0,0461476	590,43	11379,8	498,31	9740,23
4	12,5	11378,38	142229,75	0,0372158	590,43	11379,8	401,86	10142,09
3	9,5	11614,18	110334,71	0,0288701	590,43	11379,8	311,76	10453,86
2	6,5	11614,18	75492,17	0,0197533	590,43	11379,8	213,31	10667,16
1	3,5	13672,71	47854,47	0,0125216	590,43	11379,8	122,21	10789,37

$\sum W_i x H_i = 38211759{,}34$ $\sum V_t = 10789{,}370$

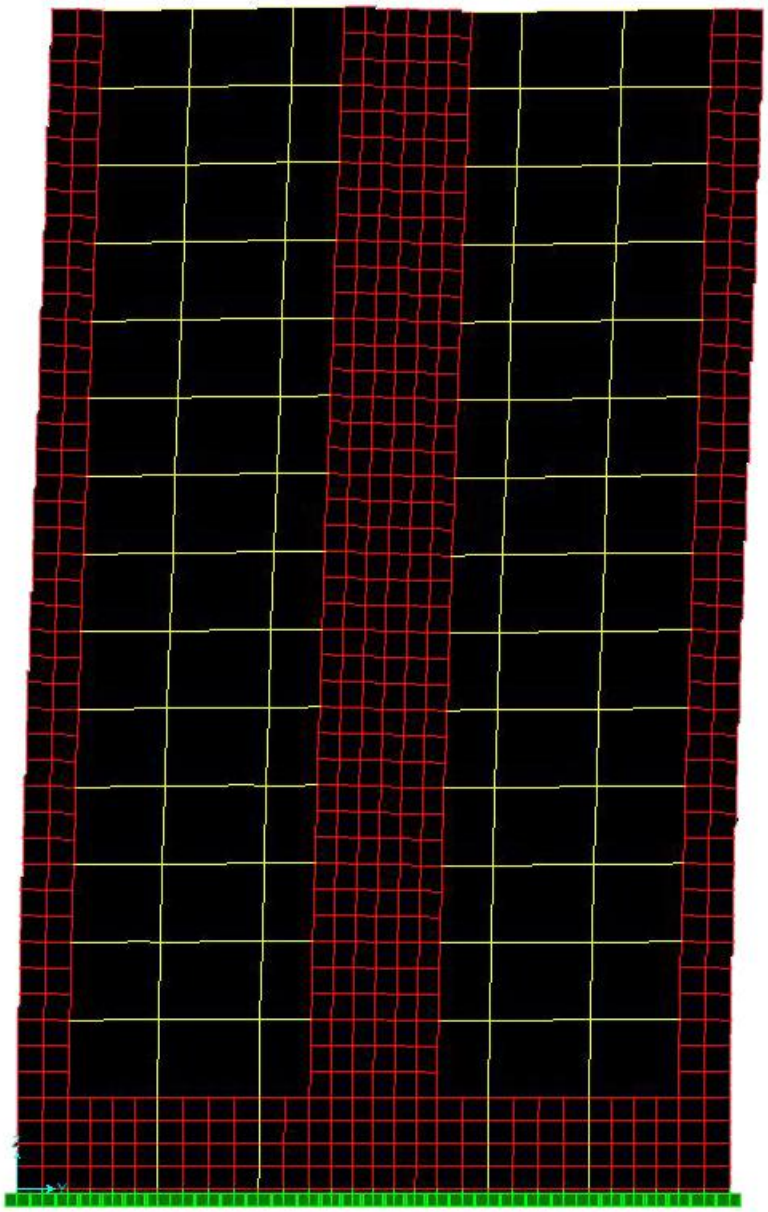
Tablo 6.26 : Eşdeğer Deprem Yükleri Ve Burulma Momentleri

Kat no	F_X	M_x(kNm)	F_y(kN)	My(kNm)
15	728,22	1019,51	845,20	1436,83
14	1085,52	1519,73	1259,89	2141,81
13	1025,53	1435,74	1190,26	2023,44
12	947,64	1326,70	1099,86	1869,76
11	882,50	1235,50	1024,26	1741,24
10	803,47	1124,86	932,54	1585,31
9	739,58	1035,41	858,38	1459,24
8	658,90	922,46	764,74	1300,05
7	586,67	821,33	680,90	1157,54
6	504,81	706,73	585,89	996,02
5	429,35	601,08	498,31	847,13
4	346,25	484,74	401,86	683,17
3	268,61	376,06	311,76	529,99
2	183,79	257,30	213,31	362,63
1	105,30	147,41	122,21	207,76

Kat kesme kuvvetleri ve dışmerkezlikten dolayı oluşan burulma momentleri Sap 2000 program modelinde yapıya etki ettirilerek dinamik analiz yapılmıştır. Dinamik analiz sonucu bulunan kat deplasmanları göz önünde bulundurularak ABYYHY ‘de belirtilen göreli kat ötelemeleri, burulma düzensizliği, ikinci mertebe etkileri ve yumuşak kat düzensizliği kontrolleri yapılmıştır.



Şekil 6.9 : SAP2000 Analizi Sonucu Elde Edilen Binanın X Doğrultusundaki X-Z Düzlemindeki Mod Şekli



Şekil 6.10 : SAP2000 Analizi Sonucu Elde Edilen Binanın Y Doğrultusundaki Y-Z Düzlemindeki Mod Şekli

6.6 Düzensizlik Kontrolleri

Yapının taşıyıcı sisteminin düzenli veya düzensiz olması, yapının deprem etkisi altındaki davranışının belirlenmesinde ve ilgili kesit etkilerinin belirlenmesinde oldukça önemlidir. Bu düzensizlikler, yapının yatay ve düşey kesitlerinin değerlendirilmesi ile yapılmaktadır.

6.6.1 A1 Burulma Düzensizliği Kontrolü

Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir kattaki en büyük rölatif yatay kat ötelemesinin ortalama rölatif kat ötelemesine oranı olarak tanımlanan Burulma Düzensizliği Katsayısı' nın (η_{bi}) 1,2 den fazla olması durumu olarak tanımlanır. Aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanır.

$$\eta_{bi} = \frac{\Delta i, \max}{\Delta i, ort} > 1{,}2 \qquad (6.17)$$

Deprem kuvvetinin etkidiği kat kütle merkezi ile rijitlik merkezinin birbirinden ayrık olması durumunda burulma düzensizliği belirgin olarak ortaya çıkacaktır.

Deprem Yönetmeliği'nde burulma düzensizliği katsayısının (η_{bi}) değerine bağlı olarak bir takım çözümler sunulmuştur. Buna göre:

1. η_{bi} > 2,0 olması durumunda, birinci ve ikinci deprem bölgesinde dinamik hesap zorunlu kılınmıştır. [2]

2. 1,2 < η_{bi} ≤ 2,0 olması durumunda ise ,katlara etkiyen eşdeğer deprem yükü için kabul edilen ±%5 ek dışmerkezliğin $D_i = (\eta_{bi} / 1{,}2)^2$ katsayısı ile arttırılması öngörülür. [2]

Burulma düzensizliği kontrolü sistemde x ve y doğrultuları için hesaplanmış ve tablolarda gösterilmiştir (Tablo 6.27 ve Tablo 6.28).

Tablo 6.27: Burulma Düzensizliği Kontrolü (X Yönü)

Kat no	$\Delta_{i\ max}$	$\Delta_{i\ min}$	$\Delta_{i\ ort}$	η_b
15	0,00176	0,00165	0,002	1,0323
14	0,00184	0,00172	0,002	1,0337
13	0,00187	0,00175	0,002	1,0331
12	0,00193	0,00181	0,002	1,0321
11	0,00194	0,00183	0,002	1,0292
10	0,00199	0,00186	0,002	1,0338
9	0,00205	0,00183	0,002	1,0567
8	0,00183	0,00182	0,002	1,0027
7	0,00188	0,00176	0,002	1,0330
6	0,00181	0,00171	0,002	1,0284
5	0,00169	0,00158	0,002	1,0336
4	0,00151	0,00143	0,001	1,0272
3	0,00124	0,00116	0,001	1,0325
2	0,00084	0,0008	0,001	1,0281
1	0,0002	0,00019	0,000	1,0153
				<1,2

Sonuç olarak yapının tüm katlarında x doğrultusunda burulma düzensizliği yoktur.

Tablo 6.28: Burulma Düzensizliği Kontrolü (Y Yönü)

Kat no	$\Delta_{i\ max}$	$\Delta_{i\ min}$	$\Delta_{i\ ort}$	η_b
15	0,002	0,001	0,001	1,144
14	0,002	0,001	0,002	1,131
13	0,002	0,001	0,002	1,144
12	0,002	0,002	0,002	1,132
11	0,002	0,002	0,002	1,139
10	0,002	0,002	0,002	1,137
9	0,002	0,001	0,002	1,141
8	0,002	0,001	0,002	1,135
7	0,002	0,001	0,002	1,142
6	0,002	0,001	0,001	1,131
5	0,001	0,001	0,001	1,136
4	0,001	0,001	0,001	1,132
3	0,001	0,001	0,001	1,134
2	0,001	0,001	0,001	1,117
1	0,000	0,000	0,000	1,053
				1,2

Sonuç olarak yapının tüm katlarında y doğrultusunda burulma düzensizliği yoktur.

6.6. 2 B2 Yumuşak Kat Düzensizliği Kontrolü

Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir i'inci kattaki ortalama rölatif kat ötelemesinin bir üst kattaki ortalama rölatif kat ötelemesine oranı olarak tanımlanan Rijitlik Katsayısı'nın (η_{ki}) 1,5'tan fazla olması durumu olarak tanımlanmıştır. Aşağıda belirtilen formülle hesaplanır:

$$\eta_{ki} = \frac{\Delta i, ort}{\Delta i+1, ort} > 1{,}5 \qquad (6.18)$$

Yapı birinci deprem bölgesinde bulunduğundan ve H_N >25 m olduğu için yumuşak kat düzensizliği kontrolü yapılmıştır. Tablo 6.29 ve Tablo 6.30da her iki doğrultuya ait değerler verilmiştir.

Tablo 6.29 : Yumuşak Kat Düzensizliği Kontrolü (X yönü)

Kat no	$\Delta_{i\ ort}$	η_k
15	0,002	
14	0,002	1,044
13	0,002	1,017
12	0,002	1,033
11	0,002	1,008
10	0,002	1,021
9	0,002	1,008
8	0,002	0,941
7	0,002	0,997
6	0,002	0,967
5	0,002	0,929
4	0,001	0,899
3	0,001	0,817
2	0,001	0,684
1	0,000	0,235
		<1,5

Sonuç olarak yapıdaki tüm katlarda x doğrultusunda yumuşak kat düzensizliğinin olmadığı gösterilmiştir.

Tablo 6.30 : Yumuşak Kat Düzensizliği Kontrolü (Y yönü)

Kat no	$\Delta_{i\ ort}$	η_k
15	0,001	
14	0,002	1,037
13	0,002	1,013
12	0,002	1,029
11	0,002	1,003
10	0,002	1,012
9	0,002	0,976
8	0,002	0,991
7	0,002	0,956
6	0,001	0,967
5	0,001	0,914
4	0,001	0,910
3	0,001	0,836
2	0,001	0,728
1	0,000	0,288
		<1,5

Sonuç olarak yapıdaki tüm katlarda y doğrultusunda yumuşak kat düzensizliğinin olmadığı gösterilmiştir.

6.6.3 Göreli Kat Ötelemeleri Kontrolü

Herhangi bir kolon veya perde için , ardışık iki kat arasındaki yer değiştirme farkını ifade eden göreli kat ötelemesi, Δ_i aşağıdaki formüle hesaplanır:

$$\Delta_i = d_i - d_{i-1} \tag{6.19}$$

d_i ve d_{i-1} , binanın i'inci ve (i-1)'inci katlarındaki herhangi bir kolon veya perdenin uçlarında hesaptan elde edilen yatay yer değiştirmeleri göstermektedir.

Her iki deprem doğrultusu için, binanın herhangi bir i'inci katındaki kolon veya perdelerde rölatif kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değeri $\Delta_{i\ max}$ aşağıda belirtilen koşulları sağlamalıdır:

$$\Delta_{i\ max}/h_i \leq 0{,}0035 \qquad (6.20)$$

$$\Delta_{i\ max}/h_i \leq 0{,}02/R = 0{,}002857 \qquad (6.21)$$

verilen koşulun binanın herhangi bir katında sağlanamaması durumunda, taşıyıcı sistemin rijitliği arttırılmalı ve deprem hesabı tekrarlanmalıdır. Ancak verilen koşul sağlansa bile, yapısal olmayan gevrek elemanların, elde edilen kat ötelemeleri altında kullanılabilirliği hesapla doğrulanmalıdır.

Göreli kat ötelemeleri kontrolleri her iki doğrultuda yapılmış ve elde edilen sonuçlar Tablo 6.31 ve Tablo 6.32 de verilmiştir.

Tablo 6.31: Göreli Kat Ötelemeleri Kontrolü (X yönü)

Kat no	h_i	$\Delta_{i\ max}$	$\Delta_{i\ max}/h_i$
15	3,00	0,002	0,0006
14	3,00	0,002	0,0006
13	3,00	0,002	0,0006
12	3,00	0,002	0,0006
11	3,00	0,002	0,0006
10	3,00	0,002	0,0007
9	3,00	0,002	0,0007
8	3,00	0,002	0,0006
7	3,00	0,002	0,0006
6	3,00	0,002	0,0006
5	3,00	0,002	0,0006
4	3,00	0,002	0,0005
3	3,00	0,001	0,0004
2	3,00	0,001	0,0003
1	3,50	0,000	0,0001
			<0,002857

Sonuç olarak yapının tüm katlarında x doğrultusunda göreli kat ötelemeleri kontrolü sağlanmıştır.

Tablo 6.32 : Göreli Kat Ötelemeleri Kontrolü (Y yönü)

Kat no	h_i	$\Delta_{i\ max}$	$\Delta_{i\ max}/h_i$
15	3,00	0,0016	0,0005
14	3,00	0,0016	0,0005
13	3,00	0,0017	0,0006
12	3,00	0,0017	0,0006
11	3,00	0,0017	0,0006
10	3,00	0,0017	0,0006
9	3,00	0,0017	0,0006
8	3,00	0,0017	0,0006
7	3,00	0,0016	0,0005
6	3,00	0,0016	0,0005
5	3,00	0,0014	0,0005
4	3,00	0,0013	0,0004
3	3,00	0,0011	0,0004
2	3,00	0,0008	0,0003
1	3,50	0,0002	0,0001
			<0,002857

Sonuç olarak yapının tüm katlarında y doğrultusunda göreli kat ötelemeleri kontrolü sağlanmıştır.

6.6.4 İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü

Deprem yükleri etkisindeki sistemlerde katlar arası yer değiştirmelerin dikkate alınması taşıyıcı olmayan elemanlarda hasarın sınırlandırılması ve ikinci mertebe etkilerinin göz önüne alınmasında önemlidir. P- Δ etkisi olarak adlandırılan, ikinci mertebe etkisi, yatay yer değiştirmeler sonucu ortaya çıkar ve düşey yüklerin ek eğilme momenti oluşturmasına sebep olur.

Her katta ikinci mertebe momenti de içeren bir eşdeğer kesme kuvveti tanımlanarak düşey yüklerin ikinci mertebe etkisi tanımlanabilir. Burada Stabilite İndeksi veya İkinci Mertebe Gösterge Değeri olarak bilinen "θ" büyüklüğünün değeri incelenmelidir. Bu değer aşağıda verilen formülle hesaplanır:

$$\theta_i = \frac{Ni\,\Delta i,ort}{Vihi} \qquad Ni = \Sigma_{j=1}^{N} Wj \tag{6.22}$$

Bu ifadede; N_i kat normal kuvveti, V_i kat kesme kuvveti, h_i kat yüksekliği ve $\Delta_{di,\,ort}$ kat relatif yer değiştirmesini gösterir. $\theta_i \leq 0{,}12$ olması halinde, ikinci mertebe etkileri Moment Büyütme Yöntemi gibi yöntemler kullanılarak düşünülebilir. $\theta_i > 0{,}12$ durumunda, taşıyıcı sistemi daha rijit bir hale getirerek θ_i değeri 0,12 mertebesine getirilmelidir.

Her iki doğrultuda sistemin ikinci mertebe etkisi incelenmiş ve Tablo 6.33 ve Tablo 6.34' de hesap sonuçları gösterilmiştir.

Tablo 6.33 : Yapının İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü (X Doğrultusu)

Kat no	W_i	$\sum W_i$	$\Delta_{i\,ort}$	V_i	h_i	θ_i
15	6559,68	6559,68	0,0017	728,22	3,00	0,0051
14	10468,4	17028,1	0,0018	1813,74	3,00	0,0056
13	10666,5	27694,5	0,0018	2839,27	3,00	0,0059
12	10666,5	38361	0,0019	3786,91	3,00	0,0063
11	10822,5	49183,5	0,0019	4669,41	3,00	0,0066
10	10822,5	60006	0,0019	5472,88	3,00	0,0070
9	11047,2	71053,2	0,0019	612,46	3,00	0,0750
8	11047,2	82100,3	0,0018	6871,36	3,00	0,0073
7	11209,2	93309,5	0,0018	7458,03	3,00	0,0076
6	11209,2	104519	0,0018	7962,83	3,00	0,0077
5	11378,4	115897	0,0016	8392,18	3,00	0,0075
4	11378,4	127275	0,0015	8738,42	3,00	0,0071
3	11614,2	138890	0,0012	9007,04	3,00	0,0062
2	11614,2	150504	0,0008	9190,82	3,00	0,0045
1	13672,7	164177	0,0002	9296,12	3,50	0,0010
						<0,12

Sonuç olarak yapının tüm katlarında x doğrultusunda ikinci mertebe etkisinin ihmal edilebilir seviyede olduğu görülmüştür.

Tablo 6.34 : Yapının İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü (Y Doğrultusu)

Kat no	W_i	$\sum W_i$	$\Delta_{i\ ort}$	V_i	h_i	θ_i
15	6559,68	6559,68	0,0015	845,20	3,00	0,0039
14	10468,38	17028,06	0,0015	2105,09	3,00	0,0042
13	10666,48	27694,54	0,0016	3295,35	3,00	0,0044
12	10666,48	38361,02	0,0016	4395,21	3,00	0,0047
11	10822,48	49183,50	0,0016	5419,47	3,00	0,0049
10	10822,48	60005,98	0,0016	6352,00	3,00	0,0051
9	11047,18	71053,16	0,0016	7210,38	3,00	0,0052
8	11047,18	82100,34	0,0016	7975,12	3,00	0,0054
7	11209,18	93309,52	0,0015	8656,02	3,00	0,0054
6	11209,18	104518,70	0,0015	9241,92	3,00	0,0055
5	11378,38	115897,08	0,0011	9740,23	3,00	0,0045
4	11378,38	127275,46	0,0014	10142,09	3,00	0,0059
3	11614,18	138889,64	0,0010	10453,86	3,00	0,0044
2	11614,18	150503,82	0,0008	10667,16	3,00	0,0036
1	13672,71	164176,53	0,0002	10789,37	3,50	0,0009
						<0,12

Sonuç olarak yapının tüm katlarında x doğrultusunda ikinci mertebe etkisinin ihmal edilebilir seviyede olduğu görülmüştür.

7. BETONARME HESAPLAR

7.1 Zemin Kat Kolonları Boyuna Donatı Hesabı

Sistemde, zemin kat kolonlarının betonarme hesabında en elverişsiz sonuçları veren max yükleme kombinasyonundan elde edilen değerler kullanılmıştır.

S201 KOLONU (Frame 651)

M_y = 188,88 kN

M_x=123,22kN

N = 2088,54 kN

$$n=\frac{N}{b\,h\,f_{cd}} = \frac{2088{,}54\cdot 10^3}{850\cdot 600\cdot 17} = 0{,}24$$

$$m_x = \frac{M}{b\,h^2\,f_{cd}} = \frac{123{,}22\cdot 10^6}{600^2\cdot 850\cdot 17} = 0{,}024$$

$$m_y = \frac{M}{b\,h^2\,f_{cd}} = \frac{188{,}88\cdot 10^6}{600\cdot 850^2\cdot 17} = 0{,}026$$

$m_x = m_2 = 0{,}024$ ve $m_y = m_1 = 0{,}026$ için abaktan değer okunamıyor. Bu nedenle minimum donatı yerleştirilmelidir.

$A_{s\,min}$ = 0,01 . 850 . 600 = 5100 mm^2 $\Rightarrow$ Seçilen donatı 22 Φ18 $\Rightarrow$ (5558 mm^2)

Gövde donatısı $\Rightarrow$ $A_{sg} = A_{s1}/3$ = 2794 /3 = 931 mm^2 $\Rightarrow$ 4 Φ 18 $\Rightarrow$ (1018 mm^2)

S202 KOLONU (Frame 653)

M_y = 124,57 kN

M_x=166,59kN

N = 1962,52 kN

$$n=\frac{N}{b\,h\,f_{cd}} = \frac{1962,52\cdot10^3}{850\cdot600\cdot17} = 0,23$$

$$m_x = \frac{M}{b\cdot h^2\cdot f_{cd}} = \frac{166,59\cdot10^6}{600\cdot850^2\cdot17} = 0,023$$

$$m_y = \frac{M}{b\,h^2\,f_{cd}} = \frac{124,57\cdot10^6}{600^2\cdot850\cdot17} = 0,024$$

$m_x = m_2 = 0,023$ ve $m_y = m_1 = 0,024$ için abaktan değer okunamıyor. Bu nedenle minimum donatı yerleştirilmelidir.

$A_{s\,min}$ = 0,01 . 850 . 600 = 5100 mm^2 $\Rightarrow$ Seçilen donatı 22 Φ18 $\Rightarrow$ (5558 mm^2)

Gövde donatısı $\Rightarrow$ $A_{sg} = A_{s1}/3$ = 2794 /3 = 931 mm^2 $\Rightarrow$ 4 Φ 18 $\Rightarrow$ (1018 mm^2)

Zemin katta yer alan diğer kolonların betonarme hesapları Tablo 7.1 ve ayrıntılı bir şekilde verilmiştir.

Tablo 7.1 : Zemin Kat Kolonları Boyuna Donatı Hesabı

Kolon No	Boyutlar (cm.cm)	N (kN)	M_x (kNm)	M_y (kNm)	n	m_x	m_y	Seçilen Donatı
S201	60 / 85	2088,54	123,22	188,88	0,24	0,024	0,026	22 Φ 18
S202	85 / 60	1962,52	166,59	124,57	0,23	0,023	0,024	22 Φ 18
S203	60 / 85	1715,75	106,2	185,89	0,19	0,02	0,025	22 Φ 18
S204	100 / 75	3600,36	268,61	192,81	0,28	0,021	0,02	30 Φ 18
S205	75 / 100	3308,87	198,51	294,74	0,26	0,021	0,023	30 Φ 18
S206	100 / 75	3005,71	273,77	196,4	0,24	0,015	0,029	30 Φ 18
S207	85 / 60	1955,85	184	128,3	0,23	0,025	0,025	22 Φ 18
S208	75 / 100	3561,28	194,56	269,85	0,28	0,02	0,021	30 Φ 18
S209	75 / 100	2690,62	149,51	361,4	0,21	0,016	0,028	30 Φ 18
S210	100 / 75	3715,9	250,35	164,63	0,29	0,02	0,017	30 Φ 18

7.2 Zemin Kat Kolonları Kesme Güvenliği

A Aksı S201 Kolonu (Frame 651)

$$V_e = \frac{Ma + Mü}{ln} \qquad (7.1)$$

$$M_ü = \Sigma Mp \cdot \left(\frac{k_{c1}}{k_{c1} + k_{c2}} \right) \qquad (7.2)$$

$$\sum M_p = M_{pi} + M_{pj} \quad \Rightarrow \; M_{pi} = 1{,}4\, M_{ri} \; ; \; M_{pi} = 1{,}4\, M_{rj} \qquad (7.3)$$

$\sum M_p = 1{,}4 \,.\, (121{,}41 + 182{,}12) = 424{,}94$ kNm

$k_{c1} = \frac{6^3 \cdot 8{,}5}{12} \cdot 1/3{,}0 = 51$ dm^4/ m

$k_{c2} = 51$ dm^4/m

$M_ü = 424{,}9 \cdot \frac{51}{51+51} \quad \Longrightarrow \quad V_e = \frac{212{,}47 + 1238{,}076}{3{,}0 - 0{,}6}$

$M_a = 1{,}4 \,.\, 884{,}34 = 1238{,}076$ kNm $\qquad V_e = 604{,}39$ kN

$V_e \leq 0{,}22 \,.\, A_w \,.\, f_{cd} \Rightarrow 0{,}22 \,.\, 600 \,.\, 850 .\, 17 \,.\, 10^{-3} = 1907{,}40$ kN

$604{,}39 < 1907{,}40$

$V_d = 69{,}22$ kN $\qquad V_e \geq 0{,}5 V_d$

$\Longrightarrow$

$0{,}5 V_d = 34{,}61$ kN $\qquad 604{,}39 > 34{,}61$ kN

$N_d < 0{,}05 \,.\, A_c \,.\, f_{ck} = 0{,}05 \,.\, 600 .\, 850 \,.\, 25 .\, 10^{-3} = 637{,}5$ kN

$N_d = 1422{,}29$ kN $> 637{,}50$ kN $\Rightarrow \; V_c \neq 0$

$V_c = 0{,}80\, V_{cr} \Rightarrow 0{,}80 \,.\, 0{,}65 .\, f_{ctd} \,.\, b_w \,.\, d$

$\Rightarrow 0{,}80 \,.\, 0{,}65 .\, 1{,}15 .\, 10^{-3} .\, 850 \,.\, 600 = 274{,}48$ kN

* Etriyenin kolon sarılma bölgesinde taşıyabileceği kesme kuvveti :

$s_c \geq 50$ mm

$s_c \leq (b_{min} / 3 ; 100mm) \Rightarrow 100mm$

$s_c = 90$ mm seçilir $\Rightarrow \Phi 10 /90 \Rightarrow$ minimum etriye kontrolü yapılırsa:

$A_{ck} = (850 - 2 \cdot 30 + 18 + 2 \cdot 10) \cdot (600 - 2 \cdot 30 + 18 + 2 \cdot 10) = 478584$

$b_k = 850 - 2 \cdot 30 = 790$ mm

$$A_{sh} \geq 0{,}3 \cdot s_c \cdot b_k \cdot \left[\left(\frac{A_c}{A_{ck}} - 1 \right) \right] \cdot \frac{f_{ck}}{f_{ywk}} = 0{,}3 \cdot 80 \cdot 790 \cdot \left[\left(\frac{600 \cdot 850}{478584} - 1 \right) \right] \cdot \frac{25}{420} = 74{,}08 kN$$

Seçilen etriye 4 kollu $\Phi 10$; $A_{sh} = 4 \cdot 79 = 316$ mm$^2 > 73{,}04$ mm^2

$$A_{sh} \geq 0{,}075 \cdot s_c \cdot b_k \cdot \left(\frac{f_{ck}}{f_{yk}} \right) \Rightarrow 0{,}075 \cdot 80 \cdot 790 \cdot 25 / 420 = 282{,}14 \text{ mm}^2$$

$A_{sh} = 316$ mm$^2 > 282{,}14$ mm^2

$$V_w = \left(\frac{A_{sh}}{s} \right) \cdot f_{ywd} \cdot d = \left(\frac{4 \cdot 79}{80} \right) \cdot 365 \cdot 570 = 821{,}797 \text{ kN}$$

$V_r = V_c + V_w = 289{,}73 + 821{,}797 = 1111{,}527$ kN $> V_e = 452{,}66$ kN

Sarılma bölgesinde yapılan kontroller sonucu $\Phi 10 /80$ mm uygundur.

Kolon orta bölgesi için $\Rightarrow s_0 \leq 200$ mm

$s_0 \leq b_{min} / 2 \Rightarrow$ **$s_0 = 150$mm**

kolon orta bölgesinde ise $\Phi 10 /150$ etriye ile devam edilecektir.

1 Aksı S201 Kolonu

$\sum M_p = 1{,}4 \,.\, (0 + 151{,}77) = 212{,}478$ kNm

$k_{c1} = \dfrac{6 \cdot 8{,}5^3}{12} \cdot 1/3 = 102{,}35$ dm^4/ m

$k_{c2} = 102{,}35$ dm^4/m

$M_{ü} = 212{,}478 \cdot \dfrac{102{,}35}{102{,}35 + 102{,}35} \Longrightarrow V_e = \dfrac{106{,}239 + 1650{,}77}{3{,}0 - 0{,}6}$

$M_a = 1{,}4 \,.\, 1179{,}12 = 1650{,}77$ kNm $\qquad V_e = 732{,}08$ kN

$V_e \leq 0{,}22 \,.\, A_w \,.\, f_{cd} \Rightarrow 0{,}22 \,.\, 600 \,.\, 850 \,.\, 17 \,.\, 10^{-3} = 1907{,}40$ kN

$732{,}08 < 1907{,}40$

$V_d = 109{,}06$ kN $\qquad V_e \geq 0{,}5V_d$

$\Longrightarrow$

$0{,}5V_d = 54{,}53$ kN $\qquad 560{,}13 > 54{,}53$ kN

$N_d < 0{,}05 \,.\, A_c \,.\, f_{ck} = 0{,}05 \,.\, 600 \,.\, 850 \,.\, 25 \,.\, 10^{-3} = 637{,}5$ kN

$N_d = 1422{,}29$ kN $> 637{,}50$ kN $\Rightarrow V_c \neq 0$

$V_c = 0{,}80 \, V_{cr} \Rightarrow 0{,}80 \,.\, 0{,}65 \,.\, f_{ctd} \,.\, b_w \,.\, d$

$\Rightarrow 0{,}80 \,.\, 0{,}65 \,.\, 1{,}15 \,.\, 10^{-3} \,.\, 820 \,.\, 600 = 294{,}216$ kN

* Etriyenin kolon sarılma bölgesinde taşıyabileceği kesme kuvveti :

$s_c \geq 50$ mm

$s_c \leq (b_{min} / 3 \,;\, 100\text{mm}) \Rightarrow 100$mm

$s_c = 80$ mm seçilir $\Rightarrow \Phi 10 / 80 \Rightarrow$ minimum etriye kontrolü yapılırsa:

$A_{ck} = (850 - 2 \,.\, 30 + 18 + 2 \,.\, 10) \,.\, (600 - 2 \,.\, 30 + 18 + 2 \,.\, 10) = 478584$

$b_k = 600 - 2 \cdot 30 = 540$ mm

$$A_{sh} \geq 0{,}3 \cdot s_c \cdot b_k \left[\left(\frac{A_c}{A_{ck}} - 1 \right) \right] \cdot \frac{f_{ck}}{f_{ywk}} = 0{,}3 \cdot 80 \cdot 540 \cdot \left[\left(\frac{600 \cdot 850}{478584} \right) \right] \cdot \frac{25}{420} = 50{,}17 kN$$

Seçilen etriye 4 kollu Φ10 ; A_{sh} = 4 . 79 =316 mm^2 > 50,17 mm^2

$$A_{sh} \geq 0{,}075 . s_c . b_k . \left(\frac{f_{ck}}{f_{yk}} \right) \Rightarrow 0{,}075 . 80 . 540 . \frac{25}{420} = 192{,}85 \ mm^2$$

A_{sh} = 316 mm^2 > 192,85 mm^2

$$V_w = \left[\left(\frac{A_{sh}}{s} \right) \right] \cdot f_{ywd} \cdot d = \left(\frac{4 \cdot 79}{80} \right) \cdot 365 \cdot 820 = 1182{,}235 \text{ kN}$$

$V_r = V_c + V_w$ = 294,216 + 1182,235 = 1476,45 kN > V_e = 560,13 kN

Sarılma bölgesinde yapılan kontroller sonucu Φ10 /80 mm uygundur.

Kolon orta bölgesi için $\Rightarrow s_0 \leq 200$ mm

$s_0 \leq b_{min} / 2$ ⇨ s_0 =150mm

kolon orta bölgesinde ise Φ10 /150 etriye ile devam edilecektir.

Sistemde bulunan diğer kolonlar için enine donatı hesabı Tablo 7.2 de verilmiştir.

Tablo 7.2 : Zemin Kat Kolonları Enine Donatı Hesabı (X doğrultusunda)

Kolon no	Boyutları (cm .cm)	Serbest Açıklık Ln (m)	Alt ve Üst Uç Esasi Kolon Momentleri Ma / $M_{ü}$ (kNm)	Esasa Alınan Kolon Kesme Kuvveti V_e (kN)	Betonun Kesme Dayanımına Katkısı V_c (kN)	Sarılma Bölgesi İçin Seçilen Etriye Çap ve Aralığı	Etriyenin Kesme Dayanımına Katkısı Vw (kN)	Kolon Kesitin Kesme Dayanımı Vr (kN)	Kolon Orta Bölgesi İçin Seçilen Etriye Çap ve Aralığı
S201	60 / 85	2,40	1238,076 / 212,470	604,39	289,73	Φ10 / 80	1182,24	947,168	Φ10 / 150
S202	85 / 60	2,40	1650,768 / 191,275	767,49	294,22	Φ10 / 80	1182,24	1476,456	Φ10 / 150
S203	60 / 85	2,40	1092,42 / 127,484	508,29	289,73	Φ10 / 80	1182,24	947,168	Φ10 / 150
S204	100 / 75	2,40	3213 / 254,968	1445,00	435,05	Φ12 / 80	2000,38	2435,427	Φ12 / 150
S205	75 / 100	2,40	2275,882 / 191,226	1027,96	430,56	Φ12 / 90	1778,12	2208,677	Φ12 / 150
S206	100 / 75	2,40	3034,50 / 191,225	1344,05	435,05	Φ12 / 80	2000,38	2435,427	Φ12 / 150
S207	85 / 60	2,40	1650,768 / 127,48	740,93	294,22	Φ10 / 80	821,80	1116,016	Φ10 / 150
S208	75 / 100	2,40	2409,75 / 191,230	1083,74	430,56	Φ12 / 90	1778,12	2208,677	Φ12 / 150
S209	75 / 100	2,40	2275,882 / 212,471	1027,96	430,56	Φ12 / 90	1778,12	2208,677	Φ12 / 150
S210	100 / 75	2,40	3391,50 / 169,980	1466,24	435,05	Φ12 / 80	2000,38	2435,425	Φ12 / 150

Tablo 7.3 : Zemin Kat Kolonları Enine Donatı Hesabı (Y doğrultusunda)

Kolon no	Boyutları (cm .cm)	Serbest Açıklık Ln (m)	Alt ve Üst Uç Esasi Kolon Momentleri Ma / $M_{ü}$ (kNm)	Esasa Alınan Kolon Kesme Kuvveti V_e (kN)	Betonun Kesme Dayanımına Katkısı V_c (kN)	Sarılma Bölgesi İçin Seçilen Etriye Çap ve Aralığı	Etriyenin Kesme Dayanımına Katkısı Vw (kN)	Kolon Kesitin Kesme Dayanımı Vr (kN)	Kolon Orta Bölgesi İçin Seçilen Etriye Çap ve Aralığı
S201	60 / 85	2,40	1650,768 / 106,239	732,08	294,22	Φ10 / 80	1050,88	1345,10	Φ10 / 150
S202	85 / 60	2,40	1238,076 / 106,24	560,13	289,73	Φ10 / 80	821,79	1111,52	Φ10 / 150
S203	60 / 85	2,40	1547,602 / 191,225	724,51	294,22	Φ10 / 80	1050,88	1345,10	Φ10 / 150
S204	100 / 75	2,40	2409,75 / 233,72	1101,44	435,05	Φ12 / 80	1484,82	1919,87	Φ12 / 150
S205	75 / 100	2,40	3034,50 / 191,225	1344,05	435,05	Φ12 / 90	1778,12	2213,17	Φ12 / 150
S206	100 / 75	2,40	2275,88 / 148,73	1010,26	430,56	Φ12 / 80	1484,82	1915,38	Φ12 / 150
S207	85 / 60	2,40	1165,25 / 127,48	547,49	289,73	Φ10 / 80	821,80	1111,53	Φ10 / 150
S208	75 / 100	2,40	3213 / 169,98	1409,58	435,05	Φ12 / 90	1778,12	2213,17	Φ12 / 150
S209	75 / 100	2,40	3034,5 / 127,484	1317,49	435,05	Φ12 / 90	1778,12	2213,17	Φ12 / 150
S210	100 / 75	2,40	2543,632/ 169,980	1130,67	430,56	Φ12 / 80	1484,82	1915,38	Φ12 / 150

7.3 Kiriş Boyuna Donatı Hesabı

Esas olarak eğime momenti taşıyan yapı elemanları kiriş olarak tanımlanır.TS 500 ve Deprem Yönetmeliğinde kirişler için uyulması gereken kurallar verilmiştir. Buna göre, kirişler için boyuna donatı oranı:

$$\rho = \frac{A_s}{bwd} \geq \rho_{min} = 0{,}8\frac{f_{ctd}}{f_{yd}} \tag{7.4}$$

olarak hesaplanır. Buna göre ;

$$A_{s\,min} = 0{,}8 \cdot \frac{1{,}15}{365} \cdot 570 \cdot 250 = 359 \text{ mm}^2$$

şeklinde hesaplanmıştır. Ayrıca ;

$$K = \frac{b_w d^2}{M_d} \tag{7.5}$$

$$A_s = \frac{k_s M_d}{d} \tag{7.6}$$

Formülleri kullanılarak kiriş donatı derleri hesaplanmıştır. Sistemde bulunan tüm kirişler için betonarme hesap tabloları aşağıda verilmiştir.

Tablo 7.4 : A Aksı Kirişleri Eğilme Donatısı Hesabı

Yer	M (kN)	b (m)	K ($x10^{-5}$)	k_s	A_s (mm^2)	Mevcut	Ek Donatı
Açıklık (K01)	76,89	0,41	173	2,83	382		3Φ14 (462mm^2)
Sol Mesnet	-97,49	0,25	183	2,89	494	2Φ14 (308 mm^2 montaj)	2Φ14 (308mm^2)
Sol Mesnet	92,26	0,41	144	2,85	461	3Φ14 (462mm^2 düz)	Gerek Yok
Sağ Mesnet	-179,98	0,25	45	3,00	947	2Φ14 (308 mm^2 montaj)	5Φ14 (770 mm^2)
Sağ Mesnet	181,15	0,41	74	2,90	922	3Φ14 + 3Φ14 (924mm^2 düz +düz)	Gerek Yok
Açıklık (K02)	54,42	1,21	749	2,78	256		3Φ14 (462mm^2)
Sol Mesnet	82,93	1,21	474	2,79	406	3Φ14 + 3Φ14 (924mm^2 düz + düz)	Gerek Yok
Sol Mesnet	-137,00	0,25	59	2,94	707	2Φ14 (308 mm^2 montaj)	5Φ14 (770 mm^2)
Sağ Mesnet	74,45	1,21	528	2,79	364	3Φ14 + 3Φ14 (924mm^2 düz + düz)	Gerek Yok
Sağ Mesnet	-122,47	0,25	66	2,92	627	2Φ14 (308 mm^2 montaj)	4Φ14 (616 mm^2)
Açıklık (K03)	95,00	0,65	222	2,82	470		3Φ14 (462mm^2)
Sol Mesnet	153,72	0,65	137	2,85	767	3Φ14 + 3Φ14 (924mm^2 düz + düz)	Gerek Yok
Sol Mesnet	-167,00	0,25	49	2,98	873	2Φ14 (308 mm^2 montaj)	4Φ14 (616 mm^2)
Sağ Mesnet	85,90	0,65	246	2,81	423	3Φ14 (462mm^2 düz)	Gerek Yok
Sağ Mesnet	-87,51	0,25	93	2,88	442	2Φ14 (308 mm^2 montaj)	1Φ14 (154 mm^2)

Tablo 7.5 : B Aksı Kirişleri Eğilme Donatısı Hesabı

Yer	M (kN)	b (m)	K ($x10^{-5}$)	k_s	A_s (mm^2)	Mevcut	Ek Donatı
Açıklık (K04)	56,45	0,97	558	2,79	276		3Φ14 (462mm^2)
Sol Mesnet	39,87	0,97	790	2,78	194	3Φ14 (462 mm^2 düz)	Gerek Yok
Sol Mesnet	-168,00	0,25	48	2,99	881	2Φ14 (308 mm^2 montaj)	4Φ14 (616 mm^2)
Sağ Mesnet	56,22	0,97	560	2,78	274	3Φ14 + 3Φ14 (924mm^2 düz + düz)	Gerek Yok
Sağ Mesnet	-128,98	0,25	62	2,93	663	2Φ14 (308 mm^2 montaj)	4Φ14 (616 mm^2)
Açıklık (K05)	57,73	0,97	546	2,78	282		3Φ14 (462mm^2)
Sol Mesnet	59,42	0,97	530	2,78	290	3Φ14 + 3Φ14 (924mm^2 düz + düz)	Gerek Yok
Sol Mesnet	-163,74	0,25	49	2,98	856	2Φ14 (308 mm^2 montaj)	4Φ14 (616 mm^2)
Sağ Mesnet	55,49	0,97	568	2,78	271	3Φ14 + 3Φ14 (924mm^2 düz + düz)	Gerek Yok
Sağ Mesnet	-172,32	0,25	47	2,99	904	2Φ14 (308 mm^2 montaj)	4Φ14 (616 mm^2)
Açıklık (K06)	57,20	0,85	483	2,78	278		3Φ14 (462mm^2)
Sol Mesnet	90,28	0,85	306	2,81	445	3Φ14 + 3Φ14 (924mm^2 düz + düz)	Gerek Yok
Sol Mesnet	-146,05	0,25	56	2,95	756	2Φ14 (308 mm^2 montaj)	4Φ14 (616 mm^2)
Sağ Mesnet	78,31	0,85	353	2,80	385	3Φ14 (462mm^2 düz)	Gerek Yok
Sağ Mesnet	-150,13	0,25	54	2,96	780	2Φ14 (308 mm^2 montaj)	4Φ14 (616 mm^2)

Tablo 7.6: C Aksı Kirişleri Eğilme Donatısı Hesabı

Yer	M (kN)	b (m)	K ($x10^{-5}$)	k_s	A_s (mm^2)	Mevcut	Ek Donatı
Açıklık (K07)	61,24	0,97	514	2,79	299		3Φ14 (462mm^2)
Sol Mesnet	44,50	0,97	708	2,78	217	3Φ14 (462 mm^2 düz)	Gerek Yok
Sol Mesnet	-158,91	0,25	51	2,97	828	2Φ14 (308 mm^2 montaj)	4Φ14 (616 mm^2)
Sağ Mesnet	62,27	0,97	506	2,79	305	3Φ14 + 3Φ14 (924mm^2 düz + düz)	Gerek Yok
Sağ Mesnet	-141,00	0,25	58	2,94	727	2Φ14 (308 mm^2 montaj)	4Φ14 (616 mm^2)
Açıklık (K08)	6039,00	0,97	522	2,79	296		3Φ14 (462mm^2)
Sol Mesnet	46,38	0,97	679	2,78	226	3Φ14 + 3Φ14 (924mm^2 düz + düz)	Gerek Yok
Sol Mesnet	-159,08	0,25	51	2,97	829	2Φ14 (308 mm^2 montaj)	4Φ14 (616 mm^2)
Sağ Mesnet	44,70	0,97	705	2,78	218	3Φ14 + 3Φ14 (924mm^2 düz + düz)	Gerek Yok
Sağ Mesnet	-104,24	0,25	78	2,90	530	2Φ14 (308 mm^2 montaj)	2Φ14 (308 mm^2)
Açıklık (K09)	131,91	0,55	135	2,81	660		5Φ14 (770 mm^2)
Sol Mesnet	168,70	0,55	164	2,84	542	5Φ14 (770 mm^2düz)	2Φ14 (308 mm^2)
Sol Mesnet	-93,49	0,25	87	2,85	472	2Φ14 (308 mm^2 montaj)	2Φ14 (308 mm^2)
Sağ Mesnet	179,54	0,55	99	2,88	907	5Φ14 (770 mm^2düz)	1Φ14 (154 mm^2)
Sağ Mesnet	-224,43	0,25	36	3,10	1221	2Φ14 (308 mm^2 montaj)	6Φ14 (924 mm^2)

Tablo 7.7 : D Aksı Kirişleri Eğilme Donatısı Hesabı

Yer	M (kN)	b (m)	K ($x10^{-5}$)	k_s	A_s (mm^2)	Mevcut	Ek Donatı
Açıklık (K10)	67,55	0,97	467	2,78	331		3Φ14 (462mm^2)
Sol Mesnet	31,86	0,97	1044	2,78	147	3Φ14 (462 mm^2 düz)	Gerek Yok
Sol Mesnet	-63,31	0,25	133	2,85	306	2Φ14 (308 mm^2 montaj)	1Φ14 (154 mm^2)
Sağ Mesnet	29,96	0,97	1185	2,77	129	3Φ14 + 3Φ14 (924mm^2 düz + düz)	Gerek Yok
Sağ Mesnet	-134,92	0,25	62	2,93	670	2Φ14 (308 mm^2 montaj)	4Φ14 (616 mm^2)
Açıklık (K11)	61,86	0,97	509	2,78	302		3Φ14 (462mm^2)
Sol Mesnet	42,53	0,97	741	2,78	207	3Φ14 + 3Φ14 (924mm^2 düz + düz)	Gerek Yok
Sol Mesnet	-155,47	0,25	52	2,96	807	2Φ14 (308 mm^2 montaj)	4Φ14 (616 mm^2)
Sağ Mesnet	41,77	0,97	754	2,78	204	3Φ14 + 3Φ14 (924mm^2 düz + düz)	Gerek Yok
Sağ Mesnet	-106,54	0,25	76	2,90	542	2Φ14 (308 mm^2 montaj)	2Φ14 (308 mm^2)

Tablo 7.8 : 1 Aksı Kirişleri Eğilme Donatısı Hesabı

Yer	M (kN)	b (m)	K ($x10^{-5}$)	k_s	A_s (mm^2)	Mevcut	Ek Donatı
Açıklık (K14)	62,20	0,53	277	2,81	307		3Φ14 (462mm^2)
Sol Mesnet	60,73	0,53	284	2,81	299	3Φ14 (462 mm^2 düz)	Gerek Yok
Sol Mesnet	-72,92	0,25	108	2,87	377	2Φ14 (308 mm^2 montaj)	1Φ14 (154 mm^2)
Sağ Mesnet	85,63	0,53	211	2,82	424	3Φ14 + 3Φ14 (924mm^2 düz + düz)	Gerek Yok
Sağ Mesnet	98,36	0,25	83	2,88	497	2Φ14 (308 mm^2 montaj)	3Φ14 (462 mm^2)
Açıklık (K13)	72,57	0,89	338	2,80	356		3Φ14 (462mm^2)
Sol Mesnet	109,37	0,89	264	2,81	539	3Φ14 + 3Φ14 (924mm^2 düz + düz)	Gerek Yok
Sol Mesnet	-121,17	0,25	67	2,91	619	2Φ14 (308 mm^2 montaj)	3Φ14 (462 mm^2)
Sağ Mesnet	110,70	0,89	261	2,81	546	3Φ14 + 3Φ14 (924mm^2 düz + düz)	1Φ12 (113 mm^2)
Sağ Mesnet	-126,00	0,25	64	2,91	643	2Φ14 (308 mm^2 montaj)	5Φ14 (770 mm^2)
Açıklık (K12)	87,82	0,57	210	2,82	435		3Φ14 (462mm^2)
Sol Mesnet	187,10	0,57	100	2,87	942	3Φ14 + 3Φ14 (924mm^2 düz + düz)	1Φ12 (113 mm^2)
Sol Mesnet	-200,33	0,25	41	3,01	1058	2Φ14 (308 mm^2 montaj)	5Φ14 (770 mm^2)
Sağ Mesnet	86,96	0,57	213	2,82	430	3Φ14 (462mm^2 düz)	Gerek Yok
Sağ Mesnet	-88,53	0,25	92	2,87	446	2Φ14 (308 mm^2 montaj)	1Φ14 (154 mm^2)

Tablo 7.9 : 2 Aksı Kirişleri Eğilme Donatısı Hesabı

Yer	M (kN)	b (m)	K ($x10^{-5}$)	k_s	A_s (mm^2)	Mevcut	Ek Donatı
Açıklık (K17)	60,67	0,91	487	2,79	297		3Φ14 (462mm^2)
Sol Mesnet	39,88	0,91	741	2,78	195	3Φ14 (462 mm^2 düz)	Gerek Yok
Sol Mesnet	-152,66	0,25	55	2,95	790	2Φ14 (308 mm^2 montaj)	4Φ14 (616 mm^2)
Sağ Mesnet	62,25	0,91	475	2,79	305	3Φ14 + 3Φ14 (924mm^2 düz + düz)	Gerek Yok
Sağ Mesnet	-126,37	0,25	389	2,92	647	2Φ14 (308 mm^2 montaj)	3Φ14 (462 mm^2)
Açıklık (K16)	56,77	0,73	235	2,80	280		3Φ14 (462mm^2)
Sol Mesnet	107,73	0,73	62	2,82	531	3Φ14 + 3Φ14 (924mm^2 düz + düz)	Gerek Yok
Sol Mesnet	-138,00	0,25	246	2,93	709	2Φ14 (308 mm^2 montaj)	3Φ14 (462 mm^2)
Sağ Mesnet	102,70	0,73	63	2,82	508	3Φ14 + 3Φ14 (924mm^2 düz + düz)	Gerek Yok
Sağ Mesnet	-134,53	0,25	548	2,93	692	2Φ14 (308 mm^2 montaj)	3Φ14 (462 mm^2)
Açıklık (K15)	48,77	0,79	335	2,78	238		3Φ14 (462mm^2)
Sol Mesnet	82,35	0,79	63	2,80	404	3Φ14 + 3Φ14 (924mm^2 düz + düz)	Gerek Yok
Sol Mesnet	-133,59	0,25	312	2,93	687	2Φ14 (308 mm^2 montaj)	3Φ14 (462 mm^2)
Sağ Mesnet	88,07	0,79	63	2,81	434	3Φ14 (462mm^2 düz)	Gerek Yok
Sağ Mesnet	-119,54	0,25	92	2,93	614	2Φ14 (308 mm^2 montaj)	3Φ14 (462 mm^2)

Tablo 7.10 : 3 Aksı Kirişleri Eğilme Donatısı Hesabı

Yer	M (kN)	b (m)	K ($x10^{-5}$)	k_s	A_s (mm^2)	Mevcut	Ek Donatı
Açıklık (K19)	90,41	0,91	327	2,80	444		3Φ14 (462mm^2)
Sol Mesnet	120,15	0,91	246	2,81	592	3Φ14 (462 mm^2 düz)	1Φ14 (154 mm^2)
Sol Mesnet	-151,53	0,25	54	2,96	787	2Φ14 (308 mm^2 montaj)	4Φ14 (616 mm^2)
Sağ Mesnet	97,89	0,91	302	2,81	483	3Φ14 + 3Φ14 (924mm^2 düz + düz)	Gerek Yok
Sağ Mesnet	-108,00	0,25	75	2,90	549	2Φ14 (308 mm^2 montaj)	3Φ14 (462 mm^2)
Açıklık (K18)	49,11	0,73	482	2,79	240		3Φ14 (462mm^2)
Sol Mesnet	45,69	0,73	519	2,79	223	3Φ14 + 3Φ14 (924mm^2 düz + düz)	Gerek Yok
Sol Mesnet	-160,26	0,25	50	2,97	835	2Φ14 (308 mm^2 montaj)	3Φ14 (462 mm^2)
Sağ Mesnet	62,09	0,73	382	2,80	305	3Φ14 (462 mm^2 düz)	Gerek Yok
Sağ Mesnet	-127,31	0,25	64	2,93	654	2Φ14 (308 mm^2 montaj)	3Φ14 (462 mm^2)

Tablo 7.11 : 4 Aksı Kirişleri Eğilme Donatısı Hesabı

Yer	M (kN)	b (m)	K ($x10^{-5}$)	k_s	A_s (mm^2)	Mevcut	Ek Donatı
Açıklık (K21)	54,00	0,91	558	2,79	259		3Φ14 (462mm^2)
Sol Mesnet	32,00	0,91	923	2,78	156	3Φ14 (462 mm^2 düz)	Gerek Yok
Sol Mesnet	-55,74	0,25	146	2,85	279	2Φ14 (308 mm^2 montaj)	1Φ14 (154 mm^2)
Sağ Mesnet	33,00	0,91	895	2,78	161	3Φ14 + 3Φ14 (924mm^2 düz + düz)	Gerek Yok
Sağ Mesnet	-124,00	0,25	66	2,92	635	2Φ14 (308 mm^2 montaj)	3Φ14 (462 mm^2)
Açıklık (K20)	69,22	0,73	342	2,80	340		3Φ14 (462mm^2)
Sol Mesnet	132,80	0,73	178	2,83	659	3Φ14 + 3Φ14 (924mm^2 düz + düz)	Gerek Yok
Sol Mesnet	-139,34	0,25	58	2,94	719	2Φ14 (308 mm^2 montaj)	3Φ14 (462 mm^2)
Sağ Mesnet	109,93	0,73	215	2,82	544	3Φ14 (462 mm^2 düz)	1Φ14 (154 mm^2)
Sağ Mesnet	-162,35	0,25	50	2,97	846	2Φ14 (308 mm^2 montaj)	1Φ14 (154 mm^2)

Tablo 7.12 : 4’ Aksı Kirişleri Eğilme Donatısı Hesabı

Yer	M (kN)	b (m)	K ($x10^{-5}$)	k_s	A_s (mm^2)	Mevcut	Ek Donatı
Açıklık (K22)	36,63	0,79	700	2,78	179		3Φ14 (462mm^2)
Sol Mesnet	17,36	0,79	1478	2,77	84	3Φ14 (462 mm^2 düz)	Gerek Yok
Sol Mesnet	-18,37	0,25	442	2,79	90	2Φ14 (308 mm^2 montaj)	1Φ14 (154 mm^2)
Sağ Mesnet	0,30	0,79	85557	2,75	1	3Φ14 + 3Φ14 (924mm^2 düz + düz)	Gerek Yok
Sağ Mesnet	-63,88	0,25	127	2,86	321	2Φ14 (308 mm^2 montaj)	1Φ14 (154 mm^2)
Açıklık (K23)	36,63	0,79	700	2,78	179		3Φ14 (462mm^2)
Sol Mesnet	17,36	0,79	1478	2,77	84	3Φ14 + 3Φ14 (924mm^2 düz + düz)	Gerek Yok
Sol Mesnet	-18,37	0,25	442	2,79	90	2Φ14 (308 mm^2 montaj)	1Φ14 (154 mm^2)
Sağ Mesnet	0,30	0,79	85557	2,75	1	3Φ14 (462 mm^2 düz)	Gerek Yok
Sağ Mesnet	-63,88	0,25	127	2,86	321	2Φ14 (308 mm^2 montaj)	1Φ14 (154 mm^2)

7.3.1 Kirişlerin Taşıma Gücü Momentleri

Kirişlerin taşıma gücü momentleri , güçlü kolon zayıf kiriş kontrolünün yapılması için gereklidir. Kirişlerin taşıma güçlerinin bulunması için aşağıdaki formül kullanılacaktır.

$$Mr = As\ fyd\ (d - d') \qquad (7.7)$$

Burada geçen :

A_S = Kirişin boyuna donatı alanı

f_{yd} = donatı çeliği hesap dayanımı

d = kesit faydalı yüksekliği

d' = pas payı

Tablo 7.13: A Aksı Kirişleri Taşıma Gücü Momentleri

K201	DONATI ALANI	d	d'	f_{yd}	M_{r+}	M_{r-}
Sol Mesnet(ÜST)	2Φ14 + 2Φ14 (616 mm^2)	570	30	365	0	121,414
Sol Mesnet(ALT)	3Φ14 (462 mm^2)	570	30	365	91,06	0
Sağ Mesnet(ÜST)	2Φ14 + 5Φ14 (1078 mm^2)	570	30	365	0	212,474
Sağ Mesnet(ALT)	3Φ14 + 3Φ14 (924 mm^2)	570	30	365	182,12	0
K202	DONATI ALANI	d	d'	f_{yd}	M_{r+}	M_{r-}
Sol Mesnet(ÜST)	2Φ14 + 5Φ14 (1078 mm^2)	570	30	365	0	212,474
Sol Mesnet(ALT)	3Φ14 + 3Φ14 (924 mm^2)	570	30	365	182,12	0
Sağ Mesnet(ÜST)	2Φ14 + 4Φ14 (924 mm^2)	570	30	365	0	182,12
Sağ Mesnet(ALT)	3Φ14 + 3Φ14 (924 mm^2)	570	30	365	182,12	0
K203	DONATI ALANI	d	d'	f_{yd}	M_{r+}	M_{r-}
Sol Mesnet(ÜST)	2Φ14 + 4Φ14 (924 mm^2)	570	30	365	0	182,12
Sol Mesnet(ALT)	3Φ14 + 3Φ14 (924 mm^2)	570	30	365	182,12	0
Sağ Mesnet(ÜST)	2Φ14 + 1Φ14 (462 mm^2)	570	30	365	0	91,06
Sağ Mesnet(ALT)	3Φ14 (462 mm^2)	570	30	365	91,06	0

Tablo 7.14: B Aksı Kirişleri Taşıma Gücü Momentleri

K204	DONATI ALANI	d	d'	f_{yd}	M_{r+}	M_{r-}
Sol Mesnet(ÜST)	2Φ14 + 4Φ14 (924 mm^2)	570	30	365	0	182,12
Sol Mesnet(ALT)	3Φ14 (462 mm^2)	570	30	365	91,06	0
Sağ Mesnet(ÜST)	2Φ14 + 4Φ14 (924 mm^2)	570	30	365	0	182,12
Sağ Mesnet(ALT)	3Φ14 + 3Φ14 (924 mm^2)	570	30	365	182,12	0
K205	DONATI ALANI	d	d'	f_{yd}	M_{r+}	M_{r-}
Sol Mesnet(ÜST)	2Φ14 + 4Φ14 (924 mm^2)	570	30	365	0	182,12
Sol Mesnet(ALT)	3Φ14 + 3Φ14 (924 mm^2)	570	30	365	182,12	0
Sağ Mesnet(ÜST)	2Φ14 + 4Φ14 (924 mm^2)	570	30	365	0	182,12
Sağ Mesnet(ALT)	3Φ14 + 3Φ14 (924 mm^2)	570	30	365	182,12	0
K206	DONATI ALANI	d	d'	f_{yd}	M_{r+}	M_{r-}
Sol Mesnet(ÜST)	2Φ14 + 4Φ14 (924 mm^2)	570	30	365	0	182,12
Sol Mesnet(ALT)	3Φ14 + 3Φ14 (924 mm^2)	570	30	365	182,12	0
Sağ Mesnet(ÜST)	2Φ14 + 1Φ14 (462 mm^2)	570	30	365	0	182,12
Sağ Mesnet(ALT)	3Φ14 (462 mm^2)	570	30	365	91,06	0

Tablo 7.15: C Aksı Kirişleri Taşıma Gücü Momentleri

K207	DONATI ALANI	d	d'	f_{yd}	M_{r+}	M_{r-}
Sol Mesnet(ÜST)	2Φ14 + 4Φ14 (924 mm^2)	570	30	365	0	121,414
Sol Mesnet(ALT)	3Φ14 (462 mm^2)	570	30	365	91,06	0
Sağ Mesnet(ÜST)	2Φ14 + 4Φ14 (924 mm^2)	570	30	365	0	212,474
Sağ Mesnet(ALT)	3Φ14 + 3Φ14 (924 mm^2)	570	30	365	182,12	0
K208	DONATI ALANI	d	d'	f_{yd}	M_{r+}	M_{r-}
Sol Mesnet(ÜST)	2Φ14 + 4Φ14 (924 mm^2)	570	30	365	0	212,474
Sol Mesnet(ALT)	3Φ14 + 3Φ14 (924 mm^2)	570	30	365	182,12	0
Sağ Mesnet(ÜST)	2Φ14 + 2Φ14 (616 mm^2)	570	30	365	0	182,12
Sağ Mesnet(ALT)	3Φ14 + 3Φ14 (924 mm^2)	570	30	365	182,12	0
K209	DONATI ALANI	d	d'	f_{yd}	M_{r+}	M_{r-}
Sol Mesnet(ÜST)	2Φ14 + 2Φ14 (616 mm^2)	570	30	365	0	182,12
Sol Mesnet(ALT)	5Φ14 (770 mm^2)	570	30	365	182,12	0
Sağ Mesnet(ÜST)	2Φ14 + 6Φ14 (1232mm^2)	570	30	365	0	91,06
Sağ Mesnet(ALT)	5Φ14+ 1Φ14 (924 mm^2)	570	30	365	91,06	0

Tablo 7.16: D Aksı Kirişleri Taşıma Gücü Momentleri

K210	DONATI ALANI	d	d'	f_{yd}	M_{r+}	M_{r-}
Sol Mesnet(ÜST)	2Φ14 + 1Φ14 (462 mm^2)	570	30	365	0	91,06
Sol Mesnet(ALT)	3Φ14 (462 mm^2)	570	30	365	91,06	0
Sağ Mesnet(ÜST)	2Φ14 + 4Φ14 (924 mm^2)	570	30	365	0	182,12
Sağ Mesnet(ALT)	3Φ14 + 3Φ14 (924 mm^2)	570	30	365	182,12	0
K211	DONATI ALANI	d	d'	f_{yd}	M_{r+}	M_{r-}
Sol Mesnet(ÜST)	2Φ14 + 4Φ14 (924 mm^2)	570	30	365	0	182,12
Sol Mesnet(ALT)	3Φ14 + 3Φ14 (924 mm^2)	570	30	365	182,12	0
Sağ Mesnet(ÜST)	2Φ14 + 2Φ14 (616 mm^2)	570	30	365	0	121,414
Sağ Mesnet(ALT)	3Φ14 (462 mm^2)	570	30	365	91,06	0

Tablo 7.17: 1 Aksı Kirişleri Taşıma Gücü Momentleri

K214	DONATI ALANI	d	d'	f_{yd}	M_{r+}	M_{r-}
Sol Mesnet(ÜST)	2Φ14 + 1Φ14 (462 mm^2)	570	30	365	0	91,06
Sol Mesnet(ALT)	3Φ14 (462 mm^2)	570	30	365	91,06	0
Sağ Mesnet(ÜST)	2Φ14 + 2Φ14 (616 mm^2)	570	30	365	0	121,41
Sağ Mesnet(ALT)	3Φ14 + 3Φ14 (924 mm^2)	570	30	365	182,12	0
K213	DONATI ALANI	d	d'	f_{yd}	M_{r+}	M_{r-}
Sol Mesnet(ÜST)	2Φ14 + 2Φ14 (616 mm^2)	570	30	365	0	121,41
Sol Mesnet(ALT)	3Φ14 + 3Φ14 (924 mm^2)	570	30	365	182,12	0
Sağ Mesnet(ÜST)	2Φ14 + 5Φ14 (1078 mm^2)	570	30	365	0	212,47
Sağ Mesnet(ALT)	3Φ14 + 3Φ14+1Φ12 (1037 mm^2)	570	30	365	204,39	0
K212	DONATI ALANI	d	d'	f_{yd}	M_{r+}	M_{r-}
Sol Mesnet(ÜST)	2Φ14 + 5Φ14 (1078 mm^2)	570	30	365	0	212,47
Sol Mesnet(ALT)	3Φ14 + 3Φ14+1Φ12 (1037 mm^2)	570	30	365	204,39	0
Sağ Mesnet(ÜST)	2Φ14 + 1Φ14 (462 mm^2)	570	30	365	0	91,06
Sağ Mesnet(ALT)	3Φ14 (462 mm^2)	570	30	365	91,06	0

Tablo 7.18: 2 Aksı Kirişleri Taşıma Gücü Momentleri

K217	DONATI ALANI	d	d'	f_{yd}	M_{r+}	M_{r-}
Sol Mesnet(ÜST)	2Φ14 + 3Φ14 (770 mm^2)	570	30	365	0	151,77
Sol Mesnet(ALT)	3Φ14 (462 mm^2)	570	30	365	91,06	0
Sağ Mesnet(ÜST)	2Φ14 + 3Φ14 (770 mm^2)	570	30	365	0	151,77
Sağ Mesnet(ALT)	3Φ14 + 3Φ14 (924 mm^2)	570	30	365	182,12	0
K216	DONATI ALANI	d	d'	f_{yd}	M_{r+}	M_{r-}
Sol Mesnet(ÜST)	2Φ14 + 3Φ14 (770 mm^2)	570	30	365	0	151,77
Sol Mesnet(ALT)	3Φ14 + 3Φ14 (924 mm^2)	570	30	365	182,12	0
Sağ Mesnet(ÜST)	2Φ14 + 3Φ14 (770 mm^2)	570	30	365	0	151,77
Sağ Mesnet(ALT)	3Φ14 + 3Φ14 (924 mm^2)	570	30	365	182,12	0
K215	DONATI ALANI	d	d'	f_{yd}	M_{r+}	M_{r-}
Sol Mesnet(ÜST)	2Φ14 + 3Φ14 (770 mm^2)	570	30	365	0	151,77
Sol Mesnet(ALT)	3Φ14 + 3Φ14 (924 mm^2)	570	30	365	182,12	0
Sağ Mesnet(ÜST)	2Φ14 + 3Φ14 (770 mm^2)	570	30	365	0	151,77
Sağ Mesnet(ALT)	3Φ14 (462 mm^2)	570	30	365	91,06	0

Tablo 7.19: 3 Aksı Kirişleri Taşıma Gücü Momentleri

K219	DONATI ALANI	d	d'	f_{yd}	M_{r+}	M_{r-}
Sol Mesnet(ÜST)	2Φ14 + 4Φ14 (924 mm^2)	570	30	365	0	182,12
Sol Mesnet(ALT)	3Φ14+1Φ14 (616 mm^2)	570	30	365	121,414	0
Sağ Mesnet(ÜST)	2Φ14 + 3Φ14 (770 mm^2)	570	30	365	0	151,77
Sağ Mesnet(ALT)	3Φ14 + 3Φ14 (924 mm^2)	570	30	365	182,12	0
K218	DONATI ALANI	d	d'	f_{yd}	M_{r+}	M_{r-}
Sol Mesnet(ÜST)	2Φ14 + 3Φ14 (770 mm^2)	570	30	365	0	151,77
Sol Mesnet(ALT)	3Φ14 + 3Φ14 (924 mm^2)	570	30	365	182,12	0
Sağ Mesnet(ÜST)	2Φ14 + 3Φ14 (770 mm^2)	570	30	365	0	151,77
Sağ Mesnet(ALT)	3Φ14 (462 mm^2)	570	30	365	91,06	0

Tablo 7.20: 4 Aksı Kirişleri Taşıma Gücü Momentleri

K221	DONATI ALANI	d	d'	f_{yd}	M_{r+}	M_{r-}
Sol Mesnet(ÜST)	2Φ14 + 1Φ14 (462 mm^2)	570	30	365	0	91,06
Sol Mesnet(ALT)	3Φ14 (462 mm^2)	570	30	365	91,06	0
Sağ Mesnet(ÜST)	2Φ14 + 3Φ14 (770 mm^2)	570	30	365	0	151,77
Sağ Mesnet(ALT)	3Φ14 + 3Φ14 (924 mm^2)	570	30	365	182,12	0
K220	DONATI ALANI	d	d'	f_{yd}	M_{r+}	M_{r-}
Sol Mesnet(ÜST)	2Φ14 + 3Φ14 (770 mm^2)	570	30	365	0	151,77
Sol Mesnet(ALT)	3Φ14 + 3Φ14 (924 mm^2)	570	30	365	182,12	0
Sağ Mesnet(ÜST)	2Φ14 + 4Φ14 (924 mm^2)	570	30	365	0	182,12
Sağ Mesnet(ALT)	3Φ14 + 1Φ14 (616 mm^2)	570	30	365	121,41	0

Tablo 7.21: 4’ Aksı Kirişleri Taşıma Gücü Momentleri

K222	DONATI ALANI	d	d'	f_{yd}	M_{r+}	M_{r-}
Sol Mesnet(ÜST)	2Φ14 + 1Φ14 (462 mm^2)	570	30	365	0	91,06
Sol Mesnet(ALT)	3Φ14 (462 mm^2)	570	30	365	91,06	0
Sağ Mesnet(ÜST)	2Φ14 + 1Φ14 (462 mm^2)	570	30	365	0	91,06
Sağ Mesnet(ALT)	3Φ14 + 3Φ14 (924 mm^2)	570	30	365	182,12	0
K223	DONATI ALANI	d	d'	f_{yd}	M_{r+}	M_{r-}
Sol Mesnet(ÜST)	2Φ14 + 1Φ14 (462 mm^2)	570	30	365	0	91,06
Sol Mesnet(ALT)	3Φ14 (462 mm^2)	570	30	365	91,06	0
Sağ Mesnet(ÜST)	2Φ14 + 1Φ14 (462 mm^2)	570	30	365	0	91,06
Sağ Mesnet(ALT)	3Φ14 (462 mm^2)	570	30	365	91,06	0

7.4 Kirişlerin Kesme Güvenliği

Süneklik düzeyi yüksek kirişlerde tasarıma esas olan kesme kuvveti ;

$$Ve = Vdy \pm 1{,}4\frac{Mri + Mrj}{ln} \tag{7.9}$$

bu ifadede M_{ri} ve M_{rj} kirişin iki ucundaki eğilme momenti kapasiteleri ve V_{dy} düşey yük basit kiriş kesme kuvveti dir. Tasarım kesme kuvvetinin üst sınırı;

$$V_e \leq 0{,}22\, f_{cd} b_w d \tag{7.10}$$

şeklindedir.

Depremin tekrarlı ve tersinir etkisi düşünülerek, kirişlerde kesme kuvvetinin karşılanmasında iki durum söz konusudur:

$V_e - V_{dy} \geq 0{,}5V_d \quad \Rightarrow \quad V_c = 0$

$V_e - V_{dy} \leq 0{,}5V_d \quad \Rightarrow \quad V_c \neq 0$

Bu ifadelerde geçen V_d (G+Q+E) etkisinden ortaya çıkan kesme kuvvetidir.

K

K201 Kirişi:

$V_{dy} = 3{,}0$ kN

$l_n = 2 - 0{,}125 - 0{,}3 = 1{,}575$m

$$Ve = 3 + \frac{1{,}4 \cdot 212{,}474}{1{,}575} = 191{,}86kN$$

$V_e - V_{dy} \geq 0{,}5V_d \quad \Rightarrow \quad V_c = 0$

$V_d = 182{,}71$ kN

$188{,}86 > 91{,}355 \quad \Rightarrow \quad V_c = 0$

$V_e \leq 0{,}22 b_w \cdot f_{cd} \cdot d \quad \Rightarrow 0{,}22 \cdot 250 \cdot 570 \cdot 17.10^{-3} = 532{,}95$ kN

191,86 < 532,95 kN

$V_{cr} = 0{,}65 \cdot f_{ctd} \cdot b \cdot d = 0{,}65 \cdot 1{,}15 \cdot 10^{-3} \cdot 0{,}25 \cdot 0{,}57 = 106{,}52$ kN

$V_{cr} < V_e < V_{max} \quad \Rightarrow \quad 106{,}52$ kN < 191,86 kN < 532,95 kN

$$Vr = Vw = \frac{n A_o}{s} f_{ywd}\, d \quad \Rightarrow \frac{2 \cdot 50}{90} \cdot 365 \cdot 570 = 231{,}17 kN > 191{,}86 kN$$

Φ8/90 seçilir.

Kiriş sarılma bölgesi için etriye aralığı tayini :

	$s \leq d/4$	$s \leq 570 / 4 = 142{,}5$ mm	
s $\Rightarrow$	$s \leq 8\ \Phi$	$s \leq 8 \cdot 14 = 112$ mm	s=90 mm seçilir.
	$s \leq 150$ mm	$s \leq 150$ mm	

Kiriş orta bölgesi için etriye aralığı tayini:

$s \leq d / 2 \Rightarrow 570 / 2 = 285$ mm $\qquad V_e > 3\ V_{cr} \Rightarrow$ d/4 alınır.

191,86 kN < 3 . 106,52 kN =319,56 kN

s =150 mm seçilir.

Sonuç olarak ;

Φ8 / 90 sarılma bölgesinde

Φ8 / 150 kiriş orta bölgesinde seçilir.

Yapıda bulunan diğer kirişlerin kesme güvenliği kontrolleri ve enine donatı hesapları Tablo 7.22 ve Tablo 7.23'de verilmiştir.

Tablo 7.22: Kirişlerin Kesme Güvenliği Kontrolü

Kiriş No	Basit Kiriş Kesme Kuvveti V_{dy} (kN)	Kiriş Taşıma Gücü Momentleri M_{ri} ;M_{rj} (kNm)	Tasarım Kesme Kuvveti Ve (kN)	Kesme Kuvveti V_d (kN)	Betonun Kesme Dayanımına Katkısı V_c (kN)	Sarılma Bölgesi İçin Seçilen Etriye Çap ve Aralığı	Etriyenin Kesme Dayanımına Katkısı Vw (kN)	KirişKesitinin Kesme Dayanımı Vr (kN)	Kiriş Orta Bölgesi İçin Seçilen Etriye Çap ve Aralığı
K201	3,00	91,06/212,474	191,86	182,71	0	Φ8 / 90	260,06	260,06	Φ8 / 150
K202	37,50	212,474 /182,12	86,88	72,62	0	Φ8 / 140	148,61	148,61	Φ8 / 280
K203	-13,40	182,12/91,06	117,35	94,77	0	Φ8 / 110	189,13	189,13	Φ8 / 200
K204	77,00	182,12/182,12	126,03	94,77	0	Φ8 / 110	189,13	189,13	Φ8 / 200
K205	97,20	182,12/182,12	146,95	119,05	85,215	Φ8 / 110	189,13	274,35	Φ8 / 200
K206	66,10	182,12/182,12	127,91	109,32	0	Φ8 / 110	189,13	189,13	Φ8 / 200
K207	81,70	182,12/182,12	130,73	108,47	85,215	Φ8 / 110	189,13	274,61	Φ8 / 200
K208	60,18	182,12/121,41	91,08	64,74	85,215	Φ8 / 140	148,61	148,61	Φ8 / 280
K209	98,08	121,41/243,83	268,06	214,77	0	Φ10 / 110	189,13	298,84	Φ8 / 200
K210	93,30	91,06/182,12	140,74	98,08	85,215	Φ8 / 110	189,13	274,35	Φ8 / 200
K211	61,79	182,12/121,414	93,41	61,79	0	Φ8 / 140	148,61	148,61	Φ8 / 280

Tablo 7.23: Kirişlerin Kesme Güvenliği Kontrolü

Kiriş No	Basit Kiriş Kesme Kuvveti V_{dy} (kN)	Kiriş Taşıma Gücü Momentleri M_{ri} ;M_{rj} (kNm)	Tasarım Kesme Kuvveti Ve (kN)	Kesme Kuvveti V_d (kN)	Betonun Kesme Dayanımına Katkısı V_c (kN)	Sarılma Bölgesi İçin Seçilen Etriye Çap ve Aralığı	Etriyenin Kesme Dayanımına Katkısı Vw (kN)	Kiriş Kesitinin Kesme Dayanımı Vr (kN)	Kiriş Orta Bölgesi İçin Seçilen Etriye Çap ve Aralığı
K212	-15,46	212,47/91,06	173,40	192,51	0	Φ8 / 80	260,06	260,06	Φ8 / 200
K213	19,21	182,12/212,47	110,04	82,77	0	Φ8 / 110	189,13	260,06	Φ8 / 200
K214	19,35	91,06/182,12	105,78	67,05	0	Φ8 / 140	148,61	189,13	Φ8 / 280
K215	57,98	182,12/151,77	116,59	107,98	0	Φ8 / 110	189,13	189,13	Φ8 / 200
K216	31,66	151,77/182,12	113,25	108,57	0	Φ8 / 110	189,13	189,13	Φ8 / 200
K217	81,92	151,77/182,12	136,17	103,94	0	Φ8 / 100	208,05	189,13	Φ8 / 200
K218	72,55	151,77/91,06	135,51	97,54	0	Φ8 / 100	208,05	208,05	Φ8 / 200
K219	34,71	182,12/182,12	88,96	78,90	0	Φ8 / 140	148,61	148,61	Φ8 / 280
K220	47,26	182,12/182,12	128,85	123,84	0	Φ8 / 110	189,13	189,13	Φ8 / 200
K221	95,99	91,06/182,12	146,98	98,70	0	Φ8 / 100	208,05	189,13	Φ8 / 200
K222	70,71	91,06/182,12	130,70	70,71	0	Φ8 / 100	208,05	208,05	Φ8 / 200
K223	70,71	91,06/182,12	130,70	70,71	0	Φ8 / 100	208,05	208,05	Φ8 / 200

7.5 Tasarım Kesme Kuvveti Kontrolleri

A Aksı S201 Kolonu (Frame 651) Birleşim Bölgesinde:

Kuşatılmamış Kolon Hesabı:

$V_e = 1{,}25\ f_{yk} \cdot (A_{s1} + A_{s2}) - V_{kol}$ (7.11)

$1{,}25\ f_{yk} \cdot (A_{s1} + A_{s2}) = 1{,}25 \cdot 420 \cdot (1078+924) = 1051$ kN

$V_{kol} = \min(V_a; V_ü) = \min(169{,}80; 102{,}70) \Rightarrow 102{,}70$ kN

$V_e = 1051 - 102{,}70 = 948{,}30$ kN

$b_1 = 125$ mm

$b_2 = 725$ mm $\qquad b_j \le (b_{w1} + h)$

$b_j = 2.\min(125;725) \qquad \le (250 + 600)$

$b_j = 250$mm $\qquad 250\text{mm} \le 850\text{mm}$

$V_{emax} = 0{,}45 \cdot f_{cd} \cdot b_j \cdot h_c = 0{,}45 \cdot 17 \cdot 250 \cdot 600 = 1147{,}50 kN$

$V_{emax} = 1147{,}50$ kN > 948,30 kN

1 Aksı S201 Kolonu (Frame 651) Birleşim Bölgesinde :

Kuşatılmamış Kolon Hesabı:

$1{,}25\ f_{yk} \cdot (A_{s1} + A_{s2}) = 1{,}25 \cdot 420 \cdot (770+0) = 404{,}25$ kN

$V_{kol} = \min(V_a; V_ü) = \min(43{,}6; 43{,}3) \Rightarrow 43{,}30$ kN

$V_e = 404{,}25 - 32{,}20 = 372{,}05$ kN

$V_{emax} = 0{,}45 \cdot f_{cd} \cdot b_j \cdot h_c = 0{,}45 \cdot 17 \cdot 600 \cdot 850 = 3901{,}50 kN$

V_{emax} =3901,50 kN > 372,05 kN

Yapıda yer alan diğer kolon – kiriş birleşim bölgeleri tasarım kesme kuvveti kontrolleri her iki deprem doğrultusu için yapılmış ve Tablo 7.24ve Tablo 7.25 de gösterilmiştir.

Tablo 7.24: Tasarım Kesme Kuvveti Kontrolleri (X Doğrultusu)

Kolon no	Boyutları (mm .mm)	bj (mm)	h_c (mm)	V_{kol} min (V_a;$V_ü$) (kN)	Birleşim Bölgesinde Tasarım Kesme Kuvveti V_e (kN)	Hesap Kesme Kuvveti V_{emax} (kN)
S201	600 / 850	250	600	107,20	948,30	1147,50
S202	850 / 600	600	850	77,50	892,70	3901,50
S203	600 / 850	250	600	46,90	358,80	3901,50
S204	1000 / 750	750	1000	79,40	890,80	5737,50
S205	750 / 1000	250	750	105,40	864,80	1434,38
S206	1000 / 750	750	1000	88,80	558,00	5737,50
S207	850 / 600	600	850	37,30	447,80	3901,50
S208	750 / 1000	250	750	91,40	878,80	1434,38
S209	750 / 1000	250	750	178,00	1131,90	1434,38
S210	1000 / 750	750	1000	64,50	905,70	5737,50

X doğrultusu için tasarım kesme kuvveti kontrolleri sağlanmıştır.

Tablo 7.25: Tasarım Kesme Kuvveti Kontrolleri (Y Doğrultusu)

Kolon no	Boyutları (mm .mm)	bj (mm)	h_c (mm)	V_{kol} min (V_a;$V_ü$) kN	Birleşim Bölgesinde Tasarım Kesme Kuvveti V_e (kN)	Hesap Kesme Kuvveti V_{emax} (kN)
S201	600 / 850	600	850	32,20	372,05	3901,50
S202	850 / 600	250	600	43,30	360,95	1147,50
S203	600 / 850	600	850	49,70	758,80	3901,50
S204	1000 / 750	250	750	97,20	792,15	1434,38
S205	750 / 1000	750	1000	84,80	787,55	5737,50
S206	1000 / 750	1000	750	101,80	1018,72	1434,38
S207	850 / 600	250	600	85,00	808,35	1147,50
S208	750 / 1000	750	1000	81,00	421,50	5737,50
S209	750 / 1000	750	1000	63,60	1131,90	5737,50
S210	1000 / 750	250	750	107,81	538,99	1434,50

Y doğrultusu için tasarım kesme kuvveti kontrolleri sağlanmıştır.

7.6 Zemin Kat Kolonları Taşıma Gücü Hesabı

Kolonların taşıma gücü hesabı mevcut donatı kullanılarak hesaplanır. Tersten gidilirse;

$$w = A_{s1}\frac{f_{yd}}{f_{cd}}/(b\ h) \qquad (7.12)$$

formülünden bulunan değerle n değerinden yola çıkarak m değerine ulaşılır. Buradan :

$$M_r = m\ bh^2 f_{cd} \qquad (7.13)$$

ifadesinden taşıma gücü kapasitesi bulunur. Tablo 7.26 ve Tablo 7.27'de bodrum ve zemin kat kolonları için hesaplanan taşıma gücü kapasiteleri verilmiştir.

Tablo 7.26 : Bodrum Kat Kolonları Taşıma Gücü Momentleri

Kolon No	Boyutlar (mm)	Mevcut Donatı Alanı A_{s1} (mm^2)	$w = \frac{A_{s1}\, f_{yd}}{b\, h\, f_{cd}}$	n	m	$M_{rx}=mbh^2 \cdot f_{cd}$ (kNm)	$M_{ry}=mbh^2 f_{cd}$ (kNm)
S101	600 / 850	2799	0,11	0,16	0,16	884,34	1179,12
S101	850 / 600	2799	0,11	0,16	0,16	1179,12	884,34
S103	600 / 850	2799	0,11	0,14	0,15	780,30	1105,43
S104	1000 / 750	3817	0,1	0,3	0,18	2295,00	1721,25
S105	750 / 1000	3817	0,1	0,28	0,17	1625,63	2167,50
S106	1000 / 750	3817	0,1	0,25	0,17	2167,50	1625,63
S107	850 / 600	2799	0,11	0,15	0,16	1179,12	832,32
S108	750 / 1000	3817	0,1	0,3	0,18	1721,25	2295,00
S109	750 / 1000	3817	0,1	0,22	0,17	1625,63	2167,50
S110	1000 / 750	3817	0,1	0,31	0,19	2422,50	1816,88

Tablo 7.27 : Zemin Kat Kolonları Taşıma Gücü Momentleri

Kolon No	Boyutlar (mm)	Mevcut Donatı Alanı A_{s1} (mm^2)	$w = \frac{A_{s1}\, f_{yd}}{b\, h\, f_{cd}}$	n	m	$M_{rx}=mbh^2 f_{cd}$ (kNm)	$M_{ry}=mbh^2 f_{cd}$ (kNm)
S201	600 / 850	2799	0,11	0,24	0,17	884,34	1252,81
S202	850 / 600	2799	0,11	0,23	0,17	1252,81	884,34
S203	600 / 850	2799	0,11	0,19	0,16	832,32	1179,12
S204	1000 / 750	3817	0,1	0,28	0,18	2295,00	1721,25
S205	750 / 1000	3817	0,1	0,26	0,17	1625,63	2167,50
S206	1000 / 750	3817	0,1	0,24	0,17	2167,50	1625,63
S207	850 / 600	2799	0,11	0,22	0,17	1252,81	884,34
S208	750 / 1000	3817	0,1	0,28	0,18	1721,25	2295,00
S209	750 / 1000	3817	0,1	0,21	0,16	1530,00	2040,00
S210	1000 / 750	3817	0,1	0,29	0,17	2167,50	1625,63

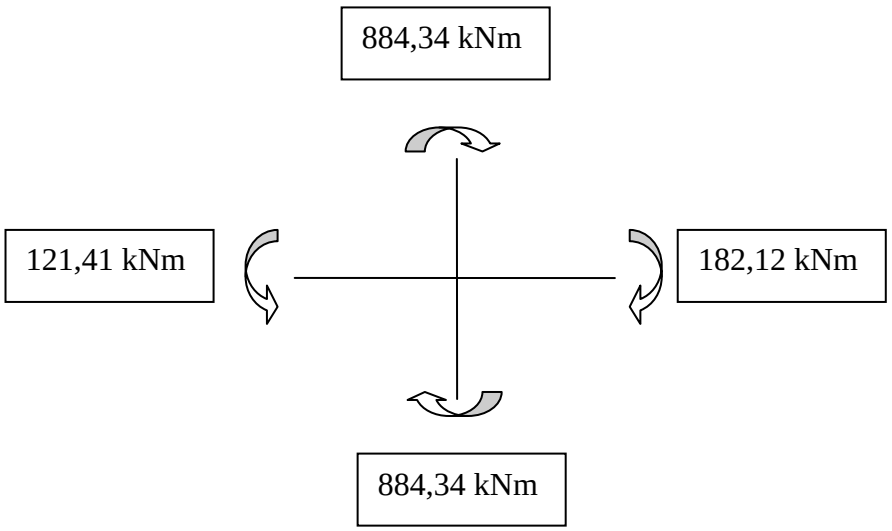
7.7 Kolonların Kirişlerden Daha Güçlü Olma Koşulu

Çerçevelerden veya perde ve çerçevelerin birleşiminden oluşan taşıyıcı sistemlerde, her bir kolon- kiriş düğüm noktasına birleşen kolonların taşıma gücü momentlerinin toplamı, o düğüm noktasına birleşen kirişlerin taşıma gücü momentleri toplamından en az %20 daha büyük olmalıdır.

$$(M_{ra} + M_{rü}) \geq 1{,}2 \cdot (M_{ri} + M_{rj}) \qquad (7.14)$$

Bu ifadeye uygun olarak zemin kat kolon- kiriş düğüm noktalarında gerekli kontroller yapılmıştır.

A Aksı S201 (Frame 651) Kolon-Kiriş Birleşimi :

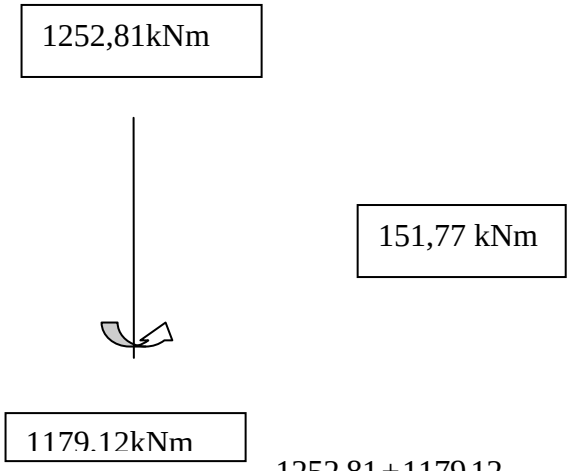


$(884{,}34 + 884{,}34) \leq 1{,}2 \cdot (182{,}12 + 121{,}41)$

$\frac{1768{,}68}{303{,}53} = 5{,}82 > 1{,}2$ koşul sağlamıştır.

1 Aks S201 (Frame 651) Kolon Kiriş Birleşimi:





$$\frac{1252,81+1179,12}{151,77} = 16,02 > 1,2 \quad \text{koşul}$$

sağlanmıştır.

Diğer tüm kolonlar için her iki deprem doğrultusu için yapılan kontroller Tablo 7.28 ve Tablo 7.29 'te verilmiştir.

Tablo 7.28 : Kolonların Kirişlerden Güçlü Olması Koşulu Kontrolleri(X Doğrultusu)

Kolon No	M_{ra} (kNm)	$M_{rü}$ (kNm)	M_{ri} (kNm)	M_{rj} (kNm)	$M_{ra} + M_{rü}$ (kNm)	$M_{ri} + M_{rj}$ (kNm)	$\frac{Mra + Mrü}{Mri + Mrj}$
S201	884,34	884,34	121,41	182,12	1768,68	303,53	5,83
S202	1179,12	1252,81	182,12	91,06	2431,93	273,18	8,90
S203	780,30	832,32	0,00	182,12	1612,62	182,12	8,85
S204	2295,00	2295,00	182,12	182,12	4590,00	364,24	12,60
S205	1625,63	1625,63	182,12	91,06	3251,26	273,18	11,90
S206	2167,50	2167,50	182,12	91,06	4335,00	273,18	15,87
S207	1179,12	1252,81	0,00	182,12	2431,93	182,12	13,35
S208	1721,25	1721,25	182,12	91,06	3442,50	273,18	12,60
S209	1625,63	1530,00	121,41	182,12	3155,63	303,53	10,40
S210	2422,50	2167,50	91,06	91,06	4590,00	182,12	25,20
							>1,2

Tablo 7.29 : Kolonların Kirişlerden Güçlü Olması Koşulu Kontrolleri(Y Doğrultusu)

Kolon No	M_{ra} (kNm)	$M_{rü}$ (kNm)	M_{ri} (kNm)	M_{rj} (kNm)	$M_{ra+}M_{rü}$ (kNm)	$M_{ri+}M_{rj}$ (kNm)	$\frac{Mra + Mrü}{Mri + Mrj}$
S201	1179,12	1252,81	0,00	151,77	2431,93	151,77	16,02
S202	884,34	884,34	0,00	151,77	1768,68	151,77	11,65
S203	1105,43	1179,12	91,06	182,12	2284,55	273,18	8,36
S204	1721,25	1721,25	151,77	182,12	3442,50	333,89	10,31
S205	2167,50	2167,50	182,12	91,06	4335,00	273,18	15,87
S206	1625,63	1625,63	91,06	121,41	3251,26	212,47	15,30
S207	832,32	884,34	121,41	91,06	1716,66	212,47	8,08
S208	2295,00	2295,00	151,77	91,06	4590,00	242,83	18,90
S209	2167,50	2040,00	182,12	0,00	4207,50	182,12	23,10
S210	1816,88	1625,63	151,77	91,06	3442,51	242,83	14,18
							>1,2

Yapılan kontroller sonucu her iki doğrultuda tüm kolon- kiriş birleşim bölgesinde güçlü kolon zayıf kiriş ilkesi sağlanmıştır.

7.8 Perde Duvarların Betonarme Hesabı

Zemin Kat A Aksı P1 Betonarme Hesabı:

Kritik perde yüksekliği boyunca perde uç bölgesi:

$$l_u \geq \begin{cases} 2 .b_w = 2 . 250 = 500 \text{ mm} \\ 0{,}2l_w = 0{,}2 . 4000 = 800 \text{ mm} \end{cases}$$

$l_u = 800$ mm alınır.

Yatay gövde donatısı hesabı :

$A_{sg} = 0{,}0025 . 2400 . 250 = 1500 \text{ mm}^2$ (iki kenardaki toplam yatay gövde donatısı)

Bir kenara düşen donatı miktarı $\Rightarrow \quad \frac{1500}{2} = 750 \text{ mm}^2$

Bir metreye düşen donatı miktarı $\Rightarrow \frac{750}{4} = 312{,}5 \text{ mm}^2$

Seçilen yatay gövde donatısı $\Rightarrow \Phi$ 12 / 250 mm (452 mm^2)

Düşey gövde donatısı hesabı:

$$\frac{A_{sh}}{s_2 \bullet b_w} \geq 0{,}0025 \Rightarrow A_{sh} \geq 0{,}0025 . 250. 250 = 156{,}25 \text{ mm}^2$$

Seçilen Φ 12 / 250 mm düşey gövde donatısı;

$s_2 = 250$ mm $\Rightarrow$ $A_{sh} = 2 . 113 = 226 \text{ mm}^2 > 156{,}25 \text{ mm}^2$

Φ 12 = 113 mm

Perde uç bölgesi düşey donatı hesabı:

N_d= 953,5 kN

M_d = 11,2 kN

$$n_d = \frac{933}{0,25 \cdot 3,2 \cdot 17000} = 0,07$$

$\Rightarrow$ w okunamıyor.

$$m_d = \frac{5,0}{0,25 \cdot 4,20^2 \cdot 17000} = 0,00025$$

Kritik perde yüksekliği boyunca ;

$A_{s1} = A_{s2} = A_{s\,min} = 0,002 \,.\, b_w \,.\, l_w \Rightarrow 0,002 \,.\, 250 \,.\, 4000 = 2000\ mm^2$

Seçilen 11 Φ 16 (2212 mm^2)

Perde uç bölgesi enine donatı hesabı :

50 mm ≤ s ≤ 100 mm

$\Rightarrow$ s =100 mm seçilir.

$$s \le \frac{bw}{2} \Rightarrow \frac{250}{2} = 125mm$$

$$A_{sh} \ge \frac{2}{3} \cdot 0,075 \cdot s \cdot b_k \cdot \left(\frac{f_{ck}}{f_{ywk}} \right) \Rightarrow \frac{2}{3} \cdot 0,075 \cdot 100 \cdot 200 \cdot \frac{25}{420} = 59,53\,mm^2$$

Φ 10 /100 mm seçilir ;

$A_{sh} = n \,.\, A_0 \Rightarrow 2.\ 79 = 158\ mm^2 > 59,53\ mm^2$

$$A_{sh} \ge \frac{2}{3} \cdot 0,075 \cdot s \cdot b_k \cdot \left(\frac{f_{ck}}{f_{ywk}} \right) \Rightarrow \frac{2}{3} \cdot 0,075 \cdot 100 \cdot 750 \cdot \frac{25}{420} = 223,20\,mm^2$$

Φ 12 /100 mm seçilirse ;

$A_{sh} = n \,.\, A_0 \Rightarrow 2.\ 113 = 226\ mm^2 > 223,20\ mm^2$

Zemin Kat A Aksı P2 Betonarme Hesabı:

Kritik perde yüksekliği boyunca perde uç bölgesi:

$$l_u \geq \begin{cases} 2 \cdot b_w = 2 \cdot 250 = 500 \text{ mm} \\ 0{,}2 \cdot l_w = 0{,}2 \cdot 5000 = 1000 \text{ mm} \end{cases}$$

$l_u = 1000$ mm alınır.

Yatay gövde donatısı hesabı :

$A_{sg} = 0{,}0025 \cdot 3000 \cdot 250 = 1875 \text{ mm}^2$ (iki kenardaki toplam yatay gövde donatısı)

Bir kenara düşen donatı miktarı $\Rightarrow \quad \frac{1875}{2} = 937{,}5 \text{ mm}^2$

Bir metreye düşen donatı miktarı $\Rightarrow \frac{937{,}5}{3{,}0} = 312{,}5 \text{ mm}^2$

Seçilen yatay gövde donatısı $\Rightarrow \Phi$ 12 / 250 mm (452 mm^2)

Düşey gövde donatısı hesabı:

$$\frac{Ash}{s_2 \bullet bw} \geq 0{,}0025 \Rightarrow A_{sh} \geq 0{,}0025 \cdot 250 \cdot 250 = 156{,}25 \text{ mm}^2$$

Seçilen Φ 12 / 250 mm düşey gövde donatısı;

$s_2 = 250$ mm

$$\Rightarrow \qquad A_{sh} = 2 \cdot 113 = 226 \text{ mm}^2 > 156{,}25 \text{ mm}^2$$

Φ 12 = 113 mm^2

Perde uç bölgesi düşey donatı hesabı:

N_d= 1185 kN

M_d = 32,7 kNm

$$n_d = \frac{1185}{0,25 \cdot 4,0 \cdot 17000} = 0,07$$

$\Rightarrow$ w okunamıyor.

$$m_d = \frac{32,70}{0,25 \cdot 4^2 \cdot 17000} = 0,0005$$

Kritik perde yüksekliği boyunca ;

$A_{s1} = A_{s2} = A_{s\,min} = 0,002 \cdot b_w \cdot l_w \Rightarrow 0,002 \cdot 250 \cdot 5000 = 2500\ mm^2$

Seçilen 14 Φ 16 (2816 mm^2)

Perde uç bölgesi enine donatı hesabı :

50 mm ≤ s ≤ 100 mm

$\Rightarrow$ s =100 mm seçilir.

$$s \leq \frac{bw}{2} \Rightarrow \frac{250}{2} = 125mm$$

$$A_{sh} \geq \frac{2}{3} \cdot 0,075 \cdot s \cdot b_k \cdot \left(\frac{f_{ck}}{f_{ywk}} \right) \Rightarrow \frac{2}{3} \cdot 0,075 \cdot 100 \cdot 950 \cdot \frac{25}{420} = 282,74\ mm^2$$

Φ 14 /100 mm seçilirse ;

$A_{sh} = n \cdot A_0 \Rightarrow 2 \cdot 153 = 308\ mm^2 > 282,74\ mm^2$

Tablo 7.30'de yapıda bulunan tüm perde duvarların betonarme hesabı ayrıntılı bir şekilde verilmiştir

Tablo 7.30 : Perde Duvarların Betonarme Hesabı

Perde No	Boyutlar (mm)	$l_{uç}$ (mm)	Yatay Gövde Donatısı A_{sg} (mm^2/m)	Seçilen Donatı	Düşey Gövde Donatısı A_{sh} (mm^2)	Seçilen Donatı	N_d (kN)	M_d (kNm)	n_d	m_d	Perde Uç Bölgesi Düşey Donatısı $A_{s\ uç}$ (mm^2)	Seçilen Donatı	Perde Uç Bölgesi Enine Donatı A_{sh} (mm^2)	Seçilen Donatı
P201	4000 X 250	800	312,5	Φ12 / 250	156,25	Φ12 / 250	954	11,2	0,07	0,0003	2000	11Φ16	223,21	Φ12 / 100
P202	5000 X250	1000	312,5	Φ12 / 250	156,25	Φ12 / 250	1185	32,7	0,07	0,0005	2500	14Φ16	282,74	Φ14 / 100
P203	250X5000	1000	312,5	Φ12 / 250	156,25	Φ12 / 250	1015,8	32,6	0,12	0,002	1250	14Φ16	282,74	Φ14 / 100
P204	250X9250	1850	312,5	Φ12 / 250	156,25	Φ12 / 250	694,2	33,5	0,047	0,0006	4750	20Φ18	428,57	Φ18 / 80

7.8.1 Perdelerin Kesme Güvenliği

Zemin Kat A Aksı P1 Kesme Güvenliği:

V_d = 11,5 kN

$$V_d \le V_r = A_{ch} \cdot \left(0{,}65 \cdot f_{ctd} + \rho_{sh} \cdot f_{yd}\right) \quad (7.15)$$

$$\Rightarrow 250 \cdot 4000 \cdot \left(0{,}65 \cdot 0{,}00115 + 0{,}0025 \cdot 0{,}365\right) = 1660 kN$$

11,5 kN ≤ 1660 kN

$$V_d \le 0{,}22 \cdot A_{ch} \cdot f_{cd} \quad (7.16)$$

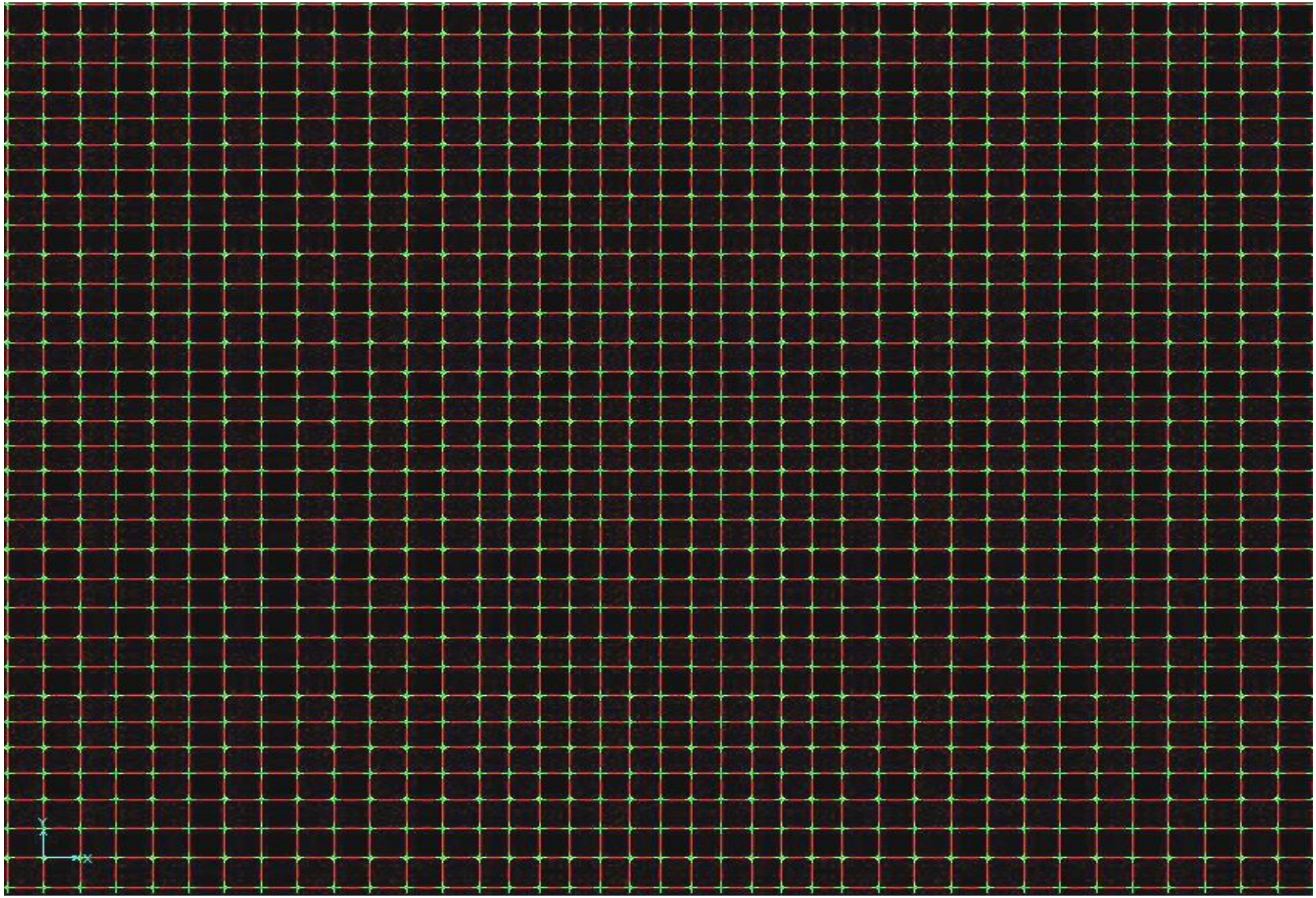
$\Rightarrow$ 0,22 . 250 . 4000 . 17 . 10^{-3} = 3740 kN

11,5 kN ≤ 3740 kN

Tablo 7.31 de sistemde bulunan tüm perde duvarların kesme güvenliği hesabı verilmiştir.

Tablo 7.31: Zemin Kat Perdeleri Kesme Güvenliği

Perde No	Boyutlar (mm)	V_d (kN)	$V_d \le V_r = A_{ch} \cdot \left(0{,}65 \cdot f_{ctd} + \rho_{sh} \cdot f_{yd}\right)$ (kN)	$V_d \le 0{,}22 \cdot A_{ch} \cdot f_{cd}$ (kN)
P201	4000 X250	11,50	1660,00	2337,50
P202	5000 X250	56,00	2075,00	4675,00
P203	250X5000	18,44	2075,00	4675,00
P204	250X9250	65,00	3838,75	8648,75



Şekil 7.1 : Radye Temel Plan Görünümü

7.9 Kirişsiz Radye Temel Çözümü

Temel sistemi 100 cm kalınlığında kirişsiz radye temel olarak seçilmiştir. Sistemin çözümü SAP2000 programı ile gerçekleştirilmiştir. Daha önceden modellenen sisteme bu kez radye temel yerleştirilerek teşkil edilmiş ve tüm yapı birlikte çözülerek temel sistemine ait veriler elde edilmiştir. Radye temel shell elemanı olarak düşünülmüş ve mesh parçalarına ayrılmıştır. Temel elastik yaylarla zemine oturduğu varsayılmış ve bu yaylar (Area Spring) olarak düğüm noktalarına yerleştirilmiştir. Gerekli kontroller ve betonarme hesap max kombinasyondan elde edilen sonuçlara göre hesaplanmıştır.

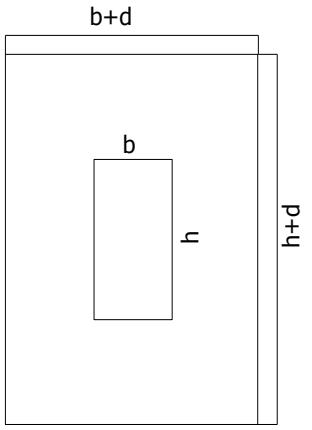
7.9.1 Zımbalama Dayanımı Kontrolü

Radye temel sistemi kirişsiz radye temel olarak modellendiği için zımbalama dayanımı kontrolü yapmak gerekmektedir. Bu kontroller aşağıda sunulmuştur.

<u>Gerekli veriler:</u>

q_{sp} = 250 kN /m^2 (zemin emniyet gerilmesi)

f_{ctd} =1150 kN /m^2



S101 kolonu 60 X 85

b = 0,85 m $\Rightarrow$ kolon genişliği

h = 0,60 m $\Rightarrow$ kolon yüksekliği

d = 1,00 m $\Rightarrow$ radye temel derinliği

b_x = b + d = 1,85 m

b_y = h + d = 1,60 m

kolon iç kuvveti :

N_1 = 1422,30 kN

Zımbalama dayanımının sağlanması için gerekli koşul :

$$V_{pr} = \gamma \cdot f_{ctd} \cdot u_p \cdot d \geq V_{pd} = N_1 - F_a \qquad (7.17)$$

koşulu sağlanmalıdır. Bu ifade de :

V_{pr} **:** kesme kuvveti kapasitesi

V_{pd} : zımbalama hesap yükü

N_1 : kolon iç kuvveti

F_a : zemin gerilmeleri toplamı

$F_a = q_{sp} \cdot (b+d) \cdot (h+d)$ (7.18)

γ : moment etkisiyle oluşan ilave zorlanmaları gösteren katsayı

$$\gamma = \frac{1}{1+1{,}5\dfrac{e_x + e_y}{\sqrt{b_x \cdot b_y}}} \qquad (7.19)$$

u_p : zımbalama çevresi

$u_p = 2 \cdot (b_x + b_y)$ (7.20)

Bu formüllerden yararlanırsak :

$F_a = 250 \cdot 1{,}85 \cdot 1{,}60 = 740$ kN

$V_{pd} = 1422{,}3 - 740 = 682{,}30$ kN

Dışmerkezlikler ihmal edilebilir kadar küçük olduğundan minimum dışmerkezlik kullanılır:

$e_x = 0{,}1h = 0{,}1.0{,}60 = 0{,}06$

$e_y = 0{,}1h = 0{,}1.0{,}85 = 0{,}085$

$$\gamma = \frac{1}{1+1{,}5\dfrac{e_x + e_y}{\sqrt{b_x \cdot b_y}}} = \frac{1}{1+1{,}5\dfrac{0{,}06+0{,}085}{\sqrt{1{,}60 \cdot 1{,}85}}} = 0{,}89$$

$u_p = 2 \,.\, (b_x + b_y) = 2 \,.\, (1{,}60 + 1{,}85) = 6{,}90$ m

$V_{pr} = \gamma \,.\, f_{ctd} \,.\, u_p \,.\, d = 0{,}89 \,.\, 1150 \,.\, 6{,}90 \,.\, 1{,}00 = 7062{,}15$ kN

7062,15 kN < 682,30 kN

Zımbalama dayanımı S101 kolonu altında sağlanmıştır.

S 106 Kolonu İçin :

q_{sp} = 250 kN /m^2 (zemin emniyet gerilmesi)

f_{ctd} =1150 kN /m^2

S10 kolonu 100 X 75

b = 0,75 m

h = 1,00 m

d = 1,00 m $\Rightarrow$ radye temel derinliği

$b_x = b + d = 1{,}75$ m

$b_y = h + d = 2{,}00$ m

kolon iç kuvveti :

N_1 = 3267,28 kN

$F_a = 250 \,.\, 1{,}75 \,.\, 2{,}00 = 875$ kN

$V_{pd} = 3267{,}28 - 875 = 2392{,}28$ kN

e_x=0,1h=0,1.0,60=0,06

e_y=0,1h=0,1.0,85=0,085

$$\gamma = \frac{1}{1+1{,}5\dfrac{e_x + e_y}{\sqrt{b_x \cdot b_y}}} = \frac{1}{1+1{,}5\dfrac{0{,}1+0{,}075}{\sqrt{1{,}75 \cdot 2{,}00}}} = 0{,}88$$

$u_p = 2 \,.\, (b_x + b_y) = 2 \,.\, (1{,}75 + 2{,}00) = 7{,}50$ m

$V_{pr} = \gamma \,.\, f_{ctd} \,.\, u_p \,.\, d = 0{,}88 \,.\, 1150 \,.\, 7{,}50 \,.\, 1{,}00 = 7590$ kN

7590 kN > 2392,28 kN

Zımbalama dayanımı S106 kolonu altında sağlanmıştır. Diğer kesitler için zımbalama dayanımı kontrolü Tablo 7.32 de verilmiştir.

Tablo 7.32 : Zımbalama Dayanımı Kontrolü

Kesit Adı	Boyutlar (cm)	b_x b_y (m)	u_p (m)	γ	N_1 (kN)	F_a (kN)	V_{pd} (kN)	V_{pr} (kN)
S101	60 / 85	1,60 /1,85	6,9	0,89	1422,30	740	682,30	7062,15
S102	85 / 60	1,85 /1,60	6,9	0,89	1355,00	740	615,00	7062,15
S103	60 / 85	1,60 /1,85	6,9	0,89	1181,72	740	441,72	7062,15
S104	100 / 75	2,00 / 1,75	7,5	0,88	3894,19	875	3019,19	7590,00
S105	75 / 100	1,75 / 2,00	7,5	0,88	3590,89	875	2715,89	7590,00
S106	100 / 75	2,00 / 1,75	7,5	0,88	3267,28	875	2392,28	7590,00
S107	85 / 60	1,85 /1,60	6,9	0,89	1342,08	740	602,08	7062,15
S108	75 / 100	1,75 / 2,00	7,5	0,88	3842,61	875	2967,61	7590,00
S109	75 / 100	1,75 / 2,00	7,5	0,88	2840,42	875	1965,42	7590,00
S110	100 / 75	2,00 / 1,75	7,5	0,88	4035,71	875	3160,71	7590,00
P102	500 / 25	6,00 / 1,25	6,9	0,89	14423,96	1875	12548,96	13006,50

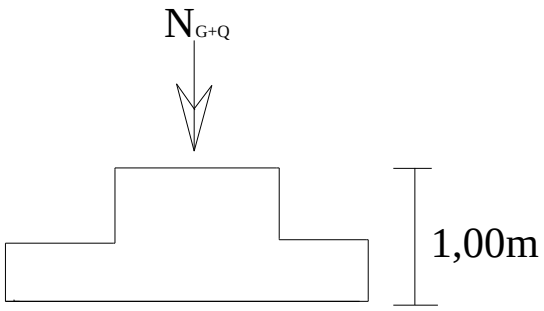
7.9.2 Yükler ve Zemin Gerilmeleri

$N_{düşey} = \Sigma W_k = 164176{,}50$ kN

$N_{deprem} = \Sigma W_k = 164176{,}50$ kN

$M_{deprem} = 201761{,}21$ kNm

<u>Düşey Yük Durumu İçin (G + Q) :</u>

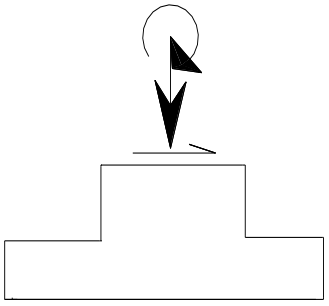


$$\sigma_{max} = \frac{N}{A_t} + g' = \frac{164176{,}50}{36 \cdot 30} + 1 \cdot 22 = 174{,}01 kN/m^2$$

$$\sigma_{max} < \sigma_{emniyet} = 250 kN/m^2$$

174,01 kN / m^2 < 250 kN / m

<u>Depremli Durum (X Doğrultusu):</u>

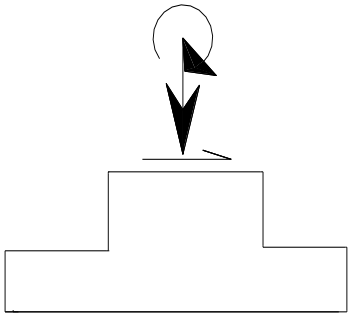


$$\sigma_{1,2} = \frac{N}{A_t} \mu \frac{M}{W} + g' = \frac{164176{,}50}{30 \cdot 36} \mu \frac{201761{,}21 \cdot 6}{36^2 \cdot 30} + 1 \cdot 22 = 205{,}03 \text{ kN /m}^2$$

$\sigma_1 = 205{,}03$ kN /m^2 < 1,5 $\sigma_{zemn} = 375$ kN /m^2

$\sigma_2 = 142{,}879$ kN /m^2 > 0

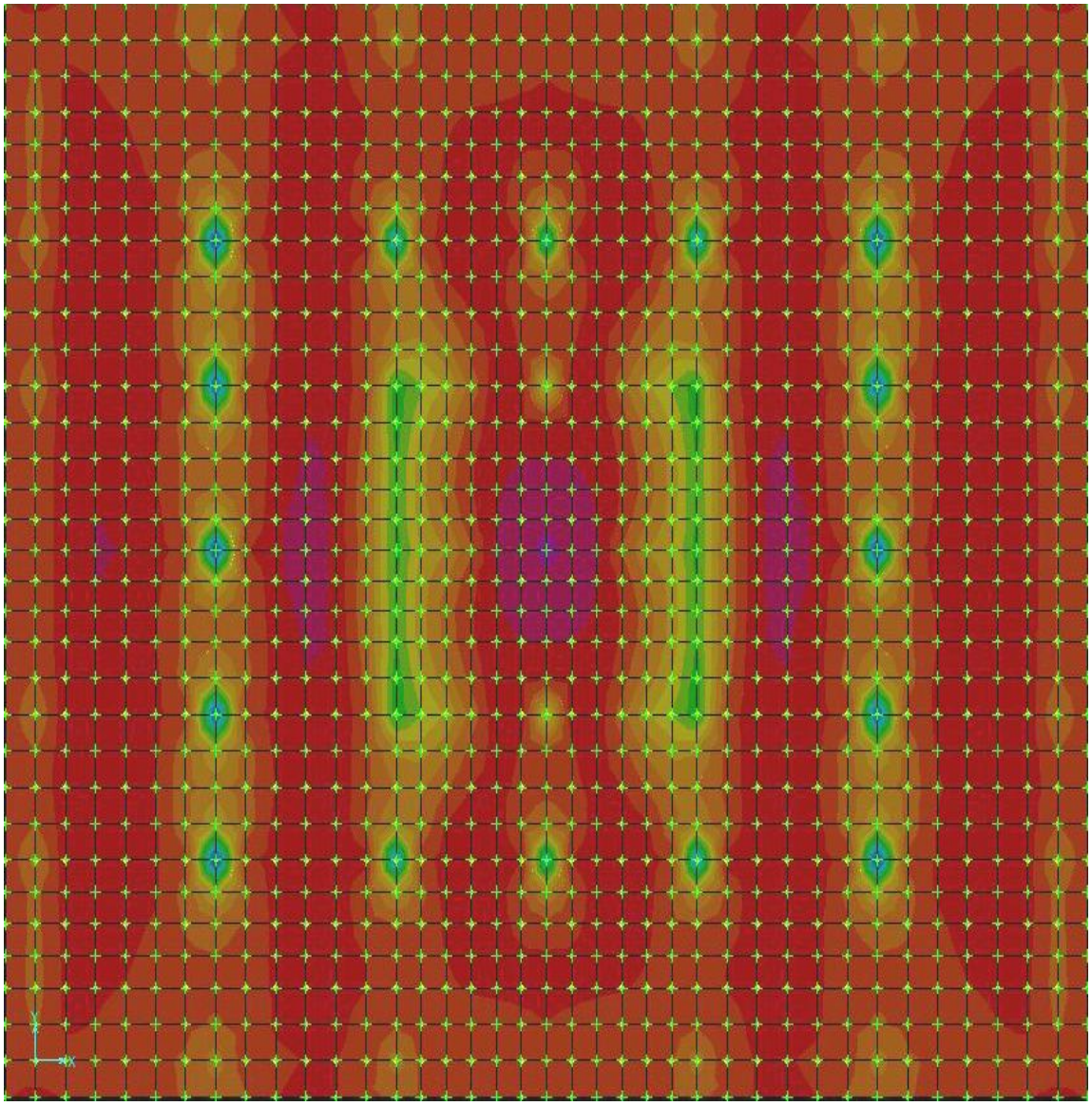
Depremli Durum (Y Doğrultusu):



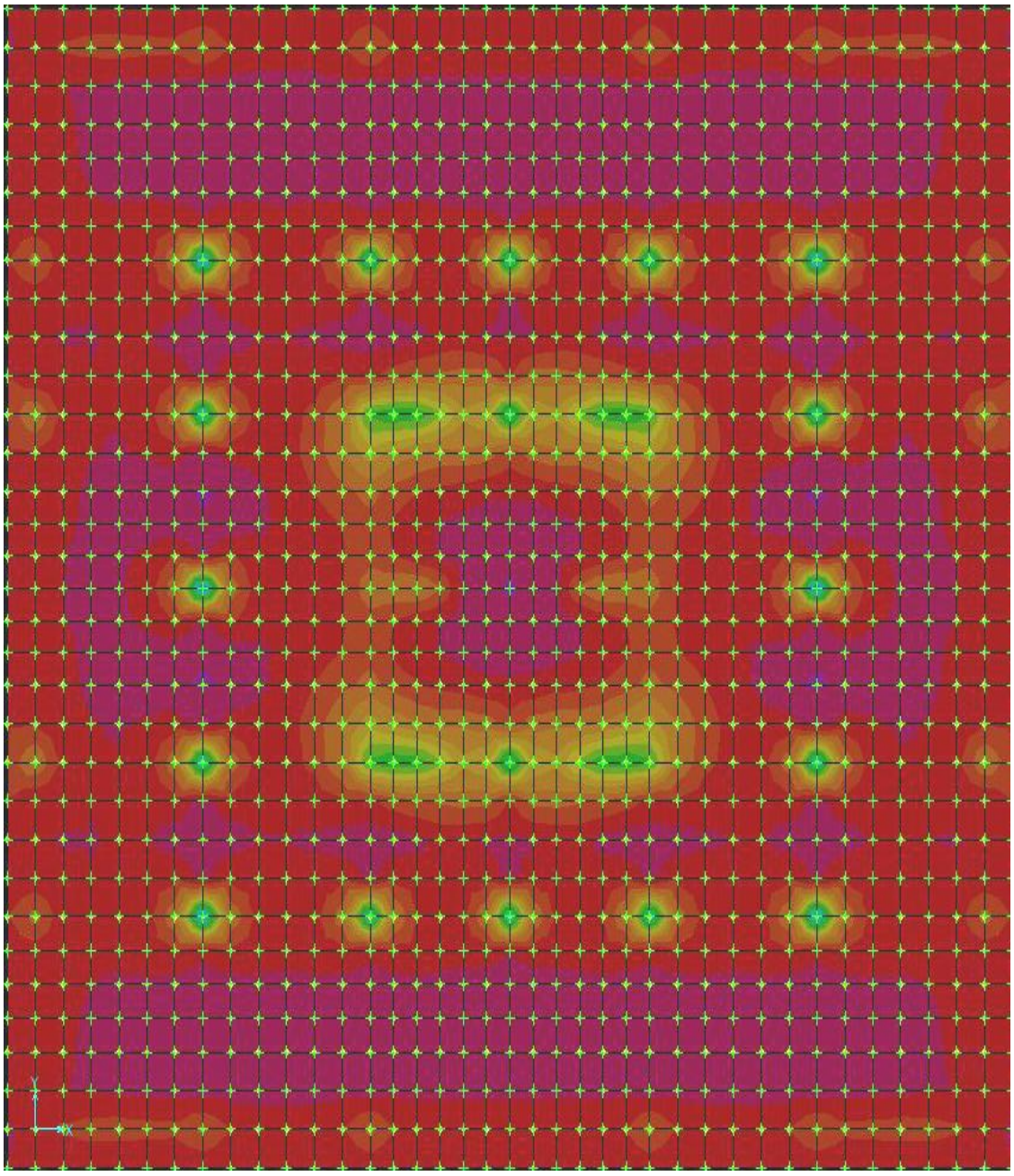
$$\sigma_{1,2} = \frac{N}{A_t} \mu \frac{M}{W} + g' = \frac{164176{,}50}{30 \cdot 36} \mu \frac{201761{,}21 \cdot 6}{36 \cdot 30^2} + 1 \cdot 22 = 211{,}375 \text{ kN /m}^2$$

$\sigma_1 = 211{,}375 \text{ kN /m}^2 < 1{,}5\ \sigma_{zemn} = 375 \text{ kN /m}^2$

$\sigma_2 = 136{,}655 \text{ kN /m}^2 > 0$



Şekil 7.2 : Radye Temel M11 Moment Diyagramı Görünümü



Şekil 7.3 : Radye Temel M22 Moment Diyagramı Görünümü

7.9.3 Radye Plakları Betonarme Hesabı

Radye pakların betonarme hesabı, max kombinasyona ait yükleme sonuçlarından elde edilen moment değerleri kullanılarak yapılmıştır. Döşeme plaklarının betonarme hesabında kullanılan kabüller ve formüller aynen kullanılacaktır.

Betonarme hesapta kullanılan veriler:

Malzeme : BS 25 / BÇ III

b = 1,0 m

h = 1,0 m

d = 0,95 m

A_{smin} = 0,0035 . b . d = 0,0035 . 1000 . 950 = 3325mm^2

Radye temel için açıklıkta ve mesnette betonarme hesaplar yapılmış ve hesaplamalar tablolarda verilmiştir (Tablo 7.33 ve Tablo7.34)

Tablo 7.33 : Radye Temel Açıklıkta Betonarme Hesap

Plak No	Doğrultu	d (m)	M_d (kNm)	K ($x10^{-5}$)	k_s	A_S (mm^2/m)	Seçilen Donatı (mm^2/m)
RD1	X	0,95	-16,00	5640	2,76	47	Φ16 / 120 ⇒Φ16 / 240(d) + Φ16 / 240(p)=1676
	Y	0,95	-11,50	7847	2,75	33	Φ16 / 120 ⇒Φ16 / 240(d) +Φ16 / 240(p)=1676
RD2	X	0,95	-37,20	2426	2,77	108	Φ16 / 120 ⇒Φ16 / 240(d) + Φ16 / 240(p)=1676
	Y	0,95	-19,40	4652	2,76	56	Φ16 / 120 ⇒Φ16 / 240(d) +Φ16 / 240(p)=1676
RD3	X	0,95	-30,30	2978	2,77	88	Φ16 / 120 ⇒Φ16 / 240(d) +Φ16 / 240(p)=1676
	Y	0,95	-75,30	1198	2,78	220	Φ16 / 120 ⇒Φ16 / 240(d) + Φ16 / 240(p)=1676
RD4	X	0,95	-4,00	22562	2,75	12	Φ16 / 120 ⇒Φ16 / 240(d) + Φ16 / 240(p)=1676
	Y	0,95	-69,00	1308	2,78	202	Φ16 / 120 ⇒Φ16 / 240(d) + Φ16 / 240(p)=1676
RD5	X	0,95	-12,20	7357	2,76	35	Φ16 / 120 ⇒Φ16 / 240(d) + Φ16 / 240(p)=1676
	Y	0,95	-82,00	1100	2,78	240	Φ16 / 120 ⇒Φ16 / 240(d) + Φ16 / 240(p)=1676
RD6	X	0,95	-86,40	1044	2,78	253	Φ16 / 120 ⇒Φ16 / 240(d) + Φ16 / 240(p)=1676
	Y	0,95	-72,00	1253	2,78	211	Φ16 / 120 ⇒Φ16 / 240(d) + Φ16 / 240(p)=1676
RD7	X	0,95	-33,50	2694	2,77	98	Φ16 / 120 ⇒Φ16 / 240(d) +Φ16 / 240(p)=1676
	Y	0,95	-83,00	1087	2,78	243	Φ16 / 120 ⇒Φ16 / 240(d) + Φ16 / 240(p)=1676
RD8	X	0,95	-16,00	5640	2,77	47	Φ16 / 120 ⇒Φ16 / 240(d) + Φ16 / 240(p)=1676
	Y	0,95	-82,00	1100	2,78	240	Φ16 / 120 ⇒Φ16 / 240(d) + Φ16 / 240(p)=1676
RD9	X	0,95	-49,00	1841	2,78	144	Φ16 / 120 ⇒Φ16 / 240(d) +Φ16 / 240(p)=1676
	Y	0,95	-134,60	670	2,78	394	Φ16 / 120 ⇒Φ16 / 240(d) +Φ16 / 240(p)=1676

Tablo 7.34 : Radye Temel Mesnet Kesitinde Betonarme Hesap

Kesit Adı	Doğrultu	d (m)	M_d (kNm)	K ($x10^{-5}$)	k_s	A_S (mm^2/m)	Mevcut Donatı (mm^2/m)	Ek Donatı
RD1-RD2	X	0,95	190,5	474	2,79	559	Φ16 /120 + Φ16 /120 (3352)	Gerek Yok
RD1-RD4	Y	0,95	983	92	2,88	2980	Φ16 /120 + Φ16 /120 (3352)	Gerek Yok
RD2-RD3	X	0,95	193,1	467	2,79	567	Φ16 /120 + Φ16 /120(3352)	Gerek Yok
RD2-RD5	Y	0,95	885	102	2,88	2683	Φ16 /120 + Φ16 /120(3352)	Gerek Yok
RD3-RD3	X	0,95	85	1062	2,77	248	Φ16 /120 +Φ16 /120(3352)	Gerek Yok
RD3-RD6	Y	0,95	802,5	112	2,87	2424	Φ16 /120 +Φ16 /120(3352)	Gerek Yok
RD4-RD5	X	0,95	916,4	98	2,88	2778	Φ16 /120 + Φ16 /120(3352)	Gerek Yok
RD4-RD7	Y	0,95	950,5	95	2,88	2882	Φ16 /120 +Φ16 /120(3352)	Gerek Yok
RD5-RD6	X	0,95	839	108	2,86	2526	Φ16 /120 +Φ16 /120(3352)	Gerek Yok
RD5-RD8	Y	0,95	600	150	2,83	1787	Φ16 /120 + Φ16 /120(3352)	Gerek Yok
RD6-RD6	X	0,95	847,4	106	2,87	2560	Φ16 /120 + Φ16 /120(3352)	Gerek Yok
RD6-RD9	Y	0,95	476,7	189	2,83	1420	Φ16 /120 +Φ16 /120(3352)	Gerek Yok
RD7-RD8	X	0,95	849,2	106	2,87	2565	Φ16 /120 +Φ16 /120(3352)	Gerek Yok
RD7-RD7	Y	0,95	998,4	90	2,88	3026	Φ16 /120 + Φ16 /120(3352)	Gerek Yok
RD8-RD9	X	0,95	670	134	2,85	2010	Φ16 /120 + Φ16 /120(3352)	Gerek Yok
RD8-RD8	Y	0,95	573,5	157	2,84	1714	Φ16 /120 + Φ16 /120(3352)	Gerek Yok

8. DONATI ALANLARININ TS 500 VE ACI 318 YÖNETMELİKLERİ AÇISINDAN KIYASLANMASI:

Bölüm 5 de TS 500 ve ACI 318 Yönetmelikleri betonarme yapı elemanlarının genel davranışları, hesap esasları, çözüm metotları, dayanımları ve diğer bazı açılardan mukayese edilmiştir. Elde edilen bilgiler ışığında bu bölümde, söz konusu sistemin kiriş ve kolon taşıyıcı elemanlarının donatı alanları karşılaştırılacaktır. Bu karşılaştırma, betonarme hesabı TS 500 parabol+dikdörtgen gerilme dağılımı yaklaşımını esas alarak elle yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen donatı alanları ile TS 500 ve ACI 318 yönetmeliklerinde verilen eşdeğer dikdörtgen gerilme dağılımı esas alınarak bilgisayar programının yapmış olduğu analiz sonucu elde edilen donatı alanları arasında yapılmıştır.

SAP2000 programında modellenen, dinamik ve statik analizi yapılmış sistemde yine aynı program kullanılarak betonarme hesap yapılmıştır. Kolonlar ve kirişler için yapılan donatı hesabı, belli katsayılar değiştirilerek hem TS 500 hem de ACI 318 yönetmelikleri için donatı hesabının yapılması sağlanmıştır.

SAP2000 programından elde edilen sonuçlardan sadece zemin kat kolon ve kirişleri için olanlar donatı hesabı karşılaştırılmasında kullanılmıştır.

8.1 Zemin Kat Kolonları Donatı Hesabı Karşılaştırılması

Eksenel yük taşıyan yapı elemanlarının hesabında, TS 500 ve ACI 318 yönetmelikleri denge denklemleri, uygunluk denklemleri açısından benzerlik gösterirler. Burada tek farklılık, ACI 318 şartnamesindeki malzemelerin karakteristik değerleri (f_{ck} ve f_y) değerleri hesap değerlerinin yerine kullanılmaktadır. Dayanım azaltma katsayısı ϕ kapasite azaltmakta kullanılmaktadır.

Kolonlarda kullanılacak alt ve üst donatı sınır oranları TS 500 ve ACI 318 yönetmeliklerinde farklıdır.

$\rho_{min} = 0,01 \leq \rho_t \leq \rho_{max} = 0,04$

şeklindedir (Denklem 5.31). Sistemimizdeki zemin kat kolonlarının betonarme hesaplarında minimum donatı oranları yeterli olmuştur. Bu nedenle de her iki yönetmelik için ve parabol + dikdörtgen kabulüyle elde edilen sonuçlarda minimum donatı elde edilmiştir.

Tablo 8.1 de elde edilen sonuçlar ve karşılaştırılması verilmiştir. Bilgisayar programında bu sonuçlar max kombinasyon sonuçlarına göre elde edilmiştir.

Tablo 8.1 : Zemin Kat Kolonları Donatı Alanı Karşılaştırılması

		TS 500	ACI 318	TS 500 (parabol+dikdörtgen)
Kolon adı	Boyutlar (cm .cm)	Boyuna Donatı Alanı (cm^2)	Boyuna Donatı Alanı (cm^2)	Boyuna Donatı Alanı (cm^2)
S201	60 X 85	51	51	51
S202	85 X 60	51	51	51
S203	60 X 85	51	51	51
S204	100 X 75	75	75	75
S205	75 X 100	75	75	75
S206	100 X 75	75	75	75
S207	85 X 60	51	51	51
S208	75 X 100	75	75	75
S209	75 X 100	75	75	75
S210	100 X 75	75	75	75

8.2 Zemin Kat Kirişleri Donatı Hesabı Karşılaştırılması

TS 500 ve ACI 318 yönetmeliklerinde, eğilme elemanlarının (kirişler) kesme ve eğilme etkisindeki davranışları ve hesaplamalarda kullanılan esaslar Bölüm 5 de verilmiş ve bu iki yönetmelik için karşılaştırmalar yapılmıştır.

Zemin kat kirişleri için bilgisayar programından elde edilen donatı alanı hesaplamaları ve elle yapılan hesaplamaların sonucu alınmış ve her iki yönetmelik için ve elde edilen sonuçlar kıyaslanmıştır (Tablo 8.2). Yapılan mukayese sonucunda boyuna donatı alanlarında, TS 500 eşdeğer dikdörtgen dağılım ve ACI 318 yönetmelikleri ile elde edilen sonuçlarla TS 500 parabol + dikdörtgen dağılıma göre bulunan sonuçlar arasında fazla bir farklılık gözlenmemiştir. Eşdeğer dikdörtgen gerilme dağılımı esasına göre bulunan sonuçlarda donatı alanları arasındaki fark %0-23'e kadar değişen değerler almaktadır. TS 500 eşdeğer dikdörtgen + parabol dağılım ve ACI 318'le bulunan sonuçlar arasındaki fark ise maximum %35'e kadar değişen değerler almaktadır.

Kayma donatısı alanlarında ise TS 500 parabol + dikdörtgen gerilme dağılımı ve ACI 318 eşdeğer dikdörtgen gerilme dağılımı ile bulunan sonuçlar karşılaştırılmış ve bu sonuçlar arasında önemli mertebelerde farklılıklar (%10 ~ %84) gözlenmiştir.

Bu sonucun daha önce Bölüm 5 de tartışılan aşağıdaki hususlardan kaynaklandığı düşünülmektedir:

1. Eğilme elemanları için her iki yönetmelikte geçen minimum donatı oranları farklıdır.

   ACI 318 $\Rightarrow$ $\rho_{min} \leq 200 / f_y$

   TS 500 $\Rightarrow \rho_{min} \leq 0{,}8 f_{ctd} / f_{yd}$

2. Betonarme hesaplamalarda parabol+ dikdörtgen gerilme dağılımı kullanılırsa sisteme etkiyen kuvvet ve etki yeri parabol ve dikdörtgen kısımların toplamı şeklinde olacaktır. Eşdeğer dikdörtgen gerilme dağılımı kabulünde ise sadece dikdörtgen kısım esas alınacaktır. Tarafsız eksen derinliği ve diğer donatı hesaplamaları eşdeğer dikdörtgen gerilme dağılımından farklılık gösterecektir. Fakat betonarme hesaplardaki temel kabullerin yaklaşıklığı bunların kabul edilebilir sınırlar içinde kalmasını sağlayacaktır.

TS 500 ve ACI 318 eşdeğer gerilme blokları aynı özellikleri göstermekle beraber k_1 katsayıları C30 ‘dan itibaren farklılıklar göstermektedir.

3. Eğilme elemanları için yönetmeliklerde geçen minimum kayma donatısı oranları farklıdır (denklem 5.42 ve denklem 5.43)

$$\min\rho_w = \frac{A_{sw}}{b_w s} = 0{,}30\frac{f_{ctd}}{f_{ywd}} \quad \Rightarrow \quad \text{(TS 500)}$$

$$\frac{A_{sw}}{b_w s} = \frac{f_{ck}}{35}\left(\frac{1}{3 f_{ywk}}\right) \le \frac{1}{f_{ywk}} \quad \Rightarrow \quad \text{(ACI 318)}$$

4.Kayma dayanımı hesap esasları farklıdır

ACI 318 $\Rightarrow$ $V_u \le \phi V_n$ $\quad V_u = 1{,}4D + 1{,}7L$

$V_n = V_c + V_s$

$V_u \le \phi\,(V_c + V_s)$ $\quad \phi = 0{,}85$

TS 500 $\Rightarrow$ $V_d \le V_r = V_w + V_c$

5. Betonun kesme dayanımına katkısının (V_c) hesaplanması faklıdır,

ACI 318 $\Rightarrow$ $\quad V_c = V_{cr}$

TS 500 $\Rightarrow$ $\quad V_c = 0{,}8\, V_{cr}$

6. Kritik kesme dayanımları farklıdır (denklem 5.36 ve denklem 5.37)

ACI 318 $\Rightarrow$ $V_{cr} = 0{,}16\sqrt{f_{ck}}\, b_w d$

TS 500 $\Rightarrow$ $V_{cr} = 0{,}65\, f_{ctd}\, b_w d$

7. Deprem etkisi altındaki durumda, hesabı teşkil edecek kayma dayanımı her iki yönetmelikte de kiriş uçlarındaki pekleşmiş taşıma gücü momentlerinden yola çıkarak hesaplanır. Fakat, hesap kesme kuvveti için formüller farklıdır,

$$\text{ACI 318} \Rightarrow V_e = \frac{M_{pri}^{-} + M_{prr}^{+}}{l} + 0{,}75\left(\frac{1{,}4D + 1{,}7L}{2}\right) \tag{8.1}$$

$$V_e = \frac{M_{pri}^{+} + M_{prr}^{-}}{l} - 0{,}75\left(\frac{1{,}4D + 1{,}7L}{2}\right) \tag{8.2}$$

$$\text{TS 500} \Rightarrow \quad V_e = V_{dy} \pm \frac{M_{pi} + M_{pj}}{l_n} \tag{8.3}$$

8. Kesme kuvveti için maksimum üst sınır farklıdır

$$\text{ACI 318} \Rightarrow \; V_{cmax} \leq 8 \,.\, \sqrt{f_{ck}} \,.\, b_w \,.\, d$$

$$\text{TS 500} \Rightarrow \; V_d \leq 0{,}22 \,.\, f_{cd} \,.\, b_w \,.\, d$$

9. Bütün bunlara ek olarak bilgisayar programından elde edilen kayma hesabı sonuçlarında kesme donatısı aralığı için yönetmeliklerde geçen sarılma bölgesi ve orta bölge kavramları göz önüne alınmamış ve sonuçta elle dikdörtgen+ parabol esasa dayalı hesaplamalardan farklı sonuçlar elde edilmiştir.

Sonuçların yukarıda bahsi geçen bu farklılıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Karşılaştırma tablolaştırılmış ve aşağıda sunulmuştur (Tablo 8.2 , Tablo8.3 ,Tablo8.4 Tablo8.5 , Tablo8.6 , Tablo8.7,Tablo 8.8, Tablo 8.9). Tablolarda parantez içinde verilen değerler min donatı alanlarıdır.

Tablo 8.2 : Zemin Kat Kirişlerinin Yönetmeliklere Göre Donatı Alanlarının Karşılaştırılması

	TS 500 (eşdeğer dikdörtgen gerilme bloğu)		ACI 318			TS 500 (dikdörtgen+parabol gerilme dağılımı)			Karşılaştırma (TS 500 eşdeğer dikdörtgen-dikdörtgen+parabol)		Karşılaştırma (TS500eşdeğer dikdörtgen-ACI318)		Karşılaştırma (TS500 dikdörtgen+ parabol-ACI318)		
Kiriş Adı	Üst Donatı Alanı (cm^2)	Alt Donatı Alanı (cm^2)	Üst Donatı Alanı (cm^2)	Alt Donatı Alanı (cm^2)	Kayma Donatısı Alanı (cm^2/cm)	Üst Donatı Alanı (cm^2)	Alt Donatı Alanı (cm^2)	Kayma Donatısı Alanı (cm^2/cm)	Üst Donatı Oranı (%)	Alt Donatı Oranı (%)	Üst Donatı Oranı (%)	Alt Donatı Oranı (%)	Üst Donatı Oranı (%)	Alt Donatı Oranı (%)	Kayma Donatısı Oranı (%)
K01 (sol m)	5,490	5,490	5,490	5,490	0,051	4,94	4,61	0,11	10,02	16,02	0,00	0,00	10,01	16,02	53,41
K01 (açıklık)	4,890	5,031	5,466	5,490	0,051	0,0 (3,59)	3,82	0.066	26,58	24,06	10,53	8,36	34,35	30,42	22,72
K01 (sağ m.)	9,441	9,161	10,610	10,242	0,056	9,47	9,22	0.11	0,31	0,63	11,02	10,55	10,74	9,98	49,09
K02 (sol m.)	7,024	5,355	7,867	5,490	0,00 (0,016)	7,07	4,06	0.071	0,66	24,18	10,72	2,46	10,13	26,04	77,14
K02 (açıklık)	2,12 (3.59)	3,375	2,36 (4,70)	3,752	0,024	0 (3,59)	2,56	0.036	23,62	24,16	10,12	10,05	23,62	23,61	33,33
K02 (sağ m.)	6,231	4,803	6,971	5,341	0,00 (0,016)	6,27	3,64	0.071	0,63	24,22	10,63	10,07	10,06	31,85	77,14
K03 (sol m.)	8,698	7,585	9,765	8,453	0,024	8,73	7,67	0,091	11,82	1,11	10,92	10,27	10,60	9,27	73,62
K03 (açıklık)	5,490	5,490	5,547	5,490	0,024	0 (3,59)	4,7	0,05	34,61	14,39	1,03	0,00	35,28	14,39	52,00
K03 (sağ m.)	5,490	5,490	5,490	5,490	0,024	4,42	4,23	0,091	19,49	22,95	0,00	0,00	19,49	22,95	73,62

Tablo 8.3 : Zemin Kat Kirişlerinin Yönetmeliklere Göre Donatı Alanlarının Karşılaştırılması

	TS 500 (eşdeğer dikdörtgen gerilme bloğu)		ACI 318			TS 500 (dikdörtgen+parabol gerilme dağılımı)			Karşılaştırma (TS 500 eşdeğer dikdörtgen-dikdörtgen+parabol)		Karşılaştırma (TS500eşdeğer dikdörtgen-ACI318)		Karşılaştırma (TS500 dikdörtgen+ parabol-ACI318)		
Kiriş Adı	Üst Donatı Alanı (cm^2)	Alt Donatı Alanı (cm^2)	Üst Donatı Alanı (cm^2)	Alt Donatı Alanı (cm^2)	Kayma Donatısı Alanı (cm^2/cm)	Üst Donatı Alanı (cm^2)	Alt Donatı Alanı (cm^2)	Kayma Donatısı Alanı (cm^2/cm)	Üst Donatı Oranı (%)	Alt Donatı Oranı (%)	Üst Donatı Oranı (%)	Alt Donatı Oranı (%)	Üst Donatı Oranı (%)	Alt Donatı Oranı (%)	Kayma Donatısı Oranı (%)
K04 (sol m.)	8,76	5,44	9,83	5,49	0,020	8,81	1,94 (3,59)	0,091	0,60	51,53	10,93	0,988	10,389	34,610	78,022
K04 (açıklık)	1,35 (3,59)	3,27	1,50 (4,70)	3,63	0,024	0,00 (3,59)	2,76	0,050	0.00	15,51	10,00	10,057	23,610	24,008	52,000
K04 (sağ m.)	6,91	4,36	7,74	4,85	0,0062 (0,016)	6,63	2,74 (3,59)	0,091	4,09	17,66	10,70	10,076	14,355	25,980	82,410
K05 (sol m.)	8,51	5,29	9,55	5,49	0,024	8,56	2,90 (3,59)	0,091	0,56	32,12	10,86	3,538	10,366	34,610	73,620
K05 (açıklık)	0,95 (3,59)	3,72	1,06 (4,70)	4,14 (4,70)	0,024	0,00 (3,59)	2,82 (3,59)	0,050	0,00	3,49	23,61	23,610	23,610	23,610	52,000
K05 (sağ m.)	9,00	5,49	10,11	5,49	0,020	9,04	2,71 (3,59)	0,091	0,43	34,61	10,96	0,000	10,573	34,610	78,022
K06 (sol m.)	7,52	5,49	8,43	5,49	0,014 (0,016)	7,56	4,45	0,091	0,51	23,36	10,78	0,000	10,318	18,939	82,410
K06 (açıklık)	0,00 (3,59)	1,84	0,00 (4,70)	2,05	0,024	0,00 (3,59)	2,78 (3,59)	0,050	0,00	0,00	23,61	10,115	23,610	26,260	52,000
K06 (sağ m.)	7,75	5,07	8,69	5,49	0,014 (0,016)	7,80	3,85	0,091	0,66	24,06	10,80	7,665	10,211	29,869	82,410

Tablo 8.4 : Zemin Kat Kirişlerinin Yönetmeliklere Göre Donatı Alanlarının Karşılaştırılması

	TS 500 (eşdeğer dikdörtgen gerilme bloğu)		ACI 318			TS 500 (dikdörtgen+parabol gerilme dağılımı)			Karşılaştırma (TS 500 eşdeğer dikdörtgen-dikdörtgen+parabol)		Karşılaştırma (TS500eşdeğer dikdörtgen-ACI318)		Karşılaştırma (TS500 dikdörtgen+ parabol-ACI318)		
Kiriş Adı	Üst Donatı Alanı (cm^2)	Alt Donatı Alanı (cm^2)	Üst Donatı Alanı (cm^2)	Alt Donatı Alanı (cm^2)	Kayma Donatısı Alanı (cm^2/cm)	Üst Donatı Alanı (cm^2)	Alt Donatı Alanı (cm^2)	Kayma Donatısı Alanı (cm^2/cm)	Üst Donatı Oranı (%)	Alt Donatı Oranı (%)	Üst Donatı Oranı (%)	Alt Donatı Oranı (%)	Üst Donatı Oranı (%)	Alt Donatı Oranı (%)	Kayma Donatısı Oranı (%)
K07 (sol m.)	8,24	5,14	9,24	5,49	0,016	8,28	2,17 (3,59)	0,091	0,48	30,150	10,864	6,418	10,432	34,610	82,410
K07 (açıklık)	0,84 (3,59)	3,17	0,94 (4,70)	3,52	0,024	0,00 (3,59)	2,99	0,050	0,00	5,680	23,610	10,055	23,610	15,176	52,000
K07 (sağ m.)	7,24	4,55	8,11	5,06	0,01 (0,016)	7,27	3,05 (3,59)	0,091	0,39	21,100	10,743	10,079	10,391	29,050	82,410
K08 (sol m.)	8,25	5,14	9,26	5,49	0,013 (0,016)	8,29	2,26 (3,59)	0,071	0,48	30,150	10,865	6,314	10,432	34,610	77,140
K08 (açıklık)	0,00 (3,59)	3,71	0,00 (4,70)	4,12	0,00 (0,016)	0,00 (3,59)	2,96 (3,59)	0,036	0,00	3,230	23,610	10,064	23,610	12,860	55,550
K08 (sağ m.)	5,49	3,35 (3,59)	5,87	3,73 (4,70)	0,024	5,30	2,18 (3,59)	0,071	3,46	0,000	6,525	10,420	9,755	23,610	66,190
K09 (sol m.)	5,49	5,49	5,49	5,95	0,033	4,72	5,42	0,091	14,02	1,275	0,000	7,730	14,020	8,910	63,730
K09 (açıklık)	0,93 (3,59)	1,66 (3,59)	1,03 (4,70)	1,85	0,045	0,00 (3,59)	6,60	0,050	0,00	0,000	23,610	10,270	23,610	23,610	10,000
K09 (sağ m.)	12,08	8,95	13,63	9,99	0,074	12,21	9,07	0,091	1,06	1,320	11,387	10,390	10,438	9,212	18,583

Tablo 8.5 : Zemin Kat Kirişlerinin Yönetmeliklere Göre Donatı Alanlarının Karşılaştırılması

	TS 500 (eşdeğer dikdörtgen gerilme bloğu)		ACI 318			TS 500 (dikdörtgen+parabol gerilme dağılımı)			Karşılaştırma (TS 500 eşdeğer dikdörtgen-dikdörtgen+parabol)		Karşılaştırma (TS500eşdeğer dikdörtgen-ACI318)		Karşılaştırma (TS500 dikdörtgen+ parabol-ACI318)		
Kiriş Adı	Üst Donatı Alanı (cm^2)	Alt Donatı Alanı (cm^2)	Üst Donatı Alanı (cm^2)	Alt Donatı Alanı (cm^2)	Kayma Donatısı Alanı (cm^2/cm)	Üst Donatı Alanı (cm^2)	Alt Donatı Alanı (cm^2)	Kayma Donatısı Alanı (cm^2/cm)	Üst Donatı Oranı (%)	Alt Donatı Oranı (%)	Üst Donatı Oranı (%)	Alt Donatı Oranı (%)	Üst Donatı Oranı (%)	Alt Donatı Oranı (%)	Kayma Donatısı Oranı (%)
K10 (sol m.)	4,17	2,04	4,65	2,26	0,024	3,06 (3,59)	1,47	0,091	13,910	27,940	10,295	10,035	22,790	22,790	73,620
K10 (açıklık)	0,00 (3,59)	4,35	0,00 (4,70)	4,83	0,00 (0,016)	0,00 (3,59)	3,31 (3,59)	0,050	0,000	17,470	23,610	10,076	23,610	25,670	68,000
K10 (sağ m.)	6,91	4,36	7,74	4,84	0,024	6,70	1,29 (3,59)	0,091	3,040	17,660	10,704	10,076	13,393	25,830	73,620
K11 (sol m.)	8,05	5,03	9,03	5,49	0,024	8,07	2,07 (3,59)	0,071	0,286	28,630	10,840	8,460	10,585	34,610	66,190
K11 (açıklık)	0,00 (3,59)	3,99	0,00 (4,70)	4,43 (4,70)	0,00 (0,016)	0,00 (3,59)	3,02 (3,59)	0,036	0,000	10,020	23,610	15,110	23,610	23,610	55,550
K11 (sağ m.)	5,49	3,43 (3,59)	6,01	3,81 (4,70)	0,024	5,42	2,04 (3,59)	0,071	1,270	0,000	8,661	6,020	9,821	23,610	66,190
K12 (sol m.)	10,63	9,33	11,97	10,41	0,061	10,58	9,42	0,125	0,470	0,936	11,178	10,393	11,601	9,546	51,200
K12 (açıklık)	1,43 (3,59)	1,42 (3,59)	1,59 (4,70)	1,58 (4,70)	0,051	0,00 (3,59)	4,35	0,066	0,000	17,470	23,610	10,120	23,610	7,440	26,760
K12 (sağ m.)	5,46	5,49	5,49	5,49	0,051	4,46	4,30	0,125	18,310	21,675	0,625	0,000	18,757	21,672	59,200

Tablo 8.6 : Zemin Kat Kirişlerinin Yönetmeliklere Göre Donatı Alanlarının Karşılaştırılması

	TS 500 (eşdeğer dikdörtgen gerilme bloğu)		ACI 318			TS 500 (dikdörtgen+parabol gerilme dağılımı)			Karşılaştırma (TS 500 eşdeğer dikdörtgen-dikdörtgen+parabol)		Karşılaştırma (TS500eşdeğer dikdörtgen-ACI318)		Karşılaştırma (TS500 dikdörtgen+ parabol-ACI318)		
Kiriş Adı	Üst Donatı Alanı (cm^2)	Alt Donatı Alanı (cm^2)	Üst Donatı Alanı (cm^2)	Alt Donatı Alanı (cm^2)	Kayma Donatısı Alanı (cm^2/cm)	Üst Donatı Alanı (cm^2)	Alt Donatı Alanı (cm^2)	Kayma Donatısı Alanı (cm^2/cm)	Üst Donatı Oranı (%)	Alt Donatı Oranı (%)	Üst Donatı Oranı (%)	Alt Donatı Oranı (%)	Üst Donatı Oranı (%)	Alt Donatı Oranı (%)	Kayma Donatısı Oranı (%)
K13 (sol m.)	6,16	5,49	6,89	5,93	0,00 (0,016)	6,19	5,39	0,091	0,478	1,820	10,617	7,399	10,188	9,081	82,410
K13 (açıklık)	0,16 (3,59)	0,69 (3,59)	0,19 (4,70)	0,76 (4,70)	0,024	0,00 (3,59)	3,56 (3,59)	0,050	0,000	0,000	23,610	8,860	23,610	23,610	52,000
K13 (sağ m.)	6,42	5,49	7,19	6,00	0,020	6,43	5,46	0,091	0,147	0,550	10,647	8,535	10,516	9,030	78,022
K14 (sol m.)	4,97	3,94	5,49	4,38 (4,70)	0,00 (0,016)	3,77	2,99 (3,59)	0,071	24,140	34,610	9,542	16,170	31,326	23,610	77,460
K14 (açıklık)	0,60 (3,59)	1,75 (3,59)	0,67 (4,70)	1,94 (4,70)	0,00 (0,0016)	0,00	3,07 (3,59)	0,036	0,000	0,000	23,610	10,260	23,610	23,610	55,550
K14 (sağ m.)	5,49	5,49	5,52	5,49	0,00 (0,016)	4,97	4,24	0,071	9,470	22,770	0,549	0,000	9,964	22,765	77,460
K15 (sol m.)	6,84	5,34	7,65	5,49	0,024	6,87	4,04	0,091	0,508	24,316	10,695	2,765	10,239	26,408	73,620
K15 (açıklık)	0,00 (3,59)	1,52 (3,59)	0,00 (4,70)	1,69	0,024	0,00 (3,59)	2,37 (3,59)	0,050	0,000	0,000	23,610	10,050	23,610	23,610	52,000
K15 (sağ m.)	6,81	5,49	7,62	5,49	0,024	6,14	4,34	0,091	9,840	20,943	10,692	0,000	19,422	20,943	73,620

Tablo 8.7: Zemin Kat Kirişlerinin Yönetmeliklere Göre Donatı Alanlarının Karşılaştırılması

	TS 500 (eşdeğer dikdörtgen gerilme bloğu)		ACI 318			TS 500 (dikdörtgen+parabol gerilme dağılımı)			Karşılaştırma (TS 500 eşdeğer dikdörtgen-dikdörtgen+parabol)		Karşılaştırma (TS500eşdeğer dikdörtgen-ACI318)		Karşılaştırma (TS500 dikdörtgen+ parabol-ACI318)		
Kiriş Adı	Üst Donatı Alanı (cm^2)	Alt Donatı Alanı (cm^2)	Üst Donatı Alanı (cm^2)	Alt Donatı Alanı (cm^2)	Kayma Donatısı Alanı (cm^2/cm)	Üst Donatı Alanı (cm^2)	Alt Donatı Alanı (cm^2)	Kayma Donatısı Alanı (cm^2/cm)	Üst Donatı Oranı (%)	Alt Donatı Oranı (%)	Üst Donatı Oranı (%)	Alt Donatı Oranı (%)	Üst Donatı Oranı (%)	Alt Donatı Oranı (%)	Kayma Donatısı Oranı (%)
K16 (sol m.)	7,08	5,49	7,93	5,84	0,024	7,09	5,31	0,091	0,175	3,274	10,724	5,930	10,567	9,010	73,620
K16 (açıklık)	0,00 (3,59)	0,99	0,00 (4,70)	1,10	0,024	0,00 (3,59)	2,80	0,050	0,000	0,000	23,610	10,145	23,610	23,610	52,000
K16 (sağ m.)	6,89	5,49	7,71	5,58	0,024	6,92	5,08	0,091	0,478	7,463	10,701	1,611	10,272	8,954	73,620
K17 (sol m.)	7,89	4,94	8,85	5,49	0,024	7,90	1,95 (3,59)	0,100	0,135	27,270	10,821	10,081	10,700	34,610	76,000
K17 (açıklık)	0,18 (3,59)	2,94	0,20 (4,70)	3,27	0,024	0,00 (3,59)	2,97	0,050	0,000	1,010	23,610	10,210	23,610	9,293	52,000
K17 (sağ m.)	6,44	4,08	7,21	4,53 (4,70)	0,024	6,47	3,05 (3,59)	0,100	0,437	12,000	10,650	9,930	10,257	23,610	76,000
K18 (sol m.)	8,32	5,18	9,33	5,49	0,017	8,35	2,23 (3,59)	0,100	0,406	30,760	10,874	5,560	10,510	34,610	82,570
K18 (açıklık)	0,90 (3,59)	3,17	0,00 (4,70)	3,41	0,024	0,00 (3,59)	2,40	0,050	0,000	24,200	23,610	7,143	23,610	29,614	52,000
K18 (sağ m.)	6,49	4,11	7,27	4,57 (4,70)	0,008 (0,016)	6,54	3,05 (3,59)	0,100	0,715	12,650	10,655	12,550	10,012	23,610	84,000

Tablo8.8: Zemin Kat Kirişlerinin Yönetmeliklere Göre Donatı Alanlarının Karşılaştırılması

	TS 500 (eşdeğer dikdörtgen gerilme bloğu)		ACI 318			TS 500 (dikdörtgen+parabol gerilme dağılımı)			Karşılaştırma (TS 500 eşdeğer dikdörtgen-dikdörtgen+parabol)		Karşılaştırma (TS500eşdeğer dikdörtgen-ACI318)		Karşılaştırma (TS500 dikdörtgen+ parabol-ACI318)		
Kiriş Adı	Üst Donatı Alanı (cm^2)	Alt Donatı Alanı (cm^2)	Üst Donatı Alanı (cm^2)	Alt Donatı Alanı (cm^2)	Kayma Donatısı Alanı (cm^2/cm)	Üst Donatı Alanı (cm^2)	Alt Donatı Alanı (cm^2)	Kayma Donatısı Alanı (cm^2/cm)	Üst Donatı Oranı (%)	Alt Donatı Oranı (%)	Üst Donatı Oranı (%)	Alt Donatı Oranı (%)	Üst Donatı Oranı (%)	Alt Donatı Oranı (%)	Kayma Donatısı Oranı (%)
K19 (sol m.)	7,83	5,88	8,78	6,55	0,024	7,87	5,92	0,071	0,553	0,680	10,813	10,185	10,317	9,577	66,190
K19 (açıklık)	0,76 (3,59)	2,72	0,85 (4,70)	3,02 (4,70)	0,024	0,00 (3,59)	4,44	0,036	0,000	26,310	23,610	9,930	0,000	5,530	33,330
K19 (sağ m.)	5,49	5,05	6,10	5,49	0,024	5,49	4,83	0,071	0,000	4,354	10,007	8,012	10,002	12,017	66,190
K20 (sol m.)	7,15	6,51	8,01	7,25	0,024	7,19	6,59	0,091	0,547	1,213	10,732	10,206	10,241	9,131	73,620
K20 (açıklık)	0,00 (3,59)	1,01 (3,59)	0,00 (4,70)	1,14 (4,70)	0,024	0,00 (3,59)	3,40 (3,59)	0,050	0,000	0,000	23,610	11,400	23,610	23,610	52,000
K20 (sağ m.)	8,43	5,49	9,46	5,98	0,024	8,46	5,44	0,091	0,307	0,906	10,888	8,196	10,614	9,028	73,620
K21 (sol m.)	3,66	1,79	4,08	1,99	0,024	2,79 (3,59)	1,56	0,091	1,914	12,849	10,257	10,145	23,610	21,690	73,620
K21 (açıklık)	0,00 (3,59)	3,36	0,00 (4,70)	3,73	0,00 (0,016)	0,00 (3,59)	2,59	0,050	0,000	22,817	0,000	10,062	yok	30,583	68,000
K21 (sağ m.)	6,32	4,01	7,07	4,45	0,024	6,35	1,61	0,091	0,511	26,310	10,635	9,966	10,176	23,610	73,620

Tablo 8.9: Zemin Kat KirişlerininYönetmeliklere Göre Donatı Alanlarının Karşılaştırılması

	TS 500 (eşdeğer dikdörtgen gerilme bloğu)		ACI 318			TS 500 (dikdörtgen+parabol gerilme dağılımı)			Karşılaştırma (TS 500 eşdeğer dikdörtgen-dikdörtgen+parabol)		Karşılaştırma (TS500eşdeğer dikdörtgen-ACI318)		Karşılaştırma (TS500 dikdörtgen+ parabol-ACI318)		
Kiriş Adı	Üst Donatı Alanı (cm^2)	Alt Donatı Alanı (cm^2)	Üst Donatı Alanı (cm^2)	Alt Donatı Alanı (cm^2)	Kayma Donatısı Alanı (cm^2/cm)	Üst Donatı Alanı (cm^2)	Alt Donatı Alanı (cm^2)	Kayma Donatısı Alanı (cm^2/cm)	Üst Donatı Oranı (%)	Alt Donatı Oranı (%)	Üst Donatı Oranı (%)	Alt Donatı Oranı (%)	Üst Donatı Oranı (%)	Alt Donatı Oranı (%)	Kayma Donatısı Oranı (%)
K22 (sol m.)	1,19 (3,59)	0,59 (3,59)	1,32	0,66	0,00 (0,016)	0,90 (3,59)	0,84 (3,59)	0,091	0,000	0,000	9,840	10,140	23,610	23,610	82,410
K22 (açıklık)	0,00 (3,59)	2,35 (3,59)	0,00 (4,70)	2,62 (4,70)	0,00 (0,016)	0,00 (3,59)	1,79 (3,59)	0,050	0,000	0,000	0,000	10,300	23,610	23,610	68,000
K22 (sağ m.)	4,21	2,05 (3,59)	4,70	2,28 (4,70)	0,00 (0,016)	3,21 (3,59)	0,01 (3,59)	0,091	14,720	0,000	10,298	10,080	23,610	23,610	82,410
K23 (sol m.)	1,19 (3,59)	0,58 (3,59)	1,32	0,65 (4,70)	0,00 (0,016)	0,90 (3,59)	0,84 (3,59)	0,091	0,000	0,000	9,840	10,760	23,610	23,610	82,410
K23 (açıklık)	0,00 (3,59)	2,35 (3,59)	0,00 (4,70)	2,622 (4,70)	0,00 (0,016)	0,00 (3,59)	1,79 (3,59)	0,050	0,000	0,000	23,610	10,305	23,610	23,610	68,000
K23 (sağ m.)	4,21	2,05 (3,59)	4,70	2,28 (4,70)	0,00 (0,016)	3,21 (3,59)	0,01 (3,59)	0,091	14,720	0,000	10,420	10,080	23,610	23,610	82,410

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapılan tez çalışmasının ilk bölümünde, perdelerin deprem kuvvetleri etkisindeki davranış biçimleri, düzenlenme şekilleri, güç tükenmesi şekilleri, perdelerle teşkil edilen taşıyıcı sistem türleri ve buna göre perde-çerçeveli sistemler, boşluklu perde, bağ kirişlerinin perdeli sistemlerde önemi, bağ kirişlerinin davranış biçimleri, güç tükenmesi şekilleri ile ilgili konular üzerinde durulmuştur. Ayrıca perdeli sistemler hakkında yapılan farklı yabancı çalışmalar incelenmiştir. Yapılan bu incelemeler sonucunda, özellikle çok katlı yapılarda deprem kuvveti etkisi altında sistemi yalnızca çerçevelerden oluşturmanın ekonomik olmadığı gibi yeterli güvenliği sağlamadığı görülmüştür. Bu nedenle, yapı içinde uygun şekilde yerleştirilen betonarme perde elemanların, şiddetli deprem ve diğer kuvvetler etkisi altında, yatay yüklerin önemli bir kısmını karşıladığı ve büyük ötelenme rijitliği ile yatay ötelenmeleri sınırlandırdığı görülmüştür. Bunun yanı sıra, betonarme perde elemanları eğilme etkisinde oldukları için en çok zorlanan perde uç bölgeleri özel olarak teşkil edilmeli ve bu bölgelerde donatı miktarının arttırılması yoluna gidilmelidir. Perdelerdeki normal kuvvetin kritik değere ulaşmasını önlemek ve yapının gereksinim duyduğu süneklik ve dayanımı sağlamak için perde başlık bölgelerinde donatı sıklaştırması uygundur. İncelenen perde moment-eğrilik diyagramında görülmüştür ki, perde başlık bölgesinin bu şekilde özelleştirilmesi sistemin hem taşıma gücü kapasitesini hem de sünekliğini arttırmıştır.

Tez çalışmasının ikinci bölümünde ise çok katlı perde–çerçeveli betonarme bir yapının tasarımı gerçekleştirilmiştir. Bu tasarım sırasında ilk olarak döşeme ön boyutlandırılması yapılmış ve döşeme kalınlıkları tayin edilmiştir. Buna göre tüm döşemeler için döşeme kalınlıkları 14 cm seçilmiştir. Daha sonra ise kolon ön boyutlandırılması yapılmıştır.

Bundan sonra perde çerçeveli bu sistem SAP 2000 programı kullanılarak üç boyutlu modellenmiş ve dinamik analiz yapılarak yapının doğal titreşim periyotları elde edilmiştir.

Elde edilen bu periyotlardan yola çıkarak eşdeğer çerçeve yöntemi ile x ve y doğrultusunda taban kesme kuvvetleri hesaplanmış, katlara gelen kesme kuvvetleri ve bunların % 5'lik dışmerkezlikten oluşan burulma momentleri tüm katların kütle merkezlerine etkitilerek ve yükleme kombinasyonları tanımlanarak analiz tekrarlanmıştır. Düzensizlik kontrolleri ve diğer betonarme hesaplar en elverişsiz durumu gösteren max kombinasyona göre yapılmıştır. Bu sonuçlar doğrultusunda ABYYHY 'deki düzensizliklerle ilgili kontroller yapılmış ve her iki doğrultuda da herhangi bir soruna rastlanmamıştır. Yapımız daha önceden bu tür düzensizliklerden sakınmak için rijitlik elemanları planda simetrik olacak şekilde tasarlanmıştır. Böylece burulma düzensizliği ve yumuşak kat düzensizlikleri sistemde yer almamıştır. Göreli kat ötelemeleri ve ikinci mertebe etkileri için yapılan kontrollerde de yapımız gerekli sınır koşulları sağlamıştır.

Daha sonraki bölümde, TS 500 ve ACI 318 Yönetmelikleri, betonarme hesap kabulleri ve çözüm metotları açısından özet bir şekilde kıyaslanmıştır. Bu mukayese sonucunda TS 500 ve ACI 318 arasında genel kabuller açısından fazla bir farklılık görülmemekle birlikte bir takım katsayı, yük kombinasyonları, çözüm metotları arasında farklılıklara rastlanmıştır. Bu anlamda, SAP2000 programında hem TS 500 ve hem de ACI 318 yönetmeliklerine uygun olarak donatı hesaplamaları yapılmış ve zemin kat kolon ve kiriş elemanları için karşılaştırılmıştır. Ayrıca parabol + dikdörtgen kabule göre TS 500 yönetmeliğinden yararlanılarak elle yapılan betonarme sonuçları bu verilerle karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, kolonlara ait donatı alanları her iki yönetmelikte de min donatı kullanılması zorunluluğu nedeni ile özdeş bir sonuç vermiştir. Kirişlerde boyuna donatı alanları arasında eşdeğer dikdörtgen dağılıma göre TS 500 ve ACI 318 yönetmelikleri ile elde edilen sonuçlarda %23'e kadar değişen, eşdeğer parabol + dikdörtgen gerilme dağılımı ile elde edilen sonuçlarda %35'e kadar değişen farklılıklar gözlenmiştir. Kayma donatıları arasındaki fark ise TS 500 parabol + dikdörtgen gerilme dağılımı sonuçları ve ACI 318 'e göre bulunan sonuçlar %10 ~ %84 arasında değişmektedir.

Bunun nedenini, katsayılar arasındaki farklılığa, gerilme dağılımı kabulüne dayanan farklılıklara, her iki yönetmelikte farklı akma dayanımlarının alınmasına, azaltma katsayılarının özdeş olmamasına ve kayma hesabındaki farklı çözüm metotlarına dayandırmak mümkündür.

KAYNAKLAR

[1] **Celep, Z. ve Kumbasar, N.,** 2000**.** Deprem Mühendisliğine Giriş Ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Beta Datım, İstanbul, 115

[2] **Celep, Z. ve Kumbasar, N.,** 1998. Betonarme Yapılar, Sema Matbaacılık, İstanbul, 276-277

[3] **Chaallal, O., Gauthier, D. ve Malenfant, P.,** 1996. Classification Methodology For Coupled Shear Walls, *ASCE Journal of Structural Engineering*, **122**, 1453-1458.

[4] **Yong, L.,** 2002. Comparative Study Of Seismic Behavior Of Multistory Reinforced Concrete, *ASCE Journal Of Structural Engineering*, **128**, 169-177.

[5] **Ghosh, S.K and Rabat, B.G.,** 1990. ACI 318 -89 Building Code Requirements For Reinforced Concrete With Design Applications, USA.

[6] **Mesci, H.,** 1993. TS 500 ile ACI 318 Yönetmeliklerinin Karşılaştırılması, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[7] **Ersoy, C. ve Özcebe, G.,** 2001. Betonarme temel ilkeler TS 500- 2000 Ve Türk Deprem Yönetmeliğine (1998) Göre Hesap, Evrim Yayınevi, İstanbul

[8] **TS-500,** 2000. Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, *Türk Standartları Enstitüsü* , Ankara .

[9] **Kanatlı, A.,** 1991. TS 500 ile ACI 318 Yönetmeliklerinin Karşılaştırılması, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[10] **Aka, İ. ve Altan, M.,** 1992. Betonarme Taşıyıcı Sistemler, *III. Betonarme Yapılar Semineri,* İstanbul.

[11] **Aköz, Y. A. ve Trupia A. L., Ekim** 1978. Yatay Yüklerin Etkisindeki Perde–Çerçeve Hesabı İçin Bir Yöntem ve Deneysel Gerçekleme, İstanbul.

[12] **Atımtay, E.,** 2000. Çerçeveli ve Perdeli Betonarme Sistemlerin Tasarımı Temel Kavramlar ve Hesap Yöntemleri, Ankara .

[13] **Hasgür, Z. ve Gündüz , N.,** 1996. Betonarme Çok Katlı Yapılar, Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş, İstanbul

[14] **Özmen, G., Orakdöğen, E. ve Darılmaz, K.**, Örneklerle SAP 2000 Uygulamarı, Birsen Yayınevi, İstanbul

[15] **Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik,** 1997., İnşaat Mühendisleri Odası, İstanbul Şubesi.

[16] **TS-498,** 1997. Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.

EK LİSTESİ

Ek1: SAP 2000 çıktı dosyalarını içeren CD

Ek2: Betonarme çizimler

ÖZGEÇMİŞ

1981 yılında Nevşehir ilinde doğdu. İlk öğrenimini Isparta Fevzi Paşa İlkokulunda tamamladı. Orta öğrenimini 1996 yılında Isparta Anadolu Lisesi'nde tamamladıktan sonra lise öğreniminini 1999 yılında İstanbul Hüseyin Avni Sözen Anadolu Lisesi'nde bitirdi. Aynı yıl İstanbul Teknik Üniversite'si İnşaat Mühendisliği bölümünü kazandı. Bu fakülteden 2003 yılında mezun olduktan sonra aynı sene İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yapı Anabilim Dalında yüksek lisansa başladı. Bu bölümden de 2005 yılında mezun oldu.