İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BETONARME BİNALARIN TAŞIYICI ELEMAN VE SİSTEM İLAVE EDİLEREK İYİLEŞTİRİLMESİ VE GÜÇLENDİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. Hakan ONUR
(501041052)

Anabilim Dalı: İnşaat Mühendisliği
Programı: Yapı Mühendisliği

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Turgut ÖZTÜRK

HAZİRAN 2006

ÖNSÖZ

Bu tezi hazırlamamda yardımlarından ve anlayışından dolayı değerli hocam ve tez danışmanım Doç. Dr. Turgut ÖZTÜRK'e, üzerimde emeği bulunan tüm hocalarıma ve eğitim kurumlarına, tez çalışmam boyunca dayanışma içinde bulunduğum yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen arkadaşlarıma, mesteklaşlarıma ve büyüklerime, haklarını ömrüm boyunca ödeyemeyeceğim ve bana olan inançlarını hiç yitirmeyen anne ve babama, hayatım boyunca ilerlemem için vesile ve örnek olan ağabeyime teşekkür ederim.

Haziran, 2006 Hakan ONUR

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR **vi**
TABLO LİSTESİ **vii**
ŞEKİL LİSTESİ **xi**
SEMBOL LİSTESİ **xiv**
ÖZET **xvii**
SUMMARY **xx**

1. GİRİŞ **1**

2. ONARIM VE GÜÇLENDİRME İLKELERİ **3**
2.1. Onarım ve Güçlendirme İlkeleri 3
2.1.1. Yapının Öz Ağırlığının Azaltılması 3
2.1.2. Yapının Sünekliğinin Arttırılması 4
2.1.3. Yapının Taşıma Gücünün Artırılması 5
2.1.4. Yapının Dinamik Özelliklerinin İyileştirilmesi 6
2.1.5. Yapıda Burulma Etkilerinin Azaltılması 7
2.1.6. Yapıda Sürekliliğin Sağlanması 7
2.1.7. Yükleri Taşıyacak Yeni Elemanlar Eklenmesi 8
2.1.8. Yapının Göçme Modunun Düzenlenmesi 8
2.2. Güçlendirme Kararlarının Belirlenmesi için Genel İlkeler 8
2.3. Genel Onarım Yöntemleri 12
2.3.1. Epoksi Reçineleri 12
2.3.2. Çimento Şerbeti ve Enjeksiyonu 13
2.3.3. Mekanik Bağlayıcılar 14
2.3.4. Püskürtme Beton 16
2.3.5. Karbon Lamalar 17
2.3.6. Cam ve Karbon Lifli Dokumalar 18
2.4. Betonarme Elemanların Güçlendirilmesi 19
2.4.1. Betonarme Kirişlerin Güçlendirilmesi 19
2.4.1.1. Moment Taşıma Kapasitesini Arttıran Güçlendirme 19
2.4.1.2. Kesme Kuvveti Taşıma Kapasitesini Arttıran Güçlendirme 21
2.4.2. Betonarme Kolonların Güçlendirilmesi 23
2.4.2.1. Betonarme Manto 23
2.4.2.2. Çelik Manto 27
2.4.2.3. Cam Karbon Lifli Dokumalar 28

2.4.3. Betonarme Döşemelerin Güçlendirilmesi 29
2.4.4. Betonarme Temellerin Güçlendirilmesi 30
2.5. Taşıyıcı Sistemin İyileştirilmesi 33
2.5.1. Yığma Duvarlarla Güçlendirme 34
2.5.2. Yerinde Dökme Perde Duvarlarla Güçlendirme 34
2.5.3. Prefabrike Panolarla Güçlendirme 35
2.5.4. Çelik Diyagonal Elemanlarla Güçlendirme 36
2.5.5. Dolgulu Çerçeveler için İlkeler ve Öneriler 37

3. MEVCUT YAPININ İNCELENMESİ 39
3.1. Yapı hakkında bilgi 39
3.2. Yapıda Kullanılan Malzeme Hakkında Bilgi 39
3.3. Yapının inşa edildiği zemin şartları hakkında bilgi 40
3.4. Yük Analizi 41
3.5. Mevcut Yapının Bilgisayar Programında Modellenmesi ve Analizi 41
3.6. Planda ve Düşeyde Düzensizlik Tahkikleri 46
3.6.1. A1 Burulma Düzensizliği 46
3.6.2. A2 Döşeme Süreksizlikleri 50
3.6.3. A3 Planda Çıkıntılar Bulunması 51
3.6.4. A4 Taşıyıcı Eleman Eksenlerinin Paralel Olmaması 51
3.6.5. B1 Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat) 51
3.6.6. B2 Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat) 52
3.6.7. B3 Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği 53
3.7. Kapasite Hesapları 53
3.7.1. Düşey Yük Kapasite Kontrolü 53
3.7.2. Moment Kapasite Kontrolü 55
3.7.3. Kesme Kuvveti Kapasite Kontrolü 57

4. MEVCUT YAPIYA TAŞIYICI SİSTEM İYİLEŞTİRME ÖNERİLERİ 59
4.1. Model-1 59
4.2. Model-2 66
4.3. Model-3 73
4.4. Model-4 80
4.5. Model-5 87
4.6. Model-6 94
4.7. Model-7 101
4.8. Değerlendirmeler 108

5. GÜÇLENDİRİLMİŞ YAPININ ANALİZİ 110
5.1. Depreme dayanıklı yapı tasarımı 110
5.2. Mevcut Yapının Güçlendirilmesi 112
5.3. Güçlendirilmiş Yapının Analizi 113
5.4. Güçlendirilmiş Yapının Kapasite Hesapları 121
5.4.1. Düşey Yük Kapasite Kontrolü 121
5.4.2. Moment Kapasite Kontrolü 121

5.4.3. Kesme Kuvveti Kapasite Kontrolü 123
5.5. İlave Edilen Elemanların Betonarme Hesabı 125
5.5.1. Ek Döşemenin Betonarme Hesabı 125
5.5.2. Ek Kirişlerin Betonarme Hesabı 127
5.5.3. Mantolanan Kolonun Betonarme Hesabı 130
5.5.4. Ek Perde Betonarme Hesabı 131
5.6. Önerilen Tüm Modellerin Karakteristik Değerlerinin Karşılaştırılması 133
5.6.1. Tüm Modeller için İlk 10 Periyot Değerinin Kıyaslanması 134
5.6.2. Tüm Modeller için Maksimum Yer Değiştirme Değerlerinin Kıyaslanması 135
5.6.3. Tüm Modeller için Burulma Düzensizliği Katsayılarının Kıyaslanması 137
5.6.4. Tüm Modeller için Zemin Kattaki Bir Kolonun Kesit Zorlarının Kıyaslanması 140

6. SONUÇLAR 142

KAYNAKLAR 145

EKLER 147

ÖZGEÇMİŞ 152

KISALTMALAR

ABYYHY : Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
ETABS : Extented Three Dimensional Analysis of Building Systems
TS500 : Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları
TS498 : Betonarme Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yükler

TABLO LİSTESİ

		Sayfa No
Tablo 2.1.	Zemin Hakim Periyodu T_0'ın Çeşitli Zemin Türleri için Değerleri.....	6
Tablo 2.2.	Epoksi Reçinesi ve Betonun Mekanik Özellikleri	12
Tablo 3.1.	Mevcut Model Periyot ve Kütle Katılım Oranları.....	43
Tablo 3.2.	x Deprem Doğrultusu Etkin Göreli Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması……..	45
Tablo 3.3.	y Deprem Doğrultusu Etkin Göreli Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması……..	46
Tablo 3.4.	x Deprem Doğrultusu A1 Burulma Düzensizliği Tahkiki	48
Tablo 3.5.	x Deprem Doğrultusu +%5 Ek Dışmerkezlikli A1 Burulma Düzensizliği Tahkiki.....	48
Tablo 3.6.	x Deprem Doğrultusu -%5 Ek Dışmerkezlikli A1 Burulma Düzensizliği Tahkiki.....	48
Tablo 3.7.	y Deprem Doğrultusu A1 Burulma Düzensizliği Tahkiki	49
Tablo 3.8.	y Deprem Doğrultusu +%5 Ek Dışmerkezlikli A1 Burulma Düzensizliği Tahkiki.....	49
Tablo 3.9.	y Deprem Doğrultusu -%5 Ek Dışmerkezlikli A1 Burulma Düzensizliği Tahkiki.....	49
Tablo 3.10.	x Deprem Doğrultusu Zayıf Kat Düzensizliği.....	51
Tablo 3.11.	y Deprem Doğrultusu Zayıf Kat Düzensizliği.....	52
Tablo 3.12.	x Doğrultusu Yumuşak Kat Tahkiki.....	52
Tablo 3.13.	y Doğrultusu Yumuşak Kat Tahkiki.....	53
Tablo 3.14.	Zemin Kat Kolonlarının Düşey Yük Kapasite Kontrolü.....	54
Tablo 3.15.	Zemin Kat Kolonlarının Kuvvetli Eksende Moment Kapasite Kontrolü.....	55
Tablo 3.16.	Zemin Kat Kolonlarının Zayıf Eksende Moment Kapasite Kontrolü.....	56
Tablo 3.17.	Zemin Kat Kolonlarının Kuvvetli Eksende Kesme Kuvveti Kapasite Kontrolü.....	57
Tablo 3.18.	Zemin Kat Kolonlarının Zayıf Eksende Kesme Kuvveti Kapasite Kontrolü.....	58
Tablo 4.1.	Model 1 Periyot ve Modal Kütle Katılım Oranları.....	60
Tablo 4.2.	Model 1 ve Mevcut Modelin İlk 10 Periyot Değerlerinin Karşılaştırılması.....	61
Tablo 4.3.	Toplam Taban Kesme Kuvveti ve Devrilme Momenti Kıyaslaması.....	61
Tablo 4.4.	Model1 ile Mevcut Modelin Maksimum Yerdeğiştirme Değerlerinin Karşılaştırılması	62
Tablo 4.5.	Model1 x Deprem Doğrultusu Etkin Göreli Kat Ötelemeleri.....	63
Tablo 4.6.	Model1 y Deprem Doğrultusu Etkin Göreli Kat Ötelemeleri.....	64

Tablo 4.7. x Doğrultusu için Model1 ve Mevcut Model Burulma Düzensizliklerinin Karşılaştırılması..... 64
Tablo 4.8. y Doğrultusu için Model1 ve Mevcut Model Burulma Düzensizliklerinin Karşılaştırılması..... 65
Tablo 4.9. C9 Kolonu için x Doğrultusundaki Elverişsiz Yükleme için Kesit Tesirleri..... 65
Tablo 4.10. C9 Kolonu için y Doğrultusundaki Elverişsiz Yükleme için Kesit Tesirleri..... 65
Tablo 4.11. Model 2 Periyot ve Modal Kütle Katılım Oranları..... 67
Tablo 4.12. Model 2-1 ve Mevcut Modelin İlk 10 Periyot Değerlerinin Karşılaştırılması..... 68
Tablo 4.13. Toplam Taban Kesme Kuvveti ve Devrilme Momenti Kıyaslaması..... 69
Tablo 4.14. Model1 ile Mevcut Modelin Maksimum Yerdeğiştirme Değerlerinin Karşılaştırılması..... 69
Tablo 4.15. Model2 x Deprem Doğrultusu Etkin Göreli Kat Ötelemeleri..... 70
Tablo 4.16. Model2 y Deprem Doğrultusu Etkin Göreli Kat Ötelemeleri..... 71
Tablo 4.17. x Doğrultusu için Model2 ve Mevcut Model Burulma Düzensizliklerinin Karşılaştırılması..... 71
Tablo 4.18. y Doğrultusu için Model2 ve Mevcut Model Burulma Düzensizliklerinin Karşılaştırılması..... 72
Tablo 4.19. C9 Kolonu için x Doğrultusundaki Elverişsiz Yükleme için Kesit Tesirleri..... 72
Tablo 4.20. C9 Kolonu için y Doğrultusundaki Elverişsiz Yükleme için Kesit Tesirleri..... 72
Tablo 4.21. Model 3 Periyot ve Modal Kütle Katılım Oranları..... 74
Tablo 4.22. Model 3 ve Mevcut Modelin İlk 10 Periyot Değerlerinin Karşılaştırılması..... 75
Tablo 4.23. Toplam Taban Kesme Kuvveti ve Devrilme Momenti Kıyaslaması..... 75
Tablo 4.24. Model3 ile Mevcut Modelin Maksimum Yerdeğiştirme Değerlerinin Karşılaştırılması..... 76
Tablo 4.25. Model3 x Deprem Doğrultusu Etkin Göreli Kat Ötelemeleri..... 77
Tablo 4.26. Model3 y Deprem Doğrultusu Etkin Göreli Kat Ötelemeleri..... 78
Tablo 4.27. x Doğrultusu için Model3 ve Mevcut Model Burulma Düzensizliklerinin Karşılaştırılması..... 78
Tablo 4.28. y Doğrultusu için Model3 ve Mevcut Model Burulma Düzensizliklerinin Karşılaştırılması..... 79
Tablo 4.29. C8 Kolonu için x Doğrultusundaki Elverişsiz Yükleme için Kesit Tesirleri..... 79
Tablo 4.30. C8 Kolonu için y Doğrultusundaki Elverişsiz Yükleme için Kesit Tesirleri..... 79
Tablo 4.31. Model 4 Periyot ve Modal Kütle Katılım Oranları..... 81
Tablo 4.32. Model 4 ve Mevcut Modelin İlk 10 Periyot Değerlerinin Karşılaştırılması..... 82
Tablo 4.33. Toplam Taban Kesme Kuvveti ve Devrilme Momenti Kıyaslaması..... 82
Tablo 4.34. Model4 ile Mevcut Modelin Maksimum Yerdeğiştirme Değerlerinin Karşılaştırılması..... 83
Tablo 4.35. Model4 x Deprem Doğrultusu Etkin Göreli Kat Ötelemeleri..... 84

Tablo 4.36. Model4 y Deprem Doğrultusu Etkin Göreli Kat Ötelemeleri..... 85
Tablo 4.37. x Doğrultusu için Model4 ve Mevcut Model Burulma Düzensizliklerinin Karşılaştırılması.. 85
Tablo 4.38. y Doğrultusu için Model4 ve Mevcut Model Burulma Düzensizliklerinin Karşılaştırılması..... 86
Tablo 4.39. C9 Kolonu için x Doğrultusundaki Elverişsiz Yükleme için Kesit Tesirleri..... 86
Tablo 4.40. C9 Kolonu için y Doğrultusundaki Elverişsiz Yükleme için Kesit Tesirleri..... 86
Tablo 4.41. Model 5 Periyot ve Modal Kütle Katılım Oranları..... 88
Tablo 4.42. Model 5 ve Mevcut Modelin İlk 10 Periyot Değerlerinin Karşılaştırılması..... 89
Tablo 4.43. Toplam Taban Kesme Kuvveti ve Devrilme Momenti Kıyaslaması..... 89
Tablo 4.44. Model5 ile Mevcut Modelin Maksimum Yerdeğiştirme Değerlerinin Karşılaştırılması..... 90
Tablo 4.45. Model5 x Deprem Doğrultusu Etkin Göreli Kat Ötelemeleri..... 91
Tablo 4.46. Model5 y Deprem Doğrultusu Etkin Göreli Kat Ötelemeleri..... 92
Tablo 4.47. x Doğrultusu için Model5 ve Mevcut Model Burulma Düzensizliklerinin Karşılaştırılması..... 92
Tablo 4.48. y Doğrultusu için Model5 ve Mevcut Model Burulma Düzensizliklerinin Karşılaştırılması..... 93
Tablo 4.49. C9 Kolonu için x Doğrultusundaki Elverişsiz Yükleme için Kesit Tesirleri..... 93
Tablo 4.50. C9 Kolonu için y Doğrultusundaki Elverişsiz Yükleme için Kesit Tesirleri..... 93
Tablo 4.51. Model 6 Periyot ve Modal Kütle Katılım Oranları..... 95
Tablo 4.52. Model 6 ve Mevcut Modelin İlk 10 Periyot Değerlerinin Karşılaştırılması..... 96
Tablo 4.53. Toplam Taban Kesme Kuvveti ve Devrilme Momenti Kıyaslaması..... 96
Tablo 4.54. Model6 ile Mevcut Modelin Maksimum Yerdeğiştirme Değerlerinin Karşılaştırılması..... 97
Tablo 4.55. Model6 x Deprem Doğrultusu Etkin Göreli Kat Ötelemeleri..... 98
Tablo 4.56. Model6 y Deprem Doğrultusu Etkin Göreli Kat Ötelemeleri..... 99
Tablo 4.57. x Doğrultusu için Model6 ve Mevcut Model Burulma Düzensizliklerinin Karşılaştırılması..... 99
Tablo 4.58. y Doğrultusu için Model6 ve Mevcut Model Burulma Düzensizliklerinin Karşılaştırılması..... 100
Tablo 4.59. C9 Kolonu için x Doğrultusundaki Elverişsiz Yükleme için Kesit Tesirleri..... 100
Tablo 4.60. C9 Kolonu için y Doğrultusundaki Elverişsiz Yükleme için Kesit Tesirleri..... 100
Tablo 4.61. Model 7 Periyot ve Modal Kütle Katılım Oranları..... 102
Tablo 4.62. Model 7 ve Mevcut Modelin İlk 10 Periyot Değerlerinin Karşılaştırılması..... 103
Tablo 4.63. Toplam Taban Kesme Kuvveti ve Devrilme Momenti Kıyaslaması..... 103
Tablo 4.64. Model7 ile Mevcut Modelin Maksimum Yerdeğiştirme Değerlerinin Karşılaştırılması..... 104

Tablo 4.65. Model7 x Deprem Doğrultusu Etkin Göreli Kat Ötelemeleri..... 105
Tablo 4.66. Model7 y Deprem Doğrultusu Etkin Göreli Kat Ötelemeleri..... 106
Tablo 4.67. x Doğrultusu için Model7 ve Mevcut Model Burulma Düzensizliklerinin Karşılaştırılması..... 106
Tablo 4.68. y Doğrultusu için Model7 ve Mevcut Model Burulma Düzensizliklerinin Karşılaştırılması..... 107
Tablo 4.69. C9 Kolonu için x Doğrultusundaki Elverişsiz Yükleme için Kesit Tesirleri..... 107
Tablo 4.70. C9 Kolonu için y Doğrultusundaki Elverişsiz Yükleme için Kesit Tesirleri..... 107
Tablo 5.1. Güçlendirilmiş Model Periyot ve Modal Kütle Katılım Oranları..... 115
Tablo 5.2. Güçlendirilmiş ve Mevcut Modelin İlk 10 Periyot Değerlerinin Karşılaştırılması..... 116
Tablo 5.3. Toplam Taban Kesme Kuvveti ve Devrilme Momenti Kıyaslaması..... 116
Tablo 5.4. Model1 ile Mevcut Modelin Maksimum Yerdeğiştirme Değerlerinin Karşılaştırılması..... 117
Tablo 5.5. Güçlendirilmiş Model x Deprem Doğrultusu Etkin Göreli Kat Ötelemeleri..... 118
Tablo 5.6. Güçlendirilmiş Model y Deprem Doğrultusu Etkin Göreli Kat Ötelemeleri..... 119
Tablo 5.7. x Doğrultusu için Güçlendirilmiş Model ve Mevcut Model Burulma Düzensizliklerinin Karşılaştırılması..... 119
Tablo 5.8. y Doğrultusu için Güçlendirilmiş Model ve Mevcut Model Burulma Düzensizliklerinin Karşılaştırılması..... 120
Tablo 5.9. C9 Kolonu için x Doğrultusundaki Elverişsiz Yükleme için Kesit Tesirleri..... 120
Tablo 5.10. C9 Kolonu için y Doğrultusundaki Elverişsiz Yükleme için Kesit Tesirleri..... 120
Tablo 5.11. Zemin Kat Kolonlarının Düşey Yük Kapasite Kontrolü..... 121
Tablo 5.12. Zemin Kat Kolonlarının Kuvvetli Eksende Moment Kapasite Kontrolü..... 122
Tablo 5.13. Zemin Kat Kolonlarının Zayıf Eksende Moment Kapasite Kontrolü..... 123
Tablo 5.14. Zemin Kat Kolonlarının Kuvvetli Eksende Kesme Kuvveti Kapasite Kontrolü..... 124
Tablo 5.15. Zemin Kat Kolonlarının Zayıf Eksende Kesme Kuvveti Kapasite Kontrolü..... 124
Tablo 5.16. Tüm Modellerin İlk 10 Periyot Değerleri..... 134
Tablo 5.17. Tüm Modellerin x Doğrultusundaki Maksimum Yer Değiştirme Değerleri..... 135
Tablo 5.18. Tüm Modellerin y Doğrultusundaki Maksimum Yer Değiştirme Değerleri..... 136
Tablo 5.19. Tüm Modeller İçin C9 Kolonu Zemin Kat Normal Kuvvet Değerleri..... 140
Tablo 5.20. Tüm Modeller İçin C9 Kolonu Zemin Kat Kesme Kuvveti Değerleri..... 141
Tablo 5.21. Tüm Modeller İçin C9 Kolonu Zemin Kat Moment Değerleri... 141

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1 : Hasar Görmüş Bir Kirişin Mekanik Ankrajla Onarımı 15
Şekil 2.2 : Hasar Görmüş Bir Birleşim Bölgesinin Dikilmesi (Orta Aks)..... 15
Şekil 2.3 : Hasar Görmüş Bir Birleşim Bölgesinin Dikilmesi (Köşe) 16
Şekil 2.4 : Hasar Görmüş Bir Kirişin Kesit Büyütülmesi İle Güçlendirilmesi.. 20
Şekil 2.5 : Hasar Görmüş Kirişlerin Kesit Büyütülmesi ile Güçlendirilmesi 20
Şekil 2.6 : Kirişlerin 4 Taraftan Kesidinin Büyütülmesi ile Güçlendirilmesi.... 21
Şekil 2.7 : Kirişlerin Çelik Lama ile Güçlendirilmesi 22
Şekil 2.8 : Kirişlerin Çelik Plaka ve Karbon Lifli Dokumalarla Güçlendirilmesi 22
Şekil 2.9 : Mantolanan Kolonlarda Ankraj Detayları 24
Şekil 2.10 : Eski ve Yeni Betonun V Demiri ile Kaynaştırılması ……... 25
Şekil 2.11a: Mantolanan Kolonlarda Kolon-Kiriş Birleşim Bölgesindeki Ankraj Detayları..... 25
Şekil 2.11b: Mantolanan Kolonlarda Kolon-Kiriş Birleşim Bölgesindeki Ankraj Detayları..... 26
Şekil 2.12 : Kiriş Altında Kalan Manto..... 27
Şekil 2.13 : Çelik Manto İle Güçlendirilmiş Kolon.....…… 28
Şekil 2.14 : Döşeme Kalınlığının Üstten Arttırılması..... 29
Şekil 2.15 : Döşeme Kalınlığının Alttan Arttırılması……..... 30
Şekil 2.16 : Mevcut Temellere Radye Temel İlavesi ve Ankraj Detayları ……. 31
Şekil 2.17 : Tekil Temelin Güçlendirilmesi……..... 32
Şekil 2.18 : Sürekli Temelin Güçlendirilmesi ve Ankraj Detayları..... 32
Şekil 2.19 : Bir Taraftan Mantolanan Kolonda Oluşturulmuş Başlık Bölgesi..... 35
Şekil 2.20 : Çelik Diyagonallerle Çerçevenin Güçlendirilmesi..... 36
Şekil 3.1 : Mevcut Yapı Modeli Kalıp Planı..... 40
Şekil 3.2 : Mevcut Yapı Modelinin 3 Boyutlu Görünüşü..... 41
Şekil 3.3 : A1 Burulma Düzensizliği 46
Şekil 3.4 : Kaydırılmış Kütle Merkezleri..... 47
Şekil 4.1 : Model 1 Kalıp Planı 59
Şekil 4.2 : Model 1 Üç Boyutlu Görünüş 60
Şekil 4.3 : x Doğrultusu Maksimum Yer Değiştirme Değerlerinin Karşılaştırılması 63
Şekil 4.4 : y Doğrultusu Maksimum Yer Değiştirme Değerlerinin Karşılaştırılması 63
Şekil 4.5 : Model 2 Kalıp Planı..... 66
Şekil 4.6 : Model 2 Üç Boyutlu Görünüş 67
Şekil 4.7 : x Doğrultusu Maksimum Yer Değiştirme Değerlerinin Karşılaştırılması 70
Şekil 4.8 : y Doğrultusu Maksimum Yer Değiştirme Değerlerinin Karşılaştırılması..... 70

Şekil 4.9 : Model 3 Kalıp Planı…. 73
Şekil 4.10 : Model 3 Üç Boyutlu Görünüş 74
Şekil 4.11 : x Doğrultusu Maksimum Yer Değiştirme Değerlerinin Karşılaştırılması 77
Şekil 4.12 : y Doğrultusu Maksimum Yer Değiştirme Değerlerinin Karşılaştırılması 77
Şekil 4.13 : Model 4 Kalıp Planı 80
Şekil 4.14 : Model 4 Üç Boyutlu Görünüş 81
Şekil 4.15 : x Doğrultusu Maksimum Yer Değiştirme Değerlerinin Karşılaştırılması 84
Şekil 4.16 : y Doğrultusu Maksimum Yer Değiştirme Değerlerinin Karşılaştırılması 84
Şekil 4.17 : Model 5 Kalıp Planı 87
Şekil 4.18 : Model 5 Üç Boyutlu Görünüş 88
Şekil 4.19 : x Doğrultusu Maksimum Yer Değiştirme Değerlerinin Karşılaştırılması 91
Şekil 4.20 : y Doğrultusu Maksimum Yer Değiştirme Değerlerinin Karşılaştırılması 91
Şekil 4.21 : Model 6 Kalıp Planı 94
Şekil 4.22 : Model 6 Üç Boyutlu Görünüş 95
Şekil 4.23 : x Doğrultusu Maksimum Yer Değiştirme Değerlerinin Karşılaştırılması 98
Şekil 4.24 : y Doğrultusu Maksimum Yer Değiştirme Değerlerinin Karşılaştırılması 98
Şekil 4.25 : Model 7 Kalıp Planı 101
Şekil 4.26 : Model 7 Üç Boyutlu Görünüş 102
Şekil 4.27 : x Doğrultusu Maksimum Yer Değiştirme Değerlerinin Karşılaştırılması 105
Şekil 4.28 : y Doğrultusu Maksimum Yer Değiştirme Değerlerinin Karşılaştırılması 105
Şekil 5.1 : Güçlendirilmiş Model Kalıp Planı 114
Şekil 5.2 : Güçlendirilmiş Model Üç Boyutlu Görünüş 115
Şekil 5.3 : x Doğrultusu Maksimum Yer Değiştirme Değerlerinin Karşılaştırılması 118
Şekil 5.4 : y Doğrultusu Maksimum Yer Değiştirme Değerlerinin Karşılaştırılması 118
Şekil 5.5 : Tüm Modeller için İlk 10 Periyot Değerinin Kıyaslanması 134
Şekil 5.6 : Tüm Modeller için x Doğrultusunda Maksimum Yer Değiştirmelerin Kıyaslanması 135
Şekil 5.7 : Tüm Modeller için y Doğrultusunda Maksimum Yerdeğiştirmelerin Kıyaslanması 136
Şekil 5.8 : Tüm Modellerde x Doğrultusu için A1 Burulma Düzensizliğinin Karşılaştırılması 137
Şekil 5.9 : Tüm Modellerde x Doğrultusu için +%5 Ek Dışmerkezlik Etkili A1 Burulma Düzensizliğinin Karşılaştırılması 137
Şekil 5.10 : Tüm Modellerde x Doğrultusu için -%5 Ek Dışmerkezlik Etkili A1 Burulma Düzensizliğinin Karşılaştırılması 138
Şekil 5.11 : Tüm Modellerde y Doğrultusu için A1 Burulma Düzensizliğinin Karşılaştırılması 138

Şekil 5.12 : Tüm Modellerde y Doğrultusu için +%5 Ek Dışmerkezlik Etkili A1 Burulma Düzensizliğinin Karşılaştırılması..... 139
Şekil 5.13 : Tüm Modellerde y Doğrultusu için -%5 Ek Dışmerkezlik Etkili A1 Burulma Düzensizliğinin Karşılaştırılması..... 139
Şekil 5.14 : Tüm Modeller İçin C9 Kolonu Zemin Kat Normal Kuvvet Değerlerinin Kıyaslanması..... 140
Şekil 5.15 : Tüm Modeller İçin C9 Kolonu Zemin Kat Kesme Kuvveti Değerlerinin Kıyaslanması..... 141
Şekil 5.16 : Tüm Modeller İçin C9 Kolonu Zemin Kat Moment Değerlerinin Kıyaslanması..... 141

SEMBOL LİSTESİ

$A(T_1)$	: Spektral ivme katsayısı
A_0	: Etkin yer ivmesi katsayısı
$A_{aseç}$	: Kirişte mesnetin üst kısmı için seçilen donatı alanı
A_b	: Kat planındaki döşeme boşluklarının toplam alanı
A_c	: Eleman kesit alanı
A_{pt}	: Binanın tabanındaki plan alanı toplamı
A_s	: Kolonlarda toplam donatı alanı
A_{sek}	: Ek donatı alanı
A_{smev}	: Mevcut donatı alanı
A_{smin}	: Minimum donatı alanı
A_{st}	: Toplam donatı alanı
A_{sw}	: Kesme donatısı toplam kesit alanı
$A_{üseç}$	: Kirişte mesnetin alt kısmı için seçilen donatı alanı
b	: Kiriş tabla genişliği Kolon kesit boyutu
B i	: i nolu kiriş
C i	: i nolu kolon
d	: Etkili derinlik
d'	: Paspayı
d_i	: Binanın i'inci katında herhangi bir kolon veya perdenin uçlarında azaltılmış deprem yüklerine göre hesaplanan yer değiştirme
E	: Deprem Yükleri
EX1	: x doğrultusunda +%5 dış merkezlikli deprem yükü
EX2	: x doğrultusunda -%5 dış merkezlikli deprem yükü
EY1	: y doğrultusunda +%5 dış merkezlikli deprem yükü
EY2	: y doğrultusunda -%5 dış merkezlikli deprem yükü
F i	: i nolu döşeme
f_{ck}	: Beton karakteristik basınç dayanımı
f_{ctd}	: Beton tasarım eksenel çekme dayanımı
f_{ctd}	: Beton tasarım eksenel çekme dayanımı
f_{yd}	: Boyuna donatı tasarım akma dayanımı
f_{ywk}	: Enine donatı karakteristik akma dayanımı
G	: Sabit yükler
H	: Tabaka kalınlığı

h	: Kiriş toplam yüksekliği Kolonun eğilme düzlemindeki kesit boyutu
H_{cr}	: Kritik perde yüksekliği
h_f	: Döşeme kalınlığı
h_i	: Kat yüksekliği
H_N	: Binanın zemin kat döşemesi üstünden ölçülen toplam yüksekliği
I_{3-3}, I_{2-2}	: Atalet momentleri
l_l	: Döşemenin uzun doğrultudaki eksen açıklığı
l_s	: Döşemenin kısa doğrultudaki eksen açıklığı
l_{sn}	: Döşemenin kısa doğrultudaki net açıklığı
l_w	: Statikçe eşdeğer perde uzunluğu
m	: Döşeme uzun kenarının döşeme kısa kenarına oranı
M_0	: Devrilme momenti
M_d	: Hesap momenti
M_{maks}	: Tüm yük kombinasyonları altında kolona etkiyen en büyük eğilme momenti
M_{pa}	: Kirişin sol ucu i'deki kolon yüzünde fck, fyk ve çeliğin pekleşmesi göz önüne alınarak hesaplanan pozitif veya negatif pekleşmeli taşıma gücü momenti
$M_{pü}$	: Kirişin sağ ucu j'deki kolon yüzünde fck, fyk ve çeliğin pekleşmesi göz önüne alınarak hesaplanan pozitif veya negatif pekleşmeli taşıma gücü momenti
M_r	: Kolonun eğilme momenti taşıma kapasitesi
M_{ra}	: Kirişin sol ucu i'deki kolon veya perde yüzünde fcd, fyd'ye göre hesaplanan pozitif veya negatif taşıma gücü momenti
$M_{rü}$	: Kirişin sağ ucu j'deki kolon veya perde yüzünde fcd, fyd'ye göre hesaplanan pozitif veya negatif taşıma gücü momenti
M_{x1},M_{x2}	: x doğrultusu döşeme mesnet momentleri
M_{xa}, M_{ya}	: x, y doğrultusu açıklık momentleri
M_{y1},M_{y2}	: y doğrultusu döşeme mesnet momentleri
N_d	: Kolonun taşıyabileceği eksenel yük
N_{dmaks}	: Tüm yük kombinasyonları altında kolona etkiyen en büyük eksenel yük
P i	: i nolu perde
P_d	: Düzgün yayılı döşeme tasarım yükü
Q	: Hareketli Yükler
R	: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
$R_a(T_1)$	: Deprem yükü azaltma katsayısı
T_0	: Zemin hakim periyodu
T_1	: Binanın birinci doğal titreşim periyodu
UX	: x doğrultusunda kütle katılım oranı
UY	: y doğrultusunda kütle katılım oranı
V_{cr}	: Kesitin kesmede çatlama dayanımı

$\mathbf{V_d}$: Kolonun karşılayabileceği maksimum kesme kuvveti

$\mathbf{V_{d\ hesap}}$: Hesap kesme kuvveti

$\mathbf{V_{dmaks}}$: Tüm yük kombinasyonları altında kolona etkiyen en büyük kesme kuvveti

$\mathbf{V_{e\ sağ}}$: Kirişlerde sağdaki j ucu sarılma bölgesinde enine donatı hesabına esas alınacak kesme kuvveti

$\mathbf{V_{e\ sol}}$: Kirişlerde soldaki i ucu sarılma bölgesinde enine donatı hesabına esas alınacak kesme kuvveti

$\mathbf{V_s}$: Kayma dalgasının hızı

$\mathbf{V_t}$: Toplam taban kesme kuvveti

$\mathbf{W}$: Yapı toplam ağırlığı

$\mathbf{w_i}$: Kat ağırlıkları

$\mathbf{x_g, y_g}$: Bir referans noktasına göre elemanın kütle merkezi koordinatları

$\Delta\mathbf{F_N}$: Binanın tepesine etkiyen ek eşdeğer deprem yükü

$\Delta_\mathbf{i}$: Göreli kat ötelemesi

$\sum\mathbf{A_{pi}}$: Tüm katların plan alanlarının toplamı

$\sum\mathbf{A_w}$: Alınan doğrultudaki kuvvetli yönde olan perde duvarların en kesit alanı toplamı

$\boldsymbol{\alpha_s}$: Moment katsayıları

$\boldsymbol{\delta_i}$: Etkin göreli kat ötelemesi

$\boldsymbol{\eta_{bi}}$: Burulma Düzensizliği Katsayısı

$\boldsymbol{\eta_{ci}}$: Dayanım Düzensizliği Katsayısı

$\boldsymbol{\eta_{ki}}$: Rijitlik Düzensizliği Katsayısı

$\boldsymbol{\rho}$: Donatı oranı

$\boldsymbol{\rho_b}$: Dengeli donatı oranı

$\boldsymbol{\Phi}$: Boyuna donatı çapı

BETONARME BİNALARIN TAŞIYICI ELEMAN VE SİSTEM İLAVE EDİLEREK İYİLEŞTİRİLMESİ VE GÜÇLENDİRİLMESİ

ÖZET

Yurdumuzun altında dünyanın en etkin deprem kuşaklarından biri bulunmaktadır ve yurdumuzun büyük bir kısmı bu durumdan etkilenecek konumdadır. Geçmişte yurdumuzda birçok yıkıcı deprem olduğu gibi gelecekte de meydana gelebilecek depremlerin yıkıcı olma olasılığı büyüktür.

Bu tehlike altında alınabilecek en büyük önlem tasarlanan yapıların yönetmeliklerce belirlenen deprem güvenliklerine sahip tasarlanması ve uygulanmasıdır. Ancak ne yazık ki sadece bu önlem yetmemektedir. Mevcut olarak bulunan ve yeterli deprem güvenliğine sahip olmayan yapılar için de önlemler alınmalıdır. Bu yapıların hepsinin yıkılıp tekrar inşa edilmesi imkânsız olduğu gibi, zaman zaman yüksek güçlendirme maliyetleri bile yetersiz yapıların güçlendirilmesinde sorun ortaya çıkarmaktadır. Bu nedenle bazı yapılar için taşıma gücünü, rijitliğini, düktilitesini veya stabilitesini mevcut durumun üstüne çıkarmak için yapılan değişiklikler anlamına gelen tam güçlendirme yerine, kabul edilebilir bir güvenliğe ulaştıracak iyileştirme önerileri dikkate alınabilir.

Bu doğrultuda öncelikle mevcut yapının yetersizlikleri incelenmiştir. Mevcut yapının y doğrultusunda çerçeve süreksizlikleri, ayrıca yerel döşeme boşlukları bulunması nedeniyle döşeme süreksizlikleri bulunmaktadır. Kapasite kontrolleri yapıldığında da kesitlerin birçoğunda düşey yük, kesme kuvveti ve moment kapasitesi taşıma gücü yetersizlikleri olduğu görülmüştür.

Bu yetersizlikleri farklı yöntemlerle gidermek için yedi adet iyileştirme modeli önerilmiştir. Model 1'de mevcut modeli idealleştirmek için ilave olarak planda çerçeve süreksizliğinin ve döşeme boşluklarının bulunduğu yerlere kiriş ve döşeme eklenmiştir. Model 2'de Model 1'de oluşan bazı olumsuzlukların döşeme ilavesinin yapı ağırlığını arttırması nedeniyle oluşabileceği düşünülerek yalnızca çerçeve süreksizliğini ortadan kaldırmak amacıyla kirişler ilave edilmiştir. Model 3'te

mevcut yapıya ilave olarak çerçeve süreksizliğini ortadan kaldırmak amacıyla kirişler ve yapının y doğrultusundaki rijitliğini arttırmak amacıyla bu doğrultuda perdeler ilave edilmiştir. Model 4'te mevcut yapıya dış akslarda iki doğrultuda 4 perde yerleştirilmiştir. Model 5'te çerçeve süreksizliğinin olduğu yerlere kirişler ve iki doğrultuda mevcut kolonlar başlık olabilecek şekilde taşıma kapasiteleri yüksek perdeler ilave edilmiştir. Model 6'da mevcut yapıya ek olarak dolaylı mesnetlenmelerin azaltılması amacıyla kolonlar ilave edilmiştir. Model 7'de mevcut yapıya ek olarak çerçeve süreksizliğinin olduğu yerlere kirişler ve iki doğrultuda perdeler ilave edilmiştir.

Taşıyıcı sistem iyileştirilmesi ve güçlendirme için yapılan ilaveler yapıda ek burulma etkileri meydana getirmeyecek şekilde ve kullanım amacını önemli ölçüde değiştirmeyecek biçimde yerleştirilmesine dikkat edilmiştir.

Mevcut yapının ve tüm modellerin farklı yük kombinasyonlarına göre çözümlemeleri ETABS v8.50 bilgisayar programı ile yapılmış ve değerlendirmeler "Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik" ve "Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları" çerçevesinde yapılmıştır.

Mevcut yapıya ilave edilen kirişler sayesinde y doğrultusundaki çerçeve süreksizliği sorununun ortadan kalktığı ve yük dağılımının daha dengeli bir hale geldiği görülmüştür. Bu ilave sonucunda y doğrultusundaki yapı yanal ötelenme rijitliği artmış, yer değiştirme değerleri azalmış ve az da olsa burulma rijitliğini arttırmıştır. İlave edilen döşemeler ise kirişlerle beraber ilave edildiğinde yapı dinamik sonuçlarına yalnız kiriş ilave edildiği duruma göre az da olsa olumsuz değerler verdiği görülmüştür. Bunun nedeni yapı ağırlığını arttırmasıdır, ancak bu küçük orandaki olumsuz etkiye rağmen eklendiği bölgedeki diğer taşıyıcı elemanların aşırı zorlanmasını önler eleman bazında güçlendirmeye gerek kalmaz. Ayrıca ara bölgedeki döşemenin deprem yükü etkimesi durumunda aşırı zorlanarak hasar görmesini önler ve döşeme süreksizliği sorununu ortadan kaldırarak kat düzleminde rijit bir diyafram gibi davranmasını sağlar. Mevcut yapıya iki doğrultuda yapılan perde ilaveleri ile yapı rijitliği büyük oranda arttırılmış, periyotlar kısalmış, burulma düzensizlikleri bodrum kat ve zemin kat dışında sınır değerlerin altına inmiş, yer değiştirme değerleri büyük oranda azalmıştır. Bu ilaveler sayesinde diğer elemanların taşıma kapasiteleri de artmıştır.

Güçlendirme modeli oluşturulurken önerilen iyileştirme modelleri arasından en yeterli sonuçları veren model seçilerek yetersizlikler ilavelerle giderilmiştir. Güçlendirme modeli için kesitler incelendiğinde tüm taşıma kapasitelerinin yeterli hale geldiği, düzensizliklerin ortadan kalktığı görülmüştür.

Güçlendirme yapılmasına karar verilirken en önemli hususlardan biri maliyettir. Tam güçlendirmenin getireceği mali yükün kabul edilebilir rakamlarda olmadığı durumlar için iyileştirme önerileri birer çıkış yolu olabilir.

AMENDING AND STRENGTHENING OF REINFORCED CONCRETE BUILDINGS BY CARRIER COMPONENT AND SYSTEM

SUMMARY

One of the most active seismic zone of earth underlies our country where would be influenced widely. As there had been many destructive earthquakes in the past, it is presumable that probable forthcoming earthquakes would be destructive.

The most important precaution for this hazard is planning and implementation of designed buildings in line with the legislation on earthquake safety. Unfortunately, this is not a sufficient action, since there should be cautions for the existing buildings which do not have satisfactory earthquake safety. It is not possible to demolish and reconstruct all of them; moreover, high strengthening costs can become problematic for the insufficient buildings. Therefore, reinforcing proposals, which would raise to acceptable level, could be considerable instead of full strengthening which means the changes made in order to increase the carrying strength, rigidity, ductility or stability.

Collinearly, the deficiency of the existing building is evaluated. Building has frame discontinuities on y direction and floor discontinuity due to its local floor spaces. Further more, there are carrying strength deficiency on vertical load, shear force and moment capacity of many of the cross section when capacity controls are performed.

In order to remove these deficiencies, seven reinforcing models are proposed. In Model 1, additional beam and floor are inserted where frame discontinuity and floor spaces are present, in order to improve existing model. Model 2 is beams supplemented model to abate frame discontinuity, estimating the negative clause in Model 1 is caused by the rise of building weight due to additional floor. In Model 3, beams are added in order to abrogate frame discontinuity and shear walls in y direction are added to increase the rigidity of building in the same direction to existing building. Model 4 is the modification of existing building by disposing four shear walls in two directions in the outer axes. In Model 5, beams are added to where frame discontinuity exists and shear walls which has high carrying capacity are

placed to be heading of the column in two directions. Model 6 is the addition of column for reduction of indirect supporting. In Model 7 shear walls in two directions and beams are added to where frame discontinuity exists.

Modifications for reinforcement and strengthening of the carrying system are applied without causing torsion effects in the building and changing the utilization aim.

All calculations of existing building and different load combinations of each model are executed by ETABS v8.50 computer program and evaluations are performed in terms of "Turkish Seismic Design Code" and "TS500".

Due to additional beams to existing building, frame discontinuity in y direction is removed and load distribution is balanced. Also, in y direction horizontal displacement rigidity is increased, replacement values are decreased and even in small amount, torsion rigidity is ascended. It is observed that addition of floors with beams has negative effects on building dynamic results than addition of only beams, in slight difference, because of the rise in building weight. Despite this little negative effect, there is no need for strengthening on component basis to prevent overloading of the other components. Further more, it prevents to damage intermediate floor by overloading as action of quake load and abrogates floor discontinuity; thus makes it to act as rigid diaphragm on the flat platform. Supplementation of existing building by shear walls in two directions causes increase in building rigidity in great extend, decrease periods, reduction of torsion disorder to below limit excluding basement and ground flour, decline replacement values. Because of the addition of these components, carrying capacities of the other components are raised.

In developing the strengthening model, model which has the best results among proposed reinforcement models is chosen and deficiencies are removed. In the examination of cross sections for the strengthening model, it is observed that all carrying capacities became sufficient and disorders are destroyed.

One of the most important respects in strengthening decision is cost. For the cases in which financial drain is above acceptable level, reinforcement proposals can be a good solution.

1. GİRİŞ

Yurdumuzda en çok uygulama alanı bulan iskeletli yapı türlerinden betonarme yapıların, hatalı projelendirme, kalitesiz işçilik, yetersiz malzeme kullanımı, öngörülemeyen dış şartlar, amacı dışında kullanım gibi nedenlerden, ana görevi olan kendi ağırlığıyla birlikte yapıya etkiyen yükleri taşıma, en kısa yoldan zemine aktarma ve dengede kalmada yetersiz kaldığı durumlar bulunmaktadır.

Yapıların, dinamik dış etkiler karşısında sınırlı şekil değiştirme yapacak davranış göstermesini sağlayacak boyutlandırma, Deprem Yönetmeliği'nde (ABYYHY) belirtilen kurallara uyulması ile sağlanır,[1]. Mevcut deprem yönetmeliğinden önce yapılmış binalarda, tasarımında hata yapılmış veya uygulama esnasında gerekli özen gösterilmemiş yapılarda, dinamik etkiler altında öngörülenden fazla hasar oluşabilir. Bu nedenlerle yapıya ömrü boyunca etkimesi muhtemel deprem gibi dış etkiler karşısında hasarı en aza indirebilmek için, mevcut yapıların kontrol edilmesi ve gerekli güçlendirme çalışmalarının yapılması inşaat mühendisliğinin önemli konularından biridir.

Yeni tasarlanan bir yapıda hedeflenen dayanım, rijitlik ve süneklik gibi özellikler, mevcut yapıların güçlendirilmesinde de sonuç olarak hedeflenir. Mevcut binanın güçlendirilmesinde taşıyıcı sisteme yeni elemanlar eklenmesi veya yapıdaki mevcut elemanların takviye edilmesi esastır. Bu şekilde mevcut yapı elemanlarının dayanım kapasitesi artırılabilir ve yanal yer değiştirmeleri sınırlandırılabilir,[1].

Yurdumuzda bir yapının güçlendirilmesine karar verilirken göze alınan tek kıstas yapının üzerine etkiyen veya etkimesi olası yükleri taşıyabilecek kapasite yeterliliğinin olması değildir. Günümüz ekonomik şartlarında, yapıların onarım ve güçlendirmesinde yapılacak işlemlerin maliyeti önemli bir unsurdur. Onarım ve güçlendirme gereksinimi tespit edilmiş yapılarda, özellikle konutların sahipleri arasındaki ekonomik farklılıklar ve ekonomik yetersizlikler ortak hareket edilmesini ve karar alınmasını zorlaştırmaktadır. Yapı güçlendirme maliyetlerinin, yapı

maliyetinin yaklaşık %30 ile %50'si arasında değiştiği düşünüldüğünde güçlendirme maliyetinin önemi bir kez daha ortaya çıkmaktadır,[2].

Bu çalışmanın amacı, özellikle maliyet açısından tam güçlendirme yapılmasının olanaklı görülmediği durumlar için taşıyıcı sistem ilaveleri veya mevcut bazı elemanların güçlendirilmesiyle, tam güçlendirmeye alternatif olabilecek iyileştirme önerileri sunmak ve bu yapılan önerilerin sonuçlarını irdelemektir.

2. ONARIM VE GÜÇLENDİRME İLKELERİ

2.1.Onarım ve Güçlendirme İlkeleri

Onarım ve güçlendirme ilkeleri hasarın nedeni ile doğrudan bağlantılıdır. Amaç hasara neden olan elverişsizliklerin belirlenmesi, bu elverişsizlikleri giderecek önlemlerin belirlenmesi ve hasarın ortaya çıkardığı mukavemet kaybının giderilmesi ya da hasarın bir daha olmaması için gerekli güçlendirme yöntemlerinin belirlenmesidir. Farklı hasar nedenleri değişik onarım ve güçlendirme yöntemlerinin uygulanmasını gerektirmekle birlikte hemen her durumda uygulanabilecek ortak önlemlerde vardır. Bu önlemler depreme dayanıklı yapı tasarımı kavramı ile de yakından bağlantılıdır,[3]. Yapıların veya yapı elemanlarının onarım ve güçlendirilmesinde uygulanabilecek ortak yöntemler sıralanmıştır.

2.1.1. Yapının Öz Ağırlığının Azaltılması

Herhangi bir yapı elemanı yükünü taşırken çatlamış ise yükü taşıyabileceğinden fazla demektir. Bu durumda elemana gelen yük azaltılırsa çatlama duracağından hasar etkisi ortadan kalkacaktır. Depremde yapıya gelen yükler yapı kütlesi ile doğrudan orantılı olduğundan, yapı ağırlığındaki bir azaltma yapıya gelen deprem kuvvetinin de azalmasını sağlayacaktır.

Yapının ağırlığını azaltmak için;

- Tuğla bölmeler yerine daha hafif malzemeden (gaz beton, alçı panel vb.) yapılan bölmeler kullanılabilir.
- Yapının üst katlarından bir veya birkaçı yıkılabilir.
- Yapıya çatı yalıtımı için konulmuş ağır malzemeler daha hafifleri ile değiştirilebilirler.
- Yapıdaki kalın sıvalar inceltilebilir veya ağır cephe kaplama malzemeleri (granit gibi) kaldırılabilir.

- Merdivenlerden taşıyıcı sisteme gelen yükleri azaltmak için bu yükleri doğrudan zemine ileten düzenekler yapılabilir.

Yapıyı hafifletme yöntemleri her zaman olmayabilir. Ancak bu olanaktan yararlanma yolları aranmalıdır.

2.1.2. Yapının Sünekliğinin Arttırılması

Taşıyıcı sistemin veya elemanların sünekliği, işaret değiştiren ve sistemi elastik sınırın ötesinde zorlayan etkiler altında enerji yutma sonucunu doğurduğundan, düşey yükler altındaki projelendirmede değil, sadece dinamik yükler etkisinde önem kazanır.

Süneklik bir yapının veya yapı elemanının elastik ötesi şekil değiştirebilme ölçüsüdür. Sünek bir yapıda veya elemanda dayanım hemen hemen sabit kalırken önemli şekil değiştirmeler meydana gelir. Bu şekil değiştirme sayesinde deprem enerjisi tüketilir.

Sünekliğin gereği olan plastikleşme bölgelerinin meydana gelebilmesi için sistemin yüksek dereceden hiperstatik olması gerekir. Örneğin tek başına duran kule ve bacalarda taşıyıcı sistem statikçe belli olduğundan, önemli sünek şekil değiştirmeye müsaade edilmez.

Seyrek meydana gelecek şiddetli deprem etkisini, yapıların elastik sınır ötesinde şekil değiştirerek karşılaması istenir. Yapıların, elastik sınırı aşıp sünek bir davranış göstererek kesit zorlarında önemli artmalar olmadan, şekil değiştirerek depremin dinamik etkisini geri dönüşümlü olmayan enerjiye dönüştürerek yutması istenir. Betonarme yapılar rijit kolon kiriş birleşim yerlerinin çatlayıp hasar görerek mafsallı birleşim yerine dönüşmesiyle depremin enerjisini tüketirler. Mafsallı birleşim yerlerinde önemli taşıma gücü kaybı olmamalıdır.

Yapıların deprem sonrası onarım veya güçlendirilmesinde çoğunlukla kolonların veya kirişlerin mantolanması ve çerçeve arası boşlukların perde duvarlarla doldurulması yöntemi kullanılır. Rijitliği yüksek elemanların sünekliği az olduğundan bu yöntemler yapının rijitliğini arttırmakta fakat sünekliğini azaltmaktadır.

Yapılarda onarım güçlendirme ile sünekliklerinin ne yönde değiştiğinin belirlenmesi kolay değildir. Genellikle onarım ve güçlendirme ile yapının sünekliği azalmaktadır.

Sünekliği sağlayan etriye sıklaştırılmasının ve boyuna donatılarda yeterli ankraj boylarının bitmiş bir yapıda sağlanması olanaksızdır. Bu nedenle sünekliğin arttırılması hiçte kolay olmayan bir amaçtır,[3].

2.1.3. Yapının Taşıma Gücünün Artırılması

Yapıda veya yapı elemanlarında oluşan hasarlar gelen kuvvetlere karşı dayanımın az olmasından kaynaklanır. Gelen kuvvetlere karşı dayanımın arttırılması ile hasar durdurulacak ya da bir daha olmayacaktır.

Depremlerde oluşan hasarlara karşı yapının yatay yük taşıma gücü arttırılmalıdır. Çünkü depremden önce yapının maruz kaldığı yükler (özellikle düşey yükler) altında herhangi bir hasar oluşmamış, hasar depremden sonra yani yatay yükler altında oluşmuştur. Depremden sonra yapının düşey yükleri değişmemiş, fakat depremde oluşan hasarlar yapının düşey yük taşıma gücünü de azaltmıştır. Özellikle kalıcı yatay ötelenmelerden dolayı oluşan ikinci mertebe momentler ve çatlayıp zayıflamış kolon kiriş enkesitleri yapı güvenliği azaltmaktadır.

Yapı onarımının ilk aşaması zayıflamış düşey yük taşıma kapasitesinin arttırılması, ikinci aşamada ise yatay yüklere karşı dayanımın arttırılması gerekir. Taşıma gücünün arttırılması yapıya yatay ve düşey yükleri karşılayacak yeni elemanlar eklenmesi, mevcut eleman enkesitlerinin genişletilmesi ile yapılır. Genellikle yapılan onarım ve güçlendirme ile yapıların daha büyük deprem kuvvetlerine karşı elastik bölgede kalarak, hasar olmadan karşı koyması sağlanmaktadır.

Yapıya yatay yükleri karşılamak amacıyla eklenen perde duvar gibi elemanlar yapının yatay yer değiştirmesini kısıtlayacaktır. Bu yapının hafif ve orta şiddetteki depremlerde taşıyıcı olmayan elemanlardaki hasarı azaltacak, çok şiddetli depremlerde ise yıkılmasını engelleyecektir.

2.1.4. Yapının Dinamik Özelliklerinin İyileştirilmesi

Yapıda oluşan hasar, yapı titreşim periyodu ile zemin hakim periyodunun birbirine çok yakın olmasından dolayı oluşan rezonans ile ilgili ise, yapının dinamik özelliklerinin değiştirilip yapı periyodu ile zemin hakim periyodunun birbirinden uzaklaştırılması sağlanabilir. Bunun için zeminin dinamik özelliklerinin bilinmesi gerekir. Daha sonra yapı periyodunun büyütülmesi veya küçültülmesi ile yapının daha esnek veya daha rijit bir konuma sokulması ile yapı periyodu zemin hâkim

periyodundan uzaklaştırılabilir. Zemin hâkim periyodu T_0 çeşitli zemin türleri için Tablo 2.1'de verilmiştir.

Tablo 2.1. Zemin Hakim Periyodu T_0'ın Çeşitli Zemin Türleri için Değerleri

Zemin Cinsi	Tanımlama	T_0(s)
I	Ayrışmamış sağlam kayalar, çok sıkı çakıl, kum ve kum-çakıl karışımları, sert killer, siltli killer (ve sismik özelliklerinin bunlara benzediği geçerli hesap yöntemleri ile gösterilmiş zemin tabakaları)	0,40
II	Ayrışmış ve çatlaklı kayalar, sıkı çakıl, kum ve kum-çakıl karışımları, çok katı siltli killer (ve sismik özelliklerin bunlara benzediği geçerli hesap yöntemleri ile gösterilmiş zemin tabakaları)	0,60
III	Yumuşak süreksizlik düzlemleri bulunan çok ayrışmış ve gevşek çimentolu kayalar, orta sıklıktaki kum ve çakıllar, katı kil, silt ve siltli killer	0,80
IV	Yumuşak ve kalın (30m'den fazla) alüvyon tabakaları, bataklık veya çamur dipli deniz doldurulması ile oluşmuş kalınlığı 3m den çok tabakalar ve 30 yıldan genç kontrolsüz dolgu tabakaları, gevşek ve çok gevşek kumlar, yumuşak killer	1,00

Hâkim periyot hiçbir durumda $0.15sn<T_0<1.20sn$ aralığı dışında seçilemez. Tablo 2.1'de verilen değerler taban kayası veya eşdeğer özelliklerdeki taban formasyonu üzerinde bulunan zemin tabakalarının 50m mertebesinde bir kalınlıkta bulunması durumunda geçerlidir. Zemin tabakalarını farklı kalınlıkta bulunması durumunda zemin hâkim periyodu

$$T_0=4H/V_S$$

olarak hesaplanabilir. Burada H tabaka kalınlığı ve V_s kayma dalgasının hızıdır.

Yapının kütlesi arttırılırsa yapı periyodu uzar, ancak yapıya gelen yükler yapı kütlesi ile doğru orantılı olduğundan yapıya etkiyen deprem yükü de artacaktır. Dolayısı ile yapının taşıma gücünün de arttırılması gerekir.

Yapının rijitliği arttırılırsa yapı periyodu kısalır. Yapıya yeni elemanlar eklenmesi ve kesitlerin genişletilmesi ile yapının hem rijitliği hem de taşıma gücü artacaktır.

Yapı sönüm oranının arttırılması ve yapıdaki katlar arasında rijitlik değişimlerinin uyumlu olmasının sağlanması da yapının dinamik özelliklerini iyileştiren yöntemlerdir.

2.1.5. Yapıda Burulma Etkilerinin Azaltılması

Deprem etkisi altında birçok yapıda oluşan hasarın nedeni yapıdaki ağırlık merkezi ile rijitlik merkezinin birbirinden uzak olması nedeniyle oluşan burulma etkisinin yarattığı ek momentler ve kesme kuvvetleridir. Örneğin perde duvarların yapının bir yanında toplanmış olması burulma etkisi oluşturacağı gibi, taşıyıcı olmayan bölme duvarların katlarda dengeli bir biçimde yerleştirilmemiş olması da, yapının ağırlık ve rijitlik merkezleri arasında fark oluşturarak, yapıda burulma etkisi yaratacaktır. Bu nedenle onarım ve güçlendirme esnasında yapıda mevcut burulma etkilerini düzeltecek şekilde perde duvarlar eklenmeli ve eklenecek perde duvarlarında ek bir burulma momenti oluşturmamasına dikkat edilmelidir.

2.1.6. Yapıda Sürekliliğin Sağlanması

Taşıyıcı sistemde plan ve düşeyde bulunan elemanların dayanımlarının düzgün ve sürekli olarak düzenlenmesi önemlidir. Kolon ve kirişlerin planda düzgün dağıtılması, sistemin belirli bölgelerinin aşırı zorlanmasını önler. Bu nedenle taşıyıcı sisteme güçlendirme esnasında ilave edilen kolon ve perdeler temelden çatıya kadar sürekli olmalı ve dışmerkez mesnetlenmelerden kaçınılmalıdır. Yapıda düşey sürekliliğin sağlanması yanında elemanların rijitliklerinin de ani değişimi engellenmelidir.

Kolon ve ona mesnetlenen kirişlerin eksenleri arasındaki dışmerkezlik de elden geldiği kadar önlenmeli ve bunların genişliklerinin birbirine yakın olmasına çalışılmalıdır. Böylece özellikle betonarme elemanlarda, kesit etkilerinin geçişini sağlayan iyi bir donatı düzeni sağlanabilir. Taşıyıcı sistemde süreklilik ile elemanların birbirine yardım etmesi sağlanırken, elastik davranışın ötesindeki taşıma kapasitesi arttırılmış olur. Ayrıca bu sırada ortaya çıkacak plastik mafsalların sayısı dolayısıyla dinamik enerjinin yutulan kısmı da büyütülmüş olur. Bunun tersine birleşimleri yeterli olmayan prefabrike yapılarda sistemdeki fazla bağların sayısının az olması nedeniyle elastik davranışın sona ermesinden kısa bir süre sonra göçme yüküne erişilir. Bu durum hazır elemanlı yapıların kuvvetli deprem hareketi altındaki zayıf bir noktasını oluşturur,[3].

2.1.7. Yükleri Taşıyacak Yeni Elemanlar Eklenmesi

Yapıda depremin oluşturduğu yatay yükleri taşıyacak elemanlar yetersiz ise yapıya yeni elemanlar eklenebilir.

2.1.8. Yapının Göçme Modunun Düzenlenmesi

Yapılar deprem etkilerini karşılayacak şekilde boyutlandırılırken, özellikle düşey taşıyıcı elemanların dayanımlarını kaybederek tüm sistemin göçmesinden veya burkulma gibi ani göçmeden uzak kalması istenir. Genel olarak birleşim bölgelerinde, kirişlerin kolonlardan önce plastik mafsal oluşturarak güç tükenmesinin ortaya çıkması istenir. Fakat üst katlara doğru çıkıldıkça, kolon kesitlerinin küçülmesi ve kiriş kesitlerinin aynı kalması nedeniyle, bu durumun her zaman sağlanması mümkün olmayabilir.

Yapıların onarım ve güçlendirilmesine karar verilirken göz önünde tutulması gereken bir başka nokta yapının bulunduğu yerdeki olanaklardır. Nitelikli işçiliğin ve malzemenin bulunmaması ile istenilen dayanımda yapılmamış bir yapının güçlendirilmesi için gerekli daha yüksek nitelikli malzeme ve işçilik gerekmektedir,[3].

2.2. Güçlendirme Kararlarının Belirlenmesi için Genel İlkeler

Güçlendirme işlemi değişik sistemler kabul edilerek yapılabileceği gibi, belirli bir sistemin projelendirilmesinde de değişik boyutlandırma ilkeleri kullanılır. Güçlendirme projesinin hazırlanmasından aşağıdaki hususların incelenmesi, tartışılması gerekecektir. Bunların büyük bir kısmı inşaat mühendisliği kararı gerektirdiği halde, binanın mevcut durumu, mimarisi, katlanılabilecek mali yük bu kararlarda etkili olur.

- Güçlendirme işleminde kolon ve kirişlerin güçlendirilmesi yanında yapıya gelen yatay yükleri taşımak ve yer değiştirmeleri sınırlamak için perde ilavesine ihtiyaç duyulabilir.

- Taşıyıcı sistemin çözümlemesinde zemin yatak katsayısı kullanılarak bir mesnetlenmenin kabul edilmesi uygun düşebilir. Bu suretle taşıyıcı sistem elemanlar arasında yük paylaşımı daha gerçekçi olarak belirlenebilir.

- Mevcut taşıyıcı sistemin kusurlarının tespiti için binanın depremden hasar görmemiş durumu esas alınarak taşıyıcı sisteminin geçerli düşey yük ve deprem etkisi göz önüne alınarak 1.4G+1.6Q, G+Q±E ve 0,9G±E yükleri altında çözümlemesi ve hasar tespit edilen kesitlerin kontrol edilerek hasar sebepleri hakkında yorum yapılması uygundur.

- Kesit kontrolünde eğer binanın projesi yoksa, sınırlı sayıda yapılan donatı belirlemeleri göz önüne alınabileceği gibi, minimum donatı şartlarından hareket edilmesi gerekebilir.

- Binanın güçlendirilmiş taşıyıcı sisteminin boyutlandırılmasında, esas olarak deprem yönetmeliğinin öngördüğü ilkelerin kullanılması ve deprem yüklerinin belirlenmesinde deprem bölge katsayısının, bina önem katsayısının ve deprem yükü azaltma katsayısının belirlenmesi gerekecektir.

- Güçlendirilmiş taşıyıcı sistemde yapılacak kontroller kapsamı projenin yaklaşımı bakımından önemlidir. Mesela hasar durumuna göre mevcut taşıyıcı sistem TS500'ün öngördüğü 1.4G+1.6Q yüklerini taşıyacak şekilde yerel güçlendirilirken, ilave güçlendirme perdelerinin deprem etkisinden oluşan taban kesme kuvvetinin belirli (% 60-80 gibi) bir bölümünü karşılaması kabul edilebilir.

- Mevcut taşıyıcı sistemle, güçlendirme sistemi arasındaki kuvvet iletişimi türüne karar verilmesi ve bunun gerçekleştiğinin hesapla gösterilmesi önemlidir. Özellikle dışmerkez perde durumunda yatay yükün taşıyıcı sisteme iletilmesinin sağlanmasına özen gösterilmelidir.

- Güçlendirme perdelerinin her iki doğrultuda en az ikişer tane olması ve bina yüksekliğince devam etmesi tercih edilmelidir. Kapı ve pencere boşluklarının bırakılması için boşluksuz perdeye de karar verilebilirse de, boşluksuz perdenin donatı ve kalıp detayının daha çok özen istediği unutulmamalıdır. Binanın kat adedinin ve plandaki alanının küçük olması durumunda perde sayısı üçe de indirilebilir.

- Kolon ve kiriş gibi mevcut taşıyıcı sistem elemanlarının kontrolünde, güçlendirilme gereklilik şartının kesin matematiksel kabul edilmesi mevcut olan pek çok belirsizlikten dolayı uygun olmayabilir. Bu sebeple taşıyıcı sistemdeki ilave kapasiteler düşünülerek güçlendirme gerekliliği şartı biraz yumuşatılabilir. Örneğin, A_c eleman kesit alanı, A_s ise kolonlarda toplam donatı alanı ve kirişlerde açıklık ve

mesnet çekme donatılarının toplamı olmak üzere, aşağıda verilen iki şarttan birinin de sağlanmaması durumunda kolon ve kirişlerin güçlendirilmesi gerekeceği kabul edilebilir.

A_s (gerekli) < (1,20-1,33) x A_s (mevcut) (kolon-donatı biliniyorsa)

A_s (gerekli) < (0,012-0,015) x A_c (mevcut) (kolon-donatı bilinmiyorsa)

A_s (gerekli) < (1,00-1,25) x A_s (mevcut) (kiriş-donatı biliniyorsa)

A_s (gerekli) < (0,015-0,020) x A_c (mevcut) (kiriş-donatı bilinmiyorsa)

- Mevcut donatı alanı olarak binada açılan elemanlardaki donatılar esas alınarak bir donatı gerçekleştirme oranı hesaplanarak, açılmayan elemanlardaki donatı tahmin edilebilir. Perde ile taşıyıcı sistemin güçlendirilmesi sırasında ilave edilecek perdelerin kolondan kolona yerleştirilmesi uygundur. Kolon mantolanmasının dört kenardan olması tercih edilmesine karşılık, mimari sebeplerle veya binanın konumu gereği üç veya iki kenardan kolonun sarılması şeklinde de mantolama yapılabilir. Güçlendirme perdeleri kiriş-kolon eksenleri arasında dışmerkezlik olmaksızın yerleştirilebildiği gibi, kolon ve kiriş eksenlerine göre dışmerkez olarak da yerleştirilebilir. Bunun gibi, güçlendirme perdeleri planda binanın iç eksenlerine yerleştirilebileceği gibi, binanın dış eksenlerinde bulunacak şekilde de projelendirilebilir.

- Perdelere gelen etkilerin temele kadar iletilmesi önemlidir. Yeterli temeli olmayan perdelerin, temellerde dönmeye neden olacağı ve negatif gerilmeler oluşturacağından, öngörülen yatay etkiyi karşılaması mümkün değildir.

- Deprem yüklerinin güçlendirme perdeleri ile taşındığı durumda, kolonlar için yapılan betonarme kesit hesabında N_d / (b x h x 0,5f_{ck}) gibi minimum bir şart esas alınarak, güçlendirilmeye karar verilebilir.

- Perde ve kolon mantolarının kattan kata geçirilmesinde farklı uygulamalara gidilebilir. Kirişli plak döşemelerde perde başlık kısmı ve kolon mantosu döşeme delinerek yukarı çıkılabildiği halde, asmolen döşemede geniş kirişlerin bulunması durumunda büyük bir zorluk ortaya çıkabilir ve geniş kirişin mesnet kesitlerinin kırılması gerekebilir. Bu tür imalatın yapılması sırasında komşu döşemelerin askıya alınmasının gerektiği unutulmamalıdır.

- Perde uç donatıları sürekli olarak devam ederken, perde gövde donatısının sürekliliği kirişi geçen veya delen tek sıra minimum bir donatı ile sağlanması (Φ16/400mm gibi) gerekecektir. Kirişteki bağ donatılarının hesabında kiriş seviyesi üzerindeki kat kesme kuvvetinin alt kata iletilmesi esas alınacaktır. Bu kuvvetin, bağ donatıları yanında, mevcut kolonun beton kesiti, donatı kesiti ve perde uç donatısı ile de iletildiği kabul edilebilir. Kolonla perdenin kat yüksekliği boyunca bütünleşmesi için tek sıra minimum bir donatının yerleştirilmesi (Φ 16/300mm gibi) gerekecektir. Perde kolon bağ donatılarının belirlenmesinde, kolona bir üst döşemeden iletilen kuvvet veya perde momentinin gerektirdiği uç kuvvetinden (M/h) küçüğü göz önüne alınmış olabilir. Kolonun tamamen dört kenardan mantolanması durumunda bağ donatıya ihtiyaç olmayabilir. Bağ kenetlenme çubukları minimum boyları (kolon ve kiriş içinde en az maks (10 Φ ; 150 mm) ve perde içinde 20 Φ gibi) belirlenmelidir.

- Perdede her iki yüzde ve her iki doğrultuda minimum belirli bir minimum gövde donatısı bulunması (Φ 10/200mm gibi) söz konusu olacaktır.

- Güçlendirme perdesi minimum kalınlığının belirlenmesi h_{min}=maks(200mm; kat yüksekliği / 15). İlk katta perde uç bölgesi perde boyunun 0.2 katı ve diğer katlarda 0.1 katı alınması. Perde uç bölgesinde, en az deprem yönetmeliğinin öngördüğü minimum donatı konulacak ve bu donatı perde yüksekliğince devam ettirilmesi. Perde uç bölgesi katta minimum bir etriyenin yerleştirilmesi (ilk kat Φ 10/100 mm ve diğer katlarda Φ10/200 mm gibi). Perde uç donatısının hesabında, birleştiği kolonun normal kuvveti ve donatısının göz önüne alınması. Boşluklu perde düzenlenmesi durumunda pencere altlarında veya kapı üstlerinde bağ kirişlerinin düzenlenmesi.

- Binada projesiz olarak depremden sonra yapılan kolon mantolanması gibi güçlendirme müdahalelerinin hangi durumlarda ne şekilde kabul edileceği yapılan projede göz önüne alınacağı.

- Temelin düzenlemesi, mevcut temel durumunun ne şekilde göz önüne alınacağı. Mevcut ve yeni temelin bütünleşmesi için nasıl bir donatı düzeni gerektiği (hatıl temel durumunda Φ16/400 mm ve tekil temel durumunda 12Φ16 bağ donatısının kullanılması gibi)

- Gerekli olmadığı durumlarda perde uçlarındaki kolonların mantolanmaması, mevcut kolon ile güçlendirme perdesinin bütünleşmesi kolona

bağlanan bağ çubukları ile sağlanması. Benzer şekilde, gerekli olmayan hallerde, mantolar tüm yapı yüksekliği boyunca devam ettirilmemesi. Perde uç kolonlarında manto kalınlığı minimum boyutu (100 mm, 150 mm gibi)

- Perdenin uçlarında bulunan kolonların dışında, perde temeline oturan ve eksenel kuvveti temel hesaplarında göz önüne alınan kolonların bulunması halinde, bu kolonların çerçevesinde oluşan kayma gerilmesinin sınırlandırılması (300-40t/m^2 gibi). Bu sınır gerilme esas alınarak manto gerekip gerekmediğine karar verilmesi,[4].

2.3. Genel Onarım Yöntemleri

2.3.1. Epoksi Reçineleri

Epoksi reçineleri yapıştırma özellikleri çok iyi olan sentetik reçinelerdir. Suya aside ve alkaliye dirençleri çok iyi olmalarına karşın yüksek ısıya karşı dayanımları düşüktür (genel olarak 100°C 'nin üzerinde dayanımlarını kaybederler. Bu nedenle kullanımları sınırlı kalabilir veya yangına karşı korunmaları gerekebilir. Epoksi reçinelerinin ve betonun mekanik özellikleri Tablo 2.2'de gösterilmiştir.

Tablo 2.2. Epoksi Reçinesi ve Betonun Mekanik Özellikleri

Özellik	Beton	Epoksi Reçinesi
Basınç Dayanımı (Mpa)	20 - 70	250' e kadar
Çekme Dayanımı (Mpa)	2-5	3.5-35
En Büyük Boy Değişimi	0.01	0.2-50

Epoksi ve benzeri reçineler betonu veya donatısı hasar görmemiş betonarme elemanlardaki hafif beton çatlaklarının doldurulmasında ve ince çelik elemanların betona yapıştırılmasında kullanılır. Reçinenin betona, yığma duvara ve çeliğe yapışma özelliği çok iyidir ve bu bağda nemle bir azalma görülmez. Genel olarak reçinenin kullanımı esnasında sıvı döneminin uzun olması ve kapta sertleşmeye geçmemesi istenir. Epoksi enjeksiyonu minimum 5°C sıcaklıkta ve maksimum 4mm genişliğindeki çatlaklara uygulanabilmektedir.

Epoksi reçineleri; betonarme perdeler, kolonlar, döşemeler ve kirişlerdeki çatlakların onarımında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu yöntemle çatlak ve boşluklar epoksi malzemesi ile doldurulmaktadır. Uygulamaya önce çatlağın basınçlı hava ile temizlenmesiyle başlanır. Daha sonra çatlak V şeklinde genişletir ve içine epoksi doldurulur. Daha derindeki çatlakları doldurmak için düşük viskoziteli epoksi düşük basınç altında uygulanmaktadır. Bunun için çatlak boyunca 15-100cm aralıklarla borular çatlak üzerine yerleştirilir ve çatlak ve boruların çevresi sıvanır. Uygulamaya en düşük seviyedeki noktadan başlanır ve bir sonraki noktadan epoksi çıkana kadar uygulamaya devam edilir. Daha sonra ilk nokta kapatılarak bir sonraki noktaya geçilir ve uygulama bu şekilde devam eder. Çatlağa epoksi enjeksiyonu ile çatlağın tamir edilmesi yanında epoksinin beton ile donatının arasına girmesiyle betonla donatının aderansı da arttırılmış olur.

Epoksi doldurulmuş çatlak ara yüzeyde oldukça yüksek bir çekme dayanımı sağlamaktadır. Ancak onarılmış elemanın tekrar yüklenmesi ile, eski çatlakların hemen yanında ya da onarılmış iki çatlak arasında bir yerde yeniden çatlak olduğunu ve elemanın hasar öncesi dayanım düzeyinde kaldığı gözlenmektedir. Bu nedenle epoksi uygulamaları güçlendirme amaçlı değil onarım amaçlı olarak kullanılmalıdır. Epoksi kullanımında yerel çatlak onarımı yapıldığı unutulmamalıdır. Bir elemanı veya bir bölgeyi güçlendirmek için genellikle tek başına kullanılmaz. Diğer güçlendirme yöntemleri ile beraber kullanılması tercih edilir. Örneğin mantolanan kolonlarda mevcut betonla yeni betonun kaynaşması için kullanılabilir.

2.3.2. Çimento Şerbeti ve Enjeksiyonu

Çimento tanecikleri 0.074 mm'den küçük olduğu için çimento şerbetinin 0.1 mm den daha küçük çatlaklara girebilme olanağı azdır. Bu nedenle kılcal çatlaklara ancak basınç altında enjekte edilebilir.

Çimento şerbeti yapımında ilk dayanımı yüksek çimento ve genleşen çimento kullanımı, onarımın hızlı yapılmasını ve çatlağın içine giren çimento şerbetinin genişleyerek tüm boşlukları doldurmasını sağlar. Genleşen çimento portland çimentosuna ince öğütülmüş alüminyum tozu katılması ile elde edilir.

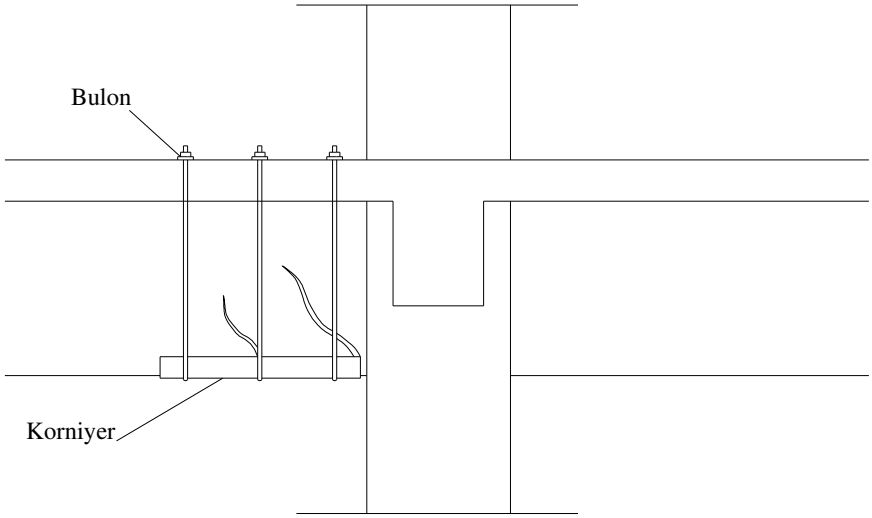
Çimento enjeksiyonu özellikle taşıma gücü zayıf olan moloz taş duvarlara düşük basınç altında uygulanır. Bunun için duvara 30-40 cm aralıklarla borular yerleştirilir ve duvar sıvanır. Daha sonra en alt deliklerden başlayarak çimento şerbeti enjekte edilmeye başlanır. Bir sonraki delikten çimento şerbeti gelinceye kadar enjeksiyona devam edilir. Daha sonra enjeksiyon yapılan delik kapatılır ve bir sonraki delikten uygulamaya devam edilir. Bu işlem duvar boyunca devam ettirilir.

Bu yöntem tarihi ve kültürel değeri olan moloz taştan yapılmış binaların onarım ve güçlendirilmesinde kullanılabilir.

Betonarme taşıyıcı sistemlerde genellikle binaların bodrum katlarında korozyon nedeniyle oluşan dikey (kolonlarda), yatay (kirişlerde) çatlak ve kırıklar betonla donatı arasındaki aderansı yok ettiğinden dolayı taşıma gücünde azalmalara neden olmaktadır. Bu çatlak ve kırıkların tamiratlarında korozyon önleyici ve aderans artırıcı epoksi astar, üzerine de çimento esaslı özel elyaf lif takviyeli polimer modifiye tamir harçları kullanılmaktadır. Uygulaması şu şekilde yapılır: korozyon belirtisi gözlemlenen; çatlak ve kırıkların yer aldığı yüzeyler donatıya ulaşılana dek temizlenip donatı üzerindeki pas mekanik olarak temizlenmekte ve çimento yada epoksi esaslı korozyon engelleyici ve aderans artırıcı şerbetlerle kaplanmaktadır. Tamir harcı olarak elyaf donatılı polimer modifiye tamir harcı uygulanmaktadır. Düzeltme ve bitirme harcı olarak da su geçirimsizliği yüksek çimento esaslı özel harç kullanılmaktadır,[4].

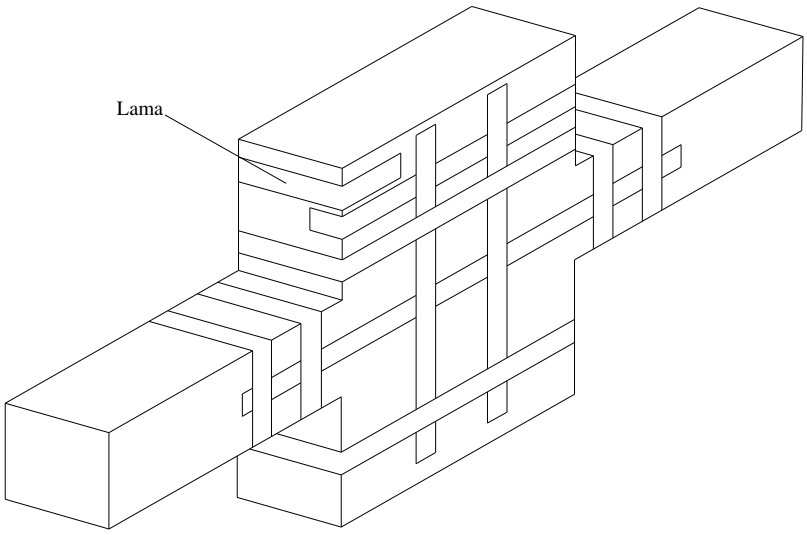
2.3.3. Mekanik Bağlayıcılar

Çatlakların epoksi reçinesi, çimento şerbeti ya da harçla onarımı genellikle genişlemesi durmuş çatlakların onarılması amacı ile yapılmaktadır. Çatlakta genişleme duruyorsa çatlağın mekanik bağlayıcılarla dikilmesi gerekir. Bu dikişler çatlağı kesen çubuklar ve çubuk uçlarının uygun bir şekilde bağlanması ile oluşur. Bu tür mekanik bağlayıcılar süreksiz olduklarından gerilme birikimi yapabilir. Uçlarındaki sıkıştırılmış somunlar dayandıkları yerlerde yerel ezilmelere yol açabilir. Mekanik bağlayıcılar ile çatlak yüzeylerine dik yönde bir kuvvet uygulandığı zaman, diğer bir deyişle vidalar sıkıştırıldığı zaman etkili olarak çalışmaya başlarlar (Şekil 2.1).

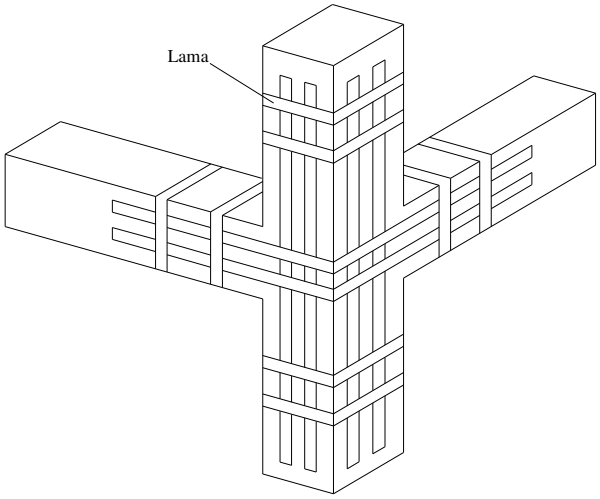


Şekil 2.1. Hasar Görmüş Bir Kirişin Mekanik Ankrajla Onarımı

Çatlakların dikilmesinde diğer bir yöntem ise kolon kiriş birleşim bölgelerinde meydana gelen hasarın onarımı için yapılır. Bu yöntemde birleşim bölgesindeki parçalanmış ve ezilmiş beton temizlenmekte ve epoksi harcı ile eksilmiş beton hacmi doldurulmaktadır. Daha sonra epoksi harcı ile doldurulmuş bölge üzerine, metal şeritler altlarına epoksi reçinesi sürülmek ve epoksi sertleşinceye kadar basınç uygulanmak suretiyle yapıştırılmaktadır. Bu onarım yöntemi 1992 Erzincan Depremi sonrası perde duvarlarla güçlendirilen binaların düğüm noktası hasarlarının onarımında kullanılmıştır (Şekil 2.2-2.3).



Şekil 2.2. Hasar Görmüş Bir Birleşim Bölgesinin Dikilmesi (Orta Aks)



Şekil 2.3. Hasar Görmüş Bir Birleşim Bölgesinin Dikilmesi (Köşe)

2.3.4. Püskürtme Beton

Bu yöntem, kesiti genişletilmek suretiyle güçlendirilecek elemanlarda, beton kalınlığının az olması nedeniyle betona kalıp yapılmasının ve betonun yerleştirilmesinin zor olduğu durumlarda uygulanır.

Püskürtme beton, basınçlı hava ile kullanılan betondur. Karışımın hazırlanmasında iki ayrı yöntem mevcuttur. Kuru karışım olarak bilinen ilk yöntemde, karışım odasında çimento ve agrega uygun oranlarda bir araya getirildikten sonra bu kuru karışım basınçlı hava ile hortum içinde püskürtme ucuna iletilir. Bu uca gelen kuru karışıma basınçlı su eklenerek elde edilen beton basınçlı hava yardımıyla yüzeye püskürtülür. Tabancadan katılan suya istenildiği takdirde beton katkı maddeleri ilave edilebilir. Diğer metot ise ıslak karışım yöntemidir. Bu yöntemde betonu oluşturan maddeler (çimento, agrega, su, katkı maddeleri vb.) beraber karıştırılarak püskürtme ucuna iletilir. Püskürtme beton yeni inşa edilen yapıların yanında mevcut kagir, tuğla, çelik ve betonarme yapıların yüzlerinin betonla kaplanmasında ve güçlendirilmesinde kullanılır.

Başarılı bir püskürtme beton için donatının uygun seçilmesi ve yerleştirilmesi gerekir. Küçük çaptaki onarım işlerinde donatıya gerek kalmayabilir. İşin şekline göre hasır donatı kullanılabilir. Donatı, püskürtme esnasında yerini koruyacak ve yaylanmayacak şekilde yerleştirilmelidir. Uygulamada küçük çaplı donatılar tercih edilmeli ve donatının beton tarafından sarılmasına özen gösterilmelidir. Donatının arka yüzeye veya kalıba olan mesafesi, donatı ve agrega çapına bağlı olmakla

beraber püskürtme harç ve ince çaplı donatı kullanıldığında en az 1-2 cm, püskürtme beton ve kalın çaplı donatı kullanıldığında ise 4-5 cm olması gerekir. Gerekirse donatıyı belirli bir mesafede tutmak için ayaklar kullanılabilir. Donatının dış tesirlerden korunması için pas payı kurallarına uyulur.

2.3.5. Karbon Lamalar

Karbon lamalarla onarım ve güçlendirme oldukça yeni bir uygulama olup, bunlar kirişin alt ve yan yüzlerine, kolonların düşey yüzlerine ve kolon-kiriş birleşim bölgesine epoksi reçinesi ile yapıştırılırlar. Paslanmaz çelikten oluşan bu şeritlerin kalınlığı l.0-l.5mm'dir.

Karbon lamalar oldukça yaygın bir kullanım alanına sahiptirler. Betonda, betonarme elemanlarda, öngermeli betonda, taş binalarda, çelik yapılarda, yığma ve ahşap yapılarda kullanılabilirler.

Karbon lamaların sağladığı avantajlar aşağıda sıralanmıştır;

- Yüksek mukavemete sahiptirler.
- Paslanmazlar.
- Hafiftirler. Bu nedenle taşıma maliyetleri düşüktür. Diğer güçlendirme elemanlarına göre fazla yer kaplamadığından, sınırlı alanlarda rahatlıkla kullanılabilirler.
- Yapışma süresince iskeleye ihtiyaç gerektirmezler.
- Uygulamalar estetik görünümü bozmadan rahatlıkla kapatılabilirler.
- Ekonomik sonuçlar verirler. (Güçlendirmenin tüm maliyeti göz önüne alındığında)

Karbon lamaların sağladığı sıralanan avantajların yanında bazı dezavantajları da vardır. Bunlar;

- Karbon liflerin kendi maliyetlerinin yüksek olması
- 50°C'nin üzerindeki çevre sıcaklıklarında sorun çıkarmaları.

Uygulama yapılmadan önce beton yüzey iyice zımparalanır ve pürüzsüz bir yüzey elde edilir. Yüzey iyice temizlendikten sonra yüksek viskoziteli epoksi reçinesi beton

ve çeliğin yapışma yüzeyine sürülür. Basınç uygulayarak yapışma sağlanır. Çelik lamalar tel ağ ve çimento harcı veya püskürtme beton ile kaplanır.

2.3.6. Cam ve Karbon Lifli Dokumalar

Son yıllarda kullanımı yaygınlaşan epoksi emdirilmiş lifli dokumalar, betonarme kolon, perde, kiriş ve düğüm noktaları gibi taşıyıcı elemanların eksenel normal kuvvet, eğilme momenti ve kesme kuvveti taşıma kapasitelerini arttırmak için çelik levha ile güçlendirme yerine kullanılmaktadır.

Betonarme elemanlarda çelik levha ile güçlendirmenin iki ana sorunu vardır. Bunlardan ilki zamanla çelik levhada oluşan paslanma, diğeri ise ağır çelik levha elemana yapışana kadar geçen süre içindeki desteklenme sorunudur. Sentetik dokumaların yüksek dayanımlı liflerin oluşturduğu ince bir bez olması ve epoksi emdirilerek elemana yapıştırılması nedeniyle betonarme elemanlara kolayca sarılabilmekte ve paslanma sorunu da olmamaktadır.

Lifler cam, karbon, grafit denilen malzemeden yapılır. Bu liflerin en önemli özellikleri kopuncaya kadar doğrusal elastik davranmalarıdır. Epoksi emdirilmiş lifli dokumaların yük deformasyon özellikleri yüklemenin liflerle olan açısına bağlıdır. Dokumaların liflere paralel çekme dayanımı çok yüksektir. Bu nedenle verimli kullanılabilmeleri için liflerin çekme kuvvetine paralel şekilde yerleştirilmesi gerekir.

Dokuma liflerin çevresindeki ortamı oluşturan reçine, yeterli rijitlikte olmalı, beton ile dokuma arasında kuvvet aktarabilmeli ve beton ile dokuma arasındaki aderansın gevrek bir biçimde sona ermesini engellemelidir. Cam ya da karbon lifleri bir arada tutan reçinelerin yüksek ısıdan etkilendikleri bilinmektedir. Aşağıda en çok kullanılan cam ve karbon lifler hakkında bilgi verilecektir.

- Cam Lifler: Kopma gerilmeleri 2100 kg/cm, elastisite modülü 700000 kg/cm'dir. Ancak uygulamada, liflerin giderek kopması nedeniyle, bu gerilmelere ulaşılması çok zordur.

- Karbon Lifler: Karbon liflerin cam liflere göre elastisite modülleri 10 kat fazladır. Ancak maliyetleri de cam liflere nazaran çok fazladır. Karbon lifleri tümü karbon atomlarından oluşur.

Lifli dokumalar arasında herhangi bir yapışma olmadığı için polimer ya da sentetik reçineden oluşan bir ortam içine alınmakta veya dokuma yüzeye sarıldıktan sonra bu

sentetik reçine ya da polimer kat kat fırça ile sürülmektedir. Bu yolla dokumanın lifleri epoksi ortamı yolu ile birbirine kuvvet aktarabilmektedir,[4].

2.4. Betonarme Elemanların Güçlendirilmesi

2.4.1. Betonarme Kirişlerin Güçlendirilmesi

Kirişlerin güçlendirilmesi esnasında iki önemli nokta göz önünde tutulmalıdır. Aksi halde güçlendirme fayda yerine zarar verecektir. Bunlar;

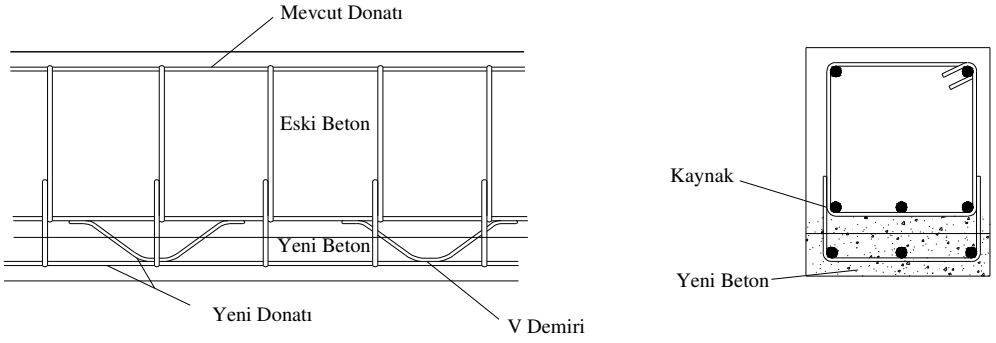
- Bu işlem esnasında komşu kolonları da göz önüne alarak kuvvetli kiriş zayıf kolon türünden bir birleşim bölgesinin meydana getirilmemesi,
- Kirişin oluşacak yeni donatı yüzdesinin, kirişte gevrek kırılmayı önlemek için, dengeli kırılma yüzdesini aşmamasıdır.

Güçlendirme türü hasarın seviyesine (çatlama, beton ezilmesi, donatı sıyrılması ve kopması) bağlı olarak değişir. Hafif çatlaklı kirişler, epoksi veya çimento şerbeti enjeksiyonu ile onarılabilir. Betonun ezilmesi veya donatının kopması gibi hasarın ağır olduğu durumlarda, kirişin geçici olarak askıya alınması uygun olur.

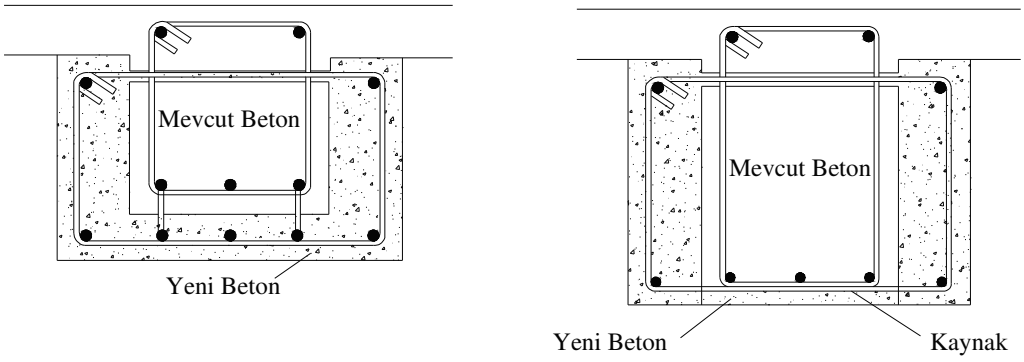
Kirişlerde çatlak onarımında epoksi enjeksiyonu da kullanılabilir. Bu işlemin başarılı olması için betonun yeterli dayanıma sahip olması gerekir. Düşük dayanımlı beton durumunda yerel bir onarım olan epoksi enjeksiyonu tavsiye edilmez.

2.4.1.1. Moment Taşıma Kapasitesini Arttıran Güçlendirme

Bir elemanın moment taşıma gücünün arttırılması, kesitin büyütülmesi veya çekme donatısının arttırılması ile mümkündür. Bunun için kesite yeni beton alanları eklenmeli ve ek donatılar konulmalıdır. Burada karşılaşılan sorunlar yeni çekme donatılarının betona ankrajı, eski ve yeni betonun kaynaşmasıdır. Yeni konulan çekme donatısının eski donatı ile bağlantısı V ya da Z bağlantısı denilen donatının eski ve yeni betona kaynaklanması ile yapılmaktadır. Kiriş kesitinin büyütülmesi gerektiği durumlarda mevcut betonla bütünleşmeyi sağlamak için mevcut betondaki beton örtü tabakası kaldırılmalı ve yüzeyin temizlenerek pürüzlendirilmesi gerekir (Şekil 2.4-2.5).



Şekil 2.4. Hasar Görmüş Bir Kirişin Kesit Büyütülmesi İle Güçlendirilmesi



Şekil 2.5. Hasar Görmüş Kirişlerin Kesit Büyütülmesi ile Güçlendirilmesi

Kirişlerin güçlendirilmesinde uygulanan bir yöntem de lif katkılı plastik kumaş uygulamalarıdır. Bu uygulamada amaç sehimin azaltılması, çatlakların genişlemesinin engellenmesi, yük taşıma gücünün ve kırılma yükünün arttırılmasıdır. Bu uygulamalarda epoksili dokuma lifler kirişin alt veya yan yüzlerine yapıştırılır. Yapılan deneylerde göçme, kesme kırılması ve dokuma katmanlarının betondan sıyrılması gibi gevrek kırılma şeklinde oluşmuştur. Lif katkılı polimerin uzun süreli yük altında sünme nedeni ile kırılma ve kopma tehlikesi vardır. Bu nedenle malzemeye gelen gerilmelerin sınırlandırılması gerekir. Karbon liflerdeki gerilme kopma gerilmesinin %80 ini, cam liflerde ise %30 unu aşmaması istenir.

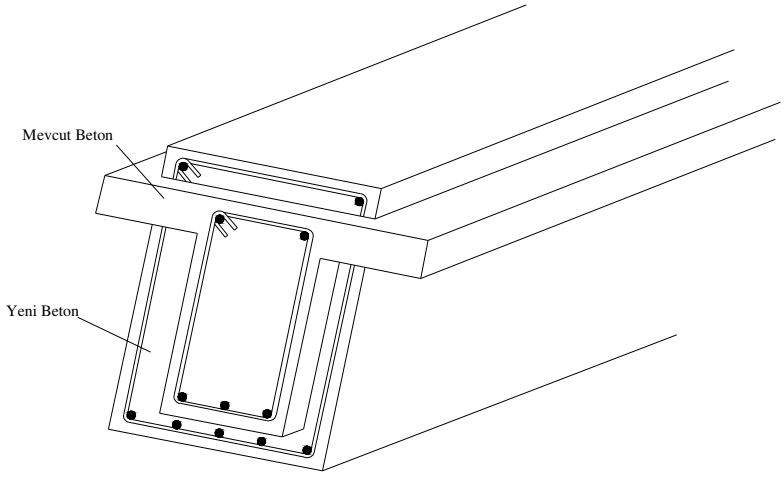
Çelik levha ile kirişin eğilme momentini dayanımını arttırmak için çelik levhalar kirişin alt yüzüne epoksi vb. yapıştırıcılar yardımı ile yapıştırılır. Yapıştırılan

levhanın enkesit alanı güçlendirme için gereken eğilmeden çekme ya da kesme donatısı alanına eşdeğer miktarda alınmaktadır. Çelik levhalar aynen betonarme donatı gibi gereksinme duyulmayan noktadan itibaren kiriş derinliği kadar uzatıldıktan sonra kesilmelidir. Bu yöntemde çelik levhaların korozyona karşı korunmaları gerekir.

2.4.1.2. Kesme Kuvveti Taşıma Kapasitesini Arttıran Güçlendirme

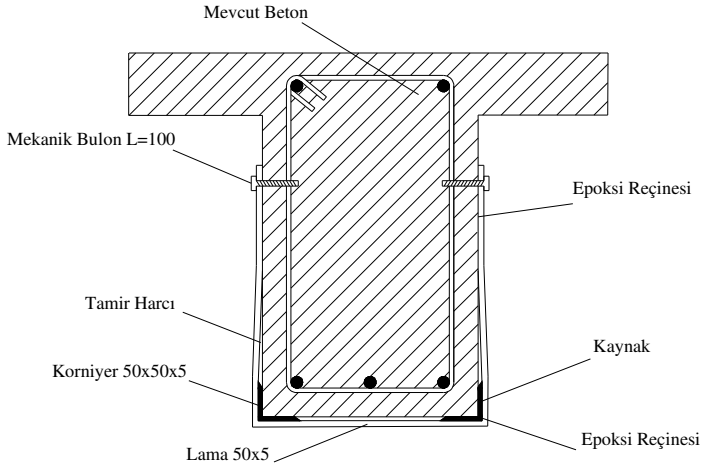
Kirişlerde kesme kuvvetini arttıran güçlendirme kesitin büyütülmesi ve ek enine donatılar yerleştirilmesi ile yani kirişte kısmi veya tam manto ile gerçekleştirilebilir. Kiriş mantolamanın en büyük avantajı, mantoya hem boyuna donatı hem de etriye yerleştirme olanağı olduğundan, kirişin eğilme dayanımı yanında kesme dayanımı da artırılabilmektedir.

Kirişlerde kesme çatlakları mesnete yakın ve eğik şekilde oluşur. Yerleştirilen ek etriyelerde, etriye uçları döşemelerin delinmesi suretiyle kiriş üst tarafında bulonlar vasıtasıyla sıkıştırılarak bağlantı sağlanır. Diğer bir yöntemde etriyeler kirişi saracak şekilde yerleştirilir ve kiriş üst tarafı da betonlanır. Bu yöntem, döşeme kalınlığı artacağı için mimari açıdan pek uygun değildir (Şekil 2.6).



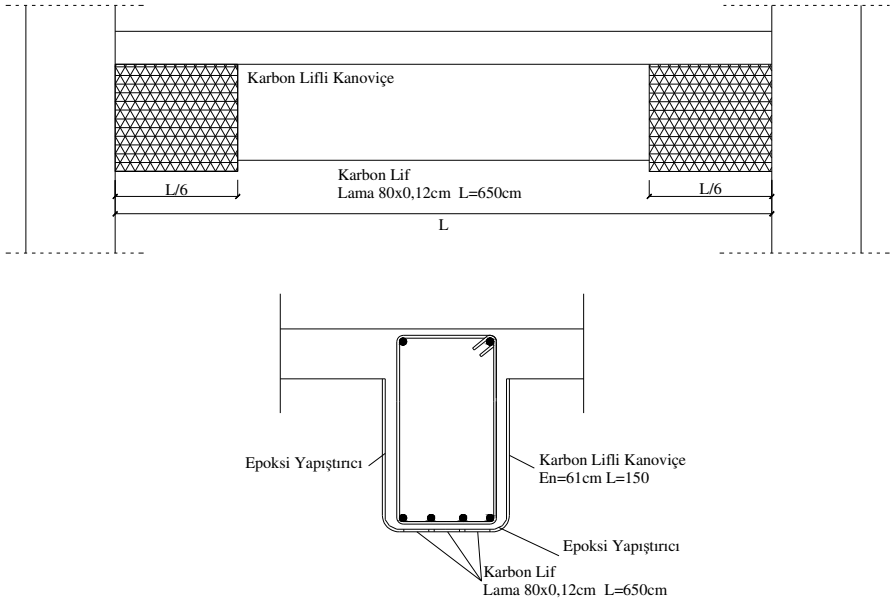
Şekil 2.6. Kirişlerin 4 Taraftan Kesidinin Büyütülmesi ile Güçlendirilmesi

Çelik levhaların kirişin yan yüzeylerine yapıştırılması suretiyle de kirişlerin kesme kuvveti kapasitesi arttırılabilir. Aynı kirişin alt ve yan yüzeyleri çelik levhalar ile güçlendirilmiş ise bu levhalar birbirlerine kaynakla bağlanmalıdır (Şekil 2.7).



Şekil 2.7. Kirişlerin Çelik Lama ile Güçlendirilmesi

Kirişlerin kesme dayanımını arttırmak için uygulanan diğer bir yöntem de lifli dokumalardır. Bu yöntemde kiriş alt ve yan yüzeyleri epoksili dokumalarla sarılır. Kirişin yalnızca yan yüzeyinin sarılması dokumanın yetersiz bir biçimde ankrajına neden olacağı için başarılı olamamaktadır. Kirişin yan ve alt yüzlerinin sarılması kiriş orta bölgelerinde etkili olmakta fakat mesnet bölgelerinde etkisiz kalmaktadır (Şekil 2.8).



Şekil 2.8. Kirişlerin Çelik Plaka ve Karbon Lifli Dokumalarla Güçlendirilmesi

2.4.2. Betonarme Kolonların Güçlendirilmesi

Betonarme kolonların güçlendirilmesinde amaç kolonların eksenel yük, moment ve kesme kuvveti taşıma güçlerinin arttırılmasıdır. Bu işlem genellikle beton kesitinin büyütülmesi yani mantolama (gömlek geçirme) ya da kolonun çelik bir kafes içine alınarak betona yandan destek verilerek taşıma gücünün artırılmasıdır.

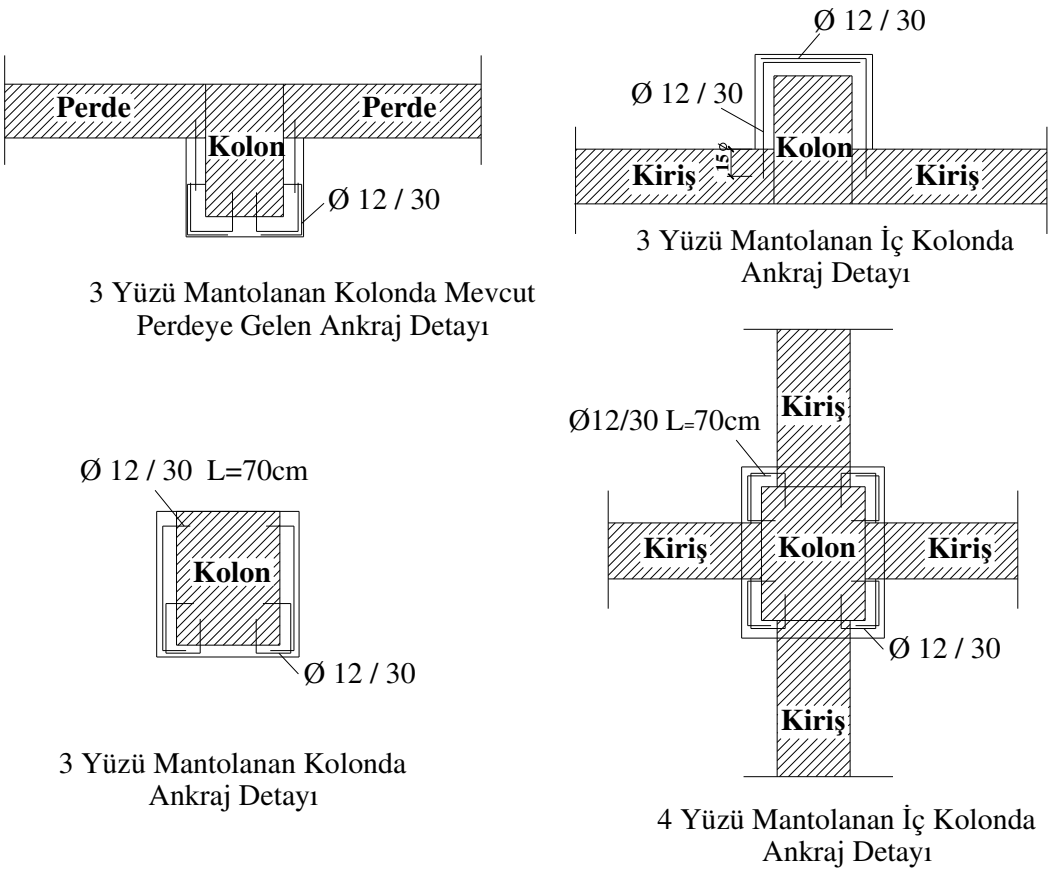
Kolonun eğilme dayanımı kesit alanının büyütülmesiyle ve yeni boyuna donatıların ilavesi ile sağlanır. Buna karşılık kesme dayanımı ve sünekliği ise, enine donatının sıklaştırılması ile gerçekleştirilir. Kolonlarda hasar durumuna göre çeşitli onarım ve güçlendirme yöntemleri söz konusu olabilir. Kirişlerde olduğu gibi 0.1-5mm genişliğindeki çatlaklar epoksi reçinesi ile onarılabilir. Daha büyük çatlaklarda çimento şerbeti enjeksiyonu uygun olur. Eğer kolonda yerel bir ezilme varsa, mevcut kolon askıya alınarak, bu bölge temizlenerek pürüzlendirilir ve duruma göre yeni enine ve boyuna donatılar ilave edilir,[3].

2.4.2.1. Betonarme Manto

Betonarme kolonların güçlendirilmesinde yaygın olarak kullanılan bir yöntem kolonların mantolanmasıdır. Mantolamada mevcut kolona yeni beton alanı ve yeni enine ve boyuna donatılar eklenir. Manto kalınlığının, betonlama sırasında boşluk kalmaması için 10cm'den az olmaması önerilir. Kolonların mantolanmasında en önemli husus eski ve yeni betonun kaynaşması, eski ve yeni beton arasında yük aktarımının sağlanabilmesidir. Bu amaçla mevcut kolondaki sıva tabakası kaldırıldıktan sonra yüzey pürüzlendirilmelidir. Kolonların dört taraftan mantolanması durumunda yeni beton zamanla rötre nedeniyle büzüleceğinden mevcut betonla tam bir kaynaşma yapacaktır. Bu nedenle büyük etkiler söz konusu olmadığı durumlarda ankraj gerekli değildir. Bir, iki ve üç taraftan mantolamalarda ise mevcut betonla kaynaşmayı sağlamak için ankraj gereklidir.

Ankrajlarda yaygın olarak kullanılan bir yöntemde, donatı çapından yaklaşık 5mm geniş açılacak delikler (donatı çapının 15 katından fazla) basınçlı hava ile temizlendikten sonra demir çubukların L şeklinde kırılarak epoksi reçinesi ile mevcut kolona çakılması şeklinde uygulanır. Bu yöntem hem basit hem de kısa zamanda uygulanabilir olduğundan tercih edilmektedir. Ankrajlar daha sonra çekme deneyine tabi tutularak ankrajın çekme dayanımı test edilir. Genellikle epoksiden kaynaklanan

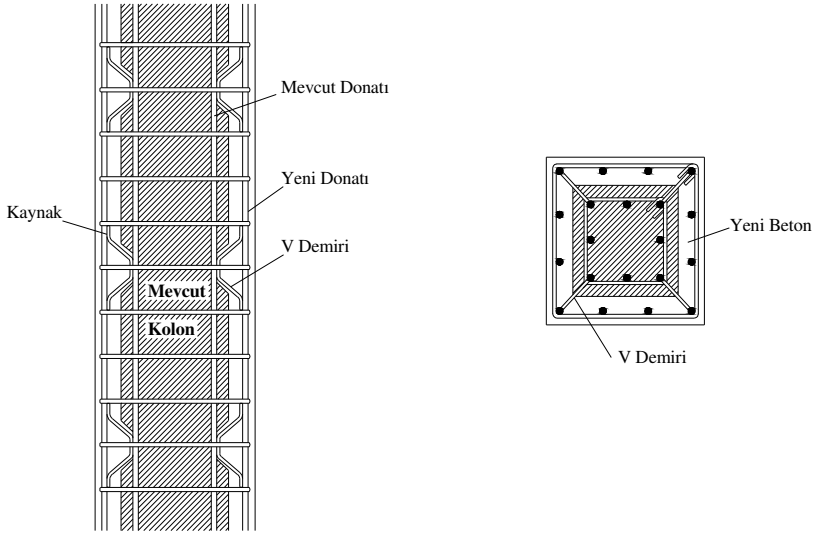
sıyrılmadan çok, eski betonun dayanımının düşük olmasından dolayı mevcut betonla beraber kopma gerçekleşir (Şekil 2.9).



Şekil 2.9. Mantolanan Kolonlarda Ankraj Detayları

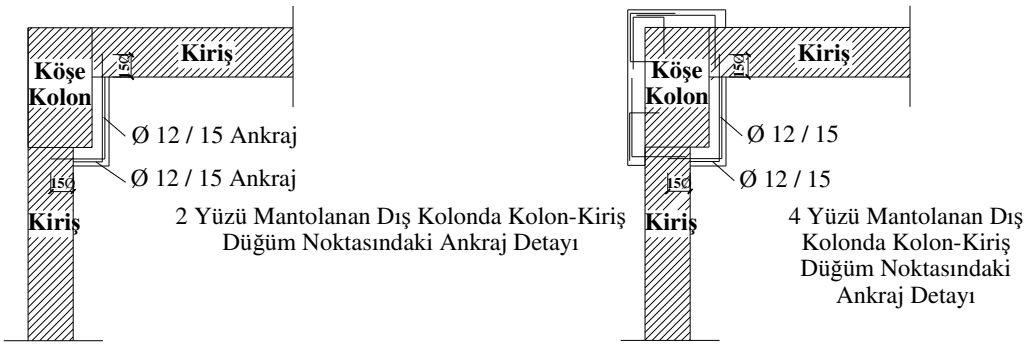
Eski ve yeni betonun kaynaştırılmasında diğer bir yöntemde, mevcut kolon donatıları açığa çıkarılarak temizlenir ve V veya Z şeklindeki demir çubuklar eski ve yeni donatılara kaynak edilerek bütünlük sağlanır (Şekil 2.10).

Kolonun normal kuvvet ve kesme kuvveti kapasitelerinin artırılmasında donatıların döşemeyi delerek kolon-kiriş birleşim bölgesini geçmesine ihtiyaç olmayabilir.

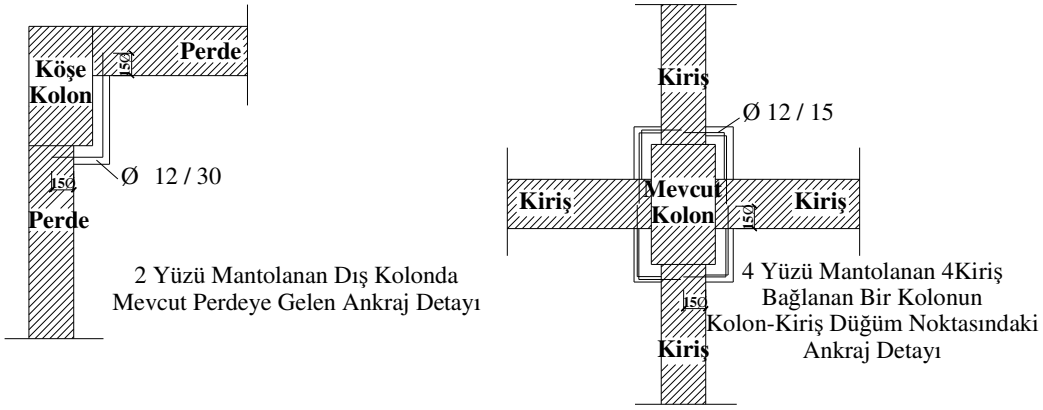


Şekil 2.10. Eski ve Yeni Betonun V Demiri ile Kaynaştırılması

Ancak bu durumda kolonun moment taşıma kapasitesi artırılmadığı gibi kolon-kiriş birleşim bölgeleri de güçlendirilmiş olmaz. Yatay yüklerin perdelerle taşınması öngörülen sistemlerde bu tür mantolama kabul edilebilir. Aksi halde kolon boyuna donatıları döşemede açılacak delikler vasıtası ile katlar arasında devam ettirilmelidir. Kolon-kiriş birleşim bölgelerinde devam ettirilen mantolarda, geçiş bölgesinde eski ve yeni betonun kaynaşması için kirişlere mutlak suretle ankraj yapılmalıdır (Şekil 2.11a-b).



Şekil 2.11a. Mantolanan Kolonlarda Kolon-Kiriş Birleşim Bölgesindeki Ankraj Detayları



Şekil 2.11b. Mantolanan Kolonlarda Kolon-Kiriş Birleşim Bölgesindeki Ankraj Detayları

Mantolamada dikkat edilecek hususlar aşağıda sıralanmıştır:

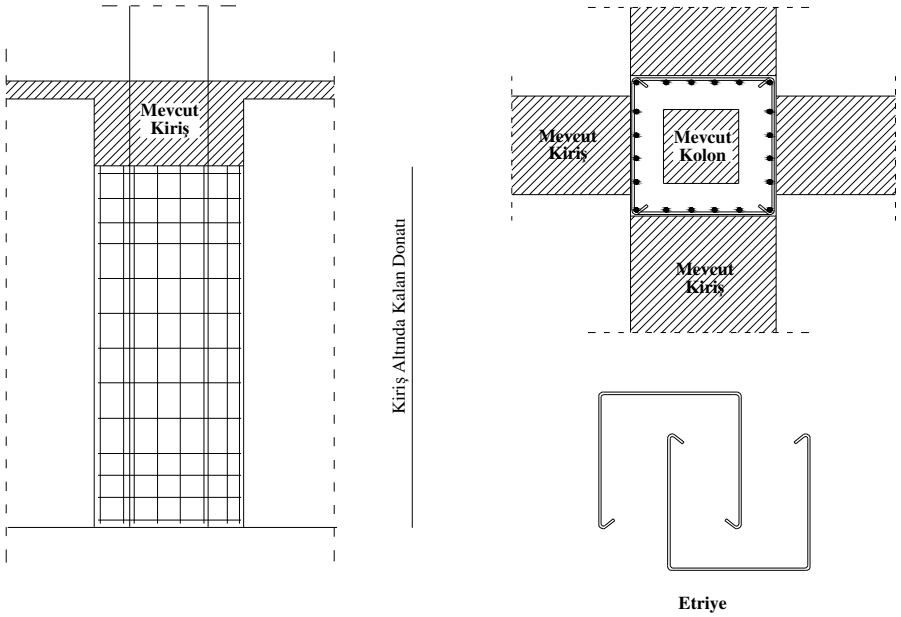
- Mantolamada kolon boyuna donatı yüzdesi % l'den az olamayacağı gibi % l'in de çok üzerine çıkılmamalıdır. Çünkü donatı yüzdesi %1 olan kolonların sünek davranan ve en ekonomik donatı yüzdeli kolonlar olduğu deneysel olarak saptanmıştır.

-Kolonların mantolanması esnasında kullanılacak betonun agrega boyutları hem eklenen kesitin et kalınlığına hem de donatılar arasındaki mesafeye bağlıdır. En büyük agrega çapının, betonun en iyi yerleşecek şekilde seçilmesine dikkat edilmelidir. Ayrıca betonda akışkanlaştırıcı kullanılması betonun iyi bir şekilde yerleşmesini dolayısı ile eski ve yeni beton arasındaki aderansı sağlayacağından uygun olur.

-Yapılan deneyler hasarlı kolonlarda askıya alınmadan yapılacak mantolamada etkinliğin ancak % 50 seviyesinde olduğunu göstermiştir. Bu nedenle özellikle hasarlı kolonlarda güçlendirmenin kesinlikle kolonun askıya alındıktan sonra yapılması gerekmektedir.

-Betonarme çerçevede taşıyıcı olmayan duvarların yerine yeni perde duvar eklenerek yapılacak güçlendirmede önemli bir sorun perde uç elemanı gibi davranacak olan kolonların düşük dayanımlı olmasıdır. Bu nedenle bu tür güçlendirmede kolonlarda mantolanmalı perde ve kolon manto betonu birlikte dökülmelidir.

-Eğer mantolama yapılmadan önce krikolarla kolonun eksenel yükü kaldırılmamış ise, mantolu kolonun eksenel kapasitesi hesaplanırken içerideki mevcut kolonun beton ve donatı alanı dikkate alınmamalıdır.

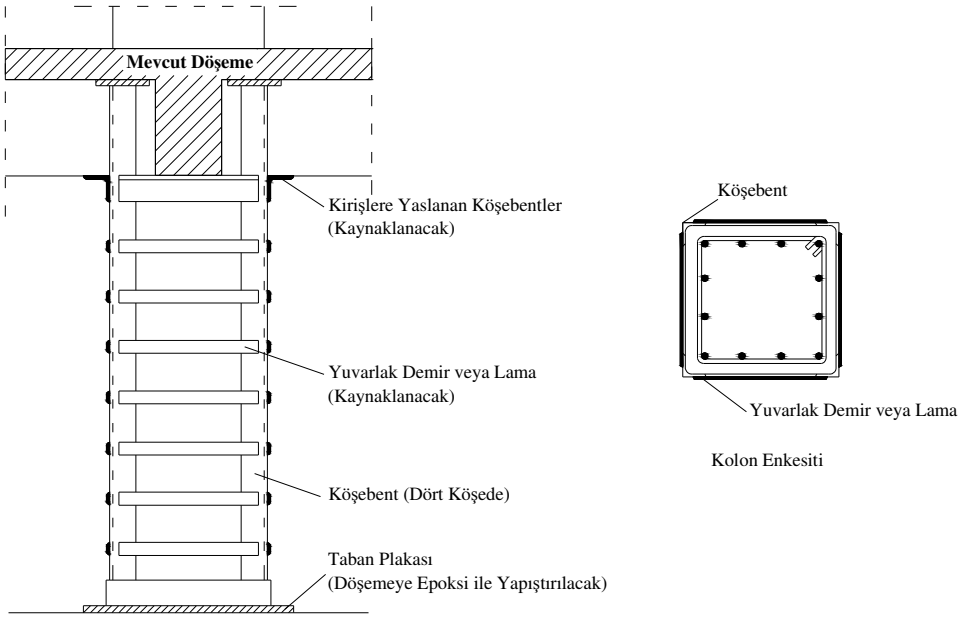


Şekil 2.12. Kiriş Altında Kalan Manto

2.4.2.2. Çelik Manto

Betonarme kolonların güçlendirilmesi kolonu profil demirlerle bir kafese alma yöntemi ile de yapılabilir. Bu yöntem ile kolonun moment ve eksenel yük taşıma kapasitesinde önemli bir artış olmamakta ve katlar arasında moment aktarımı sağlanamamaktadır. Ancak çabuk yapılabilen ve hasarlı kolonun artçı depremlerde daha çok hasar görmesini engelleyen ve kolonun dağılmasını önleyen ve kolona yanal destek vererek dayanımını artıran bir onarım-askıya alma yöntemi olarak uygulanabilir.

Çelik manto, mevcut kolonun köşelerine yerleştirilen çelik korniyer ve bunları kaynakla birleştiren yatay lamalardan oluşur. Korniyerler eksenel yük taşıma kapasitesine katkıda bulunurken, yatay lamalar, etriye vazifesi görerek, dıştan sargı etkisi oluşturur (Şekil 2.13).



Şekil 2.13. Çelik Manto İle Güçlendirilmiş Kolon

Korniyerler her iki uçtan çelik lamalara yaslanmalı ve iyice sıkıştırılmalıdır. Sıkıştırma korniyerler yerleştirilmeden önce üstteki kirişin kriko ile kaldırılmasıyla sağlanır. Bu yöntemle kolona gelen eksenel yük kaldırılacağından, mantonun daha etkili bir biçimde çalışması sağlanmış olur. Kriko ile kaldırma yapılamıyor ise, alttaki plakanın altına çakılacak kamalarla sıkıştırma yapılabilir.

Yatay lamalar kaynaklanmadan önce, işkence türü bir düzenle korniyerlerin kolona iyice yapışması sağlanmalıdır.

2.4.2.3. Cam Karbon Lifli Dokumalar

Lifli dokumalar kolonların eksenel normal kuvvet, eğilme momenti ve kesme kuvveti taşıma kapasitelerini arttırmak için kullanılmaktadır. Bu suretle kolonun rijitliğinde önemli bir değişiklik olmadığı için, taşıyıcı sistemde bir iç kuvvet değişimi ortaya çıkmaz. Ayrıca sisteme ilave bir yük gelmemesi nedeniyle yapıya etkiyen deprem kuvvetlerinde de bir artış olmaz.

Lifli dokumaların çelik levhalar ile güçlendirmeye karşı iki avantajı vardır. Bunlardan birincisi zamanla çelik levhada oluşan paslanma, diğeri ise ağır çelik levha elemana yapışana kadar geçen süre içindeki desteklenme sorunudur. Sentetik dokumaların yüksek dayanımlı liflerin oluşturduğu ince bir bez olması ve epoksi

emdirilerek elemana yapıştırılması nedeniyle betonarme elemanlara kolayca sarılabilmekte ve paslanma sorunu olmamaktadır.

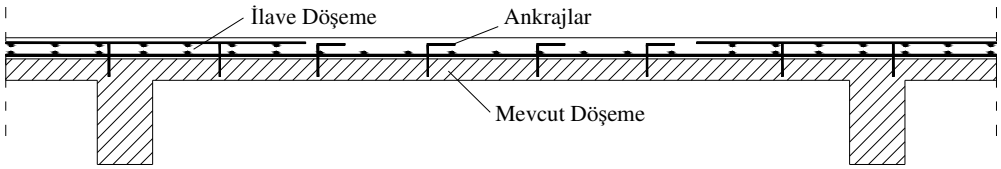
Karbon lamalarla karbon lifli dokumaların beraber kullanılması mümkündür. Karbon lamalar kolon veya kirişe epoksi ile yapıştırıldıktan sonra üzerine karbon lifli dokumalar sarılır ve tüm yüzeye daha önce uygulanan epoksiyi emene kadar üzerine basınç uygulanır.

2.4.3. Betonarme Döşemelerin Güçlendirilmesi

Döşemeler esas itibariyle düşey yükleri taşımak için projelendirilirler. Fakat yatay yükler altında kat hizasında diyafram etkisi göstermeleri ve yatay yükleri taşıyıcı sistemin bütün yatay yük taşıyıcı elemanlarına iletecek dayanım ve rijitlikte olmaları gerekir. Döşemelerde hasar genellikle döşemenin doğrudan perdeye mesnetlendiği yerlerde, yatay kuvvetlerin yoğunlaştığı yerlerde, döşeme boşlukları etrafında ve merdiven sahanlıklarında oluşur. Hasarın onarılması yanında yeterli olmayan döşeme kalınlığının artırılması veya eklenen yeni perdelerle olan yük aktarımının sağlanması gerekir.

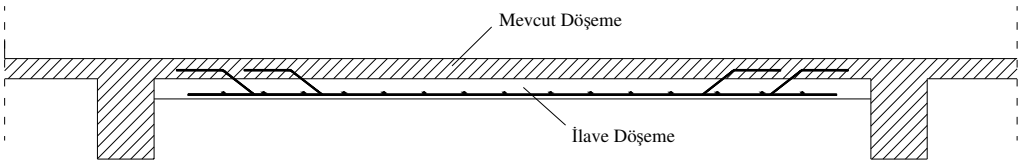
Yerel onarımlar çatlaklara epoksi enjeksiyonu, tamir harçları, çimento şerbeti, püskürtme beton ile yapılır. Döşemelerde, parçalanmış beton, kırılmış veya burkulmuş donatı hallerinde hasarlı kısmın çıkarılıp yerine yenisinin konması gerekir. Bozulmuş kısım çıkarıldıktan sonra yeni donatı yerleştirilir ve mevcut donatı ile kaynaklanır ve beton dökülür.

Mukavemet ve rijitliğin yeterli olmadığı hallerde döşeme kalınlığı üstten veya alttan artırılabilir. Döşeme kalınlığının üstten artırılması halinde kiriş mesnetlerinde ilave mesnet donatısı eklenmesi imkânı doğar (Şekil 2.14).



Şekil 2.14. Döşeme Kalınlığının Üstten Arttırılması

Döşeme kalınlığının alttan artırılması durumunda püskürtme beton kullanılması gerekir. Bu durumda, diyafram etkisi bakımından gerekli olan daha büyük bir döşeme rijitliği elde edilir (Şekil 2.15).



Şekil 2.15. Döşeme Kalınlığının Alttan Arttırılması

Kirişlerinde döşemeyle beraber güçlendirilmesi halinde süreklilik elde edilir ve sistemin davranışı iyileşir.

Döşemelerde uygulanan diğer bir güçlendirme yöntemi ise çelik levhalarla güçlendirmedir. Çelik levhalar yalnızca döşemenin eğilme momenti dayanımını artırmak için döşemenin alt yüzüne epoksi vb. yapıştırıcılar yardımı ile uygulanır.

Mevcut döşeme ile ilave edilen kısım arasındaki aderansın ve yük aktarımının sağlanması çok önemlidir. Aderans, çelik çubukların mevcut döşemeye epoksi ile ekilmesi, profil parçalarının çelik dubellerle mevcut döşemeye sabitlenmesi, mevcut döşemenin pürüzlendirilmesi veya mevcut açılan boşluklar yardımı ile sağlanır.

Döşemeyi güçlendirmenin yanında döşemenin kırılarak yeniden inşa edilmesi diğer onarım ve güçlendirme yöntemleri yanında pratik olmamasına rağmen daha ekonomiktir. Ayrıca kat yüksekliğinde bir azalma meydana gelmediğinden kullanmada bir değişiklik gerektirmediği için daha uygun bir yöntemdir. Mevcut döşeme kiriş mesnetleri ile beraber kırıldıktan sonra mevcut donatılardan da istifade edilerek ek donatılar ilave edilir ve istenilen kalınlıkta döşeme beton dökülür,[3].

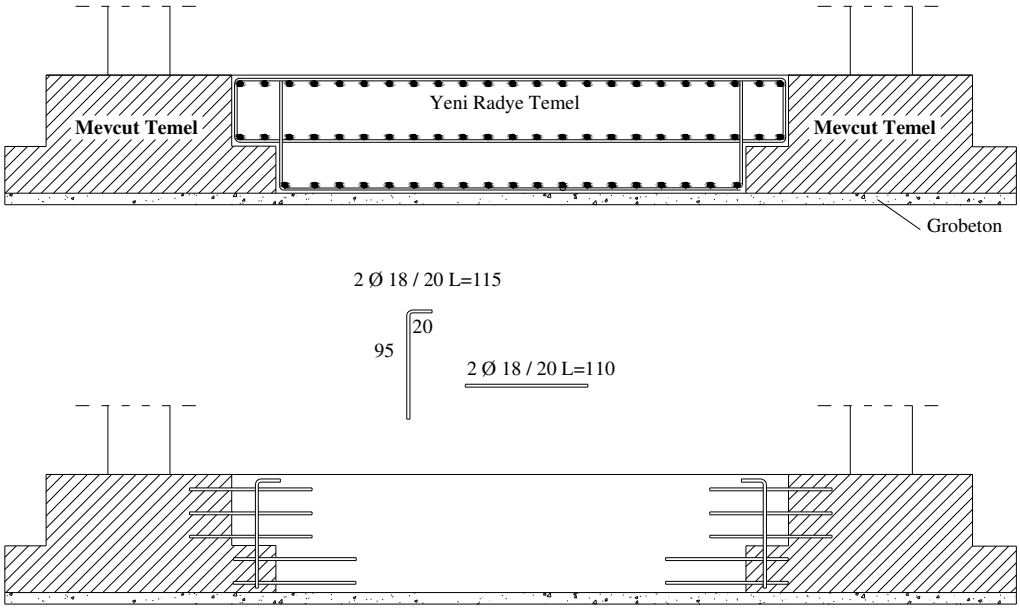
2.4.4. Betonarme Temellerin Güçlendirilmesi

Zor ve maliyeti yüksek olan temellerin güçlendirilmesi gerekliliği aşağıdaki hallerde ortaya çıkmaktadır.

- Temel boyutlarının sistemden gelen yükleri taşımada yetersiz olması,
- Temellerde meydana gelen farklı oturmalar,
- Kat ilavesiyle veya yapının kullanım amacının değişmesinden dolayı hareketli yüklerin artması,
- Sisteme eklenen yeni elemanlar (perde gibi) için temel boyutlarının büyütülmesi gerektiğinde yapının temelleri büyütülebilir veya güçlendirilebilir.

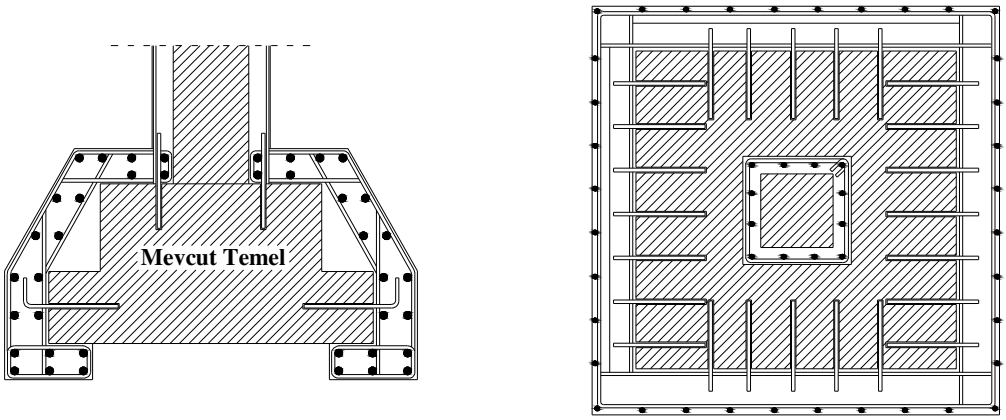
Temellerin güçlendirilmesinde eski ve yeni temellerin beraber çalışması, yani eski elemandan yeni elemana yük aktarımının sağlanması gerekir. Bütünlüğün sağlanmasında demir çubuklarının epoksi ile mevcut betona çakılması şeklindeki ankraj sistemi uygulanabilir.

Şekil 2.16'da perdeyle güçlendirilmiş bir yapıya eklenen radye temel gösterilmektedir. Eklenen perdeye gelen eğilme momentinin temelde yaratacağı dönmeye karşı kolonlardan gelen düşey yük karşı koyacaktır.



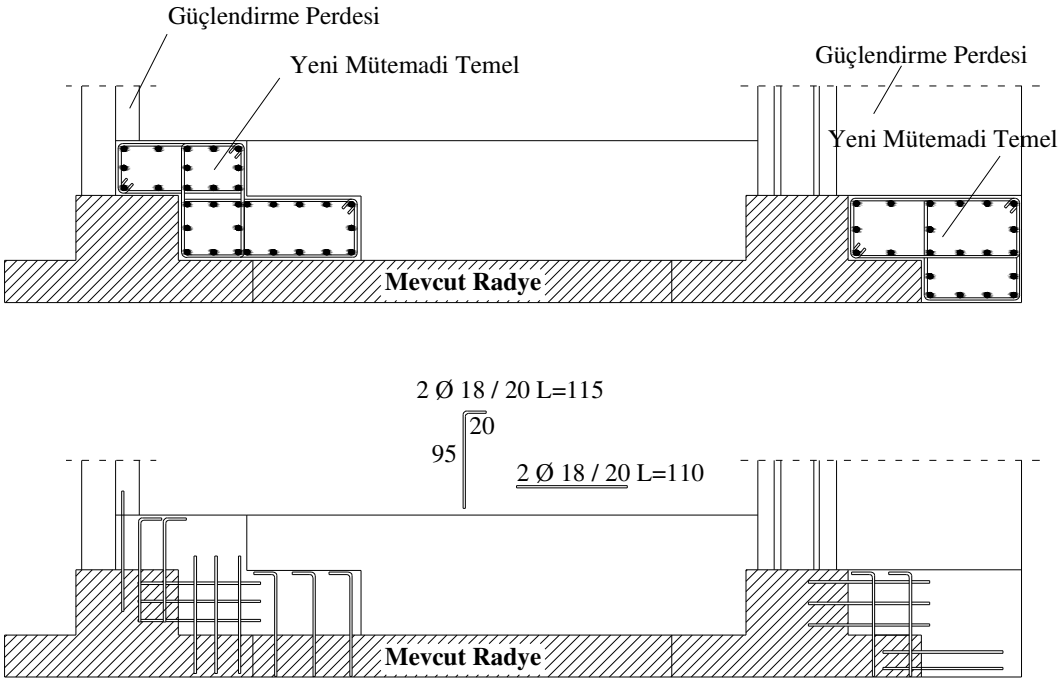
Şekil 2.16. Mevcut Temellere Radye Temel İlavesi ve Ankraj Detayları

Şekil 2.17'de de mantolanmış bir kolonun tekil temel takviyesi görülmektedir. Mantolanarak genişletilen kolonun yeni donatıları mevcut temele ankrajla bağlanabilir ya da tekil temel biraz daha genişletilerek yeni eklenen donatılar yeni beton içinde kıvrılarak ankrajlanabilir.



Şekil 2.17. Tekil Temelin Güçlendirilmesi

Şekil 2.18'de sisteme ilave edilen perdeler dolayısıyla yetersiz kalan bir sürekli (mütemadi) temelin güçlendirilmesi ve mevcut temele yapılan ankraj detayları gösterilmektedir,[3].



Şekil 2.18. Sürekli Temelin Güçlendirilmesi ve Ankraj Detayları

2.5. Taşıyıcı Sistemin İyileştirilmesi

Yapının yanal rijitliği yetersizse, kolon ve kirişlerin uç bölgeleri sık etriye ile sarılmamışsa eleman bazında onarım ve güçlendirme pratik ve ekonomik olmaz. Bu gibi durumlarda çok sayıda kolon ve kirişte onarım ve güçlendirme uygulaması yapılması yerine, tüm deprem yüklerini alabilecek yeni elemanlar oluşturularak taşıyıcı sistemin iyileştirilmesi yoluna gidilir.

Yapıya yatay yükleri alacak yeni elemanlar eklenmesiyle mevcut kolonların alacağı kesme kuvvetleri ve eğilme momentleri önemli miktarda azalacaktır. Deprem kuvvetleri yeni elemanlarla karşılandığından çerçevelerin sadece düşey yük taşıdığı varsayılmaktadır. Bu nedenle genelde çerçevelerde güçlendirme gerekmemektedir. Ancak depremde hasar görmüş elemanlar varsa bunlar onarılmalıdır.

Sistem iyileştirmede temel ilke, bazı çerçevelerin kuvvetlendirilip, rijitleştirilmesidir. Bu işlem, belirli çerçevelere konacak çelik diyagonallerle veya dolgu duvarla sağlanır. Dolgu duvar prefabrike betonarme panolardan, yerinde dökme betonarme perdeden veya yığma duvardan oluşabilir. Bu işlem sonunda yapının rijitliği artacağı için sistemin maruz kalacağı deprem yükleri de artar ve etkiler sistemde değişik bir dağılımla ortaya çıkar. Yeni elemanların sistem içerisinde düzgün dağıtılmasıyla etkilerin belirli bölgelerde yığılması ve istenmeyen düzensizliklerin oluşması engellenir.

Perde yerlerinin seçiminde, yatay yükler altında burulma düzensizliği meydana getirmemesine, kütle ve rijitlik merkezlerinin birbirlerine yakın denk gelecek şekilde yerleştirilmesine dikkat edilmelidir. İlave edilen perdelerin iki kolon arasında bulunması uygun olacaktır. Hiçbir kolona bağlanmayan döşemeyi delip geçen perdeler, döşemede çok büyük gerime yığılmalarında neden olacağı için tercih edilmemelidirler.

Dolgulu çerçeve ile onarım/güçlendirme ülkemizde deprem sonrası en yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Genelde hasar gören yapılarda hemen hemen tüm kolon ve kirişlerin yetersiz olması ve yönetmelik koşullarını sağlamaması, binaların yanal rijitliğinin düşük olması bu yöntemi çekici kılmaktadır,[3].

2.5.1. Yığma Duvarlarla Güçlendirme

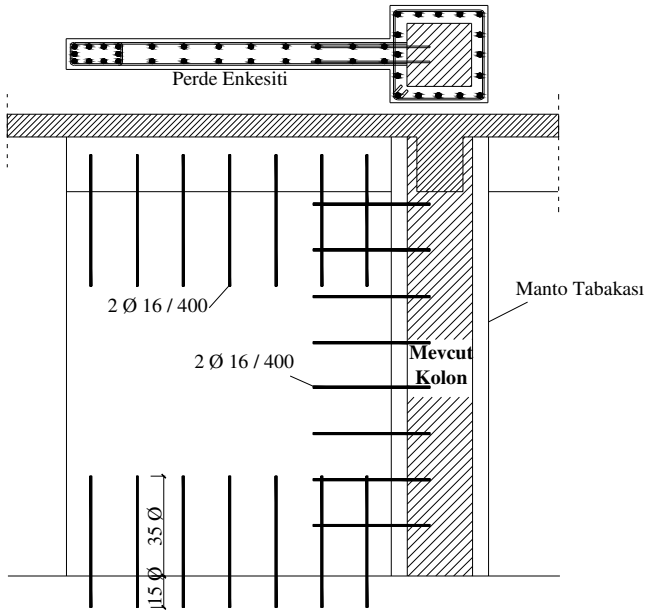
Bu yöntemde çerçeve boşluğuna örülen tuğla, beton briket vb. malzemeden yapılmış duvarlar donatılı ve donatısız uygulanabilir. Bu yöntemin uygulanabilmesi çerçevenin doldurulmasından sonra elde edilecek perdede yatay etkiler altında oluşacak devirme momentlerinden dolayı mevcut kolonlarda meydana gelecek kuvvetlere karşı bu kolonların yeterli mukavemette olması gerekir. Donatısız yığma duvarlarla çok sınırlı bir taşıma gücü artışı sağlanırken, düktilite artışı sağlanamaz. Bu nedenle donatılı yığma duvar yöntemine hazırlık safhası olarak nitelenir.

Donatılı yığma duvarla güçlendirmede, duvarın her iki yüzünde yatay ve düşeyde donatılar eklenir. Duvarın mevcut sistemle bütünlüğü mevcut elemanlara epoksi yardımıyla ankre edilecek çelik çubuklarla sağlanır. Donatılar yardımı ile hem moment taşıma gücü hem de kesme kuvveti taşıma gücü artacaktır. Bu yöntem çerçevede mevcut tuğla duvar üzerine çelik hasır yerleştirilerek püskürtme beton ile uygulanabilir. Çelik hasırların birbirlerine çirozlarla bağlanması gerekir. Donatılı duvarın perde olarak davranması için donatıların yapı yüksekliği boyunca sürekliliği sağlanmalıdır.

2.5.2. Yerinde Dökme Perde Duvarlarla Güçlendirme

Betonun basınç ve kesmeye karşı dayanımı tuğla ve beton briket duvara göre çok yüksek olduğundan en çok önerilen yöntemdir. Yerinde dökülen betonarme perde duvarın yatay donatıları kolona epoksi yardımıyla ankre edilen filizlere bağlanırken düşey donatıları da kirişlerde açılan deliklerden veya kiriş yanından devam ettirilerek katlar arasında süreklilik sağlanır. Perdelerin herhangi bir katta kesilmesi ani rijitlik değişimine ve gerilme birikimine neden olacağından perde duvarlar, temelden en üst kata kadar devam ettirilmelidir. Perde duvar uçlarındaki kolonlarda, çerçeveye perde duvar ilavesinden sonra büyük basınç ve çekme kuvvetleri oluşacağından bu kolonların mantolanarak güçlendirilmesi gerekmektedir (Şekil 2.19). Bu durum, perdenin mevcut sistemle bütünlüğünü ve yük aktarımını sağlayacağından ve perde temelinin düzenlenmesinde kolonun basınç kuvvetinin olumlu katkısının da hesaba katılmış olacağından uygun olur. Bu halde perde başlık bölgesini oluşturan mantolanmış kolonlardaki donatılar döşemeyi delip geçerek başlık donatılarının sürekliliği de sağlanmış olur.

Yerinde dökme perde duvarlarla güçlendirmede en önemli sorun betonun yerleştirilmesidir. Özellikle kiriş altının doldurulması güçtür. Perdenin alt kısmından betonun basınçla doldurulması veya döşemede açılan delikler yardımıyla kiriş yanından betonun dökülmesi, özellikle kiriş altındaki bölgede genleşen çimentolu harç kullanılması uygun olacaktır.



Şekil 2.19. Bir Taraftan Mantolanan Kolonda Oluşturulmuş Başlık Bölgesi

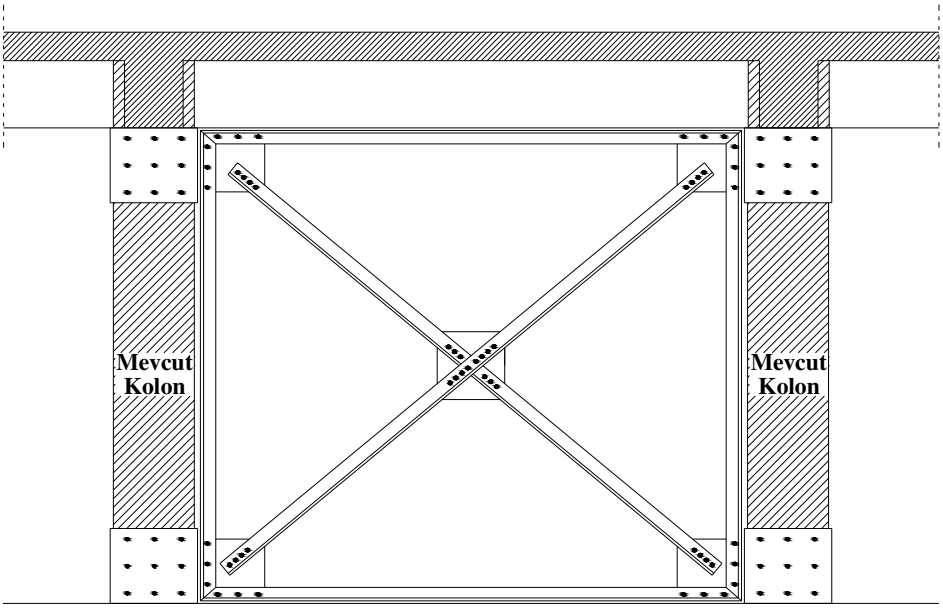
2.5.3. Prefabrike Panolarla Güçlendirme

Yapıda onarılması gereken çok sayıda aynı boyutta çerçeve açıklığı varsa, okul, hastane ve büro tipi yapılar, hazır elemanlarla çerçevelerin doldurulması uygun olacaktır. Prefabrike panolarla güçlendirme, yerinde dökme betonarme perdelerle güçlendirmeye göre daha az yatay yük taşıma gücü sağlar. Ancak hazır panolarla yapılan güçlendirmenin daha sünek olduğu bilinmektedir.

Hazır panoların kolon ve kirişe bağlantısı, mevcut elemanlarda açılacak yuvalarda kiriş ve kolon donatısına hazır elemandan gelen donatıları kaynaklamak biçiminde olabilir. Açılan yuvalar epoksi harcı veya yüksek dayanımlı ve genleşen çimento ile doldurulmalıdır.

2.5.4. Çelik Diyagonal Elemanlarla Güçlendirme

Betonarme perde duvarlarla güçlendirmede yapının ağırlığı, dolayısı ile yapıya gelen deprem yüklerini artıracaktır. Bu durumdan kaçınmak ya da yapı ağırlığını artırmadan yanal rijitliği artırmak, ya da daha önemlisi sünekliği artırmak için çerçeve boşluklarına çelik çerçeveler veya çelik diyagonal elemanlar yerleştirilerek güçlendirme yapılır. Bu tür güçlendirme diğer yöntemlere göre daha kısa bir sürede gerçekleşir. Çelik diyagonal elemanlarla güçlendirmenin diğer bir üstünlüğü, diyagonallerin kapı ve pencere boşluklarını kapatmadan yerleştirilebilmesidir.



Şekil 2.20. Çelik Diyagonallerle Çerçevenin Güçlendirilmesi

Eksenel yerleştirilecek çelik diyagonallerin yanında dışmerkez yerleştirilecek çelik elemanlarda kullanılabilir. Ancak bu durumda dışmerkezlik nedeniyle kuvvetlerin alınması yeni güçlükler doğurabilir.

Çelik çerçeve ile güçlendirmede önemli bir sorun çelik ve betonarme çerçeve arasında kuvvet aktarımıdır. Kolona ve kirişe bitişik çelik elemanlarla kuvvetin olabildiğince düzgün iletilmesi sağlanır. Ancak diyagonal elemanlar nedeniyle köşelerde büyük çekme ve basınç kuvvetlerinin betonarme ve çelik taşıyıcı sistem arasında iletilmesi gerekir. Özellikle beton kalitesinin düşük olması durumunda büyük köşe levhalarına ihtiyaç duyulur.

2.5.5. Dolgulu Çerçeveler için İlkeler ve Öneriler

- Her bir doğrultuda oluşturulacak dolgulu çerçevelerin en kesit alanlarının toplamı (o doğrultuda yalnız kuvvetli perdeler), bina katlarının toplam alanına oranı 0,0025'ten az olmamalıdır. Ayrıca hiçbir zaman o doğrultuda perde kesit alanlarının toplamı, binanın tabandaki kesit alanının 0,01'inden az olmamalıdır.

$\sum A_w > 0{,}0025 \sum A_{pi}$

$> 0{,}01\ A_{pt}$

Taşıyıcı yapı zayıflıklar içeriyorsa (yumuşak veya zayıf kat, kısa kolon gibi)

$\sum A_w > 0{,}003 \sum A_{pi}$

alınmalıdır. Burada;

$\sum A_w$: Alınan doğrultudaki kuvvetli yönde olan perde duvarların en kesit alanı toplamı

$\sum A_{pi}$: Tüm katların plan alanlarının toplamı

A_{pt} : Binanın tabanındaki plan alanı toplamı

- Dolgulu çerçeveler (perde duvar) olabildiğince her iki doğrultuda simetriyi bozmayacak ve burulma düzensizliği oluşturmayacak biçimde yerleştirilmelidir.

- Oluşturulacak perdelerde yatay ve düşeyde iki sıra donatı bulunmalı ve donatı oranı deprem yönetmeliğinde sünek perdeler için öngörülenden az olmamalıdır.

- Oluşturulacak perdeler, mevcut çerçeve elemanlarına açılacak deliklere epoksi ile ankre edilen filizlerle bağlanmalıdır. Filizlerin çerçeve elemanlarına gömülme boyu en az 10Φ, tercihen 15Φ olmalıdır. Delik çapı filiz çapından 5mm büyük açılmalıdır. Filizler nervürlü donatıdan oluşmalıdır. Filizler perde içinde en az 35Φ kadar uzatılmalıdır. Kolon ve kirişe yerleştirilen filizlerin en kesit alanı, o yöndeki perde donatısı toplam kesit alanından az olmamalıdır. Bu amaçla genelde Φ16/400 filiz yerleştirilmektedir.

- Perde mutlaka bir temele bağlanmalıdır. Perdenin altında sürekli bir temel varsa bunlara açılan deliklere epoksi ile kenetlenen filizlerle bu perde mevcut temele bağlanmalıdır. Temele açılacak delik derinliği en az 20 Φ olmalıdır. Perdenin altında temel yoksa mutlaka temel yapılmalı ve bu temel ankrajlarla mevcut temel sistemine bağlanmalıdır. Perdeyi temele bağlayan ankrajların en kesit alanı, perdenin düşey

donatı alanı toplamının en az iki katı olmalıdır. Temel filizleri perde içinde 35Φ kadar uzatılmalıdır. Genelde Φ20/200 filiz yerleştirilmektedir.

- Perdeye (dolgulu çerçeveye) gelen zorlamalar nedeniyle, kesme gerilmesi hiçbir zaman l,5mPa (15kgf/cm^2)'ı geçmemelidir.

Sıralanan koşullara uygun çerçeve oluşturulursa, hasarlı kolonların salt düşey yük taşıma kapasiteleri kontrol edilecek, gerekirse bu kolonlar güçlendirilecektir,[3].

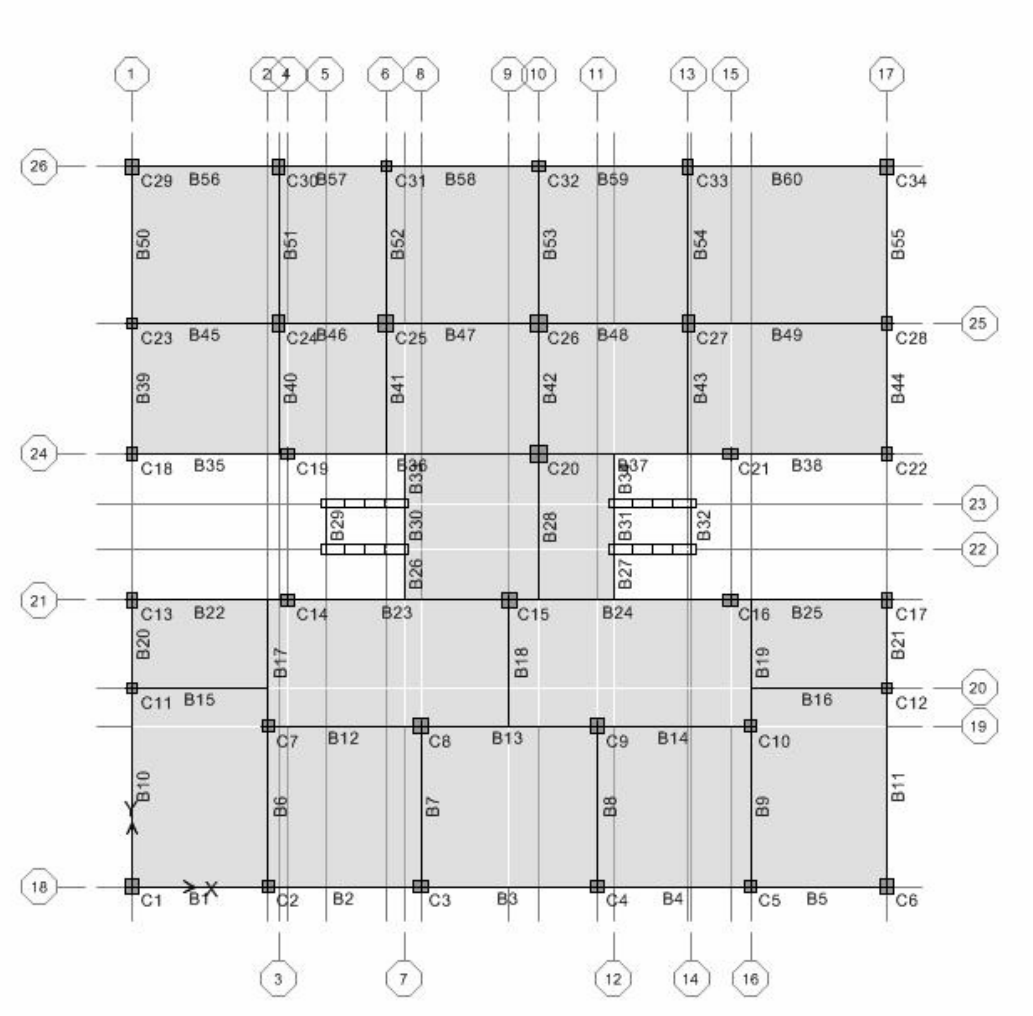
3. MEVCUT YAPININ İNCELENMESİ

3.1. Yapı hakkında bilgi

İncelemesi yapılacak olan yapı bir bodrum kat, bir zemin kat ve 8 normal kat olmak üzere toplam 10 katlı, 1. derece deprem bölgesinde konut olarak kullanılmakta olan bir betonarme yapıdır. Tüm kat yüksekliği değerleri eşit ve 3,00m'dir. Her iki yönde de büyük oranda simetrik olan yapının kat düzleminde y doğrultusunda çerçeve süreksizliklerine sahip olduğu Şekil 3.1'de görülmektedir. Bina taşıyıcı sistemi yerinde dökme betonla inşa edilmiş olup, asansör boşluklarını iki yönden çevreleyen 0,25m/2,50m boyutlarında perdeler, değişik ebatlarda kolonlar ve 0,25m/0,50m boyutlarında sarkık kirişlerden oluşmuştur. Döşeme olarak kalınlığı 0,13m olan plak döşemeler kullanılmış ve döşeme yükleri düşey taşıyıcı elemanlara kirişler ile aktarılmıştır. Kat brüt alanı 384,80m^2 'dir. Yapılan incelemelerde taşıyıcı sistemin geometrik boyutları ve yerleşimleri projeye uygun yapılmıştır. Donatı miktarları ve yerleşimlerinin projeye uygun bulunmasına karşılık, etriye sıklaştırmalarında ve boyuna donatı bindirme boylarında eksiklikler tespit edilmiştir.

3.2. Yapıda Kullanılan Malzeme Hakkında Bilgi

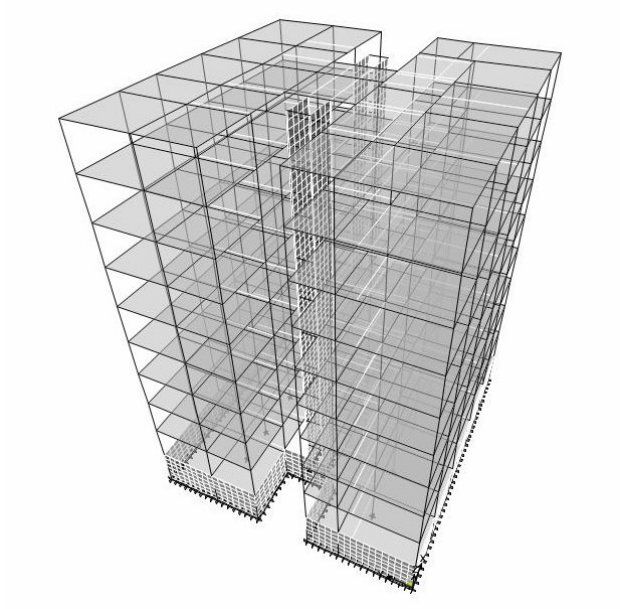
Mevcut sistemin bina karakteristiklerinin ortaya çıkarılması için çalışmalar yapılırken, malzeme yönünden de tespitler yapılmıştır. Bu tespitlerin değerlendirilmesi sonucunda binanın karakteristik beton dayanımının BS16 kalitesinde (f_{ck}=16,00 N/mm^2) olduğu ve betonarme çeliği olarak BÇI çeliği kullanıldığı tespit edilmiştir.



Şekil 3.1. Mevcut Yapı Modeli Kalıp Planı

3.3. Yapının inşa edildiği zemin şartları hakkında bilgi

Onarım ve güçlendirme projesi yapılacak olan bir yapıda geoteknik etüd yapılması gerekmektedir. Yapılan etüdler sonucu yerel zemin sınıfı Z2 olan yapının bulunduğu zeminin emniyetli zemin gerilmesi değerinin 200 kN/m^2 ve zemin yatak katsayısının 30000 kN/m^3 olduğu belirlenmiştir.



Şekil 3.2. Mevcut Yapı Modelinin 3 Boyutlu Görünüşü

3.4. Yük Analizi

Yapıya etkiyen yükler TS498'de verilen katsayılar ve değerler kullanılarak hesaplanmıştır. Bilgisayarda yapı modelleri oluşturulurken tüm yapı elemanlarının kendi ağırlıklarını verilen malzeme bilgileri ve boyutlara göre program hesaplamış ve yapıya etkitmiştir.

Döşemelere gelen düzgün yayılı sabit yükler olarak üzerlerinde duvar yükü olanlarda 3,5 kN/m^2, duvar yükü olmayanlarda 2 kN/m^2 alınmıştır. Düzgün yayılı hareketli yük değerleri ise TS498'de belirtilen kullanım amacına göre 2kN/m^2 alınmıştır.

Duvar yükleri ise tuğla boyutlarına göre dış cephe duvarlarında 11,1 kN/m, iç bölme duvarlarda ise 8,1 kN/m düzgün yayılı yükler olarak yapıya etkitilmiştir.

3.5. Mevcut Yapının Bilgisayar Programında Modellenmesi ve Analizi

Yapının 3 boyutlu matematik modeli sonlu elemanlar yöntemini kullanan ETABS v8.50 (Extented Three Dimensional Analysis of Building Systems) programı ile oluşturulmuştur. Bu model oluşturulurken tüm döşemeler levha (membrane) elemanlar olarak alınmış ve yapıya etki eden düşey yükler bu kabuk elemanlara atanmıştır. Kolonlar ve kirişler ise çubuk eleman (frame) olarak tanımlanmış ve duvar yükleri kirişlerin üzerlerine düzgün yayılı yük olarak atanmıştır. Perdeler kabuk

eleman (shell) olarak tanımlanmış olup sağlıklı bir çözüm için yeterince sonlu elemanlara bölünerek modellenmiştir. Modellemede temel atanmayıp tüm düşey yapı elemanlarının zemine ankastre mesnetlendiği kabul edilerek model oluşturulmuştur. Yapının çatısı ve merdivenleri modele girilmemiş fakat yükleri yapıya aktarılmıştır. Bütün bu tasarım prensipleri ile zemin ve yapıya ait karakteristik değerler göz önünde bulundurularak yapının statik ve dinamik çözümlemeleri yapılmıştır.

Çalışmada Yapılan Kabuller

- Yatay yük olarak deprem yükleri alınmıştır.
- Bu yatay deprem yükleri eşdeğer deprem yükü yöntemi ile bulunmuştur.
- Düşey ve yatay dış etkilerden meydana gelen iç kuvvet, şekil değiştirme ve yer değiştirmeler ETABS V 8.50 programı aracılığı ile elde edilmiştir.
- Taşıyıcı olmayan elemanlar taşıyıcı sistem modeline dahil edilmemiştir.
- Eğilmeden önce düzlem olan kesitler, eğilmeden sonrada düzlem kalır.
- Beton çatladıktan sonra, betonun çekme dayanımı ihmal edilir.
- Kurulan üç boyutlu taşıyıcı sistem modelinde, kolon ve kirişler çubuk eleman olarak, perdeler kabuk eleman olarak, döşemeler levha eleman olarak modellenmiştir.
- Yapının ankastre olarak zemine mesnetlendiği varsayılmıştır.

Mevcut yapı analizinde kullanılan zemin ve yapıya ait karakteristik değerler,

Deprem bölgesi: 1

Zemin sınıfı: Z2

Bina önem katsayısı: 1,00

Etkin yer ivmesi katsayısı(A_0): 0,40g

Hareketli yük katılım katsayısı: 0,30

Deprem yükü azaltma katsayısı(R): 4

olarak alınmıştır.

Analiz sonucunda elde edilen periyot ve modal kütle katılım oranları Tablo 3.1'de verilmiştir.

Tablo 3.1. Mevcut Model Periyot ve Kütle Katılım Oranları

Mode	Period	UX	UY	∑UX	∑UY
1	**1,2437**	0,0050	69,9912	0,0050	69,9912
2	1,0860	2,7438	0,0469	2,7488	70,0381
3	**1,0318**	64,3639	0,0010	67,1127	70,0391
4	0,4150	0,0003	10,1539	67,1130	80,1930
5	0,3721	0,0103	0,0048	67,1233	80,1977
6	0,3043	12,3669	0,0001	79,4902	80,1979
7	0,2360	0,0001	3,7931	79,4902	83,9910
8	0,2162	0,0002	0,0009	79,4904	83,9919
9	0,1599	0,0000	1,8772	79,4904	85,8691
10	0,1512	4,3922	0,0000	83,8827	85,8691
11	0,1490	0,0184	0,0003	83,9010	85,8694
12	0,1190	0,0000	1,3154	83,9010	87,1847
13	0,1158	0,0019	0,0000	83,9029	87,1847
14	0,1131	0,0015	0,0001	83,9044	87,1848
15	0,1104	0,3243	0,0000	84,2287	87,1848
16	0,1064	0,6939	0,0000	84,9226	87,1848
17	0,0962	0,6960	0,0000	85,6186	87,1849
18	0,0930	0,0001	0,9519	85,6188	88,1368
19	0,0901	0,0034	0,0000	85,6221	88,1368
20	0,0885	0,2793	0,0001	85,9015	88,1369

Tablo 3.1'den görüldüğü üzere 1. moda ait periyot değeri y doğrultusunun hakim periyodu, 3. moda ait periyot değeri x doğrultusunun hakim periyodu ve 2. moda ait periyotta burulma modunun periyot değerini verir.

Yapının ağırlığı Denk. (3.1)'e göre hesaplanacaktır.

$$W=\sum_{i=1}^{N} w_i \qquad \textbf{(3.1)}$$

Denk.(3.1)'deki w_i kat ağırlıkları ise Denk (3.2) ile hesaplanacaktır.

$$w_i=g_i+n.q_i \qquad \textbf{(3.2)}$$

Yapılan analiz sonucu yapının sabit yükleri toplamı 55535,87kN,hareketli yükleri toplamı 10410,73kN bulunmuştur.

Yapının deprem yükü hesabında kullanılacak toplam ağırlığı Denk.(3.1)'e göre hesaplanırsa

W=55535,87+0,30x10410,73=58659,09kN

bulunmuştur.

Yapının ağırlığına bağlı olarak toplam taban kesme kuvveti ve devrilme momenti değerleri Denk.(3.3), Denk.(3.4) ve Denk.(3.5)'e bağlı olarak hesaplanabilir.

$V_t=W.A(T_1)/R_a(T_1) \geq 0,1.A_0.I.W$ **(3.3)**

$\Delta F_N=0,07.T_1.V_t<0,2V_t$ **(3.4)**

$M_0=(V_t-F_N)(2H_N/3)+F_N(H_N)$ **(3.5)**

X doğrultusu

$V_{tx}=W.A(T_1)/R_a(T_1)= 6863,113 \geq 0,1.A_0.I.W= 2346,364$

$\Delta F_{Nx}=0,07.T_1.V_{tx}= 597,511 < 0,2V_{tx}= 1372,623$

$M_{0x}=(V_t-\Delta F_{Nx})(2H_N/3)+ \Delta F_{Nx}(H_N) = 128913,638$

Y doğrultusu

$V_{ty}=W.A(T_1)/R_a(T_1)= 5924,568 \geq 0,1.A_0.I.W= 2346,364$

$\Delta F_{Ny}=0,07.T_1.V_{ty}= 515,800< 0,2V_{ty}= 1184,914$

$M_{0y}=(V_t-\Delta F_{Ny})(2H_N/3)+ \Delta F_{Ny}(H_N) = 111284,422$

Etkin Göreli Kat Ötelemelerinin Hesaplanması

Herhangi bir kolon veya perde için, ardışık iki kat arasındaki yer değiştirme farkını ifade eden azaltılmış göreli kat ötelemesi, Δ_i, Denk. (3.6) ile elde edilecektir.

$\Delta_i = d_i - d_{i-1}$ **(3.6)**

Denk.(3.6)'da d_i ve d_{i-1}, her bir deprem doğrultusu için binanın i'inci ve (i-l)'inci katlarında herhangi bir kolon veya perdenin uçlarında azaltılmış deprem yüklerine göre hesaplanan yer değiştirmeleri göstermektedir.

Her bir deprem doğrultusu için, binanın herhangi bir i'inci katındaki kolon veya perdeler için etkin göreli kat ötelemesi, δ_i, Denk.(3.7) ile elde edilecektir.

$\delta_i = R\ \Delta_i$ **(3.7)**

Her bir deprem doğrultusu için, binanın herhangi bir i'inci katındaki kolon veya perdelerde, Denk.(3.7) ile hesaplanan δ_i etkin göreli kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değeri $(\delta_i)_{maks}$, Denk.(3.8)'de verilen koşulu sağlayacaktır.

$(\delta_i)_{maks} / h_i \leq 0.02$ **(3.8)**

Denk.(3.8)'de verilen koşulun binanın herhangi bir katında sağlanamaması durumunda, taşıyıcı sistemin rijitliği arttırılarak deprem hesabı tekrarlanacaktır. Ancak verilen koşul sağlansa bile, yapısal olmayan gevrek elemanların (cephe elemanları vb) etkin göreli kat ötelemeleri altında kullanılabilirliği hesapla doğrulanacaktır,[5].

x Deprem Doğrultusu Deplasman Tahkiki

Azaltılmış deprem yükleri altında elde edilen en elverişsiz yer değiştirmeler için EX deprem yüklemesi yapıya etkitilmiş ve elde edilen sonuçlar Tablo-3.2'de verilmiştir.

Tablo 3.2. x Deprem Doğrultusu Etkin Göreli Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması

KAT	H_i (m)	$(\Delta_i)_{maks}$	$\delta_i=R*\Delta_i$	δ_i/H_i		maks
9	3	0,0056	0,0224	0,0075	≤	0,02
8	3	0,0062	0,0248	0,0083	≤	0,02
7	3	0,0068	0,0272	0,0091	≤	0,02
6	3	0,0072	0,0288	0,0096	≤	0,02
5	3	0,0074	0,0296	0,0099	≤	0,02
4	3	0,0076	0,0304	0,0101	≤	0,02
3	3	0,0070	0,0280	0,0093	≤	0,02
2	3	0,0063	0,0252	0,0084	≤	0,02
1	3	0,0049	0,0196	0,0065	≤	0,02

Tablo 3.2'de görüldüğü gibi x deprem doğrultusunda etkin göreli kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değerleri izin verilen sınırlar içindedir. Etkin göreli kat ötelemeleri sınır değerlerini aşmadığından, yapıda öteleme değerlerini sınırlandırmak için taşıyıcı sistemin rijitliğini arttırma gerekliliği yoktur.

y Deprem Doğrultusu Deplasman Tahkiki

Azaltılmış deprem yükleri altında elde edilen en elverişsiz yer değiştirmeler için EX deprem yüklemesi yapıya etkitilmiş ve elde edilen sonuçlar Tablo 3.3'te verilmiştir.

Tablo 3.3. y Deprem Doğrultusu Etkin Göreli Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması

KAT	H_i	$(\Delta_i)_{maks}$	$\delta_i=R*\Delta_i$	δ_i/H_i		maks
9	3	0,0048	0,0192	0,0064	≤	0,02
8	3	0,0066	0,0264	0,0088	≤	0,02
7	3	0,0073	0,0292	0,0097	≤	0,02
6	3	0,0082	0,0328	0,0109	≤	0,02
5	3	0,0090	0,0360	0,0120	≤	0,02
4	3	0,0091	0,0364	0,0121	≤	0,02
3	3	0,0088	0,0352	0,0117	≤	0,02
2	3	0,0086	0,0344	0,0115	≤	0,02
1	3	0,0071	0,0284	0,0095	≤	0,02

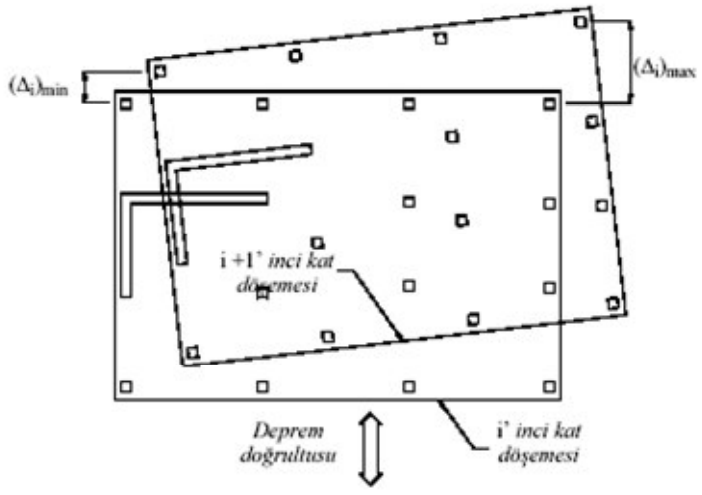
Tablo 3.3'te görüldüğü gibi y deprem doğrultusunda etkin göreli kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değerleri izin verilen sınırlar içindedir. Etkin göreli kat ötelemeleri sınır değerlerini aşmadığından, yapıda öteleme değerlerini sınırlandırmak için taşıyıcı sistemin rijitliğini arttırma gerekliliği yoktur.

3.6. Planda ve Düşeyde Düzensizlik Tahkikleri

3.6.1. A1 Burulma Düzensizliği

Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük göreli kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama göreli ötelemeye oranım ifade eden Burulma Düzensizliği Katsayısı η_{bi}'nin 1.2'den büyük olması durumu (Şekil 3.3).

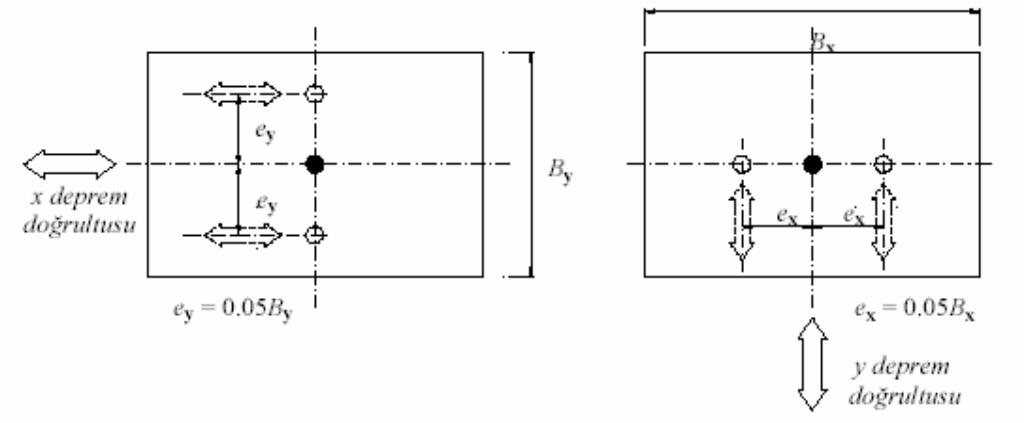
$$\eta_{bi} = (\Delta_i)_{maks} / (\Delta_i)_{ort} > 1.2 \qquad \textbf{(3.9)}$$



Şekil 3.3. A1 Burulma Düzensizliği

Göreli kat ötelemelerinin hesabı, ± %5 ek dışmerkezlik etkileri de göz önüne alınarak açıklanacağı gibi yapılacaktır.

Döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, her katta iki yatay yer değiştirme bileşeni ile düşey eksen etrafındaki dönme, bağımsız statik yer değiştirme bileşenleri olarak göz önüne alınacaktır. Her katta belirlenen deprem yükleri kat kütle merkezine ve ayrıca ek dışmerkezlik etkisinin hesaba katılabilmesi amacı ile kaydırılmış kütle merkezlerine tekil yatay yükler olarak uygulanacaktır. Kaydırılmış kütle merkezleri, gerçek kütle merkezinin göz önüne alınan deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyutunun +%5'i ve -%5'i kadar kaydırılması ile belirlenen noktalardır (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Kaydırılmış Kütle Merkezleri

Binanın herhangi bir i'inci katında Al türü düzensizliğin bulunması durumunda, $1.2 < \eta_{bi} < 2.0$ olmak koşulu ile yukarıdaki tanımlara göre bu kata uygulanan ± %5 ek dışmerkezlik, her iki deprem doğrultusu için Denk.(3.l0)'da verilen D_i katsayısı ile çarpılarak büyütülecektir,[5].

$$D_i = (\eta_{bi} / 1.2)^2 \qquad \textbf{(3.10)}$$

A1 Burulma Düzensizliği tahkikleri Tablo 3.4-9'da verilmiştir.

Tablo 3.4. x Deprem Doğrultusu A1 Burulma Düzensizliği Tahkiki

Kat	$(\Delta_i)_{maks}$	$(\Delta_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{bi}
9	0,0056	0,0042	0,00490	1,1429
8	0,0062	0,0055	0,00585	1,0598
7	0,0068	0,0062	0,00650	1,0462
6	0,0072	0,0065	0,00685	1,0511
5	0,0074	0,0070	0,00720	1,0278
4	0,0076	0,0069	0,00725	1,0483
3	0,0070	0,0060	0,00650	1,0769
2	0,0063	0,0042	0,00525	1,2000
1	0,0049	0,0004	0,00265	1,8491

Tablo 3.5. x Deprem Doğrultusu +%5 Ek Dışmerkezlikli A1 Burulma Düzensizliği Tahkiki

Kat	$(\Delta_i)_{maks}$	$(\Delta_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{bi}
9	0,0059	0,0040	0,00496	1,1969
8	0,0067	0,0051	0,00591	1,1308
7	0,0073	0,0058	0,00653	1,1149
6	0,0077	0,0060	0,00685	1,1250
5	0,0080	0,0065	0,00726	1,1078
4	0,0082	0,0064	0,00730	1,1205
3	0,0075	0,0056	0,00659	1,1432
2	0,0068	0,0039	0,00533	1,2709
1	0,0052	0,0004	0,00278	1,8659

Tablo 3.6. x Deprem Doğrultusu -%5 Ek Dışmerkezlikli A1 Burulma Düzensizliği Tahkiki

Kat	$(\Delta_i)_{maks}$	$(\Delta_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{bi}
9	0,0059	0,0040	0,00496	1,1984
8	0,0066	0,0050	0,00583	1,1364
7	0,0073	0,0057	0,00648	1,1215
6	0,0077	0,0061	0,00687	1,1194
5	0,0080	0,0065	0,00724	1,0995
4	0,0080	0,0063	0,00716	1,1191
3	0,0075	0,0055	0,00651	1,1491
2	0,0067	0,0039	0,00529	1,2635
1	0,0051	0,0004	0,00276	1,8626

Tablo 3.7. y Deprem Doğrultusu A1 Burulma Düzensizliği Tahkiki

Kat	$(\Delta_i)_{maks}$	$(\Delta_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{bi}
9	0,0048	0,0029	0,00385	1,2468
8	0,0066	0,0048	0,00570	1,1579
7	0,0073	0,0064	0,00685	1,0657
6	0,0082	0,0071	0,00765	1,0719
5	0,0090	0,0081	0,00855	1,0526
4	0,0091	0,0086	0,00885	1,0282
3	0,0088	0,0082	0,00850	1,0353
2	0,0086	0,0061	0,00735	1,1701
1	0,0071	0,0010	0,00405	1,7531

Tablo 3.8. y Deprem Doğrultusu +%5 Ek Dışmerkezlikli A1 Burulma Düzensizliği Tahkiki

Kat	$(\Delta_i)_{maks}$	$(\Delta_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{bi}
9	0,0051	0,0027	0,00391	1,2965
8	0,0071	0,0044	0,00576	1,2333
7	0,0084	0,0056	0,00697	1,2011
6	0,0093	0,0062	0,00776	1,2029
5	0,0098	0,0074	0,00861	1,1413
4	0,0099	0,0078	0,00887	1,1152
3	0,0095	0,0076	0,00853	1,1115
2	0,0089	0,0059	0,00744	1,2019
1	0,0075	0,0010	0,00424	1,7741

Tablo 3.9. y Deprem Doğrultusu -%5 Ek Dışmerkezlikli A1 Burulma Düzensizliği Tahkiki

Kat	$(\Delta_i)_{maks}$	$(\Delta_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{bi}
9	0,0051	0,0028	0,00391	1,2935
8	0,0072	0,0046	0,00587	1,2228
7	0,0085	0,0057	0,00709	1,2021
6	0,0093	0,0061	0,00772	1,2037
5	0,0099	0,0071	0,00853	1,1622
4	0,0097	0,0077	0,00870	1,1102
3	0,0094	0,0075	0,00848	1,1142
2	0,0088	0,0058	0,00732	1,2049
1	0,0074	0,0010	0,00420	1,7705

Tablo 3.4-9'daki A1 Burulma düzensizliği değerlerine bakıldığında x doğrultusunda deprem yüklerinin kütle merkezine dış merkezliksiz veya dış merkezlikli etkimesi halinde yapıda Al Burulma düzensizliğinin en alt ve en üst katlarda olduğu görülmektedir.

Deprem yüklerinin y doğrultusundaki kütle merkezine etkimesi durumunda burulma düzensizliğinin en alt ve en üst katlarda oluştuğu, dışmerkezlikli yüklemelerde ise 3,4 ve 5. katlar haricindeki tüm katlarda burulma düzensizliğinin olduğu görülmektedir. Bunun bir sebebi bina kenar akslarında bulunan taşıyıcı elemanların rijitliklerinin dolayısıyla burulma rijitliklerinin küçük olmasıdır. Ayrıca kat düzleminde y doğrultusundaki çerçeve süreksizliği ve döşeme boşluğu da burulma düzensizliği oluşmasına bir etkendir.

3.6.2. A2 Döşeme Süreksizlikleri

Herhangi bir kattaki döşemede,

I- Merdiven ve asansör boşlukları dahil, boşluk alanları toplamının kat brüt alanının 1/3'ünden fazla olması durumu,

$A = 384.80\ m^2$

$A_b = 66.41\ m^2$

$Ab/A = 0.173 < 0.33 = 1/3$

I durumu döşeme süreksizliği yoktur.

II- Deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunması durumu,

Yapıda (II) Durumu döşeme süreksizliği vardır.

III- Döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumu, Yapıda (III) Durumu döşeme süreksizliği vardır.

3.6.3. A3 Planda Çıkıntılar Bulunması

Bina kat planlarında çıkıntı yapan kısımların birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisinin de, binanın o katının aynı doğrultulardaki toplam plan boyutlarının %20'sinden daha büyük olması durumudur,[5].

Yapıda A3 Planda Çıkıntılar Bulunması düzensizliği yoktur.

3.6.4. A4 Taşıyıcı Eleman Eksenlerinin Paralel Olmaması

Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının plandaki asal eksenlerinin, göz önüne alınan birbirine dik yatay deprem doğrultularına paralel olmaması durumudur,[5].

Yapıda tüm düşey taşıyıcıların asal eksenleri ilgili deprem doğrultularına paralel olduğundan A4 düzensizliği söz konusu değildir.

3.6.5. B1 Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat)

Betonarme binalarda, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir kattaki etkili kesme alanının, bir üst kattaki etkili kesme alanına oranı olarak tanımlanan Dayanım Düzensizliği Katsayısı η_{ci}'nin 0.80'den küçük olması durumudur,[5].

$$\eta_{ci} = (\sum A_e)_i / (\sum A_e)_{i+1} < 0.80 \quad \textbf{(3.11)}$$

Herhangi bir katta etkili kesme alanının tanımı:

$$\sum A_e = \sum A_w + \sum A_g + 0.15 \sum A_k \quad \textbf{(3.12)}$$

Tablo 3.10. x Deprem Doğrultusu Zayıf Kat Düzensizliği

Kat	$\sum A_w$ (m^2)	$\sum A_g$ (m^2)	0.15 $\sum A_k$ (m^2)	$\sum A_e$ (m^2)	η_{ci}
10	4,385	2,5	2,475	9,36	
9	4,385	2,5	2,475	9,36	1,00
8	4,385	2,5	2,475	9,36	1,00
7	5,4725	2,5	2,475	10,4475	1,12
6	5,4725	2,5	2,475	10,4475	1,00
5	5,4725	2,5	2,475	10,4475	1,00
4	6,445	2,5	2,475	11,42	1,09
3	6,445	2,5	2,475	11,42	1,00
2	6,445	2,5	2,475	11,42	1,00
1	6,445	2,5	2,475	11,42	1,00

Tablo 3.11. y Deprem Doğrultusu Zayıf Kat Düzensizliği

Kat	$\sum A_w$ (m^2)	$\sum A_g$ (m^2)	0.15 $\sum A_k$ (m^2)	$\sum A_e$ (m^2)	η_{ci}
10	4,385	0	2,1375	6,5225	
9	4,385	0	2,1375	6,5225	1,00
8	4,385	0	2,1375	6,5225	1,00
7	5,4725	0	2,1375	7,61	1,17
6	5,4725	0	2,1375	7,61	1,00
5	5,4725	0	2,1375	7,61	1,00
4	6,445	0	2,1375	8,5825	1,13
3	6,445	0	2,1375	8,5825	1,00
2	6,445	0	2,1375	8,5825	1,00
1	6,445	0	2,1375	8,5825	1,00

Tablo 3.10-11'de de görüldüğü gibi her iki deprem doğrultusunda da B1 zayıf kat düzensizliği yoktur.

3.6.6. B2 Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat)

Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir i'inci kattaki ortalama göreli kat ötelemesinin bir üst kattaki ortalama göreli kat ötelemesine oranı olarak tanımlanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısı η_{ki}'nin 1.5''tan fazla olması durumudur,[5].

$$\eta_{ki} = (\Delta_i)_{ort} / (\Delta_{i+1})_{ort} > 1.5 \quad \textbf{(3.13)}$$

Tablo 3.12. x Doğrultusu Yumuşak Kat Tahkiki

Kat	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{ki}
9	0,00490	
8	0,00585	1,194
7	0,00650	1,111
6	0,00685	1,054
5	0,00720	1,051
4	0,00725	1,007
3	0,00650	0,897
2	0,00525	0,808
1	0,00265	0,505

EX Yüklemesi için Yumuşak Kat Hesabı

Kat	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{ki}
9	0,00496	
8	0,00591	1,191
7	0,00653	1,105
6	0,00685	1,048
5	0,00726	1,059
4	0,00730	1,007
3	0,00659	0,902
2	0,00533	0,809
1	0,00278	0,521

EX1 Yüklemesi için Yumuşak Kat Hesabı

Kat	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{ki}
9	0,00496	
8	0,00583	1,175
7	0,00648	1,112
6	0,00687	1,061
5	0,00724	1,053
4	0,00716	0,989
3	0,00651	0,909
2	0,00529	0,813
1	0,00276	0,521

EX2 Yüklemesi için Yumuşak Kat Hesabı

Tablo 3.13. y Doğrultusu Yumuşak Kat Tahkiki

Kat	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{ki}
9	0,00385	
8	0,00570	1,481
7	0,00685	1,202
6	0,00765	1,117
5	0,00855	1,118
4	0,00885	1,035
3	0,00850	0,960
2	0,00735	0,865
1	0,00405	0,551

EY Yüklemesi için yumuşak kat hesabı

Kat	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{ki}
9	0,00391	
8	0,00576	1,474
7	0,00697	1,211
6	0,00776	1,113
5	0,00861	1,109
4	0,00887	1,030
3	0,00853	0,962
2	0,00744	0,873
1	0,00424	0,569

EY1 Yüklemesi için yumuşak kat hesabı

Kat	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{ki}
9	0,00391	
8	0,00587	1,500
7	0,00709	1,209
6	0,00772	1,088
5	0,00853	1,106
4	0,00870	1,020
3	0,00848	0,974
2	0,00732	0,863
1	0,00420	0,574

EY2 Yüklemesi için yumuşak kat hesabı

3.6.7. B3 Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği

Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının (kolon veya perdelerin) bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin veya guseli kolonların üstüne veya ucuna oturtulması, ya da üst kattaki perdelerin altta kolonlara veya kirişlere oturtulması durumudur,[5].

Yapıda B3 Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği yoktur.

3.7. Kapasite Hesapları

3.7.1. Düşey Yük Kapasite Kontrolü

Kolonlarda tüm yük kombinasyonları altında elde edilen en elverişsiz düşey yük değerleri ile kolonun taşıyabileceği en büyük eksenel yük değerleri Tablo 3.14'te karşılaştırılmıştır. Kapasite oranı olarak ifade edebileceğimiz N_{dmax}/N_d değerinin 1'den büyük olması durumunda kolonun düşey yük taşıma kapasitesinin yetersiz olduğu anlaşılır.

b,h : Kolon boyutları

A_c : Kolon betonu düşey kesit alanı

N_{dmaks} : Tüm yük kombinasyonları altında kolona etkiyen en büyük eksenel yük

f_{ck} : Betonun karakteristik dayanımı

N_d : Kolonun taşıyabileceği eksenel yük

Tablo 3.14. Zemin Kat Kolonlarının Düşey Yük Kapasite Kontrolü

Kolon	b (m)	h (m)	A_c (m^2)	N_{dmaks} (kN)	f_{ck} (kN/m^2)	N_d (kN)	N_{dmax}/N_d
C1	0,35	0,40	0,1400	1698,53	16000	1120	**1,517**
C2	0,35	0,45	0,1575	2108,97	16000	1260	**1,674**
C3	0,45	0,50	0,2250	2610,30	16000	1800	**1,452**
C4	0,45	0,50	0,2250	2612,76	16000	1800	**1,171**
C5	0,35	0,45	0,1575	2108,28	16000	1260	**1,352**
C6	0,35	0,40	0,1400	1703,25	16000	1120	**2,331**
C7	0,40	0,50	0,2000	2611,22	16000	1600	**1,833**
C8	0,50	0,55	0,2750	2932,43	16000	2200	**1,359**
C9	0,50	0,55	0,2750	2989,91	16000	2200	**1,191**
C10	0,40	0,50	0,2000	2620,37	16000	1600	**1,272**
C11	0,40	0,40	0,1600	2035,28	16000	1280	**1,590**
C12	0,40	0,40	0,1600	2038,22	16000	1280	**1,592**
C13	0,30	0,40	0,1200	1407,74	16000	960	**1,466**
C14	0,30	0,40	0,1200	1837,96	16000	960	**1,915**
C15	0,55	0,55	0,3025	2751,82	16000	2420	**1,137**
C16	0,30	0,40	0,1200	1855,10	16000	960	**1,932**
C17	0,30	0,40	0,1200	1422,98	16000	960	**1,482**
C18	0,30	0,40	0,1200	1440,81	16000	960	**1,501**
C19	0,30	0,40	0,1200	1755,50	16000	960	**1,829**
C20	0,55	0,55	0,3025	2457,60	16000	2420	**1,016**
C21	0,30	0,40	0,1200	1606,44	16000	960	**1,673**
C22	0,30	0,40	0,1200	1437,16	16000	960	**1,497**
C23	0,40	0,40	0,1600	1987,76	16000	1280	**1,553**
C24	0,50	0,55	0,2750	3026,66	16000	2200	**1,376**
C25	0,55	0,55	0,3025	3173,23	16000	2420	**1,311**
C26	0,55	0,55	0,3025	3081,63	16000	2420	**1,273**
C27	0,50	0,55	0,2750	3617,16	16000	2200	**1,644**
C28	0,40	0,50	0,2000	2500,78	16000	1600	**1,563**
C29	0,35	0,40	0,1400	1424,07	16000	1120	**1,271**
C30	0,40	0,40	0,1600	1887,55	16000	1280	**1,475**
C31	0,40	0,40	0,1600	1860,73	16000	1280	**1,454**
C32	0,45	0,50	0,2250	2342,09	16000	1800	**1,301**
C33	0,50	0,55	0,2750	2766,91	16000	2200	**1,258**
C34	0,35	0,40	0,1400	1751,96	16000	1120	**1,564**

Tablo 3.14'te görüldüğü üzere zemin kat kolonlarının tümünün düşey yük taşıma kapasitesi yetersizdir. Bu yetersizliği ortadan kaldırmak amacıyla kolon kesitleri büyütülmeli ya da düşey yük dağılıma katılacak ve mevcut elemanlara etkiyen yükü azaltacak yeni düşey yapı elemanları eklenmelidir.

3.7.2. Moment Kapasite Kontrolü

Kolonlarda her iki yönde en elverişsiz eğilme momenti değerlerini veren G+Q+EX ve G+Q+EY kombinasyonlarından elde edilen eğilme momenti değerleri ile kolonun taşıyabileceği en büyük eğilme momenti değerleri Tablo 3.15 ve 3.16'da karşılaştırılmıştır. Kapasite oranı olarak ifade edebileceğimiz M_{maks}/M_r değerinin 1'den büyük olması durumunda kolonun eğilme momenti taşıma kapasitesinin yetersiz olduğu anlaşılır. Kolonların eğilme kapasiteleri Dr. Kutlu Darılmaz'ın Kolonkapasite programından faydalanılarak hesaplanmıştır.

Tablo 3.15. Zemin Kat Kolonlarının Kuvvetli Eksende Moment Kapasite Kontrolü

Kolon	b (m)	h (m)	d' (m)	A_{st} (cm^2)	N_d (kN)	M_r (kNm)	M_{maks} (kNm)	M_{maks}/M_r
C1	0,35	0,40	0,04	32,16	871,81	120,950	110,206	0,911
C2	0,35	0,45	0,04	36,18	1453,84	105,100	136,069	**1,295**
C3	0,45	0,50	0,04	45,72	1864,10	179,220	201,301	**1,123**
C4	0,45	0,50	0,04	45,72	1778,45	189,490	207,237	**1,094**
C5	0,35	0,45	0,04	36,18	1490,34	100,490	136,313	**1,356**
C6	0,35	0,40	0,04	32,16	879,56	120,670	111,831	0,927
C7	0,40	0,50	0,04	40,64	1825,74	137,450	211,059	**1,536**
C8	0,50	0,55	0,04	50,24	2310,84	222,110	257,747	**1,160**
C9	0,50	0,55	0,04	50,24	2350,08	216,110	258,175	**1,195**
C10	0,40	0,50	0,04	40,64	1836,24	135,920	212,806	**1,566**
C11	0,40	0,40	0,04	32,16	1162,09	115,820	163,106	**1,408**
C12	0,40	0,40	0,04	32,16	1164,35	115,590	165,157	**1,429**
C13	0,30	0,40	0,04	28,14	1407,74	32,890	99,753	**3,033**
C14	0,30	0,40	0,04	28,14	1458,94	24,450	53,703	**2,196**
C15	0,55	0,55	0,04	56,52	1646,71	359,890	286,682	0,797
C16	0,30	0,40	0,04	28,14	1116,38	69,690	99,713	**1,431**
C17	0,30	0,40	0,04	28,14	1422,94	30,440	101,036	**3,319**
C18	0,30	0,40	0,04	28,14	500,90	107,190	104,895	0,979
C19	0,30	0,40	0,04	28,14	1382,23	36,770	58,251	**1,584**
C20	0,55	0,55	0,04	56,52	1636,60	360,410	298,259	0,828
C21	0,30	0,40	0,04	28,14	1046,33	76,970	96,066	**1,248**
C22	0,30	0,40	0,04	28,14	403,19	105,450	103,944	0,986
C23	0,40	0,40	0,04	32,16	1444,03	87,040	155,143	**1,782**
C24	0,50	0,55	0,04	50,24	2061,87	258,490	262,642	**1,016**
C25	0,55	0,55	0,04	56,52	2107,38	316,360	283,805	0,897
C26	0,55	0,55	0,04	56,52	2348,71	282,340	286,143	**1,013**
C27	0,50	0,55	0,04	50,24	2383,34	211,180	259,669	**1,230**
C28	0,40	0,50	0,04	40,64	1822,80	137,830	247,551	**1,796**
C29	0,35	0,40	0,04	32,16	1413,92	68,040	112,174	**1,649**
C30	0,40	0,40	0,04	32,16	1811,32	38,290	143,718	**3,753**
C31	0,40	0,40	0,04	32,16	1782,28	42,850	137,141	**3,200**
C32	0,45	0,50	0,04	45,72	1602,76	210,370	195,421	0,929
C33	0,50	0,55	0,04	50,24	2485,85	194,510	235,914	**1,213**
C34	0,35	0,40	0,04	32,16	1691,93	28,100	111,44	**3,966**

Tablo 3.15'ten anlaşılacağı üzere zemin katta 8 kolon dışındaki tüm kolonlarda kuvvetli eksen doğrultusunda eğilme momenti kapasitesi yetersizdir. Hesaplarda en elverişsiz momente karşı gelen yüklemedeki normal kuvvet değerleri kullanılmıştır.

Tablo 3.16. Zemin Kat Kolonlarının Zayıf Eksende Moment Kapasite Kontrolü

Kolon	b (m)	h (m)	d' (m)	A_{st} (cm^2)	N_d (kN)	M_r (kNm)	M_{maks} (kNm)	M_{maks}/M_r
C1	0,40	0,35	0,04	32,16	871,81	102,120	73,739	0,722
C2	0,45	0,35	0,04	36,18	1453,84	80,660	73,205	0,908
C3	0,50	0,45	0,04	45,72	1864,10	163,900	136,872	0,835
C4	0,50	0,45	0,04	45,72	1778,45	174,250	137,27	0,788
C5	0,45	0,35	0,04	36,18	1490,34	77,110	74,023	0,960
C6	0,40	0,35	0,04	32,16	879,56	103,650	67,454	0,651
C7	0,50	0,40	0,04	40,64	1825,74	107,460	89,973	0,837
C8	0,55	0,50	0,04	50,24	2310,84	200,500	162,162	0,809
C9	0,55	0,50	0,04	50,24	2350,08	195,130	216,255	**1,108**
C10	0,50	0,40	0,04	40,64	1836,24	106,280	110,377	**1,039**
C11	0,40	0,40	0,04	32,16	1162,09	115,820	61,675	0,533
C12	0,40	0,40	0,04	32,16	1164,35	115,590	102,937	0,891
C13	0,40	0,30	0,04	28,14	1407,74	23,900	47,601	**1,992**
C14	0,40	0,30	0,04	28,14	1458,94	17,760	65,789	**3,704**
C15	0,55	0,55	0,04	56,52	1646,71	342,150	193,634	0,566
C16	0,40	0,30	0,04	28,14	1116,38	51,760	66,593	**1,287**
C17	0,40	0,30	0,04	28,14	1422,94	22,130	47,906	**2,165**
C18	0,40	0,30	0,04	28,14	500,90	80,330	47,829	0,595
C19	0,40	0,30	0,04	28,14	1382,23	26,950	52,135	**1,935**
C20	0,55	0,55	0,04	56,52	1636,60	342,550	214,58	0,626
C21	0,40	0,30	0,04	28,14	1046,33	56,920	44,006	0,773
C22	0,40	0,30	0,04	28,14	403,19	80,000	48,006	0,600
C23	0,40	0,40	0,04	32,16	1444,03	87,040	65,49	0,752
C24	0,55	0,50	0,04	50,24	2061,87	233,060	204,489	0,877
C25	0,55	0,55	0,04	56,52	2107,38	304,110	227,31	0,747
C26	0,55	0,55	0,04	56,52	2348,71	273,290	216,399	0,792
C27	0,55	0,50	0,04	50,24	2383,34	190,210	154,943	0,815
C28	0,50	0,40	0,04	40,64	1822,80	107,750	141,954	**1,317**
C29	0,40	0,35	0,04	32,16	1413,92	58,540	66,86	**1,142**
C30	0,40	0,40	0,04	32,16	1811,32	38,290	111,956	**2,924**
C31	0,40	0,40	0,04	32,16	1782,28	42,850	111,101	**2,593**
C32	0,50	0,45	0,04	45,72	1602,76	194,120	191,523	0,987
C33	0,55	0,50	0,04	50,24	2485,85	175,260	169,081	0,965
C34	0,40	0,35	0,04	32,16	1691,93	24,230	67,099	2,769

Tablo 3.16'da görüldüğü üzere zemin katta zayıf eksende 11 kolonun eğilme kapasiteleri yetersizdir.

3.7.3. Kesme Kuvveti Kapasite Kontrolü

Kolonlarda tüm yük kombinasyonları altında her iki yönde etkiyen en elverişsiz kesme kuvveti değerleri ile kolonun mevcut kesidi ile taşıyabileceği en büyük kesme kuvveti değerleri Tablo 3.17 ve Tablo 3.18'de karşılaştırılmıştır. Mevcut kolonlarda etriye aralıkları fazla ve etriye enkesit alanları korozyondan dolayı zamanla azaldığından etriyelerin kesme kuvveti kapasitesine katkısı hesapta dikkate alınmamıştır.

Tablo 3.17. Zemin Kat Kolonlarının Kuvvetli Eksende Kesme Kuvveti Kapasite Kontrolü

Kolon	b_w (m)	h (m)	d (m)	V_{dmaks} (kN)	f_{ctd} (kN/m^2)	V_d (kN)	V_{dmaks}/V_d
C1	0,35	0,40	0,36	49,72	900	58,968	0,843
C2	0,35	0,45	0,41	78,84	900	67,158	**1,174**
C3	0,45	0,50	0,46	102,23	900	96,876	**1,055**
C4	0,45	0,50	0,46	109,95	900	96,876	**1,135**
C5	0,35	0,45	0,41	78,69	900	67,158	**1,172**
C6	0,35	0,40	0,36	50,52	900	58,968	0,857
C7	0,40	0,50	0,46	113,45	900	86,112	**1,317**
C8	0,50	0,55	0,51	115,94	900	119,34	0,972
C9	0,50	0,55	0,51	115,98	900	119,34	0,972
C10	0,40	0,50	0,46	114,32	900	86,112	**1,328**
C11	0,40	0,40	0,36	101,77	900	67,392	**1,510**
C12	0,40	0,40	0,36	102,96	900	67,392	**1,528**
C13	0,30	0,40	0,36	59,11	900	50,544	**1,169**
C14	0,30	0,40	0,36	46,88	900	50,544	0,928
C15	0,55	0,55	0,51	128,14	900	131,274	0,976
C16	0,30	0,40	0,36	57,6	900	50,544	**1,140**
C17	0,30	0,40	0,36	59,82	900	50,544	**1,184**
C18	0,30	0,40	0,36	56,69	900	50,544	**1,122**
C19	0,30	0,40	0,36	48,74	900	50,544	0,964
C20	0,55	0,55	0,51	142,95	900	131,274	**1,089**
C21	0,30	0,40	0,36	55,23	900	50,544	**1,093**
C22	0,30	0,40	0,36	56,37	900	50,544	**1,115**
C23	0,40	0,40	0,36	91,39	900	67,392	**1,356**
C24	0,50	0,55	0,51	126,43	900	119,34	**1,059**
C25	0,55	0,55	0,51	131,54	900	131,274	**1,002**
C26	0,55	0,55	0,51	137,84	900	131,274	**1,050**
C27	0,50	0,55	0,51	122,61	900	119,34	**1,027**
C28	0,40	0,50	0,46	129,98	900	86,112	**1,509**
C29	0,35	0,40	0,36	63,77	900	58,968	**1,081**
C30	0,40	0,40	0,36	80,26	900	67,392	**1,191**
C31	0,40	0,40	0,36	76,49	900	67,392	**1,135**
C32	0,45	0,50	0,46	102,71	900	96,876	**1,060**
C33	0,50	0,55	0,51	114,56	900	119,34	0,960
C34	0,35	0,4	0,36	64,01	900	58,968	**1,086**

Kapasite oranı olarak ifade edebileceğimiz V_{dmaks}/V_d değerinin 1'den büyük olması durumunda kolonun kesme kuvveti taşıma kapasitesinin yetersiz olduğu anlaşılır. Tablo 3.17'de zemin kat kolonlarının kuvvetli eksende kesme kapasitelerinin yetersiz olduğu görülmektedir.

Tablo 3.18. Zemin Kat Kolonlarının Zayıf Eksende Kesme Kuvveti Kapasite Kontrolü

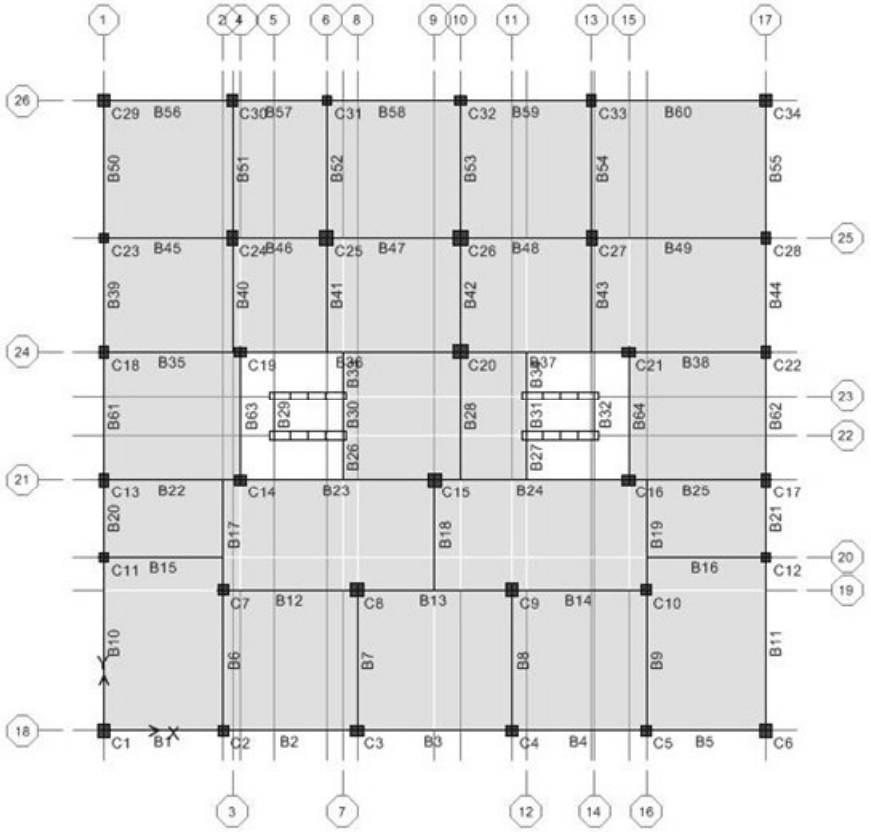
Kolon	b_w (m)	h (m)	d (m)	V_{dmaks} (kN)	f_{ctd} (kN/m^2)	V_d (kN)	V_{dmaks}/V_d
C1	0,40	0,35	0,31	39,08	900	58,032	0,673
C2	0,45	0,35	0,31	36,75	900	65,286	0,563
C3	0,50	0,45	0,41	59,53	900	95,940	0,620
C4	0,50	0,45	0,41	59,64	900	95,940	0,622
C5	0,45	0,35	0,31	37,16	900	65,286	0,569
C6	0,40	0,35	0,31	40,91	900	58,032	0,705
C7	0,50	0,40	0,36	48,34	900	84,240	0,574
C8	0,55	0,50	0,46	80,41	900	118,404	0,679
C9	0,55	0,50	0,46	114,05	900	118,404	0,963
C10	0,50	0,40	0,36	60,90	900	84,240	0,723
C11	0,40	0,40	0,36	27,59	900	67,392	0,409
C12	0,40	0,40	0,36	56,42	900	67,392	0,837
C13	0,40	0,30	0,26	24,95	900	48,672	0,513
C14	0,40	0,30	0,26	35,64	900	48,672	0,732
C15	0,55	0,55	0,51	92,20	900	131,274	0,702
C16	0,40	0,30	0,26	36,11	900	48,672	0,742
C17	0,40	0,30	0,26	30,81	900	48,672	0,633
C18	0,40	0,30	0,26	25,08	900	48,672	0,515
C19	0,40	0,30	0,26	29,47	900	48,672	0,605
C20	0,55	0,55	0,51	106,62	900	131,274	0,812
C21	0,40	0,30	0,26	20,17	900	48,672	0,414
C22	0,40	0,30	0,26	30,95	900	48,672	0,636
C23	0,40	0,40	0,36	32,20	900	67,392	0,478
C24	0,55	0,50	0,46	110,78	900	118,404	0,936
C25	0,55	0,55	0,51	114,85	900	131,274	0,875
C26	0,55	0,55	0,51	105,48	900	131,274	0,804
C27	0,55	0,50	0,46	76,33	900	118,404	0,645
C28	0,50	0,40	0,36	79,19	900	84,240	0,940
C29	0,40	0,35	0,31	34,39	900	58,032	0,593
C30	0,40	0,40	0,36	68,48	900	67,392	1,016
C31	0,40	0,40	0,36	66,02	900	67,392	0,980
C32	0,50	0,45	0,41	96,78	900	95,940	1,009
C33	0,55	0,50	0,46	85,42	900	118,404	0,721
C34	0,40	0,35	0,31	42,97	900	58,032	0,740

Tablo 3.18'de zemin kat kolonlarının zayıf eksende kesme kapasitelerinin yeterli olduğu görülmektedir.

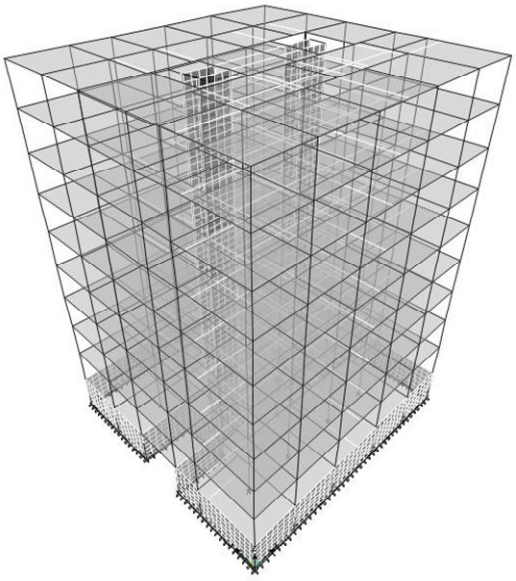
4. MEVCUT YAPIYA TAŞIYICI SİSTEM İYİLEŞTİRME ÖNERİLERİ

4.1. Model-1

Bu modelde, mevcut yapıda deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren döşeme boşlukları bulunmasından dolayı oluşan olumsuzlukları ve çerçeve süreksizliği sorununu ortadan kaldırılarak yapı davranışının nasıl etkilendiği gözlemlenmiştir. Bu amaçla mevcut yapı modeline ilave olarak Şekil 4.1-2'de görülen 30/60 boyutlarında B61, B62, B63, B64 kirişleri ile F49 ve F50 döşemeleri eklenmiştir. Yapıya ek olarak perde eklenmediği için taşıyıcı sistem davranış katsayısı R süneklik düzeyi normal sistem kabulü ile 4 alınarak analizi yapılmıştır.



Şekil 4.1. Model 1 Kalıp Planı



Şekil 4.2. Model 1 Üç Boyutlu Görünüş

Yapılan statik ve dinamik analiz sonucunda ilk 10 mod için elde edilen yapının periyot ve modal kütle katılım oranları Tablo 4.1'de verilmiştir.

Tablo 4.1. Model 1 Periyot ve Modal Kütle Katılım Oranları

Mode	Period	UX	UY	∑UX	∑UY
1	**1,2105**	0,0104	70,7414	0,0104	70,7414
2	1,0721	24,0348	0,0306	24,0452	70,7719
3	**1,0494**	43,1781	0,0000	67,2233	70,7719
4	0,4065	0,0004	9,6713	67,2237	80,4432
5	0,3672	0,0157	0,0010	67,2394	80,4442
6	0,3100	12,3977	0,0002	79,6371	80,4444
7	0,2339	0,0001	3,6590	79,6371	84,1034
8	0,2158	0,0001	0,0000	79,6372	84,1034
9	0,1594	0,0000	1,7957	79,6372	85,8991
10	0,1494	0,0690	0,0000	79,7062	85,8991

Model 1'in ilk 10 mod için periyot değerlerinin mevcut yapının periyot değerleri ile kıyaslanması Tablo 4.2'de gösterilmiştir.

Tablo 4.2. Model 1 ve Mevcut Modelin İlk 10 Periyot Değerlerinin Karşılaştırılması

Mode	Model1	Mevcut
1	**1,2105**	**1,2437**
2	1,0721	1,0860
3	**1,0494**	**1,0318**
4	0,4065	0,4150
5	0,3672	0,3721
6	0,3100	0,3043
7	0,2339	0,2360
8	0,2158	0,2162
9	0,1594	0,1599
10	0,1494	0,1512

Elde edilen değerlerden de anlaşılacağı üzere y doğrultusundaki çerçeve süreksizliği sorununun ortadan kaldırılması için mevcut yapıya ilave edilen yapı elemanlarının etkisiyle bu doğrultudaki periyot değeri %2,67 oranında azalmıştır. Ancak bu ilavelerin yapının burulma modunda çok büyük bir değişim oluşturmadığı görülmektedir.

Toplam taban kesme kuvveti ve devrilme momenti tahkiki

W= 59963,719 T_1=1,2105

X doğrultusu

$V_{tx}=W.A(T_1)/R_a(T_1)= 6955,791 \geq 0,1.A_0.I.W= 2398,549$

$\Delta F_{Nx}=0,07.T_1.V_{tx}=589,416 < 0,2V_{tx}=1391,158$

$M_{0x}=(V_t-\Delta F_{Nx})(2H_N/3)+ \Delta F_{Nx}(H_N) =130508,990$

Y doğrultusu

$V_{ty}=W.A(T_1)/R_a(T_1)= 6176,263 \geq 0,1.A_0.I.W= 2398,549$

$\Delta F_{Ny}=0,07.T_1.V_{ty}= 523,361 < 0,2V_{ty}= 1235,253$

$M_{0y}=(V_t-\Delta F_{Ny})(2H_N/3)+ \Delta F_{Ny}(H_N) = 115882,982$

Tablo 4.3. Toplam Taban Kesme Kuvveti ve Devrilme Momenti Kıyaslaması

	Model1		Mevcut Model	
	$\sum V_t$	$\sum M_0$	$\sum V_t$	$\sum M_0$
x	6955,791	130508,990	6863,113	128913,638
y	6176,263	115882,982	5924,568	111284,422

Tablo 4.3'ten görüldüğü üzere mevcut yapıya eklenen yapı elemanlarının ağırlığının yapı ağırlığını arttırması dolayısıyla iki doğrultuda da toplam taban kesme kuvveti ve devrilme momenti değerleri artmıştır. Rijitliğin fazla değişmediği x doğrultusunda sadece bina ağırlığına bağlı olarak toplam taban kesme kuvveti %1,35 oranında artış gösterirken, y doğrultusunda rijitlik artışı sebebiyle bu oran %4,25'tir.

Yapının belirli bir noktası için maksimum yer değiştirme değerleri ve göreli kat ötelemeleri

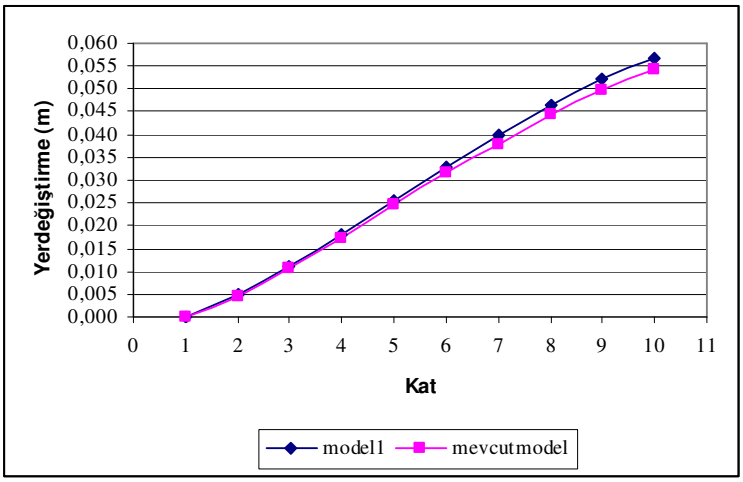
Maksimum yerdeğiştirme değerleri

Yapının bir noktası için elverişsiz yüklemelerden 0,9G+E kombinasyonu altında elde edilen maksimum yer değiştirme değerleri Tablo 4.4'te mevcut yapının maksimum yer değiştirme değerleri ile karşılaştırılmıştır. Yapıya etkiyen yanal yükün artmasına rağmen maksimum yer değiştirme değerlerinin y doğrultusundaki iyileştirme sayesinde azaldığı görülmektedir. Fakat bina ağırlığının artmasına da bağlı olarak x doğrultusundaki yer değiştirme değerleri artmıştır.

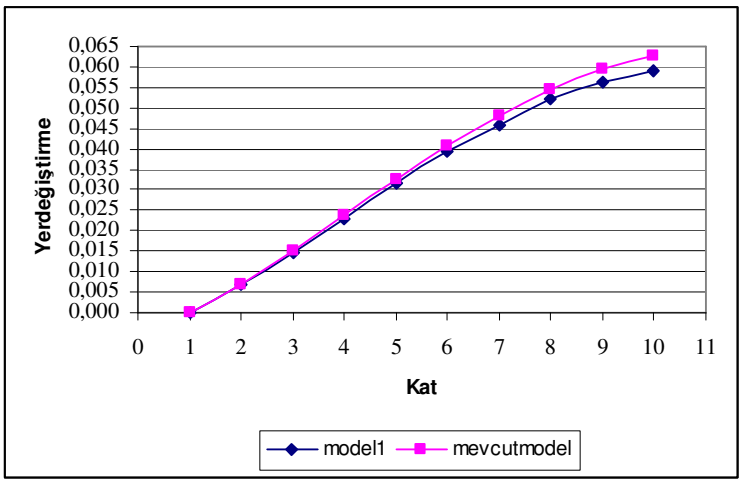
Tablo 4.4. Model1 ile Mevcut Modelin Maksimum Yerdeğiştirme Değerlerinin Karşılaştırılması

Kat	**Model1**		**Mevcut model**	
	X	Y	X	Y
10	0,0569	0,0590	0,0541	0,0627
9	0,0522	0,0564	0,0499	0,0597
8	0,0464	0,0520	0,0444	0,0547
7	0,0398	0,0459	0,0380	0,0481
6	0,0329	0,0392	0,0315	0,0409
5	0,0255	0,0315	0,0245	0,0326
4	0,0179	0,0230	0,0172	0,0237
3	0,0111	0,0148	0,0107	0,0152
2	0,0049	0,0067	0,0047	0,0068
1	0,0001	0,0002	0,0001	0,0002

Maksimum yer değiştirme değerlerinin x ve y doğrultusundaki değerlerinin değişimi Şekil 4.3 ve Şekil 4.4'te gösterilmiştir.



Şekil 4.3. x Doğrultusu Maksimum Yer Değiştirme Değerlerinin Karşılaştırılması



Şekil 4.4. y Doğrultusu Maksimum Yer Değiştirme Değerlerinin Karşılaştırılması

Etkin göreli kat ötelemelerinin tahkiki

Tablo 4.5. Model1 x Deprem Doğrultusu Etkin Göreli Kat Ötelemeleri

KAT	H_i (m)	$(\Delta_i)_{maks}$	$\delta_i=R*\Delta_i$	δ_i/H_i		maks
9	3	0,0058	0,0232	0,0077	≤	0,02
8	3	0,0065	0,0260	0,0087	≤	0,02
7	3	0,0071	0,0284	0,0095	≤	0,02
6	3	0,0075	0,0300	0,0100	≤	0,02
5	3	0,0077	0,0308	0,0103	≤	0,02
4	3	0,0079	0,0316	0,0105	≤	0,02
3	3	0,0073	0,0292	0,0097	≤	0,02
2	3	0,0065	0,0260	0,0087	≤	0,02
1	3	0,0052	0,0208	0,0069	≤	0,02

Tablo 4.6. Model1 y Deprem Doğrultusu Etkin Göreli Kat Ötelemeleri

KAT	H_i	$(\Delta_i)_{maks}$	$\delta_i=R*\Delta_i$	δ_i/H_i		maks
9	3	0,0045	0,0180	0,0060	≤	0,02
8	3	0,0063	0,0252	0,0084	≤	0,02
7	3	0,0070	0,0280	0,0093	≤	0,02
6	3	0,0080	0,0320	0,0107	≤	0,02
5	3	0,0088	0,0352	0,0117	≤	0,02
4	3	0,0089	0,0356	0,0119	≤	0,02
3	3	0,0087	0,0348	0,0116	≤	0,02
2	3	0,0086	0,0344	0,0115	≤	0,02
1	3	0,0072	0,0288	0,0096	≤	0,02

Tablo 4.5 ve 4.6'da görüldüğü gibi iki deprem doğrultusunda da etkin göreli kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değerleri izin verilen sınırlar içindedir.

A1 Burulma düzensizliği tahkiki

Mevcut Model ile Model1 arasındaki A1 burulma düzensizliği değerleri eşdeğer deprem yükünün kat kütle merkezlerine, ayrıca +%5 ve -%5 ek dışmerkezlik etkisinin hesaba katılabilmesi için kaydırılmış kütle merkezlerine uygulandığı göz önüne alınarak x ve y doğrultusu için Tablo 4.7-8'de karşılaştırılmıştır.

Tablo 4.7. x Doğrultusu için Model1 ve Mevcut Model Burulma Düzensizliklerinin Karşılaştırılması

Kat	Model1			Mevcut Model		
	(x-x)	+%5 (x-x)	-%5 (x-x)	(x-x)	+%5 (x-x)	-%5 (x-x)
	η_{bi}	η_{bi}	η_{bi}	η_{bi}	η_{bi}	η_{bi}
9	1,1048	1,1594	1,1610	1,1429	1,1969	1,1984
8	1,0569	1,1280	1,1335	1,0598	1,1308	1,1364
7	1,0441	1,1128	1,1195	1,0462	1,1149	1,1215
6	1,0490	1,1228	1,1173	1,0511	1,1250	1,1194
5	1,0267	1,1068	1,0984	1,0278	1,1078	1,0995
4	1,0464	1,1186	1,1172	1,0483	1,1205	1,1191
3	1,0735	1,1399	1,1458	1,0769	1,1432	1,1491
2	1,1927	1,2638	1,2564	1,2000	1,2709	1,2635
1	1,5522	1,5950	1,5866	1,8491	1,8659	1,8626

Tablo 4.8. y Doğrultusu için Model1 ve Mevcut Model Burulma Düzensizliklerinin Karşılaştırılması

Kat	Model1			Mevcut Model		
	(y-y)	+%5 (y-y)	-%5 (y-y)	(y-y)	+%5 (y-y)	-%5 (y-y)
	η_{bi}	η_{bi}	η_{bi}	η_{bi}	η_{bi}	η_{bi}
9	1,2857	1,3343	1,3313	1,2468	1,2965	1,2935
8	1,1887	1,2631	1,2527	1,1579	1,2333	1,2228
7	1,0853	1,2199	1,2209	1,0657	1,2011	1,2021
6	1,0959	1,2259	1,2268	1,0719	1,2029	1,2037
5	1,0732	1,1614	1,1822	1,0526	1,1413	1,1622
4	1,0409	1,1277	1,1227	1,0282	1,1152	1,1102
3	1,0482	1,1242	1,1270	1,0353	1,1115	1,1142
2	1,1781	1,2098	1,2128	1,1701	1,2019	1,2049
1	1,5824	1,6148	1,6092	1,7531	1,7741	1,7705

C9 kolonunun kesit tesirleri

C9 kolonu için yük kombinasyonlarından G+Q+EX ve G+Q+EY yüklemelerinde elde edilen kesit tesiri değerleri Tablo 4.9 ve Tablo 4.10'da verilmiştir.

Tablo 4.9. C9 Kolonu için x Doğrultusundaki Elverişsiz Yükleme için Kesit Tesirleri

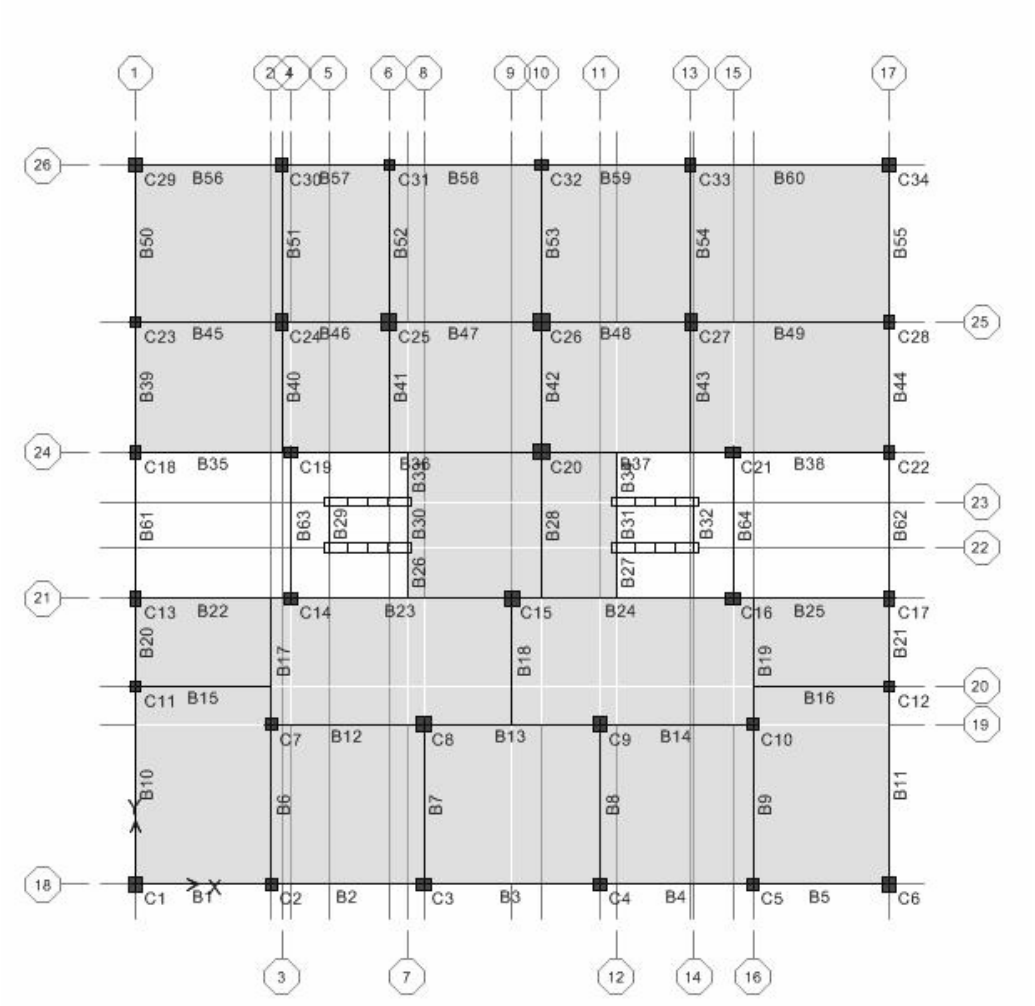
Story	Column	Load	P	V2	V3	T	M2	M3
STORY10	C9	GQARTIEX	-237,12	69,54	23,36	0,02	29,14	93,45
STORY9	C9	GQARTIEX	-465,87	69,56	15,35	0,16	24,32	102,65
STORY8	C9	GQARTIEX	-694,61	74,10	14,47	0,23	19,78	104,85
STORY7	C9	GQARTIEX	-922,80	107,68	17,54	0,26	24,38	152,73
STORY6	C9	GQARTIEX	-1146,70	111,24	15,53	0,37	23,61	165,34
STORY5	C9	GQARTIEX	-1369,48	111,28	14,44	0,52	20,32	164,45
STORY4	C9	GQARTIEX	-1593,99	126,27	16,07	0,55	23,00	193,12
STORY3	C9	GQARTIEX	-1817,10	106,78	13,54	1,03	18,96	172,83
STORY2	C9	GQARTIEX	-2040,18	118,42	18,79	2,51	29,65	224,55
STORY1	C9	GQARTIEX	-2266,55	-22,78	4,26	0,00	0,00	0,00

Tablo 4.10. C9 Kolonu için y Doğrultusundaki Elverişsiz Yükleme için Kesit Tesirleri

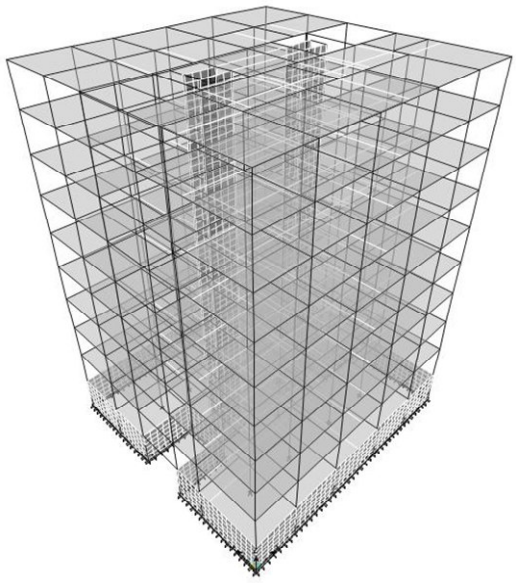
Story	Column	Load	P	V2	V3	T	M2	M3
STORY10	C9	GQARTIEY	-231,82	9,68	35,49	0,08	40,21	11,99
STORY9	C9	GQARTIEY	-464,00	5,26	42,22	0,05	56,71	7,99
STORY8	C9	GQARTIEY	-705,11	4,35	51,26	0,03	66,78	5,85
STORY7	C9	GQARTIEY	-960,34	4,31	71,43	0,08	92,38	6,08
STORY6	C9	GQARTIEY	-1223,53	3,64	78,77	0,04	107,72	5,36
STORY5	C9	GQARTIEY	-1493,37	3,59	87,77	0,11	125,09	5,28
STORY4	C9	GQARTIEY	-1772,87	5,63	88,95	0,16	130,49	8,50
STORY3	C9	GQARTIEY	-2055,76	5,51	99,42	0,24	160,93	8,43
STORY2	C9	GQARTIEY	-2336,16	11,18	117,20	1,69	258,35	20,86
STORY1	C9	GQARTIEY	-2584,12	4,36	-43,65	0,00	0,00	0,00

4.2. Model-2

Bu modelde, Model 1'den farklı olarak mevcut yapıya döşeme ilavesi yapılmayarak, sadece kiriş ilavesi ile çerçeve süreksizliği sorununu ortadan kaldırılarak yapı davranışının nasıl etkilendiği gözlemlemek ve döşeme eklenen Model 1 ile arasındaki farklılıkları görmek amaçlanmıştır. Bu amaçla mevcut yapı modeline ilave olarak Şekil 4.5-6'da görülen 30/60 boyutlarında B61, B62, B63, B64 kirişleri eklenmiştir. Bu modelde de yapıya ek olarak perde eklenmediği için taşıyıcı sistem davranış katsayısı R, süneklik düzeyi normal sistem kabulü ile 4 alınarak analizi yapılmıştır.



Şekil 4.5. Model 2 Kalıp Planı



Şekil 4.6. Model 2 Üç Boyutlu Görünüş

Yapılan statik ve dinamik analiz sonucunda ilk 10 mod için elde edilen yapının periyot ve modal kütle katılım oranları Tablo 4.11'de verilmiştir.

Tablo 4.11. Model 2 Periyot ve Modal Kütle Katılım Oranları

Mode	Period	UX	UY	SumUX	SumUY
1	**1,1919**	0,0100	70,7926	0,0100	70,7926
2	1,0545	24,1290	0,0292	24,1389	70,8218
3	**1,0323**	43,0386	0,0000	67,1775	70,8219
4	0,4004	0,0004	9,7061	67,1780	80,5280
5	0,3612	0,0154	0,0009	67,1934	80,5288
6	0,3051	12,3957	0,0002	79,5891	80,5291
7	0,2304	0,0001	3,6934	79,5892	84,2225
8	0,2123	0,0001	0,0000	79,5893	84,2225
9	0,1570	0,0000	1,8321	79,5894	86,0546
10	0,1469	0,0970	0,0000	79,6864	86,0546

Model 2'nin ilk 10 mod için periyot değerlerinin mevcut yapı ve 1. model periyot değerleri ile kıyaslanması Tablo 4.12'de gösterilmiştir.

Tablo 4.12. Model 2-1 ve Mevcut Modelin İlk 10 Periyot Değerlerinin Karşılaştırılması

Mode	Model2	Model1	Mevcut
1	**1,1919**	**1,2105**	**1,2437**
2	1,0545	1,0721	1,0860
3	**1,0323**	**1,0494**	**1,0318**
4	0,4004	0,4065	0,4150
5	0,3612	0,3672	0,3721
6	0,3051	0,3100	0,3043
7	0,2304	0,2339	0,2360
8	0,2123	0,2158	0,2162
9	0,1570	0,1594	0,1599
10	0,1469	0,1494	0,1512

y doğrultusundaki çerçeve süreksizliği sorununun ortadan kaldırılması için mevcut yapıya ilave edilen kirişlerin etkisiyle bu doğrultudaki periyot değeri mevcut yapıya oranla %4,16 oranında azalmıştır. Hatta ilk iyileştirme önerisi olarak sunulan ve ilave döşemelerinde bulunduğu 1. modele göre de %1,54 oranında azalmıştır. Buradan anlaşılacağı üzere 1. modelde döşemelerin ilavesiyle oluşan kütle artışı yapıyı rijitleştirici etkisinden oran olarak daha fazla olduğundan periyot değeri de 2. modele göre daha büyüktür. Ayrıca bu modelde yapının burulma modunda mevcut yapıya göre %2,9 oranında bir azalma meydana getirdiği görülmektedir.

Toplam taban kesme kuvveti ve devrilme momenti tahkiki

W= 59160,809 T_1=1,1919

X doğrultusu

$V_{tx}=W.A(T_1)/R_a(T_1)= 6921,815 \geq 0,1.A_0.I.W= 2366,432$

$\Delta F_{Nx}=0,07.T_1.V_{tx}=577,520 < 0,2V_{tx}=1384,363$

$M_{0x}=(V_t-\Delta F_{Nx})(2H_N/3)+ \Delta F_{Nx}(H_N) =129790,343$

Y doğrultusu

$V_{ty}=W.A(T_1)/R_a(T_1)= 6152,724 \geq 0,1.A_0.I.W= 2366,432$

$\Delta F_{Ny}=0,07.T_1.V_{ty}= 513,351 < 0,2V_{ty}= 1230,545$

$M_{0y}=(V_t-\Delta F_{Ny})(2H_N/3)+ \Delta F_{Ny}(H_N) = 115369,193$

Tablo 4.13. Toplam Taban Kesme Kuvveti ve Devrilme Momenti Kıyaslaması

	Model2		Mevcut Model	
	$\sum V_t$	$\sum M_0$	$\sum V_t$	$\sum M_0$
x	6921,815	129790,343	6863,113	128913,638
y	6152,724	115369,193	5924,568	111284,422

Tablo 4.13'ten görüldüğü üzere 1. modeldekine benzer şekilde mevcut yapıya eklenen yapı elemanlarının ağırlığının yapı ağırlığını arttırması dolayısıyla iki doğrultuda da toplam taban kesme kuvveti ve devrilme momenti değerleri artmıştır. x doğrultusunda toplam taban kesme kuvveti %0,86 oranında artış gösterirken, y doğrultusunda rijitlik artışı sebebiyle bu oran %3,85'tir.

Yapının belirli bir noktası için maksimum yer değiştirme değerleri ve göreli kat ötelemeleri

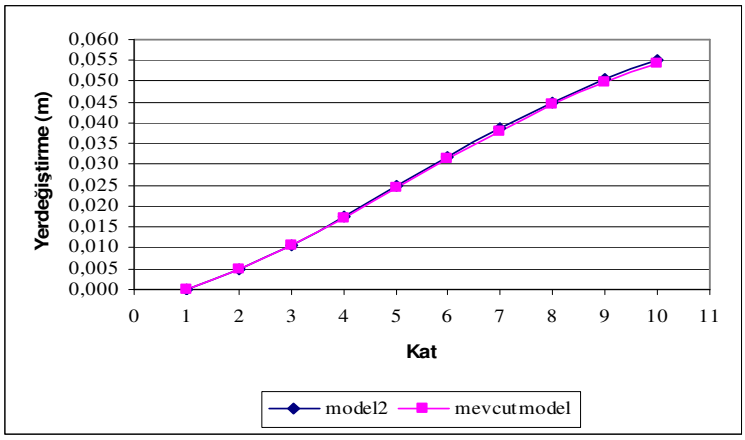
Maksimum yerdeğiştirme değerleri

Yapının bir noktası için elverişsiz yüklemelerden 0,9G+E kombinasyonu altında elde edilen maksimum yer değiştirme değerleri Tablo 4.14'te mevcut yapının maksimum yer değiştirme değerleri ile karşılaştırılmıştır. Yapıya etkiyen yanal yükün artmasına rağmen maksimum yer değiştirme değerlerinin y doğrultusundaki iyileştirme sayesinde azaldığı görülmektedir. Fakat x doğrultusundaki yer değiştirme değerleri çok küçük bir oranda artış göstermiştir.

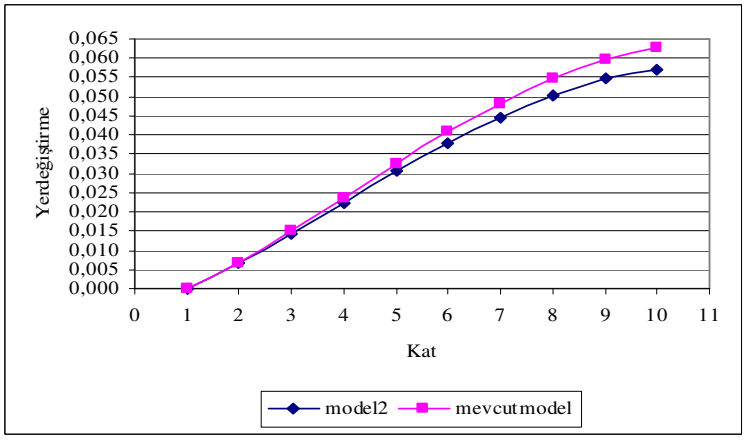
Tablo 4.14. Model1 ile Mevcut Modelin Maksimum Yerdeğiştirme Değerlerinin Karşılaştırılması

Kat	Model2		Mevcut Model	
	X	Y	X	Y
10	0,0551	0,0571	0,0541	0,0627
9	0,0505	0,0546	0,0499	0,0597
8	0,0449	0,0504	0,0444	0,0547
7	0,0386	0,0445	0,0380	0,0481
6	0,0319	0,0380	0,0315	0,0409
5	0,0247	0,0306	0,0245	0,0326
4	0,0174	0,0224	0,0172	0,0237
3	0,0108	0,0144	0,0107	0,0152
2	0,0048	0,0065	0,0047	0,0068
1	0,0001	0,0002	0,0001	0,0002

Maksimum yer değiştirme değerlerinin x ve y doğrultusundaki değerlerinin değişimi Şekil 4.7 ve Şekil 4.8'de gösterilmiştir.



Şekil 4.7. x Doğrultusu Maksimum Yer Değiştirme Değerlerinin Karşılaştırılması



Şekil 4.8. y Doğrultusu Maksimum Yer Değiştirme Değerlerinin Karşılaştırılması

Etkin göreli kat ötelemelerinin tahkiki

Tablo 4.15. Model2 x Deprem Doğrultusu Etkin Göreli Kat Ötelemeleri

KAT	H_i (m)	(Δ_i)maks	$\delta_i=R*\Delta_i$	δ_i/H_i		maks
9	3	0,0056	0,0224	0,0075	≤	0,02
8	3	0,0063	0,0252	0,0084	≤	0,02
7	3	0,0068	0,0272	0,0091	≤	0,02
6	3	0,0073	0,0292	0,0097	≤	0,02
5	3	0,0075	0,0300	0,0100	≤	0,02
4	3	0,0077	0,0308	0,0103	≤	0,02
3	3	0,0071	0,0284	0,0095	≤	0,02
2	3	0,0064	0,0256	0,0085	≤	0,02
1	3	0,0050	0,0200	0,0067	≤	0,02

Tablo 4.16. Model2 y Deprem Doğrultusu Etkin Göreli Kat Ötelemeleri

KAT	H_i	$(\Delta_i)_{maks}$	$\delta_i=R*\Delta_i$	δ_i/H_i		maks
9	3	0,0044	0,0176	0,0059	≤	0,02
8	3	0,0061	0,0244	0,0081	≤	0,02
7	3	0,0068	0,0272	0,0091	≤	0,02
6	3	0,0077	0,0308	0,0103	≤	0,02
5	3	0,0085	0,0340	0,0113	≤	0,02
4	3	0,0086	0,0344	0,0115	≤	0,02
3	3	0,0084	0,0336	0,0112	≤	0,02
2	3	0,0083	0,0332	0,0111	≤	0,02
1	3	0,0070	0,0280	0,0093	≤	0,02

Tablo 4.15-16'da görüldüğü gibi iki deprem doğrultusunda da etkin göreli kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değerleri izin verilen sınırlar içindedir.

A1 Burulma düzensizliği tahkiki:

Mevcut Model ile Model2 arasındaki A1 burulma düzensizliği değerleri eşdeğer deprem yükünün kat kütle merkezlerine, ayrıca +%5 ve -%5 ek dışmerkezlik etkisinin hesaba katılabilmesi için kaydırılmış kütle merkezlerine uygulandığı göz önüne alınarak x ve y doğrultusu için Tablo 4.17-18'de karşılaştırılmıştır.

Tablo 4.17. x Doğrultusu için Model2 ve Mevcut Model Burulma Düzensizliklerinin Karşılaştırılması

Kat	Model2			Mevcut Model		
	(x-x)	+%5 (x-x)	-%5 (x-x)	(x-x)	+%5 (x-x)	-%5 (x-x)
	η_{bi}	η_{bi}	η_{bi}	η_{bi}	η_{bi}	η_{bi}
9	1,1089	1,1635	1,1650	1,1429	1,1969	1,1984
8	1,0678	1,1387	1,1443	1,0598	1,1308	1,1364
7	1,0382	1,1070	1,1136	1,0462	1,1149	1,1215
6	1,0504	1,1242	1,1187	1,0511	1,1250	1,1194
5	1,0274	1,1075	1,0991	1,0278	1,1078	1,0995
4	1,0476	1,1199	1,1184	1,0483	1,1205	1,1191
3	1,0758	1,1421	1,1480	1,0769	1,1432	1,1491
2	1,2075	1,2782	1,2708	1,2000	1,2709	1,2635
1	1,5625	1,6046	1,5963	1,8491	1,8659	1,8626

Tablo 4.18. y Doğrultusu için Model2 ve Mevcut Model Burulma Düzensizliklerinin Karşılaştırılması

Kat	Model2			Mevcut Model		
	(y-y)	+%5 (y-y)	-%5 (y-y)	(y-y)	+%5 (y-y)	-%5 (y-y)
	η_{bi}	η_{bi}	η_{bi}	η_{bi}	η_{bi}	η_{bi}
9	1,2941	1,3424	1,3395	1,2468	1,2965	1,2935
8	1,1845	1,2590	1,2486	1,1579	1,2333	1,2228
7	1,0880	1,2226	1,2235	1,0657	1,2011	1,2021
6	1,0922	1,2224	1,2233	1,0719	1,2029	1,2037
5	1,0692	1,1575	1,1784	1,0526	1,1413	1,1622
4	1,0424	1,1292	1,1242	1,0282	1,1152	1,1102
3	1,0435	1,1195	1,1223	1,0353	1,1115	1,1142
2	1,1773	1,2091	1,2120	1,1701	1,2019	1,2049
1	1,7500	1,7713	1,7676	1,7531	1,7741	1,7705

C9 kolonunun kesit tesirleri

C9 kolonu için yük kombinasyonlarından G+Q+EX ve G+Q+EY yüklemelerinde elde edilen kesit tesiri değerleri Tablo 4.19 ve Tablo 20'de verilmiştir.

Tablo 4.19. C9 Kolonu için x Doğrultusundaki Elverişsiz Yükleme için Kesit Tesirleri

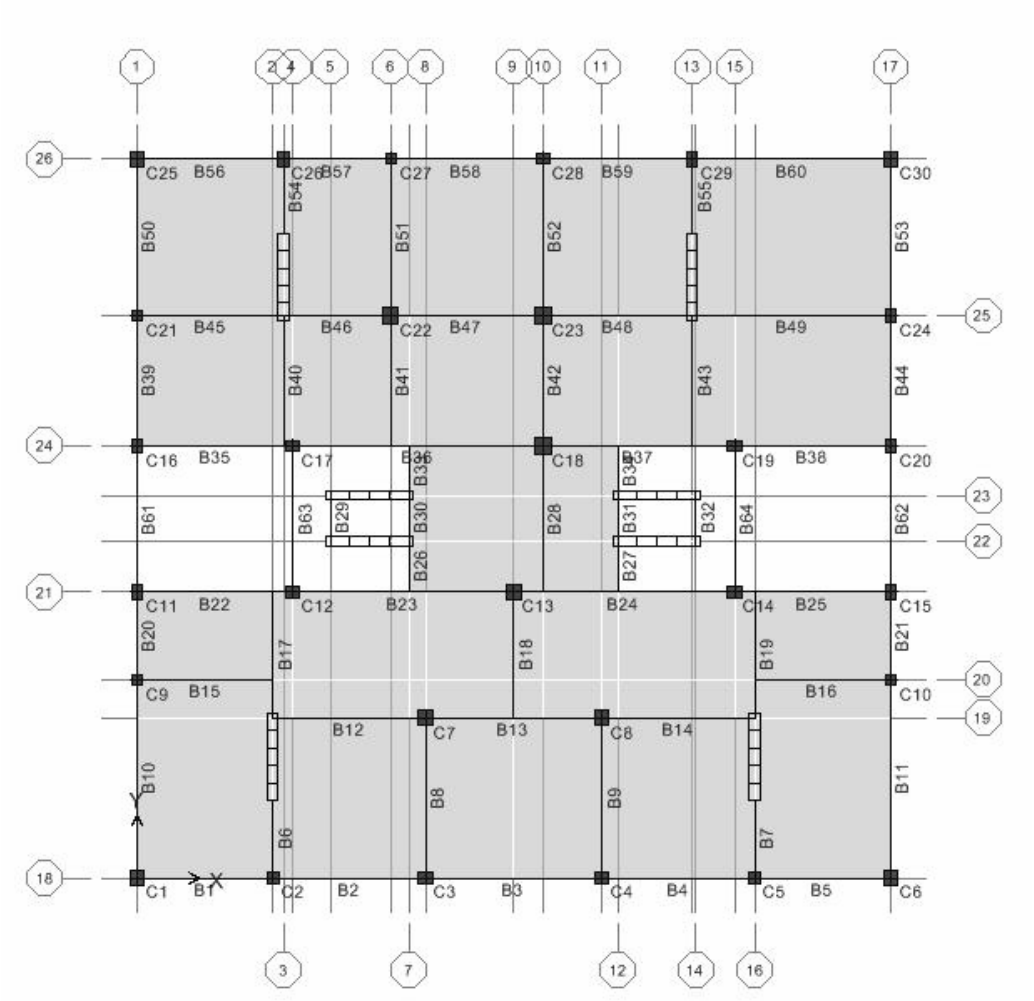
Story	Column	Load	P	V2	V3	T	M2	M3
STORY10	C9	GQARTIEX	-236,96	67,53	23,27	-0,03	28,98	90,70
STORY9	C9	GQARTIEX	-465,62	67,60	15,37	0,16	24,32	99,74
STORY8	C9	GQARTIEX	-694,33	72,05	14,50	0,24	19,85	101,98
STORY7	C9	GQARTIEX	-922,54	104,45	17,46	0,22	24,25	148,16
STORY6	C9	GQARTIEX	-1146,52	108,04	15,52	0,36	23,56	160,58
STORY5	C9	GQARTIEX	-1369,44	108,00	14,45	0,51	20,37	159,56
STORY4	C9	GQARTIEX	-1594,09	122,70	15,92	0,48	22,73	187,56
STORY3	C9	GQARTIEX	-1817,35	103,91	13,53	1,08	18,75	168,04
STORY2	C9	GQARTIEX	-2040,68	115,39	19,17	2,67	30,38	218,55
STORY1	C9	GQARTIEX	-2267,05	-21,84	3,98	0,00	0,00	0,00

Tablo 4.20. C9 Kolonu için y Doğrultusundaki Elverişsiz Yükleme için Kesit Tesirleri

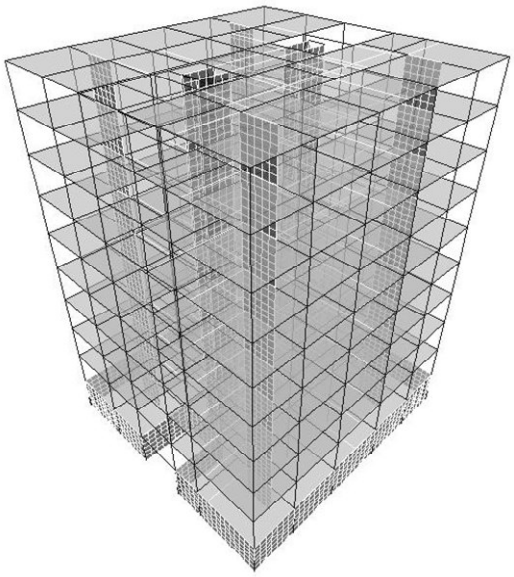
Story	Column	Load	P	V2	V3	T	M2	M3
STORY10	C9	GQARTIEY	-231,85	9,78	35,08	0,07	39,83	12,15
STORY9	C9	GQARTIEY	-463,81	5,41	41,30	0,05	55,59	8,22
STORY8	C9	GQARTIEY	-704,46	4,52	50,06	0,03	65,24	6,10
STORY7	C9	GQARTIEY	-958,81	4,59	69,63	0,07	90,08	6,48
STORY6	C9	GQARTIEY	-1220,78	3,92	76,71	0,04	104,98	5,79
STORY5	C9	GQARTIEY	-1489,21	3,89	85,30	0,12	121,50	5,71
STORY4	C9	GQARTIEY	-1767,08	5,95	86,69	0,14	127,16	8,97
STORY3	C9	GQARTIEY	-2048,20	5,79	96,49	0,22	156,06	8,87
STORY2	C9	GQARTIEY	-2326,95	11,25	113,62	1,48	249,54	20,81

4.3. Model-3

Bu modelde, mevcut yapıdaki çerçeve süreksizliği sorununu ortadan kaldıracak ve yapının y doğrultusundaki rijitliğini arttıracak şekilde yapı elemanları ilave edilerek yapı davranışının nasıl etkilendiği gözlemlenmiştir. Bu amaçla mevcut yapı modeline ilave olarak Şekil 4.9-10'da görülen 30/60 boyutlarında B61, B62, B63, B64 kirişleri ile 30/250 boyutlarında P5, P6, P7 ve P8 perdeleri eklenmiştir. Yapıya ek olarak perde eklendiğinden dolayı taşıyıcı sistem davranış katsayısı R, süneklik düzeyi yüksek betonarme perdeler ile çerçeveler tarafından birlikte taşındığı kabulüyle, boşluksuz perdelerin tabanında deprem yüklerinden meydana gelen eğilme momentlerinin toplamının binanın tümü için tabanda meydana gelen toplam devrilme momentinin %75'inden fazla olmadığı hesapla doğrulanarak 7 alınmıştır.



Şekil 4.9. Model 3 Kalıp Planı



Şekil 4.10. Model 3 Üç Boyutlu Görünüş

Yapılan statik ve dinamik analiz sonucunda ilk 10 mod için elde edilen yapının periyot ve modal kütle katılım oranları Tablo 4.11'de verilmiştir.

Tablo 4.21. Model 3 Periyot ve Modal Kütle Katılım Oranları

Mode	Period	UX	UY	∑UX	∑UY
1	**1,0942**	67,6276	0,0226	67,6276	0,0226
2	0,9345	0,1504	3,6804	67,7780	3,7030
3	**0,9107**	0,0046	64,0702	67,7826	67,7731
4	0,3181	12,2741	0,0031	80,0567	67,7762
5	0,2914	0,0222	0,1062	80,0789	67,8825
6	0,2613	0,0010	13,2080	80,0799	81,0904
7	0,1518	4,7982	0,0009	84,8781	81,0913
8	0,1496	0,0608	0,0248	84,9389	81,1161
9	0,1236	0,0001	5,4567	84,9390	86,5728
10	0,0948	0,0266	0,0075	84,9655	86,5803

Model 3'ün ilk 10 mod için periyot değerlerinin mevcut yapının periyot değerleri ile kıyaslanması Tablo 4.22'de gösterilmiştir.

Tablo 4.22. Model 3 ve Mevcut Modelin İlk 10 Periyot Değerlerinin Karşılaştırılması

Mode	Model3	Mevcut
1	**1,0942**	**1,2437**
2	0,9345	1,0860
3	**0,9107**	**1,0318**
4	0,3181	0,4150
5	0,2914	0,3721
6	0,2613	0,3043
7	0,1518	0,2360
8	0,1496	0,2162
9	0,1236	0,1599
10	0,0948	0,1512

Bu modelde bundan önceki iki modelden ve mevcut modelden farklı olarak x ve y doğrultusu için hâkim periyotların sıralarının değiştiği görülmektedir. Önceki modellerde 1. titreşim periyodu y doğrultusunda iken y doğrultusunda yapılan perde ilavelerinin etkisiyle bu modelde periyot değeri %26,77 oranında azalmış ve yapının 3. modu olmuştur. X doğrultusundaki hakim periyot değeri ise %6,05 oranında artmıştır. Bu sistemde burulma modu da %13,95 oranında azalmıştır.

Toplam taban kesme kuvveti ve devrilme momenti tahkiki:

W= 60937,281 T_1=1,0943

X doğrultusu

$V_{tx}=W.A(T_1)/R_a(T_1)= 3899,986 \geq 0,1.A_0.I.W= 2437,491$

$\Delta F_{Nx}=0,07.T_1.V_{tx}=298,729 < 0,2V_{tx}=779,997$

$M_{0x}=(V_t-\Delta F_{Nx})(2H_N/3)+ \Delta F_{Nx}(H_N) =72888,308$

Y doğrultusu

$V_{ty}=W.A(T_1)/R_a(T_1)= 4509,359 \geq 0,1.A_0.I.W= 2437,491$

$\Delta F_{Ny}=0,07.T_1.V_{ty}= 345,405 < 0,2V_{ty}= 901,872$

$M_{0y}=(V_t-\Delta F_{Ny})(2H_N/3)+ \Delta F_{Ny}(H_N) = 84277,106$

Tablo 4.23. Toplam Taban Kesme Kuvveti ve Devrilme Momenti Kıyaslaması

	Model3		Mevcut Model	
	$\sum V_t$	$\sum M_0$	$\sum V_t$	$\sum M_0$
x	3899,986	72888,308	6863,113	128913,638
y	4509,359	84277,106	5924,568	111284,422

Tablo 4.23'ten görüldüğü üzere 3. modelin taban kesme kuvveti ve buna bağlı olarak devrilme momenti değerlerinin mevcut modele göre büyük oranda azaldığıdır. Bunun nedeni analizin bu model için süneklik düzeyi yüksek sistem kabulü ile yapılmış olmasıdır. Bu kabul sonucu R taşıyıcı sistem davranış katsayısı artmış dolayısıyla deprem yükü azaltma katsayısı $R_a(T)$ değeri de artmıştır. Bunlara bağlı olarak toplam taban kesme kuvveti x doğrultusunda %43,18 oranında, y doğrultusunda %23,89 oranında azalmıştır. Oranlar arasındaki bu farkın nedeni ise bu modelde y doğrultusundaki rijitlik artışıdır. y doğrultusundaki rijitlik artışı sebebiyle bu doğrultuda önceki modellere göre oransal olarak daha fazla deprem yükü almıştır.

Yapının belirli bir noktası için maksimum yer değiştirme değerleri ve göreli kat ötelemeleri

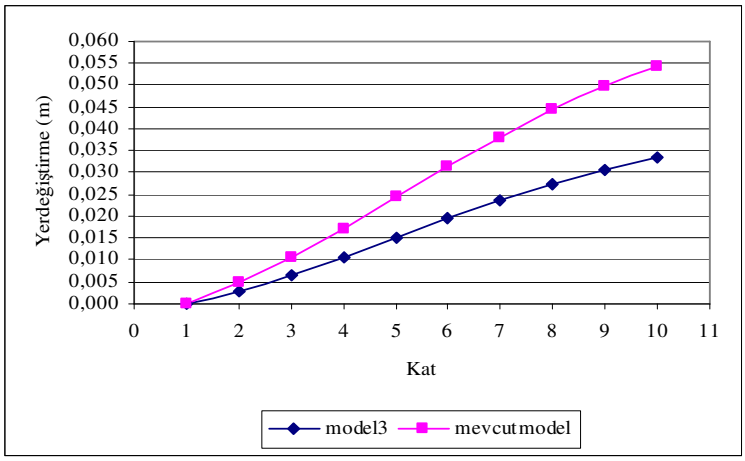
Maksimum yerdeğiştirme değerleri

Yapının bir noktası için elverişsiz yüklemelerden 0,9G+E kombinasyonu altında elde edilen maksimum yer değiştirme değerleri Tablo 4.24'de mevcut yapının maksimum yer değiştirme değerleri ile karşılaştırılmıştır. Yapıya etkiyen yanal yükün azalması ve rijitlik artışına bağlı olarak y doğrultusundaki yerdeğiştirmelerin büyük oranda azaldığı, x doğrultusunda da yapıya etkiyen yanal yükün azalması ile yer değiştirme değerlerinin azaldığı görülmektedir.

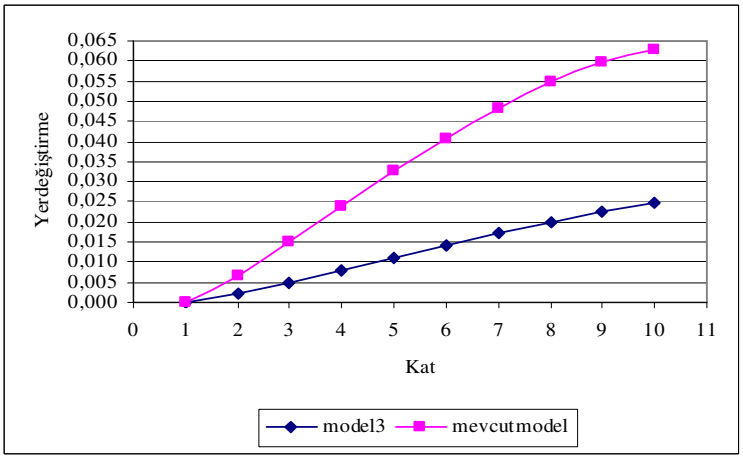
Tablo 4.24. Model3 ile Mevcut Modelin Maksimum Yerdeğiştirme Değerlerinin Karşılaştırılması

Kat	**Model3**		**Mevcut Model**	
	X	Y	X	Y
10	0,0334	0,0246	0,0541	0,0627
9	0,0307	0,0225	0,0499	0,0597
8	0,0274	0,0200	0,0444	0,0547
7	0,0236	0,0172	0,0380	0,0481
6	0,0196	0,0142	0,0315	0,0409
5	0,0152	0,0110	0,0245	0,0326
4	0,0108	0,0078	0,0172	0,0237
3	0,0067	0,0048	0,0107	0,0152
2	0,0029	0,0022	0,0047	0,0068
1	0,0001	0,0002	0,0001	0,0002

Maksimum yer değiştirme değerlerinin x ve y doğrultusundaki değerlerinin değişimi Şekil 4.11 ve Şekil 4.12'de gösterilmiştir.



Şekil 4.11. x Doğrultusu Maksimum Yer Değiştirme Değerlerinin Karşılaştırılması



Şekil 4.12. y Doğrultusu Maksimum Yer Değiştirme Değerlerinin Karşılaştırılması

Etkin göreli kat ötelemelerinin tahkiki

Tablo 4.25. Model3 x Deprem Doğrultusu Etkin Göreli Kat Ötelemeleri

KAT	**H_i (m)**	**$(\Delta_i)_{maks}$**	**$\delta_i=R*\Delta_i$**	**δ_i/H_i**		**maks**
9	3	0,0033	0,0231	0,0077	≤	0,02
8	3	0,0037	0,0259	0,0086	≤	0,02
7	3	0,0040	0,0280	0,0093	≤	0,02
6	3	0,0043	0,0301	0,0100	≤	0,02
5	3	0,0045	0,0315	0,0105	≤	0,02
4	3	0,0044	0,0308	0,0103	≤	0,02
3	3	0,0041	0,0287	0,0096	≤	0,02
2	3	0,0037	0,0259	0,0086	≤	0,02
1	3	0,0029	0,0203	0,0068	≤	0,02

Tablo 4.26. Model3 y Deprem Doğrultusu Etkin Göreli Kat Ötelemeleri

KAT	H_i	$(\Delta_i)_{maks}$	$\delta_i=R*\Delta_i$	δ_i/H_i		maks
9	3	0,0032	0,0224	0,0075	≤	0,02
8	3	0,0034	0,0238	0,0079	≤	0,02
7	3	0,0037	0,0259	0,0086	≤	0,02
6	3	0,0038	0,0266	0,0089	≤	0,02
5	3	0,0039	0,0273	0,0091	≤	0,02
4	3	0,0038	0,0266	0,0089	≤	0,02
3	3	0,0035	0,0245	0,0082	≤	0,02
2	3	0,0031	0,0217	0,0072	≤	0,02
1	3	0,0026	0,0182	0,0061	≤	0,02

Tablo 4.25-26'da görüldüğü gibi iki deprem doğrultusunda da etkin göreli kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değerleri izin verilen sınırlar içindedir.

A1 Burulma düzensizliği tahkiki:

Mevcut Model ile Model3 arasındaki A1 burulma düzensizliği değerleri eşdeğer deprem yükünün kat kütle merkezlerine, ayrıca +%5 ve -%5 ek dışmerkezlik etkisinin hesaba katılabilmesi için kaydırılmış kütle merkezlerine uygulandığı göz önüne alınarak x ve y doğrultusu için Tablo 4.27-28'de karşılaştırılmıştır.

Tablo 4.27. x Doğrultusu için Model3 ve Mevcut Model Burulma Düzensizliklerinin Karşılaştırılması

Kat	Model3			Mevcut Model		
	(x-x)	+%5 (x-x)	-%5 (x-x)	(x-x)	+%5 (x-x)	-%5 (x-x)
	η_{bi}	η_{bi}	η_{bi}	η_{bi}	η_{bi}	η_{bi}
9	1,1579	1,2116	1,2131	1,1429	1,1969	1,1984
8	1,0882	1,1588	1,1643	1,0598	1,1308	1,1364
7	1,0526	1,1213	1,1279	1,0462	1,1149	1,1215
6	1,0617	1,1354	1,1299	1,0511	1,1250	1,1194
5	1,0465	1,1264	1,1180	1,0278	1,1078	1,0995
4	1,0476	1,1199	1,1184	1,0483	1,1205	1,1191
3	1,0789	1,1452	1,1511	1,0769	1,1432	1,1491
2	1,2131	1,2836	1,2762	1,2000	1,2709	1,2635
1	1,7576	1,7835	1,7784	1,8491	1,8659	1,8626

Tablo 4.28. y Doğrultusu için Model3 ve Mevcut Model Burulma Düzensizliklerinin Karşılaştırılması

Kat	Model3			Mevcut Model		
	(y-y)	+%5 (y-y)	-%5 (y-y)	(y-y)	+%5 (y-y)	-%5 (y-y)
	ηbi	ηbi	ηbi	ηbi	ηbi	ηbi
9	1,1034	1,1563	1,1530	1,2468	1,2965	1,2935
8	1,0794	1,1567	1,1458	1,1579	1,2333	1,2228
7	1,0571	1,1929	1,1938	1,0657	1,2011	1,2021
6	1,0411	1,1731	1,1739	1,0719	1,2029	1,2037
5	1,0400	1,1288	1,1499	1,0526	1,1413	1,1622
4	1,0556	1,1421	1,1372	1,0282	1,1152	1,1102
3	1,0938	1,1690	1,1717	1,0353	1,1115	1,1142
2	1,2157	1,2469	1,2498	1,1701	1,2019	1,2049
1	1,6250	1,6548	1,6497	1,7531	1,7741	1,7705

C8 kolonunun kesit tesirleri

C8 kolonu için yük kombinasyonlarından G+Q+EX ve G+Q+EY yüklemelerinde elde edilen kesit tesiri değerleri Tablo 4.29 ve Tablo 30'da verilmiştir.

Tablo 4.29. C8 Kolonu için x Doğrultusundaki Elverişsiz Yükleme için Kesit Tesirleri

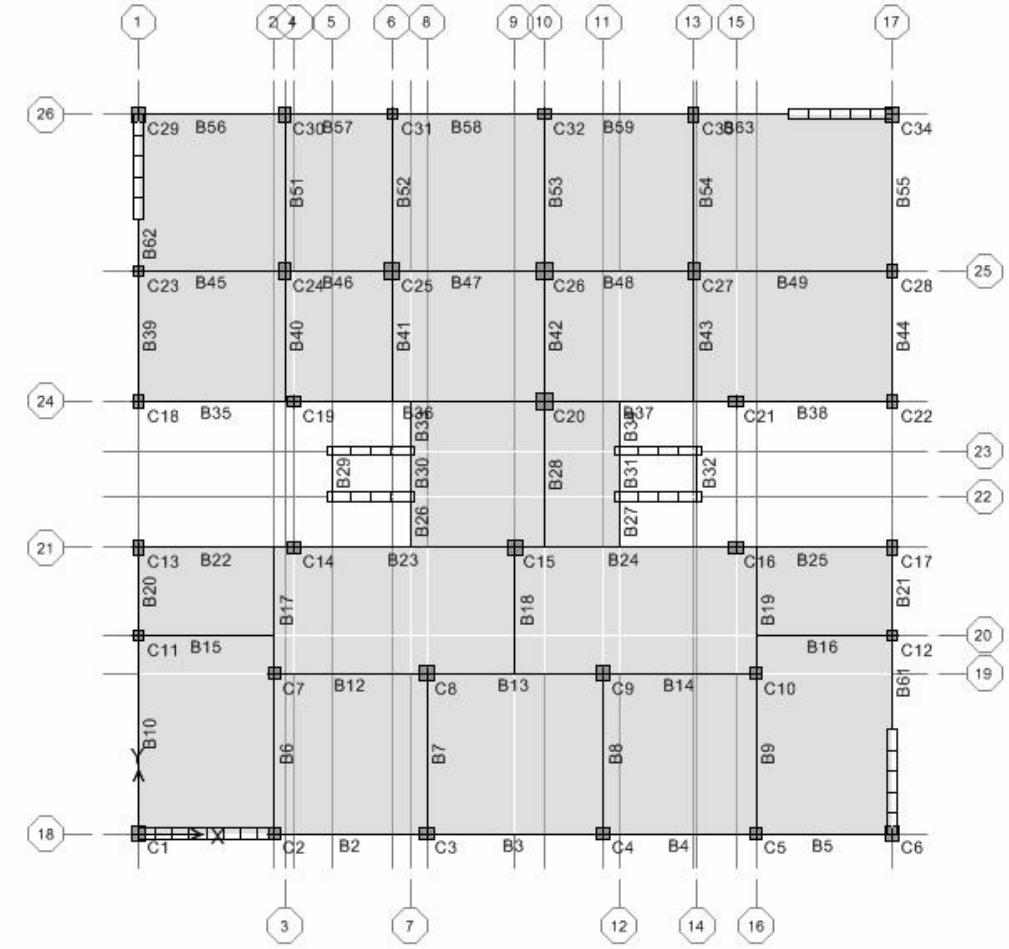
Story	Column	Load	P	V2	V3	T	M2	M3
STORY10	C8	GQARTIEX	-210,22	69,49	22,48	0,066	28,266	93,362
STORY9	C8	GQARTIEX	-409,18	62,37	15,23	0,119	24,052	93,245
STORY8	C8	GQARTIEX	-609,88	62,23	13,87	0,182	18,836	87,597
STORY7	C8	GQARTIEX	-815,24	86,69	17,75	0,117	24,578	122,573
STORY6	C8	GQARTIEX	-1021,3	84,45	15,29	0,217	23,347	125,863
STORY5	C8	GQARTIEX	-1229,34	81,11	14,14	0,302	19,91	118,457
STORY4	C8	GQARTIEX	-1443,86	90,97	15,75	0,056	22,344	136,99
STORY3	C8	GQARTIEX	-1660,94	75,59	13,56	0,247	18,844	120,645
STORY2	C8	GQARTIEX	-1880,82	80,2	18,28	2,087	28,473	148,048
STORY1	C8	GQARTIEX	-2105,08	-12,28	5,2	-1,898	1,614	-5,53

Tablo 4.30. C8 Kolonu için y Doğrultusundaki Elverişsiz Yükleme için Kesit Tesirleri

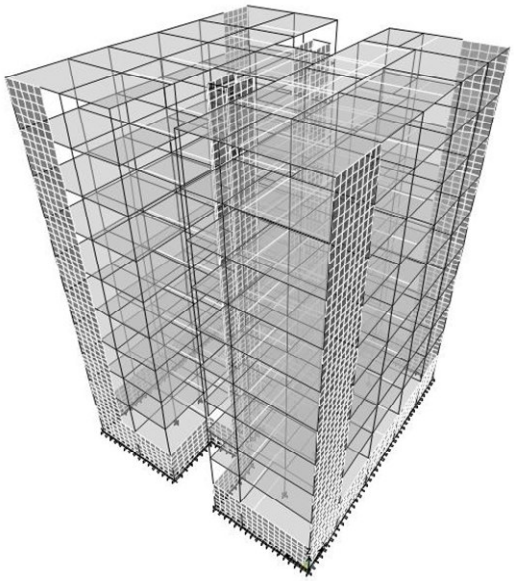
Story	Column	Load	P	V2	V3	T	M2	M3
STORY10	C8	GQARTIEY	-217,45	28	37,04	0,115	47,045	36,895
STORY9	C8	GQARTIEY	-429,29	19,76	29,13	0,061	43,983	30,18
STORY8	C8	GQARTIEY	-646,32	17,24	28,68	0,066	38,327	23,941
STORY7	C8	GQARTIEY	-872,89	20,23	43,04	0,165	58,386	28,477
STORY6	C8	GQARTIEY	-1104,14	16,63	41,19	0,141	61,268	24,885
STORY5	C8	GQARTIEY	-1339,82	14,29	40,28	0,158	59,156	20,267
STORY4	C8	GQARTIEY	-1583,34	15,92	46,1	0,227	72,183	23,109
STORY3	C8	GQARTIEY	-1828	14,04	39,83	0,281	70,427	21,086
STORY2	C8	GQARTIEY	-2070,6	17,1	39,97	1,163	83,712	27,834

4.4. Model-4

Bu modelde, mevcut yapının rijitliği iki doğrultuda da arttırılmak istenmiştir. Bu doğrultuda mevcut yapıya iki doğrultuda ilave olarak P1, P2, P3, P4 perdeleri Şekil 4.13-14'te görüldüğü gibi eklenmiştir. Yapıya ek olarak perde eklendiğinden dolayı taşıyıcı sistem davranış katsayısı R, süneklik düzeyi yüksek betonarme perdeler ile çerçeveler tarafından birlikte taşındığı kabulüyle, boşluksuz perdelerin tabanında deprem yüklerinden meydana gelen eğilme momentlerinin toplamının binanın tümü için tabanda meydana gelen toplam devrilme momentinin %75'inden fazla olmadığı hesapla doğrulanarak 7 alınmıştır.



Şekil 4.13. Model 4 Kalıp Planı



Şekil 4.14. Model 4 Üç Boyutlu Görünüş

Yapılan statik ve dinamik analiz sonucunda ilk 10 mod için elde edilen yapının periyot ve modal kütle katılım oranları Tablo 4.31'de verilmiştir.

Tablo 4.31. Model 4 Periyot ve Modal Kütle Katılım Oranları

Mode	Period	UX	UY	SumUX	SumUY
1	**0,9771**	0,0024	65,7272	0,0024	65,7272
2	**0,8467**	62,8131	0,0004	62,8155	65,7276
3	0,7106	1,5179	0,0000	64,3334	65,7276
4	0,2895	0,0506	13,6771	64,3841	79,4048
5	0,2220	13,4872	0,0309	77,8712	79,4356
6	0,1743	1,8073	0,0022	79,6785	79,4378
7	0,1676	0,0000	4,1037	79,6785	83,5415
8	0,1258	0,0066	0,0029	79,6851	83,5444
9	0,1198	0,0141	1,9440	79,6992	85,4884
10	0,1033	2,4967	0,2895	82,1959	85,7779

Model 4'ün ilk 10 mod için periyot değerlerinin mevcut yapının periyot değerleri ile kıyaslanması Tablo 4.32'de gösterilmiştir.

Tablo 4.32. Model 4 ve Mevcut Modelin İlk 10 Periyot Değerlerinin Karşılaştırılması

Mode	Model4	Mevcut
1	**0,9771**	**1,2437**
2	**0,8467**	1,0860
3	0,7106	**1,0318**
4	0,2895	0,4150
5	0,2220	0,3721
6	0,1743	0,3043
7	0,1676	0,2360
8	0,1258	0,2162
9	0,1198	0,1599
10	0,1033	0,1512

Tablo 4.32'den de görüleceği üzere hakim periyot değerleri burulma modu da dahil olmak üzere azalmıştır. Eklenen perdeler yapı rijitiğini arttırmış ve yapı periyodunu kısaltmıştır. Yapı periyodu değerleri y doğrultusunda %21,44 oranında, x doğrultusunda %17,94 oranında azalmıştır. Özellikle 4. modelin burulma modu olan 3. moddaki periyotun, mevcut sistemin burulma modu olan 2. moddaki periyota göre %34,57 oranında kısaldığı görülmektedir.

Toplam taban kesme kuvveti ve devrilme momenti tahkiki

W= 59782,539 T_1=0,9771

X doğrultusu

$V_{tx}=W.A(T_1)/R_a(T_1)= 4663,038 \geq 0,1.A_0.I.W= 2391,302$

$\Delta F_{Nx}=0,07.T_1.V_{tx}=318,952 < 0,2V_{tx}=932,608$

$M_{0x}=(V_t-\Delta F_{Nx})(2H_N/3)+ \Delta F_{Nx}(H_N) =86805,251$

Y doğrultusu

$V_{ty}=W.A(T_1)/R_a(T_1)= 4184,778 \geq 0,1.A_0.I.W= 2391,302$

$\Delta F_{Ny}=0,07.T_1.V_{ty}= 286,239 < 0,2V_{ty}= 836,956$

$M_{0y}=(V_t-\Delta F_{Ny})(2H_N/3)+ \Delta F_{Ny}(H_N) = 77902,149$

Tablo 4.33. Toplam Taban Kesme Kuvveti ve Devrilme Momenti Kıyaslaması

	Model4		Mevcut Model	
	$\sum V_t$	$\sum M_0$	$\sum V_t$	$\sum M_0$
x	4663,038	86805,251	6863,113	128913,638
y	4184,778	77902,149	5924,568	111284,422

Tablo 4.33'ten görüldüğü üzere 4. modelin taban kesme kuvveti ve buna bağlı olarak devrilme momenti değerleri de 3. modeldeki gibi mevcut modele göre büyük oranda azalmıştır. Bunun nedeni de yine süneklik düzeyi yüksek sistem kabulü yapılmış olması ve deprem yükü azaltma katsayısının artmasıdır. Bunlara bağlı olarak toplam taban kesme kuvveti x doğrultusunda %32,06 oranında, y doğrultusunda %29,87 oranında azalmıştır. Burada 3. modelden farklı olarak iki doğrultuda da eş sayıda perdeler ilave edildiği için değişim oranları da Model 3'e göre nispeten daha yakındır.

Yapının belirli bir noktası için maksimum yer değiştirme değerleri ve göreli kat ötelemeleri

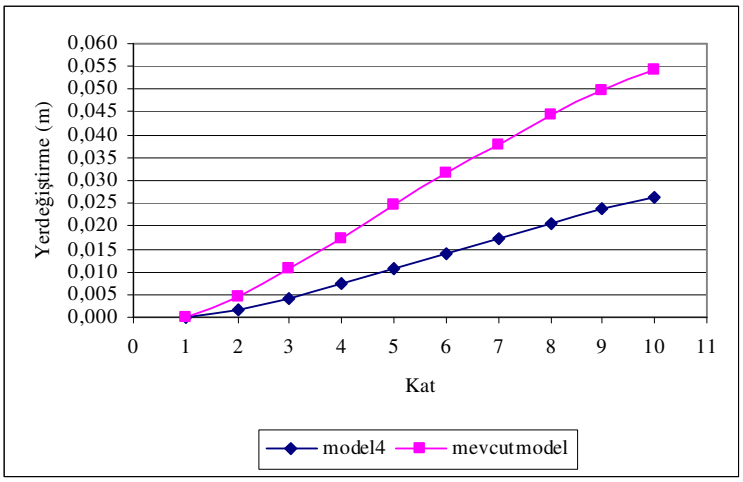
Maksimum yerdeğiştirme değerleri

Yapının bir noktası için elverişsiz yüklemelerden 0,9G+E kombinasyonu altında elde edilen maksimum yer değiştirme değerleri Tablo 4.34'te mevcut yapının maksimum yer değiştirme değerleri ile karşılaştırılmıştır. Yapıya etkiyen yanal yükün azalması ve rijitlik artışına bağlı olarak iki doğrultuda da yerdeğiştirmelerin büyük oranda azaldığı görülmektedir.

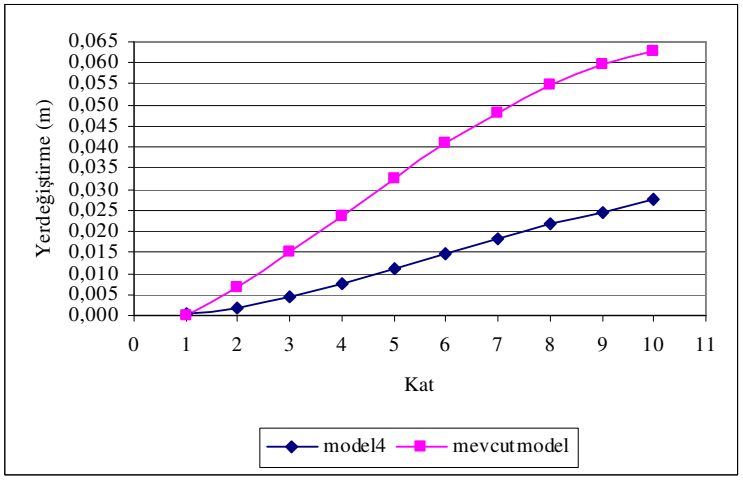
Tablo 4.34. Model4 ile Mevcut Modelin Maksimum Yerdeğiştirme Değerlerinin Karşılaştırılması

	Model4		**Mevcut Model**	
Kat	X	Y	X	Y
10	0,0264	0,0275	0,0541	0,0627
9	0,0237	0,0246	0,0499	0,0597
8	0,0206	0,0216	0,0444	0,0547
7	0,0174	0,0183	0,0380	0,0481
6	0,0140	0,0148	0,0315	0,0409
5	0,0106	0,0113	0,0245	0,0326
4	0,0073	0,0077	0,0172	0,0237
3	0,0043	0,0045	0,0107	0,0152
2	0,0018	0,0019	0,0047	0,0068
1	0,0001	0,0003	0,0001	0,0002

Maksimum yer değiştirme değerlerinin x ve y doğrultusundaki değerlerinin değişimi Şekil 4.15 ve Şekil 4.16'da gösterilmiştir.



Şekil 4.15. x Doğrultusu Maksimum Yer Değiştirme Değerlerinin Karşılaştırılması



Şekil 4.16. y Doğrultusu Maksimum Yer Değiştirme Değerlerinin Karşılaştırılması

Etkin göreli kat ötelemelerinin tahkiki

Tablo 4.35. Model4 x Deprem Doğrultusu Etkin Göreli Kat Ötelemeleri

KAT	H_i (m)	$(\Delta_i)_{maks}$	$\delta_i=R*\Delta_i$	δ_i/H_i		maks
9	3	0,0035	0,0245	0,0082	≤	0,02
8	3	0,0036	0,0252	0,0084	≤	0,02
7	3	0,0036	0,0252	0,0084	≤	0,02
6	3	0,0036	0,0252	0,0084	≤	0,02
5	3	0,0035	0,0245	0,0082	≤	0,02
4	3	0,0034	0,0238	0,0079	≤	0,02
3	3	0,0031	0,0217	0,0072	≤	0,02
2	3	0,0025	0,0175	0,0058	≤	0,02
1	3	0,0019	0,0133	0,0044	≤	0,02

Tablo 4.36. Model4 y Deprem Doğrultusu Etkin Göreli Kat Ötelemeleri

KAT	H_i	$(\Delta_i)_{maks}$	$\delta_i=R*\Delta_i$	δ_i/H_i		maks
9	3	0,0036	0,0252	0,0084	≤	0,02
8	3	0,0038	0,0266	0,0089	≤	0,02
7	3	0,004	0,0280	0,0093	≤	0,02
6	3	0,0041	0,0287	0,0096	≤	0,02
5	3	0,0042	0,0294	0,0098	≤	0,02
4	3	0,0041	0,0287	0,0096	≤	0,02
3	3	0,0037	0,0259	0,0086	≤	0,02
2	3	0,0032	0,0224	0,0075	≤	0,02
1	3	0,0024	0,0168	0,0056	≤	0,02

Tablo 4.35-36'da görüldüğü gibi iki deprem doğrultusunda da etkin göreli kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değerleri izin verilen sınırlar içindedir.

A1 Burulma düzensizliği tahkiki:

Mevcut Model ile Model4 arasındaki A1 burulma düzensizliği değerleri eşdeğer deprem yükünün kat kütle merkezlerine, ayrıca +%5 ve -%5 ek dışmerkezlik etkisinin hesaba katılabilmesi için kaydırılmış kütle merkezlerine uygulandığı göz önüne alınarak x ve y doğrultusu için Tablo 4.37-38'de karşılaştırılmıştır.

Tablo 4.37. x Doğrultusu için Model4 ve Mevcut Model Burulma Düzensizliklerinin Karşılaştırılması

Kat	Model4			Mevcut Model		
	(x-x)	+%5 (x-x)	-%5 (x-x)	(x-x)	+%5 (x-x)	-%5 (x-x)
	η_{bi}	η_{bi}	η_{bi}	η_{bi}	η_{bi}	η_{bi}
9	1,1475	1,2015	1,2030	1,1429	1,1969	1,1984
8	1,1077	1,1779	1,1834	1,0598	1,1308	1,1364
7	1,0746	1,1430	1,1495	1,0462	1,1149	1,1215
6	1,0588	1,1326	1,1270	1,0511	1,1250	1,1194
5	1,0448	1,1246	1,1163	1,0278	1,1078	1,0995
4	1,0968	1,1682	1,1668	1,0483	1,1205	1,1191
3	1,1481	1,2131	1,2188	1,0769	1,1432	1,1491
2	1,2500	1,3190	1,3118	1,2000	1,2709	1,2635
1	1,7273	1,7560	1,7503	1,8491	1,8659	1,8626

Tablo 4.38. y Doğrultusu için Model4 ve Mevcut Model Burulma Düzensizliklerinin Karşılaştırılması

Kat	Model4			Mevcut Model		
	(y-y)	+%5 (y-y)	-%5 (y-y)	(y-y)	+%5 (y-y)	-%5 (y-y)
	η_{bi}	η_{bi}	η_{bi}	η_{bi}	η_{bi}	η_{bi}
9	1,2414	1,2913	1,2883	1,2468	1,2965	1,2935
8	1,1692	1,2443	1,2338	1,1579	1,2333	1,2228
7	1,0959	1,2301	1,2311	1,0657	1,2011	1,2021
6	1,0933	1,2235	1,2243	1,0719	1,2029	1,2037
5	1,0909	1,1788	1,1994	1,0526	1,1413	1,1622
4	1,1081	1,1935	1,1887	1,0282	1,1152	1,1102
3	1,1563	1,2300	1,2326	1,0353	1,1115	1,1142
2	1,2800	1,3101	1,3129	1,1701	1,2019	1,2049
1	1,7143	1,7381	1,7341	1,7531	1,7741	1,7705

C9 kolonunun kesit tesirleri

C9 kolonu için yük kombinasyonlarından G+Q+EX ve G+Q+EY yüklemelerinde elde edilen kesit tesiri değerleri Tablo 4.39 ve Tablo 4.40'ta verilmiştir.

Tablo 4.39. C9 Kolonu için x Doğrultusundaki Elverişsiz Yükleme için Kesit Tesirleri

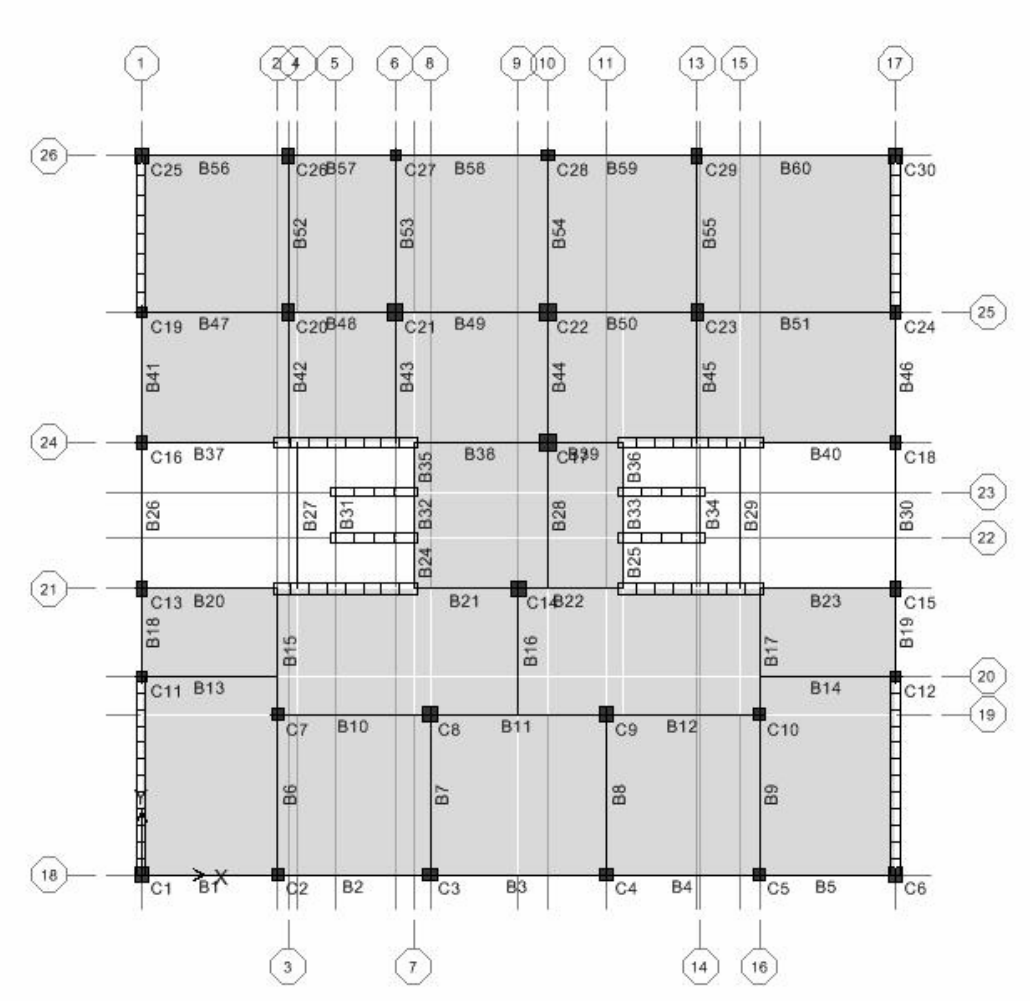
Story	Column	Load	P	V2	V3	T	M2	M3
STORY10	C9	GQARTIEX	-236,72	49,10	24,30	0,29	30,65	66,70
STORY9	C9	GQARTIEX	-464,69	43,48	15,23	0,40	24,41	65,63
STORY8	C9	GQARTIEX	-693,42	42,64	14,10	0,28	19,08	61,34
STORY7	C9	GQARTIEX	-922,57	59,52	18,18	0,34	25,29	86,33
STORY6	C9	GQARTIEX	-1148,53	56,48	15,45	0,14	23,94	86,40
STORY5	C9	GQARTIEX	-1374,29	52,93	13,81	-0,02	19,43	79,83
STORY4	C9	GQARTIEX	-1602,25	59,49	16,17	-0,28	23,17	92,78
STORY3	C9	GQARTIEX	-1829,01	47,09	12,99	-0,22	18,27	78,27
STORY2	C9	GQARTIEX	-2055,70	48,73	17,39	0,02	25,76	90,47
STORY1	C9	GQARTIEX	-2283,71	-2,08	8,86	-0,77	8,25	2,69

Tablo 4.40. C9 Kolonu için y Doğrultusundaki Elverişsiz Yükleme için Kesit Tesirleri

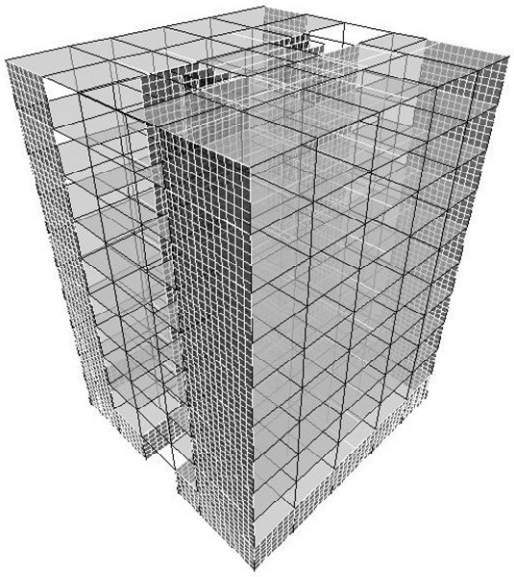
Story	Column	Load	P	V2	V3	T	M2	M3
STORY10	C9	GQARTIEY	-237,46	10,38	42,35	0,79	52,88	13,11
STORY9	C9	GQARTIEY	-473,12	7,22	36,31	0,53	53,92	11,22
STORY8	C9	GQARTIEY	-711,82	6,99	36,63	0,30	50,20	9,85
STORY7	C9	GQARTIEY	-957,31	9,20	50,14	0,71	69,52	13,35
STORY6	C9	GQARTIEY	-1204,42	8,84	48,06	0,53	72,16	13,68
STORY5	C9	GQARTIEY	-1452,39	9,14	47,43	0,38	71,86	13,64
STORY4	C9	GQARTIEY	-1703,72	12,03	48,82	0,44	78,59	17,99
STORY3	C9	GQARTIEY	-1953,17	12,36	43,71	-0,05	78,23	18,85
STORY2	C9	GQARTIEY	-2198,02	17,05	43,43	-0,22	94,62	28,57
STORY1	C9	GQARTIEY	-2432,32	6,90	-7,97	-0,26	1,21	5,87

4.5. Model-5

Bu modelde, mevcut yapıdaki çerçeve süreksizliği sorununu ortadan kaldırarak ve iki doğrultuda yapı rijitliğini arttırarak yapı davranışının nasıl etkilendiği gözlemlenmiştir. Bu amaçla mevcut yapı modeline ilave olarak Şekil 4.17-18'de görülen 30/60 boyutlarında B26, B27, B29, B30 kirişleri ile P5, P6, P7, P8, P9, P10, P11, P12 perdeleri eklenmiştir. Yapıya ek olarak perde eklendiğinden dolayı taşıyıcı sistem davranış katsayısı R, süneklik düzeyi yüksek betonarme perdeler ile çerçeveler tarafından birlikte taşındığı kabulüyle, boşluksuz perdelerin tabanında deprem yüklerinden meydana gelen eğilme momentlerinin toplamının binanın tümü için tabanda meydana gelen toplam devrilme momentinin %75'inden fazla olmadığı hesapla doğrulanarak 7 alınmıştır.



Şekil 4.17. Model 5 Kalıp Planı



Şekil 4.18. Model 5 Üç Boyutlu Görünüş

Yapılan statik ve dinamik analiz sonucunda ilk 10 mod için elde edilen yapının periyot ve modal kütle katılım oranları Tablo 4.41'de verilmiştir.

Tablo 4.41. Model 5 Periyot ve Modal Kütle Katılım Oranları

Mode	Period	UX	UY	∑UX	∑UY
1	**0,6993**	65,1585	0,0160	65,1585	0,0160
2	**0,6050**	0,0174	64,3902	65,1759	64,4062
3	0,5203	0,0404	0,0000	65,2163	64,4062
4	0,1726	15,9786	0,0005	81,1948	64,4067
5	0,1460	0,0002	18,1093	81,1951	82,5160
6	0,1225	0,0000	0,0035	81,1951	82,5195
7	0,0808	0,0010	5,5089	81,1960	88,0284
8	0,0765	5,8510	0,0010	87,0471	88,0294
9	0,0648	0,0019	0,0054	87,0489	88,0348
10	0,0643	0,0000	1,8925	87,0490	89,9273

Model 5'in ilk 10 mod için periyot değerlerinin mevcut yapının periyot değerleri ile kıyaslanması Tablo 4.42'de gösterilmiştir.

Tablo 4.42. Model 5 ve Mevcut Modelin İlk 10 Periyot Değerlerinin Karşılaştırılması

Mode	Model5	Mevcut
1	**0,6993**	**1,2437**
2	**0,6050**	1,0860
3	0,5203	**1,0318**
4	0,1726	0,4150
5	0,1460	0,3721
6	0,1225	0,3043
7	0,0808	0,2360
8	0,0765	0,2162
9	0,0648	0,1599
10	0,0643	0,1512

Tablo 4.42'den de görüleceği üzere hakim periyot değerleri burulma modu da dahil olmak üzere büyük oranda azalmıştır. Eklenen perdeler yapı rijitiğini arttırmış ve yapı periyodunu kısaltmıştır. Yapı periyodu değerleri y doğrultusunda %51,35 oranında, x doğrultusunda %32,23 oranında azalmıştır. 5. modelin burulma modu olan 3. moddaki periyotun, mevcut sistemin burulma modu olan 2. moddaki periyota göre %52,09 oranında kısaldığı görülmektedir.

Toplam taban kesme kuvveti ve devrilme momenti tahkiki:

W= 62468,433 T_1=0,6993

X doğrultusu

$V_{tx}=W.A(T_1)/R_a(T_1)= 5684,627 \geq 0,1.A_0.I.W= 2498,737$

$\Delta F_{Nx}=0,07.T_1.V_{tx}=278,281 < 0,2V_{tx}=1136,925$

$M_{0x}=(V_t-\Delta F_{Nx})(2H_N/3)+ \Delta F_{Nx}(H_N) =104827,822$

Y doğrultusu

$V_{ty}=W.A(T_1)/R_a(T_1)= 6434,249 \geq 0,1.A_0.I.W= 2498,737$

$\Delta F_{Ny}=0,07.T_1.V_{ty}= 314,977 < 0,2V_{ty}= 1286,850$

$M_{0y}=(V_t-\Delta F_{Ny})(2H_N/3)+ \Delta F_{Ny}(H_N) = 118651,271$

Tablo 4.43. Toplam Taban Kesme Kuvveti ve Devrilme Momenti Kıyaslaması

	Model5		Mevcut Model	
	$\sum V_t$	$\sum M_0$	$\sum V_t$	$\sum M_0$
x	5684,627	104827,822	6863,113	128913,638
y	6434,249	118651,271	5924,568	111284,422

Tablo 4.43'ten görüldüğü üzere mevcut modele göre toplam taban kesme kuvveti x doğrultusunda %17,17 oranında azalırken, y doğrultusunda %8,60 oranında artmıştır.

Yapının belirli bir noktası için maksimum yer değiştirme değerleri ve göreli kat ötelemeleri

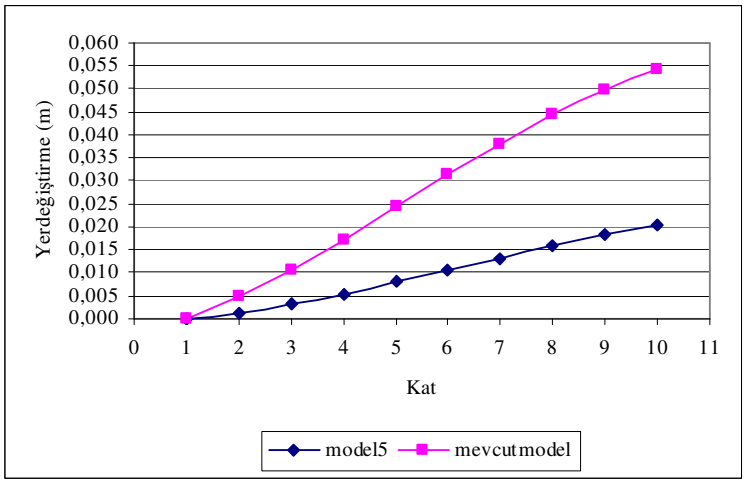
Maksimum yerdeğiştirme değerleri

Yapının bir noktası için elverişsiz yüklemelerden 0,9G+E kombinasyonu altında elde edilen maksimum yer değiştirme değerleri Tablo 4.44'te mevcut yapının maksimum yer değiştirme değerleri ile karşılaştırılmıştır. Artan rijitlik sayesinde maksimum yer değiştirme değerlerinin iki doğrultuda da mevcut yapıdaki maksimum yer değiştirme değerlerine göre büyük oranda azaldığı görülmektedir.

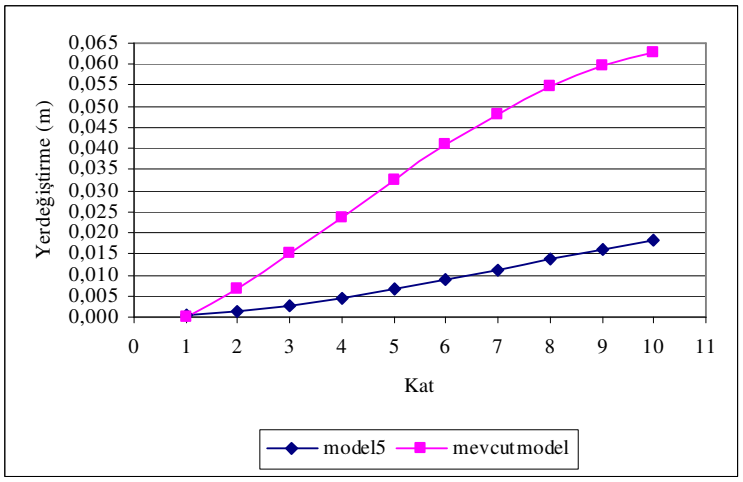
Tablo 4.44. Model5 ile Mevcut Modelin Maksimum Yerdeğiştirme Değerlerinin Karşılaştırılması

Kat	**Model5**		**Mevcut Model**	
	X	Y	X	Y
10	0,0205	0,0182	0,0541	0,0627
9	0,0183	0,0159	0,0499	0,0597
8	0,0158	0,0136	0,0444	0,0547
7	0,0132	0,0112	0,0380	0,0481
6	0,0106	0,0089	0,0315	0,0409
5	0,008	0,0066	0,0245	0,0326
4	0,0055	0,0045	0,0172	0,0237
3	0,0032	0,0026	0,0107	0,0152
2	0,0014	0,0012	0,0047	0,0068
1	0,0001	0,0003	0,0001	0,0002

Maksimum yer değiştirme değerlerinin x ve y doğrultusundaki değerlerinin değişimi Şekil 4.19 ve Şekil 4.20'de gösterilmiştir.



Şekil 4.19. x Doğrultusu Maksimum Yer Değiştirme Değerlerinin Karşılaştırılması



Şekil 4.20. y Doğrultusu Maksimum Yer Değiştirme Değerlerinin Karşılaştırılması

Etkin göreli kat ötelemelerinin tahkiki

Tablo 4.45. Model5 x Deprem Doğrultusu Etkin Göreli Kat Ötelemeleri

KAT	H_i (m)	$(\Delta_i)_{maks}$	$\delta_i=R*\Delta_i$	δ_i/H_i		maks
9	3	0,0026	0,0182	0,0061	≤	0,02
8	3	0,0027	0,0189	0,0063	≤	0,02
7	3	0,0027	0,0189	0,0063	≤	0,02
6	3	0,0027	0,0189	0,0063	≤	0,02
5	3	0,0027	0,0189	0,0063	≤	0,02
4	3	0,0027	0,0189	0,0063	≤	0,02
3	3	0,0023	0,0161	0,0054	≤	0,02
2	3	0,0019	0,0133	0,0044	≤	0,02
1	3	0,0015	0,0105	0,0035	≤	0,02

Tablo 4.46. Model5 y Deprem Doğrultusu Etkin Göreli Kat Ötelemeleri

KAT	H_i	$(\Delta_i)_{maks}$	$\delta_i=R*\Delta_i$	δ_i/H_i		maks
9	3	0,0024	0,0168	0,0056	≤	0,02
8	3	0,0024	0,0168	0,0056	≤	0,02
7	3	0,0024	0,0168	0,0056	≤	0,02
6	3	0,0024	0,0168	0,0056	≤	0,02
5	3	0,0023	0,0161	0,0054	≤	0,02
4	3	0,0022	0,0154	0,0051	≤	0,02
3	3	0,0019	0,0133	0,0044	≤	0,02
2	3	0,0015	0,0105	0,0035	≤	0,02
1	3	0,0013	0,0091	0,0030	≤	0,02

Tablo 4.45-46'da görüldüğü gibi iki deprem doğrultusunda da etkin göreli kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değerleri izin verilen sınırlar içindedir.

A1 Burulma düzensizliği tahkiki:

Mevcut Model ile Model5 arasındaki A1 burulma düzensizliği değerleri eşdeğer deprem yükünün kat kütle merkezlerine, ayrıca +%5 ve -%5 ek dışmerkezlik etkisinin hesaba katılabilmesi için kaydırılmış kütle merkezlerine uygulandığı göz önüne alınarak x ve y doğrultusu için Tablo 4.47-48'de karşılaştırılmıştır.

Tablo 4.47. x Doğrultusu için Model5 ve Mevcut Model Burulma Düzensizliklerinin Karşılaştırılması

Kat	Model5			Mevcut Model		
	(x-x)	+%5 (x-x)	-%5 (x-x)	(x-x)	+%5 (x-x)	-%5 (x-x)
	η_{bi}	η_{bi}	η_{bi}	η_{bi}	η_{bi}	η_{bi}
9	1,0833	1,1383	1,1398	1,1429	1,1969	1,1984
8	1,0588	1,1298	1,1354	1,0598	1,1308	1,1364
7	1,0385	1,1072	1,1139	1,0462	1,1149	1,1215
6	1,0385	1,1125	1,1069	1,0511	1,1250	1,1194
5	1,0385	1,1184	1,1101	1,0278	1,1078	1,0995
4	1,0588	1,1309	1,1295	1,0483	1,1205	1,1191
3	1,1220	1,1875	1,1933	1,0769	1,1432	1,1491
2	1,2258	1,2958	1,2885	1,2000	1,2709	1,2635
1	1,6667	1,7006	1,6940	1,8491	1,8659	1,8626

Tablo 4.48. y Doğrultusu için Model5 ve Mevcut Model Burulma Düzensizliklerinin Karşılaştırılması

Kat	Model5			Mevcut Model		
	(y-y)	+%5 (y-y)	-%5 (y-y)	(y-y)	+%5 (y-y)	-%5 (y-y)
	η_{bi}	η_{bi}	η_{bi}	η_{bi}	η_{bi}	η_{bi}
9	1,1429	1,1951	1,1919	1,2468	1,2965	1,2935
8	1,0435	1,1213	1,1104	1,1579	1,2333	1,2228
7	1,0213	1,1581	1,1590	1,0657	1,2011	1,2021
6	1,0435	1,1754	1,1763	1,0719	1,2029	1,2037
5	1,0455	1,1342	1,1552	1,0526	1,1413	1,1622
4	1,1000	1,1856	1,1807	1,0282	1,1152	1,1102
3	1,1176	1,1924	1,1951	1,0353	1,1115	1,1142
2	1,2500	1,2807	1,2835	1,1701	1,2019	1,2049
1	1,7333	1,7558	1,7520	1,7531	1,7741	1,7705

C9 kolonunun kesit tesirleri

C9 kolonu için yük kombinasyonlarından G+Q+EX ve G+Q+EY yüklemelerinde elde edilen kesit tesiri değerleri Tablo 4.49 ve Tablo 4.50'de verilmiştir.

Tablo 4.49. C9 Kolonu için x Doğrultusundaki Elverişsiz Yükleme için Kesit Tesirleri

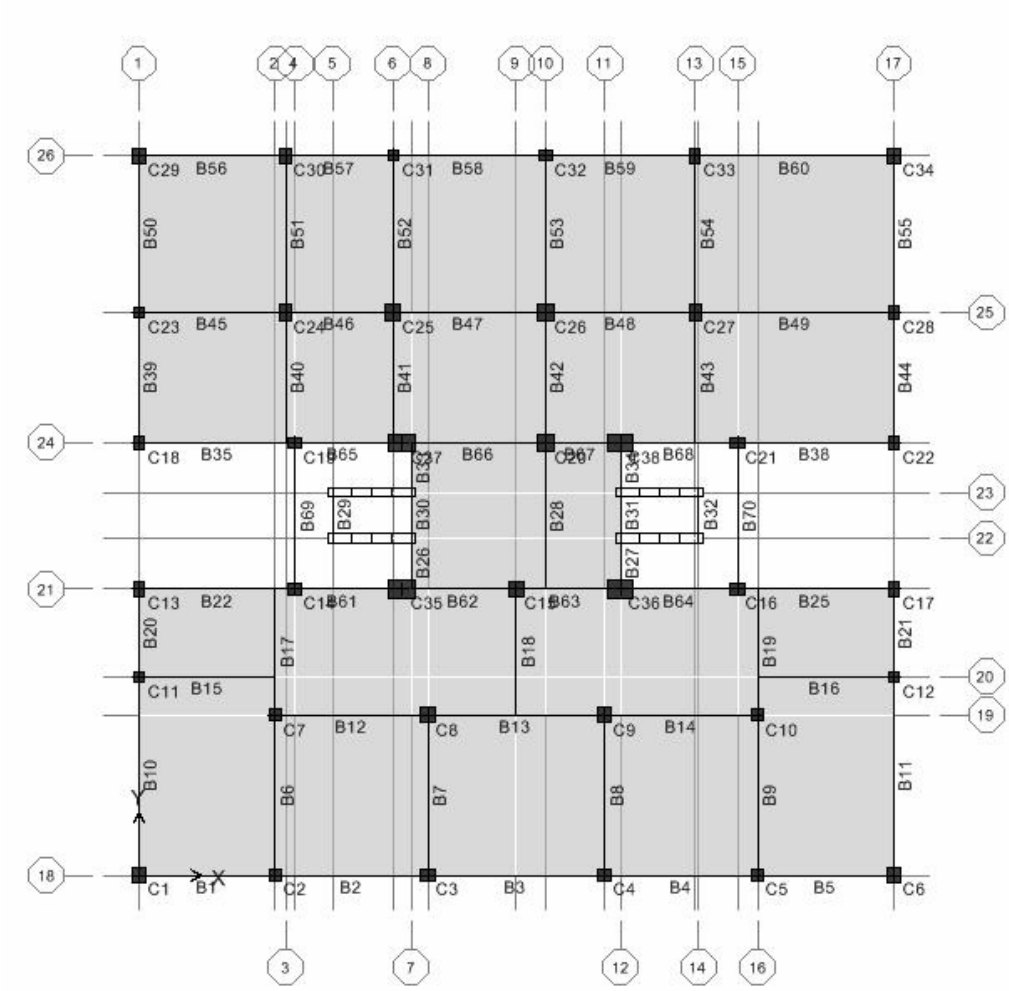
Story	Column	Load	P	V2	V3	T	M2	M3
STORY10	C9	GQARTIEX	-231,58	39,03	27,47	-0,02	34,66	53,04
STORY9	C9	GQARTIEX	-454,93	33,57	17,71	0,05	28,18	50,83
STORY8	C9	GQARTIEX	-679,60	33,11	16,31	0,04	22,18	47,44
STORY7	C9	GQARTIEX	-905,43	47,33	20,93	0,08	29,09	68,40
STORY6	C9	GQARTIEX	-1128,79	45,17	17,88	0,06	27,47	68,92
STORY5	C9	GQARTIEX	-1352,58	42,75	16,25	0,08	23,02	64,05
STORY4	C9	GQARTIEX	-1579,09	49,63	18,16	0,03	26,12	76,81
STORY3	C9	GQARTIEX	-1804,93	40,30	15,41	0,20	22,57	66,96
STORY2	C9	GQARTIEX	-2031,23	40,17	18,65	0,99	29,58	74,03
STORY1	C9	GQARTIEX	-2258,27	2,60	6,36	-1,02	4,26	7,73

Tablo 4.50. C9 Kolonu için y Doğrultusundaki Elverişsiz Yükleme için Kesit Tesirleri

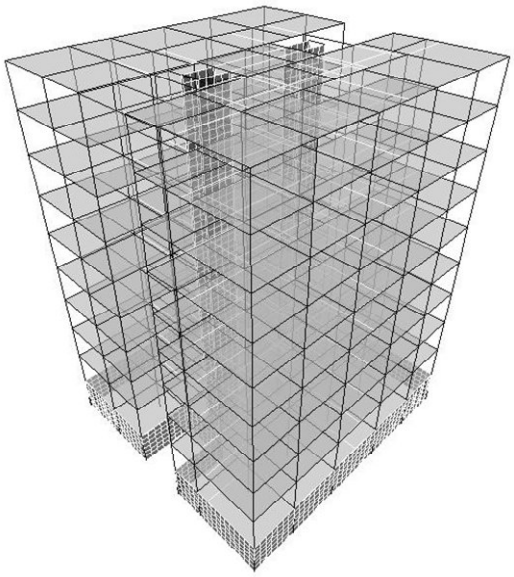
Story	Column	Load	P	V2	V3	T	M2	M3
STORY10	C9	GQARTIEY	-230,33	11,21	42,82	0,07	54,47	14,47
STORY9	C9	GQARTIEY	-457,43	7,84	32,40	0,00	49,93	12,28
STORY8	C9	GQARTIEY	-686,47	7,61	30,23	-0,04	41,97	10,75
STORY7	C9	GQARTIEY	-920,28	10,19	41,10	0,01	58,21	14,67
STORY6	C9	GQARTIEY	-1154,23	9,84	36,30	-0,05	56,50	15,08
STORY5	C9	GQARTIEY	-1388,62	9,94	33,63	-0,05	51,26	14,50
STORY4	C9	GQARTIEY	-1626,15	13,10	35,46	-0,05	56,84	19,20
STORY3	C9	GQARTIEY	-1862,51	12,83	29,22	-0,08	51,40	19,26
STORY2	C9	GQARTIEY	-2096,80	16,36	28,55	0,04	55,80	25,96
STORY1	C9	GQARTIEY	-2327,65	8,74	6,93	-0,12	16,17	8,02

4.6. Model-6

Bu modelde, mevcut yapıdaki dolaylı mesnetlenmelerin bulunduğu bazı bölgelere kolon ilave ederek ve çerçeve süreksizliği sorununu kısmen ortadan kaldırılarak yapı davranışının nasıl etkilendiği gözlemlenmiştir. Bu amaçla mevcut yapı modeline ilave olarak Şekil 4.21-22'de görülen 30/60 boyutlarında B69, B70 kirişleri ile 75/50 boyutlarında C35, C36, C37, C38 kolonları eklenmiştir. Yapıya ek olarak perde eklenmediği için taşıyıcı sistem davranış katsayısı R süneklik düzeyi normal sistem kabulü ile 4 alınarak analizi yapılmıştır.



Şekil 4.21. Model 6 Kalıp Planı



Şekil 4.22. Model 6 Üç Boyutlu Görünüş

Yapılan statik ve dinamik analiz sonucunda ilk 10 mod için elde edilen yapının periyot ve modal kütle katılım oranları Tablo 4.51'de verilmiştir.

Tablo 4.51. Model 6 Periyot ve Modal Kütle Katılım Oranları

Mode	Period	UX	UY	∑UX	∑UY
1	**1,2406**	0,1081	69,2848	0,1081	69,2848
2	**1,0984**	48,4759	0,3946	48,5840	69,6794
3	1,0741	17,7311	0,1428	66,3151	69,8223
4	0,4088	0,0036	10,0306	66,3187	79,8529
5	0,3693	0,0127	0,1787	66,3314	80,0315
6	0,3137	12,9083	0,0010	79,2397	80,0325
7	0,2302	0,0002	3,7020	79,2399	83,7345
8	0,2139	0,0000	0,1428	79,2399	83,8773
9	0,1542	0,0000	1,8564	79,2399	85,7337
10	0,1488	4,8779	0,0020	84,1178	85,7357

Model 6'nın ilk 10 mod için periyot değerlerinin mevcut yapının periyot değerleri ile kıyaslanması Tablo 4.52'de gösterilmiştir.

Tablo 4.52. Model 6 ve Mevcut Modelin İlk 10 Periyot Değerlerinin Karşılaştırılması

Mode	Model6	Mevcut
1	**1,2406**	**1,2437**
2	**1,0984**	1,0860
3	1,0741	**1,0318**
4	0,4088	0,4150
5	0,3693	0,3721
6	0,3137	0,3043
7	0,2302	0,2360
8	0,2139	0,2162
9	0,1542	0,1599
10	0,1488	0,1512

Elde edilen değerlerden de anlaşılacağı üzere yapıya yapılan ilaveler yapı rijitliğini fazla etkilememiştir dolayısıyla da periyot değerlerinde büyük değişiklikler gözlenmemiştir. y doğrultusundaki periyot değeri %0,25 oranında azalmış, x doğrultusundaki hakim periyot değeri %6,45 oranında artmıştır. Bu ilavelerin yapının burulma modunda çok büyük bir değişim oluşturmadığı, sadece %1,09 oranında periyodun kısaldığı görülmektedir.

Toplam taban kesme kuvveti ve devrilme momenti tahkiki:

W= 60791,034 T_1=1,2406

X doğrultusu

$V_{tx}=W.A(T_1)/R_a(T_1)= 6747,805 \geq 0,1.A_0.I.W= 2431,641$

$\Delta F_{Nx}=0,07.T_1.V_{tx}=585,982 < 0,2V_{tx}=1349,561$

$M_{0x}=(V_t-\Delta F_{Nx})(2H_N/3)+ \Delta F_{Nx}(H_N) =126734,328$

Y doğrultusu

$V_{ty}=W.A(T_1)/R_a(T_1)= 6139,894 \geq 0,1.A_0.I.W= 2431,641$

$\Delta F_{Ny}=0,07.T_1.V_{ty}= 533,191 < 0,2V_{ty}= 1227,979$

$M_{0y}=(V_t-\Delta F_{Ny})(2H_N/3)+ \Delta F_{Ny}(H_N) = 115316,821$

Tablo 4.53. Toplam Taban Kesme Kuvveti ve Devrilme Momenti Kıyaslaması

	Model6		Mevcut Model	
	$\sum V_t$	$\sum M_0$	$\sum V_t$	$\sum M_0$
x	6747,805	126734,328	6863,113	128913,638
y	6139,894	115316,821	5924,568	111284,422

Tablo 4.53'ten görüldüğü üzere mevcut yapıya eklenen yapı elemanlarının toplam taban kesme kuvveti ve devrilme momentlerine etkisi diğer iyileştirme modellerine göre az olmuştur. x doğrultusunda toplam taban kesme kuvveti %1,68 oranında azalırken, y doğrultusunda %3,63 oranında artmıştır.

Yapının belirli bir noktası için maksimum yer değiştirme değerleri ve göreli kat ötelemeleri

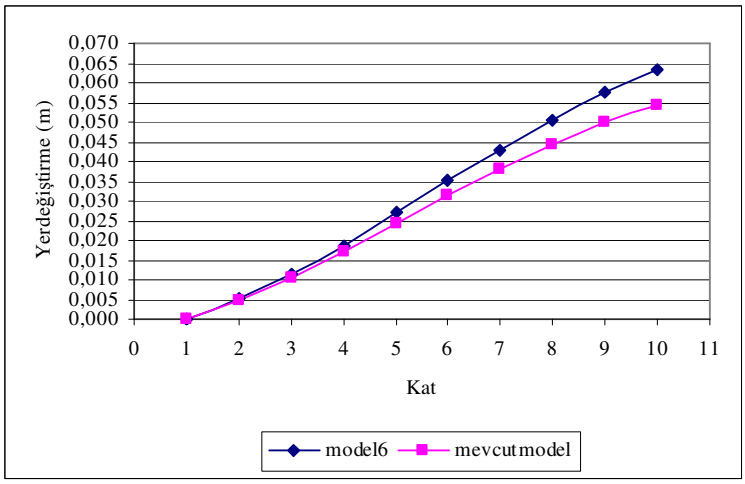
Maksimum yerdeğiştirme değerleri

Yapının bir noktası için elverişsiz yüklemelerden 0,9G+E kombinasyonu altında elde edilen maksimum yer değiştirme değerleri Tablo 4.54'te mevcut yapının maksimum yer değiştirme değerleri ile karşılaştırılmıştır. 6. modelde iki doğrultuda da maksimum yer değiştirme değerleri artmıştır.

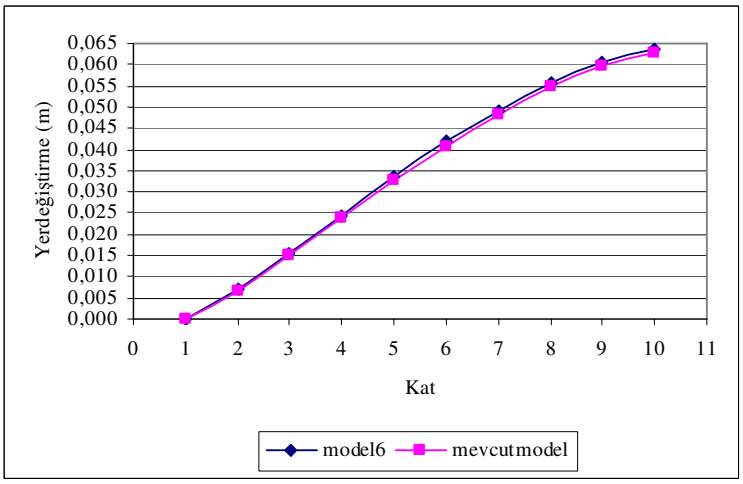
Tablo 4.54. Model6 ile Mevcut Modelin Maksimum Yerdeğiştirme Değerlerinin Karşılaştırılması

Kat	**Model6**		**Mevcut Model**	
	X	Y	X	Y
10	0,0632	0,0638	0,0541	0,0627
9	0,0574	0,0607	0,0499	0,0597
8	0,0505	0,0558	0,0444	0,0547
7	0,0429	0,0492	0,0380	0,0481
6	0,0352	0,0418	0,0315	0,0409
5	0,0270	0,0335	0,0245	0,0326
4	0,0188	0,0243	0,0172	0,0237
3	0,0116	0,0156	0,0107	0,0152
2	0,0051	0,0070	0,0047	0,0068
1	0,0001	0,0002	0,0001	0,0002

Maksimum yer değiştirme değerlerinin x ve y doğrultusundaki değerlerinin değişimi Şekil 4.23 ve Şekil 4.24'te gösterilmiştir.



Şekil 4.23. x Doğrultusu Maksimum Yer Değiştirme Değerlerinin Karşılaştırılması



Şekil 4.24. y Doğrultusu Maksimum Yer Değiştirme Değerlerinin Karşılaştırılması

Etkin göreli kat ötelemelerinin tahkiki

Tablo 4.55. Model6 x Deprem Doğrultusu Etkin Göreli Kat Ötelemeleri

KAT	**H_i (m)**	**$(\Delta_i)_{maks}$**	**$\delta_i=R*\Delta_i$**	**δ_i/H_i**		**maks**
9	3	0,0071	0,0284	0,0095	≤	0,02
8	3	0,0077	0,0308	0,0103	≤	0,02
7	3	0,0082	0,0328	0,0109	≤	0,02
6	3	0,0085	0,034	0,0113	≤	0,02
5	3	0,0087	0,0348	0,0116	≤	0,02
4	3	0,0088	0,0352	0,0117	≤	0,02
3	3	0,0079	0,0316	0,0105	≤	0,02
2	3	0,0071	0,0284	0,0095	≤	0,02
1	3	0,0055	0,022	0,0073	≤	0,02

Tablo 4.56. Model6 y Deprem Doğrultusu Etkin Göreli Kat Ötelemeleri

KAT	H_i	$(\Delta_i)_{maks}$	$\delta_i=R*\Delta_i$	δ_i/H_i		maks
9	3	0,0048	0,0192	0,0064	≤	0,02
8	3	0,0064	0,0256	0,0085	≤	0,02
7	3	0,0073	0,0292	0,0097	≤	0,02
6	3	0,0082	0,0328	0,0109	≤	0,02
5	3	0,009	0,0360	0,0120	≤	0,02
4	3	0,0092	0,0368	0,0123	≤	0,02
3	3	0,0088	0,0352	0,0117	≤	0,02
2	3	0,0086	0,0344	0,0115	≤	0,02
1	3	0,0073	0,0292	0,0097	≤	0,02

Tablo 4.55-56'da görüldüğü gibi iki deprem doğrultusunda da etkin göreli kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değerleri izin verilen sınırlar içindedir.

A1 Burulma düzensizliği tahkiki:

Mevcut Model ile Model6 arasındaki A1 burulma düzensizliği değerleri eşdeğer deprem yükünün kat kütle merkezlerine, ayrıca +%5 ve -%5 ek dışmerkezlik etkisinin hesaba katılabilmesi için kaydırılmış kütle merkezlerine uygulandığı göz önüne alınarak x ve y doğrultusu için Tablo 4.57-58'de karşılaştırılmıştır.

Tablo 4.57. x Doğrultusu için Model6 ve Mevcut Model Burulma Düzensizliklerinin Karşılaştırılması

Kat	Model6			Mevcut Model		
	(x-x)	+%5 (x-x)	-%5 (x-x)	(x-x)	+%5 (x-x)	-%5 (x-x)
	η_{bi}	η_{bi}	η_{bi}	η_{bi}	η_{bi}	η_{bi}
9	1,1181	1,1726	1,1741	1,1429	1,1969	1,1984
8	1,0694	1,1403	1,1459	1,0598	1,1308	1,1364
7	1,0513	1,1199	1,1265	1,0462	1,1149	1,1215
6	1,0625	1,1362	1,1307	1,0511	1,1250	1,1194
5	1,0419	1,1218	1,1135	1,0278	1,1078	1,0995
4	1,0667	1,1387	1,1372	1,0483	1,1205	1,1191
3	1,0897	1,1558	1,1616	1,0769	1,1432	1,1491
2	1,2241	1,2942	1,2869	1,2000	1,2709	1,2635
1	1,5714	1,6129	1,6047	1,8491	1,8659	1,8626

Tablo 4.58. y Doğrultusu için Model6 ve Mevcut Model Burulma Düzensizliklerinin Karşılaştırılması

Kat	Model6			Mevcut Model		
	(y-y)	+%5 (y-y)	-%5 (y-y)	(y-y)	+%5 (y-y)	-%5 (y-y)
	η_{bi}	η_{bi}	η_{bi}	η_{bi}	η_{bi}	η_{bi}
9	1,2468	1,2965	1,2935	1,2468	1,2965	1,2935
8	1,1429	1,2187	1,2081	1,1579	1,2333	1,2228
7	1,0735	1,2087	1,2096	1,0657	1,2011	1,2021
6	1,0719	1,2029	1,2037	1,0719	1,2029	1,2037
5	1,0588	1,1473	1,1683	1,0526	1,1413	1,1622
4	1,0337	1,1206	1,1156	1,0282	1,1152	1,1102
3	1,0414	1,1175	1,1203	1,0353	1,1115	1,1142
2	1,1781	1,2098	1,2128	1,1701	1,2019	1,2049
1	1,6977	1,7227	1,7184	1,7531	1,7741	1,7705

C9 kolonunun kesit tesirleri

C9 kolonu için yük kombinasyonlarından G+Q+EX ve G+Q+EY yüklemelerinde elde edilen kesit tesiri değerleri Tablo 4.59 ve Tablo 4.60'ta verilmiştir.

Tablo 4.59. C9 Kolonu için x Doğrultusundaki Elverişsiz Yükleme için Kesit Tesirleri

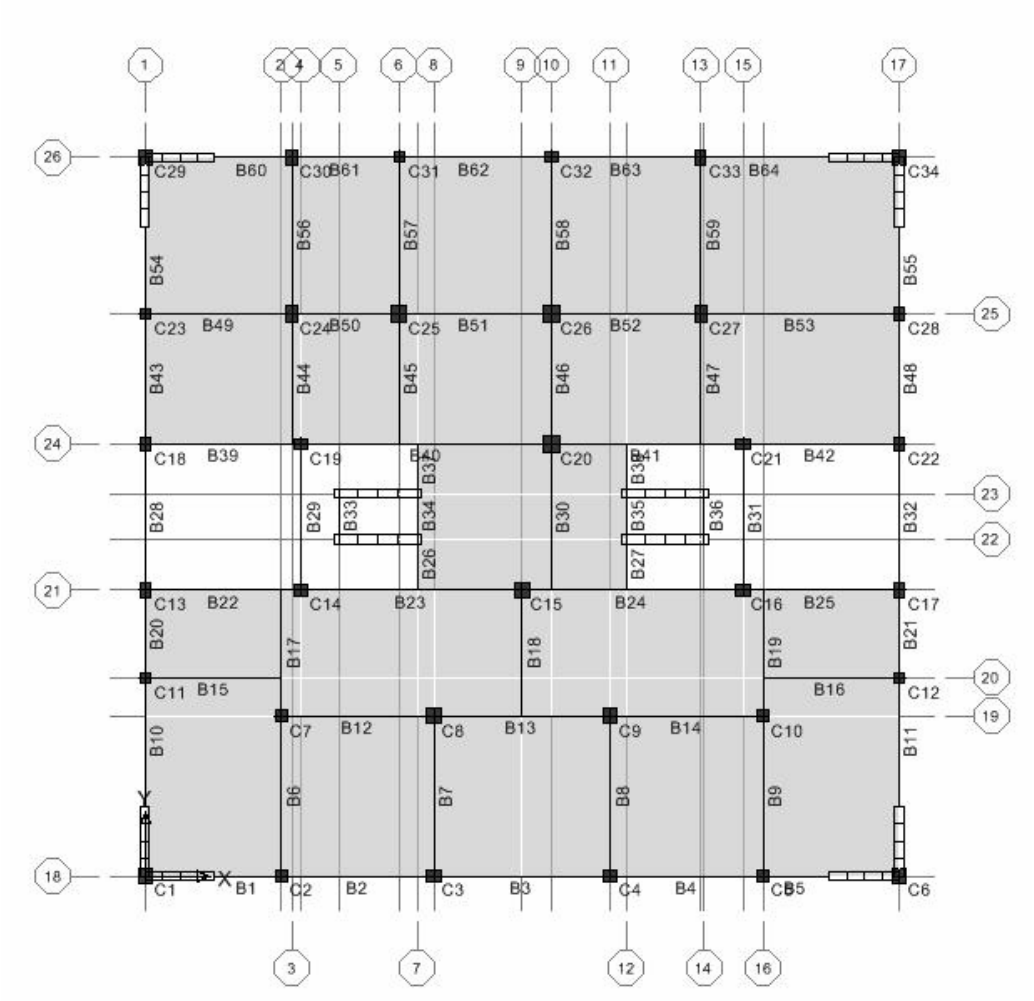
Story	Column	Load	P	V2	V3	T	M2	M3
STORY10	C9	GQARTIEX	-242,13	89,88	19,63	0,08	24,08	121,88
STORY9	C9	GQARTIEX	-474,76	85,14	12,95	0,37	20,51	126,66
STORY8	C9	GQARTIEX	-707,57	87,94	12,36	0,47	16,86	125,36
STORY7	C9	GQARTIEX	-938,98	125,14	14,35	0,53	19,81	179,04
STORY6	C9	GQARTIEX	-1165,47	124,95	12,99	0,70	19,52	187,39
STORY5	C9	GQARTIEX	-1390,83	122,18	12,54	0,85	17,51	181,80
STORY4	C9	GQARTIEX	-1617,48	136,54	13,52	0,81	18,89	209,87
STORY3	C9	GQARTIEX	-1842,27	114,89	11,98	1,44	15,40	188,05
STORY2	C9	GQARTIEX	-2067,06	120,40	19,39	3,10	30,49	231,03
STORY1	C9	GQARTIEX	-2294,00	-30,22	2,53	-2,49	-2,72	-16,89

Tablo 4.60. C9 Kolonu için y Doğrultusundaki Elverişsiz Yükleme için Kesit Tesirleri

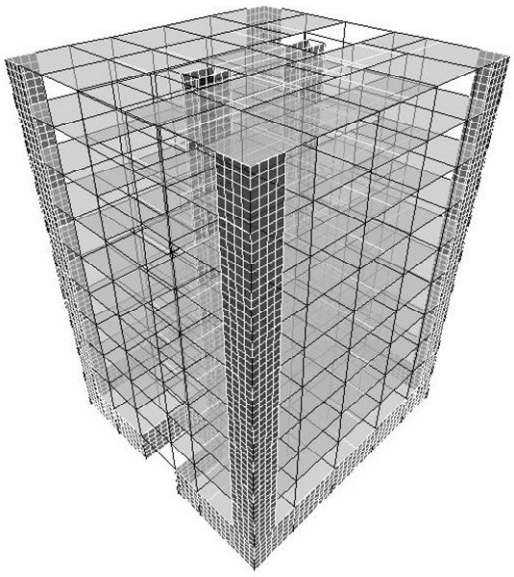
Story	Column	Load	P	V2	V3	T	M2	M3
STORY10	C9	GQARTIEY	-235,11	24,59	40,00	0,17	46,66	32,84
STORY9	C9	GQARTIEY	-470,53	16,06	44,39	0,12	60,76	24,84
STORY8	C9	GQARTIEY	-714,32	13,72	52,02	-0,01	67,53	19,79
STORY7	C9	GQARTIEY	-972,66	15,49	76,05	-0,10	98,85	22,98
STORY6	C9	GQARTIEY	-1239,25	12,29	81,81	-0,24	113,61	19,33
STORY5	C9	GQARTIEY	-1511,92	10,49	88,77	-0,26	126,67	16,31
STORY4	C9	GQARTIEY	-1794,40	11,74	94,06	-0,42	139,61	18,78
STORY3	C9	GQARTIEY	-2079,79	9,25	100,45	-0,29	166,78	15,34
STORY2	C9	GQARTIEY	-2361,00	14,18	113,90	1,33	254,11	26,28
STORY1	C9	GQARTIEY	-2609,91	7,24	-46,80	-1,54	-15,31	8,00

4.7. Model-7

Bu modelde, mevcut yapıdaki çerçeve süreksizliği sorununu ortadan kaldırarak ve iki doğrultuda yapı rijitliğini arttırarak yapı davranışının nasıl etkilendiği gözlemlenmiştir. Bu amaçla mevcut yapı modeline ilave olarak Şekil 4.25-26'da görülen 30/60 boyutlarında B28, B29, B31, B32 kirişleri ile P5, P6, P7, P8, P9, P10, P11, P12 perdeleri eklenmiştir. Yapıya ek olarak perde eklendiğinden dolayı taşıyıcı sistem davranış katsayısı R, süneklik düzeyi yüksek betonarme perdeler ile çerçeveler tarafından birlikte taşındığı kabulüyle, boşluksuz perdelerin tabanında deprem yüklerinden meydana gelen eğilme momentlerinin toplamının binanın tümü için tabanda meydana gelen toplam devrilme momentinin %75'inden fazla olmadığı hesapla doğrulanarak 7 alınmıştır.



Şekil 4.25. Model 7 Kalıp Planı



Şekil 4.26. Model 7 Üç Boyutlu Görünüş

Yapılan statik ve dinamik analiz sonucunda ilk 10 mod için elde edilen yapının periyot ve modal kütle katılım oranları Tablo 4.61'de verilmiştir.

Tablo 4.61. Model 7 Periyot ve Modal Kütle Katılım Oranları

Mode	Period	UX	UY	∑UX	∑UY
1	**0,9616**	0,0740	66,4201	0,0740	66,4201
2	**0,8996**	65,2851	0,0793	65,3591	66,4993
3	0,6974	0,0117	0,0062	65,3708	66,5055
4	0,2741	0,0017	13,3439	65,3725	79,8494
5	0,2399	14,4573	0,0008	79,8298	79,8502
6	0,1764	0,0068	0,0002	79,8365	79,8504
7	0,1351	0,0002	5,4344	79,8367	85,2848
8	0,1084	5,5934	0,0002	85,4301	85,2850
9	0,0894	0,0001	2,6745	85,4303	87,9595
10	0,0795	0,0008	0,0000	85,4310	87,9595

Model 7'nin ilk 10 mod için periyot değerlerinin mevcut yapının periyot değerleri ile kıyaslanması Tablo 4.62'de gösterilmiştir.

Tablo 4.62. Model 7 ve Mevcut Modelin İlk 10 Periyot Değerlerinin Karşılaştırılması

Mode	Model7	Mevcut
1	**0,9616**	**1,2437**
2	**0,8996**	1,0860
3	0,6974	**1,0318**
4	0,2741	0,4150
5	0,2399	0,3721
6	0,1764	0,3043
7	0,1351	0,2360
8	0,1084	0,2162
9	0,0894	0,1599
10	0,0795	0,1512

Tablo 4.62'den de görüleceği üzere hakim periyot değerleri burulma modu da dahil olmak üzere azalmıştır. Eklenen perdeler yapı rijitiğini arttırmış ve yapı periyodunu kısaltmıştır. Yapı periyodu değerleri y doğrultusunda %22,68 oranında, x doğrultusunda %12,81 oranında azalmıştır. 7. modelin burulma modu olan 3. moddaki periyotun, mevcut sistemin burulma modu olan 2. moddaki periyota göre %35,78 oranında kısaldığı görülmektedir.

Toplam taban kesme kuvveti ve devrilme momenti tahkiki:

W= 60033,169 T_1=0,9616

X doğrultusu

$V_{tx}=W.A(T_1)/R_a(T_1)= 4502,488 \geq 0,1.A_0.I.W= 2401,327$

$\Delta F_{Nx}=0,07.T_1.V_{tx}=303,063 < 0,2V_{tx}=900,498$

$M_{0x}=(V_t-\Delta F_{Nx})(2H_N/3)+ \Delta F_{Nx}(H_N) =83772,345$

Y doğrultusu

$V_{ty}=W.A(T_1)/R_a(T_1)= 4262,355 \geq 0,1.A_0.I.W= 2401,327$

$\Delta F_{Ny}=0,07.T_1.V_{ty}= 286,900 < 0,2V_{ty}= 852,471$

$M_{0y}=(V_t-\Delta F_{Ny})(2H_N/3)+ \Delta F_{Ny}(H_N) = 79304,486$

Tablo 4.63. Toplam Taban Kesme Kuvveti ve Devrilme Momenti Kıyaslaması

	Model7		Mevcut Model	
	$\sum V_t$	$\sum M_0$	$\sum V_t$	$\sum M_0$
x	4502,488	83772,345	6863,113	128913,638
y	4262,355	79304,486	5924,568	111284,422

Tablo 4.63'ten görüldüğü üzere 7. modelin taban kesme kuvveti ve buna bağlı olarak devrilme momenti değerleri de 3. ve 4. modeldeki gibi mevcut modele göre büyük oranda azalmıştır. Bunun nedeni de yine süneklik düzeyi yüksek sistem kabulü yapılmış olması ve deprem yükü azaltma katsayısının artmasıdır. Bunlara bağlı olarak toplam taban kesme kuvveti x doğrultusunda %34,40 oranında, y doğrultusunda %28,06 oranında azalmıştır.

Yapının belirli bir noktası için maksimum yer değiştirme değerleri ve göreli kat ötelemeleri

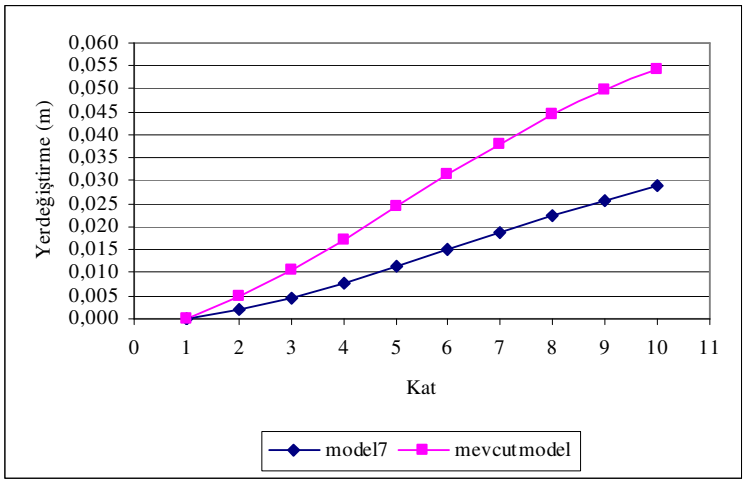
Maksimum yerdeğiştirme değerleri

Yapının bir noktası için elverişsiz yüklemelerden 0,9G+E kombinasyonu altında elde edilen maksimum yer değiştirme değerleri Tablo 4.64'te mevcut yapının maksimum yer değiştirme değerleri ile karşılaştırılmıştır. Bu yapı modelinde de yapıya etkiyen yanal yükün azalması ve rijitlik artışına bağlı olarak iki doğrultuda da yerdeğiştirmelerin büyük oranda azaldığı görülmektedir.

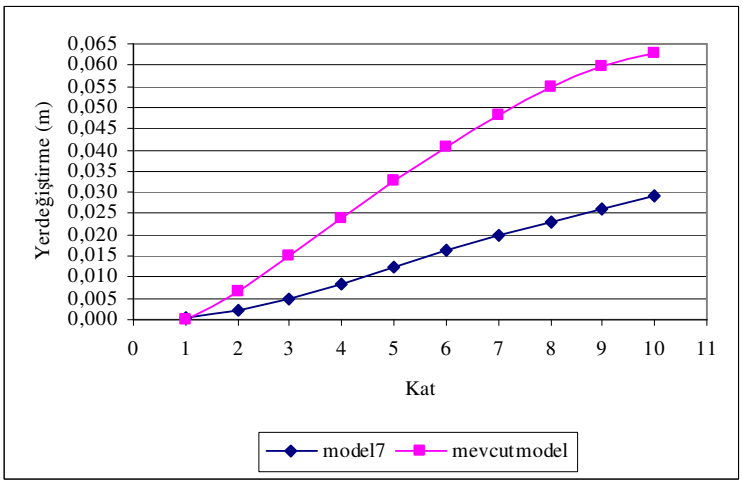
Tablo 4.64. Model7 ile Mevcut Modelin Maksimum Yerdeğiştirme Değerlerinin Karşılaştırılması

Kat	**Model7**		**Mevcut Model**	
	X	Y	X	Y
10	0,0288	0,0290	0,0541	0,0627
9	0,0257	0,0263	0,0499	0,0597
8	0,0224	0,0232	0,0444	0,0547
7	0,0188	0,0198	0,0380	0,0481
6	0,0152	0,0162	0,0315	0,0409
5	0,0115	0,0123	0,0245	0,0326
4	0,0078	0,0085	0,0172	0,0237
3	0,0046	0,0050	0,0107	0,0152
2	0,0019	0,0021	0,0047	0,0068
1	0,0002	0,0003	0,0001	0,0002

Maksimum yer değiştirme değerlerinin x ve y doğrultusundaki değerlerinin değişimi Şekil 4.27 ve Şekil 4.28'de gösterilmiştir.



Şekil 4.27. x Doğrultusu Maksimum Yer Değiştirme Değerlerinin Karşılaştırılması



Şekil 4.28. y Doğrultusu Maksimum Yer Değiştirme Değerlerinin Karşılaştırılması

Etkin göreli kat ötelemelerinin tahkiki

Tablo 4.65. Model7 x Deprem Doğrultusu Etkin Göreli Kat Ötelemeleri

KAT	H_i (m)	$(\Delta_i)_{maks}$	$\delta_i=R*\Delta_i$	δ_i/H_i		maks
9	3	0,0033	0,0231	0,0077	≤	0,02
8	3	0,0036	0,0252	0,0084	≤	0,02
7	3	0,0037	0,0259	0,0086	≤	0,02
6	3	0,0038	0,0266	0,0089	≤	0,02
5	3	0,0038	0,0266	0,0089	≤	0,02
4	3	0,0037	0,0259	0,0086	≤	0,02
3	3	0,0033	0,0231	0,0077	≤	0,02
2	3	0,0027	0,0189	0,0063	≤	0,02
1	3	0,0021	0,0147	0,0049	≤	0,02

Tablo 4.66. Model7 y Deprem Doğrultusu Etkin Göreli Kat Ötelemeleri

KAT	H_i	$(\Delta_i)_{maks}$	$\delta_i=R*\Delta_i$	δ_i/H_i		maks
9	3	0,0031	0,0217	0,0072	≤	0,02
8	3	0,0034	0,0238	0,0079	≤	0,02
7	3	0,0037	0,0259	0,0086	≤	0,02
6	3	0,0038	0,0266	0,0089	≤	0,02
5	3	0,0039	0,0273	0,0091	≤	0,02
4	3	0,0039	0,0273	0,0091	≤	0,02
3	3	0,0035	0,0245	0,0082	≤	0,02
2	3	0,003	0,0210	0,0070	≤	0,02
1	3	0,0023	0,0161	0,0054	≤	0,02

Tablo 4.65-66'da görüldüğü gibi iki deprem doğrultusunda da etkin göreli kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değerleri izin verilen sınırlar içindedir.

A1 Burulma düzensizliği tahkiki:

Mevcut Model ile Model7 arasındaki A1 burulma düzensizliği değerleri eşdeğer deprem yükünün kat kütle merkezlerine, ayrıca +%5 ve -%5 ek dışmerkezlik etkisinin hesaba katılabilmesi için kaydırılmış kütle merkezlerine uygulandığı göz önüne alınarak x ve y doğrultusu için Tablo 4.67-68'de karşılaştırılmıştır.

Tablo 4.67. x Doğrultusu için Model7 ve Mevcut Model Burulma Düzensizliklerinin Karşılaştırılması

Kat	Model7			Mevcut Model		
	(x-x)	+%5 (x-x)	-%5 (x-x)	(x-x)	+%5 (x-x)	-%5 (x-x)
	η_{bi}	η_{bi}	η_{bi}	η_{bi}	η_{bi}	η_{bi}
9	1,0645	1,1197	1,1212	1,1429	1,1969	1,1984
8	1,0588	1,1298	1,1354	1,0598	1,1308	1,1364
7	1,0423	1,1110	1,1176	1,0462	1,1149	1,1215
6	1,0411	1,1151	1,1095	1,0511	1,1250	1,1194
5	1,0411	1,1210	1,1127	1,0278	1,1078	1,0995
4	1,0725	1,1444	1,1429	1,0483	1,1205	1,1191
3	1,1000	1,1660	1,1718	1,0769	1,1432	1,1491
2	1,2273	1,2972	1,2899	1,2000	1,2709	1,2635
1	1,7500	1,7766	1,7714	1,8491	1,8659	1,8626

Tablo 4.68. y Doğrultusu için Model7 ve Mevcut Model Burulma Düzensizliklerinin Karşılaştırılması

Kat	Model7			Mevcut Model		
	(y-y)	+%5 (y-y)	-%5 (y-y)	(y-y)	+%5 (y-y)	-%5 (y-y)
	ηbi	ηbi	ηbi	ηbi	ηbi	ηbi
9	1,1698	1,2215	1,2183	1,2468	1,2965	1,2935
8	1,0968	1,1737	1,1630	1,1579	1,2333	1,2228
7	1,0725	1,1967	1,2032	1,0657	1,2011	1,2021
6	1,0556	1,1871	1,1880	1,0719	1,2029	1,2037
5	1,0400	1,1288	1,1499	1,0526	1,1413	1,1622
4	1,0685	1,1548	1,1499	1,0282	1,1152	1,1102
3	1,0938	1,1690	1,1717	1,0353	1,1115	1,1142
2	1,2245	1,2556	1,2585	1,1701	1,2019	1,2049
1	1,7692	1,7891	1,7857	1,7531	1,7741	1,7705

C9 kolonunun kesit tesirleri

C9 kolonu için yük kombinasyonlarından G+Q+EX ve G+Q+EY yüklemelerinde elde edilen kesit tesiri değerleri Tablo 4.69 ve Tablo 4.70'de verilmiştir.

Tablo 4.69. C9 Kolonu için x Doğrultusundaki Elverişsiz Yükleme için Kesit Tesirleri

Story	Column	Load	P	V2	V3	T	M2	M3
STORY10	C9	GQARTIEX	-234,38	48,94	21,42	-0,09	26,61	66,38
STORY9	C9	GQARTIEX	-459,56	43,20	13,83	-0,08	22,07	65,01
STORY8	C9	GQARTIEX	-685,99	43,31	12,85	-0,08	17,39	61,79
STORY7	C9	GQARTIEX	-912,66	62,11	16,15	-0,16	22,28	89,29
STORY6	C9	GQARTIEX	-1136,20	60,13	14,27	-0,14	21,74	91,15
STORY5	C9	GQARTIEX	-1360,07	57,26	13,30	-0,10	18,52	85,44
STORY4	C9	GQARTIEX	-1586,48	65,90	15,42	-0,15	21,79	101,88
STORY3	C9	GQARTIEX	-1812,10	52,91	13,29	0,03	18,56	88,09
STORY2	C9	GQARTIEX	-2038,39	52,06	18,29	0,63	28,66	97,84
STORY1	C9	GQARTIEX	-2265,66	-3,40	5,10	-0,89	1,64	1,71

Tablo 4.70. C9 Kolonu için y Doğrultusundaki Elverişsiz Yükleme için Kesit Tesirleri

Story	Column	Load	P	V2	V3	T	M2	M3
STORY10	C9	GQARTIEY	-235,88	10,43	40,16	0,03	50,30	13,25
STORY9	C9	GQARTIEY	-469,08	7,07	33,29	-0,09	49,72	11,05
STORY8	C9	GQARTIEY	-705,32	6,72	33,40	-0,13	45,14	9,44
STORY7	C9	GQARTIEY	-948,42	8,48	47,69	-0,10	65,09	12,23
STORY6	C9	GQARTIEY	-1193,51	8,13	46,28	-0,14	68,72	12,49
STORY5	C9	GQARTIEY	-1440,09	8,32	46,03	-0,12	68,63	12,28
STORY4	C9	GQARTIEY	-1690,80	11,10	49,34	-0,05	78,66	16,55
STORY3	C9	GQARTIEY	-1940,08	11,10	43,39	-0,12	77,87	16,84
STORY2	C9	GQARTIEY	-2184,95	15,49	43,36	0,16	94,68	25,20
STORY1	C9	GQARTIEY	-2418,99	8,72	-8,73	-0,34	-0,32	8,28

4.8. Değerlendirmeler

Mevcut yapının incelenmesi sonucu yapının düzensizlikleri ve yetersizlikleri görülmüş, çözüm olarak mevcut yapı modelinin idealleştirilmesi ve iyileştirilmesi adına 7 farklı model önerilmiştir. İlaveler ve değişiklikler sonucu oluşturulan modellerde yapılan çözümlemeler neticesinde şu görüşlere varılmıştır.

- Model 1'de mevcut modeli idealleştirmek için ilave olarak planda çerçeve süreksizliğinin ve döşeme boşluklarının bulunduğu yerlere kiriş ve döşeme eklenmiştir. Bu ilaveler sonucu kiriş ilave edilen y doğrultusundaki periyodunun ve burulma modu olan periyotun azaldığı görülmektedir. Maksimum yer değiştirme değerlerinin de y doğrultusunda azaldığı, burulma düzensizliği katsayılarının ise x doğrultusunda azaldığı y doğrultusunda arttığı görülmüştür.

- Model 2'de Model 1'de oluşan bazı olumsuzlukların döşeme ilavesinin yapı ağırlığını arttırması nedeniyle oluşabileceği düşünülerek yalnızca çerçeve süreksizliğini ortadan kaldırmak amacıyla kirişler ilave edilmiştir. Model 2'de Mevcut Modele ve Model 1'e göre yapı periyotlarının daha da kısaldığı, maksimum yer değiştirme değerlerinin ise Model 1'e göre iki doğrultuda da azaldığı, fakat Mevcut Modele göre Model 1'de olduğu gibi yalnızca y doğrultusunda azaldığı görülmüştür. Burulma düzensizliği katsayıları da Model 1'e göre azalma göstermiştir.

- Model 3'te mevcut yapıya ilave olarak çerçeve süreksizliğini ortadan kaldırmak amacıyla kirişler ve yapının y doğrultusundaki rijitliğini arttırmak amacıyla bu doğrultuda perdeler ilave edilmiştir. Tek doğrultuda ilave edilen perdeler yapının periyotlarını büyük ölçüde etkilemiş ve azaltmıştır. Mevcut Modelde yapının y doğrultusu hakim periyot değeri 1. modda çıkarken ilaveler sonucu periyot değerleri azalmış ve 3. moda geçmiştir. Yapıdaki yer değiştirme değerleri de büyük ölçüde azalmıştır. Burulma düzensizliği katsayıları y doğrultusunda azalırken x doğrultusunda artmış ve iki doğrultuda da bazı katlarda sınır değerin üzerine çıkmıştır.

- Model 4'te mevcut yapıya dış akslarda iki doğrultuda 4 perde yerleştirilmiştir. Bu ilave perdeler sayesinde yapının hakim periyotları kısalmıştır. Maksimum yer değiştirme değerlerinin büyük oranda azaldığı, burulma düzensizliği katsayısı

değerlerinin ise mevcut yapıya göre çok değişmediği, yakın değerler aldığı görülmüştür.

- Model 5'te çerçeve süreksizliğinin olduğu yerlere kirişler ve iki doğrultuda mevcut kolonlar başlık olabilecek şekilde taşıma kapasiteleri yüksek perdeler ilave edilmiştir. Bu ilaveler ile dolaylı mesnetlenmeler de büyük oranda azaltılmıştır. Bu ilaveler sonucu yapının periyot, maksimum yer değiştirme ve burulma düzensizliği katsayılarında büyük oranda azalma görülmüştür.

- Model 6'da mevcut yapıya ek olarak dolaylı mesnetlenmelerin azaltılması amacıyla kolonlar ilave edilmiştir. Periyot değerleri, ve burulma düzensizliği katsayıları çok büyük değişiklik göstermemekle beraber azalmış, maksimum yer değiştirme değerleri ise artmıştır.

- Model 7'de mevcut yapıya ek olarak çerçeve süreksizliğinin olduğu yerlere kirişler ve iki doğrultuda perdeler ilave edilmiştir. Bu ilaveler sonucu yapının periyot, maksimum yer değiştirme ve burulma düzensizliği katsayılarında büyük oranda azalma görülmüştür. Ancak bu modelde perdelerin yerleşim şekli sebebiyle döşemelerde aşırı zorlanma oluşturabileceği ve birer uçlarında kolon başlığı yapılması mecburiyeti nedeniyle maliyetin artabileceği görülmüştür.

5. GÜÇLENDİRİLMİŞ YAPININ ANALİZİ

5.1. Depreme dayanıklı yapı tasarımı

Mevcut yapının taşıyıcı sistem ilavesiyle güçlendirilmesi yapılırken depreme dayanıklı yapı tasarımında dikkat edilmesi ve sağlanması gereken hususlara uyulmuştur. Depreme dayanıklı yapı tasarımında genel eğilim sünek taşıyıcı sistemlerin teşvik edilmesidir. Bunun yanında yatay ve düşey kesitlerde düzenli taşıyıcı sistemin seçimi, elemanların birleşim bölgelerinde gösterilecek özen, taşıyıcı sistemde yatay yer değiştirmelerin sınırlandıracak rijitliğin oluşturulması ve bu suretle taşıyıcı olmayan elemanlarda meydana gelebilecek hasarların azaltılması diğer önemli hususlardır. Deprem etkisi dinamik bir etkidir ve yapıya etkisi yer hareketinin özellikleri yanında yapının dinamik özelliklerine (rijitlik, periyod, sönüm vb.) bağlıdır. Depreme dayanıklı yapı tasarımında özellikle rijitlik, dayanım ve süneklik güçlendirme yapılırken yeni bir bina yapılıyormuş gibi dikkat edilmesi gereken hususlardır,[6]. Bu hususlara kısaca değinmek gerekirse;

- Rijitlik

Yatay kuvvetler altında yapıdaki yer değiştirmelerin hesabı yanal ötelenme rijitliğinin belirlenmesine bağlıdır. Brüt eleman kesitlerinde ve betonun başlangıç elastiklik modülünden hareket edildiğinde, bulunacak rijitlik yatay yükün çok düşük seviyesi için geçerli olur. Kullanılabilirlik sınır durumundaki rijitlik için, betonun çatlamasının göz önüne alınması uygundur. Yatay kuvvetin büyümesiyle donatıda akma ve donatı ve betonda doğrusal olmayan davranışın hakim duruma geçmesi, rijitliği daha da azaltır. Binada taşıyıcı olmayan elemanlar, taşıyıcı olanlara göre daha az elastiktir ve gevrek bir davranış gösterirler. Rijitliğin artırılması ile katların birbirine göre olan rölatif yatay hareketi sınırlandırılarak özellikle taşıyıcı olmayan elemanlarda meydana gelebilecek hasarı kontrol altına almak mümkündür. Bunun yanında özellikle yüksek yapılarda deprem sırasında düşey yüklerin ikinci mertebe etkilerini sınırlı tutmak için yer değiştirmelerin sınırlandırılması amacıyla rijitliğin artırılması gerekli olur. Depremde katlar arası ardışık yer değiştirme büyük olduğu

takdirde hem oluşacak ikinci mertebe momentleri artacak, hem de yapısal olmayan hasarın maliyeti çok artacaktır. Yapılan hesaplar ve deneyler katlar arası ardışık yer değiştirmenin 0.01'i geçmemesi gerektiğini göstermektedir. Doğrusal analiz yapıldığında ve yönetmeliğin öngördüğü yükler kullanıldığında, katlar arası ardışık yer değiştirmesi $\delta_i < 0{,}02h_i/R$ sınırını aşmamalıdır.

- Dayanım

Seçilen bir deprem etkisine karşı taşıyıcı sistemin gerekli dayanıma sahip olması boyutlamanın esasını teşkil eder. Dayanımın sağlanması sadece kesitte gerekli olan donatının bulunması değildir. Gerekli donatının bulunması ile birlikte, donatının aderansının sağlanması, gerekli kenetlenme boyuna sahip olacak şekilde başlangıç ve bitiş yerlerinin seçilmesi ve betonun yerleştirilmesini zorlaştıracak donatı düzenlerinden kaçınılması da, dayanımın oluşması için gereklidir. Ayrıca, konstrüktif kurallara uyulması da öngörülen dayanımın oluşmasında önemli bir yer tutar.

- Süneklik

Yapıda büyük hasarların ve toptan göçmenin önlenebilmesi, taşıyıcı sistemin yatay yük dayanımının büyük bir kısmını büyük elastik ötesi yer değiştirmelerde de koruması ile mümkündür. Taşıyıcı sistemin veya elemanlarının veya kullanılan malzemenin elastik ötesi davranışta da dayanımının önemli bir kısmını sürdürme özelliği süneklik olarak isimlendirilir. Sünek kavramı büyük şekil ve yer değiştirme yapabilme, tekrarlı yükler altında enerji söndürebilme özelliğini de içerir. Enerjinin büyük bir yüzdesi oluşan plastik mafsallarda tüketilir. Süneklik taşıma gücünde önemli bir azalma olmadan enerji tüketebilme yeteneğidir. ABYYHY'de yapı elemanlarının sünek davranarak yeterli enerjiyi tüketebilecekleri varsayımı ile hesaplanan deprem kuvvetleri R deprem yükü azaltma katsayıları ile azaltılmaktadır. Taşıyıcı sistemin sünek davranış göstermesi için kullanılan malzemeler sünek olmalıdır. Donatının kopma gerilmesinin öngörülen değeri sağlaması yanında kopma uzamasının da yönetmelikte verilen sınırın altına düşmemesi gerekir. Bunun yanında donatının basınç gerilmeleri altında da sünek davranış gösterebilmesi için burkulmaya karşı korunmuş olması önemlidir. Beton esas olarak basınç gerilmeleri taşır ve en büyük kısalması sınırlı bir değere sahiptir. Betonun bu değerini artırmak

için kiriş ve kolonlarda kancaları betona kenetlenmiş sık etriye düzeni kullanılabilir. Genel olarak sünekliğin sağlanabilmesi için verilen koşullara dikkat edilmelidir,[6].

i. Kiriş ve kolon uçları sık ve kapalı etriyelerle sarılmalıdır.

ii. Yönetmelikteki kenetlenme ve bindirme boylarına uyulmalıdır.

iii. Kiriş ve kolonlarda kapasite tasarımı yapılarak kesme kırılması önlenmelidir.

iv. Yönetmelikte öngörülen donatı sınırlarına uyulmalıdır.

5.2. Mevcut Yapının Güçlendirilmesi

Yapılan inceleme ve karşılaştırmalar sonucunda binanın olası büyük bir depremde yeterli güvenliği sağlayamayacağı ve güçlendirilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

İncelenen yapıda kesitlerin düşey yük, kesme kuvveti ve moment taşıma kapasitelerinin yetersizliğinden, kolon ve kiriş uç bölgelerinde yeterli sünekliği sağlayacak donatı yerleşiminin mevcut olmadığından yapının güçlendirilmesi gerektiğine ve tüm elemanların iyileştirilmesinin pratik ve ekonomik olmayacağı düşünülerek taşıyıcı sistem ilavesi ve kısmen eleman bazında güçlendirilme yapılmasına karar verilmiştir.

Sistem iyileştirme ile güçlendirmede temel ilke, bazı çerçevelerin kuvvetlendirilip, rijitleştirilmesidir. 2. bölümde de ayrıntılı olarak anlatıldığı üzere bu işlem belirli çerçevelere konulacak çelik çaprazlarla veya dolgu duvarlarla sağlanabilir. Dolgu duvarlar, prefabrik panolardan, yerinde dökme betonarmeden veya benzeri başka yöntemlerle oluşturulabilir. Tüm durumlarda dolgu ile çerçevenin bir perde oluşturabilmesi için, dolgu ile çerçeve elemanın bütünleşik bir şekilde yapının davranışına katılması gerekir. İncelediğimiz yapıya yerinde dökme betonarme dolgu duvarlar yani perde duvarlar ilave edilecektir,[6].

Perde duvar elemanları yerleştirilirken aşağıdaki hususlara dikkate edilmeye çalışılmıştır.

i. Perde duvarlar planda yerleştirilirken kütle ve rijitlik merkezlerini uzaklaştırmayacak şekilde mümkün olduğunca simetrik yerleştirilmelidir.

ii. Yapının burulma rijitliğini arttırması bakımından mümkün olduğunca planda, kenar akslara yerleştirilmelidir.

iii. Yatay kuvvetlerin döşemelerden güvenli bir şekilde perde elemanlara aktarılabilmesi için boşlukların olduğu yerlerden mümkün olduğunca kaçınılmalıdır.

iv. Perde duvarlar özellikle burulmanın önemli olduğu yapılarda her iki doğrultuda da mevcut olmalıdır. Çünkü yapının burulma rijitliğini önemli ölçüde arttırmaktadır.

v. Perde duvarlar mümkün olduğunca mevcut düşey taşıyıcıların arasına konmalıdır. Perde doğrultuları aynı bir noktadan geçmemeli veya buna yakın durumlar oluşturulmamalıdır. Aksi takdirde burulma etkilerini karşılama bakımından sistem kararsız bir davranış gösterir.

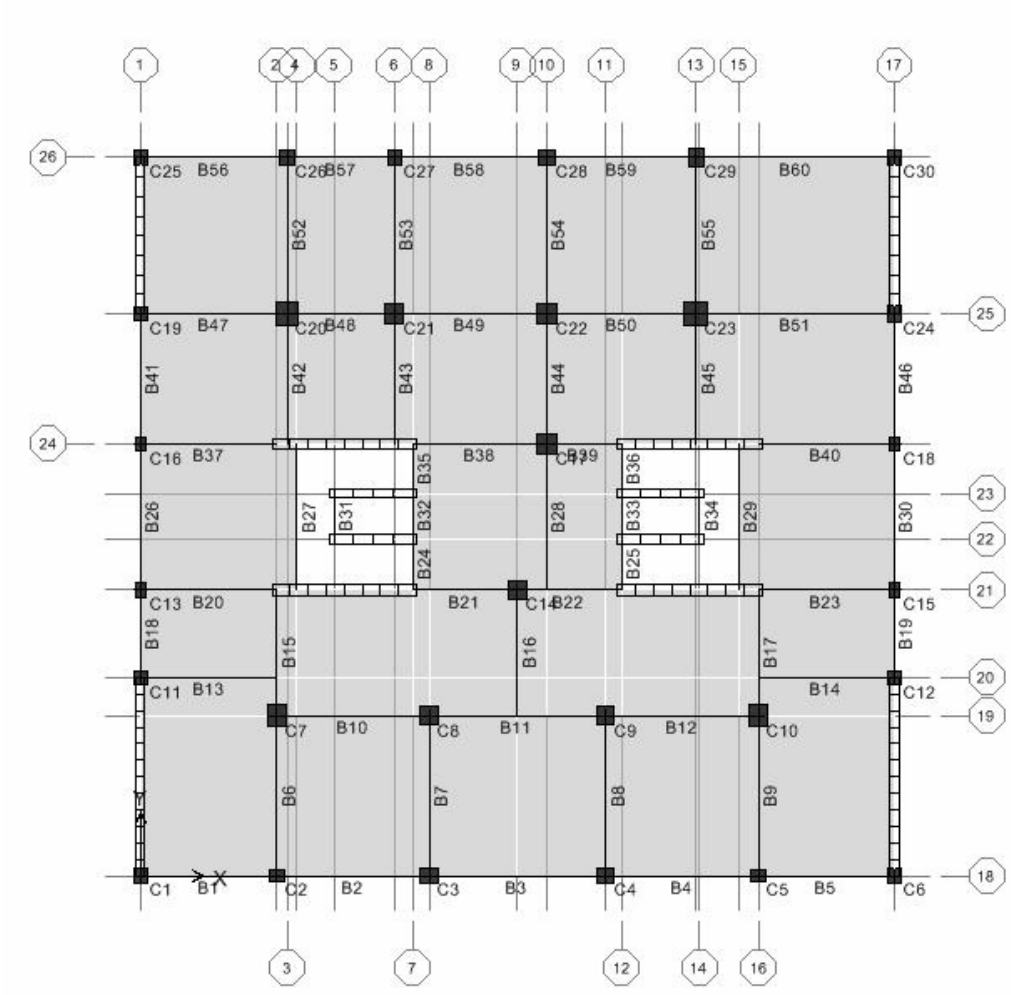
Mevcut yapıda daha önce de belirtildiği üzere yapının davranışını ve deprem yüklerinin taşıyıcı elemanlara aktarılmasını olumsuz yönde etkileyen çerçeve süreksizlikleri ve döşeme boşlukları da bulunmaktadır. Döşeme boşlukları h_f=13cm kalınlığında plak döşemeler ile doldurulmuş ve çerçeveler ek kirişler ile sürekli bir hale getirilmiştir. Ayrıca yapının rijitliğini arttırmak için iki doğrultuda da yapıya perdeler eklenmiştir. Bu güçlendirme modeli seçilirken şunlar amaçlanmıştır:

- Yapıdaki döşeme boşluklarının giderilerek döşemelerin tam bir diyafram olarak çalışması, deprem yüklerini güvenli bir şekilde taşıyıcı elemanlara aktarması, yapının ortasında yer alan döşemenin deprem etkisinde aşırı zorlanmasının önlenmesi,
- Oluşturulacak ek perdelerde eklenen döşemelerden gelecek normal kuvvetten yararlanılması,
- Çerçeve sürekliliğinin sağlanması, burulma rijitliğinin artırılması,
- İlave perdelerin imal edilmesinin kolay ve ekonomik olması, mevcut taşıyıcı elemanlardan yararlanılması ve perde uç bölgesi teşkil etme imkanının olması,
- Sistem her iki doğrultuda da büyük oranda simetrik olduğundan sistemin burulmasına sebep olmamak için ek perdelerin simetrik yerleştirilmesi,
- İlave edilen perde duvarların komşu katlar arası dayanım düzensizliğine (zayıf kat) sebep olmamak için tüm katlar boyunca devam ettirilmesi.

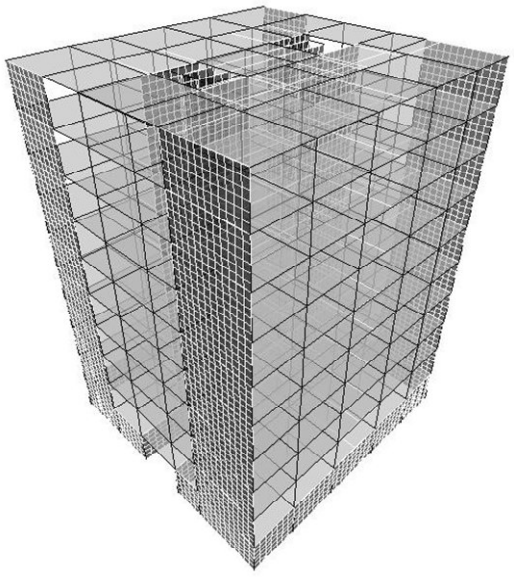
5.3. Güçlendirilmiş Yapının Analizi

Tam güçlendirme modeli oluşturulurken mevcut yapıdaki deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren döşeme boşlukları

bulunmasından dolayı oluşan olumsuzlukları ve çerçeve süreksizliği sorunu B26, B27, B29, B30 kirişleri ile F31 ve F32 döşemeleri ilave edilerek ortadan kaldırılması amaçlanmıştır. Şekil 5.1 ve Şekil 5.2'de görülen ilaveler sayesinde yapı kat düzleminde rijit diyafram gibi davranabilmektedir. Ayrıca yapı rijitliğini arttırmak ve mevcut yapı elemanlarının kesit yetersizliklerini yük paylaşımı ile ortadan kaldırmak amacıyla yapıya P5, P6, P7, P8, P9, P10, P11, P12 perdeleri ilave edilmiştir. İlavelere rağmen taşıma kapasiteleri yetersiz olan C7, C10, C20, C23 kolonları betonarme mantolama ile güçlendirilmiştir. Taşıyıcı sistem davranış katsayısı R, süneklik düzeyi yüksek betonarme perdeler ile çerçeveler tarafından birlikte taşındığı kabulüyle, boşluksuz perdelerin tabanında deprem yüklerinden meydana gelen eğilme momentlerinin toplamının binanın tümü için tabanda meydana gelen toplam devrilme momentinin %75'inden fazla olmadığı hesapla doğrulanarak 7 alınmıştır. Mevcut yapıya ilave elemanlar için BS30 ve BÇ III kullanılmasına karar verilmiştir.



Şekil 5.1. Güçlendirilmiş Model Kalıp Planı



Şekil 5.2. Güçlendirilmiş Model Üç Boyutlu Görünüş

Güçlendirilmiş yapı için yapılan statik ve dinamik analiz sonucunda ilk 10 mod için elde edilen yapının periyot ve modal kütle katılım oranları Tablo 5.1'de verilmiştir.

Tablo 5.1. Güçlendirilmiş Model Periyot ve Modal Kütle Katılım Oranları

Mode	Period	UX	UY	∑UX	∑UY
1	**0,6954**	64,5784	0,0311	64,5784	0,0311
2	**0,6045**	0,0330	63,9959	64,6115	64,0271
3	0,5199	0,0545	0,0004	64,6659	64,0274
4	0,1691	15,6107	0,0006	80,2766	64,0280
5	0,1374	0,0002	18,0330	80,2768	82,0610
6	0,1150	0,0006	0,0049	80,2774	82,0659
7	0,0717	6,0714	0,0000	86,3488	82,0659
8	0,0601	0,0000	6,9218	86,3488	88,9877
9	0,0495	0,0001	0,0023	86,3488	88,9901
10	0,0413	3,2001	0,0000	89,5489	88,9901

Güçlendirilmiş Modelin ilk 10 mod için periyot değerlerinin mevcut yapının periyot değerleri ile kıyaslanması Tablo 5.2'de gösterilmiştir.

Tablo 5.2. Güçlendirilmiş ve Mevcut Modelin İlk 10 Periyot Değerlerinin Karşılaştırılması

Mode	Güçlendirilmiş	Mevcut
1	**0,6954**	**1,2437**
2	**0,6045**	1,0860
3	0,5199	**1,0318**
4	0,1691	0,4150
5	0,1374	0,3721
6	0,1150	0,3043
7	0,0717	0,2360
8	0,0601	0,2162
9	0,0495	0,1599
10	0,0413	0,1512

Tablo 5.2'den de görüleceği üzere hakim periyot değerleri burulma modu da dahil olmak üzere büyük oranda azalmıştır. Eklenen perdeler yapı rijitiğini arttırmış ve yapı periyodunu kısaltmıştır. Yapı periyodu değerleri y doğrultusunda %51,40 oranında, x doğrultusunda %32,60 oranında azalmıştır. Güçlendirilmiş modelin burulma modu olan 3. moddaki periyotun, mevcut sistemin burulma modu olan 2. moddaki periyota göre %52,13 oranında kısaldığı görülmektedir.

Toplam taban kesme kuvveti ve devrilme momenti tahkiki:

W= 63779,233 T_1=0,6954

X doğrultusu

$V_{tx}=W.A(T_1)/R_a(T_1)= 5867,689 \geq 0,1.A_0.I.W= 2551,169$

$\Delta F_{Nx}=0,07.T_1.V_{tx}=285,627 < 0,2V_{tx}=1173,538$

$M_{0x}=(V_t-\Delta F_{Nx})(2H_N/3)+ \Delta F_{Nx}(H_N) =108189,056$

Y doğrultusu

$V_{ty}=W.A(T_1)/R_a(T_1)= 6569,261 \geq 0,1.A_0.I.W= 2551,169$

$\Delta F_{Ny}=0,07.T_1.V_{ty}= 319,778 < 0,2V_{ty}= 1313,852$

$M_{0y}=(V_t-\Delta F_{Ny})(2H_N/3)+ \Delta F_{Ny}(H_N) = 121124,704$

Tablo 5.3. Toplam Taban Kesme Kuvveti ve Devrilme Momenti Kıyaslaması

	Güçlendirilmiş Model		Mevcut Model	
	$\sum V_t$	$\sum M_0$	$\sum V_t$	$\sum M_0$
x	5867,689	108189,056	6863,113	128913,638
y	6569,261	121124,704	5924,568	111284,422

Tablo 5.3'ten görüldüğü üzere mevcut modele göre toplam taban kesme kuvveti x doğrultusunda %14,50 oranında azalırken, y doğrultusunda %10,88 oranında artmıştır.

Yapının belirli bir noktası için maksimum yer değiştirme değerleri ve göreli kat ötelemeleri

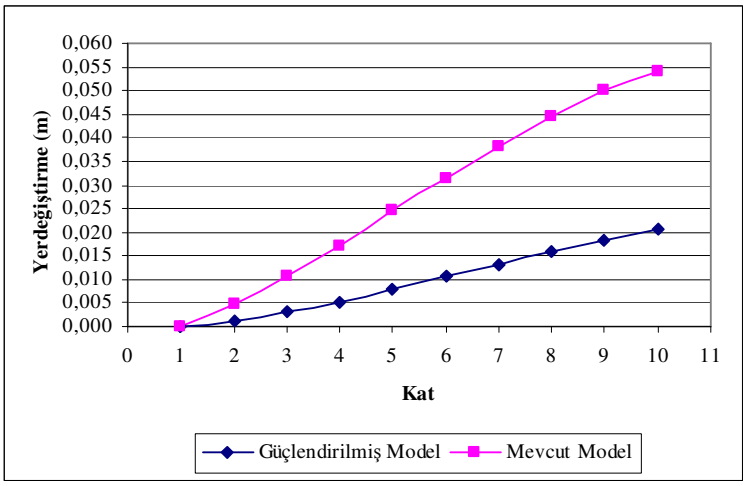
Maksimum yerdeğiştirme değerleri

Yapının bir noktası için elverişsiz yüklemelerden 0,9G+E kombinasyonu altında elde edilen maksimum yer değiştirme değerleri Tablo 5.4'te mevcut yapının maksimum yer değiştirme değerleri ile karşılaştırılmıştır. Artan rijitlik sayesinde maksimum yer değiştirme değerlerinin iki doğrultuda da mevcut yapıdaki maksimum yer değiştirme değerlerine göre büyük oranda azaldığı görülmektedir.

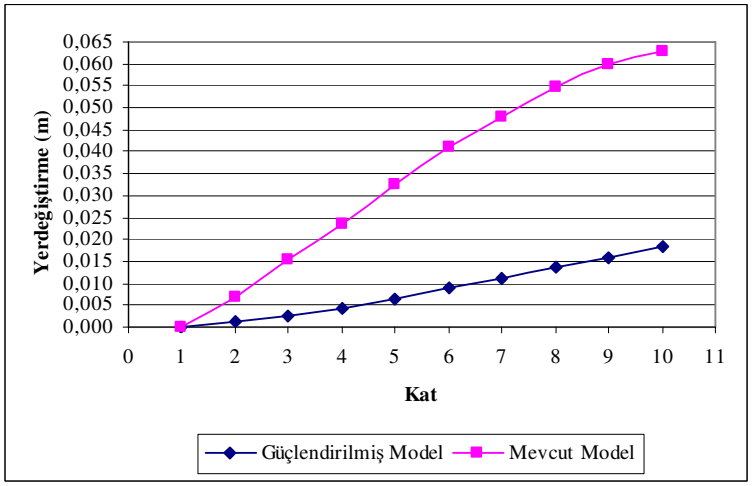
Tablo 5.4. Güçlendirilmiş ile Mevcut Modelin Maksimum Yerdeğiştirme Değerlerinin Karşılaştırılması

Kat	**Güçlendirilmiş Model**		**Mevcut Model**	
	X	Y	X	Y
10	0,0206	0,0183	0,0541	0,0627
9	0,0183	0,0160	0,0499	0,0597
8	0,0158	0,0137	0,0444	0,0547
7	0,0132	0,0113	0,0380	0,0481
6	0,0106	0,0089	0,0315	0,0409
5	0,0079	0,0066	0,0245	0,0326
4	0,0053	0,0044	0,0172	0,0237
3	0,0031	0,0026	0,0107	0,0152
2	0,0012	0,0011	0,0047	0,0068
1	0,0001	0,0002	0,0001	0,0002

Maksimum yer değiştirme değerlerinin x ve y doğrultusundaki değerlerinin değişimi Şekil 5.3 ve Şekil 5.4'te gösterilmiştir.



Şekil 5.3. x Doğrultusu Maksimum Yer Değiştirme Değerlerinin Karşılaştırılması



Şekil 5.4. y Doğrultusu Maksimum Yer Değiştirme Değerlerinin Karşılaştırılması

Etkin göreli kat ötelemelerinin tahkiki

Tablo 5.5. Güçlendirilmiş Model x Deprem Doğrultusu Etkin Göreli Kat Ötelemeleri

KAT	H_i (m)	$(\Delta_i)_{maks}$	$\delta_i=R*\Delta_i$	δ_i/H_i		maks
9	3	0,0026	0,0182	0,0061	≤	0,02
8	3	0,0027	0,0189	0,0063	≤	0,02
7	3	0,0027	0,0189	0,0063	≤	0,02
6	3	0,0028	0,0196	0,0065	≤	0,02
5	3	0,0027	0,0189	0,0063	≤	0,02
4	3	0,0026	0,0182	0,0061	≤	0,02
3	3	0,0023	0,0161	0,0054	≤	0,02
2	3	0,0019	0,0133	0,0044	≤	0,02
1	3	0,0013	0,0091	0,0030	≤	0,02

Tablo 5.6. Güçlendirilmiş Model y Deprem Doğrultusu Etkin Göreli Kat Ötelemeleri

KAT	H_i	$(\Delta_i)_{maks}$	$\delta_i=R*\Delta_i$	δ_i/H_i		maks
9	3	0,0024	0,0168	0,0056	≤	0,02
8	3	0,0024	0,0168	0,0056	≤	0,02
7	3	0,0024	0,0168	0,0056	≤	0,02
6	3	0,0024	0,0168	0,0056	≤	0,02
5	3	0,0023	0,0161	0,0054	≤	0,02
4	3	0,0022	0,0154	0,0051	≤	0,02
3	3	0,0019	0,0133	0,0044	≤	0,02
2	3	0,0015	0,0105	0,0035	≤	0,02
1	3	0,0011	0,0077	0,0026	≤	0,02

Tablo 5.5-6'da görüldüğü gibi iki deprem doğrultusunda da etkin göreli kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değerleri izin verilen sınırlar içindedir.

A1 Burulma düzensizliği tahkiki

Mevcut Model ile Model1 arasındaki A1 burulma düzensizliği değerleri eşdeğer deprem yükünün kat kütle merkezlerine, ayrıca +%5 ve -%5 ek dışmerkezlik etkisinin hesaba katılabilmesi için kaydırılmış kütle merkezlerine uygulandığı göz önüne alınarak x ve y doğrultusu için Tablo 5.7-8'de karşılaştırılmıştır.

Tablo 5.7. x Doğrultusu için Güçlendirilmiş Model ve Mevcut Model Burulma Düzensizliklerinin Karşılaştırılması

Kat	Güçlendirilmiş Model			Mevcut Model		
	(x-x)	+%5 (x-x)	-%5 (x-x)	(x-x)	+%5 (x-x)	-%5 (x-x)
	η_{bi}	η_{bi}	η_{bi}	η_{bi}	η_{bi}	η_{bi}
9	1,0612	1,1164	1,1180	1,1429	1,1969	1,1984
8	1,0588	1,1298	1,1354	1,0598	1,1308	1,1364
7	1,0189	1,0878	1,0945	1,0462	1,1149	1,1215
6	1,0370	1,1111	1,1055	1,0511	1,1250	1,1194
5	1,0385	1,1184	1,1101	1,0278	1,1078	1,0995
4	1,0612	1,1333	1,1318	1,0483	1,1205	1,1191
3	1,0952	1,1613	1,1671	1,0769	1,1432	1,1491
2	1,2258	1,2958	1,2885	1,2000	1,2709	1,2635
1	1,7333	1,7615	1,7560	1,8491	1,8659	1,8626

Tablo 5.8. y Doğrultusu için Güçlendirilmiş Model ve Mevcut Model Burulma Düzensizliklerinin Karşılaştırılması

Kat	Güçlendirilmiş Model			Mevcut Model		
	(y-y)	+%5 (y-y)	-%5 (y-y)	(y-y)	+%5 (y-y)	-%5 (y-y)
	η_{bi}	η_{bi}	η_{bi}	η_{bi}	η_{bi}	η_{bi}
9	1,0435	1,0970	1,0937	1,2468	1,2965	1,2935
8	1,0435	1,1213	1,1104	1,1579	1,2333	1,2228
7	1,0213	1,1470	1,1535	1,0657	1,2011	1,2021
6	1,0435	1,1754	1,1763	1,0719	1,2029	1,2037
5	1,0455	1,1342	1,1552	1,0526	1,1413	1,1622
4	1,1000	1,1856	1,1807	1,0282	1,1152	1,1102
3	1,1176	1,1924	1,1951	1,0353	1,1115	1,1142
2	1,2500	1,2807	1,2835	1,1701	1,2019	1,2049
1	1,6923	1,7177	1,7134	1,7531	1,7741	1,7705

C9 kolonunun kesit tesirleri

C9 kolonu için yük kombinasyonlarından G+Q+EX ve G+Q+EY yüklemelerinde elde edilen kesit tesiri değerleri Tablo 5.9 ve Tablo 5.10'da verilmiştir.

Tablo 5.9. C9 Kolonu için x Doğrultusundaki Elverişsiz Yükleme için Kesit Tesirleri

Story	Column	Load	P	V2	V3	T	M2	M3
STORY10	C9	GQARTIEX	-208,17	58,4	28,2	0,037	35,734	79,11
STORY9	C9	GQARTIEX	-408,64	46,95	18,6	0,036	29,443	71,36
STORY8	C9	GQARTIEX	-611,39	44,83	17,01	0,035	23,154	63,665
STORY7	C9	GQARTIEX	-818,22	62,15	22,18	0,063	30,891	89,195
STORY6	C9	GQARTIEX	-1025,07	56,95	18,73	0,058	28,718	86,657
STORY5	C9	GQARTIEX	-1233,73	52,06	17,12	0,05	24,302	76,874
STORY4	C9	GQARTIEX	-1447,92	59,47	18,84	0,061	27,128	90,82
STORY3	C9	GQARTIEX	-1663,82	47,27	16,29	0,043	24,342	78,466
STORY2	C9	GQARTIEX	-1882,26	40,83	17,23	0,022	26,591	74,511
STORY1	C9	GQARTIEX	-2105,42	4,17	9,29	-0,001	8,846	8,032

Tablo 5.10. C9 Kolonu için y Doğrultusundaki Elverişsiz Yükleme için Kesit Tesirleri

Story	Column	Load	P	V2	V3	T	M2	M3
STORY10	C9	GQARTIEY	-214,23	25,96	44,08	-0,023	56,901	34,259
STORY9	C9	GQARTIEY	-423,77	18,53	31,65	-0,024	49,253	28,551
STORY8	C9	GQARTIEY	-636,57	16,88	29,46	-0,024	40,661	23,683
STORY7	C9	GQARTIEY	-856,03	21,23	41,89	-0,047	59,317	30,228
STORY6	C9	GQARTIEY	-1077,19	18,7	36,16	-0,044	56,552	28,275
STORY5	C9	GQARTIEY	-1300,40	16,9	33,27	-0,04	50,528	24,111
STORY4	C9	GQARTIEY	-1529,04	19,9	36,45	-0,051	58,422	28,776
STORY3	C9	GQARTIEY	-1757,95	17,81	29,23	-0,04	52,177	26,547
STORY2	C9	GQARTIEY	-1986,35	19,48	28,01	-0,025	55,609	30,146
STORY1	C9	GQARTIEY	-2212,99	10,76	5,05	-0,002	12,054	10,335

5.4. Güçlendirilmiş Yapının Kapasite Hesapları

5.4.1. Düşey Yük Kapasite Kontrolü

Güçlendirilmiş yapıdaki perde başlık bölgesi olarak kullanılmayan ve mantolanmamış kolonların tüm yük kombinasyonları altındaki en elverişsiz düşey yük değerleri ile bu kolonların taşıyabileceği en büyük eksenel yük değerleri Tablo5.11'de karşılaştırılmıştır. Kapasite oranı olarak ifade edebileceğimiz N_{dmax}/N_d değerinin 1'den büyük olması durumunda kolonun düşey yük taşıma kapasitesinin yetersiz olduğu anlaşılır.

Tablo 5.11. Zemin Kat Kolonlarının Düşey Yük Kapasite Kontrolü

Kolon	b (m)	h (m)	A_c (m^2)	N_{dmaks} (kN)	f_{ck}	N_d (kN)	N_{dmax}/N_d
C2	0,35	0,45	0,1575	1249,44	16000	1260	0,992
C3	0,45	0,50	0,2250	1784,69	16000	1800	0,991
C4	0,45	0,50	0,2250	1789,32	16000	1800	0,994
C5	0,35	0,45	0,1575	1244,71	16000	1260	0,988
C8	0,50	0,55	0,2750	2091,45	16000	2200	0,951
C9	0,50	0,55	0,2750	2133,69	16000	2200	0,970
C13	0,30	0,40	0,1200	545,36	16000	960	0,568
C14	0,55	0,55	0,3025	1372,96	16000	2420	0,567
C15	0,30	0,40	0,1200	529,75	16000	960	0,552
C16	0,30	0,40	0,1200	727,18	16000	960	0,757
C17	0,55	0,55	0,3025	1219,00	16000	2420	0,504
C18	0,30	0,40	0,1200	693,64	16000	960	0,723
C21	0,55	0,55	0,3025	1884,65	16000	2420	0,779
C22	0,55	0,55	0,3025	2119,51	16000	2420	0,876
C26	0,40	0,40	0,1600	1229,68	16000	1280	0,961
C27	0,40	0,40	0,1600	1269,72	16000	1280	0,992
C28	0,45	0,50	0,2250	1754,44	16000	1800	0,975
C29	0,50	0,55	0,2750	1881,98	16000	2200	0,855

Tablo 5.11'de görüldüğü üzere zemin kat kolonlarının düşey yük taşıma kapasiteleri yeterlidir.

5.4.2. Moment Kapasite Kontrolü

Güçlendirilmemiş kolonlarda her iki yönde en elverişsiz eğilme momenti değerlerini veren G+Q+EX ve G+Q+EY kombinasyonlarından elde edilen eğilme momenti

değerleri ile kolonun taşıyabileceği en büyük eğilme momenti değerleri Tablo 5.12 ve Tablo 5.13'te karşılaştırılmıştır. Kapasite oranı olarak ifade edebileceğimiz M_{maks}/M_r değerinin 1'den büyük olması durumunda kolonun eğilme momenti taşıma kapasitesinin yetersiz olduğu anlaşılır. Kolonların eğilme kapasiteleri Dr. Kutlu Darılmaz'ın Kolonkapasite programından faydalanılarak hesaplanmıştır.

Tablo 5.12. Zemin Kat Kolonlarının Kuvvetli Eksende Moment Kapasite Kontrolü

Kolon	b (m)	h (m)	d' (m)	A_{st} (cm^2)	N_d (kN)	M_r (kNm)	M_{maks} (kNm)	M_{maks}/M_r
C2	0,35	0,45	0,04	36,18	1204,55	132,91	26,598	0,200
C3	0,45	0,50	0,04	45,72	1610,44	209,14	38,259	0,183
C4	0,45	0,50	0,04	45,72	1576,16	213,24	45,604	0,214
C5	0,35	0,45	0,04	36,18	1148,19	138,71	30,713	0,221
C8	0,50	0,55	0,04	50,24	1948,49	274,32	55,905	0,204
C9	0,50	0,55	0,04	50,24	1986,35	269,05	55,609	0,207
C13	0,30	0,40	0,04	28,14	525,46	106,68	17,846	0,167
C14	0,55	0,55	0,04	56,52	1250,53	367,41	67,893	0,185
C15	0,30	0,40	0,04	28,14	514,76	106,91	17,650	0,165
C16	0,30	0,40	0,04	28,14	655,23	103,51	24,597	0,238
C17	0,55	0,55	0,04	56,52	714,89	343,73	94,022	0,274
C18	0,30	0,40	0,04	28,14	625,30	104,31	24,316	0,233
C21	0,55	0,55	0,04	56,52	1872,46	346,66	41,970	0,121
C22	0,55	0,55	0,04	56,52	1868,24	346,88	48,223	0,139
C26	0,40	0,40	0,04	32,16	1201,71	112,02	36,482	0,326
C27	0,40	0,40	0,04	32,16	1231,50	109,11	38,096	0,349
C28	0,45	0,50	0,04	45,72	1735,16	194,82	49,859	0,256
C29	0,50	0,55	0,04	50,24	1842,54	287,51	52,051	0,181

Tablo 5.12'den anlaşılacağı üzere yapıyı güçlendirmek üzere ilave edilen perdelerin yapıya etkiyen momentlerin büyük bir kısmını karşılaması sayesinde tüm kolon kesitlerinin kuvvetli eksen doğrultusunda kapasiteleri yeterlidir. Ayrıca yapıdaki düşey yük dağılımının değişmesi ve mevcut kolonlara etkiyen normal kuvvet değerlerinin azalması kesitlerin moment taşıma kapasitelerini de arttırmıştır. Hesaplarda en elverişsiz momente karşı gelen yüklemedeki normal kuvvet değerleri kullanılmıştır.

Tablo 5.13. Zemin Kat Kolonlarının Zayıf Eksende Moment Kapasite Kontrolü

Kolon	b (m)	h (m)	d' (m)	A_{st} (cm^2)	N_d (kN)	M_r (kNm)	M_{maks} (kNm)	M_{maks}/Mr
C2	0,45	0,35	0,04	36,18	1204,55	103,28	9,787	0,095
C3	0,50	0,45	0,04	45,72	1610,44	193,36	8,336	0,043
C4	0,50	0,45	0,04	45,72	1576,16	197,20	8,578	0,043
C5	0,45	0,35	0,04	36,18	1148,19	106,07	9,919	0,094
C8	0,55	0,50	0,04	50,24	1948,49	246,74	26,423	0,107
C9	0,55	0,50	0,04	50,24	1986,35	242,03	74,511	0,308
C13	0,40	0,30	0,04	28,14	525,46	80,36	11,731	0,146
C14	0,55	0,55	0,04	56,52	1250,53	348,92	66,345	0,190
C15	0,40	0,30	0,04	28,14	514,76	80,35	13,419	0,167
C16	0,40	0,30	0,04	28,14	655,23	79,16	11,991	0,151
C17	0,55	0,55	0,04	56,52	714,89	328,09	41,523	0,127
C18	0,40	0,30	0,04	28,14	625,30	79,66	12,853	0,161
C21	0,55	0,55	0,04	56,52	1872,46	328,80	21,448	0,065
C22	0,55	0,55	0,04	56,52	1868,24	329,04	25,851	0,079
C26	0,40	0,40	0,04	32,16	1201,71	112,02	25,021	0,223
C27	0,40	0,40	0,04	32,16	1231,50	109,11	23,585	0,216
C28	0,50	0,45	0,04	45,72	1735,16	179,21	42,532	0,237
C29	0,55	0,50	0,04	50,24	1842,54	258,52	32,962	0,128

Tablo 5.13'te görüldüğü üzere zemin katta zayıf eksen doğrultusunda da tüm kesitler yeterlidir.

5.4.3. Kesme Kuvveti Kapasite Kontrolü

Güçlendirilmiş yapıdaki perde başlık bölgesi olarak kullanılmayan ve mantolanmamış kolonların tüm yük kombinasyonları altındaki en elverişsiz kesme kuvveti değerleri ile bu kolonların taşıyabileceği en büyük kesme kuvveti değerleri Tablo 5.14-15'te karşılaştırılmıştır. Mevcut kolonlarda etriye aralıkları fazla ve etriye enkesit alanları korozyondan dolayı zamanla azaldığından etriyelerin kesme kuvveti kapasitesine katkısı hesapta dikkate alınmamıştır.

Kapasite oranı olarak ifade edebileceğimiz V_{dmaks}/V_d değerinin 1'den büyük olması durumunda kolonun kesme kuvveti taşıma kapasitesinin yetersiz olduğu anlaşılır.

Tablo 5.14'te zemin kat kolonlarının kuvvetli eksende kesme kapasitelerinin yeterli hale geldiği görülmektedir.

Tablo 5.14. Zemin Kat Kolonlarının Kuvvetli Eksende Kesme Kuvveti Kapasite Kontrolü

Kolon	b_w (m)	h (m)	d (m)	V_{dmaks} (kN)	f_{ctd} (kN/m^2)	V_d (kN)	V_{dmaks}/V_d
C2	0,35	0,45	0,41	14,55	900	67,158	0,217
C3	0,45	0,50	0,46	19,51	900	96,876	0,201
C4	0,45	0,50	0,46	24,80	900	96,876	0,256
C5	0,35	0,45	0,41	18,56	900	67,158	0,276
C8	0,50	0,55	0,51	28,18	900	119,340	0,236
C9	0,50	0,55	0,51	40,83	900	119,340	0,342
C13	0,30	0,40	0,36	12,81	900	50,544	0,253
C14	0,55	0,55	0,51	37,39	900	131,274	0,285
C15	0,30	0,40	0,36	12,69	900	50,544	0,251
C16	0,30	0,40	0,36	15,42	900	50,544	0,305
C17	0,55	0,55	0,51	55,67	900	131,274	0,424
C18	0,30	0,40	0,36	15,31	900	50,544	0,303
C21	0,55	0,55	0,51	16,62	900	131,274	0,127
C22	0,55	0,55	0,51	20,94	900	131,274	0,160
C26	0,40	0,40	0,36	21,96	900	67,392	0,326
C27	0,40	0,40	0,36	23,27	900	67,392	0,345
C28	0,45	0,50	0,46	28,72	900	96,876	0,296
C29	0,50	0,55	0,51	28,85	900	119,340	0,242

Tablo 5.15. Zemin Kat Kolonlarının Zayıf Eksende Kesme Kuvveti Kapasite Kontrolü

Kolon	b_w (m)	h (m)	d (m)	V_{dmaks} (kN)	f_{ctd} (kN/m2)	V_d (kN)	V_{dmaks}/V_d
C2	0,45	0,35	0,31	8,30	900	65,286	0,127
C3	0,50	0,45	0,41	10,22	900	95,940	0,107
C4	0,50	0,45	0,41	10,38	900	95,940	0,108
C5	0,45	0,35	0,31	8,37	900	65,286	0,128
C8	0,55	0,50	0,46	17,17	900	118,404	0,145
C9	0,55	0,50	0,46	28,01	900	118,404	0,237
C13	0,40	0,30	0,26	6,57	900	48,672	0,135
C14	0,55	0,55	0,51	34,10	900	131,274	0,260
C15	0,40	0,30	0,26	10,43	900	48,672	0,214
C16	0,40	0,30	0,26	6,64	900	48,672	0,136
C17	0,55	0,55	0,51	18,53	900	131,274	0,141
C18	0,40	0,30	0,26	10,15	900	48,672	0,209
C21	0,55	0,55	0,51	9,23	900	131,274	0,070
C22	0,55	0,55	0,51	8,51	900	131,274	0,065
C26	0,40	0,40	0,36	15,26	900	67,392	0,226
C27	0,40	0,40	0,36	15,89	900	67,392	0,236
C28	0,50	0,45	0,41	21,33	900	95,940	0,222
C29	0,55	0,50	0,46	18,35	900	118,404	0,155

Tablo 5.15'te zemin kat kolonlarının zayıf eksende kesme kapasitelerinin yeterli olduğu görülmektedir.

5.5. İlave Edilen Elemanların Betonarme Hesabı

Mevcut yapıya ilave edilen taşıyıcı sistem elemanlarının betonarme hesaplarının nasıl yapılacağı hakkında fikir vermek ve Eklerde verilecek detay çizimleri için her elemanın birer tanesinin betonarme hesabı yapılmıştır.

5.5.1. Ek Döşemenin Betonarme Hesabı

İlave edilen döşemenin hesabında TS500'de açıklıkların birbirinden fazla farklı olmadığı iki doğrultuda çalışan kirişli döşemeler için verilen yaklaşık yöntem kullanılmıştır.

$m=l_{uzun} / l_{kısa}=4.5/4.225=1.065$

$m < 2$ olduğundan döşeme iki doğrultuda çalışmaktadır.

Döşeme kalınlığı belirlenirken narinlik şartı dikkate alınmıştır.

$$h_f \geq \frac{l_{sn}}{15+\frac{20}{m}}\left(1-\frac{\alpha_s}{4}\right)$$

$$h_f \geq \frac{3.975}{15+\frac{20}{1.065}}\left(1-\frac{0.516}{4}\right) \qquad h_f \geq 0.1025m$$

h_f sehim şartı da dikkate alınarak mevcut yapıdaki diğer döşemeler gibi 13 cm alınmıştır.

Hesap Momentleri

$Pd=1.4g+1.6q=9.85\ kN/m^2$

Birim genişliğe düşen döşeme momenti TS500'de verilen Çizelge 11.1'deki sınır koşulları ve uzun kenarın kısa kenara oranına göre verilen α katsayıları kullanılarak hesaplanılmıştır.

$M_d=\alpha * P_d * l_{sn}^2 \qquad k_m=\frac{M_d}{b_w * d^2}$

$M_{y1}=M_{y2}=0.0593*9.85*3.975^2=9.23\ kNm/m$

$M_{ya}=0.0453*9.85*3.975^2=7.05\ kNm/m$

$M_{x1}=M_{x2}=0$

$M_{xa}=0.0440*9.85*3.975^2=6.85$ kNm/m

Açıklık Donatıları için Hesap

$M_{ya} > M_{xa}$

$M_d=M_{ya}=7.05$ kNm/m $b_w=1000$mm $h_f=13$ cm $d=h_f-d'=11$ cm

$$k_m = \frac{M_d}{b_w * d^2} = \frac{7.05*10^6}{1000*110^2} = 0.583 \qquad k_z=0.9785$$

$$A_s = \frac{M_d}{k_z * d * f_{yd}} = \frac{7.05*10^6}{0.9785*110*365} = 179.45 mm^2 / m$$

$A_{smin}=0.0025*b*d=0.0025*1000*110=275$ mm^2

$s \leq 20$ cm $\quad s \leq 1.5*h_f=1.5*13=19.5$cm

<u>Φ8/18 = Φ8/36 düz + Φ8/36 pilye</u> (279 mm^2)

$M_d=M_{xa}=6.85$ kNm/m $b_w=1000$mm $h_f=13$ cm $d=13-2-0.8=10.2$ cm

$$k_m = \frac{M_d}{b_w * d^2} = \frac{6.85*10^6}{1000*102^2} = 0.658 \qquad k_z=0.9752$$

$$A_s = \frac{M_d}{k_z * d * f_{yd}} = \frac{6.85*10^6}{0.9752*102*365} = 188.67 mm^2 / m$$

$A_{smin}=0.0015*b*d=0.0015*1000*102=153$ mm^2

$s \leq 25$ cm

<u>Φ8/25 = Φ8/50 düz + Φ8/50 pilye</u>

Mesnet Donatıları için Hesap

$$\frac{XK}{XB} = \frac{9.23}{10.05} = 0.92 > 0.8$$ düzeltmeye gerek yok

Md=10.05 kNm/m

$$k_m = \frac{M_d}{b_w * d^2} = \frac{10.05*10^6}{1000*110^2} = 0.831 \qquad k_z=0.9704$$

$$A_s = \frac{M_d}{k_z * d * f_{yd}} = \frac{10.05 * 10^6}{0.9704 * 110 * 365} = 257.95 mm^2 / m$$

<u>Φ8/19</u>[5] (258 mm^2)

$$\frac{XK}{XB} = \frac{7.561}{9.23} = 0.82 > 0.8$$ düzeltmeye gerek yok

Md=9.23 kNm/m

$$k_m = \frac{M_d}{b_w * d^2} = \frac{9.23 * 10^6}{1000 * 110^2} = 0.763$$ k_z=0.9725

$$A_s = \frac{M_d}{k_z * d * f_{yd}} = \frac{9.23 * 10^6}{0.9725 * 110 * 365} = 236.39 mm^2 / m$$ <u>Φ8/21</u> (240 mm^2)

5.5.2. Ek Kirişlerin Betonarme Hesabı

Açıklık Donatıları için Hesap

M_d=31.334 kNm

$b=b_1+0.1*l_p$= 30+0.1*0.6*422.5= 55.35 cm

$M_y=0.85*f_{cd}*h_f*b*(d-0.5h_f)*10^{-6}$= 0.85*20*130*553.5*(560-0.5*130)*10^{-6}

M_y= 605.501 kNm

$M_y > M_d$ soyut dikdörtgen kesit hesabı

M_f=0.85*fcd*a*b*(d-0.5*a)

31.334*10^6 = 0.85*20*a*553.5*(560-0.5a) a=5.98mm

$$A_s = \frac{0.85 * f_{cd} * b * a}{f_{yd}} = \frac{0.85 * 20 * 553.5 * 5.98}{365} = 154.16 mm^2$$

$$A_s \geq \frac{M_y}{f_{yd} * (d - d')}$$ $$A_s \geq \frac{31.334 * 10^6}{365 * 520} = 165.09 mm^2$$

ρ_{min}= 0.80* $\frac{f_{ctd}}{f_{yd}}$ = 0.80* $\frac{1.25}{365}$ =0.00274 A_{smin}=0.00274*300*600=493.2 mm^2

Seçilen <u>3Φ16 (2Φ16 düz + 1Φ16 pilye)</u> (603mm^2)

$\rho = \frac{603}{300*600} = 0.00335$

$\rho_b = 0.85*k_1 * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} * \frac{600}{600+f_{yd}} = 0.85*0.85*\frac{20}{365}*\frac{600}{600+365} = 0.0246$

$\rho_{maks} = 0.02$

$\rho_{maks} = 0.85*\delta_b = 0.85*0.0246 = 0.0209$

Mesnet Donatıları için Hesap

M_d=37.082 kNm (*i* ucu negatif moment değeri)

$37.082*10^6 = 0.85*20*a*300*(560-0.5a)$ a=13.14 mm

$$A_s = \frac{0.85*f_{cd}*b*a}{f_{yd}} = \frac{0.85*20*300*13.14}{365} = 183.6mm^2$$

$$A_s \geq \frac{M_y}{f_{yd}*(d-d')} = \frac{37.082*10^6}{365*520} = 195.37mm^2$$

ρ_{min}=0.00274 A_{smin}=0.00274*300*600=493.2 mm^2 3Φ16 (603 mm^2)

A_{smev}=2 Φ12+2 Φ16 ek donatıya gerek yoktur.

M_d=27.061 kNm (*j* ucu negatif moment değeri)

$27.061*10^6 = 0.85*20*a*300*(560-0.5a)$ a=9.56 mm

$$A_s = \frac{0.85*f_{cd}*b*a}{f_{yd}} = \frac{0.85*20*300*9.56}{365} = 133.58mm^2$$

$$A_s \geq \frac{M_y}{f_{yd}*(d-d')} = \frac{27.061*10^6}{365*520} = 142.58mm^2$$

ρ_{min}=0.00274 A_{smin}=0.00274*300*600=493.2 mm^2 3Φ16 (603 mm^2)

A_{smev}=2 Φ12+2 Φ16 ek donatıya gerek yoktur.

M_d=33.49 kNm (*i* ucu pozitif moment değeri)

$33.49*10^6 = 0.85*20*a*553.5*(560-0.5a)$ a=6.39 mm

$$A_s = \frac{0.85*f_{cd}*b*a}{f_{yd}} = \frac{0.85*20*553.5*6.39}{365} = 164.73mm^2$$

$$A_s \geq \frac{M_y}{f_{yd} * (d - d')} = \frac{33.49 * 10^6}{365 * 520} = 176.45 mm^2$$

ρ_{min}=0.00274 A_{smin}=0.00274*300*600=493.2 mm^2 3Φ16 (603 mm^2)

A_{smev}=1Φ16 $\underline{A_{sek}}$=2 Φ16

M_d=48.019 kNm (*j* ucu pozitif moment değeri)

$48.019*10^6$=0.85*20*a*553.5*(560-0.5a) a=9.19 mm

$$A_s = \frac{0.85 * f_{cd} * b * a}{f_{yd}} = \frac{0.85 * 20 * 553.5 * 9.19}{365} = 236.913 mm^2$$

$$A_s \geq \frac{M_y}{f_{yd} * (d - d')} = \frac{48.019 * 10^6}{365 * 520} = 252.998 mm^2$$

ρ_{min}=0.00274 A_{smin}=0.00274*300*600=493.2 mm^2 3Φ16 (603 mm^2)

A_{smev}=1Φ16 $\underline{A_{sek}}$=2 Φ16

Kayma Hesabı

$M_{pü}$ =1.4$M_{rü}$=1.4*$A_{üseç}$*f_{yd}*(d-d')

$M_{pü\ sağ}$ =$M_{pü\ sol}$=1.4*603*365*(560-40)*10^{-6}=160.229 kNm

M_{pa} =1.4M_{ra}=1.4*$A_{aseç}$*f_{yd}*(d-d')

$M_{pa\ sağ}$ =$M_{pa\ sol}$=1.4*603*365*(560-40)*10^{-6}=160.229 kNm

$$V_{e\ sol} = V_0 \pm \frac{M_{pü} + M_{pa}}{l_n} = 29.29 \pm \frac{160.229 + 160.229}{3.825}$$ $V_{e\ sol}$ (113.07 ; -54.49)

$$V_{e\ sağ} = V_0 \pm \frac{M_{pü} + M_{pa}}{l_n} = 17.63 \pm \frac{160.229 + 160.229}{3.825}$$ $V_{e\ sol}$ (101.41 ; -66.15)

Mesnet Kayma Donatısı

$V_{d\ hesap}$=113.07kN

Betonun kesme dayanımına katkısı ihmal edilmiştir ve gerekli etriye aralığı değeri etriye katkısı göz önüne alınarak hesaplanmıştır.

Φ8 için A_{sw}=2*50=100mm^2

$$100 = \frac{113.07 * s * 10^3}{191 * 560} \qquad s=94.6 \text{ mm}$$

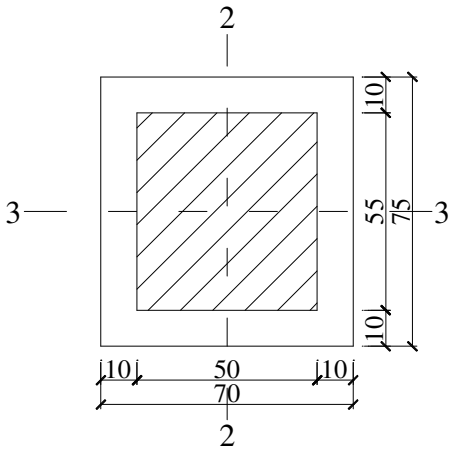
$s < d/4=140$ mm $s < 8*\Phi=144$ mm $s < 150$ mm <u>Φ8/90</u>

$V_d < V_{cr}$ olduğundan kesme donatısı hesabına gerek yoktur, ancak bu durumda TS500'de verilen minimum etriyenin bulundurulması zorunludur.

$$\frac{A_{sw}}{s} \geq 0.3 * \frac{f_{ctd}}{f_{ywd}} * b_w$$

$$\frac{100}{s} \geq 0.3 * \frac{1.25}{191} * 300 \qquad s \leq 169.77\text{mm} \qquad \underline{\Phi 8/150}$$

5.5.3. Mantolanan Kolonun Betonarme Hesabı



M_3=108.67 kNm

M_2=-25,51 kNm

V_d=38,22 kN

N_d=2099,62 kN

$$I_3 = \frac{0.75 * 0.7^3}{12} - \frac{0,55 * 0,5^3}{12} = 0,01571 m^4$$

$$I_2 = \frac{0.7 * 0.75^3}{12} - \frac{0,5 * 0,55^3}{12} = 0,01778 m^4$$

$$\frac{b * h^3 / 12}{h * b^3 / 12} = \frac{h^2}{b^2} = \frac{0.01571}{0.01778} = 0.8836 \qquad h=0.94b$$

$$\frac{b * (0.94b)^3}{12} = 0.01571 \qquad b=0.69\,\text{m} \qquad h=0.65\text{m}$$

Statikçe eşdeğer kesit <u>69/65</u>

Eğilme Hesabı

M_3=108.67 kNm M_2=-25.51 kNm N_d=2099.62 kN V_d=38.22 kN

$$m_3 = \frac{M_3}{b*h^2*f_{cd}} = \frac{108.67}{0.69*0.65^2*20*10^3} = 0.0186$$

mine= 0.10*h; 2.5cm M_2 =2099.62*0.1*0.75= 157.47 kN

$$m_2 = \frac{M_2}{b*h^2*f_{cd}} = \frac{157.47}{0.65*0.69^2*20*10^3} = 0.0254$$

$$n = \frac{N_d}{b*h*f_{cd}} = \frac{2099.62}{0.65*0.69*20*10^3} = 0.234$$

w okunmuyor.

$A_s=A_{smin}$=0.01*b*h= 0.01*0.75*0.7*10^{-4}=52.5 cm^2 <u>28Φ16</u> seçilmiştir.

Kayma Hesabı

$V_{cr}=0.65*f_{ctd}*b_w*d*(1+0.07*N_d/A_c)$

$$V_{cr}=0.65*1.25*690*(650-50)*(1+0.07*\frac{2099.63*10^3}{690*650})*10^{-3}= 446.61 \text{ kN}$$

$V_c=0.8*V_{cr}=0.8*446.61= 357.288$ kN

$V_d=38.22 < V_c=357.288$ hesaba gerek yok.

Seçilen <u>Φ12/1</u>0 sarılma bölgesinde, <u>Φ12/20</u> orta bölgede

$$\frac{A_{sw}}{s*b_w} > \min \rho_w = 0.3\frac{f_{ctd}}{f_{ywd}}$$

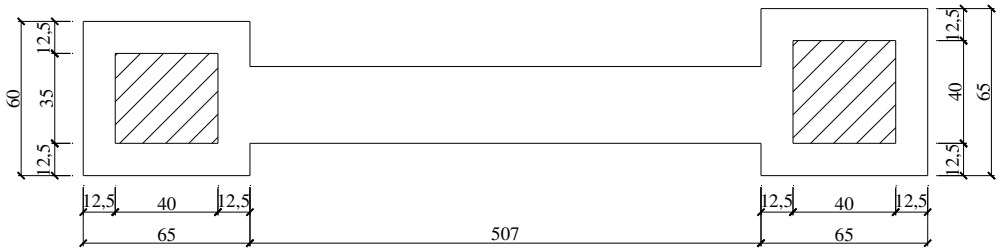
$$\frac{2*3.14*12^2/4}{200*(690-50)} = 1.766*10^{-3} > 0.3*\frac{1.25}{365} = 1.0274*10^{-3}$$ seçilen donatı uygundur.

5.5.4. Ek Perde Betonarme Hesabı

Başlık bölgesinin bulunması perdenin eğilme momenti kapasitesini önemli derecede arttırır. Başlıklı perdeler, kiriş mesnetlenmesinde ve eğilme donatılarının yerleştirilmesinde kolaylık sağlar. Bunun yanında uç elemanlar perdenin yanal burkulma stabilitesini arttırır ve potansiyel plastik mafsal bölgelerindeki basınca

maruz betonun daha iyi sarılmasını sağlarlar. Böylece plastik mafsal bölgelerinde sıkışan betonun erken dağılması önlenmiş olur,[7].

Statikçe Eşdeğer Kesit Hesabı



$$x_g = \frac{0.65*0.60*0.325 + 5.07*0.3*3.185 + 0.65*0.65*6.045 - 0.4*0.35*0.325 - 0.4*0.4*6.045}{0.65*0.6 + 5.07*0.3 + 0.65*0.65 - 0.4*0.35 - 0.4*0.4} = 3.1564m$$

$$y_g = \frac{0.65*0.60*0.30 + 5.07*0.3*0.275 + 0.65*0.65*0.325 - 0.4*0.35*0.30 - 0.4*0.4*0.325}{0.65*0.6 + 5.07*0.3 + 0.65*0.65 - 0.4*0.35 - 0.4*0.4} = 0.2892m$$

$$I_{3-3} = \frac{0.6*0.65^3}{12} + 0.6*0.65*(3.1564-0.325)^2 - \frac{0.35*0.4^3}{12} - 0.35*0.4*(3.1564-0.325)^2 + \frac{0.3*5.07^3}{12} +$$

$$0.3*5.07*(3.1564-3.185)^2 + \frac{0.65*0.65^3}{12} + 0.65*0.65*(6.045-3.1564)^2 - \frac{0.4*0.4^3}{12} - 0.4*0.4*(6.045-3.1564)^2$$

I_{3-3}=7.4785 m^4

$$I_{2-2} = \frac{0.65*0.6^3}{12} + 0.6*0.65*(0.3-0.2892)^2 - \frac{0.4*0.35^3}{12} - 0.35*0.4*(0.3-0.2892)^2 + \frac{5.07*0.3^3}{12} +$$

$$0.3*5.07*(0.2892-0.275)^2 + \frac{0.65*0.65^3}{12} + 0.65*0.65*(0.325-0.2892)^2 - \frac{0.4*0.4^3}{12} - 0.4*0.4*(0.325-0.2892)^2$$

I_{2-2}=0.035093 m^4

$$\frac{b*h^3/12}{h*b^3/12} = \frac{h^2}{b^2} = \frac{7.4785}{0.035093} = 213.104 \qquad h=14.6b$$

$$\frac{b*(14.6b)^3}{12} = 7.4785 \qquad b=0.41\,m \qquad h=6.02m$$

Statikçe eşdeğer kesit <u>41/602</u>

Eğilme Hesabı

M_d=4841.60 kNm N_d=2681.07 kN V_d=768.05 kN

$$m = \frac{M_d}{b * h^2 * f_{cd}} = \frac{4861.6}{0.41 * 6.02^2 * 20 * 10^3} = 0.0163$$

$$n = \frac{N_d}{b * h * f_{cd}} = \frac{2681.07}{0.41 * 6.02 * 20 * 10^3} = 0.0543$$

w okunmuyor.

$H_{cr} \geq l_w = 6.02$

$H_{cr} \geq H_w/6 = 4.5$ $H_{cr} = 6.02$ m

Başlık bölgesi için

$As = A_{smin} = 0.002 * b_w * l_w = 0.002 * 0.41 * 6.02 * 10^{-4} = 49.364$ cm^2 16Φ20

Gövde için

$As = A_{smin} = 0.0025 * b_w * l_w = 0.0025 * 0.41 * 1.00 * 10^{-4} = 10.25$ cm^2/m

s≤250mm şartından 40Φ14 seçilmiştir.

Kayma Hesabı

$V_d < 0.22 * A_{ch} * f_{cd}$

$768.05 < 0.22 * 0.41 * 6.02 * 20 * 10^3 = 10860.08$

Kritik Perde Yükskliği Boyunca Başlık Bölgesinde Φ12/7

$A_{sh} > 0.075 * s * b_k * (f_{ck}/f_{ywk})$

$\frac{2 * 3.14 * 12^2}{4} > 0.075 * 70 * (650-50) * (30/420)$ $226.08 > 225$

Kritik perde yüksekliği boyunca gövdede 10 adet/m^2 deprem çirozu kullanılacaktır.

5.6. Önerilen Tüm Modellerin Karakteristik Değerlerinin Karşılaştırılması

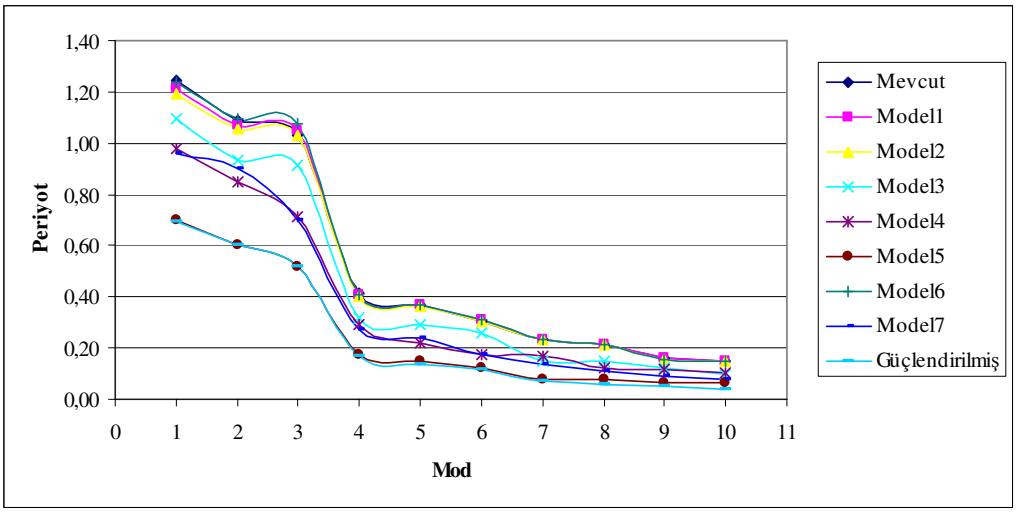
Önerilen tüm modeller için ilk 10 periyot değerleri, maksimum yer değiştirme değerleri, burulma düzensizliği katsayıları ve bir kolon için kesit zorları karşılaştırılmıştır.

5.6.1. Tüm Modeller için İlk 10 Periyot Değerinin Kıyaslanması

Mevcut yapı modeli ve iyileştirme ve güçlendirme adına önerilen tüm modellerin periyotları Tablo 5.16'da verilmiş ve Şekil 5.5'te karşılaştırılmıştır. Tablo 5.16'da x doğrultusundaki hâkim periyotlar kırmızı renk ile y doğrultusundaki hâkim periyotlar mavi renk ile gösterilmiştir.

Tablo 5.16. Tüm Modellerin İlk 10 Periyot Değerleri

Mode	Mevcut	Model1	Model2	Model3	Model4	Model5	Model6	Model7	Güçlendirilmiş
1	1,2437	1,2105	1,1919	1,0942	0,9771	0,6993	1,2406	0,9616	0,6954
2	1,0860	1,0721	1,0545	0,9345	0,8467	0,605	1,0984	0,8996	0,6045
3	1,0318	1,0494	1,0323	0,9107	0,7106	0,5203	1,0741	0,6974	0,5199
4	0,4150	0,4065	0,4004	0,3181	0,2895	0,1726	0,4088	0,2741	0,1691
5	0,3721	0,3672	0,3612	0,2914	0,222	0,146	0,3693	0,2399	0,1374
6	0,3043	0,3100	0,3051	0,2613	0,1743	0,1225	0,3137	0,1764	0,1150
7	0,2360	0,2339	0,2304	0,1518	0,1676	0,0808	0,2302	0,1351	0,0717
8	0,2162	0,2158	0,2123	0,1496	0,1258	0,0765	0,2139	0,1084	0,0601
9	0,1599	0,1594	0,1570	0,1236	0,1198	0,0648	0,1542	0,0894	0,0495
10	0,1512	0,1494	0,1469	0,0948	0,1033	0,0643	0,1488	0,0795	0,0413



Şekil 5.5. Tüm Modeller için İlk 10 Periyot Değerinin Kıyaslanması

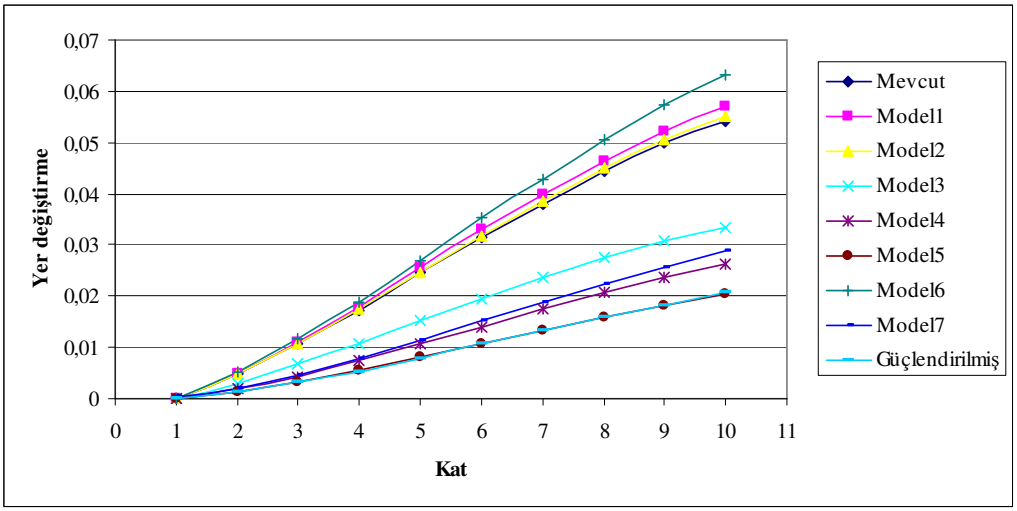
Şekil 5.5'te görüldüğü üzere Mevcut Model, Model 1, Model 2 ve Model 6'nın periyotları birbirine yakın değerler almıştır. Model 3, Model 4, Model 5 ve Model7 ve Güçlendirilmiş Model'in aldığı değerler ise mevcut yapının periyot değerlerine göre daha azdır. Özellikle Model 5'in ve bu model esas alınarak yapılan Güçlendirilmiş Modelin periyotlarının mevcut yapıya göre yaklaşık olarak yarı yarıya kısaldığı görülmektedir.

5.6.2. Tüm Modeller için Maksimum Yer Değiştirme Değerlerinin Kıyaslanması

Mevcut yapı modeli ve iyileştirme ve güçlendirme adına önerilen tüm modellerin maksimum yer değiştirme değerleri iki doğrultu için Tablo 5.17-18'de verilmiş ve Şekil 5.6-7'da karşılaştırılmıştır.

Tablo 5.17. Tüm Modellerin x Doğrultusundaki Maksimum Yer Değiştirme Değerleri

Kat	Mevcut	Model1	Model2	Model3	Model4	Model5	Model6	Model7	Güçlendirilmiş
10	0,0541	0,0569	0,0551	0,0334	0,0264	0,0205	0,0632	0,0288	0,0206
9	0,0499	0,0522	0,0505	0,0307	0,0237	0,0183	0,0574	0,0257	0,0183
8	0,0444	0,0464	0,0449	0,0274	0,0206	0,0158	0,0505	0,0224	0,0158
7	0,038	0,0398	0,0386	0,0236	0,0174	0,0132	0,0429	0,0188	0,0132
6	0,0315	0,0329	0,0319	0,0196	0,014	0,0106	0,0352	0,0152	0,0106
5	0,0245	0,0255	0,0247	0,0152	0,0106	0,008	0,027	0,0115	0,0079
4	0,0172	0,0179	0,0174	0,0108	0,0073	0,0055	0,0188	0,0078	0,0053
3	0,0107	0,0111	0,0108	0,0067	0,0043	0,0032	0,0116	0,0046	0,0031
2	0,0047	0,0049	0,0048	0,0029	0,0018	0,0014	0,0051	0,0019	0,0012
1	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0002	0,0001

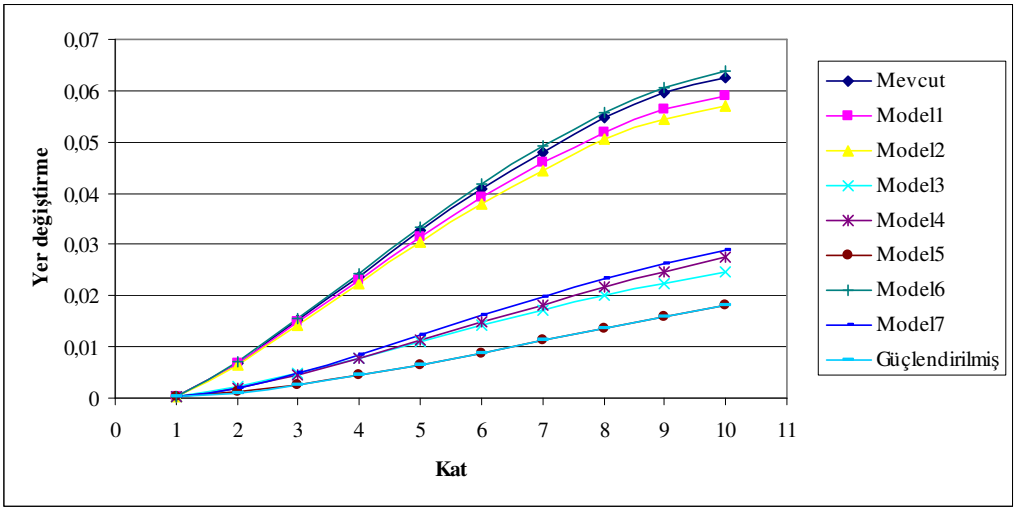


Şekil 5.6. Tüm Modeller için x Doğrultusunda Maksimum Yer Değiştirmelerin Kıyaslanması

Şekil 5.6'da görüldüğü üzere x doğrultusunda yer değiştirme değerleri doğrusala yakın bir eğimle artma eğilimi göstermiştir. x doğrultusunda en büyük yer değiştirme değerlerinin Model 6'da, en küçük yer değiştirme değerlerinin ise Model 5 ve Güçlendirilmiş Model'de oluştuğu görülmektedir. Yapılan eleman ilavelerinin y doğrultusunda olması sebebiyle Model 1, Model 2'nin x doğrultusundaki yer değiştirme değerlerinin az da olsa arttırdığı görülmektedir.

Tablo 5.18. Tüm Modellerin y Doğrultusundaki Maksimum Yer Değiştirme Değerleri

Kat	Mevcut	Model1	Model2	Model3	Model4	Model5	Model6	Model7	Güçlendirilmiş
10	0,0627	0,059	0,0571	0,0246	0,0275	0,0182	0,0638	0,029	0,0183
9	0,0597	0,0564	0,0546	0,0225	0,0246	0,0159	0,0607	0,0263	0,0160
8	0,0547	0,052	0,0504	0,02	0,0216	0,0136	0,0558	0,0232	0,0137
7	0,0481	0,0459	0,0445	0,0172	0,0183	0,0112	0,0492	0,0198	0,0113
6	0,0409	0,0392	0,038	0,0142	0,0148	0,0089	0,0418	0,0162	0,0089
5	0,0326	0,0315	0,0306	0,011	0,0113	0,0066	0,0335	0,0123	0,0066
4	0,0237	0,023	0,0224	0,0078	0,0077	0,0045	0,0243	0,0085	0,0044
3	0,0152	0,0148	0,0144	0,0048	0,0045	0,0026	0,0156	0,005	0,0026
2	0,0068	0,0067	0,0065	0,0022	0,0019	0,0012	0,007	0,0021	0,0011
1	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0003	0,0003	0,0002	0,0003	0,0002

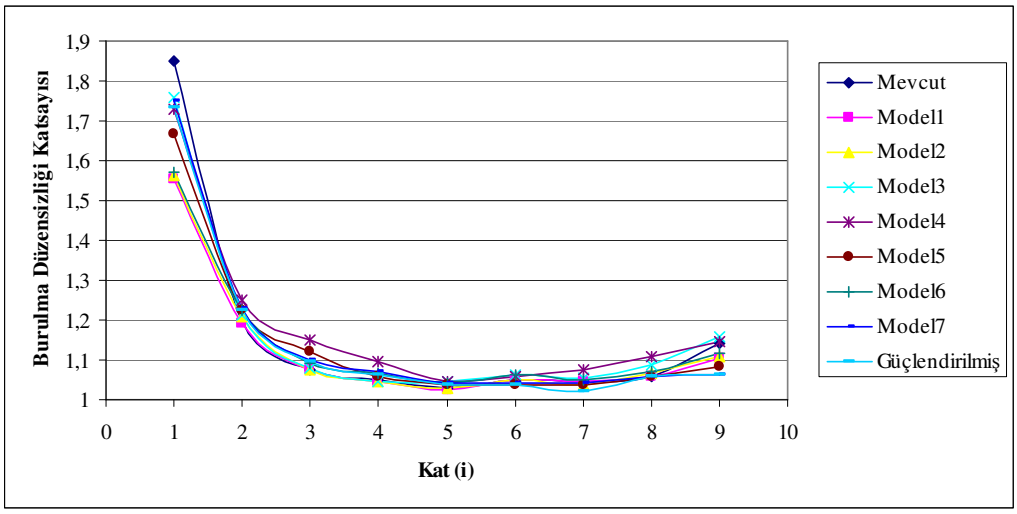


Şekil 5.7. Tüm Modeller için y Doğrultusunda Maksimum Yerdeğiştirmelerin Kıyaslanması

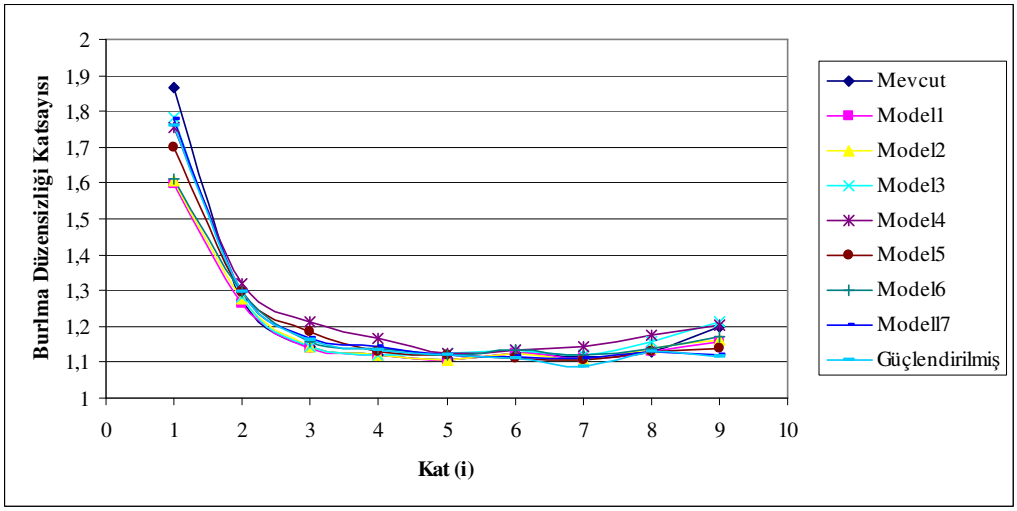
Şekil 5.7'de görüldüğü üzere Mevcut Model, Model 1, Model 2 ve Model 6 için y doğrultusunda yer değiştirme değerleri doğrusala yakın bir eğimle artma eğilimi gösterirken son 3 katta azalan eğim ile devam etmektedir. Diğer modellerde ise y doğrultusunda perde ilavesi olduğundan tüm katlar boyunca doğrusala yakın bir eğimle artmıştır. y doğrultusunda en büyük yer değiştirme değerlerinin Mevcut Model ve Model 6'da, en küçük yer değiştirme değerlerinin ise Model 5 ve Güçlendirilmiş Model'de oluştuğu görülmektedir.

5.6.3. Tüm Modeller için Burulma Düzensizliği Katsayılarının Kıyaslanması

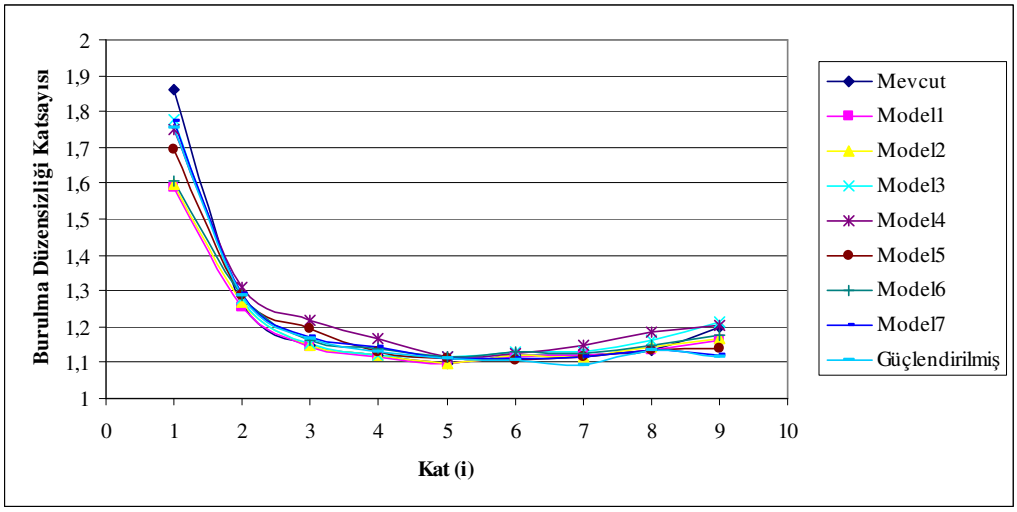
Mevcut yapı modeli ve iyileştirme ve güçlendirme adına önerilen tüm modellerin dış merkezliksiz ve ±%5 dışmerkezlikli burulma düzensizliği katsayıları iki doğrultu için Şekil 5.8-13'te karşılaştırılmıştır.



Şekil 5.8. Tüm Modellerde x Doğrultusu için A1 Burulma Düzensizliğinin Karşılaştırılması

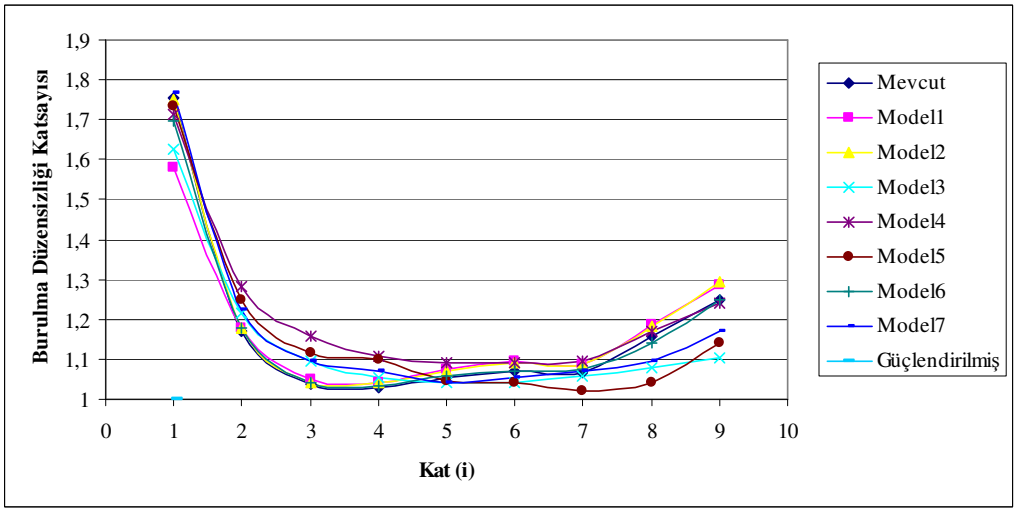


Şekil 5.9. Tüm Modellerde x Doğrultusu için +%5 Ek Dışmerkezlik Etkili A1 Burulma Düzensizliğinin Karşılaştırılması

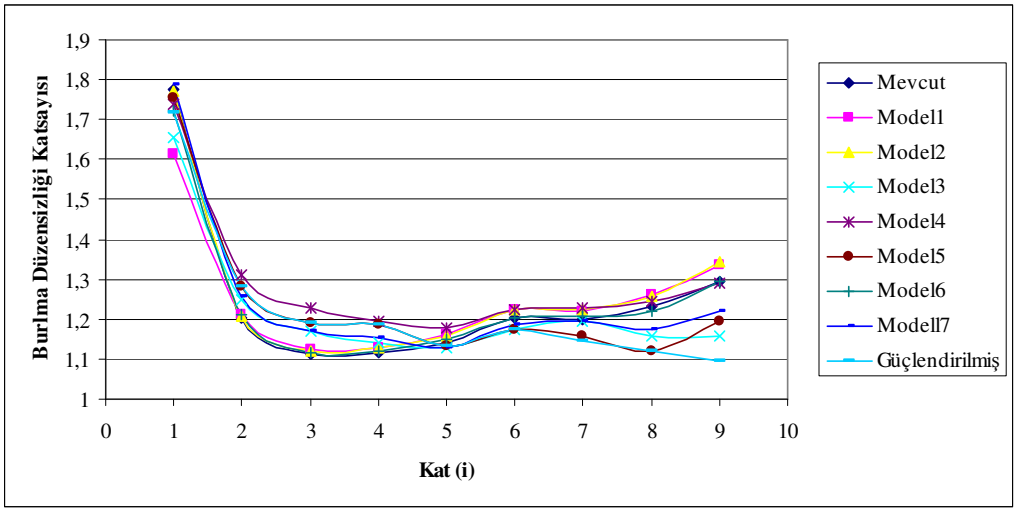


Şekil 5.10. Tüm Modellerde x Doğrultusu için -%5 Ek Dışmerkezlik Etkili A1 Burulma Düzensizliğinin Karşılaştırılması

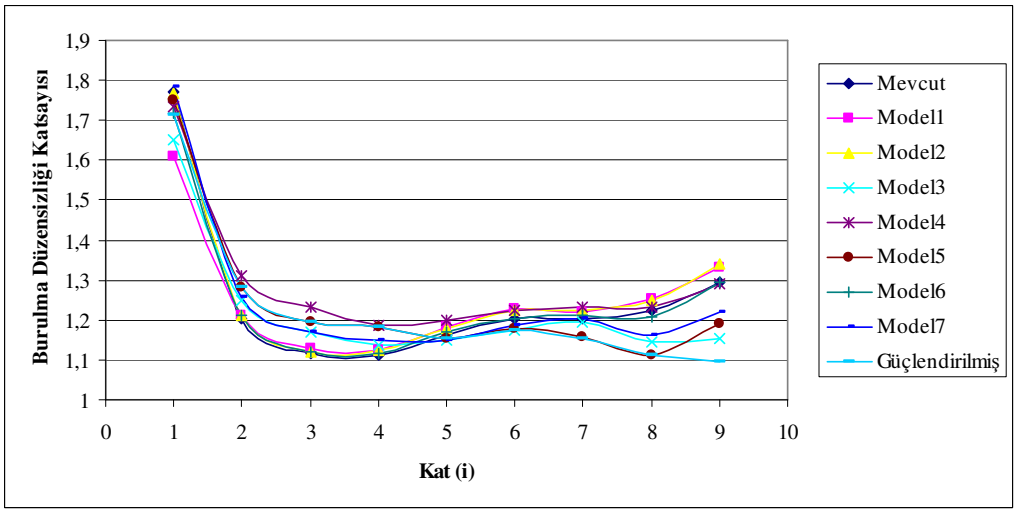
x doğrultusundaki burulma düzensizliği katsayılarının karşılaştırılması sonucu Şekil 5.8-10'da görüldüğü üzere yapılan iyileştirme ve güçlendirmelere rağmen ilk iki kattaki burulma düzensizliği katsayıları değişiklikler göstermesine rağmen 1.2 değerinin altına inmemiştir. Diğer katlarda ise çok büyük farklılıklar olmamasına rağmen Model 5, Model7 ve Güçlendirilmiş modelin en düşük değerleri aldığı ve sınır değerin altıda olduğu görülmektedir.



Şekil 5.11. Tüm Modellerde y Doğrultusu için A1 Burulma Düzensizliğinin Karşılaştırılması



Şekil 5.12. Tüm Modellerde y Doğrultusu için +%5 Ek Dışmerkezlik Etkili A1 Burulma Düzensizliğinin Karşılaştırılması



Şekil 5.13. Tüm Modellerde y Doğrultusu için -%5 Ek Dışmerkezlik Etkili A1 Burulma Düzensizliğinin Karşılaştırılması

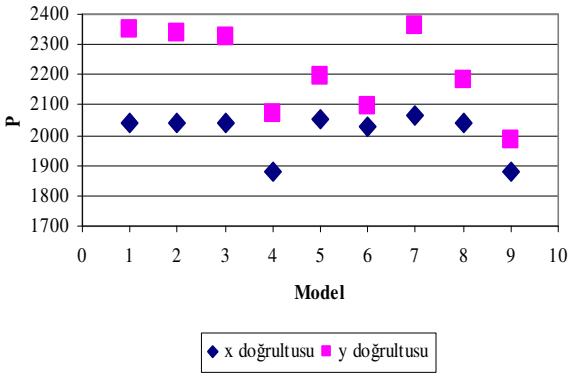
y doğrultusundaki burulma düzensizliği katsayılarının karşılaştırılması sonucu ise Şekil 5.11-13'te görüldüğü üzere yapılan iyileştirme ve güçlendirmelere rağmen x doğrultusunda olduğu gibi ilk iki kattaki burulma düzensizliği katsayıları 1.2 değerinin altına inmemiştir. Diğer katlardaki değerlere bakıldığında ise mevcutta üst katlarda 1.2'yi aşan katsayı değerleri Model3, Model5 ve Güçlendirilmiş Modelde sınır değerin altına düşmüştür.

5.6.4. Tüm Modeller için Zemin Kattaki Bir Kolonun Kesit Zorlarının Kıyaslanması

Mevcut yapı modeli ve iyileştirme ve güçlendirme adına önerilen tüm modellerde zemin katta seçilen bir kolonun G+Q+EX ve G+Q+EY yüklemelerinden oluşan normal kuvvet, kesme kuvveti ve moment değerleri Tablo 5.19-21'de verilmiş ve Şekil 5.14-16'da karşılaştırılmıştır. Şekillerde görülen model değerleri 1'den itibaren tablolarda verildiği sıra ile numaralandırılmıştır.

Tablo 5.19. Tüm Modeller İçin C9
Kolonu Zemin Kat Normal Kuvvet Değerleri

Modeller	Normal Kuvvet	
	x	y
Mevcut	2039,73	2350,08
Model1	2040,18	2336,16
Model2	2040,68	2326,95
Model3	1880,82	2070,60
Model4	2055,70	2198,02
Model5	2031,23	2096,80
Model6	2067,06	2361,00
Model7	2038,39	2184,95
Güçlendirilmiş	1882,26	1986,35

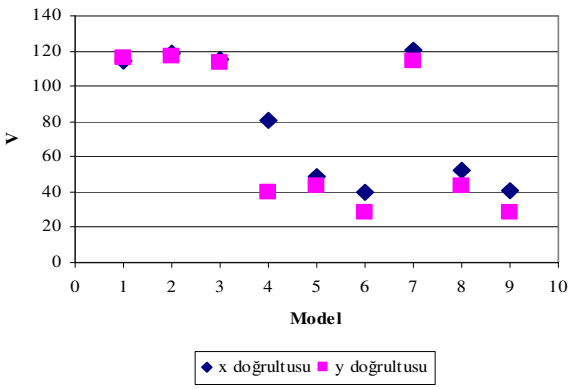


Şekil 5.14. Tüm Modeller İçin C9 Kolonu Zemin Kat Normal Kuvvet Değerlerinin Kıyaslanması

Şekil 5.14'te görüldüğü üzere tüm modellerde x doğrultusundaki yüklemelerden oluşan normal kuvvet değerleri y doğrultusundaki yüklemelerden oluşan normal kuvvet değerlerinden daha küçüktür. Buradan x doğrultusundaki düşey yük dağılımının daha iyi olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca Model 3 ve Güçlendirilmiş Model'de mevcut yapı modeline göre bu kolona gelen yükler iki doğrultuda da %10 civarında azalmıştır.

Tablo 5.20. Tüm Modeller İçin C9
Kolonu Zemin Kat Kesme Kuvveti Değerleri

Modeller	Kesme Kuvveti	
	x	y
Mevcut	114,05	115,98
Model1	118,42	117,20
Model2	115,39	113,62
Model3	80,20	39,97
Model4	48,73	43,43
Model5	40,17	28,55
Model6	120,40	113,90
Model7	52,06	43,36
Güçlendirilmiş	40,83	28,01

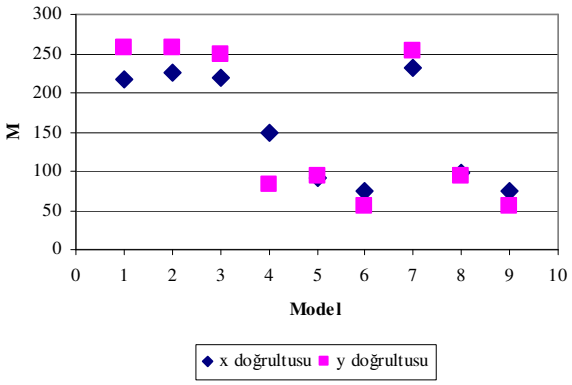


Şekil 5.15. Tüm Modeller İçin C9 Kolonu Zemin Kat Kesme Kuvveti Değerlerinin Kıyaslanması

Şekil 5.15'te açıkça görüldüğü üzere perde ilave edilen modellerde kesme kuvvetinin büyük ölçüde perdelerle karşılanması sonucu kolona gelen kesme kuvveti değerleri büyük oranda azalmıştır.

Tablo 5.21. Tüm Modeller İçin C9
Kolonu Zemin Kat Moment Değerleri

Modeller	Moment	
	x	y
Mevcut	216,26	258,18
Model1	224,55	258,35
Model2	218,55	249,54
Model3	148,05	83,71
Model4	90,47	94,62
Model5	74,03	55,80
Model6	231,03	254,11
Model7	97,84	94,68
Güçlendirilmiş	74,51	55,61



Şekil 5.16. Tüm Modeller İçin C9 Kolonu Zemin Kat Moment Değerlerinin Kıyaslanması

Şekil 5.16'da görüldüğü üzere kesme kuvveti değerlerinin azalmasına benzer şekilde perde ilavesi bulunan modellerde kolona gelen moment değerlerinin büyük ölçüde azaldığı görülmektedir.

6. SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında genel olarak onarım ve güçlendirme ilkelerinden bahsedilmiş, yapının mevcut durumu ve mevcut durumun tespit edilen yetersizliklerine göre bahsedilen ilkeler doğrultusunda yapılan iyileştirmeler ve güçlendirilmeler incelenmiş ve elde edilen analiz sonuçları karşılaştırılıp değerlendirilmesi yapılmıştır.

Mevcut yapının analizinde ve kapasite tahkiklerinde düşey taşıyıcı elemanların, düşey yük, kesme kuvveti ve moment taşıma kapasitelerinde yetersizlikler olduğu ortaya çıkmıştır. Ayrıca mevcut yapıda, bina kenar akslarında bulunan taşıyıcı elemanların rijitliklerinin, dolayısıyla burulma rijitliklerinin küçük olması nedeniyle burulma düzensizlikleri ve kat düzlemindeki yatay yüklerin düşey taşıyıcı elemanlara aktarılmasını güçleştiren yerel döşeme boşlukları nedeniyle de döşeme süreksizlikleri bulunmaktadır. Bu yetersizlik ve olumsuzlukları ortadan kaldırmak için yapının güçlendirilmesine karar verilmiştir.

Tam güçlendirme modeli oluşturulmadan önce farklı eleman ilaveleri ile 7 adet iyileştirme modeli oluşturulmuş, mevcut durumla kıyaslanmış ve değerlendirilmiştir. İyileştirme ile güçlendirme arasındaki farka değinmek gerekirse iyileştirme, bir yapının kabul edilebilir bir güvenliğe (özellikle deprem güvenliğine) çıkarılması için eleman bazında onarım ve güçlendirme dâhil yapılan işlerdir. Güçlendirme ise bir yapının taşıma gücünü, rijitliğini, düktilitesini veya stabilitesini mevcut durumun üstüne çıkarmak için yapılan değişikliktir. İki durum karşılaştırıldığında iyileştirme önerilerinin maliyet açısından ekonomik ve güvenlik açısından yeterli olduğu, güçlendirme durumunda ise maliyetin iyileştirmeye göre yüksek olacağı ancak tam güvenliğin sağlanabildiği anlaşılmaktadır.

Mevcut bir taşıyıcı sistemin yatay yük taşıma kapasitesi yeni taşıyıcı elemanlar ilave etmek suretiyle arttırılabilir. Bu doğrultuda mevcut bir yapının deprem davranışını iyileştirmek bakımından en iyi güçlendirme yöntemi yeni betonarme deprem

perdeleri ilave etmektir. Mevcut taşıyıcı sisteme göre rijitliği önemli derecede yüksek olan deprem perdeleri ilave edilerek yapının yanal yük mukavemeti sağlanabilir.

Mevcut konut yapısının iyileştirilmesi için mevcut yapıya ilave olarak perde duvarlar, kolonlar, çerçeve süreksizliklerini gidermek ve kat düzleminde diyafram gibi davranabilmesi için kirişler ve döşemeler ilave edilmiştir. Güçlendirme önerisinde ise bunlara ek olarak taşıma kapasitesi yetersiz olan kolonların mantolanması yöntemi uygulanmıştır. İyileştirme için oluşturulan taşıyıcı sistem seçenekleri irdelenmiş ve kıyaslamalar sonucunda ideale en yakın sonuçları veren iyileştirme modeli güçlendirme modelinin esasını oluşturmuştur.

Taşıyıcı sistem iyileştirilmesi ve güçlendirme için yapılan ilaveler yapıda ek burulma etkileri meydana getirmeyecek şekilde ve kullanım amacını önemli ölçüde değiştirmeyecek biçimde yerleştirilmesine dikkat edilmiştir. Ayrıca ilave perdelerin ve mantoların yapıda düşey doğrultuda ani rijitlik ve dayanım değişimi oluşturmamasına da özen gösterilmiştir.

Yapıya gelen deprem yükleri hesaplanırken her model için ayrı düşünülmüştür. Mevcut yapının süneklik düzeyi normal çerçevelerden oluştuğu, süneklik düzeyi yüksek perdeler ilave edilen sistemlerde ise ABYYHY'te verilen perdelerin tabanındaki momentlerin yapının devrilme momentine oranına göre hesapla doğrulanarak belirlenmiş ve tüm perde ilave edilen yapılarda deprem yükü azaltma katsayısı 7 alınmıştır. Yüksek süneklikte boşluksuz güçlendirme perdesi ve mantolanan kolon donatıları ABYYHY'ye uygun olarak düzenlenmiştir.

Mevcut yapıya ilave edilen kirişler sayesinde y doğrultusundaki çerçeve süreksizliği sorununun ortadan kalktığı ve yük dağılımının daha dengeli bir hale geldiği görülmüştür. Bu ilave sonucunda y doğrultusundaki yapı yanal ötelenme rijitliği artmış, yer değiştirme değerleri azalmış ve az da olsa burulma rijitliğini arttırmıştır.

İlave edilen döşemeler ise kirişlerle beraber ilave edildiğinde yapı dinamik sonuçlarına yalnız kiriş ilave edildiği duruma göre az da olsa olumsuz değerler verdiği görülmüştür. Bunun nedeni yapı ağırlığını arttırmasıdır, ancak bu küçük orandaki olumsuz etkiye rağmen eklendiği bölgedeki diğer taşıyıcı elemanların aşırı zorlanmasını önler eleman bazında güçlendirmeye gerek kalmaz. Ayrıca ara bölgedeki döşemenin deprem yükü etkimesi durumunda aşırı zorlanarak hasar

görmesini önler ve döşeme süreksizliği sorununu ortadan kaldırarak kat düzleminde rijit bir diyafram gibi davranmasını sağlar.

Mevcut yapıya iki doğrultuda yapılan perde ilaveleri ile yapı rijitliği büyük oranda arttırılmış, periyotlar kısalmış, burulma düzensizlikleri bodrum kat ve zemin kat dışında sınır değerlerin altına inmiş, yer değiştirme değerleri büyük oranda azalmıştır. Bu ilaveler sayesinde diğer elemanların taşıma kapasiteleri de artmış, düşey yük taşıma kapasitesi yetersiz kalan kolonlarda mantolama yapılarak bu yetersizlikte giderilmiştir. Yapılan bu uygulamalar sonunda güçlendirme modelinde tüm kapasite yetersizlikleri ortadan kalkmıştır.

Mevcut yapılara yeni eleman ilavelerinde özellikle birleşim detaylarına ve uygulamasına çok büyük özen gösterilmelidir. Hatalı hesap veya yetersiz uygulamalar halinde güçlendirme için ilave edilen elemanlar fayda sağlamaktan çok zarara neden olabilirler.

Güçlendirme projeleri hazırlanırken, sisteme deprem yüklerini alacak perdelerin ilavesi durumunda, sadece düşey yük kapasitesi yetersiz veya hasar görmüş kolonların mantolanmasına dikkat edilmeli, gereksiz mantolamalardan ve gereksiz epoksili ankrajlardan kaçınılmalıdır. Mantolanacak kolonların sayısı çok fazla olması durumunda, yapının güçlendirme maliyeti çok artacağından yapının güçlendirilmesi uygulanabilir bir seçenek olmaktan çıkmaktadır. Bunun yerine diğer bir seçenek olarak yapının yıkılarak yeniden yapılması önerilebilir. Güçlendirme yapılmasına karar verilirken en önemli hususlardan biri maliyettir. Tam güçlendirmenin getireceği mali yükün kabul edilebilir rakamlarda olmadığı durumlar için iyileştirme önerileri birer çıkış yolu olabilir.

KAYNAKLAR

[1] **Yüceer, E.**, 2006. Betonarme bir yapının performans yaklaşımı ile güçlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[2] **Özdemir, H. O.**, 2002. Betonarme perdeli bir binada deprem güvenliğinin belirlenmesi ve güçlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[3] **Çevik, M. Ö.**, 2003. Betonarme yapıların onarım ve güçlendirme yöntemlerinin ve bir konut yapısının güçlendirme projesinin hazırlanarak güçlendirme sonrası dinamik karakteristiklerindeki değişikliklerin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[4] **Bayülke, N.,** 1999. Depremde hasar gören yapıların onarım ve güçlendirilmesi, İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi, İzmir.

[5] **Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik,** 1998. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Deprem Araştırma Enstitüsü Başkanlığı, Ankara.

[6] **Gelekçi, Ç.**, 2002. Mevcut bir betonarme yapının taşıyıcı sistem ilavesiyle güçlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[7] **Öztürk, T.,** 2005. Betonaeme binalarda deprem perdelerinin yerleşimi ve tasarımı, İ.M.O. İstanbul şubesi meslekiçi eğitim Kurs Notları, İstanbul.

[8] **Celep, Z. ve Kumbasar, N.,** 2005. Betonarme Yapılar**,** Beta Dağıtım, İstanbul.

[9] **Demir, H.,** 1992. Depremlerden hasar görmüş betonarme yapıların onarım ve güçlendirilmesi**,** İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.

[10] **Celep, Z. ve Kumbasar, N.,** 2004**.** Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Beta Dağıtım, İstanbul.

[11] **Aka, İ. ve Altan M.,** 2005. Betonarme taşıyıcı sistemler Ders Notları.

[12] **Ersoy, U. ve Özcebe, G.,** 2001. Betonarme**,** Evrim Dağıtım, İstanbul.

[13] **Koçak, A.,** 2001. Depreme dayanıklı yapı tasarımı Ders Notları.

[14] **Düzgün, M. ve Tanarslan, H. M.**, 2003. Perde-çerçeveli yapılarda α_m perde katkı katsayısının diferansiyel denklem yöntemi ile bulunması ve geliştirilen bilgisayar programı, **1**, 89-101.

[15] **TS500,** 2000. Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

[16] **TS498,** 1987. Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

[17] **Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik,** 2005. (Taslak Deprem Yönetmeliği) Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Deprem Araştırma Enstitüsü Başkanlığı, Ankara.

[18] **ETABS Nonlinear Version 8.47,** 2004. Computers and Structures, Inc. Berkeley, California.

EKLER

ÖZGEÇMİŞ

Yazar 1982 yılında İstanbul'da doğdu. İlk öğrenimini Ataköy İlkokulunda, orta ve lise öğrenimini 2000 yılında Adnan Menderes Anadolu Lisesinde tamamladı. Liseyi bitirdiği 2000 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesinde öğrenimine başladı. 2004 yılında lisans eğitiminden mezun olup, aynı yıl İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yapı Mühendisliği Programına başladı. Halen öğrenimine devam etmektedir.