**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ**
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ**
**ANABİLİM DALI**

**DOKTORA TEZİ**

# BETONARME PERDELERDE KESME KUVVETİ DİNAMİK BÜYÜTME KATSAYISININ İRDELENMESİ

**AYTUĞ SEÇKİN**

**KOCAELİ 2021**

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ**

**ANABİLİM DALI**

**DOKTORA TEZİ**

# BETONARME PERDELERDE KESME KUVVETİ DİNAMİK BÜYÜTME KATSAYISININ İRDELENMESİ

**AYTUĞ SEÇKİN**

| | | |
|---|---|---|
| **Dr. Öğr. Üyesi Hakan ERDOĞAN** | | |
| **Danışman,** | **Kocaeli Üniversitesi** | **.....** |
| **Prof. Dr. Safa Bozkurt COŞKUN** | | |
| **Jüri Üyesi,** | **Kocaeli Üniversitesi** | **.....** |
| **Prof. Dr. Bilge DORAN** | | |
| **Jüri Üyesi,** | **Yıldız Teknik Üniversitesi** | **.....** |
| **Doç. Dr. Emre AKIN** | | |
| **Jüri Üyesi,** | **Aydın Adnan Menderes Üniversitesi** | **.....** |
| **Dr. Öğr. Üyesi Serkan ENGİN** | | |
| **Jüri Üyesi,** | **Kocaeli Üniversitesi** | **.....** |
| **Prof. Dr. Beyhan BAYHAN** | | |
| **Eş Danışman,** | **Bursa Teknik Üniversitesi** | |

**Enstitü Yönetim Kurulunun 11.01.2019 tarih ve 2019/02 nolu toplantısında II. tez danışmanı olarak atanmıştır.**

**Tezin Savunulduğu Tarih: 05.02.2021**

## ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Betonarme perdelerde kesme kuvveti dinamik büyütme katsayısının incelendiği bu çalışma süresince tez danışmanlığını yürüten Dr. Öğr. Üyesi Hakan ERDOĞAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Eş danışmanım olarak bilgi birikimi ile tecrübesini paylaşan ve değerli görüşleri ile çalışmama katkıda bulunan Prof. Dr. Beyhan BAYHAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Prof. Dr. Bilge DORAN, yüksek lisans sürecimden itibaren yol gösterici ve destek olmuş; tez izleme komitesinde yer alarak çalışma konusunu önermiştir. Birlikte çalışmaktan mutluluk duyduğum hocama teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

Tez izleme komitesinde yer alarak rapor dönemlerinde yalnız bırakmayan Prof. Dr. Safa Bozkurt ÇOŞKUN'a teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım esnasında bilgilerini esirgemeyen Dr. Öğr. Üyesi Serkan ENGİN ve Dr. Öğr. Üyesi Hilal MEYDANLI ATALAY'a teşekkürlerimi sunarım.

Tez jürisinde yer alarak değerlendirmelerde bulunan Doç. Dr. Emre AKIN'a teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışma, Kocaeli Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir (Proje Numarası: 2019/058). Doktora tez projesi kapsamında destek sağlayan Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne teşekkürlerimi sunarım.

Doktora programı süresince dostluklarını ve manevi desteklerini yanımda hissettiğim Dr. Öğr. Üyesi Celal ÖZKALE, Arş. Gör. Dr. Cüneyt YILMAZ, Arş. Gör. Servet MERT KUTSAL, Arş. Gör. Tansu ORHAN, Arş. Gör. Hande BODUR, Arş. Gör. Zuhal Elif KARA ve Yük. İnş. Müh. Onur İLGEN'e teşekkürlerimi sunarım.

Hayatımın her aşamasında ve aldığım her kararda yanımda olan, desteklerini ve sevgilerini her zaman hissettiren aileme; annem "Gökçen" ve babam "Hüsnü"ye, kardeşim "İpek"e, teyzelerim "Gülşen" ile "İlknur"a ve dayım "Gürcan"a sonsuz teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

Şubat – 2021 Aytuğ SEÇKİN

## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR ..... i
İÇİNDEKİLER ..... ii
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... iv
TABLOLAR DİZİNİ ..... xi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ ..... xiv
ÖZET ..... xix
ABSTRACT ..... xx
GİRİŞ ..... 1
1. GENEL BİLGİLER ..... 3
1.1. Çalışmanın Amacı ve Önemi ..... 4
1.2. Yöntem ..... 5
1.3. Tezin Organizasyonu ..... 8
1.4. Literatür Araştırması ..... 9
2. BETONARME PERDELERİN YATAY YÜKLER ALTINDAKİ DAVRANIŞI ..... 20
2.1. Dolu Perdeler ..... 24
2.2. Boşluklu Perdeler ..... 26
2.3. Perdeli-Çerçeve Sistemler ..... 28
3. TBDY-2018 ESASLARI DOĞRULTUSUNDA BETONARME PERDE TASARIMI ..... 30
3.1. Deprem Yer Hareketi Düzeyleri ..... 30
3.2. Tasarım Spektrumu ..... 31
3.3. Binaların Deprem Tasarımı İçin Genel Esaslar ..... 32
3.4. Dayanıma Göre Tasarım ..... 35
3.4.1. Eşdeğer deprem yükü yöntemi ..... 36
3.4.2. Mod birleştirme yöntemi ..... 37
3.4.3. Etkin göreli kat ötelemelerinin hesaplanması ..... 38
3.5. Süneklik Düzeyi Yüksek Perdeler ..... 39
3.6. Doğrusal Olmayan Çözümleme ..... 43
3.6.1. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi ..... 46
3.6.1.1. Deprem kayıtlarının seçimi ve ölçeklendirilmesi ..... 47
4. SEÇİLEN BETONARME BİNALARIN ÖZELLİKLERİ VE SAYISAL MODELLERİ ..... 51
4.1. Betonarme Binaların Tasarımı ..... 51
4.2. Sayısal Modeller ..... 62
4.2.1. Malzeme modelleri ..... 62
4.2.2. Taşıyıcı sistem elemanlarının modellenmesi ..... 65
5. ANALİZ SONUÇLARI ..... 73
5.1. 10 Katlı Binalar ..... 73
5.1.1. ZB yerel zemin sınıfı ..... 74
5.1.2. ZC yerel zemin sınıfı ..... 79
5.1.3. ZD yerel zemin sınıfı ..... 84

5.2. 15 Katlı Binalar ....91
5.2.1. ZB yerel zemin sınıfı ....91
5.2.2. ZC yerel zemin sınıfı ....97
5.2.3. ZD yerel zemin sınıfı ....103
5.3. 20 Katlı Binalar ....110
5.3.1. ZB yerel zemin sınıfı ....110
5.3.2. ZC yerel zemin sınıfı ....117
5.3.3. ZD yerel zemin sınıfı ....123
5.4. Tasarım Kesme Kuvvetinin Hesabı İçin Öneriler ....133
5.5. Çalışma Kapsamında Önerilen Yeni Hesap Değerlerinin Analizlerle Karşılaştırılması ....137
5.5.1. 10 katlı binalar ....137
5.5.1.1. ZB yerel zemin sınıfı ....137
5.5.1.2. ZC yerel zemin sınıfı ....139
5.5.1.3. ZD yerel zemin sınıfı ....141
5.5.2. 15 katlı binalar ....143
5.5.2.1. ZB yerel zemin sınıfı ....144
5.5.2.2. ZC yerel zemin sınıfı ....145
5.5.2.3. ZD yerel zemin sınıfı ....147
5.5.3. 20 katlı binalar ....150
5.5.3.1. ZB yerel zemin sınıfı ....150
5.5.3.2. ZC yerel zemin sınıfı ....152
5.5.3.3. ZD yerel zemin sınıfı ....154
5.6. Göreli Kat Ötelemesi Oranları ....156
5.6.1. 10 katlı binalar ....157
5.6.2. 15 katlı binalar ....159
5.6.3. 20 katlı binalar ....160
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER ....162
KAYNAKLAR ....165
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER ....172
ÖZGEÇMİŞ ....174

## ŞEKİLLER DİZİNİ


Şekil 1.1. Atalet kuvvetlerinin perdede dağılımı ....4
Şekil 1.2. Binanın konumu ....6
Şekil 1.3. Seçilen coğrafi koordinata ait yatay elastik tasarım spektrumları....7
Şekil 1.4. Tasarım kesme kuvveti katsayısı (Derecho ve Corley) ....10
Şekil 1.5. Kesme kuvveti diyagramı (Eurocode 8-2004) ....11
Şekil 1.6. Dinamik büyütme katsayısı (Priestly)....14
Şekil 1.7. Dinamik büyütme katsayısı (Rutenberg ve Nsieri) ....15
Şekil 1.8. Kesme kuvveti diyagramı (a) Rutenberg ve Nsieri b) Boivin ve Paultre ....16
Şekil 1.9. Kesme kuvveti diyagramı (a) Celep (b) Yılmaz (c) Şahin....18
Şekil 2.1. Perdede güç tükenmesi biçimleri....22
Şekil 2.2. Yön değiştiren yükler etkisinde perde davranışı ....23
Şekil 2.3. Depremde hasar görmüş perde duvarlar (a) 1992 Erzincan depremi (b) 1999 Düzce depremi ....23
Şekil 2.4. Taşıyıcı sistemlerin yatay yük etkisi altındaki davranışları ....24
Şekil 2.5. Yatay yük etkisindeki dolu gövdeli perdelerin davranışı....25
Şekil 2.6. Bağ kirişli perdede oluşan yükler ....26
Şekil 2.7. Bağ kirişlerinde çapraz donatı düzenlemesi....27
Şekil 2.8. Perdede boşluk türleri ....28
Şekil 2.9. Yatay yük etkisindeki davranış (a) Perde davranışı (b) çerçeve davranışı (c) perdeli-çerçeve sistem davranışı ....29
Şekil 3.1. Yatay elastik tasarım spektrumu ....32
Şekil 3.2. Bina performans düzeyleri ....34
Şekil 3.3. Perde gövdesi ve uç bölgeleri....41
Şekil 3.4. (a) Tasarım eğilme momenti (perdeli sistem) (b) tasarım eğilme momenti (perdeli-çerçeve sistem) (c) tasarım kesme kuvveti diyagramları....42
Şekil 3.5. Konsol kolon için yığılı plastik davranış modeli....45
Şekil 3.6. Betonarme perde kesitlerinde kesit hücresi (lif) modeli ....45
Şekil 3.7. Deprem kayıtlarının (a) tepki spektrumları (b) ortalama spektrumu (ZB yerel zemin sınıfı)....48
Şekil 3.8. Deprem kayıtlarının (a) tepki spektrumları (b) ortalama spektrumu (ZC yerel zemin sınıfı)....49
Şekil 3.9. Deprem kayıtlarının (a) tepki spektrumları (b) ortalama spektrumu (ZD yerel zemin sınıfı) ....50
Şekil 4.1. Kat planı....51
Şekil 4.2. Yatay elastik tasarım spektrumları ....53
Şekil 4.3. P4 perdesi enkesit detayı (1. kat)....57
Şekil 4.4. P4 perdesi karşılıklı etki diyagramı (1. kat)....58
Şekil 4.5. P4 perdesi kesme kuvveti diyagramı ....60
Şekil 4.6. Sayısal modeller (a) 10 katlı bina (b) 15 katlı bina (c) 20 katlı bina....62

Şekil 4.7. Sargısız ve sargılı beton modelleri ..... 63
Şekil 4.8. (a) Kolon kesit detayı (b) sargısız ve sargılı beton modelleri ..... 64
Şekil 4.9. Donatı çeliğinin gerilme – şekil değiştirme grafiği ..... 65
Şekil 4.10. SAP2000 yazılımında P-M etkileşim diyagramının tanımlanması. ..... 66
Şekil 4.11. 700x700 mm boyutlarındaki kolonun P-M etkileşim diyagramı ..... 67
Şekil 4.12. Kiriş donatı alanlarının SAP2000 yazılımında tanımlanması ..... 67
Şekil 4.13. SAP2000 yazılımında oluşturulan moment-dönme ilişkisi..... 68
Şekil 4.14. Kesiti verilen kirişin moment-dönme ilişkisi ..... 68
Şekil 4.15. Kesiti verilen kirişin çevrimsel moment-dönme ilişkisi ..... 69
Şekil 4.16. Çok katmanlı kabuk eleman modeli ..... 70
Şekil 4.17. (a) P3 perdesi enkesit detayı (b) katmanlı kabuk eleman için veri girişi ..... 71
Şekil 4.18. Rayleigh sönümünün tanımlanması..... 72
Şekil 5.1. P1 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Deprem kayıtlarından elde edilen değerler - 10 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı)..... 74
Şekil 5.2. P1 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Ortalama değer - 10 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı) ..... 74
Şekil 5.3. P2 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Deprem kayıtlarından elde edilen değerler - 10 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı)..... 75
Şekil 5.4. P2 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Ortalama değer - 10 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı) ..... 76
Şekil 5.5. P3 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Deprem kayıtlarından elde edilen değerler - 10 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı)..... 77
Şekil 5.6. P3 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Ortalama değer - 10 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı) ..... 77
Şekil 5.7. P4 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Deprem kayıtlarından elde edilen değerler - 10 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı)..... 78
Şekil 5.8. P4 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Ortalama değer - 10 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı) ..... 78
Şekil 5.9. P1 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Deprem kayıtlarından elde edilen değerler - 10 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı)..... 79
Şekil 5.10. P1 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Ortalama değer - 10 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı) ..... 80
Şekil 5.11. P2 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Deprem kayıtlarından elde edilen değerler - 10 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı)..... 81
Şekil 5.12. P2 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Ortalama değer - 10 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı) ..... 81
Şekil 5.13. P3 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Deprem kayıtlarından elde edilen değerler - 10 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı)..... 82
Şekil 5.14. P3 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Ortalama değer - 10 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı) ..... 82
Şekil 5.15. P4 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Deprem kayıtlarından elde edilen değerler - 10 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı)..... 83
Şekil 5.16. P4 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Ortalama değer - 10 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı) ..... 84
Şekil 5.17. P1 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Deprem kayıtlarından elde edilen değerler - 10 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı) ..... 85

Şekil 5.18. P1 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Ortalama değer - 10 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı) ..... 85
Şekil 5.19. P2 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Deprem kayıtlarından elde edilen değerler - 10 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı) ..... 86
Şekil 5.20. P2 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Ortalama değer - 10 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı) ..... 86
Şekil 5.21. P3 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Deprem kayıtlarından elde edilen değerler - 10 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı) ..... 87
Şekil 5.22. P3 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Ortalama değer - 10 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı) ..... 88
Şekil 5.23. P4 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Deprem kayıtlarından elde edilen değerler - 10 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı) ..... 89
Şekil 5.24. P4 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Ortalama değer - 10 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı) ..... 89
Şekil 5.25. P1 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Deprem kayıtlarından elde edilen değerler - 15 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı)..... 91
Şekil 5.26. P1 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Ortalama değer - 15 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı) ..... 92
Şekil 5.27. P2 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Deprem kayıtlarından elde edilen değerler - 15 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı)..... 93
Şekil 5.28. P2 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Ortalama değer - 15 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı) ..... 93
Şekil 5.29. P3 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Deprem kayıtlarından elde edilen değerler - 15 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı)..... 94
Şekil 5.30. P3 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Ortalama değer - 15 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı) ..... 95
Şekil 5.31. P4 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Deprem kayıtlarından elde edilen değerler - 15 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı)..... 96
Şekil 5.32. P4 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Ortalama değer - 15 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı) ..... 96
Şekil 5.33. P1 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Deprem kayıtlarından elde edilen değerler - 15 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı)..... 97
Şekil 5.34. P1 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Ortalama değer - 15 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı) ..... 98
Şekil 5.35. P2 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Deprem kayıtlarından elde edilen değerler - 15 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı)..... 99
Şekil 5.36. P2 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Ortalama değer - 15 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı) ..... 99
Şekil 5.37. P3 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Deprem kayıtlarından elde edilen değerler - 15 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı)..... 100
Şekil 5.38. P3 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Ortalama değer - 15 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı) ..... 101
Şekil 5.39. P4 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Deprem kayıtlarından elde edilen değerler - 15 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı)..... 102
Şekil 5.40. P4 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Ortalama değer - 15 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı) ..... 102
Şekil 5.41. P1 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Deprem kayıtlarından elde edilen değerler - 15 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı) ..... 103

Şekil 5.42. P1 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Ortalama değer - 15 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı) ..... 104
Şekil 5.43. P2 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Deprem kayıtlarından elde edilen değerler - 15 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı) ..... 105
Şekil 5.44. P2 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Ortalama değer - 15 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı) ..... 105
Şekil 5.45. P3 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Deprem kayıtlarından elde edilen değerler - 15 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı) ..... 106
Şekil 5.46. P3 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Ortalama değer - 15 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı) ..... 107
Şekil 5.47. P4 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Deprem kayıtlarından elde edilen değerler - 15 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı) ..... 108
Şekil 5.48. P4 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Ortalama değer - 15 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı) ..... 108
Şekil 5.49. P1 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Deprem kayıtlarından elde edilen değerler - 20 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı)..... 111
Şekil 5.50. P1 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Ortalama değer - 20 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı) ..... 111
Şekil 5.51. P2 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Deprem kayıtlarından elde edilen değerler - 20 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı)..... 112
Şekil 5.52. P2 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Ortalama değer - 20 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı) ..... 113
Şekil 5.53. P3 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Deprem kayıtlarından elde edilen değerler - 20 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı)..... 114
Şekil 5.54. P3 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Ortalama değer - 20 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı) ..... 114
Şekil 5.55. P4 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Deprem kayıtlarından elde edilen değerler - 20 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı)..... 115
Şekil 5.56. P4 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Ortalama değer - 20 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı) ..... 116
Şekil 5.57. P1 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Deprem kayıtlarından elde edilen değerler - 20 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı)..... 117
Şekil 5.58. P1 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Ortalama değer - 20 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı) ..... 117
Şekil 5.59. P2 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Deprem kayıtlarından elde edilen değerler - 20 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı)..... 118
Şekil 5.60. P2 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Ortalama değer - 20 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı) ..... 119
Şekil 5.61. P3 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Deprem kayıtlarından elde edilen değerler - 20 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı)..... 120
Şekil 5.62. P3 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Ortalama değer - 20 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı) ..... 120
Şekil 5.63. P4 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Deprem kayıtlarından elde edilen değerler - 20 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı)..... 121
Şekil 5.64. P4 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Ortalama değer - 20 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı) ..... 122
Şekil 5.65. P1 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Deprem kayıtlarından elde edilen değerler - 20 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı) ..... 123

Şekil 5.66. P1 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Ortalama değer - 20 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı) ..... 123
Şekil 5.67. P2 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Deprem kayıtlarından elde edilen değerler - 20 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı) ..... 124
Şekil 5.68. P2 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Ortalama değer - 20 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı) ..... 125
Şekil 5.69. P3 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Deprem kayıtlarından elde edilen değerler - 20 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı) ..... 126
Şekil 5.70. P3 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Ortalama değer - 20 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı) ..... 126
Şekil 5.71. P4 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Deprem kayıtlarından elde edilen değerler - 20 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı) ..... 127
Şekil 5.72 P4 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Ortalama değer - 20 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı) ..... 128
Şekil 5.73 P1 perdesi tabanında talep/kapasite oranları ..... 131
Şekil 5.74 P2 perdesi tabanında talep/kapasite oranları ..... 131
Şekil 5.75 P3 perdesi tabanında talep/kapasite oranları ..... 132
Şekil 5.76 P4 perdesi tabanında talep/kapasite oranları ..... 132
Şekil 5.77. P3 perdesi kesme kuvveti diyagramı (20 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı) ..... 133
Şekil 5.78. P4 perdesi kesme kuvveti diyagramı (20 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı) ..... 134
Şekil 5.79. P1 perdesi kesme kuvveti diyagramı (15 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı) ..... 135
Şekil 5.80. Önerilen tasarım kesme kuvveti diyagramı ..... 136
Şekil 5.81. P1 perdesi önerilen kesme kuvveti diyagramı (10 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı) ..... 137
Şekil 5.82. P2 perdesi önerilen kesme kuvveti diyagramı (10 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı) ..... 138
Şekil 5.83. P3 perdesi önerilen kesme kuvveti diyagramı (10 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı) ..... 138
Şekil 5.84. P4 perdesi önerilen kesme kuvveti diyagramı (10 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı) ..... 139
Şekil 5.85. P1 perdesi önerilen kesme kuvveti diyagramı (10 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı) ..... 139
Şekil 5.86. P2 perdesi önerilen kesme kuvveti diyagramı (10 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı) ..... 140
Şekil 5.87. P3 perdesi önerilen kesme kuvveti diyagramı (10 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı) ..... 140
Şekil 5.88. P4 perdesi önerilen kesme kuvveti diyagramı (10 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı) ..... 141
Şekil 5.89. P1 perdesi önerilen kesme kuvveti diyagramı (10 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı) ..... 141
Şekil 5.90. P2 perdesi önerilen kesme kuvveti diyagramı (10 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı) ..... 142
Şekil 5.91. P3 perdesi önerilen kesme kuvveti diyagramı (10 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı) ..... 142
Şekil 5.92. P4 perdesi önerilen kesme kuvveti diyagramı (10 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı) ..... 143

Şekil 5.93. P1 perdesi önerilen kesme kuvveti diyagramı (15 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı) ..... 144
Şekil 5.94. P2 perdesi önerilen kesme kuvveti diyagramı (15 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı) ..... 144
Şekil 5.95. P3 perdesi önerilen kesme kuvveti diyagramı (15 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı) ..... 145
Şekil 5.96. P4 perdesi önerilen kesme kuvveti diyagramı (15 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı) ..... 145
Şekil 5.97. P1 perdesi önerilen kesme kuvveti diyagramı (15 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı) ..... 146
Şekil 5.98. P2 perdesi önerilen kesme kuvveti diyagramı (15 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı) ..... 146
Şekil 5.99. P3 perdesi önerilen kesme kuvveti diyagramı (15 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı) ..... 147
Şekil 5.100. P4 perdesi önerilen kesme kuvveti diyagramı (15 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı) ..... 147
Şekil 5.101. P1 perdesi önerilen kesme kuvveti diyagramı (15 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı) ..... 148
Şekil 5.102. P2 perdesi önerilen kesme kuvveti diyagramı (15 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı) ..... 148
Şekil 5.103. P3 perdesi önerilen kesme kuvveti diyagramı (15 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı) ..... 149
Şekil 5.104. P4 perdesi önerilen kesme kuvveti diyagramı (15 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı) ..... 149
Şekil 5.105. P1 perdesi önerilen kesme kuvveti diyagramı (20 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı) ..... 150
Şekil 5.106. P2 perdesi önerilen kesme kuvveti diyagramı (20 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı) ..... 151
Şekil 5.107. P3 perdesi önerilen kesme kuvveti diyagramı (20 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı) ..... 151
Şekil 5.108. P4 perdesi önerilen kesme kuvveti diyagramı (20 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı) ..... 152
Şekil 5.109. P1 perdesi önerilen kesme kuvveti diyagramı (20 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı) ..... 152
Şekil 5.110. P2 perdesi önerilen kesme kuvveti diyagramı (20 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı) ..... 153
Şekil 5.111. P3 perdesi önerilen kesme kuvveti diyagramı (20 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı) ..... 153
Şekil 5.112. P4 perdesi önerilen kesme kuvveti diyagramı (20 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı) ..... 154
Şekil 5.113. P1 perdesi önerilen kesme kuvveti diyagramı (20 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı) ..... 154
Şekil 5.114. P2 perdesi önerilen kesme kuvveti diyagramı (20 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı) ..... 155
Şekil 5.115. P3 perdesi önerilen kesme kuvveti diyagramı (20 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı) ..... 155
Şekil 5.116. P4 perdesi önerilen kesme kuvveti diyagramı (20 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı) ..... 156
Şekil 5.117. Göreli kat ötelemesi oranı (10 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı) ..... 157

Şekil 5.118. Göreli kat ötelemesi oranı (10 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı) .....158
Şekil 5.119. Göreli kat ötelemesi oranı (10 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı) .....158
Şekil 5.120. Göreli kat ötelemesi oranı (15 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı) .....159
Şekil 5.121. Göreli kat ötelemesi oranı (15 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı) .....159
Şekil 5.122. Göreli kat ötelemesi oranı (15 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı) .....160
Şekil 5.123. Göreli kat ötelemesi oranı (20 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı) .....160
Şekil 5.124. Göreli kat ötelemesi oranı (20 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı) .....161
Şekil 5.125. Göreli kat ötelemesi oranı (20 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı) .....161

## TABLOLAR DİZİNİ


Tablo 1.1. Kesme kuvveti büyütme katsayısı ..... 9
Tablo 3.1. Tasarım parametreleri ..... 33
Tablo 3.2. Yeni yapılacak yerinde dökme betonarme, ön üretimli betonarme ve çelik binalar için performans hedefleri ve değerlendirme/ tasarım yaklaşımları ..... 34
Tablo 3.3. Mevcut yerinde dökme betonarme, ön üretimli betonarme ve çelik binalar (Yüksek binalar dışında – BYS≥2) ..... 34
Tablo 3.4. Taşıyıcı sistem davranış katsayısı, dayanım fazlalığı katsayısı ve izin verilen bina yükseklik sınıfı ..... 35
Tablo 3.5. Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabileceği binalar ..... 37
Tablo 3.6. Etkin kesit rijitliği çarpanları ..... 46
Tablo 3.7. Deprem kayıtları, 760 m/s < $(V_s)_{30}$ < 1500 m/s ..... 48
Tablo 3.8. Deprem kayıtları, 360 m/s < $(V_s)_{30}$ < 760 m/s ..... 49
Tablo 3.9. Deprem kayıtları, 180 m/s < $(V_s)_{30}$ < 360 m/s ..... 50
Tablo 4.1. Tasarım parametreleri ..... 52
Tablo 4.2. Zemin parametreleri ..... 53
Tablo 4.3. Binalar hakkında bilgiler ..... 54
Tablo 4.4. Devrilme momenti kontrolü (X-X ekseni doğrultusu) ..... 55
Tablo 4.5. Devrilme momenti kontrolü (Y-Y ekseni doğrultusu) ..... 56
Tablo 4.6. P4 perdesinin tasarım kesme kuvveti ve kapasite değerleri ..... 60
Tablo 4.7. Perdelerin taban kesitinde hesaplanan boyuna ve enine donatılar ..... 61
Tablo 4.8. B420C donatı çeliğine ait bilgiler ..... 65
Tablo 5.1. P1 perdesi talep/kapasite oranları (10 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı) ..... 75
Tablo 5.2. P2 perdesi talep/kapasite oranları (10 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı) ..... 76
Tablo 5.3. P3 perdesi talep/kapasite oranları (10 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı) ..... 76
Tablo 5.4. P4 perdesi talep/kapasite oranları (10 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı) ..... 79
Tablo 5.5. P1 perdesi talep/kapasite oranları (10 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı) ..... 80
Tablo 5.6. P2 perdesi talep/kapasite oranları (10 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı) ..... 80
Tablo 5.7. P3 perdesi talep/kapasite oranları (10 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı) ..... 83
Tablo 5.8. P4 perdesi talep/kapasite oranları (10 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı) ..... 83
Tablo 5.9. P1 perdesi talep/kapasite oranları (10 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı) ..... 84
Tablo 5.10. P2 perdesi talep/kapasite oranları (10 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı) ..... 87

Tablo 5.11. P3 perdesi talep/kapasite oranları (10 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı) ..... 88
Tablo 5.12. P4 perdesi talep/kapasite oranları (10 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı) ..... 88
Tablo 5.13. Perdelerde talep/kapasite oranları (10 katlı binalar) ..... 90
Tablo 5.14. P1 perdesi talep/kapasite oranları (15 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı) ..... 92
Tablo 5.15. P2 perdesi talep/kapasite oranları (15 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı) ..... 94
Tablo 5.16. P3 perdesi talep/kapasite oranları (15 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı) ..... 95
Tablo 5.17. P4 perdesi talep/kapasite oranları (15 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı) ..... 97
Tablo 5.18. P1 perdesi talep/kapasite oranları (15 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı) ..... 98
Tablo 5.19. P2 perdesi talep/kapasite oranları (15 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı) ..... 100
Tablo 5.20. P3 perdesi talep/kapasite oranları (15 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı) ..... 101
Tablo 5.21. P4 perdesi talep/kapasite oranları (15 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı) ..... 103
Tablo 5.22. P1 perdesi talep/kapasite oranları (15 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı) ..... 104
Tablo 5.23. P2 perdesi talep/kapasite oranları (15 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı) ..... 106
Tablo 5.24. P3 perdesi talep/kapasite oranları (15 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı) ..... 107
Tablo 5.25. P4 perdesi talep/kapasite oranları (15 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı) ..... 109
Tablo 5.26. Perdelerde talep/kapasite oranları (15 katlı binalar) ..... 109
Tablo 5.27. P1 perdesi talep/kapasite oranları (20 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı) ..... 112
Tablo 5.28. P2 perdesi talep/kapasite oranları (20 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı) ..... 113
Tablo 5.29. P3 perdesi talep/kapasite oranları (20 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı) ..... 115
Tablo 5.30. P4 perdesi talep/kapasite oranları (20 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı) ..... 116
Tablo 5.31. P1 perdesi talep/kapasite oranları (20 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı) ..... 118
Tablo 5.32. P2 perdesi talep/kapasite oranları (20 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı) ..... 119
Tablo 5.33. P3 perdesi talep/kapasite oranları (20 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı) ..... 121
Tablo 5.34. P4 perdesi talep/kapasite oranları (20 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı) ..... 122
Tablo 5.35. P1 perdesi talep/kapasite oranları (20 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı) ..... 124

Tablo 5.36. P2 perdesi talep/kapasite oranları (20 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı) ..... 125
Tablo 5.37. P3 perdesi talep/kapasite oranları (20 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı) ..... 127
Tablo 5.38. P4 perdesi talep/kapasite oranları (20 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı) ..... 126
Tablo 5.39. Perdelerde talep/kapasite oranları (20 katlı bina) ..... 129
Tablo 5.40. Perdelerde talep/önerilen tasarım kesme kuvveti oranları (10 katlı binalar) ..... 143
Tablo 5.41. Perdelerde talep/önerilen tasarım kesme kuvveti oranları (15 katlı binalar) ..... 150
Tablo 5.42. Perdelerde talep/önerilen tasarım kesme kuvveti oranları (20 katlı binalar) ..... 156
Tablo 5.43. Göreli kat ötelemesi sınırları ..... 157

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

$A_c$ : Kolonun veya perdenin enkesit alanı, ($m^2$)
$A_{ch}$ : Perdenin brüt enkesit alanı, (m)
$A_e$ : Etkin yer ivmesi katsayısı
$a_i$ : Kesit çevresindeki düşey donatıların eksenleri arasındaki uzaklık, (m)
$A_s$ : Boyuna donatı alanı, ($m^2$)
$b_o$ : Göbek betonunu sargılayan etriyelerin eksenleri arasında kalan kesit boyutu, (m)
$b_w$ : Perdenin gövde kalınlığı, (m)
D : Dayanım fazlalığı katsayısı
$E_c$ : Betonun elastisite modülü, (MPa)
$E_d^{(H)}$ : Tasarıma esas yatay deprem etkisi
$E_d^{(X)}$ : (X) doğrultusundaki depremin etkisi altında tasarıma esas deprem etkisi
$E_d^{(Y)}$ : (Y) doğrultusundaki depremin etkisi altında tasarıma esas deprem etkisi
$E_d^{(Z)}$ : Tasarıma esas düşey deprem etkisi
$f_c$ : Sargılı betonda beton basınç gerilmesi, (MPa)
$f_{cc}$ : Sargılı beton dayanımı, (MPa)
$f_{ck}$ : Betonun karakteristik silindir basınç dayanımı, (MPa)
$f_{co}$ : Sargısız betonun basınç dayanımı, (MPa)
$f_e$ : Etkili sargılama basıncı, (MPa)
$f_{su}$ : Donatı çeliğinin kopma dayanımı, (MPa)
$f_{sy}$ : Donatı çeliğinin akma dayanımı, (MPa)
$f_{yk}$ : Boyuna donatının karakteristik akma dayanımı, (MPa)
$f_{yw}$ : Enine donatının akma dayanımı, (MPa)
$f_{ywd}$ : Enine donatının tasarım akma dayanımı, (MPa)
$F_{iE}^{(X)}$ : (X) deprem doğrultusunda i'inci kat kütle merkezine etkiyen eşdeğer deprem yükü, (kN)
$F_S$ : Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayısı
$F_1$ : 1,0 saniye periyot için yerel zemin etki katsayısı
g : Yerçekimi ivmesi, ($m/s^2$)
G : Sabit yük etkisi
$h_i$ : Binanın i'inci katının yüksekliği, (m)
$h_o$ : Göbek betonunu sargılayan etriyelerin eksenleri arasında kalan kesit boyutu, (m)
$h_p$ : Plastikleşme bölgesinin uzunluğu (m)
$h_s$ : Kat yüksekliği, (m)
H : Yatay zemin itkisi
$H_{cr}$ : Kritik perde yüksekliği, (m)
$H_i$ : Binanın i'nci katının bodrum katının üstünde kalan üst bölüm tabanından itibaren ölçülen yüksekliği, (m)
$H_w$ : Perde yüksekliği, (m)

$I$ : Bina önem katsayısı
$k_e$ : Sargılama etkinlik katsayısı
$K$ : Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
$l_u$ : Dikdörtgen kesitli perdelerde uç bölgelerinin her birinin plandaki uzunluğu, (m)
$l_w$ : Perdenin plandaki uzunluğu, (m)
$m_i$ : i'nci katın toplam kütlesi, (t)
$m_t$ : Binanın bodrum katlarının üstünde kalan bölümünün toplam kütlesi, (t)
$m_{txn}^{(X)}$ : (X) deprem doğrultusu için n'inci titreşim moduna ait taban kesme kuvveti modal etkin kütlesi, (t)
$M_{DEV}$ : Betonarme perdenin tabanında deprem yüklerinden meydana gelen devrilme momenti, (kNm)
$(M_d)_t$ : Perdenin taban kesitinde yük katsayıları ile çarpılmış düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan moment, (kNm)
$M_E$ : Deprem yüklerinin etkisi altında hesaplanan eğilme momenti, (kNm)
$M_{Ed}$ : Perdenin tasarım eğilme momenti, (kNm)
$M_I$ : Perdenin tasarım eğilme momenti, (kNm)
$M_o$ : Binanın tümü için deprem yüklerinden tabanda meydana gelen toplam devrilme momenti, (kNm)
$(M_p)_t$ : Perdenin taban kesitinde hesaplanan moment kapasitesi, (kNm)
$M_{rd}$ : Perdenin tasarım eğilme dayanımı, (kNm)
$M_w$ : Moment büyüklüğü
$M_y$ : Perde tabanında hesaplanan akma momenti, (kNm)
$M_1$, $M_2$ : Bağ kirişli perdeyi oluşturan perde parçalarında deprem etkisinden tabanda elde edilen eğilme momentleri, (kNm)
$n$ : Hareketli yük katılım katsayısı
$N$ : Binanın bodrum katlarının üstünde kalan bölümün toplam kat sayısı
$N_d$ : Yük katsayıları ile çarpılmış düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan eksenel kuvvet, (kN)
$N_{dm}$ : Düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan eksenel basınç kuvvetlerinin en büyüğü, (kN)
$N_v$ : Deprem etkisinde perde parçalarının tabanında oluşan birbirine eşit çekme ve basınç kuvvetleri, (kN)
$q$ : Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
$Q$ : Hareketli yük etkisi
$Q_e$ : Etkin hareketli yük etkisi
$R$ : Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
$R_a(T)$ : Deprem yükü azaltma katsayısı
$R_{jb}$ : Joyner-Boore mesafesi, (km)
$R_v$ : Deprem yükü azaltma katsayısı
$s$ : Enine donatı aralığı, (m)
$S$ : Kar yükü etkisi
$S_{ad}$ : Elastik tepki spektrumunun ordinatı, (g)
$S_{ae}(T)$ : Yatay elastik tasarım spektral ivmesi, (g)
$S_{aR}(T)$ : Azaltılmış tasarım spektral ivmesi, (g)
$S_{aR}(T_p^{(X)})$ : (X) deprem doğrultusunda binanın hâkim doğal titreşim periyodu göz önüne alınarak hesaplanan azaltılmış tasarım spektral ivmesi, (g)
$S_{DS}$ : Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı

$S_{D1}$ : 1,0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı
$S_e$ : Elastik tepki spektrumunun ordinatı, (g)
$S_S$ : Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı
$S_1$ : 1,0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı
T : Doğal titreşim periyodu, (s)
$T_A$ : Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu, (s)
$T_B$ : Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu, (s)
$T_c$ : Tasarım ivme spektrumunu köşe periyodu, (s)
$T_{1cr}$ : Çatlamış kesite ait rijitlik kullanılarak hesaplanan hâkim titreşim periyodu, (s)
$T_L$ : Yatay elastik tasarım spektrumunda sabit yer değiştirme bölgesine geçiş periyodu, (s)
$T_p^{(X)}$ : (X) deprem doğrultusunda binanın hâkim doğal titreşim periyodu (s)
$u_i$ : Binanın i'inci katında herhangi bir kolon veya perde ucunda azaltılmış deprem yüklerine göre hesaplanan yatay yer değiştirme, (m)
U : Düzeltme katsayısı
V : Perdenin tasarım kesme kuvveti, (kN)
$V_a$ : Perdenin tasarım kesme kuvveti, (kN)
$V_e$ : Perdede enine donatı hesabında esas alınan kesme kuvveti, (kN)
$V_d$ : Yük katsayıları ile çarpılmış düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan kesme kuvveti, (kN)
$V_{DBD}$ : Şekil değiştirme esaslı tasarımdan elde edilen kesme kuvveti, (kN)
$V_E$ : Deprem yüklerinin etkisi altında hesaplanan kesme kuvveti, (kN)
$V_{Ed}$ : Perdenin tasarım kesme kuvveti, (kN)
$V_r$ : Perde kesitinin kesme kuvveti dayanımı, (kN)
$(V_s)_{30}$ : Üst 30 metredeki ortalama kayma dalgası hızı, (m/s)
$V_{tE}^{(X)}$ : (X) deprem doğrultusunda binanın tümüne etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü (taban kesme kuvveti), (kN)
$V_{tx}^{(X)}$ : Modal hesap yöntemlerinden biri ile (X) doğrultusunda elde edilen en büyük toplam deprem yükü, (kN)
$V_{pb}$ : Perdenin tasarım kesme kuvveti, (kN)
$V_{wk}$ : Perde tabanında oluşması beklenen kesme kuvveti talebi, (kN)
$V_{wn}$ : Limit analizden hesaplanan perde kesme kuvveti, (kN)
V* : Perdenin tasarım kesme kuvveti, (kN)
$V'_{Ed}$ : Doğrusal analizden elde edilen perde kesme kuvveti, (kN)
W : Binanın deprem sırasında toplam kütleye karşı gelen ağırlığı, (kN)
$\alpha_i$ : Kesit çevresindeki düşey donatıların eksenleri arasındaki uzaklık (m)
$\alpha_o$, $\alpha_1$ : Sönüm oranı sabitleri
$\beta_{tE}^{(X)}$ : Eşdeğer taban kesme kuvveti büyütme katsayısı
$\beta_v$ : Perdede kesme kuvveti dinamik büyütme katsayısı
$\gamma_E$ : Eşdeğer taban kesme kuvveti büyütme katsayısının belirlenmesinde kullanılan ampirik katsayı
$\gamma_d$ : Perdede dinamik büyütme katsayısı
$\gamma_p$ : Dayanım fazlalığı katsayısı
$\gamma_w$ : Eğilmeden kaynaklanan dayanım fazlalığı katsayısı

$\Delta_i$ : Herhangi bir kolon veya perde için ardışık iki kat arasındaki yer değiştirme farkını ifade eden göreli kat ötelemesi, (m)

$\Delta F_{NE}^{(X)}$ : (X) deprem doğrultusunda binanın N'inci katına (tepesine) etkiyen ek eşdeğer deprem yükü, (kN)

$\delta_i$ : Binanın i'inci katındaki kolon veya perdeler için etkin göreli kat ötelemesi, (m)

$\varepsilon$ : Perdede dinamik büyütme katsayısı

$\varepsilon_c$ : Beton basınç birim şekil değiştirmesi

$\varepsilon_{cu}$ : Sargılı betondaki maksimum basınç birim şekil değiştirmesi

$\varepsilon_{sh}$ : Donatı çeliğinin pekleşme başlangıcındaki birim şekil değiştirmesi

$\varepsilon_{su}$ : Donatı çeliğinin kopma birim şekil değiştirmesi

$\varepsilon_{sy}$ : Donatı çeliğinin akma birim şekil değiştirmesi

$\zeta$ : Sönüm oranı

$\kappa$ : İzin verilen göreli kat ötelemelerinin tanımında kullanılan katsayı

$\lambda$ : Göreli kat ötelemelerinin sınırlandırılmasında kullanılan ampirik katsayı

$\mu$ : Süneklik katsayısı

$p_{sh}$ : Perdede yatay gövde donatılarının hacimsel oranı

$p_x$, $p_y$ : (X) ve (Y) doğrultularındaki enine donatı hacim oranı

$\Phi_o$ : Eğilmeden kaynaklanan dayanım fazlalığı katsayısı

$Ø_w$ : Eğilmeden kaynaklanan dayanım fazlalığı katsayısı

$\omega_v$ : Perdede dinamik büyütme katsayısı

$[C]$ : Sönüm matrisi

$[K]$ : Rijitlik matrisi

$[M]$ : Kütle matrisi

**Kısaltmalar**

ABYYHY : Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik

ACI : American Concrete Institute (Amerikan Beton Enstitüsü)

AFAD : Afet Acil Durum Yönetimi Başkanlığı

ASCE : American Society of Civil Engineers (Amerikan İnşaat Mühendisleri Birliği)

ATC : Applied Technology Council (Uygulamalı Teknoloji Konseyi)

BKKO : Bağ Kirişi Katkı Oranı

BKS : Bina Kullanım Sınıfı

BYS : Bina Yükseklik Sınıfı

CQC : Complete Quadratic Combination (Tam Karesel Birleştirme)

CSA : Canadian Standards Association (Kanada Standartlar Birliği)

DBYBHY : Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik

DD : Deprem Yer Hareketi Düzeyi

DGT : Dayanıma Göre Tasarım

DTS : Deprem Tasarım Sınıfı

Eurocode : European Standard (Avrupa Birliği Standardı)

FBD : Force-Based Design (Dayanıma Göre Tasarım)

| | |
|---|---|
| FEMA | : Federal Emergency Management Agency (Federal Acil Durum Yönetim Kurumu) |
| GÖ | : Göçmenin Önlenmesi |
| KH | : Kontrollü Hasar |
| KK | : Kesintisiz Kullanım |
| NBCC | : National Building Code of Canada (Kanada Ulusal Yapı Yönetmeliği) |
| NEHRP | : National Earthquake Hazards Reduction Program (Ulusal Deprem Tehlikelerini Azaltma Programı) |
| NZS | : New Zealand Standard (Yeni Zelanda Deprem Yönetmeliği) |
| PGA | : Peak Ground Acceleration (Maksimum Yer İvmesi) |
| PEER | : Pacific Earthquake Engineering Research Center (Pasifik Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi) |
| SH | : Sınırlı Hasar |
| SRSS | : Square Root of The Sum of The Squares (Karelerin Toplamının Karekökü) |
| ŞDGT | : Şekil Değiştirmeye Göre Değerlendirme ve Tasarım |
| TBDY | : Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği |
| TBEC | : Turkish Building Earthquake Code (Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği) |
| TDBH | : Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası |
| TDTH | : Türkiye Deprem Tehlike Haritası |

## BETONARME PERDELERDE KESME KUVVETİ DİNAMİK BÜYÜTME KATSAYISININ İRDELENMESİ


## ÖZET

Betonarme perdeler, çok katlı yapıların depreme dayanıklı yapı tasarımında sıklıkla tercih edilen düşey elemanlardır. Betonarme perde duvar davranışı üzerine yürütülen başlıca çalışmalarda yapının doğrusal olmayan davranışı esnasında perdede oluşacak kesme talebinin, doğrusal yöntemlere göre hesaplanan kesme kuvvetinden daha büyük çıkabileceği belirtilmiştir. Bu bakımdan, betonarme binaların sismik etkiler altında sergileyeceği performansı önemli ölçüde etkileyen perdelerde kesme kapasitesinin incelenmesi önem arz etmektedir. Çalışmanın amacı, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018'de (TBDY-2018) perdelerin tasarım kesme kuvvetinin hesabında yer alan dinamik büyütme katsayısının ve perde yüksekliği boyunca verilen kesme kuvveti diyagramının incelenmesidir. Çalışma kapsamında seçilen parametreler binaların deprem davranışında önemli bir etkiye sahip olan bina yüksekliği ve yerel zemin sınıfı olmuştur. Bu doğrultuda, dayanıma göre tasarım (DGT) esasları kapsamında doğrusal elastik analiz yöntemi kullanılarak 10, 15 ve 20 katlı binaların tasarımı ZB, ZC ve ZD yerel zemin sınıfları dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Tasarımı gerçekleştirilen binalarda zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizler yapılmıştır. Doğrusal analizlerden elde edilen kesme kapasiteleri ve doğrusal olmayan analizlerden elde edilen kesme talepleri perde yüksekliği boyunca karşılaştırılmıştır. Perde kapasitelerinin, 20 ve 15 katlı binalarda ZD ve ZC yerel zemin sınıfları için talep değerlerini karşılamada yetersiz kaldığı belirlenmiştir. Süneklik düzeyi yüksek betonarme perdelerin tasarım kesme kuvvetinin hesabı ve kesme kuvveti diyagramı için öneriler sunulmuştur. Ayrıca, doğrusal olmayan analizlerden elde edilen göreli kat ötelemesi değerleri TBDY-2018'de verilen sınır değerler dikkate alınarak irdelenmiştir.



**Anahtar Kelimeler:** Betonarme Perdeler, Dinamik Büyütme Katsayısı, Kesme Kapasitesi, TBDY-2018, Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz.

# INVESTIGATION OF DYNAMIC SHEAR AMPLIFICATION FACTOR IN REINFORCED CONCRETE SHEAR WALLS


## ABSTRACT

Reinforced concrete shear walls are frequently preferred vertical members in the earthquake resistant design of multi-story buildings. It is emphasized in pioneering studies on reinforced concrete shear walls that the shear demand of the shear wall during the nonlinear behavior of the structure may exceed the shear force calculated by linear analysis. In this respect, it is important to examine the shear capacity of the shear walls that significantly affect the performance of the reinforced concrete buildings under seismic effects. The aim of the study is to investigate the dynamic amplification factor used in calculation of the design shear force and the shear force diagram along the wall height given in Turkish Building Earthquake Code (TBEC-2018). First, 10, 15 and 20 story buildings are designed according to Force-Based Design (FBD) procedure considering the soil classes ZB, ZC and ZD. Then, nonlinear time history analyses are conducted to investigate the performance of the designed buildings. Lastly, shear capacities obtained from the linear dynamic analyses and shear demands obtained from the nonlinear dynamic analyses are compared. The results indicate that the demand values exceeded the shear capacities for soil classes ZD and ZC in 15 and 20 story buildings. Updates to design shear force and shear force diagram for reinforced concrete walls with high ductility are proposed. In addition, inter-story drift ratios obtained from nonlinear analyses are examined by considering the limits given in TBEC-2018.



**Keywords:** Shear Wall, Dynamic Amplification Factor, Shear Capacity, TBEC-2018, Nonlinear Time History Analysis.

# GİRİŞ

Günümüzde artan nüfus ile birlikte kentleşme hızının da artması, yüksek yapılara olan ihtiyacı ve talebi arttırmaktadır. Bu talebi karşılamak amacıyla ülkemizde ağırlıklı olarak betonarme yapılar inşa edilmektedir. Bu betonarme yapılar da kendi içinde (i) çerçeve sistemli, (ii) perde duvarlı ve (iii) perde duvar-çerçeve sistemli olarak tasarlanabilmektedir. Yalnızca betonarme çerçeveden oluşan taşıyıcı sistemler, dinamik yükler etkisinde ortaya çıkan iç kuvvet ve yer değiştirme taleplerini yönetmelik kapsamında karşılayamayabilirler. Bu sebeple betonarme perde duvarlar, betonarme çerçeve sistemlerde gerekli yatay rijitliği sağlamak amacıyla kullanılmaktadır.

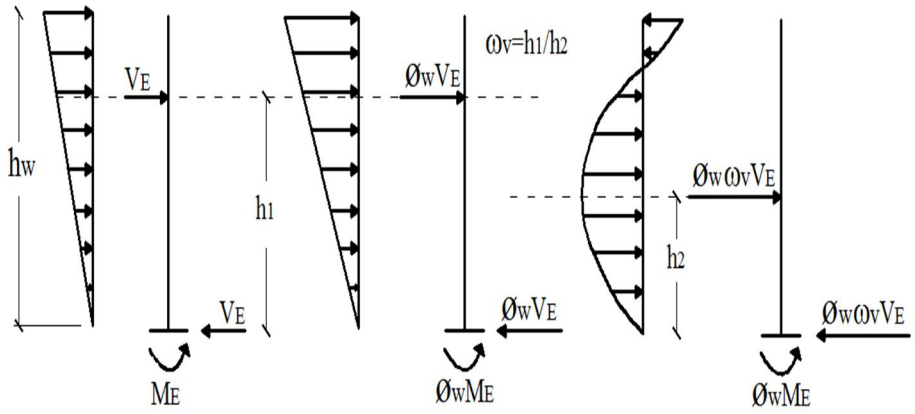
Betonarme perde duvar davranışı üzerine yürütülen başlıca çalışmalarda (Blakeley ve diğ. 1975, Eibl ve Keintzel 1988, Paulay ve Priestley 1992) yapının doğrusal olmayan davranışı esnasında perdede oluşacak kesme kuvveti talebinin, doğrusal yöntemlere göre hesaplanan kesme kuvvetinden daha büyük çıkabileceği ve bu durumun yapıda öngörülmeyen ani (gevrek) göçmelere neden olabileceği vurgulanmıştır. Bu durum uluslararası tasarım yönetmeliklerinde (NZS 3101-1995, Eurocode 8-2004, CSA A23.3-2014) dinamik büyütme katsayısı kullanılarak dikkate alınmıştır. Dinamik büyütme katsayısı ülkemizde ilk defa Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik'te (DBYBHY-2007) yer almıştır. DBYBHY-2007'de ve 2019 yılında yürürlüğe giren Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018'de (TBDY-2018) deprem etkilerinin süneklik düzeyi yüksek çerçeveler ve perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar için dinamik büyütme katsayısı sabit bir değer (1,5) olarak önerilmiştir.

DBYBHY-2007 esaslarını dikkate alarak yürütülen önceki çalışmalarda (Celep 2008, Düzgün 2009, Yılmaz 2014, Şahin 2015, Kazaz ve Gülkan 2016) dinamik büyütme katsayısı ($\beta_v$) iki boyutlu bina modelleri dikkate alınarak incelenmiştir. Bu çalışmada, dinamik büyütme katsayısının önceki araştırmalardan farklı olarak üç boyutlu bina modelleri oluşturularak incelenmesi hedeflenmiştir. Bu hedef doğrultusunda doğrusal

ve doğrusal olmayan analizler gerçekleştirilerek “bina yüksekliği” ve “yerel zemin sınıfı” parametrelerinin dinamik büyütmeye etkisi araştırılmıştır.

# 1. GENEL BİLGİLER

Betonarme perde duvarlar sahip oldukları yüksek rijitlik ile yatay yüklerin önemli bir bölümünü karşıladıkları gibi çerçeve taşıyıcı sistemlerin yatay yer değiştirmelerini sınırlayarak sismik etkiler altında oluşacak yapı hasarının belirli bir mertebede kalmasını sağlamaktadır (Celep 1996, Murty ve diğ. 2012). Betonarme perde duvarların doğrusal olmayan davranışını inceleyen başlıca çalışmalarda (Blakeley ve diğ. 1975, Paulay ve Priestley 1992), perde tabanında mafsal oluşumuna bağlı olarak yapısal sistemin etkin mod şeklinin değişeceği belirtilmiştir. Etkin mod şeklinin değişmesi ile birlikte betonarme perde duvar tabanında moment oluşturan atalet kuvvetlerinin bileşkesine ait kuvvet kolunun kısalacağı ortaya konmuştur (Şekil 1.1). Dinamik yükler altındaki binada birinci hâkim mod tepkisi esnasında oluşacak atalet kuvveti dağılımı Şekil 1.1 (a)'da gösterilene benzer olmaktadır. Eğilmeden kaynaklanan dayanım fazlalığı katsayısının dikkate alınması ile oluşan dağılım da Şekil 1.1 (b)'de verilmiştir. Eğilmeden kaynaklanan dayanım fazlalığı katsayısı ($Ø_w$), moment kapasitesinin tasarım eğilme momentine oranı olarak tanımlanmıştır. Atalet kuvvetlerinin bileşkesi, perde duvar tabanından itibaren toplam yüksekliğin yaklaşık olarak 0.70 katı mesafesinde etkimektedir ($h_1=0,70h_w$). Plastik mafsal oluşumu birinci modun etkinliğini azaltırken yüksek modlara ait etkiler devreye girmekte ve kuvvet bileşkesi Şekil 1.1 (c)'de görüldüğü üzere perde duvar tabanına doğru kaymaktadır ($h_2<h_1$). Kuvvet kolunun kısalması sonucunda perde duvar, moment kapasitesine daha büyük bir kesme kuvveti altında ulaşacaktır. Kesme kuvveti talebinde oluşacak olan bu artışın göz ardı edilmesi, betonarme perde duvarda beklenen göçme tipinin yönetmeliklerde tavsiye edilen sünek göçme tipinden ani ve hiçbir uyarı vermeyen gevrek göçme tipine dönüşmesine neden olabilecektir. Söz konusu etki, uluslararası tasarım yönetmeliklerinde (NZS 3101-1995, Eurocode 8-2004, CSA A23.3-2014) "dinamik büyütme katsayısı" olarak adlandırılan bir katsayı ($\omega_v$) kullanılarak dikkate alınmıştır. Doğrusal analizden elde edilen kesme kuvveti değerleri bu katsayı ile çarpılmakta ve elde edilen değerler tasarım aşamasında kullanılmaktadır.




Şekil 1.1. Atalet kuvvetlerinin perdede dağılımı (a) 1. mod atalet kuvvet dağılımı (b) eğilmeden kaynaklı dayanım fazlalığı katsayısını dikkate alan 1. mod atalet kuvvet dağılımı (c) yüksek modların etkisinde oluşan kuvvet dağılımı (Paulay ve Priestley, 1992)

### 1.1. Çalışmanın Önemi ve Amacı

Depreme dayanıklı betonarme bina tasarımındaki temel amaç, binanın kullanım ömrü boyunca maruz kalacağı deprem etkileri altında ortaya çıkması muhtemel hasarın sınırlandırılmasıdır. Yapısal tasarım aşamasında ve yerinde inşa sürecinde ortaya çıkması muhtemel hata ve kusurların toplumda yaratacağı maddi ve manevi olumsuzluklar ile ülke ekonomisine verebileceği zararlar, geçmişte ülkemizde yaşanmış olan depremlerden sonra açıkça görülmüştür. Yıkıcı depremlerin yapılarda oluşturduğu hasarları incelemek için yapılan çalışmalarda, perde duvarlı betonarme binaların deprem etkisinde daha az hasar gördüğü belirtilmiştir (Eyyubov 1978, Öztürk 1997). Ülkemizin aktif deprem kuşağı üzerinde yer aldığı düşünüldüğünde de tasarımda perde duvar kullanımının gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Bu bakımdan, betonarme binaların sismik etkiler altında sergileyeceği performansı önemli ölçüde etkileyen perde duvarlarda tasarıma esas parametrelerin irdelenmesi önem arz etmektedir.

Kuvvetli yer hareketi etkisinde önemli yatay yüklere maruz kalacak perde duvarlarda ani olarak ortaya çıkabilecek olan kesme kuvveti göçmesini önlemek amacıyla doğrusal analizden elde edilen kesme kuvveti değerlerinin dinamik büyütme katsayı ile çarpılarak büyütülmesi deprem yönetmelikleri tarafından önerilmiştir. Dinamik büyütme katsayısını irdelemek amacıyla yürütülen çalışmaların genellikle konsol betonarme perde elemanlar üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Kazaz ve Gülkan

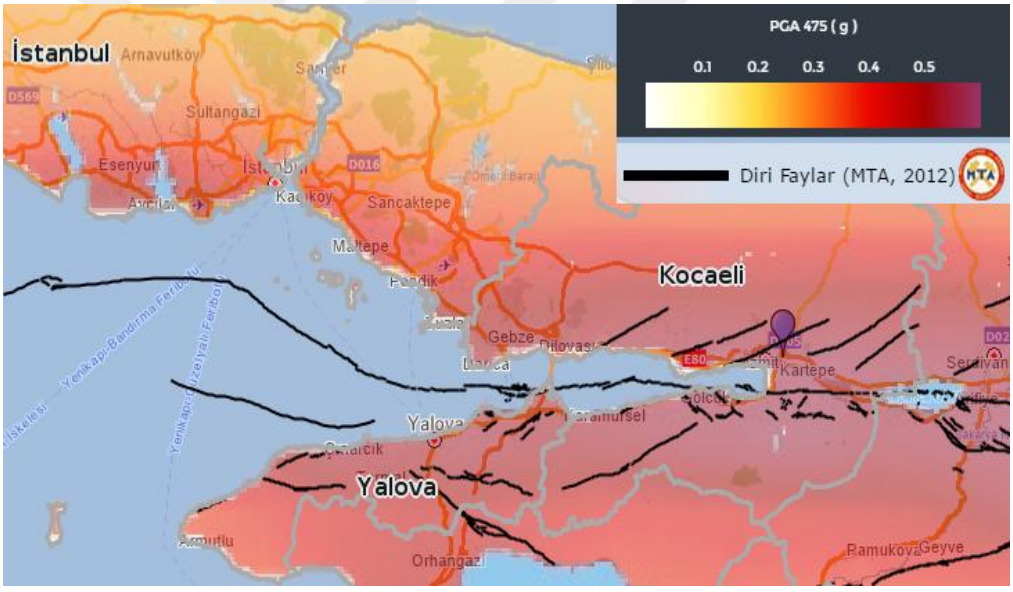
(2016) tarafından yapılan çalışmada, yüksek modların davranışa etkisinin narin konsol modellerde daha kolay ortaya çıkabilmesi nedeniyle bu tür modellerin analizinden elde edilen dinamik büyütme katsayısının gerçekçi olmayan büyük değerler alabileceği belirtilmiştir. Literatürde yürütülen çalışmalarda (Rad 2009, Kappos ve diğ. 2010, Dhezdar 2012, Fox ve diğ. 2014), gerçek yapı davranışına yakın sonuçlar elde edebilmek amacıyla betonarme perde-çerçeve etkileşiminin ve yük-hasar dağılımının tüm yapıda dikkate alınması ve bu doğrultuda yapıların üç boyutlu modelleri oluşturularak analizlerin gerçekleştirilmesi önerilmiştir. Literatürdeki bu boşluğu doldurmak ve veri tabanına katkıda bulunmak amacıyla, üç boyutlu betonarme bina modelleri oluşturularak doğrusal ve doğrusal olmayan analizler gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın amacı, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018 (TBDY-2018) esaslarına göre hesaplanmış betonarme perde kesme kuvveti kapasitelerinin yeterli olup olmadığının, tasarım kesme kuvveti hesabında kullanılan dinamik büyütme katsayısı ($\beta_v$) dikkate alınarak incelenmesidir. Bu incelemeler gerçekleştirilirken seçilen parametreler de binaların deprem davranışında önemli bir etkiye sahip olan "bina yüksekliği" ve "yerel zemin sınıfı" (Taranath, 2010) olmuştur. Bu çalışmanın, dinamik büyütme katsayısının farklı zemin sınıfları gözetilerek 1 Ocak 2019 yılında yürürlüğe giren Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018) esaslarına göre incelendiği öncü çalışmalardan biri olması hedeflenmiştir.

### 1.2. Yöntem

TBDY-2018'de, deprem etkisi altındaki bina taşıyıcı sistemlerinin tasarımı için önerilen iki temel yaklaşım sırasıyla, "Dayanıma Göre Tasarım" (DGT) ve "Şekil Değiştirmeye Göre Değerlendirme ve Tasarım" (ŞGDT) olarak tanımlanmıştır. Çalışma, her iki yaklaşımın da kullanıldığı iki ayrı aşamadan oluşmaktadır: Birinci aşamada, dinamik büyütme etkisini de dikkate alarak düzenlenmiş olan DGT esasları kapsamında doğrusal elastik analiz yöntemi kullanılarak betonarme perde duvarlı binaların tasarımı gerçekleştirilmiştir. Tez kapsamında tasarımı yapılacak binaların yükseklikleri ve buna bağlı olarak kat adetleri belirlenirken, TBDY-2018'de deprem tasarım sınıfı bir (DTS=1) olan konut türü betonarme yapılarda DGT esaslarının uygulanabilmesi için verilmiş olan sınır yükseklik (70 metre) dikkate alınmıştır. Bu koşula ilave olarak benzer çalışmalarda yaygın olarak tercih edilen bina yükseklikleri ve kat sayıları da göz önünde bulundurulmuştur (Chaallal ve Gauthier 2000, Boivin ve

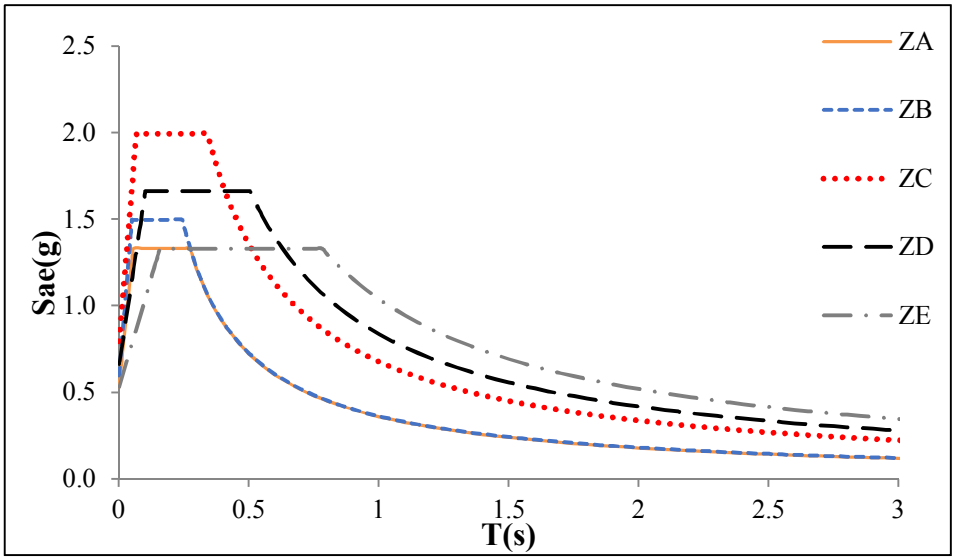
Paultre 2012, Luu ve diğ. 2014, Fox ve diğ. 2014, Khy ve diğ. 2019, Sadeghian 2018). Bu çalışmada bina yükseklikleri, 10, 15 ve 20 katlı binalarda kat yüksekliğinin her katta 3 metre olduğu kabulü ile sırasıyla 30, 45 ve 60 metre olarak belirlenmiştir.

DGT yöntemi ile tasarım için öncelikle yapıların kullanım ömrü boyunca maruz kalması muhtemel deprem yer hareketini dikkate alan elastik tasarım spektrumunun oluşturulması gerekmektedir. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'nin yürürlüğe girmesi ile birlikte binalara etkiyecek olan deprem yüklerinin belirlenmesinde deprem bölgeleri kavramı yerine coğrafi koordinat esaslı Türkiye Deprem Tehlike Haritası (TDTH) esas alınmıştır. Bu çalışmada analitik modeli oluşturulacak binaların/binanın coğrafi koordinatı, 1999 yılında meydana gelen Gölcük depreminde büyük hasarın ve binlerce can kaybının yaşandığı ve Marmara Denizi Havzası'ndaki kırılmayan faydan da etkileneceği öngörülen Kocaeli İli'nde seçilmiştir (Şekil 1.2).




Şekil 1.2. Binanın konumu (AFAD)

Elastik tasarım spektrumunun oluşturulması için binanın inşa edileceği coğrafi koordinata ait yerel zemin sınıfının belirlenmesi gerekmektedir. TBDY-2018'de altı farklı yerel zemin sınıfı (ZA, ZB, ZC, ZD, ZE, ZF) tanımlanmıştır. TBDY-2018'de tanımlanmış olan yerel zemin sınıflarına ait yatay elastik tasarım spektrumları seçilen coğrafi koordinat için Şekil 1.3'te verilmiştir.




Şekil 1.3. Seçilen coğrafi koordinata ait yatay elastik tasarım spektrumları

ZA yerel zemin sınıfı sağlam, sert kaya zeminleri temsil etmekte iken ZE yerel zemin sınıfı gevşek kum, çakıl veya yumuşak-katı kil tabakalarından oluşmaktadır. ZF yerel zemin sınıfına ait etki katsayılarının belirlenmesi için sahaya özel zemin davranış analizi yapılması gerekmektedir. Bu tez çalışmasında göz önüne alınan bina kat planının ve taşıyıcı sistem konfigürasyonunun, seçilecek tüm yerel zemin sınıfları için sabit bir parametre olması amaçlanmıştır. Analiz sonuçlarının yerel zemin sınıflarına göre karşılaştırılmasının bu şekilde tutarlı olacağı düşünülmüştür. Bu amaç doğrultusunda gerçekleştirilen ön analizler neticesinde, taşıyıcı sistem konfigürasyonunun değişmesine sebebiyet veren ZE yerel sınıfı kapsam dışında tutulmuştur. ZB ve ZA yerel zemin sınıflarına ait tasarım spektrumları incelendiğinde sabit ivme bölgesinde (köşe periyotları birbirine çok yakın olmakla birlikte) daha büyük spektral ivme katsayısına sahip ZB yerel zemin sınıfı göz önüne alınmıştır. Belirtilen hususlar neticesinde değişken olarak belirlenen yerel zemin sınıfları ZB, ZC ve ZD olmuştur.

Tez çalışmasının ikinci aşamasında, birinci aşamada Dayanıma Göre Tasarım (DGT) esaslarına göre tasarımı gerçekleştirilen binaların zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri Şekil Değiştirmeye Göre Değerlendirme ve Tasarım (ŞGDT) ilkeleri göz önünde bulundurularak gerçekleştirilmiştir. DGT yaklaşımı ile boyutlandırılmış olan betonarme perde duvar elemanların kesme kapasitelerinin yeterliliği, zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizlerden elde edilen sonuçlarla kıyaslanarak irdelenmiştir.

### 1.3. Tezin Organizasyonu

Bu çalışmada, TBDY-2018'de yer alan dayanıma göre tasarım (DGT) ilkelerine uygun olarak üç boyutlu betonarme binaların tasarımı gerçekleştirilmiş ve perde elemanların kesme kuvveti kapasiteleri dinamik büyütme katsayısı da dikkate alınarak hesaplanmıştır. Tasarımı gerçekleştirilen binalarda, 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem yer hareketi esas alınarak oluşturulan yatay elastik tasarım spektrumuna göre ölçeklendirilmiş 11 deprem kaydı ile zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizler gerçekleştirilerek betonarme perde duvarların kesme kuvveti talepleri saptanmıştır. Elde edilen kapasite ve talep değerleri perde duvar yüksekliği boyunca karşılaştırılmıştır. Çalışma 6 bölümden oluşmaktadır. Bölümlerin kapsamı aşağıda özetlenmiştir.

Bölüm 1'de, tez kapsamında incelenen dinamik büyütme katsayısı ile ilgili genel bilgiler verilerek çalışmanın amacına ve önemine değinilmiştir. Konu ile ilgili yürütülen önceki çalışmalar ve bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar özetlenmiştir.

Bölüm 2'de, dolu ve boşluklu betonarme perdelerin yatay yük etkisi altındaki davranışına değinilmiştir. Yatay yüklerin betonarme çerçeve ve perde tarafından birlikte karşılandığı binalarda meydana gelen etkileşim açıklanmıştır.

Bölüm 3'te, doğrusal ve doğrusal olmayan çözümleme için TBDY-2018'de verilen esaslar incelenmiştir. Süneklik düzeyi yüksek perdelerin tasarımı için verilen koşullar açıklanmıştır. Doğrusal olmayan analizlerde kullanılmak üzere oluşturulan ivme kaydı setleri paylaşılmıştır.

Bölüm 4'te, incelenen binalara ait bilgiler verilmiş olup perdelerin tasarım sonuçları paylaşılmıştır. Tasarımı gerçekleştirilen binaların doğrusal olmayan analizleri için oluşturulan sayısal modellere ait detaylar verilmiştir.

Bölüm 5'te, analizlerden elde edilen sonuçlar yer almaktadır. Perdelerde hesaplanan talep/kapasite oranları ve perde yüksekliği boyunca elde edilen kesme kuvveti diyagramları paylaşılmıştır. Süneklik düzeyi yüksek betonarme perdelerin tasarım kesme kuvvetinin hesabı ve kesme kuvveti diyagramı için öneriler sunulmuştur.

Ayrıca, doğrusal olmayan analizlerden elde edilen göreli kat ötelemesi değerleri TBDY-2018'de verilen sınır değerler dikkate alınarak incelenmiştir.

Bölüm 6'da, çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar özetlenmiştir. Tez konusuyla ilgili yürütülecek olası çalışmalar için önerilerde bulunulmuştur.

### 1.4. Literatür Araştırması

Tez kapsamında incelenmiş olan dinamik büyütme konusuyla ilgili literatürde farklı analitik ve deneysel çalışmalar yürütülmüş olup uluslararası deprem yönetmeliklerinde dinamik büyütme katsayısının yer almasıyla birlikte yapılan akademik çalışmaların sayısında da artış gözlenmiştir. Dinamik büyütme katsayısına dikkati çeken öncü çalışmayı Blakeley ve diğ. (1975) yılında gerçekleştirmiştir. Blakeley ve diğ. (1975) sismik yükler altında eğilme kapasitesine kadar yüklenmiş perde duvarlarda yüksek modların kesme kuvveti üzerindeki etkisini inceleyen bir çalışma yürütmüştür. Perde tabanında moment kapasitesine ulaşılmasıyla birlikte atalet kuvvetlerinin bileşkesinin etkidiği noktanın perde taban seviyesine yaklaşacağını ve bu durumun yönetmelik esaslarına göre hesaplanacak kesme kuvveti kapasitesinden daha büyük değerlere sebebiyet vereceğini ilk defa belirtmişlerdir.

Çalışma sonucunda, Yeni Zelanda Deprem Yönetmeliği'ne (NZS 4203-1975) göre hesaplanan kesme kuvveti değerlerinin Tablo 1.1'de kat sayısına ve yapı sınıfına bağlı olarak verilen kesme kuvveti katsayı ile büyütülmesini önermişlerdir.

Tablo 1.1. Kesme kuvveti büyütme katsayısı (Blakeley ve diğ., 1975)

| Kat Adedi | Yapı Sınıfı | | |
|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 |
| 1-5 | 1,0 | 1,2 | 1,3 |
| 6-9 | 1,2 | 1,3 | 1,5 |
| 10-14 | 1,4 | 1,5 | 1,7 |
| 15-20 | 1,4 | 1,6 | 1,8 |

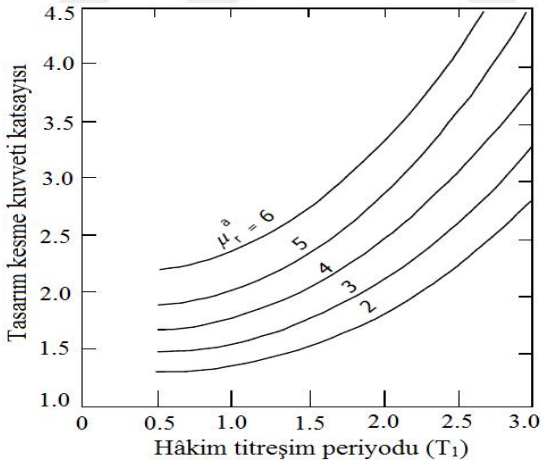
Yeni Zelanda Deprem Yönetmeliği'nde (NZS 3101-1995), Blakeley ve diğ. (1975) tarafından yapılan çalışma referans gösterilerek perde duvarda tasarım kesme kuvveti ($V^*$) ve dinamik büyütme katsayısı ($\omega_v$) Denklem (1.1) ve (1.2)'deki gibi tanımlanmıştır. Deprem yükleri göz önüne alınarak hesaplanan kesme kuvveti ($V_E$),

eğilmeden kaynaklanan dayanım fazlalığı katsayısı ($\Phi_o$) ve dinamik büyütme katsayısı ($\omega_v$) ile çarpılarak tasarım kesme kuvveti ($V^*$) elde edilmektedir. Denklemde yer alan ifadelerden N kat adedini, μ süneklik katsayısını göstermektedir. Süneklik katsayısı (μ), maksimum yer değiştirmenin akma durumundaki yer değiştirmeye oranı ($\Delta_{max}/\Delta_y$) olarak verilmiştir.

$$V^* = \omega_v \Phi_o V_E < \mu V_E \tag{1.1}$$

$$\begin{aligned} \omega_v &= 0,9 + \frac{N}{10} && N \le 6 \\ \omega_v &= 1,3 + \frac{N}{30} \le 1,8 && N > 6 \end{aligned} \tag{1.2}$$

Derecho ve Corley (1984), konsol perde duvarlarda yürüttüğü parametrik çalışma neticesinde perde hâkim titreşim periyoduna ($T_1$) ve süneklik katsayısına ($\mu_r^a$) bağlı kesme kuvveti katsayısı önermişlerdir (Şekil 1.4). Süneklik katsayısı ($\mu_r^a$), maksimum dönmenin akma durumundaki dönmeye oranı ($\theta_{max}/\theta_y$) olarak tanımlanmıştır.




Şekil 1.4. Tasarım kesme kuvveti katsayısı (Derecho ve Corley, 1984)

Eibl ve Keintzel (1988) konsol perde duvarlarda parametrik çalışma yürütmüş olup Denklem (1.3)'te verilen kesme kuvveti büyütme katsayısını önermişlerdir. Kesme kuvvetinde meydana gelecek artışı, ilk iki hâkim modun katkısını dikkate alınarak tanımlamışlardır. Buna göre denklemde kök içinde yer alan terimlerden ilki, birinci modun davranış katsayısı (K) ile azaltılmış olan katkısı iken ikinci terim de akma

kapasitesine ulaşmış sistemlerde $\max S_{ad}=S_{ad}(T_2)$ yaklaşımıyla ikinci moddan gelen katkı olmaktadır.

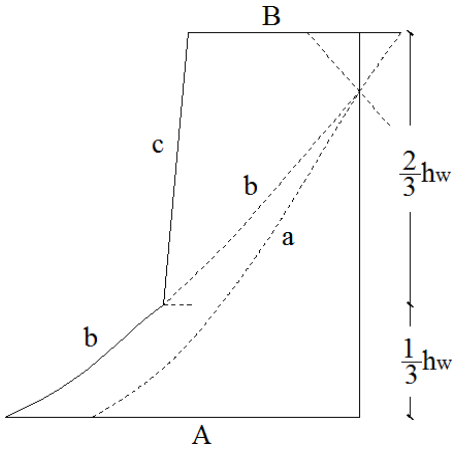
$$\omega = K\gamma\sqrt{\left(M_y / KM_I\right)^2 + 0{,}1(\max S_{ad} / S_{ad}(T_1))^2} \le K \tag{1.3}$$

Eibl ve Keintzel (1988) tarafından önerilen denklem, Eurocode 8-2004'de süneklik düzeyi yüksek perdelerin tasarımında yer verilen dinamik büyütme katsayısına öncülük etmiştir (Denklem 1.4). Doğrusal analizden elde edilen kesme kuvveti ($V'_{Ed}$), dinamik büyütme katsayısı (ε) ile çarpılarak Denklem (1.5)'te verilmiş olan tasarım kesme kuvveti ($V_{Ed}$) elde edilmektedir.

$$\varepsilon = q\sqrt{\left(\frac{\gamma_{rd}}{q}\frac{M_{rd}}{M_{Ed}}\right)^2 + 0{,}1\left(\frac{S_e(T_c)}{S_e(T_1)}\right)^2} \le q \tag{1.4}$$

$$V_{Ed} = \varepsilon V'_{Ed} \tag{1.5}$$

Denklem (1.3)-(1.5)'te yer alan ifadelerden K ve q taşıyıcı sistem davranış katsayısını, $\gamma_{rd}$ dayanım fazlalığı katsayısını, $M_y$ perde tabanında hesaplanan akma momentini, $M_{rd}$ tasarım eğilme dayanımını, $M_I$ ve $M_{Ed}$ tasarım eğilme momentini, $S_{ad}$ ve $S_e$ elastik tepki spektrumunun ordinatını, $T_c$ tasarım ivme spektrumunun köşe periyodunu, $T_1$ hâkim titreşim periyodunu göstermektedir. Deprem yüklerinin perde duvar ve çerçeve tarafından birlikte karşılandığı taşıyıcı sistemlerde kullanılmak üzere perde yüksekliği boyunca önerilen kesme kuvveti diyagramı Şekil 1.5'te verilmiştir (Eurocode 8-2004).




Şekil 1.5. Kesme kuvveti diyagramı (Eurocode 8-2004)

a Doğrusal analizden bulunan kesme kuvveti diyagramı

b arttırılmış kesme kuvveti diyagramı

c tasarım kesme kuvveti diyagramı

A perde tabanında hesaplanan tasarım kesme kuvveti ($V_{Ed}$)

B $V_{Ed}/2$

Eberhard ve Sözen (1993), perde duvarlı orta katlı betonarme yapılarda kesme kuvveti talebini belirlemek üzere deneysel çalışma yürütmüştür. Perde-çerçeve taşıyıcı sistemden oluşan 9 adet küçük ölçekli betonarme yapıyı deprem simülasyon testlerine tabi tutmuşlardır. Yüksek modların katılımıyla kesme kuvvetinde meydana gelecek artışın tamamının perde duvarlar tarafından karşılanacağı yaklaşımıyla tabanda oluşması beklenen kesme kuvveti talebini ($V_{wk}$) Denklem (1.6) ile önermişlerdir.

$$V_{wk} = V_{wn} + 0,3WA_e \tag{1.6}$$

Burada $V_{wn}$ limit analizden hesaplanan perde duvar kesme kuvveti, W yapının toplam ağırlığı, $A_e$ etkin yer ivmesi katsayısıdır.

Filiatrault ve diğ. (1994), Kanada Deprem Yönetmeliği'nde (NBCC-1990) tanımlanmış olan üç farklı deprem bölgesi için 3, 6, 10, 15 ve 25 katlı perdelerde yürüttükleri çalışmada, deprem yüklerinin bina yüksekliğince ters üçgen olarak dağıtılmasından hesaplanacak kesme kuvvetinin talebi karşılamada yetersiz kalacağını belirtmişlerdir. Yönetmelikte (NBCC-1990), tasarım kesme kuvvetinin hesaplanması için verilen denklemde (Denklem 1.7) değişiklik önermişlerdir.

$$V = \frac{V_e}{R} U \tag{1.7}$$

Denklemde yer alan ifadelerden $V_e$ doğrusal analizden elde edilen kesme kuvvetini, V tasarım kesme kuvvetini, R deprem yükü azaltma katsayısını, U değeri 0,60 olan düzeltme katsayısını göstermektedir. Deprem yükü azaltma katsayısı (R), süneklik düzeyi yüksek sistemlerde 3,5 olarak verilmiştir.

Filiatrault ve diğ. (1994), süneklik düzeyi yüksek sistemlerin kesme kuvveti hesabında kullanılmak üzere katsayı ($R_v$) önermişlerdir (Denklem 1.8). Dayanım fazlalığı katsayısını ($\gamma_p$) ve dinamik büyütme katsayısını ($\gamma_d$) dikkate alan deprem yükü azaltma katsayısı ($R_v$), deprem bölgesine bağlı olarak 1,0 veya 1,5 olarak önerilmiştir (Denklem 1.9).

$$V = \frac{V_e}{R_v} U \tag{1.8}$$

$$R_v = \frac{R}{\gamma_p \gamma_d} \tag{1.9}$$

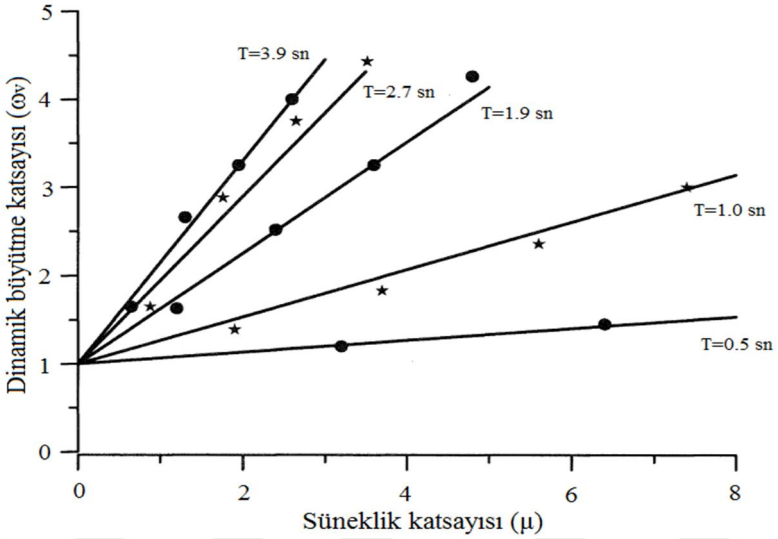
Mesa (2002), şekil değiştirme esaslı tasarımını gerçekleştirdiği farklı yükseklikteki konsol perdelerde (6, 12, 24, 36, 48, 60 metre) zaman tanım alanında analizler gerçekleştirmiştir. Şekil değiştirme esaslı tasarımdan elde edilen kesme kuvvetinin ($V_{DBD}$), kat yüksekliği ($h_i$) ve perde toplam yüksekliği (H) dikkate alınarak büyütülmesini önermiştir (Denklem 1.10).

$$\begin{aligned}
&V = V_{DBD}\left(\frac{h_i - B}{A}\right) \qquad h_i < \frac{H}{2} \\
&V = V_{DBD}\exp^{\left(\frac{h_i - C}{D}\right)} \qquad h_i \geq \frac{H}{2} \\
&A = -0,0056H^2 + 0,19H - 10,54 \\
&B = 0,74H + 9,43 \\
&C = 0,0014H^2 + 0,22H + 2,58 \\
&D = 0,51H + 0,40
\end{aligned} \tag{1.10}$$

Priestley (2003), 2, 4, 8 12, 16 ve 20 katlı konsol perdelerde zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizler gerçekleştirmiştir. Eşdeğer deprem yükü yönteminde ve şekil değiştirme esaslı tasarımda kullanılmak üzere önerilen dinamik büyütme katsayısı ($\omega_v$), süneklik katsayısına ($\mu$), eğilmeden kaynaklanan dayanım fazlalığı katsayısına ($\phi^o$) ve hâkim titreşim periyoduna (T) bağlı olarak Denklem (1.11)'de ve Şekil 1.6'da verilmiştir. Şekilde yer alan doğrusal çizgiler Denklem (1.11) ile

hesaplanan değerleri, noktalar ise doğrusal olmayan analizlerden elde edilen değerleri göstermektedir.

$$\omega_v = 1 + \frac{\mu}{\phi^o}\beta_{(T)} \qquad (1.11)$$
$$0,067 \le \beta_{(T)} = 0,067 + 0,4(T - 0.5) \le 1,15$$




Şekil 1.6. Dinamik büyütme katsayısı (Priestley, 2003)

Krawinkler (2006), perde duvar tabanında plastik mafsal oluşmasıyla birlikte yapının dinamik karakteristiklerinin büyük ölçüde değişeceğini vurgulamıştır. Farklı modların baskın hale gelmesiyle moment kolunun küçüleceğini ve bu etkinin uzun ve narin yapılarda daha etkin olacağını belirtmiştir. Moment kolunun değişmesiyle kesme kuvvetinde meydana gelecek artış oranının, yapının mod şekillerine ve perde duvarda plastikleşme bölgesinin uzunluğuna bağlı olduğunu belirtmiştir.

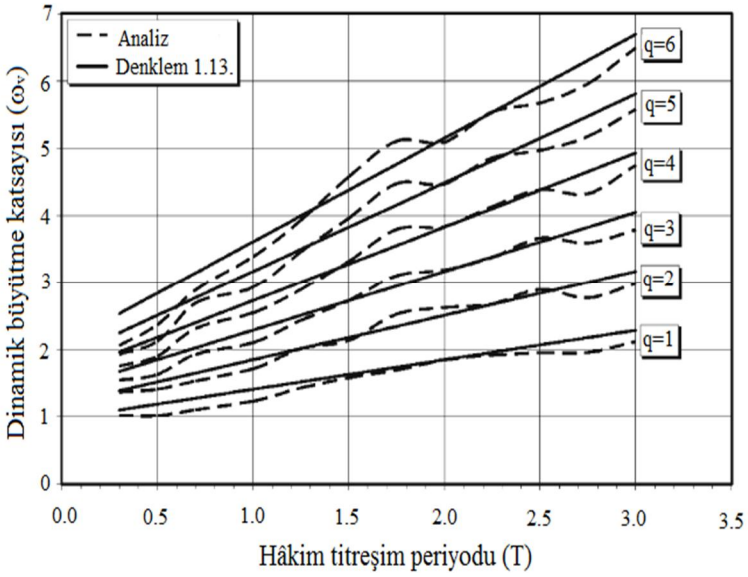
Rutenberg ve Nsieri (2006), Eurocode 8-2004 esaslarına göre yürüttüğü parametrik çalışmada davranış katsayısının (q) ve hâkim titreşim periyodunun (T) kesme büyütme katsayısı ($\omega_v$) üzerindekini etkisini konsol perde duvarda incelemişlerdir. Süneklik düzeyi normal (DC-M) ve yüksek (DC-H) sistemlerde Eurocode 8-2004 esaslarına göre hesaplanan tasarım kesme kuvvetinin, zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizlerden elde edilen sonuçlarla uyumlu olmadığını belirtmişlerdir. Konsol perdeler ve planda aynı uzunluğa sahip perde duvarlardan oluşan taşıyıcı sistemler için önerdikleri tasarım kesme kuvveti ($V_a$) Denklem (1.12)'de, dinamik büyütme katsayısı

Denklem (1.13)'te verilmiştir. Denklem (1.12)'de yer alan $V_d$, eşdeğer deprem yükü yöntemi ile hesaplanan kesme kuvvetini göstermektedir.

$$V_a = \omega_v V_d \tag{1.12}$$

$$\omega_v = (0,75 + 0,22(T + q + Tq)) \tag{1.13}$$

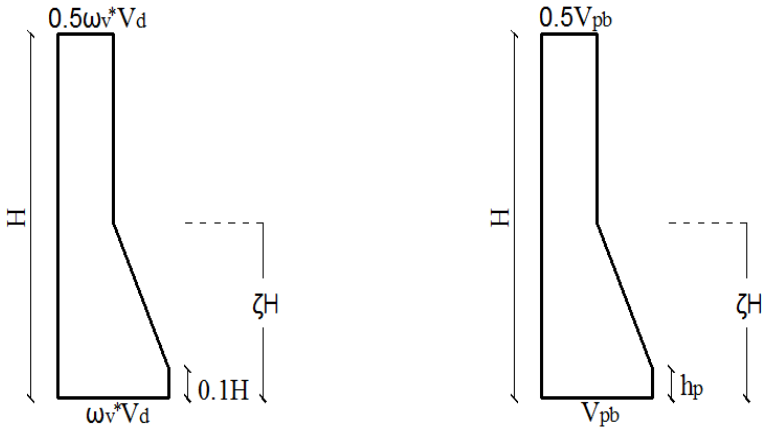
Davranış katsayısına (q) ve hâkim titreşim periyoduna (T) bağlı olarak önerdikleri dinamik büyütme katsayısı Şekil 1.7'de verilmiştir. Şekilde yer alan doğrusal çizgiler Denklem (1.13) ile hesaplanan değerleri, kesikli çizgiler ise analizlerden elde etmiş oldukları değerleri göstermektedir.




Şekil 1.7. Dinamik büyütme katsayısı (Rutenberg ve Nsieri, 2006)

Rutenberg ve Nsieri (2006) tarafından perde yüksekliği boyunca önerilen kesme kuvveti diyagramı Şekil 1.8 (a)'da yer almaktadır. Diyagramda yer alan $\omega_v^*$ ortalama dinamik büyütme katsayısını göstermekte olup $\zeta$ simgesinin hesabı Denklem (1.14)'te verilmiştir.

$$\zeta = 1 - 0,3T \geq 0,5 \tag{1.14}$$




Şekil 1.8. Kesme kuvveti diyagramı (a) Rutenberg ve Nsieri (2006) (b) Boivin ve Paultre (2012)

Boivin ve Paultre (2012), Kanada Yönetmeliği (CSA A23-2004, NBCC-2010) esaslarına göre yürütmüş olduğu çalışma sonucunda, süneklik düzeyi yüksek perde duvarlarda dinamik büyütme katsayısını ve kesme kuvveti talebini etkileyen başlıca parametrelerin hâkim titreşim periyodu (T) ve eğilmeden kaynaklanan dayanım fazlalığı ($\gamma_w$) olduğunu belirtmişlerdir. Perde yüksekliği boyunca önermiş oldukları kesme kuvveti diyagramı Şekil 1.8 (b)'de verilmiştir. $V_{pb}$, dinamik büyütme katsayısı kullanılarak hesaplanmış taban kesme kuvvetidir. Kat yüksekliğine ($h_s$) ve perde yüksekliğine (H) bağlı olarak bulunan plastikleşme bölgesinin uzunluğunun ($h_p$) hesabı Denklem (1.15)'te, $\zeta$ simgesinin hesabı Denklem (1.16)'da verilmiştir.

$$h_p = 0,8h_s + \beta_o H \geq \max(h_s; 0,5l_w) \tag{1.15}$$

$$\zeta = 1,5 - T_1 \qquad 0,5 \leq \zeta \leq 1 \tag{1.16}$$

Rad (2009), Rejec ve diğ. (2012), Dezhdar (2012), Ghorbanirenani ve diğ. (2012), Luu ve diğ. (2014) ve Sadeghian (2018) dinamik büyütme katsayısını uluslararası tasarım yönetmelikleri esaslarına göre konsol perde duvarlarda incelemiştir. Chaallal ve Gauthier (2000), Fox ve diğ. (2014), Pennucci ve diğ. (2015) ve Morariu (2016) bağ kirişli betonarme perde duvarlarda çalışma yürütmüştür. Rejec ve diğ. (2012), Eurocode 8-2004 esaslarına göre yürüttüğü çalışma sonucunda perde yüksekliği boyunca değişken bir dinamik büyütme katsayısının kullanılmasını önermiştir. Luu ve diğ. (2014), süneklik düzeyi normal betonarme perdeler için NBCC-2010 ve CSA A23.3'te verilen tasarım esaslarının güncellenmesi gerektiğini belirtmiştir. Bu

doğrultuda, dinamik büyütme katsayısı ve kesme kuvveti diyagramı önermiştir. Panneton ve diğ. (2006), Leng ve diğ. (2014), Najam ve Warnitchai (2017) ve Khy ve diğ. (2019) dinamik büyütme konusunu çok katlı binaların üç boyutlu modellerinde incelerken; Panagiotou ve Restrepo (2009), Calugaru ve Panagiotou (2011), Munir ve Warnitchai (2012), Khy ve Chintanapakdee (2017), Vuran (2018) çekirdek perdeli sistemlerde çalışmıştır. Leng ve diğ. (2014), temel esasları ASCE7-05'e dayanan Tayland Sismik Tasarım Yönetmeliği'ne göre analizler gerçekleştirmiş olup perdelerde hesaplanan kesme kuvveti değerlerinin güvensiz tarafta kaldığını belirtmiştir. Zaman tanım alanında gerçekleştirdiği doğrusal olmayan analizler ile elde edilen kesme talebinin, spektrum analizi ile hesaplanan kesme kuvveti değerinden 2 kat kadar büyük olduğunu vurgulamışlardır. Khy ve diğ. (2019), ACI 318M-14 ve ASCE 7-10 esaslarına göre çok katlı binalarda analizler yürütmüştür. Spektrum analizi ile hesaplanan kesme kuvveti değerlerinin, zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizlerden elde edilen kesme kuvveti değerlerine göre küçük olduğunu ve bu değerlerin tasarımda kullanılmaması gerektiğini belirtmişlerdir.

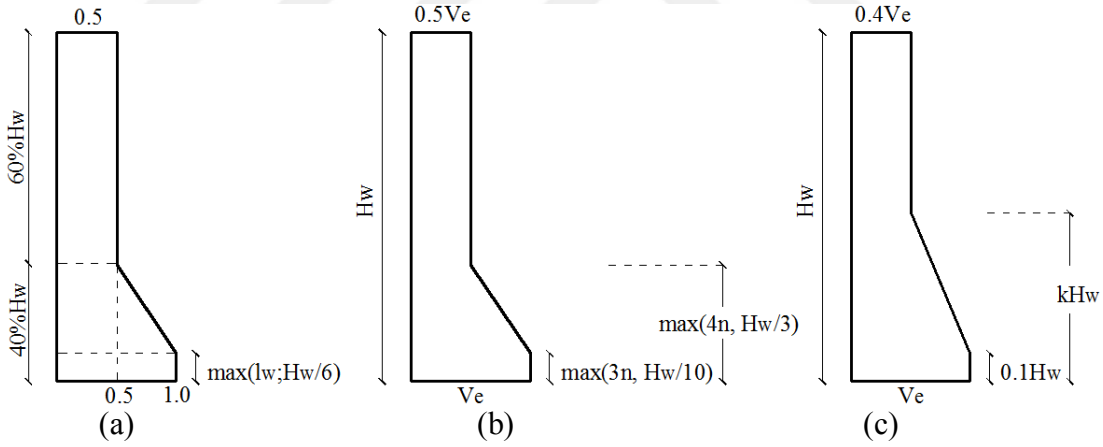
Rutenberg ve diğ. (2004), Beyer ve diğ. (2014) planda farklı uzunluğa sahip olan birbirine bağlı betonarme perde duvarlardan oluşan sistemde kesme kuvveti dağılımını araştırmıştır. Rutenberg ve diğ. (2004), perde duvarların tabanında gerçekleşen eş zamanlı olmayan akmanın perde duvarlar arasında gerçekleşecek kesme kuvvet dağılımında önemli bir etkiye sahip olduğunu belirtmiştir.

Panagiotou ve Restrepo (2011), Fischinger ve diğ. (2012), Jimenez ve Massone (2018), Fatemi ve diğ. (2020) yüksek modların kesme kuvveti üzerindeki etkisini deneysel çalışma yürüterek incelemişlerdir. Fatemi ve diğ. (2020), bir perde duvarın kesme talebini deneysel olarak belirlemek için hibrit testler gerçekleştirmiştir. Fatemi ve diğ. (2020) hibrit testten elde edilen kesme talebinin, CSA A23.3'e göre hesaplanan kesme kapasitesinden 2.27 kat kadar büyük olduğunu belirtmişlerdir.

Ulusal Deprem Yönetmeliği'mizde dinamik büyütme katsayısı ilk defa 2007-2018 yılları arasında yürürlükte bulunan ve 1 Ocak 2019 tarihinde yürürlükten kaldırılan DBYBHY-2007'de yer almıştır. Celep (2008), DBYBHY-2007 esaslarını 8, 12, 16, 20 ve 30 katlı konsol perdelerde incelemiştir. Celep (2008), plastik mafsalın konumumun ve moment-eğrilik ilişkisinin dinamik büyütme katsayısına etkisini

zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizler ile araştırmıştır. Bu doğrultuda oluşturduğu dört farklı modelin ikisinde plastik mafsalı sadece perde tabanında tanımlarken diğer ikisinde perde uçlarına her bir katta tanımlamıştır. Moment-eğrilik ilişkisini, Takeda modeli (Takeda ve diğ., 1970) ve genel elastoplastik model ile dikkate almıştır. Celep (2008), perdede davranışın daha iyi yansıtıldığı tespiti ile plastik mafsalları perde yüksekliği boyunca tanımlamış ve moment-eğrilik ilişkisi için Takeda modeli kullanarak analizlerini gerçekleştirmiştir. Analiz sonuçları üzerinde regresyon analizi yaparak Denklem (1.17) ile verilen dinamik büyütme katsayısı önermiştir. Denklem (1.17)' de yer alan ifadelerden R dayanım azaltma katsayısını, $T_{1cr}$ çatlamış kesite ait rijitlik kullanılarak hesaplanan hâkim periyodu göstermektedir. Perde yüksekliği boyunca önerdiği kesme kuvveti diyagramı Şekil 1.9 (a)'da verilmiştir.

$$\beta^{b} = 1 + (0,281 \times T_{1cr} + 0,394)(R - 1,5)^{0,553}$$
$$1 \le \beta^{b} \le R \qquad (1.17)$$




Şekil 1.9. Kesme kuvveti diyagramı (a) Celep (2008) (b) Yılmaz (2014) (c) Şahin (2015)

Yılmaz (2014), konsol perdelerde, bağ kirişli konsol perdelerde ve perde-çerçeve düzlem sistemlerde kat sayısını (5, 10, 20, 30) ve deprem yükü azaltma katsayısını (2, 3, 4, 5) dikkate alan parametrik çalışma yürütmüştür. Önermiş olduğu dinamik büyütme katsayısı Denklem (1.18)'de verilmiştir. Denklemde yer alan ifadelerden R taşıyıcı sistem davranış katsayısı, I bina önem katsayısı, T yapının hâkim periyodu, $T_B$ spektrum karakteristik periyodu, $\alpha_s$ süneklik düzeyi yüksek perdelerin tabanında elde edilen kesme kuvvetleri toplamının binanın tümü için tabanda meydana gelen toplam

kesme kuvvetine oranı, BKKO bağ kirişi katkı oranı, $M_{pt}$ perde tabanındaki moment kapasitesi, $M_{dt}$ perde tabanındaki tasarım momentidir. Yılmaz (2014) tarafından perde-çerçeve sistemler için önerilen kesme kuvveti diyagramı Şekil 1.9 (b)'de verilmiş olup n kat yüksekliklerinin ortalamasını göstermektedir.

$$\beta_v = 1 + \frac{(R/2)\psi}{M_{pt}/M_{dt}\, I}(1 - 0{,}1(T - 4T_B\psi)^2)$$
$$\psi = \alpha_s \qquad \text{perde ve perde + çerçeve sistemler} \qquad (1.18)$$
$$\psi = 1 - \text{BKKO} \quad \text{bağ kirişli perdeler}$$

Şahin (2015), kat adedinin ve davranış katsayının yanı sıra perde yüksekliğinin plandaki uzunluğuna oranını ($H_w/l_w$=3, 5, 7, 10 ve 12) değişken olarak göz önüne almıştır. DBYBHY-2007 tarafından önerilen dinamik büyütme katsayısının, $H_w/L_w$=3 olan perdeler dışında aşıldığını tespit etmiştir. Analiz sonuçları üzerinde regresyon analizi gerçekleştirerek dinamik büyütme katsayısını hâkim periyoda (T), eğilmeden kaynaklanan dayanım fazlalığı katsayısına (Ø) ve $H_w/L_w$ oranına bağlı olarak önermiştir (Denklem 1.19). Perde yüksekliği boyunca önermiş olduğu kesme kuvveti diyagramı Şekil 1.9 (c)'de verilmiştir.

$$\beta_v = 0{,}90\left[\left(\left(H_w/L_w\right)^{0{,}10} + T^{0{,}07}\right)/\phi^{0{,}25}\right] \qquad (1.19)$$

Kazaz ve Gülkan (2016), farklı perde oranına sahip perde-çerçeve sistemleri temsil eden modeller oluşturmuş ve lineer regresyon tekniği ile dinamik büyütme katsayısının hesabı için aşağıda verilen bağıntıyı önermişlerdir (Denklem 1.20). Perde oranını ifade eden plandaki toplam perde alanının bina oturma alanına oranı için %0,2-2 aralığında değerler kullanmışlardır. Çalışmada kat sayısının (N) ve dayanım azaltma katsayısının (R) fonksiyonu olarak önerilen dinamik büyütme katsayısının, 12 katlı ve periyodu 1.5 saniye kadar olan binaları kapsadığı belirtilmiştir.

$$\begin{aligned} \beta_v &= 0{,}95 + 0{,}01N + 0{,}1R \qquad R > 2 \\ \beta_v &= 1 + (R-1)(0{,}15 + 0{,}01N) \qquad R \le 2 \end{aligned} \qquad (1.20)$$

# 2. BETONARME PERDELERİN YATAY YÜKLER ALTINDAKİ DAVRANIŞI

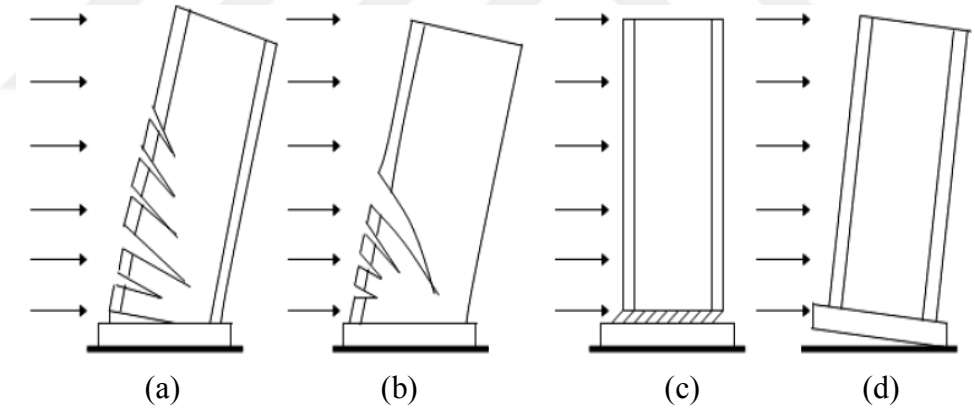
Betonarme perdeler, depreme dayanıklı yapı tasarımında statik açıdan sıklıkla tercih edilen yük taşıyıcı düşey elemanlardır. Kat planında uygun şekilde yerleştirilen perde duvarlar orta şiddetli depremlerde yapısal olmayan hasarı sınırladıkları gibi şiddetli deprem etkisi altında yapı boyunca belirlenen bölgelerde plastik mafsal oluşumuna imkân tanıyarak toptan göçmeyi önlemektedir. Yapıda kat sayısı arttıkça betonarme perde kullanımı gerek ekonomik bir tasarım açısından gerekse de hasara sebebiyet verebilecek göreli kat ötelemelerinin sınırlandırılması bakımından kaçınılmaz hale gelmektedir. Yapıya etkiyecek yatay yüklerin ve bu yüklerden kaynaklanacak kesme kuvvetlerinin önemli bir bölümü perde duvarlar tarafından karşılanmaktadır. Bu bakımdan perde duvarların sismik etkiler altında sergileyeceği davranış, yapının genel davranışını ve yapıda oluşacak hasar durumunu doğrudan etkilemektedir (Darılmaz, 2012).

Modern deprem yönetmeliklerinde depreme dayanıklı yapı tasarımı, farklı yer hareketi düzeyleri altında bina taşıyıcı sistemlerinin hedeflenen performans düzeylerini sağlayabilmesi olarak tanımlanmıştır. Yeni yapılacak binalarda depreme dayanıklı tasarımın ana ilkesi; hafif şiddetteki depremlerde binalardaki yapısal ve yapısal olmayan elemanların hasar görmemesi, orta şiddetteki depremlerde yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda oluşabilecek hasarın sınırlı ve onarılabilir düzeyde kalması, şiddetli depremlerde can güvenliğinin sağlanması amacı ile binanın kısmen veya tamamen göçmesinin önlenmesi olarak verilmiştir. Depreme dayanıklı bina tasarımının kapasite tasarımı ilkeleri doğrultusunda gerçekleştirilmesi ilk olarak Yeni Zelanda Deprem Yönetmeliği'nde betonarme yapı sistemleri için yer almıştır (Paulay, 1970). Kapasite tasarımı ilkeleri zamanla betonarme ve çelik bina taşıyıcı sistemlerini kapsayacak şekilde diğer deprem yönetmeliklerinde de (Eurocode 8-2004, NZS 3101-2006) benimsenmiştir (Özer, 2007).

Kapasite tasarımının temel prensibi, taşıyıcı sistemde ve elemanlarda oluşacak güç tükenmesinin sünek olarak meydana gelmesinin sağlanmasıdır. Sismik etkiler altında oluşacak enerjinin, eğilme momenti taşıyan kritik bölgelerde elastik ötesi şekil değiştirmeler ile sönümlenmesi hedeflenmektedir. Hedeflenen davranış için de aderans çözülmesi, zımbalama, kesme kuvveti güç tükenmesi gibi sünek olmayan ve ani gelişen göçme modlarına ait kapasite arttırılmaktadır. Böylece taşıyıcı sistem yönetmelikte öngörülenin üstünde zorlandığında dahi elemanların taşıma kapasitelerine sünek bir davranışla ulaşması sağlanmaktadır (Celep ve Kumbasar, 2004). Bu ilkeler doğrultusunda yapılacak tasarımda deprem yüklerini karşılayacak bina taşıyıcı sisteminin ve sistemde yer alan elemanların yeterli dayanıma, rijitliğe ve sünekliğe sahip olması beklenmektedir. Betonarme perdeler, belirtilen kriterlerin sağlanması bakımından optimum çözüm sunmaktadır. Perde duvarlı binalar, hafif şiddetteki depremler altında deformasyonları önleme bakımından çerçeveli sistemlere nazaran daha rijit davranış sergilemektedirler. Orta şiddetteki depremler altında yapısal hasarı önleyecek dayanım ile şiddetli depremler altında hedeflenen sünek davranış, boyuna ve enine donatıları uygun bir şekilde düzenlenmiş perde duvarlar vasıtasıyla sağlanabilmektedir (Paulay ve Priestley, 1992).

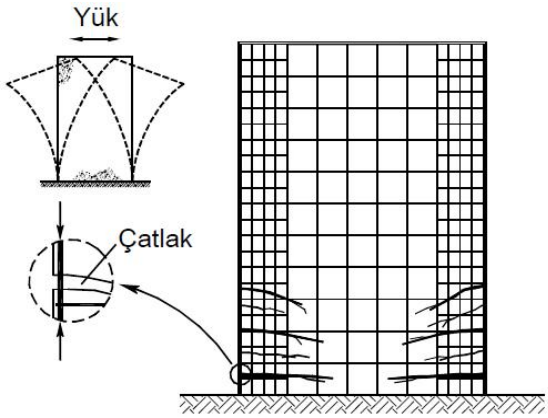
Perde duvarın bina devrilme momenti ve kat kesme kuvveti kapasitesine bulunacağı katkı ile burulma düzensizliğine yapacağı etki, enkesit şekline ve bina içindeki konumuna bağlı olarak değişmektedir. Perde duvarlar binanın dış çerçevesinde konumlandırıldığında bina burulmaya karşı daha dirençli olmaktadır. Dış duvarlar yeterli dayanım ve rijitlik sağlayamadığında ise binanın iç kısımlarına da perde duvarlar eklenmelidir. Perde duvarların yatay yük taşıma kapasitesi kendi düzlemleri içerisinde yüksek olduğundan, binanın her iki doğrultusunda rijitlik ve kütle merkezini birbirinden en az uzaklaştıracak şekilde yerleştirilmesi uygun olmaktadır. Yatay yükler altında bazı perde duvarlarda aşırı süneklik talebinden dolayı zorlamalar gerçekleşirken, diğer perde duvarlarda zorlamanın gerçekleşmediği bir durumun oluşmaması için elastik ötesi deformasyonların binanın tümüne eşit şekilde dağılacağı kat planı düzeni oluşturulmalıdır (Taranath, 2010). Ayrıca, deprem etkilerinin bir perdede yoğunlaşması durumu temel sistemini büyük yüklere maruz bırakacak ve ekonomik olmayan bir tasarım ortaya çıkacaktır.

Perde duvar tasarımında ön koşul eleman güç tükenmesine plastik mafsal bölgesinde eğilme momenti etkisi altında ulaşırken tüm yapısal sistemdeki dayanımı ve elastik ötesi şekil değiştirmeleri kontrol etmesi yönündedir. Perde duvarda hasarların, eğilme momenti ve kesme kuvvetinin maksimum değer aldığı perde duvar-temel birleşim bölgesinde yoğunlaşması beklenmektedir. Hedeflenen güç tükenmesi durumu eğilme donatısının akma durumuna erişmesi ile kesitte sünek türden bir kırılmanın oluşmasıdır (Şekil 2.1 (a)). Sünek kırılmanın haricinde perde duvarda oluşabilecek göçme biçimleri Şekil 2.1'de verilmiştir (Celep ve Kumbasar, 2004). Kesmenin davranışa hâkim olduğu durumda asal çekme gerilmelerine dik yönde oluşacak eğik çatlaklar, gevrek türden kırılma olan kayma güç tükenmesine neden olmaktadır (Şekil 2.1 (b)). Olası bir diğer hasar çeşidi, perde duvar-temel birleşiminde donatı aderansının oluşmaması veya kenetlenme boyunun küçük olması nedeniyle perdenin rijit kütle hareketi yaparak yatay düzlemde kaymasıdır (Şekil 2.1 (c)). Temelde devrilme momentinin karşılanamadığı durumda ise taşıyıcı sistemde devrilme meydana gelmektedir (Şekil 2.1 (d)).




Şekil 2.1. Perdede güç tükenmesi biçimleri (a) eğilme (b) kayma (c) toptan kayma (d) devrilme (Celep ve Kumbasar, 2004)

Yön değiştiren deprem etkilerine maruz kalan perde duvarlarda uç bölgeleri eğilme momenti etkisinde en fazla zorlanan kısımlar olmaktadır (Şekil 2.2). Etkiyen iç kuvvetler altında bu bölgedeki donatılarda kalıcı şekil değiştirmeler ortaya çıkmakta, betondaki çatlakların genişliği artmaktadır. Yükün kalkmasıyla çatlaklar tam olarak kapanmadığından yükün ters yönde etkimesiyle kesitteki beton basınç gerilmesi alamayacaktır. Tekrarlanan ve yön değiştiren yük etkisi altında kesitin her iki ucunda kapanmayan geniş çatlakların oluşması, perdenin kesme kuvveti aktarma kapasitesini de önemli ölçüde azaltacaktır (Darılmaz, 2012).




Şekil 2.2. Yön değiştiren yükler etkisinde perde davranışı (Darılmaz, 2012)

Depremlerden sonra yapılan araştırmalarda betonarme perde duvarlarda en çok rastlanan hasar türü asal çekme gerilmelerinden oluşan (x) şeklindeki çatlaklar olmuştur (Şekil 2.3). Perde duvarın uç bölgelerinde yapılacak uygun donatı konfigürasyonu bu hasara rağmen eğilme momenti taşınmasına imkân vermektedir (URL-1).

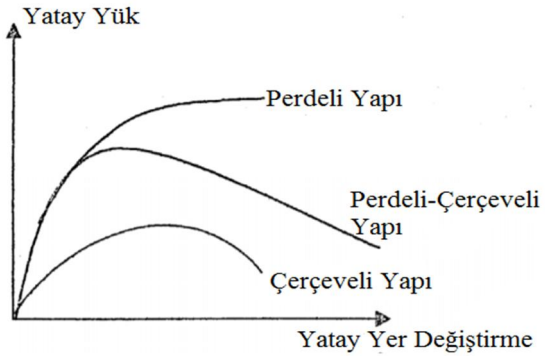


(a) (b)

Şekil 2.3. Depremde hasar görmüş perde duvarlar (a) 1992 Erzincan depremi (b) 1999 Düzce depremi (URL-1)

Bina tasarımında ilk olarak mimari şartların öngördüğü kısıtlamalar dâhilinde sismik ve rüzgâr yük etkileri dikkate alınarak en uygun performansı gösterecek yapısal sistem seçilmelidir. Deprem etkisi altındaki betonarme binaların taşıyıcı sistemleri çerçeveli, perde duvarlı ve perdeli-çerçeveli olarak tasarlanabilmektedir. Yatay yük etkileri altında bu üç taşıyıcı sistemin gösterdiği davranış birbirlerinden farklı olmaktadır. Bahsedilen sistemlerin yatay yük etkisi altında yapacakları yer değiştirmeler temsili olarak Şekil 2.4'te verilmiştir. Perdeli ve perdeli-çerçeve bina taşıyıcı sistemlerin

yatay yük taşıma kapasiteleri çerçeveli binalara göre daha yüksek olmaktadır. Dolu ve boşluklu perdeler ile perdeli-çerçeve sistemlerin yatay yükler altındaki davranışı sırasıyla incelenmiştir.

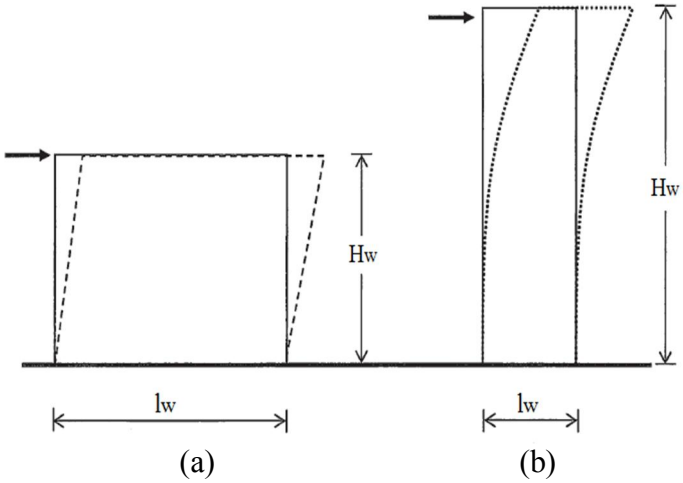



Şekil 2.4. Taşıyıcı sistemlerin yatay yük etkisi altındaki davranışları (Döndüren ve diğ., 2010)

## 2.1. Dolu Perdeler

Perde duvarlar, planda uzun kenarının kalınlığına oranı en az altı olan taşıyıcı sistem elemanlarıdır (TBDY-2018). Bu oran, DBYBHY-2007 ve ABYYHY-1998'de yedi iken ABYYHY -1975'te beş olarak verilmiştir. İşlevsel gereksinimler izin verdiğinde deprem kuvvetlerinin tamamı perde duvarlar ile karşılanabilmektedir. Tek başına kullanıldığında konsol kiriş davranışı gösteren perde duvarın narinliği nedeniyle ortaya çıkabilecek yanal burkulma tehlikesi taşıyıcı sistemde bulunan döşemelerin oluşturacağı rijitlik ile önlenmektedir. Perdeli sistemlerin elastik enerji tüketme kapasiteleri çerçeveli sistemlere göre daha yüksek iken elastik ötesi güç tüketme kapasiteleri ve süneklikleri ise daha düşük olmaktadır. Bu sebeple perde duvarlı yapılar, sünek betonarme çerçevelere kıyasla yanal yükler altında daha fazla dayanım sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır (Döndüren ve diğ., 2010).

Dolu gövdeli perdelerin davranışını belirleyen ana unsur perde yüksekliğinin perdenin plandaki uzunluğa oranı olmaktadır. Perde yüksekliğinin plandaki uzunluğuna oranının ($H_w/l_w$) küçük olduğu kısa perdelerde davranışa yüksek kirişlerde olduğu gibi kesme kuvveti hâkim olmaktadır. Kat sayısının artmasıyla uzun ve narin hale gelen binalarda perdeler, kesme kuvveti yerine eğilme momenti tarafından kontrol edilen düşey konsol gibi davranmaktadır. Yatay yük etkisindeki dolu gövdeli perdelerin davranışı Şekil 2.5'te verilmiştir.




Şekil 2.5. Yatay yük etkisindeki dolu gövdeli perdelerin davranışı (a) kısa perde duvar (b) narin perde duvar

Perde duvarlar yatay yüklerden kaynaklanan eğilme momenti ile kesme kuvvetine ve düşey yüklerden kaynaklanan eksenel kuvvete maruz kalmaktadır. Donatı oranları, her ülkeye özgü bina yönetmelik gereksinimlerine dayanmaktadır. Perde kesitine etkiyen eğilme momentinin büyük olması durumunda boyuna donatının büyük kısmı çekmeye çalışan uca yakın yerleştirilmektedir. Boyuna donatının perde uçlarında yoğunlaştırılması ile büyüyecek moment kolu, kesitin gerek taşıma kapasitesini gerekse de maksimum eğriliğini arttırmaktadır. Depremin tersinir davranışından ötürü donatının, uç bölgelerinin her birinde aynı oranda bulunması gerekmektedir. Devrilme momentinin ve eksenel kuvvetin en büyük değer aldığı perde tabanında sünekliği arttırmak için basınç bölgesindeki betonun sargılanması gerekmektedir. Narin perdeler gibi eğilme etkisindeki elemanların sünekliği, beton basınç bölgesindeki şekil değiştirme kapasitesinden önemli ölçüde etkilendiği için perde duvarın uçlarında yapılacak sargılama sismik yükler altındaki performansı olumlu yönde etkilemektedir. Bununla birlikte boyuna donatıların burkulmasını önlemek için yatay donatılara perde yüksekliği boyunca ihtiyaç duyulmaktadır (Celep, 2004). Perde kesitinde minimum oranda boyuna ve enine donatı kullanımı çatlak genişliğinin kontrol edilmesine de yardımcı olmaktadır (URL-2).

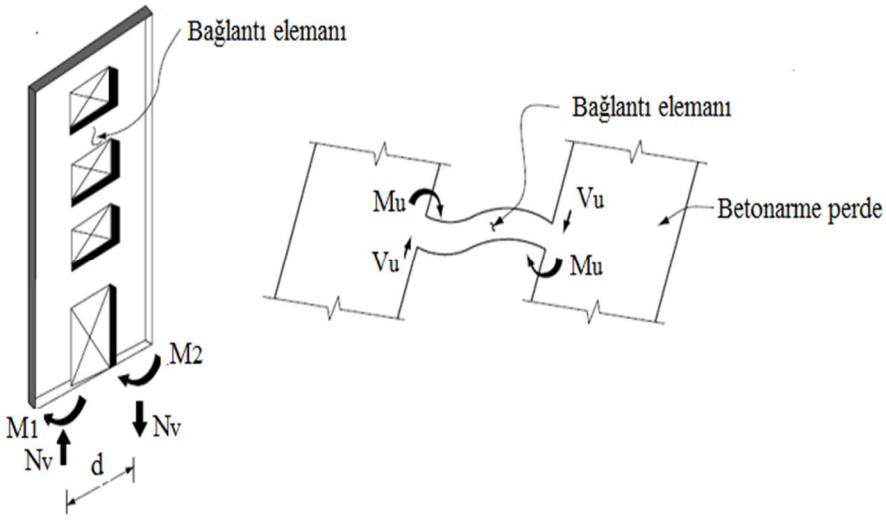
Perde duvarlar binalarda ayrık bulunabildikleri gibi çekirdek oluşturacak şekilde de tasarlanabilmektedirler. Çekirdek perdeler, çok katlı ofis ve konut binalarının taşıyıcı sistemlerinde yatay kuvvetleri karşılayacak ana bileşeni sağlamak üzere kullanılmaktadır. Asansör ve merdiven boşlukları çekirdek perde oluşumuna katkıda

bulunmakta olup çekirdeğin şeklini belirlemektedir. Bu sistemin avantajı her iki yönde kesme kuvveti ve eğilme momenti taşıması ile açıklıklar arasında bağ kirişleri kullanıldığında burulmaya karşı da dirençli olmalarıdır.

## 2.2. Boşluklu Perdeler

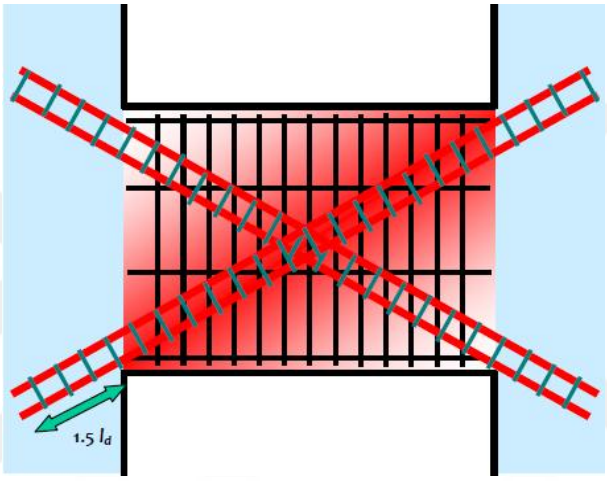
Perde duvarlarda, pencere ve tesisat gibi işlevsel ihtiyaçlardan dolayı boşlukların açılması gerekebilir. Perdeli sistemlerin özel bir hali olarak tasarlanan bu sistemlerde iki perde duvar, bağlantı elemanı olarak adlandırılan bağ kirişleri ile ya da döşemelerle birbirine bağlanmaktadır. Boşluklar gerek mimari sebeplerle gerekse de çözüm kolaylığı açısından katlarda sabit olacak şekilde düzenlendiğinde yüksek enerji tüketme kapasitesine sahip sünek bir davranış elde edilmektedir. Bu tür perdeler bağ kirişleri sayesinde dolu perdeler ile çerçeveler arasında bir davranış göstermektedir. Sisteme etkiyecek yükler altında perde parçalarında ve bağlantı elemanlarında oluşacak yükler Şekil 2.6'da verilmiştir. Boşluklu perdenin tabanında oluşacak devrilme momenti Denklem (2.1) ile hesaplanmaktadır. $M_1$ ve $M_2$ bağ kirişli perdeyi oluşturan perde parçalarının tabanında deprem etkisi altında elde edilen eğilme momentlerini, $N_v$ perde parçalarının tabanında oluşan birbirine eşit çekme ve basınç kuvvetlerini, $V_u$ bağ kirişinin ucunda oluşan kesme kuvvetini göstermektedir (Taranath, 2010).

$$M_{dev} = M_1 + M_2 + N_v d \tag{2.1}$$



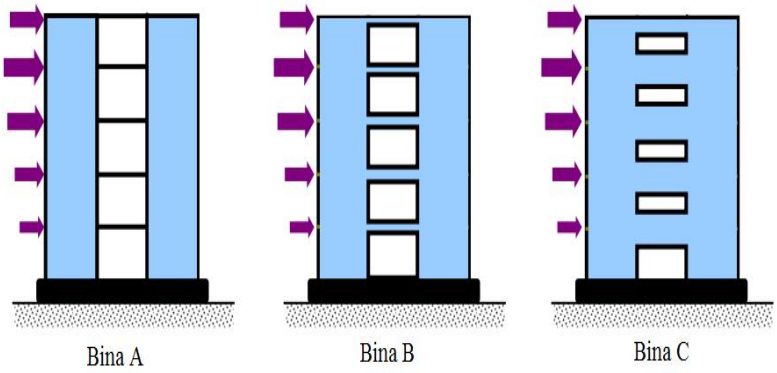

Şekil 2.6. Bağ kirişli perdede oluşan yükler (Taranath, 2010)

Perde duvarları birleştiren bağ kirişleri büyük süneklik talebine ve kesme kuvvetine maruz kalmaktadır. Bu tür elemanlarda kesme kuvvetini ve onun oluşturduğu eğilme momentini karşılamak için çapraz donatı kullanarak önlem alınmalıdır (Şekil 2.7). Çapraz donatı, tersinir deprem etkisindeki kirişte yük taşıma kapasitesini ve sünekliği arttırmaktadır. Çapraz donatı demetlerinde en az 4 adet donatı bulunmalı ve bu donatılar perde parçalarının içine doğru kenetlenme boyunun 1,5 katından az olmayacak şekilde uzatılmalıdır. Donatı demetleri boydan boya özel deprem etriyeleri ile sargılanmalıdır (TBDY-2018).




Şekil 2.7. Bağ kirişlerinde çapraz donatı düzenlemesi (Murty ve diğ., 2012)

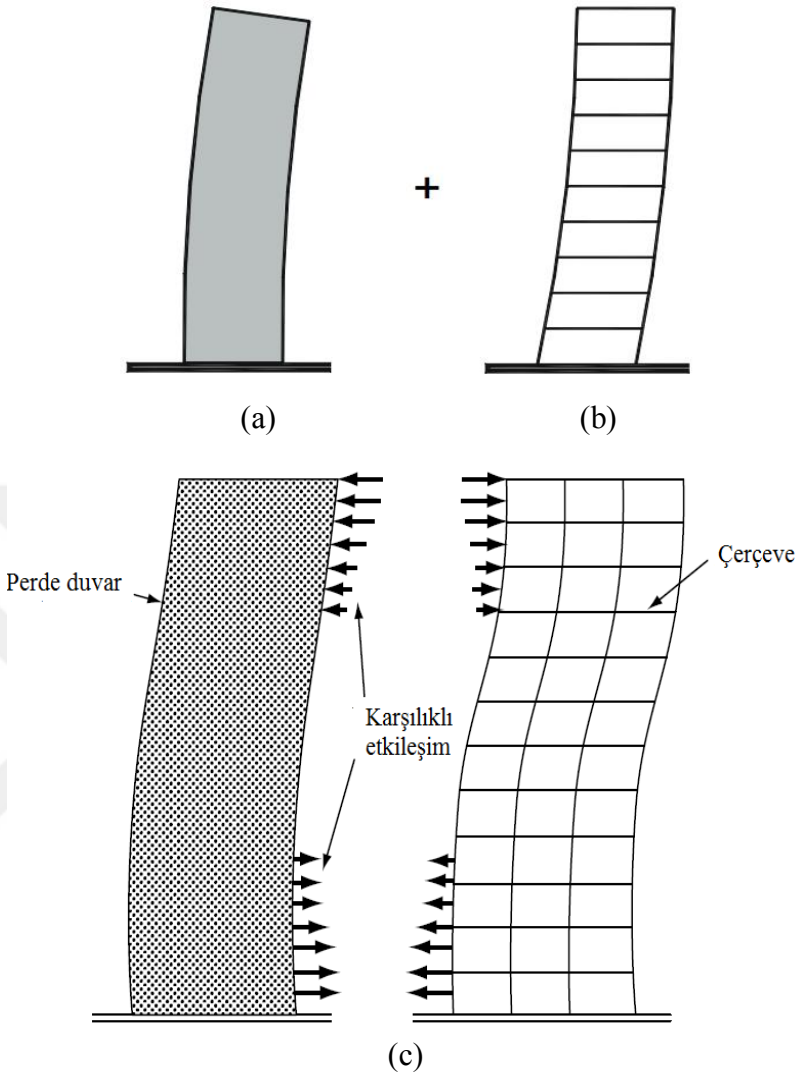
Perde duvarda açılan özellikle büyük boşluklar yük akışını etkilemekte ve binanın yapısal davranışını değiştirmektedir. Şekil 2.8'de verilen bina A'da orta bölme tamamen açık olup kirişler uçlarda büyük moment taleplerine maruz kalmakta ve yanal ötelenme bina B ve bina C'ye göre büyük olmaktadır. Boşluğun büyük olması durumunda bağ kirişleri yeterli sünekliğe sahip olacak şekilde tasarlanmalıdır. Boşluktaki azalma ile bir başka deyişle bağ kirişlerinin derinliğinin artmasıyla (bina B) yanal ötelenme azalmakta ve bağ kirişlerindeki hâkim davranış eğilmeden kesmeye değişmektedir. Bu tip bağ kirişlerinde kesme kuvvetini karşılamak üzere etriye ve sargılanmış çapraz donatı kullanılmalıdır. Çok küçük açıklıklarda (bina C), perde duvarda daha homojen gerilme dağılımı elde edilir. Bağ kirişlerinin yüksekliğinin dolayısıyla rijitliğinin artmasıyla birlikte boşluklu perde davranışı dolu perde davranışına yaklaşmaktadır (Murty ve diğ., 2012).




Şekil 2.8. Perdede boşluk türleri (Murty ve diğ., 2012)

## 2.3. Perdeli-Çerçeve Sistemler

Bu sistemlerde perde duvarlar ve çerçeveler etkileşime girerek yatay kuvvetlere karşı direnci birlikte sağlarken her bir sistem üzerine düşen düşey yükü taşımaktadır. Perde ve çerçeve sistemlerin yatay yük altındaki farklı davranışlarından kaynaklanan etkileşim, yapılarda yer değiştirmeleri azaltma bakımından etkin ve ekonomik bir çözüm sunmaktadır. Sistem geniş bir uygulama alanına sahip olup 50 kata kadar olan binalar için kullanılmaktadır. Yatay yük etkisinde perde konsol olarak eğilmeye çalışırken çerçevenin yatay yer değiştirmesinde kat kesme kuvvetleri etkili olmaktadır. Perde duvarda yatay yer değiştirmenin eğimi temelden üst katlara doğru ilerledikçe artma eğilimindedir. Buna karşılık çerçevede göreli kat ötelemeleri taban bölgesinde büyük olup üst katlara doğru perde davranışına nazaran azalmaktadır (Şekil 2.9). Bu iki sistem, yanal deplasman özelliklerindeki farklılıklar ile birbirlerine yardımcı olmaktadır. Çerçeve perde duvarı binanın üst kısımlarında geri çekerken alt katlarda ileri doğru itme eğilimindendir. Dolayısıyla, çerçeve üst katlarda perde duvarın yanal yer değiştirmesini azaltırken perde duvar taban bölgesinde çerçevenin hareketini sınırlandırmaktadır. Sonuç olarak çerçeve kesme kuvvetinin nispeten zayıf olduğu binanın üst kısımlarında daha etkin bir rol üstlenirken perde duvar binanın alt katlarında kesme kuvvetinin büyük bir kısmını karşılamaktadır. Çerçeve ve perde duvarın birlikte kullanıldığı taşıyıcı sistemlerin ötelenmesi hem eğilme hem de kayma davranışı etkisinde olmaktadır. Şekil 2.10 (c)'de yatay yüklere maruz kalan bir perdeli-çerçeve sistemin davranışı verilmiş olup okların uzunluğu etkileşimin seviyesini şematik olarak göstermektedir. Bu iki sistemin rijit diyafram ile bağlanmasıyla aralarında oluşan üniform olmayan kesme kuvveti etkileşimi ekonomik bir yapısal sisteme imkân tanımaktadır (Taranath, 2010).




Şekil 2.9. Yatay yük etkisindeki davranış (a) Perde davranışı (b) çerçeve davranışı (c) perdeli-çerçeve sistem davranışı (Taranath, 2010)

# 3. TBDY-2018 ESASLARI DOĞRULTUSUNDA BETONARME PERDE TASARIMI

Türk Bina Deprem Yönetmeliği 2018'in (TBDY-2018) kapsamı önceki yönetmeliklere göre (DBYBHY-2007, ABYYHY-1998) genişletilmiş olup ön üretimli betonarme, hafif çelik ve ahşap taşıyıcı sistemlerin, yüksek yapı sınıfına giren binaların ve deprem yalıtımı uygulanacak binaların tasarım esaslarına ilk defa yer verilmiştir. Getirilen yeniliklerden biri de deprem bölgesi kavramının ortadan kalkmasıyla birlikte deprem tehlikesinin coğrafi koordinata bağlı olarak belirlenmesi olmuştur. 1996 yılında yayınlanan ve DBYBHY-2007'nin de temelini oluşturan bölge esaslı Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası (TDBH), Türkiye'yi 5 farklı deprem bölgesine ayırmakta olup haritada yer alan bölgelerdeki deprem tehlikesi maksimum yer ivmesi (PGA) cinsinden tanımlanmıştır. Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası (TDBH), AFAD tarafından güncellenmiş ve Türkiye Deprem Tehlike Haritası (TDTH), TBDY-2018 ile birlikte yayınlanmıştır. Güncellenen haritayla birlikte deprem tehlikesi spektral ivmeler cinsinden dikkate alınmaktadır (Sucuoğlu, 2019). Harita spektral ivme katsayıları $S_s$ ve $S_1$, deprem yer hareketi düzeyine ve coğrafi koordinata bağlı olarak elde edilmektedir.

## 3.1. Deprem Yer Hareketi Düzeyleri

Binaya tabandan etkiyerek atalet kuvvetlerinin doğmasına neden olan sismik hareketler karmaşık bir yapıda olup binada oluşturacağı etkiler birbirine benzememektedir. Tasarıma esas deprem etkileri, yapının inşa edileceği bölgede geçmişte meydana gelen depremlerin istatistiksel olarak değerlendirilmesi ile tanımlanmaktadır. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018'de (TBDY-2018) farklı performans hedefleri için dört farklı deprem yer hareketi düzeyi tanımlanmıştır. TBDY-2018'de spektral büyüklüklerin aşılma olasılığına ve buna karşı gelen tekrarlanma periyoduna bağlı olarak tanımlanan deprem yer hareketi düzeyleri aşağıda açıklanmıştır;

• Deprem Yer Hareketi Düzeyi-1 (DD-1), binaların maruz kalabileceği en büyük ve çok seyrek deprem yer hareketini ifade etmektedir. DD-1 için spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığı %2, buna karşı gelen dönüş periyodu ise 2475 yıldır.

• Deprem Yer Hareketi Düzeyi-2 (DD-2), binaların servis ömürleri boyunca meydana gelebilme olasılığı seyrek olan standart tasarım deprem yer hareketini ifade etmektedir. DD-2 için spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığı %10, buna karşı gelen dönüş periyodu ise 475 yıldır.

• Deprem Yer Hareketi Düzeyi-3 (DD-3), binaların servis ömürleri boyunca meydana gelebilmesi olasılığı sık olan deprem yer hareketini ifade etmektedir. DD-1 için spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığı %50, buna karşı gelen dönüş periyodu ise 72 yıldır.

• Deprem Yer Hareketi Düzeyi-4 (DD-4), binaların servis ömürleri boyunca meydana gelebilmesi olasılığı çok sık olan deprem yer hareketini ifade etmektedir. DD-4 için spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığı %68 (30 yılda aşılma olasılığı %50), buna karşı gelen dönüş periyodu ise 43 yıldır.

### 3.2. Tasarım Spektrumu

Dört farklı yer hareketi düzeyi için kısa doğal titreşim periyoduna ve 1,0 saniyelik doğal titreşim periyoduna karşılık gelen harita spektral ivme katsayıları $S_S$ ve $S_1$, referans zemin koşulu $(V_S)_{30}$=760 m/sn esas alınarak %5 sönüm oranı için boyutsuz olarak tanımlanmıştır. Harita spektral ivme katsayıları $S_S$ ve $S_1$, Denklem (3.1) ile tasarım spektral ivme katsayılarına dönüştürülmektedir. $F_S$ ve $F_1$, sırasıyla kısa periyot bölgesi ve 1.0 saniye periyot için yerel zemin etki katsayılarını göstermekte olup yerel zemin sınıflarına bağlı olarak TBDY-2018'de verilmiştir.

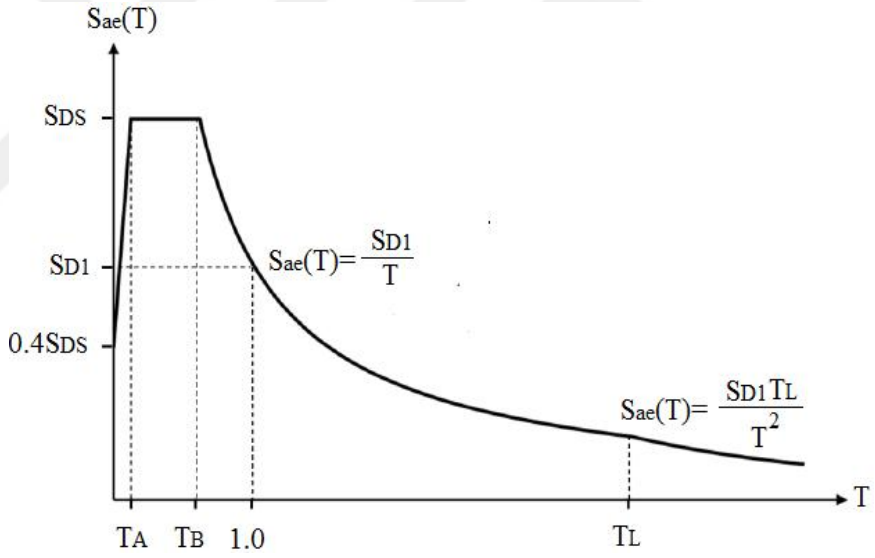
$$S_{DS}=S_S F_S$$
$$S_{D1}=S_1 F_1 \qquad (3.1)$$

Yatay elastik tasarım spektrumunun ordinatı olan yatay elastik tasarım spektral ivmesi $S_{ae}(T)$, doğal titreşim periyoduna (T) bağlı olarak Denklem (3.2) ile yerçekimi ivmesi (g) cinsinden hesaplanmaktadır.

$$
\begin{aligned}
S_{ae}(T) &= \left(0{,}4+0{,}6\frac{T}{T_A}\right)S_{DS} && 0 \le T \le T_A \\
S_{ae}(T) &= S_{DS} && T_A \le T \le T_B \\
S_{ae}(T) &= \frac{S_{D1}}{T} && T_B \le T \le T_L \\
S_{ae}(T) &= \frac{S_{D1}T_L}{T^2} && T_L \le T
\end{aligned}
\tag{3.2}
$$

Sabit yer değiştirme bölgesine geçiş periyodu $T_L$=6 saniye olarak verilmiştir. Spektrum köşe periyotları olan $T_A$ ve $T_B$, Denklem (3.3)'teki gibi hesaplanmaktadır. Yatay elastik ivme spektrumu Şekil 3.1'de verilmiştir.

$$
T_A = 0{,}2\frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad ; \quad T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \tag{3.3}
$$




Şekil 3.1. Yatay elastik tasarım spektrumu (TBDY-2018)

### 3.3. Binaların Deprem Tasarımı İçin Genel Esaslar

TBDY-2018'de binaların performans hedefinin ve tasarım yaklaşımının belirlenebilmesi için yapılan sınıflamalar şunlardır: Bina kullanım sınıfı (BKS), deprem tasarım sınıfı (DTS) ve bina yükseklik sınıfı (BYS). Bina kullanım sınıfı (BKS), bina önem katsayısına (I) bağlı olarak verilmiştir. Deprem tasarım sınıfı (DTS), bina kullanım sınıfı (BKS) ve kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı ($S_{DS}$) kullanılarak belirlenmektedir. Binalar yükseklik bakımından sekiz sınıfa ayrılmıştır.

Bina yükseklik sınıfları (BYS) ve bu sınıflara karşı gelen bina yükseklik aralıkları deprem tasarım sınıflarına bağlı olarak (DTS) tanımlanmıştır (Tablo 3.1).

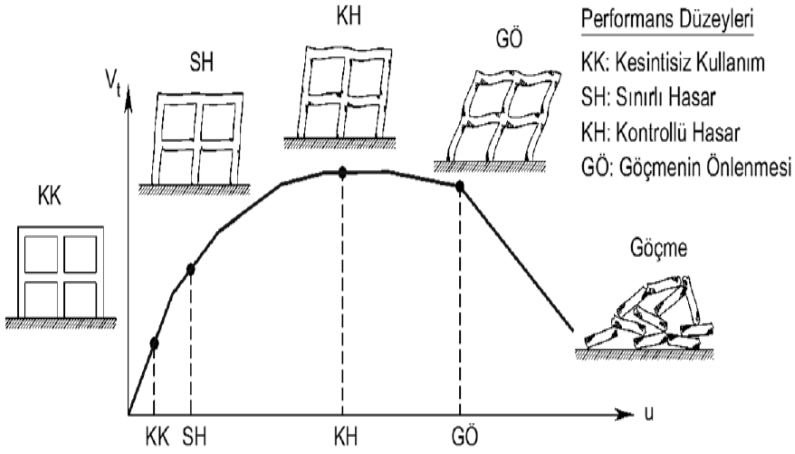
Tablo 3.1 Tasarım parametreleri (TBDY-2018)

| Bina Kullanım Sınıfı (BKS) |
|---|
| I=1,5 ; BKS=1 |
| I=1,2 ; BKS=2 |
| I=1,0 ; BKS=3 |

| $S_{DS}$ | BKS=1 | BKS=2, 3 |
|---|---|---|
| $S_{DS}$<0,33 | DTS=4a | DTS=4 |
| 0.33≤$S_{DS}$<0,50 | DTS=3a | DTS=3 |
| 0.50≤$S_{DS}$<0,75 | DTS=2a | DTS=2 |
| 0,75≤$S_{DS}$ | DTS=1a | DTS=1 |

| Bina Yükseklik Sınıfı | Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Tanımlanan Bina Yükseklik Aralıkları [m] | | |
|---|---|---|---|
| | DTS = 1, 1a, 2, 2a | DTS = 3, 3a | DTS = 4, 4a |
| BYS = 1 | H > 70 | H > 91 | H > 105 |
| BYS = 2 | 56 < H ≤ 70 | 70 < H ≤ 91 | 91 <H ≤ 105 |
| BYS = 3 | 42 < H ≤ 56 | 56 < H ≤ 70 | 56 < H ≤ 91 |
| BYS = 4 | 28 < H ≤ 42 | 42 < H ≤ 56 | |
| BYS = 5 | 17,5 < H ≤ 28 | 28 < H ≤ 42 | |
| BYS = 6 | 10,5 < H ≤ 17,5 | 17,5 < H ≤ 28 | |
| BYS = 7 | 7 < H ≤ 10,5 | 10,5 < H ≤ 17,5 | |
| BYS = 8 | H ≤ 7 | H ≤ 10,5 | |

TBDY-2018'de dört farklı performans düzeyi, deprem etkisi altında meydana gelmesi beklenen hasara bağlı olarak tanımlanmıştır. Kesintisiz kullanım (KK) performans düzeyi, yapısal elemanlarda hasarın meydana gelmemesi veya ihmal edilebilir düzeyde kalması durumudur. Sınırlı hasar (SH) performans düzeyi, yapısal elemanlarda doğrusal olmayan davranışın ve hasarın sınırlı düzeyde kaldığı duruma karşı gelmektedir. Kontrollü hasar (KH) performans düzeyi, yapısal elemanlarda belirgin ve çoğunlukla onarılabilir düzeyde hasarın meydana gelmesine izin verilen performans düzeyi olarak tanımlanmıştır. Göçmenin önlenmesi (GÖ) performans düzeyi, göçme öncesinde meydana gelen ileri derecedeki yaygın hasarı temsil etmektedir. Bu performans düzeyinde binanın kısmen veya tamamen göçmesi önlenmiştir (Şekil 3.2).




Şekil 3.2. Bina performans düzeyleri (Darılmaz, 2018)

TBDY-2018'de deprem etkisi altındaki bina taşıyıcı sistemlerinin tasarımı ve değerlendirilmesi için iki ana yaklaşım önerilmiştir: Dayanıma Göre Tasarım (DGT) ve Şekil Değiştirmeye Göre Değerlendirme ve Tasarım (ŞGDT). Yeni yapılacak betonarme binalar ile mevcut betonarme binalar için performans hedefleri ve uygulanacak tasarım/değerlendirme yaklaşımları, deprem tasarım sınıfına ve deprem yer hareketi düzeyine bağlı olarak Tablo 3.2-3.3'te verilmiştir.

Tablo 3.2 Yeni yapılacak yerinde dökme betonarme, ön üretimli betonarme ve çelik binalar için performans hedefleri ve değerlendirme/tasarım yaklaşımları (BYS≥2)

| Deprem Yer Hareketi Düzeyi | DTS = 1, 1a[(1)], 2, 2a[(1)], 3, 3a, 4, 4a | | DTS = 1a[(2)], 2a[(2)] | |
|---|---|---|---|---|
| | Normal Performans Hedefi | Değerlendirme/ Tasarım Yaklaşımı | İleri Performans Hedefi | Değerlendirme/ Tasarım Yaklaşımı |
| DD-3 | - | - | SH | ŞDGT |
| DD-2 | KH | DGT | KH | DGT[(3,4)] |
| DD-1 | - | - | KH | ŞGDT |

Tablo 3.3 Mevcut yerinde dökme betonarme, ön üretimli betonarme ve çelik binalar (Yüksek binalar dışında – BYS≥2)

| Deprem Yer Hareketi Düzeyi | DTS = 1, 2, 3, 3a, 4, 4a | | DTS = 1a, 2a | |
|---|---|---|---|---|
| | Normal Performans Hedefi | Değerlendirme/ Tasarım Yaklaşımı | İleri Performans Hedefi | Değerlendirme/ Tasarım Yaklaşımı |
| DD-3 | - | - | SH | ŞDGT |
| DD-2 | KH | ŞGDT | - | - |
| DD-1 | - | - | KH | ŞGDT |

### 3.4. Dayanıma Göre Tasarım

Ülkemizde kullanılmakta olan yöntemlerin başında gelen bu tasarım yaklaşımıyla taşıyıcı sistemlerin doğrusal elastik analizleri, elastik ötesi sünek davranış dikkate alınarak azaltılmış olan eşdeğer deprem kuvvetleri altında gerçekleştirilmektedir. Taşıyıcı elemanların kapasitesinin etkiyen talep kuvvetlerini karşılaması ve göreli kat ötelemelerinin yönetmelikte öngörülen sınırı sağlaması koşullarının gerçekleşmesiyle tasarım tamamlanmaktadır.

Tez kapsamında ele alınan süneklik düzeyi yüksek betonarme perdeli çerçeve taşıyıcı sistemler için TBDY-2018'de önerilen taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R), dayanım fazlalığı katsayısı (D) ve izin verilen bina yükseklik sınıfı (BYS) Tablo 3.4'te verilmiştir.

Tablo 3.4. Taşıyıcı sistem davranış katsayısı, dayanım fazlalığı katsayısı ve izin verilen bina yükseklik sınıfı

| Bina Taşıyıcı Sistemi | R | D | BYS |
|---|---|---|---|
| Deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar | 7 | 2,5 | BYS ≥ 2 |

Akma dayanımının tasarım dayanımına oranla fazlalığını ifade eden dayanım fazlalığı katsayısı (D), taşıyıcı sistem elemanlarının sünek olmayan davranışına karşı gelen azaltılmış iç kuvvetlerin büyütülmesinde kullanılan bir çarpandır. Doğrusal elastik deprem yüklerinin azaltılmasında kullanılan deprem yükü azaltma katsayısının ($R_a$) hesabı Denklem (3.4)'te verilmiştir.

$$R_a(T) = \frac{R}{I} \qquad T > T_B$$
$$R_a(T) = D + (\frac{R}{I} - D)\frac{T}{T_B} \qquad T \le T_B \tag{3.4}$$

Taşıyıcı sistem elemanlarının tasarımında esas alınacak yük birleşimleri Denklem (3.5)'te verilmiştir. Yatayda birbirine dik (X) ve (Y) doğrultularında tanımlanan deprem etkileri Denklem (3.6)'daki gibi birleştirilmektedir.

$$\begin{aligned} &G+Q+0,2S+E_d^{(H)}+0,3E_d^{(Z)} \\ &0,9G+H+E_d^{(H)}-0,3E_d^{(Z)} \end{aligned} \tag{3.5}$$

$$\begin{aligned} E_d^{(H)} &= \pm E_d^{(X)} \pm 0,3E_d^{(Y)} \\ E_d^{(H)} &= \pm 0,3E_d^{(X)} \pm E_d^{(Y)} \end{aligned} \tag{3.6}$$

Düşey deprem etkisi $E_d^{(Z)}$, Denklem (3.7) ile yaklaşık olarak hesaplanabilmektedir. Düşey deprem etkisinin yaklaşık olarak hesaplanabileceği binaların kapsamı TBDY-2018 Madde 4.4.3.1'de verilmiştir.

$$E_d^{(Z)} \approx (2/3)S_{DS}G \tag{3.7}$$

Denklem (3.5)-(3.7)'de yer alan ifadelerden G sabit yük etkisini, Q hareketli yük etkisini, S kar yükü etkisini, $E_d^{(H)}$ yatay deprem etkisini, $E_d^{(Z)}$ düşey deprem etkisini ve H yatay zemin itkisini göstermektedir.

TBDY-2018'de binaların dayanıma göre tasarımı kapsamında kullanılacak hesap yöntemleri "Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi" ve "Modal Hesap Yöntemleri" olarak verilmiştir. Modal Hesap Yöntemleri, deprem spektrumu ile hesaba dayalı mod birleştirme yöntemi ve zaman tanım alanında hesaba dayalı mod toplama yöntemi olup DGT kapsamında değerlendirilebilecek binaların tümünün deprem hesabında kullanılabilmektedir.

### 3.4.1. Eşdeğer deprem yükü yöntemi

Eşdeğer deprem yükü yöntemi ile binaya etkiyecek toplam deprem yükünün (X) ve (Y) deprem doğrultuları için hesabı gerçekleştirilmektedir. Binanın tümüne etkiyen toplam eşdeğer deprem yükünün (taban kesme kuvveti, $V_{tE}^{(X)}$) hesabı göz önüne alınan (X) deprem doğrultusu için Denklem (3.8) ile verilmiştir.

$$V_{tE}^{(X)} = m_t S_{aR}(T_p^{(X)}) \geq 0.04 m_t I S_{DS} g \tag{3.8}$$

Burada $m_t$ binanın toplam kütlesini, $S_{aR}(T_p^{(X)})$ binanın hakim doğal titreşim periyodu $T_p^{(X)}$ göz önüne alınarak hesaplanan azaltılmış tasarım spektral ivmesini, $S_{DS}$ kısa

periyot tasarım spektral ivme katsayısını göstermektedir. Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabileceği binalar, bina yükseklik sınıfına ve deprem tasarım sınıfına bağlı olarak Tablo 3.5'te verilmiştir.

Tablo 3.5. Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabileceği binalar

| Bina Türü | İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfı | |
|---|---|---|
| | DTS = 1, 1a, 2, 2a | DTS = 3, 3a, 4, 4a |
| Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} \leq 2,0$ koşulunu sağladığı ve ayrıca B2 türü düzensizliğinin olmadığı binalar | BYS ≥ 4 | BYS ≥ 5 |
| Diğer tüm binalar | BYS ≥ 5 | BYS ≥ 6 |

Toplam eşdeğer deprem yükünün binanın en üst katına etkiyen ek eşdeğer deprem yükü ($\Delta F_{NE}^{(X)}$) dışında kalan kısmı bina katlarına Denklem (3.9) ile dağıtılmaktadır. Burada, $F_{iE}^{(X)}$ i. kata etkiyen eşdeğer deprem yükü, $m_i$ i. katın toplam kütlesi, $H_i$ i. katın yüksekliği ve N binanın bodrum katlarının üstündeki toplam kat sayısıdır.

$$F_{iE}^{(X)} = (V_{tE}^{(X)} - \Delta F_{NE}^{(X)}) \frac{m_i H_i}{\sum_{j=1}^{N} m_j H_j} \qquad (3.9)$$

$$\Delta F_{NE}^{(X)} = 0,0075\, N\, V_{tE}^{(X)}$$

Deprem yükü hesabında kullanılan binanın toplam kütlesi $m_t$, Denklem (3.10) ile hesaplanmaktadır. Verilen denklemde $m_i$, binanın i. katının toplam kütlesi olmaktadır.

$$m_t = \sum_{i=1}^{N} m_i \qquad (3.10)$$

### 3.4.2. Mod birleştirme yöntemi

Bu yöntemde maksimum iç kuvvetler ve yer değiştirmeler, verilen bir deprem doğrultusunda tasarım spektrumu dikkate alınarak hesaplanan yeterli sayıda doğal titreşim moduna ait maksimum katkıların istatiksel olarak birleştirilmesi ile elde edilmektedir. Dikkate alınması gereken yeterli titreşim modu sayısı (YM), birbirine dik yatay deprem doğrultularında her bir mod için hesaplanan etkin kütlelerin toplamının bina toplam kütlesinin %95'inden daha az olmaması kuralına göre

belirlenmektedir (Denklem 3.11). Katkısı %3'ten büyük olan bütün modların dikkate alınması gerektiği TBDY-2018'de belirtilmiştir.

$$\sum_{n=1}^{YM} m_{txn}^{(X)} = 0{,}95 m_t \quad ; \quad \sum_{n=1}^{YM} m_{tyn}^{(Y)} = 0{,}95 m_t \tag{3.11}$$

Dikkate alınan titreşim modu sayısı için hesaplanan ancak eş zamanlı olmayan en büyük modal davranış büyüklükleri istatistiksel olarak birleştirilmektedir. Göz önüne alınan m'inci ve n'inci doğal titreşim periyotlara ait oranın tüm modlar için $T_m/T_n<0{,}8$ koşulunu sağlaması durumunda mod katkılarının birleştirilmesi karelerin toplamının karekökü (SRSS) kuralı ile yapılabilmektedir. Belirtilen koşulun sağlanamaması durumunda tam karesel birleştirme (CQC) kuralı uygulanmaktadır.

Azaltılmış tasarım spektrumunun ordinatı olan azaltılmış tasarım spektral ivmesi $S_{aR}(T_n)$, herhangi bir n'inci titreşim modunda Denklem (3.12) ile belirlenmektedir.

$$S_{aR}(T_n) = \frac{S_{ae}(T_n)}{R_a(T_n)} \tag{3.12}$$

Herhangi bir deprem doğrultusu için eşdeğer taban kesme kuvveti büyütme katsayısının ($\beta_{tE}^{(X)}$) birden büyük olması durumunda (Denklem 3.13), modal hesap yöntemlerinden biri ile elde edilen azaltılmış iç kuvvet ve yer değiştirme büyüklüklerinin bu katsayı ile çarpılarak büyütülmesi gerekmektedir. Denklem (3.13)'te yer alan ifadelerden $V_{tx}^{(X)}$ modal hesap yöntemlerinden biri ile hesaplanan toplam deprem yükünü, $V_{tE}^{(X)}$ eşdeğer deprem yükü yöntemi ile hesaplanan toplam eşdeğer deprem yükünü, $\gamma_E$ ampirik katsayıyı göstermektedir.

$$\beta_{tE}^{(X)} = \frac{\gamma_E V_{tE}^{(X)}}{V_{tx}^{(X)}} \geq 1 \tag{3.13}$$

### 3.4.3. Etkin göreli kat ötelemelerinin hesaplanması

Azaltılmış göreli kat ötelemesi ($\Delta_i$), herhangi bir kolon veya perde uçlarında azaltılmış deprem yüklerine göre hesaplanan yatay yer değiştirmelerin ardışık iki kat

arasındaki farkını ifade etmektedir (Denklem 3.14). Etkin göreli kat ötelemesi ( $\delta_i$ ), binanın i'inci katındaki kolon veya perdeler için Denklem (3.15) ile elde edilmektedir.

$$\Delta_i = u_i - u_{i-1} \tag{3.14}$$

$$\delta_i = \frac{R}{I}\Delta_i \tag{3.15}$$

Etkin göreli kat ötelemesinin kat içindeki en büyük değerinin sağlaması gereken koşullar Denklem (3.16) ve (3.17)'de verilmiştir. Gevrek malzemeden yapılmış boşluklu ve boşluksuz dolgu duvarlar çerçeve elemanlarına, aralarında herhangi bir esnek derz veya bağlantı olmaksızın, tamamen bitişik olduğu takdirde sağlanması gereken koşul Denklem (3.16)'da verilmiştir. Dolgu duvarlar ile çerçeve elemanların arasında esnek derzler yapılması veya duvar elemanın çerçeveden bağımsız olması durumunda sağlanması gereken koşul Denklem (3.17)'de yer almaktadır. κ katsayısı betonarme binalar için 1, çelik binalar için 0,5 olarak verilmiştir. λ katsayısı, göz önüne alınan deprem doğrultusunda binanın hakim periyodu için deprem yer hareketi düzeyi-3'e (DD3) göre hesaplanan tasarım spektral ivmesinin deprem yer hareketi düzeyi-2'ye (DD2) göre hesaplanan tasarım spektral ivmesine oranıdır.

$$\lambda\frac{\delta_{i,max}}{h_i} \le 0,008\kappa \tag{3.16}$$

$$\lambda\frac{\delta_{i,max}}{h_i} \le 0,016\kappa \tag{3.17}$$

### 3.5. Süneklik Düzeyi Yüksek Perdeler

TBDY-2018'de perdeler, planda uzun kenarının kalınlığına oranı en az 6 olan düşey taşıyıcı sistem elemanları olarak tanımlanmıştır. Süneklik düzeyi yüksek perdelerin net enkesit alanı ($A_c$) ile ilgili verilen koşul Denklem (3.18)'de yer almaktadır. $N_{dm}$, düşey ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında (G+Q+E) hesaplanan eksenel basınç kuvvetlerinin en büyüğüdür.

$$A_c \geq \frac{N_{dm}}{0,35f_{ck}} \tag{3.18}$$

TBDY-2018'de belirtilen özel durumlar dışında, perdelerin gövde bölgesindeki perde kalınlığı kat yüksekliğinin 1/16'sından ve 250 mm'den küçük olmamalıdır. Perdelerde kırılmalar genellikle perde tabanında gerçekleştiğinden belirli bir yükseklik kritik bölge olarak seçilmekte ve bu yükseklik $H_{cr}$ ile tanımlanmaktadır. Kritik perde yüksekliği, perdenin plandaki uzunluğunun iki katını aşmamak üzere Denklem (3.19) ile belirlenmektedir.

$$2l_w \geq H_{cr} \geq \max\left[l_w; H_w / 6\right] \tag{3.19}$$

Perdenin toplam yüksekliğinin ($H_w$) plandaki uzunluğuna ($l_w$) oranının ikiden büyük olması ($H_w/l_w>2$) durumunda perdenin her iki ucunda uç bölgesi oluşturulmalıdır. Dikdörtgen kesitli perdelerde uç bölgelerinin her birinin plandaki uzunluğunun ($l_u$) sağlaması gereken koşullar kritik perde yüksekliğinde kalan perde kısmı için Denklem (3.20)'de, kritik perde yüksekliğinin üstünde kalan perde kısmı için Denklem (3.21)'de verilmiştir.

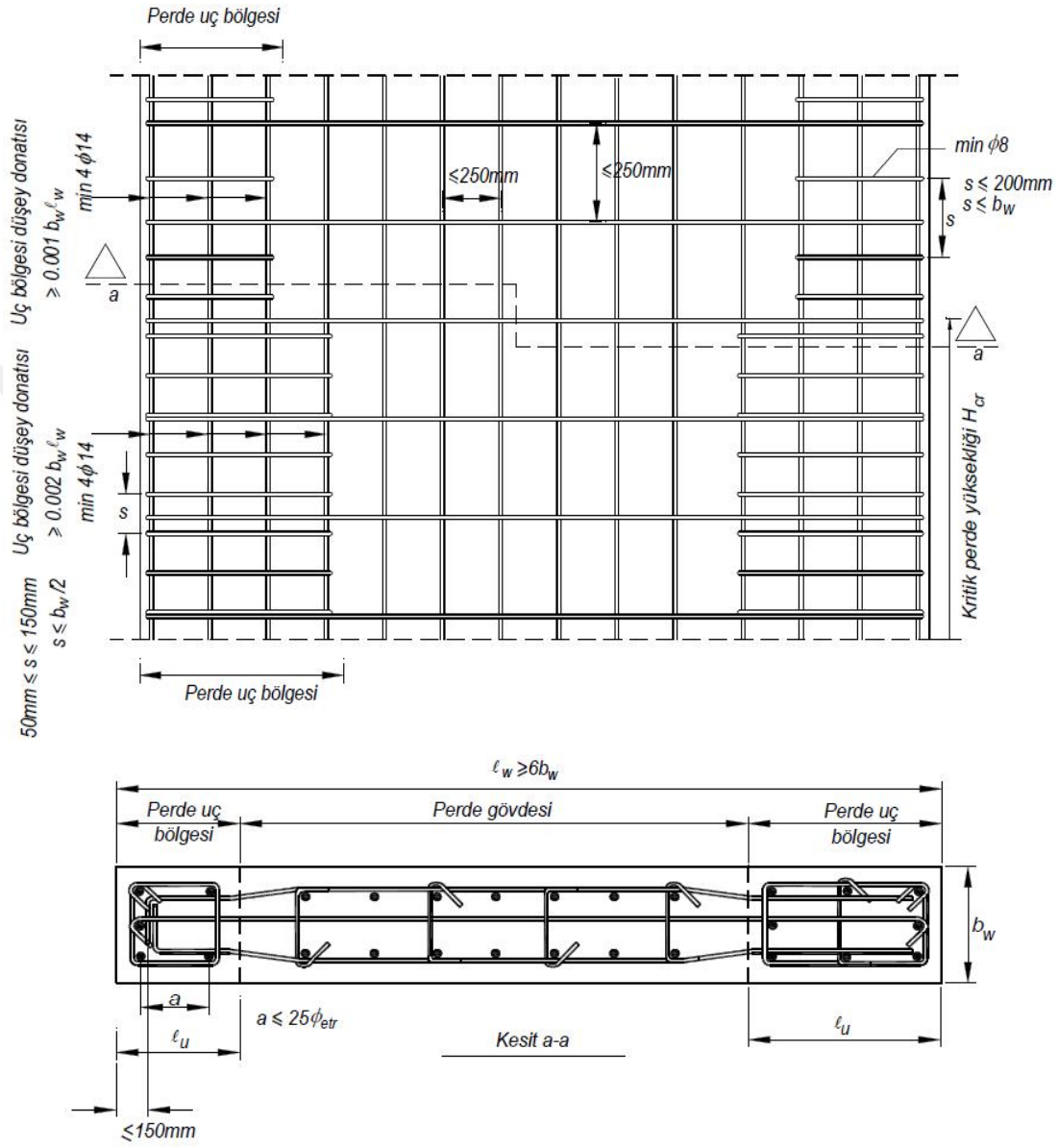
$$l_u \geq 2b_w \;\; ; \;\; l_u \geq 0,2l_w \tag{3.20}$$

$$l_u \geq b_w \;\; ; \;\; l_u \geq 0,1l_w \tag{3.21}$$

Perde uç bölgelerinin her birinde toplam düşey donatı alanının perde enkesit alanına oranı kritik perde yüksekliği boyunca minimum 0,002, kritik perde yüksekliği dışında minimum 0,001 olarak verilmiştir. Perde uç bölgelerindeki düşey donatıların sargılanmasında kullanılacak enine donatının çapı 8 mm'den küçük olmamalıdır. Kritik perde yüksekliği boyunca enine donatı aralığı için düşey doğrultuda verilen minimum ve maksimum sınırlar 50 ve 150 milimetredir. Ayrıca, düşey doğrultuda enine donatı aralığı perdenin gövde kalınlığının yarısından büyük olmamalıdır. Kritik perde yüksekliğinin dışında kalan perde uç bölgelerinde düşey doğrultuda enine donatı aralığı, perde kalınlığından ve 200 milimetreden büyük alınmamalıdır (Şekil 3.3).

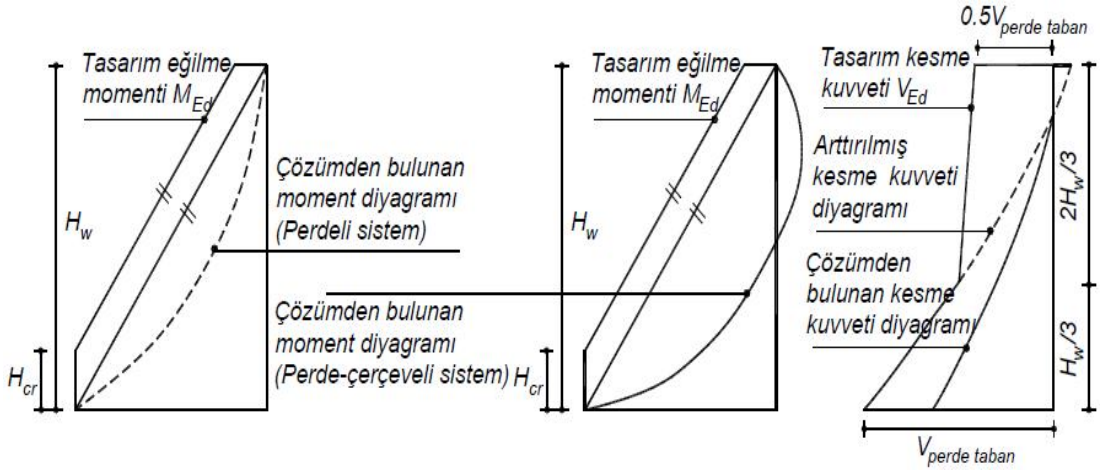
Perde uç bölgelerinin arasında kalan perde gövdesinde bulunan boyuna ve enine gövde donatılarının toplam enkesit alanı, perde gövdesi enkesit alanının 0,0025'inden az

olmamalıdır (Şekil 3.3). Boyuna ve enine donatı aralıkları 250 milimetreden büyük olmamalıdır. Perde gövde bölgesi, $H_w/l_w \leq 2,0$ olması durumunda perdenin tüm kesiti olarak değerlendirilmelidir.




Şekil 3.3. Perde gövdesi ve uç bölgeleri (TBDY-2018)

$H_w/l_w > 2,0$ koşulunu sağlayan perdelerde tasarım eğilme momenti için önerilen diyagram Şekil 3.4 (a) ve (b)'de verilmiştir. Diyagrama göre perde tabanında düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan eğilme momenti $(M_d)_t$, kritik perde yüksekliği boyunca sabit bir değer olarak alınmaktadır.




(a) (b) (c)

Şekil 3.4. (a) Tasarım eğilme momenti (perdeli sistem) (b) tasarım eğilme momenti (perdeli-çerçeve sistem) (c) tasarım kesme kuvveti diyagramları (TBDY-2018)

$H_w/l_w$>2,0 koşulunu sağlayan perdelerde enine donatı hesabında esas alınacak tasarım kesme kuvvetinin ($V_e$) belirlenmesi için iki ayrı hesap yapılması gerekmektedir. Dinamik büyütme katsayısı kullanılarak hesaplanacak kesme kuvveti Denklem (3.22) ile verilmiştir.

$$V_e = \beta_v \frac{(M_p)_t}{(M_d)_t} V_d \tag{3.22}$$

Denklem (3.22)'de yer alan dinamik büyütme katsayısı $\beta_v$, sabit bir değer (1,5) olarak verilmiştir. Deprem yükünün tamamının betonarme perdelerle taşındığı binalarda dinamik büyütme katsayısının ($\beta_v$) 1,0 olarak alınabileceği belirtilmiştir. Denklemde yer alan ifadelerden $(M_p)_t$, perdenin taban kesitinde malzemelerin karakteristik dayanımı ve çeliğin dayanım artışı göz önüne alınarak hesaplanan moment kapasitesini göstermektedir. Düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan kesme kuvvetinin ($V_d$) 1.2D (boşluksuz perdeler) veya 1.4D (bağ kirişli perdeler) ile büyütülmesi ile elde edilen değerin, Denklem (3.22) ile hesaplanan kesme kuvvetinden küçük olması durumunda tasarım kesme kuvveti olarak bu değer kullanılacaktır. Dayanım fazlalığı katsayısı (D), akma dayanımının tasarım dayanımına oranla fazlalığını ifade eden katsayıdır. Bina yüksekliği boyunca önerilen tasarım kesme kuvveti diyagramı Şekil 3.4 (c)'de verilmiştir. Şekil 3.4 (c)'de verilen diyagrama göre perde yüksekliğinin 1/3'üne kadar ($H_w/3$) çözümden bulunan kesme kuvveti değerleri ($V_d$) büyütülerek tasarım kesme kuvveti elde edilmektedir. Perdenin

üst ucundaki değer, tabanda hesaplanan tasarım kesme kuvvetinin yarısına eşit olmaktadır. Perde yüksekliğinin 1/3'ünde ve perde üst ucunda hesaplanan kesme kuvveti değerleri doğrusal olarak birleştirilerek tasarım kesme kuvveti diyagramı elde edilmiş olmaktadır.

$H_w/l_w<2,0$ olan perdelerin tüm kesitlerinde tasarım kesme kuvvetleri, düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan kesme kuvvetine ($V_d$) eşit alınacaktır.

Perde kesitlerinin kesme dayanımı $V_r$, Denklem (3.23) ile hesaplanmaktadır.

$$V_r = A_{ch}(0,65f_{ctd} + p_{sh}f_{ywd}) \tag{3.23}$$

Denklemde yer alan ifadelerden $A_{ch}$ perdenin brüt enkesit alanı, $f_{ctd}$ betonun tasarım çekme dayanımı, $f_{ywd}$ enine donatının tasarım akma dayanımı, $p_{sh}$ perdede yatay gövde donatılarının hacimsel oranıdır. Tasarım kesme kuvvetinin Denklem (3.24) ile verilen koşulları sağlaması gerekmektedir.

$$\begin{aligned} &V_e \le V_r \\ &V_e \le 0,85A_{ch}\sqrt{f_{ck}} \quad \text{(boşluksuz perdeler)} \\ &V_e \le 0,65A_{ch}\sqrt{f_{ck}} \quad \text{(bağ kirişli perdeler)} \end{aligned} \tag{3.24}$$

### 3.6. Doğrusal Olmayan Çözümleme

Şekil değiştirme esaslı değerlendirme kavramı, mevcut yapıların deprem risklerini gerçekçi bir biçimde belirleme ve yeterli güvenlikte olmayan yapıları güçlendirme çalışmaları sırasında ortaya konmuş ve geliştirilmiştir. 1989 Loma Prieta ve 1994 Northridge depremlerinin Amerika Birleşik Devletleri'nin Kaliforniya Eyaleti'nde neden olduğu yaygın bina ve altyapı hasarları deprem riski konusunu ve bu riskin gerçekçi bir biçimde tahmin edilebilmesi ihtiyacını gündeme getirmiştir. Bu çalışmalar neticesinde şekil değiştirmeye göre değerlendirme ve tasarım ilkelerine ilk kez ATC-40 ve FEMA 273,274'te yer verilmiştir. Bu dokümanlarda, verilen bir deprem etkisi altında taşıyıcı sistemin doğrusal olmayan analizinin yapılarak sünek davranışa ilişkin plastik şekil değiştirme ile gevrek davranışa ilişkin iç kuvvet taleplerinin elde edilmesi hedeflenmiştir (Aydınoğlu, 2008). TBDY-2018, deprem etkisi altındaki mevcut

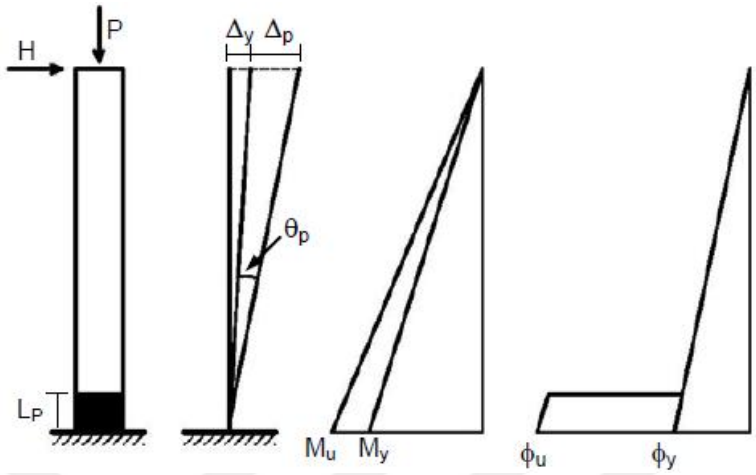
binaların değerlendirilmesinde ve yüksek yapı sınıfına giren binaların tasarımında şekil değiştirmeye göre değerlendirme ve tasarım yaklaşımını esas kılmıştır. Bu yaklaşım kapsamında gerçekleştirilecek doğrusal olmayan çözümleme için belirtilen kurallar aşağıda sıralanmıştır;

- Bina taşıyıcı sistemleri üç boyutlu olarak modellenecektir.
- Mevcut binaların değerlendirilmesinde beton ve donatı çeliğinin mevcut dayanımları kullanılacaktır.
- Sönüm oranı %5 olarak alınacaktır.
- Deprem hesabında bina önem katsayısı (I) uygulanmayacaktır.
- Deprem etkisinin düşey yük etkisi ile birleşimi Denklem (3.25)'te verilmiştir. Burada, G sabit yük etkisini, S kar yük etkisini, $E_d^{(H)}$ yatay deprem etkisini, $E_d^{(Z)}$ düşey deprem etkisini ve $Q_e$ etkin hareketli yük etkisini göstermektedir. Etkin hareketli yük etkisi ($Q_e$) hareketli yük katılım katsayısı (n) kullanılarak hesaplanmaktadır. Hareketli yük katılım katsayısı (n) konut binaları için 0,30 olarak verilmiştir.

$$\begin{aligned} &G + Q_e + 0,2S + E_d^{(H)} + 0,3E_d^{(Z)} \\ &Q_e = nQ \end{aligned} \tag{3.25}$$

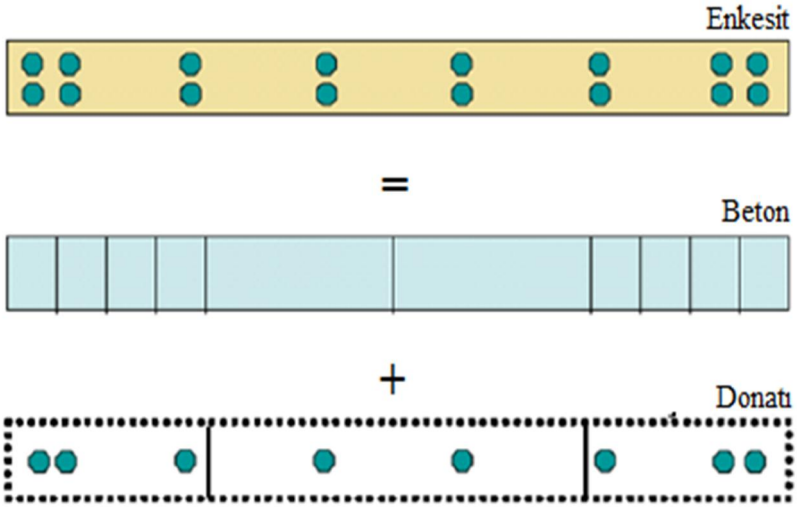
- Eksenel kuvvetlerin şekil değiştirmiş taşıyıcı sistemde meydana getirdiği ikinci mertebe etkileri dikkate alınacaktır.
- Çubuk sonlu elemanları olarak modellenen kolon ve kirişlerde, doğrusal olmayan davranış için yığılı plastik davranış (plastik mafsal) modeli kullanılabilmektedir. Yığılı plastik davranış modeline göre plastik şekil değiştirmelerin, iç kuvvetlerin kapasitesine ulaştığı sonlu uzunluktaki bölgeler boyunca düzgün yayılı biçimde oluşacağı varsayılmaktadır. Eğilme davranışının hâkim olduğu bu bölge plastik mafsal boyu ($L_p$) olarak adlandırılmaktadır. Plastik mafsal bölgesinin boyu; kesit yüksekliğine, eğrilik-moment değişimine, eleman boyunca eğilme momentinin değişimine ve kesitteki normal kuvvete bağlı olmaktadır (Celep, 2007). TBDY-2018'de plastik mafsal boyu ($L_p$), eğilmeye çalışan doğrultudaki kesit boyutunun yarısına eşit olarak verilmiştir ($L_p$=0.5h). Yığılı plastik davranışı karakterize eden plastik mafsal, kolon ve kirişlerin net açıklıklarının uçlarına konulabilir. Plastik mafsalların arasında kalan uzunluk boyunca kolon ve kirişler doğrusal elemanlar

olarak modellenmektedir. Şekil 3.5'te, konsol bir kolonda yığılı plastik davranış modeli ve plastik mafsal boyu ($L_p$) gösterilmiştir.




Şekil 3.5. Konsol kolon için yığılı plastik davranış modeli (Özmen ve diğ., 2007)

• Deprem hesabının zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi ile yapılması durumunda perde elemanlar için kesit hücresi (lif) modelinin kullanılması gerekmektedir. Bu modele göre eleman uzunluğu boyunca her bir nokta beton lifler ve donatı çubuklarından oluşan kesitler olarak tanımlanmakta olup doğrusal olmayan eksenel gerilme - birim şekil değiştirme bağıntıları çevrimsel olarak göz önüne alınabilmektedir (Şekil 3.6).




Şekil 3.6. Betonarme perde kesitlerinde kesit hücresi (lif) modeli (Sucuoğlu, 2019)

• Eğilme etkisindeki elemanlarda çatlamış kesite ait rijitlikler kullanılacaktır. Betonarme taşıyıcı sistem elemanlarının etkin kesit rijitliği çarpanları Tablo 3.6'da verilmiştir.

Tablo 3.6. Etkin kesit rijitliği çarpanları

| Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanı | Etkin Kesit Rijitliği Çarpanı | |
|---|---|---|
| **Perde – Döşeme (Düzlem İçi)** | Eksenel | Kayma |
| Perde | 0,50 | 0,50 |
| Bodrum perdesi | 0,80 | 0,50 |
| Döşeme | 0,25 | 0,25 |
| **Perde – Döşeme (Düzlem Dışı)** | Eğilme | Kesme |
| Perde | 0,25 | 1,00 |
| Bodrum perdesi | 0,50 | 1,00 |
| Döşeme | 0,25 | 1,00 |
| **Çubuk Eleman** | Eğilme | Kesme |
| Bağ kirişi | 0,15 | 1,00 |
| Çerçeve kirişi | 0,35 | 1,00 |
| Çerçeve kolonu | 0,70 | 1,00 |
| Perde (eşdeğer çubuk) | 0,50 | 0,50 |

### 3.6.1. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi

Deprem yer hareketinin etkisi altında taşıyıcı sistemin hareket denklemini ifade eden diferansiyel denklem takımının zaman artımları ile adım adım doğrudan integrasyonuna karşı gelen bu yöntem en gerçekçi ve doğru dinamik analiz yöntemi olarak kabul görmektedir (Lagaros ve diğ., 2013). Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesapta göz önüne alınacak hususlar aşağıda belirtilmiştir;

• Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi tüm binaların deprem hesabında kullanılabilmektedir.

• Yapılacak hesaplarda seçilecek yer hareketi kayıtlarının sayısı en az 11 olacak ve aynı depremden seçilecek kayıt sayısı üçü geçmeyecektir.

• Yer hareketi bileşenlerinin ölçeklendirilmesi, bir veya iki boyutlu hesap için seçilen kayıtlara ait spektrumların ortalamasının $0,2T_p$ ve $1,5T_p$ periyotları arasındaki genliklerinin, tasarım spektrumunun aynı periyot aralığındaki genliklerinden daha küçük olmaması kuralına göre; üç boyutlu hesap için seçilen kayıtlara ait bileşke spektrumların ortalamasının $0,2T_p$ ve $1,5T_p$ periyotları arasındaki genliklerinin, tasarım spektrumunun aynı periyot aralığındaki genliklerinin 1.3 katından daha küçük

olmaması kuralına göre yapılacaktır. Benzeştirilmiş yer hareketi kayıtlarının kullanılması durumunda seçilen kayıtlara ait spektrumların ortalaması tüm periyotlar için tasarım spektrumunun genliklerinden daha küçük olmayacaktır.

- Dinamik enerji kaybı, Rayleigh orantılı sönüm matrisi veya modal sönüm matrisi olarak oluşturulacak viskoz sönüm matrisi ile temsil edilecektir.
- Zaman tanım alanında yapılacak doğrusal olmayan analizin başlangıç koşullarını belirlemek üzere öncelikle düşey yüklerin taşıyıcı sisteme artımsal olarak uygulandığı statik hesap yapılacaktır. Bu adımdan elde edilen iç kuvvetler ve şekil değiştirmeler, deprem hesabında başlangıç değerleri olarak göz önüne alınacaktır.
- Değerlendirmeye esas iç kuvvet ve şekil değiştirme talepleri, deprem kayıtları ile yapılan analizlerin her birinden elde edilen sonuçların en büyük mutlak değerlerinin ortalaması olarak hesaplanacaktır.
- Zaman tanım alanında yapılacak doğrusal olmayan deprem hesabında çevrimsel davranış modeli olarak betonarme taşıyıcı sistemler için önceki maksimuma yönelimli model veya çevrim içi rijitlik azaltmasına olanak sağlamak üzere ondan türetilmiş modeller kullanılabilmektedir.

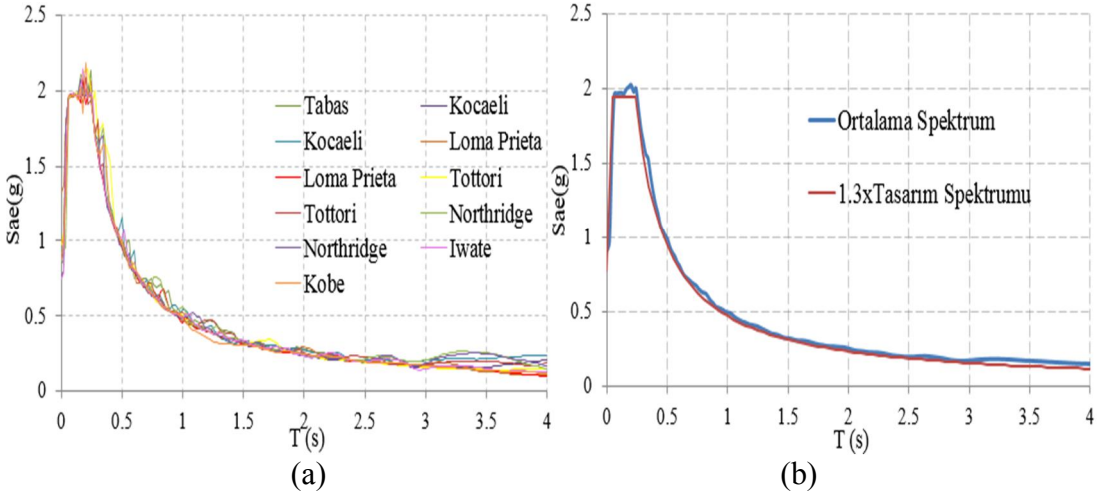
#### 3.6.1.1. Deprem kayıtlarının seçimi ve ölçeklendirilmesi

TBDY-2018'de zeminler üst 30 metredeki ortalama kayma dalgası hızına $(V_s)_{30}$ göre Ulusal Deprem Tehlikesini Azaltma Programı (NEHRP, FEMA 450) ile uyumlu şekilde sınıflandırılmıştır. Buna göre üst 30 metredeki kayma dalgası hızı; 180 m/sn'den küçük olan zeminler ZE, 180-360 m/sn arasında olan zeminler ZD, 360-760 m/sn arasında olan zeminler ZC, 760-1500 m/sn arasında olan zeminler ZB ve 1500 m/sn'den büyük olan zeminler ZA yerel zemin sınıfından kabul edilmiştir. Tez kapsamında incelenen yerel zemin sınıfları (ZB, ZC ve ZD) için TBDY-2018'de verilen kayma dalgası hızları dikkate alınarak farklı kayıt setleri oluşturulmuştur. Deprem kayıtlarının seçiminde, moment büyüklüğü ($M_w$) 6.5'tan büyük olan ve kayıt yeri ile kaynak noktası arasındaki mesafesi ($R_{jb}$) 20 kilometreden küçük olan kayıtların dikkate alınması bir diğer kriter olmuştur. (Somerville ve diğ., 1997). Deprem kayıtları, Pasifik Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi (PEER) tarafından oluşturulan veri tabanından elde edilmiştir. Söz konusu kriterlere göre seçilen deprem kayıtlarının özellikleri Tablo 3.7-3.9'da verilmiştir. Deprem kayıtlarının tepki

spektrumları ve ortalaması, elastik tasarım ivme spektrumlarının 1,3 katı ile birlikte Şekil 3.7-3.9'da verilmiştir.

Tablo 3.7. Deprem kayıtları, 760 m/s < $(V_s)_{30}$ < 1500 m/s (ZB yerel zemin sınıfı, $M_w$: Moment büyüklüğü, $R_{jb}$: Joyner-Boore mesafesi, PGA: Maksimum yer ivmesi, $(V_s)_{30}$: Ortalama kayma dalgası hızı)

| Deprem | İstasyon | Bileşen | $M_w$ | $R_{jb}$ (km) | PGA (g) | $(Vs)_{30}$ (m/s) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Tabas | Tabas | L | 7,35 | 1,79 | 0,85 | 766,77 |
| Kocaeli | Gebze | 270 | 7,51 | 7,57 | 0,14 | 792,00 |
| Kocaeli | İzmit | 90 | 7,51 | 3,62 | 0,23 | 811,00 |
| Loma Prieta | Los Gatos | 0 | 6,93 | 3,22 | 0,44 | 1070,34 |
| Loma Prieta | Gilroy Array#1 | 0 | 6,93 | 8,84 | 0,42 | 1428,14 |
| Tottori | SMNH10 | EW | 6,61 | 15,58 | 0,23 | 967,27 |
| Tottori | OKYH07 | EW | 6,61 | 15,23 | 0,13 | 940,20 |
| Northridge | LA - Wonderland Ave | 185 | 6,69 | 15,11 | 0,16 | 1222,52 |
| Northridge | LA - Chalon Rd | 160 | 6,69 | 9,87 | 0,18 | 740,05 |
| Iwate | IWT010 | EW | 6,90 | 16,26 | 0,29 | 825,83 |
| Kobe | Kobe University | 0 | 6,90 | 0,90 | 0,28 | 1043,00 |

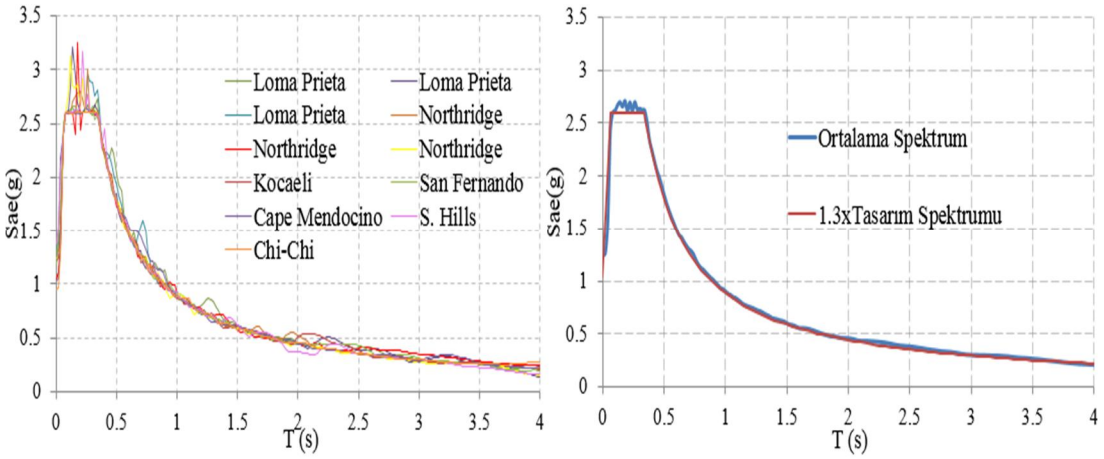



(a) (b)

Şekil 3.7. Deprem kayıtlarının (a) tepki spektrumları (b) ortalama spektrumu (ZB yerel zemin sınıfı)

Tablo 3.8. Deprem kayıtları, 360 m/s < $(V_s)_{30}$ < 760 m/s (ZC yerel zemin sınıfı, $M_w$: Moment büyüklüğü, $R_{jb}$: Joyner-Boore mesafesi, PGA: Maksimum yer ivmesi, $(V_s)_{30}$: Ortalama kayma dalgası hızı)

| Deprem | İstasyon | Bileşen | $M_w$ | $R_{jb}$ (km) | PGA (g) | $(Vs)_{30}$ (m/s) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Loma Prieta | Anderson Dam | 250 | 6,93 | 19,9 | 0,24 | 488,77 |
| Loma Prieta | Bran | 90 | 6,93 | 3,85 | 0,50 | 476,54 |
| Loma Prieta | Corralitos | 0 | 6,93 | 0,16 | 0,64 | 462,24 |
| Northridge | Beverly Hills | 125 | 6,69 | 12,39 | 0,45 | 545,66 |
| Northridge | Jensen Filter | 22 | 6,69 | 0 | 0,41 | 373,07 |
| Northridge | Big Tujunga | 262 | 6,69 | 19,10 | 0,17 | 550,11 |
| Kocaeli | Arcelik | 0 | 7,51 | 10,56 | 0,21 | 523,00 |
| San Fernando | Lake Hughers#12 | 21 | 6,61 | 13,99 | 0,38 | 602,10 |
| Cape Mendocino | Petrolia | 90 | 7,01 | 0 | 0,66 | 422,17 |
| Superstition Hills | Superstition Mtn C. | 45 | 6,54 | 5,61 | 0,58 | 362,38 |
| Chi-Chi | CHY024 | E | 7,62 | 9,62 | 0,28 | 427,73 |

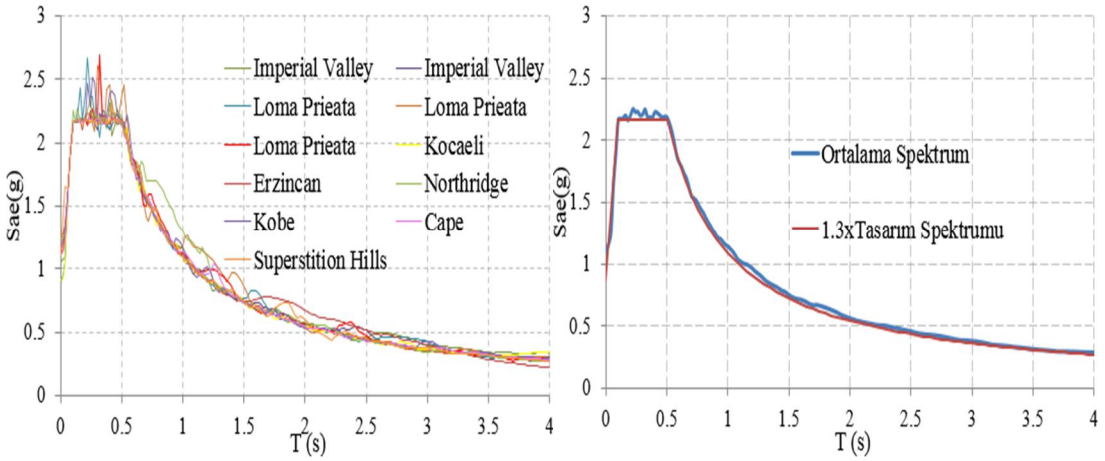



(a) (b)

Şekil 3.8. Deprem kayıtlarının (a) tepki spektrumları (b) ortalama spektrumu (ZC yerel zemin sınıfı)

Tablo 3.9. Deprem kayıtları, 180 m/s < $(V_s)_{30}$ < 360 m/s (ZD yerel zemin sınıfı, $M_w$: Moment büyüklüğü, $R_{jb}$: Joyner-Boore mesafesi, PGA: Maksimum yer ivmesi, $(V_s)_{30}$: Ortalama kayma dalgası hızı)

| Deprem | İstasyon | Bileşen | $M_w$ | $R_{jb}$ (km) | PGA (g) | $(Vs)_{30}$ (m/s) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Imperial Valley | Holtville Post Office | 315 | 6,53 | 5,35 | 0,22 | 202,89 |
| Imperial Valley | Westmorland Fire Sta | 180 | 6,53 | 14,75 | 0,11 | 193,67 |
| Loma Prieta | Saratoga - Aloha Ave | 90 | 6,93 | 7,53 | 0,33 | 347,90 |
| Loma Prieta | Gilroy Array #4 | 250 | 6,93 | 13,81 | 0,24 | 221,78 |
| Loma Prieta | Gilroy - Historic Bldg | 0 | 6,93 | 10,27 | 0,42 | 308,55 |
| Kocaeli | Yarımca | 60 | 7,51 | 1,38 | 0,23 | 297,00 |
| Erzincan | Erzincan | NS | 6,69 | 0 | 0,39 | 352,05 |
| Northridge | Arleta - Nordhoff Fire | 90 | 6,90 | 3,3 | 0,35 | 297,71 |
| Kobe | Port Island | 90 | 6,90 | 3,31 | 0,29 | 198,00 |
| Cape Mendocino | Fortuna Fire Sta. | 360 | 7,01 | 16,54 | 0,28 | 355,18 |
| Superstition Hills | Parachute Test Site | 225 | 6,54 | 0,95 | 0,43 | 348,69 |

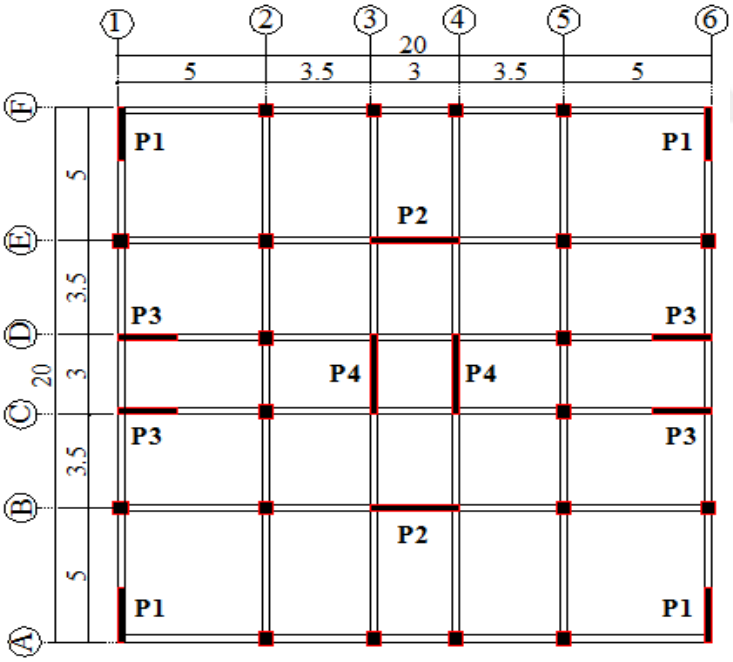



(a) (b)

Şekil 3.9. Deprem kayıtlarının (a) tepki spektrumları (b) ortalama spektrumu (ZD yerel zemin sınıfı)

# 4. SEÇİLEN BETONARME BİNALARIN ÖZELLİKLERİ VE SAYISAL MODELLERİ

Kullanım amacı konut olarak düşünülen 10, 15 ve 20 katlı binaların toplam yükseklikleri sırasıyla 30, 45 ve 60 metredir. Binaların taşıyıcı sistemleri, süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçevelerden ve betonarme perdelerden oluşmaktadır. Taşıyıcı eleman yerleşiminde uzunluğu ve konumu farklı olan betonarme perdelere yer verilmiştir (P1, P2, P3 ve P4). Betonarme perdelerin kat planındaki yerleşimi belirlenirken önceki çalışmalarda yer alan farklı rijitlikteki betonarme perdelerin bir arada bulunduğu sistemlerin incelenmesi önerisi ile TBDY-2018'de belirtilen minimum koşullar dikkate alınmıştır. Çalışma kapsamında oluşturulan 20x20 metre uzunluklarındaki kat planı Şekil 4.1'de verilmiştir.




Şekil 4.1. Kat planı

## 4.1. Betonarme Binaların Tasarımı

30, 45 ve 60 metre yüksekliğindeki binaların dayanıma göre tasarımı mod birleştirme (çok modlu çözüm) yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Yapısal analizler SAP2000 (versiyon 21) ve ETABS (versiyon 17) yazılımları kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Binaların üç boyutlu modelleri ideCAD yazılımı (akademik lisans) ile de oluşturularak deprem etkisi altında betonarme bina taşıyıcı sistemlerin tasarımı için TBDY-2018'de verilen maddelerin kontrolü gerçekleştirilmiştir. Kolon ve kirişler çubuk sonlu elemanlarla, perdeler kabuk sonlu elemanlarla, döşemeler de rijit diyafram kabulü ile modellenmiştir. Betonarme taşıyıcı sistem elemanlarının kesit özelliklerinin modellenmesinde TBDY-2018'de verilen etkin kesit rijitliği çarpanları kullanılmıştır.

Binaların tasarımında esas alınan parametreler Tablo 4.1'de verilmiştir. TBDY-2018'de deprem etkilerinin süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçeveler ve betonarme perdeler tarafından karşılandığı binalar için taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R) 7, dayanım fazlalığı katsayısı (D) 2,5 olarak verilmiştir. Bina önem katsayısı (I) ve bina kullanım sınıfı (BKS) belirlenirken bina kullanım amacı dikkate alınmıştır. TBDY-2018'de, bina kullanım amacı konut olan yapılar için bina önem katsayısı (I) 1 ve bina kullanım sınıfı (BKS) 3 olarak tanımlanmıştır. Deprem tasarım sınıfı (DTS), deprem yer hareketi düzeyi-2 (DD-2) için tanımlanan kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısına ($S_{DS}$) ve bina kullanım sınıfına bağlı olarak belirlenmektedir. İncelenen ZB, ZC ve ZD yerel zemin sınıfları için belirlenen kısa periyot tasarım spektral ivme katsayılarına (Tablo 4.2) ve 3 olarak belirlenen bina kullanım sınıfına (BKS=3) karşı gelen deprem tasarım sınıfı (DTS) ele alınan binalar için 1 olmaktadır. 30, 45 ve 60 metre yüksekliğindeki binalara karşı gelen bina yükseklik sınıfları (BYS) sırasıyla 4, 3 ve 2 olarak verilmiştir. Deprem tasarım sınıfı 1 (DTS=1) ve bina yükseklik sınıfı 1'den büyük (BYS≥2) olan yeni yapılacak betonarme binalarda tasarımın, DD-2 deprem yer hareketinin etkisi altında DGT hesap esasları ile gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

Tablo 4.1. Tasarım parametreleri

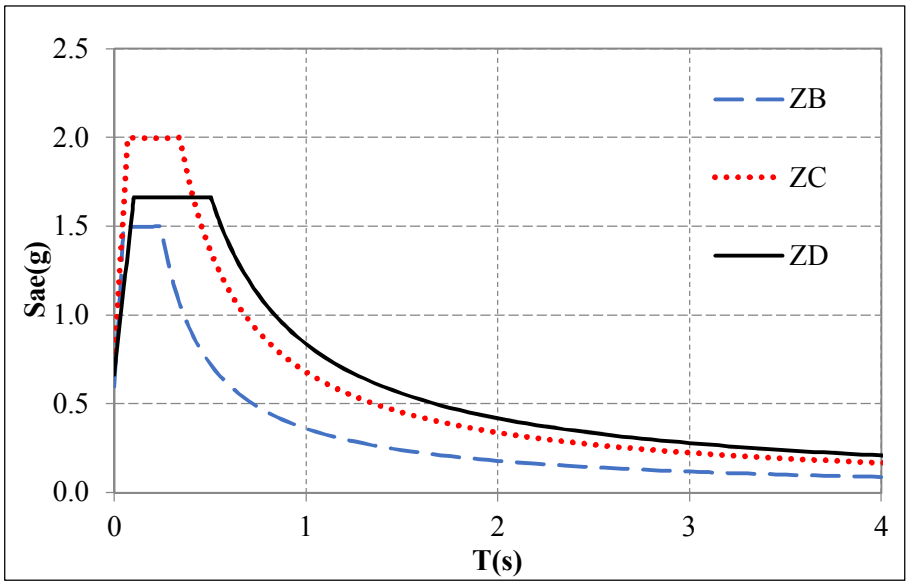
| **Bina Yüksekliği (m)** | **30** | **45** | **60** |
|---|---|---|---|
| Tasarım Yaklaşımı | DGT | DGT | DGT |
| Taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R) | 7 | 7 | 7 |
| Dayanım fazlalığı katsayısı (D) | 2,5 | 2,5 | 2,5 |
| Süneklik Düzeyi | Yüksek | Yüksek | Yüksek |
| Deprem yer hareketi düzeyi | DD2 | DD2 | DD2 |
| Bina önem katsayısı (I) | 1 | 1 | 1 |
| Bina kullanım sınıfı (BKS) | 3 | 3 | 3 |
| Deprem tasarım sınıfı (DTS) | 1 | 1 | 1 |
| Bina yükseklik sınıfı (BYS) | 4 | 3 | 2 |

Yatay elastik tasarım spektrumlarının oluşturulmasında kullanılan zemin parametreleri AFAD interaktif web uygulamasından elde edilmiştir (Tablo 4.2)..

Tablo 4.2. Zemin parametreleri

| **Zemin Sınıfı** | **ZB** | **ZC** | **ZD** |
|---|---|---|---|
| Enlem | 40,767451 | 40,767451 | 40,767451 |
| Boylam | 29,975674 | 29,975674 | 29,975674 |
| Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı ($S_S$) | 1,664 | 1,664 | 1,664 |
| 1,0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı ($S_1$) | 0,453 | 0,453 | 0,453 |
| Kısa periyot için yerel zemin etki katsayısı ($F_S$) | 0,900 | 1,200 | 1,000 |
| 1,0 saniye periyot için yerel zemin etki katsayısı ($F_1$) | 0,800 | 1,500 | 1,847 |
| Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı ($S_{DS}$) | 1,498 | 1,997 | 1,664 |
| 1,0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı ($S_{D1}$) | 0,362 | 0,679 | 0,837 |
| Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu ($T_A$) | 0,048 | 0,068 | 0,100 |
| Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu ($T_B$) | 0,241 | 0,340 | 0,502 |

Tasarım spektral ivme katsayılarının ve köşe periyotlarının belirlenmesiyle oluşturulan yatay elastik tasarım spektrumları ZB, ZC ve ZD zemin sınıfları için Şekil 4.2'de verilmiştir.




Şekil 4.2. Yatay elastik tasarım spektrumları

Gerçekleştirilen tasarım neticesinde; beton malzeme sınıfı 60 metre yüksekliğindeki binalarda C35, 45 metre yüksekliğindeki binalarda C30, 30 metre yüksekliğindeki binalarda C25 olarak seçilmiştir. Boyuna ve enine donatı için çelik sınıfı tüm binalarda B420C olarak alınmıştır. 60 metre yüksekliğindeki binalarda perde enkesit boyutları iç akslarda 0,25x3,5 m, dış akslarda 0,25x2 m; kolon enkesit boyutları 0,8x0,8 m, 0,7x0,7 m ve 0,6x0,6 m; kiriş enkesit boyutu 0,25x0,70 m; döşeme kalınlığı 0,15 m olarak belirlenmiştir. 45 metre yüksekliğindeki binalarda perde enkesit boyutları iç akslarda 0,25x3 m, dış akslarda 0,25x2 m; kolon enkesit boyutları 0,70x0,70 m, 0,60x0,60 m ve 0,50x0,50 m; kiriş enkesit boyutu 0,25x0,65 m; döşeme kalınlığı 0,15 m olarak belirlenmiştir. 30 metre yüksekliğindeki binalarda perde enkesit boyutları iç akslarda 0,25x3 m, dış akslarda 0,25x1,75 m; kolon enkesit boyutları 0,60x0,60 m ve 0,50x0,50 m; kiriş enkesit boyutu 0,25x0,60 m; döşeme kalınlığı 0,15 m olarak belirlenmiştir. Seçilen malzeme sınıflarına ait detaylar ve tasarım neticesinde belirlenen taşıyıcı elemanlara ait enkesit boyutları Tablo 4.3'te verilmiştir.

Tablo 4.3. Binalar hakkında bilgiler

| **Bina Yüksekliği (m)** | **30** | **45** | **60** |
|---|---|---|---|
| Beton sınıfı | C25 | C30 | C35 |
| Beton karakteristik basınç dayanımı, $f_{ck}$ (kN/m$^2$) | 25000 | 30000 | 35000 |
| Beton elastisite modülü, $E_c$ (kN/m$^2$) | 30x10$^6$ | 32x10$^6$ | 33x10$^6$ |
| Donatı çeliği sınıfı | B420C | B420C | B420C |
| Donatı çeliği karakteristik akma dayanımı, $f_{yk}$ (kN/m$^2$) | 420000 | 420000 | 420000 |
| Beton malzeme güvenlik katsayısı | 1,5 | 1,5 | 1,5 |
| Donatı çeliği malzeme güvenlik katsayısı | 1,15 | 1,15 | 1,15 |
| Kolon enkesit boyutları (m) | 0,60x0,60<br>0,50x0,50 | 0,70x0,70<br>0,60x0,60<br>0,50x0,50 | 0,80x0,80<br>0,70x0,70<br>0,60x0,60 |
| Kiriş enkesit boyutları (m) | 0,25x0,60 | 0,25x0,65 | 0,25x0,70 |
| Perde enkesit boyutları (m)<br>İç akslar<br>Dış akslar | <br>0,25x1,75<br>0,25x3 | <br>0.25x2<br>0.25x3 | <br>0.25x2<br>0.25x3.5 |
| Döşeme kalınlığı (m) | 0,15 | 0,15 | 0,15 |

TBDY-2018'de Denklem (4.1) ve Denklem (4.2) ile verilmiş olan tasarım koşulları dikkate alındığında ve çalışma kapsamında bire bir karşılaştırma gerçekleştirme amacı ile taşıyıcı elemanların kesit boyutları ve malzeme sınıfları benzer yükseklikte olan binalarda aynı alınmıştır. Böylelikle aynı yüksekliğe sahip binalarda farklı zemin

sınıfları için elde edilen sonuçların karşılaştırılmasının tutarlı olacağı düşünülmüştür. Taşıyıcı sistem elamanlarında gerekli donatı alanları, her bir yerel zemin sınıfı için yürütülen doğrusal analizler neticesinde belirlenmiştir.

$$A_c \geq N_{dm} / (0.40 f_{ck}) \tag{4.1}$$

$$0,40M_o < \Sigma M_{DEV} < 0,75M_o \tag{4.2}$$

Denklem (4.1)'de yer alan ifadelerden $A_c$ kolonun enkesit alanı, $N_{dm}$ düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan eksenel kuvvet, $f_{ck}$ betonun karakteristik basınç dayanımı olmaktadır. Denklem (4.2)'ye göre süneklik düzeyi yüksek taşıyıcı sistemlerde; perdelerin tabanında deprem yüklerinden meydana gelen devrilme momentlerinin toplamı, binanın tümü için tabanda hesaplanan toplam devrilme momentinin %40'ından az %75'inden fazla olmamalıdır. Denklem (4.2)'de yer alan ifadelerden $M_o$ binanın tümü için tabanda deprem yüklerinden meydana gelen toplam devrilme momenti iken $M_{DEV}$ betonarme perdenin tabanında deprem yüklerinden meydana gelen devrilme momenti olmaktadır.

Denklem (4.2) ile verilmiş olan devrilme momenti kontrolü, incelenen binalar için sırasıyla Tablo 4.4 ve 4.5'te gerçekleştirilmiştir.

Tablo 4.4. Devrilme momenti kontrolü (X-X ekseni doğrultusu)

| $H_w$ (m) | Yerel zemin sınıfı | $0,4M_o$ (kNm) | | $\Sigma M_{DEV}$ (kNm) | | $0,75M_o$ (kNm) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 30 | ZB | 14524 | < | 20631 | < | 27233 |
| | ZC | 27225 | < | 38121 | < | 51046 |
| | ZD | 33492 | < | 46830 | < | 62798 |
| 45 | ZB | 22688 | < | 30499 | < | 42540 |
| | ZC | 42430 | < | 57035 | < | 79557 |
| | ZD | 52158 | < | 70098 | < | 97796 |
| 60 | ZB | 35794 | < | 39348 | < | 67113 |
| | ZC | 67130 | < | 72991 | < | 125870 |
| | ZD | 82553 | < | 89725 | < | 154787 |

Tablo 4.5. Devrilme momenti kontrolü (Y-Y ekseni doğrultusu)

| $H_w$ (m) | Yerel zemin sınıfı | $0,4M_o$ (kNm) | | ΣMdev (kNm) | | $0,75M_o$ (kNm) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 30 | ZB | 13382 | < | 19929 | < | 25092 |
| | ZC | 25060 | < | 37344 | < | 46988 |
| | ZD | 30798 | < | 45920 | < | 57747 |
| 45 | ZB | 20589 | < | 28905 | < | 38605 |
| | ZC | 38569 | < | 54151 | < | 72316 |
| | ZD | 47438 | < | 66602 | < | 88947 |
| 60 | ZB | 31779 | < | 36919 | < | 59585 |
| | ZC | 59557 | < | 68454 | < | 111669 |
| | ZD | 73090 | < | 84002 | < | 137048 |

TBDY-2018'de süneklik düzeyi yüksek perdeler için verilen koşullar dikkate alınarak perdelerin boyutlandırılması ve donatı hesabı gerçekleştirilmiştir. İncelenen perdelerin tümünde izlenen hesap adımları, ZD yerel zemin sınıfı esas alınarak tasarımı gerçekleştirilen 30 metre yüksekliğindeki binada yer alan ve örnek olarak seçilen P4 perdesi için sırasıyla paylaşılmıştır.

Gövde kalınlığı ($b_w$) 0,25 m ve plandaki uzunluğu ($l_w$) 3 m olarak belirlenen perdede öncelikle enkesit alanının ($A_c$) kontrolü gerçekleştirilmiştir (Denklem 4.3). Bu aşamada, düşey ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında (G+Q+E) hesaplanan eksenel basınç kuvvetlerinin en büyüğü dikkate alınmıştır. Perdenin gövde kalınlığının kontrolüne Denklem (4.4)'te yer verilmiştir.

$$A_c \geq \frac{N_{dm}}{0,35 f_{ck}}$$

$$0,25 \text{x} 3 \geq \frac{3488}{0,35 \times 25000} \qquad (4.3)$$

$$0,75\,m^2 \geq 0,40\,m^2$$

$$b_w \geq \frac{h_i}{16} = \frac{3}{16} = 0,188\,m \quad ; \quad b_w \geq 0,25\,m \qquad (4.4)$$

$$b_w = 0,25\,m$$

Perdenin kritik yüksekliği, Denklem (4.5) ile verilen koşulları sağlayacak şekilde 6 metre olarak belirlenmiştir.

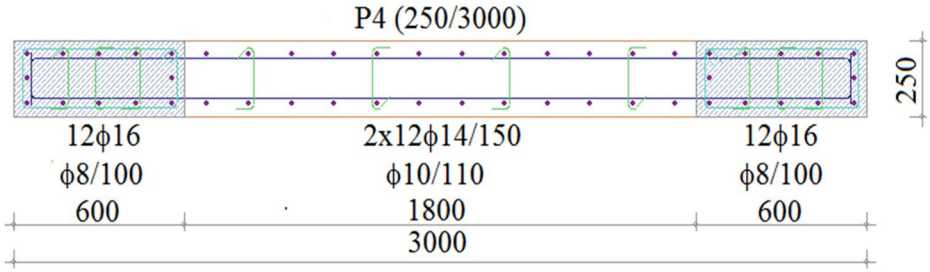
$$
\begin{aligned}
&2l_w \geq H_{cr} \geq \max\left[l_w; H_w / 6\right] \\
&2x3 \geq H_{cr} \geq \max\left[3; 30 / 6\right] \\
&6 \geq H_{cr} \geq 5 \\
&H_{cr} = 6\,\text{m}
\end{aligned}
\qquad (4.5)
$$

Perdenin toplam yüksekliğinin ($H_w$) plandaki uzunluğuna ($l_w$) oranı ikiden büyük olduğu için perde uç bölgeleri oluşturulması gerekmektedir. Kritik perde yüksekliği boyunca ve üstünde kalan perde kısmı için belirlenen perde uç bölgesi uzunlukları sırasıyla Denklem (4.6) ve (4.7)'de verilmiştir.

$$
\begin{aligned}
&l_u \geq 2b_w \quad ; \quad l_u \geq 0,2l_w \\
&l_u \geq 2x0,25=0,5\,\text{m} \quad ; \quad l_u \geq 0,2x3=0,6\,\text{m} \\
&l_u=0,6\,\text{m (kritik perde yüksekliği boyunca)}
\end{aligned}
\qquad (4.6)
$$

$$
\begin{aligned}
&l_u \geq b_w \quad ; \quad l_u \geq 0,1l_w \\
&l_u \geq 0,25\,\text{m} \quad ; \quad l_u \geq 0,1x3=0,3\,\text{m} \\
&l_u=0,3\,\text{m (kritik perde yüksekliği üstünde)}
\end{aligned}
\qquad (4.7)
$$

P4 perdesine etkiyen iç kuvvetler dikkate alınarak boyuna ve enine donatı hesabı yapılmıştır. Binanın 1. katı için oluşturulan perde enkesit detayı Şekil 4.3'te verilmiştir.

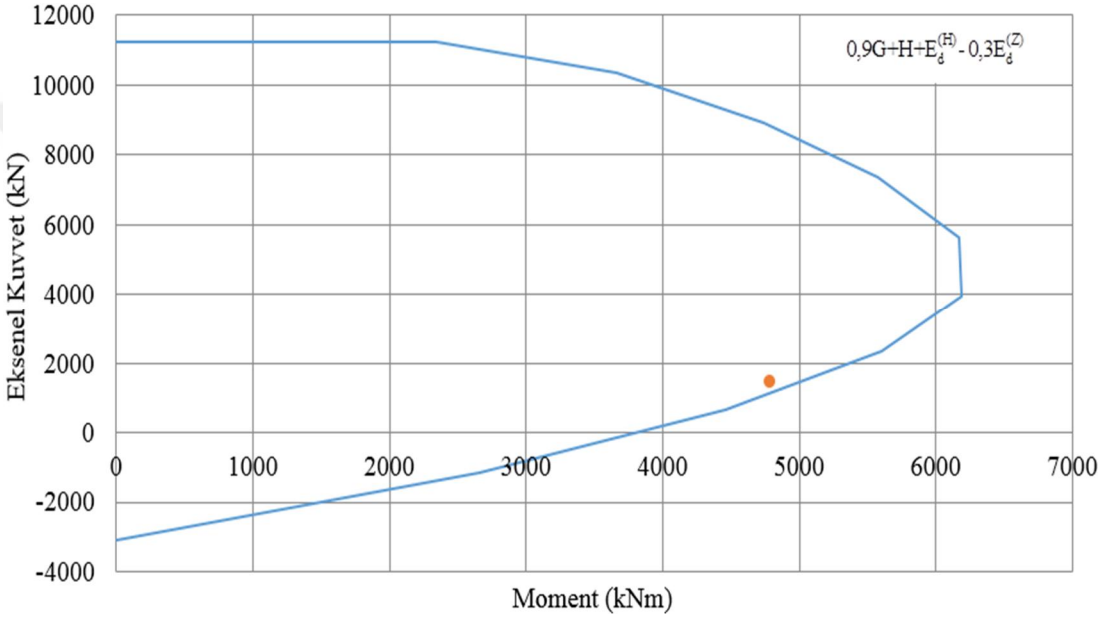



Şekil 4.3. P4 perdesi enkesit detayı (1. kat)

Perde uç bölgelerinde belirlenen boyuna donatı (12ϕ16) alanının perde enkesit alanına oranı 0,0032 olmaktadır. Hesaplanan değer, kritik perde yüksekliğinde boyuna donatı için verilen minimum orandan (0,002) büyük olmaktadır.

Perde gövdesinde boyuna donatı 24ϕ14 olarak belirlenmiştir. Hesaplanan boyuna donatı oranı (0,0082), perde gövdesi için verilen minimum oran (0,0025) dikkate alındığında yeterli olmaktadır.

Perde kesitinin taşıma gücü dayanımı, yük birleşimlerinden gelen iç kuvvetler ile karşılaştırılmıştır. En elverişsiz eksenel kuvvet-moment değeri $0{,}9G+H+E_d^{(H)}-0{,}3E_d^{(Z)}$ yük birleşiminden elde edilmiştir. Bu yük birleşimine ait eksenel kuvvet-moment değeri, P4 perdesinin karşılıklı etki diyagramı içerisinde kalmaktadır (Şekil 4.4).




Şekil 4.4. P4 perdesi karşılıklı etki diyagramı (1. kat)

P4 perdesinin taban kesitinde tasarım kesme kuvvetinin hesabı için dikkate alınan iç kuvvetler Denklem (4.8)'de verilmiştir.

$$N_d = 3488\ \text{kN}$$
$$V_d = 834\ \text{kN} \qquad (4.8)$$
$$(M_d)_t = 4790\ \text{kNm}$$

Perde taban kesitinin moment kapasitesi $(M_p)_t$, Denklem (4.8)'de belirtilen eksenel kuvvet değeri için 7983 kNm olarak hesaplanmıştır. Tasarım kesme kuvvetini belirlemek için Denklem (4.9) ve Denklem (4.10) ile verilen iki ayrı hesap yapılmıştır. Dayanım fazlalığı katsayısının yer aldığı denklemden hesaplanan kesme kuvveti değeri 2502 kN, dinamik büyütme katsayısının yer aldığı denklemden hesaplanan

kesme kuvvveti değeri 2085 kN olmaktadır. Denklem (4.9) ve (4.10) ile elde edilen kesme kuvveti değerlerinden küçüğü (2085 kN), enine donatı hesabında esas alınacak tasarım kesme kuvveti olarak belirlenmiştir.

$$V_{e1} = 1,2DV_d$$
$$2502\,kN = 1,2 \times 2,5 \times 834 \tag{4.9}$$

$$V_{e2} = \beta_v \frac{(M_p)_t}{(M_d)_t} V_d$$
$$2085\,kN = 1,5 \times \frac{7983}{4790} \times 834 \tag{4.10}$$

Perde kesitinin kesme kapasitesi ($V_r$), Denklem (4.11) ile hesaplanmıştır. Perde gövdesi için enine donatının çapı 10 mm, aralığı da 110 mm olarak belirlenmiştir. Yatay gövde donatısının hacimsel oranı ($p_{sh}$) 0,0057 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan oran, TBDY-2018'de verilen minimum hacimsel oranı ($p_{sh,min}$=0,0025) sağlamaktadır.

$$V_r = A_{ch}(0,65f_{ctd} + p_{sh}f_{ywd})$$
$$2133\,kN = 250 \times 3000 \times (0,65 \times 1,167 + 0,0057 \times 365) \times 10^{-3} \tag{4.11}$$

Tasarım kesme kuvvetinin sağlaması gereken koşulların kontrolü Denklem (4.12)'de gerçekleştirilmiştir.

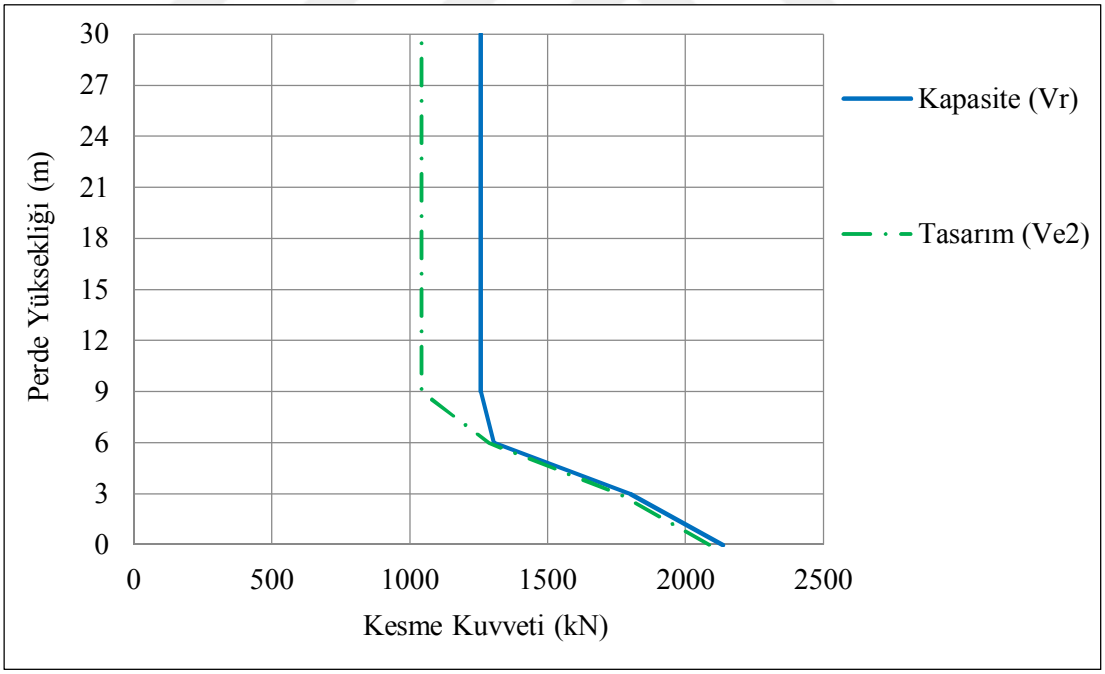
$$V_e \le V_r \qquad 2085\,kN < 2133\,kN$$
$$V_e \le 0,85A_{ch}\sqrt{f_{ck}} \qquad 2085\,kN < 3187\,kN \tag{4.12}$$

P4 perdesi için hesaplanan tasarım kesme kuvveti değerleri Tablo 4.6'da verilmiştir. Tasarım kesme kuvvetleri belirlenirken perde yüksekliğinin 1/3'ünde elde edilen kesme kuvveti değeri perdenin üst ucunda hesaplanan değere doğrusal olarak birleştirilmiştir. Perdede her bir kat için belirlenen enine donatı çapları ve aralıkları ile hesaplanan kesme kapasiteleri Tablo 4.6'da yer almaktadır. Perdenin kesme kapasitesi, minimum enine donatı kullanılan kesitten itibaren sabit kalmıştır. Perde yüksekliği boyunca elde edilen kesme kuvveti diyagramı Şekil 4.5'te verilmiştir.

Tablo 4.6. P4 perdesinin tasarım kesme kuvveti ve kapasite değerleri

| KAT | Tasarım kesme kuvveti (kN) | Etriye çapı (mm) | Etriye aralığı (mm) | Kesme kapasitesi (kN) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2085 | 10 | 110 | 2134 |
| 2 | 1760 | 10 | 140 | 1798 |
| 3 | 1286 | 8 | 150 | 1304 |
| 4 | 1042 | 8 | 160 | 1258 |
| 5 | 1042 | 8 | 160 | 1258 |
| 6 | 1042 | 8 | 160 | 1258 |
| 7 | 1042 | 8 | 160 | 1258 |
| 8 | 1042 | 8 | 160 | 1258 |
| 9 | 1042 | 8 | 160 | 1258 |
| 10 | 1042 | 8 | 160 | 1258 |

P4 perdesinde binanın 4. katından itibaren minimum enine donatı (ϕ8/160) kullanılmış ve hesaplanan kesme kapasitesi (1258 kN) perde yüksekliği boyunca sabit kalmıştır.




Şekil 4.5. P4 perdesi kesme kuvveti diyagramı

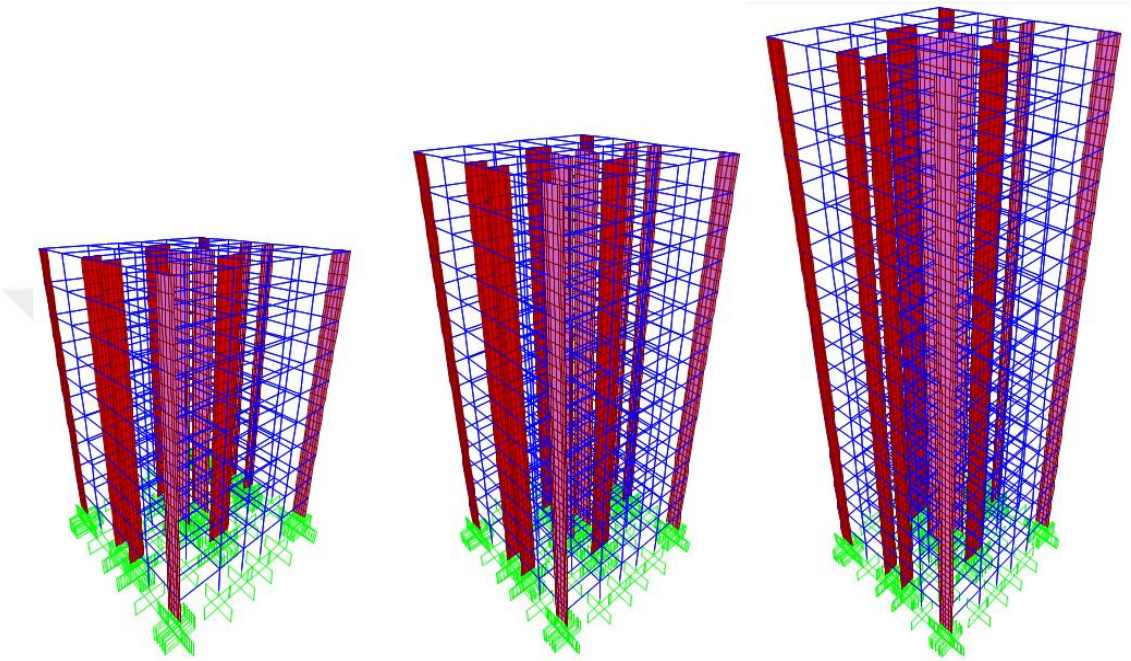
P1, P2, P3 ve P4 perdelerinin taban kesitlerinde hesaplanan boyuna ve enine donatılar incelenen binalar için Tablo 4.7'de paylaşılmıştır.

Tablo 4.7. Perdelerin taban kesitinde hesaplanan boyuna ve enine donatılar

| $H_w$ (m) | Zemin sınıfı | Perde | Boyut (mm) | Boyuna donatı | | Enine donatı | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Uç bölgesi | Gövde | Uç bölgesi | Gövde |
| 60 | ZB | P1 | 25x200 | 10ϕ12 | 8ϕ10 | ϕ8/100 | ϕ8/160 |
| | | P2 | 25x350 | 12ϕ14 | 18ϕ10 | ϕ8/100 | ϕ8/130 |
| | | P3 | 25x200 | 10ϕ12 | 8ϕ10 | ϕ8/100 | ϕ8/160 |
| | | P4 | 25x350 | 12ϕ14 | 18ϕ10 | ϕ8/100 | ϕ8/160 |
| | ZC | P1 | 25x200 | 12ϕ14 | 16ϕ14 | ϕ8/100 | ϕ8/160 |
| | | P2 | 25x350 | 12ϕ14 | 24ϕ10 | ϕ8/100 | ϕ10/100 |
| | | P3 | 25x200 | 12ϕ12 | 14ϕ12 | ϕ8/100 | ϕ8/160 |
| | | P4 | 25x350 | 12ϕ14 | 18ϕ10 | ϕ8/100 | ϕ10/130 |
| | ZD | P1 | 25x200 | 14ϕ16 | 12ϕ16 | ϕ8/100 | ϕ8/120 |
| | | P2 | 25x350 | 16ϕ14 | 24ϕ12 | ϕ8/100 | ϕ10/80 |
| | | P3 | 25x200 | 14ϕ14 | 10ϕ12 | ϕ8/100 | ϕ8/130 |
| | | P4 | 25x350 | 10ϕ14 | 24ϕ12 | ϕ8/100 | ϕ12/150 |
| 45 | ZB | P1 | 25x200 | 10ϕ12 | 8ϕ10 | ϕ8/100 | ϕ8/160 |
| | | P2 | 25x300 | 10ϕ14 | 16ϕ10 | ϕ8/100 | ϕ8/130 |
| | | P3 | 25x200 | 10ϕ12 | 8ϕ10 | ϕ8/100 | ϕ8/160 |
| | | P4 | 25x300 | 10ϕ14 | 16ϕ10 | ϕ8/100 | ϕ8/160 |
| | ZC | P1 | 25x200 | 10ϕ16 | 12ϕ16 | ϕ8/100 | ϕ8/120 |
| | | P2 | 25x300 | 10ϕ14 | 22ϕ12 | ϕ8/100 | ϕ10/100 |
| | | P3 | 25x200 | 12ϕ12 | 16ϕ12 | ϕ8/100 | ϕ8/150 |
| | | P4 | 25x300 | 10ϕ14 | 16ϕ12 | ϕ8/100 | ϕ10/120 |
| | ZD | P1 | 25x200 | 14ϕ16 | 12ϕ16 | ϕ8/100 | ϕ10/140 |
| | | P2 | 25x300 | 12ϕ14 | 26ϕ12 | ϕ8/100 | ϕ10/80 |
| | | P3 | 25x200 | 12ϕ14 | 16ϕ14 | ϕ8/100 | ϕ8/100 |
| | | P4 | 25x300 | 12ϕ14 | 24ϕ12 | ϕ8/100 | ϕ10/110 |
| 30 | ZB | P1 | 25x175 | 8ϕ12 | 10ϕ8 | ϕ8/100 | ϕ8/160 |
| | | P2 | 25x300 | 10ϕ14 | 22ϕ8 | ϕ8/100 | ϕ8/140 |
| | | P3 | 25x175 | 8ϕ12 | 10ϕ8 | ϕ8/100 | ϕ8/160 |
| | | P4 | 25x300 | 10ϕ14 | 22ϕ8 | ϕ8/100 | ϕ8/160 |
| | ZC | P1 | 25x175 | 12ϕ14 | 10ϕ14 | ϕ8/100 | ϕ8/130 |
| | | P2 | 25x300 | 12ϕ14 | 24ϕ14 | ϕ8/100 | ϕ10/100 |
| | | P3 | 25x175 | 12ϕ12 | 10ϕ12 | ϕ8/100 | ϕ8/160 |
| | | P4 | 25x300 | 10ϕ14 | 22ϕ14 | ϕ8/100 | ϕ10/130 |
| | ZD | P1 | 25x175 | 12ϕ16 | 8ϕ16 | ϕ8/100 | ϕ10/160 |
| | | P2 | 25x300 | 14ϕ16 | 24ϕ14 | ϕ8/100 | ϕ12/120 |
| | | P3 | 25x175 | 12ϕ14 | 10ϕ14 | ϕ8/100 | ϕ8/120 |
| | | P4 | 25x300 | 12ϕ16 | 24ϕ14 | ϕ8/100 | ϕ10/110 |

## 4.2. Sayısal Modeller

Tasarımı gerçekleştirilen binaların doğrusal olmayan analizlerinde kullanılacak sayısal modelleri, TBDY-2018 esasları doğrultusunda SAP2000 (versiyon 21) yazılımında oluşturulmuştur (Şekil 4.6).

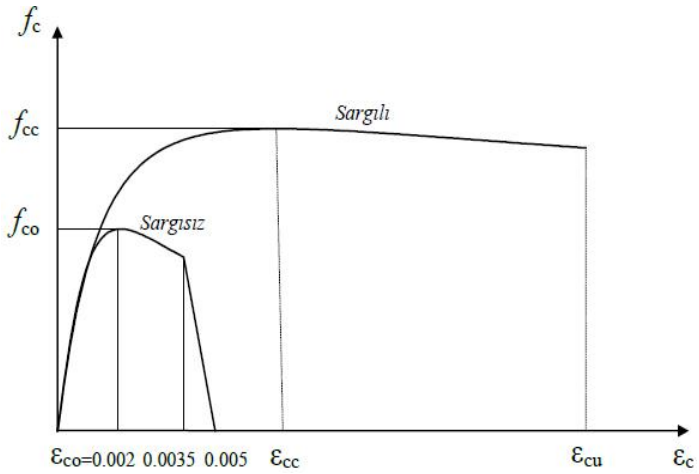


(a) (b) (c)

Şekil 4.6. Sayısal modeller (a) 10 katlı bina (b) 15 katlı bina (c) 20 katlı bina

### 4.2.1. Malzeme modelleri

Doğrusal olmayan yöntem ile değerlendirmede betonun ve donatı çeliğinin karakteristik dayanımları kullanılmıştır. Betonun gerilme (σ) – birim şekil değiştime (ε) ilişkisi birçok değişkenden etkilenmekte olup tek ve kesin bir gerilme – şekil değiştirme eğrisi tanımlamak oldukça zordur. Bu sebeple, sargılı ve sargısız betonun σ-ε ilişkisini belirleyen modellere ihtiyaç duyulmaktadır. TBDY-2018'de betonun davranışı için Mander ve diğ. (1988) tarafından geliştirilen model esas alınmıştır. Sargısız ve sargılı durum için kullanılabilen bu modelde sargılı betonun dayanımı, sargısız betona ait dayanımın sargılama etkisini dikkate alan katsayı ile çarpılmasıyla elde edilmektedir. Sargısız ve sargılı durum için önerilen beton modeli Şekil 4.7'de verilmiştir.




Şekil 4.7. Sargısız ve sargılı beton modelleri (TBDY-2018)

Sargılı betonda basınç gerilmesi $f_c$, Denklem (4.13)'te verilen bağıntı ile hesaplanmaktadır.

$$f_c = \frac{f_{cc} x^r}{r - 1 + x^r} \tag{4.13}$$

Denklem (4.13)'te yer alan sargılı beton dayanımı $f_{cc}$, sargısız beton dayanımı $f_{co}$'a bağlı olarak Denklem (4.14)'te verilmiştir.

$$f_{cc} = \lambda_c f_{co}$$
$$\lambda_c = 2,254\sqrt{1 + 7,94\frac{f_e}{f_{co}}} - 2\frac{f_e}{f_{co}} - 1,254 \tag{4.14}$$

Denklem (4.14)'te yer alan $f_e$, etkili sargılama basıncıdır. Sargısız betonda $f_e$'nin sıfır olmasıyla $\lambda_c$ değeri bire eşit olacak dolayısıyla $f_{cc} = f_{co}$ ve $\varepsilon_{cc} = \varepsilon_{co}$ olacaktır. Dikdörtgen kesitlerde $f_e$, her iki doğrultuda hesaplanan değerlerin ortalaması olarak alınabilmektedir (Denklem 4.15). Denklem (4.15)'te yer alan ifadelerden $k_e$ sargılama etkinlik katsayısı oranını, $p_x$ ve $p_y$ enine donatının ilgili doğrultulardaki hacimsel oranını, $f_{yw}$ enine donatının akma dayanımı göstermektedir.

$$f_{ex} = k_e p_x f_{yw}$$
$$f_{ey} = k_e p_y f_{yw} \tag{4.15}$$

Sargılama etkinlik katsayısı oranı $k_e$, Denklem (4.16) ile hesaplanmaktadır. Denklemde yer alan ifadelerden $\alpha_i$ kesit çevresindeki boyuna donatıların eksenleri arasındaki uzaklığı, $b_o$ ve $h_o$ çekirdek betonunun kesit boyutlarını, s düşey doğrultuda enine donatının eksenleri arasındaki aralığı, $A_s$ boyuna donatı alanını göstermektedir.

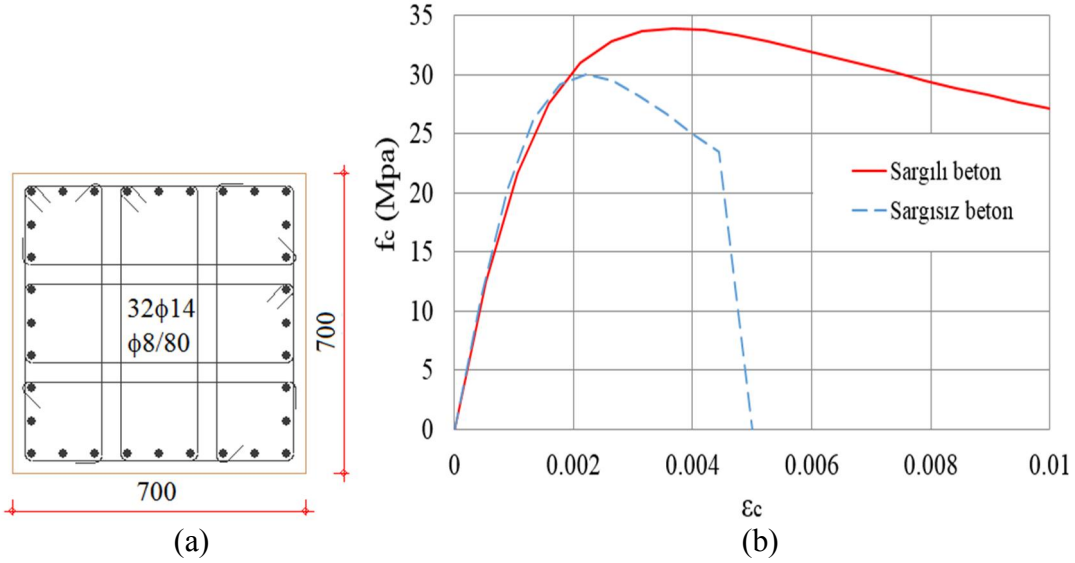
$$k_e = \left(1 - \frac{\Sigma \alpha_i^2}{6 b_o h_o}\right)\left(1 - \frac{s}{2b_o}\right)\left(1 - \frac{s}{2h_o}\right)\left(1 - \frac{A_s}{b_o h_o}\right)^{-1} \tag{4.16}$$

Denklem (4.13)'te yer alan r değişkeni ve normalize edilmiş beton birim şekil değiştirmesi x, Denklem (4.17) ve (4.18)'de verilen bağıntılar ile hesaplanmaktadır.

$$x = \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{cc}} \qquad \varepsilon_{cc} = \varepsilon_{co}\left[1 + 5(\lambda_c - 1)\right] \qquad \varepsilon_{co} \cong 0,002 \tag{4.17}$$

$$r = \frac{E_c}{E_c - E_{sec}} \qquad E_c = 5000\sqrt{f_{co}} \qquad E_{sec} = \frac{f_{cc}}{\varepsilon_{cc}} \tag{4.18}$$

Beton malzeme sınıfı C30, boyuna ve enine donatı çeliği sınıfı S420 olan kolonun kesit detayı Şekil 4.8 (a)'da gösterilmiştir. Örnek olarak seçilen 700x700 mm boyutlarındaki kolon kesiti için SAP2000 yazılımda oluşturulan sargısız ve sargılı beton modelleri Şekil 4.8 (b)'de verilmiştir.

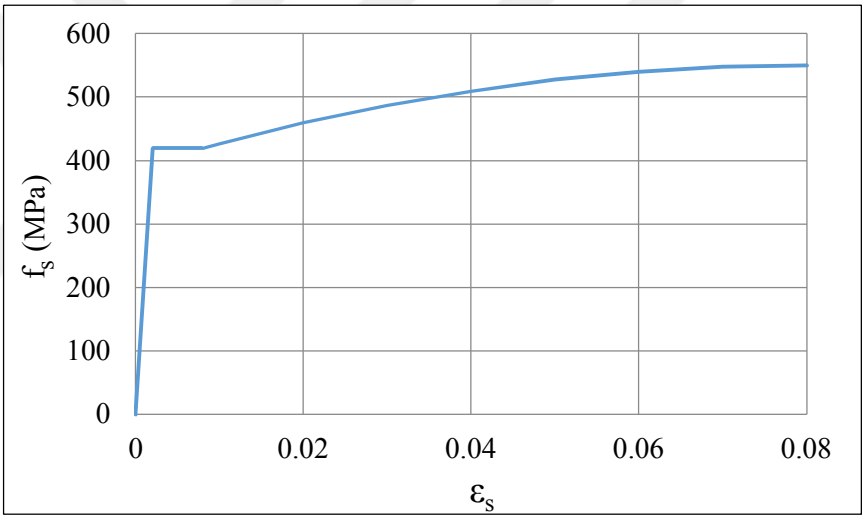



Şekil 4.8. (a) Kolon kesit detayı (b) sargısız ve sargılı beton modelleri

Analizlerde B420C kalitesinde donatı çeliği kullanılmıştır. B420C donatı çeliğine ait bilgiler Tablo 4.8'de verilmiştir. Seçilen donatı çeliği için oluşturulan gerilme – şekil değiştirme grafiği Şekil 4.9'da verilmiştir. TBDY-2018'de donatı çeliğinin kopma dayanımının akma dayanımına oranı ($f_{su}/f_{sy}$), 1,15 – 1,35 değerleri arasında verilmiştir. Donatı çeliğinin kopma dayanımı, DBYBHY-2007'de önerildiği gibi 550 MPa olarak alınmıştır. Tablo 4.8'de verilen ifadelerden $\varepsilon_{sy}$ donatı çeliğinin akma birim şekil değiştirmesini, $\varepsilon_{sh}$ donatı çeliğinin pekleşme başlangıcındaki birim şekil değiştirmesini, $\varepsilon_{su}$ donatı çeliğinin kopma birim şekil değiştirmesini göstermektedir.

Tablo 4.8. B420C donatı çeliğine ait bilgiler

| Kalite | $f_{sy}$ (MPa) | $\varepsilon_{sy}$ | $\varepsilon_{sh}$ | $\varepsilon_{su}$ | $f_{su}/f_{sy}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| B420C | 420 | 0,0021 | 0,008 | 0,08 | 1,15-1,35 |



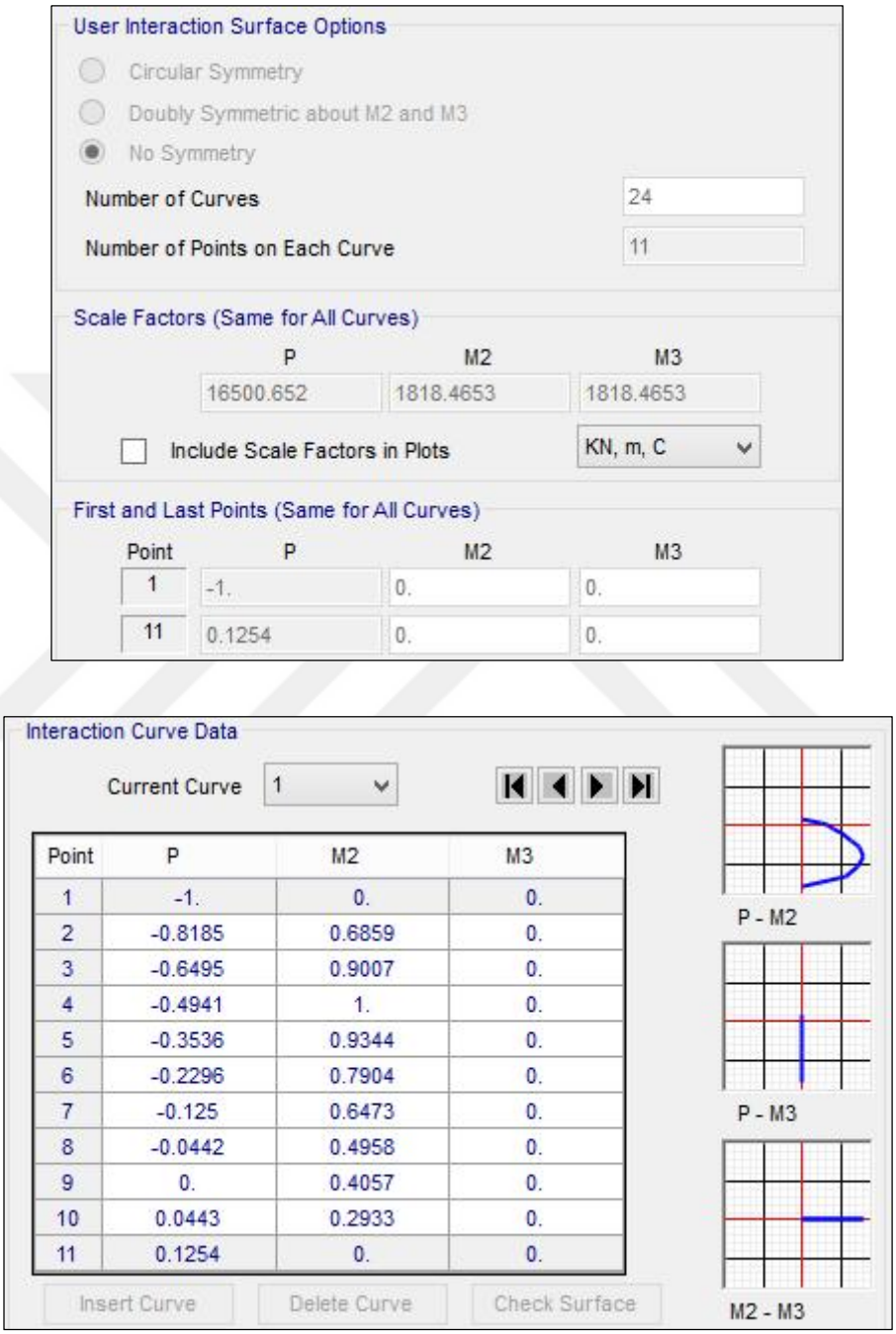

Şekil 4.9. Donatı çeliğinin gerilme – şekil değiştirme grafiği

### 4.2.2. Taşıyıcı sistem elemanlarının modellenmesi

Çubuk sonlu elemanları olarak modellenen kolon ve kirişlerde doğrusal olmayan davranış, çubuk elemanların her iki ucuna atanan plastik mafsallar ile sağlanmıştır. Plastik mafsal boyu eğilmeye çalışan doğrultudaki kesit yüksekliğinin yarısına eşit alınmıştır. Kolonların kesit analizleri SAP2000 yazılımının ara yüzü ile yapılmış olup karşılıklı etki diyagramları Xtract kesit analizi yazılımı ile de oluşturulmuştur.

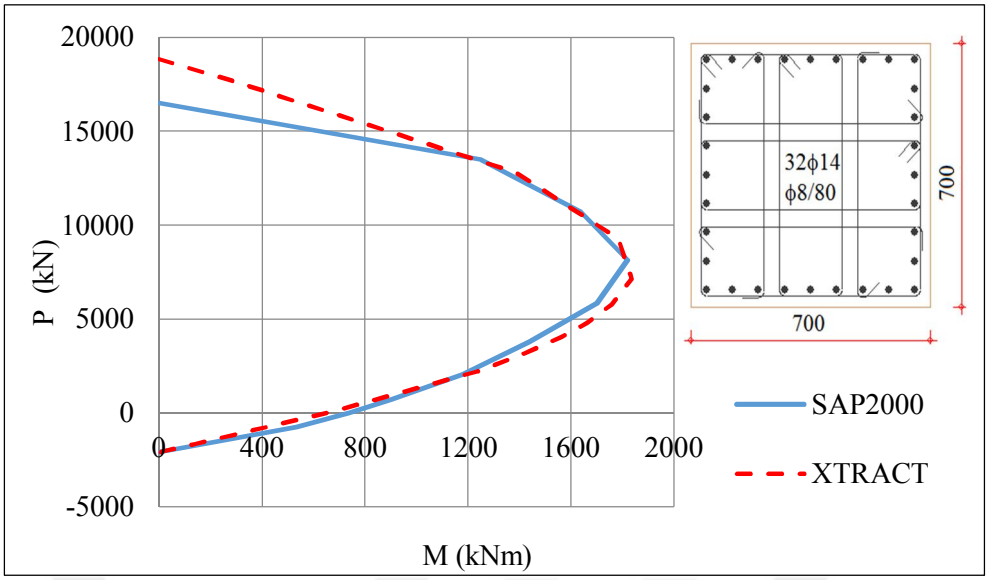
Eksenel kuvvet (P) ve eğilme momenti (M) etkisinde bulunan kolon elemanlarda P-M2-M3 mafsal özelliği kullanılarak üç eksenli etkileşim diyagramı oluşturulmuştur. Etkileşim yüzeyleri 15 derecelik açılarla tanımlanmış olup her bir eğride 11 adet P,

M2 ve M3 noktası bulunmaktadır. Şekil 4.11'de kesiti verilen 700x700 mm boyutlarındaki kolon için SAP2000 yazılımında tanımlanan P-M etkileşim diyagramı Şekil 4.10'da verilmiştir.



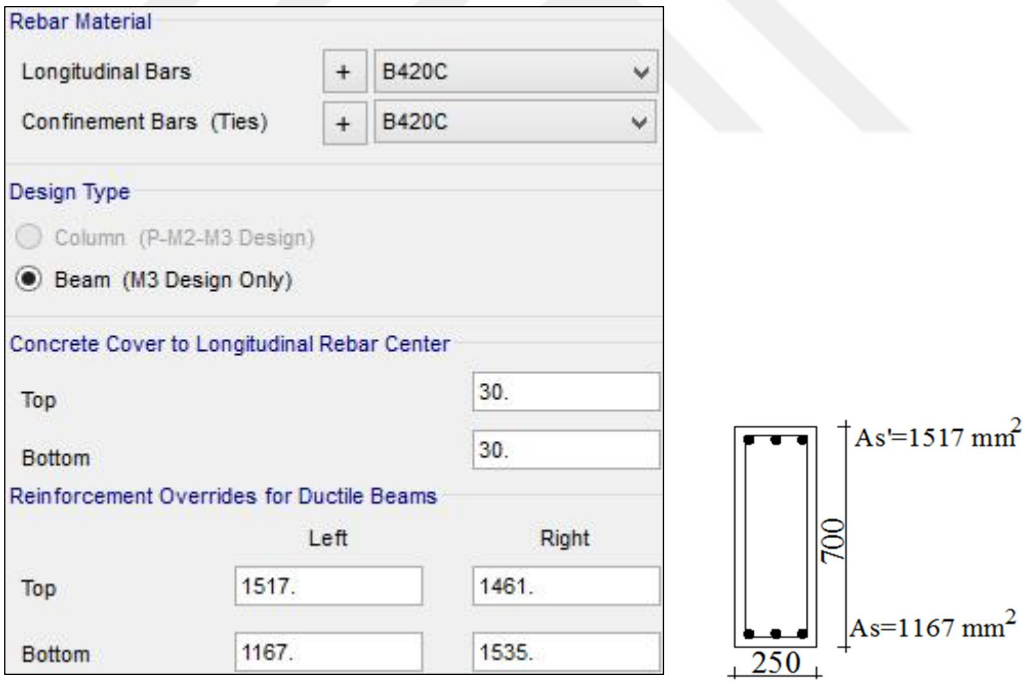

Şekil 4.10. SAP2000 yazılımında P-M etkileşim diyagramının tanımlanması

20 katlı binada yer alan 700x700 mm boyutlarındaki kolon için oluşturulan P-M etkileşim diyagramı Şekil 4.11'de gösterilmiştir.



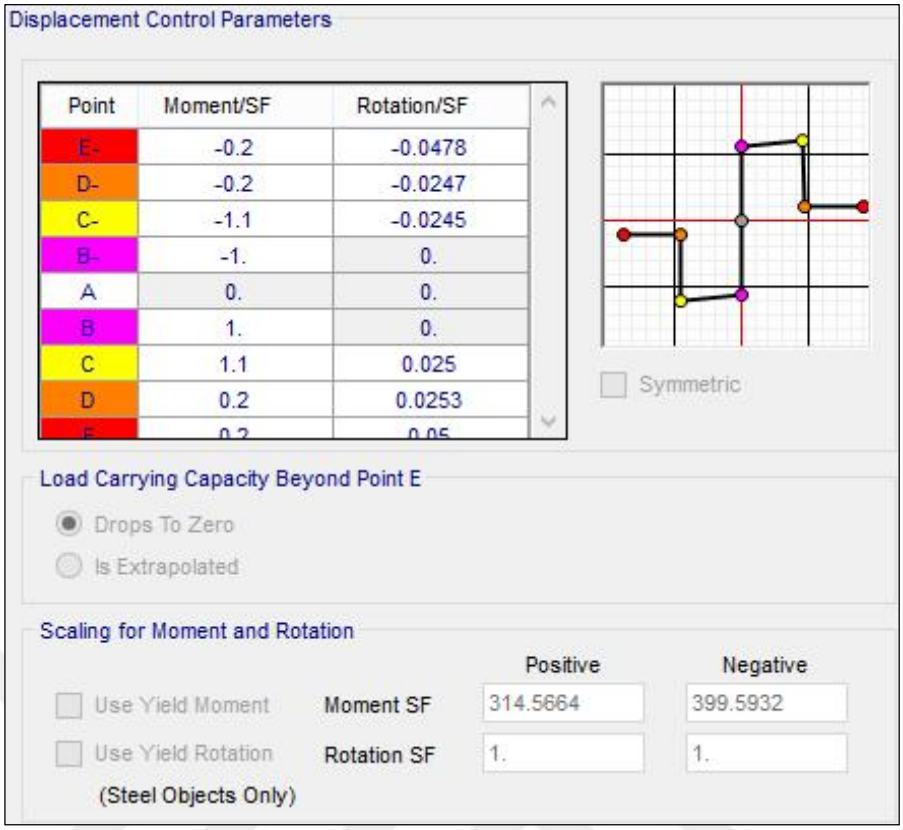

Şekil 4.11. 700x700 mm boyutlarındaki kolonun P-M etkileşim diyagramı

Kirişlerde doğrusal olmayan davranışın tanımlanması aşamasında öncelikle tasarım sonucunda belirlenen kiriş donatı alanları için veri girişi yapılmıştır (Şekil 4.12).



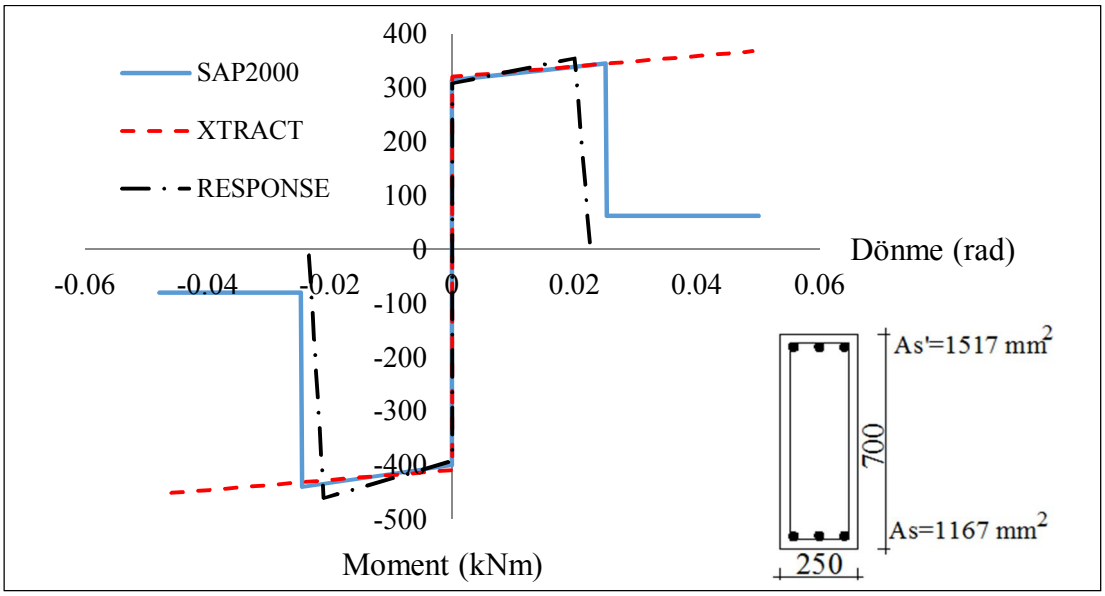

Şekil 4.12. Kiriş donatı alanlarının SAP2000 yazılımında tanımlanması

Kirişlerde, eğilme davranışını temsil eden M3 mafsalı tanımlanmıştır. Şekil 4.12'de girilen donatı alanlarına bağlı olarak hesaplanan akma momenti değerleri ve oluşturulan moment-dönme ilişkisi Şekil 4.13'te verilmiştir.



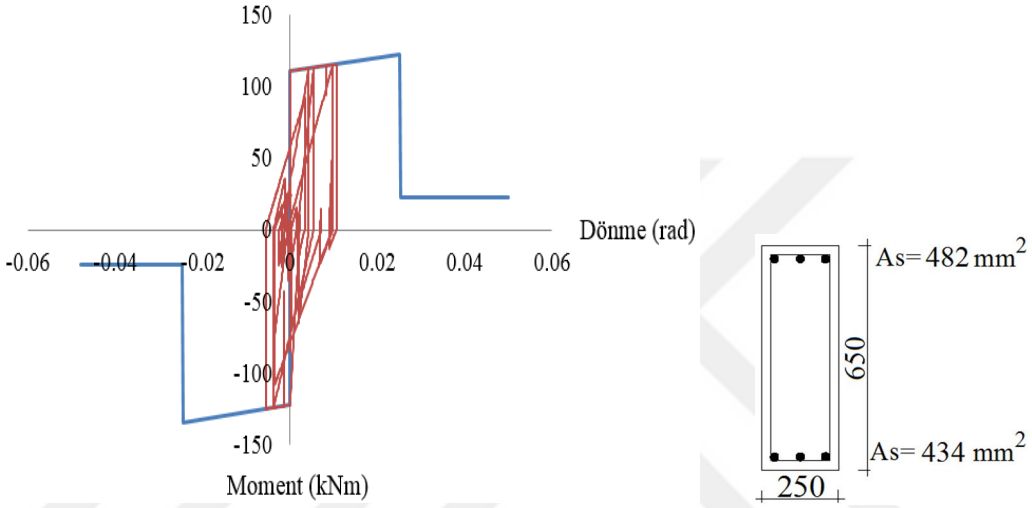

Şekil 4.13. SAP2000 yazılımında oluşturulan moment-dönme ilişkisi

Detayı verilen kirişin kesit analizi Xtract ve Response-2000 yazılımları ile de gerçekleştirilmiş olup kesite ait moment-dönme ilişkisi Şekil 4.14'te paylaşılmıştır.



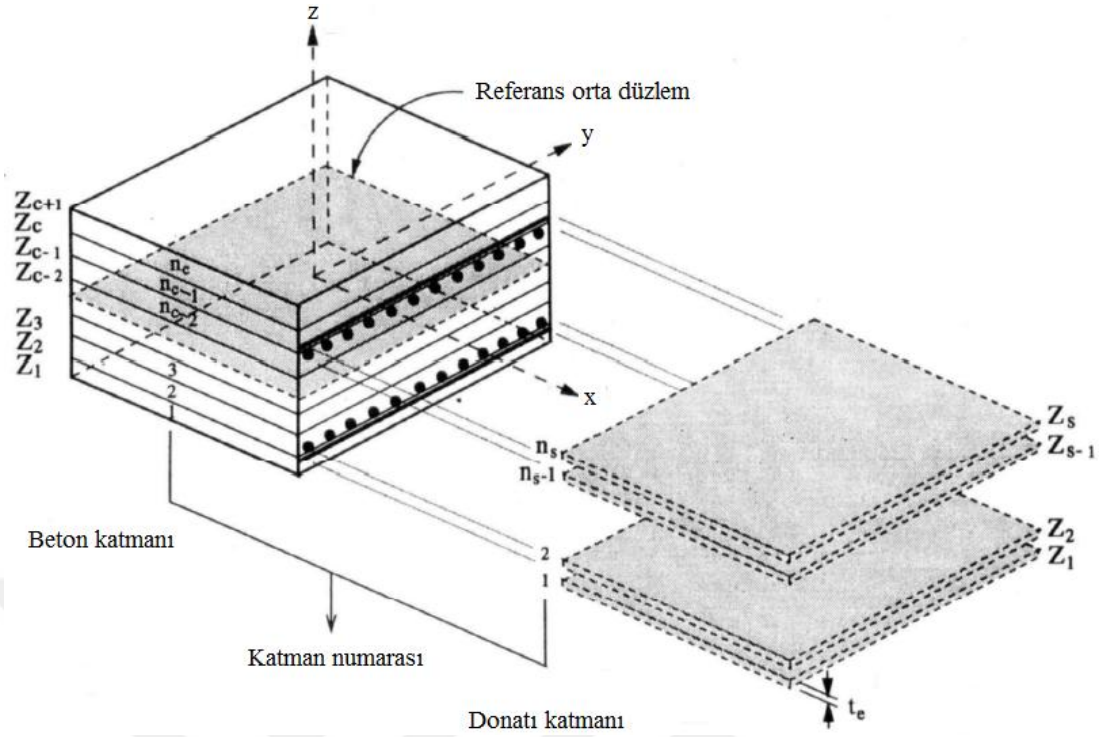

Şekil 4.14. Kesiti verilen kirişin moment-dönme ilişkisi

TBDY-2018'de zaman tanım alanında yapılacak doğrusal olmayan hesapta çevrimsel davranış modeli olarak betonarme taşıyıcı sistemler için önceki maksimuma yönelimli model veya çevrim içi rijitlik azaltmasına olanak sağlamak üzere ondan türetilmiş modelin kullanılabileceği belirtilmiştir. Bu doğrultuda çevrimsel davranış için Takeda ve diğ. (1970) tarafından önerilen model seçilmiştir. 15 katlı binada bulunan ve kesiti verilen kiriş için Loma Prieta depremi etkisi altında elde edilen çevrimsel davranış Şekil 4.15'te görülmektedir.




Şekil 4.15. Kesiti verilen kirişin çevrimsel moment-dönme ilişkisi

Perdelerin doğrusal olmayan davranışı için çok katmanlı kabuk eleman modeli kullanılmıştır. Çok katmanlı kabuk eleman modeli, kompozit malzeme mekaniği prensiplerine dayanmakta olup betonarme perde duvarların doğrusal olmayan düzlem içi/düzlem dışı eğilme çifti ve düzlemsel eğilme-kesme çifti davranışlarının temsil edilmesinde kullanılmaktadır (Şekil 4.16). Kabuk eleman farklı kalınlığa sahip katmanlardan oluşmaktadır. Her bir katman üniform bir kalınlığa sahip olup kalınlık katmandan katmana değişebilmektedir. Oluşturulan katmanlara farklı malzeme özellikleri atanabilmektedir. Bu durum donatının modellenmesinde bir ya da daha fazla katman oluşturulmasına imkân sağlamaktadır. Sonlu eleman hesabında orta tabakanın eksenel birim şekil değiştirmesi ve eğriliği elde edilmektedir. Düzlem kesitin eğilmeden sonra düzlem kalacağı kabulüne göre diğer katmanlara ait birim şekil değiştirmeler ve eğrilikler hesaplanmaktadır. Bu değerlere karşı gelen gerilme, katmana tanımlanan malzemeye ait bünye denklemleri kullanılarak elde edilmektedir (Loo ve Guan 1997, Miao ve diğ., 2006).

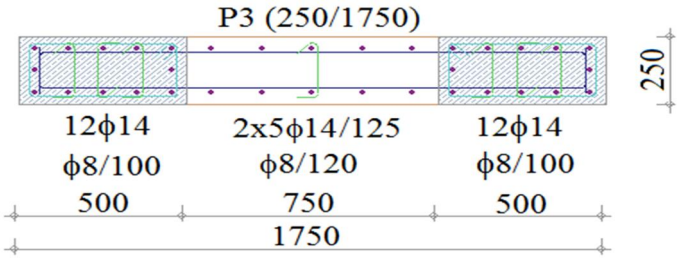



Şekil 4.16. Çok katmanlı kabuk eleman modeli (Guan ve Loo,1997)

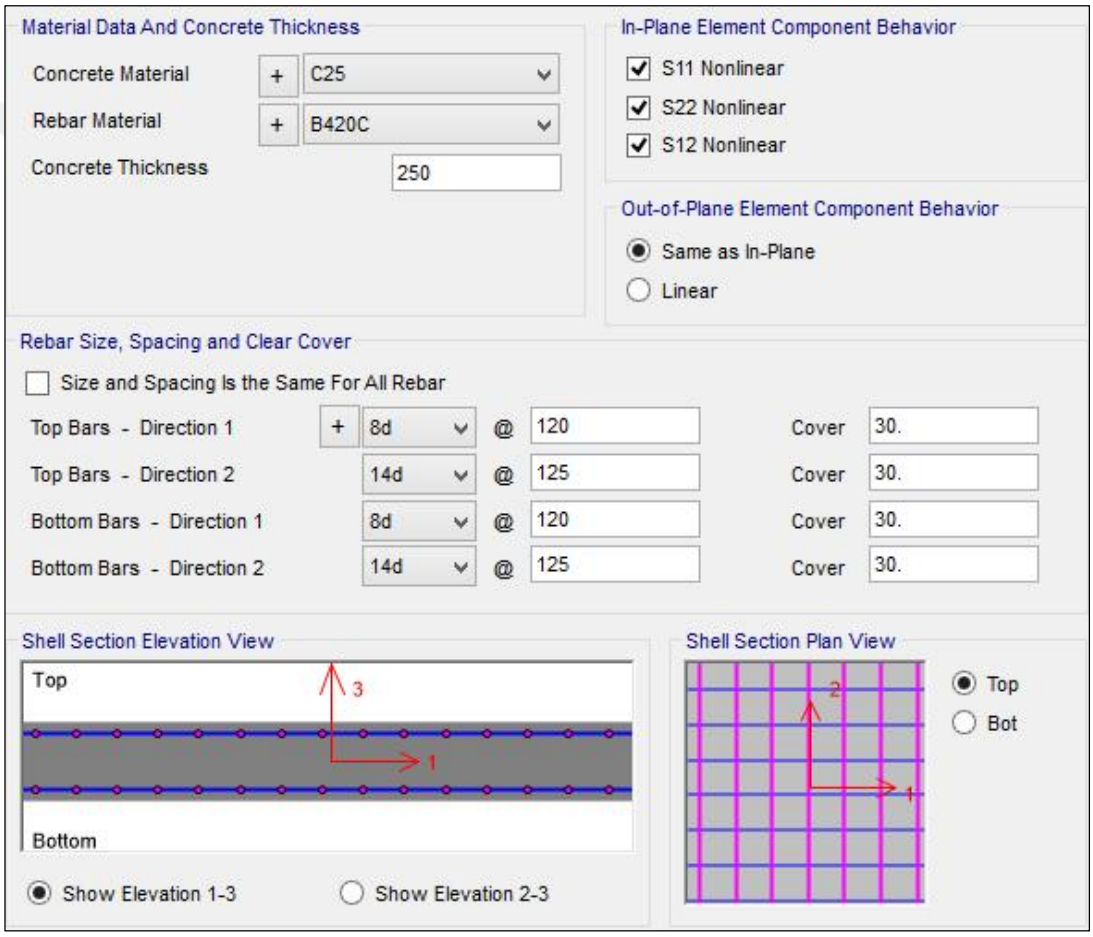
Perdelerin uç ve gövde bölgeleri için belirlenen boyuna ve enine donatılar SAP2000 yazılımında tanımlanmıştır. Şekil 4.17'de, 10 katlı binada bulunan P3 perdesinin enkesit detayı ve gövde donatıları için yapılan veri girişi verilmiştir. Beton malzeme sınıfı C25 ve donatı için çelik sınıfı B420C olarak tanımlanmıştır. Boyuna ve enine donatı için donatı çapları ve aralıkları sırasıyla 2 ve 1 eksenleri doğrultunda girilmiştir. Verilen enkesit detayı için 14 mm çapında ve 125 mm aralığında boyuna donatı 2 ekseni doğrultusunda, 8 mm çapında ve 120 mm aralığında enine donatı 1 ekseni doğrultusunda tanımlanmıştır.

Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz için öncelikle $G+0,3Q+0,3\,E_d^{(Z)}$ yük birleşimi altında doğrusal olmayan artımsal statik hesap yapılmıştır. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizler incelenen binaların her iki doğrultusunda gerçekleştirilmiştir. Taşıyıcı sistem elemanlarında çatlamış kesite ait etkin kesit rijitlikleri kullanılmıştır. Deprem ve rüzgâr gibi yükler altında oluşacak yatay yer değiştirmeler özellikle narin ve yüksek yapılarda önem kazanmaktadır. Bu tip yapılarda meydana gelecek yatay yer değiştirmeler konforu olumsuz yönde etkilediği gibi yapı elamanlarının hasara uğramasına da yol açabilmektedir (Ersoy ve diğ., 1988).

Bu etkiyi göz önünde bulundurmak amacıyla ikinci mertebe etkileri analizlerde dikkate alınmıştır.




(a)




(b)

Şekil 4.17. (a) P3 perdesi enkesit detayı (b) katmanlı kabuk eleman için veri girişi

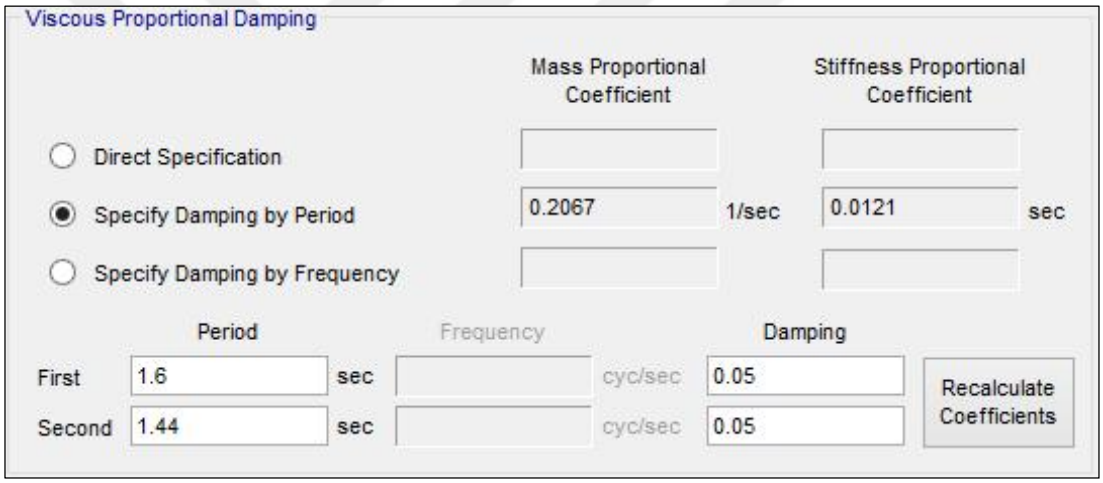
Analizlerde Rayleigh sönümü kullanılmış ve sönüm oranı TBDY-2018'de belirtildiği üzere %5 olarak alınmıştır. Rayleigh sönümü kütle ve rijitlik matrisleri ile orantılı kabul edilen bir sönüm modelidir (Denklem 4.19). Denklemde yer alan $[M]$ ve $[K]$ sırasıyla sistemin kütle ve rijitlik matrisidir. Sönüm oranları birbirine eşit alındığında

($\zeta_i=\zeta_j=\zeta$), $\alpha_o$ ve $\alpha_1$ sönüm oranı sabitleri Denklem (4.20)'de gösterildiği gibi hesaplanmaktadır (Chopra, 1995).

$$[C] = \alpha_o [M] + \alpha_1 [K] \tag{4.19}$$

$$\alpha_o = \zeta \frac{2\omega_i \times \omega_j}{\omega_i + \omega_j} \qquad \alpha_1 = \zeta \frac{2}{\omega_i + \omega_j} \tag{4.20}$$

SAP2000 yazılımının sönüm sekmesinde periyot ve sönüm değerleri tanımlandığında sönüm oranı sabitleri hesaplanmaktadır (Şekil 4.18). Hesaplanan sabitlerin kontrolü 15 katlı bina için gerçekleştirilmiştir. Binanın 1. ve 3. modlarına ait titreşim periyotları için sönüm oranı %5 alınarak yapılan hesaplamalar Denklem (4.21) ile verilmiştir.




Şekil 4.18. Rayleigh sönümünün tanımlanması

$$\omega_i = 2\pi / T_i = 2\pi / 1,6 = 3,926$$
$$\omega_j = 2\pi / T_j = 2\pi / 1,44 = 4,363$$
$$\alpha_o = 0,05 \times \frac{2 \times 3.926 \times 4,363}{3,926 + 4,363} = 0,2067 \tag{4.21}$$
$$\alpha_1 = 0,05 \times \frac{2}{3,926 + 4,363} = 0,0121$$

# 5. ANALİZ SONUÇLARI

Bölüm 4'te tasarımı gerçekleştirilmiş örnek binaların üç boyutlu modellerinde 99 adet doğrusal olmayan analiz gerçekleştirilmiştir. Bu bölümde analiz sonuçları tartışılmıştır. Mod birleştirme yöntemi ile elde edilen kesme kapasiteleri ve zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi ile elde edilen kesme talepleri perde yüksekliği boyunca birlikte incelenmiştir. Deprem kayıtları ile yürütülen analizlerden elde edilen kesme kuvveti değerleri ve bu değerlerin ortalaması olan kesme kuvveti talebi diyagramlarda paylaşılmıştır. Perde kapasitesi ($V_r$) ile birlikte tasarım kesme kuvvetinin ($V_e$) belirlenmesinde kullanılan Denklem (5.1) ve Denklem (5.2)'ye ait sonuçlar da diyagramlarda gösterilmiştir. Bu denklemlerden elde edilen değerlerin küçük olanı perdenin tasarım kesme kuvveti olmaktadır. Dayanım fazlalığı katsayısı (D), taşıyıcı sistem elemanlarının sünek olmayan davranışına karşı gelen azaltılmış iç kuvvetlerin büyütülmesinde kullanılmaktadır. Düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan kesme kuvveti ($V_d$), 1.2D ile büyütülerek $V_{e1}$ elde edilmektedir. $(M_d)_t$, perde tabanında düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan eğilme momentini; $(M_p)_t$, perdenin taban kesitinde malzemelerin karakteristik dayanımı ve çeliğin dayanım artışı göz önüne alınarak hesaplanan moment kapasitesini göstermektedir. Denklem (5.2) ile verilen kesme kuvveti ($V_{e2}$) hesaplanırken dinamik büyütme katsayısı ($\beta_v$) ve eğilmeden kaynaklanan dayanım fazlalığı dikkate alınmaktadır.

$$V_{e1} = 1.2DV_d \tag{5.1}$$

$$V_{e2} = \beta_v \frac{(M_p)_t}{(M_d)_t} V_d \tag{5.2}$$

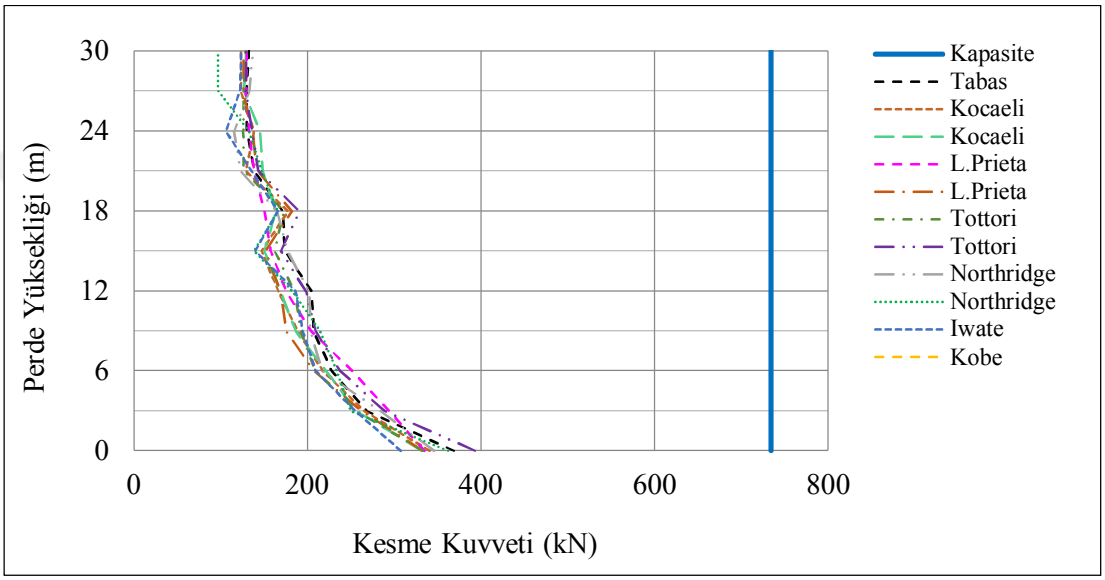
## 5.1. 10 Katlı Binalar

10 katlı binalarda elde edilen sonuçlar incelenen yerel zemin sınıfları için sırasıyla paylaşılmıştır. Perdelerde enine donatı çapları ve aralıkları belirlenirken her bir kat için ayrı hesap yapılmıştır. Perde kesme kapasiteleri katlarda farklılık göstermektedir.

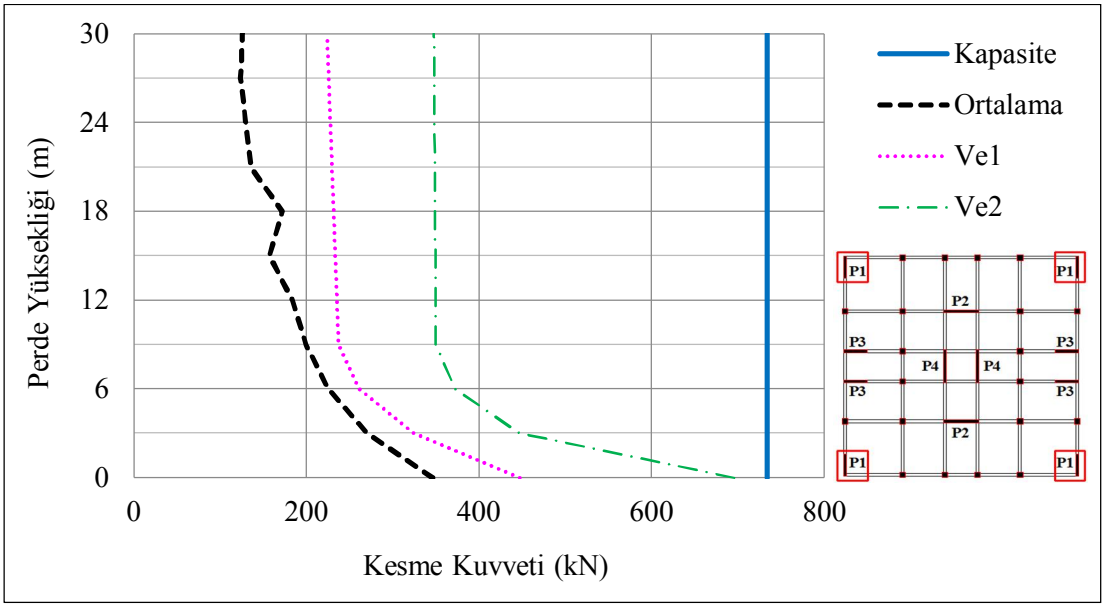
Minimum enine donatı kullanılması durumunda ise kullanılan kesitten itibaren perde üst ucuna kadar kesme kapasitesi sabit kalmaktadır.

### 5.1.1. ZB yerel zemin sınıfı

Perde yüksekliği boyunca elde edilen kesme kuvveti diyagramları ZB yerel zemin sınıfı için Şekil 5.1-5.8'de, talep değerlerinin kapasiteye oranı Tablo 5.1-5.4'te verilmiştir.




Şekil 5.1. P1 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Deprem kayıtlarından elde edilen değerler - 10 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı)

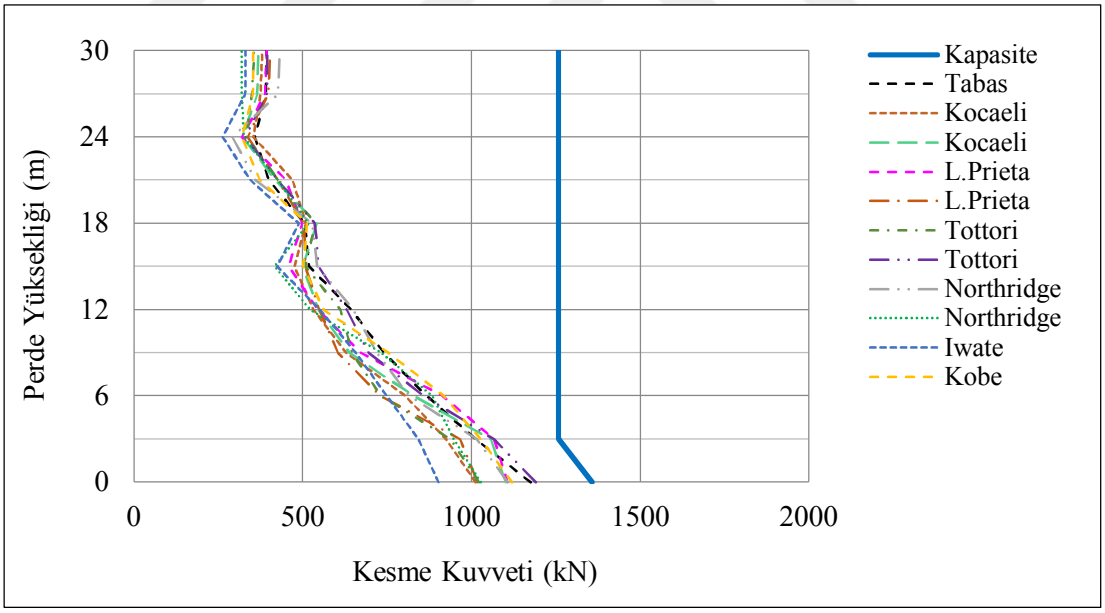



Şekil 5.2. P1 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Ortalama değer - 10 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı)

P1 perdesinde kesme talebi, tasarım kesme kuvvetinin ($V_{el}$) ve kapasitenin altında kalmıştır. Perde tabanında talep/kapasite oranı %47,2 olarak hesaplanmıştır. Perde tabanından itibaren yönetmeliğin önerisiyle minimum enine donatı kullanıldığından kapasite yükseklik boyunca sabit kalmıştır.

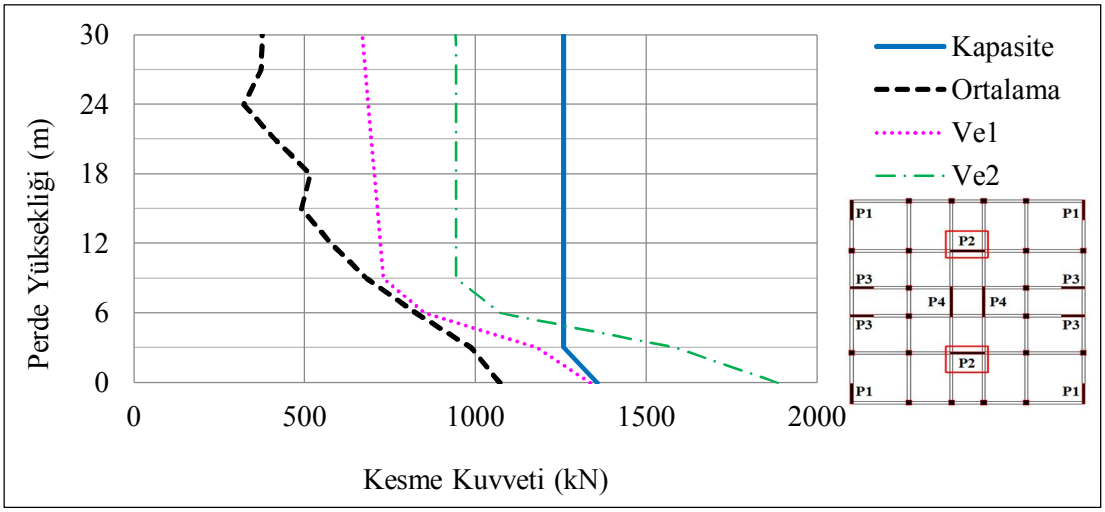
Tablo 5.1. P1 perdesi talep/kapasite oranları (10 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı)

| KAT | Kapasite (kN) | Talep (kN) | Talep/kapasite (%) |
|---|---|---|---|
| 10 | 734 | 124 | 16,9 |
| 9 | 734 | 129 | 17,6 |
| 8 | 734 | 136 | 18,5 |
| 7 | 734 | 172 | 23,4 |
| 6 | 734 | 157 | 21,4 |
| 5 | 734 | 184 | 25,0 |
| 4 | 734 | 199 | 27,2 |
| 3 | 734 | 225 | 30,7 |
| 2 | 734 | 270 | 36,7 |
| 1 | 734 | 346 | 47,2 |




Şekil 5.3. P2 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Deprem kayıtlarından elde edilen değerler - 10 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı)

P2 perdesinde kesme talebi, tasarım kesme kuvvetinin ($V_{el}$) ve kapasitenin altında kalmıştır. Denklem (5.1) ile elde edilen kesme kuvveti değerleri, Denklem (5.2) ile hesaplanan değerlerden küçük olduğu için kapasite belirlenirken $V_{el}$ dikkate alınmıştır. Perde tabanında talep/kapasite oranı %78,9 olarak hesaplanmıştır.



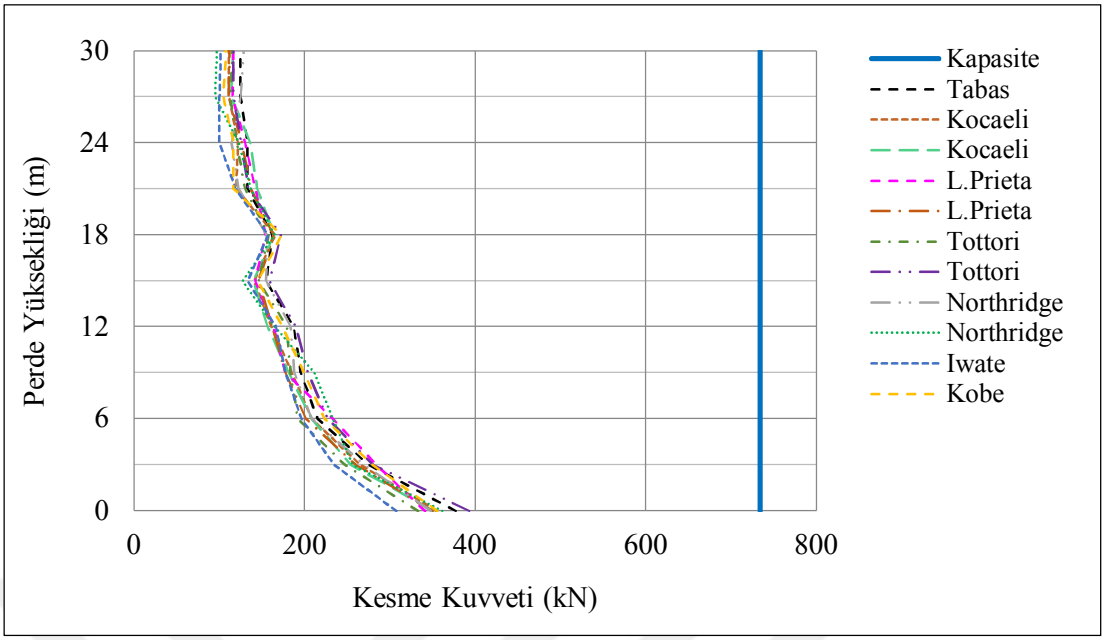

Şekil 5.4. P2 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Ortalama değer - 10 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı)

Tablo 5.2. P2 perdesi talep/kapasite oranları (10 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı)

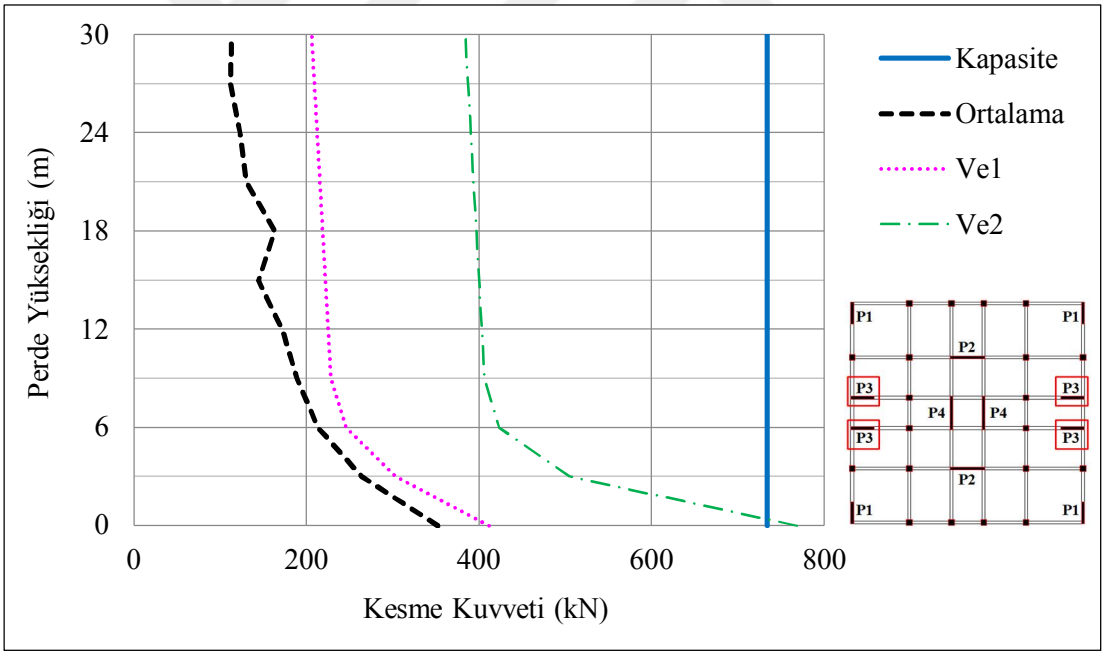
| KAT | Kapasite (kN) | Talep (kN) | Talep/kapasite (%) |
|---|---|---|---|
| 10 | 1258 | 371 | 29,5 |
| 9 | 1258 | 322 | 25,6 |
| 8 | 1258 | 411 | 32,6 |
| 7 | 1258 | 516 | 41,0 |
| 6 | 1258 | 491 | 39,0 |
| 5 | 1258 | 577 | 45,8 |
| 4 | 1258 | 680 | 54,1 |
| 3 | 1258 | 826 | 65,7 |
| 2 | 1258 | 988 | 78,5 |
| 1 | 1356 | 1070 | 78,9 |

Tablo 5.3. P3 perdesi talep/kapasite oranları (10 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı)

| KAT | Kapasite (kN) | Talep (kN) | Talep/kapasite (%) |
|---|---|---|---|
| 10 | 734 | 112 | 15,2 |
| 9 | 734 | 123 | 16,7 |
| 8 | 734 | 130 | 17,8 |
| 7 | 734 | 163 | 22,2 |
| 6 | 734 | 144 | 19,7 |
| 5 | 734 | 171 | 23,3 |
| 4 | 734 | 189 | 25,8 |
| 3 | 734 | 213 | 29,0 |
| 2 | 734 | 264 | 36,0 |
| 1 | 734 | 352 | 47,9 |

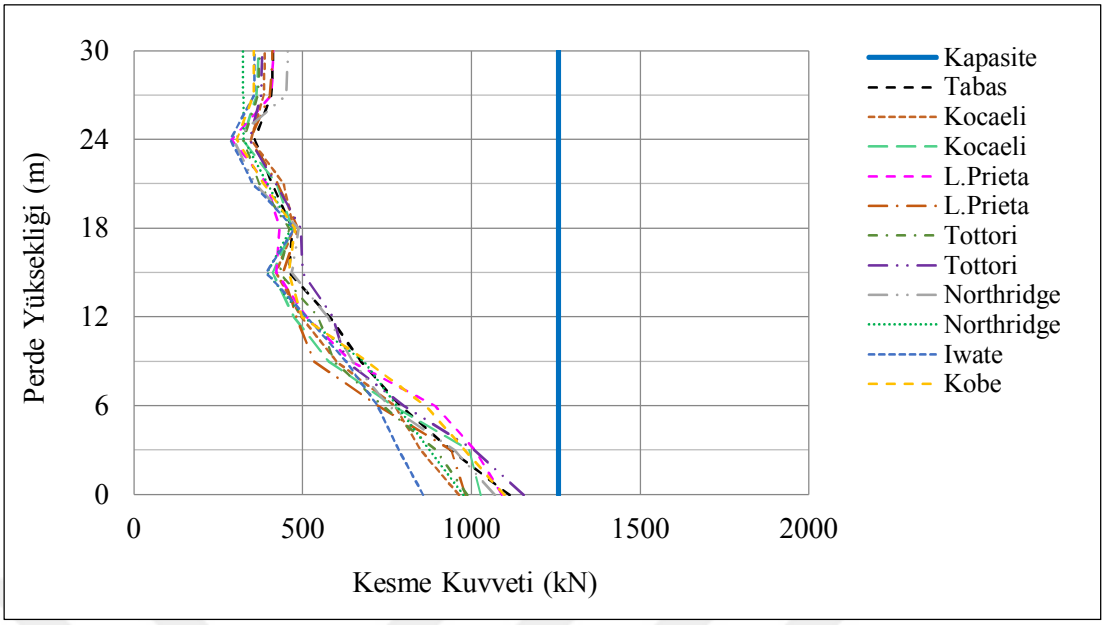



Şekil 5.5. P3 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Deprem kayıtlarından elde edilen değerler - 10 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı)

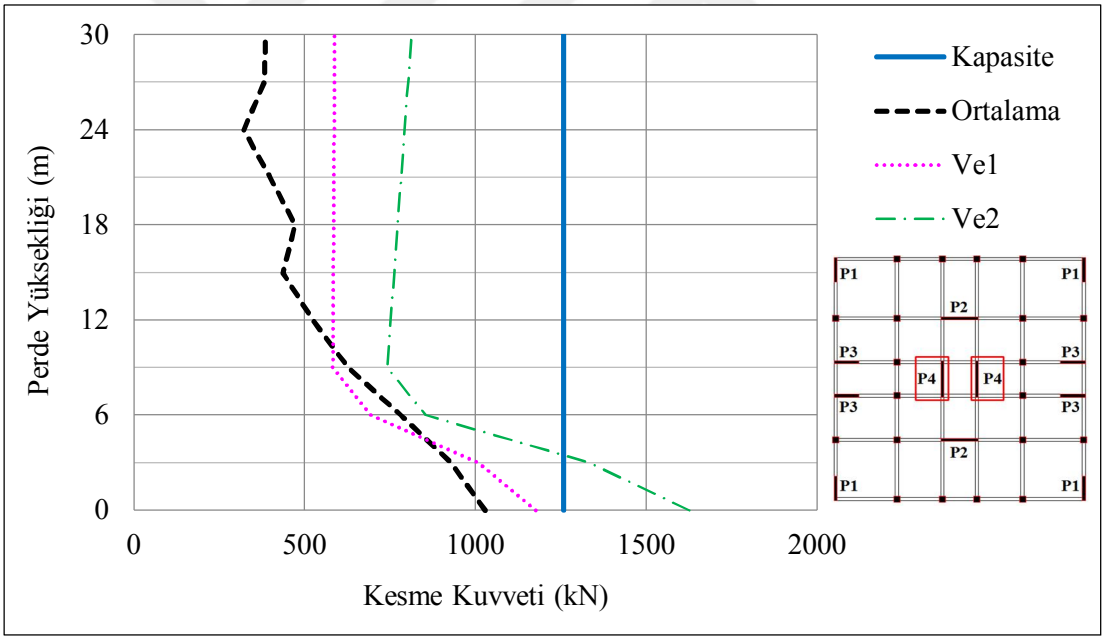



Şekil 5.6. P3 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Ortalama değer - 10 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı)

P3 perdesinde kesme talebi, tasarım kesme kuvvetinin ($V_{e1}$) ve kapasitenin altında kalmıştır. Perde tabanında talep/kapasite oranı %47,9 olarak hesaplanmıştır.




Şekil 5.7. P4 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Deprem kayıtlarından elde edilen değerler - 10 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı)




Şekil 5.8. P4 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Ortalama değer - 10 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı)

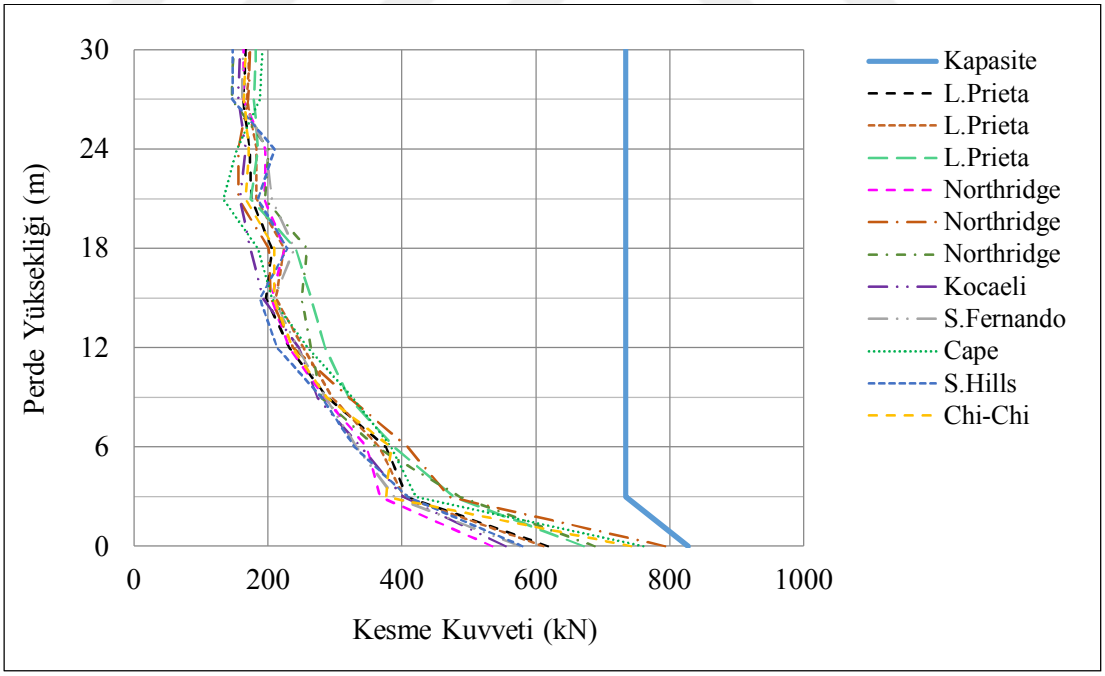
P4 perdesinde kesme talebi, tasarım kesme kuvvetini ($V_{e1}$) binanın 2. ve 4. katları arasında aşmış olup minimum enine donatı kullanımına bağlı olarak kapasitenin altında kalmıştır. Denklem (5.2) ile hesaplanan kesme kuvveti değerleri ($V_{e2}$), talep değerlerine göre güvenli tarafta kalmıştır. Perde tabanında talep/kapasite oranı %81,7 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 5.4. P4 perdesi talep/kapasite oranları (10 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı)

| KAT | Kapasite (kN) | Talep (kN) | Talep/kapasite (%) |
|---|---|---|---|
| 10 | 1258 | 380 | 30,2 |
| 9 | 1258 | 321 | 25,5 |
| 8 | 1258 | 398 | 31,6 |
| 7 | 1258 | 471 | 37,5 |
| 6 | 1258 | 436 | 34,6 |
| 5 | 1258 | 523 | 41,6 |
| 4 | 1258 | 627 | 49,8 |
| 3 | 1258 | 781 | 62,1 |
| 2 | 1258 | 929 | 73,8 |
| 1 | 1258 | 1028 | 81,7 |

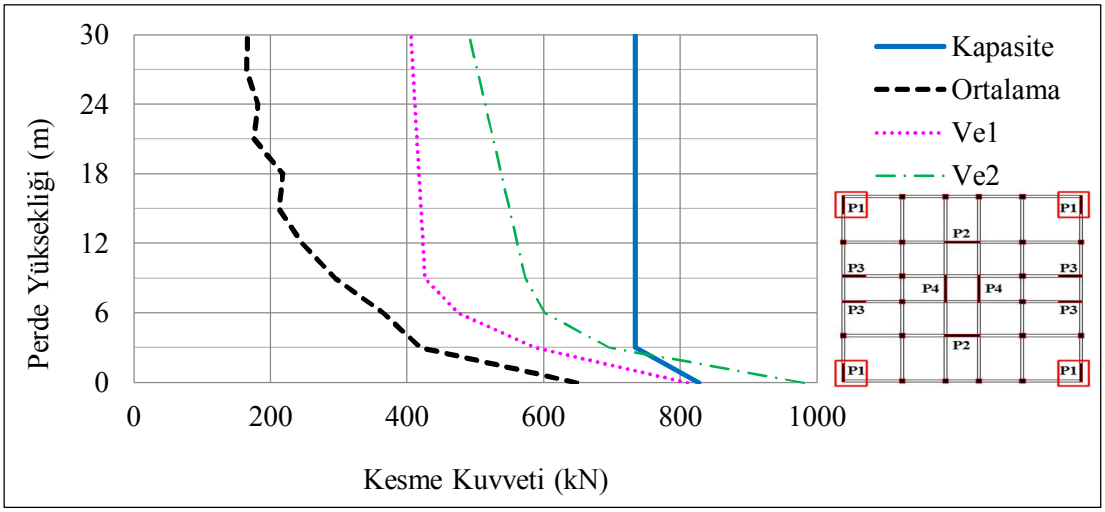
### 5.1.2. ZC yerel zemin sınıfı

Perde yüksekliği boyunca elde edilen kesme kuvveti diyagramları ZC yerel zemin sınıfı için Şekil 5.9-5.16'da, talep değerlerinin kapasiteye oranı Tablo 5.5-5.8'de verilmiştir.




Şekil 5.9. P1 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Deprem kayıtlarından elde edilen değerler - 10 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı)

P1 perdesinde kesme talebi, tasarım kesme kuvvetinin ($V_{e1}$) ve kapasitenin altında kalmıştır. Perde tabanında talep/kapasite oranı %78,3 olarak hesaplanmıştır.



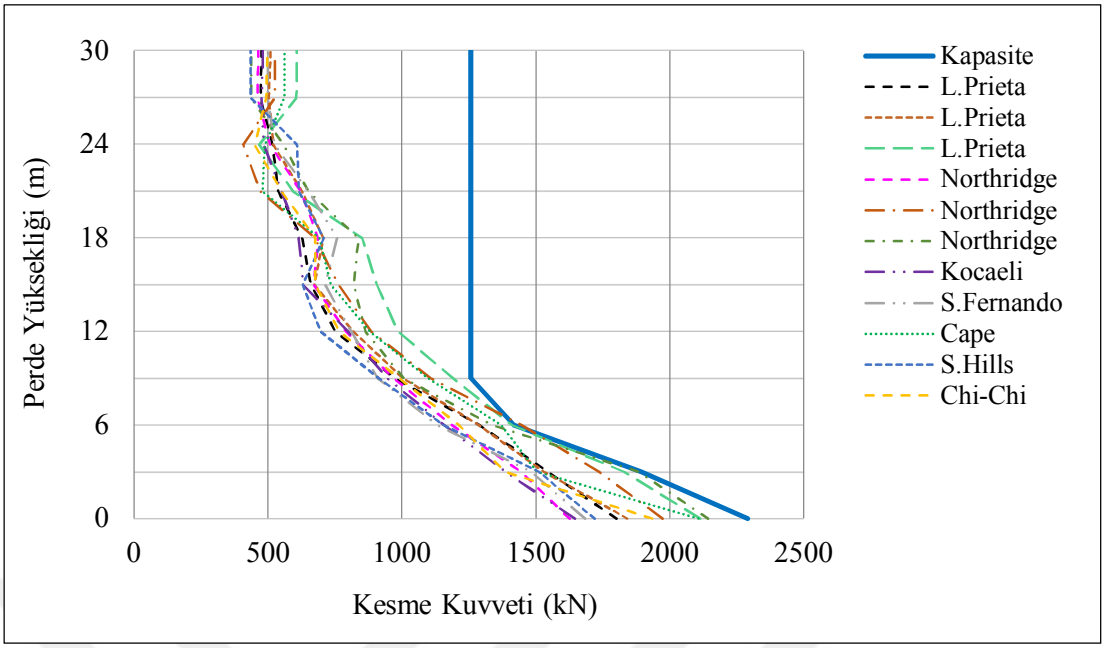

Şekil 5.10. P1 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Ortalama değer - 10 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı)

Tablo 5.5. P1 perdesi talep/kapasite oranları (10 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı)

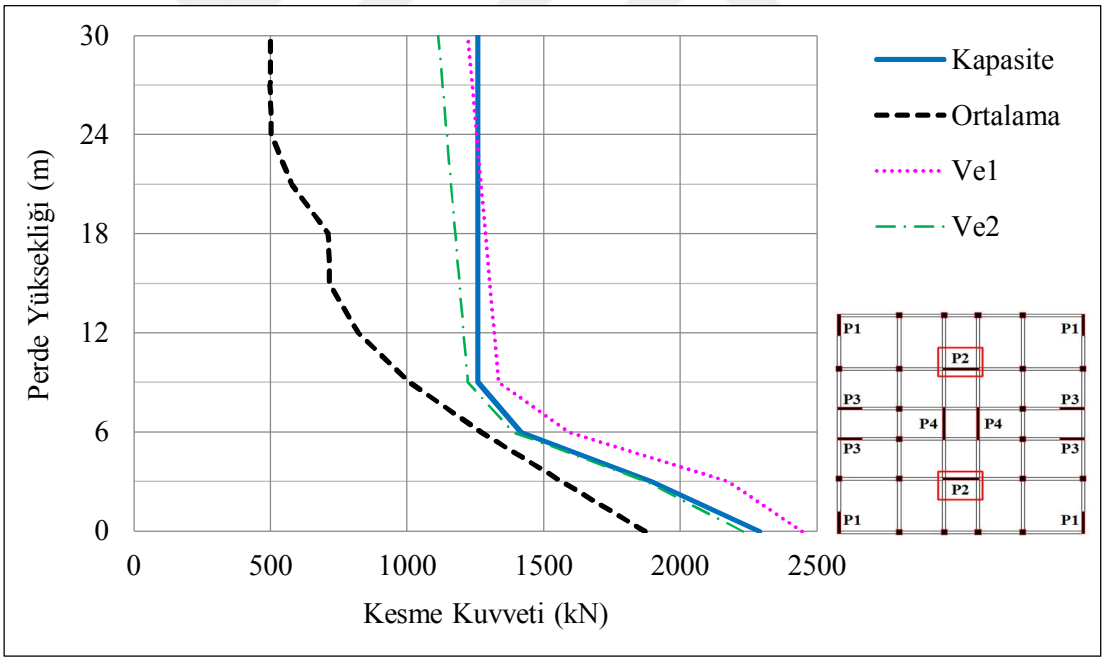
| KAT | Kapasite (kN) | Talep (kN) | Talep/kapasite (%) |
|---|---|---|---|
| 10 | 734 | 164 | 22,3 |
| 9 | 734 | 181 | 24,7 |
| 8 | 734 | 175 | 23,9 |
| 7 | 734 | 217 | 29,6 |
| 6 | 734 | 212 | 28,9 |
| 5 | 734 | 246 | 33,5 |
| 4 | 734 | 295 | 40,2 |
| 3 | 734 | 365 | 49,7 |
| 2 | 734 | 419 | 57,1 |
| 1 | 827 | 648 | 78,3 |

Tablo 5.6. P2 perdesi talep/kapasite oranları (10 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı)

| KAT | Kapasite (kN) | Talep (kN) | Talep/kapasite (%) |
|---|---|---|---|
| 10 | 1258 | 497 | 39,5 |
| 9 | 1258 | 503 | 40,0 |
| 8 | 1258 | 577 | 45,9 |
| 7 | 1258 | 712 | 56,6 |
| 6 | 1258 | 716 | 56,9 |
| 5 | 1258 | 822 | 65,3 |
| 4 | 1258 | 1009 | 80,2 |
| 3 | 1417 | 1271 | 89,7 |
| 2 | 1893 | 1567 | 82,8 |
| 1 | 2290 | 1870 | 81,7 |

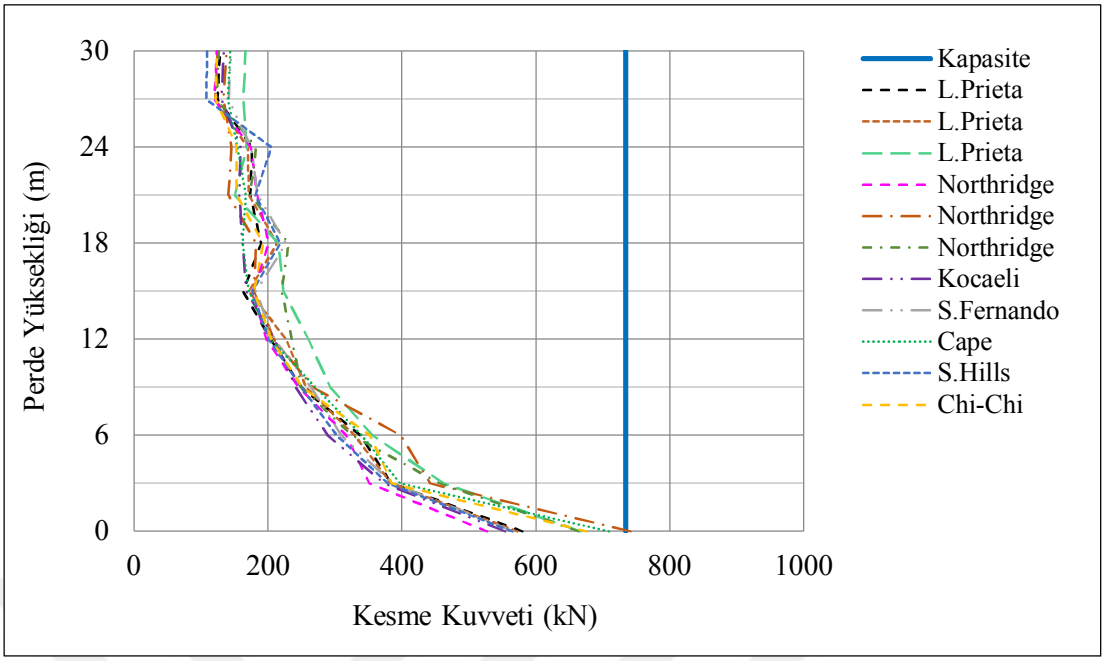



Şekil 5.11. P2 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Deprem kayıtlarından elde edilen değerler - 10 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı)

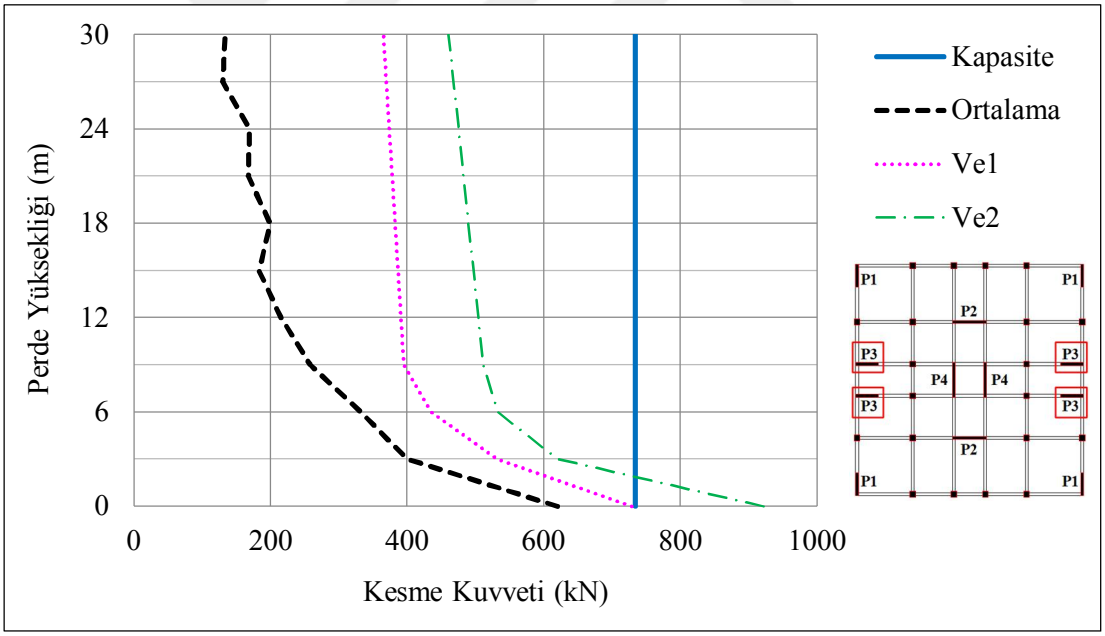



Şekil 5.12. P2 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Ortalama değer - 10 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı)

P2 perdesinde kesme talebi, tasarım kesme kuvvetinin ($V_{e2}$) ve kapasitenin altında kalmıştır. Perde tabanında talep/kapasite oranı %81,7 olarak hesaplanmıştır. Perde kapasitesine ulaşan deprem kayıtları bulunmakta olup talep değeri (11 analizden elde edilen değerlerin ortalaması) güvenli tarafta kalmaktadır.




Şekil 5.13. P3 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Deprem kayıtlarından elde edilen değerler - 10 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı)




Şekil 5.14. P3 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Ortalama değer - 10 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı)

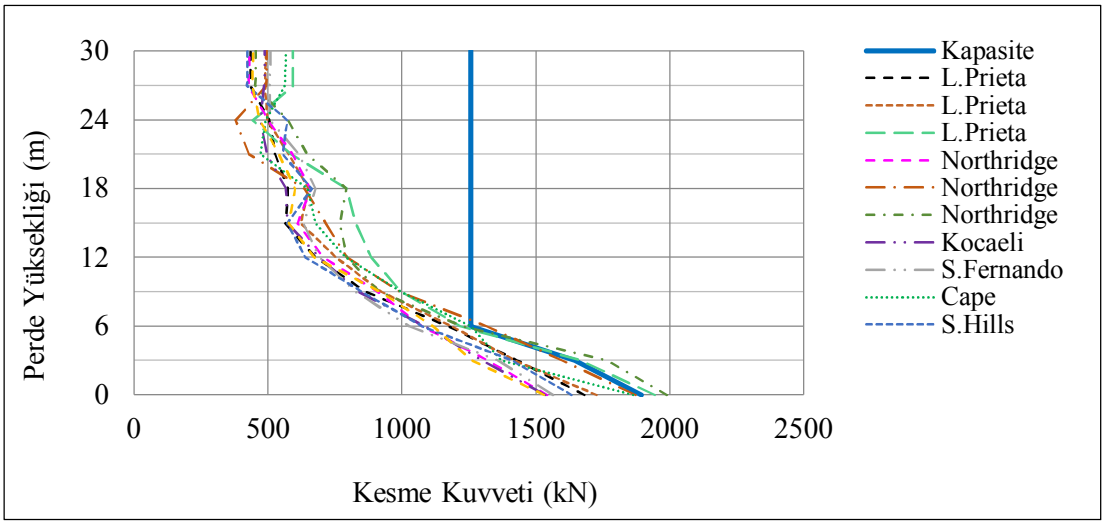
P3 perdesinde kesme talebi, tasarım kesme kuvvetinin ($V_{e1}$) ve kapasitenin altında kalmıştır. Perde tabanında talep/kapasite oranı %84,4 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 5.7. P3 perdesi talep/kapasite oranları (10 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı)

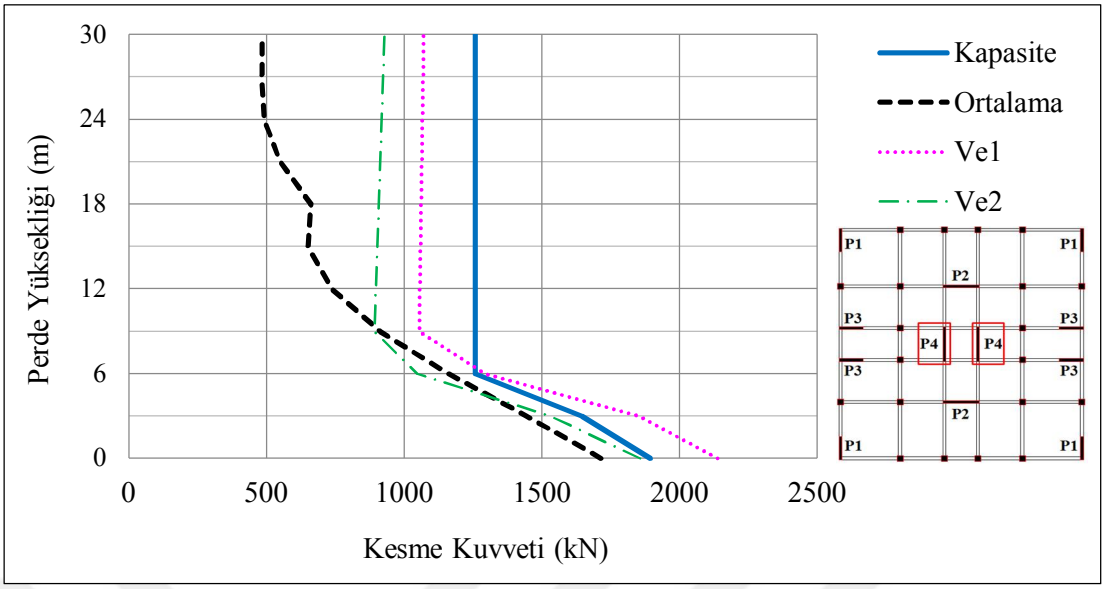
| KAT | Kapasite (kN) | Talep (kN) | Talep/kapasite (%) |
|---|---|---|---|
| 10 | 734 | 130 | 17,6 |
| 9 | 734 | 169 | 23,1 |
| 8 | 734 | 167 | 22,7 |
| 7 | 734 | 199 | 27,2 |
| 6 | 734 | 183 | 24,9 |
| 5 | 734 | 215 | 29,3 |
| 4 | 734 | 258 | 35,2 |
| 3 | 734 | 332 | 45,2 |
| 2 | 734 | 400 | 54,5 |
| 1 | 734 | 620 | 84,4 |

Tablo 5.8. P4 perdesi talep/kapasite oranları (10 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı)

| KAT | Kapasite (kN) | Talep (kN) | Talep/kapasite (%) |
|---|---|---|---|
| 10 | 1258 | 485 | 38,3 |
| 9 | 1258 | 482 | 39,1 |
| 8 | 1258 | 492 | 43,6 |
| 7 | 1258 | 660 | 52,5 |
| 6 | 1258 | 649 | 51,6 |
| 5 | 1258 | 735 | 58,5 |
| 4 | 1258 | 912 | 72,5 |
| 3 | 1258 | 1160 | 92,2 |
| 2 | 1645 | 1445 | 87,8 |
| 1 | 1893 | 1716 | 90,6 |




Şekil 5.15. P4 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Deprem kayıtlarından elde edilen değerler - 10 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı)




Şekil 5.16. P4 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Ortalama değer - 10 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı)

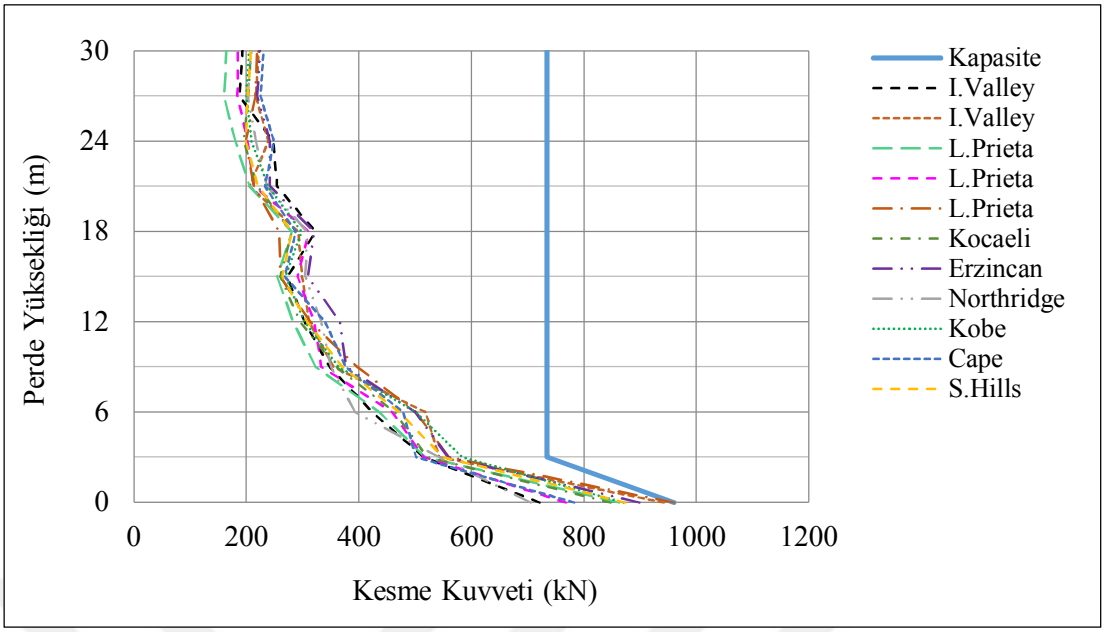
P4 perdesinde kesme talebi, tasarım kesme kuvvetini ($V_{e2}$) binanın 2. ve 4. katları arasında aşmış olup 3. kattan itibaren minimum yatay donatı kullanımına bağlı olarak kesme güvenliği sağlanmış ve en büyük talep/kapasite oranı (%92,2) 3. katta hesaplanmıştır. Perde tabanında talep/kapasite oranı %90,6 olarak bulunmuştur.

### 5.1.3. ZD yerel zemin sınıfı

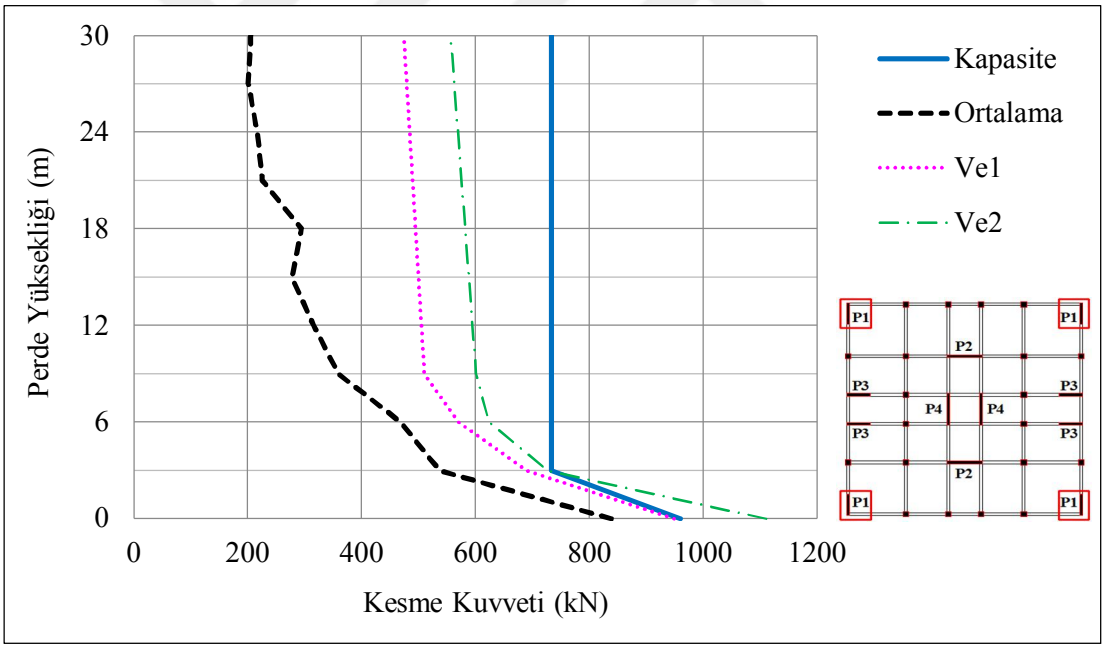
Perde yüksekliği boyunca elde edilen kesme kuvveti diyagramları ZD yerel zemin sınıfı için Şekil 5.17-5.24'te, talep değerlerinin kapasiteye oranı Tablo 5.9-5.12'de verilmiştir.

Tablo 5.9. P1 perdesi talep/kapasite oranları (10 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı)

| KAT | Kapasite (kN) | Talep (kN) | Talep/kapasite (%) |
|---|---|---|---|
| 10 | 734 | 206 | 27,4 |
| 9 | 734 | 216 | 29,4 |
| 8 | 734 | 225 | 30,7 |
| 7 | 734 | 294 | 40,1 |
| 6 | 734 | 277 | 37,8 |
| 5 | 734 | 316 | 43,0 |
| 4 | 734 | 359 | 48,9 |
| 3 | 734 | 468 | 63,7 |
| 2 | 734 | 537 | 73,1 |
| 1 | 960 | 839 | 87,4 |

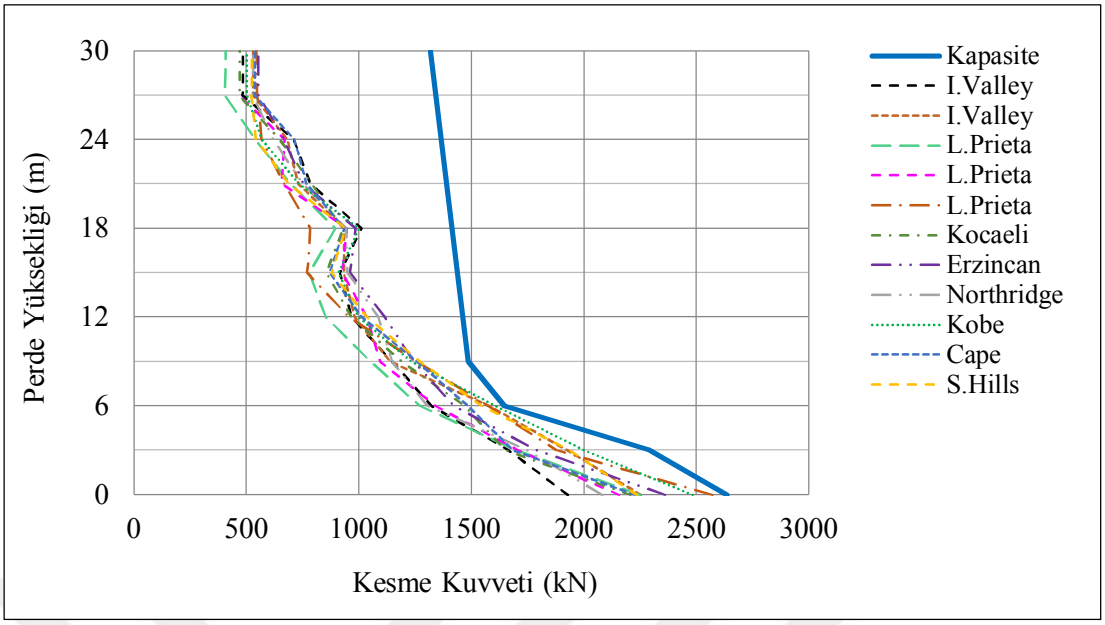



Şekil 5.17. P1 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Deprem kayıtlarından elde edilen değerler - 10 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı)

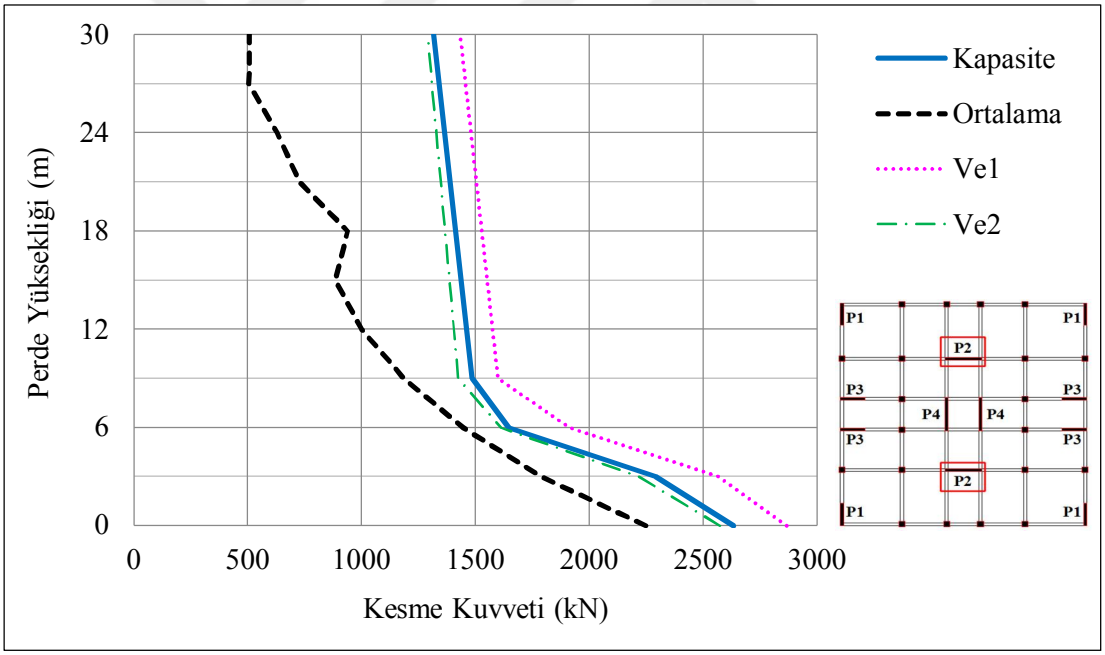



Şekil 5.18. P1 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Ortalama değer - 10 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı)

P1 perdesinde kesme talebi, tasarım kesme kuvvetinin ($V_{e1}$) ve kapasitenin altında kalmıştır. Perde tabanında talep/kapasite oranı %87,4 olarak hesaplanmıştır.




Şekil 5.19. P2 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Deprem kayıtlarından elde edilen değerler - 10 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı)

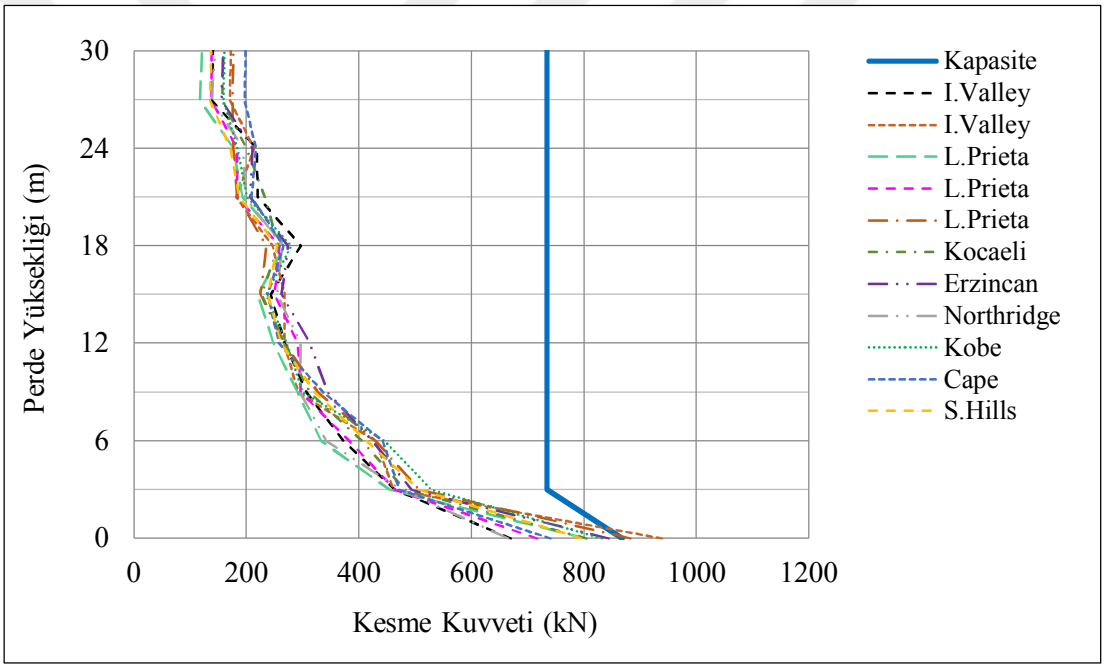



Şekil 5.20. P2 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Ortalama değer - 10 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı)

P2 perdesinde kesme talebi, tasarım kesme kuvvetinin ($V_{e2}$) ve kapasitenin altında kalmıştır. Perde tabanında talep/kapasite oranı %85,4 olarak hesaplanmıştır.

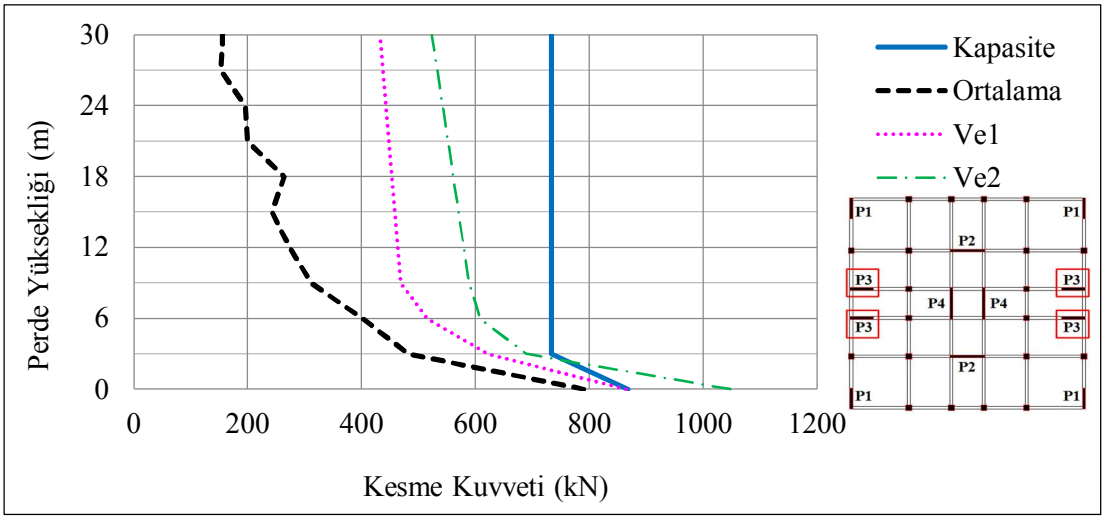
Tablo 5.10. P2 perdesi talep/kapasite oranları (10 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı)

| KAT | Kapasite (kN) | Talep (kN) | Talep/kapasite (%) |
|---|---|---|---|
| 10 | 1341 | 504 | 37,5 |
| 9 | 1366 | 629 | 46,1 |
| 8 | 1390 | 728 | 52,3 |
| 7 | 1414 | 936 | 66,2 |
| 6 | 1438 | 885 | 61,5 |
| 5 | 1463 | 999 | 68,3 |
| 4 | 1487 | 1185 | 79,7 |
| 3 | 1645 | 1446 | 87,9 |
| 2 | 2290 | 1787 | 78,0 |
| 1 | 2634 | 2249 | 85,4 |




Şekil 5.21. P3 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Deprem kayıtlarından elde edilen değerler - 10 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı)

P3 perdesinde kesme talebi, tasarım kesme kuvvetinin ($V_{e1}$) ve kapasitenin altında kalmıştır. Perde tabanında talep/kapasite oranı %91,1 olarak hesaplanmıştır. Perde tabanında kapasiteyi aşan deprem kayıtları bulunmakta olup ortalama değer güvenli tarafta kalmaktadır.



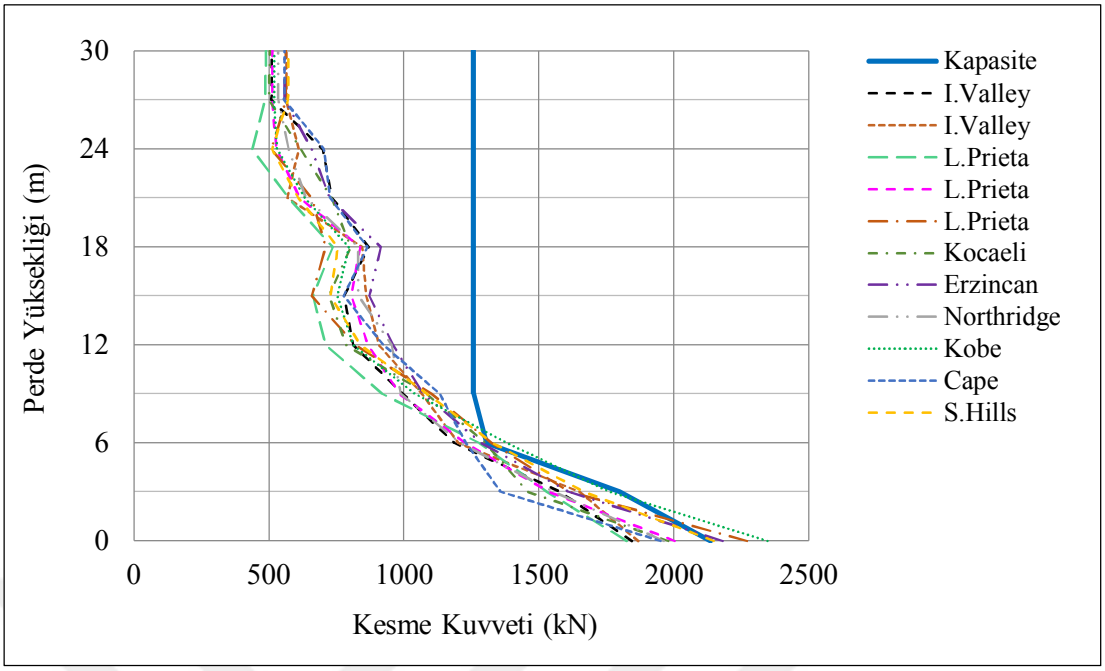

Şekil 5.22. P3 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Ortalama değer - 10 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı)

Tablo 5.11. P3 perdesi talep/kapasite oranları (10 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı)

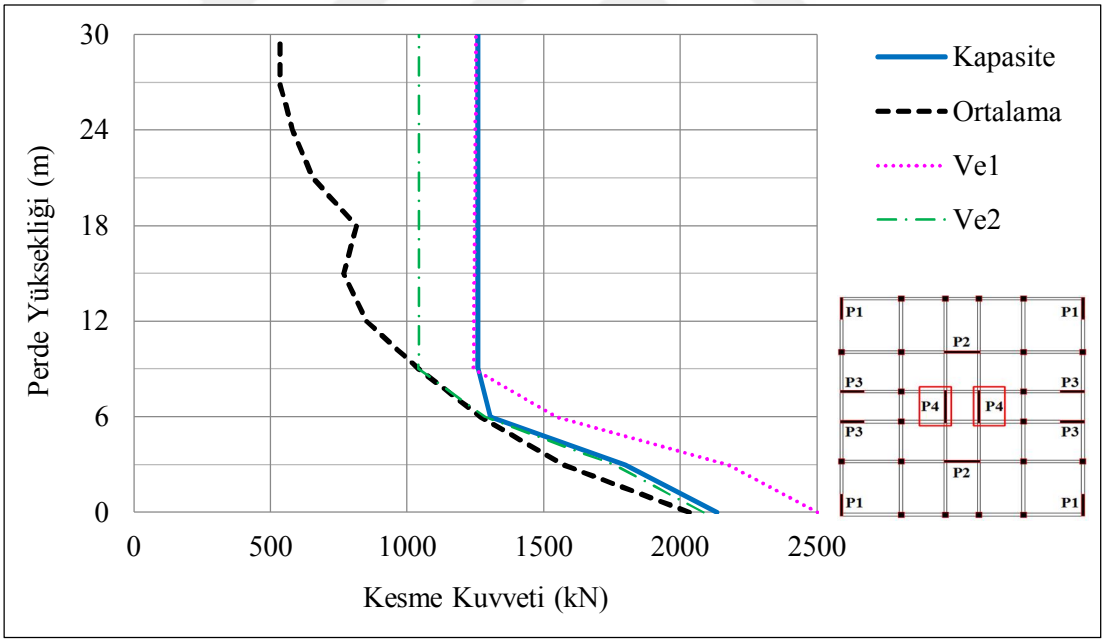
| KAT | Kapasite (kN) | Talep (kN) | Talep/kapasite (%) |
|---|---|---|---|
| 10 | 734 | 152 | 20,7 |
| 9 | 734 | 195 | 26,5 |
| 8 | 734 | 199 | 27,2 |
| 7 | 734 | 263 | 35,9 |
| 6 | 734 | 242 | 32,9 |
| 5 | 734 | 273 | 37,2 |
| 4 | 734 | 311 | 42,3 |
| 3 | 734 | 402 | 54,7 |
| 2 | 734 | 482 | 65,7 |
| 1 | 867 | 790 | 91,1 |

Tablo 5.12. P4 perdesi talep/kapasite oranları (10 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı)

| KAT | Kapasite (kN) | Talep (kN) | Talep/kapasite (%) |
|---|---|---|---|
| 10 | 1258 | 532 | 42,3 |
| 9 | 1258 | 579 | 46,0 |
| 8 | 1258 | 655 | 52,0 |
| 7 | 1258 | 814 | 64,7 |
| 6 | 1258 | 767 | 61,0 |
| 5 | 1258 | 853 | 67,8 |
| 4 | 1258 | 1041 | 82,8 |
| 3 | 1304 | 1268 | 97,2 |
| 2 | 1798 | 1573 | 87,5 |
| 1 | 2133 | 2033 | 95,3 |




Şekil 5.23. P4 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Deprem kayıtlarından elde edilen değerler - 10 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı)




Şekil 5.24. P4 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Ortalama değer - 10 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı)

P4 perdesinde kesme talebi, tasarım kesme kuvvetine ($V_{e2}$) binanın 3. ve 4. katında ulaşmış olup kapasitenin altında kalmıştır. Talep/kapasite oranı perde tabanında %95,3, binanın 3. katında %97,2 olarak hesaplanmıştır. Perde kapasitesini aşan deprem kayıtları bulunmakta olup ortalama değer güvenli tarafta kalmaktadır.

10 katlı binalarda hesaplanan talep/kapasite oranları incelenen zemin sınıfları için Tablo 5.13'te verilmiştir.

Tablo 5.13. Perdelerde talep/kapasite oranları (10 katlı binalar)

| | | Talep/Kapasite (%) | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Kat | Zemin Sınıfı | P1 | P2 | P3 | P4 |
| 5 | ZB | 25,0 | 45,8 | 23,3 | 41,6 |
| | ZC | 33,5 | 65,3 | 29,3 | 58,5 |
| | ZD | 43,0 | 68,3 | 37,2 | 67,8 |
| 4 | ZB | 27,2 | 54,1 | 25,8 | 49,8 |
| | ZC | 40,2 | 80,2 | 35,2 | 72,5 |
| | ZD | 48,9 | 79,7 | 42,3 | 82,8 |
| 3 | ZB | 30,7 | 65,7 | 29,0 | 62,1 |
| | ZC | 49,7 | 89,7 | 45,2 | 92,2 |
| | ZD | 63,7 | 87,9 | 54,7 | 97,2 |
| 2 | ZB | 36,7 | 78,5 | 36,0 | 73,8 |
| | ZC | 57,1 | 82,8 | 54,5 | 87,8 |
| | ZD | 73,1 | 78,0 | 65,7 | 87,5 |
| 1 | ZB | 47,2 | 78,9 | 47,9 | 81,7 |
| | ZC | 78,3 | 81,7 | 84,4 | 90,6 |
| | ZD | 87,4 | 85,4 | 91,1 | 95,3 |

10 katlı binalarda yürütülen analiz sonuçlarına göre perdelerin kesme kapasiteleri talebi karşılamada incelenen yerel zemin sınıfları için yeterli olmuştur. ZD yerel zemin sınıfı esas alınarak yürütülen analizler neticesinde P1, P2, P3 ve P4 perdelerinin tabanlarında talep/kapasite oranları sırasıyla %87,4, %85,4, %91,1 ve %95,3 olarak elde edilmiştir. P4 perdesinde en büyük talep/kapasite oranı binanın 3. katında %97,2 olarak hesaplanmıştır. ZC yerel zemin sınıfı için perdelerin tabanlarındaki talep/kapasite oranları sırasıyla %78,3, %81,7, %84,4 ve %90,6 olarak bulunmuştur. P4 perdesinde en büyük talep/kapasite oranı binanın 3. katında %92,2 olarak hesaplanmıştır. ZB yerel zemin sınıfı için yürütülen analizler neticesinde perdelerin tabanlarında talep/kapasite oranları sırasıyla %47,2, %78,9, %47,9 ve %81,7 olarak elde edilmiştir. ZB yerel zemin sınıfı için P4 perdesinde hesaplanan kesme talebinin tasarım kesme kuvvetini binanın 2. ve 4. katları arasında aşmış olduğu görülmektedir. Bu perdede yönetmeliğin önerisiyle tabandan itibaren minimum yatay donatının kullanılması ile kesme talebi kapasitenin altında kalmıştır. ZC zemin sınıfı için de P4 perdesinin kesme talebi tasarım kesme kuvvetini binanın 2. ve 4. katları arasında aşmışken, binanın 3. katından itibaren minimum yatay donatı kullanımına bağlı olarak

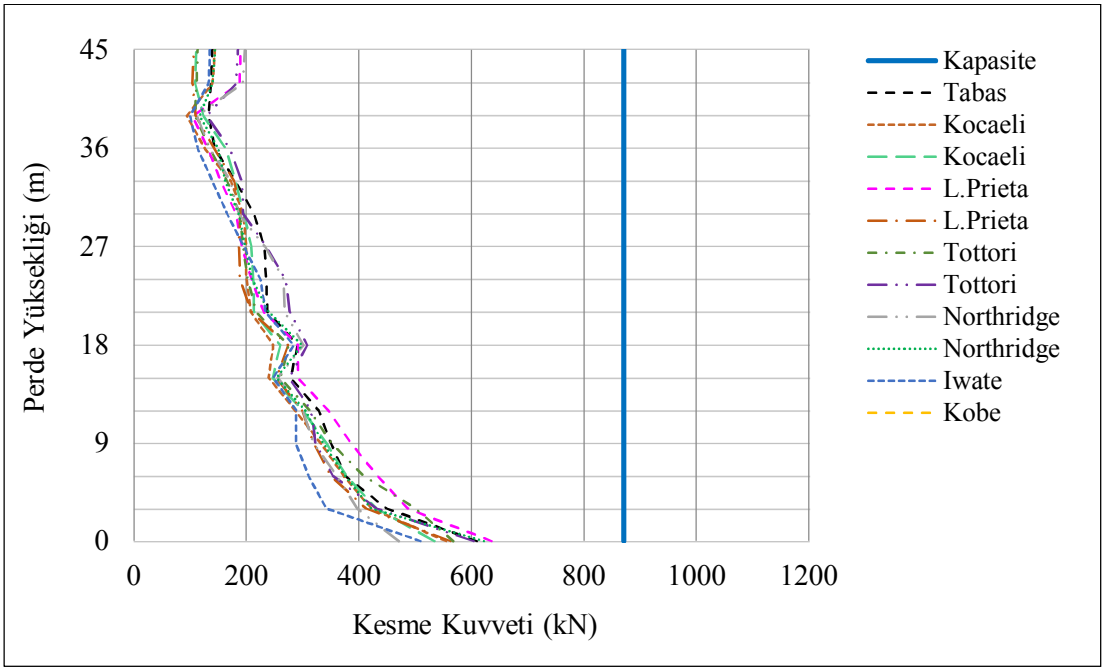
kesme güvenliği sağlanmış ve en büyük talep/kapasite oranı 3. katta hesaplanmıştır. Benzer şekilde, ZD yerel zemin sınıfı için P4 perdesinin en büyük talep/kapasite oranı binanın 3. katında hesaplanmıştır. P1, P2 ve P3 perdelerinde elde edilen talep değerleri incelenen yerel zemin sınıfları için hem tasarım kesme kuvvetinin hem de kesme kapasitesinin altında kalmıştır. TBDY-2018'e göre deprem kayıtları ile yapılan analizlerden elde edilen sonuçların ortalaması hesaplamalarda dikkate alınmalıdır. ZC ve ZD yerel zemin sınıfları için incelenen perdelerin bazılarında kapasiteyi aşan deprem kayıtları bulunmakta olup 11 deprem kaydı ile elde edilen değerlerin ortalaması olan kesme talebi güvenli tarafta kalmaktadır.

### 5.2. 15 Katlı Binalar

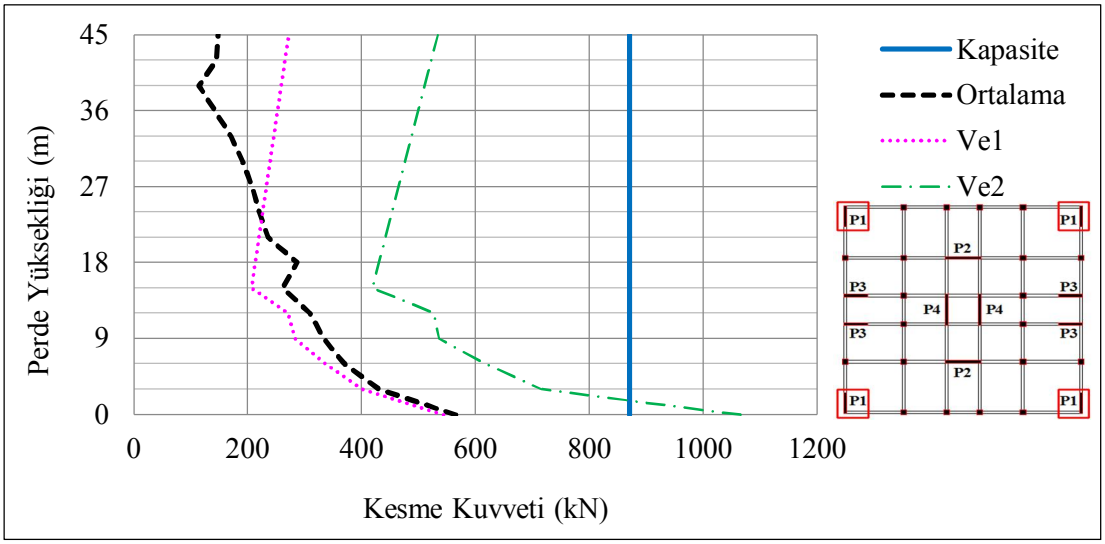
15 katlı binalarda elde edilen sonuçlar incelenen yerel zemin sınıfları için sırasıyla paylaşılmıştır.

#### 5.2.1. ZB yerel zemin sınıfı

Perde yüksekliği boyunca elde edilen kesme kuvveti diyagramları ZB yerel zemin sınıfı için Şekil 5.25-5.32'de, talep değerlerinin kapasiteye oranı Tablo 5.14-5.17'de verilmiştir.




Şekil 5.25. P1 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Deprem kayıtlarından elde edilen değerler - 15 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı)

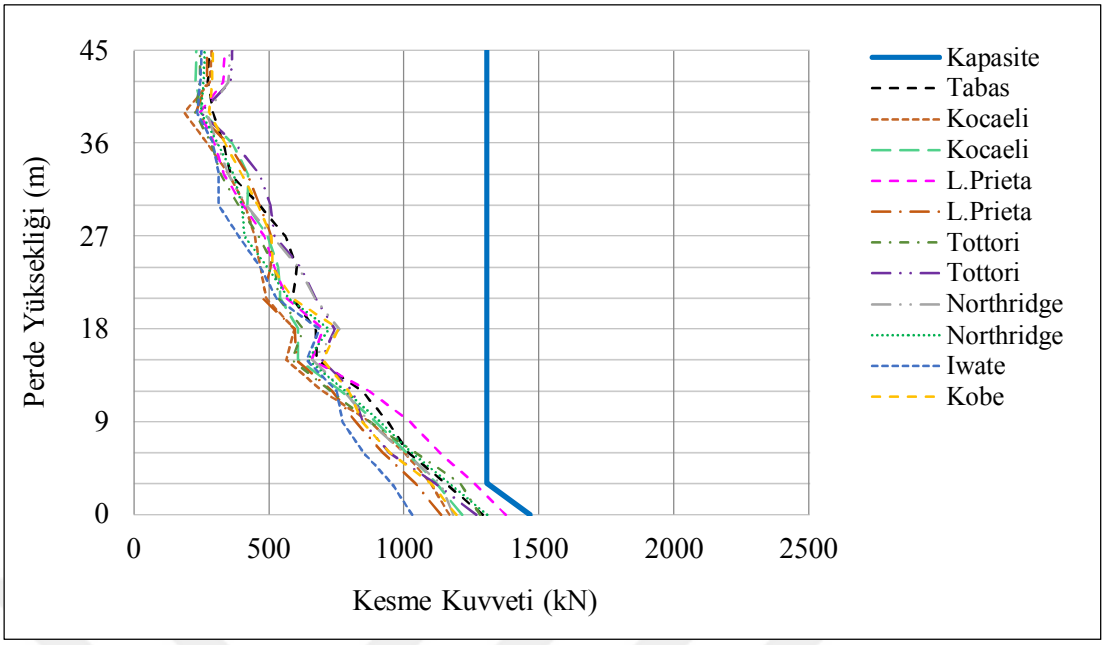



Şekil 5.26. P1 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Ortalama değer - 15 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı)

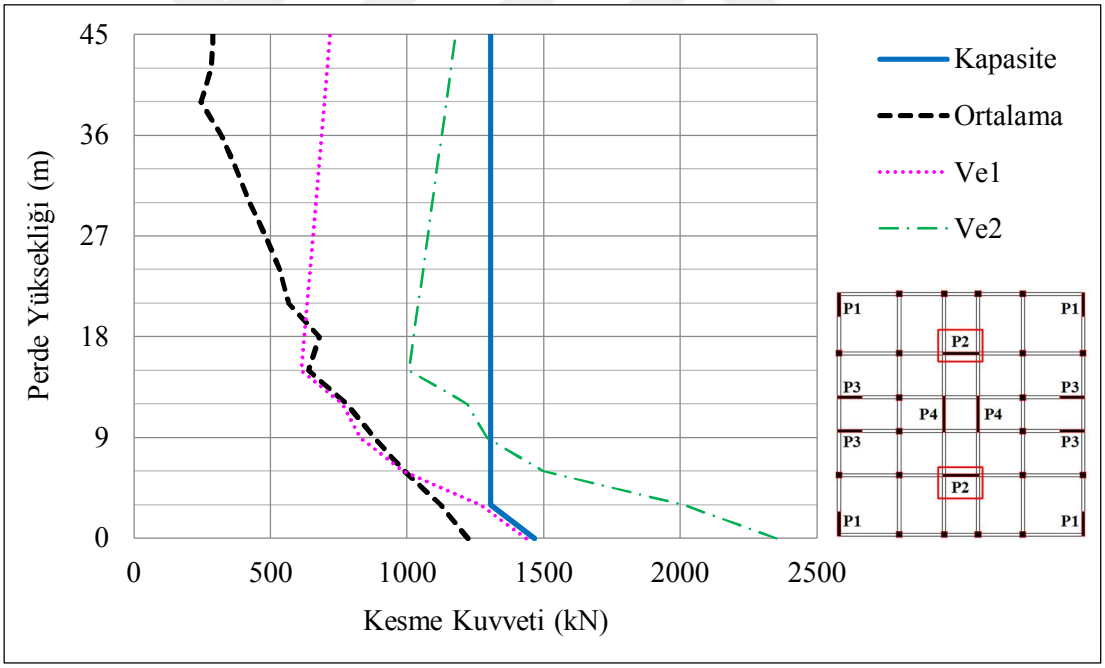
P1 perdesinde kesme talebi, tasarım kesme kuvvetini ($V_{e1}$) aşmış olup perde tabanından itibaren minimum yatay donatı kullanımına bağlı olarak kapasitenin altında kalmıştır. Perde tabanında talep/kapasite oranı %64,9 olarak hesaplanmıştır. Denklem (5.1) ve Denklem (5.2) ile perde yüksekliğinin 1/3'ünde hesaplanan kesme kuvveti değerleri, perde üst ucunda hesaplanan değerlerden küçüktür. Bu durum, kesme kuvveti değerlerinin yükseklikle birlikte artmasına sebep olmuştur.

Tablo 5.14. P1 perdesi talep/kapasite oranları (15 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı)

| KAT | Kapasite (kN) | Talep (kN) | Talep/kapasite (%) |
|---|---|---|---|
| 15 | 871 | 144 | 16,5 |
| 14 | 871 | 114 | 13,1 |
| 13 | 871 | 142 | 16,3 |
| 12 | 871 | 171 | 19,6 |
| 11 | 871 | 191 | 21,9 |
| 10 | 871 | 207 | 23,8 |
| 9 | 871 | 220 | 25,2 |
| 8 | 871 | 235 | 27,0 |
| 7 | 871 | 286 | 32,9 |
| 6 | 871 | 261 | 30,0 |
| 5 | 871 | 308 | 35,4 |
| 4 | 871 | 333 | 38,3 |
| 3 | 871 | 370 | 42,4 |
| 2 | 871 | 431 | 49,4 |
| 1 | 871 | 565 | 64,9 |




Şekil 5.27. P2 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Deprem kayıtlarından elde edilen değerler - 15 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı)

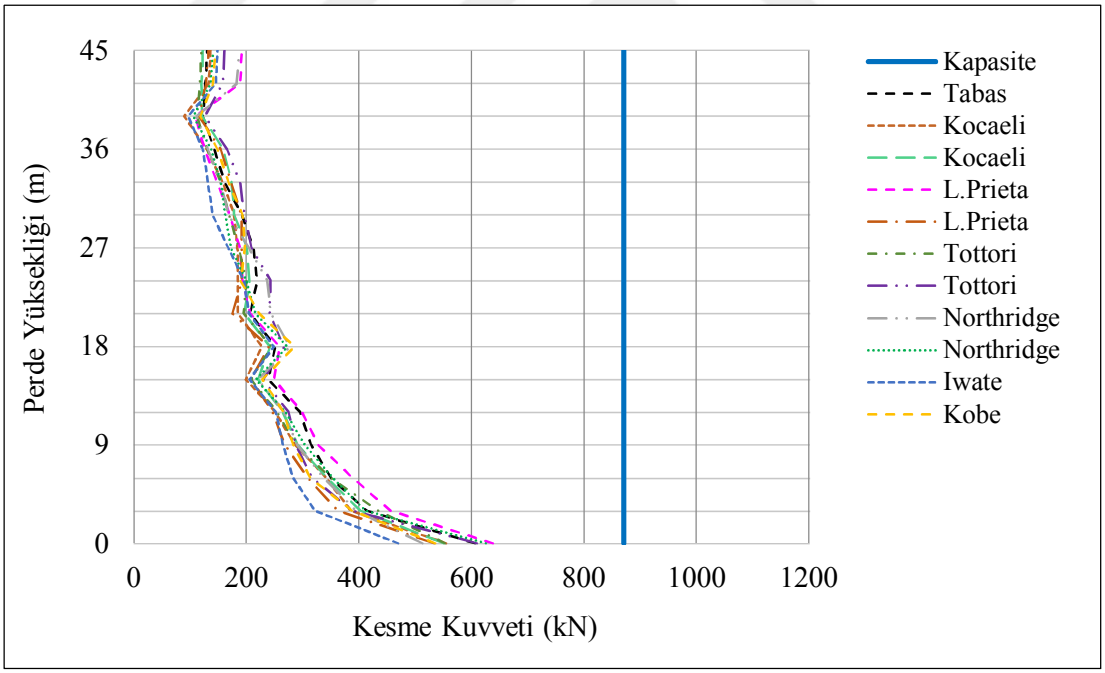



Şekil 5.28. P2 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Ortalama değer - 15 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı)

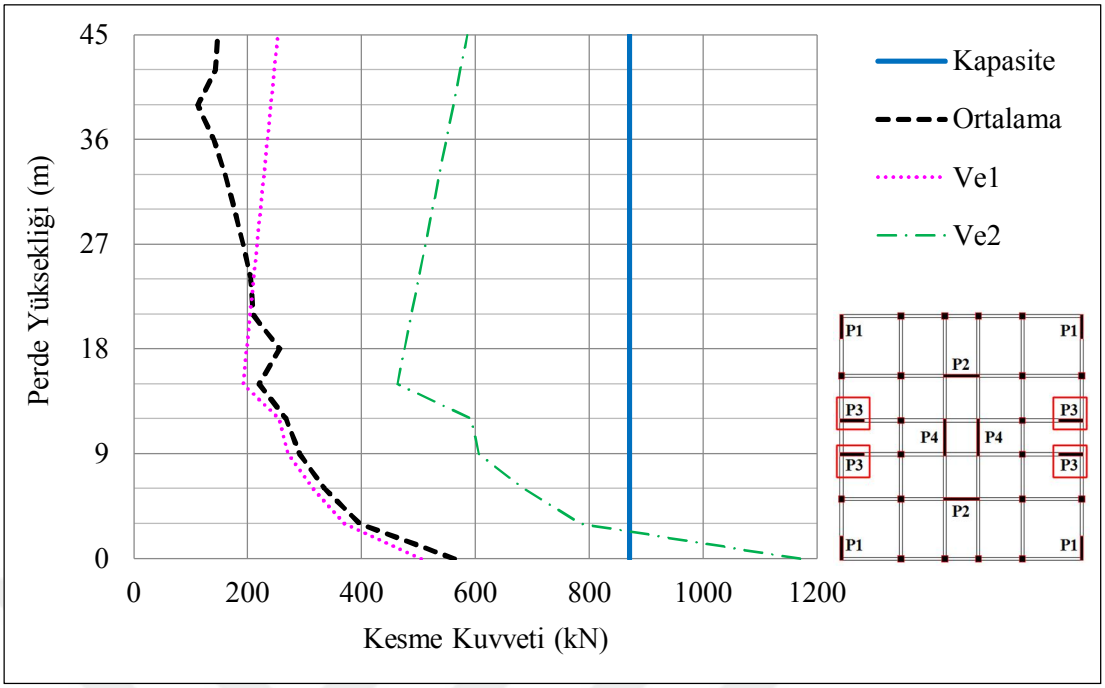
P2 perdesinde kesme talebi, tasarım kesme kuvvetini ($V_{e1}$) binanın 3. ve 7. katları arasında aşmış olup kapasitenin altında kalmıştır. Denklem (5.2) ile hesaplanan kesme kuvveti değerleri ($V_{e2}$), talep değerlerine göre güvenli tarafta kalmıştır. Perde tabanında talep/kapasite oranı %83,4 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 5.15. P2 perdesi talep/kapasite oranları (15 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı)

| KAT | Kapasite (kN) | Talep (kN) | Talep/kapasite (%) |
|---|---|---|---|
| 15 | 1307 | 283 | 21,7 |
| 14 | 1307 | 245 | 18,8 |
| 13 | 1307 | 320 | 24,4 |
| 12 | 1307 | 374 | 28,6 |
| 11 | 1307 | 423 | 32,3 |
| 10 | 1307 | 481 | 36,8 |
| 9 | 1307 | 532 | 40,7 |
| 8 | 1307 | 565 | 43,2 |
| 7 | 1307 | 679 | 52,0 |
| 6 | 1307 | 638 | 48,8 |
| 5 | 1307 | 778 | 59,5 |
| 4 | 1307 | 880 | 67,3 |
| 3 | 1307 | 990 | 75,7 |
| 2 | 1307 | 1122 | 85,9 |
| 1 | 1466 | 1222 | 83,4 |




Şekil 5.29. P3 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Deprem kayıtlarından elde edilen değerler - 15 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı)

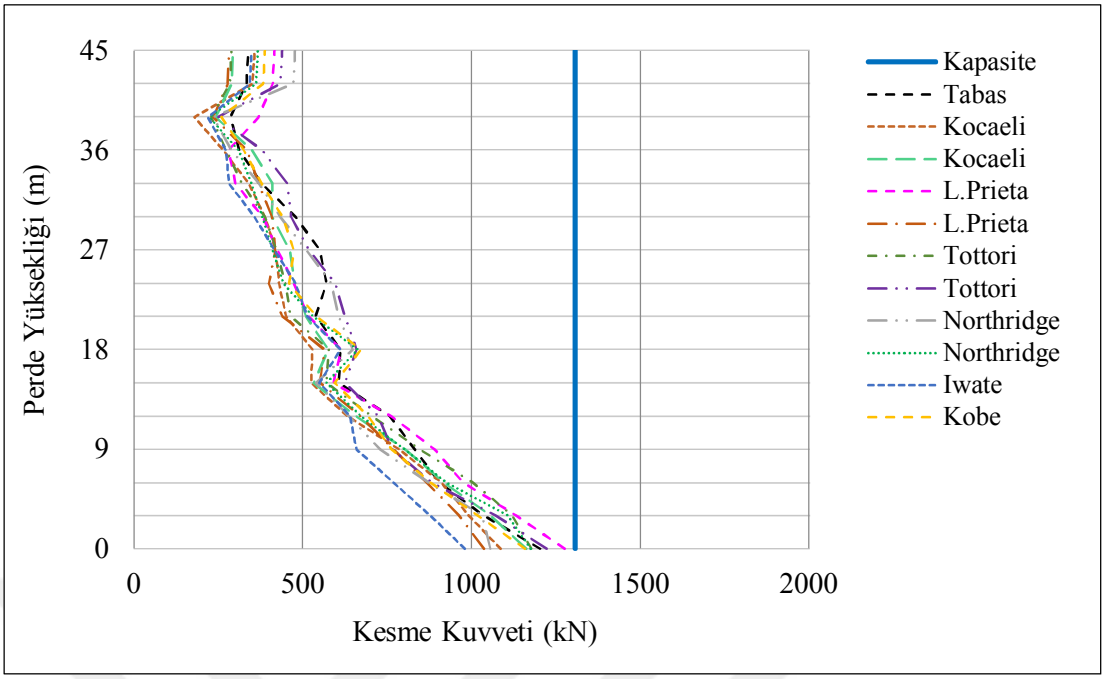



Şekil 5.30. P3 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Ortalama değer - 15 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı)

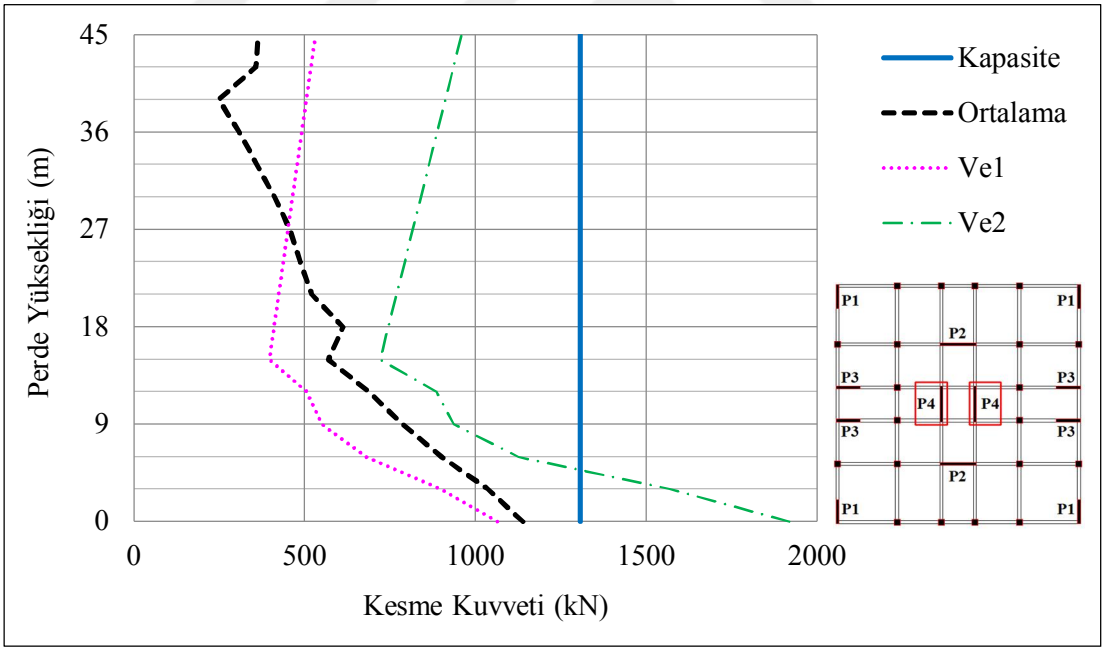
P3 perdesinde kesme talebi, tasarım kesme kuvvetini ($V_{e1}$) binanın 1. ve 8. katları arasında aşmış olup kapasitenin altında kalmıştır. Perde tabanında talep/kapasite oranı %64,6 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 5.16. P3 perdesi talep/kapasite oranları (15 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı)

| KAT | Kapasite (kN) | Talep (kN) | Talep/kapasite (%) |
|---|---|---|---|
| 15 | 871 | 143 | 16,4 |
| 14 | 871 | 111 | 12,8 |
| 13 | 871 | 140 | 16,1 |
| 12 | 871 | 160 | 18,4 |
| 11 | 871 | 176 | 20,2 |
| 10 | 871 | 192 | 22,0 |
| 9 | 871 | 205 | 23,5 |
| 8 | 871 | 208 | 23,9 |
| 7 | 871 | 256 | 29,3 |
| 6 | 871 | 220 | 25,3 |
| 5 | 871 | 267 | 30,7 |
| 4 | 871 | 291 | 33,4 |
| 3 | 871 | 335 | 38,5 |
| 2 | 871 | 396 | 45,5 |
| 1 | 871 | 562 | 64,6 |




Şekil 5.31. P4 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Deprem kayıtlarından elde edilen değerler - 15 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı)




Şekil 5.32. P4 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Ortalama değer - 15 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı)

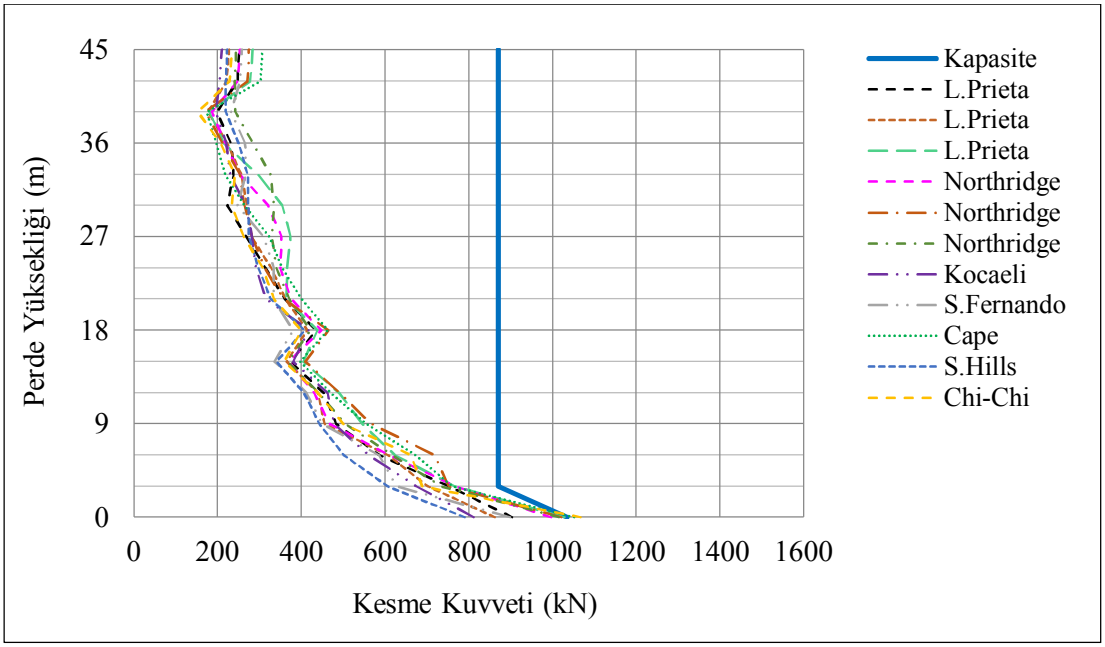
P4 perdesinde kesme talebi, tasarım kesme kuvvetini ($V_{e1}$) aşmış olup kapasitenin altında kalmıştır. Perde tabanında talep/kapasite oranı %87,1 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 5.17. P4 perdesi talep/kapasite oranları (15 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı)

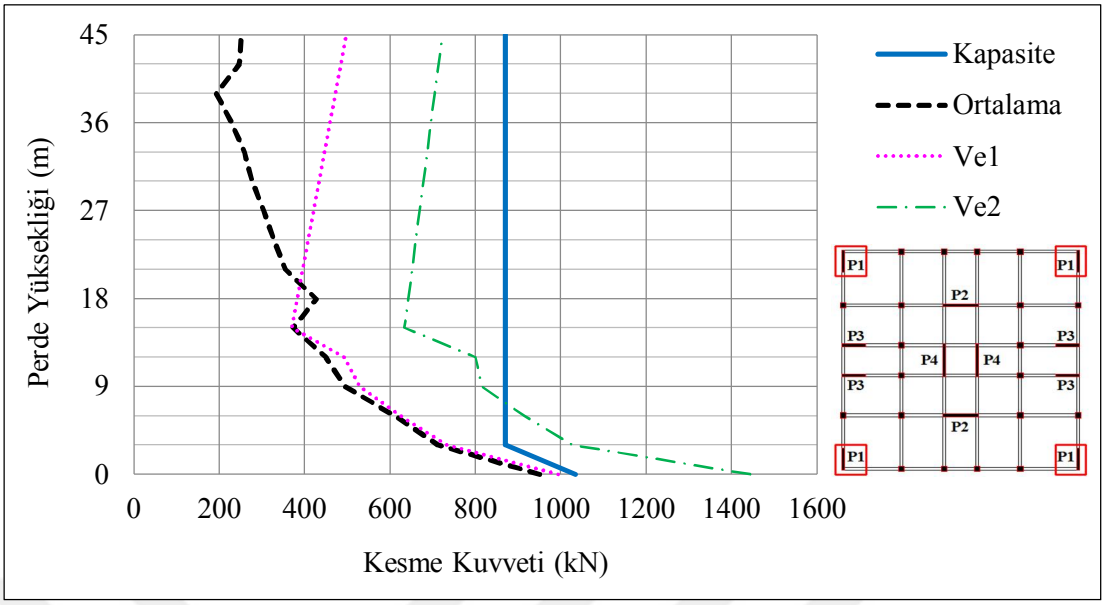
| KAT | Kapasite (kN) | Talep (kN) | Talep/kapasite (%) |
|---|---|---|---|
| 15 | 1307 | 357 | 27,3 |
| 14 | 1307 | 247 | 18,9 |
| 13 | 1307 | 308 | 23,6 |
| 12 | 1307 | 359 | 27,5 |
| 11 | 1307 | 412 | 31,5 |
| 10 | 1307 | 457 | 35,0 |
| 9 | 1307 | 487 | 37,2 |
| 8 | 1307 | 520 | 39,8 |
| 7 | 1307 | 611 | 46,7 |
| 6 | 1307 | 568 | 43,5 |
| 5 | 1307 | 686 | 52,5 |
| 4 | 1307 | 786 | 60,1 |
| 3 | 1307 | 901 | 68,9 |
| 2 | 1307 | 1036 | 79,3 |
| 1 | 1307 | 1139 | 87,1 |

### 5.2.2. ZC yerel zemin sınıfı

Perde yüksekliği boyunca elde edilen kesme kuvveti diyagramları ZC yerel zemin sınıfı için Şekil 5.33-5.40'ta, talep değerlerinin kapasiteye oranı Tablo 5.18-5.21'de verilmiştir.




Şekil 5.33. P1 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Deprem kayıtlarından elde edilen değerler - 15 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı)

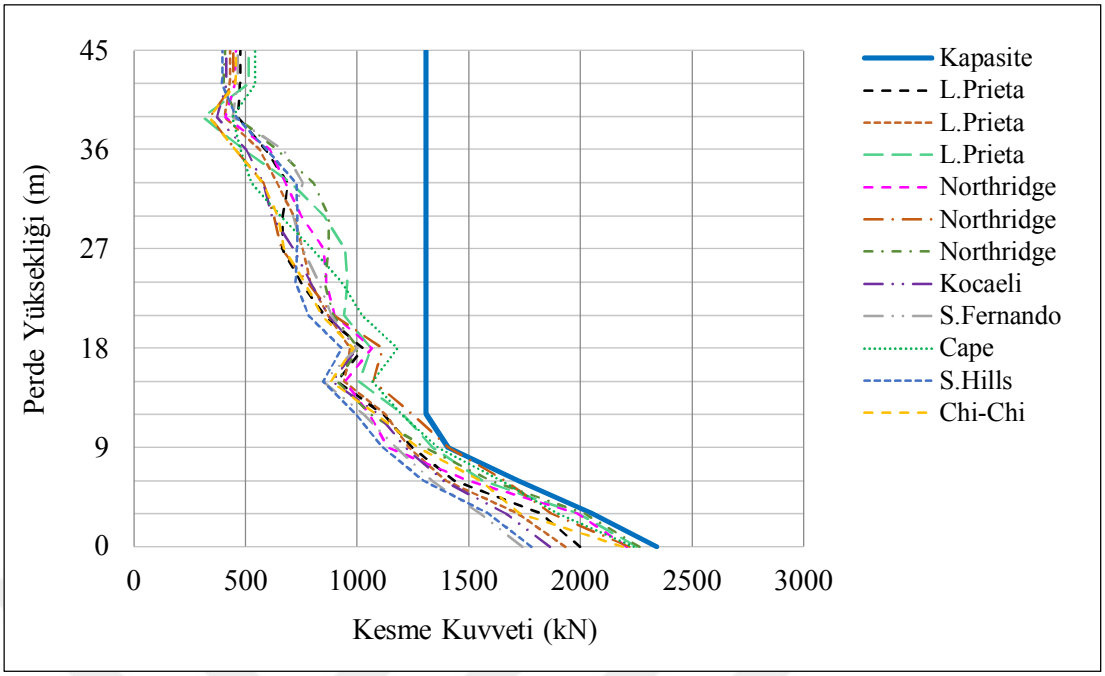



Şekil 5.34. P1 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Ortalama değer - 15 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı)

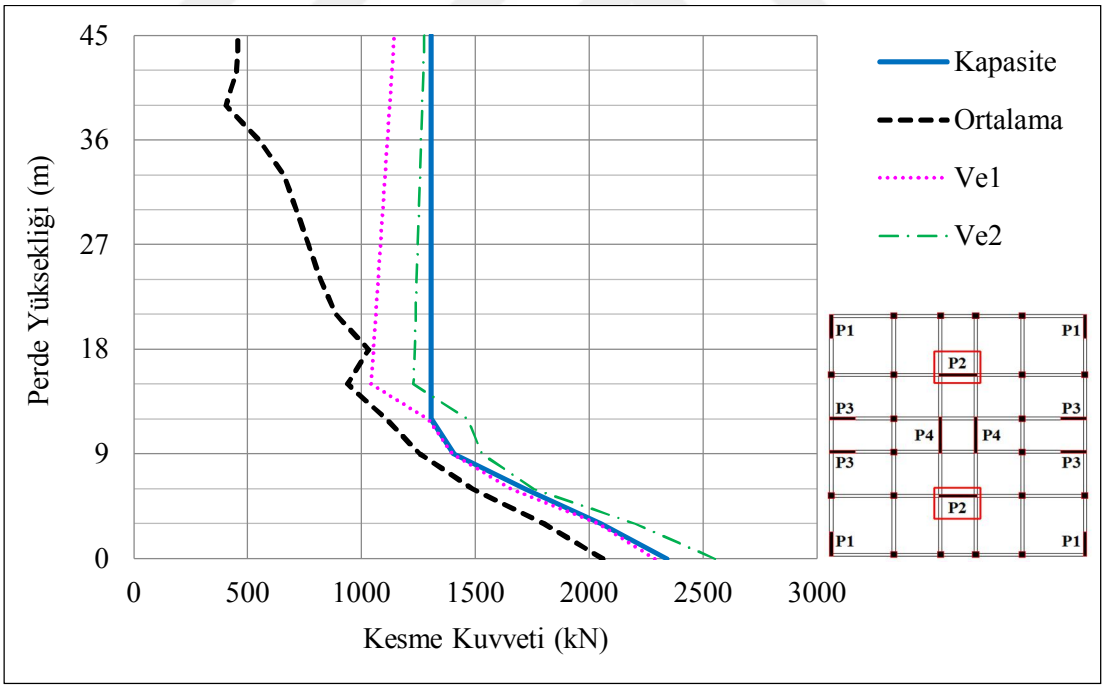
P1 perdesinde kesme talebi, tasarım kesme kuvvetini ($V_{e1}$) binanın 6. ve 7. katlarında aşmış olup minimum yatay donatı kullanımına bağlı olarak kapasitenin altında kalmıştır. Perde tabanında talep/kapasite oranı %91,8 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 5.18. P1 perdesi talep/kapasite oranları (15 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı)

| KAT | Kapasite (kN) | Talep (kN) | Talep/kapasite (%) |
|---|---|---|---|
| 15 | 871 | 246 | 28,3 |
| 14 | 871 | 193 | 22,1 |
| 13 | 871 | 229 | 26,3 |
| 12 | 871 | 259 | 29,7 |
| 11 | 871 | 277 | 31,8 |
| 10 | 871 | 303 | 34,8 |
| 9 | 871 | 327 | 37,5 |
| 8 | 871 | 354 | 40,6 |
| 7 | 871 | 426 | 48,9 |
| 6 | 871 | 372 | 42,8 |
| 5 | 871 | 449 | 51,5 |
| 4 | 871 | 495 | 56,8 |
| 3 | 871 | 613 | 70,3 |
| 2 | 871 | 712 | 81,8 |
| 1 | 1034 | 949 | 91,8 |




Şekil 5.35. P2 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Deprem kayıtlarından elde edilen değerler - 15 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı)

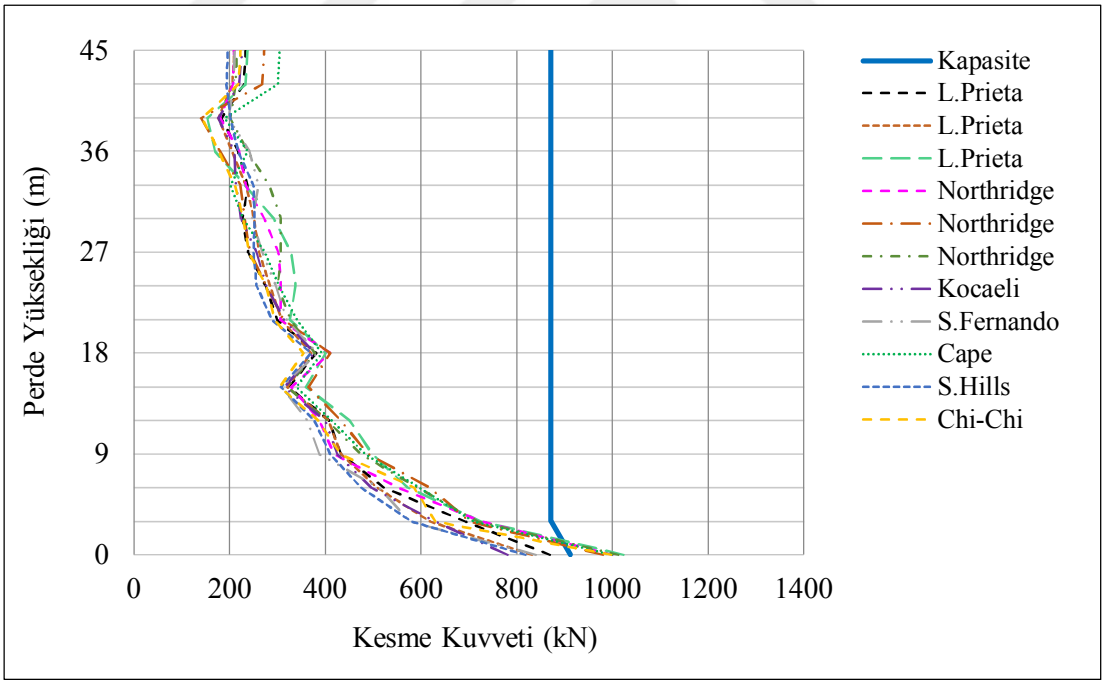



Şekil 5.36. P2 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Ortalama değer - 15 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı)

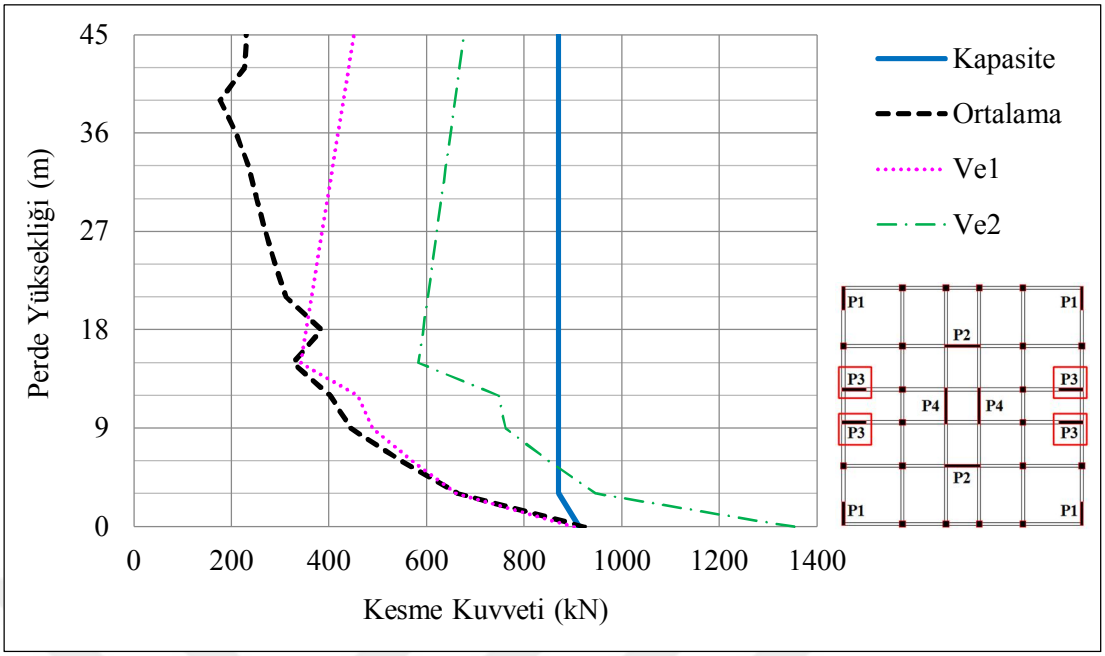
P2 perdesinde kesme talebi, tasarım kesme kuvvetinin ($V_{e1}$) ve kapasitenin altında kalmıştır. Perde tabanında talep/kapasite oranı %88,1 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 5.19. P2 perdesi talep/kapasite oranları (15 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı)

| KAT | Kapasite (kN) | Talep (kN) | Talep/kapasite (%) |
|---|---|---|---|
| 15 | 1307 | 452 | 34,6 |
| 14 | 1307 | 403 | 30,8 |
| 13 | 1307 | 549 | 42,0 |
| 12 | 1307 | 660 | 50,5 |
| 11 | 1307 | 713 | 54,6 |
| 10 | 1307 | 765 | 58,5 |
| 9 | 1307 | 819 | 62,7 |
| 8 | 1307 | 886 | 67,8 |
| 7 | 1307 | 1029 | 78,7 |
| 6 | 1307 | 938 | 71,7 |
| 5 | 1307 | 1108 | 84,8 |
| 4 | 1405 | 1254 | 89,3 |
| 3 | 1720 | 1487 | 86,5 |
| 2 | 2052 | 1802 | 87,8 |
| 1 | 2339 | 2061 | 88,1 |




Şekil 5.37. P3 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Deprem kayıtlarından elde edilen değerler - 15 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı)

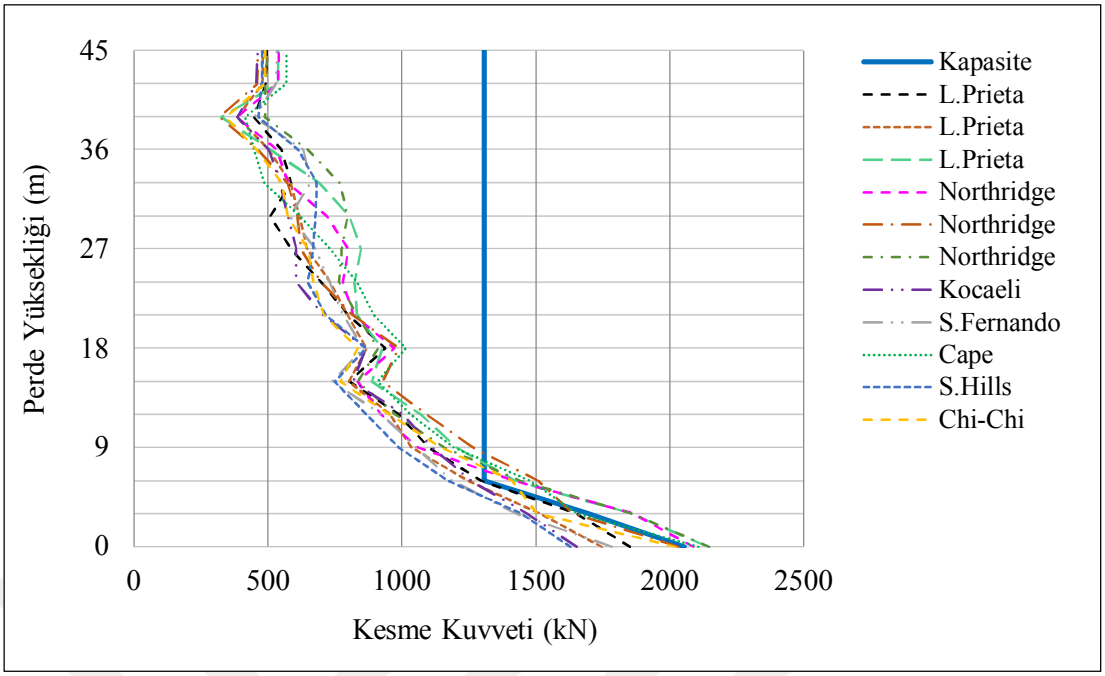



Şekil 5.38. P3 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Ortalama değer - 15 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı)

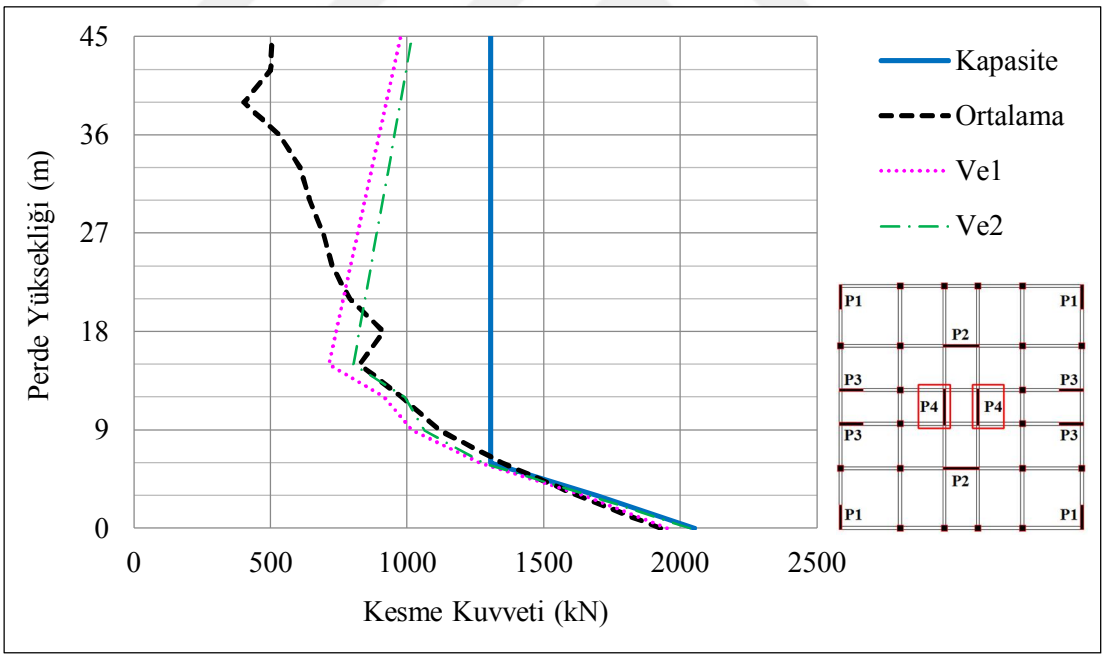
P3 perdesinin kesme kapasitesi talebi karşılamada yetersiz kalmıştır. Perde tabanında talep/kapasite oranı %101,2 olarak hesaplanmıştır. Denklem (5.2) ile hesaplanan kesme kuvveti değerleri ($V_{e2}$), talep değerlerine göre güvenli tarafta kalmıştır.

Tablo 5.20. P3 perdesi talep/kapasite oranları (15 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı)

| KAT | Kapasite (kN) | Talep (kN) | Talep/kapasite (%) |
|---|---|---|---|
| 15 | 871 | 227 | 26,0 |
| 14 | 871 | 176 | 20,2 |
| 13 | 871 | 210 | 24,1 |
| 12 | 871 | 234 | 26,9 |
| 11 | 871 | 251 | 28,8 |
| 10 | 871 | 270 | 31,0 |
| 9 | 871 | 290 | 33,3 |
| 8 | 871 | 312 | 35,8 |
| 7 | 871 | 384 | 44,1 |
| 6 | 871 | 326 | 37,4 |
| 5 | 871 | 402 | 46,1 |
| 4 | 871 | 444 | 51,0 |
| 3 | 871 | 548 | 62,9 |
| 2 | 871 | 664 | 76,3 |
| 1 | 912 | 923 | **101,2** |




Şekil 5.39. P4 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Deprem kayıtlarından elde edilen değerler - 15 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı)




Şekil 5.40. P4 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Ortalama değer - 15 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı)

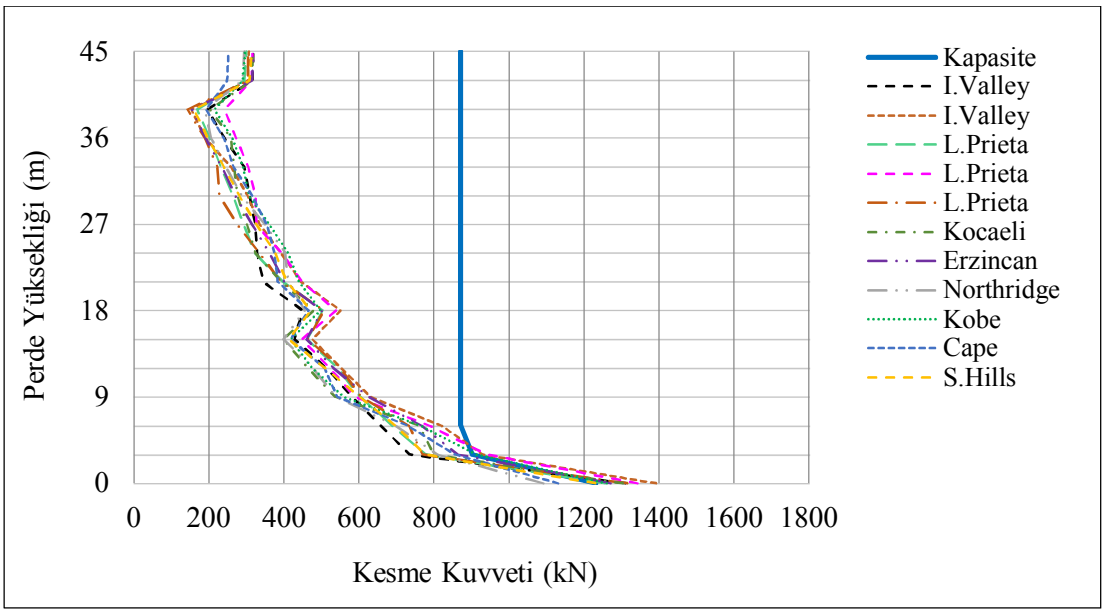
P4 perdesinin kesme kapasitesi talebi karşılamada yetersiz kalmıştır. Talep/kapasite oranı perde tabanında %93,9 ve binanın 3. katında %103,2 olarak elde edilmiştir. Talep değeri, tasarım kesme kuvvetini 3. katın üstünde de aşmış olup 3. kattan itibaren minimum enine donatının kullanılmasıyla kapasitenin altında kalmıştır.

Tablo 5.21. P4 perdesi talep/kapasite oranları (15 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı)

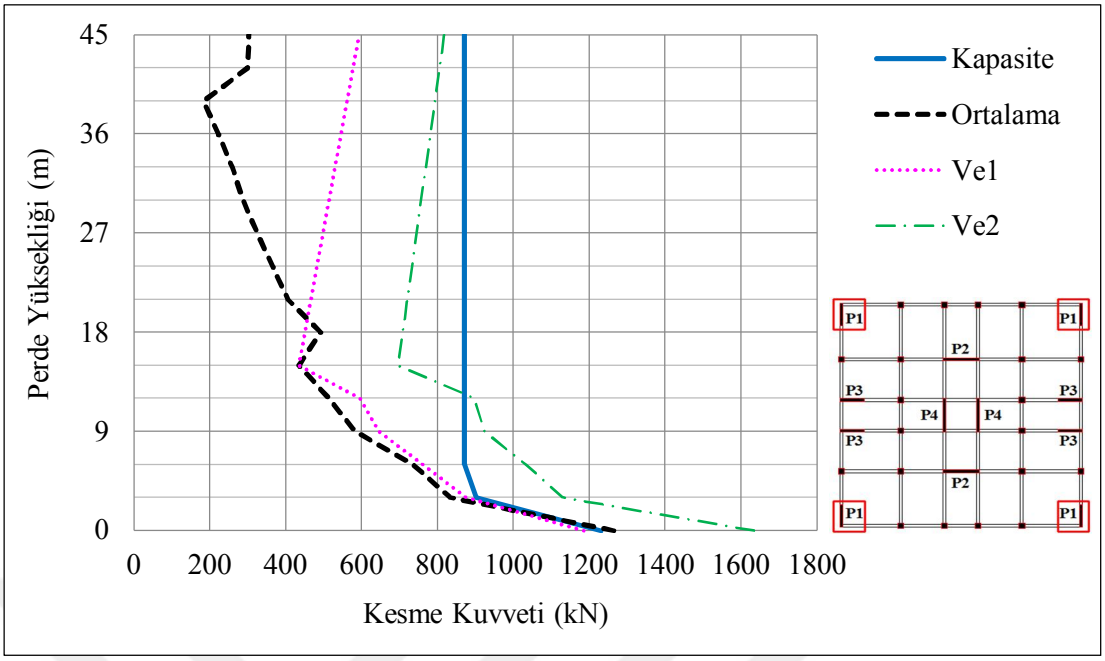
| KAT | Kapasite (kN) | Talep (kN) | Talep/kapasite (%) |
|---|---|---|---|
| 15 | 1307 | 501 | 38,3 |
| 14 | 1307 | 401 | 30,6 |
| 13 | 1307 | 533 | 40,8 |
| 12 | 1307 | 609 | 46,6 |
| 11 | 1307 | 644 | 49,3 |
| 10 | 1307 | 692 | 52,9 |
| 9 | 1307 | 726 | 55,5 |
| 8 | 1307 | 791 | 60,5 |
| 7 | 1307 | 912 | 69,8 |
| 6 | 1307 | 825 | 63,1 |
| 5 | 1307 | 979 | 74,9 |
| 4 | 1307 | 1119 | 85,6 |
| 3 | 1307 | 1348 | **103,2** |
| 2 | 1694 | 1624 | 95,9 |
| 1 | 2052 | 1926 | 93,9 |

### 5.2.3. ZD yerel zemin sınıfı

Perde yüksekliği boyunca elde edilen kesme kuvveti diyagramları ZD yerel zemin sınıfı için Şekil 5.41-5.48'de, talep değerlerinin kapasiteye oranı Tablo 5.22-5.25'te verilmiştir.




Şekil 5.41. P1 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Deprem kayıtlarından elde edilen değerler - 15 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı)

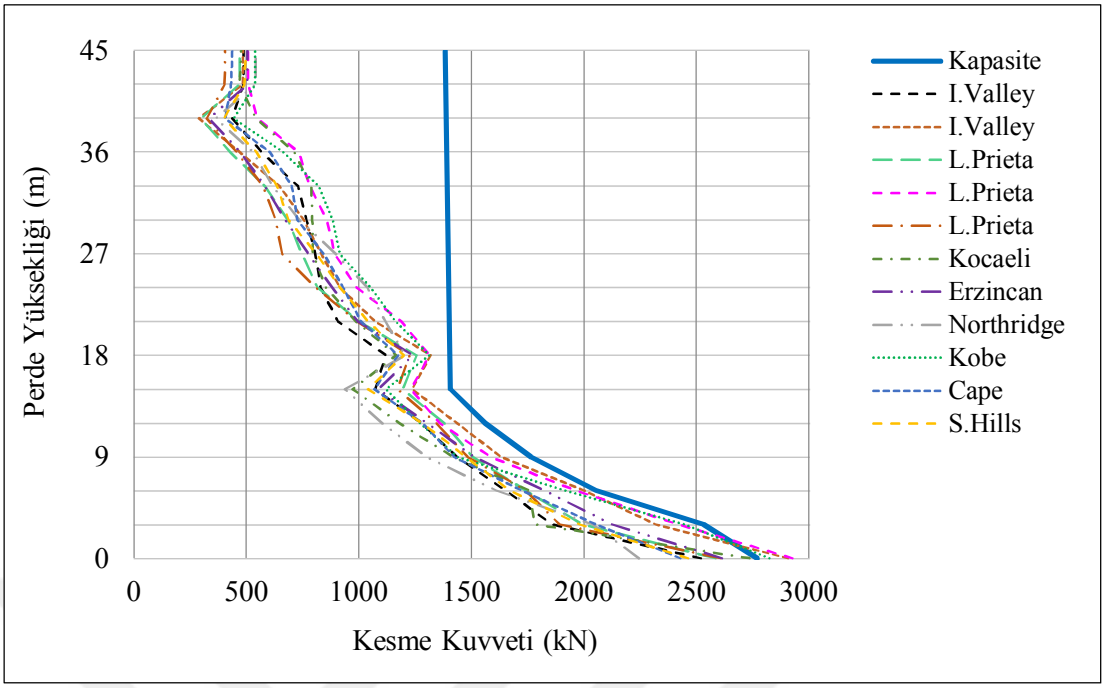



Şekil 5.42. P1 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Ortalama değer - 15 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı)

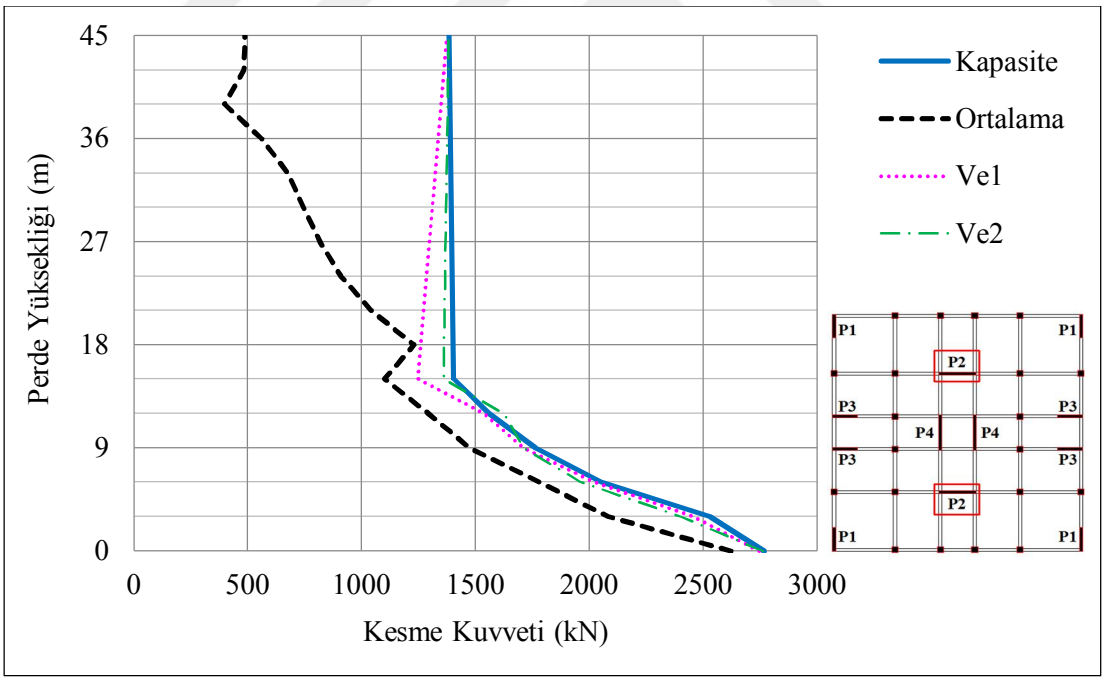
P1 perdesinin kesme kapasitesi talebi karşılamada yetersiz kalmıştır. Talep/kapasite oranı perde tabanında %102,6 olarak hesaplanmıştır. Denklem (5.2) ile hesaplanan kesme kuvveti değerleri ($V_{e2}$), talep değerlerine göre güvenli tarafta kalmıştır.

Tablo 5.22. P1 perdesi talep/kapasite oranları (15 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı)

| KAT | Kapasite (kN) | Talep (kN) | Talep/kapasite (%) |
|---|---|---|---|
| 15 | 871 | 299 | 34,4 |
| 14 | 871 | 183 | 21,0 |
| 13 | 871 | 222 | 25,5 |
| 12 | 871 | 259 | 29,8 |
| 11 | 871 | 287 | 33,0 |
| 10 | 871 | 324 | 37,2 |
| 9 | 871 | 366 | 42,0 |
| 8 | 871 | 405 | 46,5 |
| 7 | 871 | 492 | 56,5 |
| 6 | 871 | 434 | 49,9 |
| 5 | 871 | 513 | 58,9 |
| 4 | 871 | 583 | 66,9 |
| 3 | 871 | 737 | 84,6 |
| 2 | 902 | 833 | 92,3 |
| 1 | 1231 | 1264 | **102,6** |




Şekil 5.43. P2 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Deprem kayıtlarından elde edilen değerler - 15 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı)

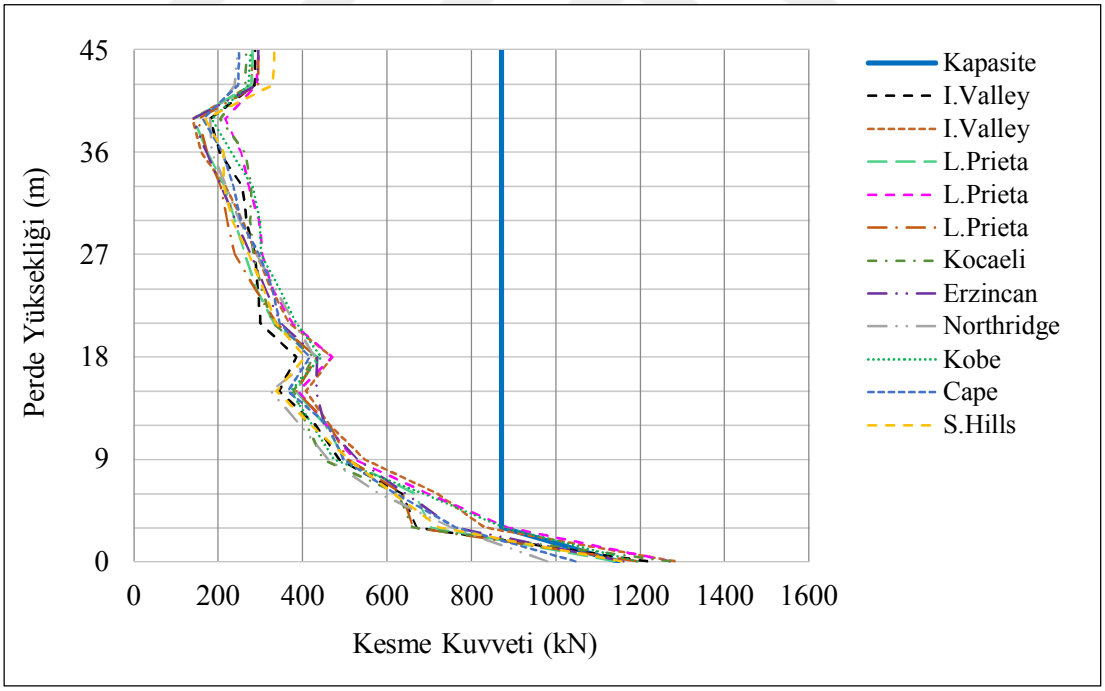



Şekil 5.44. P2 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Ortalama değer - 15 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı)

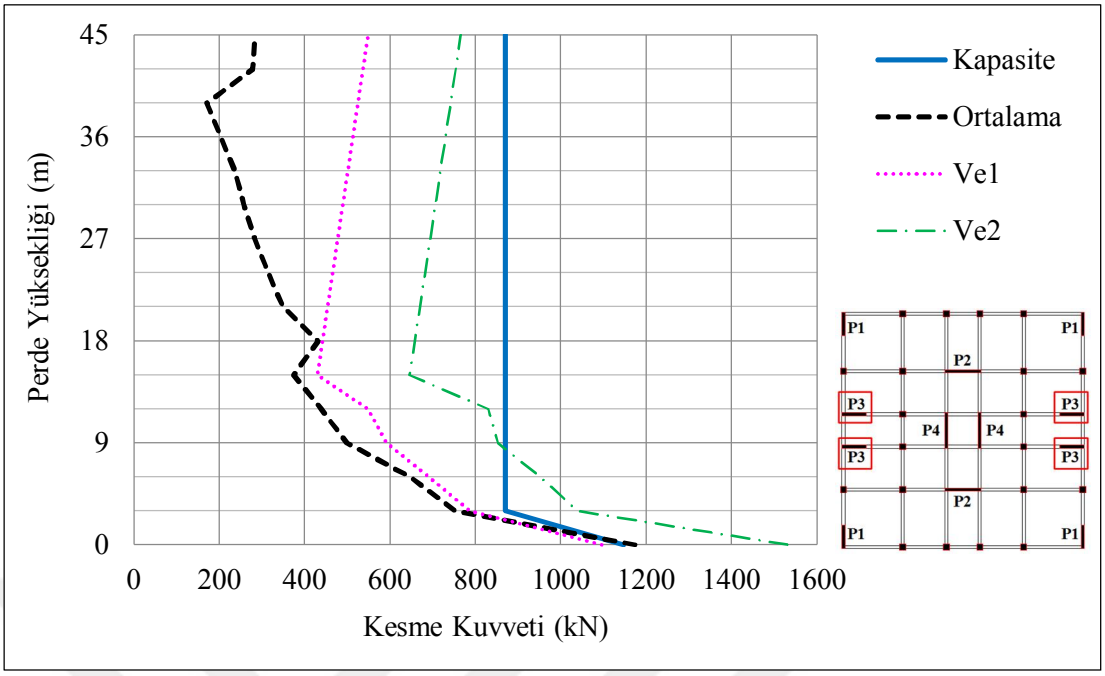
P2 perdesinde kesme talebi, tasarım kesme kuvvetinin ve kapasitenin altında kalmıştır. Perde tabanında talep/kapasite oranı %94,7 olarak hesaplanmıştır. Kapasiteyi aşan deprem kayıtları bulunmakta olup ortalama değer güvenli tarafta kalmaktadır.

Tablo 5.23. P2 perdesi talep/kapasite oranları (15 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı)

| KAT | Kapasite (kN) | Talep (kN) | Talep/kapasite (%) |
|---|---|---|---|
| 15 | 1387 | 483 | 34,8 |
| 14 | 1389 | 398 | 28,6 |
| 13 | 1391 | 562 | 40,4 |
| 12 | 1393 | 677 | 48,6 |
| 11 | 1395 | 744 | 53,4 |
| 10 | 1397 | 815 | 58,4 |
| 9 | 1399 | 910 | 65,1 |
| 8 | 1401 | 1042 | 74,4 |
| 7 | 1403 | 1229 | 87,6 |
| 6 | 1405 | 1102 | 78,4 |
| 5 | 1560 | 1292 | 82,8 |
| 4 | 1765 | 1474 | 83,5 |
| 3 | 2052 | 1779 | 86,7 |
| 2 | 2530 | 2080 | 82,2 |
| 1 | 2769 | 2621 | 94,7 |




Şekil 5.45. P3 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Deprem kayıtlarından elde edilen değerler - 15 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı)

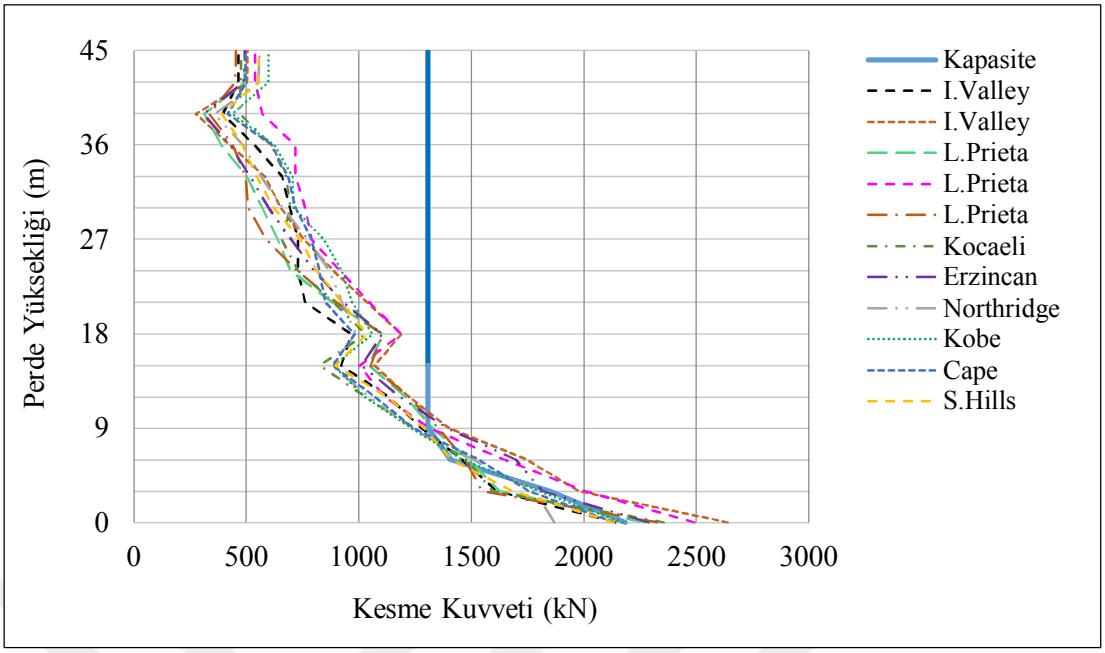



Şekil 5.46. P3 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Ortalama değer - 15 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı)

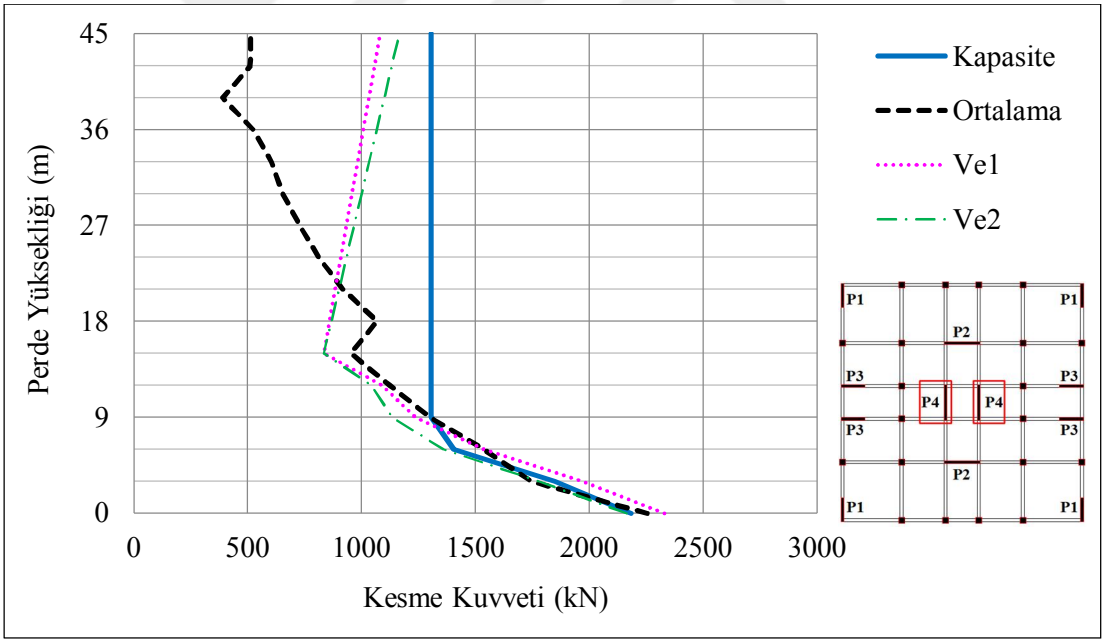
P3 perdesinin kesme kapasitesi talebi karşılamada yetersiz kalmıştır. Talep/kapasite oranı perde tabanında %102,3 olarak hesaplanmıştır. Denklem (5.2) ile hesaplanan kesme kuvveti değerleri ($V_{e2}$), talep değerlerine göre güvenli tarafta kalmıştır.

Tablo 5.24. P3 perdesi talep/kapasite oranları (15 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı)

| KAT | Kapasite (kN) | Talep (kN) | Talep/kapasite (%) |
|---|---|---|---|
| 15 | 871 | 279 | 32,0 |
| 14 | 871 | 169 | 19,5 |
| 13 | 871 | 204 | 23,4 |
| 12 | 871 | 236 | 27,1 |
| 11 | 871 | 257 | 29,5 |
| 10 | 871 | 282 | 32,4 |
| 9 | 871 | 314 | 36,1 |
| 8 | 871 | 348 | 40,0 |
| 7 | 871 | 431 | 49,5 |
| 6 | 871 | 374 | 42,9 |
| 5 | 871 | 438 | 50,3 |
| 4 | 871 | 498 | 57,2 |
| 3 | 871 | 647 | 74,3 |
| 2 | 871 | 752 | 86,4 |
| 1 | 1146 | 1173 | **102,3** |




Şekil 5.47. P4 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Deprem kayıtlarından elde edilen değerler - 15 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı)




Şekil 5.48. P4 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Ortalama değer - 15 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı)

P4 perdesinin kesme kapasitesi talebi karşılamada yetersiz kalmıştır. Talep/kapasite oranı perde tabanında %103,3 ve binanın 3. katında %109,3 olarak hesaplanmıştır. Talep değeri, Denklem (5.1) ve Denklem (5.2) ile hesaplanan kesme kuvveti değerlerini 3. katın üstünde de aşmış olup 3. kattan itibaren minimum enine donatının kullanılmasıyla kapasitenin altında kalmıştır.

Tablo 5.25. P4 perdesi talep/kapasite oranları (15 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı)

| KAT | Kapasite (kN) | Talep (kN) | Talep/kapasite (%) |
|---|---|---|---|
| 15 | 1307 | 509 | 38,9 |
| 14 | 1307 | 388 | 29,7 |
| 13 | 1307 | 523 | 40,0 |
| 12 | 1307 | 604 | 46,2 |
| 11 | 1307 | 654 | 50,0 |
| 10 | 1307 | 726 | 55,6 |
| 9 | 1307 | 810 | 62,0 |
| 8 | 1307 | 918 | 70,2 |
| 7 | 1307 | 1067 | 81,6 |
| 6 | 1307 | 951 | 72,8 |
| 5 | 1307 | 1124 | 86,0 |
| 4 | 1307 | 1300 | 99,5 |
| 3 | 1405 | 1535 | **109,3** |
| 2 | 1847 | 1744 | 94,4 |
| 1 | 2183 | 2254 | **103,3** |

15 katlı binalarda hesaplanan talep/kapasite oranları incelenen zemin sınıfları için Tablo 5.26'da verilmiştir.

Tablo 5.26. Perdelerde talep/kapasite oranları (15 katlı binalar)

| | | Talep/Kapasite (%) | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Kat | Zemin Sınıfı | P1 | P2 | P3 | P4 |
| 5 | ZB | 35,4 | 59,5 | 30,7 | 52,5 |
| | ZC | 51,5 | 84,8 | 46,1 | 74,9 |
| | ZD | 58,9 | 82,8 | 50,3 | 86,0 |
| 4 | ZB | 38,3 | 67,3 | 33,4 | 60,1 |
| | ZC | 56,8 | 89,3 | 51,0 | 85,6 |
| | ZD | 66,9 | 83,5 | 57,2 | 99,5 |
| 3 | ZB | 42,4 | 75,7 | 38,5 | 68,9 |
| | ZC | 70,3 | 86,5 | 62,9 | **103,2** |
| | ZD | 84,6 | 86,7 | 74,3 | **109,3** |
| 2 | ZB | 49,4 | 85,9 | 45,5 | 79,3 |
| | ZC | 81,8 | 87,8 | 76,3 | 95,9 |
| | ZD | 92,3 | 82,2 | 86,4 | 94,4 |
| 1 | ZB | 64,9 | 83,4 | 64,6 | 87,1 |
| | ZC | 91,7 | 88,1 | **101,2** | 93,9 |
| | ZD | **102,6** | 94,7 | **102,3** | **103,3** |

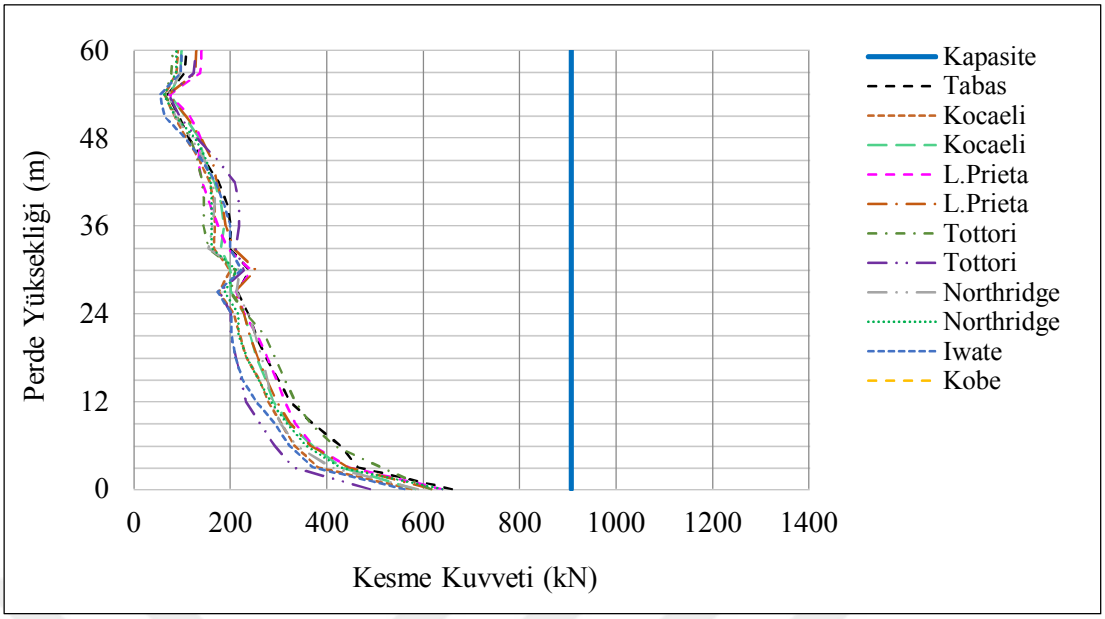
15 katlı binalarda yürütülen analiz sonuçlarına göre zaman tanım alanında hesap yöntemi ile elde edilen kesme talebi değerlerinin perde kapasitelerini ZC ve ZD yerel zemin sınıfı için aştığı görülmüştür. ZD yerel zemin sınıfı esas alınarak yürütülen analizler neticesinde P1, P2, P3 ve P4 perdelerinin tabanlarında elde edilen talep/kapasite oranları sırasıyla %102,6, %94,7, %102,3 ve %103,3 olmaktadır. ZD yerel zemin sınıfında kesme talebinin kapasiteye en büyük oranı P4 perdesi için binanın 3. katında %109,3 olarak hesaplanmıştır. Talep/kapasite oranları ZC yerel zemin sınıfı için incelendiğinde P3 ve P4 perdelerinde kesme kapasitelerinin talep değerlerini karşılamada yetersiz kaldığı görülmüştür. Talep/kapasite oranları perdelerin tabanlarında sırasıyla %91,7, %88,1, %101,2 ve %93,9 olarak hesaplanmıştır. P4 perdesinde talep/kapasite oranı binanın 3. katında %103,2 olarak elde edilmiştir. ZB yerel zemin sınıfı için yürütülen analizler neticesinde perde kapasitelerinin talebi karşılamada yeterli olduğu görülmüştür. Perdelerin tabanlarında talep/kapasite oranları sırasıyla %64,9, %83,4, %64,6 ve %87,1 olarak hesaplanmıştır. ZC yerel zemin sınıfında kesme kapasitenin aşıldığı P3 perdesi ile ZD yerel zemin sınıfında kapasitenin aşıldığı P1 ve P3 perdelerinde, dinamik büyütme katsayısının yer aldığı Denklem (5.2) ile hesaplanan kesme kuvveti değerleri talep değerlerine göre güvenli tarafta kalmaktadır. Denklem (5.1) ile hesaplanan kesme kuvveti değerlerinin, Denklem (5.2) ile elde edilen değerlerden küçük olması sebebiyle tasarımda dikkate alınması bu perdelerde kapasitenin yetersiz kalmasına sebep olmuştur. P4 perdesinde kesme talebi, hem Denklem (5.1) hem de Denklem (5.2) ile hesaplanan kesme kuvveti değerlerini ZC ve ZD yerel zemin sınıfları için aşmıştır.

### 5.3. 20 Katlı Binalar

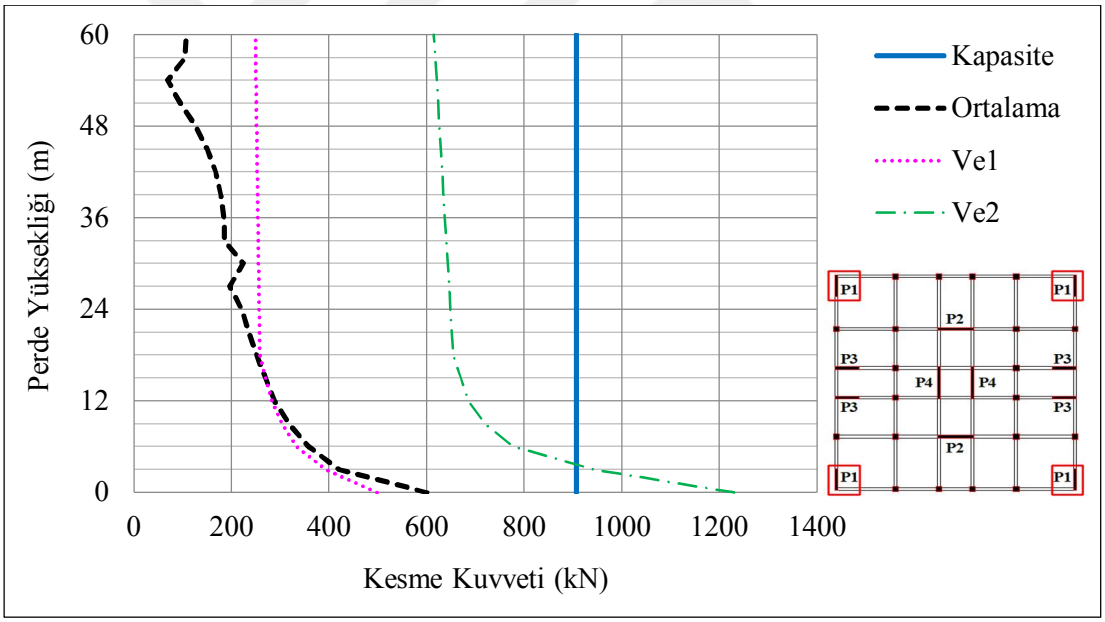
20 katlı binalarda elde edilen sonuçlar incelenen yerel zemin sınıfları için sırasıyla paylaşılmıştır.

#### 5.3.1. ZB yerel zemin sınıfı

Perde yüksekliği boyunca elde edilen kesme kuvveti diyagramları ZB yerel zemin sınıfı için Şekil 5.49-5.56'da, talep değerlerinin kapasiteye oranı Tablo 5.27-5.30'da verilmiştir.




Şekil 5.49. P1 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Deprem kayıtlarından elde edilen değerler - 20 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı)

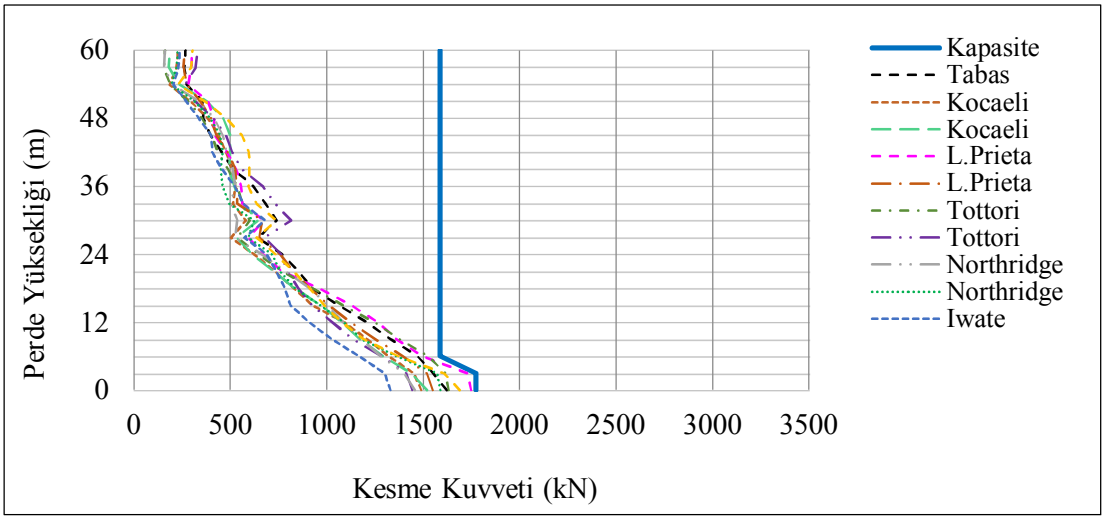



Şekil 5.50. P1 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Ortalama değer - 20 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı)

P1 perdesinde kesme talebi, tasarım kesme kuvvetini ($V_{e1}$) binanın 1. ve 5. Katları arasında aşmış olup perde tabanından itibaren minimum yatay donatı kullanımına bağlı olarak kapasitenin altında kalmıştır. Perde tabanında talep/kapasite oranı %66,2 olarak hesaplanmıştır.

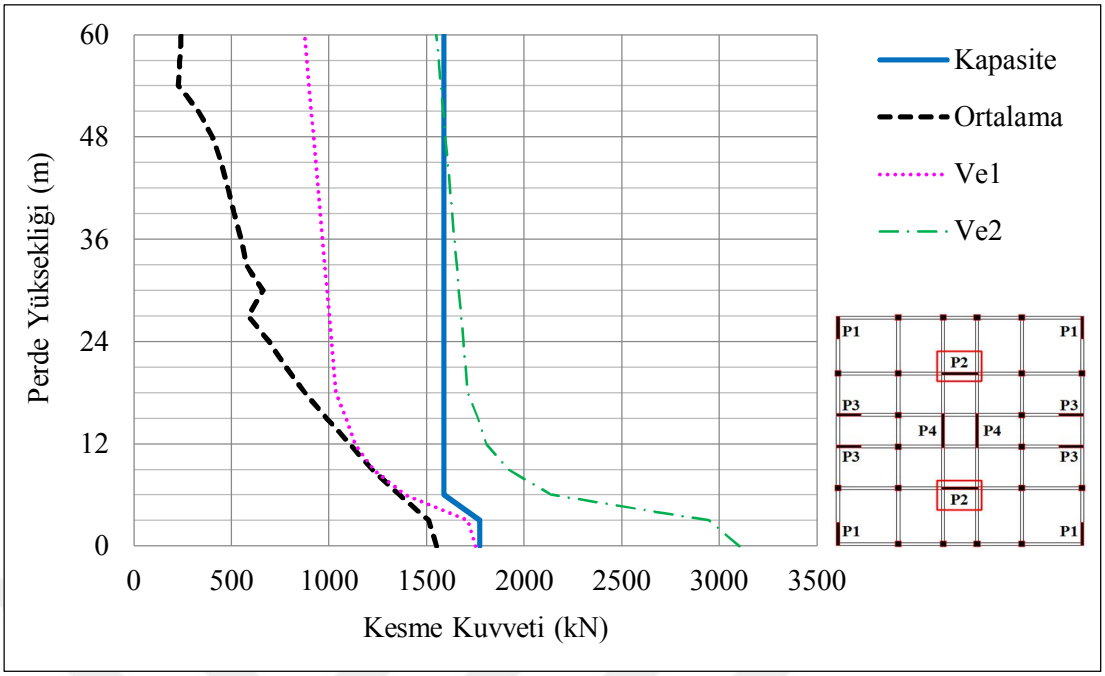
Tablo 5.27. P1 perdesi talep/kapasite oranları (20 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı)

| KAT | Kapasite (kN) | Talep (kN) | Talep/kapasite (%) |
|---|---|---|---|
| 20 | 907 | 104 | 11,5 |
| 19 | 907 | 69 | 7,6 |
| 18 | 907 | 95 | 10,5 |
| 17 | 907 | 127 | 14,0 |
| 16 | 907 | 150 | 16,5 |
| 15 | 907 | 167 | 18,4 |
| 14 | 907 | 178 | 19,6 |
| 13 | 907 | 184 | 20,2 |
| 12 | 907 | 185 | 20,4 |
| 11 | 907 | 224 | 24,7 |
| 10 | 907 | 196 | 21,6 |
| 9 | 907 | 221 | 24,4 |
| 8 | 907 | 235 | 25,9 |
| 7 | 907 | 251 | 27,7 |
| 6 | 907 | 270 | 29,7 |
| 5 | 907 | 288 | 31,8 |
| 4 | 907 | 318 | 35,1 |
| 3 | 907 | 358 | 39,4 |
| 2 | 907 | 420 | 46,3 |
| 1 | 907 | 600 | 66,2 |




Şekil 5.51. P2 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Deprem kayıtlarından elde edilen değerler - 20 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı)

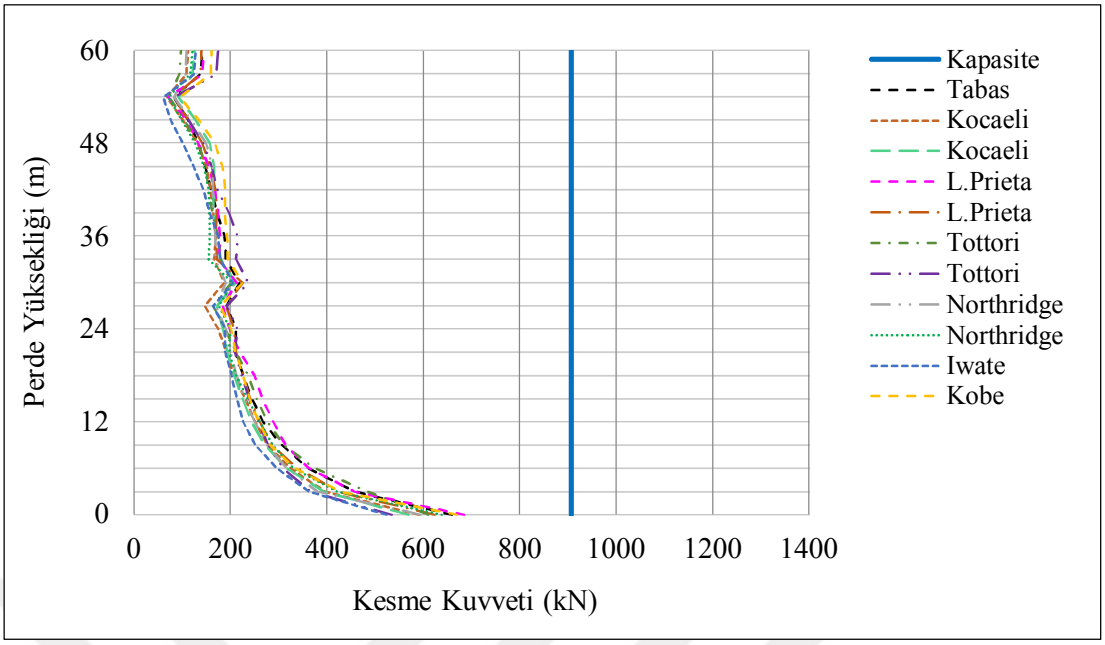
P2 perdesinde kesme talebi, tasarım kesme kuvvetine ($V_{el}$) binanın 3. katında ulaşmış olup kapasitenin altında kalmıştır. Talep/kapasite oranı perde tabanında %87,4 olarak hesaplanmıştır.



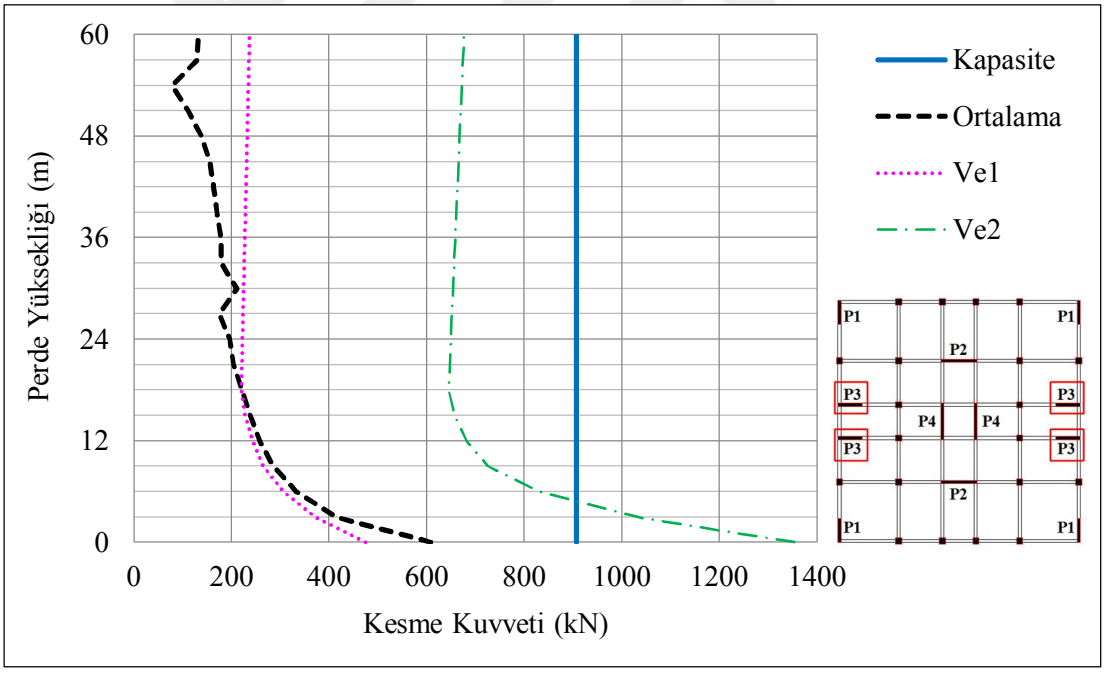

Şekil 5.52. P2 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Ortalama değer - 20 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı)

Tablo 5.28. P2 perdesi talep/kapasite oranları (20 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı)

| KAT | Kapasite (kN) | Talep (kN) | Talep/kapasite (%) |
|---|---|---|---|
| 20 | 1588 | 235 | 14,8 |
| 19 | 1588 | 229 | 14,4 |
| 18 | 1588 | 330 | 20,8 |
| 17 | 1588 | 401 | 25,3 |
| 16 | 1588 | 447 | 28,1 |
| 15 | 1588 | 480 | 30,2 |
| 14 | 1588 | 512 | 32,2 |
| 13 | 1588 | 550 | 34,6 |
| 12 | 1588 | 577 | 36,3 |
| 11 | 1588 | 662 | 41,7 |
| 10 | 1588 | 586 | 36,9 |
| 9 | 1588 | 694 | 43,7 |
| 8 | 1588 | 780 | 49,1 |
| 7 | 1588 | 878 | 55,3 |
| 6 | 1588 | 989 | 62,3 |
| 5 | 1588 | 1108 | 69,8 |
| 4 | 1588 | 1220 | 76,9 |
| 3 | 1588 | 1359 | 85,6 |
| 2 | 1772 | 1509 | 85,1 |
| 1 | 1772 | 1549 | 87,4 |




Şekil 5.53. P3 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Deprem kayıtlarından elde edilen değerler - 20 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı)

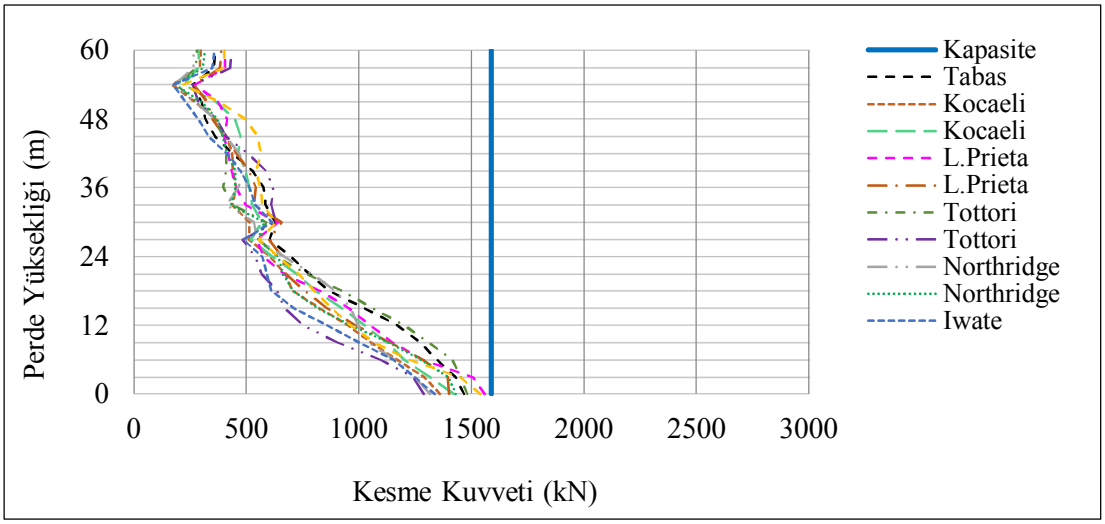



Şekil 5.54. P3 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Ortalama değer - 20 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı)

P3 perdesinde kesme talebi, tasarım kesme kuvvetini ($V_{e1}$) binanın 1. ve 7. katları arasında aşmış olup kapasitenin altında kalmıştır. Perde tabanında talep/kapasite oranı %67,1 olarak hesaplanmıştır.

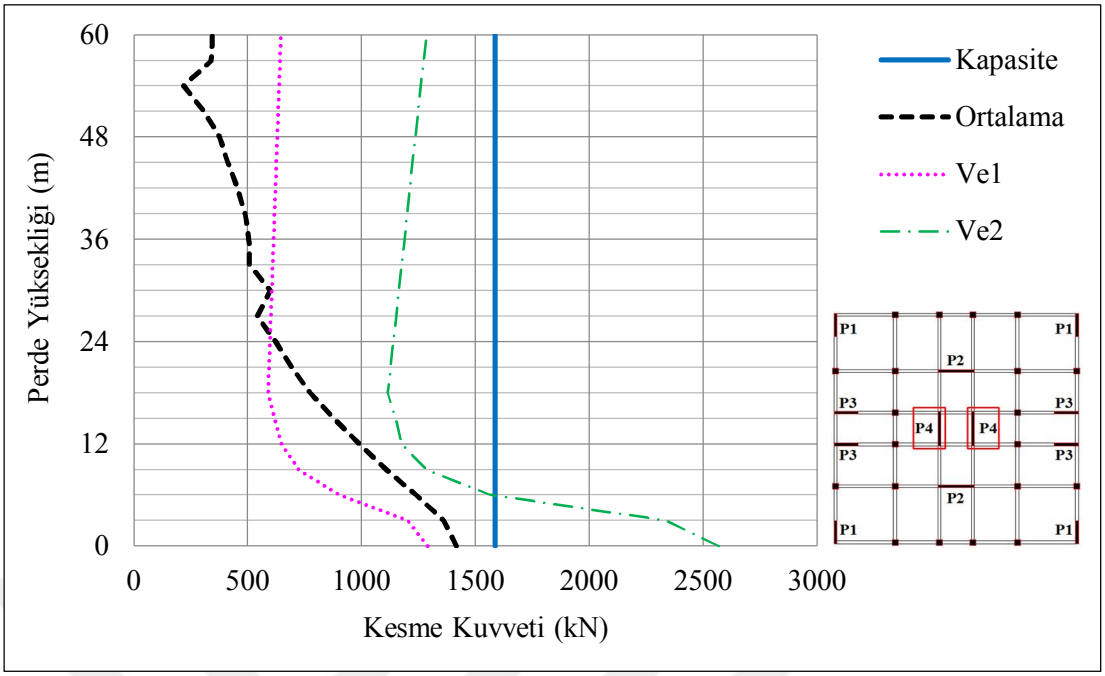
Tablo 5.29. P3 perdesi talep/kapasite oranları (20 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı)

| KAT | Kapasite (kN) | Talep (kN) | Talep/kapasite (%) |
|---|---|---|---|
| 20 | 907 | 129 | 14,2 |
| 19 | 907 | 78 | 8,6 |
| 18 | 907 | 110 | 12,1 |
| 17 | 907 | 138 | 15,2 |
| 16 | 907 | 155 | 17,1 |
| 15 | 907 | 164 | 18,0 |
| 14 | 907 | 170 | 18,8 |
| 13 | 907 | 178 | 19,6 |
| 12 | 907 | 179 | 19,8 |
| 11 | 907 | 210 | 23,2 |
| 10 | 907 | 175 | 19,3 |
| 9 | 907 | 197 | 21,7 |
| 8 | 907 | 204 | 22,5 |
| 7 | 907 | 221 | 24,4 |
| 6 | 907 | 238 | 26,2 |
| 5 | 907 | 258 | 28,5 |
| 4 | 907 | 285 | 31,4 |
| 3 | 907 | 332 | 36,6 |
| 2 | 907 | 415 | 45,8 |
| 1 | 907 | 608 | 67,1 |




Şekil 5.55. P4 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Deprem kayıtlarından elde edilen değerler - 20 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı)

P4 perdesinde kesme talebi, tasarım kesme kuvvetini ($V_{el}$) aşmış olup minimum yatay donatı kullanımına bağlı olarak kapasitenin altında kalmıştır. Perde tabanında talep/kapasite oranı %89,2 olarak hesaplanmıştır.



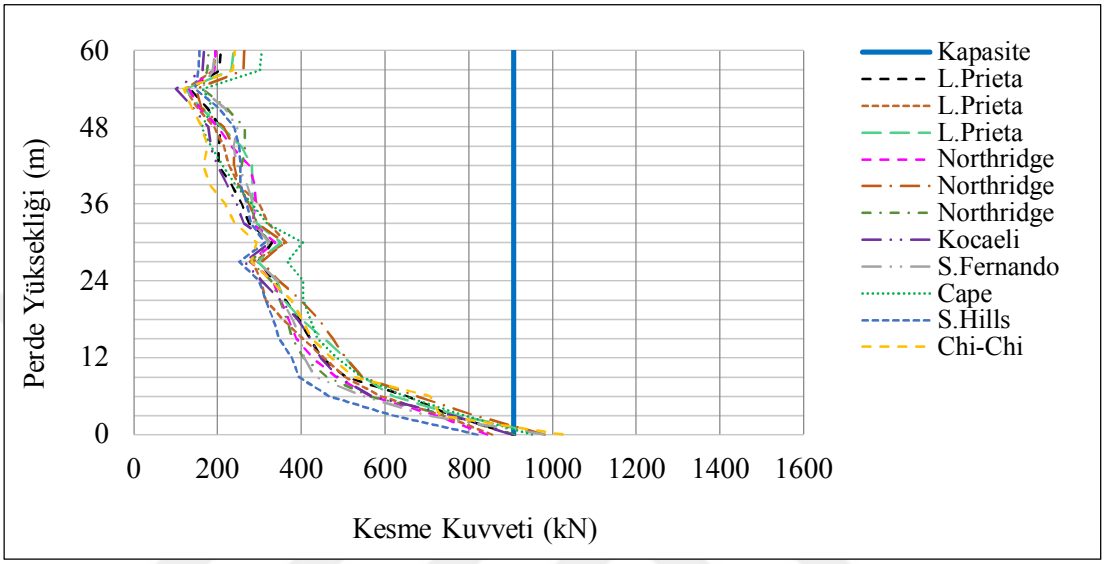

Şekil 5.56. P4 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Ortalama değer - 20 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı)

Tablo 5.30. P4 perdesi talep/kapasite oranları (20 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı)

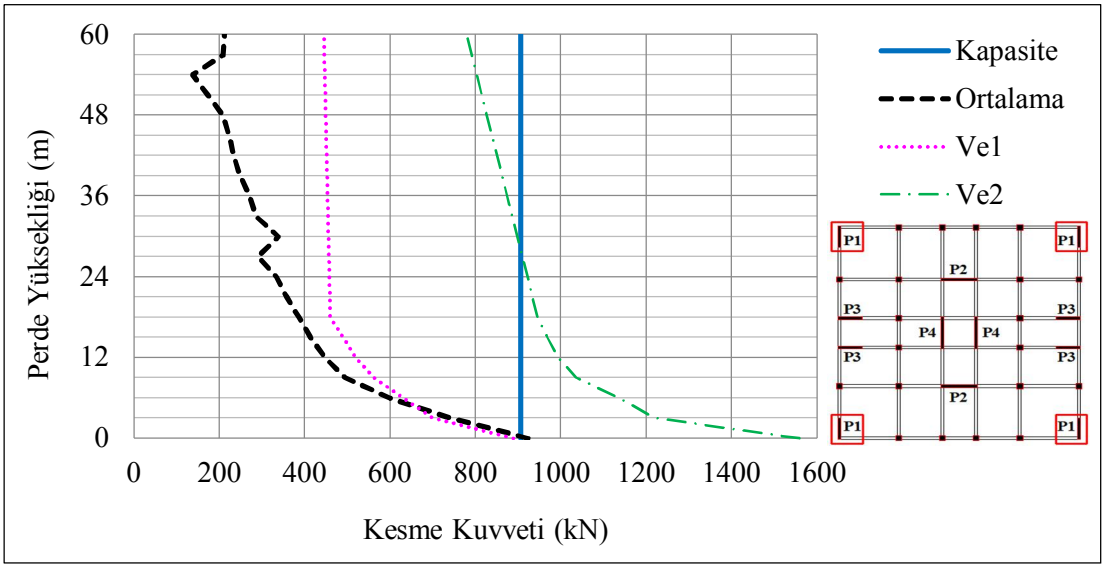
| KAT | Kapasite (kN) | Talep (kN) | Talep/kapasite (%) |
|---|---|---|---|
| 20 | 1588 | 339 | 21,3 |
| 19 | 1588 | 216 | 13,6 |
| 18 | 1588 | 307 | 19,3 |
| 17 | 1588 | 375 | 23,6 |
| 16 | 1588 | 412 | 26,0 |
| 15 | 1588 | 454 | 28,6 |
| 14 | 1588 | 487 | 30,7 |
| 13 | 1588 | 504 | 31,7 |
| 12 | 1588 | 508 | 32,0 |
| 11 | 1588 | 598 | 37,7 |
| 10 | 1588 | 541 | 34,1 |
| 9 | 1588 | 623 | 39,2 |
| 8 | 1588 | 694 | 43,7 |
| 7 | 1588 | 775 | 48,8 |
| 6 | 1588 | 879 | 55,4 |
| 5 | 1588 | 992 | 62,5 |
| 4 | 1588 | 1109 | 69,8 |
| 3 | 1588 | 1237 | 77,9 |
| 2 | 1588 | 1360 | 85,7 |
| 1 | 1588 | 1417 | 89,2 |

### 5.3.2. ZC yerel zemin sınıfı

Perde yüksekliği boyunca elde edilen kesme kuvveti diyagramları ZC yerel zemin sınıfı için Şekil 5.57-5.64'te, talep değerlerinin kapasiteye oranı Tablo 5.31-5.34'te verilmiştir.




Şekil 5.57. P1 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Deprem kayıtlarından elde edilen değerler - 20 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı)

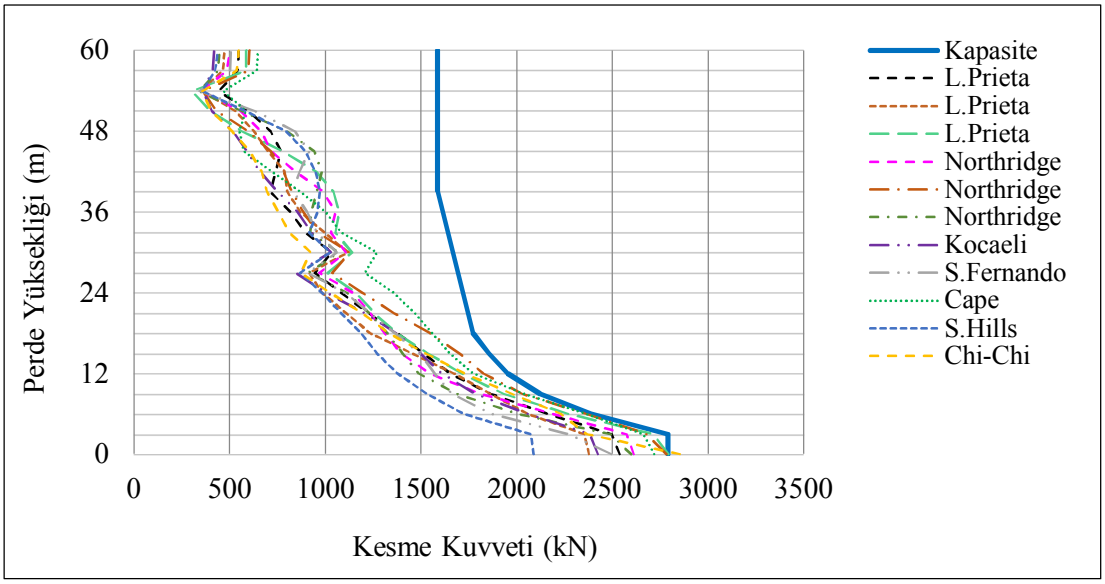



Şekil 5.58. P1 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Ortalama değer - 20 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı)

P1 perdesinin kesme kapasitesi talebi karşılamada yetersiz kalmıştır. Talep/kapasite oranı perde tabanında %101,7 olarak hesaplanmıştır. Denklem (5.2) ile hesaplanan kesme kuvveti değerleri ($V_{e2}$), talep değerlerine göre güvenli tarafta kalmıştır.

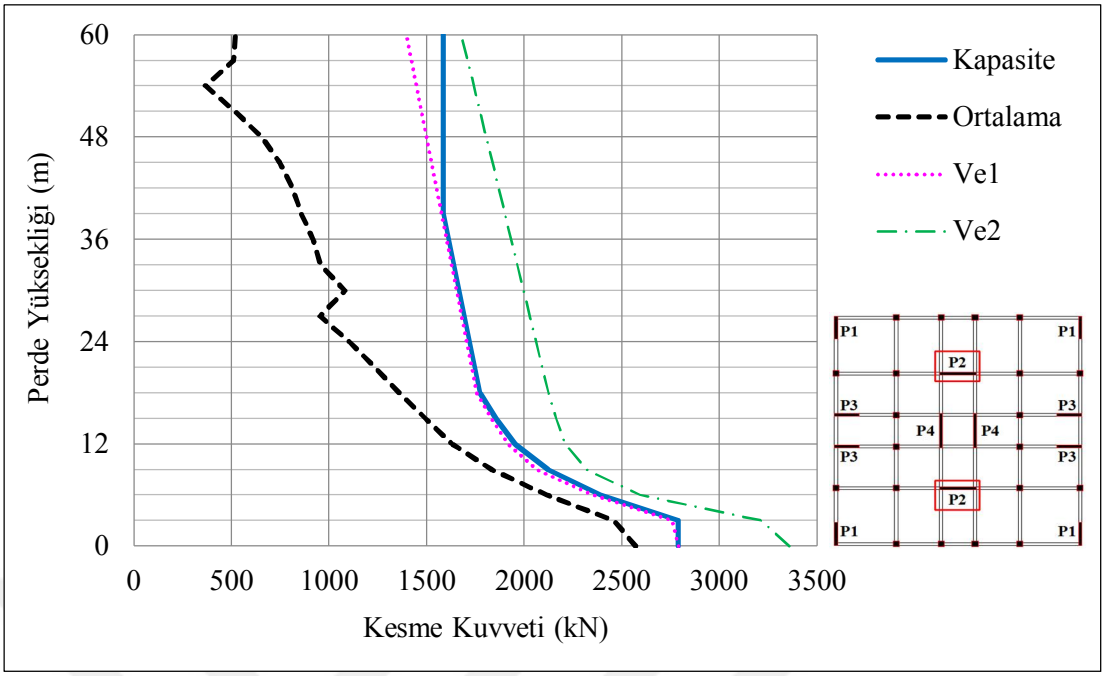
Tablo 5.31. P1 perdesi talep/kapasite oranları (20 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı)

| KAT | Kapasite (kN) | Talep (kN) | Talep/kapasite (%) |
|---|---|---|---|
| 20 | 907 | 209 | 23,0 |
| 19 | 907 | 137 | 15,1 |
| 18 | 907 | 174 | 19,2 |
| 17 | 907 | 207 | 22,8 |
| 16 | 907 | 222 | 24,5 |
| 15 | 907 | 233 | 25,7 |
| 14 | 907 | 247 | 27,3 |
| 13 | 907 | 271 | 29,8 |
| 12 | 907 | 286 | 31,5 |
| 11 | 907 | 338 | 37,3 |
| 10 | 907 | 290 | 32,0 |
| 9 | 907 | 333 | 36,7 |
| 8 | 907 | 357 | 39,3 |
| 7 | 907 | 386 | 42,6 |
| 6 | 907 | 413 | 45,5 |
| 5 | 907 | 448 | 49,4 |
| 4 | 907 | 493 | 54,4 |
| 3 | 907 | 600 | 66,1 |
| 2 | 907 | 740 | 81,6 |
| 1 | 907 | 922 | **101,7** |




Şekil 5.59. P2 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Deprem kayıtlarından elde edilen değerler - 20 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı)

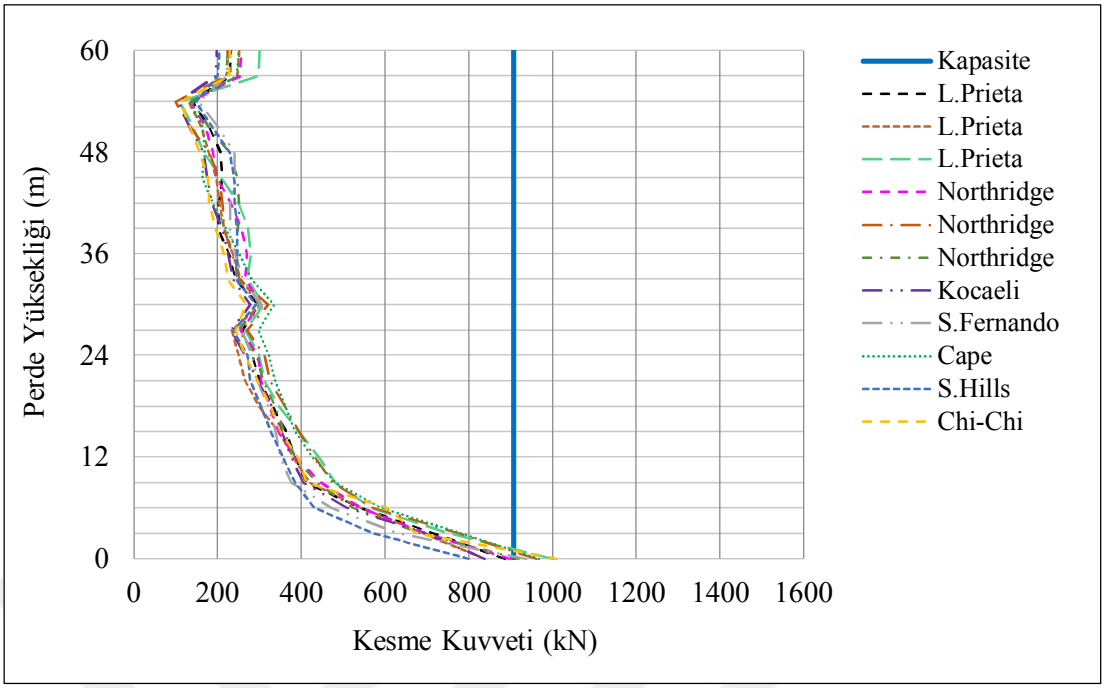
P2 perdesinde kesme talebi, tasarım kesme kuvvetinin ($V_{e1}$) ve kapasitenin altında kalmıştır. Perde tabanında talep/kapasite oranı %92,0 olarak hesaplanmıştır.



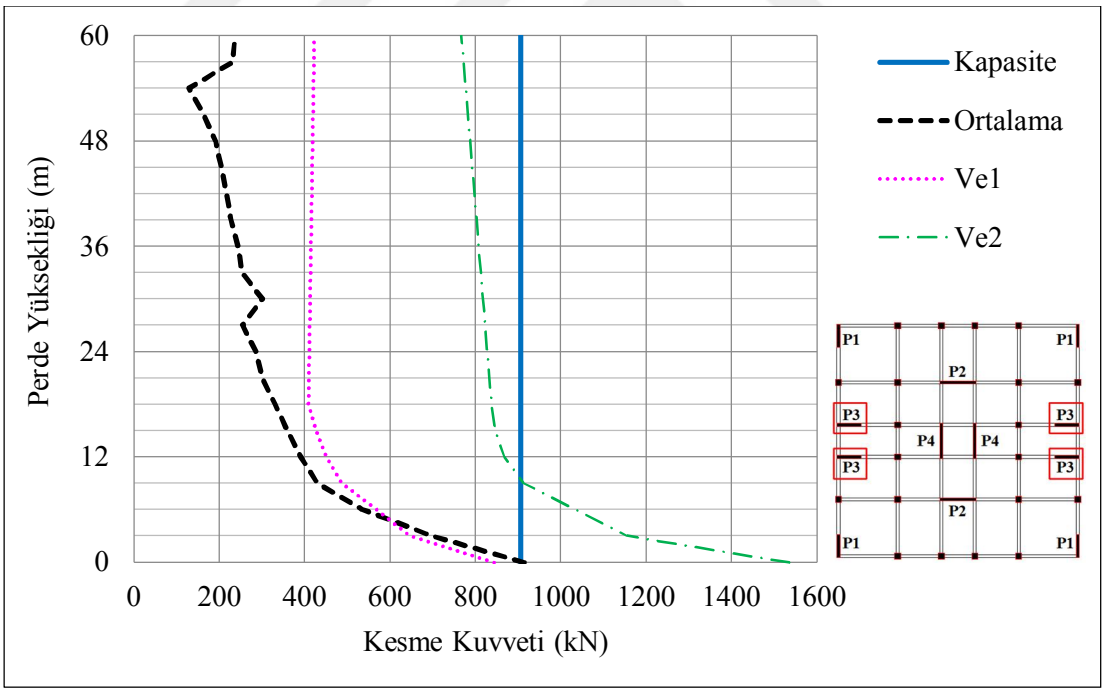

Şekil 5.60. P2 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Ortalama değer - 20 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı)

Tablo 5.32. P2 perdesi talep/kapasite oranları (20 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı)

| KAT | Kapasite (kN) | Talep (kN) | Talep/kapasite (%) |
|---|---|---|---|
| 20 | 1588 | 511 | 32,2 |
| 19 | 1588 | 366 | 23,1 |
| 18 | 1588 | 516 | 32,5 |
| 17 | 1588 | 653 | 41,1 |
| 16 | 1588 | 745 | 46,9 |
| 15 | 1588 | 813 | 51,2 |
| 14 | 1588 | 858 | 54,0 |
| 13 | 1588 | 917 | 57,7 |
| 12 | 1619 | 957 | 59,1 |
| 11 | 1649 | 1081 | 65,5 |
| 10 | 1680 | 953 | 56,7 |
| 9 | 1710 | 1103 | 64,5 |
| 8 | 1741 | 1236 | 71,0 |
| 7 | 1772 | 1359 | 76,7 |
| 6 | 1855 | 1494 | 80,6 |
| 5 | 1952 | 1631 | 83,6 |
| 4 | 2122 | 1833 | 86,4 |
| 3 | 2390 | 2114 | 88,4 |
| 2 | 2791 | 2459 | 88,1 |
| 1 | 2791 | 2569 | 92,0 |




Şekil 5.61. P3 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Deprem kayıtlarından elde edilen değerler - 20 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı)

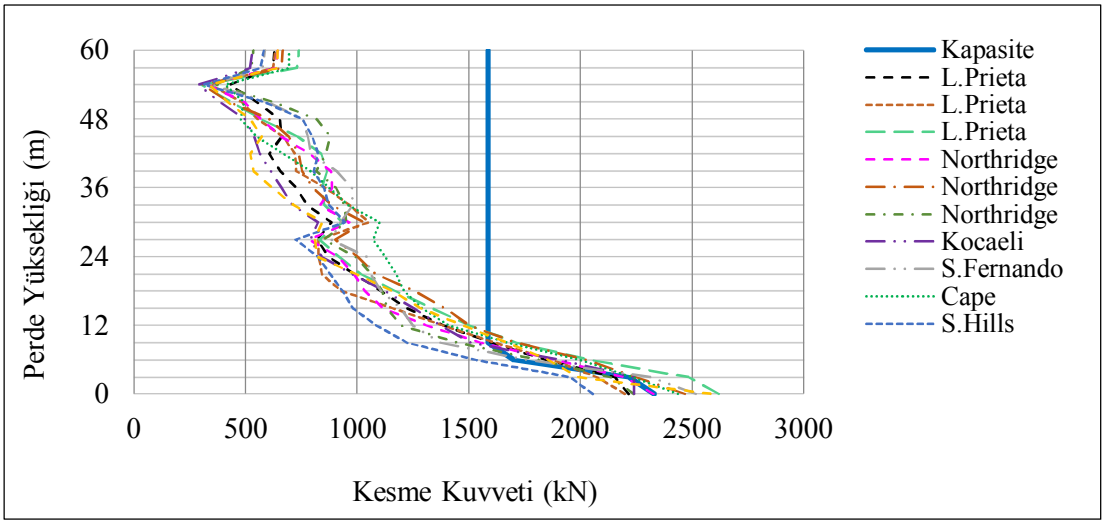



Şekil 5.62. P3 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Ortalama değer - 20 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı)

P3 perdesinin kesme kapasitesi talebi karşılamada yetersiz kalmıştır. Talep/kapasite oranı perde tabanında %100,7 olarak hesaplanmıştır. Denklem (5.2) ile hesaplanan kesme kuvveti değerleri ($V_{e2}$), talep değerlerine göre güvenli tarafta kalmıştır.

Tablo 5.33. P3 perdesi talep/kapasite oranları (20 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı)

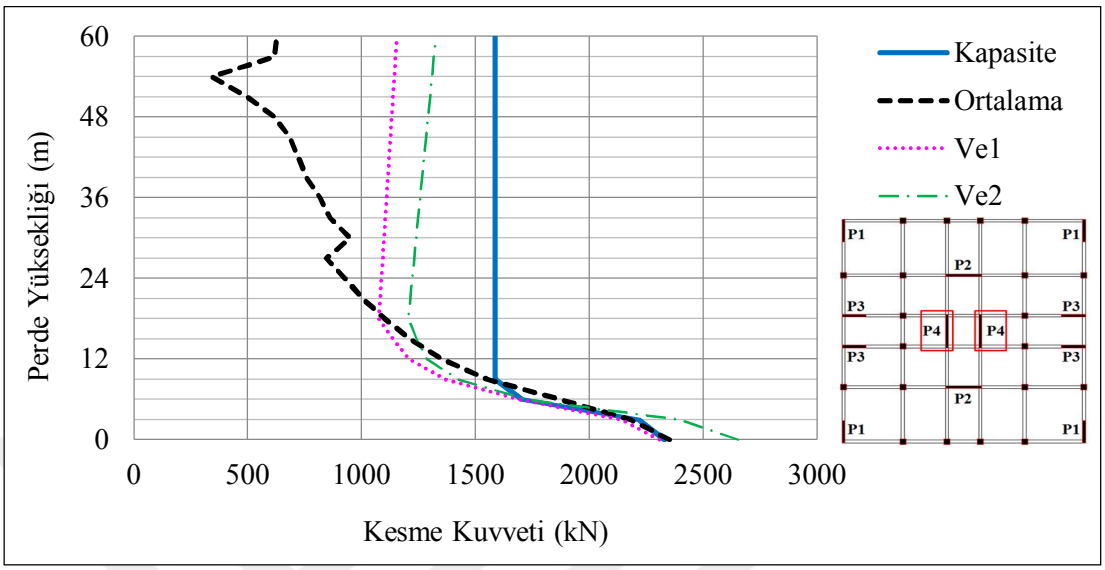
| KAT | Kapasite (kN) | Talep (kN) | Talep/kapasite (%) |
|---|---|---|---|
| 20 | 907 | 232 | 25,6 |
| 19 | 907 | 128 | 14,1 |
| 18 | 907 | 162 | 17,9 |
| 17 | 907 | 191 | 21,1 |
| 16 | 907 | 205 | 22,6 |
| 15 | 907 | 216 | 23,8 |
| 14 | 907 | 228 | 25,1 |
| 13 | 907 | 243 | 26,8 |
| 12 | 907 | 252 | 27,8 |
| 11 | 907 | 301 | 33,1 |
| 10 | 907 | 254 | 28,0 |
| 9 | 907 | 285 | 31,4 |
| 8 | 907 | 301 | 33,2 |
| 7 | 907 | 331 | 36,5 |
| 6 | 907 | 359 | 39,6 |
| 5 | 907 | 391 | 43,1 |
| 4 | 907 | 430 | 47,4 |
| 3 | 907 | 534 | 58,9 |
| 2 | 907 | 697 | 76,8 |
| 1 | 907 | 913 | **100,7** |




Şekil 5.63. P4 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Deprem kayıtlarından elde edilen değerler - 20 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı)

P4 perdesinin kesme kapasitesi talebi karşılamada yetersiz kalmıştır. Talep/kapasite oranları perde tabanında %101,1 ve binanın 3. katında %109,7 olarak elde edilmiştir. Talep değeri, Denklem (5.1) ve Denklem (5.2) ile hesaplanan kesme kuvveti

değerlerini 3. katın üstünde de aşmış olup 4. kattan itibaren minimum enine donatının kullanılmasıyla kapasitenin altında kalmıştır.



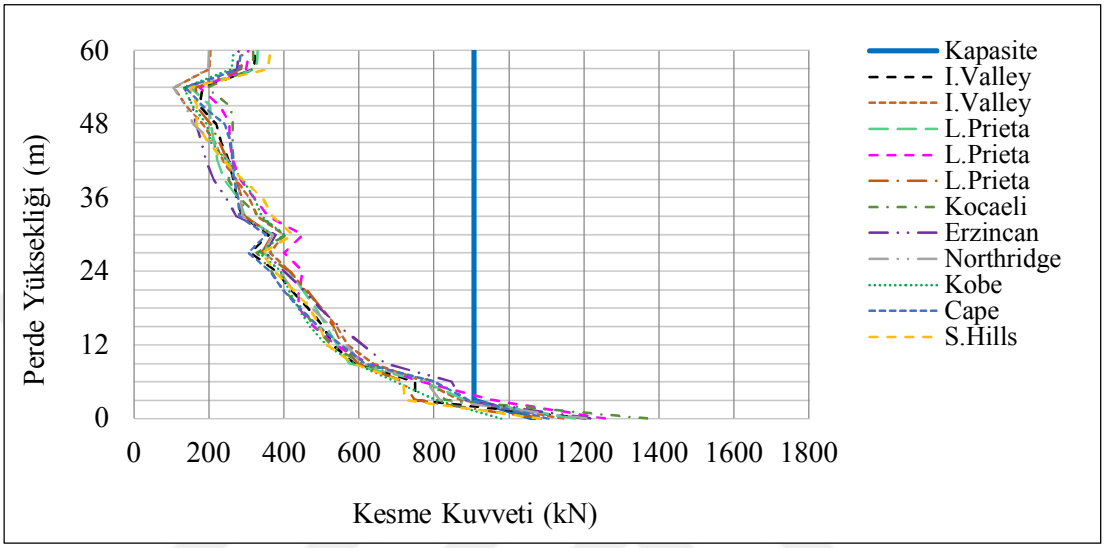

Şekil 5.64. P4 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Ortalama değer - 20 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı)

Tablo 5.34. P4 perdesi talep/kapasite oranları (20 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı)

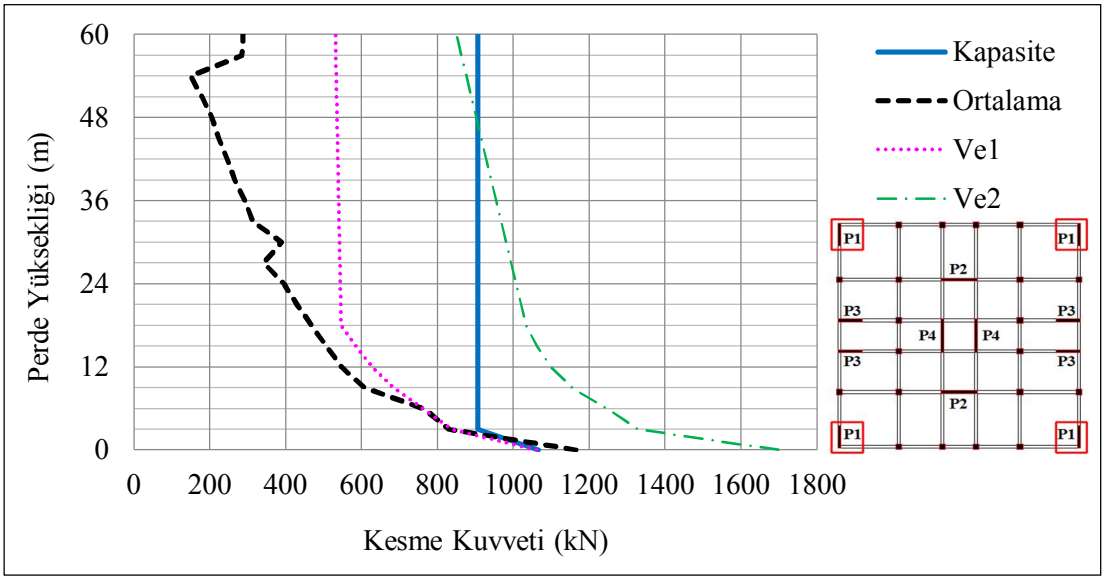
| KAT | Kapasite (kN) | Talep (kN) | Talep/kapasite (%) |
|---|---|---|---|
| 20 | 1587 | 617 | 38,9 |
| 19 | 1587 | 342 | 21,5 |
| 18 | 1587 | 499 | 31,4 |
| 17 | 1587 | 616 | 38,8 |
| 16 | 1587 | 684 | 43,1 |
| 15 | 1587 | 720 | 45,4 |
| 14 | 1587 | 758 | 47,8 |
| 13 | 1587 | 818 | 51,5 |
| 12 | 1587 | 862 | 54,3 |
| 11 | 1587 | 950 | 59,8 |
| 10 | 1587 | 844 | 53,2 |
| 9 | 1587 | 925 | 58,3 |
| 8 | 1587 | 1005 | 63,3 |
| 7 | 1587 | 1102 | 69,4 |
| 6 | 1587 | 1213 | 76,4 |
| 5 | 1587 | 1351 | 85,1 |
| 4 | 1587 | 1554 | 97,9 |
| 3 | 1702 | 1868 | **109,7** |
| 2 | 2218 | 2184 | 98,5 |
| 1 | 2328 | 2353 | **101,1** |

### 5.3.3. ZD yerel zemin sınıfı

Perde yüksekliği boyunca elde edilen kesme kuvveti diyagramları ZD yerel zemin sınıfı için Şekil 5.65-5.72'de, talep değerlerinin kapasiteye oranı Tablo 5.35-5.38'de verilmiştir.




Şekil 5.65. P1 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Deprem kayıtlarından elde edilen değerler - 20 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı)

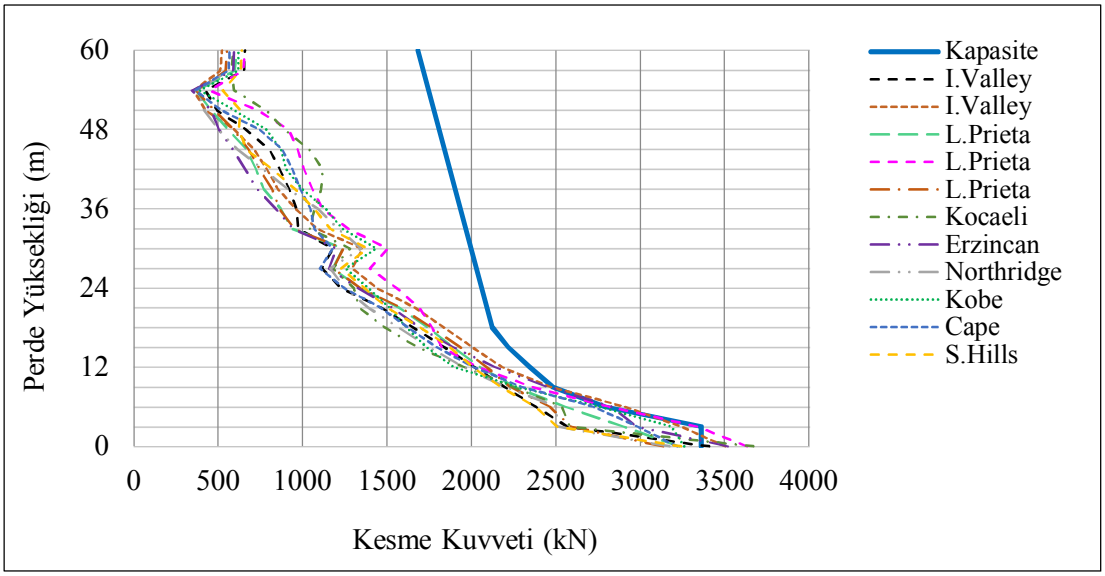



Şekil 5.66. P1 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Ortalama değer - 20 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı)

P1 perdesinin kesme kapasitesi talebi karşılamada yetersiz kalmıştır. Talep/kapasite oranı perde tabanında %109,4 olarak hesaplanmıştır. Denklem (5.2) ile hesaplanan kesme kuvveti değerleri ($V_{e2}$), talep değerlerine göre güvenli tarafta kalmıştır.

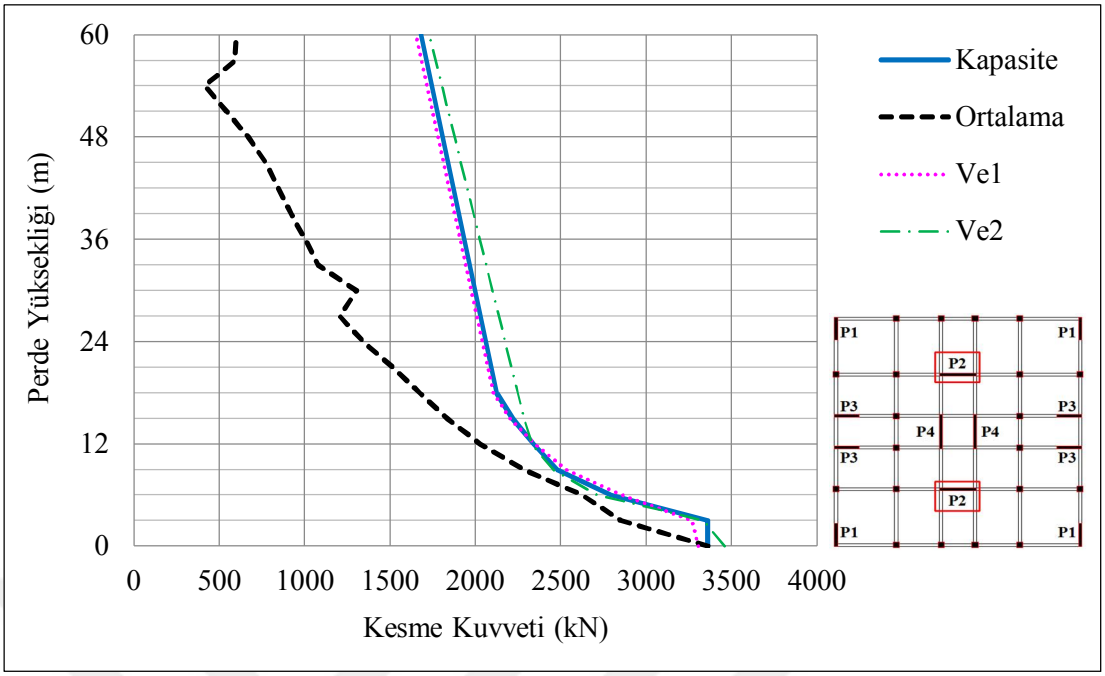
Tablo 5.35. P1 perdesi talep/kapasite oranları (20 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı)

| KAT | Kapasite (kN) | Talep (kN) | Talep/kapasite (%) |
|---|---|---|---|
| 20 | 907 | 283 | 31,3 |
| 19 | 907 | 148 | 16,4 |
| 18 | 907 | 179 | 19,7 |
| 17 | 907 | 205 | 22,6 |
| 16 | 907 | 224 | 24,7 |
| 15 | 907 | 245 | 27,0 |
| 14 | 907 | 265 | 29,2 |
| 13 | 907 | 292 | 32,2 |
| 12 | 907 | 313 | 34,5 |
| 11 | 907 | 389 | 42,9 |
| 10 | 907 | 342 | 37,7 |
| 9 | 907 | 396 | 43,6 |
| 8 | 907 | 430 | 47,4 |
| 7 | 907 | 468 | 51,6 |
| 6 | 907 | 507 | 55,9 |
| 5 | 907 | 546 | 60,2 |
| 4 | 907 | 608 | 67,1 |
| 3 | 907 | 764 | 84,3 |
| 2 | 907 | 831 | 91,6 |
| 1 | 1065 | 1165 | **109,4** |




Şekil 5.67. P2 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Deprem kayıtlarından elde edilen değerler - 20 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı)

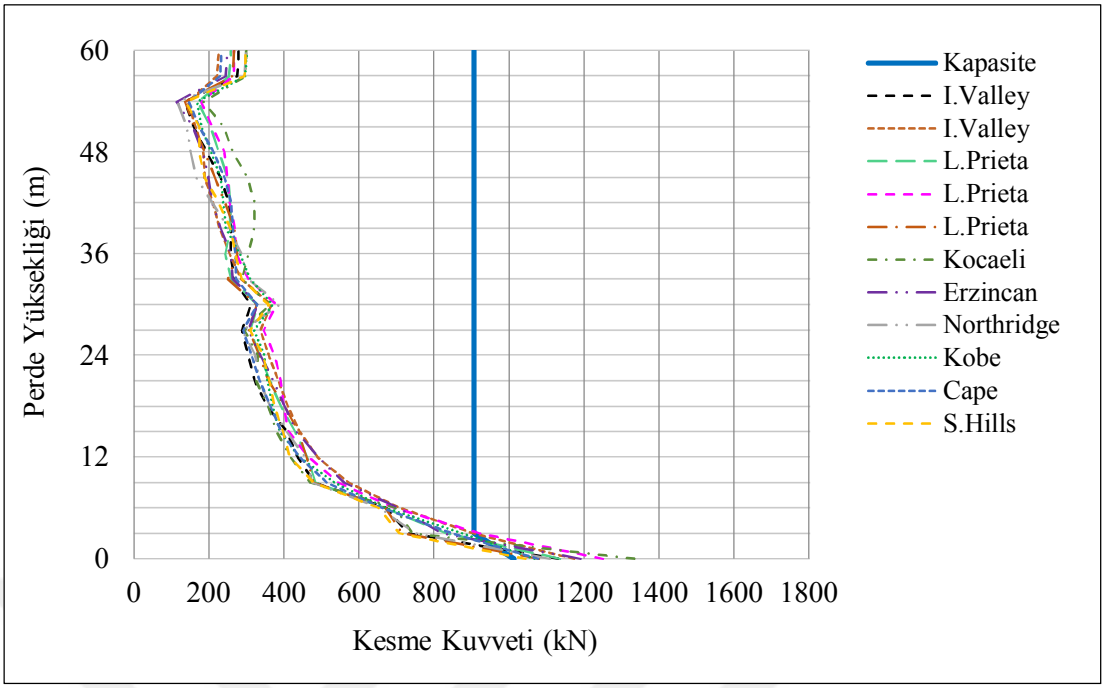
P2 perdesinin tabanında kesme talebi kapasiteye ulaşmıştır. Talep/kapasite oranı perde tabanında %100,0 olarak hesaplanmıştır.



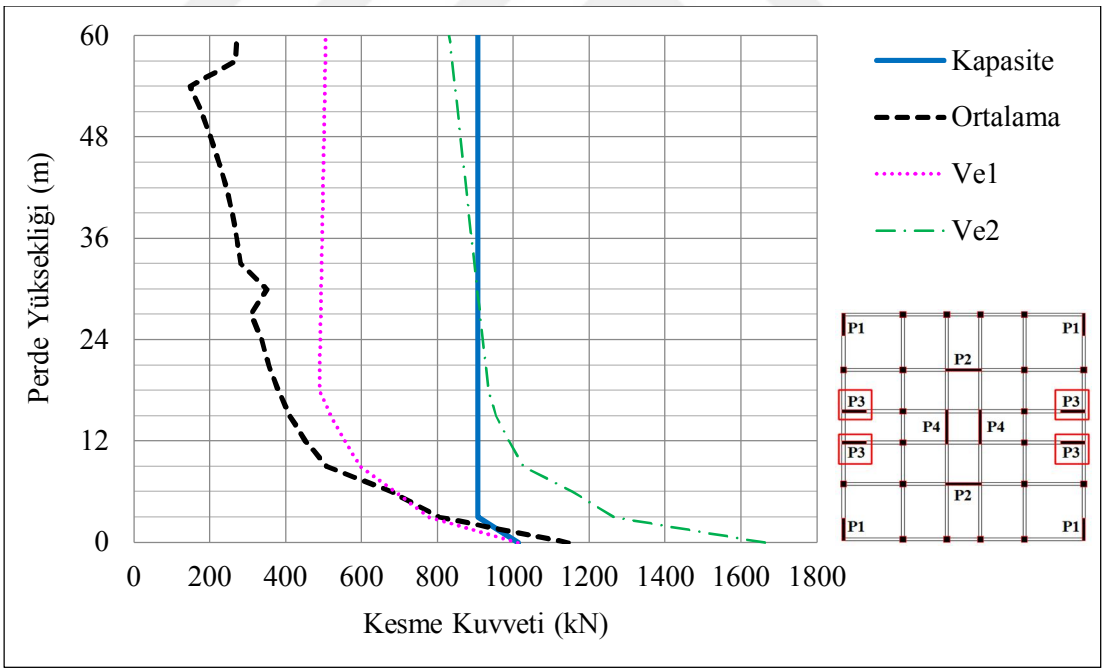

Şekil 5.68. P2 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Ortalama değer - 20 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı)

Tablo 5.36. P2 perdesi talep/kapasite oranları (20 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı)

| KAT | Kapasite (kN) | Talep (kN) | Talep/kapasite (%) |
|---|---|---|---|
| 20 | 1712 | 589 | 34,4 |
| 19 | 1743 | 413 | 23,7 |
| 18 | 1775 | 543 | 30,6 |
| 17 | 1806 | 667 | 36,9 |
| 16 | 1838 | 770 | 41,9 |
| 15 | 1869 | 847 | 45,3 |
| 14 | 1901 | 918 | 48,3 |
| 13 | 1933 | 1001 | 51,8 |
| 12 | 1964 | 1079 | 54,9 |
| 11 | 1996 | 1303 | 65,3 |
| 10 | 2027 | 1203 | 59,4 |
| 9 | 2059 | 1344 | 65,3 |
| 8 | 2090 | 1515 | 72,5 |
| 7 | 2122 | 1674 | 78,9 |
| 6 | 2218 | 1836 | 82,8 |
| 5 | 2341 | 2029 | 86,7 |
| 4 | 2480 | 2284 | 92,1 |
| 3 | 2791 | 2622 | 94,0 |
| 2 | 3360 | 2851 | 84,8 |
| 1 | 3360 | 3362 | **100,0** |




Şekil 5.69. P3 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Deprem kayıtlarından elde edilen değerler - 20 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı)

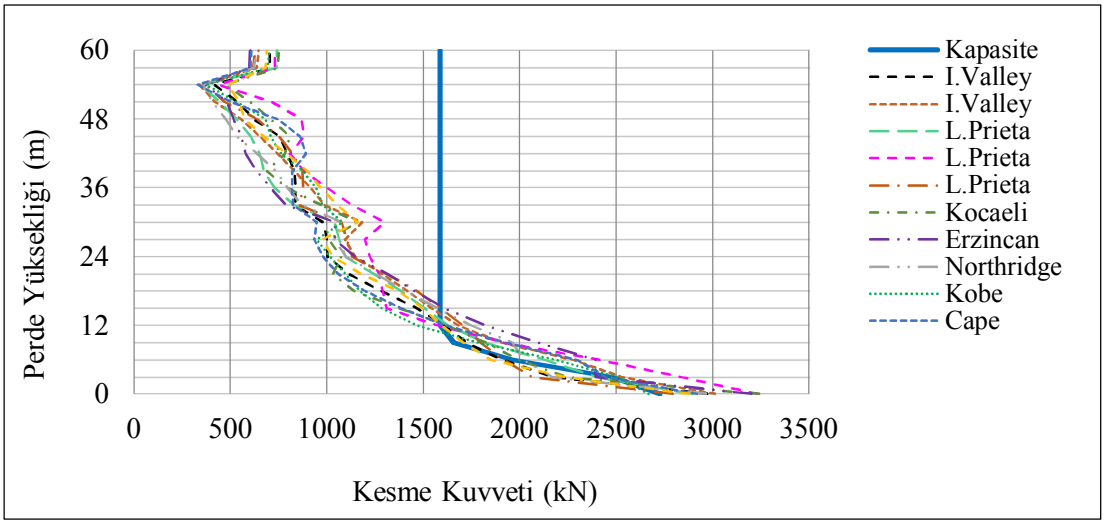



Şekil 5.70. P3 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Ortalama değer - 20 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı)

P3 perdesinin kesme kapasitesi talebi karşılamada yetersiz kalmıştır. Talep/kapasite oranı perde tabanında %113,0 olarak hesaplanmıştır. Denklem (5.2) ile hesaplanan kesme kuvveti değerleri ($V_{e2}$), talep değerlerine göre güvenli tarafta kalmıştır.

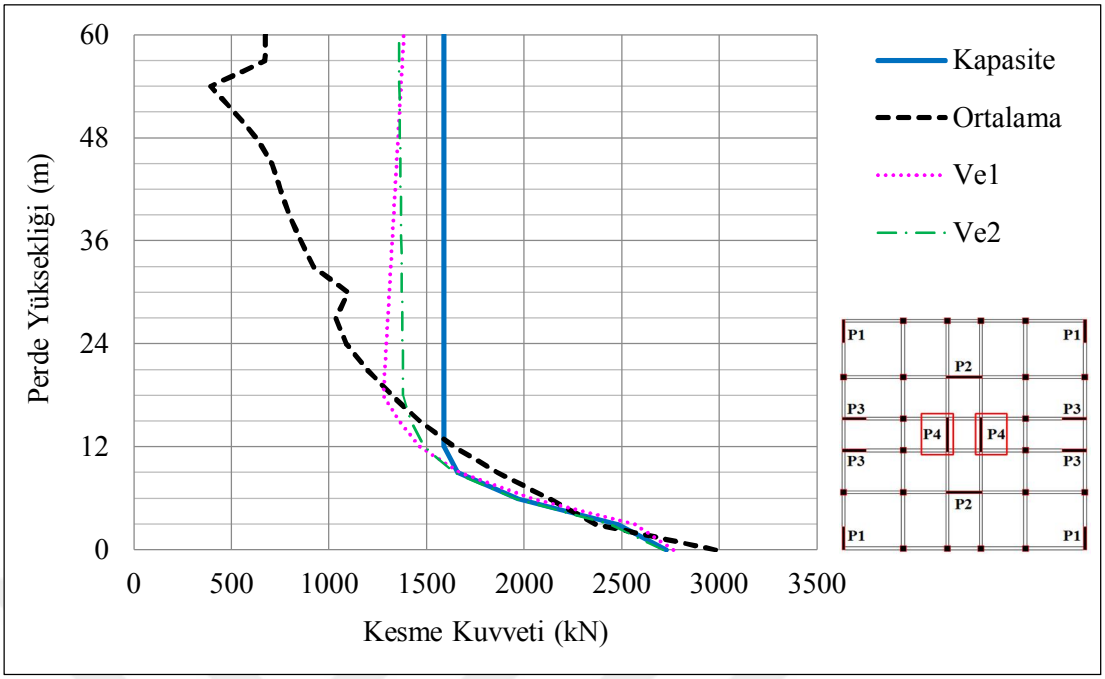
Tablo 5.37. P3 perdesi talep/kapasite oranları (20 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı)

| KAT | Kapasite (kN) | Talep (kN) | Talep/kapasite (%) |
|---|---|---|---|
| 20 | 907 | 266 | 29,4 |
| 19 | 907 | 148 | 16,3 |
| 18 | 907 | 179 | 19,7 |
| 17 | 907 | 202 | 22,3 |
| 16 | 907 | 224 | 24,7 |
| 15 | 907 | 244 | 26,9 |
| 14 | 907 | 259 | 28,5 |
| 13 | 907 | 270 | 29,8 |
| 12 | 907 | 281 | 31,0 |
| 11 | 907 | 350 | 38,6 |
| 10 | 907 | 308 | 34,0 |
| 9 | 907 | 337 | 37,1 |
| 8 | 907 | 355 | 39,1 |
| 7 | 907 | 381 | 42,0 |
| 6 | 907 | 411 | 45,3 |
| 5 | 907 | 452 | 49,8 |
| 4 | 907 | 509 | 56,1 |
| 3 | 907 | 677 | 74,6 |
| 2 | 907 | 804 | 88,6 |
| 1 | 1013 | 1145 | **113,0** |




Şekil 5.71. P4 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Deprem kayıtlarından elde edilen değerler - 20 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı)

P4 perdesinin kesme kapasitesi talebi karşılamada yetersiz kalmıştır. Talep/kapasite oranları perde tabanında %109,3, binanın 3., 4. ve 5. katlarında sırasıyla %108,2, %112,3 ve %103.3 olarak elde edilmiştir.




Şekil 5.72. P4 perdesi kesme kuvveti diyagramı (Ortalama değer - 20 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı)

Tablo 5.38. P4 perdesi talep/kapasite oranları (20 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı)

| KAT | Kapasite (kN) | Talep (kN) | Talep/kapasite (%) |
|---|---|---|---|
| 20 | 1588 | 669 | 42,1 |
| 19 | 1588 | 390 | 24,6 |
| 18 | 1588 | 514 | 32,4 |
| 17 | 1588 | 629 | 39,6 |
| 16 | 1588 | 707 | 44,5 |
| 15 | 1588 | 751 | 47,3 |
| 14 | 1588 | 795 | 50,1 |
| 13 | 1588 | 853 | 53,7 |
| 12 | 1588 | 920 | 58,0 |
| 11 | 1588 | 1096 | 69,0 |
| 10 | 1588 | 1036 | 65,2 |
| 9 | 1588 | 1087 | 68,4 |
| 8 | 1588 | 1197 | 75,4 |
| 7 | 1588 | 1323 | 83,3 |
| 6 | 1588 | 1466 | 92,3 |
| 5 | 1588 | 1641 | **103,3** |
| 4 | 1588 | 1860 | **112,3** |
| 3 | 1588 | 2126 | **108,2** |
| 2 | 1588 | 2366 | 95,4 |
| 1 | 1588 | 2979 | **109,3** |

20 katlı binalarda hesaplanan talep/kapasite oranları incelenen zemin sınıfları için Tablo 5.39'da verilmiştir.

Tablo 5.39. Perdelerde talep/kapasite oranları (20 katlı binalar)

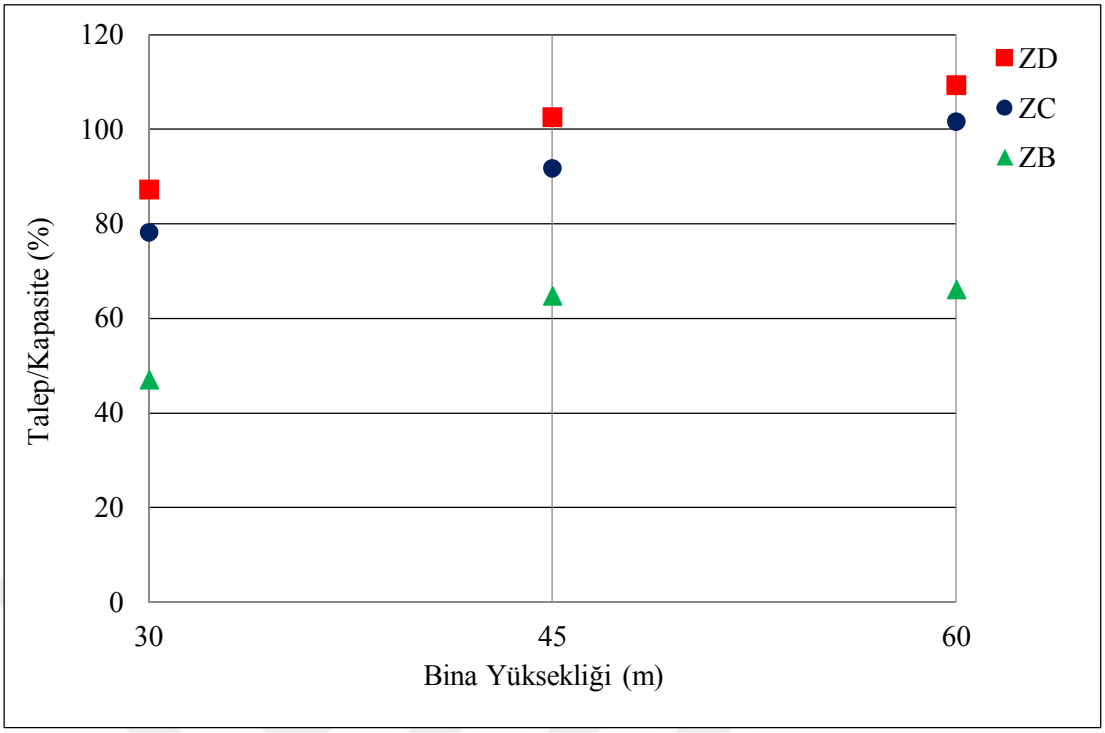
| | | Talep/Kapasite (%) | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Kat | Zemin Sınıfı | P1 | P2 | P3 | P4 |
| 5 | ZB | 31,8 | 69,8 | 28,5 | 62,5 |
| | ZC | 49,4 | 83,6 | 43,1 | 85,1 |
| | ZD | 60,2 | 86,7 | 49,8 | **103,3** |
| 4 | ZB | 35,1 | 76,9 | 31,4 | 69,8 |
| | ZC | 54,4 | 86,4 | 47,4 | 97,9 |
| | ZD | 67,1 | 92,1 | 56,1 | **112,3** |
| 3 | ZB | 39,4 | 85,6 | 36,6 | 77,9 |
| | ZC | 66,1 | 88,4 | 58,9 | **109,7** |
| | ZD | 84,3 | 94,0 | 74,6 | **108,2** |
| 2 | ZB | 46,3 | 85,1 | 45,8 | 85,7 |
| | ZC | 81,6 | 88,1 | 76,8 | 98,5 |
| | ZD | 91,6 | 84,8 | 88,6 | 95,4 |
| 1 | ZB | 66,2 | 87,4 | 67,1 | 89,2 |
| | ZC | **101,7** | 92,0 | **100,7** | **101,1** |
| | ZD | **109,4** | **100,0** | **113,0** | **109,3** |

20 katlı binalarda yürütülen analiz sonuçlarına göre kesme talebi değerlerinin perde kapasitelerini ZC ve ZD yerel zemin sınıfı için aştığı görülmüştür. Kesme talebinin kapasiteye en büyük oranı %113 ile binanın dış aksında yer alan P3 perdesinde ZD yerel zemin sınıfı için elde edilmiştir. ZD yerel zemin sınıfı esas alınarak yürütülen analiz sonuçlarına göre incelenen tüm perdelerin tabanlarında kesme kapasiteleri aşılmıştır. P1, P2, P3 ve P4 perdelerinin tabanlarında talep/kapasite oranları sırasıyla %109,4, %100, %113 ve %109,3 olarak elde edilmiştir. Ayrıca binanın merkezinde yer alan P4 perdesinde kesme talebi kapasiteyi binanın üst katlarında da aşmıştır. P4 perdesinde en büyük talep/kapasite oranı binanın 4. katında %112,3 olarak hesaplanmıştır. Talep/kapasite oranları ZC yerel zemin sınıfı için incelendiğinde P1, P3 ve P4 perdelerinde kesme kapasitelerinin talep değerlerini karşılamada yetersiz kaldığı görülmüştür. Talep/kapasite oranları perdelerin tabanlarında sırasıyla %101,7, %92,0, %100,7 ve %101,1 olarak hesaplanmıştır. P4 perdesinde en büyük talep/kapasite oranı binanın 3. katında %109,7 olarak bulunmuştur. ZB yerel zemin sınıfı için yürütülen analizler neticesinde perde kapasitelerinin talebi karşılamada

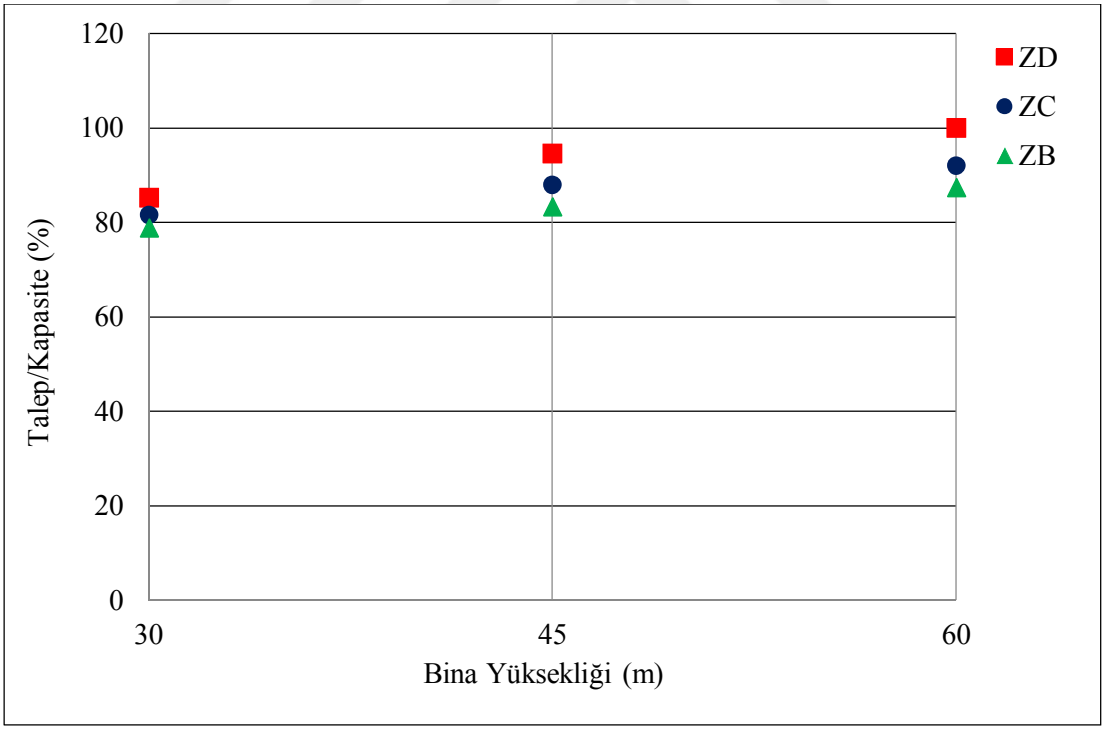
yeterli olduğu görülmüştür. Perdelerin tabanlarında talep/kapasite oranları sırasıyla %66,2, %87,4, %67,1 ve %89,2 olarak elde edilmiştir.

P4 perdesinde kesme talebinin, tasarım kesme kuvvetini ($V_e$) ve kapasiteyi ($V_r$) sadece tabanda değil aynı zamanda binanın üst katlarında da aştığı görülmektedir (Şekil 5.72). P1 ve P3 perdeleri için incelenen diyagramların bazılarında binanın 2. katında hesaplanan kesme talebinin tasarım kesme kuvvetini ($V_e$) aştığı ancak minimum yatay donatı kullanımına bağlı olarak talebin kesme kapasitesinden küçük kaldığı tespit edilmiştir (Şekil 5.70). Bu durum, perde tabanı ile birlikte perde yüksekliği boyunca da kesme kırılmasına karşı önlem alınması gerektiğini göstermektedir.

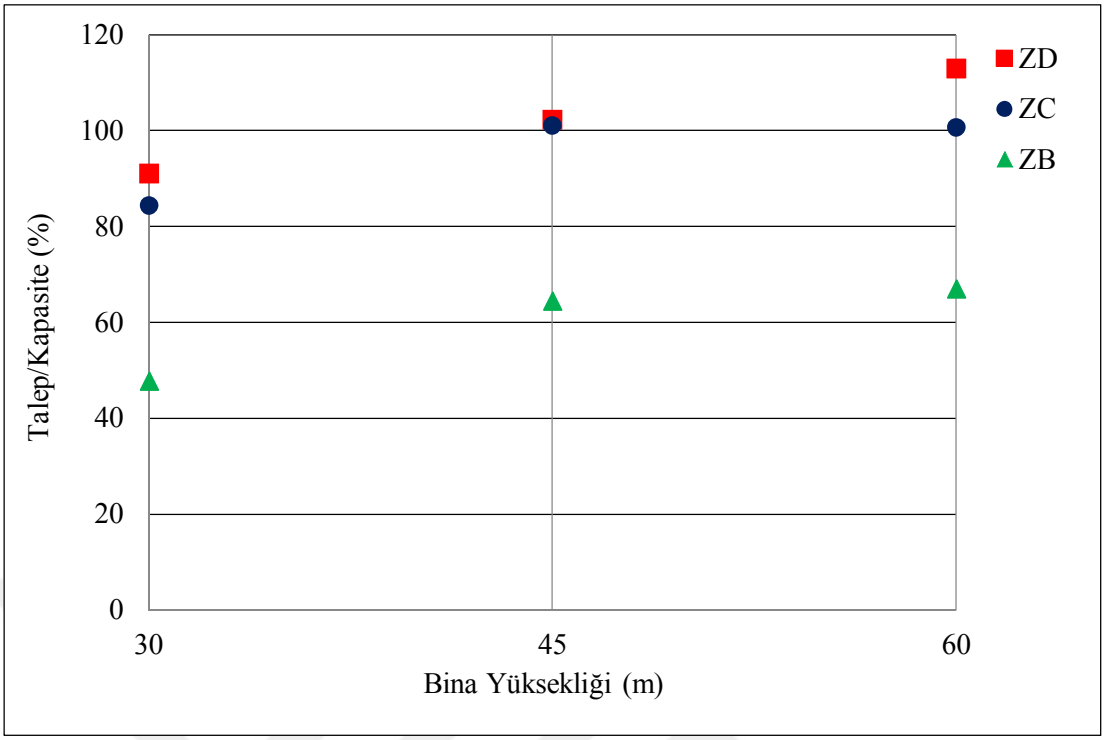
P1, P2, P3 ve P4 perdelerinin tabanlarında hesaplanan talep/kapasite oranları, incelenen bina yükseklikleri ve yerel zemin sınıfları için Şekil 5.73-5.76'da verilmiştir. Yerel zemin sınıfı sabit tutulduğunda, bina yüksekliği arttıkça kesme talebinin kapasiteye oranının artma eğiliminde olduğu görülmektedir. 20 ve 15 katlı binalarda kapasiteleri aşılan perdeler mevcut iken 10 katlı binaların tümünde perde kapasiteleri talebi karşılamada yeterli olmuştur. Dinamik büyütme katsayının, hâkim titreşim periyoduna veya bina yüksekliğine bağlı olarak önerildiği çalışmalar dikkate alındığında (Blakeley ve diğ. 1975, Derecho ve Corley 1984, Priestley 2003, Rutenberg ve Nsieri 2006, Kazaz ve Gülkan 2016) elde edilen sonuçların literatürle uyumlu olduğu görülmektedir. Bina yüksekliği sabit tutulduğunda, zemin rijitliği arttıkça kesme talebinin kapasiteye oranının azalma eğiliminde olduğu görülmektedir. 20, 10 ve 15 katlı binalarda incelenen perdelerin tümünün tabanında en büyük talep/kapasite oranı ZD yerel zemin sınıfı için, en düşük talep/kapasite oranı ZB yerel zemin sınıfı için elde edilmiştir. ZC ve ZD yerel zemin sınıflarında kapasiteleri aşılan perdeler mevcut iken ZB yerel zemin sınıfı için incelenen binaların tümünde perde kapasiteleri talebi karşılamada yeterli olmuştur.



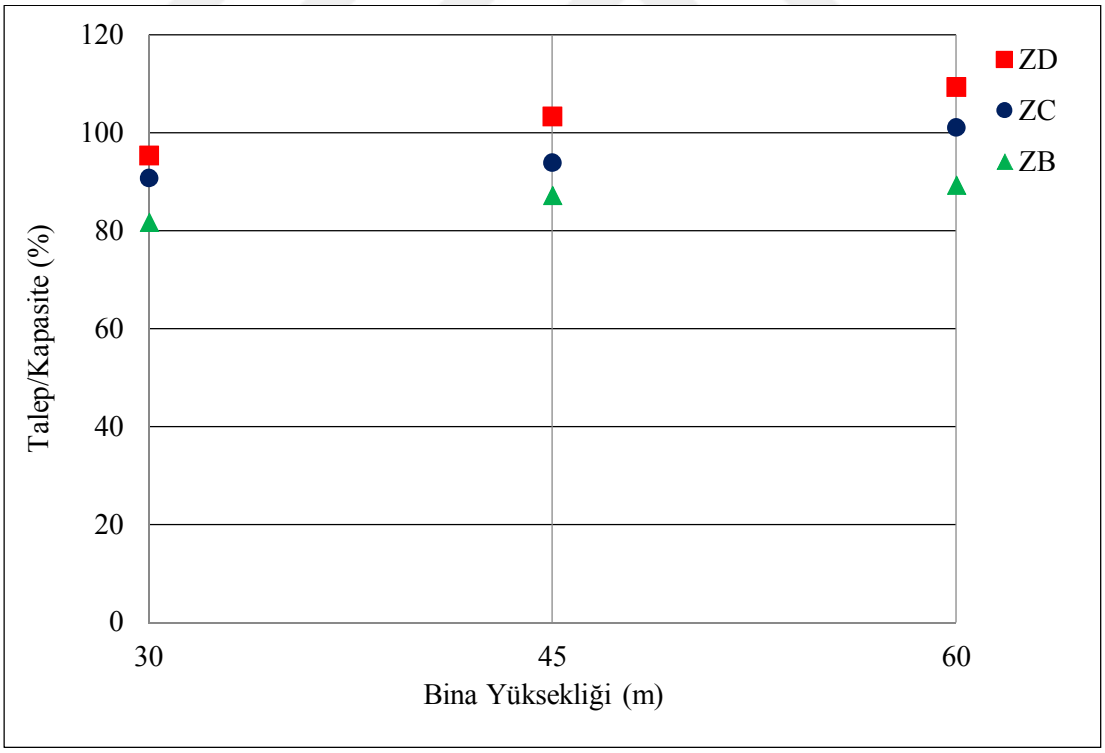

Şekil 5.73. P1 perdesi tabanında talep/kapasite oranları




Şekil 5.74. P2 perdesi tabanında talep/kapasite oranları



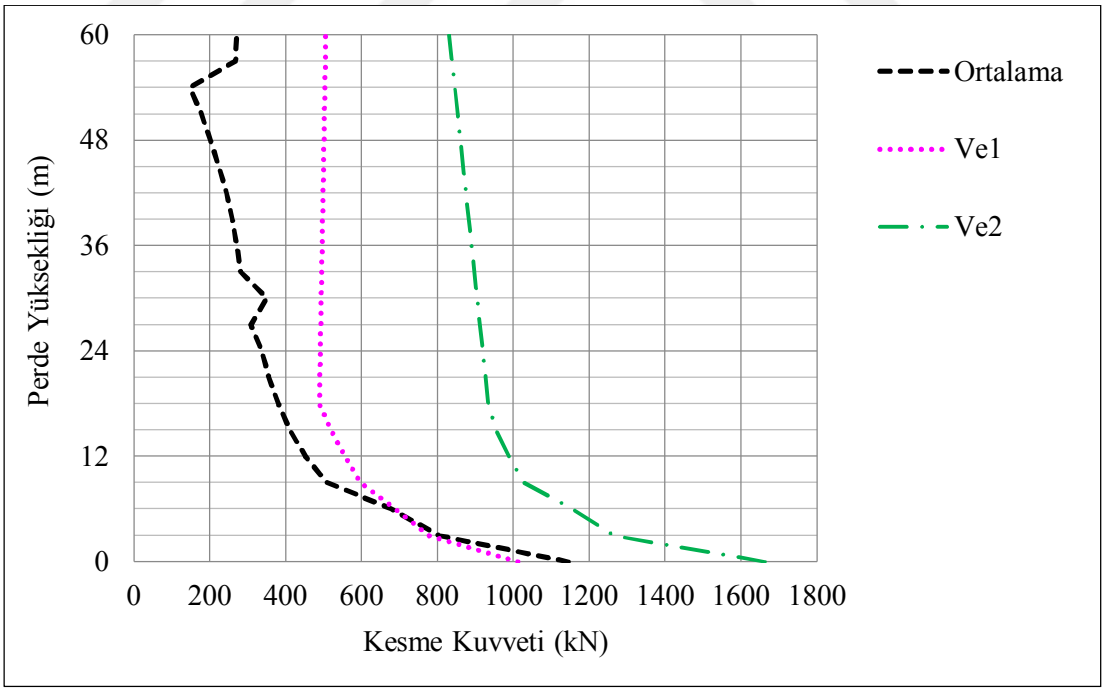

Şekil 5.75. P3 perdesi tabanında talep/kapasite oranları



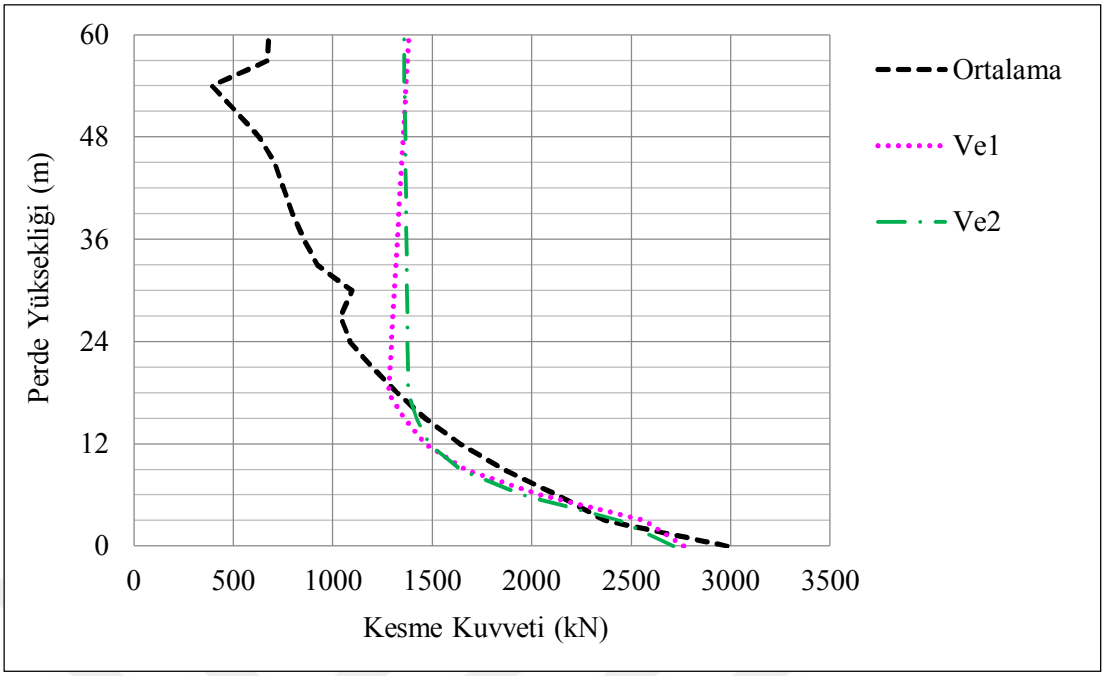

Şekil 5.76. P4 perdesi tabanında talep/kapasite oranları

### 5.4. Tasarım Kesme Kuvvetinin Hesabı İçin Öneriler

Perdelerde tasarım kesme kuvvetinin belirlenmesi için TBDY-2018'de önerilen yöntemin uygulanmasıyla elde edilen hesap değerlerinin, deprem sırasında ortaya çıkacak kesme kuvveti talebini karşılamada 15 ve 20 katlı binalar için yetersiz kaldığı görülmüştür. Dinamik büyütme katsayısının yer aldığı denklemden (Denklem 5.2) hesaplanan kesme kuvvetleri ($V_{e2}$) perde yüksekliği boyunca incelendiğinde, binaların dış akslarında yer alan P1 ve P3 perdelerinde elde edilen talep değerlerine göre güvenli tarafta kalındığı görülmektedir (Şekil 5.77). Denklem (5.2)'den elde edilen kesme kuvveti değerlerinin talebe oranı bu perdelerde (P1 ve P3) 2.22'ye kadar çıkmaktadır. Bununla birlikte binaların merkezinde yer alan P4 perdesinde Denklem (5.2)'den hesaplanan kesme kuvveti değerleri, kesme talebini karşılamada ZC ve ZD sınıfları için yetersiz kalmaktadır (Şekil 5.78). Şekil 5.77-5.78 incelendiğinde, Denklem (5.2)'de yer alan dinamik büyütme katsayısında (β) düzenleme yapılarak tüm perdeler için ekonomik bir kesme kuvveti diyagramının elde edilemeyeceği sonucuna varılmıştır.




Şekil 5.77. P3 perdesi kesme kuvveti diyagramı (20 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı)




Şekil 5.78. P4 perdesi kesme kuvveti diyagramı (20 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı)

Perde kapasitelerinin aşıldığı 15 ve 20 katlı binalarda kesme talebinin, dayanım fazlalığı katsayısının (D) yer aldığı denklemden (Denklem 5.1) hesaplanan kesme kuvvetlerine ($V_{e1}$) oranı tabanda %90,1 ile %113,2 arasında değişmektedir. Bu çalışma neticesinde, 15 ve 20 katlı binalarda perde hesap kesme kuvvetinin ($V_d$) 1,2D yerine daha büyük bir çarpan ile büyütülerek güvenli tarafta kalınması hedeflenmiştir. Tasarım kesme kuvvetinin belirlenmesi için sunulan öneriler aşağıda verilmiştir.

i. Hesap kesme kuvvetinin ($V_d$) 15 katlı binalarda 1,3D ve 20 katlı binalarda 1,4D ile büyütülmesi önerilmektedir. 10 katlı bina için TBDY-2018'de verilen denklemde değişiklik yapılmamıştır. 15 ve 20 katlı binalarda 1,3 ve 1,4 katsayıları belirlenirken, talep/önerilen tasarım kesme kuvveti oranlarının en ekonomik seviyede olması hedeflenmiştir. İncelenen yerel zemin sınıflarının tümü için geçerli olan katsayılar Denklem (5.3)'te verilmiştir.

$$V_{e,1} = xDV_d$$
$$10\,\text{katlı bina} \rightarrow x = 1,2$$
$$15\,\text{katlı bina} \rightarrow x = 1,3$$
$$20\,\text{katlı bina} \rightarrow x = 1,4 \qquad (5.3)$$

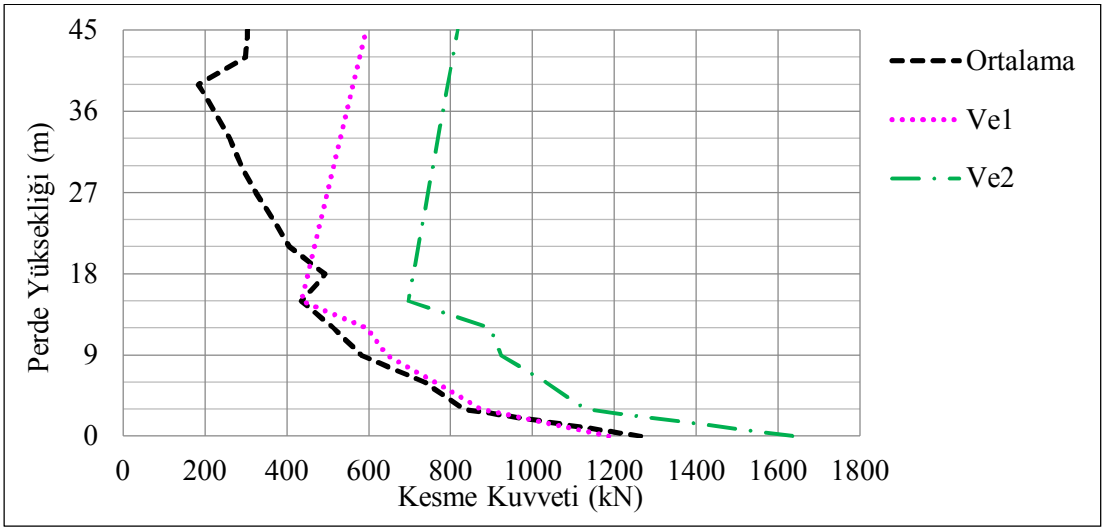
ii. TBDY-2018'de verilen minimum yatay donatı oranı ($p_{sh,min}$=0,0025) dikkate alınarak hesaplanacak kesme kuvveti Denklem (5.4) ile verilmiştir. TBDY-2018'e göre perdenin kesme kapasitesi Denklem (5.4) ile hesaplanacak değerden daha küçük olmamalıdır. Enine donatı hesabı için TBDY-2018'de verilen ve Denklem (5.4) ile ifade edilen minimum koşul dikkate alınmıştır.

$$V_{e,2} = A_{ch}(0,65 f_{ctd} + 0,0025 f_{ywd}) \tag{5.4}$$

iii. Önerilen tasarım kesme kuvveti, Denklem (5.3) ve Denklem (5.4) ile hesaplanan kesme kuvveti değerlerinden perde yüksekliği boyunca büyük olanına eşit olmaktadır (Denklem 5.5).

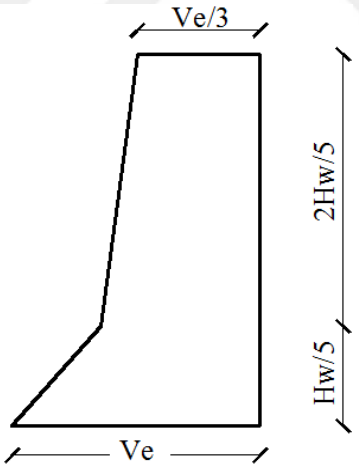
$$V_{e,önerilen} = \text{maksimum}(V_{e,1}; V_{e,2}) \tag{5.5}$$

Çalışma kapsamında, perde yüksekliği boyunca verilen tasarım kesme kuvveti diyagramına da öneri getirilmiştir. TBDY-2018'de verilen tasarım kesme kuvveti diyagramına göre perde yüksekliğinin 1/3'ünde ($H_w$/3) hesaplanan kesme kuvveti perdenin en üst ucuna doğrusal olarak birleştirilmektedir. Perdenin en üst ucundaki değer, perde tabanında hesaplanan tasarım kesme kuvvetinin 0,5 katına eşit olmaktadır. Çalışma kapsamında seçilen örnek binalarda yer alan perdelerin bazılarında, perde yüksekliğinin 1/3'ünde hesaplanan kesme kuvveti değerinin perde üst ucunda hesaplanan değerden küçük olduğu görülmüştür. Bu durum ise kesme kuvveti değerinin yükseklikle birlikte artmasına sebep olmaktadır (Şekil 5.79).




Şekil 5.79. P1 perdesi kesme kuvveti diyagramı (15 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı)

Yapılan ön çalışmada perde yüksekliğinin 1/4'ünde hesaplanan kesme kuvveti ile elde edilen diyagramda da benzer durum incelenen perdelerin bazılarında görüldüğünden, perde yüksekliğinin 1/5'inde hesaplanan kesme kuvveti dikkate alınarak elde edilecek tasarım kesme kuvveti diyagramı öneri olarak sunulmuştur. Önerilen tasarım kesme kuvveti diyagramına göre kesme kuvvetleri perde yüksekliğinin 1/5'ine ($H_w/5$) kadar Denklem (5.3) dikkate alınarak hesaplanmakta ve bu yükseklikten sonra perdenin üst ucuna doğrusal olarak birleştirilmektedir. İncelenen binaların tümü dikkate alındığında perde üst ucunda hesaplanan kesme talebinin, Denklem (5.5) ile perde tabanında önerilen tasarım kesme kuvvetine oranı maksimum %32.7 olarak bulunmuştur. Perdenin üst ucundaki kesme kuvveti değerinin, perde tabanında hesaplanan tasarım kesme kuvvetinin 1/3 katına eşit alınmasıyla mevcut yönetmelik hükümlerine göre daha ekonomik ve yine güvenli bir tasarım gerçekleştirilebileceği düşünülmektedir. Yukarıda değinilen gerekçeler göz önüne alınarak, tez çalışması kapsamında Denklem (5.3) ile elde edilmesi önerilen tasarım kesme kuvveti diyagramı Şekil 5.80'de verilmiştir. Denklem (5.4) ile elde edilen kesme kuvveti diyagramı perde yüksekliği boyunca sabit kalmaktadır.




Şekil 5.80. Önerilen tasarım kesme kuvveti diyagramı

TBDY-2018'e göre deprem kayıtları ile yapılan analizlerin her birinden elde edilen sonuçların ortalaması hesaplamalarda dikkate alınmalıdır. 15 ve 20 katlı binalar için katsayılar önerilirken, deprem kayıtlarından elde edilen kesme kuvvetlerinin ortalaması dikkate alınmıştır.

## 5.5. Çalışma Kapsamında Önerilen Yeni Hesap Değerlerinin Analizlerle Karşılaştırılması

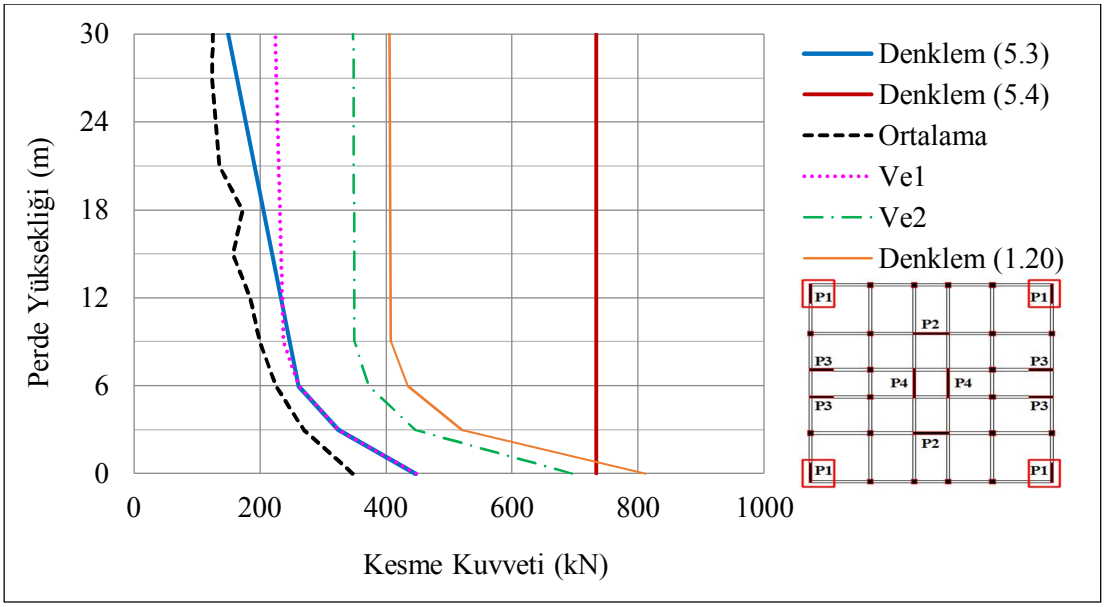
Bu bölümde, önerilen tasarım kesme kuvveti değerlerinin talep değerleri ile karşılaştırılması 10, 15 ve 20 katlı binalarda yerel zemin sınıfları da göz önünde bulundurularak yapılmıştır. Denklem (5.3) ve Denklem (5.4) ile hesaplanan kesme kuvveti değerlerinden perde yüksekliği boyunca büyük olanı perdenin önerilen tasarım kesme kuvveti olmaktadır.

### 5.5.1. 10 katlı binalar

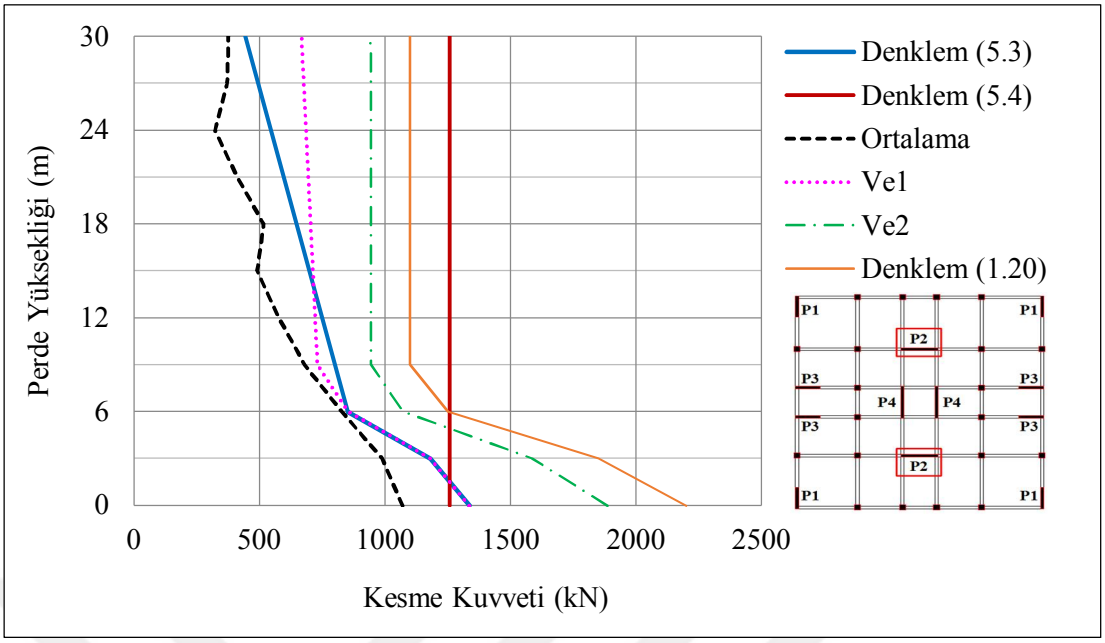
10 katlı binalarda önerilen kesme kuvveti diyagramları incelenen yerel zemin sınıfları için sırasıyla paylaşılmıştır. Diyagramlarda, Kazaz ve Gülkan (2016) tarafından 12 katlı ve periyodu 1,5 saniye kadar olan binaları kapsayacak şekilde önerilen dinamik büyütme katsayısı (Denklem 1.20) ile elde edilen sonuçlar da yer almaktadır.

#### 5.5.1.1. ZB yerel zemin sınıfı

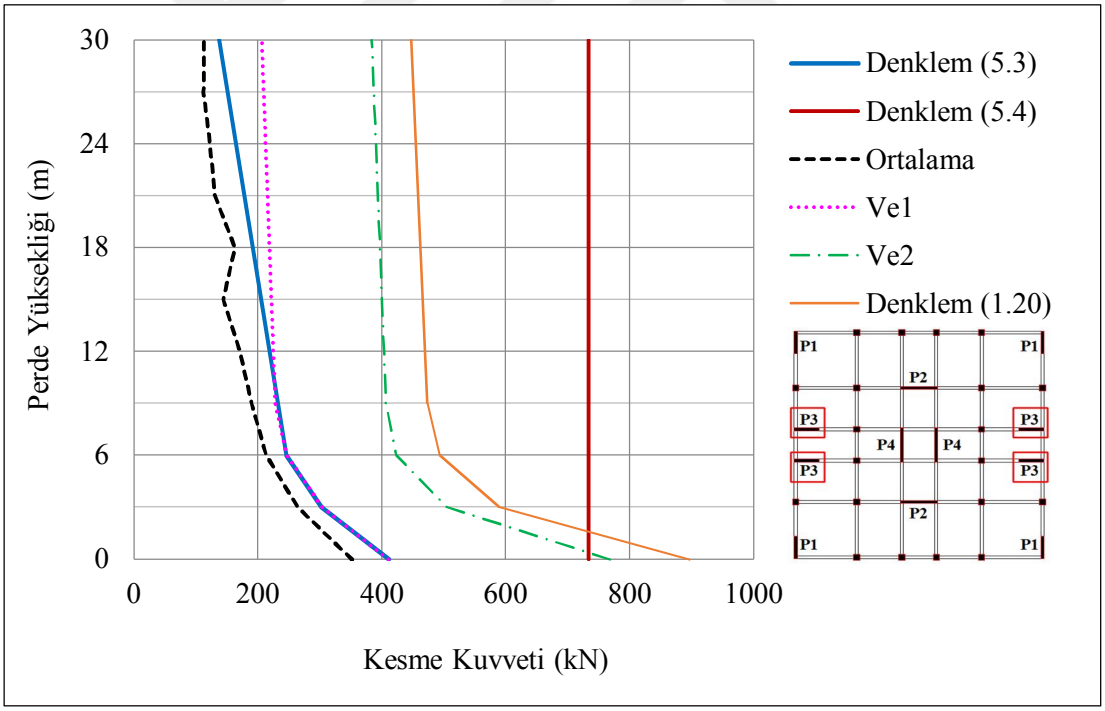
Denklem (5.3) ve Denklem (5.4) ile perde yüksekliği boyunca elde edilen kesme kuvveti diyagramları ZB yerel zemin sınıfı için Şekil 5.81-5.84'te verilmiştir. P1, P2, P3 ve P4 perdelerinin tabanlarında hesaplanan talep/önerilen tasarım kesme kuvveti oranları sırasıyla %47,2, %80,2, %47,9 ve %81,7 olmaktadır.



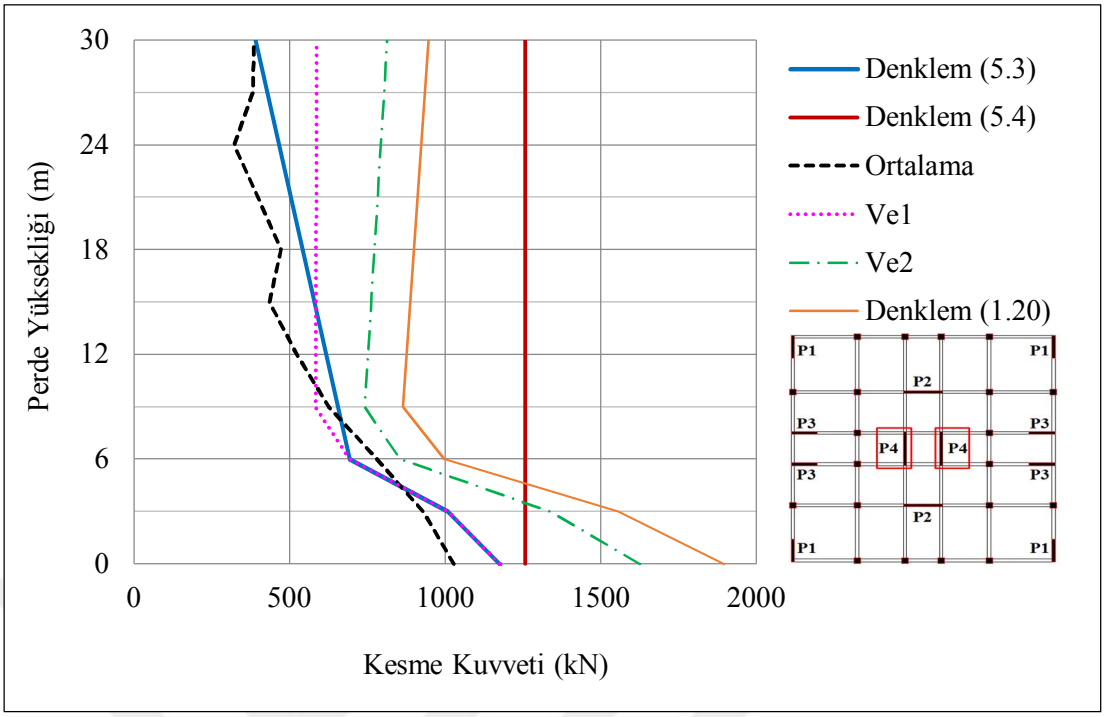

Şekil 5.81. P1 perdesi önerilen kesme kuvveti diyagramı (10 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı)




Şekil 5.82. P2 perdesi önerilen kesme kuvveti diyagramı (10 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı)



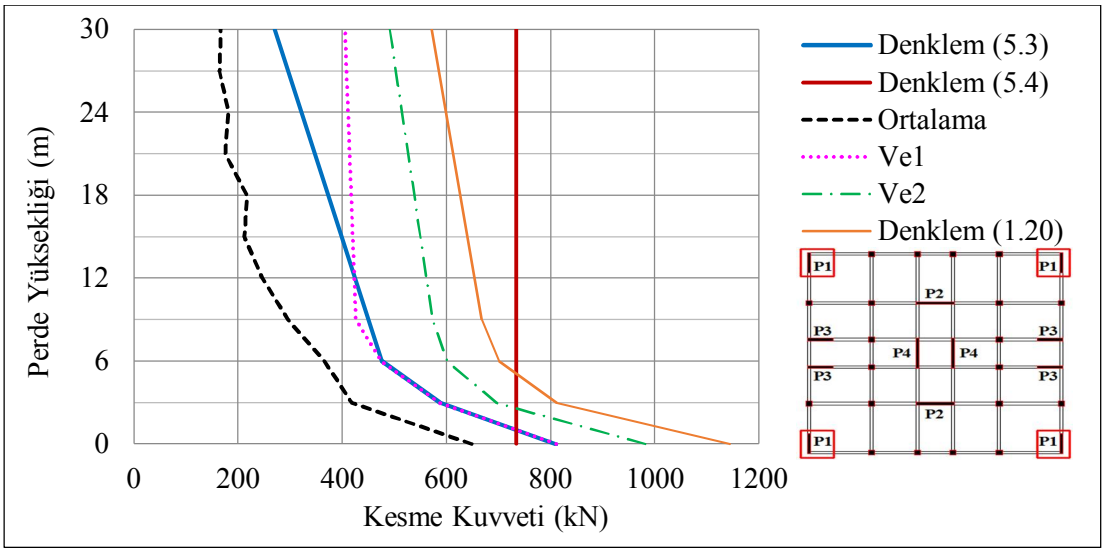

Şekil 5.83. P3 perdesi önerilen kesme kuvveti diyagramı (10 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı)



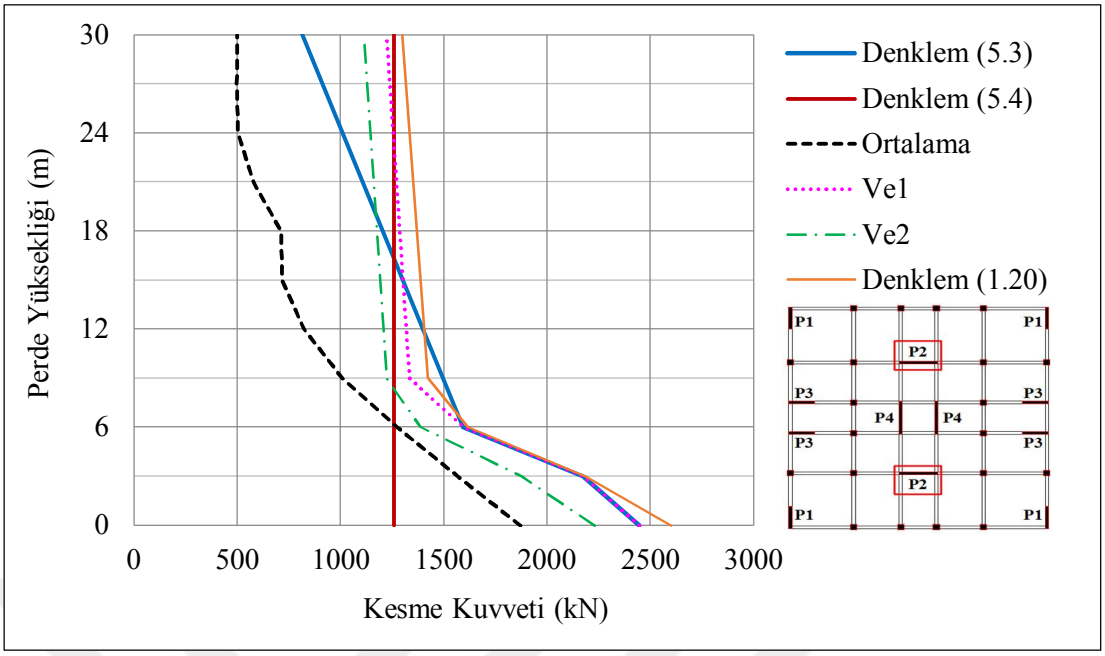

Şekil 5.84. P4 perdesi önerilen kesme kuvveti diyagramı (10 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı)

### 5.5.1.2. ZC yerel zemin sınıfı

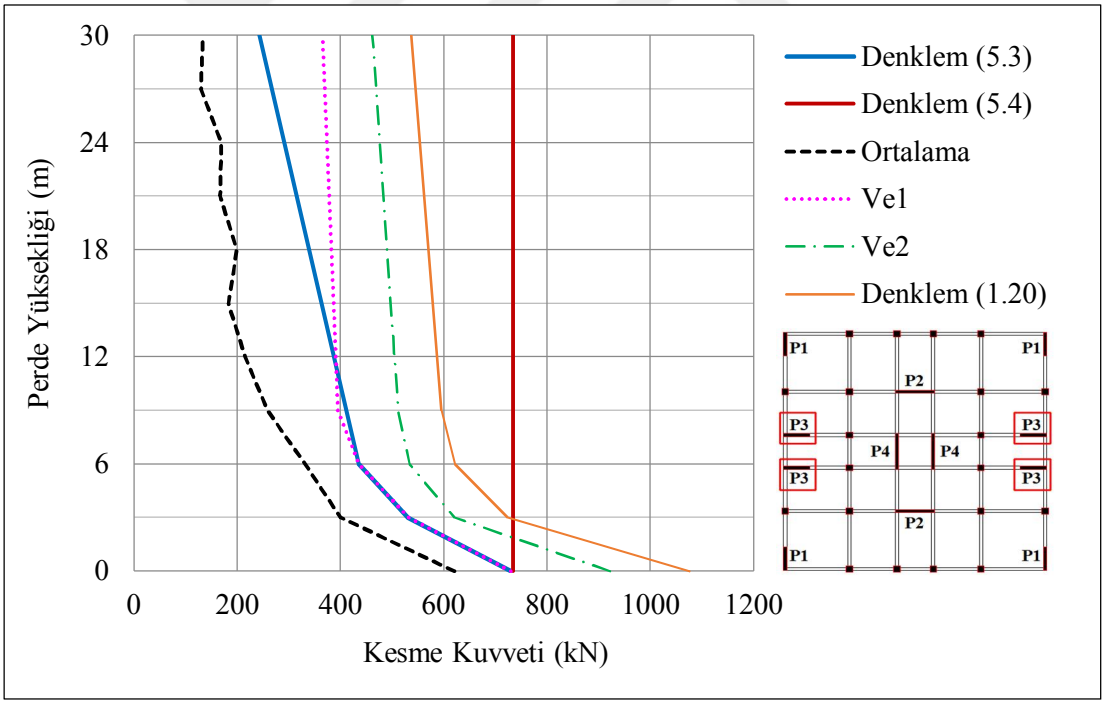
Denklem (5.3) ve Denklem (5.4) ile perde yüksekliği boyunca elde edilen kesme kuvveti diyagramları ZC yerel zemin sınıfı için Şekil 5.85-5.88'da verilmiştir. P1, P2, P3 ve P4 perdelerinin tabanlarında hesaplanan talep/önerilen tasarım kesme kuvveti oranları sırasıyla %80,0, %76,5, %84,4 ve %80,2 olmaktadır.



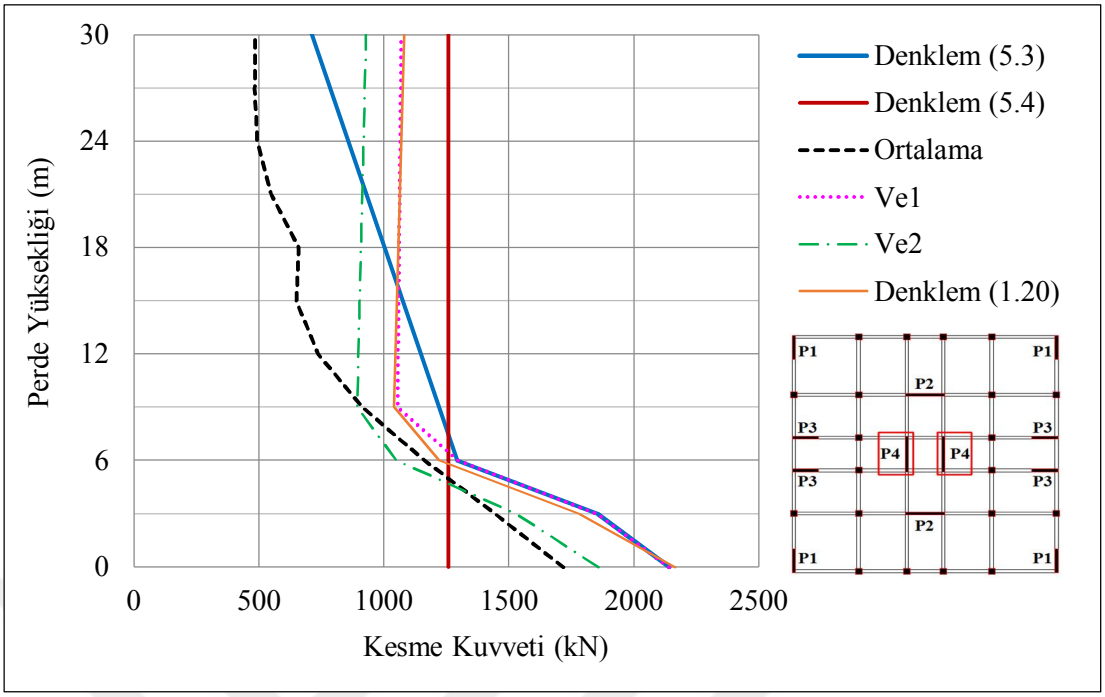

Şekil 5.85. P1 perdesi önerilen kesme kuvveti diyagramı (10 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı)




Şekil 5.86. P2 perdesi önerilen kesme kuvveti diyagramı (10 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı)



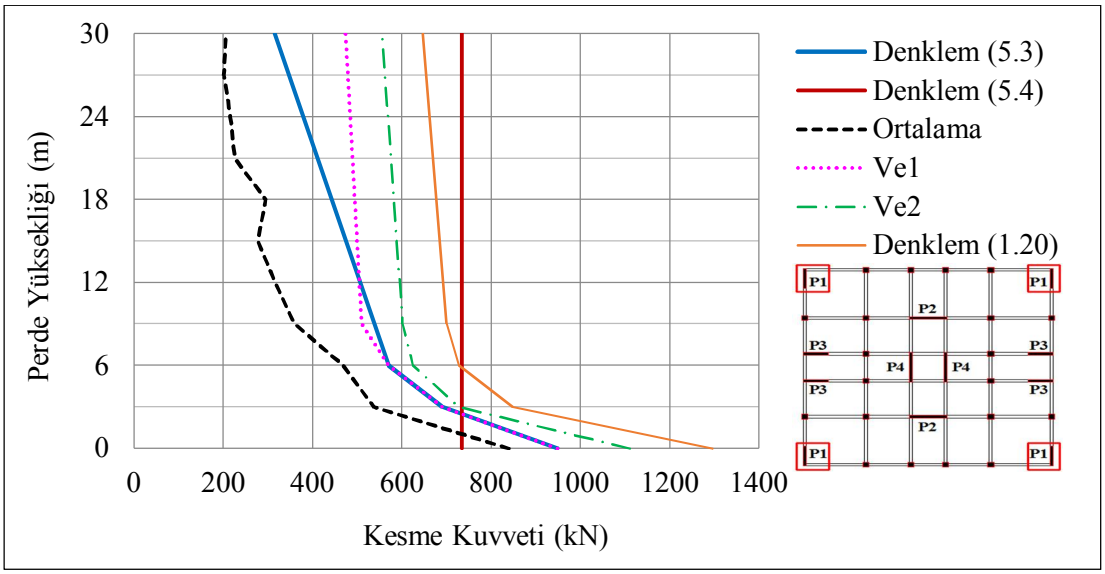

Şekil 5.87. P3 perdesi önerilen kesme kuvveti diyagramı (10 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı)



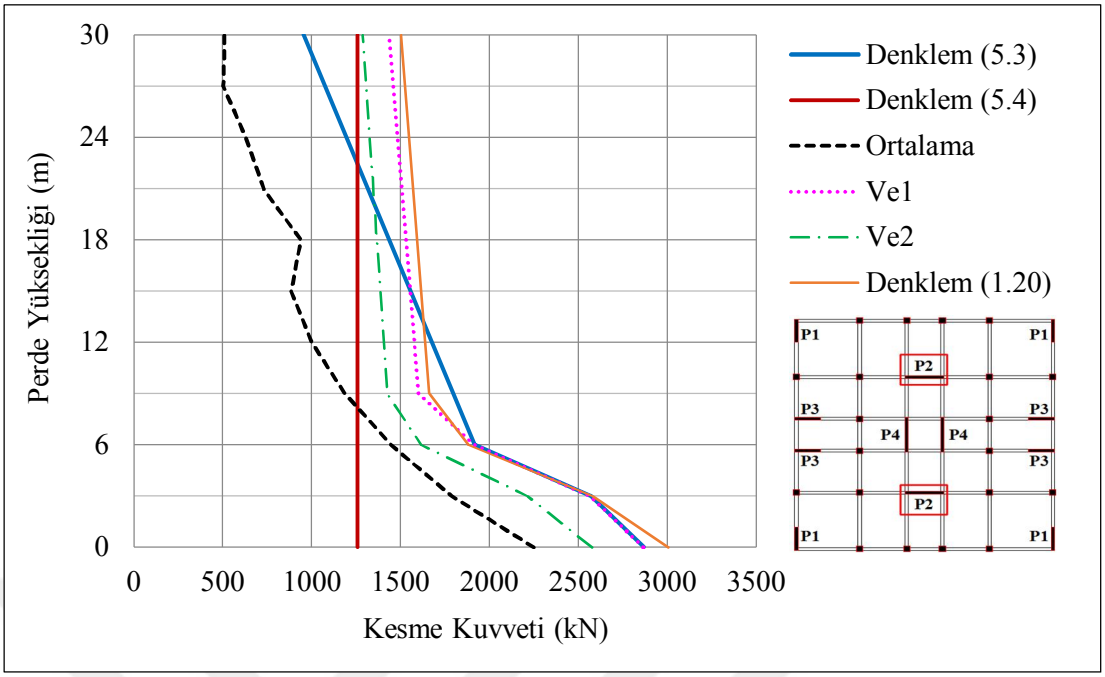

Şekil 5.88. P4 perdesi önerilen kesme kuvveti diyagramı (10 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı)

### 5.5.1.3. ZD yerel zemin sınıfı

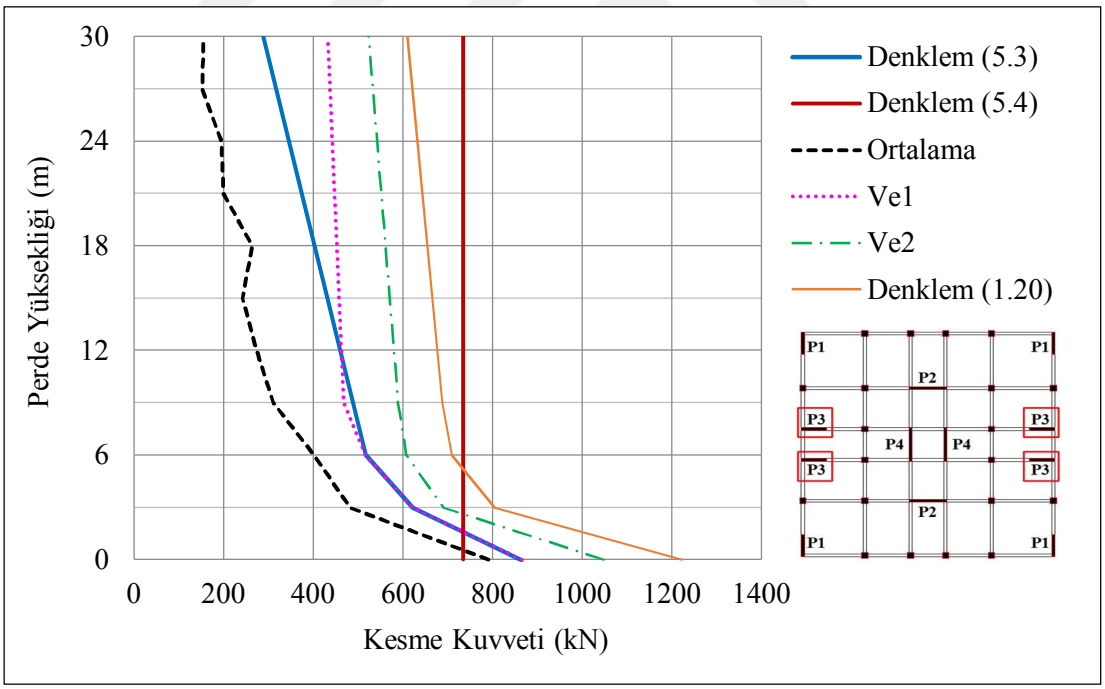
Denklem (5.3) ve Denklem (5.4) ile perde yüksekliği boyunca elde edilen kesme kuvveti diyagramları ZD yerel zemin sınıfı için Şekil 5.89-5.92'de verilmiştir. P1, P2, P3 ve P4 perdelerinin tabanlarında hesaplanan talep/önerilen tasarım kesme kuvveti oranları sırasıyla %88,4, %78,5, %91,4 ve %81,2 olmaktadır.



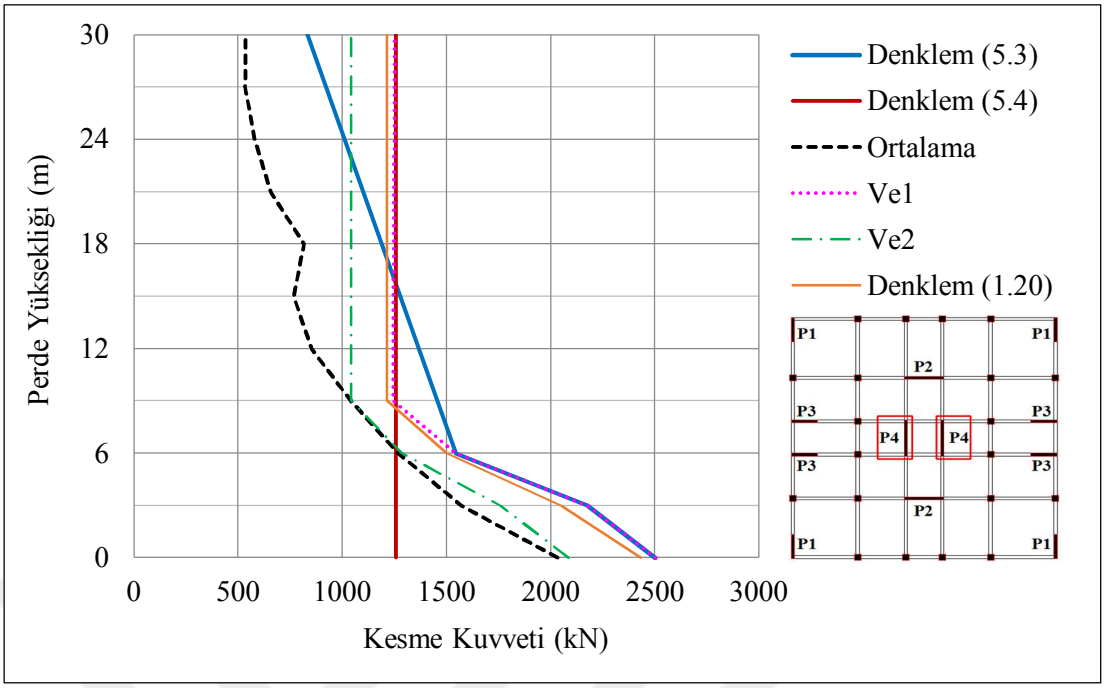

Şekil 5.89. P1 perdesi önerilen kesme kuvveti diyagramı (10 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı)




Şekil 5.90. P2 perdesi önerilen kesme kuvveti diyagramı (10 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı)




Şekil 5.91. P3 perdesi önerilen kesme kuvveti diyagramı (10 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı)




Şekil 5.92. P4 perdesi önerilen kesme kuvveti diyagramı (10 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı)

10 katlı binalarda, perde tabanlarında elde edilen talep/önerilen tasarım kesme kuvveti oranları incelenen zemin sınıfları için Tablo 5.40'ta verilmiştir. P1, P2, P3 ve P4 perdelerinin tabanlarında oranlar ZB yerel zemin sınıfı için %47,1, %80,2, %47,9, %81,7; ZC yerel zemin sınıfı için %80,0, %76,5, %84,4, %80,2; ZD yerel zemin sınıfı için %88,4, %78,5, %91,4, %81,2 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 5.40. Perdelerde talep/önerilen tasarım kesme kuvveti oranları (10 katlı binalar)

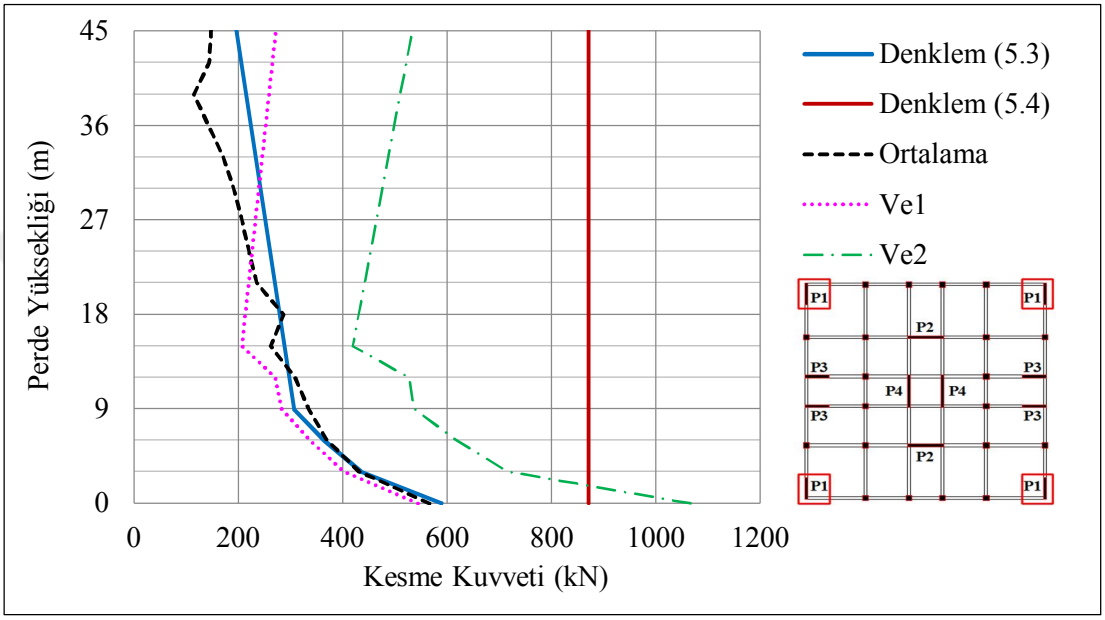
| | | Talep/önerilen tasarım kesme kuvveti (%) | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Kat | Zemin Sınıfı | P1 | P2 | P3 | P4 |
| 1 | ZB | 47,2 | 80,2 | 47,9 | 81,7 |
| | ZC | 80,0 | 76,5 | 84,4 | 80,2 |
| | ZD | 88,4 | 78,5 | 91,4 | 81,2 |

### 5.5.2. 15 katlı binalar

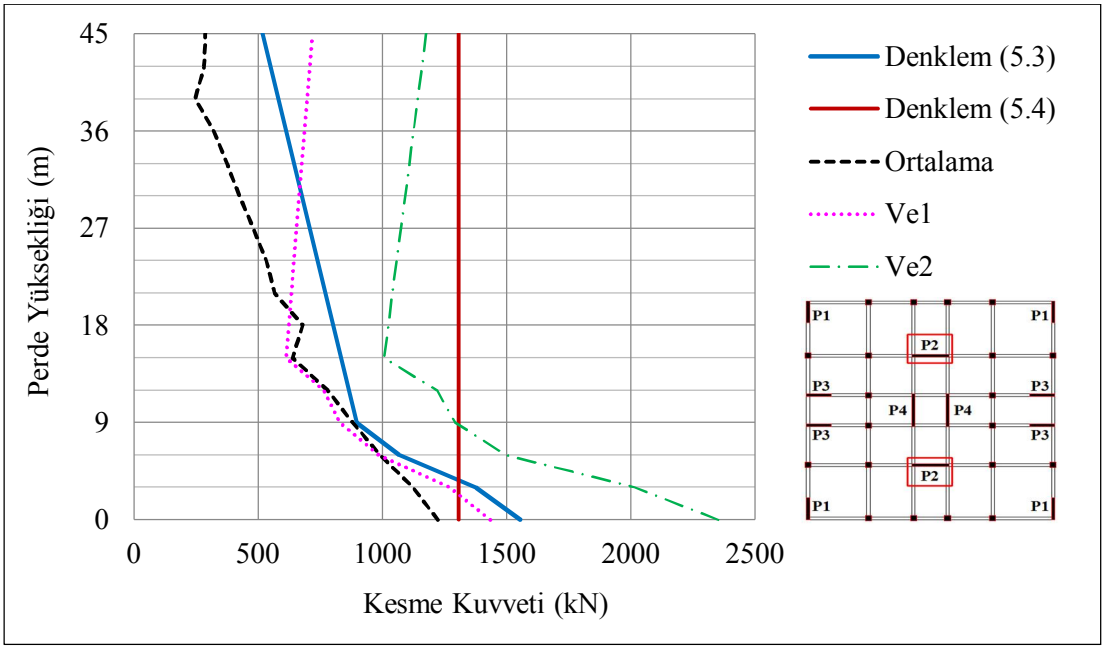
15 katlı binalarda önerilen kesme kuvveti diyagramları incelenen yerel zemin sınıfları için sırasıyla paylaşılmıştır.

### 5.5.2.1. ZB yerel zemin sınıfı

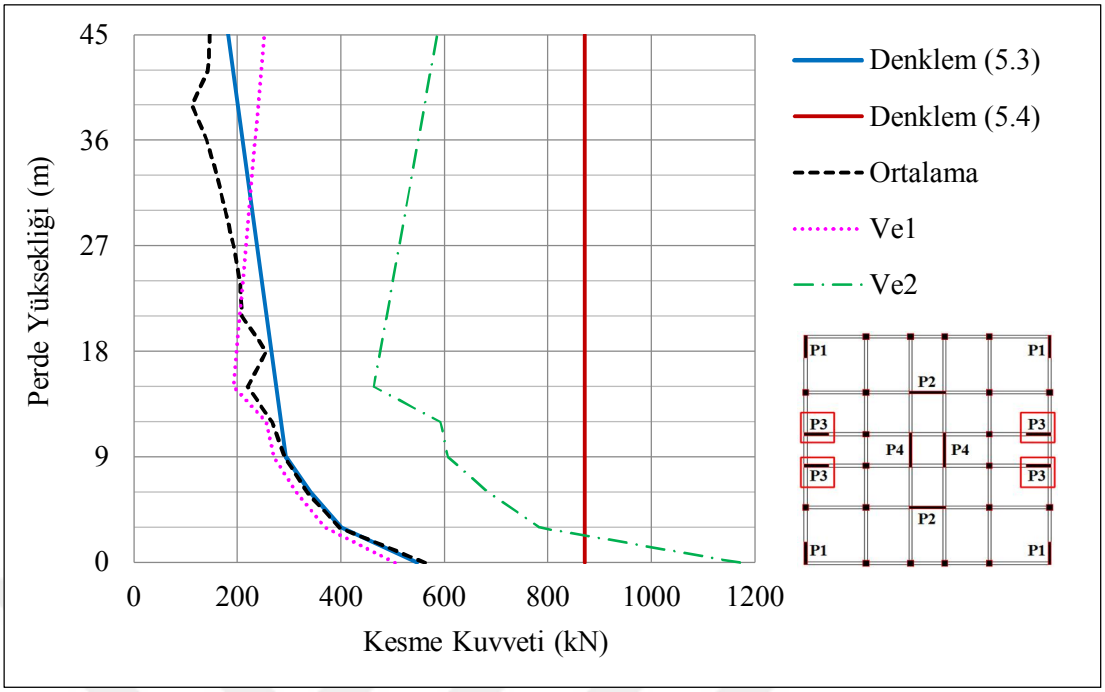
Denklem (5.3) ve Denklem (5.4) ile perde yüksekliği boyunca elde edilen kesme kuvveti diyagramları ZB yerel zemin sınıfı için Şekil 5.93-5.96'da verilmiştir. P1, P2, P3 ve P4 perdelerinin tabanlarında hesaplanan talep/önerilen tasarım kesme kuvveti oranları sırasıyla %64,9, %78,7, %64,6 ve %87,1 olmaktadır.



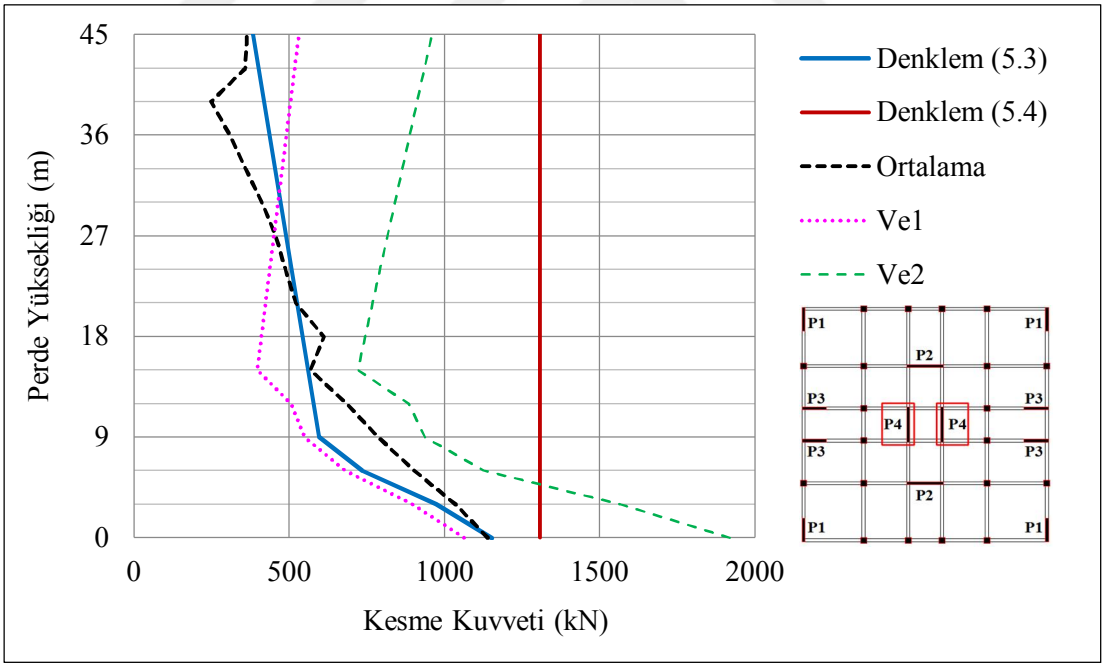

Şekil 5.93. P1 perdesi önerilen kesme kuvveti diyagramı (15 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı)




Şekil 5.94. P2 perdesi önerilen kesme kuvveti diyagramı (15 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı)




Şekil 5.95. P3 perdesi önerilen kesme kuvveti diyagramı (15 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı)

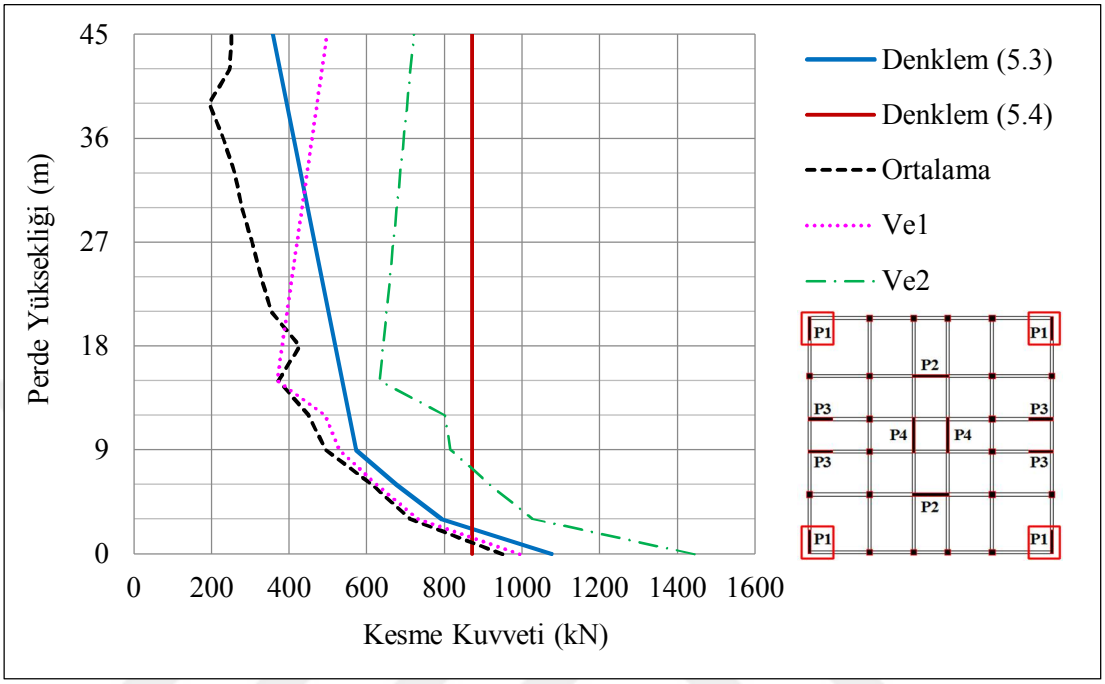



Şekil 5.96. P4 perdesi önerilen kesme kuvveti diyagramı (15 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı)

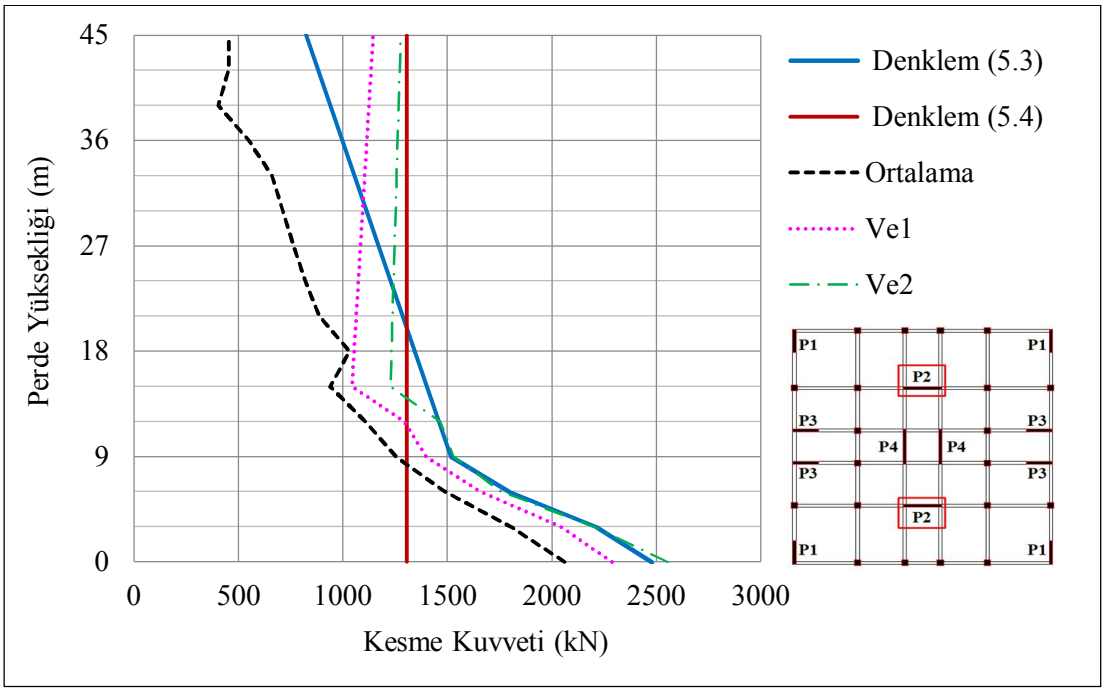
### 5.5.2.2. ZC yerel zemin sınıfı

Denklem (5.3) ve Denklem (5.4) ile perde yüksekliği boyunca elde edilen kesme kuvveti diyagramları ZC yerel zemin sınıfı için Şekil 5.97-5.100'de verilmiştir. P1,

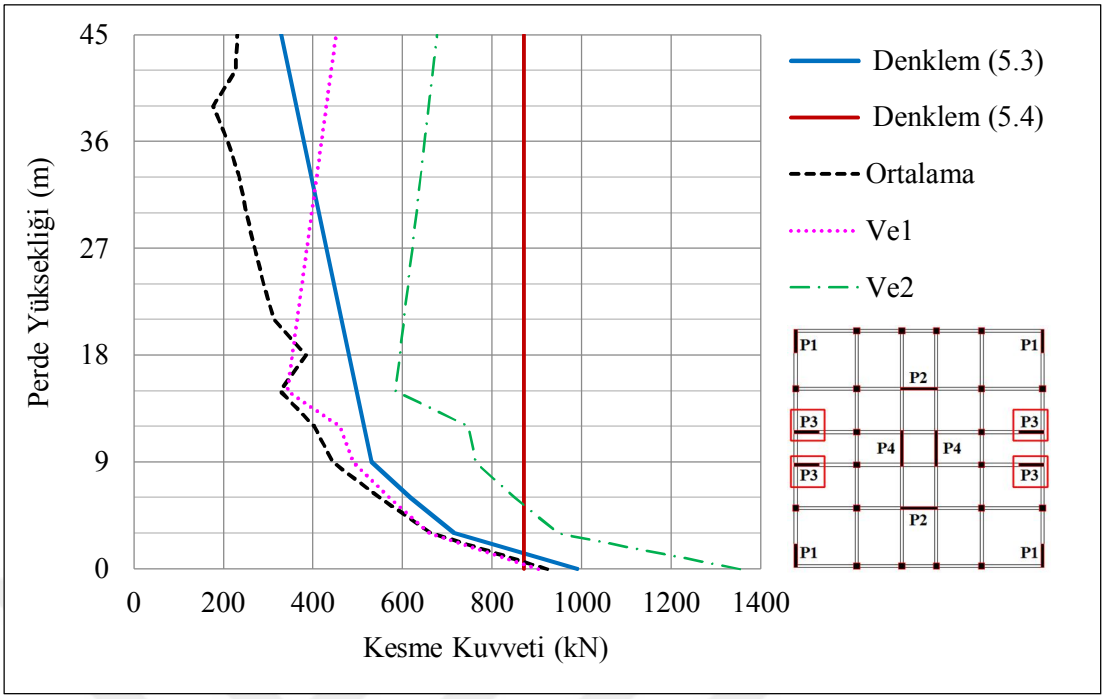
P2, P3 ve P4 perdelerinin tabanlarında hesaplanan talep/önerilen tasarım kesme kuvveti oranları sırasıyla %88,2, %83,2, %93,3 ve %91,1 olmaktadır. P4 perdesinde en büyük oran binanın 3. katında %98,3 olarak bulunmuştur.



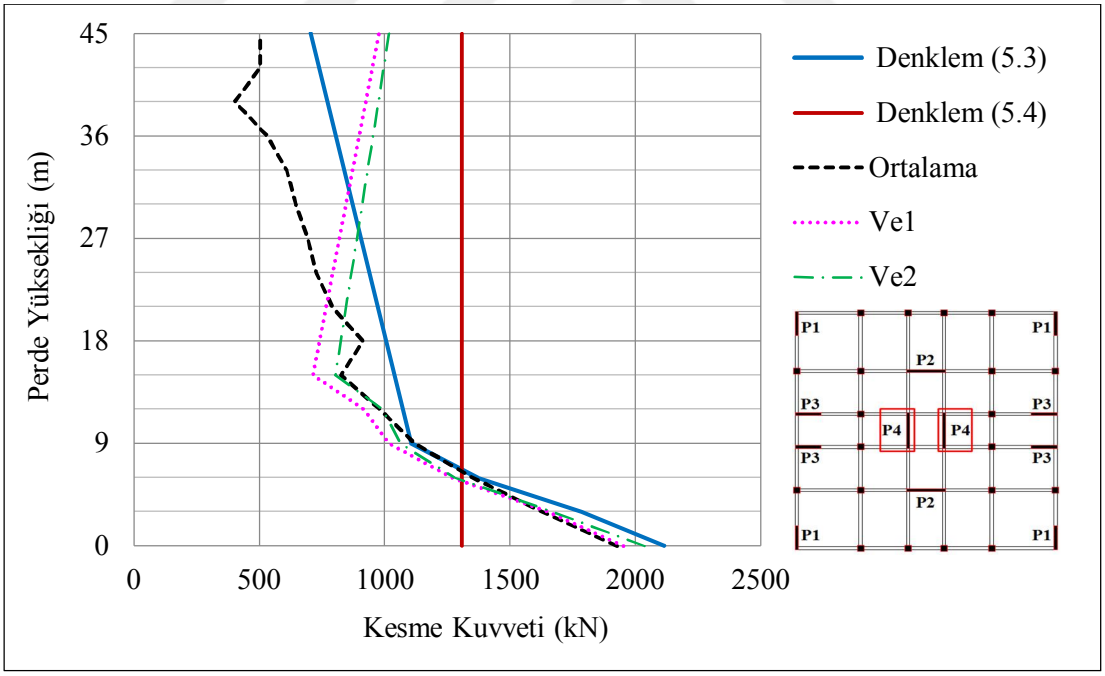

Şekil 5.97. P1 perdesi önerilen kesme kuvveti diyagramı (15 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı)




Şekil 5.98. P2 perdesi önerilen kesme kuvveti diyagramı (15 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı)




Şekil 5.99. P3 perdesi önerilen kesme kuvveti diyagramı (15 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı)

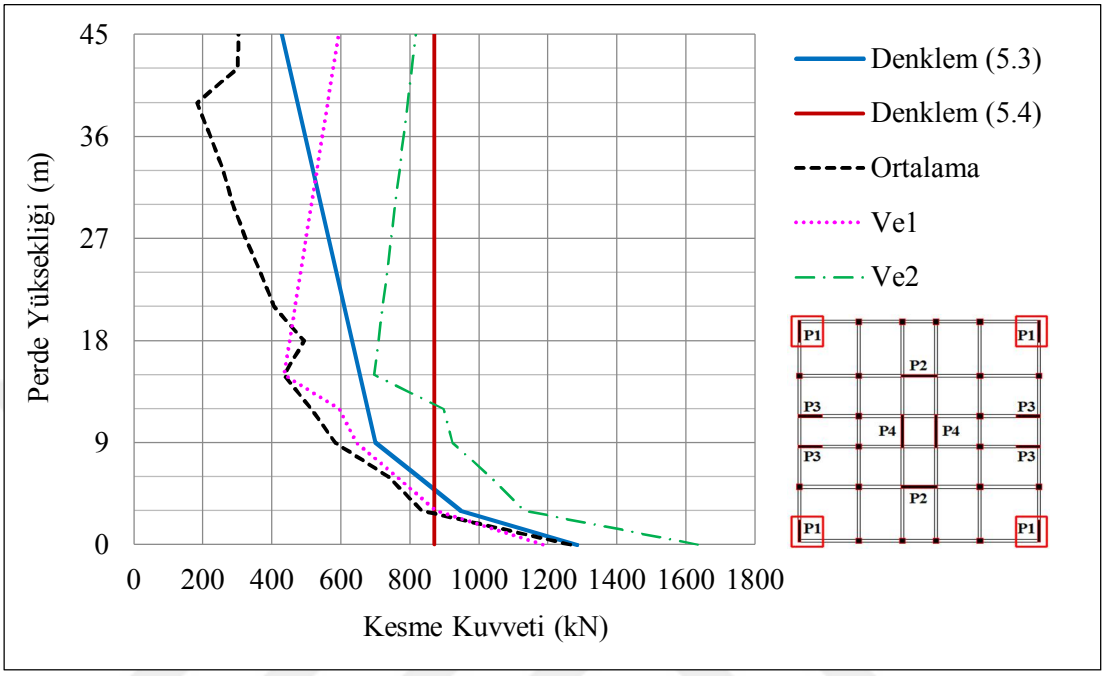



Şekil 5.100. P4 perdesi önerilen kesme kuvveti diyagramı (15 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı)

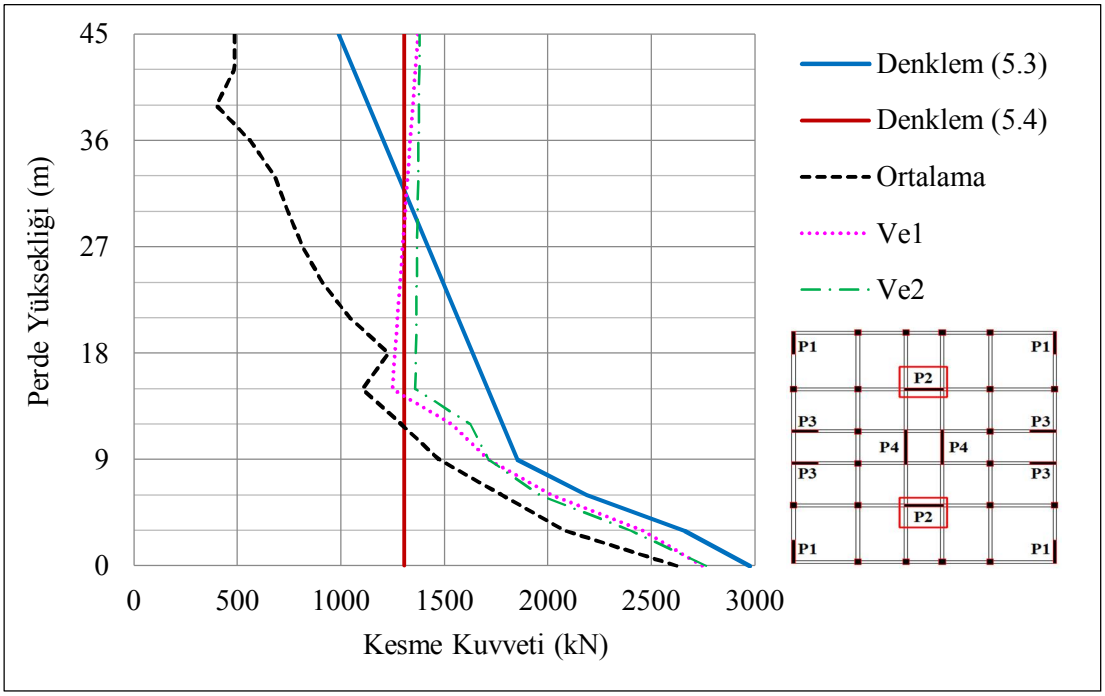
#### 5.5.2.3. ZD yerel zemin sınıfı

Denklem (5.3) ve Denklem (5.4) ile perde yüksekliği boyunca elde edilen kesme kuvveti diyagramları ZD yerel zemin sınıfı için Şekil 5.101-5.104'te verilmiştir. P1,

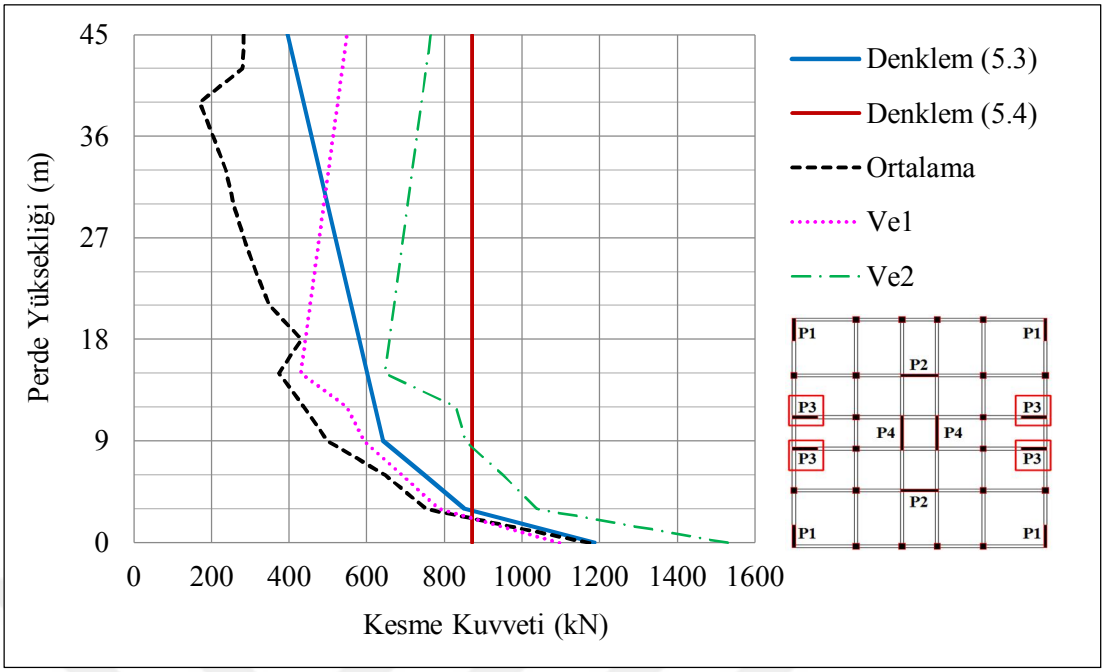
P2, P3 ve P4 perdelerinin tabanlarında hesaplanan talep/önerilen tasarım kesme kuvveti oranları sırasıyla %98,4, %88,2, %98,8 ve %89,3 olmaktadır. P4 perdesinde en büyük oran binanın 3. katında %97,1 olarak bulunmuştur.



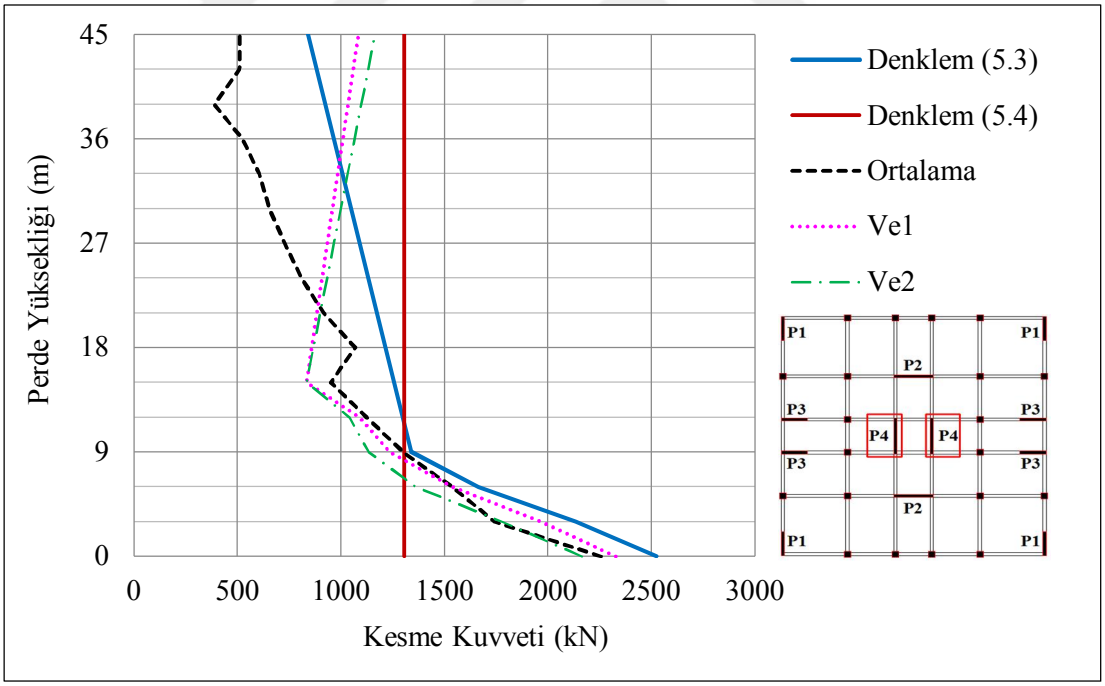

Şekil 5.101. P1 perdesi önerilen kesme kuvveti diyagramı (15 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı)




Şekil 5.102. P2 perdesi önerilen kesme kuvveti diyagramı (15 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı)




Şekil 5.103. P3 perdesi önerilen kesme kuvveti diyagramı (15 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı)




Şekil 5.104. P4 perdesi önerilen kesme kuvveti diyagramı (15 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı)

15 katlı binalarda, perde tabanlarında elde edilen talep/önerilen tasarım kesme kuvveti oranları incelenen zemin sınıfları için Tablo 5.41'de verilmiştir. P1, P2, P3 ve P4 perdelerinin tabanlarında oranlar ZB yerel zemin sınıfı için %64,9, %78,7, %64,6, %87,1; ZC yerel zemin sınıfı için %88,2, %83,2, %93,3, %91,1; ZD yerel zemin sınıfı

için %98,4, %88,2, %98,8, %89,3 olarak hesaplanmıştır. P4 perdesinde en büyük oran ZC yerel zemin sınıfı için binanın 3. katında %98,3; ZD yerel zemin sınıfı için binanın 4. katında %97,1 olarak bulunmuştur.

Tablo 5.41. Perdelerde talep/önerilen tasarım kesme kuvveti oranları (15 katlı binalar)

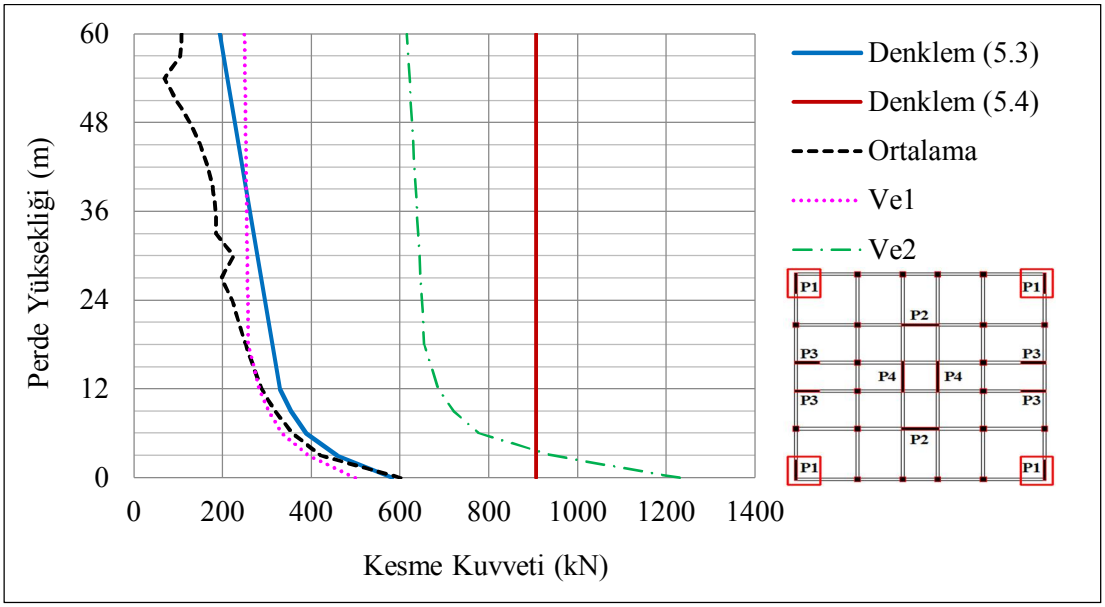
| | | Kapasite/Talep (%) | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Kat | Zemin Sınıfı | P1 | P2 | P3 | P4 |
| 1 | ZB | 64,9 | 78,7 | 64,6 | 87,1 |
| | ZC | 88,2 | 83,2 | 93,3 | 91,1 |
| | ZD | 98,4 | 88,2 | 98,8 | 89,3 |

### 5.5.3. 20 katlı binalar

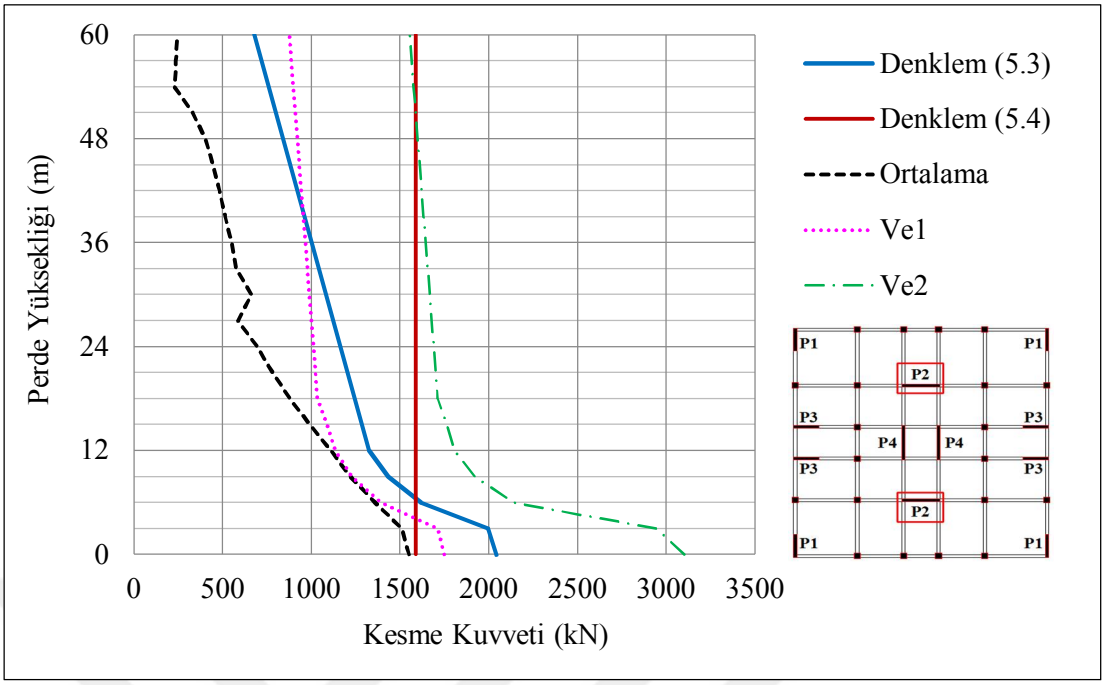
20 katlı binalarda önerilen kesme kuvveti diyagramları incelenen yerel zemin sınıfları için sırasıyla paylaşılmıştır.

#### 5.5.3.1. ZB yerel zemin sınıfı

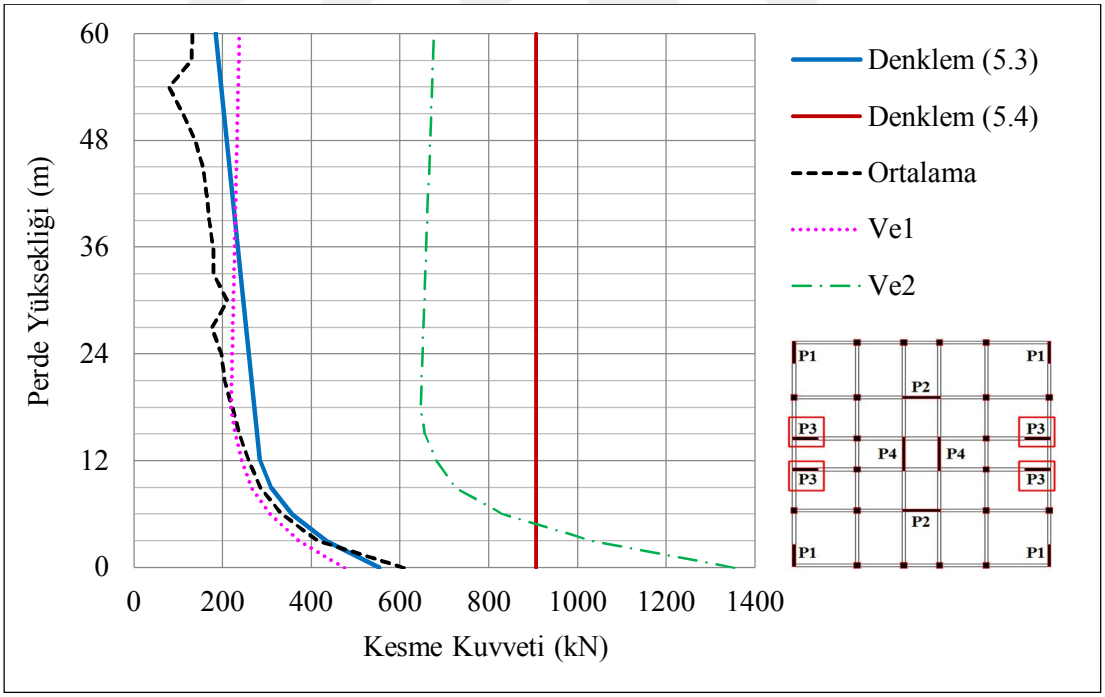
Denklem (5.3) ve Denklem (5.4) ile perde yüksekliği boyunca elde edilen kesme kuvveti diyagramları ZB yerel zemin sınıfı için Şekil 5.105-5.108'de verilmiştir. P1, P2, P3 ve P4 perdelerinin tabanlarında hesaplanan talep/önerilen tasarım kesme kuvveti oranları sırasıyla %66,2, %75,9, %67,1 ve %89,2 olmaktadır.



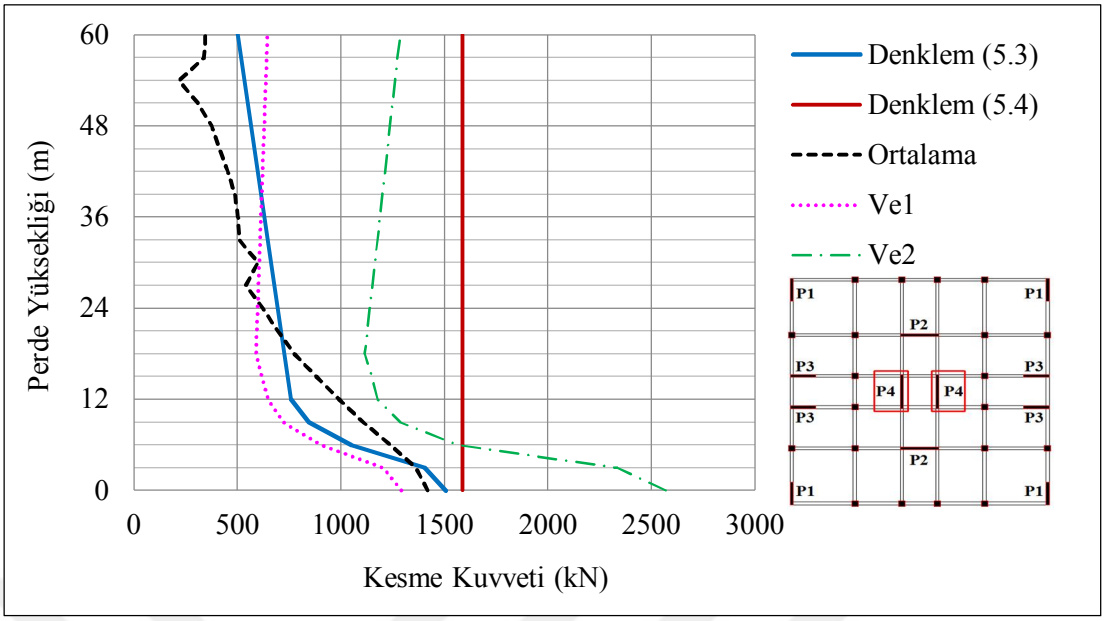

Şekil 5.105. P1 perdesi önerilen kesme kuvveti diyagramı (20 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı)




Şekil 5.106. P2 perdesi önerilen kesme kuvveti diyagramı (20 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı)



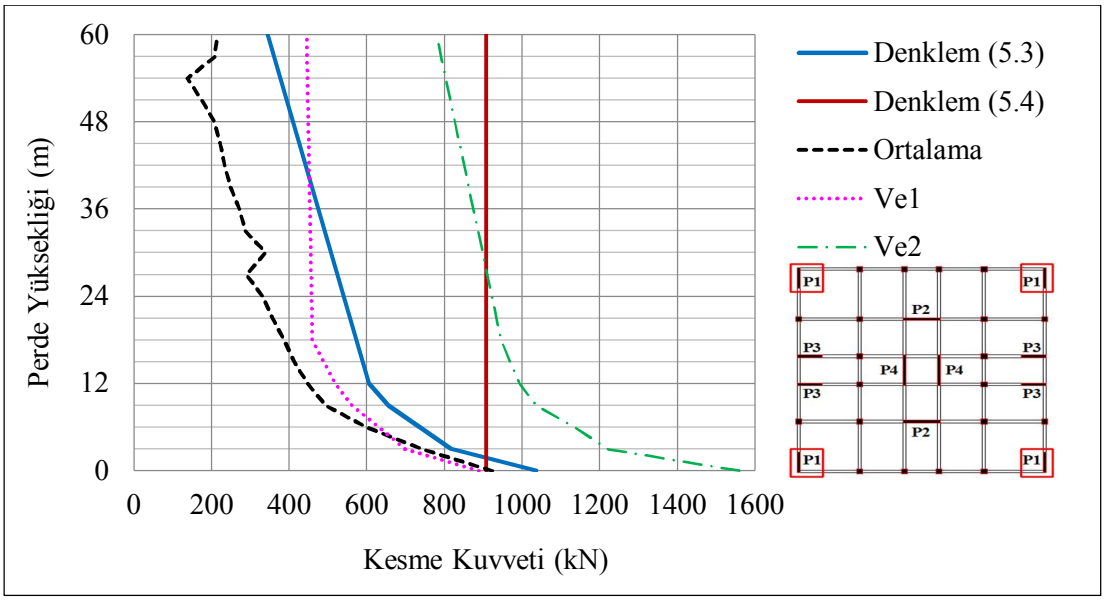

Şekil 5.107. P3 perdesi önerilen kesme kuvveti diyagramı (20 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı)



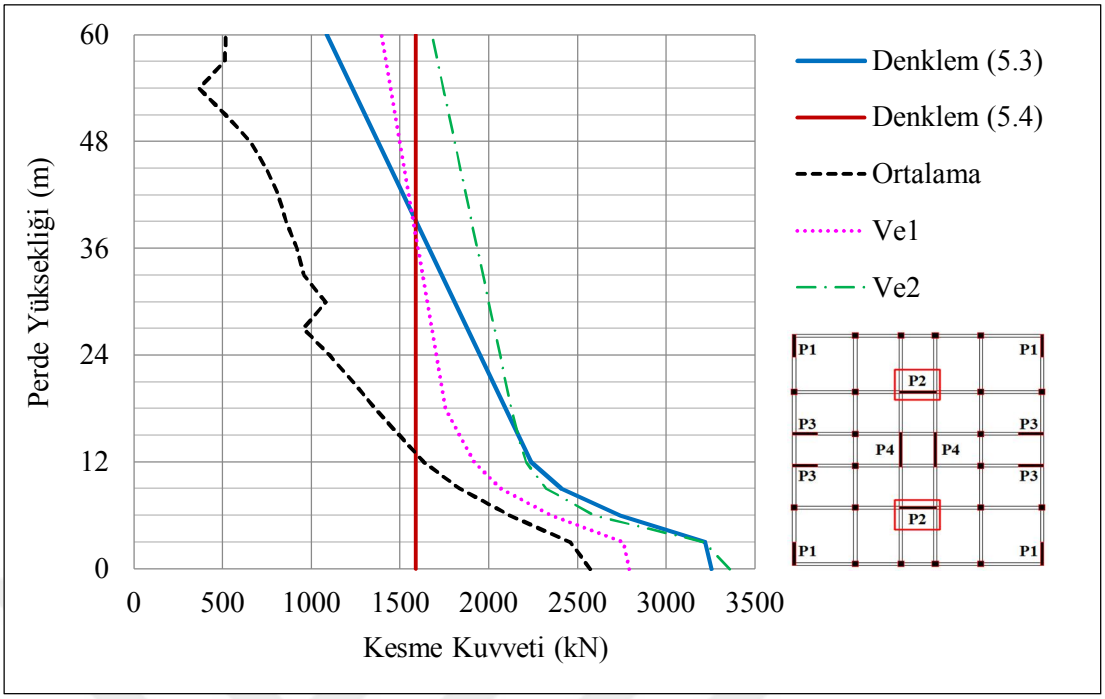

Şekil 5.108. P4 perdesi önerilen kesme kuvveti diyagramı (20 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı)

### 5.5.3.2. ZC yerel zemin sınıfı

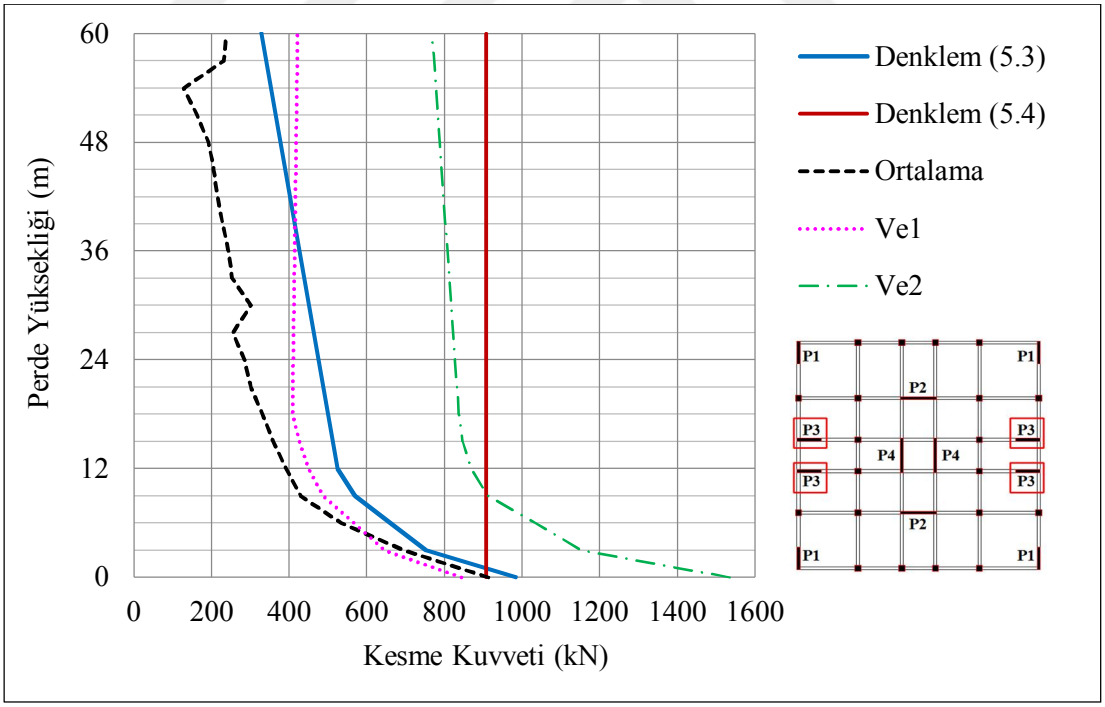
Denklem (5.3) ve Denklem (5.4) ile perde yüksekliği boyunca elde edilen kesme kuvveti diyagramları ZC yerel zemin sınıfı için Şekil 5.109-5.112'de verilmiştir. P1, P2, P3 ve P4 perdelerinin tabanlarında hesaplanan talep/önerilen tasarım kesme kuvveti oranları sırasıyla %89,0, %78,9, %92,8 ve %87,4 olmaktadır. P4 perdesinde en büyük oran binanın 4. katında %97,3 olarak bulunmuştur.



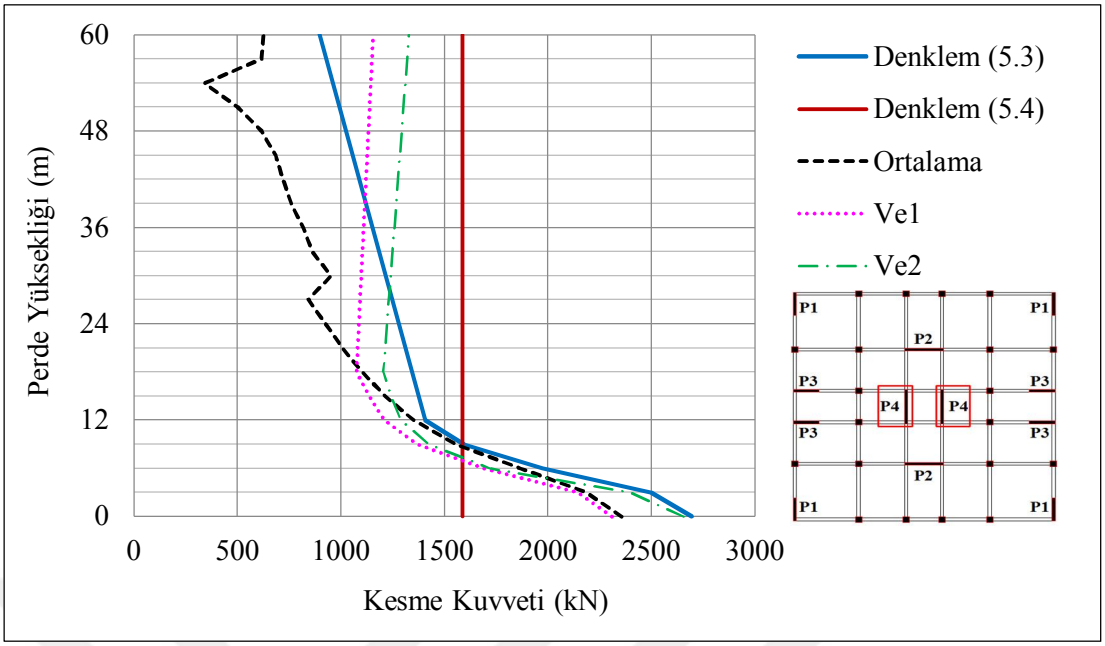

Şekil 5.109. P1 perdesi önerilen kesme kuvveti diyagramı (20 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı)




Şekil 5.110. P2 perdesi önerilen kesme kuvveti diyagramı (20 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı)



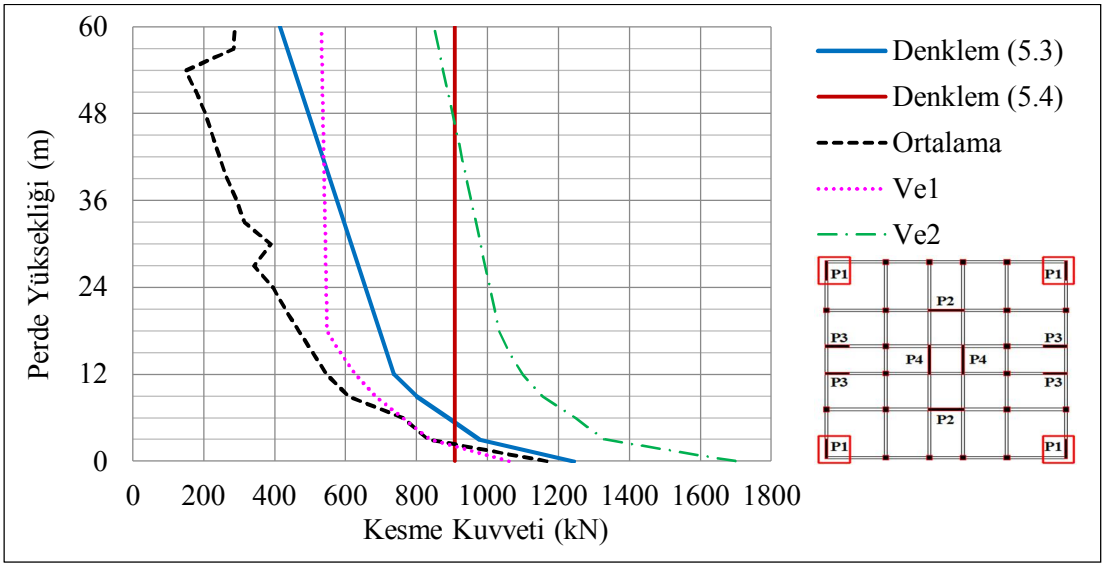

Şekil 5.111. P3 perdesi önerilen kesme kuvveti diyagramı (20 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı)



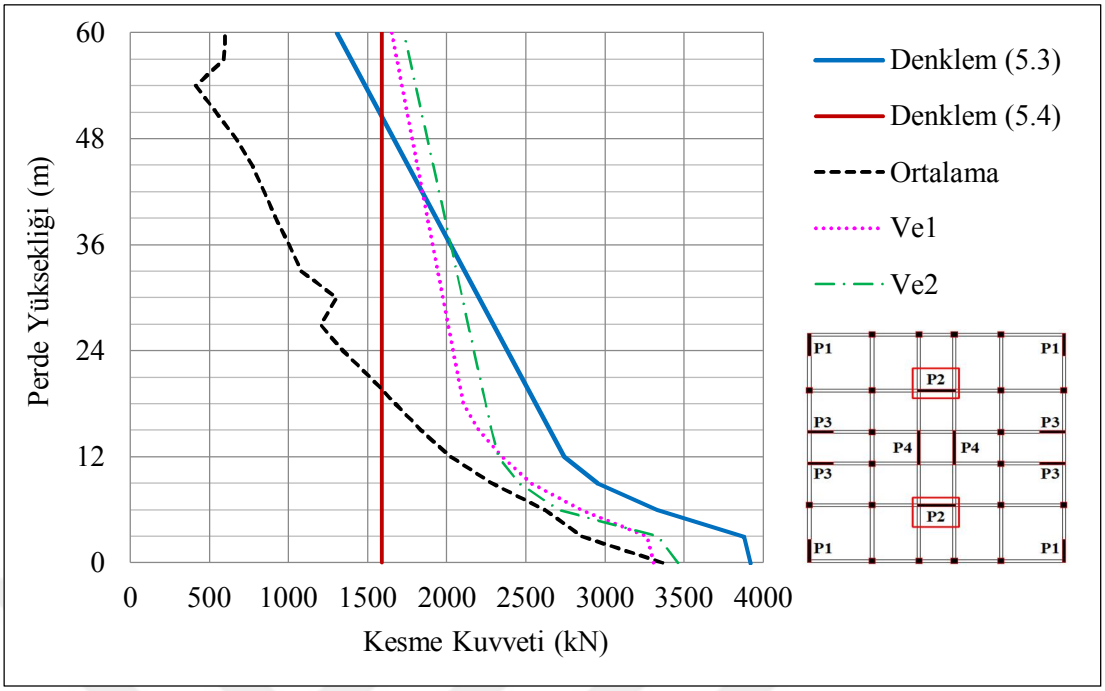

Şekil 5.112. P4 perdesi önerilen kesme kuvveti diyagramı (20 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı)

### 5.5.3.3. ZD yerel zemin sınıfı

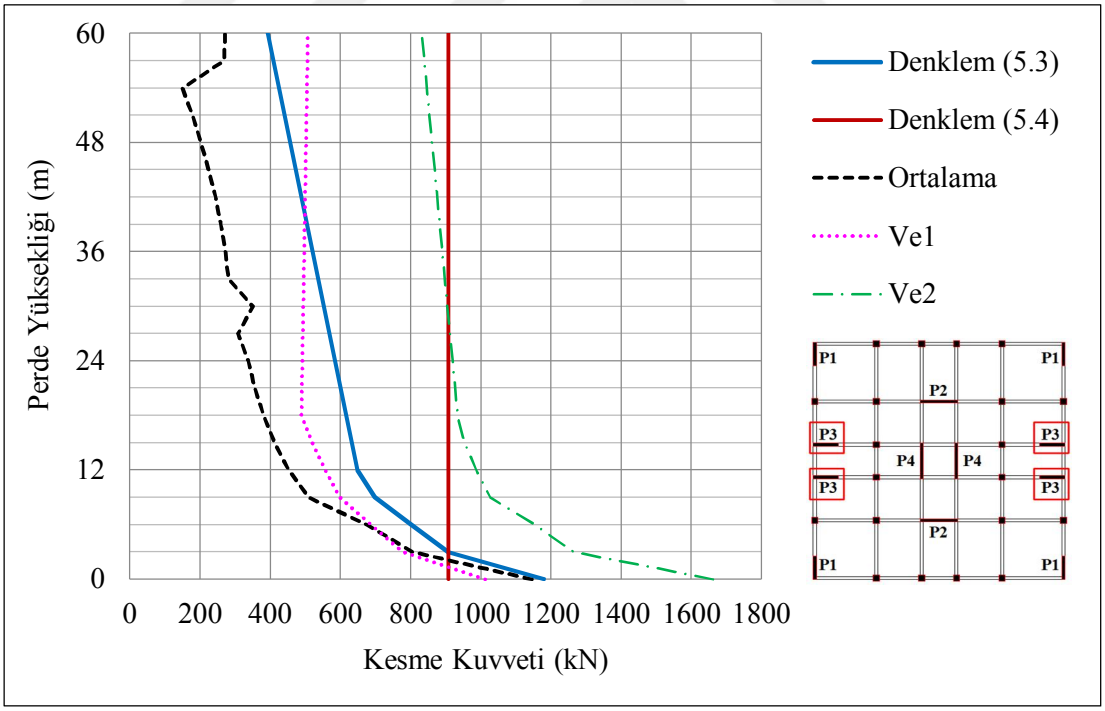
Denklem (5.3) ve Denklem (5.4) ile perde yüksekliği boyunca elde edilen kesme kuvveti diyagramları ZD yerel zemin sınıfı için Şekil 5.113-5.116'da verilmiştir. P1, P2, P3 ve P4 perdelerinin tabanlarında hesaplanan talep/önerilen tasarım kesme kuvveti oranları sırasıyla %93,8, %85,8, %97,0 ve %92,4 olmaktadır. P4 perdesinde en büyük talep/kapasite oranı binanın 5. katında %96,1 olarak bulunmuştur.



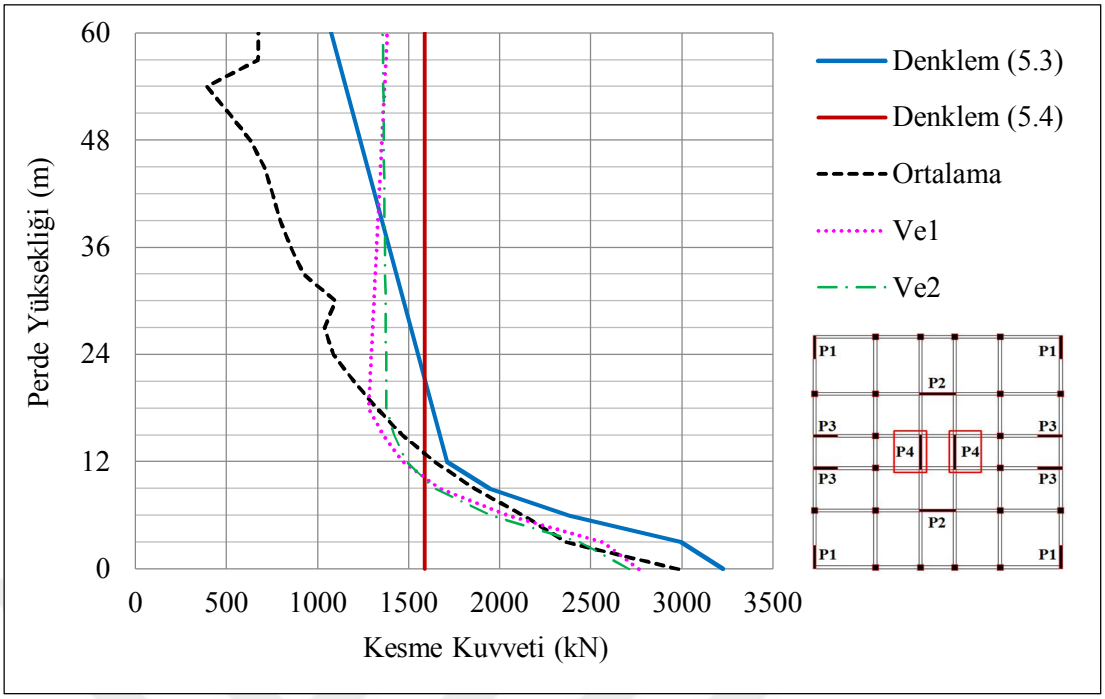

Şekil 5.113. P1 perdesi önerilen kesme kuvveti diyagramı (20 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı)




Şekil 5.114. P2 perdesi önerilen kesme kuvveti diyagramı (20 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı)




Şekil 5.115. P3 perdesi önerilen kesme kuvveti diyagramı (20 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı)




Şekil 5.116. P4 perdesi önerilen kesme kuvveti diyagramı (20 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı)

20 katlı binalarda, perde tabanlarında elde edilen talep/önerilen tasarım kesme kuvveti oranları incelenen zemin sınıfları için Tablo 5.42'de verilmiştir. P1, P2, P3 ve P4 perdelerinin tabanlarında oranlar ZB yerel zemin sınıfı için %66,2, %75,9, %67,1, %89,2; ZC yerel zemin sınıfı için %89,0, %78,9, %92,8, %87,4; ZD yerel zemin sınıfı için %93,8, %85,8, %97,0, %92,4 olarak hesaplanmıştır. P4 perdesinde en büyük oran ZC yerel zemin sınıfı için binanın 4. katında %97,3; ZD yerel zemin sınıfı için binanın 5. katında %96,1 olarak bulunmuştur.

Tablo 5.42. Perdelerde talep/önerilen tasarım kesme kuvveti oranları (20 katlı binalar)

| | | Kapasite/Talep (%) | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Kat | Zemin Sınıfı | P1 | P2 | P3 | P4 |
| 1 | ZB | 66,2 | 75,9 | 67,1 | 89,2 |
| | ZC | 89,0 | 78,9 | 92,8 | 87,4 |
| | ZD | 93,8 | 85,8 | 97,0 | 92,4 |

## 5.6. Göreli Kat Ötelemesi Oranları

Göreli kat ötelemesi oranları, doğrusal olmayan hesap yöntemlerinden elde edilen kat yer değiştirmeleri kullanılarak hesaplanmıştır. TBDY-2018'de betonarme binalar için göreli kat ötelemesi sınırı, gevrek malzemeden yapılmış boşluklu ve boşluksuz dolgu

duvarların çerçeve elemanlarına aralarında herhangi bir esnek derz veya bağlantı olmaksızın tamamen bitişik olması durumunda 0,008 olarak verilmiştir. Dolgu duvarlar ile çerçeve elemanlarının arasında esnek derzler yapılması veya duvar elemanının çerçeveden bağımsız olması durumunda verilen göreli kat ötelemesi sınırı 0,016'dır. Binaların tasarım aşamasında göreli kat ötelemeleri için TBDY-2018'de verilen koşulun kontrolü gerçekleştirilmiştir. İncelenen binaların tümünde doğrusal analizlerden elde edilen göreli kat ötelemesi oranları TBDY-2018'de 0,008 olarak verilen göreli kat ötelemesi sınırının altında kalmıştır.

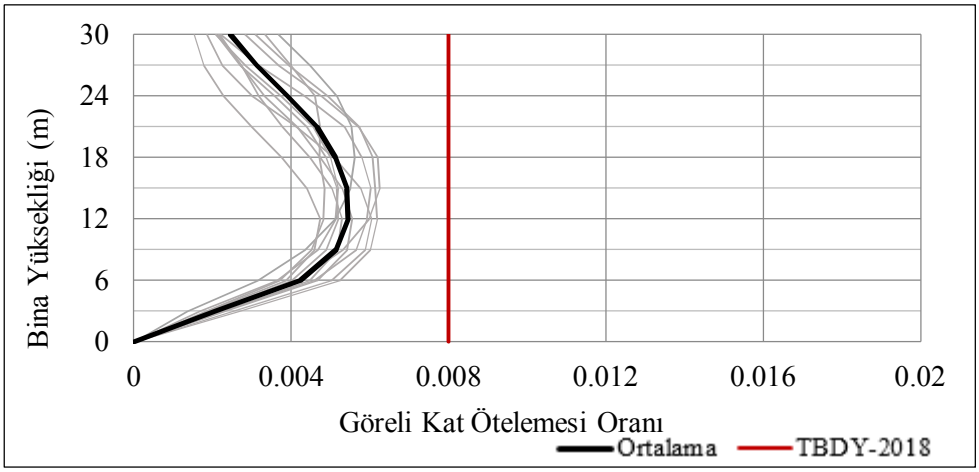
Ghobarah (2004) saha gözlemleri ile ölçümlerine, deneysel verilere ve teorik analizlere dayanarak süneklik düzeyi yüksek perdeler için hasar seviyeleriyle ilişkili göreli kat ötelemesi sınırları önermiştir. Ghobarah (2004) tarafından önerilen göreli kat ötelemesi sınırları Tablo 5.43'te verilmiştir.

Tablo 5.43. Göreli kat ötelemesi sınırları (Ghobarah, 2004)

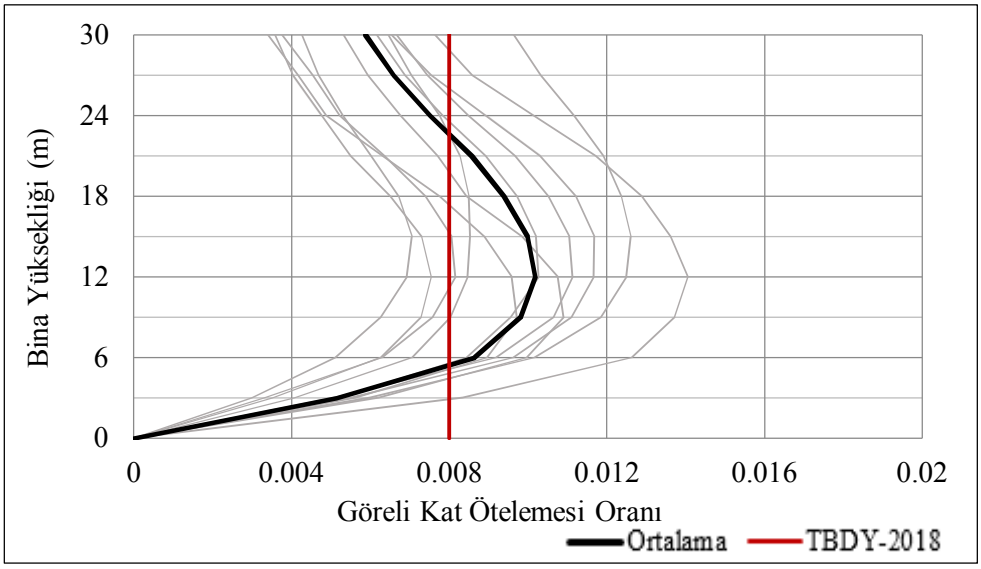
| Hasar Durumu | Hasar yok | Onarılabilir hasar | | Onarılamaz hasar (>akma noktası) | Ağır hasar – Can güvenliği | Göçme |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Hafif hasar | Orta derecede hasar | | | |
| Göreli kat ötelemesi oranı (%) | <0,2 | 0,4 | <0,8 | >0,8 | 1,5 | >2,5 |

### 5.6.1. 10 katlı binalar

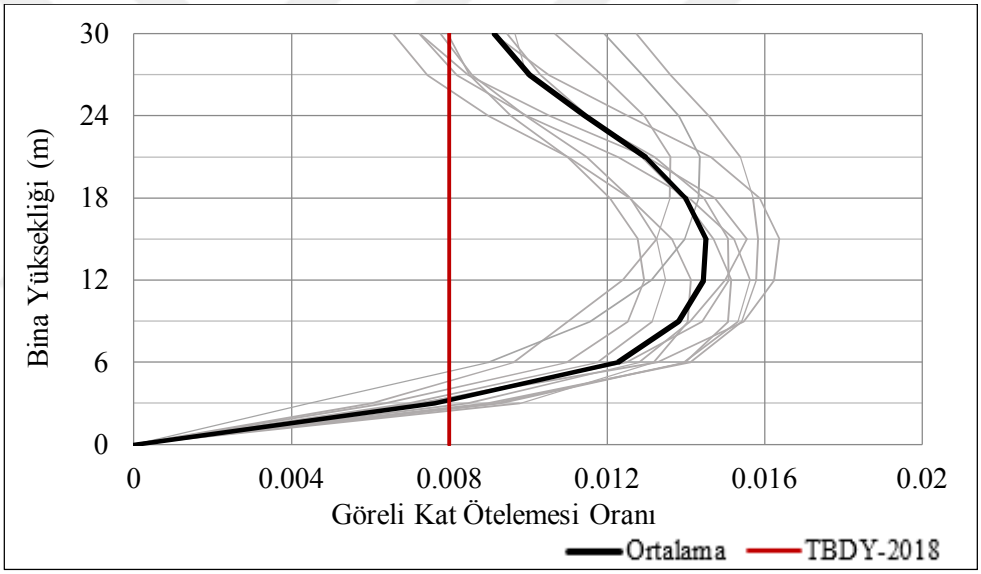
10 katlı binalarda doğrusal olmayan analizlerden elde edilen göreli kat ötelemesi oranları Şekil 5.117-5.119'da verilmiştir.




Şekil 5.117. Göreli kat ötelemesi oranı (10 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı)




Şekil 5.118. Göreli kat ötelemesi oranı (10 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı)

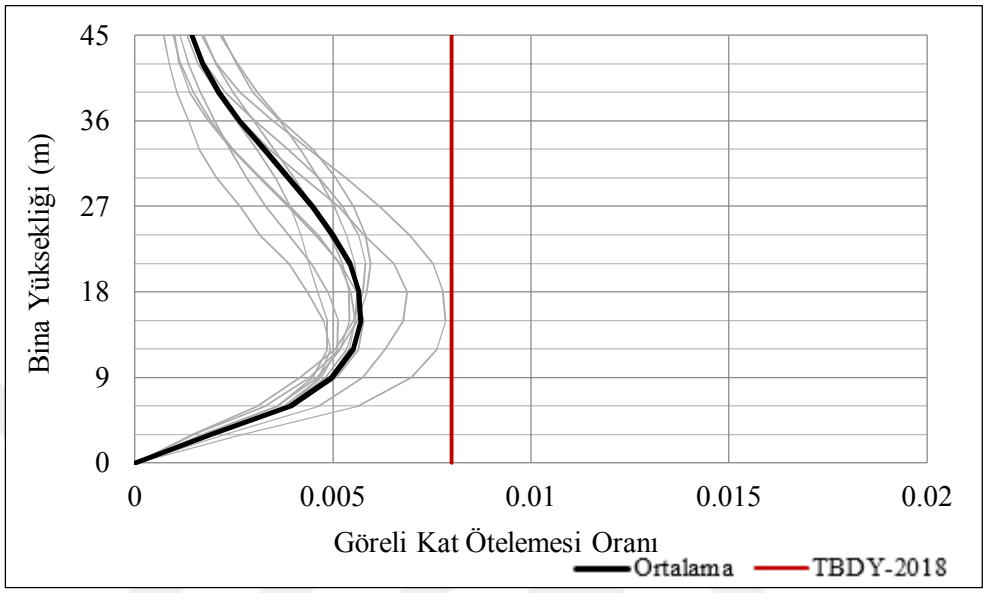



Şekil 5.119. Göreli kat ötelemesi oranı (10 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı)

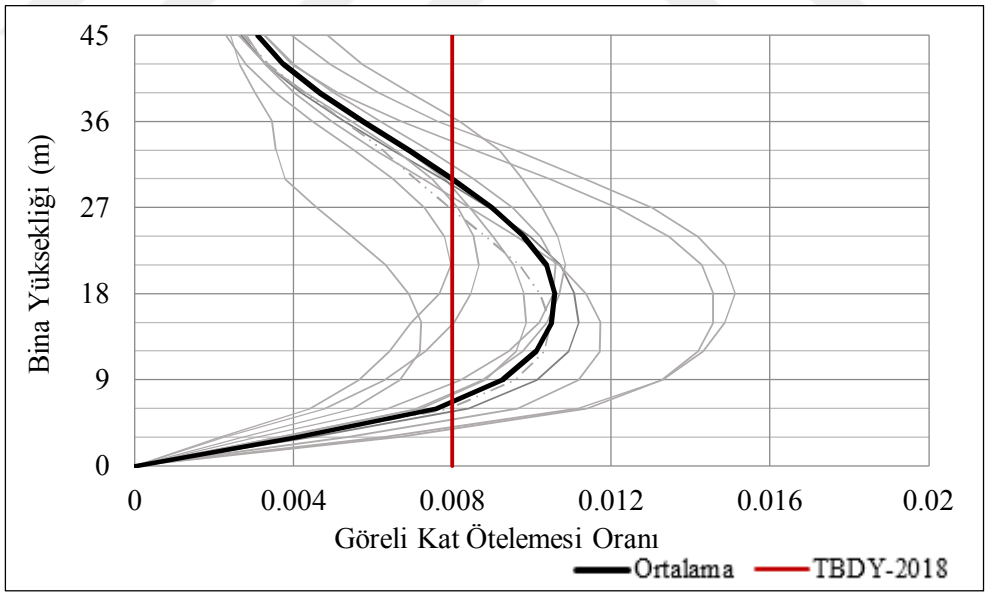
10 katlı binalarda maksimum göreli kat ötelemesi oranları ZB, ZC ve ZD yerel zemin sınıfları için sırasıyla %0,54, %1,02 ve %1,45 olarak elde edilmiştir. TBDY-2018'de %0,8 olarak verilen göreli kat ötelemesi sınırı, ZC yerel zemin sınıfı için 2. ve 8. katlar arasında; ZD yerel zemin sınıfı için 2. ve 10. katlar arasında aşılmıştır. Ghobarah (2004) tarafından önerilen göreli kat ötelemesi sınırlarına göre perdelerde, ZC ve ZD yerel zemin sınıfları için onarılamaz hasar oluşması beklenirken; ZB yerel zemin sınıfı için orta derecede hasar oluşması beklenmektedir.

### 5.6.2. 15 katlı binalar

15 katlı binalarda doğrusal olmayan analizlerden elde edilen göreli kat ötelemesi oranları Şekil 5.120-5.122'de verilmiştir.



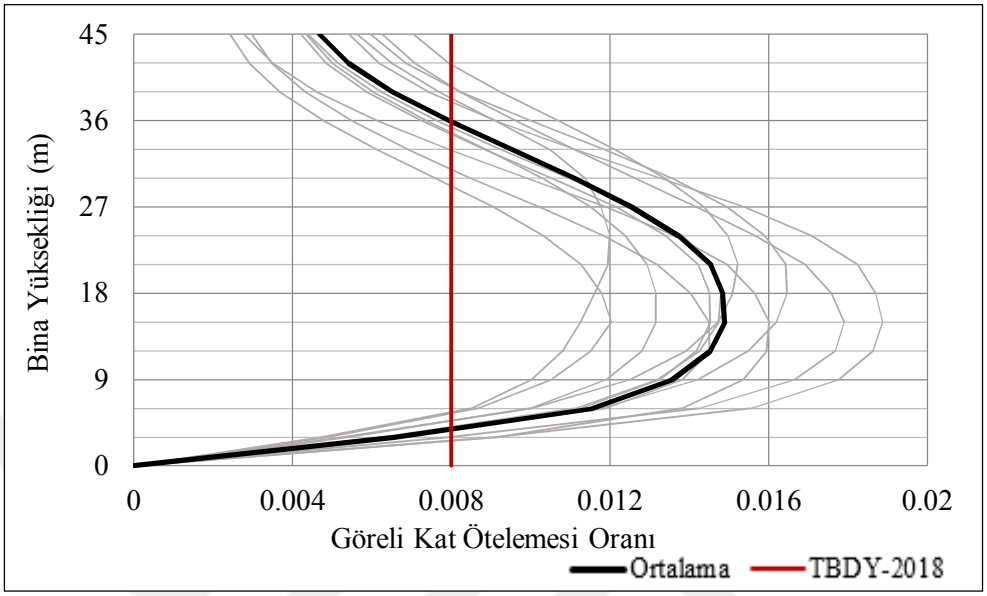

Şekil 5.120. Göreli kat ötelemesi oranı (15 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı)




Şekil 5.121. Göreli kat ötelemesi oranı (15 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı)

15 katlı binalarda maksimum göreli kat ötelemesi oranları ZB, ZC ve ZD yerel zemin sınıfları için sırasıyla %0,57, %1,06 ve %1,49 olarak elde edilmiştir. TBDY-2018'de %0,8 olarak verilen göreli kat ötelemesi sınırı, ZC yerel zemin sınıfı için 3. ve 10. katlar arasında; ZD yerel zemin sınıfı için 2. ve 12. katlar arasında aşılmıştır. Ghobarah

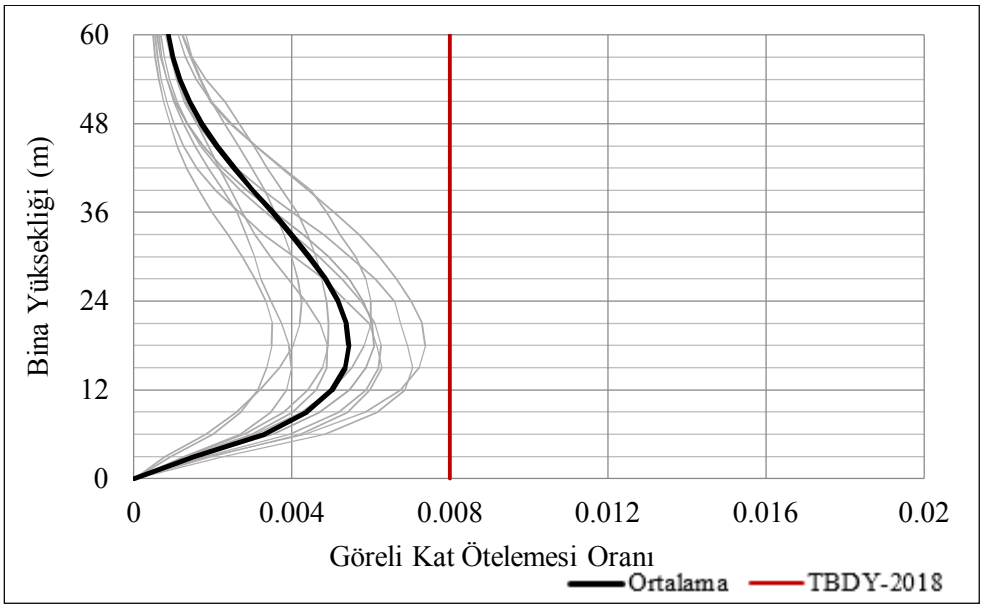
(2004) tarafından önerilen göreli kat ötelemesi sınırlarına göre perdelerde, ZC ve ZD yerel zemin sınıfları için onarılamaz hasar oluşması beklenirken; ZB yerel zemin sınıfı için orta derecede hasar oluşması beklenmektedir.



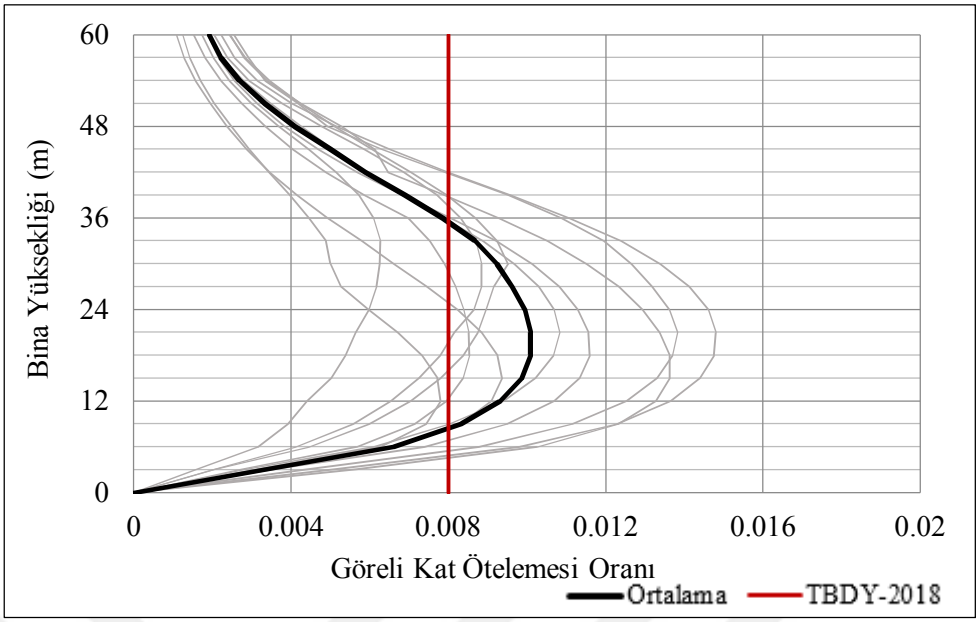

Şekil 5.122. Göreli kat ötelemesi oranı (15 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı)

### 5.6.3. 20 katlı binalar

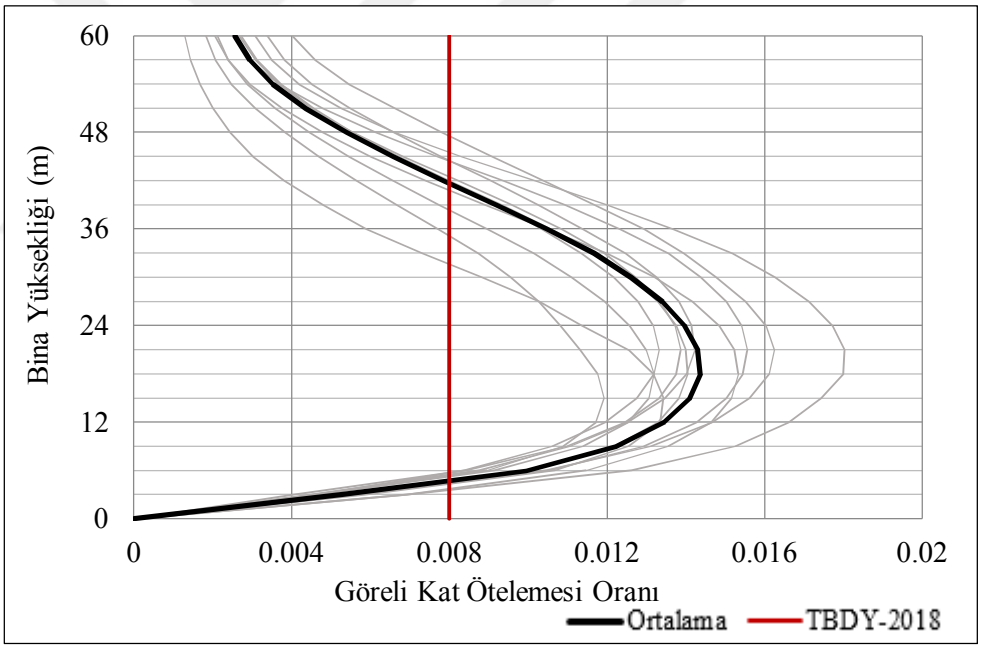
20 katlı binalarda doğrusal olmayan analizlerden elde edilen göreli kat ötelemesi oranları Şekil 5.123-5.125'te verilmiştir.




Şekil 5.123. Göreli kat ötelemesi oranı (20 katlı bina - ZB yerel zemin sınıfı)




Şekil 5.124. Göreli kat ötelemesi oranı (20 katlı bina - ZC yerel zemin sınıfı)




Şekil 5.125. Göreli kat ötelemesi oranı (20 katlı bina - ZD yerel zemin sınıfı)

20 katlı binalarda maksimum göreli kat ötelemesi oranları ZB, ZC ve ZD yerel zemin sınıfları için sırasıyla %0,54, %1,01 ve %1,44 olarak elde edilmiştir. TBDY-2018'de %0,8 olarak verilen göreli kat ötelemesi sınırı, ZC yerel zemin sınıfı için 3. ve 12. katlar arasında; ZD yerel zemin sınıfı için 2. ve 14. katlar arasında aşılmıştır. Ghobarah (2004) tarafından önerilen göreli kat ötelemesi sınırlarına göre perdelerde, ZC ve ZD yerel zemin sınıfları için onarılamaz hasar oluşması beklenirken; ZB yerel zemin sınıfı için orta derecede hasar oluşması beklenmektedir.

# 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, betonarme perdelerin kesme kuvveti kapasitelerinin yeterliliği Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018 (TBDY-2018) esasları doğrultusunda araştırılmıştır. TBDY-2018'de perde tasarım kesme kuvvetinin hesabında yer alan dinamik büyütme katsayısının ve perde yüksekliği boyunca verilen kesme kuvveti diyagramının incelenmesi amacıyla taşıyıcı sistemi süneklik düzeyi yüksek çerçevelerden ve perdelerden oluşan betonarme binalarda doğrusal ve doğrusal olmayan analizler gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında seçilen parametreler binaların deprem davranışında önemli bir etkiye sahip olan bina yüksekliği ve yerel zemin sınıfı olmuştur. 10, 15 ve 20 katlı binaların tasarımı ZB, ZC ve ZD yerel zemin sınıfları dikkate alınarak Dayanıma Göre Tasarım (DGT) hesap esasları doğrultusunda gerçekleştirilmiştir. Mod birleştirme yöntemine göre (doğrusal analiz) tasarımı gerçekleştirilen binaların, zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri yapılmıştır. Doğrusal analizlerden elde edilen kesme kuvveti kapasiteleri ve doğrusal olmayan analizlerden elde edilen kesme kuvveti talepleri perde yüksekliği boyunca karşılaştırılmış ve elde edilen bulgular özetlenmiştir;

- 20 katlı binalarda perde kesme kuvveti taleplerinin kapasite değerlerini ZC ve ZD yerel zemin sınıfı için aştığı görülmüştür. Perde kapasiteleri ZC yerel zemin sınıfı için P1, P3 ve P4 perdelerinde; ZD yerel zemin sınıfı için P1, P2, P3 ve P4 perdelerinde aşılmıştır.
- 15 katlı binalarda perde kesme kuvveti taleplerinin kapasite değerlerini ZC ve ZD yerel zemin sınıfı için aştığı görülmüştür. Perde kapasiteleri ZC yerel zemin sınıfı için P3 ve P4 perdelerinde; ZD yerel zemin sınıfı için P1, P3 ve P4 perdelerinde aşılmıştır.
- Yerel zemin sınıfı sabit tutulduğunda, bina yüksekliği arttıkça perde elemanlarda kesme talebinin kapasiteye oranının artma eğiliminde olduğu görülmüştür. 20 ve 15 katlı binalarda kapasiteleri aşılan perdeler bulunurken 10 katlı binaların tümünde perde kapasiteleri talebi karşılamada yeterli olmuştur. Kesme talebinin kapasiteye en büyük oranı, 20 katlı binada bulunan P3 perdesinin tabanında ZD yerel zemin sınıfı için %113

olarak elde edilmiştir. 15 katlı binalarda talebin kapasiteye en büyük oranı P4 perdesinde ZD yerel zemin sınıfı için %109,3 olarak hesaplanmıştır.

- Zemin rijitliği arttıkça perde elemanlarda kesme talebinin kapasiteye oranının azalma eğiliminde olduğu görülmüştür. 20, 10 ve 15 katlı binalarda incelenen perdelerin tümünün tabanında en büyük talep/kapasite oranı ZD yerel zemin sınıfı için, en düşük talep/kapasite oranı ZB yerel zemin sınıfı için elde edilmiştir. ZC ve ZD yerel zemin sınıflarında kapasiteleri aşılan perdeler mevcut iken ZB yerel zemin sınıfı için incelenen binaların tümünde perde kapasiteleri talebi karşılamada yeterli olmuştur.
- 15 ve 20 katlı binalarda kesme talebinin, P4 perdesinin kapasitesini sadece tabanda değil aynı zamanda binanın üst katlarında da aştığı görülmüştür. 15 katlı binalarda P4 perdesinin en büyük talep/kapasite oranı ZC yerel zemin sınıfı için binanın 3. katında %103,2; ZD yerel zemin sınıfı için binanın 3. katında %109,3 olarak hesaplanmıştır. 20 katlı binalarda P4 perdesinin en büyük talep/kapasite oranı ZC yerel zemin sınıfı için binanın 3. katında %109,7; ZD yerel zemin sınıfı için binanın 4. katında %112,3 olarak bulunmuştur. Bu durum, perde tabanı ile birlikte perde yüksekliği boyunca da kesme kırılmasına karşı önlem alınması gerektiğini göstermektedir.
- Doğrusal olmayan analizlerden elde edilen göreli kat ötelemesi oranları, TBDY-2018'de belirtilen sınır değerler dikkate alınarak incelenmiştir; TBDY-2018'de 0,008 olarak verilen göreli kat ötelemesi sınırı 10, 15 ve 20 katlı binalarda ZC ve ZD yerel zemin sınıfları için aşılmıştır. İncelenen binaların göreli kat ötelemesi oranları, ZB yerel zemin sınıfı için 0,008 olarak verilen değerin altında kalmıştır. Binalarda yer alan perdelerde ZC ve ZD yerel zemin sınıfları için onarılamaz hasar oluşumu; ZB yerel zemin sınıfı için orta derecede hasar oluşumu mümkündür (Ghobarah, 2004).

Çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar; doğrusal analiz ile hesaplanan perde kesme kuvveti kapasitesinin, göreli olarak daha gerçekçi bir hesap yöntemi olduğu varsayılan doğrusal olmayan dinamik analiz ile elde edilen kesme kuvveti talebini karşılayamayabileceğini ve güvensiz tarafta kalınabileceğini göstermektedir. Bu doğrultuda, süneklik düzeyi yüksek betonarme perdelerin tasarım kesme kuvvetinin hesabı ve kesme kuvveti diyagramı için öneriler sunulmuştur. Sonuçlar, seçilen bina özellikleri ve yer ivme kayıtları için, dayanım fazlalığı katsayısının ve minimum yatay donatı oranının dikkate alınmasıyla hesaplanacak tasarım kesme kuvveti ile güvenli ve ekonomik bir tasarımın gerçekleştirilebileceğini işaret etmektedir.

Elde edilen sonuçlar ve güncellenen yöntemin uygunluğu, bu tez kapsamında sunulan örnek taşıyıcı sistemler ve seçilen deprem ivme kayıtları kapsamında değerlendirilmelidir. Bu çalışma, farklı kat planına ve taşıyıcı sistem konfigürasyonuna sahip çok katlı binalar için genişletilebilir ve farklı enkesit şekline sahip perdelerin ( I, T, L, U) etkisi incelenebilir.

## KAYNAKLAR


ABYYHY-1975, Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, *Bayındırlık ve İskân Bakanlığı*, Ankara, 1975.

ABYYHY-1998, Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, *Bayındırlık ve İskân Bakanlığı*, Ankara, 1998.

ACI 318M-14, Building Code Requirements for Structural Concrete, *American Concrete Institute*, Farmington Hills, 2014.

AFAD, Afet Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, https://tdth.afad.gov.tr/TDTH/main.xhtml, (Ziyaret tarihi: 24 Ocak 2019).

ASCE 7-05, Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures, *American Society of Civil Engineers*, Reston, 2005.

ASCE 7-10, Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures, *American Society of Civil Engineers*, Reston, 2010.

ATC-40, Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings, *Applied Technology Council*, California, 1996.

Aydınoğlu M.N., Deprem Katsayısından Performansa Göre Tasarıma: Bir Mühendisin Bakış Açısından Deprem Mühendisliğinin 40 Yılı, *İstanbul Bülten*, 2008, **97**, 10-29.

Beyer K., Simonini S., Constantin R., Rutenberg A., Seismic Shear Distribution Among Interconnected Cantilever Walls of Different Lengths, *Earthquake Enginnering & Structural Dynamics*, 2014, **43**(10), 1423-1441.

Blakeley R. W. G., Cooney R. C., Megget L. M., Seismic Shear Loading at Flexural Capacity in Cantilever Wall Structures, *Bulletin of the New Zealand National Society for Earthquake Engineering,* 1975, **8**(4), 278-290.

Boivin Y., Paultre P., Seismic Force Demand on Ductile Reinforced Concrete Shear Walls Subjected to Western North American Ground Motions: Part 1 - Parametric Study, *Canadian Journal of Civil Engineering*, 2012a, **39**(7), 723-737.

Boivin Y., Paultre P., Seismic Force Demand on Ductile Reinforced Concrete Shear Walls Subjected to Western North American Ground Motions: Part 2 – New Capacity Design Methods, *Canadian Journal of Civil Engineering*, 2012b, **39**(7), 738-750.

Calugaru V., Panagiotou M., Response of Tall Cantilever Wall Buildings to Strong Pulse Type Seismic Excitation, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 2011, **41**(9), 1301-1318.

Celep U. U., Dynamic Shear Amplification in Seismic Response of Structural Wall Systems, Doktora Tezi, Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, İstanbul, 2008, 214792.

Celep Z., Akkaya Y., Deprem Yüklerinin Karşılanmasında Betonarme Perdeler, *Türkiye Mühendislik Haberleri*, 1996, **386**, 44-51.

Celep Z., Kumbasar N., *Deprem Mühendisliğine Giriş*, Üçüncü Baskı, Beta Dağıtım, İstanbul, 2004.

Celep Z., Betonarme Sistemlerde Doğrusal Olmayan Davranış: Plastik mafsal Kabulü ve Çözümleme, *Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, İstanbul, Türkiye, 16-20 Ekim 2007.

Chaallal O., Gauthier D., Seismic Shear Demand on Wall Segments of Ductile Coupled Shear Walls, *Canadian Journal of Civil Engineering*, 2000, **27**(3), 506-522.

Chopra A. K., *Dynamics of Structures: Theory and Applications to Earthquake Engineering*, Prentice Hall, New Jersey, 1995.

CSA A23.3, Design of Concrete Structures, *Canadian Standards Association*, Ontario, 2004.

Darılmaz K., *Depreme Dayanıklı Betonarme Binaların Tasarımına Giriş*, Sage Yayıncılık, Ankara, 2012.

Darılmaz K., Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018'e Göre Tasarıma Kısa Bakış: Betonarme Sistemlerin Modellenmesi, Analizi ve Boyutlandırılması, http://www.imo.org.tr/resimler/dosya_ekler/c047eaa5e409ee3_ek.pdf?tipi=1&turu=X&sube=21, (Ziyaret tarihi: 8 Nisan 2019).

DBYBHY-2007, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, *Bayındırlık ve İskân Bakanlığı*, Ankara, 2007.

Derecho A., Corley W., Design Requirements for Structural Walls in Multistory Buildings, *Proceedings of the Eighth World Conference on Earthquake Engineering*, San Francisco, California, 1984.

Dezhdar E., Seismic Response of Cantilever Shear Wall Buildings, PhD Thesis, The University of British Columbia, The Faculty of Graduate Studies (Civil Engineering), Vancouver, 2012.

Döndüren M. S., Karaduman A., Deprem Bölgelerindeki Yüksek Katlı Betonarme Yapılarda Taşıyıcı Sistem Seçiminin Kesit Tesirlerine Etkisi, *Selçuk Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Teknik-Online Dergi*, 2010, **9**(2), 131-143.

Eberhard M. O., Sözen M. A., Behavior Based Method to Determine Design Shear in Earthquake-Resistant Walls, *Journal of Structural Engineering*, 1993, **119**(2), 619-640.

Eibl J., Keintzel E., Seismic Shear Forces in RC Cantilever Shear Walls, *Proceedings of Ninth World Conference on Earthquake Engineering*, Kyoto, Japan, 2-9 Ağustos 1988.

Ersoy U., Çıtıpıtıoğlu E., *Yüksek Yapıların Tasarımı ve Yapımında İzlenecek Temel İlkeler*, İnşaat Mühendisleri Odası Yayınları, İzmir, 1988.

Eurocode 8, Design of Structures for Earthquake Resistance - Part 1: General Rules, Seismic Actions and Rules for Buildings, *European Committee for Standardization*, Brussels, 2004.

Eyyubov C., *Binaların Depreme Dayanıklılığı*, Azerbaycan Devlet Yayınevi, Bakü, 1978.

ETABS v17 (Academic License), Integrated Building Design Software, Computers and Structures, Berkeley, California.

Fatemi H., Paultre P., Lamarche C. P., Experimental Evaluation of Inelastic Higher-Mode Effects on the Seismic Behavior of RC Structural Walls, *Journal of Structural Engineering*, 2020, **146**(4): 04020016.

FEMA-273, NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings, *Applied Technology Council*, Washington, 1997.

FEMA-274, NEHRP Commentary on the Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings, *Applied Technology Council*, Washington, 1997.

FEMA-450, NEHRP Recommended Provisions for Seismic Regulations for New Buildings and Other Structures, *Building Seismic Safety Council*, Washington, 2004.

Filiatrault A., D'aronco D., Tinawi R., Seismic Shear Demand of Ductile Cantilever Walls: A Canadian Code Perspective, *Canadian Journal of Civil Engineering*, 1994, **21**(3), 363-376.

Fischinger M., Rejec K., Isaković T., Modeling Inelastic Shear Response of RC Walls, *15th World Conference on Earthquake Engineering (15WCEE)*, Lisbon, Portugal, 24-28 September 2012.

Fox M. J., Sullivan T. J., Beyer K., Capacity Design of Coupled RC Walls, *Journal of Earthquake Engineering*, 2014, **18**(5), 735-758.

Ghorbanirenani I., Tremblay R., Léger P., Leclerc M., Shake Table Testing of Slender RC Shear Walls Subjected to Eastern North America Seismic Ground Motions, *Journal of Structural Engineering*, 2012, **138**(12), 1515-1529.

Guan H., Loo C. H., Flexural and Shear Failure Analysis of Reinforced Concrete Slabs and Flat Plates, *Advances in Structural Engineering*, **1**(1), 71-85.

ideCAD Statik v10 (Akademik Lisans), Betonarme ve Çelik Yapılar İçin Entegre Yazılım Çözümü, ideYAPI, İstanbul.

Jimenez F. J., Massone L. M., Experimental Seismic Shear Force Amplification in Scaled RC Cantilever Shear Walls With Base Irregularities, *Bulletin of Earthquake Engineering*, 2018, **16**, 4735-4760.

Kappos A. J., Antoniadis P. S., Evaluation and Suggestions for Improvement of Seismic Design Procedures for R/C Walls in Dual Systems, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics,* 2010, **40**(1), 35-53.

Kazaz İ, Gülkan P., Dynamic Shear Force Amplification in Regular Frame–Wall Systems, *The Structural Design of Tall and Special Buildings*, 2016, **25**(2), 112–135.

Khy K., Chintanapakdee C., Warnitchai P., Wijeyewickrema A. C., Modified Response Spectrum Analysis to Compute Shear Force in Tall RC Shear Wall Buildings, *Engineering Structures*, 2019, **180**(2019), 295-309.

Khy K., Chintanapakdee C., Evaluation of Seismic Shear Demands of RC Core Walls in Thailand Determined by RSA Procedure, *Engineering Journal,* 2017, **21**(2), 151-172.

Krawinkler H., Importance of Good Nonlinear Analysis, *The Structural Design of Tall and Special Buildings,* 2006, **15**(5), 515-531.

Lagaros N. D., Mitropoulou C. C., Papadrakakis M., Time History Seismic Analysis, Editors: Beer M., Kougioumtzoglou I. A., Patelli E., Au I. S., *Encyclopedia of Earthquake Engineering*, Springer, Berlin, Heidelberg, 1-19, 2013.

Leng K., Chintanapakdee C., Hayashikawa T., Seismic Shear Forces in Shear Walls of a Medium-Rise Building Designed By Response Spectrum Analysis, *Engineering Journal*, 2014, **18**(4), 73-95.

Loo C. H., Guan H., Cracking and Punching Shear Failure Analysis of RC Flat Plates, *Journal of Structural Engineering*, 1997a, **123**(10), 1321-1330.

Luu H., Léger P., Tremblay R., Seismic Demand of Moderately Ductile Reinforced Concrete Shear Walls Subjected to High-Frequency Ground Motions, *Canadian Journal of Civil Engineering*, 2014, **41**(2), 125-135.

Mander J. B., Priestley M. J. N., Park R., Observed Stress Strain Behavior of Confined Concrete, *Journal of Structural Engineering*, 1988, **114**(8), 1827-1849.

Mesa A. D. A., Dynamic Amplification of Seismic Moments and Shear Forces in Cantilever Walls, MSc Thesis, University of Pavia, Earthquake Engineering, Pavia, 2002.

Miao Z. W., Lu X. Z., Jiang J. J., Ye L. P., Nonlinear FE Model for RC Shear Walls Based on Multi-Layer Shell Element and Microplane Constitutive Model, *Computational Methods in Engineering & Science*, Springer, Berlin, Heidelberg, 405-411, 2006.

Morariu E., Isakovic T., Eser N., Fischinger M., Inelastic Shear Response of RC Coupled Structural Walls, *New Zealand Society for Earthquake Engineering (NZSEE) Conference*, New Zealand, 1-3 April 2016.

Munir A., Warnitchai P., The Cause of Unproportionately Large Higher Mode Contributions in the Inelastic Seismic Responses of High-Rise Core-Wall Buildings, *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, 2012, **41**(15), 2195-2214.

Murty C. V. R., Goswami R., Vijayanarayanan A.R., Mehta V.V., *Some Concepts in Earthquake Behaviour of Buildings*, Gujarat State Disaster Management Authority, Gandhinagar, 2012.

Najam F.A., Warnitchai P., A Modified Response Spectrum Analysis Procedure to Determine Nonlinear Seismic Demands of High-Rise Buildings With Shear Walls, *The Structural Design of Tall and Special Buildings*, 2017, **27**(1), 1-19.

NBCC-1990, National Building Code of Canada, *National Research Council of Canada*, Ottawa, 1990.

NBCC-2010, National Building Code of Canada, *National Research Council of Canada*, Ottawa, 2010.

NZS 3101-1995, The Design of Concrete Structures (Parts 1&2), *New Zealand Standard*, Wellington, 1995.

NZS 3101-2006, The Design of Concrete Structures (Parts 1&2), *New Zealand Standard*, Wellington, 2006.

NZS 4203-1975, Code of Practice for the General Structural Design and Design Loadings for Buildings, *New Zealand Standard*, Wellington, 1975.

Özer E., Kapasite Tasarım İlkesi ve Türk Deprem Yönetmeliği, *Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, İstanbul, 16-20 Ekim 2007.

Özmen H. B., İnel M., Bilgin H., Sargılı Beton Davranışının Betonarme Eleman ve Sistem Davranışına Etkisi, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 2007, **22**(2), 375-383.

Öztürk T., Binalarda Yatay Yükleri Taşıyan Betonarme Perdelerin Ön Boyutlarının Tayini, *III. Teknik Kongre*, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara, 15-16 Eylül 1997.

Panagiotou M., Restrepo J. I., Dual-Plastic Hinge Design Concept for Reducing Higher-Mode Effects on High-Rise Cantilever Wall Buildings, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics,* 2009, **38**(12), 1359-1380.

Panagiotou M., Restrepo J. I., Displacement-Based Method of Analysis for Regular Reinforced-Concrete Wall Buildings: Application to a Full-Scale 7-Story Building Slice Tested at UC–San Diego, *Journal of Structural Engineering*, 2011, **137**(6), 677-690.

Panneton M., Léger P., Tremblay R., Inelastic Analysis of a Reinforced Concrete Shear Wall Building According to the National Building Code of Canada 2005, *Canadian Journal of Civil Engineering*, 2006, **33**(7), 854-871.

Paulay T., Priestley M. J. N., *Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings*, John Wiley & Sons, New York, 1992.

PEER, Pacific Earthquake Engineering Research Center, PEER Ground Motion Database, https://ngawest2.berkeley.edu, (Ziyaret tarihi: 2 Ağustos 2017).

Pennucci D., Sullivan T. J., Calvi G. M., Inelastic Higher-Mode Response in Reinforced Concrete Wall Structures, *Earthquake Spectra*, 2015, **31**(3), 1493-1514.

Priestley, M. J. N., Does Capacity Design Do The Job? An Examination of Higher Mode Effects in Cantilever Walls, *Bulletin of the New Zealand Society for Earthquake Enginering*, 2003, **36**(4), 276-292.

Rad B.R., Seismic Shear Demand in High-Rise Concrete Walls, PhD Thesis, The University of British Columbia, The Faculty of Graduate Studies (Civil Engineering), Vancouver, 2009.

Rejec K., Isaković T., Fischinger M., Seismic Shear Force Magnification in RC Cantilever Structural Walls, Designed According to Eurocode 8, *Bulletin of Earthquake Engineering*, 2012, **10**(2), 567-586.

Rutenberg A., Nsieri E., The Seismic Shear Demand in Ductile Cantilever Wall Systems and the EC8 Provisions, *Bulletin of Earthquake Engineering*, 2006, **4**(1), 1-21.

Rutenberg A., Nsieri E., Levy R., Seismic Shear Demand On Ductile Cantilever Wall Systems in Multistorey Structures, *13th World Conference on Earthquake Engineering*, Vancouver, Canada, 1-6 August 2004.

Response-2000, Sectional Analysis Program, University of Toronto.

Sadeghian A., Seismic Deformations of Taller Reinforced Concrete Shear Walls Located in Eastern Canada, PhD Thesis, University of Montreal, Department of Civil, Geological and Mining Engineering, Montreal, 2018.

SAP2000 v21 (Academic License), Structural Analysis Software, Computers and Structures, Berkeley, California.

SeismoMatch version 2018 (Academic License), Earthquake Engineering Software Solutions, Seismosoft.

Somerville P. G., Smith N. F., Graves R. W., Abrahamson N. A., Modification of Empirical Strong Ground Motion Attenuation Relations to Include the Amplitude and Duration Effects of Rupture Directivity, *Seismological Research Letters*, 1997, **68**(1), 199-222.

Sucuoğlu H., New Improvements in the 2019 Building Earthquake Code of Turkey, *Turkish Journal of Earthquake Research*, 2019, **1**(1), 63-75.

Şahin H., Bina Tasarım Parametreleri Dikkate Alınarak Perde Kesme Kuvvet Tasarımına Farklı Bir Yaklaşım, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, 2015, 413266.

Takeda T., Sozen M. A., Nielsen N. N., Reinforced Concrete Response to Simulated Earthquakes, *Journal of the Structural Division*, 1970, **96**(12), 2557-2573.

Taranath B. S., *Reinforced Concrete Design of Tall Buildings*, Taylor & Francis Group, New York, 2010.

TBDY-2018, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, *Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı*, Ankara, 2018.

URL-1: http://www.imo.org.tr/resimler/ekutuphane/pdf/11082.pdf, (Ziyaret tarihi: 5 Nisan 2019).

URL-2: https://www.academia.edu/6853043/DESIGN_AND_CONSTRUCTION_OF_SHEAR_WALLS, (Ziyaret tarihi: 5 Nisan 2019).

Vuran E., Shear Migration and Dynamic Shear Amplification Effects on Seismic Response of Core Walls, *Bulletin of Earthquake Engineering*, 2018, **16**, 5003-5015.

XTRACT, Cross Sectional Analysis of Components, Imbsen Software System, Sacramento.

Yılmaz M.B., Perde-Çerçeve Betonarme Sistemlerde Deprem Etkisi Altında Doğrusal Olmayan Davranışın İncelenmesi, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2014, 564822.

## KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

Doran B., **Seçkin A.**, Soil-Pile Interaction Effects in Wharf Structures Under Lateral Loads, *Structural Engineering and Mechanics*, 2014, **51**(2): 267-276.

Doran B., Yüksel Y., Çakır C., Korkmaz Ş., **Seçkin A.**, Köroğlu M., Non-Linear Static Analysis of Vertical/Batter Pile-Wharf Structures, *The Twenty-second International Offshore and Polar Engineering Conference (ISOPE 2012)*, Rhodes, 17-22 June 2012.

Doran B., Yüksel Y., Çakır C., **Seçkin A.**, Köroğlu M., Korkmaz Ş., Düşey/Eğik Kazıklı İskele Yapılarının Doğrusal Olmayan Statik Çözümlemesi, *7. Kıyı Mühendisliği Sempozyumu*, Trabzon, 20-23 Kasım 2011.

Erdoğan H., Doran B., **Seçkin A.**, Akbaş B., Çelikoğlu Y., Bostan T., Seismic Performance and Retrofit Evaluation of an Existing Pile-Wharf Structure, *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 2017, **31**(6): 04017110.

**Seçkin A.**, Meydanlı Atalay H., Erdoğan H., Doran B., Akbaş B., Strain-Based Seismic Performance Evaluation of Prefabricated Structures, Editors: Kasimzade A.A., Safak E., Ventura C.E., Naeim F., Mukai Y., *Seismic Isolation, Structural Health Monitoring, and Performance Based Seismic Design in Earthquake Engineering*, Springer, Cham, eBook, 343-354, 2019.

**Seçkin A.**, Erdoğan H., Bayhan B., Doran B., A Study on Dynamic Amplification Factor in Shear Walls, *5. International Conference on Earthquake Engineering and Seismology (5ICEES)*, Ankara, 8-11 October 2019.

**Seçkin A.**, Erdoğan H., Bayhan B., Doran B., Investigation of Dynamic Shear Force Amplification in Reinforced Concrete Shear Walls Considering the Different Soil Classes of TEC-2018, *VI. International Earthquake Symposium (IESKO 2019)*, Kocaeli, 25-27 September 2019.

**Seçkin A.**, Meydanlı Atalay H., Erdoğan H., Doran B., Akbaş B., Strain-Based Seismic Performance Evaluation of Prefabricated Structures, *International Congress on Advanced Earthquake Resistant Structures (AERS 2016)*, Samsun, 24-28 October 2016.

**Seçkin A.**, Meydanlı Atalay H., Erdoğan H., Doran B., Akbaş B., Mevcut Endüstri Yapısının Birim Şekil Değiştirme Esaslı Performans Değerlendirmesi, *3. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı (3TDMSK),* İzmir, 14-16 Ekim 2015.

**Seçkin A.**, Temiz M.M., Meydanlı Atalay H., Erdoğan H., Tek Katlı Prefabrike Endüstri Yapılarının Performansı, *5. Uluslararası Deprem Sempozyumu*, Kocaeli, 10-12 Haziran 2015.

Temiz M.M., **Seçkin A.**, Meydanlı Atalay H., Erdoğan H., Tek Katlı Prefabrike Sanayi Yapısının Deprem Performansının Belirlenmesi ve Güçlendirilmesi, *5. Uluslararası Deprem Sempozyumu*, Kocaeli, 10-12 Haziran 2015.

## ÖZGEÇMİŞ

Ortaokul ve lise öğrenimini Çorlu Anadolu Lisesi'nde tamamladı. 2004 yılında girdiği Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nden 2009 yılında mezun oldu. Yüksek Lisans öğrenimini Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yapı Programı'nda 2010-2012 yılları arasında tamamladı. 2015 yılından beri Kocaeli Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak görev yapmaktadır.