

**ÇOK KATLI BETONARME YAPILARDA TAŞIYICI  
SİSTEM ETKİSİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
İnş. Müh. Melek IŞIK  
501051081**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 5 Mayıs 2008  
Tezin Savunulduğu Tarih : 10 Haziran 2008**

**Tez Danışmanı : Prof.Dr. Tülay AKSU ÖZKUL  
Diğer Jüri Üyeleri : Doç.Dr. İrfan COŞKUN (Y.T.Ü.)  
Doç.Dr. Kutlu DARILMAZ (İ.T.Ü.)**

**HAZİRAN 2008**

## ÖNSÖZ

‘Çok Katlı Betonarme Yapılarda Taşıyıcı Sistem Etkisi’ adlı çalışmayı içeren bu yüksek lisans tezini hazırlamam sırasında bilgi ve hoşgörü ile yardımlarını esirgemeyip yol gösteren değerli hocam Sayın Prof. Dr. Tülay AKSU ÖZKUL’ a teşekkürlerimi sunuyorum.

Bütün öğrenim hayatım boyunca bugüne gelmemde en büyük katkıyı sağlayan, bilgi ve tecrübeleri ile beni donatan bütün hocalarıma özellikle Selçuk Üniversitesi İnşaat Fakültesi ve İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi’nin değerli hocalarına saygılarımı sunuyorum. Çalışmalarım boyunca her zaman yanımda olup, bana ilgi ve sabırla destek veren Artı Proje Ltd. Şti. ekibine, özellikle Merih ÖZCAN ve Kemal Tunç GÖKÇE’ ye, ailemden uzakta geçirdiğim her an bana ailem gibi yakın olup, desteklerini esirgemeyen tüm arkadaşlarıma ve en zor anlarımda daima yanımda olan Elçin SATTAROV’ a gönülden teşekkür ediyorum.

Tüm hayatım boyunca olduğu gibi, yüksek lisans tezi çalışmam sırasında da benden her türlü maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, kararlarımda her zaman yanımda olan aileme sonsuz teşekkür ediyorum ve bu tezi aileme ithaf ediyorum.

Haziran 2008

Melek IŞIK

## İÇİNDEKİLER

|                                                                           |             |
|---------------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>KISALTMALAR</b>                                                        | <b>viii</b> |
| <b>TABLO LİSTESİ</b>                                                      | <b>ix</b>   |
| <b>ŞEKİL LİSTESİ</b>                                                      | <b>xii</b>  |
| <b>SEMBOL LİSTESİ</b>                                                     | <b>xvii</b> |
| <b>ÖZET</b>                                                               | <b>xx</b>   |
| <b>SUMMARY</b>                                                            | <b>xxii</b> |
| <br>                                                                      |             |
| <b>1. GİRİŞ</b>                                                           | <b>1</b>    |
| <br>                                                                      |             |
| <b>2. YÜKSEK BİNALARIN TARİHSEL GELİŞİMİ</b>                              | <b>6</b>    |
| 2.1. Dünyada Yüksek Binaların Tarihsel Gelişimi                           | 6           |
| 2.2. Türkiye'de Yüksek Binaların Tarihsel Gelişimi                        | 16          |
| <br>                                                                      |             |
| <b>3. BETONARME YÜKSEK BİNALARIN GELİŞMESİNE KATKIDA BULUNAN ETKENLER</b> | <b>24</b>   |
| 3.1. Yüksek Dayanımlı Beton ve Çelik Üretimi                              | 24          |
| 3.2. Yeni Tasarım Kavramlarının Gelişmesi                                 | 25          |
| 3.3. Yapım Teknolojisi ve Yöntemlerindeki İlerlemeler                     | 25          |
| 3.4. Betonarme Yapıdaki Gelişmeler                                        | 26          |
| 3.5. Ekonomideki Gelişmeler ve Prestij                                    | 27          |
| 3.6. Sosyal ve Kültürel Nedenler                                          | 28          |
| <br>                                                                      |             |
| <b>4. ŞEHİR PLANLAMASINDA YÜKSEK YAPILAR</b>                              | <b>29</b>   |
| <br>                                                                      |             |
| <b>5. TAŞIYICI SİSTEM TASARIMI</b>                                        | <b>32</b>   |
| 5.1. Çok Katlı Yapılarda Taşıyıcı Sistem Tasarımı                         | 37          |
| <br>                                                                      |             |
| <b>6. ÇOK KATLI YAPI TASARIMINDA TEKNOLOJİK ETKENLER</b>                  | <b>40</b>   |
| <br>                                                                      |             |
| <b>7. YAPILARA ETKİYEN YÜKLER</b>                                         | <b>44</b>   |
| 7.1. Düşey Yüklerin Aktarılması                                           | 45          |
| 7.1.1. Sabit (Ölü) yükler                                                 | 47          |
| 7.1.2. Hareketli yükler                                                   | 47          |
| 7.1.3. Kar, Yağmur ve buz yükleri                                         | 50          |
| 7.1.4. Konstrüksiyon yükleri                                              | 53          |
| 7.2. Yatay Yüklerin Aktarılması                                           | 53          |
| 7.2.1. Deprem yükleri                                                     | 55          |
| 7.2.2. Rüzgar yükü                                                        | 57          |
| 7.3. Özel Etkiler                                                         | 59          |
| 7.3.1. Malzemede hacim değişikliği nedeni ile olan yükler                 | 59          |
| 7.3.2. Çarpma ve dinamik yükler                                           | 59          |

|                                                                                                    |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 7.3.3. Patlama yükleri                                                                             | 59        |
| <b>8. TAŞIYICI SİSTEM ELEMANLARI</b>                                                               | <b>60</b> |
| 8.1. Döşemeler                                                                                     | 60        |
| 8.1.1. Kirişli plak döşemeler                                                                      | 60        |
| 8.1.2. Dişli döşemeler                                                                             | 62        |
| 8.1.3. Kirişsiz döşemeler                                                                          | 63        |
| 8.1.4. Kaset döşemeler                                                                             | 64        |
| 8.1.5. Asmolen döşemeler                                                                           | 64        |
| 8.2. Kirişler                                                                                      | 65        |
| 8.3. Kolonlar                                                                                      | 68        |
| 8.3.1. Normal kuvvet-moment karşılıklı etkileşim eğrileri                                          | 74        |
| 8.4. Perdeler                                                                                      | 76        |
| 8.5. Merdivenler                                                                                   | 77        |
| 8.5.1. Merdivenlere ilişkin genel bilgiler                                                         | 77        |
| 8.5.1.1 Merdiveni oluşturan bölümler                                                               | 77        |
| 8.5.1.2 Merdivenlerin sınıflandırılması                                                            | 78        |
| 8.5.2. Merdivenin kullanılma uygunluğunu sağlayan koşullar                                         | 79        |
| <b>9. BETONARME BİNALARDA SIKÇA RASTLANAN TASARIM HATALARI ve DİKKAT EDİLMESİ GEREKEN KURALLAR</b> | <b>83</b> |
| <b>10. BETONARME YÜKSEK YAPILARDA TAŞIYICI SİSTEMLER</b>                                           | <b>93</b> |
| 10.1. Yatay Yükleri Taşıyan Sistemler                                                              | 95        |
| 10.1.1. Çerçeve sistemler                                                                          | 95        |
| 10.1.1.1 Moment dayanımlı çerçeve ve çaprazlı çerçeve sistemler                                    | 96        |
| 10.1.1.2 Çerçeve çalışması                                                                         | 97        |
| 10.1.1.3 Çerçevelerin düzenlenmesi                                                                 | 98        |
| 10.1.1.4 Çerçeve sistemlerde malzeme ve yapım                                                      | 99        |
| 10.1.2. Perdeler                                                                                   | 101       |
| 10.1.2.1 Perde duvarların yapıda düzenlenmesi                                                      | 102       |
| 10.1.2.2 Perde duvarlı sistemin avantajları                                                        | 104       |
| 10.1.3. Çerçeve + perde duvarlı sistem                                                             | 105       |
| 10.1.4. Çekirdekli yapılar                                                                         | 107       |
| 10.1.4.1 Çekirdeğin yeri                                                                           | 107       |
| 10.1.4.2 Çekirdeğin biçimi                                                                         | 108       |
| 10.1.4.3 Çekirdeğin sayısı                                                                         | 109       |
| 10.1.4.4 Çekirdeğin düzenlenmesi                                                                   | 109       |
| 10.1.4.5 Çekirdeğin bina formuyla ilişkisi                                                         | 110       |
| 10.1.5. Tübüler sistemler                                                                          | 111       |
| 10.1.5.1 Boş tüp                                                                                   | 113       |
| 10.1.5.2 İç bağlantılı tüp                                                                         | 117       |

|                                                                                            |            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>11. DEPREME DAYANIKLI BETONARME YAPI TASARIMI</b>                                       | <b>122</b> |
| 11.1. Düzensiz Binalar                                                                     | 122        |
| 11.1.1. A- Planda düzensizlik durumları                                                    | 123        |
| 11.1.2. B- Düşey doğrultuda düzensizlik durumları                                          | 125        |
| 11.2. Elastik Deprem Yüklerinin Tanımlanması: Spektral İvme Katsayısı                      | 127        |
| 11.2.1. Etkin yer ivmesi katsayısı                                                         | 127        |
| 11.2.2. Bina önem katsayısı                                                                | 128        |
| 11.2.3. Spektrum katsayısı                                                                 | 129        |
| 11.2.4. Zemin grupları                                                                     | 130        |
| 11.2.5. Spektrum karakteristik periyotları ( $T_A$ , $T_B$ )                               | 131        |
| 11.3. Elastik Deprem Yüklerinin Azaltılması: Deprem Yükü Azaltma Katsayısı                 | 131        |
| 11.3.1. Taşıyıcı sistem davranış katsayısı ( $R$ )                                         | 131        |
| 11.4. Hesap Yönteminin Seçilmesi                                                           | 132        |
| 11.4.1. Eşdeğer deprem yükü yöntemi                                                        | 133        |
| 11.4.1.1 Katlara etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin belirlenmesi                            | 134        |
| 11.4.1.2 Gözönüne alınacak yerdeğiştirme bileşenleri ve deprem yüklerinin etkiye noktaları | 135        |
| 11.4.1.3 Eleman asal eksen doğrultularındaki iç kuvvetler                                  | 137        |
| 11.4.2. Mod birleştirme yöntemi                                                            | 137        |
| 11.4.2.1 İvme spektrumu                                                                    | 137        |
| 11.4.2.2 Gözönüne alınacak dinamik serbestlik dereceleri                                   | 137        |
| 11.4.2.3 Hesaba katılacak yeterli titreşim modu sayısı                                     | 137        |
| 11.4.2.4 Mod katkılarının birleştirilmesi                                                  | 139        |
| 11.4.2.5 Hesaplanan büyüklüklere ilişkin alt sınır değerleri                               | 139        |
| 11.4.3. Zaman tanım alanında hesap yöntemleri                                              | 140        |
| 11.4.3.1 Yapay deprem yer hareketleri                                                      | 140        |
| 11.4.3.2 Kaydedilmiş veya benzeştirilmiş deprem yer hareketleri                            | 140        |
| 11.4.3.3 Zaman tanım alanında hesap                                                        | 140        |
| 11.5. Göreli Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması ve İkinci Mertebe Etkileri               | 141        |
| 11.5.1. Etkin göreli kat ötelemelerinin hesaplanması ve sınırlandırılması                  | 141        |
| 11.5.2. İkinci mertebe etkileri                                                            | 142        |
| <b>12. BETONARME BİR YAPININ TASARIMI</b>                                                  | <b>145</b> |
| 12.1. Projelendirilen Yapı Hakkında Genel Bilgi                                            | 145        |
| 12.2. Sistem 1 Yapı Elemanlarına Ön Boyut Verilmesi                                        | 146        |
| 12.2.1. Döşeme elemanlarına ön boyut verilmesi                                             | 146        |
| 12.2.1.1 Döşeme yüklerinin tayini                                                          | 148        |
| 12.2.1.2 Döşeme donatı hesabı                                                              | 151        |
| 12.2.2. Kirişlerin ön boyutlandırılması                                                    | 157        |
| 12.2.3. Kolonların ön boyutlandırılması                                                    | 160        |
| 12.3. Merdiven Hesabı                                                                      | 183        |

|                                                                                                                 |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 12.3.1. 1. çözüm                                                                                                | 183        |
| 12.3.2. 2. çözüm                                                                                                | 187        |
| 12.3.3. 1. çözüm ve 2. çözümün karşılaştırılması                                                                | 194        |
| 12.4. Sap 2000 Programı ile Sistem 1'in Modellenmesi                                                            | 199        |
| 12.4.1. Analiz için kullanılan yöntem                                                                           | 200        |
| 12.4.1.1 Etkin yer ivmesi katsayısı                                                                             | 200        |
| 12.4.1.2 Bina önem katsayısı                                                                                    | 201        |
| 12.4.1.3 Tasarım ivme spektrum katsayısı                                                                        | 201        |
| 12.4.1.4 Deprem yükü azaltma katsayısı                                                                          | 201        |
| 12.4.1.5 Gözönüne alınacak dinamik serbestlik dereceleri                                                        | 203        |
| 12.4.1.6 Hesaba katılacak yeterli titreşim modu sayısı                                                          | 203        |
| 12.4.1.7 Mod katkılarının birleştirilmesi                                                                       | 204        |
| 12.4.2. Analiz sonucu elde edilen periyotlar                                                                    | 204        |
| 12.4.3. Binaya etkiyen toplam taban kesme kuvvetlerinin bulunması                                               | 209        |
| 12.4.3.1 X doğrultusunda toplam deprem yükünün bulunması                                                        | 210        |
| 12.4.3.2 Y doğrultusunda toplam deprem yükünün bulunması                                                        | 211        |
| 12.5. Sistem 1 İçin Düzensizlik Kontrolleri                                                                     | 212        |
| 12.5.1. A1 burulma düzensizliği kontrolü                                                                        | 212        |
| 12.5.2. B2 yumuşak kat düzensizliği kontrolü                                                                    | 214        |
| 12.5.3. Göreli kat ötelemeleri kontrolü                                                                         | 216        |
| 12.5.4. İkinci mertebe etkilerinin kontrolü                                                                     | 218        |
| 12.6. Sistem 1 İçin İç Kuvvetler                                                                                | 220        |
| 12.7. Sistem 1'in Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ile Hesabı                                                        | 223        |
| 12.7.1. Eşdeğer deprem yükü yöntemine göre kat kesme kuvvetleri                                                 | 223        |
| 12.7.2. Eşdeğer deprem yükü yöntemine göre düzensizliklerin kontrolü                                            | 225        |
| 12.7.2.1 A1 burulma düzensizliği kontrolü                                                                       | 225        |
| 12.7.2.2 B2 yumuşak kat düzensizliği kontrolü                                                                   | 227        |
| 12.7.2.3 Göreli kat ötelemeleri kontrolü                                                                        | 228        |
| 12.7.2.4 İkinci mertebe etkilerinin kontrolü                                                                    | 229        |
| 12.8. Sistem 1 İçin Mod Birleştirme Yöntemi ve Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi Hesap Sonuçlarının Karşılaştırılması | 230        |
| 12.8.1. A1 burulma düzensizliklerinin karşılaştırılması                                                         | 230        |
| 12.8.2. B2 yumuşak kat düzensizliklerinin karşılaştırılması                                                     | 232        |
| 12.8.3. Göreli kat ötelemelerinin karşılaştırılması                                                             | 234        |
| 12.8.4. İkinci mertebe etkilerinin karşılaştırılması                                                            | 235        |
| <b>13. SİSTEM 2'NİN HESABI ve SONUÇLARIN KARŞILAŞTIRILMASI</b>                                                  | <b>238</b> |
| 13.1. Gözönüne Alınacak Dinamik Serbestlik Dereceleri                                                           | 238        |
| 13.2. Sistem 2'nin Analizi                                                                                      | 240        |
| 13.3. Analiz Sonucu Elde Edilen Periyotlar                                                                      | 240        |
| 13.4. Binaya Etkiyen Toplam Taban Kesme Kuvvetlerinin Bulunması                                                 | 242        |

|                                                                      |            |
|----------------------------------------------------------------------|------------|
| 13.4.1. X doğrultusunda toplam deprem yükünün bulunması              | 242        |
| 13.4.2. Y doğrultusunda toplam deprem yükünün bulunması              | 243        |
| 13.5. Sistem 2 İçin Düzensizlik Kontrolleri                          | 244        |
| 13.5.1. A1 burulma düzensizliği kontrolü                             | 244        |
| 13.5.2. B2 yumuşak kat düzensizliği kontrolü                         | 246        |
| 13.5.3. Görelî kat ötelemelerinin kontrolü                           | 247        |
| 13.5.4. İkinci mertebe etkilerinin kontrolü                          | 249        |
| 13.6. Sistem 2 İçin İç Kuvvetler                                     | 250        |
| 13.7. Sistem 1 ve Sistem 2'nin Karşılaştırılması                     | 254        |
| 13.7.1. Periyotların karşılaştırılması                               | 254        |
| 13.7.2. Düzensizliklerin karşılaştırılması                           | 256        |
| 13.7.2.1 A1 burulma düzensizliği karşılaştırılması                   | 256        |
| 13.7.2.2 Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği karşılaştırılması  | 257        |
| 13.7.2.3 Görelî kat ötelemelerinin karşılaştırılması                 | 259        |
| 13.7.2.4 İkinci mertebe etkilerinin karşılaştırılması                | 260        |
| 13.7.3. İç kuvvetlerin karşılaştırılması                             | 262        |
| 13.7.3.1 S06-S02 kolonunun iç kuvvetler bakımından karşılaştırılması | 266        |
| 13.7.3.2 S09-S03 kolonunun iç kuvvetler bakımından karşılaştırılması | 268        |
| 13.7.3.3 S10-S04 kolonunun iç kuvvetler bakımından karşılaştırılması | 271        |
| 13.7.3.4 S11-S05 kolonunun iç kuvvetler bakımından karşılaştırılması | 274        |
| <b>14. SONUÇLAR VE ÖNERİLER</b>                                      | <b>277</b> |
| <b>KAYNAKLAR</b>                                                     | <b>284</b> |
| <b>ÖZGEÇMİŞ</b>                                                      | <b>286</b> |

## **KISALTMALAR**

|                    |                                                                                                         |
|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>TS-500</b>      | : Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları                                                          |
| <b>TS-498</b>      | : Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak<br>Yüklerin Hesap Değerleri                          |
| <b>SAP2000</b>     | : Structural Analysis Program 2000                                                                      |
| <b>TS ISO 9194</b> | : Yapıların Projelendirme Esasları-Taşıyıcı Olan ve Olmayan<br>Elemanlar Depolanmış Malzemeler-Yoğunluk |



## TABLO LİSTESİ

|                    | <u>Sayfa No</u>                                                                  |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Tablo 1.1</b>   | Dünyanın en yüksek binalarının sıralaması..... 4                                 |
| <b>Tablo 7.1</b>   | TS ISO 9194-1997 Ek A' dan bazı yoğunluklar..... 48                              |
| <b>Tablo 7.2</b>   | TS 498-1997' den bazı hareketli yükler..... 50                                   |
| <b>Tablo 7.3</b>   | Yapı yüksekliği - rüzgar hızı - dinamik basınç değerleri..... 59                 |
| <b>Tablo 8.1</b>   | Basamak yüksekliği..... 81                                                       |
| <b>Tablo 8.2</b>   | Basamak genişlikleri..... 81                                                     |
| <b>Tablo 8.3</b>   | Merdiven genişliği..... 82                                                       |
| <b>Tablo 11.1</b>  | Etkin yer ivmesi katsayısı..... 127                                              |
| <b>Tablo 11.2</b>  | Bina önem katsayısı..... 128                                                     |
| <b>Tablo 11.3</b>  | Zemin grupları..... 130                                                          |
| <b>Tablo 11.4</b>  | Yerel zemin sınıfları..... 130                                                   |
| <b>Tablo 11.5</b>  | Spektrum karakteristik periyotları..... 131                                      |
| <b>Tablo 11.6</b>  | Yerinde dökme betonarme binalar için taşıyıcı sistem davranış katsayısı..... 131 |
| <b>Tablo 11.7</b>  | Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabileceği binalar..... 132                 |
| <b>Tablo 11.8</b>  | Hareketli yük katılım katsayısı..... 134                                         |
| <b>Tablo 12.1</b>  | Döşeme ön boyutlandırılması..... 148                                             |
| <b>Tablo 12.2</b>  | Döşeme Yük Analizi..... 150                                                      |
| <b>Tablo 12.3</b>  | Döşeme açıklık donatı hesabı..... 154                                            |
| <b>Tablo 12.4</b>  | Döşeme mesnet donatısı hesabı..... 155                                           |
| <b>Tablo 12.5</b>  | Döşeme mesnet donatısı hesabı..... 156                                           |
| <b>Tablo 12.6</b>  | Kirişlerin ön boyutlandırılması..... 159                                         |
| <b>Tablo 12.7</b>  | 20. kat kolonları ön boyutlandırılması..... 163                                  |
| <b>Tablo 12.8</b>  | 19. kat kolonları ön boyutlandırılması..... 164                                  |
| <b>Tablo 12.9</b>  | 18. kat kolonları ön boyutlandırılması..... 165                                  |
| <b>Tablo 12.10</b> | 17. kat kolonları ön boyutlandırılması..... 166                                  |
| <b>Tablo 12.11</b> | 16. kat kolonları ön boyutlandırılması..... 167                                  |
| <b>Tablo 12.12</b> | 15. kat kolonları ön boyutlandırılması..... 168                                  |
| <b>Tablo 12.13</b> | 14. kat kolonları ön boyutlandırılması..... 169                                  |
| <b>Tablo 12.14</b> | 13. kat kolonları ön boyutlandırılması..... 170                                  |
| <b>Tablo 12.15</b> | 12. kat kolonları ön boyutlandırılması..... 171                                  |
| <b>Tablo 12.16</b> | 11. kat kolonları ön boyutlandırılması..... 172                                  |
| <b>Tablo 12.17</b> | 10. kat kolonları ön boyutlandırılması..... 173                                  |
| <b>Tablo 12.18</b> | 9. kat kolonları ön boyutlandırılması..... 174                                   |
| <b>Tablo 12.19</b> | 8. kat kolonları ön boyutlandırılması..... 175                                   |
| <b>Tablo 12.20</b> | 7. kat kolonları ön boyutlandırılması..... 176                                   |
| <b>Tablo 12.21</b> | 6. kat kolonları ön boyutlandırılması..... 177                                   |
| <b>Tablo 12.22</b> | 5. kat kolonları ön boyutlandırılması..... 178                                   |
| <b>Tablo 12.23</b> | 4. kat kolonları ön boyutlandırılması..... 179                                   |
| <b>Tablo 12.24</b> | 3. kat kolonları ön boyutlandırılması..... 180                                   |
| <b>Tablo 12.25</b> | 2. kat kolonları ön boyutlandırılması..... 181                                   |

|                    |                                                                                     |     |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Tablo 12.26</b> | 1. kat kolonları ön boyutlandırılması.....                                          | 182 |
| <b>Tablo 12.27</b> | 3 tarafı ankastre, bir uzun kenarı boşta olan plak için katsayılar..                | 192 |
| <b>Tablo 12.28</b> | 1. ve 2. çözümün karşılaştırılması.....                                             | 194 |
| <b>Tablo 12.29</b> | Yük sınıfları.....                                                                  | 199 |
| <b>Tablo 12.30</b> | Yük birleşimleri.....                                                               | 200 |
| <b>Tablo 12.31</b> | Yerel zemin sınıfı Z2 için Spektrum Katsayısı.....                                  | 202 |
| <b>Tablo 12.32</b> | Sistem 1 kat kütleleri.....                                                         | 203 |
| <b>Tablo 12.33</b> | Modal analiz sonucu 1. sistem için periyotlar.....                                  | 205 |
| <b>Tablo 12.34</b> | Sistem 1 burulma düzensizliği kontrolü (x yönü).....                                | 213 |
| <b>Tablo 12.35</b> | Sistem 1 burulma düzensizliği kontrolü (y yönü).....                                | 214 |
| <b>Tablo 12.36</b> | Sistem 1 yumuşak kat düzensizliği kontrolü (x yönü).....                            | 215 |
| <b>Tablo 12.37</b> | Sistem 1 yumuşak kat düzensizliği kontrolü (y yönü).....                            | 215 |
| <b>Tablo 12.38</b> | Sistem 1 x yönünde görel kat ötelemelerinin kontrolü.....                           | 217 |
| <b>Tablo 12.39</b> | Sistem 1 y yönünde görel kat ötelemelerinin kontrolü.....                           | 217 |
| <b>Tablo 12.40</b> | Sistem 1 ikinci mertebe etkilerinin kontrolü (x doğrultusu).....                    | 219 |
| <b>Tablo 12.41</b> | Sistem 1 ikinci mertebe etkilerinin kontrolü (y doğrultusu).....                    | 219 |
| <b>Tablo 12.42</b> | Sistem 1 S06, S09, S10, S11 kolonları için normal kuvvet değerleri.....             | 220 |
| <b>Tablo 12.43</b> | Sistem 1 S06, S09, S10, S11 kolonları için V2 değerleri.....                        | 221 |
| <b>Tablo 12.44</b> | Sistem 1 S06, S09, S10, S11 kolonları için V3 değerleri.....                        | 221 |
| <b>Tablo 12.45</b> | Sistem 1 S06, S09, S10, S11 kolonları için M3 değerleri.....                        | 222 |
| <b>Tablo 12.46</b> | Sistem 1 S06, S09, S10, S11 kolonları için M2 değerleri.....                        | 222 |
| <b>Tablo 12.47</b> | Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi yük sınıfları.....                                      | 223 |
| <b>Tablo 12.48</b> | Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi yük birleşimleri.....                                   | 223 |
| <b>Tablo 12.49</b> | Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi x yönünde katlara etkileyen deprem yüğü.....            | 224 |
| <b>Tablo 12.50</b> | Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi y yönünde katlara etkileyen deprem yüğü.....            | 224 |
| <b>Tablo 12.51</b> | Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi burulma düzensizliği kontrolü (x yönü).....             | 225 |
| <b>Tablo 12.52</b> | Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi burulma düzensizliği kontrolü (y yönü).....             | 226 |
| <b>Tablo 12.53</b> | Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi yumuşak kat düzensizliği kontrolü (x yönü).....         | 227 |
| <b>Tablo 12.54</b> | Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi yumuşak kat düzensizliği kontrolü (y yönü).....         | 227 |
| <b>Tablo 12.55</b> | Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi x yönünde görel kat ötelemelerinin kontrolü.....        | 228 |
| <b>Tablo 12.56</b> | Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi y yönünde görel kat ötelemelerinin kontrolü.....        | 229 |
| <b>Tablo 12.57</b> | Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ikinci mertebe etkilerinin kontrolü (x doğrultusu)..... | 229 |
| <b>Tablo 12.58</b> | Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ikinci mertebe etkilerinin kontrolü (y doğrultusu)..... | 230 |
| <b>Tablo 12.59</b> | Burulma düzensizliklerinin karşılaştırılması.....                                   | 231 |
| <b>Tablo 12.60</b> | Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği karşılaştırılması.....                     | 233 |
| <b>Tablo 12.61</b> | Görel kat ötelemelerinin karşılaştırılması.....                                     | 234 |
| <b>Tablo 12.62</b> | İkinci mertebe etkilerinin karşılaştırılması.....                                   | 236 |
| <b>Tablo 13.1</b>  | Sistem 2 kat kütleleri.....                                                         | 238 |
| <b>Tablo 13.2</b>  | Modal analiz sonucu sistem 2 periyotları.....                                       | 240 |

|                    |                                                                                      |     |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Tablo 13.3</b>  | Sistem 2 burulma düzensizliği kontrolü (x yönü).....                                 | 245 |
| <b>Tablo 13.4</b>  | Sistem 2 burulma düzensizliği kontrolü (y yönü).....                                 | 245 |
| <b>Tablo 13.5</b>  | Sistem 2 yumuşak kat düzensizliği kontrolü (x yönü).....                             | 246 |
| <b>Tablo 13.6</b>  | Sistem 2 yumuşak kat düzensizliği kontrolü (y yönü).....                             | 247 |
| <b>Tablo 13.7</b>  | Sistem 2 x yönünde görel kat ötelemelerinin kontrolü.....                            | 248 |
| <b>Tablo 13.8</b>  | Sistem 2 y yönünde görel kat ötelemelerinin kontrolü.....                            | 248 |
| <b>Tablo 13.9</b>  | Sistem 2 ikinci mertebe etkilerinin kontrolü (x doğrultusu).....                     | 249 |
| <b>Tablo 13.10</b> | Sistem 2 ikinci mertebe etkilerinin kontrolü (y doğrultusu).....                     | 250 |
| <b>Tablo 13.11</b> | Sistem 2 S02, S03, S04, S05 kolonları için normal kuvvet değerleri.....              | 251 |
| <b>Tablo 13.12</b> | Sistem 2 S02, S03, S04, S05 kolonları için V2 değerleri.....                         | 251 |
| <b>Tablo 13.13</b> | Sistem 2 S02, S03, S04, S05 kolonları için V3 değerleri.....                         | 252 |
| <b>Tablo 13.14</b> | Sistem 2 S02, S03, S04, S05 kolonları için M2 değerleri.....                         | 252 |
| <b>Tablo 13.15</b> | Sistem 2 S02, S03, S04, S05 kolonları için M3 değerleri.....                         | 253 |
| <b>Tablo 13.16</b> | Sistem 1 ve sistem 2 periyotların karşılaştırılması.....                             | 254 |
| <b>Tablo 13.17</b> | Sistem 1 ve sistem 2 burulma düzensizliklerinin karşılaştırılması.....               | 256 |
| <b>Tablo 13.18</b> | Sistem 1 ve sistem 2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği karşılaştırılması..... | 258 |
| <b>Tablo 13.19</b> | Sistem 1 ve sistem 2 görel kat ötelemelerinin karşılaştırılması..                    | 259 |
| <b>Tablo 13.20</b> | Sistem 1 ve sistem 2 ikinci mertebe etkilerinin karşılaştırılması.                   | 261 |
| <b>Tablo 13.21</b> | Kolonlar için normal kuvvet değerleri.....                                           | 262 |
| <b>Tablo 13.22</b> | Kolonlar için V2 değerleri.....                                                      | 263 |
| <b>Tablo 13.23</b> | Kolonlar için V3 değerleri.....                                                      | 263 |
| <b>Tablo 13.24</b> | Sistem 1 M2 değerleri.....                                                           | 264 |
| <b>Tablo 13.25</b> | Sistem 2 M2 değerleri.....                                                           | 264 |
| <b>Tablo 13.26</b> | Sistem 1 M3 değerleri.....                                                           | 265 |
| <b>Tablo 13.27</b> | Sistem 2 M3 değerleri.....                                                           | 265 |

## ŞEKİL LİSTESİ

|                                                                              | <u>Sayfa No</u> |
|------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Şekil 1.1 : Dünyada yüksek binaların yoğun olduğu merkezler.....             | 1               |
| Şekil 1.2 : Yüksek binaların yapımının yıllara göre dağılımı.....            | 3               |
| Şekil 1.3 : Yüksek binalarda kullanılan taşıyıcı sistem malzemesi.....       | 3               |
| Şekil 1.4 : Yapımı tamamlanmış en yüksek bina sıralaması.....                | 5               |
| Şekil 2.1 : Babil Kulesi.....                                                | 7               |
| Şekil 2.2 : Cheops Piramidi.....                                             | 7               |
| Şekil 2.3 : Home Insurance Building.....                                     | 8               |
| Şekil 2.4 : Empire State Building.....                                       | 11              |
| Şekil 2.5 : Sears Towers.....                                                | 13              |
| Şekil 2.6 : World Trade Center.....                                          | 13              |
| Şekil 2.7 : Petronas Towers.....                                             | 14              |
| Şekil 2.8 : Dünyanın yapılmış en yüksek gökdeleni, Taipei 101.....           | 15              |
| Şekil 2.9 : Selimiye Cami.....                                               | 16              |
| Şekil 2.10 : Mersin Mertim Tower.....                                        | 19              |
| Şekil 2.11 : Sabancı Kuleleri.....                                           | 20              |
| Şekil 2.12 : İş Kuleleri.....                                                | 21              |
| Şekil 2.13 : Tekfen Tower.....                                               | 22              |
| Şekil 2.14 : Yapılması planlanan burgulu kuleler.....                        | 23              |
| Şekil 5.1 : Yapının devrilmesi.....                                          | 34              |
| Şekil 5.2 : Yatay kuvvetlerin yüksekliğe oranla artışı.....                  | 37              |
| Şekil 5.3 : Binaların yatay kuvvetler karşısında davranışı.....              | 38              |
| Şekil 6.1 : Deprem yükleri açısından olumlu ve olumsuz yapı formları.....    | 41              |
| Şekil 7.1 : Sabit ve hareketli yükün zamana bağlı değişimi.....              | 49              |
| Şekil 7.2 : Düzgün yayılı büro yükü.....                                     | 49              |
| Şekil 7.3 : Eğimli çatıdaki yük.....                                         | 51              |
| Şekil 7.4 : Kar yoğunluğunun değişken değerleri.....                         | 52              |
| Şekil 7.5 : Aşırı kar kalınlığı.....                                         | 52              |
| Şekil 7.6 : Yüzme havuzu çökmeden önce.....                                  | 53              |
| Şekil 7.7 : Yüzme havuzu çökmeden sonra.....                                 | 53              |
| Şekil 7.8 : Sears Towers.....                                                | 55              |
| Şekil 7.9 : Rüzgar hızının yükseklikle değişimi.....                         | 58              |
| Şekil 8.1 : Kirişli plak döşeme.....                                         | 61              |
| Şekil 8.2 : Kirişli plak döşeme.....                                         | 61              |
| Şekil 8.3 : Dişli döşeme.....                                                | 62              |
| Şekil 8.4 : Dişli döşeme.....                                                | 63              |
| Şekil 8.5 : Kirişsiz döşeme.....                                             | 63              |
| Şekil 8.6 : Kaset döşeme.....                                                | 64              |
| Şekil 8.7 : Asmolen döşeme.....                                              | 64              |
| Şekil 8.8 : Tablalı kesitler.....                                            | 65              |
| Şekil 8.9 : Basit eğilme etkisindeki kirişlerde moment-eğrilik ilişkisi..... | 67              |
| Şekil 8.10 : Kolon kesit tipleri.....                                        | 68              |

|             |                                                                   |     |
|-------------|-------------------------------------------------------------------|-----|
| Şekil 8.11  | : Bileşik eğilme etkisindeki kesitlerde N-M- $\phi$ ilişkisi..... | 69  |
| Şekil 8.12  | : Kolon kuvvetleri.....                                           | 70  |
| Şekil 8.13  | : Kolon donatıları.....                                           | 70  |
| Şekil 8.14  | : Normal kuvvet, deformasyon ve gerilme.....                      | 71  |
| Şekil 8.15  | : X eksenli etrafında moment.....                                 | 71  |
| Şekil 8.16  | : Y eksenli etrafında moment.....                                 | 72  |
| Şekil 8.17  | : Normal kuvvet ve x eksenli etrafında moment.....                | 72  |
| Şekil 8.18  | : Normal kuvvet ve y eksenli etrafında moment.....                | 73  |
| Şekil 8.19  | : Normal kuvvet ve iki eksenli eğilme.....                        | 73  |
| Şekil 8.20  | : Normal kuvvet-moment karşılıklı etkileşim eğrileri.....         | 75  |
| Şekil 8.21  | : Perdelerde güç tükenmesi durumları.....                         | 76  |
| Şekil 8.22  | : Tipik merdiven elemanları.....                                  | 80  |
| Şekil 10.1  | : ABD mevcut betonarme yapı kat sayıları.....                     | 94  |
| Şekil 10.2  | : Betonarme binalar için taşıyıcı sistemler.....                  | 94  |
| Şekil 10.3  | : Rijit çerçeve.....                                              | 96  |
| Şekil 10.4  | : Yatay yük altında moment dayanımlı çerçevenin deformasyonu..... | 97  |
| Şekil 10.5  | : İç ve dış çerçeveler.....                                       | 98  |
| Şekil 10.6  | : Rijit çerçeve sistemler.....                                    | 100 |
| Şekil 10.7  | : Perde sistem örneği.....                                        | 101 |
| Şekil 10.8  | : Boşluklu perde.....                                             | 102 |
| Şekil 10.9  | : Açık perde sistemler.....                                       | 103 |
| Şekil 10.10 | : Kapalı perde sistemler.....                                     | 103 |
| Şekil 10.11 | : Perde duvarların yapı içindeki düzenleri.....                   | 104 |
| Şekil 10.12 | : Rijit çerçeveli ve perde duvarlı sistem.....                    | 105 |
| Şekil 10.13 | : Perde ve çerçeveli sistemlerin şekil değiştirme modları.....    | 106 |
| Şekil 10.14 | : Çekirdeğin yeri.....                                            | 108 |
| Şekil 10.15 | : Çekirdeğin biçimi.....                                          | 109 |
| Şekil 10.16 | : Çekirdeğin sayısı.....                                          | 109 |
| Şekil 10.17 | : Çekirdeğin düzenlenmesi.....                                    | 109 |
| Şekil 10.18 | : Çekirdeğin düzenlenmesi.....                                    | 110 |
| Şekil 10.19 | : Çekirdeğin bina formuyla ilişkisi.....                          | 110 |
| Şekil 10.20 | : Tüp sistem örneği.....                                          | 111 |
| Şekil 10.21 | : Tüp sistemler.....                                              | 112 |
| Şekil 10.22 | : Çerçeveli tüp sistem yapıda shear lag etkileri.....             | 114 |
| Şekil 10.23 | : Çerçeveli tüp davranışı.....                                    | 115 |
| Şekil 10.24 | : Paralel perde duvarlı tüp.....                                  | 117 |
| Şekil 10.25 | : Tüp içinde tüp sistem örneği.....                               | 118 |
| Şekil 10.26 | : Çeşitli modüler tüpler.....                                     | 120 |
| Şekil 10.27 | : Demet tüp taşıyıcı sistem plan ve görünüşü.....                 | 121 |
| Şekil 11.1  | : Betonarme yük-şekil değiştirme diyagramı.....                   | 122 |
| Şekil 11.2  | : Burulma düzensizliği.....                                       | 123 |
| Şekil 11.3  | : A2 türü düzensizlik durumu.....                                 | 124 |
| Şekil 11.4  | : A3 türü düzensizlik durumu.....                                 | 125 |
| Şekil 11.5  | : Düşey eleman süreksizliği.....                                  | 126 |
| Şekil 11.6  | : Spektrum eğrisi.....                                            | 129 |
| Şekil 11.7  | : Eşdeğer deprem kuvvetleri.....                                  | 133 |
| Şekil 11.8  | : Bodrum perdesi olması durumunda eşdeğer deprem kuvvetleri.....  | 136 |
| Şekil 11.9  | : Deprem kuvvetlerinin dışmerkezliliği.....                       | 136 |
| Şekil 12.1  | : Sistem 1 bodrum kat kalıp planı.....                            | 143 |

|                                                                                                                                                            |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Şekil 12.2</b> : Sistem 1 zemin ve normal kat kalıp planı.....                                                                                          | 144 |
| <b>Şekil 12.3</b> : Mesnette moment dengelenmesi.....                                                                                                      | 152 |
| <b>Şekil 12.4</b> : Tablalı kiriş kesit boyutları.....                                                                                                     | 158 |
| <b>Şekil 12.5</b> : Merdiven plan ve kesiti.....                                                                                                           | 183 |
| <b>Şekil 12.6</b> : 1. çözüm merdiven donatı yerleşimi.....                                                                                                | 186 |
| <b>Şekil 12.7</b> : Merdiven plan ve kesiti.....                                                                                                           | 187 |
| <b>Şekil 12.8</b> : Statik sistem.....                                                                                                                     | 189 |
| <b>Şekil 12.9</b> : Kat sahanlığı planı.....                                                                                                               | 191 |
| <b>Şekil 12.10</b> : 2. çözüm merdiven donatı yerleşimi.....                                                                                               | 194 |
| <b>Şekil 12.11</b> : Sap2000 programı ile modellenen sistem 1'in 3 boyutlu<br>görünümü.....                                                                | 195 |
| <b>Şekil 12.12</b> : Sap2000 programı ile modellenen sistem 1'in x – z düzleminde<br>görünümleri.....                                                      | 196 |
| <b>Şekil 12.13</b> : Sap2000 programı ile modellenen sistem 1'in y – z düzleminde<br>görünümleri.....                                                      | 197 |
| <b>Şekil 12.14</b> : Sap2000 programı ile modellenen sistem 1'in x – y düzleminde<br>görünümü.....                                                         | 198 |
| <b>Şekil 12.15</b> : Sap2000 analizi sonucu sistem 1 için elde edilen x<br>doğrultusundaki mod şekli.....                                                  | 207 |
| <b>Şekil 12.16</b> : Sap2000 analizi sonucu sistem 1 için elde edilen y<br>doğrultusundaki 3 boyutlu mod şekli.....                                        | 208 |
| <b>Şekil 12.17</b> : Sistem 1 için Mod Birleştirme Yöntemi ve Eşdeğer Deprem Yüğü<br>Yöntemi'nde x yönü burulma düzensizliği karşılaştırması.....          | 231 |
| <b>Şekil 12.18</b> : Sistem 1 için Mod Birleştirme Yöntemi ve Eşdeğer Deprem Yüğü<br>Yöntemi'nde y yönü burulma düzensizliği karşılaştırması.....          | 232 |
| <b>Şekil 12.19</b> : Sistem 1 için Mod Birleştirme Yöntemi ve Eşdeğer Deprem Yüğü<br>Yöntemi'nde x yönü rijitlik düzensizliği karşılaştırması.....         | 233 |
| <b>Şekil 12.20</b> : Sistem 1 için Mod Birleştirme Yöntemi ve Eşdeğer Deprem Yüğü<br>Yöntemi'nde y yönü rijitlik düzensizliği karşılaştırması.....         | 234 |
| <b>Şekil 12.21</b> : Sistem 1 için Mod Birleştirme Yöntemi ve Eşdeğer Deprem Yüğü<br>Yöntemi'nde x yönü görel kat ötelemesi karşılaştırması.....           | 235 |
| <b>Şekil 12.22</b> : Sistem 1 için Mod Birleştirme Yöntemi ve Eşdeğer Deprem Yüğü<br>Yöntemi'nde y yönü görel kat ötelemesi karşılaştırması.....           | 235 |
| <b>Şekil 12.23</b> : Sistem 1 için Mod Birleştirme Yöntemi ve Eşdeğer Deprem Yüğü<br>Yöntemi'nde x yönü ikinci mertebe etkilerinin<br>karşılaştırması..... | 236 |
| <b>Şekil 12.24</b> : Sistem 1 için Mod Birleştirme Yöntemi ve Eşdeğer Deprem Yüğü<br>Yöntemi'nde y yönü ikinci mertebe etkilerinin<br>karşılaştırması..... | 237 |
| <b>Şekil 13.1</b> : Sistem 2 normal kat planı.....                                                                                                         | 239 |
| <b>Şekil 13.2</b> : Sistem 1 ve sistem 2 Mod Birleştirme Yöntemi ile periyotların<br>karşılaştırılması.....                                                | 255 |
| <b>Şekil 13.3</b> : Sistem 1 ve sistem 2 Mod Birleştirme Yöntemi x yönü burulma<br>düzensizliği karşılaştırması.....                                       | 257 |
| <b>Şekil 13.4</b> : Sistem 1 ve sistem 2 Mod Birleştirme Yöntemi y yönü burulma<br>düzensizliği karşılaştırması.....                                       | 257 |
| <b>Şekil 13.5</b> : Sistem 1 ve sistem 2 Mod Birleştirme Yöntemi x yönü rijitlik<br>düzensizliği karşılaştırması.....                                      | 258 |
| <b>Şekil 13.6</b> : Sistem 1 ve sistem 2 Mod Birleştirme Yöntemi y yönü rijitlik                                                                           |     |

|                                                                                                                                     |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| düzensizliği karşılaştırması.....                                                                                                   | 259 |
| <b>Şekil 13.7</b> : Sistem 1 ve sistem 2 Mod Birleştirme Yöntemi x yönü görelî kat ötelemeleri karşılaştırması.....                 | 260 |
| <b>Şekil 13.8</b> : Sistem 1 ve sistem 2 Mod Birleştirme Yöntemi y yönü görelî kat ötelemeleri karşılaştırması.....                 | 260 |
| <b>Şekil 13.9</b> : Sistem 1 ve sistem 2 Mod Birleştirme Yöntemi x yönü ikinci mertebe etkilerinin karşılaştırması.....             | 261 |
| <b>Şekil 13.10</b> : Sistem 1 ve sistem 2 Mod Birleştirme Yöntemi y yönü ikinci mertebe etkilerinin karşılaştırması.....            | 262 |
| <b>Şekil 13.11</b> : Sistem 1 ve sistem 2 Mod Birleştirme Yöntemi S06-S02 kolonları normal kuvvet karşılaştırma grafiğı.....        | 266 |
| <b>Şekil 13.12</b> : Sistem 1 ve sistem 2 Mod Birleştirme Yöntemi S06-S02 kolonları kesme kuvveti(V2) karşılaştırma grafiğı.....    | 266 |
| <b>Şekil 13.13</b> : Sistem 1 ve sistem 2 Mod Birleştirme Yöntemi S06-S02 kolonları kesme kuvveti(V3) karşılaştırma grafiğı.....    | 266 |
| <b>Şekil 13.14</b> : Sistem 1 ve sistem 2 Mod Birleştirme Yöntemi S06-S02 kolonları kolon alt moment(M2) karşılaştırma grafiğı..... | 267 |
| <b>Şekil 13.15</b> : Sistem 1 ve sistem 2 Mod Birleştirme Yöntemi S06-S02 kolonları kolon üst moment(M2) karşılaştırma grafiğı..... | 267 |
| <b>Şekil 13.16</b> : Sistem 1 ve sistem 2 Mod Birleştirme Yöntemi S06-S02 kolonları kolon alt moment(M3) karşılaştırma grafiğı..... | 267 |
| <b>Şekil 13.17</b> : Sistem 1 ve sistem 2 Mod Birleştirme Yöntemi S06-S02 kolonları kolon üst moment(M3) karşılaştırma grafiğı..... | 268 |
| <b>Şekil 13.18</b> : Sistem 1 ve sistem 2 Mod Birleştirme Yöntemi S09-S03 kolonları normal kuvvet karşılaştırma grafiğı.....        | 268 |
| <b>Şekil 13.19</b> : Sistem 1 ve sistem 2 Mod Birleştirme Yöntemi S09-S03 kolonları kesme kuvveti(V2) karşılaştırma grafiğı.....    | 269 |
| <b>Şekil 13.20</b> : Sistem 1 ve sistem 2 Mod Birleştirme Yöntemi S09-S03 kolonları kesme kuvveti(V3) karşılaştırma grafiğı.....    | 269 |
| <b>Şekil 13.21</b> : Sistem 1 ve sistem 2 Mod Birleştirme Yöntemi S09-S03 kolonları kolon alt moment(M2) karşılaştırma grafiğı..... | 269 |
| <b>Şekil 13.22</b> : Sistem 1 ve sistem 2 Mod Birleştirme Yöntemi S09-S03 kolonları kolon üst moment(M2) karşılaştırma grafiğı..... | 270 |
| <b>Şekil 13.23</b> : Sistem 1 ve sistem 2 Mod Birleştirme Yöntemi S09-S03 kolonları kolon alt moment(M3) karşılaştırma grafiğı..... | 270 |
| <b>Şekil 13.24</b> : Sistem 1 ve sistem 2 Mod Birleştirme Yöntemi S09-S03 kolonları kolon üst moment(M3) karşılaştırma grafiğı..... | 270 |
| <b>Şekil 13.25</b> : Sistem 1 ve sistem 2 Mod Birleştirme Yöntemi S10-S04 kolonları normal kuvvet karşılaştırma grafiğı.....        | 271 |
| <b>Şekil 13.26</b> : Sistem 1 ve sistem 2 Mod Birleştirme Yöntemi S10-S04 kolonları kesme kuvveti(V2) karşılaştırma grafiğı.....    | 271 |
| <b>Şekil 13.27</b> : Sistem 1 ve sistem 2 Mod Birleştirme Yöntemi S10-S04 kolonları kesme kuvveti(V3) karşılaştırma grafiğı.....    | 272 |
| <b>Şekil 13.28</b> : Sistem 1 ve sistem 2 Mod Birleştirme Yöntemi S10-S04 kolonları kolon alt moment(M2) karşılaştırma grafiğı..... | 272 |
| <b>Şekil 13.29</b> : Sistem 1 ve sistem 2 Mod Birleştirme Yöntemi S10-S04 kolonları kolon üst moment(M2) karşılaştırma grafiğı..... | 272 |
| <b>Şekil 13.30</b> : Sistem 1 ve sistem 2 Mod Birleştirme Yöntemi S10-S04 kolonları kolon alt moment(M3) karşılaştırma grafiğı..... | 273 |
| <b>Şekil 13.31</b> : Sistem 1 ve sistem 2 Mod Birleştirme Yöntemi S10-S04 kolonları                                                 |     |

|                                                                                                                                       |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| kolon üst moment(M3) karşılaştırma grafiği.....                                                                                       | 273 |
| <b>Şekil 13.32:</b> Sistem 1 ve sistem 2 Mod Birleştirme Yöntemi S11-S05 kolonları<br>normal kuvvet karşılaştırma grafiği.....        | 274 |
| <b>Şekil 13.33:</b> Sistem 1 ve sistem 2 Mod Birleştirme Yöntemi S11-S05 kolonları<br>kesme kuvveti(V2) karşılaştırma grafiği.....    | 274 |
| <b>Şekil 13.34:</b> Sistem 1 ve sistem 2 Mod Birleştirme Yöntemi S11-S05 kolonları<br>kesme kuvveti(V3) karşılaştırma grafiği.....    | 274 |
| <b>Şekil 13.35:</b> Sistem 1 ve sistem 2 Mod Birleştirme Yöntemi S11-S05 kolonları<br>kolon alt moment(M2) karşılaştırma grafiği..... | 275 |
| <b>Şekil 13.36:</b> Sistem 1 ve sistem 2 Mod Birleştirme Yöntemi S11-S05 kolonları<br>kolon üst moment(M2) karşılaştırma grafiği..... | 275 |
| <b>Şekil 13.37:</b> Sistem 1 ve sistem 2 Mod Birleştirme Yöntemi S11-S05 kolonları<br>kolon alt moment(M3) karşılaştırma grafiği..... | 275 |
| <b>Şekil 13.38:</b> Sistem 1 ve sistem 2 Mod Birleştirme Yöntemi S11-S05 kolonları<br>kolon üst moment(M3) karşılaştırma grafiği..... | 276 |



## SEMBOL LİSTESİ

|                       |                                                                                                                                                                                                             |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>A</b>              | : Brüt kat alanı                                                                                                                                                                                            |
| <b>A<sub>b</sub></b>  | : Boşluk alanları toplamı                                                                                                                                                                                   |
| <b>A<sub>c</sub></b>  | : Gövde kesiti beton alanı                                                                                                                                                                                  |
| <b>A(T)</b>           | : Spektral İvme Katsayısı                                                                                                                                                                                   |
| <b>A<sub>0</sub></b>  | : Etkin Yer İvmesi Katsayısı                                                                                                                                                                                |
| <b>a</b>              | : Basamak genişliği                                                                                                                                                                                         |
| <b>B<sub>a</sub></b>  | : Taşıyıcı sistem elemanının a asal eksenini doğrultusunda tasarıma esas iç kuvvet büyüklüğü                                                                                                                |
| <b>B<sub>ax</sub></b> | : Taşıyıcı sistem elemanının a asal eksenini doğrultusunda, x doğrultusundaki depremde oluşan iç kuvvet büyüklüğü                                                                                           |
| <b>B<sub>ay</sub></b> | : Taşıyıcı sistem elemanının a asal eksenini doğrultusunda, x' e dik y doğrultusundaki depremde oluşan iç kuvvet büyüklüğü                                                                                  |
| <b>B<sub>b</sub></b>  | : Taşıyıcı sistem elemanının b asal eksenini doğrultusunda tasarıma esas iç kuvvet büyüklüğü                                                                                                                |
| <b>B<sub>bx</sub></b> | : Taşıyıcı sistem elemanının b asal eksenini doğrultusunda, x doğrultusundaki depremde oluşan iç kuvvet büyüklüğü                                                                                           |
| <b>B<sub>by</sub></b> | : Taşıyıcı sistem elemanının b asal eksenini doğrultusunda, x' e dik y doğrultusundaki depremde oluşan iç kuvvet büyüklüğü                                                                                  |
| <b>B<sub>B</sub></b>  | : Mod Birleştirme Yöntemi'nde mod katkılarının birleştirilmesi ile bulunan herhangi bir büyüklük                                                                                                            |
| <b>B<sub>D</sub></b>  | : B <sub>B</sub> büyüklüğüne ait büyütülmüş değer                                                                                                                                                           |
| <b>b</b>              | : Merdiven kolu genişliği                                                                                                                                                                                   |
| <b>b<sub>k</sub></b>  | : Merdiven kovanı genişliği                                                                                                                                                                                 |
| <b>d</b>              | : Faydalı yükseklik                                                                                                                                                                                         |
| <b>d<sub>fi</sub></b> | : Binanın i' inci katında F <sub>fi</sub> fiktif yüklerine göre hesaplanan yerdeğiştirme                                                                                                                    |
| <b>d<sub>i</sub></b>  | : Binanın i' inci katında azaltılmış deprem yüklerine göre hesaplanan yerdeğiştirme                                                                                                                         |
| <b>F<sub>fi</sub></b> | : Birinci doğal titreşim periyodunun hesabında i' inci kata etkiyen fiktif yük                                                                                                                              |
| <b>F<sub>i</sub></b>  | : Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nde i' inci kata etkiyen eşdeğer deprem yükü                                                                                                                                  |
| <b>f<sub>ck</sub></b> | : Beton karakteristik basınç dayanımı                                                                                                                                                                       |
| <b>f<sub>cd</sub></b> | : Beton tasarım basınç dayanımı                                                                                                                                                                             |
| <b>g</b>              | : Yerçekimi ivmesi (9,81 m/s <sup>2</sup> )                                                                                                                                                                 |
| <b>g<sub>i</sub></b>  | : Binanın i' inci katındaki toplam sabit yük                                                                                                                                                                |
| <b>H<sub>i</sub></b>  | : Binanın i' inci katının temel üstünden itibaren ölçülen yüksekliği (Bodrum katlarında rijit çevre perdelerinin bulunduğu binalarda i' inci katın zemin kat döşemesi üstünden itibaren ölçülen yüksekliği) |
| <b>H<sub>N</sub></b>  | : Binanın temel üstünden itibaren ölçülen toplam yüksekliği (Bodrum katlarında rijit çevre perdelerinin bulunduğu binalarda zemin kat döşemesi üstünden itibaren ölçülen toplam yükseklik)                  |
| <b>h<sub>i</sub></b>  | : Binanın i' inci katının kat yüksekliği                                                                                                                                                                    |
| <b>I</b>              | : Bina Önem Katsayısı                                                                                                                                                                                       |

|                    |                                                                                                                                                                             |
|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $l_s$              | : Döşemenin kısa doğrultuda, mesnet eksenleri arasında kalan açıklığı                                                                                                       |
| $l_l$              | : Döşemenin uzun doğrultuda, mesnet eksenleri arasında kalan açıklığı                                                                                                       |
| $M_n$              | : n' inci doğal titreşim moduna ait doğal kütle                                                                                                                             |
| $M_{xn}$           | : Gözönüne alınan x deprem doğrultusunda binanın n' inci doğal titreşim modundaki etkin kütle                                                                               |
| $M_{yn}$           | : Gözönüne alınan y deprem doğrultusunda binanın n' inci doğal titreşim modundaki etkin kütle                                                                               |
| $m$                | : Döşeme uzun kenarının kısa kenarına oranı                                                                                                                                 |
| $m_i$              | : Binanın i' inci katının kütlesi                                                                                                                                           |
| $N$                | : Binanın temel üstünden itibaren toplam kat sayısı (Bodrum katlarında rijit çevre perdelerinin bulunduğu binalarda zemin kat döşemesi üstünden itibaren toplam kat sayısı) |
| $N_d$              | : Tasarım eksenel kuvveti                                                                                                                                                   |
| $n$                | : Hareketli Yük Katılım Katsayısı                                                                                                                                           |
| $q_i$              | : Binanın i' inci katındaki toplam hareketli yük                                                                                                                            |
| $R$                | : Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı                                                                                                                                        |
| $R_a(T)$           | : Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı                                                                                                                                             |
| $S(T)$             | : Spektrum Katsayısı                                                                                                                                                        |
| $S_{ae}(T)$        | : Elastik spektral ivme ( $m/s^2$ )                                                                                                                                         |
| $S_{aR}(T_r)$      | : r' inci doğal titreşim modu için azaltılmış spektral ivme ( $m/s^2$ )                                                                                                     |
| $s$                | : Basamak yüksekliği<br>Donatı aralığı                                                                                                                                      |
| $T$                | : Bina doğal titreşim periyodu (s)                                                                                                                                          |
| $T_1$              | : Binanın 1. doğal titreşim periyodu (s)                                                                                                                                    |
| $T_A, T_B$         | : Spektrum karakteristik periyotları (s)                                                                                                                                    |
| $T_m, T_n$         | : Binanın m' inci ve n' inci doğal titreşim periyotları (s)                                                                                                                 |
| $V_i$              | : Gözönüne alınan deprem doğrultusunda binanın i' inci katına etki eden kat kesme kuvveti                                                                                   |
| $V_t$              | : Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nde gözönüne alınan deprem doğrultusunda binaya etki eden toplam eşdeğer deprem yüğü (taban kesme kuvveti)                                    |
| $V_{tb}$           | : Mod Birleştirme Yöntemi'nde, gözönüne alınan deprem doğrultusunda modlara ait katkıların birleştirilmesi ile bulunan bina toplam deprem yüğü (taban kesme kuvveti)        |
| $W$                | : Binanın, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak bulunan toplam ağırlığı                                                                                             |
| $w_i$              | : Binanın i' inci katının, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak hesaplanan ağırlığı                                                                                 |
| $Y$                | : Mod Birleştirme Yöntemi'nde hesaba katılan yeterli doğal titreşim modu sayısı                                                                                             |
| $\beta$            | : Mod Birleştirme Yöntemi ile hesaplanan büyüklüklerin alt sınırlarının belirlenmesi için kullanılan katsayı                                                                |
| $\Delta_i$         | : Binanın i' inci katındaki azaltılmış görel kat ötelemesi                                                                                                                  |
| $(\Delta_i)_{ort}$ | : Binanın i' inci katındaki ortalama azaltılmış görel kat ötelemesi                                                                                                         |
| $\Delta F_N$       | : Binanın N' inci katına (tepesine) etkiyen ek eşdeğer deprem yüğü                                                                                                          |
| $\Delta M$         | : Mesnet momenti azaltması                                                                                                                                                  |
| $\delta_i$         | : Binanın i' inci katındaki etkin görel kat ötelemesi                                                                                                                       |
| $(\delta_i)_{max}$ | : Binanın i' inci katındaki maksimum görel kat ötelemesi                                                                                                                    |
| $\eta_{bi}$        | : i' inci katta tanımlanan Burulma Düzensizliği Katsayısı                                                                                                                   |
| $\eta_{ci}$        | : i' inci katta tanımlanan Dayanım Düzensizliği Katsayısı                                                                                                                   |
| $\eta_{ki}$        | : i' inci katta tanımlanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısı                                                                                                                  |
| $\Phi_{xin}$       | : Kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, n' inci mod                                                                                                  |

|                    |                                                                                                                                             |
|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                    | şeklinin i' inci katta x eksenini doğrultusundaki yatay bileşeni                                                                            |
| $\Phi_{yin}$       | : Kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, n' inci mod şeklinin i' inci katta y eksenini doğrultusundaki yatay bileşeni |
| $\Phi_{\theta in}$ | : Kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, n' inci mod şeklinin i' inci katta düşey eksen etrafındaki dönme bileşeni    |
| $\theta_i$         | : i' inci katta tanımlanan İkinci Mertebe Gösterge Değeri                                                                                   |
| $\phi_u$           | : Kesitin dayanımında önemli bir değişme meydana gelmeden oluşan en büyük eğrilik                                                           |
| $\phi_y$           | : Çekme donatısında ilk akmanın meydana geldiği andaki eğrilik                                                                              |
| $\mu$              | : Süneklik                                                                                                                                  |
| $\epsilon_{cu}$    | : Betonun en büyük birim kısalması                                                                                                          |
| $\alpha$           | : Döşeme sürekli kenarların toplam uzunluğunun döşeme çevresine oranı                                                                       |
| $\rho$             | : Donatı oranı                                                                                                                              |

## **ÇOK KATLI BETONARME YAPILARDA TAŞIYICI SİSTEM ETKİSİ**

### **ÖZET**

Bu çalışmada, yüksek yapılardaki taşıyıcı sistemlerden bahsedilmiş ve betonarme perde ve çerçevelerden oluşan yüksek bir yapının farklı taşıyıcı sistemler ve farklı çözümler altında deprem yükleri etkisindeki davranışı incelenmiştir.

Giriş bölümünde, yüksek binalarda kullanılan taşıyıcı sistemler özetlenmiş ve en yüksek binaların isimleri verilmiştir.

İkinci bölümde yüksek binaların dünyadaki ve Türkiye'deki zamana bağlı gelişimi özetlenmiş ve dünyada ve Türkiye'deki önemli yüksek binalar hakkında kısa bilgilere yer verilmiştir.

Üçüncü bölümde, betonarme yüksek binaların gelişmesine katkıda bulunan etkenlerden (yüksek dayanımlı beton ve çelik üretimi, yeni tasarım kavramlarının gelişmesi, yapım teknolojisi ve yöntemlerindeki ilerlemeler, betonarme yapıdaki gelişmeler, ekonomideki gelişmeler, sosyal ve kültürel nedenler) bahsedilmiştir.

Dördüncü bölümde endüstri devrimi ile başlayan şehirlere göçler sonucunda kentlerin yoğunluğunun artması ile doğal çözüm olarak ortaya çıkan yüksek yapıların şehir planlamasındaki durumu incelenmiştir.

Beşinci bölümde, taşıyıcı sistem tasarım ilkelerinden ve taşıyıcı sistem tasarımında göz önüne alınacak öncelikli koşullardan bahsedilmiştir.

Altıncı bölümde, çok katlı yapı tasarımında göz önünde bulundurulması gereken teknolojik etmenler (genel ekonomik etmenler, zemin koşulları, yapının geometrik formu ve narinlik değeri, fabrikasyon ve yapım, mekanik donanım sistemleri, yangından korunma, yerel koşullar, yerel malzeme fiyatları ve olanaklar) incelenmiştir.

Yedinci bölümde, yüksek yapılara etkiyen düşey yükler ve yüksek yapılarda kullanılan taşıyıcı sistem elemanlarının boyutlandırılmasında etkili olan yatay yüklerden (rüzgar ve deprem yükleri) bahsedilmiştir.

Sekizinci bölümde yüksek yapı taşıyıcı sistemini oluşturan döşemeler, kirişler, kolonlar ve perdelerden bahsedilmiştir. Ayrıca merdivenler hakkında bilgi verilmiştir.

Dokuzuncu bölümde, betonarme binalarda sıkça rastlanan tasarım hataları ve yüksek yapı tasarımında uygun olan ve uygun olmayan durumlar karşılaştırılmıştır.

Onuncu bölümde betonarme yüksek yapılarda taşıyıcı sistemlerden bahsedilmiştir. Yatay yükleri taşıyan sistemler başlığı altında çerçeve sistemler, perde duvarlı ve çerçeve-perdeli sistemler, çekirdekli sistemler ve tübüler sistemler detaylı olarak incelenmiştir.

Onbirinci bölümde, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007'e göre depreme dayanıklı yapı tasarımı ele alınmıştır. Bu bölümde, yapılardaki düzensizliklerden, binaların ve bina türü yapıların hesabında kullanılacak olan hesap

yöntemleri: Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi, Mod Birleştirme Yöntemi ve Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi'nden bahsedilmiştir.

Onikinci bölümde betonarme perde ve çerçevesli sistemden oluşan 20 katlı yüksek bir yapının (Sistem 1) Sap 2000 yapı analizi programı ile çözümü yapıp, Mod Birleştirme Yöntemi ve Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile ayrı ayrı hesabı yapılmıştır. Hesaplar sonucu sistem 1 farklı çözümler altında düzensizlikler açısından karşılaştırılmıştır.

Onüçüncü bölümde ise, bir önceki bölümde hesabı yapılan sistem 1'in taşıyıcı sisteminde değişiklik yapılmıştır. Sistem 1'de köşe ve kenarlarda yer alan bazı kolonlar kaldırılıp yerine her iki yönde köşelere perdeler yerleştirilmiştir. Bu sistem, sistem 2 olarak adlandırılmıştır. Sistem 2 Sap 2000 yapı analizi programı ile analiz edilip, Mod Birleştirme Yöntemi ile hesabı yapılmıştır. Daha sonra sistem 1 ve sistem 2 Mod Birleştirme Yöntemi çözümleri, düzensizlikler ve sistem 2'de yerleştirilen perdelerin diğer kolonlara olan etkisinin incelenebilmesi amacıyla iç kuvvetler bakımından karşılaştırılmıştır.

Ondördüncü bölümde ise genel bir değerlendirme yapılmış ve elde edilen sonuçlar ile ilgili yorumlar yapılmıştır.

## **THE EFFECT OF LOAD-BEARING SYSTEM ON REINFORCED CONCRETE TALL STORY BUILDINGS**

### **SUMMARY**

In this study, first a literature study about load-bearing systems in tall buildings is given and then the earthquake behaviour of a tall building consist of reinforced concrete shear wall and frames is analyzed under different load-bearing systems and for different solutions.

In the introduction chapter the structural systems used in tall buildings are summarized and the names of the tallest high rise buildings are given.

In the second section a short history of the tall buildings both in the world and Turkey is summarized.

In the third section, the factors ( high strength concrete and steel production, development of new design concepts, developments in construction technology and methods, developments in reinforced concrete constructions, economical growth, social and cultural causes ) that contribute to improvement of reinforced concrete tall story buildings are mentioned.

In the fourth section, the increase in the population of the cities, as a result of urbanization due to the migrations to the metropolises after the industry revolution, is discussed.

In the fifth section, load-bearing system design concepts and primary conditions to be considered in load-bearing system design are mentioned.

In the sixth section, the tecnological factors (general economical factors, ground conditions, fragility value and geometrical shape of building, fabrication and production, mechanical hardware systems, fire protection, local conditions, local material prices and availibilities) to be considered in tall story building design are examined.

In the seventh section,vertical loads and horizontal loads (wind and earthquake loads) that are effective in formatting of load-bearing system elements used in tall buildings are discussed.

In the eighth section, floors, columns, beams and shear walls forming tall building load-bearing systems are mentioned. Besides information about stairways are given.

In the ninth section, the frequently coincided design errors in reinforced concrete buldings and also appropriate and inappropriate situations in tall building design are compared.

In the tenth section, load-bearing systems in reinforced concrete tall story buildings are mentioned. Under the title of horizontal load carrying systems, frame systems, shear walls and frame-shear wall systems, nucleate and tubular systems are examined particularly.

In eleventh section, the earthquake resistant building design considered in accordance with specifications for structures to be built in disaster areas in Turkey, 2007. In this section disorders in buildings, calculation methods for the buildings and building like constructions: equivalent earthquake load method, mod combining method and calculation method in time definition area are mentioned.

In the twelfth section, structural anlysis of a 20 storied high rise reinforced concrete construction (System 1) is made with Sap 2000 program and calculations are carried out with mod combining method and equivalent earthquake load method seperately. Using result of the calculations, system 1 is compared with respect to disorders under different solutions.

In the thirteenth section, changes are made in the load-bearing system of the system 1, which was calculated in previous sections. Some columns in the corner of the system 1 are replaced with and shear walls located in both directions. This was named as system 2. System 2 is analysed with program Sap 2000 and also calculation is made with mode combining method. Later, the mode combining method solutions of systems 1 and 2 are compared with respect to internal forces, in order to investigate the effects of disorders and the influence of the placed shear walls on the old columns.

Finally in the fourteenth section, a general evaluation and comments about the obtained results are made.

## 1. GİRİŞ

Eski çağlardan beri insanoğlu yüksek binalar yapma konusunda büyük bir arzu içindedir. Binaların tarihsel gelişimine bakılacak olursa yüksek yapı yapmak hep çekici olmuştur. İlk çağlardaki Babil Kulesi, Rodos Heykeli, Mısır Piramitleri, Maya Tapınağı ve Kutup Minar gibi yapılar insanların bina yapımındaki ilk motivasyon ve gurur kaynakları olmuşlardır.

Rekabet ve gurur, hala bina yüksekliği saptamakta etkin bir faktördür. Çeşitli sosyal ve ekonomik faktörler şehirlerdeki arsa fiyatlarının artmasına ve nüfus yoğunluğu yüksek binaların tüm dünyada büyük bir hızla çoğalmasına yol açmıştır. Dünyadaki büyük şehirlerin silüeti artık yüksek binaların silüetleriyle fark kazanıp tanınır hale gelmiştir. Dünyada yüksek binaların yoğun olduğu ülkeler Şekil 1.1’de gösterilmektedir.



**Şekil 1.1 :** Dünyada Yüksek Binaların Yoğun Olduğu Merkezler



Eski çağlarda bu yapılar yığma olarak yapılmış ve kullanım alanlarına ihtiyaç olmaktan çok anıt özelliğindeki yapılardır. Bununla beraber günümüzde yapılan binalar, hızlı bir şekilde gelişen şehirleşmeye ve nüfus artışına cevap verecek şekilde gelişede anıt özelliklerini taşıması arzulanarak tasarlanmaktadır. Bu duruma örnek olarak en yüksek bina olma yarışında Petronas ikiz kulelerinin en yüksek bina özelliğini kazanmak için binanın çatısının buna göre tasarlanmasıdır.

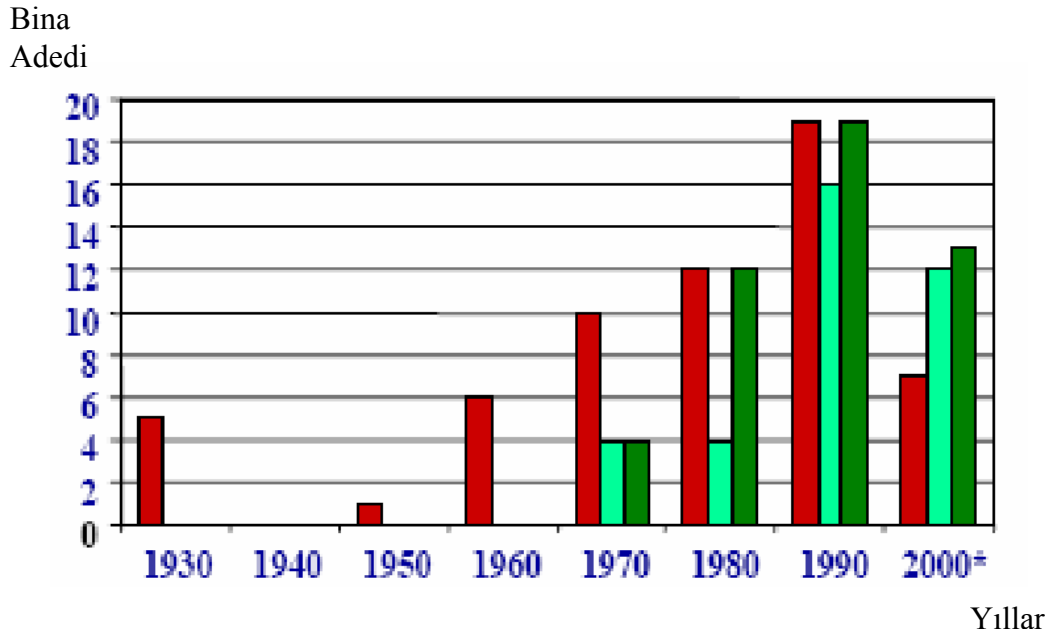
Betonarme yapıları sahip olduğu kat sayılarını baz alarak yüksek olarak nitelendirmek doğru bir yaklaşım olmaktan uzaktır. Çünkü böyle bir durumda çok katlı betonarme bir yapının olmadığı bir yerde yapılan 6 ile 7 katlı yapı, yüksek yapı olarak nitelendirilebilecekken genellikle gökdelenlerin hakim olduğu bir yerde ise örneğin 20 katlı bir yapı yüksek olarak nitelendirilmeyebilir. Yani böyle bir kabul nesnel gözlemlere ve insanların neyi nasıl algıladıklarına kalmış olur. Yapı mühendisliği açısından ise yüksek yapı, yatay yüklerin düşey yüklerden daha fazla önem arzettiği, bununla birlikte belirlenen dayanım, öteleme ve işletme ölçülerine uyarak yatay kuvvetlere dayanacak ve yeterince ekonomik olacak şekilde, yapısal taşıyıcı sistemi düzenlenecek bir yapıdır.

Son otuz yılda yeni taşıyıcı tiplerinin geliştirilmesi, yapı malzemesindeki düzenlemeler ve yeni yapım yöntemleri yüksek yapıların konstrüksiyon ve yapısını temelden değiştirmiştir (Şekil 1.2). 60'lı yılların başına kadar yüksek yapılar çelik yapının bir uğraş alanı iken bugün çelik, betonarme ve karma yapılar aynı sıklıkta uygulanmaktadır (Şekil 1.3). Gelişen bilgisayar olanakları ve uygun hesap programları yardımıyla projeci bir yüksek yapının statik hesabını önemine uygun duyarlılıkla çözebilme imkanlarına sahiptir.

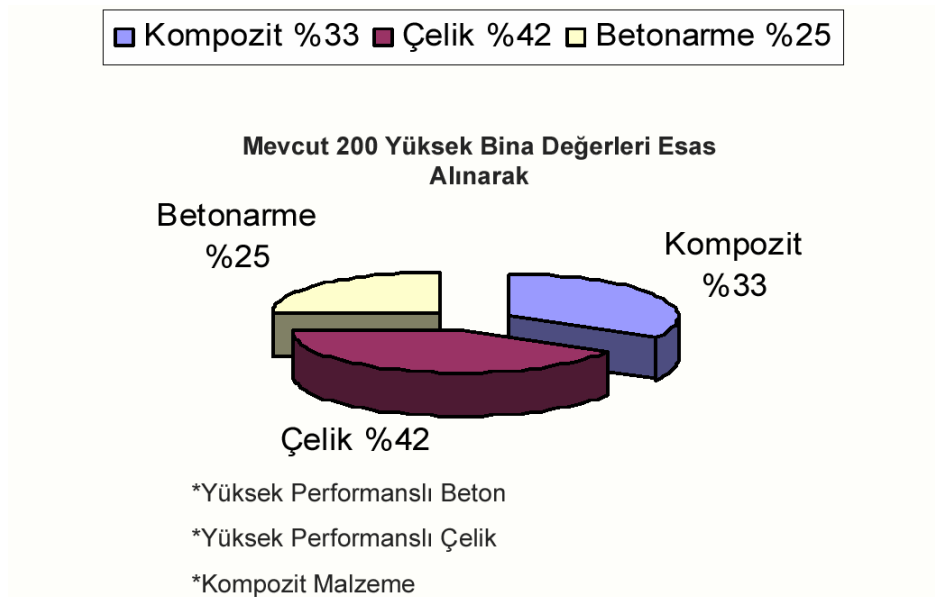
Son 20 yılda nüfus yoğunluğu hızla artan İstanbul, çareyi yükselmekte aramıştır ve hem 35 metreden yüksek bina sayısı, hem de kat sayısı açısından açık arayla Avrupa şampiyonu olmuştur. İstanbul'un yüksek binalara olan ilgisi 1980'li yıllarda başlamıştır. İlk başlarda daha az alanda daha çok kişinin çalışabilmesi amacıyla ofis veya iş merkezi olarak tasarlanan yüksek binalar, zamanla simgesel bir anlam da kazanmaktadır. Özellikle son birkaç yıldan bu yana, yüksek binalarda çalışmak kadar rezidans tipi yüksek binalarda oturmak da prestij sağlayan bir unsur olarak algılanmaya başlanmıştır. Buna ek olarak, hükümetin TOKİ (Toplu Konut İdaresi

Başkanlığı) aracılığıyla hayata geçirdiği toplu konut projeleri de artan nüfus yoğunluğuna yetecek yaşam alanları oluşturmak amacını taşımaktadır. Böylelikle, binaların yükselmesi de kaçınılmaz bir seçenek olarak ortaya çıkmaktadır .

Artan yüksek bina yarışında dünya sıralaması Şekil 1.4'te ve Tablo 1.1'de gösterilmektedir.



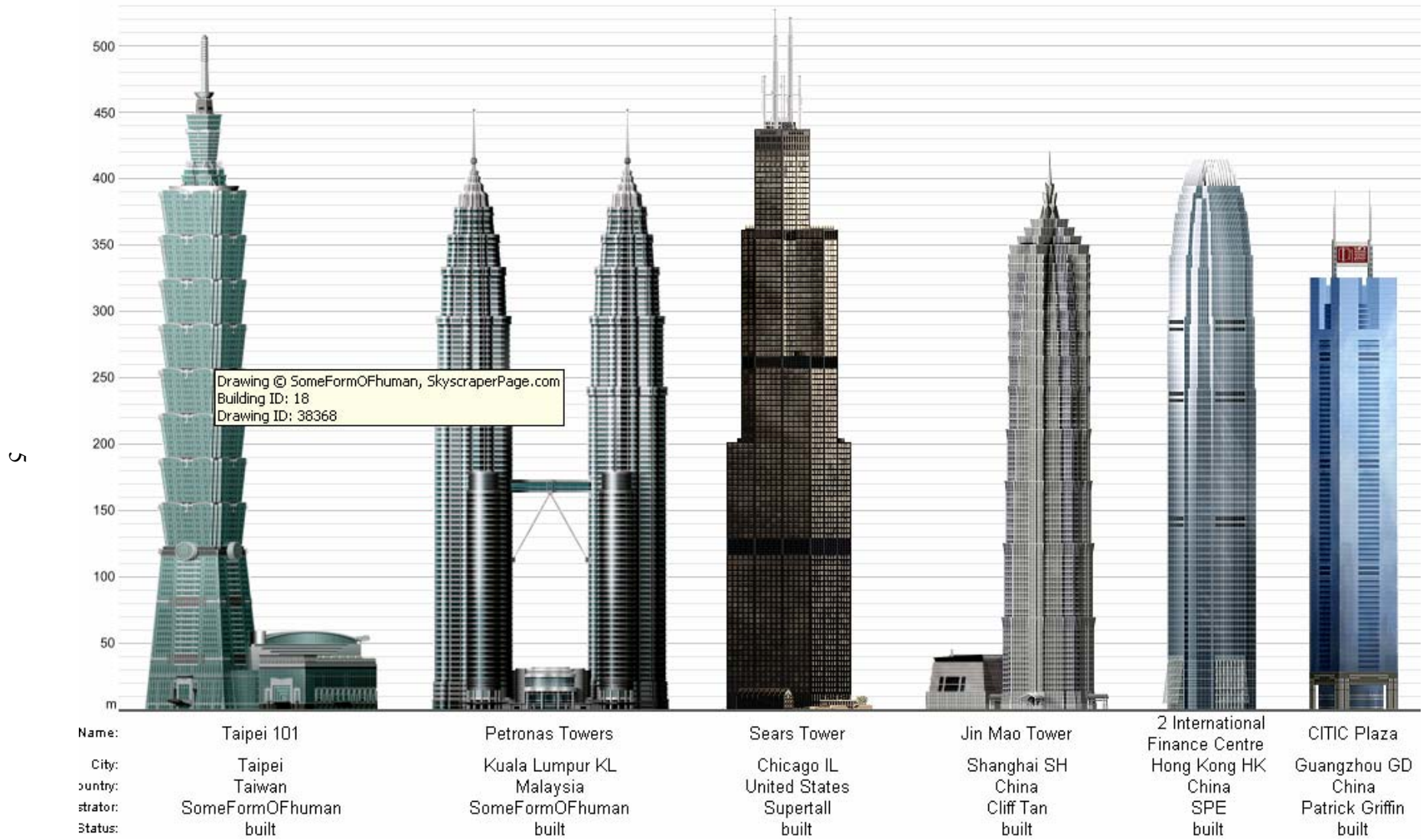
Şekil 1.2 : Yüksek Binaların Yapımının Yıllara Göre Dağılımı



Şekil 1.3 : Yüksek Binalarda Kullanılan Taşıyıcı Sistem Malzemesi

**Tablo 1.1 : Dünyanın En Yüksek Binalarının Sıralaması**

| No | Bina                  | Şehir        | Ülke    | Yükseklik(m) | Kat Adedi |
|----|-----------------------|--------------|---------|--------------|-----------|
| 1  | Taipei 101            | Taipei       | Tayvan  | 509          | 101       |
| 2  | Petronas Tower 1      | Kuala Lumpur | Malezya | 452          | 88        |
| 3  | Petronas Tower 2      | Kuala Lumpur | Malezya | 452          | 88        |
| 4  | Sears Tower           | Chicago      | ABD     | 442          | 110       |
| 5  | Jin Mao Tower         | Shanghai     | Çin     | 421          | 88        |
| 6  | Citic Plaza           | Guangzhou    | Çin     | 391          | 80        |
| 7  | Shun Hing Square      | Shenzhen     | Çin     | 384          | 69        |
| 8  | Empire State Building | New York     | ABD     | 381          | 102       |
| 9  | Central Plaza         | Hong Kong    | Çin     | 374          | 78        |
| 10 | Bank of China         | Hong Kong    | Çin     | 369          | 70        |
| 11 | The Center            | Hong Kong    | Çin     | 350          | 79        |
| 12 | Aon Center            | Chicago      | ABD     | 346          | 80        |
| 13 | John Hancock Center   | Chicago      | ABD     | 344          | 100       |
| 14 | Burj al Arab Hotel    | Dubai        | BAE     | 321          | 60        |



Şekil 1.4 : Yapımı Tamamlanmış En Yüksek Bina Sıralaması

## **2. YÜKSEK BİNALARIN TARİHSEL GELİŞİMİ**

### **2.1 Dünyada Yüksek Binaların Tarihsel Gelişimi**

Binaların tarihsel gelişimine bakarken görüldüğü kadarıyla yüksek yapı yapmak hep çekici olmuştur. İlk çağlardaki Babil Kulesi, Rodos Heykeli, Mısır Piramitleri, Maya Tapınağı ve Kutup Minar gibi yapılar insanların bina yapımındaki ilk motivasyon ve gurur kaynakları olmuşlardır.

Rekabet ve gurur, hala bina yüksekliği saptamakta etkin bir faktördür. Çeşitli sosyal ve ekonomik faktörler şehirlerdeki arsa fiyatlarının artmasına ve nüfus yoğunluğu yüksek binaların tüm dünyada büyük bir hızla çoğalmasına yol açmıştır. Dünyadaki büyük şehirlerin silüeti artık yüksek binaların silüetleriyle fark kazanıp tanınır hale gelmiştir.

İlk çağlardaki yüksek yapılar bugünkü yüksek binalara birer örnek olmuşlardır. Bu yapılar aynı zamanda doğada koruyucu ve sembolik amaçlarla düşünülmüştür. Eski çağların yedi harikasından biri sayılan Babil'in Asma Bahçeleri içinde bulunan Babil Kulesi (Şekil 2.1), Tanrı Marduk adına yapılmıştır. Dağlık bölgelerden gelen Sümerliler, yükseklerle taparlar ve yer ile göğü bağlayan kutsal bir ağacın varlığına da inanırlardı. Sümerliler yeri göğe bağlayan bu ağacı temsil eden ve Tanrıdaki dedikleri kuleyi zamanımızdan 5000 yıl kadar önce yapmışlardır. Tevrat'a göre Babil Kulesi'ni Hz. Nuh'un torunları gökyüzüne ulaşmak, tanrının oturduğu yere varmak için yapmışlardır. Bu sebeple kule, Tevrat'ta insan gururunun utanç kaynağı olarak gösterilir. Babil Kulesi'nin temelleri 90 metre genişlikteydi. Kule, 90 metre yüksekliğinde ve 7 katlı idi. Birinci katı 33, ikinci katı 18, üçüncü, dördüncü, beşinci ve altıncı katları 6, en üst katı ise 15 metre yüksekliğindeydi. 85 milyon tuğladan yapılan kulenin çevresinde rahip sarayları, ambarlar, konuk odaları, Tanrı Marduk adına yapılmış bir diğer tapınak olan Esagila'ya giden aslanlı geçit ve dini tören yolu vardı. Esagila 20 metre yüksekliğinde, 450 metre eninde ve 550 metre boyundaydı [1].

Mısır Piramitleri ve Maya Tapınağı dolu gövdeden oluşmuş olup, daha çok anıt olarak kullanılmışlardır. Örneğin Cheops piramit'i (Şekil 2.2) çok iri taşların üst üste yığılmasıyla inşa edilmiş olup 146.70 m.'ye kadar yükselmiştir [2].



**Şekil 2.1 :** Babil Kulesi



**Şekil 2.2 :** Cheops Piramidi

Gökdelen kavramı Amerika Birleşik Devletleri'nde gelişmiş ve bu tipe örnek gösterilen ilk binalar orada yapılmıştır. Hangi binanın ilk gökdelen kabul edileceği bu güne kadar tartışılmıştır. Montgomery Schuyler, Richard Morris Hunt tarafından tasarlanıp, 1873–1875 yılları arasında New York'ta yapılmış olan “Tribune Building” ve George B. Post tarafından tasarlanıp, 1873-1875 yılları arasında New York'ta yapılmış olan “Western Union Building” i ilk gökdelenler olarak kabul eder. Nedeni de bu binaların asansör imkanlarını kabul eden ilk iş binaları olması ve çevrelerindeki binalardan yükseklikleriyle ayrılmalardır. Diğer bir eleştirmen Carson Webster ise; Burnham ve Root'un tasarladığı, 1891–1892 yılları arasında Chicago'da yapılmış “Masonic Temple Building” i, 20 kullanılabilir katı, 91,4 m. yüksekliği ve iskelet yapımından dolayı ilk gökdelen olarak kabul eder. Winsman Weisman ise; ilk gökdelen olarak Gilman ile Kendall ve George B. Post tarafından tasarlanıp, 1868–1870 yılları arasında New York'ta yapılmış olan “Equitable Life Assurance Company Building” i kabul eder. Sebebi ise 39,6 m. olmasıdır. Weisman, 79 m. yüksekliğindeki “Tribune” ve 70 m. yükseklikteki “Western Union” ın daha yüksek olduklarını, fakat yükseklik engelinin “Equitable” tarafından kırıldığını söyler. Bu sıralarda bilim adamları tarafından gökdeleni tanımlayan üç özellik olan

yükseklik, yolcu asansörü ve demir çerçevenin, 1868'den önceki ticari binalarda olduğunu, fakat hiçbir zaman üç elemanın bir binada bulunmadığını ve bunun ilk olarak “Equitable Life” binasında bir araya geldiğini söyler [3]. Son olarak yüksek binalarla ilgili uluslararası bir araştırma ve yayın kuruluşu olan “The Council On the Tall Building and Urban Habitat” tarafından, 1885 yılında Chicago’da Amerikalı mühendis William Le Baron Jenny’in tasarlamış olduğu “Home Insurance Building” (Şekil 2.3) dünyanın ilk gökdeleni olarak kabul ve ilan edilmiştir. William Le Baron Jenny bu bina ile ilk olarak modern ofis binalarında değişik malzemeler kullanılması fikrini ortaya atmıştır ve malzeme olarak çeliği seçmiştir. Jenny’nin bu zekice fikri çelik profillerin ızgaralar şeklinde döşemede kullanılması ve yığma taş duvara bindirilmesidir [2].



**Şekil 2.3 :** Home Insurance Building

İlk çağlarda iki basit malzeme “yığma taş ve ahşap” kullanılmıştır. Ahşap, büyük yapılar için uygun ancak yangın dayanımı iyi olmayan bir malzeme idi. Yığma taş ve tuğla ise çok iyi sağlamlık ve yangına dayanıklılık özelliklerini sağlamasına rağmen çok ağır malzemelerdir. Bu malzemelerin kullanıldığı yapılarda alt katlardaki düşey taşıyıcıların alanının, toplam alanın büyük bir bölümünü kapsıyor olmaları yeni

arayışlara sebep olmuştur. Kargir duvar ve ahşap iskelet 19. yüzyılın sonuna kadar inşa edilmiş olan binaların taşıyıcı sistemlerini teşkil etmiştir.

1891 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nin Chicago şehrinde inşa edilmiş olan 17 katlı, 64 m. yükseklikteki Monadnock binası, bilinen en yüksek yığma kargir binalardan biridir. Yığma yapıların yatay yüklere karşı dayanımlarının azlığı, ağır oluşları ve alt katlardaki duvar kalınlıklarının fazlalığı nedeniyle kullanılabilir alanın azalması bu sistemin önemli sakıncalarını teşkil eder. Monadnock binasının giriş katındaki kargir duvarların kalınlığı 2,15 m.'dir. Chicago şehrinde deprem tehlikesinin az olduğu düşünüldüğünde, duvar kalınlığının çok fazla olduğu göze çarpmaktadır. Ahşap iskeletli binalarda kat sayısı, malzemenin dayanımı ve pratik boyutlarının sınırlı olması nedeniyle fazla arttırılamamıştır [4].

19. yüzyıl en çok teknik buluşların ortaya çıktığı bir yüzyıl olmuştur. Ahşap ve yığma taş ile başlayan yüksek bina üretim süreci dökme demirin geliştirilmesiyle daha hafif bina üretimine olanak vermiş, asansörün icadı ile de önemli bir sorunu halletmiştir. O sıralarda ortaya çıkan iki teknolojik gelişme, asansör ve modern çelik ızgara sistemi hem binaların ağırlığının azalmasına hem de kat adedinin artmasına yol açmıştır.

19. yüzyılın sonunda ve 20. yüzyılın başında gökdelenlerin gelişmesi, özellikle biçim bakımından çok belirli bazı dönemlerden geçmiştir. 1878'den önceki yıllarda binalarda kullanılan süslü sistem, bu tarihten sonra yerini daha sade bir sisteme bırakmıştır. Bu tarihlerde bina cephelerinde, yatay olarak katların, düşey olarak da pencerelerin bir sıra düzenine göre gruplandırıldığı görülür. 1879'da Silliman ve Farnesworth tarafından tasarlanıp, New York'ta yapılmış olan "Morse Building" bu tip binalara örnek olarak gösterilebilir.

1880'lerin sonlarında bina cepheleri taban, gövde ve başlığı içine alan üç bölüme ayrılır. Bu üç bölüm arasında çoğunlukla geçiş katları yer alır. Bu bölümler yatay veya düşey elemanlarla şekillendirilir. Bu tip binalara örnek olarak, 1899 – 1900 yılları arasında, Cass Gilbert tarafından tasarlanmış olan New York'taki "Broadway – Chambers Building" verilebilir. Bu binanın özelliği üç temel kısmın ayrı renklerde olmasıdır. 1890'larda kule biçiminde gökdelen projeleri yapılmıştır. İlk projelerden biri 1888'de Leroy Buffington'un 28 katlı bir büro binasıdır. 1890'da Bruce Price 30 katlı "Sun Building", 1891 yılında Adler ve Sullivan, 35 katlı "Odd Fellows"



Temple” projelerini yapmışlardır. 1906 – 1908 yıllarında, Ernest Flagg tarafından tasarlanmış olan New York’taki “Singer Building” 53 katlı ve 186.5 m. yüksekliğindedir. 1909 yılında Napoleon Le Brun ve Sons tarafından tasarlanıp, New York’ta yapılmış olan “Metropolitan Tower” 52 katlı ve yaklaşık 213 m. yüksekliğindedir [3].

19. yüzyılın sonlarına doğru çok hızlı büyüyen şehirlerde baş gösteren arsa sıkıntısı, binaların kat sayılarının artırılmasını gerektirmiştir. Modern sayılabilecek ilk çok katlı yapı, çelik iskelet kullanılarak 1885 yılında Chicago’da inşa edilmiş olan 10 katlı “Home Insurance” binasıdır. Bu binada taşıyıcı sistem olarak yapılmış olan en önemli yenilik, dış duvarların çelik çerçevelerle taşınmasıdır [4].

İş binalarının artan yükseklikleri ve ekonomik faktörler kulelerin formunda bir değişikliğe sebep olmuştur. Kuleler bir taban üzerinde yükseltilmeye başlanmıştır. 1913’te New York’ta yapılmış olan Cass Gilbert’in tasarladığı “Woolworth Building” bu binalara örnek gösterilebilir. Ayrıca bu bina ile birlikte ilk kez 60 kat-242 m.’ye ulaşılmıştır.

Amerika’da 1916 yılında ‘zoning’ (bölgelere ayırma) yönetmeliği, caddenin genişliğine bağlı olarak binalarda ‘set back’ (geri çekme) sistemini getirmiştir. Bunun örneği, 1929 – 1932 yılları arasında yapılmış olan William Van Alen tarafından tasarlanan 67 katlı ve 246 m. yüksekliğindeki “Chrysler Building” tir. 20. yüzyılda yükseklik yarışı 67,7 m.’lik televizyon anteniyle beraber 381 m. (antenle beraber 443,2 m.) yüksekliğindeki Empire State Binası’yla başlamıştır (Şekil 2.4).

Bu bina 19.yüzyılın en yüksek yapısı olan 300 m. yüksekliğindeki Eiffel Kulesi’nden daha da yüksektir. Fakat bu bina ekonomik kriz döneminde ekonomik başarısızlığa uğramıştır. Empire State Building kiracılarının azalması sebebiyle “Empty State Building” olarak adlandırılmıştır. Bina 102 katlı olup, 1586 merdiven basamağına sahiptir. İnşaatı sırasında yaklaşık 55.000 ton çelik, 10 milyon kiremit kullanılmış, 760 km elektrik hattı, 96 km. su borusu, 5600 km. telefon kablosu çekilmiştir. Toplam ağırlığı 331.000 ton olup 6500 adet penceresi, 1100’den fazla tuvaleti vardır. Açık bir havada binadan, 80 mil mesafedeki beş ABD eyaletine bakılabilir. Bunlar, Newyork, Newjersey, Pennsylvania, Connecticut ve Massachusetts’dir. 1960’ta tepeye yerleştirilen güçlü bir fener binanın 160 km. uzaktan görülmesini sağlamıştır. Bugüne kadar binayı 117 milyon kişi ziyaret etmiştir. 1947 yılında manzara

platformuna 3 m. yükseklikte korkuluk yapılmıştır. Buna rağmen buradan, bugüne kadar 35 kişi atlayarak intihar etmiştir. Toplam 74 asansör vardır, bunların bir kısmı ara katlarda durmadan en üst kata çıkan ekspres asansörlerdir. Bu yüksek binaya 1945'te bir bombardıman uçağı çarpmış ve 13 kişinin ölümüne sebep olmuştur [5].



**Şekil 2.4 :** Empire State Building

1930'lu yıllara kadar modern çok katlı binalarda taşıyıcı sistem olarak çelik kullanılmıştır. Bu yapılarda sadece kat döşemeleri ve temeller betonarme olarak inşa edilmiştir. 1930'lu yılların başında büyük ekonomik kriz ve daha sonra da 2. Dünya Savaşı nedeniyle yüksek bina yapımı durmuştur. Savaştan sonra gökdelenlerin yapımının tekrar başladığı görülür. İkinci Dünya Savaşından sonra çok katlı betonarme yapıların inşaatı yaygınlaşmıştır. Bu dönemde Amerika Birleşik Devletlerinde 12-14 kata kadar inşa edilen betonarme apartmanların taşıyıcı sistemleri çelik yapılara benzetilerek, kolon, kiriş ve döşeme elemanlarından teşkil edilmiştir. Betonarme yapılarda kirişsiz döşeme ve perdelerin ana taşıyıcı sistem olarak kullanılması, 1940'lı yılların başında Amerika Birleşik Devletleri'nde

başlamıştır. 1950'lerden sonra değişen genel anlayış ve ekonomik problemlerden dolayı modern binalar inşa edilmiş olup, yeni malzemeler, basit ve sade formlar kullanılmıştır. 1950'lerde cam, en çok kullanılan malzemelerden biridir.

Bu yıllarda yapılmış olan gökdelenlerden biri "Lever House"dur. 1952 yılında New York'ta, Park Avenue'da yapılmış olup, bir alçak blok ve onun üzerinde bir yüksek bloktan meydana gelmiştir. 1950'li yılların iddialı bir gökdeleni "Seagram Building"tir. 1958 yılında yapılmış olup, Miles van der Rohe ve Philip Johnson tarafından tasarlanmıştır. 38 katlı bronz ve camdan giydirme cepheli bir gökdeldendir. Bina geri çekme olmadan bir bütün halinde yükselir. Bu zemin katta arsanın bir kısmının halka açık meydancık olarak bırakılması karşılığı, New York Belediyesi'nin üst katlarda verdiği fazla yapı hakkı sonucu mümkün olmuştur [5].

1960 ve 1970'li yıllarda yapılmış olan yapı cephelerinde yeni bir süsleme anlayışı başlamıştır. Bazı binalarda tümüyle cam yüzeyler kullanılırken, bazılarında beton elemanları göstermek tercih edilmiştir. Karışık geometrik biçimler ve dairesel fonlar kullanılmıştır. Bazı gökdelenlerde taşıyıcı sistem cephelerde vurgulanmıştır. Bu dönemin en önemli iki akımı, soyut şekiller meydana getirme ve "Roockefeller Center" da temsil edilen kentsel değerlerin kullanılmasıdır. Ayrıca binalarda ileri teknoloji uygulanmıştır. Bu yıllarda yapılmış olan gökdelenlerden biri, "John Hancock Center"dır. 1969 yılında Chicago'da yapılmış olup, Skidmore, Owings ve Merrill tarafından tasarlanmıştır. 95 katlı olan bu bina yukarıya doğru daralmaktadır. Şehircilik yönünden ele alınan çok amaçlı yerleşimin örneklerinden biri, John Portman tarafından tasarlanıp, 1971 yılında San Francisco'da yapılmış olan "Embarcadero Center"dır. Bu yapı değişik yüksekliklerdeki ince kulelerden oluşturulmuştur. Bu yıllarda ilgi çeken diğer bir gökdelen, Johnson ve Burgee tarafından tasarlanarak, 1972'de Minneapolis'te yapılmış olan "IDS Center"dır. Bu yapı büro binası, otel ve alışveriş merkezini kapsar. Bina yassılaştırılmış bir sekizgen şeklindedir. Gökdelen, hafif yansıtıcı soluk mavi renkte camlarla kaplanmıştır [3].

"Sears Tower" (Şekil 2.5), Skidmore, Owings ve Merrill tarafından tasarlanmış olup 1974 yılında Chicago'da yapılmıştır. Chicago'nun en yüksek ve dünyanın yapılmış 3. en yüksek binasıdır. Bu bina 442 m. yüksekliğinde ve 110 katlıdır. Anten ile birlikte yüksekliği 527 metredir. 85 metre uzunluğa sahip dünyanın en uzun anteni Sears Kulesi üzerindedir. Bir dizi kare tüplerden oluşturulmuştur. Bu tüpler kuleleri

birbirinden ayırır ve aynı zamanda da bir arada tutar. Tüpler farklı yükseklikte olup binaya değişik bir görünüm verirler.

Çok amaçlı yerleşimin diğer bir örneği “World Trade Center”dır (Şekil 2.6). 1976 yılında New York’ta yapılmış olup, Minoru Yamasaki, Emery Roth ve Sons tarafından tasarlanmıştır. 412 m. yüksekliğinde ve 110 katlı iki gökdelenden oluşan bu bina grubunda birçok teknolojik yenilik ortaya konmuştur. Dış cephe binanın ağırlığının önemli bir bölümünü üzerine alan madeni bir ağ teşkil etmektedir. 11 Eylül 2001 tarihindeki terör saldırıları sonucu World Trade Center binaları yıkılmıştır [5].



**Şekil 2.5 :** Sears Towers



**Şekil 2.6 :** World Trade Center

Sears Towers’dan sonra daha yüksek olarak 1998’de Malezya’da inşa edilen Petronas Petrol Holding’e ait, 88 katlı ve 452 m. yüksekliğinde olan “Petronas Tower 1-2” (Şekil 2.7) yapılmıştır. New York’ta yaşayan Arjantin asıllı mimar Cesar Pelli tarafından hazırlanan bu kuleler Malezya’nın başkenti Kuala Lumpur’da, dünyada inşaatı tamamlanmış en yüksek 2. binadır. İki kule ‘sonsuzluğa açılan kapı’ diye adlandırılan 41. ve 42. katlarda yerden 175 m. yükseklikte 58,4 m.’lik ve 750 ton ağırlığında bir köprü ile birbirine bağlanmıştır. Köprü 2000 yılında kullanıma açılmıştır. Kuleler, birçok alışveriş merkezi, doğa bilimler müzesi “Petrosains”, bir senfoni orkestrası, bir sanat galerisi ve birçok büro için alan sağlamaktadır. Kulelerden her biri 76 asansöre sahip olup, bunların 29 tanesi her seferinde 26 kişi taşıyan çift katlı asansörlerdir. İnşaat için 37.000 ton çelik kullanılan yapıda 32.000 adet pencere vardır. Kuleler İslami kültürün izlerini taşımaktadır. Aynı zamanda minare, dayanıklılık ve zarafeti de sembolize etmektedir. Petronas Kuleleri öncelikli

olarak iş binası olarak tasarlanmış olup, geleneksel ikiz konseptiyle, New York'taki Dünya Ticaret Merkezi'ne benzetilebilir. Kuleleri en güzel gören manzara, 421 m. yükseklikteki Menara Kuala Lumpur'dandır. Menara KL, bir tepenin üzerinde bulunduğundan, Petronas Kuleleri'nin de üstünden yükselir. Böylelikle buradan iki devasa kuleye yukarıdan bir bakış sağlanır ki bu manzara geceleri daha da etkileyicidir.

Chicago'da doğan yüksek binalar sadece Malezya'da değil Çin, Tayvan, Japonya, Güney Kore, Hon Kong ve Singapur gibi Asya'nın diğer ülkelerinde de yayılmaya başlamıştır.



**Şekil 2.7 :** Petronas Towers

1999 yılında yapımına başlanan ve 2004 yılında tamamlanan Taipei 101 gökdeleni (Şekil 2.8) şu anda yapılmış olan dünyanın en yüksek gökdelenidir. Tayvan, Taipei şehri Xinyi (Hsinyi) semtinde yapılmıştır. Gerçek adı Taipei Finans Merkezi'dir. Taipei 101 denilmesinin sebebi 101 katlı olmasından dolayıdır. Yapının çatıya kadar olan yüksekliği 460 m. dir. En uç kısmına kadar olan yükseklik ise 509 m. dir. 91. katta yer alan teras sayesinde Taipei manzarasını rahatça izlemek mümkündür. Taipei 101 dünyanın en hızlı asansörüne sahiptir. Asansör çıkarken 16,8

metre/saniye yol almaktadır. İnerken ise 10 metre/saniye yol almaktadır. Yapı içerisindeki tek asansörün maliyeti 2 milyon USD'dır. Taipei 101, Chang Yong Lee & Partners tarafından Çin geleneklerine göre Asya tarzı bir yapı olarak tasarlanmıştır.

Gökdelenler, mühendislikte yaşanan yeniliklere bağlı olarak süratli bir şekilde gelişme göstermeye devam etmektedir. Bunlara en güzel örnek olarak şu anda yapımı devam eden Burj Dubai ve New World Trade Center (Freedom Tower) gökdelenleri gösterilebilir. Burj Dubai, Dubai'de inşaatı devam eden ve tamamlandığında dünyanın en yüksek gökdeleni olacak yapıdır. Yapımına 2004 yılında başlanmış olup, 2008 yılında bitirilmesi planlanmaktadır. Yaklaşık 800 metrelik yüksekliğe sahip, 160 katlı bir gökdelen olması beklenmektedir. New York Özgürlük Kulesi ise, 2006 yılında yapımına başlanmış olup, 2011 yılında tamamlanması planlanmaktadır. Bina yüksekliği 417 metre olup, çatısı ile beraber 541 metre göğe yükselecektir [6].



**Şekil 2.8 :** Dünyanın Yapılmış En Yüksek Gökdeleni, Taipei 101



## 2.2 Türkiye’de Yüksek Binaların Tarihsel Gelişimi

Türklerin çok eski yıllarda yüksek yapıya yönelmelerinde minareler önemli bir yer tutar. Hindistan’daki Türk egemenliği sırasında Delhi’de yaptırılan Kutbeddin Camii’nin Kutub Minar adındaki minaresi İslam dünyasındaki en yüksek minaredir. Bu minare 72,50 m. yüksekliğindedir. Kaide kısmında 14 m. olup yukarı doğru incelmektedir.

Osmanlılar devrinde daha narin minareler yapılmıştır. Bu devirde 1438–1447 yılları arasında Edirne’de yapılmış olan Üç Şerefeli Camii’nin 4 minaresi vardır. Camiye ismini veren üç şerefeli minare 67,62 m. boyundadır. Minarenin yüksekliği taban kenarının yaklaşık 11,5 katı kadardır [7].

1549–1557 yılları arasında Mimar Sinan tarafından yapılan Süleymaniye Camii’nin 4 minaresi vardır. Minaresinin yüksekliği taban kenarının 15 katı kadardır. 1567 – 1574 yılları arasında Edirne’de Mimar Sinan tarafından yapılmış olan Selimiye Camii’nin (Şekil 2.9) yine 4 minaresi vardır. Selimiye Camii’nin minareleri yurdumuzdaki en yüksek minarelerdir. Caminin minaresinin yüksekliği taban kenarının yaklaşık 17 katı kadardır [8].



**Şekil 2.9 :** Selimiye Cami

Türkiye’de ilk çok katlı binalar 19. yüzyılın sonunda ortaya çıkmış ve İkinci Dünya Savaşı’ndan sonra yaygınlaşmıştır. Osmanlı Devleti’nin oldukça yoğun imar faaliyetleri görülen bu dönemde değişik amaçlı birçok bina yapılmıştır. Kat

sayılarının çok olmamasına rağmen, yüksekliklerinin fazlalığından dolayı bunlar arasında 20 m.ye yaklaşan binalar da görülür.

İstanbul'da ilk apartmanlar 19. yüzyılın sonunda Galata ve Beyoğlu gibi yerlerde ortaya çıkmış, Kadıköy'de ise 1909 yılında görülmüştür. Apartman yapımı daha sonra Maçka, Teşvikiye, Nişantaşı ve Cihangir gibi semtlere yayılmıştır [9].

Cumhuriyetin ilk yıllarında Kent Planlamaları ele alınan konular arasındadır. 1924 yılında Ankara Belediyesi kurulmuş, gelişme planları hazırlanarak uygulanmıştır. 1928 yılında İç İşleri Bakanlığı'na bağlı Ankara İmar Müdürlüğü kurulmuştur. Çoğu Ankara'da olmak üzere okullar, hastaneler, istasyonlar, postaneler, bankalar, işhanları, müzeler, Bakanlık binaları gibi kamu yapıları yapılmıştır.

1930 – 1940 yılları arasında İstanbul ve Ankara'dan başka İzmir'de de apartmanlar yapılmıştır. Bu dönemde apartman sayılarının arttığı görülmüştür. Bu dönemde yapılmış olan yüksek binalardan biri Ceylan Apartmanı'dır. Ceylan Apartmanı 1933 yılında Taksim'de yapılmıştır. Mimarı Prof. Sedat Hakkı Eldem'dir. Bodrum katı, zemin üstünde 6 kat ve teras katından oluşturulmuştur. 1935 yılında, İstanbul, Gümüşsuyu, İnönü Caddesi üzerinde Üçler Apartmanı yapılmıştır. Mimarı Prof. Seyfi Arkan'dır. Bodrum katı ve zemin üstündeki 7 kattan oluşturulmuştur [10].

1950'den önceki dönemde bina tipleri, kamu yapıları ve konutlar olarak görülmesine rağmen, 1950'den sonra oteller ve büro binaları gibi değişik türde binalara rastlanmaktadır. Bu yıllarda İstanbul, Ankara, İzmir gibi şehirlerde 10 katın üzerinde binalar yapılmıştır. 1953'de İstanbul'da yapılan Hilton ve Ankara'da yapılan Ulus İşhanı Türkiye'nin ilk yüksek binaları kabul edilir. Hilton oteli Skidmore, Owings, Merrill ve Prof. Sedat Hakkı Eldem tarafından tasarlanmıştır. Ulus İşhanı ise Prof. Orhan Bozkurt, Prof. Gazanfer Beken ve Prof. Orhan Bolak tarafından projelendirilmiştir. Ulus İşhanı 12 katlı olup, 7 yılda yapılmıştır. 1959 yılında Prof. Paul Bonatz ve Yük. Müh. Mim. Fatih Uran tarafından İzmir'de Efes Oteli yapılmıştır. Yine 1959 yılında Ankara'da Kızılay İşhanı ve İstanbul'da Sheraton Oteli projeleri hazırlanmıştır.

İstanbul ve Ankara'da 20 katı geçen binaların inşaatı 1960'larda başlamıştır. Bu yıllarda Ankara Stad Oteli, İstanbul'da 28 katlı Harbiye Orduevi yapılmaya başlamıştır. Mersin, Adana, Konya, Antalya gibi şehirlerde 8-10 katlı binalar yapılmış ve daha sonraları diğer şehirlerde de bu tür bina inşaatı yaygınlaşmıştır [4].



Türkiye’de 1980’lerden sonra yüksek bina yapımına olan istek sosyal, ekonomik ve teknolojik gelişmelere paralel olarak artış göstermiştir. 1985-1990 döneminde projesi hazırlanan yüksek binalar hakkında, bilgi toplama ve örnekleme çalışmalarında proje mimarları ve yapımcı firmalarla görüşmeler yapılmış, bu dönemde yüksek bina isteğindeki artış saptanmaya çalışılmıştır [11].

1985’ten sonra uygulanan yüksek yapılara örnek olarak, 19 katlı Princess Otel, 26 katlı Maya Akar İş Merkezi, 20 katlı Yapı Kredi Plaza, 24 katlı Barbaros İş Merkezi, 22 katlı Spring Giz Plaza, 34 ve 39 katlı Sabancı Center, 25 katlı Nova Baran İş Merkezi verilebilir.

Son 20 yılda nüfus yoğunluğu hızla artan İstanbul, hem 35 metreden yüksek bina sayısı, hem de kat sayısı açısından Avrupa’da ilk sıralarda yer almaktadır. İstanbul’un yüksek binalara olan ilgisi 1980’li yıllarda başlamıştır. İlk başlarda daha az alanda daha çok kişinin çalışabilmesi amacıyla ofis veya iş merkezi olarak tasarlanan yüksek binalar, zamanla simgesel bir anlam da kazanmıştır. Özellikle son bir kaç yıldan bu yana, yüksek binalarda çalışmak kadar, rezidans tipi yüksek binalarda oturmak da prestij sağlayan bir unsur olarak algılanmaya başlanmıştır. Buna ek olarak, hükümetin TOKİ (Toplu Konut İdaresi Başkanlığı) aracılığıyla hayata geçirdiği toplu konut projeleri de, artan nüfus yoğunluğuna yetecek yaşam alanları oluşturmak amacını taşımaktadır.

1967 yılında İstanbul Taksim’de, İstanbul Ceylan Intercontinental Oteli’nin yapımına başlanmış olup, 1975’te Sheraton Oteli olarak hizmete girmiştir. 1995’te onarıma girerek Ceylan Intercontinental Hotel ismini almıştır. Mimarları Prof. Kemal Ahmet Aruğ, Prof. Hande Suer, Prof. Mehmet Ali Handan, Dr. Tekin Aydın, Altay Erol ve Yalçın Emiroğlu olup bina, 25 katlı ve 90 metre yüksekliğindedir. 8700 m<sup>2</sup> zemin üzerine kurulmuştur. Aylık elektrik tüketimi 1 milyon 100 bin kw saat, aylık su tüketimi yazın 13 bin, kışın 8 bin metreküp olup 65 klima santraliyle çalışmaktadır.

1987 yılında Mersin Tower inşa edilmeye başlanmıştır (Şekil 2.10). İnşaat 1992’de tamamlanmıştır. Kule, 175 metre yüksekliğinde, 52 katlı olup kentin hemen hemen her tarafından rahatça görülebilmektedir. 12 dönüm arazi üzerinde kuruludur ve 16 katında 5 yıldızlı Taksim Otel hizmet vermektedir. Diğer katlar ofis olarak kullanılmaktadır. Yapıldığı tarihte Singapur-Frankfurt arasındaki en yüksek betonarme binaydı. Merkezi İstanbul’da bulunan Üstay Yapı Taahhüt ve Ticaret

tarafından inşa edilen kulenin mimari projesi Cengiz Bektaş tarafından yapılmıştır. Kapalı alanı 62 bin metrekare olup, elektronik kontrollü anons, yağmurlama, havalandırma, merkezi ısıtma gibi modern sisteme sahip binada 6 asansör bulunmaktadır.



**Şekil 2.10 :** Mersin Mertim Tower

Daha sonra İstanbul 4 Levent'te, 1988'de yapımına başlanan, 5 yıl 3 ayda biten Sabancı Center Kuleleri yapılmıştır (Şekil 2.11). Sabancı Center'ın mimari projesi Haluk Tümay ve Ayhan Böke'ye aittir. Akbank Genel Müdürlüğü, Sabancı Holding ve holding şirketleri tarafından kullanılmaktadır. Akbank Kule 35 kat ve bodrum hariç 139 metredir. Holding Kule 30 kat ve 119 m. olup yaklaşık 2200 kişi tarafından kullanılmaktadır. Kapalı otoparkın kapasitesi 450, açık otoparkın kapasitesi ise 50 araçtır. Sistem depremi algıladığında Türkçe ve İngilizce anons yapıp, şebeke elektriğini ve doğalgazı keserek, hareket halindeki asansörleri en yakın katta durdurup, turnikeleri boşaltmaktadır. Kişi başına düşen alan brüt olarak 50 metrekaredir. Tüm camlar dışarıda olabilecek patlamaya karşı, dağılmayı önleyici filmle kaplıdır.

1996 yılında Metrocity Alışveriş Merkezi'nin yapımına başlanmış, 2003 yılında hizmete açılmıştır. Mimarları Doğan Tekeli ve Sami Sisa'dır. 24 katlı gökdelen, 120 metre yükseklikte, 24 bin metrekare alan üzerine kurulu olup içinde 1200 kişi çalışmaktadır. Günlük olarak ziyarete gelen misafirlerle birlikte bu sayı 3600 kişiye



**Şekil 2.11 :** Sabancı Kuleleri

ulaşmaktadır. Binada 8 asansör ve 270 araçlık otopark vardır. Deprem uyarı sistemine sahiptir.

İş kuleleri (Şekil 2.12), Türkiye'nin en yüksek binası olan Kule 1'in de içlerinde bulunduğu, İstanbul Levent'te Türkiye İş Bankasına ait üç adet gökdeldir. Yapımına 1996'da 25.909 metrekare alan üzerinde başlanmıştır ve 2000 yılında bitirilen kule 2001 yılının başında 3.000'den fazla personelle kullanıma açılmıştır. Mimari projesi Doğan Tekeli-Sami Sisa Mimarlık bürosu ile Amerikan Swanke Hayden Connel International'a aittir. Kule 1, yani İş Kule, 52 katlı ve yüksekliği 181,2 metredir. Personel otoparkı 2 bin araç, ücretli otopark ise 790 araç kapasitelidir. Bina en şiddetli depreme dayanıklı olarak, esneme payı da hesap edilerek inşa edilmiştir. En üst noktasındaki esneme, ekstrem durumlarda artı eksi 32 cm'ye ulaşabilmektedir. Binada 20 asansör ve 3 yürüyen merdiven vardır. Yangına dayanıklı veya yanmaz kablolar kullanılmıştır ve altı yangın merdiveni vardır. İş Kule'de bir oditoryum ve giriş katında kültür-sanat etkinliklerinin yer alacağı Exhibition Gallery bulunmaktadır. Ayrıca çarşı ve fast food bölümlerini barındıran bir kompleksi de vardır. İş kuleleri, Türkiye'nin en iyi korunan binalarından biridir. Özellikle 11 Eylül saldırılarından sonra bu kulenin güvenliği arttırılmıştır. İş kuleleri, antik tapınakları andıran granit yüzeyli, kahve ve bej renklerinin hakim olduğu başlangıç katları ile tezat oluşturan metal-cam karışımı mavi-gri kulelerden

oluşmaktadır. Antik ve modern bu unsurların birleşimi, bir postmodern mimari örneğidir [12].



**Şekil 2.12 : İş Kuleleri**

Garanti Bankası Genel Müdürlüğü olarak kullanılan binanın yapımına 1997’de başlanmıştır ve 2002 yılında bitirilmiştir. Mimarı Randolph Gerner’dir. 21 katlı olan bina, 143.7 metre yüksekliktedir. Yapının 6 yolcu ve bir yük asansörü vardır. Yaklaşık 1400 kişi çalışmakta olup 560 araçlık otoparka sahiptir. Tamamen depreme dayanıklı olarak tasarlanan binada, çalışanların temiz hava soluyamamaktan dolayı yaşadıkları sağlık ve psikolojik sorunlarını engellemek için panjurlu giydirme cam cephe sistemi yapılmıştır. Bu sistem, dışarıdaki taze havayı içeri almaktadır. Ayrıca duman tahliye sistemi de vardır. Ayda 700 bin kw saat elektrik, günlük 70 ton su kullanılmaktadır. Tümüyle engelliler düşünülerek tasarlanan binanın merdivenlerinde tekerlekli sandalyeler için rampalar vardır. Ayrıca her katta engelliler için tuvalette bulunmaktadır.

Daha sonra, 2000 yılında yapımına başlanan ve 2003 yılında yapımı tamamlanan Tekfen Holding’e ait, Tekfen Tower inşa edilmiştir (Şekil 2.13). İçinde finans sektöründen sigortacılık, danışmanlık, ilaç, pazarlama ve havayolu taşımacılığı sektörlerinde faaliyet gösteren 18 şirket bulunmaktadır. Mimari proje, Swanke Hayden Connell Architects şirketi tarafından yapılmış olup, 38 katlı ve 118 metre yüksekliğindedir. Kule, 17 asansör, 2 yürüyen asansör ve 800 araçlık otoparka sahiptir. İstanbul’da beklenen en yüksek depreme dayanıklı olarak tasarlanan kulede, ofis alanı üzerine kişi başına 18,5 metrekare düşmektedir. Ofis çalışanlarına her 6 ayda bir anket düzenlenerek ve sonuçlara göre Tekfen Tower’daki tüm ürün ve hizmetler yenilenmektedir.



**Şekil 2.13 :** Tekfen Tower

Son olarak, Malmö'deki Turning Torso'nun inşaatının tamamlanmasından sonra, Calatrava'nın öncüsü olduğu burgulu binaların mimari açıdan moda olmasından dolayı Sama Dubai ve SOM tarafından, İstanbul-Levent'teki İşbank ve Sabancı kulelerinin bulunduğu köprülÜ kavşaktaki eski İETT garajına planlanan iki burgulu bina projesi yapılması planlanmaktadır (Şekil 2.14). Yükseklikleri kesin olarak bilinmemesine rağmen kuleler tahmini olarak yaklaşık 100 kat, 350 metre ve 80 kat, 300 metre yüksekliğindedir. bu durumda yapılması itibariyle Türkiye'nin en yüksek kulesi olma yolundadır. Kulelerin yapımı mimarlar ve şehir planlamacılar tarafından olumsuz eleştiriler almaktadır. Çünkü kuleler bittiğinde altyapı ve trafik konularından endişe edilmektedir.





**Şekil 2.14 :** Yapılması Planlanan Burgulu Kuleler

### **3. BETONARME YÜKSEK BİNALARIN GELİŞMESİNE KATKIDA BULUNAN ETKENLER**

#### **3.1 Yüksek Dayanımlı Beton ve Çelik Üretimi:**

Bundan 30 yıl önce  $14000 \text{ kN/m}^2$  ve  $20000 \text{ kN/m}^2$  silindir mukavemeti her yerde yaygın olarak üretiliyordu. Bugün çok katlı yapıların alt kat kolon ve perdelerinde  $35000 \text{ kN/m}^2$  çoğunlukla uygulanmakla birlikte zaman zaman  $50000 \text{ kN/m}^2$  silindir dayanımlı betonlar kullanılmaktadır. 90 günlük dayanımı  $62000 \text{ kN/m}^2$  olan beton Chicago'daki 50 katlı bir binada kullanılmıştır. Bazı özel durumlarda  $84000 \text{ kN/m}^2$ , deneysel olarak da  $98000 \text{ kN/m}^2$  basınç dayanımlı betonlara rastlanmaktadır. Basınç dayanımı  $100000 \text{ kN/m}^2$  olan beton türleri çelik elemanlarla çok iyi rekabet edecek durumdadır. Ülkemizde Mersin'deki 50 katlı yapıda  $35000 \text{ kN/m}^2$  lik beton kullanılmıştır [2].

Ayrıca yapısal hafif betonun kullanımı ve gelişimi çok katlı yapıların bazı tasarım güçlüklerinin yenilmesine yardım etmiştir. Yurdumuzda hafif beton, yük taşımayan prefabrik elemanların imalinde kullanılmaktadır. Ana malzeme ise oldukça pahalı olan bims ve perlittir. Amerika Birleşik Devletlerinde ise hafif beton, taşıyıcı elemanlarda özellikle çok katlı yapılarda kullanılmaktadır. Burada ana malzeme genişletilmiş şisttir. Hafif betondan daha az dayanım gerektiren döşeme elemanlarının yapıldığı gözlenmektedir. Genel olarak taşıyıcı sistemlerde kullanılan hafif beton  $18 \text{ kN/m}^3$  ağırlığında olup, normal betondan yaklaşık %33 daha hafiftir. Hafif betonun çok katlı bina yapı sistemlerinde %20 kadar ölü yükü azalttığı tesbit edilmiştir. Depreme göre tasarımda ve yapı ağırlığını sınırlayan zayıf zemin koşullarında, sabit yüklerden %20 kadar tasarruf etmek kolon boyutlarının kritik olması durumunda önem kazanır. Ayrıca hafif betonların kullanılması normal betonlara göre oldukça ekonomiktir.

Çeliklerdeki gelişim devam etmekle birlikte akma limitleri  $420000\text{-}520000 \text{ kN/m}^2$  ye ulaşmıştır. Bunların çok katlı yapılarda kullanımı ACI-1956 yönetmeliği ile birlikte, taşıma gücüne geçilmesi ile olmuştur. Bugün ABD'de kullanılan çeliğin 2/3 kadarı  $420000 \text{ kN/m}^2$  akma sınırına sahiptir. Hasır çeliğin kullanılması da hem zaman kazanılması, hem işçilik bakımından döşemelerde, perde ve kabuklarda maliyetin düşürülmesine yardımcı olmuştur.

Ayrıca aero-dinamik davranışlar 50 katın üzerindeki betonarme yapılarda, yüksek frekanslı titreşimlerin algılanması hem beton dolayısıyla sönüm artışı, hem de kütle artışı ile önlenmiştir [13].

### **3.2 Yeni Tasarım Kavramlarının Gelişmesi:**

Yeni gelişen “taşıma gücü” ve “limit analiz” yöntemleri ile malzemeden daha iyi yararlanılması, yapıda kullanılan bu malzemelerin davranışlarının çok daha iyi bilinmesi ile olanaklı olmuştur. Bu yöntemler yapıda, emniyet gerilmeleri yöntemine göre çok daha düzgün bir güvenlik sağlarlar. Taşıma gücü yönteminin betonarme tasarımında uygulanması, daha düzenli bir emniyet katsayısı kullanılmasını sağlaması nedeniyle çok katlı betonarme yapıların tasarımındaki güvenceyi artırmıştır. Bu nedenle gerçeğe daha yakın tasarım yapma olasılığı ortaya çıkmıştır.

Yukarıdaki her iki yöntem de deneysel sonuçlardan elde edilenler ile taşıma gücünden hesaplanan arasındaki farkın kapanmasına yardımcı olmuşlardır [13].

### **3.3 Yapım Teknolojisi ve Yöntemlerindeki İlerlemeler:**

Geliştirilmiş yapım teknolojisi ve ekipmanlar belki de yüksek yapıların gelişmesine en önemli katkıyı yapmışlardır. Gelişmiş yapım teknikleri de yapı maliyetinin düşmesinde en önemli nedendir.

1950’lerin başında prefabrikasyon uygulamasına bir örnek olmak üzere, yerde dökülmüş döşemeler kaldırılarak yerlerine konmaya başlandı. Bu döşemeler öngerilmeli-ard çekmeli olabiliyordu. Yalnızca kolonlarla birleşim yerleri özel olarak tasarlanıp yerinde dökülüyordu. 15 kata kadar olan yapılar bu şekilde inşa edilmişlerdir. Prefabriğe elemanların kullanılması ile gerek kalite kontrolü, gerek iskele kalıp masraflarının azalması yanında, inşaat süresinin hızla kısılması sözkonusu olmuştur [13].

Betonarme kalıp teknolojisindeki gelişmeler özel kalıp sistemleri ile göze çarpar. Perde-kirişsiz döşeme sistemlerinde kullanılan tam ve yarım kalıp, betonarme perdeli çekirdek yapımında kullanılan kayar ve tırmanan kalıplar, standartlaştırılmış dişli ve kaset döşeme kalıpları, masa kalıplar vb. değişik yapı sistemlerinde ekonomi sağlamak için geliştirilmiştir. Cam lifli ve benzeri türde plastik kalıp kaplamaları ve kalıplar betonarme elemanların yüzeylerine arzu edilen şeklin ekonomik olarak



verilmesinde kullanılmaktadır. Perde duvarların inşaatında kayar kalıp kullanılması ile de inşaat hızı saatte 25-30 cm'ye çıkmıştır. Çelik ve ahşaptan yapılan betonarme kalıplarında, plastiğin gittikçe daha önemli rol oynayacağı anlaşılmaktadır [2].

### **3.4 Betonarme Yapıdaki Gelişmeler:**

1930'lu yıllara kadar modern çok katlı binalarda taşıyıcı sistem olarak çelik kullanılmıştır. Bu yapılarda sadece kat döşemeleri ve temeller betonarme olarak inşa edilmiştir. Birinci Dünya Savaşı'ndan sonra çok katlı betonarme yapıların inşaatı yaygınlaşmıştır. Bu dönemde Amerika Birleşik Devletleri'nde 12-14 kata kadar inşa edilen betonarme apartmanların taşıyıcı sistemleri çelik yapılara benzetilerek, kolon, kiriş ve döşeme elemanlarından teşkil edilmiştir.

Betonarme yapılarda kirişsiz döşeme ve perdelerin ana taşıyıcı sistem olarak kullanılması, 1940'lı yılların başında Amerika Birleşik Devletleri'nde başlamıştır. Betonarme perdelerin yatay yüklere karşı yüksek dayanımı ve aynı zamanda bölme duvarı rolü oynamaları ve son olarak betonarmenin yangına karşı dayanımı kısa zamanda bu tür yapıların bütün dünyaya yayılmasını sağlamıştır. Burada betonarmenin dış etkenlere karşı dayanıklı olması da bir üstünlük olarak sayılabilir.

Betonarme yapılar, yeni malzeme teknolojisi ve inşaat teknikleri uygulanması, büyük vinçlerin kullanılması sayesinde 1950'li yılların başında 20-22 kat yüksekliğine ulaşmıştır. Amerika Birleşik Devletleri'nde 1958'de görülen 38 katlı binalar, 1962'de Newyork'ta yapılan 50 katlı Americana Hotel, yine aynı yıl Chicago'da tamamlanan 60 katlı Marina City apartmanları, betonarme yapılardaki büyük gelişmeleri gösteren örneklerdir. 1968 yılında Chicago'da inşaatı bitirilmiş olan 70 katlı Lake Point Tower apartmanında betonarme kirişsiz döşemeler ile perde duvarları en ekonomik tarzda kullanılmıştır. Betonarme tüp çerçeve sisteminin geliştirilmesi 70 kattan daha yüksek betonarme yapıların inşaatına olanak sağlamıştır. Buna örnek olarak Chicago'da 260 metre yüksekliğinde 77 katlı Water Tower Inn Building yapısını gösterebiliriz. Bu yapının yatay yüklere karşı dayanımı, iki uzun cephesi doğrultusundaki perde duvarlarla takviye edilmiş olan dış tüp-çerçeve sistemi ile sağlanmıştır.

Çok katlı betonarme yapılar son otuz yılda çok hızlı ve yeniliklerle dolu bir görünüm ortaya konmuştur. Betonarme elemanlar çelik yapı elemanları ile birlikte kullanılmış

ve çok etkin yeni yapı türleri geliştirilmiştir. Yeni yapı sistemlerinin gelişmesinde yüksek dayanımlı beton türlerinin pratik hale gelmesi, seri beton dökme teknikleri ve kalıplardaki mekanizasyon en önemli faktörlerdir. Böylece betonun sağladığı iyi kalıplanabilme, şekillendirilebilme, rijitlik ve kütsellik avantajları daha etkin bir şekilde kullanılmıştır [13].

Çok katlı betonarme binaların yapısal sistemleri, kirişsiz döşemelerin kullanılması ile büyük bir aşama yapmıştır. Kirişsiz döşemelerin asma tavan gerekmeden düzgün görünüşü, kalıp ve donatı kolaylığı, kat yüksekliğinde sağladığı ekonomi gibi faydalı özellikleri vardır. Ayrıca bu tür elemanların inşaat hızı çok fazladır. Kolonlar yerine betonarme perde duvarların kullanılması, yatay ve düşey yüklerin çok ekonomik olarak temele aktarılmasını sağlamıştır. Kirişsiz döşeme ve perdelerin birarada kullanılması tünel kalıp teknolojisi sayesinde konut inşaatında büyük bir uygulama alanı bulmuştur. 1960'lı yıllarda Amerika Birleşik Devletleri'nde geliştirilen şaşırtmalı duvar-kiriş ve kaldırılan döşeme sistemleri, betonarme binalar için özel yaklaşımlar olarak tanımlanabilir.

Türkiye'de 1960'lı yıllarda yapılan betonarme binalarda (genellikle 1-6 katlı), betonarme karkas denen kolon-kiriş sistemi uygulanmıştır. Kat sayılarının 10'nun üzerine çıkması 1970'li yıllara rastlar. Bu yıllarda betonarme perdeler kullanılmaya başlanmıştır. Tünel kalıp teknolojisinin uygulanmaya başlanması ile, kirişsiz döşeme-perde sistemiyle 16 kata kadar konut yapıları inşa edilmiştir.

### **3.5 Ekonomideki Gelişmeler ve Prestij:**

Modern yaşamın bilinen en belirleyici özelliği, herşeyin en büyüğüne ulaşmak şeklinde karşımıza çıkmaktadır. En yüksek binayı tasarlamak, inşa etmek, en yüksek tepeye tırmanmak, en uzun yolu kat etmek, en derine dalmak veya en büyük yapıda yaşamak gibi. Bu açıdan bakıldığında, teknolojik gelişmenin de yardımıyla, binalara gün geçtikçe yeni katların eklenmesi, çatıların gökyüzüne yaklaşması çok da şaşırtıcı gelmemektedir.

Belki bu, insanoğlunun gökyüzüne ulaşma arzusunun, tıpkı Everest'e tırmanmak gibi, bir başka şekilde hayata geçirilmesi olarak tanımlanabilir. Ancak, gökdelenler aynı zamanda ekonomik trendlerin de birer yansımasıdır. Ekonomik patlamanın yaşandığı yıllarda yüksek yapı binalar artmakta, çöküşlerde ise projeler daha makul

boyutlara çekilmektedir. 1980’lerde yaşanan ekonomik patlama, dünyanın farklı bölgelerindeki kentlerin gökdelenlere yönelmesinde adeta bir katalizör olmuştur. 1990’larda yaşanan durgunluk ise, özellikle batıda pek çok tutkulu projenin kaldırılmasına yol açmıştır. Bunun yanı sıra, Asya’da yaşanan ekonomik büyüme sırasında yüksek bina yapımına talep, o güne kadar görülmemiş bir şekilde artmıştır [14].

20. yüzyıl boyunca “en uzun bina kimde?” yarışı, Newyork ile Chicago arasında sürüp gitmiştir. Ta ki, 1998’de, Malezya’da Petronas Tower inşa edilinceye kadar. Bu onura bir Pasific ülkesinin ulaşması, bu tür yüksek binaların yoğun olduğu merkezlerin coğrafi açıdan el değiştirdiğinin habercisi olmuştur. Diğer taraftan bu, Pasific ülkelerindeki ekonomik yükselişi de yansıtmaktadır.

Büyük yapı inşa etme tutkusu, Babil Kulesi’nden St. Paul Katedrali’ne kadar hep var olmuştur. İnsanlar yüksek binalarıyla hep onur duymuşlardır. Petronas Kuleleri yapılmadan önce, kimse, dünyanın en büyük petrol üreticisi olan Petronas’ın adını duymamıştır. Sonuçta, yüksek binalar her zaman gurur ve prestij kaynağı olmuşturlar. Şu anda devam eden projeler göz önüne alındığında ise bu prestij yarışının hızla devam edeceği görülmektedir.

### **3.6 Sosyal ve Kültürel Nedenler:**

20. yüzyılda hızlı kentleşme, şehirlerde nüfus yoğunluğunun artmasına yol açmıştır. Bu olgu, kentlerdeki sınırlı yerleşmelerin yanısıra, yapılarda yükselme ile, varolan kent alanlarının daha ekonomik kullanılması zorunluluğunu ortaya çıkarmıştır.

Toplumdaki sürekli değişimler ve artan gereksinimler, giderek yapıların işlevlerine de yansımış ve değişik yapı türleri ortaya çıkmıştır. Bina tipolojisi açısından, önceleri büro binalarında başlayan dikey gelişme, 1. ve 2. Dünya Savaşları sonrasında toplu konut düşüncesini ortaya çıkarmış, buda çok katlı yapıların gelişmesini hızlandırmıştır. Çağımızda yönetim yapılarının büyük önem kazanması ve şehir yapılarında egemen olma istemi de çok katlı yapıların gelişmesini sağlamıştır.

#### 4. ŞEHİR PLANLAMASINDA YÜKSEK YAPILAR

Çok katlı yapıların gelişimi şehirlerin büyümesi ile yakından ilgilidir. Endüstri devrimi ile başlayan gelişme, şehirselleşme, bölgesel bölgelere göçler sonucunda kentlerin yoğunluğunun artmasına yol açmış ve bu yaşamı tehlikeye sokacak sınırlara varmıştır. Buna karşı geniş yeşil alanların ortasında çok katlı yapılar, doğal çözüm olarak ortaya çıkmıştır.

Çok katlı yapıların kütlesi, tasarımcının çevre düzenleme anlayışı ve binanın amacına karşı tutumunu gösterir. Yüksekliğin ve bina kütlesinin belirlenmesinde oldukça kompleks bir planlama yöntemi gereklidir. Şehircilik açısından düşünülmesi gereken başlıca etkenler arasında, yapı yerinin arazi durumu, binanın diğer yapılarla uyumu ve arazinin pitoresk karakteri yer almaktadır. İçinde bulunduğumuz yüzyılın başlarında 20 katlı bloklar, karşı karşıya ve dar, karanlık caddelere yerleştiriliyordu. İnsanlar ve şehir arasındaki organik bağlantı tasarım faktörü olarak düşünülmemişti, minimum alana, en fazla sayıda kullanıcı yerleştirilmesi amaç edinilmiştir. Zamanla, ışık, hava ve zeminde açık alanlar gereksinimi, tek başlarına yükselen yapılara doğru gelişimi zorladı. Böylece daha önceki bloklara yerleşmiş insan sayısının yeni yapılara sığdırılması, daha fazla yükselmek, kat adedinde artış ile mümkün olabildi [15].

Şehir ölçeğinde, yüksek bir yapının ortaya çıkmasını yakından ilgilendiren bazı gerçekleri şu şekilde sıralamak mümkündür:

- Yüksek yapılar, gereksiz isteklere değil, aksine belli gereksinimler sonucu ortaya çıkmaktadır. Aynı zamanda içinde bulunduğumuz yüzyılın gelişmeleriyle özdeş ve büyük güçleri ellerinde tutanların birer ürünüdür.
- Şehirleşmenin başladığı günden bu yana, şehir merkezlerindeki yoğunluk artmış ve büyüme gereksinimi ortaya çıkmıştır.
- Toplum, bu büyümeye kat adetlerini arttırma yoluyla bir çözüm bulmuştur. Teknolojinin elverdiği ölçüde, daha hızlı artan yoğunluk, daha yüksek yapılar ortaya çıkarmıştır.
- Günümüzün yüksek yapıları, geçmişteki insan yapımı yapılardan çok daha büyük ve sağlam bir yapıya sahiptir. İnsan yaşamının yenilenen

gereksinimleri doğrultusunda, karmaşık birer makina olan bu yapılar, kalıcı ve vazgeçilemez birer unsur olarak değerlendirilmelidir.

- Yüksek yapılar, kentsel çevreyi oluşturan en büyük ölçekli bina kütleleridir. Kendileri kadar oluşturdıkları kentsel mekanlar da kalıcıdır.
- Mimari formlar olarak, yüksek yapıların hiçbir tarihi veya dini kökleri bulunmamaktadır. Kendilerinden önce gelen örneklerinin ortaya çıkardıkları ürünler değil, toplumsal kalkınmanın ve kavramsal hamlenin ürünüdür.
- Yüksek yapıların teknolojisi, global iklimik, coğrafi ve fiziksel koşullara uyum sağlamaya imkan tanımaktadır. Gerçekte dünya çapında çoğalmaları evrensel olduklarını ifade etmektedir.
- Yüksek yapılar çoğaldıkça, çevrede yarattıkları etki, daha fazla yatsınamaz hale gelmiştir. Ancak bu yapıların giderek “ayakkabı kutusu” şeklindeki formları, akademik elemanların ve eleştirmenlerin geriye dönüş yaparak, daha uygun formlar araştırmalarına neden olmuştur. Ancak geçmişte ortaya konmuş olanlar beklentileri karşılayamamıştır. Oysa yüksek yapılar ve onların sonucunda ortaya çıkanlar, günümüze özgü olup, geçmişte örnekleri bulunmamaktadır.
- Bir yapı ortaya koymak, kentsel bir çevre içindeki açık, serbest alanları kapalı, özel ve katı bir kütle haline dönüştürmektedir. Her zaman için yüksek yapıların, kamu alanları ve kendisine komşu olan diğer yapılar üzerinde, genellikle gelişigüzel olan keskin gölgeleri vardır.
- Yüksek yapılar çevrelerindeki hava sirkülasyon düzenini değiştirir ve gölgeleri ile kamu alanları üzerinde istenmeyen, kontrolsüz alanlar oluştururlar. Bu durumda kentsel çevre düzeni içinde zararlı etkiler ortaya çıkmaktadır [16].

Yüksek yapıların yaratmış oldukları olumsuz etkilere neden, ne mimari stiller, ne cephe düzenleri, ne de yapının konstrüksiyonudur. Yapının boyutları tasarımcılar tarafından değil, ne yazık ki ülke ekonomisi ve imar planları tarafından belirlenmektedir. Bu durumda mimara düşen görev, yapısını şekillendirirken, olumsuz etkileri en aza indirmek ve vaziyet planı düzeyinde yaratmış olduğu olumlu etkiyle ürününü kentsel çevre düzeni içinde en değerli konuma ulaştırmaktır.

Yüksek bir yapı, kütlesi ve içine almış olduğu daha çok gün ışığı ile bulunduğu çevreye uyumlu, başka bir deyişle içinde yer aldığı kentsel mekan ile tek defaya özgü olmalıdır. Farklı çevreler içinde rüzgarı yönlendirecek, hızlandıracak, kesecek veya bloke edecek şekilde yapılmalıdır. Gökyüzüne doğru yükseldikçe incelmeli, köşe binası ise cadde duvarları gibi olmamalı, ışık oyunları yaratmalı, insanları kendine çekmeli, davetkar olmalı, ifadeci olmalı, güzel olması için yapılmalıdır.

Büyük bir yapının çevresine uyumlu olabilmesi için, bu çevreye etki eden ekonomik ve politik güçlere, doğaya ve kentsel düzene uyumlu olması gerekmektedir. Binalar ve çevrelerinin arasında varolan etkileşim tasarım aşamasında ele alınması gereken bir konudur. Binalar içinde bulundukları çevreye ne denli saygılı olurlarsa, şehirleri, kullanıcıları ve sahipleri tarafından o denli değer kazanır.

## 5. TAŞIYICI SİSTEM TASARIMI

Yapısal tasarım, yaratıcılık yeteğine, tasarlamaya ve tasarımcının deneyimine dayanan geniş, kapsamlı bir sanattır. Üstelik sadece sanat olarak kalmaz; çünkü topluma, ekonomik açıdan da yarar sağlayacak bir faktördür. Bu ise, bilimsel araştırma ve çözümleri gerektiren yeni yapım tekniklerinin ve yapı türlerinin geliştirilmesini gerektirir. Böylece, mühendislik ve ekonomi, daha gelişmiş yapıların ortaya çıkmasında, mimarlıkla ortak hareket etmelidir. Kısaca tasarım kavramı, yaratıcı ve bilimsel incelemeyi içerir [17].

Mısır anıtlarının, Yunan tapınaklarının ve Roma köprülerinin yapımı, ampirik kurallara, sezgiye ve deneyimlere dayanan bir sanat işiydi. 17.yüzyılda başlayan yapısal tasarım, rasyonel yaklaşım, sanat ve bilim, deney ve kuram arasında bir bütünlük gösterir. Yapı statığı ve deneysel görgü, yapısal tasarım için değerli bir alandır, ancak tüm bilimsel tasarım ilkelerinin oluşturulması için yeterli değildir. Kuramsal incelemeyi yapmak için yapının davranışı mühendislik kabulleri ile idealize edilir. Hesaplanan iç kuvvetler ve deplasmanlar yaklaşık değerlerdir. Bu durumda yükler ve deformasyonlar altında yapının mukavemeti, yapılan hipotezler ve idealizasyonlar nedeniyle, yaklaşık olarak saptanabilmektedir. Bunların dışında, yapıda baştan tahmin edilemeyen işletme koşulları ve yükler ortaya çıkabilir. Böylece deney ve yargı, yapı tasarım pratiğinde önemli bir rol oynamakla birlikte, yalnız başlarına genellikle yetersizdir.

Anlatılan nedenler ışığında taşıyıcı sistem tasarım ilkeleri aşağıda belirtilen adımlardan oluşur:

- Yapı tipinin ve konumunun seçimi,
- Yapıda oranların ve malzemenin seçimi,
- Yapıdaki yüklerin belirlenmesi,
- Yapının taşıyıcı elemanlarındaki iç kuvvetlerin belirlenmesi,
- İşletme koşullarında yapı performansının kontrolü,
- Son gözden geçirme ve düzeltmeler.

Malzeme üretiminde, yapım tekniklerinde ve hesap yöntemlerindeki yeni gelişmeler, mimari proje amaçlarını büyük ölçüde genişleterek, ona yeni boyutlar sağlamıştır. Bu

yeni olanaklar, çağdaş taşıyıcı sistemleri, her zaman için iyi mimarinin esasları olan temel koşulları yerine getirmekten alıkoyamaz. Bu koşullar şu başlıklar altında toplanabilir [18]:

- a. Denge,
- b. Stabilité,
- c. Mukavemet,
- d. Fonksiyonel uygunluk,
- e. Ekonomi,
- f. Estetik.

#### **a. Denge**

Dengenin temel koşulu, bir bina ya da onun parçalarının hareket etmeyeceğinin garantisidir. Bu koşulun tam olarak gerçekleştirilemeyeceği açık olmakla beraber, bir miktar hareket, hem kaçınılmaz hem de zorunludur.

Özellikle basit taşıyıcı sistemlerin dengesini sağlayacak olan bazı elemanter koşullar kolaylıkla gözönüne getirilebilir. Bir kabloya asılı bir asansör, kablodaki çekme etkisiyle mesnetlendirilmiştir. Buna karşılık kablo binanın tepesindeki bir tanbura asılıdır. Eğer asansörün ağırlığı 1000 kg. ise ve hareket etmiyorsa, kablo asansöre 1000 kg'lık bir çekme etkisi uygulayacaktır. Böylece asansörün ağırlığı ile kablodaki çekme kuvveti birbirine eşittir ve birbirini 'dengeler'.

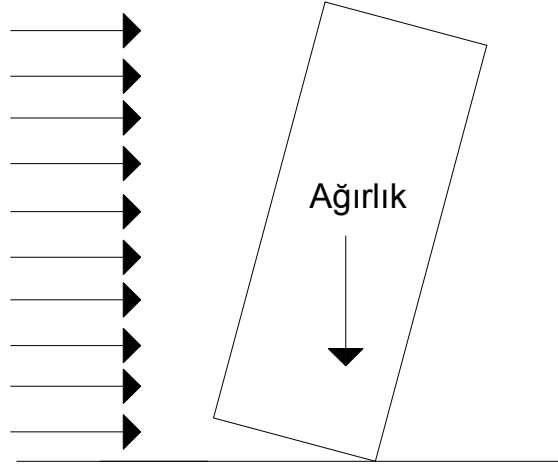
Bir cisim belli bir doğrultuda etki eden kuvvetler birbirini dengeliyorsa, o cisim o doğrultuda hareket etmez. Belirli bir yönde uygulanan bir kuvvete, ters yönde fakat eşit değerde bir kuvvetle karşı konmalıdır. Bu durum gerçekleştiği zaman "o yönde denge vardır" denir.

#### **b. Stabilité**

Rijit cisim stabilitesi, binanın bir bütün olarak, kabul edilemeyecek hareketleri yapma tehlikesinin incelenmesidir. Örneğin bir kasırganın etkilediği yüksek bir bina (zemine yeter derecede bağlanmamışsa ya da kendi ağırlığı tarafından dengelenmemişse) parçalanmadan devrilebilir (Şekil 5.1). Böyle bir yapı dönmeye karşı stabil değildir. Bu durum özellikle yüksek ve narin yapılar için söz konusudur



ki, pürüzlü bir zemin üstünde duran dar ve yüksek bir kutuyu üfleme yoluyla, bu durum ispatlanabilir.



**Şekil 5.1 :** Yapının Devrilmesi

Dönme halinde dengenin kararsızlığı, bina iyi dengelenmediği ya da mukavemeti düzgün olmayan bir zemine oturduğu zaman söz konusu olur. Eğer bina, zemine farklı oturmalara yaparsa, Pisa Kulesi'nde olduğu gibi dönebilir ve sonuç olarak devrilebilir.

Zemin göçmelerine karşı taşıyıcı sistemlerin stabilite güvenliğini sağlamak için ciddi tedbirler alınır. Sağlam kayaya ulaşmak veya kazık yüzeyleri ile zemin arasındaki sürtünmeden yararlanmak üzere zemine kazıklar çakılabilir. Kazık çakma işlemi çarpma suretiyle veya hızlı titreşimlerle zemin içinde kaydırılarak yapılabilir. Zeminler kimyasal yollarla da sağlamlaştırılabilir. Zemin koşullarındaki bu gelişme, çoğu kez uygun bir temel projesine yardımcı olabilir.

### **c. Mukavemet**

Mukavemet, herhangi bir türde ve olası bütün yükler altında taşıyıcı sistemin ve her bir parçasının bütünlüğü ile ilgili bir taşıyıcı sistem gereğidir. Bu amaçla önce taşıyıcı sistem seçilir ve yükler belirlenir. Sonra taşıyıcı sistemin önemli noktalarındaki gerilme durumu bulunur ve bu gerilmeler malzemenin emniyet içinde karşılayabileceği tür ve büyüklükteki gerilmelerle karşılaştırılır. Yükleme koşulları

ve malzeme özelliklerindeki belirsizlikleri hesaba katmak için değişen değerlerde emniyet katsayıları kullanılır.

Rijitlik mukavemetle karıştırılmamalıdır. Aynı yükler altındaki iki taşıyıcı sistemden biri diğerinden daha fazla deforme olmasına karşılık, her ikisinde eşit derecede emniyetli olabilir. Rijitlik yüklere karşı, çoğu kez bir mukavemet ölçüsü olmakla birlikte, sıcaklık değişmelerine, düzgün olmayan zemin çökmelerine ve dinamik yüklere maruz taşıyıcı sistemlerde bir zayıflık işareti de olabilir.

Taşıyıcı sistem zayıflıklarından bazıları orta derecede hasarlara neden olurken, diğerleri taşıyıcı sistemin yıkılmasına yol açabilir. Bu nedenle taşıyıcı sistem tasarımcısı, sistemin önemli noktalarında en uygunsuz gerilme durumlarını elde etmek üzere, çeşitli yüklemelere göre mukavemet kontrolü yapmalıdır.

#### **d. Fonksiyonel Uygunluk**

Fonksiyonel uygunluk, taşıyıcı sistemin, binanın yapılma amaçlarına olan etkisiyle ilgilidir. Bir taşıyıcı sistem, eğer statik yükler altında içinde yaşayanların hareketini güçleştirecek veya rahatsız edecek şekilde deformasyon yaparsa, aşırı fleksibilite, taşıyıcı sistemin fonksiyonel uygunluğunu bozabilir.

Rezonans halindeki yükler altında, taşıyıcı sistemde daha tehlikeli durumlar meydana gelebilir. Örneğin bir trafik akımı, taşıyıcı sistemin kullanılabilirliğine zarar veren devamlı ve rahatsız edici titreşimler yaratabilir. Metro veya demiryolu tüneli üzerinde yapılan yapılar, bu tür titreşimlerden korunmak için, çoğunlukla kurşun izolasyon yastıklarıyla mesnetlendirilirler.

#### **e. Ekonomi**

Hemen her durumda, yapı mühendisinin maliyet karşılaştırmaları yapması ve diğer etkenler eşit olduğunda, en ekonomik sistemi seçmesi beklenir. Çağdaş bir binada diğer mühendislik giderleri (ısıtma, havalandırma, elektrik ve sıhhi tesisat) taşıyıcı sistem giderlerini çok aşar. Taşıyıcı sistemin maliyeti, çoğu kez tüm yapı maliyetinin %20 ile %30'undan daha azdır. Böylece taşıyıcı sistem maliyetinde önemli bir azaltma yapılırsa bile, tüm maliyetin küçük bir yüzdesinden daha fazla ekonomi sağlanmaz.

Taşıyıcı sistem maliyetini saptarken, taşıyıcı sistemle ilgili proje giderlerini hesaba katmak gerekir. Proje giderleri tüm yapı maliyetinin %1 ile %2'si kadardır. Taşıyıcı

sistemin projeleri için ayrılan finansman, avan proje giderleri ile kesin proje giderleri ve yüklenicinin hazırladığı uygulama projelerinin kontrol edilmesi, bazen yapım aşamasındaki kontrolluk ve denetleme giderleri olmak üzere çeşitli aşamalar için pay edilir.

Bir taşıyıcı sistemin en büyük maliyet bileşenleri malzeme ve işçiliktir. Bunlarla ilgili olarak, bugün dünyada iki temel ekonomi türü vardır. Çoğunlukla sanayileşmiş ülkelerde karşılaşılan birinci türde malzeme fiyatları rölatif olarak düşük, işçilik yüksektir. Az gelişmiş ya da gelişmemiş ülkelerde karşılaşılan ikinci türde ise durum tersidir.

Birinci tür ekonomilerde her çeşit makine (kreynler, konveyörler, ekskavatörler, kompresörler, elektrikli aletler vs.) konstrüksiyonu hızlandırmak ve işçilik maliyetini düşürmek için kullanılır. Bu durumda kolay monte edilebilen hazır elemanlar önem kazanır ve çelik çoğunlukla kullanılan tipik malzeme olur. İkinci tür ekonomilerde, taşıma ve yapım işleri büyük ölçüde insan emeği ile yapılır. Ağır makinaların kullanımını en aza indirmek için konstrüksiyonda küçük elemanlar tercih edilir, taş, tuğla ve beton tipik malzemeler olur.

Üretim ve ekonomik dengede meydana gelen sürekli değişimler, yere ve zamana bağlı olarak çeşitli ara durumlar yaratmıştır. Birkaç yıl öncesine kadar çeliğin hakim olduğu ülkelerde, beton daha çok tutulan ve daha çok rekabet eden bir malzeme olmaya başlamıştır. Buna karşılık betonun bugüne kadar en ekonomik malzeme olduğu ülkelerde metal taşıyıcı sistemler popüler hale gelmektedir.

Ağır donatı olanağı, konstrüksiyonda büyük hazır elemanların kullanma sınırını belirleyen asıl etkenlerden biridir. Avrupa'da kapasitesi birkaç tonu geçmeyen, kolayca bulunabilir kreynlerle kaldırılabilen ilginç çalışmalar yapılmıştır. Diğer yandan ABD'de küçük yükleniciler tarafından yapılan konstrüksiyonlarda ağırlıkları on tonun katlarına ulaşan elemanlar hergün kullanılmaktadır.

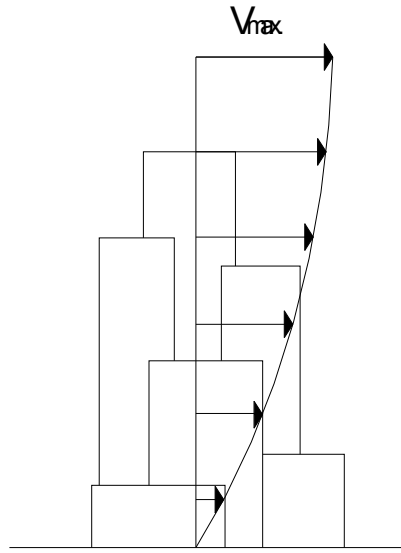
#### **f. Estetik**

Temel olarak yüksek bir yapının plan ve kesitindeki geometrik şeklin, katların ve düşey taşıyıcılar arasındaki açıklıkların ritminin, ana girişin ve lobi katının davetkar konumunun, renk temasının ve çatı tasarımının estetik üzerindeki etkisi inkar edilemez. Tasarımcı bunlardan her birinin maliyet üzerindeki etkisini de göz önünde

bulundurarak ele almalıdır. Tasarımcı, yapının güzel olarak değerlendirebilmesi için, bu faktörleri bir araya getirirken, oldukça duyarlı olmalıdır.

### 5.1 Çok Katlı Yapılarda Taşıyıcı Sistem Tasarımı

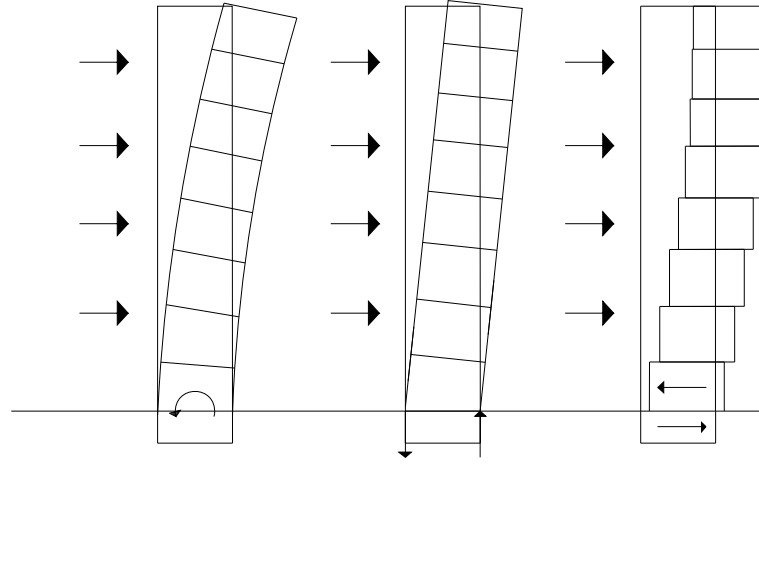
Çok katlı yapı düşey yüklerin yanısıra, rüzgar ve depremden oluşan yatay yükleri de taşımaktadır. Ancak adı geçen yatay kuvvetler, yüksekliğe göre daha hızlı artarlar (Şekil 5.2). Böylece taşıyıcı sistemde yatay yer değiştirmeler (ötelenmeler) oluşur. Bu nedenle belirli bir yükseklikten sonra, yapı mukavemetinin yanısıra, yatay yüklere karşı yeterli rijitlik de sağlanmalıdır.



**Şekil 5.2 :** Yatay Kuvvetlerin Yüksekliğe Oranla Artışı

Çok katlı yapılarda taşıyıcı sistem, tüm olarak düşey kuvvetlerin oluşturduğu basınç ve yatay kuvvetlerin doğurduğu eğilme etkisinde, zeminden ankastre bir konsol kirişe benzetilebilir (Şekil 5.3). Yapılarda düşey yükselme, adı geçen konsola ilişkin eğilme teorisinin ortaya konusu ve sonraki araştırmalar sonucu mümkün olmuştur.

Binalarda kullanım alanları sağlanması için bu düşey konsolun içinin katlarla bölünmesi gereği ortaya çıkmıştır. Böylece çok katlı yapı taşıyıcı sistemi, yatay kullanım alanlarını içeren döşeme sistemleri ile bunları taşıyan ve yapıyı saran düşey taşıyıcı kolon ya da duvar sistemlerinden oluşmaktadır.



**Şekil 5.3 :** Binaların Yatay Kuvvetler Karşısında Davranışı

Taşıyıcı sistem tasarımında, sistem elemanlarının boyut hesabında yatay yüklerin payı, düşey yüklerin taşınması için gerekli olandan öteye geçmemelidir. Bu nedenle yükseklikle artan deprem ve rüzgar kuvvetlerinin karşılanması, artan eleman boyutlarıyla değil, taşıyıcı sistemin etkinliği ile sağlanmalıdır.

Burada belirtilmesi gereken bir nokta, çok yapının taşıyıcı sistem tasarımında, taşıyıcı sistemin düşey ve yatay yükler altında davranışı ve etkinliği önemli olmakla birlikte, mimari, mekanik ve sıhhi donanım sistemlerinin çözümlenmesi istekleri de rol oynamaktadır. Mimari istekler arasında özellikle:

- İşlevsel çözüm,
- Strüktürel etkinlik,
- Estetik,
- Yapım kolaylığı,
- Ekonomi

etkenleri yer alırken, mühendislik açısından da çok katlı yapılarda önem kazanan mekanik ve sıhhi donanım sistemlerinin, strüktürel planlama ile birlikte çözümlenmesi istenmektedir. Böylece son yıllarda gerçekleştirilen yüksek yapı

taşıyıcı sistemlerinde, aralarda bırakılan sıhhi ve mekanik donanım katları, aynı zamanda taşıyıcılık açısından da değerlendirilerek kullanılmaktadır.

Sonuç olarak burada belirtilmesi gereken nokta, çok katlı yapılarda taşıyıcı sistem seçiminin yalnızca strüktürel bakış açısına göre yapılmayacağıdır. Sistem seçimi kültürel, sosyal, ekonomik ve teknolojik etkenlere de dayandırılmalıdır [15].

## 6. ÇOK KATLI YAPI TASARIMINDA TEKNOLOJİK ETMENLER

Çok katlı yapıların planlanmasında gözönünde bulundurulması gereken etmenler aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

- a. Genel ekonomik etmenler,
- b. Zemin koşulları,
- c. Yapının geometrik formu ve yükseklik/genişlik (narinlik) değeri,
- d. Fabrikasyon ve yapım,
- e. Mekanik donanım sistemleri,
- f. Yangından korunma,
- g. Yerel koşullar,
- h. Yerel malzeme fiyatları ve olanaklar.

### a. Genel Ekonomik Etkenler

Planlama sürecinde, en başta ekonomik nedenler etken olmaktadır. Ekonomik etkenler sadece yapım maliyeti olarak değil, yapı tamamlandıktan sonraki işletme giderleriyle birlikte değerlendirilmelidir. Yapım ve işletme giderleri yapının yüksekliği ile doğru orantılı olarak artış göstermektedir. Yüksekliğin artması ile arsadan ve idare masraflarından kazanılanlar bunları karşılamalıdır.

Mühendis, mimar ve yüklenicinin planlama sürecinde ortak çalışmasıyla ekonomik çözüme ulaşmak mümkün olmaktadır. Yapım sürecinde de bu ekip çalışmasıyla erken tamamlanan yapı, zamandan kazanılarak ekonomi sağlar.

### b. Zemin Koşulları

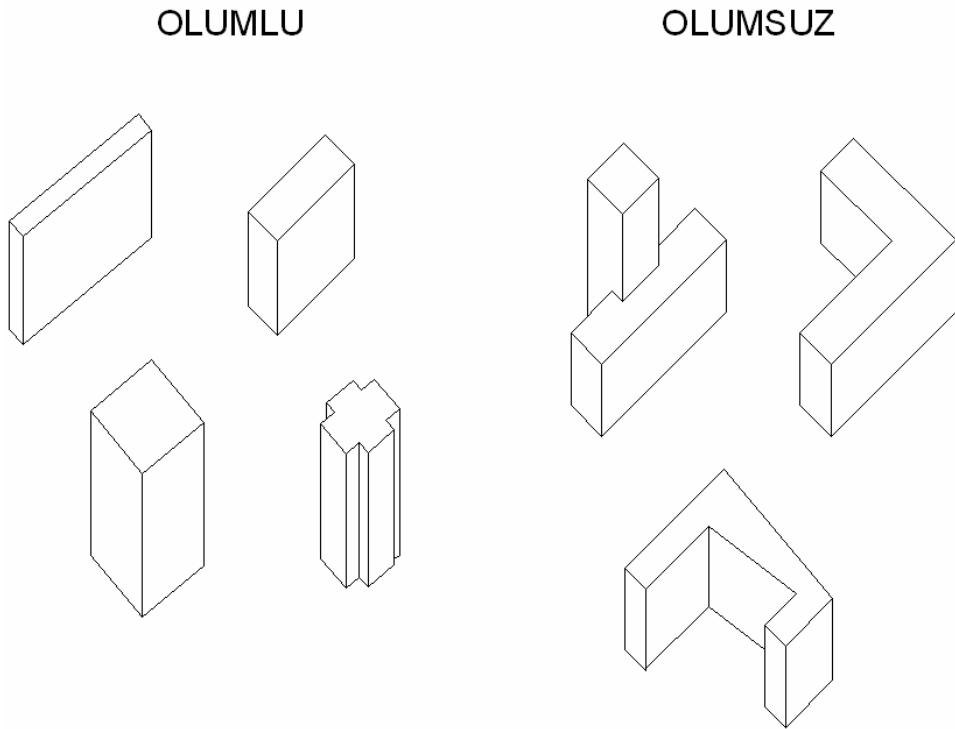
Yapının üzerinde oturacağı zemin, tasarım için önemli olan bir diğer etkidir. Sistem yükleri toplayarak zemine aktarmaktadır. Zemin tüm yükleri taşımak zorundadır. Bu nedenle yapının ve taşıyıcı sistemin tipi, zeminin jeolojik yapısına büyük ölçüde uygun olarak seçilmelidir. Dolayısıyla öncelikle zemin koşulları incelenmelidir. Bu aynı zamanda taşıyıcı sistem malzemesine de etki etmektedir.

### c. Yapının Geometrik Formu ve Yükseklik/Genişlik (Narinlik) Oranı

Taşıyıcı sistemin rijitliği yapının geometrik formuna, katların sayısına, sistemin türüne, elemanların ve bağlantılarının rijitliğine ve yükseklik/genişlik oranına bağlıdır.

Yüksek bir yapıda alt kattan başlayarak üst kata doğru ağırlık ve rijitlikle uyumlu bir azalma olmalıdır. Aynı yapının bölümleri arasında yükseklik farkı sakıncalıdır. Şekil 6.1’de gösterilen geometrik formlara sahip yapılar üzerinde (kule gibi), ana kütlede daha küçük ve yüksek kule bölümlerin depremde ana kütlede daha farklı davranış gösterdikleri bilinmektedir.

Bir çok depremde bu bölümlerin zarar görmeleri nedeniyle, bazı kısıtlamalara gidilmelidir. Bu tür yapıların narinlik oranının büyük olmasının, yapıda büyük devrilme momentleri oluşturabileceği ve dış akslara büyük eksenel yüklerin gelebileceği bilinmektedir. Yapının narinlik oranının fazla olması, taşıyıcı sistem tasarımında güçlükler çıkarabilir [19].



**Şekil 6.1 :** Deprem Yükleri Açısından Olumlu ve Olumsuz Yapı Formları



#### **d. Fabrikasyon ve Yapım**

Taşıyıcı sistemin seçiminde yapım sistemi de önemli olmaktadır. Bazı durumlarda seçim aşamasında en önemli etken durumuna dahi gelebilir. Bu etken işçiliği azaltır, yapım süresini kısaltır.

#### **e. Mekanik ve Sıhhi Donanım Sistemleri**

Yapım maliyetinin yaklaşık olarak 1/3'ünü, mekanik ve sıhhi donanım sistemleri oluşturmaktadır. Bundan dolayı bu sistemlerin yapıdaki yeri önem kazanmaktadır. Bunların mümkün olduğunca bir çekirdekte toplanması genellikle kolay ve maliyeti düşük olmaktadır.

#### **f. Yangından Korunma**

Çok katlı yapılarda yangın durumu önemli sorunlardan biridir. İtfaiye merdivenlerinin ulaşım sınırları dışında kalan çok katlı yapılarda kurtarma bina içinden sağlanmalıdır. Aynı zamanda binanın kısa zamanda toptan boşaltılması güç ya da olanaksızdır. Yangın başlangıcında dumandan boğulma ve zehirlenme tehlikesi yanmadan daha fazladır. Bunlara göre:

- Ateşin sınırlandırılması, yapıda bazı bölgelere alevin girmesinin engellenmesi,
- Uygun boşaltma sistemlerinin düzenlenmesi,
- Etkin duman ve tahliye sistemlerinin oluşturulması,
- Söndürülen duman için vantilasyon sistemlerinin tasarlanması,
- Yapının yangın başlangıcındaki belli sürede bütünlüğünü koruması,

sağlanmalıdır. Bu gerekler yapı tip ve kullanımına göre değişmekte ve özellikle hastane, kıymetli malzeme bulunan depo gibi binalarda önemi artmaktadır.

#### **g. Yerel Koşullar**

Her toplumun kendine özgü koşulları bulunmaktadır. Bölgesel yönetmelik ve şartnamelerde yapım ve sistem seçimini etkileyecek şartlar bulunabilir. Örneğin bir yükseklik sınırlaması varsa, bu yükseklik içine maksimum sayıda kat yerleştirebilmek için döşemeden döşemeye yükseklik, kirişsiz betonarme döşeme ya da önerilmeli döşeme önerilerek azaltılabilir.

Benzer şekilde, yerel işçi ücretleri ve şartlar bir yapım yöntemini diğerlerinden daha ekonomik hale getirebilir. Örneğin bazı ülkelerdeki düşük işçilik ücretleri, karışık bir yöntem gerekse bile yapıyı daha ekonomik duruma getirebilir.

#### **h. Yerel Malzeme Fiyatları ve Olanaklar**

Yapının gerçekleştirileceği arsanın, yapı malzemesi kaynağının yakın bir mesafesinde bulunması durumunda, normal şartlar altında pahalı olan bir malzeme, o duruma özel olarak ucuza malolabilir. İstenen malzemeyi elde etmek zor ise, bu yapı programını geciktirebilir, giderleri arttırır, yerel işçilik ve ulaşım durumu da bu olumsuzluğa katkıda bulunur. Bu nedenle, malzeme seçimi yapılırken, yerel koşullar titizlikle araştırılmalıdır.

## 7. YAPILARA ETKİYEN YÜKLER

Bir yapıya etkiyen yükler ya doğrudan doğruya doğa kuvvetleri ile ya da insanın kendisi tarafından oluşturulur. Bu durumda yapı yükü olarak iki ana kaynak vardır: Doğa ve insan.

Doğanın sürekli değişimi ile oluşan jeofizik kuvvetler, yerçekimi, meteorolojik ve sismik kuvvetlerdir. Yerçekimi sonucu yapının kendi ağırlığı ile ölü yükler oluşmaktadır ve bu yükler yapının ömrü boyunca sabit değerdedir. Bütün yapıların baş sorunu yer çekimi denilen gücün etkisini karşılamaktır. Bu çekim “ağırlık” adı verilen fizik olayını doğurur. Yapının en büyük sorunu yükseldikçe birikerek, üst üste eklenerek artan bu ağırlık sorununu karşılama, dengede tutma sorunudur. Meteorolojik yükler ise zaman ve yere bağlı olarak değişiklik gösteren rüzgar, ısı, nem, yağmur, kar ve buz yükleridir. Deprem gibi sismik kuvvetler de yer hareketleri ile oluşmaktadır [15].

Yüksek yapılara etkiyen yükler diğer yapı türlerinde olduğu gibi yatay ve düşey yükler olmak üzere başlıca iki gruba ayrılmaktadırlar. Taşıyıcı sistem yapıyı etkileyen dış yüklere karşı yeterli güvenlikte olmalıdır. Statik, dinamik, deprem yüklerine karşı yeterli dayanımı gösterebilmelidir. Yüksek yapılarda yatay yüklerin (deprem ve rüzgar yükleri) etkisi oldukça büyüktür. Yüksek yapılarda ve diğer yapılarda taşıyıcıları meydana getiren elemanlar aynıdır. Fakat yüksek yapılarda kullanılan taşıyıcı sistem elemanlarının boyutlandırılmasında etkili olan yükler, normal yapılardakinin aksine yatay yüklerdir. Yapının kat yüksekliği arttıkça yatay yüklerin etkileri artmakta ve böylelikle taşıyıcı sistem elemanlarının yapıyı etkileyen yüklere karşı gösterdikleri tepkiler kat sayısı az olan yapılardan farklı olmaktadır [20]. Yüksek yapıların sismik tasarımını açıklığa kavuşturacak olan plan şemasıdır. Strüktürel sistem üzerindeki yatay yüklerin etkisi plan şemasının belirlenmesi aşamasında dikkate alınmalıdır.

Yatay kuvvetlerin düşey yüklere oranla yüksekliğe göre daha hızlı artması nedeniyle; taşıyıcı sistemde yatay yer değiştirmeler (ötelenmeler) oluşur. Belirli bir yükseklikten sonra, yapı mukavemetinin yanı sıra, yatay yüklere karşı yeterli rijitlik de sağlanmalıdır.

Yapının yükler karşısındaki davranışları, ilerdeki problemleri önleyip, taşıyıcı etkinliğini sağlamak için çok iyi incelenmelidir. Yapının güvenli ve kullanılabilir olması için, tasarımcının kuvvetleri ve yük etkilerini iyi bilmesi gerekir.

Çok katlı yüksek bir yapının taşıyıcı sistemi, yatay ve düşey düzlemlerde birbirleriyle birleştirilmiş düzlem ve çubuk elemanların oluşturduğu bir bütündür. Bu elemanlar, kullanım gereği, genel olarak yatay ve düşey düzlemlerdir. Taşıyıcı sistemdeki elemanların, esas olan taşıma işlevinin yanı sıra, binanın mimari, teknik işlev ve donanımlarının düzenlenmesinde de önemli yerleri vardır. Bu elemanlar, kendilerine gelen yükleri en emin ve kısa yoldan zemine aktaracak şekilde düzenlenmelidir.

Çok katlı yapı taşıyıcı sistemi, yatay kullanım alanlarını içeren döşeme sistemleri ile bunları taşıyan ve yapıyı saran düşey taşıyıcı kolon ya da duvar sistemlerinden oluşmaktadır.

Taşıyıcı sistem tasarımında, sistem elemanlarının boyut hesabında yatay yüklerin payı, düşey yüklerin taşınması için gerekli olandan öteye geçmemelidir. Bu nedenle, yükseklikle artan deprem ve rüzgar kuvvetlerinin karşılanması, artan eleman boyutları ile değil, taşıyıcı sistemin etkinliği ile sağlanmalıdır.

Çok katlı yapının taşıyıcı sistem tasarımında, taşıyıcı sistemin düşey ve yatay yükler altında davranışı ve etkinliği önemli olmakla birlikte, mimari, mekanik ve sıhhi donanım sistemlerinin çözümlenmesinin gerekliliği de etkili olmaktadır. Mimari istekler arasında özellikle, işlevsel çözüm, yapısal etkinlik, estetik, yapım kolaylığı, ekonomi etkenleri yer alırken, mühendislik açısından da çok katlı yapılarda önem kazanan mekanik ve sıhhi donanım sistemlerinin strüktürel planlama ile birlikte çözümlenmesi istenmektedir [21].

## **7.1 Düşey Yüklerin Aktarılması**

Çok katlı yüksek bir yapıya gelen yükler çeşitli taşıyıcı sistem elemanlarıyla katlardan toplanarak zemine aktarılmaktadır. Bu elemanlar yatay ve düşey düzlemde olmak üzere iki ana grupta ele alınabilir.

Yapıda düşey yapı elemanları, üst üste konmuş yatay düzlemlerdeki yükleri toplayarak zemine ve temellere aktarırlar. Bu aktarmanın dengeli olması için her katta yüklerin düşey taşıyıcılara aktarıldığı noktalar düzenli olmalıdır. Ancak bu

noktaların dağılımında yapısal etkinliğin yanısıra, mimari açıdan kat kullanımı da yönlendirici bir etkidir. Burada da amaç optimum çözümün bulunması olmaktadır.

Her katın düşey taşıyıcıları, daha üst katlardan gelen yüklerin toplamını taşımaktadır. Bu nedenle alt katlara inildikçe, taşınan yükler artacağından, bunlara bağlı olarak düşey taşıyıcıların kesitleri de büyür. Çok katlı yapıda, düşey taşıyıcı olarak yalnız kolonlar (çerçeveler) kullanıldığında, belli bir katın altında, büyüyen kolon kesitleri nedeniyle, kullanılan döşeme alanları önemli ölçüde azalmaktadır. Bu taşıyıcı sistem açısından bir problem olup, yatay yüklerde işe girince, bu problem daha da büyür.

Yapının her katında, mekanların gerektiğinde yeniden düzenlenebilmesi ve değişebilen kat planlarına varabilmek için, düşey taşıyıcı sistemin tasarımı, yük aktaran düşey elemanlarda kesit ve sayı olarak, mümkün olan en büyük azalmayı amaçlar. Optimum kullanım alanı elde edebilmek için, taşıyıcı elemanların kesitlerinin azaltılması gereğinin yanısıra, çok katlı binaların işlevi gereği olan alan belirleyici elemanlar, aynı zamanda yapı etkinliği de olanlardır: Merdiven evleri, asansör yuvaları, mekanik ve sıhhi tesisat shaftları ve dış cephe cidarı vb. Böylece düşey yapı sistemlerinin optimal tasarımı, çok katlı organizmanın esas bileşenlerinden olan düşey ulaşım çekirdekleriyle tamamlanır. Daha da ileri gidilerek, çok katlı binada taşıyıcı sistemin, teknik donanım ve sirkülasyon sistemi ile bir bütün olduğu söylenebilir. Bu nedenle taşıyıcı sistemin tasarımı, yapının düşey ve yatay yüklere dayanımının yanında, teknik ekipman ve sıhhi donanımın bütünlüğü ve binayı belirleyen mimari tüm etkenleri hesaba katan geniş kapsamlı bilgilere dayandırılmalıdır.

Düşey yüklerin aktarılmasında süreklilik gereksinimi dolayısıyla, düşey yapı sistemleri cephede genellikle, sürekli giden düşey elemanlarla karakterize edilir. Taşıyıcı sistemin yapı yüksekliğince sürekli olması zorunluluğu, tam çözülmemiş problemlerden biridir. Öyle ki çok katlı yapının, arada kesilmesi ve farklılaştırılması, güncel araştırmalar arasındadır. Bu arada düşey taşıyıcılar yerine verrev elemanlarda ekonomik olarak kullanılabilir. Bu ise düz katlı monoton düşey cephe konturunun çok da zorlayıcı olmadığı anlamına gelmektedir.

Katların kolonlarla taşınması yerine asılmasıyla, yük taşıyan elemanların kesitlerinde önemli ölçüde azalmalar elde edilmektedir. Buna karşın, yüklerin zemine aktarılmasında bu dolaylı yük aktarımı, çekirdekte oldukça zor bağlantılara neden olmaktadır [15].

#### **7.1.1 Sabit (ölü) yükler:**

Yapının ömrü boyunca taşıyıcıya etkileyen ve şiddeti değişmeyen yüklere “Sabit Yükler” denir (Şekil 7.1 a). Sabit yükler yapının ağırlığıdır. Taşıyıcı elemanların ağırlığı, kaplama, döşeme, çatı örtüsü, yalıtım, duvar ağırlıkları vb. sabit yükler olup birim değerleri TS 498’de verilmiştir. Taşıyıcı sistemin ağırlığını bulmak kolay, basit görünüyor da boyutu hesaplamak için ağırlığa, ağırlık için de boyuta ihtiyaç duyulması önce yaklaşık boyut vermeyi gerektirir. Taşıyıcı sistem tasarımı tamamlandıktan sonra yaklaşık boyutların, dolayısıyla ağırlıkların ilk seçilenlere yeter derecede yakın olup olmadığı kontrol edilebilir.

Duvar, kaplama, döşeme gibi elemanların ağırlıklarını tayin etmek ise, bunların mimari projede zamanında belirtilmesi koşulu ile daha basittir [22].

TS ISO 9194-1997 Ek A ve Ek B tablolarında inşaatlarda kullanılan malzemelerin karakteristik yoğunlukları verilmiştir (Tablo 7.1). Bu tablolar yardımıyla döşeme, kiriş, duvar gibi elemanların karakteristik sabit yükü belirlenir.

#### **7.1.2 Hareketli yükler:**

Sabit yüklerden farklı olarak hareketli yükler değişkendir ve tahmin edilmeleri zordur. Bunlar insan, mobilya, hareketli bölme ve mekanik aletler gibi yapıya etkileyen fakat taşıyıcı sistemin bir parçası olmayan yüklerdir. Deneyim ve analitik çalışmalar sonucunda olabilecek maksimum yükleme koşulları için ampirik değerler geliştirilmiş ve ilgili yönetmeliklerde belirtilmiştir.

Hareketli yükler genellikle büyüklükleri ve konumları zamanla değişen tekil yüklerdir (Şekil 7.1 b). Bu yüklerin tespiti zor olduğu için genellikle düzgün yayılı bir eşdeğer yük göz önüne alınır.

**Tablo 7.1 : TS ISO 9194-1997 Ek A'dan Bazı Yoğunluklar**

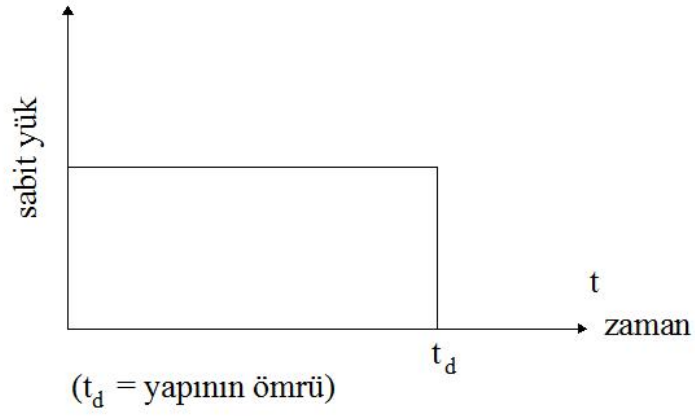
|                                      | Yoğunluk (kN/m <sup>3</sup> ) | Tasarım Yüğü (kN/ m <sup>3</sup> ) |
|--------------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|
| Betonarme Betonu                     | 25                            | 25                                 |
| Tesviye Betonu                       | 22                            | 22                                 |
| Sıva (Kireçli Çimento Harcı)         | 20                            | 20                                 |
| Mermer                               | 27                            | 27                                 |
| Meşe Ağacı                           | 6,9                           | 6.9                                |
| Kayın Ağacı                          | 6,8                           | 6.8                                |
| Isı Yalıtımlı Gazbeton               | 6,0                           | 6                                  |
| Dolu Tuğla Duvar <sup>1</sup>        | 19                            | 19                                 |
| Boşluklu Tuğla Duvar <sup>1</sup>    | 14,5                          | 14.5                               |
| Gazbeton Dolgu Duvar <sup>1</sup>    | 7,0                           | 7                                  |
| Gazbeton Taşıyıcı Duvar <sup>1</sup> | 13                            | 13                                 |
| Granit Taş Duvar <sup>1</sup>        | 28                            | 28                                 |

<sup>1</sup>: Harç dahil, sıva ve kaplama hariç

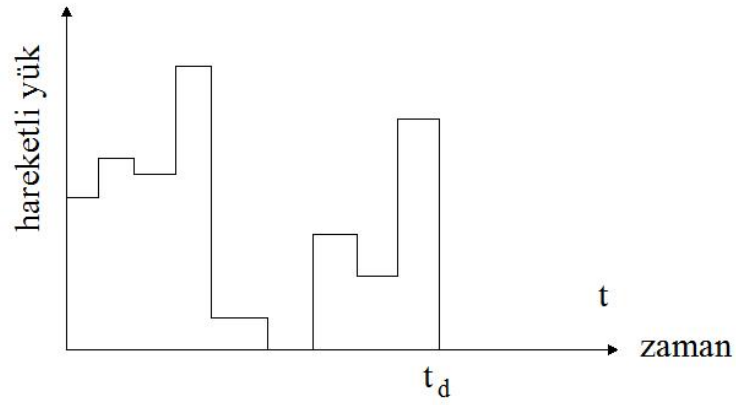
Bu eşdeğer yükler, yapının kullanım amacına göre, TS 498'de tablo halinde verilmiştir. Aynı standartta şu notta bulunmaktadır: “Bu standartta verilen değerler hesap değerleridir. Bunlardan sapan yük değerleri olması halinde bunların uygunluğunun resmi bir deney laboratuvarı tarafından onaylanması gerekir, ayrıca bu standartta verilmeyen yük değerleri de sözü edilen deney laboratuvarında belirlenir.”

Hareketli yükler yapının kullanım amacına bağlı olarak değişmektedir ve kullanım alanından bağımsızdır. Ayrıca TS 498'e göre, kolon normal kuvvetlerinin hesabında hareketli yüklerden oluşan bölümünde binanın kat sayısına bağlı olarak bir azaltma yapılabilmektedir. Ancak son yıllarda istatistik ve olasılık teorilerine dayanan araştırmalarda hareketli yüklerin uygulama alanlarına bağlı olduğu ve kolon yüklerindeki hareketli yük azaltmasının ihmal edilebilecek kadar küçük olduğu tespit edilmiştir. Bu araştırmalar sonunda belli bir kullanım amacı için, belli olasılıklarla hareketli yüklerin alana göre değişimi Şekil 7.2'de verilmektedir. Bu şekil incelendiğinde görüleceği gibi alan büyüdükçe daha küçük hareketli yük gelebilmektedir. Belli bir olasılık esas alındığında alan büyüdükçe hareketli yük değerleri, standartların öngördüğü değerlerin altına inebilmekte, alan küçüldükçe ise standart değerlerini aşabilmektedir.

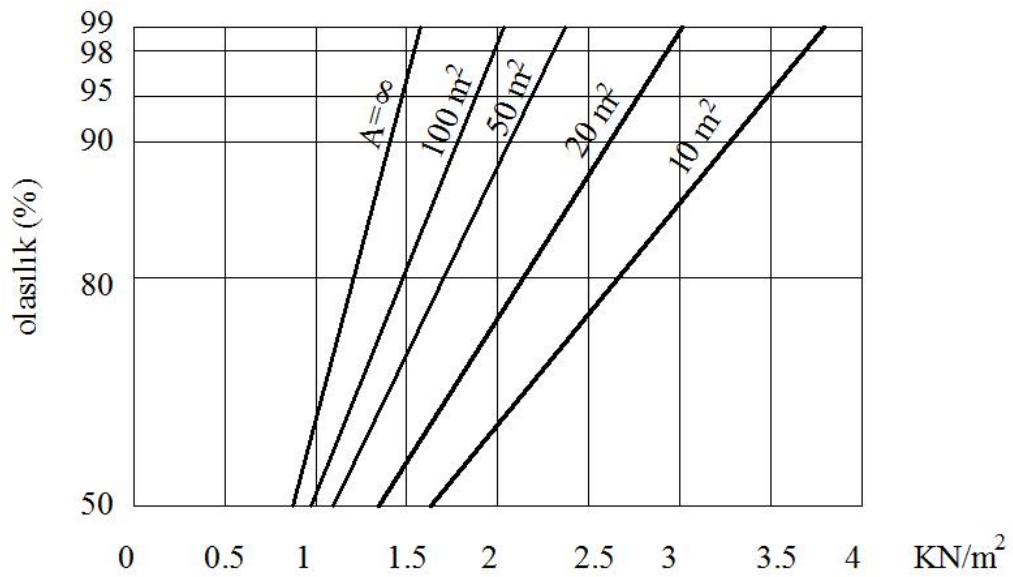
a)



b)



**Şekil 7.1 :** Sabit ve Hareketli Yükün Zamana Bağlı Değişimi



**Şekil 7.2 :** Düzgün Yayılı Büro Yükü



Alanın büyük olduğu durumlarda yükler bu diyagrama göre standart değerlerinin altında kalsa bile standartta verilen değerlerle işlem yapmak, alanın küçük olduğu durumlarda ise artan hareketli yükleri göz önüne almak güvenlik tarafında kalmak açısından tercih edilmelidir [22].

TS498-1997 Çizelge 7 de konut odaları, balkon, merdiven, kütüphane ve birçok farklı amaçla kullanılan döşemelerde alınması gereken karakteristik hareketli yükler tanımlanmıştır. Döşeme karakteristik hareketli yükü bu çizelgeden alınır (Tablo 7.2).

**Tablo 7.2 : TS 498-1997’den Bazı Hareketli Yükler**

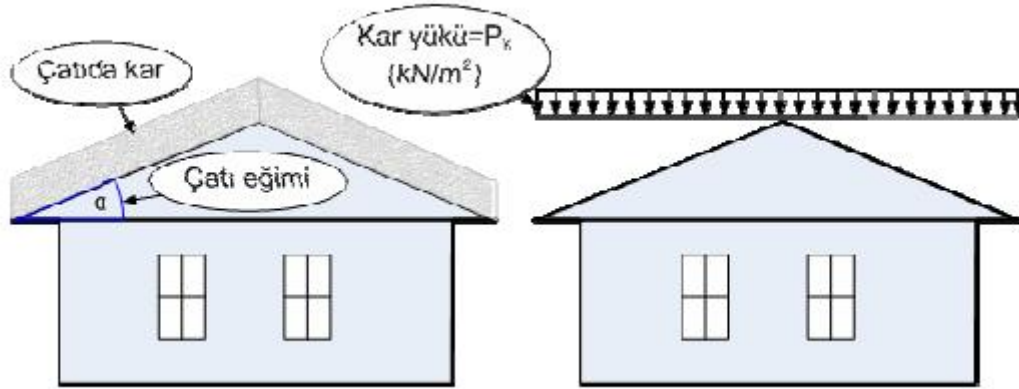
|                                                 | <b>kN/m<sup>2</sup></b> |
|-------------------------------------------------|-------------------------|
| Çatı döşemesinde                                | 1.5                     |
| Konut odalarında                                | 2.0                     |
| Konut koridorlarında                            | 2.0                     |
| Konut merdivenlerinde                           | 3.5                     |
| Sınıflar, anfiler, poliklinik odalarında        | 3.5                     |
| Konut merdivenleri sahanlıklarında              | 3.5                     |
| Konut balkonlarında                             | 5.0                     |
| Tiyatro ve sinemalarda                          | 5.0                     |
| Kütüphane, arşiv döşemelerinde                  | 5.0                     |
| Hastane, okul, büro merdivenlerinde             | 5.0                     |
| Büro, hastane, okul, sinema koridorlarında      | 5.0                     |
| Garajlarda (en fazla 2.5 ton olan araçlar için) | 5.0                     |
| Tribünlerde (ayakta)                            | 7.5                     |

### 7.1.3 Kar, yağmur ve buz yükleri:

Kar kalınlığı ve yoğunluğu için uzun yıllar araştırma sonucunda her bölgenin kendi katsayıları ve kar haritaları oluşturulmuştur. Kar yükleri yalnızca çatı ve teraslarda değil yapının her yerinde hesaba katılır, yüzeyde birikme olası maksimum kar kalınlığına dayanır.

Su, kardan daha az hesaba katılan bir faktör olup, ancak çatı ve teraslarda oluk tıkanması sonucu ağır yükler meydana getirilebilir. Buz, özellikle çıkıntılı dış süsleme elemanlarında etkilidir.

Kar, yapının çatı döşemesine etkiyen hareketli yük tipidir. Yapının yapılacağı yere, yerin deniz seviyesinden yüksekliğine ve çatı eğimine bağlıdır. TS 498-1997 madde 7 ve 8 e göre hesaplanır. Türkiye dört kar bölgesine ayrılmıştır. Yapının inşa edileceği il veya ilçenin kar yükü bölge numarası yönetmeliğin 14-18 sayfalarındaki çizelgeden alınır. Eğimli çatıdaki karın yükü çatı döşemesine etkiyen düzgün yayılı yüke dönüştürülür. Birimi  $\text{kN/m}^2$ 'dir (Şekil 7.3).



**Şekil 7.3 : Eğimli Çatıdaki Yük**

Kar yoğunluğu için tek değer vermek mümkün değildir, çok değişkendir. Normal kar yoğunluğu  $100 - 300 \text{ kg/m}^3$  arasındadır. Sulu yağın kar  $400-500 \text{ kg/m}^3$  yoğunluğa varabilir. Buz  $900-970 \text{ kg/m}^3$  yoğunluğu ile sudan daha hafiftir ve suda yüzer. Eriyerek su halini aldığı anda  $1000 \text{ kg/m}^3$  olduğu düşünülürse iyi bir karşılaştırma yapılabilir (Şekil 7.4).

Büyük alanları kapatan pazar yeri, hangar, spor salonu, sergi, kongre salonu, süpermarket gibi yapıların çatıları kar yüküne karşı duyarlıdır. Kar kalınlığının  $15-20 \text{ cm}$ 'yi aşması durumunda mutlaka temizlenmelidir (Şekil 7.5)

Eğer gerekli hesaplar yapılmaz ve yeterli önlemin alınmadığı durumlarda istenmeyen ve sonuçları geri döndürülemeyen olaylara sebep olabilmektedir. Bu olaylardan bir tanesi şekil 7.6 ve 7.7'de örnek olarak gösterilmektedir. Transvaal/ Moskava yüzme havuzu çatısı  $5000 \text{ m}^2$ 'lik bir alana sahip olup Ekim 2002'de faaliyete girmiştir. Çatı betonarme + cam olarak tasarlanmıştır. Çatı 14 Şubat 2004 tarihinde yıkılmış olup göçme nedeni proje hatasıdır. Yıkılma anında aşırı kar yükü ve sıcaklık farkı (içerde  $25^\circ\text{C}$ , dışarda  $-20^\circ\text{C}$ ) etkisinde kalan yapıda kar yükü göçmeyi tetikleyerek proje

hatasını ortaya çıkarmıştır. Maalesef bu hata 28 can kaybı ve 110 yaralıya sebep olmuştur.



Yeni yağmış, sulu olmayan yumuşak kar:  $100 \text{ kg/m}^3$



Yeni yağmış, sulu yumuşak kar:  $400\text{-}500 \text{ kg/m}^3$



Beklemiş sıkı kar:  $300 \text{ kg/m}^3$



Buz  $900 \text{ kg/m}^3$ . Buz sudan hafiftir, bu nedenle Eisberg suda yüzer, ancak en çok %10'u su üstünde görülür. En az %90'ı su altındadır.



Su:  $1000 \text{ kg/m}^3$

**Şekil 7.4:** Kar yoğunluğunun değişken değerleri



**Şekil 7.5 :** Aşırı Kar Kalınlığı



**Şekil 7.6 :** Yüzme Havuzu Çökmeden Önce



15.02.2004 Günü



15.02.2004 Günü

**Şekil 7.7 :** Yüzme Havuzu Çökmeden Sonra

#### **7.1.4 Konstrüksiyon yükleri:**

Taşıyıcı elemanlar her ne kadar sabit ve hareketli yüklere göre tasarlansa da yapım sırasında yapı bu tasarım yüklerinin çok üstünde bir etki altında kalabilir. İnşaat sırasında genellikle yapının küçük bir bölgesine ağır alet ve malzeme yığılabılır, bu da tasarımda hesaplanan hareketli yüklerden daha fazla yük oluşturabilir.

#### **7.2 Yatay Yüklerin Aktarılması**

Yüksek yapılarda rüzgar ve deprem yüklerinden oluşan yatay yükler, düşey yükler kadar önemlidir. Yatay yükler altında çok katlı yapı, daha önce, zeminden ankastre, dönme, eğilme, kayma etkilerinin yanısıra, düşey yüklerin oluşturduğu basınç kuvvetleri etkisinde düşey bir konsola benzetilmiştir;

- Yapıya etkiyen toplam düşey ve yatay kuvvetlerin bileşkesi, yapı alanının içerisinde kalmaktadır. Aksi yapıda devrilme olayını meydana getirir. Bileşke ne kadar yatıksa, devrilme olasılığı o kadar artar.
- Konsol kirişte eğilme etkisi, kuvvetin etkidiği tarafta çekme, diğer tarafta basınç doğurur. Yatay yüklerden oluşan moment diyagramı en büyük değerini zeminde almaktadır. bunun sonucunda adı geçen çekme ve basınç etkileri de en altta en büyük değerlerine ulaşırlar.
- Yatay kuvvetlerin neden olduğu kayma etkileri, konsol kirişin en kesitleri olan döşeme düzlemlerinin diyafram şeklinde çalışması ile taşıyıcı düşey elemanlara iletilmektedir. Yapıda yatay kesme kuvvetleri de en büyük değerine zeminde ulaşırlar.

Bina yüksekliği arttıkça, tüm bu etkilerin de hızla artacağı görülmektedir. Dahası bu artma, basit kiriş şeklindeki büyük açıklıklı bir yapıya göre çok daha olumsuzdur. Gerçekten konsol ve basit kirişlerde en büyük momentler, “p” etkiyen düzgün yayılı yük, “l” açıklık olmak üzere;

$$\text{Konsolda} \quad : M = p.l^2 / 2 \quad (7.1)$$

$$\text{Basit kirişte} \quad : M = p.l^2 / 8 = p(l/2)^2 / 2 \quad (7.2)$$

şeklindedir. Bu, konsol şeklindeki yapının, moment açısından, yapı yüksekliğinin iki katı açıklıklı bir basit kirişe eşdeğer olduğunu gösterir. Örneğin; 442 metre yüksekliğindeki “Sears Tower” bu açıdan  $2 \times 442 = 884$  metre açıklıklı bir basit kirişe eşdeğerdir (şekil7.8)[15].

Alçaktan orta yüksekliktekilere kadar binalar, normal olarak düşey yüklere göre tasarlanır, sonra yatay yüklere göre mukavemeti kontrol edilir. Bununla birlikte yükseklik arttıkça yatay kuvvet çalışması öne geçer. Yukarıdan aşağıya, düşey yük için gerekli yapı ağırlığı, kat sayısına göre hemen hemen lineer olarak artar. Buna karşılık yatay kuvvetlere mukavemet için gerekli malzeme miktarı, yüksekliğe oranla çok hızlı artış gösterir. Bu durumda kat sayısı ve bina yüksekliği belli olduğuna göre amaç, bunlara göre uygun taşıyıcı sistemin bulunmasına dönüşmektedir.



**Şekil 7.8 :** Sears Towers

### **7.2.1 Deprem yükleri:**

Tektonik tabakalar teorisine göre yeryüzü kabuğu erimiş iç çekirdek üzerinde yüzen kalın kaya tabakalardan oluşur. Bu kayaların bir takım hareketleri sonucu enerji açığa çıkar ve yeryüzüne şok dalgaları olarak yayılır. Deprem bu dalga hareketidir. Deprem, yapının temelinden üst yapıyı sarsarak etkiler. Yapı taşıyıcı sistem elemanları bu harekete karşı koyacak şekilde tasarlanmalıdır.

Dünyanın derinliklerinde aktif fay denilen bölgelerde rölatif hareket ile biriken enerji kırılma sonucu ortaya çıkar. Bu noktaya deprem odağı (focus) adı verilir. Deprem odağının tam üstüne tekabül eden yer kabuğu üzerindeki noktaya ise deprem merkezi (epicenter) denilir. Deprem odağında açığa çıkan büyük enerji, her yönde enerji dalgaları olarak yayılır. Bu enerji dalgaları yeryüzü kabuğuna ulaşır ve taban kayasında hareketler oluştururlar. Bu dalga hareketi zamanla değiştiği için genellikle

deprem ölçüm aletleri tarafından zamana bağlı ivmeler olarak kaydedilir. Ancak bu ivmeler yerçekimi ivmesi olan  $g = 9,81 \text{ m/sn}^2$ 'nin bir oranı olarak verilmektedir.

Deprem esnasında açığa çıkan enerji, yer altı zemin katmanlarının içinden geçerek taşıyıcı sistemin temeline ulaşır ve yapıda (x), (y) ve (z) doğrultusunda hareketlere sebep olur. Taşıyıcı sistemlerin düşey yük taşıma kapasitesi ve dolayısı ile bu yönde emniyet faktörü büyük olduğundan, özel durumlar dışında, genellikle (z) doğrultusundaki hareketleri ihmal edilir. (x) ve (y) doğrultusundaki yer hareketleri taşıyıcı sistemde ivmeler oluştururlar. Bu ivmeler taşıyıcı sistem içinde,  $F = m \times a$  ilişkisine bağlı olarak kuvvetlerinin oluşmasına neden olur. Deprem kuvveti, yayılı kütlesi olan yapının ani bir ivmeye maruz kalmasından dolayı yapı bünyesinde oluşan bir zorlamadır. Bu özelliğinden dolayı, deprem kuvveti eylemsizlik kuvveti olarak tanımlanır [23].

Deprem kuşağı üzerinde bulunan ülkemizde yüksek yapıların boyutlandırılmasında deprem çoğu kez rüzgara göre daha etkili olmaktadır.

Deprem bölgelerinde yapılacak yapıların, bu yapının ömrü boyunca etkilenebileceği:

- Çok seyrek olan büyük şiddetteki depremlerde taşıyıcı sisteminde göçme olmayacak,
- Seyrek olan orta şiddetteki depremlerde taşıyıcı sisteminde büyük hasarlar oluşmayacak,
- Sık olan hafif şiddetteki depremlerde tüm yapının hasarsız olacak şekilde boyutlandırılması gerekmektedir.

Bu amaçla taşıyıcı sistemlerin teşkilinde:

- Göçmeye karşı yeterli güvenlik sağlanmalı,
- Uygun olmayan varsayımlardan kaçınılmalı,
- Şekil değiştirmeler sınırlandırılmalıdır.

Yürürlükte olan Yeni Deprem Yönetmeliği esaslarına göre deprem etkisi olarak yüksekliği 40 metreden daha az olan yapılarda eşdeğer statik kuvvetleri göz önüne almak, bu yüksekliğin üstündeki yapılarda dinamik hesap yöntemini kullanmak gerekmektedir.

Eşdeğer statik kuvvetlerin hesabı Yeni Deprem Yönetmeliği'nde açıklanmıştır. Dinamik hesap yapılması durumunda deprem yüklemesi olarak efektif bir zemin ivmesi veya bir ivme spektrum eğrisi verilebilir. Gerek zemin ivmesinin, gerekse ivme spektrumunun tespitinde yapının tipi, bulunduğu bölgenin özellikleri ve depremselliği gözönüne alınmalıdır. Ülkemizde yeterli deprem kaydı bulunmadığı için genellikle El Centro ivme spektrum eğrisi kullanılmaktadır [22].

### 7.2.2 Rüzgar yükü:

Taşıyıcı sistemi yığma taş duvar olan ilk yüksek binalar, dış duvarlarının ağırlığından dolayı rüzgarın oluşturduğu yatay yüklerden fazla etkilenmemişlerdir. Taşıyıcı duvar yerini rijit çerçeveye bıraktığında bile yapı ağırlığı ana faktördü. Sık kolonlar, büyük boyutlu çerçeve elemanlar ve bölme duvarların ağırlığı rüzgar probleminin etkisini azaltıyordu. Daha sonraları serbest iç mekanlı, az ağırlıklı ve giydirme cepheli yüksek binalar ortaya çıkınca rüzgar etkisi önem kazandı. Hafif çelik çerçeveler sayesinde sistemin ağırlığı yapı yüksekliğine bir engel olmaktan çıktı. Ancak başka problemlerin karmaşıklığı arttı. Yapı öz ağırlığını azaltmak, daha büyük ve esnek alanlar yaratmak için uzun kirişler, yük taşımayan hareketli iç bölmeler ve perde duvarlar geliştirildi. Bütün bunlar taşıyıcı sistemin rijitliğini azaltıp rüzgar davranışını yüksek bina tasarımcısına esas problem olarak ortaya çıkardı [2].

Rüzgar etkisi dinamik bir yük olup topoğrafyanın şekil ve pürüzlülüğü, taşıyıcı sistemin şekli ve komşu binaların dizilişi gibi etkenlere bağlıdır.

Ülkemizde rüzgar yükü TS 498-1997 madde 11.2.3 ve 11.3 e göre hesaplanır. Rüzgarın esiş yönünde çarptığı yapı yüzeylerinde basınç, arka yüzeylerde emme kuvveti oluşur. Rüzgar kuvvetinin birimi  $\text{kN/m}^2$  dir.  $W$  basınç kuvveti yapının geometrisine, rüzgarın hızına bağlıdır. Rüzgar hızı yapı yüksekliğince belli bir yüksekliğe kadar artar. Bu nedenle cepheye etkiyen kuvvet de yapı yüksekliğince artar.

$q$  : yüzeye yayılı rüzgar basıncı ( $\text{kN/m}^2$ )

$cp$  : yapı yüzeyinin konumuna bağlı katsayı

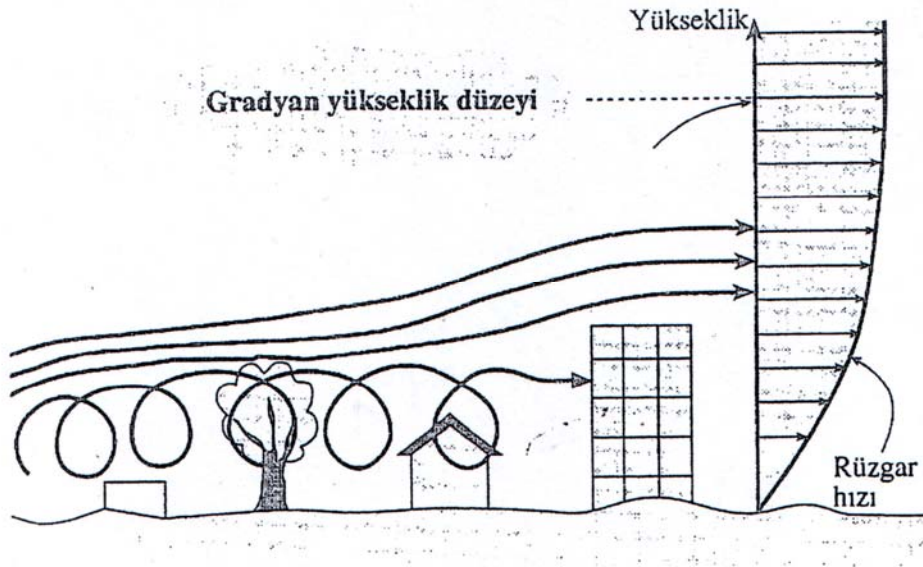
$V$  : rüzgar hızı ( $\text{m/s}$ )

$W$  : eşdeğer statik basınç veya emme ( $\text{kN/m}^2$ )



TS 498-1997, Çizelge 5'den  $q$  değeri, Çizelge 6'dan da  $C_p$  katsayısı alınır. Çizelge 5 tüm Türkiye için geçerlidir. Rüzgar hızının yüksek olduğu bölgelerdeki önemli yüksek yapılarda rüzgar hızı Meteoroloji Bölge Müdürlüklerinden öğrenilerek Çizelge 5 yardımıyla yapı yüksekliğince  $q$  değerinin değişiminin belirlenmesi yararlıdır.

Bir cismin herhangi bir noktasındaki rüzgar basıncının şiddeti, cismin geometrisine, rüzgarın geliş yönüne, rüzgarın hızına ve havanın özgül ağırlığına bağlıdır. Zemin yüzeyinin engebesi rüzgarın hızını azaltmakta ve hızı azalan hava kütlesi de daha üstteki hava tabakasının hızına azaltıcı etki yapmaktadır. Yüksekliğin artması ile bu etki yavaş yavaş kaybolmakta ve belirli bir yükseklikten sonra ise, zemin yüzeyinin engebesi rüzgar hızını hiç etkilememektedir. Bu yüksekliğe gradyan yükseklik denir (Şekil 7.9)



**Şekil 7.9 :** Rüzgar Hızının Yükseklikle Değişimi

Tasarım için, rüzgar yüklerini eşdeğer statik kuvvetler olarak düşünmek çoğu zaman geçerlidir. Yüksek bacalar, televizyon kuleleri, asma köprüler, çok yüksek yapılar vb. Rüzgarın dinamik özelliklerinin dikkate alınması gereken durumlardır. Tablo 7.3'de yapı yüksekliğine bağlı olarak, rüzgar hızı ve dinamik basınç değerleri verilmiştir.

**Tablo 7.3 : Yapı Yüksekliği-Rüzgar Hızı-Dinamik Basınç Değerleri**

| Zeminden Yükseklik (m) | Rüzgar Hızı v (km/h) | Dinamik Rüzgar Basıncı (kgf/m <sup>2</sup> ) |
|------------------------|----------------------|----------------------------------------------|
| 0-8                    | 100                  | 50                                           |
| 9-20                   | 130                  | 80                                           |
| 21-100                 | 150                  | 110                                          |
| >100                   | 165                  | 130                                          |

### 7.3 Özel Etkiler

#### 7.3.1 Malzemede hacim değişikliği nedeni ile olan yükler:

Büzülme, sünme, ısı farklılaşması nedenleriyle malzemelerdeki etkilenmeler sonucu ve yapı elemanlarının mesnetlerindeki hareketler engellendiğinde enerji açığa çıkar, bu elemanlarda ve sistemde ek iç zorlanmalara yol açar.

#### 7.3.2 Çarpma ve dinamik yükler:

Asansör, merdivenler, titreşimli makineler, mekanik aletler ve arabalar gibi hareketli bazı elemanların ani ivmeleri yapıya önemli ölçüde bir yük getirir. Yapı bu titreşimleri izole edecek şekilde tasarlanmalıdır.

#### 7.3.3 Patlama yükleri:

Yapı patlamanın yarattığı dış kuvvetler ve iç kuvvetlere de dayanmak zorundadır.

## **8. TAŞIYICI SİSTEM ELEMANLARI**

### **8.1 Döşemeler**

Döşemeler, faydalı yükü çevre duvarlara ya da kirişlere ileten iki boyutlu taşıyıcı yapı elemanlarıdır. Doğrudan kolonlara mesnetli döşemelerde yükler döşemeden kolonlara geçer. Genellikle döşemeler çevrelerindeki kirişlere ve bazen de doğrudan taşıyıcı duvarlara mesnetlenen plaklar türünden taşıyıcı eleman olarak ortaya çıkar. Dikdörtgen elemanlardan meydana gelen bölümlerden oluştuğu gibi, daire gibi değişik geometriye de sahip olabilirler.

Çevresinin tümünde kiriş veya taşıyıcı duvar bulunabileceği gibi, sadece bir bölümünde elemanlara mesnetli olabilir. Kalınlıkları açıklığa ve yüke bağlı olarak belirlenir.

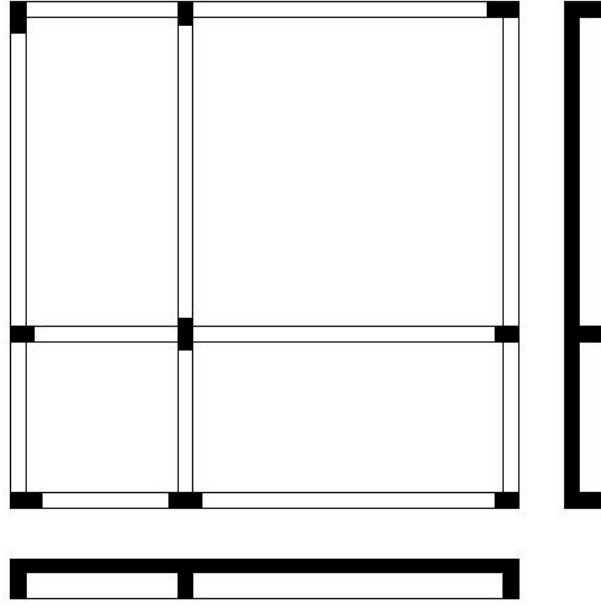
Döşemeler kirişleri birbirlerine bağladıkları için yapıyı yatay yüklere karşı rijitleştirir. Faydalı hareketli yük yanında, kendi ağırlıklarını ve kaplama sıva gibi sabit yükleri taşırlar [20]. Kat döşemeleri yalnız düşey yükleri taşımakla kalmayıp bir levha (diyafram) etkisi ile yapının stabilitesini, rijitliğini de sağlarlar.

Döşeme sistemlerinin doğru seçimi çok önemlidir. Bu seçim rüzgar ve düşey kuvvetlerin akış yönünü belirleyerek yapı iskeletinin geometrisini biçimlendirir. Ayrıca döşemeden tavana yapı yüksekliğinin sabit olduğu kabul edilirse, döşeme kalınlığı da tüm yapı yüksekliğini etkiler. Yapı yüksekliğindeki her artış mimari, mekanik ve taşıyıcı sistem maliyetini arttıracığından döşeme kalınlığı optimize edilmelidir.

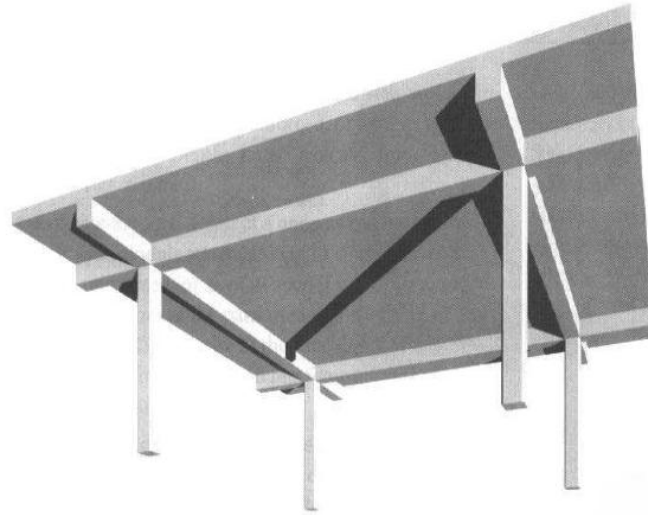
Döşeme tipleri kirişli döşeme, kirişsiz döşeme, dişli (nervürlü) döşeme, asmolen döşeme, kaset (ızgara) döşeme olmak üzere 5 tiptir.

#### **8.1.1 Kirişli plak döşemeler**

En az bir kenarı kirişe oturan 5-20 cm kalınlığında bir plaktır. Yükleri ve kenarları çok büyük olmayan hacimlerde (odalarda) genelde tercih edilirler. Kısa kenarları 6-7 m olabilir. İnşası kolay ve ekonomiktir. Konut tipi yapılarda en çok kullanılan döşeme tipidir. Mesnet durumuna bağlı olarak yükünü bir veya iki doğrultuda iletirler (Şekil 8.1), (Şekil 8.2).



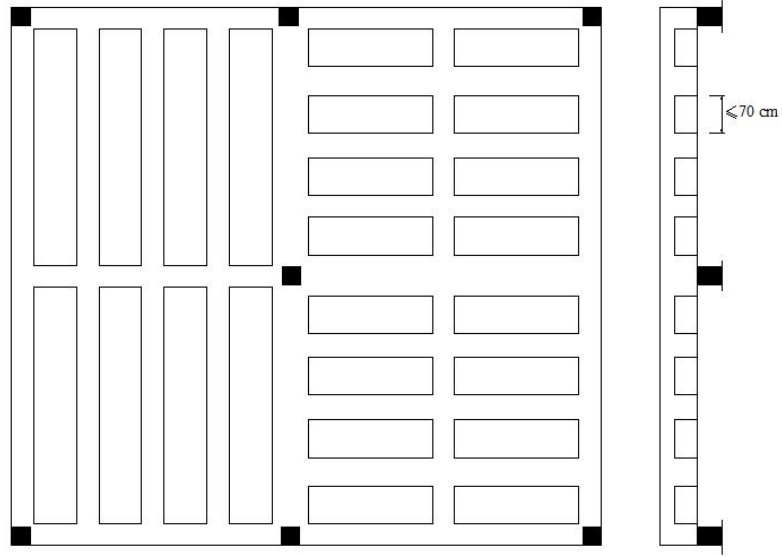
**Şekil 8.1 :** Kirişli Plak Döşeme



**Şekil 8.2 :** Kirişli Plak Döşeme [22]

### 8.1.2 Dişli döşemeler

Ana kirişlere mesnetli sık paralel kirişler sistemi diğer bir döşeme türünü meydana getirir. Sık paralel kirişler, diş olarak bilindiği için bu tür döşeme sistemleri dişli döşemeler olarak isimlendirilir (Şekil 8.3), (Şekil 8.4). Bu tür döşemelerde yük dişler doğrultusunda mesnet kirişlerine iletilir. Kirişli döşemelerde açıklık büyüyünce kalınlaşan plak ağırlığını azaltmak amacıyla serbest aralıkları 70 cm 'yi aşmayan sık kirişler kullanıldığında dişli döşeme elde edilmektedir. Dişlerin arası boş bırakılabileceği gibi araya, statik bakımdan etkili olmayan, boşluklu, hafif bloklar konarak düz bir tavan da elde edilebilir. Özellikle yüksek yapılarda önemli olan ağırlık artışı dolayısıyla, her katta aynı tip döşeme düzenlenerek metal veya fiberglas kalıplarla dolgu kullanılmadan kalıp yapılabilir. Açıklıkları 4~7 metre arasında olan döşemelerde 1, 7 metreden büyük olanlarda 2 tane olmak üzere donatısı ve boyutları dişler kadar olan enine dişler düzenlenmelidir.



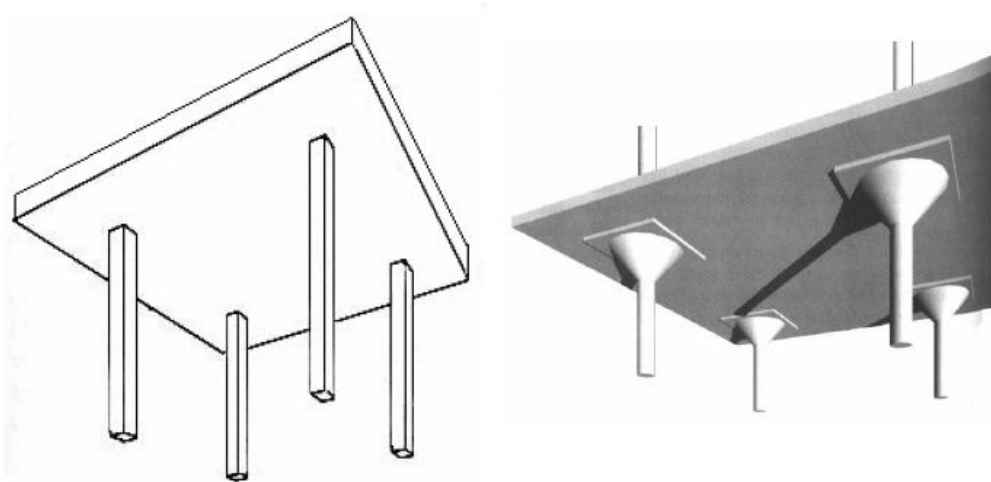
**Şekil 8.3 :** Dişli Döşeme



**Şekil 8.4 :** Dişli Döşeme [22]

### 8.1.3 Kirişsiz döşemeler

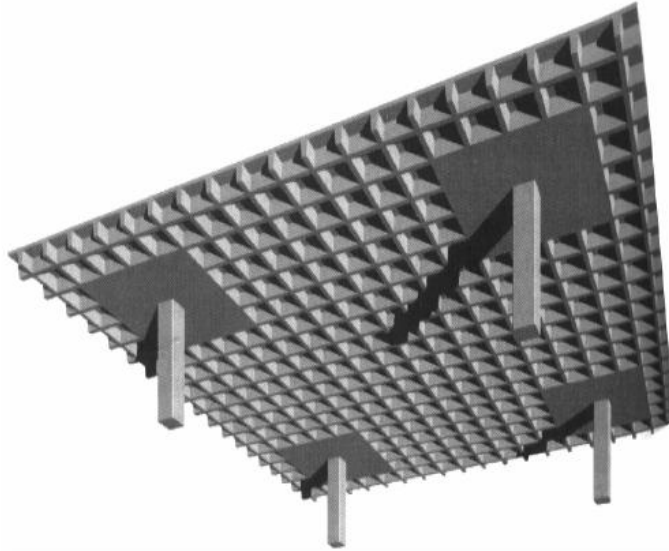
Kirişsiz döşemeler, kiriş olmaksızın doğrudan kolona mesnetli döşeme türünü oluşturur (Şekil 8.5). Açıklık ve yüklerin büyük olmadığı düzgün yapılarda kullanılmaları uygun olur. Kat döşemesi yükünü az kalınlıktaki bir plaktan kolona aktarırken meydana gelen zımbalama etkisi eğilmeden daha önemlidir ve plak kalınlığını belirler. Kolon başlarında zımbalama ve eğilme etkilerini karşılamada bir başlık yapılması da yararlı olur. Kirişsiz döşeme yapı yüksekliğinin az olması veya düz bir tavan istendiğinde uygun bir çözümdür. Kirişsiz döşemeler bir levha etkisi yapmakla birlikte, yatay yükler altında fazla şekil değiştirmeye engel olamadıklarından, özellikle çok katlı yapılarda yatay yüklerin perdelerle karşılanması gereklidir.



**Şekil 8.5 :** Kirişsiz Döşeme

#### 8.1.4 Kaset döşemeler

Masif döşeme yapısı içindeki gereksiz yükü azaltmak amacıyla, metal veya fiberglastan kare planlı kaset kalıpları kullanılan iki doğrultuda kirişler elde edilir. Kolon başlarında eğilme momenti ve kayma kuvvetlerine karşı koyabilmek için kaset kirişlerinin arası dolu yapılarak bir başlık düzenlemek uygun olur (Şekil 8.6)[21].



Şekil 8.6 : Kaset Döşeme [22]

#### 8.1.5 Asmolen döşemeler

Dişler arası asmolen olarak adlandırılan hafif bir malzeme ile doldurulmuş dişli döşemedir. Tavan düz görünümündedir, depremde davranışı iyi değildir (Şekil 8.7).

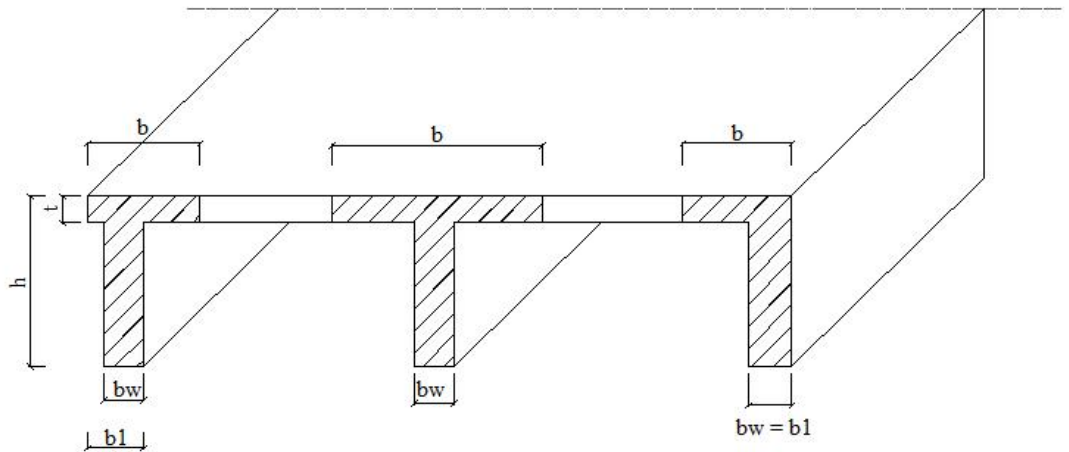


Şekil 8.7 : Asmolen Döşeme [22]

## 8.2 Kirişler

Kirişler, betonarme taşıyıcı sistemde düşey yüklerin karşılanmasında döşemelere mesnetlik yaparak, yüklerin kolonlar yoluyla temele aktarılmasını sağlarlar. Bunun yanında kolonları bağlayarak taşıyıcı sistemde çerçeve oluştururlar. Bazı durumlarda dikdörtgen, üçgen, yamuk veya değişik kesitlere sahip olmakla beraber, genellikle döşeme ile beraber betonlandıklarından, tablalı kesit kirişlere yoğun biçimde rastlanır. Uygulanan düşey ve yatay yükler nedeniyle eğilmeye çalışırlar. Bu elemanların kesitlerinde, eğilmeye ek olarak kesme kuvveti, yüklemeye ve sistemi oluşturan elemanların düzenlenmesine bağlı olarak, burulma momenti ve eksenel kuvvet de oluşabilir.

Betonarme inşaatın birdöküm (monolitik) özelliğinden dolayı, döşeme ve kirişler birlikte çalışırlar. Bu nedenle kesit hesabı yapılırken, döşeme parçası kirişin basınç bölgesine rastlıyorsa, o döşeme parçasıda kirişe dahil edilir. Bu şekilde elde edilen kesit, tablalı kesit olarak adlandırılır (Şekil 8.8). Döşemeninde kesite tabla olarak dahil edilmesiyle, basınç donatısına gereksinme olmadan büyük basınç kuvvetleri karşılanabilir. Beton basınç bileşkesinin artmasının yanı sıra, tabla nedeni ile tarafsız eksenin basınç yüzüne doğru kayması sonucu moment kolu da büyüyeceğinden, kesitin moment taşıma gücü artar [23].



**Şekil 8.8 :** Tablalı Kesitler



Eğilme etkisindeki bir betonarme kirişte süneklik, kesitin dayanımında önemli bir değişme meydana gelmeden oluşan en büyük eğriliğin, çekme donatısında ilk akmanın meydana geldiğindeki eğriliğe oranı olarak tanımlanabilir:

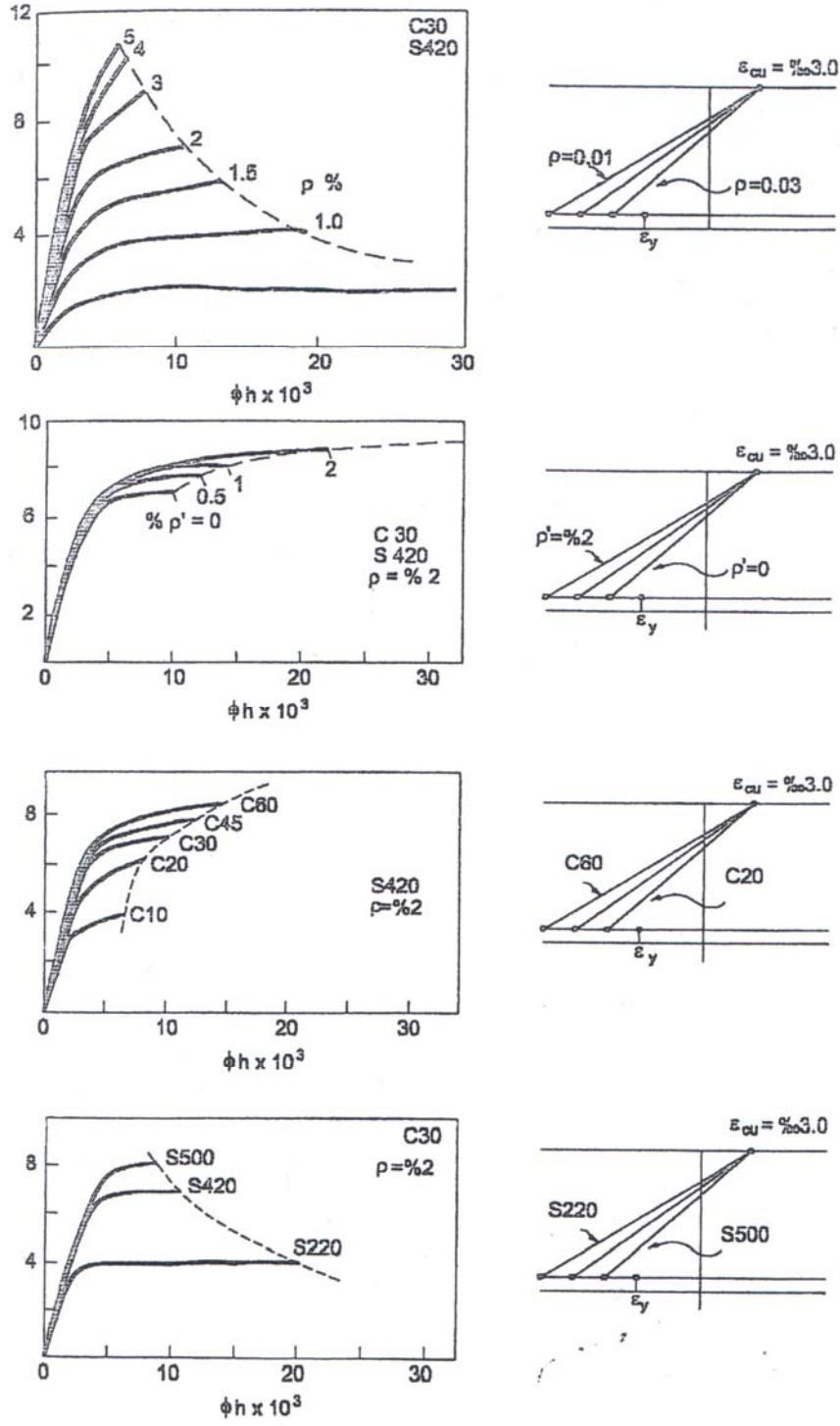
$$\mu = \phi_u / \phi_y \quad (8.1)$$

Güç tükenmesi durumunun, betonun en büyük birim kısalmasını yapmasıyla ortaya çıktığı kabul edilirse, bu duruma karşı gelen eğrilik için

$$\phi_u = \varepsilon_{cu} / \chi_u \quad (8.2)$$

yazılabilir. Yanal basıncın veya etriyelerin bulunması  $\varepsilon_{cu}$  betonun en büyük birim kısalmasını büyüteceği için sünekliği de arttırır. Bunun gibi dikdörtgen kesite göre, tablalı kesitte gerekli basınç bölgesi derinliği azalacağı için süneklik de artacaktır. Basit eğilme etkisi altındaki kesitte eğilme momenti ve eğrilik değişiminin çeşitli kesit parametrelerine göre değişimi Şekil 8.9 'da gösterilmiştir.

Kirişlerin düşey yükler altındaki moment diyagramı ile yatay yüklerden oluşan moment diyagramı farklılık gösterir. Aradaki en önemli fark yatay yüklerden dolayı oluşan moment diyagramı değişiminin doğrusal olması ve en fazla zorlanan kesitin kiriş ve kolonun birleştiği düğüm noktası olmasıdır. Bundan dolayıdır ki kirişin düğüm noktasından belirli uzaklıktaki bir bölgesi boyunca etriye sıklaştırılması yapılarak orada sünekliğin arttırılması amaçlanmıştır [24].

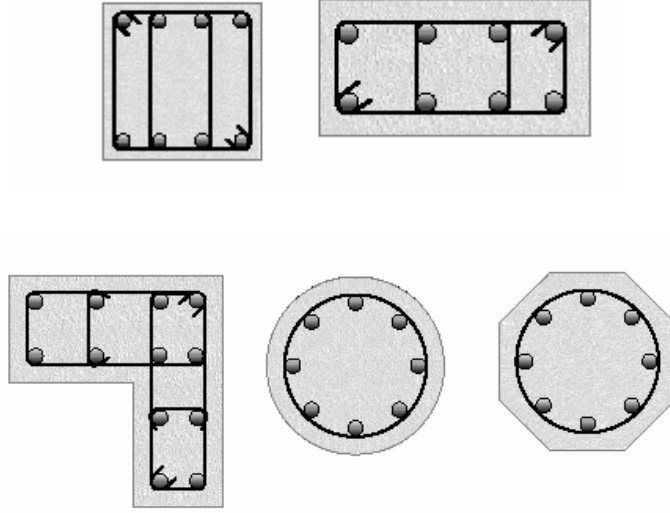


Şekil 8.9 : Basit Eğilme Etkisindeki Kesitlerde Moment-Eğrilik İlişkisi

### 8.3 Kolonlar

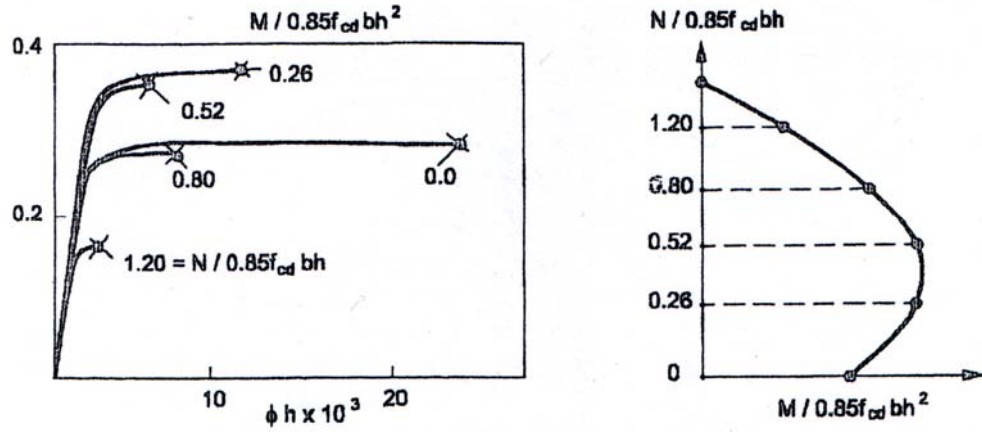
Betonarme kolon, yapısal sistemin, yani çerçevenin bir parçasıdır ve çerçeveye monolitik olarak bağlıdır. Bu nedenle kolonlar düşey ve yatay yükler altında aksenal basınca ek olarak eğilme momenti ve kesme kuvveti taşırlar, bazı durumlarda da burulma etkisine de maruzdurlar [23].

Kolonlar yapıda dikdörtgen kolon, fretli kolon (dairesel veya halkalı kesitli), çokgen kolon (L, I, T, C, kutu,...kesitli) gibi tiplerde bulunabilirler (Şekil 8.10). Uygulamada en çok karşılaşılan kesit tipi dikdörtgendir. Diğer tipler nadiren kullanılır [22].



Şekil 8.10 : Kolon Kesit Tipleri

Deprem hareketinin her iki yönde ve her iki doğrultuda meydana gelmesi nedeni ile genellikle kolonlar eksenlerine göre simetrik olarak düzenlenirler. Deprem sırasında , kolonlardaki basınç kuvvetinde genellikle küçük artma ya da azalma görülür. Buna karşılık depremden meydana gelen eğilme momenti, düşey yüklerden meydana gelen eğilme momentinden çok daha etkili olabilir. Kolonlarda normal kuvvet artarken, güç tükenmesi durumundaki eğrilik dolayısı ile de süneklik sürekli bir şekilde azalmaktadır. Genel olarak eğilme momenti yanında normal kuvvet bulunması sünekliği azaltır. Kesitte eğilme momenti ve eğrilik değişiminin normal kuvvet seviyesi ile ilişkisi Şekil 8.11’de gösterilmektedir [24].

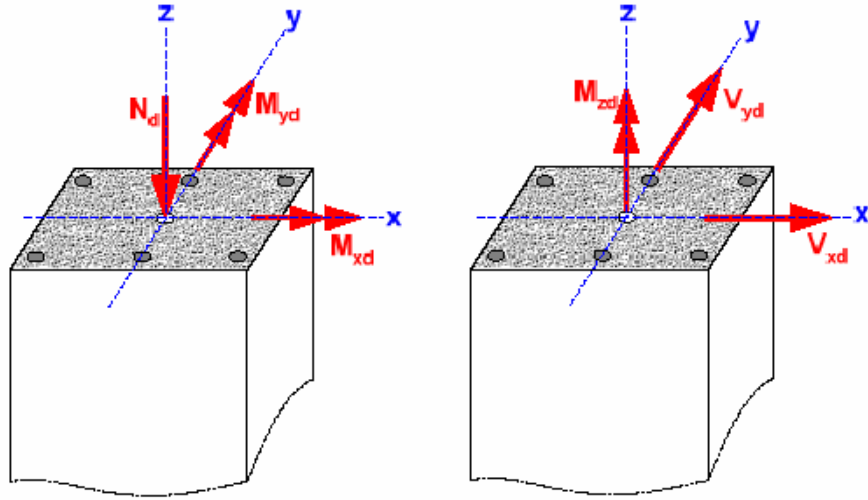


**Şekil 8.11 :** Bileşik Eğilme Etkisindeki Kesitlerde N –M - $\phi$  İlişkisi

Kolonlara etkiyen kuvvetler (Şekil 8.12):

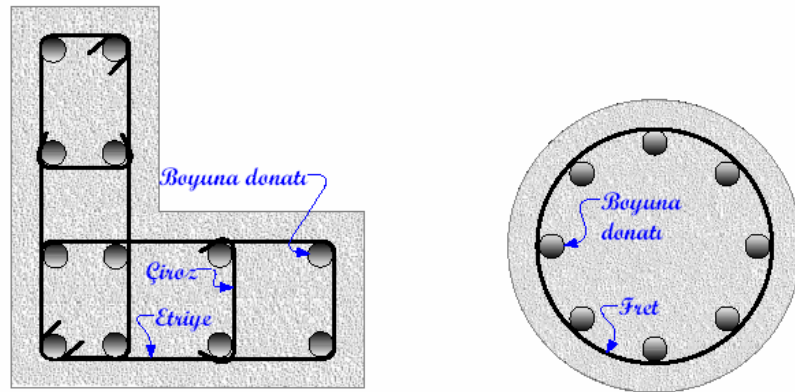
- Normal kuvvet (kolon eksenine yönünde)
- Eğilme momenti (x eksenine etrafında)
- Eğilme momenti (y eksenine etrafında)
- Kesme kuvveti (x yönünde)
- Kesme kuvveti (y yönünde)
- Burulma momenti (kolon eksenine etrafında)

Bu kuvvetlerin hepsi kesite beraber etkirler. Ancak en etkin olanları normal kuvvet, eğilme momentleri ve kesme kuvvetleridir. Burulma momenti nadiren etkin olur. Normal kuvvet genelde basınçtır, çekme olması istenmeyen bir durumdur. Çekme olması halinde taşıyıcı sistem değiştirilerek, örneğin kolon ekleyerek – kaldırılarak, sorun giderilmeye çalışılır.



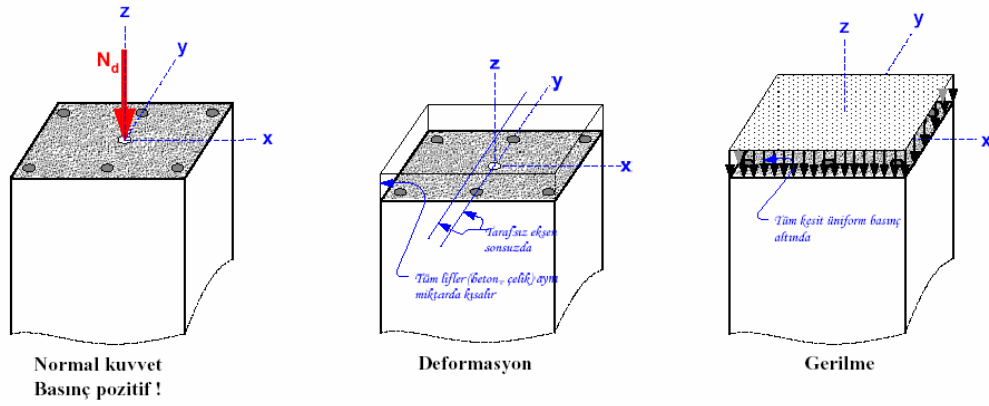
**Şekil 8.12 :** Kolon Kuvvetleri [22]

Kolonlarda normal kuvvet ve eğilme momentlerini karşılamak için boyuna donatı, kesme kuvveti ve burulma momentini karşılamak için fret veya etriye kullanılır. Ayrıca etriye bombelenme boyunu azaltmak ve boyuna donatının yanıl yer değiştirmesini önlemek için çiroz kullanılır (Şekil 8.13).



**Şekil 8.13 :** Kolon Donatıları

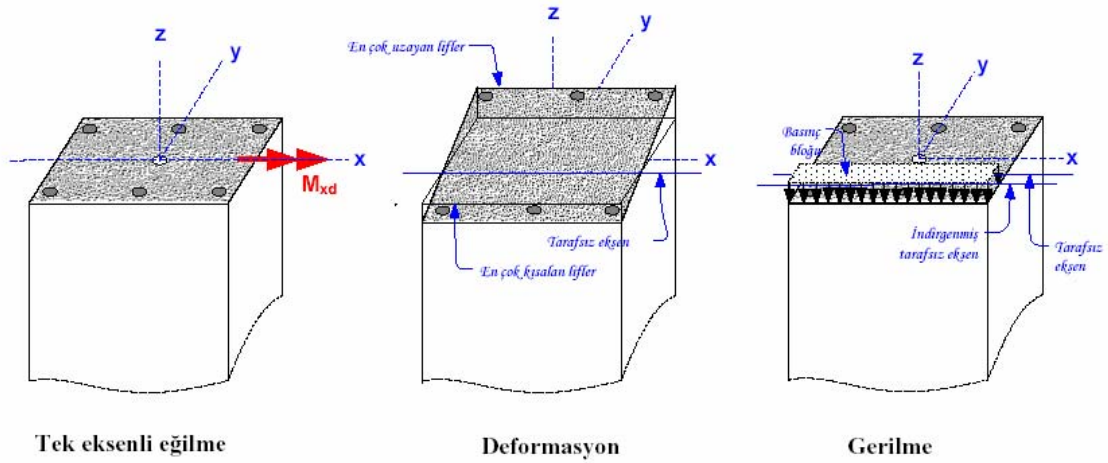
### Normal kuvvet:



**Şekil 8.14 :** Normal Kuvvet, Deformasyon ve Gerilme [22]

Normal kuvvet durumunda deforme olmamış ve deforme olmuş düzlemler birbirine paraleldir, tarafsız eksen sonsuzdadır ve tüm kesit basınç altındadır (Şekil 8.14).

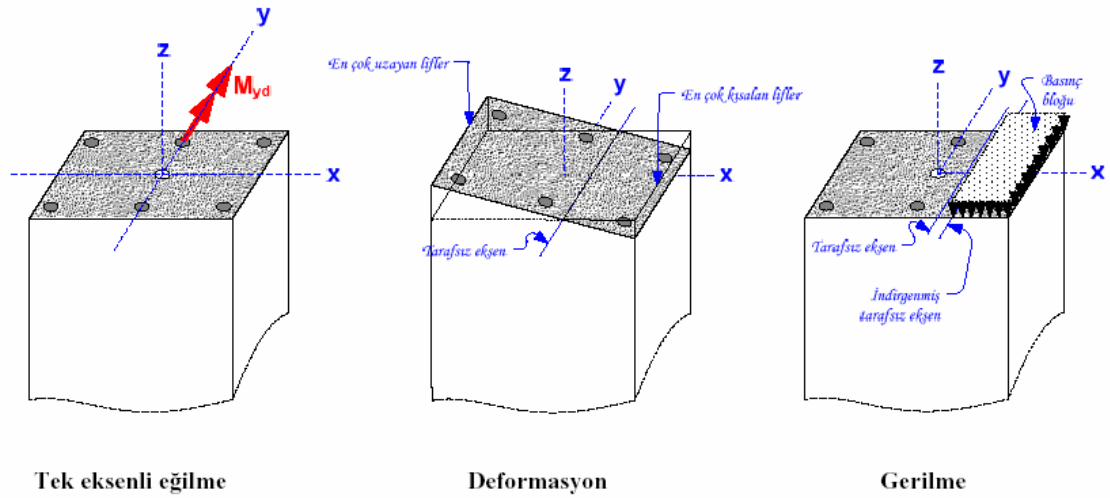
### x etrafında moment:



**Şekil 8.15 :** X Eksen Etrafında Moment [22]

Taraflar eksen x eksenine paraleldir ve kesit içinde konumlanır. Basınç alanı dikdörtgen olur ve kolon bir kiriş gibi davranır (Şekil 8.15).

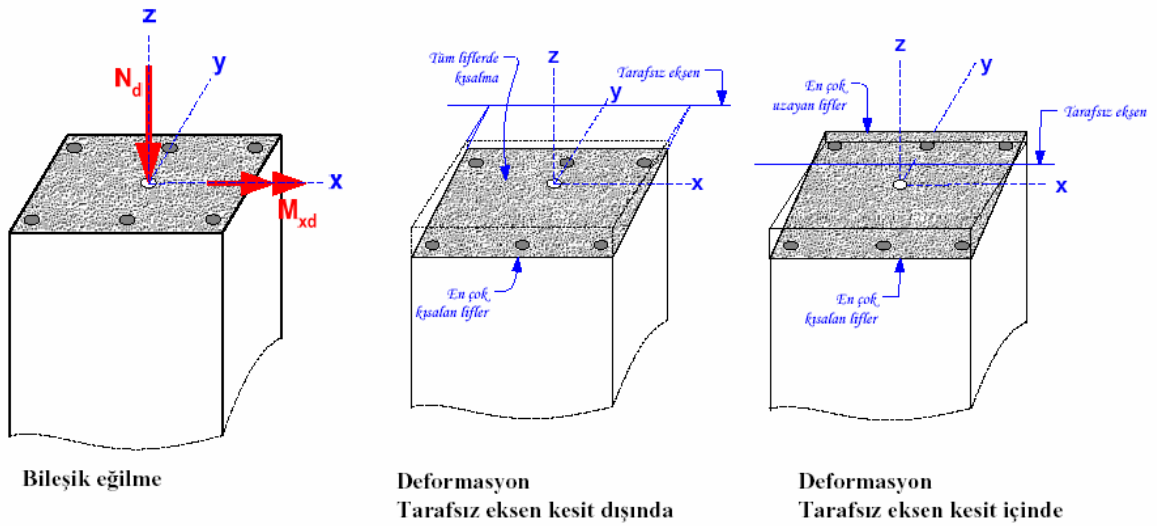
y etrafında moment:



**Şekil 8.16 :** Y Eksenini Etrafında Moment [22]

Tarafsız eksen y eksenine paraleldir ve kesit içinde konumlanır. Basınç alanı dikdörtgen olur ve kolon bir kiriş gibi davranır (Şekil 8.16).

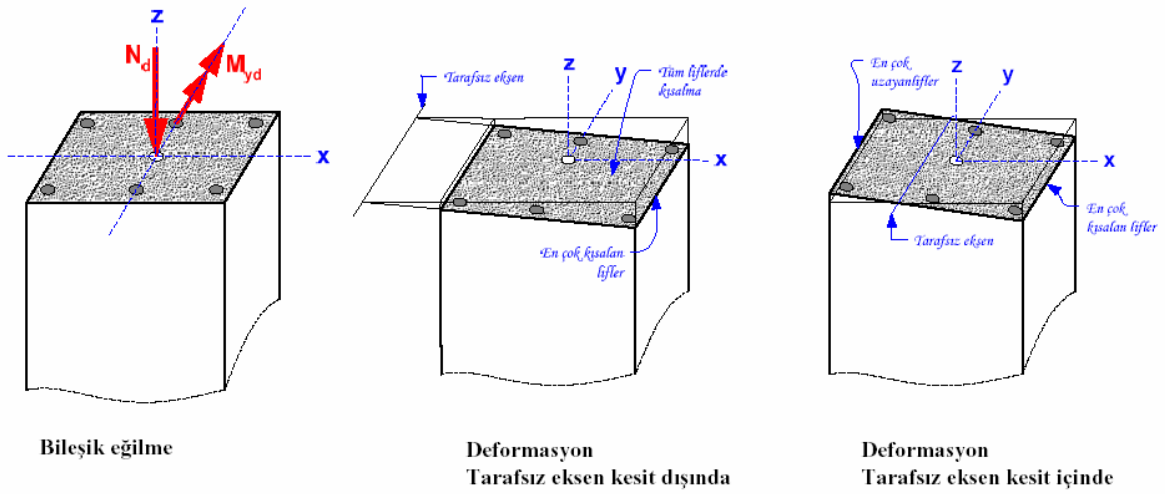
Normal kuvvet ve x eksenini etrafında moment:



**Şekil 8.17 :** Normal Kuvvet ve X Eksenini Etrafında Moment [22]

Tarafsız eksen x eksenine paraleldir ve kesit dışında veya içinde konumlanabilir. Basınç alanı dikdörtgen olur (Şekil 8.17).

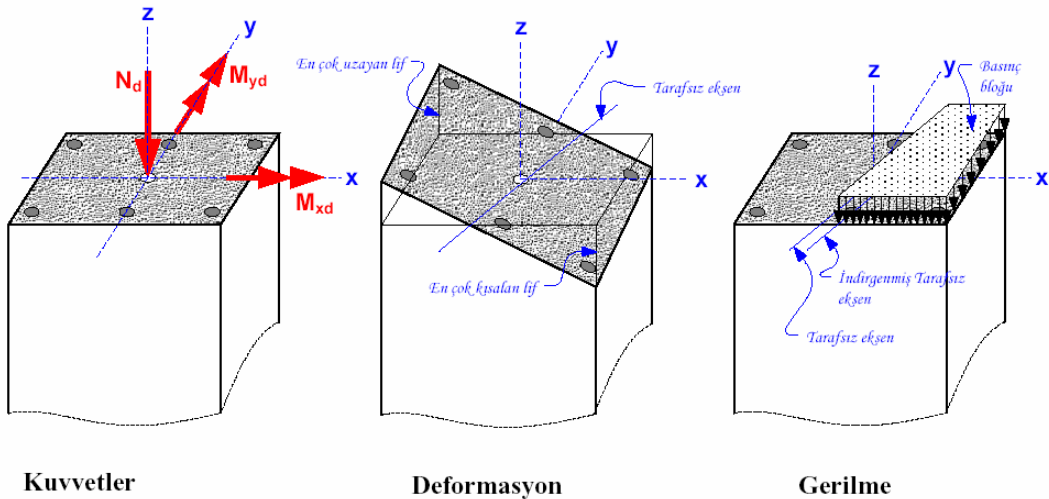
Normal kuvvet ve y eksenli etrafında moment:



**Şekil 8.18 :** Normal Kuvvet ve Y Eksenli Etrafında Moment [22]

Taraflar eksen y eksenine paraleldir ve kesit dışında veya içinde konumlanabilir. Basınç alanı dikdörtgen olur (Şekil 8.18).

Normal kuvvet ve iki eksenli eğilme (eğik eğilme):



**Şekil 8.19 :** Normal Kuvvet ve İki Eksenli Eğilme [22]

Taraflar eksen kesit içinde veya dışında olabilir, genelde x veya y eksenlerine paralel değildir. Buna bağlı olarak; basınç alanının geometrisi de üçgen, dörtgen, yamuk, çokgen olabilir (Şekil 8.19).



Normal kuvvetin yüksek olması halinde kesitteki tüm lifler kısılır, kesitte basınç oluşur. Uzama oluşmadığından donatının akarak uzaması mümkün olmaz. Dolayısıyla kırılma gevrekliktir (basınç kırılması). Bazı liflerde uzama oluşsa bile donatılarda akma olmayabilir. Kirişlerde olduğu gibi, dengeli donatı sınırlaması ile sünek kırılmayı sağlamak mümkün değildir. Sünekliği sağlamak için, normal kuvveti sınırlamak, kesit boyutlarında elden geldiğince cömert davranmak, sık sargı kullanmak gerekir [22].

### 8.3.1 Normal kuvvet – moment karşılıklı etkileşim eğrileri

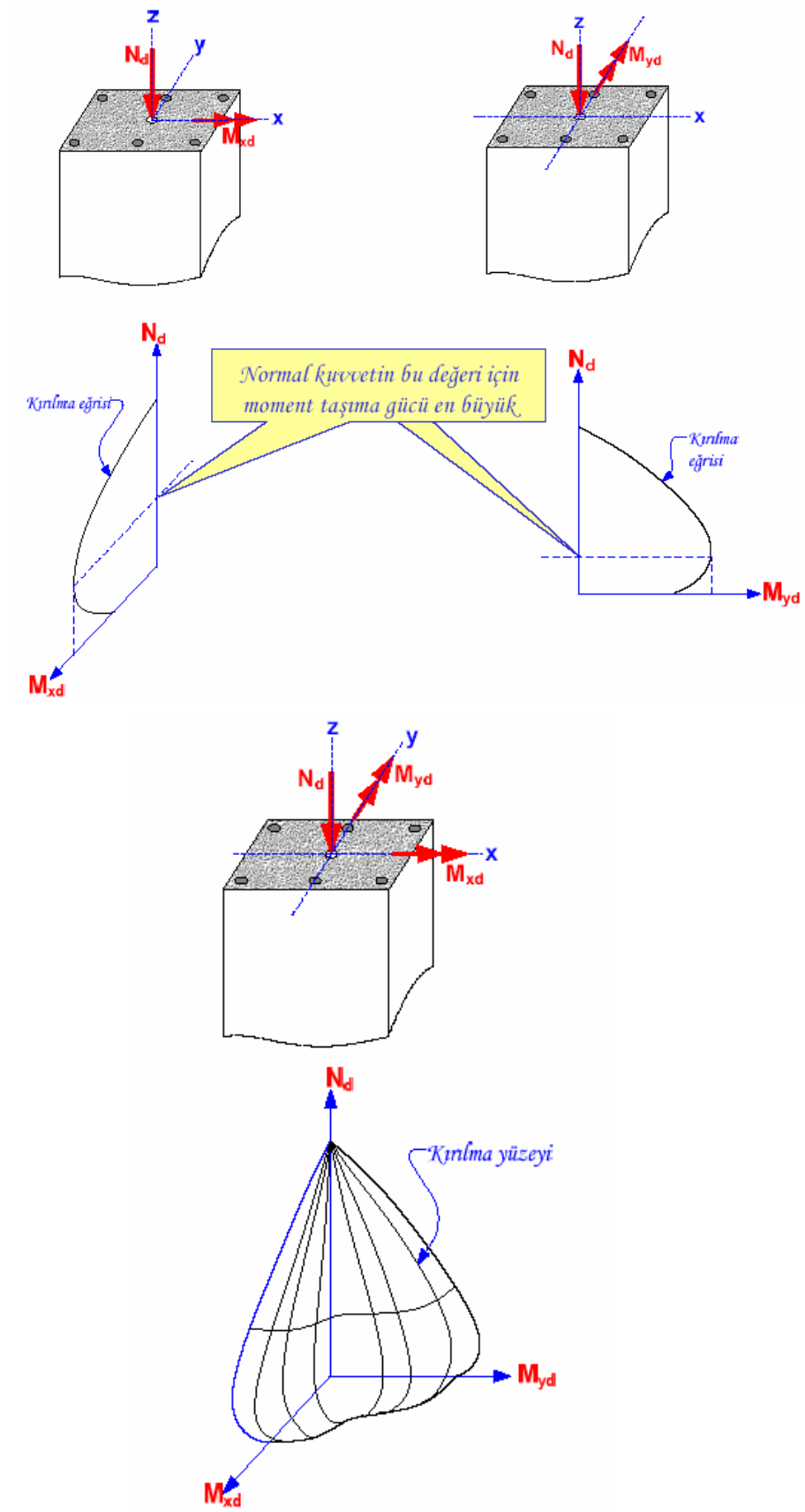
Kolonun kırılmasına neden olan normal kuvvet – moment değerlerine ait eğriler Şekil 8.20’de verilmiştir. Bu eğrilere karşılıklı etki eğrileri adı verilir. Eğriler incelenerek aşağıdaki yorumlar yapılabilir:

- Normal kuvvetin sıfır olması durumunda kolon tamamen bir kiriş gibi davranır ve kırılma kesin olarak sünek olacaktır.
- Normal kuvvet sıfırdan belli bir düzeye kadar artarken moment taşıma gücü de artar. Bu durumda kırılmaya daha çok moment hakim olur. Kırılmanın sünek olması beklenir.
- Normal kuvvet belli bir düzeyden sonra arttıkça moment taşıma gücü giderek düşer. Bu durumda kırılmaya daha çok normal kuvvet hakim olur. Kırılmanın gevrek olması muhtemeldir.
- Normal kuvvetin en büyük değerinde moment taşıma gücü sıfırdır ve kırılma kesin olarak gevrek olacaktır.

Bu veriler ışığında kırılma türünü normal kuvvetin belirlediğini söyleyebiliriz. Bu nedenle, gevrek kırılmayı önlemek için, normal kuvvet sınırlandırılmalıdır. Yönetmelikler bu sınırlamayı aşağıdaki gibi vermektedirler.

$$\text{Max. } N_d \leq 0.9 \times f_{cd} \times A_c \quad (\text{TS 500-2000}) \quad (8.3)$$

$$\text{Max. } N_d \leq 0.5 \times f_{ck} \times A_c \quad (\text{Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik}) \quad (8.4)$$



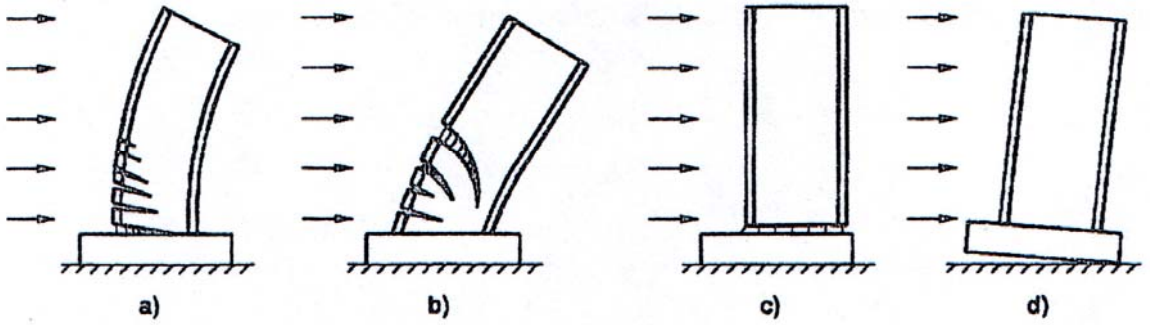
Şekil 8.20 : Normal Kuvvet-Moment Karşılıklı Etkileşim Eğrileri [22]

#### 8.4 Perdeler

Planda uzun kenarının kısa kenarına oranı 7 veya 7'den büyük olan taşıyıcı elemana perde adı verilir. Pek çok yüksek yapıda perdeler çerçevelerin yatay yükleri taşıma konusunda yetersiz kaldığı durumlarda özellikle yapının yanal ötelenme rijitliğini arttırmak için kullanılırlar.

Tek başına bulunan bir perde betonarme konsol gibi davranır. Ancak, perdenin ince kesiti yanal burkulma tehlikesini hatıra getirirse de, genellikle çok katlı binadaki döşemeler, perde de yeterli bir yanal rijitlik oluşturarak bu tehlikeyi ortadan kaldırırlar. Perdelerde yatay yüklerden eğilme momenti ve kesme kuvveti oluşurken, düşey yüklerden normal kuvvet meydana gelir. En çok zorlanan kesit tabanda olup, eğilme momenti ve normal kuvvet etkileşimi göz önüne alınarak boyutlandırılır. Genellikle düşey yüklerden oluşan normal kuvvet dengeli durumdaki normal kuvvetten küçük olduğu için, eğilme momenti nedeni ile perde kesitindeki çekme donatısı akma durumuna erişir ve sünek bir güç tükenmesi oluşur. Ancak normal kuvvet büyükse, dengeli durum üzerinde kaldığından çekme tarafındaki donatı akma durumuna erişmez ve sünek bir güç tükenmesi ortaya çıkmaz. Bu durumda basıncın olduğu her iki uç bölge sık etriye ile sarılarak süneklik artırılabilir [24].

Perdelerde dört çeşit güç tükenmesi durumu mevcuttur (Şekil 8.21).



Şekil 8.21 : Perdelerde Güç Tükenmesi Durumları

- a. Eğilme
- b. Kayma
- c. Toptan kayma
- d. Devrilme

Kayma güç tükenmesi sünek olmayan bir olay olduğu için elden geldiği kadar bunun önlenmesi gerekir. Bu amaçla, donatının pekleşmesini de göz önüne alacak şekilde hesaplanan kesit eğilme dayanımının üstünde kalacak bir düşey ve yatay kayma donatısının öngörülmesi ve bunun eğilme güç tükenmesinden önce akmaya erişmemesinin sağlanması uygundur.

Perdelerde boşlukların oluşturulması, onların taşıma güçlerini azaltırken sünekliklerini artırır. Perdeler ister boşluklu ister boşluksuz olsun konsol kiriş gibi davranışlarından kritik kesitleri mesnetleridir. Bu kesit mesnette bir bölge olarak ortaya çıkar ve kritik perde yüksekliği olarak adlandırılabilir. Bu boy yaklaşık olarak perdenin plandaki uzunluğunun iki katına kadar kabul edilebilir. Kritik perde yüksekliği boyunca perdenin kalınlığının büyütülmesi ve uç bölgelerinin donatılarının artırılması tavsiye edilir.

## **8.5 Merdivenler**

### **8.5.1 Merdivenlere ilişkin genel bilgiler**

Farklı düzeydeki yapı birimleri arasında bağlantı sağlayarak kirişlerin inip çıkmasına yarayan düşey sirkülasyon araçlarının en önemlisi ve en yaygın olanı merdivenlerdir. Öteki düşey sirkülasyon araçlarından rampalara da bir bakıma basamaksız merdiven gözüyle bakılabilir. Asansör ve yürüyen merdiven gibi düşey sirkülasyon araçları ise merdiven kavramının tümüyle dışında kalan mekanik araçlardır [25].

#### **8.5.1.1 Merdiveni oluşturan bölümler**

Merdiven yapısı üç ana bölümden oluşmaktadır:

- 1) Üzerinde basamakların bulunduğu eğimli merdiven kolu
- 2) Merdiven kolları arasında bulunan yatay merdiven sahanlığı
- 3) Merdivende inip çıkma güvenliğini sağlayan merdiven korkuluğu

Bunlardan merdiven kolu ve sahanlık, merdiveni oluşturan ana bölümlerdir. Korkuluk ise, sirkülasyon güvenliği ile birlikte görünüş güzelliğini de sağlayan tali bir bölüm olarak düşünülebilir. Merdiven kolu sahanlıklar veya katlar arasında uzanan basamaklar dizisi olarak tanımlanabilir. Basamaklar ya yalnız kendileri (taşıyıcı olarak çalışarak) veya eğimli olarak düzenlenen taşıyıcı plakla birlikte merdiven kolunu oluşturur [25].

#### **8.5.1.2 Merdivenlerin sınıflandırılması**

Merdivenler değişik bakış açılarına göre değişik biçimde sınıflandırılabilirler:

Bu bakış açılarında en önemlileri; merdivenin kullanma yeri, merdivenin geometrik biçimi ve merdivenin taşıyıcı sistemi olarak sayılabilir:

- a) Merdivenin kullanma yerine göre; yapıların içinde düzenlenen iç merdivenler, yapıların dışında düzenlenen dış merdivenler sayılabilir.
- b) Merdivenleri, yapıldıkları malzemelere göre; taş merdivenler, beton merdivenler, betonarme merdivenler, ahşap merdivenler, metal merdivenler ve karma merdivenler olarak sınıflandırmak olanaklıdır.
- c) Merdivenleri geometrik biçimine göre;
  - 1) Merdivende sahanlık bulunup bulunmamasına göre, sahanlıksız merdivenler, sahanlıklı merdivenler olarak,
  - 2) Merdivenlerin plandaki kol biçimlerine göre; düz kollu merdivenler, dönel (eğri) kollu merdivenler olarak,
  - 3) Merdivenlerin kol sayısına göre; tek kollu, iki kollu, üç veya daha fazla sayıda kollu merdivenler olarak sınıflandırılabilir.
- d) Merdivenlerin taşıyıcı sistemlerine göre;
  - 1) Taşıyıcı basamaklı merdivenler,
  - 2) Kıvrımlı sistem merdivenler,
  - 3) Çevre mesnetli helisel merdivenler,
  - 4) Uzak taşıyıcı sistemli merdivenler olarak sınıflandırılabilir [25].

### 8.5.2 Merdivenin kullanılma uygunluğunu sağlayan koşullar

Bu koşullar daha çok merdivenin geometrik boyutlarıyla ilgili olan koşullardır. Merdivenin kullanılma uygunluğunu sağlayan koşulların başında; basamak yüksekliği, basamak genişliği, merdiven eğimi, merdiven, sahanlık ve merdiven kovası genişlikleri ile merdiven baş yüksekliği ölçülerinin geldiği söylenebilir. (Şekil 8.22)'de tipik merdiven elemanları gösterilmektedir.

$h_k$  : Merdiven kat yüksekliği

$h$  : Merdiven kolu genişliği veya merdiven genişliği

$h_s$  : Sahanlık genişliği

$h_k$  : Kova genişliği

$h_L$  : Merdiven kolunun yatay uzunluğu

$s$  : Basamak yüksekliği

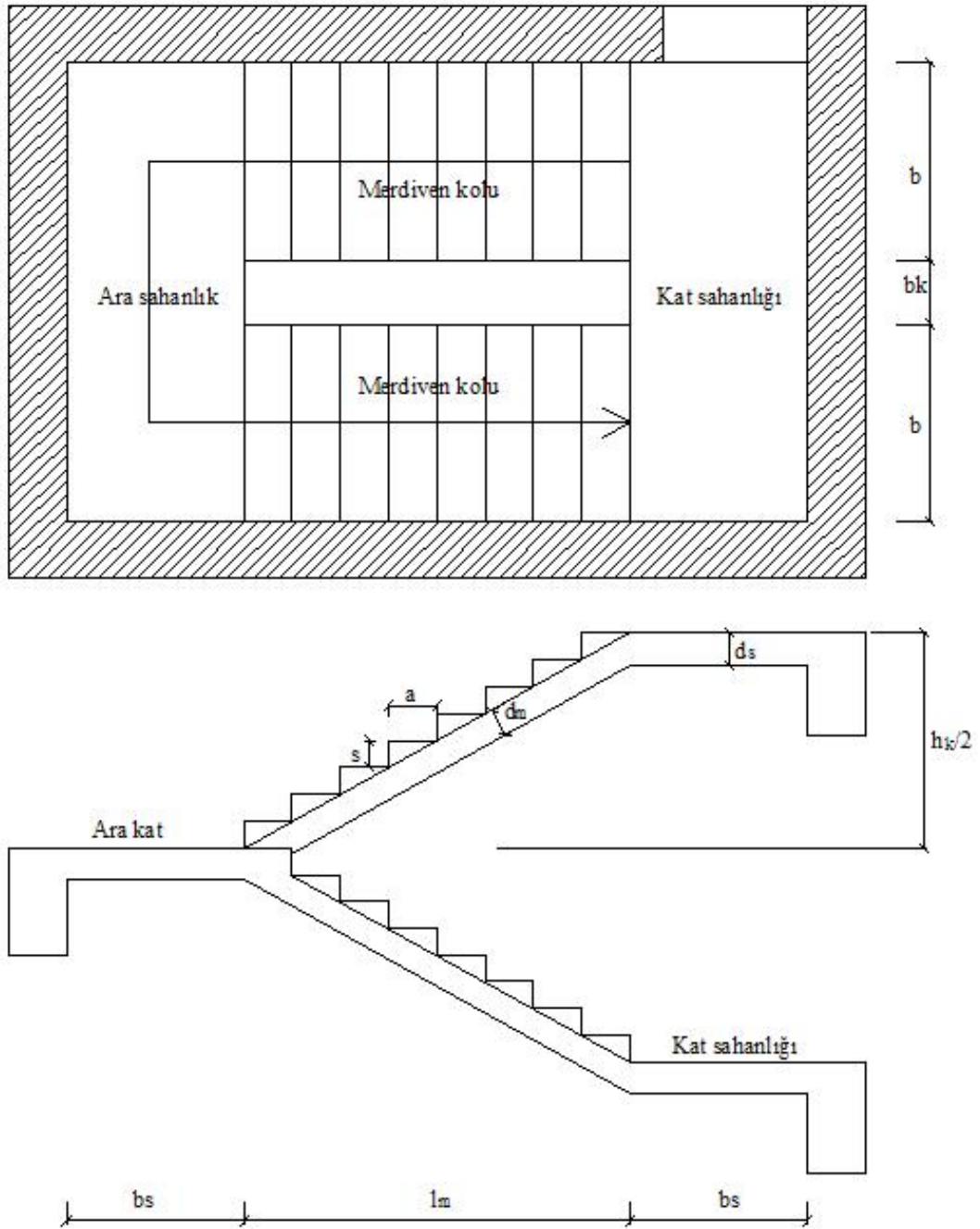
$a$  : Basamak genişliği

$d_m$  : Kol plağı kalınlığı

$d_s$  : Sahanlık plağı kalınlığı

1. Merdiven basamağı; merdivenin adım atarak yükselmeye yarayan kesimidir. Basamakların birbiri ardına dizilmesiyle merdiven kolu oluşur. Merdiven kolu ve sahanlıklarda merdiveni oluşturur. Basamağın düşey kesiminin yüksekliği ( $s$ ), yatay kesiminin genişliği ise basamak genişliği ( $a$ ) olarak adlandırılır. Bir merdivende basamak yüksekliklerinin tümü birbirine eşit olmalıdır. Basamak yüksekliklerindeki küçük farklılıklar bile kullanılma güvenliği yönünden çok sakıncalıdır.

Merdiven kullanılma güvenliği yönünden, basamak genişliği en az 26 cm ve en çok 32 cm olması gerekir. Basamak genişlikleri düz kollu merdivenlerde merdiven genişliğince hiç değişmemesine karşın, dönel kollu merdivenlerde değişkendir. Basamak genişliği için en küçük ve normal ölçüler Tablo 8.1 'de verilmiştir.



**Şekil 8.22 :** Tipik Merdiven Elemanları

**Tablo 8.1 : Basamak Yüksekliği**

| Merdivenin bulunduğu bina ve yer            | En büyük ölçü<br>max. s (cm) | Normal ölçü<br>s (cm) |
|---------------------------------------------|------------------------------|-----------------------|
| Çatı ve bodrum katı merdivenleri            | 21                           | 20                    |
| Apartmani ev ve sosyal konutlarda           | 19                           | 18                    |
| Okul ve resmi daire binalarında             | 18                           | 17                    |
| Hastane, sinema, tiyatro ve genel binalarda | 17                           | 16                    |
| Dinsel binalar ve anıtlar                   | 16                           | 15                    |
| Bahçe merdivenleri                          | 15                           | 14                    |

**Tablo 8.2 : Basamak Genişlikleri**

| Merdivenin bulunduğu bina ve yer            | En büyük ölçü<br>max. a (cm) | Normal ölçü<br>a (cm) |
|---------------------------------------------|------------------------------|-----------------------|
| Çatı ve bodrum katı merdivenleri            | 22                           | 24                    |
| Apartman ev ve sosyal konutlarda            | 24                           | 27                    |
| Okul ve resmi daire binalarında             | 27                           | 29                    |
| Hastane, sinema, tiyatro ve genel binalarda | 29                           | 30                    |
| Dinsel binalar ve anıtlar                   | 30                           | 32                    |
| Bahçe merdivenleri                          | 32                           | 34                    |

2. Merdiven eğimi; profilde basamak tepe noktalarını birleştiren doğrunun yatayla yaptığı açı olarak tanımlanabilir. Merdiven eğimi çoğunlukla bu açının tanjantı ile gösterilir. Başka bir tanımlama ile merdiven eğim oranı, basamak yüksekliğinin basamak genişliğine oranıdır. En fazla 3 katlı olan küçük yapıların merdivenlerinde  $\tan \alpha \leq 4/5$ , öteki yapıların tümündeki merdivenlerde  $\tan \alpha \leq 2/3$  olmalıdır.

3. Basamak yüksekliği ile genişliği arasındaki uygunluk bağıntısı; uygun eğim oranları için basamak yüksekliği ile basamak genişliği arasındaki aşağıdaki uygunluk denklemi gerçekleşmelidir:

$$2 \times s + a = 62 \sim 64 \text{ cm} \quad (8.5)$$



Bu denklem kullanılırken, denklemin sağı tarafındaki rakam; normal eğimli ( $\alpha=30^\circ$ ) merdivenlerde 63 cm, dik merdivenlerde 64 cm, yatık merdivenlerde ise 62 cm olarak alınmalıdır.

4. Merdiven genişliği (b); bir merdiven kolunun çıkış doğrultusuna dik doğrultudaki yararlı genişliğidir (duvarlar veya korkuluklar arasındaki uzaklık).

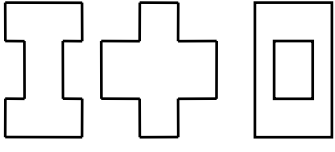
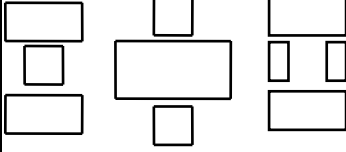
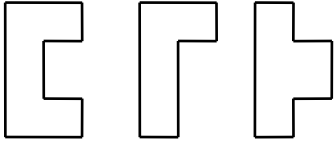
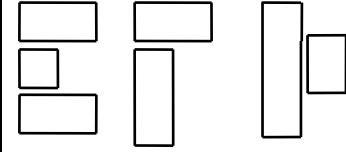
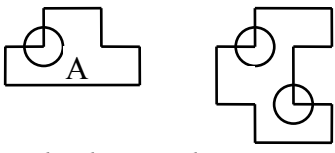
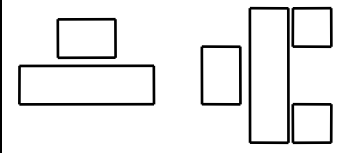
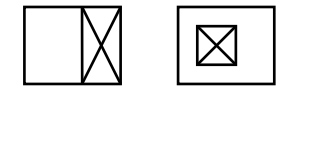
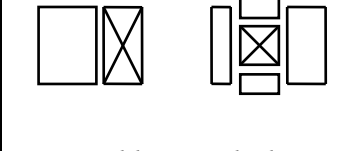
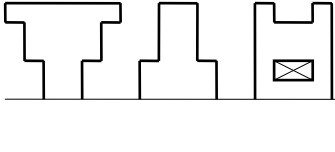
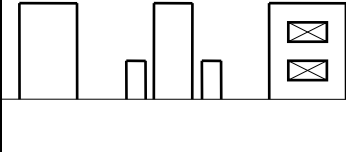
**Tablo 8.3 :** Merdiven Genişliği

| Merdivenin bulunduğu bina ve yer                                    | En büyük ölçü<br>max. a (cm) | Normal ölçü<br>a (cm) |
|---------------------------------------------------------------------|------------------------------|-----------------------|
| Bodrum, çatı arası ve asma katlarda                                 | 70                           | 90                    |
| İki katlı konut merdivenleri                                        | 90                           | 100                   |
| Her katında tek daire bulunan 2 den fazla katlı konutlarda          | 100                          | 120                   |
| Her katında birden fazla daire bulunan 2 den fazla katlı konutlarda | 120                          | 140                   |
| Okul, hastane, tiyatro merdivenleri                                 | 120                          | 150                   |
| Sinema, toplantı salonu merdivenleri                                | 220                          | 250                   |

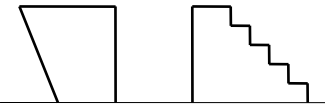
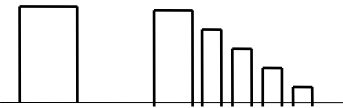
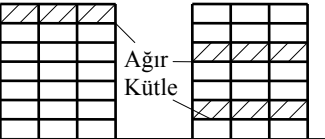
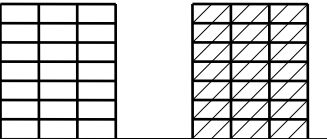
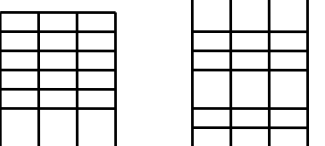
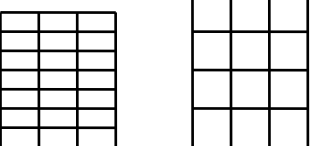
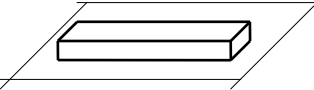
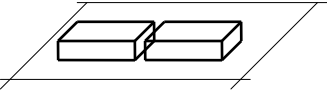
5. Sahanlık genişliği ( $b_s$ ); sahanlığın çıkış çizgisine dik doğrultudaki genişliği olarak tanımlanabilir.

6. Kova genişliği ve korkuluk yüksekliği; merdiven kovası genişliği, normal olarak 20~25 cm alınmaktadır. Büyük ve gösterişli merdivenlerde bu genişlik 50 cm veya daha büyük olabilmektedir. Merdiven korkuluklarının yüksekliği balkon korkuluklarında olduğu gibi normal olarak 90~110 cm arasında seçilir.

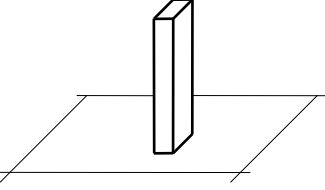
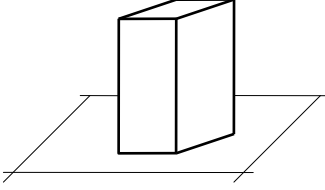
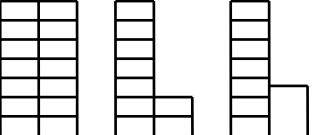
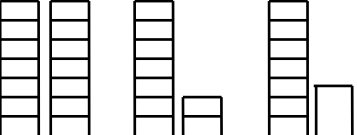
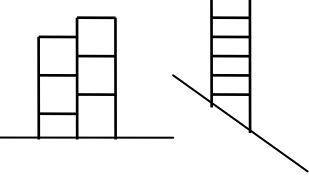
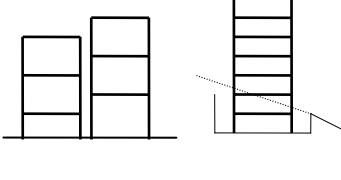
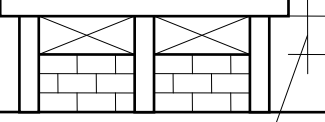
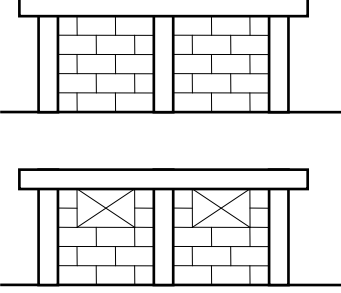
**9. BETONARME BİNALARDA SIKÇA RASTLANAN TASARIM HATALARI ve DİKKAT EDİLMESİ GEREKEN KURALLAR**

|   | UYGUN DEĞİL                                                                                                                             | UYGUN                                                                                                                                 | AÇIKLAMA                                                                                                                                                                       |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 |  <p><i>Planda ani rijitlik değişimi</i></p>            |  <p><i>Planda simetri</i></p>                        | Plan şekli itibariyle karmaşık ve ani rijitlik değişimlerine neden olan şekiller derzlerle bölünerek kare, dikdörtgen gibi plan şekillerine dönüştürülmelidir.                 |
| 2 |  <p><i>Planda simetriden ayrılma</i></p>               |  <p><i>Planda simetri</i></p>                        | Bina planda olabildiğince basit geometrik ve simetrik şekilde olmalıdır. Bununla birlikte birkaç eksen etrafında simetrilik de deprem ve yapısal burulma açısından faydalıdır. |
| 3 |  <p><i>Planda girintili ve çıkıntılı yapılar</i></p> |  <p><i>Uygun dilatasyonlarla ayrılmış yapı</i></p> | Plandaki girinti ve çıkıntılar nedeniyle köşelerde gerilme yoğunlaşmaları, ekzantrisiteden dolayı aşırı burulma etkileri oluşacaktır.                                          |
| 4 |  <p><i>Döşeme boşluklu yapılar</i></p>               |  <p><i>Uygun dilatasyonlarla ayrılmış yapı</i></p> | Merdiven boşluğu, asma kat gibi nedenlerle bırakılan döşeme yırtıkları diyafram süreksizliği ve yapısal burulma meydana getireceğinden sakıncalıdır.                           |
| 5 |                                                      |  <p><i>Rijitlik düzenlemesi</i></p>                | Cephe süreksizlikleri yada cephedeki ani rijitlik değişimleri, büyük gerilme yığılmalarına ve depremde katlar arasında farklı davranışa neden olacaktır.                       |

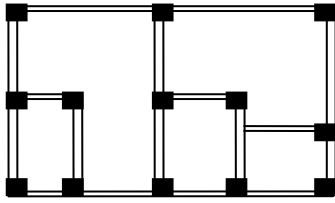
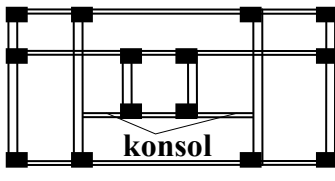
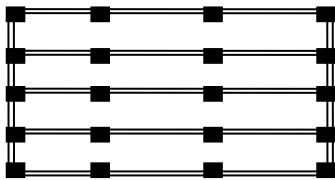
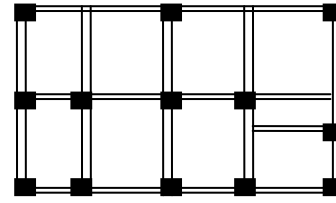
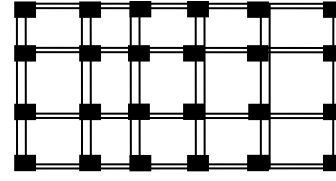
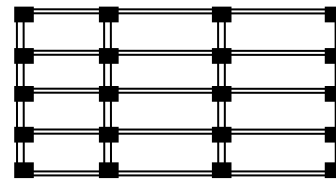
[26]

|   | UYGUN DEĞİL                                                                                                                         | UYGUN                                                                                                                  | AÇIKLAMA                                                                                                                                                                                                                                                        |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 6 |  <p><i>Bina kesitinde simetriden ayrılma</i></p>   |  <p><i>Bina kesitinde simetri</i></p> | Yapı yüksekliği boyunca kat alanlarında ani ve büyük değişimler depremde yapı davranışına olumsuz yönde etki eder. Yapı derzlerle birkaç binaya ayrılmalıdır.                                                                                                   |
| 7 |  <p><i>Kütle düzensizlikleri (yumuşak kat)</i></p> |  <p><i>Kütle düzenlemesi</i></p>      | Dolgu duvarlarda yapıya önemli bir rijitlik kazandırmakta, deprem esnasında taşıyıcı elemanlar gibi davranmaktadır. Herhangi bir katının tuğla veya benzeri malzemeli duvarla örülmemiş “ <i>yumuşak kat</i> ”lı yapılar deprem açısından oldukça sakıncalıdır. |
| 8 |  <p><i>Rijitlik düzensizliği</i></p>             |  <p><i>Rijitlik düzenlemesi</i></p> | Rijitlik ve kütle düzensizlikleri ile kolon boylarındaki değişimlerin bulunduğu yerlerde depremde büyük gerilme birikimleri oluşur.                                                                                                                             |
| 9 |  <p><i>Yapı planında narinlik</i></p>            |  <p><i>Planda dilatasyon</i></p>    | Plandaki bir boyutu diğer boyutuna nazaran büyük olan yapılar; titreşim, ısı, rötre ve farklı oturmalar nedeniyle uygun dilatasyonlara ayrılmalıdır.                                                                                                            |

[26]

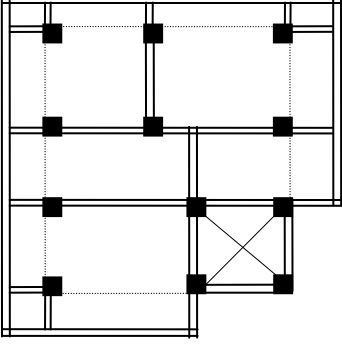
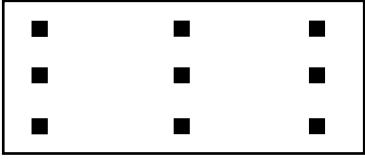
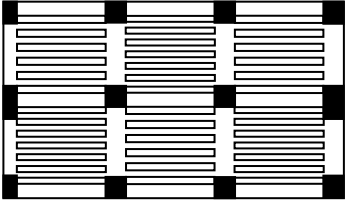
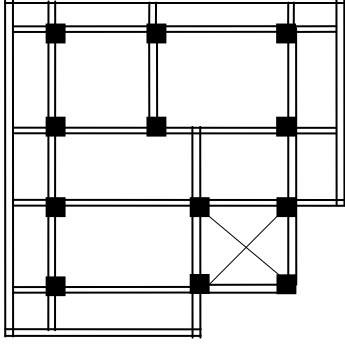
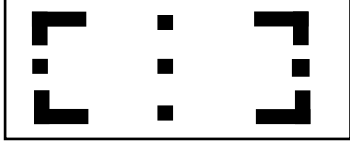
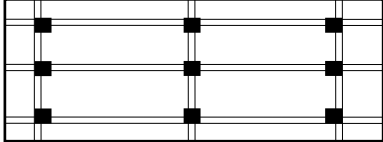
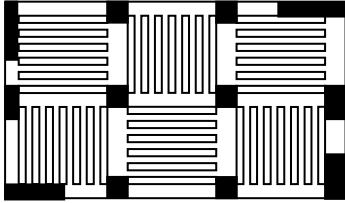
|    | UYGUN DEĞİL                                                                                                                                                     | UYGUN                                                                                                                   | AÇIKLAMA                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 10 |  <p><i>Bina kesitinde narinlik</i></p>                                         |  <p><i>Bina kesitinde uygunluk</i></p> | Çok dar alanlara çok yüksek yapılar oturtulmamalıdır. Yapı yüksekliğinin genişliğe oranı 6'yı geçmemelidir. $(H/D) < 6$                                                                                                                                                                  |
| 11 |  <p>Çarpışma etkisindeki yapılar</p>                                           |  <p>Dilatasyonla ayrılmış yapılar</p>  | Bitişik binaların birbirine çarpma etkilerini ortadan kaldırmak için en üst kenarın deplasman değeri kadar araya dilatasyon derzi bırakılmalıdır.                                                                                                                                        |
| 12 |  <p>Kısa kolon davranışı</p>                                                  |  <p>Kolonları ayrılmış yapılar</p>    | Bitişik veya kademeli yapıların yada bir bölümünün döşemesi diğerinden farklı bir düzeyde olan yapılarda bir rijitlik düzensizliği vardır. Diğer kolonlara göre yüksekliği daha az olan kolonlar <b>kısa kolon</b> davranışı gösterirler ve büyük yatay kesme kuvvetleriyle zorlanırlar. |
| 13 |  <p><b>Kısa kolon</b></p> <p>Bant pencere etkisiyle oluşan kısa kolonlar</p> |  <p>Kısa kolonların iptali</p>       | Bodrum kata konulan bant pencereler ile asma kat teşkili gibi durumlarda kısa kolonlar oluşacaktır. Deprem esnasında bu kolonlarda büyük gerilme yığılmaları olacak ve kolonlar kırılma konumuna son derece gevrek olan kesme kırılması ile ulaşacağından büyük sorun yaratırlar.        |

[26]

|  | UYGUN DEĞİL                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | UYGUN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  <p><i>Açık olmayan çerçeve davranışı</i></p>  <p><i>Açık olmayan çerçeve davranışı ve iç konsol</i></p>  <p><i>y doğrultusunda yetersiz çerçeve</i></p> |  <p><i>İki doğrultuda düzgün çerçeve düzeni</i></p>  <p><i>İki doğrultuda düzgün çerçeve düzeni</i></p>  <p><i>İki doğrultuda iyi çerçeve düzeni</i></p> |

**Açıklama:** Kolonlar, aks aralıkları olabildiğince eşit olacak şekilde bir aks sistemine göre ve cephelere dik doğrultuda yerleştirilmelidir. Her iki doğrultuda rijitlikler arasında fark olmayacak şekilde eşit sayıda ve düzgün olarak dağıtılmalıdır. En önemlisi de her iki doğrultuda birbirine etkileri aktaracak şekilde kirişlerle bağlanmalıdır.

[26]

|  | UYGUN DEĞİL                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | UYGUN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  <p><i>Yatay rijitliği az kolonlu bina</i></p>  <p><i>Kirişsiz döşeme</i><br/><i>Düşük süneklik ve zımbalama tehlikesi</i></p>  <p><i>Hatalı asmolen yerleşimi</i></p> |  <p><i>Yatay rijitliği iyi kolonlu bina</i></p>  <p><i>Yatay etkileri karşılayan perdeler</i></p>  <p><i>Kolonlu kirisli sistem</i></p>  <p><i>Yeterli perde ve İyi bir yerleşim</i></p> |

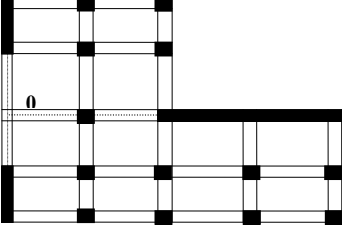
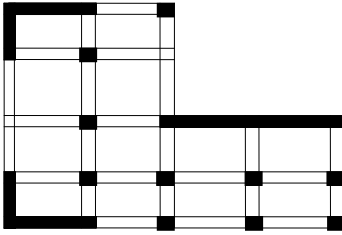
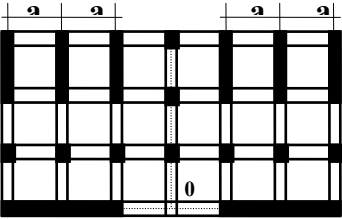
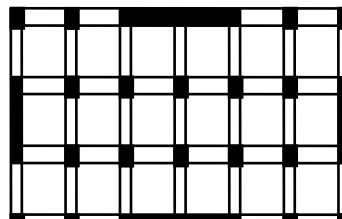
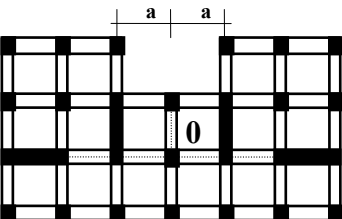
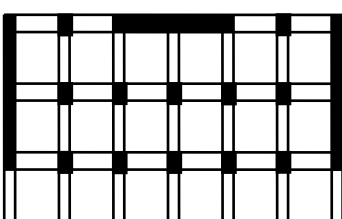
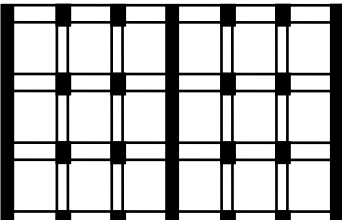
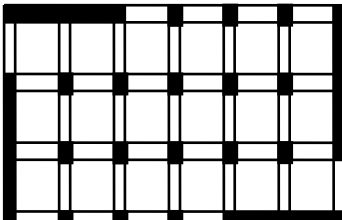
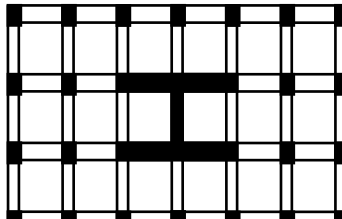
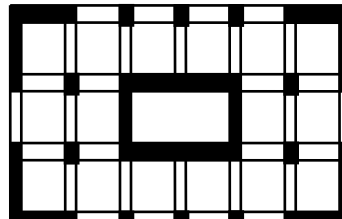
**Açıklama:** Depreme karşı yapı tasarımında yapının yeterli dayanım ve süneklikte olması istenir. Yapılar henüz tasarım aşamasında iken düzenli sistem seçimi yapılmalıdır. Başka bir deyişle depreme karşı dayanıklılık ön planda tutulmalıdır. Benzer şekilde yapı tasarımını son derece etkileyen arazi planlaması ve yapı imar durumları deprem etkileri dikkate alınarak yapılmalıdır.

Bölme duvarlarının gerektiğinde kaldırılması ya da tavandan sarkan kirişlerin istenmemesi sonucu kirişsiz veya asmolen döşemeler kullanılmaktadır. Bu tip döşemeli yapılar daha az rijitliğe ve dolayısıyla daha çok yatay ötelenmeye sahip yapılardır. Bu nedenle bu tip yapılarda perde duvar kullanılmalıdır. Ayrıca seçilen döşeme sistemi yeterli diyafram etkisini yaratmalıdır. Asmolen tipi tek doğrultuda çalışan döşeme elemanları kullanılacak ise, asmolenler şaşırtmalı olarak her iki yönde kullanılmalıdır.

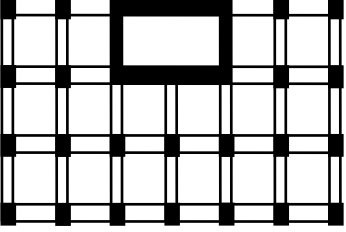
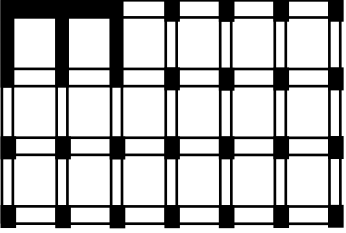
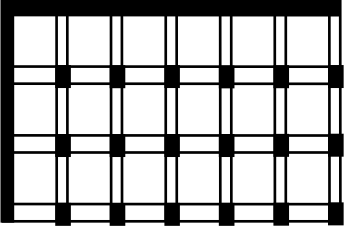
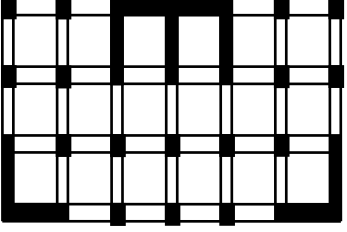
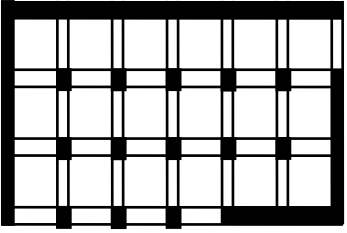
Taşıyıcı sistem tasarımında mümkün mertebe saplama kirişlerden kaçınılmalı, yükler en kısa yoldan kolonlara iletilmelidir.

[26]

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | UYGUN DEĞİL                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | UYGUN                                                                                                                                                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <div data-bbox="268 320 475 510"> <p><i>Kirişe oturan kolonlar</i></p> </div> <div data-bbox="507 320 786 510"> <p><i>Perdenin iki ucundan kolona oturması</i></p> </div> <div data-bbox="268 633 475 824"> <p><i>Perdenin kirişe oturması</i></p> </div> <div data-bbox="507 633 786 824"> <p><i>Kolonun konsol kirişe oturması</i></p> </div> <div data-bbox="268 947 475 1137"> <p><i>Kiriş sürekliliğinde belirsizlik</i></p> </div> <div data-bbox="507 947 786 1137"> <p><i>Kuvvetli kiriş-zayıf kolon</i></p> </div> | <div data-bbox="906 309 1185 577"> <p><i>İyi çerçeve düzeni</i></p> </div> <div data-bbox="906 678 1185 947"> <p><i>Kuvvetli kolon-zayıf kiriş</i></p> </div> |
| <p><b>Açıklama:</b> Taşıyıcı sistemde plan ve düşeyde bulunan taşıyıcı elemanların dayanımlarının düzgün ve sürekli olması istenir. Kolon ve kirişlerin planda düzgün dağıtılması, sistemin belirli bölgelerinin aşırı zorlanmasını önler. Bütün kolon ve perdeler temelden çatıya kadar sürekli olmalıdır. Depreme karşı davranışlarındaki olumsuzluklar nedeni ile yukarıda gösterilen düzensiz yapılardan kaçınılmalıdır. Deprem Yönetmeliği (2007), konsol ucuna oturan kolonlu sistemlerle, kiriş üzerine oturan perdeli sistemlere deprem bölgesinde izin vermemektedir. Ayrıca perdenin alt katta iki ucundan kolona oturmasına, kolonun kiriş açıklığına oturmasına izin vermekte ancak, bu elemanların birleştiği düğüm noktasındaki kesit tesirlerini %50 arttırmayı öngörmektedir.</p> <p>Kuvvetli kolon-zayıf kiriş ilkesi mutlaka uygulanmalıdır. Plastik mafsallaşmanın kirişlerde oluşumu ile istenen süneklik sağlanabilecektir. Yeni Deprem Yönetmeliği'nde bu durum açıkça ortaya konulmaktadır. Mafsallaşmanın kirişlerde oluşabilmesi için, bir düğüm noktasındaki kolonların taşıma gücünün toplamı, kirişlerin taşıma gücünün toplamından fazla olması gerekmektedir.</p> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                               |

|  | UYGUN DEĞİL                                                                                                                                                         | UYGUN                                                                                                                            |
|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  <p><i>Perde sistemlerinin çizgileri bir noktadan geçtiğinden uygun değil</i></p>  |  <p><i>Uygun perde</i></p>                     |
|  |  <p><i>Perde sistemlerinin çizgileri bir noktadan geçtiğinden uygun değil</i></p>  |  <p><i>İki doğrultuda dengeli rijitlik</i></p> |
|  |  <p><i>Perde sistemlerinin çizgileri bir noktadan geçtiğinden uygun değil</i></p> |  <p><i>Uygun perde yerleşimi</i></p>          |
|  |  <p><i>Yalnız bir doğrultuda perde olduğundan uygun değil</i></p>                |  <p><i>Uygun perde yerleşimi</i></p>         |
|  |  <p><i>Burulma rijitliği az olduğundan uygun değil</i></p>                       |  <p><i>Yeterli burulma rijitliği</i></p>     |



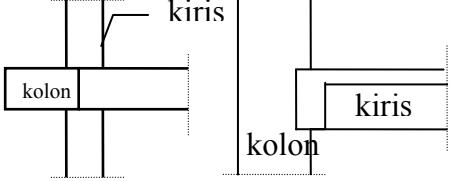
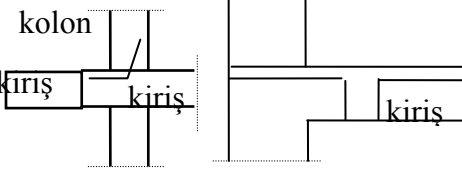
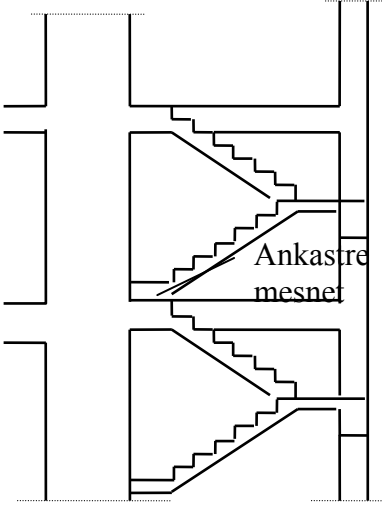
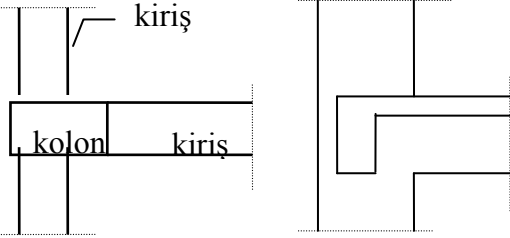
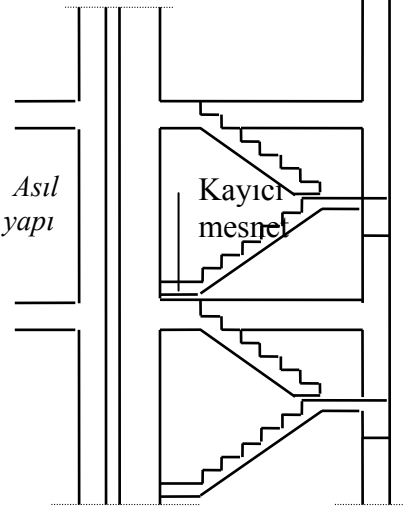
|  | UYGUN DEĞİL                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | UYGUN                                                                                                                                                                                                                                         |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  <p><i>Çekirdek perdenin uygun yerleştirilmemesi sonucu oluşan burulma titreşimi</i></p>  <p><i>Perde yerleşiminin uygun olmaması</i></p>  <p><i>Planda simetrik olmayan perde yerleşimi</i></p> |  <p><i>Uygun perde yerleşimi</i></p>  <p><i>Uygun perde yerleşimi</i></p> |

**Açıklama:** Seçilecek düşey taşıyıcılarda mümkün mertebe perde tarzında taşıyıcılar olmalıdır. Bugünkü denetimsiz koşullarda 4-12 katlı konut ve işyeri türü binalar için en güvenli çözüm perde elemanlardır. Yatay yükün tamamını alacak kadar perde duvar bulundurulduğunda, hem yanal rijitlik sorunu çözümlenmekte, hem de sünekliği kuşkulu çerçevelere güvenmek zorunluluğu ortadan kalkmaktadır.

Düşey taşıyıcıların rijitlik merkezi, ağırlık merkezinden ayrılmayacak şekilde ve planda uygun şekilde yerleştirilmelidir. Sisteme konulan perde veya tüp sistemler yapıda burulma oluşturmayacak şekilde teşkil edilmelidir. Yalnız çekirdek sistem burulmaya sebep olacağından ilave olarak sisteme perde konulmalıdır. Perdeli bir yapıda da yeterli yatay rijitlik sağlamak için, uzantıları veya çizgileri bir noktadan geçmeyen en az üç perde teşkil edilmelidir.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | UYGUN DEĞİL                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | UYGUN                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <div data-bbox="252 286 443 555"> <p>Bağlanmamış tekil temeller</p> </div> <div data-bbox="499 286 691 555"> <p>Farklı seviyedeki temeller</p> </div> <div data-bbox="252 667 443 936"> <p>Farklı ve simetrisiz temeller</p> </div> <div data-bbox="523 667 715 936"> <p>Yetersiz temel yüksekliği</p> </div> | <div data-bbox="834 286 1026 555"> <p>Sürekli veya plak temeller</p> </div> <div data-bbox="1098 286 1289 555"> <p>Rijit bodrum kat</p> </div> <div data-bbox="834 667 1026 936"> <p>Kuvvetli bağ kirişleri</p> </div> <div data-bbox="1098 667 1289 936"> <p>Rijit bodrum kat</p> </div> |
| <p><b>Açıklama:</b> Düşey taşıyıcı elemanlar tarafından, temele kadar aktarılan yükler, buradan güvenle zemine aktarılmalıdır. Bu nedenle arazi ve zemin koşullarına göre o yapıya en uygun temel sistemi seçilmelidir. Hangi tip temel sistemi seçilirse seçilsin, arazi durumu, yapısal oturmalar ve zemindeki doğal etkiler yapıyı etkilememelidir.</p> <p>Temellerin birbirine bağlanmamış ayrık olması halinde temeller birbirinden bağımsız yer değiştirecek ve yapıda bütünlüğün bozulmasına sebep olabilecek hasarlar meydana gelecektir.</p> <p>Temelde kademe yapılması halinde, bodrum katların çevresi perde ile çevrilerek tavanı ve temeli ile rijit bir kutu kesit oluşturmak suretiyle, üst yapıya üniform olmayan titreşimlerin iletilmesi önlenmiş olacaktır.</p> <p>Temel sisteminin farklı ve simetrisiz olması zeminde farklı oturmalara neden olacağından mümkün mertebe aynı tip temel sistemi seçilmelidir.</p> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

[26]

|  | UYGUN DEĞİL                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | UYGUN                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  <p><i>Kötü bağlantı</i></p>  <p><i>Kötü bağlantı</i></p>  <p><i>Ankastre bağlı merdiven detayı</i></p> |  <p><i>İyi kolon- kiriş bağlantısı</i></p>  <p><i>Asıl yapıdan izole edilmiş, kayıcı bağlı merdiven</i></p> |

**Açıklama:** Şekilde de gösterildiği gibi kirişlerin kolonlara eksantrisite yaratacak şekilde bağlandığı kolon-kiriş ek yeri deprem açısından sakıncalıdır. Bu tür bir birleşimde kiriş ile kolon arasında kesme kuvveti aktarma alanı da küçüldüğünden büyük kesme gerilmeleri ortaya çıkmaktadır.

Merdivenler yapı içindeki insanların deprem sırasındaki güvenliği açısından çok önemli yapı elemanlarıdır. Betonarme yapıda depremin şiddetine göre çeşitli ölçüde hasar beklendiğinden hasarlı yapının deprem sırasında ya da hemen sonrasında güvenlik içinde boşaltılabilmesi için merdivenlerin depremde hasar görmemesi gerekir.

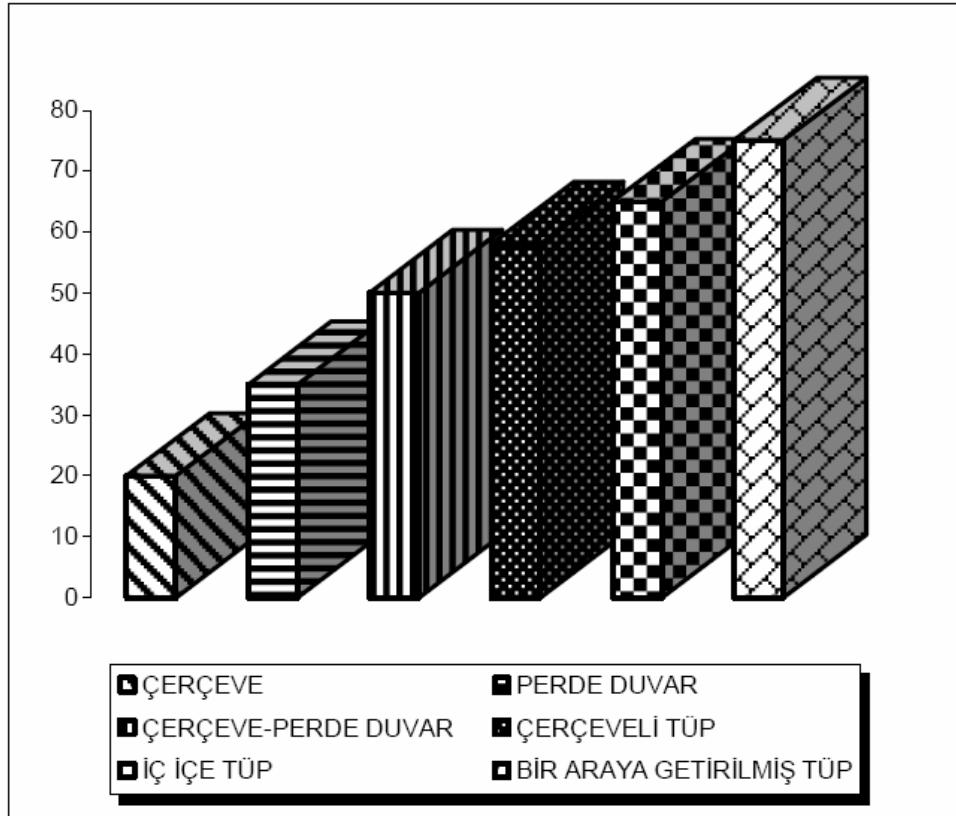
Merdivenlerin bulunduğu çerçeveler diğer yapı çerçevelerine göre daha rijit olduklarından bu çerçevelere çok daha büyük yatay yük gelmektedir. Yapı güvenliği açısından merdivenlerin hasarını önlemek için, merdivenler derzlerle ayrılmış bloklar olarak düşünülmeli ya da merdiven kirişi bir ucundan kayıcı mesnetli olarak yapılmalıdır.

## 10. BETONARME YÜKSEK YAPILARDA TAŞIYICI SİSTEMLER

Çok katlı bir binanın tanımı şu şekilde yapılabilir: “Yüksek bir yapı yüksekliği ile çevresindeki binalardan farklı bir tasarım, konstrüksiyon ve kullanım koşulları oluşturan binadır”. Uygulamacı bir yapı mühendisine göre, yüksek binalarda yapısal sistemlerin sınıflandırılması sırasında, yatay yüklere dayanımın önemi dikkate alınmalıdır. Sıradan kiriş ve kolonların tasarımına göre yatay yük dayanım projelerinin geliştirilmesiyle her türlü yapısal sistem metodolojisi, yüksek yapıların düşey bir konsolla eşdeğer olduğu görüşünde birleşmektedir [15].

Yüksek yapılarda taşıyıcı sistem, kat sayısına bağlı olarak artan düşey yüklerin yanı sıra, rüzgar ve depremden oluşan yatay yükleri de taşımaktadır. Ancak, bu yatay yükler yükseklikle daha hızlı artarlar. Bu nedenle taşıyıcı sistemde yatay yer değiştirmeler oluşur. Belirli bir yükseklikten sonra yapı dayanımının yanı sıra, yatay yüklere karşı yeterli rijitlikte sağlanmalıdır. Bu kapsamda yapının yatay yerdeğiştirmeleri de sınırlandırılmalıdır. Yüksek yapı taşıyıcı sistem tasarımında, sistem elemanlarının boyut hesabında yatay yüklerin payının, düşey yüklerin taşınması için gerekenden fazla olmaması istenir. Bu nedenle, yükseklikle artan rüzgar ve deprem kuvvetlerinin karşılanması, artan eleman boyutlarıyla değil, taşıyıcı sistemin etkinliği ile kazanılmalıdır. Yüksek yapıların mimari planlamasında ana istekler arasında özellikle işlevsel çözüm, yapısal etkinlik, statik, yapım kolaylığı, ekonomi etkileri yer alırken, mühendislik açısından da, yapıların kullanılır kalarak yatay yük emniyetlerinin ekonomik olarak sağlanabilmesi için yeterli dayanım, süneklik, rijitlik ve sınırlı yer değiştirmeler şeklinde sıralanabilen özelliklere sahip olması gerekmektedir [28].

Şekil 10.1’de Amerika Birleşik Devletleri’nde mevcut betonarme yapı kat sayıları ve Şekil 10.2’de betonarme binalar için taşıyıcı sistemler gösterilmektedir.



Şekil 10.1 : ABD Mevcut Betonarme Yapı Katsayıları

| BETONARME TAŞIYICI SİSTEMLER      |                                          |
|-----------------------------------|------------------------------------------|
| SİSTEM                            | KAT ADEDİ                                |
|                                   | 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 |
| İki yönlü döşeme ve kolonlar      | 10                                       |
| Perde ve mantar döşeme            | 15                                       |
| Perde kolon ve mantar döşeme      | 20                                       |
| İkiz perde duvarları              | 25                                       |
| Rijit çerçeve                     | 30                                       |
| Geniş açıklıklı çerçevesiz tüp    | 35                                       |
| Guseli kirişli rijit çerçeve      | 40                                       |
| Çekirdek sistemler                | 45                                       |
| Perde duvarı ve çerçeve           | 50                                       |
| Perde ve guseli kirişli çerçeve   | 55                                       |
| Sık yerleştirilmiş çerçevesiz tüp | 60                                       |
| Çerçevesiz tüp ve çekirdek        | 65                                       |
| Kafes tüp                         | 70                                       |
| Modüler tüp                       | 75                                       |

Şekil 10.2 : Betonarme Binalar İçin Taşıyıcı Sistemler

## 10.1 Yatay Yükleri Taşıyan Sistemler

Yatay yüklerin aktarılmasında kullanılan başlıca taşıyıcı sistem tipleri;

- Çerçeveseler
- Perdeler
- Tüpler

olmak üzere üç ana grupta toplanmaktadır. Bu sistemler altında çok katlı yapı taşıyıcı sistemlerini;

- Çerçeve sistemler
- Perde duvarlı ve çerçeve-perdeli sistemler
- Çekirdekli sistemler
- Tübüler sistemler

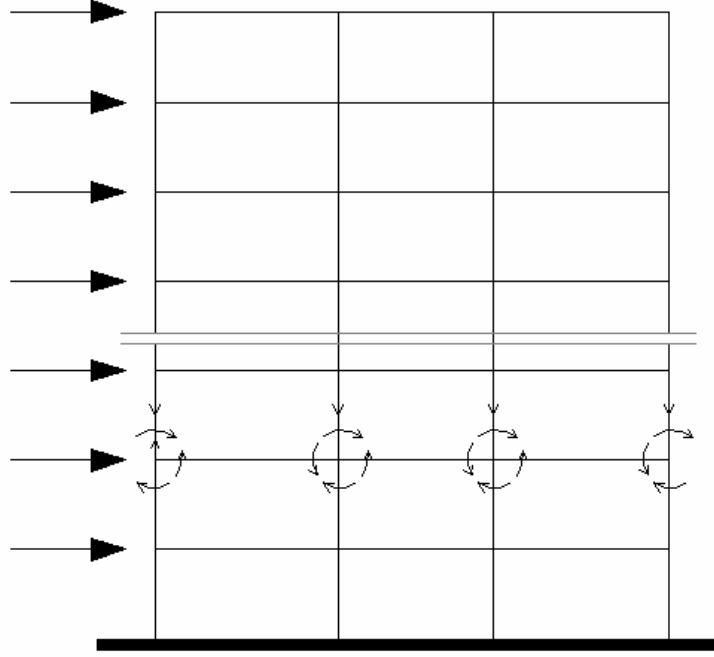
şeklinde gruplandırmak mümkündür.

Günümüzde yapılan yüksek yapılarda uygulanan yapısal sistemler, sadece yukarıda sözü edilen türlerle sınırlı kalmamaktadır. Bazı sistemler ise yeni olmamakla birlikte, yapı ve yapım sistemleri henüz incelenmeye başlanmıştır. Bunlar:

- Yüksek kirişli sistemler
- Çok katlı asma sistemler
- Pnömatik sistemler
- Hibrid (kompozit sistemler) dir.

### 10.1.1 Çerçeve sistemler

Rijit çerçeve iskelet, kiriş ve kolonların aynı düzlemde rijit birleşmesi ile oluşan dikdörtgen ızgaralardır (Şekil 10.3). Çerçeve, yapının iç duvar düzleminde ya da cephe düzlemi içinde olabilir. Kolon ve kirişlerin rijitlik ve dayanımına bağlı olarak kat yükseklikleri ve kolon aralıkları önemli tasarım kriterleridir. Rijit çerçeve çelik yapılar için yaklaşık 30, betonarme yapılar içinse 20 kata kadar ekonomiktir.



**Şekil 10.3 : Rijit Çerçeve**

#### **10.1.1.1 Moment dayanımlı çerçeve ve çaprazlı çerçeve sistemler**

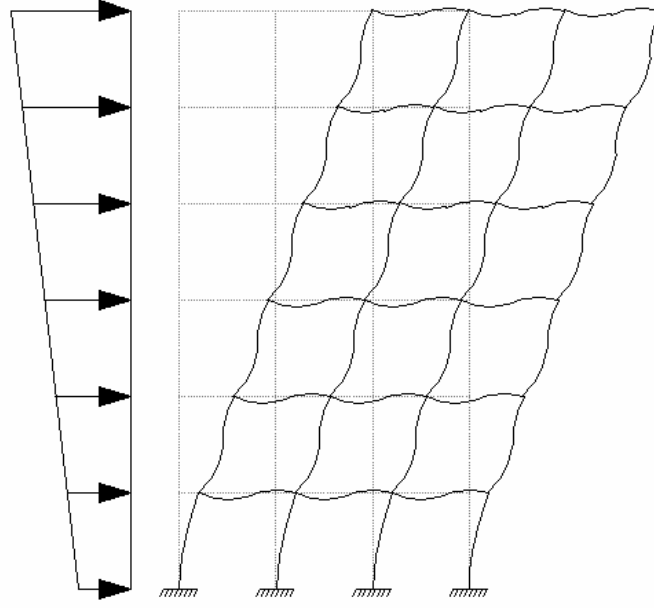
##### **a. Çerçevelerin rijitleştirilmesi**

Çerçeveler tek başlarına, ancak kat adedi az olan (8-10 kat) çok katlı yapılarda ekonomik olarak kullanılabilir. Yapı yüksekliği arttıkça, kolon ve kiriş boyutları hızla büyümeye başlar. Bu durumda hem maliyet artar, hem de artan boyutlar nedeniyle sistem ağırlaşarak yapımı zorlaşır. Bu nedenle çerçeveler, yüksek yapıda, diğer taşıyıcı elemanlarla pekiştirilerek kullanılır.

Çelik çerçeve iskelet sistemlerin rijitleştirilmesi ve sistemin tümünün stabilitesinin sağlanması, dolu betonarme ya da kafes kiriş türü çelik perde elemanlarıyla yapılır. Bu durumda kafes perdeler, bina içindeki bazı bölmelerde, örneğin çekirdekte düzenlenir ve çerçeve –perde karma sistemler ortaya çıkar [15].

##### **b. Moment dayanımlı / rijit çerçeve**

Moment dayanımlı çerçeve, elemanların eğilme dayanımına bağlı olarak yatay yüklere dayanım gösteren, belli bir ızgara formunda, birbirine rijit olarak bağlanmış yatay ve düşey elemanlardan oluşmaktadır. Şekil 10.4’de moment dayanımlı çerçevenin yatay yük altındaki tipik deformasyonu görülmektedir.



**Şekil 10.4 :** Yatay Yük Altında Moment Dayanımlı Çerçevenin Deformasyonu

Betonarme çerçevelerin, ideal olarak moment dayanımlı çerçevelerin sahip olması gereken bir özellik olarak, bağlantılarında monolitik bir yapı oluşturmalarından dolayı avantajları bulunmaktadır. Betonarme moment dayanımlı çerçevenin günümüzdeki gelişmeleri; geliştirilmiş beton karakteristiği, düktilite ve çerçeve oluşturma teknikleri sağlayan detayları kapsamaktadır.

Diğer yatay yüklere dayanıklı sistemlerle karşılaştırıldığında moment dayanımlı çerçeveler, elastik olmayan sınırlar içindeki performans yeteneklerinden dolayı, sismik bölgeler için oldukça uygun yapılardır. Bunun yanı sıra bir veya daha fazla elemanı zarar görse dahi, elemanlar sistemi ayakta tutabilmektedir. Bu sistemler sismik yüklere karşı tasarlandığında, kolonların kirişlerden daha güçlü olması gerekmektedir. Bu, plastik yük altındaki stabiliteyi sağlayan kuvvetli kolon, zayıf kiriş teorisi olarak bilinmektedir.

#### **10.1.1.2 Çerçeve çalışması**

Rijit çerçevenin yatay yükler altında ötelenmesi, sistemin iki tip davranışıyla açıklanabilir:

- Konsol eğilmesinden oluşan ötelenmeler
- Kiriş ve kolonların eğilmesinin doğurduğu ötelenmeler.



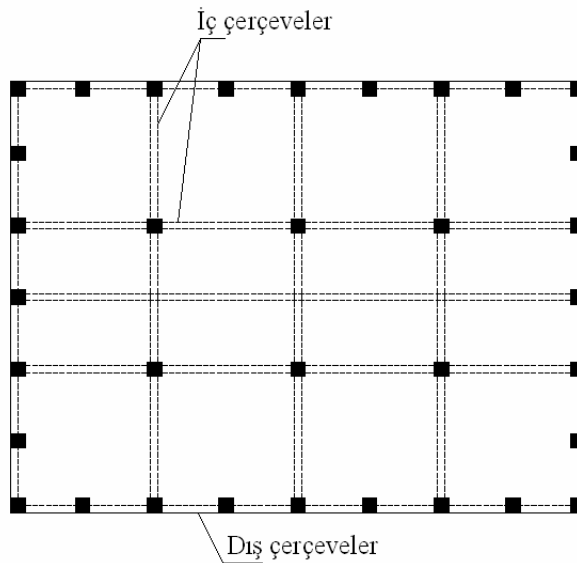
Konsol eğilmesinden oluşan deformasyon, konsol kirişte ötelenme olarak bilinir. Yatay yükler altında çerçeve bir konsol gibi davranır. Bu deformasyon şeklinde sistemin tüm ötelenmesinin yaklaşık %20'si oluşur.

Kiriş ve kolonların eğilmesinden oluşan deformasyonlar, kesme ya da çerçeve ötelenmesi olarak bilinir. Dış yüklerin kolon ve kirişlerde oluşturduğu yatay ve düşey kesme kuvvetleri, bu elemanlarda eğilme momentleri oluşturur ve bunların etkisiyle, çerçeve çarpılır, deforme olur. Bu deformasyon şeklinde %65'i kiriş eğilmesinden, %15'i kolon eğilmesinden olmak üzere, sistemin tüm ötelenmesinin %80'i oluşur.

Bu iki durumun süperpozisyonuyla, sistemin son deformasyonu elde edilir. En büyük ötelenme en üst katta, buna karşılık en büyük zorlanmalar ise en alt katta oluşur. Bu nedenlerle üst katlarda çerçeve olan sistem, fazla zorlanan alt katlarda, daha rijit olan diğer taşıyıcı sistem tipleriyle pekiştirilir; örneğin bazı çerçeve gözlerine perdeler eklenir [15].

#### 10.1.1.3 Çerçevelerin düzenlenmesi

Çerçeveler, binaların iç ya da dış cephe düzlemlerine yerleştirilebilir (Şekil 10.5). Çerçevelerin mukavemeti ve rijitliği, kiriş ve kolonların boyutlarıyla doğru, kat yükseklikleri ve kolon aralıklarıyla ters orantılıdır. Kat yükseklikleri ve kolon aralıkları büyüdükçe, taşıma kapasitesi düşer. Dahası kiriş yükseklikleri arttıkça, bina içine yerleştirilen çerçevelerin uygulanmasını sınırlandıran sakıncalar ortaya çıkar [15].



Şekil 10.5 : İç ve Dış Çerçeveler

Yapı formuna bağılı olarak kolon düzenleri ve rijit çerçeve sistemleri aşağıdaki şekilde sınıflandırılmıştır:

**a. Yapının enine paralel çerçeveler**

- Tipik dikdörtgen ızgara (şekil 10.6a)
- İçte düzeni değişen dikdörtgen ızgara (şekil 10.6b)
- Işınsal ızgara (şekil 10.6c)
- Eğrisel kenarlı ızgara (şekil 10.6d)
- Her iki ekseninde ızgara (şekil 10.6e)

**b. Sık kenar kolonlarla oluşturulan çerçeveler**

- İçte çerçeveli çekirdek, dışta sık kolonlar (şekil 10.6f)
- İçte ve dışta kare ızgara üzerinde sık kolonlu çerçeve (şekil 10.6g)
- İçte ve dışta dairesel ızgara üzerinde sık kolonlu çerçeve (şekil 10.6h)

**c. İki doğrultuda çerçeveler**

- Kare ızgara (şekil 10.6i)

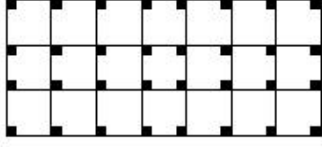
**d. Çokgen ızgara üzerinde çerçeveler**

- Doğadaki tüm organik yapılar (şekil 10.6j)

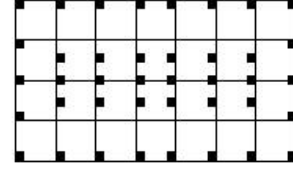
**10.1.1.4 Çerçeve sistemlerde malzeme ve yapım**

Yapı yüksekliği az olan çok katlı binalarda kullanılan rijit çerçeve sistemlerde, malzeme olarak betonarme ve çelik kullanılmaktadır. Betonarme ve çelik iskelet olarak isimlendirilen bu sistemlerde önemli olan düğüm noktalarının rijitliğidir.

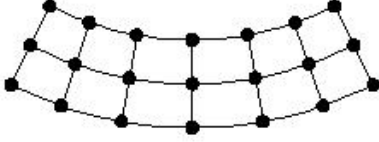
Betonarme çerçevelerin genellikle yerinde döküm olarak uygulanması önerilmektedir; ancak bu şekilde rijit çerçeve çalışma biçimine tam olarak erişilebilir. Döşemeleri yerinde dökme plak olarak düzenlenen çok katlı iskelet yapılarda, çerçeve aks aralığı da buna elverişli ise, kolonları her iki doğrultuda bağlayanların dışında, döşeme kirişi koymaya gerek yoktur. Bu çözüm için uygun aks aralığı, döşemede plak kalınlığının en çok 15-16 cm olmasını sağlayan değerdir.



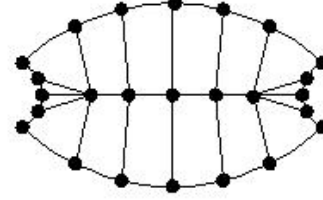
a) Tipik Dikdörtgen Izgara



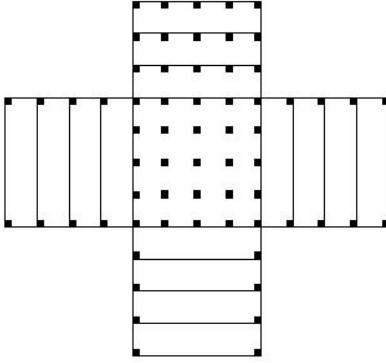
b) İçte Düzeni Değişen Dikdörtgen Izgara



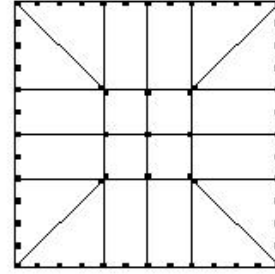
c) Işınsal Izgara



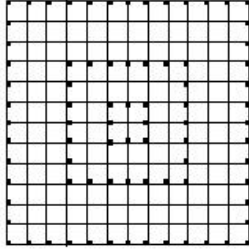
d) Eğrisel Kenarlı Izgara



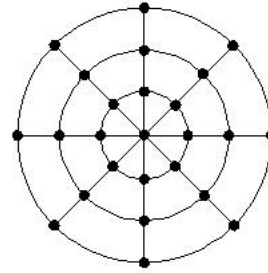
e) İki Eksende Izgara



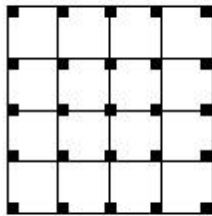
f) İçte Çekirdek Dışta Kolonlar



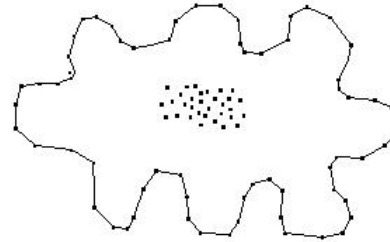
g) İçte ve Dışta Kare Izgara



h) İçte ve Dışta Dairesel Izgara



i) Kare Izgara



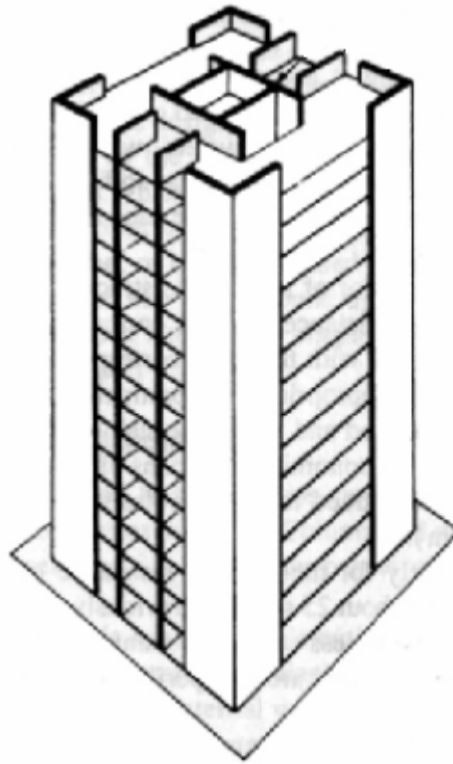
j) Organik Yapılar

Şekil 10.6 : Rijit Çerçeve Sistemler

### 10.1.2 Perdeler

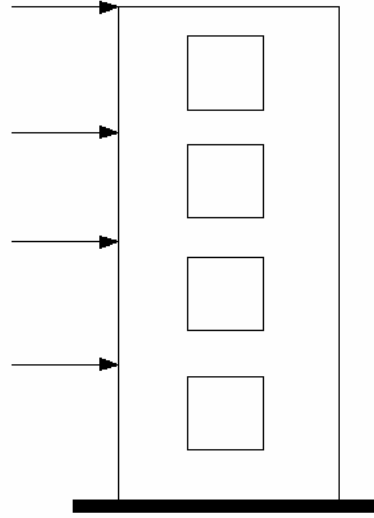
Perdeler genellikle yükseklikleri 25 metreyi geçen yapıların rijitlik ve dayanımlarını arttırmak dolayısıyla da yanal yerdeğıştirmelerini sınırlandırmak amacıyla kullanılan, temele ankastre ya da yarı ankastre olarak oturan, konsol şeklinde çalışan, rijitlikleri yüksek, çerçevelerin aksine bağıl yerdeğıştirmeleri üst katlara doğru giderek azalan boşluksuz ya da boşluklu elemanlardır. Bina yüksekliğı arttıkça artan yatay yerdeğıştirme taşıyıcı sistemin belirlenmesinde hakim rol oynayacağından, perdeler çerçevelerin yetersiz kaldığı kritik yerdeğıştirmeleri denetim altına alırlar [28].

Perde duvarlı sistemler, rijit çerçevelerin aksine, katı formları ile açık planlamaların, alt katlarda lobilerin, servis mekanları ve tesisat katlarının istendiğı yapı türlerinde kısıtlamalar getirir. Bundan dolayı serbest planlı, geniş açıklıklar gerektiren ticari ve ofis amaçlı yapılar için tercih edilmezler. Bunun aksine oteller, konut blokları vb. binalar için ise üst üste katlarda birbirini takip eden planlamalar dolayısıyla, düşeyde duvarların sürekli olması açısından oldukça uygun yapılardır. Ayrıca yapılar arasında da mükemmel ses ve yangın izolasyonu sağlarlar (Şekil 10.7).



Şekil 10.7 : Perde Sistem Örneğı

Yüksek yapıda bodrumların hem yan duvarları hem tavan döşemesi rijit teşkil edilmişse perdeler bodruma rijit veya elastik olarak bağlanırlar. Aksi halde perdeler yüklerini doğrudan doğruya zemine aktarırlar. Bacalar ve merdiven kovalarında düzenlenen perdeler bir tüp (çekirdek) teşkil ederler. Bu tip perdeler binanın içinde bulunuyorlarsa belirli boşluklarının olması gerekir. Bu boşluklar binanın yüksekliği boyunca düzgün şekilde dağılmışsa düzlemi içinde etkiyen yükler için bir boşluklu perdeden (Şekil 10.8) veya üç boyutlu yük taşımasında boşluklu tüpten söz edilir. Boşluklar çoğu kez tüm temiz kat yüksekliği kadar teşkil edilirler. Bu durumda perdeler birbirlerine döşeme ile bağlanırlar veya perdeler arasında bağlantı kirişi düzenlenir [21].



**Şekil 10.8 :** Boşluklu Perde

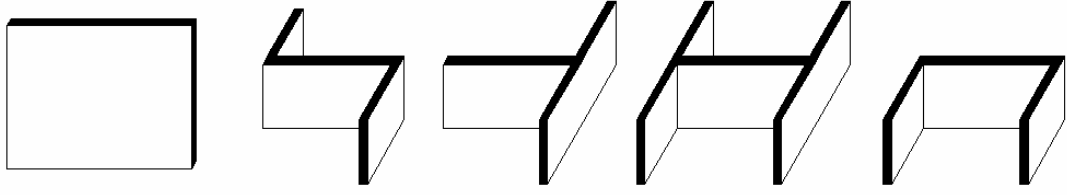
#### **10.1.2.1 Perde duvarların yapıda düzenlenmesi**

##### **a. Açık ve kapalı Sistemler**

Perde duvar sistemleri, plandaki biçimleri yönünden iki ana gruba ayrılırlar:

##### **Açık sistemler**

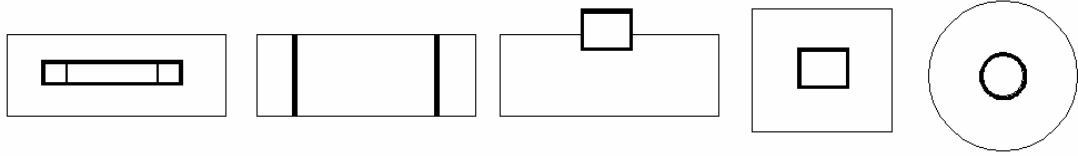
Tekil düzlem elemanlar ya da bunların birleştirilmiş, fakat tam kapatılmamış şekilleriyle oluşturulur: L, I, X, V, T, H vb. biçimler gibi (Şekil 10.9).



**Şekil 10.9 : Açık Perde Sistemler**

### **Kapalı sistemler**

Birden fazla düzlem (ya da eğrisel) elemanın kapalı şekillerde birleştirilmesiyle oluşturulan kare, dikdörtgen, üçgen, daire vb gibi düzenlemelerdir. Bunlar çekirdek ismini almaktadırlar (Şekil 10.10).



**Şekil 10.10 : Kapalı Perde Sistemler**

## **b. Plan doğrultularına göre düzenleme**

### **Enine doğrultuda sistem**

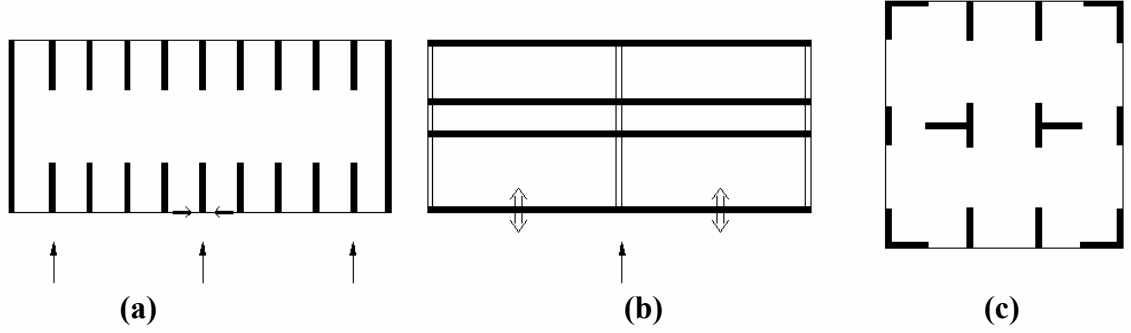
Yapının kısa kenarına paralel doğrultudaki düzlem duvarlardan oluşur. Bu düzenleme, cephe tasarımında esneklik sağlar. Yapının kısa kenarına paralel yatay yükler, bu doğrultuda yerleştirilmiş perde çalışmasıyla karşılanır. Başka bir deyişle bu sistemde duvarlar, yalnızca düşey yüklere değil, kesme kuvveti oluşturan yatay yüklere de karşı koyar (Şekil 10.11a).

### **Boyuna doğrultuda sistem**

Yapının uzun kenarına paralel doğrultudaki perdelerden oluşur ve bu perdeler esas cephe duvarı görevini üstlenir. Bu sistemde uzunlamasına duvarlar bir önceki sistemde olduğu gibi duvarların üstlendiği iki görevi ayırır ve bir yandan düşey yükleri taşıırken, diğer yandan yatay yükleri de döşeme diyaframı kanalıyla iç perdelerle aktarırlar (Şekil 10.11b).

### İki doğrultuda sistem

Bu sistem her iki doğrultuda düzenlenen perde duvarlardan oluşur. Diğer düzenlemelere oranla daha rijit olmakla birlikte, planlamada en az esneklik sağlayan sistemdir (Şekil 10.11c) [15].



Şekil 10.11 : Perde Duvarların Yapı İçindeki Düzenleri

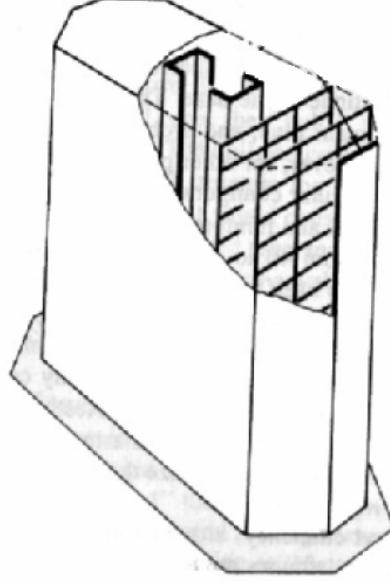
#### 10.1.2.2 Perde duvarlı sistemin avantajları

Betonarme perde duvarlı sistemlerin konstrüksiyon açısından avantajları şu şekilde sayılabilmektedir [15].

- Merkezi servis çekirdeğindeki perde duvarları kayar kalıp ya da tırmanır kalıp teknolojileri ile etkin bir şekilde yapılabilir.
- Yüksek dayanımlı beton ile duvar kalınlığının minimuma inmesi sağlanabilmiş, bu da kat alanının verimli kullanımı ile sonuçlanmıştır.
- Günümüzde kullanılan pompalama teknolojisi, yüksek dayanımlı betonun, belli yüksekliklerin üzerine pompalanabilmesine imkan sağlamaktadır.
- Yolcu ve servis asansörü şaftlarının yangından korunumu, belli bir kalınlıktaki betonun bu şaftlar etrafında bulunmasıyla mümkün olmaktadır.

### 10.1.3 Çerçeve + perde duvarlı sistem

Rijit çerçeve sistemlerin 30 katın üzerindeki yapılarda tek başına kullanılması uygun olmaz ve yapı içinde yatay yükleri karşılayacak perde duvarlar düzenlenir. Perde duvarı betonarme perde ya da çelik kafes kirişler şeklindedir. Bunlar merdiven etrafında kapalı bir çekirdek, yapı içerisinde paralel duvarlar ya da düşey cephe kafesleri şeklinde olabilir (Şekil 10.12) [2].



**Şekil 10.12 :** Rijit Çerçevesel ve Perde Duvarlı Sistem

Perdelerle çerçevelerin karşılıklı etkileşimi sonucu yapı yatay rijitliğinde ortaya çıkan artım, bu iki elemanın bireysel rijitlikleri toplamından ileridedir. Bu düzenleme yatay yük dayanımını arttırarak 40 kata kadar uygulanabilmektedir. Perdeler yerçekimi yüklerinin neden olduğu basınç kuvvetlerinden dolayı öngerilmeli durumda bulunduklarından, sistemin kesme kuvvetlerine karşı kayma kapasitesini arttırmırlar. Çerçeveler ise yatay yük altında kayma şekildeğiştirme yaparlar, katlar arasındaki yerdeğiştirme yalnız o kattaki kesme kuvvetine bağlıdır. Bu nedenle en büyük şekildeğiştirme değeri tabandadır. Perdeler ise eğilme etkisinde ve konsol kiriş gibi davrandığından en büyük şekildeğiştirme tepededir. Bu iki sistemin birbirine uymayan bu şekildeğiştirme karakteristiklerinden dolayı, bu elemanlar arasında düzgün olmayan etkileşim kuvvetleri doğar. Yapının üst bölümünde perde çekirdek geriye doğru çekilirken, alt bölümde ise perde tarafından karşılanır. Böylece perdeler yatay yüklerin çoğunu karşılayarak çerçevelere yardımcı olmakta, çerçeveler ise

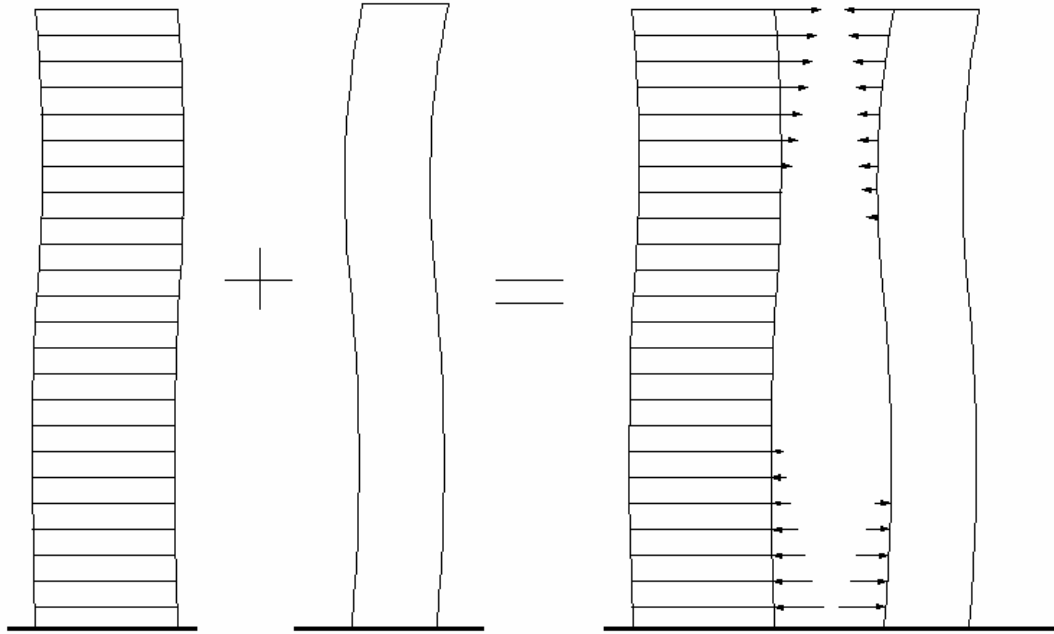


perdelerin büyük rijitlik etkisini azaltarak ve topyekün sistemin süneklik oranını arttırarak, yatay etkilerin azalmasını sağlamaktadır (Şekil 10.13) [28].

Çerçeve + perde duvarlı sistemde düşey kafesler bina içinde veya cephesinde her katta veya 5-10 katta bir çapraz kemerli ile diyagonal şeklinde olabilir.

Çerçeve + perde duvar sistemleri yatay yüklere karşı davranışları bakımından üç grupta sınıflandırılır.

- Mafsallı çerçeve + perde duvarlı sistemler
- Mafsallı çerçeve + vierendeel + perde duvarlı sistem
- Rijit çerçeve + perde duvarı



**Şekil 10.13 :** Perde ve Çerçeveli Sistemlerin Şekildeğiştirme Modları

#### 10.1.4 Çekirdekli yapılar

Tek tek düzlem elemanlardan oluşan taşıyıcı perde duvar sistemler işlevlerin ve kullanıcı gereksinmelerinin belirli ve kesin olduğu konut ve otel gibi binalara iyi uymaktadır. Ancak günümüzde büro ve ticari amaçlı binalarda mümkün olabildiğince büyük alanlar ve serbest plan şartları gerekmektedir. Bu geniş mekanlarda esneklik geçici ya da hareketli bölme elemanları ile sağlanır. Bu durumda bina içine gerekli perde duvarları yerleştirmek güçtür, ancak yükleri karşılamak için de bunlar gereklidir. Bu nedenle özellikle büro binalarında perdelerin birleştirilmesiyle oluşan çekirdek ya da çekirdekler kullanılır. Perde duvarlar gibi çekirdekler de bina içine ya da cephesinde düzenlenebilir [15].

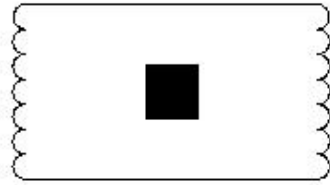
Çekirdekler birden fazla düzlem ya da eğrisel elemanların birleştirilmesi ile oluşan kare, dikdörtgen, üçgen veya daire şeklinde olabilir. Böylece düşey sirkülasyon ve enerji dağıtım sistemlerini (asansör, merdiven, tuvalet ve mekanik şaftlar) içeren düşey taşıyıcı elemanlar ortaya çıkar. Son yıllarda tek amaçlı yapılardan çok amaçlı yapılara doğru açık bir gidiş gözlenmekte, konut, büro ve ticari amaçların aynı yapıda toplandığı çok katlı yüksek binaların hızla geliştiği görülmektedir. Bu durumda planı kısıtlayıcı perdeler yerine çekirdeklerin kullanımı da giderek artmaktadır. Binanın işlevi ve alanına bağlı olarak çekirdek boyutları değişmektedir. Kullanım alanı açısından verimi arttırmak için çekirdek boyutlarının mümkün olabildiğince küçültülmesi gereği açıktır. Yine de çekirdek tüm katlarda döşeme alanının %20-25 kadarını kaplar. Yatay yüklere dayanımı içinse bırakılan boşlukların küçük ve katlar arasında şaşırtılarak düzenlenmesi yararlı olmaktadır. Çekirdeğin yeri ve şekli serbesttir.

##### 10.1.4.1 Çekirdeğin yeri

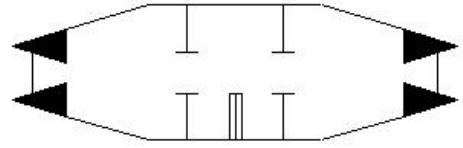
Çekirdek kat planı içindeki yerine göre aşağıdaki şekilde sınıflandırılmaktadır:

- **İç çekirdek;** binanın ortasında ve kullanım alanları tarafından çevrelenmiştir. Çeşitli biçimlerdeki koridor sistemi çekirdeği kullanım alanlarına bağlar (Şekil 10.14a).
- **Çeper çekirdek;** planda dış kenarı değişimsiz kenarlarda yer alır (Şekil 10.14b).

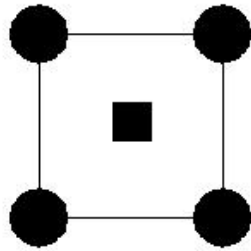
- **Dış çekirdek;** çeper çekirdeğin aksine yerleştirildiği kısımlarda olan dış çizgisi değişir. Dış çekirdekler kullanım alanlarına ince bağlantılarla bağlanmıştır (Şekil 10.14c).
- **Köşe çekirdek;** bina çeperinin dışında ise dış, planın dış sınırını değiştirmeksizin dış kenarlarda yer alıyorsa uç çekirdek grubuna girer (Şekil 10.14d).



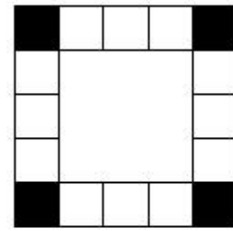
b) İç Çekirdek



a) Çeper Çekirdek



d) Dış Çekirdek

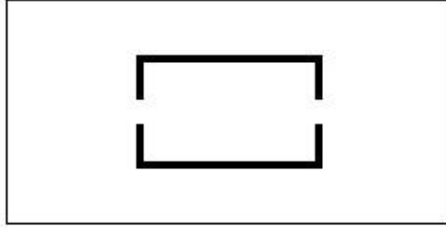


c) Köşe Çekirdek

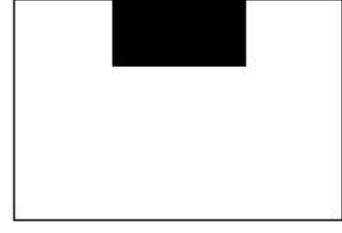
**Şekil 10.14 : Çekirdeğin Yeri**

#### 10.1.4.2 Çekirdeğin biçimi

- **Kapalı çekirdek;** kare, daire, dikdörtgen, üçgen (Şekil 10.15a)
- **Açık çekirdek;** X, I, U (Şekil 10.15b)



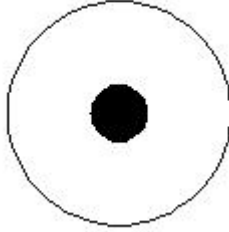
a) Açık Çekirdek



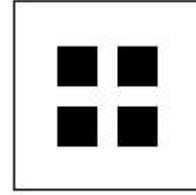
b) Kapalı Çekirdek

**Şekil 10.15 : Çekirdeğin Biçimi**

#### 10.1.4.3 Çekirdeğin sayısı; tek ve çok çekirdek



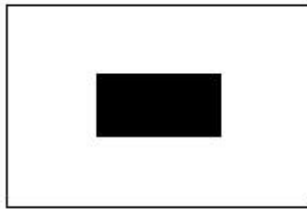
a) Tek Çekirdek



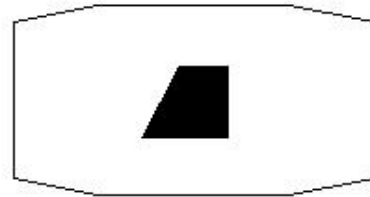
b) Çok Çekirdek

**Şekil 10.16 : Çekirdeğin Sayısı**

#### 10.1.4.4 Çekirdeğin düzenlenmesi; simetrik ve asimetrik çekirdek



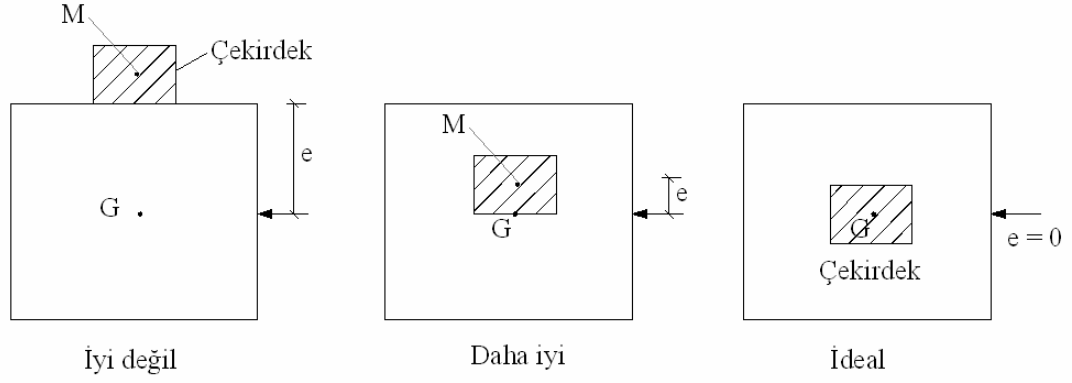
a) Simetrik Çekirdek



b) Asimetrik Çekirdek

**Şekil 10.17 : Çekirdeğin Düzenlenmesi**

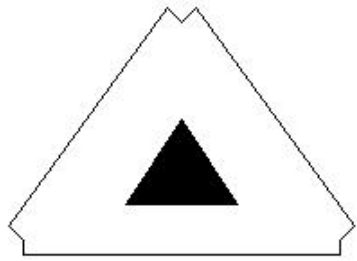
Perde ve çekirdeklerin planda simetrik ve asimetrik yerleştirilmelerine göre çalışma şekilleri değişiklik göstermektedir (Şekil 10.18).



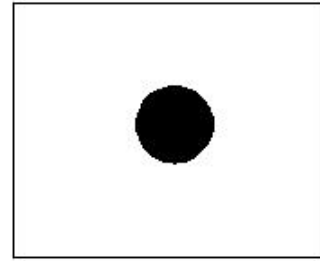
**Şekil 10.18 : Çekirdeğin Düzenlenmesi**

Simetrik yerleştirmede, yatay yüklerin bileşkesi, rijitlik merkezinden geçmekte olup, perdelerde yalnız eğilme ve kesme etkileri doğar. Asimetrik yerleştirmede ise yatay yüklerin bileşkesi, katların rijitlik merkezinden geçmez; bir dışmerkezlik doğar. Bunun sonucu eğilme ve kayma etkilerinin yanısıra, burulmalar oluşur. Bu durumda perdeler adı geçen burulma momentlerini de karşılamalıdır. Bu açıdan çekirdekler çok olumludur.

#### 10.1.4.5 Çekirdeğin bina formuyla ilişkisi; aynı ve ayrı fonda



a) Aynı Formda



b) Farklı Formda

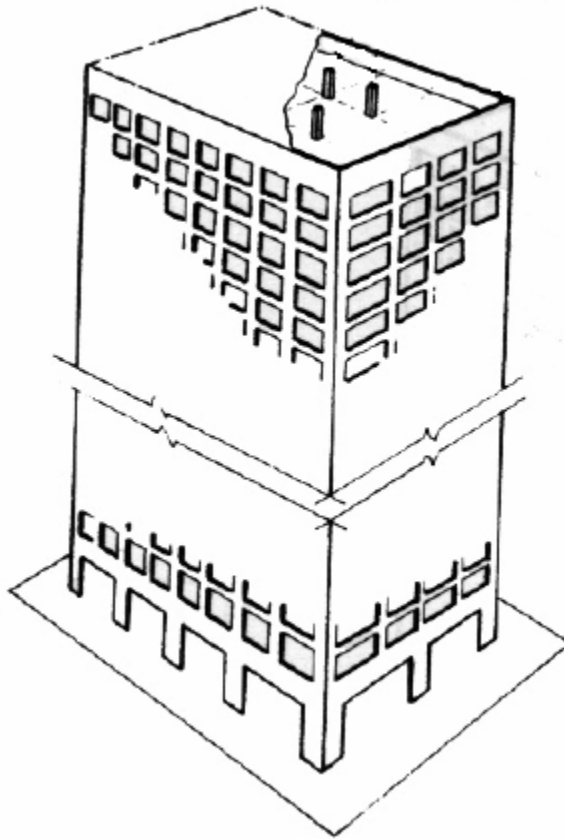
**Şekil 10.19 : Çekirdeğin Bina Formuyla İlişkisi**

Eğer çekirdek plan içinde simetrik olarak yerleştirilmezse yatay yüklerin bileşkesi katların rijitlik merkezinden geçmez, bir dış merkezlik doğar. Bunun sonucu eğilme ve kayma etkilerinin yanı sıra burulmalarda oluşur. Bu durumda sistemin burulma momentlerini de karşılama zorunluluğu ortaya çıkar. Çekirdekler zemine ankastre dev konsollar şeklinde yatay yüklere karşı koyarlar. Buna göre çekirdekte oluşan eğilme ve kesme gerilmeleri kutu kesitli bir kirişin aynıdır.

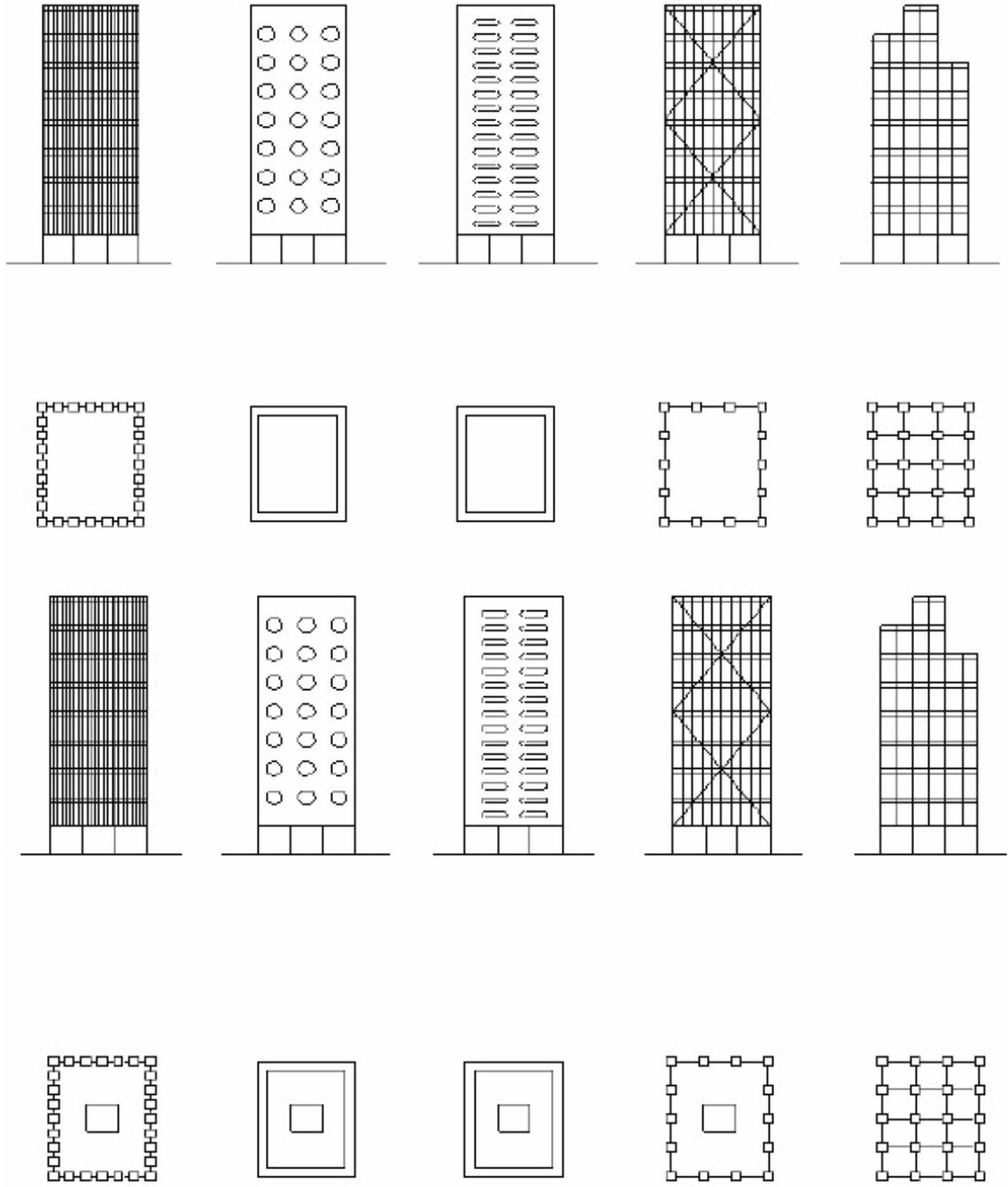
### 10.1.5 Tübüler sistemler

Taşıyıcı sistem tasarımında en son gelişme Fazlur Khan'ın ortaya koyduğu tübüler sistem kavramıdır (Şekil 10.20), (Şekil 10.21). Tübüler sistemde döşemenin her m<sup>2</sup>'sinde kullanılan yapı malzemesi miktarı yarı büyüklüğündeki geleneksel çerçeve yapılarla kıyaslanabilir.

Tübüler tasarımda, cephe elemanının yerden konsol çıkan kapalı boş bir kutu kiriş gibi yatay yüklere karşı koyduğu varsayılır. Dış duvarlar rüzgar yükünün tümünü ya da çoğunu karşıladığı için yapı içindeki diyagonal çaprazlamalara ve kesme duvarlarına gerek kalmaz. Tüp, yapı çevresine sık aralıklı kolonlarla oluşturulur. Bu cephe strüktürü delikli bir duvar görünümündedir. Tübün rijitliği çok fazladır ve konsol kirişe benzer bir şekilde yatay yüklere karşı koyar.



Şekil 10.20 : Tüp Sistem Örneği



**Şekil 10.21 : Tüp Sistemler**

Yatay yüklere karşı sistemin tümü gözönüne alındığında, çerçeve elemanlarının fleksibilitesi nedeniyle, köşelere uzak orta kolonlar, yatay yüklerin karşılanmasında pek etkili olamazlar. Bu şekliyle tüp, planda iki U profilin karşılıklı yerleştirilmesinden elde edilen büyük bir kesite benzetilmektedir. Yatay yük altında, U'lardaki kolonlarda eksenel kuvvetler, bunları bağlayan kirişlerde ise kesme kuvvetleri oluşmaktadır. Topyekün sistemde yatay sapmaların %70 kadarı yatay yük doğrultusundaki duvarların çerçeve davranışından, %30 kadarı da kolonlardaki eksenel kuvvetlerden doğar [15].

Bugüne kadar kullanılmış tübüler sistemlerin farklı uygulamaları şunlardır:

#### **10.1.5.1 Boş tüp**

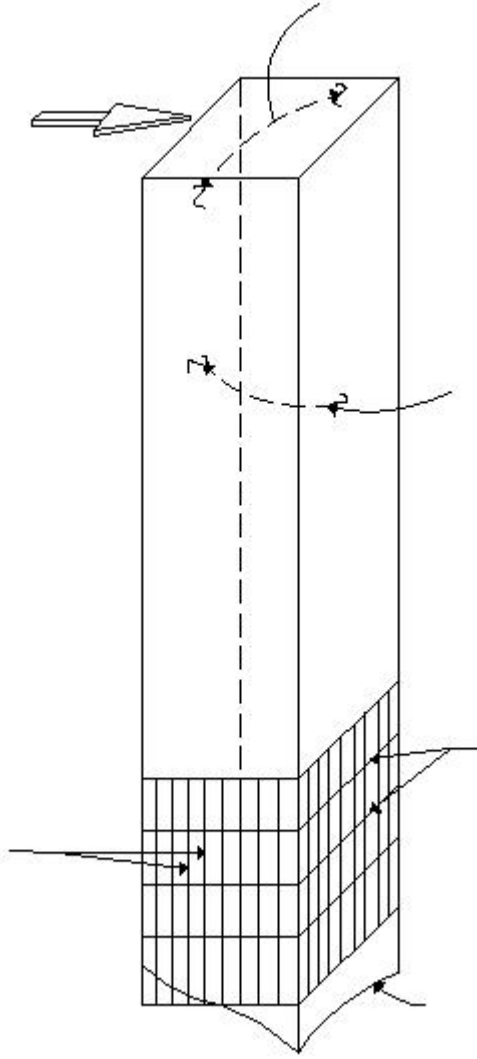
##### **(a) Çerçevesiz tüp**

Tübüler sistem ilk kez Chicago'da çerçevesiz tüp şeklinde uygulanmıştır. Yapının dış duvarları, cephede sık yerleştirilmiş kolonların bir dikdörtgen ızgara oluşturacak şekilde rijit olarak kirişlere bağlanması ile oluşturulur. Yatay yükler iç çaprazlama kullanılmadan konsol tüp davranışı ile karşılanır. İç kolonların yalnızca düşey yükleri karşıladığı ve dış tüp rijitliğine katkıda bulunmadığı kabul edilir. Dünyada boş tüp örnekleri; 43 katlı Dewit Chesnut Apartmanı, 83 katlı Standart Oil Building ve 110 katlı World Trade Center'dır [2].

Tüp sistemler, yüksek-narin binalar için oldukça etkin yapı sistemleridir. Bu sistem için ekonomik olacak kat adedi, kolonlar arasındaki açıklık, kolon boyutları, çevre kirişlerinin yüksekliği ve plan boyutları gibi faktörlere bağlıdır. Özellikle 40 kattan yüksek binaların tasarımında bu sistem mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır.

Yatay yükler etkisiyle oluşturulan eğilme momenti, büyük ölçüde binanın yatay yüke dik yüzündeki kolonlar tarafından eksenel kuvvetler olarak karşılanır. Bu arada çerçeve başlarında oluşan eksenel kuvvetler, bu kolonları bağlayan kirişlerin yeterince rijit olmamalarından dolayı kolonlara üniform olarak dağılmamakta ve köşe kolonlarındaki gerilmeler daha fazla olmaktadır. Bu duruma kayma gecikmeleri (shear lag) etkileri denmektedir (Şekil 10.22) [27].



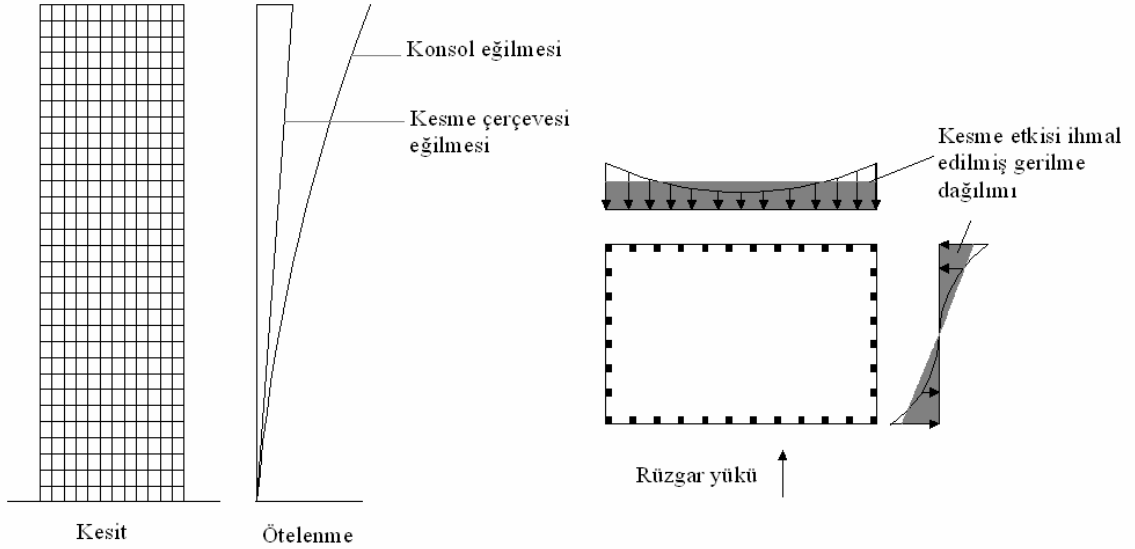


**Şekil 10.22 :** Çerçeve Tüp Sistem Yapıda Shear Lag Etkileri

Yapının kesme kuvvetlerine karşı yatay yüklere paralel yöndeki çerçevelerde eğilme etkileri kayma etkileri olarak karşılanır. Bu tüp sistemlerin yatay yükler etkisinde yönetmeliklerdeki yer değiştirme sınır koşullarını sağlayacak kadar rijit olmayabilir. Yapının tasarımı sırasında kolonların boyutlandırılmaları bu kriterlere göre yapılabilir. Ayrıca yapının plandaki dar kenarının geniş kenarına oranı  $1/1,5$ 'ten büyükse, yatay yüklerden meydana gelen basınç altında kalan kolonlardaki şekil değiştirmelerin kontrol edilmesi gerekir.

Tüp davranışından kaynaklanan eksenel kuvvetlerin kolonlara dağılımı, tamamen rijit bir kutunun davranışına benzer. Böylece çerçeveli tüp sistemlerin, normal çerçeveli tüp sistemlere göre daha etkin yapılar olduğu ortaya çıkar. Dolu duvarlı,

rijit bir çerçeveli t p sistemde aksenal kuvvetlerin dağılımı, kesme deformasyonu gözardı edildiğinde, rüzgar yükü etkisindeki cephe boyunca aynı değerde kalır, yan cephelerde ise değişkenlik gösterir ve üçgensel bir biçimde devam eder.  er evele t p sistemlerdeki ideal aksenal yük dağılımı şekil 10.23’de gösterilmiştir [15].



**şekil 10.23 :  er evele T p Davranışı**

Planda birbirine yakın yerleştirilmiş kolonlar, giriş katında genel amaçlı kullanım alanlarına giriş çıkışı ve bu alanların kullanımını zorlaştırdığından, fonksiyonel olarak istenmezler. Bu yüzden düşey yükleri, sık yerleştirilmiş kolonlardan almak ve bu yükleri zemin kat seviyesine geniş aralıklarla yerleştirilmiş daha az sayıda kolona yaymak için transfer kirişi kullanılır. Böylece giriş katı seviyesinde her türlü kullanım rahatlığı sağlayacak geniş açıklıklı kolonlar düzenlenebilir.

T p sistemin de dağılmış i  kolonlar ve perdeler, kısa açıklıklı döşemeleri ile yerleşim binalarına uygun olurken, bir merkezi çekirdekli t p yapıda, tüpten çekirdeğe geçiş açıklıklı döşemeler, ofis-büro binaları için uygun olmaktadır.

Betonarme  er evele t p sistemlere ilişkin ilk örneklerden biri De Witt Chesnut Binası’dır. 1963’te Chicago’da yapılan bu binanın zemin katında bir aktarma yapı sistemi kullanılmıştır. Düşey yük aktarımı cephede zemine yaklaştı ca kalınlaşan kolonlardan açıkça belli olmaktadır. Aynı şekilde kiriş yükseklikleri de zemine doğru azalmaktadır.

### **(b) Geniş açıklıklı çerçeveli tüp**

Tüp sistem cephede sık aralıklarla yerleştirilmiş (2,5 m - 4,5 m) kolonlar ve yüksek çevre kirişlerinden oluşan bir yapı sistemi olarak tanımlanmaktadır. Sık aralıklı dış kolonlardan ve yüksek çevre kirişlerden oluşan yapı, yatay yüklere karşı oldukça etkili bir sistem teşkil etmektedir. Bununla beraber yüksek çevre kirişlerinin etkileriyle uygun yapı formunda kolon açıklıkları geniş tutulabilir.

### **(c) Kafesli tüp**

Çerçeveli tübün yetersizliği alın kirişlerinin esnekliğinden ileri gelmektedir. Diyagonal elemanların eklenmesi ile rijitlik büyük ölçüde arttırılabilir. Bu durumda kesme kuvveti alın kirişleri ile değil diyagonaller ile karşılanır. Diyagoneller yatay kuvvetleri doğrudan aksenal kuvvet olarak taşırlar [2].

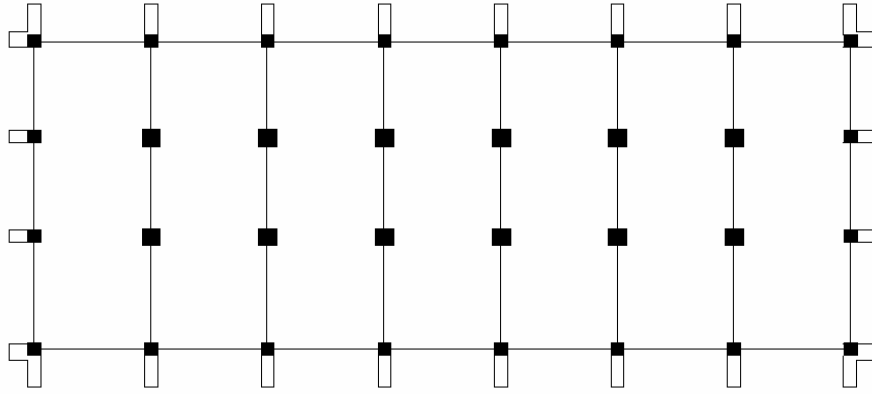
Çelik bir bina John Hancock Center’da uygulanan kafesli tüp kavramı, betonarme yapılar içinde uygulanabilmektedir. Tüp sistemlerin öncüsü Fazlur Khan tarafından ortaya atılan bu sistemde pencere boşlukları diyagonal düzende bloklanmaktadır. Cephedeki bu yapı düzeni, kesme kuvvetlerini karşılamakta kolon ve çevre kirişlerindeki eğilme etkisini ortadan kaldırmaktadır. Günümüzde bu yaklaşımın betonarme yapılarda uygulandığı iki yüksek bina bulunmaktadır. Bunlar Newyork’ta 50 katlı bir ofis binası olan 780 Third Avunue (Wang) Binası ve Chicago’da 58 katlı, karma kullanımlı Onterie Center’dır.

58 katlı Onterie Center’da yatay yükler cephede sık aralıklı kolonlar ve yüksek çevre kirişleri ile kafesin oluşturduğu tüp tarafından taşınmaktadır. Zemin katı ticari amaçlı, bodrum ve zeminin üzerindeki dört kat otopark olarak kullanılmaktadır. 6. ve 10. katlar arası ofislere ayrılmıştır. 11 katın üzerinde ise konut birimleri bulunmaktadır. İçteki kolonlar ise yalnızca düşey yükü karşılamaktadır. Yatay yüklere dayanım için içte perde duvarlarına gerek olmaması, planda esneklik sağlamaktadır. 171 metre yüksekliğindeki binanın dış kolon aralıkları 1,68 metre olup, boyutları 480 mm x 510 mm’dir. Betonarme döşemelerin kalınlığı konut katlarında 216 mm’dir. Binanın narinlik oranı 7:1’dir [27].

### 10.1.5.2 İç bağlantılı tüp

#### (a) Paralel kesme duvarlı tüp

Dış tüp, planda kesme duvarları ekleyerek rijitleştirilebilir (Şekil 10.24). Burada yapı, kesme duvarlarının gövde, dış tüp duvarlarının başlık olduğu büyük bir kiriş gibi düşünülebilir. Cephede kolonların bir kesme duvarına dönüştürülmesi ile seyrek ve yalnızca iki kesme duvarı kullanılarak sık düzenlenmesi şeklinde iki yaklaşım gösterilmektedir.



Şekil 10.24 : Paralel Perde Duvarlı Tüp

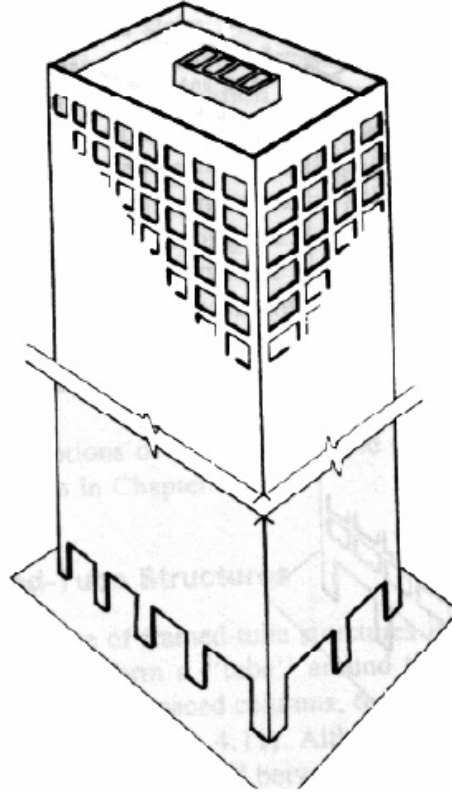
#### (b) Tüp içinde tüp

Oldukça büyük bir servis çekirdeğinin bulunduğu yüksek büro binalarında, bütün bir servis çekirdeğini çevreleyen perde duvarları, yatay yükü taşıyan tüm sistemin bir parçası olarak kullanmak genellikle bir üstünlük sağlar. Böylece çekirdek kullanımı ile sistemin rijitliği, boş tüplere oranla, yalnızca düşey yükleri değil, yatay yükleri taşıma açısından da oldukça gelişmiştir.

Kolonsuz büro alanlarına gereksinim, çekirdekli bir çevre tüpünü normal bir çözüm olarak ortaya çıkarır. Çekirdek duvarlarının şekillendirdiği bir iç tüp ve sık kolonlar-cephe kirişleri ızgarasının şekillendirdiği bir dış tüpten oluşan bu taşıyıcı sisteme tüp içinde tüp denilmektedir (Şekil 10.25) [15].

İç çekirdeğin düşey ve yatay yükleri birlikte karşılayacak şekilde tasarlanması ile boş tüp sisteminin rijitliği büyük ölçüde artırılır. Döşeme elemanı iç ve dış tübü birbirine bağlar ve yatay yükleri bir bütün olarak taşır. Tüp içinde tüp sisteminin rüzgar kuvvetlerine karşı tepkisi çerçeve ve kesme duvarlı yapıya benzer. Çerçeve dış tüp

rijit çerçeveden daha sağlamdır. Bu yaklaşım 38 katlı Brunswick Building ve 52 katlı One Shell Plaza Building’de kullanılmıştır. Tüp içinde tüp sistemli yüksek binalara ilişkin bir diğer örnek, ülkemizde, Mersin’deki Mertim Binası’dır. 52 katlı bu yapının yapı sistemi iç içe iki betonarme tüpten oluşmaktadır. Dış tüp duvarının kalınlığı 70-35 cm, iç tüp duvarının kalınlığı ise 50 cm’dir.



**Şekil 10.25 :** Tüp İçinde Tüp Sistem Örneği

### **(c) Modüler tüp**

Bir modüler tüp sistemli yapıda taşıyıcı sistem, iki ya da daha çok bağımsız tüpün bir araya getirilerek, birbirleriyle uyum içinde tasarlanması ve davranması sonucu meydana gelir. İstenen tüpler katlarda farklı döşeme biçimlenmeleri ve cephede değişik düzenlemeler oluşturmak amacıyla istenen seviyelerde kesilebilirler.

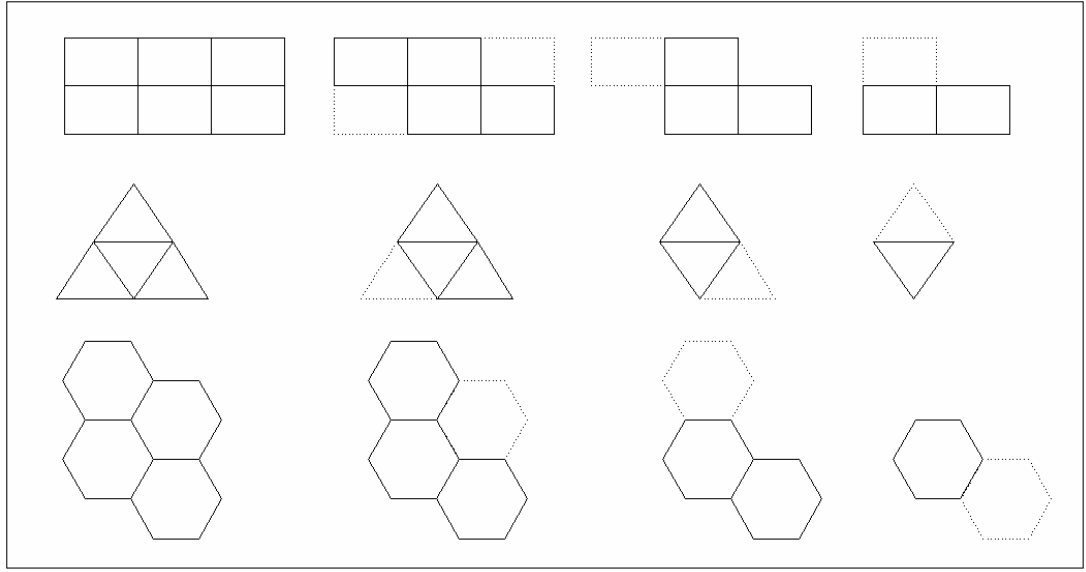
Tübüler tasarımdaki son gelişme modüler ya da demet tüptür. Dış çerçeveli tüp her iki doğrultuda birbirini kesen diyaframlarla sağlamlaştırılış, bir bakıma hücre tüp oluşturulmuştur. Tek başına her tüp rijit olduğundan herhangi bir şekilde bir araya

getirilebilir ve herhangi bir seviyede kesilebilir. Demet tp sisteminin bir avantajı da büyük serbest döşeme alanlarına olanak vermesidir.

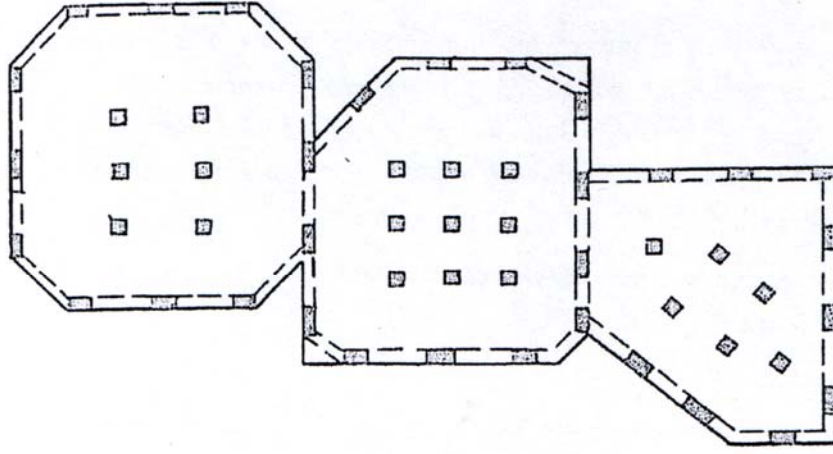
Genel olarak tp sistemler planda, üçgen, dörtgen, beşgen, dairesel veya kapalı tp kesitler halinde kullanılmaktadır. Tp sistemlerde planda en etkili kare formdur. En nadir görünen ise planda üçgen formdur. Dış tp sistemin simetrik olmaması burulma rijitliği karakteristiği bakımından avantaj sağlamaktadır. Fakat tp sistemdeki bu süreksizlik tp sistemin etkinliğini ciddi şekilde azaltmaktadır. Modüler tp sistem birkaç kapalı tp sistemin birleşmesiyle meydana gelir. Böylece planda istenilen şekillerde yapı yapılırken tp sistemlerin etkinliğinden de bir şey kaybedilmemiş olur (şekil 10.26).

Betonarme modüler tp kavramı, birden fazla çerçevesel tüpün, binanın yükselmesine ve yatay yüklere dayanıklılığının artırılmasına yönelik olarak bir araya getirilmesi ile ortaya çıkmaktadır. Modülleri oluşturan tüplerden her biri, çerçevesel tüp veya kafesli tp olarak tasarlanabilmekte, farklı plan şemalarına sahip olabilmektedir. Bu sistemin sağladığı en önemli avantaj, bina kütlelerinin tasarımıda serbestlik tanınmasıdır.

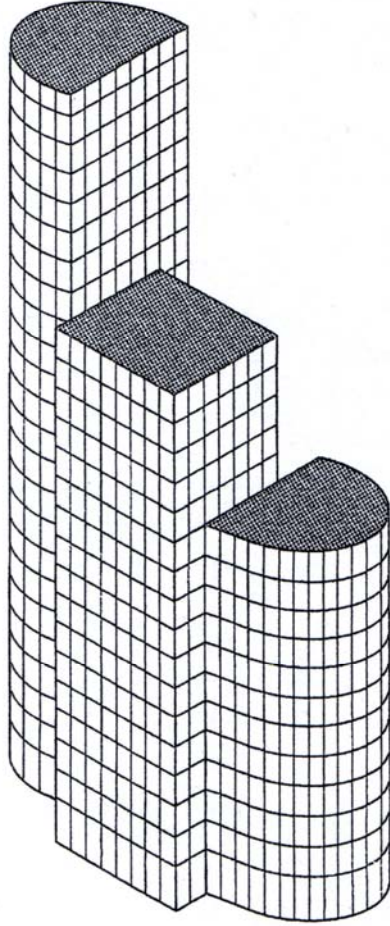
1984 yılında Chicago'da yapılmış olan One Magnificent Mile Binası betonarme modüler tp sistemleri için iyi bir örnek oluşturmaktadır. Skidmore, Owings ve Merrill tarafından tasarlanmış olan bu karma kullanımlı bina 22, 49 ve 57 katlı üç adet tüpten oluşmaktadır. Tüplerin altıgen plan formuna sahip olması, yatay yüke dayanım açısından büyük avantaj sağlamaktadır. İlk 20 katı büro ve ticari amaca yönelik olarak düzenlenen binanın 21. katı tesisat sistemlerine ayrılmış ve bu katların üzeri de konut olarak düzenlenmiştir. Binanın döşeme sistemi 20 cm kalınlığında betonarme mantar döşemedir. Ticaret ve büro katlarındaki kolonlar konut katlarına oranla daha fazla yük taşıdığı için başlıklı olarak düzenlenmiştir.



**Şekil 10.26 :** Çeşitli Modüler Tüpler



a. Plan



b. Görünüş

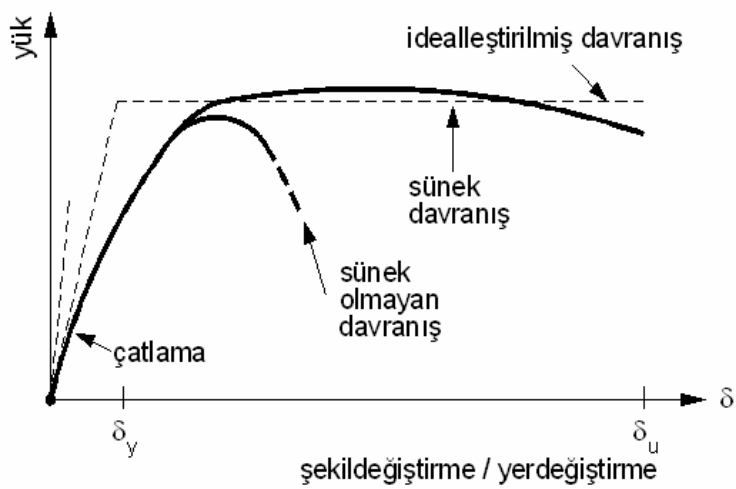
Şekil 10.27 : Demet Tüp Taşıyıcı Sistem Plan ve Görünüşü



## 11. DEPREME DAYANIKLI BETONARME YAPI TASARIMI

Bu bölümde Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007'e göre depreme dayanıklı yapı tasarımı ele alınacaktır.

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



**Şekil 11.1 :** Betonarme Yük Şekildeğiştirme Diyagramı

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

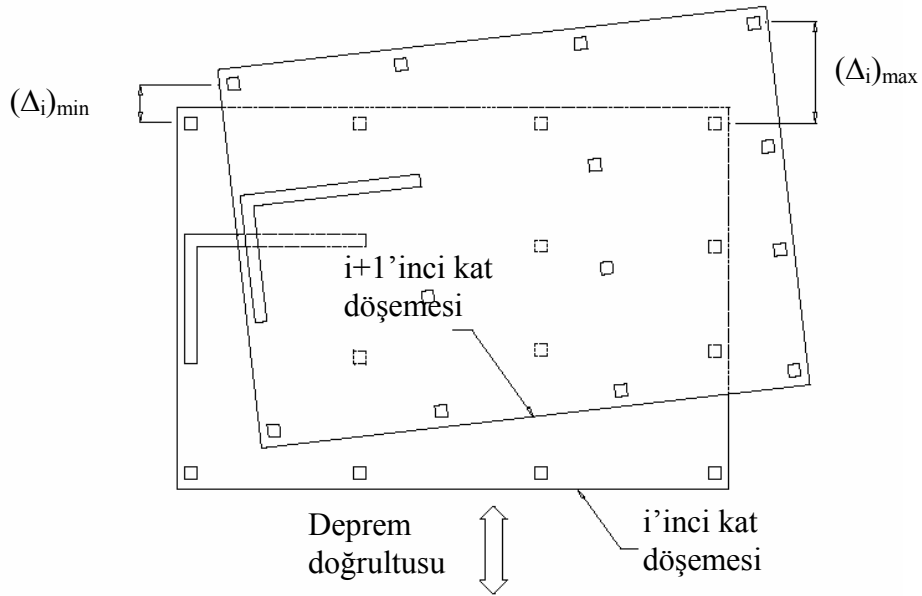
### 11.1 Düzensiz Binalar

Depreme karşı davranışlarındaki olumsuzluklar nedeni ile tasarımından ve yapımından kaçınılması gereken düzensiz binaların tanımlanması ile ilgili olarak, planda ve düşey doğrultuda düzensizlik meydana getiren durumlar aşağıda açıklanmıştır:

### 11.1.1 A- Planda düzensizlik durumları

#### A1- Burulma düzensizliği:

Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük görel kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama görel ötelemeye oranını ifade eden Burulma Düzensizliği Katsayısı  $\eta_{bi}$ 'nin 1,2'den büyük olması durumudur.



**Şekil 11.2 :** Burulma Düzensizliği

Döşemelerin kendi düzlemleri içinde rijit diyafram olarak çalışmaları durumunda:

$$(\Delta_i)_{ort} = \frac{1}{2} [(\Delta_i)_{max} + (\Delta_i)_{min}] \quad (11.1)$$

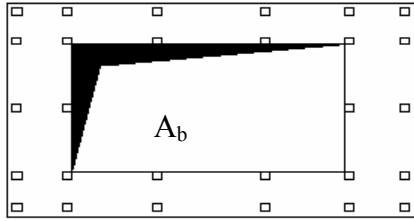
Burulma düzensizliği katsayısı:

$$\eta_{bi} = (\Delta_i)_{max} / (\Delta_i)_{ort} > 1,2 \quad (11.2)$$

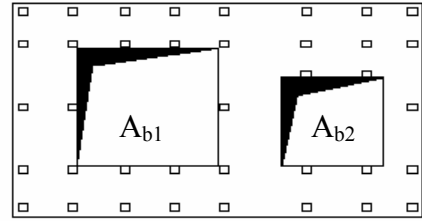
## A2- Döşeme süreksizlikleri:

Herhangi bir kattaki döşemede

- I- Merdiven ve asansör boşlukları dahil, boşluk alanları toplamının kat brüt alanının 1/3'ünden fazla olması durumu,
- II- Deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunması durumu,
- III- Döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumu.



a. I



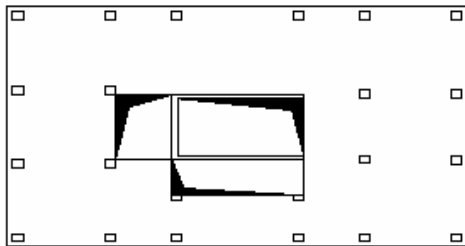
$$A_b = A_{b1} + A_{b2}$$

b. I

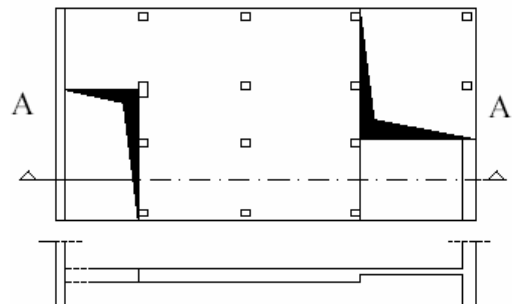
$$A_b / A > 1/3$$

$A_b$  : Boşluk alanları toplamı

$A$  : Brüt kat alanı



c. II



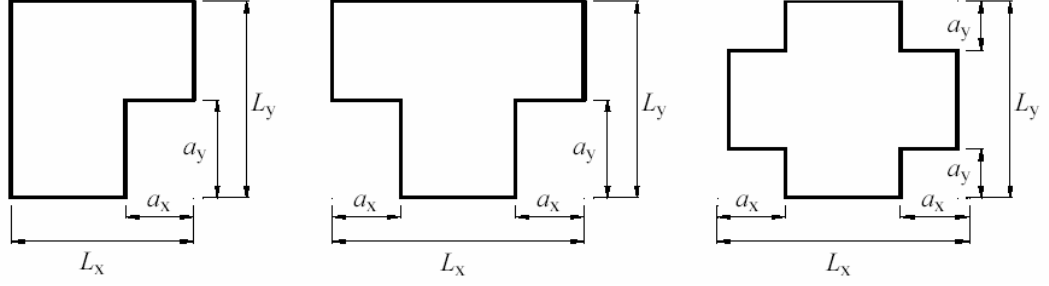
Kesit A-A

d. II ve III

Şekil 11.3 : A2 Türü Düzensizlik Durumu

### A3- Planda çıkıntılar bulunması:

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



$$a_x > 0,2 L_x \text{ ve aynı zamanda } a_y > 0,2 L_y$$

**Şekil 11.4 :** A3 Türü Düzensizlik Durumu

### 11.1.2 B- Düşey doğrultuda düzensizlik durumları

#### B1- Komşu katlar arası dayanım düzensizliği (zayıf kat):

Betonarme binalarda, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir kattaki etkili kesme alanının, bir üst kattaki etkili kesme alanına oranı olarak tanımlanan Dayanım Düzensizliği Katsayısı  $\eta_{ci}$ 'nin 0,80'den küçük olması durumudur.

$$\eta_{ci} = (\Sigma A_e)_i / (\Sigma A_e)_{i+1} < 0,80 \quad (11.3)$$

Herhangi bir katta etkili kesme alanının tanımı:

$$\Sigma A_e = \Sigma A_w + \Sigma A_g + 0,15 \Sigma A_k \quad (11.4)$$

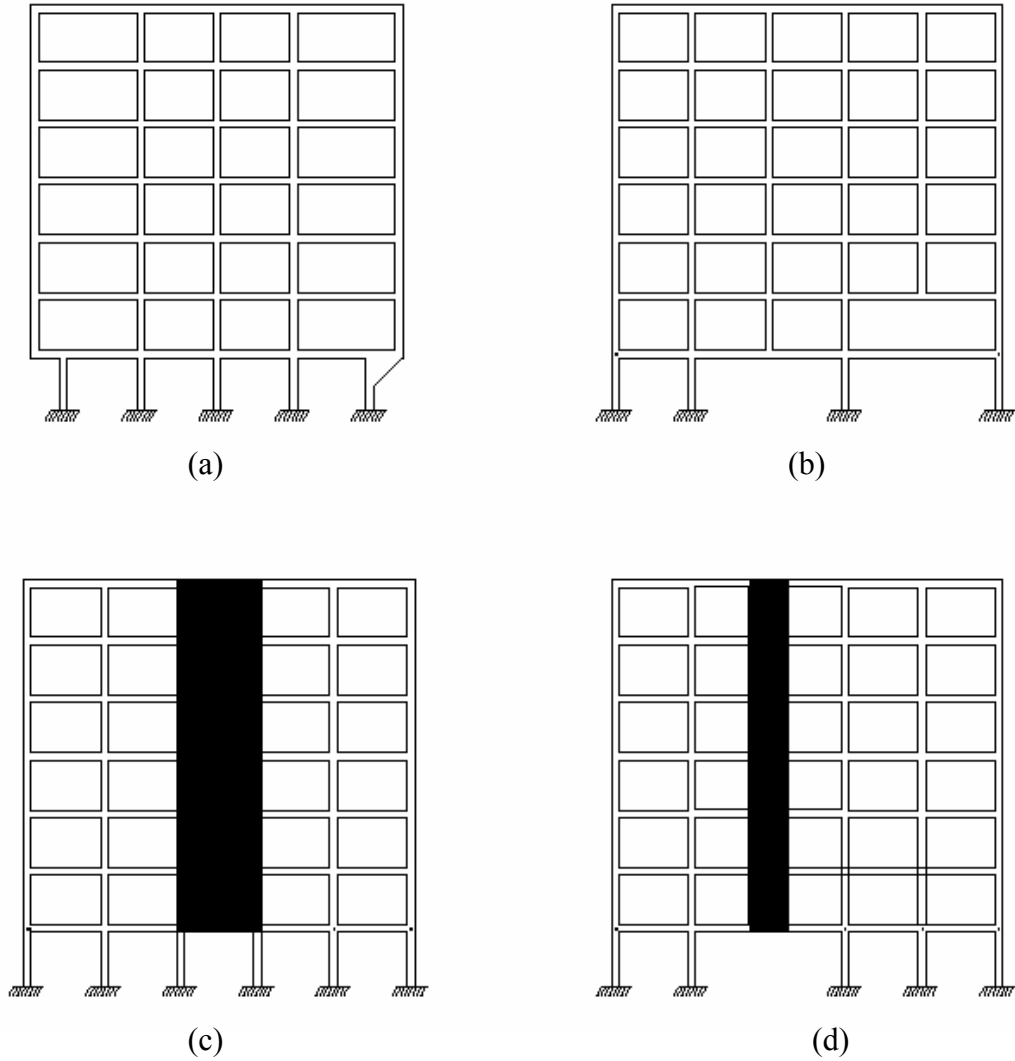
**B2- Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat):**

Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir i'inci kattaki ortalama görelî kat öteleme oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama görelî kat öteleme oranına bölünmesiyle tanımlanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısı  $\eta_{ki}$ 'nin 2,0'den fazla olması durumudur.

$$\eta_{ki} = (\Delta_i / h_i)_{\text{ort}} / (\Delta_{i+1} / h_{i+1})_{\text{ort}} > 2,0 \text{ veya } (\Delta_i / h_i)_{\text{ort}} / (\Delta_{i-1} / h_{i-1})_{\text{ort}} > 2,0 \quad (11.5)$$

**B3- Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği:**

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



Şekil 11.5 : Düşey Eleman Süreksizliği

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

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

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

## 11.2 Elastik Deprem Yüklerinin Tanımlanması: Spektral İvme Katsayısı

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

$$A(T) = A_0 I S(T) \quad (11.6)$$

$$S_{ae}(T) = A(T) g \quad (11.7)$$

### 11.2.1 Etkin yer ivmesi katsayısı

Yukarıdaki denklemde yer alan Etkin Yer İvmesi Katsayısı,  $A_0$ , aşağıdaki tabloda tanımlanmıştır:

**Tablo 11.1 :** Etkin Yer İvmesi Katsayısı

| Deprem Bölgesi | $A_0$ |
|----------------|-------|
| 1              | 0,40  |
| 2              | 0,30  |
| 3              | 0,20  |
| 4              | 0,10  |

### 11.2.2 Bina önem katsayısı

Spektral ivme katsayısı denkleminde yer alan Bina Önem Katsayısı, I, aşağıdaki tabloda tanımlanmıştır:

**Tablo 11.2 : Bina Önem Katsayısı**

| Binanın Kullanım Amacı veya Türü                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Bina Önem Katsayısı (I) |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| <b><u>1. Deprem sonrası kullanımı gereken binalar ve tehlikeli madde içeren binalar</u></b><br><br>a) Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri; vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları)<br><br>b) Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb. özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar | <b>1,5</b>              |
| <b><u>2. İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu ve değerli eşyanın saklandığı binalar</u></b><br><br>a) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri vb.<br><br>b) Müzeler                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <b>1,4</b>              |
| <b><u>3. İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar</u></b><br><br>Spor tesisleri, sinema, tiyatro ve konser salonları, vb.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <b>1,2</b>              |
| <b><u>4. Diğer binalar</u></b><br><br>Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb.)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <b>1,0</b>              |

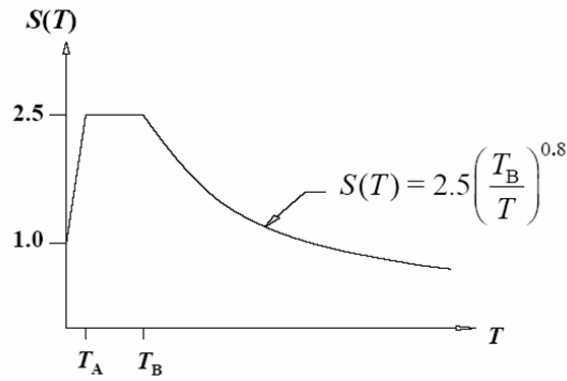
### 11.2.3 Spektrum katsayısı

Spektrum Katsayısı,  $S(T)$ , yerel zemin koşullarına ve bina doğal periyodu  $T$ 'ye bağlı olarak aşağıdaki denklemlerle hesaplanacaktır:

$$S(T) = 1 + 1,5 \frac{T}{T_A} \quad (0 \leq T \leq T_A) \quad (11.8)$$

$$S(T) = 2,5 \quad (T_A < T \leq T_B) \quad (11.9)$$

$$S(T) = 2,5 \left( \frac{T_B}{T} \right)^{0,8} \quad (T_B < T) \quad (11.10)$$



Şekil 11.6 : Spektrum Eğrisi



#### 11.2.4 Zemin grupları

Spektrum Karakteristik Periyotları aşağıdaki tablolarda verilen zemin sınıflarına bağlı olarak belirlenir:

**Tablo 11.3 : Zemin Grupları**

| Zemin Grubu | Zemin Grubu Tanımı                                                                                                                                                                |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (A)         | 1. Masif volkanik kayalar ve ayrışmamış sağlam metamorfik kayalar, sert çimentolu tortul kayalar...<br>2. Çok sıkı kum, çakıl...<br>3. Sert kil ve siltli kil...                  |
| (B)         | 1. Tüf ve aglomera gibi gevşek volkanik kayalar, süreksizlik düzlemleri bulunan ayrışmış çimentolu tortul kayalar...<br>2. Sıkı kum, çakıl...<br>3. Çok katı kil ve siltli kil... |
| (C)         | 1. Yumuşak süreksizlik düzlemleri bulunan çok ayrışmış metamorfik kayalar ve çimentolu tortul kayalar...<br>2. Orta sıkı kum, çakıl...<br>3. Katı kil ve siltli kil...            |
| (D)         | 1. Yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu yumuşak, kalın alüvyon tabakaları...<br>2. Gevşek kum...<br>3. Yumuşak kil, siltli kil...                                                 |

**Tablo 11.4 : Yerel Zemin Sınıfları**

| Yerel Zemin Sınıfları | Tablo 11.3' e Göre Zemin Grubu ve En Üst Zemin Tabakası Kalınlığı ( $h_1$ )                       |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Z1                    | (A) grubu zeminler<br>$H_1 \leq 15$ m olan (B) grubu zeminler                                     |
| Z2                    | $H_1 > 15$ m olan (B) grubu zeminler<br>$H_1 \leq 15$ m olan (C) grubu zeminler                   |
| Z3                    | $15 \text{ m} < h_1 \leq 50$ m olan (C) grubu zeminler<br>$H_1 \leq 10$ m olan (D) grubu zeminler |
| Z4                    | $H_1 > 50$ m olan (C) grubu zeminler<br>$H_1 > 10$ m olan (D) grubu zeminler                      |

### 11.2.5 Spektrum karakteristik periyotları ( $T_A$ , $T_B$ )

**Tablo 11.5 :** Spektrum Karakteristik Periyotları

| Yerel Zemin Sınıfı | $T_A$<br>(saniye) | $T_B$<br>(saniye) |
|--------------------|-------------------|-------------------|
| Z1                 | 0,10              | 0,30              |
| Z2                 | 0,15              | 0,40              |
| Z3                 | 0,15              | 0,60              |
| Z4                 | 0,20              | 0,90              |

### 11.3 Elastik Deprem Yüklerinin Azaltılması: Deprem Yükü Azaltma Katsayısı

Depremde taşıyıcı sistemin kendine özgü doğrusal elastik olmayan davranışını gözönüne almak üzere, spektral ivme katsayısına göre bulunacak elastik deprem yükleri, aşağıda tanımlanan Deprem Yükü Azaltma Katsayısı'na bölünecektir. Deprem Yükü Azaltma Katsayısı, çeşitli taşıyıcı sistemler için Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı,  $R$ 'ye ve doğal titreşim periyodu,  $T$ 'ye bağlı olarak aşağıdaki denklemlerle belirlenecektir:

$$R_a(T) = 1,5 + (R - 1,5) \frac{T}{T_A} \quad (0 \leq T \leq T_A) \quad (11.11)$$

$$R_a(T) = R \quad (T_A < T) \quad (11.12)$$

#### 11.3.1 Taşıyıcı sistem davranış katsayısı ( $R$ )

**Tablo 11.6 :** Yerinde Dökme Betonarme Binalar İçin Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı

| Bina Taşıyıcı Sistemi                                                                                                    | Süneklik Düzeyi<br>Normal Sistemler | Süneklik Düzeyi<br>Yüksek Sistemler |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Deprem yüklerinin tamamının çerçevelerle taşındığı binalar                                                               | 4                                   | 8                                   |
| Deprem yüklerinin tamamının bağ kirişli (boşluklu) perdelerle taşındığı binalar                                          | 4                                   | 7                                   |
| Deprem yüklerinin tamamının boşluksuz perdelerle taşındığı binalar                                                       | 4                                   | 6                                   |
| Deprem yüklerinin çerçeveler ile boşluksuz ve/veya bağ kirişli (boşluklu) perdeler tarafından birlikte taşındığı binalar | 4                                   | 7                                   |

Süneklik düzeyi yüksek olarak gözönüne alınacak taşıyıcı sistemlerde, süneklik düzeyinin her iki yatay deprem doğrultusunda da yüksek olması zorunludur. Süneklik düzeyi bir deprem doğrultusunda yüksek veya karma, buna dik diğer deprem doğrultusunda ise normal olan sistemler, her iki doğrultuda da süneklik düzeyi normal sistemler olarak sayılacaktır.

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

Deprem yüklerinin süneklik düzeyi yüksek boşluksuz (bağ kirişsiz) betonarme perdeler ile süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçeveler tarafından birlikte taşındığı binalarda, yerinde dökme betonarme çerçeve durumu için verilen  $R = 7$ 'nin kullanılabilmesi için, boşluksuz perdelerin tabanında deprem yüklerinden meydana gelen kesme kuvvetlerinin toplamı, binanın tümü için tabanda meydana gelen toplam kesme kuvvetinin %75'inden daha fazla olmayacaktır.

#### 11.4 Hesap Yönteminin Seçilmesi

“Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007” de binaların ve bina türü yapıların hesabında kullanılacak olan yöntemler verilmiştir. Buna göre bu yöntemler; Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi, Mod Birleştirme Yöntemi ve Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemleri'dir.

Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nin uygulanabileceği binalar aşağıdaki tabloda verilmiştir. Bu tablonun kapsamına girmeyen binaların deprem hesabında Mod Birleştirme Yöntemi veya Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi kullanılacaktır.

**Tablo 11.7 :** Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nin Uygulanabileceği Binalar

| Deprem Bölgesi | Bina Türü                                                                                                                                  | Toplam Yükseklik Sınırı |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 1, 2           | Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} \leq 2,0$ koşulunu sağladığı binalar                                            | $H_N \leq 25m$          |
| 1, 2           | Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} \leq 2,0$ koşulunu sağladığı ve ayrıca B2 türü düzensizliğinin olmadığı binalar | $H_N \leq 40 m$         |
| 3, 4           | Tüm binalar                                                                                                                                | $H_N \leq 40 m$         |

#### 11.4.1 Eşdeğer deprem yükü yöntemi

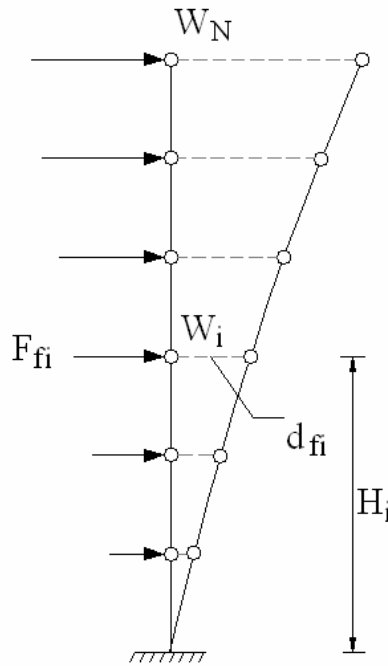
Gözönüne alınan deprem doğrultusunda, binanın tümüne etkiyen Toplam Eşdeğer Deprem Yükü (taban kesme kuvveti),  $V_t$ , aşağıdaki denklemle belirlenir:

$$V_t = \frac{WA(T_1)}{R_a(T_1)} \geq 0,10A_0IW \quad (11.13)$$

Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanması durumunda, binanın deprem doğrultusundaki hakim doğal periyodu, aşağıdaki denklemle hesaplanan değerden büyük olmayacaktır:

$$T_1 = 2\Pi \left( \frac{\sum_{i=1}^N m_i d_{fi}^2}{\sum_{i=1}^N F_{fi} d_{fi}} \right)^{1/2} \quad (11.14)$$

Yukarıdaki denklem ile hesaplanan değerden bağımsız olarak, bodrum kat(lar) hariç kat sayısı  $N > 13$  olan binalarda doğal periyod,  $0,1N$ 'den daha büyük alınmayacaktır.



Şekil 11.7 : Eşdeğer Deprem Kuvvetleri

$$F_{fi} = \frac{w_i H_i}{\sum_{j=1}^N w_j H_j} \quad (11.15)$$

Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü hesabında kullanılan ve binanın deprem yüklerinin hesaplamasında kullanılacak olan yapı toplam ağırlığı, W aşağıdaki denklemle belirlenecektir:

$$W = \sum_{i=1}^N w_i \quad (11.16)$$

$w_i$  kat ağırlıkları ise:

$$w_i = g_i + nq_i \quad (11.17)$$

Yukarıdaki denklemde yer alan hareketli Yük Katılım Katsayısı, n aşağıdaki tabloda verilmiştir. Endüstri binalarında sabit ekipman ağırlıkları için  $n=1$  alınacak, ancak vinç kaldırma yükleri kat ağırlıklarının hesabında gözönüne alınmayacaktır. Deprem yüklerinin belirlenmesinde kullanılacak çatı katı ağırlığının hesabında kar yüklerinin %30'u gözönüne alınacaktır.

**Tablo 11.8 :** Hareketli Yük Katılım Katsayısı

| Binanın Kullanım Amacı                                                                       | n    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Depo, antrepo vb.                                                                            | 0,80 |
| Okul, öğrenci yurdu, spor tesisi, sinema ,tiyatro, konser salonu, garaj, lokanta, mağaza vb. | 0,60 |
| Konut, işyeri, otel, hastane vb.                                                             | 0,30 |

#### 11.4.1.1 Katlara etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin belirlenmesi

Hesaplanan toplam eşdeğer deprem yükü, bina katlarına etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin toplamı olarak aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$V_t = \Delta F_N + \sum_{i=1}^N F_i \quad (11.18)$$

Binanın N'inci katına (tepesine) etkiyen ek eşdeğer deprem yükü  $\Delta F_N$ 'in değeri:

$$\Delta F_N = 0,0075N \times V_t \quad (11.19)$$

Toplam eşdeğer deprem yükünün  $\Delta F_N$  dışında kalan kısmı, N'inci kat dahil olmak üzere, bina katlarına aşağıdaki denklemle dağıtılacaktır (Şekil 11.8 a):

$$F_i = (V_t - \Delta F_N) \frac{w_i H_i}{\sum_{j=1}^N w_j H_j} \quad (11.20)$$

Bodrum katlarında rijitliği üst katlara oranla çok büyük olan betonarme çevre perdelerinin bulunduğu ve bodrum kat döşemelerinin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, bodrum katlarına ve üstteki katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri, aşağıda belirtildiği üzere ayrı ayrı hesaplanacaktır. Bu yükler, üst ve alt katların birleşiminden oluşan taşıyıcı sisteme birlikte uygulanacaktır.

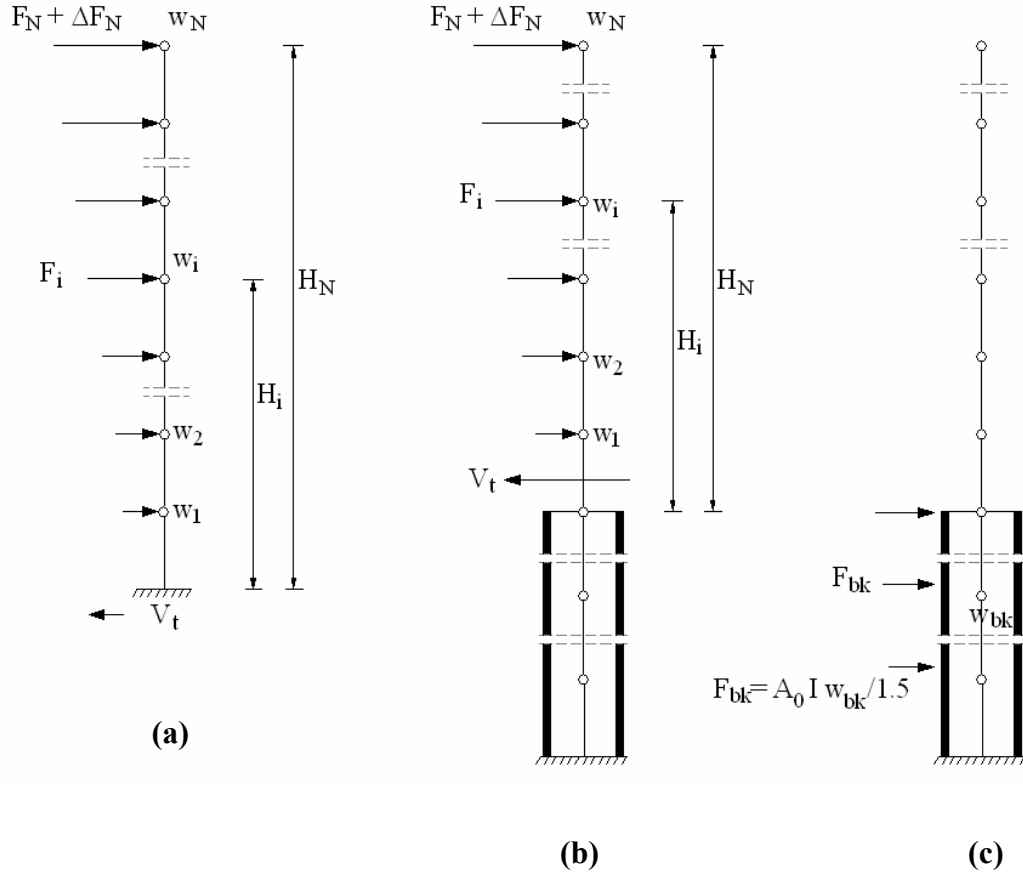
Üstteki katlara etkiyen toplam eşdeğer deprem yükünün ve eşdeğer kat deprem yüklerinin belirlenmesinde, bodrumdaki rijit çevre perdeleri gözönüne alınmaksızın Tablo 11.6'dan seçilen R katsayısı kullanılacak ve sadece üstteki katların ağırlıkları hesaba alınacaktır. Bu durumda ilgili bütün tanım ve bağıntılarda temel üst kotu yerine zemin katın kotu gözönüne alınacaktır. Birinci doğal titreşim periyodunun hesabında da, fiktif yüklerin belirlenmesi için sadece üstteki katların ağırlıkları kullanılacaktır (Şekil 11.8 b).

Rijit bodrum katlarına etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin hesabında, sadece bodrum kat ağırlıkları gözönüne alınacak ve Spektrum Katsayısı olarak  $S(T) = 1$  alınacaktır. Her bir bodrum katına etkiyen eşdeğer deprem yükünün hesabında bulunan spektral ivme değeri ile bu katın ağırlığı doğrudan çarpılacak ve elde edilen elastik yükler,  $R_a(T) = 1,5$  katsayısına bölünerek azaltılacaktır (Şekil 11.8 c).

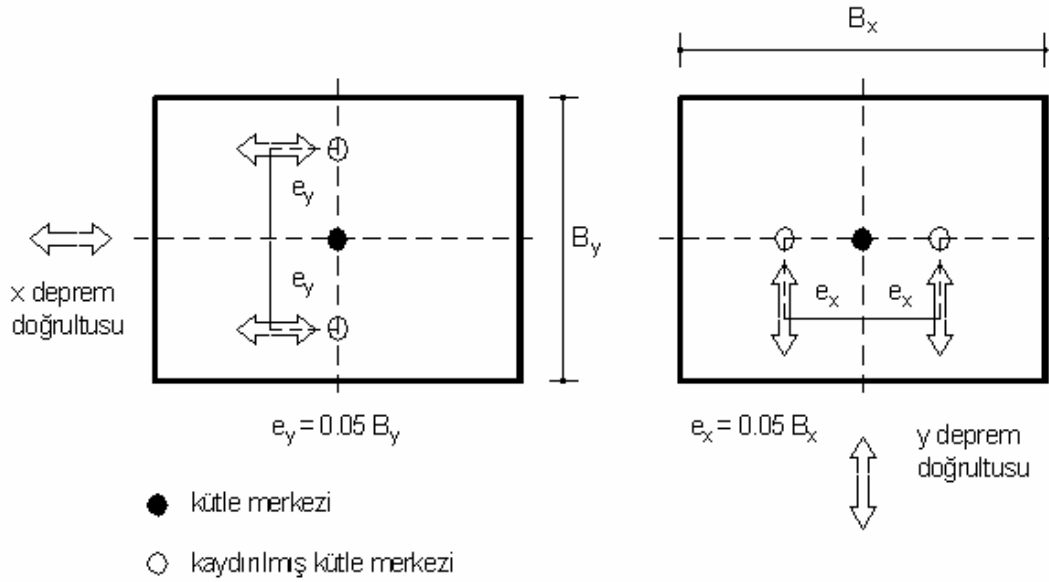
Üstteki katlardan bodrum katlarına geçişte yer alan ve çok rijit bodrum perdeleri ile çevrelenen zemin kat döşeme sisteminin kendi düzlemi içindeki dayanımı, bu hesapta elde edilen iç kuvvetlere göre kontrol edilecektir.

#### **11.4.1.2 Gözönüne alınacak yerdeğiştirme bileşenleri ve deprem yüklerinin etkiye noktaları**

Döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, her katta iki yatay yerdeğiştirme bileşeni ile düşey eksen etrafındaki dönme, bağımsız yerdeğiştirme bileşenleri olarak gözönüne alınacaktır. Her katta belirlenen deprem yükleri, ek dış merkezlilik etkisinin hesaba katılabilmesi amacı ile, gözönüne alınan deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyutunun +%5'i ve -%5'i kadar kaydırılması ile belirlenen noktalara ve ayrıca kat kütle merkezine uygulanacaktır (Şekil 11.9)



**Şekil 11.8 :** Bodrum Perdesi Olması Durumunda Eşdeğer Deprem Kuvvetleri



**Şekil 11.9 :** Deprem Kuvvetinin Dışmerkezliliği

#### 11.4.1.3 Eleman asal Eksen doğrultularındaki iç kuvvetler

Taşıyıcı sisteme ayrı ayrı etki ettirilen x ve y doğrultularındaki depremlerin ortak etkisi altında, taşıyıcı sistem elemanlarının a ve b asal eksen doğrultularındaki iç kuvvetler, en elverişsiz sonuç verecek şekilde aşağıdaki denklemlerden elde edilecektir:

$$\begin{aligned} B_a &= \pm B_{ax} \pm 0,30 B_{ay} & \text{veya} & & B_a &= \mp 0,30 B_{ax} \pm B_{ay} \\ B_b &= \pm B_{bx} \pm 0,30 B_{by} & \text{veya} & & B_b &= \mp 0,30 B_{bx} \pm B_{by} \end{aligned} \quad (11.21)$$

#### 11.4.2 Mod birleştirme yöntemi

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

##### 11.4.2.1 İvme spektrumu

Herhangi bir n'inci titreşim modunda gözönüne alınacak azaltılmış ivme spektrumu ordinatı aşağıdaki denklem ile belirlenecektir:

$$S_{aR}(T_n) = \frac{S_{ae}(T_n)}{R_a(T_n)} \quad (11.22)$$

##### 11.4.2.2 Gözönüne alınacak dinamik serbestlik dereceleri

Döşemelerin rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, her bir katta, birbirine dik doğrultularda iki yatay serbestlik derecesi ile kütle merkezinden geçen düşey eksen etrafındaki dönme serbestlik derecesi gözönüne alınacaktır. Her katta modal deprem yükleri bu serbestlik dereceleri için hesaplanacak, ancak ek dışmerkezlilik etkisinin hesaba katılabilmesi amacı ile, deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyutunun +%5'i ve -%5'i kadar kaydırılması ile belirlenen noktalara ve ek bir yükleme olarak kat kütle merkezine uygulanacaktır.

##### 11.4.2.3 Hesaba katılacak yeterli titreşim modu sayısı

Hesaba katılması gereken yeterli titreşim modu sayısı, Y, gözönüne alınan birbirine dik x ve y yatay deprem doğrultularının her birinde, her bir mod için hesaplanan



etkin kütlelerin toplamının hiçbir zaman bina toplam kütlelerinin %90'ından daha az olmaması kuralına göre belirlenecektir.

$$\sum_{n=1}^Y M_{xn} = \sum_{n=1}^Y \frac{L_{xn}^2}{M_n} \geq 0,90 \sum_{i=1}^N m_i \quad (11.23)$$

$$\sum_{n=1}^Y M_{yn} = \sum_{n=1}^Y \frac{L_{yn}^2}{M_n} \geq 0,90 \sum_{i=1}^N m_i \quad (11.24)$$

Yukarıdaki denklemde yer alan  $L_{xn}$  ve  $L_{yn}$  ile modal kütle  $M_n$ 'in ifadeleri, kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalar için aşağıda verilmiştir:

$$L_{xn} = \sum_{i=1}^N m_i \Phi_{xin} \quad ; \quad L_{yn} = \sum_{i=1}^N m_i \Phi_{yin} \quad (11.25)$$

$$M_n = \sum_{i=1}^N (m_i \Phi_{xin}^2 + m_i \Phi_{yin}^2 + m_{\theta i} \Phi_{\theta in}^2) \quad (11.26)$$

Bodrum katlarında rijitliği üst katlara oranla çok büyük olan betonarme çevre perdelerinin bulunduğu ve bodrum kat döşemelerinin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binaların hesabında, sadece bodrum katların üstündeki katlarda etkin olan titreşim modlarının gözönüne alınması ile yetinilebilir. Bu durumda, Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi için verilen (a) paragrafının karşılığı olarak:

- (a) Üstteki katlara etkiyen toplam eşdeğer deprem yükünün ve eşdeğer kat deprem yüklerinin belirlenmesinde, bodrumdaki rijit çerçeve perdeleri gözönüne alınmaksızın Deprem Yönetmeliği'ndeki tablodan alınacak olan Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı,  $R$  kullanılacak ve sadece üstteki katların ağırlıkları hesaba katılacaktır. Bu durumda ilgili bütün tanım ve bağıntılarda temel üst kotu yerine zemin katın kotu gözönüne alınacaktır.
- (b) Rijit bodrum katlarına etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin hesabında, sadece bodrum kat ağırlıkları gözönüne alınacak ve Spektrum Katsayısı olarak  $S_{(T)} = 1$  alınacaktır. Her bir bodrum katına etkiyen eşdeğer deprem yükünün hesabında, spektral ivme değeri ile bu katın ağırlığı doğrudan çarpılacak ve elde edilen elastik yükler,  $R_{a(T)} = 1,5$  katsayısına bölünerek azaltılacaktır.
- (c) Üstteki katlardan bodrum katlarına geçişte yer alan ve çok rijit bodrum perdeleri ile çevrelenen zemin kat döşeme sisteminin kendi düzlemi içindeki dayanımı, bu hesapta elde edilen iç kuvvetlere göre kontrol edilecektir.

Mod Birleştirme Yöntemi ile yapılacak hesapta, bodrumdaki rijit çevre perdeleri gözönüne alınmaksızın tablodan seçilen R katsayısı kullanılacak ve sadece üstteki katların kütleleri gözönüne alınacaktır. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi için verilen (b) ve (c) paragrafları ise aynen uygulanacaktır.

#### 11.4.2.4 Mod katkılarının birleştirilmesi

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

$T_m < T_n$  olmak üzere, gözönüne alınan herhangi iki titreşim moduna ait doğal periyotların daima  $T_m/T_n < 0,80$  koşulunu sağlaması durumunda maksimum mod katkılarının birleştirilmesi için Karelerin Toplamının Kare Kökü Kuralı uygulanabilir.

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

#### 11.4.2.5 Hesaplanan büyüklüklere ilişkin altsınır değerleri

Gözönüne alınan deprem doğrultusunda, bina toplam deprem yükü  $V_{tB}$ 'nin, Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nde hesaplanan bina toplam deprem yükü  $V_t$ 'ye oranının aşağıda tanımlanan  $\beta$  değerinden küçük olması durumunda ( $V_{tB} < \beta V_t$ ), Mod Birleştirme Yöntemi'ne göre bulunan tüm iç kuvvet ve yerdeğiştirme büyüklükleri, aşağıdaki denkleme göre büyütülecektir:

$$B_D = \frac{\beta V_t}{V_{tB}} B_B \quad (11.27)$$

A1, B2 veya B3 türü düzensizliklerden en az birinin binada bulunması durumunda  $\beta = 0,90$ , bu düzensizliklerden hiçbirinin bulunmaması durumunda ise  $\beta = 0,80$  alınacaktır.

### 11.4.3 Zaman tanım alanında hesap yöntemleri

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

#### 11.4.3.1 Yapay deprem yer hareketleri

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

- (a) Kuvvetli yer hareketi kısmının süresi, binanın birinci doğal titreşim periyodunun 5 katından ve 15 saniyeden daha kısa olmayacaktır.
- (b) Üretilen deprem yer hareketinin sıfır periyoda karşı gelen spektral ivme değerlerinin ortalaması  $A_0g$ 'den daha küçük olmayacaktır.
- (c) Yapay olarak üretilen her bir ivme kaydına göre %5 sönüm oranı için yeniden bulunacak spektral ivme değerlerinin ortalaması, gözönüne alınan deprem doğrultusundaki birinci (hakim) periyod  $T_1$ 'e göre  $0,2T_1$  ile  $2T_1$  arasındaki periyodlar için  $S_{ae}(T)$  elastik spektral ivmelerinin %90'ından daha az olmayacaktır. Zaman tanım alanında doğrusal elastik analiz yapılması durumunda, azaltılmış deprem yer hareketinin elde edilmesi için esas alınacak spektral ivme değerleri aşağıdaki denklemle belirlenecektir:

$$S_{aR}(T_n) = \frac{S_{ae}(T_n)}{R_a(T_n)} \quad (11.28)$$

#### 11.4.3.2 Kaydedilmiş veya benzeştirilmiş deprem yer hareketleri

Zaman tanım alanında yapılacak deprem hesabı için kaydedilmiş depremler veya kaynak ve dalga yayılımı özellikleri fiziksel olarak benzeştirilmiş yer hareketlerinin kullanılması durumunda en az üç deprem yer hareketi üretilecek ve bunlar yukarıda verilen 3 koşulu da sağlayacaktır.

#### 12.4.3.3 Zaman tanım alanında hesap

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

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

## **11.5 Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması ve İkinci Mertebe Etkileri**

### **11.5.1 Etkin görelî kat ötelemelerinin hesaplanması ve sınırlandırılması**

Herhangi bir kolon veya perde için, ardışık iki kat arasındaki yerdeğiştirme farkını ifade eden azaltılmış görelî kat ötelemesi,  $\Delta_i$ , aşağıdaki denklemle elde edilecektir:

$$\Delta_i = d_i - d_{i-1} \quad (11.29)$$

Bu denklemde  $d_i$  ve  $d_{i-1}$ , her bir deprem doğrultusu için binanın  $i$ 'inci ve  $(i-1)$ 'inci katlarında herhangi bir kolon veya perdenin uçlarında azaltılmış deprem yüklerine göre hesaplanan yatay yerdeğiştirmeleri göstermektedir.

Her bir deprem doğrultusu için, binanın  $i$ 'inci katındaki kolon veya perdeler için etkin görelî kat ötelemesi,  $\delta_i$ , aşağıdaki denklemle elde edilecektir:

$$\delta_i = R \times \Delta_i \quad (11.30)$$

Her bir deprem doğrultusu için, binanın herhangi bir  $i$ 'inci katındaki kolon veya perdelerde, hesaplanan  $\delta_i$  etkin görelî kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değeri  $(\delta_i)_{\max}$ , aşağıda verilen koşulu sağlayacaktır:

$$\frac{(\delta_i)_{\max}}{h_i} \leq 0,02 \quad (11.31)$$

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

### 11.5.2 İkinci mertebe etkileri

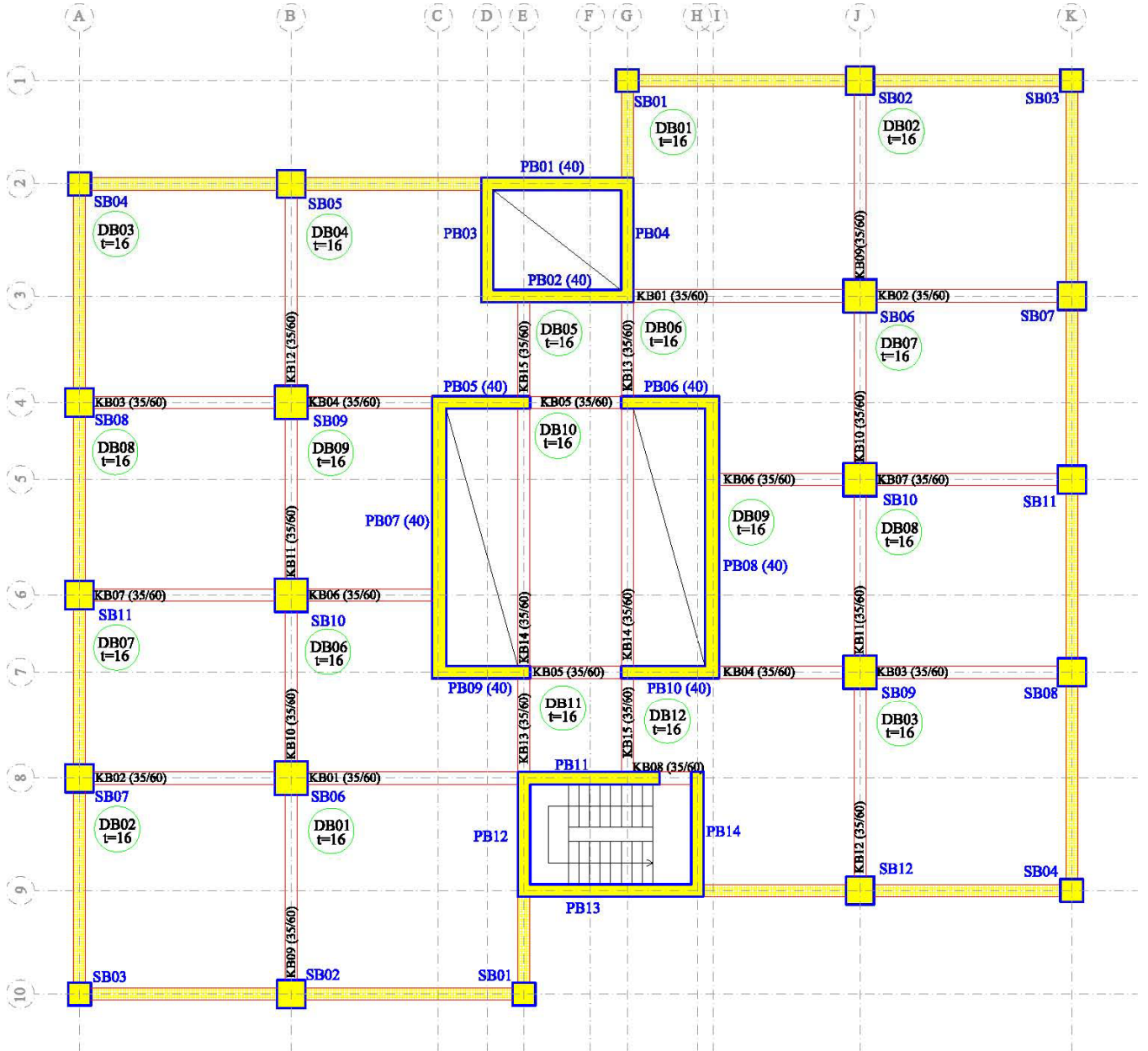
Taşıyıcı sistem elemanlarının doğrusal elastik olmayan davranışını esas alan daha kesin bir hesap yapılmadıkça, ikinci mertebe etkileri yaklaşık olarak aşağıdaki şekilde gözönüne alınabilir:

Gözönüne alınan deprem doğrultusunda her bir katta, İkinci Mertebe Gösterge Değeri,  $\theta_i$ 'nin aşağıda verilen koşulu sağlaması durumunda, ikinci mertebe etkileri yürürlükteki betonarme ve çelik yapı yönetmeliklerine göre değerlendirilecektir.

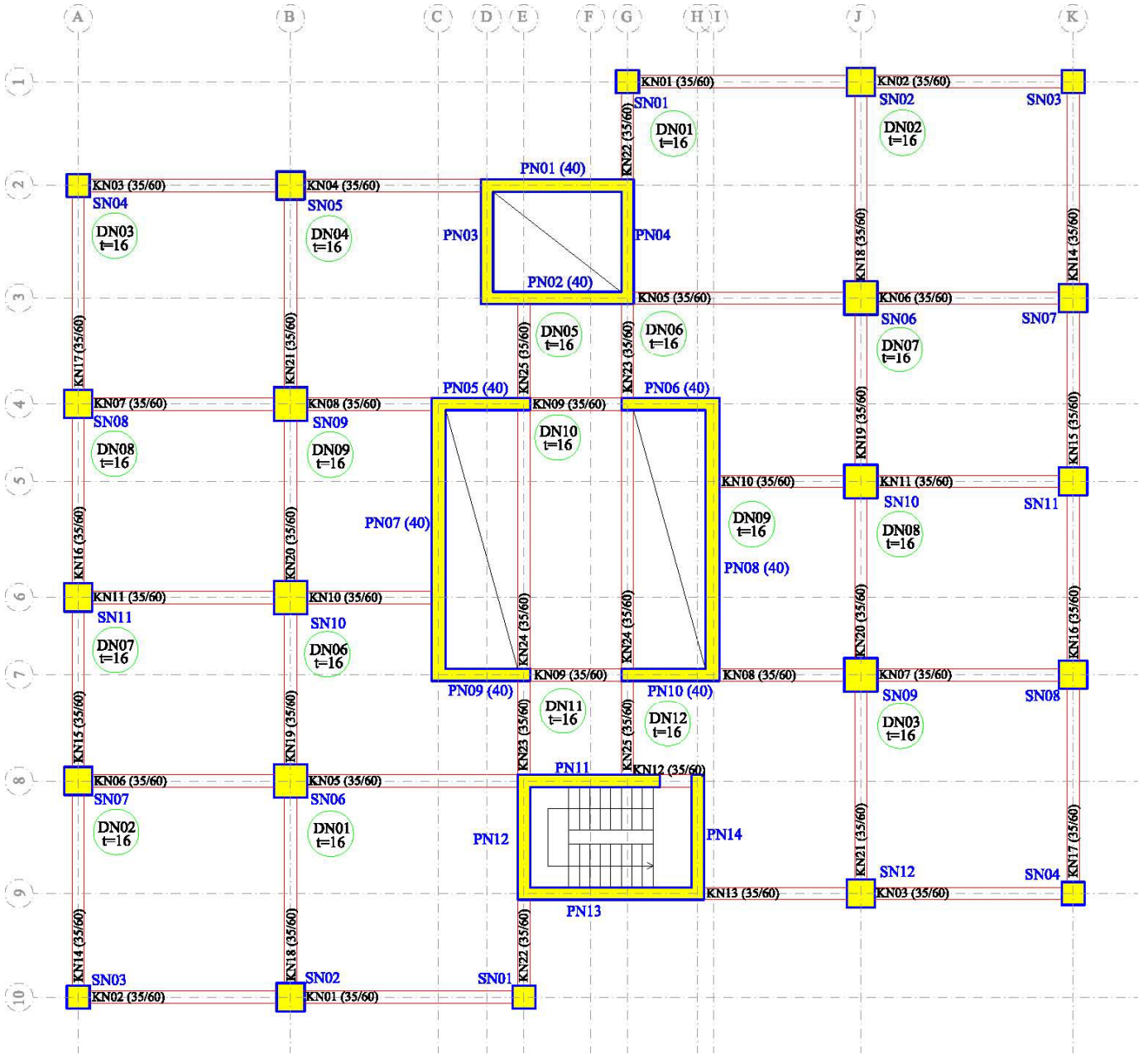
$$\theta_i = \frac{(\Delta_i)_{\text{ort}} \sum_{j=1}^N w_j}{V_i h_i} \leq 0,12 \quad (11.32)$$

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

Yukarıdaki koşulun herhangi bir katta sağlanamaması durumunda, taşıyıcı sistemin rijitliği yeterli ölçüde artırılarak deprem hesabı tekrarlanacaktır.



Şekil 12.1 : Sistem 1 Bodrum Kat Kalıp Planı



Şekil 12.2 : Sistem 1 Normal Kat Kalıp Planı

## 12. BETONARME BİR YAPININ TASARIMI

### 12.1 Projelendirilen Yapı Hakkında Genel Bilgi

Bu bölümde çok katlı betonarme bir yapının TS500 ve Deprem Yönetmeliği 2007'e göre detaylı olarak boyutlandırılması amaçlanmıştır. İlk olarak Şekil 12.1 ve 12.2' de kalıp planları verilen sistem, Mod Birleştirme Yöntemi ile çözülmüş, daha sonra aynı sistem Eşdeğer Kuvvet Yöntemi ile çözümlenerek düzensizlikler ve iç kuvvetler bakımından birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Bu sistem Sistem 1 olarak adlandırılmıştır. Bundan sonraki bölümde Sistem 1'in taşıyıcı sistemi aynı mimari için değiştirilerek Mod Birleştirme Yöntemi ile hesap yapılmıştır. Bu sistem Sistem 2 olarak adlandırılmıştır. Son olarak sistem 2'nin hesabından elde edilen sonuçlarla sistem 1' in sonuçları karşılaştırılmıştır.

Yapı iki bodrum, bir zemin kat ve on yedi normal kattan oluşmuş, taşıyıcı sistemi betonarme çerçeve + perde olan bir yapıdır.

Yapı hakkında genel bilgiler:

- Yapı 2 bodrum, 1 zemin kat ve 17 normal kattan oluşmuş toplam 20 katlı betonarme bir yapıdır.
- Toplam yapı yüksekliği 61 metredir.
- Kat yükseklikleri:  
Bodrum katlar : 3,5 m.  
Zemin kat : 3,0 m.  
Normal kat : 3,0 m.
- Beton sınıfı : C30 (BS30)
- Çelik sınıfı : S420 (BÇIIIa)
- Yapının kat alanı : 516 m<sup>2</sup>
- Yapı 1. Derece Deprem Bölgesindedir.
- Etkin Yer İvme Katsayısı ( $A_0$ ) = 0,40



- Yapı Z2 sınıfı zemin üzerinde yer almaktadır. Zemin karakteristik periyotları  $T_A = 0,15$  sn ve  $T_B = 0,40$  sn olarak alınmıştır.
- Yapının kullanım amacı ofis olduğundan:  
Hareketli yük katılım katsayısı (n) = 0,30  
Bina önem katsayısı (I) = 1 alınmıştır.

## 12.2 Sistem 1'in Yapı Elemanlarına Ön Boyut Verilmesi

Mimari tasarım hazırlanırken, taşıyıcı elemanların boyutlarının bilinmesi gerekir. Kesit zorlamalarını saptamaya yönelik çözümleme için de eylemsizlik momentlerini, dolayısıyla kesit boyutlarının bilinmesi gerekmektedir. Ön tasarım aşamasında genelde yapısal çözümleme için yeterli veri ve zaman olmadığından, tasarımcı yaklaşık hesaplarla yetinmek zorundadır. Bu nedenle sistem seçimi ve boyutlandırmayı içeren ön tasarımın, deneyimli, mühendislik önsezisi kuvvetli ve davranışı iyi bilen bir mühendis tarafından gerçekleştirilmesi zorunludur. Taşıyıcı sistemin seçimi ve boyutların saptanması ile yapı oluşturulmuş olduğundan, bu aşama son derece önemlidir.

Yapıda kullanılacak kiriş, kolon, perde ve döşemeler için ön boyut değerleri TS500 ve Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007' ye göre belirlenmiştir.

### 12.2.1 Döşeme elemanlarına ön boyut verilmesi

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

Tek doğrultuda çalışan plaklar için en küçük kalınlık 80 mm'dir. Tavan döşemelerinde ve bir yerin örtülmesine yarayan veya yalnız onarım, temizlik veya benzeri durumlarda üzerinde yürünen döşemelerde döşeme kalınlığı 60 mm'ye kadar düşürülebilir. Üzerinden taşıt geçen döşemelerde kalınlık en az 120 mm olmalıdır.

Ayrıca plak kalınlığının serbest açıklığa oranı, aşağıda verilen değerlerden az olamaz:

|                                            |      |
|--------------------------------------------|------|
| Basit mesnetli, tek açıklıklı döşemelerde, | 1/25 |
| Sürekli döşemelerde,                       | 1/30 |

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

Döşeme kalınlığının tahkikinde ve moment katsayılarının belirlenmesinde mesnetlenme tipi de önemlidir.

Döşeme plağı kalınlığı ( $h_f$ ) aşağıdaki formülle hesap edilir:

$$h_{f \min} = \frac{l_{sn}}{15 + \frac{20}{m}} \left( 1 - \frac{\alpha_s}{4} \right) \quad (12.1)$$

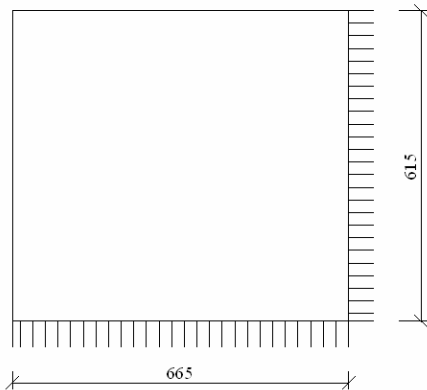
$l_{sn}$  : döşemenin kısa doğrultudaki net açıklığı,

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

$\alpha_s$  : sürekli kenarların toplam uzunluğunun döşeme çevresine oranı

Yapıda bulunan döşeme tipleri ve döşeme kalınlıklarının belirlenmesi aşağıda verilmiştir. Burada sadece D01 döşemesi için hesap gösterilip, diğer döşemeler için sonuçlar Tablo 12.1' de verilmektedir:

### **DO1 DÖŞEMESİ:**



$$l_s = 615 \text{ cm}, \quad l_l = 665 \text{ cm}$$

$$l_{sn} = 615 - 35 = 580 \text{ cm}$$

$$l_{ln} = 665 - 35 = 630 \text{ cm}$$

$$m = \frac{l_l}{l_s} = \frac{665}{615} = 1,08 < 2$$

$$\alpha_s = \frac{615 + 665}{2(615 + 665)} = 0,5$$

$m < 2$  olduğundan çift doğrultuda çalışır.

$$h_{f \min} = \frac{l_{sn}}{15 + \frac{20}{m}} \left( 1 - \frac{\alpha_s}{4} \right) = \frac{580}{15 + \frac{20}{1,08}} \left( 1 - \frac{0,5}{4} \right) = 15,14 \text{ cm}$$

$$h_f = 16 \text{ cm}$$

**Tablo 12.1 : Döşeme Ön Boyutlandırılması**

| Döşeme No | Tipi | L <sub>uzun</sub> ( cm ) | L <sub>kısa</sub> ( cm ) | m     | $\alpha_s$ | Min. h <sub>f</sub> (cm) | Seçilen h <sub>f</sub> |
|-----------|------|--------------------------|--------------------------|-------|------------|--------------------------|------------------------|
| D01       | 3    | 665                      | 615                      | 1,08  | 0,5        | 15,14                    | 16                     |
| D02       | 3    | 615                      | 605                      | 1,02  | 0,5        | 14,41                    | 16                     |
| D03       | 3    | 625                      | 605                      | 1,033 | 0,5        | 14,51                    | 16                     |
| D04       | 2U   | 665                      | 625                      | 1,064 | 0,742      | 14,22                    | 16                     |
| D05       | 1    | 305                      | 295                      | 1,034 | 1          | 6,52                     | 16                     |
| D06       | 1    | 665                      | 525                      | 1,27  | 1          | 11,95                    | 16                     |
| D07       | 2K   | 605                      | 525                      | 1,152 | 0,77       | 12,23                    | 16                     |
| D08       | 2K   | 605                      | 550                      | 1,1   | 0,762      | 12,56                    | 16                     |
| D09       | 2U   | 550                      | 420                      | 1,31  | 0,72       | 10,29                    | 16                     |
| D10       | 5    | 770                      | 295                      | 2,612 | -          | -                        | 16                     |
| D11       | 2K   | 305                      | 295                      | 1,03  | 0,754      | 6,13                     | 16                     |
| D12       | 2U   | 665                      | 625                      | 1,064 | 0,742      | 14,22                    | 16                     |

Hesaplar sonucu en büyük döşeme kalınlığı 16 cm' yi D01 döşemesi vermektedir. Bundan sonraki hesaplarda kullanım kolaylığı açısından bütün döşemeler en elverişsiz durum olan 16 cm olarak kullanılacaktır.

#### 12.2.1.1 Döşeme yüklerinin tayini

Kullanılacak Malzeme Birim Ağırlıkları:

Beton : 25 kN/m<sup>3</sup>

Sıva : 20 kN/m<sup>3</sup>

Şap : 22 kN/m<sup>3</sup>

Ahşap parke : 7,85 kN/m<sup>3</sup>

Seramik karo : 22 kN/m<sup>3</sup>

### **Döşeme yükleri:**

- Kullanım Alanları

$$\begin{aligned}\text{Betonarme plak} & : h \times \gamma_{\text{beton}} = 0,16 \times 25 = 4,0 \text{ kN/m}^2 \\ \text{Şap (5 cm)} & : h \times \gamma_{\text{şap}} = 0,05 \times 22 = 1,10 \text{ kN/m}^2 \\ \text{Sıva (2 cm)} & : h \times \gamma_{\text{sıva}} = 0,02 \times 20 = 0,40 \text{ kN/m}^2 \\ \text{Ahşap parke (2,5 cm)} & : h \times \gamma_{\text{ahşap}} = 0,025 \times 7,85 = \underline{0,196 \text{ kN/m}^2} \\ \text{TOPLAM (g)} & = 5,696 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

- Banyo

$$\begin{aligned}\text{Betonarme plak} & : h \times \gamma_{\text{beton}} = 0,16 \times 25 = 4,0 \text{ kN/m}^2 \\ \text{Şap (5 cm)} & : h \times \gamma_{\text{şap}} = 0,05 \times 22 = 1,10 \text{ kN/m}^2 \\ \text{Sıva (2 cm)} & : h \times \gamma_{\text{sıva}} = 0,02 \times 20 = 0,40 \text{ kN/m}^2 \\ \text{Seramik karo(1,5 cm)} & : h \times \gamma_{\text{seramik}} = 0,015 \times 22 = \underline{0,33 \text{ kN/m}^2} \\ \text{TOPLAM (g)} & = 5,83 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

- Asansör Koridoru

$$\begin{aligned}\text{Betonarme plak} & : h \times \gamma_{\text{beton}} = 0,16 \times 25 = 4,0 \text{ kN/m}^2 \\ \text{Şap (5 cm)} & : h \times \gamma_{\text{şap}} = 0,05 \times 22 = 1,10 \text{ kN/m}^2 \\ \text{Sıva (2 cm)} & : h \times \gamma_{\text{sıva}} = 0,02 \times 20 = 0,40 \text{ kN/m}^2 \\ \text{Seramik karo(1,5 cm)} & : h \times \gamma_{\text{seramik}} = 0,015 \times 22 = \underline{0,33 \text{ kN/m}^2} \\ \text{TOPLAM (g)} & = 5,83 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

- Çatı Döşemesi

$$\begin{aligned}\text{Betonarme plak} & : h \times \gamma_{\text{beton}} = 0,16 \times 25 = 4,0 \text{ kN/m}^2 \\ \text{Ahşap çatı (5 cm)} & : = 0,75 \text{ kN/m}^2 \\ \text{Sıva (2 cm)} & : h \times \gamma_{\text{sıva}} = 0,02 \times 20 = \underline{0,40 \text{ kN/m}^2} \\ \text{TOPLAM (g)} & = 5,15 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

- Kullanılan hareketli yükler (TS 498'den) :

$$\text{Çatı katı} : 0,75 \text{ kN/m}^2 \text{ (Kar yükü)}, \quad \text{Normal alanlar} : 2 \text{ kN/m}^2$$

Döşemelerde hesap yük birleşimi:

$$P_d = 1,4 \times g + 1,6 \times q \quad (12.2)$$

Hesap Yükleri:

$$P_{d1} = 1,4 \times 5,696 + 1,6 \times 2 = 11,17 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{d2} = 1,4 \times 5,830 + 1,6 \times 2 = 11,362 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{d3} = 1,4 \times 5,150 + 1,6 \times 0,75 = 8,410 \text{ kN/m}^2$$

Tablo 12.2’de tüm döşemelerin döşeme yük analiz değerleri gösterilmektedir.

**Tablo 12.2 : Döşeme Yük Analizi**

| Döşeme No | Sabit Yük<br>(g)<br>kN/m <sup>2</sup> | Hareketli Yük<br>(q)<br>kN/m <sup>2</sup> | Hesap Yüğü<br>(pd)<br>kN/m <sup>2</sup> |
|-----------|---------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------|
| DB01      | 5,696                                 | 2                                         | 11,17                                   |
| DB02      | 5,696                                 | 2                                         | 11,17                                   |
| DB03      | 5,696                                 | 2                                         | 11,17                                   |
| DB04      | 5,696                                 | 2                                         | 11,17                                   |
| DB05      | 5,83                                  | 2                                         | 11,362                                  |
| DB06      | 5,696                                 | 2                                         | 11,17                                   |
| DB07      | 5,696                                 | 2                                         | 11,17                                   |
| DB08      | 5,696                                 | 2                                         | 11,17                                   |
| DB09      | 5,83                                  | 2                                         | 11,362                                  |
| DB10      | 5,83                                  | 2                                         | 11,362                                  |
| DB11      | 5,83                                  | 2                                         | 11,362                                  |
| DB12      | 5,696                                 | 2                                         | 11,17                                   |
| DZ01      | 5,696                                 | 2                                         | 11,17                                   |
| DZ02      | 5,696                                 | 2                                         | 11,17                                   |
| DZ03      | 5,696                                 | 2                                         | 11,17                                   |
| DZ04      | 5,696                                 | 2                                         | 11,17                                   |
| DZ05      | 5,83                                  | 2                                         | 11,362                                  |
| DZ06      | 5,696                                 | 2                                         | 11,17                                   |
| DZ07      | 5,696                                 | 2                                         | 11,17                                   |
| DZ08      | 5,696                                 | 2                                         | 11,17                                   |
| DZ09      | 5,83                                  | 2                                         | 11,362                                  |
| DZ10      | 5,83                                  | 2                                         | 11,362                                  |
| DZ11      | 5,83                                  | 2                                         | 11,362                                  |
| DZ12      | 5,696                                 | 2                                         | 11,17                                   |

**Tablo 12.2 : Döşeme Yük Analizi (devam)**

| Döşeme No | Sabit Yük<br>(g)<br>kN/m2 | Hareketli Yük<br>(q)<br>kN/m2 | Hesap Yüğü<br>(pd)<br>kN/m2 |
|-----------|---------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| DN01      | 5,696                     | 2                             | 11,17                       |
| DN02      | 5,696                     | 2                             | 11,17                       |
| DN03      | 5,696                     | 2                             | 11,17                       |
| DN04      | 5,696                     | 2                             | 11,17                       |
| DN05      | 5,83                      | 2                             | 11,362                      |
| DN06      | 5,696                     | 2                             | 11,17                       |
| DN07      | 5,696                     | 2                             | 11,17                       |
| DN08      | 5,696                     | 2                             | 11,17                       |
| DN09      | 5,83                      | 2                             | 11,362                      |
| DN10      | 5,83                      | 2                             | 11,362                      |
| DN11      | 5,83                      | 2                             | 11,362                      |
| DN12      | 5,696                     | 2                             | 11,17                       |
| DÇ01      | 5,15                      | 1                             | 8,41                        |
| DÇ02      | 5,15                      | 1                             | 8,41                        |
| DÇ03      | 5,15                      | 1                             | 8,41                        |
| DÇ04      | 5,15                      | 1                             | 8,41                        |
| DÇ05      | 5,15                      | 1                             | 8,41                        |
| DÇ06      | 5,15                      | 1                             | 8,41                        |
| DÇ07      | 5,15                      | 1                             | 8,41                        |
| DÇ08      | 5,15                      | 1                             | 8,41                        |
| DÇ09      | 5,15                      | 1                             | 8,41                        |
| DÇ10      | 5,15                      | 1                             | 8,41                        |
| DÇ11      | 5,15                      | 1                             | 8,41                        |
| DÇ12      | 5,15                      | 1                             | 8,41                        |

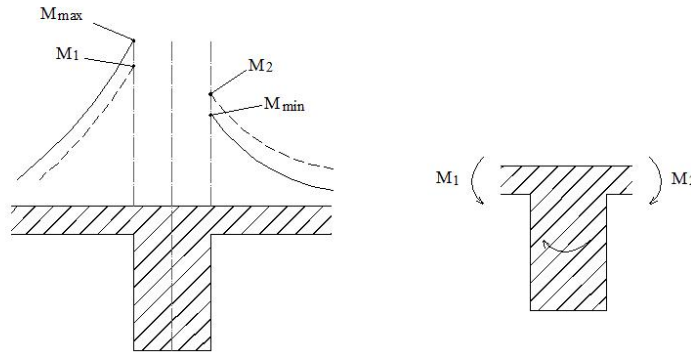
**12.2.1.2 Döşeme donatı hesabı**

Kirişli döşeme sistemlerinde açıklıkların birbirinden çok fark etmediği durumlar için TS500 ‘de yaklaşık bir yöntem verilmiştir. Buna göre döşeme plağının mesnetlenme durumuna göre ve  $m = l_{uzun}/l_{kisa}$  kenar oranına bağlı olarak bulunan  $\alpha$  katsayıları kullanılarak mesnet ve açıklık kesitlerindeki eğilme momentleri elde edilir. Buna göre:

$$M = \alpha \times p_d \times l_{kisa}^2 \quad (12.3)$$

$$P_d = 1,4 \times g + 1,6 \times q \quad (12.4)$$

şeklinde hesap edilir. Plaklar ayrı ayrı göz önüne alındığı için, ara mesnetlerde komşu plaklardan bulunacak mesnet momentleri genellikle farklı olur.



**Şekil 12.3** Mesnette moment dengelenmesi

Eğer bulunan mesnet momentleri oranı  $M_{\min}/M_{\max} \geq 0,8$  ise, kesit büyük momente göre donatılır. Eğer aradaki fark büyükse, yani  $M_{\min}/M_{\max} < 0,8$  ise  $(M_{\max} - M_{\min}) / 3$  momentinin mesnet kirişinin burulma rijitliği ile taşındığı kabul edilerek, kalan

$$\Delta M = 2 (M_{\max} - M_{\min}) / 3 \quad (12.5)$$

değerindeki moment komşu plaklara rijitlikleri oranında dağıtılarak kesit büyük momente göre boyutlandırılır.

Tek doğrultuda çalışan plaklarda eğilme donatısı oranı S220 için 0,003, S420 ve S500 için ise 0,002'den az olamaz. Asal donatı aralığı döşeme kalınlığının 1,5 katını ve 200 mm'yi geçemez. Çif doğrultuda çalışan döşemelerde ise her bir doğrultuda 0,0015'den az olmamak koşuluyla, iki doğrultudaki donatı oranlarının toplamı, S220 için 0,004, S420 ve S500 için 0,0035'den az olamaz. Açıklıktaki alt donatının, tek açıklıklı plaklarda en az 1/2 si, sürekli plaklarda ise en az 1/3 ü mesnetten mesnete kesilmeden uzatılmalıdır.

Kısa doğrultuya konulan asal donatıdan ayrı olarak, buna dik yönde, plak alt yüzünde, dağıtma donatısı bulundurulmalıdır. Tüm kesit esas alınarak hesaplanacak olan dağıtma donatısı oranı, asal donatının 1/5 inden az olamaz. Dağıtma donatısının aralığı 300 mm'den fazla olamaz.

Kısa kenar doğrultusundaki kirişler üstünde, döşeme asal donatısına dik doğrultuda boyuna mesnet donatısı bulundurulması gereklidir. Üste konulacak ve her iki tarafta kısa açıklığın 1/4 ü kadar uzatılacak olan bu donatı, asal donatının %60'dan az

olamaz. Ayrıca S220 için en az Ø8/200 mm, S420 için en az Ø8/300 mm, S500 için en az Ø5/150 mm donatı kullanılmalıdır. (TS 500-2000)

Donatı aralığı (s) ise:

$$s \leq 1,5 h_f; \quad (12.6)$$

kısa doğrultuda  $\rightarrow s \leq 20 \text{ cm};$

uzun doğrultuda  $\rightarrow s \leq 25 \text{ cm}$  olmalıdır.

Yapıdaki çift doğrultuda çalışan döşemelerin kalınlığı 16 cm olduğuna göre, donatı aralığı (s);

$$s \leq 1,5 \times 16 = 24 \text{ cm}$$

kısa doğrultuda  $\rightarrow s \leq 20 \text{ cm};$

uzun doğrultuda  $\rightarrow s \leq 25 \text{ cm}$  olmalıdır.

Tablo 12.3, 12.4 ve 12.5’de döşemeler için donatı hesabı gösterilmiştir. Döşeme donatı hesabı yapılırken önce açıklık donatılarının hesabı yapılmaktadır. Mesnet donatılarının hesabı yapılırken açıklıktan gelen donatılarda göz önüne alınacaktır.

Tablo 12.3, 12.4 ve 12.5’deki donatı miktarları hesaplanırken aşağıdaki formüller kullanılmış ve Taşıma Gücü İlkesine Göre Düzenlenmiş Betonarme Çizelge ve Abaklar kullanılmıştır.

$$K = \frac{b_w d^2}{M_d} \quad (12.7)$$

$$A_s = \rho \times b_w \times d \quad (12.8)$$



**Tablo 12.3 : Döşeme Açıklık Donatı Hesabı**

|           |                     |                                    |                    |                     |                                                  | Mesnet        |                       |                |                | Açıklık       |                       |                |          |                                    |       | Toplam<br>cm <sup>2</sup> |
|-----------|---------------------|------------------------------------|--------------------|---------------------|--------------------------------------------------|---------------|-----------------------|----------------|----------------|---------------|-----------------------|----------------|----------|------------------------------------|-------|---------------------------|
| Döş.No:   | d <sub>s</sub> (cm) | t (cm)                             | l <sub>s</sub> (m) | l <sub>sn</sub> (m) | m                                                | $\alpha_{ms}$ | M <sub>ms</sub> (kNm) | k <sub>s</sub> | r <sub>s</sub> | $\alpha_{as}$ | M <sub>as</sub> (kNm) | K <sub>s</sub> | $\rho_s$ | A <sub>ss</sub> (cm <sup>2</sup> ) |       |                           |
| Durum     | d <sub>i</sub> (cm) | p <sub>d</sub> (t/m <sup>2</sup> ) | l <sub>i</sub> (m) | l <sub>ln</sub> (m) | 100*p <sub>d</sub> *l <sub>sn</sub> <sup>2</sup> | $\alpha_{ml}$ | M <sub>ml</sub> (kNm) | k <sub>l</sub> | r <sub>l</sub> | $\alpha_{al}$ | M <sub>al</sub> (kNm) | K <sub>l</sub> | $\rho_l$ | A <sub>sl</sub> (cm <sup>2</sup> ) | Düz   |                           |
| D01<br>3  | 14                  | 16                                 | 6,15               | 5,80                | 1,08                                             | 0,0546        | 2057,15               | 8,880          | 1,5310         | 0,0410        | 1544,75               | 126,88         | 0,00220  | 3,08                               | Φ8/30 | 3,33                      |
|           | 13                  | 1,12                               | 6,65               | 6,30                | 3767,68                                          | 0,0490        | 1846,16               | 9,500          | 1,5079         | 0,0370        | 1394,04               | 121,23         | 0,00230  | 2,99                               | Φ8/30 | 3,33                      |
| D02<br>3  | 14                  | 16                                 | 6,05               | 5,70                | 1,02                                             | 0,0504        | 1834,00               | 9,340          | 1,6386         | 0,0380        | 1382,77               | 141,74         | 0,00200  | 2,80                               | Φ8/30 | 3,33                      |
|           | 13                  | 1,12                               | 6,15               | 5,80                | 3638,88                                          | 0,0490        | 1783,05               | 9,500          | 1,6379         | 0,0370        | 1346,39               | 125,52         | 0,00220  | 2,86                               | Φ8/30 | 3,33                      |
| D03<br>3  | 14                  | 16                                 | 6,05               | 5,70                | 1,033                                            | 0,0572        | 2081,44               | 8,580          | 1,5053         | 0,0430        | 1564,72               | 125,26         | 0,00220  | 3,08                               | Φ8/30 | 3,33                      |
|           | 13                  | 1,12                               | 6,25               | 5,90                | 3638,88                                          | 0,0490        | 1783,05               | 9,500          | 1,6102         | 0,0370        | 1346,39               | 125,52         | 0,00220  | 2,86                               | Φ8/30 | 3,33                      |
| D04<br>2U | 14                  | 14                                 | 6,25               | 5,90                | 1,06                                             | 0,0446        | 1738,83               | 9,750          | 1,6525         | 0,0334        | 1302,17               | 150,52         | 0,00190  | 2,66                               | Φ8/36 | 2,78                      |
|           | 13                  | 1,12                               | 6,65               | 6,30                | 3898,72                                          | 0,0410        | 1598,48               | 9,500          | 1,5079         | 0,0310        | 1208,60               | 139,83         | 0,00200  | 2,60                               | Φ8/36 | 2,78                      |
| D05<br>1  | 14                  | 16                                 | 2,95               | 2,60                | 1,03                                             | 0,0351        | 265,75                | 10,000         | 3,8462         | 0,0265        | 200,64                | 976,89         | 0,00180  | 2,52                               | Φ8/36 | 2,78                      |
|           | 13                  | 1,12                               | 3,05               | 2,70                | 757,12                                           | 0,0330        | 249,85                | 10,240         | 3,7926         | 0,0250        | 189,28                | 892,86         | 0,00180  | 2,34                               | Φ8/36 | 2,78                      |
| D06<br>1  | 14                  | 16                                 | 5,25               | 4,90                | 1,27                                             | 0,0485        | 1304,22               | 8,550          | 1,7449         | 0,0368        | 989,60                | 198,06         | 0,00180  | 2,52                               | Φ8/36 | 2,78                      |
|           | 13                  | 1,12                               | 6,65               | 6,30                | 2689,12                                          | 0,0330        | 887,41                | 10,240         | 1,6254         | 0,0250        | 672,28                | 251,38         | 0,00180  | 2,34                               | Φ8/36 | 2,78                      |
| D07<br>2K | 14                  | 16                                 | 5,25               | 4,90                | 1,15                                             | 0,0500        | 1344,56               | 8,570          | 1,7490         | 0,0380        | 1021,87               | 191,81         | 0,00180  | 2,52                               | Φ8/36 | 2,78                      |
|           | 13                  | 1,12                               | 6,05               | 5,70                | 2689,12                                          | 0,0410        | 1102,54               | 10,240         | 1,7965         | 0,0310        | 833,63                | 202,73         | 0,00180  | 2,34                               | Φ8/36 | 2,78                      |
| D08<br>2K | 14                  | 16                                 | 5,50               | 5,15                | 1,10                                             | 0,0470        | 1396,14               | 8,850          | 1,7184         | 0,0350        | 1039,68               | 188,52         | 0,00180  | 2,52                               | Φ8/36 | 2,78                      |
|           | 13                  | 1,12                               | 6,05               | 5,70                | 2970,52                                          | 0,0410        | 1217,91               | 10,240         | 1,7965         | 0,0310        | 920,86                | 183,52         | 0,00180  | 2,34                               | Φ8/36 | 2,78                      |
| D09<br>2U | 14                  | 16                                 | 4,20               | 3,80                | 1,31                                             | 0,0574        | 944,90                | 8,090          | 2,1289         | 0,0433        | 712,79                | 274,98         | 0,00180  | 2,52                               | Φ8/36 | 2,78                      |
|           | 13                  | 1,14                               | 5,50               | 5,15                | 1646,16                                          | 0,0410        | 674,93                | 9,500          | 1,8447         | 0,0310        | 510,31                | 331,17         | 0,00180  | 2,34                               | Φ8/36 | 2,78                      |
| D10<br>5  | 14                  | 16                                 | 2,95               | 2,60                | 2,61                                             | —             | —                     | —              | —              | 0,0800        | 616,51                | 317,92         | 0,00180  | 2,52                               | Φ8/36 | 2,78                      |
|           | 13                  | 1,14                               | 7,70               | 7,35                | 770,64                                           | 0,0560        | 431,56                | 9,090          | 1,2367         | 0,0440        | 339,08                | 498,41         | 0,00180  | 2,34                               | Φ8/36 | 2,78                      |
| D11<br>2K | 14                  | 16                                 | 2,95               | 2,60                | 1,03                                             | 0,0428        | 324,05                | 9,310          | 3,5808         | 0,0322        | 243,79                | 803,96         | 0,00180  | 2,52                               | Φ8/36 | 2,78                      |
|           | 13                  | 1,12                               | 3,05               | 2,70                | 757,12                                           | 0,0410        | 310,42                | 10,240         | 3,7926         | 0,0310        | 234,71                | 720,05         | 0,00180  | 2,34                               | Φ8/36 | 2,78                      |
| D12<br>2U | 14                  | 16                                 | 6,25               | 5,90                | 1,06                                             | 0,0446        | 1738,83               | 9,750          | 1,6525         | 0,0334        | 1302,17               | 150,52         | 0,00180  | 2,52                               | Φ8/36 | 2,78                      |
|           | 13                  | 1,12                               | 6,65               | 6,30                | 3898,72                                          | 0,0410        | 1598,48               | 9,500          | 1,5079         | 0,0310        | 1208,60               | 139,83         | 0,00200  | 2,60                               | Φ8/36 | 2,78                      |

**Tablo 12.4 : Döşeme Mesnet Donatısı Hesabı**

| Döş 1      | M <sub>m1</sub>    | M <sub>mk</sub>                                     | r <sub>1</sub>                                       | D <sub>m</sub> | M <sub>den1</sub> | M <sub>max1</sub> (kNm) | d <sub>1</sub> | K <sub>1</sub> | ρ <sub>1</sub> | A <sub>s1</sub> (cm <sup>2</sup> ) | Mevcut<br>A <sub>s</sub> (cm <sup>2</sup> ) | Ek<br>A <sub>s</sub> (cm <sup>2</sup> ) | Donatı    |
|------------|--------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------|----------------|-------------------|-------------------------|----------------|----------------|----------------|------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------|
| Döş 2      | M <sub>m2</sub>    | M <sub>mb</sub>                                     | r <sub>2</sub>                                       | Σ r            | M <sub>den2</sub> | M <sub>max2</sub> (kNm) | d <sub>2</sub> | K <sub>2</sub> | ρ <sub>2</sub> | A <sub>s2</sub> (cm <sup>2</sup> ) |                                             |                                         |           |
| D01<br>D02 | 1846,16<br>1834,10 | 0,89>0,8 olduğundan dengeleme yapmaya gerek yoktur. |                                                      |                |                   | 1846,16                 | 13             | 91,54          | 0,0031         | 4,03                               | Φ8/30+Φ8/30<br>=3,33 cm <sup>2</sup>        | 0,7                                     | Φ8/20     |
| D01<br>D06 | 2057,30<br>1304,20 | 0,63                                                | 1,530<br>1,7400                                      | 502,07<br>3,27 | 234,91<br>267,15  | 1555,20<br>1571,40      | 14<br>14       | 124,73         | 0,0023         | 3,22                               | Φ8/30+Φ8/36<br>=3,06 cm <sup>2</sup>        | 0,16                                    | Φ8/20     |
| D02<br>D07 | 1783,05<br>1344,56 |                                                     | 1,6400<br>1,7500                                     | 292,33<br>3,39 | 141,42<br>150,91  | 1490,80<br>1495,50      | 13<br>14       |                |                |                                    |                                             |                                         |           |
| D03<br>D04 | 2081,44<br>1598,48 | 0,77                                                | 1,510<br>1,510                                       | 321,97<br>3,02 | 160,99<br>160,99  | 1920,45<br>1759,47      | 14<br>13       | 102,06         | 0,0028         | 3,85                               | Φ8/30+Φ8/36<br>=3,06 cm <sup>2</sup>        | 0,79                                    | Φ8/20     |
| D03<br>D08 | 1783,05<br>1396,14 |                                                     | 1,6100<br>1,7200                                     | 257,94<br>3,33 | 124,71<br>133,23  | 1658,34<br>1529,37      | 13<br>14       |                |                |                                    |                                             |                                         |           |
| D04<br>D05 | 1598,48<br>265,75  | 0,17                                                | 1,5100<br>3,8500                                     | 888,49<br>5,36 | 250,30<br>638,19  | 1348,18<br>903,94       | 13<br>14       | 125,35         | 0,0022         | 2,86                               | Φ8/36+Φ8/36<br>=2,77 cm <sup>2</sup>        | 0,09                                    | Φ8/20     |
| D05<br>D06 | 265,75<br>887,41   |                                                     | 3,8500<br>1,6300                                     | 414,44<br>5,48 | 291,17<br>123,27  | 556,92<br>764,14        | 14<br>13       |                |                |                                    |                                             |                                         |           |
| D05<br>D10 | 249,85<br>431,56   | 0,58                                                | 3,7900<br>1,2400                                     | 121,14<br>5,03 | 91,28<br>29,86    | 341,13<br>401,70        | 13<br>13       | 420,72         | 0,0015         | 1,95                               | Φ8/36+Φ8/36<br>=2,77 cm <sup>2</sup>        | -                                       | Gerek Yok |
| D06<br>D07 | 887,41<br>1102,54  |                                                     | 0,805>0,8 olduğundan dengeleme yapmaya gerek yoktur. |                |                   |                         | 1102,54        | 13             | 153,28         | 0,0018                             | 2,34                                        | -                                       | Gerek Yok |

**Tablo 12.5 : Döşeme Mesnet Donatısı Hesabı**

| Döş 1 | M <sub>m1</sub> | M <sub>mk</sub>                                        | r <sub>1</sub> | D <sub>m</sub> | M <sub>den1</sub> | M <sub>max1</sub> (kNm) | d <sub>1</sub> | K <sub>1</sub> | ρ <sub>1</sub> | A <sub>s1</sub> (cm <sup>2</sup> ) | Mevcut<br>A <sub>s</sub> (cm <sup>2</sup> ) | Ek<br>As(cm <sup>2</sup> ) | Donatı    |
|-------|-----------------|--------------------------------------------------------|----------------|----------------|-------------------|-------------------------|----------------|----------------|----------------|------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------|-----------|
| Döş 2 | M <sub>m2</sub> | M <sub>mb</sub>                                        | r <sub>2</sub> | Σ r            | M <sub>den2</sub> | M <sub>max2</sub> (kNm) | d <sub>2</sub> | K <sub>2</sub> | ρ <sub>2</sub> | A <sub>s2</sub> (cm <sup>2</sup> ) |                                             |                            |           |
| D06   | 1304,22         | 0,52                                                   | 1,740          | 419,53         | 203,90            | 1100,32                 | 14             | 178,13         | 0,0015         | 2,10                               | Φ8/36+Φ8/36<br>=2,77 cm <sup>2</sup>        | -                          | Gerek Yok |
| D09   | 674,93          |                                                        | 1,840          | 3,58           | 215,62            | 890,55                  | 13             |                |                |                                    |                                             |                            |           |
| D07   | 1344,56         | 0,96>0,8 olduğundan dengeleme<br>yapmaya gerek yoktur. |                |                |                   | 1396,14                 | 14             | 140,39         | 0,0020         | 2,80                               | Φ8/36+Φ8/36<br>=2,77 cm <sup>2</sup>        | -                          | Gerek Yok |
| D08   | 1396,14         |                                                        |                |                |                   |                         |                |                |                |                                    |                                             |                            |           |
| D04   | 1738,83         | 0,39                                                   | 1,6500         | 709,27         | 335,33            | 1403,50                 | 14             | 139,65         | 0,0020         | 2,80                               | Φ8/36+Φ8/36<br>=2,77 cm <sup>2</sup>        | 0,03                       | Φ8/20     |
| D09   | 674,93          |                                                        | 1,8400         | 3,49           | 373,94            | 1048,87                 | 13             |                |                |                                    |                                             |                            |           |
| D09   | 674,93          | 0,39                                                   | 1,840          | 709,27         | 373,94            | 1048,87                 | 13             | 139,65         | 0,0020         | 2,80                               | Φ8/36+Φ8/36<br>=2,77 cm <sup>2</sup>        | 0,03                       | Φ8/20     |
| D12   | 1738,83         |                                                        | 1,650          | 3,49           | 335,33            | 1403,50                 | 14             |                |                |                                    |                                             |                            |           |
| D09   | 944,90          | 0,78                                                   | 2,1300         | 182,01         | 98,64             | 1043,54                 | 14             | 148,96         | 0,0019         | 2,47                               | Φ8/36+Φ8/36<br>=2,77 cm <sup>2</sup>        | -                          | Gerek Yok |
| D08   | 1217,91         |                                                        | 1,8000         | 3,93           | 83,36             | 1134,55                 | 13             |                |                |                                    |                                             |                            |           |
| D10   | 431,56          | 0,72                                                   | 1,2400         | 80,76          | 19,91             | 411,65                  | 13             | 410,54         | 0,0015         | 1,95                               | Φ8/36+Φ8/36<br>=2,77 cm <sup>2</sup>        | -                          | Gerek Yok |
| D11   | 310,42          |                                                        | 3,7900         | 5,03           | 60,85             | 371,27                  | 13             |                |                |                                    |                                             |                            |           |
| D06   | 887,41          | 0,37                                                   | 1,6300         | 375,57         | 117,50            | 769,91                  | 13             | 219,51         | 0,0015         | 1,95                               | Φ8/36+Φ8/36<br>=2,77 cm <sup>2</sup>        | -                          | Gerek Yok |
| D11   | 324,05          |                                                        | 3,5800         | 5,21           | 258,07            | 582,12                  | 14             |                |                |                                    |                                             |                            |           |
| D11   | 324,05          | 0,20                                                   | 3,5800         | 849,62         | 597,57            | 921,62                  | 14             | 125,52         | 0,0022         | 2,86                               | Φ8/36+Φ8/36<br>=2,77 cm <sup>2</sup>        | 0,09                       | Φ8/20     |
| D12   | 1598,48         |                                                        | 1,5100         | 5,09           | 252,05            | 1346,43                 | 13             |                |                |                                    |                                             |                            |           |
| D12   | 1598,48         | 0,77                                                   | 1,5100         | 321,97         | 160,99            | 1759,47                 | 14             | 102,06         | 0,0028         | 3,92                               | Φ8/30+Φ8/36<br>=3,06 cm <sup>2</sup>        | 0,86                       | Φ8/20     |
| D03   | 2081,44         |                                                        | 1,5100         | 3,02           | 160,99            | 1920,45                 | 14             |                |                |                                    |                                             |                            |           |

### 12.2.2 Kirişlerin ön boyutlandırılması

Kirişlerin ön boyutlandırılması sırasında dikkate alınan yönetmelikler TS 500 ve Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007'dir. Yeni Deprem Yönetmeliğine göre kiriş gövde genişliği en az 250 mm olacaktır. Gövde genişliği kiriş yüksekliği ile kirişin birleştiği kolonun kirişe dik genişliğinin toplamını geçmeyecektir. Kiriş yüksekliği döşeme kalınlığının 3 katından ve 300 mm den daha az, kiriş gövde genişliğinin 3,5 katından daha fazla olmayacaktır. Deprem bölgesindeki yapılarda kirişlerin 25x30 cm kesitinden daha küçük olmasına izin verilmez.

- $h_{kiriş} > 3 \times h_{döş}$
- $b_w > 200 \text{ mm}$
- $h_{kiriş} < (1/4) \times l_{sn}$  (12.9)
- $h_{kiriş} < 3,5 \times b_w$

Kiriş ve döşemelerde hesap açıklığı, mesnet ekseninden mesnet eksenine kadar olan uzaklık olarak alınmalıdır. Bu değer, mesnetiyle birdöküm olan kiriş ve döşemelerde serbest açıklığın 1,05 katına kadar, mesnetiyle birdöküm olmayan kiriş ve döşemelerde ise, temiz açıklığa eleman yüksekliğinin eklenmesiyle bulunan değere kadar azaltılabilir (TS500 - 2000)

#### Etkili tabla genişliği:

Tablalı kirişlerin kesit hesabında, yapısal çözümleme ve şekil değiştirme hesapları için gerekli eylemsizlik momentlerinin bulunmasında göz önüne alınacak tabla genişliği aşağıda gösterildiği gibi hesaplanmalıdır:

Simetrik kesitlerde (T kesit),  $b = b_w + 0,2 \times l_p$  (12.10)

Simetrik olmayan kesitlerde (L kesit vb.),  $b = b_1 + 0,1 \times l_p$  (12.11)

Ancak, gövde dışına taşan tabla genişliği, her bir yanda, tabla kalınlığının altı katından ve komşu kiriş gövde yüzüne olan uzaklığın yarısından fazla olamaz. Yukarıda kullanılan  $l_p$ , kirişin iki moment sıfır noktası arasındaki uzunluğudur. Kesin hesap yapılmayan durumlarda,

$L_p = 1,0 \times l$  (Tek açıklıklı, basit mesnetli kiriş)

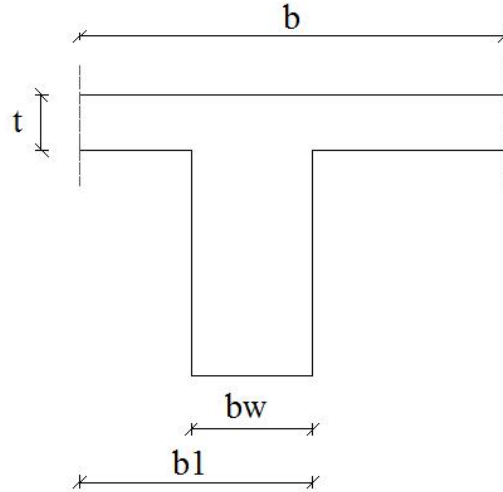
$L_p = 0,8 \times l$  (Sürekli kiriş kenar açıklığı)

$L_p = 0,6 \times l$  (Sürekli kiriş iç açıklığı)

(12.12)

$L_p = 1,5 \times l$  (Konsol kiriş)

alınabilir. Burada  $l$  kirişin hesap açıklığıdır.



**Şekil 12.4** Tablalı kiriş kesit boyutları

Buna göre  $b_w = 35$  cm ve  $h = 60$  cm seçilmiştir. Seçilen boyutlara göre kirişlerin etkili tabla genişlikleri K01 ve K04 için hesaplanmış, diğer kirişler içinse Tablo 12.6'da verilmiştir.

**K01:**

Tipi : L  $b = b_w + 0,1 \times l_p$

$b_w$  (m) : 35 cm  $l_p = 0,8 \times l = 0,8 \times 6,65 = 5,32$  m(kenar açıklık)

$h$  (m) : 60 cm  $b = 0,35 + 0,1 \times 5,32 = 0,88$  m

**K04:**

Tipi : T  $b = b_w + 0,2 \times l_p$

$b_w$  (m) : 35 cm  $l_p = 0,6 \times l = 0,6 \times 5,60 = 3,36$  m(iç açıklık)

$h$  (m) : 60 cm  $b = 0,35 + 0,2 \times 3,99 = 1,02$  m

**Tablo 12.6 :** Kirişlerin Ön Boyutlandırılması

| Kiriş Adı | Tipi | $b_w$ (m) | $b$ (m) | $h$ (m) | $h_f$ (m) |
|-----------|------|-----------|---------|---------|-----------|
| K01       | L    | 0,35      | 0,88    | 0,60    | 0,16      |
| K02       | L    | 0,35      | 0,83    | 0,60    | 0,16      |
| K03       | L    | 0,35      | 0,83    | 0,60    | 0,16      |
| K04       | T    | 0,35      | 1,02    | 0,60    | 0,16      |
| K05       | T    | 0,35      | 1,15    | 0,60    | 0,16      |
| K06       | L    | 0,35      | 0,83    | 0,60    | 0,16      |
| K07       | L    | 0,35      | 0,83    | 0,60    | 0,16      |
| K08       | T    | 0,35      | 0,85    | 0,60    | 0,16      |
| K09       | L    | 0,35      | 0,59    | 0,60    | 0,16      |
| K10       | L    | 0,35      | 0,68    | 0,60    | 0,16      |
| K11       | L    | 0,35      | 0,83    | 0,60    | 0,16      |
| K12       | L    | 0,35      | 0,51    | 0,60    | 0,16      |
| K13       | L    | 0,35      | 0,72    | 0,60    | 0,16      |
| K14       | L    | 0,35      | 0,84    | 0,60    | 0,16      |
| K15       | T    | 0,35      | 0,98    | 0,60    | 0,16      |
| K16       | T    | 0,35      | 1,01    | 0,60    | 0,16      |
| K17       | L    | 0,35      | 0,85    | 0,60    | 0,16      |
| K18       | L    | 0,35      | 0,84    | 0,60    | 0,16      |
| K19       | T    | 0,35      | 0,98    | 0,60    | 0,16      |
| K20       | T    | 0,35      | 1,01    | 0,60    | 0,16      |
| K21       | L    | 0,35      | 0,85    | 0,60    | 0,16      |
| K22       | L    | 0,35      | 0,58    | 0,60    | 0,16      |
| K23       | T    | 0,35      | 0,72    | 0,60    | 0,16      |
| K24       | T    | 0,35      | 1,28    | 0,60    | 0,16      |
| K25       | T    | 0,35      | 0,72    | 0,60    | 0,16      |

### 12.2.3 Kolonların ön boyutlandırılması

Deprem etkisinin karşılanması, istenilen kuvvetli kolon-zayıf kiriş özelliğine uyan bir taşıyıcı sistem elde edilmesi için, kolon kesitlerinde aşırı ekonomiye kaçılmaması uygundur.

Sabit yükler:

- Döşemelerden gelen,
- Kirişlerden gelen,
- Duvarlardan gelen,
- Kolon/perde zati ağırlığından kaynaklanan yüklerdir.

Hareketli Yükler:

- Döşemelerden gelen

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

Kolonların ön boyutlandırılmasında kullanılan formüller aşağıda verilmiştir:

Döşemeden gelen yük;

$$N_g = g_{\text{döşeme}} \cdot l_x \cdot l_y \quad (12.13)$$

$$N_q = q_{\text{döşeme}} \cdot l_x \cdot l_y \quad (12.14)$$

Kirişten gelen yük;

$$N_g = b_w \cdot (h - h_f) \cdot \gamma_{\text{beton}} \cdot l \quad (12.15)$$

Duvar yüksekliği = kat yüksekliği – kiriş yüksekliği

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

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

Deprem Yönetmeliğine Göre Enkesit Koşulları:

- Dikdörtgen kesitli kolonların en küçük boyutu 250 mm'den ve enkesit alanı 75000 mm<sup>2</sup>'den daha az olmayacaktır. Dairesel kolonların çapı en az 300 mm olacaktır.

- Kolonun brüt enkesit alanı,  $N_{dm}$  düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan eksenel basınç kuvvetlerinin en büyüğü olmak üzere aşağıdaki koşulu sağlamalıdır:

$$A_c \geq \frac{N_{dm}}{0,50 \times f_{ck}} \quad (12.16)$$

Kolon kesit alanları bulunurken moment etkisini göz önüne almak için normal kuvvet  $\alpha$  katsayısı ile çarpılarak arttırılmıştır. Böylece orta kolonda moment etkisinin (açıklıkların iki doğrultuda da devam etmesi sebebiyle) genellikle daha az ve köşe kolonda (açıklıkların iki doğrultuda da devam etmesi sebebiyle) daha fazla olduğu göz önüne alınmaktadır. Bu katsayılar yaklaşık değerler olup, deprem bölgesi, açıklıkların oranı, sabit yük / hareketli yük oranı gibi özelliklere bağlı olarak değişir. Buna göre kolon ön boyut tahkikinde şu formüller kullanılmıştır:

$$A_{c(1)} = \frac{N_{dm}}{0,50 \times f_{ck}} \quad (12.17)$$

$$A_{c(2)} = \alpha \cdot A_{c(1)} \quad (12.18)$$

$$N_{dm} = 1,4 G + 1,6 Q \quad (12.19)$$

Buna göre;  $A_c > A_{c(2)}$  olarak kolonlar boyutlandırılmıştır.

Kolon boyutları her 2 katta bir değiştirilmiştir. En üst 2 katta tüm kolonlar aynı boyutta kare kesit seçilirken, diğer katlarda boyutları değişen kare kesitler seçilmiştir.

Burada eksenel yükü en fazla olan 1. bodrum kat kolonlarından SB01 için açık olarak önboyut tahkiki gösterilmiş, diğer kolonlar için hesap Tablo 12.7 ve Tablo 12.26 arasında detaylı olarak verilmiştir.



**SB01 Kolonu için tahkik:**

Malzeme : C30 – S420

$N_d = 4446,03 \text{ kN}$

$f_{ck} = 3,0 \text{ kN/cm}^2$

$\alpha = 1,3$

$$A_c(1) = \frac{4446,03}{0,50 \times 3,0} = 2964,02 \text{ cm}^2$$

$$A_{c(2)} = 1,3 \times 2964,02 = 3853,226 \text{ cm}^2$$

Buna göre seçilen kolon boyutu: 65 x 65

$$A_c = 65 \times 65 = 4225 \text{ cm}^2 > 3853,226 \text{ cm}^2$$

**Tablo 12.7 :** 20. Kat Kolonları Ön Boyutlandırılması<sub>a</sub>

| Kat No | Kolon | Normal Döşeme (kN) |                | Banyo ve Koridor Döşemesi (kN) |                | Kiriş (kN)     | Duvar (kN)     | Kolon (kN)     | Üst Kattan Gelen Yük (kN) |                | Toplam Yük (kN) |                | Hesap Yüğü (kN) | Ac (cm <sup>2</sup> ) | $\alpha \times Ac$ (cm <sup>2</sup> ) | Kolon Boyutu |
|--------|-------|--------------------|----------------|--------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------------|---------------------------------------|--------------|
|        |       | N <sub>g</sub>     | N <sub>q</sub> | N <sub>g</sub>                 | N <sub>q</sub> | N <sub>g</sub> | N <sub>g</sub> | N <sub>g</sub> | N <sub>g</sub>            | N <sub>q</sub> | N <sub>g</sub>  | N <sub>q</sub> | N <sub>dm</sub> |                       |                                       |              |
| 20     | S2001 | 42,48              | 9,14           | 0                              | 0              | 21,99          | 0              | 0              | 0                         | 0              | 64,47           | 9,14           | 104,88          | 69,92                 | 90,90                                 | 35 x 35      |
|        | S2002 | 69,22              | 14,89          | 0                              | 0              | 43,97          | 0              | 0              | 0                         | 0              | 113,19          | 14,89          | 182,29          | 121,53                | 157,98                                | 35 x 35      |
|        | S2003 | 42,48              | 9,14           | 0                              | 0              | 28,35          | 0              | 0              | 0                         | 0              | 70,83           | 9,14           | 113,79          | 75,86                 | 98,61                                 | 35 x 35      |
|        | S2004 | 26,97              | 8,41           | 0                              | 0              | 28,61          | 0              | 0              | 0                         | 0              | 55,58           | 8,41           | 91,27           | 60,85                 | 79,10                                 | 35 x 35      |
|        | S2005 | 55,34              | 14,51          | 0                              | 0              | 41,93          | 0              | 0              | 0                         | 0              | 97,27           | 14,51          | 159,39          | 106,26                | 138,14                                | 35 x 35      |
|        | S2006 | 137,58             | 26,5           | 0                              | 0              | 56,37          | 0              | 0              | 0                         | 0              | 193,95          | 26,5           | 313,93          | 209,29                | 272,07                                | 35 x 35      |
|        | S2007 | 59,21              | 12,73          | 0                              | 0              | 40,29          | 0              | 0              | 0                         | 0              | 99,5            | 12,73          | 159,67          | 106,45                | 138,38                                | 35 x 35      |
|        | S2008 | 61,1               | 15,75          | 0                              | 0              | 41,21          | 0              | 0              | 0                         | 0              | 102,31          | 15,75          | 168,43          | 112,29                | 145,98                                | 35 x 35      |
|        | S2009 | 127,36             | 30             | 0                              | 0              | 51,32          | 0              | 0              | 0                         | 0              | 178,68          | 30             | 298,15          | 198,77                | 258,40                                | 35 x 35      |
|        | S2010 | 125,54             | 27             | 0                              | 0              | 48,23          | 0              | 0              | 0                         | 0              | 173,77          | 27             | 286,48          | 190,99                | 248,28                                | 35 x 35      |
|        | S2011 | 66,6               | 14,32          | 0                              | 0              | 38,58          | 0              | 0              | 0                         | 0              | 105,18          | 14,32          | 170,16          | 113,44                | 147,48                                | 35 x 35      |
|        | S2012 | 70,18              | 17,7           | 0                              | 0              | 40,29          | 0              | 0              | 0                         | 0              | 110,47          | 17,7           | 182,98          | 121,99                | 158,58                                | 35 x 35      |

**Tablo 12.8 :** 19. Kat Kolonları Ön Boyutlandırılması

| Kat No | Kolon | Normal Döşeme (kN) |                | Banyo ve Koridor Döşemesi (kN) |                | Kiriş (kN)     | Duvar (kN)     | Kolon (kN)     | Üst Kattan Gelen Yük (kN) |                | Toplam Yük (kN) |                | Hesap Yüğü (kN) | Ac (cm <sup>2</sup> ) | $\alpha \times Ac$ (cm <sup>2</sup> ) | Kolon Boyutu |
|--------|-------|--------------------|----------------|--------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------------|---------------------------------------|--------------|
|        |       | N <sub>g</sub>     | N <sub>q</sub> | N <sub>g</sub>                 | N <sub>q</sub> | N <sub>g</sub> | N <sub>g</sub> | N <sub>g</sub> | N <sub>g</sub>            | N <sub>q</sub> | N <sub>g</sub>  | N <sub>q</sub> | N <sub>dm</sub> |                       |                                       |              |
| 19     | S1901 | 52,03              | 18,27          | 0                              | 0              | 21,99          | 43,97          | 30,63          | 64,47                     | 9,14           | 213,09          | 27,41          | 342,18          | 228,12                | 296,56                                | 35 x 35      |
|        | S1902 | 99,11              | 34,8           | 0                              | 0              | 43,47          | 76,35          | 30,63          | 113,19                    | 14,89          | 362,75          | 49,69          | 587,35          | 391,57                | 509,04                                | 35 x 35      |
|        | S1903 | 47,08              | 16,53          | 0                              | 0              | 28,35          | 56,69          | 30,63          | 70,83                     | 9,14           | 233,58          | 25,67          | 368,08          | 245,39                | 319,01                                | 35 x 35      |
|        | S1904 | 47,89              | 16,82          | 0                              | 0              | 28,61          | 57,23          | 30,63          | 55,58                     | 8,41           | 219,94          | 25,23          | 348,28          | 232,19                | 301,85                                | 35 x 35      |
|        | S1905 | 100,82             | 35,41          | 0                              | 0              | 41,93          | 72,07          | 30,63          | 97,27                     | 14,51          | 342,72          | 49,92          | 559,68          | 373,12                | 485,06                                | 35 x 35      |
|        | S1906 | 182,84             | 64,21          | 0                              | 0              | 56,37          | 67,11          | 30,63          | 193,95                    | 26,5           | 530,9           | 90,71          | 888,40          | 592,26                | 769,94                                | 35 x 35      |
|        | S1907 | 86,85              | 30,5           | 0                              | 0              | 40,29          | 69,22          | 30,63          | 99,5                      | 12,73          | 326,49          | 43,23          | 526,25          | 350,84                | 456,09                                | 35 x 35      |
|        | S1908 | 89,69              | 31,5           | 0                              | 0              | 41,21          | 71,06          | 30,63          | 102,31                    | 15,75          | 334,9           | 47,25          | 544,46          | 362,97                | 471,87                                | 35 x 35      |
|        | S1909 | 142,62             | 50,09          | 30,58                          | 10,49          | 50,86          | 60,54          | 30,63          | 178,68                    | 30             | 493,91          | 90,58          | 836,40          | 557,60                | 724,88                                | 35 x 35      |
|        | S1910 | 125,53             | 45,18          | 28,9                           | 9,91           | 48,23          | 57,42          | 30,63          | 173,77                    | 27             | 464,48          | 82,09          | 781,62          | 521,08                | 677,40                                | 35 x 35      |
|        | S1911 | 81,57              | 28,65          | 0                              | 0              | 38,58          | 65,81          | 30,63          | 105,18                    | 14,32          | 321,77          | 42,97          | 519,23          | 346,15                | 450,00                                | 35 x 35      |
|        | S1912 | 100,82             | 35,41          | 0                              | 0              | 40,55          | 69,32          | 30,63          | 110,47                    | 17,7           | 351,79          | 53,11          | 577,48          | 384,99                | 500,48                                | 35 x 35      |

**Tablo 12.9 :** 18. Kat Kolonları Ön Boyutlandırılması

| Kat No | Kolon | Normal Döşeme (kN) |                | Banyo ve Koridor Döşemesi (kN) |                | Kiriş (kN)     | Duvar (kN)     | Kolon (kN)     | Üst Kattan Gelen Yük (kN) |                | Toplam Yük (kN) |                | Hesap Yüğü (kN) | Ac (cm <sup>2</sup> ) | $\alpha \times Ac$ (cm <sup>2</sup> ) | Kolon Boyutu |
|--------|-------|--------------------|----------------|--------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------------|---------------------------------------|--------------|
|        |       | N <sub>g</sub>     | N <sub>q</sub> | N <sub>g</sub>                 | N <sub>q</sub> | N <sub>g</sub> | N <sub>g</sub> | N <sub>g</sub> | N <sub>g</sub>            | N <sub>q</sub> | N <sub>g</sub>  | N <sub>q</sub> | N <sub>dm</sub> |                       |                                       |              |
| 18     | S1801 | 52,03              | 18,27          | 0                              | 0              | 21,99          | 43,97          | 30,63          | 213,09                    | 27,41          | 361,71          | 45,68          | 579,48          | 386,32                | 502,22                                | 35 x 35      |
|        | S1802 | 99,11              | 34,8           | 0                              | 0              | 43,466         | 76,35          | 30,63          | 362,746                   | 49,69          | 612,302         | 84,49          | 992,41          | 661,60                | 860,09                                | 35 x 35      |
|        | S1803 | 47,08              | 16,53          | 0                              | 0              | 28,35          | 56,69          | 30,63          | 233,58                    | 25,67          | 396,33          | 42,2           | 622,38          | 414,92                | 539,40                                | 35 x 35      |
|        | S1804 | 47,89              | 16,82          | 0                              | 0              | 28,61          | 57,23          | 30,63          | 219,94                    | 25,23          | 384,3           | 42,05          | 605,30          | 403,53                | 524,59                                | 35 x 35      |
|        | S1805 | 100,82             | 35,41          | 0                              | 0              | 41,93          | 72,07          | 30,63          | 342,72                    | 49,92          | 588,17          | 85,33          | 959,97          | 639,98                | 831,97                                | 35 x 35      |
|        | S1806 | 182,84             | 64,21          | 0                              | 0              | 56,37          | 67,11          | 30,63          | 530,9                     | 90,71          | 867,85          | 154,92         | 1462,86         | 975,24                | 1267,81                               | 45 x 45      |
|        | S1807 | 86,85              | 30,5           | 0                              | 0              | 40,29          | 69,22          | 30,63          | 326,49                    | 43,23          | 553,48          | 73,73          | 892,84          | 595,23                | 773,79                                | 35 x 35      |
|        | S1808 | 89,69              | 31,5           | 0                              | 0              | 41,21          | 71,06          | 30,63          | 334,9                     | 47,25          | 567,49          | 78,75          | 920,49          | 613,66                | 797,75                                | 35 x 35      |
|        | S1809 | 142,62             | 50,09          | 30,58                          | 10,49          | 50,86          | 60,54          | 30,63          | 493,91                    | 90,58          | 809,14          | 151,16         | 1374,65         | 916,43                | 1191,37                               | 45 x 45      |
|        | S1810 | 125,53             | 45,18          | 28,9                           | 9,91           | 48,23          | 57,42          | 30,63          | 464,48                    | 82,09          | 755,19          | 137,18         | 1276,75         | 851,17                | 1106,52                               | 45 x 45      |
|        | S1811 | 81,57              | 28,65          | 0                              | 0              | 38,58          | 65,81          | 30,63          | 321,77                    | 42,97          | 538,36          | 71,62          | 868,30          | 578,86                | 752,52                                | 35 x 35      |
|        | S1812 | 100,82             | 35,41          | 0                              | 0              | 40,55          | 69,32          | 30,63          | 351,79                    | 53,11          | 593,11          | 88,52          | 971,99          | 647,99                | 842,39                                | 35 x 35      |

**Tablo 12.10 :** 17. Kat Kolonları Ön Boyutlandırılması

| Kat No | Kolon | Normal Döşeme (kN) |                | Banyo ve Koridor Döşemesi (kN) |                | Kiriş (kN)     | Duvar (kN)     | Kolon (kN)     | Üst Kattan Gelen Yük (kN) |                | Toplam Yük (kN) |                | Hesap Yüğü (kN) | Ac (cm <sup>2</sup> ) | $\alpha \times$ Ac (cm <sup>2</sup> ) | Kolon Boyutu |
|--------|-------|--------------------|----------------|--------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------------|---------------------------------------|--------------|
|        |       | N <sub>g</sub>     | N <sub>q</sub> | N <sub>g</sub>                 | N <sub>q</sub> | N <sub>g</sub> | N <sub>g</sub> | N <sub>g</sub> | N <sub>g</sub>            | N <sub>q</sub> | N <sub>g</sub>  | N <sub>q</sub> | N <sub>dm</sub> |                       |                                       |              |
| 17     | S1701 | 52,03              | 18,27          | 0                              | 0              | 21,99          | 43,97          | 30,63          | 361,71                    | 45,68          | 510,33          | 63,95          | 816,78          | 544,52                | 707,87                                | 35 x 35      |
|        | S1702 | 99,11              | 34,8           | 0                              | 0              | 43,466         | 76,35          | 30,63          | 612,302                   | 84,49          | 861,858         | 119,29         | 1397,46         | 931,64                | 1211,13                               | 35 x 35      |
|        | S1703 | 47,08              | 16,53          | 0                              | 0              | 28,35          | 56,69          | 30,63          | 396,33                    | 42,2           | 559,08          | 58,73          | 876,68          | 584,45                | 759,78                                | 35 x 35      |
|        | S1704 | 47,89              | 16,82          | 0                              | 0              | 28,61          | 57,23          | 30,63          | 384,3                     | 42,05          | 548,66          | 58,87          | 862,31          | 574,87                | 747,34                                | 35 x 35      |
|        | S1705 | 100,82             | 35,41          | 0                              | 0              | 41,93          | 72,07          | 30,63          | 588,17                    | 85,33          | 833,62          | 120,74         | 1360,25         | 906,83                | 1178,88                               | 35 x 35      |
|        | S1706 | 182,84             | 64,21          | 0                              | 0              | 56,37          | 67,11          | 30,63          | 867,85                    | 154,92         | 1204,8          | 219,13         | 2037,32         | 1358,21               | 1765,68                               | 45 x 45      |
|        | S1707 | 86,85              | 30,5           | 0                              | 0              | 40,29          | 69,22          | 30,63          | 553,48                    | 73,73          | 780,47          | 104,23         | 1259,42         | 839,61                | 1091,50                               | 35 x 35      |
|        | S1708 | 89,69              | 31,5           | 0                              | 0              | 41,21          | 71,06          | 30,63          | 567,49                    | 78,75          | 800,08          | 110,25         | 1296,51         | 864,34                | 1123,64                               | 35 x 35      |
|        | S1709 | 142,62             | 50,09          | 30,58                          | 10,49          | 50,86          | 60,54          | 30,63          | 809,14                    | 151,16         | 1124,37         | 211,74         | 1912,90         | 1275,26               | 1657,84                               | 45 x 45      |
|        | S1710 | 125,53             | 45,18          | 28,9                           | 9,91           | 48,23          | 57,42          | 30,63          | 755,19                    | 137,18         | 1045,9          | 192,27         | 1771,89         | 1181,26               | 1535,64                               | 45 x 45      |
|        | S1711 | 81,57              | 28,65          | 0                              | 0              | 38,58          | 65,81          | 30,63          | 538,36                    | 71,62          | 754,95          | 100,27         | 1217,36         | 811,57                | 1055,04                               | 35 x 35      |
|        | S1712 | 100,82             | 35,41          | 0                              | 0              | 40,55          | 69,32          | 30,63          | 593,11                    | 88,52          | 834,43          | 123,93         | 1366,49         | 910,99                | 1184,29                               | 35 x 35      |

**Tablo 12.11 :** 16. Kat Kolonları Ön Boyutlandırılması

| Kat No | Kolon | Normal Döşeme (kN) |                | Banyo ve Koridor Döşemesi (kN) |                | Kiriş (kN)     | Duvar (kN)     | Kolon (kN)     | Üst Kattan Gelen Yük (kN) |                | Toplam Yük (kN) |                | Hesap Yüğü (kN) | Ac (cm <sup>2</sup> ) | αx Ac (cm <sup>2</sup> ) | Kolon Boyutu |
|--------|-------|--------------------|----------------|--------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------------|--------------------------|--------------|
|        |       | N <sub>g</sub>     | N <sub>q</sub> | N <sub>g</sub>                 | N <sub>q</sub> | N <sub>g</sub> | N <sub>g</sub> | N <sub>g</sub> | N <sub>g</sub>            | N <sub>q</sub> | N <sub>g</sub>  | N <sub>q</sub> | N <sub>dm</sub> |                       |                          |              |
| 16     | S1601 | 52,03              | 18,27          | 0                              | 0              | 21,99          | 43,97          | 30,63          | 510,33                    | 63,95          | 658,95          | 82,22          | 1054,08         | 702,72                | 913,53                   | 40 x 40      |
|        | S1602 | 99,11              | 34,8           | 0                              | 0              | 43,466         | 76,35          | 30,63          | 861,858                   | 119,29         | 1111,41         | 154,09         | 1802,52         | 1201,68               | 1562,18                  | 45 x 45      |
|        | S1603 | 47,08              | 16,53          | 0                              | 0              | 28,35          | 56,69          | 30,63          | 559,08                    | 58,73          | 721,83          | 75,26          | 1130,97         | 753,98                | 980,18                   | 40 x 40      |
|        | S1604 | 47,89              | 16,82          | 0                              | 0              | 28,61          | 57,23          | 30,63          | 548,66                    | 58,87          | 713,02          | 75,69          | 1119,33         | 746,22                | 970,08                   | 40 x 40      |
|        | S1605 | 100,82             | 35,41          | 0                              | 0              | 41,93          | 72,07          | 30,63          | 833,62                    | 120,74         | 1079,07         | 156,15         | 1760,53         | 1173,69               | 1525,80                  | 45 x 45      |
|        | S1606 | 182,84             | 64,21          | 0                              | 0              | 56,37          | 67,11          | 30,63          | 1204,8                    | 219,13         | 1541,75         | 283,34         | 2611,79         | 1741,19               | 2263,55                  | 55 x 55      |
|        | S1607 | 86,85              | 30,5           | 0                              | 0              | 40,29          | 69,22          | 30,63          | 780,47                    | 104,23         | 1007,46         | 134,73         | 1626,01         | 1084,00               | 1409,21                  | 45 x 45      |
|        | S1608 | 89,69              | 31,5           | 0                              | 0              | 41,21          | 71,06          | 30,63          | 800,08                    | 110,25         | 1032,67         | 141,75         | 1672,53         | 1115,02               | 1449,53                  | 45 x 45      |
|        | S1609 | 142,62             | 50,09          | 30,58                          | 10,49          | 50,86          | 60,54          | 30,63          | 1124,37                   | 211,74         | 1439,6          | 272,32         | 2451,15         | 1634,10               | 2124,33                  | 55 x 55      |
|        | S1610 | 125,53             | 45,18          | 28,9                           | 9,91           | 48,23          | 57,42          | 30,63          | 1045,9                    | 192,27         | 1336,61         | 247,36         | 2267,03         | 1511,35               | 1964,75                  | 55 x 55      |
|        | S1611 | 81,57              | 28,65          | 0                              | 0              | 38,58          | 65,81          | 30,63          | 754,95                    | 100,27         | 971,54          | 128,92         | 1566,42         | 1044,28               | 1357,57                  | 45 x 45      |
|        | S1612 | 100,82             | 35,41          | 0                              | 0              | 40,55          | 69,32          | 30,63          | 834,43                    | 123,93         | 1075,75         | 159,34         | 1760,99         | 1173,99               | 1526,19                  | 45 x 45      |

**Tablo 12.12 :** 15. Kat Kolonları Ön Boyutlandırılması

| Kat No | Kolon | Normal Döşeme (kN) |                | Banyo ve Koridor Döşemesi (kN) |                | Kiriş (kN)     | Duvar (kN)     | Kolon (kN)     | Üst Kattan Gelen Yük (kN) |                | Toplam Yük (kN) |                | Hesap Yüğü (kN) | Ac (cm <sup>2</sup> ) | $\alpha \times$ Ac (cm <sup>2</sup> ) | Kolon Boyutu |
|--------|-------|--------------------|----------------|--------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------------|---------------------------------------|--------------|
|        |       | N <sub>g</sub>     | N <sub>q</sub> | N <sub>g</sub>                 | N <sub>q</sub> | N <sub>g</sub> | N <sub>g</sub> | N <sub>g</sub> | N <sub>g</sub>            | N <sub>q</sub> | N <sub>g</sub>  | N <sub>q</sub> | N <sub>dm</sub> |                       |                                       |              |
| 15     | S1501 | 52,03              | 18,27          | 0                              | 0              | 21,99          | 43,97          | 30,63          | 658,95                    | 82,22          | 807,57          | 100,49         | 1291,38         | 860,92                | 1119,19                               | 40 x 40      |
|        | S1502 | 99,11              | 34,8           | 0                              | 0              | 43,466         | 76,35          | 30,63          | 1111,41                   | 154,09         | 1360,97         | 188,89         | 2207,58         | 1471,72               | 1913,23                               | 45 x 45      |
|        | S1503 | 47,08              | 16,53          | 0                              | 0              | 28,35          | 56,69          | 30,63          | 721,83                    | 75,26          | 884,58          | 91,79          | 1385,27         | 923,51                | 1200,57                               | 40 x 40      |
|        | S1504 | 47,89              | 16,82          | 0                              | 0              | 28,61          | 57,23          | 30,63          | 713,02                    | 75,69          | 877,38          | 92,51          | 1376,34         | 917,56                | 1192,83                               | 40 x 40      |
|        | S1505 | 100,82             | 35,41          | 0                              | 0              | 41,93          | 72,07          | 30,63          | 1079,07                   | 156,15         | 1324,52         | 191,56         | 2160,82         | 1440,54               | 1872,71                               | 45 x 45      |
|        | S1506 | 182,84             | 64,21          | 0                              | 0              | 56,37          | 67,11          | 30,63          | 1541,75                   | 283,34         | 1878,7          | 347,55         | 3186,26         | 2124,17               | 2761,42                               | 55 x 55      |
|        | S1507 | 86,85              | 30,5           | 0                              | 0              | 40,29          | 69,22          | 30,63          | 1007,46                   | 134,73         | 1234,45         | 165,23         | 1992,59         | 1328,39               | 1726,91                               | 45 x 45      |
|        | S1508 | 89,69              | 31,5           | 0                              | 0              | 41,21          | 71,06          | 30,63          | 1032,67                   | 141,75         | 1265,26         | 173,25         | 2048,56         | 1365,70               | 1775,42                               | 45 x 45      |
|        | S1509 | 142,62             | 50,09          | 30,58                          | 10,49          | 50,86          | 60,54          | 30,63          | 1439,6                    | 272,32         | 1754,83         | 332,9          | 2989,40         | 1992,93               | 2590,81                               | 55 x 55      |
|        | S1510 | 125,53             | 45,18          | 28,9                           | 9,91           | 48,23          | 57,42          | 30,63          | 1336,61                   | 247,36         | 1627,32         | 302,45         | 2762,16         | 1841,44               | 2393,87                               | 55 x 55      |
|        | S1511 | 81,57              | 28,65          | 0                              | 0              | 38,58          | 65,81          | 30,63          | 971,54                    | 128,92         | 1188,13         | 157,57         | 1915,49         | 1276,99               | 1660,09                               | 45 x 45      |
|        | S1512 | 100,82             | 35,41          | 0                              | 0              | 40,55          | 69,32          | 30,63          | 1075,75                   | 159,34         | 1317,07         | 194,75         | 2155,49         | 1436,99               | 1868,09                               | 45 x 45      |

**Tablo 12.13 :** 14. Kat Kolonları Ön Boyutlandırılması

| Kat No | Kolon | Normal Döşeme (kN) |                | Banyo ve Koridor Döşemesi (kN) |                | Kiriş (kN)     | Duvar (kN)     | Kolon (kN)     | Üst Kattan Gelen Yük (kN) |                | Toplam Yük (kN) |                | Hesap Yüğü (kN) | Ac (cm <sup>2</sup> ) | $\alpha \times \text{Ac}$ (cm <sup>2</sup> ) | Kolon Boyutu |
|--------|-------|--------------------|----------------|--------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------------|----------------------------------------------|--------------|
|        |       | N <sub>g</sub>     | N <sub>q</sub> | N <sub>g</sub>                 | N <sub>q</sub> | N <sub>g</sub> | N <sub>g</sub> | N <sub>g</sub> | N <sub>g</sub>            | N <sub>q</sub> | N <sub>g</sub>  | N <sub>q</sub> | N <sub>dm</sub> |                       |                                              |              |
| 14     | S1401 | 52,03              | 18,27          | 0                              | 0              | 21,99          | 43,97          | 30,63          | 807,57                    | 100,49         | 956,19          | 118,76         | 1528,68         | 1019,12               | 1324,85                                      | 45 x 45      |
|        | S1402 | 99,11              | 34,8           | 0                              | 0              | 43,466         | 76,35          | 30,63          | 1360,97                   | 188,89         | 1610,53         | 223,69         | 2612,64         | 1741,76               | 2264,28                                      | 55 x 55      |
|        | S1403 | 47,08              | 16,53          | 0                              | 0              | 28,35          | 56,69          | 30,63          | 884,58                    | 91,79          | 1047,33         | 108,32         | 1639,57         | 1093,04               | 1420,96                                      | 45 x 45      |
|        | S1404 | 47,89              | 16,82          | 0                              | 0              | 28,61          | 57,23          | 30,63          | 877,38                    | 92,51          | 1041,74         | 109,33         | 1633,36         | 1088,90               | 1415,58                                      | 45 x 45      |
|        | S1405 | 100,82             | 35,41          | 0                              | 0              | 41,93          | 72,07          | 30,63          | 1324,52                   | 191,56         | 1569,97         | 226,97         | 2561,11         | 1707,40               | 2219,62                                      | 55 x 55      |
|        | S1406 | 182,84             | 64,21          | 0                              | 0              | 56,37          | 67,11          | 30,63          | 1878,7                    | 347,55         | 2215,65         | 411,76         | 3760,72         | 2507,15               | 3259,29                                      | 65 x 65      |
|        | S1407 | 86,85              | 30,5           | 0                              | 0              | 40,29          | 69,22          | 30,63          | 1234,45                   | 165,23         | 1461,44         | 195,73         | 2359,18         | 1572,78               | 2044,62                                      | 55 x 55      |
|        | S1408 | 89,69              | 31,5           | 0                              | 0              | 41,21          | 71,06          | 30,63          | 1265,26                   | 173,25         | 1497,85         | 204,75         | 2424,59         | 1616,39               | 2101,31                                      | 55 x 55      |
|        | S1409 | 142,62             | 50,09          | 30,58                          | 10,49          | 50,86          | 60,54          | 30,63          | 1754,83                   | 332,9          | 2070,06         | 393,48         | 3527,65         | 2351,76               | 3057,29                                      | 65 x 65      |
|        | S1410 | 125,53             | 45,18          | 28,9                           | 9,91           | 48,23          | 57,42          | 30,63          | 1627,32                   | 302,45         | 1918,03         | 357,54         | 3257,30         | 2171,53               | 2822,99                                      | 65 x 65      |
|        | S1411 | 81,57              | 28,65          | 0                              | 0              | 38,58          | 65,81          | 30,63          | 1188,13                   | 157,57         | 1404,72         | 186,22         | 2264,56         | 1509,70               | 1962,61                                      | 55 x 55      |
|        | S1412 | 100,82             | 35,41          | 0                              | 0              | 40,55          | 69,32          | 30,63          | 1317,07                   | 194,75         | 1558,39         | 230,16         | 2550,00         | 1700,00               | 2210,00                                      | 55 x 55      |



**Tablo 12.14 :** 13. Kat Kolonları Ön Boyutlandırılması

| Kat No | Kolon | Normal Döşeme (kN) |                | Banyo ve Koridor Döşemesi (kN) |                | Kiriş (kN)     | Duvar (kN)     | Kolon (kN)     | Üst Kattan Gelen Yük (kN) |                | Toplam Yük (kN) |                | Hesap Yüğü (kN) | Ac (cm <sup>2</sup> ) | $\alpha \times \text{Ac}$ (cm <sup>2</sup> ) | Kolon Boyutu |
|--------|-------|--------------------|----------------|--------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------------|----------------------------------------------|--------------|
|        |       | N <sub>g</sub>     | N <sub>q</sub> | N <sub>g</sub>                 | N <sub>q</sub> | N <sub>g</sub> | N <sub>g</sub> | N <sub>g</sub> | N <sub>g</sub>            | N <sub>q</sub> | N <sub>g</sub>  | N <sub>q</sub> | N <sub>dm</sub> |                       |                                              |              |
| 13     | S1301 | 52,03              | 18,27          | 0                              | 0              | 21,99          | 43,97          | 30,63          | 956,19                    | 118,76         | 1104,81         | 137,03         | 1765,98         | 1177,32               | 1530,51                                      | 45 x 45      |
|        | S1302 | 99,11              | 34,8           | 0                              | 0              | 43,466         | 76,35          | 30,63          | 1610,53                   | 223,69         | 1860,08         | 258,49         | 3017,69         | 2011,79               | 2615,33                                      | 55 x 55      |
|        | S1303 | 47,08              | 16,53          | 0                              | 0              | 28,35          | 56,69          | 30,63          | 1047,33                   | 108,32         | 1210,08         | 124,85         | 1893,87         | 1262,58               | 1641,35                                      | 45 x 45      |
|        | S1304 | 47,89              | 16,82          | 0                              | 0              | 28,61          | 57,23          | 30,63          | 1041,74                   | 109,33         | 1206,1          | 126,15         | 1890,38         | 1260,25               | 1638,32                                      | 45 x 45      |
|        | S1305 | 100,82             | 35,41          | 0                              | 0              | 41,93          | 72,07          | 30,63          | 1569,97                   | 226,97         | 1815,42         | 262,38         | 2961,39         | 1974,26               | 2566,54                                      | 55 x 55      |
|        | S1306 | 182,84             | 64,21          | 0                              | 0              | 56,37          | 67,11          | 30,63          | 2215,65                   | 411,76         | 2552,6          | 475,97         | 4335,19         | 2890,12               | 3757,16                                      | 65 x 65      |
|        | S1307 | 86,85              | 30,5           | 0                              | 0              | 40,29          | 69,22          | 30,63          | 1461,44                   | 195,73         | 1688,43         | 226,23         | 2725,77         | 1817,18               | 2362,33                                      | 55 x 55      |
|        | S1308 | 89,69              | 31,5           | 0                              | 0              | 41,21          | 71,06          | 30,63          | 1497,85                   | 204,75         | 1730,44         | 236,25         | 2800,61         | 1867,07               | 2427,20                                      | 55 x 55      |
|        | S1309 | 142,62             | 50,09          | 30,58                          | 10,49          | 50,86          | 60,54          | 30,63          | 2070,06                   | 393,48         | 2385,29         | 454,06         | 4065,90         | 2710,60               | 3523,78                                      | 65 x 65      |
|        | S1310 | 125,53             | 45,18          | 28,9                           | 9,91           | 48,23          | 57,42          | 30,63          | 1918,03                   | 357,54         | 2208,74         | 412,63         | 3752,44         | 2501,62               | 3252,11                                      | 65 x 65      |
|        | S1311 | 81,57              | 28,65          | 0                              | 0              | 38,58          | 65,81          | 30,63          | 1404,72                   | 186,22         | 1621,31         | 214,87         | 2613,62         | 1742,41               | 2265,14                                      | 55 x 55      |
|        | S1312 | 100,82             | 35,41          | 0                              | 0              | 40,55          | 69,32          | 30,63          | 1558,39                   | 230,16         | 1799,71         | 265,57         | 2944,50         | 1963,00               | 2551,90                                      | 55 x 55      |

**Tablo 12.15 :** 12. Kat Kolonları Ön Boyutlandırılması

| Kat No | Kolon | Normal Döşeme (kN) |                | Banyo ve Koridor Döşemesi (kN) |                | Kiriş (kN)     | Duvar (kN)     | Kolon (kN)     | Üst Kattan Gelen Yük (kN) |                | Toplam Yük (kN) |                | Hesap Yüğü (kN) | Ac (cm <sup>2</sup> ) | $\alpha \times \text{Ac}$ (cm <sup>2</sup> ) | Kolon Boyutu |
|--------|-------|--------------------|----------------|--------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------------|----------------------------------------------|--------------|
|        |       | N <sub>g</sub>     | N <sub>q</sub> | N <sub>g</sub>                 | N <sub>q</sub> | N <sub>g</sub> | N <sub>g</sub> | N <sub>g</sub> | N <sub>g</sub>            | N <sub>q</sub> | N <sub>g</sub>  | N <sub>q</sub> | N <sub>dm</sub> |                       |                                              |              |
| 12     | S1201 | 52,03              | 18,27          | 0                              | 0              | 21,99          | 43,97          | 30,63          | 1104,81                   | 137,03         | 1253,43         | 155,30         | 2003,28         | 1335,52               | 1736,17                                      | 50 x 50      |
|        | S1202 | 99,11              | 34,8           | 0                              | 0              | 43,466         | 76,35          | 30,63          | 1860,08                   | 258,49         | 2109,64         | 293,29         | 3422,75         | 2281,83               | 2966,39                                      | 60 x 60      |
|        | S1203 | 47,08              | 16,53          | 0                              | 0              | 28,35          | 56,69          | 30,63          | 1210,08                   | 124,85         | 1372,83         | 141,38         | 2148,17         | 1432,11               | 1861,74                                      | 50 x 50      |
|        | S1204 | 47,89              | 16,82          | 0                              | 0              | 28,61          | 57,23          | 30,63          | 1206,1                    | 126,15         | 1370,46         | 142,97         | 2147,39         | 1431,59               | 1861,07                                      | 50 x 50      |
|        | S1205 | 100,82             | 35,41          | 0                              | 0              | 41,93          | 72,07          | 30,63          | 1815,42                   | 262,38         | 2060,87         | 297,79         | 3361,68         | 2241,12               | 2913,45                                      | 60 x 60      |
|        | S1206 | 182,84             | 64,21          | 0                              | 0              | 56,37          | 67,11          | 30,63          | 2552,6                    | 475,97         | 2889,55         | 540,18         | 4909,65         | 3273,10               | 4255,03                                      | 70 x 70      |
|        | S1207 | 86,85              | 30,5           | 0                              | 0              | 40,29          | 69,22          | 30,63          | 1688,43                   | 226,23         | 1915,42         | 256,73         | 3092,35         | 2061,57               | 2680,04                                      | 60 x 60      |
|        | S1208 | 89,69              | 31,5           | 0                              | 0              | 41,21          | 71,06          | 30,63          | 1730,44                   | 236,25         | 1963,03         | 267,75         | 3176,64         | 2117,76               | 2753,09                                      | 60 x 60      |
|        | S1209 | 142,62             | 50,09          | 30,58                          | 10,49          | 50,86          | 60,54          | 30,63          | 2385,29                   | 454,06         | 2700,52         | 514,64         | 4604,15         | 3069,43               | 3990,26                                      | 70 x 70      |
|        | S1210 | 125,53             | 45,18          | 28,9                           | 9,91           | 48,23          | 57,42          | 30,63          | 2208,74                   | 412,63         | 2499,45         | 467,72         | 4247,58         | 2831,72               | 3681,23                                      | 70 x 70      |
|        | S1211 | 81,57              | 28,65          | 0                              | 0              | 38,58          | 65,81          | 30,63          | 1621,31                   | 214,87         | 1837,9          | 243,52         | 2962,69         | 1975,12               | 2567,66                                      | 60 x 60      |
|        | S1212 | 100,82             | 35,41          | 0                              | 0              | 40,55          | 69,32          | 30,63          | 1799,71                   | 265,57         | 2041,03         | 300,98         | 3339,01         | 2226,00               | 2893,80                                      | 60 x 60      |

**Tablo 12.16 :** 11. Kat Kolonları Ön Boyutlandırılması

| Kat No | Kolon | Normal Döşeme (kN) |                | Banyo ve Koridor Döşemesi (kN) |                | Kiriş (kN)     | Duvar (kN)     | Kolon (kN)     | Üst Kattan Gelen Yük (kN) |                | Toplam Yük (kN) |                | Hesap Yüğü (kN) | Ac (cm <sup>2</sup> ) | $\alpha \times \text{Ac}$ (cm <sup>2</sup> ) | Kolon Boyutu |
|--------|-------|--------------------|----------------|--------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------------|----------------------------------------------|--------------|
|        |       | N <sub>g</sub>     | N <sub>q</sub> | N <sub>g</sub>                 | N <sub>q</sub> | N <sub>g</sub> | N <sub>g</sub> | N <sub>g</sub> | N <sub>g</sub>            | N <sub>q</sub> | N <sub>g</sub>  | N <sub>q</sub> | N <sub>dm</sub> |                       |                                              |              |
| 11     | S1101 | 52,03              | 18,27          | 0                              | 0              | 21,99          | 43,97          | 30,63          | 1253,43                   | 155,3          | 1402,05         | 173,57         | 2240,58         | 1493,72               | 1941,83                                      | 50 x 50      |
|        | S1102 | 99,11              | 34,8           | 0                              | 0              | 43,466         | 76,35          | 30,63          | 2109,64                   | 293,29         | 2359,19         | 328,09         | 3827,81         | 2551,87               | 3317,44                                      | 60 x 60      |
|        | S1103 | 47,08              | 16,53          | 0                              | 0              | 28,35          | 56,69          | 30,63          | 1372,83                   | 141,38         | 1535,58         | 157,91         | 2402,46         | 1601,64               | 2082,13                                      | 50 x 50      |
|        | S1104 | 47,89              | 16,82          | 0                              | 0              | 28,61          | 57,23          | 30,63          | 1370,46                   | 142,97         | 1534,82         | 159,79         | 2404,41         | 1602,94               | 2083,82                                      | 50 x 50      |
|        | S1105 | 100,82             | 35,41          | 0                              | 0              | 41,93          | 72,07          | 30,63          | 2060,87                   | 297,79         | 2306,32         | 333,2          | 3761,96         | 2507,97               | 3260,37                                      | 60 x 60      |
|        | S1106 | 182,84             | 64,21          | 0                              | 0              | 56,37          | 67,11          | 30,63          | 2889,55                   | 540,18         | 3226,5          | 604,39         | 5484,12         | 3656,08               | 4752,90                                      | 70 x 70      |
|        | S1107 | 86,85              | 30,5           | 0                              | 0              | 40,29          | 69,22          | 30,63          | 1915,42                   | 256,73         | 2142,41         | 287,23         | 3458,94         | 2305,96               | 2997,75                                      | 60 x 60      |
|        | S1108 | 89,69              | 31,5           | 0                              | 0              | 41,21          | 71,06          | 30,63          | 1963,03                   | 267,75         | 2195,62         | 299,25         | 3552,66         | 2368,44               | 3078,979                                     | 60 x 60      |
|        | S1109 | 142,62             | 50,09          | 30,58                          | 10,49          | 50,86          | 60,54          | 30,63          | 2700,52                   | 514,64         | 3015,75         | 575,22         | 5142,40         | 3428,26               | 4456,74                                      | 70 x 70      |
|        | S1110 | 125,53             | 45,18          | 28,9                           | 9,91           | 48,23          | 57,42          | 30,63          | 2499,45                   | 467,72         | 2790,16         | 522,81         | 4742,72         | 3161,81               | 4110,35                                      | 70 x 70      |
|        | S1111 | 81,57              | 28,65          | 0                              | 0              | 38,58          | 65,81          | 30,63          | 1837,9                    | 243,52         | 2054,49         | 272,17         | 3311,75         | 2207,83               | 2870,19                                      | 60 x 60      |
|        | S1112 | 100,82             | 35,41          | 0                              | 0              | 40,55          | 69,32          | 30,63          | 2041,03                   | 300,98         | 2282,35         | 336,39         | 3733,51         | 2489,00               | 3235,71                                      | 60 x 60      |

**Tablo 12.17 :** 10. Kat Kolonları Ön Boyutlandırılması

| Kat No | Kolon | Normal Döşeme (kN) |                | Banyo ve Koridor Döşemesi (kN) |                | Kiriş (kN)     | Duvar (kN)     | Kolon (kN)     | Üst Kattan Gelen Yük (kN) |                | Toplam Yük (kN) |                | Hesap Yüğü (kN) | Ac (cm <sup>2</sup> ) | $\alpha \times \text{Ac}$ (cm <sup>2</sup> ) | Kolon Boyutu |
|--------|-------|--------------------|----------------|--------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------------|----------------------------------------------|--------------|
|        |       | N <sub>g</sub>     | N <sub>q</sub> | N <sub>g</sub>                 | N <sub>q</sub> | N <sub>g</sub> | N <sub>g</sub> | N <sub>g</sub> | N <sub>g</sub>            | N <sub>q</sub> | N <sub>g</sub>  | N <sub>q</sub> | N <sub>dm</sub> |                       |                                              |              |
| 10     | S1001 | 52,03              | 18,27          | 0                              | 0              | 21,99          | 43,97          | 30,63          | 1402,05                   | 173,57         | 1550,67         | 191,84         | 2477,88         | 1651,92               | 2147,49                                      | 55 x 55      |
|        | S1002 | 99,11              | 34,8           | 0                              | 0              | 43,466         | 76,35          | 30,63          | 2359,19                   | 328,09         | 2608,75         | 362,89         | 4232,87         | 2821,91               | 3668,49                                      | 65 x 65      |
|        | S1003 | 47,08              | 16,53          | 0                              | 0              | 28,35          | 56,69          | 30,63          | 1535,58                   | 157,91         | 1698,33         | 174,44         | 2656,76         | 1771,17               | 2302,53                                      | 55 x 55      |
|        | S1004 | 47,89              | 16,82          | 0                              | 0              | 28,61          | 57,23          | 30,63          | 1534,82                   | 159,79         | 1699,18         | 176,61         | 2661,42         | 1774,28               | 2306,57                                      | 55 x 55      |
|        | S1005 | 100,82             | 35,41          | 0                              | 0              | 41,93          | 72,07          | 30,63          | 2306,32                   | 333,2          | 2551,77         | 368,61         | 4162,25         | 2774,83               | 3607,28                                      | 65 x 65      |
|        | S1006 | 182,84             | 64,21          | 0                              | 0              | 56,37          | 67,11          | 30,63          | 3226,5                    | 604,39         | 3563,45         | 668,6          | 6058,59         | 4039,06               | 5250,77                                      | 80 x 80      |
|        | S1007 | 86,85              | 30,5           | 0                              | 0              | 40,29          | 69,22          | 30,63          | 2142,41                   | 287,23         | 2369,4          | 317,73         | 3825,52         | 2550,35               | 3315,45                                      | 65 x 65      |
|        | S1008 | 89,69              | 31,5           | 0                              | 0              | 41,21          | 71,06          | 30,63          | 2195,62                   | 299,25         | 2428,21         | 330,75         | 3928,69         | 2619,12               | 3404,86                                      | 65 x 65      |
|        | S1009 | 142,62             | 50,09          | 30,58                          | 10,49          | 50,86          | 60,54          | 30,63          | 3015,75                   | 575,22         | 3330,98         | 635,8          | 5680,65         | 3787,10               | 4923,23                                      | 80 x 80      |
|        | S1010 | 125,53             | 45,18          | 28,9                           | 9,91           | 48,23          | 57,42          | 30,63          | 2790,16                   | 522,81         | 3080,87         | 577,9          | 5237,85         | 3491,90               | 4539,47                                      | 80 x 80      |
|        | S1011 | 81,57              | 28,65          | 0                              | 0              | 38,58          | 65,81          | 30,63          | 2054,49                   | 272,17         | 2271,08         | 300,82         | 3660,82         | 2440,54               | 3172,71                                      | 65 x 65      |
|        | S1012 | 100,82             | 35,41          | 0                              | 0              | 40,55          | 69,32          | 30,63          | 2282,35                   | 336,39         | 2523,67         | 371,8          | 4128,01         | 2752,01               | 3577,61                                      | 80 x 80      |

**Tablo 12.18 :** 9. Kat Kolonları Ön Boyutlandırılması

| Kat No | Kolon | Normal Döşeme (kN) |                | Banyo ve Koridor Döşemesi (kN) |                | Kiriş (kN)     | Duvar (kN)     | Kolon (kN)     | Üst Kattan Gelen Yük (kN) |                | Toplam Yük (kN) |                | Hesap Yüğü (kN) | Ac (cm <sup>2</sup> ) | $\alpha \times \text{Ac}$ (cm <sup>2</sup> ) | Kolon Boyutu |
|--------|-------|--------------------|----------------|--------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------------|----------------------------------------------|--------------|
|        |       | N <sub>g</sub>     | N <sub>q</sub> | N <sub>g</sub>                 | N <sub>q</sub> | N <sub>g</sub> | N <sub>g</sub> | N <sub>g</sub> | N <sub>g</sub>            | N <sub>q</sub> | N <sub>g</sub>  | N <sub>q</sub> | N <sub>dm</sub> |                       |                                              |              |
| 9      | S0901 | 52,03              | 18,27          | 0                              | 0              | 21,99          | 43,97          | 30,63          | 1550,67                   | 191,84         | 1699,29         | 210,11         | 2715,18         | 1810,12               | 2353,15                                      | 55 x 55      |
|        | S0902 | 99,11              | 34,8           | 0                              | 0              | 43,466         | 76,35          | 30,63          | 2608,75                   | 362,89         | 2858,31         | 397,69         | 4637,93         | 3091,95               | 4019,54                                      | 65 x 65      |
|        | S0903 | 47,08              | 16,53          | 0                              | 0              | 28,35          | 56,69          | 30,63          | 1698,33                   | 174,44         | 1861,08         | 190,97         | 2911,06         | 1940,70               | 2522,92                                      | 55 x 55      |
|        | S0904 | 47,89              | 16,82          | 0                              | 0              | 28,61          | 57,23          | 30,63          | 1699,18                   | 176,61         | 1863,54         | 193,43         | 2918,44         | 1945,62               | 2529,31                                      | 55 x 55      |
|        | S0905 | 100,82             | 35,41          | 0                              | 0              | 41,93          | 72,07          | 30,63          | 2551,77                   | 368,61         | 2797,22         | 404,02         | 4562,54         | 3041,69               | 3954,20                                      | 65 x 65      |
|        | S0906 | 182,84             | 64,21          | 0                              | 0              | 56,37          | 67,11          | 30,63          | 3563,45                   | 668,6          | 3900,4          | 732,81         | 6633,05         | 4422,03               | 5748,64                                      | 80 x 80      |
|        | S0907 | 86,85              | 30,5           | 0                              | 0              | 40,29          | 69,22          | 30,63          | 2369,4                    | 317,73         | 2596,39         | 348,23         | 4192,11         | 2794,74               | 3633,16                                      | 65 x 65      |
|        | S0908 | 89,69              | 31,5           | 0                              | 0              | 41,21          | 71,06          | 30,63          | 2428,21                   | 330,75         | 2660,8          | 362,25         | 4304,72         | 2869,81               | 3730,75                                      | 65 x 65      |
|        | S0909 | 142,62             | 50,09          | 30,58                          | 10,49          | 50,86          | 60,54          | 30,63          | 3330,98                   | 635,8          | 3646,21         | 696,38         | 6218,90         | 4145,93               | 5389,71                                      | 80 x 80      |
|        | S0910 | 125,53             | 45,18          | 28,9                           | 9,91           | 48,23          | 57,42          | 30,63          | 3080,87                   | 577,9          | 3371,58         | 632,99         | 5732,99         | 3821,99               | 4968,59                                      | 80 x 80      |
|        | S0911 | 81,57              | 28,65          | 0                              | 0              | 38,58          | 65,81          | 30,63          | 2271,08                   | 300,82         | 2487,67         | 329,47         | 4009,89         | 2673,26               | 3475,23                                      | 65 x 65      |
|        | S0912 | 100,82             | 35,41          | 0                              | 0              | 40,55          | 69,32          | 30,63          | 2523,67                   | 371,8          | 2764,99         | 407,21         | 4522,52         | 3015,01               | 3919,51                                      | 80 x 80      |

**Tablo 12.19 : 8. Kat Kolonları Ön Boyutlandırılması**

| Kat No | Kolon | Normal Döşeme (kN) |                | Banyo ve Koridor Döşemesi (kN) |                | Kiriş (kN)     | Duvar (kN)     | Kolon (kN)     | Üst Kattan Gelen Yük (kN) |                | Toplam Yük (kN) |                | Hesap Yüğü (kN) | Ac (cm <sup>2</sup> ) | $\alpha \times \text{Ac}$ (cm <sup>2</sup> ) | Kolon Boyutu |
|--------|-------|--------------------|----------------|--------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------------|----------------------------------------------|--------------|
|        |       | N <sub>g</sub>     | N <sub>q</sub> | N <sub>g</sub>                 | N <sub>q</sub> | N <sub>g</sub> | N <sub>g</sub> | N <sub>g</sub> | N <sub>g</sub>            | N <sub>q</sub> | N <sub>g</sub>  | N <sub>q</sub> | N <sub>dm</sub> |                       |                                              |              |
| 8      | S0801 | 52,03              | 18,27          | 0                              | 0              | 21,99          | 43,97          | 30,63          | 1699,29                   | 210,11         | 1847,91         | 228,38         | 2952,48         | 1968,32               | 2558,82                                      | 60 x 60      |
|        | S0802 | 99,11              | 34,8           | 0                              | 0              | 43,466         | 76,35          | 30,63          | 2858,31                   | 397,69         | 3107,862        | 432,49         | 5042,99         | 3361,99               | 4370,59                                      | 70 x 70      |
|        | S0803 | 47,08              | 16,53          | 0                              | 0              | 28,35          | 56,69          | 30,63          | 1861,08                   | 190,97         | 2023,83         | 207,5          | 3165,36         | 2110,24               | 2743,31                                      | 60 x 60      |
|        | S0804 | 47,89              | 16,82          | 0                              | 0              | 28,61          | 57,23          | 30,63          | 1863,54                   | 193,43         | 2027,9          | 210,25         | 3175,46         | 2116,97               | 2752,07                                      | 60 x 60      |
|        | S0805 | 100,82             | 35,41          | 0                              | 0              | 41,93          | 72,07          | 30,63          | 2797,22                   | 404,02         | 3042,67         | 439,43         | 4962,83         | 3308,55               | 4301,12                                      | 70 x 70      |
|        | S0806 | 182,84             | 64,21          | 0                              | 0              | 56,37          | 67,11          | 30,63          | 3900,4                    | 732,81         | 4237,35         | 797,02         | 7207,52         | 4805,01               | 6246,52                                      | 85 x 85      |
|        | S0807 | 86,85              | 30,5           | 0                              | 0              | 40,29          | 69,22          | 30,63          | 2596,39                   | 348,23         | 2823,38         | 378,73         | 4558,70         | 3039,13               | 3950,87                                      | 70 x 70      |
|        | S0808 | 89,69              | 31,5           | 0                              | 0              | 41,21          | 71,06          | 30,63          | 2660,8                    | 362,25         | 2893,39         | 393,75         | 4680,75         | 3120,50               | 4056,65                                      | 70 x 70      |
|        | S0809 | 142,62             | 50,09          | 30,58                          | 10,49          | 50,86          | 60,54          | 30,63          | 3646,21                   | 696,38         | 3961,44         | 756,96         | 6757,15         | 4504,77               | 5856,20                                      | 85 x 85      |
|        | S0810 | 125,53             | 45,18          | 28,9                           | 9,91           | 48,23          | 57,42          | 30,63          | 3371,58                   | 632,99         | 3662,29         | 688,08         | 6228,13         | 4152,09               | 5397,72                                      | 85 x 85      |
|        | S0811 | 81,57              | 28,65          | 0                              | 0              | 38,58          | 65,81          | 30,63          | 2487,67                   | 329,47         | 2704,26         | 358,12         | 4358,96         | 2905,97               | 3777,76                                      | 70 x 70      |
|        | S0812 | 100,82             | 35,41          | 0                              | 0              | 40,55          | 69,32          | 30,63          | 2764,99                   | 407,21         | 3006,31         | 442,62         | 4917,03         | 3278,02               | 4261,42                                      | 70 x 70      |

**Tablo 12.20 : 7. Kat Kolonları Ön Boyutlandırılması**

| Kat No | Kolon | Normal Döşeme (kN) |                | Banyo ve Koridor Döşemesi (kN) |                | Kiriş (kN)     | Duvar (kN)     | Kolon (kN)     | Üst Kattan Gelen Yük (kN) |                | Toplam Yük (kN) |                | Hesap Yüğü (kN) | Ac (cm <sup>2</sup> ) | $\alpha \times \text{Ac}$ (cm <sup>2</sup> ) | Kolon Boyutu |
|--------|-------|--------------------|----------------|--------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------------|----------------------------------------------|--------------|
|        |       | N <sub>g</sub>     | N <sub>q</sub> | N <sub>g</sub>                 | N <sub>q</sub> | N <sub>g</sub> | N <sub>g</sub> | N <sub>g</sub> | N <sub>g</sub>            | N <sub>q</sub> | N <sub>g</sub>  | N <sub>q</sub> | N <sub>dm</sub> |                       |                                              |              |
| 7      | S0701 | 52,03              | 18,27          | 0                              | 0              | 21,99          | 43,97          | 30,63          | 1847,91                   | 228,38         | 1996,53         | 246,65         | 3189,78         | 2126,52               | 2764,47                                      | 60 x 60      |
|        | S0702 | 99,11              | 34,8           | 0                              | 0              | 43,466         | 76,35          | 30,63          | 3107,86                   | 432,49         | 3357,42         | 467,29         | 5448,04         | 3632,03               | 4721,64                                      | 70 x 70      |
|        | S0703 | 47,08              | 16,53          | 0                              | 0              | 28,35          | 56,69          | 30,63          | 2023,83                   | 207,5          | 2186,58         | 224,03         | 3419,66         | 2279,77               | 2963,70                                      | 60 x 60      |
|        | S0704 | 47,89              | 16,82          | 0                              | 0              | 28,61          | 57,23          | 30,63          | 2027,9                    | 210,25         | 2192,26         | 227,07         | 3432,47         | 2288,31               | 2974,81                                      | 60 x 60      |
|        | S0705 | 100,82             | 35,41          | 0                              | 0              | 41,93          | 72,07          | 30,63          | 3042,67                   | 439,43         | 3288,12         | 474,84         | 5363,11         | 3575,40               | 4648,03                                      | 70 x 70      |
|        | S0706 | 182,84             | 64,21          | 0                              | 0              | 56,37          | 67,11          | 30,63          | 4237,35                   | 797,02         | 4574,3          | 861,23         | 7781,98         | 5187,99               | 6744,39                                      | 85 x 85      |
|        | S0707 | 86,85              | 30,5           | 0                              | 0              | 40,29          | 69,22          | 30,63          | 2823,38                   | 378,73         | 3050,37         | 409,23         | 4925,28         | 3283,52               | 4268,58                                      | 70 x 70      |
|        | S0708 | 89,69              | 31,5           | 0                              | 0              | 41,21          | 71,06          | 30,63          | 2893,39                   | 393,75         | 3125,98         | 425,25         | 5056,77         | 3371,18               | 4382,53                                      | 70 x 70      |
|        | S0709 | 142,62             | 50,09          | 30,58                          | 10,49          | 50,86          | 60,54          | 30,63          | 3961,44                   | 756,96         | 4276,67         | 817,54         | 7295,40         | 4863,60               | 6322,68                                      | 85 x 85      |
|        | S0710 | 125,53             | 45,18          | 28,9                           | 9,91           | 48,23          | 57,42          | 30,63          | 3662,29                   | 688,08         | 3953            | 743,17         | 6723,27         | 4482,18               | 5826,83                                      | 85 x 85      |
|        | S0711 | 81,57              | 28,65          | 0                              | 0              | 38,58          | 65,81          | 30,63          | 2704,26                   | 358,12         | 2920,85         | 386,77         | 4708,02         | 3138,68               | 4080,28                                      | 70 x 70      |
|        | S0712 | 100,82             | 35,41          | 0                              | 0              | 40,55          | 69,32          | 30,63          | 3006,31                   | 442,62         | 3247,63         | 478,03         | 5311,53         | 3541,02               | 4603,32                                      | 70 x 70      |

**Tablo 12.21 :** 6. Kat Kolonları Ön Boyutlandırılması

| Kat No | Kolon | Normal Döşeme (kN) |                | Banyo ve Koridor Döşemesi (kN) |                | Kiriş (kN)     | Duvar (kN)     | Kolon (kN)     | Üst Kattan Gelen Yük (kN) |                | Toplam Yük (kN) |                | Hesap Yüğü (kN) | Ac (cm <sup>2</sup> ) | $\alpha \times \text{Ac}$ (cm <sup>2</sup> ) | Kolon Boyutu |
|--------|-------|--------------------|----------------|--------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------------|----------------------------------------------|--------------|
|        |       | N <sub>g</sub>     | N <sub>q</sub> | N <sub>g</sub>                 | N <sub>q</sub> | N <sub>g</sub> | N <sub>g</sub> | N <sub>g</sub> | N <sub>g</sub>            | N <sub>q</sub> | N <sub>g</sub>  | N <sub>q</sub> | N <sub>dm</sub> |                       |                                              |              |
| 6      | S0601 | 52,03              | 18,27          | 0                              | 0              | 21,99          | 43,97          | 30,63          | 1996,53                   | 246,65         | 2145,15         | 264,92         | 3427,08         | 2284,72               | 2970,13                                      | 60 x 60      |
|        | S0602 | 99,11              | 34,8           | 0                              | 0              | 43,466         | 76,35          | 30,63          | 3357,42                   | 467,29         | 3606,97         | 502,09         | 5853,10         | 3902,07               | 5072,69                                      | 75 x 75      |
|        | S0603 | 47,08              | 16,53          | 0                              | 0              | 28,35          | 56,69          | 30,63          | 2186,58                   | 224,03         | 2349,33         | 240,56         | 3673,95         | 2449,30               | 3184,09                                      | 60 x 60      |
|        | S0604 | 47,89              | 16,82          | 0                              | 0              | 28,61          | 57,23          | 30,63          | 2192,26                   | 227,07         | 2356,62         | 243,89         | 3689,49         | 2459,66               | 3197,56                                      | 60 x 60      |
|        | S0605 | 100,82             | 35,41          | 0                              | 0              | 41,93          | 72,07          | 30,63          | 3288,12                   | 474,84         | 3533,57         | 510,25         | 5763,39         | 3842,26               | 4994,94                                      | 75 x 75      |
|        | S0606 | 182,84             | 64,21          | 0                              | 0              | 56,37          | 67,11          | 30,63          | 4574,3                    | 861,23         | 4911,25         | 925,44         | 8356,45         | 5570,96               | 7242,26                                      | 90 x 90      |
|        | S0607 | 86,85              | 30,5           | 0                              | 0              | 40,29          | 69,22          | 30,63          | 3050,37                   | 409,23         | 3277,36         | 439,73         | 5291,87         | 3527,91               | 4586,28                                      | 75 x 75      |
|        | S0608 | 89,69              | 31,5           | 0                              | 0              | 41,21          | 71,06          | 30,63          | 3125,98                   | 425,25         | 3358,57         | 456,75         | 5432,79         | 3621,86               | 4708,42                                      | 75 x 75      |
|        | S0609 | 142,62             | 50,09          | 30,58                          | 10,49          | 50,86          | 60,54          | 30,63          | 4276,67                   | 817,54         | 4591,9          | 878,12         | 7833,65         | 5222,43               | 6789,16                                      | 90 x 90      |
|        | S0610 | 125,53             | 45,18          | 28,9                           | 9,91           | 48,23          | 57,42          | 30,63          | 3953                      | 743,17         | 4243,71         | 798,26         | 7218,41         | 4812,27               | 6255,95                                      | 90 x 90      |
|        | S0611 | 81,57              | 28,65          | 0                              | 0              | 38,58          | 65,81          | 30,63          | 2920,85                   | 386,77         | 3137,44         | 415,42         | 5057,08         | 3371,39               | 4382,81                                      | 75 x 75      |
|        | S0612 | 100,82             | 35,41          | 0                              | 0              | 40,55          | 69,32          | 30,63          | 3247,63                   | 478,03         | 3488,95         | 513,44         | 5706,03         | 3804,02               | 4945,22                                      | 75 x 75      |



**Tablo 12.22 : 5. Kat Kolonları Ön Boyutlandırılması**

| Kat No | Kolon | Normal Döşeme (kN) |                | Banyo ve Koridor Döşemesi (kN) |                | Kiriş (kN)     | Duvar (kN)     | Kolon (kN)     | Üst Kattan Gelen Yük (kN) |                | Toplam Yük (kN) |                | Hesap Yüğü (kN) | Ac (cm <sup>2</sup> ) | $\alpha \times \text{Ac}$ (cm <sup>2</sup> ) | Kolon Boyutu |
|--------|-------|--------------------|----------------|--------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------------|----------------------------------------------|--------------|
|        |       | N <sub>g</sub>     | N <sub>q</sub> | N <sub>g</sub>                 | N <sub>q</sub> | N <sub>g</sub> | N <sub>g</sub> | N <sub>g</sub> | N <sub>g</sub>            | N <sub>q</sub> | N <sub>g</sub>  | N <sub>q</sub> | N <sub>dm</sub> |                       |                                              |              |
| 5      | S0501 | 52,03              | 18,27          | 0                              | 0              | 21,99          | 43,97          | 30,63          | 2145,15                   | 264,92         | 2293,77         | 283,19         | 3664,38         | 2442,92               | 3175,79                                      | 60 x 60      |
|        | S0502 | 99,11              | 34,8           | 0                              | 0              | 43,466         | 76,35          | 30,63          | 3606,97                   | 502,09         | 3856,53         | 536,89         | 6258,16         | 4172,11               | 5423,74                                      | 75 x 75      |
|        | S0503 | 47,08              | 16,53          | 0                              | 0              | 28,35          | 56,69          | 30,63          | 2349,33                   | 240,56         | 2512,08         | 257,09         | 3928,25         | 2618,83               | 3404,48                                      | 60 x 60      |
|        | S0504 | 47,89              | 16,82          | 0                              | 0              | 28,61          | 57,23          | 30,63          | 2356,62                   | 243,89         | 2520,98         | 260,71         | 3946,50         | 2631,00               | 3420,30                                      | 60 x 60      |
|        | S0505 | 100,82             | 35,41          | 0                              | 0              | 41,93          | 72,07          | 30,63          | 3533,57                   | 510,25         | 3779,02         | 545,66         | 6163,68         | 4109,12               | 5341,85                                      | 75 x 75      |
|        | S0506 | 182,84             | 64,21          | 0                              | 0              | 56,37          | 67,11          | 30,63          | 4911,25                   | 925,44         | 5248,2          | 989,65         | 8930,92         | 5953,94               | 7740,13                                      | 90 x 90      |
|        | S0507 | 86,85              | 30,5           | 0                              | 0              | 40,29          | 69,22          | 30,63          | 3277,36                   | 439,73         | 3504,35         | 470,23         | 5658,45         | 3772,30               | 4903,99                                      | 75 x 75      |
|        | S0508 | 89,69              | 31,5           | 0                              | 0              | 41,21          | 71,06          | 30,63          | 3358,57                   | 456,75         | 3591,16         | 488,25         | 5808,82         | 3872,54               | 5034,31                                      | 75 x 75      |
|        | S0509 | 142,62             | 50,09          | 30,58                          | 10,49          | 50,86          | 60,54          | 30,63          | 4591,9                    | 878,12         | 4907,13         | 938,7          | 8371,90         | 5581,26               | 7255,64                                      | 90 x 90      |
|        | S0510 | 125,53             | 45,18          | 28,9                           | 9,91           | 48,23          | 57,42          | 30,63          | 4243,71                   | 798,26         | 4534,42         | 853,35         | 7713,54         | 5142,36               | 6685,07                                      | 90 x 90      |
|        | S0511 | 81,57              | 28,65          | 0                              | 0              | 38,58          | 65,81          | 30,63          | 3137,44                   | 415,42         | 3354,03         | 444,07         | 5406,15         | 3604,10               | 4685,33                                      | 75 x 75      |
|        | S0512 | 100,82             | 35,41          | 0                              | 0              | 40,55          | 69,32          | 30,63          | 3488,95                   | 513,44         | 3730,27         | 548,85         | 6100,53         | 4067,02               | 5287,13                                      | 75 x 75      |

**Tablo 12.23 :** 4. Kat Kolonları Ön Boyutlandırılması

| Kat No | Kolon | Normal Döşeme (kN) |                | Banyo ve Koridor Döşemesi (kN) |                | Kiriş (kN)     | Duvar (kN)     | Kolon (kN)     | Üst Kattan Gelen Yük (kN) |                | Toplam Yük (kN) |                | Hesap Yüğü (kN) | Ac (cm <sup>2</sup> ) | $\alpha \times \text{Ac}$ (cm <sup>2</sup> ) | Kolon Boyutu |
|--------|-------|--------------------|----------------|--------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------------|----------------------------------------------|--------------|
|        |       | N <sub>g</sub>     | N <sub>q</sub> | N <sub>g</sub>                 | N <sub>q</sub> | N <sub>g</sub> | N <sub>g</sub> | N <sub>g</sub> | N <sub>g</sub>            | N <sub>q</sub> | N <sub>g</sub>  | N <sub>q</sub> | N <sub>dm</sub> |                       |                                              |              |
| 4      | S0401 | 52,03              | 18,27          | 0                              | 0              | 21,99          | 43,97          | 30,63          | 2293,77                   | 283,19         | 2442,39         | 301,46         | 3901,68         | 2601,12               | 3381,45                                      | 65 x 65      |
|        | S0402 | 99,11              | 34,8           | 0                              | 0              | 43,466         | 76,35          | 30,63          | 3856,53                   | 536,89         | 4106,09         | 571,69         | 6663,22         | 4442,15               | 5774,79                                      | 80 x 80      |
|        | S0403 | 47,08              | 16,53          | 0                              | 0              | 28,35          | 56,69          | 30,63          | 2512,08                   | 257,09         | 2674,83         | 273,62         | 4182,55         | 2788,36               | 3624,88                                      | 65 x 65      |
|        | S0404 | 47,89              | 16,82          | 0                              | 0              | 28,61          | 57,23          | 30,63          | 2520,98                   | 260,71         | 2685,34         | 277,53         | 4203,52         | 2802,34               | 3643,05                                      | 65 x 65      |
|        | S0405 | 100,82             | 35,41          | 0                              | 0              | 41,93          | 72,07          | 30,63          | 3779,02                   | 545,66         | 4024,47         | 581,07         | 6563,97         | 4375,98               | 5688,77                                      | 80 x 80      |
|        | S0406 | 182,84             | 64,21          | 0                              | 0              | 56,37          | 67,11          | 30,63          | 5248,2                    | 989,65         | 5585,15         | 1053,86        | 9505,38         | 6336,92               | 8238,00                                      | 95 x 95      |
|        | S0407 | 86,85              | 30,5           | 0                              | 0              | 40,29          | 69,22          | 30,63          | 3504,35                   | 470,23         | 3731,34         | 500,73         | 6025,04         | 4016,69               | 5221,70                                      | 80 x 80      |
|        | S0408 | 89,69              | 31,5           | 0                              | 0              | 41,21          | 71,06          | 30,63          | 3591,16                   | 488,25         | 3823,75         | 519,75         | 6184,85         | 4123,23               | 5360,20                                      | 80 x 80      |
|        | S0409 | 142,62             | 50,09          | 30,58                          | 10,49          | 50,86          | 60,54          | 30,63          | 4907,13                   | 938,7          | 5222,36         | 999,28         | 8910,15         | 5940,10               | 7722,13                                      | 95 x 95      |
|        | S0410 | 125,53             | 45,18          | 28,9                           | 9,91           | 48,23          | 57,42          | 30,63          | 4534,42                   | 853,35         | 4825,13         | 908,44         | 8208,68         | 5472,45               | 7114,19                                      | 95 x 95      |
|        | S0411 | 81,57              | 28,65          | 0                              | 0              | 38,58          | 65,81          | 30,63          | 3354,03                   | 444,07         | 3570,62         | 472,72         | 5755,22         | 3836,81               | 4987,85                                      | 80 x 80      |
|        | S0412 | 100,82             | 35,41          | 0                              | 0              | 40,55          | 69,32          | 30,63          | 3730,27                   | 548,85         | 3971,59         | 584,26         | 6495,04         | 4330,02               | 5629,03                                      | 80 x 80      |

**Tablo 12.24 :** 3. Kat Kolonları Ön Boyutlandırılması

| Kat No | Kolon | Normal Döşeme (kN) |                | Banyo ve Koridor Döşemesi (kN) |                | Kiriş (kN)     | Duvar (kN)     | Kolon (kN)     | Üst Kattan Gelen Yük (kN) |                | Toplam Yük (kN) |                | Hesap Yüğü (kN) | Ac (cm <sup>2</sup> ) | $\alpha \times \text{Ac}$ (cm <sup>2</sup> ) | Kolon Boyutu |
|--------|-------|--------------------|----------------|--------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------------|----------------------------------------------|--------------|
|        |       | N <sub>g</sub>     | N <sub>q</sub> | N <sub>g</sub>                 | N <sub>q</sub> | N <sub>g</sub> | N <sub>g</sub> | N <sub>g</sub> | N <sub>g</sub>            | N <sub>q</sub> | N <sub>g</sub>  | N <sub>q</sub> | N <sub>dm</sub> |                       |                                              |              |
| 3      | S0301 | 52,03              | 18,27          | 0                              | 0              | 21,99          | 43,97          | 30,63          | 2442,39                   | 301,46         | 2591,01         | 319,73         | 4138,98         | 2759,32               | 3587,11                                      | 65 x 65      |
|        | S0302 | 99,11              | 34,8           | 0                              | 0              | 43,466         | 76,35          | 30,63          | 4106,09                   | 571,69         | 4355,64         | 606,49         | 7068,28         | 4712,18               | 6125,84                                      | 80 x 80      |
|        | S0303 | 47,08              | 16,53          | 0                              | 0              | 28,35          | 56,69          | 30,63          | 2674,83                   | 273,62         | 2837,58         | 290,15         | 4436,85         | 2957,90               | 3845,27                                      | 65 x 65      |
|        | S0304 | 47,89              | 16,82          | 0                              | 0              | 28,61          | 57,23          | 30,63          | 2685,34                   | 277,53         | 2849,7          | 294,35         | 4460,54         | 2973,69               | 3865,80                                      | 65 x 65      |
|        | S0305 | 100,82             | 35,41          | 0                              | 0              | 41,93          | 72,07          | 30,63          | 4024,47                   | 581,07         | 4269,92         | 616,48         | 6964,25         | 4642,83               | 6035,68                                      | 80 x 80      |
|        | S0306 | 182,84             | 64,21          | 0                              | 0              | 56,37          | 67,11          | 30,63          | 5585,15                   | 1053,86        | 5922,1          | 1118,07        | 10079,85        | 6719,90               | 8735,87                                      | 95 x 95      |
|        | S0307 | 86,85              | 30,5           | 0                              | 0              | 40,29          | 69,22          | 30,63          | 3731,34                   | 500,73         | 3958,33         | 531,23         | 6391,63         | 4261,08               | 5539,41                                      | 80 x 80      |
|        | S0308 | 89,69              | 31,5           | 0                              | 0              | 41,21          | 71,06          | 30,63          | 3823,75                   | 519,75         | 4056,34         | 551,25         | 6560,87         | 4373,91               | 5686,09                                      | 80 x 80      |
|        | S0309 | 142,62             | 50,09          | 30,58                          | 10,49          | 50,86          | 60,54          | 30,63          | 5222,36                   | 999,28         | 5537,59         | 1059,86        | 9448,40         | 6298,93               | 8188,61                                      | 95 x 95      |
|        | S0310 | 125,53             | 45,18          | 28,9                           | 9,91           | 48,23          | 57,42          | 30,63          | 4825,13                   | 908,44         | 5115,84         | 963,53         | 8703,82         | 5802,54               | 7543,31                                      | 95 x 95      |
|        | S0311 | 81,57              | 28,65          | 0                              | 0              | 38,58          | 65,81          | 30,63          | 3570,62                   | 472,72         | 3787,21         | 501,37         | 6104,28         | 4069,52               | 5290,38                                      | 80 x 80      |
|        | S0312 | 100,82             | 35,41          | 0                              | 0              | 40,55          | 69,32          | 30,63          | 3971,59                   | 584,26         | 4212,91         | 619,67         | 6889,54         | 4593,03               | 5970,94                                      | 80 x 80      |

**Tablo 12.25 :** 2. Kat Kolonları Ön Boyutlandırılması

| Kat No | Kolon | Normal Döşeme (kN) |                | Banyo ve Koridor Döşemesi (kN) |                | Kiriş (kN)     | Duvar (kN)     | Kolon (kN)     | Üst Kattan Gelen Yük (kN) |                | Toplam Yük (kN) |                | Hesap Yüğü (kN) | Ac (cm <sup>2</sup> ) | $\alpha \times \text{Ac}$ (cm <sup>2</sup> ) | Kolon Boyutu |
|--------|-------|--------------------|----------------|--------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------------|----------------------------------------------|--------------|
|        |       | N <sub>g</sub>     | N <sub>q</sub> | N <sub>g</sub>                 | N <sub>q</sub> | N <sub>g</sub> | N <sub>g</sub> | N <sub>g</sub> | N <sub>g</sub>            | N <sub>q</sub> | N <sub>g</sub>  | N <sub>q</sub> | N <sub>dm</sub> |                       |                                              |              |
| 2      | S0201 | 52,03              | 18,27          | 0                              | 0              | 0              | 0              | 36,75          | 2591,01                   | 319,73         | 2679,79         | 338            | 4292,50         | 2861,67               | 3720,17                                      | 65 x 65      |
|        | S0202 | 99,11              | 34,8           | 0                              | 0              | 14,31          | 20,44          | 36,75          | 4355,64                   | 606,49         | 4526,25         | 641,29         | 7362,81         | 4908,54               | 6381,10                                      | 85 x 85      |
|        | S0203 | 47,08              | 16,53          | 0                              | 0              | 0              | 0              | 36,75          | 2837,58                   | 290,15         | 2921,41         | 306,68         | 4580,66         | 3053,77               | 3969,90                                      | 65 x 65      |
|        | S0204 | 47,89              | 16,82          | 0                              | 0              | 0              | 0              | 36,75          | 2849,7                    | 294,35         | 2934,34         | 311,17         | 4605,94         | 3070,63               | 3991,82                                      | 65 x 65      |
|        | S0205 | 100,82             | 35,41          | 0                              | 0              | 14,57          | 20,81          | 36,75          | 4269,92                   | 616,48         | 4442,87         | 651,89         | 7263,04         | 4842,02               | 6294,63                                      | 85 x 85      |
|        | S0206 | 182,84             | 64,21          | 0                              | 0              | 56,37          | 80,53          | 36,75          | 5922,1                    | 1118,07        | 6278,59         | 1182,28        | 10681,67        | 7121,11               | 9257,45                                      | 110 x 110    |
|        | S0207 | 86,85              | 30,5           | 0                              | 0              | 14,04          | 20,06          | 36,75          | 3958,33                   | 531,23         | 4116,03         | 561,73         | 6661,21         | 4440,80               | 5773,04                                      | 85 x 85      |
|        | S0208 | 89,69              | 31,5           | 0                              | 0              | 14,04          | 20,06          | 36,75          | 4056,34                   | 551,25         | 4216,88         | 582,75         | 6836,03         | 4557,35               | 5924,56                                      | 85 x 85      |
|        | S0209 | 142,62             | 50,09          | 30,58                          | 10,49          | 44,56          | 72,65          | 36,75          | 5537,59                   | 1059,86        | 5864,75         | 1120,44        | 10003,35        | 6668,90               | 8669,57                                      | 110 x 110    |
|        | S0210 | 125,53             | 44,09          | 30,58                          | 10,49          | 42,41          | 68,9           | 36,75          | 5115,84                   | 963,53         | 5420,01         | 1018,11        | 9216,99         | 6144,66               | 7988,05                                      | 110 x 110    |
|        | S0211 | 81,57              | 28,65          | 0                              | 0              | 14,06          | 20,06          | 36,75          | 3787,21                   | 501,37         | 3939,65         | 530,02         | 6363,54         | 4242,36               | 5515,07                                      | 85 x 85      |
|        | S0212 | 100,82             | 35,41          | 0                              | 0              | 14,57          | 20,81          | 36,75          | 4212,91                   | 619,67         | 4385,86         | 655,08         | 7188,33         | 4792,22               | 6229,88                                      | 85 x 85      |

**Tablo 12.26 :** 1. Kat Kolonları Ön Boyutlandırılması

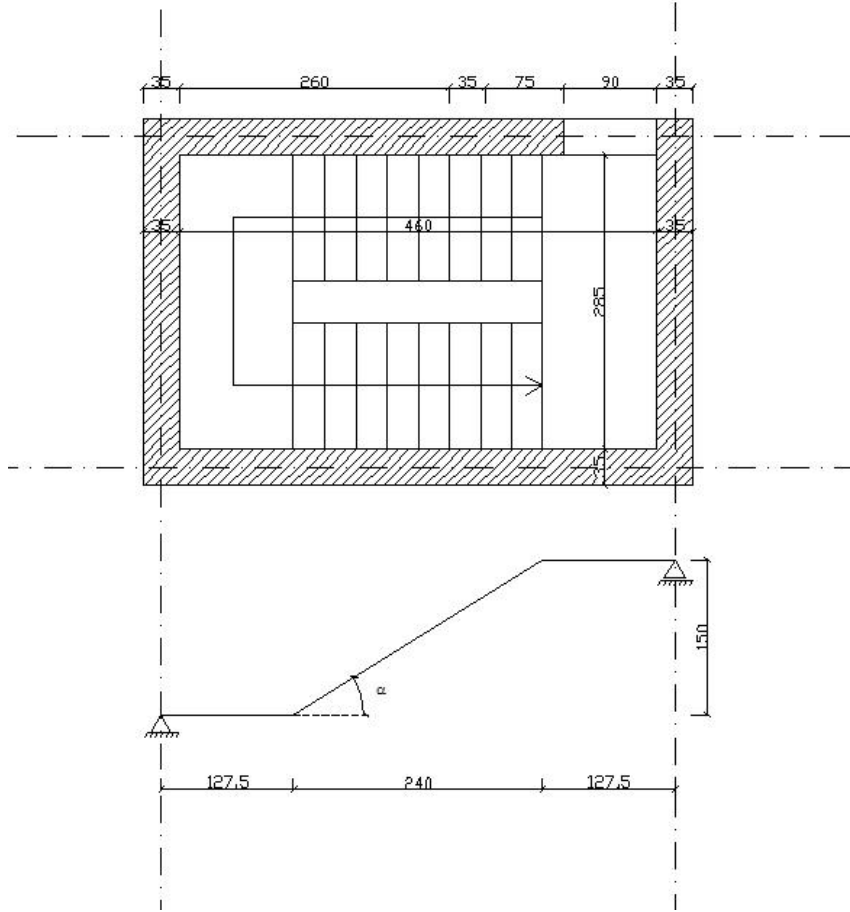
| Kat No | Kolon | Normal Döşeme (kN) |                | Banyo ve Koridor Döşemesi (kN) |                | Kiriş (kN)     | Duvar (kN)     | Kolon (kN)     | Üst Kattan Gelen Yük (kN) |                | Toplam Yük (kN) |                | Hesap Yüğü (kN) | Ac (cm <sup>2</sup> ) | $\alpha \times \text{Ac}$ (cm <sup>2</sup> ) | Kolon Boyutu |
|--------|-------|--------------------|----------------|--------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------------|----------------------------------------------|--------------|
|        |       | N <sub>g</sub>     | N <sub>q</sub> | N <sub>g</sub>                 | N <sub>q</sub> | N <sub>g</sub> | N <sub>g</sub> | N <sub>g</sub> | N <sub>g</sub>            | N <sub>q</sub> | N <sub>g</sub>  | N <sub>q</sub> | N <sub>dm</sub> |                       |                                              |              |
| 1      | S0101 | 52,03              | 18,27          | 0                              | 0              | 0              | 0              | 36,75          | 2679,79                   | 338            | 2768,57         | 356,27         | 4446,03         | 2964,02               | 3853,22                                      | 65 x 65      |
|        | S0102 | 99,11              | 34,8           | 0                              | 0              | 14,31          | 20,44          | 36,75          | 4526,25                   | 641,29         | 4696,86         | 676,09         | 7657,35         | 5104,90               | 6636,37                                      | 85 x 85      |
|        | S0103 | 47,08              | 16,53          | 0                              | 0              | 0              | 0              | 36,75          | 2921,41                   | 306,68         | 3005,24         | 323,21         | 4724,47         | 3149,64               | 4094,54                                      | 65 x 65      |
|        | S0104 | 47,89              | 16,82          | 0                              | 0              | 0              | 0              | 36,75          | 2934,34                   | 311,17         | 3018,98         | 327,99         | 4751,35         | 3167,57               | 4117,84                                      | 65 x 65      |
|        | S0105 | 100,82             | 35,41          | 0                              | 0              | 14,57          | 20,81          | 36,75          | 4442,87                   | 651,89         | 4615,82         | 687,3          | 7561,82         | 5041,21               | 6553,58                                      | 85 x 85      |
|        | S0106 | 182,84             | 64,21          | 0                              | 0              | 56,37          | 80,53          | 36,75          | 6278,59                   | 1182,28        | 6635,08         | 1246,49        | 11283,5         | 7522,33               | 9779,03                                      | 110 x 110    |
|        | S0107 | 86,85              | 30,5           | 0                              | 0              | 14,04          | 20,06          | 36,75          | 4116,03                   | 561,73         | 4273,73         | 592,23         | 6930,79         | 4620,52               | 6006,68                                      | 85 x 85      |
|        | S0108 | 89,69              | 31,5           | 0                              | 0              | 14,04          | 20,06          | 36,75          | 4216,88                   | 582,75         | 4377,42         | 614,25         | 7111,18         | 4740,79               | 6163,03                                      | 85 x 85      |
|        | S0109 | 142,62             | 50,09          | 30,58                          | 10,49          | 44,56          | 72,65          | 36,75          | 5864,75                   | 1120,44        | 6191,91         | 1181,02        | 10558,31        | 7038,87               | 9150,53                                      | 110 x 110    |
|        | S0110 | 125,53             | 44,09          | 30,58                          | 10,49          | 42,41          | 68,9           | 36,75          | 5420,01                   | 1018,11        | 5724,18         | 1072,69        | 9730,15         | 6486,77               | 8432,80                                      | 110 x 110    |
|        | S0111 | 81,57              | 28,65          | 0                              | 0              | 14,06          | 20,06          | 36,75          | 3939,65                   | 530,02         | 4092,09         | 558,67         | 6622,79         | 4415,19               | 5739,75                                      | 85 x 85      |
|        | S0112 | 100,82             | 35,41          | 0                              | 0              | 14,57          | 20,81          | 36,75          | 4385,86                   | 655,08         | 4558,81         | 690,49         | 7487,11         | 4991,41               | 6488,83                                      | 85 x 85      |

### 12.3 Merdiven Hesabı

Merdiven için hesap yöntemi olarak iki yol izlenmiştir. 1. çözümde merdiven iki ucundan perdeye mesnetli basit kiriş kabul edilmiştir, 2. çözümde ise sistemin sol tarafı, ara sahanlık ve merdiven kolu iki ucundan basit mesnetli olarak hesap edilmiş, bulunan etkiler sağ taraftaki kat sahanlığına çizgisel yük olarak etki ettirilmiş ve kat sahanlığı üç tarafından ankastre plak olarak çözülmüştür. Bulunan sonuçlar karşılaştırılmıştır.

#### 12.3.1 1. çözüm

Bu çözümde merdiven iki ucundan perdeye mesnetlenmiş olarak iki ucundan basit kiriş kabul edilip hesaplar yapılmıştır:



Sekil 12.5 : Merdiven nlan ve kesiti

Kat yüksekliği : 300 cm (normal kat merdiveni)

Malzeme : C30, S420

Basamak genişliği(a) : 30 cm ,

Basamak yüksekliği(s) : (rıht)

$$s = \frac{150}{9} = 16,67 \text{ cm}$$

Kontrol :  $2 \times s + a = 63 \sim 65$

$$2 \times 16,67 + 30 = 63,34 \text{ cm uygundur.}$$

$\tan \alpha$  :  $150 / 240 = 0,625 \Rightarrow \cos \alpha = 0,848$

$h_{\min}$  :  $l_{\text{sn}} / 25 = 460 / 25 = 18,4 \text{ cm} \Rightarrow h = 20 \text{ cm}$

### **Yük analizi:**

#### Merdiven kolu plağında:

Özağırlık :  $(0,20 \times 25) / 0,848 = 5,89 \text{ kN/m}^2$

Basamak ağırlığı :  $(0,1667 \times 22) / 2 = 1,83 \text{ kN/m}^2$

Sıva + kaplama :  $1,50 \text{ kN/m}^2$

$$\underline{g_b = 9,22 \text{ kN/m}^2}$$

#### Sahanlık plağında:

Özağırlık :  $0,20 \times 25 = 5,00 \text{ kN/m}^2$

Sıva + kaplama :  $1,50 \text{ kN/m}^2$

$$\underline{g_s = 6,50 \text{ kN/m}^2}$$

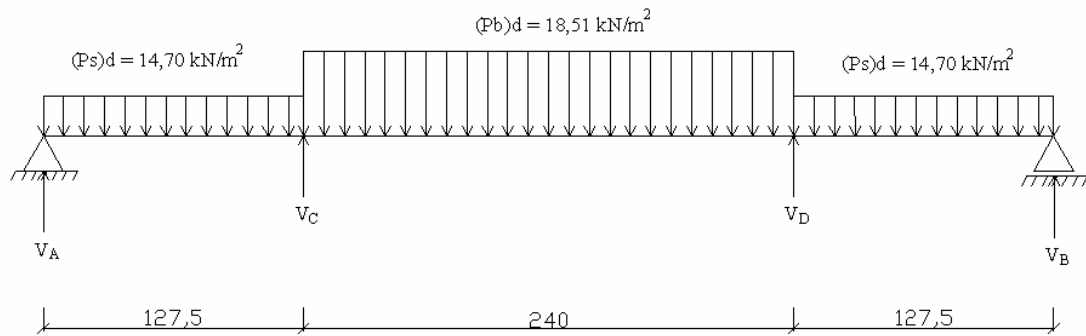
Hareketli yük :  $q = 3,50 \text{ kN/m}^2$

#### Hesap yükleri:

$$(P_b)_d = (1,4 \times g_b) + (1,6 \times q) = (1,4 \times 9,22) + (1,6 \times 3,50) = 18,51 \text{ kN/m}^2$$

$$(P_s)_d = (1,4 \times g_s) + (1,6 \times q) = (1,4 \times 6,50) + (1,6 \times 3,50) = 14,70 \text{ kN/m}^2$$

### Donatı hesabı:



$$\Sigma M_A = 0 \Rightarrow$$

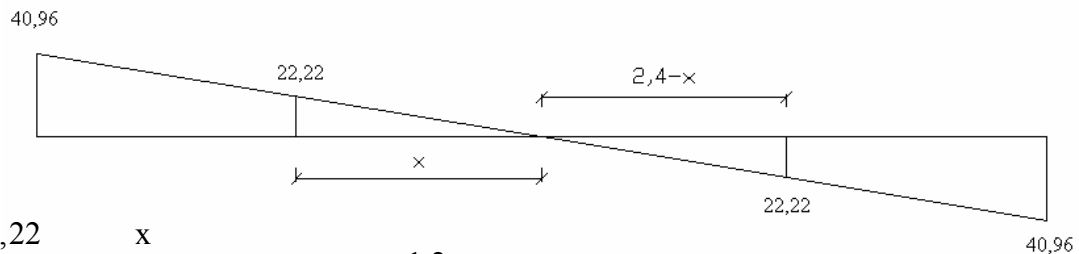
$$(14,70 \times 1,275 \times 0,6375) + (18,51 \times 2,4 \times 2,475) + (14,70 \times 1,275 \times 4,1325) - V_B \times 4,95 = 0$$

$$V_A = 40,96 \text{ kN}$$

$$V_B = 40,96 \text{ kN}$$

$$V_C = 40,96 - (14,70 \times 1,275) = 22,22 \text{ kN}$$

$$V_D = 22,22 \text{ kN}$$



$$\frac{22,22}{22,22} = \frac{x}{240 - x} \Rightarrow x = 1,2 \text{ m}$$

$$M_{\max} = \left( \frac{40,96 + 22,22}{2} \right) \times 1,275 + \left( \frac{22,22 \times 1,2}{2} \right) = 53,61 \text{ kNm}$$

$$\frac{b_w}{h} = \frac{100}{20} = 5 \quad \frac{b_w}{d} = \frac{100}{18} = 5,56$$

$$K = \frac{b_w \times d^2}{M_d} = \frac{100 \times 18^2}{536,1} = 60,45$$

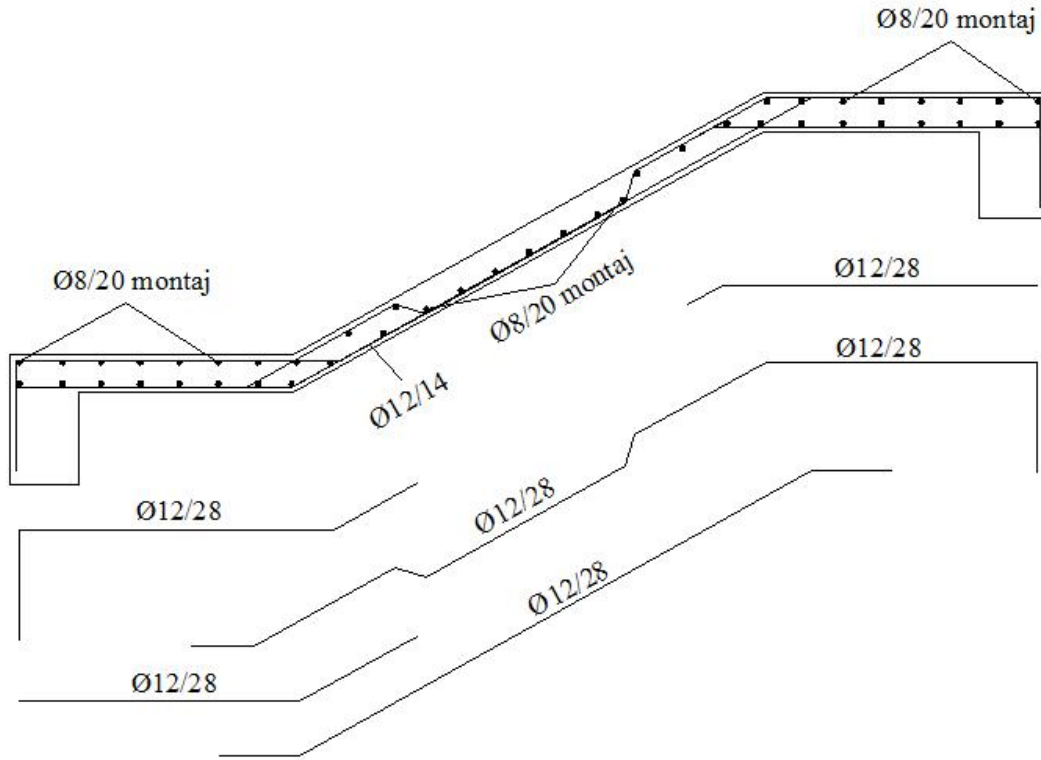


Betonarme çizelge ve abaklardan, çizelge 3.12'den  $\rho = 0,0044$  [29]

$$A_s = \rho \times b_w \times d = 0,0044 \times 100 \times 18 = 7,92 \text{ cm}^2$$

Seçilen donatı =  $\varnothing 12/14$  (1 düz + 1 pilye) ( $8,08 \text{ cm}^2$ )

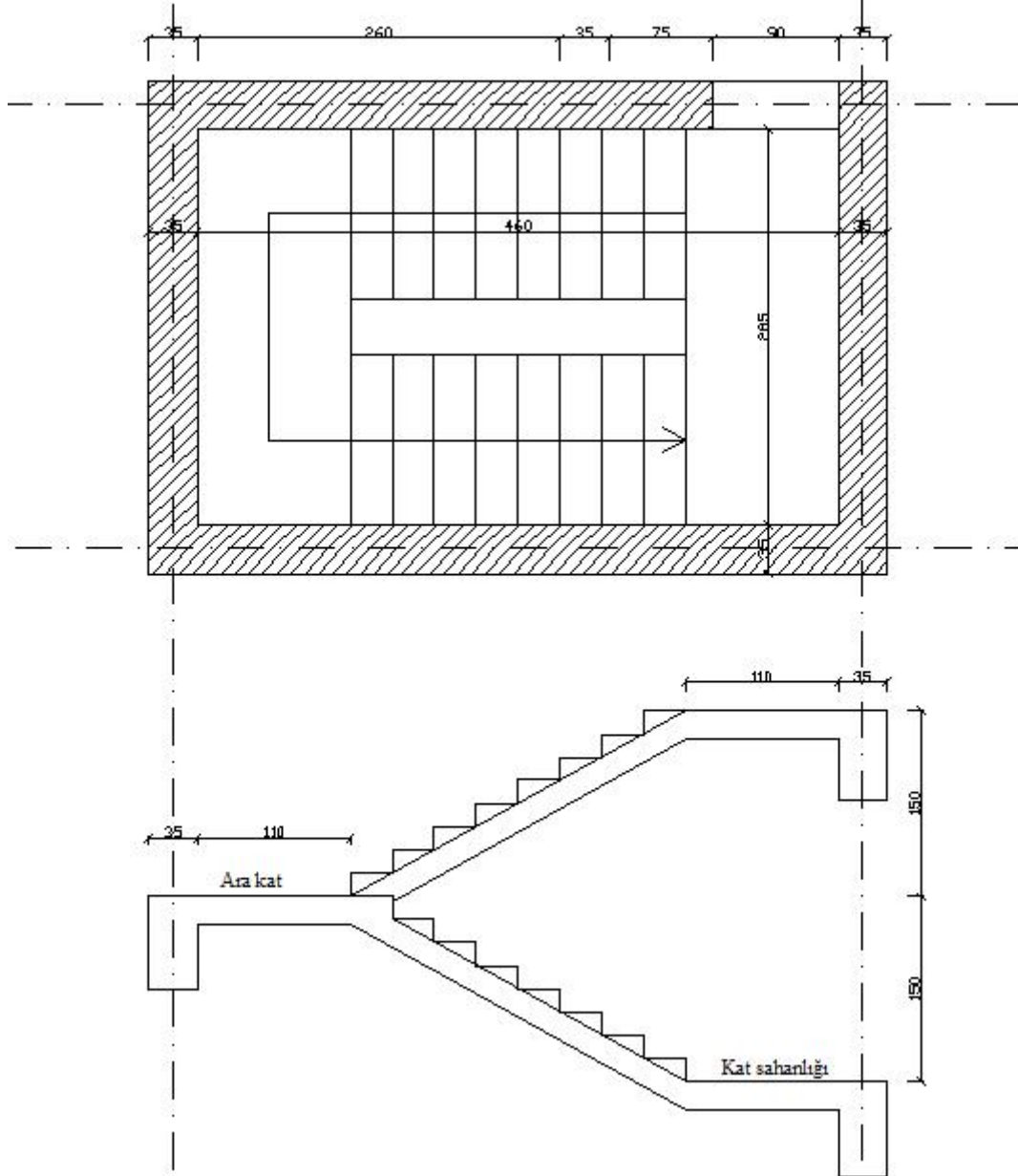
Montaj donatısı =  $\varnothing 8/20$  ( $2,51 \text{ cm}^2$ )



Şekil 12.6 : 1. çözüm merdiven donatı yerleşimi

### 12.3.2 2. çözüm

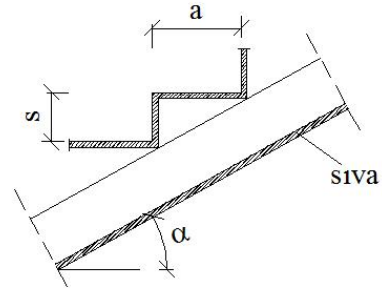
Bu çözümde sistemin sol tarafı, ara sahanlık ve merdiven kolu iki ucundan basit mesnetli olarak hesap edilmiş, bulunan etkiler sağ taraftaki kat sahanlığına çizgisel yük olarak etki ettirilmiş ve kat sahanlığı üç tarafından ankastre plak olarak çözülmüştür:



Şekil 12.7 : Merdiven plan ve kesiti

**Verilenler, seçilenler:**

|                                   |                          |
|-----------------------------------|--------------------------|
| Kat yüksekliği ( $h_k$ )          | : 300 cm                 |
| Basamak genişliği ( $a$ )         | : 30 cm                  |
| Basamak yüksekliği ( $s$ )        | : 16,67 cm               |
| $\cos \alpha$                     | : 0,848                  |
| $h$                               | : 20 cm                  |
| Merdiven genişliği ( $b$ )        | : 122,5 cm               |
| Sahanlık genişliği ( $b_s$ )      | : 110 cm                 |
| Kova genişliği ( $b_k$ )          | : 40 cm                  |
| Merdiven kolu genişliği ( $l_L$ ) | : $8 \times 30 = 240$ cm |

**Yatay düzlemde yük hesabı:**

a- Merdiven kolu plağında

$$\text{Özağırlık} : (0,20 \times 25) / 0,848 = 5,89 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Basamak ağırlığı} : (0,1667 \times 22) / 2 = 1,83 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Sıva + kaplama} : 1,50 \text{ kN/m}^2$$

$$\underline{g_m = 9,22 \text{ kN/m}^2}$$

b- Sahanlık plağında

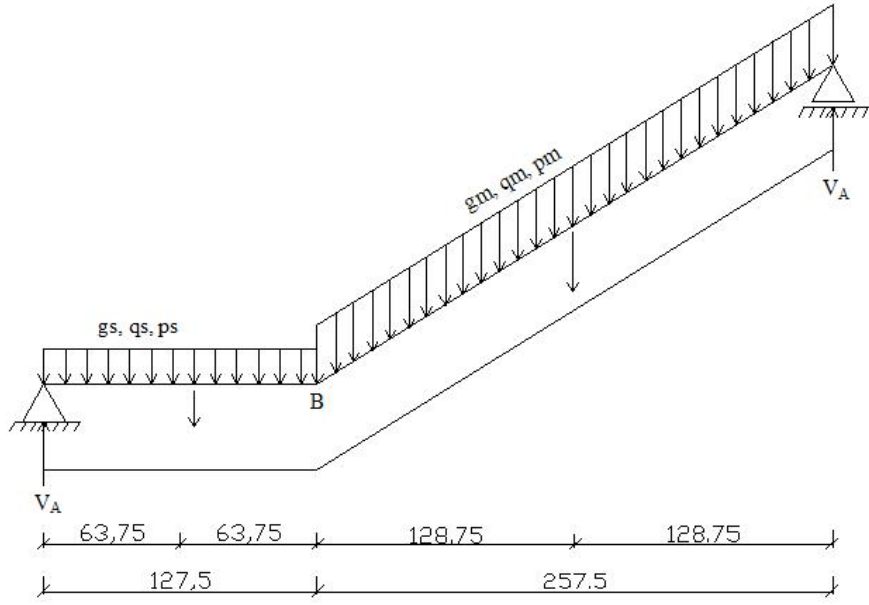
$$\text{Özağırlık} : 0,20 \times 25 = 5,00 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Sıva + kaplama} : 1,50 \text{ kN/m}^2$$

$$\underline{g_s = 6,50 \text{ kN/m}^2}$$

$$\text{Hareketli yük} : q = 3,50 \text{ kN/m}^2$$

**Merdiven ve ara sahanlık plaklarının birlikte basit kiriş olarak statik çözümü:**



**Şekil 12.8** Statik sistem

#### Hesap yükleri

Ara sahanlıkta:

$$g_s = 6,50 \text{ kN/m}^2, \quad q_s = 3,50 \text{ kN/m}^2$$

$$p_s = 1,4 \times 6,50 + 1,6 \times 3,50 = 14,7 \text{ kN/m}^2$$

Merdiven kolunda:

$$G_m = 9,22 \text{ kN/m}^2, \quad q_s = 3,50 \text{ kN/m}^2$$

$$P_m = 1,4 \times 9,22 + 1,6 \times 3,50 = 18,51 \text{ kN/m}^2$$

Mesnet reaksiyonları:  $\Sigma M_A = 0 \Rightarrow$

$$\text{Sabit yükten, } V_{cg} = \frac{6,5 \times 127,5 \times 63,75 + 9,22 \times 257,5 \times (127,5 + 128,75)}{385}$$

$$V_{cg} = 17,2 \text{ kN/m}$$

$$V_{cq} = \frac{3,50 \times 3,85}{2} = 6,74 \text{ kN/m}$$

Hareketli yükten,

$$V_{cp} = 1,4 \times 17,2 + 1,6 \times 6,74 = 34,9 \text{ kN/m}$$

Kesme kuvvetinin sıfır olduğu nokta:

$$x_M = \frac{V_{cp}}{p_M} = \frac{34,9}{18,51} = 1,89 \text{ m}$$

Maksimum açıklık momenti:

$$M_a = \frac{V_{cp}^2}{2 \times p_m} = \frac{34,9^2}{2 \times 18,51} = 32,9 \text{ kNm/m}$$

#### **Merdiven kolunun betonarme hesabı**

Malzeme : BS30 / BÇIII

$$b = 1,0 \text{ m}$$

$$d = 18 \text{ cm}$$

$$M_d = 32,9 \text{ kNm/m}$$

$$K = \frac{b_w \times d^2}{M_d} = \frac{100 \times 18^2}{329} = 98,48 \Rightarrow$$

Betonarme çizelge ve abaklardan [29],  $\rho = 0,0029$

$$A_s = \rho \times b_w \times d = 0,0029 \times 100 \times 18 = 5,22 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\text{Seçilen donatı} : \varnothing 10/14,5 \text{ (5,42 cm}^2/\text{m)}$$

$$\text{Dağıtma donatısı} : A_{sd} = A_s/5 = 5,22/5 = 1,044 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\text{Seçilen donatı} : \varnothing 8/20 \text{ (2,51 cm}^2/\text{m)}$$

#### **B kesitinde hesap**

$$M_B = 34,9 \times 2,575 - 18,51 \times \frac{2,575^2}{2} = 28,5 \text{ kNm/m}$$

$$K = \frac{100 \times 18^2}{285} = 113,68 \Rightarrow \rho = 0,0024$$

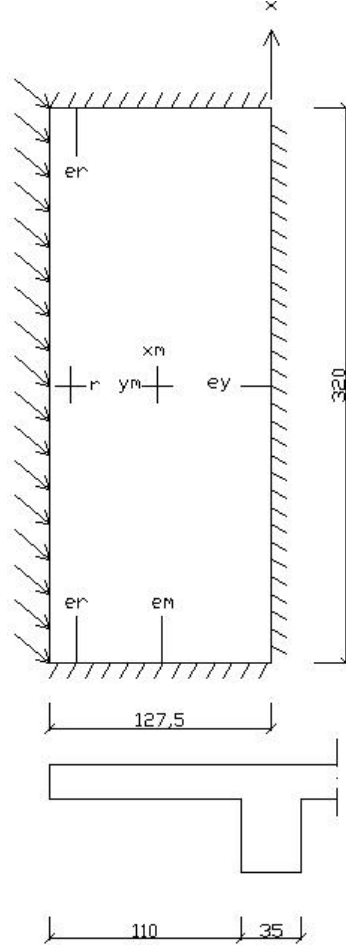
$$A_s = \rho \times b_w \times d = 0,0024 \times 100 \times 18 = 4,32 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

Seçilen donatı :  $\varnothing 10/14,5$  ( $5,42 \text{ cm}^2/\text{m}$ )

Dağıtma donatısı :  $A_{sd} = 5,42/5 = 1,084 \text{ cm}^2/\text{m} \Rightarrow \varnothing 8/20$  ( $2,51 \text{ cm}^2/\text{m}$ )

**Kat sahanlığı plağı statik ve betonarme hesabı:**

Merdiven kolu  
mesnet tepkisi  
( $V_c$ )



**Şekil 12.9 : Kat Sahanlığı Planı**

$$\varepsilon = \frac{l_y}{l_x} = \frac{127,5}{320} = 0,40$$

$$p_s = 1,4 \times 6,50 + 1,6 \times 3,50 = 14,7 \text{ kN / m}^2$$

$$K = p_s \times l_x \times l_y = 14,7 \times 3,2 \times 1,275 = 60 \text{ kN}$$

Toplam çizgisel yükün hesabında 3,2 m yerine gerçek merdiven plağı genişliği olan 2,85 m kullanılarak:

$$V_c = 34,9 \text{ kN/m}$$

$$K = 34,9 \times 2,85 = 99,5 \text{ kN}$$

Bu yük durumları için mevcut tablolardan (3 tarafı ankastre, bir uzun kenar boşta olan plak için) katsayılar alınabilir [25].

**Tablo 12.27 :** 3 Tarafı Ankastre, Bir Uzun Kenar Boşta Olan Plak İçin Katsayılar

| Yük           | $m_{xr}$ | $m_{xm}$ | $m_{ym}$ | $m_{er}$ | $m_{em}$ | $m_{ey}$ |
|---------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Düzgün yayılı | 26,7     | 63,6     | 108      | -6,77    | -18,1    | -9,02    |
| Çizgisel      | 10,8     | 28,5     | -14,3    | -2,47    | -11,6    | -5,72    |

$$M_i = \frac{K}{m_i} \quad (12.20)$$

İki yükleme durumu süperpoze edilerek kat sahanlığı plağının momentleri elde edilir:

$$M_{xr} = \frac{60}{26,7} + \frac{99,5}{10,8} = 11,46 \text{ kNm/m}$$

$$M_{xm} = \frac{60}{63,6} + \frac{99,5}{28,5} = 4,43 \text{ kNm/m}$$

$$M_{ym} = \frac{60}{108} - \frac{99,5}{14,3} = -6,402 \text{ kNm/m}$$

$$M_{er} = -\frac{60}{6,77} - \frac{99,5}{2,47} = -49,15 \text{ kNm/m}$$

$$M_{em} = -\frac{60}{18,1} - \frac{99,5}{11,6} = -11,89 \text{ kNm/m}$$

$$M_{ey} = -\frac{60}{9,02} - \frac{99,5}{5,72} = -24,05 \text{ kNm/m}$$

### Betonarme Hesap:

$$A_{smin} = 0,003 \times 100 \times 18 = 5,4 \text{ cm}^2, \quad t \leq 1,5 \times h_f, \quad 20 \text{ cm}$$

a- Açıklıkta hesap

x doğrultusu:

$$M_{xr} = 11,46 \text{ kNm/m} > M_{xm} \text{ için } M_d = 11,46 \text{ kNm/m}$$

$$K = \frac{b_w \times d^2}{M_d} = \frac{100 \times 18^2}{114,6} = 282,723 \Rightarrow \rho = 0,0012$$

Seçilen donatı : min.  $A_s = 5,4 \text{ cm}^2$  ( $\phi 12/20$ ,  $5,65 \text{ cm}^2$ )

Dağıtma donatısı :  $\emptyset 8/20$

y doğrultusu:

$$M_{ym} = -6,402 \text{ kNm/m}$$

$$A_s < \text{min. } A_s$$

Seçilen donatı :  $\phi 12/20$  ( $5,65 \text{ cm}^2$ )

b- Mesnette hesap:

$$|M_{er}| > |M_{em}| \text{ için } M_d = M_{er}$$

$$K = \frac{b_w \times d^2}{M_d} = \frac{100 \times 18^2}{491,5} = 65,92 \Rightarrow \rho = 0,0044$$

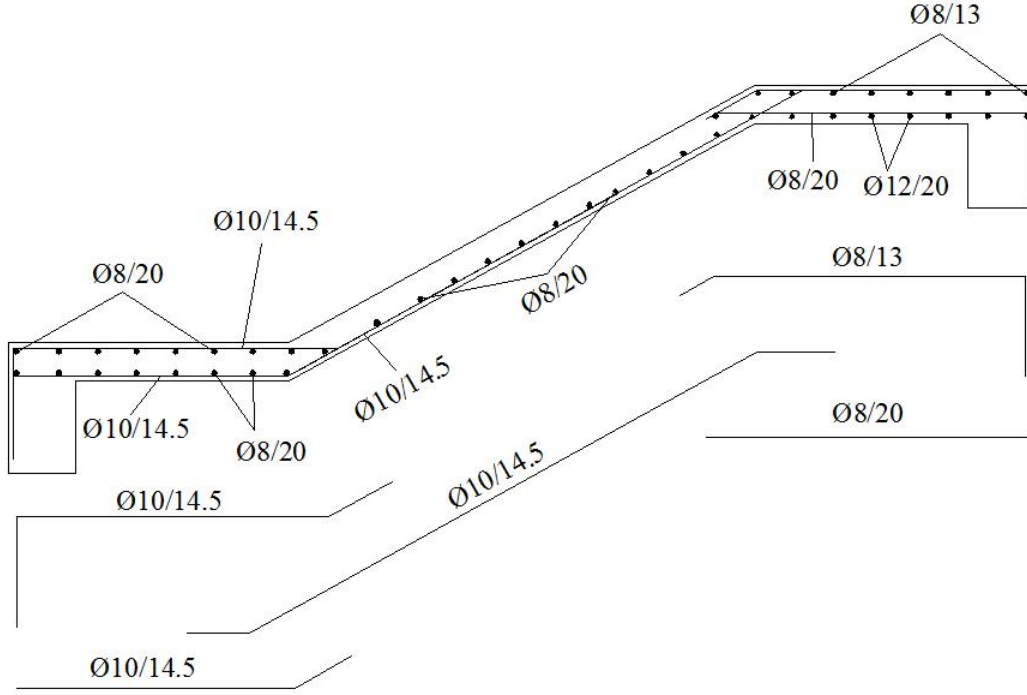
$$A_s = 0,0044 \times 100 \times 18 = 7,92 \text{ cm}^2$$

$$\text{Komşu döşemeden gelen: } \phi 12/40 + \phi 8/36 = 2,85 + 1,39 = 4,215 \text{ cm}^2$$

$$\text{Gerekli donatı : } 7,92 - 4,215 = 3,705 \text{ cm}^2$$

Seçilen donatı :  $\phi 8/13$  ( $3,87 \text{ cm}^2$ )





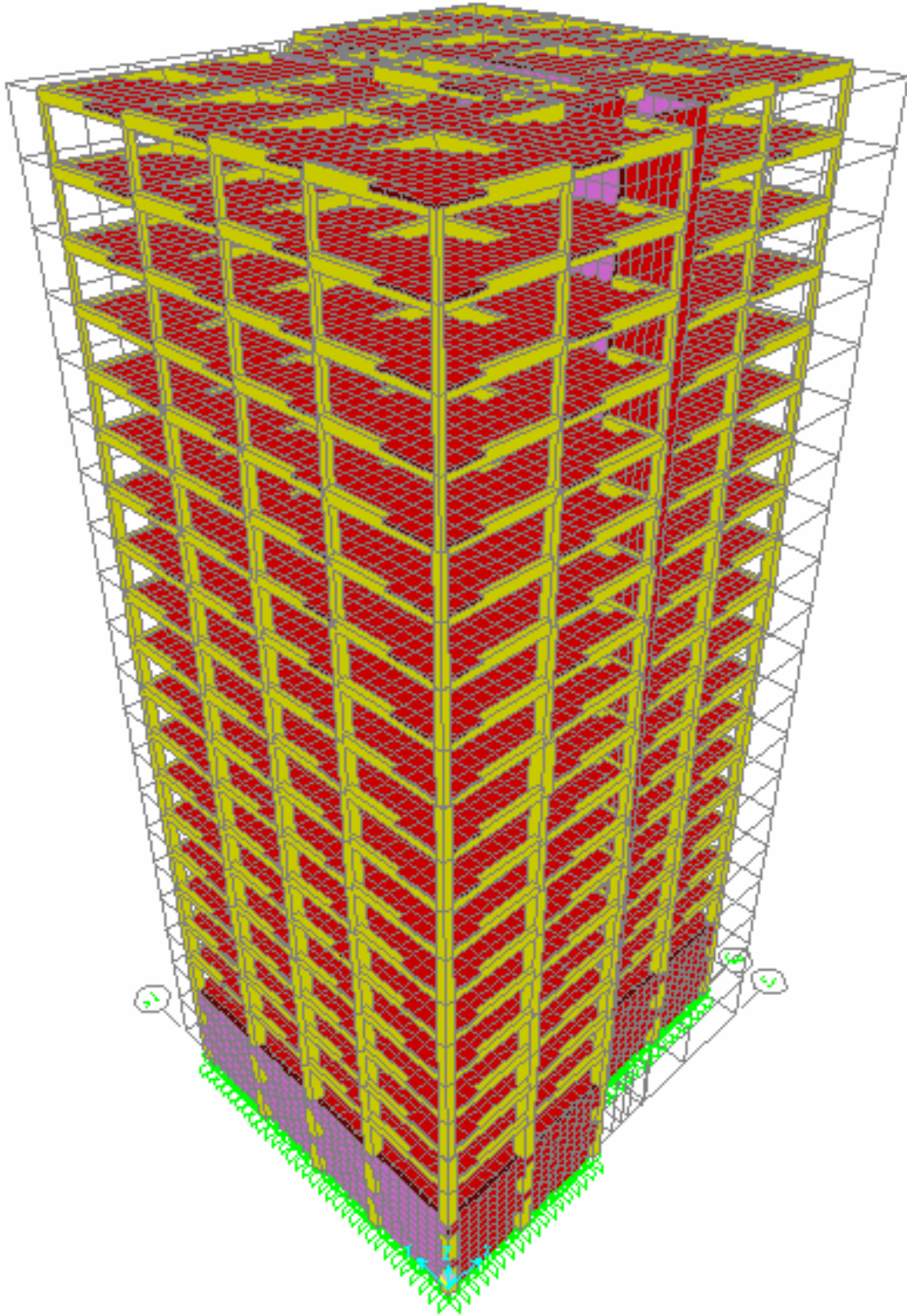
**Şekil 12.10** 2. Çözüm merdiven donatı yerleşimi

### 12.3.3 1. çözüm ve 2. çözümün karşılaştırılması

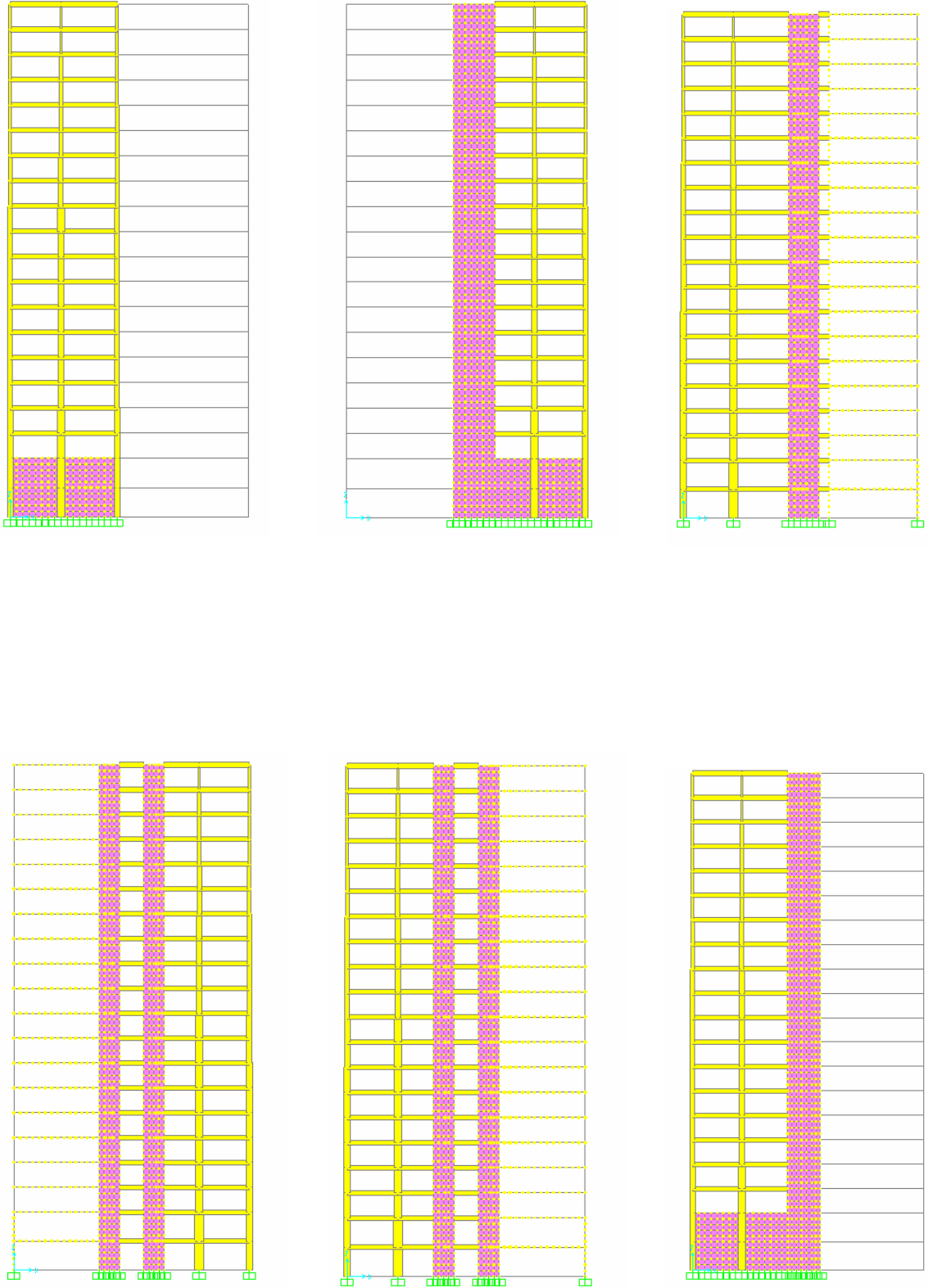
**Tablo 12.28 :** 1. ve 2. Çözümün Karşılaştırılması

| 1. Çözüm                   |                                   | 2. Çözüm                   |                                   |
|----------------------------|-----------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|
| Max. Açıklık momenti (kNm) | Gerekli donatı (cm <sup>2</sup> ) | Max. Açıklık momenti (kNm) | Gerekli donatı (cm <sup>2</sup> ) |
| 53,61                      | 7,92                              | 32,9                       | 5,22                              |

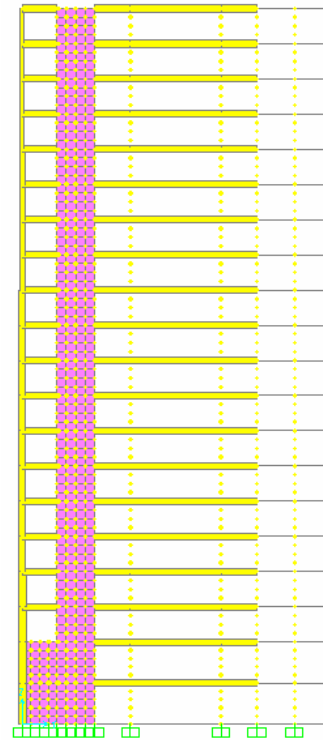
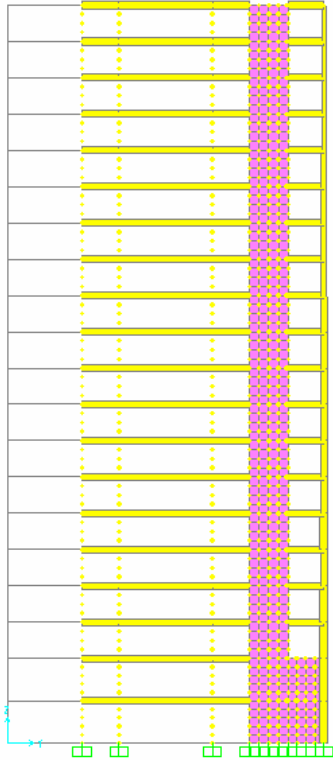
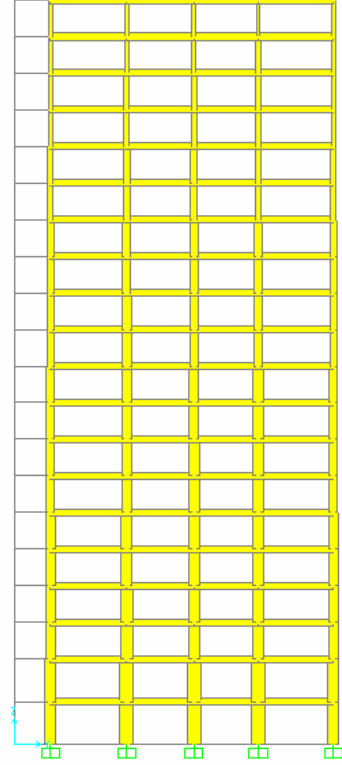
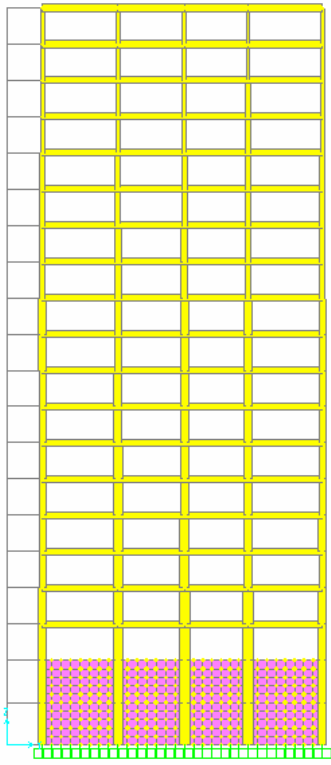
Hesaplardan görüldüğü gibi merdiven iki ucu mesnetli tek açıklı basit kiriş olarak düşünüldüğünde, plak hesabına oranla daha büyük açıklık momenti elde edilmektedir. Dolayısıyla açıklıkta gerekli olan donatı alanı büyümektedir. Bu nedenle plak çözümü daha gerçekçi ve ekonomik bir yaklaşım sunmuştur . Ayrıca plak çözümünde kat sahanlığı bir plak olarak düşünülüp, her iki yönde ve mesnette hesap yapmaya olanak sağlayarak daha gerçekçi bir çözüm sunmuştur.



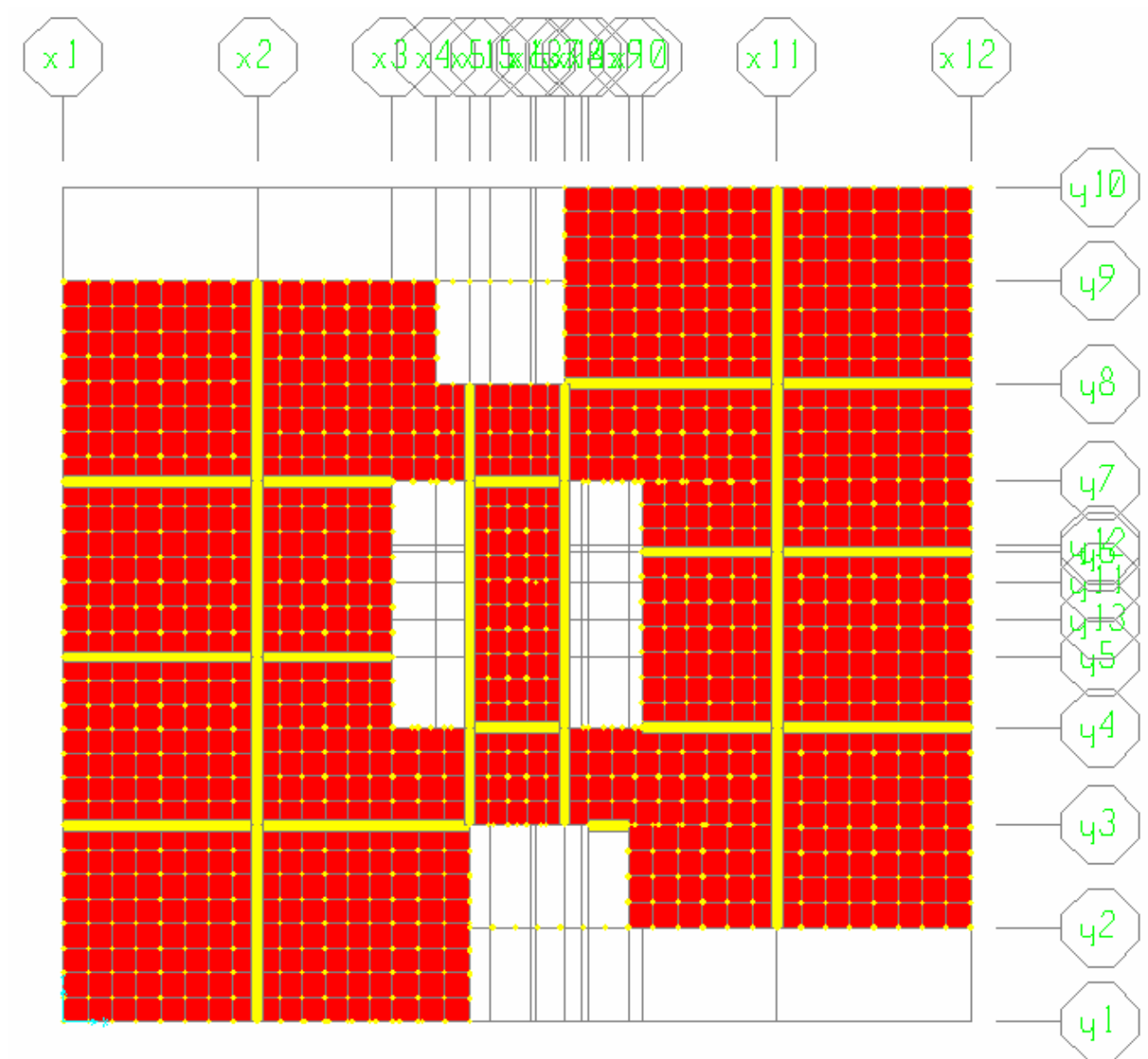
**Şekil 12.11 :** SAP2000 Programı İle Modellenen Sistem 1'in 3 Boyutlu Görünümü



**Şekil 12.12 :** SAP2000 Programı İle Modellenen Sistem 1'in X-Z Düzleminde Görünümleri



**Şekil 12.13 :** SAP2000 Programı İle Modellenen Sistem 1'in Y-Z Düzleminde Görünümleri



**Şekil 12.14 :** SAP2000 Programı İle Modellenen Sistem 1'in X-Y Düzleminde Görünümü

## 12.4 SAP2000 Programı İle Sistem 1'in Modellenmesi

Yapının tüm taşıyıcı elemanlarının ön boyutlandırılmasından sonra SAP 2000 programı yardımıyla sistem modellenmiştir. Bu modelleme aşamasında, ilk önce sistemin geometrisi oluşturulmuş daha sonra da geometrisi oluşturulan sistemin bütün taşıyıcı elemanlarına kesit ve malzeme özellikleri atanmıştır. Düşey taşıyıcılar ankastre olarak mesnetlenmiştir. Malzeme özellikleri ile ilgili verilerin girişinde, kütle ve ağırlık sıfır alınmış olup, düşey taşıyıcıların ağırlıkları daha sonra gerekli yük çarpanı ile çarpılarak göz önüne alınacaktır. Her katın kütle merkezinde bir master joint noktası tanımlanıp bu master jointler bulundukları katta rijit diyaframa dahil edilmişlerdir. Daha sonra bu master jointlere bulundukları katın kütleleri dışarıdan elle tanımlanmıştır. Her katta diyafram tanımlanarak bütün düğüm noktaları diyaframla birbirine bağlanmıştır. Sistem modellenirken, perdeler ve döşeme elemanları shell eleman olarak atanmış ve mesh alanlarına bölünmüştür. G1 kaplama yükleri, G2 duvar yükleri ve Q1 hareketli yük, Q2 kar yükü için değerler hesaplanarak bilgisayar modelinde shell elemanlara yüklenmiş ve oradan da kiriş çubuk elemanlara aktarılması sağlanmıştır. Böylece tüm sistem aynı anda modellemeye yer almış olup, bir bütün şeklinde çözümlemesi yapılmıştır.

**Tablo 12.29 : Yük Sınıfları**

| Yük   | Tipi                   | Zati Ağırlık Yük Çarpanı |
|-------|------------------------|--------------------------|
| G1    | Zati Ağırlık (kaplama) | 0                        |
| G2    | Zati Ağırlık (duvar)   | 0                        |
| Q1    | Hareketli Yük          | 0                        |
| Q2    | Kar Yüğü               | 0                        |
| SPECX | X Yönünde Deprem       | 0                        |
| SPECY | Y Yönünde Deprem       | 0                        |

**Tablo 12.30 : Yük Birleşimleri**

| Tip    | Birleşim                     |
|--------|------------------------------|
| DüşEY  | $1,4G + 1,6Q_1$              |
| DüşEY  | $1,4G + 1,6Q_2$              |
| DEPREM | $G + Q_1 + SPECX + 0,3SPECY$ |
| DEPREM | $G + Q_1 + SPECX - 0,3SPECY$ |
| DEPREM | $G + Q_1 - SPECX + 0,3SPECY$ |
| DEPREM | $G + Q_1 - SPECX - 0,3SPECY$ |
| DEPREM | $G + Q_1 + SPECY + 0,3SPECX$ |
| DEPREM | $G + Q_1 + SPECY - 0,3SPECX$ |
| DEPREM | $G + Q_1 - SPECY + 0,3SPECX$ |
| DEPREM | $G + Q_1 - SPECY - 0,3SPECX$ |
| DEPREM | $G + Q_2 + SPECX + 0,3SPECY$ |
| DEPREM | $G + Q_2 + SPECX - 0,3SPECY$ |
| DEPREM | $G + Q_2 - SPECX + 0,3SPECY$ |
| DEPREM | $G + Q_2 - SPECX - 0,3SPECY$ |
| DEPREM | $G + Q_2 + SPECY + 0,3SPECX$ |
| DEPREM | $G + Q_2 + SPECY - 0,3SPECX$ |
| DEPREM | $G + Q_2 - SPECY + 0,3SPECX$ |
| DEPREM | $G + Q_2 - SPECY - 0,3SPECX$ |
| MAX    |                              |

Tablo 12.30’da verilen kombinasyonlardan maksimum yükleme kombinasyonu diğerkm kombinasyonlar süperpoze edilerek (zarf yöntemi) elde edilmiştir. En elverişsiz sonuçları içeren bu kombinasyon betonarme hesaplarda esas teşkil edilebilir.

#### 12.4.1 Analiz için kullanılan yöntem

Yapıda atalet kuvvetleri (deprem) etkisinde meydana gelen toplam taban kesme kuvvetleri, kat kesme kuvvetleri, iç kuvvetler, yatay yer değiştirmeler ve rölatif yer değiştirmelerin hesabı için  $H_N > 40$  metre olduğundan ‘Modların Birleştirilmesi Yöntemi’ esas alınmıştır.

Bu yöntemle ilgili detaylı açıklama bölüm 11’de yapılmış olup bu bölümde özetle yapı için uygulamada yapılanlar anlatılacaktır.

##### 12.4.1.1 Etkin yer ivmesi katsayısı

Tasarlanan binanın inşa edileceği yer 1. derece deprem bölgesindedir. Yeni Deprem Yönetmeliği’nden alınan  $A_0$ , 1. derece deprem bölgesi için:  $A_0 = 0,4$  tür.

#### 12.4.1.2 Bina önem katsayısı

Analiz edilen yapı bir ofis binası olarak tasarlanmıştır. Deprem Yönetmeliği 2007’ de verilen Bina Önem Katsayısı = 1,0’ dır.

#### 12.4.1.3 Tasarım ivme spektrum katsayısı

Çözümü yapılan yapının Z2 zemin sınıfına göre tasarım ivme spektrumları elde edilmiştir.

Yeni Deprem Yönetmeliği 2007’ de tasarım ivme spektrumları oluşturulurken spektrum katsayıları aşağıdaki eşitliklerden faydalanılarak oluşturulmuştur:

$$\begin{aligned} S(T) &= 1 + 1,5T / T_A & (0 \leq T \leq T_A) \\ S(T) &= 2,5 & (T_A < T \leq T_B) \\ S(T) &= 2,5 (T_B / T)^{0,8} & (T > T_B) \end{aligned} \quad (12.21)$$

Spektrum karakteristik periyodları  $T_A$  ve  $T_B$  değerleri yerel zemin sınıfına göre Deprem Yönetmeliği 2007’ den alınmıştır. Bu değerler SAP2000 yapı analizi programında kullanılacak şekilde tablo haline getirilmiş ve Tablo 13.31’de verilmiştir.

#### 12.4.1.4 Deprem yükü azaltma katsayısı

Deprem etkisi altında taşıyıcı sistemin doğrusal elastik olmayan davranışını göz önüne almak için spektral ivme katsayısına göre bulunan elastik deprem yükleri, deprem yükü azaltma katsayısına bölünmüştür. Bu yapı, deprem yüklerinin tamamının çerçeveler ve perdelerle birlikte taşındığı süneklik düzeyi yüksek sistem sınıfına girdiği için:

Taşıyıcı sistem davranış katsayısı,  $R_a = R = 7$  olarak alınmıştır.  $A(T) = A_0 \times I \times S(T)$  olan spektral ivme katsayısı,  $S_{pa}(T) = A(T) \times g / R_a(T) = A_0 \times g \times S(T) / R_a(T)$  şeklini alır.

Sönüm %5 alınarak spektrum ölçek katsayısı,  $A_0 \times I \times g = 0,40 \times 1,0 \times 9,81 = 3,924$  elde edilmiştir. Yük kombinasyonu ölçek katsayısı,  $1/R_a = 1/7 = 0,143$  olarak hesaplanmıştır.

Sap2000 yapı analizinde dinamik analiz yapılırken bu değerler kullanılacaktır.



**Tablo 12.31 : Yerel Zemin Sınıfı Z2 İçin Spektrum Katsayısı**

| Periyod<br>T (s) | Spektrum Katsayısı<br>S (T) |
|------------------|-----------------------------|
| 0,00             | 1,00                        |
| 0,03             | 1,30                        |
| 0,06             | 1,60                        |
| 0,09             | 1,90                        |
| 0,12             | 2,20                        |
| 0,15             | 2,50                        |
| 0,40             | 2,50                        |
| 0,50             | 2,09                        |
| 0,60             | 1,81                        |
| 0,70             | 1,60                        |
| 0,80             | 1,44                        |
| 0,90             | 1,31                        |
| 1,00             | 1,20                        |
| 1,10             | 1,11                        |
| 1,20             | 1,04                        |
| 1,30             | 0,97                        |
| 1,40             | 0,92                        |
| 1,50             | 0,87                        |
| 1,60             | 0,82                        |
| 1,70             | 0,79                        |
| 1,80             | 0,75                        |
| 1,90             | 0,72                        |
| 2,00             | 0,69                        |
| 2,10             | 0,66                        |
| 2,20             | 0,64                        |
| 2,30             | 0,62                        |
| 2,40             | 0,60                        |
| 2,50             | 0,58                        |
| 2,60             | 0,56                        |
| 2,70             | 0,54                        |
| 2,80             | 0,53                        |
| 2,90             | 0,51                        |
| 3,00             | 0,50                        |
| 3,10             | 0,49                        |
| 3,20             | 0,47                        |
| 3,30             | 0,46                        |
| 3,40             | 0,45                        |
| 3,50             | 0,44                        |
| 3,60             | 0,43                        |
| 3,70             | 0,42                        |
| 3,80             | 0,41                        |
| 3,90             | 0,40                        |
| 4,00             | 0,40                        |
| 5,00             | 0,33                        |
| 10,00            | 0,19                        |

#### 12.4.1.5 Göz önüne alınacak dinamik serbestlik dereceleri

Döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, her bir katta kaydırılmış kütle merkezlerinin her birinde, birbirine dik doğrultulardaki iki yatay serbestlik derecesi ile düşey eksen etrafında dönme serbestlik derecesi göz önüne alınacaktır. Kat kütlelerine karşı gelen kat ağırlıkları,  $W_i$ ;

$$W_i = g_i + n \times q_i \quad (12.22)$$

göre belirlenecektir. Burada  $g_i$ ,  $i$ 'nci kattaki sabit yük,  $q_i$ , hareketli yük,  $n$  ise hareketli yük katılım katsayısıdır. Yapı ofis binası olduğu için  $n = 0,3$  alınmıştır. Kat kütleleri Tablo 12.32' de detaylı olarak gösterilmiştir.

**Tablo 12.32 :** Sistem 1 Kat Kütleleri

| Kat No          | $w_i$   | $m_x = w_i / g$<br>kNsn <sup>2</sup> /m | $m_y = w_i / g$<br>kNsn <sup>2</sup> /m | $m_{zz} = m \times (a^2 + b^2) / 12$<br>kNsn <sup>2</sup> m |
|-----------------|---------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| 20.kat (çatı)   | 6781,8  | 691,1                                   | 691,1                                   | 79270                                                       |
| 19. kat         | 6781,8  | 691,1                                   | 691,1                                   | 79270                                                       |
| 18. kat         | 6971,1  | 710,6                                   | 710,6                                   | 81480                                                       |
| 17. kat         | 6971,1  | 710,6                                   | 710,6                                   | 81480                                                       |
| 16. kat         | 7018,4  | 715,4                                   | 715,4                                   | 82030                                                       |
| 15. kat         | 7018,4  | 715,4                                   | 715,4                                   | 82030                                                       |
| 14. kat         | 7166,5  | 730,5                                   | 730,5                                   | 83760                                                       |
| 13. kat         | 7166,5  | 730,5                                   | 730,5                                   | 83760                                                       |
| 12. kat         | 7261,4  | 740,2                                   | 740,2                                   | 84870                                                       |
| 11. kat         | 7261,4  | 740,2                                   | 740,2                                   | 84870                                                       |
| 10. kat         | 7399,4  | 754,3                                   | 754,3                                   | 86490                                                       |
| 9. kat          | 7399,4  | 754,3                                   | 754,3                                   | 86490                                                       |
| 8. kat          | 7513,0  | 765,8                                   | 765,8                                   | 87810                                                       |
| 7. kat          | 7513,0  | 765,8                                   | 765,8                                   | 87810                                                       |
| 6. kat          | 7606,8  | 775,4                                   | 775,4                                   | 88900                                                       |
| 5. kat          | 7606,8  | 775,4                                   | 775,4                                   | 88900                                                       |
| 4. kat          | 7734,6  | 788,4                                   | 788,4                                   | 90400                                                       |
| 3. kat (zemin)  | 7734,6  | 788,4                                   | 788,4                                   | 90400                                                       |
| 2. kat (bodrum) | 9903,15 | 101                                     | 101                                     | 115800                                                      |
| 1. kat (bodrum) | 9903,15 | 101                                     | 101                                     | 115800                                                      |

#### 12.4.1.6 Hesaba katılacak yeterli titreşim modu sayısı

Hesaba katılması gereken yeterli titreşim modu sayısı,  $Y$ , göz önüne alınan birbirine dik  $x$  ve  $y$  yatay deprem doğrultularının her birinde, her bir mod için hesaplanan

etkin kütlelerin toplamının, hiç bir zaman bina toplam kütlelerinin %90' nından daha az olmaması kuralına göre belirlenecektir.

Yapıda toplam 60 adet yerdeğiştirme bileşeni mevcuttur ve dolayısı ile de 60 adet periyod hesaplanması gerekmektedir.

#### **12.4.1.7 Mod katkılarının birleştirilmesi**

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

$T_s < T_r$  olmak üzere, göz önüne alınan herhangi iki titreşim moduna ait doğal periyodların daima  $T_s / T_r < 0,80$  koşulunu sağlaması durumunda, maksimum mod katkılarının birleştirilmesi için 'Karelerin Toplamının Karekökü Kuralı' uygulanabilir.

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

#### **12.4.2 Analiz sonucu elde edilen periyotlar**

Sap2000 programı ile yapılan dinamik analiz sonucunda Sistem 1 için elde edilen periyotlar Tablo 12.33' te gösterilmiştir.

**Tablo 12.33 : Modal Analiz Sonucu Sistem 1 İçin Periyotlar**

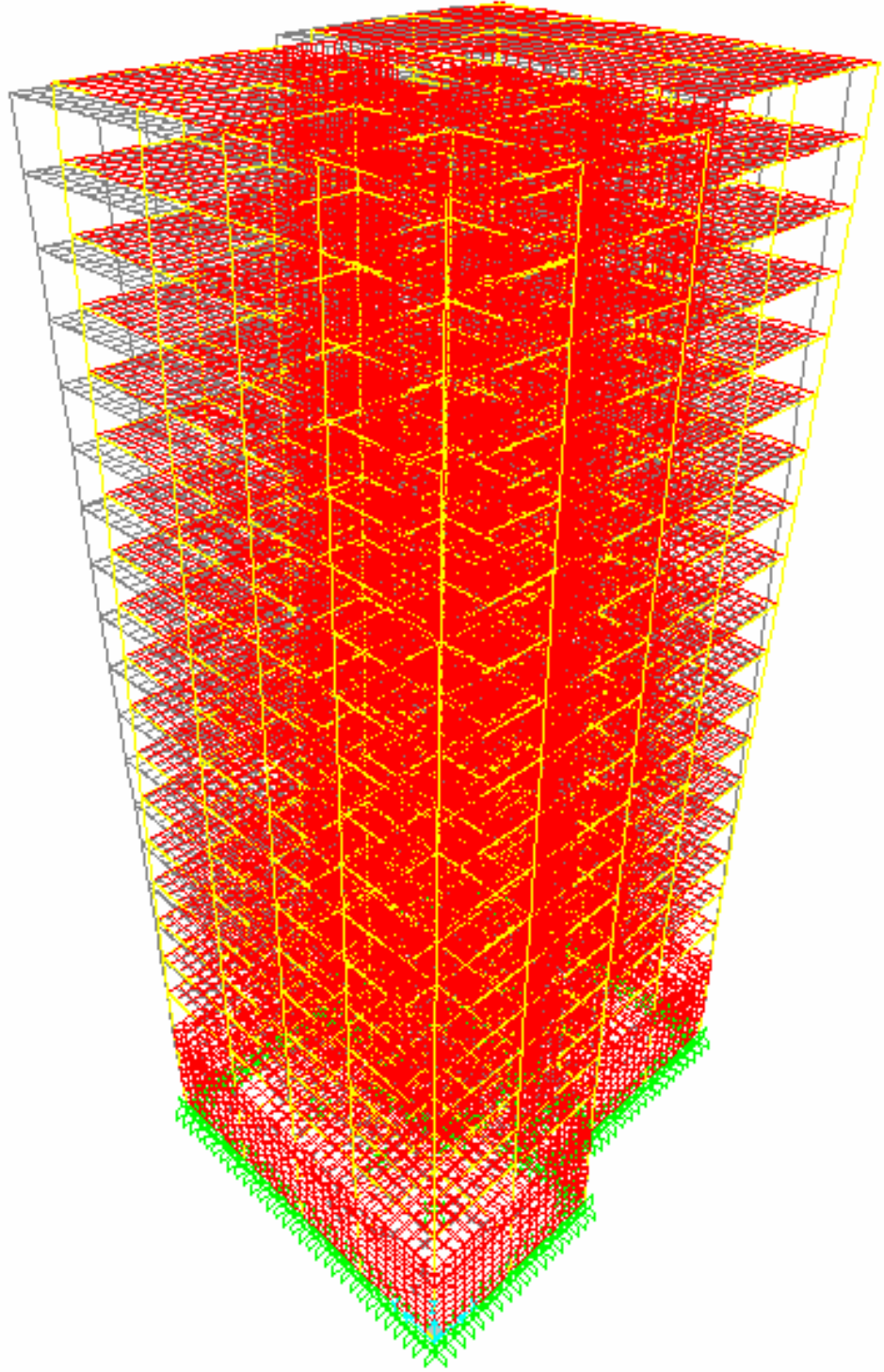
| Analiz | Adım | Periyod<br>Saniye | Frekans<br>1/sn | Dairesel Frekans<br>Rad/sn | Özvektör<br>Rad <sup>2</sup> /sn <sup>2</sup> |
|--------|------|-------------------|-----------------|----------------------------|-----------------------------------------------|
| MODAL  | 1    | 1,313220          | 7,6149E-01      | 4,7846E+00                 | 2,2892E+01                                    |
| MODAL  | 2    | 1,032401          | 9,6862E-01      | 6,0860E+00                 | 3,7039E+01                                    |
| MODAL  | 3    | 0,939832          | 1,0640E+00      | 6,6854E+00                 | 4,4695E+01                                    |
| MODAL  | 4    | 0,365213          | 2,7381E+00      | 1,7204E+01                 | 2,9598E+02                                    |
| MODAL  | 5    | 0,293443          | 3,4078E+00      | 2,1412E+01                 | 4,5847E+02                                    |
| MODAL  | 6    | 0,249506          | 4,0079E+00      | 2,5183E+01                 | 6,3416E+02                                    |
| MODAL  | 7    | 0,165628          | 6,0376E+00      | 3,7935E+01                 | 1,4391E+03                                    |
| MODAL  | 8    | 0,138720          | 7,2088E+00      | 4,5294E+01                 | 2,0516E+03                                    |
| MODAL  | 9    | 0,111981          | 8,9301E+00      | 5,6109E+01                 | 3,1483E+03                                    |
| MODAL  | 10   | 0,097223          | 1,0286E+01      | 6,4627E+01                 | 4,1766E+03                                    |
| MODAL  | 11   | 0,084452          | 1,1841E+01      | 7,4400E+01                 | 5,5353E+03                                    |
| MODAL  | 12   | 0,068005          | 1,4705E+01      | 9,2394E+01                 | 8,5366E+03                                    |
| MODAL  | 13   | 0,066277          | 1,5088E+01      | 9,4802E+01                 | 8,9875E+03                                    |
| MODAL  | 14   | 0,059224          | 1,6885E+01      | 1,0609E+02                 | 1,1255E+04                                    |
| MODAL  | 15   | 0,049821          | 2,0072E+01      | 1,2612E+02                 | 1,5905E+04                                    |
| MODAL  | 16   | 0,048053          | 2,0810E+01      | 1,3075E+02                 | 1,7097E+04                                    |
| MODAL  | 17   | 0,045280          | 2,2085E+01      | 1,3876E+02                 | 1,9255E+04                                    |
| MODAL  | 18   | 0,039818          | 2,5114E+01      | 1,5780E+02                 | 2,4901E+04                                    |
| MODAL  | 19   | 0,037333          | 2,6786E+01      | 1,6830E+02                 | 2,8325E+04                                    |
| MODAL  | 20   | 0,036720          | 2,7233E+01      | 1,7111E+02                 | 2,9278E+04                                    |
| MODAL  | 21   | 0,033251          | 3,0074E+01      | 1,8896E+02                 | 3,5707E+04                                    |
| MODAL  | 22   | 0,031032          | 3,2225E+01      | 2,0247E+02                 | 4,0996E+04                                    |
| MODAL  | 23   | 0,030717          | 3,2556E+01      | 2,0455E+02                 | 4,1842E+04                                    |
| MODAL  | 24   | 0,028662          | 3,4889E+01      | 2,1922E+02                 | 4,8055E+04                                    |
| MODAL  | 25   | 0,026853          | 3,7240E+01      | 2,3399E+02                 | 5,4750E+04                                    |
| MODAL  | 26   | 0,026236          | 3,8115E+01      | 2,3949E+02                 | 5,7353E+04                                    |
| MODAL  | 27   | 0,025315          | 3,9502E+01      | 2,4820E+02                 | 6,1601E+04                                    |
| MODAL  | 28   | 0,023611          | 4,2353E+01      | 2,6611E+02                 | 7,0816E+04                                    |
| MODAL  | 29   | 0,023029          | 4,3423E+01      | 2,7284E+02                 | 7,4439E+04                                    |
| MODAL  | 30   | 0,022818          | 4,3825E+01      | 2,7536E+02                 | 7,5824E+04                                    |
| MODAL  | 31   | 0,021329          | 4,6884E+01      | 2,9458E+02                 | 8,6778E+04                                    |
| MODAL  | 32   | 0,020775          | 4,8136E+01      | 3,0245E+02                 | 9,1474E+04                                    |
| MODAL  | 33   | 0,020334          | 4,9179E+01      | 3,0900E+02                 | 9,5480E+04                                    |
| MODAL  | 34   | 0,019854          | 5,0367E+01      | 3,1647E+02                 | 1,0015E+05                                    |
| MODAL  | 35   | 0,018916          | 5,2865E+01      | 3,3216E+02                 | 1,1033E+05                                    |
| MODAL  | 36   | 0,018660          | 5,3591E+01      | 3,3672E+02                 | 1,1338E+05                                    |
| MODAL  | 37   | 0,018264          | 5,4754E+01      | 3,4403E+02                 | 1,1836E+05                                    |
| MODAL  | 38   | 0,017912          | 5,5827E+01      | 3,5077E+02                 | 1,2304E+05                                    |
| MODAL  | 39   | 0,017264          | 5,7924E+01      | 3,6395E+02                 | 1,3246E+05                                    |
| MODAL  | 40   | 0,017150          | 5,8309E+01      | 3,6636E+02                 | 1,3422E+05                                    |

**Tablo 12.33 :** Modal Analiz Sonucu Sistem 1 İçin Periyotlar (devam)

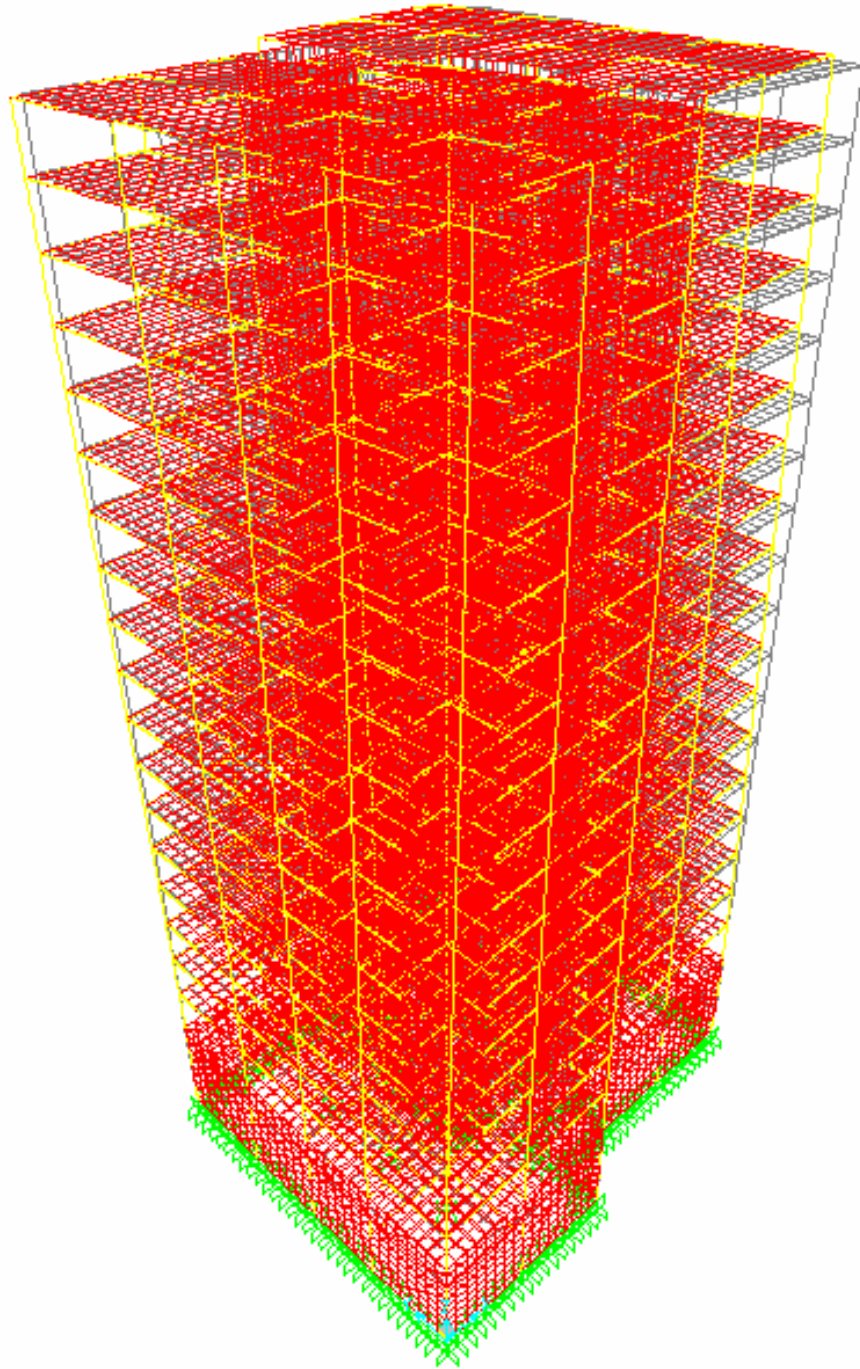
| Analiz | Adım | Periyod<br>Saniye | Frekans<br>1/sn | Dairesel Frekans<br>Rad/sn | Özvektör<br>Rad <sup>2</sup> /sn <sup>2</sup> |
|--------|------|-------------------|-----------------|----------------------------|-----------------------------------------------|
| MODAL  | 41   | 0,016728          | 5,9779E+01      | 3,7560E+02                 | 1,4108E+05                                    |
| MODAL  | 42   | 0,016680          | 5,9953E+01      | 3,7669E+02                 | 1,4190E+05                                    |
| MODAL  | 43   | 0,016092          | 6,2142E+01      | 3,9045E+02                 | 1,5245E+05                                    |
| MODAL  | 44   | 0,015905          | 6,2873E+01      | 3,9504E+02                 | 1,5606E+05                                    |
| MODAL  | 45   | 0,015464          | 6,4668E+01      | 4,0632E+02                 | 1,6510E+05                                    |
| MODAL  | 46   | 0,015263          | 6,5519E+01      | 4,1167E+02                 | 1,6947E+05                                    |
| MODAL  | 47   | 0,014938          | 6,6942E+01      | 4,2061E+02                 | 1,7691E+05                                    |
| MODAL  | 48   | 0,014472          | 6,9100E+01      | 4,3417E+02                 | 1,8850E+05                                    |
| MODAL  | 49   | 0,014197          | 7,0438E+01      | 4,4257E+02                 | 1,9587E+05                                    |
| MODAL  | 50   | 0,013697          | 7,3007E+01      | 4,5872E+02                 | 2,1042E+05                                    |
| MODAL  | 51   | 0,013645          | 7,3284E+01      | 4,6046E+02                 | 2,1202E+05                                    |
| MODAL  | 52   | 0,013272          | 7,5345E+01      | 4,7341E+02                 | 2,2411E+05                                    |
| MODAL  | 53   | 0,013102          | 7,6325E+01      | 4,7957E+02                 | 2,2998E+05                                    |
| MODAL  | 54   | 0,012959          | 7,7166E+01      | 4,8485E+02                 | 2,3508E+05                                    |
| MODAL  | 55   | 0,012656          | 7,9016E+01      | 4,9647E+02                 | 2,4648E+05                                    |
| MODAL  | 56   | 0,012353          | 8,0952E+01      | 5,0863E+02                 | 2,5871E+05                                    |
| MODAL  | 57   | 0,012131          | 8,2430E+01      | 5,1792E+02                 | 2,6824E+05                                    |
| MODAL  | 58   | 0,011684          | 8,5589E+01      | 5,3777E+02                 | 2,8920E+05                                    |
| MODAL  | 59   | 0,010999          | 9,0915E+01      | 5,7124E+02                 | 3,2631E+05                                    |
| MODAL  | 60   | 0,008174          | 1,2234E+02      | 7,6871E+02                 | 5,9092E+05                                    |

Yapının 1. moda karşı gelen periyodu,  $T_x = 1,313$  sn.

Yapının 2. moda karşı gelen periyodu,  $T_y = 1,032$  sn.



**Şekil 12.15 :** SAP 2000 Analizi Sonucu Sistem 1 İçin Elde Edilen X Doğrultusundaki 3 Boyutlu Mod Şekli



**Şekil 12.16 :** SAP 2000 Analizi Sonucu Sistem 1 İçin Elde Edilen Y Doğrultusundaki 3 Boyutlu Mod Şekli

### 12.4.3 Binaya etkiyen toplam taban kesme kuvvetlerinin bulunması

Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007'e göre Mod Birleştirme Yöntemi ile analiz edilen binanın toplam deprem yükü  $V_{tB}$ 'nin, Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nden elde edilecek bina toplam deprem yükü  $V_t$ 'ye oranının aşağıda tanımlanan  $\beta$  değerinden küçük olması durumunda ( $V_{tB} < \beta \times V_t$ ), Mod Birleştirme Yöntemi'ne göre bulunan tüm iç kuvvet ve yerdeğiştirme büyüklükleri, aşağıdaki denkleme göre büyütülecektir:

$$B_D = \frac{\beta V_t}{V_{tB}} B_B \quad (12.23)$$

Binanın Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007'de anlatılan A1, B2 veya B3 türü düzensizliklerden en az birinin binada bulunması durumunda  $\beta = 0,90$ , bu düzensizliklerden hiçbirinin bulunmaması durumunda ise  $\beta = 0,80$  alınacaktır.

Sap2000 analiz programı ile analiz edilen Sistem 1'in Mod Birleştirme Yöntemine göre hesaplanan bina toplam deprem yükleri x ve y yönünde şöyledir:

$$V_{tB,x} = 6000 \text{ kN}$$

$$V_{tB,y} = 6770 \text{ kN}$$

Buna göre analiz edilen binanın eşdeğer deprem yükü hesap yöntemine göre toplam deprem yükü  $V_t$  hesaplanmıştır:

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

$$V_t = \frac{WA(T_1)}{R_a(T_1)} \geq 0,10A_0IW \quad (12.24)$$

şeklinde belirlenir. Burada;

$A_0$  = Etkin Yer İvmesi Katsayısı,

$I$  = Yapı Önem Katsayısı,

$S$  = Spektrum Katsayısı,

$T_1$  = Yapının birinci titreşim periyodu,

$W$  = Toplam yapı ağırlığı,



$R_a$  = Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı

$A(T_1)$  = Spektral İvme Katsayısı,

$$A(T_1) = A_0 I S(T_1) \quad (12.25)$$

olarak hesap edilir.

Spektrum Katsayısı aşağıdaki ifadelerle verilmiştir:

$$S(T_1) = 1 + 1,5 T_1 / T_A \quad (0 \leq T_1 \leq T_A)$$

$$S(T_1) = 2,5 \quad (T_A \leq T_1 \leq T_B) \quad (12.26)$$

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

#### 12.4.3.1 X doğrultusunda toplam deprem yükünün bulunması

Sap2000 analiz programı kullanılarak yapının x doğrultusundaki doğal periyodu modal analiz sonucu elde edilmiştir. Bulunan bu periyoda bağlı olarak ve yönetmelik koşullarına uygun, yapının x doğrultusundaki toplam deprem yükü hesap edilmiştir.

Yapının deprem hesabında kullanılacak deprem parametreleri aşağıda verilmiştir:

Modal analiz sonucu elde edilen periyod,  $T_x = 1,313$  sn

Etkin Yer İvmesi Katsayısı,  $A_0 = 0,4$  (1. Derece Deprem Bölgesi)

Yapı Önem Katsayısı,  $I = 1,0$

Spektrum Karakteristik Periyodu,  $T_B = 0,40$  (Yerel Zemin Sınıfı Z2)

Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı,  $R = 7$  (Süneklik Düzeyi Yüksek)

Yapının Ağırlığı,

$$W = \sum_{i=1}^N W_i = \sum_{i=1}^N (G_i + nQ_i) = 150712,4 \text{ kN} \quad (12.27)$$

Spektrum Katsayısı,

$$X \text{ yönünde: } S_x = 2,5 (0,40/1,313)^{0,8} = 0,97 \quad T_B \leq T_x$$

Spektral İvme Katsayısı,

$$A(T_x) = A_0 I S(T) = 0,4 \times 1,0 \times 0,97 = 0,388$$

Buna göre Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü;

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

$$V_t = \frac{150712,4 \times 0,388}{7} = 8354 \text{ kN} > 0,1 \times 0,4 \times 1,0 \times 150712,4 = 6028,50 \text{ kN}$$

Yönetmelik gereği Eşdeğer Deprem Yüğü ve Mod Birleştirme Yöntemleriyle elde edilen Bina Toplam Deprem Kuvvetleri x yönü için karşılaştırılırsa ( $\beta = 0,80$ ):

$$\frac{V_{tB}}{V_t} = \frac{6000}{8354} = 0,72 < 0,80 \rightarrow$$

$$B_D = \frac{\beta V_t}{V_{tB}} B_B = \frac{0,8 \times 8354}{6000} \times 0,561 = 0,624 \text{ olarak büyütülecektir.}$$

#### 12.4.3.2 Y doğrultusunda toplam deprem yükünün bulunması

Sap2000 analiz programı kullanılarak yapının y doğrultusundaki doğal periyodu modal analiz sonucu elde edilmiştir. Bulunan bu periyoda bağlı olarak ve yönetmelik koşullarına uygun, yapının y doğrultusundaki toplam deprem yükü hesap edilmiştir.

Yapının deprem hesabında kullanılacak deprem parametreleri aşağıda verilmiştir:

Modal analiz sonucu elde edilen periyod,  $T_y = 1,0324 \text{ sn}$

Etkin Yer İvmesi Katsayısı,  $A_0 = 0,4$  (1. Derece Deprem Bölgesi)

Yapı Önem Katsayısı,  $I = 1,0$

Spektrum Karakteristik Periyodu,  $T_B = 0,40$  (Yerel Zemin Sınıfı Z2)

Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı,  $R = 7$  (Süneklik Düzeyi Yüksek)

Yapının Ağırlığı,

$$W = \sum_{i=1}^N W_i = \sum_{i=1}^N (G_i + n Q_i) = 150712,4 \text{ ton}$$

Spektrum Katsayısı,

$$X \text{ yönünde: } S_x = 2,5 (0,40/1,0324)^{0,8} = 1,172 \quad T_B \leq T_Y$$

Spektral İvme Katsayısı,

$$A(T_X) = A_0 I S(T) = 0,4 \times 1,0 \times 1,172 = 0,469$$

Buna göre Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü;

$$V_t = \frac{WA(T_1)}{R_a(T_1)} \geq 0,10A_0IW$$

$$V_t = \frac{150712,4 \times 0,469}{7} = 10097,73 \text{ kN} \quad > 0,1 \times 0,4 \times 1,0 \times 150712,4 = 6028,50 \text{ kN}$$

Yönetmelik gereği Eşdeğer Deprem Yüğü ve Mod Birleştirme Yöntemleriyle elde edilen Bina Toplam Deprem Kuvvetleri y yönü için karşılaştırılırsa ( $\beta = 0,80$ ):

$$\frac{V_{tB}}{V_t} = \frac{6770}{10097,73} = 0,670 < 0,80 \quad \rightarrow$$

$$B_D = \frac{\beta V_t}{V_{tB}} B_B = \frac{0,8 \times 10097,73}{6770} \times 0,561 = 0,669 \text{ olarak büyütülecektir.}$$

Bu değişiklikler sonucunda bina yeniden analiz edildiğinde x ve y yönünde elde edilen Toplam Deprem Kuvvetleri şöyledir:

$$V_{tB,x} = 6680 \text{ kN}$$

$$V_{tB,y} = 8070 \text{ kN}$$

## 12.5 Sistem 1 İçin Düzensizlik Kontrolleri

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

### 12.5.1 A1 burulma düzensizliği kontrolü

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

$$\eta_{bi} = \frac{\Delta_{i,max}}{\Delta_{i,ort}} > 1,2 \quad (12.28)$$

$$\Delta_{i,ort} = \frac{1}{2} [(\Delta_i)_{max} + (\Delta_i)_{min}] \quad (12.29)$$

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

**Tablo 12.34 :** Sistem 1 Burulma Düzensizliği Kontrolü (X Yönü)

| Kat No | $\Delta i, \max$ | $\Delta i, \min$ | $\Delta i, \text{ort}$ | $\eta_b$ |
|--------|------------------|------------------|------------------------|----------|
| 20     | 0,002352         | 0,00178          | 0,002066               | 1,138    |
| 19     | 0,002408         | 0,001808         | 0,002108               | 1,142    |
| 18     | 0,002466         | 0,001832         | 0,002149               | 1,148    |
| 17     | 0,002535         | 0,001862         | 0,002185               | 1,153    |
| 16     | 0,002578         | 0,001875         | 0,0022265              | 1,158    |
| 15     | 0,002645         | 0,001898         | 0,0022715              | 1,164    |
| 14     | 0,002679         | 0,001904         | 0,0022915              | 1,169    |
| 13     | 0,002733         | 0,001914         | 0,0023235              | 1,176    |
| 12     | 0,00276          | 0,001904         | 0,002332               | 1,184    |
| 11     | 0,002789         | 0,001895         | 0,002342               | 1,191    |
| 10     | 0,002778         | 0,001861         | 0,0023195              | 1,197    |
| 9      | 0,002757         | 0,001813         | 0,002285               | 1,206    |
| 8      | 0,002682         | 0,001735         | 0,0022085              | 1,214    |
| 7      | 0,002571         | 0,001632         | 0,0021015              | 1,223    |
| 6      | 0,002383         | 0,00149          | 0,0019365              | 1,231    |
| 5      | 0,002121         | 0,001303         | 0,001712               | 1,239    |
| 4      | 0,001746         | 0,001058         | 0,001402               | 1,245    |
| 3      | 0,001249         | 0,00072          | 0,0009845              | 1,268    |
| 2      | 0,000223         | 0,000194         | 0,0002085              | 1,069    |
| 1      | 0,000108         | 0,000088         | 0,000098               | 1,102    |

Tablodan görüldüğü gibi system 1'in en üst katından alt katlara doğru, x yönünde burulma düzensizliği katsayısı artmaktadır. 9. kattan itibaren de istenilen sınır değeri aşmaktadır. Bu durumda alt katlardaki kolonların x yönündeki rijitlikleri arttırılarak burulma düzensizliği ortadan kaldırılabılır.

**Tablo 12.35 :** Sistem 1 Burulma Düzensizliği Kontrolü (Y Yönü)

| Kat No | $\Delta_i, \max$ | $\Delta_i, \min$ | $\Delta_i, \text{ort}$ | $\eta_b$ |
|--------|------------------|------------------|------------------------|----------|
| 20     | 0,001743         | 0,001431         | 0,001587               | 1,098    |
| 19     | 0,001795         | 0,001462         | 0,0016285              | 1,102    |
| 18     | 0,001851         | 0,001491         | 0,001671               | 1,108    |
| 17     | 0,001915         | 0,001524         | 0,0017195              | 1,114    |
| 16     | 0,001959         | 0,001544         | 0,0017515              | 1,118    |
| 15     | 0,002019         | 0,001572         | 0,0017955              | 1,124    |
| 14     | 0,002047         | 0,001581         | 0,001814               | 1,128    |
| 13     | 0,002091         | 0,001594         | 0,0018425              | 1,135    |
| 12     | 0,0021           | 0,001591         | 0,0018455              | 1,132    |
| 11     | 0,002114         | 0,001584         | 0,001849               | 1,143    |
| 10     | 0,00209          | 0,001556         | 0,001823               | 1,146    |
| 9      | 0,002058         | 0,001521         | 0,0017895              | 1,150    |
| 8      | 0,001984         | 0,00146          | 0,001722               | 1,152    |
| 7      | 0,001889         | 0,001385         | 0,001637               | 1,154    |
| 6      | 0,001744         | 0,001278         | 0,001511               | 1,154    |
| 5      | 0,00156          | 0,001145         | 0,0013525              | 1,153    |
| 4      | 0,001307         | 0,000971         | 0,001139               | 1,147    |
| 3      | 0,000937         | 0,000723         | 0,00083                | 1,129    |
| 2      | 0,00023          | 0,000222         | 0,000226               | 1,018    |
| 1      | 0,000117         | 0,000114         | 0,0001155              | 1,013    |

$< 1,2$

Tablo 12.35’ ten görüldüğü gibi hiçbir katta burulma düzensizliği katsayısı 1,2 değerini aşmamıştır. Buna göre system 1’de, y yönünde burulma düzensizliği yoktur.

### 12.5.2 B2 yumuşak kat düzensizliği kontrolü

Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir i’ nci kattaki ortalama görelî kat ötelemesinin bir üst veya bir alt kattaki ortalama rölâtif kat ötelemesine oranı olarak tanımlanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısı’ nın ( $\eta_{ki}$ ) 2,0’ dan fazla olması durumudur. Aşağıda belirtilen formüllerle hesaplanır:

$$\eta_{ki} = \frac{(\Delta_i / h_i)_{\text{ort}}}{(\Delta_{i+1} / h_{i+1})_{\text{ort}}} > 2, \quad (12.30)$$

$$\eta_{ki} = \frac{(\Delta_i / h_i)_{\text{ort}}}{(\Delta_{i-1} / h_{i-1})_{\text{ort}}} > 2 \quad (12.31)$$

**Tablo12.36 : Sistem 1 Yumuşak Kat Düzensizliği Kontrolü (X Yönü)**

| Kat No | $\Delta i, \max/h_i$ | $\Delta i, \min/h_i$ | $(\Delta i/h_i)_{\text{ort}}$ | $\eta_{ki}$ |
|--------|----------------------|----------------------|-------------------------------|-------------|
| 20     | 0,000784             | 0,000593333          | 0,000688667                   |             |
| 19     | 0,00080267           | 0,000602667          | 0,000702667                   | 1,02032914  |
| 18     | 0,000822             | 0,000610667          | 0,000716333                   | 1,01944972  |
| 17     | 0,000845             | 0,000620667          | 0,000732833                   | 1,02303397  |
| 16     | 0,00085933           | 0,000625             | 0,000742167                   | 1,01273596  |
| 15     | 0,00088167           | 0,000632667          | 0,000757167                   | 1,02021109  |
| 14     | 0,000893             | 0,000634667          | 0,000763833                   | 1,00880475  |
| 13     | 0,000911             | 0,000638             | 0,0007745                     | 1,01396465  |
| 12     | 0,00092              | 0,000634667          | 0,000777333                   | 1,00365827  |
| 11     | 0,00092967           | 0,000631667          | 0,000780667                   | 1,00428816  |
| 10     | 0,000926             | 0,000620333          | 0,000773167                   | 0,99039283  |
| 9      | 0,000919             | 0,000604333          | 0,000761667                   | 0,9851261   |
| 8      | 0,000894             | 0,000578333          | 0,000736167                   | 0,96652079  |
| 7      | 0,000857             | 0,000544             | 0,0007005                     | 0,95155083  |
| 6      | 0,00079433           | 0,000496667          | 0,0006455                     | 0,92148465  |
| 5      | 0,000707             | 0,000434333          | 0,000570667                   | 0,8840692   |
| 4      | 0,000582             | 0,000352667          | 0,000467333                   | 0,81892523  |
| 3      | 0,00041633           | 0,00024              | 0,000328167                   | 0,70221113  |
| 2      | 6,3714E-05           | 5,54286E-05          | 5,95714E-05                   | 0,18152797  |
| 1      | 3,0857E-05           | 2,51429E-05          | 0,000028                      | 0,47002398  |

&lt; 2

Sonuç olarak sistem 1'in tüm katlarında x doğrultusunda yumuşak kat düzensizliğinin olmadığı gösterilmiştir

**Tablo 12.37 : Sistem 1 Yumuşak Kat Düzensizliği Kontrolü (Y Yönü)**

| Kat No | $\Delta i, \max/h_i$ | $\Delta i, \min/h_i$ | $(\Delta i/h_i)_{\text{ort}}$ | $\eta_{ki}$ |
|--------|----------------------|----------------------|-------------------------------|-------------|
| 20     | 0,000581             | 0,000477             | 0,000529                      |             |
| 19     | 0,0005983            | 0,0004873            | 0,00054283                    | 1,02615     |
| 18     | 0,000617             | 0,000497             | 0,000557                      | 1,0261      |
| 17     | 0,0006383            | 0,000508             | 0,00057317                    | 1,02902     |
| 16     | 0,000653             | 0,0005147            | 0,00058383                    | 1,01861     |
| 15     | 0,000673             | 0,000524             | 0,0005985                     | 1,02512     |
| 14     | 0,0006823            | 0,000527             | 0,00060467                    | 1,0103      |
| 13     | 0,000697             | 0,0005313            | 0,00061417                    | 1,01571     |
| 12     | 0,0007               | 0,0005303            | 0,00061517                    | 1,00163     |
| 11     | 0,0007047            | 0,000528             | 0,00061633                    | 1,0019      |
| 10     | 0,0006967            | 0,0005187            | 0,00060767                    | 0,98594     |
| 9      | 0,000686             | 0,000507             | 0,0005965                     | 0,98162     |
| 8      | 0,0006613            | 0,0004867            | 0,000574                      | 0,96228     |
| 7      | 0,0006297            | 0,0004617            | 0,00054567                    | 0,95064     |
| 6      | 0,0005813            | 0,000426             | 0,00050367                    | 0,92303     |
| 5      | 0,00052              | 0,0003817            | 0,00045083                    | 0,8951      |
| 4      | 0,0004357            | 0,0003237            | 0,00037967                    | 0,84214     |
| 3      | 0,0003123            | 0,000241             | 0,00027667                    | 0,72871     |
| 2      | 6,571E-05            | 6,343E-05            | 6,4571E-05                    | 0,23339     |
| 1      | 3,343E-05            | 3,257E-05            | 0,000033                      | 0,51106     |

&lt; 2

Sonuç olarak system 1'in tüm katlarında Y doğrultusunda yumuşak kat düzensizliğinin olmadığı gösterilmiştir.

### 12.5.3 Göreli kat ötelemeleri kontrolü

Herhangi bir kolon veya perde için, ardışık iki kat arasındaki yer değiştirme farkını ifade eden göreli kat ötelemesi,  $\Delta_i$  aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$\Delta_i = d_i - d_{i-1} \quad (12.32)$$

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

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

$$\Delta_{i,max} / h_i \leq 0,02 / R = 0,002857 \quad (12.33)$$

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

Göreli kat ötelemeleri kontrolleri her iki doğrultuda yapılmış ve elde edilen sonuçlar aşağıdaki tablolarda verilmiştir.

**Tablo 12.38 :** Sistem 1 X Yönünde Görelî Kat Ötelemelerinin Kontrolü

| Kat No | hi  | $\Delta_{i,max}$ | $\Delta_{i,max} / h_i$ |
|--------|-----|------------------|------------------------|
| 20     | 3   | 0,002352         | 0,000784               |
| 19     | 3   | 0,002408         | 0,00080267             |
| 18     | 3   | 0,002466         | 0,000822               |
| 17     | 3   | 0,002535         | 0,000845               |
| 16     | 3   | 0,002578         | 0,00085933             |
| 15     | 3   | 0,002645         | 0,00088167             |
| 14     | 3   | 0,002679         | 0,000893               |
| 13     | 3   | 0,002733         | 0,000911               |
| 12     | 3   | 0,00276          | 0,00092                |
| 11     | 3   | 0,002789         | 0,00092967             |
| 10     | 3   | 0,002778         | 0,000926               |
| 9      | 3   | 0,002757         | 0,000919               |
| 8      | 3   | 0,002682         | 0,000894               |
| 7      | 3   | 0,002571         | 0,000857               |
| 6      | 3   | 0,002383         | 0,00079433             |
| 5      | 3   | 0,002121         | 0,000707               |
| 4      | 3   | 0,001746         | 0,000582               |
| 3      | 3   | 0,001249         | 0,00041633             |
| 2      | 3.5 | 0,000223         | 6,3714E-05             |
| 1      | 3.5 | 0,000108         | 3,0857E-05             |

&lt;0,002857

Sonuç olarak system 1'in tüm katlarında x doğrultusunda görelî kat ötelemeleri kontrolü sağlanmıştır.

**Tablo 12.39 :** Sistem 1 Y Yönünde Görelî Kat Ötelemelerinin Kontrolü

| Kat No | hi  | $\Delta_{i,max}$ | $\Delta_{i,max} / h_i$ |
|--------|-----|------------------|------------------------|
| 20     | 3   | 0,001743         | 0,000581               |
| 19     | 3   | 0,001795         | 0,0005983              |
| 18     | 3   | 0,001851         | 0,000617               |
| 17     | 3   | 0,001915         | 0,0006383              |
| 16     | 3   | 0,001959         | 0,000653               |
| 15     | 3   | 0,002019         | 0,000673               |
| 14     | 3   | 0,002047         | 0,0006823              |
| 13     | 3   | 0,002091         | 0,000697               |
| 12     | 3   | 0,0021           | 0,0007                 |
| 11     | 3   | 0,002114         | 0,0007047              |
| 10     | 3   | 0,00209          | 0,0006967              |
| 9      | 3   | 0,002058         | 0,000686               |
| 8      | 3   | 0,001984         | 0,0006613              |
| 7      | 3   | 0,001889         | 0,0006297              |
| 6      | 3   | 0,001744         | 0,0005813              |
| 5      | 3   | 0,00156          | 0,00052                |
| 4      | 3   | 0,001307         | 0,0004357              |
| 3      | 3   | 0,000937         | 0,0003123              |
| 2      | 3.5 | 0,00023          | 6,571E-05              |
| 1      | 3.5 | 0,000117         | 3,343E-05              |

&lt; 0,002857



Sonuç olarak system 1'in tüm katlarında y doğrultusunda görelî kat ötelemeleri kontrolü sağlanmıştır.

#### 12.5.4 İkinci mertebe etkilerinin kontrolü

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

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

$$\theta_i = \frac{N_i \Delta_{i,ort}}{V_i h_i} \quad (12.34)$$

$$N_i = \sum_{j=1}^N W_j \quad (12.35)$$

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

Her iki doğrultuda sistemin ikinci mertebe etkisi incelenmiş ve aşağıdaki tablolarda hesap sonuçları gösterilmiştir.

**Tablo 12.40 :** Sistem 1 İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü (X Doğrultusu)

| Kat No | Wi      | ΣWi       | Δi,ort    | Vi        | hi  | θi      |
|--------|---------|-----------|-----------|-----------|-----|---------|
| 20     | 6781,8  | 6781,8    | 0,002066  | 533,83345 | 3   | 0,00875 |
| 19     | 6781,8  | 13563,6   | 0,002108  | 1041,4128 | 3   | 0,00915 |
| 18     | 6971,1  | 20534,7   | 0,002149  | 1536,1733 | 3   | 0,00958 |
| 17     | 6971,1  | 27505,8   | 0,0021985 | 2003,9468 | 3   | 0,01006 |
| 16     | 7018,4  | 34524,2   | 0,0022265 | 2447,7242 | 3   | 0,01047 |
| 15     | 7018,4  | 41542,6   | 0,0022715 | 2864,3315 | 3   | 0,01098 |
| 14     | 7166,5  | 48709,1   | 0,0022915 | 3261,9866 | 3   | 0,01141 |
| 13     | 7166,5  | 55875,6   | 0,0023235 | 3631,8983 | 3   | 0,01192 |
| 12     | 7261,4  | 63137     | 0,002332  | 3978,5977 | 3   | 0,01234 |
| 11     | 7261,4  | 70398,4   | 0,002342  | 4297,1863 | 3   | 0,01279 |
| 10     | 7399,4  | 77797,8   | 0,0023195 | 4593,1845 | 3   | 0,0131  |
| 9      | 7399,4  | 85197,2   | 0,002285  | 4860,5378 | 3   | 0,01335 |
| 8      | 7513    | 92710,2   | 0,0022085 | 5102,9109 | 3   | 0,01337 |
| 7      | 7513    | 100223,2  | 0,0021015 | 5316,1992 | 3   | 0,01321 |
| 6      | 7606,8  | 107830    | 0,0019365 | 5502,7025 | 3   | 0,01265 |
| 5      | 7606,8  | 115436,8  | 0,001712  | 5659,758  | 3   | 0,01164 |
| 4      | 7734,6  | 123171,4  | 0,001402  | 5789,5094 | 3   | 0,00994 |
| 3      | 7734,6  | 130906    | 0,0009845 | 5889,3182 | 3   | 0,00729 |
| 2      | 9903,15 | 140809,15 | 0,0002085 | 5978,7727 | 3,5 | 0,0014  |
| 1      | 9903,15 | 150712,3  | 0,000098  | 6023,5    | 3,5 | 0,0007  |

&lt; 0,12

Sonuç olarak sistem 1'in tüm katlarında x doğrultusunda ikinci mertebe etkisinin ihmal edilebilir seviyede olduğu görülmüştür.

**Tablo 12.41 :** Sistem 1 İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü (Y Doğrultusu)

| Kat No | Wi      | ΣWi     | Δi,ort    | Vi       | hi  | θi      |
|--------|---------|---------|-----------|----------|-----|---------|
| 20     | 6781,8  | 6781,8  | 0,001587  | 659,9559 | 3   | 0,00544 |
| 19     | 6781,8  | 13563,6 | 0,0016285 | 1287,455 | 3   | 0,00572 |
| 18     | 6971,1  | 20534,7 | 0,001671  | 1899,106 | 3   | 0,00602 |
| 17     | 6971,1  | 27505,8 | 0,0017195 | 2477,395 | 3   | 0,00636 |
| 16     | 7018,4  | 34524,2 | 0,0017515 | 3026,019 | 3   | 0,00666 |
| 15     | 7018,4  | 41542,6 | 0,0017955 | 3541,053 | 3   | 0,00702 |
| 14     | 7166,5  | 48709,1 | 0,001814  | 4032,657 | 3   | 0,0073  |
| 13     | 7166,5  | 55875,6 | 0,0018425 | 4489,963 | 3   | 0,00764 |
| 12     | 7261,4  | 63137   | 0,0018455 | 4918,573 | 3   | 0,0079  |
| 11     | 7261,4  | 70398,4 | 0,001849  | 5312,431 | 3   | 0,00817 |
| 10     | 7399,4  | 77797,8 | 0,001823  | 5678,361 | 3   | 0,00833 |
| 9      | 7399,4  | 85197,2 | 0,0017895 | 6008,879 | 3   | 0,00846 |
| 8      | 7513    | 92710,2 | 0,001722  | 6308,514 | 3   | 0,00844 |
| 7      | 7513    | 100223  | 0,001637  | 6572,194 | 3   | 0,00832 |
| 6      | 7606,8  | 107830  | 0,001511  | 6802,76  | 3   | 0,00798 |
| 5      | 7606,8  | 115437  | 0,0013525 | 6996,921 | 3   | 0,00744 |
| 4      | 7734,6  | 123171  | 0,001139  | 7157,327 | 3   | 0,00653 |
| 3      | 7734,6  | 130906  | 0,00083   | 7280,717 | 3   | 0,00497 |
| 2      | 9903,15 | 140809  | 0,000226  | 7391,306 | 3,5 | 0,00123 |
| 1      | 9903,15 | 150712  | 0,0001155 | 7446,6   | 3,5 | 0,00067 |

&lt; 0,12

Sonuç olarak sistem 1'in tüm katlarında y doğrultusunda ikinci merteye etkisinin ihmal edilebilir seviyede olduğu görülmüştür.

## 12.6 Sistem 1 İçin İç Kuvvetler

Bu bölümde Mod Birleştirme Yöntemi ile çözülen sistem 1'in, daha sonra Eşdeğer Kuvvet Yöntemi ile ve taşıyıcı sistemi değiştirilerek tekrar Mod Birleştirme Yöntemi ile çözüldükten sonra iç kuvvetler bakımından karşılaştırma yapılacağı S06, S09, S10, S11 kolonlarının iç kuvvet değerleri verilmiştir.

**Tablo 12.42 :** Sistem 1 S06, S09, S10, S11 Kolonları İçin Normal Kuvvet Değerleri

| Kat No | Normal Kuvvet (kN) |          |          |         |
|--------|--------------------|----------|----------|---------|
|        | S06                | S09      | S10      | S11     |
| 1      | 1869,139           | 1542,091 | 1459,02  | 316,893 |
| 2      | 1753,899           | 1446,465 | 1372,797 | 666,389 |
| 3      | 1535,506           | 1261,846 | 1203,985 | 884,188 |
| 4      | 1642,799           | 1354,588 | 1288,367 | 937,18  |
| 5      | 1430,597           | 1171,589 | 1120,972 | 830,885 |
| 6      | 1327,954           | 1083,754 | 1039,433 | 777,471 |
| 7      | 1227,391           | 998,121  | 959,22   | 723,948 |
| 8      | 1128,866           | 914,764  | 880,457  | 670,355 |
| 9      | 1032,165           | 833,379  | 802,972  | 616,744 |
| 10     | 936,938            | 754,019  | 726,861  | 563,196 |
| 11     | 842,557            | 676,298  | 651,989  | 509,64  |
| 12     | 751,742            | 601,055  | 578,861  | 455,845 |
| 13     | 663,556            | 527,942  | 507,169  | 402,005 |
| 14     | 575,757            | 457,103  | 437,203  | 348,15  |
| 15     | 488,315            | 386,787  | 367,975  | 294,585 |
| 16     | 400,121            | 316,496  | 299,488  | 241,528 |
| 17     | 310,44             | 245,241  | 231,144  | 189,087 |
| 18     | 216,45             | 170,35   | 162,102  | 138,089 |
| 19     | 123,764            | 96,477   | 93,955   | 85,489  |
| 20     | 31,587             | 22,224   | 26,834   | 31,276  |

**Tablo 12.43 :** Sistem 1 S06, S09, S10, S11 Kolonları İçin V2 Değerleri

|        | V2 (kN) |         |         |        |
|--------|---------|---------|---------|--------|
| Kat No | S06     | S09     | S10     | S11    |
| 1      | 40,218  | 43,646  | 41,227  | 16,528 |
| 2      | 84,355  | 97,776  | 84,905  | 61,115 |
| 3      | 76,707  | 107,143 | 100,972 | 51,396 |
| 4      | 118,133 | 144,027 | 132,206 | 66,569 |
| 5      | 89,823  | 123,121 | 116,147 | 55,273 |
| 6      | 103,428 | 143,069 | 136,573 | 64,24  |
| 7      | 101,917 | 140,022 | 133,964 | 60,343 |
| 8      | 115,6   | 157,971 | 152,473 | 68,841 |
| 9      | 106,988 | 145,353 | 140,537 | 61,638 |
| 10     | 125,55  | 169,286 | 164,992 | 69,391 |
| 11     | 100,548 | 134,715 | 131,576 | 59,6   |
| 12     | 116,62  | 157,075 | 153,928 | 67,078 |
| 13     | 99,692  | 132,651 | 130,463 | 55,476 |
| 14     | 117,139 | 155,263 | 153,199 | 66,85  |
| 15     | 81,075  | 106,249 | 104,826 | 42,012 |
| 16     | 101,227 | 131,176 | 129,749 | 54,037 |
| 17     | 59,767  | 76,066  | 75,226  | 26,91  |
| 18     | 73,941  | 92,226  | 91,579  | 29,757 |
| 19     | 34,258  | 41,668  | 41,728  | 27,557 |
| 20     | 40,401  | 47,279  | 47,552  | 28,736 |

**Tablo 12.44 :** Sistem 1 S06, S09, S10, S11 Kolonları İçin V3 Değerleri

|        | V3 (kN) |         |         |         |
|--------|---------|---------|---------|---------|
| Kat No | S06     | S09     | S10     | S11     |
| 1      | 46,24   | 44,174  | 42,899  | 90,446  |
| 2      | 79,195  | 77,936  | 76,664  | 169,655 |
| 3      | 69,329  | 60,229  | 59,945  | 67,901  |
| 4      | 121,157 | 114,652 | 113,382 | 97,021  |
| 5      | 79,951  | 69,941  | 70,311  | 74,372  |
| 6      | 90,964  | 78,285  | 79,299  | 86,871  |
| 7      | 88,443  | 75,695  | 77,171  | 80,959  |
| 8      | 98,984  | 83,495  | 85,574  | 91,76   |
| 9      | 91,087  | 76,439  | 78,814  | 80,952  |
| 10     | 105,124 | 87,246  | 90,258  | 89,99   |
| 11     | 83,938  | 68,88   | 71,102  | 76,178  |
| 12     | 97,725  | 78,327  | 81,17   | 83,644  |
| 13     | 81,879  | 65,704  | 68,28   | 67,403  |
| 14     | 94,648  | 74,883  | 77,92   | 77,179  |
| 15     | 64,299  | 50,332  | 52,133  | 44,522  |
| 16     | 78,339  | 60,205  | 61,936  | 52,15   |
| 17     | 44,899  | 33,941  | 34,598  | 22,775  |
| 18     | 53,707  | 39,831  | 39,604  | 23,879  |
| 19     | 23,918  | 17,496  | 16,496  | 22,848  |
| 20     | 26,976  | 19,34   | 18,124  | 23,543  |

**Tablo 12.45 :** Sistem 1 S06, S09, S10, S11 Kolonları İçin M3 Değerleri

| Kat No | M3 (kN)  |          |          |          |          |          |          |          |
|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|        | S06      |          | S09      |          | S10      |          | S11      |          |
|        | Alt      | Üst      | Alt      | Üst      | Alt      | Üst      | Alt      | Üst      |
| 1      | 99,9577  | 36,5221  | 109,9456 | 32,1861  | 106,4137 | 2,57128  | 35,1147  | 21,0021  |
| 2      | 6,4514   | 274,5925 | 29,3038  | 297,5257 | 20,135   | 259,6773 | 5,3505   | 138,7378 |
| 3      | 178,6452 | 50,5405  | 233,1096 | 67,8235  | 219,2136 | 62,4211  | 76,4454  | 43,2681  |
| 4      | 336,1324 | 19,8426  | 403,9999 | 19,9961  | 369,0846 | 15,8397  | 159,9711 | 23,1412  |
| 5      | 182,3921 | 86,2893  | 236,6099 | 110,868  | 223,5071 | 102,444  | 77,5477  | 59,2207  |
| 6      | 186,2821 | 124,834  | 245,6863 | 155,582  | 234,9992 | 146,232  | 77,1368  | 82,3064  |
| 7      | 172,8569 | 132,568  | 228,6509 | 163,363  | 219,5024 | 153,859  | 69,7675  | 82,4763  |
| 8      | 184,553  | 159,249  | 245,903  | 192,795  | 238,0713 | 183,709  | 74,3271  | 99,4509  |
| 9      | 167,3736 | 149,346  | 222,9925 | 179,234  | 216,3908 | 171,087  | 65,7155  | 91,1831  |
| 10     | 185,18   | 182,996  | 247,1605 | 215,058  | 241,4935 | 207,746  | 71,7037  | 104,479  |
| 11     | 145,9023 | 147,11   | 194,2435 | 170,823  | 190,0028 | 165,664  | 61,0673  | 90,6114  |
| 12     | 172,49   | 164,896  | 231,6184 | 190,359  | 227,3136 | 185,458  | 66,4711  | 102,972  |
| 13     | 146,806  | 140,087  | 195,0984 | 158,57   | 192,1775 | 155,198  | 55,3176  | 84,9183  |
| 14     | 167,1428 | 166,11   | 221,7816 | 185,001  | 219,0463 | 182,062  | 63,0362  | 105,677  |
| 15     | 115,4538 | 112,709  | 151,6047 | 123,001  | 149,7118 | 121,182  | 38,791   | 66,6127  |
| 16     | 145,0784 | 135,836  | 188,5465 | 144,573  | 186,6161 | 143,1    | 48,6931  | 84,7277  |
| 17     | 85,1377  | 77,3494  | 108,7715 | 79,8113  | 107,6663 | 79,0996  | 22,9173  | 42,6942  |
| 18     | 106,6253 | 92,2126  | 133,5393 | 91,7307  | 132,5512 | 91,6822  | 25,6415  | 44,2633  |
| 19     | 49,1356  | 42,2841  | 60,048   | 40,2504  | 60,0723  | 40,7553  | 21,6538  | 41,017   |
| 20     | 59,1835  | 48,0084  | 69,8854  | 45,3576  | 70,3255  | 45,9885  | 21,4672  | 44,541   |

**Tablo 12.46 :** Sistem 1 S06, S09, S10, S11 Kolonları İçin M2 Değerleri

| Kat No | M2 (kN)  |          |          |          |          |          |          |          |
|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|        | S06      |          | S09      |          | S10      |          | S11      |          |
|        | Alt      | Üst      | Alt      | Üst      | Alt      | Üst      | Alt      | Üst      |
| 1      | 122,5486 | 30,5612  | 117,9111 | 39,7654  | 118,7118 | 36,5821  | 84,7897  | 25,7325  |
| 2      | 38,5478  | 230,9956 | 25,3155  | 249,1337 | 29,0679  | 247,1374 | 44,8171  | 197,5119 |
| 3      | 144,3341 | 50,9614  | 122,6727 | 52,1942  | 130,8872 | 50,0977  | 122,1643 | 81,1597  |
| 4      | 320,8085 | 32,5954  | 306,2154 | 35,9116  | 309,3124 | 33,841   | 232,5413 | 58,9831  |
| 5      | 151,9849 | 75,2549  | 130,1176 | 74,531   | 137,8847 | 72,8933  | 126,8827 | 96,1222  |
| 6      | 156,5498 | 101,262  | 129,6381 | 98,5936  | 139,5236 | 96,8614  | 138,0912 | 122,263  |
| 7      | 145,4517 | 105,471  | 119,187  | 102,039  | 128,914  | 100,47   | 125,292  | 117,516  |
| 8      | 155,5287 | 124,142  | 124,1691 | 118,991  | 135,948  | 117,158  | 138,3284 | 136,72   |
| 9      | 141,0339 | 116,092  | 111,5918 | 111,2    | 122,8661 | 109,62   | 120,7456 | 122,042  |
| 10     | 154,7645 | 138,203  | 119,7154 | 133,409  | 133,521  | 131,118  | 132,8633 | 136,846  |
| 11     | 121,4786 | 112,838  | 92,9054  | 106,798  | 103,6853 | 104,023  | 111,9515 | 116,463  |
| 12     | 144,5202 | 128,947  | 106,9432 | 119,122  | 120,2463 | 115,398  | 122,6748 | 128,203  |
| 13     | 120,8688 | 106,612  | 88,9656  | 100,368  | 100,6459 | 97,1116  | 98,8224  | 103,286  |
| 14     | 135,2779 | 124,531  | 97,6394  | 117,515  | 111,7359 | 112,465  | 110,7324 | 120,695  |
| 15     | 91,8249  | 82,9636  | 64,7311  | 79,0946  | 74,5992  | 74,7194  | 63,8656  | 69,7127  |
| 16     | 112,6551 | 97,438   | 76,2181  | 93,9782  | 89,3311  | 87,0995  | 75,7916  | 80,6151  |
| 17     | 64,2326  | 53,6094  | 41,5207  | 53,2067  | 49,6614  | 48,3444  | 33,022   | 35,3131  |
| 18     | 77,8235  | 61,7822  | 47,5704  | 61,7824  | 57,7945  | 53,7673  | 35,77    | 35,8513  |
| 19     | 34,496   | 27,1378  | 20,5648  | 27,2663  | 24,0508  | 22,1146  | 34,2329  | 34,3013  |
| 20     | 39,8135  | 31,666   | 23,771   | 29,4046  | 26,5811  | 23,5006  | 34,3659  | 36,0941  |

## 12.7 Sistem 1'in Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile Hesabı

Bu bölümde Mod Birleştirme Yöntemine göre analiz edilen sistem 1'in Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemine göre Sap 2000 yapı analizi programında analiz edilip hesabı yapılmıştır.

### 12.7.1 Eşdeğer deprem yüğü yöntemine göre kat kesme kuvvetleri

Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi için tanımlanan yük sınıfları ve yük birleşimleri aşağıda verilmiştir.

**Tablo 12.47 :** Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi Yüğü Sınıfları

| Yüğü   | Tipi          | Zati Ağırlık Yüğü Çarpanı |
|--------|---------------|---------------------------|
| G      | Zati          | 0                         |
| Q1, Q2 | Hareketli     | 0                         |
| DXP    | Deprem (+ %5) | 0                         |
| DYP    | Deprem (+ %5) | 0                         |
| DXN    | Deprem (- %5) | 0                         |
| DYN    | Deprem (- %5) | 0                         |

**Tablo 12.48 :** Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi Yüğü Birleşimleri

| Tip    | Birleşim             |
|--------|----------------------|
| Düşey  | 1,4G + 1,6Q          |
| Deprem | G + Q + DXP + 0,3DYP |
| Deprem | G + Q + DXP - 0,3DYP |
| Deprem | G + Q - DXP + 0,3DYP |
| Deprem | G + Q - DXP - 0,3DYP |
| Deprem | G + Q + DXN + 0,3DYN |
| Deprem | G + Q + DXN - 0,3DYN |
| Deprem | G + Q - DXN + 0,3DYN |
| Deprem | G + Q - DXN - 0,3DYN |
| Deprem | G + Q + DYP + 0,3DXP |
| Deprem | G + Q + DYP - 0,3DXP |
| Deprem | G + Q - DYP + 0,3DXP |
| Deprem | G + Q - DYP - 0,3DXP |
| Deprem | G + Q + DYN + 0,3DXN |
| Deprem | G + Q + DYN - 0,3DXN |
| Deprem | G + Q - DYN + 0,3DXN |
| Deprem | G + Q - DYN - 0,3DXN |

Mod Birleştirme Yöntemi ile hesapta, modal analiz sonucu elde edilen periyotlarla birlikte eşdeğer deprem yüğü yöntemine göre hesap için bulunması gereken toplam deprem yükleri bulunmuştu. Buna göre Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemine göre katlara gelecek olan kat kesme kuvvetleri Tablo 12.49 ve 12.50'de verilmiştir.

**Tablo 12.49 :** Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi X Yönünde Katlara Etkiyen Deprem Yüğü

| Kat No | Hi(m) | Wi(kN)  | WixHi    | (WixHi)/Σ wi x Hi | ΔFN (kN) | Vt (kN) | Fi(kN) | Vi(kN)  |
|--------|-------|---------|----------|-------------------|----------|---------|--------|---------|
| 20     | 61    | 6781,8  | 413689,8 | 0,088625127       | 656,5    | 8354    | 682,19 | 682,191 |
| 19     | 58    | 6781,8  | 393344,4 | 0,084266515       | 656,5    | 8354    | 648,64 | 1330,83 |
| 18     | 55    | 6971,1  | 383410,5 | 0,082138366       | 656,5    | 8354    | 632,26 | 1963,09 |
| 17     | 52    | 6971,1  | 362497,2 | 0,077658092       | 656,5    | 8354    | 597,77 | 2560,86 |
| 16     | 49    | 7018,4  | 343901,6 | 0,07367434        | 656,5    | 8354    | 567,10 | 3127,97 |
| 15     | 46    | 7018,4  | 322846,4 | 0,069163666       | 656,5    | 8354    | 532,38 | 3660,36 |
| 14     | 43    | 7166,5  | 308159,5 | 0,066017279       | 656,5    | 8354    | 508,16 | 4168,53 |
| 13     | 40    | 7166,5  | 286660   | 0,061411422       | 656,5    | 8354    | 472,71 | 4641,24 |
| 12     | 37    | 7261,4  | 268671,8 | 0,057557794       | 656,5    | 8354    | 443,05 | 5084,29 |
| 11     | 34    | 7261,4  | 246887,6 | 0,052890946       | 656,5    | 8354    | 407,12 | 5491,42 |
| 10     | 31    | 7399,4  | 229381,4 | 0,049140578       | 656,5    | 8354    | 378,25 | 5869,68 |
| 9      | 28    | 7399,4  | 207183,2 | 0,044385038       | 656,5    | 8354    | 341,65 | 6211,33 |
| 8      | 25    | 7513    | 187825   | 0,040237914       | 656,5    | 8354    | 309,73 | 6521,06 |
| 7      | 22    | 7513    | 165286   | 0,035409364       | 656,5    | 8354    | 272,56 | 6793,63 |
| 6      | 19    | 7606,8  | 144529,2 | 0,030962617       | 656,5    | 8354    | 238,33 | 7031,96 |
| 5      | 16    | 7606,8  | 121708,8 | 0,026073783       | 656,5    | 8354    | 200,70 | 7232,67 |
| 4      | 13    | 7734,6  | 100549,8 | 0,021540872       | 656,5    | 8354    | 165,81 | 7398,48 |
| 3      | 10    | 7734,6  | 77346    | 0,016569901       | 656,5    | 8354    | 127,54 | 7526,02 |
| 2      | 7     | 9903,15 | 69322,05 | 0,014850923       | 656,5    | 8354    | 114,31 | 7640,34 |
| 1      | 3,5   | 9903,15 | 34661,03 | 0,007425462       | 656,5    | 8354    | 57,157 | 7697,5  |

**Tablo 12.50 :** Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi Y Yönünde Katlara Etkiyen Deprem Yüğü

| Kat No | Hi(m) | Wi(kN)  | WixHi    | (WixHi)/Σ wi x Hi | ΔFN (kN) | Vt (kN) | Fi(kN) | Vi(kN)  |
|--------|-------|---------|----------|-------------------|----------|---------|--------|---------|
| 20     | 61    | 6781,8  | 413689,8 | 0,088625127       | 623,4    | 10098   | 839,68 | 839,687 |
| 19     | 58    | 6781,8  | 393344,4 | 0,084266515       | 623,4    | 10098   | 798,39 | 1638,07 |
| 18     | 55    | 6971,1  | 383410,5 | 0,082138366       | 623,4    | 10098   | 778,22 | 2416,30 |
| 17     | 52    | 6971,1  | 362497,2 | 0,077658092       | 623,4    | 10098   | 735,77 | 3152,08 |
| 16     | 49    | 7018,4  | 343901,6 | 0,07367434        | 623,4    | 10098   | 698,03 | 3850,12 |
| 15     | 46    | 7018,4  | 322846,4 | 0,069163666       | 623,4    | 10098   | 655,29 | 4505,42 |
| 14     | 43    | 7166,5  | 308159,5 | 0,066017279       | 623,4    | 10098   | 625,48 | 5130,90 |
| 13     | 40    | 7166,5  | 286660   | 0,061411422       | 623,4    | 10098   | 581,84 | 5712,75 |
| 12     | 37    | 7261,4  | 268671,8 | 0,057557794       | 623,4    | 10098   | 545,33 | 6258,09 |
| 11     | 34    | 7261,4  | 246887,6 | 0,052890946       | 623,4    | 10098   | 501,12 | 6759,21 |
| 10     | 31    | 7399,4  | 229381,4 | 0,049140578       | 623,4    | 10098   | 465,58 | 7224,80 |
| 9      | 28    | 7399,4  | 207183,2 | 0,044385038       | 623,4    | 10098   | 420,53 | 7645,33 |
| 8      | 25    | 7513    | 187825   | 0,040237914       | 623,4    | 10098   | 381,23 | 8026,56 |
| 7      | 22    | 7513    | 165286   | 0,035409364       | 623,4    | 10098   | 335,48 | 8362,05 |
| 6      | 19    | 7606,8  | 144529,2 | 0,030962617       | 623,4    | 10098   | 293,35 | 8655,41 |
| 5      | 16    | 7606,8  | 121708,8 | 0,026073783       | 623,4    | 10098   | 247,03 | 8902,45 |
| 4      | 13    | 7734,6  | 100549,8 | 0,021540872       | 623,4    | 10098   | 204,09 | 9106,54 |
| 3      | 10    | 7734,6  | 77346    | 0,016569901       | 623,4    | 10098   | 156,99 | 9263,54 |
| 2      | 7     | 9903,15 | 69322,05 | 0,014850923       | 623,4    | 10098   | 140,70 | 9404,24 |
| 1      | 3,5   | 9903,15 | 34661,03 | 0,007425462       | 623,4    | 10098   | 70,353 | 9474,6  |

Her iki doğrultu için toplam eşdeğer deprem yükünün  $\Delta FN$  dışında kalan kısmı, N'inci kat dahil olmak üzere, bina katlarına dağıtılmıştır. Burada bulunan yükler  $\pm 0,05$  ek dışmerkezlilik etkisinden dolayı oluşan burulma momentleri ile birlikte sistem modellemesine etki ettirilerek analiz yapılmıştır. Bu analiz esnasında kullanılan yükleme tipleri aşağıda belirtilmiştir.

$$\begin{aligned} DXP &: F_x + 0,05 \cdot B_y \cdot F_x \\ DXN &: F_x - 0,05 \cdot B_y \cdot F_x \\ DYP &: F_y + 0,05 \cdot B_x \cdot F_y \\ DYN &: F_y - 0,05 \cdot B_x \cdot F_y \end{aligned} \quad (12.36)$$

$B_x$  : x doğrultusundaki toplam bina genişliği

$B_y$  : y doğrultusundaki toplam bina genişliği olarak tanımlanmıştır.

Analiz sonucu bulunan kat deplasmanları göz önünde bulundurularak Deprem Yönetmeliği 2007' de belirtilen göreceli kat ötelemeleri, burulma düzensizliği, ikinci mertebe etkileri ve yumuşak kat düzensizliği kontrol edilmiştir.

## 12.7.2 Eşdeğer deprem yükü yöntemine göre düzensizliklerin kontrolü

### 12.7.2.1 A1 burulma düzensizliği kontrolü

**Tablo 12.51 :** Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi Burulma Düzensizliği Kontrolü (X Yönü)

| Kat No | $\Delta_i, \max$ | $\Delta_i, \min$ | $\Delta_i, \text{ort}$ | $\eta_b$ |
|--------|------------------|------------------|------------------------|----------|
| 20     | 0,002464         | 0,002319         | 0,002392               | 1,030316 |
| 19     | 0,002534         | 0,002372         | 0,002453               | 1,033021 |
| 18     | 0,002613         | 0,002424         | 0,002519               | 1,037522 |
| 17     | 0,00271          | 0,002487         | 0,002599               | 1,042909 |
| 16     | 0,002787         | 0,002532         | 0,00266                | 1,047941 |
| 15     | 0,002885         | 0,002592         | 0,002739               | 1,053496 |
| 14     | 0,00295          | 0,002623         | 0,002787               | 1,058676 |
| 13     | 0,003026         | 0,002664         | 0,002845               | 1,06362  |
| 12     | 0,003069         | 0,002666         | 0,002868               | 1,07027  |
| 11     | 0,0031           | 0,002672         | 0,002886               | 1,074151 |
| 10     | 0,003078         | 0,002634         | 0,002856               | 1,077731 |
| 9      | 0,003037         | 0,002571         | 0,002804               | 1,083096 |
| 8      | 0,002932         | 0,002464         | 0,002698               | 1,086731 |
| 7      | 0,002781         | 0,002318         | 0,00255                | 1,090802 |
| 6      | 0,002547         | 0,002113         | 0,00233                | 1,093133 |
| 5      | 0,002238         | 0,001847         | 0,002043               | 1,095716 |
| 4      | 0,001814         | 0,0015           | 0,001657               | 1,09475  |
| 3      | 0,001244         | 0,001019         | 0,001132               | 1,099426 |
| 2      | 0,000261         | 0,000245         | 0,000253               | 1,031621 |
| 1      | 0,000116         | 0,000111         | 0,000114               | 1,022026 |



Sonuç olarak sistem 1’de Eşdeğer Kuvvet Yöntemi ile hesapta, tüm katlarda x yönünde burulma düzensizliği yoktur.

**Tablo 12.52 :** Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi Burulma Düzensizliği Kontrolü (Y Yönü)

| Kat No | $\Delta i, \max$ | $\Delta i, \min$ | $\Delta i, \text{ort}$ | $\eta_b$ |
|--------|------------------|------------------|------------------------|----------|
| 20     | 0,00191          | 0,001477         | 0,001694               | 1,127842 |
| 19     | 0,00196          | 0,00151          | 0,001735               | 1,129683 |
| 18     | 0,002017         | 0,00154          | 0,001779               | 1,134102 |
| 17     | 0,002083         | 0,001576         | 0,00183                | 1,138562 |
| 16     | 0,002135         | 0,001602         | 0,001869               | 1,142628 |
| 15     | 0,002198         | 0,001632         | 0,001915               | 1,147781 |
| 14     | 0,002237         | 0,001648         | 0,001943               | 1,151609 |
| 13     | 0,002282         | 0,001662         | 0,001972               | 1,157201 |
| 12     | 0,002298         | 0,001661         | 0,00198                | 1,160899 |
| 11     | 0,002308         | 0,001652         | 0,00198                | 1,165657 |
| 10     | 0,002283         | 0,001619         | 0,001951               | 1,170169 |
| 9      | 0,002242         | 0,001576         | 0,001909               | 1,174437 |
| 8      | 0,00216          | 0,001509         | 0,001835               | 1,177433 |
| 7      | 0,00205          | 0,001422         | 0,001736               | 1,180876 |
| 6      | 0,001888         | 0,001309         | 0,001599               | 1,181107 |
| 5      | 0,001685         | 0,001169         | 0,001427               | 1,180799 |
| 4      | 0,001413         | 0,000999         | 0,001206               | 1,171642 |
| 3      | 0,001063         | 0,000729         | 0,000896               | 1,186384 |
| 2      | 0,000288         | 0,000268         | 0,000278               | 1,035971 |
| 1      | 0,000144         | 0,000134         | 0,000139               | 1,035971 |

< 1.2

Sonuç olarak sistem 1’de Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile hesapta, tüm katlarda y yönünde burulma düzensizliği yoktur.

### 12.7.2.2 B2 yumuşak kat düzensizliği kontrolü

**Tablo 12.53 :** Yumuşak Kat Düzensizliği Kontrolü (X Yönü)

| Kat No | $\Delta i, \max/h_i$ | $\Delta i, \min/h_i$ | $(\Delta i/h_i)_{\text{ort}}$ | $\eta_{ki}$ |
|--------|----------------------|----------------------|-------------------------------|-------------|
| 20     | 0,000821             | 0,000773             | 0,000797                      |             |
| 19     | 0,000845             | 0,000791             | 0,000818                      | 1,025716    |
| 18     | 0,000871             | 0,000808             | 0,00084                       | 1,026702    |
| 17     | 0,000903             | 0,000829             | 0,000866                      | 1,031765    |
| 16     | 0,000929             | 0,000844             | 0,000887                      | 1,023475    |
| 15     | 0,000962             | 0,000864             | 0,000913                      | 1,029705    |
| 14     | 0,000983             | 0,000874             | 0,000929                      | 1,017528    |
| 13     | 0,001009             | 0,000888             | 0,000948                      | 1,020994    |
| 12     | 0,001023             | 0,000889             | 0,000956                      | 1,007909    |
| 11     | 0,001033             | 0,000891             | 0,000962                      | 1,006452    |
| 10     | 0,001026             | 0,000878             | 0,000952                      | 0,989605    |
| 9      | 0,001012             | 0,000857             | 0,000935                      | 0,981793    |
| 8      | 0,000977             | 0,000821             | 0,000899                      | 0,962197    |
| 7      | 0,000927             | 0,000773             | 0,00085                       | 0,944959    |
| 6      | 0,000849             | 0,000704             | 0,000777                      | 0,913905    |
| 5      | 0,000746             | 0,000616             | 0,000681                      | 0,876609    |
| 4      | 0,000605             | 0,0005               | 0,000552                      | 0,811261    |
| 3      | 0,000415             | 0,00034              | 0,000377                      | 0,682861    |
| 2      | 7,46E-05             | 0,00007              | 7,23E-05                      | 0,191655    |
| 1      | 3,31E-05             | 3,17E-05             | 3,24E-05                      | 0,448617    |

< 2

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

**Tablo 12.54 :** Yumuşak Kat Düzensizliği Kontrolü (Y Yönü)

| Kat No | $\Delta i, \max/h_i$ | $\Delta i, \min/h_i$ | $(\Delta i/h_i)_{\text{ort}}$ | $\eta_{ki}$ |
|--------|----------------------|----------------------|-------------------------------|-------------|
| 20     | 0,000637             | 0,000492             | 0,000565                      |             |
| 19     | 0,000653             | 0,000503             | 0,000578                      | 1,024505    |
| 18     | 0,000672             | 0,000513             | 0,000593                      | 1,025072    |
| 17     | 0,000694             | 0,000525             | 0,00061                       | 1,028676    |
| 16     | 0,000712             | 0,000534             | 0,000623                      | 1,021317    |
| 15     | 0,000733             | 0,000544             | 0,000638                      | 1,024886    |
| 14     | 0,000746             | 0,000549             | 0,000648                      | 1,01436     |
| 13     | 0,000761             | 0,000554             | 0,000657                      | 1,015187    |
| 12     | 0,000766             | 0,000554             | 0,00066                       | 1,003803    |
| 11     | 0,000769             | 0,000551             | 0,00066                       | 1,000253    |
| 10     | 0,000761             | 0,00054              | 0,00065                       | 0,985354    |
| 9      | 0,000747             | 0,000525             | 0,000636                      | 0,978473    |
| 8      | 0,00072              | 0,000503             | 0,000612                      | 0,960974    |
| 7      | 0,000683             | 0,000474             | 0,000579                      | 0,946307    |
| 6      | 0,000629             | 0,000436             | 0,000533                      | 0,920795    |
| 5      | 0,000562             | 0,00039              | 0,000476                      | 0,892712    |
| 4      | 0,000471             | 0,000333             | 0,000402                      | 0,84513     |
| 3      | 0,000354             | 0,000243             | 0,000299                      | 0,742952    |
| 2      | 8,23E-05             | 7,66E-05             | 7,94E-05                      | 0,265944    |
| 1      | 4,11E-05             | 3,83E-05             | 3,97E-05                      | 0,5         |

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

### 12.7.2.3 Göreli kat ötelemeleri kontrolü

**Tablo 12.55 :** X Yönünde Göreli Kat Ötelemelerinin Kontrolü

| Kat No | hi  | $\Delta_{i,max}$ | $\Delta_{i,max} / h_i$ |
|--------|-----|------------------|------------------------|
| 20     | 3   | 0,002464         | 0,000821               |
| 19     | 3   | 0,002534         | 0,000845               |
| 18     | 3   | 0,002613         | 0,000871               |
| 17     | 3   | 0,00271          | 0,000903               |
| 16     | 3   | 0,002787         | 0,000929               |
| 15     | 3   | 0,002885         | 0,000962               |
| 14     | 3   | 0,00295          | 0,000983               |
| 13     | 3   | 0,003026         | 0,001009               |
| 12     | 3   | 0,003069         | 0,001023               |
| 11     | 3   | 0,0031           | 0,001033               |
| 10     | 3   | 0,003078         | 0,001026               |
| 9      | 3   | 0,003037         | 0,001012               |
| 8      | 3   | 0,002932         | 0,000977               |
| 7      | 3   | 0,002781         | 0,000927               |
| 6      | 3   | 0,002547         | 0,000849               |
| 5      | 3   | 0,002238         | 0,000746               |
| 4      | 3   | 0,001814         | 0,000605               |
| 3      | 3   | 0,001244         | 0,000415               |
| 2      | 3.5 | 0,000261         | 7,46E-05               |
| 1      | 3.5 | 0,000116         | 3,31E-05               |

<0,002857

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

**Tablo 12.56 : Y Yönünde Görelî Kat Ötelemelerinin Kontrolü**

| Kat No | hi  | $\Delta_{i,max}$ | $\Delta_{i,max} / h_i$ |
|--------|-----|------------------|------------------------|
| 20     | 3   | 0,00191          | 0,000637               |
| 19     | 3   | 0,00196          | 0,000653               |
| 18     | 3   | 0,002017         | 0,000672               |
| 17     | 3   | 0,002083         | 0,000694               |
| 16     | 3   | 0,002135         | 0,000712               |
| 15     | 3   | 0,002198         | 0,000733               |
| 14     | 3   | 0,002237         | 0,000746               |
| 13     | 3   | 0,002282         | 0,000761               |
| 12     | 3   | 0,002298         | 0,000766               |
| 11     | 3   | 0,002308         | 0,000769               |
| 10     | 3   | 0,002283         | 0,000761               |
| 9      | 3   | 0,002242         | 0,000747               |
| 8      | 3   | 0,00216          | 0,00072                |
| 7      | 3   | 0,00205          | 0,000683               |
| 6      | 3   | 0,001888         | 0,000629               |
| 5      | 3   | 0,001685         | 0,000562               |
| 4      | 3   | 0,001413         | 0,000471               |
| 3      | 3   | 0,001063         | 0,000354               |
| 2      | 3.5 | 0,000288         | 8,23E-05               |
| 1      | 3.5 | 0,000144         | 4,11E-05               |

$< 0,002857$

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

#### 12.7.2.4 İkinci mertebe etkilerinin kontrolü

**Tablo 12.57 : Yapının İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü (X Doğrultusu)**

| Kat No | Wi      | $\Sigma W_i$ | $\Delta_{i,ort}$ | Vi       | hi   | $\theta_i$ |
|--------|---------|--------------|------------------|----------|------|------------|
| 20     | 6781,8  | 6781,8       | 0,002392         | 682,1919 | 3,00 | 0,00792    |
| 19     | 6781,8  | 13563,6      | 0,002453         | 1330,833 | 3,00 | 0,00833    |
| 18     | 6971,1  | 20534,7      | 0,002519         | 1963,093 | 3,00 | 0,00878    |
| 17     | 6971,1  | 27505,8      | 0,002599         | 2560,867 | 3,00 | 0,0093     |
| 16     | 7018,4  | 34524,2      | 0,00266          | 3127,975 | 3,00 | 0,00978    |
| 15     | 7018,4  | 41542,6      | 0,002739         | 3660,362 | 3,00 | 0,01036    |
| 14     | 7166,5  | 48709,1      | 0,002787         | 4168,53  | 3,00 | 0,01085    |
| 13     | 7166,5  | 55875,6      | 0,002845         | 4641,245 | 3,00 | 0,01142    |
| 12     | 7261,4  | 63137        | 0,002868         | 5084,296 | 3,00 | 0,01187    |
| 11     | 7261,4  | 70398,4      | 0,002886         | 5491,424 | 3,00 | 0,01233    |
| 10     | 7399,4  | 77797,8      | 0,002856         | 5869,683 | 3,00 | 0,01262    |
| 9      | 7399,4  | 85197,2      | 0,002804         | 6211,337 | 3,00 | 0,01282    |
| 8      | 7513    | 92710,2      | 0,002698         | 6521,069 | 3,00 | 0,01279    |
| 7      | 7513    | 100223       | 0,00255          | 6793,632 | 3,00 | 0,01254    |
| 6      | 7606,8  | 107830       | 0,00233          | 7031,967 | 3,00 | 0,01191    |
| 5      | 7606,8  | 115437       | 0,002043         | 7232,67  | 3,00 | 0,01087    |
| 4      | 7734,6  | 123171       | 0,001657         | 7398,481 | 3,00 | 0,0092     |
| 3      | 7734,6  | 130906       | 0,001132         | 7526,028 | 3,00 | 0,00656    |
| 2      | 9903,15 | 140809       | 0,000253         | 7640,343 | 3,50 | 0,00133    |
| 1      | 9903,15 | 150712       | 0,000114         | 7697,5   | 3,50 | 0,00063    |

$< 0,12$

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

**Tablo 12.58 :** Yapının İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü (Y Doğrultusu)

| Kat No | W <sub>i</sub> | ΣW <sub>i</sub> | Δ <sub>i,ort</sub> | V <sub>i</sub> | h <sub>i</sub> | θ <sub>i</sub> |
|--------|----------------|-----------------|--------------------|----------------|----------------|----------------|
| 20     | 6781,8         | 6781,8          | 0,001694           | 839,6876       | 3              | 0,00456        |
| 19     | 6781,8         | 13563,6         | 0,001735           | 1638,079       | 3              | 0,00479        |
| 18     | 6971,1         | 20534,7         | 0,001779           | 2416,307       | 3              | 0,00504        |
| 17     | 6971,1         | 27505,8         | 0,00183            | 3152,087       | 3              | 0,00532        |
| 16     | 7018,4         | 34524,2         | 0,001869           | 3850,122       | 3              | 0,00558        |
| 15     | 7018,4         | 41542,6         | 0,001915           | 4505,42        | 3              | 0,00589        |
| 14     | 7166,5         | 48709,1         | 0,001943           | 5130,907       | 3              | 0,00615        |
| 13     | 7166,5         | 55875,6         | 0,001972           | 5712,756       | 3              | 0,00643        |
| 12     | 7261,4         | 63137           | 0,00198            | 6258,093       | 3              | 0,00666        |
| 11     | 7261,4         | 70398,4         | 0,00198            | 6759,213       | 3              | 0,00687        |
| 10     | 7399,4         | 77797,8         | 0,001951           | 7224,801       | 3              | 0,007          |
| 9      | 7399,4         | 85197,2         | 0,001909           | 7645,331       | 3              | 0,00709        |
| 8      | 7513           | 92710,2         | 0,001835           | 8026,569       | 3              | 0,00706        |
| 7      | 7513           | 100223          | 0,001736           | 8362,059       | 3              | 0,00694        |
| 6      | 7606,8         | 107830          | 0,001599           | 8655,417       | 3              | 0,00664        |
| 5      | 7606,8         | 115437          | 0,001427           | 8902,456       | 3              | 0,00617        |
| 4      | 7734,6         | 123171          | 0,001206           | 9106,547       | 3              | 0,00544        |
| 3      | 7734,6         | 130906          | 0,000896           | 9263,54        | 3              | 0,00422        |
| 2      | 9903,15        | 140809          | 0,000278           | 9404,247       | 3,5            | 0,00119        |
| 1      | 9903,15        | 150712          | 0,000139           | 9474,6         | 3,5            | 0,00063        |

< 0,12

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

## 12.8 Sistem 1 İçin Mod Birleştirme Yöntemi ve Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi Hesap Sonuçlarının Karşılaştırılması

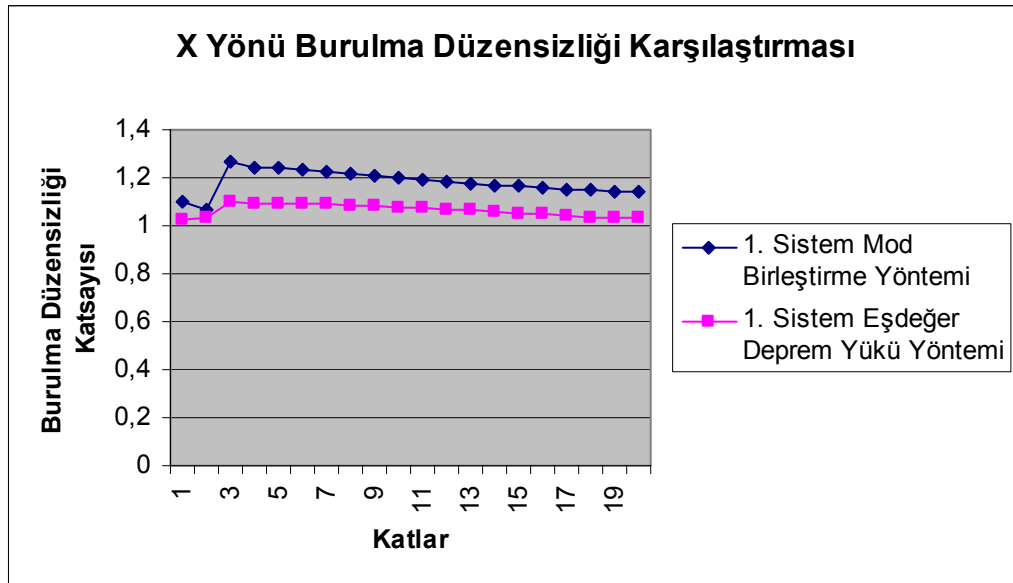
Bu bölümde taşıyıcı sistemi için sistem 1 olarak adlandırdığımız yapının Mod Birleştirme Yöntemi ve Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile elde edilen hesap sonuçları karşılaştırılmış ve karşılaştırmalar grafik olarak sunulmuştur.

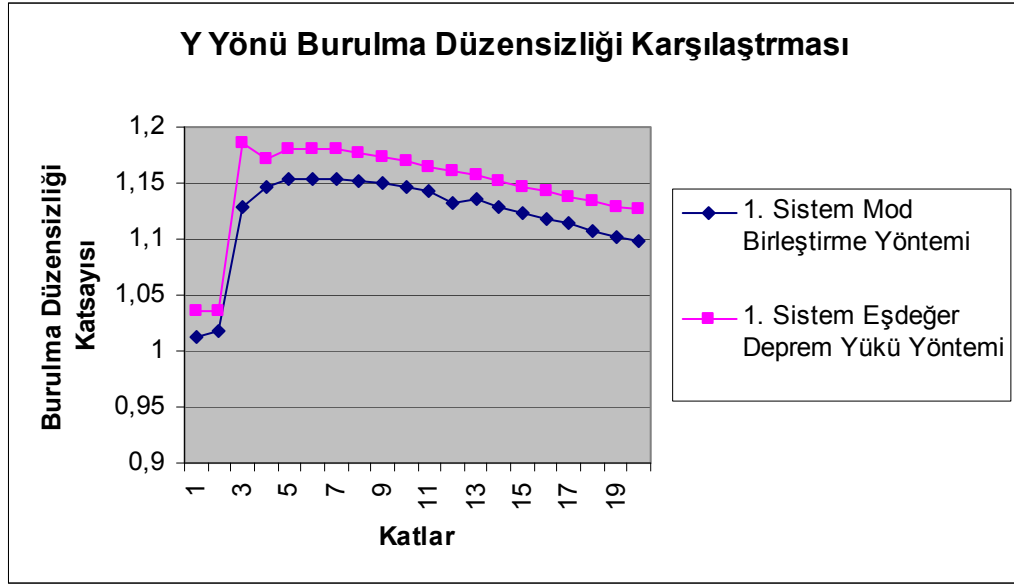
### 12.8.1 A1 burulma düzensizliklerinin karşılaştırılması

Mod Birleştirme Yöntemi ve Eşdeğer deprem Yüğü Yöntemi için bulunan burulma düzensizlikleri değerleri Tablo 12.59’da karşılaştırılmış ve sonuç grafik olarak sunulmuştur.

**Tablo 12.59 : Burulma Düzensizliklerinin Karşılaştırılması**

| Katlar | X Yönü          |                     | Y Yönü          |                     |
|--------|-----------------|---------------------|-----------------|---------------------|
|        | Mod Birleştirme | Eşdeğer Deprem Yüğü | Mod Birleştirme | Eşdeğer Deprem Yüğü |
| 20     | 1,138           | 1,030               | 1,098           | 1,127               |
| 19     | 1,142           | 1,033               | 1,102           | 1,129               |
| 18     | 1,148           | 1,037               | 1,108           | 1,134               |
| 17     | 1,153           | 1,042               | 1,114           | 1,138               |
| 16     | 1,158           | 1,047               | 1,118           | 1,142               |
| 15     | 1,164           | 1,053               | 1,124           | 1,147               |
| 14     | 1,169           | 1,058               | 1,128           | 1,151               |
| 13     | 1,176           | 1,063               | 1,135           | 1,157               |
| 12     | 1,184           | 1,070               | 1,132           | 1,160               |
| 11     | 1,191           | 1,074               | 1,143           | 1,165               |
| 10     | 1,197           | 1,077               | 1,146           | 1,170               |
| 9      | 1,206           | 1,083               | 1,150           | 1,174               |
| 8      | 1,214           | 1,086               | 1,152           | 1,177               |
| 7      | 1,223           | 1,090               | 1,154           | 1,180               |
| 6      | 1,231           | 1,093               | 1,154           | 1,181               |
| 5      | 1,239           | 1,095               | 1,153           | 1,180               |
| 4      | 1,245           | 1,094               | 1,147           | 1,171               |
| 3      | 1,268           | 1,099               | 1,129           | 1,186               |
| 2      | 1,069           | 1,031               | 1,018           | 1,035               |
| 1      | 1,102           | 1,022               | 1,013           | 1,035               |

**Şekil 12.17 : Sistem 1 İçin Mod Birleştirme Yöntemi ve Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nde X Yönü Burulma Düzensizliği Karşılaştırması**



**Şekil 12.18 :** Sistem 1 İçin Mod Birleştirme Yöntemi ve Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nde Y Yönü Burulma Düzensizliği Karşılaştırması

Karşılaştırma sonucu X yönünde Mod Birleştirme Yöntemi'nde burulma düzensizliği katsayıları daha büyük değerler alırken, Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nde daha küçük değerler almaktadır. Ayrıca Mod Birleştirme Yöntemi'nde X yönünde burulma düzensizliği ortaya çıkarken, Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nde X yönünde burulma düzensizliği oluşmamaktadır.

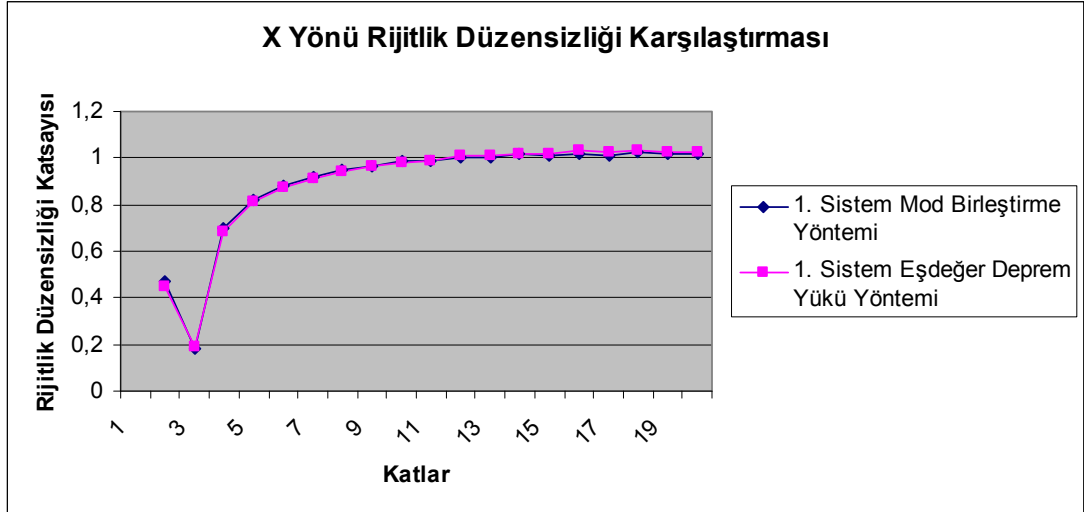
Y yönünde ise, Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nde Mod Birleştirme Yöntemi'ne göre değerler daha büyük çıkmaktadır. Her iki yöntemde de Y yönünde burulma düzensizliği oluşmamaktadır.

### 12.8.2 B2 yumuşak kat düzensizliklerinin karşılaştırılması

Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği iki ayrı hesap yöntemi için Tablo 12.60'da karşılaştırılmıştır. Bulunan sonuçlar grafik olarak sunulmuştur.

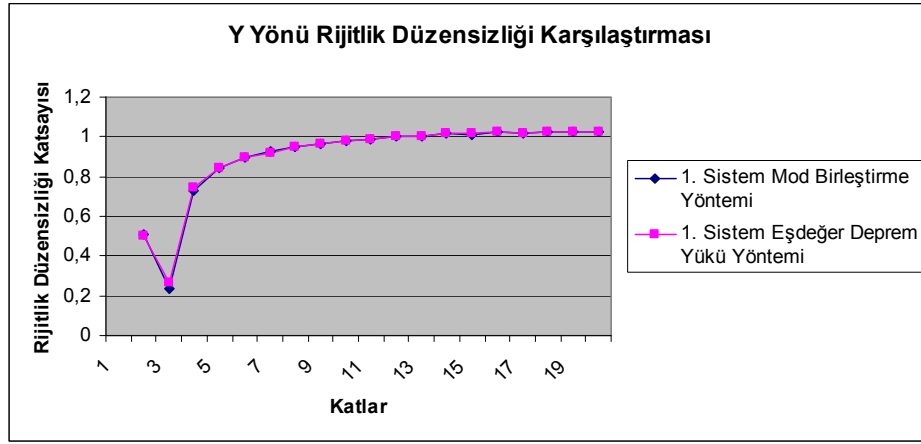
**Tablo 12.60 :** Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği Karşılaştırılması

| Katlar | X Yönü          |                     | Y Yönü          |                     |
|--------|-----------------|---------------------|-----------------|---------------------|
|        | Mod Birleştirme | Eşdeğer Deprem Yüğü | Mod Birleştirme | Eşdeğer Deprem Yüğü |
| 20     |                 |                     |                 |                     |
| 19     | 1,020329        | 1,025716            | 1,02615         | 1,024505            |
| 18     | 1,019449        | 1,026702            | 1,0261          | 1,025072            |
| 17     | 1,023033        | 1,031765            | 1,02902         | 1,028676            |
| 16     | 1,012735        | 1,023475            | 1,01861         | 1,021317            |
| 15     | 1,020211        | 1,029705            | 1,02512         | 1,024886            |
| 14     | 1,008804        | 1,017528            | 1,0103          | 1,01436             |
| 13     | 1,013964        | 1,020994            | 1,01571         | 1,015187            |
| 12     | 1,003658        | 1,007909            | 1,00163         | 1,003803            |
| 11     | 1,004288        | 1,006452            | 1,0019          | 1,000253            |
| 10     | 0,990392        | 0,989605            | 0,98594         | 0,985354            |
| 9      | 0,985126        | 0,981793            | 0,98162         | 0,978473            |
| 8      | 0,966520        | 0,962197            | 0,96228         | 0,960974            |
| 7      | 0,951550        | 0,944959            | 0,95064         | 0,946307            |
| 6      | 0,921484        | 0,913905            | 0,92303         | 0,920795            |
| 5      | 0,884069        | 0,876609            | 0,8951          | 0,892712            |
| 4      | 0,818925        | 0,811261            | 0,84214         | 0,84513             |
| 3      | 0,702211        | 0,682861            | 0,72871         | 0,742952            |
| 2      | 0,181527        | 0,191655            | 0,23339         | 0,265944            |
| 1      | 0,470023        | 0,448617            | 0,51106         | 0,5                 |



**Şekil 12.19 :** Sistem 1 İçin Mod Birleştirme Yöntemi ve Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nde X Yönü Rijitlik Düzensizliği Karşılaştırması





**Şekil 12.20 :** Sistem 1 İçin Mod Birleştirme Yöntemi ve Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nde Y Yönü Rijitlik Düzensizliği Karşılaştırması

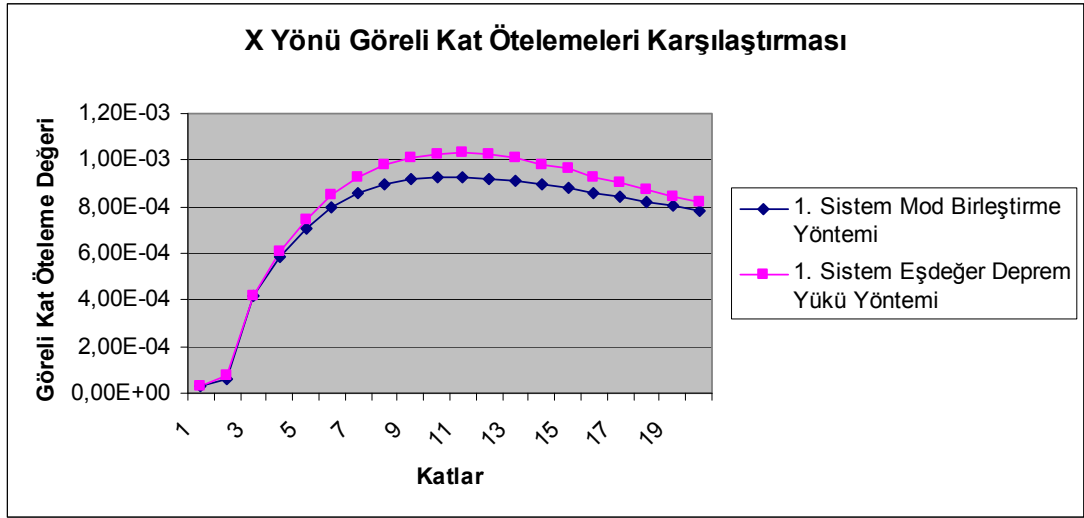
Grafiklerden de anlaşıldığı gibi X ve Y yönlerinde her iki yöntem için katlarda rijitlik düzensizliğine rastlanmamaktadır. Mod Birleştirme Yöntemi ve Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi için sonuçların birbirlerine oldukça yakın olduğu gözlenmektedir.

### 12.8.3 Göreli kat ötelemelerinin karşılaştırılması

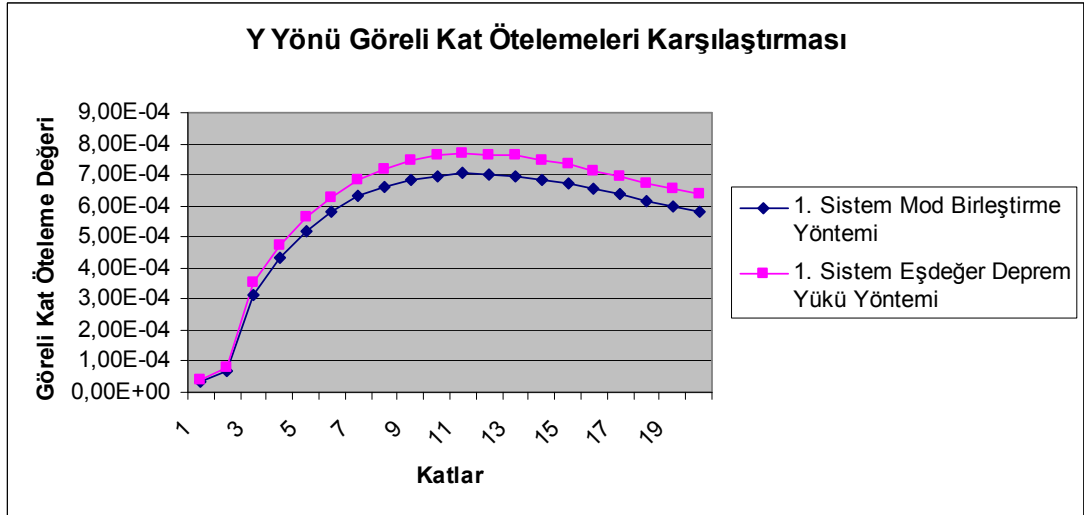
Her iki yöntem için göreli kat ötelemeleri karşılaştırılması Tablo 12.61'de yapılmıştır. Sonuçlar grafik olarak sunulmuştur.

**Tablo 12.61 :** Göreli Kat Ötelemelerinin Karşılaştırılması

| Katlar | X Yönü          |                     | Y Yönü          |                     |
|--------|-----------------|---------------------|-----------------|---------------------|
|        | Mod Birleştirme | Eşdeğer Deprem Yüğü | Mod Birleştirme | Eşdeğer Deprem Yüğü |
| 20     | 0,000784        | 0,000821            | 0,000581        | 0,000637            |
| 19     | 0,00080267      | 0,000845            | 0,0005983       | 0,000653            |
| 18     | 0,000822        | 0,000871            | 0,000617        | 0,000672            |
| 17     | 0,000845        | 0,000903            | 0,0006383       | 0,000694            |
| 16     | 0,00085933      | 0,000929            | 0,000653        | 0,000712            |
| 15     | 0,00088167      | 0,000962            | 0,000673        | 0,000733            |
| 14     | 0,000893        | 0,000983            | 0,0006823       | 0,000746            |
| 13     | 0,000911        | 0,001009            | 0,000697        | 0,000761            |
| 12     | 0,00092         | 0,001023            | 0,0007          | 0,000766            |
| 11     | 0,00092967      | 0,001033            | 0,0007047       | 0,000769            |
| 10     | 0,000926        | 0,001026            | 0,0006967       | 0,000761            |
| 9      | 0,000919        | 0,001012            | 0,000686        | 0,000747            |
| 8      | 0,000894        | 0,000977            | 0,0006613       | 0,00072             |
| 7      | 0,000857        | 0,000927            | 0,0006297       | 0,000683            |
| 6      | 0,00079433      | 0,000849            | 0,0005813       | 0,000629            |
| 5      | 0,000707        | 0,000746            | 0,00052         | 0,000562            |
| 4      | 0,000582        | 0,000605            | 0,0004357       | 0,000471            |
| 3      | 0,00041633      | 0,000415            | 0,0003123       | 0,000354            |
| 2      | 6,3714E-05      | 7,46E-05            | 6,571E-05       | 8,23E-05            |
| 1      | 3,0857E-05      | 3,31E-05            | 3,343E-05       | 4,11E-05            |



**Şekil 12.21 :** Sistem 1 İçin Mod Birleştirme Yöntemi ve Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nde X Yönü Göreli Kat Öteleme Karşılaştırması



**Şekil 12.22 :** Sistem 1 İçin Mod Birleştirme Yöntemi ve Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nde Y Yönü Göreli Kat Öteleme Karşılaştırması

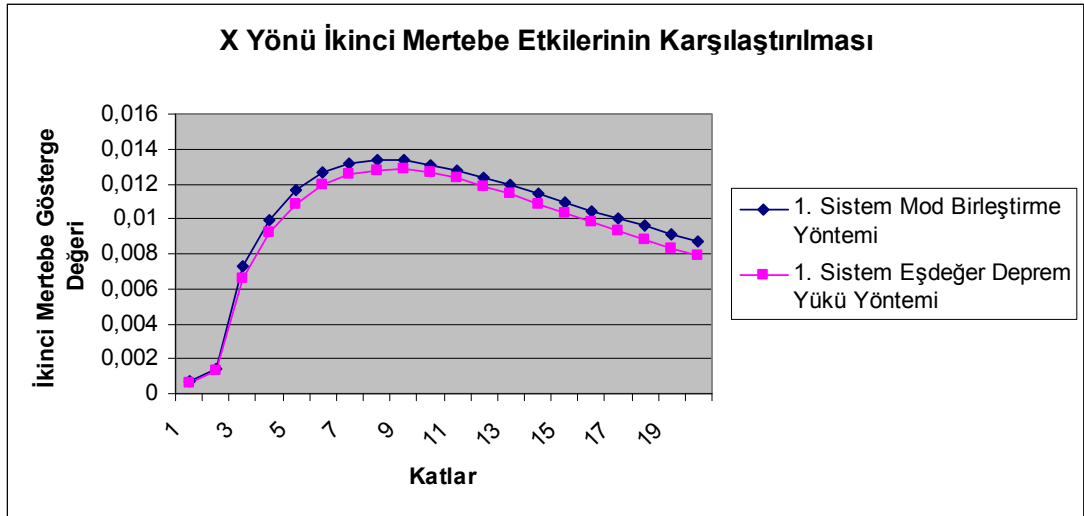
Grafiklerden görüldüğü gibi Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'ne göre hesapta göreceli kat öteleme değeri her iki yönde de daha fazladır. Sonuç olarak değerler birbirine yakındır.

#### 12.8.4 İkinci mertbe etkilerinin karşılaştırılması

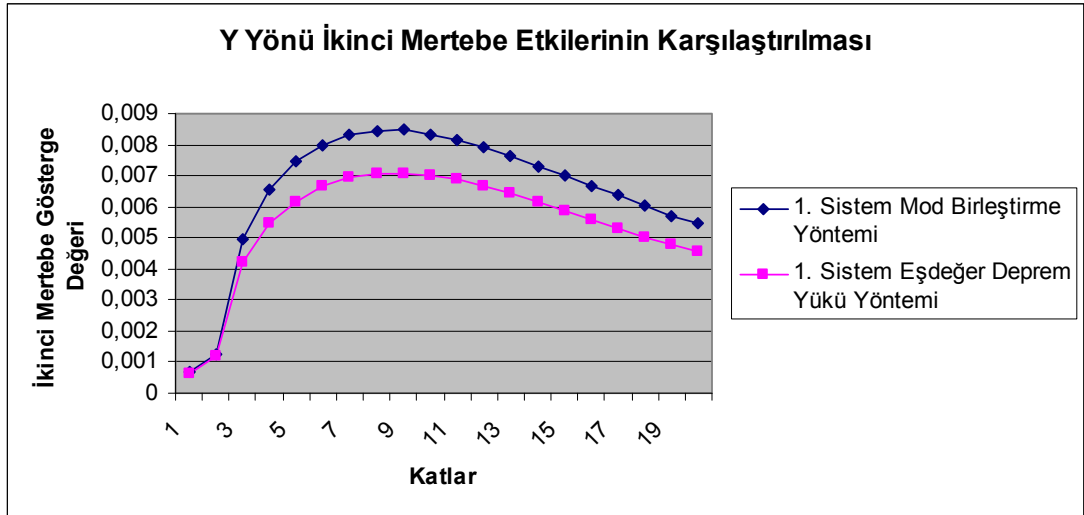
İkinci Mertbe Etkileri her iki çözüm için Tablo 12.62'de karşılaştırılmıştır. Bulunan sonuçlar grafik olarak sunulmuştur.

**Tablo 12.62 : İkinci Mertebe Etkilerinin Karşılaştırılması**

| Katlar | X Yönü          |                     | Y Yönü          |                     |
|--------|-----------------|---------------------|-----------------|---------------------|
|        | Mod Birleştirme | Eşdeğer Deprem Yüğü | Mod Birleştirme | Eşdeğer Deprem Yüğü |
| 20     | 0,00875         | 0,00792             | 0,00544         | 0,00456             |
| 19     | 0,00915         | 0,00833             | 0,00572         | 0,00479             |
| 18     | 0,00958         | 0,00878             | 0,00602         | 0,00504             |
| 17     | 0,01006         | 0,0093              | 0,00636         | 0,00532             |
| 16     | 0,01047         | 0,00978             | 0,00666         | 0,00558             |
| 15     | 0,01098         | 0,01036             | 0,00702         | 0,00589             |
| 14     | 0,01141         | 0,01085             | 0,0073          | 0,00615             |
| 13     | 0,01192         | 0,01142             | 0,00764         | 0,00643             |
| 12     | 0,01234         | 0,01187             | 0,0079          | 0,00666             |
| 11     | 0,01279         | 0,01233             | 0,00817         | 0,00687             |
| 10     | 0,0131          | 0,01262             | 0,00833         | 0,007               |
| 9      | 0,01335         | 0,01282             | 0,00846         | 0,00709             |
| 8      | 0,01337         | 0,01279             | 0,00844         | 0,00706             |
| 7      | 0,01321         | 0,01254             | 0,00832         | 0,00694             |
| 6      | 0,01265         | 0,01191             | 0,00798         | 0,00664             |
| 5      | 0,01164         | 0,01087             | 0,00744         | 0,00617             |
| 4      | 0,00994         | 0,0092              | 0,00653         | 0,00544             |
| 3      | 0,00729         | 0,00656             | 0,00497         | 0,00422             |
| 2      | 0,0014          | 0,00133             | 0,00123         | 0,00119             |
| 1      | 0,0007          | 0,00063             | 0,00067         | 0,00063             |



**Şekil 12.23 : Sistem 1 İçin Mod Birleştirme Yöntemi ve Eşdeğer deprem Yüğü Yöntemi'nde X Yönü İkinci Mertebe Etkilerinin Karşılaştırması**



**Şekil 12.24 :** Sistem 1 İçin Mod Birleştirme Yöntemi ve Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nde Y Yönü İkinci Mertebe Etkilerinin Karşılaştırması

Grafiklerden de anlaşıldığı gibi İkinci Mertebe Etkileri Mod Birleştirme Yöntemi'nde, Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'ne göre değer olarak daha büyük çıkmaktadır. Her iki yöntemde de sonuçlar birbirine oldukça yakındır.

### 13. SİSTEM 2’NİN HESABI ve SONUÇLARIN KARŞILAŞTIRILMASI

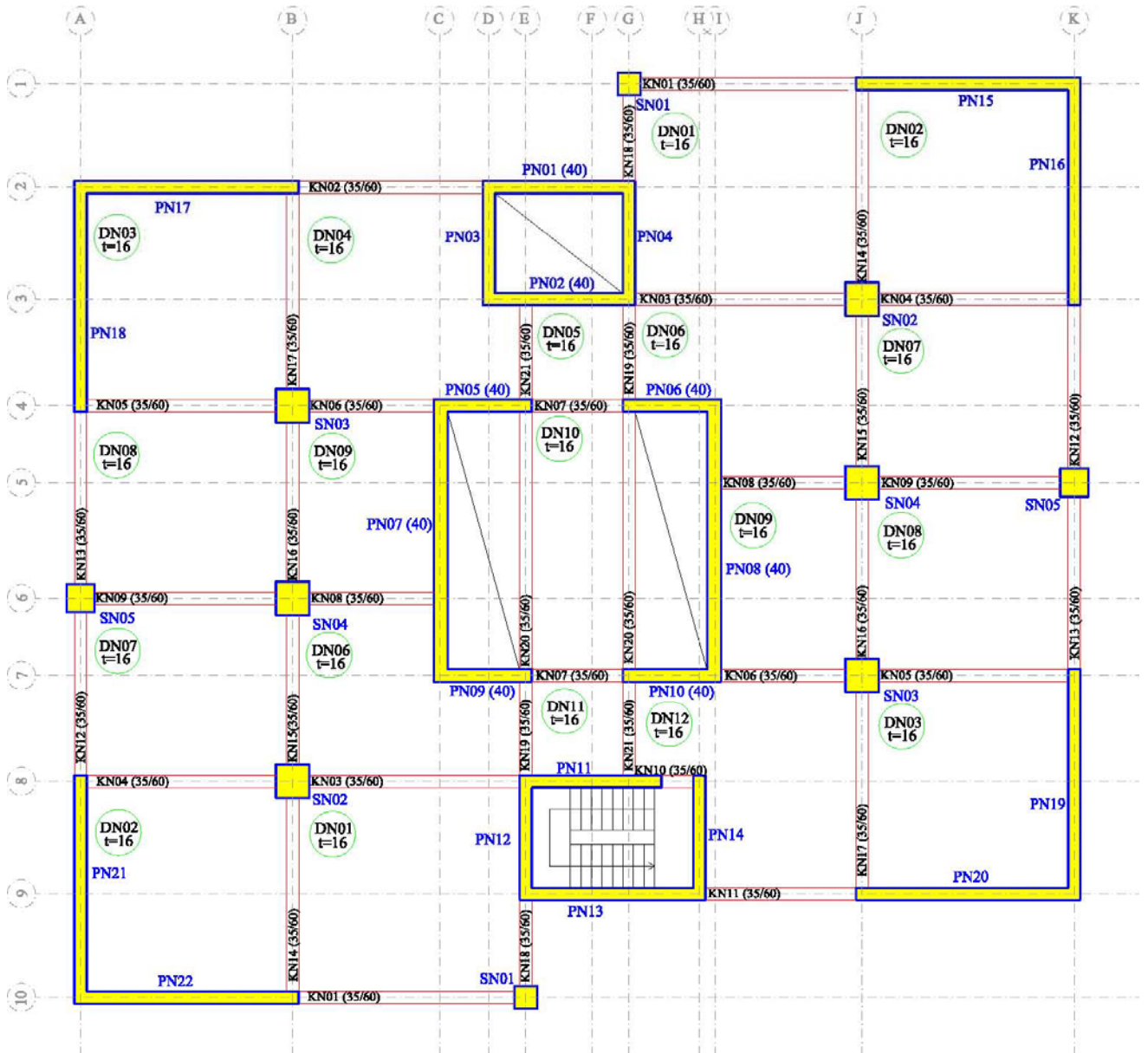
Göz önüne alınan binanın taşıyıcı sistemi değiştirilmiş ve yeniden analiz edilmiştir. Sistem 1’in köşe kolonları kaldırılıp yerine he iki yönde perdeler eklenmiştir. Böylelikle binanın köşelerine yerleştirilen perdelerin orta kolonların davranışına olan etkileri gözlenmek istenmiştir. Analiz sonucu taşıyıcı sistem değişikliğinin düzensizlikler yönünden de karşılaştırması yapılmıştır. Analizde sistem, sistem 1 ile tamamen aynı kriterlere sahip olarak değerlendirilip incelenmiştir. Sistem 2’nin normal kat planı Şekil 14.1’ de verilmektedir.

#### 13.1 Göz Önüne Alınacak Dinamik Serbestlik Dereceleri

Döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, her bir katta kütle merkezlerinin her birinde, birbirine dik doğrultulardaki iki yatay serbestlik derecesi ile düşey eksen etrafında dönme serbestlik derecesi göz önüne alınmıştır. Kat kütlelerine karşı gelen kat ağırlıkları  $w_i = g_i + n \times q_i$  olarak hesaplanmıştır. Yapı ofis binası olduğundan  $n = 0,3$  alınmıştır. Taşıyıcı sistem değişikliği sebebiyle yeniden hesaplanan kat kütleleri Tablo 13.1’ de verilmektedir.

**Tablo 13.1 :** Sistem 2 Kat Kütleleri

| Kat No          | $w_i$   | $m_x = w_i / g$<br>kNsn <sup>2</sup> /m | $m_y = w_i / g$<br>kNsn <sup>2</sup> /m | $m_{zz} = m \times (a^2 + b^2) / 12$<br>kNsn <sup>2</sup> m |
|-----------------|---------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| 20.kat (çatı)   | 7412,64 | 755,6                                   | 755,6                                   | 86640                                                       |
| 19. kat         | 7412,64 | 755,6                                   | 755,6                                   | 86640                                                       |
| 18. kat         | 7601,85 | 774,9                                   | 774,9                                   | 88850                                                       |
| 17. kat         | 7601,85 | 774,9                                   | 774,9                                   | 88850                                                       |
| 16. kat         | 7664,45 | 781,3                                   | 781,3                                   | 89580                                                       |
| 15. kat         | 7664,45 | 781,3                                   | 781,3                                   | 89580                                                       |
| 14. kat         | 7739,85 | 788,9                                   | 788,9                                   | 90450                                                       |
| 13. kat         | 7739,85 | 788,9                                   | 788,9                                   | 90450                                                       |
| 12. kat         | 7785,95 | 793,7                                   | 793,7                                   | 91000                                                       |
| 11. kat         | 7785,95 | 793,7                                   | 793,7                                   | 91000                                                       |
| 10. kat         | 7870,75 | 802,3                                   | 802,3                                   | 91990                                                       |
| 9. kat          | 7870,75 | 802,3                                   | 802,3                                   | 91990                                                       |
| 8. kat          | 7926,55 | 808,0                                   | 808,0                                   | 92640                                                       |
| 7. kat          | 7926,55 | 808,0                                   | 808,0                                   | 92640                                                       |
| 6. kat          | 7976,85 | 813,1                                   | 813,1                                   | 93230                                                       |
| 5. kat          | 7976,85 | 813,1                                   | 813,1                                   | 93230                                                       |
| 4. kat          | 8039,45 | 819,5                                   | 819,5                                   | 93960                                                       |
| 3. kat (zemin)  | 8039,45 | 819,5                                   | 819,5                                   | 93960                                                       |
| 2. kat (bodrum) | 9342,85 | 952,4                                   | 952,4                                   | 109200                                                      |
| 1. kat (bodrum) | 9342,85 | 952,4                                   | 952,4                                   | 109200                                                      |



Şekil 13.1 : Sistem 2 Normal Kat Planı

### 13.2 Sistem 2'nin Analizi

Birinci sistemle aynı olmak üzere yapı Z2 zemin sınıfına göre elde edilen tasarım ivme spektrumları ile modellenmiştir. Deperem etkisi altında taşıyıcı sistemin doğrusal elastik olmayan davranışını göz önüne almak için spektral ivme katsayısına göre bulunan elastik deprem yükleri, deprem yükü azaltma katsayısına bölünmüştür.

Sönüm %5 alınarak spektrum ölçek katsayısı,  $A_0 \times I \times g = 0,40 \times 1,0 \times 9,81 = 3,924$ , yük kombinasyonu ölçek katsayısı,  $1/R_a = 1/7 = 0,143$  olarak hesaplanmıştır.

Hesaba katılması gereken yeterli titreşim modu sayısı, sistem 1 ile aynı alınmıştır. Yapıda toplam 60 yer değiştirme bileşeni mevcuttur ve dolayısı ile de 60 adet periyod hesaplanması gerekmektedir.

Malzeme özellikleri ile ilgili verilerin girişinde, kütle ve ağırlık sıfır alınmış olup, düşey taşıyıcıların ağırlıkları daha sonra gerekli yük çarpanı ile çarpılarak göz önüne alınacaktır.

### 13.3 Analiz Sonucu Elde Edilen Periyotlar

Sap2000 programı ile yapılan dinamik analiz sonucunda sistem 2 için elde edilen periyotlar Tablo 13.2' de gösterilmiştir.

**Tablo 13.2 :** Modal Analiz Sonucu Sistem 2 Periyotları

| Analiz | Adım | Periyod<br>Saniye | Frekans<br>1/sn | Dairesel Frekans<br>Rad/sn | Özvektör<br>Rad <sup>2</sup> /sn <sup>2</sup> |
|--------|------|-------------------|-----------------|----------------------------|-----------------------------------------------|
| MODAL  | 1    | 1,107718          | 0,90276         | 5,6722                     | 32,174                                        |
| MODAL  | 2    | 0,911145          | 1,0975          | 6,8959                     | 47,554                                        |
| MODAL  | 3    | 0,659739          | 1,5158          | 9,5238                     | 90,702                                        |
| MODAL  | 4    | 0,26432           | 3,7833          | 23,771                     | 565,07                                        |
| MODAL  | 5    | 0,216328          | 4,6226          | 29,045                     | 843,59                                        |
| MODAL  | 6    | 0,151667          | 6,5934          | 41,427                     | 1716,2                                        |
| MODAL  | 7    | 0,114422          | 8,7396          | 54,912                     | 3015,4                                        |
| MODAL  | 8    | 0,094507          | 10,581          | 66,484                     | 4420,1                                        |
| MODAL  | 9    | 0,067795          | 14,75           | 92,679                     | 8589,3                                        |
| MODAL  | 10   | 0,066272          | 15,089          | 94,808                     | 8988,6                                        |
| MODAL  | 11   | 0,057018          | 17,538          | 110,2                      | 12143                                         |
| MODAL  | 12   | 0,04703           | 21,263          | 133,6                      | 17849                                         |
| MODAL  | 13   | 0,040495          | 24,695          | 155,16                     | 24075                                         |
| MODAL  | 14   | 0,040204          | 24,873          | 156,28                     | 24424                                         |
| MODAL  | 15   | 0,035736          | 27,983          | 175,82                     | 30914                                         |
| MODAL  | 16   | 0,031022          | 32,235          | 202,54                     | 41022                                         |
| MODAL  | 17   | 0,028968          | 34,521          | 216,9                      | 47047                                         |
| MODAL  | 18   | 0,028661          | 34,891          | 219,23                     | 48061                                         |

**Tablo 13.2 :** Modal Analiz Sonucu Sistem 2 Periyotları (devam)

| Analiz | Adım | Periyod<br>Saniye | Frekans<br>1/sn | Dairesel Frekans<br>Rad/sn | Özvektör<br>Rad <sup>2</sup> /sn <sup>2</sup> |
|--------|------|-------------------|-----------------|----------------------------|-----------------------------------------------|
| MODAL  | 19   | 0,025217          | 39,656          | 249,16                     | 62083                                         |
| MODAL  | 20   | 0,023839          | 41,949          | 263,57                     | 69470                                         |
| MODAL  | 21   | 0,022641          | 44,167          | 277,51                     | 77013                                         |
| MODAL  | 22   | 0,021237          | 47,088          | 295,86                     | 87534                                         |
| MODAL  | 23   | 0,020367          | 49,099          | 308,5                      | 95170                                         |
| MODAL  | 24   | 0,018633          | 53,668          | 337,21                     | 113710                                        |
| MODAL  | 25   | 0,018359          | 54,468          | 342,23                     | 117120                                        |
| MODAL  | 26   | 0,017807          | 56,158          | 352,85                     | 124500                                        |
| MODAL  | 27   | 0,016221          | 61,65           | 387,36                     | 150040                                        |
| MODAL  | 28   | 0,01586           | 63,053          | 396,17                     | 156950                                        |
| MODAL  | 29   | 0,015851          | 63,089          | 396,4                      | 157130                                        |
| MODAL  | 30   | 0,014575          | 68,609          | 431,08                     | 185830                                        |
| MODAL  | 31   | 0,014394          | 69,474          | 436,52                     | 190550                                        |
| MODAL  | 32   | 0,01382           | 72,357          | 454,63                     | 206690                                        |
| MODAL  | 33   | 0,013333          | 75,002          | 471,25                     | 222080                                        |
| MODAL  | 34   | 0,013254          | 75,449          | 474,06                     | 224730                                        |
| MODAL  | 35   | 0,012377          | 80,798          | 507,67                     | 257730                                        |
| MODAL  | 36   | 0,012356          | 80,934          | 508,52                     | 258590                                        |
| MODAL  | 37   | 0,012292          | 81,354          | 511,17                     | 261290                                        |
| MODAL  | 38   | 0,011692          | 85,528          | 537,39                     | 288790                                        |
| MODAL  | 39   | 0,011598          | 86,225          | 541,77                     | 293510                                        |
| MODAL  | 40   | 0,011172          | 89,511          | 562,41                     | 316310                                        |
| MODAL  | 41   | 0,011104          | 90,054          | 565,82                     | 320160                                        |
| MODAL  | 42   | 0,011005          | 90,865          | 570,92                     | 325950                                        |
| MODAL  | 43   | 0,010765          | 92,897          | 583,69                     | 340700                                        |
| MODAL  | 44   | 0,010553          | 94,762          | 595,4                      | 354510                                        |
| MODAL  | 45   | 0,010458          | 95,62           | 600,8                      | 360960                                        |
| MODAL  | 46   | 0,01024           | 97,658          | 613,61                     | 376510                                        |
| MODAL  | 47   | 0,010204          | 98              | 615,75                     | 379150                                        |
| MODAL  | 48   | 0,010197          | 98,066          | 616,17                     | 379660                                        |
| MODAL  | 49   | 0,010116          | 98,851          | 621,1                      | 385760                                        |
| MODAL  | 50   | 0,009939          | 100,61          | 632,14                     | 399610                                        |
| MODAL  | 51   | 0,009753          | 102,53          | 644,24                     | 415050                                        |
| MODAL  | 52   | 0,009652          | 103,61          | 650,99                     | 423790                                        |
| MODAL  | 53   | 0,009485          | 105,43          | 662,41                     | 438790                                        |
| MODAL  | 54   | 0,008924          | 112,06          | 704,09                     | 495740                                        |
| MODAL  | 55   | 0,008482          | 117,9           | 740,78                     | 548760                                        |
| MODAL  | 56   | 0,008143          | 122,81          | 771,65                     | 595450                                        |
| MODAL  | 57   | 0,007884          | 126,84          | 796,95                     | 635130                                        |
| MODAL  | 58   | 0,007702          | 129,84          | 815,8                      | 665530                                        |
| MODAL  | 59   | 0,007582          | 131,9           | 828,74                     | 686820                                        |
| MODAL  | 60   | 0,007528          | 132,84          | 834,66                     | 696660                                        |

Yapının 1. moda karşı gelen periyodu,  $T_x = 1,108$  sn.

Yapının 2. moda karşı gelen periyodu,  $T_y = 0,911$  sn.



### 13.4 Binaya Etkiyen Toplam Taban Kesme Kuvvetlerinin Bulunması

Sap2000 analiz programı ile analiz edilen sistem 2'nin Mod Birleştirme Yöntemine göre hesaplanan bina toplam deprem yükleri x ve y yönünde şöyledir:

$$V_{tB,x} = 7470 \text{ kN}$$

$$V_{tB,y} = 8510 \text{ kN}$$

Buna göre analiz edilen binanın eşdeğer deprem yükü hesap yöntemine göre toplam deprem yükü  $V_t$  hesaplanmış ve birbirlerine olan oranlarının istenen  $\beta = 0,80$  değerine göre durumu gözlenmiştir.

#### 13.4.1 X doğrultusunda toplam deprem yükünün bulunması

Sap2000 analiz programı kullanılarak sistem 2'nin x doğrultusundaki doğal periyodu modal analiz sonucu elde edilmiştir. Bulunan bu periyoda bağlı olarak ve yönetmelik koşullarına uygun, yapının x doğrultusundaki toplam deprem yükü Eşdeğer Kvvvet Yöntemi'ne göre hesap edilmiştir.

Yapının deprem hesabında kullanılacak deprem parametreleri aşağıda verilmiştir:

Modal analiz sonucu elde edilen periyod,  $T_x = 1,108 \text{ sn}$

Etkin Yer İvmesi Katsayısı,  $A_0 = 0,4$  (1. Derece Deprem Bölgesi)

Yapı Önem Katsayısı,  $I = 1,0$

Spektrum Karakteristik Periyodu,  $T_B = 0,40$  (Yerel Zemin Sınıfı Z2)

Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı,  $R = 7$  (Süneklik Düzeyi Yüksek)

Yapının Ağırlığı,

$$W = \sum_{i=1}^N W_i = \sum_{i=1}^N (G_i + nQ_i) = 158722,38 \text{ kN}$$

Spektrum Katsayısı,

$$X \text{ yönünde: } S_x = 2.5 (0,40/1,108)^{0,8} = 1,106 \quad T_B \leq T_x$$

Spektral İvme Katsayısı,

$$A(T_x) = A_0 I S(T) = 0,4 \times 1,0 \times 1,106 = 0,442$$

Buna göre Toplam Eşdeğer Deprem Yükü;

$$V_t = \frac{WA(T_1)}{R_a(T_1)} \geq 0,10A_0IW$$

$$V_t = \frac{158722,38 \times 0,442}{7} = 10022,18 \text{ kN}$$

$$> 0,1 \times 0,4 \times 1,0 \times 158722,38 = 6348,89 \text{ kN}$$

Yönetmelik gereği Eşdeğer Deprem Yüğü ve Mod Birleştirme Yöntemleriyle elde edilen Bina Toplam Deprem Kuvvetleri x yönü için karşılaştırılırsa ( $\beta = 0,80$ ):

$$\frac{V_{tB}}{V_t} = \frac{7470}{10022,18} = 0,74 < 0,80 \quad \rightarrow$$

$$B_D = \frac{\beta V_t}{V_{tB}} B_B = \frac{0,8 \times 10022,18}{7470} \times 0,561 = 0,602 \text{ olarak büyütülecektir.}$$

### 13.4.2 Y doğrultusunda toplam deprem yükünün bulunması

Sap2000 analiz programı kullanılarak sistem 2'nin y doğrultusundaki doğal periyodu modal analiz sonucu elde edilmiştir. Bulunan bu periyoda bağlı olarak ve yönetmelik koşullarına uygun, yapının y doğrultusundaki toplam deprem yükü hesap edilmiştir.

Yapının deprem hesabında kullanılacak deprem parametreleri aşağıda verilmiştir:

Modal analiz sonucu elde edilen periyod,  $T_y = 0,911 \text{ sn}$

Etkin Yer İvmesi Katsayısı,  $A_0 = 0,4$  (1. Derece Deprem Bölgesi)

Yapı Önem Katsayısı,  $I = 1,0$

Spektrum Karakteristik Periyodu,  $T_B = 0,40$  (Yerel Zemin Sınıfı Z2)

Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı,  $R = 7$  (Süneklik Düzeyi Yüksek)

Yapının Ağırlığı,

$$W = \sum_{i=1}^N W_i = \sum_{i=1}^N (G_i + nQ_i) = 158722,38 \text{ kN}$$

Spektrum Katsayısı,

$$X \text{ yönünde: } S_x = 2,5 (0,40/0,911)^{0,8} = 1,29 \quad T_B \leq T_Y$$

Spektral İvme Katsayısı,

$$A(T_X) = A_0 I S(T) = 0,4 \times 1,0 \times 1,29 = 0,516$$

Buna göre Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü;

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

$$V_t = \frac{158722,38 \times 0,516}{7} = 11700 \text{ kN} > 0,1 \times 0,4 \times 1,0 \times 158722,38 = 6348,89 \text{ kN}$$

Yönetmelik gereği Eşdeğer Deprem Yüğü ve Mod Birleştirme Yöntemleriyle elde edilen Bina Toplam Deprem Kuvvetleri x yönü için karşılaştırılırsa ( $\beta = 0,80$ ):

$$\frac{V_{tB}}{V_t} = \frac{8510}{11700} = 0,727 < 0,80 \rightarrow$$

$$B_D = \frac{\beta V_t}{V_{tB}} B_B = \frac{0,8 \times 11700}{8510} \times 0,561 = 0,617 \text{ olarak büyütülecektir.}$$

Bu değişiklikler sonucunda sistem 2 yeniden analiz edildiğinde x ve y yönünde elde edilen Toplam Deprem Kuvvetleri şöyledir:

$$V_{tB,x} = 8032,72 \text{ kN}$$

$$V_{tB,y} = 9363,09 \text{ kN}$$

### 13.5 Sistem 2 İçin Düzensizlik Kontrolleri

#### 13.5.1 A1 burulma düzensizliği kontrolü

$$\eta_{bi} = \frac{\Delta_{i,max}}{\Delta_{i,ort}} > 1,2 \quad (12.37)$$

$$\Delta_{i,ort} = \frac{1}{2} [(\Delta_i)_{max} + (\Delta_i)_{min}] \quad (12.38)$$

**Tablo 13.3 : Sistem 2 Burulma Düzensizliği Kontrolü (X Yönü)**

| Kat No | $\Delta i, \max$ | $\Delta i, \min$ | $\Delta i, \text{ort}$ | $\eta_b$ |
|--------|------------------|------------------|------------------------|----------|
| 20     | 0,001984         | 0,001674         | 0,001829               | 1,084746 |
| 19     | 0,00201          | 0,001698         | 0,001854               | 1,084142 |
| 18     | 0,002034         | 0,001718         | 0,001876               | 1,084222 |
| 17     | 0,002061         | 0,001741         | 0,001901               | 1,084166 |
| 16     | 0,002078         | 0,001758         | 0,001918               | 1,08342  |
| 15     | 0,002094         | 0,001773         | 0,001934               | 1,08301  |
| 14     | 0,002097         | 0,001776         | 0,001937               | 1,082881 |
| 13     | 0,002092         | 0,001774         | 0,001933               | 1,082256 |
| 12     | 0,002071         | 0,001758         | 0,001915               | 1,081745 |
| 11     | 0,002037         | 0,001731         | 0,001884               | 1,08121  |
| 10     | 0,001979         | 0,001684         | 0,001832               | 1,080535 |
| 9      | 0,001904         | 0,001621         | 0,001763               | 1,080284 |
| 8      | 0,001799         | 0,001534         | 0,001667               | 1,079508 |
| 7      | 0,001666         | 0,001423         | 0,001545               | 1,078666 |
| 6      | 0,001496         | 0,00128          | 0,001388               | 1,07781  |
| 5      | 0,001288         | 0,001104         | 0,001196               | 1,076923 |
| 4      | 0,00103          | 0,000885         | 0,000958               | 1,075718 |
| 3      | 0,000725         | 0,000597         | 0,000661               | 1,096823 |
| 2      | 0,000228         | 0,000213         | 0,000221               | 1,034014 |
| 1      | 0,000123         | 0,000112         | 0,000118               | 1,046809 |

&lt; 1.2

Tablodan da anlaşıldığı gibi sistem 2'nin tüm katlarında x yönünde burulma düzensizliği oluşmamaktadır.

**Tablo 13.4 : Sistem 2 Burulma Düzensizliği Kontrolü (Y Yönü)**

| Kat No | $\Delta i, \max$ | $\Delta i, \min$ | $\Delta i, \text{ort}$ | $\eta_b$ |
|--------|------------------|------------------|------------------------|----------|
| 20     | 0,001684         | 0,001265         | 0,001475               | 1,142082 |
| 19     | 0,001707         | 0,001283         | 0,001495               | 1,141806 |
| 18     | 0,00173          | 0,001302         | 0,001516               | 1,141161 |
| 17     | 0,001753         | 0,001322         | 0,001538               | 1,140163 |
| 16     | 0,001769         | 0,001336         | 0,001553               | 1,139452 |
| 15     | 0,001782         | 0,001348         | 0,001565               | 1,138658 |
| 14     | 0,001783         | 0,001352         | 0,001568               | 1,13748  |
| 13     | 0,001779         | 0,001351         | 0,001565               | 1,136741 |
| 12     | 0,001759         | 0,00134          | 0,00155                | 1,135205 |
| 11     | 0,001728         | 0,00132          | 0,001524               | 1,133858 |
| 10     | 0,001679         | 0,001286         | 0,001483               | 1,132546 |
| 9      | 0,001614         | 0,00124          | 0,001427               | 1,131044 |
| 8      | 0,001526         | 0,001178         | 0,001352               | 1,128698 |
| 7      | 0,001418         | 0,0011           | 0,001259               | 1,126291 |
| 6      | 0,001281         | 0,000998         | 0,00114                | 1,124177 |
| 5      | 0,001115         | 0,000876         | 0,000996               | 1,12004  |
| 4      | 0,000913         | 0,000724         | 0,000819               | 1,115455 |
| 3      | 0,000687         | 0,000519         | 0,000603               | 1,139303 |
| 2      | 0,000252         | 0,000228         | 0,00024                | 1,05     |
| 1      | 0,000141         | 0,000122         | 0,000132               | 1,072243 |

&lt; 1.2

Sonuç olarak yapının sistem 2'nin tüm katlarında y yönünde de burulma düzensizliği oluşmamaktadır.

### 13.5.2 B2 yumuşak kat düzensizliği kontrolü

$$\eta_{ki} = \frac{(\Delta_i / h_i)_{ort}}{(\Delta_{i+1} / h_{i+1})_{ort}} > 2, \quad (12.39)$$

$$\eta_{ki} = \frac{(\Delta_i / h_i)_{ort}}{(\Delta_{i-1} / h_{i-1})_{ort}} > 2 \quad (12.40)$$

**Tablo13.5 :** Sistem 2 Yumuşak Kat Düzensizliği Kontrolü (X Yönü)

| Kat No | $\Delta_i, \max/h_i$ | $\Delta_i, \min/h_i$ | $(\Delta_i/h_i)_{ort}$ | $\eta_{ki}$ |
|--------|----------------------|----------------------|------------------------|-------------|
| 20     | 0,000661             | 0,000558             | 0,00061                |             |
| 19     | 0,00067              | 0,000566             | 0,000618               | 1,013669    |
| 18     | 0,000678             | 0,000573             | 0,000625               | 1,011866    |
| 17     | 0,000687             | 0,00058              | 0,000634               | 1,013326    |
| 16     | 0,000693             | 0,000586             | 0,000639               | 1,008943    |
| 15     | 0,000698             | 0,000591             | 0,000645               | 1,008081    |
| 14     | 0,000699             | 0,000592             | 0,000646               | 1,001552    |
| 13     | 0,000697             | 0,000591             | 0,000644               | 0,998193    |
| 12     | 0,00069              | 0,000586             | 0,000638               | 0,990429    |
| 11     | 0,000679             | 0,000577             | 0,000628               | 0,984069    |
| 10     | 0,00066              | 0,000561             | 0,000611               | 0,972134    |
| 9      | 0,000635             | 0,00054              | 0,000588               | 0,962326    |
| 8      | 0,0006               | 0,000511             | 0,000556               | 0,945532    |
| 7      | 0,000555             | 0,000474             | 0,000515               | 0,926793    |
| 6      | 0,000499             | 0,000427             | 0,000463               | 0,898673    |
| 5      | 0,000429             | 0,000368             | 0,000399               | 0,861671    |
| 4      | 0,000343             | 0,000295             | 0,000319               | 0,800585    |
| 3      | 0,000242             | 0,000199             | 0,00022                | 0,690339    |
| 2      | 6,51E-05             | 6,09E-05             | 0,000063               | 0,28593     |
| 1      | 3,51E-05             | 0,000032             | 3,36E-05               | 0,53288     |

< 2

Sonuç olarak sistem 2'nin tüm katlarında x doğrultusunda yumuşak kat düzensizliğinin olmadığı gösterilmiştir.

**Tablo 13.6 : Sistem 2 Yumuşak Kat Düzensizliği Kontrolü (Y Yönü)**

| Kat No | $\Delta_{i,max}/h_i$ | $\Delta_{i,min}/h_i$ | $(\Delta_i/h_i)_{ort}$ | $\eta_{ki}$ |
|--------|----------------------|----------------------|------------------------|-------------|
| 20     | 0,000561             | 0,000422             | 0,000492               |             |
| 19     | 0,000569             | 0,000428             | 0,000498               | 1,013903    |
| 18     | 0,000577             | 0,000434             | 0,000505               | 1,014047    |
| 17     | 0,000584             | 0,000441             | 0,000513               | 1,014182    |
| 16     | 0,00059              | 0,000445             | 0,000518               | 1,009756    |
| 15     | 0,000594             | 0,000449             | 0,000522               | 1,008052    |
| 14     | 0,000594             | 0,000451             | 0,000523               | 1,001597    |
| 13     | 0,000593             | 0,00045              | 0,000522               | 0,998405    |
| 12     | 0,000586             | 0,000447             | 0,000517               | 0,990096    |
| 11     | 0,000576             | 0,00044              | 0,000508               | 0,983543    |
| 10     | 0,00056              | 0,000429             | 0,000494               | 0,972769    |
| 9      | 0,000538             | 0,000413             | 0,000476               | 0,962563    |
| 8      | 0,000509             | 0,000393             | 0,000451               | 0,947442    |
| 7      | 0,000473             | 0,000367             | 0,00042                | 0,931213    |
| 6      | 0,000427             | 0,000333             | 0,00038                | 0,905083    |
| 5      | 0,000372             | 0,000292             | 0,000332               | 0,873629    |
| 4      | 0,000304             | 0,000241             | 0,000273               | 0,8222      |
| 3      | 0,000229             | 0,000173             | 0,000201               | 0,736714    |
| 2      | 0,000072             | 6,51E-05             | 6,86E-05               | 0,341151    |
| 1      | 4,03E-05             | 3,49E-05             | 3,76E-05               | 0,547917    |

< 2

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

### 13.5.3 Göreli kat ötelemeleri kontrolü

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

$$\Delta_{i,max} / h_i \leq 0,02 / R = 0,002857 \quad (12.41)$$

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

Görelî kat ötelemeleri kontrolleri her iki doğrultuda yapılmış ve elde edilen sonuçlar aşağıdaki tablolarda verilmiştir.

**Tablo 13.7 :** Sistem 2 X Yönünde Görelî Kat Ötelemelerinin Kontrolü

| Kat No | hi  | $\Delta_{i,max}$ | $\Delta_{i,max} / h_i$ |
|--------|-----|------------------|------------------------|
| 20     | 3   | 0,001984         | 0,000661               |
| 19     | 3   | 0,00201          | 0,00067                |
| 18     | 3   | 0,002034         | 0,000678               |
| 17     | 3   | 0,002061         | 0,000687               |
| 16     | 3   | 0,002078         | 0,000693               |
| 15     | 3   | 0,002094         | 0,000698               |
| 14     | 3   | 0,002097         | 0,000699               |
| 13     | 3   | 0,002092         | 0,000697               |
| 12     | 3   | 0,002071         | 0,00069                |
| 11     | 3   | 0,002037         | 0,000679               |
| 10     | 3   | 0,001979         | 0,00066                |
| 9      | 3   | 0,001904         | 0,000635               |
| 8      | 3   | 0,001799         | 0,0006                 |
| 7      | 3   | 0,001666         | 0,000555               |
| 6      | 3   | 0,001496         | 0,000499               |
| 5      | 3   | 0,001288         | 0,000429               |
| 4      | 3   | 0,00103          | 0,000343               |
| 3      | 3   | 0,000725         | 0,000242               |
| 2      | 3.5 | 0,000228         | 6,51E-05               |
| 1      | 3.5 | 0,000123         | 3,51E-05               |

&lt;0,002857

**Tablo 13.8 :** Sistem 2 Y Yönünde Görelî Kat Ötelemelerinin Kontrolü

| Kat No | hi  | $\Delta_{i,max}$ | $\Delta_{i,max} / h_i$ |
|--------|-----|------------------|------------------------|
| 20     | 3   | 0,001684         | 0,000561               |
| 19     | 3   | 0,001707         | 0,000569               |
| 18     | 3   | 0,00173          | 0,000577               |
| 17     | 3   | 0,001753         | 0,000584               |
| 16     | 3   | 0,001769         | 0,00059                |
| 15     | 3   | 0,001782         | 0,000594               |
| 14     | 3   | 0,001783         | 0,000594               |
| 13     | 3   | 0,001779         | 0,000593               |
| 12     | 3   | 0,001759         | 0,000586               |
| 11     | 3   | 0,001728         | 0,000576               |
| 10     | 3   | 0,001679         | 0,00056                |
| 9      | 3   | 0,001614         | 0,000538               |
| 8      | 3   | 0,001526         | 0,000509               |
| 7      | 3   | 0,001418         | 0,000473               |
| 6      | 3   | 0,001281         | 0,000427               |
| 5      | 3   | 0,001115         | 0,000372               |
| 4      | 3   | 0,000913         | 0,000304               |
| 3      | 3   | 0,000687         | 0,000229               |
| 2      | 3.5 | 0,000252         | 0,000072               |
| 1      | 3.5 | 0,000141         | 4,03E-05               |

&lt; 0,002857

Sonuç olarak sistem 2'nin tüm katlarında x ve y doğrultusunda görelî kat ötelemeleri kontrolü sağlanmıştır.

### 13.5.4 İkinci mertebe etkilerinin kontrolü

$$\theta_i = \frac{N_i \Delta_{i,ort}}{V_i h_i} \quad (12.42)$$

$$N_i = \sum_{j=1}^N W_j \quad (12.43)$$

$\theta_i \leq 0,12$  olması halinde, ikinci mertebe etkileri Moment Büyütme Yöntemi gibi yöntemler kullanılarak düşünülebilir.  $\theta_i > 0,12$  durumunda, taşıyıcı sistemi daha rijit bir hale getirerek  $\theta_i$  değeri 0,12 mertebesine getirilmelidir.

Her iki doğrultuda sistemin ikinci mertebe etkisi incelenmiş ve aşağıdaki tablolarda hesap sonuçları gösterilmiştir.

**Tablo 13.9 :** Sistem 2'nin İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü (X Doğrultusu)

| Kat No | Wi      | $\Sigma W_i$ | $\Delta_{i,ort}$ | Vi       | hi  | $\theta_i$ |
|--------|---------|--------------|------------------|----------|-----|------------|
| 20     | 7412,64 | 7412,64      | 0,001829         | 667,6946 | 3   | 0,006768   |
| 19     | 7412,64 | 14825,28     | 0,001854         | 1302,552 | 3   | 0,007034   |
| 18     | 7601,85 | 22427,13     | 0,001876         | 1919,938 | 3   | 0,007305   |
| 17     | 7601,85 | 30028,98     | 0,001901         | 2503,649 | 3   | 0,0076     |
| 16     | 7664,45 | 37693,43     | 0,001918         | 3058,214 | 3   | 0,00788    |
| 15     | 7664,45 | 45357,88     | 0,001934         | 3578,825 | 3   | 0,008168   |
| 14     | 7739,85 | 53097,73     | 0,001937         | 4070,272 | 3   | 0,008421   |
| 13     | 7739,85 | 60837,58     | 0,001933         | 4527,431 | 3   | 0,008658   |
| 12     | 7785,95 | 68623,53     | 0,001915         | 4952,822 | 3   | 0,008842   |
| 11     | 7785,95 | 76409,48     | 0,001884         | 5343,722 | 3   | 0,00898    |
| 10     | 7870,75 | 84280,23     | 0,001832         | 5704,013 | 3   | 0,009021   |
| 9      | 7870,75 | 92150,98     | 0,001763         | 6029,437 | 3   | 0,008979   |
| 8      | 7926,55 | 100077,5     | 0,001667         | 6322,054 | 3   | 0,008794   |
| 7      | 7926,55 | 108004,1     | 0,001545         | 6579,556 | 3   | 0,008451   |
| 6      | 7976,85 | 115980,9     | 0,001388         | 6803,356 | 3   | 0,007887   |
| 5      | 7976,85 | 123957,8     | 0,001196         | 6991,82  | 3   | 0,007068   |
| 4      | 8039,45 | 131997,2     | 0,000958         | 7146,148 | 3   | 0,005895   |
| 3      | 8039,45 | 140036,7     | 0,000661         | 7264,862 | 3   | 0,004247   |
| 2      | 9342,85 | 149379,5     | 0,000221         | 7361,434 | 3,5 | 0,001278   |
| 1      | 9342,85 | 158722,4     | 0,000118         | 7409,72  | 3,5 | 0,000719   |

< 0.12

Tablodan da görüldüğü gibi sistem 2'nin x yönünde ikinci mertebe etkileri ihmal edilebilir seviyededir.



**Tablo 13.10 :** Sistem 2'nin İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü (Y Doğrultusu)

| Kat No | Wi      | $\Sigma W_i$ | $\Delta_{i,ort}$ | Vi       | hi  | $\theta_i$ |
|--------|---------|--------------|------------------|----------|-----|------------|
| 20     | 7412,64 | 7412,64      | 0,001475         | 789,918  | 3   | 0,004612   |
| 19     | 7412,64 | 14825,28     | 0,001495         | 1540,988 | 3   | 0,004794   |
| 18     | 7601,85 | 22427,13     | 0,001516         | 2271,388 | 3   | 0,00499    |
| 17     | 7601,85 | 30028,98     | 0,001538         | 2961,949 | 3   | 0,005196   |
| 16     | 7664,45 | 37693,43     | 0,001553         | 3618,028 | 3   | 0,005391   |
| 15     | 7664,45 | 45357,88     | 0,001565         | 4233,94  | 3   | 0,005589   |
| 14     | 7739,85 | 53097,73     | 0,001568         | 4815,347 | 3   | 0,005761   |
| 13     | 7739,85 | 60837,58     | 0,001565         | 5356,19  | 3   | 0,005925   |
| 12     | 7785,95 | 68623,53     | 0,00155          | 5859,45  | 3   | 0,006049   |
| 11     | 7785,95 | 76409,48     | 0,001524         | 6321,906 | 3   | 0,00614    |
| 10     | 7870,75 | 84280,23     | 0,001483         | 6748,149 | 3   | 0,006172   |
| 9      | 7870,75 | 92150,98     | 0,001427         | 7133,142 | 3   | 0,006145   |
| 8      | 7926,55 | 100077,5     | 0,001352         | 7479,323 | 3   | 0,00603    |
| 7      | 7926,55 | 108004,1     | 0,001259         | 7783,963 | 3   | 0,005823   |
| 6      | 7976,85 | 115980,9     | 0,00114          | 8048,73  | 3   | 0,005473   |
| 5      | 7976,85 | 123957,8     | 0,000996         | 8271,692 | 3   | 0,004973   |
| 4      | 8039,45 | 131997,2     | 0,000819         | 8454,27  | 3   | 0,00426    |
| 3      | 8039,45 | 140036,7     | 0,000603         | 8594,715 | 3   | 0,003275   |
| 2      | 9342,85 | 149379,5     | 0,00024          | 8708,965 | 3,5 | 0,001176   |
| 1      | 9342,85 | 158722,4     | 0,000132         | 8766,09  | 3,5 | 0,00068    |

&lt; 0.12

X yönünde olduğu gibi Y yönünde de sistem 2'nin ikinci mertebe etkileri ihmal edilebilir seviyededir.

### 13.6 Sistem 2 İçin İç Kuvvetler

Bu bölümde sistem 2'nin sistem 1 ile iç kuvvetler bakımından karşılaştırma yapılabilmesi için S02, S03, S04, S05, S11 kolonlarının iç kuvvet değerleri tablo olarak sunulmuştur. Sistem 2'de S02, S03, S04, S05 olarak adlandırılan kolonlar, 1. sistemde sırasıyla S06, S09, S10 ve S11 kolonlarına karşılık gelmektedir.

**Tablo 13.11 :** Sistem 2 S02, S03, S04, S05 Kolonları İçin Normal Kuvvet Değerleri

|        | Normal Kuvvet (kN) |          |          |         |
|--------|--------------------|----------|----------|---------|
| Kat No | S02                | S03      | S04      | S05     |
| 1      | 1773,262           | 1463,1   | 1418,733 | 283,947 |
| 2      | 1652,136           | 1362,894 | 1332,655 | 587,989 |
| 3      | 1419,029           | 1166,201 | 1164,035 | 766,522 |
| 4      | 1533,668           | 1265,334 | 1248,582 | 823,604 |
| 5      | 1307,908           | 1070,576 | 1081,122 | 710,126 |
| 6      | 1200,385           | 978,557  | 999,969  | 654,891 |
| 7      | 1096,16            | 889,777  | 920,461  | 600,724 |
| 8      | 995,395            | 804,458  | 842,772  | 547,878 |
| 9      | 897,717            | 722,182  | 766,745  | 496,207 |
| 10     | 803,263            | 643,142  | 692,531  | 445,967 |
| 11     | 711,624            | 566,852  | 619,894  | 396,894 |
| 12     | 623,44             | 494,084  | 549,499  | 348,937 |
| 13     | 538,276            | 424,378  | 481,098  | 302,062 |
| 14     | 456,183            | 357,83   | 414,885  | 256,374 |
| 15     | 376,529            | 293,681  | 349,667  | 211,97  |
| 16     | 299,77             | 232,467  | 285,341  | 169,586 |
| 17     | 225,213            | 173,397  | 221,053  | 128,909 |
| 18     | 153,057            | 116,625  | 155,374  | 91,235  |
| 19     | 82,603             | 61,377   | 90,303   | 53,434  |
| 20     | 13,711             | 7,188    | 25,458   | 14,678  |

**Tablo 13.12 :** Sistem 2 S02, S03, S04, S05 Kolonları İçin V2 Değerleri

|        | V2 (kN) |         |         |        |
|--------|---------|---------|---------|--------|
| Kat No | S02     | S03     | S04     | S05    |
| 1      | 34,573  | 42,376  | 40,559  | 15,805 |
| 2      | 47,222  | 51,952  | 46,562  | 36,467 |
| 3      | 51,595  | 70,559  | 71,651  | 40,927 |
| 4      | 69,47   | 83,953  | 81,857  | 43,8   |
| 5      | 61,511  | 81,193  | 82,277  | 42,91  |
| 6      | 74,319  | 98,147  | 100,084 | 51,537 |
| 7      | 73,958  | 97,013  | 99,066  | 48,469 |
| 8      | 86,605  | 113,472 | 116,145 | 56,85  |
| 9      | 80,622  | 105,259 | 107,772 | 51,005 |
| 10     | 97,28   | 126,782 | 129,901 | 58,815 |
| 11     | 78,383  | 101,539 | 103,97  | 50,523 |
| 12     | 93,638  | 121,189 | 124,084 | 58,176 |
| 13     | 79,484  | 102,707 | 105,119 | 47,906 |
| 14     | 95,293  | 122,762 | 125,438 | 58,617 |
| 15     | 65,909  | 84,25   | 85,669  | 36,397 |
| 16     | 83,455  | 105,939 | 107,284 | 47,007 |
| 17     | 49,324  | 61,951  | 62,364  | 23,04  |
| 18     | 61,964  | 76,063  | 76,569  | 25,605 |
| 19     | 28,681  | 34,49   | 34,998  | 24,103 |
| 20     | 34,199  | 39,547  | 40,064  | 25,281 |

**Tablo 13.13 :** Sistem 2 S02, S03, S04, S05 Kolonları İçin V3 Değerleri

|        | V3 (kN) |        |        |        |
|--------|---------|--------|--------|--------|
| Kat No | S02     | S03    | S04    | S05    |
| 1      | 41,295  | 38,86  | 37,963 | 118,3  |
| 2      | 38,012  | 36,998 | 32,548 | 92,077 |
| 3      | 50,586  | 41,983 | 42,756 | 49,188 |
| 4      | 68,343  | 59,408 | 61,309 | 48,79  |
| 5      | 57,959  | 47,772 | 50,135 | 55,348 |
| 6      | 68,936  | 56,219 | 59,813 | 69,716 |
| 7      | 67,611  | 54,725 | 58,946 | 67,189 |
| 8      | 78,505  | 62,918 | 68,441 | 80,749 |
| 9      | 72,518  | 57,696 | 63,373 | 73,115 |
| 10     | 86,806  | 68,402 | 75,681 | 85,562 |
| 11     | 69,002  | 54,008 | 59,846 | 73,997 |
| 12     | 81,76   | 64,266 | 70,572 | 85,439 |
| 13     | 68,971  | 54,527 | 59,549 | 69,948 |
| 14     | 81,647  | 64,833 | 70,09  | 84,835 |
| 15     | 55,333  | 44,249 | 47,125 | 51,427 |
| 16     | 68,555  | 55,2   | 57,761 | 64,85  |
| 17     | 39,975  | 32,027 | 32,752 | 30,437 |
| 18     | 48,973  | 39,019 | 38,684 | 33,657 |
| 19     | 22,116  | 17,559 | 16,626 | 32,859 |
| 20     | 26,313  | 20,644 | 18,866 | 35,128 |

**Tablo 13.14 :** Sistem 2 S02, S03, S04, S05 Kolonları İçin M2 Değerleri

|        | M2 (kN) |         |        |        |         |         |        |       |
|--------|---------|---------|--------|--------|---------|---------|--------|-------|
|        | S02     |         | S03    |        | S04     |         | S05    |       |
| Kat No | Alt     | Üst     | Alt    | Üst    | Alt     | Üst     | Alt    | Üst   |
| 1      | 124,00  | 5,446   | 118,26 | 16,56  | 120,157 | 14,239  | 102,69 | 37,31 |
| 2      | 29,37   | 108,018 | 10,96  | 132,93 | 15,690  | 124,816 | 61,45  | 82,51 |
| 3      | 111,01  | 26,406  | 86,69  | 31,14  | 100,016 | 28,525  | 85,59  | 60,28 |
| 4      | 185,65  | 7,596   | 165,44 | 17,24  | 174,437 | 12,497  | 110,38 | 35,16 |
| 5      | 115,38  | 46,192  | 91,12  | 45,88  | 103,985 | 45,680  | 92,32  | 72,19 |
| 6      | 122,87  | 71,185  | 95,94  | 66,48  | 109,716 | 67,832  | 108,73 | 98,54 |
| 7      | 115,06  | 77,4162 | 90,09  | 69,69  | 102,429 | 72,083  | 102,72 | 97,10 |
| 8      | 126,35  | 98,618  | 98,58  | 86,42  | 111,753 | 90,070  | 120,13 | 120,0 |
| 9      | 114,77  | 94,605  | 89,84  | 81,11  | 101,309 | 85,187  | 107,77 | 109,6 |
| 10     | 129,44  | 122,13  | 101,25 | 102,63 | 113,701 | 108,05  | 124,61 | 129,7 |
| 11     | 101,11  | 100,09  | 79,37  | 82,42  | 88,203  | 86,626  | 107,22 | 112,7 |
| 12     | 121,69  | 118,12  | 95,67  | 95,26  | 105,27  | 100,28  | 123,08 | 130,7 |
| 13     | 102,16  | 101,24  | 80,71  | 80,10  | 88,308  | 84,679  | 100,92 | 106,8 |
| 14     | 117,15  | 124,82  | 92,89  | 96,67  | 100,773 | 101,97  | 118,70 | 133,2 |
| 15     | 79,14   | 85,901  | 63,14  | 65,09  | 67,499  | 68,380  | 71,67  | 80,99 |
| 16     | 98,78   | 107,08  | 79,35  | 79,14  | 83,362  | 82,616  | 91,51  | 100,8 |
| 17     | 56,41   | 62,83   | 45,73  | 45,20  | 47,004  | 46,736  | 42,58  | 47,65 |
| 18     | 69,05   | 75,934  | 56,56  | 53,23  | 56,434  | 53,888  | 49,30  | 50,36 |
| 19     | 30,65   | 34,419  | 25,33  | 23,67  | 24,215  | 22,99   | 48,04  | 49,19 |
| 20     | 35,56   | 40,617  | 30,15  | 25,99  | 27,643  | 25,391  | 49,88  | 54,17 |

**Tablo 13.15 :** Sistem 2 S02, S03, S04, S05 Kolonları İçin M3 Değerleri

| Kat<br>No | M3 (kN) |          |         |         |         |         |        |        |
|-----------|---------|----------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|
|           | S02     |          | S03     |         | S04     |         | S05    |        |
|           | Alt     | Üst      | Alt     | Üst     | Alt     | Üst     | Alt    | Üst    |
| 1         | 109,95  | 21,488   | 121,413 | 14,446  | 117,406 | 13,038  | 38,586 | 15,326 |
| 2         | 1,086   | 162,0225 | 17,190  | 154,493 | 18,676  | 143,968 | 10,103 | 84,619 |
| 3         | 125,423 | 29,628   | 158,687 | 32,52   | 158,066 | 34,872  | 48,937 | 36,079 |
| 4         | 203,777 | 18,499   | 237,781 | 11,083  | 228,897 | 5,379   | 92,561 | 22,223 |
| 5         | 129,131 | 53,939   | 163,007 | 60,179  | 162,557 | 61,586  | 51,061 | 45,665 |
| 6         | 135,946 | 85,208   | 175,183 | 94,821  | 176,635 | 95,460  | 52,711 | 64,86  |
| 7         | 127,775 | 92,779   | 164,924 | 102,974 | 166,889 | 102,467 | 48,305 | 64,603 |
| 8         | 139,773 | 118,491  | 182,125 | 130,902 | 185,335 | 129,057 | 52,792 | 80,48  |
| 9         | 127,665 | 113,135  | 166,203 | 124,491 | 169,418 | 121,602 | 46,745 | 73,98  |
| 10        | 144,156 | 146,267  | 188,551 | 159,821 | 192,737 | 154,676 | 51,925 | 87,325 |
| 11        | 114,056 | 120,159  | 148,441 | 129,844 | 151,778 | 124,411 | 43,861 | 75,866 |
| 12        | 138,310 | 141,492  | 180,116 | 151,551 | 184,360 | 143,626 | 48,450 | 88,562 |
| 13        | 117,058 | 120,662  | 152,037 | 128,27  | 155,577 | 120,372 | 39,577 | 72,902 |
| 14        | 135,620 | 149,563  | 175,805 | 156,8   | 179,806 | 144,588 | 45,441 | 92,24  |
| 15        | 93,748  | 103,754  | 120,286 | 106,87  | 122,474 | 96,065  | 26,979 | 57,556 |
| 16        | 119,83  | 130,61   | 152,322 | 131,85  | 154,411 | 115,23  | 33,361 | 73,506 |
| 17        | 70,640  | 77,695   | 88,487  | 76,474  | 89,230  | 63,937  | 14,962 | 36,420 |
| 18        | 89,526  | 95,273   | 110,297 | 91,359  | 110,935 | 75,100  | 16,163 | 38,124 |
| 19        | 41,207  | 44,221   | 49,765  | 41,062  | 50,423  | 33,670  | 13,183 | 35,897 |
| 20        | 49,978  | 50,874   | 58,374  | 47,301  | 59,264  | 38,656  | 12,960 | 39,063 |

### 13.7 Sistem 1 ve Sistem 2'nin Karşılaştırılması

Analiz edilen sistemler bu bölümde periyotlar ve düzensizlikler bakımından karşılaştırılmışlardır. Aynı zamanda sistem 2'de köşelere yerleştirilen perdelerin diğer kolonlara olan etkilerini gözlemlemek amacıyla kolonların iç kuvvetleri de karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonuçları aşağıdaki tablolarda ve grafiklerde ayrıntılı olarak gösterilmektedir.

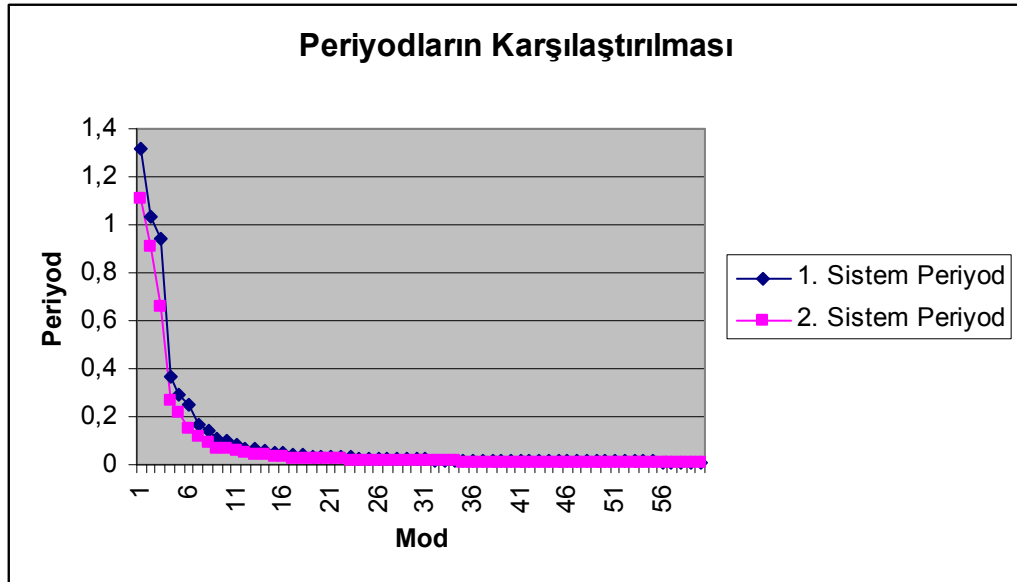
#### 13.7.1 Periyotların karşılaştırılması

**Tablo 13.16 :** Sistem 1 ve Sistem 2 Periyotların Karşılaştırılması

| MOD | 1. SİSTEM | 2. SİSTEM |
|-----|-----------|-----------|
| 1   | 1,313220  | 1,107718  |
| 2   | 1,032401  | 0,911145  |
| 3   | 0,939832  | 0,659739  |
| 4   | 0,365213  | 0,26432   |
| 5   | 0,293443  | 0,216328  |
| 6   | 0,249506  | 0,151667  |
| 7   | 0,165628  | 0,114422  |
| 8   | 0,138720  | 0,094507  |
| 9   | 0,111981  | 0,067795  |
| 10  | 0,097223  | 0,066272  |
| 11  | 0,084452  | 0,057018  |
| 12  | 0,068005  | 0,04703   |
| 13  | 0,066277  | 0,040495  |
| 14  | 0,059224  | 0,040204  |
| 15  | 0,049821  | 0,035736  |
| 16  | 0,048053  | 0,031022  |
| 17  | 0,045280  | 0,028968  |
| 18  | 0,039818  | 0,028661  |
| 19  | 0,037333  | 0,025217  |
| 20  | 0,036720  | 0,023839  |
| 21  | 0,033251  | 0,022641  |
| 22  | 0,031032  | 0,021237  |
| 23  | 0,030717  | 0,020367  |
| 24  | 0,028662  | 0,018633  |
| 25  | 0,026853  | 0,018359  |
| 26  | 0,026236  | 0,017807  |
| 27  | 0,025315  | 0,016221  |
| 28  | 0,023611  | 0,01586   |
| 29  | 0,023029  | 0,015851  |
| 30  | 0,022818  | 0,014575  |
| 31  | 0,021329  | 0,014394  |
| 32  | 0,020775  | 0,01382   |
| 33  | 0,020334  | 0,013333  |
| 34  | 0,019854  | 0,013254  |
| 35  | 0,018916  | 0,012377  |

**Tablo 13.16 :** Sistem 1 ve Sistem 2 Periyotların Karşılaştırılması (devam)

|    |          |          |
|----|----------|----------|
| 36 | 0,018660 | 0,012356 |
| 37 | 0,018264 | 0,012292 |
| 38 | 0,017912 | 0,011692 |
| 39 | 0,017264 | 0,011598 |
| 40 | 0,017150 | 0,011172 |
| 41 | 0,016728 | 0,011104 |
| 42 | 0,016680 | 0,011005 |
| 43 | 0,016092 | 0,010765 |
| 44 | 0,015905 | 0,010553 |
| 45 | 0,015464 | 0,010458 |
| 46 | 0,015263 | 0,01024  |
| 47 | 0,014938 | 0,010204 |
| 48 | 0,014472 | 0,010197 |
| 49 | 0,014197 | 0,010116 |
| 50 | 0,013697 | 0,009939 |
| 51 | 0,013645 | 0,009753 |
| 52 | 0,013272 | 0,009652 |
| 53 | 0,013102 | 0,009485 |
| 54 | 0,012959 | 0,008924 |
| 55 | 0,012656 | 0,008482 |
| 56 | 0,012353 | 0,008143 |
| 57 | 0,012131 | 0,007884 |
| 58 | 0,011684 | 0,007702 |
| 59 | 0,010999 | 0,007582 |
| 60 | 0,008174 | 0,007528 |



**Şekil 13.2 :** Sistem 1 ve Sistem 2 Mod Birleştirme Yöntemi ile Periyotların Karşılaştırılması

Grafikten de anlaşıldığı gibi sistem 1'in periyodu, sistem 2'nin periyoduna göre daha yüksektir. Sistem 1'de köşelere perde yerleştirilmesi sistemi daha rijit bir hale getirmiş ve periyodunu düşürmüştür. 1. periyotta %16, 2. periyotta ise %12'lik bir düşüş gözlenmiştir. 3. periyotta ise %30'luk bir düşüş olmuştur.

### 13.7.2 Düzensizliklerin karşılaştırılması

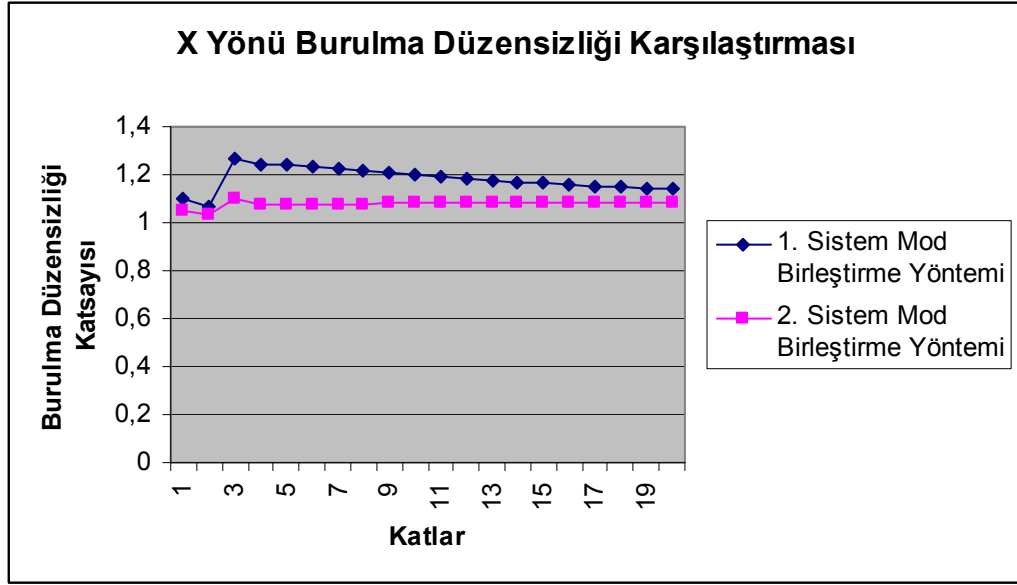
#### 13.7.2.1 A1 burulma düzensizliği karşılaştırılması

Sistem 1 ve sistem 2 için bulunan burulma düzensizlikleri değerleri Tablo 13.17' de karşılaştırılmıştır.

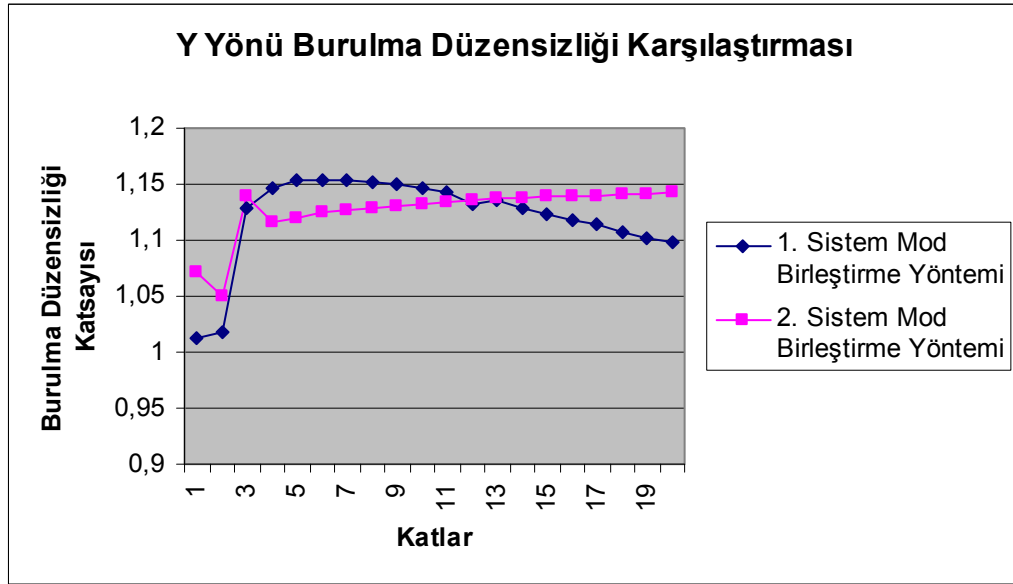
**Tablo 13.17 :** Sistem 1 ve Sistem 2 Burulma Düzensizliklerinin Karşılaştırılması

| Katlar | X Yönü    |           | Y Yönü    |           |
|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|        | 1. Sistem | 2. Sistem | 1. Sistem | 2. Sistem |
| 20     | 1,138     | 1,084     | 1,098     | 1,142082  |
| 19     | 1,142     | 1,084     | 1,102     | 1,141806  |
| 18     | 1,148     | 1,084     | 1,108     | 1,141161  |
| 17     | 1,153     | 1,084     | 1,114     | 1,140163  |
| 16     | 1,158     | 1,083     | 1,118     | 1,139452  |
| 15     | 1,164     | 1,083     | 1,124     | 1,138658  |
| 14     | 1,169     | 1,082     | 1,128     | 1,13748   |
| 13     | 1,176     | 1,082     | 1,135     | 1,136741  |
| 12     | 1,184     | 1,081     | 1,132     | 1,135205  |
| 11     | 1,191     | 1,081     | 1,143     | 1,133858  |
| 10     | 1,197     | 1,080     | 1,146     | 1,132546  |
| 9      | 1,206     | 1,080     | 1,150     | 1,131044  |
| 8      | 1,214     | 1,079     | 1,152     | 1,128698  |
| 7      | 1,223     | 1,078     | 1,154     | 1,126291  |
| 6      | 1,231     | 1,077     | 1,154     | 1,124177  |
| 5      | 1,239     | 1,076     | 1,153     | 1,12004   |
| 4      | 1,245     | 1,075     | 1,147     | 1,115455  |
| 3      | 1,268     | 1,096     | 1,129     | 1,139303  |
| 2      | 1,069     | 1,034     | 1,018     | 1,05      |
| 1      | 1,102     | 1,046     | 1,013     | 1,072243  |

Burulma düzensizlikleri Şekil 13.3 ve 13.4'te grafik olarak sunulmuştur. 2. sistem'de x yönünde burulma düzensizliği katsayısının 1. sisteme göre daha az olduğu gözlenmektedir. Bütün katlarda iki sistem arasında x yönünde orantılı bir düşüş gözlenmektedir. Y yönünde ise sistemin davranışı değişmektedir. 10. kata kadar sistem 2'de burulma düzensizliği sistem 1'e göre daha az iken 10. kattan sonra 20. kata kadar sistem 2'nin burulma düzensizliği katsayısı artış göstermiştir.



**Şekil 13.3 :** Sistem 1 ve Sistem 2 Mod Birleştirme Yöntemi X Yönü Burulma Düzensizliği Karşılaştırması



**Şekil 13.4 :** Sistem 1 ve Sistem 2 Mod Birleştirme Yöntemi Y Yönü Burulma Düzensizliği Karşılaştırması

#### 13.7.2.2 Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği karşılaştırılması

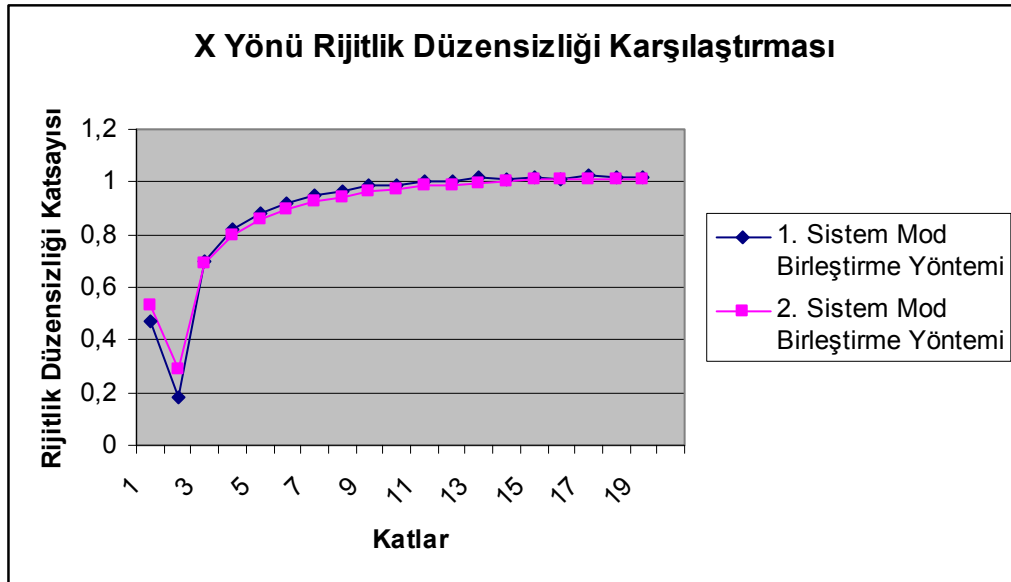
Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği iki sistem için Tablo 13.18’ de karşılaştırılmıştır. Bulunan sonuçlar grafik olarak sunulmuştur.



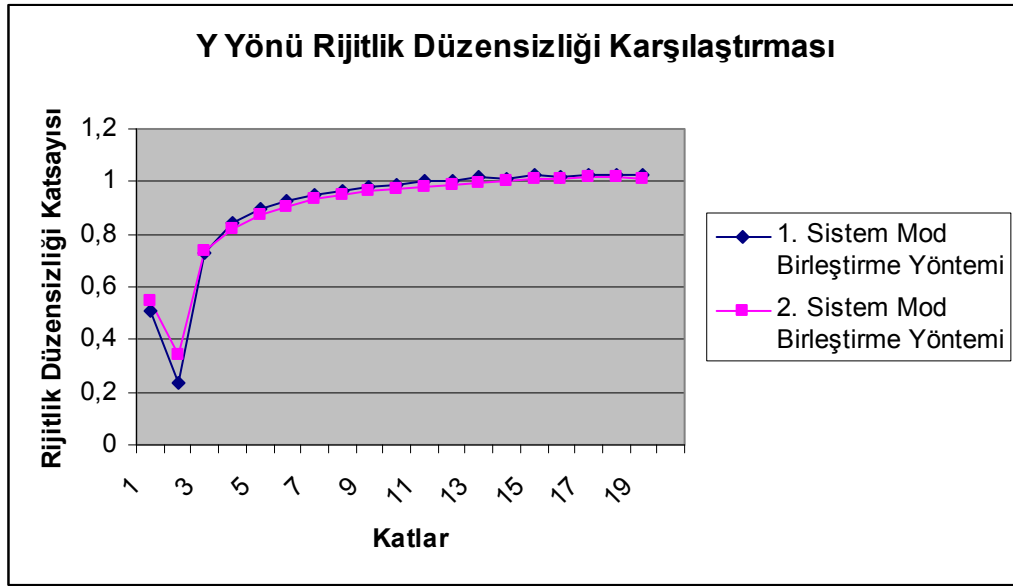
**Tablo 13.18 :** Sistem 1 ve Sistem 2 Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği Karşılaştırılması

| Katlar | X Yönü     |          | Y Yönü   |          |
|--------|------------|----------|----------|----------|
|        | Sistem 1   | Sistem 2 | Sistem 1 | Sistem 2 |
| 20     |            |          |          |          |
| 19     | 1,02032914 | 1,013669 | 1,02615  | 1,013903 |
| 18     | 1,01944972 | 1,011866 | 1,0261   | 1,014047 |
| 17     | 1,02303397 | 1,013326 | 1,02902  | 1,014182 |
| 16     | 1,01273596 | 1,008943 | 1,01861  | 1,009756 |
| 15     | 1,02021109 | 1,008081 | 1,02512  | 1,008052 |
| 14     | 1,00880475 | 1,001552 | 1,0103   | 1,001597 |
| 13     | 1,01396465 | 0,998193 | 1,01571  | 0,998405 |
| 12     | 1,00365827 | 0,990429 | 1,00163  | 0,990096 |
| 11     | 1,00428816 | 0,984069 | 1,0019   | 0,983543 |
| 10     | 0,99039283 | 0,972134 | 0,98594  | 0,972769 |
| 9      | 0,9851261  | 0,962326 | 0,98162  | 0,962563 |
| 8      | 0,96652079 | 0,945532 | 0,96228  | 0,947442 |
| 7      | 0,95155083 | 0,926793 | 0,95064  | 0,931213 |
| 6      | 0,92148465 | 0,898673 | 0,92303  | 0,905083 |
| 5      | 0,8840692  | 0,861671 | 0,8951   | 0,873629 |
| 4      | 0,81892523 | 0,800585 | 0,84214  | 0,8222   |
| 3      | 0,70221113 | 0,690339 | 0,72871  | 0,736714 |
| 2      | 0,18152797 | 0,28593  | 0,23339  | 0,341151 |
| 1      | 0,47002398 | 0,53288  | 0,51106  | 0,547917 |

Şekil 13.5 ve 13.6'daki grafiklerden de görüldüğü gibi sistem 1 ve sistem 2'de her iki yönde rijitlik düzensizliği katsayısının hemen hemen aynı olduğu gözlenmektedir.



**Şekil 13.5 :** Sistem 1 ve Sistem 2 Mod Birleştirme Yöntemi X Yönü Rijitlik Düzensizliği Karşılaştırması



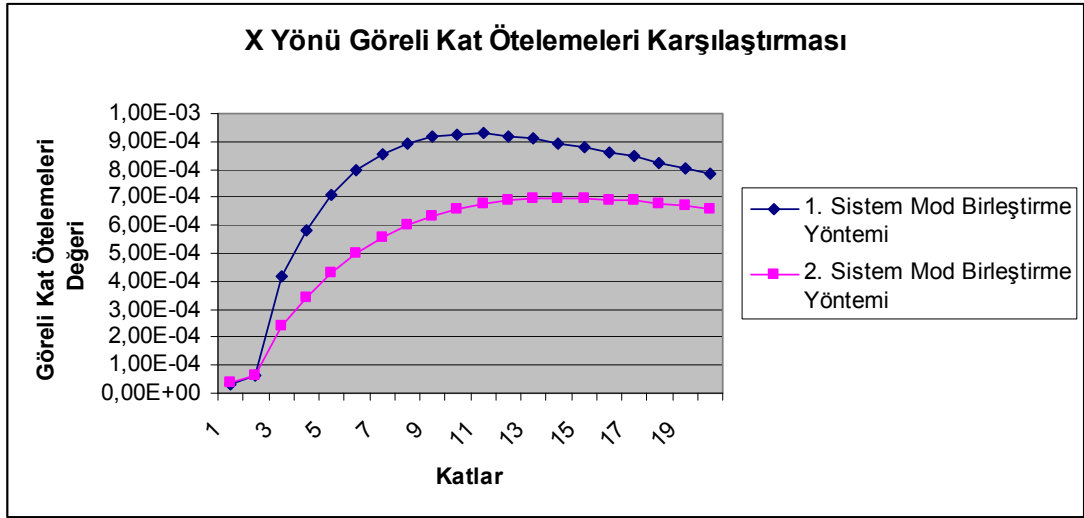
**Şekil 13.6 :** Sistem 1 ve Sistem 2 Mod Birleştirme Yöntemi Y Yönü Rijitlik Düzensizliği Karşılaştırması

### 13.7.2.3 Göreli kat ötelemelerinin karşılaştırılması

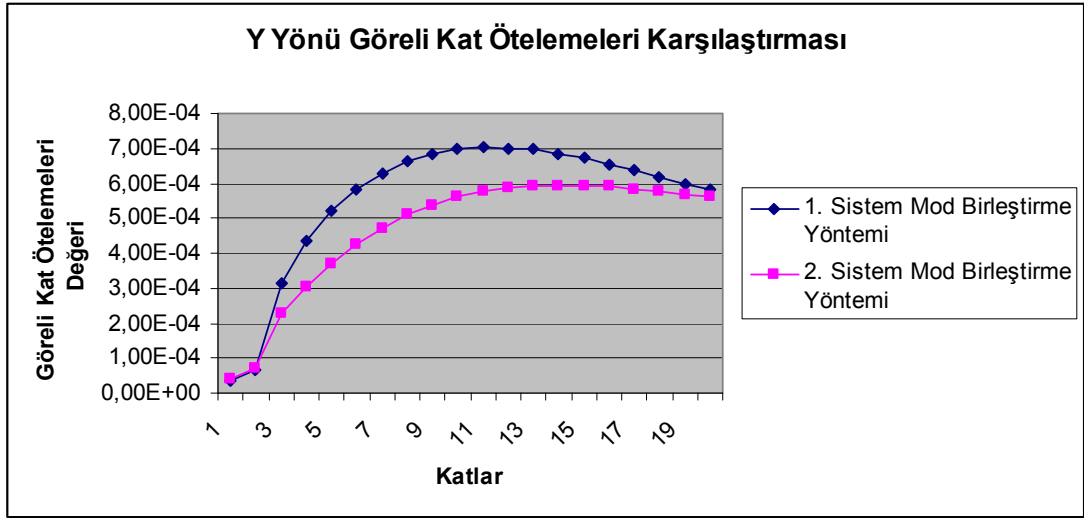
İki sistem için göreli kat ötelemeleri karşılaştırılması Tablo 13.19’da yapılmıştır. Sonuçlar grafik olarak sunulmuştur.

**Tablo 13.19 :** Sistem 1 ve Sistem 2 Göreli Kat Ötelemelerinin Karşılaştırılması

| Katlar | X Yönü     |          | Y Yönü    |          |
|--------|------------|----------|-----------|----------|
|        | Sistem 1   | Sistem 2 | Sistem 1  | Sistem 2 |
| 20     | 0,000784   | 0,000661 | 0,000581  | 0,000561 |
| 19     | 0,00080267 | 0,00067  | 0,0005983 | 0,000569 |
| 18     | 0,000822   | 0,000678 | 0,000617  | 0,000577 |
| 17     | 0,000845   | 0,000687 | 0,0006383 | 0,000584 |
| 16     | 0,00085933 | 0,000693 | 0,000653  | 0,00059  |
| 15     | 0,00088167 | 0,000698 | 0,000673  | 0,000594 |
| 14     | 0,000893   | 0,000699 | 0,0006823 | 0,000594 |
| 13     | 0,000911   | 0,000697 | 0,000697  | 0,000593 |
| 12     | 0,00092    | 0,00069  | 0,0007    | 0,000586 |
| 11     | 0,00092967 | 0,000679 | 0,0007047 | 0,000576 |
| 10     | 0,000926   | 0,00066  | 0,0006967 | 0,00056  |
| 9      | 0,000919   | 0,000635 | 0,000686  | 0,000538 |
| 8      | 0,000894   | 0,0006   | 0,0006613 | 0,000509 |
| 7      | 0,000857   | 0,000555 | 0,0006297 | 0,000473 |
| 6      | 0,00079433 | 0,000499 | 0,0005813 | 0,000427 |
| 5      | 0,000707   | 0,000429 | 0,00052   | 0,000372 |
| 4      | 0,000582   | 0,000343 | 0,0004357 | 0,000304 |
| 3      | 0,00041633 | 0,000242 | 0,0003123 | 0,000229 |
| 2      | 6,3714E-05 | 6,51E-05 | 6,571E-05 | 0,000072 |
| 1      | 3,0857E-05 | 3,51E-05 | 3,343E-05 | 4,03E-05 |



**Şekil 13.7 :** Sistem 1 ve Sistem 2 Mod Birleştirme Yöntemi X Yönü Göreli Kat Ötelemeleri Karşılaştırması



**Şekil 13.8 :** Sistem 1 ve Sistem 2 Mod Birleştirme Yöntemi Y Yönü Göreli Kat Ötelemeleri Karşılaştırması

Şekil 13.7 ve 13.8'deki grafiklerden de anlaşıldığı gibi sistem 1'in göreli kat ötelemeleri sistem 2'ye göre daha yüksek çıkmaktadır. X ve y yönünde bu fark orta katlarda maksimum olmakta daha sonra azalmaktadır.

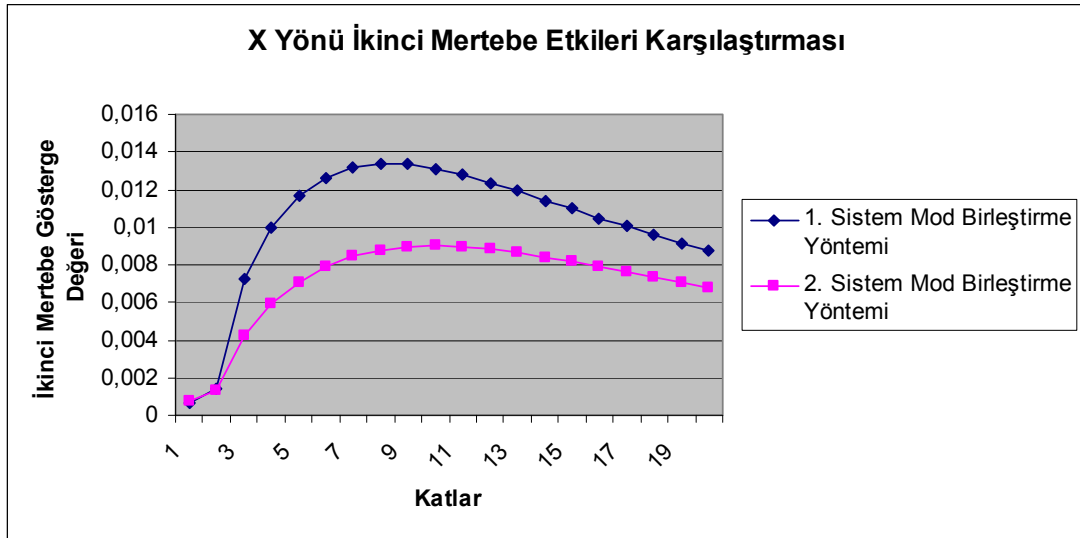
#### 13.7.2.4 İkinci mertebe etkilerinin karşılaştırılması

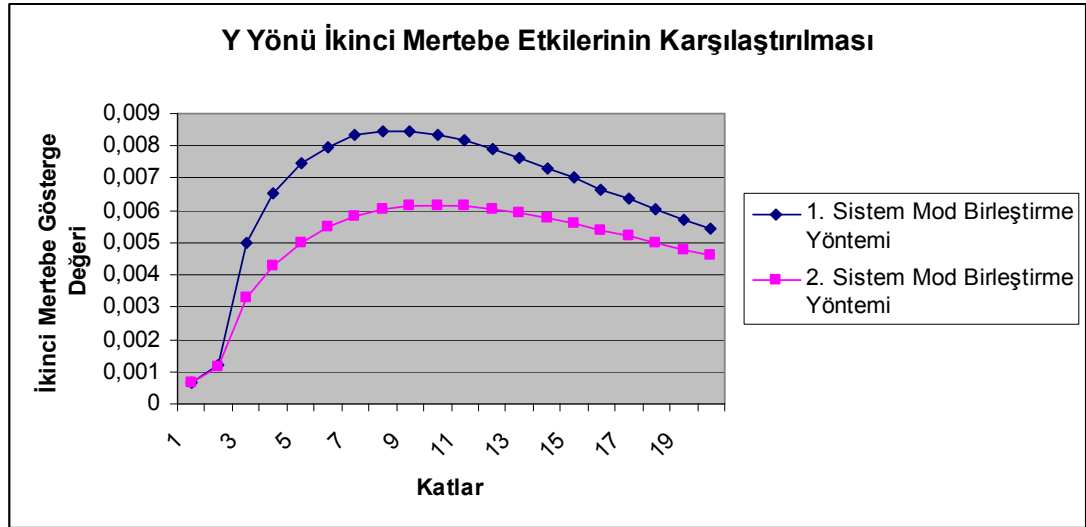
İki sistem için ikinci mertebe etkilerinin karşılaştırılması Tablo 13.20'de yapılmıştır. Sonuçlar grafik olarak sunulmuştur.

**Tablo 13.20 :** Sistem 1 ve Sistem 2 İkinci Mertebe Etkilerinin Karşılaştırılması

| Katlar | X Yönü   |          | Y Yönü   |          |
|--------|----------|----------|----------|----------|
|        | Sistem 1 | Sistem 2 | Sistem 1 | Sistem 2 |
| 20     | 0,00875  | 0,006768 | 0,00067  | 0,00068  |
| 19     | 0,00915  | 0,007034 | 0,00123  | 0,001176 |
| 18     | 0,00958  | 0,007305 | 0,00497  | 0,003275 |
| 17     | 0,01006  | 0,0076   | 0,00653  | 0,00426  |
| 16     | 0,01047  | 0,00788  | 0,00744  | 0,004973 |
| 15     | 0,01098  | 0,008168 | 0,00798  | 0,005473 |
| 14     | 0,01141  | 0,008421 | 0,00832  | 0,005823 |
| 13     | 0,01192  | 0,008658 | 0,00844  | 0,00603  |
| 12     | 0,01234  | 0,008842 | 0,00846  | 0,006145 |
| 11     | 0,01279  | 0,00898  | 0,00833  | 0,006172 |
| 10     | 0,0131   | 0,009021 | 0,00817  | 0,00614  |
| 9      | 0,01335  | 0,008979 | 0,0079   | 0,006049 |
| 8      | 0,01337  | 0,008794 | 0,00764  | 0,005925 |
| 7      | 0,01321  | 0,008451 | 0,0073   | 0,005761 |
| 6      | 0,01265  | 0,007887 | 0,00702  | 0,005589 |
| 5      | 0,01164  | 0,007068 | 0,00666  | 0,005391 |
| 4      | 0,00994  | 0,005895 | 0,00636  | 0,005196 |
| 3      | 0,00729  | 0,004247 | 0,00602  | 0,00499  |
| 2      | 0,0014   | 0,001278 | 0,00572  | 0,004794 |
| 1      | 0,0007   | 0,000719 | 0,00544  | 0,004612 |

İkinci mertebe etkilerinde de sistem 1'in, sistem 2'ye göre daha yüksek değerlerde olduğu gözlenmektedir. X yönünde orta katlarda %36'lık bir azalma gözlenirken, y yönünde orta katlarda ise %22'lik bir azalma olmuştur.

**Şekil 13.9 :** Sistem 1 ve Sistem 2 Mod Birleştirme Yöntemi X Yönü İkinci Mertebe Etkilerinin Karşılaştırması



**Şekil 13.10 :** Sistem 1 ve Sistem 2 Mod Birleştirme Yöntemi Y Yönü İkinci Mertebe Etkilerinin Karşılaştırması

### 13.7.3 İç kuvvetlerin karşılaştırılması

Aşağıda her iki sistem için kolonların normal kuvvet, kesme kuvveti ve moment karşılaştırma tabloları verilmiştir. Daha sonra bu değerler karşılaştırılan her kolon için ayrı ayrı grafik olarak sunulmuştur.

**Tablo 13.21 :** Kolonlar İçin Normal Kuvvet Değerleri

| Katlar | SİSTEM 1 |          |          |         | SİSTEM 2 |          |          |         |
|--------|----------|----------|----------|---------|----------|----------|----------|---------|
|        | S06      | S09      | S10      | S11     | S02      | S03      | S04      | S05     |
| 1      | 1869,139 | 1542,091 | 1459,02  | 316,893 | 1773,262 | 1463,1   | 1418,733 | 283,947 |
| 2      | 1753,899 | 1446,465 | 1372,797 | 666,389 | 1652,136 | 1362,894 | 1332,655 | 587,989 |
| 3      | 1535,506 | 1261,846 | 1203,985 | 884,188 | 1419,029 | 1166,201 | 1164,035 | 766,522 |
| 4      | 1642,799 | 1354,588 | 1288,367 | 937,18  | 1533,668 | 1265,334 | 1248,582 | 823,604 |
| 5      | 1430,597 | 1171,589 | 1120,972 | 830,885 | 1307,908 | 1070,576 | 1081,122 | 710,126 |
| 6      | 1327,954 | 1083,754 | 1039,433 | 777,471 | 1200,385 | 978,557  | 999,969  | 654,891 |
| 7      | 1227,391 | 998,121  | 959,22   | 723,948 | 1096,16  | 889,777  | 920,461  | 600,724 |
| 8      | 1128,866 | 914,764  | 880,457  | 670,355 | 995,395  | 804,458  | 842,772  | 547,878 |
| 9      | 1032,165 | 833,379  | 802,972  | 616,744 | 897,717  | 722,182  | 766,745  | 496,207 |
| 10     | 936,938  | 754,019  | 726,861  | 563,196 | 803,263  | 643,142  | 692,531  | 445,967 |
| 11     | 842,557  | 676,298  | 651,989  | 509,64  | 711,624  | 566,852  | 619,894  | 396,894 |
| 12     | 751,742  | 601,055  | 578,861  | 455,845 | 623,44   | 494,084  | 549,499  | 348,937 |
| 13     | 663,556  | 527,942  | 507,169  | 402,005 | 538,276  | 424,378  | 481,098  | 302,062 |
| 14     | 575,757  | 457,103  | 437,203  | 348,15  | 456,183  | 357,83   | 414,885  | 256,374 |
| 15     | 488,315  | 386,787  | 367,975  | 294,585 | 376,529  | 293,681  | 349,667  | 211,97  |
| 16     | 400,121  | 316,496  | 299,488  | 241,528 | 299,77   | 232,467  | 285,341  | 169,586 |
| 17     | 310,44   | 245,241  | 231,144  | 189,087 | 225,213  | 173,397  | 221,053  | 128,909 |
| 18     | 216,45   | 170,35   | 162,102  | 138,089 | 153,057  | 116,625  | 155,374  | 91,235  |
| 19     | 123,764  | 96,477   | 93,955   | 85,489  | 82,603   | 61,377   | 90,303   | 53,434  |
| 20     | 31,587   | 22,224   | 26,834   | 31,276  | 13,711   | 7,188    | 25,458   | 14,678  |

**Tablo 13.22 : Kolonlar İçin V2 Değerleri**

| Katlar | SİSTEM 1 |         |         |        | SİSTEM 2 |         |         |        |
|--------|----------|---------|---------|--------|----------|---------|---------|--------|
|        | S06      | S09     | S10     | S11    | S02      | S03     | S04     | S05    |
| 1      | 40,218   | 43,646  | 41,227  | 16,528 | 34,573   | 42,376  | 40,559  | 15,805 |
| 2      | 84,355   | 97,776  | 84,905  | 61,115 | 47,222   | 51,952  | 46,562  | 36,467 |
| 3      | 76,707   | 107,143 | 100,972 | 51,396 | 51,595   | 70,559  | 71,651  | 40,927 |
| 4      | 118,133  | 144,027 | 132,206 | 66,569 | 69,47    | 83,953  | 81,857  | 43,8   |
| 5      | 89,823   | 123,121 | 116,147 | 55,273 | 61,511   | 81,193  | 82,277  | 42,91  |
| 6      | 103,428  | 143,069 | 136,573 | 64,24  | 74,319   | 98,147  | 100,084 | 51,537 |
| 7      | 101,917  | 140,022 | 133,964 | 60,343 | 73,958   | 97,013  | 99,066  | 48,469 |
| 8      | 115,6    | 157,971 | 152,473 | 68,841 | 86,605   | 113,472 | 116,145 | 56,85  |
| 9      | 106,988  | 145,353 | 140,537 | 61,638 | 80,622   | 105,259 | 107,772 | 51,005 |
| 10     | 125,55   | 169,286 | 164,992 | 69,391 | 97,28    | 126,782 | 129,901 | 58,815 |
| 11     | 100,548  | 134,715 | 131,576 | 59,6   | 78,383   | 101,539 | 103,97  | 50,523 |
| 12     | 116,62   | 157,075 | 153,928 | 67,078 | 93,638   | 121,189 | 124,084 | 58,176 |
| 13     | 99,692   | 132,651 | 130,463 | 55,476 | 79,484   | 102,707 | 105,119 | 47,906 |
| 14     | 117,139  | 155,263 | 153,199 | 66,85  | 95,293   | 122,762 | 125,438 | 58,617 |
| 15     | 81,075   | 106,249 | 104,826 | 42,012 | 65,909   | 84,25   | 85,669  | 36,397 |
| 16     | 101,227  | 131,176 | 129,749 | 54,037 | 83,455   | 105,939 | 107,284 | 47,007 |
| 17     | 59,767   | 76,066  | 75,226  | 26,91  | 49,324   | 61,951  | 62,364  | 23,04  |
| 18     | 73,941   | 92,226  | 91,579  | 29,757 | 61,964   | 76,063  | 76,569  | 25,605 |
| 19     | 34,258   | 41,668  | 41,728  | 27,557 | 28,681   | 34,49   | 34,998  | 24,103 |
| 20     | 40,401   | 47,279  | 47,552  | 28,736 | 34,199   | 39,547  | 40,064  | 25,281 |

**Tablo 13.23 : Kolonlar İçin V3 Değerleri**

| Katlar | SİSTEM 1 |         |         |         | SİSTEM 2 |        |        |        |
|--------|----------|---------|---------|---------|----------|--------|--------|--------|
|        | S06      | S09     | S10     | S11     | S02      | S03    | S04    | S05    |
| 1      | 46,24    | 44,174  | 42,899  | 90,446  | 41,295   | 38,86  | 37,963 | 118,3  |
| 2      | 79,195   | 77,936  | 76,664  | 169,655 | 38,012   | 36,998 | 32,548 | 92,077 |
| 3      | 69,329   | 60,229  | 59,945  | 67,901  | 50,586   | 41,983 | 42,756 | 49,188 |
| 4      | 121,157  | 114,652 | 113,382 | 97,021  | 68,343   | 59,408 | 61,309 | 48,79  |
| 5      | 79,951   | 69,941  | 70,311  | 74,372  | 57,959   | 47,772 | 50,135 | 55,348 |
| 6      | 90,964   | 78,285  | 79,299  | 86,871  | 68,936   | 56,219 | 59,813 | 69,716 |
| 7      | 88,443   | 75,695  | 77,171  | 80,959  | 67,611   | 54,725 | 58,946 | 67,189 |
| 8      | 98,984   | 83,495  | 85,574  | 91,76   | 78,505   | 62,918 | 68,441 | 80,749 |
| 9      | 91,087   | 76,439  | 78,814  | 80,952  | 72,518   | 57,696 | 63,373 | 73,115 |
| 10     | 105,124  | 87,246  | 90,258  | 89,99   | 86,806   | 68,402 | 75,681 | 85,562 |
| 11     | 83,938   | 68,88   | 71,102  | 76,178  | 69,002   | 54,008 | 59,846 | 73,997 |
| 12     | 97,725   | 78,327  | 81,17   | 83,644  | 81,76    | 64,266 | 70,572 | 85,439 |
| 13     | 81,879   | 65,704  | 68,28   | 67,403  | 68,971   | 54,527 | 59,549 | 69,948 |
| 14     | 94,648   | 74,883  | 77,92   | 77,179  | 81,647   | 64,833 | 70,09  | 84,835 |
| 15     | 64,299   | 50,332  | 52,133  | 44,522  | 55,333   | 44,249 | 47,125 | 51,427 |
| 16     | 78,339   | 60,205  | 61,936  | 52,15   | 68,555   | 55,2   | 57,761 | 64,85  |
| 17     | 44,899   | 33,941  | 34,598  | 22,775  | 39,975   | 32,027 | 32,752 | 30,437 |
| 18     | 53,707   | 39,831  | 39,604  | 23,879  | 48,973   | 39,019 | 38,684 | 33,657 |
| 19     | 23,918   | 17,496  | 16,496  | 22,848  | 22,116   | 17,559 | 16,626 | 32,859 |
| 20     | 26,976   | 19,34   | 18,124  | 23,543  | 26,313   | 20,644 | 18,866 | 35,128 |

**Tablo 13.24 : Sistem 1 M2 Değerleri**

| Kat No | M2 (kN)  |          |          |          |          |          |          |          |
|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|        | S06      |          | S09      |          | S10      |          | S11      |          |
|        | Alt      | Üst      | Alt      | Üst      | Alt      | Üst      | Alt      | Üst      |
| 1      | 122,5486 | 30,5612  | 117,9111 | 39,7654  | 118,7118 | 36,5821  | 84,7897  | 25,7325  |
| 2      | 38,5478  | 230,9956 | 25,3155  | 249,1337 | 29,0679  | 247,1374 | 44,8171  | 197,5119 |
| 3      | 144,3341 | 50,9614  | 122,6727 | 52,1942  | 130,8872 | 50,0977  | 122,1643 | 81,1597  |
| 4      | 320,8085 | 32,5954  | 306,2154 | 35,9116  | 309,3124 | 33,841   | 232,5413 | 58,9831  |
| 5      | 151,9849 | 75,2549  | 130,1176 | 74,531   | 137,8847 | 72,8933  | 126,8827 | 96,1222  |
| 6      | 156,5498 | 101,262  | 129,6381 | 98,5936  | 139,5236 | 96,8614  | 138,0912 | 122,263  |
| 7      | 145,4517 | 105,471  | 119,187  | 102,039  | 128,914  | 100,47   | 125,292  | 117,516  |
| 8      | 155,5287 | 124,142  | 124,1691 | 118,991  | 135,948  | 117,158  | 138,3284 | 136,72   |
| 9      | 141,0339 | 116,092  | 111,5918 | 111,2    | 122,8661 | 109,62   | 120,7456 | 122,042  |
| 10     | 154,7645 | 138,203  | 119,7154 | 133,409  | 133,521  | 131,118  | 132,8633 | 136,846  |
| 11     | 121,4786 | 112,838  | 92,9054  | 106,798  | 103,6853 | 104,023  | 111,9515 | 116,463  |
| 12     | 144,5202 | 128,947  | 106,9432 | 119,122  | 120,2463 | 115,398  | 122,6748 | 128,203  |
| 13     | 120,8688 | 106,612  | 88,9656  | 100,368  | 100,6459 | 97,1116  | 98,8224  | 103,286  |
| 14     | 135,2779 | 124,531  | 97,6394  | 117,515  | 111,7359 | 112,465  | 110,7324 | 120,695  |
| 15     | 91,8249  | 82,9636  | 64,7311  | 79,0946  | 74,5992  | 74,7194  | 63,8656  | 69,7127  |
| 16     | 112,6551 | 97,438   | 76,2181  | 93,9782  | 89,3311  | 87,0995  | 75,7916  | 80,6151  |
| 17     | 64,2326  | 53,6094  | 41,5207  | 53,2067  | 49,6614  | 48,3444  | 33,022   | 35,3131  |
| 18     | 77,8235  | 61,7822  | 47,5704  | 61,7824  | 57,7945  | 53,7673  | 35,77    | 35,8513  |
| 19     | 34,496   | 27,1378  | 20,5648  | 27,2663  | 24,0508  | 22,1146  | 34,2329  | 34,3013  |
| 20     | 39,8135  | 31,666   | 23,771   | 29,4046  | 26,5811  | 23,5006  | 34,3659  | 36,0941  |

**Tablo 13.25 : Sistem 2 M2 Değerleri**

| Kat No | M2 (kN) |         |        |        |         |         |        |       |
|--------|---------|---------|--------|--------|---------|---------|--------|-------|
|        | S02     |         | S03    |        | S04     |         | S05    |       |
|        | Alt     | Üst     | Alt    | Üst    | Alt     | Üst     | Alt    | Üst   |
| 1      | 124,00  | 5,446   | 118,26 | 16,56  | 120,157 | 14,239  | 102,69 | 37,31 |
| 2      | 29,37   | 108,018 | 10,96  | 132,93 | 15,690  | 124,816 | 61,45  | 82,51 |
| 3      | 111,01  | 26,406  | 86,69  | 31,14  | 100,016 | 28,525  | 85,59  | 60,28 |
| 4      | 185,65  | 7,596   | 165,44 | 17,24  | 174,437 | 12,497  | 110,38 | 35,16 |
| 5      | 115,38  | 46,192  | 91,12  | 45,88  | 103,985 | 45,680  | 92,32  | 72,19 |
| 6      | 122,87  | 71,185  | 95,94  | 66,48  | 109,716 | 67,832  | 108,73 | 98,54 |
| 7      | 115,06  | 77,4162 | 90,09  | 69,69  | 102,429 | 72,083  | 102,72 | 97,10 |
| 8      | 126,35  | 98,618  | 98,58  | 86,42  | 111,753 | 90,070  | 120,13 | 120,0 |
| 9      | 114,77  | 94,605  | 89,84  | 81,11  | 101,309 | 85,187  | 107,77 | 109,6 |
| 10     | 129,44  | 122,13  | 101,25 | 102,63 | 113,701 | 108,05  | 124,61 | 129,7 |
| 11     | 101,11  | 100,09  | 79,37  | 82,42  | 88,203  | 86,626  | 107,22 | 112,7 |
| 12     | 121,69  | 118,12  | 95,67  | 95,26  | 105,27  | 100,28  | 123,08 | 130,7 |
| 13     | 102,16  | 101,24  | 80,71  | 80,10  | 88,308  | 84,679  | 100,92 | 106,8 |
| 14     | 117,15  | 124,82  | 92,89  | 96,67  | 100,773 | 101,97  | 118,70 | 133,2 |
| 15     | 79,14   | 85,901  | 63,14  | 65,09  | 67,499  | 68,380  | 71,67  | 80,99 |
| 16     | 98,78   | 107,08  | 79,35  | 79,14  | 83,362  | 82,616  | 91,51  | 100,8 |
| 17     | 56,41   | 62,83   | 45,73  | 45,20  | 47,004  | 46,736  | 42,58  | 47,65 |
| 18     | 69,05   | 75,934  | 56,56  | 53,23  | 56,434  | 53,888  | 49,30  | 50,36 |
| 19     | 30,65   | 34,419  | 25,33  | 23,67  | 24,215  | 22,99   | 48,04  | 49,19 |
| 20     | 35,56   | 40,617  | 30,15  | 25,99  | 27,643  | 25,391  | 49,88  | 54,17 |

**Tablo 13.26 : Sistem 1 M3 Değerleri**

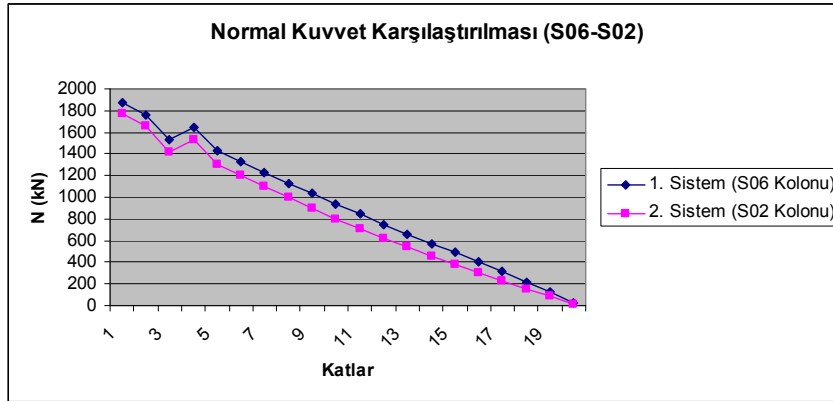
| Kat No | M3 (kN)  |          |          |          |          |          |          |          |
|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|        | S06      |          | S09      |          | S10      |          | S11      |          |
|        | Alt      | Üst      | Alt      | Üst      | Alt      | Üst      | Alt      | Üst      |
| 1      | 99,9577  | 36,5221  | 109,9456 | 32,1861  | 106,4137 | 2,57128  | 35,1147  | 21,0021  |
| 2      | 6,4514   | 274,5925 | 29,3038  | 297,5257 | 20,135   | 259,6773 | 5,3505   | 138,7378 |
| 3      | 178,6452 | 50,5405  | 233,1096 | 67,8235  | 219,2136 | 62,4211  | 76,4454  | 43,2681  |
| 4      | 336,1324 | 19,8426  | 403,9999 | 19,9961  | 369,0846 | 15,8397  | 159,9711 | 23,1412  |
| 5      | 182,3921 | 86,2893  | 236,6099 | 110,868  | 223,5071 | 102,444  | 77,5477  | 59,2207  |
| 6      | 186,2821 | 124,834  | 245,6863 | 155,582  | 234,9992 | 146,232  | 77,1368  | 82,3064  |
| 7      | 172,8569 | 132,568  | 228,6509 | 163,363  | 219,5024 | 153,859  | 69,7675  | 82,4763  |
| 8      | 184,553  | 159,249  | 245,903  | 192,795  | 238,0713 | 183,709  | 74,3271  | 99,4509  |
| 9      | 167,3736 | 149,346  | 222,9925 | 179,234  | 216,3908 | 171,087  | 65,7155  | 91,1831  |
| 10     | 185,18   | 182,996  | 247,1605 | 215,058  | 241,4935 | 207,746  | 71,7037  | 104,479  |
| 11     | 145,9023 | 147,11   | 194,2435 | 170,823  | 190,0028 | 165,664  | 61,0673  | 90,6114  |
| 12     | 172,49   | 164,896  | 231,6184 | 190,359  | 227,3136 | 185,458  | 66,4711  | 102,972  |
| 13     | 146,806  | 140,087  | 195,0984 | 158,57   | 192,1775 | 155,198  | 55,3176  | 84,9183  |
| 14     | 167,1428 | 166,11   | 221,7816 | 185,001  | 219,0463 | 182,062  | 63,0362  | 105,677  |
| 15     | 115,4538 | 112,709  | 151,6047 | 123,001  | 149,7118 | 121,182  | 38,791   | 66,6127  |
| 16     | 145,0784 | 135,836  | 188,5465 | 144,573  | 186,6161 | 143,1    | 48,6931  | 84,7277  |
| 17     | 85,1377  | 77,3494  | 108,7715 | 79,8113  | 107,6663 | 79,0996  | 22,9173  | 42,6942  |
| 18     | 106,6253 | 92,2126  | 133,5393 | 91,7307  | 132,5512 | 91,6822  | 25,6415  | 44,2633  |
| 19     | 49,1356  | 42,2841  | 60,048   | 40,2504  | 60,0723  | 40,7553  | 21,6538  | 41,017   |
| 20     | 59,1835  | 48,0084  | 69,8854  | 45,3576  | 70,3255  | 45,9885  | 21,4672  | 44,541   |

**Tablo 13.27 : Sistem 2 M3 Değerleri**

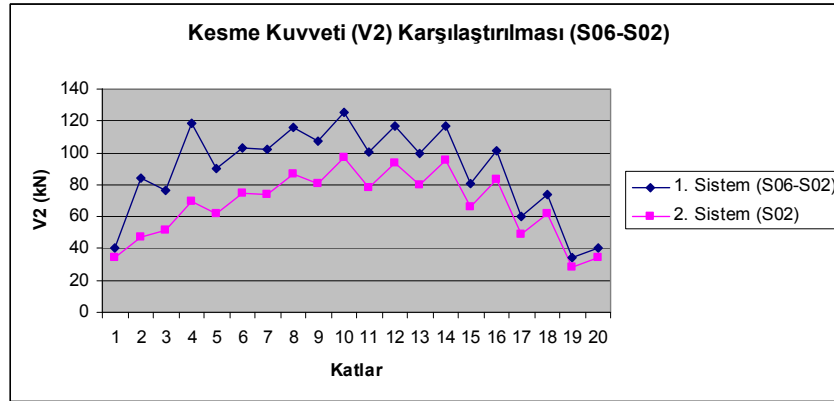
| Kat No | M3 (kN) |          |         |         |         |         |        |        |
|--------|---------|----------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|
|        | S02     |          | S03     |         | S04     |         | S05    |        |
|        | Alt     | Üst      | Alt     | Üst     | Alt     | Üst     | Alt    | Üst    |
| 1      | 109,95  | 21,488   | 121,413 | 14,446  | 117,406 | 13,038  | 38,586 | 15,326 |
| 2      | 1,086   | 162,0225 | 17,190  | 154,493 | 18,676  | 143,968 | 10,103 | 84,619 |
| 3      | 125,423 | 29,628   | 158,687 | 32,52   | 158,066 | 34,872  | 48,937 | 36,079 |
| 4      | 203,777 | 18,499   | 237,781 | 11,083  | 228,897 | 5,379   | 92,561 | 22,223 |
| 5      | 129,131 | 53,939   | 163,007 | 60,179  | 162,557 | 61,586  | 51,061 | 45,665 |
| 6      | 135,946 | 85,208   | 175,183 | 94,821  | 176,635 | 95,460  | 52,711 | 64,86  |
| 7      | 127,775 | 92,779   | 164,924 | 102,974 | 166,889 | 102,467 | 48,305 | 64,603 |
| 8      | 139,773 | 118,491  | 182,125 | 130,902 | 185,335 | 129,057 | 52,792 | 80,48  |
| 9      | 127,665 | 113,135  | 166,203 | 124,491 | 169,418 | 121,602 | 46,745 | 73,98  |
| 10     | 144,156 | 146,267  | 188,551 | 159,821 | 192,737 | 154,676 | 51,925 | 87,325 |
| 11     | 114,056 | 120,159  | 148,441 | 129,844 | 151,778 | 124,411 | 43,861 | 75,866 |
| 12     | 138,310 | 141,492  | 180,116 | 151,551 | 184,360 | 143,626 | 48,450 | 88,562 |
| 13     | 117,058 | 120,662  | 152,037 | 128,27  | 155,577 | 120,372 | 39,577 | 72,902 |
| 14     | 135,620 | 149,563  | 175,805 | 156,8   | 179,806 | 144,588 | 45,441 | 92,24  |
| 15     | 93,748  | 103,754  | 120,286 | 106,87  | 122,474 | 96,065  | 26,979 | 57,556 |
| 16     | 119,83  | 130,61   | 152,322 | 131,85  | 154,411 | 115,23  | 33,361 | 73,506 |
| 17     | 70,640  | 77,695   | 88,487  | 76,474  | 89,230  | 63,937  | 14,962 | 36,420 |
| 18     | 89,526  | 95,273   | 110,297 | 91,359  | 110,935 | 75,100  | 16,163 | 38,124 |
| 19     | 41,207  | 44,221   | 49,765  | 41,062  | 50,423  | 33,670  | 13,183 | 35,897 |
| 20     | 49,978  | 50,874   | 58,374  | 47,301  | 59,264  | 38,656  | 12,960 | 39,063 |



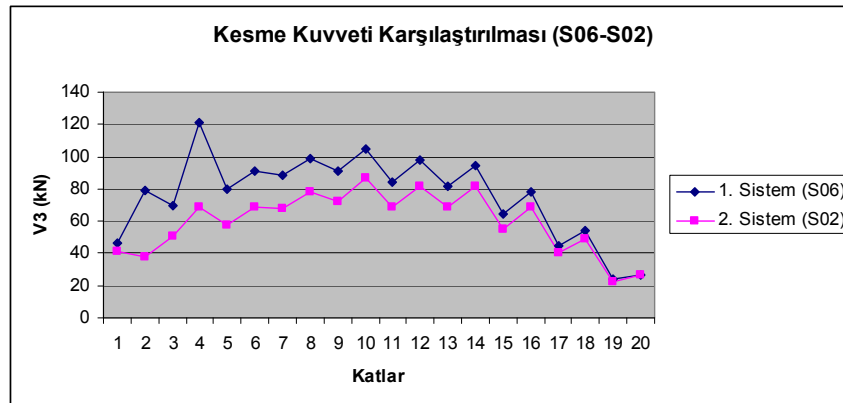
### 13.7.3.1 S06-S02 kolonunun iç kuvvetler bakımından karşılaştırılması



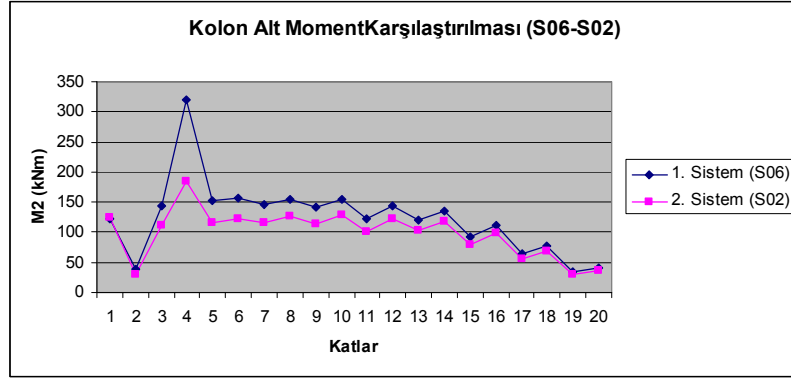
**Şekil 13.11 :** Sistem 1 ve Sistem 2 Mod Birleştirme Yöntemi S06-S02 Kolonları Normal Kuvvet Karşılaştırma Grafiği



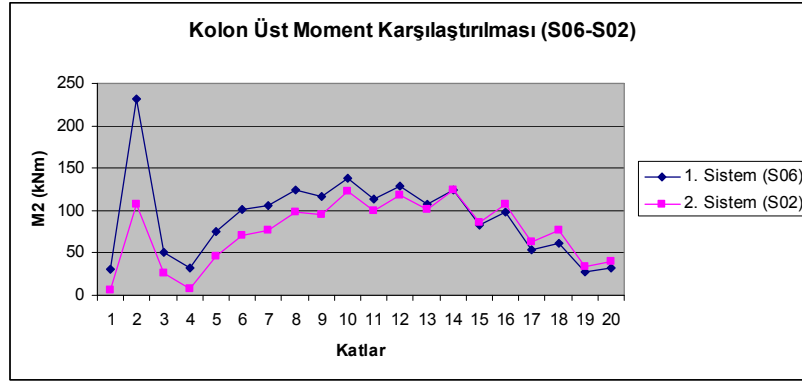
**Şekil 13.12 :** Sistem 1 ve Sistem 2 Mod Birleştirme Yöntemi S06-S02 Kolonları Kesme Kuvveti (V2) Karşılaştırma Grafiği



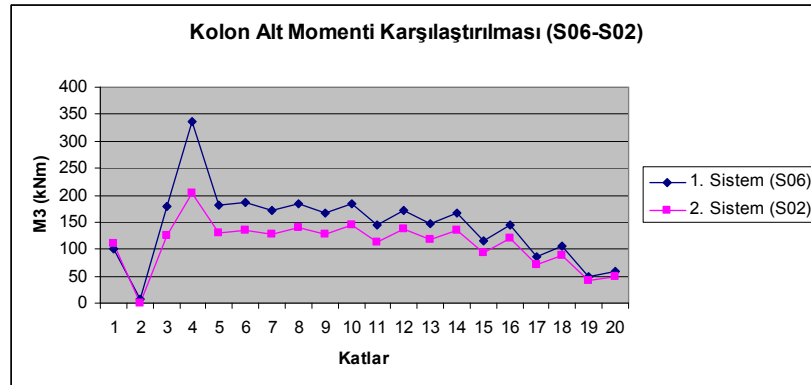
**Şekil 13.13 :** Sistem 1 ve Sistem 2 Mod Birleştirme Yöntemi S06-S02 Kolonları Kesme Kuvveti (V3) Karşılaştırma Grafiği



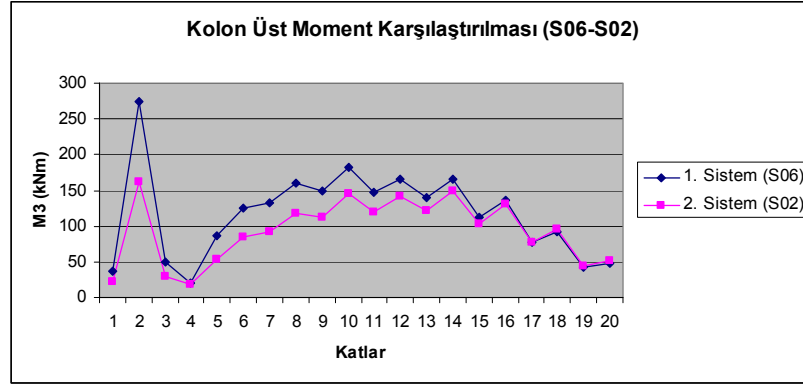
**Şekil 13.14 :** Sistem 1 ve Sistem 2 Mod Birleştirme Yöntemi S06-S02 Kolonları  
Kolon Alt Moment (M2) Karşılaştırma Grafiği



**Şekil 13.15 :** Sistem 1 ve Sistem 2 Mod Birleştirme Yöntemi S06-S02 Kolonları  
Kolon Üst Moment (M2) Karşılaştırma Grafiği



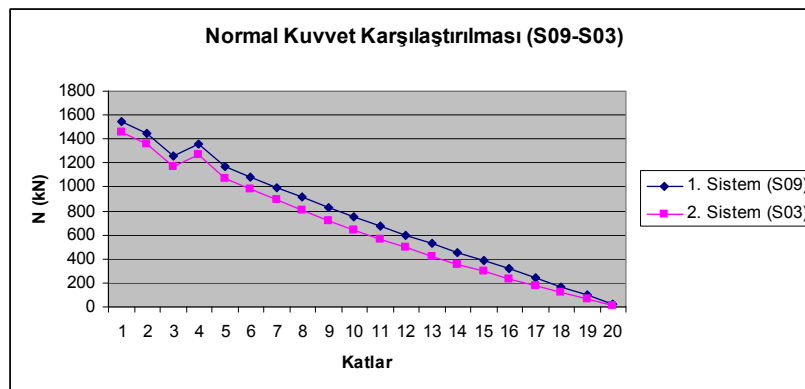
**Şekil 13.16 :** Sistem 1 ve Sistem 2 Mod Birleştirme Yöntemi S06-S02 Kolonları  
Kolon Alt Moment (M3) Karşılaştırma Grafiği



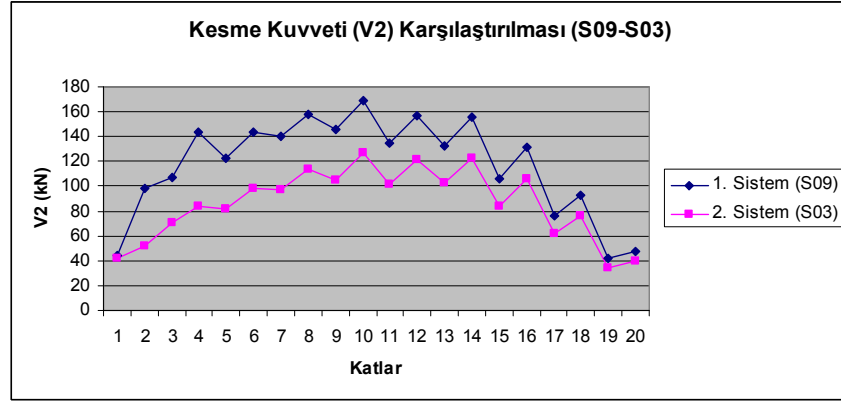
**Şekil 13.17 :** 1Sistem 1 ve Sistem 2 Mod Birleştirme Yöntemi S06-S02 Kolonları  
Kolon Üst Moment (M3) Karşılaştırma Grafiği

Sistem 1’de S06 ve sistem 2’de S02 kolonları aynı kolona karşılık gelmektedir. Sistem 2’de yerleştirilen perdelerin bu kolonlar üzerindeki etkisi incelenmek üzere yapılan gözlemlerde normal kuvvet değerinde sistem 2’de ortalama %18’lik bir azalma olduğu gözlenmektedir. Aynı şekilde kesme kuvvetinde, %20’lik bir azalma gözlenmektedir. Moment değerlerinde yaklaşık olarak %17’lerde bir azalma gözlenirken, M2 üst momentinde 14. kattan sonra sistem 2’deki değerlerde sistem 1’e göre az miktarda artış olmaktadır. M3 üst momentinde ise 16. kattan sonra hemen hemen değerlerin aynı olduğu gözlenmektedir.

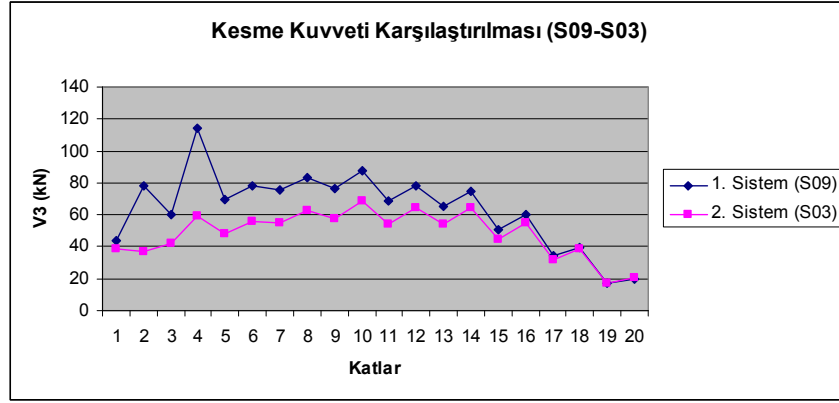
### 13.7.3.2 S09-S03 kolonunun iç kuvvetler bakımından karşılaştırılması



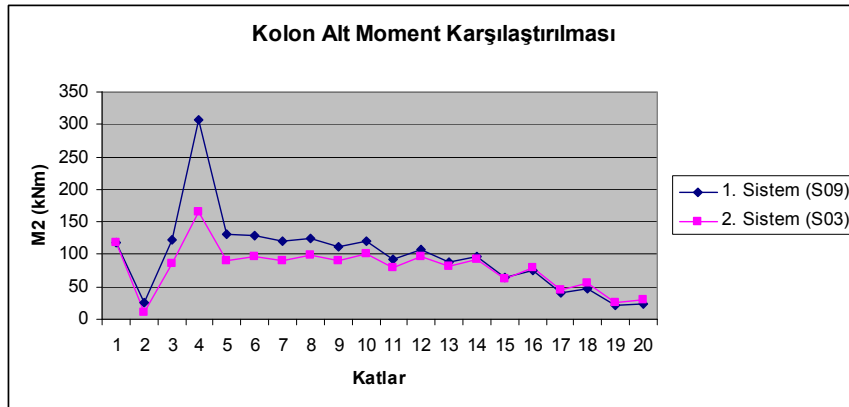
**Şekil 13.18 :** Sistem 1 ve Sistem 2 Mod Birleştirme Yöntemi S09-S03 Kolonları  
Normal Kuvvet Karşılaştırma Grafiği



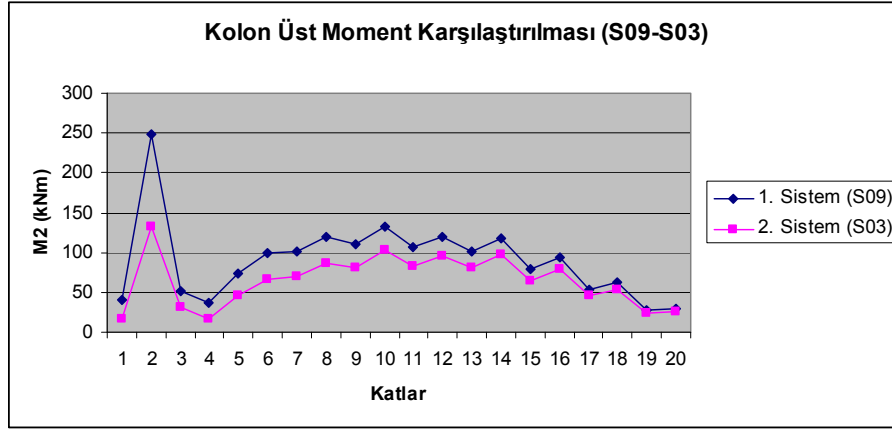
**Şekil 13.19 :** Sistem 1 ve Sistem 2 Mod Birleştirme Yöntemi S09-S03 Kolonları  
Kesme Kuvveti (V2) Karşılaştırma Grafiği



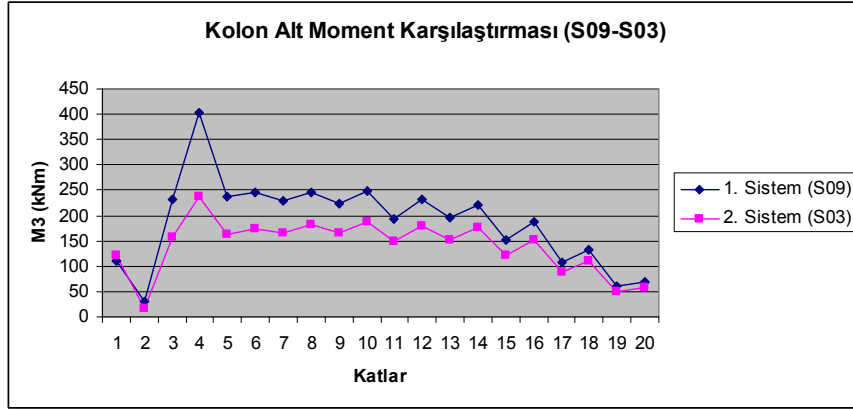
**Şekil 13.20 :** Sistem 1 ve Sistem 2 Mod Birleştirme Yöntemi S09-S03 Kolonları  
Kesme Kuvveti (V3) Karşılaştırma Grafiği



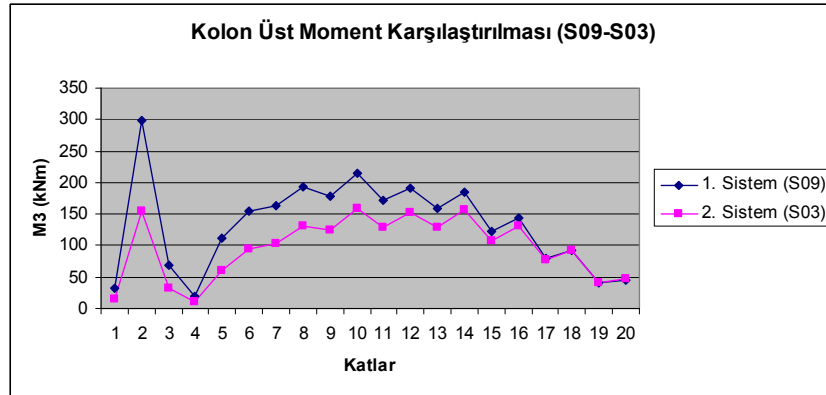
**Şekil 13.21 :** Sistem 1 ve Sistem 2 Mod Birleştirme Yöntemi S09-S03 Kolonları  
Kolon Alt Moment (M2) Karşılaştırma Grafiği



**Şekil 13.22 :** Sistem 1 ve Sistem 2 Mod Birleştirme Yöntemi S09-S03 Kolonları  
Kolon Üst Moment (M2) Karşılaştırma Grafiği



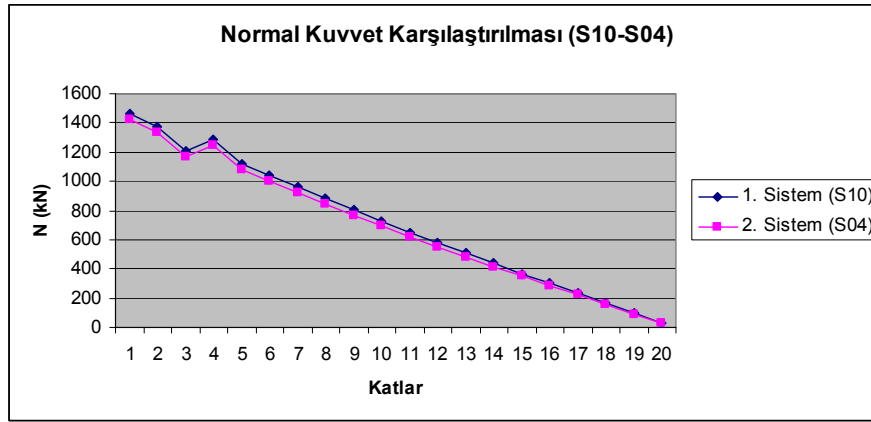
**Şekil 13.23 :** Sistem 1 ve Sistem 2 Mod Birleştirme Yöntemi S09-S03 Kolonları  
Kolon Alt Moment (M3) Karşılaştırma Grafiği



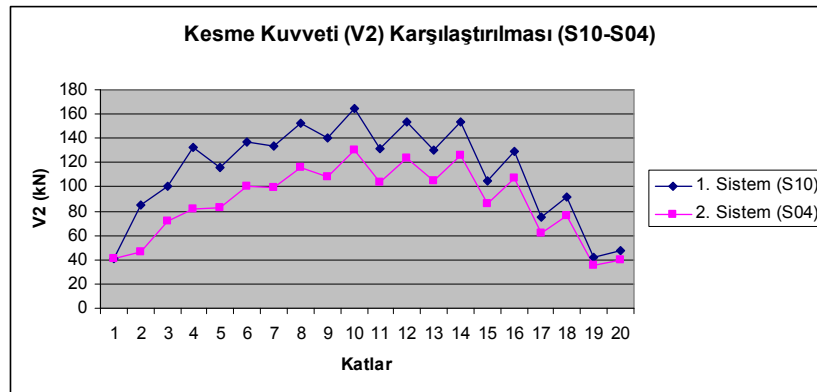
**Şekil 13.24 :** Sistem 1 ve Sistem 2 Mod Birleştirme Yöntemi S09-S03 Kolonları  
Kolon Üst Moment (M3) Karşılaştırma Grafiği

S09 ve S03 kolonları karşılaştırılmasında sistem 2’de sistem 1’e göre değerlerde azalma gözlenmektedir. Normal kuvvette %19’luk orantılı bir azalma gözlenirken kesme kuvvetinde V2 değerinde ortalama %25’lik bir azalma olmakta, V3 değerinde ise 15. kata kadar sistem 2 daha küçük değerler alırken 15. kattan sonra değerler birbirine hemen hemen yaklaşmaktadır. Moment değerlerinde ise ortalama %25’lik bir azalma gözlenirken M2 alt momentinde 15. kattan sonra değerler sistem 1’in değerlerini bir miktar aşmaktadır. M3 üst momentinde ise 17. kattan sonra değerler hemen hemen aynı olmaktadır.

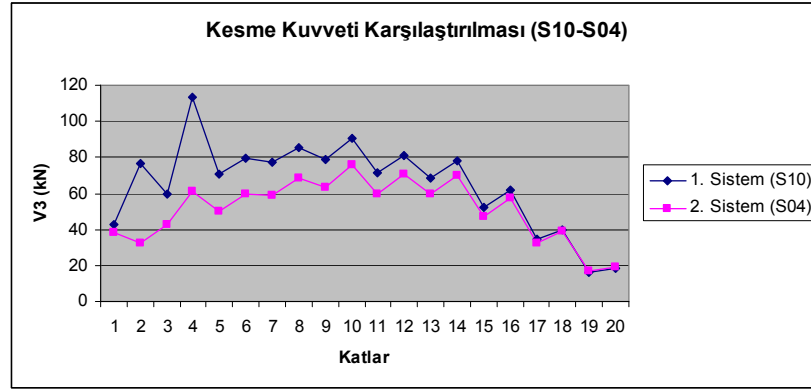
### 13.7.3.3 S10-S04 kolonunun iç kuvvetler bakımından karşılaştırılması



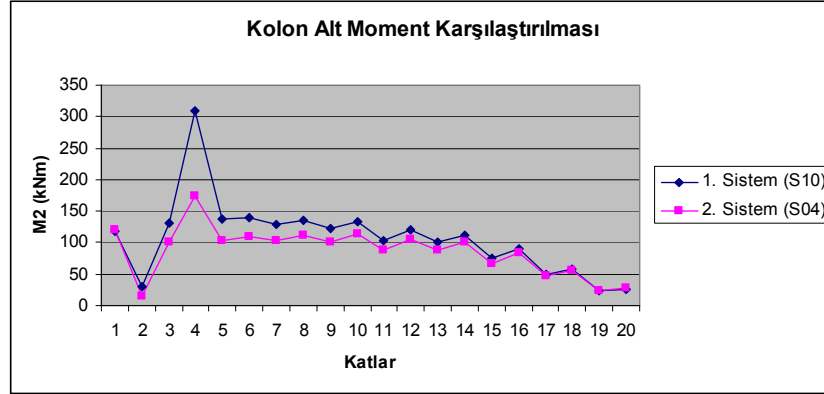
**Şekil 13.25 :** Sistem 1 ve Sistem 2 Mod Birleştirme Yöntemi S10-S04 Kolonları Normal Kuvvet Karşılaştırma Grafiği



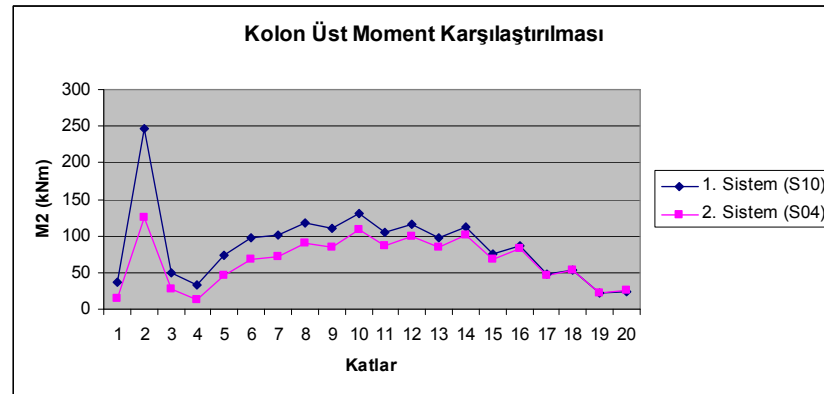
**Şekil 13.26 :** Sistem 1 ve Sistem 2 Mod Birleştirme Yöntemi S10-S04 Kolonları Kesme Kuvveti (V2) Karşılaştırma Grafiği



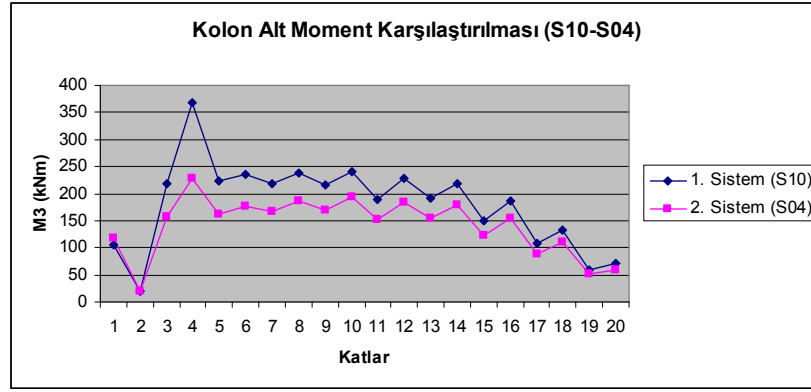
**Şekil 13.27 :** Sistem 1 ve Sistem 2 Mod Birleştirme Yöntemi S10-S04 Kolonları  
Kesme Kuvveti (V3) Karşılaştırma Grafiği



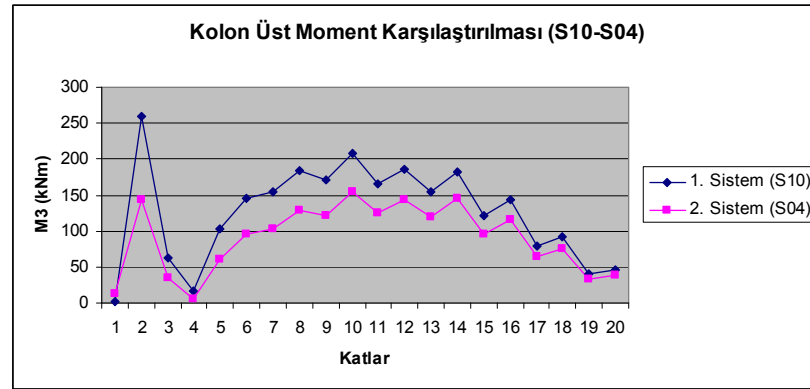
**Şekil 13.28 :** Sistem 1 ve Sistem 2 Mod Birleştirme Yöntemi S10-S04 Kolonları  
Kolon Alt Moment (M2) Karşılaştırma Grafiği



**Şekil 13.29 :** Sistem 1 ve Sistem 2 Mod Birleştirme Yöntemi S10-S04 Kolonları  
Kolon Üst Moment (M2) Karşılaştırma Grafiği



**Şekil 13.30 :** Sistem 1 ve Sistem 2 Mod Birleştirme Yöntemi S10-S04 Kolonları  
Kolon Alt Moment (M3) Karşılaştırma Grafiği



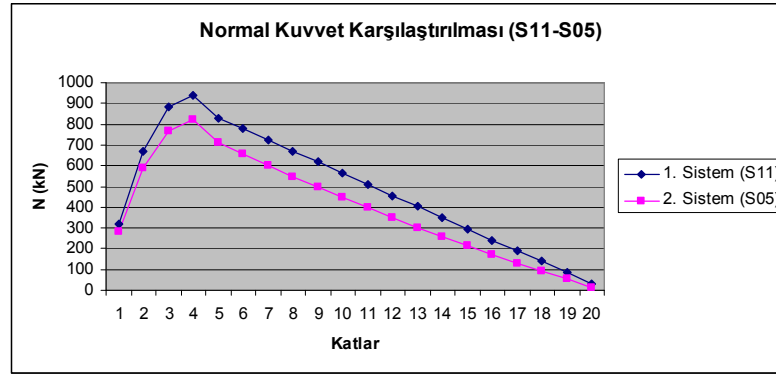
**Şekil 13.31 :** Sistem 1 ve Sistem 2 Mod Birleştirme Yöntemi S10-S04 Kolonları  
Kolon Üst Moment (M3) Karşılaştırma Grafiği

Grafiklerden de anlaşıldığı gibi S10 ve S04 kolonlarında sistem 2’de sistem 1’e oranla değerlerde azalma gözlenmektedir. Normal kuvvet diğer kolonlara göre az miktarda, ortalama %4 gibi değerlerde azalmaktadır. Kesme kuvveti ortalama %20 oranında azalırken, V3 değeri üst katlara gittikçe yaklaşmaktadır. M2 alt ve üst momenlerinde sırasıyla %14 ve %17’lik azalmalar olurken, bu değerler üst katlara gittikçe birbirine yaklaşmış ve 17. kattan sonra hemen hemen aynı olmaktadır. M3 alt moment değerlerinde ortalama %18, üst moment değerlerinde %28’lik bir azalma gözlenmektedir.

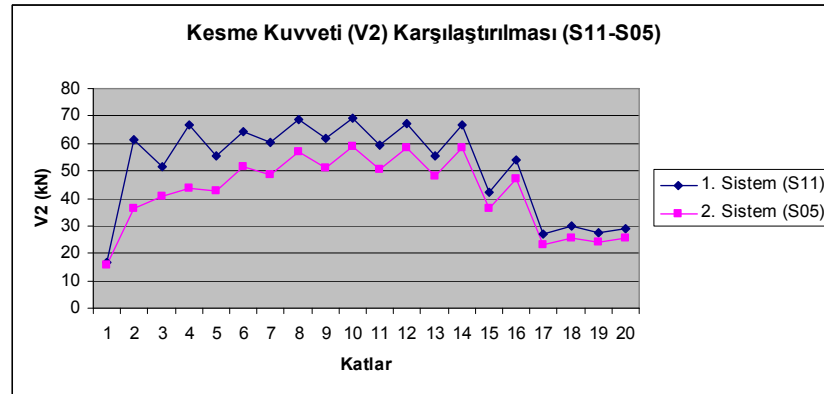


### 13.7.3.4

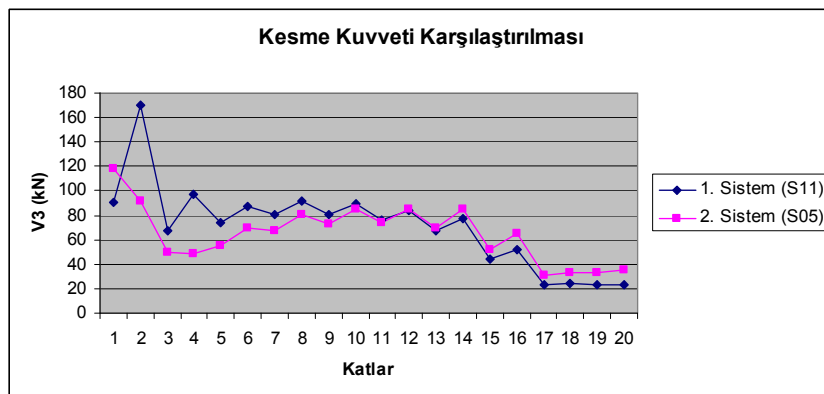
### S11-S05 kolonunun iç kuvvetler bakımından karşılaştırılması



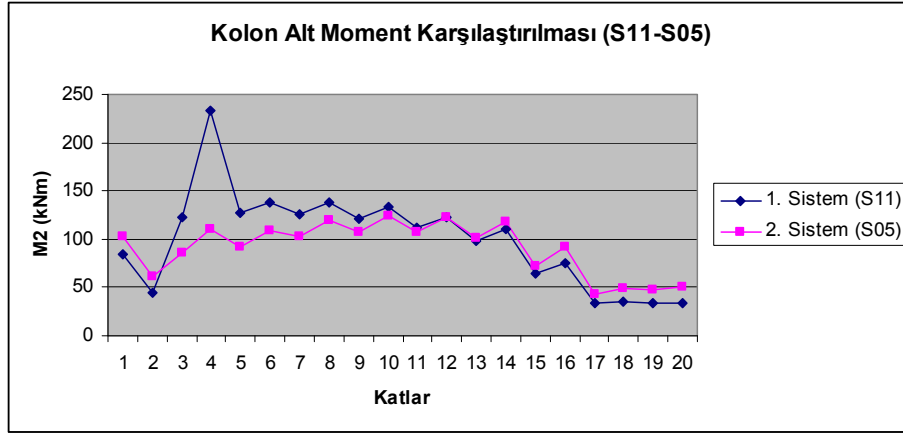
**Şekil 13.32 :** Sistem 1 ve Sistem 2 Mod Birleştirme Yöntemi S11-S05 Kolonları Normal Kuvvet Karşılaştırma Grafiği



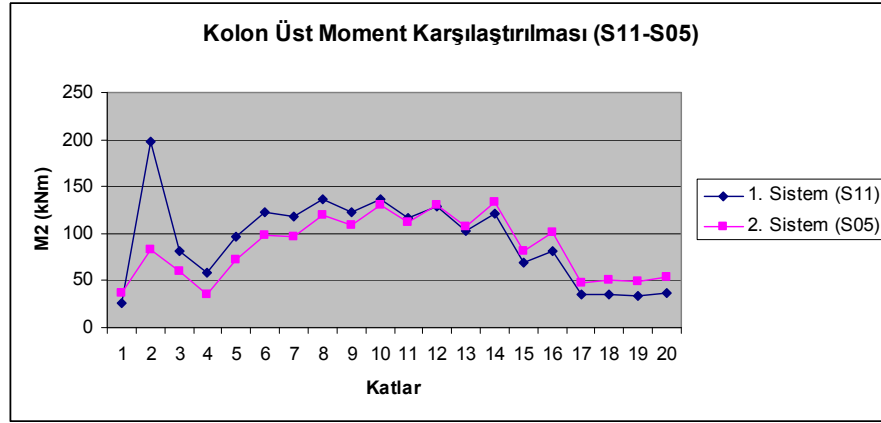
**Şekil 13.33 :** Sistem 1 ve Sistem 2 Mod Birleştirme Yöntemi S11-S05 Kolonları Kesme Kuvveti (V2) Karşılaştırma Grafiği



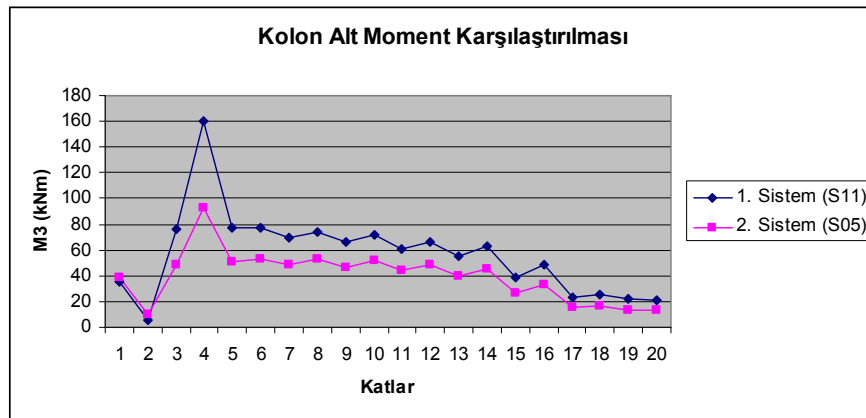
**Şekil 13.34 :** Sistem 1 ve Sistem 2 Mod Birleştirme Yöntemi S11-S05 Kolonları Kesme Kuvveti (V3) Karşılaştırma Grafiği



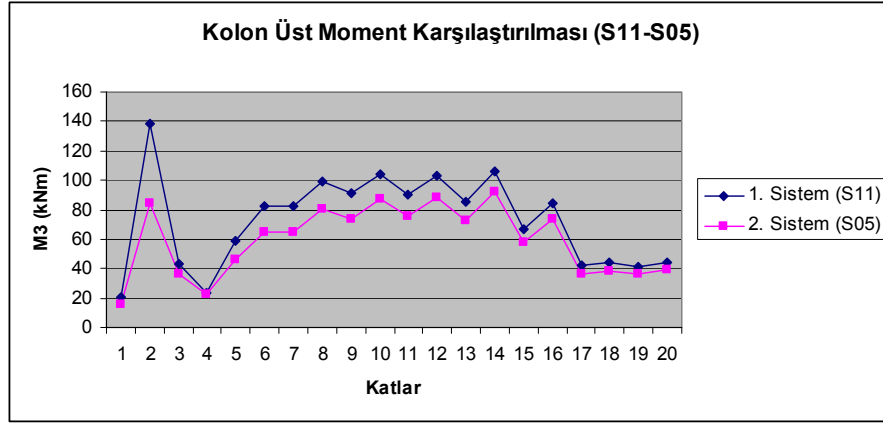
**Şekil 13.35 :** Sistem 1 ve Sistem 2 Mod Birleştirme Yöntemi S11-S05 Kolonları  
Kolon Alt Moment (M2) Karşılaştırma Grafiği



**Şekil 13.36 :** Sistem 1 ve Sistem 2 Mod Birleştirme Yöntemi S11-S05 Kolonları  
Kolon Üst Moment (M2) Karşılaştırma Grafiği



**Şekil 13.37 :** Sistem 1 ve Sistem 2 Mod Birleştirme Yöntemi S11-S05 Kolonları  
Kolon Alt Moment (M3) Karşılaştırma Grafiği



**Şekil 13.38 :** Sistem 1 ve Sistem 2 Mod Birleştirme Yöntemi S11-S05 Kolonları  
Kolon Üst Moment (M3) Karşılaştırma Grafiği

Son olarak S11 ve S05 kolonlarında genel olarak sistem 2’de sistem 1’e göre değerlerde azalma gözlenmektedir. Normal kuvvette ortalama %23’lük, kesme kuvveti V2’de ortalama %17’lik bir azalış olmaktadır. V3, M2 alt ve M2 üst değerlerinde 12. kata kadar sistem 2 sistem 1 değerlerine yaklaşırken, 12. kattan sonra sistem 1 değerlerini aşmaktadır. M3 alt momentinde ortalama %24, M3 üst momentinde ise ortalama %17 sistem 2 kolonları daha düşük değerler almaktadır.

#### 14. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Eski çağlardan beri insanoğlu yüksek binalar yapma konusunda büyük bir arzu içindedir. Binaların tarihsel gelişimine bakılacak olursa yüksek yapı yapmak hep çekici olmuştur. Modern yaşamın bilinen en belirleyici özelliği, her şeyin en büyüğüne ulaşmak şeklinde karşımıza çıkmaktadır. En yüksek binayı tasarlamak, inşa etmek, en yüksek tepeye tırmanmak, en uzun yolu kat etmek, en derine dalmak veya en büyük yapıda yaşamak gibi. Bu açıdan bakıldığında, teknolojik gelişmenin de yardımıyla, binalara gün geçtikçe yeni katların eklenmesi, çatıların gökyüzüne ulaşması çok da şaşırtıcı gelmemektedir.

Bu tez çalışmasında nüfus yoğunluğu hızla artan dünyada, insanların çareyi yükselmekte aramasıyla ortaya çıkan çok katlı betonarme yapıların tarihsel gelişimi, gelişmesine katkıda bulunan etkenler, şehir planlamasındaki yerleri, yüksek yapılara etkileyen yükler, taşıyıcı sistem elemanları ve tasarım hataları, taşıyıcı sistem türleri incelenmiş ve çok katlı betonarme bir yapının farklı taşıyıcı sistem ve farklı çözümler altında deprem yükleri ile birlikte davranışı incelenmiştir.

Rekabet ve gurur, hala bina yüksekliği saptamakta etkin bir faktördür. Çeşitli sosyal ve ekonomik faktörler şehirlerdeki arsa fiyatlarının artmasına ve nüfus yoğunluğu yüksek binaların tüm dünyada büyük bir hızla çoğalmasına yol açmıştır. Dünyadaki büyük şehirlerin silüeti artık yüksek binaların silüetleriyle fark kazanıp tanınır hale gelmiştir. Betonarme yüksek binaların gelişmesine özellikle yüksek dayanımlı beton ve çelik üretimi, yeni tasarım kavramlarının gelişmesi, yapım teknolojisi ve yöntemlerindeki ilerlemeler, betonarme yapıdaki gelişmeler, ekonomideki gelişmeler, prestij, sosyal ve kültürel nedenler öncülük etmişlerdir. Bugün çok katlı yapıların alt kolon ve perdelerinde  $35000 \text{ kN/m}^2$  çoğunlukla uygulanmakla birlikte zaman zaman  $50000 \text{ kN/m}^2$  silindir dayanımlı betonlar kullanılmaktadır. Yeni gelişen taşıma gücü ve limit analiz yöntemleri ile malzemeden daha iyi yararlanılması, yapıda kullanılan bu malzemelerin davranışlarının çok daha iyi bilinmesi ile olanaklı olmuştur. Betonarme kalıp teknolojisindeki gelişmeler özel kalıp sistemleri ile göze çarpmaktadır. Perde-kirişsiz döşeme sistemlerinde kullanılan tam ve yarım kalıp, betonarme perdeli çekirdek yapımında kullanılan kayar ve tırmanan kalıplar, standartlaştırılmış dişli ve kaset döşeme kalıpları, masa kalıplar vb. değişik yapı sistemlerinde ekonomi sağlamak için geliştirilmiştir.

Çok katlı yapıların gelişimi şehirlerin büyümesi ile yakından ilgilidir. Endüstri devrimi ile başlayan gelişme, şehirselleşme, bölgesel bölgelere göçler sonucunda kentlerin yoğunluğunun artmasına yol açmış ve bu yaşamı tehlikeye sokacak sınırlara varmıştır. Buna karşı geniş yeşil alanların ortasında çok katlı yapılar, doğal çözüm olarak ortaya çıkmıştır.

Yapısal tasarım, yaratıcılık yeteneğine, tasarlamaya ve tasarımcının deneyimine dayanan geniş, kapsamlı bir sanattir. Üstelik sadece sanat olarak kalmaz; çünkü topluma, ekonomik açıdan da yarar sağlayacak bir faktördür. Bu ise, bilimsel araştırma ve çözümleri gerektiren yeni yapı tekniklerinin ve yapı türlerinin geliştirilmesini gerektirir. Taşıyıcı sistem tasarım ilkeleri: yapı tipinin ve konumunun seçimi, yapıda oranların ve malzemenin seçimi, yapıda yüklerin belirlenmesi, yapının taşıyıcı elemanlarındaki iç kuvvetlerin belirlenmesi, işletme koşullarında yapı performansının kontrolü ve son gözden geçirme ve düzeltmeler olarak sıralanmaktadır. Çağdaş taşıyıcı sistemler her zaman, denge, stabilite, mukavemet, fonksiyonel uygunluk, ekonomi ve estetik koşulları yerine getirmelidir.

Çok katlı yapı düşey yüklerin yanı sıra, rüzgar ve depremden oluşan yatay yükleri de taşımaktadır. Ancak adı geçen yatay kuvvetler, yüksekliğe göre daha hızlı artarlar. Böylece taşıyıcı sistemde yatay yer değiştirmeler (ötelenmeler) oluşur. Bu nedenle belirli bir yükseklikten sonra, yapı mukavemetinin yanı sıra, yatay yüklere karşı yeterli rijitlik de sağlanmalıdır. Çok katlı yapılarda taşıyıcı sistem, tüm olarak düşey kuvvetlerin oluşturduğu basınç ve yatay kuvvetlerin doğurduğu eğilme etkisinde, zeminden ankastre bir konsol kirişe benzetilebilir. Binalarda kullanım alanları sağlanması için bu düşey konsolun içinin katlara bölünmesi gereği ortaya çıkmıştır. Böylece çok katlı yapı taşıyıcı sistemi, yatay kullanım alanlarını içeren döşeme sistemleri ile bunları taşıyan ve yapıyı saran düşey taşıyıcı kolon ya da duvar sistemlerinden oluşmaktadır.

Döşemeler, faydalı yükü çevre duvarlara ya da kirişlere ileten iki boyutlu taşıyıcı yapı elemanlarıdır. Döşemeler kirişleri birbirlerine bağladıkları için yapıyı yatay yüklere karşı rijitleştirir. Faydalı hareketli yük yanında, kendi ağırlıklarını ve kaplama, sıva gibi sabit yükleri taşırlar. Yükleri ve kenarları çok büyük olmayan hacimlerde (odalarda) genelde kirişli plak döşemeler tercih edilir. İnşası kolay ve ekonomiktir. Konut tipi yapılarda en çok kullanılan döşeme tipidir. Kirişli döşemelerde açıklık büyüyünce kalınlaşan plak ağırlığını azaltmak amacıyla serbest

aralıkları 70 cm'yi aşmayan sık kirişler kullanıldığında dişli döşeme elde edilmektedir. Bu tür döşeme sistemlerinde yük dişler doğrultusunda mesnet kirişlerine iletilir. Kirişsiz döşemeler, kiriş olmaksızın doğrudan kolona mesnetli döşeme türünü oluşturur. Yapı yüksekliğinin az olması veya düz bir tavan istendiğinde uygun bir çözümdür. Kat döşemesi yükünü az kalınlıktaki bir plaktan kolona aktarırken meydana gelen zımbalama etkisi eğilmeden daha önemlidir ve plak kalınlığını belirler. Masif döşeme yapısı içindeki gereksiz yükü azaltmak amacıyla, metal veya fiberglastan kare planlı kaset kalıpları kullanılan iki doğrultuda kirişler elde edilir. Buna kaset döşeme adı verilir. Asmolen döşemeler ise dişler arası asmolen olarak adlandırılan hafif bir malzeme ile doldurulmuş, dişli döşemedir.

Kirişler, betonarme taşıyıcı sistemde düşey yüklerin karşılanmasında döşemelere mesnetlik yaparak, yüklerin kolonlar yoluyla temele aktarılmasını sağlarlar. Bunun yanında kolonları bağlayarak taşıyıcı sistemde çerçeve oluşturular. Uygulanan düşey ve yatay yükler nedeniyle eğilmeye çalışırlar. Bu elemanların kesitlerinde eğilmeye ek olarak kesme kuvveti, yüklemeye ve sistemi oluşturan elemanların düzenlenmesine bağlı olarak burulma momenti ve eksenel kuvvet de oluşabilir. Betonarme kolon, yapısal sistemin, yani çerçevenin bir parçasıdır ve çerçeveye monolitik olarak bağlıdır. Bu nedenle kolonlar düşey ve yatay yükler altında eksenel basınca ek olarak eğilme momenti ve kesme kuvveti taşırlar, bazı durumlarda da burulma etkisine maruzdurlar. Planda uzun kenarının kısa kenarına oranı 7 ve 7'den büyük olan taşıyıcı elemana perde adı verilir. Pek çok yüksek yapıda perdeler çerçevelerin yatay yükleri taşıma konusunda yetersiz kaldığı durumlarda özellikle yapının yanıl ötelenme rijitliğini arttırmak için kullanılırlar.

Farklı düzeydeki yapı birimleri arasındaki bağlantıyı sağlayarak kirişlerin inip çıkmasına yarayan düşey sirkülasyon araçlarının en önemlisi ve en yaygın olanı merdivenlerdir. Merdiven yapısı üç ana bölümden oluşmaktadır: Üzerinde basamakların bulunduğu eğimli merdiven kolu, merdiven kolları arasında bulunan yatay merdiven sahanlığı ve merdivene inip çıkma güvenliğini sağlayan merdiven korkuluğudur. Bu tez çalışmasında analiz edilen sistemde yer alan merdiven için farklı iki çözüm uygulanarak sonuç değerlendirilmiştir. 1. çözümde merdiven iki ucundan perdeye mesnetli basit kiriş kabul edilmiştir. 2. çözümde ise sistemin sol tarafı, ara sahanlık ve merdiven kolu iki ucundan basit mesnetli olarak hesap edilmiş, bulunan etkiler sağ taraftaki kat sahanlığına çizgisel yük olarak etki ettirilmiş ve kat

sahanlığı üç tarafından ankastre plak olarak çözülmüştür. Hesaplar sonucunda, merdiven iki ucu mesnetli tek açıklıklı basit kiriş olarak düşünüldüğünde, plak hesabına oranla daha büyük açıklık momenti elde edilmektedir. Dolayısıyla açıklıkta gerekli olan donatı alanı büyümektedir. Bu nedenle plak çözümü daha gerçekçi ve ekonomik bir yaklaşım sunmaktadır. Ayrıca plak çözümünde kat sahanlığı bir plak olarak düşünülüp, her iki yönde ve mesnette hesap yapmaya olanak sağlayarak daha gerçekçi bir çözüm olmaktadır.

Betonarme binalarda sıkça rastlanan tasarım hataları mevcuttur. Plan şekli itibariyle karmaşık ve ani rijitlik değişimlerine neden olan şekiller derzlerle bölünerek kare, dikdörtgen gibi plan şekillerine dönüştürülmelidir. Bina planda olabildiğince basit geometrik ve simetrik şekilde olmalıdır. Bununla birlikte birkaç eksen etrafında simetriklik de deprem ve yapısal burulma açısından faydalıdır. Plandaki girinti ve çıkıntılar nedeniyle köşelerde gerilme yoğunlaşmaları, eksantrisiteden dolayı aşırı burulma etkileri oluşmaktadır. Merdiven boşluğu, asma kat gibi nedenlerle bırakılan döşeme yırtıkları diyafram süreksizliği ve yapısal burulma meydana getireceğinden sakıncalıdır. Cephe süreksizlikleri ya da cephedeki ani rijitlik değişimleri, büyük gerilme yığılmalarına ve depremde katlar arasında farklı davranışa neden olacaktır.

Yatay yüklerin aktarılmasında kullanılan başlıca taşıyıcı sistem tipleri, çerçeveler, perdeler ve tüplerdir. Bu sistemler altında çok katlı yapı taşıyıcı sistemlerini çerçeve sistemler, perde duvarlı ve çerçeve-perdeli sistemler, çekirdekli sistemler ve tübüler sistemler şeklinde gruplandırmak mümkündür. Rijit çerçeve iskelet, kiriş ve kolonların aynı düzlemde rijit birleşmesi ile oluşan dikdörtgen ızgaralardır. Kolon ve kirişlerin rijitlik ve dayanımına bağlı olarak kat yükseklikleri ve kolon aralıkları önemli tasarım kriterleridir. Betonarme yapılarda 20 kata kadar ekonomiktir. Diğer yatay yüklere dayanıklı sistemlerle karşılaştırıldığında moment dayanımlı çerçeveler, elastik olmayan sınırlar içindeki performans yeteneklerinden dolayı, sismik bölgeler için oldukça uygun yapılardır. Bunun yanı sıra bir veya daha fazla elemanı zarar görse dahi, elemanlar sistemi ayakta tutabilmektedir. Perdeler, genellikle yükseklikleri 25 metreyi geçen yapıların rijitlik ve dayanımlarını arttırmak dolayısıyla da yanal yerdeğiştirmelerini sınırlandırmak amacıyla kullanılan, temele ankastre ya da yarı ankastre oturan, konsol şeklinde çalışan, rijitlikleri yüksek, çerçevelerin aksine bağıl yerdeğiştirmeleri üst katlara doğru giderek azalan boşluksuz ya da boşluklu elemanlardır. Perdeler çerçevenin yetersiz kaldığı kritik

yerdeşistirmeleri denetim altına alırlar. Perdelerle çerçevelerin karşılıklı etkileşimi sonucu yapı yatay rijiliğinde ortaya çıkan artım, bu iki elemanın bireysel rijitlikleri toplamından ileridedir. Bu düzenleme yatay yük dayanımı arttıracak 40 kata kadar uygulanabilmektedir. Perdeler yerçekiminin neden olduğu basınç kuvvetlerinden dolayı öngerilmeli durumda bulunduklarından, sistemin kesme kuvvetlerine karşı kayma kapasitesini arttıırırlar. ereveseler ise yatay yük altında kayma şekildeğiştirmesi yaparlar, katlar arasındaki yerdeğiştirme yalnız o kattaki kesme kuvvetine bağlıdır. Günümüzde büro ve ticari amaçlı binalarda mümkün olabildiğince büyük alanlar ve serbest plan şartları gerekmektedir. Bu nedenle perdelerin birleştirilmesiyle oluşan çekirdek ya da çekirdekler kullanılır. Eğer ekirdek plan içinde simetrik olarak yerleştirilmezse yatay yüklerin bileşkesi katların rijitlik merkezinden geçmez, bir dış merkezlik doğar. Bunun sonucu eğilme ve kayma etkilerinin yanı sıra burulmalarda oluşur. Taşıyıcı sistem tasarımında en son gelişme Fazlur Khan'ın ortaya koyduğu tübüler sistem kavramıdır. Tp yapı çevresine sık aralıklı kolonlarla oluşturulur. Bu cephe yapısı delikli bir duvar görünümündedir. Yatay yüklere karşı sistemin tümü gözönüne alındığında, ereve elemanlarının fleksibilitesi nedeniyle, köşelere uzak orta kolonlar, yatay yüklerin karşılanmasında pek etkili olamazlar. Sistemde yatay sapmaların %70 kadarı yatay yük doğrultusundaki duvarların ereve davranışından, %30 kadarı da kolonlardaki eksenel kuvvetlerden doğar.

Tez çalışmasının uygulama aşamasında çok katlı betonarme bir yapı taşıyıcı sistemi (sistem 1) TS 500 ve Deprem Yönetmeliği 2007'e göre detaylı olarak boyutlandırılmıştır. Boyutlandırılan sistem öncelikle Mod Birleştirme Yöntemi ile çözülmüş, daha sonra Eşdeğer Kuvvet Yöntemi ile çözülerek farklı çözüm yöntemleri altında düzensizlikler bakımından karşılaştırma yapılmıştır. Karşılaştırmalar sonucunda burulma düzensizliği açısından, x yönünde Mod Birleştirme Yöntemi'nde burulma düzensizliği katsayıları daha büyük değerler alırken, Eşdeğer Kuvvet Yöntemi'nde daha kk değerler aldığı gözlenmektedir. Ayrıca Mod Birleştirme Yöntemi'nde x yönünde burulma düzensizliği ortaya çıkarken Eşdeğer Kuvvet Yöntemi'nde x yönünde burulma düzensizliğine rastlanmamaktadır. Y yönünde ise Eşdeğer Kuvvet Yöntemi'nde düzensizlik katsayısı saha büyük değerler almaktadır ve her iki yöntemde burulma düzensizliğine rastlanılmamaktadır. Her iki yöntem de katlarda rijitlik düzensizliğine raslanmamış



ve sonuçlar hemen hemen aynı çıkmıştır. Göreli kat ötelemelerinde her iki yönde Eşdeğer Kuvvet Yöntemi'ne göre hesapta değerler daha fazladır. İkinci mertebe etkileri ise her iki yönde Mod Birleştirme Yöntemi'ne göre değerler daha fazla çıkmıştır.

Sistem 1'in analizinden sonra gözönüne alınan binanın taşıyıcı sisteminde değişiklik yapılarak yeniden analiz edilmiştir. Sistem 1'in köşe kolonları kaldırılıp yerine her iki yönde perdeler eklenmiştir. Böylelikle binanın köşelerine yerleştirilen perdelerin diğer kolonların davranışına olan etkileri gözlemlenmiştir. Analiz sonucu taşıyıcı sistem değişikliğinin düzensizlikler yönünden de karşılaştırılması yapılmıştır. Sistem 1'de köşelere perde yerleştirilmesi sistemi daha rijit bir hale getirmiş ve periyodunu düşürmüştür. 1. periyotta %16, 2. periyotta ise %12'lik bir düşüş gözlenmiştir. 3. periyotta ise %30'luk bir düşüş olmuştur. Düzensizlikler açısından, sistem 2'de x yönünde burulma düzensizliği katsayısının sistem 1'e göre daha az olduğu gözlenmektedir. Bütün katlarda iki sistem arasında x yönünde orantılı bir düşüş gözlenmektedir. Y yönünde ise sistemin davranışı değişmektedir. 10. kata kadar sistem 2'de burulma düzensizliği sistem 1'e göre daha az iken 10. kattan sonra 20. kata kadar sistem 2'nin burulma düzensizliği katsayısı artış göstermiştir. Rijitlik düzensizliğine bakılacak olursa her iki sistemin de hemen hemen aynı olduğu gözlenmiştir. Göreli kat ötelemelerinde sistem 1'in değerleri sistem 2'ye göre daha yüksek çıkmaktadır. X ve y yönünde bu fark orta katlarda maksimum olmakta daha sonra azalmaktadır. İkinci mertebe etkilerinde ise sistem 1'in, sistem 2'ye göre daha yüksek değerlerde olduğu gözlenmektedir. X yönünde orta katlarda %36'lık bir azalma gözlenirken, y yönünde orta katlarda ise %22'lik bir azalma olmuştur.

Sistem 2'de köşelere yerleştirilen perdelerin diğer kolonlara iç kuvvetler bakımından etkisi incelenmiştir. Buna göre kolonların karşılaştırılması aşağıda gösterilmektedir:

#### S06-S02 kolonu

Sistem 1'de S06 ve sistem 2'de S02 kolonları aynı kolona karşılık gelmektedir. Sistem 2'de yerleştirilen perdelerin bu kolonlar üzerindeki etkisi incelenmek üzere yapılan gözlemlerde normal kuvvet değerinde sistem 2'de ortalama %18'lik bir azalma olduğu gözlenmektedir. Aynı şekilde kesme kuvvetinde, %20'lik bir azalma gözlenmektedir. Moment değerlerinde yaklaşık olarak %17'lerde bir azalma gözlenirken, M2 üst momentinde 14. kattan sonra sistem 2'deki değerlerde sistem

1'e göre az miktarda artış olmaktadır. M3 üst momentinde ise 16. kattan sonra hemen hemen değerlerin aynı olduğu gözlenmektedir.

#### S09-S03 kolonu

S09 ve S03 kolonları karşılaştırmasında sistem 2'de sistem 1'e göre değerlerde azalma gözlenmektedir. Normal kuvvette %19'luk orantılı bir azalma gözlenirken kesme kuvvetinde V2 değerinde ortalama %25'lik bir azalma olmakta, V3 değerinde ise 15. kata kadar sistem 2 daha küçük değerler alırken 15. kattan sonra değerler birbirine hemen hemen yaklaşmaktadır. Moment değerlerinde ise ortalama %25'lik bir azalma gözlenirken M2 alt momentinde 15. kattan sonra değerler sistem 1'in değerlerini bir miktar aşmaktadır. M3 üst momentinde ise 17. kattan sonra değerler hemen hemen aynı olmaktadır.

#### S10-S04 kolonu

S10 ve S04 kolonlarında sistem 2'de sistem 1'e oranla değerlerde azalma gözlenmektedir. Normal kuvvet diğer kolonlara göre az miktarda, ortalama %4 gibi değerlerde azalmaktadır. Kesme kuvveti ortalama %20 oranında azalırken, V3 değeri üst katlara gittikçe yaklaşmaktadır. M2 alt ve üst momentlerinde sırasıyla %14 ve %17'lik azalmalar olurken, bu değerler üst katlara gittikçe birbirine yaklaşmış ve 17. kattan sonra hemen hemen aynı olmaktadır. M3 alt moment değerlerinde ortalama %18, üst moment değerlerinde %28'lik bir azalma gözlenmektedir.

#### S11-S05 kolonu

Son olarak S11 ve S05 kolonlarında genel olarak sistem 2'de sistem 1'e göre değerlerde azalma gözlenmektedir. Normal kuvvette ortalama %23'lük, kesme kuvveti V2'de ortalama %17'lik bir azalış olmaktadır. V3, M2 alt ve M2 üst değerlerinde 12. kata kadar sistem 2, sistem 1 değerlerine yaklaşırken, 12. kattan sonra sistem 1 değerlerini aşmaktadır. M3 alt momentinde ortalama %24, M3 üst momentinde ise ortalama %17 sistem 2 kolonları daha düşük değerler almaktadır.

Sonuç olarak sistem 2'nin sistem 1'e yani taşıyıcı sisteme perdeler eklenmesinin yatay ötelenme rijitliğini arttırdığı, diğer kolonlara gelecek olan yükü önemli ölçülerde hafiflettiği ve sistemi düzensizlikler açısından daha olumlu bir duruma getirdiği gözlenmektedir.

## KAYNAKLAR

- [1] <http://bucatarih.sitemynet.com/harikalar/babilkule.html>
- [2] **Yılmaz, F.**, 1998. Yüksek binlarda taşıyıcı sistem etkinliği, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [3] **Bayır, L.**, 1988. Türkiye’de yüksek binaların başlangıç ve gelişmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [4] **Ersoy, U. ve Çıtıptıoğlu, E.**, 1976. Yüksek yapıların tasarım ve yapımında izlenecek temel ilkeler, İ.T.Ü İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.
- [5] **Goldberger, P.**, 1986. Skyscraper, New York.
- [6] <http://www.skyscraper.com>
- [7] **Diez, E.**, 1995. Türk sanatı 2, İstanbul.
- [8] **Turani, A.**, 1979. Dünya sanat tarihi, Ankara.
- [9] **Ünal, M.**, 1979. Türkiye’de apartman olgusunun gelişimi, *Çevre*, **4**, İstanbul.
- [10] **Aslanoğlu, İ.N.**, 1980. 1923–1938 Erken Cumhuriyet dönemi mimarlığı, Ankara.
- [11] **Alabçın, M.**, 1991. Türkiye’de 1985–1990 dönemi yüksek bina projeleri, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [12] <http://www.hurriyet.com.tr>
- [13] **Hasgür, Z. ve Gündüz, A.N.**, 1992. Betonarme yüksek binalar, İ.T.Ü İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.
- [14] <http://www.focusdergisi.com.tr>
- [15] **Özgen, A. ve Sev, A.**, 2000. Çok katlı yüksek yapılarda taşıyıcı sistemler, Birsan Yayınevi, İstanbul.
- [16] **Attia, E.**, The shape of tall buildings, Council on tall building & Urban design, Collected papers, Van Nostrand Reinhold Company, New York.
- [17] **Bresler, B.**, 1968. Design of steel structure, John Willey & Sons, New York.
- [18] **Salvadori, M. and Heller, R.**, Çeviren; **Karataş, H. ve Utku, B.**, 1980. Mimarlıkta taşıyıcı sistem, İTÜ Mimarlık Fakültesi yayınları, İstanbul.
- [19] **Sev, (Peköz), A.**, 1997. Türkiye’de gerçekleştirilen yüksek konut binalarında perdeli sistem uygulama örneklerinin incelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, M.S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [20] **Celep, Z. ve Kumbasar, N.**, 2001. Betonarme yapılar, Beta dağıtım, İstanbul.

- [21] **Aka, İ. ve Altan, M.**, Betonarme taşıyıcı sistemler, İTÜ merkez kitaplığı, İstanbul.
- [22] **Topçu, A.**, Betonarme II, Döşemeler, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir,  
[http://mmf.ogu.edu.tr/atopcu/index\\_dosyalar/Dersler/Betonarme1/Sunular2006\\_2007/Betonarme\\_1\\_6.pdf](http://mmf.ogu.edu.tr/atopcu/index_dosyalar/Dersler/Betonarme1/Sunular2006_2007/Betonarme_1_6.pdf)
- [23] **Ersoy, U. ve Özcebe, G.**, 2001. Betonarme temel ilkeler TS500-2000 ve Türk deprem yönetmeliğine(1998) göre hesap, İstanbul.
- [24] **Polat, G.**, 2005. Betonarme yüksek yapılarda kullanılabilir olacak taşıyıcı sistemler ve perde çerçevesi bir sistemin statik ve dinamik hesabı, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [25] **Köseoğlu, S.**, 1992. Merdivenler: statik ve konstruksiyonu, İstanbul.
- [26] **Koçak, A.**, Depreme dayanıklı betonarme yapı tasarımı, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- [27] **Gülsoy, İ.**, 2003. Betonarme tüp sistem bir yapının tasarımı, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [28] **Amil, A.P. ve Aydın, A.C.**, Betonarme yüksek yapılarda taşıyıcı sistem tasarımı, Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Erzurum.
- [29] **Kaltakçı, M.Y.**, 2002. Taşıma gücü ilkesine göre düzenlenmiş betonarme çizelge ve abakları (Ders notları), Konya.

## **ÖZGEÇMİŞ**

Melek IŞIK, 1982 yılında Ankara ilinde doğdu. İlk öğrenimini İhsan Özkaşıkçı İlkokulunda tamamladı. Orta öğrenimini 1996 yılında Konya Kız Ortaokulu'nda tamamladıktan sonra lise öğrenimini 2000 yılında Konya Lisesi'nde bitirdi. 2001 yılında Selçuk Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği bölümünü kazandı. Bu fakülteden 2005 yılında mezun olduktan sonra aynı yıl İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yapı Anabilim Dalı'na bağlı Yapı Analizi ve Boyutlandırma Bölümü'nde yüksek lisans eğitimine başladı.