

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BETONARME YÜKSEK YAPILARDA KULLANILABİLECEK  
TAŞIYICI SİSTEMLER VE PERDE ÇERÇEVELİ BİR SİSTEMİN  
STATİK VE DİNAMİK HESABI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İnş. Müh. Gökhan POLAT**

**Anabilim Dalı: İnşaat Mühendisliği**

**Programı: Yapı Mühendisliği**

**Tez Danışmanı: Doç.Dr. Tülay AKSU ÖZKUL**

**ARALIK 2004**

## ÖNSÖZ

Yüksek lisans tezi olarak yapılan bu çalışmada, ‘Betonarme Yüksek Yapılarda Kullanılabilecek Taşıyıcı Sistemler’ konusu geniş bir çerçevede incelenmeye çalışılmış ve perde-çerçeve bir yapının projelendirilmesi ile de konunun pratikteki tatbikatının gösterilmesi amaçlanmıştır.

Çalışma boyunca benden ilgi ve alakasını esirgemeyen, bana her konuda yardımcı olan Sayın Hocam Tülay AKSU ÖZKUL Hanımefendi’ye teşekkür ve şükranlarımı sunarım.

Yine bu uzun dönem boyunca bana maddi manevi destek olan başta aileme ve tüm arkadaşlarıma teşekkür ederim.

ŞUBAT 2005

İnş. Müh. Gökhan POLAT

## **İÇİNDEKİLER**

|                                                                      |              |
|----------------------------------------------------------------------|--------------|
| <b>KISALTMALAR</b>                                                   | <b>VII</b>   |
| <b>TABLO LİSTESİ</b>                                                 | <b>VIII</b>  |
| <b>ŞEKİL LİSTESİ</b>                                                 | <b>X</b>     |
| <b>SEMBOL LİSTESİ</b>                                                | <b>XIII</b>  |
| <b>ÖZET</b>                                                          | <b>XVI</b>   |
| <b>SUMMARY</b>                                                       | <b>XVIII</b> |
| <br>                                                                 |              |
| <b>1. BETONARME YÜKSEK YAPILAR</b>                                   | <b>1</b>     |
| 1.1 Giriş                                                            | 1            |
| 1.2 Betonarme Yüksek Yapıların Gelişmesine Katkıda Bulunan Faktörler | 1            |
| 1.2.1 Yüksek dayanımlı beton ve çelik üretimi                        | 1            |
| 1.2.2 Yeni taşıyıcı sistemlerin gelişmesi                            | 2            |
| 1.2.3 Yapım teknolojisi ve yöntemlerindeki ilerlemeler               | 2            |
| 1.2.4 Yeni tasarım kavramlarının gelişmesi                           | 2            |
| 1.3 Betonarme Yüksek Yapıya Bir Örnek                                | 2            |
| <br>                                                                 |              |
| <b>2. YATAY YÜK TAŞIYICI ELEMANLAR</b>                               | <b>8</b>     |
| 2.1 Çerçeveler                                                       | 8            |
| 2.1.1 Kirişler                                                       | 9            |
| 2.1.2 Kolonlar                                                       | 11           |
| 2.2 Perdeler                                                         | 12           |
| 2.3 Tüpler                                                           | 15           |
| <br>                                                                 |              |
| <b>3. YATAY YÜK TAŞIYICI SİSTEMLER</b>                               | <b>17</b>    |
| 3.1 Çerçeve Sistemler                                                | 17           |
| 3.2 Perdeli Sistemler                                                | 19           |
| 3.3 Perde-Çerçeve Sistemler                                          | 20           |
| 3.4 Dış Tüp Çerçeveler                                               | 21           |
| 3.5 Dış Tüp-İç Tüp Sistemler                                         | 24           |
| 3.6 Demet Tüp Sistemler                                              | 25           |

|                                                                                                   |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.7 Yatay Yük Taşıyıcı Sistemlerin Kat Yüksekliğine Göre Karşılaştırması                          | 27        |
| <b>4. TAŞIYICI SİSTEM SEÇİMİNDE DİKKAT EDİLMESİ GEREKLİ HUSUSLAR</b>                              | <b>28</b> |
| 4.1 Perdelerin Plandaki Konumunun Taşıyıcı Sisteme Olan Etkileri                                  | 32        |
| <b>5. YÜKSEK YAPILARIN BOYUTLANDIRILMASINDA TEMİNİ GEREKEN HUSUSLAR VE BOYUTLANDIRMA ESASLARI</b> | <b>35</b> |
| 5.1 Limit Durumlar                                                                                | 36        |
| 5.1.1 Taşıma gücü limit durumları                                                                 | 36        |
| 5.1.2 İşletme limit durumları                                                                     | 36        |
| 5.1.3 Rijitlik limit durumları                                                                    | 36        |
| 5.2 Boyutlamada Kapasite Kavramı                                                                  | 36        |
| <b>6. YÜKLER</b>                                                                                  | <b>40</b> |
| 6.1 Ölü Yükler                                                                                    | 40        |
| 6.2 Hareketli Yükler                                                                              | 40        |
| 6.3 Rüzgar Yükleri                                                                                | 41        |
| 6.4 Deprem Yüğü                                                                                   | 42        |
| 6.4.1 Yapı kütlesi                                                                                | 43        |
| 6.4.2 Taşıyıcı sistemin doğal periyodu                                                            | 43        |
| 6.4.3 Yer ivmesi                                                                                  | 44        |
| 6.4.4 Zemin - yapı etkileşimi                                                                     | 44        |
| 6.4.5 Sönümleme                                                                                   | 44        |
| <b>7. DEPREM YÜKÜ HESAP YÖNTEMLERİ</b>                                                            | <b>46</b> |
| 7.1 Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi                                                                   | 46        |
| 7.1.1 Toplam eşdeğer deprem yükünün hesaplanması                                                  | 46        |
| 7.1.1.1 Yapı ağırlığı                                                                             | 47        |
| 7.1.1.2 Spektral ivme katsayısı                                                                   | 47        |
| 7.1.1.3 Deprem yükü azaltma katsayısı                                                             | 49        |
| 7.1.2 Toplam eşdeğer deprem yükünün katlara dağıtılması                                           | 51        |
| 7.2 Mod Birleştirme Yöntemi                                                                       | 52        |
| 7.2.1 Tek serbestlik dereceli sistemler                                                           | 52        |
| 7.2.2 Çok serbestlik dereceli sistemler                                                           | 54        |
| 7.2.3 Yöntem                                                                                      | 56        |

|                                                                       |           |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------|
| 7.3 Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi                                | 59        |
| <b>8. PERDE ÇERÇEVELİ BİR YAPININ PROJELENDİRİLMESİ</b>               | <b>61</b> |
| 8.1 Veriler                                                           | 61        |
| 8.2 Kat Planları                                                      | 61        |
| 8.3 Yük Analizleri                                                    | 66        |
| 8.3.1 Duvar yükleri                                                   | 66        |
| 8.3.2 Döşeme yükleri                                                  | 67        |
| 8.4 Döşeme Analizleri                                                 | 69        |
| 8.4.1 Döşemelerin çalışma şeklinin belirlenmesi                       | 69        |
| 8.4.2 Döşeme kalınlığının belirlenmesi                                | 70        |
| 8.4.3 Döşeme statik ve betonarme hesapları                            | 70        |
| 8.5 Kirişlerin Ön Boyutlandırması ve Tablalarının Hesabı              | 82        |
| 8.5.1 Ön boyutlandırma                                                | 82        |
| 8.5.2 Tabla hesabı                                                    | 82        |
| 8.6 Kolon Ön Boyutlandırması                                          | 84        |
| <b>9. YAPININ MODELLENMESİ VE ANALİZİ</b>                             | <b>85</b> |
| 9.1 Yapının Modellenmesi                                              | 85        |
| 9.2 Analiz İçin Kullanılan Yöntem ve Uygulama                         | 90        |
| 9.3 Düzensizlik Kontrolleri                                           | 92        |
| 9.3.1 Planda düzensizlik durumları                                    | 92        |
| 9.3.1.1 A1-Burulma düzensizliği                                       | 92        |
| 9.3.1.2 A2-Döşeme süreksizlikleri düzensizliği                        | 93        |
| 9.3.1.3 A3-Planda çıkıntıların bulunması düzensizliği                 | 93        |
| 9.3.1.4 A4-Taşıyıcı eleman eksenlerinin paralel olmaması düzensizliği | 93        |
| 9.3.2 Düşey doğrultuda düzensizlik durumları                          | 94        |
| 9.3.2.1 B1-Komşu katlar arası dayanım düzensizliği (zayıf kat)        | 94        |
| 9.3.2.2 B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat)     | 95        |
| 9.3.2.3 B3-Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği         | 95        |
| 9.4 Yerdeğiştirmelerin Sınırlandırılması                              | 95        |
| <b>10. BETONARME HESAPLAR</b>                                         | <b>97</b> |
| 10.1 Kiriş Betonarme Hesapları                                        | 97        |
| 10.1.1 Kiriş eğilme ( boyuna ) donatısı hesabı                        | 97        |

|                                                          |            |
|----------------------------------------------------------|------------|
| 10.1.2 Kiriş kesme ( enine ) donatısı hesabı             | 100        |
| 10.2 Kolon Betonarme Hesapları                           | 103        |
| 10.2.1 Kolon boyuna donatısı hesabı                      | 103        |
| 10.2.2 Kolon enine donatısı hesabı                       | 106        |
| 10.2.3 Kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşulu   | 112        |
| 10.2.4 Kolon-kiriş birleşim bölgelerinin kesme güvenliği | 126        |
| 10.3 Perde Betonarme Hesapları                           | 129        |
| 10.4 Temel Betonarme Hesapları                           | 139        |
| 10.4.1 Temel plağı kalınlığının hesabı                   | 139        |
| 10.4.2 Temel alanının belirlenmesi ve gerilme tahkikleri | 140        |
| 10.4.3 Temel eğilme ( boyuna ) donatısı hesabı           | 142        |
| <b>11. SONUÇLAR VE ÖNERİLER</b>                          | <b>147</b> |
| <b>KAYNAKLAR</b>                                         | <b>149</b> |
| <b>ÖZGEÇMİŞ</b>                                          | <b>150</b> |
| <b>EK LİSTESİ</b>                                        | <b>151</b> |

## **KISALTMALAR**

**ABYYHY** : Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik  
**SAP 2000** : Structural Analysis Programme 2000

## TABLO LİSTESİ

|                                                                                                                                        | <u>Sayfa No</u> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| <b>Tablo 6.1</b> Yapı yüksekliği – rüzgar hızı – dinamik basınç değerleri.....                                                         | 42              |
| <b>Tablo 7.1</b> Eşdeğer deprem yükü kullanılabilme sınırları.....                                                                     | 46              |
| <b>Tablo 7.2</b> Deprem bölgelerine göre etkin yer ivmesi katsayıları.....                                                             | 47              |
| <b>Tablo 7.3</b> Bina önem katsayıları.....                                                                                            | 48              |
| <b>Tablo 7.4</b> Yerinde dökme betonarme binalarda süneklik düzeyine göre taşıyıcı sistem davranış katsayısı değerleri.....            | 50              |
| <b>Tablo 8.1</b> Çatı katına ait çift doğrultuda çalışan döşemelerin donatı hesabında kullanılacak eğilme momentlerinin hesabı.....    | 71              |
| <b>Tablo 8.2</b> Çatı katı döşemeleri açıklık donatıları hesabı.....                                                                   | 72              |
| <b>Tablo 8.3</b> Çatı katı döşemeleri mesnet donatısı hesabı.....                                                                      | 73              |
| <b>Tablo 8.4</b> Normal katlara ait çift doğrultuda çalışan döşemelerin donatı hesabında kullanılacak eğilme momentlerinin hesabı..... | 74              |
| <b>Tablo 8.5</b> Normal kat döşemeleri açıklık donatıları hesabı.....                                                                  | 75              |
| <b>Tablo 8.6</b> Normal kat döşemeleri mesnet donatıları hesabı.....                                                                   | 76              |
| <b>Tablo 8.7</b> Zemin kata ait çift doğrultuda çalışan döşemelerin donatı hesabında kullanılacak eğilme momentlerinin hesabı.....     | 78              |
| <b>Tablo 8.8</b> Zemin kat döşemeleri açıklık donatıları hesabı.....                                                                   | 79              |
| <b>Tablo 8.9</b> Zemin kat döşemeleri mesnet donatısı hesabı.....                                                                      | 80              |
| <b>Tablo 8.10</b> Kiriş enkesit geometrileri ve tabla genişlikleri.....                                                                | 83              |
| <b>Tablo 9.1</b> Kat kütleleri.....                                                                                                    | 90              |
| <b>Tablo 9.2</b> Yapının her bir moduna karşı gelen periyot değerleri.....                                                             | 91              |
| <b>Tablo 9.3</b> Yapısal analizde kullanılan yükleme kombinasyonları.....                                                              | 92              |
| <b>Tablo 9.4</b> y Doğrultusu A1 burulma düzensizliği kontrolü.....                                                                    | 92              |
| <b>Tablo 9.5</b> B1 düzensizliği kontrolü.....                                                                                         | 94              |
| <b>Tablo 9.6</b> B2 düzensizliği kontrolü.....                                                                                         | 95              |
| <b>Tablo 9.7</b> Yer değiştirmelerin sınırlandırılması kontrolü.....                                                                   | 96              |
| <b>Tablo 10.1</b> 1. Kat kirişleri betonarme hesabında kullanılacak kesitlerin belirlenmesi.....                                       | 98              |
| <b>Tablo 10.2</b> 1. Kat kirişleri enine donatı hesabı.....                                                                            | 102             |
| <b>Tablo 10.3</b> Zemin ve 1. kat kolonları boyuna donatısı hesabı.....                                                                | 105             |

|                   |                                           |     |
|-------------------|-------------------------------------------|-----|
| <b>Tablo 10.4</b> | 1. Kat kolonları enine donatı hesabı..... | 111 |
|-------------------|-------------------------------------------|-----|

## ŞEKİL LİSTESİ

|                                                                                                                                  | <b><u>Sayfa No</u></b> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| <b>Şekil 1.1</b> Lone Star Towers binası görünüşü.....                                                                           | 3                      |
| <b>Şekil 1.2</b> Lone Star Towers binası 2-14. kat planı.....                                                                    | 3                      |
| <b>Şekil 1.3</b> Lone Star Towers binası 15-26. kat planı.....                                                                   | 4                      |
| <b>Şekil 1.4</b> Lone Star Towers binası 27-39. kat planı.....                                                                   | 4                      |
| <b>Şekil 1.5</b> Lone Star Towers binası 40-47. kat planı.....                                                                   | 5                      |
| <b>Şekil 1.6</b> Lone Star Towers binası 48-49. kat planı.....                                                                   | 5                      |
| <b>Şekil 1.7</b> Lone Star Towers binası 50-51. kat planı.....                                                                   | 6                      |
| <b>Şekil 1.8</b> Lone Star Towers binası için yatay yükün muhtelif akslardaki çerçeve ve perdeler tarafından paylaşımı.....      | 6                      |
| <b>Şekil 2.1</b> Yatay yüklerin etkisi altında çerçeve sistemlerin şekil değiştirmesi.....                                       | 9                      |
| <b>Şekil 2.2</b> Basit eğilme etkisindeki kesitlerde $M-\phi$ ilişkisi .....                                                     | 10                     |
| <b>Şekil 2.3</b> Bileşik eğilme etkisindeki kesitlerde $N-M-\phi$ ilişkisi.....                                                  | 11                     |
| <b>Şekil 2.4</b> Yatay yük etkisindeki perdenin davranışı.....                                                                   | 12                     |
| <b>Şekil 2.5</b> Perdelerde güç tükenmesi durumları.....                                                                         | 13                     |
| <b>Şekil 2.6</b> Bağ kirişli perde de dış yükler altında oluşan reaksiyonlar ve kesit zorlarının yükseklik boyunca değişimi..... | 14                     |
| <b>Şekil 2.7</b> Bileşik eğilme etkisindeki perdelerde $N-M$ ilişkisi.....                                                       | 14                     |
| <b>Şekil 2.8</b> Tüp sistemi oluşturan elemanlar.....                                                                            | 15                     |
| <b>Şekil 2.9</b> Merdiven ya da asansör boşlukları çevrilerek oluşturulan tüpler...                                              | 16                     |
| <b>Şekil 3.1</b> Kolon ve kirişlerden oluşan bir çerçeve sistem.....                                                             | 18                     |
| <b>Şekil 3.2</b> Perdeli bir sistem planı.....                                                                                   | 20                     |
| <b>Şekil 3.3</b> Perde-çerçeve sistemlerin yatay yük altındaki etkileşimi.....                                                   | 21                     |
| <b>Şekil 3.4</b> Dış tüp sistem.....                                                                                             | 22                     |
| <b>Şekil 3.5</b> Devrilme momenti etkisi ile tüp sistemi oluşturan kolonlarda oluşan eksenel kuvvetlerin değişimi.....           | 23                     |
| <b>Şekil 3.6</b> Yatay yük etkisindeki bir dış tüp sistemde oluşan eksenel kuvvetler.....                                        | 24                     |
| <b>Şekil 3.7</b> Dış tüp-iç tüp sistem.....                                                                                      | 25                     |
| <b>Şekil 3.8</b> Demet tüp taşıyıcı sistem plan ve görünüşü.....                                                                 | 26                     |
| <b>Şekil 3.9</b> Yatay yük taşıyıcı sistemler ile ulaşılabilecek ideal kat yükseklikleri.....                                    | 27                     |
| <b>Şekil 4.1</b> Her iki doğrultuda da düzenli çerçevesi oluşturulmuş taşıyıcı                                                   |                        |

|                                                                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| sistem.....                                                                                                                        | 28 |
| <b>Şekil 4.2</b> Çerçevede sürekli ve süreksiz kolonların bulunması durumu.....                                                    | 28 |
| <b>Şekil 4.3</b> Çerçeve içinde süreksiz kiriş bulunması durumu.....                                                               | 30 |
| <b>Şekil 4.4</b> Çerçeve içerisindeki kirişlerin doğrusal bir aksta bulunmaması durumu.....                                        | 30 |
| <b>Şekil 4.5</b> Planda kırık çerçeveli durum ve bir çözüm önerisi.....                                                            | 31 |
| <b>Şekil 4.6</b> Perde-çerçeveli bir sistem ve tavsiye edilen perde konumlandırması.....                                           | 31 |
| <b>Şekil 4.7</b> Yapı içerisinde değişik perde yerleşimleri.....                                                                   | 32 |
| <b>Şekil 4.8</b> Deprem bölgelerinde çekirdeğin konumlandırılması.....                                                             | 33 |
| <b>Şekil 4.9</b> Simetrik perde yerleşimi.....                                                                                     | 34 |
| <b>Şekil 5.1</b> Çerçevede a. yükleme, b. kolon kesitlerinde M- $\phi$ ilişkisi, c. F- $\delta$ bağıntısı ve eğrilik değişimi..... | 37 |
| <b>Şekil 6.1</b> Rüzgar hızının yükseklikle değişimi.....                                                                          | 41 |
| <b>Şekil 6.2</b> Tek serbestlik dereceli bir taşıyıcı sistemin matematik modeli.....                                               | 44 |
| <b>Şekil 7.1</b> Spektrum katsayısının yapı periyoduna bağlı olarak değerini veren eğri.....                                       | 48 |
| <b>Şekil 7.2</b> Deprem yükü azaltma katsayısının yapı periyoduna bağlı olarak değerini veren eğri.....                            | 50 |
| <b>Şekil 7.3</b> Deprem kuvvetleri, kat kesme kuvvetleri ve devirici momentin değişimi.....                                        | 51 |
| <b>Şekil 7.4</b> Tek serbestlik dereceli sistemler.....                                                                            | 52 |
| <b>Şekil 7.5</b> Zamana bağımlı bir $F_t$ kuvvetine maruz sönümlü bir sistemin matematik modeli.....                               | 53 |
| <b>Şekil 7.6</b> Çok serbestlik dereceli sistem.....                                                                               | 55 |
| <b>Şekil 7.7</b> Sönümlü ve sönümsüz ivme-periyot, yer değiştirme-periyot ... vb. eğrileri.....                                    | 56 |
| <b>Şekil 7.8</b> Çok katlı bir yapıya ait matematik modelin mod şekilleri.....                                                     | 57 |
| <b>Şekil 8.1</b> Zemin kat mimari planı.....                                                                                       | 62 |
| <b>Şekil 8.2</b> Normal katlar mimari planı.....                                                                                   | 63 |
| <b>Şekil 8.3</b> Zemin kat kalıp planı.....                                                                                        | 64 |
| <b>Şekil 8.4</b> Normal katlar kalıp planı.....                                                                                    | 65 |
| <b>Şekil 9.1</b> Sap 2000 ile modellenen yapının üç boyutlu görünüşü.....                                                          | 86 |
| <b>Şekil 9.2</b> Sap 2000 ile modellenen yapının x-y düzlemindeki görünüşü (1. kat).....                                           | 87 |

|                   |                                                                                               |     |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Şekil 9.3</b>  | Sap 2000 ile modellenen yapının x-z düzlemindeki görünüşü<br>(1 aksı).....                    | 88  |
| <b>Şekil 9.4</b>  | Sap 2000 ile modellenen yapının y-z düzlemindeki görünüşü<br>(B aksı).....                    | 89  |
| <b>Şekil 10.1</b> | Dört köşesinde donatı bulunan dikdörtgen bir kesitin<br>eğik eğilmede taşıma gücü yüzeyi..... | 103 |
| <b>Şekil 10.2</b> | Radye temel $M_{x-x}$ moment dağılımı (diyagramı).....                                        | 143 |
| <b>Şekil 10.3</b> | Radye temel $M_{y-y}$ moment dağılımı (diyagramı).....                                        | 144 |

## SEMBOL LİSTESİ

$A(T)$  : Spektral ivme katsayısı

$A_o$  : Etkin yer ivmesi katsayısı

$A_c$  : Kolonun veya perde uç bölgesinin brüt enkesit alanı

$A_{ch}$  : Boşluksuz perdenin, bağ kirişli perdede her bir perde parçasının, döşemenin veya boşluklu döşemede her bir döşeme parçasının brüt enkesit alanı

$A_{ck}$  : Sargı donatısının dışından dışına alınan ölçü içinde kalan çekirdek beton alanı

$\sum A_e$  : Herhangi bir katta, gözönüne alınan deprem doğrultusunda etkili kesme alanı

$\sum A_g$  : Herhangi bir katta, gözönüne alınan deprem doğrultusuna paralel doğrultuda perde olarak çalışan taşıyıcı sistem elemanlarının enkesit alanlarının toplamı

$\sum A_k$  : Herhangi bir katta, gözönüne alınan deprem doğrultusuna paralel kargir dolgu duvar alanlarının (kapı ve pencere boşlukları hariç) toplamı

$A_{os}$  : Spiral donatının enkesit alanı

$\sum A_p$  : Binanın tüm katlarının plan alanlarının toplamı

$A_{s1}$  : Kolon-kiriş düğüm noktasının bir tarafında, kirişin negatif momentini karşılamak için üste konulan çekme donatısının toplam alanı

$A_{s2}$  : Kolon-kiriş düğüm noktasının  $A_{s1}$ 'e göre öbür tarafında, kirişin pozitif momentini karşılamak için alta konulan çekme donatısının toplam alanı

$A_{sd}$  : Bağ kirişinde çapraz donatı demetinin her birinin toplam donatı alanı

$A_{sh}$  : s enine donatı aralığına karşı gelen yükseklik boyunca, kolonda veya perde uç bölgesindeki tüm etriye kollarının ve çirozların enkesit alanı değerlerinin gözönüne alınan  $b_k$ 'ya dik doğrultudaki izdüşümlerinin toplamı

$A_w$  : Kolon enkesiti etkin gövde alanı (deprome dik doğrultudaki kolon çıkıntılarının alanı hariç)

$\sum A_w$  : Herhangi bir katta, kolon enkesiti etkin gövde alanları  $A_w$ 'ların toplamı

$a$  : Kolonda veya perde uç bölgesinde etriye kollarının ve/veya çirozların arasındaki yatay uzaklık

$b_j$  : Gözönüne alınan deprem doğrultusunda, birleşim bölgesine saplanan kirişin düşey orta ekseninden itibaren kolon kenarlarına olan uzaklıklardan küçük olanının iki katı (Kiriş genişliği ile birleşimin derinliğinin toplamını aşamaz).

$b_k$  : Birbirine dik yatay doğrultuların her biri için, kolon veya perde uç bölgesi çekirdeğinin enkesit boyutu (en dıştaki enine donatı eksenleri arasındaki uzaklık)

$b_w$  : Kirişin gövde genişliği, perdenin gövde kalınlığı

**D** : Dairesel kolonun göbek çapı (spiral donatı eksenleri arasındaki uzaklık)

**d** : Kirişin faydalı yüksekliği

**f<sub>cd</sub>** : Betonun tasarım basınç dayanımı

**f<sub>ck</sub>** : Betonun karakteristik silindir basınç dayanımı

**f<sub>ctd</sub>** : Betonun tasarım çekme dayanımı

**f<sub>yd</sub>** : Boyuna donatının tasarım akma dayanımı

**f<sub>yk</sub>** : Boyuna donatının karakteristik akma dayanımı

**f<sub>ywk</sub>** : Enine donatının karakteristik akma dayanımı

**H<sub>cr</sub>** : Kritik perde yüksekliği

**H<sub>w</sub>** : Temel üstünden veya zemin kat döşemesinden itibaren ölçülen toplam perde yüksekliği

**h** : Kolonun gözönüne alınan deprem doğrultusundaki enkesit boyutu

**h<sub>k</sub>** : Kiriş yüksekliği

**l<sub>b</sub>** : TS-500’de çekme donatısı için verilen kenetlenme boyu

**l<sub>n</sub>** : Kolonun kirişler arasında kalan serbest yüksekliği, kirişin kolon veya perde yüzleri arasında kalan serbest açıklığı

**l<sub>w</sub>** : Perdenin veya bağ kirişli perde parçasının plandaki uzunluğu

**M<sub>a</sub>** : Kolonun serbest yüksekliğinin alt ucunda, kolon kesme kuvvetinin hesabında esas alınan moment

**M<sub>pa</sub>** : Kolonun serbest yüksekliğinin alt ucunda  $f_{ck}$  ,  $f_{yk}$  ve çeliğin pekleşmesi gözönüne alınarak hesaplanan pekleşmeli taşıma gücü momenti

**M<sub>pi</sub>** : Kirişin sol ucu i’deki kolon yüzünde  $f_{ck}$  ,  $f_{yk}$  ve çeliğin pekleşmesi gözönüne alınarak hesaplanan pozitif veya negatif pekleşmeli taşıma gücü momenti

**M<sub>pj</sub>** : Kirişin sağ ucu j’deki kolon yüzünde  $f_{ck}$  ,  $f_{yk}$  ve çeliğin pekleşmesi gözönüne alınarak hesaplanan negatif veya pozitif pekleşmeli taşıma gücü momenti

**Σ M<sub>p</sub>** : Düğüm noktasına birleşen kirişlerin pekleşmeli taşıma gücü momentlerinin toplamı

**M<sub>pü</sub>** : Kolonun serbest yüksekliğinin üst ucunda  $f_{ck}$  ,  $f_{yk}$  ve çeliğin pekleşmesi gözönüne alınarak hesaplanan pekleşmeli taşıma gücü momenti

**M<sub>ra</sub>** : Kolonun veya perdenin serbest yüksekliğinin alt ucunda  $f_{cd}$  ve  $f_{yd}$ ’ye göre hesaplanan taşıma gücü momenti

**M<sub>ri</sub>** : Kirişin sol ucu i’deki kolon veya perde yüzünde  $f_{cd}$  ve  $f_{yd}$ ’ye göre hesaplanan pozitif veya negatif taşıma gücü momenti

**M<sub>rj</sub>** : Kirişin sağ ucu j’deki kolon veya perde yüzünde  $f_{cd}$  ve  $f_{yd}$ ’ye göre hesaplanan negatif veya pozitif taşıma gücü momenti

**M<sub>rü</sub>** : Kolonun veya perdenin serbest yüksekliğinin üst ucunda  $f_{cd}$  ve  $f_{yd}$ ’ye göre hesaplanan taşıma gücü momenti

**$M_{\ddot{u}}$**  : Kolonun serbest yüksekliğinin üst ucunda, kolon kesme kuvvetinin hesabında esas alınan moment

**$N_d$**  : Yük katsayıları ile çarpılmış düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan eksenel kuvvet

**$N_{dmax}$**  : Yük katsayıları kullanılarak, sadece düşey yüklere göre veya düşey yükler ve deprem yüklerine göre hesaplanan eksenel basınç kuvvetlerinin en büyüğü

**$R$**  : Taşıyıcı sistem davranış katsayısı

**$R_a(T)$**  : Deprem yükü azaltma katsayısı

**$s$**  : Enine donatı aralığı, spiral donatı adımı

**$T_1$**  : Yapının 1. doğal titreşim periyodu

**$T_A, T_B$**  : Spektrum karakteristik periyotları

**$V_c$**  : Betonun kesme dayanımına katkısı

**$V_d$**  : Yük katsayıları ile çarpılmış düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan kesme kuvveti

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

**$V_e$**  : Kolon ve kirişte enine donatı hesabına esas alınan kesme kuvveti

**$V_{kol}$**  : Düğüm noktasının üstünde ve altında ABYYHY Bölüm 6'ya göre hesaplanan kolon kesme kuvvetlerinin küçük olanı

**$V_r$**  : Kolon, kiriş veya perde kesitinin kesme dayanımı

**$V_t$**  : ABYYHY Bölüm 6'ya göre binaya etkiyen toplam deprem yükü (taban kesme kuvveti)

**$\alpha_i$**  : Herhangi bir  $i$ 'inci katta hesaplanan  $V_{is} / V_{ik}$  oranı

**$\phi$**  : Donatı çapı

**$\gamma$**  : Bağ kirişinde kullanılan çapraz donatı demetinin yatayla yaptığı açı

**$\rho_{\ddot{u}}$**  : Kiriş mesnedinde üstteki çekme donatısı oranı

**$\rho_s$**  : Kolonda spiral donatının hacımsal oranı

**$\rho_{sh}$**  : Perdede yatay gövde donatılarının perde gövdesi brüt enkesit alanına oranı

## **BETONARME YÜKSEK YAPILARDA KULLANILABİLECEK TAŞIYICI SİSTEMLER VE PERDE ÇERÇEVELİ BİR YAPININ STATİK VE DİNAMİK HESABI**

### **ÖZET**

Yüksek lisans tezi olarak Doç. Dr. Tülay AKSU ÖZKUL danışmanlığında yapılan bu çalışmada, yapı yüksekliği ve yapının bulunduğu bölgenin depremselliği arttıkça daha da büyük önem kazanan yatay yük taşıyıcı sistemler üzerinde ayrıntılı bir biçimde durulmuş ve daha sonrada perde çerçevesi bir yapının projelendirilmesi gerçekleştirilmiştir.

Konu onbir başlık altında incelenmiştir. Aşağıda sırası ile bu onbir bölümde anlatılanlar özetle sunulmuştur.

Birinci bölümde betonarme yüksek yapılara genel bir giriş yapılmış, bugüne kadar bu konudaki çalışmaların yüksek yapıların gelişmesine olan katkılarından bahsedilmiştir. Yine aynı bölümün sonunda ABD ' nin Dallas kentinde bulunan betonarme yüksek bir yapı, konu için güzel bir örnek teşkil etmesi bakımından sunulmuştur.

İkinci ve üçüncü bölümlerde sırası ile yatay yük taşıyıcı sistemleri oluşturan elemanlar ve daha sonra bu elemanların ister yalnız isterse değişik kombinasyonlarından oluşturulabilecek olan taşıyıcı sistemler incelenmeye çalışılmıştır.

Sonraki iki bölümde ise, taşıyıcı sistem kurulurken nelere dikkat edilmesi gerektiği, nelerin yapılıp nelerden kaçınılması gerektiği konuları madde madde incelenmiş ve bunların ışığında, seçilen bir taşıyıcı sistemin, boyutlandırmada sağlaması gereken hususlar incelenmeye çalışılmıştır.

Altıncı bölümde ise bir yapıya etkiyebilecek yükler sıralanmış ve bunların içerisinde bazıları daha detaylı bir biçimde incelenmiştir.

Yedinci bölümde deprem yükleri hesap yöntemleri ele alınmış ve her bir yöntem ayrıntılı bir biçimde irdelenmiştir.

Sekizinci bölümde projelendirilecek olan yapı hakkında genel bilgiler verilmiş, yapıya ait mimari ve kat planları gösterilmiştir. Ardından yapıya etkiyen düşey, ölü ve hareketli yükler için yük analizleri yapılmış ve döşeme tipi olarak seçilen kirişli plak döşemelerin hesabı T.S. 500-2000 ' e uygun olarak elle yapılmıştır. Yine aynı bölüm içerisinde kolon ve kirişler için ön boyutlandırma işlemleri de gerçekleştirilmiştir.

Dokuzuncu bölümde, yapı Sap 2000 programı ile modellenmiş, modele ait çeşitli görünümlere yer verilmiştir. Aynı bölüm içerisinde dinamik analiz için kullanılan 'Mod Birleştirme Yöntemi' ne kısaca değinilmiş ve yapının her bir mod şekline karşılık gelen periyot değerleri tablo halinde sunulmuştur. Yapısal analizde kullanılan yükleme kombinasyonları ve A.B.Y.Y.H.Y. uyarınca yapılması gereken düzensizlik kontrolleri aynı bölümde verilmiştir.

Onuncu bölümde ise Sap 2000 programından elde edilen analiz sonuçlarına göre elemanların betonarme hesapları ve gerekli tahkikleri yapılmıştır.

Onbirinci bölümde, genel bir değerlendirme yapılmış ve elde edilen sonuçlar ile ilgili yorumlar yapılmıştır.

## **STRUCTURAL SYSTEMS FOR TALL CONCRETE BUILDINGS AND STATIC&DYNAMIC ANALYSIS OF A SHEARWALL-FRAME SYSTEM**

### **SUMMARY**

Structural systems and structural analysis and design of tall concrete buildings, as a master thesis under the supervision of Assoc. Prof. Dr. Tülay AKSU ÖZKUL, are mentioned in this thesis.

The thesis is examined under eleven sections and a brief description about these sections below.

In the first part of thesis, factors of improvement of tall buildings and an example of non symmetrical shearwall-frame concrete system tall building in Dallas, are given.

In the second and third parts of thesis, lateral systems to prevent damage of earthquake motion and members of these structural systems, are examined. At the end of the third part, all the structural systems are compared with each others for number of stories.

In the fourth and fifth parts of thesis, important subjects to set up and providing factors of structural systems are given.

In the sixth part of thesis, the loads which may effect a structural system at any time, are given with general topics. After that, some of these are examined in detail.

In the seventh part of thesis, all of the calculation techniques of earthquake loads which are the most important loading for tall building, are examined carefully. A static calculation and two dynamic calculation techniques, are explained carefully in this part.

In the eighth part of thesis, general information about the building which will be able to make a static and dynamic analyses, is given. After that, analysing and design of floor slab system with hand calculation, according to the rules mentioned in T.S. 500-2000 and predimension for lateral loads resisting elements are made in the same part.

Static and dynamic analysis of the building, which presented in the previous part, is made with Sap 2000 programme according to finite element method in the ninth part of thesis. Mode superposition method is selected for dynamic analysis. In the same part, the mathematic model of the building which is made with Sap 2000 programme is shown in some drawings. The loads combination, which are used for static and dynamic analysis and some dynamic parameters like buildings vibration periods, are given at the same part. Also, inspections of the disorders, presented in the Turkish Earthquake Code, are made in the part.

In the tenth part of the thesis, by using the results obtained from Sap 2000 analysis, the reinforced concrete sectional calculations about the first floor beams, ground-first floor columns and shearwalls and mat foundation slabs are made.

At the end of the part of thesis, a general evaluation about the thesis subject and the results of static&dynamic analysis, are made and the thesis ended.

## **1. BETONARME YÜKSEK YAPILAR**

### **1. 1 . Giriş**

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 ila 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.

### **1. 2 . Betonarme Yüksek Yapıların Gelişmesine Katkıda Bulunan Faktörler**

Betonarme yüksek yapıların gelişmesine katkıda bulunan faktörleri dört ana başlık altında toplamak mümkündür. Bunlar:

#### **1. 2. 1. Yüksek dayanımlı beton ve çelik üretimi**

Geçmiş yıllarda en yüksek dayanımlı beton  $200 \text{ kg / cm}^2$  'lik bir dayanıma sahip iken malzeme bilimindeki gelişmeler sayesinde örneğin katkı malzemelerinin kullanımı, v.b. gibi  $350 \text{ kg / cm}^2$  ve üzeri dayanıma sahip betonlar kolaylıkla elde edilebilmektedirler. Örneğin Chicago 'da yapılan betonarme bir binada  $620 \text{ kg / cm}^2$  ' lik dayanıma sahip beton kullanılmıştır.

Bununla birlikte betonarmenin çelik yapılara karşı en büyük zaaflarından biri olan ağırlığı nedeni ile zayıf zemin koşullarında tercih edilmeyişi de hafif fakat yüksek dayanımlı betonların elde edilmesi ile bir nebze iyileştirilmiştir.

Beton çeliği olarak kullanılan malzemenin akma dayanımında, ortalama 4200 ila 5200  $\text{kg / cm}^2$  mertebelerine ulaşılması ve bunların çok katlı yapılarda kullanımı da betonarme yüksek yapıların gelişimine olumlu katkı yapmıştır. Ayrıca hasır çeliğin uygulamada kullanılması ile hem zaman kazanılması hem de döşeme, perde ve kabukların maliyetinin düşmesinden ötürü yüksek yapılara faydası olmuştur.

### **1. 2. 2. Yeni taşıyıcı sistemlerin gelişmesi**

Betonarme yapılarda kirişsiz döşeme sistemlerinin geliştirilmesi sonucu düz bir tavanın elde edilmesi ve kat yüksekliğinin azaltılarak her 10 katta bir kat kazanılması çok katlı yapılara olumlu katkı yapmıştır.

Taşıyıcı sistem açısından betonarme yüksek yapıların gelişmesine belki de en büyük katkısı perdelerin uygulamada yer bulması yapmıştır. Çünkü perdeler kullanılmadan önce yaygın olarak kullanılan çerçevelerde kat yüksekliği belirli bir değeri aştıktan sonra kolon boyutları çok büyüyor ve yapı hem mimari açıdan hem de ekonomi açısından olumsuz etkileniyordu. Bu ve benzeri sebeplerden ötürü yüksek yapılarda çelik taşıyıcı sistemler tercih ediliyor ve yatay yüklere karşı dayanımı sağlamak için ise çelik kuşaklama elemanları kullanılıyordu. Perdelerin kullanılması ile betonarme yüksek yapıların bu zaafı ortadan kalktı ve 1940 lardan sonra özellikle New York ' ta geniş bir kullanım alanı buldu.

Daha sonra betonarme taşıyıcı sistemlerde gelişmeler birbirini takip etti ve sırası ile tüp çerçeveler, tüp çerçeveler içerisinde çekirdekler ve demet tüp sistemlerin kullanılması ile yüksek bir yatay yük dayanımının elde edilmesi sonucu betonarme yüksek yapılar hızlı bir ilerleme kaydetti.

### **1. 2. 3. Yapım teknolojisi ve yöntemlerindeki ilerlemeler**

Geliştirilmiş yapım teknolojisi ve ekipmanların kullanımı inşaat süresini kısaltmış, kaliteyi arttırmış ve maliyetleri azaltmıştır. Bu da betonarme yüksek yapıların gelişimine olumlu yansımıştır.

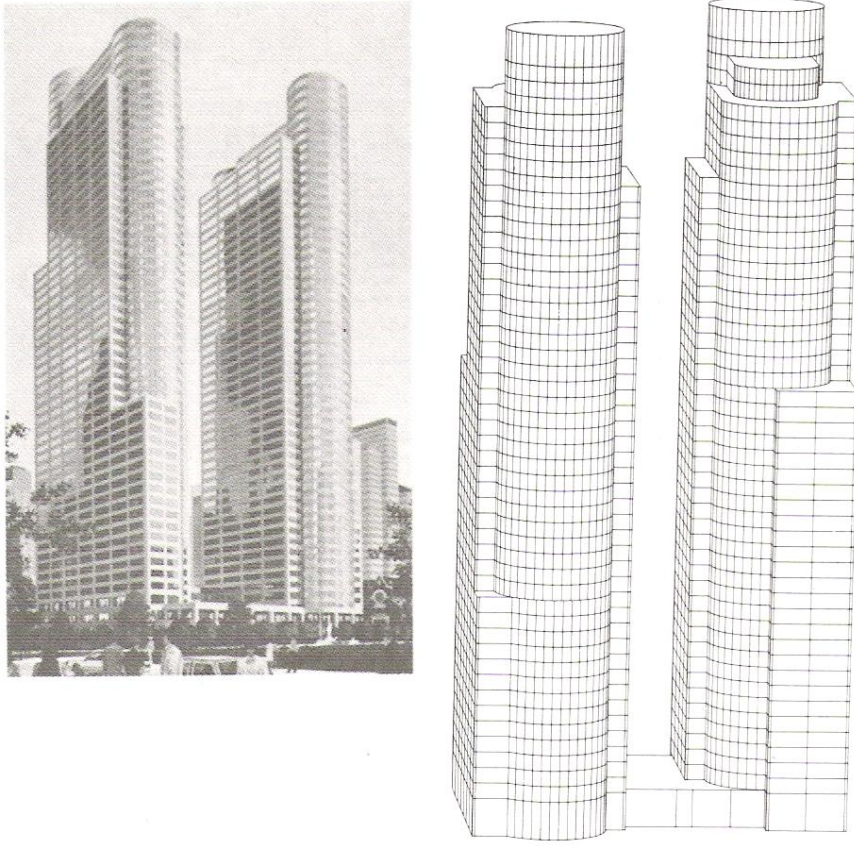
Perde duvarların inşasında kayar kalıp kullanılması ile inşaat hızı saatte 25 – 30 cm' ye kadar çıkmıştır. Döşemelerin ard veya öngermeli olarak yerde dökülüp kullanılması da önemli katkı sağlamıştır.

### **1. 2. 4. Yeni tasarım kavramlarının gelişmesi**

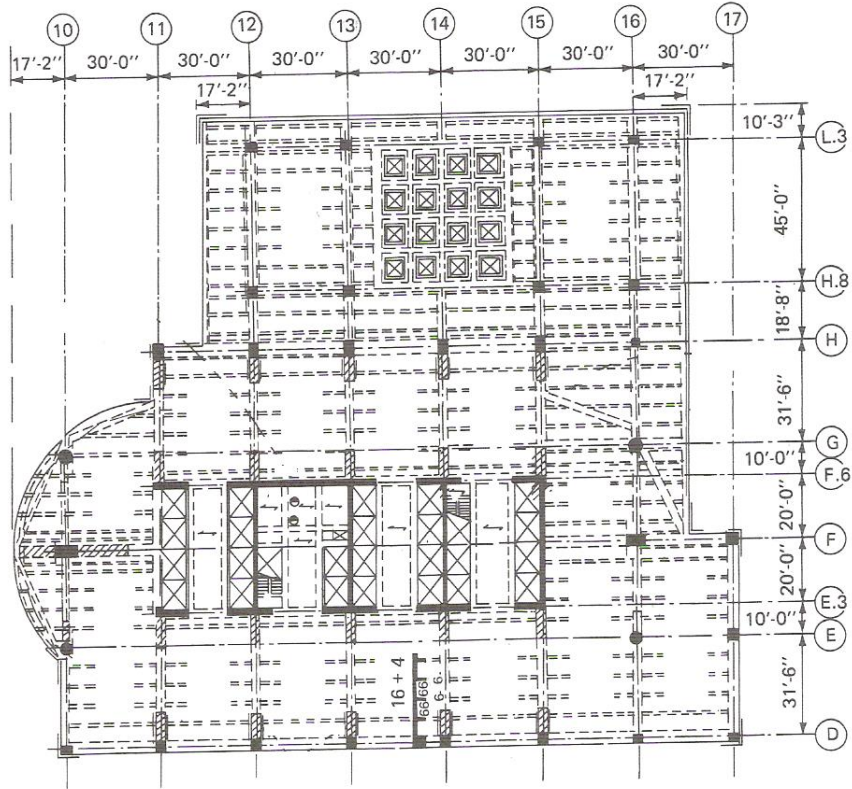
Taşıma gücü ve limit analiz yöntemleri ile malzemeden daha iyi yararlanılması, yapıda kullanılan malzemelerin davranışlarının çok daha iyi bilinmesini sağlamıştır. Bu yöntemler yapıda, emniyet gerilmeleri yöntemine göre çok daha düzgün bir güvenlik sağlamış ve bu da betonarme yüksek yapıların gelişmesine olumlu katkı yapmıştır.

### **1. 3. Betonarme Yüksek Yapıya Bir Örnek**

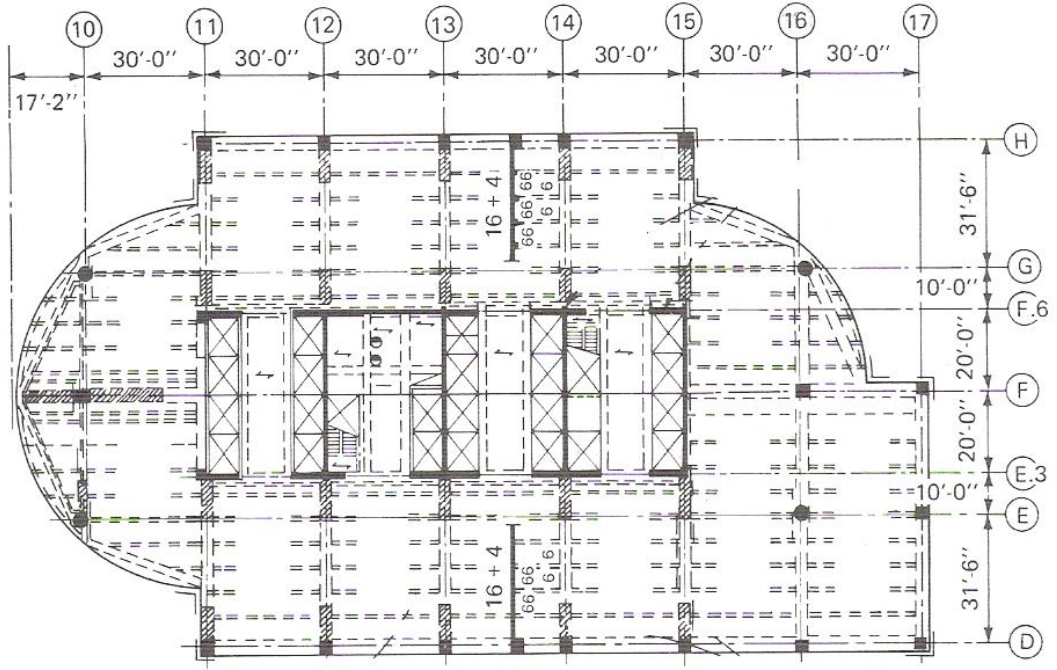
Perde – çerçeveli bir sistemden oluşan Teksas ' ta ki Lone Star Towers binasının Şekil 1.1 'de görünüşü, Şekil 1.2-7' ye kadar tipik kat planları ve Şekil 1.8.' de de yapının geniş yüzüne etki eden yatay rüzgar yükünün elemanlarca ne ölçüde paylaşıldığını gösteren bir grafik sunulmuştur:



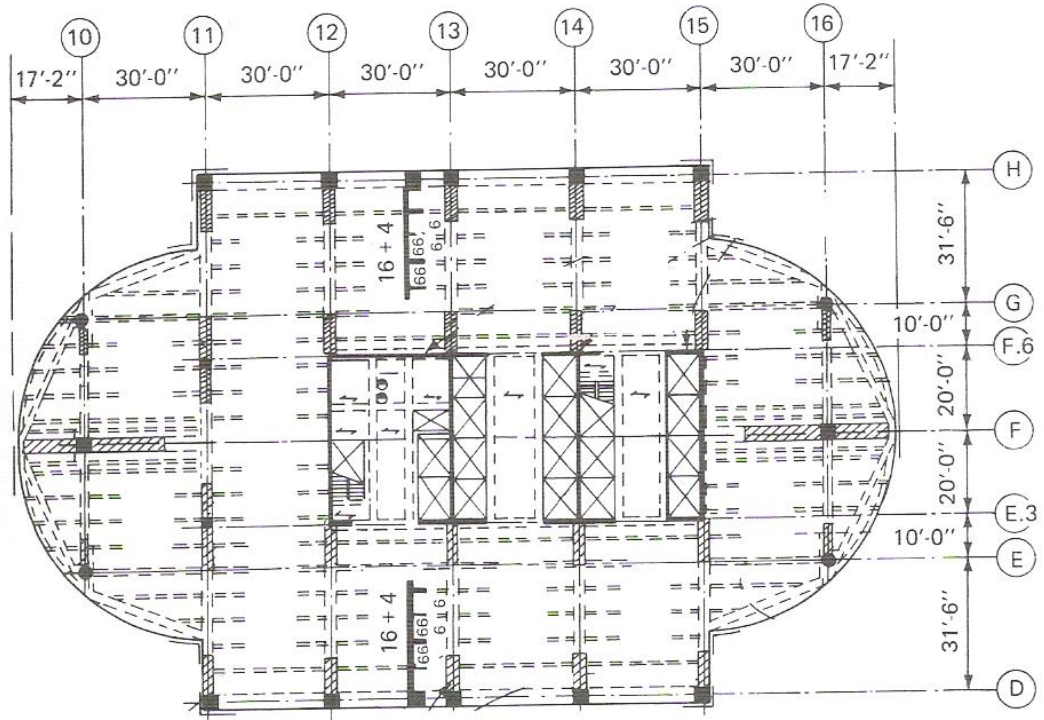
Şekil 1.1 Görünüş



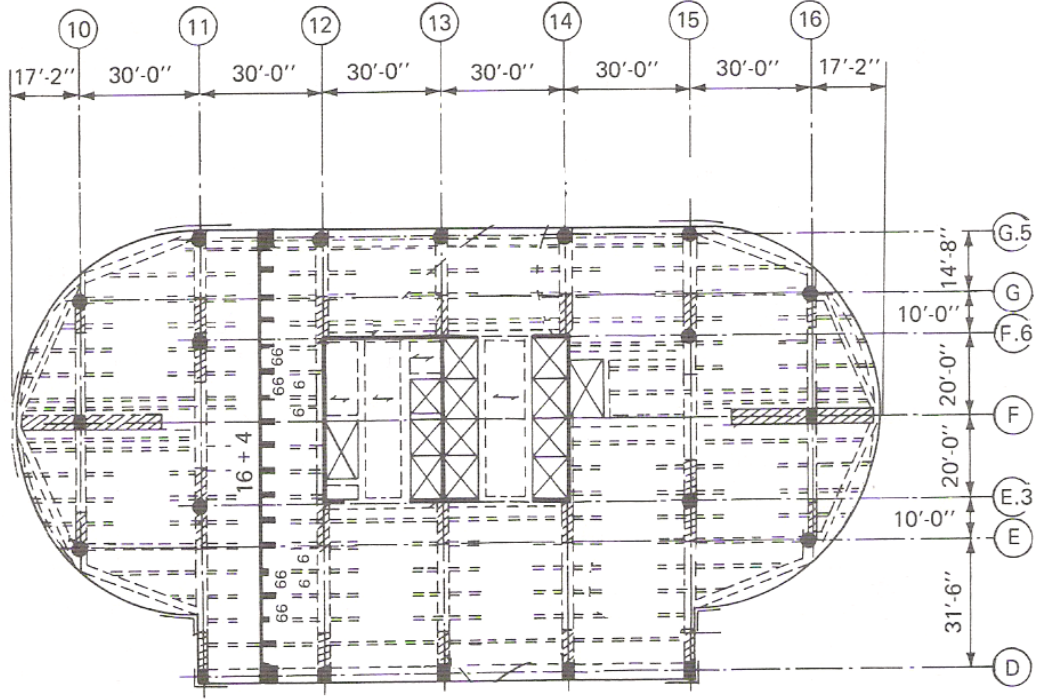
Şekil 1.2 2 – 14 Kat Planı



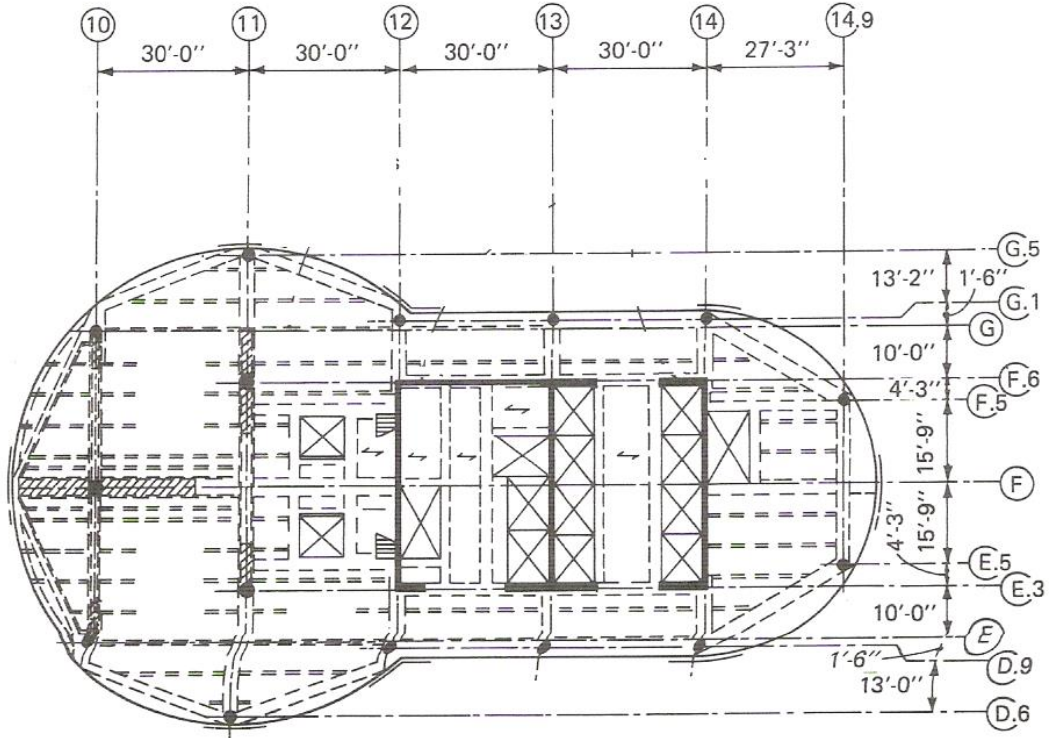
Şekil 1.3 15 – 26 Kat Planı



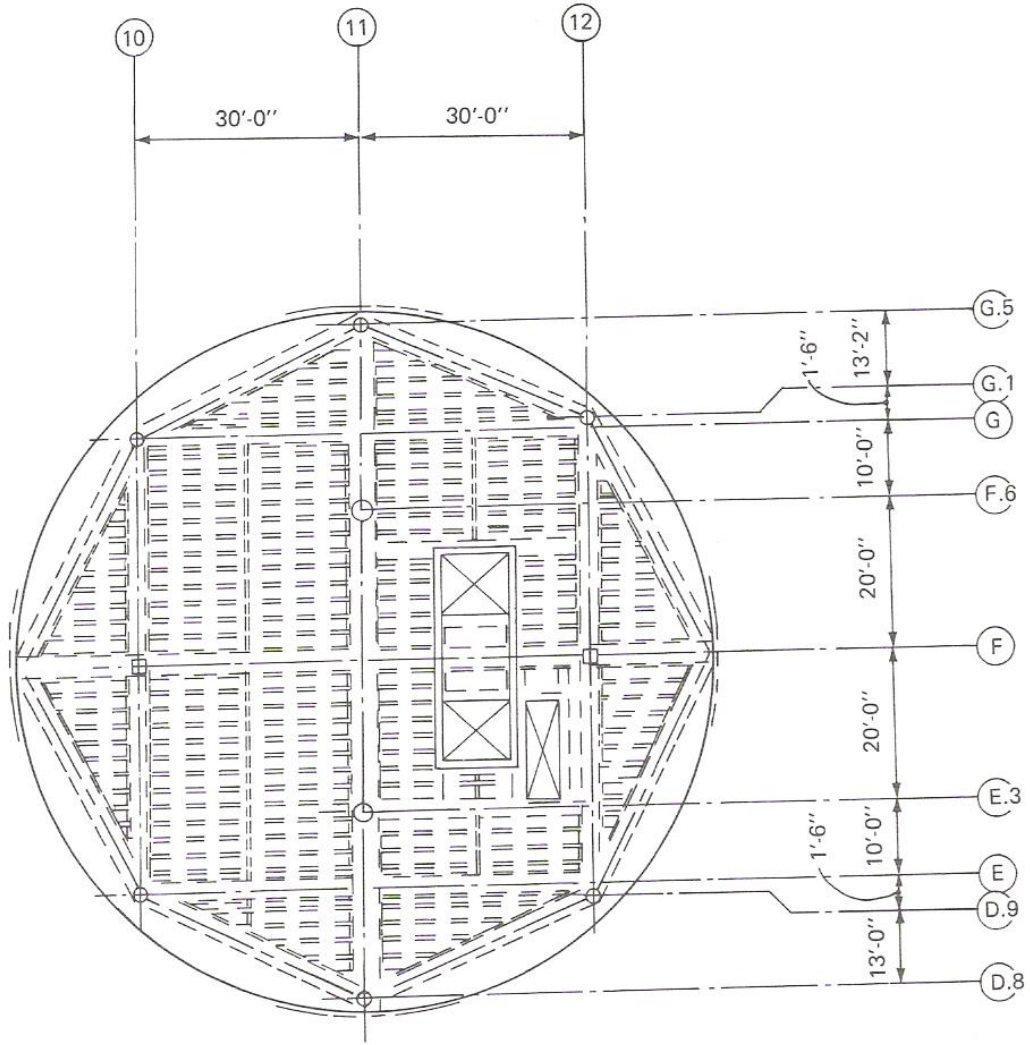
Şekil 1.4 27 – 39 . Kat Planı



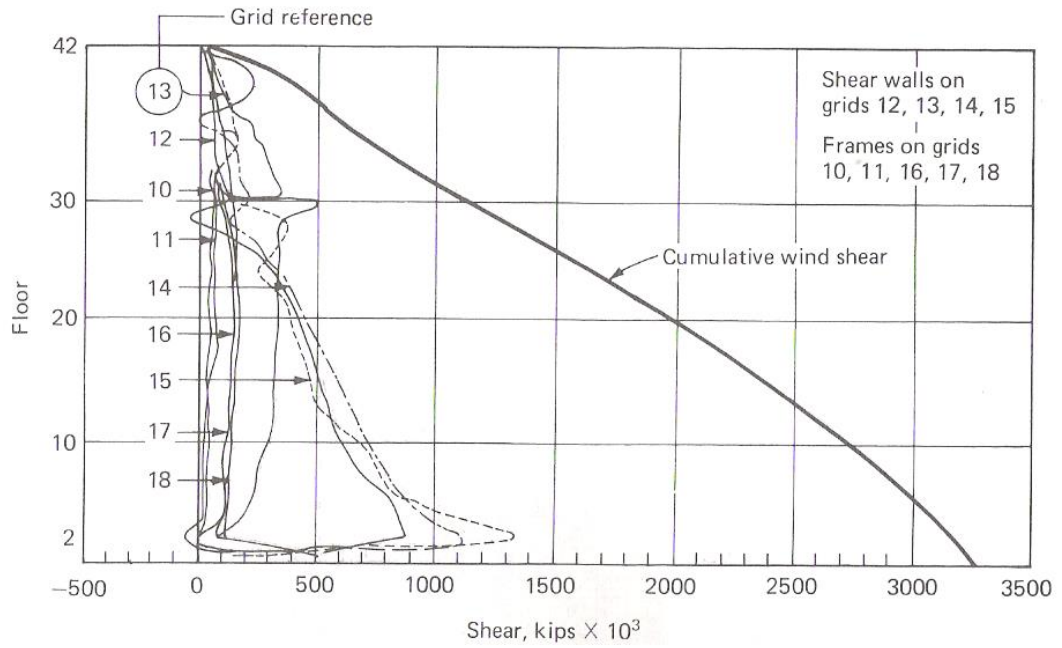
Şekil 1.5 40 – 47 . Kat Planı



Şekil 1.6 48 – 49 . Kat Planı



Şekil 1.7 50 – 51 . Kat Planı



Şekil 1.8 Yatay yükün muhtelif akslardaki çerçeve ve perdeler tarafından paylaşımı

Şekil 1.8 ' de yatay eksen, etki eden yatay yükün ' kips x 10<sup>3</sup> ' biriminden değerlerini gösterirken, düşey eksen kat seviyelerini göstermektedir. 12, 13, 14 ve 15 no' lu eğriler, aynı numaralarda ki akslar üzerindeki perdelerin karşıladıkları yatay yüklerin, 10, 11, 16, 17 ve 18 no' lu eğriler ise, yine aynı numaralı akslar üzerindeki çerçevelerin karşıladıkları yatay yüklerin kat yükseklikleri boyunca dağılımını göstermektedir.

Yatay yüklerin dağılımının yüksekliği boyunca düzgün bir rijitliğe sahip simetrik bir yapıdan bu derece farklı olmasının nedenleri:

1. Yapı çok komplekstir ve yapı yüksekliği boyunca önemli rijitlik değişimleri olmaktadır.
2. Kat döşemeleri için yapılan rijit diyafram kabulü ile yapı rijitliğinin ani olarak değiştiği kat seviyelerinde, keskin kesme kuvvetleri transferlerinin gerçekleşmesidir.

## **2. YATAY YÜK TAŞIYICI ELEMANLAR**

Genel olarak bir yapıya taşıyıcı sistem seçerken ve bu taşıyıcı sistemi boyutlandırırken yapı mühendisinin öncelikli amacı yapının düşey yükler için yeterli güvenlikte olmasını sağlamaktır. Çünkü yapı ömrü boyunca daima düşey yüklerin etkisi altında olacak ve zaman zaman yatay yüklere maruz kalacaktır. Ancak düşey yükler için taşıyıcı sistem seçimi ve boyutlandırma yapının ayakta kalabilmesi için yeterli olduğu müddetçe böyle bir yaklaşım kabul edilebilir. Bu şekilde boyutlandırılmış bir yapının yatay yükler için de yeterli olduğunun kontrol edilmesi gerekir.

Bir yapıya etkiyen yatay yüklerin büyüklüğü çeşitli etkenlere bağlıdır ve ilerdeki bölümlerde daha detaylı olarak açıklanacaktır. Ancak ‘yapı yüksekliği arttıkça ve yapının bulunduğu yerin depremselliği arttıkça yapıya etki eden yatay yükler büyür’ cümlesi olayı geniş anlamda çok güzel özetlemektedir.

Yüksek yapılar depremselliği yüksek olan bölgelerde inşa edilmedikçe, yatay yük etkilerine göre kontrol düşey yükler için seçilen taşıyıcı sistemi ve belirlenen boyutları önemli ölçüde değiştirmez. Ancak tam tersi bir durumda yatay yük etkilerini güvenle taşıyabilmek çok daha önemli olabilmektedir. Bu da yatay yük taşıyıcı elemanları ve bu elemanların bağımsız ya da kombinasyonundan oluşan sistemleri çok iyi tanımayı ve davranışlarını bilmeyi gerektirir.

Yatay yük taşıyıcı elemanları üç ana başlık altında incelemek mümkündür. Bunlar;

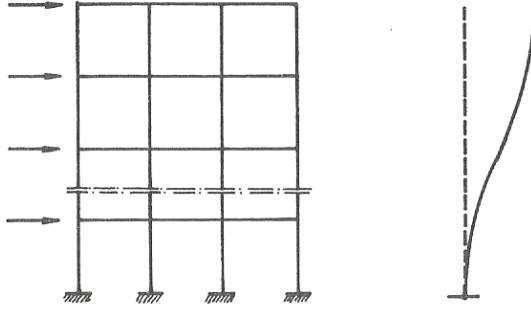
### **2. 1. Çerçeveler**

### **2. 2. Perdeler**

### **2. 3. Tüpler**

#### **2. 1. Çerçeveler**

Çerçeveler, kolon ve kirişlerin düğüm noktalarında birbirlerine moment aktarabilecek şekilde bağlanması ile elde edilen elemanlardır. Çerçeve kirişleri betonarmenin monolitik özelliğinden dolayı tablalı kesitler şeklinde ortaya çıkar. Burada tablayı döşeme oluşturur. Yatay yüklere karşı dayanımı, düğüm noktalarındaki bu elemanların rijitlikleri ile sağlanan taşıyıcı sistemlerdir. Yatay yük etkisine maruz çerçevelerde kayma şekil değiştirmesi etkin olur. ( Şekil 2.1 ) Yani elastik eğrisi bir konsol kirişin elastik eğrisi gibi değildir.



Şekil 2.1 Yatay yüklerin etkisi altında çerçeve sistemlerin şekil değişimi

Çerçevelerin yatay yer değiştirmelerini kolon ve kirişlerin eğilmesi ile kolonların eksenel şekil değiştirmesi oluşturur. Taşıyıcı sistemin yükseklik/genişlik oranı arttıkça kolon eksenel şekil değiştirmelerinin yatay yer değiştirmeler içindeki payı artar. Çerçeve elemanlarının lineer olmayan şekil değişimleri ve temel yer değiştirmeleri yatay yer değiştirmeleri önemli ölçüde arttırabilir. Ayrıca kolon eksenel kuvvetlerinin ve yatay yer değiştirmelerin oluşturduğu II. mertebe eğilme momentleri de yatay yer değiştirmeleri arttırıcı yöndedir.

Çerçeveli yapıların deprem sırasında ki davranışını daha iyi yorumlayabilmek için çerçeveyi oluşturan kolon ve kirişlerin davranış ve özelliklerini bilmek gerekir..

### 2. 1. 1. Kirişler

Kirişler , normal kuvvete göre eğilme momentinin çok daha etkin olduğu yapı elemanları olarak tanımlanır. Kiriş olarak çalışan kesitlerde eğilme momenti etkisi ile dönmeler, basınç ve çekme gerilmeleri meydana gelir.

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:

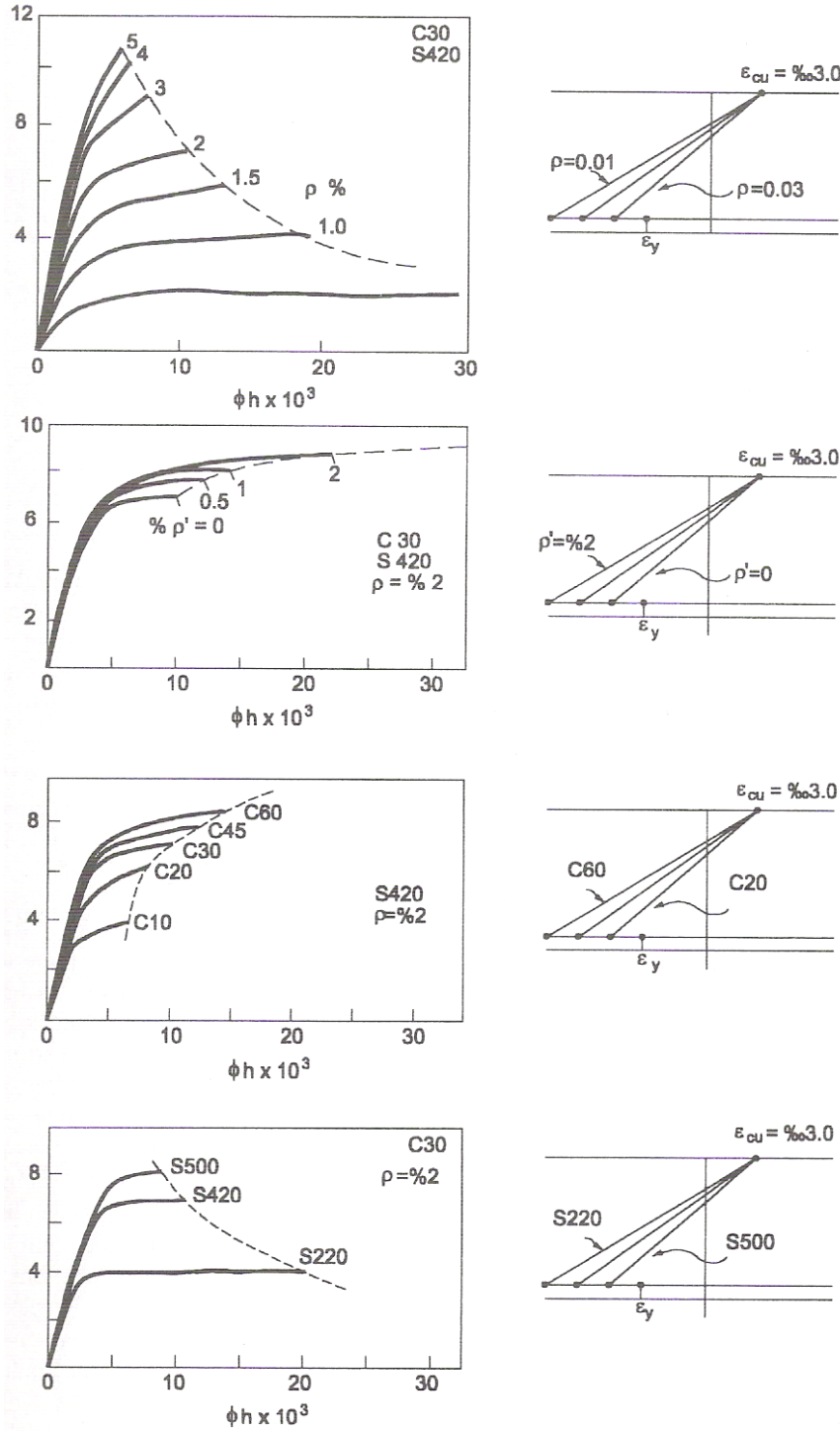
$$\mu = \phi_u / \phi_y \quad (2.1)$$

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

$$\phi_u = \epsilon_{cu} / \chi_u \quad (2.2)$$

yazılabilir. Yanal basıncın veya etriyelerin bulunması  $\epsilon_{cu}$  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 2.2' de gösterilmiştir.



Şekil 2.2 Basit eğilme etkisindeki kesitlerde moment – eğrilik ilişkisi

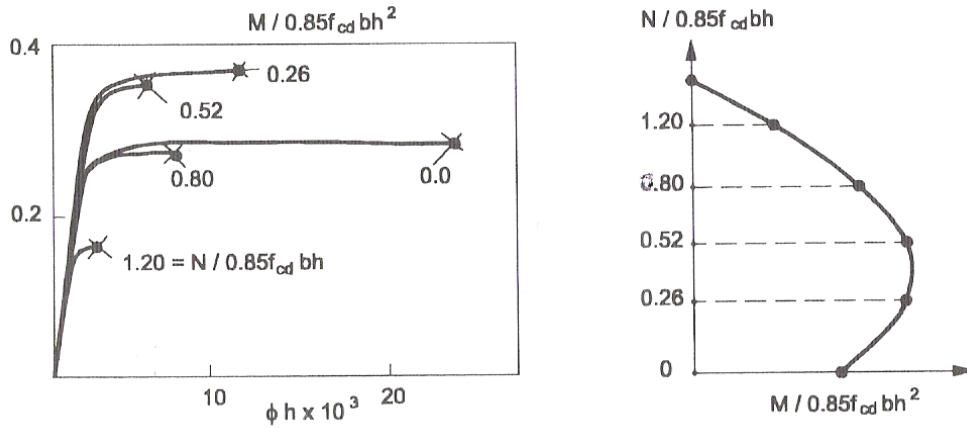
Kirişlerin düşey yükler altındaki moment diyagramı ile yatay yüklerden ötürü oluşan moment diyagramı farklılık gösterir. Aradaki en önemli fark yatay yüklerden ötürü oluşan moment diyagramı değişiminin doğrusal olması ve en fazla zorlanan kesitin kiriş ve kolonun birleştiği düğüm noktası olmasıdır. Bundan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

## 2. 1. 2. Kolonlar

Yapılarda oluşturulan çerçevenin düşey taşıyıcıları kolon olarak isimlendirilir. Ancak bu tanım normal kuvvetin eğilme momentine oranla daha etkin olduğu elemanlar kolon olarak kabul edilir denilerek genelleştirilebilir. 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 aşağıdaki Şekil 2.3 itibari ile daha kolay anlaşılmaktadır.



Şekil 2.3 Bileşik eğilme etkisindeki kesitlerde N – M - ϕ ilişkisi

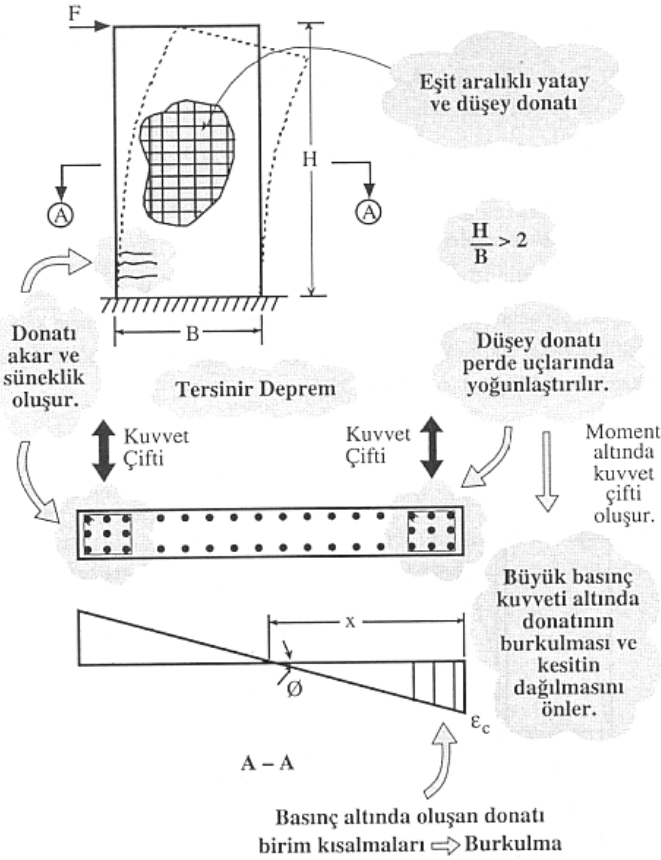
Çerçevesel yapılarda depremden meydana gelen eğilme momenti, kolonda doğrusal bir değişim göstererek, kolon alt ve üst uçlarını daha fazla zorlar. Kolonlarda betonda basınç gerilmeleri etkin olduğu için, betonun yanal şekil değiştirmesinin sınırlandırılması ile hem beton basınç dayanımında hem de süneklikte önemli artış sağlamak mümkündür. Bu amaçla bu bölgelerde etriye sıklaştırılması tavsiye edilir. Etriye sıklaştırılması ile, özellikle plastik mafsallın meydana gelebileceği bu ve benzeri bölgelerde belirli bir normal kuvvet altında kesitte dönme meydana gelirken erişilen eğilme momenti değerinde önemli bir değişiklik meydana gelmemesi amaçlanır. Yanal şekil değiştirmenin sınırlandırılması kolonun hem dayanımını ve hem de sünekliğini artırır. Yanal şekil değiştirmenin sınırlandırıldığı bölgenin büyütülmesi için, etriyelerin sık olması ve geniş kolonlarda çiroz kullanarak köşelerin oluşturulması önemlidir.

Deprem etkisinden meydana gelen kesme kuvvetinin, düşey yüklerden meydana gelenden daha etkili olduğu durumda, kesitteki kesme kuvveti dolayısı ile betonda oluşan basınç ve çekme gerilmeleri yön değiştirecektir. Kesme kuvvetinin yön değiştirmesi durumunda pliye kullanılması uygun olmadığı için, kesme kuvvetinin karşılanmasında sadece etriye kullanılması tavsiye edilir.

## 2.2. 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.

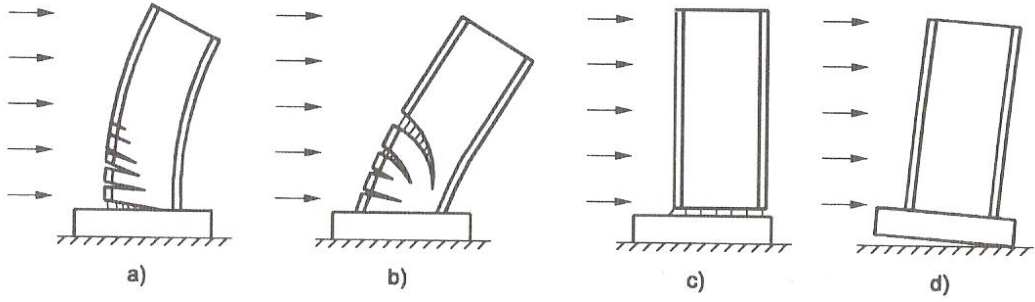
Tek başına bulunan bir perde betonarme konsol gibi davranır. Ancak, perdenin ince kesiti yanal burkulma tehlikesini hatıra getirirse de, genellikle çok katlı binadaki döşemeler, perde de yeterli bir yanal rijitlik oluşturarak bu tehlikeyi ortadan kaldırırlar. Perdelerde yatay yüklerden eğilme momenti 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.



Şekil 2.4 Yatay yük etkisindeki perdenin davranışı

Orta yükseklikteki perdelerde genellikle çok büyük kesit etkileri meydana gelmez. Bu nedenle donatısı çevreye düzgün bir şekilde dağıtılır. Ancak büyük mesnet momenti durumunda, donatı uçlarda toplanarak güç tükenmesi momenti ve eğrilği artırılabilir. Perde eğilme momenti yanında düşey yüklerden oluşan önemli bir normal kuvvet taşıyorsa, temel seviyesindeki sünekliği arttırmak için perde kesitinin başlıklarında sık etriye kullanmak tavsiye edilir. Bu durumda perde uç bölgesi etriyeleri kolonlardaki gibi düzenlenir. Düşey donatıların burkulmasını önlemek için perdelerde kolonlardan daha sık etriye gerekebilir. 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.

Perdelerde dört çeşit güç tükenmesi biçimi mevcuttur(Şekil 2.5).



Şekil 2.5 Perdelerde güç tükenmesi durumları

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

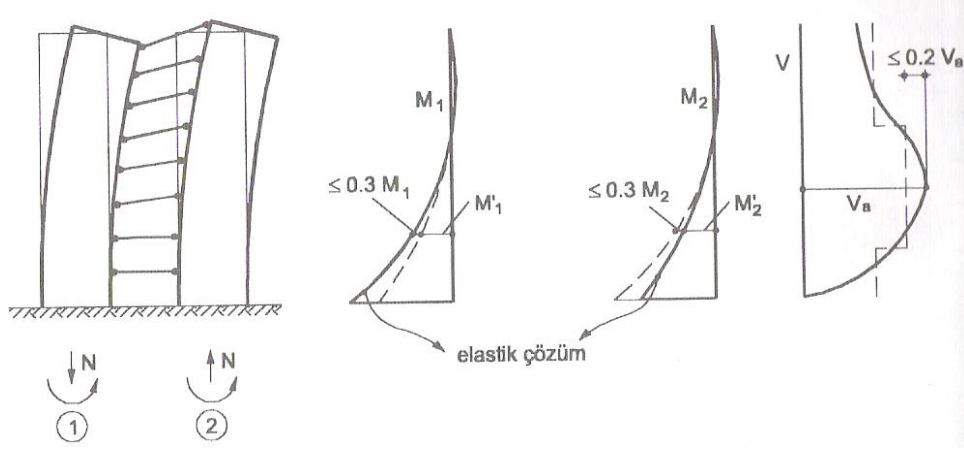
Kayma güç tükenmesi sünek olmayan bir olay olduğu için elden geldiği kadar bunun önlenmesi gerekir. Bu amaçla, donatının pekleşmesini de göz önüne alacak şekilde hesaplanan kesit eğilme dayanımının üstünde kalacak bir düşey ve yatay kayma donatısının öngörülmesi ve bunun eğilme güç tükenmesinden önce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

Perdelerde bırakılan boşluklardan veya iki perdenin bağ kirişleri ile birleştirilmesinden beraber çalışan perde duvarları meydana gelir. Perde ile bağ kirişlerinin rijitliklerinin birbirinden çok farklı olması, normal çerçeve çözümlemesinde göz önüne alınmayan etkilerin hesaba katılmasını gerektirir. Bu tür

perdelerin çözülmesi, bağ kirişlerinin yükseklik boyunca düzgün dağılan sürekli bir bağ olarak alınması ile de yapılabilir. Bağ kirişleriyle birleştirilmiş iki perdeli bir sistemde, dış kuvvetlerin mesnette oluşturduğu devirme momenti, perdelerde oluşan eğilme momentleri ile meydana gelen kuvvet çifti tarafından beraberce karşılanır.

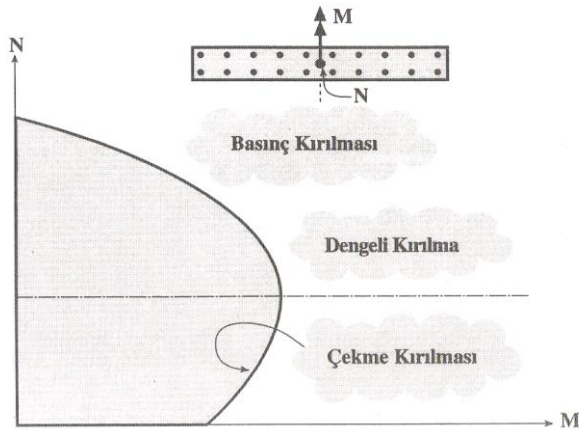
$$M_o = M_1 + M_2 + N \cdot l \quad (2.3)$$

Burada N eksenel kuvvetinin değeri bağ kirişlerinin perdeye göre olan rölatif rijitliklerine bağlı olarak değişir (Şekil 2.6).



Şekil 2.6 Bağ kirişli perdede dış yükler altında oluşan reaksiyonlar ve kesit zorlarının yükseklik boyunca değişimi.

Perdeler arası bağ kirişleri ayrıca iki perde sisteminin rijitliğini artırarak yanal yer değiştirmeleri azaltırlar. Bağ kirişinin rijitliğinin artırılması ile bağ kirişlerinde eğilme momentleri büyürken, perdeler arası etkileşim artar ve perde kesitlerinde meydana gelen normal kuvvetle daha büyük momentin taşınması mümkün olur. Ancak rijitliğin artırılması ile periyodun azalacağı ve deprem yüklerinin artabileceği unutulmamalıdır. Perdeler arası etkileşim bağ kirişleri yanında döşeme tarafından da sağlanır. Perdeler konsol kiriş davranışından dolayı, üst katlarda çerçevelere göre daha fazla yer değiştirme ve dönme yaparlar (Şekil 2.7).

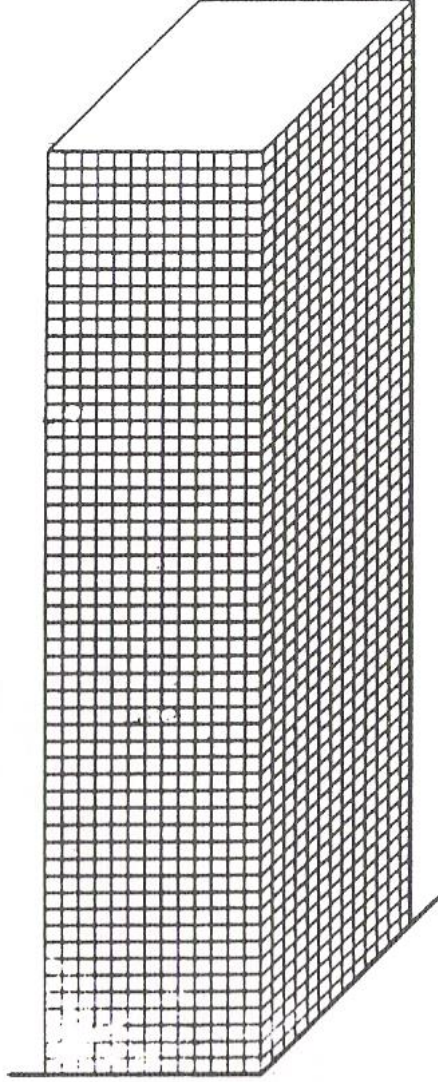


Şekil 2.7 Bileşik eğilme etkisindeki perdelerde N – M ilişkisi

Perdelerde boşlukların oluşturulması, onların taşıma güçlerini azaltırken sünekliklerini arttırır. Perdeler ister boşluklu ister boşluksuz olsun konsol kiriş gibi davrandıklarından 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 arttırılması tavsiye edilir.

### 2. 3. Tüpler

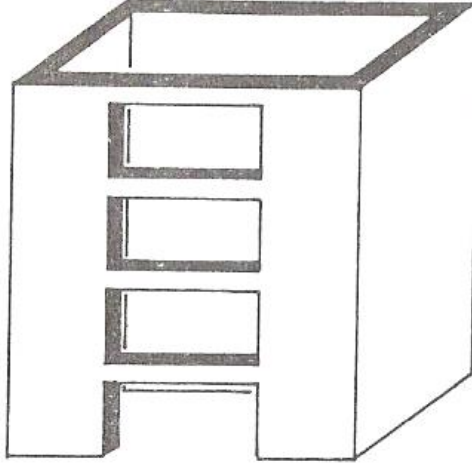
Bu tip yatay yük taşıyıcı elemanlar yapının dış yüzüne yerleştirilen kolonlar ve bu kolonları kat seviyelerinde bağlayan kirişlerden oluşan elemanlardır (Şekil 2.8). Eğilme momentleri bu kesitleri oluşturan küçük aralıklı dış kolonlarda aksel kuvvetler, bağlantı kirişlerinde de kesme kuvvetleri oluşturur.



Şekil 2.8 Tüp sistemi oluşturan elemanlar

Çerçeve tüpü oluşturan kolon ve kiriş elemanların elastikliği sonucu, yatay yük doğrultusuna dik doğrultudaki duvarlarda kayma gecikmesi etkileri nedeniyle bu duvarlarda köşelerden yeteri kadar uzaktaki kolonların eğilme momentleri altında, köşeye yakın kolonlar kadar yüklenmediği düşünülebilir. Bu durumu hesaba katmak için, planda biçimi iki ayrı U kesitten oluşan bir eşdeğer t p tanımlamak uygundur. Bu kesitlerin başlıklarını, bu duvarların köşeye yakın kolonlarını bulunduran parçalar oluşturur.

Tüpler bina çevresine konulan sık aralıklı kolonlar ve bunları kat seviyelerinde birbirine bağlayan derin kirişlerden oluşabileceği gibi binadaki merdiven ve asansör boşluklarının etrafı çevrilerek oluşan ince cidarlı profil  elik çubuklara benzer şekilde de elde edilebilirler (şekil 2.9).



şekil 2.9 Merdiven ya da asansör boşluklarının etrafı çevrilerek oluşturulan tüpler

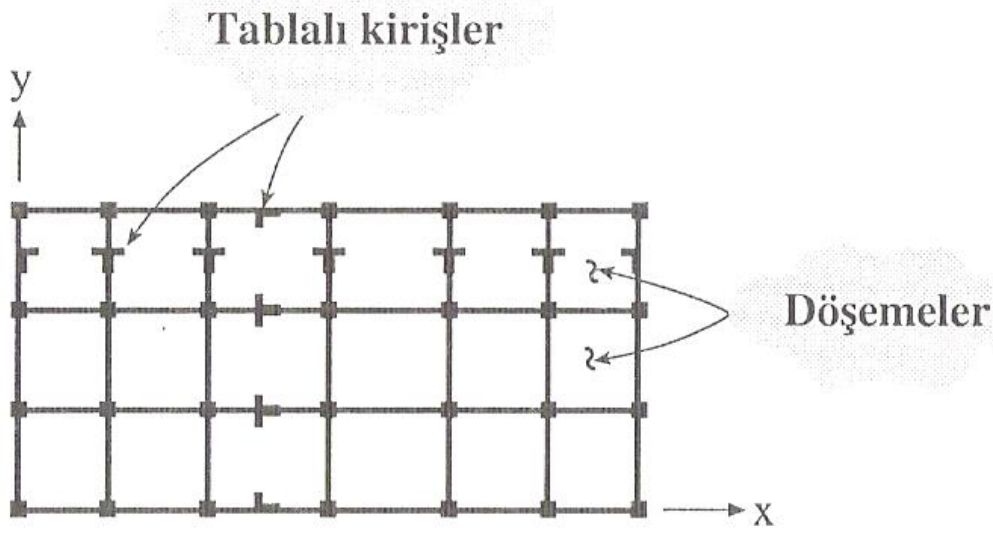
### 3. YATAY YÜK TAŞIYICI SİSTEMLER

Yatay yük etkisindeki yapılara önceki bölümde bahsedilen olduğumuz yatay yük taşıyıcı elemanların, yalnızca herhangi bir tanesinden oluşan taşıyıcı sistemler seçilebileceği gibi, bunların herhangi bir birleşiminden oluşan taşıyıcı sistemler de seçilebilir.

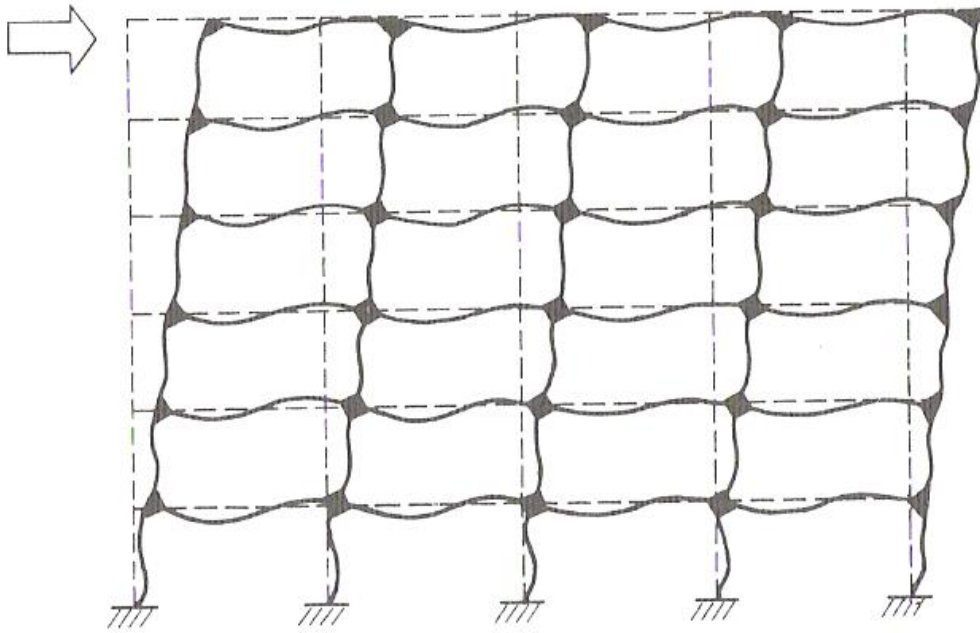
Genel olarak yapı yüksekliği arttıkça boyutlandırmada, yapının dayanımı yanında yatay yükler altındaki yer değiştirmelerin de sınırlandırılması gereği belirleyici olmaktadır.

#### 3. 1. Çerçeve Sistemler

Kiriş ve kolonların meydana getirdiği en basit çok serbestlik dereceli taşıyıcı sistem düzlem çerçeve olarak görülebilir. Başka bir deyişle düşey yüklerin tamamını veya bir kısmını, kiriş ve kolonların eğilme ve eksenel dayanımları ile taşıyan ve rijit düğüm noktalarına sahip bir taşıyıcı sistem ‘çerçeve’ olarak tanımlanabilir. Genellikle kolonların yatay yer değiştirme yapabildikleri ve düşey doğrultuda boy değişmedikleri varsayılır. Yapının mesnetlerinde yere rijit olarak bağlı olduğu da yapılan diğer önemli bir kabuldür. Çerçeve rölatif kat yer değiştirmesi rijitliğine kolonlardaki eğilme momenti şekil değiştirmesi yanında kolonların iki ucunun dönmesi de etkili olur. Kolon uçlarının dönmesi, kolonun iki uça bağlandığı kirişlere göre olan rölatif rijitliği ile artar. Rijitliği küçük olan kirişlere bağlı olan kolon ucu, mafsallı mesnetlenmeye yakın biçimde kolayca dönebilirken, rijitliği büyük kirişlere bağlı kolon ucu, ankastre mesnetlenmeye yakın davranış gösterir. Kolonun eğilme şekil değiştirmesinden doğan yatay yer değiştirme ise eğilme rijitliğine bağlı olarak ortaya çıkar. Kolondaki eğilme momenti kesme kuvveti ile doğrudan ilişkili olduğundan kolon uçlarının relatif yer değiştirmesi kolonun öteleme rijitliğine ve kolon kesme kuvvetine bağlanabilir. Bu durum çerçeveyi oluşturan kolonların yatay yer değiştirmesinde kesme kuvvetinin etkili olduğunu gösterdiğinden ‘Kayma Çerçevesi’ tanımı yapılarak hesaplar basitleştirilebilir. Şekil 3.1 ’ de tipik bir düzlem çerçeve ve bu çerçevenin yatay yük etkisindeki davranışı gösterilmiştir.



a. Plan



b. Kesit

Şekil 3.1 Kolon ve kirişlerden oluşan bir çerçeve sistem

Kirişleri rijit olan düzlem çerçevelerde kat kesme kuvveti kolon rijitlikleri oranında kolonlar tarafından paylaşılır. Genel olarak bir kolonun öteleme rijitliğinin oluşmasına çerçevenin diğer tüm elemanları etkili olurlar. Ancak kolona doğrudan bağlanan kirişlerin rijitlikleri kolon öteleme rijitliğinin oluşmasında çok daha fazla etkilidir. Bu kabulden hareket edilerek geliştirilen Muto Yöntemi ve benzeri yaklaşımların uygulanabildiği çerçevelerde katlar, kat yanal rijitliklerine ve kata

etkiyen kesme kuvvetine bağırlı rölafif yer değıştirmeler yaptıkları için bu tür çerçevelerde kayma çerçevesi olarak alınabilir.

Betonarme çok katlı yapılara çerçeve tipi taşıyıcı sistem seçerken dikkat edilmesi gerekli özelliklerden bir tanesi kolonların en az iki doğrultuda kirişlerle bir çerçeve oluşturmak üzere bağlanması gerektiğidir. Aksi durumda kolonun bağlanmadığı doğrultuda yeterli rijitlik yoksa ikinci mertebe etkileri ve burkulma sorunları ortaya çıkabilir.

Çerçevesli sistemlerden oluşan çok katlı yapılar, kat sayısı yaklaşık 15 oluncaya kadar kullanılabilirler. Kat sayısının 15'i geçmesi ile yatay yüklerin oluşturduğu zorlamalar ( ötelenme miktarları ve yük etkileri ) salt çerçeve sistemin karşı koyamayacağı düzeylere ulaşır. Yatay kuvvetlere karşı koyabilmek için kolon ve kirişlerin aşırı derecede büyük kesitli ve donatılı yapılmaları gerekir. Bu yapıldığı takdirde ise mimari amaçlar ve yapı ekonomisi olumsuz yönde etkilenir. Bu nedenle yüksek yapılarda sadece çerçevelerin rijitleştirici olarak kullanılması uygun olmaz.

Özellikle deprem zorlamaları altında, moment direnci olan çerçevesli yapıların projelendirilmesinde, aşağıdaki noktalara dikkat edilmelidir:

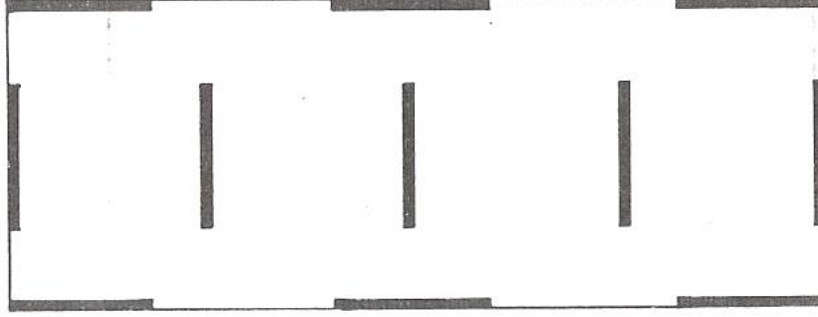
- a.** Çerçeveler moment direnci olacak şekilde projelendirilmelidir. Bu kolon kiriş birleşim bölgelerinin donatı detaylandırılmasındaki özene bağılıdır.
- b.** Düzlem çerçeveler planda birbirlerine dik olacak şekilde yerleştirilmelidir.
- c.** Düzlem çerçeveler birbirlerine, kat düzeylerinde etkin bir diyafram görevi yapan döşeme plağı ile bağlanmalıdır.
- d.** Yatay deprem kuvvetleri altında çerçevede oluşabilecek plastik mafsalların kirişlerde oluşmaları sağlanmalı ve böylece süneklik sağlanmalıdır.
- e.** Kolon-kiriş birleşim bölgeleri özenle detaylandırılmalıdır.

### **3. 2. Perdeli Sistemler**

Perdeli bir yapının taşıyıcı sistemi çeşitli doğrultularda birbirine paralel, yatay yüklere karşı yeterli bir rijitlik sağlayan ve aynı zamanda düşey yük de taşıyan perdelerden oluşur.

İki veya daha fazla perde kiriş veya döşeme ile birbirine bağlandığı zaman oluşan sistemin toplam rijitliği perdelerin teker teker rijitliklerinin toplanması ile elde edilenden büyük olur. Bunun nedeni döşeme veya kirişte bireysel düşey konsol davranışları sınırlandırılan perdelerin beraber çalışmasıdır. Perdeler diğer fonksiyonel gereksinimlerle uyum içinde bulunup yeterli yüksekliğe sahip olursa 30 ila 40 katlı yapılarda ekonomik bir biçimde yatay yüklere dayanırlar. Buna karşın perdelerin kendi düzlemleri içerisinde yatay yük taşıma kapasiteleri yüksektir.

Bundan ötürü perdelerin binanın her iki doğrultusunda da yerleştirilmesi gerekir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 Perdeli bir sistem planı

Yatay yük doğrultusuna göre simetrik olarak perdelerden oluşturulmuş bir taşıyıcı sistemde, perdelerin rölatif rijitliklerinin tüm yapı yüksekliğince sabit kalması durumunda her bir perdenin katlarda kat kesme kuvvetinden alacağı pay, o perdenin o kattaki perdeler ile boşluklu perdelerin rijitliklerine göre olan relatif rijitliğine bağlıdır.

### 3. 3. Perde – Çerçeve Sistemler

Kat sayısının yaklaşık 15' i geçmesi ile yatay yükler çerçevede kabul edilemez ötelenmeler oluşturmaya başlarlar. Kolon – kirişli çerçeve sistemleri artık yeterli yatay rijitlik sağlayamazlar. Soruna perde sistemlerin kullanılması ile bir çözüm bulunabilir.

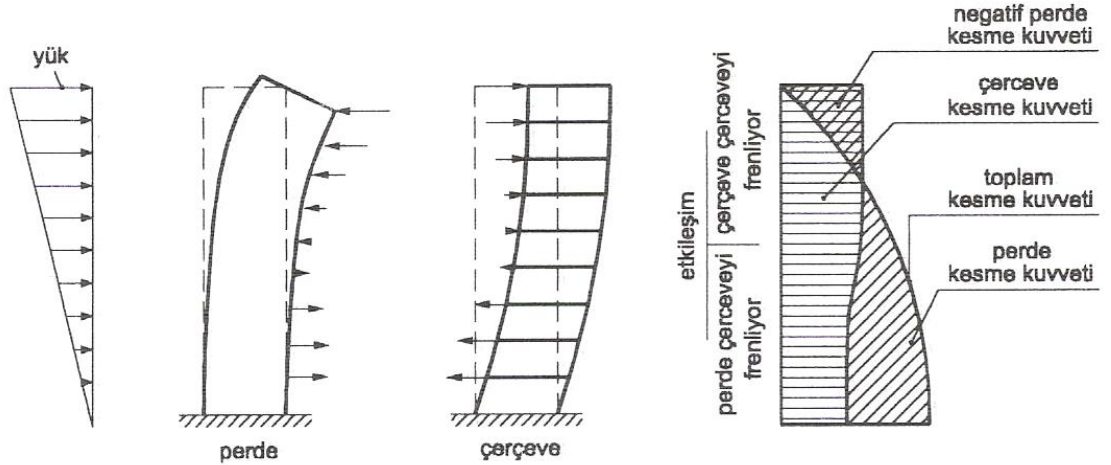
Perdeler yatay yüklerin karşılanmasında çerçevelerle beraber veya yalnız başlarına kullanılırlar. Perde tek başına konsol bir kiriş davranışı gösterir. Tek başına duran bir perde de narin olması nedeni ile yanal stabilite sorunu ortaya çıkabileceği düşünülürse de, sistem içinde bulunan perdenin yanal stabilitesi kat döşemelerinin rijitleştirici etkisi ile sağlanır. Perdeler; yatay yüklerden oluşan eğilme momenti ve kesme kuvveti yanında düşey yüklerden meydana gelen normal kuvvetin etkisi altındadır.

Çerçevenin yatay yer değiştirmesinde kat kesme kuvvetleri etkili olur. Üst katlarda, çerçeve kat kesme kuvveti küçük, yatay öteleme rijitliği de küçüktür. Alt katlarda ise durum tersine oluşur. Kat kesme kuvveti büyürken, yatay öteleme rijitliği aynı oranda artmaz. Alt katlarda, kat kesme kuvvetinin öteleme rijitliğine oranı üst katlardakine oranla daha büyük olduğu için, alt katlarda katlar arası rölatif yatay yer değiştirme (veya yer değiştirme eğrisinin eğimi) üst katlara oranla daha büyük olur. Buna karşılık konsol kiriş davranışı gösteren perde de yatay yer değiştirme eğimi sıfırdan başlayarak üst katlara ilerledikçe artar. Bu tür iki farklı davranış sergileyen

perde ve çerçeve sistemin beraber yük taşımaları durumunda, yapı yüksekliğinin yeteri kadar büyük olması halinde, alt katlarda perde, çerçevenin yanal ötelenmesini sınırlarken, üst katlarda perdenin yatay ötelenmesi çerçeve tarafından sınırlandırılır. Şekil 3.3. Bunun sonucu olarak üst katlarda negatif kesme kuvveti oluşabilir. Özellikle çok katlı yapılarda söz konusu olan bu durum, perde ve çerçevenin öteleme rijitliklerine bağlıdır. Kat sayısı az olan yapılarda, perde çok rijit ise, çerçevenin yatay yer değiştirmesi perde tarafından sınırlandırılır ve yatay yükün büyük bir kısmı perde tarafından taşınır. Buna karşılık perdenin normal kuvvetine, rijitliğinden daha çok, kat planı üzerindeki etkili alanın büyüklüğü belirleyici olur. Bu nedenle kolonlara göre perdelerde eğilme momenti çok daha fazla etkili olur.

Yatay yüklerin etkisindeki sık kolonlar ve bunları birbirine bağlayan derin kirişlerden oluşan çerçeve çoğunlukla eğilme modunun etkin olduğu bir perde gibi davranmaya çalışırken, benzer şekilde bir perde de içerisinde katlar boyunca bırakılan boşluklardan ötürü kayma modu etkin olan bir şekil değiştirme gösterebilir.

Perde – çerçeve sisteme sahip bir yapının matematik modelinde perde ve çerçeve elemanında Şekil 3.3 ' de gösterildiği gibi bir kuvvet dağılımının olabilmesi için:



Şekil 3.3 Perde – çerçeve sistemlerinin yatay yük altındaki etkileşimi

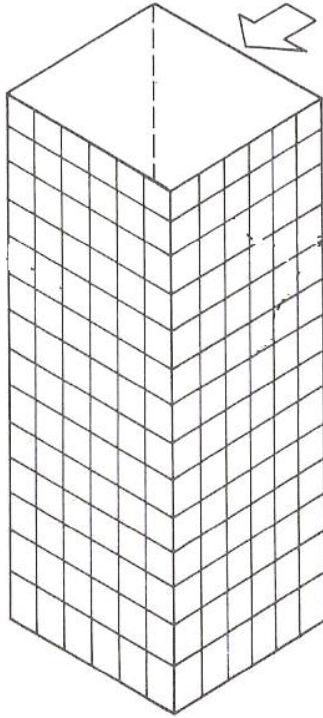
- a. Hem perde hem de çerçevenin tüm bina yüksekliğince sabit rijitliğe sahip olması,
  - b. Eğer rijitlik bina yüksekliğince değişkense, çerçeve ve perdelerin rölatif rijitliklerinin sabit olması,
- gerekir.

### 3. 4. Dış Tüp Çerçeveler

Perde duvarların kullanılması ile artan yatay ötelenme rijitliği, yaklaşık 30 kata kadar, yatay ötelenmeleri ve zorlamaları, pratikte istenilen sınırlar içinde tutabilir. Ancak, yapı yüksekliğinin daha da artması ile, perde-çerçeve sistemleri yeterli yatay

rijitliği sağlayamazlar ve bunun sonucu olarak yapı ekonomik olarak çok pahalı ve / veya inşaat teknoloğisi için zorlayıcı olmaya başlar.

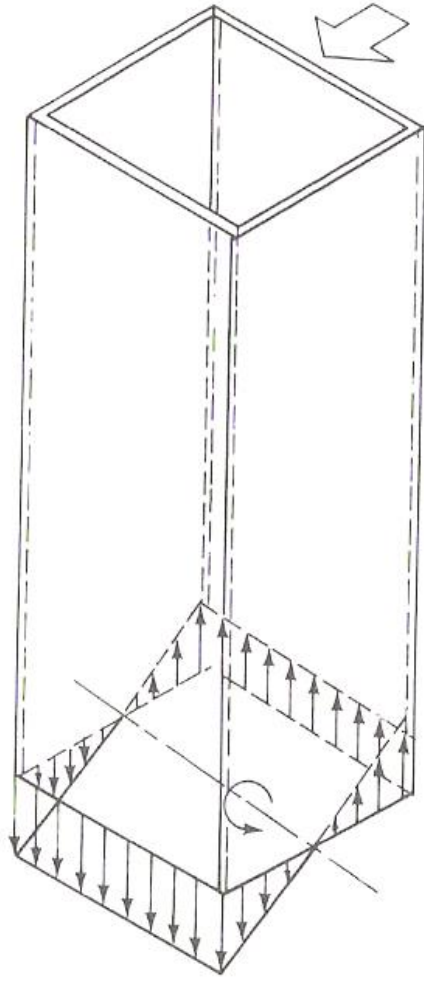
Tamamen perde sistemine güvenmek yerine, yapı çevresine yerleştirilen yük taşıyıcı ve yatay rijitlik sağlayıcı elemanların kullanılmasıyla tp ereve yapı sistemleri geliştirilmiştir. Yapı planı çevresine sık aralıklarla kolonlar yerleştirilir ve bu kolonlar kat düzeylerinde derin kirişlerle birbirine, kuşaklama etkisi sağlayacak şekilde bağlanır (şekil 3. 4). Kolon aralıkları 1.0 m – 3.0 m arasında değişebilir. Yapının tüm plan geometrisi ve yüksekliği gözönüne alınarak, kolon aralıkları 4.5 m – 5.0 m’ ye kadar arttırılabilir. Kolonları kuşaklama bağlayan kirişlerin yüksekliği 60 cm – 120 cm , genişlikleri ise 25 cm – 100 cm arasında değişebilir.



şekil 3.4 Dış tp sistem

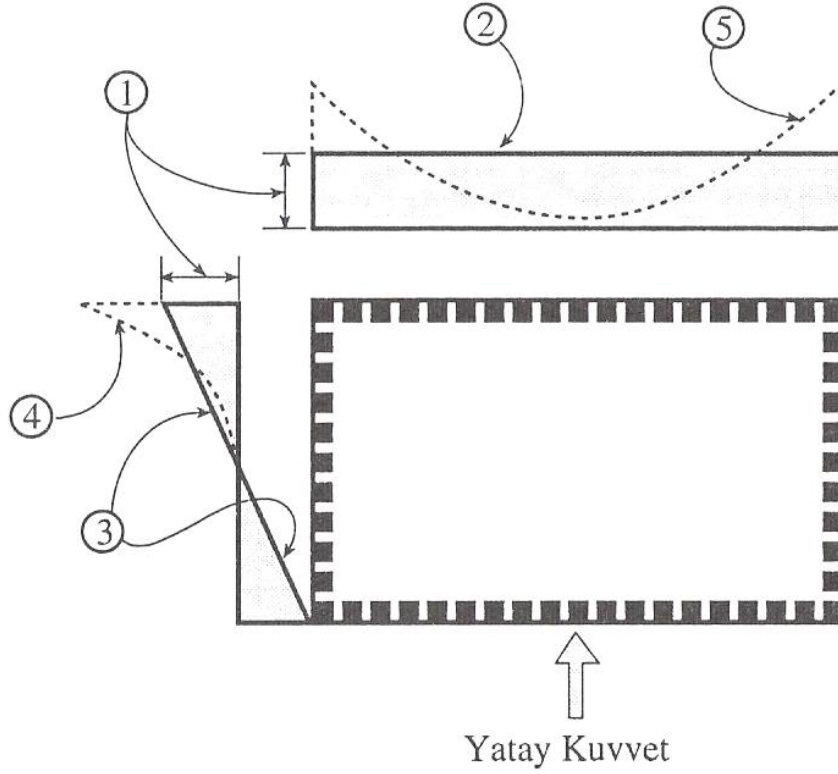
Tp sistemlerin uygulandığı yapılarda kolon aralıkları ve kiriş boyutları, mukavemet yerine, gerekli yatay ötelenme rijitliği tarafından belirlenir.

Tp ereve taşıyıcı sistem, perde duvarların konsol kiriş davranışı ile, çerçeveli sistemlerin kayma kirişi davranışını birleştirmektedir. Yatay yüklerin oluşturduğu devrilme momentleri, yapının çevresinde oluşturulan tp tarafından karşılanmakta ve kuvvet çifti etkisi ile kolonlarda basınç ve çekme kuvvetleri oluşturmaktadır (şekil 3.5). Yatay kuvvetleri dengelemek için gerekli kesme kuvvetleri ise, yatay kuvvet doğrultusundaki kolon ve kirişlerin deformasyonları ile sağlanmaktadır. Yapının alt katları ve st katları hariç tutulursa, kolon kesme kuvvetleri hesabında büküm noktalarının tam kolon ortasında oluştuğu kabul edilebilir.



Şekil 3.5 Devrilme momenti etkisiyle tüp sistemi oluşturan kolonlarda oluşan eksenel kuvvetlerin değişimi

Tüm tüp çerçevenin devrilmeye karşı hesabı yapılırken, sistemin tüp kesitli konsol bir kiriş gibi davranmaya zorlanması önem kazanır. Yapı sistemi kat düzeylerinde yatay diyaframlarla bölünmüş içi boş tüp bir konsol kiriş gibi düşünülebilir. Ancak , tüp yapının basınç ve çekme bölgelerini birbirine bağlayan elemanlar, pencere boşlukları tarafından bütünlüğü bozulduğu için, boşluksuz dolu gövdeli bağlama elemanları kadar etkin değildir. Gerçekte pencere boşlukları, yatay yüke paralel dolu gövdeli iki yan duvarı delerek, taşıyıcı sisteme bir çerçeve görünümü kazandırmaktadır. Bunun sonucu olarak, basınç ve çekme bölgelerini bağlayan duvarlar salt konsol kiriş davranışlarından uzaklaşarak, doğrusal olmayan bir kuvvet dağılımına yol açmaktadır (Şekil 3.6)

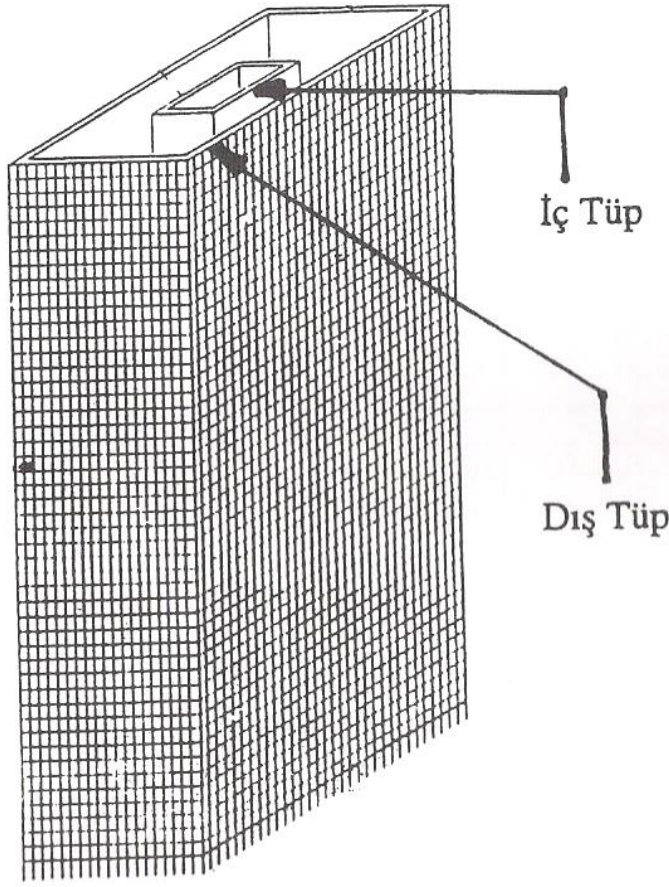


1. Yalnız yatay kuvvet etkisi ile oluşan kolon aksenal kuvveti
2. Konsol kiriş etkisi altında kolon aksenal kuvvetleri
3. Konsol kiriş etkisi altında kolon aksenal kuvvetleri
4. Kayma gecikmesi etkisi altında gerçek kolon aksenal kuvvetleri
5. Kayma gecikmesi etkisi altında gerçek kolon aksenal kuvvetleri

Şekil 3.6 Yatay yük etkisindeki bir dış tüp sistemde oluşan aksenal kuvvetler

### 3. 5. Dış Tüp – İç Tüp Sistemler

Yüksek yapıların döşeme plağının ortasında, genellikle, asansör, merdiven, mekanik araç-gereçleri toplayan çekirdek bir alan bulunur. Bu çekirdek alanın çevresi perde duvar ile kapatılır ve bu perde duvar yapı yüksekliğince devam ettirilirse, bir çekirdek perde sistemi oluşturulmuş olur. Yapı çevresine de sık aralıklarla kolonlar yerleştirilir ve her kat düzeyinde derin kirişlerle birbirine bağlanırsa , bir dış tüp çerçeve elde edilir. Dış tüp ve iç tüp, diyafram işlevi gören kat döşemeleri ile birbirine bağlanırsa, bir bütün olarak çalışan bir ‘dış tüp – iç tüp’ yapı sistemi oluşturulmuş olur (Şekil 3.7)



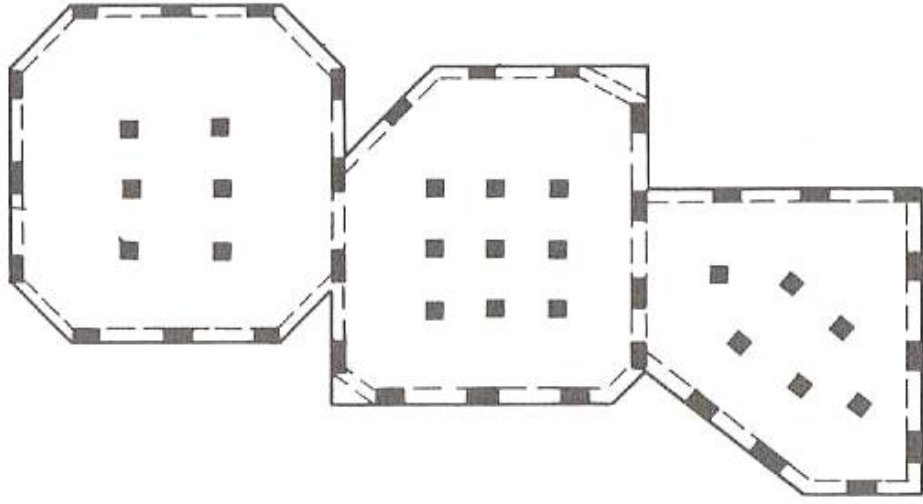
Şekil 3.7 Dış tüp – iç tüp sistem

Dış tüp – iç tüp yapı sistemleri, çerçeve tüp sistemlerin yatay yük taşıma etkinliğini arttıırırlar. İç çekirdek perdenin kullanılmasıyla, çerçeve tüpün sergilediği çerçeve davranışı (kayma kirişi deformasyonu) büyük ölçüde giderilmiş olur. Dış tüp – iç tüp sistemleri, perde – çerçeve sistemlerine benzer yanal ötelenme gösterecektir. Çekirdek perde ve yatay yük doğrultusuna paralel yanlardaki dış çerçeveler, birlikte çalışırlar. Basınç ve çekmeye çalışan (alt ve üst başlıklar) kolonlarda eksenel deformasyonlar, ek yanal ötelenmeye yol açarlar.

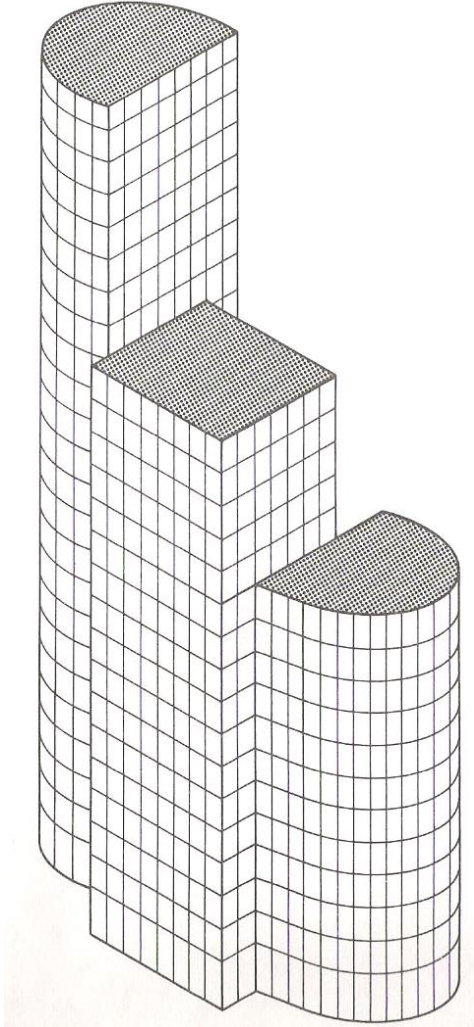
### 3. 6. Demet Tüp Sistemler

Bu tip sistemlerin kullanılması altında yatan prensip iki ya da daha fazla bağımsız tüp sistemi bir araya toplayarak kayma gecikmesi etkilerini azaltmaktır. Kayma gecikmesi etkisindeki azalma sistemde eğilme etkisinin hakim olmasını sağlar.

Tüp demeti, çok hücreli bir tüpü oluşturmak üzere çeşitli tüplerin bir araya getirilmesi ile oluşturulmuş bir taşıyıcı sistem olarak da düşünülebilir (Şekil 3.8). Böyle bir sistemde yapı rijitliği önemli ölçüde artmaktadır. Bu tip taşıyıcı sistemin kullanılmasıyla en büyük yapı yüksekliğine ve en geniş kullanım alanına ulaşılmıştır.



a. Plan



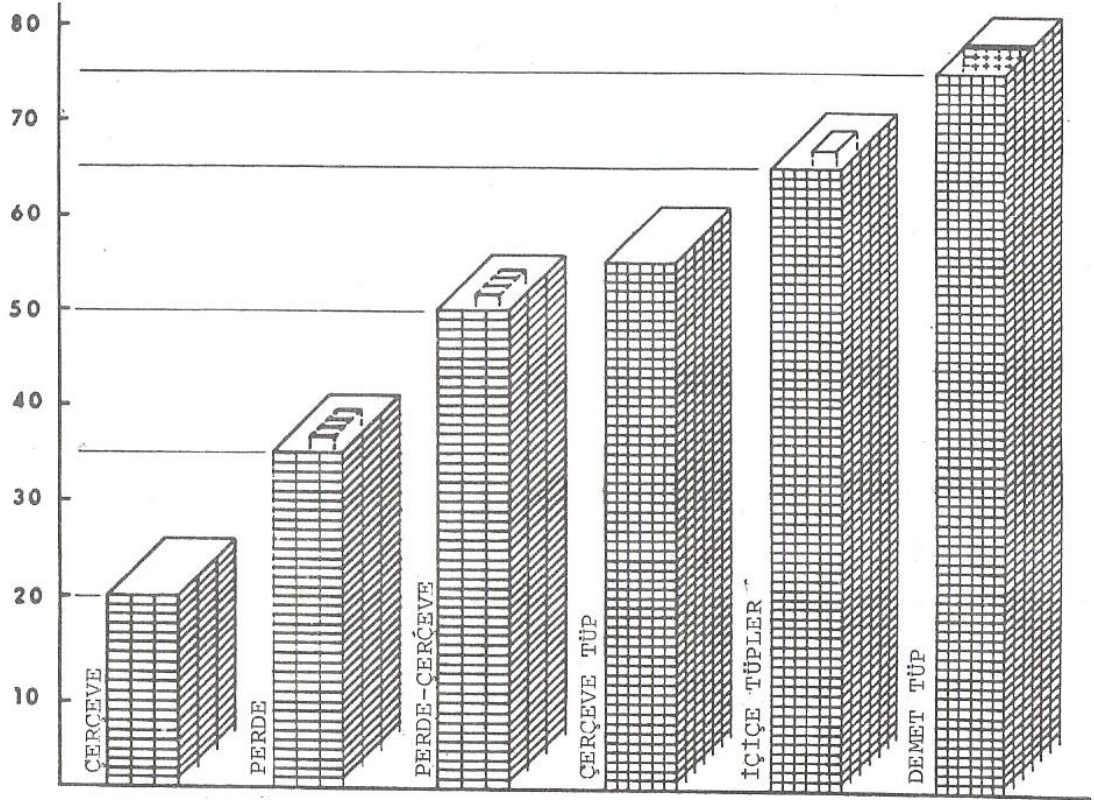
b. Görünüş

Şekil 3.8 Demet tüp taşıyıcı sistem plan ve görünüşü

### 3 . 7. Yatay Yük Taşıyıcı Sistemlerin Kat Yüksekliğine Göre Karşılaştırılması

Daha önce belirtilmiş olduğu gibi yapı yüksekliğinin artması ile yatay yükler gittikçe önem kazanmakta ve belirli bir yükseklikten sonra yapı dizaynını etkilemeye başlamaktadır. Başka bir deyişle, yüksekliği az yapılar için öncelikle düşünülen ve kesit boyutlarını belirlemekte başlıca etken olan düşey yükler, önem sırasını yatay yüklere bırakmaya başlarlar.

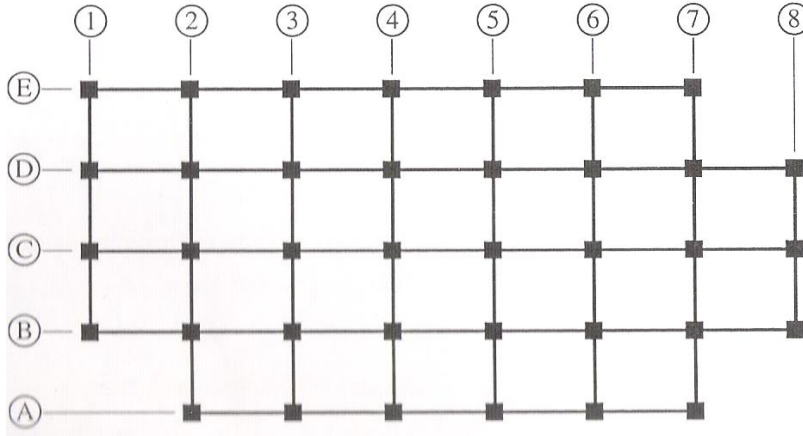
Buraya kadar anlatılanları baz alarak taşıyıcı sistemler ve ulaşılabilir kat sayıları ile ilgili Şekil 3.9 dikkate değerdir.



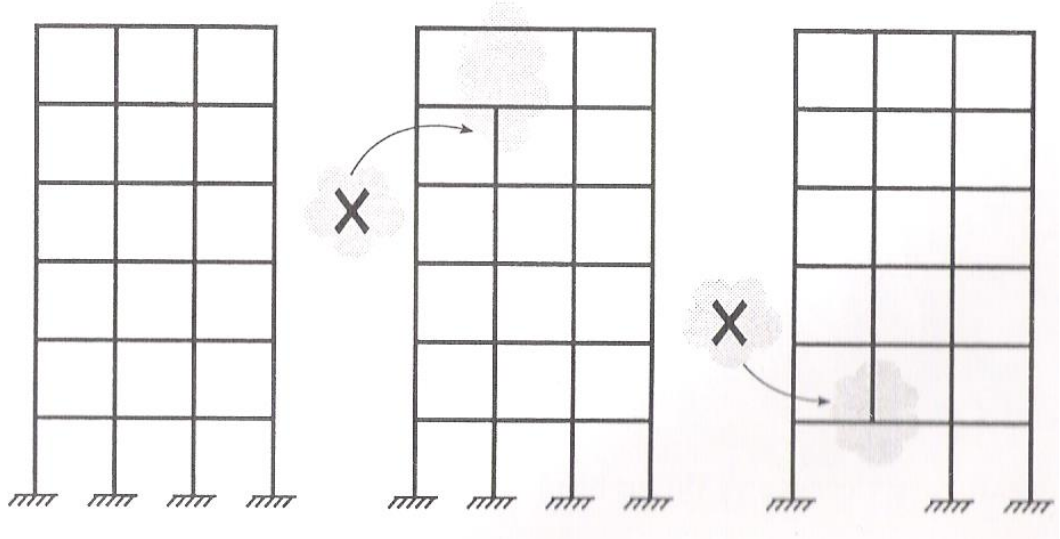
Şekil 3.9 Yatay yük taşıyıcı sistemler ile ulaşılabilir ideal kat yükseklikleri

#### 4. TAŞIYICI SİSTEM SEÇİMİNDE DİKKAT EDİLMESİ GEREKLİ HUSUSLAR

a. Taşıyıcı sistemin düzenlenmesinde her iki doğrultudaki yatay yükleri karşılayacak çerçevelerin meydana getirilmesi, bu etkilerin güvenli bir şekilde karşılanması bakımından gereklidir. Taşıyıcı sistemin iki doğrultudaki eksenlerinin kesim noktalarında kolonların bulunması ve kirişlerin kolonlar ile dış merkezlik olmadan birleştirilmesine özen gösterilmelidir (Şekil 4.1). Bunun gibi kolon ve perdelerin süreksizliğe uğramadan temelden en üst kata kadar devam ettirilmesi, yatay yüklerin karşılanmasındaki belirsizliği önlemek bakımından daima tercih edilmelidir (Şekil 4.2).



Şekil 4.1 Her iki doğrultuda da düzenli çerçevesi oluşturulmuş taşıyıcı sistem



Şekil 4.2 Çerçeve sürekli ve süreksiz kolonların bulunması durumu

**b.** Taşıyıcı sistemin, yükleri en kısa yoldan zemine aktaracak şekilde düzenlenmesi, böylece, örneğin burulma gibi, dolaylı mesnetlenmenin oluşturacağı bazı ek etkilerin meydana gelmemesi için çaba harcanması yararlıdır.

**c.** Depremde en çok zorlanan yerlerden birisi kiriş – kolon birleşim bölgeleridir. Burada donatının düzenine, kenetlenmenin sağlanmasına ve kolonda etriyelerin devam etmesine özen gösterilmelidir. Bu bölgede donatının sıklığı nedeni ile betonun yerleştirilmesinin zor olduğunu göz önüne alarak, gerekli tedbir alınmalıdır. Bunun gibi, kolon ve kirişlerin birleşim bölgelerine yakın sarılma bölgeleri deprem etkisinde daha fazla zorlanacağı için etriyelerin sıklaştırılması ile buradaki betonun hem dayanımının ve hem de sünekliğinin artması sağlanır. Böylece deprem etkilerinin sebep olacağı hasarda düşük düzeye indirilebilir.

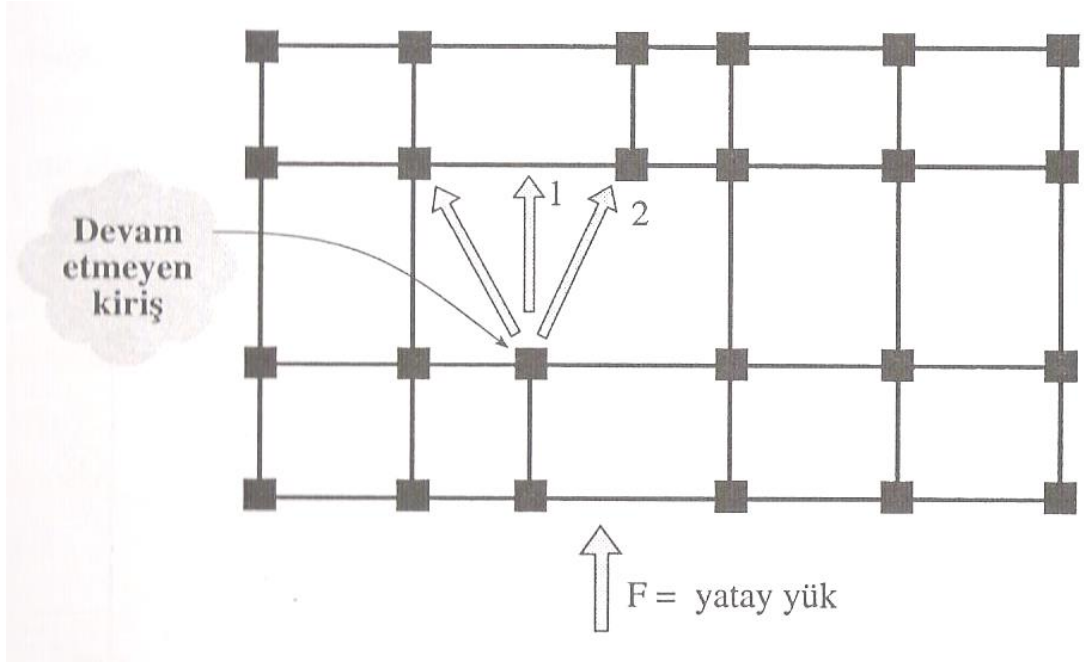
**d.** Deprem zorlaması en fazla alt katlarda etkili olacağı için, buradaki kolon düzenine önem verilmeli, görünüş ve kullanım gerekleri ile ani rijitlik değişikliğine gidilmemelidir. Zemin katın dükkan, vitrin veya benzeri şekilde düzenlenmesi durumunda bölme duvarlarının önemli derecede azalacağı düşünülerek kolon kesitlerinin arttırılmasına gidilmeli veya yönetmelikte tanımlanan ve bölme duvarların etkisini de hesaba katan dayanım düzensizliğinin çıkmaması için gayret gösterilmelidir.

**e.** Taşıyıcı sistemde, rijitlik ve dayanımın düzgün bir şekilde dağıtılmasıyla depremden meydana gelebilecek hasarların bazı bölgelere yoğunlaşmadan tüm yapıda düşük düzeyde dağılı olarak ortaya çıkacağı unutulmamalıdır. Betonun yeterince sünekliğe sahip olabilmesi için öngörülen dayanımda olması gerekir.

**f.** Taşıyıcı sistemin planda simetrik olarak düzenlenmesi, depremden ortaya çıkacak etkilerin gereksiz artmasını önler. Yapılarda kütlesi büyük olan katların zemine yakın düzenlenmesi ile, toplam taban kesme kuvveti azalacağı gibi, deprem sırasında meydana gelecek atalet kuvvetlerinin yapıyı daha az zorlaması da sağlanır.

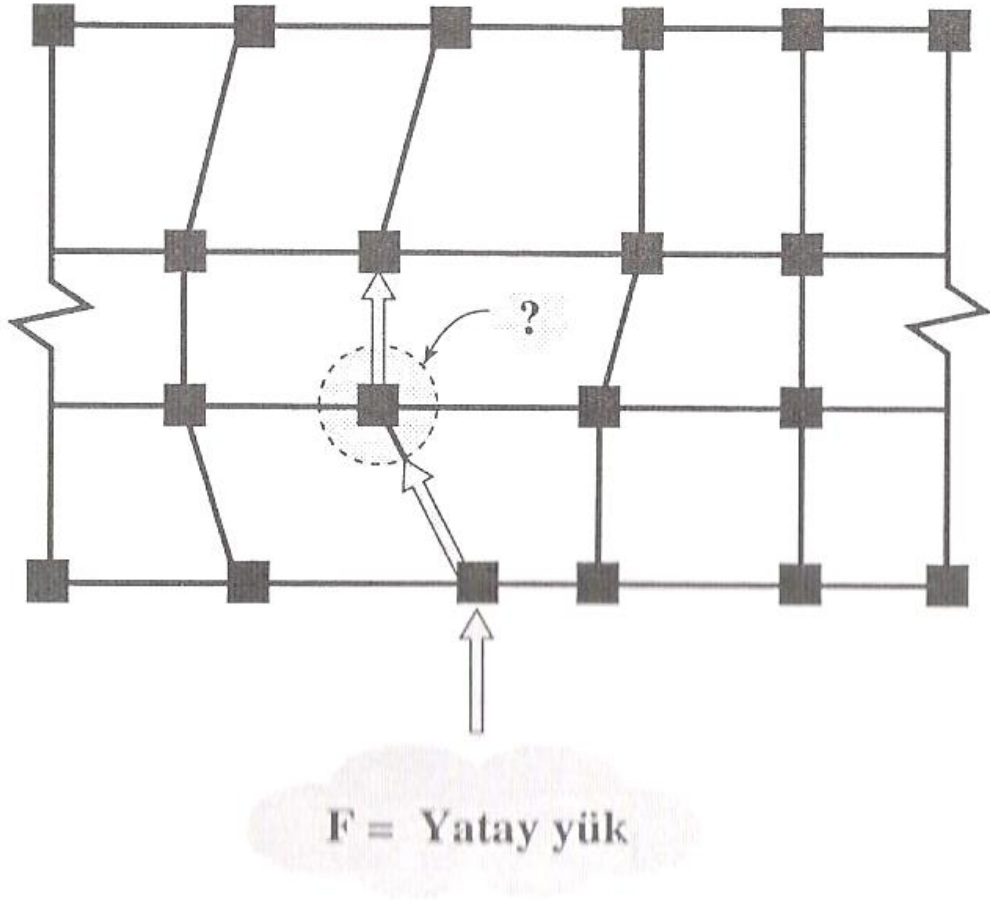
**g.** Kolon ve perde kesitlerinin, taşıyıcı sistemin iki doğrultudaki rijitliğini birbirine yaklaştıracak şekilde belirlenmesi, her iki doğrultudaki deprem zorlamasının uyumlu olarak taşınmasını sağlar.

**h.** Kat içerisinde süreksiz kirişlerden kaçınılmalı (Şekil 4.3), kirişler doğrusal bir aks üzerinde olmalı ve tüm kirişlerin aynı yükseklikte olmasına gayret gösterilmelidir (Şekil 4.4).



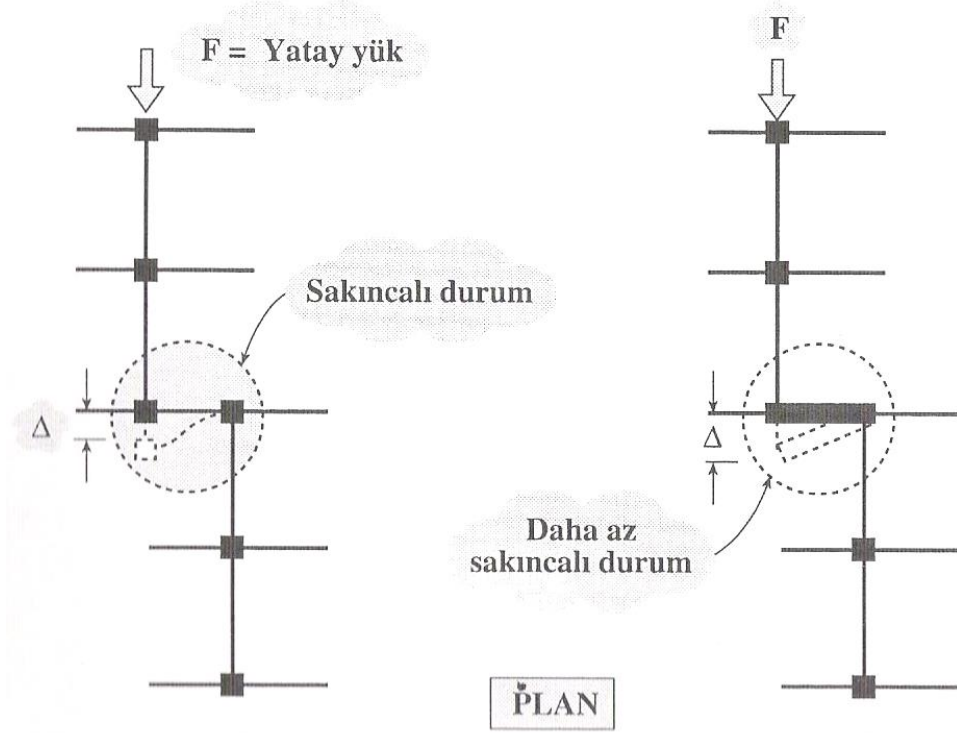
1. Yatay kuvvetin gitmek istediği doğrultu
2. Yatay kuvvetin gitmeye zorlanan doğrultusu

Şekil 4.3 Çerçeve içerisinde süreksiz kiriş bulunması durumu



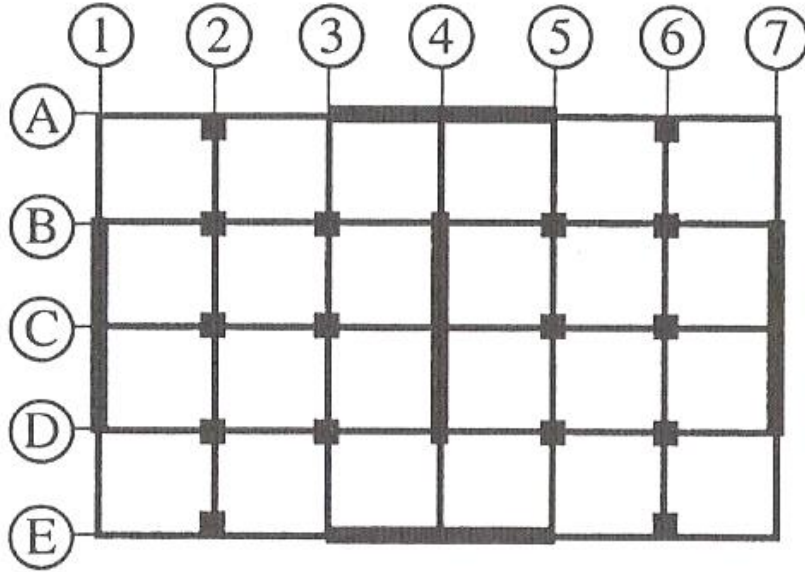
Şekil 4.4 Çerçeve içerisindeki kirişlerin doğrusal bir aksta bulunmaması durumu

- i. Planda kırık çerçeveler oluşmamasına gayret göstermeli, kaçınılmıyorsa tedbir alınmalıdır (Şekil 4.5)



Şekil 4.5 Planda kırık çerçeveli durum ve bir çözüm önerisi

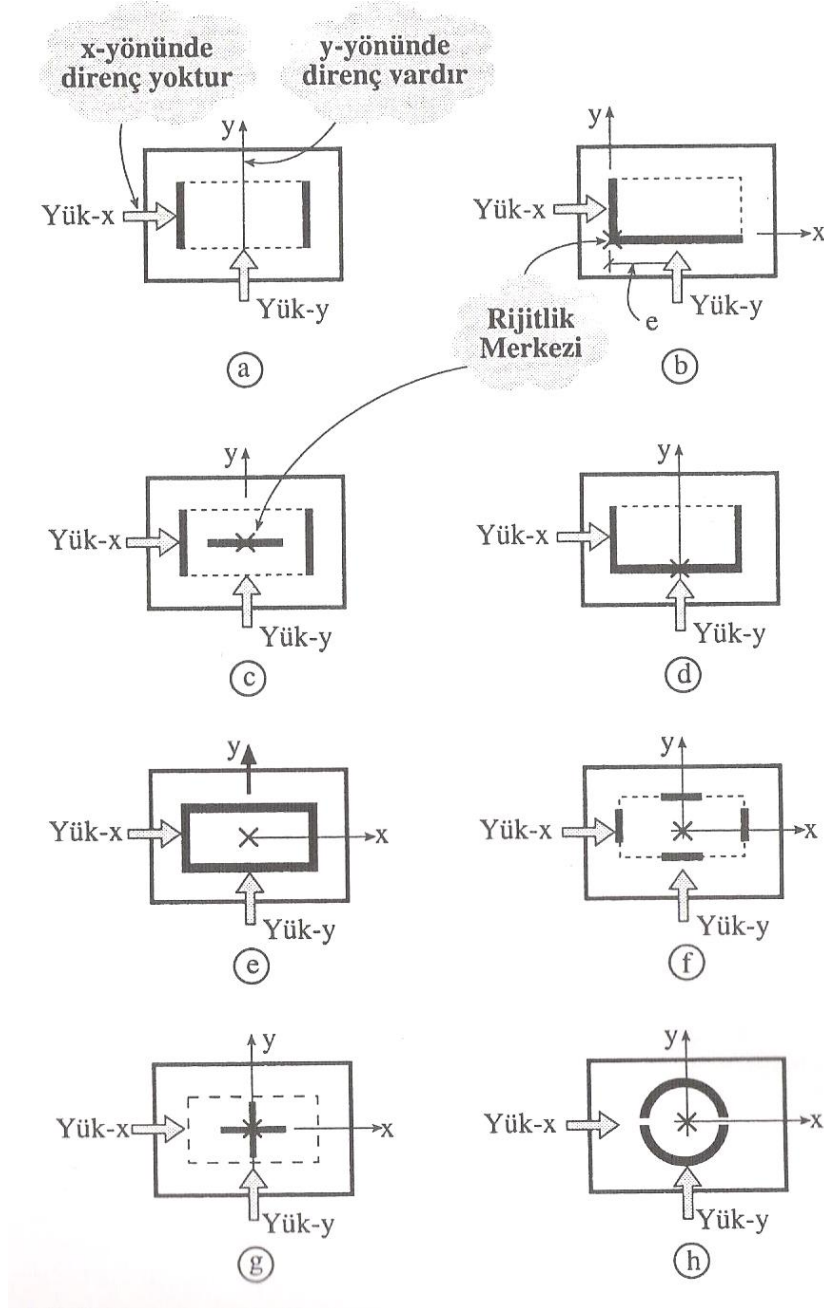
- j. Perdelerin, planda binanın dış kenarına yakın yerleştirilmesi, yapının tüm plan kesitinin burulma rijitliğini artırarak, kesit etkilerinin daha düşük seviyede kalmasını sağlar (Şekil 4.6)



Şekil 4.6 Perde – çerçeveli bir sistem ve tavsiye edilen perde konumlandırması

#### 4 . 1. Perdelerin Plandaki Konumunun Taşıyıcı Sisteme Olan Etkileri

Şekil 4.7 ' de yapı içerisinde perdelerin çeşitli şekilde konumlandırılması sonucu oluşan taşıyıcı sistemler ve bu taşıyıcı sistemlerin yatay yük etkisinde davranış biçimleri ayrıntılı bir biçimde irdelenmiştir.



Şekil 4.7 Yapı içinde değişik perde yerleşimleri

**Şekil 4.7 ( a ).** Yatay yükün (  $y$  ) – doğrultusundan geldiği zaman kuvvetli eksenini etrafında ötelenmeye zorlanan perdeler yeterli direnci sağlayacaktır, ancak, yatay yükün (  $x$  ) – doğrultusundan etki ettiği zaman, zayıf eksenini etrafında ötelenmeye zorlanan perdeler, gerekli direnci sağlayamayacaktır.

**Şekil 4.7 ( b ).** Perdelerin rijitlik merkezi ( kayma merkezi ) perde elemanların kesim noktasındadır ve burulma rijitliği çok küçüktür. Yapı, bu burulma momenti altında dönecek ve düşey taşıyıcılarda büyük kesme kuvvetleri oluşacaktır.

**Şekil 4.7 ( c ).** İki yönden de gelebilecek yatay yüklere karşı koyabilecek perdeler vardır. Ancak, perdelerin yerleştirilmesi yeterli burulma rijitliğini sağlayamamaktadır.

**Şekil 4.7 ( d ).** İki yönden de gelebilecek yatay yüklere karşı koyabilecek perdeler vardır. Ancak, ( x ) yönünden gelen yatay kuvvet kat burulma momenti oluşturmaktadır. Burada U profillerinin kayma merkezinin kesit dışında olduğu hatırlanmalıdır. U profillerin burulma rijitliğinin küçük olduğu da anımsanırsa, perde sistemin yeterli burulma rijitliğini sağlayamadığı söylenebilir.

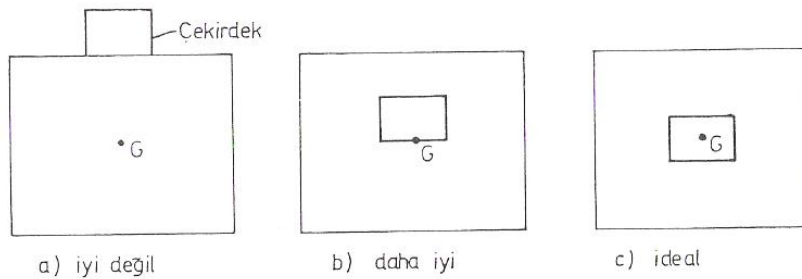
**Şekil 4.7 ( e ).** Perde sistemi kapalı bir kutu şeklindedir. Her yönden gelebilecek yatay kuvvetlere ve kat burulma momentine karşı koyabilme bakımından ideal durumu sergilemektedir.

**Şekil 4.7 ( f ).** Her yönden gelecek kuvvetlere karşı ve kat burulma momentine karşı yeterli direncin sağlanması perde uzunluklarına bağlıdır. Her iki yöndeki eğilme rijitlikleri, burulma rijitliği ve perdelerin moment / kesme dayanımları özenle hesaplanmalıdır. Kapalı kutuya benzeşim ve simetrik olma prensiplerine uygun olmaları dolayısı ile perde yerleşimleri doğrudur.

**Şekil 4.7 ( g ).** Yatay yüklere karşı eğilme rijitliği sağlanmış olabilir, ancak burulma rijitliği yok denecek kadar azdır.

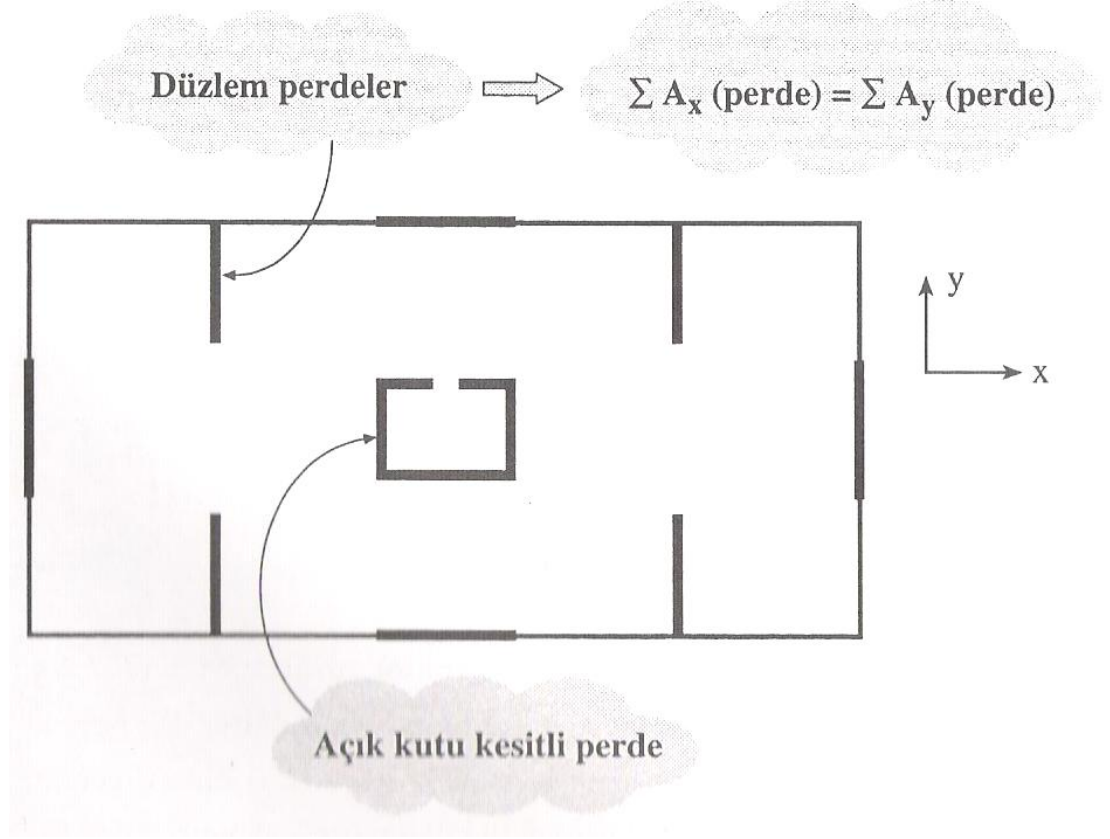
**Şekil 4.7 ( h ).** Yatay yüklere ve burulma momentine karşı yeterli rijitlik sağlanmıştır.

**k.** Çekirdeklerin esas taşıyıcı olduğu durumlarda deprem bölgelerinde mümkün olduğu kadar yapının ortalama kütle merkezine, rüzgarın hakim olduğu yerlerde cephe eksenlerinin kesişme noktasına yakın olmasına gayret edilmelidir (Şekil 4.8)



Şekil 4.8 Deprem bölgelerinde çekirdeğin konumlandırılması

**l.** Çekirdeğin esas taşıyıcı olduğu durumlarda, çekirdeği büyük burulma momentleri etkisinden kurtarmak için kenarlarda birbirine paralel en az iki yatay yük alacak perde ve çerçeve teşkil edilmelidir (Şekil 4.9).



Şekil 4.9 Simetrik perde yerleşimi

**m.** Seçilen taşıyıcı sistem nasıl olursa olsun, yapının tümü için 2.5 ila 3.0 arasında bir süneklik katsayısı temin edilmelidir.

**n.** Temellerin zemin durumu göz önüne alınarak belirlenmesi ve temellerde oluşacak bir kusurun giderilmesinin bütün sistemi etkileyeceği unutulmamalıdır. Temel tipi olarak mütemadi veya münferit temel seçildiği takdirde bağ kirişlerinin, temelleri birbirine bağlayıp birbirine göre yer değiştirmeyi önleyecek şekilde düzenlenmesi ve donatı kenetlenmesinin temel bloğu içinde yapılması gerekir.

**o.** Kirişsiz döşemeli yapılarda, döşeme ve kolonların oluşturduğu çerçeveler, yatay yüklere karşı çoğunlukla yeterli rijitlik sağlayamadığı için, deprem yönetmeliğine uygun olarak perdeler ile yapının rijitleştirilmesi uygundur.

## **5. YÜKSEK YAPILARIN BOYUTLANDIRILMASINDA TEMİNİ GEREKEN HUSUSLAR VE BOYUTLANDIRMA ESASLARI**

Depreme dayanıklı yapı tasarımında tüm dünyada olduğu gibi bizde de aynı prensip benimsenmiş ve yönetmelikteki şartlarda bunların gerçekleşmesi için belirlenmiştir. Şöyle ki;

Hafif şiddette depremde :

- a.** Yapının işlevselliği kaybolmayacaktır.
- b.** Taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan elemanlarda onarım gerektiren hasar olmayacaktır.
- c.** Yoğun çatlama olabilir, ancak donatıda akma olmamalıdır.
- d.** Betonda ezilme olmamalıdır.

Orta şiddette depremde :

- a.** Donatı akabilir.
- b.** Beton yer yer ezilebilir.
- c.** Geniş çatlaklar oluşabilir.
- d.** Ekonomik ölçüler içerisinde yapı onarılabılır.

Şiddetli depremde :

- a.** Can kaybı olmamalıdır.
- b.** Taşıyıcı sistemde hasar oluşabilir.
- c.** Hasar onarımı mümkün olmayabilir, ancak çökme olmayacaktır.

Dikkat edilirse depreme dayanıklı yapı tasarımından amaç binanın depremden hiç zarar görmemesi değildir. Böyle bir amaç gerçekleştirilebilirse de pek mantıklı değildir. Bir binayı ekonomik ömrü boyunca gelip gelmeyeceği belli olmayan bir yüke göre hesaplayıp boyutlandırmak doğru bir yaklaşım değildir.

Depreme dayanıklı yapı tasarımından asıl amaç can kaybı olmamasıdır. Bina depremden hasar görebilir, hatta bu hasar onarılmayacak düzeyde de olabilir. Ancak asıl olan hiçbir şekilde binanın toptan göçmemesidir.

Depreme dayanıklı bir yapıda üç önemli özellik aranmalıdır:

- a.** Yeterli ötelenme rijitliği,

- b. Yeterli eleman dayanımı,
- c. Yeterli süneklik,

### **5. 1. Limit Durumlar**

Yapılar belirli bir fonksiyonu yerine getirmek için yapılmaktadırlar. Onların bu fonksiyonunu herhangi bir şekilde yapmasına engel olan durumlara ‘limit durumlar’ denilir. Limit durumları üç ana başlık altında toplamak mümkündür. Bunlar:

#### **5. 1. 1. Taşıma gücü limit durumları**

- a. Stabilitenin sağlanması,
- b. Göçme mekanizmasının kontrol edilmesi,
- c. Kritik bölgelerde ( düğüm noktaları gibi ) taşıma güçlerinin aşılp aşılmadığının kontrol edilmesi,

#### **5. 1. 2. İşletme limit durumları**

Yapı ya da yapı elemanlarının işletme yükleri altında kullanımını olumsuz yönde etkileyecek davranışların önlenmesi gerekmektedir. Bunlar izin verilebilecek en büyük sehim veya ötelenme oranı, titreşim genliği ve çatlak genişliğinin sınırlandırılmasıdır.

#### **5. 1. 3. Rijitlik limit durumları**

Yapının yalnız düşey yüklere göre tasarımı yapılsa bile onun kullanılabilir bir yapı olabilmesi için sehimler üzerinde sınırlamalar yapmak gerekir. Yatay yükler altında yapı rijitliğinin en önemli ölçüsü bir katın, altındaki kata göre yatay gitme miktarıdır. Yönetmelikte bununla ilgili sınır verilmiştir.

### **5. 2. Boyutlamada Kapasite Kavramı**

Taşıyıcı sistemde güvenliğin sağlanabilmesi için, düşey yüklerin ve deprem yüklerinin belirlenmesindeki zorluklar ve belirsizlikler yanında malzeme dayanımındaki değişimler gözönüne alınarak güvenlik katsayıları öngörülmüştür. Deprem etkisinin, özelliğinden dolayı yapıya yönetmelikte belirtilen değerden küçük olarak etkimesi yanında büyük olması da mümkündür. Bu nedenle kabul edilen düzeydeki yatay yükün taşıyıcı sistem tarafından karşılanması yanında, daha büyük etkilerde meydana gelecek hasarın taşıyıcı sistemde ve elemanlarda oluşacak güç tükenmesinin sünek olarak meydana gelmesi ve taşıyıcı sistemin toptan göçmesinin önlenmesi önemlidir.

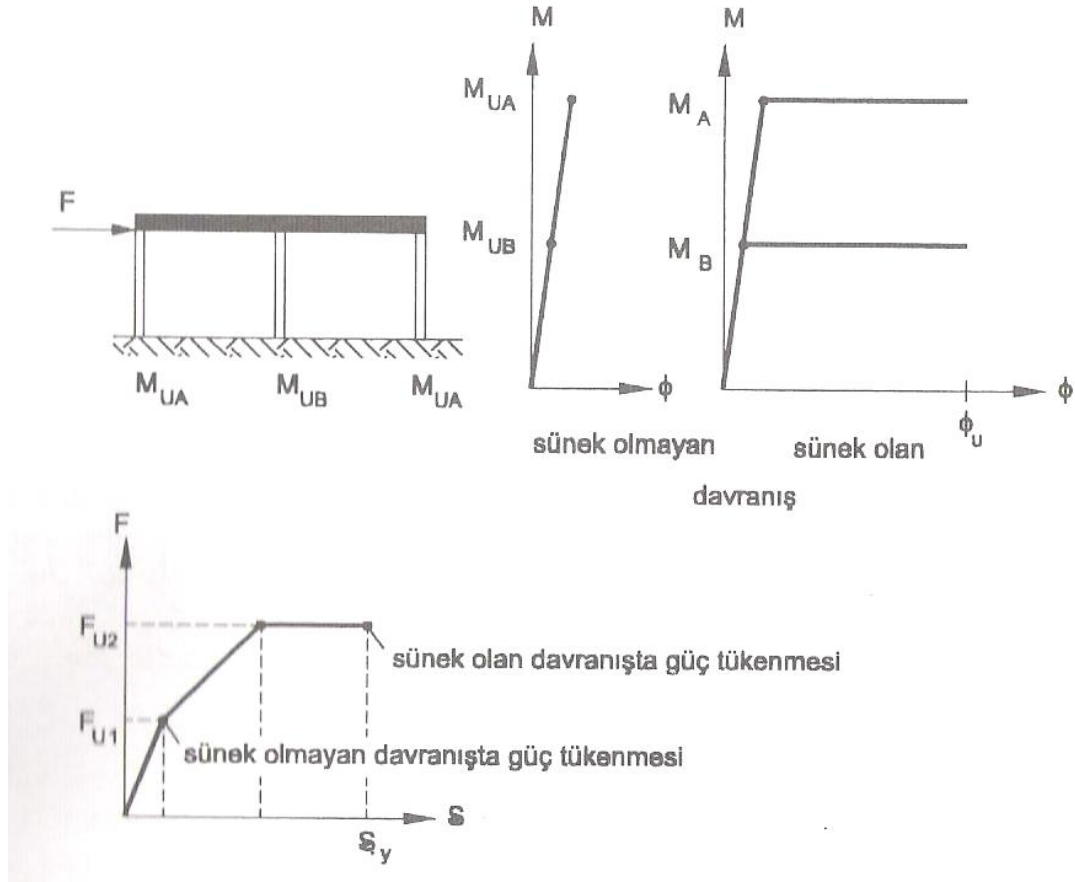
Sünekliği daha iyi anlatabilmek konu bir örnekle irdelenecektir. Şekildeki tek katlı çerçevede üç kolonun kesitlerinin aynı olduğu, ancak orta kolonda moment taşıma gücü  $M_{UB}$  iken, kenar kolonların kesitinde daha çok donatı bulunduğu için kesitin

moment taşıma gücünün  $M_{UA}$  değerinde olduğunu kabul edilsin. Eğer kesitlerin eğilme momenti – dönme davranışı sünek değilse, kolonlar dış kuvveti elastik davranışa uygun olarak eşit paylaşacak ve orta kolon kesitinin eğilme kapasitesine varması ile çerçeve güç tükenmesine erişecektir (Şekil 5.1). Bu durumda orta kolonda da aynı moment oluşacağı için, taşınabilecek yatay yük:

$$F_{U1} = [ M_{UA} / ( h / 2 ) ] + [ M_{UB} / ( h / 2 ) ] + [ M_{UA} / ( h / 2 ) ] = 6 \cdot M_{UB} / h \quad (5.1)$$

olarak bulunur. Ancak kolonların davranışının sünek olduğu kabul edilirse, orta kolon  $M_{UB}$  kapasite değerine erişmesinden sonra moment sabit kalarak dönme ortaya çıkacak ve yatay yükün artan kısmı kenar kolonlar tarafından alınacaktır. Yeterli süneklik mevcut olması durumunda kenar kolonların uç kesitlerinin eğilme kapasitesine erişmesiyle çerçeve güç tükenmesine erişecektir. Bu durumda;

$$F_{U2} = [ M_{UA} / ( h / 2 ) ] + [ M_{UB} / ( h / 2 ) ] + [ M_{UA} / ( h / 2 ) ] = (2 / h) \cdot (2 \cdot M_{UA} + M_{UB}) \quad (5.2)$$



Şekil 5.1 Çerçevede a. yükleme, b. kolon kesitlerinde  $M - \phi$  ilişkisi, c.  $F - \delta$  bağıntısı ve eğrilik değişimi.

Örneğin,  $M_{UA} = 2 M_{UB}$  kabul edilirse,

$$F_{U2} = 10 \cdot M_{UB} / h \quad (5.3)$$

bulunur ki, bu çerçeve yükünde % 66' lık bir kapasite artışına karşılık gelir. Bu oran taşıyıcı sistemin geometrisine, hiperstatiklik derecesine ve kesit kapasitelerine bağlıdır. Özellikle hiperstatiklik derecesinin artması ile, kapasite artışı büyür. Örnekte de görüldüğü gibi, süneklik, kesitlerin yardımlaşmasını mümkün kılmıştır.

Elemanlarda kesit kapasitelerinin olabildiğince birbirine yakın bulunması ile kesitler arasında güç tükenmesinin birbirini izlemesi sağlanacaktır. Böylece elemanın öngörülenin üstünde yüklenmesi durumunda hasarın bir kesitte yoğunlaşması önlenerek yayılı olarak ortaya çıkması temin edilecektir. Deprem yüklerinin yönetmelikte öngörülenin üzerine çıkması söz konusu olduğunda, yerel büyük bir hasar yerine, dağılı küçük hasar ile deprem atlatılacaktır.

Boyutlamada kapasite ilkesinin kullanılması ile amaçlanan ikinci bir husus taşıyıcı sistemde ve elemanlarda oluşacak güç tükenmesinin sünek olarak meydana gelmesini sağlamaktır. Diğer bir deyişle sünek güç tükenmesi ( eğilme momenti güç tükenmesi gibi ) ile sünek olmayan göçme ( aderans çözülmesi, kesme kuvveti ve zımbalama güç tükenmesi gibi ) beraber bulunduğu sünek olmayan etkiye ait kapasite arttırılarak, eleman beklenilenin üzerinde zorlandığında, güç tükenmesinin sünek olarak ortaya çıkması amaçlanır.

Kapasite kavramı esas alınarak yapılan boyutlamada, yapının yatay yük taşıyan sisteminin, büyük depremlerde enerji sönmemesi esas alınır. Elemanların eğilme momenti taşıyan kritik bölgelerinde elastik ötesi şekil değiştirmelerin yoğunlaşması, ( plastik mafsall oluşumu ) kabul edilirken, kapasitede alınan önlemlerle ( aderans çözülmesi , kesme kuvveti güç tükenmesi ve zımbalama gibi ) sünek olmayan güç tükenmesi önlenir. Başka bir deyişle boyutlamada kapasite kavramının kullanılması ile, şiddetli bir depremde yapı, sünek olan ve toptan göçmeye neden olmayan belirli bir göçme mekanizmasına zorlanmakta, böylece sünek olmayan ve toptan göçmeye neden olabilecek bir göçme şeklinin oluşmaması için önlem alınmaktadır.

Depremlerde göçme şeklinin belirlenmesi ile hasarın yoğunlaşacağı plastik mafsall bölgeleri belirlenir. Boyutlamada, önce seçilen plastik mafsall bölgelerinde elastik ötesi şekil değiştirme meydana gelecek şekilde yapılır. Bunun oluşması için, mafsall oluşması istenmeyen kesitlerin eğilme momenti kapasitesi, mafsall oluşması planlanan kesitlerden büyük tutulur. Örneğin bir kiriş kolon birleşim bölgesinde yukarıda açıklanan nedenlerle mafsallın kolon kesitlerinden önce kiriş kesitlerinde oluşması uygundur. Bunun için, kolon kesitlerinin normal kuvveti de göz önüne alarak hesaplanan eğilme momenti kapasitelerinin toplamının, kiriş kesitleri kapasitelerinin toplamından belirli bir oranda daha büyük olması sağlanmalıdır. Böyle bir kontrol yapılırken, kesit kapasitesinin mevcut donatı esas alınarak

bulunacağı ve bunun statik hesap sonucu bulunan eğilme momentinden daha büyük olacağı unutulmamalıdır.

Betonarme elemanlarda kesme kuvveti güç tükenmesi sünek olmayan bir şekilde ortaya çıkar. Bu nedenle, elemanın kesme kuvveti karşılama kapasitesinin, eğilme momenti kapasitesinden daha büyük tutulması esas alınır. Örneğin, bir kolonda iki uç kesitinin taşıyabileceği eğilme momenti kapasitelerinden hareketle bir kesme kuvveti hesaplanır ve kapasite ilkesine uygun boyutlamada bu kesme kuvvetinin karşılanması esas alınır. Kesme kuvvetinin bulunan değeri, boyutlamaya esas alınan yükleme durumunda ortaya çıkan kesme kuvvetinden büyüktür. Aradaki fark; kesit moment kapasiteleri hesaplanırken donatının pekleşmesinden dolayı bir artışın göz önüne alınması yanında kesit hesaplarında değişik nedenlerle eğilme donatısının arttırılarak seçilmesinden kaynaklanır. Bu nedenle böyle bir kapasite kontrolü eğilme donatılarının seçilmesinden sonra gerçekleştirilebilir. Kirişlerde hesaba esas alınacak kesme kuvveti belirlenirken, düşey yüklerden kirişte bulunan kesme kuvveti ve kolonlarda olduğu gibi, kiriş uç kesitlerindeki eğilme momenti kapasiteleri ve deprem etkisinin yön değiştirebileceği göz önüne alınmalıdır.

Sünek olmayan güç tükenmesi türlerinden biri de zımbalama güç tükenmesidir ve ani, yıkıcı bir niteliğe sahiptir. Örneğin kirişsiz döşemede ( plak ve tekil temelde ) kolonların mesnetlenme bölgesinde zımbalama boyutları belirleyen bir etki olarak ortaya çıkar. Böyle bir durumda bölgenin zımbalama kapasitesinin komşu kesitlerin eğilme kapasitelerinden yüksek tutulması şartı ile yük yönetmelikte öngörülenden yüksek olsa dahi sünek bir güç tükenmesi elde edilir.

Kenetlenme boyunun küçük olması sünek olmayan güç tükenmesi biçimi olan aderans çözülmesine neden olur. Bunun için, donatının aderans boyu hesap edilirken, donatının eksenel kuvvet kapasitesinden hareket edilmeli ve buna uygun kenetlenme boyu sağlanmalıdır.

## **6. YÜKLER**

Yapılar, üzerlerine gelecek yükleri emniyetle taşımak için projelendirilirler. Emniyet kavramı, genellikle, dayanım ve kullanılabilirlik olarak iki ana grupta toplanabilir. Başka bir deyişle, üzerlerine gelecek yüklerin etkisinde, yapılar hem dayanımını kaybetmemeli, hem de kullanılabilir durumdan çıkmamalıdır. Öyle ise, bir yapıya etkiyecek yüklerin şiddetini ve karakterini ( hareketli , periyodik , dinamik , ... v.b. ) bilmek çok önemlidir.

Yapıların projelendirilmesinde alınan yükler, tecrübe, gözlem ve ölçülerden ( veya hesaplardan ) oluşan, genellikle emniyetli tarafta, maksimum değerlerdir. Bu yük değerleri çoğunlukla, yük şartnamelerinde yer alırlar.

Yapılara etkiyen yükler ana başlıklar halinde aşağıda belirtilmiştir ve konunun ilerleyen bölümlerinde bazıları detaylı olarak incelenecektir.

- a.** Ölü yükler,
- b.** Hareketli yükler ( insan yükü , makinalar ... ),
- c.** Hareketli köprü yükleri ( trafik yükü ),
- d.** Kar ve yağmur yükleri,
- e.** Rüzgar ve infilak yükleri,
- f.** Deprem yükleri,
- g.** Su ve toprak basıncı, dalga ve buz yükleri,
- h.** Özel yükler,

### **6. 1. Ölü Yükler**

Ölü yükler yer değiştirmeyen yüklerdir. Kolon, kiriş ve döşemelerin öz ağırlıkları, yer değiştirmeyen bölme duvarlar, pencereler, kapılar, ...v.b. bu sınıfa girerler. Ölü yükler, kolaylıkla ve gerçeğe yakın olarak saptanabilir yüklerdir.

### **6.2. Hareketli Yükler**

Yer değiştirebilen yükler ‘ hareketli yükler ’ olarak sınıflandırılır. Yapılarda hareketli yükler düzgün yayılı kabul edilirler. Hesaplarda, hareketli yükün bir oda döşemesinin tamamını örttüğü veya hiç varolmadığı kabul edilir. Hareketli yükün oda döşemesinin yalnız bir bölümünü kapsayabileceği olasılığı dikkate alınmamaktadır.

Hareketli yükler üç grupta sınıflandırılır ve TS 498 uyarınca şiddetleri ile aşağıda belirtilmişlerdir.

a. Hafif hareketli yükler :  $150 - 200 \text{ kgf / m}^2$

b. Orta şiddette hareketli yükler :  $350 \text{ kgf / m}^2$

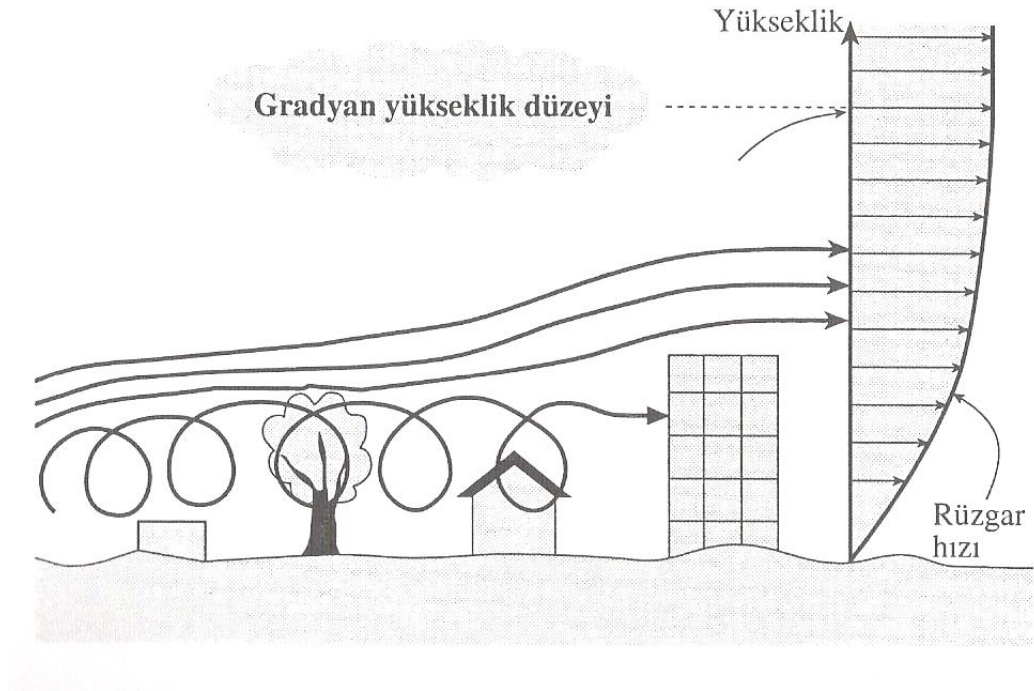
c. Ağır hareketli yükler :  $500 - 750 \text{ kgf / m}^2$

Çok katlı yapılarda, bütün katların aynı anda tam hareketli yüklerle yüklü bulunması olasılığının azlığı göz önünde bulundurularak hareketli yüklerde bir azaltma yapmak mümkündür.

### 6. 3. Rüzgar Yükleri

Bir cismin herhangi bir noktasındaki rüzgar basıncının şiddeti, cismin geometrisine, rüzgarın geliş yönüne, rüzgarın hızına ve havanın özgül ağırlığına bağlıdır.

Zemin yüzeyinin engebesi rüzgar 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' denilir (Şekil 6.1).



Şekil 6.1 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 ... v.b. rüzgarın dinamik özelliklerinin dikkate alınması gereken durumlardır. Tablo 6.1

Tablo 6.1 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                                             |

Olağanüstü bir özellik göstermeyen yapılarda, rüzgar etkisi eşdeğer yatay bir statik yük olarak düşünülür. Bunun için, rüzgar dinamik basıncı ( q ) yapının geometrik şekline bağlı ( C<sub>f</sub> ) sabiti kullanılarak eşdeğer statik basınca çevrilir.

$$W = C_f \cdot ( q ) \cdot A \quad (6.1)$$

formülü bu hesap için yeterlidir.

Rüzgar yükü hesabı, yapının geometrisine bağlıdır ve tipik yapı geometrileri T.S.498’ de verilmiştir. Basınç, emme ve sürtünme etkileri birleştirilerek hesaba alınır.

#### 6. 4. Deprem Yüğü

Dünyanın derinliklerinde ‘aktif fay’ denilen bölgelerde rölatif hareket ile biriken enerji kırılma sonucu açığa 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  $g = 9.81 \text{ m / s}^2$ ’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 hareketler ihmal edilir.

( x ) ve ( y ) doğrultusundaki yer hareketleri taşıyıcı sistemde ivmeler oluştururlar. Bu ivmeler, taşıyıcı sistem içinde,  $F = m \cdot a$  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.

Deprem bir enerji yüklemesi olduğu düşünülür ve enerji de iş yapma potansiyeli olarak tanımlanırsa, depreme maruz yapı iş yaparak bu deprem enerjisini tüketmek durumundadır. Yapının enerji tüketimi değişik şekillerde oluşur :

- i. Taşıyıcı sistemin ötelenmesi,
- ii. Çatlakların oluşması,
- iii. Plastik mafsalların oluşması,
- iv. Bölme duvarların çatlaması ve ezilmesi,
- v. Moleküller arasında sürtünmeden oluşan ısı,

Deprem enerjisini tüketirken dinamik yatay ötelenmeler yapan taşıyıcı sistem salınım modları oluşturur ve bunları ötelenme grafikleri olarak göstermek mümkündür. Bu salınım modları, yapının ötelenmesinin maksimum ve hareket hızının sıfır olduğu durumları yansıtır.

Taşıyıcı sistem üzerinde oluşabilecek eylemsizlik kuvvetlerinin şiddeti;

- 1. Yapı kütlesi,
  - 2. Taşıyıcı sistemin doğal periyodu ve sönümlenme,
  - 3. Yer ivmesi,
  - 4. Zemin – yapı etkileşimi,
  - 5. Sönümlenme,
- parametrelerine bağlıdır

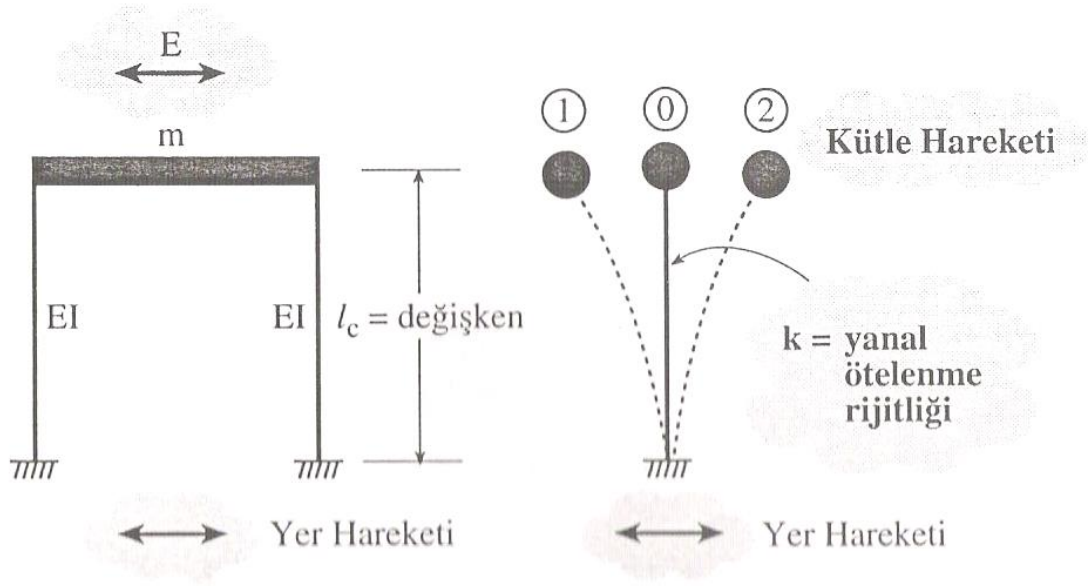
#### **6. 4. 1. Yapı kütlesi**

Deprem yükü eylemsizlik kuvveti olduğu için ( yani ivmeli bir kuvvet ) yapı kütlesi arttıkça yapıya etki eden deprem kuvveti de büyür.

#### **6. 4. 2. Taşıyıcı sistemin doğal periyodu**

Depreme karşı gösterdiği tepkiyi belirlemesi açısından, taşıyıcı sistemin en önemli özelliği doğal periyodudur. Doğal periyot , yapı kütlesine, yanal ötelenme rijitliğine ve sönümlemeye bağlıdır.

Şekil 6.2.’ de gösterilen matematik modelde m kütlesinin ( 1 ) noktasına ötelenip bırakılmasından sonra tekrar aynı konumdan geçmesine kadar olan zamana periyot denir ve sn. cinsinden ifade edilir.



Şekil 6.2 Tek serbestlik dereceli bir taşıyıcı sistemin matematik modeli

#### 6. 4. 3. Yer ivmesi

Etkin yer ivmesi, deprem sonucu oluşan ve yapıya intikal ettiği düşünülen, yerçekimi ivmesinin bir oranı olarak ifade edilen ivmedir. Etkin yer ivmesi, taşıyıcı sistem altındaki zeminden geçerken etkilenir ve böylece yapıya intikal eder.

#### 6. 4. 4. Zemin - yapı etkileşimi

Zemin özellikleri yapının dinamik hareketlerini, yapının hareketleri de zeminin dinamik hareketlerini etkiler.

Deprem şartnamelerinde zemin - yapı etkileşimi, deprem yükleri hesaplanırken kullanılan tepki spektrumunda ( Z1 – Z4 ) ' ün bir parametre olarak alınması ile yansıtılır.

#### 6. 4. 5. Sönümleme

Deprem hareketlerine maruz zemin, kendine özgü bir periyot oluşturarak dinamik tepki gösterir. Bu zemin içerisinde temeli bulunan sistemde, kendine özgü bir periyot oluşturarak dinamik tepki gösterir. Eğer taşıyıcı sistemin periyodu, zeminin periyoduna eşit olursa ( veya yakın olursa ) rezonans oluşabilir ve m kütlesinin ivmeleri büyür. Ancak bu büyüme hiçbir zaman teorik formüllerin gösterdiği mertebede olmaz. Bunun nedeni sönümlemedir.

Deprem hareketlerine maruz yapıda sönümleme birkaç kaynaktan oluşabilir; havanın viskozitesi, yapı malzemelerinin moleküllerinin iç sürtünmeleri, bağlantı noktaları ve mesnetlerde oluşan sürtünme, elastik ötesi sınırlarda ve yük tersinmelerinden oluşan histerisis olayında tüketilen enerji ve zemin içerisinde oluşan enerji kayıpları.

Taşıyıcı sistemin dinamik analizi, sönümlemeye katkı yapan tüm etkilerin tek bir grup olarak düşünülerek ve kritik sönümlemenin bir oranı olarak ifade edilmesi ile yapılır. Kritik sönümleme taşıyıcı sistemin dinamik hareketini tamamen durduracak minimum sönümleme miktarı olarak tanımlanabilir. Betonarme yapılar için 0,05 yaygın olarak kullanılır.

## 7. DEPREM YÜKÜ HESAP YÖNTEMLERİ

Deprem etkisindeki bina türü yapıların taşıyıcı sisteminde boyutlamaya esas olacak kesit etkilerinin bulunmasında farklı seviyelerde olan üç çözümleme yöntemi kullanılmaktadır;

### 7. 1. Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi

### 7. 2. Mod Birleştirme Yöntemi

### 7. 3. Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi

Bunlardan Eşdeğer deprem yükü yöntemi statik bir yöntem iken diğer ikisi dinamik yöntemlerdir.

### 7. 1. Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi

Bu yöntem taşıyıcı sistemi düzenli ve düzensizliği sınırlı olan binalar için kolaylıkla uygulanabilir. Prensipte olarak deprem yükü yapıya etki eden eşdeğer statik bir yüke çevrilerek ( Toplam Taban Kesme Kuvveti ) katlara dağıtılır.

Eşdeğer deprem yükü yöntemi, deprem yüklerinin hesaplanmasında her zaman kullanılabilen bir yöntem değildir ve bu yöntemin kullanılabilme sınırları Tablo 7.1 'de belirtilmiştir.

Tablo 7.1 Eşdeğer deprem yükü yönteminin kullanılabilme sınırları

| Deprem Bölgesi | Bina Türü                                                                                                | Toplam Yükseklik Sınır  |
|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 1, 2           | A1 türü burulma düzensizliği katsayısı<br>$\eta_{bi} \leq 2,0$                                           | $H_N \leq 25 \text{ m}$ |
| 1, 2           | A1 türü burulma düzensizliği katsayısı<br>$\eta_{bi} \leq 2,0$ ve ayrıca B2 düzensizliği olmayan binalar | $H_N \leq 60 \text{ m}$ |
| 3, 4           | Tüm binalar                                                                                              | $H_N \leq 75 \text{ m}$ |

### 7. 1. 1. Toplam eşdeğer deprem yükünün hesaplanması

Toplam eşdeğer deprem yükü ,

$$V_t = W \cdot A ( T_1 ) / R_a ( T_1 ) \geq 0.10 \cdot A_o \cdot I \cdot W , \quad (7.1)$$

formülü ile belirlenir.Burada,

$W$  : Yapı ağırlığı ,

$A ( T_1 )$  : Spektral ivme katsayısı ,

$R_a ( T_1 )$  : Deprem yükü azaltma katsayısını,

temsil etmektedir.

#### 7. 1. 1. 1. Yapı ağırlığı

Binaya etkiyen toplam deprem yükünün hesaplamasında kullanılacak  $W$  toplam yapı ağırlığı ,  $W_i$  kat ağırlığı olmak üzere,

$$W = \sum_{i=1}^N W_i = \sum_{i=1}^N ( G_i + n Q_i ) \quad (7.2)$$

olarak hesaplanır. Burada  $G_i$  ve  $Q_i$  göz önüne alınan kattaki sabit ve hareketli yüklerin toplamıdır. Hesaba esas olan depremin meydana gelmesi ile bütün alanlarda hareketli yükün beraberce ortaya çıkması ihtimalinin çok düşük olacağı düşünülerek,  $n$  gibi bir hareketli yük azaltma katsayısı öngörülmüştür.

#### 7. 1. 1. 2. Spektral ivme katsayısı

Binaya etkiyecek toplam deprem yükünün hesaplanmasında kullanılacak olan spektral ivme katsayısı ,

$$A ( T_1 ) = A_o \cdot I \cdot S ( T_1 ) , \quad (7.3)$$

formülü ile hesaplanır.Burada ,

$A_o$  : Etkin yer ivmesi katsayı ,

olup yapının bulunduğu deprem bölgesine göre alabileceği değerler yönetmelik uyarınca Tablo 7.2 ' de gösterilmiştir.

Tablo 7.2 Deprem bölgelerine göre etkin yer ivmesi katsayıları

| Deprem Bölgesi | 1   | 2   | 3   | 4   |
|----------------|-----|-----|-----|-----|
| $A_o$          | 0,4 | 0,3 | 0,2 | 0,1 |

$I$  : Bina önem katsayısı ,

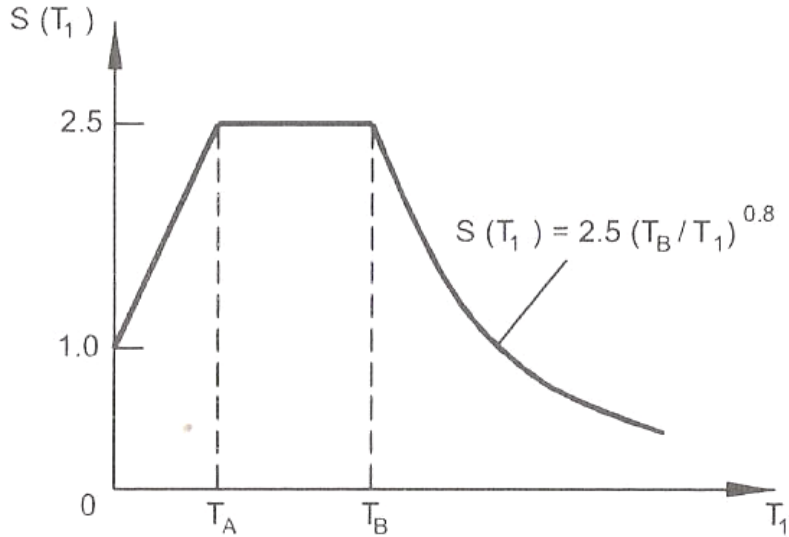
olup binaların kullanım amacı veya türüne göre yönetmelik uyarınca alabileceği değerler Tablo 7.3 ' te gösterilmiştir.

Tablo 7.3 Bina önem katsayıları

| Binanın Kullanım Amacı veya Türü                                                        | I   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Deprem sonrası kullanımı gereken binalar                                                | 1.5 |
| İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak kullandığı ve değerli eşyanın saklandığı binalar | 1.4 |
| İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar                                | 1.2 |
| Diğer binalar ( konutlar , işyerleri , oteller , v.b. )                                 | 1.0 |

$S ( T_1 )$  : Spektrum katsayısı olup, binanın bulunduğu zemin ve birinci doğal titreşim periyoduna bağlı olarak yönetmelikte verilen spektrum eğrisi yardımı ile hesaplanır.

Şekil 7.1



Şekil 7.1 Spektrum katsayısının yapı periyoduna bağlı olarak değerini veren eğri

$$S ( T ) = 1 + 1.5 T / T_A , \quad ( 0 < T < T_A ), \quad (7.5)$$

$$S ( T ) = 2.5 , \quad ( T_A < T < T_B ), \quad (7.6)$$

$$S ( T ) = 2.5 ( T_B / T )^{0.8} , \quad ( T > T_B ), \quad (7.7)$$

Spektrum eğrisi göz önüne alınan bir deprem hareketinin tek serbestlik dereceli sisteme uygulanması ile elde edilen çözümün en büyük değerlerinin elde edilmesi ile çizilir. Yönetmelikte tanımlanan spektrum 'g' yerçekimi ivmesi ile boyutsuzlaştırılmış ivme spektrumudur.

Yapının birinci doğal titreşim periyodu yönetmelik uyarınca verilen iki yöntem yardımı ile hesaplanır. Bunlar :

**a. Yaklaşık Yöntem**

$$T_1 = T_{1A} = C_t H_N^{0.75}, \quad (7.8)$$

burada,

$H_N$  : Temel üst kotu üzerinden yapı yüksekliği,

$C_t$  : Taşıyıcı sistem türüne bağlı bir katsayıyı,

temsil etmektedir.

Deprem yüklerinin tamamının betonarme çerçevelerle taşındığı binalarda  $C_t = 0,07$ ,

Deprem yüklerinin tamamının betonarme perdelerle taşındığı binalarda  $C_t$ ,

$$C_t = 0,075 / A_t^{1/2}, \quad (7.9)$$

$$A_t = \sum A_{wj} [ 0,2 + ( l_{wj} / H_N )^2 ], \quad (7.10)$$

$$l_{wj} / H_N \leq 0,9$$

formülü ile hesaplanmaktadır.Burada;

$A_{wj}$  : binanın temel üstündeki ilk katında j. perdenin brüt kesiti,

$l_{wj}$  : j. perdenin deprem doğrultusundaki uzunluğunu,

temsil etmektedir.

**b. Rayleigh Yöntemi**

Enerjinin korunumu prensibine dayanan bir yöntemdir.

$$T_1 = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{ [ \sum_{i=1}^N W_i \cdot d_i^2 ] / g \cdot [ \sum_{i=1}^N F_i \cdot d_i ] }, \quad (7.11)$$

Burada ;

$F_i$  : Katlara etkiyen yatay kuvvet,

$d_i$  : Karşı gelen yer değiştirmesi,

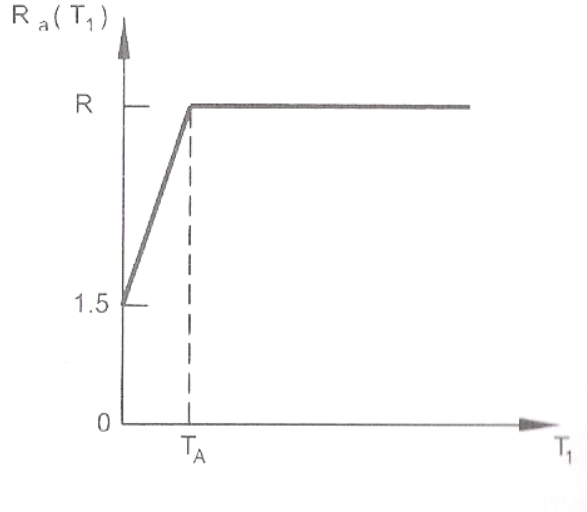
$g$  : yerçekimi ivmesi,

$W_i$  : Kat ağırlığını,

temsil etmektedir. Toplama düşey kesitte her kat göz önüne alınarak yapılacaktır.

**7. 1. 1. 3. Deprem yükü azaltma katsayısı**

Binaya etki edecek toplam deprem yükünün hesaplanmasında kullanılacak olan deprem yükü azaltma katsayısı, binanın bulunduğu zemin koşulları, binanın birinci doğal titreşim periyodu ve taşıyıcı sistemin cinsine göre yönetmelikte bulunan grafik yardımı ile bulunur. Şekil 7.2



Şekil 7.2 Deprem yükü azaltma katsayısının yapı periyoduna bağlı olarak değerini veren eğri

$$R_a(T_1) = 1,5 + (R - 1,5) \cdot T_1 / T_A, \quad 0 < T < T_A, \quad (7.12)$$

$$R_a(T_1) = R, \quad T_A < T, \quad (7.13)$$

Burada R taşıyıcı sistem davranış katsayısı olup yerinde dökme betonarme binalar için alabileceği değerler Tablo 7.4 ' te belirtilmiştir.

Tablo 7.4 Yerinde dökme betonarme binalarda süneklik düzeyine göre taşıyıcı sistem davranış katsayısı değerleri.

| Taşıyıcı Sistem                                         | Süneklik Düzeyi |        |
|---------------------------------------------------------|-----------------|--------|
|                                                         | Normal          | Yüksek |
| Deprem yükleri çerçevelerle taşınan binalar             | 4               | 8      |
| Deprem yükleri bağ kirişli perdelerle taşınan binalar   | 4               | 7      |
| Deprem yükleri boşluksuz perdelerle taşınan binalar     | 4               | 6      |
| Deprem yükleri çerçeveler ve perdelerle taşınan binalar | 4               | 7      |

$R_a$  deprem yükü azaltma katsayısının kullanılması ile taşıyıcı sistemde doğrusal olmayan elastik davranış nedeni ile artan kapasite göz önüne alınmaktadır. Ancak, taşıyıcı sistemde gevrek güç tükenmesi önlenmiş ve sünek davranışın ortaya çıkması sağlanmış ise, deprem yükü azaltma katsayısının kullanılması anlamlıdır. Hiperstatiklik derecesi yüksek olan taşıyıcı sistemde, elemanlar arası yardımlaşma ve doğrusal olmayan elastik ötesi davranış nedeniyle kapasite artması daha fazla, dolayısı ile deprem yükü azaltma katsayısı daha büyüktür. Bunun gibi, deprem

etkisinin daha çok zorladığı kolon – kiriş birleşim bölgesinde sık etriye kullanılarak betonun sünekliğinin artırıldığı sistemlerde de aynı nedenle  $R_a$  katsayısı büyüktür. Benzer şekilde çerçeve taşıyıcı sistemler perdeli sistemlere göre daha sünek olduğu için, deprem yükü azaltma katsayısı daha büyüktür. Bunun gibi, boşluklu perdeler boşluksuz olanlara oranla daha sünek olduğu için  $R_a$  katsayısı boşluklu perdeli binalarda daha büyüktür.

### 7. 1. 2. Toplam eşdeğer deprem yükünün katlara dağıtılması

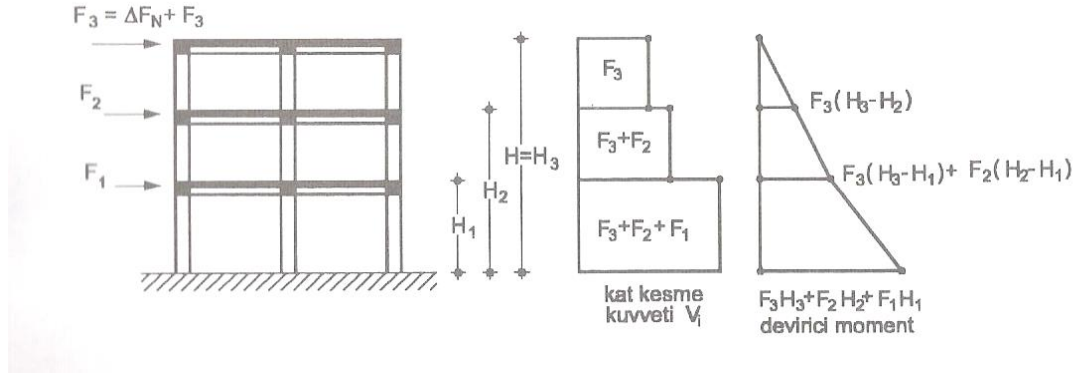
Düşey konsol şeklinde kabul edilebilecek yapıda, genliklerin zemin seviyesinden itibaren yukarı doğru arttığı göz önüne alınır, deprem kuvvetlerinin de benzer değişim gösterebileceği kabul edilir. Doğrusal bir davranış esas alınır, yapının kat seviyelerine uygulanacak  $F_i$  yatay yükleri,

$$F_i = (V_t - \Delta F_N) \cdot (W_i \cdot H_i) / \sum_{j=1}^N (W_j \cdot H_j), \quad (7.14)$$

$\Delta F_N$  yapının en üst kat seviyesine uygulanacak olan ek eşdeğer yük olup birinci serbest titreşim modunun ötesinde ortaya çıkacak diğer titreşim modlarının etkisini gözönüne almak üzere öngörülen ve yüksekliği büyük olan yapılarda önem kazanan bir kuvvettir. Bu kuvvete ‘kamçı kuvveti’ adı da verilir ve

$$\Delta F_N = 0.07 T_1 V_t < 0.20 V_t, \quad (7.15)$$

formülü yardımı ile hesaplanır. Eğer binanın temel seviyesinden yüksekliği 25 m ’ den büyükse,  $\Delta F_N = 0$  alınabilir (Şekil 7.3).



Şekil 7.3 Deprem kuvvetleri, kat kesme kuvvetleri ve devirici momentin değişimi

Eşdeğer deprem yükü yöntemi sadece birinci modun etkisini gözönüne alan bir dinamik yöntem olarak da kabul edilebilir.  $F_i$  yatay yükleri kat kütle merkezlerine etkidiğinden, kütle merkezi ile rijitlik merkezinin üst üste düşmediği durumlarda, deprem etkisi katları öteleme yer değiştirmesi yanında, kata etkiyen burulma momenti nedeni ile bir dönme yer değiştirmesine zorlar. Bu ise katlar arası yer değiştirmeyi arttırırken, kiriş ve kolonlarda ek eğilme momentleri doğmasına neden olur.

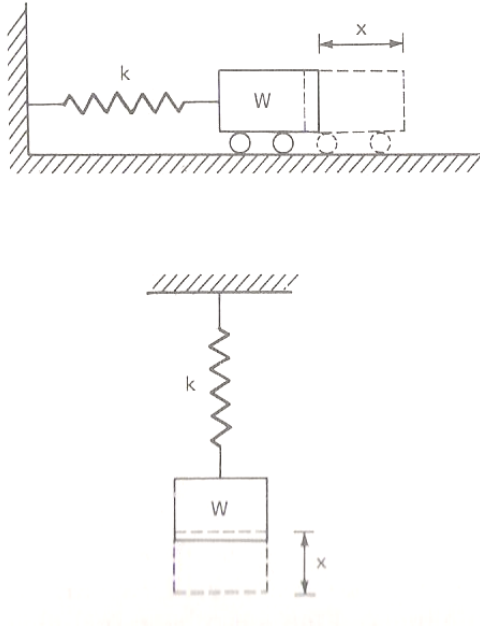
Deprem yükleri altında yapılacak statik hesabın, yapının taşıyıcı sisteminde meydana gelebilecek değişik kütle dağılımlarını da içermek amacıyla, her zaman burulma etkisini göz önüne alarak yapılması gerekir.

## 7. 2. Mod Birleştirme Yöntemi

Mod birleştirme yöntemi anlatılmadan önce birtakım terimlerin anlamlarının iyice özümzenmesi gerekmektedir. Bunlar ;

### 7. 2. 1. Tek serbestlik dereceli sistemler

Bir sistemin hareket halinde bulunduğu konum, tek bir parametrenin verilmesi ile belirlenebiliyorsa, bu tür sistem ‘ tek serbestlik dereceli sistem ’ olarak tanımlanır. Böyle bir sistemin dinamik davranışının belirlenebilmesi için sistemin hareket denkleminin yazılmasına ihtiyaç vardır. Hareket denklemi, sisteme etkiyen kuvvetlere atalet kuvvetinin de eklenmesi ile elde edilen kuvvet dengesi olarak ta görülebilir. Şekil 7.4 ’ de tek serbestlik dereceli bir sistemi yatayda ve düşeyde modelleyen bir sistemler görölmektedir.



Şekil 7.4 Tek serbestlik dereceli sistemler

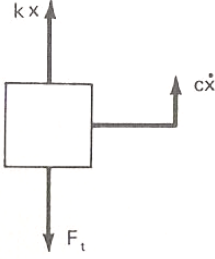
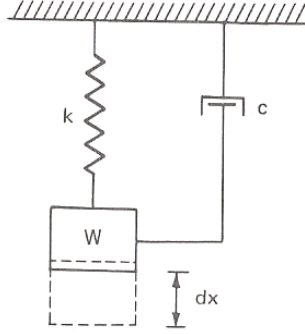
Burada ‘ k ’ yay sabiti veya yay rijitliği olup yayda birim uzama oluşması için yaya uygulanması gereken kuvveti belirtmektedir.

Eğer düşey bir kuvvet uygulanıp aniden kaldırılırsa, sistemde titreşimler meydana gelecektir. Yayın ucundaki ağırlık aşağı – yukarı hareket eder ve böylece sistemde yer değiştirmenin ikinci türevi olan ivmeler oluşur. Her hangi bir anda sisteme etkiyen üç tip kuvvet vardır. Bu üç kuvvetin dengesinin yazılması gerekirse,

$$(W / g) \cdot [d^2x / dt^2] = W - (W + k \cdot x) = - k \cdot x \quad (7.16)$$

Denklem ( 7. 16. ) yapı dinamiğinin en basit hareket denklemidir.

Aynı sistemin sönümlüsü düşünölsün ve ona zamana bağımlı bir kuvvetle salınım yaptırölsün. Sistemin matematik modeli ve etkiyen kuvvetler Şekil 7.5 ' te görölmektedir.



Şekil 7.5 Zamana bağımlı bir  $F_t$  kuvvetine maruz sönümlü bir sistemin matematik modeli

Bu sistemin dinamik denge denklemi virtöel iş prensibi yardımı ile aşağıdaki şekilde elde edilebilir.

$$m \cdot (d^2x / dt^2) \cdot dx + c \cdot (dx / dt) \cdot dx + k \cdot x \cdot dx - F_t \cdot dx = 0,$$

$$[ m \cdot (d^2x / dt^2) + c \cdot (dx / dt) + kx - F_t ] \cdot dx = 0,$$

$$m \cdot (d^2x / dt^2) + c \cdot (dx / dt) + kx - F_t = 0, \quad (7.17)$$

Şekil 7. 3. ' teki düzeneğın aynıısı bu sefer sönümsüz olarak düşünölsün. Şayet sisteme dışarıdan etkiyen bir kuvvet yoksa ve sönümlemeden ötürü bir enerji kaybı olmuyorsa, bu durumda sistemin toplam enerjisi hareket boyunca sabit kalır ve hareketin zamana göre türevi sıfıra eşit olur.

Sönümsüz düzenekte iki çeşit enerjiden bahsedilebilir. Bunlar kütlede var olan kinetik enerji ve yayda depolanan potansiyel enerjidir.

Sistemin her hangi bir andaki yer değıştirmesine  $x$  denilirse, o anda kütleinin sahip olduğı kinetik enerji ,

$$T = (1 / 2) \cdot m \cdot ( dx / dt )^2 \quad (7.18)$$

Yer değiştirme  $x$  iken yaydaki tepki  $kx$  ' dir ve yay tarafından yapılan iş ;

$$V = \int_0^x kx \delta x = (1/2) \cdot k \cdot x^2, \quad (7.19)$$

olur.

Enerjinin korunumu ilkesi uyarınca ,

$$\begin{aligned} (1/2) m \cdot (dx/dt)^2 + (1/2) k \cdot x^2 &= c_0 \\ m \cdot (dx/dt) \cdot (d^2x/dt^2) + k \cdot x \cdot (dx/dt) &= 0, \\ m \cdot (d^2x/dt^2) + k \cdot x &= 0, \end{aligned} \quad (7.20)$$

elde edilir.

Bu diferansiyel denklemin çözümleri sonucu ;

$$\begin{aligned} x &= A \sin (wt + \alpha) \quad \text{ve} \\ x &= w A \cos (wt + \alpha) \quad (7.21.) \end{aligned}$$

elde edilir. Burada

$A$  : Maksimum yer değiştirme,

$w \cdot A$  : maksimum hızı,

temsil etmektedir. O halde;

$$T_{\max} = 1/2 m (w A)^2 \quad \text{ve} \quad V_{\max} = 1/2 k A^2 \quad (7.22)$$

Buradan hareket ile

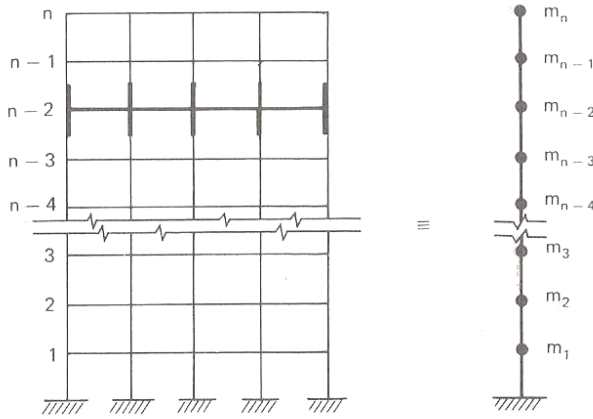
$$1/2 m (w A)^2 = 1/2 k A^2 \quad (7.23)$$

denkleminde,  $w = \sqrt{k/m}$  olarak basit salıngaçın doğal frekansı bulunur. Doğal frekansı elde etme de kullanılan bu yöntem ' Rayleigh Metodu ' olarak ta bilinir.

### 7. 2. 2. Çok serbestlik dereceli sistemler

Bir sistemin hareket halinde bulunduğu konum, eğer birden fazla parametrenin verilmesi ile belirlenebiliyorsa, bu tür sistemler ' çok serbestlik dereceli sistemler ' olarak isimlendirilirler.

Çok serbestlik dereceli sistemlerin analiz metodları oldukça karmaşıktır ve önemli derece de kısmi diferansiyel denklemlerin matematik çözümünü gerektirir. Bu tip sistemlerin dinamik analizi için yapılan en önemli kabul Şekil 7.4 ' te görüldüğü gibi binanın kütlelerinin kat seviyelerinde yığılı olduğudur.



Şekil 7.6 Çok serbestlik dereceli sistem

Şekil 7.6 'daki n serbestlik dereceli sistemi göz önüne alalım, bu sistem için yazılabilecek sönümsüz serbest titreşimin dinamik denklemleri matris formunda ;

$$\begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} & \cdots & m_{1n} \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} & \cdots & m_{2n} \\ m_{31} & m_{32} & m_{33} & \cdots & m_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ m_{n1} & m_{n2} & m_{n3} & \cdots & m_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \ddot{x}_1 \\ \ddot{x}_2 \\ \ddot{x}_3 \\ \vdots \\ \ddot{x}_n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} k_{11} & k_{12} & k_{13} & \cdots & k_{1n} \\ k_{21} & k_{22} & k_{23} & \cdots & k_{2n} \\ k_{31} & k_{32} & k_{33} & \cdots & k_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ k_{n1} & k_{n2} & k_{n3} & \cdots & k_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} = 0 \quad (7.24)$$

şeklinde elde edilir.

Şayet sönüm etkisi içeren zorlanmış titreşimin genel hali göz önüne alınmış olsa idi, hareket denklemi ;

$$[M] \{d^2 x / dt^2\} + [C] \{dx / dt\} + [K] \{x\} = \{P\}, \quad (7.25)$$

şeklinde olacaktı.

Sistemin serbest titreşimi süresince hareket basit harmoniktir, ki bunun anlamı sistem hemen hemen sinüsoidal bir şekilde salınır. Tüm kütleler aynı sinüsoidal fonksiyonu takip ederler ve benzer açısal frekanslara sahiptirler. Böylece yer değiştirme matris formunda ,

$$\{x\} = \{a_n\} \sin w_n t, \quad (7.26)$$

şeklinde yazılabilir. Burada  $\{a_n\}$  n. mod için modal genliğin kolon vektörünü belirtir. Yer değiştirme için belirlenen fonksiyon sönümsüz serbest titreşimin hareket denkleminde yerine konulur ise,

$$-w_n^2 [M] \{a_n\} + [K] \{a_n\} = 0, \quad (7.27)$$

denklemini elde edilir. Bu denklemin sıfıra eşit olabilmesi için katsayılar matrisinin determinantı sıfıra eşit olmalıdır. Yapılacak işlem sonucunda  $w^2$  açısal frekansları elde edilir.

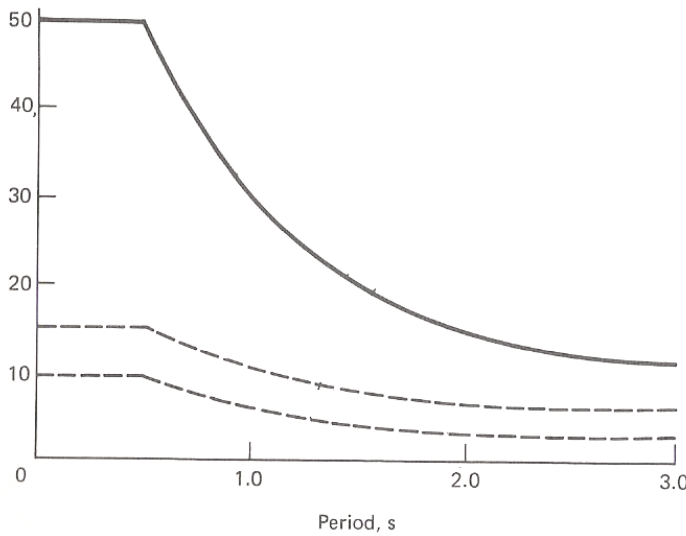
Çözüm titreşimin her modu için gerçek bir köktür ve böylece  $n$  serbestlik dereceli bir sisteme ait  $n$  adet açısal frekans bulunur. Elde edilen en küçük değer birinci modun açısal frekansıdır.

### 7. 2. 3. Yöntem

Mod birleştirme denilen bu elastik dinamik çözümleme yöntemi, sistemin davranışının, her bir serbest titreşim modunun deprem hareketine olan cevabının ayrı ayrı elde edilmesinden sonra birleştirilmesi esasına dayanır. Binalarda kütlelerin katlarda toplandığı kabul edilerek her kat için iki öteleme ve bir dönme hareketi esas alınır. Dönme hareketi nedeni ile katlarda kütle merkezi ile rijitlik merkezinin üst üste düşmemesi de hesaba katılmış olur.

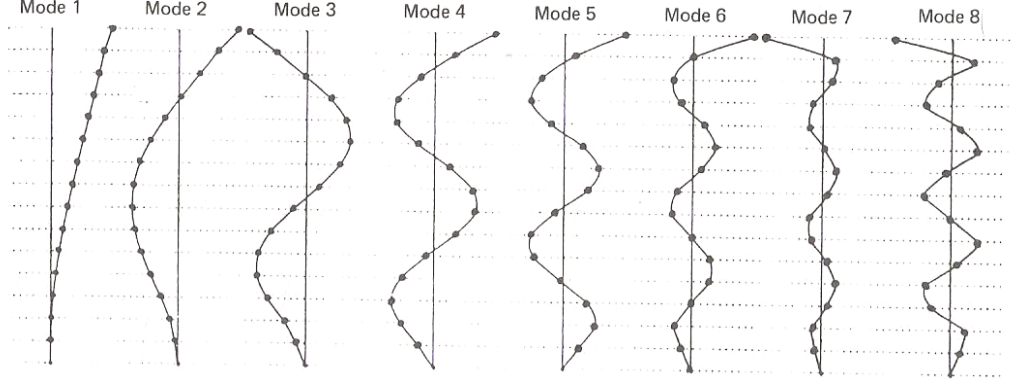
Başka bir deyişle toplam deprem kuvvetinin bulunmasında eşdeğer deprem yükü yöntemi yalnızca binanın birinci doğal titreşim periyodunu göz önüne alırken mod birleştirme yönteminde diğer titreşim periyotları ve mod şekilleri de hesaba katılır ve toplam kuvvetin katlara dağıtılmasında ilgili mod şekilleri esas alınır.

Çok katlı bir yapı serbestlik derecesi sayısı kadar mod şekline sahiptir. Düzlemsel analizlerde her kütle hesaba katılan yatay yer değiştirme için tek serbestlik derecesine sahiptir. Üç boyutlu analizlerde ise iki yatay ve bir dönme olmak üzere her bir kütlenin üç serbestlik derecesi vardır. Binanın serbest titreşimi sönüm etkisi olmaksızın değerlendirilir. Şekil 7.7 Sönüm dizayn spektrumunu geliştirirken hesaba katılır.



Şekil 7.7 Sönümlü ve sönümsüz ivme-periyot, yer değiştirme-periyot...vb. eğrileri

Mod şekilleri ortogonaldır. Yani hiçbir mod diğerlerinin kombinasyonu olarak türetilemez. Şekil 7.8 Her mod şeklinin kendine has bir açısal frekansı vardır. Yapının verilen bir spektrum için toplam yanıtı modal yanıtlarının toplamından elde edilir. Genel olarak çok yüksek ve esnek binalar için her yön için 6 ila 10 modun hesaba katılması yeterli olmaktadır.



Şekil 7.8 Çok katlı bir yapıya ait matematik modelin mod şekilleri

Bu yöntem çok serbestlik dereceli sistemlerin davranışını veren ifadelerin her mod şekli için ayrı ayrı değerlendirilmesi olarak görülebilir. İlgili formülasyonlara geçmeden önce bazı simgelerin neyi temsil ettiğini belirtmek gerekir.

$V_{bj}(t)$  : j . modda etkiyen taban kesme kuvvet ,

$f_{ij}(t)$  : j . modda i . kata etkiyen kuvvet ,

$\phi_{ij}$  : j . modda i . kattaki yer değiştirme ,

$M_j^*$  : j . moda ait etkili modal kütle ,

$S_j(T_j)$  : yönetmelikte verilen boyutsuz ivme spektrumu ,

$M_j$  : genelleştirilmiş kütle ,

$$M_j = \sum_{n=1}^N m_n \phi_{nj}^2 \quad M_j^* = \frac{\left( \sum_{n=1}^N m_i \phi_{ij} \right)^2}{\sum_{n=1}^N m_n \phi_{nj}^2} \quad (7.28)$$

$$V_{bj} = \max V_{bj}(t) = \frac{M_j^* g}{R_a} \max \left[ \frac{A_j(t)}{g} \right] = \frac{M_j^* g}{R_a} \frac{A_j(T_j)}{g} = \frac{M_j^* g}{R_a} A_o I S_j(T_j) \quad (7.29)$$

$$M_j = \sum_{i=1}^N m_i \phi_{xij}^2 + \sum_{i=1}^N m_i \phi_{yij}^2 + \sum_{i=1}^N m_{gi} \phi_{gij}^2 \quad (7.30)$$

Etkili modal kütle iki eksen doğrultusundaki yer değiştirmeler için ayrı ayrı yazılabilir.

$$M_{xj}^* = \left( \sum_{i=1}^N m_i \phi_{xij} \right)^2 / M_j \quad M_{yj}^* = \left( \sum_{i=1}^N m_i \phi_{yij} \right)^2 / M_j$$

$$\sum_{j=1}^{3N} (M_{xj}^* + M_{yj}^*) = \sum_{i=1}^N m_i \quad (7.31)$$

Denklem 7.31 etkili modal kütleler toplamının kat kütlelerinin toplamına eşit olduğunu göstermektedir. Bu ifadelerde kat adedi N olarak kabul edilmiş olup, 3N taşıyıcı sistemin kütle atanmış serbestlik derecesine karşı gelmektedir.

Deprem etkilerinin yön değiştirebilen özelliğinden dolayı spektrum eğrilerinin hazırlanmasında ilgili parametrelerin işaretleri göz önüne alınmaz. Ayrıca her titreşim mod şekli için bulunan değer depremin belirli bir zamanında oluştuğu için, elde edilen maksimum değerlerin üst üste toplanması uygun bir sonuç olmaz. Bunun yerine binaya etkiyen toplam deprem yükü, kat kesme kuvveti, iç kuvvetler, yer değiştirme ve rölatif kat yer değiştirmesi gibi her mod için elde edilen  $r_{jo}$  büyüklüklerinin birleştirilmesi,  $T_i$  ve  $T_j$  gibi herhangi iki mod periyotlarının ( $T_i < T_j$ ) birbirinden  $T_i / T_j < 0.80$  koşulunu sağlayacak kadar ayırık olması durumunda, karelerinin toplamının karekökü kullanılarak yapılabilir :

$$r(t)_{\max} \cong \left[ [r_{10}]^2 + [r_{20}]^2 + \dots + [r_{3N0}]^2 \right]^{1/2}, \quad (7.32)$$

Mod periyotlarının yeteri kadar ayırık olmaması durumunda ise ‘ tam karesel birleştirme ’ kuralı kullanılarak da modal etkiler birleştirilebilir :

$$r(t)_{\max} \approx \left[ \sum_{i=1}^{3N} \sum_{j=1}^{3N} \rho_{ij} r_{io} r_{jo} \right]^{1/2} \quad (7.33)$$

burada ,  $\rho_{ij}$  çapraz korelasyon katsayısı ,

$$\rho_{ij} = [ 8 \cdot \xi^2 \cdot (1 + \beta_{ij}) \cdot \beta_{ij}^{3/2} ] / [ (1 - \beta_{ij}^2)^2 + 4 \cdot \xi^2 \cdot \beta_{ij} \cdot (1 + \beta_{ij})^2 ] \quad (7.34)$$

$\beta_j = w_i / w_j$  serbest titreşim frekanslarının oranını ve  $\xi$  sönüm oranını göstermekte olup , % 5 olarak kabul edilebilir.

Modların katkısı çerçevenin geometrik özellikleri ve karşı gelen spektral değerlere bağlıdır.

Deprem yönetmeliği hesaba katılması gerekli Y mod sayısının belirlenmesini etkin kütle kavramına bağlamıştır. Buna göre Y mod sayısının belirlenmesinde, birbirine dik x ve y yatay deprem doğrultularının her birinde her bir mod için hesaplanan etkin kütleler toplamının bina toplam kütlelerinin % 90 'ından az olmaması esas alınacaktır.

$$\sum_{j=1}^Y M_{xj}^* = \sum_{j=1}^Y \left\{ \left( \sum_{i=1}^N m_i \phi_{xij} \right)^2 / M_j \right\} \geq 0.90 \sum_{j=1}^N m_j$$

$$\sum_{j=1}^Y M_{yj}^* = \sum_{j=1}^Y \left\{ \left( \sum_{i=1}^N m_i \phi_{yij} \right)^2 / M_j \right\} \geq 0.90 \sum_{j=1}^N m_j \quad (7.35)$$

Ayrıca, göz önüne alınan deprem doğrultusunda etkin kütlesi, bina toplam kütlelerinin % 5 ' inden büyük olan tüm titreşim modları hesaba katılacaktır.

### 7. 3. Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi

Mod birleştirme yöntemi yapıların elastik analizi için yararlı bir yöntemdir. Buna karşılık zaman tanım alanında hesap yöntemi hem elastik hem de elastik olmayan analiz için kullanılabilir. Metod zaman tanım alanında adım adım direkt integrasyondan oluşur ve her bir zaman aralığında hareket denkleminin çözümü için bir önceki adımdan elde edilen hız ve yer değiştirme kullanılır. Elastik analizde yapının rijitlik değerleri deprem hareketi süresince sabit kabul edilirken elastik olmayan analizde yalnızca küçük zaman artımları içerisinde sabit kabul edilir.

Başka bir deyişle taşıyıcı sistem, zaman alanında boyutlama için kabul edilen benzetilmiş veya gerçek bir deprem hareketi esas alınarak adım adım çözülür.

Boyutlama sırasında gerçek deprem kaydının esas alınması, hesaba esas olan deprem büyüklüğü, merkez üssü ve odak uzaklığı, kaynak mekanizması ve zemin koşullarının gerçek durumla en iyi bir şekilde uyuşturulması bakımından tercih edilir. Böylece pek çok belirsizlik önlenmiş olur. Deprem kaydının bulunmaması durumunda, deprem hareketini rastgele bir titreşim kabul ederek yapay deprem kayıtları elde edilebilir. Genellikle deprem hareketinin, başlangıç ve son devreleri dışındaki orta bölümü kararlı rastgele titreşim olarak alınır. Ancak, bu durumda da, yapay depremin büyüklüğü ve frekans içeriği hakkında kabuller yapmak gerekir.

Yapının bütünü için anlık gerilmeler deprem süresince ya da depremin önemli bir kısmı boyunca küçük zaman artımları için hesaplanılır. Daha sonra deprem süresince herhangi bir elemanda oluşan en büyük gerilme kayıtlar taranarak bulunulabilir.

Analiz prosedürü genellikle aşağıdaki adımları içerir;

1. Beklenen depremi temsil eden bir deprem kaydı seçilir.

2. Kayıt verilen her bir aralıktaki ivme düzeyinin saniyenin  $1/40$  ' ı ila  $1/25$  ' i arasında böldürülmesi ile oluşan seri ile sayısallaştırılır.

3. Yapının matematik modeli oluşturulur. Bu model genellikle bir noktada toplanmış kütle ve bu kütleleri birbirine bağlayan sönümlü elastik bağlardan oluşur. Burada her bir kütle bir katı ve her bir bağda sistemi oluşturan elemanların elastik rijitliklerini temsil eder.

4. Sayısallaştırılan kayıt yapının bulunduğu tabandaki ivmeymiş gibi modele uygulanır.

5. Bilgisayar her bir kütlenin hareket denklemini integre ederek her bir kütleyle ait ivme, hız ve yer değiştirme kaydını verir.

Bir noktada toplanmış kütleyle ait ivme ve rölatif yer değiştirmeler eleman gerilmelerine çevrilir. En büyük değerler çıktı kaydının incelenmesi ile bulunabilir.

Bu prosedür otomatik olarak değişik titreşim modlarını içerir ve böylece spektrum analizde doğal olarak varolan modların birleştirilmesindeki belirsizliği ortadan kaldırır.



## **8. PERDE ÇERÇEVELİ BİR YAPININ PROJELENDİRİLMESİ**

### **8. 1. Veriler**

Kullanım amacı : Konut

Döşeme Tipi : Kirişli plak

Temel Tipi : Kirişsiz radye

Kat Sayısı : 1 bodrum, 1 zemin, 10 normal kat, 1 çatı katı

Kat Yükseklikleri : Bodrum kat 3,5 m, zemin ve normal katlar 3 m.

Yapı Yüksekliği : 36,5 m ( Temel üst kotundan )

Deprem Bölgesi : I

Zemin Sınıfı : Z2

Zemin Emniyet Gerilmesi (  $\sigma_{zem}$  ) : 300 kN / m<sup>2</sup>

Zemin Yatak Katsayısı (  $C_z$  ) : 100000 kN / m<sup>3</sup>

Etkin Yer İvmesi Katsayısı (  $A_o$  ) : 0,40

Süneklik Düzeyi : Yüksek

Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (  $R$  ) : 7

Deprem Hesabı için Kullanılan Yöntem : Dinamik

Deprem Hesabı için Kullanılan Yöntem Adı : Mod Birleştirme

Kullanılan Malzeme : C25 / St 420

### **8. 2. Kat Planları**

Yapıya ait zemin kat ve normal kat mimari planları Şekil 8.1 ve Şekil 8.2 ' de, kat kalıp planları da Şekil 8.3 ve Şekil 8.4 ' te 1 / 100 ölçeğinde gösterilmiştir.









### 8. 3. Yük Analizleri

#### 8. 3. 1. Duvar yükleri

Normal katlarda;

Yatak odaları ve salonu çevreleyen 25 cm. ' lik ytong duvar:

$$25 \text{ cm. ytong} : 8 \times 0,25 = 2,00 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$2 \text{ cm. kireç} + \text{alçı sıva} : 18 \times 0,02 = 0,36 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$2 \text{ cm. kara sıva} : 20 \times 0,02 = 0,40 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$\text{Toplam} : 2,76 \text{ kN} / \text{m}^2$$

Banyo ve mutfakları çevreleyen 25 cm. ' lik dış cephe ytong duvar:

$$25 \text{ cm. ytong} : 8 \times 0,25 = 2,00 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$2 \text{ cm. kireç} + \text{alçı sıva} : 18 \times 0,02 = 0,36 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$2 \text{ cm. kara sıva} : 20 \times 0,02 = 0,40 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$1 \text{ cm. seramik duvar fayansı} : 19 \times 0,01 = 0,19 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$\text{Toplam} : 2,95 \text{ kN} / \text{m}^2$$

Yatak odası – salon ve salon – antreyi ayıran 10 cm. ' lik ytong duvar:

$$10 \text{ cm. ytong} : 8 \times 0,10 = 0,80 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$4 \text{ cm. kireç} + \text{alçı sıva} : 18 \times 0,04 = 0,72 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$\text{Toplam} : 1,52 \text{ kN} / \text{m}^2$$

Banyo – banyo ve mutfak – mutfağı ayıran 10 cm. ' lik ytong duvar:

$$10 \text{ cm. ytong} : 8 \times 0,10 = 0,80 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$4 \text{ cm. kireç} + \text{alçı sıva} : 18 \times 0,04 = 0,72 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$2 \text{ cm. seramik duvar fayansı} : 19 \times 0,02 = 0,38 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$\text{Toplam} : 1,90 \text{ kN} / \text{m}^2$$

Banyo – Y. odası ve mutfak – Y. odasını ayıran 10 cm. ' lik ytong duvar:

$$10 \text{ cm. ytong} : 8 \times 0,10 = 0,80 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$4 \text{ cm. kireç} + \text{alçı sıva} : 18 \times 0,04 = 0,72 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$1 \text{ cm. seramik duvar fayansı} : 19 \times 0,01 = 0,19 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$\text{Toplam} : 1,71 \text{ kN} / \text{m}^2$$

Zemin Katta;

Dükkan – girişı ayıran 25 cm. ' lik ytonğ duvar:

$$25 \text{ cm. ytonğ} : 8 \times 0,25 = 2,00 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$4 \text{ cm. kireç} + \text{alçı sıva} : 18 \times 0,04 = 0,72 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$\text{Toplam} : 2,72 \text{ kN} / \text{m}^2$$

Dükkan – banyo ve dükkan – mutfadı ayıran 25 cm. ' lik ytonğ duvar:

$$25 \text{ cm. ytonğ} : 8 \times 0,25 = 2,00 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$4 \text{ cm. kireç} + \text{alçı sıva} : 18 \times 0,04 = 0,72 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$1 \text{ cm. seramik duvar fayansı} : 19 \times 0,01 = 0,19 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$\text{Toplam} : 2,91 \text{ kN} / \text{m}^2$$

**8. 3. 2. Döşeme yükleri**

Çatı Katında;

Tüm Döşemeler:

$$\text{Oluklu çatı} : 0,50 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$5 \text{ cm. izolasyon} : 1 \times 0,05 = 0,05 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$3 \text{ cm. tesviye betonu} : 21 \times 0,03 = 0,63 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$12 \text{ cm. betonarme plak} : 25 \times 0,12 = 3,00 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$2 \text{ cm. sıva} : 20 \times 0,02 = 0,40 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$\text{Toplam ( g )} : 4,58 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$\text{Toplam ( q )} : 2,25 \text{ kN} / \text{m}^2 \text{ ( Kar yükü hareketli yük olarak etkitildi. )}$$

$$p_d = 1,4. g + 1,6. q = 1,4 \times 4,58 + 1,6 \times 2,25 = 10,01 \text{ kN} / \text{m}^2$$

Zemin Kat ve Normal Katlarda;

Islak hacimler ( Banyo ):

$$1 \text{ cm. fayans} : 22 \times 0,01 = 0,22 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$2 \text{ cm. kaplama harcı} : 22 \times 0,02 = 0,44 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$8 \text{ cm. tesviye betonu} : 21 \times 0,08 = 1,68 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$45 \text{ cm. curuf} : 15 \times 0,45 = 6,75 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$12 \text{ cm. betonarme plak} : 25 \times 0,12 = 3,00 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$2 \text{ cm. sıva} : 20 \times 0,02 = 0,40 \text{ kN} / \text{m}^2$$

Toplam ( g ) : 12,49 kN / m<sup>2</sup>

Toplam ( q ) : 2,00 kN / m<sup>2</sup>

$$p_d = 1,4. g + 1,6. q = 1,4 \times 12,49 + 1,6 \times 2,00 = 20,69 \text{ kN / m}^2$$

Ahşap parke kaplı hacimler ( Yatak odaları ve salon ):

1 cm. ahşap parke : 8 x 0,01 = 0,08 kN / m<sup>2</sup>

2 cm. kaplama harcı : 22 x 0,02 = 0,44 kN / m<sup>2</sup>

5 cm. tesviye betonu : 21 x 0,05 = 1,05 kN / m<sup>2</sup>

12 cm. betonarme plak : 25 x 0,12 = 3,00 kN / m<sup>2</sup>

2 cm. sıva : 20 x 0,02 = 0,40 kN / m<sup>2</sup>

Toplam ( g ) : 5,69 kN / m<sup>2</sup>

Toplam ( q ) : 2,00 kN / m<sup>2</sup>

$$p_d = 1,4. g + 1,6. q = 1,4 \times 5,69 + 1,6 \times 2,00 = 11,17 \text{ kN / m}^2$$

Fayans kaplı hacimler ( Mutfak ve antre):

1 cm. fayans : 22 x 0,01 = 0,22 kN / m<sup>2</sup>

2 cm. kaplama harcı : 22 x 0,02 = 0,44 kN / m<sup>2</sup>

4 cm. tesviye betonu : 21 x 0,04 = 0,84 kN / m<sup>2</sup>

12 cm. betonarme plak : 25 x 0,12 = 3,00 kN / m<sup>2</sup>

2 cm. sıva : 20 x 0,02 = 0,40 kN / m<sup>2</sup>

Toplam ( g ) : 5,24 kN / m<sup>2</sup>

Toplam ( q ) : 0,20 kN / m<sup>2</sup>

$$p_d = 1,4. g + 1,6. q = 1,4 \times 5,24 + 1,6 \times 2,00 = 10,54 \text{ kN / m}^2$$

Karo kaplı hacimler ( Balkon ):

2 cm. karo mozaik : 22 x 0,02 = 0,44 kN / m<sup>2</sup>

2 cm. kaplama harcı : 22 x 0,02 = 0,44 kN / m<sup>2</sup>

4 cm. tesviye betonu : 21 x 0,04 = 0,84 kN / m<sup>2</sup>

12 cm. betonarme plak : 25 x 0,12 = 3,00 kN / m<sup>2</sup>

2 cm. sıva : 20 x 0,02 = 0,40 kN / m<sup>2</sup>

Toplam ( g ) : 5,12 kN / m<sup>2</sup>

Toplam ( q ) : 0,50 kN / m<sup>2</sup>

$$p_d = 1,4. g + 1,6. q = 1,4 \times 5,12 + 1,6 \times 5,00 = 15,17 \text{ kN / m}^2$$

Mermer kaplı hacimler ( Dükkanlar, merdiven boşluğu, kat sahanlığı ):

$$2 \text{ cm. mermer} : 28 \times 0,02 = 0,56 \text{ kN / m}^2$$

$$2 \text{ cm. kaplama harcı} : 22 \times 0,02 = 0,44 \text{ kN / m}^2$$

$$4 \text{ cm. tesviye betonu} : 21 \times 0,04 = 0,84 \text{ kN / m}^2$$

$$12 \text{ cm. betonarme plak} : 25 \times 0,12 = 3,00 \text{ kN / m}^2$$

$$2 \text{ cm. sıva} : 20 \times 0,02 = 0,40 \text{ kN / m}^2$$

$$\text{Toplam ( g )} : 5,24 \text{ kN / m}^2$$

$$\text{Toplam ( q )} : 0,35 \text{ kN / m}^2$$

$$p_d = 1,4. g + 1,6. q = 1,4 \times 5,24 + 1,6 \times 0,35 = 7,94 \text{ kN / m}^2$$

#### **8. 4. Döşeme Analizleri**

##### **8. 4. 1. Döşemelerin çalışma şeklinin belirlenmesi**

Yapı Şekil 8.1 ve 2' de ki mimari planlarda da görüldüğü üzere ( 4 ) aksına göre simetriktr. Bu nedenle yalnızca ( 4 ) aksı üzerindeki döşemeler göz önüne alınmıştır.

Çatı katında;

$$DC01 : m = l_1 / l_s = 5,000 / 4,625 = 1,08 \leq 2 \text{ çift doğrultuda çalışan döşeme}$$

$$DC02 : m = l_1 / l_s = 6,000 / 5,000 = 1,20 \leq 2 \text{ çift doğrultuda çalışan döşeme}$$

$$DC03 : m = l_1 / l_s = 5,000 / 4,625 = 1,08 \leq 2 \text{ çift doğrultuda çalışan döşeme}$$

$$DC04 : m = l_1 / l_s = 4,625 / 4,000 = 1,16 \leq 2 \text{ çift doğrultuda çalışan döşeme}$$

$$DC05 : m = l_1 / l_s = 6,000 / 2,000 = 3,00 > 2 \text{ tek doğrultuda çalışan döşeme}$$

$$DC06 : m = l_1 / l_s = 4,625 / 4,000 = 1,16 \leq 2 \text{ çift doğrultuda çalışan döşeme}$$

Normal Katlarda;

$$DN01 : m = l_1 / l_s = 5,000 / 4,625 = 1,08 \leq 2 \text{ çift doğrultuda çalışan döşeme}$$

$$DN02 : m = l_1 / l_s = 6,000 / 5,000 = 1,20 \leq 2 \text{ çift doğrultuda çalışan döşeme}$$

$$DN03 : m = l_1 / l_s = 5,000 / 4,625 = 1,08 \leq 2 \text{ çift doğrultuda çalışan döşeme}$$

$$DN04 : m = l_1 / l_s = 4,625 / 4,000 = 1,16 \leq 2 \text{ çift doğrultuda çalışan döşeme}$$

$$DN05 : m = l_1 / l_s = 6,000 / 2,000 = 3,00 > 2 \text{ tek doğrultuda çalışan döşeme}$$

$$DN06 : m = l_1 / l_s = 4,625 / 4,000 = 1,16 \leq 2 \text{ çift doğrultuda çalışan döşeme}$$

Zemin Katında;

$$DZ01 : m = l_l / l_s = 5,000 / 4,625 = 1,08 \leq 2 \text{ çift doğrultuda çalışan döşeme}$$

$$DZ02 : m = l_l / l_s = 6,000 / 5,000 = 1,20 \leq 2 \text{ çift doğrultuda çalışan döşeme}$$

$$DZ03 : m = l_l / l_s = 5,000 / 4,625 = 1,08 \leq 2 \text{ çift doğrultuda çalışan döşeme}$$

$$DZ04 : m = l_l / l_s = 4,625 / 4,000 = 1,16 \leq 2 \text{ çift doğrultuda çalışan döşeme}$$

$$DZ05 : m = l_l / l_s = 6,000 / 2,000 = 3,00 > 2 \text{ tek doğrultuda çalışan döşeme}$$

$$DZ06 : m = l_l / l_s = 4,625 / 4,000 = 1,16 \leq 2 \text{ çift doğrultuda çalışan döşeme}$$

Burada;

$l_l$  : döşemenin uzun doğrultudaki aks açıklığı

$l_s$  : döşemenin kısa doğrultudaki aks açıklığını,

temsil etmektedir.

#### **8. 4. 2. Döşeme kalınlığının belirlenmesi**

Döşeme kalınlığı T.S. 500 / 2000 uyarınca aşağıdaki koşullardan elverişsiz olanını sağlayacak şekilde belirlenir.

$$h \geq \frac{l_{sn}}{15+20/m} (1 - \alpha_s/4) , h \geq 8 \text{ cm. ( Deprem bölgesi ise } h \geq 10 \text{ cm. )}$$

$$m = l_l / l_s$$

$l_{sn}$  : kısa kenar doğrultusundaki serbest açıklık

$\alpha_s$  : sürekli olan kenarların toplam uzunluğunun döşeme çevresi uzunluğuna oranı

Yukarıdaki açıklamalar ışığında döşeme kalınlığı;

$$h \geq \frac{4,375}{15+20/1,08} (1 - 0,26/4)$$

$$h \geq 0,122 \text{ m.} = 12,2 \text{ cm.} \approx 12 \text{ cm. olarak elde edilir.}$$

Döşeme kalınlığı belirlenirken tüm yapı boyunca tek bir kalınlıkta döşeme kullanılmak istendiğinden en elverişsiz ( en büyük ) kalınlığı veren DN01 döşemesi verileri baz alınmıştır.

#### **8. 4. 3. Döşeme statik ve betonarme hesapları**

Çift doğrultuda çalışan döşemelerin statik hesabı T.S. 500 / 2000 ' de yer alan '  $\alpha$  moment katsayıları ' yaklaşık yöntemi ile ilgili tablolarda yapılmıştır.

Çatı katı döşemeleri için;

DC01 : İki komşu kenar süreksiz

DC02 : Dört kenar sürekli

DC03 : İki komşu kenar süreksiz

DC04 : İki kısa kenar süreksiz

DC06 : Bir kısa kenar süreksiz

Tablo 8.1 Çatı katına ait çift doğrultuda çalışan döşemelerin donatı hesabında kullanılacak eğilme momentlerinin hesabı

|      | $p_d$<br>kN / m <sup>2</sup> | $l_x$<br>m | $l_y$<br>m | $m$  | $\alpha_{x1}$ | $\alpha_{x2}$ | $M_{x1}$<br>kNm/m | $M_{x2}$<br>kNm/m | $\alpha_{y1}$ | $\alpha_{y2}$ | $M_{y1}$<br>kNm/m | $M_{y2}$<br>kNm/m |
|------|------------------------------|------------|------------|------|---------------|---------------|-------------------|-------------------|---------------|---------------|-------------------|-------------------|
| DC01 | 10,01                        | 4,6        | 5,0        | 1,08 | 0,06          | 0,04          | 10,54             | 7,85              | 0,05          | 0,04          | 9,38              | 7,08              |
| DC02 | 10,01                        | 6,0        | 5,0        | 1,20 | 0,03          | 0,03          | 7,45              | 5,64              | 0,05          | 0,03          | 10,15             | 7,67              |
| DC03 | 10,01                        | 4,6        | 5,0        | 1,08 | 0,06          | 0,04          | 10,53             | 7,85              | 0,05          | 0,04          | 9,38              | 7,08              |
| DC04 | 10,01                        | 4,6        | 4,0        | 1,16 | ---           | 0,04          | ---               | 6,19              | 0,06          | 0,05          | 8,86              | 6,75              |
| DC06 | 10,01                        | 4,6        | 4,0        | 1,16 | 0,04          | 0,03          | 5,77              | 4,36              | 0,05          | 0,04          | 7,17              | 5,34              |

$\alpha_{x1}$  ,  $\alpha_{x2}$  : x doğrultusunda kullanılacak katsayılar,

$\alpha_{y1}$  ,  $\alpha_{y2}$  : y doğrultusunda kullanılacak katsayılar,

$$m = l_1 / l_s , M = \alpha \cdot p_d \cdot (l_{sn})^2$$

$M_{x1}$  ,  $M_{y1}$  : İlgili doğrultularda sürekli kenarda negatif moment,

$M_{x2}$  ,  $M_{y2}$  : İlgili doğrultularda açıklık ortasında pozitif moment,

DC05 için,

$$M = (p_d \times l^2) / 8$$

$$M = (10,01 \times 2^2) / 8$$

$$M = 5 \text{ kNm / m}$$

Konsol döşemelerde ( balkonların üzeri ) ,

$$M = (p_d \times l^2) / 2 + p \times l$$

$$M = (10,01 \times 1,325^2) / 2 + 0,35 \times 1,325$$

$$M = 9,24 \text{ kNm / m}$$

Tablo 8.2 Çatı katı döşemeleri açıklık donatıları hesabı

|      | Doğrultu | $M_d$<br>kNm/m | $d$<br>m | $K$   | $k_s$ | $A_s$<br>mm <sup>2</sup> | Düz<br>mm/mm | Pliye<br>mm/mm |
|------|----------|----------------|----------|-------|-------|--------------------------|--------------|----------------|
| DC01 | x        | 7,85           | 0,105    | 140,4 | 2,85  | 213,1                    | φ8/360       | φ8/360         |
| DC01 | y        | 7,08           | 0,095    | 127,5 | 2,86  | 213,1                    | φ8/360       | φ8/360         |
| DC02 | x        | 5,64           | 0,095    | 160,0 | 2,84  | 168,6                    | φ8/360       | φ8/360         |
| DC02 | y        | 7,67           | 0,105    | 143,7 | 2,85  | 208,2                    | φ8/360       | φ8/360         |
| DC03 | x        | 7,85           | 0,105    | 140,4 | 2,85  | 213,1                    | φ8/360       | φ8/360         |
| DC03 | y        | 7,08           | 0,095    | 127,5 | 2,86  | 213,1                    | φ8/360       | φ8/360         |
| DC04 | x        | 6,19           | 0,095    | 145,8 | 2,85  | 185,7                    | φ8/360       | φ8/360         |
| DC04 | y        | 6,75           | 0,105    | 163,3 | 2,84  | 182,6                    | φ8/360       | φ8/360         |
| DC05 | x        | ---            | ---      | ---   | ---   | ---                      | φ8/300       | ---            |
| DC05 | y        | 5,00           | 0,105    | 220,5 | 2,82  | 134,3                    | φ8/360       | φ8/360         |
| DC06 | x        | 4,36           | 0,095    | 207,0 | 2,83  | 130,0                    | φ8/360       | φ8/360         |
| DC06 | y        | 6,34           | 0,105    | 173,9 | 2,84  | 171,5                    | φ8/360       | φ8/360         |

İki komşu plağın ortak mesnedinin bir tarafındaki negatif moment diğer taraftakinin 0,8 katından az ise, aradaki farkın 2/3 'ü komşu plaklara , döşeme şerit rijitlikleri oranında dağıtılmalı, donatı hesabında büyük olan değer kullanılmalıdır.İki moment arasındaki fark az ise, tasarımda büyük olan moment kullanılmalıdır.

x doğrultusunda DC01-DC02 döşemeleri moment dengelemesi,

$$7,45 / 10,53 = 0,71 < 0,80$$

$$\Delta M = 2 / 3 ( M_{\max} - M_{\min} ) = 2 / 3 ( 10,53 - 7,45 ) = 2,05 \text{ kNm / m.}$$

$$M_1 = M_{\max} - \Delta M [ l_2 / ( l_1 + l_2 ) ]$$

$$M_1 = 10,53 - 2,05 [ 5,75 / ( 4,375 + 5,75 ) ] = 9,37 \text{ kNm / m}$$

$$M_2 = M_{\min} + \Delta M [ l_1 / ( l_1 + l_2 ) ]$$

$$M_2 = 7,45 + 2,05 [ 4,375 / ( 4,375 + 5,75 ) ] = 8,33 \text{ kNm / m}$$

y doğrultusunda DC03-DC06 döşemeleri moment dengelemesi,

$$7,17 / 9,38 = 0,764 < 0,80$$

$$\Delta M = 2 / 3 ( M_{\max} - M_{\min} ) = 2 / 3 ( 9,38 - 7,17 ) = 1,473 \text{ kNm / m}$$

$$M_1 = M_{\max} - \Delta M [ l_2 / ( l_1 + l_2 ) ]$$

$$M_1 = 9,38 - 1,473 [ 3,75 / ( 3,75 + 4,75 ) ] = 8,73 \text{ kNm / m}$$

$$M_2 = M_{\min} + \Delta M [ l_1 / ( l_1 + l_2 ) ]$$

$$M_2 = 7,17 + 1,473 [ 4,75 / ( 3,75 + 4,75 ) ] = 7,99 \text{ kNm / m}$$

Tablo 8.3 Çatı katı döşemeleri mesnet donatısı hesabı

|             | Doğrultu | $M_d$<br>kNm/m | K     | $k_s$ | $A_s$<br>mm <sup>2</sup> | Mevcut<br>mm/mm | Ek<br>mm/mm |
|-------------|----------|----------------|-------|-------|--------------------------|-----------------|-------------|
| DC01-DC02   | x        | 9,37           | 117,7 | 2,86  | 255,2                    | φ8/180          | ---         |
| DC06-Balkon | x        | 9,24           | 119,3 | 2,86  | 251,7                    | φ8/360          | φ8/330      |
| DC04-DC01   | x        | 9,38           | 117,5 | 2,86  | 255,5                    | φ8/180          | ---         |
| DC05-DC02   | y        | 10,15          | 108,6 | 2,87  | 277,4                    | φ8/180          | ---         |
| DC02-Balkon | y        | 10,15          | 108,6 | 2,87  | 277,4                    | φ8/360          | φ8/330      |
| DC06-DC03   | y        | 8,73           | 126,3 | 2,86  | 237,8                    | φ8/180          | ---         |
| DC08-DC04   | y        | 8,86           | 124,4 | 2,86  | 241,3                    | φ8/180          | ---         |
| DC10-DC06   | y        | 7,17           | 153,7 | 2,84  | 193,9                    | φ8/180          | ---         |

Tek doğrultuda çalışan döşeme ( DC05 ) için minimum donatı ve donatı aralıkları kontrolü,

Ana donatı,

$$\rho_{\min} = 0,002 [ \text{BÇ III ( S420 – S500 ) } ]$$

$$A_{s\min} = \rho_{\min} b_w d = 0,002 \times 1000 \times 100 = 200 \text{ mm}^2 / \text{m} < 279 \text{ mm}^2 / \text{m} ( \phi 8 / 180 )$$

Donatı aralığı,

$$t \leq 1,5 h = 1,5 \times 120 = 180 \text{ mm. } \checkmark$$

Dağıtma donatısı,

$$A_{sd} = 0,2 \times A_s = 0,2 \times 279 = 55,8 \text{ mm}^2 / \text{m} < 167,5 \text{ mm}^2 / \text{m} ( \phi 8 / 300 )$$

$$t \leq 300 \text{ mm. } \checkmark$$

Boyuna mesnet donatısı,

$$A_{sbm} = 0,6 \times A_s = 0,6 \times 279 = 167,4 \text{ mm}^2 / \text{m} < 167,5 \text{ mm}^2 / \text{m} (\phi 8 / 300)$$

$$A_{sbmmin} = \phi 8 / 300 \text{ [ BÇ III ( S420 ) ]}$$

Çift doğrultuda çalışan döşemeler için minimum donatı ve donatı aralıkları kontrolü,

$$\min ( \rho_x + \rho_y ) = 0,0035 \text{ [ BÇ III ( S420 – S500 ) ]}$$

$$\min ( A_{sx} + A_{sy} ) = 0,0035 \times 1000 \times [ (105 + 95) / 2 ]$$

$$\min ( A_{sx} + A_{sy} ) = 350 \text{ mm}^2 / \text{m} < 558 \text{ mm}^2 / \text{m} (\phi 8 / 180 + \phi 8 / 180)$$

Donatı aralığı,

$$s_{max} \leq 1,5 h$$

$$s_{max} \leq 1,5 \times 120 = 180 \text{ mm. } \checkmark$$

Normal kat döşemeleri için;

DN01 : Üç kenar süreksiz

DN02 : Dört kenar sürekli

DN03 : İki komşu kenar süreksiz

DN04 : Üç kenar süreksiz

DN06 : Bir kenar süreksiz

Tablo 8.4 Normal katlara ait çift doğrultuda çalışan döşemelerin donatı hesabında kullanılacak eğilme momentlerinin hesabı

|      | $p_d$<br>kN / m <sup>2</sup> | $l_x$<br>m | $l_y$<br>m | $m$  | $\alpha_{x1}$ | $\alpha_{x2}$ | $M_{x1}$<br>kNm/m | $M_{x2}$<br>kNm/m | $\alpha_{y1}$ | $\alpha_{y2}$ | $M_{y1}$<br>kNm/m | $M_{y2}$<br>kNm/m |
|------|------------------------------|------------|------------|------|---------------|---------------|-------------------|-------------------|---------------|---------------|-------------------|-------------------|
| DN01 | 11,17                        | 4,6        | 5,0        | 1,08 | 0,06          | 0,05          | 13,68             | 10,26             | 0,06          | 0,04          | 12,40             | 9,41              |
| DN02 | 11,17                        | 6,0        | 5,0        | 1,20 | 0,03          | 0,03          | 8,32              | 6,30              | 0,05          | 0,03          | 11,34             | 8,57              |
| DN03 | 11,17                        | 4,6        | 5,0        | 1,08 | 0,06          | 0,04          | 11,76             | 8,77              | 0,05          | 0,04          | 10,48             | 7,91              |
| DN04 | 20,7                         | 4,6        | 4,0        | 1,16 | 0,06          | 0,04          | 16,88             | 12,81             | 0,07          | 0,05          | 20,09             | 15,14             |
| DN06 | 10,35                        | 4,6        | 4,0        | 1,16 | 0,04          | 0,03          | 5,97              | 4,51              | 0,05          | 0,04          | 7,42              | 5,53              |

DN05 için

$$M = ( p_d \times l^2 ) / 8$$

$$M = ( 10,35 \times 2^2 ) / 8$$

$$M = 5,18 \text{ kNm} / \text{m}$$

Konsol döşemelerde ( balkonlar ) ,

$$M = ( p_d \times l^2 ) / 2$$

$$M = ( 15,27 \times 1,325^2 ) / 2$$

$$M = 13,4 \text{ kNm} / \text{m}$$

Tablo 8.5 Normal kat döşemeleri açıklık donatıları hesabı

|      | Doğrultu | $M_d$<br>kNm/m | d<br>m | K      | $k_s$ | $A_s$<br>mm <sup>2</sup> | Düz<br>mm/mm | Pliye<br>mm/mm |
|------|----------|----------------|--------|--------|-------|--------------------------|--------------|----------------|
| DN01 | x        | 10,26          | 0,105  | 107,45 | 2,87  | 280,4                    | φ8/350       | φ8/350         |
| DN01 | y        | 9,41           | 0,095  | 95,9   | 2,88  | 285,3                    | φ8/350       | φ8/350         |
| DN02 | x        | 6,30           | 0,095  | 143,2  | 2,85  | 189,0                    | φ8/360       | φ8/360         |
| DN02 | y        | 8,57           | 0,105  | 128,6  | 2,86  | 233,4                    | φ8/360       | φ8/360         |
| DN03 | x        | 8,77           | 0,105  | 125,7  | 2,86  | 238,9                    | φ8/360       | φ8/360         |
| DN03 | y        | 7,91           | 0,095  | 114,1  | 2,87  | 238,9                    | φ8/360       | φ8/360         |
| DN04 | x        | 12,81          | 0,095  | 70,5   | 2,91  | 392,4                    | φ8/250       | φ8/250         |
| DN04 | y        | 15,14          | 0,105  | 72,8   | 2,91  | 419,6                    | φ8/240       | φ8/240         |
| DN05 | x        | ---            | ---    | ---    | ---   | ---                      | φ8/300       | ---            |
| DN05 | y        | 5,18           | 0,105  | 205,7  | 2,83  | 144,5                    | φ8/360       | φ8/360         |
| DN06 | x        | 4,51           | 0,095  | 200,1  | 2,83  | 134,4                    | φ8/360       | φ8/360         |
| DN06 | y        | 5,50           | 0,105  | 200,5  | 2,83  | 148,2                    | φ8/360       | φ8/360         |

x doğrultusunda DN01 – DN02 döşemeleri moment dengelemesi,

$$8,32 / 13,68 = 0,61 < 0,8$$

$$\Delta M = 2 / 3 ( M_{\max} - M_{\min} ) = 2 / 3 ( 13,68 - 8,32 ) = 3,57 \text{ kNm} / \text{m}.$$

$$M_1 = M_{\max} - \Delta M [ l_2 / ( l_1 + l_2 ) ]$$

$$M_1 = 13,68 - 3,57 [ 5,75 / ( 4,375 + 5,75 ) ] = 11,65 \text{ kNm / m}$$

$$M_2 = M_{\min} + \Delta M [ l_1 / ( l_1 + l_2 ) ]$$

$$M_2 = 8,32 + 3,57 [ 4,375 / ( 4,375 + 5,75 ) ] = 9,86 \text{ kNm / m}$$

x doğrultusunda DN02 – DN03 döşemeleri moment dengelemesi,

$$8,32 / 11,76 = 0,71 < 0,8$$

$$\Delta M = 2 / 3 ( M_{\max} - M_{\min} ) = 2 / 3 ( 11,76 - 8,32 ) = 2,29 \text{ kNm / m}$$

$$M_1 = M_{\max} - \Delta M [ l_2 / ( l_1 + l_2 ) ]$$

$$M_1 = 11,76 - 2,29 [ 5,75 / ( 4,375 + 5,75 ) ] = 10,46 \text{ kNm / m}$$

$$M_2 = M_{\min} + \Delta M [ l_1 / ( l_1 + l_2 ) ]$$

$$M_2 = 8,32 + 2,29 [ 4,375 / ( 4,375 + 5,75 ) ] = 9,31 \text{ kNm / m}$$

y doğrultusunda DN06 – DN03 döşemeleri moment dengelemesi,

$$7,42 / 10,48 = 0,71 < 0,8$$

$$\Delta M = 2 / 3 ( M_{\max} - M_{\min} ) = 2 / 3 ( 10,48 - 7,42 ) = 2,04 \text{ kNm / m}$$

$$M_1 = M_{\max} - \Delta M [ l_2 / ( l_1 + l_2 ) ]$$

$$M_1 = 10,48 - 2,04 [ 3,75 / ( 4,75 + 3,75 ) ] = 9,58 \text{ kNm / m}$$

$$M_2 = M_{\min} + \Delta M [ l_1 / ( l_1 + l_2 ) ]$$

$$M_2 = 7,42 + 2,04 [ 4,75 / ( 4,75 + 3,75 ) ] = 8,56 \text{ kNm / m}$$

Tablo 8.6 Normal kat döşemeleri mesnet donatısı hesabı

|             | Doğrultu | $M_d$<br>kNm/m | K     | $k_s$ | $A_s$<br>mm <sup>2</sup> | Mevcut<br>mm/mm | Ek<br>mm/mm |
|-------------|----------|----------------|-------|-------|--------------------------|-----------------|-------------|
| DN01-DN02   | x        | 11,65          | 94,6  | 2,88  | 319,5                    | φ8/350+φ8/360   | φ8/330      |
| DN02-DN03   | x        | 10,46          | 105,4 | 2,87  | 285,9                    | φ8/180          | φ8/330      |
| DN06-Balkon | x        | 13,40          | 82,3  | 2,89  | 368,8                    | φ8/360          | φ8/220      |
| DN05-DN02   | y        | 11,34          | 97,2  | 2,88  | 311,1                    | φ8/180          | φ8/330      |
| DN02-Balkon | y        | 13,40          | 82,3  | 2,89  | 368,8                    | φ8/360          | φ8/220      |
| DN06-DN03   | y        | 9,24           | 119,3 | 2,86  | 251,7                    | φ8/180          | ---         |

|           | Doğrultu | $M_d$<br>kNm/m | K     | $k_s$ | $A_s$<br>mm <sup>2</sup> | Mevcut<br>mm/mm | Ek<br>mm/mm |
|-----------|----------|----------------|-------|-------|--------------------------|-----------------|-------------|
| DN08-DN04 | y        | 20,09          | 54,9  | 2,95  | 564,4                    | φ8/120          | φ8/330      |
| DN10-DN06 | y        | 6,26           | 176,1 | 2,83  | 168,7                    | φ8/180          | ---         |

Tek doğrultuda çalışan döşeme ( DN05 ) için minimum donatı ve donatı aralıkları kontrolü,

Ana donatı,

$$\rho_{\min} = 0,002 [ \text{BÇ III ( S420 – S500 ) } ]$$

$$A_{s\min} = \rho_{\min} b_w d = 0,002 \times 1000 \times 100 = 200 \text{ mm}^2 / \text{m} < 279 \text{ mm}^2 / \text{m} ( \phi 8 / 180 )$$

Donatı aralığı,

$$t \leq 1,5 h = 1,5 \times 120 = 180 \text{ mm. } \checkmark$$

Dağıtma donatısı,

$$A_{sd} = 0,2 \times A_s = 0,2 \times 279 = 55,8 \text{ mm}^2 / \text{m} < 167,5 \text{ mm}^2 / \text{m} ( \phi 8 / 300 )$$

$$t \leq 300 \text{ mm. } \checkmark$$

Boyuna mesnet donatısı,

$$A_{sbm} = 0,6 \times A_s = 0,6 \times 279 = 167,4 \text{ mm}^2 / \text{m} < 167,5 \text{ mm}^2 / \text{m} ( \phi 8 / 300 )$$

$$A_{sbm\min} = \phi 8 / 300 [ \text{BÇ III ( S420 ) } ]$$

Çift doğrultuda çalışan döşemeler için minimum donatı ve donatı aralıkları kontrolü,

$$\min ( \rho_x + \rho_y ) = 0,0035 [ \text{BÇ III ( S420 – S500 ) } ]$$

$$\min ( A_{sx} + A_{sy} ) = 0,0035 \times 1000 \times [ (105 + 95) / 2 ]$$

$$\min ( A_{sx} + A_{sy} ) = 350 \text{ mm}^2 / \text{m} < 558 \text{ mm}^2 / \text{m} ( \phi 8 / 180 + \phi 8 / 180 )$$

Donatı aralığı,

$$s_{\max} \leq 1,5 h$$

$$s_{\max} \leq 1,5 \times 120 = 180 \text{ mm. } \checkmark$$

Zemin kat döşemeleri için;

DZ01 : İki komşu kenar süreksiz

DZ02 : Bir kenar süreksiz

DZ03 : İki komşu kenar süreksiz

DZ04 : Üç kenar süreksiz

DZ06 : İki kısa kenar süreksiz

DZ08 : Dört kenar süreksiz

DZ10 : İki kısa kenar süreksiz

DZ11 : Üç kenar süreksiz

DZ12 : Bir kenar süreksiz

DZ13 : İki komşu kenar süreksiz

Tablo 8.7 Zemin kata ait çift doğrultuda çalışan döşemelerin donatı hesabında kullanılacak eğilme momentlerinin hesabı

|      | $p_d$<br>kN / m <sup>2</sup> | $l_x$<br>m | $l_y$<br>m | $m$  | $\alpha_{x1}$ | $\alpha_{x2}$ | $M_{x1}$<br>kNm/m | $M_{x2}$<br>kNm/m | $\alpha_{y1}$ | $\alpha_{y2}$ | $M_{y1}$<br>kNm/m | $M_{y2}$<br>kNm/m |
|------|------------------------------|------------|------------|------|---------------|---------------|-------------------|-------------------|---------------|---------------|-------------------|-------------------|
| DZ01 | 15,34                        | 4,6        | 5,0        | 1,08 | 0,06          | 0,04          | 16,15             | 12,04             | 0,05          | 0,04          | 14,39             | 10,86             |
| DZ02 | 12,94                        | 6,0        | 5,0        | 1,20 | 0,04          | 0,03          | 11,97             | 9,05              | 0,05          | 0,04          | 15,47             | 11,68             |
| DZ03 | 15,34                        | 4,6        | 5,0        | 1,08 | 0,06          | 0,04          | 16,15             | 12,04             | 0,05          | 0,04          | 14,39             | 10,86             |
| DZ04 | 15,34                        | 4,6        | 4,0        | 1,16 | 0,06          | 0,04          | 12,51             | 9,49              | 0,07          | 0,05          | 14,88             | 11,22             |
| DZ06 | 15,34                        | 4,6        | 4,0        | 1,16 | ---           | 0,04          | ---               | 9,49              | 0,06          | 0,05          | 13,59             | 10,35             |
| DZ08 | 20,69                        | 4,6        | 4,0        | 1,16 | ---           | 0,05          | ---               | 14,55             | ---           | 0,06          | ---               | 17,46             |
| DZ10 | 10,35                        | 4,6        | 4,0        | 1,16 | ---           | 0,04          | ---               | 8,00              | 0,06          | 0,05          | 11,46             | 8,73              |
| DZ11 | 11,17                        | 4,6        | 5,0        | 1,08 | 0,06          | 0,05          | 13,68             | 10,26             | 0,06          | 0,04          | 12,40             | 9,41              |
| DZ12 | 11,17                        | 6,0        | 5,0        | 1,20 | 0,04          | 0,03          | 10,33             | 7,81              | 0,05          | 0,04          | 13,36             | 10,08             |
| DZ13 | 11,17                        | 4,6        | 5,0        | 1,08 | 0,06          | 0,04          | 11,76             | 8,77              | 0,05          | 0,04          | 10,48             | 7,91              |

DZ05 için,

$$M = ( p_d \times l^2 ) / 8$$

$$M = ( 12,94 \times 2^2 ) / 8$$

$$M = 6,47 \text{ kNm / m}$$

DZ09 için,

$$M = (p_d \times l^2) / 8$$

$$M = (10,35 \times 2^2) / 8$$

$$M = 5,18 \text{ kNm} / \text{m}$$

Tablo 8.8 Zemin kat döşemeleri açıklık donatıları hesabı

|      | Doğrultu | M <sub>d</sub><br>kNm/m | d<br>m | K      | k <sub>s</sub> | A <sub>s</sub><br>mm <sup>2</sup> | Düz<br>mm/mm | Pliye<br>mm/mm |
|------|----------|-------------------------|--------|--------|----------------|-----------------------------------|--------------|----------------|
| DZ01 | x        | 12,04                   | 0,105  | 91,57  | 2,88           | 330,24                            | φ8/300       | φ8/300         |
| DZ01 | y        | 11,68                   | 0,095  | 77,27  | 2,90           | 356,55                            | φ8/280       | φ8/280         |
| DZ02 | x        | 9,05                    | 0,095  | 99,72  | 2,88           | 274,35                            | φ8/360       | φ8/360         |
| DZ02 | y        | 11,68                   | 0,105  | 94,39  | 2,88           | 320,37                            | φ8/310       | φ8/310         |
| DZ03 | x        | 12,04                   | 0,105  | 91,57  | 2,88           | 330,24                            | φ8/300       | φ8/300         |
| DZ03 | y        | 11,68                   | 0,095  | 77,24  | 2,90           | 356,55                            | φ8/280       | φ8/280         |
| DZ04 | x        | 9,49                    | 0,095  | 95,10  | 2,88           | 287,69                            | φ8/340       | φ8/340         |
| DZ04 | y        | 11,22                   | 0,105  | 98,26  | 2,88           | 307,75                            | φ8/320       | φ8/320         |
| DZ05 | x        | ---                     | ---    | ---    | ---            | ---                               | φ8/300       | ---            |
| DZ05 | y        | 6,47                    | 0,105  | 170,4  | 2,84           | 174,99                            | φ8/360       | φ8/360         |
| DZ06 | x        | 9,49                    | 0,095  | 95,10  | 2,88           | 287,69                            | φ8/340       | φ8/340         |
| DZ06 | y        | 10,35                   | 0,105  | 106,52 | 2,87           | 282,90                            | φ8/350       | φ8/350         |
| DZ08 | x        | 14,55                   | 0,095  | 62,03  | 2,93           | 448,75                            | φ8/220       | φ8/220         |
| DZ08 | y        | 17,46                   | 0,105  | 63,14  | 2,93           | 487,22                            | φ8/200       | φ8/200         |
| DZ09 | x        | ---                     | ---    | ---    | ---            | ---                               | φ8/300       | ---            |
| DZ09 | y        | 5,18                    | 0,105  | 212,84 | 2,82           | 139,12                            | φ8/360       | φ8/360         |
| DZ10 | x        | 8,00                    | 0,095  | 112,81 | 2,87           | 241,68                            | φ8/360       | φ8/360         |
| DZ10 | y        | 8,73                    | 0,105  | 126,29 | 2,86           | 237,79                            | φ8/360       | φ8/360         |

|      | Doğrultu | M <sub>d</sub><br>kNm/m | d<br>m | K      | k <sub>s</sub> | A <sub>s</sub><br>mm <sup>2</sup> | Düz<br>mm/mm | Pliye<br>mm/mm |
|------|----------|-------------------------|--------|--------|----------------|-----------------------------------|--------------|----------------|
| DZ11 | x        | 10,26                   | 0,105  | 107,46 | 2,87           | 280,44                            | φ8/350       | φ8/350         |
| DZ11 | y        | 9,41                    | 0,095  | 95,91  | 2,88           | 285,27                            | φ8/350       | φ8/350         |
| DZ12 | x        | 7,81                    | 0,095  | 115,56 | 2,87           | 235,94                            | φ8/360       | φ8/360         |
| DZ12 | y        | 10,08                   | 0,105  | 109,38 | 2,87           | 275,52                            | φ8/360       | φ8/360         |
| DZ13 | x        | 8,77                    | 0,105  | 125,71 | 2,86           | 238,88                            | φ8/360       | φ8/360         |
| DZ13 | y        | 7,91                    | 0,095  | 114,09 | 2,87           | 238,97                            | φ8/360       | φ8/360         |

x doğrultusunda DZ01 – DZ02 ve DZ02 – DZ03 döşemeleri moment dengelemesi,

$$11,97 / 16,15 = 0,74 < 0,8$$

$$\Delta M = 2 / 3 ( M_{\max} - M_{\min} ) = 2 / 3 ( 16,15 - 11,97 ) = 2,79 \text{ kNm / m.}$$

$$M_1 = M_{\max} - \Delta M [ l_2 / ( l_1 + l_2 ) ]$$

$$M_1 = 16,15 - 2,79 [ 5,75 / ( 4,375 + 5,75 ) ] = 14,57 \text{ kNm / m}$$

$$M_2 = M_{\min} + \Delta M [ l_1 / ( l_1 + l_2 ) ]$$

$$M_2 = 11,97 + 2,79 [ 4,375 / ( 4,375 + 5,75 ) ] = 13,21 \text{ kNm / m}$$

x doğrultusunda DZ11 – DZ12 döşemeleri moment dengelemesi,

$$10,33 / 13,68 = 0,76 < 0,8$$

$$\Delta M = 2 / 3 ( M_{\max} - M_{\min} ) = 2 / 3 ( 13,68 - 10,33 ) = 2,23 \text{ kNm / m.}$$

$$M_1 = M_{\max} - \Delta M [ l_2 / ( l_1 + l_2 ) ]$$

$$M_1 = 13,68 - 2,23 [ 5,75 / ( 4,375 + 5,75 ) ] = 12,41 \text{ kNm / m}$$

$$M_2 = M_{\min} + \Delta M [ l_1 / ( l_1 + l_2 ) ]$$

$$M_2 = 10,33 + 2,23 [ 4,375 / ( 4,375 + 5,75 ) ] = 11,34 \text{ kNm / m}$$

Tablo 8.9 Zemin kat döşemeleri mesnet donatısı hesabı

|             | Doğrultu | M <sub>d</sub><br>kNm/m | K     | k <sub>s</sub> | A <sub>s</sub><br>mm <sup>2</sup> | Mevcut<br>mm/mm | Ek<br>mm/mm |
|-------------|----------|-------------------------|-------|----------------|-----------------------------------|-----------------|-------------|
| DZ01 - DZ02 | x        | 14,57                   | 75,67 | 2,90           | 402,41                            | φ8/300+φ8/360   | φ8/330      |

|             | Doğrultu | $M_d$<br>kNm/m | K     | $k_s$ | $A_s$<br>mm <sup>2</sup> | Mevcut<br>mm/mm | Ek<br>mm/mm |
|-------------|----------|----------------|-------|-------|--------------------------|-----------------|-------------|
| DZ02 - DZ03 | x        | 14,57          | 75,67 | 2,90  | 402,41                   | φ8/300+φ8/360   | φ8/330      |
| DZ11 - DZ12 | x        | 12,41          | 88,84 | 2,88  | 340,39                   | φ8/350+φ8/360   | φ8/330      |
| DZ12 - DZ13 | x        | 11,76          | 93,75 | 2,88  | 322,56                   | φ8/180          | φ8/330      |
| DZ04 - DZ01 | y        | 14,88          | 74,09 | 2,90  | 410,97                   | φ8/280+φ8/320   | φ8/330      |
| DZ05 – DZ02 | y        | 15,47          | 71,27 | 2,91  | 428,74                   | φ8/310+φ8/360   | φ8/330      |
| DZ12 – DZ09 | y        | 13,36          | 82,52 | 2,89  | 367,72                   | φ8/180          | φ8/330      |
| DZ13 – DZ10 | y        | 11,46          | 96,20 | 2,88  | 314,33                   | φ8/180          | φ8/330      |
| DZ10 – DZ06 | y        | 13,59          | 81,13 | 2,89  | 374,05                   | φ8/350+φ8/360   | φ8/330      |
| DZ06 – DZ03 | y        | 14,39          | 76,62 | 2,90  | 397,44                   | φ8/280+φ8/350   | φ8/330      |

Tek doğrultuda çalışan döşeme ( DZ05 ve DZ09 ) için minimum donatı ve donatı aralıkları kontrolü,

Ana donatı,

$$\rho_{\min} = 0,002 [ \text{BÇ III ( S420 – S500 ) } ]$$

$$A_{s\min} = \rho_{\min} b_w d = 0,002 \times 1000 \times 100 = 200 \text{ mm}^2 / \text{m} < 279 \text{ mm}^2 / \text{m} ( \phi 8 / 180 )$$

Donatı aralığı,

$$t \leq 1,5 h = 1,5 \times 120 = 180 \text{ mm. } \checkmark$$

Dağıtma donatısı,

$$A_{sd} = 0,2 \times A_s = 0,2 \times 279 = 55,8 \text{ mm}^2 / \text{m} < 167,5 \text{ mm}^2 / \text{m} ( \phi 8 / 300 )$$

$$t \leq 300 \text{ mm. } \checkmark$$

Boyuna mesnet donatısı,

$$A_{sbm} = 0,6 \times A_s = 0,6 \times 279 = 167,4 \text{ mm}^2 / \text{m} < 167,5 \text{ mm}^2 / \text{m} ( \phi 8 / 300 )$$

$$A_{sbm\min} = \phi 8 / 300 [ \text{BÇ III ( S420 ) } ]$$

Çift doğrultuda çalışan döşemeler için minimum donatı ve donatı aralıkları kontrolü,

$$\min ( \rho_x + \rho_y ) = 0,0035 [ \text{BÇ III ( S420 – S500 ) } ]$$

$$\min ( A_{sx} + A_{sy} ) = 0,0035 \times 1000 \times [ (105 + 95) / 2 ]$$

$$\min ( A_{sx} + A_{sy} ) = 350 \text{ mm}^2 / \text{m} < 558 \text{ mm}^2 / \text{m} ( \phi 8 / 180 + \phi 8 / 180 )$$

Donatı aralığı,

$$s_{\max} \leq 1,5 h$$

$$s_{\max} \leq 1,5 \times 120 = 180 \text{ mm. } \checkmark$$

## **8. 5. Kirişlerin Ön Boyutlandırması ve Tablalarının Hesabı**

### **8. 5. 1. Ön boyutlandırma**

Kiriş enkesit boyutları ‘ Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik ’ te ki,

**a.** Kiriş gövde genişliği en az 25cm. (  $b_w \geq 25 \text{ cm.}$  ) olacaktır. Gövde genişliği (  $b_w$  ), kiriş yüksekliği (  $h$  ) ile kirişin birleştiği kolonun kirişe dik genişliğinin toplamını geçmeyecektir.

**b.** Kiriş yüksekliği döşeme kalınlığının 3 katından ve 30 cm ’ den daha az, (  $h \geq 3 h_f$  ve  $h \geq 30 \text{ cm.}$  ) kiriş gövde genişliğinin 3,5 katından daha fazla (  $h \leq 3,5 b_w$  ) olmamalıdır.

koşulları ve sistemde yeterli yanal ötelenme rijitliği sağlaması açısından,

$$b_w = 25 \text{ cm.}$$

$$h = 60 \text{ cm.}$$

olarak seçilmiştir.

### **8. 5. 2. Tabla hesabı**

Tablalı kirişlerin kesit hesabında yapısal çözümleme ve şekil değiştirme için gerekli eylemsizlik momentlerinin bulunmasında göz önüne alınacak tabla genişliği,

$$\text{Simetrik kesitlerde ( T kesit ) : } b = b_w + 0,2 \cdot l_p$$

$$\text{Simetrik olmayan kesitlerde ( L , vb. ) : } b = b_w + 0,1 \cdot l_p$$

formülleri uyarınca belirlenir. Burada  $l_p$  kirişin iki moment sıfır noktası arasındaki uzunluğu olup daha kesin hesap yapılmadığı durumlarda,

$$l_p = 1,0 \cdot l \text{ ( Tek açıklıklı, basit mesnetli kiriş )}$$

$$l_p = 0,8 \cdot l \text{ ( Sürekli kiriş kenar açıklığı )}$$

$$l_p = 0,8 \cdot l \text{ ( Sürekli kiriş iç açıklığı )}$$

$$l_p = 1,5 \cdot l \text{ ( Konsol kiriş )}$$

olarak alınır.

Tablo 8.10 Kiriş enkesit geometrileri ve tabla genişlikleri

| Kiriş No           | Kiriş Geometrisi | b ( cm.) | Mahal         |
|--------------------|------------------|----------|---------------|
| K01, K03, K14, K16 | L                | 55       | Normal Katlar |
| K02, K15           | T                | 97       | Normal Katlar |
| K04, K11           | L                | 55       | Normal Katlar |
| K05, K12           | T                | 97       | Normal Katlar |
| K06, K13           | T                | 85       | Normal Katlar |
| K07, K10           | T                | 107,5    | Normal Katlar |
| K08, K09           | T                | 117,5    | Normal Katlar |
| K17, K20, K29, K32 | L                | 65       | Normal Katlar |
| K18, K19           | L                | 49       | Normal Katlar |
| K30,K31            | T                | 73       | Normal Katlar |
| K21, K24, K25, K28 | T                | 105      | Normal Katlar |
| K22, K23           | L                | 49       | Normal Katlar |
| K26, K27           | T                | 73       | Normal Katlar |
| K01, K03, K14, K16 | L                | 55       | Çatı Katı     |
| K02, K15           | T                | 97       | Çatı Katı     |
| K04, K06, K11, K13 | T                | 85       | Çatı Katı     |
| K05, K12           | T                | 97       | Çatı Katı     |
| K07, K10           | T                | 107,5    | Çatı Katı     |
| K08, K09           | T                | 117,5    | Çatı Katı     |
| K17, K20, K29, K32 | L                | 65       | Çatı Katı     |
| K18, K19           | L                | 49       | Çatı Katı     |
| K30, K31           | T                | 73       | Çatı Katı     |

| Kiriş No           | Kiriş Geometrisi | b ( cm.) | Mahal     |
|--------------------|------------------|----------|-----------|
| K21, K24, K25, K28 | T                | 105      | Çatı Katı |
| K22, K23, K26, K27 | T                | 73       | Çatı Katı |
| K01, K03, K10      | T                | 85       | Zemin Kat |
| K02, K09           | T                | 97       | Zemin Kat |
| K08                | L                | 55       | Zemin Kat |
| K04, K07           | T                | 107,5    | Zemin Kat |
| K05                | L                | 71       | Zemin Kat |
| K06                | T                | 117,5    | Zemin Kat |
| K11, K14, K15, K18 | T                | 105      | Zemin Kat |
| K12                | L                | 49       | Zemin Kat |
| K13, K16, K17      | T                | 73       | Zemin Kat |

#### 8. 6. Kolon Önboyutlandırması

Kolon enkesit boyutları ‘ Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik’ te ki,

**a.** 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.

**b.** Kolon brüt enkesit alanı  $A_c \geq N_{dmax} / ( 0,5 f_{ck} )$

koşulları uyarınca Ek 1 ’ de belirlenmiştir

## **9. YAPININ MODELLENMESİ VE ANALİZİ**

### **9. 1. Yapının Modellenmesi**

Yapının düşey ve yatay yükler altında analizi için Sap 2000 programı kullanılmıştır. Modelleme de kolon ve kirişler için çubuk ( frame ), temel ve perdeler için ise sonlu elemanlar ( shell ) kullanılmıştır. Yapı modellenirken döşemeler hariç tutulmuş, ancak döşemelerden gelecek olan ölü ve hareketli yükler kiriş ve perdelerin üzerine dış yük olarak atanmıştır.

Şekil 9.1 ' de yapının Sap 2000 ' de modellenmiş üç boyutlu görünüşü, Şekil 9.2 ' de x-y düzlemi, Şekil 9.3 ' te x-z düzlemi ve Şekil 9.4 ' te de y- z düzlemi görünüşleri bulunmaktadır.









## 9. 2. Analiz için Kullanılan Yöntem ve Uygulama

Yapıda atalet kuvvetleri ( deprem ) etkisinde meydana gelen toplam taban kesme kuvveti, kat kesme kuvvetleri, iç kuvvetler, yatay yer değiştirmeler ve rölatif yer değiştirmelerin hesabı için ‘ Modların Birleştirilmesi Yöntemi ’ esas alınmıştır.

Bu yöntemle ilgili detaylı açıklama bölüm 7. 2. 3. ’ te yapılmış olup bu bölümde özetle yapı için uygulamada yapılanlar anlatılacaktır.

Yapı veriler kısmında da belirtildiği gibi 1 adet bodrum, 1 adet zemin, 10 adet normal kat olmak üzere toplam 12 katlıdır. Sap 2000 programı aracılığı ile yapı modellenirken kullanılan malzeme için özkütle değeri 0 ( sıfır ) olarak alınmış olup programın otomatik olarak kütle hesaplaması engellenmiş, bunun yerine 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. Tablo 9.1 de kat kütleleri değerleri tablo halinde gösterilmiştir.

Tablo 9.1 Kat kütleleri

| Kat No  | $m_x = w_i / g$<br>kNs <sup>2</sup> / m | $m_y = w_i / g$<br>kNs <sup>2</sup> / m | $m_{zz} = m \cdot ( a^2 + b^2 ) / 12$<br>kNs <sup>2</sup> m |
|---------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| Çatı    | 236,64                                  | 236,64                                  | 11305,68                                                    |
| 10. Kat | 384,38                                  | 384,38                                  | 18364,06                                                    |
| 9. Kat  | 387,50                                  | 387,50                                  | 18513,26                                                    |
| 8. Kat  | 387,50                                  | 387,50                                  | 18513,26                                                    |
| 7. Kat  | 387,50                                  | 387,50                                  | 18513,26                                                    |
| 6. Kat  | 391,28                                  | 391,28                                  | 18693,67                                                    |
| 5. Kat  | 391,28                                  | 391,28                                  | 18693,67                                                    |
| 4. Kat  | 391,28                                  | 391,28                                  | 18693,67                                                    |
| 3. Kat  | 396,09                                  | 396,09                                  | 18923,57                                                    |
| 2. Kat  | 396,09                                  | 396,09                                  | 18923,57                                                    |
| 1. Kat  | 399,92                                  | 399,92                                  | 19106,74                                                    |
| Zemin   | 530,14                                  | 530,14                                  | 24588,00                                                    |

Her bir master joint üç yerdeğiştirme bileşenine sahiptir. Bunlardan ikisi yatay , biri de dönme yerdeğiştirmesidir. Tablo 9.1 ’ de ki  $m_{zz}$  kütlesinin de master jointe

atanması ile katlarda rijitlik merkezi ve kütle merkezinin üst üste düşmemesi de hesaba katılmış olur. Yapıda toplam 36 adet yerdeğiştirme bileşeni mevcuttur ve dolayısı ile de 36 adet periyot hesaplanması gerekmektedir. Sap 2000 programı ile yapılan modal analiz sonucu elde edilen periyotlar Tablo 9.2 ' de gösterilmiştir.

Tablo 9.2 Yapının her bir moduna karşılık gelen periyot değerleri

|         | Periyot<br>s |
|---------|--------------|
| Mode 1  | 1,161328     |
| Mode 2  | 1,041103     |
| Mode 3  | 1,016695     |
| Mode 4  | 0,342216     |
| Mode 5  | 0,310171     |
| Mode 6  | 0,264639     |
| Mode 7  | 0,151793     |
| Mode 8  | 0,15036      |
| Mode 9  | 0,119058     |
| Mode 10 | 0,087903     |
| Mode 11 | 0,086763     |
| Mode 12 | 0,073811     |
| Mode 13 | 0,059889     |
| Mode 14 | 0,059036     |
| Mode 15 | 0,058547     |
| Mode 16 | 0,056753     |
| Mode 17 | 0,05461      |
| Mode 18 | 0,053427     |
| Mode 19 | 0,053233     |
| Mode 20 | 0,05174      |
| Mode 21 | 0,050441     |
| Mode 22 | 0,046265     |
| Mode 23 | 0,045708     |
| Mode 24 | 0,04503      |
| Mode 25 | 0,044541     |
| Mode 26 | 0,04291      |
| Mode 27 | 0,042341     |
| Mode 28 | 0,041442     |
| Mode 29 | 0,041361     |
| Mode 30 | 0,041027     |
| Mode 31 | 0,036656     |
| Mode 32 | 0,036166     |
| Mode 33 | 0,036008     |
| Mode 34 | 0,035686     |
| Mode 35 | 0,035594     |
| Mode 36 | 0,035536     |

Her bir periyota karşılık yapının bulunduğu zemin koşuluna ( Z2 ) ait spektrum eğrisinden bulunan spektrum katsayısı yardımı ile katlar düzlemindeki kütlelere gelen eylemsizlik kuvvetleri program tarafından otomatik olarak hesaplanmış ve yüklenilerek bilinmeyenler hesap edilmiştir. Ancak bu yüklemelerden ötürü oluşan

bilinmeyenler eşzamanlı olarak meydana gelmedikleri için bu değerlerin birleştirilmesinde SRRS ‘Square root of sum of squares ’ ( karelerinin toplamının karekökü ) denilen bir yöntem kullanılmıştır. Bu yöntem sonucu elde edilen değerler mutlak değer içinde olduğundan eşdeğer deprem yükü yönteminde olduğu gibi deprem yükü pozitif ve negatif yönler için ayrı ayrı girilmemiştir. Yapısal analizde kullanılan yükleme kombinasyonları Tablo 9.3 ’ de gösterilmiştir.

Tablo 9.3 Yapısal analizde kullanılan yükleme kombinasyonları

|                             |
|-----------------------------|
| $1,4 \cdot g + 1,6 \cdot q$ |
| $g + q + \text{depremx}$    |
| $g + q + \text{depremy}$    |
| $0,9 g + \text{depremx}$    |
| $0,9g + \text{depremy}$     |
| max                         |

Tablo 9.3 ’ te gösterilen kombinasyonlardan ‘ max ’, diğer tüm kombinasyonların zarfıdır. Max kombinasyonu yalnızca eğilmeye çalışan elemanların ( temel, giriş ) hesap zorlarını vermiştir.

### 9. 3. Düzensizlik Kontrolleri

Düzensizlik durumları planda ve düşey doğrultuda olmak üzere ikiye ayrılır.

#### 9. 3. 1. Planda düzensizlik durumları

##### 9. 3. 1. 1. A1 - Burulma düzensizliği

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

$$\eta_{bi} = (\Delta_i)_{\max} / (\Delta_i)_{\text{ort}} > 1,20$$

Deprem y doğrultusunda etkimesi halinde A1 burulma düzensizliği kontrolü;

Tablo 9.4 y Doğrultusu A1 burulma düzensizliği kontrolü

| Kat No  | $(\Delta_i)_{\max}$ | $(\Delta_i)_{\min}$ | $(\Delta_i)_{\text{ort}}$ | $\eta_{bi} = (\Delta_i)_{\max} / (\Delta_i)_{\text{ort}}$ |
|---------|---------------------|---------------------|---------------------------|-----------------------------------------------------------|
| Çatı    | 0,00280             | 0,00269             | 0,00275                   | $1,01818 < 1,20 \checkmark$                               |
| 10. Kat | 0,00287             | 0,00275             | 0,00281                   | $1,02135 < 1,20 \checkmark$                               |
| 9. Kat  | 0,00288             | 0,00276             | 0,00282                   | $1,02123 < 1,20 \checkmark$                               |

| Kat No | ( $\Delta_i$ ) <sub>max</sub> | ( $\Delta_i$ ) <sub>min</sub> | ( $\Delta_i$ ) <sub>ort</sub> | $\eta_{bi} = (\Delta_i)_{max} / (\Delta_i)_{ort}$ |
|--------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------------------|
| 8. Kat | 0,00290                       | 0,00279                       | 0,00285                       | 1,01933 < 1,20 ✓                                  |
| 7. Kat | 0,00288                       | 0,00277                       | 0,00283                       | 1,01947 < 1,20 ✓                                  |
| 6. Kat | 0,00276                       | 0,00265                       | 0,00271                       | 1,02033 < 1,20 ✓                                  |
| 5. Kat | 0,00263                       | 0,00254                       | 0,00259                       | 1,01741 < 1,20 ✓                                  |
| 4. Kat | 0,00245                       | 0,00238                       | 0,002415                      | 1,01449 < 1,20 ✓                                  |
| 3. Kat | 0,00214                       | 0,00208                       | 0,00211                       | 1,01422 < 1,20 ✓                                  |
| 2. Kat | 0,00179                       | 0,00174                       | 0,001765                      | 1,01416 < 1,20 ✓                                  |
| 1. Kat | 0,0012637                     | 0,0012447                     | 0,0012542                     | 1,00757 < 1,20 ✓                                  |
| Zemin  | 0,0001563                     | 0,001553                      | 0,0001558                     | 1,00321 < 1,20 ✓                                  |

### 9. 3. 1. 2. A2 - Döşeme süreksizlikleri düzensizliği

Herhangi bir kattaki döşemede

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

Tüm katlarda

$$\Sigma (\text{Boşluk alanları} - \text{m}^2) / \Sigma (\text{Kat brüt alanı} - \text{m}^2) = 16 / 274,5 = 0,058 < 0,333 \checkmark$$

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

Yapının hiçbir katında böyle bir durum yoktur.

**III.** Döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumu,

Tüm katlarda döşeme kalınlıkları aynıdır. Rijitlik ya da dayanım azalmasına neden olacak bir durum yoktur.

### 9. 3. 1. 3. A3 - Planda çıkıntıların bulunması düzensizliği

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

Tüm bina boyunca hiçbir çıkıntı yoktur.

### 9. 3. 1. 4. A4 - Taşıyıcı eleman eksenlerinin paralel olmaması düzensizliği

Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının plandaki asal eksenlerinin, göz önüne alınan birbirine dik yatay deprem doğrultularına paralel olmaması durumu,

Taşıyıcı sistem elemanlarının asal eksenleri ile deprem doğrultuları tüm bina boyunca birbirine paraleldir.

### 9. 3. 2. Düşey doğrultuda düzensizlik durumları

#### 9. 3. 2. 1. B1 – Komşu katlar arası dayanım düzensizliği ( zayıf kat )

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

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

$$\Sigma A_e = \Sigma A_w + \Sigma A_g + 0,15 \Sigma A_k$$

Burada ;

$\Sigma A_w$  : Kolon enkesiti etkin gövde alanı

$\Sigma A_g$  : Herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel doğrultuda perde olarak çalışan taşıyıcı sistem elemanlarının enkesit alanlarının toplamı

$\Sigma A_k$  : Herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel kargir dolgu duvar alanlarının toplamı

dır.Buna göre daha elverişsiz sonuçlar veren x doğrultusundaki kontrol Tablo 9.5 ' te verilmiştir.

Tablo 9.5 B1 düzensizliği kontrolü

| Kat No  | $\Sigma A_e$<br>m <sup>2</sup> | $\eta_{ci} = ( \Sigma A_e )_i / ( \Sigma A_e )_{i+1}$ |
|---------|--------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 10. Kat | 26,86                          | 1,00 > 0,80 ✓                                         |
| 9. Kat  | 26,86                          |                                                       |
| 9. Kat  | 26,86                          | 1,02 > 0,80 ✓                                         |
| 8. Kat  | 27,36                          |                                                       |
| 8. Kat  | 27,36                          | 1,00 > 0,80 ✓                                         |
| 7. Kat  | 27,36                          |                                                       |
| 7. Kat  | 27,36                          | 1,00 > 0,80 ✓                                         |
| 6. Kat  | 27,36                          |                                                       |
| 6. Kat  | 27,36                          | 1,00 > 0,80 ✓                                         |
| 5. Kat  | 27,38                          |                                                       |
| 5. Kat  | 27,38                          | 1,00 > 0,80 ✓                                         |
| 4. Kat  | 27,38                          |                                                       |
| 4. Kat  | 27,38                          | 1,00 > 0,80 ✓                                         |
| 3. Kat  | 27,38                          |                                                       |
| 3. Kat  | 27,38                          | 1,00 > 0,80 ✓                                         |
| 2. Kat  | 27,48                          |                                                       |
| 2. Kat  | 27,48                          | 1,00 > 0,80 ✓                                         |
| 1. Kat  | 27,48                          |                                                       |
| 1. Kat  | 27,48                          | 0,88 > 0,80 ✓                                         |
| Zemin   | 24,19                          |                                                       |
| Zemin   | 24,19                          | 1,62 > 0,80 ✓                                         |
| Bodrum  | 39,15                          |                                                       |

### 9. 3. 2. 2. B2 – Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği ( yumuşak kat )

Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir i ' ninci kattaki ortalama göreli kat ötelemesinin bir üst katta ki ortalama göreli kat ötelemesine oranı olarak tanımlanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısı  $\eta_{ki}$  ' nin 1,5 ' ten fazla olması durumu.

$$\eta_{ki} = ( \Delta_i )_{ort} / ( \Delta_{i+1} )_{ort} > 1,5$$

y doğrultusunda kontrol Tablo 9.6 ' da verilmiştir.

Tablo 9.6 B2 düzensizliği kontrolü

| Kat No  | $( \Delta_i )_{ort}$<br>m | $\eta_{ki} = ( \Delta_i )_{ort} / ( \Delta_{i+1} )_{ort}$ |
|---------|---------------------------|-----------------------------------------------------------|
| Çatı    | 0,00275                   | 1,02368 < 1,5 ✓                                           |
| 10. Kat | 0,00281                   |                                                           |
| 10. Kat | 0,00281                   | 1,00356 < 1,5 ✓                                           |
| 9. Kat  | 0,00282                   |                                                           |
| 9. Kat  | 0,00282                   | 1,00887 < 1,5 ✓                                           |
| 8. Kat  | 0,00285                   |                                                           |
| 8. Kat  | 0,00285                   | 0,99297 < 1,5 ✓                                           |
| 7. Kat  | 0,00283                   |                                                           |
| 7. Kat  | 0,00283                   | 0,95752 < 1,5 ✓                                           |
| 6. Kat  | 0,00271                   |                                                           |
| 6. Kat  | 0,00271                   | 0,95564 < 1,5 ✓                                           |
| 5. Kat  | 0,00259                   |                                                           |
| 5. Kat  | 0,00259                   | 0,93424 < 1,5 ✓                                           |
| 4. Kat  | 0,00242                   |                                                           |
| 4. Kat  | 0,00242                   | 0,87371 < 1,5 ✓                                           |
| 3. Kat  | 0,00211                   |                                                           |
| 3. Kat  | 0,00211                   | 0,83649 < 1,5 ✓                                           |
| 2. Kat  | 0,00177                   |                                                           |
| 2. Kat  | 0,00177                   | 0,71059 < 1,5 ✓                                           |
| 1. Kat  | 0,00125                   |                                                           |
| 1. Kat  | 0,00125                   | 0,12422 < 1,5 ✓                                           |
| Zemin   | 0,00016                   |                                                           |

### 9. 3. 2. 3. B3 – Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği

Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin veya guseli kolonların üstüne veya ucuna oturtulması, ya da üst kattaki perdelerin altta kolonlara veya kirişlere oturtulması durumu

Tüm bina boyunca düşey taşıyıcılarda herhangi bir süreksizlik bulunmamaktadır.

### 9. 4. Yerdeğiştirmelerin Sınırlandırılması

Her bir deprem doğrultusu için, binanın herhangi bir i ' ninci katındaki kolon veya perdelerde göreli kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değeri

$$( \Delta_i )_{max} / h_i \leq 0,0035$$

$$(\Delta_i)_{\max} / h_i \leq 0,02 / R = 0,002857$$

koşullarından elverişsiz olanını sağlayacaktır.

Tablo 9.7 Yerdeğiştirmelerin sınırlandırılması kontrolü

| Kat No  | $h_i$<br>m | $(\Delta_i)_{\max-x}$<br>m | $(\Delta_i)_{\max-y}$<br>m | $(\Delta_i)_{\max-x} / h_i$     | $(\Delta_i)_{\max-y} / h_i$     |
|---------|------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Çatı    | 3,00       | 0,0033                     | 0,0028                     | $0,0011 \leq 0,0028 \checkmark$ | $0,0009 \leq 0,0028 \checkmark$ |
| 10. Kat | 3,00       | 0,0033                     | 0,0029                     | $0,0011 \leq 0,0028 \checkmark$ | $0,0010 \leq 0,0028 \checkmark$ |
| 9. Kat  | 3,00       | 0,0033                     | 0,0029                     | $0,0011 \leq 0,0028 \checkmark$ | $0,0010 \leq 0,0028 \checkmark$ |
| 8. Kat  | 3,00       | 0,0033                     | 0,0029                     | $0,0011 \leq 0,0028 \checkmark$ | $0,0010 \leq 0,0028 \checkmark$ |
| 7. Kat  | 3,00       | 0,0032                     | 0,0029                     | $0,0011 \leq 0,0028 \checkmark$ | $0,0010 \leq 0,0028 \checkmark$ |
| 6. Kat  | 3,00       | 0,0031                     | 0,0028                     | $0,0010 \leq 0,0028 \checkmark$ | $0,0009 \leq 0,0028 \checkmark$ |
| 5. Kat  | 3,00       | 0,0030                     | 0,0026                     | $0,0010 \leq 0,0028 \checkmark$ | $0,0009 \leq 0,0028 \checkmark$ |
| 4. Kat  | 3,00       | 0,0028                     | 0,0025                     | $0,0009 \leq 0,0028 \checkmark$ | $0,0008 \leq 0,0028 \checkmark$ |
| 3. Kat  | 3,00       | 0,0024                     | 0,0021                     | $0,0008 \leq 0,0028 \checkmark$ | $0,0007 \leq 0,0028 \checkmark$ |
| 2. Kat  | 3,00       | 0,0020                     | 0,0018                     | $0,0007 \leq 0,0028 \checkmark$ | $0,0006 \leq 0,0028 \checkmark$ |
| 1. Kat  | 3,00       | 0,0012                     | 0,0013                     | $0,0004 \leq 0,0028 \checkmark$ | $0,0004 \leq 0,0028 \checkmark$ |
| Zemin   | 3,00       | 0,0002                     | 0,0002                     | $0,0001 \leq 0,0028 \checkmark$ | $0,0001 \leq 0,0028 \checkmark$ |

## 10. BETONARME HESAPLAR

### 10. 1. Kiriş Betonarme Hesapları

#### 10. 1. 1. Kiriş eğilme ( boyuna ) donatısı hesabı

Kirişlerin eğilme donatısı hesabı eğilmeye çalışan dikdörtgen kesitler için geliştirilen tablo yardımı ile yapılacaktır. Tablonun kullanılması için birtakım değerlerin hesaplanması gerekmektedir.

$$M_{sd} = M_d + N_d \cdot y_s \quad (10.1)$$

$$K = ( b_w \cdot d^2 ) / M_{sd} \quad (10.2)$$

$$A_s = [ ( k_s \cdot M_{sd} ) / d ] - N_d / \sigma_s \quad (10.3)$$

Burada;

$M_d$  : Hesap eğilme momenti,

$N_d$  : Hesap eksenel kuvveti,

$K$  : Katsayı,

$b_w$  : Kiriş gövde genişliği, [ Momentin yönüne göre  $b$  ( etkili tabla genişliği ) olarak kullanılabilir. ]

$d$  : faydalı yükseklik,

$A_s$  : Hesap donatı alanı,

$k_s$  :  $K$ , çelik ve beton sınıfına göre tablo yardımıyla okunan katsayı,

temsil etmektedir.

Kirişlerin geometrisi Bölüm 8. 3. 2. ' de belirtilmişti. Eğilme donatısını hesaplarken, kullanılacak kiriş genişliği hesaplanacak donatı miktarına doğrudan bağlıdır. Bu nedenle kesite etkiyen momentin yönüne göre tarafsız eksenin konumu da kontrol edilerek kullanılacak kiriş kesiti belirlenir. Bu durum özellikle kirişin tablalı tarafı basınca çalıştığında önem kazanır. Çünkü kirişin tablasız tarafı basınca çalıştığında kiriş kesiti olarak '  $b_w \times d$  ' ile hesap yapılırken, tablalı taraf basınca çalıştığında,

$x < h_f$  ise  $b \times d$  genişliğinde,

$x > h_f$  ise  $b_w \times d$  genişliğinde,

kesit için hesap yapılır. Burada;

$x$  : tarafsız eksen derinliği,

$h_f$  : flanş yüksekliği, ( yapıda tüm döşemeler 12 cm genişliğinde olduğu için  $h_f = 12$  cm.)

sembolize etmektedir.

Flanşın tamamı ile basınca çalıştığı varsayılarak taşıyabileceği moment (  $M_y$  ) ile kesite etkiyen moment (  $M_d$  ) karşılaştırılarak hesapta kullanılacak kesit,

$M_y > M_d$  ise  $x < h_f$  , ‘  $b \times d$  ’ kesit,

$M_y < M_d$  ise  $x > h_f$  , ‘  $b_w \times d$  ’ kesit,

olarak belirlenir. Bu açıklamalar ışığında Tablo 10.1 yardımı ile betonarme hesapta kullanılacak kesitler aşağıda gösterilmiştir.

Tablo 10.1 1. Kat kirişleri betonarme hesabında kullanılacak kesitlerin belirlenmesi

| Kiriş No | b m  | $h_f$ m | $f_{cd}$ kN / m <sup>2</sup> | d m  | $M_y$ kNm | $M_d$ kNm | Kesit        |
|----------|------|---------|------------------------------|------|-----------|-----------|--------------|
| K 101    | 0,55 | 0,12    | 17000,00                     | 0,56 | 476,85 >  | 177,90    | $b \times d$ |
| K 102    | 0,97 | 0,12    | 17000,00                     | 0,56 | 840,99 >  | 112,30    | $b \times d$ |
| K 103    | 0,55 | 0,12    | 17000,00                     | 0,56 | 476,85 >  | 182,50    | $b \times d$ |
| K 104    | 0,40 | 0,12    | 17000,00                     | 0,56 | 346,80 >  | 156,60    | $b \times d$ |
| K 105    | 0,97 | 0,12    | 17000,00                     | 0,56 | 840,99 >  | 60,40     | $b \times d$ |
| K 106    | 0,85 | 0,12    | 17000,00                     | 0,56 | 736,95 >  | 138,10    | $b \times d$ |
| K 107    | 1,08 | 0,12    | 17000,00                     | 0,56 | 932,03 >  | 26,10     | $b \times d$ |
| K 108    | 1,18 | 0,12    | 17000,00                     | 0,56 | 1018,73 > | 166,40    | $b \times d$ |
| K 109    | 1,18 | 0,12    | 17000,00                     | 0,56 | 1018,73 > | 120,20    | $b \times d$ |
| K 110    | 1,08 | 0,12    | 17000,00                     | 0,56 | 932,03 >  | 26,20     | $b \times d$ |
| K 111    | 0,40 | 0,12    | 17000,00                     | 0,56 | 346,80 >  | 156,80    | $b \times d$ |
| K 112    | 0,97 | 0,12    | 17000,00                     | 0,56 | 840,99 >  | 60,90     | $b \times d$ |
| K 113    | 0,85 | 0,12    | 17000,00                     | 0,56 | 736,95 >  | 138,20    | $b \times d$ |
| K 114    | 0,55 | 0,12    | 17000,00                     | 0,56 | 476,85 >  | 177,70    | $b \times d$ |
| K 115    | 0,97 | 0,12    | 17000,00                     | 0,56 | 840,99 >  | 112,30    | $b \times d$ |
| K 116    | 0,55 | 0,12    | 17000,00                     | 0,56 | 476,85 >  | 182,40    | $b \times d$ |
| K 117    | 0,65 | 0,12    | 17000,00                     | 0,56 | 563,55 >  | 42,60     | $b \times d$ |
| K 118    | 0,49 | 0,12    | 17000,00                     | 0,56 | 424,83 >  | 51,30     | $b \times d$ |
| K 119    | 0,49 | 0,12    | 17000,00                     | 0,56 | 424,83 >  | 51,30     | $b \times d$ |
| K 120    | 0,65 | 0,12    | 17000,00                     | 0,56 | 563,55 >  | 42,60     | $b \times d$ |
| K 121    | 1,05 | 0,12    | 17000,00                     | 0,56 | 910,35 >  | 59,10     | $b \times d$ |
| K 122    | 0,37 | 0,12    | 17000,00                     | 0,56 | 320,79 >  | 231,80    | $b \times d$ |
| K 123    | 0,37 | 0,12    | 17000,00                     | 0,56 | 320,79 >  | 232,04    | $b \times d$ |
| K 124    | 1,05 | 0,12    | 17000,00                     | 0,56 | 910,35 >  | 59,90     | $b \times d$ |
| K 125    | 1,05 | 0,12    | 17000,00                     | 0,56 | 910,35 >  | 60,80     | $b \times d$ |
| K 126    | 0,73 | 0,12    | 17000,00                     | 0,56 | 632,91 >  | 249,20    | $b \times d$ |
| K 127    | 0,73 | 0,12    | 17000,00                     | 0,56 | 632,91 >  | 250,10    | $b \times d$ |
| K 128    | 1,05 | 0,12    | 17000,00                     | 0,56 | 910,35 >  | 60,80     | $b \times d$ |
| K 129    | 0,65 | 0,12    | 17000,00                     | 0,56 | 563,55 >  | 40,60     | $b \times d$ |
| K 130    | 0,73 | 0,12    | 17000,00                     | 0,56 | 632,91 >  | 28,30     | $b \times d$ |
| K 131    | 0,73 | 0,12    | 17000,00                     | 0,56 | 632,91 >  | 28,30     | $b \times d$ |
| K 132    | 0,65 | 0,12    | 17000,00                     | 0,56 | 563,55 >  | 40,60     | $b \times d$ |

‘ Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik ’ kirişlerde kullanılacak boyuna donatı için

**I. Kiriş mesnetlerinde üstteki çekme donatısının minimum oranı**

$$\rho_{\bar{u}} \geq f_{ctd} / f_{yd}, \quad (10.4)$$

$$\rho_{\bar{u}} \geq 1150 / 365000$$

$$\rho_{\bar{u}} \geq 0,00315$$

$$A_{s\bar{u}-min} = \rho_{\bar{u}} \cdot b_w \cdot d \quad (10.5)$$

$$A_{s\bar{u}-min} = 0,00315 \times 0,25 \times 0,56$$

$$A_{s\bar{u}-min} = 0,000441 \text{ m}^2 = 4,41 \text{ cm}^2$$

**II.** Birinci ve ikinci derece deprem bölgelerindeki taşıyıcı sistemlerde, kiriş mesnedindeki alt donatı, aynı mesnetteki üst donatının % 50 ’ sinden fazla olamaz.

**III.** Açıklık ve mesnetlerdeki çekme donatısı oranı T. S. 500 ’ de verilen maksimum değerden ve % 2 ’ den fazla olmayacaktır.

$$\rho_{min} = 0,8 \cdot f_{ctd} / f_{yd} \quad (10.6)$$

$$\rho_{min} = 0,8 \times 1150 / 365000$$

$$\rho_{min} = 0,00252$$

$$A_{smin} = \rho_{min} \cdot b_w \cdot d \quad (10.7)$$

$$A_{smin} = 0,00252 \times 0,25 \times 0,56$$

$$A_{smin} = 0,000353 \text{ m}^2 = 3,53 \text{ cm}^2$$

$$\rho - \rho^l \leq 0,85 \cdot \rho_b \quad (10.8)$$

$$\rho - \rho^l \leq 0,85 \times 0,0209$$

$$\rho - \rho^l \leq 0,0178$$

koşullarına uyulmasını tavsiye etmektedir.

Bu açıklamalar ışığında 1. kat kirişleri boyuna donatısı Ek 2 de gösterilmiştir.

### 10. 1. 2. Kiriş kesme ( enine ) donatısı hesabı

Çift donatılı kesitlerin taşıma gücü momenti, basınç bölgesinde ki donatı merkezine göre moment alınarak aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$M_r = A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - d') + F_c \cdot (a / 2 - d') \quad (10.9)$$

Bu bağıntıda ikinci terim birincinin yanında küçük bir değer olacaktır. Bu terim dikkate alınmazsa taşıma gücü momenti yaklaşık olarak

$$M_r = A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - d') \quad (10.10)$$

bağıntısı ile hesaplanabilir.

K 101, K 103, K 114 ve K 116 kirişleri enine donatısı;

K 101 kirişi ' i ' ucu taşıma gücü momentleri;

$$M_r^- = A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - d') = 4,62 \times 3650 \times (56 - 4) = 87,7 \text{ kNm}$$

$$M_r^+ = A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - d') = 6,28 \times 3650 \times (56 - 4) = 119,2 \text{ kNm}$$

K 101 kirişi ' j ' ucu taşıma gücü momentleri;

$$M_r^- = A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - d') = 12,50 \times 3650 \times (56 - 4) = 237,3 \text{ kNm}$$

$$M_r^+ = A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - d') = 9,42 \times 3650 \times (56 - 4) = 178,8 \text{ kNm}$$

‘ Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik ’ enine donatı hesabı için

$$V_e = V_{dy} \pm (M_{pi} + M_{pj}) / l_n = V_{dy} \pm 1,4 \cdot (M_{ri} + M_{rj}) / l_n \quad (10.11)$$

bağıntısı ile hesaplanacak kesme kuvvetinin kullanılması koşulunu öngörmektedir. Burada;

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

$M_{pi}$  ,  $M_{pj}$  : Kirişin sol ( veya sağ ) ucu i ( veya j ) ' de ki kolon yüzünde  $f_{ck}$ ,  $f_{yk}$  ve çeliğin pekleşmesi göz önüne alınarak hesaplanan pozitif ya da negatif pekleşmeli taşıma gücü momenti,

$M_{ri}$  ,  $M_{rj}$  : i ve j uçları taşıma gücü momenti,

$l_n$  : Kirişin kolon veya perde yüzleri arasında kalan serbest açıklığı,

sembolize etmektedir.

$$V_{dy} = (1,4 \cdot g + 1,6 \cdot q) \times l_n / 2 \quad (10.12)$$

$$V_{dy} = (1,4 \times 11,01 + 1,6 \times 1,54) \times 2,075 / 2 = 18,5 \text{ kN}$$

$$V_{e1} = 18,5 + 1,4 \times ( 87,7 + 178,8 ) / 2,075 = 198,3 \text{ kN}$$

$$V_{e2} = 18,5 + 1,4 \times ( 119,2 + 237,3 ) / 2,075 = 259 \text{ Kn} = V_e$$

‘ Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik ’ uyarınca

$$V_e \leq 0,22 \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd} \quad (10.13)$$

olması zorunludur. Aksi taktirde kirişin boyutları büyütülmelidir.

$$V_e - V_{dy} \geq 0,5 \cdot V_d \text{ ise } V_c = 0 \text{ alınacaktır.} \quad (10.14)$$

$V_c$  : beton tarafından karşılanacak kesme kuvveti

$$259 \leq 0,22 \times 25 \times 56 \times 170 = 523,6 \text{ kN } \checkmark$$

$$259 - 18,5 \geq 0,5 \times 100,6 = 50,3 \text{ kN } \checkmark$$

Enine donatı tarafından karşılanacak kesme kuvveti:

$$V_w = n \cdot A_o / s \cdot f_{ywd} \cdot d > V_e \quad (10.15)$$

bağıntısını sağlamalıdır.Burada;

$V_w$  : Enine donatı tarafından karşılanacak kesme kuvveti

$n$  : Etriye kol sayısı

$A_o$  : Etriye çapı

$s$  : Etriye aralığı

$f_{ywd}$  : Enine donatı hesap akma dayanımı

sembolize etmektedir.

Etriye olarak iki kollu  $\phi 8$  çapında donatı seçilirse;

$$2 \times 0,5 / s \times 3650 \times 56 > 25900 \text{ kgf} = 259 \text{ kN}$$

$$s < 7,9 \text{ cm}$$

olarak hesaplanır.

$s = 7 \text{ cm}$  olarak seçilirse

$$V_w = 2 \times 0,5 / 7 \times 3650 \times 56 = 292 > 259 \text{ kN } \checkmark$$

‘ Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik ’ uyarınca kolon yüzlerinden ‘  $2 \cdot h_k$  ’ uzaklığındaki mesafeler boyunca etriye sıkılaştırılması yapılması gerekmektedir.

$2 \cdot h_k = 2 \times 60 = 120 \text{ cm}$  olduğundan ve bu işlem kirişin her iki ucunda da yapılacağından kirişin tümünde etriye sıkılaştırması kurallarına uyulacaktır.

Sıkılaştırma bölgesi boyunca etriye aralığı '  $s_k$  ' ,

$$s_k \leq h_k / 4 = 60 / 4 = 15 \text{ cm}$$

$$s_k \leq 8 \cdot \phi = 8 \times 1,4 = 11,2 \text{ ( } \phi : \text{ en küçük boyuna donatı çapı )}$$

$$s_k \leq 15 \text{ cm}$$

koşullarından en elverişsiz olanını sağlayacaktır.

$s = 7 \text{ cm}$  enine donatı aralığı tüm koşulları sağlamaktadır. Kiriş boyunca  $\phi 8 / 70 \text{ mm}$  aralığında etriye kullanılacaktır.

1. Kat kirişleri enine donatısı hesabı Tablo 10.2 de gösterilmiştir.

Tablo 10.2 1. Kat kirişleri enine donatı hesabı

| Kiriş No | $V_e$ (kN) | $s_k$ (cm) | $s$ (cm) | $V_w$ (kN) | Etriye çapı (mm) | Etriye Tipi |
|----------|------------|------------|----------|------------|------------------|-------------|
| K 101    | 259        | 7          | ---      | 292        | 8                | İki kollu   |
| K 102    | 218.5      | 9          | 14       | 227.1      | 8                | İki kollu   |
| K 103    | 259        | 7          | ---      | 292        | 8                | İki kollu   |
| K 104    | 187.5      | 9          | ---      | 227.1      | 8                | İki kollu   |
| K 105    | 153.8      | 9          | 14       | 227.1      | 8                | İki kollu   |
| K 106    | 187.5      | 9          | ---      | 227.1      | 8                | İki kollu   |
| K 107    | 157.5      | 9          | ---      | 227.1      | 8                | İki kollu   |
| K 108    | 163.2      | 9          | 14       | 227.1      | 8                | İki kollu   |
| K 109    | 163.2      | 9          | 14       | 227.1      | 8                | İki kollu   |
| K 110    | 157.5      | 9          | ---      | 227.1      | 8                | İki kollu   |
| K 111    | 187.5      | 9          | ---      | 227.1      | 8                | İki kollu   |
| K 112    | 153.8      | 9          | 14       | 227.1      | 8                | İki kollu   |
| K 113    | 187.5      | 9          | ---      | 227.1      | 8                | İki kollu   |
| K 114    | 259        | 7          | ---      | 292        | 8                | İki kollu   |
| K 115    | 218.5      | 9          | 14       | 227.1      | 8                | İki kollu   |
| K 116    | 259        | 7          | ---      | 292        | 8                | İki kollu   |
| K 117    | 91.7       | 9          | 14       | 227.1      | 8                | İki kollu   |
| K 118    | 104.9      | 9          | 14       | 227.1      | 8                | İki kollu   |
| K 119    | 104.9      | 9          | 14       | 227.1      | 8                | İki kollu   |
| K 120    | 91.7       | 9          | 14       | 227.1      | 8                | İki kollu   |
| K 121    | 164.9      | 9          | 14       | 227.1      | 8                | İki kollu   |
| K 122    | 339.2      | 6          | ---      | 340.7      | 8                | İki kollu   |
| K 123    | 339.2      | 6          | ---      | 340.7      | 8                | İki kollu   |
| K 124    | 167.7      | 9          | 14       | 227.1      | 8                | İki kollu   |
| K 125    | 164.9      | 9          | 14       | 227.1      | 8                | İki kollu   |
| K 126    | 333.9      | 6          | ---      | 340.7      | 8                | İki kollu   |
| K 127    | 333.9      | 6          | ---      | 340.7      | 8                | İki kollu   |
| K 128    | 164.9      | 9          | 14       | 227.1      | 8                | İki kollu   |
| K 129    | 91.7       | 9          | 14       | 227.1      | 8                | İki kollu   |
| K 130    | 129.7      | 9          | 14       | 227.1      | 8                | İki kollu   |
| K 131    | 129.7      | 9          | 14       | 227.1      | 8                | İki kollu   |
| K 132    | 91.7       | 9          | 14       | 227.1      | 8                | İki kollu   |

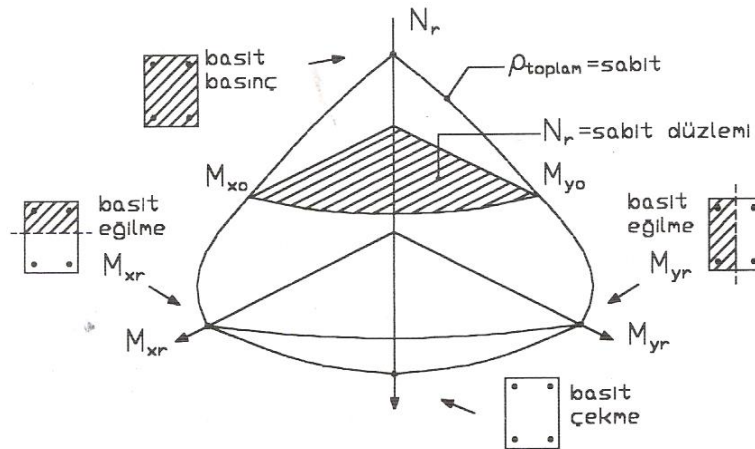
## 10. 2. Kolon Betonarme Hesapları

### 10. 2. 1. Kolon boyuna donatısı hesabı

Kolonların boyutlandırılmasında kirişlerden farklı olarak aksenal kuvvet ve eğilme momentleri etkindir ve bu sebepten ötürü kolonlar bileşik eğilme etkisindeki elemanlar olarak adlandırılırlar. Yine bileşik eğilme etkisindeki elemanlarda dengeli durum ( göçmenin sünek ya da gevrek biçimde oluşmasını sağlamak ) donatı yüzdesinin değil doğrudan doğruya  $e = M / N$  eksantrikliğinin bir fonksiyonudur. Fark önemlidir; çünkü basit eğilmede ( kirişlerin boyuna donatısının seçilmesinde geçerli olan durum ) çekme donatısı sınırlanarak kırılma biçimi denetlenebilirken bileşik eğilme etkisinde ki elemanlarda düktil ( sünek ) davranışın sağlanabilmesi için konstrüktif önlemler alınır. Örneğin kolon kiriş birleşim bölgesinde etriye aralıkları sıklaştırılarak beton kesit sarılır ve böylece kesitin dönme kapasitesi artırılarak düktil bir davranış elde edilir.

Kesit ve donatı miktarı bilinen bir kolonu güç tükenmesi durumuna getiren bir tane normal kuvvet ve moment çifti yoktur. Çünkü kesite etkiyen momentler ve normal kuvvet karşılıklı bir etkileşim içerisinde ve bunun neticesinde de ‘ karşılıklı etki diyagramı ’ denilen tablolar geliştirilmiştir. Ayrıca karşılıklı etki diyagramlarının oluşturulmasında donatının yerleştirilme biçimi ve paspayları da etkindir.

Karşılıklı etki diyagramları da kendi içlerinde iki grupta düşünülebilir. Bunlar bileşik eğilme karşılıklı etki diyagramları ve eğik eğilme karşılıklı etki diyagramları’dır. Aslında bileşik eğilme karşılıklı etki diyagramları da eğik eğilme karşılıklı etki diyagramlarından türetilmişlerdir. Çünkü gerçekte yapılar üç boyutludur ve yapı içerisinde bulunan kolonlarda üç ana kesit tesirlerinin (  $N$ ,  $M_x$ ,  $M_y$  ) etkisi altındadırlar. Şekil 10.1 ’ de dört köşesinde donatı bulunan dikdörtgen bir kesit için bu durum rahatlıkla görülmektedir.



Şekil 10.1 Dört köşesinde donatı bulunan dikdörtgen bir kesitin eğik eğilmede taşıma gücü yüzeyi

Şekilden de görüldüğü üzere aynı normal kuvvet düzleminde kesiti güç tükenmesi durumuna getiren moment çiftleri tek değildir. Buradan şu sonuca varılabilir;  $N$ ,  $M_x$ ,  $M_y$  eksenlerinden oluşan koordinat sisteminde sabit bir donatı oranı için oluşan hacim içerisinde ki tüm kuvvetler (  $N$ ,  $M_x$ ,  $M_y$  ), kolon tarafından taşınabilir, yüzey üzerindeki noktalarda ise güç tükenmesi durumuna karşı gelinir. Ancak bu yüzey dışına çıkan normal kuvvet - moment çifti yönetmelikte öngörülen güvenlikle taşınamaz.

Bileşik eğilme karşılıklı etki diyagramları da eğik eğilme durumuna karşı gelen karşılıklı etki yüzeyinden  $N$ ,  $M_x$  veya  $N$ ,  $M_y$  düzlemlerinin çıkarılması ile elde edilir.

Kolonlar boyuna donatısının betonarme hesabı eğik eğilmeye göre yapılacak ve uygun karşılıklı etki diyagramları kullanılacaktır.

Bu amaçla kullanılacak karşılıklı etki diyagramı incelendiğinde diyagramın çeşitli normal kuvvet oranları için sekiz değişik parçaya ayrıldığı görülecektir. Bunun nedeni simetrik donatılı kolon kesitlerinde herhangi bir normal kuvvet düzeyi için oluşan kuvvet çiftleri düzleminin de açıortayına göre simetrik olmasındandır.

Karşılıklı etki diyagramı kullanılmak istendiğinde birtakım değerlerin hesap edilmesi gerektiği görülür. Bunlar;

$$m_y = | M_y | / b \cdot h^2 \cdot f_{cd} \quad (10.16)$$

$$m_z = | M_z | / h \cdot b^2 \cdot f_{cd} \quad (10.17)$$

$$n = N / b \cdot h \cdot f_{cd} \quad (10.18)$$

‘ Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmelik ’ kolon boyuna donatıları için

$$\text{I. } \rho_{\min} \geq 0,01 \cdot A_c \quad (10.19)$$

$$\text{II. } \rho_{\max} \leq 0,04 \cdot A_c \quad (10.20)$$

**III.** En az donatı olarak dikdörtgen kesitli kolonlarda 4  $\phi$  16 veya 6  $\phi$  14, dairesel kolonlarda ise 6  $\phi$  14 kullanılacaktır.

**IV.** Bindirmeli ek yapılan kesitlerde boyuna donatı oranı % 6 ’ yı geçmeyecektir.

koşullarını öngörmektedir.

T. S. 500 – 2000 kolonlarda minimum dışmerkezlik için

$$e_{\min} = 15 \text{ mm} + 0,03 \cdot h \quad (10.21)$$

koşulunu öngörmektedir. Burada  $h$ , kolonun eğilme düzlemindeki kesit boyutudur.

Bu açıklamalar ışığında kolon boyuna donatısı hesabı Tablo 10.3 ’ de gösterilmiştir.



### 10. 2. 2. Kolon enine donatısı hesabı

S 101, S 102, S 109, S 110 kolonları enine donatısı hesabı,

x Doğrultusu için

K 201 kirişi ‘ j ’ ucu negatif taşıma gücü momenti,

$$M_{rj}^- = A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - d') = 15,42 \times 3650 \times 52 = 292,7 \text{ kNm}$$

K 202 kirişi ‘ i ’ ucu pozitif taşıma gücü momenti,

$$M_{ri}^+ = A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - d') = 9,42 \times 3650 \times 52 = 178,8 \text{ kNm}$$

S 101 kolonu üst ucunda oluşan moment,

$$M_{\bar{u}} = 1,4 \cdot (M_{rj}^- + M_{ri}^+) / 2$$

$$M_{\bar{u}} = 1,4 \times (292,7 + 178,8) / 2$$

$$M_{\bar{u}} = 330,1 \text{ kNm}$$

K 101 kirişi ‘ j ’ ucu negatif taşıma gücü momenti,

$$M_{rj}^- = A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - d') = 12,50 \times 3650 \times 52 = 237,3 \text{ kNm}$$

K 102 kirişi ‘ i ’ ucu pozitif taşıma gücü momenti,

$$M_{ri}^+ = A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - d') = 9,42 \times 3650 \times 52 = 178,8 \text{ kNm}$$

S 101 kolonu alt ucunda oluşan moment,

$$M_a = 1,4 \cdot (M_{rj}^- + M_{ri}^+) \cdot [k_{cS101} / (k_{cS101} + k_{cSZ01})]$$

$$M_a = 1,4 \times (237,3 + 178,8) \times [1,2 / (1,2 + 1,7)]$$

$$M_a = 240,6 \text{ kNm}$$

S 101 Kolonu enine donatı hesabında kullanılacak kesme kuvveti,

$$V_e = (M_a + M_{\bar{u}}) / l_n \quad (10.22)$$

Burada;

$l_n$  : Kolonun kirişler arasında kalan serbest yüksekliği

sembolize etmektedir.

$$V_e = (240,6 + 330,1) / 2,4 = 237,8 \text{ kN}$$

‘ Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik ’ uyarınca kolon enine donatı hesabında kullanılacak olan kesme kuvveti,

$$V_e \leq 0,22 \cdot A_w \cdot f_{cd} \quad (10.23)$$

$$V_e \geq V_d, \quad (10.24)$$

koşullarını sağlayacaktır. Burada;

$A_w$  : Kolon enkesiti etkin gövde alanı

sembolize etmektedir.

$$237,8 \leq 0,22 \times 19 \times 119 \times 170 = 845,6 \text{ kN } \checkmark$$

$$237,8 \geq 215,9 \text{ kN } \checkmark$$

‘ Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik ’ te ki başka bir koşulda

$$V_e \geq 0,5 \cdot V_d \quad (10.25)$$

$$N_d \leq 0,05 \cdot A_c \cdot f_{ck} \quad (10.26)$$

olması halinde betonun kesme dayanımına katkısının sıfır (  $V_c = 0$  ) alınabileceğidir.

$$237,8 \geq 0,5 \times 215,9 = 108 \text{ kN } \checkmark$$

$881,65 \leq 0,05 \times 25 \times 120 \times 250 = 375 \text{ kN}$  koşulu sağlanamadığı için  $V_c \neq 0$  ’ dır.

$$V_c = 0,8 \cdot V_{cr} = 0,8 \cdot 0,65 \cdot f_{ctd} \cdot b_w \cdot d \quad (10.27)$$

$$V_c = 0,8 \times 0,65 \times 11,5 \times 25 \times 116$$

$$V_c = 173,4 \text{ kN}$$

‘ Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik ’ kolona saplanan en derin kirişin alt noktasından başlamak üzere

$$\geq b_{max}$$

$$\geq l_n / 6$$

$$\geq 500 \text{ mm.}$$

koşullarından en elverişsiz olanını sağlayan bölgeye ‘ kolon sarılma bölgesi ’ adını vermiş ve bu bölge boyunca kullanılacak etriye aralığının

$$s_c \geq 50 \text{ mm}$$

$$s_c \leq 100 \text{ mm}$$

$$s_c \leq b_{min} / 3$$

koşullarına uyması gerektiğini belirtmiştir.

Buna göre kolon sarılma bölgesi uzunluğu  $b_{max} = 120 \text{ cm}$  olarak seçilmiştir.  $l_n = 240 \text{ cm}$  olduğuna göre kolonun tümü sarılma bölgesi içerisinde. O halde;

Kolon boyunca etriye aralığı

$$s_c \leq b_{min} / 3 = 25 / 3 \approx 8 \text{ cm. olarak seçilmiştir.}$$

‘ Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik ’

$$N_d \leq 0,2 \cdot A_c \cdot f_{ck} \quad (10.28)$$

olması halinde kolon sarılma bölgesinde kullanılacak minimum enine donatı alanı

(  $A_{sh}$  ) için,

$$A_{sh} \geq 0,3 \cdot s \cdot b_k \cdot [ (A_c / A_{ck}) - 1 ] (f_{ck} / f_{ywk})$$

$$A_{sh} \geq 0,075 \cdot s \cdot b_k \cdot (f_{ck} / f_{ywk})$$

koşullarından elverişsiz olanının 2 / 3 ’ ünü kullanmayı öngörmektedir.

$$881,65 \leq 0,2 \times 25 \times 120 \times 250 = 1500 \text{ kN } \checkmark$$

$$A_{sh} \geq 0,3 \times 8 \times 117,2 \times [ (25 \times 120 / 117,2 \times 22,2) - 1 ] \times (250 / 4197,5)$$

$$A_{sh} \geq 2,56 \text{ cm}^2$$

$$A_{sh} \geq 0,075 \times 8 \times 117,2 \times (250 / 4197,5)$$

$$A_{sh} \geq 4,19 \text{ cm}^2$$

$$A_{sh} = (2 / 3) \times 4,19 = 2,79 \text{ cm}^2 \checkmark$$

Enine donatı tarafından karşılanabilecek kesme kuvveti (  $V_w$  )

$$V_w = (A_{sh\text{-seçilen}} / s) \cdot f_{ywd} \cdot d$$

$$V_w = (3,16 / 8) \times 3650 \times 117 = 1686,8 \text{ kN}$$

$$V_r = V_c + V_w = 173,4 + 1686,8 = 1860,2 \text{ kN} > V_e = 237,8 \text{ kN } \checkmark$$

y Doğrultusu için

K 224 kirişi ‘ j ’ ucu negatif taşıma gücü momenti,

$$M_{rj}^- = A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - d') = 5,4 \times 3650 \times 52 = 102,5 \text{ kNm}$$

S 101 kolonu üst ucunda oluşan moment,

$$M_{\bar{u}} = 1,4 \cdot (M_{rj}^- + M_{ri}^+) / 2$$

$$M_{\bar{u}} = 1,4 \times (102,5 + 0) / 2$$

$$M_{\bar{u}} = 71,8 \text{ kNm}$$

K 124 kirişi ‘ j ’ ucu negatif taşıma gücü momenti,

$$M_{rj}^- = A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - d') = 5,4 \times 3650 \times 52 = 102,5 \text{ kNm}$$

S 101 kolonu alt ucunda oluşan moment,

$$M_a = 1,4 \cdot (M_{rj}^- + M_{ri}^+) \cdot [ k_{cS101} / (k_{cS101} + k_{cSZ01}) ]$$

$$M_a = 1,4 \times (102,5 + 0) \times [ 0,52 / (0,52 + 0,59) ]$$

$$M_a = 67,2 \text{ kNm}$$

S 101 Kolonu enine donatı hesabında kullanılacak kesme kuvveti,

$$V_e = (M_a + M_{\bar{u}}) / l_n$$

$$V_e = (67,2 + 71,8) / 2,4 = 57,9 \text{ kN}$$

‘ Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik ’ uyarınca kolon enine donatı hesabında kullanılacak olan kesme kuvveti,

$$V_e \leq 0,22 \cdot A_w \cdot f_{cd}$$

$$V_e \geq V_d, \quad \text{koşullarını sağlayacaktır.}$$

$$57,9 \leq 0,22 \times 19 \times 119 \times 170 = 845,6 \text{ kN} \checkmark$$

$$57,9 \geq 34,5 \text{ kN} \checkmark$$

‘ Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik ’ te ki başka bir koşulda

$$V_e \geq 0,5 \cdot V_d$$

$$N_d \leq 0,05 \cdot A_c \cdot f_{ck}$$

olması halinde betonun kesme dayanımına katkısının sıfır ( $V_c = 0$ ) alınabileceğidir.

$$57,9 \geq 0,5 \times 34,5 = 17,3 \text{ kN} \checkmark$$

$$881,65 \leq 0,05 \times 25 \times 120 \times 250 = 375 \text{ kN} \text{ koşulu sağlanamadığı için } V_c \neq 0 \text{ ' dır.}$$

$$V_c = 0,8 \cdot V_{cr} = 0,8 \cdot 0,65 \cdot f_{ctd} \cdot b_w \cdot d$$

$$V_c = 0,8 \times 0,65 \times 11,5 \times 25 \times 116$$

$$V_c = 173,4 \text{ kN}$$

‘ Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik ’ kolona saplanan en derin kirişin alt noktasından başlamak üzere

$$\geq b_{\max}$$

$$\geq l_n / 6$$

$$\geq 500 \text{ mm.}$$

koşullarından en elverişsiz olanını sağlamak üzere olan bölgeye ‘ kolon sarılma bölgesi ’ adını vermiş ve bu bölge boyunca kullanılacak etriye aralığının

$$s_c \geq 50 \text{ mm}$$

$$s_c \leq 100 \text{ mm}$$

$$s_c \leq b_{\min} / 3$$

koşullarına uyması gerektiğini belirtmiştir.

Buna göre kolon sarılma bölgesi uzunluğu  $b_{max} = 120$  cm olarak seçilmiştir.  $l_n = 240$  cm olduğuna göre kolonun tümü sarılma bölgesi içerisindedir. O halde;

Kolon boyunca etriye aralığı

$s_c \leq b_{min} / 3 = 25 / 3 \approx 8$  cm. olarak seçilmiştir.

‘ Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik ’

$N_d \leq 0,2 \cdot A_c \cdot f_{ck}$  olması halinde kolon sarılma bölgesinde kullanılacak minimum enine donatı alanı (  $A_{sh}$  ) için

$$A_{sh} \geq 0,3 \cdot s \cdot b_k \cdot [ (A_c / A_{ck}) - 1 ] (f_{ck} / f_{ywk})$$

$$A_{sh} \geq 0,075 \cdot s \cdot b_k \cdot (f_{ck} / f_{ywk})$$

koşullarından elverişsiz olanının  $2 / 3$  ’ ünü kullanmayı öngörmektedir.

$$881,65 \leq 0,2 \times 25 \times 120 \times 250 = 1500 \text{ kN } \checkmark$$

$$A_{sh} \geq 0,3 \times 8 \times 22,2 \times [ (25 \times 120 / 117,2 \times 22,2) - 1 ] \times (250 / 4197,5)$$

$$A_{sh} \geq 0,5 \text{ cm}^2$$

$$A_{sh} \geq 0,075 \times 8 \times 22,2 \times (250 / 4197,5)$$

$$A_{sh} \geq 0,79 \text{ cm}^2$$

$$A_{sh} = (2 / 3) \times 0,79 = 0,53 \text{ cm}^2 \checkmark$$

Enine donatı tarafından karşılanabilecek kesme kuvveti (  $V_w$  )

$$V_w = (A_{sh-seçilen} / s) \cdot f_{ywd} \cdot d$$

$$V_w = (4,66 / 8) \times 3650 \times 22 = 467,7 \text{ kN}$$

$$V_r = V_c + V_w = 173,4 + 467,7 = 641,1 \text{ kN} > V_e = 57,9 \text{ kN } \checkmark$$

1. Kat kolonları enine donatısı hesabı Tablo 10.4 de gösterilmiştir. Kolon orta bölgesi boyunca, sıklaştırma bölgesi için seçilen enine donatı, yalnızca aralığı ‘ Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik ’ e uygun olarak artırılarak kullanılacaktır.



### 10. 2. 3. Kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşulu

‘ Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik ’ kolon ve kirişlerin kesişiminden oluşan düğüm noktalarında ( bazı özel düğüm noktaları hariç),

**I.** Sadece çerçevelerden veya perde ve çerçevelerin birleşiminden oluşan taşıyıcı sistemlerde, her bir kolon – kiriş düğüm noktasına birleşen kolonların taşıma gücü momentleri toplamı, o düğüm noktasına birleşen kirişlerin taşıma gücü momentleri toplamından en az % 20 daha büyük olacaktır.

$$(M_{ra} + M_{r\bar{u}}) \geq 1,2 \cdot (M_{ri} + M_{rj}) \quad (10.29)$$

**II.** Denklem ( 12 . 1 ), her bir deprem doğrultusunda ve depremin her iki yönü için elverişsiz sonuç verecek şekilde ayrı ayrı uygulanacaktır.Kolon taşıma gücü momentlerinin hesabında, depremin yönü ile uyumlu olarak bu momentleri en küçük yapan  $N_d$  eksenel kuvvetleri göz önüne alınacaktır.

koşullarının sağlanmasını öngörmektedir.

S Z01 – S 101 kolonlarının birleştiği düğüm noktası,

S Z01 kolonu moment taşıma gücü

$N_{g+q+ex} = 1635,5$  kN eksenel kuvveti için

$$n = N / (b \cdot h \cdot f_{cd})$$

$$n = 163550 / 25 \times 135 \times 170$$

$$n = 0,29$$

$$w = [A_{s1,2} / (b \cdot h)] \cdot (f_{yd} / f_{cd})$$

$$w = [22,24 / (25 \times 135)] \times (3650 / 170)$$

$$w \approx 0,14$$

Bileşik eğilme karşılıklı etki diyagramı içeren uygun abak yardımı ile  $m = 2,1$  olarak okunur.

$$M_y = m \cdot b \cdot h^2 \cdot f_{cd}$$

$$M_y = 2,2 \times 25 \times 135^2 \times 170 = 16265,8 \text{ kNm}$$

$$M_{r\bar{u}-y} = 16265,8 \text{ kNm}$$

$N_{g+q+ey} = 1468$  kN eksenel kuvveti için

$$n = N / (b \cdot h \cdot f_{cd})$$

$$n = 146800 / 25 \times 135 \times 170$$

$$n = 0,26$$

$$w = [ A_{s1,2} / ( b \cdot h ) ] \cdot ( f_{yd} / f_{cd} )$$

$$w = [ 22,24 / ( 25 \times 135 ) ] \times ( 3650 / 170 )$$

$$w \approx 0,14$$

Bileşik eğilme karşılıklı etki diyagramı içeren uygun abak yardımı ile  $m = 2,1$  olarak okunur.

$$M_x = m \cdot b^2 \cdot h \cdot f_{cd}$$

$$M_x = 2,1 \times 25^2 \times 135 \times 170 = 3012,2 \text{ kNm}$$

$$M_{r\ddot{u}-x} = 3012,2 \text{ kNm}$$

S 101 kolonu moment taşıma gücü,

$$N_{g+q+ex} = 1484,1 \text{ kN aksenel kuvveti için}$$

$$n = N / ( b \cdot h \cdot f_{cd} )$$

$$n = 148405 / 25 \times 120 \times 170$$

$$n = 0,29$$

$$w = [ A_{s1,2} / ( b \cdot h ) ] \cdot ( f_{yd} / f_{cd} )$$

$$w = [ 22,24 / ( 25 \times 120 ) ] \times ( 3650 / 170 )$$

$$w \approx 0,16$$

Bileşik eğilme karşılıklı etki diyagramı içeren uygun abak yardımı ile  $m = 2,2$  olarak okunur.

$$M_y = m \cdot b \cdot h^2 \cdot f_{cd}$$

$$M_y = 2,2 \times 25 \times 120^2 \times 170 = 13464 \text{ kNm}$$

$$M_{ra-y} = 13464 \text{ kNm}$$

$$N_{g+q+ey} = 1306,4 \text{ kN aksenel kuvveti için}$$

$$n = N / ( b \cdot h \cdot f_{cd} )$$

$$n = 130636 / 25 \times 120 \times 170$$

$$n = 0,26$$

$$w = [ A_{s1,2} / ( b \cdot h ) ] \cdot ( f_{yd} / f_{cd} )$$

$$w = [ 22,24 / ( 25 \times 120 ) ] \times ( 3650 / 170 )$$

$$w \approx 0,16$$

Bileşik eğilme karşılıklı etki diyagramı içeren uygun abak yardımı ile  $m = 2,2$  olarak okunur.

$$M_x = m \cdot b^2 \cdot h \cdot f_{cd}$$

$$M_x = 2,2 \times 25^2 \times 120 \times 170 = 2805 \text{ kNm}$$

$$M_{ra-x} = 2805 \text{ kNm}$$

Düğüm noktasına x doğrultusunda saplanan kirişlerin taşıma gücü momentleri;

K 101 kirişi ‘ j ’ ucu negatif taşıma gücü momenti,

$$M_{rj} = A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - d') = 12,5 \times 3650 \times 52 = 237,3 \text{ kNm}$$

K 102 kirişi ‘ i ’ ucu pozitif taşıma gücü momenti,

$$M_{ri} = A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - d') = 9,42 \times 3650 \times 52 = 178,8 \text{ kNm}$$

Düğüm noktasına y doğrultusunda saplanan kirişlerin taşıma gücü momentleri

K 124 kirişi ‘ j ’ ucu negatif taşıma gücü momenti,

$$M_{rj} = A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - d') = 5,4 \times 3650 \times 52 = 102,5 \text{ kNm}$$

S Z01 ve S 101 kolonları kesişiminden oluşan düğüm noktasında ‘ kolonların kirişlerden daha güçlü olması ’ koşulu ,

$$(M_{ra-y} + M_{r\bar{u}-y}) \geq 1,2 \cdot (M_{ri} + M_{rj})$$

$$(13464 + 16265,8) \geq 1,2 \times (237,3 + 178,8)$$

$$29729,8 \text{ kNm} \geq 499,3 \text{ kNm} \checkmark$$

$$(M_{ra-x} + M_{r\bar{u}-x}) \geq 1,2 \cdot (M_{ri} + M_{rj})$$

$$(2805 + 3012,2) \geq 1,2 \times (0 + 102,5)$$

$$5817,2 \text{ kNm} \geq 123 \text{ kNm} \checkmark$$

S Z02 – S 102 kolonlarının birleştiği düğüm noktası ,

S Z02 kolonu moment taşıma gücü

$$N_{g+q+ex} = 1628,9 \text{ kN aksenal kuvveti için}$$

$$n = 0,28$$

$$w \approx 0,14$$

m = 2,1 olarak okunur.

$$M_{r\bar{u}-y} = 16265,8 \text{ kNm}$$

$$N_{g+q+ey} = 1437,4 \text{ kN aksenal kuvveti için}$$

$$n = 0,25$$

$$w \approx 0,14$$

m = 2,1 olarak okunur.

$$M_{r\ddot{u}-x} = 3012,2 \text{ kNm}$$

S 102 kolonu moment taşıma gücü,

$$N_{g+q+ex} = 1478,2 \text{ kN aksenel kuvveti için}$$

$$n = 0,29$$

$$w \approx 0,16$$

m = 2,2 olarak okunur.

$$M_{ra-y} = 13464 \text{ kNm}$$

$$N_{g+q+ey} = 1302,1 \text{ kN aksenel kuvveti için}$$

$$n = 0,26$$

$$w \approx 0,16$$

m = 2,2 olarak okunur.

$$M_{ra-x} = 2805 \text{ kNm}$$

Düğüm noktasına x doğrultusunda saplanan kirişlerin taşıma gücü momentleri;

K 102 kirişi ' j ' ucu negatif taşıma gücü momenti,

$$M_{rj} = A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - d') = 12,5 \times 3650 \times 52 = 237,3 \text{ kNm}$$

K 103 kirişi ' i ' ucu pozitif taşıma gücü momenti,

$$M_{ri} = A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - d') = 9,42 \times 3650 \times 52 = 178,8 \text{ kNm}$$

Düğüm noktasına y doğrultusunda saplanan kirişlerin taşıma gücü momentleri;

K 128 kirişi ' j ' ucu negatif taşıma gücü momenti,

$$M_{rj} = A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - d') = 4,93 \times 3650 \times 52 = 93,6 \text{ kNm}$$

S Z02 ve S 102 kolonları kesişiminden oluşan düğüm noktasında ' kolonların kirişlerden daha güçlü olması ' koşulu ,

$$(M_{ra-y} + M_{r\ddot{u}-y}) \geq 1,2 \cdot (M_{ri} + M_{rj})$$

$$29729,8 \text{ kNm} \geq 499,3 \text{ kNm} \checkmark$$

$$(M_{ra-x} + M_{r\ddot{u}-x}) \geq 1,2 \cdot (M_{ri} + M_{rj})$$

$$5817,2 \text{ kNm} \geq 112,32 \text{ kNm} \checkmark$$

S Z03 – S 103 kolonlarının birleştiği düğüm noktası,

S Z03 kolonu moment taşıma gücü

$N_{g+q+ex} = 1639,5$  kN eksenel kuvveti için

$n = 0,20$

$w \approx 0,11$

$m = 1,7$  olarak okunur.

$M_{r\ddot{u}-y} = 9912,7$  kNm

$N_{g+q+ey} = 752$  kN eksenel kuvveti için

$n = 0,09$

$w \approx 0,11$

$m = 1,4$  olarak okunur.

$M_{r\ddot{u}-x} = 8163,4$  kNm

S 103 kolonu moment taşıma gücü,

$N_{g+q+ex} = 1451,8$  kN eksenel kuvveti için

$n = 0,24$

$w \approx 0,15$

$m = 2,1$  olarak okunur.

$M_{ra-y} = 7711,2$  kNm

$N_{g+q+ey} = 685,1$  kN eksenel kuvveti için

$n = 0,11$

$w \approx 0,15$

$m = 1,7$  olarak okunur.

$M_{ra-x} = 6609,6$  kNm

Düğüm noktasına x doğrultusunda saplanan kirişlerin taşıma gücü momentleri;

K 104 kirişi ‘ j ’ ucu negatif taşıma gücü momenti,

$M_{rj} = A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - d') = 9,67 \times 3650 \times 52 = 183,5$  kNm

K 105 kirişi ‘ i ’ ucu pozitif taşıma gücü momenti,

$M_{ri} = A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - d') = 7,16 \times 3650 \times 52 = 135,9$  kNm

Düğüm noktasına y doğrultusunda saplanan kirişlerin taşıma gücü momentleri;

K 123 kirişi ' j ' ucu negatif taşıma gücü momenti,

$$M_{rj} = A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - d') = 12,81 \times 3650 \times 52 = 243,1 \text{ kNm}$$

K 124 kirişi ' i ' ucu pozitif taşıma gücü momenti,

$$M_{ri} = A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - d') = 14,04 \times 3650 \times 52 = 266,5 \text{ kNm}$$

S Z03 ve S 103 kolonları kesişiminden oluşan düğüm noktasında ' kolonların kirişlerden daha güçlü olması ' koşulu ,

$$(M_{ra-y} + M_{r\bar{u}-y}) \geq 1,2 \cdot (M_{ri} + M_{rj})$$

$$17623,9 \text{ kNm} \geq 383,28 \text{ kNm} \checkmark$$

$$(M_{ra-x} + M_{r\bar{u}-x}) \geq 1,2 \cdot (M_{ri} + M_{rj})$$

$$14405,8 \text{ kNm} \geq 611,5 \text{ kNm} \checkmark$$

S Z04 – S 104 kolonlarının birleştiği düğüm noktası,

S Z04 kolonu moment taşıma gücü

$$N_{g+q+ex} = 1521,9 \text{ kN aksenal kuvveti için}$$

$$n = 0,18$$

$$w \approx 0,11$$

m = 1,6 olarak okunur.

$$M_{r\bar{u}-y} = 9329,6 \text{ kNm}$$

$$N_{g+q+ey} = 658,5 \text{ kN aksenal kuvveti için}$$

$$n = 0,08$$

$$w \approx 0,11$$

m = 1,3 olarak okunur.

$$M_{r\bar{u}-x} = 7580,3 \text{ kNm}$$

S 104 kolonu moment taşıma gücü,

$$N_{g+q+ex} = 1349,8 \text{ kN aksenal kuvveti için}$$

$$n = 0,22$$

$$w \approx 0,15$$

m = 2,2 olarak okunur.

$$M_{ra-y} = 8078,4 \text{ kNm}$$

$N_{g+q+ey} = 608,3$  kN eksenel kuvveti için

$n = 0,10$

$w \approx 0,15$

$m = 1,7$  olarak okunur.

$M_{ra-x} = 6242,4$  kNm

Düğüm noktasına x doğrultusunda saplanan kirişlerin taşıma gücü momentleri;

K 105 kirişi ' j ' ucu negatif taşıma gücü momenti,

$M_{rj} = A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - d') = 9,67 \times 3650 \times 52 = 183,5$  kNm

K 106 kirişi ' i ' ucu pozitif taşıma gücü momenti,

$M_{ri} = A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - d') = 7,16 \times 3650 \times 52 = 135,9$  kNm

Düğüm noktasına y doğrultusunda saplanan kirişlerin taşıma gücü momentleri;

K 127 kirişi ' j ' ucu negatif taşıma gücü momenti,

$M_{rj} = A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - d') = 12,81 \times 3650 \times 52 = 243,1$  kNm

K 128 kirişi ' i ' ucu pozitif taşıma gücü momenti,

$M_{ri} = A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - d') = 14,04 \times 3650 \times 52 = 266,5$  kNm

S Z04 ve S 104 kolonları kesişiminden oluşan düğüm noktasında ' kolonların kirişlerden daha güçlü olması ' koşulu ,

$(M_{ra-y} + M_{rüy}) \geq 1,2 \cdot (M_{ri} + M_{rj})$

$17408 \text{ kNm} \geq 383,3 \text{ kNm} \checkmark$

$(M_{ra-x} + M_{rüs}) \geq 1,2 \cdot (M_{ri} + M_{rj})$

$13822,7 \text{ kNm} \geq 611,5 \text{ kNm} \checkmark$

S Z05 – S 105 kolonlarının birleştiği düğüm noktası,

S Z05 kolonu moment taşıma gücü

$N_{g+q+ex} = 907,8$  kN eksenel kuvveti için

$n = 0,16$

$w \approx 0,14$

$m = 2,0$  olarak okunur.

$M_{rüy} = 15491,3$  kNm

$N_{g+q+ey} = 1568,9$  kN eksenel kuvveti için

$$n = 0,27$$

$$w \approx 0,14$$

$m = 2,1$  olarak okunur.

$$M_{r\ddot{u}-x} = 3012,2 \text{ kNm}$$

S 105 kolonu moment taşıma gücü,

$$N_{g+q+ex} = 787,5 \text{ kN aksenal kuvveti için}$$

$$n = 0,15$$

$$w \approx 0,16$$

$m = 2,0$  olarak okunur.

$$M_{ra-y} = 12240 \text{ kNm}$$

$$N_{g+q+ey} = 1395,8 \text{ kN aksenal kuvveti için}$$

$$n = 0,27$$

$$w \approx 0,16$$

$m = 2,2$  olarak okunur.

$$M_{ra-x} = 2805 \text{ kNm}$$

Düğüm noktasına x doğrultusunda saplanan kirişlerin taşıma gücü momentleri;

K 108 kirişi ' i ' ucu negatif taşıma gücü momenti,

$$M_{ij} = A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - d') = 8,54 \times 3650 \times 52 = 162,1 \text{ kNm}$$

Düğüm noktasına y doğrultusunda saplanan kirişlerin taşıma gücü momentleri;

K 118 kirişi ' j ' ucu negatif taşıma gücü momenti,

$$M_{ij} = A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - d') = 4,52 \times 3650 \times 52 = 85,8 \text{ kNm}$$

K 119 kirişi ' i ' ucu pozitif taşıma gücü momenti,

$$M_{ri} = A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - d') = 4,02 \times 3650 \times 52 = 76,3 \text{ kNm}$$

S Z05 ve S 105 kolonları kesişiminden oluşan düğüm noktasında ' kolonların kirişlerden daha güçlü olması ' koşulu ,

$$(M_{ra-y} + M_{r\ddot{u}-y}) \geq 1,2 \cdot (M_{ri} + M_{rj})$$

$$27731,3 \text{ kNm} \geq 194,5 \text{ kNm} \checkmark$$

$$(M_{ra-x} + M_{r\ddot{u}-x}) \geq 1,2 \cdot (M_{ri} + M_{rj})$$

$$5817,2 \text{ kNm} \geq 194,5 \text{ kNm} \checkmark$$

S Z06 – S 106 kolonlarının birleştiği düğüm noktası,

S Z06 kolonu moment taşıma gücü

$N_{g+q+ex} = 923 \text{ kN}$  aksenal kuvveti için

$$n = 0,16$$

$$w \approx 0,14$$

$m = 2,0$  olarak okunur.

$$M_{r\ddot{u}-y} = 15491,3 \text{ kNm}$$

$N_{g+q+ey} = 1639,4 \text{ kN}$  aksenal kuvveti için

$$n = 0,29$$

$$w \approx 0,14$$

$m = 2,1$  olarak okunur.

$$M_{r\ddot{u}-x} = 3012,2 \text{ kNm}$$

S 106 kolonu moment taşıma gücü,

$N_{g+q+ex} = 802,1 \text{ kN}$  aksenal kuvveti için

$$n = 0,16$$

$$w \approx 0,16$$

$m = 2,0$  olarak okunur.

$$M_{ra-y} = 12240 \text{ kNm}$$

$N_{g+q+ey} = 1459,2 \text{ kN}$  aksenal kuvveti için

$$n = 0,29$$

$$w \approx 0,16$$

$m = 2,2$  olarak okunur.

$$M_{ra-x} = 2805 \text{ kNm}$$

Düğüm noktasına x doğrultusunda saplanan kirişlerin taşıma gücü momentleri;

K 109 kirişi ‘ j ’ ucu negatif taşıma gücü momenti,

$$M_{rj} = A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - d') = 8,54 \times 3650 \times 52 = 162,1 \text{ kNm}$$

Düğüm noktasına y doğrultusunda saplanan kirişlerin taşıma gücü momentleri;

K 130 kirişi ‘ j ’ ucu negatif taşıma gücü momenti,

$$M_{rj} = A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - d') = 4,52 \times 3650 \times 52 = 85,8 \text{ kNm}$$

K 131 kirişi ' i ' ucu pozitif taşıma gücü momenti,

$$M_{ri} = A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - d') = 4,02 \times 3650 \times 52 = 76,3 \text{ kNm}$$

S Z06 ve S 106 kolonları kesişiminden oluşan düğüm noktasında ' kolonların kirişlerden daha güçlü olması ' koşulu ,

$$(M_{ra-y} + M_{rü-y}) \geq 1,2 \cdot (M_{ri} + M_{rj})$$

$$27731,3 \text{ kNm} \geq 194,5 \text{ kNm} \checkmark$$

$$(M_{ra-x} + M_{rü-x}) \geq 1,2 \cdot (M_{ri} + M_{rj})$$

$$5817,2 \text{ kNm} \geq 194,5 \text{ kNm} \checkmark$$

S Z07 – S 107 kolonlarının birleştiği düğüm noktası,

S Z07 kolonu moment taşıma gücü

$$N_{g+q+ex} = 1640,4 \text{ kN} \text{ aksenal kuvveti için}$$

$$n = 0,20$$

$$w \approx 0,11$$

m = 1,7 olarak okunur.

$$M_{rü-y} = 9912,7 \text{ kNm}$$

$$N_{g+q+ey} = 752,9 \text{ kN} \text{ aksenal kuvveti için}$$

$$n = 0,09$$

$$w \approx 0,11$$

m = 1,4 olarak okunur.

$$M_{rü-x} = 8163,4 \text{ kNm}$$

S 107 kolonu moment taşıma gücü,

$$N_{g+q+ex} = 1452 \text{ kN} \text{ aksenal kuvveti için}$$

$$n = 0,24$$

$$w \approx 0,15$$

m = 2,1 olarak okunur.

$$M_{ra-y} = 7711,2 \text{ kNm}$$

$$N_{g+q+ey} = 685,3 \text{ kN} \text{ aksenal kuvveti için}$$

$$n = 0,11$$

$$w \approx 0,15$$

$m = 1,7$  olarak okunur.

$$M_{ra-x} = 6242,4 \text{ kNm}$$

Düğüm noktasına x doğrultusunda saplanan kirişlerin taşıma gücü momentleri;

K 111 kirişi ' j ' ucu negatif taşıma gücü momenti,

$$M_{rj} = A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - d') = 9,67 \times 3650 \times 52 = 183,5 \text{ kNm}$$

K 112 kirişi ' i ' ucu pozitif taşıma gücü momenti,

$$M_{ri} = A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - d') = 7,16 \times 3650 \times 52 = 135,9 \text{ kNm}$$

Düğüm noktasına y doğrultusunda saplanan kirişlerin taşıma gücü momentleri;

K 121 kirişi ' j ' ucu negatif taşıma gücü momenti,

$$M_{rj} = A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - d') = 12,81 \times 3650 \times 52 = 243,1 \text{ kNm}$$

K 122 kirişi ' i ' ucu pozitif taşıma gücü momenti,

$$M_{ri} = A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - d') = 14,04 \times 3650 \times 52 = 266,5 \text{ kNm}$$

S Z07 ve S 107 kolonları kesişiminden oluşan düğüm noktasında ' kolonların kirişlerden daha güçlü olması ' koşulu ,

$$(M_{ra-y} + M_{rü-y}) \geq 1,2 \cdot (M_{ri} + M_{rj})$$

$$17623,9 \text{ kNm} \geq 383,28 \text{ kNm} \checkmark$$

$$(M_{ra-x} + M_{rü-x}) \geq 1,2 \cdot (M_{ri} + M_{rj})$$

$$14405,8 \text{ kNm} \geq 611,5 \text{ kNm} \checkmark$$

S Z08 – S 108 kolonlarının birleştiği düğüm noktası,

S Z08 kolonu moment taşıma gücü

$$N_{g+q+ex} = 1523,6 \text{ kN} \text{ aksenal kuvveti için}$$

$$n = 0,18$$

$$w \approx 0,11$$

$m = 1,6$  olarak okunur.

$$M_{rü-y} = 9329,6 \text{ kNm}$$

$$N_{g+q+ey} = 660,2 \text{ kN} \text{ aksenal kuvveti için}$$

$$n = 0,08$$

$$w \approx 0,11$$

$m = 1,3$  olarak okunur.

$$M_{r\ddot{u}-x} = 7580,3 \text{ kNm}$$

S 108 kolonu moment taşıma gücü,

$$N_{g+q+ex} = 1350,6 \text{ kN eksenel kuvveti için}$$

$$n = 0,22$$

$$w \approx 0,15$$

m = 2,2 olarak okunur.

$$M_{ra-y} = 8078,4 \text{ kNm}$$

$$N_{g+q+ey} = 609,1 \text{ kN eksenel kuvveti için}$$

$$n = 0,10$$

$$w \approx 0,15$$

m = 1,7 olarak okunur.

$$M_{ra-x} = 6242,4 \text{ kNm}$$

Düğüm noktasına x doğrultusunda saplanan kirişlerin taşıma gücü momentleri;

K 112 kirişi ‘ j ’ ucu negatif taşıma gücü momenti,

$$M_{rj} = A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - d') = 9,67 \times 3650 \times 52 = 183,5 \text{ kNm}$$

K 113 kirişi ‘ i ’ ucu pozitif taşıma gücü momenti,

$$M_{ri} = A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - d') = 7,16 \times 3650 \times 52 = 135,9 \text{ kNm}$$

Düğüm noktasına y doğrultusunda saplanan kirişlerin taşıma gücü momentleri;

K 125 kirişi ‘ j ’ ucu negatif taşıma gücü momenti,

$$M_{rj} = A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - d') = 12,81 \times 3650 \times 52 = 243,1 \text{ kNm}$$

K 126 kirişi ‘ i ’ ucu pozitif taşıma gücü momenti,

$$M_{ri} = A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - d') = 14,04 \times 3650 \times 52 = 266,5 \text{ kNm}$$

S Z08 ve S 108 kolonları kesişiminden oluşan düğüm noktasında ‘ kolonların kirişlerden daha güçlü olması ’ koşulu ,

$$(M_{ra-y} + M_{r\ddot{u}-y}) \geq 1,2 \cdot (M_{ri} + M_{rj})$$

$$17408 \text{ kNm} \geq 383,3 \text{ kNm} \checkmark$$

$$(M_{ra-x} + M_{r\ddot{u}-x}) \geq 1,2 \cdot (M_{ri} + M_{rj})$$

$$13822,7 \text{ kNm} \geq 611,5 \text{ kNm} \checkmark$$

S Z09 – S 109 kolonlarının birleştiği düğüm noktası,

S Z09 kolonu moment taşıma gücü

$N_{g+q+ex} = 1635,8$  kN eksenel kuvveti için

$n = 0,29$

$w \approx 0,14$

$m = 2,1$  olarak okunur.

$M_{r\ddot{u}-y} = 16265,8$  kNm

$N_{g+q+ey} = 1443$  kN eksenel kuvveti için

$n = 0,25$

$w \approx 0,14$

$m = 2,1$  olarak okunur.

$M_{r\ddot{u}-x} = 3012,2$  kNm

S 109 kolonu moment taşıma gücü,

$N_{g+q+ex} = 1484,4$  kN eksenel kuvveti için

$n = 0,29$

$w \approx 0,16$

$m = 2,2$  olarak okunur.

$M_{ra-y} = 13464$  kNm

$N_{g+q+ey} = 1306,7$  kN eksenel kuvveti için

$n = 0,26$

$w \approx 0,16$

$m = 2,2$  olarak okunur.

$M_{ra-x} = 2805$  kNm

Düğüm noktasına x doğrultusunda saplanan kirişlerin taşıma gücü momentleri;

K 114 kirişi ‘ j ’ ucu negatif taşıma gücü momenti,

$M_{rj} = A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - d') = 12,5 \times 3650 \times 52 = 237,3$  kNm

K 115 kirişi ‘ i ’ ucu pozitif taşıma gücü momenti,

$M_{ri} = A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - d') = 9,42 \times 3650 \times 52 = 178,8$  kNm

Düğüm noktasına y doğrultusunda saplanan kirişlerin taşıma gücü momentleri;

K 121 kirişi ' i ' ucu negatif taşıma gücü momenti,

$$M_{rj} = A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - d') = 4,93 \times 3650 \times 52 = 93,6 \text{ kNm}$$

S Z09 ve S 109 kolonları kesişiminden oluşan düğüm noktasında ' kolonların kirişlerden daha güçlü olması ' koşulu ,

$$(M_{ra-y} + M_{r\underline{u}-y}) \geq 1,2 \cdot (M_{ri} + M_{rj})$$

$$29729,8 \text{ kNm} \geq 499,3 \text{ kNm} \checkmark$$

$$(M_{ra-x} + M_{r\underline{u}-x}) \geq 1,2 \cdot (M_{ri} + M_{rj})$$

$$5817,2 \text{ kNm} \geq 112,3 \text{ kNm} \checkmark$$

S Z10 – S 110 kolonlarının birleştiği düğüm noktası,

S Z10 kolonu moment taşıma gücü

$$N_{g+q+ex} = 1629,1 \text{ kN} \text{ aksenal kuvveti için}$$

$$n = 0,28$$

$$w \approx 0,14$$

m = 2,1 olarak okunur.

$$M_{r\underline{u}-y} = 16265,8 \text{ kNm}$$

$$N_{g+q+ey} = 1437,5 \text{ kN} \text{ aksenal kuvveti için}$$

$$n = 0,25$$

$$w \approx 0,14$$

m = 2,1 olarak okunur.

$$M_{r\underline{u}-x} = 3012,2 \text{ kNm}$$

S 110 kolonu moment taşıma gücü,

$$N_{g+q+ex} = 1478,4 \text{ kN} \text{ aksenal kuvveti için}$$

$$n = 0,29$$

$$w \approx 0,16$$

m = 2,2 olarak okunur.

$$M_{ra-y} = 13464 \text{ kNm}$$

$$N_{g+q+ey} = 1302,3 \text{ kN} \text{ aksenal kuvveti için}$$

$$n = 0,26$$

$$w \approx 0,16$$

m = 2,2 olarak okunur.

$$M_{ra-x} = 2805 \text{ kNm}$$

Düğüm noktasına x doğrultusunda saplanan kirişlerin taşıma gücü momentleri;

K 115 kirişi ' j ' ucu negatif taşıma gücü momenti,

$$M_{rj} = A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - d') = 12,5 \times 3650 \times 52 = 237,3 \text{ kNm}$$

K 116 kirişi ' i ' ucu pozitif taşıma gücü momenti,

$$M_{ri} = A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - d') = 9,42 \times 3650 \times 52 = 178,8 \text{ kNm}$$

Düğüm noktasına y doğrultusunda saplanan kirişlerin taşıma gücü momentleri;

K 125 kirişi ' i ' ucu negatif taşıma gücü momenti,

$$M_{rj} = A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - d') = 4,93 \times 3650 \times 52 = 93,6 \text{ kNm}$$

S Z10 ve S 110 kolonları kesişiminden oluşan düğüm noktasında ' kolonların kirişlerden daha güçlü olması ' koşulu ,

$$(M_{ra-y} + M_{r\bar{u}-y}) \geq 1,2 \cdot (M_{ri} + M_{rj})$$

$$29729,8 \text{ kNm} \geq 437 \text{ kNm} \checkmark$$

$$(M_{ra-x} + M_{r\bar{u}-x}) \geq 1,2 \cdot (M_{ri} + M_{rj})$$

$$5817,2 \text{ kNm} \geq 112,3 \text{ kNm} \checkmark$$

#### 10. 2. 4. Kolon – kiriş birleşim bölgelerinin kesme güvenliği

' Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik ' gereğince, süneklik düzeyi yüksek kolon ve kirişlerin oluşturduğu çerçeve sistemlerinde, kolon – kiriş birleşimleri,

**a.** Kirişlerin kolona dört taraftan birleşmesi ve her bir kirişin genişliğinin birleştiği kolon genişliğinin 3 / 4 ' ünden daha az olmaması durumunda, kolon – kiriş birleşimi ' kuşatılmış birleşim '

**b.** Yukarıdaki koşulları sağlamayan tüm birleşimler, ' kuşatılmamış birleşim '

olarak tanımlanacaktır.

Yönetmelikteki açıklamalara göre yapıdaki tüm kolonlar ' kuşatılmamış birleşim ' sınıfına girmektedir.

Gözönüne alınan deprem doğrultusunda kolon kiriş birleşim bölgelerindeki kesme kuvveti,

$$V_e = 1,25 \cdot f_{yk} \cdot (A_{s1} + A_{s2}) - V_{kol} \quad (10.30)$$

denklemleri ile hesaplanacaktır ve kuşatılmamış birleşimlerde,

$$V_e \leq 0,45 \cdot b_j \cdot h \cdot f_{cd} \quad (10.31)$$

koşulunu sağlayacaktır.

x Doğrultusunda Kuşatılmamış Birleşim Kontrolleri

S Z01 – S 101 no ' lu düğüm noktası için,

$$V_e = 1,25 \times 4197,5 \times (12,5 + 6,28) - 10736,6 = 878 \text{ kN}$$

$$V_e = 878 \leq 0,45 \times 25 \times 120 \times 170 = 2295 \text{ kN} \checkmark$$

S Z02 – S 102 no ' lu düğüm noktası için,

$$V_e = 1,25 \times 4197,5 \times (12,5 + 6,28) - 10739,9 = 877,9 \text{ kN}$$

$$V_e = 877,9 \leq 0,45 \times 25 \times 120 \times 170 = 2295 \text{ kN} \checkmark$$

S Z03 – S 103 no ' lu düğüm noktası için,

$$V_e = 1,25 \times 4197,5 \times (9,67 + 4,02) - 9323,3 = 625,1 \text{ kN}$$

$$V_e = 625,1 \leq 0,45 \times 60 \times 60 \times 170 = 2754 \text{ kN} \checkmark$$

S Z04 – S 104 no ' lu düğüm noktası için,

$$V_e = 1,25 \times 4197,5 \times (9,67 + 4,02) - 10193,5 = 616,4 \text{ kN}$$

$$V_e = 616,4 \leq 0,45 \times 60 \times 60 \times 170 = 2754 \text{ kN} \checkmark$$

S Z05 – S 105 no ' lu düğüm noktası için,

$$V_e = 1,25 \times 4197,5 \times (8,54 + 0) - 7428,6 = 373,8 \text{ kN}$$

$$V_e = 373,8 \leq 0,45 \times 25 \times 120 \times 170 = 2295 \text{ kN} \checkmark$$

S Z06 – S 106 no ' lu düğüm noktası için,

$$V_e = 1,25 \times 4197,5 \times (8,54 + 0) - 7781,5 = 370,3 \text{ kN}$$

$$V_e = 370,3 \leq 0,45 \times 25 \times 120 \times 170 = 2295 \text{ kN} \checkmark$$

S Z07 – S 107 no ' lu düğüm noktası için,

$$V_e = 1,25 \times 4197,5 \times (9,67 + 4,02) - 9323,3 = 625,1 \text{ kN}$$

$$V_e = 625,1 \leq 0,45 \times 60 \times 60 \times 170 = 2754 \text{ kN} \checkmark$$

S Z08 – S 108 no ' lu düğüm noktası için,

$$V_e = 1,25 \times 4197,5 \times (9,67 + 4,02) - 10193,5 = 616,4 \text{ kN}$$

$$V_e = 616,4 \leq 0,45 \times 60 \times 60 \times 170 = 2754 \text{ kN} \checkmark$$

S Z09 – S 109 no ' lu düğüm noktası için,

$$V_e = 1,25 \times 4197,5 \times ( 12,5 + 6,28 ) - 10736,6 = 878 \text{ kN}$$

$$V_e = 878 \leq 0,45 \times 25 \times 120 \times 170 = 2295 \text{ kN}\checkmark$$

S Z10 – S 110 no ' lu düğüm noktası için,

$$V_e = 1,25 \times 4197,5 \times ( 12,5 + 6,28 ) - 10739,9 = 877,9 \text{ kN}$$

$$V_e = 877,9 \leq 0,45 \times 25 \times 120 \times 170 = 2295 \text{ kN}\checkmark$$

y Doğrultusunda Kuşatılmamış Birleşim Kontrolleri

S Z01 – S 101 no ' lu düğüm noktası için,

$$V_e = 1,25 \times 4197,5 \times ( 5,4 + 0 ) - 2318,4 = 260,1 \text{ kN}$$

$$V_e = 260,1 \leq 0,45 \times 25 \times 120 \times 170 = 2295 \text{ kN}\checkmark$$

S Z02 – S 102 no ' lu düğüm noktası için,

$$V_e = 1,25 \times 4197,5 \times ( 4,93 + 0 ) - 2320,1 = 235,5 \text{ kN}$$

$$V_e = 235,5 \leq 0,45 \times 25 \times 120 \times 170 = 2295 \text{ kN}\checkmark$$

S Z03 – S 103 no ' lu düğüm noktası için,

$$V_e = 1,25 \times 4197,5 \times ( 12,81 + 4,62 ) - 11609,7 = 798,4 \text{ kN}$$

$$V_e = 798,4 \leq 0,45 \times 60 \times 60 \times 170 = 2754 \text{ kN}\checkmark$$

S Z04 – S 104 no ' lu düğüm noktası için,

$$V_e = 1,25 \times 4197,5 \times ( 12,81 + 4,62 ) - 12149 = 793 \text{ kN}$$

$$V_e = 793 \leq 0,45 \times 60 \times 60 \times 170 = 2754 \text{ kN}\checkmark$$

S Z05 – S 105 no ' lu düğüm noktası için,

$$V_e = 1,25 \times 4197,5 \times ( 4,52 + 4,02 ) - 1348,7 = 434,6 \text{ kN}$$

$$V_e = 434,6 \leq 0,45 \times 25 \times 120 \times 170 = 2295 \text{ kN}\checkmark$$

S Z06 – S 106 no ' lu düğüm noktası için,

$$V_e = 1,25 \times 4197,5 \times ( 4,52 + 4,02 ) - 1408,3 = 434 \text{ kN}$$

$$V_e = 434 \leq 0,45 \times 25 \times 120 \times 170 = 2295 \text{ kN}\checkmark$$

S Z07 – S 107 no ' lu düğüm noktası için,

$$V_e = 1,25 \times 4197,5 \times ( 12,81 + 4,62 ) - 11609,7 = 798,4 \text{ kN}$$

$$V_e = 798,4 \leq 0,45 \times 60 \times 60 \times 170 = 2754 \text{ kN}\checkmark$$

S Z08 – S 108 no ' lu düğüm noktası için,

$$V_e = 1,25 \times 4197,5 \times ( 12,81 + 4,62 ) - 12149 = 793 \text{ kN}$$

$$V_e = 793 \leq 0,45 \times 60 \times 60 \times 170 = 2754 \text{ kN}\checkmark$$

S Z09 – S 109 no ' lu düğüm noktası için,

$$V_e = 1,25 \times 4197,5 \times ( 4,93 + 0 ) - 2318,4 = 235,5 \text{ kN}$$

$$V_e = 235,5 \leq 0,45 \times 25 \times 120 \times 170 = 2295 \text{ kN}\checkmark$$

S Z10 – S 110 no ' lu düğüm noktası için,

$$V_e = 1,25 \times 4197,5 \times ( 4,93 + 0 ) - 2320,1 = 235,5 \text{ kN}$$

$$V_e = 235,5 \leq 0,45 \times 25 \times 120 \times 170 = 2295 \text{ kN}\checkmark$$

### **10. 3. Perde Betonarme Hesapları**

Perdelerde kolonlar gibi bileşik eğilme etkisindeki elemanlardır ve boyutlandırma da kolonlar için verilen birçok bilgi aynen geçerlidir.

Perdelerin betonarme hesabı yapılırken kolonlardan farklı olarak bileşik eğilme abakları kullanılmıştır. Belirtilen abaklar incelendiği taktirde perde boyuna donatısını belirlemek için gerekli olan, perdeye gelen eksenel kuvvet ve perde güçlü eksenini etrafındaki eğilme momentidir.

‘ Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik ’ te perdeler ile alakalı koşullar:

- a.** Enkesit koşulları
- b.** Perde uç bölgeleri ve kritik perde yüksekliği
- c.** Gövde donatısı koşulları
- d.** Gövde donatılarının düzenlenmesi
- e.** Perde uç bölgelerinde donatı koşulları
- f.** Tasarım eğilme momentleri
- g.** Perdelerin kesme güvenliği

başlıkları altında toplanmıştır.

#### PZ01 Perdesi Betonarme Hesabı

$$b_w = 25 \text{ cm.}$$

$$l_w = h = 200 \text{ cm.}$$

$$H_w = 3300 \text{ cm.}$$

Kritik perde yüksekliğinin belirlenmesi;

$$l_w \leq H_{cr} \leq 2 \cdot l_w, \quad 200 \leq H_{cr} \leq 400$$

$$H_w / 6 \leq H_{cr} \leq 2 \cdot l_w, \quad 550 \leq H_{cr} \leq 400$$

$$H_{cr} = 400 \text{ cm} = 4 \text{ m}$$

Perde uç bölgesi uzunluğunun belirlenmesi;

PZ01 perdesi bulunduğu kat itibari ile bütünüyle kritik perde yüksekliği içerisinde ve uç bölgesi uzunluğu;

$$l_u \geq 2 \cdot b_w, \quad l_u \geq 50$$

$$l_u \geq 0,2 \cdot l_w, \quad l_u \geq 40$$

$$l_u = 50 \text{ cm}$$

Perde uç bölgesi boyuna donatısının belirlenmesi;

Kritik perde yüksekliği boyunca perde uç bölgelerinin herbirinde kullanılacak minimum donatı oranı  $\rho_{min} = 0,002$  olacaktır.

Hesap kesit tesirleri;

$$N_d = 2243,9 \text{ kN}$$

$$M_d = 702,9 \text{ kNm}$$

$$V_d = 186,5 \text{ kN}$$

$$n = N_d / (b \cdot h \cdot f_{cd}) = 224392 / (25 \times 200 \times 170) = 0,26$$

$$m = M_d / (b \cdot h^2 \cdot f_{cd}) = 7029731 / (25 \times 200^2 \times 170) = 0,04$$

Bileşik eğilme tablosu yardımı ile yukarıdaki ( n, m ) ikilisine karşı gelen w değeri okunamamaktadır. Dolayısı ile perde uç bölgelerinin herbirinde  $A_{smin}$  kullanılacaktır.

$$A_{smin} = 0,002 \cdot b_w \cdot l_w = 0,002 \times 25 \times 200 = 10 \text{ cm}^2$$

$$\text{Seçilen boyuna donatı } 8 \phi 14 = 12,32 \text{ cm}^2 \geq 10 \text{ cm}^2 \checkmark$$

Perde boyunca kullanılacak yatay ve düşey gövde donatılarının belirlenmesi ;

Perdenin her iki yüzünde kullanılacak olan gövde donatılarının her biri için bu donatıların toplam enkesit alanının perde uç bölgeleri arasında kalan brüt perde enkesit alanına oranı 0,0025' den az olmayacaktır.

$$\Sigma A_{smin-gövde} = 0,0025 \times 25 \times 100 = 6,25 \text{ cm}^2$$

Perdenin bir yüzünde kullanılacak miktar,

$$A_{smin-gövde} / 2 = 6,25 / 2 = 3,13 \text{ cm}^2$$

Seçilen gövde donatısı ve alanı,

$$\phi 12 / 25 = 4,5 \text{ cm}^2 / \text{m} \geq 3,13 \text{ cm}^2 / \text{m} \checkmark$$

Perde uç bölgesinde kullanılacak enine donatının belirlenmesi;

Kritik perde yüksekliği boyunca perde uç bölgesinde kullanılacak enine donatı arası mesafe;

$$s \leq b_w / 2 = 25 / 2 = 12,5 \text{ cm}$$

$$s \leq 10 \text{ cm}$$

$$s \geq 5 \text{ cm}$$

koşulları gereği  $s = 10 \text{ cm}$  olarak seçilir.

$$A_{sh} \geq (2 / 3) \cdot 0,075 \cdot s \cdot b_k \cdot (f_{ck} / f_{ywk})$$

$$A_{sh} \geq (2 / 3) \times 0,075 \times 10 \times 47 \times (250 / 4197,5)$$

$$A_{sh} \geq 1,4 \text{ cm}^2$$

Seçilen enine donatı ve aralığı,

$$\phi 10 / 100 = 1,58 \text{ cm}^2 \geq 1,4 \text{ cm}^2 \checkmark$$

Perdenin kesme dayanımının belirlenmesi;

$$V_d \leq V_r = A_{ch} \cdot (0,65 \cdot f_{ctd} + \rho_{sh} \cdot f_{ywd})$$

$$186,5 \leq 25 \times 200 \times (0,65 \times 11,5 + 0,0036 \times 3650) = 1030,8 \text{ kN} \checkmark$$

$$V_d \leq 0,22 \cdot A_{ch} \cdot f_{cd}$$

$$186,5 \leq 0,22 \times 25 \times 200 \times 170 = 1870 \text{ kN} \checkmark$$

#### P101 Perdesi Betonarme Hesabı

Perde uç bölgesi uzunluğunun belirlenmesi;

P101 perdesi bulunduğu katın 1 / 3' lük bölümünde kritik perde yüksekliği içerisinde, kalan 2 / 3' lük kısmında ise kritik perde yüksekliği dışındadır. Bu nedenle perde uç bölgesi uzunluğu,

Kritik perde yüksekliği içerisinde;

$$l_u \geq 2 \cdot b_w, \quad l_u \geq 50$$

$$l_u \geq 0,2 \cdot l_w, \quad l_u \geq 40$$

$$l_u = 50 \text{ cm}$$

Kritik perde yüksekliği dışarısında;

$$l_u \geq b_w, \quad l_u \geq 25$$

$$l_u \geq 0,1 \cdot l_w, \quad l_u \geq 20$$

$l_u = 25$  cm, olarak belirlenir.

Perde uç bölgesi boyuna donatısının belirlenmesi;

Hesap kesit tesirleri;

$$N_d = 2052,9 \text{ kN}$$

$$M_d = 257,5 \text{ kNm}$$

$$V_d = 89,2 \text{ kN}$$

$$n = N_d / (b \cdot h \cdot f_{cd}) = 205290 / (25 \times 200 \times 170) = 0,25$$

$$m = M_d / (b \cdot h^2 \cdot f_{cd}) = 2575000 / (25 \times 200^2 \times 170) = 0,02$$

(n, m) ikilisine karşı gelen w değeri okunamamaktadır. Dolayısı ile perde yüksekliği boyunca uç bölgelerinin her birinde kritik perde yüksekliği koşullarına uygun  $A_{smin}$  kullanılacaktır.

$$A_{smin} = 0,002 \cdot b_w \cdot l_w = 0,002 \times 25 \times 200 = 10 \text{ cm}^2$$

$$\text{Seçilen boyuna donatı } 8 \phi 14 = 12,32 \text{ cm}^2 \geq 10 \text{ cm}^2 \checkmark$$

Perde boyunca kullanılacak yatay ve düşey gövde donatılarının belirlenmesi ;

$$\Sigma A_{smin-gövde} = 0,0025 \times 25 \times 100 = 6,25 \text{ cm}^2$$

Perdenin bir yüzünde kullanılacak miktar,

$$A_{smin-gövde} / 2 = 6,25 / 2 = 3,13 \text{ cm}^2$$

Seçilen gövde donatısı ve alanı,

$$\phi 12 / 25 = 4,5 \text{ cm}^2 / m \geq 3,13 \text{ cm}^2 / m \checkmark$$

Perde uç bölgesinde kullanılacak enine donatının belirlenmesi;

Kritik perde yüksekliği boyunca perde uç bölgesinde kullanılacak enine donatı arası mesafe;

$$s \leq b_w / 2 = 25 / 2 = 12,5 \text{ cm}$$

$$s \leq 10 \text{ cm}$$

$$s \geq 5 \text{ cm}$$

koşulları gereği  $s = 10$  cm olarak seçilir.

$$A_{sh} \geq (2 / 3) \cdot 0,075 \cdot s \cdot b_k \cdot (f_{ck} / f_{ywk})$$

$$A_{sh} \geq (2 / 3) \times 0,075 \times 10 \times 47 \times (250 / 4197,5)$$

$$A_{sh} \geq 1,4 \text{ cm}^2$$

Seçilen enine donatı ve aralığı,

$$\phi 10 / 100 = 1,58 \text{ cm}^2 \geq 1,4 \text{ cm}^2 \checkmark$$

Kritik perde yüksekliği dışında kalan uç bölgesinde kullanılacak enine donatı arası mesafe;

$$s \leq b_w = 25 \text{ cm}$$

$$s \leq 20 \text{ cm}$$

Seçilen enine donatı ve aralığı,

$$\phi 8 / 200 = 1,0 \text{ cm}^2$$

Perdenin kesme dayanımının belirlenmesi;

$$V_d \leq V_r = A_{ch} \cdot (0,65 \cdot f_{ctd} + \rho_{sh} \cdot f_{ywd})$$

$$89,2 \leq 25 \times 200 \times (0,65 \times 11,5 + 0,0036 \times 3650) = 1030,8 \text{ kN} \checkmark$$

$$V_d \leq 0,22 \cdot A_{ch} \cdot f_{cd}$$

$$89,2 \leq 0,22 \times 25 \times 200 \times 170 = 1870 \text{ kN} \checkmark$$

#### PZ05 Perdesi Betonarme Hesabı

PZ05 perdesi 3 adet perdenin birleşiminden oluşan ‘ [ ’ şekline sahiptir. Perdenin betonarme hesabı yapılırken üç parça birbirinden bağımsız düşünülecek ve hesaplarda her biri, üzerine gelen kesit tesirleri baz alınarak donatılacaktır. Ancak kritik perde yüksekliği hesaplanırken en büyük kritik perde yüksekliği değeri tüm elemanlar için uygulanacaktır.

Kritik perde yüksekliğinin belirlenmesi;

$$l_w \leq H_{cr} \leq 2 \cdot l_w, \quad 425 \leq H_{cr} \leq 850$$

$$H_w / 6 \leq H_{cr} \leq 2 \cdot l_w, \quad 550 \leq H_{cr} \leq 800$$

$$H_{cr} = 550 \text{ cm} = 5,5 \text{ m}$$

y doğrultusundaki perdenin uç bölgesi uzunluğunun belirlenmesi;

Kritik perde yüksekliği içerisinde;

$$l_u \geq 2 \cdot b_w, \quad l_u \geq 50$$

$$l_u \geq 0,2 \cdot l_w, \quad l_u \geq 85$$

$$l_u = 85 \text{ cm}$$

Perde uç bölgesi boyuna donatısının belirlenmesi;

Hesap kesit tesirleri;

$$N_d = 2751,3 \text{ kN}$$

$$M_d = 3276 \text{ kNm}$$

$$V_d = 914,3 \text{ kN}$$

$$n = N_d / (b \cdot h \cdot f_{cd}) = 275136 / (25 \times 425 \times 170) = 0,15$$

$$m = M_d / (b \cdot h^2 \cdot f_{cd}) = 32760160 / (25 \times 425^2 \times 170) = 0,05$$

( n, m ) ikilisine karşı gelen w değeri okunamamaktadır. Dolayısı ile perde yüksekliği boyunca uç bölgelerinin her birinde kritik perde yüksekliği koşullarına uygun  $A_{smin}$  kullanılacaktır.

$$A_{smin} = 0,002 \cdot b_w \cdot l_w = 0,002 \times 25 \times 425 = 21,3 \text{ cm}^2$$

$$\text{Seçilen boyuna donatı } 14 \phi 14 = 21,56 \text{ cm}^2 \geq 21,3 \text{ cm}^2 \checkmark$$

Perde boyunca kullanılacak yatay ve düşey gövde donatılarının belirlenmesi ;

$$\Sigma A_{smin-gövde} = 0,0025 \times 25 \times 255 = 16 \text{ cm}^2$$

Perdenin bir yüzünde kullanılacak miktar,

$$A_{smin-gövde} / 2 = 16 / 2 = 8 \text{ cm}^2$$

Uç bölgeleri arasında kalan 2,55 m' lik kısımda 8 cm<sup>2</sup>' lik donatı sağlanabilmesi için 1 m' ye konulması gerekli donatı miktarı;

$$8 \text{ cm}^2 / 2,55 \text{ m} = 3,33 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

Seçilen gövde donatısı ve alanı,

$$\phi 12 / 25 = 4,5 \text{ cm}^2 / \text{m} \geq 3,33 \text{ cm}^2 / \text{m} \checkmark$$

Perde uç bölgesinde kullanılacak enine donatının belirlenmesi;

$$s \leq b_w / 2 = 25 / 2 = 12,5 \text{ cm}$$

$$s \leq 10 \text{ cm}$$

$$s \geq 5 \text{ cm}$$

koşulları gereği s = 10 cm olarak seçilir.

$$A_{sh} \geq (2 / 3) \cdot 0,075 \cdot s \cdot b_k \cdot (f_{ck} / f_{ywk})$$

$$A_{sh} \geq (2 / 3) \times 0,075 \times 10 \times 82 \times (250 / 4197,5)$$

$$A_{sh} \geq 2,44 \text{ cm}^2$$

Seçilen enine donatı ve aralığı,

$$\phi 10 / 100 \text{ etriye} + 2 \times \phi 8 / 100 \text{ çiroz} = 2,78 \text{ cm}^2 \geq 2,44 \text{ cm}^2 \checkmark$$

Perdenin kesme dayanımının belirlenmesi;

$$V_d \leq V_r = A_{ch} \cdot (0,65 \cdot f_{ctd} + \rho_{sh} \cdot f_{ywd})$$

$$914,3 \leq 25 \times 425 \times (0,65 \times 11,5 + 0,0036 \times 3650) = 2190,3 \text{ kN} \checkmark$$

$$V_d \leq 0,22 \cdot A_{ch} \cdot f_{cd}$$

$$89,2 \leq 0,22 \times 25 \times 425 \times 170 = 3973,8 \text{ kN} \checkmark$$

x doğrultusundaki perdelerin uç bölgesi uzunluğunun belirlenmesi;

x doğrultusundaki iki parçada aynı kesite sahip ve hemen hemen birbirlerine eşit kesit tesirlerinin etkisi altındadırlar. Bu sebeple büyük olan kesit tesirleri baz alınarak bir tanesi için hesap yapılacaktır.

Kritik perde yüksekliği içerisinde;

$$l_u \geq 2 \cdot b_w, \quad l_u \geq 50$$

$$l_u \geq 0,2 \cdot l_w, \quad l_u \geq 42,5$$

$$l_u = 50 \text{ cm}$$

Perde uç bölgesi boyuna donatısının belirlenmesi;

Hesap kesit tesirleri;

$$N_d = 2249,1 \text{ kN}$$

$$M_d = 563,9 \text{ kNm}$$

$$V_d = 70,3 \text{ kN}$$

$$n = N_d / (b \cdot h \cdot f_{cd}) = 224913 / (25 \times 212,5 \times 170) = 0,25$$

$$m = M_d / (b \cdot h^2 \cdot f_{cd}) = 5639122 / (25 \times 212,5^2 \times 170) = 0,03$$

(n, m) ikilisine karşı gelen w değeri okunamamaktadır. Dolayısı ile perde yüksekliği boyunca uç bölgelerinin her birinde kritik perde yüksekliği koşullarına uygun  $A_{smin}$  kullanılacaktır.

$$A_{smin} = 0,002 \cdot b_w \cdot l_w = 0,002 \times 25 \times 212,5 = 10,6 \text{ cm}^2$$

$$\text{Seçilen boyuna donatı } 8 \phi 14 = 12,32 \text{ cm}^2 \geq 10,6 \text{ cm}^2 \checkmark$$

Perde boyunca kullanılacak yatay ve düşey gövde donatılarının belirlenmesi ;

$$\Sigma A_{smin-gövde} = 0,0025 \times 25 \times 112,5 = 7,03 \text{ cm}^2$$

Perdenin bir yüzünde kullanılacak miktar,

$$A_{\text{smin-gövde}} / 2 = 7,03 / 2 = 3,5 \text{ cm}^2$$

Uç bölgeleri arasında kalan 1,125 m' lik kısımda 3,5 cm<sup>2</sup>' lik donatı sağlanabilmesi için 1 m' ye konulması gerekli donatı miktarı;

$$3,5 \text{ cm}^2 / 1,125 \text{ m} = 3,13 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

Seçilen gövde donatısı ve alanı,

$$\phi 12 / 25 = 4,5 \text{ cm}^2 / \text{m} \geq 3,13 \text{ cm}^2 / \text{m} \checkmark$$

Perde uç bölgesinde kullanılacak enine donatının belirlenmesi;

$$s \leq b_w / 2 = 25 / 2 = 12,5 \text{ cm}$$

$$s \leq 10 \text{ cm}$$

$$s \geq 5 \text{ cm}$$

koşulları gereği s = 10 cm olarak seçilir.

$$A_{\text{sh}} \geq (2 / 3) \cdot 0,075 \cdot s \cdot b_k \cdot (f_{\text{ck}} / f_{\text{ywk}})$$

$$A_{\text{sh}} \geq (2 / 3) \times 0,075 \times 10 \times 47 \times (250 / 4197,5)$$

$$A_{\text{sh}} \geq 1,4 \text{ cm}^2$$

Seçilen enine donatı ve aralığı,

$$\phi 10 / 100 = 1,78 \text{ cm}^2 \geq 1,4 \text{ cm}^2 \checkmark$$

Perdenin kesme dayanımının belirlenmesi;

$$V_d \leq V_r = A_{\text{ch}} \cdot (0,65 \cdot f_{\text{ctd}} + \rho_{\text{sh}} \cdot f_{\text{ywd}})$$

$$70,3 \leq 25 \times 212,5 \times (0,65 \times 11,5 + 0,0036 \times 3650) = 1095,2 \text{ kN} \checkmark$$

$$V_d \leq 0,22 \cdot A_{\text{ch}} \cdot f_{\text{cd}}$$

$$70,3 \leq 0,22 \times 25 \times 212,5 \times 170 = 1986,9 \text{ kN} \checkmark$$

#### P105 Perdesi Betonarme Hesabı

y doğrultusundaki perdenin uç bölgesi uzunluğunun belirlenmesi;

Kritik perde yüksekliği içerisinde;

$$l_u \geq 2 \cdot b_w, \quad l_u \geq 50$$

$$l_u \geq 0,2 \cdot l_w, \quad l_u \geq 85$$

$$l_u = 85 \text{ cm}$$

Perde uç bölgesi boyuna donatısının belirlenmesi;

Hesap kesit tesirleri;

$$N_d = 2545,7 \text{ kN}$$

$$M_d = 2507,4 \text{ kNm}$$

$$V_d = 881,1 \text{ kN}$$

$$n = N_d / (b \cdot h \cdot f_{cd}) = 254572 / (25 \times 425 \times 170) = 0,14$$

$$m = M_d / (b \cdot h^2 \cdot f_{cd}) = 25074480 / (25 \times 425^2 \times 170) = 0,03$$

(n, m) ikilisine karşı gelen w değeri okunamamaktadır. Dolayısı ile perde yüksekliği boyunca uç bölgelerinin her birinde kritik perde yüksekliği koşullarına uygun  $A_{smin}$  kullanılacaktır.

$$A_{smin} = 0,002 \cdot b_w \cdot l_w = 0,002 \times 25 \times 425 = 21,3 \text{ cm}^2$$

$$\text{Seçilen boyuna donatı } 14 \phi 14 = 21,56 \text{ cm}^2 \geq 21,3 \text{ cm}^2 \checkmark$$

Perde boyunca kullanılacak yatay ve dűşey gövde donatılarının belirlenmesi ;

$$\Sigma A_{smin-gövde} = 0,0025 \times 25 \times 255 = 16 \text{ cm}^2$$

Perdenin bir yüzünde kullanılacak miktar,

$$A_{smin-gövde} / 2 = 16 / 2 = 8 \text{ cm}^2$$

Uç bölgeleri arasında kalan 2,55 m' lik kısımda 8 cm<sup>2</sup>' lik donatı sağlanabilmesi için 1 m' ye konulması gerekli donatı miktarı;

$$8 \text{ cm}^2 / 2,55 \text{ m} = 3,33 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

Seçilen gövde donatısı ve alanı,

$$\phi 12 / 25 = 4,5 \text{ cm}^2 / \text{m} \geq 3,33 \text{ cm}^2 / \text{m} \checkmark$$

Perde uç bölgesinde kullanılacak enine donatının belirlenmesi;

$$s \leq b_w / 2 = 25 / 2 = 12,5 \text{ cm}$$

$$s \leq 10 \text{ cm}$$

$$s \geq 5 \text{ cm}$$

koşulları gereğı s = 10 cm olarak seçilir.

$$A_{sh} \geq (2 / 3) \cdot 0,075 \cdot s \cdot b_k \cdot (f_{ck} / f_{ywk})$$

$$A_{sh} \geq (2 / 3) \times 0,075 \times 10 \times 82 \times (250 / 4197,5)$$

$$A_{sh} \geq 2,44 \text{ cm}^2$$

Seçilen enine donatı ve aralığı,

$$\phi 10 / 100 \text{ etriye} + 2 \times \phi 8 / 100 \text{ çiroz} = 2,78 \text{ cm}^2 \geq 2,44 \text{ cm}^2 \checkmark$$

Perdenin kesme dayanımının belirlenmesi;

$$V_d \leq V_r = A_{ch} \cdot (0,65 \cdot f_{ctd} + \rho_{sh} \cdot f_{ywd})$$

$$881,1 \leq 25 \times 425 \times (0,65 \times 11,5 + 0,0036 \times 3650) = 2190,3 \text{ kN} \checkmark$$

$$V_d \leq 0,22 \cdot A_{ch} \cdot f_{cd}$$

$$881,1 \leq 0,22 \times 25 \times 425 \times 170 = 3973,8 \text{ kN} \checkmark$$

x doğrultusundaki perdelerin uç bölgesi uzunluğunun belirlenmesi;

x doğrultusundaki iki parçada aynı kesite sahip ve hemen hemen birbirlerine eşit kesit tesirlerinin etkisi altındadırlar. Bu sebeple büyük olan kesit tesirleri baz alınarak bir tanesi için hesap yapılacaktır.

Kritik perde yüksekliği içerisinde;

$$l_u \geq 2 \cdot b_w, \quad l_u \geq 50$$

$$l_u \geq 0,2 \cdot l_w, \quad l_u \geq 42,5$$

$$l_u = 50 \text{ cm}$$

Perde uç bölgesi boyuna donatısının belirlenmesi;

Hesap kesit tesirleri;

$$N_d = 2049,1 \text{ kN}$$

$$M_d = 457,6 \text{ kNm}$$

$$V_d = 117,1 \text{ kN}$$

$$n = N_d / (b \cdot h \cdot f_{cd}) = 204910,5 / (25 \times 212,5 \times 170) = 0,22$$

$$m = M_d / (b \cdot h^2 \cdot f_{cd}) = 4576074 / (25 \times 212,5^2 \times 170) = 0,02$$

(n, m) ikilisine karşı gelen w değeri okunamamaktadır. Dolayısı ile perde yüksekliği boyunca uç bölgelerinin her birinde kritik perde yüksekliği koşullarına uygun  $A_{smin}$  kullanılacaktır.

$$A_{smin} = 0,002 \cdot b_w \cdot l_w = 0,002 \times 25 \times 212,5 = 10,6 \text{ cm}^2$$

$$\text{Seçilen boyuna donatı } 8 \phi 14 = 12,32 \text{ cm}^2 \geq 10,6 \text{ cm}^2 \checkmark$$

Perde boyunca kullanılacak yatay ve düşey gövde donatılarının belirlenmesi ;

$$\Sigma A_{smin-gövde} = 0,0025 \times 25 \times 112,5 = 7,03 \text{ cm}^2$$

Perdenin bir yüzünde kullanılacak miktar,

$$A_{\text{smin-gövde}} / 2 = 7,03 / 2 = 3,5 \text{ cm}^2$$

Uç bölgeleri arasında kalan 1,125 m' lik kısımda 3,5 cm<sup>2</sup>' lik donatı sağlanabilmesi için 1 m' ye konulması gerekli donatı miktarı;

$$3,5 \text{ cm}^2 / 1,125 \text{ m} = 3,13 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

Seçilen gövde donatısı ve alanı,

$$\phi 12 / 25 = 4,5 \text{ cm}^2 / \text{m} \geq 3,13 \text{ cm}^2 / \text{m} \checkmark$$

Perde uç bölgesinde kullanılacak enine donatının belirlenmesi;

$$s \leq b_w / 2 = 25 / 2 = 12,5 \text{ cm}$$

$$s \leq 10 \text{ cm}$$

$$s \geq 5 \text{ cm}$$

koşulları gereği s = 10 cm olarak seçilir.

$$A_{\text{sh}} \geq (2 / 3) \cdot 0,075 \cdot s \cdot b_k \cdot (f_{\text{ck}} / f_{\text{ywk}})$$

$$A_{\text{sh}} \geq (2 / 3) \times 0,075 \times 10 \times 47 \times (250 / 4197,5)$$

$$A_{\text{sh}} \geq 1,4 \text{ cm}^2$$

Seçilen enine donatı ve aralığı,

$$\phi 10 / 100 = 1,78 \text{ cm}^2 \geq 1,4 \text{ cm}^2 \checkmark$$

Perdenin kesme dayanımının belirlenmesi;

$$V_d \leq V_r = A_{\text{ch}} \cdot (0,65 \cdot f_{\text{ctd}} + \rho_{\text{sh}} \cdot f_{\text{ywd}})$$

$$117,1 \leq 25 \times 212,5 \times (0,65 \times 11,5 + 0,0036 \times 3650) = 1095,2 \text{ kN} \checkmark$$

$$V_d \leq 0,22 \cdot A_{\text{ch}} \cdot f_{\text{cd}}$$

$$117,1 \leq 0,22 \times 25 \times 212,5 \times 170 = 1986,9 \text{ kN} \checkmark$$

#### **10. 4. Temel Betonarme Hesapları**

##### **10. 4. 1. Temel plağı kalınlığı hesabı**

Temel plağı kalınlığı ‘ zımbalama kontrolünü ’ sağlayacak biçimde belirlenecektir.

Bu kontrol gereğince,

$$V_{\text{pr}} \geq V_{\text{pd}} \quad (10.32)$$

$$V_{\text{pr}} = \gamma \cdot f_{\text{ctd}} \cdot u_p \cdot d \quad (10.33)$$

koşulu sağlanmalıdır.Burada;

$V_{pr}$  : Plak zımbalama taşıma gücü,

$V_{pd}$  : Hesap zımbalama kuvveti,

$\gamma$  : katsayı,

$f_{ctd}$  : beton hesap çekme dayanımı,

$u_p$  : zımbalama çevresi,

$d$  : iki doğrultudaki etkili derinliğin ortalamasını,

sembolize etmektedir.

‘ g + q + depremy ’ yükleme kombinasyonuna göre en elverişsiz kesit zorlarına sahip olan PB05 perdesi baz alınarak radye temel in ortalama etkili derinliği,

$$M_y = 14 \text{ kNm}$$

$$M_x = 2000 \text{ kNm}$$

$$N = 2952 \text{ kN}$$

$$e_x = M_y / N = 14 / 2952 = 0,4 \text{ cm} < e_{x\min} = 2,25 \text{ cm}$$

$$e_y = M_x / N = 2000 / 2952 = 67,7 \text{ cm} > e_{y\min} = 14,25 \text{ cm}$$

Radye temel kalınlığı 100 cm olarak seğıilirse etkili derinlik  $d = 95 \text{ cm}$  olur. Bu taktırde;

$$\gamma = 1 / [ 1 + 1,5 \cdot (e_x + e_y) / \sqrt{b_1 \cdot b_2} ]$$

$$\gamma = 1 / [ 1 + 1,5 \cdot (2,25 + 67,7) / \sqrt{120 \cdot 245} ]$$

$$\gamma = 0,62$$

$$V_{pr} = \gamma \cdot f_{ctd} \cdot u_p \cdot d$$

$$V_{pr} = 0,62 \cdot 11,5 \cdot 730 \cdot 95 = 4944,7 \text{ kN} > 2952,9 \text{ kN} \checkmark$$

#### 10. 4. 2. Temel alanının belirlenmesi ve gerilme tahkikleri

Temel alanı belirlenirken kenar elemanlarda zımbalama çevresinin arttırılması ve zemin gerilmelerinin düşürülebilmesi açısından konsol düzenlemesine gidilir. Yani temel alanı yapı alanından daha büyükçe belirlenir.Genellikle konsolun boyu için tavsiye edilen ilgili doğrultudaki en büyük açıklığın  $1 / 4$  ’ ü ila  $1 / 5$  ’ i arasında olmasıdır.Buradan hareketle temelde konsol boyu 1m olarak seğıilecek ve tüm yapı çevresince uygulanacaktır.Buna göre oluşan temel alanı;

$$A_{\text{temel}} = 17,5 \cdot 20,25 = 354,4 \text{ m}^2$$

olarak hesaplanır.

( 1,4 . g + 1,6 . q ) yüklemesi için gerilme kontrolü,

$$u_{\max} = 0,002849 \text{ m}$$

$$\sigma_{\max} = C_z \cdot u_{\max} \quad (10.34)$$

$$\sigma_{\max} = 100000 \times 0,002849$$

$$\sigma_{\max} = 284,9 \text{ kN} / \text{m}^2 < 1,5 \cdot \sigma_{\text{zem}} = 1,5 \times 300 = 450 \text{ kN} / \text{m}^2 \checkmark$$

Burada;

$u_{\max}$  : ilgili yükleme sonucunda oluşan en büyük yer değiştirme,

$C_z$  : zemin yatak katsayısı (  $\text{kN} / \text{m}^3$  ),

$\sigma_{\max}$  : en büyük normal gerilme,

$\sigma_{\text{zem}}$  : zemin emniyet gerilmesini,

temsil etmektedir.

( g + q + depremx ) yüklemesi için gerilme kontrolü,

$$u_{\max} = 0,002476 \text{ m}$$

$$\sigma_{\max} = C_z \cdot u_{\max}$$

$$\sigma_{\max} = 100000 \times 0,002476$$

$$\sigma_{\max} = 247,6 \text{ kN} / \text{m}^2 < \sigma_{\text{zem}} = 300 \text{ kN} / \text{m}^2 \checkmark$$

( g + q + depremy ) yüklemesi için gerilme kontrolü,

$$u_{\max} = 0,002277 \text{ m}$$

$$\sigma_{\max} = C_z \cdot u_{\max}$$

$$\sigma_{\max} = 100000 \times 0,002277$$

$$\sigma_{\max} = 227,7 \text{ kN} / \text{m}^2 < \sigma_{\text{zem}} = 300 \text{ kN} / \text{m}^2 \checkmark$$

( 0,9g + depremx ) yüklemesi için gerilme kontrolü,

$$u_{\max} = 0,002176 \text{ m}$$

$$\sigma_{\max} = C_z \cdot u_{\max}$$

$$\sigma_{\max} = 100000 \times 0,002176$$

$$\sigma_{\max} = 217,6 \text{ kN} / \text{m}^2 < \sigma_{\text{zem}} = 300 \text{ kN} / \text{m}^2 \checkmark$$

( 0,9g + depremy ) yüklemesi için gerilme kontrolü,

$$u_{\max} = 0,001915 \text{ m}$$

$$\sigma_{\max} = C_z \cdot u_{\max}$$

$$\sigma_{\max} = 100000 \times 0,001915$$

$$\sigma_{\max} = 191,5 \text{ kN} / \text{m}^2 < \sigma_{\text{zem}} = 300 \text{ kN} / \text{m}^2 \checkmark$$

#### 10. 4. 3. Temel eğilme ( boyuna ) donatısı hesabı

Radye temeller basit eğilmeye maruz elemanlardır. Boyutlandırma kiriş ve döşemelerde olduğu gibi kesite etkiyen en büyük eğilme momentleri baz alınarak yapılır.

Temellerde boyuna donatı için çift doğrultuda çalışan döşemelerde ki minimum koşullara uyulması tavsiye edilir. Çift doğrultuda çalışan döşemeler için ise T. S. 500 – 2000 ' de ' iki doğrultuda ki donatı oranları toplamı St 420 için 0,0035' den az olamaz. Donatı aralığı ise, tablasız döşeme kalınlığının 1,5 katından ve kısa doğrultu da 200 mm, uzun doğrultuda 250 mm' den fazla olamaz ' koşulunu öngörmektedir. Buna göre;

Radye temelde kullanılmak zorunda olan minimum donatı oranı ve donatı miktarları;

$$\rho_{\min} = 0,0035$$

$$\rho_{x\min} = \rho_{y\min} = 0,00175$$

$$A_{s-x\min} = A_{s-y\min} = 0,00175 \times 100 \times 95 = 16,625 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

Radye temelin tümünde alt ve üste yerleştirilecek olan boyuna donatı,

$$\phi 16 / 120 = 16,76 \text{ cm}^2$$

Seçilen boyuna donatı ile karşılanabilecek eğilme momenti,

$$M_r = A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - d')$$

$$M_r = 16,76 \times 3650 \times (95 - 5)$$

$$M_r = 550,6 \text{ kNm} / \text{m}$$

Sap 2000 programı aracılığı ile temel, üst yapı ile birlikte analiz edilmiştir. Analiz sonucunda temelde x ve y doğrultularında eğilme momentleri değişim ve dağılımları Şekil 10.2 ve Şekil 10.3 ' de görülmektedir. Temel boyunca 16 / 120 aralıklarla yerleştirilen alt ve üst donatının karşılayabileceği eğilme momenti değerini (  $M_r = 550,6 \text{ kNm} / \text{m}$  ) aşan bölgelerde ek donatı hesabı yapılacaktır. Şekil 10.2 ve 10.3 ' den de görüleceği üzere moment dağılımları simetrik olduğundan yapının 1 / 4' lük kısmı gözönüne alınmıştır.





x doğrultusunda ek donatı hesabı;

SB03 kolonu altında,

$$M_d = 1165,35 \text{ kNm}$$

$$K = (b_w \cdot d^2) / M_d$$

$$K = (1 \times 0,95^2) / 1165,35$$

$$K = 77,4 \times 10^{-5} \text{ için } k_s = 2,90$$

$$A_s = (k_s \cdot M_d) / d$$

$$A_s = (2,90 \times 1165,35) / 0,95$$

$$A_s = 35,6 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\text{-ger}} = A_s - A_{s\text{-mev}}$$

$$A_{s\text{-ger}} = 35,6 - 16,76$$

$$A_{s\text{-ger}} = 18,84 \text{ cm}^2$$

Seçilen Ek donatı,

$$\phi 20 / 160 = 19,04 \text{ cm}^2 \geq 18,84 \text{ cm}^2$$

PB05 perdesi x doğrultusundaki kolları altında,

$$M_d = 578,7 \text{ kNm}$$

$$K = (b_w \cdot d^2) / M_d$$

$$K = (1 \times 0,95^2) / 578,7$$

$$K = 156 \times 10^{-5} \text{ için } k_s = 2,84$$

$$A_s = (k_s \cdot M_d) / d$$

$$A_s = (2,84 \times 578,7) / 0,95$$

$$A_s = 17,3 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\text{-ger}} = A_s - A_{s\text{-mev}}$$

$$A_{s\text{-ger}} = 17,3 - 16,76$$

$$A_{s\text{-ger}} = 0,54 \text{ cm}^2$$

Seçilen Ek donatı,

$$\phi 12 / 330 = 3,43 \text{ cm}^2 \geq 0,54 \text{ cm}^2$$

y doğrultusunda ek donatı hesabı;

SB03 kolonu altında,

$$M_d = 1117,67 \text{ kNm}$$

$$K = (b_w \cdot d^2) / M_d$$

$$K = (1 \times 0,95^2) / 1117,67$$

$$K = 80,7 \times 10^{-5} \text{ için } k_s = 2,89$$

$$A_s = (k_s \cdot M_d) / d$$

$$A_s = (2,89 \times 1117,67) / 0,95$$

$$A_s = 34,0 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\text{-ger}} = A_s - A_{s\text{-mev}}$$

$$A_{s\text{-ger}} = 34 - 16,76$$

$$A_{s\text{-ger}} = 17,24 \text{ cm}^2$$

Seçilen Ek donatı,

$$\phi 20 / 180 = 17,45 \text{ cm}^2 \geq 17,24 \text{ cm}^2$$



## 11. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, özellikle bulunulan bölge itibari ile en önemli yatay yükleme olan depreme karşı, taşıyıcı sistemlerin nasıl oluşturulması gerektiği ve bu taşıyıcı sistem elemanlarının betonarme hesapları yapılırken nelere uyulması gerektiği anlatılmaya çalışılmıştır.

Deprem yüklemesi bugün dahi içinde birtakım belirsizlikler barındırmaktadır. Bunun içinde depreme dayanıklı yapı tasarımı için birçok kabuller yapılmıştır. Ancak deprem yüklemesini diğer yüklemelerden ayıran en belirgin özellik kısa bir zaman aralığında etkiyen ivmeli bir yükleme oluşudur. Bu sebepten ötürüdür ki deprem için yapılan analizlerin çoğu dinamik analiz olarak adlandırılır.

Dünyada birçok ülkenin deprem yönetmelikleri mevcuttur ve her bir yönetmeliğin kendine özgü şartları vardır. Tüm bu yönetmeliklerin en önemli ortak noktası insan hayatının korunmasıdır. Hepsinin amacı yapıda ne olursa olsun bir toptan göçmenin olmamasıdır. Aslında yapının deprem yüklemesi ile çözümü sırasında olabildiğince güvenli tarafta kalmaya çalışılır ve bu amaçla ağır şartlar öne sürülür. Bunun nedeni konunun başında da değinildiği gibi deprem yüklemesinin doğasında var olan bilinmezlerdir. Nasıl yapıya etkiyebilecek yükün analiz sırasında etkitilen yükten küçük olması ihtimali varsa büyük olma ihtimali de o derece mümkündür. İşte bu amaçla ‘kapasite tasarımı’ kavramı geliştirilmiştir. Bu kavramdan amaç, her ne pahasına olursa olsun, yapıda sünek olmayan güç tükenmesinin sünek olandan önce oluşmasını engellemektir. Deprem yönetmeliklerindeki birçok kısıtlamadan (örneğin güçlü kolon-zayıf kiriş, kolonlarda etriye sıkılaştırması ve konstrüktif kurallar gibi.) amaç, yapıyı olabildiğince sünekleştirmek ve güç tükenmesi durumlarının meydana gelebileceği yerlerde sünek olmayan durumlara ait taşıma güçlerinin sünek olanlardan daha yüksek olmasını sağlamaktır.

Bu çalışmada, projelendirilen yapı geometrik olarak simetrik ancak yükleme (ölü ve hareketli yüklemeler) bakımından simetrik değildir. Ancak analiz sonuçlarında görülen düşey yüklerin simetrik olmamasının donatıyı değiştirecek mertebede olmadığıdır. Çünkü deprem yüklemesinden ötürü gelen etkiler boyutlandırmayı daha fazla etkilemiştir. Yapı geometrideki simetrinin faydasını deprem etkisinde görmüştür.

Yapının deprem hesabı için dinamik bir hesap yöntemi olan ‘Modların Birleştirilmesi’ yöntemi kullanılmıştır. Deprem hesapları için yapılan en önemli kabul döşemelerin rijid diyafram olarak çalıştığı varsayımdır. Yani aynı kat düzlemi üzerindeki iki nokta arası mesafe yerdeğiştirmeden önce ne ise yerdeğiştirmeden sonrada odur. Bu sebeple de deprem esnasında yapıya gelen atalet kuvvetlerinin kat döşemeleri seviyesinde yapıya etkidiğı ve her bir katta da üç yerdeğiştirme bileşeninin etkin olduğı kabul edilir. Bunlardan ikisi yatay biri de dönme yerdeğiştirmesidir. Yapı bir zemin, on normal ve bir çatı katı olmak üzere toplam oniki kata sahiptir ve her bir katta üçer taneden toplam otuzaltı yerdeğiştirme bileşenine sahiptir. Bu sebepten ötürü yapıda otuzaltı mod gözönüne alınmış ve otuz altı adet periyot hesaplanmıştır. Mod şekillerinin ortagonal olması ve eş zamanlı olarak meydana gelmemesinden ötürü her bir modda yapıya etkileyen deprem yüklemesinden ötürü oluşan kesit zorları birleştirilirken istatistiksel bir yöntem olan ‘S.R.R.S.( Square Root of Sum of Squares)’ yani karelerinin toplamının karekökü yöntemi kullanılmıştır. Karekök içerisinde çıkan sonuçlar mutlak değer olarak elde edildiğinden analizde kullanılan kombinasyonlarda ‘Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi’ndeki gibi depremin iki yönü için ‘±’ hesap yapma zorunluluğı ortadan kalkmıştır.

Yapının her bir moduna karşılık gelen mod şekilleri, ilk altı mod için incelendiğinde birinci modda x doğrultusunda ötelemenin, ikinci ve üçüncü modda z eksenini etrafında dönmenin, dördüncü modda y eksenini etrafında dönmenin, beşinci modda y ve x eksenleri etrafında dönmenin birleşiminin ve altıncı modda da x eksenini etrafında dönmenin hakim olduğı mod şekillerine sahip olduğı görülmüştür.

Yapı A.B.Y.Y.H.Y.’ de belirtilen Z2 zemin sınıfı üzerinde konumlandırılmıştır. Yönetmelikte de görülebileceğı gibi Z2 zemin sınıfının karakteristik periyotları;  $T_A = 0,15$  ve  $T_B = 0,4$  sn’dir. Yani spektrum katsayısı en büyük değerini bu aralıkta almaktadır. O halde yapıya gelen en büyük deprem yükleri periyotları karakteristik periyot değerleri arasında kalan dört, beş, altı, yedi ve sekizinci modlardır. Ancak bir önceki paragrafta da belirtildiğı üzere deprem yükleri üst üste toplanmamış ve istatistiksel olarak birleştirilmiştir

Deprem yüklerinin karşılanmasında perdelerin etkin bir şekilde görev aldığı ve perde ile çerçevelerin karşılıklı bir etkileşim içerisinde olduğı gözlenmiştir. Birinci kat kolon ve perdeleri incelendiğinde depremden ötürü oluşan momentlerin  $3/4$  ’ ünün perdeler tarafından, geri kalan  $1/4$  ’ lük kısmın ise kolonlar tarafından karşılandığı gözlemlenmiştir.

## KAYNAKLAR

- [1] **Celep, Z. ve Kumbasar, N.,** 1998. Betonarme Yapılar, Sema Matbaacılık, İstanbul.
- [2] **Celep, Z. ve Kumbasar, N.,** 2004. Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Beta Dağıtım, İstanbul.
- [3] **Aka, İ. ve Altan, M.,** 1992. Betonarme Taşıyıcı Sistemler, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.
- [4] **Özden, K. ve Kumbasar, N.,** 1993. Betonarme Yüksek Binalar, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.
- [5] **Gündüz, N. ve Hasgür, Z.,** 1996. Betonarme Çokkatlı Yapılar, Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş., İstanbul.
- [6] **Atımtay, E.,** 2001. Açıklamalar ve Örneklerle Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (Betonarme Yapılar) Cilt I-II, Bizim Büro Basımevi, Ankara.
- [7] **Atımtay, E.,** 2001. Çerçevesi ve Perdeli Betonarme Sistemlerin Tasarımı Temel Kavramlar ve Hesap Yöntemleri Cilt I-II, M.E.T.U. Pres, Ankara.
- [8] **Özmen, G., Orakdöğen, E. ve Darılmaz, K.,** 2002. Örneklerle Sap 2000, Birsan Yayınevi, İstanbul.
- [9] **Taranath, Bungale S.,** 1988. Structural Analysis and Design of Tall Buildings, McGraw-Hill Book Company, Houston, Texas.
- [10] **Wilson, E. L., Farhoomand, I., Bathe, K. J.,** 1973. Nonlinear dynamic Analysis of Complex Structures, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol 1, 241-252, Berkeley, California.
- [11] **Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik,** 1998. İnşaat Mühendisleri Odası, İzmir Şubesi Yayın No:25.
- [12] **TS-500,** 2000. Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [13] **TS-498,** 1997. Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [14] **Betonarme Tablo ve Abaklar,** 2002. İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.

## ÖZGEÇMİŞ

Gökhan POLAT 3 Nisan 1978 tarihinde İstanbul ' da doğdu.İlk öğrenimini İcadiye İlkokulu, orta öğrenimini Halide Edip Adıvar Lisesi ve lise öğrenimini de İstanbul Haydarpaşa Lisesi' nde tamamladıktan sonra 1996-97 öğretim yılında K.T.Ü-M.M. Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'ne girmeye hak kazandı. Aynı öğretim yılı sonunda İ.Ü. Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü' ne yatay geçiş yaptı ve lisans öğrenimini bu üniversite de Temmuz 2000' de tamamladı. Mezun olduktan sonra bir yıl süre ile ASM Yapı Mühendislik ve ondan bugüne kadar olan süreçte ise Strüktür Yapı ve Yapı Gereçleri Üretim ve Yüklenimi Firmasında çalıştı.2001 senesinde İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yapı Anabilim dalında yüksek lisans öğrenimine başladı.

## **EK LİSTESİ**

Ek 1 : Kolon ön boyutlandırması

Ek 2 : 1. kat kirişleri boyuna donatısı hesabı

Ek 3 : Sap 2000 Statik ve Dinamik Analiz Sonuçları

Ek 4 : Betonarme Çizimler

