

ANADOLU ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

# **ÇERÇEVE SİSTEMLERİN YATAY YÜKLER ALTINDA İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hazırlayan

İnş. Müh. M.YAŞAR KALTAKCI

Yöneten

Doç. Yük. Müh. RUHİ AYDIN

Konya — 1992

## İ Ç İ N D E K İ L E R

|                                                                                                                                                    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1- ÇERÇEVELERİN YATAY YÜKLERE GÖRE HESABINDA KESİN ÇÖZÜMLER                                                                                        |    |
| 1.1- Giriş . . . . .                                                                                                                               | 2  |
| 1.2- Açı Metodu . . . . .                                                                                                                          | 2  |
| 1.2.1- İşaret Kabulleri . . . . .                                                                                                                  | 2  |
| 1.2.2- Uç Kuvvetleri ve Şetil Değiştirmeler Arasındaki Bağlantılar . . . . .                                                                       | 3  |
| 1.2.2.1- İki Ucu Ankastre Çubuklarda Uç Kuvvetleri ve Şekil Değiştirmeler Arasındaki Bağlantılar (j sabit) . . . . .                               | 6  |
| 1.2.2.3- Ankastrelik Momentleri . . . . .                                                                                                          | 7  |
| 1.2.2.4- Açı metodunun Uygulanması . . . . .                                                                                                       | 8  |
| 1.3- Kani Metodu . . . . .                                                                                                                         | 8  |
| 1.3.1- Metodun Esasları . . . . .                                                                                                                  | 9  |
| 1.3.2- Düğümlerin Dönmesinden Oluşan Metodlar . . . . .                                                                                            | 11 |
| 1.3.3- Yatay Yüklemelelerden Meydana Gelen Yatay Deplasmanların Deplasman Momentleri (Yüklemeler Düğüm Noktalarında, Kolonları Ankastre) . . . . . | 12 |
| 2- ÇERÇEVELERİN YATAY YÜKLERE GÖRE HESABINDA YAKLAŞIK ÇÖZÜMLER :                                                                                   |    |
| 2.1- Giriş . . . . .                                                                                                                               | 23 |
| 2.2- Muto Metodu . . . . .                                                                                                                         | 24 |
| 2.3- Çakıroğlu - Özmen Metodu . . . . .                                                                                                            | 36 |
| 2.4- Aydın Metodu . . . . .                                                                                                                        | 45 |
| 2.5- Örnek Çerçeve Sonuçların Kargılaştırılması . . . . .                                                                                          | 55 |
| 2.5.1- Kiriş Uç Momentleri . . . . .                                                                                                               | 55 |
| 2.5.2- Kolon Uç Momentleri . . . . .                                                                                                               | 56 |
| 3- DEĞİŞİK ÇERÇEVELERDE KAT KESME KUVVETİ İLE KAT DEPLASMANI ARASINDAKİ İLİŞKİNİN İNCELENMESİ :                                                    |    |
| 3.1- Tanımlar ve Giriş . . . . .                                                                                                                   | 57 |
| 3.2- Örnek Çerçevelerin İncelenmesi . . . . .                                                                                                      | 59 |
| 3.2.1- 1 Açıklıklı 5 Katlı Çerçeve (Kolon ve Kiriş Rijitlikleri aynı) . . . . .                                                                    | 59 |

|                                                                                   |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.2.2- 1 Açıklıklı 5 Katlı Çerçeve (Kolon ve Kiriş Rijitlikleri Farklı) . . . . . | 66  |
| 3.2.3- 3 Açıklıklı 5 Katlı Çerçeve (Kolon ve Kiriş Rijitlikleri Aynı) . . . . .   | 72  |
| 3.2.4- 3 Açıklıklı 5 Katlı Çerçeve (Kolon ve Kiriş Rijitlikleri Farklı) . . . . . | 78  |
| 3.2.5- 3 Açıklıklı 4 Katlı Çerçeve (Kolon ve Kiriş Rijitlikleri Farklı) . . . . . | 84  |
| 3.2.6- 5 Açıklıklı 5 Katlı Çerçeve (Kolon ve Kiriş Rijitlikleri Farklı) . . . . . | 88  |
| 3.2.7- 3 Açıklıklı 8 Katlı Çerçeve (Kolon ve Kiriş Rijitlikleri Farklı) . . . . . | 94  |
| 3.2- Sonuçların Değerlendirilmesi . . . . .                                       | 102 |

#### 4- AYNI ÇERÇEVELERDE KOLON KESME KUVVETLERİ İLE KAT DEPLASMANLARI ARASINDAKİ İLİŞKİNİN İNCELENMESİ :

|                                                                                   |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.1- Tanımlar ve Giriş . . . . .                                                  | 103 |
| 4.2- Örnek Çerçeve Kolonlarının İncelenmesi . . . . .                             | 104 |
| 4.2.1- 1 Açıklıklı 5 Katlı Çerçeve (Kolon ve Kiriş Rijitlikleri Aynı) . . . . .   | 104 |
| 4.2.1.1- Alt Kat Kolonları . . . . .                                              | 104 |
| 4.2.1.2- Ara Kat Kolonları . . . . .                                              | 104 |
| 4.2.1.3- Üst Kat Kolonları . . . . .                                              | 106 |
| 4.2.2- 1 Açıklıklı 5 Katlı Çerçeve (Kolon ve Kiriş Rijitlikleri Farklı) . . . . . | 107 |
| 4.2.2.1- Alt Kat Kolonları . . . . .                                              | 107 |
| 4.2.2.2- Ara Kat Kolonları . . . . .                                              | 107 |
| 4.2.2.3- Üst Kat Kolonları . . . . .                                              | 109 |
| 4.2.3- 3 Açıklıklı 5 Katlı Çerçeve (Kolon ve Kiriş Rijitlikleri Aynı) . . . . .   | 110 |
| 4.2.3.1- Alt Kat Kolonları . . . . .                                              | 110 |
| 4.2.3.2- Ara Kat Kolonları . . . . .                                              | 111 |
| 4.2.3.3- Üst Kat Kolonları . . . . .                                              | 114 |
| 4.2.4- 3 Açıklıklı 5 Katlı Çerçeve (Kolon ve Kiriş Rijitlikleri Farklı) . . . . . | 115 |
| 4.2.4.1- Alt Kat Kolonları . . . . .                                              | 115 |
| 4.2.4.2- Ara Kat Kolonları . . . . .                                              | 116 |
| 4.2.4.3- Üst Kat Kolonları . . . . .                                              | 119 |

|          |                                                                            |     |
|----------|----------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.2.5-   | 3 Açıklıklı 4 Katlı Çerçeve (Kolon ve Giriş Rijitlikleri Farklı) . . . . . | 120 |
| 4.2.5.1- | Alt Kat Kolonları . . . . .                                                | 120 |
| 4.2.5.2- | Ara Kat Kolonları . . . . .                                                | 121 |
| 4.2.5.3- | Üst Kat Kolonları . . . . .                                                | 125 |
| 4.2.6-   | 5 Açıklıklı 5 Katlı Çerçeve (Kolon ve Giriş Rijitlikleri Farklı) . . . . . | 128 |
| 4.2.6.1- | Alt Kat Kolonları . . . . .                                                | 128 |
| 4.2.6.2- | Ara Kat Kolonları . . . . .                                                | 129 |
| 4.2.6.3- | Üst Kat Kolonları . . . . .                                                | 134 |
| 4.2.7-   | 3 Açıklıklı 8 Katlı Çerçeve (Kolon ve Giriş Rijitlikleri Farklı) . . . . . | 136 |
| 4.2.7.1- | Alt Kat Kolonları . . . . .                                                | 136 |
| 4.2.7.2- | Ara Kat Kolonları . . . . .                                                | 137 |
| 4.2.7.3- | Üst Kat Kolonları . . . . .                                                | 143 |

#### 5- KOLON KESME KUVVETLERİ İLE RİJİTLİKLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİNİN İNCELENMESİ :

|          |                                                                            |     |
|----------|----------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.1-     | Tanımlar ve Giriş . . . . .                                                | 144 |
| 5.2-     | Çerçeve Kolonlarının İncelenmesi . . . . .                                 | 145 |
| 5.2.1-   | Alt Kat Kolonları . . . . .                                                | 145 |
| 5.2.1.1- | 1 Açıklıklı 5 Katlı Çerçeve (Kolon ve Giriş Rijitlikleri Aynı) . . . . .   | 145 |
| 5.2.1.2- | 1 Açıklıklı 5 Katlı Çerçeve (Kolon ve Giriş Rijitlikleri Farklı) . . . . . | 145 |
| 5.2.1.3- | 3 Açıklıklı 5 Katlı Çerçeve (Kolon ve Giriş Rijitlikleri Aynı) . . . . .   | 145 |
| 5.2.1.4- | 3 Açıklıklı 5 Katlı Çerçeve (Kolon ve Giriş Rijitlikleri Farklı) . . . . . | 146 |
| 5.2.1.5- | 3 Açıklıklı 4 Katlı Çerçeve (Kolon ve Giriş Rijitlikleri Farklı) . . . . . | 146 |
| 5.2.1.6- | 5 Açıklıklı 5 Katlı Çerçeve (Kolon ve Giriş Rijitlikleri Farklı) . . . . . | 147 |
| 5.2.1.7- | 3 Açıklıklı 8 Katlı Çerçeve (Kolon ve Giriş Rijitlikleri Farklı) . . . . . | 148 |
| 5.2.2-   | Ara Kat Kolonları . . . . .                                                | 148 |
| 5.2.2.1- | 1 Açıklıklı 5 Katlı Çerçeve (Kolon ve Giriş Rijitlikleri Aynı) . . . . .   | 149 |
| 5.2.2.2- | 1 Açıklıklı 5 Katlı Çerçeve (Kolon ve Giriş Rijitlikleri Farklı) . . . . . | 149 |

|          |                                                                            |     |
|----------|----------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.2.2.3- | 3 Açıklıklı 5 Katlı Çerçeve (Kolon ve Kiriş Rijitlikleri Aynı) . . . . .   | 150 |
| 5.2.2.4- | 3 Açıklıklı 5 Katlı Çerçeve (Kolon ve Kiriş Rijitlikleri Farklı) . . . . . | 151 |
| 5.2.2.5- | 3 Açıklıklı 4 Katlı Çerçeve (Kolon ve Kiriş Rijitlikleri Farklı) . . . . . | 153 |
| 5.2.2.6- | 5 Açıklıklı 5 Katlı Çerçeve (Kolon ve Kiriş Rijitlikleri Farklı) . . . . . | 155 |
| 5.2.2.7- | 3 Açıklıklı 8 Katlı Çerçeve (Kolon ve Kiriş Rijitlikleri Farklı) . . . . . | 158 |
| 5.2.3-   | Üst Kat Kolonları . . . . .                                                | 162 |
| 5.2.3.1- | 1 Açıklıklı 5 Katlı Çerçeve (Kolon ve Kiriş Rijitlikleri Aynı) . . . . .   | 162 |
| 5.2.3.2- | 1 Açıklıklı 5 Katlı Çerçeve (Kolon ve Kiriş Rijitlikleri Farklı) . . . . . | 163 |
| 5.2.3.3- | 3 Açıklıklı 5 Katlı Çerçeve (Kolon ve Kiriş Rijitlikleri Aynı) . . . . .   | 163 |
| 5.2.3.4- | 3 Açıklıklı 5 Katlı Çerçeve (Kolon ve Kiriş Rijitlikleri Farklı) . . . . . | 164 |
| 5.2.3.5- | 3 Açıklıklı 4 Katlı Çerçeve (Kolon ve Kiriş Rijitlikleri Farklı) . . . . . | 164 |
| 5.2.3.6- | 5 Açıklıklı 5 Katlı Çerçeve (Kolon ve Kiriş Rijitlikleri Farklı) . . . . . | 166 |
| 5.2.3.7- | 3 Açıklıklı 8 Katlı Çerçeve (Kolon ve Kiriş Rijitlikleri Farklı) . . . . . | 167 |
| 5.2.4-   | Sonuçların Değerlendirilmesi . . . . .                                     | 168 |
| 5.2.4.1- | Alt Kat Kolonları . . . . .                                                | 168 |
| 5.2.4.2- | Ara Kat Kolonları . . . . .                                                | 169 |
| 5.2.4.3- | Üst Kat Kolonları . . . . .                                                | 170 |
| 5.2.5-   | C Kat Sayıları Tabloları . . . . .                                         | 172 |
| 5.2.5.1- | Üst Kat İçin C Değerleri . . . . .                                         | 172 |
| 5.2.5.2- | Ara Kat İçin C Değerleri . . . . .                                         | 172 |
| 5.2.5.3- | Ara Kat İçin C Değerleri . . . . .                                         | 173 |
| 5.2.6-   | Örnek Çerçevde Kolon Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması . . . . .       | 175 |
| 6-       | SONUÇ . . . . .                                                            | 176 |
|          | Referanslar . . . . .                                                      | 178 |

---

### Ö N S Ö Z :

Çok katlı yapılarda rüzgâr ve depremten meydana gelen etkilerin tayini için kullanılan statik veya dinamik hesap metotlarının uygulanmasında, sistemin yatay yüklere göre hesabı önemli bir yer almaktadır. Bu çalışmada, sistemin yatay yüklere göre statik hesabında değişik metotlar ve bunların dayandığı esaslar incelenmiştir.

1. Bölümde; önce yapı statığının temel hesap metotlarından olan "Açı Metodu" incelenmiş; sonra da özellikle çok katlı çerçeveler için kullanılan ve kesin sonuç veren bir iterasyon metodu olan "Kani Metodu" incelenmiştir.

2. Bölümde; çerçevelerin yatay yüklere göre hesabı için kullanılan ve kesme kuvvetlerinin kolonlara dağıtılması esasına dayanan ve çabuk sonuç veren yaklaşık metotlardan "Muto Metodu", "Çakıroğlu - Özmen Metodu" ve "Aydın Metodu" incelenmiştir. Ayrıca bir örnek çerçeve, her metotla ayrı ayrı çözülmüş ve yaklaşık metodların sonuçları kesin metotla karşılaştırılmıştır.

3. Bölümde; geliştirilen bir bilgisayar programı ile değişik özellikteki çerçevelerin yatay kat deplasmanları hesaplanmış; sonra da kat kesme kuvvetleri ile kat deplasmanları arasındaki ilişki istatistikî metotla incelenmiş ve sonucun lineer olduğu görülmüştür.

4. Bölümde; yine geliştirilen bir bilgisayar programı ile aynı çerçevelerin kolon kesme kuvvetleri hesaplanmış ve yine istatistikî metotla kolon kesme kuvvetleri ile yatay kat deplasmanları arasındaki ilişki incelenmiş ve sonucun yine lineer olduğu görülmüştür.

5. Bölümde ise; 4. Bölümde bulunan katsayılar, kolon rijitliklerine bağlanmış ve diyagramlar çizilmiş, sonuçlar diğer yaklaşık metotlarla karşılaştırılmıştır.

Bu çalışmada her zaman değerli yardımlarını esirgemeyen kıymetli hocam Doç.Yük.Müh. Ruhi AYDIN'a en derin teşekkürlerimi sunarım.

Konya, 28.8.1982

M.Yaşar Kaltakçı

## **1- ÇERÇEVELERİN YATAY YÜKLERE GÖRE HESABINDA KESİN ÇÖZÜMLER :**

### **1.1- Giriş :**

Çerçevelerin yatay yüklere göre hesabında, Yapı Statiği'nde uygulanan ve düğüm noktalarının translasyonlarını dikkate alan metotlardan herhangi biri ile çözüme gitmek mümkündür. Ancak bilindiği üzere bu çözüm yollarının pek çoğu son derece güç ve zahmetlidir. Bu nedenlerle kesin metotlar arasında çözüme daha kolay yolların seçilmesi zorunludur.

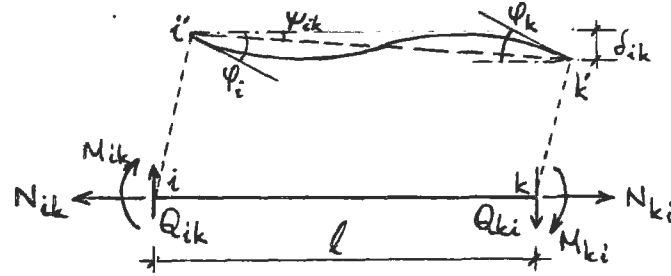
Burada bilinmeyenler olarak çubuk uçlarındaki ve eksenlerindeki açıların seçildiği ve Yapı Statiği'nin temel metotlarından biri olan "Açı Metodu" ile bir iterasyon metodu olan "Kani Metodu"ndan bahsedilecektir.

### **1.2- Açı Metodu :**

Hiperstatik sistemlerin açı metodu ile hesabında esas bilinmeyenler şekil değiştirmelerdir. Bu nedenle bu metoda "şekil değiştirme metodu" veya "yer değiştirme büyüklükleri metodu" da denir. Bilinmeyenler olarak çubuk uçlarındaki ve eksenlerindeki açıların seçilmesi nedeniyle genellikle "Açı Metodu" olarak adlandırılır. Bu bilinmeyenler sistemin denge şartlarını sağlayacak şekilde kurulan denklem takımlarından elde edilir. Şekil değiştirmelerin elde edilmesinden sonra bütün çubuk uç kuvvetleri ve mesnet tepkileri hesaplanabilir. Bu yönleri ile açı metodu, kuvvet metodunun tersi olarak düşünülebilir. Çünkü kuvvet metodunda şekil değiştirme şartlarından kuvvetler elde edilmesine karşılık, açı metodunda kuvvetlerin denge şartlarından şekil değiştirmeler elde edilir.

#### **1.2.1- İşaret Kabulleri :**

Bütün momentlerle, çubuk uç ve çubuk eksen dönüş açıları için saat ibresi dönüş yönü pozitif; saat ibresi dönüş yönünün tersi negatif kabul edilmiştir (Şekil 1.1). Kesici kuvvetler için saat ibresi dönüş yönü, normal kuvvetler için çekme yönü pozitif kabul edilmiştir.



Şekil : 1.1

Tanım olarak;

$\varphi_i, \varphi_k$  : Çubuk uç dönmeleridir. Yani çubuk ucuna çizilen teğetle çubuğun ilk eksen doğrultusu arasındaki açıdır.

$\psi_{ik}$  : Çubuk ekseninin yeni konumu ile çubuğun ilk eksen doğrultusu arasındaki açıdır.

$\delta_{ik}$  : Çubuk uçlarının birbirine göre karşılıklı çubuk eksenine dik yer değiştirmesidir.  $\delta_{ik} = \psi_{ik} \cdot l$  olup işareti  $\psi$  nin işaretine bağlıdır.

#### 1.2.2- Uç Kuvvetleri ve Şekil Değiştirmeler Arasındaki Bağlıntılar :

##### 1.2.2.1- İki Ucu Ankastre Çubuklarda Uç Kuvvetleri ve Şekil Değiştirmeler Arasındaki Bağlıntılar (j sabit)

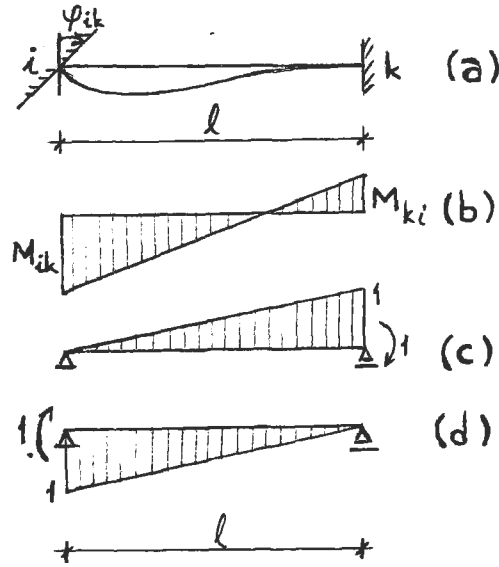
Bir ik çubuğunun i ucu  $\varphi_{ik}$  kadar dönsün. (Şekil : 1.2.a). Meydana gelen uç momentleri pozitif yönde kabul edilip Şekil 1.2.b de buna ait moment alanı gösterilmiştir. Bu momentlerden dolayı i ve k uçlarındaki dönmeler virtüel iş ve kısaltma teoremi yardımıyla bulunabilir. k ucundaki dönmeyi ( $\varphi_{ki}=0$ ) bulmak için Şekil : 1.2.b deki alan Şekil : 1.2.c deki izostatik sisteme ait alanla çarpılırsa,

$$\varphi_{ki} = \frac{1}{Ej} \left( -\frac{1}{6} M_{ik} \cdot l + \frac{1}{3} M_{ki} \cdot l \right) = 0$$

$$M_{ki} = \frac{M_{ik}}{2} \quad \dots\dots(1.2.1)$$

elde edilir.





Şekil : 1.2

Yani dönme olmayan uçtaki moment, dönme olan uçtaki momentin yarısına eşittir.

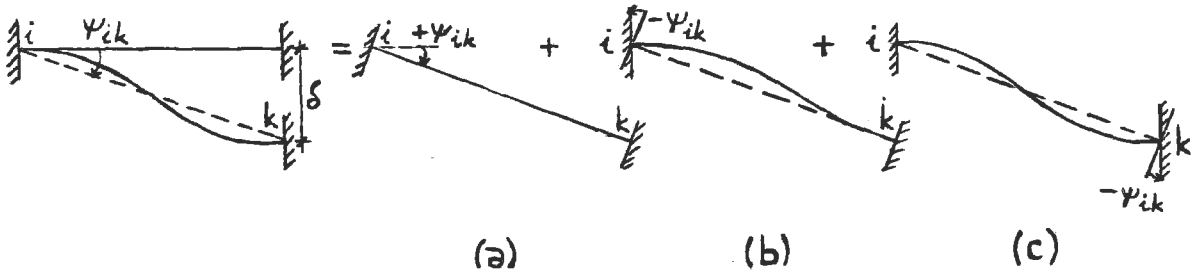
$\psi_{ik}$  dönüş açısının hesabı için Şekil : 1.2.b'deki izostatik sisteme ait alanla çarpılırsa (1.2.1) denklemi de gözönüne alınarak,

$$\psi_{ik} = \frac{1}{EJ} \left( \frac{1}{3} M_{ik} \cdot l - \frac{1}{6} \frac{M_{ik}}{2} \cdot l \right) = \frac{1}{4EJ} M_{ik} \text{ veya}$$

$$M_{ik} = \frac{4EJ}{l} \cdot \psi_{ik} \quad \dots\dots(1.2.2)$$

olur.

Görüldüğü gibi momentler dönüş açıları ile aynı yöndedir.  $\delta$ 'nın yani çubuk uçlarının karşılıklı yer değiştirmesinin etkisi Şekil : 1.3'de olduğu gibi iki çubuk uç dönmesinin süper pozisyonu olarak düşünülebilir.



Şekil : 1.3

Çubuk uçlarının dönmesi ile eksen dönmesinin farklı yön-  
de olduğuna dikkat ederek,

$$M_{ik} = M_{ki} = - \left( \frac{4Ej}{l} \psi_{ik} + \frac{2Ej}{l} \psi_{ik} \right) = - \frac{6Ej}{l} \psi_{ik} = - \frac{6Ej}{l^2} \cdot \delta \quad \dots(1.2.3)$$

olur.

Görüldüğü gibi momentler eksen dönüş açıları ile ters yön-  
lüdür.

Dış yükler ve uç deplasmanları etkisi altındaki iki ucu  
ankastre bir çubuğun uç kuvvetleri, şu değerlerin toplanması  
ile elde edilir.

- 1- Dış yükler (çubuk uçlarında herhangi bir dönme veya  
kayma yoktur; yani yük ankastre kirise etki etmekte-  
dir. Sıcaklık ve çubuğun eksenel uzaması etkileri göz-  
önüne alınmamıştır).
- 2- i ucunun dönmesinin etkisi,
- 3- k ucunun dönmesinin etkisi,
- 4- i ve k uçlarının karşılıklı çubuk eksenine dik yer de-  
ğiştirmesi.

Uç kuvvetlerinin hesabına ait matris formunda bir göste-  
rim aşağıdaki gibi yapılabilir.

$$\begin{vmatrix} M_{ik} \\ Q_{ik} \\ N_{ik} \\ M_{ki} \\ Q_{ki} \\ N_{ki} \end{vmatrix} = \frac{Ej}{l} \begin{vmatrix} 4 & 2 & -\frac{6}{l} \\ \frac{6}{l} & -\frac{6}{l} & \frac{12}{l^2} \\ 0 & 0 & 0 \\ 2 & 4 & -\frac{6}{l} \\ \frac{6}{l} & -\frac{6}{l} & \frac{12}{l^2} \\ 0 & 0 & 0 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} \psi_{ik} \\ \psi_{ki} \\ \delta \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} M'_{ik} \\ Q'_{ik} \\ N'_{ik} \\ M'_{ki} \\ Q'_{ki} \\ N'_{ki} \end{vmatrix} \quad \dots(1.2.4)$$

(1.2.4) denkleminde bütün uç kuvvetleri elde edilebilir.  
Örneğin ;

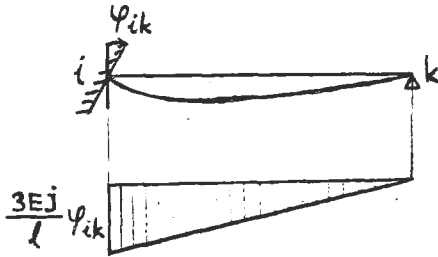
$$\begin{aligned}
 M_{ik} &= \frac{4Ej}{l} \varphi_{ik} + \frac{2Ej}{l} \varphi_{ki} - \frac{6Ej}{l^2} \delta + M'_{ik} \\
 M_{ki} &= \frac{4Ej}{l} \varphi_{ki} + \frac{2Ej}{l} \varphi_{ik} - \frac{6Ej}{l^2} \delta + M'_{ki} \quad \dots(1.2.5)
 \end{aligned}$$

dir.

Q değerleri 1.2.4 denkleminde elde edilebildiği gibi, doğrudan doğruya çubuğun denge denkleminde de hesaplanabilir. N değerleri de düğümün dengesinden elde edilebilir.

Üzeri üslü olan değerler ankastrelik değerleridir ve Par. 1.2.2.3 de verilmiştir.

**1.2.2.2- Bir Ucu Ankastre Diğer Ucu Mafsallı Çubuklarda Uç Kuvvetleri ve Şekil Değiştirmeler Arasındaki Bağlıntılar (j sabit) :**



Şekil : 1.4

Şekil : 1.4 deki çubukta i ucu  $\varphi_{ik}$  kadar dönmektedir. k ucu mafsallı olduğundan  $M_{ki} = 0$  olacaktır. Şekil : 1.2 deki sistemde k ucundaki  $M_{ki}$  moment değerini sıfır yapacak şekilde ters bir moment uygulanırsa ( $\Sigma M = 0$ ) olacağından bu uç gibi düşünülebilir ve sistem Şekil : 1.4 deki sisteme eşdeğer olur.

-  $M_{ki} = - \frac{2Ej}{l} \varphi_{ik}$  (Denklem 1.2.1) momentinin yarısı diğer uca geçeceğinden,

-  $\frac{M_{ki}}{2} = - \frac{Ej}{l} \varphi_{ik}$  değeri  $M_{ik}$  nın değeri olan  $\frac{4Ej}{l} \varphi_{ik}$  ile toplanırsa mafsallı çubuk hali için,

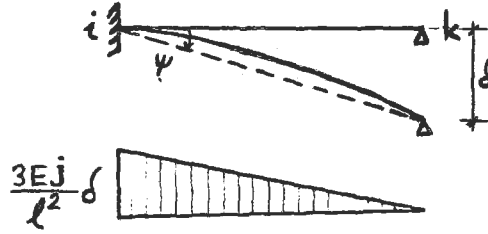
$$M_{ik} = \frac{3Ej}{l} \varphi_{ik} \quad \dots(1.2.6)$$

bulunur.

$\delta$ 'nın, yani çubuk uçlarının karşılıklı yer değiştirmesinin etkisi, Şekil : 1.3 deki çubuğun k ucuna (1.2.3) denklemindeki momentin tersi yönde bir moment uygulanarak incelenebilir. Ve sistem Şekil : 1.5 le eşdeğer olur. Bu ters momentin yarısı i ucuna geçeceğinden;

$$M_{ik} = -\frac{6EJ}{l^2} \delta + \frac{3EJ}{l^2} \delta = -\frac{3EJ}{l^2} \delta \quad \dots(1.2.7)$$

olur.



Şekil : 1.5

(1.2.4) denklemlerinin benzeri, bir ucu ankastre diğer ucu mafsallı çubuk için de yazılabilir.

$$\begin{bmatrix} M_{ik} \\ Q_{ik} \\ N_{ik} \\ Q_{ki} \\ N_{ki} \end{bmatrix} = \frac{EJ}{l} \begin{bmatrix} 3 & -\frac{3}{l} \\ -\frac{3}{l} & \frac{3}{l^2} \\ 0 & 0 \\ -\frac{3}{l} & \frac{3}{l^2} \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \psi_{ik} \\ \delta \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} M'_{ik} \\ Q'_{ik} \\ N'_{ik} \\ Q'_{ki} \\ N'_{ki} \end{bmatrix} \quad \dots(1.2.8)$$

(1.2.8) denkleminde bütün uç kuvvetleri elde edilebilir. Örneğin;

$$M_{ik} = \frac{3EJ}{l} \psi_{ik} - \frac{3EJ}{l^2} \delta + M'_{ik} \quad \dots(1.2.9)$$

dır.

### 1.2.2.3- Ankastrelik Momentleri :

Ankastrelik momenti, tanım olarak iki ucu ankastre bir kirişte dış yükler dolayısıyla meydana gelen uç momentleridir.

Şekil : 1.6.a daki basit kirişin atalet momenti sabit olsun ve kiriş gösterildiği şekilde yüklenmiş bulunsun. Tanıma göre, basit kirişin mesnetlerinde meydana gelen dönüşleri ortadan kaldıran momentler ankastrelik momentleridir.

$$-M'_{ik} = \frac{4Ej}{l} \alpha_{ik} - \frac{2Ej}{l} \alpha_{ki} \quad \dots (1.2.10)$$

$$+M'_{ki} = \frac{4Ej}{l} \alpha_{ki} - \frac{2Ej}{l} \alpha_{ik}$$

Şekil : 1.6

$\alpha_{ik}$  ve  $\alpha_{ki}$  Mohr metoduna göre hesaplanan fikfik yükün sı-  
ra ile i ve k uçlarında meydana getirdikleri mesnet tepkile-  
ridir.

Sayet çubuğun bir ucu ankastre diğer ucu mafsallı ise;

$$-M'_{ik} = \frac{3Ej}{l} \alpha_{ik} \quad \text{ve} \quad M'_{ki} = 0 \quad \dots (1.2.11)$$

dır.

(1.2.10) denklemlerindeki  $-M'_{ik}$  değeri ile  $-M'_{ki}/2$  değe-  
ri toplanırsa (1.2.11) denklemindeki  $-M'_{ik}$  değeri bulunur.

#### 1.2.2.4- Açı Metodunun Uygulanması :

Metod, Par: 1.2 de anlatıldığı gibi sistemdeki şekil de-  
ğiştirme büyüklüklerinin hesabını amaçlamaktadır. Şekil değiş-  
tirmiş durumdaki sistemin geometrisini bulabilmek için, önce  
sistem geometrik olarak belirli bir hale getirilir. Bunun i-  
çin bütün çubuk uç ve eksen dönüşlerinin sıır alındığı geo-  
metrik belirli bir sistem seçilir. Her düğüm noktasında bir-  
leşen çubuk uçlarında sırası ile dış yükler, uç dönmesi (dü-  
ğüm dönmesi) ve eksen dönmesinden dolayı meydana gelen uç  
kuvvetlerin dengesine ait denklemler yazılır. Bu denklemlerin  
çözümünden şekil değiştirmeler her çubuk için bulunur. Daha  
sonra 1.2.4 ve 1.2.8 denklemleri vasıtasıyla bütün çubuk uç  
kuvvetleri hesaplanır. Ancak uygulamada bazı düzenlemelerle  
bazı kısaltmalara gidilebilir.

#### 1.3- Kani Metodu :

Bir iterasyon metodu olup düğüm noktalarının translasyo-  
nunu kendi iterasyon sistemi içinde çözümler. İterasyonun ya-

kınsaklığı kiriş rijitliklerinin, kolon rijitliklerine oranı büyüdükçe artmakta, aksi halde azalmaktadır. Ancak, çok katlı çerçevelerde kolon rijitlikleri zorunlu olarak büyük olacağından metodun uygulanması zaman alıcı olmaktadır. Metodun bir üstünlüğü, hesapta uç momentlerinin farkları yerine kendileri kullanıldığından yapılan bir hatanın sonraki adımlarda kendiliğinden düzelmesidir. Ayrıca Cross Metodunda denge ve geçiş momentlerinin sıfıra yaklaşmasına karşılık Kani Metodunda sabit bir sayıya yaklaşmaktadır. Böylece sonuç olarak çubuk uç momentleri, Cross'da olduğu gibi çok sayıda karmaşık değerlerden meydana gelmeyip, deplasmanlı çerçevelerde 3, deplasmanlı çerçevelerde 4 değerden oluşurlar. Bunlar:

- a) Kabul edilen tam ankastrelikten,
- b) Mevcut veya bağlı çubuğun elastik uç dönmelerinden (düğüm noktası dönme deplasmanlarından),
- c) Düğümün lineer deplasmanından gelen terimlerden ibarettir. Tüm hesaplar bir sistem şeması üzerinde yapılır.

#### 1.3.1- Metodun Esasları :

Herhangi bir i-k orta çubuğunda herhangi bir yükleme altında meydana gelen şekil değiştirme ve momentlerini şu kısımlara ayırabiliriz.

1- Her iki ucun ankastre olması halinde şekil değiştirme ve momentler: Bu halde meydana gelen çubuk ankastrelik uç momentleri kolayca hesaplanabilir veya tablodan alınır ve bunlar  $M'_{ik}$  ve  $M'_{ki}$  ile gösterilir. Şekil : 1.7.a.

2- a) i düğüm noktasının dönmesinden hasıl olan şekil değiştirme ve momentler: i düğümünün dönmesiyle şu momentler meydana gelir. (Şekil: 1.7.b).

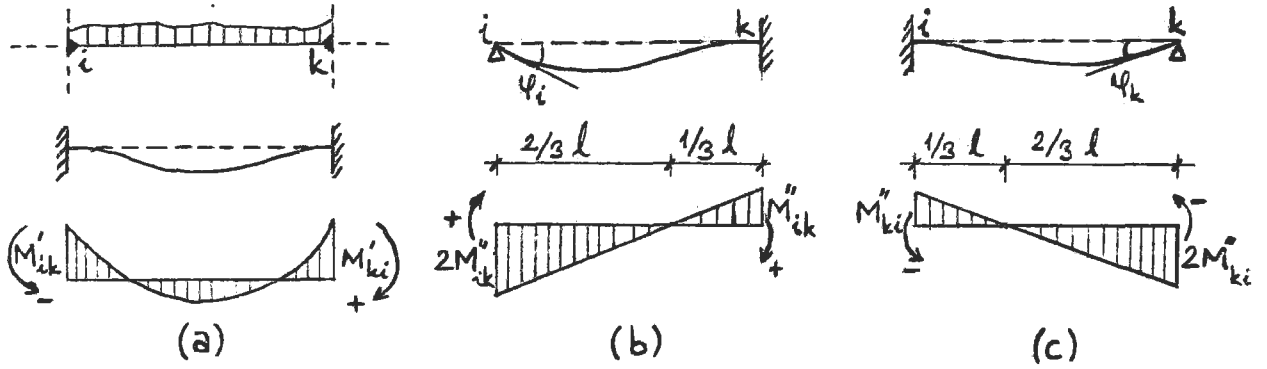
$2M''_{ik}$  : i-k çubuğunun i ucunda

$M''_{ik}$  : i-k çubuğunun k ucunda

2- b) k düğümünün dönmesi ile i-k çubuğunun uçlarında meydana gelen momentler: (Şekil : 1.7.c).

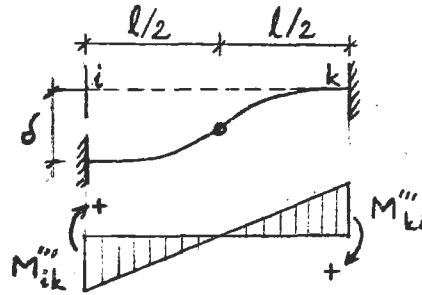
$2M''_{ki}$  : i-k çubuğunun k ucunda

$M''_{ki}$  : i-k çubuğunun i ucunda.



Şekil : 1.7

3- Çubuk eksenine dik düğüm noktası yer değiştirmesinden oluşan deplasman momentini  $M'''$  ile gösterelim.  $j$  sabit ise bu moment çubuğun her iki ucunda da aynı büyüklük ve işarete sahip olur. Yani  $M'''_{ik} = M'''_{ki}$  dir. (Şekil : 1.8).



Şekil : 1.8

Bu halde bir çubuğun ucundaki moment şu kısımların toplamından meydana gelir:

- 1- Çubuk ucunun ankastreliğinden gelen moment bölümü =  $M'_{ik}$
- 2- Düğümlerin dönmesinden gelen moment bölümü.
  - a) i düğümünden =  $2M''_{ik}$
  - b) k düğümünden =  $M''_{ki}$
- 3- Düğümlerin yer değiştirmesinden gelen moment bölümü =  $M'''_{ik}$

Kısaca formüle edersek;

$$M_{ik} = M'_{ik} + 2M''_{ik} + M''_{ki} + M'''_{ik}$$

....(1.3.1)

$$M_{ki} = M'_{ki} + 2M''_{ki} + M''_{ik} + M'''_{ki}$$

elde edilir.

Bu toplamalarda ankastrelik momentleri aynı kalmakla beraber dönme bölümleri, deplasman bölümleri tarafından ve deplasman bölümleri de karşıt olarak dönme bölümleri tarafından etkilenirler. Dolayısıyla momentin dönme ve deplasman bölümleri hesaplanırken birbirlerine olan tesirleri gözönünde tutulmalıdır.

### 1.3.2- Düğümelerin Dönmesinden Oluşan Momentler :

Bir düğüm noktasında birleşen çubuk uç momentlerinin toplamı, denge şartından dolayı sıfır olmalıdır. Buna göre :

$$\sum M_{ik} = 0$$

$$\sum M_{ik} + 2\sum M_{ik}'' + \sum M_{ki}'' + \sum M_{ik}''' = 0$$

Herhangibir j düğümünün ankastrelik momentleri toplamı ( $\sum M_{ik}$ ) tesbit momenti olarak adlandırılır ve ( $M_i'$ ) ile gösterilirse;

$$2\sum M_{ik}'' = - M_i' - \sum (M_{ki}'' + M_{ik}''')$$

Daha önce de açıklandığı gibi dönme faktörü  $\mu$  için şu eşitlikler yazılabilir:

$$\sum \mu = - 0,5 \quad \text{ve} \quad \mu = - 0,5 \cdot \frac{k}{\sum k} \quad (k = \frac{1}{l})$$

Bu zaman;

$$\sum M_{ik}'' = \sum \mu \left[ M_i' + \sum (M_{ki}'' + M_{ik}''') \right]$$

$$M_{ik}'' = \mu_{ik} \left[ M_i' + \sum (M_{ki}'' + M_{ik}''') \right] \quad \dots\dots(1.3.2)$$

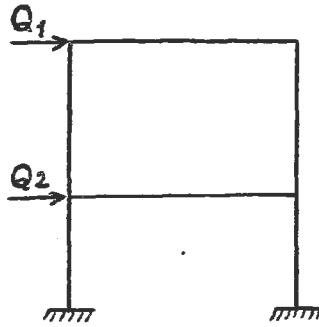
Deplasmanlı çerçevelerde momentin dönme bölümlerinin hesabına ait kaideyi şöyle yazabiliriz.

"Tesbit momentine, bitişik olmayan uçların dönme momentleri bölümlerinin toplamını ve bitişik olan uçların deplasman momenti bölümlerinin toplamını ekle, toplam neticeyi dönme faktörü ile çarp".

İlk iterasyonda bitişik olmayan uçların dönme momenti bölümleri ve bitişik uçların deplasman momenti bölümleri mevcut değilse şimdilik sıfır alınır.



**1.3.3- Yatay Yüklemlerden meydana Gelen Yatay Deplasmanların "Deplasman Momentleri" (Yüklemeler düğüm noktalarında, kolonları ankastre) :**



Şekil : 1.9

Deplasman momenti bölümleri, kolon rijitlikleri  $k = \frac{j}{h}$  ye, katlar arası aynı yüksekliğe sahip olan kolonların e-talet momentleriyle orantılı olarak dağılmaktadır. Burada dağılma, deplasman faktörü (kolon dağıtma katsayısı)  $\nu$  ile yapılmaktadır ve,

$$\nu_{ik} = -1,5 \cdot \frac{k}{\sum k} = -1,5 \cdot \frac{j}{\sum j}, \sum \nu = -1,5$$

dir.

$$\sum Q = Q_1 + Q_2 + \dots \quad \dots\dots(1.3.2)$$

Katlar yatay yönde herhangi bir mesnetle tutulmadıklarından bu deplasman kuvvetleri aşağıya doğru iletilirler ve böylece herhangi bir katın kiriş hizasında yatay dış kuvvetlerden başka üst katlardan iletilen deplasman kuvvetlerinin de tesiri vardır. Bir kattaki toplam deplasman kuvvetini ( $\sum Q$ ) ile gösterirsek, ki bu toplam aynı katta, sistemi hemen kiriş altından kestiğimizde açığa çıkan kesme kuvvetlerinin toplamına eşit olur.

Bu kesme kuvvetleri aynı yerdeki kolon momentlerinin kat yüksekliği  $h$  ya bölümüyle bulunurlar.

$$\sum Q = \sum Q_{ik} = - \frac{\sum M_{ik} + \sum M_{ki}}{h_{ik}}$$

$$M_{ik}'' = M_{ki}'' \text{ olduğundan,}$$

$$\sum Q_{ik} \cdot h_{ik} = - \sum (M_{ik}' + M_{ki}' + 3M_{ik}'' + 3M_{ki}'' + 2M_{ik}''')$$

$$2\sum M_{ik}''' = - \sum Q_{ik} \cdot h_{ik} - \sum (M_{ik}' + M_{ki}') - 3\sum (M_{ik}'' + M_{ki}'')$$

$$\sum M_{ik}''' = - \frac{3}{2} \left| \frac{(\sum Q_{ik} + \frac{\sum (M_{ik}' + M_{ki}')}{h_{ik}}) h_{ik}}{3} + \sum (M_{ik}'' + M_{ki}'') \right|$$

$$Q_R = \sum Q_{ik} + \frac{\sum (M'_{ik} + M'_{ki})}{h_{ik}} = \sum Q + \frac{\sum (M'_{ik} + M'_{ki})}{h_{ik}}$$

$Q_R$  : Kolon uçlarının tam ankastre durumunda kattaki toplam kesme kuvveti,

$h_R$  : Kat yüksekliği,

$$M'_R = \frac{Q_R \cdot h_R}{3} \quad \text{.....(1.3.3)}$$

$M'_R$  : Kat momenti,

0 halde :

$$\sum M''_{ik} = \sum \nu [M'_R + \sum (M''_{ik} + M''_{ki})]$$

$$M''_{ik} = \nu_{ik} [M'_R + \sum (M''_{ik} + M''_{ki})] \quad \text{.....(1.3.4)}$$

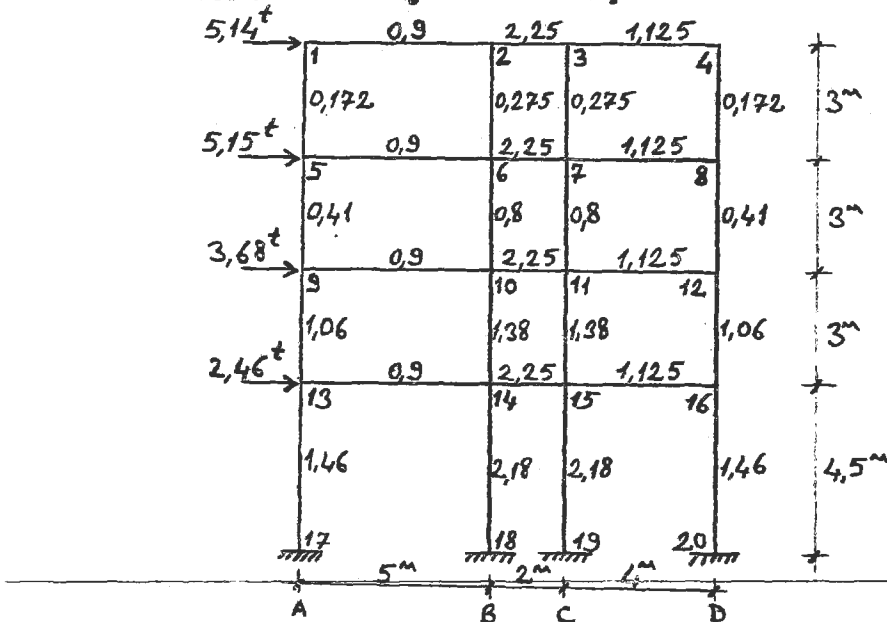
dir.

Yatay olarak yüklenmiş çerçevelerin momentlerinin yer değiştirme bölümlerini hesaplama kaidesini şöyle yazabiliriz:

"Kat momentini, ilgili katın tüm kolon uç dönme momentleriyle topla, sonucu kolon deplasman faktörü ile çarp."

Not : Bizim incelediğimiz sistemlerde yatay kuvvetler düğüm noktalarında etkidüğinden tesbit momentleri sıfırdır.

ÖRNEK : Aşağıda verilen çerçevenin moment diyagramı KANI METODU ile tayin edilmiştir.



Şekil : 1.10

$k = \frac{1}{l}$  değerleri  $\text{dm}^3$  biriminde verilmiştir.

$$\mu = -0,5 \frac{k}{\sum k} \quad \sum \mu = -0,5$$

$$\mu_{1,2} = -0,5 \frac{0,9}{0,9 + 0,172} = -0,42$$

$$\mu_{1,5} = -0,5 \frac{0,172}{0,9 + 0,172} = -0,08$$

$$\mu_{5,1} = -0,5 \frac{0,172}{0,172 + 0,9 + 0,41} = -0,06$$

$$\mu_{5,6} = -0,5 \frac{0,9}{0,172 + 0,9 + 0,41} = -0,30$$

$$\mu_{5,9} = -0,5 \frac{0,41}{0,172 + 0,9 + 0,41} = -0,14$$

$$\mu_{9,5} = -0,5 \frac{0,41}{0,41 + 0,9 + 1,06} = -0,09$$

$$\mu_{9,10} = -0,5 \frac{0,9}{0,41 + 0,9 + 1,06} = -0,19$$

$$\mu_{9,13} = -0,5 \frac{1,06}{0,41 + 0,9 + 1,06} = -0,22$$

$$\mu_{13,9} = -0,5 \frac{1,06}{1,06 + 0,9 + 1,46} = -0,15$$

$$\mu_{13,14} = -0,5 \frac{0,9}{1,06 + 0,9 + 1,46} = -0,13$$

$$\mu_{13,17} = -0,5 \frac{1,46}{1,06 + 0,9 + 1,46} = -0,22$$

$$\mu_{2,1} = -0,5 \frac{0,9}{0,9 + 2,25 + 0,275} = -0,13$$

$$\mu_{2,3} = -0,5 \frac{2,25}{0,9 + 2,25 + 0,275} = -0,33$$

$$\mu_{2,6} = -0,5 \frac{0,275}{0,9 + 2,25 + 0,275} = -0,04$$

$$\mu_{6,2} = -0,5 \frac{0,275}{0,275 + 0,9 + 2,25 + 0,8} = -0,03$$

$$\mu_{6,5} = -0,5 \frac{0,9}{0,275 + 0,9 + 2,25 + 0,8} = -0,11$$

$$\mu_{6,7} = -0,5 \frac{2,25}{0,275 + 0,9 + 2,25 + 0,8} = -0,27$$

$$\mu_{6,10} = -0,5 \frac{0,8}{0,275 + 0,9 + 2,25 + 0,8} = -0,09$$

$$\mu_{10,6} = -0,5 \frac{0,8}{0,8 + 0,9 + 2,25 + 1,38} = -0,08$$

$$\mu_{10,9} = -0,5 \frac{0,9}{0,8 + 0,9 + 2,25 + 1,38} = -0,08$$

$$\mu_{10,11} = -0,5 \frac{2,25}{0,8 + 0,9 + 2,25 + 1,38} = -0,21$$

$$\mu_{10,14} = -0,5 \frac{1,38}{0,8 + 0,9 + 2,25 + 1,38} = -0,13$$

$$\mu_{10,14} = -0,5 \frac{1,38}{1,38 + 0,9 + 2,25 + 2,18} = -0,10$$

$$\mu_{14,13} = -0,5 \frac{0,9}{1,38 + 0,9 + 2,25 + 2,18} = -0,07$$

$$\mu_{14,15} = -0,5 \frac{2,25}{1,38 + 0,9 + 2,25 + 2,18} = -0,17$$

$$\mu_{14,18} = -0,5 \frac{2,18}{1,38 + 0,9 + 2,25 + 2,18} = -0,16$$

$$\mu_{3,2} = -0,5 \frac{2,25}{2,25 + 1,125 + 0,275} = -0,31$$

$$\mu_{3,4} = -0,5 \frac{1,125}{2,25 + 1,125 + 0,275} = -0,15$$

$$\mu_{3,7} = -0,5 \frac{0,275}{2,25 + 1,125 + 0,275} = -0,04$$

$$\mu_{7,3} = -0,5 \frac{0,275}{0,275 + 2,25 + 1,125 + 0,8} = -0,03$$

$$\mu_{7,6} = -0,5 \frac{2,25}{0,275 + 2,25 + 1,125 + 0,8} = -0,25$$

$$\mu_{7,8} = -0,5 \frac{1,125}{0,275 + 2,25 + 1,125 + 0,8} = -0,13$$

$$\mu_{7,11} = -0,5 \frac{0,8}{0,275 + 2,25 + 1,125 + 0,8} = -0,09$$

$$\mu_{11,7} = -0,5 \frac{0,8}{0,8 + 2,25 + 1,125 + 1,38} = -0,07$$

$$\mu_{11,10} = -0,5 \frac{2,25}{0,8 + 2,25 + 1,125 + 1,38} = -0,20$$

$$\mu_{11,12} = -0,5 \frac{1,125}{0,8 + 2,25 + 1,125 + 1,38} = -0,10$$

$$\mu_{11,15} = -0,5 \frac{1,38}{0,8 + 2,25 + 1,125 + 1,31} = -0,13$$

$$\mu_{15,11} = -0,5 \frac{1,38}{1,38 + 2,25 + 1,125 + 2,18} = -0,10$$

$$\mu_{15,14} = -0,5 \frac{2,25}{1,38 + 2,25 + 1,125 + 2,18} = -0,16$$

$$\mu_{15,16} = -0,5 \frac{1,125}{1,38 + 2,25 + 1,125 + 2,18} = -0,08$$

$$\mu_{15,19} = -0,5 \frac{2,18}{1,38 + 2,25 + 1,125 + 2,18} = -0,16$$

$$\mu_{4,3} = -0,5 \frac{1,125}{1,125 + 0,172} = -0,43$$

$$\mu_{4,8} = -0,5 \frac{0,172}{1,125 + 0,172} = -0,07$$

$$\mu_{8,4} = -0,5 \frac{0,172}{0,172 + 1,125 + 0,41} = -0,05$$

$$\mu_{8,7} = -0,5 \frac{1,125}{0,172 + 1,125 + 0,41} = -0,33$$

$$\mu_{8,12} = -0,5 \frac{0,41}{0,172 + 1,125 + 0,41} = -0,12$$

$$\mu_{12,8} = -0,5 \frac{0,41}{0,41 + 1,125 + 1,06} = -0,08$$

$$\mu_{12,11} = -0,5 \frac{1,125}{0,41 + 1,125 + 1,06} = -0,22$$

$$\mu_{12,16} = -0,5 \frac{1,06}{0,41 + 1,125 + 1,06} = -0,20$$

$$\mu_{16,12} = -0,5 \frac{1,06}{1,06 + 1,125 + 1,46} = -0,15$$

$$\mu_{16,15} = -0,5 \frac{1,125}{1,06 + 1,125 + 1,46} = -0,15$$

$$\mu_{16,20} = -0,5 \frac{1,46}{1,06 + 1,125 + 1,46} = -0,20$$

$$\nu = -1,5 \frac{k}{\sum k} \quad \sum \nu = -1,5$$

1. Katta :  $\sum k = 2 \times 0,172 + 2 \times 0,275 = 0,894$

$$\nu_A = \nu_D = -1,5 \frac{0,172}{0,894} = -0,29$$

$$\nu_B = \nu_C = -1,5 \frac{0,275}{0,894} = -0,46$$

2. Katta :  $\sum k = 2 \times 0,41 + 2 \times 0,8 = 2,42$

$$\nu_A = \nu_D = -1,5 \frac{0,41}{2,42} = -0,25$$

$$\nu_B = \nu_C = -1,5 \frac{0,8}{2,42} = -0,50$$

3. Katta :  $\sum k = 2 \times 1,06 + 2 \times 1,38 = 4,88$

$$\nu_A = \nu_D = -1,5 \frac{1,06}{4,88} = -0,33$$

$$\nu_B = \nu_C = -1,5 \frac{1,38}{4,88} = -0,42$$

4. Katta :  $\sum k = 2 \times 1,46 + 2 \times 2,18 = 7,28$

$$\nu_A = \nu_D = -1,5 \frac{1,46}{7,28} = -0,30$$

$$\nu_B = \nu_C = -1,5 \frac{2,18}{7,28} = -0,45$$

$$Q_I = 5,14 \text{ ton}$$

$$Q_{II} = 5,14 + 5,15 = 10,29 \text{ ton}$$

$$Q_{III} = 10,29 + 3,68 = 13,97 \text{ ton}$$

$$Q_{IV} = 13,97 + 2,46 = 16,43 \text{ ton}$$

kat momentleri :  $M'_r = \frac{Q_r \cdot h_r}{3}$

$$M'_I = \frac{5,14 \cdot 3}{3} = 5,14 \text{ tm}$$

$$M'_{II} = \frac{10,29 \cdot 3}{3} = 10,29 \text{ tm}$$

$$M'_{III} = \frac{13,97 \cdot 3}{3} = 13,97 \text{ tm}$$

$$M'_{IV} = \frac{16,43 \cdot 4,5}{3} = 24,65 \text{ tm}$$

İterasyon için örnek :

$$M_{1,5}'' = - 0,29 \cdot 5,14 = - 1,49$$

$$M_{2,6}'' = - 0,46 \cdot 5,14 = - 2,36$$

$$M_{5,9}'' = - 0,25 \cdot 10,29 = - 2,57 \quad \text{Deplasman momenti bölümleri "0" dır.}$$

$$M_{6,10}'' = - 0,50 \cdot 10,29 = - 5,15$$

$$M_{9,13}'' = - 0,33 \cdot 13,97 = - 4,61$$

$$M_{10,14}'' = - 0,42 \cdot 13,97 = - 5,87$$

$$M_{13,17}'' = - 0,30 \cdot 24,65 = - 7,40$$

$$M_{14,18}'' = - 0,45 \cdot 24,65 = - 11,09$$

$$M_{1,2}'' = - 0,42 (-1,49) = 0,63$$

$$M_{2,1}'' = - 0,13 (+0,63 - 2,36) = 0,22$$

$$M_{2,3}'' = - 0,33 (+0,63 - 2,36) = 0,57$$

$$M_{3,2}'' = - 0,31 (+0,57 - 2,36) = 0,55$$

$$M_{3,4}'' = - 0,15 (+0,57 - 2,36) = 0,27$$

$$M_{4,3}'' = - 0,43 (+0,27 - 1,49) = 0,52$$

$$M_{1,5}'' = - 0,08 (-1,49) = 0,12$$

$$M_{2,6}'' = - 0,04 (+0,63 - 2,36) = 0,07$$

$$M_{3,7}'' = - 0,04 (+0,57 - 2,36) = 0,07$$

$$M_{4,8}'' = - 0,07 (+0,27 - 1,49) = 0,09$$

$$M_{5,1}'' = - 0,06 (+0,12 - 1,49 - 2,57) = 0,24$$

$$M_{5,6}'' = - 0,30 ( \quad " \quad ) = 1,18$$

$$M_{5,9}'' = - 0,14 ( \quad " \quad ) = 0,55$$

$$M_{6,2}'' = - 0,03 (+1,18 + 0,07 - 2,36 - 5,15) = 0,19$$

$$M_{6,5}'' = - 0,11 ( \quad " \quad ) = 0,69$$

$$M_{6,7}'' = - 0,27 ( \quad " \quad ) = 1,69$$

$$M_{6,10}'' = - 0,09 ( \quad " \quad ) = 0,56$$

$$\begin{aligned}
 M_{7,6}^n &= -0,25 (+1,69 +0,07 -2,36 -5,15) = 1,44 \\
 M_{7,3}^n &= -0,03 ( \quad " \quad ) = 0,17 \\
 M_{7,8}^n &= -0,13 ( \quad " \quad ) = 0,75 \\
 M_{7,11}^n &= -0,09 ( \quad " \quad ) = 0,52 \\
 M_{8,4}^n &= -0,05 (+0,75 +0,09 -1,49 -2,57) = 0,16 \\
 M_{8,7}^n &= -0,33 ( \quad " \quad ) = 1,06 \\
 M_{8,12}^n &= -0,12 ( \quad " \quad ) = 0,39 \\
 M_{9,5}^n &= -0,09 (+0,55 -2,57 -4,61) = 0,60 \\
 M_{9,10}^n &= -0,19 ( \quad " \quad ) = 1,26 \\
 M_{9,13}^n &= -0,22 ( \quad " \quad ) = 1,46 \\
 M_{10,9}^n &= -0,08 (+1,26 +0,56 -5,15 -5,87) = 0,74 \\
 M_{10,6}^n &= -0,08 ( \quad " \quad ) = 0,74 \\
 M_{10,11}^n &= -0,21 ( \quad " \quad ) = 1,93 \\
 M_{10,14}^n &= -0,13 ( \quad " \quad ) = 1,20 \\
 M_{11,10}^n &= -0,20 (+1,93 +0,52 -5,15 -5,87) = 1,71 \\
 M_{11,7}^n &= -0,07 ( \quad " \quad ) = 0,60 \\
 M_{11,12}^n &= -0,10 ( \quad " \quad ) = 0,86 \\
 M_{11,15}^n &= -0,13 ( \quad " \quad ) = 1,11 \\
 M_{12,8}^n &= -0,08 (+0,39 +0,86 -2,57 -4,61) = 0,47 \\
 M_{12,11}^n &= -0,22 ( \quad " \quad ) = 1,30 \\
 M_{12,16}^n &= -0,20 ( \quad " \quad ) = 1,19 \\
 M_{13,9}^n &= -0,15 (+1,46 -4,61 -7,40) = 1,58 \\
 M_{13,14}^n &= -0,13 ( \quad " \quad ) = 1,37 \\
 M_{13,17}^n &= -0,22 ( \quad " \quad ) = 2,32 \\
 M_{14,13}^n &= -0,07 (+1,37 +1,20 -5,87 -11,09) = 1,01 \\
 M_{14,10}^n &= -0,10 ( \quad " \quad ) = 1,44 \\
 M_{14,15}^n &= -0,17 ( \quad " \quad ) = 2,45 \\
 M_{14,18}^n &= -0,16 ( \quad " \quad ) = 2,30
 \end{aligned}$$



$$M_{15,14}'' = - 0,16 (+2,45 +1,11 -5,87 -11,09) = 2,14$$

$$M_{15,11}'' = - 0,10 ( \quad \quad \quad " \quad \quad \quad ) = 1,34$$

$$M_{15,16}'' = - 0,08 ( \quad \quad \quad " \quad \quad \quad ) = 1,07$$

$$M_{15,19}'' = - 0,16 ( \quad \quad \quad " \quad \quad \quad ) = 2,14$$

$$M_{16,15}'' = - 0,15 (+1,07 +1,19 -4,61 -7,40) = 1,46$$

$$M_{16,12}'' = - 0,15 ( \quad \quad \quad " \quad \quad \quad ) = 1,46$$

$$M_{16,20}'' = - 0,20 ( \quad \quad \quad " \quad \quad \quad ) = 1,95$$

$$M_{1,5}' = - 0,29 (5,14+0,12+0,07+0,07+0,09+0,16+0,17+0,19+0,24) \\ = - 1,81$$

$$M_{2,6}' = - 0,46 ( \quad \quad \quad " \quad \quad \quad ) \\ = - 2,88$$

$$M_{5,9}' = - 0,25 (10,29+0,55+0,56+0,52+0,39+0,47+0,60+0,74+0,60) \\ = - 3,68$$

$$M_{6,10}' = -0,50 ( \quad \quad \quad " \quad \quad \quad ) \\ = - 7,36$$

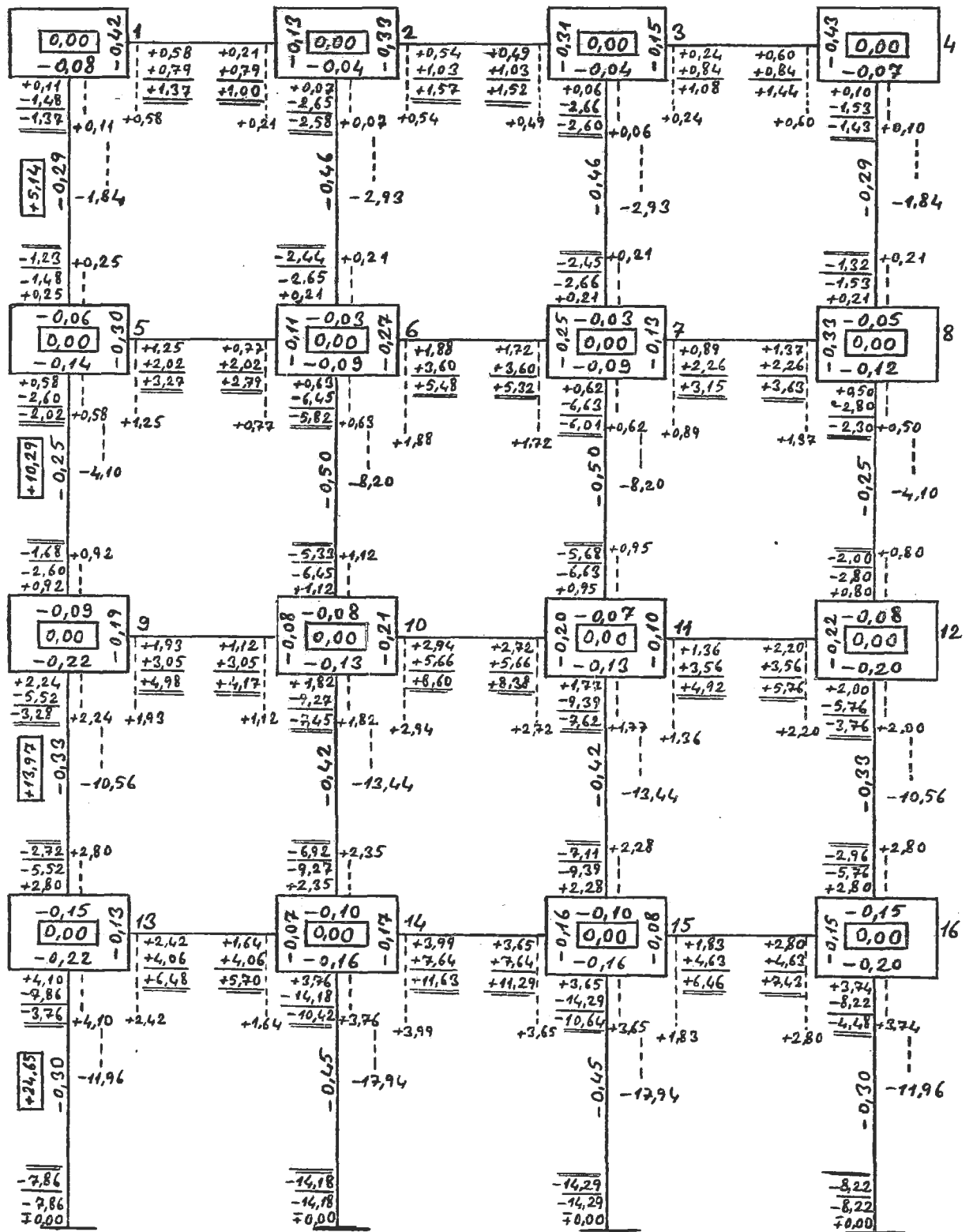
$$M_{9,13}' = -0,33 (13,97+1,46+1,20+1,11+1,19+1,46+1,34+1,44+1,58) \\ = - 8,17$$

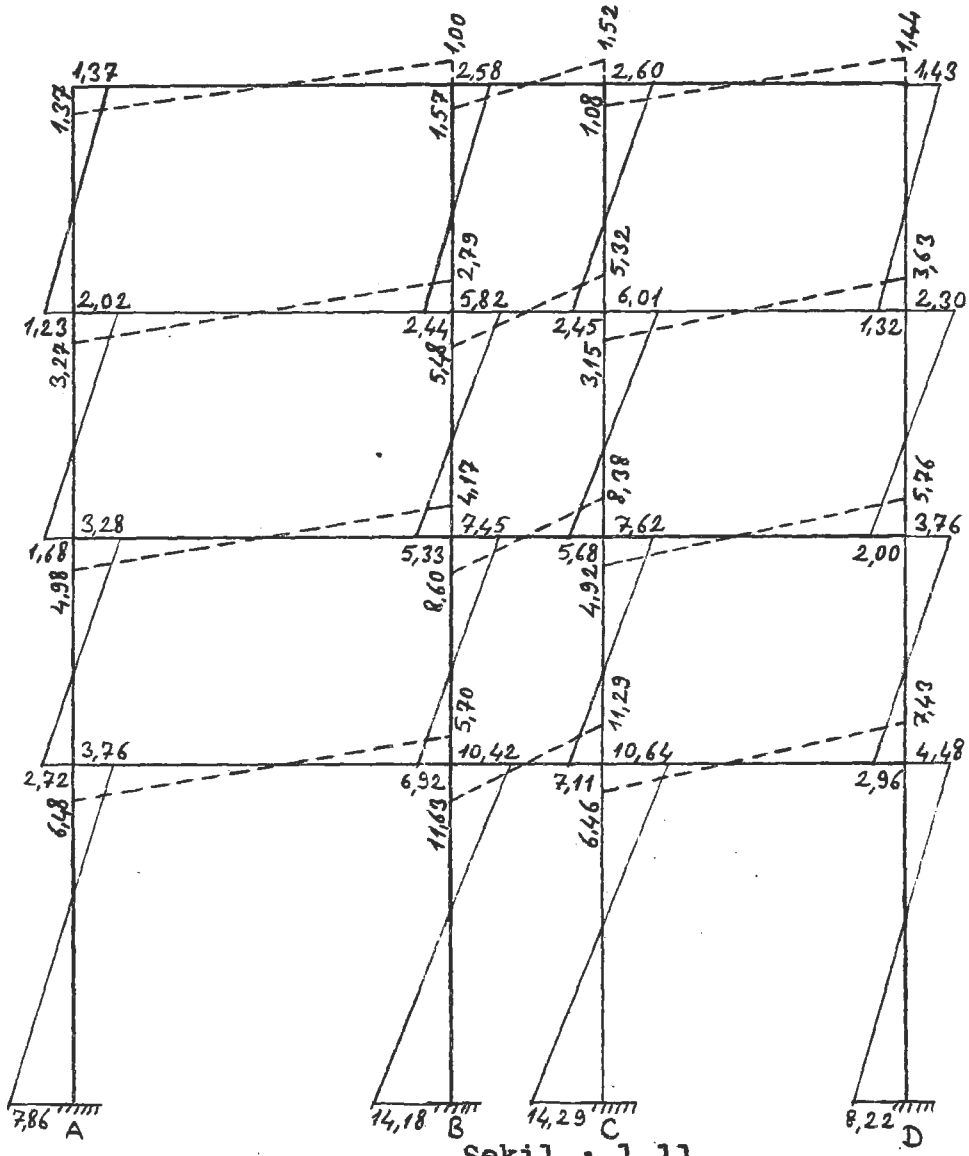
$$M_{10,14}' = -0,42 ( \quad \quad \quad " \quad \quad \quad ) \\ = - 10,40$$

$$M_{13,17}' = - 0,30 (24,65 +2,32 +2,30 +2,14 +1,95) = - 10,01$$

$$M_{14,18}' = - 0,45 ( \quad \quad \quad " \quad \quad \quad ) = - 15,01$$

İterasyona böylece devam edilir.





Şekil : 1.11

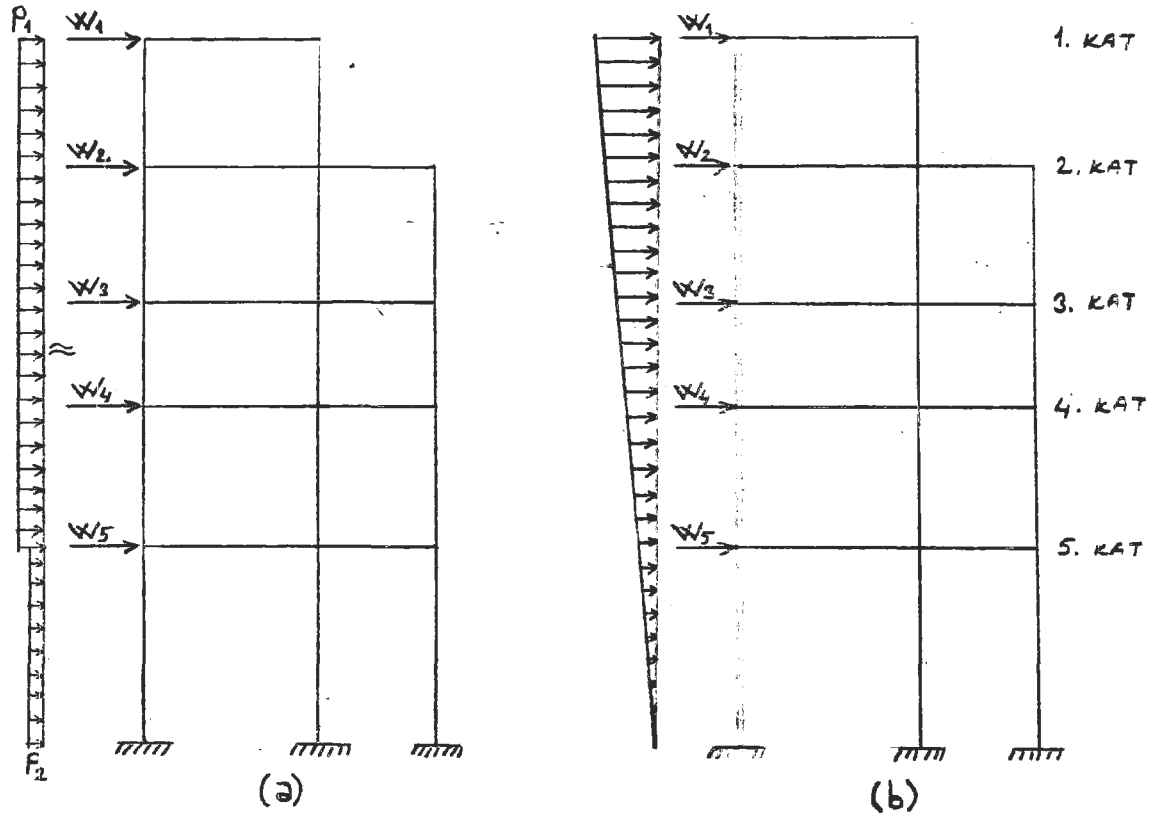
KANİ METODU sonuçlarına göre çerçeve  
moment diyagramı

## 2- ÇERÇEVELERİN YATAY YÜKLERE GÖRE HESABINDA YAKLAŞIK ÇÖZÜMLER :

### 2.1- Giriş :

Çok katlı çerçevelerde yatay kuvvetler sisteme Şekil:2.1.a da görüldüğü gibi düzgün yayılı olarak (genellikle rüzgar yükleri) veya Şekil : 2.1.b deki gibi üçgen (genellikle deprem yükleri) veyahut üçgen yayılışa benzer şekilde etkirler.

Statik hesaplarda bu yayılışlar yerine, kat hizalarına etkileyen eşdeğer munferit kuvvetler gözönüne alınmaktadır.



Şekil : 2.1

Çok katlı çerçevelerin yatay yüklere göre hesabında önceki kısımda anlatılan kesin çözümler son derece uzun ve yorucu olduğundan bunların yerine daha az zaman alıcı ve uygulaması daha kolay olan yaklaşık çözüm metotları geliştirilmiştir. Sonuçlara bakılınca yapılan yaklaşıklıkla mühendislik açısından yeter bir yaklaşıklık olduğu görülmektedir.

Bu yaklaşık metodların geliştirilmesinde temel esas kat kesme kuvvetlerinin kolonlara dağıtılmasıdır.

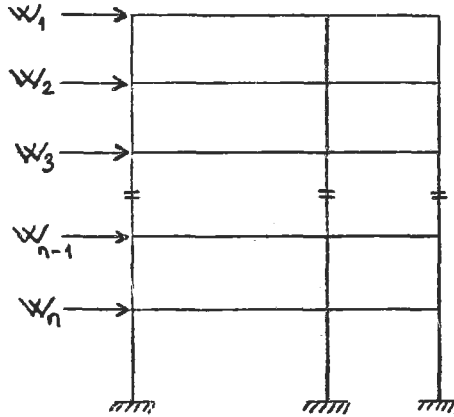
Bu metodlar geliştirilirken yapılan genel kabuller aşağıda verilmiştir.

- a) Malzeme lineer elastiktir.
- b) Kat döşemeleri kendi düzlemleri içinde sonsuz rijittirler; dolayısıyla elemanların döşeme seviyelerindeki yatay deplasmanları birbirlerine eşittir.
- c) Yatay kuvvetler çerçevelerin kat seviyelerinde etki etmektedir ve yapı düşey bir eksen etrafında burulmamaktadır. Yani; her katta çeşitli taşıyıcı elemanlara gelen kesme kuvvetlerinin bileşkesi, yatay dış kuvvetlerin bileşkesi ile çakışmaktadır.

Burada bu metodların en çok tanınmış olanlarından, sırasıyla :

- 1) Muto Metodu,
- 2) Çakıroğlu - Özmen Metodu,
- 3) Aydın Metodu'ndan bahsedilecektir.

#### 2.2- Muto Metodu :



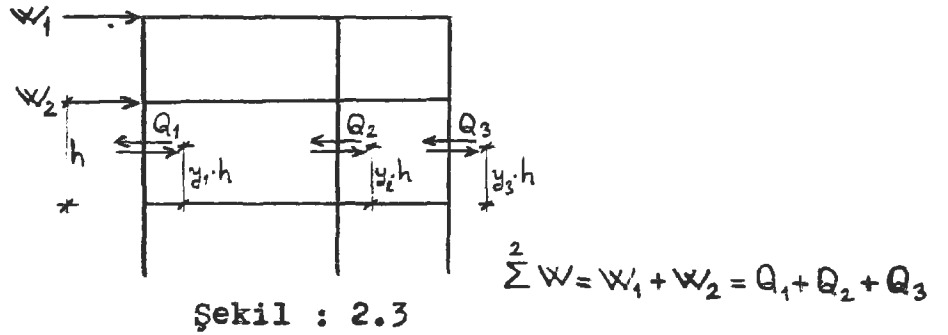
Şekil : 2.2

Çok katlı çerçevelerin Muto sayıları kullanılarak eğilme momentlerinin tayininde aşağıdaki hesap sırası takip edilir.

- 1) Sistemi teşkil eden çubukların  $k = \frac{I}{L}$  rijitlikleri tayin edilir.
- 2) Sistem her katın kolonlarından kesilerek üstte kalan yatay kuvvetlerin toplamı  $\sum w$  kat kolonlarına dağıtılır. Şekil :2.2 de katlara etkiyen toplam yatay kuvvetler:

$$\begin{aligned}
1. \text{ katta} \quad & \sum_1 w = w_1 \\
2. \text{ katta} \quad & \sum_2 w = w_1 + w_2 \\
n-1. \text{ katta} \quad & \sum_{n-1} w = w_1 + w_2 + \dots + w_{n-1} \quad \dots(2.2.1) \\
n. \text{ katta} \quad & \sum_n w = w_1 + w_2 + \dots + w_{n-1} + w_n
\end{aligned}$$

dir. Bir katın kolonlarındaki kesme kuvvetlerinin toplamı  $\sum w$  ye eşit olmalıdır.



Şekil : 2.3

Katın herhangi bir kolonundaki  $Q_n$  kesme kuvveti;

$$Q_n = \frac{D_n}{\sum D} \cdot \sum w \quad \dots(2.2.2)$$

denklemleri ile bulunur. Burada ;

$D_n$  : Kesme kuvveti hesaplanan kolonun  $D$  değeri,

$\sum D$  : Kattaki kolonlara ait  $D$  değerleri toplamı,

$\sum w$  = Katın (kendisi dahil) üstünde kalan yatay kuvvetlerin toplamı'dır.

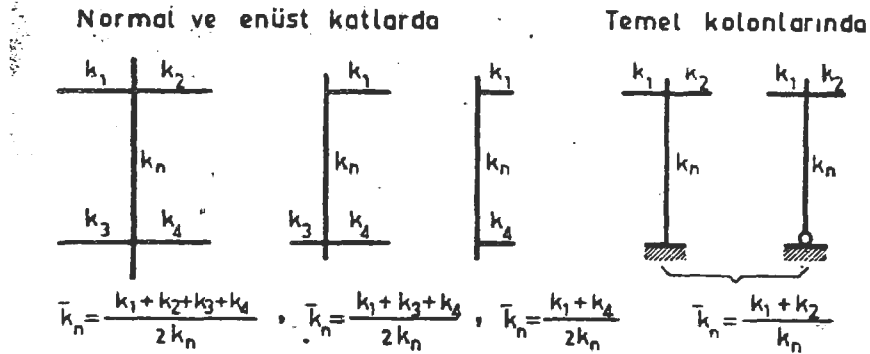
2.a- Kolonlardaki  $D_n$  değerlerinin tayini :

Bir kolondaki  $D_n$  değeri;

$$D_n = a \cdot k_n \quad (k_n = \frac{J_n}{l}) \quad \dots(2.2.3)$$

dir.  $a$  katsayısı kolonun  $K_n$  rijitlik sayısına bağlı olarak tayin edilir. Kolonların  $K$  değerlerinin  $k$  cinsinden nasıl hesaplanacağı Şekil : 2.4 de gösterilmiştir.

Kolonların hesaplanan  $K$  değerlerine bağlı olarak  $a$  katsayıları Tablo : 2.1 den alınır. Ancak kolonun, kat kolonu veya temele bağlanan zemin kat kolonu olmasına göre tablodaki ilgili sütunların kullanılacağına dikkat edilmelidir.



Şekil : 2.4

3- Her katın kolonlarında eğilme momentinin sıfır olduğu yerler tayin edilir. Kolonlardaki moment sıfır noktalarının alt yerleri tayin edilir. Kolonlardaki moment sıfır noktalarının alt kata uzaklıkları  $y.h$  ile gösterilirse; bu, dört teriminin toplamıdır.

$$y = y_0 + y_1 + y_2 + y_3 \quad \dots(2.2.4)$$

$y_0$  : Kolonlarda eğilme momentinin sıfır olduğu yeri belirten esas terimdir Kat sayısı ve kolonun  $\bar{K}$  değerine bağlı olarak,

3.a- Yatay yüklerin çerçeve üzerindeki yayılışı üniform ise (yükün değeri bölge bölge farklı şiddette olabilir. Şekil : 2.1.a). Tablo : 2.2.

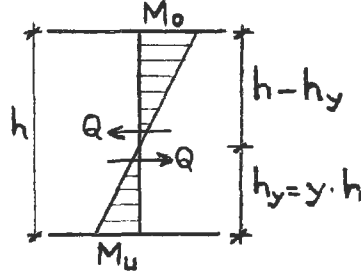
3.b- Yatay kuvvetlerin çerçeve üzerindeki yayılışı üçgen veya benzeri ise (Şekil : 2.1.b), Tablo : 2.3 den alınır.

$y_1$  : Kolonların alt ve üst katlardaki bağlandığı kirişlerin rijitliklerinin farklı olmasının tesirini kapsayan 1. düzeltme terimidir. Bunun  $\bar{K}$  ve  $\alpha_1$  e bağlı olarak değerleri Tablo : 2.4 de verilmiştir.

$y_2$  ,  $y_3$  : Sırasıyla üst ve alt kolonların hesaplanan kat kolonlarına nazaran farklı boyda olmasının tesirlerini içine alan 2. ve 3. düzeltme terimleridir ve Tablo: 2.5 de verilmiştir.

Bu suretle her kat kollarında eğilme momentlerinin sıfır olduğu yerler ( $y = h_y:h$ ) tayin edilmiş olmaktadır.

4- Kolon uç momentleri :



Şekil : 2.5

Her kolonun üst ve alt uçlarındaki eğilme momentleri

$$M_o = Q \cdot (h - h_y) \quad \dots(2.2.5)$$

$$M_u = Q \cdot h_y$$

bağıntıları ile hesaplanır.

5- Kiriş uç momentleri :

Kiriş uç momentleri düğüm noktalarının moment denge şartından faydalanarak hesaplanır.

Bir düğüm noktasında üç çubuk birleşirse  $M_1$  kiriş uç momenti (Şekil : 2.6.b).

$$M_1 = M_a + M_b \quad (M_a, M_b \text{ kolon uç momentleri})$$

dir. Eğer dört çubuk birleşirse,

$$M = M_a + M_b \quad (\text{Kolon uç momentleri toplamı})$$

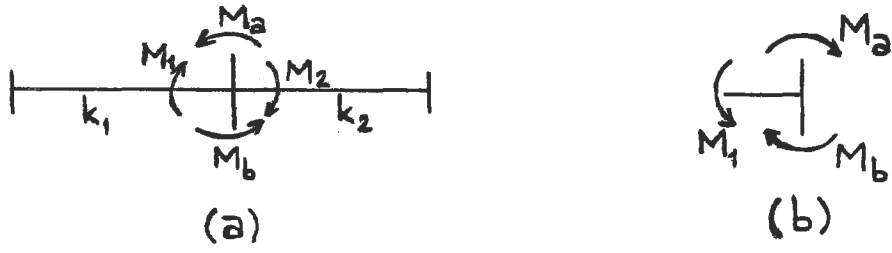
olmak üzere kiriş uç momentleri toplam

$$M_1 + M_2 = M$$

olur. Toplam  $M$  momenti kiriş uçlarına çubukların rijitlikleri ile orantılı olarak dağıtılır (Şekil : 2.6.a),.

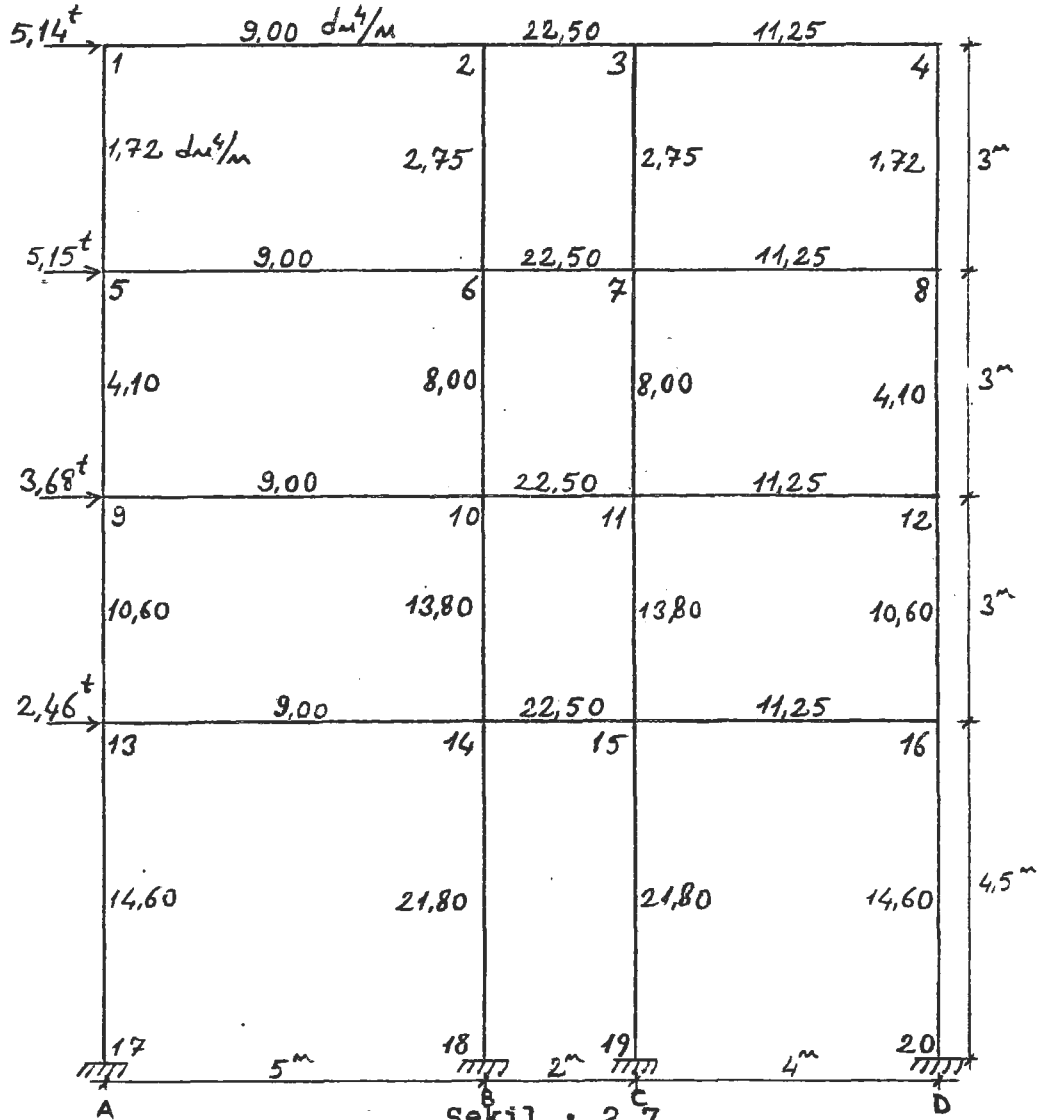
$$M_1 = \frac{k_1}{k_1 + k_2} \cdot M, \quad M_2 = \frac{k_2}{k_1 + k_2} \cdot M \quad \dots(2.2.6)$$





Şekil : 2.6

**ÖRNEK :** Aşağıda verilen çerçevenin moment diyagramı MUTO metodu ile tayin edilmiştir.



Şekil : 2.7

Çözüm, kolay olması amacıyla bir tablo halinde düzenlenmiştir.

| $\bar{k}$ | Kat kolonları                     | Temele ankastre<br>bağlı kolonlar       | Temele mafsalı<br>bağlı kolonlar             |
|-----------|-----------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------------|
|           | $a = \frac{\bar{k}}{2 + \bar{k}}$ | $a = \frac{0,5 + \bar{k}}{2 + \bar{k}}$ | $a = \frac{0,5 \cdot \bar{k}}{1 + 2\bar{k}}$ |
| 0,1       | 0,05                              | 0,29                                    | 0,042                                        |
| 0,2       | 0,09                              | 0,32                                    | 0,071                                        |
| 0,3       | 0,13                              | 0,35                                    | 0,094                                        |
| 0,4       | 0,17                              | 0,38                                    | 0,11                                         |
| 0,5       | 0,20                              | 0,40                                    | 0,13                                         |
| 0,6       | 0,23                              | 0,42                                    | 0,14                                         |
| 0,7       | 0,26                              | 0,44                                    | 0,15                                         |
| 0,8       | 0,29                              | 0,46                                    | 0,15                                         |
| 0,9       | 0,31                              | 0,48                                    | 0,16                                         |
| 1,0       | 0,33                              | 0,50                                    | 0,17                                         |
| 1,2       | 0,37                              | 0,53                                    | 0,18                                         |
| 1,4       | 0,41                              | 0,56                                    | 0,18                                         |
| 1,6       | 0,44                              | 0,58                                    | 0,19                                         |
| 1,8       | 0,47                              | 0,61                                    | 0,20                                         |
| 2,0       | 0,50                              | 0,63                                    | 0,20                                         |
| 3,0       | 0,60                              | 0,70                                    | 0,21                                         |
| 4,0       | 0,67                              | 0,75                                    | 0,22                                         |
| 5,0       | 0,71                              | 0,79                                    | 0,23                                         |
| 10,0      | 0,83                              | 0,88                                    | 0,24                                         |
| 20,0      | 0,91                              | 0,93                                    | 0,24                                         |
| 30,0      | 0,94                              | 0,95                                    | 0,25                                         |
| 40,0      | 0,95                              | 0,96                                    | 0,25                                         |
| $\infty$  | 1,00                              | 1,00                                    | 0,25                                         |

Tablo:2.1

| KAT<br>ADEİ | KATIN<br>YERİ | y <sub>0</sub> |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
|-------------|---------------|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|
|             |               | k̄             |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
|             |               | 0.1            | 0.2  | 0.3  | 0.4  | 0.5  | 0.6  | 0.7  | 0.8  | 0.9  | 1.0  | 2.0  | 3.0  | 4.0  | 5.0  |  |
| 1           | 1             | 0.80           | 0.75 | 0.70 | 0.65 | 0.65 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.55 | 0.55 | 0.55 | 0.55 | 0.55 |  |
| 2           | 2             | .50            | .45  | .40  | .40  | .40  | .40  | .40  | .40  | .40  | .45  | .45  | .45  | .45  | .50  |  |
|             | 1             | 1.00           | .85  | .75  | .70  | .70  | .65  | .65  | .65  | .60  | .60  | .55  | .55  | .55  | .55  |  |
| 3           | 3             | .25            | .25  | .25  | .30  | .30  | .35  | .35  | .35  | .40  | .40  | .45  | .45  | .45  | .50  |  |
|             | 2             | .60            | .50  | .50  | .50  | .50  | .45  | .45  | .45  | .45  | .45  | .50  | .50  | .50  | .50  |  |
| 3           | 1             | 1.15           | .90  | .80  | .75  | .75  | .70  | .70  | .65  | .65  | .65  | .60  | .55  | .55  | .55  |  |
|             | 4             | .10            | .15  | .20  | .25  | .30  | .30  | .35  | .35  | .35  | .40  | .45  | .45  | .45  | .45  |  |
| 4           | 3             | .35            | .35  | .35  | .40  | .40  | .40  | .40  | .45  | .45  | .45  | .45  | .50  | .50  | .50  |  |
|             | 2             | .70            | .60  | .55  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  |  |
| 4           | 1             | 1.20           | .95  | .85  | .80  | .70  | .70  | .70  | .70  | .65  | .65  | .55  | .55  | .55  | .55  |  |
|             | 5             | -.05           | .10  | .20  | .25  | .30  | .30  | .35  | .35  | .35  | .35  | .40  | .45  | .45  | .45  |  |
| 5           | 4             | .20            | .25  | .35  | .35  | .40  | .40  | .40  | .40  | .40  | .45  | .45  | .50  | .50  | .50  |  |
|             | 3             | .45            | .45  | .45  | .45  | .45  | .45  | .45  | .45  | .45  | .45  | .50  | .50  | .50  | .50  |  |
| 5           | 2             | .75            | .60  | .55  | .55  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  |  |
|             | 1             | 1.30           | 1.00 | .85  | .80  | .75  | .70  | .70  | .65  | .65  | .65  | .60  | .55  | .55  | .55  |  |
| 6           | 6             | -.15           | .05  | .15  | .20  | .25  | .30  | .30  | .35  | .35  | .35  | .40  | .45  | .45  | .45  |  |
|             | 5             | .10            | .25  | .30  | .35  | .35  | .40  | .40  | .40  | .45  | .45  | .45  | .50  | .50  | .50  |  |
| 6           | 4             | .30            | .35  | .40  | .40  | .45  | .45  | .45  | .45  | .45  | .45  | .50  | .50  | .50  | .50  |  |
|             | 3             | .50            | .45  | .45  | .45  | .45  | .45  | .45  | .45  | .45  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  |  |
| 6           | 2             | .80            | .65  | .55  | .55  | .55  | .55  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  |  |
|             | 1             | 1.30           | 1.00 | .85  | .80  | .75  | .70  | .70  | .65  | .65  | .65  | .60  | .55  | .55  | .55  |  |
| 7           | 7             | -.20           | .05  | .15  | .20  | .25  | .30  | .30  | .35  | .35  | .35  | .45  | .45  | .45  | .45  |  |
|             | 6             | .05            | .20  | .30  | .35  | .35  | .40  | .40  | .40  | .40  | .45  | .45  | .45  | .45  | .45  |  |
| 7           | 5             | .20            | .30  | .35  | .40  | .40  | .45  | .45  | .45  | .45  | .45  | .50  | .50  | .50  | .50  |  |
|             | 4             | .35            | .40  | .40  | .45  | .45  | .45  | .45  | .45  | .45  | .45  | .50  | .50  | .50  | .50  |  |
| 7           | 3             | .55            | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  |  |
|             | 2             | .80            | .65  | .60  | .55  | .55  | .55  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  |  |
| 7           | 1             | 1.30           | 1.00 | .90  | .80  | .75  | .70  | .70  | .70  | .65  | .65  | .60  | .55  | .55  | .55  |  |
|             | 8             | -.20           | .05  | .15  | .20  | .25  | .30  | .30  | .35  | .35  | .35  | .45  | .45  | .45  | .45  |  |
| 8           | 7             | .00            | .20  | .30  | .35  | .35  | .40  | .40  | .40  | .40  | .45  | .45  | .50  | .50  | .50  |  |
|             | 6             | .15            | .30  | .35  | .40  | .40  | .45  | .45  | .45  | .45  | .45  | .50  | .50  | .50  | .50  |  |
| 8           | 5             | .30            | .35  | .40  | .45  | .45  | .45  | .45  | .45  | .45  | .45  | .50  | .50  | .50  | .50  |  |
|             | 4             | .40            | .45  | .45  | .45  | .45  | .45  | .45  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  |  |
| 8           | 3             | .60            | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  |  |
|             | 2             | .85            | .65  | .60  | .55  | .55  | .55  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  |  |
| 8           | 1             | 1.30           | 1.00 | .90  | .80  | .75  | .70  | .70  | .70  | .65  | .65  | .60  | .55  | .55  | .55  |  |
|             | 9             | -.25           | .00  | .15  | .20  | .25  | .30  | .30  | .35  | .35  | .40  | .45  | .45  | .45  | .45  |  |
| 9           | 8             | .00            | .20  | .30  | .35  | .35  | .40  | .40  | .40  | .40  | .45  | .45  | .50  | .50  | .50  |  |
|             | 7             | .15            | .30  | .35  | .40  | .40  | .45  | .45  | .45  | .45  | .45  | .50  | .50  | .50  | .50  |  |
| 9           | 6             | .25            | .35  | .40  | .40  | .45  | .45  | .45  | .45  | .45  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  |  |
|             | 5             | .35            | .40  | .45  | .45  | .45  | .45  | .45  | .45  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  |  |
| 9           | 4             | .45            | .45  | .45  | .45  | .45  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  |  |
|             | 3             | .60            | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  |  |
| 9           | 2             | .85            | .65  | .60  | .55  | .55  | .55  | .55  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  |  |
|             | 1             | 1.30           | 1.00 | .90  | .80  | .75  | .75  | .70  | .70  | .65  | .65  | .60  | .55  | .55  | .55  |  |

Tablo:2.2

| KAT<br>ADEDI | KATIN<br>VERI | $y_0$     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |
|--------------|---------------|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|--|
|              |               | $\bar{k}$ |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |
|              |               | 0,1       | 0,2  | 0,3  | 0,4  | 0,5  | 0,6  | 0,7  | 0,8  | 0,9  | 1,0  | 2,0  | 3,0  | 4,0  | 5,0  |  |  |
| 1            | 1             | 0.80      | 0.75 | 0.70 | 0.65 | 0.65 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.55 | 0.55 | 0.55 | 0.55 | 0.55 |  |  |
| 2            | 2             | .45       | .40  | .35  | .35  | .35  | .35  | .40  | .40  | .40  | .40  | .46  | .45  | .45  | .45  |  |  |
|              | 1             | .95       | .80  | .75  | .70  | .65  | .65  | .65  | .60  | .60  | .60  | .55  | .55  | .55  | .50  |  |  |
| 3            | 3             | .15       | .20  | .20  | .25  | .30  | .30  | .30  | .35  | .35  | .35  | .40  | .45  | .45  | .45  |  |  |
|              | 2             | .55       | .50  | .45  | .45  | .45  | .45  | .45  | .45  | .45  | .45  | .45  | .50  | .50  | .50  |  |  |
|              | 1             | 1.00      | .85  | .80  | .75  | .70  | .70  | .65  | .65  | .65  | .60  | .55  | .55  | .55  | .55  |  |  |
| 4            | 4             | .05       | .05  | .15  | .20  | .25  | .30  | .30  | .35  | .35  | .35  | .40  | .45  | .45  | .45  |  |  |
|              | 3             | .25       | .30  | .30  | .35  | .35  | .40  | .40  | .40  | .40  | .45  | .45  | .50  | .50  | .50  |  |  |
|              | 2             | .60       | .55  | .50  | .50  | .45  | .45  | .45  | .45  | .45  | .45  | .50  | .50  | .50  | .50  |  |  |
|              | 1             | 1.10      | .90  | .80  | .75  | .70  | .70  | .65  | .65  | .65  | .60  | .55  | .55  | .55  | .55  |  |  |
| 5            | 5             | -.20      | .00  | .15  | .20  | .25  | .30  | .30  | .30  | .35  | .35  | .40  | .45  | .45  | .45  |  |  |
|              | 4             | .10       | .20  | .25  | .30  | .35  | .35  | .40  | .40  | .40  | .40  | .45  | .45  | .50  | .50  |  |  |
|              | 3             | .40       | .40  | .40  | .40  | .40  | .45  | .45  | .45  | .45  | .45  | .50  | .50  | .50  | .50  |  |  |
|              | 2             | .65       | .65  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  |  |  |
|              | 1             | 1.20      | .95  | .80  | .75  | .75  | .70  | .70  | .65  | .65  | .65  | .55  | .55  | .55  | .55  |  |  |
| 6            | 6             | -.30      | .00  | .10  | .20  | .25  | .25  | .30  | .30  | .35  | .35  | .40  | .45  | .45  | .45  |  |  |
|              | 5             | .00       | .20  | .25  | .30  | .35  | .35  | .40  | .40  | .40  | .40  | .40  | .45  | .50  | .50  |  |  |
|              | 4             | .20       | .30  | .35  | .35  | .40  | .40  | .40  | .45  | .45  | .45  | .45  | .50  | .50  | .50  |  |  |
|              | 3             | .40       | .40  | .40  | .45  | .45  | .45  | .45  | .45  | .45  | .45  | .50  | .50  | .50  | .50  |  |  |
|              | 2             | .70       | .60  | .60  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  |  |  |
|              | 1             | 1.20      | .95  | .85  | .80  | .75  | .70  | .70  | .65  | .65  | .65  | .55  | .55  | .55  | .55  |  |  |
| 7            | 7             | -.35      | -.05 | .10  | .20  | .20  | .25  | .30  | .30  | .35  | .35  | .40  | .45  | .45  | .45  |  |  |
|              | 6             | -.10      | .15  | .25  | .30  | .35  | .35  | .35  | .40  | .40  | .40  | .45  | .45  | .50  | .50  |  |  |
|              | 5             | .10       | .25  | .30  | .35  | .40  | .40  | .40  | .45  | .45  | .45  | .45  | .50  | .50  | .50  |  |  |
|              | 4             | .30       | .35  | .40  | .40  | .45  | .45  | .45  | .45  | .45  | .45  | .50  | .50  | .50  | .50  |  |  |
|              | 3             | .50       | .45  | .45  | .45  | .45  | .45  | .45  | .45  | .45  | .45  | .50  | .50  | .50  | .50  |  |  |
|              | 2             | .75       | .60  | .55  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  |  |  |
|              | 1             | 1.20      | .95  | .85  | .80  | .75  | .70  | .70  | .65  | .65  | .65  | .55  | .55  | .55  | .55  |  |  |
| 8            | 8             | -.35      | -.15 | .10  | .15  | .25  | .25  | .30  | .30  | .35  | .35  | .40  | .45  | .45  | .45  |  |  |
|              | 7             | -.10      | .15  | .25  | .30  | .35  | .35  | .40  | .40  | .40  | .40  | .45  | .50  | .50  | .50  |  |  |
|              | 6             | .05       | .25  | .30  | .35  | .40  | .40  | .40  | .45  | .45  | .45  | .45  | .50  | .50  | .50  |  |  |
|              | 5             | .20       | .30  | .35  | .40  | .40  | .45  | .45  | .45  | .45  | .45  | .50  | .50  | .50  | .50  |  |  |
|              | 4             | .35       | .40  | .40  | .45  | .45  | .45  | .45  | .45  | .45  | .45  | .50  | .50  | .50  | .50  |  |  |
|              | 3             | .50       | .45  | .45  | .45  | .45  | .45  | .45  | .45  | .45  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  |  |  |
|              | 2             | .75       | .60  | .55  | .55  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  |  |  |
|              | 1             | 1.20      | 1.00 | .85  | .85  | .75  | .70  | .70  | .65  | .65  | .65  | .55  | .55  | .55  | .55  |  |  |
| 9            | 9             | -.40      | -.05 | .10  | .20  | .25  | .25  | .30  | .30  | .35  | .35  | .45  | .45  | .45  | .45  |  |  |
|              | 8             | -.15      | .15  | .25  | .30  | .35  | .35  | .35  | .40  | .40  | .40  | .45  | .45  | .50  | .50  |  |  |
|              | 7             | .05       | .25  | .30  | .35  | .40  | .40  | .40  | .45  | .45  | .45  | .45  | .50  | .50  | .50  |  |  |
|              | 6             | .15       | .30  | .35  | .40  | .40  | .45  | .45  | .45  | .45  | .45  | .50  | .50  | .50  | .50  |  |  |
|              | 5             | .25       | .35  | .40  | .40  | .45  | .45  | .45  | .45  | .45  | .45  | .50  | .50  | .50  | .50  |  |  |
|              | 4             | .40       | .40  | .40  | .45  | .45  | .45  | .45  | .45  | .45  | .45  | .50  | .50  | .50  | .50  |  |  |
|              | 3             | .55       | .45  | .45  | .45  | .45  | .45  | .45  | .45  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  |  |  |
|              | 2             | .80       | .65  | .55  | .55  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  | .50  |  |  |
|              | 1             | 1.20      | 1.00 | .85  | .80  | .75  | .70  | .70  | .65  | .65  | .65  | .55  | .55  | .55  | .55  |  |  |

Tablo:2.3

| KAT<br>ADEİ                 | KATIN<br>YERİ | $y_0$     |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----------------------------|---------------|-----------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                             |               | $\bar{k}$ |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|                             |               | 0.1       | 0.2  | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 2.0 | 3.0 | 4.0 | 5.0 |     |
| 10                          | 10            | -.25      | .00  | .15 | .20 | .25 | .30 | .30 | .35 | .35 | .40 | .45 | .45 | .45 | .45 | .45 |
|                             | 9             | -.05      | .20  | .30 | .35 | .35 | .40 | .40 | .40 | .40 | .45 | .45 | .50 | .50 | .50 | .50 |
|                             | 8             | .10       | .30  | .35 | .40 | .40 | .40 | .45 | .45 | .45 | .45 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 |
|                             | 7             | .20       | .35  | .40 | .40 | .45 | .45 | .45 | .45 | .45 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 |
|                             | 6             | .30       | .40  | .40 | .45 | .45 | .45 | .45 | .45 | .45 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 |
|                             | 5             | .40       | .45  | .45 | .45 | .45 | .45 | .45 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 |
|                             | 4             | .50       | .45  | .45 | .45 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 |
|                             | 3             | .60       | .55  | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 |
|                             | 2             | .85       | .65  | .60 | .55 | .55 | .55 | .55 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 |
|                             | 1             | 1.35      | 1.00 | .90 | .80 | .75 | .75 | .70 | .70 | .65 | .65 | .60 | .55 | .55 | .55 | .55 |
| 11                          | 11            | -.25      | .00  | .15 | .20 | .25 | .30 | .30 | .30 | .35 | .35 | .45 | .45 | .45 | .45 | .45 |
|                             | 10            | -.05      | .20  | .25 | .30 | .35 | .40 | .40 | .40 | .40 | .45 | .45 | .50 | .50 | .50 | .50 |
|                             | 9             | .10       | .30  | .35 | .40 | .40 | .40 | .45 | .45 | .45 | .45 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 |
|                             | 8             | .20       | .35  | .40 | .40 | .45 | .45 | .45 | .45 | .45 | .45 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 |
|                             | 7             | .25       | .40  | .40 | .45 | .45 | .45 | .45 | .45 | .45 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 |
|                             | 6             | .35       | .40  | .45 | .45 | .45 | .45 | .45 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 |
|                             | 5             | .40       | .44  | .45 | .45 | .45 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 |
|                             | 4             | .50       | .50  | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 |
|                             | 3             | .65       | .55  | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 |
|                             | 2             | .85       | .65  | .60 | .55 | .55 | .55 | .55 | .55 | .55 | .55 | .55 | .55 | .55 | .55 | .55 |
|                             | 1             | 1.35      | 1.05 | .90 | .80 | .75 | .75 | .70 | .70 | .65 | .65 | .60 | .55 | .55 | .55 | .55 |
| 12<br>Veya<br>daha<br>fazla | ÜSTEN<br>1    | -.30      | .00  | .15 | .20 | .25 | .30 | .30 | .30 | .35 | .35 | .40 | .45 | .45 | .45 | .45 |
|                             | 2             | -.10      | .20  | .25 | .30 | .35 | .40 | .40 | .40 | .40 | .40 | .45 | .45 | .45 | .50 | .50 |
|                             | 3             | .05       | .25  | .30 | .40 | .40 | .40 | .45 | .45 | .45 | .45 | .45 | .50 | .50 | .50 | .50 |
|                             | 4             | .15       | .30  | .40 | .40 | .45 | .45 | .45 | .45 | .45 | .45 | .45 | .50 | .50 | .50 | .50 |
|                             | 5             | .25       | .35  | .50 | .45 | .45 | .45 | .45 | .45 | .45 | .45 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 |
|                             | 6             | .30       | .40  | .50 | .45 | .45 | .45 | .45 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 |
|                             | 7             | .35       | .40  | .55 | .45 | .45 | .45 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 |
|                             | 8             | .35       | .45  | .55 | .45 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 |
|                             |               | .45       | .45  | .55 | .45 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 |
|                             | ALTAN<br>4    | .55       | .50  | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 |
|                             | 3             | .65       | .55  | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 |
|                             | 2             | .90       | .70  | .60 | .55 | .55 | .55 | .55 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 | .50 |
|                             | 1             | 1.35      | 1.05 | .90 | .80 | .75 | .70 | .70 | .70 | .65 | .65 | .60 | .55 | .55 | .55 | .55 |

Tablo:2.3 devamı

| $\alpha_1$ | $y_1$     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |
|------------|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|--|
|            | $\bar{k}$ |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |
|            | 0.1       | 0.2  | 0.3  | 0.4  | 0.5  | 0.6  | 0.7  | 0.8  | 0.9  | 1.0  | 2.0  | 3.0  | 4.0  | 5.0  |  |  |
| 0.4        | 0.55      | 0.40 | 0.30 | 0.25 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 |  |  |
| 0.5        | .45       | .30  | .20  | .20  | .15  | .15  | .15  | .10  | .10  | .10  | .05  | .05  | .05  | .05  |  |  |
| 0.6        | .30       | .20  | .15  | .15  | .10  | .10  | .10  | .10  | .05  | .05  | .05  | .05  | .05  | .00  |  |  |
| 0.7        | .20       | .15  | .10  | .10  | .10  | .05  | .05  | .05  | .05  | .05  | .05  | .05  | .00  | .00  |  |  |
| 0.8        | .15       | .10  | .05  | .05  | .05  | .05  | .05  | .05  | .05  | .05  | .00  | .00  | .00  | .00  |  |  |
| 0.9        | .05       | .05  | .05  | .05  | .00  | .00  | .00  | .00  | .00  | .00  | .00  | .00  | .00  | .00  |  |  |

|          |          |                            |                                                          |                                                  |
|----------|----------|----------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| $K_{b1}$ | $K_{b2}$ | $K_{b0} = K_{b1} + K_{b2}$ | $\alpha_1 = \frac{K_{b0}}{K_{bu}}$                       | En alt kat için<br>$y_1 = 0$                     |
| $K_{b3}$ | $K_{b4}$ | $K_{bu} = K_{b3} + K_{b4}$ | $K_{b0} > K_{bu}$ ise $\alpha_1 = \frac{K_{bu}}{K_{b0}}$ | olarak bulunacak $y_1$ 'i<br>(-) işaretle alınız |

Tablo:2.4

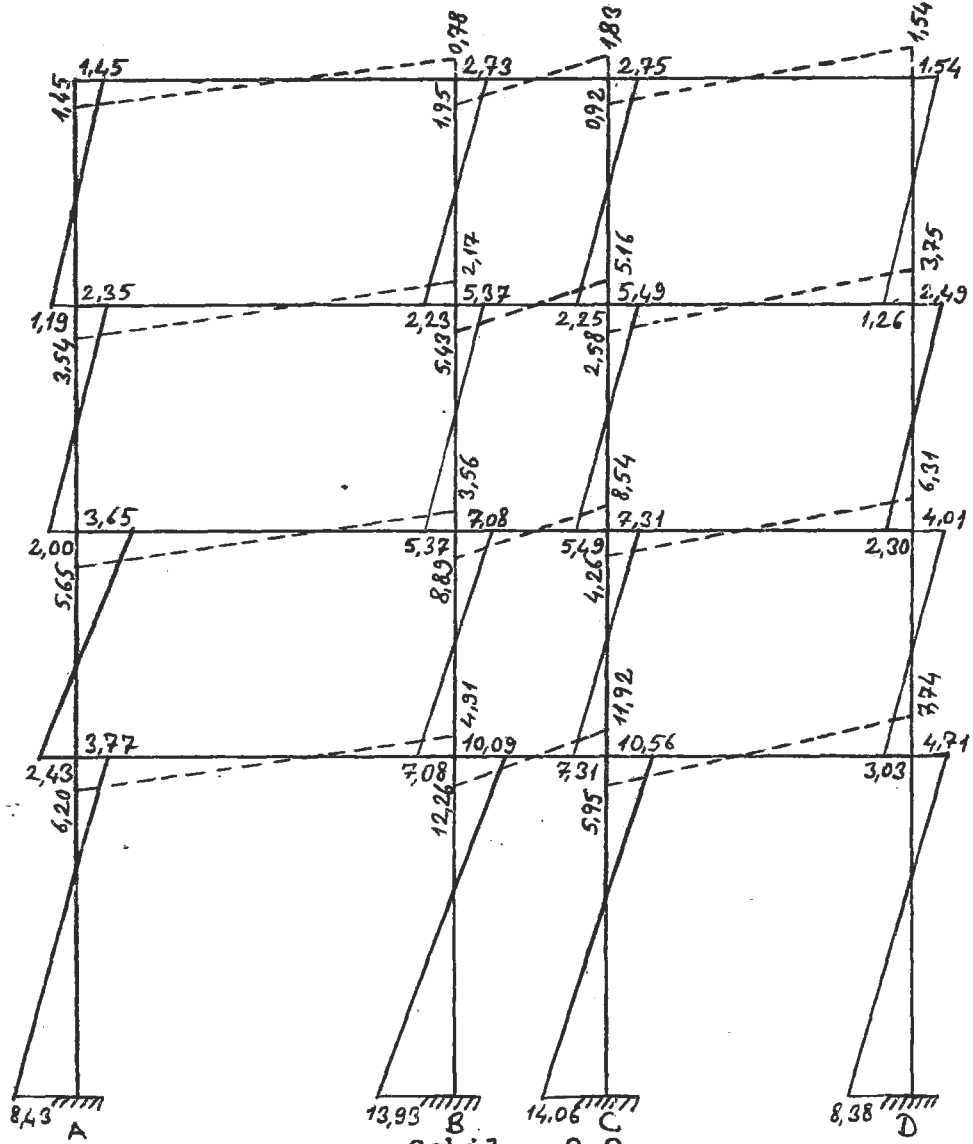
| $\alpha_2$ | $\alpha_3$ | $y_2$ ve $y_3$ |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |
|------------|------------|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|--|
|            |            | $\bar{k}$      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |
|            |            | 0.1            | 0.2  | 0.3  | 0.4  | 0.5  | 0.6  | 0.7  | 0.8  | 0.9  | 1.0  | 2.0  | 3.0  | 4.0  | 5.0  |  |  |
| 2.0        |            | 0.25           | 0.15 | 0.15 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.00 | 0.00 |  |  |
| 1.8        |            | .20            | .15  | .10  | .10  | .10  | .05  | .05  | .05  | .05  | .05  | .05  | .00  | .00  | .00  |  |  |
| 1.6        | 0.4        | .15            | .10  | .10  | .05  | .05  | .05  | .05  | .05  | .05  | .05  | .05  | .00  | .00  | .00  |  |  |
| 1.4        | 0.6        | .10            | .05  | .05  | .05  | .05  | .05  | .05  | .05  | .05  | .05  | .00  | .00  | .00  | .00  |  |  |
| 1.2        | 0.8        | .05            | .05  | .05  | .00  | .00  | .00  | .00  | .00  | .00  | .00  | .00  | .00  | .00  | .00  |  |  |
| 1.0        | 1.0        | .00            | .00  | .00  | .00  | .00  | .00  | .00  | .00  | .00  | .00  | .00  | .00  | .00  | .00  |  |  |
| 0.8        | 1.2        | -.05           | -.05 | -.05 | .00  | .00  | .00  | .00  | .00  | .00  | .00  | .00  | .00  | .00  | .00  |  |  |
| 0.6        | 1.4        | -.10           | -.05 | -.05 | -.05 | -.05 | -.05 | -.05 | -.05 | -.05 | .00  | .00  | .00  | .00  | .00  |  |  |
| 0.4        | 1.6        | -.05           | -.10 | -.10 | -.05 | -.05 | -.05 | -.05 | -.05 | -.05 | -.05 | .00  | .00  | .00  | .00  |  |  |
|            | 1.8        | -.20           | -.15 | -.10 | -.10 | -.10 | -.05 | -.05 | -.05 | -.05 | -.05 | -.05 | .00  | .00  | .00  |  |  |
|            | 2.0        | -.25           | -.15 | -.15 | -.10 | -.10 | -.10 | -.10 | -.10 | -.05 | -.05 | -.05 | -.05 | .00  | .00  |  |  |

|                                                       |                                               |
|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| $\frac{h_o}{h} = \alpha_2$                            | $y_2 : \alpha_2 = \frac{h_o}{h}$ i kullanınız |
| $\frac{h_u}{h} = \alpha_3$                            | $y_3 : \alpha_3 = \frac{h_u}{h}$ i kullanınız |
| en üst kat için $y_2 = 0$ , en alt kat için $y_3 = 0$ |                                               |

Tablo:2.5

| Kat | Kol | $k_n$ | $K_n$ | $a$   | $Dn=a \cdot k_n$ | $\Sigma D$ | $\frac{D}{\Sigma D}$ | $\Sigma w$ | $Q_n$<br>(t) | $y_0$ | $\sum_{i=1}^n y_i$ | $y = \frac{\sum y_i}{n}$ | $h \cdot y$ | $h \cdot h \cdot y$ | Hatirlatma                                                 | $M_u$ | $M_o$ |
|-----|-----|-------|-------|-------|------------------|------------|----------------------|------------|--------------|-------|--------------------|--------------------------|-------------|---------------------|------------------------------------------------------------|-------|-------|
| 1   | A   | 1,72  | 5,23  | 0,723 | 1,244            |            | 0,171                |            | 0,879        | 0,45  | 0                  | 0                        | 1,35        | 1,65                | $k = \frac{1}{2}$                                          | 1,19  | 1,45  |
|     | B   | 2,75  | 11,45 | 0,851 | 2,340            | 7,267      | 0,322                | 5,14       | 1,655        | 0,45  | 0                  | 0                        | 1,35        | 1,65                |                                                            | 2,23  | 2,73  |
|     | C   | 2,75  | 12,27 | 0,860 | 2,365            |            | 0,325                |            | 1,670        | 0,45  | 0                  | 0                        | 1,35        | 1,65                |                                                            | 2,25  | 2,75  |
|     | D   | 1,72  | 6,54  | 0,766 | 1,318            |            | 0,182                |            | 0,936        | 0,45  | 0                  | 0                        | 1,35        | 1,65                |                                                            | 1,26  | 1,54  |
| 2   | A   | 4,10  | 2,20  | 0,524 | 2,148            |            | 0,141                |            | 1,451        | 0,46  | 0                  | 0                        | 1,38        | 1,62                | $M_u = Q_n \cdot h \cdot y$<br>$M_o = Q_n (h - h \cdot y)$ | 2,00  | 2,35  |
|     | B   | 8,00  | 3,94  | 0,663 | 5,304            | 15,246     | 0,348                | 10,29      | 3,581        | 0,50  | 0                  | 0                        | 1,50        | 1,50                |                                                            | 5,37  | 5,37  |
|     | C   | 8,00  | 4,22  | 0,678 | 5,424            |            | 0,356                |            | 3,663        | 0,50  | 0                  | 0                        | 1,50        | 1,50                |                                                            | 5,49  | 5,49  |
|     | D   | 4,10  | 2,74  | 0,578 | 2,370            |            | 0,155                |            | 1,595        | 0,48  | 0                  | 0                        | 1,44        | 1,56                |                                                            | 2,30  | 2,49  |
| 3   | A   | 10,60 | 0,85  | 0,298 | 3,159            |            | 0,145                |            | 2,026        | 0,45  | 0                  | 0                        | 1,20        | 1,80                |                                                            | 2,43  | 3,65  |
|     | B   | 13,80 | 2,28  | 0,533 | 7,355            | 21,786     | 0,338                | 13,97      | 4,722        | 0,50  | 0                  | 0                        | 1,50        | 1,50                |                                                            | 7,08  | 7,08  |
|     | C   | 13,80 | 2,45  | 0,551 | 7,604            |            | 0,349                |            | 4,876        | 0,50  | 0                  | 0                        | 1,50        | 1,50                |                                                            | 7,31  | 7,31  |
|     | D   | 10,60 | 1,06  | 0,346 | 3,668            |            | 0,168                |            | 2,346        | 0,45  | 0                  | 0                        | 1,29        | 1,71                |                                                            | 3,03  | 4,01  |
| 4   | A   | 14,60 | 0,62  | 0,427 | 6,234            |            | 0,165                |            | 2,711        | 0,69  | 0                  | 0                        | 3,11        | 1,38                |                                                            | 8,43  | 3,77  |
|     | B   | 21,80 | 1,44  | 0,564 | 12,295           | 37,795     | 0,325                | 16,43      | 5,340        | 0,58  | 0                  | 0                        | 2,61        | 1,89                |                                                            | 13,93 | 10,09 |
|     | C   | 21,80 | 1,55  | 0,577 | 12,579           |            | 0,333                |            | 5,471        | 0,57  | 0                  | 0                        | 2,57        | 1,93                |                                                            | 14,06 | 10,56 |
|     | D   | 14,60 | 0,77  | 0,458 | 6,687            |            | 0,177                |            | 2,908        | 0,64  | 0                  | 0                        | 2,88        | 1,62                |                                                            | 8,38  | 4,71  |



Şekil : 2.8

MUTO metodu sonuçlarına göre çerçeve moment diyagramı

Kat Deplasmanlarının Hesabı :

$w = (t)$ ;  $h = (m)$ ;  $k = (dm^4/m)$ ;  $E = (2,1.10^6 \text{ t/m}^2)$  olduğundan birim uygunluğu için  $1/210$  ile çarpılır.

$$\underline{1. \text{ katta : } \delta = \frac{\sum W}{\sum D} = \frac{5,14}{\frac{12}{3^2} \cdot 7,267 \cdot 210} = 0,253 \cdot 10^{-2} \text{ m.}}$$

$$\underline{2. \text{ katta : } \delta = \frac{\sum W}{\sum D} = \frac{10,29}{\frac{12}{3^2} \cdot 15,246 \cdot 210} = 0,241 \cdot 10^{-2} \text{ m.}}$$



$$\underline{3. \text{ katta : } \delta = \frac{\sum W}{\sum D} = \frac{13,97}{\frac{12}{3^2} \cdot 21.786.210} = 0,229.10^{-2} \text{ m.}}$$

$$\underline{4. \text{ katta : } \delta = \frac{\sum W}{\sum D} = \frac{16,43}{\frac{12}{4,5^2} \cdot 37.795.210} = 0,349.10^{-2} \text{ m.}}$$

### 2.3- ÇAKIROĞLU - ÖZMEN METODU :

Kat kesme kuvvetlerinin kolonlara dağıtılması esasına dayanan bu yaklaşık metodda da;

D kolon rijitliği,

$$\delta = \frac{T}{D} \quad \dots\dots(2.3.1)$$

ile tanımlanmaktadır.

Burada :

T : Kolon kesme kuvvetini,

$\delta$  : Bir kattaki kolonların üst uçlarının alt uçlarına göre rölatif yatay deplasmanını göstermektedir (Şekil: 2.9).

Bir katta bulunan bütün kolonlara ait  $\delta$  ların birbirine eşit olmaları özelliğinden,

$$\delta = \frac{T_1}{D_1} = \frac{T_2}{D_2} = \dots\dots = \frac{\sum T}{\sum D} \quad \dots\dots(2.3.2)$$

bağıntısı yazılabilir.

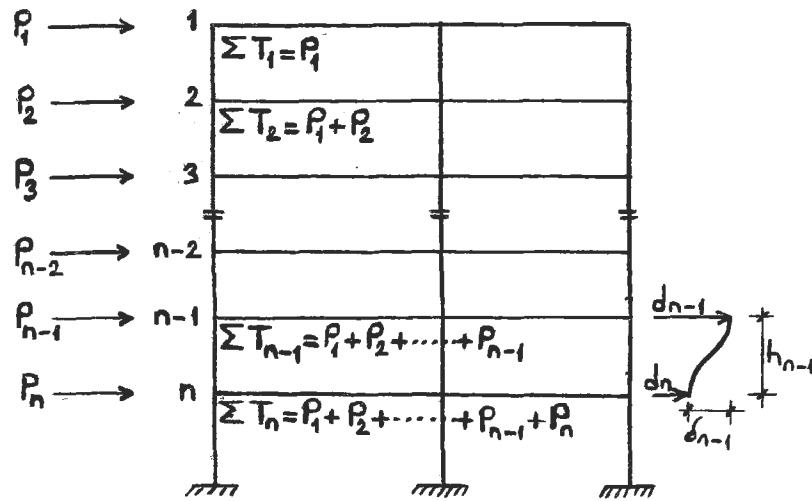
Burada,  $\sum T$  ve  $\sum D$ , sırasıyla bir kattaki kolon kesme kuvvetlerinin ve rijitliklerinin toplamını göstermektedir.

Buna göre, kat kesme kuvveti denilen  $\sum T$  nin ve D kolon rijitliklerinin bilinmesi halinde bir j kolonuna ait kesme kuvveti,

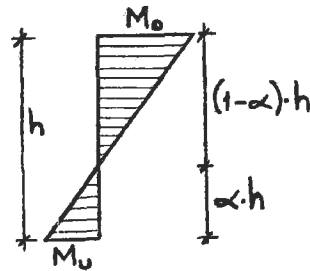
$$T_j = \frac{D_j}{\sum D} \cdot \sum T \quad \dots\dots(2.3.3)$$

ile tayin edilebilir.

Burada  $D_j/\sum D$ , j kolonuna ait dağıtma sayısını göstermektedir.



Şekil : 2.9



Şekil : 2.10

Şekil : 2.10 üzerinde tanımlaması yapılan ve kolonların moment sıfır noktalarının yerlerini belirten  $\alpha$  sayılarının bilinmesi halinde, kolon uç momentleri kesme kuvvetlerine bağlı olarak,

$$M_u = \alpha \cdot T \cdot h$$

$$M_o = (1 - \alpha) \cdot T \cdot h$$

....(2.3.4)

ile elde edilebilir.

Kolon boy değişmelerinin terkedildiği hallerde, mütemadi kiriş durumuna gelen kat kirişleri düğüm noktalarına üst ve alttan etkiyen, bilinen kolon uç momentlerine göre Cross metoduyla hesaplanıp kiriş uç momentleri de bulunarak sistemin hesabı tamamlanmış olur. Kolonların D ve  $\alpha$  sayıları, yalnız kat kirişlerinin sonsuz rijit olmaları özel halinde,

j : Kolon atalet momentini,

h : Kat yüksekliğini,

E : Elastisite modülünü

göstermek üzere;

$$D = \frac{12 \cdot E_j}{h^3} , \quad \alpha = \frac{1}{2} \quad \dots(2.3.5)$$

gibi sabit değerler olmakta iselerde, gerçekte Ref.(1)e göre komşu çubukların moment sıfır noktalarının yerlerine ve kolonların  $\delta$  relatif deplasmanlarının oranlarına bağlı değerler almaktadırlar. Buna göre, k değişken bir katsayıyı göstermek üzere; kolon rijitliği,

$$D = \frac{12 \cdot E_j}{h^3} \cdot k , \quad 0 < k < 1 \quad \dots(2.3.6)$$

şeklinde ifade edilebilir. Kolon boylarının bir kat boyunca sabit olması halinde D değerleri yerine

$$\bar{D} = \frac{12 E_j}{h} \cdot k \quad \dots(2.3.6')$$

değerleri alınarak da hesap yapılabilmektedir.

k ve  $\alpha$ 'nın sabit olmaması nedeniyle Ref.(1) de bir ardışık yaklaşım hesap metodu geliştirilmiştir. Burada önce tatbikatta çok rastlanılan çerçeve ve yükleme türleri üzerinde yapılan hesaplar sonucunda en muhtemel k ve  $\alpha$  değerleri tayin edilmiş ve bulunan sonuçlar üst ara ve alt katları için ayrı ayrı olmak üzere diyagramlar ile verilmiştir. Ref.(1) den alınan bu diyagramlarda kullanılan  $r_o$  ve  $r_u$  parametreleri,

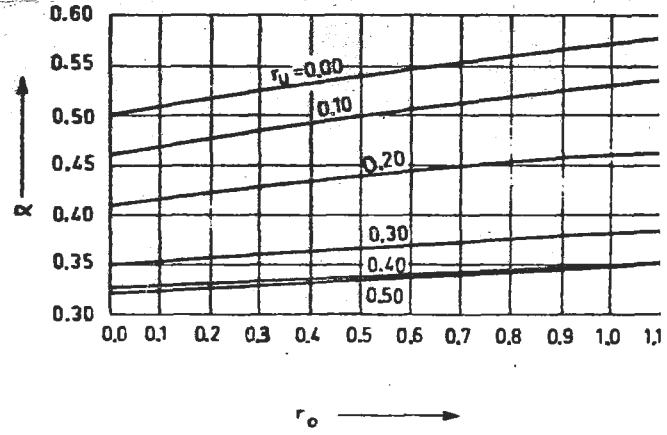
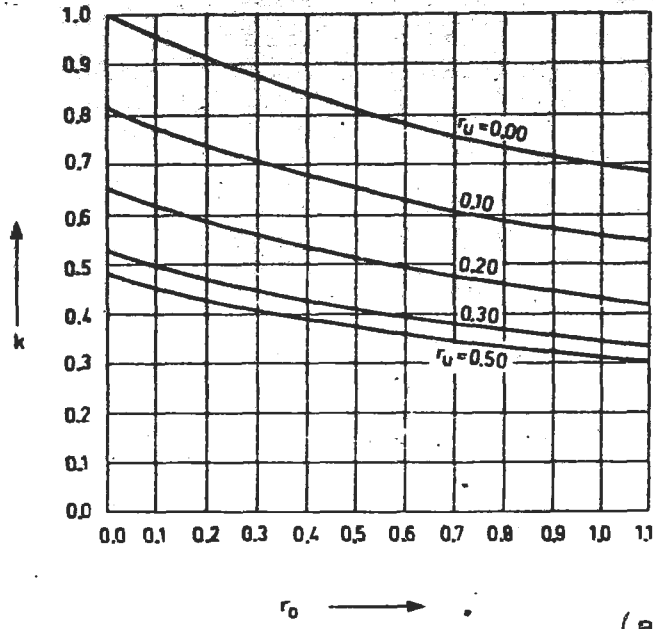
$r_o$  : Kolon j/L sinin, kolonun üst ucunda birleşen kolon ve kirişlerin j/L lerinin toplamına oranını,

$r_u$  : Kolon j/L sinin, kolonun alt ucunda birleşen kolon ve kirişlerin j/L lerinin toplamına oranını

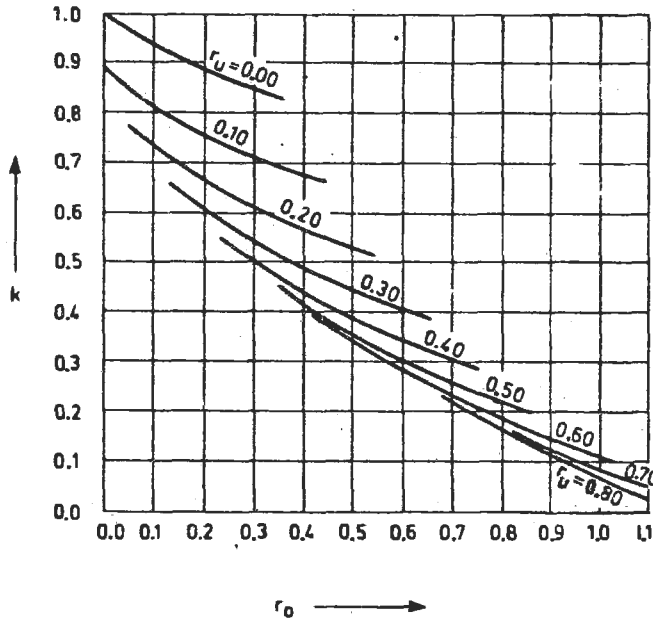
göstermektedir.

Abaklar Şekil : 2.11 de verilmiştir.

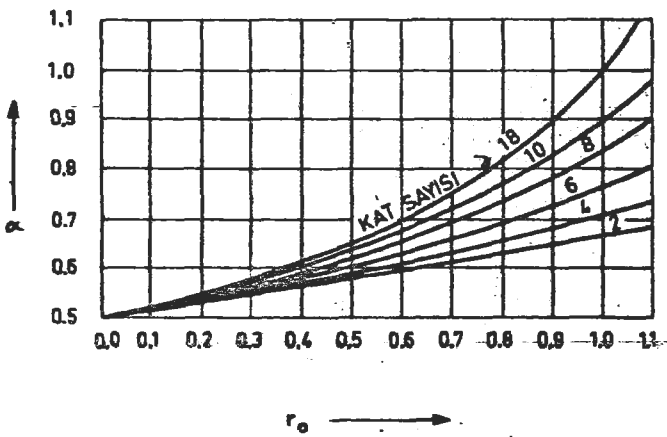
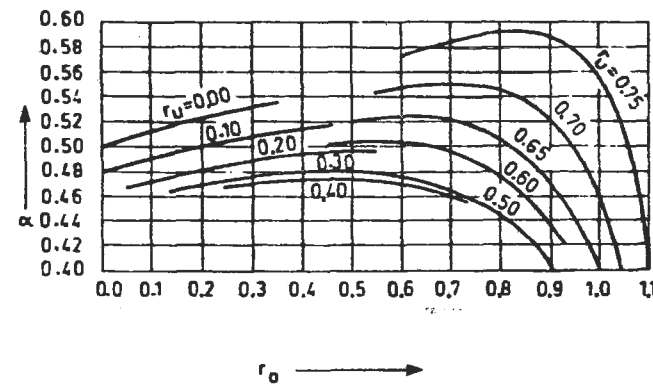
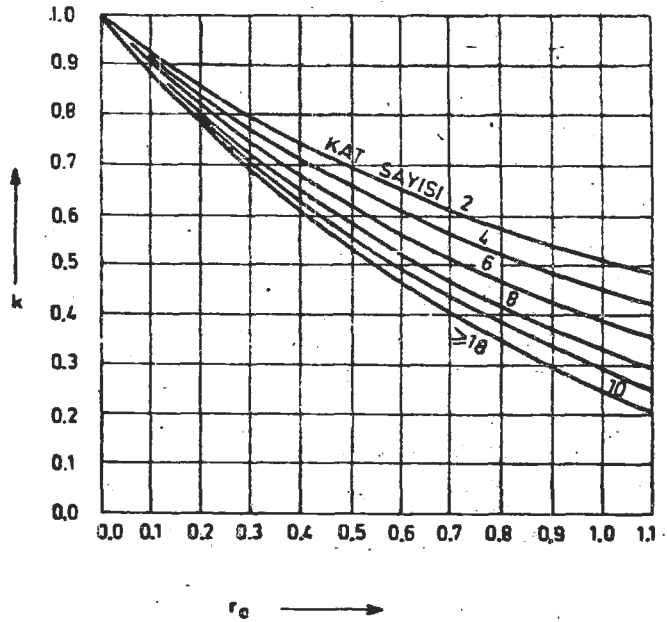
ÜST KAT



ARA KAT



ALT KAT

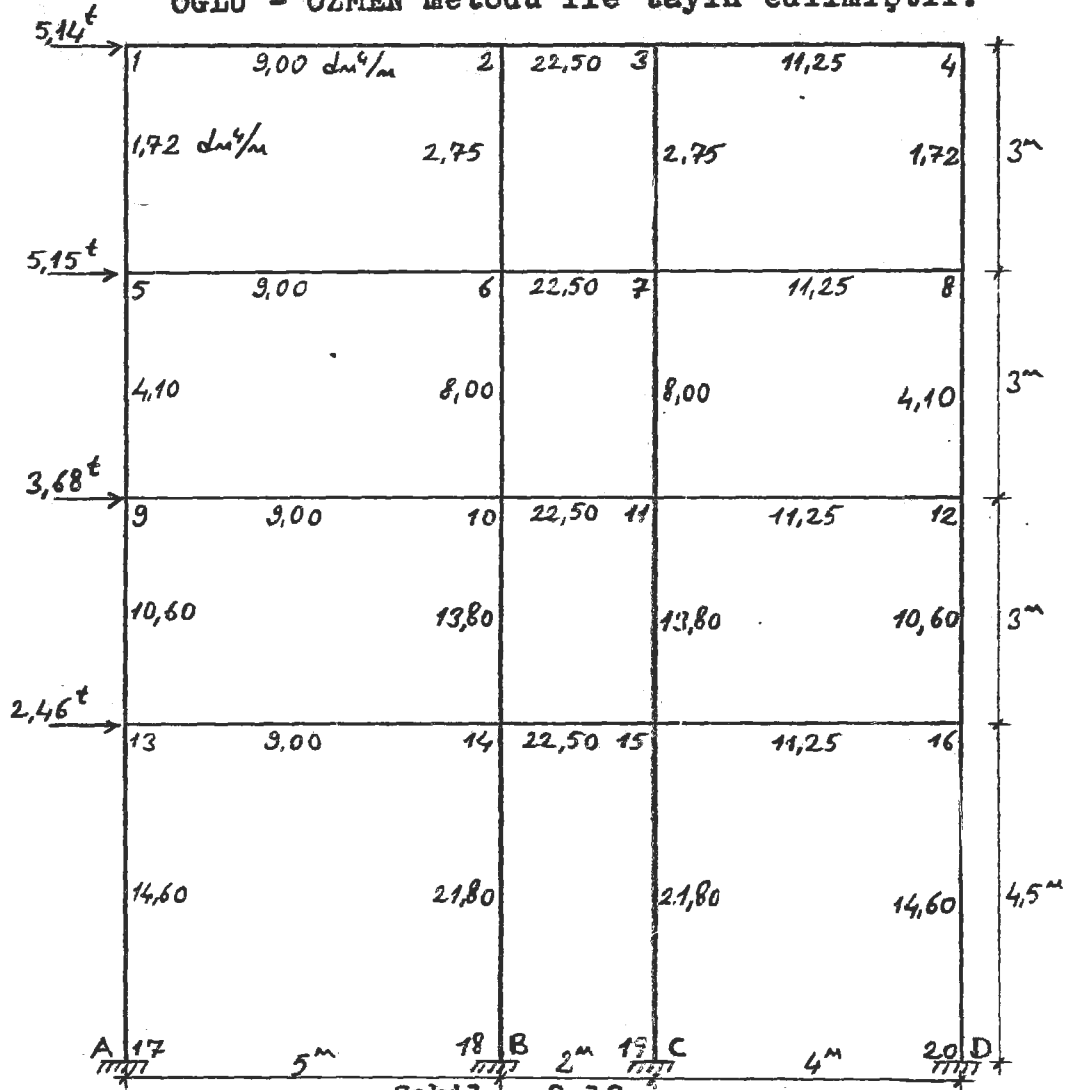


(b)

(c)

Şekil:2.11

**ÖRNEK :** Aşağıda verilen çerçevenin moment diyagramı ÇAKIR-OĞLU - ÖZMEN metodu ile tayin edilmiştir.



Şekil : 2.12

Çözüm, kolay olması amacıyla bir tablo halinde düzenlenmiştir.

Hesap için örnek :

B aksı 2. kat kolonu :

$$r_o = \frac{8}{9.00 + 22.50 + 2.75} = 0.23$$

$$r_u = \frac{8}{9.00 + 22.50 + 13.80} = 0.18$$

$$\bar{D} = 8.0,67 = 5,36$$

$$T = \frac{\bar{D}}{\sum \bar{D}} \sum T = \frac{5,36}{15,60} \cdot 10,29 = 3,53$$

$$M_u = \alpha \cdot T \cdot h = 0,49 \cdot 3,53 \cdot 3 = 5,19$$

$$M_o = (1-\alpha) \cdot T \cdot h = (1-0,49) \cdot 3,53 \cdot 3 = 5,40$$

### Kolon uç momentleri hesabı

| Kat-lar | Notasyon                                                                            | A aksı                                                       | B aksı                                                       | C aksı                                                       | D aksı                                                       | $\sum T$<br>$\sum \bar{D}$                        |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| 1       | $r_o=R/R_o$<br>$r_u=R/R_u$<br>$k$<br>$\bar{D}$<br>$T$<br>$\alpha$<br>$M_o$<br>$M_u$ | 0,19<br>0,13<br>0,69<br>1,19<br>0,86<br>0,46<br>1,39<br>1,19 | 0,09<br>0,07<br>0,84<br>2,31<br>1,68<br>0,48<br>2,62<br>2,42 | 0,08<br>0,07<br>0,84<br>2,31<br>1,68<br>0,48<br>2,62<br>2,42 | 0,15<br>0,11<br>0,74<br>1,27<br>0,92<br>0,47<br>1,46<br>1,30 | $\sum T=5,14$<br>$\sum \bar{D}=7,08$              |
| 2       | $r_o=R/R_o$<br>$r_u=R/R_u$<br>$k$<br>$\bar{D}$<br>$T$<br>$\alpha$<br>$M_o$<br>$M_u$ | 0,38<br>0,21<br>0,56<br>2,30<br>1,52<br>0,49<br>2,33<br>2,23 | 0,23<br>0,18<br>0,67<br>5,36<br>3,53<br>0,49<br>5,40<br>5,19 | 0,22<br>0,17<br>0,68<br>5,44<br>3,59<br>0,49<br>5,49<br>5,28 | 0,32<br>0,19<br>0,61<br>2,50<br>1,65<br>0,49<br>2,52<br>2,43 | $\sum T=5,14+5,15=10,29$<br>$\sum \bar{D}=15,60$  |
| 3       | $r_o=R/R_o$<br>$r_u=R/R_u$<br>$k$<br>$\bar{D}$<br>$T$<br>$\alpha$<br>$M_o$<br>$M_u$ | 0,81<br>0,45<br>0,24<br>2,54<br>1,70<br>0,44<br>2,86<br>2,24 | 0,35<br>0,26<br>0,54<br>7,45<br>4,98<br>0,48<br>7,77<br>7,17 | 0,33<br>0,25<br>0,56<br>7,73<br>5,17<br>0,48<br>8,07<br>7,44 | 0,69<br>0,41<br>0,30<br>3,18<br>2,12<br>0,46<br>3,43<br>2,93 | $\sum T=10,29+3,68=13,97$<br>$\sum \bar{D}=20,90$ |
| 4       | $r_o=R/R_o$<br>$r_u=R/R_u$<br>$k$<br>$\bar{D}$<br>$T$<br>$\alpha$<br>$M_o$<br>$M_u$ | 0,74<br>0<br>0,55<br>8,03<br>2,91<br>0,64<br>4,71<br>8,38    | 0,48<br>0<br>0,66<br>14,39<br>5,21<br>0,59<br>9,61<br>13,83  | 0,46<br>0<br>0,67<br>14,61<br>5,29<br>0,58<br>10,00<br>13,81 | 0,67<br>0<br>0,57<br>8,32<br>3,02<br>0,62<br>5,16<br>8,43    | $\sum T=13,97+2,46=16,43$<br>$\sum \bar{D}=45,35$ |

## Kiriş Uç Momentleri Hesabı :

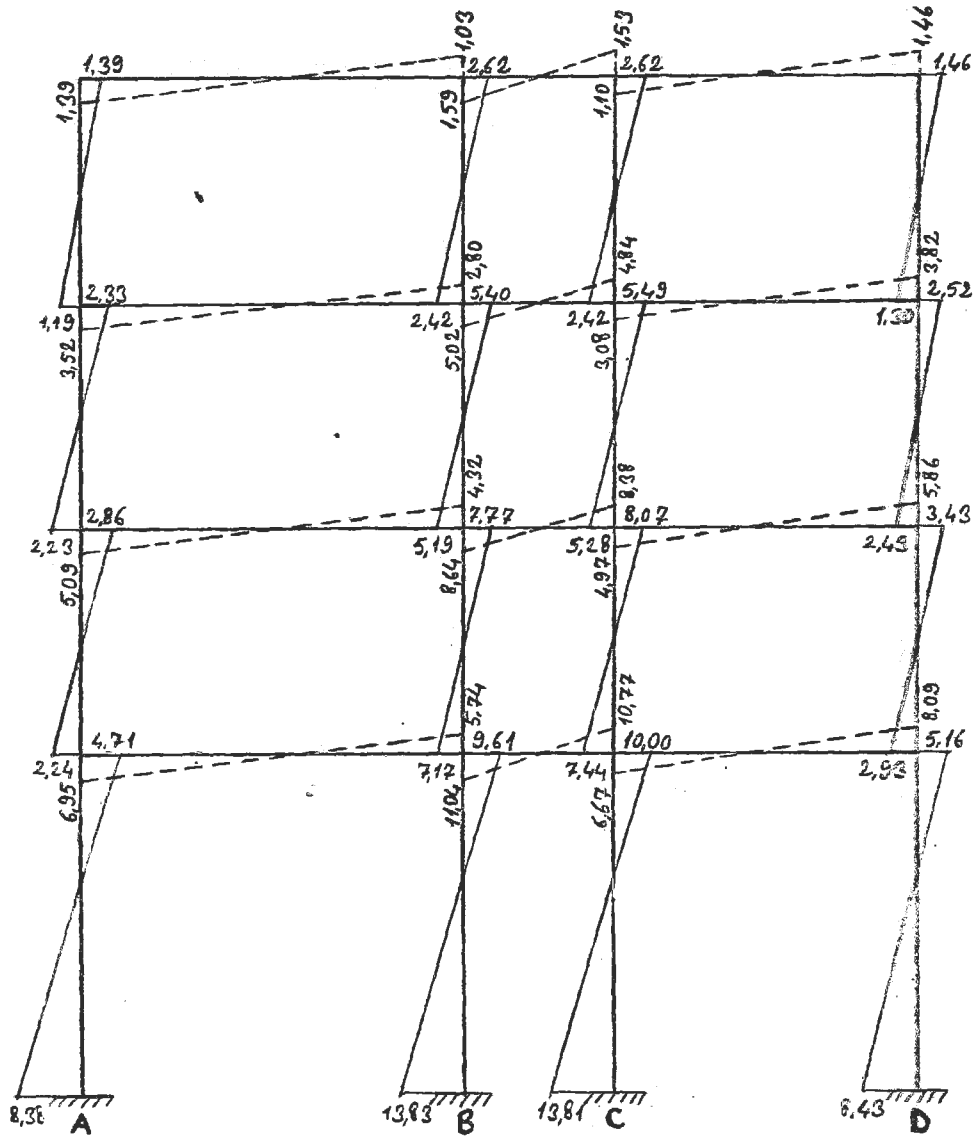
| 1. KAT         | A            | 9,00 dm <sup>4</sup> /m | B      | 22,50 dm <sup>4</sup> /m | C      | 11,25 dm <sup>4</sup> /m | D            |
|----------------|--------------|-------------------------|--------|--------------------------|--------|--------------------------|--------------|
|                |              | 5,00 m                  |        | 2,00 m                   |        | 4,00 m                   |              |
| k              |              | 0,75x9,00=6,75          |        | 1x22,50=22,50            |        | 0,75x11,25=8,438         |              |
| d              |              | 0,231                   | 0,769  | 0,727                    | 0,273  |                          |              |
| M <sub>T</sub> | -1,39        |                         | -2,62  |                          | -2,62  |                          | -1,46        |
|                | <u>+1,39</u> | +0,695                  |        |                          | +0,730 |                          | <u>+1,46</u> |
|                |              | +0,445                  | +1,480 | +0,740                   |        |                          |              |
|                |              |                         | +0,418 | +0,836                   | +0,314 |                          |              |
|                |              | -0,097                  | -0,321 | -0,161                   |        |                          |              |
|                |              |                         | +0,059 | +0,117                   | +0,044 |                          |              |
|                |              | -0,014                  | -0,045 | -0,023                   |        |                          |              |
|                |              |                         | +0,009 | +0,017                   | +0,006 |                          |              |
|                |              | -0,002                  | -0,007 | -0,004                   |        |                          |              |
|                |              | +1,027                  | 1,593  | +0,003                   | +0,001 |                          |              |
|                |              |                         |        | 1,525                    | +1,095 |                          |              |

| 2. KAT         | A            | 9,00 dm <sup>4</sup> /m | B      | 22,50 dm <sup>4</sup> /m | C      | 11,25 dm <sup>4</sup> /m | D            |
|----------------|--------------|-------------------------|--------|--------------------------|--------|--------------------------|--------------|
|                |              | 5,00 m                  |        | 2,00 m                   |        | 4,00 m                   |              |
| k              |              | 0,75x9,00=6,75          |        | 1x22,50=22,50            |        | 0,75x11,25=8,438         |              |
| d              |              | 0,231                   | 0,769  | 0,727                    | 0,273  |                          |              |
| M <sub>T</sub> | -3,52        |                         | -7,82  |                          | -7,91  |                          | -3,82        |
|                | <u>+3,52</u> | +1,760                  |        |                          | +1,910 |                          | <u>+3,82</u> |
|                |              | +1,400                  | +4,660 | +2,330                   |        |                          |              |
|                |              |                         | +1,334 | +2,668                   | +1,002 |                          |              |
|                |              | -0,308                  | -1,026 | -0,513                   |        |                          |              |
|                |              |                         | +0,187 | +0,373                   | +0,140 |                          |              |
|                |              | -0,043                  | -0,144 | -0,072                   |        |                          |              |
|                |              |                         | +0,026 | +0,052                   | +0,020 |                          |              |
|                |              | -0,006                  | -0,020 | -0,010                   |        |                          |              |
|                |              |                         | +0,004 | +0,007                   | +0,003 |                          |              |
|                |              | -0,001                  | -0,003 | +4,835                   | +3,075 |                          |              |
|                |              | +2,802                  | +5,018 |                          |        |                          |              |

| 3. KAT         | A              | 9,00 dm <sup>4</sup> /m | B             | 22,50 dm <sup>4</sup> /m | C                | 11,25 dm <sup>4</sup> /m | D |
|----------------|----------------|-------------------------|---------------|--------------------------|------------------|--------------------------|---|
|                | 5,00 m         |                         | 2,00 m        |                          | 4,00 m           |                          |   |
| k              | 0,75x9,00=6,75 |                         | 1x22,50=22,50 |                          | 0,75x11,25=8,438 |                          |   |
| d              | 0,231          | 0,769                   | 0,727         | 0,273                    |                  |                          |   |
| M <sub>T</sub> | -5,09          | -12,96                  | -13,35        | -5,86                    |                  |                          |   |
|                | <u>+5,09</u>   | +2,545                  |               | +2,930                   | <u>+5,86</u>     |                          |   |
|                |                | +2,406                  | +8,009        | +4,005                   |                  |                          |   |
|                |                |                         | +2,332        | +4,664                   | +1,751           |                          |   |
|                |                | -0,539                  | -1,793        | -0,897                   |                  |                          |   |
|                |                |                         | +0,326        | +0,652                   | +0,245           |                          |   |
|                |                | -0,075                  | -0,251        | -0,126                   |                  |                          |   |
|                |                |                         | +0,046        | +0,092                   | +0,034           |                          |   |
|                |                | -0,011                  | -0,035        | -0,018                   |                  |                          |   |
|                |                |                         | +0,007        | +0,013                   | +0,005           |                          |   |
|                |                | -0,002                  | -0,005        | -0,003                   |                  |                          |   |
|                |                | +4,324                  | +8,636        | +0,002                   | +0,001           |                          |   |
|                |                |                         |               | +8,384                   | +4,966           |                          |   |

| 4. KAT         | A              | 9,00 dm <sup>4</sup> /m | B             | 22,50 dm <sup>4</sup> /m | C                | 11,25 dm <sup>4</sup> /m | D |
|----------------|----------------|-------------------------|---------------|--------------------------|------------------|--------------------------|---|
|                | 5,00 m         |                         | 2,00 m        |                          | 4,00 m           |                          |   |
| k              | 0,75x9,00=6,75 |                         | 1x22,50=22,50 |                          | 0,75x11,25=8,438 |                          |   |
| d              | 0,231          | 0,769                   | 0,727         | 0,273                    |                  |                          |   |
| M <sub>T</sub> | -6,95          | -16,78                  | -17,44        | -8,09                    |                  |                          |   |
|                | <u>+6,95</u>   | +3,475                  |               | +4,045                   | <u>+8,09</u>     |                          |   |
|                |                | +3,073                  | +10,232       | +5,116                   |                  |                          |   |
|                |                |                         | +3,030        | +6,019                   | +2,260           |                          |   |
|                |                | -0,695                  | -2,315        | -1,158                   |                  |                          |   |
|                |                |                         | +0,421        | +0,842                   | +0,316           |                          |   |
|                |                | -0,097                  | -0,324        | -0,162                   |                  |                          |   |
|                |                |                         | +0,059        | +0,118                   | +0,044           |                          |   |
|                |                | -0,014                  | -0,045        | -0,023                   |                  |                          |   |
|                |                |                         | +0,009        | +0,017                   | +0,006           |                          |   |
|                |                | -0,002                  | -0,007        | -0,004                   |                  |                          |   |
|                |                | +5,740                  | +11,040       | +0,003                   | +0,001           |                          |   |
|                |                |                         |               | 10,768                   | +6,672           |                          |   |





Şekil : 2.13

ÇAKIROĞLU - ÖZMEN Metodu Sonuçlarına göre  
çerçeve moment diyagramı

Kat deplasmanlarının hesabı :

1. katta :  $\delta = \frac{\sum T}{\sum D} = \frac{5,14}{\frac{12}{3^2} \cdot 7,08 \cdot 210} = 0,259 \cdot 10^{-2} \text{ m}$

2. katta :  $\delta = \frac{\sum T}{\sum D} = \frac{10,29}{\frac{12}{3^2} \cdot 15,60 \cdot 210} = 0,236 \cdot 10^{-2} \text{ m}$

3. katta :  $\delta = \frac{\sum T}{\sum D} = \frac{13,97}{\frac{12}{3^2} \cdot 20,90 \cdot 210} = 0,238 \cdot 10^{-2} \text{ m}$

$$\underline{4. \text{ katta : } \delta = \frac{\sum T}{\sum D} = \frac{16,43}{\frac{12}{4,5^2} \cdot 45,35 \cdot 210} = 0,291 \cdot 10^{-2} \text{ m}}$$

#### 2.4- AYDIN METODU :

Bu metodda kat kesme kuvvetlerinin kolonlara dağıtılması esasına dayanır.

$\delta = 1$ , kattaki birim deplasman için herhangi bir kolondaki  $s$  rijitliği,

$$s = \frac{12 \cdot k_c}{h^2} \cdot C \quad \dots(2.4.1)$$

olarak hesaplanabilir.

Burada ;

$k_c$  : Kolon rijitliğini,

$h$  : Kat yüksekliğini,

$C$  : Kolon rijitliğiyle ilgili bir katsayıyı

göstermektedir.

Kolon kesme kuvveti  $Q$  ise,

$$Q = s \cdot \delta \quad \dots(2.4.2)$$

ile hesaplanabilir.

Bir kattaki bütün kolon uç deplasmanlarının birbirine eşit olacağı şartı uygulanırsa,

$$\delta = \frac{Q_1}{s_1} = \frac{Q_2}{s_2} = \frac{Q_3}{s_3} = \dots = \frac{Q_n}{s_n} = \frac{\sum Q}{\sum s} \quad \dots(2.4.3)$$

yazılabilir.

Herhangi bir kolondaki  $Q_n$  kesici kuvvetin değeri ise,

$$Q_n = \frac{\sum Q}{\sum s} \cdot s_n \quad \dots(2.4.4)$$

olarak elde edilir.

Burada :  $\sum Q$  = Dış kesici kuvvet

$\sum s$  = Kattaki kolonların  $s$  rijitlikleri toplamı

$s_n$  = (n) kolonunun  $s$  rijitlikleri ,

$Q_n$  = (n) kolonundaki kesici kuvvet'tir.

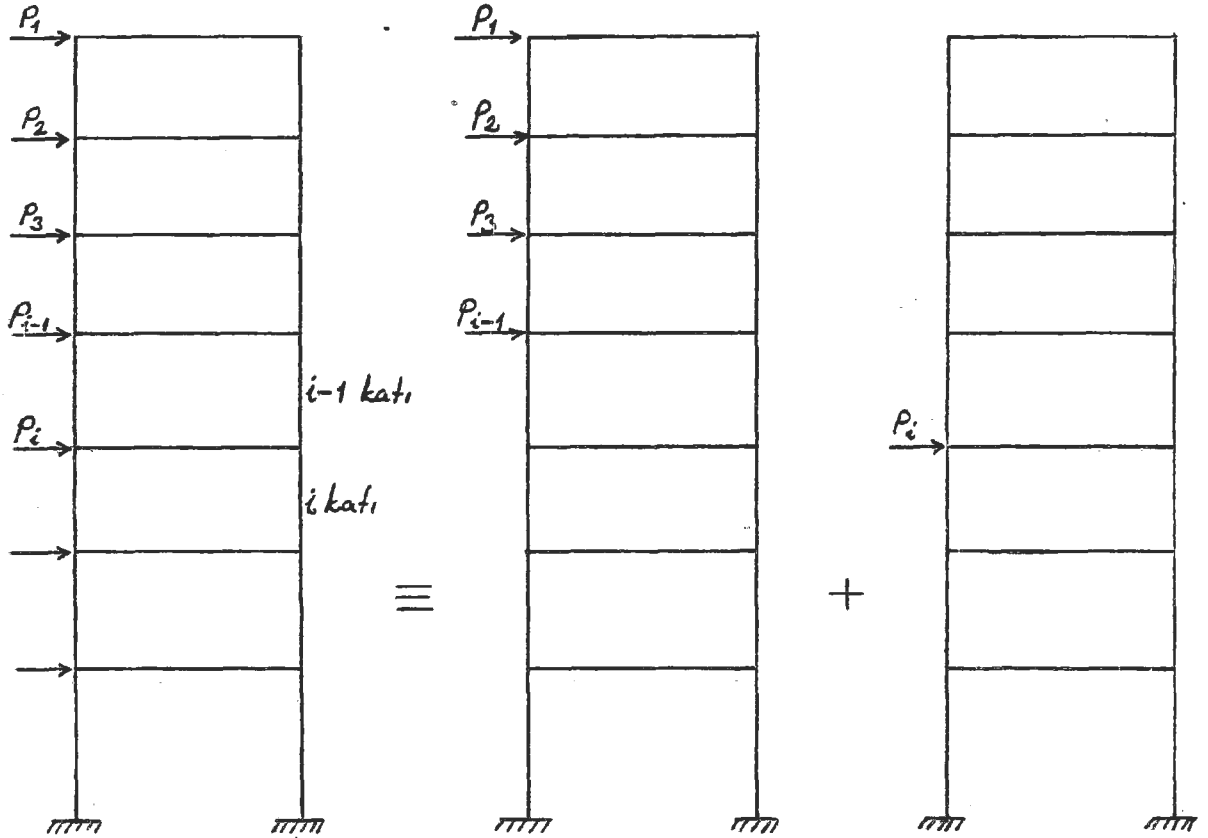
Alt kat ve ara katlarda Şekil : 2.14'e göre (i-1) katına kadar olan dış kesmeler dağıtıldıktan sonra (i) katına etkiyen dış kuvvet için (i) katının bir üst kat olarak kabul edilip dağıtımının yapılması gerekmektedir.

Kattaki kolon boyları eşit alındığında S rijitliği yerine

$$\bar{S} = k_e \cdot C$$

$$\dots\dots(2.4.5)$$

değeri de kullanılabilir.



Şekil : 2.14

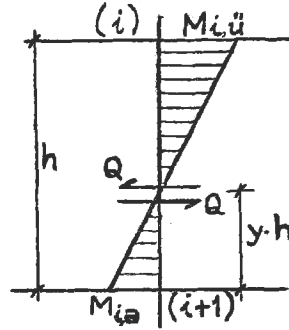
Kolon kesici kuvveti Q bulunduğundan sonra kolonun alt ucundaki moment :  $M_{i,a} = y \cdot Q \cdot h$   $\dots\dots(2.4.6)$

Kolonun üst ucundaki moment :

$$M_{i,u} = (1-y) \cdot Q \cdot h$$

$$\dots\dots(2.4.7)$$

olarak tarif edilir. Şekil : 2.15.



Şekil : 2.15

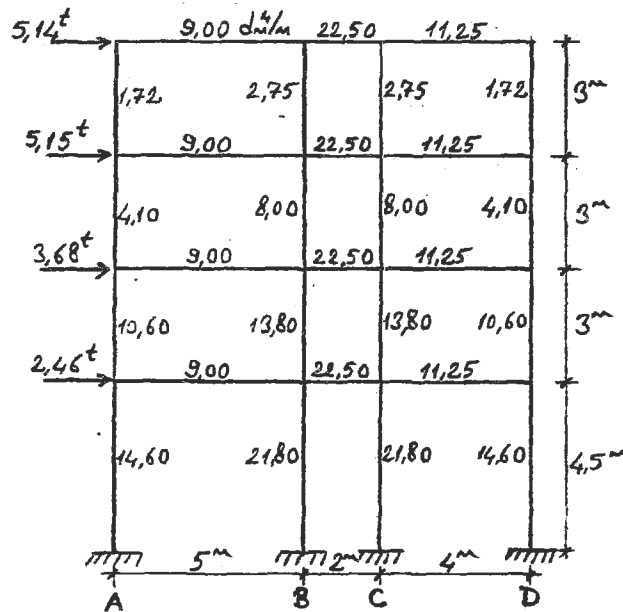
Kolon uç momentlerinin elde edilmesinden sonra kat kirişleri mesnetlerinde kolon uç momentleri etki eden mütemadi kirişler durumuna gelirler. Bu kirişin çözümü ise bilinen moment dağılım metodları ile kolayca elde edilebilir.

Kiriş momentlerinin elde edilmesinde yaklaşık bir yol olarak, düğümdeki toplam kolon uç momentlerini kiriş (k) ları ile orantılı olarak dağıtma yoluna da gidilebilir.

(C) ve (y) katsayıları için abaklar Şekil : 2.16 da verilmiştir.

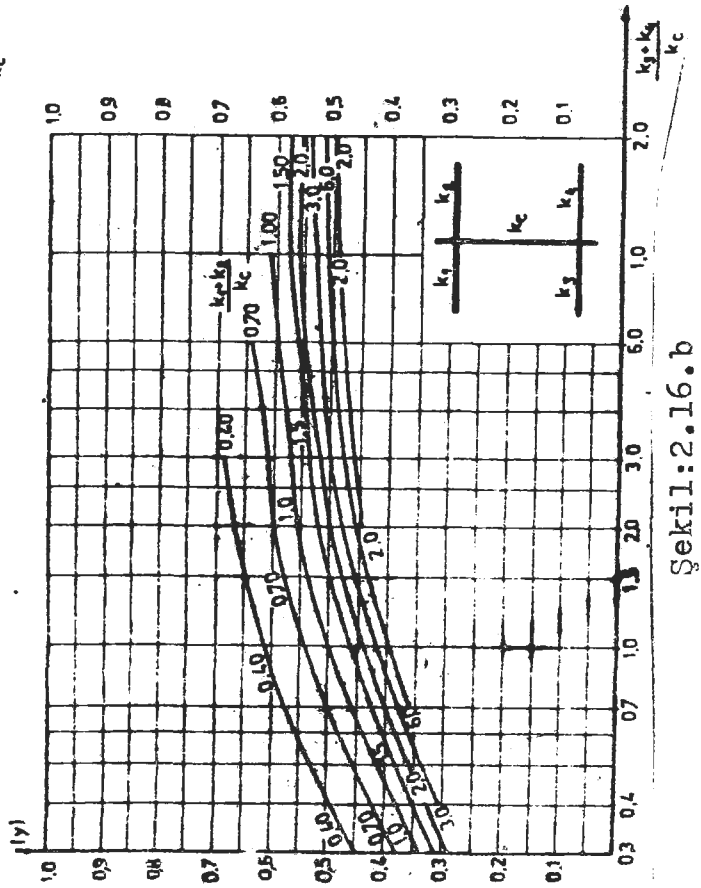
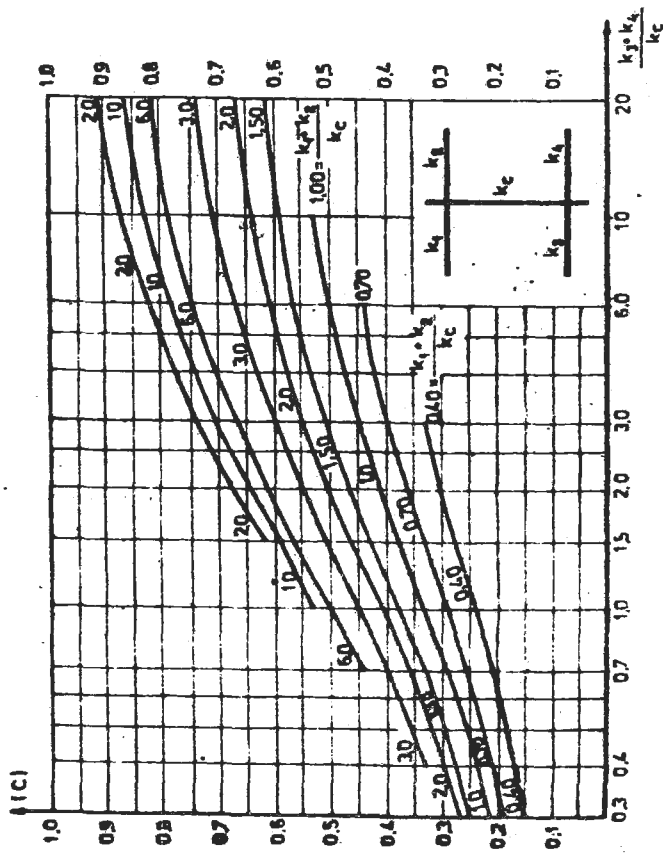
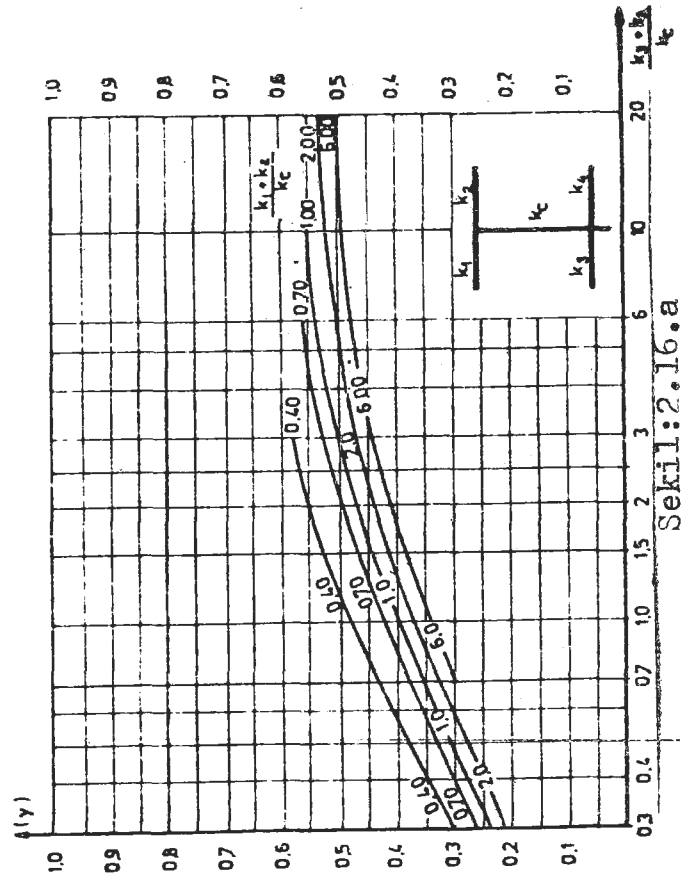
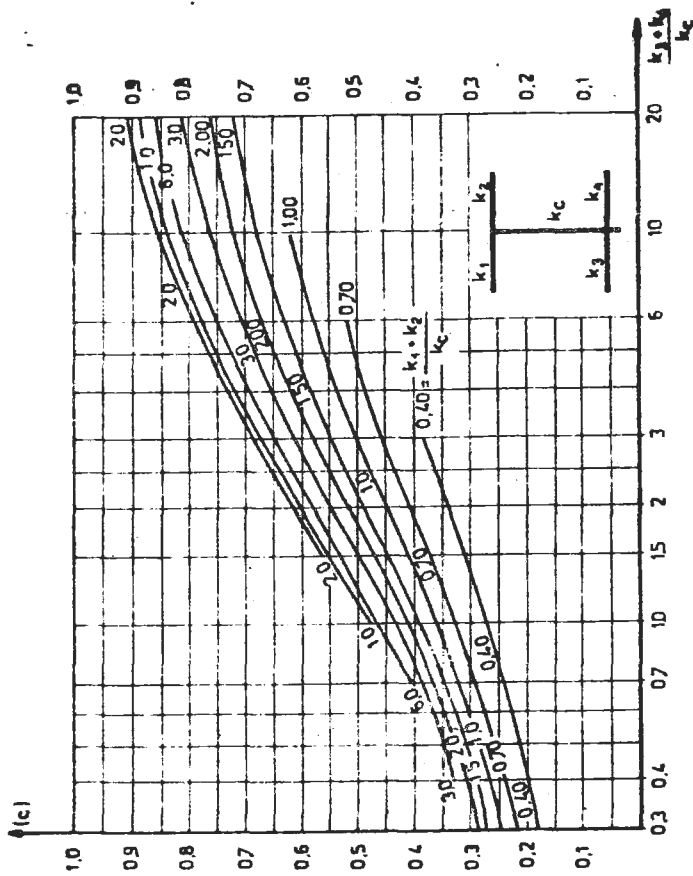
Abakların elde edilişiyle ilgili çalışmalar Ref.(3) de görülebilir.

ÖRNEK : Aşağıda verilen çerçevenin moment diyagramı AYDIN metodu ile tayin edilmiştir.



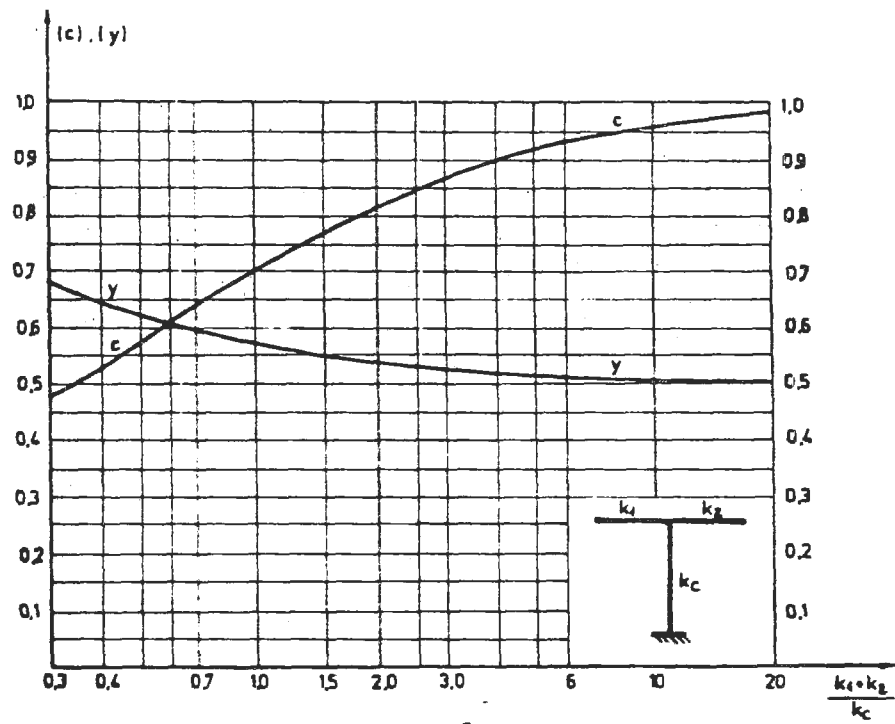
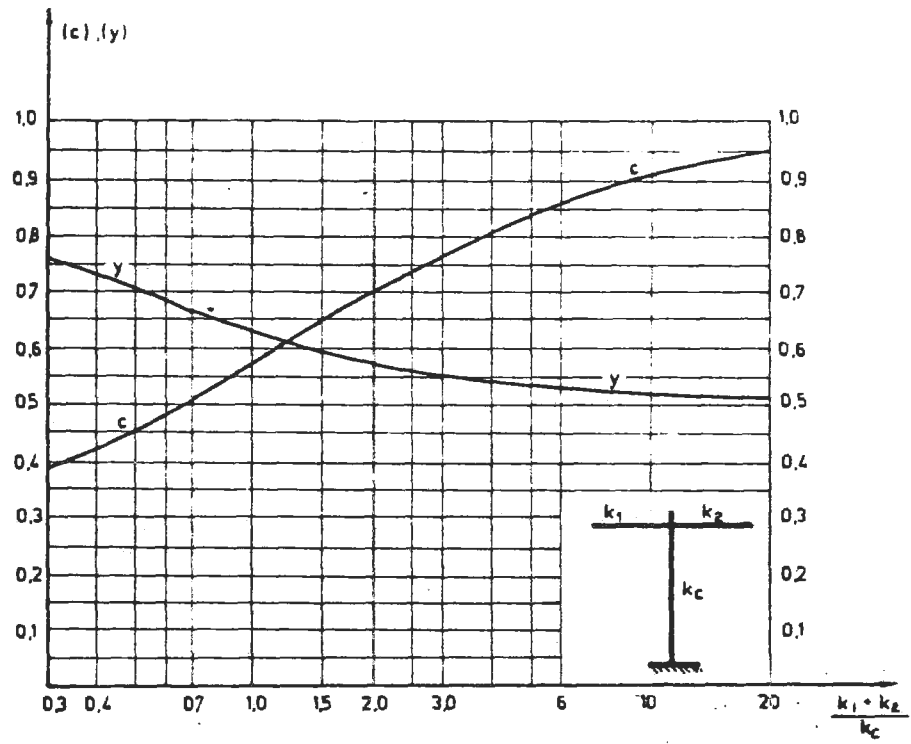
Şekil : 2.16

Çözüm, kolay olması amacıyla bir tablo halinde düzenlenmiştir.



Şekil:2.16.b

Şekil:2.16.a



Şekil:2.16.c

$k = \frac{E_1}{l}$  olmak üzere çubuk (k) ları ve kat seviyelerindeki yatay yükler şekilde belirtilmiştir.

HESAP İÇİN ÖRNEK :

2. kat A aksı kolonu :

$$\bar{S} = k_c \cdot C \quad 4,10 \cdot 0,53 = 2,17 \quad 4,10 \cdot 0,55 = 2,26$$

$$Q_n = \frac{\sum Q}{\sum \bar{S}} \cdot \bar{S}_n \quad \frac{5,14}{15,27} \cdot 2,17 = 0,73 \quad \frac{5,15}{15,48} \cdot 2,26 = 0,75$$

$$M_a = y \cdot Q \cdot h \quad 0,50 \cdot 0,73 \cdot 3 = 1,09 \quad 0,45 \cdot 0,75 \cdot 3 = 1,01$$

$$M_u = (1-y) \cdot Q \cdot h \quad (1-0,50) \cdot 0,73 \cdot 3 = 1,09 \quad (1-0,45) \cdot 0,75 \cdot 3 = 1,24$$

Not : C ve y değerleri diyagramlardan  $(k_1 + k_2)/k_c$  ;  $(k_3 + k_4)/k_c$  değerlerine göre alınır.

## Kolon Üç Momentleri Hesabı :

| Kat-<br>lar | Notasyon                                                                    | A aksı                                                                                                       | B aksı                                                                                                                   | C aksı                                                                                                                    | D aksı                                                                                                               | $\Sigma Q$<br>$\Sigma S$                           |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 1. kat      | $k_1+k_2/k_c$<br>$k_3+k_4/k_c$<br>$\frac{C}{S}$<br>Q<br>y<br>$M_a$<br>$M_u$ | 5,23<br>5,23<br>0,72<br>1,24<br>0,88<br>0,47<br>1,24<br>1,40                                                 | 11,45<br>11,45<br>0,85<br>2,34<br>1,66<br>0,48<br>2,39<br>2,59                                                           | 12,27<br>12,27<br>0,86<br>2,37<br>1,68<br>0,48<br>2,42<br>2,62                                                            | 6,54<br>6,54<br>0,76<br>1,31<br>0,93<br>0,48<br>1,34<br>1,45                                                         | $\Sigma Q = 5,14$<br>$\Sigma S = 7,26$             |
| 2. kat      | $k_1+k_2/k_c$<br>$k_3+k_4/k_c$<br>$\frac{C}{S}$<br>Q<br>y<br>$M_a$<br>$M_u$ | 2,20<br>2,20<br>0,53<br>2,17<br>2,26<br>0,73<br>0,45<br>1,09+1,01=2,10<br>1,09+1,24=2,33                     | 3,94<br>3,94<br>0,66<br>5,28<br>5,36<br>1,78<br>0,47<br>2,67+2,51=5,18<br>2,67+2,83=5,50                                 | 4,22<br>4,22<br>0,68<br>5,44<br>5,44<br>1,83<br>0,48<br>2,75+2,61=5,36<br>2,75+2,82=5,57                                  | 2,74<br>2,74<br>0,58<br>2,38<br>2,42<br>0,80<br>0,81<br>0,50<br>1,20+1,09=2,29<br>1,20+1,34=2,54                     | $\Sigma Q=5,14 + 5,15$<br>$\Sigma S=15,27 + 15,48$ |
| 3. kat      | $k_1+k_2/k_c$<br>$k_3+k_4/k_c$<br>$\frac{C}{S}$<br>Q<br>y<br>$M_a$<br>$M_u$ | 0,85<br>0,85<br>0,30<br>3,18<br>3,50<br>1,51<br>0,56<br>0,39<br>2,27+0,66=2,93<br>2,27+1,02=3,29             | 2,28<br>2,28<br>0,53<br>7,31<br>7,59<br>3,47<br>1,21<br>0,45<br>5,21+1,63=6,84<br>5,21+2,00=7,21                         | 2,45<br>2,45<br>0,55<br>7,59<br>7,87<br>3,60<br>1,26<br>0,45<br>5,40+1,70=7,10<br>5,40+2,08=7,48                          | 1,06<br>1,06<br>0,34<br>3,60<br>4,03<br>1,71<br>0,65<br>0,50<br>2,57+0,76=3,33<br>2,57+1,19=3,76                     | $\Sigma Q=10,29+3,68$<br>$\Sigma S=21,68+22,99$    |
| 4. kat      | $k_1+k_2/k_c$<br>$k_3+k_4/k_c$<br>$\frac{C}{S}$<br>Q<br>y<br>$M_a$<br>$M_u$ | 0,62<br>$\infty$<br>0,49<br>7,15<br>8,91<br>2,33<br>0,42<br>0,67<br>0,61<br>7,02+1,15=8,17<br>3,46+0,74=4,20 | 1,44<br>$\infty$<br>0,64<br>0,76<br>13,95<br>16,57<br>4,55<br>0,79<br>0,59<br>0,55<br>12,08+1,96=14,04<br>8,39+1,60=9,99 | 1,55<br>$\infty$<br>0,65<br>0,77<br>14,17<br>16,79<br>4,62<br>0,80<br>0,59<br>0,55<br>12,27+1,98=14,25<br>8,52+1,62=10,14 | 0,77<br>$\infty$<br>0,52<br>0,65<br>7,59<br>9,49<br>2,47<br>0,45<br>0,65<br>0,59<br>7,22+1,19=8,41<br>3,89+0,83=4,72 | $\Sigma Q=13,97+2,46$<br>$\Sigma S=42,86+51,76$    |



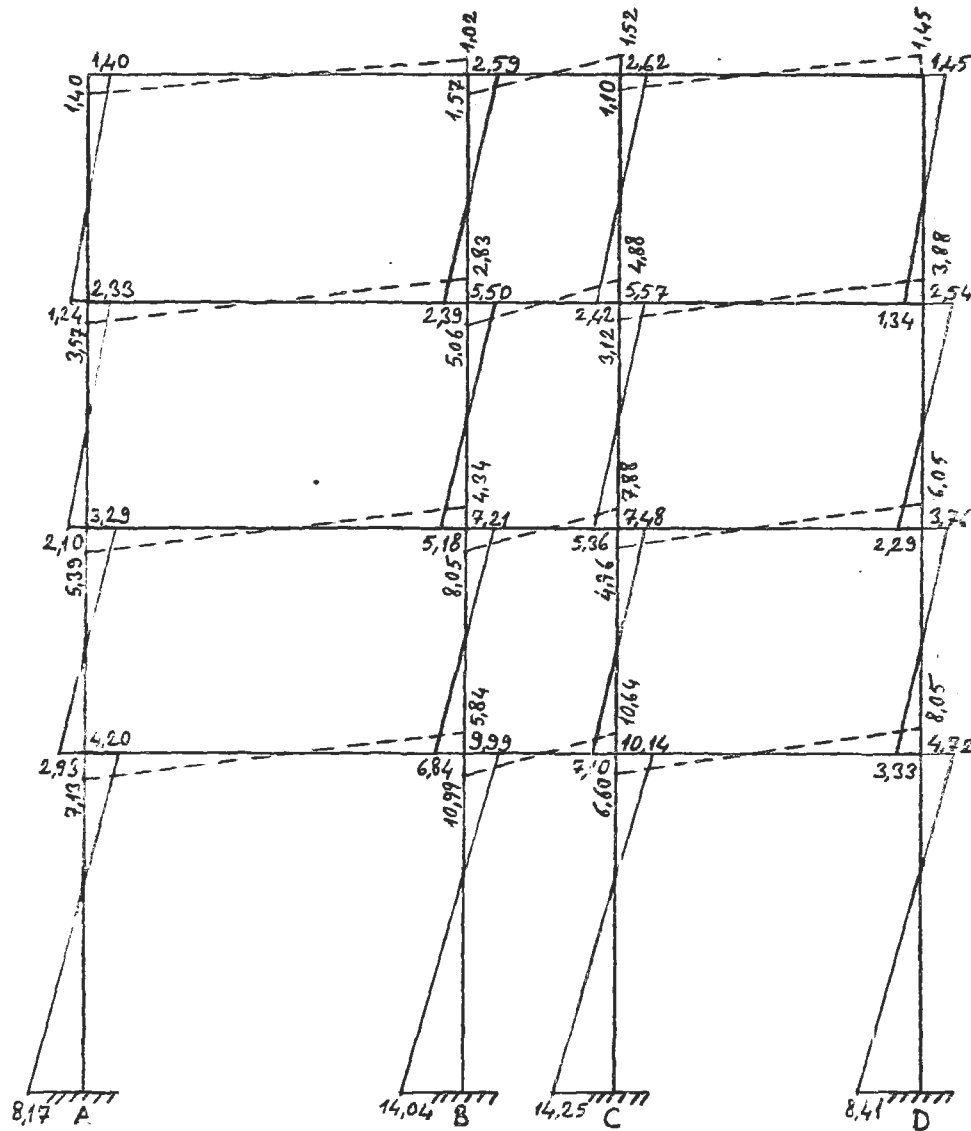
## Kiriş Uç Momentleri Hesabı :

| 1. KAT         | A            | 9,00 dm <sup>4</sup> /m | B      | 22,50 dm <sup>4</sup> /m | C      | 11,25 dm <sup>4</sup> /m | D |
|----------------|--------------|-------------------------|--------|--------------------------|--------|--------------------------|---|
|                |              | 5,00 m                  |        | 2,00 m                   |        | 4,00 m                   |   |
| k              |              | 0,75x9,00=6,75          |        | 1x22,50=22,50            |        | 0,75x11,25=8,438         |   |
| d              |              | 0,231                   | 0,769  | 0,727                    | 0,273  |                          |   |
| M <sub>T</sub> | -1,40        | -2,59                   |        | -2,62                    |        | -1,45                    |   |
|                | <u>+1,40</u> | +0,700                  |        |                          | +0,725 | <u>+1,45</u>             |   |
|                |              | +0,437                  | +1,453 | +0,727                   |        |                          |   |
|                |              |                         | +0,425 | +0,849                   | +0,319 |                          |   |
|                |              | -0,098                  | -0,327 | -0,164                   |        |                          |   |
|                |              |                         | +0,060 | +0,119                   | +0,045 |                          |   |
|                |              | -0,014                  | -0,046 | -0,023                   |        |                          |   |
|                |              |                         | +0,009 | +0,017                   | +0,006 |                          |   |
|                |              | -0,002                  | -0,007 | -0,004                   |        |                          |   |
|                |              |                         | +0,002 | +0,003                   | +0,001 |                          |   |
|                |              | -0,001                  | -0,001 |                          |        |                          |   |
|                |              | +1,022                  | +1,568 | +1,524                   | +1,096 |                          |   |

| 2. KAT         | A            | 9,00 dm <sup>4</sup> /m | B      | 22,50 dm <sup>4</sup> /m | C      | 11,25 dm <sup>4</sup> /m | D |
|----------------|--------------|-------------------------|--------|--------------------------|--------|--------------------------|---|
|                |              | 5,00 m                  |        | 2,00 m                   |        | 4,00 m                   |   |
| k              |              | 0,75x9,00=6,75          |        | 1x22,50=22,50            |        | 0,75x11,25=8,438         |   |
| d              |              | 0,231                   | 0,769  | 0,727                    | 0,273  |                          |   |
| M <sub>T</sub> | -3,57        | -7,89                   |        | -7,99                    |        | -3,88                    |   |
|                | <u>+3,57</u> | +1,785                  |        |                          | +1,940 | <u>+3,88</u>             |   |
|                |              | +1,410                  | +4,695 | +2,348                   |        |                          |   |
|                |              |                         | +1,346 | +2,691                   | +1,011 |                          |   |
|                |              | -0,311                  | -1,035 | -0,518                   |        |                          |   |
|                |              |                         | +0,189 | +0,377                   | +0,141 |                          |   |
|                |              | -0,044                  | -0,145 | -0,073                   |        |                          |   |
|                |              |                         | +0,027 | +0,053                   | +0,020 |                          |   |
|                |              | -0,006                  | -0,021 | -0,011                   |        |                          |   |
|                |              |                         | +0,004 | +0,008                   | +0,003 |                          |   |
|                |              | -0,001                  | -0,003 | +4,875                   | +3,115 |                          |   |
|                |              | 2,833                   | 5,057  |                          |        |                          |   |

| 3. KAT         | A            | 9,00 dm <sup>4</sup> /m | B      | 22,50 dm <sup>4</sup> /m | C            | 11,25 dm <sup>4</sup> /m | D |
|----------------|--------------|-------------------------|--------|--------------------------|--------------|--------------------------|---|
|                |              | 5,00 m                  |        | 2,00 m                   |              | 4,00 m                   |   |
| k              |              | 0,75x9,00=6,75          |        | 1x22,50=22,50            |              | 0,75x11,25=8,438         |   |
| d              |              | 0,231                   | 0,769  | 0,727                    | 0,273        |                          |   |
| M <sub>T</sub> | -5,39        | -12,39                  | -12,84 | -6,05                    |              |                          |   |
|                | <u>+5,39</u> | +2,695                  |        | +3,025                   | <u>+6,05</u> |                          |   |
|                |              | <u>+2,240</u>           | +7,455 | +3,728                   |              |                          |   |
|                |              |                         | +2,213 | <u>+4,425</u>            | +1,662       |                          |   |
|                |              | <u>-0,511</u>           | -1,702 | -0,851                   |              |                          |   |
|                |              |                         | +0,310 | <u>+0,619</u>            | +0,232       |                          |   |
|                |              | <u>-0,072</u>           | -0,238 | -0,119                   |              |                          |   |
|                |              |                         | +0,044 | <u>+0,087</u>            | +0,032       |                          |   |
|                |              | <u>-0,010</u>           | -0,034 | -0,017                   |              |                          |   |
|                |              |                         | +0,006 | <u>+0,012</u>            | +0,005       |                          |   |
|                |              | <u>-0,001</u>           | -0,005 | -0,003                   |              |                          |   |
|                |              | <u>+4,341</u>           | +8,049 | <u>+0,002</u>            | +0,001       |                          |   |
|                |              |                         |        | +7,883                   | +4,957       |                          |   |

| 4. KAT         | A            | 9,00 dm <sup>4</sup> /m | B       | 22,50 dm <sup>4</sup> /m | C            | 11,25 dm <sup>4</sup> /m | D |
|----------------|--------------|-------------------------|---------|--------------------------|--------------|--------------------------|---|
|                |              | 5,00 m                  |         | 2,00 m                   |              | 4,00 m                   |   |
| k              |              | 0,75x9,00=6,75          |         | 1x22,50=22,50            |              | 0,75x11,25=8,438         |   |
| d              |              | 0,231                   | 0,769   | 0,727                    | 0,273        |                          |   |
| M <sub>T</sub> | -7,13        | -16,83                  | -17,24  | -8,05                    |              |                          |   |
|                | <u>+7,13</u> | +3,565                  |         | +4,025                   | <u>+8,05</u> |                          |   |
|                |              | <u>+3,064</u>           | +10,201 | +5,101                   |              |                          |   |
|                |              |                         | +2,950  | <u>+5,899</u>            | +2,215       |                          |   |
|                |              | <u>-0,681</u>           | -2,269  | -1,135                   |              |                          |   |
|                |              |                         | +0,413  | <u>+0,825</u>            | +0,310       |                          |   |
|                |              | <u>-0,095</u>           | -0,318  | -0,159                   |              |                          |   |
|                |              |                         | +0,058  | <u>+0,116</u>            | +0,043       |                          |   |
|                |              | <u>-0,013</u>           | -0,045  | -0,023                   |              |                          |   |
|                |              |                         | +0,009  | <u>+0,017</u>            | +0,006       |                          |   |
|                |              | <u>-0,002</u>           | -0,007  | -0,004                   |              |                          |   |
|                |              | <u>+5,838</u>           | +10,992 | <u>+0,003</u>            | +0,001       |                          |   |
|                |              |                         |         | +10,640                  | +6,600       |                          |   |



Şekil : 2,17

AYDIN METODU sonuçlarına göre çerçeve  
moment diyagramı

Kat deplasmanlarının hesabı :

1. Ketta :  $\sigma = \frac{\sum Q}{\sum S} = \frac{5,14}{\frac{12}{3^2} \cdot 7,26 \cdot 210} = 0,253 \cdot 10^{-2} \text{ m}$

2. katta :  $\sigma = \left| \frac{5,14}{\frac{12}{3^2} \cdot 15,27} + \frac{5,15}{\frac{12}{3^2} \cdot 15,48} \right| \cdot \frac{1}{210} = 0,240 \cdot 10^{-2} \text{ m}$

3. катта :  $\sigma = \left| \frac{10,29}{\frac{12}{3^2} \cdot 21,68} + \frac{3,68}{\frac{12}{3^2} \cdot 22,99} \right| \cdot \frac{1}{210} = 0,227 \cdot 10^{-2} \text{ м}$

$$\underline{4. \text{ katta :}} \quad \delta = \left| \frac{13,97}{\frac{12}{4,5^2} \cdot 42,86} + \frac{2,46}{\frac{12}{4,5^2} \cdot 51,76} \right| \cdot \frac{1}{210} = 0,300 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

## 2.5- Örnek Çerçeve Sonuçların Karşılaştırılması :

### 2.5.1- Giriş Uç Momentleri :

| Çubuk No | Kani  | Muto  | Çakıroğlu | Aydın |
|----------|-------|-------|-----------|-------|
| 1-2      | 1,37  | 1,45  | 1,39      | 1,40  |
| 2-1      | 1,00  | 0,78  | 1,03      | 1,02  |
| 2-3      | 1,57  | 1,95  | 1,59      | 1,57  |
| 3-2      | 1,52  | 1,83  | 1,53      | 1,52  |
| 3-4      | 1,08  | 0,92  | 1,10      | 1,10  |
| 4-3      | 1,44  | 1,54  | 1,46      | 1,45  |
| 5-6      | 3,27  | 3,54  | 3,52      | 3,57  |
| 6-5      | 2,79  | 2,17  | 2,80      | 2,83  |
| 6-7      | 5,48  | 5,43  | 5,02      | 5,06  |
| 7-6      | 5,32  | 5,16  | 4,84      | 4,88  |
| 7-8      | 3,15  | 2,58  | 3,08      | 3,12  |
| 8-7      | 3,63  | 3,75  | 3,82      | 3,88  |
| 9-10     | 4,98  | 5,65  | 5,09      | 5,39  |
| 10-9     | 4,17  | 3,56  | 4,32      | 4,34  |
| 10-11    | 8,60  | 8,89  | 8,64      | 8,05  |
| 11-10    | 8,38  | 8,54  | 8,38      | 7,88  |
| 11-12    | 4,92  | 4,26  | 4,97      | 4,96  |
| 12-11    | 5,76  | 6,31  | 5,86      | 6,05  |
| 13-14    | 6,48  | 6,20  | 6,95      | 7,13  |
| 14-13    | 5,70  | 4,91  | 5,74      | 5,84  |
| 14-15    | 11,63 | 12,26 | 11,04     | 10,99 |
| 15-14    | 11,29 | 11,92 | 10,77     | 10,64 |
| 15-16    | 6,46  | 5,91  | 6,67      | 6,60  |
| 16-15    | 7,43  | 7,74  | 8,09      | 8,05  |

2.5.2- Kolon Uç Momentleri :

| Çubuk No. | Kani  | Muto  | Çakıroğlu | Aydın |
|-----------|-------|-------|-----------|-------|
| 1-5       | 1,37  | 1,45  | 1,39      | 1,40  |
| 5-1       | 1,23  | 1,19  | 1,19      | 1,24  |
| 5-9       | 2,02  | 2,35  | 2,33      | 2,33  |
| 9-5       | 1,68  | 2,00  | 2,23      | 2,10  |
| 9-13      | 3,28  | 3,65  | 2,86      | 3,29  |
| 13-9      | 2,72  | 2,43  | 2,24      | 2,93  |
| 13-17     | 3,76  | 3,77  | 4,71      | 4,20  |
| 17-13     | 7,86  | 8,43  | 8,38      | 8,17  |
| 2-6       | 2,58  | 2,73  | 2,62      | 2,59  |
| 6-2       | 2,44  | 2,23  | 2,42      | 2,39  |
| 6-10      | 5,82  | 5,37  | 5,40      | 5,50  |
| 10-6      | 5,33  | 5,37  | 5,19      | 5,18  |
| 10-14     | 7,45  | 7,08  | 7,77      | 7,21  |
| 14-10     | 6,92  | 7,08  | 7,17      | 6,84  |
| 14-18     | 10,42 | 10,09 | 9,61      | 9,99  |
| 18-14     | 14,18 | 13,93 | 13,83     | 14,04 |
| 3-7       | 2,60  | 2,75  | 2,62      | 2,62  |
| 7-3       | 2,45  | 2,25  | 2,42      | 2,42  |
| 7-11      | 6,01  | 5,49  | 5,49      | 5,57  |
| 11-7      | 5,68  | 5,49  | 5,28      | 5,36  |
| 11-15     | 7,62  | 7,31  | 8,07      | 7,48  |
| 15-11     | 7,11  | 7,31  | 7,44      | 7,10  |
| 15-19     | 10,64 | 10,56 | 10,00     | 10,14 |
| 19-15     | 14,29 | 14,06 | 13,81     | 14,25 |
| 4-8       | 1,43  | 1,54  | 1,46      | 1,45  |
| 8-4       | 1,32  | 1,26  | 1,30      | 1,34  |
| 8-12      | 2,30  | 2,49  | 2,52      | 2,54  |
| 12-8      | 2,00  | 2,30  | 2,43      | 2,29  |
| 12-16     | 3,76  | 4,01  | 3,43      | 3,76  |
| 16-12     | 2,96  | 3,03  | 2,93      | 3,33  |
| 16-20     | 4,48  | 4,71  | 5,16      | 4,72  |
| 20-16     | 8,22  | 8,32  | 8,43      | 8,41  |

### 3- DEĞİŞİK ÇERÇEVELERDE KAT KESME KUVVETİ (Q) İLE KAT DEPLASMANI (δ) ARASINDAKİ İLİŞKİNİN İNCELENMESİ :

#### 3.1- Tanımlar ve Giriş :

$$P = \begin{bmatrix} P_n \\ P_{n-1} \\ \vdots \\ P_2 \\ P_1 \end{bmatrix} \quad U = \begin{bmatrix} U_n \\ U_{n-1} \\ \vdots \\ U_2 \\ U_1 \end{bmatrix} \quad \delta = \begin{bmatrix} \delta_n \\ \delta_{n-1} \\ \vdots \\ \delta_2 \\ \delta_1 \end{bmatrix} \quad \dots(3.1.1)$$

P : Yatay kat yükleri (ton)

U : Toplam yatay kat deplasmanları (mm)

δ : Rölatif yatay kat deplasmanları (mm)

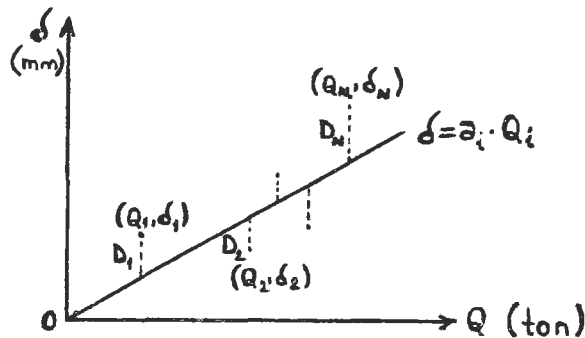
Q : Toplam kat kesme kuvveti (ton)

İşlemlerde 1. kat en alt katı göstermektedir.

Araştırmamızın bu bölümünde değişik çerçevelerin değişik yatay yükler altındaki kat deplasmanları geliştirilen bilgisayar programı yardımıyla elde edilmiştir. Bu program Ek:1 de verilmiştir.

Çerçevelerdeki kat kesme kuvveti (Q) ile rölatif kat deplasmanı (δ) arasındaki ilişki; çerçevelerin her katı için ayrı ayrı incelenecektir.

Bu ilişkinin lineer olabileceği varsayımıyla hareket edilerek elde edilen değerler arasından hata kareleri toplamını minimum yapan regresyon doğruları geçirilecektir. Sonra da korelasyon katsayısı hesaplanarak bu ilişkinin mertebesi tayin edilecektir.



Şekil : 3.1

Hata kareleri toplamı :

$$S = \sum_{i=1}^N D_i^2$$

denklemleri ile gösterildiği takdirde seçilecek her bir regresyon doğrusu için farklı bir  $S$  değeri elde edilir. Teori olarak  $S$  değeri minimum olan doğrunun, serpiye diyagramındaki noktalarla en iyi uyum doğru olduğu söylenebilir. Bu düşünceden hareketle, regresyon doğrusunun katsayıları hesaplanacaktır.

Yukarıdaki denklemin ikinci tarafı daha açık yazılırsa;

$$S = \sum_{i=1}^N (a \cdot Q_i - \delta_i)^2$$

denklemleri elde edilir.

Bu denklemde  $a$  değişkeni olarak bulunmaktadır.  $S$  fonksiyonunun minimum değerini veren değişken değerinin bulunması için  $S$  fonksiyonunun  $a$  değişkenine göre türevi alınarak sıfıra eşitlenir ve  $a$  değişkeni hesaplanır.

$$\frac{dS}{da} = \sum_{i=1}^N (a \cdot Q_i - \delta_i) \cdot Q_i = 0$$

Buradan ;

$$a = \frac{\sum Q_i \delta_i}{\sum Q_i^2} \text{ elde edilir ve } \delta_i = a \cdot Q_i \text{ yazılır.} \quad \dots (3.1.2)$$

Sonra;

$$\text{Korelasyon katsayısı : } r = \sqrt{1 - \frac{[\sum (\delta_i - \hat{\delta}_i)^2]}{[\sum (\delta_i - \bar{\delta})^2]}} \quad \dots (3.1.3),$$

formülü ile elde edilir.

Burada ;

$\hat{\delta}_i$  : Regresyon denklemi ile bulunan deplasmanları,

$\bar{\delta}_i$  : İlk deplasmanların aritmetik ortalamasını

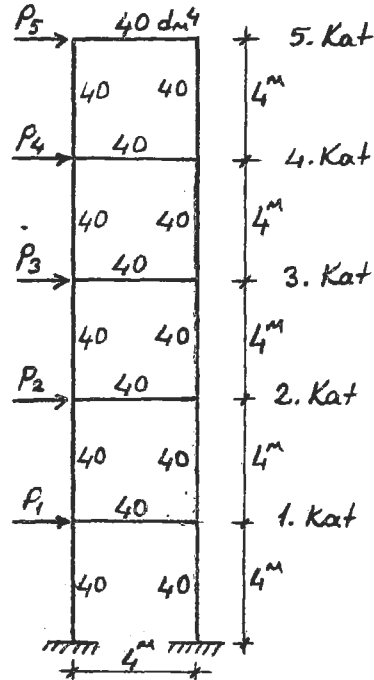
gösterir.

Bu katsayının 1 e olan yakınlık derecesi,  $\delta$  ile  $Q$  arasındaki kurduğumuz ilişkinin (lineer) ne kadar gerçeğe yakın olduğunu gösterecektir.

Şimdi çerçeveler, birer birer incelenecektir.

### 3.2- Örnek Çerçevelerin İncelenmesi :

#### 3.2.1- 1 Açıklıklı 5 Katlı Çerçeve (Kolon ve kiriş rijitlikleri aynı) :



Şekil : 3.2

A- 1. Kat için farklı yüklemeler ve regresyon analizi ( $\Sigma Q$  farklı).

1. Yükleme:  $\Sigma Q = 5,000$  t.

$$P = \begin{bmatrix} 1,000 \\ 1,000 \\ 1,000 \\ 1,000 \\ 1,000 \end{bmatrix} u_1 = \delta_1 = 2,79 \text{ mm}$$

2. Yükleme :  $\Sigma Q = 9,600$  t.

$$P = \begin{bmatrix} 1,200 \\ 2,400 \\ 2,400 \\ 2,400 \\ 1,200 \end{bmatrix} u_1 = \delta_1 = 5,47 \text{ mm}$$



3. Yükleme :  $\Sigma Q = 12,300$  t.

$$P = \begin{bmatrix} 1,500 \\ 2,800 \\ 4,000 \\ 1,600 \\ 2,400 \end{bmatrix} \quad u_1 = \delta_1 = 6,90 \text{ mm}$$

4. Yükleme :  $\Sigma Q = 15,000$  t.

$$P = \begin{bmatrix} 2,000 \\ 2,500 \\ 5,000 \\ 4,000 \\ 1,500 \end{bmatrix} \quad u_1 = \delta_1 = 8,59 \text{ mm}$$

5. Yükleme :  $\Sigma Q = 17,500$  t.

$$P = \begin{bmatrix} 2,500 \\ 6,000 \\ 3,000 \\ 4,000 \\ 2,000 \end{bmatrix} \quad u_1 = \delta_1 = 10,00 \text{ mm}$$

6. Yükleme :  $\Sigma Q = 22,500$  t.

$$P = \begin{bmatrix} 2,500 \\ 5,000 \\ 5,000 \\ 5,000 \\ 5,000 \end{bmatrix} \quad u_1 = \delta_1 = 12,48 \text{ mm}$$

| Yükleme | 1. kattaki toplam<br>kesme kuvveti<br>( $Q_1$ ) ton | 1. kattaki<br>rolatif<br>deplasman<br>( $\delta_1$ ) mm | Regrasyon denk-<br>lemi ile bulunan<br>rolatif deplas-<br>man ( $\hat{\delta}_1$ ) mm |
|---------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 1       | 5,000                                               | 2,79                                                    | 2,82                                                                                  |
| 2       | 9,600                                               | 5,47                                                    | 5,41                                                                                  |
| 3       | 12,300                                              | 6,90                                                    | 6,93                                                                                  |
| 4       | 15,000                                              | 8,59                                                    | 8,45                                                                                  |
| 5       | 17,500                                              | 10,00                                                   | 9,86                                                                                  |
| 6       | 22,500                                              | 12,48                                                   | 12,68                                                                                 |
|         | $\Sigma Q_1^2 = 1305,95$                            | $\Sigma Q_1 \delta_1 = 735,98$                          | $\Sigma (\delta_1 - \hat{\delta}_1)^2 = 0,08$                                         |
|         |                                                     | $\bar{\delta}_1 = 7,71$                                 | $\Sigma (\delta_1 - \bar{\delta}_1)^2 = 58,65$                                        |

$$\delta_1 = a_1 \cdot Q_1$$

$$a_1 = \frac{\Sigma Q_1 \delta_1}{\Sigma Q_1^2} = \frac{735,98}{1305,95} = 0,564 \quad \underline{\underline{\delta_1 = 0,564 \cdot Q_1}}$$

$$r_1 = \sqrt{1 - \frac{[\sum(\delta_1 - \hat{\delta}_1)^2]}{[\sum(\delta_1 - \bar{\delta}_1)^2]}} = \sqrt{1 - \frac{0,08}{58,65}} = \underline{\underline{0,999}}$$

B- Sistem için farklı yüklemeler ve regrasyon analizi ( $\Sigma Q$  sabit).

1. Yükleme : (Rüzgar yükü)  $\Sigma Q = 22,500$  t.

$$P = \begin{bmatrix} 2,500 \\ 5,000 \\ 5,000 \\ 5,000 \\ 5,000 \end{bmatrix} \quad U = \begin{bmatrix} 50,02 \\ 46,99 \\ 39,79 \\ 28,02 \\ 12,48 \end{bmatrix} \quad \delta = \begin{bmatrix} 3,03 \\ 7,20 \\ 11,77 \\ 15,54 \\ 12,48 \end{bmatrix}$$

2. Yükleme : (Deprem Yüğü)  $\Sigma Q = 22,500$  t.

$$P = \begin{bmatrix} 4,275 \\ 7,200 \\ 5,400 \\ 3,600 \\ 2,025 \end{bmatrix} \quad U = \begin{bmatrix} 61,97 \\ 57,12 \\ 46,53 \\ 31,03 \\ 12,97 \end{bmatrix} \quad \delta = \begin{bmatrix} 4,85 \\ 10,59 \\ 15,50 \\ 18,06 \\ 12,97 \end{bmatrix}$$

3. Yükleme : (Yük üst katlarda yoğun,  $\Sigma Q = 22,500$  t.

$$P = \begin{bmatrix} 11,000 \\ 10,000 \\ 0,500 \\ 0,500 \\ 0,500 \end{bmatrix} \quad U = \begin{bmatrix} 81,95 \\ 71,36 \\ 53,28 \\ 33,17 \\ 13,29 \end{bmatrix} \quad \delta = \begin{bmatrix} 10,59 \\ 18,08 \\ 20,11 \\ 19,88 \\ 13,29 \end{bmatrix}$$

4. Yükleme : (Yük orta katlarda yoğun)  $\Sigma Q = 22,500$  t

$$P = \begin{bmatrix} 0,300 \\ 7,500 \\ 7,500 \\ 7,000 \\ 0,200 \end{bmatrix} \quad U = \begin{bmatrix} 55,55 \\ 53,75 \\ 46,18 \\ 32,00 \\ 13,19 \end{bmatrix} \quad \delta = \begin{bmatrix} 1,80 \\ 7,57 \\ 14,18 \\ 18,81 \\ 13,19 \end{bmatrix}$$

5. Yükleme : (Yük alt katlarda yoğun)  $\Sigma Q = 22,500$  t.

$$P = \begin{bmatrix} 1,900 \\ 2,000 \\ 2,000 \\ 6,600 \\ 10,000 \end{bmatrix} \quad U = \begin{bmatrix} 35,43 \\ 33,48 \\ 29,64 \\ 23,15 \\ 11,68 \end{bmatrix} \quad \delta = \begin{bmatrix} 1,95 \\ 3,84 \\ 5,49 \\ 11,47 \\ 11,68 \end{bmatrix}$$

6. Yükleme :  $\Sigma Q = 22,500$  t.

$$P = \begin{bmatrix} 3,000 \\ 5,000 \\ 2,500 \\ 6,500 \\ 5,500 \end{bmatrix} \quad U = \begin{bmatrix} 48,55 \\ 45,17 \\ 37,91 \\ 27,32 \\ 12,38 \end{bmatrix} \quad \delta = \begin{bmatrix} 3,38 \\ 7,26 \\ 10,59 \\ 14,94 \\ 12,38 \end{bmatrix}$$

7. Yükleme :  $\Sigma Q = 22,500$  t.

$$P = \begin{bmatrix} 4,000 \\ 3,000 \\ 6,000 \\ 5,000 \\ 4,500 \end{bmatrix} \quad u = \begin{bmatrix} 51,68 \\ 47,79 \\ 40,56 \\ 28,46 \\ 12,56 \end{bmatrix} \quad \delta = \begin{bmatrix} 3,89 \\ 7,23 \\ 12,10 \\ 15,90 \\ 12,56 \end{bmatrix}$$

8. Yükleme :  $\Sigma Q = 22,500$  t.

$$P = \begin{bmatrix} 2,000 \\ 4,000 \\ 9,000 \\ 5,000 \\ 2,500 \end{bmatrix} \quad u = \begin{bmatrix} 52,85 \\ 50,31 \\ 43,64 \\ 30,23 \\ 12,86 \end{bmatrix} \quad \delta = \begin{bmatrix} 2,54 \\ 6,67 \\ 13,41 \\ 17,37 \\ 12,86 \end{bmatrix}$$

9. Yükleme :  $\Sigma Q = 22,500$  t.

$$P = \begin{bmatrix} 5,000 \\ 8,000 \\ 5,000 \\ 2,500 \\ 2,000 \end{bmatrix} \quad u = \begin{bmatrix} 65,05 \\ 59,49 \\ 47,70 \\ 31,28 \\ 13,00 \end{bmatrix} \quad \delta = \begin{bmatrix} 5,56 \\ 11,79 \\ 16,42 \\ 18,28 \\ 13,00 \end{bmatrix}$$

B.1- 1. Katın İncelenmesi :

| Yükleme | 1. kattaki toplam<br>kesme kuvveti<br>( $Q_1$ ) ton | 1. kattaki<br>rölatif<br>deplasman<br>( $\delta_1$ ) mm | Aritmetik<br>ortalamlar-<br>dan sapma % |
|---------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 1       | 22,500                                              | 12,48                                                   | -1,80                                   |
| 2       | "                                                   | 12,97                                                   | 2,04                                    |
| 3       | "                                                   | 13,29                                                   | 4,56                                    |
| 4       | "                                                   | 13,19                                                   | 3,78                                    |
| 5       | "                                                   | 11,68                                                   | -0,23                                   |
| 6       | "                                                   | 12,38                                                   | -2,60                                   |
| 7       | "                                                   | 12,56                                                   | -1,18                                   |
| 8       | "                                                   | 12,86                                                   | 1,18                                    |
| 9       | "                                                   | 13,00                                                   | 2,28                                    |

Deplasmanların aritmetik ortalaması :

$$\bar{\delta}_1 = 12,71 \text{ mm.}$$

Standart sapma :

$$S.S = 0,47 \text{ mm}$$

$$\bar{\delta}_1 - S.S = 12,71 - 0,47 = 12,24 \text{ mm}$$

$$\bar{\delta}_1 + S.S = 12,71 + 0,47 = 13,18 \text{ mm}$$

Sistem için her yükleme halinde toplam kesme kuvveti ( $\Sigma Q$ ) sabit alındığından 1. kattaki toplam kesme kuvveti ( $Q_1$ ) de sabit ve 22,500 t. dur.

Değişik yüklemeler altında elde edilen rölatif deplasmanlar ( $\delta_1$ ) tabloda verilmiştir.

Görüldüğü gibi binalarda en çok karşılaşılan yatay yükler olan rüzgar ve deprem yüklerinden (1. ve 2. yükleme) meydana gelen deplasmanlar, deplasmanların aritmetik ortalaması olan 12,71 mm. değerine çok yakındır ve milimetrenin onda misbetinde farketmemektedir.

Diğer deplasman değerleri de aritmetik ortalamaya çok yakındır ve genellikle  $\pm 1.S.S$  arasında kalmaktadır.

#### B.2- 2. Katın İncelenmesi :

| Yükleme | 2. kattaki toplam kesme kuvveti ( $Q_2$ ) ton | 2. kattaki rölatif deplasman ( $\delta_2$ ) mm | Regrasyon denklemi ile bulunan rölatif deplasman ( $\hat{\delta}_2$ ) mm |
|---------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| 1       | 17,500                                        | 15,54                                          | 15,42                                                                    |
| 2       | 20,475                                        | 18,06                                          | 18,04                                                                    |
| 3       | 22,000                                        | 19,88                                          | 19,38                                                                    |
| 4       | 22,300                                        | 18,81                                          | 19,65                                                                    |
| 5       | 12,500                                        | 11,47                                          | 11,01                                                                    |
| 6       | 17,000                                        | 14,94                                          | 14,98                                                                    |
| 7       | 18,000                                        | 15,90                                          | 15,86                                                                    |
| 8       | 20,000                                        | 17,37                                          | 17,62                                                                    |
| 9       | 20,500                                        | 18,28                                          | 18,06                                                                    |

$$\Sigma Q_2^2 = 3296,26$$

$$\Sigma Q_2 \delta_2 = 2904,25 \quad \Sigma (\delta_2 - \hat{\delta}_2)^2 = 1,30$$

$$\bar{\delta}_2 = 16,68 \quad \Sigma (\delta_2 - \bar{\delta}_2)^2 = 51,80$$

$$\delta_2 = a_2 \cdot Q_2$$

$$a_2 = \frac{2904,25}{3296,26} = 0,881$$

$$\underline{\underline{\delta_2 = 0,881 \cdot Q_2}}$$

$$r_2 = \sqrt{1 - \frac{1,30}{51,80}} = \underline{\underline{0,987}}$$

## B.3- 3. Katın İncelenmesi :

| Yüklemeye | 3. kattaki toplam kesme kuvveti (Q <sub>3</sub> ) ton | 3. kattaki rölatif deplasman (δ <sub>3</sub> ) mm | Regrasyon denklemi ile bulunan rölatif deplasman (δ̂ <sub>3</sub> ) mm |
|-----------|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| 1         | 12,500                                                | 11,77                                             | 11,63                                                                  |
| 2         | 16,875                                                | 15,50                                             | 15,70                                                                  |
| 3         | 21,500                                                | 20,11                                             | 20,01                                                                  |
| 4         | 15,300                                                | 14,18                                             | 14,24                                                                  |
| 5         | 5,900                                                 | 6,49                                              | 5,49                                                                   |
| 6         | 10,500                                                | 10,59                                             | 9,77                                                                   |
| 7         | 13,000                                                | 12,10                                             | 12,10                                                                  |
| 8         | 15,000                                                | 13,41                                             | 13,96                                                                  |
| 9         | 18,000                                                | 16,42                                             | 16,75                                                                  |

$$\Sigma Q_3^2 = 2000,41$$

$$\Sigma Q_3 \delta_3 = 1861,50 \quad \Sigma (\delta_3 - \hat{\delta}_3)^2 = 2,16$$

$$\bar{\delta}_3 = 13,40 \quad \Sigma (\delta_3 - \bar{\delta}_3)^2 = 119,15$$

$$\delta_3 = a_3 \cdot Q_3$$

$$a_3 = \frac{1861,50}{2000,41} = 0,931$$

$$\delta_3 = 0,931 \cdot Q_3$$

$$r_3 = \sqrt{1 - \frac{2,16}{119,15}} = 0,991$$

## B.4- 4. Katın İncelenmesi :

| Yüklemeye | 4. kattaki toplam kesme kuvveti (Q <sub>4</sub> ) ton | 4. kattaki rölatif deplasman (δ <sub>4</sub> ) mm | Regrasyon denklemi ile bulunan rölatif deplasman (δ̂ <sub>4</sub> ) mm |
|-----------|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| 1         | 7,500                                                 | 7,20                                              | 6,83                                                                   |
| 2         | 11,475                                                | 10,59                                             | 10,45                                                                  |
| 3         | 21,000                                                | 18,08                                             | 19,12                                                                  |
| 4         | 7,800                                                 | 7,57                                              | 7,10                                                                   |
| 5         | 3,900                                                 | 3,84                                              | 3,55                                                                   |
| 6         | 8,000                                                 | 7,26                                              | 7,28                                                                   |
| 7         | 7,000                                                 | 7,23                                              | 6,37                                                                   |
| 8         | 6,000                                                 | 6,67                                              | 5,46                                                                   |
| 9         | 13,000                                                | 11,79                                             | 11,83                                                                  |

$$\Sigma Q_4^2 = 1022,98$$

$$\Sigma Q_4 \delta_4 = 931,20 \quad \Sigma (\delta_4 - \hat{\delta}_4)^2 = 4,75$$

$$\bar{\delta}_4 = 8,91$$

$$\Sigma (\delta_4 - \bar{\delta}_4)^2 = 136,19$$

$$\delta_4 = a_4 \cdot Q_4$$

$$a_4 = \frac{931,20}{1022,98} = 0,910 \quad \underline{\underline{\delta_4 = 0,910 \cdot Q_4}}$$

$$r_4 = \sqrt{1 - \frac{3,75}{136,19}} = \underline{\underline{0,986}}$$

**B.5- 5. Katın İncelenmesi :**

| Yükleme | 5. kattaki toplam<br>kesme kuvveti<br>(Q <sub>5</sub> ) ton | 5. kattaki<br>rölatif<br>deplasman<br>(δ <sub>5</sub> ) mm | Kegrasyon denk-<br>lemi ile bulu-<br>nan rölatif<br>deplasman<br>(δ̂ <sub>5</sub> ) mm |
|---------|-------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| 1       | 2,500                                                       | 3,03                                                       | 2,55                                                                                   |
| 2       | 4,275                                                       | 4,85                                                       | 4,37                                                                                   |
| 3       | 11,000                                                      | 10,59                                                      | 11,24                                                                                  |
| 4       | 0,300                                                       | 1,80                                                       | 0,31                                                                                   |
| 5       | 1,900                                                       | 1,95                                                       | 1,94                                                                                   |
| 6       | 3,000                                                       | 3,38                                                       | 3,06                                                                                   |
| 7       | 4,000                                                       | 3,89                                                       | 4,09                                                                                   |
| 8       | 2,000                                                       | 2,54                                                       | 2,04                                                                                   |
| 9       | 5,000                                                       | 5,56                                                       | 5,11                                                                                   |

$$\sum Q_5^2 = 203,23$$

$$\sum Q_5 \delta_5 = 207,62 \quad \sum (\delta_5 - \hat{\delta}_5)^2 = 3,70$$

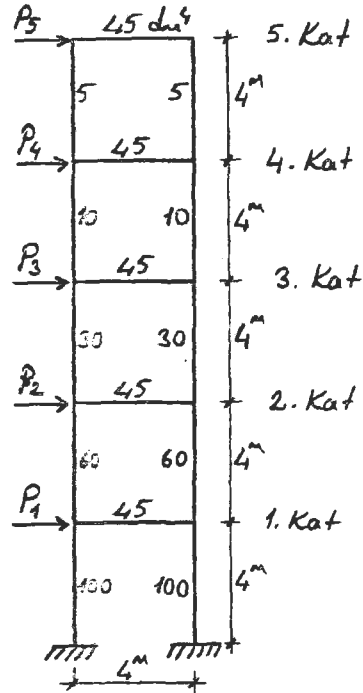
$$\bar{\delta}_5 = 4,18 \quad \sum (\delta_5 - \bar{\delta}_5)^2 = 58,81$$

$$\delta_5 = a_5 \cdot Q_5$$

$$a_5 = \frac{207,62}{203,23} = 1,022 \quad \underline{\underline{\delta_5 = 1,022 \cdot Q_5}}$$

$$r_5 = \sqrt{1 - \frac{3,70}{58,81}} = \underline{\underline{0,968}}$$

**3.2.2- 1 Açıklıklı 5 katlı çerçeve :**  
(Kolon ve kiriş rijitlikleri farklı)



Şekil : 3.3

A- 1. Kat için farklı yüklemeler ve regrasyon analizi  
( $\Sigma Q$  farklı)

1. Yükleme :  $\Sigma Q = 5,000$  t.

$$P = \begin{bmatrix} 1,000 \\ 1,000 \\ 1,000 \\ 1,000 \\ 1,000 \end{bmatrix} \quad u_1 = \delta_1 = 1,57 \text{ mm}$$

2. Yükleme :  $\Sigma Q = 9,600$  t.

$$P = \begin{bmatrix} 1,200 \\ 2,400 \\ 2,400 \\ 2,400 \\ 1,200 \end{bmatrix} \quad u_1 = \delta_1 = 3,09 \text{ mm}$$

3. Yükleme :  $\Sigma Q = 12,300$  t.

$$P = \begin{bmatrix} 1,500 \\ 2,800 \\ 4,000 \\ 1,600 \\ 2,400 \end{bmatrix} \quad u_1 = \delta_1 = 3,87 \text{ mm}$$

4. Yükleme :  $\Sigma Q = 15,000$  t.

$$P = \begin{bmatrix} 2,000 \\ 2,500 \\ 5,000 \\ 4,000 \\ 1,500 \end{bmatrix} \quad u_1 = \delta_1 = 4,86 \text{ mm}$$

5. Yükleme :  $\Sigma Q = 17,500$  t.

$$P = \begin{bmatrix} 2,500 \\ 6,000 \\ 3,000 \\ 4,000 \\ 2,000 \end{bmatrix} \quad u_1 = \delta_1 = 5,66 \text{ mm}$$

6. Yükleme :  $\Sigma Q = 22,500$  t.

$$P = \begin{bmatrix} 2,500 \\ 5,000 \\ 5,000 \\ 5,000 \\ 5,000 \end{bmatrix} \quad u_1 = \delta_1 = 6,97 \text{ mm}$$

| Yükleme | 1. kattaki toplam<br>kesme kuvveti<br>( $Q_1$ ) ton | 1. kattaki<br>rölatif<br>deplasman<br>( $\delta_1$ ) mm | Regrasyon denk-<br>lemi ile bulu-<br>nan rölatif<br>deplasman<br>( $\hat{\delta}_1$ ) mm |
|---------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1       | 5,000                                               | 1,57                                                    | 1,58                                                                                     |
| 2       | 9,600                                               | 3,09                                                    | 3,04                                                                                     |
| 3       | 12,300                                              | 3,97                                                    | 3,90                                                                                     |
| 4       | 15,000                                              | 4,86                                                    | 4,75                                                                                     |
| 5       | 17,500                                              | 5,66                                                    | 5,55                                                                                     |
| 6       | 22,500                                              | 6,97                                                    | 7,13                                                                                     |

$$\Sigma Q_1^2 = 1305,95$$

$$\Sigma Q_1 \delta_1 = 413,89 \quad \Sigma (\delta_1 - \hat{\delta}_1)^2 = 0,05$$

$$\bar{\delta}_1 = 4,34 \quad \Sigma (\delta_1 - \bar{\delta}_1)^2 = 18,39$$

$$\delta_1 = a_1 \cdot Q_1$$

$$a_1 = \frac{413,89}{1305,95} = 0,317$$

$$\underline{\underline{\delta_1 = 0,317 \cdot Q_1}}$$

$$r_1 = \sqrt{1 - \frac{0,05}{18,39}} = \underline{\underline{0,999}}$$



B- Sistem için farklı yüklemeler ve Regrasyon Analizi  
( $\Sigma Q$  sabit).

1. Yükleme : (Rüzgar yükü)  $\Sigma Q = 22,500$  t.

$$P = \begin{bmatrix} 2,500 \\ 5,000 \\ 5,000 \\ 5,000 \\ 5,000 \end{bmatrix} \quad u = \begin{bmatrix} 53,23 \\ 45,06 \\ 31,19 \\ 18,90 \\ 6,97 \end{bmatrix} \quad \delta = \begin{bmatrix} 8,17 \\ 13,87 \\ 12,29 \\ 11,93 \\ 6,97 \end{bmatrix}$$

2. Yükleme : (Deprem yükü)  $\Sigma Q = 22,500$  t.

$$P = \begin{bmatrix} 4,275 \\ 7,200 \\ 5,400 \\ 3,600 \\ 2,025 \end{bmatrix} \quad u = \begin{bmatrix} 72,10 \\ 58,36 \\ 37,48 \\ 21,25 \\ 7,37 \end{bmatrix} \quad \delta = \begin{bmatrix} 13,74 \\ 20,88 \\ 16,23 \\ 13,88 \\ 7,37 \end{bmatrix}$$

3. Yükleme : (Yük üst katlarda yoğun)  $\Sigma Q = 22,500$  t.

$$P = \begin{bmatrix} 11,000 \\ 10,000 \\ 0,500 \\ 0,500 \\ 0,500 \end{bmatrix} \quad u = \begin{bmatrix} 115,04 \\ 80,98 \\ 43,87 \\ 22,93 \\ 7,62 \end{bmatrix} \quad \delta = \begin{bmatrix} 34,06 \\ 37,11 \\ 20,94 \\ 15,31 \\ 7,62 \end{bmatrix}$$

4. Yükleme : (Yük orta katlarda yoğun)  $\Sigma Q = 22,500$  t.

$$P = \begin{bmatrix} 0,300 \\ 7,500 \\ 7,500 \\ 7,000 \\ 0,200 \end{bmatrix} \quad u = \begin{bmatrix} 53,34 \\ 51,31 \\ 37,35 \\ 21,96 \\ 7,53 \end{bmatrix} \quad \delta = \begin{bmatrix} 2,03 \\ 13,96 \\ 15,39 \\ 14,43 \\ 7,53 \end{bmatrix}$$

5. Yükleme : (Yük alt katlarda yoğun)  $\Sigma Q = 22,500$  t.

$$P = \begin{bmatrix} 1,900 \\ 2,000 \\ 2,000 \\ 6,600 \\ 10,000 \end{bmatrix} \quad u = \begin{bmatrix} 34,94 \\ 29,00 \\ 21,73 \\ 15,09 \\ 6,33 \end{bmatrix} \quad \delta = \begin{bmatrix} 5,94 \\ 7,27 \\ 6,64 \\ 8,76 \\ 6,33 \end{bmatrix}$$

6. Yükleme :  $\Sigma Q = 22,500$  t.

$$P = \begin{bmatrix} 3,000 \\ 5,000 \\ 2,500 \\ 6,500 \\ 5,500 \end{bmatrix} \quad u = \begin{bmatrix} 53,33 \\ 43,69 \\ 29,26 \\ 18,32 \\ 6,89 \end{bmatrix} \quad \delta = \begin{bmatrix} 9,64 \\ 14,43 \\ 10,94 \\ 11,43 \\ 6,89 \end{bmatrix}$$

7. Yükleme :  $\Sigma Q = 22,500$  t

$$P = \begin{bmatrix} 4,000 \\ 3,000 \\ 6,000 \\ 5,000 \\ 4,500 \end{bmatrix} \quad u = \begin{bmatrix} 57,59 \\ 45,27 \\ 31,88 \\ 19,24 \\ 7,03 \end{bmatrix} \quad \delta = \begin{bmatrix} 12,32 \\ 13,39 \\ 12,64 \\ 12,21 \\ 7,03 \end{bmatrix}$$

8. Yükleme :  $\Sigma Q = 22,500$  t

$$P = \begin{bmatrix} 2,000 \\ 4,000 \\ 9,000 \\ 5,000 \\ 2,500 \end{bmatrix} \quad u = \begin{bmatrix} 53,18 \\ 46,62 \\ 34,75 \\ 20,63 \\ 7,28 \end{bmatrix} \quad \delta = \begin{bmatrix} 6,56 \\ 11,87 \\ 14,12 \\ 13,35 \\ 7,28 \end{bmatrix}$$

9. Yükleme :  $\Sigma Q = 22,500$  t.

$$P = \begin{bmatrix} 5,000 \\ 8,000 \\ 5,000 \\ 2,500 \\ 2,000 \end{bmatrix} \quad u = \begin{bmatrix} 78,16 \\ 62,15 \\ 38,67 \\ 21,46 \\ 7,39 \end{bmatrix} \quad \delta = \begin{bmatrix} 15,66 \\ 23,48 \\ 17,21 \\ 14,07 \\ 7,39 \end{bmatrix}$$

B.1- 1. Katın incelenmesi :

| Yükleme | 1. kattaki toplam<br>kesme kuvveti<br>( $Q_1$ ) ton | 1. kattaki<br>rölatif<br>deplasman<br>( $\delta_1$ ) mm | Aritmetik orta-<br>lamadan sapma<br>% |
|---------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| 1       | 22,500                                              | 6,97                                                    | -2,65                                 |
| 2       | "                                                   | 7,37                                                    | 2,93                                  |
| 3       | "                                                   | 7,62                                                    | 6,42                                  |
| 4       | "                                                   | 7,53                                                    | 5,17                                  |
| 5       | "                                                   | 6,33                                                    | -11,59                                |
| 6       | "                                                   | 6,89                                                    | -3,77                                 |
| 7       | "                                                   | 7,03                                                    | -1,82                                 |
| 8       | "                                                   | 7,28                                                    | 1,68                                  |
| 9       | "                                                   | 7,39                                                    | 3,21                                  |

$$\bar{\delta}_1 = 7,16 \text{ mm}$$

$$S.S = 0,38 \text{ mm}$$

$$\bar{\delta}_1 - S.S = 6,78 \text{ mm}$$

$$\bar{\delta}_1 + S.S = 7.54 \text{ mm}$$

## B.2- 2. Katın İncelenmesi :

| Yükleme | 2. kattaki toplam kesme kuvveti ( $Q_2$ ) ton | 2. kattaki rölatif deplasman ( $\delta_2$ ) mm | Regrasyon denklemleri ile bulunan rölatif deplasman ( $\hat{\delta}_2$ ) mm |
|---------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| 1       | 17,500                                        | 11,93                                          | 11,84                                                                       |
| 2       | 20,475                                        | 13,88                                          | 13,86                                                                       |
| 3       | 22,000                                        | 15,31                                          | 14,89                                                                       |
| 4       | 22,300                                        | 14,43                                          | 15,09                                                                       |
| 5       | 12,500                                        | 8,76                                           | 8,46                                                                        |
| 6       | 17,000                                        | 11,43                                          | 11,50                                                                       |
| 7       | 18,000                                        | 12,21                                          | 12,18                                                                       |
| 8       | 20,000                                        | 13,35                                          | 13,53                                                                       |
| 9       | 20,500                                        | 14,07                                          | 13,87                                                                       |

$$\Sigma Q_2^2 = 3296,26$$

$$\Sigma Q_2 \delta_2 = 2230,60 \quad \Sigma (\delta_2 - \hat{\delta}_2)^2 = 0,79$$

$$\bar{\delta}_2 = 12,82 \quad \Sigma (\delta_2 - \bar{\delta}_2)^2 = 31,34$$

$$\delta_2 = a_2 \cdot Q_2$$

$$a_2 = \frac{2230,60}{3296,26} = 0,677 \quad \underline{\underline{\delta_2 = 0,677 \cdot Q_2}}$$

$$r_2 = \sqrt{1 - \frac{0,79}{31,34}} = \underline{\underline{0,987}}$$

## B.3- 3. Katın İncelenmesi :

| Yükleme | 3. kattaki toplam kesme kuvveti ( $Q_3$ ) ton | 2. kattaki rölatif deplasman ( $\delta_3$ ) mm | Regrasyon denklemleri ile bulunan rölatif deplasman ( $\hat{\delta}_3$ ) mm |
|---------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| 1       | 12,500                                        | 12,29                                          | 12,20                                                                       |
| 2       | 16,875                                        | 16,23                                          | 16,48                                                                       |
| 3       | 21,500                                        | 20,94                                          | 20,99                                                                       |
| 4       | 15,300                                        | 15,39                                          | 14,94                                                                       |
| 5       | 5,900                                         | 6,64                                           | 5,76                                                                        |
| 6       | 10,500                                        | 10,95                                          | 10,25                                                                       |
| 7       | 13,000                                        | 12,64                                          | 12,69                                                                       |
| 8       | 15,000                                        | 14,12                                          | 14,65                                                                       |
| 9       | 18,000                                        | 17,21                                          | 17,57                                                                       |

$$\Sigma Q_3^2 = 2000,41$$

$$\Sigma Q_3 \delta_3 = 1953,13 \quad \Sigma (\delta_3 - \hat{\delta}_3)^2 = 1,94$$

$$\bar{\delta}_3 = 14,04 \quad \Sigma (\delta_3 - \bar{\delta}_3)^2 = 133,67$$

$$\delta_3 = a_3 \cdot Q_3$$

$$a_3 = \frac{1953,13}{2000,41} = 0,976 \quad \delta_3 = 0,976 \cdot Q_3$$

$$r_3 = \sqrt{1 - \frac{1,94}{133,67}} = \underline{\underline{0,993}}$$

**B.4- 4. Katın İncelenmesi :**

| Yükleme | 4. kattaki toplam<br>kesme kuvveti<br>( $Q_4$ ) ton | 4. kattaki<br>rölatif<br>deplasman<br>( $\delta_4$ ) mm | Regrasyon denk-<br>lemi ile bulu-<br>nan rölatif<br>deplasman<br>( $\hat{\delta}_4$ ) mm |
|---------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1       | 7,500                                               | 13,87                                                   | 13,53                                                                                    |
| 2       | 11,475                                              | 20,88                                                   | 20,70                                                                                    |
| 3       | 21,000                                              | 37,11                                                   | 37,89                                                                                    |
| 4       | 7,800                                               | 13,96                                                   | 14,07                                                                                    |
| 5       | 3,900                                               | 7,27                                                    | 7,04                                                                                     |
| 6       | 8,000                                               | 14,43                                                   | 14,43                                                                                    |
| 7       | 7,000                                               | 13,39                                                   | 12,63                                                                                    |
| 8       | 6,000                                               | 11,87                                                   | 10,83                                                                                    |
| 9       | 13,000                                              | 23,48                                                   | 23,46                                                                                    |

$$\Sigma Q_4^2 = 1022,98$$

$$\Sigma Q_4 \delta_4 = 1845,80 \quad \Sigma (\delta_4 - \hat{\delta}_4)^2 = 2,48$$

$$\bar{\delta}_4 = 17,36 \quad \Sigma (\delta_4 - \bar{\delta}_4)^2 = 619,94$$

$$\delta_4 = a_4 \cdot Q_4$$

$$a_4 = \frac{1845,80}{1022,98} = 1,804 \quad \delta_4 = 1,804 \cdot Q_4$$

$$r_4 = \sqrt{1 - \frac{2,48}{619,94}} = \underline{\underline{0,998}}$$

**B.5- 5. Katın İncelenmesi :**

| Yükleme | 5. kattaki toplam<br>kesme kuvveti<br>( $Q_5$ ) ton | 5. kattaki<br>rölatif<br>deplasman<br>( $\delta_5$ ) mm | Regrasyon denk-<br>lemi ile bulu-<br>nan rölatif<br>deplasman<br>( $\hat{\delta}_5$ ) mm |
|---------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1       | 2,500                                               | 8,17                                                    | 7,82                                                                                     |
| 2       | 4,275                                               | 13,74                                                   | 13,36                                                                                    |
| 3       | 11,000                                              | 34,06                                                   | 34,39                                                                                    |
| 4       | 0,300                                               | 2,03                                                    | 0,94                                                                                     |
| 5       | 1,900                                               | 5,94                                                    | 5,94                                                                                     |
| 6       | 3,000                                               | 9,64                                                    | 9,38                                                                                     |
| 7       | 4,000                                               | 12,32                                                   | 12,50                                                                                    |
| 8       | 2,000                                               | 6,56                                                    | 6,25                                                                                     |
| 9       | 5,000                                               | 15,66                                                   | 15,63                                                                                    |

$$\Sigma Q_5^2 = 203,23$$

$$\Sigma Q_5 \delta_5 = 635,34 \quad \Sigma (\delta_5 - \hat{\delta}_5)^2 = 1,76$$

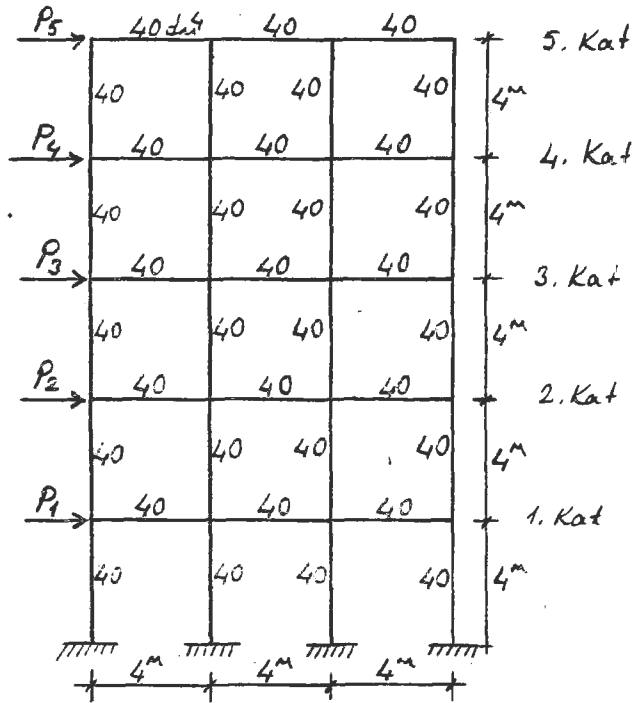
$$\bar{\delta}_5 = 12,01 \quad \Sigma (\delta_5 - \bar{\delta}_5)^2 = 689,12$$

$$\delta_5 = a_5 \cdot Q_5$$

$$a_5 = \frac{635,34}{203,23} = 3,126 \quad \delta_5 = 3,126 \cdot Q_5$$

$$r_5 = \sqrt{1 - \frac{1,76}{689,12}} = \underline{\underline{0,999}}$$

3.2.3- 3. Açıklıklı 5 Katlı Çerçeve :  
(Kolon ve kiriş rijitlikleri aynı) :



Şekil : 3.4

A- 1. kat için farklı yüklemeler ve regrasyon analizi  
( $\Sigma Q$  farklı).

1. Yükleme :  $\Sigma Q = 5,000$  t.

$$P = \begin{bmatrix} 1,000 \\ 1,000 \\ 1,000 \\ 1,000 \\ 1,000 \end{bmatrix} \quad u_1 = \delta_1 = 1,24 \text{ mm}$$

2. Yükleme :  $\Sigma Q = 9,600$  t.

$$P = \begin{bmatrix} 1,200 \\ 2,400 \\ 2,400 \\ 2,400 \\ 1,200 \end{bmatrix} \quad u_1 = \delta_1 = 2,43 \text{ mm}$$

3. Yükleme :  $\Sigma Q = 12,300$  t.

$$P = \begin{bmatrix} 1,500 \\ 2,800 \\ 4,000 \\ 1,600 \\ 2,400 \end{bmatrix} \quad u_1 = \delta_1 = 3,07 \text{ mm}$$

4. Yükleme :  $\Sigma Q = 15,000$  t.

$$P = \begin{bmatrix} 2,000 \\ 2,500 \\ 5,000 \\ 4,000 \\ 1,500 \end{bmatrix} \quad u_1 = \delta_1 = 3,81 \text{ mm}$$

5. Yükleme :  $\Sigma Q = 17,500$  t.

$$P = \begin{bmatrix} 2,500 \\ 6,000 \\ 3,000 \\ 4,000 \\ 2,000 \end{bmatrix} \quad u_1 = \delta_1 = 4,44 \text{ mm}$$

6. Yükleme :  $\Sigma Q = 22,500$  t.

$$P = \begin{bmatrix} 2,500 \\ 5,000 \\ 5,000 \\ 5,000 \\ 5,000 \end{bmatrix} \quad u_1 = \delta_1 = 5,57 \text{ mm}$$

| Yükleme | 1. kattaki toplam<br>kesme kuvveti<br>( $Q_1$ ) ton | 1. kattaki<br>rölatif<br>deplasman<br>( $\delta_1$ ) mm | Regrasyon denk-<br>lemi ile bulu-<br>nan rölatif<br>deplasman<br>( $\hat{\delta}_1$ ) mm |
|---------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1       | 5,000                                               | 1,24                                                    | 1,25                                                                                     |
| 2       | 9,600                                               | 2,43                                                    | 2,41                                                                                     |
| 3       | 12,300                                              | 3,07                                                    | 3,08                                                                                     |
| 4       | 15,000                                              | 3,81                                                    | 3,76                                                                                     |
| 5       | 17,500                                              | 4,44                                                    | 4,39                                                                                     |
| 6       | 22,500                                              | 5,57                                                    | 5,64                                                                                     |
|         | $\Sigma Q_1^2 = 1305,95$                            | $\Sigma Q_1 \delta_1 = 327,46$                          | $\Sigma (\delta_1 - \hat{\delta}_1)^2 = 0,01$                                            |
|         |                                                     | $\bar{\delta}_1 = 3,43$                                 | $\Sigma (\delta_1 - \bar{\delta}_1)^2 = 11,61$                                           |

$$\delta_1 = a_1 \cdot Q_1$$

$$a_1 = \frac{327,46}{1305,95} = 0,251 \quad \delta_1 = 0,251 \cdot Q_1$$

$$r_1 = \sqrt{1 - \frac{0,01}{11,61}} = 0,9996$$

B- Sistem için farklı yüklemeler ve regresyon analizi ( $\Sigma Q$  sabit).

1. Yükleme : (Rüzgar yükü)  $\Sigma Q = 22,500$  t.

$$P = \begin{bmatrix} 2,500 \\ 5,000 \\ 5,000 \\ 5,000 \\ 5,000 \end{bmatrix} \quad u = \begin{bmatrix} 20,83 \\ 19,66 \\ 16,77 \\ 12,00 \\ 5,57 \end{bmatrix} \quad \delta = \begin{bmatrix} 1,17 \\ 2,89 \\ 4,77 \\ 6,43 \\ 5,57 \end{bmatrix}$$

2. Yükleme : (Deprem yükü)  $\Sigma Q = 22,500$  t.

$$P = \begin{bmatrix} 4,275 \\ 7,200 \\ 5,400 \\ 3,600 \\ 2,025 \end{bmatrix} \quad u = \begin{bmatrix} 25,70 \\ 23,81 \\ 19,52 \\ 13,21 \\ 5,74 \end{bmatrix} \quad \delta = \begin{bmatrix} 1,89 \\ 4,29 \\ 6,31 \\ 7,47 \\ 5,74 \end{bmatrix}$$

3. Yükleme : (Yük üst katlarda yoğun)  $\Sigma Q = 22,500$  t.

$$P = \begin{bmatrix} 11,000 \\ 10,000 \\ 0,500 \\ 0,500 \\ 0,500 \end{bmatrix} \quad u = \begin{bmatrix} 33,86 \\ 29,61 \\ 22,19 \\ 14,02 \\ 5,84 \end{bmatrix} \quad \delta = \begin{bmatrix} 4,25 \\ 7,42 \\ 8,17 \\ 8,18 \\ 5,84 \end{bmatrix}$$

4. Yükleme : (Yük orta katlarda yoğun)  $\Sigma Q = 22,500$  t.

$$P = \begin{bmatrix} 0,300 \\ 7,500 \\ 7,500 \\ 7,000 \\ 0,200 \end{bmatrix} \quad u = \begin{bmatrix} 23,07 \\ 22,47 \\ 19,44 \\ 13,67 \\ 5,82 \end{bmatrix} \quad \delta = \begin{bmatrix} 0,60 \\ 3,03 \\ 5,77 \\ 7,85 \\ 5,82 \end{bmatrix}$$

5. Yükleme : (Yük alt katlarda yoğun)  $\Sigma Q = 22,500$  t.

$$P = \begin{bmatrix} 1,900 \\ 2,000 \\ 2,000 \\ 6,600 \\ 10,000 \end{bmatrix} \quad u = \begin{bmatrix} 14,89 \\ 14,12 \\ 12,59 \\ 10,03 \\ 5,28 \end{bmatrix} \quad \delta = \begin{bmatrix} 0,77 \\ 1,53 \\ 2,56 \\ 4,75 \\ 5,28 \end{bmatrix}$$

6. Yükleme :  $\Sigma Q = 22,500$  t.

$$P = \begin{bmatrix} 3,000 \\ 5,000 \\ 2,500 \\ 6,500 \\ 5,500 \end{bmatrix} \quad u = \begin{bmatrix} 20,23 \\ 18,92 \\ 15,98 \\ 11,73 \\ 5,53 \end{bmatrix} \quad \delta = \begin{bmatrix} 1,31 \\ 2,94 \\ 4,25 \\ 6,20 \\ 5,53 \end{bmatrix}$$

7. Yükleme :  $\Sigma Q = 22,500$  t.

$$P = \begin{bmatrix} 4,000 \\ 3,000 \\ 6,000 \\ 5,000 \\ 4,500 \end{bmatrix} \quad u = \begin{bmatrix} 21,51 \\ 19,97 \\ 17,09 \\ 12,19 \\ 5,59 \end{bmatrix} \quad \delta = \begin{bmatrix} 1,54 \\ 2,88 \\ 4,90 \\ 6,60 \\ 5,59 \end{bmatrix}$$

8. Yükleme :  $\Sigma Q = 22,500$  t.

$$P = \begin{bmatrix} 2,000 \\ 4,000 \\ 9,000 \\ 5,000 \\ 2,500 \end{bmatrix} \quad u = \begin{bmatrix} 21,98 \\ 21,02 \\ 18,40 \\ 12,92 \\ 5,70 \end{bmatrix} \quad \delta = \begin{bmatrix} 0,96 \\ 2,62 \\ 5,48 \\ 7,22 \\ 5,70 \end{bmatrix}$$

9. Yükleme :  $\Sigma Q = 22,500$  t.

$$P = \begin{bmatrix} 5,000 \\ 8,000 \\ 5,000 \\ 2,500 \\ 2,000 \end{bmatrix} \quad u = \begin{bmatrix} 26,95 \\ 24,78 \\ 19,99 \\ 13,30 \\ 5,75 \end{bmatrix} \quad \delta = \begin{bmatrix} 2,17 \\ 4,79 \\ 6,69 \\ 7,55 \\ 5,75 \end{bmatrix}$$

B.1- 1. Katın İncelenmesi :

| Yükleme | 1. kattaki toplam kesme kuvveti ( $Q_1$ ) ton | 1. kattaki rölatif deplasman ( $\delta_1$ ) mm | Aritmetik ortalamadan sapma % |
|---------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------|
| 1       | 22,500                                        | 5,57                                           | -1,41                         |
| 2       | "                                             | 5,74                                           | 1,59                          |
| 3       | "                                             | 5,84                                           | 3,36                          |
| 4       | "                                             | 5,82                                           | 3,01                          |
| 5       | "                                             | 5,28                                           | -6,55                         |
| 6       | "                                             | 5,53                                           | -2,12                         |
| 7       | "                                             | 5,59                                           | -1,06                         |
| 8       | "                                             | 5,70                                           | 0,88                          |
| 9       | "                                             | 5,75                                           | 1,77                          |

$$\bar{\delta}_1 = 5,65 \text{ mm}$$

$$S.S. = 0.17$$

$$\bar{\delta}_1 - S.S. = 5.48 \text{ mm}$$

$$\bar{\delta}_1 + S.S. = 5,82 \text{ mm}$$



## B.2- 2. Katın İncelenmesi :

| Yüklemeye | 2. kattaki toplam kesme kuvveti ( $Q_2$ ) ton | 2. kattaki rölatif deplasman ( $\delta_2$ ) mm | Regrasyon denklemleri ile bulunan rölatif deplasman ( $\hat{\delta}_2$ ) mm |
|-----------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| 1         | 17,500                                        | 6,43                                           | 6,39                                                                        |
| 2         | 20,475                                        | 7,47                                           | 7,47                                                                        |
| 3         | 22,000                                        | 8,18                                           | 8,03                                                                        |
| 4         | 22,300                                        | 7,85                                           | 8,14                                                                        |
| 5         | 12,500                                        | 4,75                                           | 4,56                                                                        |
| 6         | 17,000                                        | 6,20                                           | 6,21                                                                        |
| 7         | 18,000                                        | 6,60                                           | 6,57                                                                        |
| 8         | 20,000                                        | 7,22                                           | 7,30                                                                        |
| 9         | 20,500                                        | 7,55                                           | 7,48                                                                        |

$$\Sigma Q_2^2 = 3296,26$$

$$\Sigma Q_2 \delta_2 = 1203,24 \quad \Sigma (\delta_2 - \hat{\delta}_2)^2 = 0,16$$

$$\bar{\delta}_2 = 6,92 \quad \Sigma (\delta_2 - \bar{\delta}_2)^2 = 8,81$$

$$\delta_2 = a_2 \cdot Q_2$$

$$a_2 = \frac{1203,24}{3296,26} = 0,365$$

$$\delta_2 = 0,365 \cdot Q_2$$

$$r_2 = \sqrt{1 - \frac{0,16}{8,81}} = 0,991$$

## B.3- 3. Katın incelenmesi :

| Yüklemeye | 3. kattaki toplam kesme kuvveti ( $Q_3$ ) ton | 3. kattaki rölatif deplasman ( $\delta_3$ ) mm | Regrasyon denklemleri ile bulunan rölatif deplasman ( $\hat{\delta}_3$ ) mm |
|-----------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| 1         | 12,500                                        | 4,77                                           | 4,72                                                                        |
| 2         | 16,875                                        | 6,31                                           | 6,38                                                                        |
| 3         | 21,500                                        | 8,17                                           | 8,13                                                                        |
| 4         | 15,300                                        | 5,77                                           | 5,78                                                                        |
| 5         | 5,900                                         | 2,56                                           | 2,23                                                                        |
| 6         | 10,500                                        | 4,25                                           | 3,97                                                                        |
| 7         | 13,000                                        | 4,90                                           | 4,91                                                                        |
| 8         | 15,000                                        | 5,48                                           | 5,67                                                                        |
| 9         | 18,000                                        | 6,69                                           | 6,80                                                                        |

$$\Sigma Q_3^2 = 2000,41$$

$$\Sigma Q_3 \delta_3 = 756,09 \quad \Sigma (\delta_3 - \hat{\delta}_3)^2 = 0,24$$

$$\bar{\delta}_3 = 5,43 \quad \Sigma (\delta_3 - \bar{\delta}_3)^2 = 20,33$$

$$\delta_3 = a_3 \cdot Q_3$$

$$a_3 = \frac{756,09}{2000,41} = 0,378 \quad \delta_3 = 0,378 \cdot Q_3$$

$$r_3 = \sqrt{1 - \frac{0,24}{20,33}} = \underline{\underline{0,994}}$$

B.4- 4. Katın İncelenmesi :

| Yükleme | 4. kattaki toplam<br>kesme kuvveti<br>( $Q_4$ ) ton | 4. kattaki<br>rölatif<br>deplasman<br>( $\delta_4$ ) mm | Regrasyon denk-<br>lemi ile bulu-<br>nan rölatif<br>deplasman<br>( $\hat{\delta}_4$ ) mm |
|---------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1       | 7,500                                               | 2,89                                                    | 2,77                                                                                     |
| 2       | 11,475                                              | 4,29                                                    | 4,24                                                                                     |
| 3       | 21,000                                              | 7,42                                                    | 7,76                                                                                     |
| 4       | 7,800                                               | 3,03                                                    | 2,88                                                                                     |
| 5       | 3,900                                               | 1,53                                                    | 1,44                                                                                     |
| 6       | 8,000                                               | 2,94                                                    | 2,96                                                                                     |
| 7       | 7,000                                               | 2,88                                                    | 2,59                                                                                     |
| 8       | 6,000                                               | 2,62                                                    | 2,22                                                                                     |
| 9       | 13,000                                              | 4,79                                                    | 4,80                                                                                     |

$$\Sigma Q_4^2 = 1022,98$$

$$\Sigma Q_4 \delta_4 = 377,99 \quad \Sigma (\delta_4 - \hat{\delta}_4)^2 = 0,41$$

$$\bar{\delta}_4 = 3,60 \quad \Sigma (\delta_4 - \bar{\delta}_4)^2 = 23,51$$

$$\delta_4 = a_4 \cdot Q_4$$

$$a_4 = \frac{377,99}{1022,98} = 0,369 \quad \delta_4 = 0,369 \cdot Q_4$$

$$r_4 = \sqrt{1 - \frac{0,41}{23,51}} = \underline{\underline{0,991}}$$

B.5- 5. Katın İncelenmesi :

| Yükleme | 5. kattaki toplam<br>kesme kuvveti<br>( $Q_5$ ) ton | 5. kattaki<br>rölatif<br>deplasman<br>( $\delta_5$ ) mm | Regrasyon denk-<br>lemi ile bulu-<br>nan rölatif<br>deplasman<br>( $\hat{\delta}_5$ ) mm |
|---------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1       | 2,500                                               | 1,17                                                    | 1,01                                                                                     |
| 2       | 4,275                                               | 1,89                                                    | 1,73                                                                                     |
| 3       | 11,000                                              | 4,25                                                    | 4,45                                                                                     |
| 4       | 0,300                                               | 0,60                                                    | 0,12                                                                                     |
| 5       | 1,900                                               | 0,77                                                    | 0,77                                                                                     |
| 6       | 3,000                                               | 1,31                                                    | 1,21                                                                                     |
| 7       | 4,000                                               | 1,54                                                    | 1,62                                                                                     |
| 8       | 2,000                                               | 0,96                                                    | 0,81                                                                                     |
| 9       | 5,000                                               | 2,17                                                    | 2,02                                                                                     |

$$\Sigma Q_5^2 = 203,23$$

$$\Sigma Q_5 \delta_5 = 82,26 \quad \Sigma (\delta_5 - \hat{\delta}_5)^2 = 0,38$$

$$\bar{\delta}_5 = 1,63 \quad \Sigma (\delta_5 - \bar{\delta}_5)^2 = 9,80$$

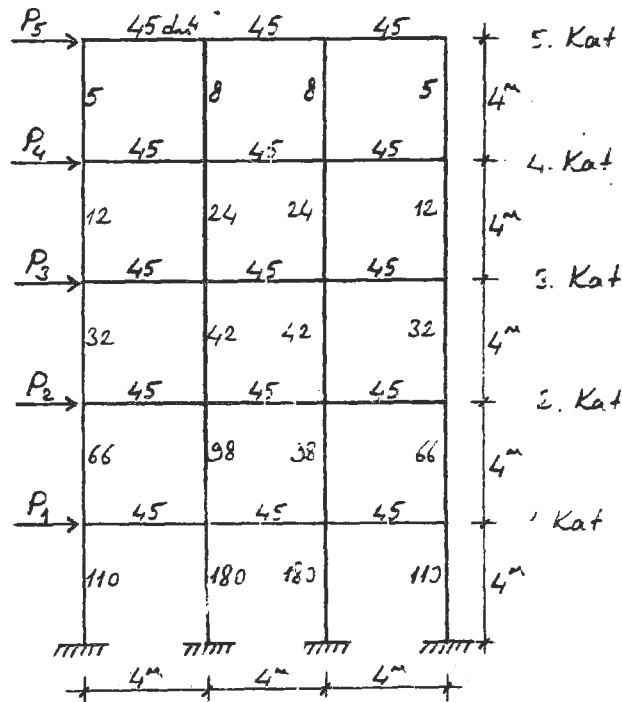
$$\delta_5 = a_5 \cdot Q_5$$

$$a_5 = \frac{0,38}{203,23} = 0,405 \quad \delta_5 = 0,405 \cdot Q_5$$

$$r_5 = \sqrt{1 - \frac{0,38}{9,80}} = 0,980$$

### 3.2.4- 3 Açıklıklı 5 Katlı Çerçeve:

(kolon ve kiriş rijitlikleri farklı).



Şekil : 3.5

A- 1. Kat için farklı yüklemeler ve regresyon analizi ( $\Sigma Q$  farklı).

1. Yükleme :  $\Sigma Q = 5,000 \text{ t}$

$$P = \begin{bmatrix} 1,000 \\ 1,000 \\ 1,000 \\ 1,000 \\ 1,000 \end{bmatrix} \quad u_1 = \delta_1 = 0,53 \text{ mm}$$

2. Yükleme :  $\Sigma Q = 9,600 \text{ t.}$

$$P = \begin{bmatrix} 1,200 \\ 2,400 \\ 2,400 \\ 2,400 \\ 1,200 \end{bmatrix} \quad u_1 = \delta_1 = 1,05 \text{ mm}$$

3. Yükleme :  $\Sigma Q = 12,300$  t.

$$P = \begin{bmatrix} 1,500 \\ 2,800 \\ 4,000 \\ 1,600 \\ 2,400 \end{bmatrix} \quad u_1 = \delta_1 = 1,32 \text{ mm}$$

4. Yükleme :  $\Sigma Q = 15,000$  t.

$$P = \begin{bmatrix} 2,000 \\ 2,500 \\ 5,000 \\ 4,000 \\ 1,500 \end{bmatrix} \quad u_1 = \delta_1 = 1,65 \text{ mm}$$

5. Yükleme :  $\Sigma Q = 17,500$  t.

$$P = \begin{bmatrix} 2,500 \\ 6,000 \\ 3,000 \\ 4,000 \\ 2,000 \end{bmatrix} \quad u_1 = \delta_1 = 1,92 \text{ mm}$$

6. Yükleme :  $\Sigma Q = 22,500$  t.

$$P = \begin{bmatrix} 2,500 \\ 5,000 \\ 5,000 \\ 5,000 \\ 5,000 \end{bmatrix} \quad u_1 = \delta_1 = 2,37 \text{ mm}$$

| Yükleme | 1. kattaki toplam<br>kesme kuvveti<br>( $Q_1$ ) ton | 1. kattaki<br>rölatif<br>deplasman<br>( $\delta_1$ ) mm | Regrasyon denk-<br>lemi ile bulu-<br>nan rölatif<br>deplasman<br>( $\hat{\delta}_1$ ) mm |
|---------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1       | 5,000                                               | 0,53                                                    | 0,54                                                                                     |
| 2       | 9,600                                               | 1,05                                                    | 1,03                                                                                     |
| 3       | 12,300                                              | 1,32                                                    | 1,32                                                                                     |
| 4       | 15,000                                              | 1,65                                                    | 1,62                                                                                     |
| 5       | 17,500                                              | 1,92                                                    | 1,88                                                                                     |
| 6       | 22,500                                              | 2,37                                                    | 2,42                                                                                     |

$$\Sigma Q_1^2 = 1305,95$$

$$\Sigma Q_1 \delta_1 = 140,64 \quad \Sigma (\delta_1 - \hat{\delta}_1)^2 = 5,5 \cdot 10^{-3}$$

$$\bar{\delta}_1 = 1,47 \quad \Sigma (\delta_1 - \bar{\delta}_1)^2 = 2,13$$

$$\delta_1 = a_1 \cdot Q_1$$

$$a_1 = \frac{140,64}{1305,95} = 0,108$$

$$\delta_1 = 0,108 \cdot Q_1$$

$$r_1 = \sqrt{1 - \frac{5,5 \cdot 10^{-3}}{2,13}} = 0,999$$

B- Sistem için farklı yüklemeler ve regresyon analizi  
( $\Sigma Q$  sabit).

1. Yükleme : (Rüzgar yükü)  $\Sigma Q = 22,500$  t.

$$P = \begin{bmatrix} 2,500 \\ 5,000 \\ 5,000 \\ 5,000 \\ 5,000 \end{bmatrix} \quad u = \begin{bmatrix} 18,17 \\ 15,12 \\ 11,03 \\ 6,51 \\ 2,37 \end{bmatrix} \quad \delta = \begin{bmatrix} 3,05 \\ 4,09 \\ 4,52 \\ 4,14 \\ 2,37 \end{bmatrix}$$

2. Yükleme : (Deprem yükü)  $\Sigma Q = 22,500$  t.

$$P = \begin{bmatrix} 4,275 \\ 7,200 \\ 5,400 \\ 3,600 \\ 2,025 \end{bmatrix} \quad u = \begin{bmatrix} 24,59 \\ 19,44 \\ 13,30 \\ 7,32 \\ 2,50 \end{bmatrix} \quad \delta = \begin{bmatrix} 5,15 \\ 6,14 \\ 5,98 \\ 4,82 \\ 2,50 \end{bmatrix}$$

3. Yükleme : (Yük üst katlarda yoğun)  $\Sigma Q = 22,500$  t.

$$P = \begin{bmatrix} 11,000 \\ 10,000 \\ 0,500 \\ 0,500 \\ 0,500 \end{bmatrix} \quad u = \begin{bmatrix} 39,29 \\ 26,49 \\ 15,59 \\ 7,89 \\ 2,59 \end{bmatrix} \quad \delta = \begin{bmatrix} 12,80 \\ 10,90 \\ 7,70 \\ 5,30 \\ 2,59 \end{bmatrix}$$

4. Yükleme : (Yük orta katlarda yoğun)  $\Sigma Q = 22,500$  t.

$$P = \begin{bmatrix} 0,300 \\ 7,500 \\ 7,500 \\ 7,000 \\ 0,200 \end{bmatrix} \quad u = \begin{bmatrix} 18,03 \\ 17,41 \\ 13,05 \\ 7,57 \\ 2,56 \end{bmatrix} \quad \delta = \begin{bmatrix} 0,62 \\ 4,36 \\ 5,48 \\ 5,01 \\ 2,56 \end{bmatrix}$$

5. Yükleme : (Yük alt katlarda yoğun)  $\Sigma Q = 22,500$  t.

$$P = \begin{bmatrix} 1,900 \\ 2,000 \\ 2,000 \\ 6,600 \\ 10,000 \end{bmatrix} \quad u = \begin{bmatrix} 11,98 \\ 9,75 \\ 7,61 \\ 5,20 \\ 2,16 \end{bmatrix} \quad \delta = \begin{bmatrix} 2,23 \\ 2,14 \\ 2,41 \\ 3,04 \\ 2,16 \end{bmatrix}$$

6. Yükleme :  $\Sigma Q = 22,500$  t.

$$P = \begin{bmatrix} 3,000 \\ 5,000 \\ 2,500 \\ 6,500 \\ 5,500 \end{bmatrix} \quad u = \begin{bmatrix} 18,16 \\ 14,55 \\ 10,31 \\ 6,31 \\ 2,35 \end{bmatrix} \quad \delta = \begin{bmatrix} 3,61 \\ 4,24 \\ 4,00 \\ 3,96 \\ 2,35 \end{bmatrix}$$

7. Yükleme :  $\Sigma Q = 22,500$  t.

$$P = \begin{bmatrix} 4,000 \\ 3,000 \\ 6,000 \\ 5,000 \\ 4,500 \end{bmatrix} \quad u = \begin{bmatrix} 19,88 \\ 15,24 \\ 11,28 \\ 6,63 \\ 2,39 \end{bmatrix} \quad \delta = \begin{bmatrix} 4,64 \\ 3,96 \\ 4,65 \\ 4,24 \\ 2,39 \end{bmatrix}$$

8. Yükleme :  $\Sigma Q = 22,500$  t.

$$P = \begin{bmatrix} 2,000 \\ 4,000 \\ 9,000 \\ 5,000 \\ 2,500 \end{bmatrix} \quad u = \begin{bmatrix} 18,30 \\ 15,85 \\ 12,32 \\ 7,11 \\ 2,48 \end{bmatrix} \quad \delta = \begin{bmatrix} 2,45 \\ 3,53 \\ 5,21 \\ 4,63 \\ 2,48 \end{bmatrix}$$

9. Yükleme :  $\Sigma Q = 22,500$  t.

$$P = \begin{bmatrix} 5,000 \\ 8,000 \\ 5,000 \\ 2,500 \\ 2,000 \end{bmatrix} \quad u = \begin{bmatrix} 26,64 \\ 20,64 \\ 13,73 \\ 7,39 \\ 2,51 \end{bmatrix} \quad \delta = \begin{bmatrix} 6,00 \\ 6,91 \\ 6,34 \\ 4,88 \\ 2,51 \end{bmatrix}$$

B.1- 1. Katın İncelenmesi :

| Yükleme | 1. kattaki toplam kesme kuvveti ( $Q_1$ ) | 1. kattaki rölatif deplasman ( $\delta_1$ ) mm | Aritmetik ortalamadan sapma % |
|---------|-------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------|
| 1       | 22,500                                    | 2,37                                           | -2,47                         |
| 2       | "                                         | 2,50                                           | 2,88                          |
| 3       | "                                         | 2,59                                           | 6,58                          |
| 4       | "                                         | 2,56                                           | 5,35                          |
| 5       | "                                         | 2,16                                           | -11,11                        |
| 6       | "                                         | 2,35                                           | -3,29                         |
| 7       | "                                         | 2,39                                           | -1,65                         |
| 8       | "                                         | 2,48                                           | 2,06                          |
| 9       | "                                         | 2,51                                           | 3,29                          |

$$\bar{\delta}_1 = 2,43 \text{ mm}$$

$$S.S = 0,12 \text{ mm}$$

$$\bar{\delta}_1 - S.S = 2,31 \text{ mm}$$

$$\bar{\delta}_1 + S.S = 2,55 \text{ mm}$$

## B.2- 2. Katın İncelenmesi :

| Yükleme | 2. kattaki toplam kesme kuvveti (Q <sub>2</sub> ) ton | 2. kattaki rölatif deplasman (δ <sub>2</sub> ) mm | Regrasyon denklemi ile bulunan rölatif deplasman ( $\hat{\delta}_2$ ) mm |
|---------|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| 1       | 17,500                                                | 4,14                                              | 4,11                                                                     |
| 2       | 20,475                                                | 4,82                                              | 4,81                                                                     |
| 3       | 22,000                                                | 5,30                                              | 5,16                                                                     |
| 4       | 22,300                                                | 5,01                                              | 5,23                                                                     |
| 5       | 12,500                                                | 3,04                                              | 2,93                                                                     |
| 6       | 17,000                                                | 3,96                                              | 3,99                                                                     |
| 7       | 18,000                                                | 4,24                                              | 4,23                                                                     |
| 8       | 20,000                                                | 4,63                                              | 4,69                                                                     |
| 9       | 20,500                                                | 4,88                                              | 4,81                                                                     |

$$\Sigma Q_2^2 = 3296,26$$

$$\Sigma Q_2 \delta_2 = 773,74 \quad \Sigma (\delta_2 - \hat{\delta}_2)^2 = 0,09$$

$$\bar{\delta}_2 = 4,45 \quad \Sigma (\delta_2 - \bar{\delta}_2)^2 = 3,76$$

$$\delta_2 = a_2 \cdot Q_2$$

$$a_2 = \frac{773,74}{3296,26} = 0,235$$

$$\delta_2 = 0,235 \cdot Q_2$$

$$r_2 = \sqrt{1 - \frac{0,09}{3,76}} = 0,988$$

## B.3- 3. Katın İncelenmesi :

| Yükleme | 3. kattaki toplam kesme kuvveti (Q <sub>3</sub> ) ton | 3. kattaki rölatif deplasman (δ <sub>3</sub> ) mm | Regrasyon denklemi ile bulunan rölatif deplasman ( $\hat{\delta}_3$ ) mm |
|---------|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| 1       | 12,500                                                | 4,52                                              | 4,47                                                                     |
| 2       | 16,875                                                | 5,98                                              | 6,04                                                                     |
| 3       | 21,500                                                | 7,70                                              | 7,69                                                                     |
| 4       | 15,300                                                | 5,48                                              | 5,47                                                                     |
| 5       | 5,900                                                 | 2,41                                              | 2,11                                                                     |
| 6       | 10,500                                                | 4,00                                              | 3,76                                                                     |
| 7       | 13,000                                                | 4,65                                              | 4,65                                                                     |
| 8       | 15,000                                                | 5,21                                              | 5,37                                                                     |
| 9       | 18,000                                                | 6,34                                              | 6,44                                                                     |

$$\Sigma Q_3^2 = 2000,41$$

$$\Sigma Q_3 \delta_3 = 715,75 \quad \Sigma (\delta_3 - \hat{\delta}_3)^2 = 0,19$$

$$\bar{\delta}_3 = 5,14 \quad \Sigma (\delta_3 - \bar{\delta}_3)^2 = 18,20$$

$$\delta_3 = a_3 \cdot Q_3$$

$$a_3 = \frac{715,75}{2000,41} = 0,358$$

$$\delta_3 = 0,358 \cdot Q_3$$

$$r_3 = \sqrt{1 - \frac{0,19}{18,20}} = 0,995$$

## B.4- 4. Katın İncelenmesi :

| Yüklemeye | 4. kattaki toplam kesme kuvveti ( $Q_4$ ) ton | 4. kattaki rölatif deplasman ( $\delta_4$ ) mm | Regrasyon denklemi ile bulunan rölatif deplasman ( $\hat{\delta}_4$ ) mm |
|-----------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| 1         | 7,500                                         | 4,09                                           | 4,00                                                                     |
| 2         | 11,475                                        | 6,14                                           | 6,11                                                                     |
| 3         | 21,000                                        | 10,90                                          | 11,19                                                                    |
| 4         | 7,800                                         | 4,36                                           | 4,16                                                                     |
| 5         | 3,900                                         | 2,14                                           | 2,08                                                                     |
| 6         | 8,000                                         | 4,24                                           | 4,26                                                                     |
| 7         | 7,000                                         | 3,96                                           | 3,73                                                                     |
| 8         | 6,000                                         | 3,53                                           | 3,20                                                                     |
| 9         | 13,000                                        | 6,91                                           | 6,93                                                                     |

$$\Sigma Q_4^2 = 1022,98$$

$$\Sigma Q_4 \delta_4 = 545,04 \quad \Sigma (\delta_4 - \hat{\delta}_4)^2 = 0,30$$

$$\bar{\delta}_4 = 5,14 \quad \Sigma (\delta_4 - \bar{\delta}_4)^2 = 52,82$$

$$\delta_4 = a_4 \cdot Q_4$$

$$a_4 = \frac{545,04}{1022,98} = 0,533$$

$$\delta_4 = 0,533 \cdot Q_4$$

$$r_4 = \frac{0,30}{52,82} = 0,997$$

## B.5- 5. Katın İncelenmesi :

| Yüklemeye | 5. kattaki toplam kesme kuvveti ( $Q_5$ ) ton | 5. kattaki rölatif deplasman ( $\delta_5$ ) mm | Regrasyon denklemi ile bulunan rölatif deplasman ( $\hat{\delta}_5$ ) mm |
|-----------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| 1         | 2,500                                         | 3,05                                           | 2,94                                                                     |
| 2         | 4,275                                         | 5,15                                           | 5,03                                                                     |
| 3         | 11,000                                        | 12,80                                          | 12,94                                                                    |
| 4         | 0,300                                         | 0,62                                           | 0,35                                                                     |
| 5         | 1,900                                         | 2,23                                           | 2,24                                                                     |
| 6         | 3,000                                         | 3,61                                           | 3,53                                                                     |
| 7         | 4,000                                         | 4,64                                           | 4,71                                                                     |
| 8         | 2,000                                         | 2,45                                           | 2,35                                                                     |
| 9         | 5,000                                         | 6,00                                           | 5,88                                                                     |

$$\Sigma Q_5^2 = 203,23$$

$$\Sigma Q_5 \delta_5 = 239,15 \quad \Sigma (\delta_5 - \hat{\delta}_5)^2 = 0,15$$

$$\bar{\delta}_5 = 4,51 \quad \Sigma (\delta_5 - \bar{\delta}_5)^2 = 98,89$$

$$\delta_5 = a_5 \cdot Q_5$$

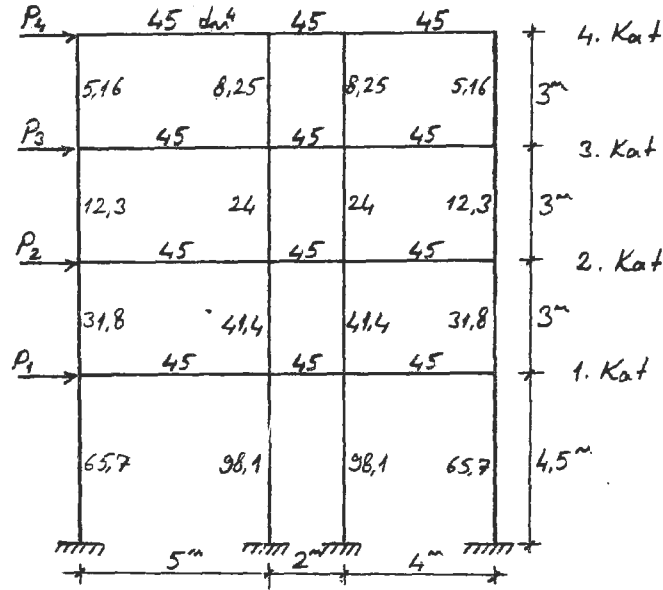
$$a_5 = \frac{239,15}{203,23} = 1,177$$

$$\delta_5 = 1,177 \cdot Q_5$$

$$r_5 = \sqrt{1 - \frac{0,15}{98,89}} = 0,999$$



**3.2,5- 3. Açıklıklı 4 Katlı Çerçeve :**  
(Kolon ve kiriş rijitlikleri farklı)



Şekil : 3,6

**A- 1. Kat için farklı yüklemeler ve Regresyon Analizi**  
( $\Sigma Q$  farklı)

**1. Yükleme :  $\Sigma Q = 8,000$  t.**

$$P = \begin{bmatrix} 2,000 \\ 2,000 \\ 2,000 \\ 2,000 \end{bmatrix} \quad u_1 = \delta_1 = 1,40 \text{ mm}$$

**2. Yükleme :  $\Sigma Q = 12,000$  t.**

$$P = \begin{bmatrix} 1,500 \\ 3,000 \\ 3,500 \\ 4,000 \end{bmatrix} \quad u_1 = \delta_1 = 2,06 \text{ mm}$$

**3. Yükleme :  $\Sigma Q = 14,400$  t.**

$$P = \begin{bmatrix} 2,400 \\ 3,200 \\ 5,800 \\ 3,000 \end{bmatrix} \quad u_1 = \delta_1 = 2,53 \text{ mm}$$

**4. Yükleme :  $\Sigma Q = 16,430$  t.**

$$P = \begin{bmatrix} 2,460 \\ 3,680 \\ 5,150 \\ 5,140 \end{bmatrix} \quad u_1 = \delta_1 = 2,83 \text{ mm}$$

5. Yükleme :  $\Sigma Q = 21,000 \text{ t.}$

$$P = \begin{bmatrix} 0,500 \\ 10,000 \\ 10,000 \\ 0,500 \end{bmatrix} \quad u_1 = \delta_1 = 3,81 \text{ mm}$$

| Yükleme | 1. Kattaki toplam kesme kuvveti ( $Q_1$ ) ton | 1. Kattaki rölatif deplasman ( $\delta_1$ ) mm | Regrasyon denklemleri ile bulunan rölatif deplasman ( $\hat{\delta}_1$ ) mm |
|---------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| 1       | 8,000                                         | 1,40                                           | 1,41                                                                        |
| 2       | 12,000                                        | 2,06                                           | 2,12                                                                        |
| 3       | 14,400                                        | 2,53                                           | 2,54                                                                        |
| 4       | 16,430                                        | 2,83                                           | 2,90                                                                        |
| 5       | 21,000                                        | 3,81                                           | 3,71                                                                        |

$$\Sigma Q_1^2 = 1126,30$$

$$\Sigma Q_1 \delta_1 = 198,86 \quad \Sigma (\delta_1 - \hat{\delta}_1)^2 = 0,02$$

$$\bar{\delta}_1 = 2,53 \quad \Sigma (\delta_1 - \bar{\delta}_1)^2 = 3,23$$

$$\delta_1 = a_1 \cdot Q_1$$

$$a_1 = \frac{198,86}{1126,30} = 0,177 \quad \delta_1 = 0,177 \cdot Q_1$$

$$r_1 = \sqrt{1 - \frac{0,02}{3,23}} = 0,997$$

B- Sistem için farklı yüklemeler ve regrasyon analizi.  
( $\Sigma Q$  sabit)

1. Yükleme :  $\Sigma Q = 16,430 \text{ t.}$

$$P = \begin{bmatrix} 2,460 \\ 3,680 \\ 5,150 \\ 5,140 \end{bmatrix} \quad u = \begin{bmatrix} 7,52 \\ 6,27 \\ 4,77 \\ 2,83 \end{bmatrix} \quad \delta = \begin{bmatrix} 1,25 \\ 1,50 \\ 1,94 \\ 2,83 \end{bmatrix}$$

2. Yükleme :  $\Sigma Q = 16,430 \text{ t.}$

$$P = \begin{bmatrix} 5,430 \\ 2,000 \\ 4,000 \\ 5,000 \end{bmatrix} \quad u = \begin{bmatrix} 9,24 \\ 6,64 \\ 4,82 \\ 2,84 \end{bmatrix} \quad \delta = \begin{bmatrix} 2,60 \\ 1,82 \\ 1,98 \\ 2,84 \end{bmatrix}$$

3. Yükleme :  $\Sigma Q = 16,430 \text{ t.}$

$$P = \begin{bmatrix} 6,430 \\ 4,000 \\ 4,000 \\ 2,000 \end{bmatrix} \quad u = \begin{bmatrix} 10,93 \\ 7,81 \\ 5,34 \\ 2,93 \end{bmatrix} \quad \delta = \begin{bmatrix} 3,12 \\ 2,47 \\ 2,41 \\ 2,93 \end{bmatrix}$$

4. Yükleme :  $\Sigma Q = 16,430$  t.

$$P = \begin{bmatrix} 10,430 \\ 3,000 \\ 2,000 \\ 1,000 \end{bmatrix} \quad u = \begin{bmatrix} 13,69 \\ 8,71 \\ 5,56 \\ 2,97 \end{bmatrix} \quad \delta = \begin{bmatrix} 4,98 \\ 3,15 \\ 2,59 \\ 2,97 \end{bmatrix}$$

5. Yükleme :  $\Sigma Q = 16,430$  t.

$$P = \begin{bmatrix} 4,500 \\ 4,500 \\ 4,500 \\ 2,930 \end{bmatrix} \quad u = \begin{bmatrix} 9,53 \\ 7,30 \\ 5,16 \\ 2,90 \end{bmatrix} \quad \delta = \begin{bmatrix} 2,23 \\ 2,14 \\ 2,26 \\ 2,90 \end{bmatrix}$$

B.1- 1. Katın incelenmesi :

| Yükleme | 1. Kattaki toplam kesme kuvveti ( $Q_1$ ) ton | 1. kattaki rölatif deplasman ( $\delta_1$ ) mm | Aritmetik ortalamadan sapma % |
|---------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------|
| 1       | 16,430                                        | 2,83                                           | -2,08                         |
| 2       | "                                             | 2,84                                           | -1,73                         |
| 3       | "                                             | 2,93                                           | 1,38                          |
| 4       | "                                             | 2,97                                           | 2,77                          |
| 5       | "                                             | 2,90                                           | 0,35                          |

$$\bar{\delta}_1 = 2,89 \text{ mm}$$

$$S.S. = 0,05 \text{ mm}$$

$$\bar{\delta}_1 - S.S. = 2,84 \text{ mm}$$

$$\bar{\delta}_1 + S.S. = 2,94 \text{ mm}$$

B.2- 2. Katın incelenmesi :

| Yükleme | 2. kattaki toplam kesme kuvveti ( $Q_2$ ) ton | 2. kattaki rölatif deplasman ( $\delta_2$ ) mm | Regrasyon denklemi ile bulunan rölatif deplasman ( $\hat{\delta}_2$ ) mm |
|---------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| 1       | 11,290                                        | 1,94                                           | 1,91                                                                     |
| 2       | 11,430                                        | 1,98                                           | 1,93                                                                     |
| 3       | 14,430                                        | 2,41                                           | 2,44                                                                     |
| 4       | 15,430                                        | 2,59                                           | 2,61                                                                     |
| 5       | 13,500                                        | 2,26                                           | 2,28                                                                     |

$$\Sigma Q_2^2 = 886,67$$

$$\Sigma Q_2 \delta_2 = 149,78 \quad \Sigma (\delta_2 - \hat{\delta}_2)^2 = 5,1 \cdot 10^{-3}$$

$$\bar{\delta}_2 = 2,24 \quad \Sigma (\delta_2 - \bar{\delta}_2)^2 = 0,31$$

$$\delta_2 = a_2 \cdot Q_2$$

$$a_2 = \frac{149,78}{886,67} = 0,169 \quad \delta_2 = 0,169 \cdot Q_2$$

$$r_2 = \sqrt{1 - \frac{5,1 \cdot 10^{-3}}{0,31}} = \underline{\underline{0,992}}$$

### B.3- 3. Katın İncelenmesi :

| Yüklemeye | 3. Kattaki toplam kesme kuvveti ( $Q_3$ ) ton | 3. Kattaki rölatif deplasman ( $\delta_3$ ) mm | Regrasyon denklemi ile bulunan rölatif deplasman ( $\hat{\delta}_3$ ) mm |
|-----------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| 1         | 6,140                                         | 1,50                                           | 1,46                                                                     |
| 2         | 7,430                                         | 1,82                                           | 1,77                                                                     |
| 3         | 10,430                                        | 2,47                                           | 2,48                                                                     |
| 4         | 13,430                                        | 3,15                                           | 3,19                                                                     |
| 5         | 9,000                                         | 2,14                                           | 2,14                                                                     |

$$\Sigma Q_3^2 = 463,05$$

$$\Sigma Q_3 \delta_3 = 110,06 \quad \Sigma (\delta_3 - \hat{\delta}_3)^2 = 5,8 \cdot 10^{-3}$$

$$\bar{\delta}_3 = 2,22 \quad \Sigma (\delta_3 - \bar{\delta}_3)^2 = 1,61$$

$$\delta_3 = a_3 \cdot Q_3$$

$$a_3 = \frac{110,06}{463,05} = 0,238 \quad \delta_3 = 0,238 \cdot Q_3$$

$$r_3 = \sqrt{1 - \frac{5,8 \cdot 10^{-3}}{1,61}} = \underline{\underline{0,998}}$$

### B.4- 4. Katın İncelenmesi :

| Yüklemeye | 4. Kattaki toplam kesme kuvveti ( $Q_4$ ) ton | 4. Kattaki rölatif deplasman ( $\delta_4$ ) mm | Regrasyon denklemi ile bulunan rölatif deplasman ( $\hat{\delta}_4$ ) mm |
|-----------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| 1         | 2,460                                         | 1,25                                           | 1,19                                                                     |
| 2         | 5,430                                         | 2,60                                           | 2,62                                                                     |
| 3         | 6,430                                         | 3,12                                           | 3,10                                                                     |
| 4         | 10,430                                        | 4,98                                           | 5,03                                                                     |
| 5         | 4,500                                         | 2,23                                           | 2,17                                                                     |

$$\Sigma Q_4^2 = 205,92$$

$$\Sigma Q_4 \delta_4 = 99,23 \quad \Sigma (\delta_4 - \hat{\delta}_4)^2 = 0,01$$

$$\bar{\delta}_4 = 2,84 \quad \Sigma (\delta_4 - \bar{\delta}_4)^2 = 7,62$$

$$\delta_4 = a_4 \cdot Q_4$$

$$a_4 = \frac{99,23}{205,92} = 0,482 \quad \delta_4 = 0,482 \cdot Q_4$$

$$r_4 = \sqrt{1 - \frac{0,01}{7,62}} = \underline{\underline{0,999}}$$

### 3.2.6- 5 Aralıklı 5 Katlı Çerçeve :

(Kolon ve kiriş rijitlikleri farklı):

|       |      |      |     |      |      |    |
|-------|------|------|-----|------|------|----|
| $P_5$ | 54   | 54   | 31  | 54   | 54   |    |
| $P_4$ | 86   | 86   | 54  | 86   | 86   |    |
| $P_3$ | 86   | 86   | 54  | 86   | 86   |    |
| $P_2$ | 86   | 86   | 54  | 86   | 86   |    |
| $P_1$ | 86   | 86   | 54  | 86   | 86   |    |
|       | 86   | 128  | 128 | 128  | 128  | 86 |
|       | 6,5m | 6,5m | 5m  | 6,5m | 6,5m |    |

Şekil : 3.7

A- 1. Kat için farklı yüklemeler ve regresyon analizi.  
( $\Sigma Q$  farklı).

1. Yükleme :  $\Sigma Q = 13,000$  t.

$$P = \begin{bmatrix} 3,000 \\ 2,000 \\ 3,000 \\ 2,000 \\ 3,000 \end{bmatrix} \quad u_1 = \delta_1 = 0,89 \text{ mm}$$

2. Yükleme :  $\Sigma Q = 14,000$  t

$$P = \begin{bmatrix} 4,000 \\ 3,000 \\ 3,000 \\ 2,000 \\ 2,000 \end{bmatrix} \quad u_1 = \delta_1 = 0,89 \text{ mm}$$

3. Yükleme :  $\Sigma Q = 16,000$  t.

$$P = \begin{bmatrix} 2,400 \\ 5,000 \\ 4,200 \\ 3,300 \\ 1,100 \end{bmatrix} \quad u_1 = \delta_1 = 1,14 \text{ mm}$$

4. Yükleme :  $\Sigma Q = 20,500$  t.

$$P = \begin{bmatrix} 5,000 \\ 5,000 \\ 5,000 \\ 3,000 \\ 2,500 \end{bmatrix} \quad u_1 = \delta_1 = 1,44 \text{ mm}$$

5. Yükleme :  $\Sigma Q = 26,000$  t

$$P = \begin{bmatrix} 1,000 \\ 1,000 \\ 6,000 \\ 8,000 \\ 10,000 \end{bmatrix} \quad u_1 = \delta_1 = 1,70 \text{ mm}$$

6. Yükleme :  $\Sigma Q = 33,000$  t

$$P = \begin{bmatrix} 1,500 \\ 10,000 \\ 10,000 \\ 10,000 \\ 1,500 \end{bmatrix} \quad u_1 = \delta_1 = 2,36 \text{ mm}$$

| Yükleme | 1. Kattaki toplam<br>kesme kuvveti<br>( $Q_1$ ) ton | 1. Kattaki<br>rölatif<br>deplasman<br>( $\delta_1$ ) mm | Regrasyon denk-<br>lemi ile bulu-<br>nan rölatif<br>deplasman<br>( $\hat{\delta}_1$ ) mm |
|---------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1       | 13,000                                              | 0,89                                                    | 0,90                                                                                     |
| 2       | 14,000                                              | 0,98                                                    | 0,97                                                                                     |
| 3       | 16,000                                              | 1,14                                                    | 1,11                                                                                     |
| 4       | 20,500                                              | 1,44                                                    | 1,43                                                                                     |
| 5       | 26,000                                              | 1,70                                                    | 1,81                                                                                     |
| 6       | 33,000                                              | 2,36                                                    | 2,29                                                                                     |

$$\Sigma Q_1^2 = 2806,25$$

$$\Sigma Q_1 \delta_1 = 195,13 \quad \Sigma (\delta_1 - \hat{\delta}_1)^2 = 0,018$$

$$\bar{\delta}_1 = 1,42 \quad \Sigma (\delta_1 - \bar{\delta}_1)^2 = 1,515$$

$$\delta_1 = a_1 \cdot Q_1$$

$$a_1 = \frac{195,13}{2806,25} = 0,070$$

$$\underline{\underline{\delta_1 = 0,070 \cdot Q_1}}$$

$$r_1 = \sqrt{1 - \frac{0,018}{1,515}} = \underline{\underline{0,994}}$$

B- Sistem için farklı yüklemeler ve regrasyon analizi.  
( $\Sigma Q$  sabit).

1. Yükleme :  $\Sigma Q = 22,500$  t (Rüzgar yükü)

$$P = \begin{bmatrix} 2,500 \\ 5,000 \\ 5,000 \\ 5,000 \\ 5,000 \end{bmatrix} \quad u = \begin{bmatrix} 5,61 \\ 5,05 \\ 4,10 \\ 2,91 \\ 1,54 \end{bmatrix} \quad \delta = \begin{bmatrix} 0,56 \\ 0,95 \\ 1,19 \\ 1,37 \\ 1,54 \end{bmatrix}$$

2. Yükleme :  $\Sigma Q = 22,500$  t (Deprem yükü)

$$P = \begin{bmatrix} 4,275 \\ 7,200 \\ 5,400 \\ 3,600 \\ 2,025 \end{bmatrix} \quad u = \begin{bmatrix} 7,08 \\ 6,16 \\ 4,75 \\ 3,17 \\ 1,60 \end{bmatrix} \quad \delta = \begin{bmatrix} 0,92 \\ 1,41 \\ 1,58 \\ 1,57 \\ 1,60 \end{bmatrix}$$

3. Yükleme :  $\Sigma Q = 22,500$  t (Yük üst katlarda yoğun)

$$P = \begin{bmatrix} 11,000 \\ 10,000 \\ 0,500 \\ 0,500 \\ 0,500 \end{bmatrix} \quad u = \begin{bmatrix} 10,09 \\ 7,87 \\ 5,39 \\ 3,36 \\ 1,63 \end{bmatrix} \quad \delta = \begin{bmatrix} 2,22 \\ 2,48 \\ 2,03 \\ 1,73 \\ 1,63 \end{bmatrix}$$

4. Yükleme :  $\Sigma Q = 22,500$  t (Yük orta katlarda yoğun)

$$P = \begin{bmatrix} 0,300 \\ 7,500 \\ 7,500 \\ 7,000 \\ 0,200 \end{bmatrix} \quad u = \begin{bmatrix} 5,87 \\ 5,69 \\ 4,70 \\ 3,26 \\ 1,62 \end{bmatrix} \quad \delta = \begin{bmatrix} 0,18 \\ 0,99 \\ 1,44 \\ 1,64 \\ 1,62 \end{bmatrix}$$

5. Yükleme :  $\Sigma Q = 22,500$  t (Yük alt katlarda yoğun)

$$P = \begin{bmatrix} 1,900 \\ 2,000 \\ 2,000 \\ 6,600 \\ 10,000 \end{bmatrix} \quad u = \begin{bmatrix} 4,03 \\ 3,64 \\ 3,14 \\ 2,48 \\ 1,45 \end{bmatrix} \quad \delta = \begin{bmatrix} 0,39 \\ 0,50 \\ 0,66 \\ 1,03 \\ 1,45 \end{bmatrix}$$

6. Yükleme :  $\Sigma Q = 22,500$  t

$$P = \begin{bmatrix} 3,000 \\ 5,000 \\ 2,500 \\ 6,500 \\ 5,500 \end{bmatrix} \quad u = \begin{bmatrix} 5,53 \\ 4,89 \\ 3,91 \\ 2,85 \\ 1,53 \end{bmatrix} \quad \delta = \begin{bmatrix} 0,64 \\ 0,98 \\ 1,06 \\ 1,32 \\ 1,53 \end{bmatrix}$$

7. Yükleme :  $\Sigma Q = 22,500$  t

$$P = \begin{bmatrix} 4,000 \\ 3,000 \\ 6,000 \\ 5,000 \\ 4,500 \end{bmatrix} \quad u = \begin{bmatrix} 5,91 \\ 5,11 \\ 4,18 \\ 2,95 \\ 1,55 \end{bmatrix} \quad \delta = \begin{bmatrix} 0,80 \\ 0,93 \\ 1,23 \\ 1,40 \\ 1,55 \end{bmatrix}$$

8. Yükleme :  $\Sigma Q = 22.500$  t

$$P = \begin{bmatrix} 2,000 \\ 4,000 \\ 9,000 \\ 5,000 \\ 2,500 \end{bmatrix} \quad u = \begin{bmatrix} 5,76 \\ 5,31 \\ 4,47 \\ 3,11 \\ 1,59 \end{bmatrix} \quad \delta = \begin{bmatrix} 0,45 \\ 0,84 \\ 1,36 \\ 1,52 \\ 1,59 \end{bmatrix}$$

9. Yükleme :  $\Sigma Q = 22,500$  t

$$P = \begin{bmatrix} 5,000 \\ 8,000 \\ 5,000 \\ 2,500 \\ 2,000 \end{bmatrix} \quad u = \begin{bmatrix} 7,52 \\ 6,45 \\ 4,86 \\ 3,20 \\ 1,60 \end{bmatrix} \quad \delta = \begin{bmatrix} 1,07 \\ 1,59 \\ 1,66 \\ 1,60 \\ 1,60 \end{bmatrix}$$

B.1- 1. Katın İncelenmesi :

| Yükleme | 1. Kattaki toplam kesme kuvveti ( $Q_1$ ) ton | 1. Kattaki rölatif deplasman ( $\delta_1$ ) mm | Aritmetik ortalamadan sapma % |
|---------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------|
| 1       | 22,500                                        | 1,54                                           | -1,91                         |
| 2       | "                                             | 1,60                                           | 1,91                          |
| 3       | "                                             | 1,63                                           | 3,82                          |
| 4       | "                                             | 1,62                                           | 3,18                          |
| 5       | "                                             | 1,45                                           | -7,64                         |
| 6       | "                                             | 1,55                                           | -2,55                         |
| 7       | "                                             | 1,55                                           | -1,27                         |
| 8       | "                                             | 1,55                                           | 1,27                          |
| 9       | "                                             | 1,60                                           | 1,91                          |

$\bar{\delta}_1 = 1,57$  mm.  
 $S.S. = 0,05$  mm  
 $\bar{\delta}_1 - S.S. = 1,52$  mm  
 $\bar{\delta}_1 + S.S. = 1,62$  mm

B.2- 2. Katın İncelenmesi :

| Yükleme | 2. Kattaki toplam kesme kuvveti ( $Q_2$ ) ton | 2. Kattaki rölatif deplasman ( $\delta_2$ ) mm | Regrasyon denklemleri ile bulunan rölatif deplasman ( $\hat{\delta}_2$ ) mm |
|---------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| 1       | 17,500                                        | 1,37                                           | 1,35                                                                        |
| 2       | 20,475                                        | 1,57                                           | 1,58                                                                        |
| 3       | 22,000                                        | 1,73                                           | 1,70                                                                        |
| 4       | 22,300                                        | 1,64                                           | 1,72                                                                        |
| 5       | 12,500                                        | 1,03                                           | 0,96                                                                        |
| 6       | 17,000                                        | 1,32                                           | 1,31                                                                        |
| 7       | 18,000                                        | 1,40                                           | 1,39                                                                        |
| 8       | 20,000                                        | 1,52                                           | 1,54                                                                        |
| 9       | 20,500                                        | 1,60                                           | 1,58                                                                        |

$$\Sigma Q_2^2 = 3296,26$$

$$\Sigma Q_2 \delta_2 = 254,47 \quad \Sigma (\delta_2 - \hat{\delta}_2)^2 = 0,01$$

$$\bar{\delta}_2 = 1,45 \quad \Sigma (\delta_2 - \bar{\delta}_2)^2 = 0,36$$



$$\delta_2 = a_2 \cdot Q_2$$

$$a_2 = \frac{254,47}{3296,26} = 0,077$$

$$\delta_2 = 0,077 \cdot Q_2$$

$$r_2 = \sqrt{1 - \frac{0,01}{0,36}} = 0,986$$

**B.3- 3. Katın İncelenmesi :**

| Yükleme | 3. Kattaki toplam kesme kuvveti ( $Q_3$ ) ton | 3. Kattaki rölatif deplasman ( $\delta_3$ ) mm | Regrasyon denklemleri ile bulunan rölatif deplasman ( $\hat{\delta}_3$ ) mm |
|---------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| 1       | 12,500                                        | 1,19                                           | 1,18                                                                        |
| 2       | 16,875                                        | 1,58                                           | 1,59                                                                        |
| 3       | 21,500                                        | 2,03                                           | 2,03                                                                        |
| 4       | 15,300                                        | 1,44                                           | 1,44                                                                        |
| 5       | 5,900                                         | 0,66                                           | 0,56                                                                        |
| 6       | 10,500                                        | 1,06                                           | 0,99                                                                        |
| 7       | 13,000                                        | 1,23                                           | 1,23                                                                        |
| 8       | 15,000                                        | 1,36                                           | 1,41                                                                        |
| 9       | 18,000                                        | 1,66                                           | 1,70                                                                        |

$$\Sigma Q_3^2 = 2000,41$$

$$\Sigma Q_3 \delta_3 = 188,51 \quad \Sigma (\delta_3 - \hat{\delta}_3)^2 = 0,02$$

$$\bar{\delta}_3 = 1,36 \quad \Sigma (\delta_3 - \bar{\delta}_3)^2 = 1,62$$

$$\delta_3 = a_3 \cdot Q_3$$

$$a_3 = \frac{0,02}{2000,41} = 0,0094$$

$$\delta_3 = 0,0094 \cdot Q_3$$

$$r_3 = \sqrt{1 - \frac{0,02}{1,62}} = 0,994$$

**B.4- 4. Katın İncelenmesi :**

| Yükleme | 4. Kattaki toplam kesme kuvveti ( $Q_4$ ) ton | 4. Kattaki rölatif deplasman ( $\delta_4$ ) mm | Regrasyon denklemleri ile bulunan rölatif deplasman ( $\hat{\delta}_4$ ) mm |
|---------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| 1       | 7,500                                         | 0,95                                           | 0,92                                                                        |
| 2       | 11,475                                        | 1,41                                           | 1,40                                                                        |
| 3       | 21,000                                        | 2,48                                           | 2,57                                                                        |
| 4       | 7,800                                         | 0,99                                           | 0,95                                                                        |
| 5       | 3,900                                         | 0,50                                           | 0,48                                                                        |
| 6       | 8,000                                         | 0,98                                           | 0,98                                                                        |
| 7       | 7,000                                         | 0,93                                           | 0,86                                                                        |
| 8       | 6,000                                         | 0,84                                           | 0,73                                                                        |
| 9       | 13,000                                        | 1,59                                           | 1,59                                                                        |

$$\Sigma Q_4^2 = 1022,98$$

$$\Sigma Q_4 \delta_4 = 125,12 \quad \Sigma (\delta_4 - \hat{\delta}_4)^2 = 0,03$$

$$\bar{\delta}_4 = 1,19 \quad \Sigma (\delta_4 - \bar{\delta}_4)^2 = 2,69$$

$$\delta_4 = a_4 \cdot Q_4$$

$$a_4 = \frac{125,12}{1022,98} = 0,122$$

$$\delta_4 = 0,122 \cdot Q_4$$

$$r_4 = \sqrt{1 - \frac{0,03}{2,69}} = 0,994$$

B.5- 5. Katın İncelenmesi :

| Yüklemesi | 5. Kattaki toplam<br>kesme kuvveti<br>(Q <sub>5</sub> ) ton | 5. Kattaki<br>rölatif<br>deplasman<br>(δ <sub>5</sub> ) mm | Regrasyon denk-<br>lemi ile bulu-<br>nan rölatif<br>deplasman<br>(δ̂ <sub>5</sub> ) mm |
|-----------|-------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| 1         | 2,500                                                       | 0,56                                                       | 0,52                                                                                   |
| 2         | 4,275                                                       | 0,92                                                       | 0,88                                                                                   |
| 3         | 11,000                                                      | 2,22                                                       | 2,27                                                                                   |
| 4         | 0,300                                                       | 0,18                                                       | 0,06                                                                                   |
| 5         | 1,900                                                       | 0,39                                                       | 0,39                                                                                   |
| 6         | 3,000                                                       | 0,64                                                       | 0,62                                                                                   |
| 7         | 4,000                                                       | 0,80                                                       | 0,83                                                                                   |
| 8         | 2,000                                                       | 0,45                                                       | 0,43                                                                                   |
| 9         | 5,000                                                       | 1,07                                                       | 1,03                                                                                   |

$$\Sigma Q_5^2 = 203,23$$

$$\Sigma Q_5 \delta_5 = 41,92 \quad \Sigma (\delta_5 - \hat{\delta}_5)^2 = 0,02$$

$$\bar{\delta}_5 = 0,80 \quad \Sigma (\delta_5 - \bar{\delta}_5)^2 = 2,86$$

$$\delta_5 = a_5 \cdot Q_5$$

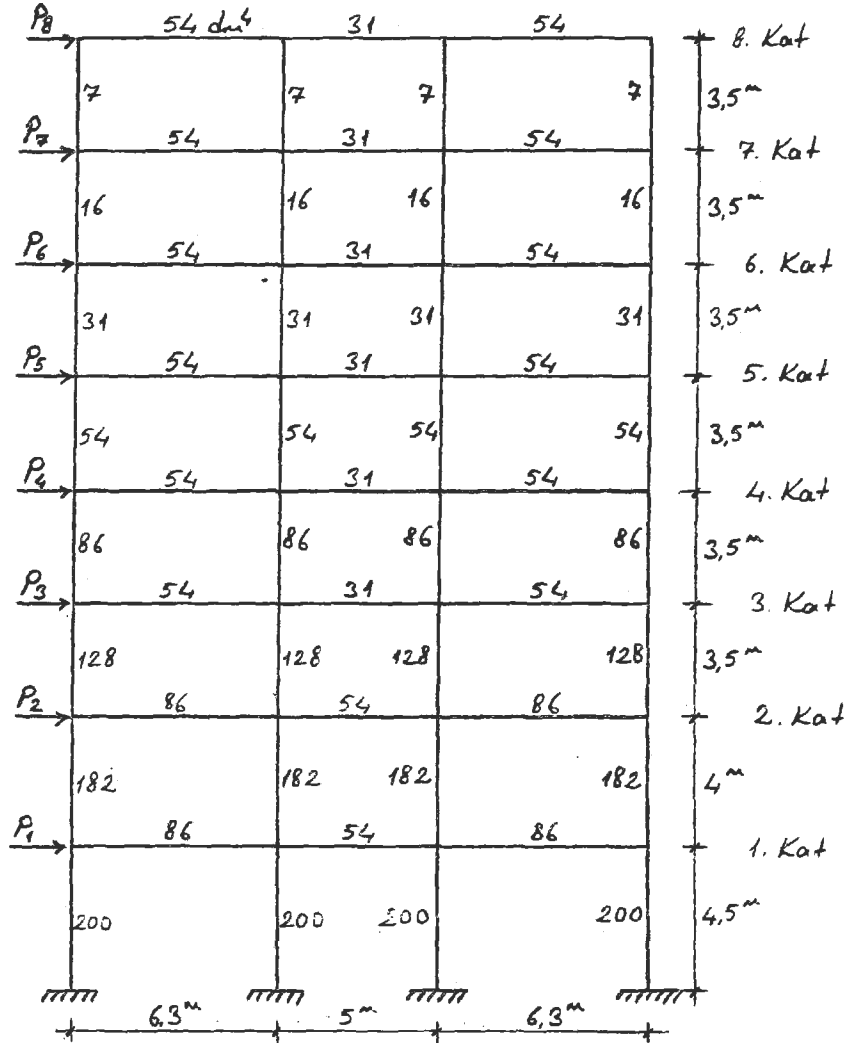
$$a_5 = \frac{41,92}{203,23} = 0,206$$

$$\delta_5 = 0,206 \cdot Q_5$$

$$r_5 = \sqrt{1 - \frac{0,02}{2,86}} = 0,996$$

### 3.2.7- 3 Açıklıklı 8 Katlı Çerçeve :

(Kolon ve Kiriş Rijitlikleri farklı) :



Şekil : 3.8

A- 1. Kat İçin Farklı Yüklemler ve Regrasyon Analizi  
( $\Sigma Q$  farklı)

1. Yükleme :  $\Sigma Q = 16,000 \text{ t}$

$$F = \begin{bmatrix} 2,000 \\ 2,000 \\ 2,000 \\ 2,000 \\ 2,000 \\ 2,000 \\ 2,000 \\ 2,000 \\ 2,000 \end{bmatrix} \quad u_1 = \delta_1 = 1,84 \text{ mm}$$

2. Yükleme :  $\Sigma Q = 20,000$  t

$$P = \begin{bmatrix} 4,000 \\ 4,000 \\ 4,000 \\ 4,000 \\ 1,000 \\ 1,000 \\ 1,000 \\ 1,000 \end{bmatrix} \quad u_1 = \delta_1 = 2,39 \text{ mm}$$

3. Yükleme :  $\Sigma Q = 24,000$  t

$$P = \begin{bmatrix} 1,000 \\ 1,000 \\ 1,000 \\ 1,000 \\ 5,000 \\ 5,000 \\ 5,000 \\ 5,000 \end{bmatrix} \quad u_1 = \delta_1 = 2,64$$

4. Yükleme :  $\Sigma Q = 26,900$  t

$$P = \begin{bmatrix} 3,800 \\ 5,700 \\ 4,900 \\ 4,100 \\ 3,300 \\ 2,500 \\ 1,700 \\ 0,900 \end{bmatrix} \quad u_1 = \delta_1 = 3,22 \text{ mm}$$

5. Yükleme :  $\Sigma Q = 30,000$  t

$$P = \begin{bmatrix} 1,500 \\ 1,500 \\ 6,000 \\ 6,000 \\ 6,000 \\ 6,000 \\ 1,500 \\ 1,500 \end{bmatrix} \quad u_1 = \delta_1 = 3,57 \text{ mm}$$

6. Yükleme :  $\Sigma Q = 32,500$  t

$$P = \begin{bmatrix} 1,800 \\ 2,400 \\ 6,800 \\ 3,400 \\ 2,900 \\ 7,200 \\ 3,200 \\ 4,800 \end{bmatrix} \quad u_1 = \delta_1 = 3,70 \text{ mm}$$

| Yükleme | 1. Kattaki toplam<br>kesme kuvveti<br>( $Q_1$ ) ton | 1. Kattaki<br>rölatif<br>deplasman<br>( $\delta_1$ ) mm | Regrasyon denk-<br>lemi ile bulu-<br>nan rölatif<br>deplasman<br>( $\hat{\delta}_1$ ) mm |
|---------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1       | 16,000                                              | 1,84                                                    | 1,86                                                                                     |
| 2       | 20,000                                              | 2,39                                                    | 2,32                                                                                     |
| 3       | 24,000                                              | 2,64                                                    | 2,79                                                                                     |
| 4       | 26,900                                              | 3,22                                                    | 3,13                                                                                     |
| 5       | 30,000                                              | 3,57                                                    | 3,49                                                                                     |
| 6       | 32,500                                              | 3,70                                                    | 3,78                                                                                     |

$$\Sigma Q_1^2 = 3911,86$$

$$\Sigma Q_1 \delta_1 = 454,57 \quad \Sigma (\delta_1 - \hat{\delta}_1)^2 = 0,05$$

$$\bar{\delta}_1 = 2,89 \quad \Sigma (\delta_1 - \bar{\delta}_1)^2 = 2,64$$

$$\delta_1 = a_1 \cdot Q_1$$

$$a_1 = \frac{454,57}{3911,86} = 0,116$$

$$\hat{\delta}_1 = 0,116 \cdot Q_1$$

$$r_1 = \sqrt{1 - \frac{0,05}{2,64}} = 0,990$$

B- Sistem İçin farklı yüklemeler ve Regrasyon Analizi  
( $\Sigma Q$  aynı)

1. Yükleme :  $\Sigma Q = 26,900$  t

$$P = \begin{bmatrix} 3,800 \\ 5,700 \\ 4,900 \\ 4,100 \\ 3,300 \\ 2,500 \\ 1,700 \\ 0,900 \end{bmatrix} \quad u = \begin{bmatrix} 36,43 \\ 33,13 \\ 28,51 \\ 23,44 \\ 18,11 \\ 12,75 \\ 7,96 \\ 3,22 \end{bmatrix} \quad \delta = \begin{bmatrix} 3,30 \\ 4,62 \\ 5,07 \\ 5,33 \\ 5,36 \\ 4,79 \\ 4,74 \\ 3,22 \end{bmatrix}$$

2. Yükleme :  $\Sigma Q = 26,900$  t

$$P = \begin{bmatrix} 2,400 \\ 3,500 \\ 3,500 \\ 3,500 \\ 3,500 \\ 3,500 \\ 3,500 \\ 3,500 \end{bmatrix} \quad u = \begin{bmatrix} 27,50 \\ 25,43 \\ 22,51 \\ 19,16 \\ 15,37 \\ 11,27 \\ 7,32 \\ 3,08 \end{bmatrix} \quad \delta = \begin{bmatrix} 2,07 \\ 2,92 \\ 3,35 \\ 3,79 \\ 4,10 \\ 3,95 \\ 4,24 \\ 3,08 \end{bmatrix}$$

3. Yükleme :  $\Sigma Q = 26,900 \text{ t}$

$$P = \begin{bmatrix} 1,100 \\ 2,600 \\ 2,600 \\ 2,600 \\ 4,500 \\ 4,500 \\ 4,500 \\ 4,500 \end{bmatrix} \quad u = \begin{bmatrix} 21,84 \\ 20,82 \\ 19,00 \\ 16,71 \\ 13,95 \\ 10,57 \\ 7,05 \\ 3,02 \end{bmatrix} \quad \delta = \begin{bmatrix} 1,02 \\ 1,82 \\ 2,29 \\ 2,76 \\ 3,38 \\ 3,52 \\ 4,03 \\ 3,02 \end{bmatrix}$$

4. Yükleme :  $\Sigma Q = 26,900 \text{ t}$

$$P = \begin{bmatrix} 2,000 \\ 4,000 \\ 2,000 \\ 4,000 \\ 2,000 \\ 4,000 \\ 4,000 \\ 4,900 \end{bmatrix} \quad u = \begin{bmatrix} 25,25 \\ 23,45 \\ 20,61 \\ 17,64 \\ 14,22 \\ 10,60 \\ 7,01 \\ 3,01 \end{bmatrix} \quad \delta = \begin{bmatrix} 1,80 \\ 2,84 \\ 2,97 \\ 3,42 \\ 3,62 \\ 3,59 \\ 4,00 \\ 3,01 \end{bmatrix}$$

5. Yükleme :  $\Sigma Q = 26,900 \text{ t}$

$$P = \begin{bmatrix} 5,000 \\ 5,000 \\ 5,000 \\ 5,000 \\ 2,000 \\ 2,000 \\ 2,400 \\ 0,500 \end{bmatrix} \quad u = \begin{bmatrix} 38,32 \\ 34,12 \\ 29,21 \\ 23,89 \\ 18,26 \\ 12,80 \\ 8,01 \\ 3,24 \end{bmatrix} \quad \delta = \begin{bmatrix} 4,20 \\ 4,91 \\ 5,32 \\ 5,63 \\ 5,46 \\ 4,79 \\ 4,77 \\ 3,24 \end{bmatrix}$$

B.1- 1. Katın incelenmesi :

| Yükleme | 1. Kattaki toplam kesme kuvveti ( $Q_1$ ) ton | 1. Kattaki rölatif deplasman ( $\delta_1$ ) mm | Aritmetik ortalamadan sapma % |
|---------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------|
| 1       | 26,900                                        | 3,22                                           | 3,54                          |
| 2       | 26,900                                        | 3,08                                           | -0,96                         |
| 3       | 26,900                                        | 3,02                                           | -2,89                         |
| 4       | 26,900                                        | 3,01                                           | -3,21                         |
| 5       | 26,900                                        | 3,24                                           | 4,18                          |

$$\bar{\delta}_1 = 3,11 \text{ mm}$$

$$S.S. = 0,10 \text{ mm}$$

$$\bar{\delta}_1 - S.S. = 3,01 \text{ mm}$$

$$\bar{\delta}_1 + S.S. = 3,21 \text{ mm}$$

## B.2- 2. Katın İncelenmesi :

| Yükleme | 2. Kattaki Toplam kesme kuvveti ( $Q_2$ ) ton | 2. Kattaki rölatif deplasman ( $\delta_2$ ) mm | Regrasyon denklemi ile bulunan rölatif deplasman ( $\hat{\delta}_2$ ) mm |
|---------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| 1       | 26,000                                        | 4,74                                           | 4,71                                                                     |
| 2       | 23,400                                        | 4,24                                           | 4,24                                                                     |
| 3       | 22,400                                        | 4,03                                           | 4,06                                                                     |
| 4       | 22,000                                        | 4,00                                           | 3,99                                                                     |
| 5       | 26,400                                        | 4,77                                           | 4,78                                                                     |

$$\Sigma Q_2^2 = 2906,28$$

$$\Sigma Q_2 \delta_2 = 526,66 \quad \Sigma (\delta_2 - \hat{\delta}_2)^2 = 2.10^{-3}$$

$$\bar{\delta}_2 = 4,36 \quad \Sigma (\delta_2 - \bar{\delta}_2)^2 = 0,57$$

$$\delta_2 = a_2 \cdot Q_2$$

$$a_2 = \frac{526,66}{2906,28} = 0,181$$

$$\delta_2 = 0,181 \cdot Q_2$$

$$r_2 = \sqrt{1 - \frac{2.10^{-3}}{0,57}} = 0,998$$

## B.3- 3. Katın İncelenmesi :

| Yükleme | 3. Kattaki toplam kesme kuvveti ( $Q_3$ ) ton | 3. Kattaki rölatif deplasman ( $\delta_3$ ) mm | Regrasyon denklemi ile bulunan rölatif deplasman ( $\hat{\delta}_3$ ) mm |
|---------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| 1       | 24,300                                        | 4,79                                           | 4,82                                                                     |
| 2       | 19,900                                        | 3,95                                           | 3,95                                                                     |
| 3       | 17,900                                        | 3,52                                           | 3,55                                                                     |
| 4       | 18,000                                        | 3,59                                           | 3,57                                                                     |
| 5       | 24,000                                        | 4,79                                           | 4,76                                                                     |

$$\Sigma Q_3^2 = 2206,91$$

$$\Sigma Q_3 \delta_3 = 437,59 \quad \Sigma (\delta_3 - \hat{\delta}_3)^2 = 3,1.10^{-3}$$

$$\bar{\delta}_3 = 4,13 \quad \Sigma (\delta_3 - \bar{\delta}_3)^2 = 1,57$$

$$\delta_3 = a_3 \cdot Q_3$$

$$a_3 = \frac{437,59}{2206,91} = 0,198$$

$$\delta_3 = 0,198 \cdot Q_3$$

$$r_3 = \sqrt{1 - \frac{3,1.10^{-3}}{1,57}} = 0,999$$

## B.4- 4. Katın İncelenmesi :

| Yükleme | 4. Kattaki toplam kesme kuvveti ( $Q_4$ ) ton | 4. Kattaki rölatif deplasman ( $\delta_4$ ) mm | Regrasyon denklemi ile bulunan rölatif deplasman ( $\hat{\delta}_4$ ) mm |
|---------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| 1       | 21,800                                        | 5,36                                           | 5,44                                                                     |
| 2       | 16,400                                        | 4,10                                           | 4,09                                                                     |
| 3       | 13,400                                        | 3,38                                           | 3,34                                                                     |
| 4       | 14,000                                        | 3,62                                           | 3,49                                                                     |
| 5       | 22,000                                        | 5,46                                           | 5,49                                                                     |

$$\Sigma Q_4^2 = 1603,76$$

$$\Sigma Q_4 \delta_4 = 400,18 \quad \Sigma (\delta_4 - \hat{\delta}_4)^2 = 0,026$$

$$\bar{\delta}_4 = 4,38 \quad \Sigma (\delta_4 - \bar{\delta}_4)^2 = 3,78$$

$$\delta_4 = a_4 \cdot Q_4$$

$$a_4 = \frac{400,18}{1603,76} = 0,250$$

$$\delta_4 = 0,250 \cdot Q_4$$

$$r_4 = \sqrt{1 - \frac{0,026}{3,78}} = \underline{\underline{0,997}}$$

## E.5- 5. Katın İncelenmesi :

| Yükleme | 5. Kattaki toplam kesme kuvveti ( $Q_5$ ) ton | 5. Kattaki rölatif deplasman ( $\delta_5$ ) mm | Regrasyon denklemi ile bulunan rölatif deplasman ( $\hat{\delta}_5$ ) mm |
|---------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| 1       | 18,500                                        | 5,33                                           | 5,32                                                                     |
| 2       | 12,900                                        | 3,79                                           | 3,71                                                                     |
| 3       | 8,900                                         | 2,76                                           | 2,56                                                                     |
| 4       | 12,000                                        | 3,42                                           | 3,45                                                                     |
| 5       | 20,000                                        | 5,63                                           | 5,75                                                                     |

$$\Sigma Q_5^2 = 1131,87$$

$$\Sigma Q_5 \delta_5 = 325,70 \quad \Sigma (\delta_5 - \hat{\delta}_5)^2 = 0,06$$

$$\bar{\delta}_5 = 4,19 \quad \Sigma (\delta_5 - \bar{\delta}_5)^2 = 6,17$$

$$\delta_5 = a_5 \cdot Q_5$$

$$a_5 = \frac{325,70}{1131,87} = 0,288$$

$$\delta_5 = 0,288 \cdot Q_5$$

$$r_5 = \sqrt{1 - \frac{0,06}{6,17}} = \underline{\underline{0,995}}$$



## B.6- 6. Katın İncelenmesi :

| Yükleme | 6. Kattaki toplam kesme kuvveti ( $Q_6$ ) ton | 6. Kattaki rölatif deplasman ( $\delta_6$ ) mm | Regrasyon denklemi ile bulunan rölatif deplasman ( $\hat{\delta}_6$ ) mm |
|---------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| 1       | 14,400                                        | 5,07                                           | 5,13                                                                     |
| 2       | 9,400                                         | 3,35                                           | 3,35                                                                     |
| 3       | 6,300                                         | 2,29                                           | 2,24                                                                     |
| 4       | 8,000                                         | 2,97                                           | 2,85                                                                     |
| 5       | 15,000                                        | 5,32                                           | 5,34                                                                     |

$$\Sigma Q_6^2 = 624,41$$

$$\Sigma Q_6 \delta_6 = 22,48 \quad \Sigma (\delta_6 - \hat{\delta}_6)^2 = 0,02$$

$$\bar{\delta}_6 = 3,80 \quad \Sigma (\delta_6 - \bar{\delta}_6)^2 = 7,09$$

$$\delta_6 = a_6 \cdot Q_6$$

$$a_6 = \frac{22,48}{624,41} = 0,356$$

$$\delta_6 = 0,356 \cdot Q_6$$

$$r_6 = \sqrt{1 - \frac{0,02}{7,09}} = 0,999$$

## B.7- 7. Katın İncelenmesi :

| Yükleme | 7. Kattaki toplam kesme kuvveti ( $Q_7$ ) ton | 7. Kattaki rölatif deplasman ( $\delta_7$ ) mm | Regrasyon denklemi ile bulunan rölatif deplasman ( $\hat{\delta}_7$ ) mm |
|---------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| 1       | 9,500                                         | 4,62                                           | 4,63                                                                     |
| 2       | 5,900                                         | 2,92                                           | 2,88                                                                     |
| 3       | 3,700                                         | 1,82                                           | 1,80                                                                     |
| 4       | 6,000                                         | 2,84                                           | 2,93                                                                     |
| 5       | 10,000                                        | 4,91                                           | 4,88                                                                     |

$$\Sigma Q_7^2 = 274,75$$

$$\Sigma Q_7 \delta_7 = 133,99 \quad \Sigma (\delta_7 - \hat{\delta}_7)^2 = 0,01$$

$$\bar{\delta}_7 = 3,42 \quad \Sigma (\delta_7 - \bar{\delta}_7)^2 = 6,81$$

$$\delta_7 = a_7 \cdot Q_7$$

$$a_7 = \frac{133,99}{274,75} = 0,488$$

$$\delta_7 = 0,488 \cdot Q_7$$

$$r_7 = \sqrt{1 - \frac{0,01}{6,81}} = 0,999$$

## B.8- 8. Katın İncelenmesi :

| Yükleme | 8. Kattaki toplam<br>kesme kuvveti<br>( $Q_8$ ) ton | 8. Kattaki<br>rölatif<br>deplasman<br>( $\delta_8$ ) mm | Regrasyon denk-<br>lemi ile bulu-<br>nan rölatif<br>deplasman<br>( $\hat{\delta}_8$ ) mm |
|---------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1       | 3,800                                               | 3,30                                                    | 3,26                                                                                     |
| 2       | 2,400                                               | 2,07                                                    | 2,06                                                                                     |
| 3       | 1,100                                               | 1,02                                                    | 0,94                                                                                     |
| 4       | 2,000                                               | 1,80                                                    | 1,72                                                                                     |
| 5       | 5,000                                               | 4,20                                                    | 4,29                                                                                     |

$$\Sigma Q_8^2 = 50,41$$

$$\Sigma Q_8 \delta_8 = 43,23 \quad \Sigma (\delta_8 - \hat{\delta}_8)^2 = 0,02$$

$$\bar{\delta}_8 = 2,48 \quad \Sigma (\delta_8 - \bar{\delta}_8)^2 = 6,39$$

$$\delta_8 = a_8 \cdot Q_8$$

$$a_8 = \frac{43,23}{50,41} = 0,858$$

$$\underline{\underline{\delta_8 = 0,858 \cdot Q_8}}$$

$$r_8 = \sqrt{1 - \frac{0,02}{6,39}} = \underline{\underline{0,998}}$$

## 3.3- Sonuçların Değerlendirilmesi :

| İncelenen Çerçeve                  | İncelenen Kat | $\delta$ ile Q arasında kurulan ilişki | Kurulan ilişkinin korelasyon katsayısı |
|------------------------------------|---------------|----------------------------------------|----------------------------------------|
| 1 Açıklıklı                        | 5             | $\delta_5=1,022.Q_5$                   | 0,968                                  |
| 5 katlı çerçeve                    | 4             | $\delta_4=0,910.Q_4$                   | 0,986                                  |
| Kolon ve giriş rijitlikleri aynı   | 3             | $\delta_3=0,931.Q_3$                   | 0,991                                  |
|                                    | 2             | $\delta_2=0,881.Q_2$                   | 0,987                                  |
|                                    | 1             | $\delta_1=0,564.Q_1$                   | 0,999                                  |
| 1 Açıklıklı                        | 5             | $\delta_5=3,126.Q_5$                   | 0,999                                  |
| 5 Katlı çerçeve                    | 4             | $\delta_4=1,804.Q_4$                   | 0,998                                  |
| Kolon ve giriş rijitlikleri farklı | 3             | $\delta_3=0,976.Q_3$                   | 0,993                                  |
|                                    | 2             | $\delta_2=0,677.Q_2$                   | 0,987                                  |
|                                    | 1             | $\delta_1=0,317.Q_1$                   | 0,999                                  |
| 3 Açıklıklı                        | 5             | $\delta_5=0,405.Q_5$                   | 0,980                                  |
| 5 Katlı çerçeve                    | 4             | $\delta_4=0,369.Q_4$                   | 0,991                                  |
| Kolon ve giriş rijitlikleri aynı   | 3             | $\delta_3=0,378.Q_3$                   | 0,994                                  |
|                                    | 2             | $\delta_2=0,365.Q_2$                   | 0,991                                  |
|                                    | 1             | $\delta_1=0,251.Q_1$                   | 0,996                                  |
| 3 Açıklıklı                        | 5             | $\delta_5=1,177.Q_5$                   | 0,999                                  |
| 5 Katlı çerçeve                    | 4             | $\delta_4=0,553.Q_4$                   | 0,997                                  |
| Kolon ve giriş rijitlik.farklı     | 3             | $\delta_3=0,338.Q_3$                   | 0,995                                  |
|                                    | 2             | $\delta_2=0,235.Q_2$                   | 0,998                                  |
|                                    | 1             | $\delta_1=0,108.Q_1$                   | 0,999                                  |
| 3 Açıklıklı                        | 4             | $\delta_4=0,482.Q_4$                   | 0,999                                  |
| 4 Katlı çerçeve                    | 3             | $\delta_3=0,238.Q_3$                   | 0,998                                  |
| Kolon ve giriş rijitlik.farklı     | 2             | $\delta_2=0,169.Q_2$                   | 0,992                                  |
|                                    | 1             | $\delta_1=0,177.Q_1$                   | 0,997                                  |
| 5 Açıklıklı                        | 5             | $\delta_5=0,206.Q_5$                   | 0,996                                  |
| 5 Katlı çerçeve                    | 4             | $\delta_4=0,122.Q_4$                   | 0,994                                  |
| Kolon ve giriş rijitlik.farklı     | 3             | $\delta_3=0,094.Q_3$                   | 0,994                                  |
|                                    | 2             | $\delta_2=0,077.Q_2$                   | 0,986                                  |
|                                    | 1             | $\delta_1=0,070.Q_1$                   | 0,994                                  |
| 3 Açıklıklı                        | 8             | $\delta_8=0,858.Q_8$                   | 0,998                                  |
| 8 katlı çerçeve                    | 7             | $\delta_7=0,488.Q_7$                   | 0,999                                  |
| Kolon ve giriş rijitlikleri farklı | 6             | $\delta_6=0,356.Q_6$                   | 0,999                                  |
|                                    | 5             | $\delta_5=0,288.Q_5$                   | 0,995                                  |
|                                    | 4             | $\delta_4=0,250.Q_4$                   | 0,997                                  |
|                                    | 3             | $\delta_3=0,198.Q_3$                   | 0,999                                  |
|                                    | 2             | $\delta_2=0,181.Q_2$                   | 0,998                                  |
|                                    | 1             | $\delta_1=0,116.Q_1$                   | 0,990                                  |

Görüldüğü üzere, incelenen değişik çerçevelerde, toplam kat kesme kuvveti Q ile, rölatif kat deplasmanı  $\delta$  arasında kurulan lineer ilişki gerçeğe çok yakındır. Çünkü bu ilişkilerde bulunan korelasyon katsayısı değeri 1'e çok yakındır. Bu da gösteriyor ki,  $\delta$  ile Q arasındaki ilişki lineer olarak düşünülebilir.

Ayrıca yine incelemelerden anlaşılabileceği üzere binalarda en çok karşılaşılan yatay yükler olan rüzgar ve deprem yüklerinde bu ilişki kendini daha mükemmel olarak göstermektedir.

4- AYNI ÇERÇEVELEERDE KOLON KESME KUVVETLERİ İLE KAT DEPLASMANLARI ARASINDAKİ İLİŞKİNİN İNCELENMESİ :

4.1- Tanımlar ve Giriş :

- $\delta_n$  : n. ci katın rölatif deplasmanı (mm)  
 $Q_{ni}$  : n. ci katın i. ci kolonunun kesme kuvveti (ton)  
(i : Soldan itibaren sayar.)

İşlemlerde 1. kat en alt katı göstermektedir.

Araştırmamızın bu bölümünde daha önce incelenen çerçevelerin değişik yatay yükler altındaki kolon kesme kuvvetleri yine bilgisayardan elde edilmiştir. Bilgisayar programı Ek : 2 de verilmiştir.

Kolonlardaki kesme kuvveti ( $Q_{ni}$ ) ile rölatif yatay kat deplasmanı ( $\delta_n$ ) arasındaki ilişki , çerçevelerin değişik özellikteki her bir kolonu için ayrı ayrı incelenecektir.

Daha önce de olduğu gibi bu ilişkinin lineer olabileceği varsayımıyla hareket edilerek elde edilendeğerler arasından hata kareleri toplamını minimum yapan regrasyon doğruları geçirilecektir. Sonra da korelasyon katsayısı ile bu ilişkinin mertebesi tayin edilecektir.

$$Q_{ni} = a_{ni} \cdot \delta_n \quad a_{ni} = \frac{\sum \delta_n Q_{ni}}{\sum \delta_n^2} \quad \dots (4.1.1)$$

$$r_{ni} = \sqrt{1 - \left[ \frac{\sum (Q_{ni} - \hat{Q}_{ni})^2}{\sum (Q_{ni} - \bar{Q}_{ni})^2} \right]} \quad \dots (4.1.2)$$

Şimdi değişik özellikteki her bir kolonu ayrı ayrı inceleyelim.

#### 4.2- Örnek Çerçeve Kolonlarının İncelenmesi :

##### 4.2.1- 1 Açıklıklı 5 Katlı Çerçeve :

(Kolon ve kiriş rijitlikleri aynı)

##### 4.2.1.1- Alt Kat Kolonları :

a)  $S_{11} = S_{12}$  Kolonu

| Yükleme | 1.Kat deplas-<br>manı<br>( $\delta_1$ ) mm. | Kolon kesme<br>kuvveti<br>( $Q_{11}=Q_{12}$ ) ton | Regrasyonla bulunan<br>kolon kesme kuvveti<br>( $\hat{Q}_{11}=\hat{Q}_{12}$ ) ton |
|---------|---------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 1       | 2,79                                        | 2,500                                             | 2,475                                                                             |
| 2       | 5,47                                        | 4,800                                             | 4,852                                                                             |
| 3       | 6,90                                        | 6,150                                             | 6,121                                                                             |
| 4       | 8,59                                        | 7,500                                             | 7,619                                                                             |
| 5       | 10,00                                       | 8,750                                             | 8,870                                                                             |
| 6       | 12,48                                       | 11,250                                            | 11,070                                                                            |

$$\sum \delta_1^2 = 414,85$$

$$\sum \delta_1 Q_{11} = 367,99$$

$$\sum (Q_{11} - \hat{Q}_{11})^2 = 0,065$$

$$\bar{Q}_{11} = 6,825$$

$$\sum (Q_{11} - \bar{Q}_{11})^2 = 47,00$$

$$Q_{11} = a_{11} \cdot \delta_1$$

$$a_{11} = \frac{367,99}{414,85} = 0,887$$

$$\underline{\underline{Q_{11} = 0,887 \cdot \delta_1}}$$

$$r_{11} = \sqrt{1 - \frac{0,065}{47,00}} = \underline{\underline{0,999}}$$

##### 4.2.1.2- Ara Kat Kolonları :

a)  $S_{21} = S_{22}$  kolonu

| Yükleme | 2.Kat deplas-<br>manı<br>( $\delta_2$ ) mm | Kolon kesme<br>kuvveti<br>( $Q_{21}=Q_{22}$ ) ton | Regrasyonla bulunan<br>kolon kesme kuvveti<br>( $\hat{Q}_{21}=\hat{Q}_{22}$ ) ton |
|---------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 1       | 15,54                                      | 8,750                                             | 8,814                                                                             |
| 2       | 18,06                                      | 10,238                                            | 10,244                                                                            |
| 3       | 19,86                                      | 11,000                                            | 11,276                                                                            |
| 4       | 18,81                                      | 11,150                                            | 10,669                                                                            |
| 5       | 11,47                                      | 6,250                                             | 6,506                                                                             |
| 6       | 14,94                                      | 8,500                                             | 8,474                                                                             |
| 7       | 15,90                                      | 9,000                                             | 9,018                                                                             |
| 8       | 17,37                                      | 10,000                                            | 9,852                                                                             |
| 9       | 18,28                                      | 10,250                                            | 10,368                                                                            |

$$\sum \delta_2^2 = 2560,14$$

$$\sum \delta_2 Q_{21} = 1452,13$$

$$\sum (Q_{21} - \hat{Q}_{21})^2 = 0,414$$

$$\bar{Q}_{21} = 9,460$$

$$\sum (Q_{21} - \bar{Q}_{21})^2 = 18,69$$

$$Q_{21} = a_{21} \cdot \delta_2$$

$$a_{21} = \frac{1452,13}{2560,14} = 0,567$$

$$Q_{21} = 0,567 \cdot \delta_2$$

$$r_{21} = \sqrt{1 - \frac{0,414}{18,69}} = 0,989$$

b)  $S_{31} = S_{32}$  kolonu

| Yüklemesi | 3.Kat deplas-<br>manı<br>( $\delta_3$ ) mm | Kolon kesme<br>kuvveti<br>( $Q_{31}=Q_{32}$ ) ton | Regrasyonla bulunan<br>kolon kesme kuvveti<br>( $\hat{Q}_{31}=\hat{Q}_{32}$ ) ton |
|-----------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 1         | 11,77                                      | 6,250                                             | 6,316                                                                             |
| 2         | 11,50                                      | 8,438                                             | 8,318                                                                             |
| 3         | 20,11                                      | 10,750                                            | 10,792                                                                            |
| 4         | 14,18                                      | 7,650                                             | 7,610                                                                             |
| 5         | 6,49                                       | 2,950                                             | 3,483                                                                             |
| 6         | 10,59                                      | 5,250                                             | 5,683                                                                             |
| 7         | 12,10                                      | 6,500                                             | 6,493                                                                             |
| 8         | 13,41                                      | 7,500                                             | 7,196                                                                             |
| 9         | 16,42                                      | 9,000                                             | 8,812                                                                             |

$$\sum \delta_3^2 = 1734,39$$

$$\sum \delta_3 Q_{31} = 930,75$$

$$\sum (Q_{31} - \hat{Q}_{31})^2 = 0,622$$

$$\bar{Q}_{31} = 7,143$$

$$\sum (Q_{31} - \bar{Q}_{31})^2 = 40,90$$

$$Q_{31} = a_{31} \cdot \delta_3$$

$$a_{31} = \frac{930,75}{1734,39} = 0,537$$

$$Q_{31} = 0,537 \cdot \delta_3$$

$$r_{31} = \sqrt{1 - \frac{0,622}{40,90}} = 0,992$$

c)  $S_{41} = S_{42}$  kolonu

| Yüklemesi | 4.Kat deplas-<br>manı<br>( $\delta_4$ ) mm | Kolon kesme<br>kuvveti<br>( $Q_{41}=Q_{42}$ ) ton | Regrasyonla bulunan<br>kolon kesme kuvveti<br>( $\hat{Q}_{41}=\hat{Q}_{42}$ ) ton |
|-----------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 1         | 7,20                                       | 3,750                                             | 3,937                                                                             |
| 2         | 10,59                                      | 5,738                                             | 5,791                                                                             |
| 3         | 18,08                                      | 10,500                                            | 9,887                                                                             |
| 4         | 7,57                                       | 3,900                                             | 4,140                                                                             |
| 5         | 3,84                                       | 1,950                                             | 2,100                                                                             |
| 6         | 7,26                                       | 4,000                                             | 3,970                                                                             |
| 7         | 7,23                                       | 3,500                                             | 3,954                                                                             |
| 8         | 6,67                                       | 3,000                                             | 3,647                                                                             |
| 9         | 11,79                                      | 6,500                                             | 6,448                                                                             |

$$\sum \delta_4^2 = 851,40$$

$$\sum \delta_4 Q_{41} = 465,60$$

$$\sum (Q_{41} - \hat{Q}_{41})^2 = 1,122$$

$$\bar{Q}_{41} = 4,760$$

$$\sum (Q_{41} - \bar{Q}_{41})^2 = 51,85$$

$$Q_{41} = a_{41} \cdot \delta_4$$

$$a_{41} = \frac{465,60}{851,40} = 0,547 \quad \underline{\underline{Q_{41} = 0,547 \cdot \delta_4}}$$

$$r_{41} = \sqrt{1 - \frac{1,122}{51,85}} = \underline{\underline{0,989}}$$

#### 4.2.1.3- Üst Kat Kolonları :

a)  $S_{51} = S_{52}$  kolonu

| Yükleme | 5.Kat deplas-<br>manı<br>( $\delta_5$ ) mm | Kolon kesme<br>kuvveti<br>( $Q_{51}=Q_{52}$ ) ton | Regrasyonla bulunan<br>kolon kesme kuvveti<br>( $\hat{Q}_{51}=\hat{Q}_{52}$ ) ton |
|---------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 1       | 3,03                                       | 1,250                                             | 1,457                                                                             |
| 2       | 4,85                                       | 2,138                                             | 2,333                                                                             |
| 3       | 10,59                                      | 5,500                                             | 5,094                                                                             |
| 4       | 1,80                                       | 0,150                                             | 0,866                                                                             |
| 5       | 1,95                                       | 0,950                                             | 0,939                                                                             |
| 6       | 3,38                                       | 1,500                                             | 1,626                                                                             |
| 7       | 3,89                                       | 2,000                                             | 1,871                                                                             |
| 8       | 2,54                                       | 1,000                                             | 1,222                                                                             |
| 9       | 5,56                                       | 2,500                                             | 2,674                                                                             |

$$\Sigma \delta_5^2 = 215,82$$

$$\Sigma \delta_5 Q_{51} = 103,81 \quad \Sigma (Q_{51} - \hat{Q}_{51})^2 = 0,87$$

$$\bar{Q}_{51} = 1,888 \quad \Sigma (Q_{51} - \bar{Q}_{51})^2 = 18,74$$

$$Q_{51} = a_{51} \cdot \delta_5$$

$$a_{51} = \frac{103,81}{215,82} = 0,481 \quad \underline{\underline{Q_{51} = 0,481 \cdot \delta_5}}$$

$$r_{51} = \sqrt{1 - \frac{0,87}{18,74}} = \underline{\underline{0,977}}$$

#### 4.2.2- 1 Açıklıklı 5 Katlı Çerçeve :

(Kolon ve kiriş rijitlikleri farklı)

##### 4.2.2.1- Alt Kat Kolonları :

a)  $S_{11} = S_{12}$  kolonu

| Yükleme | 1.Kat deplas-<br>manı<br>( $\delta_1$ ) mm | Kolon kesme<br>kuvveti<br>( $Q_{11}=Q_{12}$ ) ton | Regrasyonla bulunan<br>kolon kesme kuvveti<br>( $\hat{Q}_{11}=\hat{Q}_{12}$ ) ton |
|---------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 1       | 1,57.                                      | 2,500                                             | 2,476                                                                             |
| 2       | 3,09                                       | 4,800                                             | 4,873                                                                             |
| 3       | 3,87                                       | 6,150                                             | 6,103                                                                             |
| 4       | 4,86                                       | 7,500                                             | 7,664                                                                             |
| 5       | 5,66                                       | 8,750                                             | 8,926                                                                             |
| 6       | 6,97                                       | 11,250                                            | 10,992                                                                            |

$$\Sigma \delta_1^2 = 131,23$$

$$\Sigma \delta_1 Q_{11} = 206,95$$

$$\Sigma (Q_{11} - \hat{Q}_{11})^2 = 0,13$$

$$\bar{Q}_{11} = 6,825$$

$$\Sigma (Q_{11} - \bar{Q}_{11})^2 = 47,00$$

$$Q_{11} = a_{11} \cdot \delta_1$$

$$a_{11} = \frac{206,95}{131,23} = 1,577$$

$$\underline{\underline{Q_{11} = 1,577 \cdot \delta_1}}$$

$$r_{11} = \sqrt{1 - \frac{0,13}{47,00}} = \underline{\underline{0,999}}$$

##### 4.2.2.2- Ara Kat Kolonları :

a)  $S_{21} = S_{22}$  kolonu

| Yükleme | 2.Kat deplas-<br>manı<br>( $\delta_2$ ) mm | Kolon kesme<br>kuvveti<br>( $Q_{21}=Q_{22}$ ) ton | Regrasyonla bulunan<br>kolon kesme kuvveti<br>( $\hat{Q}_{21}=\hat{Q}_{22}$ ) ton |
|---------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 1       | 11,93                                      | 8,750                                             | 8,810                                                                             |
| 2       | 13,88                                      | 10,238                                            | 10,250                                                                            |
| 3       | 13,31                                      | 11,000                                            | 11,306                                                                            |
| 4       | 14,43                                      | 11,150                                            | 10,656                                                                            |
| 5       | 8,76                                       | 6,250                                             | 6,469                                                                             |
| 6       | 11,43                                      | 8,500                                             | 8,441                                                                             |
| 7       | 12,21                                      | 9,000                                             | 9,017                                                                             |
| 8       | 13,35                                      | 10,000                                            | 9,959                                                                             |
| 9       | 14,07                                      | 10,250                                            | 10,391                                                                            |

$$\Sigma \delta_2^2 = 1510,25$$

$$\Sigma \delta_2 Q_{21} = 1115,30$$

$$\Sigma (Q_{21} - \hat{Q}_{21})^2 = 0,433$$

$$\bar{Q}_{21} = 9,460$$

$$\Sigma (Q_{21} - \bar{Q}_{21})^2 = 18,69$$



$$Q_{21} = a_{21} \cdot \delta_2$$

$$a_{21} = \frac{1115,30}{1510,25} = 0,738$$

$$Q_{21} = 0,738 \cdot \delta_2$$

$$r_{21} = \sqrt{1 - \frac{0,433}{18,69}} = 0,988$$

b)  $S_{31} = S_{32}$  kolonu

| Yüklemesi | 3.Kat deplas-<br>manı<br>( $\delta_3$ ) mm | Kolon kesme<br>kuvveti<br>( $Q_{31}=Q_{32}$ ) ton | Regrasyonla bulunan<br>kolon kesme kuvveti<br>( $\hat{Q}_{31}=\hat{Q}_{32}$ ) ton |
|-----------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 1         | 12,29                                      | 6,250                                             | 6,287                                                                             |
| 2         | 16,23                                      | 8,438                                             | 8,303                                                                             |
| 3         | 20,94                                      | 10,750                                            | 10,713                                                                            |
| 4         | 15,39                                      | 7,650                                             | 7,873                                                                             |
| 5         | 6,64                                       | 2,950                                             | 3,397                                                                             |
| 6         | 10,94                                      | 5,250                                             | 5,597                                                                             |
| 7         | 12,64                                      | 6,500                                             | 6,466                                                                             |
| 8         | 14,12                                      | 7,500                                             | 7,224                                                                             |
| 9         | 17,21                                      | 9,000                                             | 8,804                                                                             |

$$\sum \delta_3^2 = 1908,89$$

$$\sum \delta_3 Q_{31} = 976,56$$

$$\sum (Q_{31} - \hat{Q}_{31})^2 = 0,507$$

$$\bar{Q}_{31} = 7,143$$

$$\sum (Q_{31} - \bar{Q}_{31})^2 = 40,90$$

$$Q_{31} = a_{31} \cdot \delta_3$$

$$a_{31} = \frac{976,56}{1908,89} = 0,512$$

$$Q_{31} = 0,512 \cdot \delta_3$$

$$r_{31} = \sqrt{1 - \frac{0,507}{40,90}} = 0,994$$

c)  $S_{41} = S_{42}$  kolonu

| Yüklemesi | 4.Kat deplas-<br>manı<br>( $\delta_4$ ) mm | Kolon kesme<br>kuvveti<br>( $Q_{41}=Q_{42}$ ) ton | Regrasyonla bulunan<br>kolon kesme kuvveti<br>( $\hat{Q}_{41}=\hat{Q}_{42}$ ) ton |
|-----------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 1         | 13,87                                      | 3,750                                             | 3,841                                                                             |
| 2         | 20,88                                      | 5,738                                             | 5,782                                                                             |
| 3         | 37,11                                      | 10,500                                            | 10,276                                                                            |
| 4         | 13,96                                      | 3,900                                             | 3,866                                                                             |
| 5         | 7,27                                       | 1,950                                             | 2,013                                                                             |
| 6         | 14,43                                      | 4,000                                             | 3,996                                                                             |
| 7         | 13,39                                      | 3,500                                             | 3,708                                                                             |
| 8         | 11,87                                      | 3,000                                             | 3,287                                                                             |
| 9         | 23,48                                      | 6,500                                             | 6,502                                                                             |

$$\sum \delta_4^2 = 3332,96$$

$$\sum \delta_4 Q_{41} = 922,90$$

$$\sum (Q_{41} - \hat{Q}_{41})^2 = 0,19$$

$$\bar{Q}_{41} = 4,760$$

$$\sum (Q_{41} - \bar{Q}_{41})^2 = 51,85$$

$$Q_{41} = a_{41} \cdot \delta_4$$

$$a_{41} = \frac{922,90}{3332,96} = 0,277$$

$$Q_{41} = 0,277 \cdot \delta_4$$

$$r_{41} = \sqrt{1 - \frac{0,19}{51,85}} = 0,998$$

#### 4.2.2.3- Üst Kat Kolonları :

a) S<sub>51</sub> = S<sub>52</sub> kolonu

| Yükleme | 5.Kat deplas-<br>manı<br>( $\delta_5$ ) mm | Kolon kesme<br>kuvveti<br>( $Q_{51}=Q_{52}$ ) ton | Regrasyonla bulunan<br>kolon kesme kuvveti<br>( $\hat{Q}_{51}=\hat{Q}_{52}$ ) ton |
|---------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 1       | 8,17                                       | 1,250                                             | 1,305                                                                             |
| 2       | 13,74                                      | 2,138                                             | 2,195                                                                             |
| 3       | 34,06                                      | 5,500                                             | 5,443                                                                             |
| 4       | 2,03                                       | 0,150                                             | 0,324                                                                             |
| 5       | 5,94                                       | 0,950                                             | 0,949                                                                             |
| 6       | 9,64                                       | 1,500                                             | 1,540                                                                             |
| 7       | 13,32                                      | 2,000                                             | 1,969                                                                             |
| 8       | 6,56                                       | 1,000                                             | 1,048                                                                             |
| 9       | 15,66                                      | 2,500                                             | 2,502                                                                             |

$$\Sigma \delta_5^2 = 1988,01$$

$$\Sigma \delta_5 Q_{51} = 317,67$$

$$\Sigma (Q_{51} - \hat{Q}_{51})^2 = 0,045$$

$$\bar{Q}_{51} = 1,888$$

$$\Sigma (Q_{51} - \bar{Q}_{51})^2 = 18,74$$

$$Q_{51} = a_{51} \cdot \delta_5$$

$$a_{51} = \frac{317,67}{1988,01} = 0,160$$

$$Q_{51} = 0,160 \cdot \delta_5$$

$$r_{51} = \sqrt{1 - \frac{0,045}{18,74}} = 0,999$$

#### 4.2.3- 3 Açıklıklı 5 Katlı Çerçeve :

(Kolon ve Kiriş rijitlikleri aynı)

##### 4.2.3.1- Alt Kat Kolonları :

a)  $S_{11} = S_{14}$  kolonu

| Yükleme                    | 1.Kat Deplasmanı<br>( $\delta_1$ ) mm | Kolon kesme kuvveti<br>( $Q_{11}=Q_{14}$ ) ton |
|----------------------------|---------------------------------------|------------------------------------------------|
| 1                          | 5,57                                  | 4,969                                          |
| 2                          | 5,74                                  | 4,925                                          |
| 3                          | 5,84                                  | 4,902                                          |
| 4                          | 5,82                                  | 4,895                                          |
| 5                          | 5,28                                  | 5,044                                          |
| 6                          | 5,53                                  | 4,975                                          |
| 7                          | 5,59                                  | 4,962                                          |
| 8                          | 5,70                                  | 4,932                                          |
| 9                          | 5,75                                  | 4,925                                          |
| $\sum \delta_1^2 = 287,21$ |                                       | $\sum \delta_1 Q_{11} = 251,376$               |

$$Q_{11} = a_{11} \cdot \delta_1$$

$$a_{11} = \frac{251,376}{287,21} = 0,875$$

$$Q_{11} = 0,875 \cdot \delta_1$$

b)  $S_{12} = S_{13}$  kolonu

| Yükleme                    | 1.Kat deplasmanı<br>( $\delta_1$ ) mm | Kolon kesme kuvveti<br>( $Q_{12}=Q_{13}$ ) ton |
|----------------------------|---------------------------------------|------------------------------------------------|
| 1                          | 5,57                                  | 6,281                                          |
| 2                          | 5,74                                  | 6,325                                          |
| 3                          | 5,84                                  | 6,348                                          |
| 4                          | 5,82                                  | 6,355                                          |
| 5                          | 5,28                                  | 6,206                                          |
| 6                          | 5,53                                  | 6,275                                          |
| 7                          | 5,59                                  | 6,288                                          |
| 8                          | 5,70                                  | 6,318                                          |
| 9                          | 5,75                                  | 6,325                                          |
| $\sum \delta_1^2 = 287,21$ |                                       | $\sum \delta_1 Q_{12} = 320,35$                |

$$Q_{12} = a_{12} \cdot \delta_1$$

$$a_{12} = \frac{320,35}{287,21} = 1,115$$

$$Q_{12} = 1,115 \cdot \delta_1$$

4.2.3.2- Ara Kat Kolonları :a)  $S_{21} = S_{24}$  kolonu

| Yükleme | 2.Kat deplas-<br>man<br>( $\delta_2$ ) mm | Kolon kesme<br>kuvveti<br>( $Q_{21}=Q_{24}$ ) ton | Regrasyonla bulunan<br>kolon kesme kuvveti<br>( $\hat{Q}_{21}=\hat{Q}_{24}$ ) ton |
|---------|-------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 1       | 6,43                                      | 3,265                                             | 3,305                                                                             |
| 2       | 7,47                                      | 3,847                                             | 3,840                                                                             |
| 3       | 8,18                                      | 4,113                                             | 4,204                                                                             |
| 4       | 7,85                                      | 4,268                                             | 4,035                                                                             |
| 5       | 4,75                                      | 2,275                                             | 2,441                                                                             |
| 6       | 6,20                                      | 3,187                                             | 3,187                                                                             |
| 7       | 6,60                                      | 3,365                                             | 3,392                                                                             |
| 8       | 7,22                                      | 3,770                                             | 3,711                                                                             |
| 9       | 7,55                                      | 3,836                                             | 3,881                                                                             |

$$\Sigma \delta_2^2 = 439,37$$

$$\Sigma \delta_2 Q_{21} = 225,835 \quad \Sigma (Q_{21} - \hat{Q}_{21})^2 = 0,10$$

$$\bar{Q}_{21} = 3,547 \quad \Sigma (Q_{21} - \bar{Q}_{21})^2 = 2,92$$

$$Q_{21} = a_{21} \cdot \delta_2$$

$$a_{21} = \frac{225,835}{439,37} = 0,514$$

$$Q_{21} = 0,514 \cdot \delta_2$$

$$r_{21} = \sqrt{1 - \frac{0,10}{2,92}} = 0,983$$

b)  $S_{22} = S_{23}$  kolonu

| Yükleme | 2.Kat deplas-<br>manı<br>( $\delta_2$ ) mm | Kolon kesme<br>kuvveti<br>( $Q_{22}=Q_{23}$ ) ton | Regrasyonla bulunan<br>kolon kesme kuvveti<br>( $\hat{Q}_{22}=\hat{Q}_{23}$ ) ton |
|---------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 1       | 6,43                                       | 5,485                                             | 5,473                                                                             |
| 2       | 7,47                                       | 6,390                                             | 6,359                                                                             |
| 3       | 8,18                                       | 6,887                                             | 6,963                                                                             |
| 4       | 7,85                                       | 6,882                                             | 6,682                                                                             |
| 5       | 4,75                                       | 3,975                                             | 5,043                                                                             |
| 6       | 6,20                                       | 5,313                                             | 5,278                                                                             |
| 7       | 6,60                                       | 5,635                                             | 5,618                                                                             |
| 8       | 7,22                                       | 6,230                                             | 6,146                                                                             |
| 9       | 7,55                                       | 6,414                                             | 6,427                                                                             |

$$\Sigma \delta_2^2 = 439,37$$

$$\Sigma \delta_2 Q_{22} = 374,00 \quad \Sigma (Q_{22} - \hat{Q}_{22})^2 = 0,06$$

$$\bar{Q}_{22} = 5,912 \quad \Sigma (Q_{22} - \bar{Q}_{22})^2 = 6,84$$

$$Q_{22} = a_{22} \cdot \delta_2$$

$$a_{22} = \frac{374,00}{439,37} = 0,851$$

$$Q_{22} = 0,851 \cdot \delta_2$$

$$r_{22} = \sqrt{1 - \frac{0,06}{6,84}} = 0,996$$

c)  $S_{31} = S_{34}$  kolonu

| Yükleme | 3.Kat deplas-<br>manı<br>( $\delta_3$ ) mm | Kolon kesme<br>kuvveti<br>( $Q_{31}=Q_{34}$ ) ton | Regrasyonla bulunan<br>kolon kesme kuvveti<br>( $\hat{Q}_{31}=\hat{Q}_{34}$ ) ton |
|---------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 1       | 4,77                                       | 2,355                                             | 2,380                                                                             |
| 2       | 6,31                                       | 3,201                                             | 3,149                                                                             |
| 3       | 8,17                                       | 4,040                                             | 4,077                                                                             |
| 4       | 5,77                                       | 2,885                                             | 2,879                                                                             |
| 5       | 2,56                                       | 1,052                                             | 1,277                                                                             |
| 6       | 4,25                                       | 1,921                                             | 2,121                                                                             |
| 7       | 4,90                                       | 2,465                                             | 2,445                                                                             |
| 8       | 5,48                                       | 2,884                                             | 2,734                                                                             |
| 9       | 6,69                                       | 3,422                                             | 3,338                                                                             |

$$\Sigma \delta_3^2 = 286,02$$

$$\Sigma \delta_3 Q_{31} = 147,72$$

$$\Sigma (Q_{31} - \hat{Q}_{31})^2 = 0,125$$

$$\bar{Q}_{31} = 2,692$$

$$\Sigma (Q_{31} - \bar{Q}_{31})^2 = 6,132$$

$$Q_{31} = a_{31} \cdot \delta_3$$

$$a_{31} = \frac{147,72}{286,02} = 0,499$$

$$\bar{Q}_{31} = 0,499 \cdot \delta_3$$

$$r_{31} = \sqrt{1 - \frac{0,125}{6,132}} = 0,99$$

d)  $S_{32} = S_{33}$  kolonu

| Yükleme | 3.Kat deplas-<br>manı<br>( $\delta_3$ ) mm | Kolon kesme<br>kuvveti<br>( $Q_{32}=Q_{33}$ ) ton | Regrasyonla bulunan<br>kolon kesme kuvveti<br>( $\hat{Q}_{32}=\hat{Q}_{33}$ ) ton |
|---------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 1       | 4,77                                       | 3,895                                             | 3,925                                                                             |
| 2       | 6,31                                       | 5,237                                             | 5,192                                                                             |
| 3       | 8,17                                       | 6,710                                             | 6,722                                                                             |
| 4       | 5,77                                       | 4,765                                             | 4,747                                                                             |
| 5       | 2,56                                       | 1,898                                             | 2,106                                                                             |
| 6       | 4,25                                       | 3,329                                             | 3,497                                                                             |
| 7       | 4,90                                       | 4,035                                             | 4,032                                                                             |
| 8       | 5,48                                       | 4,616                                             | 4,509                                                                             |
| 9       | 6,69                                       | 5,578                                             | 5,504                                                                             |

$$\Sigma \delta_3^2 = 286,02$$

$$\Sigma \delta_3 Q_{32} = 235,33$$

$$\Sigma (Q_{32} - \hat{Q}_{32})^2 = 0,09$$

$$\bar{Q}_{32} = 4,451$$

$$\Sigma (Q_{32} - \bar{Q}_{32})^2 = 15,38$$

$$Q_{32} = a_{32} \cdot \delta_3$$

$$a_{32} = \frac{235,33}{286,02} = 0,823$$

$$\bar{Q}_{32} = 0,823 \cdot \delta_3$$

$$r_{32} = \sqrt{1 - \frac{0,09}{15,38}} = 0,997$$

e)  $S_{41} = S_{44}$  kolonu

| Yükleme | 4.Kat deplas-<br>manı<br>( $\delta_4$ ) mm | Kolon kesme<br>kuvveti<br>( $Q_{41}=Q_{44}$ ) ton | Regrasyonla bulunan<br>kolon kesme kuvveti<br>( $\hat{Q}_{41}=\hat{Q}_{44}$ ) ton |
|---------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 1       | 2,89                                       | 1,408                                             | 1,489                                                                             |
| 2       | 4,29                                       | 2,182                                             | 2,211                                                                             |
| 3       | 7,42                                       | 4,090                                             | 3,824                                                                             |
| 4       | 3,03                                       | 1,464                                             | 1,562                                                                             |
| 5       | 1,53                                       | 0,732                                             | 0,788                                                                             |
| 6       | 2,94                                       | 1,540                                             | 1,515                                                                             |
| 7       | 2,88                                       | 1,271                                             | 1,484                                                                             |
| 8       | 2,62                                       | 1,052                                             | 1,350                                                                             |
| 9       | 4,79                                       | 2,487                                             | 2,469                                                                             |

$$\Sigma \delta_4^2 = 140,08$$

$$\Sigma \delta_4 Q_{41} = 72,19$$

$$\Sigma (Q_{41} - \hat{Q}_{41})^2 = 0,226$$

$$\bar{Q}_{41} = 1,803$$

$$\Sigma (Q_{41} - \bar{Q}_{41})^2 = 8,184$$

$$Q_{41} = a_{41} \cdot \delta_4$$

$$a_{41} = \frac{72,19}{140,08} = 0,515$$

$$Q_{41} = 0,515 \cdot \delta_4$$

$$r_{41} = \sqrt{1 - \frac{0,226}{8,184}} = 0,986$$

f)  $S_{42} = S_{43}$  kolonu

| Yükleme | 4.Kat deplas-<br>manı<br>( $\delta_4$ ) mm | Kolon kesme<br>kuvveti<br>( $Q_{42}=Q_{43}$ ) ton | Regrasyonla bulunan<br>kolon kesme kuvveti<br>( $\hat{Q}_{42}=\hat{Q}_{43}$ ) ton |
|---------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 1       | 2,89                                       | 2,342                                             | 2,410                                                                             |
| 2       | 4,29                                       | 3,555                                             | 3,577                                                                             |
| 3       | 7,42                                       | 6,410                                             | 6,187                                                                             |
| 4       | 3,03                                       | 2,436                                             | 2,526                                                                             |
| 5       | 1,53                                       | 1,218                                             | 1,276                                                                             |
| 6       | 2,94                                       | 2,460                                             | 2,451                                                                             |
| 7       | 2,88                                       | 2,229                                             | 2,401                                                                             |
| 8       | 2,62                                       | 1,948                                             | 2,184                                                                             |
| 9       | 4,79                                       | 4,013                                             | 3,994                                                                             |

$$\Sigma \delta_4^2 = 140,08$$

$$\Sigma \delta_4 Q_{42} = 116,80$$

$$\Sigma (Q_{42} - \hat{Q}_{42})^2 = 0,152$$

$$\bar{Q}_{42} = 2,957$$

$$\Sigma (Q_{42} - \bar{Q}_{42})^2 = 18,865$$

$$Q_{42} = a_{42} \cdot \delta_4$$

$$a_{42} = \frac{116,80}{140,08} = 0,834$$

$$Q_{42} = 0,834 \cdot \delta_4$$

$$r_{42} = \sqrt{1 - \frac{0,152}{18,865}} = 0,996$$

## 4.2.3.3- Üst Kat Kolonları :

a) S<sub>51</sub> = S<sub>54</sub> kolonu

| Yükleme | 5.Kat deplas-<br>manı<br>( $\delta_5$ ) mm | Kolon kesme<br>kuvveti<br>(Q <sub>51</sub> =Q <sub>54</sub> ) ton | Regrasyonla bulunan<br>kolon kesme kuvveti<br>( $\hat{Q}_{51}=\hat{Q}_{54}$ ) ton |
|---------|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 1       | 1,17                                       | 0,408                                                             | 0,500                                                                             |
| 2       | 1,89                                       | 0,718                                                             | 0,807                                                                             |
| 3       | 4,25                                       | 1,974                                                             | 1,815                                                                             |
| 4       | 0,60                                       | -0,055                                                            | 0,256                                                                             |
| 5       | 0,77                                       | 0,336                                                             | 0,329                                                                             |
| 6       | 1,31                                       | 0,503                                                             | 0,559                                                                             |
| 7       | 1,54                                       | 0,728                                                             | 0,658                                                                             |
| 8       | 0,96                                       | 0,327                                                             | 0,410                                                                             |
| 9       | 2,17                                       | 0,846                                                             | 0,927                                                                             |

$$\Sigma \delta_5^2 = 33,67$$

$$\Sigma \delta_5 Q_{51} = 14,38$$

$$\Sigma (Q_{51} - \hat{Q}_{51})^2 = 0,16$$

$$\bar{Q}_{51} = 0,643$$

$$\Sigma (Q_{51} - \bar{Q}_{51})^2 = 2,58$$

$$Q_{51} = a_{51} \cdot \delta_5$$

$$a_{51} = \frac{14,38}{33,67} = 0,427$$

$$Q_{51} = 0,427 \cdot \delta_5$$

$$r_{51} = \sqrt{1 - \frac{0,16}{2,58}} = 0,969$$

b) S<sub>52</sub> = S<sub>53</sub> kolonu

| Yükleme | 5.Kat deplas-<br>manı<br>( $\delta_5$ ) mm | Kolon kesme<br>kuvveti<br>(Q <sub>52</sub> =Q <sub>53</sub> ) ton | Regrasyonla bulunan<br>kolon kesme kuvveti<br>( $\hat{Q}_{52}=\hat{Q}_{53}$ ) ton |
|---------|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 1       | 1,17                                       | 0,842                                                             | 0,930                                                                             |
| 2       | 1,89                                       | 1,420                                                             | 1,502                                                                             |
| 3       | 4,25                                       | 3,526                                                             | 3,377                                                                             |
| 4       | 0,60                                       | 0,205                                                             | 0,477                                                                             |
| 5       | 0,77                                       | 0,614                                                             | 0,612                                                                             |
| 6       | 1,31                                       | 0,997                                                             | 1,041                                                                             |
| 7       | 1,54                                       | 1,272                                                             | 1,223                                                                             |
| 8       | 0,96                                       | 0,673                                                             | 0,763                                                                             |
| 9       | 2,17                                       | 1,654                                                             | 1,724                                                                             |

$$\Sigma \delta_5^2 = 33,67$$

$$\Sigma \delta_5 Q_{52} = 26,75$$

$$\Sigma (Q_{52} - \hat{Q}_{52})^2 = 0,128$$

$$\bar{Q}_{52} = 1,245$$

$$\Sigma (Q_{52} - \bar{Q}_{52})^2 = 7,43$$

$$Q_{52} = a_{52} \cdot \delta_5$$

$$a_{52} = \frac{26,75}{33,67} = 0,794$$

$$Q_{52} = 0,794 \cdot \delta_5$$

$$r_{52} = \sqrt{1 - \frac{0,128}{7,43}} = 0,991$$

4.2.4- 3 Açıklıklı 5 Katlı Çerçeve :

(Kolon ve kiriş rijitlikleri farklı)

4.2.4.1- Alt Kat Kolonları :a)  $S_{11} = S_{14}$  kolonu

| Yükleme | 1.Kat deplasmanı<br>( $\delta_1$ ) mm | Kolon kesme kuvveti<br>( $Q_{11}=Q_{14}$ ) ton |
|---------|---------------------------------------|------------------------------------------------|
| 1       | 2,37                                  | 4,017                                          |
| 2       | 2,50                                  | 4,000                                          |
| 3       | 2,59                                  | 3,998                                          |
| 4       | 2,56                                  | 3,979                                          |
| 5       | 2,16                                  | 4,048                                          |
| 6       | 2,35                                  | 4,018                                          |
| 7       | 2,39                                  | 4,013                                          |
| 8       | 2,48                                  | 3,999                                          |
| 9       | 2,51                                  | 4,002                                          |

$$\Sigma \delta_1^2 = 53,48$$

$$\Sigma \delta_1 Q_{11} = 87,80$$

$$Q_{11} = a_{11} \cdot \delta_1$$

$$a_{11} = \frac{87,80}{53,48} = 1,642$$

$$Q_{11} = 1,642 \cdot \delta_1$$

b)  $S_{12} = S_{13}$  kolonu

| Yükleme | 1.Kat deplasmanı<br>( $\delta_1$ ) mm | Kolon kesme kuvveti<br>( $Q_{12} = Q_{13}$ ) ton |
|---------|---------------------------------------|--------------------------------------------------|
| 1       | 2,37                                  | 7,233                                            |
| 2       | 2,50                                  | 7,250                                            |
| 3       | 2,59                                  | 7,252                                            |
| 4       | 2,56                                  | 7,271                                            |
| 5       | 2,16                                  | 7,202                                            |
| 6       | 2,35                                  | 7,232                                            |
| 7       | 2,39                                  | 7,237                                            |
| 8       | 2,48                                  | 7,251                                            |
| 9       | 2,51                                  | 7,248                                            |

$$\Sigma \delta_1^2 = 53,48$$

$$\Sigma \delta_1 Q_{12} = 158,71$$

$$Q_{12} = a_{12} \cdot \delta_1$$

$$a_{12} = \frac{158,71}{53,48} = 2,968$$

$$Q_{12} = 2,968 \cdot \delta_1$$



## 4.2.4.2- Ara Kat Kolonları :

a)  $S_{21} = S_{24}$  kolonu

| Yükleme | 2.Kat deplas-<br>manı<br>( $\delta_2$ ) mm | Kolon kesme<br>kuvveti<br>( $Q_{21}=Q_{24}$ ) ton | Regrasyonla bulunan<br>kolon kesme kuvveti<br>( $\hat{Q}_{21}=\hat{Q}_{24}$ ) ton |
|---------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 1       | 4,14                                       | 3,013                                             | 3,027                                                                             |
| 2       | 4,82                                       | 3,506                                             | 3,525                                                                             |
| 3       | 5,30                                       | 3,716                                             | 3,876                                                                             |
| 4       | 5,01                                       | 3,872                                             | 3,664                                                                             |
| 5       | 3,04                                       | 2,169                                             | 2,223                                                                             |
| 6       | 3,96                                       | 2,944                                             | 2,896                                                                             |
| 7       | 4,24                                       | 3,100                                             | 3,100                                                                             |
| 8       | 4,63                                       | 3,449                                             | 3,386                                                                             |
| 9       | 4,88                                       | 3,494                                             | 3,569                                                                             |

$$\Sigma \delta_2^2 = 181,71$$

$$\Sigma \delta_2 Q_{21} = 132,88$$

$$\Sigma (Q_{21} - \hat{Q}_{21})^2 = 0,084$$

$$\bar{Q}_{21} = 3,251$$

$$\Sigma (Q_{21} - \bar{Q}_{21})^2 = 2,11$$

$$Q_{21} = a_{21} \cdot \delta_2$$

$$a_{21} = \frac{132,88}{181,71} = 0,731 \quad \underline{\underline{Q_{21} = 0,731 \cdot \delta_2}}$$

$$r_{21} = \sqrt{1 - \frac{0,084}{2,11}} = \underline{\underline{0,980}}$$

b)  $S_{22} = S_{23}$  kolonu

| Yükleme | 2.Kat deplas-<br>manı<br>( $\delta_2$ ) mm | Kolon kesme<br>kuvveti<br>( $Q_{22}=Q_{24}$ ) ton | Regrasyonla bulunan<br>kolon kesme kuvveti<br>( $\hat{Q}_{22}=\hat{Q}_{24}$ ) ton |
|---------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 1       | 4,14                                       | 5,737                                             | 5,787                                                                             |
| 2       | 4,82                                       | 6,732                                             | 6,737                                                                             |
| 3       | 5,30                                       | 7,284                                             | 7,408                                                                             |
| 4       | 5,01                                       | 7,278                                             | 7,003                                                                             |
| 5       | 3,04                                       | 4,081                                             | 4,249                                                                             |
| 6       | 3,96                                       | 5,556                                             | 5,535                                                                             |
| 7       | 4,24                                       | 5,900                                             | 5,927                                                                             |
| 8       | 4,63                                       | 6,551                                             | 6,472                                                                             |
| 9       | 4,88                                       | 6,756                                             | 6,821                                                                             |

$$\Sigma \delta_2^2 = 181,71$$

$$\Sigma \delta_2 Q_{22} = 253,99$$

$$\Sigma (Q_{22} - \hat{Q}_{22})^2 = 0,149$$

$$\bar{Q}_{22} = 6,208$$

$$\Sigma (Q_{22} - \bar{Q}_{22})^2 = 8,26$$

$$Q_{22} = a_{22} \cdot \delta_2$$

$$a_{22} = \frac{253,99}{181,71} = 1,398 \quad \underline{\underline{Q_{22} = 1,398 \cdot \delta_2}}$$

$$r_{22} = \sqrt{1 - \frac{0,149}{8,26}} = \underline{\underline{0,991}}$$

c)  $S_{31} = S_{34}$  kolonu

| Yüklemesi | 3.Kat deplas-<br>manı<br>( $\delta_3$ ) mm | Kolon kesme<br>kuvveti<br>( $Q_{31}=Q_{34}$ ) ton | Regrasyonla bulunan<br>kolon kesme kuvveti<br>( $\hat{Q}_{31}=\hat{Q}_{34}$ ) ton |
|-----------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 1         | 4,52                                       | 2,382                                             | 2,416                                                                             |
| 2         | 5,98                                       | 3,234                                             | 3,196                                                                             |
| 3         | 7,70                                       | 4,149                                             | 4,115                                                                             |
| 4         | 5,48                                       | 2,910                                             | 2,926                                                                             |
| 5         | 2,41                                       | 1,102                                             | 1,288                                                                             |
| 6         | 4,00                                       | 1,991                                             | 2,138                                                                             |
| 7         | 4,65                                       | 2,479                                             | 2,485                                                                             |
| 8         | 5,21                                       | 2,862                                             | 2,785                                                                             |
| 9         | 6,34                                       | 3,457                                             | 3,389                                                                             |

$$\sum \delta_3^2 = 256,28$$

$$\sum \delta_3 Q_{31} = 136,98$$

$$\sum (Q_{31} - \hat{Q}_{31})^2 = 0,07$$

$$\bar{Q}_{31} = 2,730 \quad \sum (Q_{31} - \bar{Q}_{31})^2 = 6,23$$

$$Q_{31} = a_{31} \cdot \delta_3$$

$$a_{31} = \frac{136,98}{256,28} = 0,534$$

$$Q_{31} = 0,534 \cdot \delta_3$$

$$r_{31} = \sqrt{1 - \frac{0,07}{6,23}} = 0,994$$

d)  $S_{32} = S_{33}$  kolonu

| Yüklemesi | 3.Kat deplas-<br>manı<br>( $\delta_3$ ) mm | Kolon kesme<br>kuvveti<br>( $Q_{32}=Q_{33}$ ) ton | Regrasyonla bulunan<br>kolon kesme kuvveti<br>( $\hat{Q}_{32}=\hat{Q}_{33}$ ) ton |
|-----------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 1         | 4,52                                       | 3,868                                             | 3,896                                                                             |
| 2         | 5,98                                       | 5,203                                             | 5,154                                                                             |
| 3         | 7,70                                       | 6,601                                             | 6,637                                                                             |
| 4         | 5,48                                       | 4,740                                             | 4,723                                                                             |
| 5         | 2,41                                       | 1,848                                             | 2,077                                                                             |
| 6         | 4,00                                       | 3,259                                             | 3,448                                                                             |
| 7         | 4,65                                       | 4,021                                             | 4,008                                                                             |
| 8         | 5,21                                       | 4,638                                             | 4,491                                                                             |
| 9         | 6,34                                       | 5,543                                             | 5,465                                                                             |

$$\sum \delta_3^2 = 256,28$$

$$\sum \delta_3 Q_{32} = 220,89$$

$$\sum (Q_{32} - \hat{Q}_{32})^2 = 0,12$$

$$\bar{Q}_{32} = 4,413 \quad \sum (Q_{32} - \bar{Q}_{32})^2 = 15,21$$

$$Q_{32} = a_{32} \cdot \delta_3$$

$$a_{32} = \frac{220,89}{256,28} = 0,862$$

$$Q_{32} = 0,862 \cdot \delta_3$$

$$r_{32} = \sqrt{1 - \frac{0,12}{15,21}} = 0,996$$

e)  $S_{41} = S_{44}$  kolonu

| Yükleme | 4.Kat deplas-<br>manı<br>( $\delta_4$ ) mm | Kolon kesme<br>kuvveti<br>( $Q_{41}=Q_{44}$ ) ton | Regrasyonla bulunan<br>kolon kesme kuvveti<br>( $\hat{Q}_{41}=\hat{Q}_{44}$ ) ton |
|---------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 1       | 4,09                                       | 1,180                                             | 1,216                                                                             |
| 2       | 6,14                                       | 1,816                                             | 1,826                                                                             |
| 3       | 10,90                                      | 3,359                                             | 3,241                                                                             |
| 4       | 4,36                                       | 1,225                                             | 1,296                                                                             |
| 5       | 2,14                                       | 0,614                                             | 0,636                                                                             |
| 6       | 4,24                                       | 1,272                                             | 1,261                                                                             |
| 7       | 3,96                                       | 1,088                                             | 1,177                                                                             |
| 8       | 3,53                                       | 0,919                                             | 1,050                                                                             |
| 9       | 6,91                                       | 2,063                                             | 2,055                                                                             |

$$\Sigma \delta_4^2 = 290,70$$

$$\Sigma \delta_4 Q_{41} = 86,45$$

$$\Sigma (Q_{41} - \hat{Q}_{41})^2 = 0,046$$

$$\bar{Q}_{41} = 1,504$$

$$\Sigma (Q_{41} - \bar{Q}_{41})^2 = 5,39$$

$$Q_{41} = a_{41} \cdot \delta_4$$

$$a_{41} = \frac{86,45}{290,70} = 0,297$$

$$Q_{41} = 0,297 \cdot \delta_4$$

$$r_{41} = \sqrt{1 - \frac{0,046}{5,39}} = 0,996$$

f)  $S_{42} = S_{43}$  kolonu

| Yükleme | 4.Kat deplas-<br>manı<br>( $\delta_4$ ) mm | Kolon kesme<br>kuvveti<br>( $Q_{42}=Q_{43}$ ) ton | Regrasyonla bulunan<br>kolon kesme kuvveti<br>( $\hat{Q}_{42}=\hat{Q}_{43}$ ) ton |
|---------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 1       | 4,09                                       | 2,570                                             | 2,618                                                                             |
| 2       | 6,14                                       | 3,921                                             | 3,930                                                                             |
| 3       | 10,90                                      | 7,141                                             | 6,977                                                                             |
| 4       | 4,36                                       | 2,675                                             | 2,791                                                                             |
| 5       | 2,14                                       | 1,336                                             | 1,370                                                                             |
| 6       | 4,24                                       | 2,728                                             | 2,714                                                                             |
| 7       | 3,96                                       | 2,412                                             | 2,535                                                                             |
| 8       | 3,53                                       | 2,081                                             | 2,259                                                                             |
| 9       | 6,91                                       | 4,437                                             | 4,423                                                                             |

$$\Sigma \delta_4^2 = 290,70$$

$$\Sigma \delta_4 Q_{42} = 186,07$$

$$\Sigma (Q_{42} - \hat{Q}_{42})^2 = 0,09$$

$$\bar{Q}_{42} = 3,256$$

$$\Sigma (Q_{42} - \bar{Q}_{42})^2 = 23,80$$

$$Q_{42} = a_{42} \cdot \delta_4$$

$$a_{42} = \frac{186,07}{290,70} = 0,640$$

$$Q_{42} = 0,640 \cdot \delta_4$$

$$r_{42} = \sqrt{1 - \frac{0,09}{23,80}} = 0,998$$

## 4.2.4.3- Üst Kat Kolonları :

a)  $S_{51} = S_{54}$  kolonu

| Yükleme | 5.Kat Deplas-<br>manı<br>( $\delta_5$ ) mm | Kolon kesme<br>kuvveti<br>( $Q_{51}=Q_{54}$ ) ton | Regrasyonla bulunan<br>kolon kesme kuvveti<br>( $\hat{Q}_{51}=\hat{Q}_{54}$ ) ton |
|---------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 1       | 3,05                                       | 0,474                                             | 0,490                                                                             |
| 2       | 5,15                                       | 0,809                                             | 0,827                                                                             |
| 3       | 12,80                                      | 2,077                                             | 2,055                                                                             |
| 4       | 0,62                                       | 0,060                                             | 0,099                                                                             |
| 5       | 2,23                                       | 0,359                                             | 0,358                                                                             |
| 6       | 3,61                                       | 0,568                                             | 0,580                                                                             |
| 7       | 4,64                                       | 0,757                                             | 0,745                                                                             |
| 8       | 2,45                                       | 0,380                                             | 0,393                                                                             |
| 9       | 6,00                                       | 0,946                                             | 0,963                                                                             |

$$\Sigma \delta_5^2 = 281,59$$

$$\Sigma \delta_5 Q_{51} = 45,21$$

$$\Sigma (Q_{51} - \hat{Q}_{51})^2 = 3,33 \cdot 10^{-3}$$

$$\bar{Q}_{51} = 0,714$$

$$\Sigma (Q_{51} - \bar{Q}_{51})^2 = 2,67$$

$$Q_{51} = a_{51} \cdot \delta_5$$

$$a_{51} = \frac{45,21}{281,59} = 0,161$$

$$Q_{51} = 0,161 \cdot \delta_5$$

$$r_{51} = \sqrt{1 - \frac{3,33 \cdot 10^{-3}}{2,67}} = 0,999$$

b)  $S_{52} = S_{53}$  kolonu

| Yükleme | 5.Kat deplas-<br>manı<br>( $\delta_5$ ) mm | Kolon kesme<br>kuvveti<br>( $Q_{52}=Q_{53}$ ) ton | Regrasyonla bulunan<br>kolon kesme kuvveti<br>( $\hat{Q}_{52}=\hat{Q}_{53}$ ) ton |
|---------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 1       | 3,05                                       | 0,776                                             | 0,806                                                                             |
| 2       | 5,15                                       | 1,328                                             | 1,360                                                                             |
| 3       | 12,80                                      | 3,423                                             | 3,381                                                                             |
| 4       | 0,60                                       | 0,090                                             | 0,164                                                                             |
| 5       | 2,23                                       | 0,591                                             | 0,589                                                                             |
| 6       | 3,61                                       | 0,932                                             | 0,953                                                                             |
| 7       | 4,64                                       | 1,243                                             | 1,225                                                                             |
| 8       | 2,45                                       | 0,620                                             | 0,647                                                                             |
| 9       | 6,00                                       | 1,554                                             | 1,585                                                                             |

$$\Sigma \delta_5^2 = 281,59$$

$$\Sigma \delta_5 Q_{52} = 74,37$$

$$\Sigma (Q_{52} - \hat{Q}_{52})^2 = 0,01$$

$$\bar{Q}_{52} = 1,173$$

$$\Sigma (Q_{52} - \bar{Q}_{52})^2 = 7,26$$

$$Q_{52} = a_{52} \cdot \delta_5$$

$$a_{52} = \frac{74,37}{281,59} = 0,264$$

$$Q_{52} = 0,264 \cdot \delta_5$$

#### 4.2.5- 3 Açıklıklı 4 Katlı Çerçeve :

(Kolon ve kiriş rijitlikleri farklı)

##### 4.2.5.1- Alt Kat Kolonları :

a)  $S_{11}$  kolonu

| Yükleme | 1.Kat deplas-<br>manı ( $\delta_1$ ) mm | Kolon kesme kuvveti<br>( $Q_{11}$ ) ton |
|---------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|
| 1       | 2,83                                    | 2,712                                   |
| 2       | 2,84                                    | 2,709                                   |
| 3       | 2,93                                    | 2,658                                   |
| 4       | 2,97                                    | 2,640                                   |
| 5       | 2,90                                    | 2,675                                   |

$$\Sigma \delta_1^2 = 41,89$$

$$\Sigma \delta_1 Q_{11} = 38,75$$

$$Q_{11} = a_{11} \cdot \delta_1$$

$$a_{11} = \frac{38,75}{41,89} = 0,925$$

$$Q_{11} = 0,925 \cdot \delta_1$$

b)  $S_{12}$  kolonu

| Yükleme | 1.Kat deplas-<br>manı ( $\delta_1$ ) mm | Kolon kesme kuvveti<br>( $Q_{12}$ ) ton |
|---------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|
| 1       | 2,83                                    | 5,355                                   |
| 2       | 2,84                                    | 5,358                                   |
| 3       | 2,93                                    | 5,398                                   |
| 4       | 2,97                                    | 5,413                                   |
| 5       | 2,90                                    | 5,385                                   |

$$\Sigma \delta_1^2 = 41,89$$

$$\Sigma \delta_1 Q_{12} = 77,88$$

$$Q_{12} = a_{12} \cdot \delta_1$$

$$a_{12} = \frac{77,88}{41,89} = 1,859$$

$$Q_{12} = 1,859 \cdot \delta_1$$

c)  $S_{13}$  kolonu

| Yükleme | 1.Kat deplas-<br>manı ( $\delta_1$ ) mm | Kolon kesme kuvveti<br>( $Q_{13}$ ) ton |
|---------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|
| 1       | 2,83                                    | 5,482                                   |
| 2       | 2,84                                    | 5,485                                   |
| 3       | 2,93                                    | 5,535                                   |
| 4       | 2,97                                    | 5,553                                   |
| 5       | 2,90                                    | 5,519                                   |

$$\Sigma \delta_1^2 = 41,89$$

$$\Sigma \delta_1 Q_{13} = 79,81$$

$$Q_{13} = a_{13} \cdot \delta_1$$

$$a_{13} = \frac{79,81}{41,89} = 1,905$$

$$Q_{13} = 1,905 \cdot \delta_1$$

d) S<sub>14</sub> kolonu

| Yüklemesi | 1.Kat deplas-<br>manı ( $\delta_1$ ) mm | Kolon kesme kuvveti<br>( $Q_{14}$ ) ton |
|-----------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|
| 1         | 2,83                                    | 2,881                                   |
| 2         | 2,84                                    | 2,878                                   |
| 3         | 2,93                                    | 2,838                                   |
| 4         | 2,97                                    | 2,824                                   |
| 5         | 2,90                                    | 2,851                                   |

$$\Sigma \delta_1^2 = 41,89$$

$$\Sigma \delta_1 Q_{14} = 41,30$$

$$Q_{14} = a_{14} \cdot \delta_1$$

$$a_{14} = \frac{41,30}{41,89} = 0,986$$

$$Q_{14} = 0,986 \cdot \delta_1$$

4.2.5.2- Ara Kat Kolonları :a) S<sub>21</sub> kolonu

| Yüklemesi | 2.Kat deplas-<br>manı ( $\delta_2$ ) mm | Kolon kesme kuvveti<br>( $Q_{21}$ ) ton | Regrasyonla bulunan<br>kolon kesme kuvveti<br>( $\hat{Q}_{21}$ ) ton |
|-----------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| 1         | 1,91                                    | 1,448                                   | 1,489                                                                |
| 2         | 1,93                                    | 1,460                                   | 1,504                                                                |
| 3         | 2,44                                    | 1,929                                   | 1,902                                                                |
| 4         | 2,61                                    | 2,065                                   | 2,034                                                                |
| 5         | 2,28                                    | 1,787                                   | 1,777                                                                |

$$\Sigma \delta_2^2 = 25,34$$

$$\Sigma \delta_2 Q_{21} = 19,75$$

$$\Sigma (Q_{21} - \hat{Q}_{21})^2 = 5,4 \cdot 10^{-3}$$

$$\bar{Q}_{21} = 1,738$$

$$\Sigma (Q_{21} - \bar{Q}_{21})^2 = 0,31$$

$$Q_{21} = a_{21} \cdot \delta_2$$

$$a_{21} = \frac{19,75}{25,34} = 0,779$$

$$Q_{21} = 0,779 \cdot \delta_2$$

$$r_{21} = \sqrt{1 - \frac{5,4 \cdot 10^{-3}}{0,31}} = 0,991$$

b) S<sub>22</sub> kolonu

| Yüklemesi                   | 2.Kat deplas-<br>manı<br>( $\delta_2$ ) mm | Kolon kesme<br>kuvveti<br>(Q <sub>22</sub> ) ton | Regrasyonla bulunan<br>kolon kesme kuvveti<br>( $\hat{Q}_{22}$ ) ton |
|-----------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| 1                           | 1,91                                       | 3,942                                            | 3,912                                                                |
| 2                           | 1,93                                       | 3,993                                            | 3,953                                                                |
| 3                           | 2,44                                       | 4,977                                            | 4,998                                                                |
| 4                           | 2,61                                       | 5,316                                            | 5,346                                                                |
| 5                           | 2,28                                       | 4,670                                            | 4,670                                                                |
| $\Sigma \delta_2^2 = 25,34$ |                                            | $\Sigma \delta_2 Q_{22} = 51,90$                 | $\Sigma (Q_{22} - \hat{Q}_{22})^2 = 3,84 \cdot 10^{-3}$              |
|                             |                                            | $\bar{Q}_{22} = 4,580$                           | $\Sigma (Q_{22} - \bar{Q}_{22})^2 = 1,46$                            |

$$Q_{22} = a_{22} \cdot \delta_2$$

$$a_{22} = \frac{51,90}{25,34} = 2,048 \quad \underline{\underline{Q_{22} = 2,048 \cdot \delta_2}}$$

$$r_{22} = \sqrt{1 - \frac{3,84 \cdot 10^{-3}}{1,46}} = \underline{\underline{0,999}}$$

c) S<sub>23</sub> kolonu

| Yüklemesi                   | 2.Kat deplas-<br>manı<br>( $\delta_2$ ) mm | Kolon kesme<br>kuvveti<br>(Q <sub>23</sub> ) ton | Regrasyonla bulunan<br>kolon kesme kuvveti<br>( $\hat{Q}_{23}$ ) ton |
|-----------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| 1                           | 1,91                                       | 4,140                                            | 4,105                                                                |
| 2                           | 1,93                                       | 4,198                                            | 4,148                                                                |
| 3                           | 2,44                                       | 5,217                                            | 5,244                                                                |
| 4                           | 2,61                                       | 5,577                                            | 5,609                                                                |
| 5                           | 2,28                                       | 4,898                                            | 4,900                                                                |
| $\Sigma \delta_2^2 = 25,34$ |                                            | $\Sigma \delta_2 Q_{23} = 54,46$                 | $\Sigma (Q_{23} - \hat{Q}_{23})^2 = 5,48 \cdot 10^{-3}$              |
|                             |                                            | $\bar{Q}_{23} = 4,806$                           | $\Sigma (Q_{23} - \bar{Q}_{23})^2 = 1,59$                            |

$$Q_{23} = a_{23} \cdot \delta_2$$

$$a_{23} = \frac{54,46}{25,34} = 2,149 \quad \underline{\underline{Q_{23} = 2,149 \cdot \delta_2}}$$

$$r_{23} = \sqrt{1 - \frac{5,48 \cdot 10^{-3}}{1,59}} = \underline{\underline{0,998}}$$

d) S<sub>24</sub> kolonu

| Yüklemesi | 2.Kat deplas-<br>manı<br>( $\delta_2$ ) mm | Kolon kesme<br>kuvveti<br>(Q <sub>24</sub> ) ton | Regrasyonla bulunan<br>kolon kesme kuvveti<br>( $\hat{Q}_{24}$ ) ton |
|-----------|--------------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| 1         | 1,91                                       | 1,759                                            | 1,791                                                                |
| 2         | 1,93                                       | 1,779                                            | 1,810                                                                |
| 3         | 2,44                                       | 2,307                                            | 2,289                                                                |
| 4         | 2,61                                       | 2,473                                            | 2,448                                                                |
| 5         | 2,28                                       | 2,145                                            | 2,139                                                                |

$$\Sigma \delta_2^2 = 25,34$$

$$\Sigma \delta_2 Q_{24} = 23,77$$

$$\Sigma (Q_{24} - \hat{Q}_{24})^2 = 2,97 \cdot 10^{-3}$$

$$\bar{Q}_{24} = 2,093$$

$$\Sigma (Q_{24} - \bar{Q}_{24})^2 = 0,40$$

$$Q_{24} = a_{24} \cdot \delta_2$$

$$a_{24} = \frac{23,77}{25,34}$$

$$Q_{24} = 0,938 \cdot \delta_2$$

$$r_{24} = \sqrt{1 - \frac{2,97 \cdot 10^{-3}}{0,40}} = 0,996$$

e) S<sub>31</sub> kolonu

| Yüklemesi | 3.Kat deplas-<br>manı<br>( $\delta_3$ ) mm | Kolon kesme<br>kuvveti<br>(Q <sub>31</sub> ) ton | Regrasyonla bulunan<br>kolon kesme kuvveti<br>( $\hat{Q}_{31}$ ) ton |
|-----------|--------------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| 1         | 1,50                                       | 0,762                                            | 0,792                                                                |
| 2         | 1,82                                       | 0,910                                            | 0,960                                                                |
| 3         | 2,47                                       | 1,313                                            | 1,304                                                                |
| 4         | 3,15                                       | 1,693                                            | 1,662                                                                |
| 5         | 2,14                                       | 1,137                                            | 1,129                                                                |

$$\Sigma \delta_3^2 = 26,17$$

$$\Sigma \delta_3 Q_{31} = 13,81$$

$$\Sigma (Q_{31} - \hat{Q}_{31})^2 = 4,51 \cdot 10^{-3}$$

$$\bar{Q}_{31} = 1,163$$

$$\Sigma (Q_{31} - \bar{Q}_{31})^2 = 0,53$$

$$Q_{31} = a_{31} \cdot \delta_3$$

$$a_{31} = \frac{13,81}{26,17} = 0,528$$

$$Q_{31} = 0,528 \cdot \delta_3$$

$$r_{31} = \sqrt{1 - \frac{4,51 \cdot 10^{-3}}{0,53}} = 0,996$$



f) S<sub>32</sub> kolonu

| Yüklemeye | 3.Kat deplas-<br>manı<br>( $\delta_3$ ) mm | Kolon kesme<br>kuvveti<br>(Q <sub>32</sub> ) ton | Regrasyonla bulunan<br>kolon kesme kuvveti<br>( $\hat{Q}_{32}$ ) ton |
|-----------|--------------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| 1         | 1,50                                       | 2,225                                            | 2,278                                                                |
| 2         | 1,82                                       | 2,700                                            | 2,764                                                                |
| 3         | 2,47                                       | 3,764                                            | 3,752                                                                |
| 4         | 3,15                                       | 4,843                                            | 4,785                                                                |
| 5         | 2,14                                       | 3,245                                            | 3,250                                                                |

$$\Sigma \delta_3^2 = 26,17$$

$$\Sigma \delta_3 Q_{32} = 39,75$$

$$\Sigma (Q_{32} - \hat{Q}_{32})^2 = 0,01$$

$$\bar{Q}_{32} = 3,355$$

$$\Sigma (Q_{32} - \bar{Q}_{32})^2 = 4,10$$

$$Q_{32} = a_{32} \cdot \delta_3$$

$$a_{32} = \frac{39,75}{26,17} = 1,519$$

$$Q_{32} = 1,519 \cdot \delta_3$$

$$r_{32} = \sqrt{1 - \frac{0,01}{4,10}} = 0,999$$

g) S<sub>33</sub> kolonu

| Yüklemeye | 3.Kat deplas-<br>manı<br>( $\delta_3$ ) mm | Kolon kesme<br>kuvveti<br>(Q <sub>33</sub> ) ton | Regrasyonla bulunan<br>kolon kesme kuvveti<br>( $\hat{Q}_{33}$ ) ton |
|-----------|--------------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| 1         | 1,50                                       | 2,297                                            | 2,349                                                                |
| 2         | 1,82                                       | 2,789                                            | 2,851                                                                |
| 3         | 2,47                                       | 3,881                                            | 3,869                                                                |
| 4         | 3,15                                       | 4,992                                            | 4,934                                                                |
| 5         | 2,14                                       | 3,346                                            | 3,352                                                                |

$$\Sigma \delta_3^2 = 26,17$$

$$\Sigma \delta_3 Q_{33} = 40,99$$

$$\Sigma (Q_{33} - \hat{Q}_{33})^2 = 0,01$$

$$\bar{Q}_{33} = 3,461$$

$$\Sigma (Q_{33} - \bar{Q}_{33})^2 = 4,34$$

$$Q_{33} = a_{33} \cdot \delta_3$$

$$a_{33} = \frac{40,99}{26,17} = 1,566$$

$$Q_{33} = 1,566 \cdot \delta_3$$

$$r_{33} = \sqrt{1 - \frac{0,01}{4,34}} = 0,999$$

h) S<sub>34</sub> kolonu

| Yükleme                     | 3.Kat deplas-<br>manı<br>( $\delta_3$ ) mm | Kolon kesme<br>kuvveti<br>( $Q_{34}$ ) ton | Regrasyonla bulunan<br>kolon kesme kuvveti<br>( $\hat{Q}_{34}$ ) ton |
|-----------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| 1                           | 1,50                                       | 0,856                                      | 0,889                                                                |
| 2                           | 1,82                                       | 1,031                                      | 1,079                                                                |
| 3                           | 2,47                                       | 1,473                                      | 1,464                                                                |
| 4                           | 3,15                                       | 1,902                                      | 1,867                                                                |
| 5                           | 2,14                                       | 1,272                                      | 1,268                                                                |
| $\Sigma \delta_3^2 = 26,17$ |                                            | $\Sigma \delta_3 Q_{34} = 15,51$           | $\Sigma (Q_{34} - \hat{Q}_{34})^2 = 4,72 \cdot 10^{-3}$              |
|                             |                                            | $\bar{Q}_{34} = 1,307$                     | $\Sigma (Q_{34} - \bar{Q}_{34})^2 = 0,66$                            |

$$Q_{34} = a_{34} \cdot \delta_3$$

$$a_{34} = \frac{15,51}{26,17} = 0,593 \quad \underline{\underline{Q_{34} = 0,593 \cdot \delta_3}}$$

$$r_{34} = \sqrt{1 - \frac{4,72 \cdot 10^{-3}}{0,66}} = \underline{\underline{0,996}}$$

## 4.2.5.3- Üst Kat Kolonları :

a) S<sub>41</sub> kolonu

| Yükleme                     | 4.Kat deplas-<br>manı<br>( $\delta_4$ ) mm | Kolon kesme<br>kuvveti<br>( $Q_{41}$ ) ton | Regrasyonla bulunan<br>kolon kesme kuvveti<br>( $\hat{Q}_{41}$ ) ton |
|-----------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| 1                           | 1,25                                       | 0,410                                      | 0,442                                                                |
| 2                           | 2,60                                       | 0,929                                      | 0,920                                                                |
| 3                           | 3,12                                       | 1,093                                      | 1,104                                                                |
| 4                           | 4,98                                       | 1,786                                      | 1,762                                                                |
| 5                           | 2,23                                       | 0,758                                      | 0,789                                                                |
| $\Sigma \delta_4^2 = 47,83$ |                                            | $\Sigma \delta_4 Q_{41} = 16,92$           | $\Sigma (Q_{41} - \hat{Q}_{41})^2 = 2,76 \cdot 10^{-3}$              |
|                             |                                            | $\bar{Q}_{41} = 0,995$                     | $\Sigma (Q_{41} - \bar{Q}_{41})^2 = 1,04$                            |

$$Q_{41} = a_{41} \cdot \delta_4$$

$$a_{41} = \frac{16,92}{47,83} = 0,354 \quad \underline{\underline{Q_{41} = 0,354 \cdot \delta_4}}$$

$$r_{41} = \sqrt{1 - \frac{2,76 \cdot 10^{-3}}{1,04}} = \underline{\underline{0,999}}$$

b) S<sub>42</sub> kolonu

| Yükleme                     | 4.Kat deplas-<br>manı<br>( $\delta_4$ ) mm | Kolon kesme<br>kuvveti<br>( $Q_{42}$ ) ton | Regrasyonla bulunan<br>kolon kesme kuvveti<br>( $\hat{Q}_{42}$ ) ton |
|-----------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| 1                           | 1,25                                       | 0,800                                      | 0,837                                                                |
| 2                           | 2,60                                       | 1,751                                      | 1,742                                                                |
| 3                           | 3,12                                       | 2,078                                      | 2,090                                                                |
| 4                           | 4,98                                       | 3,364                                      | 3,336                                                                |
| 5                           | 2,23                                       | 1,458                                      | 1,494                                                                |
| $\Sigma \delta_4^2 = 47,83$ |                                            | $\Sigma \delta_4 Q_{42} = 32,04$           | $\Sigma (Q_{42} - \hat{Q}_{42})^2 = 3,67 \cdot 10^{-3}$              |
|                             |                                            | $\bar{Q}_{42} = 1,890$                     | $\Sigma (Q_{42} - \bar{Q}_{42})^2 = 3,60$                            |

$$Q_{42} = a_{42} \cdot \delta_4$$

$$a_{42} = \frac{32,04}{47,83} = 0,670 \quad Q_{42} = 0,670 \cdot \delta_4$$

$$r_{42} = \sqrt{1 - \frac{3,67 \cdot 10^{-3}}{3,60}} = \underline{\underline{0,999}}$$

c) S<sub>43</sub> kolonu

| Yükleme                     | 4.Kat deplas-<br>manı<br>( $\delta_4$ ) mm | Kolon kesme<br>kuvveti<br>( $Q_{43}$ ) ton | Regrasyonla bulunan<br>kolon kesme kuvveti<br>( $\hat{Q}_{43}$ ) ton |
|-----------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| 1                           | 1,25                                       | 0,812                                      | 0,847                                                                |
| 2                           | 2,60                                       | 1,772                                      | 1,763                                                                |
| 3                           | 3,12                                       | 2,104                                      | 2,115                                                                |
| 4                           | 4,98                                       | 3,402                                      | 3,376                                                                |
| 5                           | 2,23                                       | 1,478                                      | 1,512                                                                |
| $\Sigma \delta_4^2 = 47,83$ |                                            | $\Sigma \delta_4 Q_{43} = 32,42$           | $\Sigma (Q_{43} - \hat{Q}_{43})^2 = 3,26 \cdot 10^{-3}$              |
|                             |                                            | $\bar{Q}_{43} = 1,914$                     | $\Sigma (Q_{43} - \bar{Q}_{43})^2 = 3,67$                            |

$$Q_{43} = a_{43} \cdot \delta_4$$

$$a_{43} = \frac{32,42}{47,83} = 0,678 \quad Q_{43} = 0,678 \cdot \delta_4$$

$$r_{43} = \sqrt{1 - \frac{3,26 \cdot 10^{-3}}{3,67}} = \underline{\underline{0,9995}}$$

d) S<sub>44</sub> kolonu

| Yükleme | 4.Kat deplas-<br>manı<br>( $\delta_4$ ) mm | Kolon kesme<br>kuvveti<br>( $Q_{44}$ ) ton | Regrasyonla bulunan<br>kolon kesme kuvveti<br>( $\hat{Q}_{44}$ ) ton |
|---------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| 1       | 1,25                                       | 0,438                                      | 0,466                                                                |
| 2       | 2,60                                       | 0,978                                      | 0,970                                                                |
| 3       | 3,12                                       | 1,154                                      | 1,164                                                                |
| 4       | 4,98                                       | 1,879                                      | 1,857                                                                |
| 5       | 2,23                                       | 0,805                                      | 0,832                                                                |

$$\Sigma \delta_4^2 = 47,83$$

$$\Sigma \delta_4 Q_{44} = 17,84$$

$$\Sigma (Q_{44} - \hat{Q}_{44})^2 = 2,16 \cdot 10^{-3}$$

$$\bar{Q}_{44} = 1,051$$

$$\Sigma (Q_{44} - \bar{Q}_{44})^2 = 1,14$$

$$Q_{44} = a_{44} \cdot \delta_4$$

$$a_{44} = \frac{17,84}{47,83} = 0,373$$

$$\underline{\underline{Q_{44} = 0,373 \cdot \delta_4}}$$

$$r_{44} = \sqrt{1 - \frac{2,16 \cdot 10^{-3}}{1,14}} = \underline{\underline{0,999}}$$

#### 4.2.6- 5 Açıklıklı 5 Katlı Çerçeve :

(Kölon ve kiriş rijitlikleri farklı)

##### 4.2.6.1- Alt Kat Kolonları :

a)  $S_{11} = S_{16}$  kolonu

| Yükleme | 1.Kat Deplas-<br>manı ( $\delta_1$ ) mm | Kolon kesme kuvveti<br>( $Q_{11}=Q_{16}$ ) ton |
|---------|-----------------------------------------|------------------------------------------------|
| 1       | 1,54                                    | 2,668                                          |
| 2       | 1,60                                    | 2,661                                          |
| 3       | 1,63                                    | 2,657                                          |
| 4       | 1,62                                    | 2,657                                          |
| 5       | 1,45                                    | 2,680                                          |
| 6       | 1,53                                    | 2,669                                          |
| 7       | 1,55                                    | 2,667                                          |
| 8       | 1,59                                    | 2,662                                          |
| 9       | 1,60                                    | 2,661                                          |

$$\Sigma \delta_1^2 = 22,15 \quad \Sigma \delta_1 Q_{11} = 37,60$$

$$Q_{11} = a_{11} \cdot \delta_1$$

$$a_{11} = \frac{37,60}{22,15} = 1,697 \quad \underline{\underline{Q_{11} = 1,697 \cdot \delta_1}}$$

b)  $S_{12} = S_{15}$  kolonu

| Yükleme | 1.Kat deplas-<br>manı ( $\delta_1$ ) mm | Kolon kesme kuvveti<br>( $Q_{12}=Q_{15}$ ) ton |
|---------|-----------------------------------------|------------------------------------------------|
| 1       | 1,54                                    | 4,371                                          |
| 2       | 1,60                                    | 4,379                                          |
| 3       | 1,63                                    | 4,383                                          |
| 4       | 1,62                                    | 4,383                                          |
| 5       | 1,45                                    | 4,358                                          |
| 6       | 1,53                                    | 4,370                                          |
| 7       | 1,55                                    | 4,372                                          |
| 8       | 1,59                                    | 4,377                                          |
| 9       | 1,60                                    | 4,379                                          |

$$\Sigma \delta_1^2 = 22,15 \quad \Sigma \delta_1 Q_{12} = 61,73$$

$$Q_{12} = a_{12} \cdot \delta_1$$

$$a_{12} = \frac{61,73}{22,15} = 2,787 \quad \underline{\underline{Q_{12} = 2,787 \cdot \delta_1}}$$

c)  $S_{13} = S_{14}$  kolonu

| Yükleme | 1.Kat deplas-<br>manı ( $\delta_1$ ) mm | Kolon kesme kuvveti<br>( $Q_{13}=Q_{14}$ ) ton |
|---------|-----------------------------------------|------------------------------------------------|
| 1       | 1,54                                    | 4,211                                          |
| 2       | 1,60                                    | 4,210                                          |
| 3       | 1,63                                    | 4,210                                          |
| 4       | 1,62                                    | 4,209                                          |
| 5       | 1,45                                    | 4,212                                          |
| 6       | 1,53                                    | 4,211                                          |
| 7       | 1,55                                    | 4,211                                          |
| 8       | 1,59                                    | 4,210                                          |
| 9       | 1,60                                    | 4,210                                          |

$$\sum \delta_1^2 = 22,15$$

$$\sum \delta_1 Q_{13} = 59,41$$

$$Q_{13} = a_{13} \cdot \delta_1$$

$$a_{13} = \frac{59,41}{22,15} = 2,682$$

$$Q_{13} = 2,682 \cdot \delta_1$$

4.2.6.2- Ara Kat Kolonları :

a)  $S_{21} = S_{26}$  kolonu

| Yükleme | 2.Kat deplas-<br>manı ( $\delta_2$ ) mm | Kolon kesme kuvveti<br>( $Q_{21}=Q_{26}$ ) ton | Regrasyonla bulunan<br>kolon kesme kuvveti<br>( $\hat{Q}_{21}=\hat{Q}_{26}$ ) ton |
|---------|-----------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 1       | 1,37                                    | 1,820                                          | 1,854                                                                             |
| 2       | 1,57                                    | 2,146                                          | 2,125                                                                             |
| 3       | 1,73                                    | 2,308                                          | 2,342                                                                             |
| 4       | 1,64                                    | 2,355                                          | 2,220                                                                             |
| 5       | 1,03                                    | 1,270                                          | 1,394                                                                             |
| 6       | 1,32                                    | 1,767                                          | 1,787                                                                             |
| 7       | 1,40                                    | 1,876                                          | 1,895                                                                             |
| 8       | 1,52                                    | 2,097                                          | 2,057                                                                             |
| 9       | 1,60                                    | 2,147                                          | 2,166                                                                             |

$$\sum \delta_2^2 = 19,66$$

$$\sum \delta_2 Q_{21} = 26,61$$

$$\sum (Q_{21} - \hat{Q}_{21})^2 = 0,04$$

$$\bar{Q}_{21} = 1,976$$

$$\sum (Q_{21} - \bar{Q}_{21})^2 = 0,90$$

$$Q_{21} = a_{21} \cdot \delta_2$$

$$a_{21} = \frac{26,61}{19,66} = 1,354$$

$$Q_{21} = 1,354 \cdot \delta_2$$

$$r_{21} = \sqrt{1 - \frac{0,04}{0,90}} = 0,978$$

b)  $S_{22} = S_{25}$  kolonu

| Yükleme | 2.Kat deplas-<br>manı<br>( $\delta_2$ ) mm | Kolon kesme<br>kuvveti<br>( $Q_{22}=Q_{25}$ ) ton | Regrasyonla bulunan<br>kolon kesme kuvveti<br>( $\hat{Q}_{22}=\hat{Q}_{25}$ ) ton |
|---------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 1       | 1,37                                       | 3,630                                             | 3,670                                                                             |
| 2       | 1,57                                       | 4,233                                             | 4,205                                                                             |
| 3       | 1,73                                       | 4,550                                             | 4,634                                                                             |
| 4       | 1,64                                       | 4,591                                             | 4,393                                                                             |
| 5       | 1,03                                       | 2,619                                             | 2,759                                                                             |
| 6       | 1,32                                       | 3,525                                             | 3,536                                                                             |
| 7       | 1,40                                       | 3,731                                             | 3,750                                                                             |
| 8       | 1,52                                       | 4,133                                             | 4,071                                                                             |
| 9       | 1,60                                       | 4,242                                             | 4,286                                                                             |

$$\Sigma \delta_2^2 = 19,66$$

$$\Sigma \delta_2 Q_{22} = 52,66$$

$$\Sigma (Q_{22} - \hat{Q}_{22})^2 = 0,07$$

$$\bar{Q}_{22} = 3,917$$

$$\Sigma (Q_{22} - \bar{Q}_{22})^2 = 3,06$$

$$Q_{22} = a_{22} \cdot \delta_2$$

$$a_{22} = \frac{52,66}{19,66} = 2,679$$

$$Q_{22} = 2,679 \cdot \delta_2$$

$$r_{22} = \sqrt{1 - \frac{0,07}{3,06}} = 0,988$$

c)  $S_{23} = S_{24}$  kolonu

| Yükleme | 2.Kat deplas-<br>manı<br>( $\delta_2$ ) mm | Kolon kesme<br>kuvveti<br>( $Q_{23}=Q_{24}$ ) ton | Regrasyonla bulunan<br>kolon kesme kuvveti<br>( $\hat{Q}_{23}=\hat{Q}_{24}$ ) ton |
|---------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 1       | 1,37                                       | 3,300                                             | 3,342                                                                             |
| 2       | 1,57                                       | 3,858                                             | 3,830                                                                             |
| 3       | 1,73                                       | 4,142                                             | 4,220                                                                             |
| 4       | 1,64                                       | 4,205                                             | 4,001                                                                             |
| 5       | 1,03                                       | 2,361                                             | 2,513                                                                             |
| 6       | 1,32                                       | 3,208                                             | 3,220                                                                             |
| 7       | 1,40                                       | 3,394                                             | 3,415                                                                             |
| 8       | 1,52                                       | 3,769                                             | 3,708                                                                             |
| 9       | 1,60                                       | 3,861                                             | 3,903                                                                             |

$$\Sigma \delta_2^2 = 19,66$$

$$\Sigma \delta_2 Q_{23} = 47,96$$

$$\Sigma (Q_{23} - \hat{Q}_{23})^2 = 0,08$$

$$\bar{Q}_{23} = 3,566$$

$$\Sigma (Q_{23} - \bar{Q}_{23})^2 = 2,63$$

$$Q_{23} = a_{23} \cdot \delta_2$$

$$a_{23} = \frac{47,96}{19,66} = 2,439$$

$$Q_{23} = 2,439 \cdot \delta_2$$

$$r_{23} = \sqrt{1 - \frac{0,08}{2,63}} = 0,985$$

d)  $S_{31} = S_{36}$  kolonu

| Yükleme | 3.Kat deplas-<br>manı<br>( $\delta_3$ ) mm | Kolon kesme<br>kuvveti<br>( $Q_{31}=Q_{36}$ ) ton | Regrasyonla bulunan<br>kolon kesme kuvveti<br>( $\hat{Q}_{31}=\hat{Q}_{36}$ ) ton |
|---------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 1       | 1,19                                       | 1,317                                             | 1,332                                                                             |
| 2       | 1,58                                       | 1,784                                             | 1,769                                                                             |
| 3       | 2,03                                       | 2,281                                             | 2,273                                                                             |
| 4       | 1,44                                       | 1,610                                             | 1,613                                                                             |
| 5       | 0,66                                       | 0,614                                             | 0,739                                                                             |
| 6       | 1,06                                       | 1,102                                             | 1,187                                                                             |
| 7       | 1,23                                       | 1,370                                             | 1,377                                                                             |
| 8       | 1,36                                       | 1,582                                             | 1,523                                                                             |
| 9       | 1,66                                       | 1,906                                             | 1,859                                                                             |

$$\Sigma \delta_3^2 = 17,78$$

$$\Sigma \delta_3 Q_{31} = 19,91$$

$$\Sigma (Q_{31} - \hat{Q}_{31})^2 = 0,03$$

$$\bar{Q}_{31} = 1,507$$

$$\Sigma (Q_{31} - \bar{Q}_{31})^2 = 1,87$$

$$Q_{31} = a_{31} \cdot \delta_3$$

$$a_{31} = \frac{19,91}{17,78} = 1,120$$

$$Q_{31} = 1,120 \cdot \delta_3$$

$$r_{31} = \sqrt{1 - \frac{0,03}{1,87}} = 0,992$$

e)  $S_{32} = S_{35}$  kolonu

| Yükleme | 3.Kat deplas-<br>manı<br>( $\delta_3$ ) mm | Kolon kesme<br>kuvveti<br>( $Q_{32}=Q_{35}$ ) ton | Regrasyonla bulunan<br>kolon kesme kuvveti<br>( $\hat{Q}_{32}=\hat{Q}_{35}$ ) ton |
|---------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 1       | 1,19                                       | 2,556                                             | 2,578                                                                             |
| 2       | 1,58                                       | 3,445                                             | 3,423                                                                             |
| 3       | 2,03                                       | 4,392                                             | 4,398                                                                             |
| 4       | 1,44                                       | 3,129                                             | 3,120                                                                             |
| 5       | 0,66                                       | 1,217                                             | 1,430                                                                             |
| 6       | 1,06                                       | 2,156                                             | 2,296                                                                             |
| 7       | 1,23                                       | 2,656                                             | 2,665                                                                             |
| 8       | 1,36                                       | 3,059                                             | 2,946                                                                             |
| 9       | 1,66                                       | 3,673                                             | 3,596                                                                             |

$$\Sigma \delta_3^2 = 17,78$$

$$\Sigma \delta_3 Q_{32} = 38,52$$

$$\Sigma (Q_{32} - \hat{Q}_{32})^2 = 0,08$$

$$\bar{Q}_{32} = 2,920$$

$$\Sigma (Q_{32} - \bar{Q}_{32})^2 = 6,76$$

$$Q_{32} = a_{32} \cdot \delta_3$$

$$a_{32} = \frac{38,52}{17,78} = 2,166$$

$$Q_{32} = 2,166 \cdot \delta_3$$

$$r_{32} = \sqrt{1 - \frac{0,08}{6,76}} = 0,994$$



f)  $S_{33} = S_{34}$  kolonu

| Yüklemesi | 3.Kat deplas-<br>manı<br>( $\delta_3$ ) mm | Kolon kesme<br>kuvveti<br>( $Q_{33}=Q_{34}$ ) ton | Regrasyonla bulunan<br>kolon kesme kuvveti<br>( $\hat{Q}_{33}=\hat{Q}_{34}$ ) ton |
|-----------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 1         | 1,19                                       | 2,377                                             | 2,398                                                                             |
| 2         | 1,58                                       | 3,208                                             | 3,184                                                                             |
| 3         | 2,03                                       | 4,077                                             | 4,090                                                                             |
| 4         | 1,44                                       | 2,911                                             | 2,902                                                                             |
| 5         | 0,66                                       | 1,119                                             | 1,330                                                                             |
| 6         | 1,06                                       | 1,992                                             | 2,136                                                                             |
| 7         | 1,23                                       | 2,474                                             | 2,478                                                                             |
| 8         | 1,36                                       | 2,859                                             | 2,740                                                                             |
| 9         | 1,66                                       | 3,421                                             | 3,345                                                                             |

$$\Sigma \delta_3^2 = 17,78$$

$$\Sigma \delta_3 Q_{33} = 35,83$$

$$\Sigma (Q_{33} - \hat{Q}_{33})^2 = 0,086$$

$$\bar{Q}_{33} = 2,715$$

$$\Sigma (Q_{33} - \bar{Q}_{33})^2 = 5,90$$

$$Q_{33} = a_{33} \cdot \delta_3$$

$$a_{33} = \frac{35,83}{17,78} = 2,015$$

$$Q_{33} = 2,015 \cdot \delta_3$$

$$r_{33} = \sqrt{1 - \frac{0,086}{5,90}} = 0,993$$

g)  $S_{41} = S_{46}$  kolonu

| Yüklemesi | 4.Kat deplas-<br>manı<br>( $\delta_4$ ) mm | Kolon kesme<br>kuvveti<br>( $Q_{41}=Q_{46}$ ) ton | Regrasyonla bulunan<br>kolon kesme kuvveti<br>( $\hat{Q}_{41}=\hat{Q}_{46}$ ) ton |
|-----------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 1         | 0,95                                       | 0,764                                             | 0,793                                                                             |
| 2         | 1,41                                       | 1,171                                             | 1,177                                                                             |
| 3         | 2,48                                       | 2,159                                             | 2,071                                                                             |
| 4         | 0,99                                       | 0,787                                             | 0,827                                                                             |
| 5         | 0,50                                       | 0,399                                             | 0,417                                                                             |
| 6         | 0,98                                       | 0,818                                             | 0,818                                                                             |
| 7         | 0,93                                       | 0,715                                             | 0,776                                                                             |
| 8         | 0,84                                       | 0,606                                             | 0,701                                                                             |
| 9         | 1,59                                       | 1,328                                             | 1,328                                                                             |

$$\Sigma \delta_4^2 = 15,33$$

$$\Sigma \delta_4 Q_{41} = 12,80$$

$$\Sigma (Q_{41} - \hat{Q}_{41})^2 = 0,023$$

$$\bar{Q}_{41} = 0,972$$

$$\Sigma (Q_{41} - \bar{Q}_{41})^2 = 2,20$$

$$Q_{41} = a_{41} \cdot \delta_4$$

$$a_{41} = \frac{12,80}{15,33} = 0,835$$

$$Q_{41} = 0,835 \cdot \delta_4$$

$$r_{41} = \sqrt{1 - \frac{0,023}{2,20}} = 0,995$$

h)  $S_{42} = S_{45}$  kolonu

| Yükleme | 4.Kat deplas-<br>manı<br>( $\delta_4$ ) mm | Kolon kesme<br>kuvveti<br>( $Q_{42}=Q_{45}$ ) ton | Regrasyonla bulunan<br>kolon kesme kuvveti<br>( $\hat{Q}_{42}=\hat{Q}_{45}$ ) ton |
|---------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 1       | 0,95                                       | 1,535                                             | 1,582                                                                             |
| 2       | 1,41                                       | 2,344                                             | 2,348                                                                             |
| 3       | 2,48                                       | 4,273                                             | 4,130                                                                             |
| 4       | 0,99                                       | 1,600                                             | 1,649                                                                             |
| 5       | 0,50                                       | 0,797                                             | 0,833                                                                             |
| 6       | 0,98                                       | 1,632                                             | 1,632                                                                             |
| 7       | 0,93                                       | 1,435                                             | 1,549                                                                             |
| 8       | 0,84                                       | 1,236                                             | 1,399                                                                             |
| 9       | 1,59                                       | 2,653                                             | 2,648                                                                             |

$$\Sigma \delta_4^2 = 15,33$$

$$\Sigma \delta_4 Q_{42} = 25,53$$

$$\Sigma (Q_{42} - \hat{Q}_{42})^2 = 0,066$$

$$\bar{Q}_{42} = 1,945$$

$$\Sigma (Q_{42} - \bar{Q}_{42})^2 = 10,34$$

$$Q_{42} = a_{42} \cdot \delta_4$$

$$a_{42} = \frac{25,53}{15,33} = 1,665$$

$$Q_{42} = 1,665 \cdot \delta_4$$

$$r_{42} = \sqrt{1 - \frac{0,066}{10,34}} = 0,997$$

i)  $S_{43} = S_{44}$  kolonu

| Yükleme | 4.Kat deplas-<br>manı<br>( $\delta_4$ ) mm | Kolon kesme<br>kuvveti<br>( $Q_{43}=Q_{44}$ ) ton | Regrasyonla bulunan<br>kolon kesme kuvveti<br>( $\hat{Q}_{43}=\hat{Q}_{44}$ ) ton |
|---------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 1       | 0,95                                       | 1,452                                             | 1,501                                                                             |
| 2       | 1,41                                       | 2,222                                             | 2,228                                                                             |
| 3       | 2,48                                       | 4,068                                             | 3,919                                                                             |
| 4       | 0,99                                       | 1,513                                             | 1,564                                                                             |
| 5       | 0,50                                       | 0,754                                             | 0,790                                                                             |
| 6       | 0,98                                       | 1,550                                             | 1,549                                                                             |
| 7       | 0,93                                       | 1,350                                             | 1,470                                                                             |
| 8       | 0,84                                       | 1,157                                             | 1,327                                                                             |
| 9       | 1,59                                       | 2,518                                             | 2,513                                                                             |

$$\Sigma \delta_4^2 = 15,33$$

$$\Sigma \delta_4 Q_{43} = 24,23$$

$$\Sigma (Q_{43} - \hat{Q}_{43})^2 = 0,07$$

$$\bar{Q}_{43} = 1,843$$

$$\Sigma (Q_{43} - \bar{Q}_{43})^2 = 7,80$$

$$Q_{43} = a_{43} \cdot \delta_4$$

$$a_{43} = \frac{24,23}{15,33} = 1,580$$

$$Q_{43} = 1,580 \cdot \delta_4$$

$$r_{43} = \sqrt{1 - \frac{0,07}{7,80}} = 0,996$$

4.2.6.3- Üst Kat Kolonları :a)  $S_{51} = S_{56}$  kolonu

| Yükleme | 5.Kat deplas-<br>manı<br>( $\delta_5$ ) mm | Kolon kesme<br>kuvveti<br>( $Q_{51}=Q_{56}$ ) ton | Regrasyonla bulunan<br>kolon kesme kuvveti<br>( $\hat{Q}_{51}=\hat{Q}_{56}$ ) ton |
|---------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 1       | 0,56                                       | 0,234                                             | 0,253                                                                             |
| 2       | 0,92                                       | 0,400                                             | 0,416                                                                             |
| 3       | 2,22                                       | 1,028                                             | 1,004                                                                             |
| 4       | 0,18                                       | 0,029                                             | 0,081                                                                             |
| 5       | 0,39                                       | 0,178                                             | 0,176                                                                             |
| 6       | 0,64                                       | 0,281                                             | 0,289                                                                             |
| 7       | 0,80                                       | 0,374                                             | 0,362                                                                             |
| 8       | 0,45                                       | 0,188                                             | 0,203                                                                             |
| 9       | 1,07                                       | 0,468                                             | 0,484                                                                             |

$$\sum \delta_5^2 = 8,67$$

$$\sum \delta_5 Q_{51} = 3,92$$

$$\sum (Q_{51} - \hat{Q}_{51})^2 = 4,59 \cdot 10^{-3}$$

$$\bar{Q}_{51} = 0,353$$

$$\sum (Q_{51} - \bar{Q}_{51})^2 = 0,65$$

$$Q_{51} = a_{51} \cdot \delta_5$$

$$a_{51} = \frac{3,92}{8,67} = 0,452$$

$$Q_{51} = 0,452 \cdot \delta_5$$

$$r_{51} = \sqrt{1 - \frac{4,59 \cdot 10^{-3}}{0,65}} = 0,996$$

b)  $S_{52} = S_{55}$  kolonu

| Yükleme | 5.Kat deplas-<br>manı<br>( $\delta_5$ ) mm | Kolon kesme<br>kuvveti<br>( $Q_{52}=Q_{55}$ ) ton | Regrasyonla bulunan<br>kolon kesme kuvveti<br>( $\hat{Q}_{52}=\hat{Q}_{55}$ ) ton |
|---------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 1       | 0,56                                       | 0,521                                             | 0,563                                                                             |
| 2       | 0,92                                       | 0,890                                             | 0,924                                                                             |
| 3       | 2,22                                       | 2,283                                             | 2,230                                                                             |
| 4       | 0,18                                       | 0,067                                             | 0,181                                                                             |
| 5       | 0,39                                       | 0,394                                             | 0,392                                                                             |
| 6       | 0,64                                       | 0,624                                             | 0,643                                                                             |
| 7       | 0,80                                       | 0,829                                             | 0,804                                                                             |
| 8       | 0,45                                       | 0,416                                             | 0,452                                                                             |
| 9       | 1,07                                       | 1,040                                             | 1,075                                                                             |

$$\sum \delta_5^2 = 8,67$$

$$\sum \delta_5 Q_{52} = 8,71$$

$$\sum (Q_{52} - \hat{Q}_{52})^2 = 0,02$$

$$\bar{Q}_{52} = 0,785$$

$$\sum (Q_{52} - \bar{Q}_{52})^2 = 3,36$$

$$Q_{52} = a_{52} \cdot \delta_5$$

$$a_{52} = \frac{8,71}{8,67} = 1,005$$

$$Q_{52} = 1,005 \cdot \delta_5$$

$$r_{52} = \sqrt{1 - \frac{0,02}{3,36}} = 0,997$$

c)  $S_{53} = S_{54}$  kolonu

| Yükleme | 5.Kat deplas-<br>manı<br>( $\delta_5$ ) mm | Kolon kesme<br>kuvveti<br>( $Q_{53}=Q_{54}$ ) ton | Regrasyonla bulunan<br>kolon kesme kuvveti<br>( $\hat{Q}_{53}=\hat{Q}_{54}$ ) ton |
|---------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 1       | 0,56                                       | 0,495                                             | 0,538                                                                             |
| 2       | 0,92                                       | 0,848                                             | 0,884                                                                             |
| 3       | 2,22                                       | 2,189                                             | 2,133                                                                             |
| 4       | 0,18                                       | 0,053                                             | 0,173                                                                             |
| 5       | 0,39                                       | 0,378                                             | 0,375                                                                             |
| 6       | 0,64                                       | 0,595                                             | 0,615                                                                             |
| 7       | 0,80                                       | 0,796                                             | 0,769                                                                             |
| 8       | 0,45                                       | 0,396                                             | 0,432                                                                             |
| 9       | 1,07                                       | 0,992                                             | 1,028                                                                             |

$$\Sigma \delta_5^2 = 8,67$$

$$\Sigma \delta_5 Q_{53} = 8,33$$

$$\Sigma (Q_{53} - \hat{Q}_{53})^2 = 0,024$$

$$\bar{Q}_{53} = 0,749$$

$$\Sigma (Q_{53} - \bar{Q}_{53})^2 = 2,98$$

$$Q_{53} = a_{53} \cdot \delta_5$$

$$a_{53} = \frac{8,33}{8,67} = 0,961$$

$$\underline{\underline{Q_{53} = 0,961 \cdot \delta_5}}$$

$$r_{53} = \sqrt{1 - \frac{0,024}{2,98}} = \underline{\underline{0,996}}$$

#### 4.2.7- 3 Açıklıklı 8 Katlı Çerçeve :

(Kolon ve kiriş rijitlikleri farklı)

##### 4.2.7.1- Alt kat Kolonları :

a)  $S_{11} = S_{14}$  kolonu

| Yükleme | 1.Kat deplasmanı<br>( $\delta_1$ ) mm | Kolon kesme kuvveti<br>( $Q_{11} = Q_{14}$ ) ton |
|---------|---------------------------------------|--------------------------------------------------|
| 1       | 3,22                                  | 6,036                                            |
| 2       | 3,08                                  | 6,071                                            |
| 3       | 3,02                                  | 6,085                                            |
| 4       | 3,01                                  | 6,089                                            |
| 5       | 3,24                                  | 6,031                                            |

$$\Sigma \delta_1^2 = 48,53$$

$$\Sigma \delta_1 Q_{11} = 94,38$$

$$Q_{11} = a_{11} \cdot \delta_1$$

$$a_{11} = \frac{94,38}{48,53} = 1,945$$

$$Q_{11} = 1,945 \cdot \delta_1$$

b)  $S_{12} = S_{13}$  kolonu

| Yükleme | 1.Kat deplasmanı<br>( $\delta_1$ ) mm | Kolon kesme kuvveti<br>( $Q_{12} = Q_{13}$ ) ton |
|---------|---------------------------------------|--------------------------------------------------|
| 1       | 3,22                                  | 7,414                                            |
| 2       | 3,08                                  | 7,379                                            |
| 3       | 3,02                                  | 7,365                                            |
| 4       | 3,01                                  | 7,361                                            |
| 5       | 3,24                                  | 7,419                                            |

$$\Sigma \delta_1^2 = 48,53$$

$$\Sigma \delta_1 Q_{12} = 115,04$$

$$Q_{12} = a_{12} \cdot \delta_1$$

$$a_{12} = \frac{115,04}{48,53} = 2,370$$

$$Q_{12} = 2,370 \cdot \delta_1$$

4.2.7.2- Ara Kat Kolonları :a)  $S_{21} = S_{24}$  kolonu

| Yüklere                     | 2.Kat deplas-<br>manı<br>( $\delta_2$ ) mm | Kolon kesme<br>kuvveti<br>( $Q_{21}=Q_{24}$ ) ton | Regrasyonla bulunan<br>kolon kesme kuvveti<br>( $\hat{Q}_{21}=\hat{Q}_{24}$ ) ton |
|-----------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 1                           | 4,74                                       | 4,806                                             | 4,840                                                                             |
| 2                           | 4,24                                       | 4,328                                             | 4,329                                                                             |
| 3                           | 4,03                                       | 4,154                                             | 4,115                                                                             |
| 4                           | 4,00                                       | 4,058                                             | 4,084                                                                             |
| 5                           | 4,77                                       | 4,895                                             | 4,871                                                                             |
| $\Sigma \delta_2^2 = 95,44$ |                                            | $\Sigma \delta_2 Q_{21} = 97,45$                  | $\Sigma (Q_{21} - \hat{Q}_{21})^2 = 3,93 \cdot 10^{-3}$                           |
|                             |                                            | $\bar{Q}_{21} = 4,448$                            | $\Sigma (Q_{21} - \bar{Q}_{21})^2 = 0,58$                                         |

$$Q_{21} = a_{21} \cdot \delta_2$$

$$a_{21} = \frac{97,45}{95,44} = 1,021 \quad Q_{21} = 1,021 \cdot \delta_2$$

$$r_{21} = \sqrt{1 - \frac{3,93 \cdot 10^{-3}}{0,58}} = 0,997$$

b)  $S_{22} = S_{23}$  kolonu

| Yüklere                     | 2.Kat deplas-<br>manı<br>( $\delta_2$ ) mm | Kolon kesme<br>kuvveti<br>( $Q_{22}=Q_{23}$ ) ton | Regrasyonla bulunan<br>kolon kesme kuvveti<br>( $\hat{Q}_{22}=\hat{Q}_{23}$ ) ton |
|-----------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 1                           | 4,74                                       | 8,194                                             | 8,238                                                                             |
| 2                           | 4,24                                       | 7,372                                             | 7,369                                                                             |
| 3                           | 4,03                                       | 7,046                                             | 7,004                                                                             |
| 4                           | 4,00                                       | 6,942                                             | 6,952                                                                             |
| 5                           | 4,77                                       | 8,305                                             | 8,290                                                                             |
| $\Sigma \delta_2^2 = 95,44$ |                                            | $\Sigma \delta_2 Q_{22} = 165,875$                | $\Sigma (Q_{22} - \hat{Q}_{22})^2 = 4,03 \cdot 10^{-3}$                           |
|                             |                                            | $\bar{Q}_{22} = 7,572$                            | $\Sigma (Q_{22} - \bar{Q}_{22})^2 = 1,64$                                         |

$$Q_{22} = a_{22} \cdot \delta_2$$

$$a_{22} = \frac{165,875}{95,44} = 1,738 \quad Q_{22} = 1,738 \cdot \delta_2$$

$$r_{22} = \sqrt{1 - \frac{4,03 \cdot 10^{-3}}{1,64}} = 0,999$$

c)  $S_{31} = S_{34}$  kolonu

| Yükleme                     | 3.Kat deplas-<br>manı<br>( $\delta_3$ ) mm | Kolon kesme<br>kuvveti<br>( $Q_{31}=Q_{34}$ ) ton | Regrasyonla bulunan<br>kolon kesme kuvveti<br>( $\hat{Q}_{31}=\hat{Q}_{34}$ ) ton |
|-----------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 1                           | 4,79                                       | 4,565                                             | 4,526                                                                             |
| 2                           | 3,95                                       | 3,728                                             | 3,733                                                                             |
| 3                           | 3,52                                       | 3,355                                             | 3,326                                                                             |
| 4                           | 3,59                                       | 3,369                                             | 3,392                                                                             |
| 5                           | 4,79                                       | 4,487                                             | 4,526                                                                             |
| $\Sigma \delta_3^2 = 86,77$ |                                            | $\Sigma \delta_3 Q_{31} = 81,99$                  | $\Sigma (Q_{31} - \hat{Q}_{31})^2 = 4,44 \cdot 10^{-3}$                           |
|                             |                                            | $\bar{Q}_{31} = 3,901$                            | $\Sigma (Q_{31} - \bar{Q}_{31})^2 = 1,40$                                         |

$$Q_{31} = a_{31} \cdot \delta_3$$

$$a_{31} = \frac{81,99}{86,77} = 0,945 \quad Q_{31} = 0,945 \cdot \delta_3$$

$$r_{31} = \sqrt{1 - \frac{4,44 \cdot 10^{-3}}{1,40}} = 0,998$$

d)  $S_{32} = S_{33}$  kolonu

| Yükleme                     | 3.Yat deplas-<br>manı<br>( $\delta_3$ ) mm | Kolon kesme<br>kuvveti<br>( $Q_{32}=Q_{33}$ ) ton | Regrasyonla bulunan<br>kolon kesme kuvveti<br>( $\hat{Q}_{32}=\hat{Q}_{33}$ ) ton |
|-----------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 1                           | 4,79                                       | 7,585                                             | 7,552                                                                             |
| 2                           | 3,95                                       | 6,222                                             | 6,228                                                                             |
| 3                           | 3,52                                       | 5,595                                             | 5,550                                                                             |
| 4                           | 3,59                                       | 5,631                                             | 5,660                                                                             |
| 5                           | 4,79                                       | 7,513                                             | 7,552                                                                             |
| $\Sigma \delta_3^2 = 86,77$ |                                            | $\Sigma \delta_3 Q_{32} = 136,81$                 | $\Sigma (Q_{32} - \hat{Q}_{32})^2 = 5,51 \cdot 10^{-3}$                           |
|                             |                                            | $\bar{Q}_{32} = 6,509$                            | $\Sigma (Q_{32} - \bar{Q}_{32})^2 = 3,85$                                         |

$$Q_{32} = a_{32} \cdot \delta_3$$

$$a_{32} = \frac{136,81}{86,77} = 1,577 \quad Q_{32} = 1,577 \cdot \delta_3$$

$$r_{32} = \sqrt{1 - \frac{5,51 \cdot 10^{-3}}{3,85}} = 0,999$$

e)  $S_{41} = S_{44}$  kolonu

| Yükleme | 4.Kat deplas-<br>manı<br>( $\delta_4$ ) mm | Kolon kesme<br>kuvveti<br>( $Q_{41}=Q_{44}$ ) ton | Regrasyonla bulunan<br>kolon kesme kuvveti<br>( $\hat{Q}_{41}=\hat{Q}_{44}$ ) ton |
|---------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 1       | 5,36                                       | 4,245                                             | 4,166                                                                             |
| 2       | 4,10                                       | 3,184                                             | 3,187                                                                             |
| 3       | 3,38                                       | 2,602                                             | 2,627                                                                             |
| 4       | 3,62                                       | 2,686                                             | 2,814                                                                             |
| 5       | 5,46                                       | 4,269                                             | 4,244                                                                             |

$$\Sigma \delta_4^2 = 99,88$$

$$\Sigma \delta_4 Q_{41} = 77,63$$

$$\Sigma (Q_{41} - \hat{Q}_{41})^2 = 0,024$$

$$\bar{Q}_{41} = 3,397$$

$$\Sigma (Q_{41} - \bar{Q}_{41})^2 = 2,66$$

$$Q_{41} = a_{41} \cdot \delta_4$$

$$a_{41} = \frac{77,63}{99,88} = 0,777$$

$$\underline{\underline{Q_{41} = 0,777 \cdot \delta_4}}$$

$$r_{41} = \sqrt{1 - \frac{0,024}{2,66}} = \underline{\underline{0,995}}$$

f)  $S_{42} = S_{43}$  kolonu

| Yükleme | 4.Kat deplas-<br>manı<br>( $\delta_4$ ) mm | Kolon kesme<br>kuvveti<br>( $Q_{42}=Q_{43}$ ) ton | Regrasyonla bulunan<br>kolon kesme kuvveti<br>( $\hat{Q}_{42}=\hat{Q}_{43}$ ) ton |
|---------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 1       | 5,36                                       | 6,655                                             | 6,572                                                                             |
| 2       | 4,10                                       | 5,016                                             | 5,027                                                                             |
| 3       | 3,38                                       | 4,098                                             | 4,144                                                                             |
| 4       | 3,62                                       | 4,314                                             | 4,438                                                                             |
| 5       | 5,46                                       | 6,731                                             | 6,694                                                                             |

$$\Sigma \delta_4^2 = 99,88$$

$$\Sigma \delta_4 Q_{42} = 122,46$$

$$\Sigma (Q_{42} - \hat{Q}_{42})^2 = 0,026$$

$$\bar{Q}_{42} = 5,363$$

$$\Sigma (Q_{42} - \bar{Q}_{42})^2 = 6,36$$

$$Q_{42} = a_{42} \cdot \delta_4$$

$$a_{42} = \frac{122,46}{99,88} = 1,226$$

$$\underline{\underline{Q_{42} = 1,226 \cdot \delta_4}}$$

$$r_{42} = \sqrt{1 - \frac{0,026}{6,36}} = \underline{\underline{0,998}}$$



g)  $S_{51} = S_{54}$  kolonu

| Yükleme | 5.Kat deplas-<br>manı<br>( $\delta_5$ ) mm | Kolon kesme<br>kuvveti<br>( $Q_{51}=Q_{54}$ ) ton | Regrasyonla bulunan<br>kolon kesme kuvveti<br>( $\hat{Q}_{51}=\hat{Q}_{54}$ ) ton |
|---------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 1       | 5,33                                       | 3,569                                             | 3,575                                                                             |
| 2       | 3,79                                       | 2,476                                             | 2,542                                                                             |
| 3       | 2,76                                       | 1,675                                             | 1,851                                                                             |
| 4       | 3,42                                       | 2,331                                             | 2,294                                                                             |
| 5       | 5,63                                       | 3,889                                             | 3,776                                                                             |

$$\Sigma \delta_5^2 = 93,78$$

$$\Sigma \delta_5 Q_{51} = 62,90$$

$$\Sigma (Q_{51} - \hat{Q}_{51})^2 = 0,05$$

$$\bar{Q}_{51} = 2,788$$

$$\Sigma (Q_{51} - \bar{Q}_{51})^2 = 3,37$$

$$Q_{51} = a_{51} \cdot \delta_5$$

$$a_{51} = \frac{62,90}{93,78} = 0,671$$

$$Q_{51} = 0,671 \cdot \delta_5$$

$$r_{51} = \sqrt{1 - \frac{0,05}{3,37}} = 0,993$$

h)  $S_{52} = S_{53}$  kolonu

| Yükleme | 5.Kat deplas-<br>manı<br>( $\delta_5$ ) mm | Kolon kesme<br>kuvveti<br>( $Q_{52}=Q_{53}$ ) ton | Regrasyonla bulunan<br>kolon kesme kuvveti<br>( $\hat{Q}_{52}=\hat{Q}_{53}$ ) ton |
|---------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 1       | 5,33                                       | 5,681                                             | 5,681                                                                             |
| 2       | 3,79                                       | 3,974                                             | 4,039                                                                             |
| 3       | 2,76                                       | 2,775                                             | 2,942                                                                             |
| 4       | 3,42                                       | 3,669                                             | 3,645                                                                             |
| 5       | 5,63                                       | 6,111                                             | 6,000                                                                             |

$$\Sigma \delta_5^2 = 93,78$$

$$\Sigma \delta_5 Q_{52} = 99,95$$

$$\Sigma (Q_{52} - \hat{Q}_{52})^2 = 0,045$$

$$\bar{Q}_{52} = 4,442$$

$$\Sigma (Q_{52} - \bar{Q}_{52})^2 = 7,92$$

$$Q_{52} = a_{52} \cdot \delta_5$$

$$a_{52} = \frac{99,95}{93,78} = 1,066$$

$$Q_{52} = 1,066 \cdot \delta_5$$

$$r_{52} = \sqrt{1 - \frac{0,045}{7,92}} = 0,997$$

i)  $S_{61} = S_{64}$  kolonu

| Yüklemesi | 6.Kat deplas-<br>manı<br>( $\delta_6$ ) mm | Kolon kesme<br>kuvveti<br>( $Q_{61}=Q_{64}$ ) ton | Regrasyonla bulunan<br>Kolon kesme kuvveti<br>( $\hat{Q}_{61}=\hat{Q}_{64}$ ) ton |
|-----------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 1         | 5,07                                       | 2,864                                             | 2,818                                                                             |
| 2         | 3,35                                       | 1,863                                             | 1,862                                                                             |
| 3         | 2,29                                       | 1,246                                             | 1,273                                                                             |
| 4         | 2,97                                       | 1,559                                             | 1,651                                                                             |
| 5         | 5,32                                       | 2,976                                             | 2,957                                                                             |

$$\Sigma \delta_6^2 = 79,29$$

$$\Sigma \delta_6 Q_{61} = 44,08$$

$$\Sigma (Q_{61} - \hat{Q}_{61})^2 = 0,01$$

$$\bar{Q}_{61} = 2,102$$

$$\Sigma (Q_{61} - \bar{Q}_{61})^2 = 2,43$$

$$Q_{61} = a_{61} \cdot \delta_6$$

$$a_{61} = \frac{44,08}{79,29} = 0,556$$

$$Q_{61} = 0,556 \cdot \delta_6$$

$$r_{61} = \sqrt{1 - \frac{0,01}{2,43}} = 0,998$$

j)  $S_{62} = S_{63}$  kolonu

| Yüklemesi | 6.Kat deplas-<br>manı<br>( $\delta_6$ ) mm | Kolon kesme<br>kuvveti<br>( $Q_{62}=Q_{63}$ ) ton | Regrasyonla bulunan<br>Kolon kesme kuvveti<br>( $\hat{Q}_{62}=\hat{Q}_{63}$ ) ton |
|-----------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 1         | 5,07                                       | 4,336                                             | 4,295                                                                             |
| 2         | 3,35                                       | 2,837                                             | 2,838                                                                             |
| 3         | 2,29                                       | 1,904                                             | 1,940                                                                             |
| 4         | 2,97                                       | 2,441                                             | 2,516                                                                             |
| 5         | 5,32                                       | 4,524                                             | 4,506                                                                             |

$$\Sigma \delta_6^2 = 79,29$$

$$\Sigma \delta_6 Q_{62} = 67,16$$

$$\Sigma (Q_{62} - \hat{Q}_{62})^2 = 8,93 \cdot 10^{-3}$$

$$\bar{Q}_{62} = 3,208$$

$$\Sigma (Q_{62} - \bar{Q}_{62})^2 = 5,43$$

$$Q_{62} = a_{62} \cdot \delta_6$$

$$a_{62} = \frac{67,16}{79,29} = 0,847$$

$$Q_{62} = 0,847 \cdot \delta_6$$

$$r_{62} = \sqrt{1 - \frac{8,93 \cdot 10^{-3}}{5,43}} = 0,999$$

k)  $S_{71} = S_{74}$  kolonu

| Yükleme | 7.Kat deplas-<br>manı<br>( $\delta_7$ ) mm | Kolon kesme<br>kuvveti<br>( $Q_{71}=Q_{74}$ ) ton | Regrasyonla bulunan<br>kolon kesme kuvveti<br>( $\hat{Q}_{71}=\hat{Q}_{74}$ ) ton |
|---------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 1       | 4,62                                       | 1,989                                             | 1,981                                                                             |
| 2       | 2,92                                       | 1,230                                             | 1,252                                                                             |
| 3       | 1,82                                       | 0,773                                             | 0,780                                                                             |
| 4       | 2,84                                       | 1,270                                             | 1,218                                                                             |
| 5       | 4,91                                       | 2,082                                             | 2,105                                                                             |

$$\Sigma \delta_7^2 = 65,36$$

$$\Sigma \delta_7 Q_{71} = 28,02$$

$$\Sigma (Q_{71} - \hat{Q}_{71})^2 = 3,83 \cdot 10^{-3}$$

$$\bar{Q}_{71} = 1,669$$

$$\Sigma (Q_{71} - \bar{Q}_{71})^2 = 1,43$$

$$Q_{71} = a_{71} \cdot \delta_7$$

$$a_{71} = \frac{28,02}{65,36} = 0,429$$

$$Q_{71} = 0,429 \cdot \delta_7$$

$$r_{71} = \sqrt{1 - \frac{3,83 \cdot 10^{-3}}{1,43}} = 0,999$$

1)  $S_{72} = S_{73}$  kolonu

| Yükleme | 7.Kat deplas-<br>manı<br>( $\delta_7$ ) mm | Kolon kesme<br>kuvveti<br>( $Q_{72}=Q_{73}$ ) ton | Regrasyonla bulunan<br>kolon kesme kuvveti<br>( $\hat{Q}_{72}=\hat{Q}_{73}$ ) ton |
|---------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 1       | 4,62                                       | 2,761                                             | 2,755                                                                             |
| 2       | 2,92                                       | 1,720                                             | 1,741                                                                             |
| 3       | 1,82                                       | 1,077                                             | 1,085                                                                             |
| 4       | 2,84                                       | 1,730                                             | 1,694                                                                             |
| 5       | 4,91                                       | 2,918                                             | 2,928                                                                             |

$$\Sigma \delta_7^2 = 65,36$$

$$\Sigma \delta_7 Q_{72} = 38,98$$

$$\Sigma (Q_{72} - \hat{Q}_{72})^2 = 1,94 \cdot 10^{-3}$$

$$\bar{Q}_{72} = 2,041$$

$$\Sigma (Q_{72} - \bar{Q}_{72})^2 = 2,42$$

$$Q_{72} = a_{72} \cdot \delta_7$$

$$a_{72} = \frac{38,98}{65,36} = 0,596$$

$$Q_{72} = 0,596 \cdot \delta_7$$

$$r_{72} = \sqrt{1 - \frac{1,94 \cdot 10^{-3}}{2,42}} = 0,9996$$

## 4.2.7.3- Üst Kat Kolonları :

a)  $S_{81} = S_{84}$  kolonu

| Yüklemeye | 8.Kat deplas-<br>manı<br>( $\delta_8$ ) mm | Kolon kesme<br>kuvveti<br>( $Q_{81}=Q_{84}$ ) ton | Regrasyonla bulunan<br>kolon kesme kuvveti<br>( $\hat{Q}_{81}=\hat{Q}_{84}$ ) ton |
|-----------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 1         | 3,30                                       | 0,837                                             | 0,851                                                                             |
| 2         | 2,07                                       | 0,529                                             | 0,534                                                                             |
| 3         | 1,02                                       | 0,237                                             | 0,263                                                                             |
| 4         | 1,80                                       | 0,435                                             | 0,464                                                                             |
| 5         | 4,20                                       | 1,116                                             | 1,083                                                                             |

$$\Sigma \delta_8^2 = 37,10$$

$$\Sigma \delta_8 Q_{81} = 9,57$$

$$\Sigma (Q_{81} - \hat{Q}_{81})^2 = 2,83 \cdot 10^{-3}$$

$$\bar{Q}_{81} = 0,631$$

$$\Sigma (Q_{81} - \bar{Q}_{81})^2 = 0,48$$

$$Q_{81} = a_{81} \cdot \delta_8$$

$$a_{81} = \frac{9,57}{37,10} = 0,258$$

$$Q_{81} = 0,258 \cdot \delta_8$$

$$r_{81} = \sqrt{1 - \frac{2,83 \cdot 10^{-3}}{0,48}} = 0,997$$

b)  $S_{82} = S_{83}$  kolonu

| Yüklemeye | 8.Kat deplas-<br>manı<br>( $\delta_8$ ) mm | Kolon kesme<br>kuvveti<br>( $Q_{82}=Q_{83}$ ) ton | Regrasyonla bulunan<br>kolon kesme kuvveti<br>( $\hat{Q}_{82}=\hat{Q}_{83}$ ) ton |
|-----------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 1         | 3,30                                       | 1,063                                             | 1,071                                                                             |
| 2         | 2,07                                       | 0,671                                             | 0,672                                                                             |
| 3         | 1,02                                       | 0,313                                             | 0,331                                                                             |
| 4         | 1,80                                       | 0,565                                             | 0,584                                                                             |
| 5         | 4,20                                       | 1,384                                             | 1,364                                                                             |

$$\Sigma \delta_8^2 = 37,10$$

$$\Sigma \delta_8 Q_{82} = 12,05$$

$$\Sigma (Q_{82} - \hat{Q}_{82})^2 = 1,15 \cdot 10^{-3}$$

$$\bar{Q}_{82} = 0,799$$

$$\Sigma (Q_{82} - \bar{Q}_{82})^2 = 0,72$$

$$Q_{82} = a_{82} \cdot \delta_8$$

$$a_{82} = \frac{12,05}{37,10} = 0,325$$

$$Q_{82} = 0,325 \cdot \delta_8$$

$$r_{82} = \sqrt{1 - \frac{1,15 \cdot 10^{-3}}{0,72}} = 0,999$$

## 5- KOLON KESME KUVVETLERİ İLE RİJİTLİKLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİNİN İNCELENMESİ :

### 5.1- Tanımlar ve Giriş :

Önceki bölümde her kolon için, kesme kuvveti  $Q$  ile yatay kat deplasmanı  $\delta$  arasında,

$Q = a \cdot \delta$  gibi lineer bir bağıntı bulunmıştı.

Bu bağıntıdaki  $a$  sabiti gerçekte kolon rijitliği ile ilgilidir ve,

$$a = \frac{12Ej_c}{h_c^3} \cdot C \quad ; \quad C = \frac{a \cdot h_c^3}{12Ej_c}$$

olarak hesaplanabilir.

Burada ;  $h_c$  (m),  $E$  ( $2,1 \cdot 10^6$  t/m<sup>2</sup>);  $j_c$  (dm<sup>4</sup>) alınır ve  $Q$  ile  $\delta$  arasındaki bağıntıda  $Q$  (ton),  $\delta$  (mm) alındığından, birim uygunluğu için,

$$c = \frac{a \cdot h_c^3 \cdot 10^3}{12 \cdot 210 \cdot j_c} \quad c = \frac{a \cdot h_c^3}{2,52 \cdot j_c} \text{ olur.} \quad \dots (5.1.1)$$

Bu bölümde, her kolon için  $a$  sabitinden  $c$  sabitine geçilecek ve bu değer kolonun bağlı olduğu kiriş rijitlikleri ile olan ilişkisi araştırılacaktır. Bu ilişkide rijitliklerin oranlarını gösteren  $r_o$  ve  $r_u$  parametreleri kullanılacaktır. Burada :

$r_o$  : Kolon  $j/l$  sinin, kolonun üst ucunda birleşen kolon ve kirişlerin  $j/l$  lerinin toplamına oranını,

$r_u$  : Kolon  $j/l$  sinin, kolonun alt ucunda birleşen kolon ve kirişlerin  $j/l$  lerinin toplamına oranını göstermektedir.

$j/l$  rijitlik olarak bilinmektedir. Birimi dm<sup>4</sup>/m alınacaktır. Şekiller üzerine rijitlikler yazılacaktır.

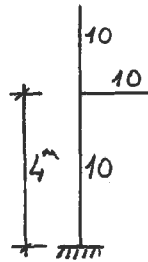
## 5.2- Çerçeve Kolonların İncelenmesi :

### 5.2.1- Alt Kat Kolonları :

#### 5.2.1.1- 1 Açıklıklı 5 Katlı Çerçeve :

(Kolon ve kiriş rijitlikleri aynı)

a)  $S_{11} = S_{12}$  kolonu



$$r_o = \frac{10}{10 + 10} = 0,5$$

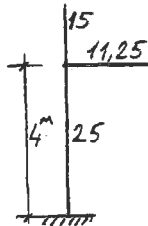
$$c = \frac{0,887 \cdot 4^3}{2,52 \cdot 40} = 0,563$$

$$a = 0,887$$

#### 5.2.1.2- 1 Açıklıklı 5 Katlı Çerçeve :

(Kolon ve Kiriş rijitlikleri farklı)

a)  $S_{11} = S_{12}$  kolonu



$$r_o = \frac{25}{11,25 + 15} = 0,95$$

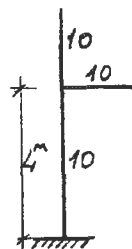
$$c = \frac{1,577 \cdot 4^3}{2,52 \cdot 100} = 0,400$$

$$a = 1,577$$

#### 5.2.1.3- 3 Açıklıklı 5 Katlı Çerçeve :

(Kolon ve kiriş rijitlikleri aynı)

a)  $S_{11} = S_{14}$  kolonu

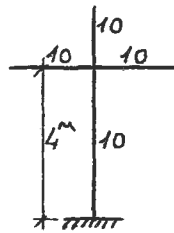


$$r_o = \frac{10}{10 + 10} = 0,5$$

$$c = \frac{0,875 \cdot 4^3}{2,52 \cdot 40} = 0,556$$

$$a = 0,875$$

b)  $S_{12} = S_{13}$  kolonu



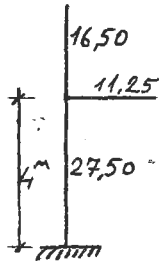
$$r_o = \frac{10}{10 + 10 + 10} = 0,33$$

$$c = \frac{1,115 \cdot 4^3}{2,52 \cdot 40} = 0,708$$

$$a = 1,115$$

5.2.1.4- 3 Açıklıklı 5 Katlı Çerçeve :  
(Kolon ve kiriş rijitlikleri farklı)

a)  $S_{11} = S_{14}$  kolonu

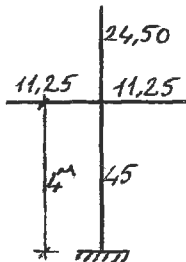


$$r_o = \frac{27,50}{11,25 + 16,50} = 0,99$$

$$c = \frac{1,642 \cdot 4^3}{2,52 \cdot 110} = 0,379$$

$$a = 1,642$$

b)  $S_{12} = S_{13}$  kolonu



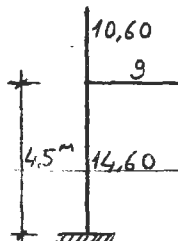
$$r_o = \frac{45}{11,25 + 11,25 + 24,50} = 0,96$$

$$c = \frac{2,968 \cdot 4^3}{2,52 \cdot 180} = 0,419$$

$$a = 2,968$$

5.2.1.5- 3 Açıklıklı 4 Katlı Çerçeve :  
(Kolon ve kiriş rijitlikleri farklı)

a)  $S_{11}$  kolonu

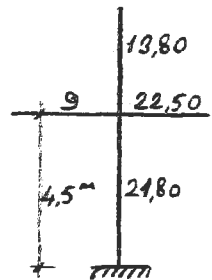


$$r_o = \frac{14,60}{9 + 10,60} = 0,74$$

$$c = \frac{0,925 \cdot 4,5^3}{2,52 \cdot 65,7} = 0,509$$

$$a = 0,925$$

b) S<sub>12</sub> kolonu

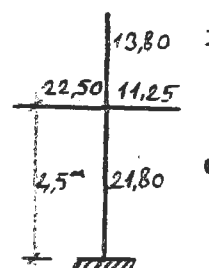


$$r_o = \frac{21,80}{9,00 + 22,50 + 13,80} = 0,48$$

$$c = \frac{1,859 \cdot 4,5^3}{2,52 \cdot 98,1} = 0,685$$

$$a = 1,859$$

c) S<sub>13</sub> kolonu

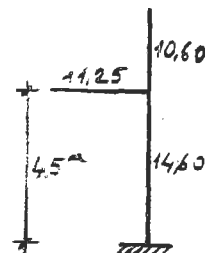


$$r_o = \frac{21,80}{22,50 + 11,25 + 13,80} = 0,46$$

$$c = \frac{1,905 \cdot 4,5^3}{2,52 \cdot 98,1} = 0,702$$

$$a = 1,905$$

d) S<sub>14</sub> kolonu



$$r_o = \frac{14,60}{11,25 + 10,60} = 0,67$$

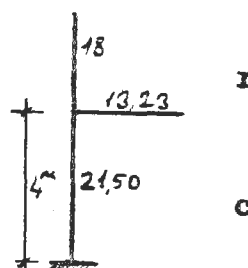
$$c = \frac{0,986 \cdot 4,5^3}{2,52 \cdot 65,7} = 0,543$$

$$a = 0,986$$

5.2.1.6- 5 Açıklıklı 5 Katlı Çerçeve :

(Kolon ve kiriş rijitlikleri farklı)

a) S<sub>11</sub> = S<sub>16</sub> kolonu



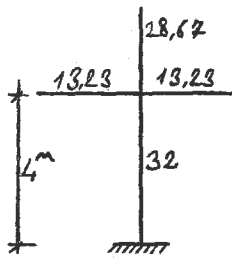
$$r_o = \frac{21,50}{13,23 + 18} = 0,69$$

$$c = \frac{1,697 \cdot 4^3}{2,52 \cdot 86} = 0,501$$

$$a = 1,697$$



b)  $S_{12} = S_{15}$  kolonu

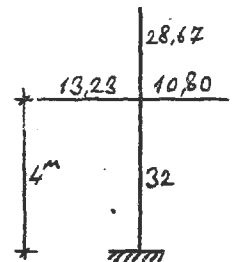


$$r_o = \frac{32,00}{13,23 + 13,23 + 28,67} = 0,58$$

$$c = \frac{2,787 \cdot 4^3}{2,52 \cdot 128} = 0,553$$

$$a = 2,787$$

c)  $S_{13} = S_{14}$  kolonu



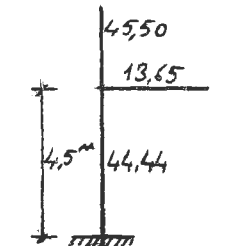
$$r_o = \frac{32,00}{13,23 + 10,80 + 28,67} = 0,61$$

$$c = \frac{2,682 \cdot 4^3}{2,52 \cdot 128} = 0,532$$

$$a = 2,682$$

### 5.2.1.7- 3 Açıklıklı 8 Katlı Çerçeve :

a)  $S_{11} = S_{14}$  kolonu

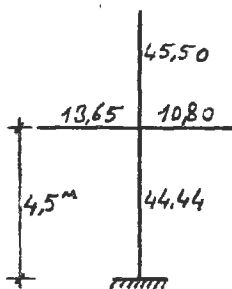


$$r_o = \frac{44,44}{13,65 + 45,50} = 0,75$$

$$c = \frac{1,945 \cdot 4,5^3}{2,52 \cdot 200} = 0,352$$

$$a = 1,945$$

b)  $S_{12} = S_{13}$  kolonu



$$r_o = \frac{44,44}{13,65 + 10,80 + 45,50} = 0,64$$

$$c = \frac{2,370 \cdot 4,5^3}{2,52 \cdot 200} = 0,428$$

$$a = 2,370$$



c)  $S_{41} = S_{42}$  kolonu

$$\begin{array}{c} 1,25 \\ 11,25 \\ 4^m \\ 2,50 \\ 11,25 \\ 7,50 \end{array} \quad \begin{array}{l} r_o = \frac{2,50}{11,25 + 1,25} = 0,20 \\ r_u = \frac{2,50}{11,25 + 7,50} = 0,13 \end{array}$$

$$c = \frac{0,277 \cdot 4^3}{2,52 \cdot 10} = 0,703$$

$$a = 0,277$$

5.2.2.3- 3 Açıklıklı 5 Katlı Ç erçeve :

(Kolon ve kiriş rijitlikleri aynı,

a)  $S_{21} = S_{24} = S_{31} = S_{34} = S_{41} = S_{44}$  kolonu

$$\begin{array}{c} 10 \\ 10 \\ 4^m \\ 10 \\ 10 \end{array} \quad \begin{array}{l} r_o = \frac{10}{10 + 10} = 0,5 \\ r_u = \frac{10}{10 + 10} = 0,5 \end{array}$$

$$c = \frac{0,509 \cdot 4^3}{2,52 \cdot 40} = 0,323$$

$$a = \frac{0,514 + 0,499 + 0,515}{3} = 0,509$$

b)  $S_{22} = S_{23} = S_{32} = S_{33} = S_{42} = S_{43}$  kolonu

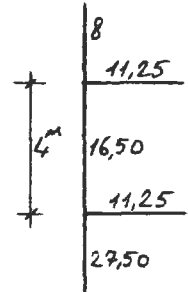
$$\begin{array}{c} 10 \\ 10 \\ 4^m \\ 10 \\ 10 \end{array} \quad \begin{array}{l} r_o = \frac{10}{10 + 10 + 10} = 0,33 \\ r_u = \frac{10}{10 + 10 + 10} = 0,33 \end{array}$$

$$c = \frac{0,836 \cdot 4^3}{2,52 \cdot 40} = 0,531$$

$$a = \frac{0,851 + 0,823 + 0,834}{3} = 0,836$$

5.2.2.4- 3 Açıklıklı 5 Katlı Çerçeve :  
(Kolon ve kiriş rijitlikleri farklı)

a)  $S_{21} = S_{24}$  kolonu



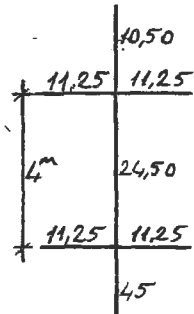
$$r_o = \frac{16,50}{11,25 + 8,00} = 0,85$$

$$r_u = \frac{16,50}{11,25 + 27,50} = 0,43$$

$$c = \frac{0,731 \cdot 4^3}{2,52 \cdot 66} = 0,281$$

$a = 0,731$

b)  $S_{22} = S_{23}$  kolonu



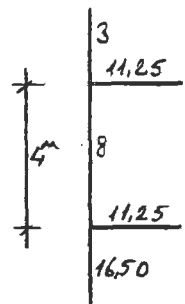
$$r_o = \frac{24,50}{11,25 + 11,25 + 10,50} = 0,74$$

$$r_u = \frac{24,50}{11,25 + 11,25 + 45,00} = 0,36$$

$$c = \frac{1,398 \cdot 4^3}{2,52 \cdot 98} = 0,362$$

$a = 1,398$

c)  $S_{31} = S_{34}$  kolonu



$$r_o = \frac{8,00}{11,25 + 3,00} = 0,56$$

$$r_u = \frac{8,00}{11,25 + 16,50} = 0,29$$

$$c = \frac{0,534 \cdot 4^3}{2,52 \cdot 32} = 0,424$$

$a = 0,534$

d)  $S_{32} = S_{33}$  kolonu

|                                                    |       |                     |                                                                                                                                                                |
|----------------------------------------------------|-------|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\begin{array}{c} \updownarrow \\ 4^m \end{array}$ | 6     | $11,25 \quad 11,25$ | $r_o = \frac{10,50}{11,25 + 11,25 + 6,00} = 0,37$<br>$r_u = \frac{10,50}{11,25 + 11,25 + 24,50} = 0,22$<br>$c = \frac{0,862 \cdot 4^3}{2,52 \cdot 42} = 0,521$ |
|                                                    | 10,50 | $11,25 \quad 11,25$ |                                                                                                                                                                |
|                                                    | 24,50 |                     |                                                                                                                                                                |
|                                                    |       |                     |                                                                                                                                                                |

$a = 0,862$

e)  $S_{41} = S_{44}$  kolonu

|                                                    |      |         |                                                                                                                                             |
|----------------------------------------------------|------|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\begin{array}{c} \updownarrow \\ 4^m \end{array}$ | 1,25 | $11,25$ | $r_o = \frac{3,00}{11,25 + 1,25} = 0,24$<br>$r_u = \frac{3,00}{11,25 + 8,00} = 0,16$<br>$c = \frac{0,297 \cdot 4^3}{2,52 \cdot 12} = 0,629$ |
|                                                    | 3    | $11,25$ |                                                                                                                                             |
|                                                    | 8    |         |                                                                                                                                             |
|                                                    |      |         |                                                                                                                                             |

$a = 0,297$

f)  $S_{42} = S_{43}$  kolonu

|                                                    |       |                     |                                                                                                                                                              |
|----------------------------------------------------|-------|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\begin{array}{c} \updownarrow \\ 4^m \end{array}$ | 2     | $11,25 \quad 11,25$ | $r_o = \frac{6,00}{11,25 + 11,25 + 2,00} = 0,25$<br>$r_u = \frac{6,00}{11,25 + 11,25 + 10,50} = 0,18$<br>$c = \frac{0,640 \cdot 4^3}{2,52 \cdot 24} = 0,677$ |
|                                                    | 6     | $11,25 \quad 11,25$ |                                                                                                                                                              |
|                                                    | 10,50 |                     |                                                                                                                                                              |
|                                                    |       |                     |                                                                                                                                                              |

$a = 0,640$

5.2.2.5- 3 Açıklıklı 4 Katlı Çerçeve :  
(Kolon ve kiriş rijitlikleri farklı)

a) S<sub>21</sub> kolonu

$$\begin{array}{c|c}
 4,10 & \\
 \hline
 9 & \\
 3^m & \\
 10,60 & \\
 \hline
 9 & \\
 14,60 &
 \end{array}
 \begin{aligned}
 r_o &= \frac{10,60}{9,00 + 4,10} = 0,81 \\
 r_u &= \frac{10,60}{9,00 + 14,60} = 0,45 \\
 c &= \frac{0,779 \cdot 3^3}{2,52 \cdot 31,80} = 0,262
 \end{aligned}$$

$a = 0,779$

b) S<sub>22</sub> kolonu

$$\begin{array}{c|c}
 8 & \\
 \hline
 9 & 22,50 \\
 3^m & \\
 13,80 & \\
 \hline
 9 & 22,50 \\
 21,80 &
 \end{array}
 \begin{aligned}
 r_o &= \frac{13,80}{9,00 + 22,50 + 8,00} = 0,35 \\
 r_u &= \frac{13,80}{9,00 + 22,50 + 21,80} = 0,26 \\
 c &= \frac{2,048 \cdot 3^3}{2,52 \cdot 41,4} = 0,530
 \end{aligned}$$

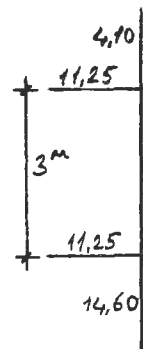
$a = 2,048$

c) S<sub>23</sub> kolonu

$$\begin{array}{c|c}
 8 & \\
 \hline
 22,50 & 11,25 \\
 3^m & \\
 13,80 & \\
 \hline
 22,50 & 11,25 \\
 21,80 &
 \end{array}
 \begin{aligned}
 r_o &= \frac{13,80}{22,50 + 11,25 + 8,00} = 0,33 \\
 r_u &= \frac{13,80}{22,50 + 11,25 + 21,80} = 0,25 \\
 c &= \frac{2,149 \cdot 3^3}{2,52 \cdot 41,4} = 0,556
 \end{aligned}$$

$a = 2,149$

d) S<sub>24</sub> kolonu



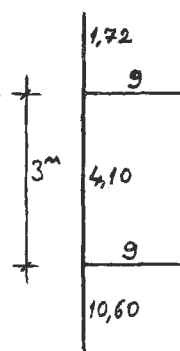
$$r_o = \frac{10,60}{11,25 + 14,60} = 0,69$$

$$r_u = \frac{10,60}{11,25 + 4,10} = 0,41$$

$$c = \frac{0,938 \cdot 3^3}{2,52 \cdot 31,8} = 0,316$$

$a = 0,938$

e) S<sub>31</sub> kolonu



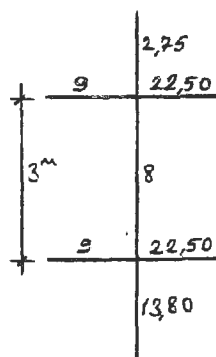
$$r_o = \frac{4,10}{9,00 + 1,72} = 0,38$$

$$r_u = \frac{4,10}{9,00 + 10,72} = 0,21$$

$$c = \frac{0,528 \cdot 3^3}{2,52 \cdot 12,3} = 0,460$$

$a = 0,528$

f) S<sub>32</sub> kolonu



$$r_o = \frac{8,00}{9,00 + 22,50 + 2,75} = 0,23$$

$$r_u = \frac{8,00}{9,00 + 22,50 + 13,80} = 0,15$$

$$c = \frac{1,519 \cdot 3^3}{2,52 \cdot 24} = 0,678$$

$a = 1,519$

g) S<sub>33</sub> kolonu

$$\begin{array}{c}
 \begin{array}{|c|}
 \hline
 2,75 \\
 \hline
 22,50 \quad 11,25 \\
 \hline
 3^m \\
 \hline
 22,50 \quad 11,25 \\
 \hline
 13,80 \\
 \hline
 \end{array}
 \end{array}
 \begin{array}{l}
 r_o = \frac{8,00}{22,50 + 11,25 + 2,75} = 0,22 \\
 r_u = \frac{8,00}{22,50 + 11,25 + 13,80} = 0,17 \\
 c = \frac{1,566 \cdot 3^3}{2,52 \cdot 24} = 0,699
 \end{array}$$

$a = 1,566$

h) S<sub>34</sub> kolonu

$$\begin{array}{c}
 \begin{array}{|c|}
 \hline
 1,72 \\
 \hline
 11,25 \\
 \hline
 3^m \\
 \hline
 11,25 \\
 \hline
 10,60 \\
 \hline
 \end{array}
 \end{array}
 \begin{array}{l}
 r_o = \frac{4,10}{11,25 + 1,72} = 0,32 \\
 r_u = \frac{4,10}{11,25 + 10,60} = 0,19 \\
 c = \frac{0,593 \cdot 3^3}{2,52 \cdot 12,3} = 0,517
 \end{array}$$

$a = 0,593$

5.2.2.6- 5 Açıklıklı 5 Katlı Çerçeve :  
(Kolon ve kiriş rijitlikleri farklı)

a) S<sub>21</sub> = S<sub>26</sub> kolonu

$$\begin{array}{c}
 \begin{array}{|c|}
 \hline
 10,33 \\
 \hline
 13,23 \\
 \hline
 3^m \\
 \hline
 18 \\
 \hline
 13,23 \\
 \hline
 21,50 \\
 \hline
 \end{array}
 \end{array}
 \begin{array}{l}
 r_o = \frac{18,00}{13,23 + 10,33} = 0,76 \\
 r_u = \frac{18,00}{13,23 + 21,50} = 0,52 \\
 c = \frac{1,354 \cdot 3^3}{2,52 \cdot 54} = 0,269
 \end{array}$$

$a = 1,354$



b)  $S_{22} = S_{25}$  kolonu

|    |       |       |  |
|----|-------|-------|--|
|    | 18    |       |  |
|    | 13,23 | 13,23 |  |
| +  |       |       |  |
| 3m | 28,67 |       |  |
| +  | 13,23 | 13,23 |  |
|    |       | 32    |  |

$$r_o = \frac{28,67}{13,23 + 13,23 + 32,00} = 0,65$$

$$r_u = \frac{28,67}{13,23 + 13,23 + 18,00} = 0,49$$

$$c = \frac{2,679 \cdot 3^3}{2,52 \cdot 86} = 0,334$$

$$a = 2,679$$

c)  $S_{23} = S_{24}$  kolonu

|    |       |       |  |
|----|-------|-------|--|
|    | 18    |       |  |
|    | 13,23 | 10,80 |  |
| +  |       |       |  |
| 3m | 28,67 |       |  |
| +  | 13,23 | 10,80 |  |
|    |       | 32    |  |

$$r_o = \frac{28,67}{13,23 + 10,80 + 18,00} = 0,68$$

$$r_u = \frac{28,67}{13,23 + 10,80 + 32,00} = 0,51$$

$$c = \frac{2,439 \cdot 3^3}{2,52 \cdot 86} = 0,304$$

$$a = 2,439$$

d)  $S_{31} = S_{36}$  kolonu

|    |       |    |  |
|----|-------|----|--|
|    | 5,33  |    |  |
| +  | 13,23 |    |  |
| 3m | 10,33 |    |  |
| +  | 13,23 |    |  |
|    |       | 18 |  |

$$r_o = \frac{10,33}{13,23 + 5,33} = 0,56$$

$$r_u = \frac{10,33}{13,23 + 18,00} = 0,33$$

$$c = \frac{1,120 \cdot 3^3}{2,52 \cdot 31} = 0,387$$

$$a = 1,120$$

e)  $S_{32} = S_{35}$  kolonu

|       |       |
|-------|-------|
|       | 10,33 |
| 13,23 | 13,23 |
| 3m    | 18    |
| 13,23 | 13,23 |
|       | 28,67 |

$$r_o = \frac{18,00}{13,23 + 13,23 + 10,33} = 0,49$$

$$r_u = \frac{18,00}{13,23 + 13,23 + 28,67} = 0,33$$

$$c = \frac{2,166 \cdot 3^3}{2,52 \cdot 54} = 0,430$$

$a = 2,166$

f)  $S_{33} = S_{34}$  kolonu

|       |       |
|-------|-------|
|       | 10,33 |
| 13,23 | 10,80 |
| 3m    | 18    |
| 13,23 | 10,80 |
|       | 28,67 |

$$r_o = \frac{18,00}{13,23 + 10,80 + 10,33} = 0,52$$

$$r_u = \frac{18,00}{13,23 + 10,80 + 28,67} = 0,34$$

$$c = \frac{2,015 \cdot 3^3}{2,52 \cdot 54} = 0,400$$

$a = 2,015$

g)  $S_{41} = S_{46}$  kolonu

|       |       |
|-------|-------|
|       | 2,33  |
| 13,23 |       |
| 3m    | 5,33  |
| 13,23 |       |
|       | 10,33 |

$$r_o = \frac{5,33}{13,23 + 2,33} = 0,34$$

$$r_u = \frac{5,33}{13,23 + 10,33} = 0,23$$

$$c = \frac{0,835 \cdot 3^3}{2,52 \cdot 16} = 0,559$$

$a = 0,835$

h)  $S_{42} = S_{45}$  kolonu

$$\begin{array}{c|c}
 & 5,33 \\
 \hline
 13,23 & 13,23 \\
 \hline
 3^m & 10,33 \\
 \hline
 13,23 & 13,23 \\
 \hline
 & 18
 \end{array}
 \quad
 \begin{aligned}
 r_o &= \frac{10,33}{13,23 + 13,23 + 5,33} = 0,32 \\
 r_u &= \frac{10,33}{13,23 + 13,23 + 18,00} = 0,23 \\
 c &= \frac{1,665 \cdot 3^3}{2,52 \cdot 31} = 0,575
 \end{aligned}$$

$$a = 1,665$$

i)  $S_{43} = S_{44}$  kolonu

$$\begin{array}{c|c}
 & 5,33 \\
 \hline
 13,23 & 10,80 \\
 \hline
 3^m & 10,33 \\
 \hline
 13,23 & 10,80 \\
 \hline
 & 18
 \end{array}
 \quad
 \begin{aligned}
 r_o &= \frac{10,33}{13,23 + 10,80 + 5,33} = 0,35 \\
 r_u &= \frac{10,33}{13,23 + 10,80 + 18,00} = 0,25 \\
 c &= \frac{1,580 \cdot 3^3}{2,52 \cdot 31} = 0,546
 \end{aligned}$$

$$a = 1,580$$

5.2.2.7- 3 Açıklıklı 8 Katlı Çerçeve :  
(Kolon ve kiriş rijitlikleri farklı)

a)  $S_{21} = S_{24}$  kolonu

$$\begin{array}{c|c}
 & 36,57 \\
 \hline
 13,65 & \\
 \hline
 4^m & 45,50 \\
 \hline
 13,65 & \\
 \hline
 & 44,44
 \end{array}
 \quad
 \begin{aligned}
 r_o &= \frac{45,50}{13,65 + 36,57} = 0,91 \\
 r_u &= \frac{45,50}{13,65 + 44,44} = 0,78 \\
 c &= \frac{1,021 \cdot 4^3}{2,52 \cdot 182} = 0,142
 \end{aligned}$$

$$a = 1,021$$

b)  $S_{22} = S_{23}$  kolonu

|    |       |       |                                                      |
|----|-------|-------|------------------------------------------------------|
|    |       | 36,57 | $r_o = \frac{45,50}{13,65 + 10,80 + 36,57} = 0,75$   |
|    | 13,65 | 10,80 |                                                      |
| 4m |       | 45,50 | $r_u = \frac{45,50}{13,65 + 10,80 + 44,44} = 0,66$   |
|    | 13,65 | 10,80 |                                                      |
|    |       | 44,44 | $c = \frac{1,738 \cdot 4^3}{2,52 \cdot 182} = 0,243$ |

$a = 1,738$

c)  $S_{31} = S_{34}$  kolonu

|      |  |       |                                                        |
|------|--|-------|--------------------------------------------------------|
|      |  | 24,57 | $r_o = \frac{36,57}{8,57 + 24,57} = 1,10$              |
|      |  | 8,57  |                                                        |
| 3,5m |  | 36,57 | $r_u = \frac{36,57}{13,65 + 45,50} = 0,62$             |
|      |  | 13,65 |                                                        |
|      |  | 45,50 | $c = \frac{0,945 \cdot 3,5^3}{2,52 \cdot 128} = 0,126$ |

$a = 0,945$

d)  $S_{32} = S_{33}$  kolonu

|      |       |       |                                                        |
|------|-------|-------|--------------------------------------------------------|
|      |       | 24,57 | $r_o = \frac{36,57}{8,57 + 6,20 + 24,57} = 0,93$       |
|      | 8,57  | 6,20  |                                                        |
| 3,5m |       | 36,57 | $r_u = \frac{36,57}{13,65 + 10,80 + 45,50} = 0,52$     |
|      | 13,65 | 10,80 |                                                        |
|      |       | 45,50 | $c = \frac{1,577 \cdot 3,5^3}{2,52 \cdot 128} = 0,210$ |

$a = 1,577$

e)  $S_{41} = S_{44}$  kolonu

$$\begin{array}{r|l}
 15,43 & r_o = \frac{24,57}{8,57 + 15,43} = 1,02 \\
 \hline
 8,57 & \\
 3,5 & 24,57 \quad r_u = \frac{24,57}{8,57 + 36,57} = 0,54 \\
 \hline
 8,57 & \\
 36,57 & c = \frac{0,777 \cdot 3,5^3}{2,52 \cdot 86} = 0,154
 \end{array}$$

$a = 0,777$

f)  $S_{42} = S_{43}$  kolonu

$$\begin{array}{r|l}
 15,43 & r_o = \frac{24,57}{8,57 + 6,20 + 15,43} = 0,81 \\
 \hline
 8,57 & 6,20 \\
 3,5 & 24,57 \quad r_u = \frac{24,57}{8,57 + 6,20 + 15,43} = 0,81 \\
 \hline
 8,57 & 6,20 \\
 36,57 & c = \frac{1,226 \cdot 3,5^3}{2,52 \cdot 86} = 0,243
 \end{array}$$

$a = 1,226$

g)  $S_{51} = S_{54}$  kolonu

$$\begin{array}{r|l}
 8,86 & r_o = \frac{15,43}{8,57 + 8,86} = 0,88 \\
 \hline
 8,57 & \\
 3,5 & 15,43 \quad r_u = \frac{15,43}{8,57 + 24,57} = 0,47 \\
 \hline
 8,57 & \\
 24,57 & c = \frac{0,671 \cdot 3,5^3}{2,52 \cdot 54} = 0,211
 \end{array}$$

$a = 0,671$

h)  $S_{52} = S_{53}$  kolonu

|      |      |       |                                                       |
|------|------|-------|-------------------------------------------------------|
|      |      | 8,86  | $r_o = \frac{15,43}{8,57 + 6,20 + 8,86} = 0,65$       |
|      | 8,57 | 6,20  |                                                       |
| 3,5m |      | 15,43 | $r_u = \frac{15,43}{8,57 + 6,20 + 24,57} = 0,39$      |
|      | 8,57 | 6,20  |                                                       |
|      |      | 24,57 | $c = \frac{1,066 \cdot 3,5^3}{2,52 \cdot 54} = 0,336$ |

$a = 1,066$

i)  $S_{61} = S_{64}$  kolonu

|      |      |       |                                                       |
|------|------|-------|-------------------------------------------------------|
|      |      | 4,57  | $r_o = \frac{8,86}{8,57 + 4,57} = 0,68$               |
|      | 8,57 |       |                                                       |
| 3,5m |      | 8,86  | $r_u = \frac{8,86}{8,57 + 15,43} = 0,37$              |
|      | 8,57 |       |                                                       |
|      |      | 15,43 | $c = \frac{0,556 \cdot 3,5^3}{2,52 \cdot 31} = 0,305$ |

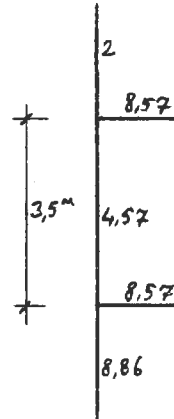
$a = 0,556$

j)  $S_{62} = S_{63}$  kolonu

|      |      |       |                                                       |
|------|------|-------|-------------------------------------------------------|
|      |      | 4,57  | $r_o = \frac{8,86}{8,57 + 6,20 + 4,57} = 0,46$        |
|      | 8,57 | 6,20  |                                                       |
| 3,5m |      | 8,86  | $r_u = \frac{8,86}{8,57 + 6,20 + 15,43} = 0,29$       |
|      | 8,57 | 6,20  |                                                       |
|      |      | 15,43 | $c = \frac{0,847 \cdot 3,5^3}{2,52 \cdot 31} = 0,465$ |

$a = 0,847$

k)  $S_{71} = S_{84}$  kolonu



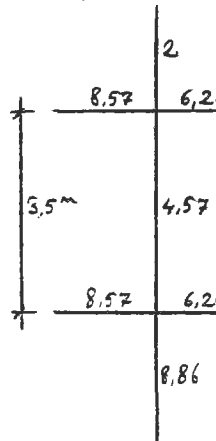
$$r_o = \frac{4,57}{8,57 + 2,00} = 0,43$$

$$r_u = \frac{4,57}{8,57 + 8,86} = 0,26$$

$$c = \frac{0,429 \cdot 3,5^3}{2,52 \cdot 16} = 0,456$$

$a = 0,429$

1)  $S_{72} = S_{73}$  kolonu



$$r_o = \frac{4,57}{8,57 + 6,20 + 2,00} = 0,27$$

$$r_u = \frac{4,57}{8,57 + 6,20 + 8,86} = 0,19$$

$$c = \frac{0,596 \cdot 3,5^3}{2,52 \cdot 16} = 0,634$$

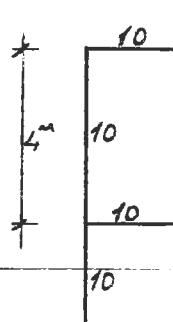
$a = 0,596$

5,2,3- Üst Kat Kolonları :

5,2.3.1- 1 Açıklıklı 5 Katlı Çerçeve :

(Kolon ve kiriş rijitlikleri aynı)

a)  $S_{51} = S_{52}$  kolonu



$$r_o = \frac{10,00}{10,00} = 1$$

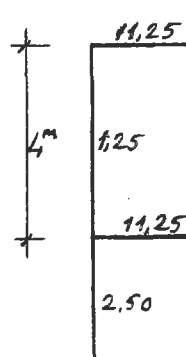
$$r_u = \frac{10,00}{10,00 + 10,00} = 0,50$$

$$c = \frac{0,481 \cdot 4^3}{2,52 \cdot 40} = 0,305$$

$a = 0,481$

5.2.3.2- 1 Açıklıklı 5 Katlı Çerçeve :  
(Kolon ve kiriş rijitlikleri farklı)

a)  $S_{51} = S_{52}$  kolonu



$$r_o = \frac{1,25}{11,25} = 0,11$$

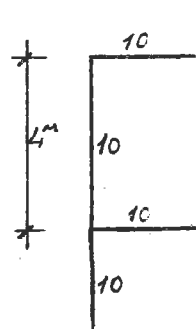
$$r_u = \frac{1,25}{11,25 + 2,50} = 0,09$$

$$c = \frac{0,160 \cdot 4^3}{2,52 \cdot 5} = 0,813$$

$a = 0,160$

5.2.3.3- 3 Açıklıklı 5 Katlı Çerçeve :  
(Kolon ve kiriş rijitlikleri aynı)

a)  $S_{51} = S_{54}$  kolonu



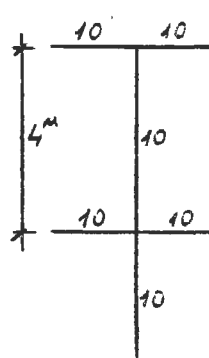
$$r_o = \frac{10,00}{10,00} = 1$$

$$r_u = \frac{10,00}{10,00 + 10,00} = 0,50$$

$$c = \frac{0,427 \cdot 4^3}{2,52 \cdot 40} = 0,271$$

$a = 0,427$

b)  $S_{52} = S_{53}$  kolonu



$$r_o = \frac{10,00}{10,00 + 10,00} = 0,50$$

$$r_u = \frac{10,00}{10,00 + 10,00 + 10,00} = 0,33$$

$$c = \frac{0,794 \cdot 4^3}{2,52 \cdot 40} = 0,504$$

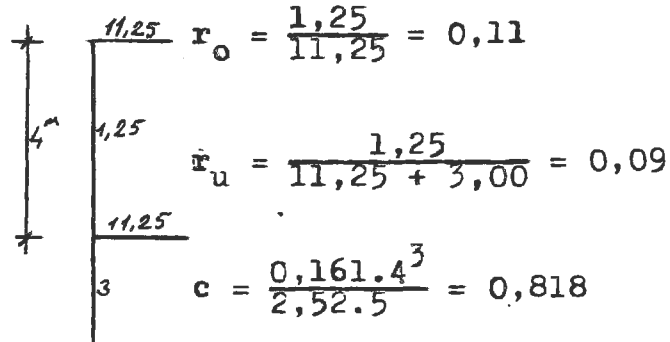
$a = 0,794$



### 5.2.3.4- 3 Açıklıklı 5 Katlı Çerçeve :

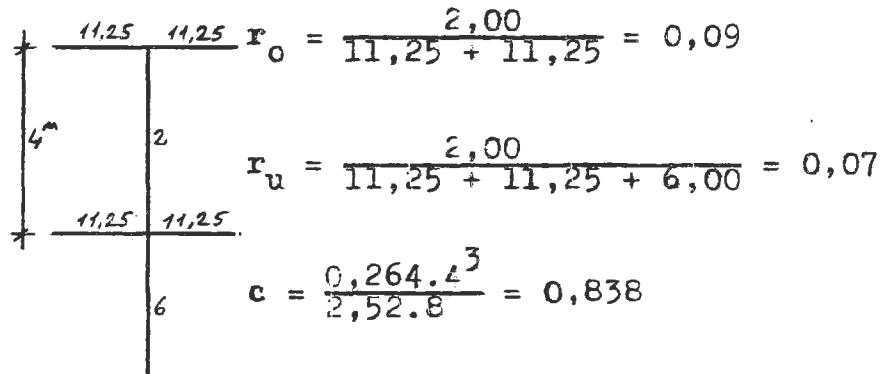
(Kolon ve kiriş rijitlikleri farklı)

a)  $S_{51} = S_{54}$  kolonu



$$a = 0,161$$

b)  $S_{52} = S_{53}$  kolonu

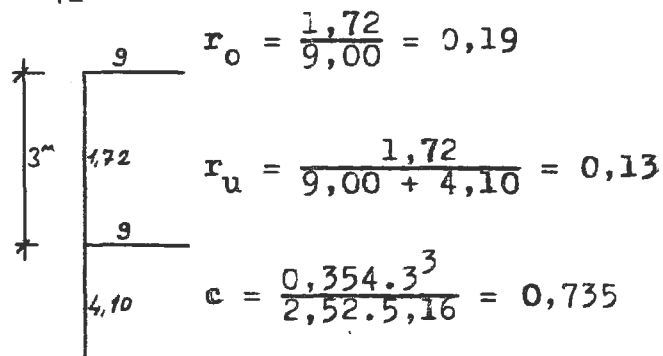


$$a = 0,264$$

### 5.2.3.5- 3 Açıklıklı 4 Katlı Çerçeve :

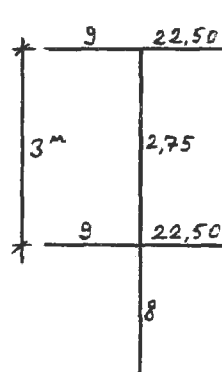
(Kolon ve kiriş rijitlikleri farklı)

a)  $S_{41}$  kolonu



$$a = 0,354$$

b) S<sub>42</sub> kolonu



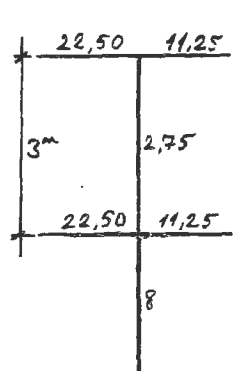
$$r_o = \frac{2,75}{9,00 + 22,50} = 0,09$$

$$r_u = \frac{2,75}{9,00 + 22,50 + 8,00} = 0,07$$

$$c = \frac{0,670 \cdot 3^3}{2,52 \cdot 8,25} = 0,870$$

a = 0,670

c) S<sub>43</sub> kolonu



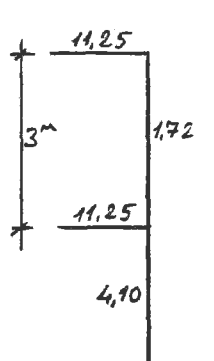
$$r_o = \frac{2,75}{22,50 + 11,25} = 0,08$$

$$r_u = \frac{2,75}{22,50 + 11,25 + 8,00} = 0,07$$

$$c = \frac{0,678 \cdot 3^3}{2,52 \cdot 8,25} = 0,881$$

a = 0,678

d) S<sub>44</sub> kolonu



$$r_o = \frac{1,72}{11,25} = 0,15$$

$$r_u = \frac{1,72}{11,25 + 4,10} = 0,11$$

$$c = \frac{0,373 \cdot 3^3}{2,52 \cdot 5,16} = 0,775$$

a = 0,373

5.2.3.6- 5 Açıklıklı 5 Katlı Çerçeve :  
(Kolon ve kiriş rijitlikleri farklı)

a)  $S_{51} = S_{56}$  kolonu

$$\begin{array}{l} \begin{array}{|c|} \hline 8,31 \\ \hline 3^m \\ \hline 2,33 \\ \hline 13,23 \\ \hline 5,33 \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{l} r_o = \frac{2,33}{8,31} = 0,28 \\ r_u = \frac{2,33}{13,23 + 5,33} = 0,13 \\ c = \frac{0,452 \cdot 3^3}{2,52 \cdot 7} = 0,692 \end{array} \end{array}$$

$a = 0,452$

b)  $S_{52} = S_{55}$  kolonu

$$\begin{array}{l} \begin{array}{|c|} \hline 8,31 \quad 8,31 \\ \hline 3^m \\ \hline 5,33 \\ \hline 13,23 \quad 13,23 \\ \hline 10,33 \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{l} r_o = \frac{5,33}{8,31 + 8,31} = 0,32 \\ r_u = \frac{5,33}{13,23 + 13,23 + 10,33} = 0,14 \\ c = \frac{1,005 \cdot 3^3}{2,52 \cdot 16} = 0,673 \end{array} \end{array}$$

$a = 1,005$

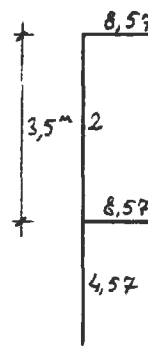
c)  $S_{53} = S_{54}$  kolonu

$$\begin{array}{l} \begin{array}{|c|} \hline 8,31 \quad 6,20 \\ \hline 3^m \\ \hline 5,33 \\ \hline 13,23 \quad 10,80 \\ \hline 10,33 \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{l} r_o = \frac{5,33}{8,31 + 6,20} = 0,37 \\ r_u = \frac{5,33}{13,23 + 10,80 + 10,33} = 0,16 \\ c = \frac{0,961 \cdot 3^3}{2,52 \cdot 16} = 0,644 \end{array} \end{array}$$

$a = 0,961$

5.2.3.7- 3 Açıklıklı 8 Katlı Çerçeve :  
(Kolon ve kiriş rijitlikleri farklı)

a)  $S_{81} = S_{84}$  kolonu



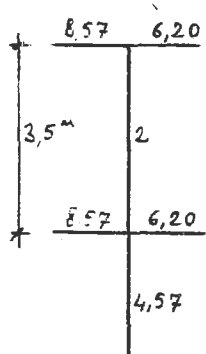
$$r_o = \frac{2,00}{8,57} = 0,23$$

$$r_u = \frac{2,00}{8,57 + 4,57} = 0,15$$

$$c = \frac{0,258 \cdot 3,5^3}{2,52 \cdot 7} = 0,627$$

$$a = 0,258$$

b)  $S_{82} = S_{83}$  kolonu



$$r_o = \frac{2,00}{8,57 + 6,20} = 0,14$$

$$r_u = \frac{2,00}{8,57 + 6,20 + 4,57} = 0,10$$

$$c = \frac{0,325 \cdot 3,5^3}{2,52 \cdot 7} = 0,790$$

$$a = 0,325$$

#### 5.2.4- Sonuçların Değerlendirilmesi :

##### 5.2.4.1- Alt Kat Kolonları :

| Çerçeve<br>kat<br>sayısı | $r_o$ | Bulunan sonuç<br>(c) | Çakıroğlu<br>(c) | Aydın<br>(c) |
|--------------------------|-------|----------------------|------------------|--------------|
| 5                        | 0,99  | 0,379                | 0,42             | 0,42         |
| 5                        | 0,96  | 0,419                | 0,43             | 0,45         |
| 5                        | 0,95  | 0,400                | 0,435            | 0,435        |
| 8                        | 0,75  | 0,352                | 0,44             | 0,395        |
| 4                        | 0,74  | 0,509                | 0,54             | 0,49         |
| 5                        | 0,69  | 0,501                | 0,545            | 0,48         |
| 4                        | 0,67  | 0,543                | 0,58             | 0,52         |
| 8                        | 0,64  | 0,428                | 0,495            | 0,47         |
| 5                        | 0,61  | 0,532                | 0,59             | 0,52         |
| 5                        | 0,58  | 0,553                | 0,60             | 0,53         |
| 5                        | 0,50  | 0,560                | 0,635            | 0,57         |
| 4                        | 0,48  | 0,685                | 0,67             | 0,64         |
| 4                        | 0,46  | 0,702                | 0,68             | 0,65         |
| 5                        | 0,33  | 0,708                | 0,74             | 0,70         |

Bu sonuçlara göre çizilen diyagram Şekil : 5.1.c de verilmiştir.

5.2.4.2- Ara Kat Kolonları :

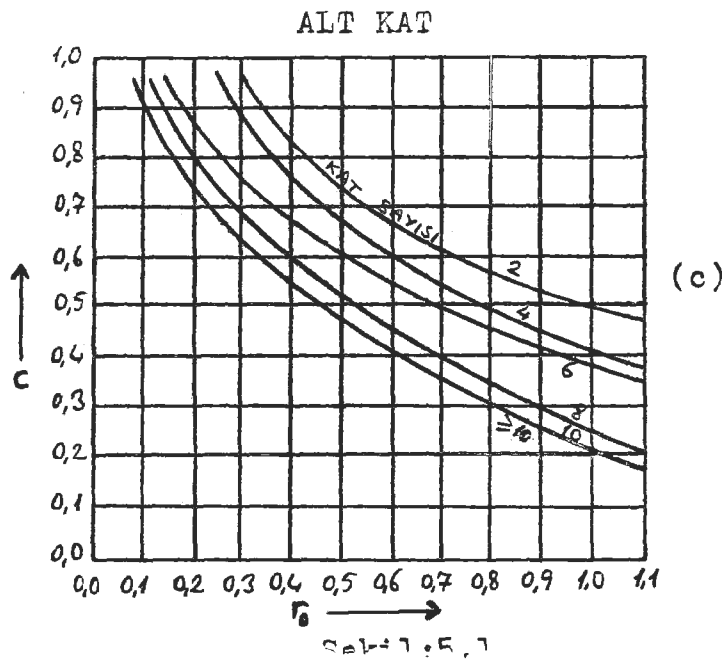
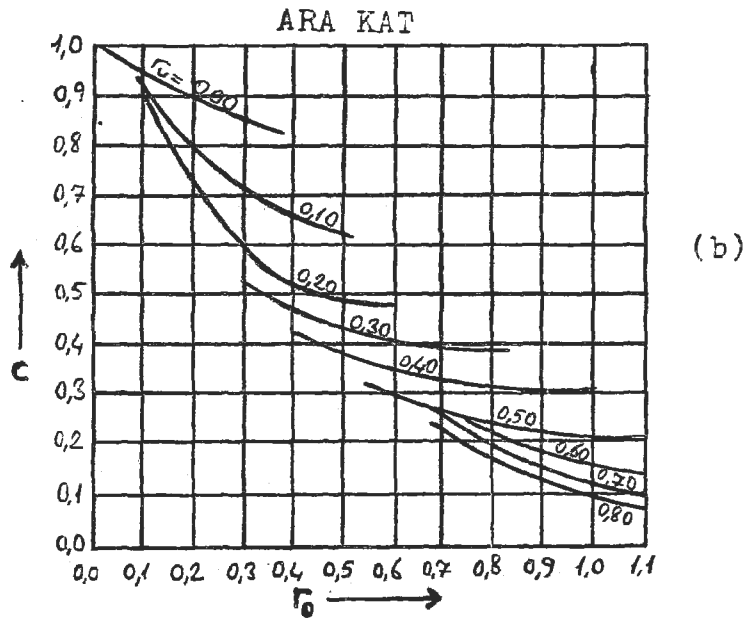
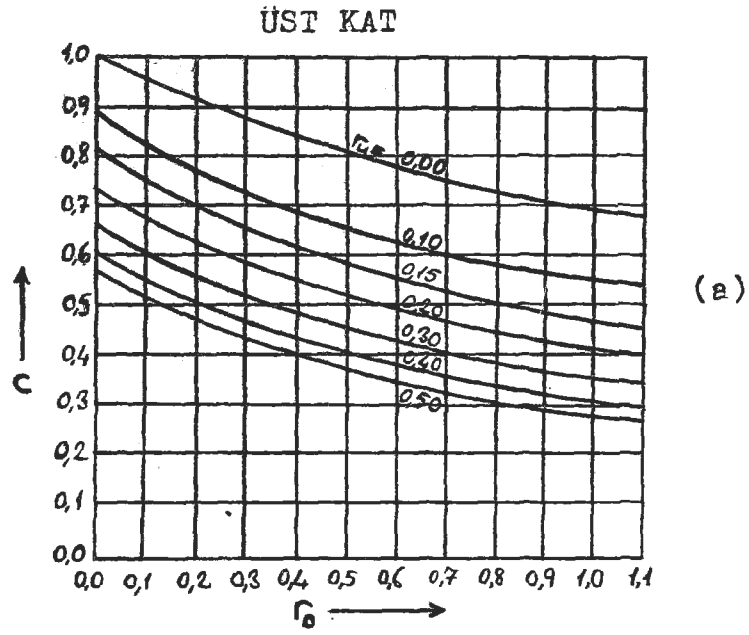
| $r_o$ | $r_u$ | Bulunan sonuç<br>(c) | Çakıroğlu<br>(c) | Aydın<br>(c) |
|-------|-------|----------------------|------------------|--------------|
| 1,10  | 0,62  | 0,126                | 0,09             | 0,15         |
| 1,02  | 0,54  | 0,154                | 0,15             | 0,15         |
| 0,93  | 0,52  | 0,210                | 0,18             | 0,205        |
| 0,91  | 0,78  | 0,142                | 0,12             | 0,15         |
| 0,88  | 0,47  | 0,211                | 0,21             | 0,22         |
| 0,85  | 0,43  | 0,281                | 0,25             | 0,25         |
| 0,81  | 0,48  | 0,243                | 0,235            | 0,23         |
| 0,81  | 0,45  | 0,262                | 0,255            | 0,30         |
| 0,80  | 0,41  | 0,312                | 0,265            | 0,265        |
| 0,76  | 0,52  | 0,269                | 0,23             | 0,265        |
| 0,75  | 0,66  | 0,243                | 0,20             | 0,215        |
| 0,74  | 0,36  | 0,362                | 0,33             | 0,31         |
| 0,69  | 0,41  | 0,316                | 0,30             | 0,34         |
| 0,68  | 0,51  | 0,304                | 0,26             | 0,295        |
| 0,68  | 0,37  | 0,305                | 0,34             | 0,33         |
| 0,65  | 0,39  | 0,336                | 0,335            | 0,328        |
| 0,65  | 0,49  | 0,334                | 0,285            | 0,318        |
| 0,56  | 0,29  | 0,424                | 0,43             | 0,41         |
| 0,56  | 0,33  | 0,387                | 0,41             | 0,39         |
| 0,55  | 0,29  | 0,433                | 0,43             | 0,433        |
| 0,52  | 0,34  | 0,400                | 0,41             | 0,40         |
| 0,50  | 0,50  | 0,336                | 0,35             | 0,33         |
| 0,49  | 0,33  | 0,430                | 0,43             | 0,425        |
| 0,46  | 0,29  | 0,465                | 0,475            | 0,455        |
| 0,43  | 0,26  | 0,456                | 0,50             | 0,485        |
| 0,38  | 0,21  | 0,460                | 0,57             | 0,53         |
| 0,37  | 0,22  | 0,521                | 0,57             | 0,52         |
| 0,35  | 0,25  | 0,546                | 0,55             | 0,533        |
| 0,35  | 0,26  | 0,530                | 0,54             | 0,53         |
| 0,34  | 0,23  | 0,559                | 0,57             | 0,55         |
| 0,33  | 0,33  | 0,531                | 0,51             | 0,51         |
| 0,33  | 0,25  | 0,556                | 0,565            | 0,55         |
| 0,32  | 0,23  | 0,575                | 0,575            | 0,555        |
| 0,32  | 0,19  | 0,517                | 0,62             | 0,58         |
| 0,27  | 0,19  | 0,634                | 0,645            | 0,62         |
| 0,25  | 0,18  | 0,677                | 0,66             | 0,64         |
| 0,24  | 0,16  | 0,629                | 0,68             | 0,65         |
| 0,23  | 0,18  | 0,678                | 0,67             | 0,66         |
| 0,22  | 0,17  | 0,699                | 0,69             | 0,68         |
| 0,20  | 0,13  | 0,703                | 0,725            | 0,68         |

Bu sonuçlara göre çizilen diyagram Şekil : 5.1.b de verilmiştir.

5.2.4.3- Üst Kat Kolonları :

| $r_o$ | $r_u$ | Bulunan sonuç<br>(c) | Çakıroğlu<br>(c) | Aydın<br>(c) |
|-------|-------|----------------------|------------------|--------------|
| 1,00  | 0,50  | 0,288                | 0,31             | 0,372        |
| 0,50  | 0,33  | 0,504                | 0,41             | 0,52         |
| 0,37  | 0,16  | 0,644                | 0,61             | 0,66         |
| 0,32  | 0,14  | 0,673                | 0,65             | 0,68         |
| 0,28  | 0,13  | 0,692                | 0,675            | 0,71         |
| 0,23  | 0,15  | 0,627                | 0,65             | 0,675        |
| 0,19  | 0,13  | 0,735                | 0,69             | 0,72         |
| 0,15  | 0,11  | 0,775                | 0,75             | 0,76         |
| 0,14  | 0,10  | 0,790                | 0,76             | 0,775        |
| 0,11  | 0,09  | 0,815                | 0,80             | 0,823        |
| 0,09  | 0,07  | 0,854                | 0,84             | 0,85         |
| 0,08  | 0,07  | 0,881                | 0,875            | 0,86         |

Bu sonuçlara göre çizilen diyagram Şekil : 5.1.a da verilmiştir.





### 5.2.5- C Katsayıları Tabloları :

#### 5.2.5.1- Üst Kat İçin C Değerleri :

|           | $r_0=0,0$ | $r_0=0,1$ | $r_0=0,2$ | $r_0=0,3$ | $r_0=0,4$ | $r_0=0,5$ | $r_0=0,6$ | $r_0=0,7$ | $r_0=0,8$ | $r_0=0,9$ | $r_0=1,0$ | $r_0=1,1$ |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| $r_u=0,0$ | 1,00      | 0,96      | 0,91      | 0,87      | 0,84      | 0,80      | 0,77      | 0,75      | 0,72      | 0,70      | 0,69      | 0,67      |
| $r_u=0,1$ | 0,88      | 0,82      | 0,77      | 0,72      | 0,68      | 0,65      | 0,62      | 0,60      | 0,58      | 0,56      | 0,55      | 0,53      |
| $r_u=0,2$ | 0,82      | 0,75      | 0,69      | 0,65      | 0,62      | 0,58      | 0,55      | 0,52      | 0,50      | 0,48      | 0,46      | 0,45      |
| $r_u=0,3$ | 0,73      | 0,67      | 0,62      | 0,58      | 0,55      | 0,52      | 0,48      | 0,46      | 0,44      | 0,42      | 0,41      | 0,40      |
| $r_u=0,4$ | 0,65      | 0,60      | 0,55      | 0,52      | 0,48      | 0,45      | 0,42      | 0,40      | 0,38      | 0,36      | 0,35      | 0,34      |
| $r_u=0,5$ | 0,60      | 0,54      | 0,50      | 0,46      | 0,43      | 0,40      | 0,37      | 0,35      | 0,33      | 0,32      | 0,30      | 0,29      |
| $r_u=0,6$ | 0,56      | 0,50      | 0,46      | 0,43      | 0,40      | 0,37      | 0,34      | 0,32      | 0,30      | 0,28      | 0,27      | 0,26      |

Tablo : 5.1

#### 5.2.5.2- Ara Kat İçin C Değerleri :

|           | $r_0=0,0$ | $r_0=0,1$ | $r_0=0,2$ | $r_0=0,3$ | $r_0=0,4$ | $r_0=0,5$ | $r_0=0,6$ | $r_0=0,7$ | $r_0=0,8$ | $r_0=0,9$ | $r_0=1,0$ | $r_0=1,1$ |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| $r_u=0,0$ | 1,00      | 0,95      | 0,89      | 0,85      | 0,82      |           |           |           |           |           |           |           |
| $r_u=0,1$ |           | 0,91      | 0,78      | 0,70      | 0,64      | 0,62      |           |           |           |           |           |           |
| $r_u=0,2$ |           | 0,88      | 0,73      | 0,57      | 0,50      | 0,48      | 0,47      |           |           |           |           |           |
| $r_u=0,3$ |           |           |           | 0,52      | 0,46      | 0,43      | 0,40      | 0,38      | 0,37      |           |           |           |
| $r_u=0,4$ |           |           |           |           | 0,41      | 0,37      | 0,34      | 0,32      | 0,31      | 0,30      | 0,30      |           |
| $r_u=0,5$ |           |           |           |           |           | 0,30      | 0,28      | 0,25      | 0,23      | 0,21      | 0,21      | 0,21      |
| $r_u=0,6$ |           |           |           |           |           |           |           | 0,25      | 0,21      | 0,17      | 0,15      | 0,13      |
| $r_u=0,7$ |           |           |           |           |           |           |           | 0,24      | 0,19      | 0,15      | 0,12      | 0,09      |
| $r_u=0,8$ |           |           |           |           |           |           |           | 0,22      | 0,17      | 0,13      | 0,08      | 0,07      |

Tablo : 5.2

5.2.5.3- Alt Kat İçin C Değerleri :

| Kat<br>sayısı | $r_0=0,0$ | $r_0=0,1$ | $r_0=0,2$ | $r_0=0,3$ | $r_0=0,4$ | $r_0=0,5$ | $r_0=0,6$ | $r_0=0,7$ | $r_0=0,8$ | $r_0=0,9$ | $r_0=1,0$ | $r_0=1,1$ |
|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 2             |           |           |           | 0,95      | 0,82      | 0,73      | 0,66      | 0,61      | 0,57      | 0,53      | 0,49      | 0,47      |
| 3             |           |           |           | 0,91      | 0,78      | 0,70      | 0,62      | 0,57      | 0,52      | 0,48      | 0,45      | 0,42      |
| 4             |           |           |           | 0,88      | 0,75      | 0,67      | 0,59      | 0,54      | 0,48      | 0,44      | 0,41      | 0,37      |
| 5             |           |           | 0,95      | 0,80      | 0,70      | 0,62      | 0,56      | 0,51      | 0,47      | 0,43      | 0,39      | 0,36      |
| 6             |           |           | 0,86      | 0,74      | 0,66      | 0,59      | 0,54      | 0,48      | 0,45      | 0,41      | 0,38      | 0,35      |
| 7             |           |           | 0,83      | 0,71      | 0,62      | 0,55      | 0,49      | 0,43      | 0,39      | 0,35      | 0,31      | 0,28      |
| 8             |           | 0,97      | 0,80      | 0,68      | 0,58      | 0,50      | 0,44      | 0,38      | 0,34      | 0,28      | 0,25      | 0,20      |
| 9             |           | 0,94      | 0,76      | 0,65      | 0,56      | 0,48      | 0,42      | 0,37      | 0,32      | 0,27      | 0,23      | 0,18      |
| 10            |           | 0,90      | 0,74      | 0,63      | 0,54      | 0,46      | 0,40      | 0,35      | 0,30      | 0,25      | 0,20      | 0,16      |

Table : 5.3

ÖRNEK : 1. ve 2. bölümde çözümü verilen çerçevenin kolon kesme kuvvetleri bu kez de 5. bölümde verilen kat-sayılarla yapılacaktır.

Çözümde Çakıroğlu-Özmen Metodundaki rotasyonlar kullanılacaktır.

| Kat-lar | Notasyon  | A Aksı | B Aksı | C Aksı | D Aksı | $\Sigma T$<br>$\Sigma D$                              |
|---------|-----------|--------|--------|--------|--------|-------------------------------------------------------|
| 1. Kat  | $r_o$     | 0,19   | 0,09   | 0,08   | 0,15   | $\Sigma T=5,14$<br>$\Sigma \bar{I}=7,40$              |
|         | $r_u$     | 0,13   | 0,07   | 0,07   | 0,11   |                                                       |
|         | C         | 0,74   | 0,87   | 0,88   | 0,77   |                                                       |
|         | $\bar{D}$ | 1,27   | 2,39   | 2,42   | 1,32   |                                                       |
|         | T         | 0,88   | 1,66   | 1,68   | 0,92   |                                                       |
| 2. Kat  | $r_o$     | 0,38   | 0,23   | 0,22   | 0,32   | $\Sigma T=5,14+5,15=10,29$<br>$\Sigma \bar{I}=15,83$  |
|         | $r_u$     | 0,21   | 0,18   | 0,17   | 0,19   |                                                       |
|         | C         | 0,51   | 0,70   | 0,72   | 0,58   |                                                       |
|         | $\bar{D}$ | 2,09   | 5,60   | 5,76   | 2,38   |                                                       |
|         | T         | 1,36   | 3,64   | 3,74   | 1,55   |                                                       |
| 3. Kat  | $r_o$     | 0,81   | 0,35   | 0,33   | 0,69   | $\Sigma T=10,29+3,68=13,97$<br>$\Sigma \bar{I}=20,37$ |
|         | $r_u$     | 0,45   | 0,26   | 0,25   | 0,41   |                                                       |
|         | C         | 0,27   | 0,51   | 0,52   | 0,31   |                                                       |
|         | $\bar{D}$ | 2,86   | 7,04   | 7,18   | 3,29   |                                                       |
|         | T         | 1,96   | 4,83   | 4,92   | 2,26   |                                                       |
| 4. Kat  | $r_o$     | 0,74   | 0,48   | 0,46   | 0,67   | $\Sigma T=13,97+2,46=16,43$<br>$\Sigma \bar{I}=45,56$ |
|         | $r_u$     | 0      | 0      | 0      | 0      |                                                       |
|         | C         | 0,51   | 0,68   | 0,70   | 0,55   |                                                       |
|         | $\bar{D}$ | 7,45   | 14,82  | 15,26  | 8,03   |                                                       |
|         | T         | 2,69   | 5,34   | 5,50   | 2,90   |                                                       |

5.2.6- Örnek Çerçeve Kolon Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması :

| Kat | Aks | Kani | Muto  | Çakıroğlu | Aydın | Çalışma sonucu |
|-----|-----|------|-------|-----------|-------|----------------|
| 1   | A   | 0,87 | 0,879 | 0,86      | 0,88  | 0,88           |
|     | B   | 1,67 | 1,655 | 1,68      | 1,66  | 1,66           |
|     | C   | 1,68 | 1,670 | 1,68      | 1,68  | 1,68           |
|     | D   | 0,92 | 0,936 | 0,92      | 0,93  | 0,92           |
| 2   | A   | 1,23 | 1,451 | 1,52      | 1,48  | 1,36           |
|     | B   | 3,72 | 3,581 | 3,53      | 3,56  | 3,64           |
|     | C   | 3,90 | 3,663 | 3,59      | 3,64  | 3,74           |
|     | D   | 1,43 | 1,595 | 1,65      | 1,61  | 1,55           |
| 3   | A   | 2,00 | 2,026 | 1,70      | 2,07  | 1,96           |
|     | B   | 4,79 | 4,722 | 4,98      | 4,68  | 4,83           |
|     | C   | 4,91 | 4,876 | 5,17      | 4,86  | 4,92           |
|     | D   | 2,24 | 2,346 | 2,12      | 2,36  | 2,26           |
| 4   | A   | 2,58 | 2,711 | 2,91      | 2,75  | 2,69           |
|     | B   | 5,47 | 5,340 | 5,21      | 5,34  | 5,34           |
|     | C   | 5,54 | 5,471 | 5,29      | 5,42  | 5,50           |
|     | D   | 2,82 | 2,908 | 3,02      | 2,92  | 2,90           |

## 6- SONUÇ :

Deprem kuşakları üzerinde bulunan ülkemizde yapıların yatay yükler altındaki davranışlarının bilinmesi yapı mühendisliği bakımından oldukça önemli olmaktadır.

Çalışmada önce kesin çözüm metodlarından bahsedilmiş ve bu amaçla "Açı Metodu" ile "Kani Metodu" incelenmiştir.

Sonra, döşemeleri sonsuz rijit, lineer elastik malzemeden yapılmış çerçeveli sistemlerin, kat seviyelerinde tesir eden ve burulma meydana getirmeyen yatay yüklere göre hesabı için bazı kabuller altında geliştirilen yaklaşık metodlardan bahsedilmiş ve bu amaçla da "Muto, Çakıroğlu-Özmen ve Aydın Metodları" incelenmiştir.

Çözümü verilen sayısal örnekte de görüldüğü üzere, yaklaşık metodlarla elde edilen sonuçlar kabul edilebilir hata sınırları içinde kalmaktadır. Ayrıca yatay yüklerin kabullerindeki yaklaşıklık miktarı, metodların yaklaşıklığının çok üstündedir. Bu nedenlerle kesin çözümler yerine yaklaşık çözümler yapılması, önemli sayılabacak zaman tasarrufu sağlayacaktır.

Çalışmanın bundan sonraki bölümünde geliştirilen bilgisayar programı ile, çok sayıda değişik özellikteki çerçevelerin yatay yükler altındaki kat deplasmanları hesaplanmış ve kat kesme kuvveti ile kat deplasmanı arasındaki ilişkinin lineer olduğu görülmüştür. Bu ilişki özellikle rüzgar ve deprem yüklerinde daha belirgin olmaktadır.

Daha sonra yine geliştirilen bir bilgisayar programı ile aynı çerçevelerin aynı yükler altındaki kolon kesme kuvvetleri hesaplanmış ve kolon kesme kuvvetleri ile kat deplasmanı arasındaki ilişkinin de lineer olduğu görülmüştür.

Çalışmada son olarak elde edilen sonuçlara göre kat kesme kuvvetinin kolonlara dağıtılması için gerekli katsayıları veren diyagramlar çizilmiş; ayrıca uygulamada kolaylık sağlayacağı umulan katsayılar tablolar halinde düzenlenmiştir.

Önceki bölümde çözümü verilen çerçeve, bu kez de çalışmanın sonucu olarak elde edilen katsayılarla çözülmüş ve kolon kesme kuvvetleri bulunmuştur. Yapılan karşılaştırma da varılan sonucun kesin değerlere daha yakın olduğu görülmüştür.

R E F E R A N S L A R

- (1) ÇAKIROĞLU, A. et ÖZMEN, G. : "Calcul des portiques a etages soumis a des charges horizontales", La Technique des Travaux, Sept-Oct. 1961.
  - (2) ÇAKIROĞLU, A. ve ÖZMEN, G. : Çerçeveler ve Boşluklu Perdelerden Oluşan Yapıların Yatay Yüklere Göre Hesabı, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, Teknik Rapor 16, 1973.
  - (3) AYDIN, R. : "Çerçeve Sistemlerin Yatay Yüklere Altında İncelenmesi", Deprem Araştırma Enstitüsü Bülteni 26, 1979.
  - (4) AYDIN, R. : Çerçeve ve Perdelerden Meydana Gelen Sistemlerin Yatay Yüklere Altında Statik Çözümü, Deprem Araştırma Enstitüsü Bülteni 29, 1980.
  - (5) MUTO, K., Çev.TÜREL, Y. : Betonarme Yapıların Sismik Analizi ve Depreme Karşı Hesap Metodları, Ankara 1965.
  - (6) AYDIN, R. : Yapı Statiği (Hiperstatik Sistemler), Eskişehir 1982.
  - (7) CHU-KIA WANG, Çev.(TANRIKULU, M, K ) : Yapı Statiği (Hiperstatik), Güven Kitabevi, 1974.
  - (8) ÇELEBİ, M. : Örneklerle Hiperstatik Çözüme Giriş, O.D.T.Ü. 1975.
  - (9) ÇAKIROĞLU, A. : Hiperstatik Sistemlerin Hesap Metodları, İ.T.Ü. 1974.
  - (10) ÇAKIROĞLU, A. ve ÇETMELİ, E. : Yapı Statiği Cilt:II, İ.T.Ü. 1976.
  - (11) HEİDE, H., Çev.POLAT, Z. ve KANTAR, F. : Pratik Statik, Uluğ Kitabevi, 1974.
  - (12) ÇETMELİ E. : Çubuk Sistemler Plaklar ve Kabukların Hesabı İçin Tablolar, Uluğ Kitabevi, 1974.
  - (13) AÖKSAL, Aloba B. : İstatistik, Çağlayan Kitabevi, 1980.
-

# EK:1

```

10 REM      "BU PROGRAM BETONARME CERCEVE RIJITLIK MATRISINI VERIR"
20 REM      "J1=KOLON ATALET MOMENTI(DM4), L1=KAT YUKSEKLİKLERİ(DM)"
30 REM      "J2=KIRIS ATALET MOMENTI(DM4), L2=ACIKLIKLER(DM)"
40 REM      "M=ACIKLIK SAYISI,N=KAT SAYISI,D=DUGUM NOKTASI SAYISI"
50 READ M,N
60 M1=M+1
70 D=N*M1
80 DIM J1(N,M1),J2(N,M),L1(N,1),L2(1,M),P(N,1)
90 DIM K1(N,N),K2(D,N),K3(N,D),K4(D,D),K5(D,D),K6(N,D),K7(N,N)
100 DIM E(N,N),K(N,N),U(N,1),S(N,1)
110 MAT READ J1,J2,L1,L2,P
120 MAT K1=(0)
130 MAT K2=(0)
140 MAT K4=(0)
150 FOR I=1 TO N
160 T=0
170 FOR J=1 TO M1
180 T=T+J1(I,J)
190 NEXT J
200 S(I,1)=T
210 NEXT I
220 FOR I=1 TO N
230 IF I=1 THEN 290
240 K1(I,1)=12*(S(I-1,1)/(L1(I-1,1)+3)+S(I,1)/(L1(I,1)+3))
250 K1(I,I-1)=-12*S(I-1,1)/(L1(I-1,1)+3)
260 IF I=N THEN 320
270 K1(I,I+1)=-12*S(I,1)/(L1(I,1)+3)
280 GOTO 310
290 K1(I,1)=12*S(I,1)/(L1(I,1)+3)
300 K1(I,I+1)=-12*S(I,1)/(L1(I,1)+3)
310 NEXT I
320 FOR I=1 TO M1
330 K2(I,1)=-6*J1(I,1)/(L1(I,1)+2)
340 NEXT I
350 J=1
360 FOR I=M1+1 TO 2*M1
370 K2(I,1)=-6*J1(I,J)/(L1(I,1)+2)
380 J=J+1
390 NEXT I
400 I=1
410 T=2
420 J=1
430 K2(I,T)=6*J1(T-1,J)/(L1(T-1,1)+2)
440 I=I+1
450 J=J+1
460 IF I>(T-1)*M1 THEN LET J=1
470 IF I>(T-1)*M1 THEN LET T=T+1
480 IF T>N GOTO 500
490 GOTO 430
500 T=2

```



```

510 I=(2*M1)+1
520 J=1
530 K2(I,T)=(-6)*J1(T,J)/(L1(T,1)+2)
540 I=I+1
550 J=J+1
560 IF I>(T+1)*M1 THEN LET J=1
570 IF I>(T+1)*M1 THEN LET T=T+1
580 IF T=N GOTO 600
590 GOTO 530
600 T=2
610 I=M1+1
620 K2(I,T)=K2(I-M1,T)+K2(I+M1,T)
630 I=I+1
640 IF I>T*M1 THEN LET T=T+1
650 IF T=N GOTO 670
660 GOTO 620
670 T=N
680 J=1
690 I=D-M
700 K2(I,T)=K2(I-M1,T)-6*J1(N,J)/(L1(N,1)+2)
710 I=I+1
720 J=J+1
730 IF I>D GOTO 750
740 GOTO 700
750 I=M1+1
760 T=1
770 K4(I,1)=4*(J1(T,1)/L1(T,1)+J2(T+1,1)/L2(1,1)+J1(T+1,1)/L1(T+1,1))
780 K4(I-M1,1)=2*J1(T,1)/L1(T,1)
790 K4(I+1,1)=2*J2(T+1,1)/L2(1,1)
800 IF I=D-M GOTO 820
810 K4(I+M1,1)=2*J1(T+1,1)/L1(T+1,1)
820 I=I+M1
830 T=T+1
840 IF I>(D-M) GOTO 860
850 GOTO 770
860 I=2*M1
870 T=1
880 K4(I,1)=4*(J1(T,M1)/L1(T,1)+J2(T+1,M1)/L2(1,M1)+J1(T+1,M1)/L1(T+1,1))
890 K4(I-M1,1)=2*J1(T,M1)/L1(T,1)
900 K4(I+1,1)=2*J2(T+1,M1)/L2(1,M1)
910 IF I=D GOTO 930
920 K4(I+M1,1)=2*J1(T+1,M1)/L1(T+1,1)
930 I=I+M1
940 T=T+1
950 IF I>D GOTO 970
960 GOTO 880
970 K4(1,1)=4*(J1(1,1)/L1(1,1)+J2(1,1)/L2(1,1))
980 K4(2,1)=2*J2(1,1)/L2(1,1)
990 K4(M1+1,1)=2*J1(1,1)/L1(1,1)
1000 K4(M1,M1)=4*(J2(1,M1)/L2(1,M1)+J1(1,M1)/L1(1,1))

```

```

1010 K4(M1-1,M1)=2*J2(1,M)/L2(1,M)
1020 K4(2*M1,M1)=2*J1(1,M1)/L1(1,1)
1030 IF M=1 GOTO 1310
1040 T=1
1050 I=2
1060 K4(I,1)=4*(J2(1,T)/L2(1,T)+J2(1,T+1)/L2(1,T+1)+J1(1,T+1)/L1(1,1)
1070 K4(I-1,1)=2*J2(1,T)/L2(1,T)
1080 K4(I+1,1)=2*J2(1,T+1)/L2(1,T+1)
1090 K4(I+M1,1)=2*J1(1,T+1)/L1(1,1)
1100 I=I+1
1110 T=T+1
1120 IF I=M1 GOTO 1140
1130 GOTO 1060
1140 I=2+M1
1150 N=2
1160 T=1
1170 K4(I,1)=4*(J2(N,T)/L2(1,T)+J1(N-1,T+1)/L1(N-1,1)
1180 K4(I,1)=K4(I,1)+4*(J2(N,T+1)/L2(1,T+1)+J1(N,T+1)/L1(N,1)
1190 K4(I-1,1)=2*J2(N,T)/L2(1,T)
1200 K4(I-M1,1)=2*J1(N-1,T+1)/L1(N-1,1)
1210 K4(I+1,1)=2*J2(N,T+1)/L2(1,T+1)
1220 IF I>(D-M) GOTO 1240
1230 K4(I+M1,1)=2*J1(N,T+1)/L1(N,1)
1240 T=T+1
1250 I=I+1
1260 IF I=D GOTO 1310
1270 IF I>(N*M1-1) THEN LET T=1
1280 IF I>(N*M1-1) THEN LET I=N*M1+2
1290 IF T=1 THEN LET N=N+1
1300 GOTO 1170
1310 MAT K2=(.21E3)*K2
1320 MAT K3=TRN(K2)
1330 MAT K4=(.21E3)*K4
1340 MAT K4=DET
1350 IF K4(0,0)=0 GOTO 1600
1360 MAT K5=INV(K4)
1370 MAT K6=K3*K5
1380 MAT K7=K6*K2
1390 MAT K1=(.21E3)*K1
1400 MAT K=K1-K7
1410 PRINT "CERCEVENIN K RIJITLIK MATRISI"
1420 PRINT "-----"
1430 PRINT
1440 MAT PRINT K;
1450 MAT K=DET
1460 IF K(0,0)=0 GOTO 1610
1470 MAT E=INV(K)
1480 PRINT
1490 PRINT "CERCEVENIN D ESNEKLIK MATRISI"
1500 PRINT "-----"

```

```

1510 PRINT
1520 MAT PRINT E;
1530 MAT U=E*P
1540 PRINT
1550 PRINT "CERCEVENIN U DEPLASMAN MATRISI"
1560 PRINT "-----"
1570 PRINT
1580 MAT PRINT U;
1590 GOTO 1690
1600 PRINT "(K22)NIN DEGERI SIFIR"
1610 PRINT "(K)NIN DEGERI SIFIR"
1620 DATA 3,4
1630 DATA 5,16,3,25,3,25,5,16,12,3,24,24,12,3,31,8,41,4,41,4
1640 DATA 31,3,65,7,93,1,93,1,65,7
1650 DATA 45,45,45,45,45,45,45,45,45,45,45,45
1660 DATA 30,30,30,45
1670 DATA 50,20,40
1680 DATA 5140,5150,3630,2460
1690 END
BASIC 03-00

```

#### CERCEVENIN K RIJITLIK MATRISI

```

-----
225177 -252544 31209.2 -4348.85
-252544 824000 -681839 123362
31209.2 -681839 .168555E7 -.122859E7
-4348.85 123362 -.122859E7 .198812E7

```

#### CERCEVENIN D ESNEKLIK MATRISI

```

-----
.105862E-4 .58828E-5 .352005E-5 .18334E-5
.58828E-5 .564767E-5 .351115E-5 .18322E-5
.352005E-5 .351115E-5 .326664E-5 .18085E-5
.18334E-5 .18322E-5 .18085E-5 .15109E-5

```

#### CERCEVENIN U DEPLASMAN MATRISI

```

-----
.102174
.767513E-1
.526456E-1
.292316E-1
BASIC 03-00

```

## EK:2

```

10 OPEN "D:\:" AS FILE 1
20 : #1 CHR$(255)
30 : #1
40 REM KAT SAYISININ VE KATTAKI KOLON
50 REM SAYISININ OKUTULMASI
60 READ M,N
70 REM MATRISLERIN BOYUTLANDIRILMASI
80 DIM K(M+1,N),S(M,N+1),P(M),Q(M),H(M+1),L(N-1)
90 DIM F(M+2,N+2),Y(M+1),S(M),Y1(M)
100 DIM C1(M,N),C2(M,N),C3(M,N),C5(M+2,N+2)
110 REM DERDEVE RIJITLIKLERI,YUKLER
120 REM VE ACIKLIKLARIN OKUTULMASI.
130 FOR I1=1 TO M
140   FOR J1=1 TO N
150     READ K(I1,J1)
160   NEXT J1
170 NEXT I1
180 FOR I6=1 TO M
190   F(I6,1)=0
200   F(I6,N+2)=0
210   S(I6,1)=0
220   S(I6,N+1)=0
230 NEXT I6
240 FOR RS=1 TO N
250   F(1,RS)=0
260   F(M+2,RS+1)=0
270   K(M+1,RS)=0
280 NEXT RS
290 FOR I2=1 TO M
300   FOR J2=2 TO N
310     READ S(I2,J2)
320   NEXT J2
330 NEXT I2
340 H(M+1)=1
350 FOR I3=M TO 1 STEP -1
360   READ P(I3)
370 NEXT I3
380 Q(1)=P(1)
390 FOR I7=2 TO M
400   Q(I7)=Q(I7-1)+P(I7)
410 NEXT I7
420 FOR I4=1 TO M
430   READ H(I4)
440 NEXT I4
450 FOR R4=1 TO N-1
460   READ L(R4)
470 NEXT R4
480 REM BASLANGIC DEGERLERININ HESABI
490 FOR I8=1 TO M
500   S(I8)=0

```

TO N

$I = 1 / ((G(I, 15) + G(I, 15+1)) / K(I, 15)) + 1.3333$

$I = 1 - C1(I, 15)$

$I) * K(I, 15) * C3(I, 15) * 12 / H(I)^2$

/S(I)

DO M-1

TO N

$J) = ((G(I-1, J) + G(I-1, J+1)) / K(I, J)) + .667 / (((G(I-1, J) + G(I-1, J+1)) / K(I, J)) + 1.333) * ((G(I, J) + G(I, J+1)) / K(I, J)) + 1.333 - .44$

$J) = ((G(I, J) + G(I, J+1)) / K(I, J)) + .667 / (((G(I-1, J) + G(I-1, J+1)) / K(I, J)) + 1.333) * ((G(I, J) + G(I, J+1)) / K(I, J)) + 1.333 - .444$

$J) = 1 - C1(I, J) - C2(I, J)$

$S(I) * K(I, J) * C3(I, J) * 12 / H(I)^2$

$W(M-1+1) / S(I)$

TO N

$J) = ((G(M-1, J5) + G(M-1, J5+1)) / K(M, J5)) + 1 / (((G(M-1, J5) + G(M-1, J5+1)) / K(M, J5)) + .667) * ((G(M, J5) + G(M, J5+1)) / K(M, J5)) + 2 - .33$

$J) = 1.5 * ((G(M, J5) + G(M, J5+1)) / K(M, J5)) + .333 / (((G(M-1, J5) + G(M-1, J5+1)) / K(M, J5)) + .667) * ((G(M, J5) + G(M, J5+1)) / K(M, J5)) + 2 -$

$J) = 1 - C2(M, J5) - .5 * C1(M, J5)$

$M) * K(M, J5) * C3(M, J5) * 12 / H(M)^2$

/S(M)

DO N

$4+1) = Y(M) * C1(M, J4) / H(M)$

TO M-1

1 TO N

$1, J9+1) = Y(I9) * C1(I9, J9) / H(I9) + Y(I9+1) * C2(I9+1, J9) / H(I9+1)$

TO M

TO M

1 TO N

$S(T5) * K(T5, T6) * 12 / H(T5)^2$

$, T6) = 2 * (G(T5, T6) + G(T5, T6+1) * K(T5, T6) + K(T5+1, T6))$

BYON ISLEMLERI

1 M

TO N

$I) = G(A, B) * F(A+1, B) + G(A, B+1) * F(A+1, B+2) + K(A, B) * F(A, B+1) + K(A+1, B) * F(A+2, B+1)$

$3) = 3 * (K(A, B) * Y(A) / H(A) + K(A+1, B) * Y(A+1) / H(A+1))$

$I, B+1) = (-C3(A, B) + C1(A, B)) / C2(A, B)$

```

1010 FOR J6=1 TO M
1020 P(J6)=0
1030 NEXT J6
1040 FOR T7=1 TO M
1050 FOR T8=1 TO N
1060 P(T7)=P(T7)+(C5(T7,T8+1)+C5(T7+1,T8+1))*K(T7,T8)*G/H(T7)
1070 NEXT T8
1080 NEXT T7
1090 FOR T9=1 TO M
1100 Y1(T9)=(G*(M-T9+1)+P(T9))/S(T9)
1110 NEXT T9
1120 FOR R=1 TO M
1130 FOR R1=1 TO N
1140 IF ABS((C5(R+1,R1+1)-F(R+1,R1+1))/C5(R+1,R1+1)).>.001 GOTO 1190
1150 IF ABS((Y1(R)-Y(R))/Y1(R)).>.001 GOTO 1190
1160 NEXT R1
1170 NEXT R
1180 GOTO 1270
1190 R6=R6+1
1200 FOR R2=1 TO M
1210 FOR R3=1 TO N
1220 F(R2+1,R3+1)=C5(R2+1,R3+1)
1230 Y(R2)=Y1(R2)
1240 NEXT R3
1250 NEXT R2
1260 GOTO 940
1270 PRINT #1 "ITERASYON SAYISI=";R6
1280 PRINT #1
1290 REM UC KUVVETLERI HESABI
1300 FOR A1=1 TO M
1310 FOR B1=1 TO N
1320 C1(A1,B1)=2*K(A1,B1)*(2*C5(A1,B1+1)+C5(A1+1,B1+1)-3*Y1(A1)/H(A1))
1330 C2(A1,B1)=2*K(A1,B1)*(2*C5(A1+1,B1+1)+C5(A1,B1+1)-3*Y1(A1)/H(A1))
1340 NEXT B1
1350 NEXT A1
1360 DIM C3(M,N-1),F(M,N-1)
1370 FOR A2=1 TO M
1380 FOR B2=1 TO N-1
1390 C3(A2,B2)=2*G(A2,B2+1)*(2*C5(A2+1,B2+1)+C5(A2+1,B2+2))
1400 F(A2,B2)=2*G(A2,B2+1)*(2*C5(A2+1,B2+2)+C5(A2+1,B2+1))
1410 NEXT B2
1420 NEXT A2
1430 PRINT #1 "KOLON UC MOMENTLERI"
1440 PRINT #1 "====="
1450 PRINT #1
1460 FOR Q=M TO 1 STEP -1
1470 PRINT #1 Q;" KA1 ";
1480 PRINT #1 " " " ";
1490 FOR O1=1 TO N
1500 PRINT #1 USING "###.###" C2(O,O1);

```

```

1510 NEXT O1
1520 PRINT #1
1530 PRINT #1 " ";
1540 FOR O2=1 TO N
1550 PRINT #1 USING "###.###" C1(O,O2);
1560 NEXT O2
1570 PRINT #1
1580 PRINT #1
1590 PRINT #1
1600 NEXT O
1610 PRINT #1 "KIRIS UC MUMENTLERI"
1620 PRINT #1 "=====
1630 PRINT #1
1640 FOR W=M TO 1 STEP -1
1650 PRINT #1 W;".KAT";
1660 FOR W1=1 TO N-1
1670 PRINT #1 USING "###.###" C3(W,W1);F(W,W1);
1680 PRINT #1 " ";
1690 NEXT W1
1700 PRINT #1
1710 NEXT W
1720 PRINT #1
1730 PRINT #1 "KULON KESICI KUVVETLERI"
1740 PRINT #1 "=====
1750 PRINT #1
1760 FOR A3=1 TO M
1770 FOR B3=1 TO N
1780 C1(A3,B3)=- (C1(A3,B3)+C2(A3,B3))/H(A3)
1790 NEXT B3
1800 NEXT A3
1810 FOR O1=M TO 1 STEP -1
1820 PRINT #1 O1;".KAT ";
1830 FOR O2=1 TO N
1840 PRINT #1 USING "###.###" C1(O1,O2);
1850 NEXT O2
1860 PRINT #1
1870 NEXT O1
1880 PRINT #1
1890 PRINT #1
1900 PRINT #1 "KIRIS KESICI KUVVETLERI"
1910 PRINT #1 "=====
1920 PRINT #1
1930 FOR A4=1 TO M
1940 FOR B4=2 TO N
1950 G(A4,B4)=- (C3(A4,B4-1)+F(A4,B4-1))/L(B4-1)
1960 NEXT B4
1970 NEXT A4
1980 FOR O3=M TO 1 STEP -1
1990 PRINT #1 O3;".KAT ";
2000 FOR O4=2 TO N

```

```

2000 FOR O4=2 TO N
2010 PRINT #1 USING "###.###" B(O3,O4);
2020 NEXT O4
2030 PRINT #1
2040 NEXT O3
2050 FOR I=1 TO N
2060 C1(I,I)=-B(M,I)+B(M,I+1)
2070 NEXT I
2080 FOR I=2 TO M
2090 FOR J=1 TO N
2100 C1(I,J)=C1(I-1,J)-B(M-I+1,J)+B(M-I+1,J+1)
2110 NEXT J
2120 NEXT I
2130 PRINT #1
2140 PRINT #1 "KOLON EKSENEL KUVVETLERİ"
2150 PRINT #1 "=====
2160 PRINT #1
2170 FOR O5=M TO 1 STEP -1
2180 PRINT #1 O5;"KAT
2190 FOR O6=1 TO N
2200 PRINT #1 USING "###.###" C1(M-O5+1,I
2210 NEXT O6
2220 PRINT #1
2230 NEXT O5
2240 DATA 4,6
2250 DATA 14.6,21.8,21.8,14.6,14.6,21.8,21.8,14.6
2260 DATA 10.6,13.8,13.8,10.6,10.6,13.8,13.8,10.6
2270 DATA 4.1,8.8,8.4,4.1,4.1,8.8,8.4,4.1
2280 DATA 1.72,2.75,2.75,1.72,1.72,2.75,2.75,1.72
2290 DATA 9,22.5,11.25,0,9,22.5,0
2300 DATA 9,22.5,11.25,0,9,22.5,11.25
2310 DATA 9,22.5,11.25,0,9,22.5,11.25
2320 DATA 9,22.5,11.25,0,9,22.5,11.25
2330 DATA 4.92,7.35,10.3,10.28
2340 DATA 4.5,3,3,3
2350 DATA 5,2,4,1,5,2,4

```

| Kat sayısı, Kattaki kolon sayısı |
|----------------------------------|
| Kolon k'ları (→ ↑)               |
| Kiriş k'ları (→ ↑)               |
| Yükler (↑)                       |
| Kat yükseklikleri (↑)            |
| Ağırlıklar (→)                   |



UN SAYISI= 5

# C MOMENTLERİ

|        |         |         |        |        |         |         |        |
|--------|---------|---------|--------|--------|---------|---------|--------|
| -1.369 | -2.580  | -2.609  | -1.441 | -1.369 | -2.580  | -2.609  | -1.435 |
| -1.232 | -2.421  | -2.460  | -1.319 | -1.231 | -2.422  | -2.460  | -1.385 |
| -2.094 | -5.741  | -5.902  | -2.328 | -2.096 | -5.725  | -5.943  | -2.432 |
| -1.785 | -5.306  | -5.484  | -2.010 | -1.791 | -5.267  | -5.564  | -2.269 |
| -3.387 | -8.137  | -8.500  | -3.969 | -3.389 | -8.218  | -7.763  | -2.899 |
| -2.621 | -7.433  | -7.822  | -3.224 | -2.596 | -7.701  | -6.142  | -0.018 |
| -4.311 | -10.980 | -11.418 | -4.885 | -4.265 | -11.459 | -8.654  | 0.022  |
| -8.567 | -15.064 | -15.283 | -8.855 | -8.544 | -15.304 | -13.901 | -6.401 |

# D MOMENTLERİ

|       |       |        |        |       |       |       |       |       |       |        |        |       |
|-------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|
| 1.369 | 1.009 | 1.571  | 1.521  | 1.009 | 1.441 | 0.000 | 0.000 | 1.369 | 1.009 | 1.572  | 1.523  | 1.006 |
| 3.326 | 2.769 | 5.393  | 5.258  | 3.104 | 3.647 | 0.000 | 0.000 | 3.327 | 2.766 | 5.382  | 5.252  | 3.150 |
| 5.173 | 4.427 | 9.017  | 8.834  | 5.152 | 5.979 | 0.000 | 0.000 | 5.181 | 4.465 | 9.020  | 8.667  | 4.662 |
| 6.934 | 5.996 | 12.419 | 12.194 | 7.048 | 8.112 | 0.000 | 0.000 | 6.863 | 5.812 | 13.351 | 14.798 | 0.000 |

# İÇİ KUVVETLERİ

|       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0.867 | 1.667 | 1.689 | 0.920 | 0.867 | 1.667 | 1.689 | 0.913 |
| 1.293 | 3.682 | 3.796 | 1.446 | 1.296 | 3.664 | 3.836 | 1.567 |
| 2.003 | 5.190 | 5.441 | 2.398 | 1.995 | 5.306 | 4.635 | 0.972 |
| 2.862 | 5.788 | 5.933 | 3.053 | 2.846 | 5.947 | 5.012 | 1.418 |

# İÇİ KUVVETLERİ

|        |         |        |       |        |         |        |
|--------|---------|--------|-------|--------|---------|--------|
| -0.476 | -1.546  | -0.632 | 0.000 | -0.476 | -1.548  | -0.630 |
| -1.219 | -5.326  | -1.688 | 0.000 | -1.219 | -5.317  | -1.722 |
| -1.920 | -8.925  | -2.783 | 0.000 | -1.929 | -8.844  | -2.457 |
| -2.586 | -12.306 | -4.790 | 0.000 | -2.535 | -14.074 | 0.000  |

# ENEL KUVVETLERİ

|        |         |        |       |        |         |        |       |
|--------|---------|--------|-------|--------|---------|--------|-------|
| -0.476 | -1.070  | 0.914  | 0.632 | -0.476 | -1.072  | 0.917  | 0.630 |
| -1.695 | -5.177  | 4.352  | 2.320 | -1.694 | -5.170  | 4.512  | 2.352 |
| -3.615 | -12.182 | 10.694 | 5.183 | -3.623 | -12.085 | 10.698 | 4.810 |
| -6.201 | -21.903 | 19.211 | 8.893 | -6.158 | -23.624 | 24.973 | 4.810 |