

# BETONARME TEMELLER

## SÜREKLİ KOLON TEMELLERİ

**Prof. Dr. Cengiz DÜNDAR**

## SÜREKLİ KOLON TEMELLERİ

Kolon yüklerinin büyük ve/veya kolonların sık olduğu ve/veya zeminin zayıf olduğu durumlarda kolonların temeli çakışabilir. Bu gibi durumlarda bir sıradaki kolonlar birleştirilerek şerit şeklinde bir sürekli temel oluşturulabilir. Sürekli temel değişik nitelik gösteren zeminlerde farklı oturmayı engellemek için de iyi bir çözümdür.

Temel deformasyonu zeminden gelen yüklere, zemin gerilmeleri de temelin deformasyonuna bağlı olduğundan, çözümün basit olmayacağı açıktır.

Temeli elastik zemine oturan bir kiriş gibi çözmek mümkündür. Ancak çözümün doğruluğu zemin yatak katsayısının doğruluğuna bağlıdır. Ayrıca zeminin doğrusal elastik yaylar ile temsili tam olarak doğru değildir.



Daha basit bir çözüm temeli tam rijit varsayarak yapılan çözümdür. Bu varsayımda temel deformasyonu, zemininkine oranla küçük olduğundan ihmal edilebilir.

Bu tür çözümlerde önce bileşik temelde yapıldığı gibi, kolonlardan gelen zorlamaların bileşkesinin etkidiği nokta ile temelin geometrik merkezi çakıştırılmaya çalışılmalıdır. Zemin gerilmesi düzgün yayılı olabilir. Bu yapılmadığı takdirde zemin dağılımının doğrusal değiştiği varsayılır. (Yamuk Dağılım)

## ACI 436 Komitesi Önerisi

İki komşu açıklığın ortalaması  $\bar{\ell}$  ile gösterilirse;

$\bar{\ell} < 1.75/\lambda$  olduğu durumlarda temelin rijit varsayılabileceği belirtilmektedir.

Ancak komşu açıklıklar arasındaki farkın %20'den fazla olmaması gerekir.

$$\lambda = \left( \frac{kb}{4E_c I} \right)^{0.25}$$

**I:** Temelin eylemsizlik momenti

**b:** Temel genişliği

**E<sub>c</sub>:** Betonun elastisite modülü

**k:** Zeminle ilgili bir katsayı (t/m<sup>3</sup>),  $k=K_0 S$

**K<sub>0</sub>:** Zemin yatak katsayısı



Kumlu zeminde;

$$s = \left( \frac{b + 1}{2b} \right)^2$$

Killi zeminde;

$$s = \left( \frac{n + 0.5}{1.5n} \right)$$

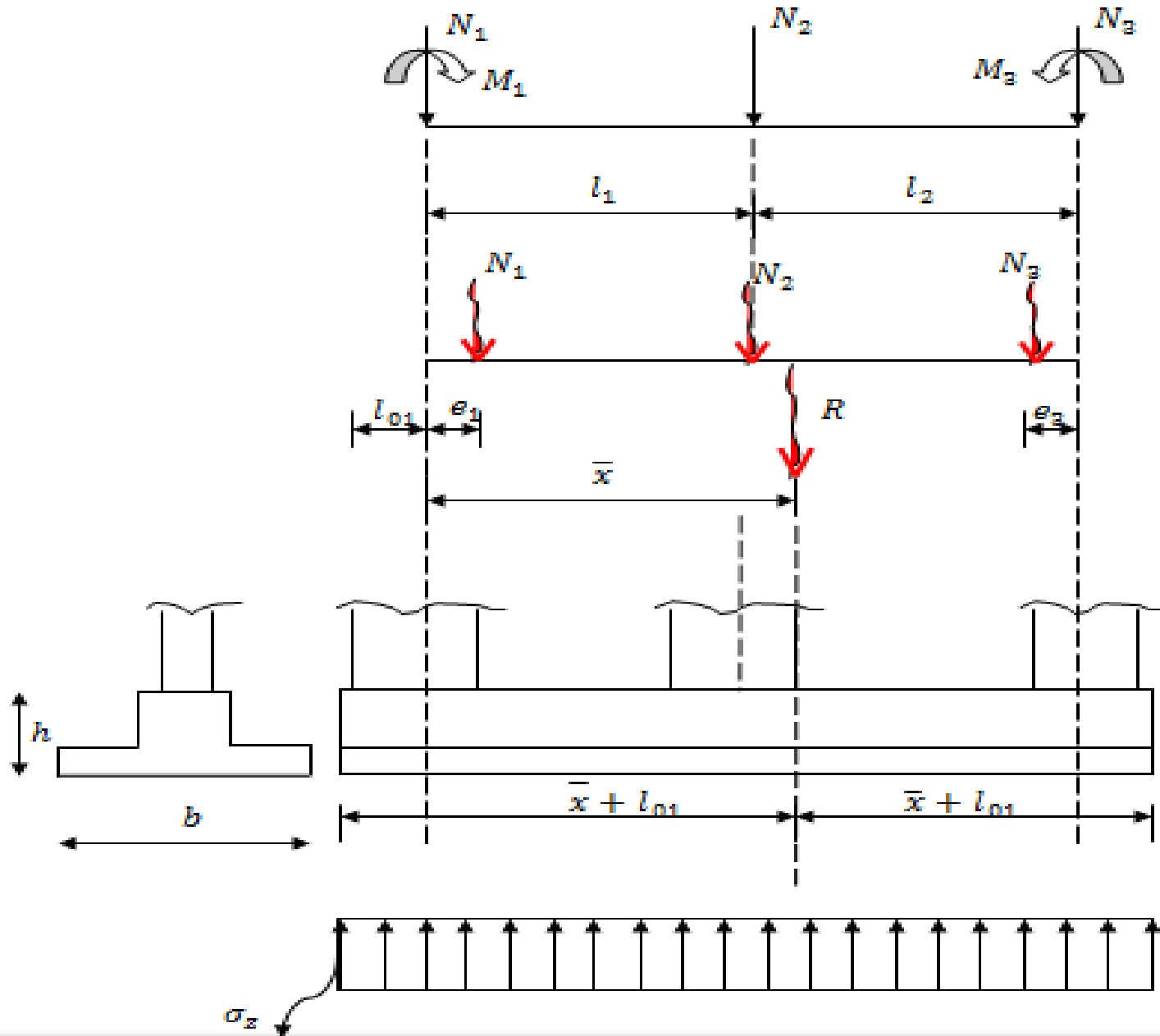
**n:** Temel boyutlarının oranı **n > 1.0**

Uzun temelerde; **(n → ∞)** **S = 0.67** alınır.

## ÇEŞİTLİ ZEMİN TÜRLERİ İÇİN YAKLAŞIK $K_0$ DEĞERLERİ

ZEMİN TÜRÜ	$K_0$ (t/m <sup>3</sup> )
Balçık, Turba	<200
Kil, plastik	500-1000
Kil, yarı sert	1000-1500
Kil, sert	1500-3000
Dolma toprak	1000-2000
Kum, gevşek	1000-2000
Kum, orta sıkı	2000-5000
Kum, sıkı	5000-10000
Kum-çakıl, sıkı	10000-15000
Sağlam şist	>50000
Kaya	>200000

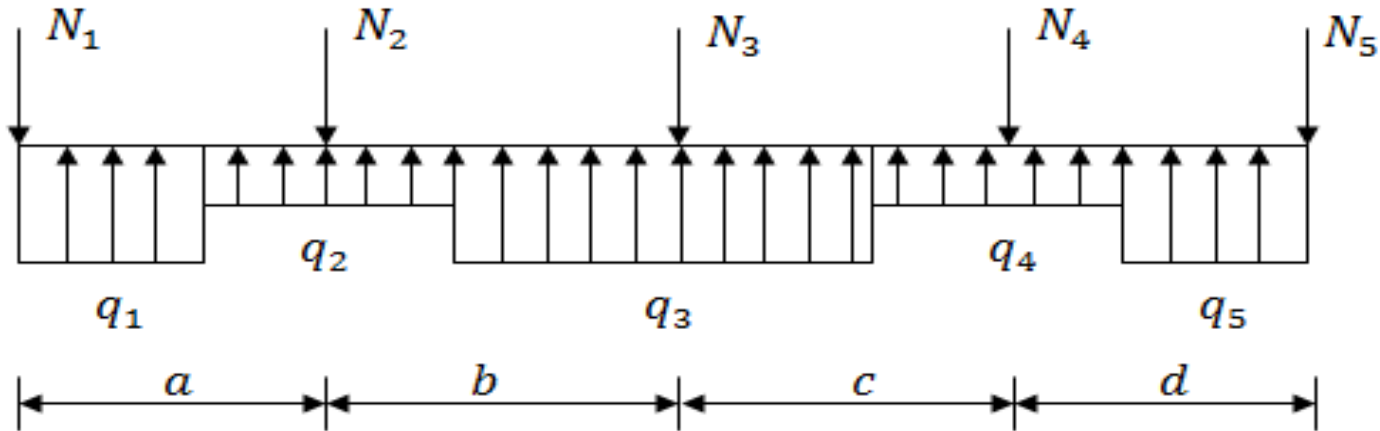




$\bar{\ell} < 1.75/\lambda$  koşulu sağlanamadığı durumlarda temel esnek kabul edilerek çözüm yapılmalıdır. Elastik zemine oturan kiriş teorisi bu gibi durumlar için uygundur.

### BASİT YÖNTEM (YAKLAŞIK)

Her kolon altında ayrı düzgün yayılı zemin gerilmesi hesaplanarak yapılabilir.





$$q_1 = \frac{N_1}{a/2}$$

$$q_2 = \frac{N_2}{(a + b)/2}$$

$$q_3 = \frac{N_3}{(b + c)/2}$$

$$q_4 = \frac{N_4}{(c + d)/2}$$

$$q_5 = \frac{N_5}{d/2}$$

Bu yükler esas alınarak momentler bulunur. Daha sonra yük ve momentlerden de kesme kuvvetleri bulunur.

$V_d < V_{cr}$  olmalıdır.

Bir engel yoksa kenar açıklıklarda temel en dıştaki kolonun dışına taşırılmalıdır. Böylece oluşan konsol kenar açıklıklardaki açıklık momentini azaltacaktır.

Konsol boyu  $\ell/4$  veya  $\ell/5$  alınabilir.

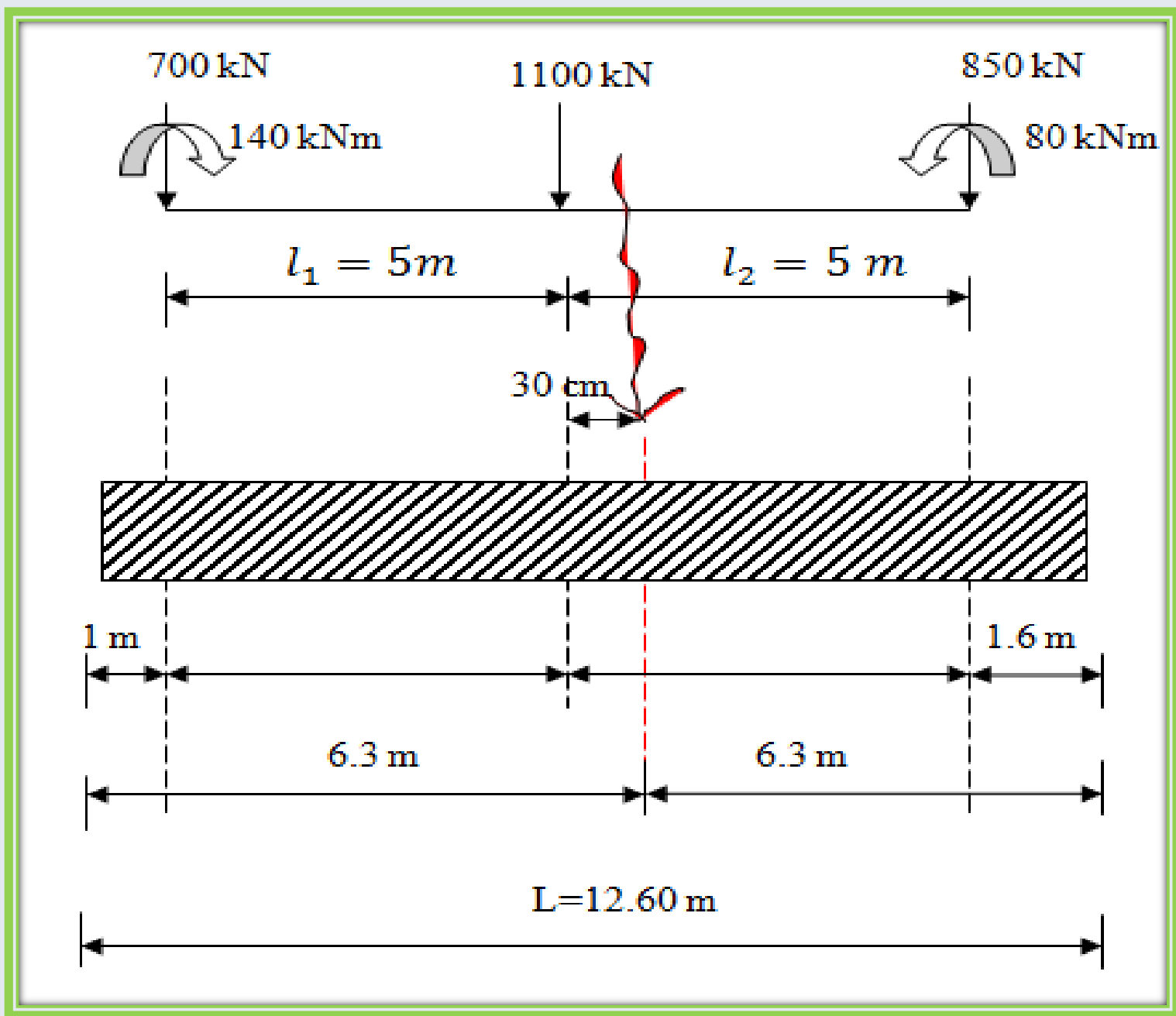
**Bilinen:** C20 S220

$$\sigma_{zem} = 200 \text{ kN/m}^2$$

Zemin: yarı sert kil

Kolonlar: 30x40 (temel eksenine yönünde 40 cm)

**İstenen:** Sürekli temel boyutları ve donatısı



## ÖN TASARIM

$$f_{zu} = 1.5 * \sigma_{zem} = 1.5 * 200 = 300 \text{ kN/m}^2$$

$$R = 700 + 1100 + 850 = 2650 \text{ kN}$$

A kolonu etrafında moment alınırsa;

$$\bar{x} = \frac{140 + 1100 * 5 + 850 * 10 - 80}{2650}$$

$$\bar{x} = 5.3 \text{ m}$$

A kolonunun eksenine göre  $\ell/5 = 5/5 = 1.0 \text{ m}$  konsol çıkılırsa temelin yarı uzunluğu

$$5.3 + 1.0 = 6.3 \text{ m olur.}$$

Temel boyu;

$$L = 2 * 6.3 = 12.6 \text{ m olur.}$$

Temel genişliği;

$$b > \frac{\sum N}{L * f_{zu}} = \frac{2650}{12.6 * 300} = 0.7 \text{ m}$$

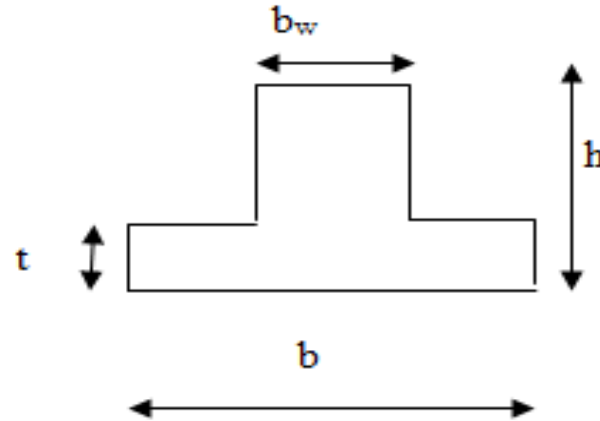
Seçilen;  $b=80 \text{ cm}$

Temel kiriş genişliği;

$b_w=50 \text{ cm}$  ve

Tabla kalınlığı;

$t=20 \text{ cm}$  varsayılacaktır.



Zemin gerilmesi;

$$\sigma_z = \frac{\sum N_d}{12.6 * 0.8} = 263 \text{ kN/m}^2$$

Temel kiriş derinliği;

$h=100$  cm varsayılırsa  $d=95$  cm

$$f_{zn} = f_{zu} - 18 h = 300 - 18 * 1.0 = 282 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_z < f_{zn}$$

## KESİN TASARIM

Elde edilen temel boyutlarından temelin rijit olduğu açıktır. Ancak izlenecek yolu göstermek amacıyla kontrol yapılacaktır. Zemin yarı sert kil olduğu için  $K_0=1500 \text{ t/m}^3$  (Çizelge) ← 6

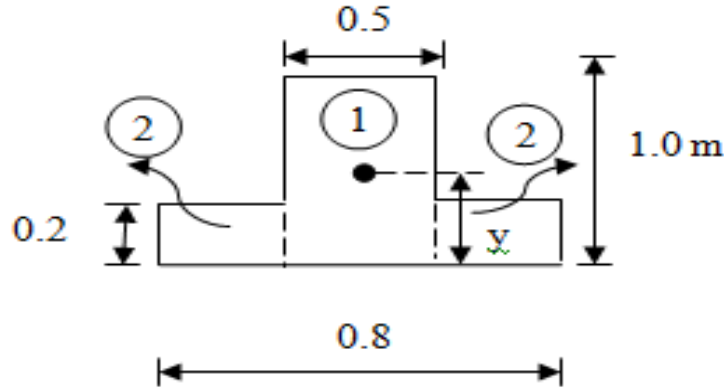
Temel boyutları oranı;

$$n = \frac{12.6}{0.8} = 15.8$$

$$S = \left( \frac{n + 0.5}{1.5n} \right) = 0.69$$

$$k = S K_0 = 0.69 * 1500 = 1035 \frac{\text{t}}{\text{m}^3} = 10350 \text{ kN/m}^3$$

Temel ters T olduğundan ağırlık merkezinin tabandan uzaklığı



$$y = \frac{1.0 * 0.5 * 0.5 + 0.3 * 0.2 * 0.1}{0.5 + 0.06} = 0.46 \text{ m}$$

Ağırlık merkezi etrafında eylemsizlik momenti

$$I = 0.5 \frac{(1.0)^3}{12} + 0.5 (0.04)^2 + 0.3 \frac{(0.2)^3}{12} + 0.06 (0.36)^2$$

$$= 0.0506 \text{ m}^4$$

$$E_c = 28000 \text{ N/mm}^2 = 2.8 \times 10^7 \text{ kN/m}^2$$

$$k = 10350 \text{ kN/m}^3 \quad E_c I = 2.8 \times 10^7 \times 0.0506 = 1416.8 \text{ kNm}^2$$



$$\lambda = \left( \frac{kb}{4E_c I} \right)^{0.25} = \left( \frac{10350 * 0.8}{4 * 2.8 * 10^7 * 0.0506} \right)^{0.25}$$
$$= (1.461 * 10^{-3})^{0.25} = 0.196 / m$$

$$1.75/\lambda = \frac{1.75}{0.196} = 8.9 \text{ m}$$

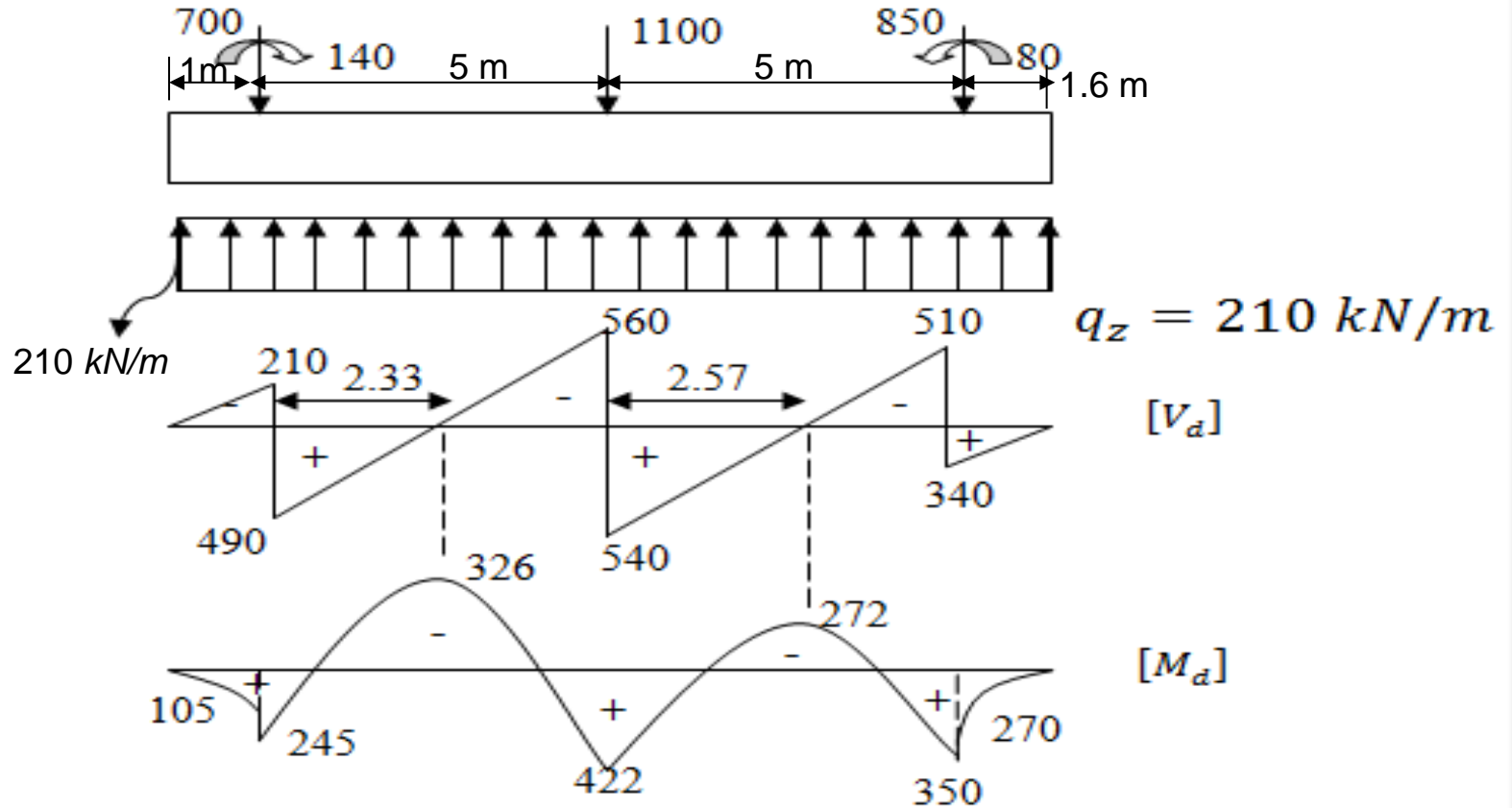
$$\bar{l} = \frac{5+5}{2} = 5 \text{ m}$$

$$\bar{l} < 1.75/\lambda$$

Temel rijittir.

1 m boya düşen zemin gerilmesi;

$$q_z = \frac{\sum N_d}{L} = \frac{2650}{12.6} = 210 \text{ kN/m}$$



## KESME

$$\max V_d = 560 \text{ kN}$$

Kolon yüzünden  $d$  uzaklığında

$$V_d = V_d - q_z \left( \frac{a}{2} + d \right) = 560 - 210(0.20 + 0.95) = 318 \text{ kN}$$

$$V_{cr} = 0.65 f_{ctd} b_w d = 0.65 \times 1.0 \times 10^{-3} \times 500 \times 950 = 308.75 \text{ kN}$$
$$V_d > V_{cr}$$

$V_d > V_{cr}$  aradaki fark fazla olmadığından temel kesit boyutlarını değiştirmeye gerek yoktur.

min etriye

$$\frac{A_{sw}}{s} = 0.3 \frac{b_w f_{ctd}}{f_{ywd}} = 0.3 \frac{500 \times 1}{191} = 0.79 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{V_d - 0.8V_{cr}}{f_{ywd}d} = \frac{318 - 247}{0.191 \times 950} = 0.391 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

min etriye kullanılır.

$$\text{Ø10} \quad s = \frac{2 * 79}{0.79} = 200 \text{ mm}$$

Etriye Ø 10 / 20 cm

## EĞİLME HESABI

Açıklıkta tabla basınç bölgesinde kaldığından kesit tablalı olacak, mesnetlerde ise tabla çekme bölgesinde olduğundan kesit dikdörtgen varsayılacaktır.

$$\text{max mesnet momenti} = 422 \text{ kNm} \quad K_l = \frac{4.95}{13 \times 10^{-3}} = 380 \text{ mm}^2/\text{kN}$$

$$K = \frac{500 * (950)^2}{422 * 10^3} = 1070 \text{ mm}^2/\text{kN} > 380 \text{ mm}^2/\text{kN}$$

$$\text{Kolon yüzünden } \left( M_d - \frac{V \times a}{3} \right)$$

$$M'_{dA} = 245 - \left( \frac{490 * 0.4}{3} \right) = 180 \text{ kNm}$$

$$M'_{dB} = 422 - \left( \frac{560 * 0.4}{3} \right) = 350 \text{ kNm}$$

$$M'_{dC} = 350 - \left( \frac{510 * 0.4}{3} \right) = 282 \text{ kNm}$$

## Sol Açıklık

$$\min A_s = 0.8 \frac{f_{ctd}}{f_{yd}} b_w d = 0.8 * \frac{1.0}{191} * 500 * 950$$

$$\min A_s = 1989.5 \text{ mm}^2$$

$$-M_d = 326 \text{ kNm}$$

$$A_s = \frac{326 * 10^6}{191 * 0.9 * 950} = 1996.3 \text{ mm}^2$$

Tablalı kesit  $j = 0.9$

4Ø16 (düz) + 6Ø16 (pilye) (2011 mm<sup>2</sup>)

## Sağ Acıklık

$$-M_d = 272 \text{ kNm} < 326 \text{ kNm}$$

Aynı donatı kullanılacak

$$4\emptyset 16 \text{ (düz)} + 6\emptyset 16 \text{ (pilye)} \quad (2011 \text{ mm}^2)$$

## Mesnet A

$$+M_d = 180 \text{ kNm} (\text{min } A_s = 2238 \text{ mm}^2)$$

<b>Mevcut</b> 6 $\emptyset$ 16 pilye	1206
4 $\emptyset$ 12 düz + montaj	452
	<hr/>
	1658
<b>Ek</b> 3 $\emptyset$ 16 düz	603
	<hr/>
	2261 mm <sup>2</sup>



### Mesnet B

$$+M_d = 350 \text{ kNm} (\text{min } A_s = 2238 \text{ mm}^2)$$

<b>Mevcut</b> 12Ø16 pilye	2413
4Ø12 montaj	452
	<hr/>
	2865 mm <sup>2</sup>

### Mesnet C

$$+M_d = 282 \text{ kNm} (\text{min } A_s = 2238 \text{ mm}^2)$$

$$+A_s = \frac{282 * 10^6}{191 * 0.86 * 950} = 1807 \text{ mm}^2$$

<b>Mevcut</b> 6Ø16 pilye	1206
4Ø12 montaj	452
	<hr/>
	1658 mm <sup>2</sup>

<b>Ek</b> 3Ø16 düz	603
	<hr/>

$$1658 + 603 = 2261 \text{ mm}^2$$



Pabucun alttaki tablasının dışa taşan parçaları bir konsol gibi çalışacaktır.

$$b_w = 100 \text{ cm} \quad h = 20 \text{ cm} \quad d = 15 \text{ cm}$$

$$\sigma_z = 210 \text{ kN/m}^2$$

1 m konsol genişliği için  $q_z = 210 \text{ kN/m}$

konsol açıklığı  $0.8 - 0.5/2 = 0.15 \text{ m}$

$$M_d = \frac{210(0.15)^2}{2} = 2.36 \text{ kNm}$$

$$M_{cr} = \frac{f_{ctf}I}{y} = \frac{2f_{ctd}I}{y}$$

$$I = \frac{100 * (20)^3}{12} = 66666 \text{ cm}^4 \quad y = 10 \text{ cm}$$

$$M_{cr} = (2 * 1.0 * 66666 * 10^4 / 100) 10^{-6} = 13 \text{ kNm}$$

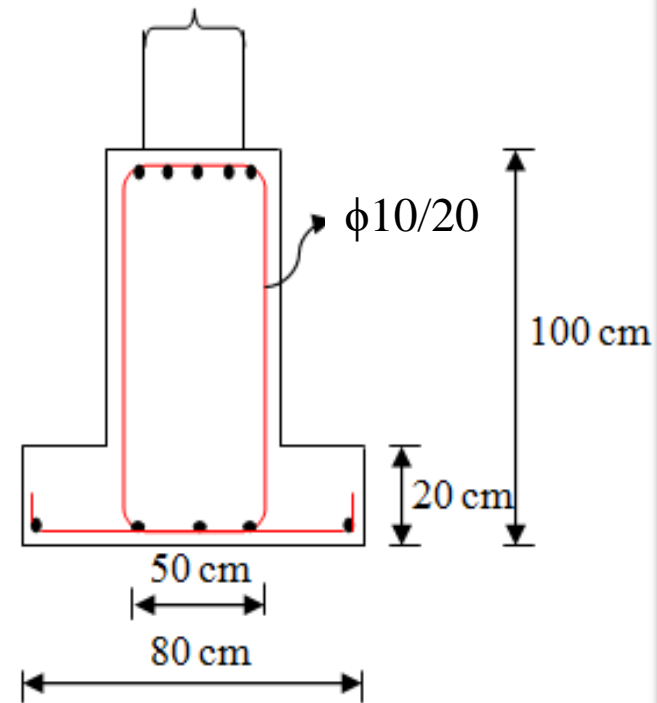
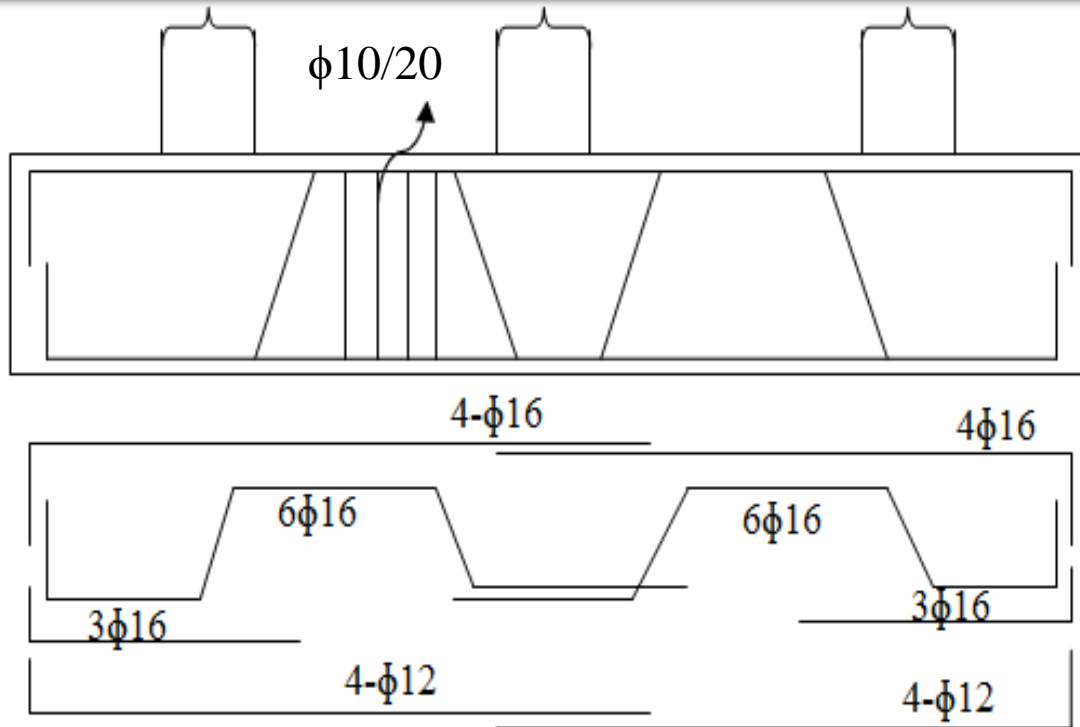
$M_d < M_{cr}$  donatı gerekmez.

$\emptyset 10/20 \text{ cm}$  Etriye kolları tablaya doğru uzatılır

$$V_d = 210 * 0.15 = 31.5 \text{ kN/m}$$

$$V_{cr} = (0.65 * 1.0 * 1000 * 150) * 10^{-3} = 97.5 \text{ kN}$$

b=1 m genişlik  $V_{cr} > V_d$



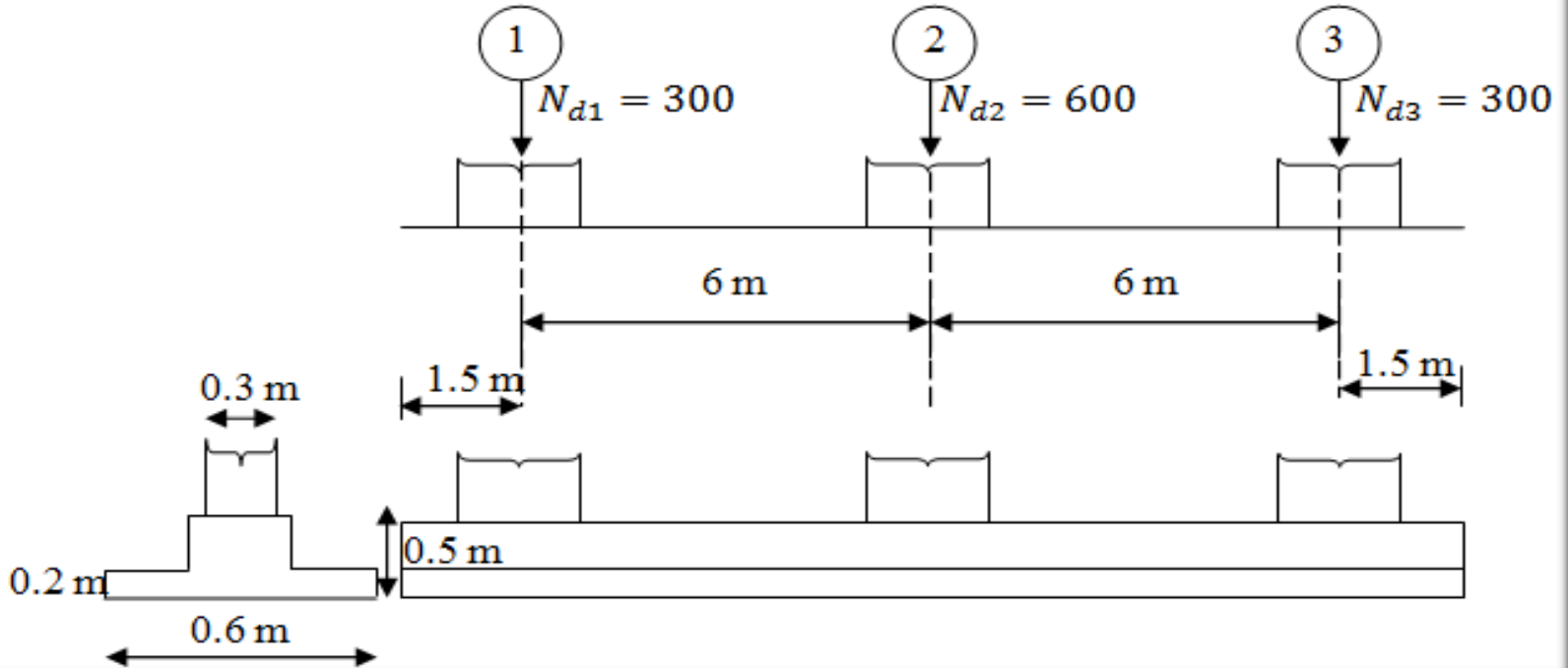
**Bilinen:** Şekilde gösterilen üç kolon (kolon yükleri hesap değerleridir.)

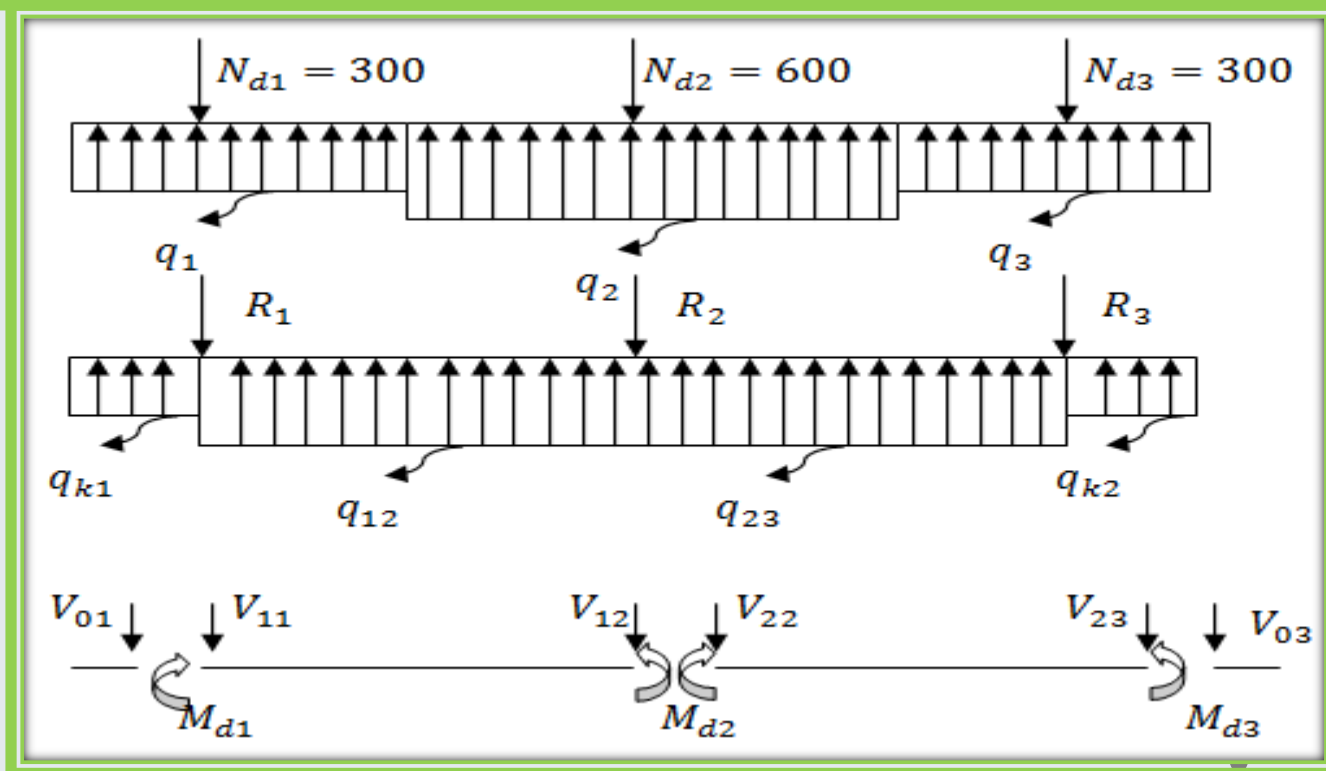
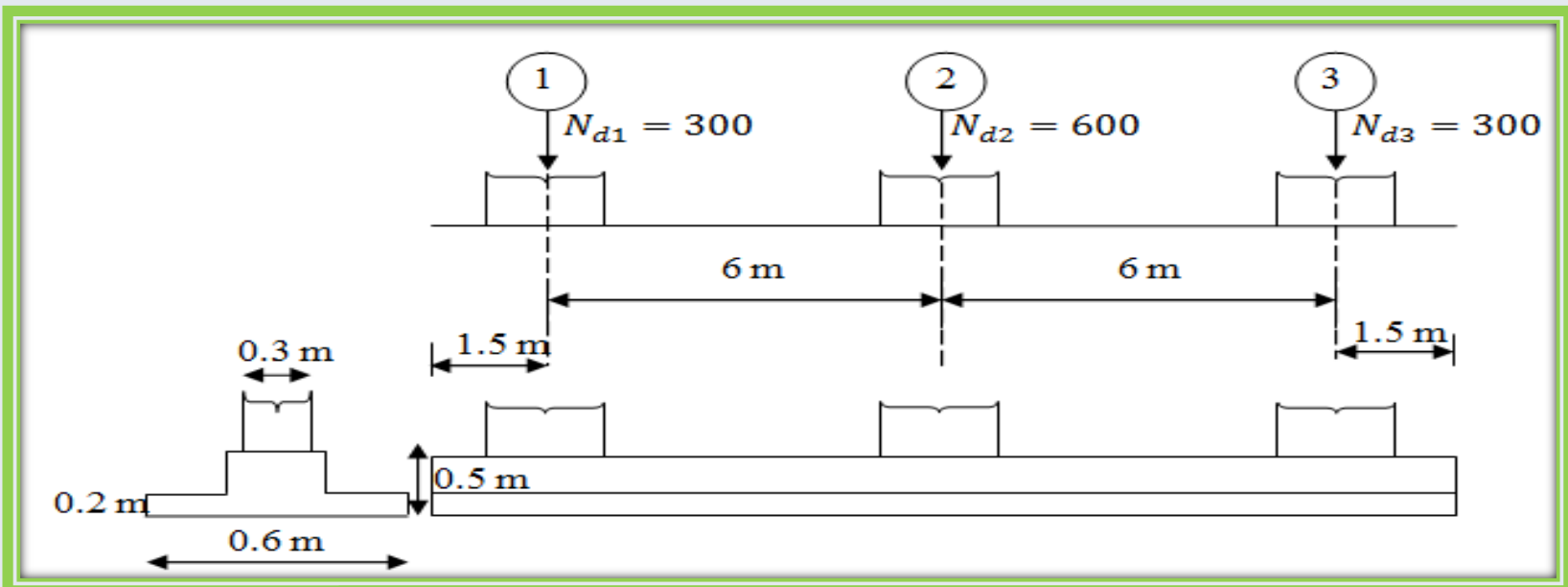
C20 S220

$$\sigma_{zem} = 150 \text{ kN/m}^2$$

Kolonlar: 30x30 cm

**İstenen:** Sürekli temel boyutları ve donatısı





## ÖN TASARIM

$$f_{zu} = 1.5 * \sigma_{zem} = 1.5 * 150 = 225 \text{ kN/m}^2$$

Açıklık momentlerini azaltmak için temelin sağında ve solunda bir konsol bırakmak uygun olur.

Konsol uzunluğu;  $\ell/4=600/4=150$  cm

Bu durumda temel boyu;  $L=15$  m olur  $h=50$  cm ( $d=45$  cm)

Temel genişliği;

Temel kiriş genişliği;

$$b > \frac{\max N_d}{f_{zu} \left( \frac{l_i + l_{i+1}}{2} \right)} = \frac{600}{225 * \frac{15}{2}} = 0.36 \text{ m}$$

$b_w=30$  cm ve

Tabla kalınlığı;

Seçilen;  $b=60$  cm

$t=20$  cm varsayılacaktır.



## KESİN TASARIM

$$K_0 = 1000 \text{ t/m}^3 \text{ (Çizelge-Sert kil)}$$

Temel boyutları oranı;

$$n = \frac{15}{0.6} = 25$$

$$S = \left( \frac{n + 0.5}{1.5n} \right) = \frac{25 + 0.5}{1.5 * 25} = 0.68$$

$$k = S K_0 = 0.68 * 1000 = 680 \text{ t/m}^3 = 6800 \text{ kN/m}^3$$

Kesitin ağırlık merkezi; (tabanda)

$$y = \frac{50 * 30 * 25 + 30 * 20 * 10}{1500 + 600} = 20.7 \text{ cm}$$

## Ağırlık merkezi etrafında eylemsizlik momenti

$$I = 30 \frac{(50)^3}{12} + 1500 (4.3)^2 + 30 \frac{(20)^3}{12} + 600 (10.7)^2$$
$$= 4.29 * 10^5 \text{ cm}^4$$

$$E_c = 28000 \text{ N/mm}^2 = 2.8 \times 10^7 \text{ kN/m}^2 \text{ (C20)}$$

$$k = 6800 \text{ kN/m}^3$$

$$\lambda = \left( \frac{kb}{4E_c I} \right)^{0.25} = \left( \frac{6800 * 0.6}{4 * 2.8 * 10^7 * 42.9 * 10^{-4}} \right)^{0.25} = 0.30 / \text{m}$$

$$1.75 / \lambda = \frac{1.75}{0.30} = 5.83 \text{ m}$$

$$\bar{l} = \frac{6+6}{2} = 6 \text{ m}$$

$$\bar{l} > 1.75 / \lambda$$

Temel esnektir.

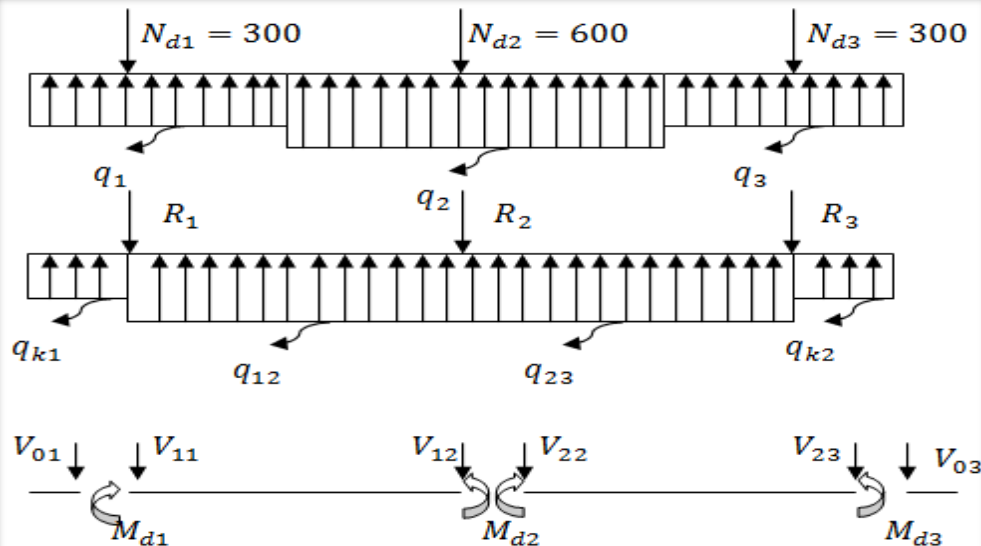
$$q_1 = \frac{300}{1.5 + \frac{6}{2}} = 67 \text{ kN/m} = q_3$$

$$q_2 = \frac{600}{(6 + 6)/2} = 100 \text{ kN/m}$$

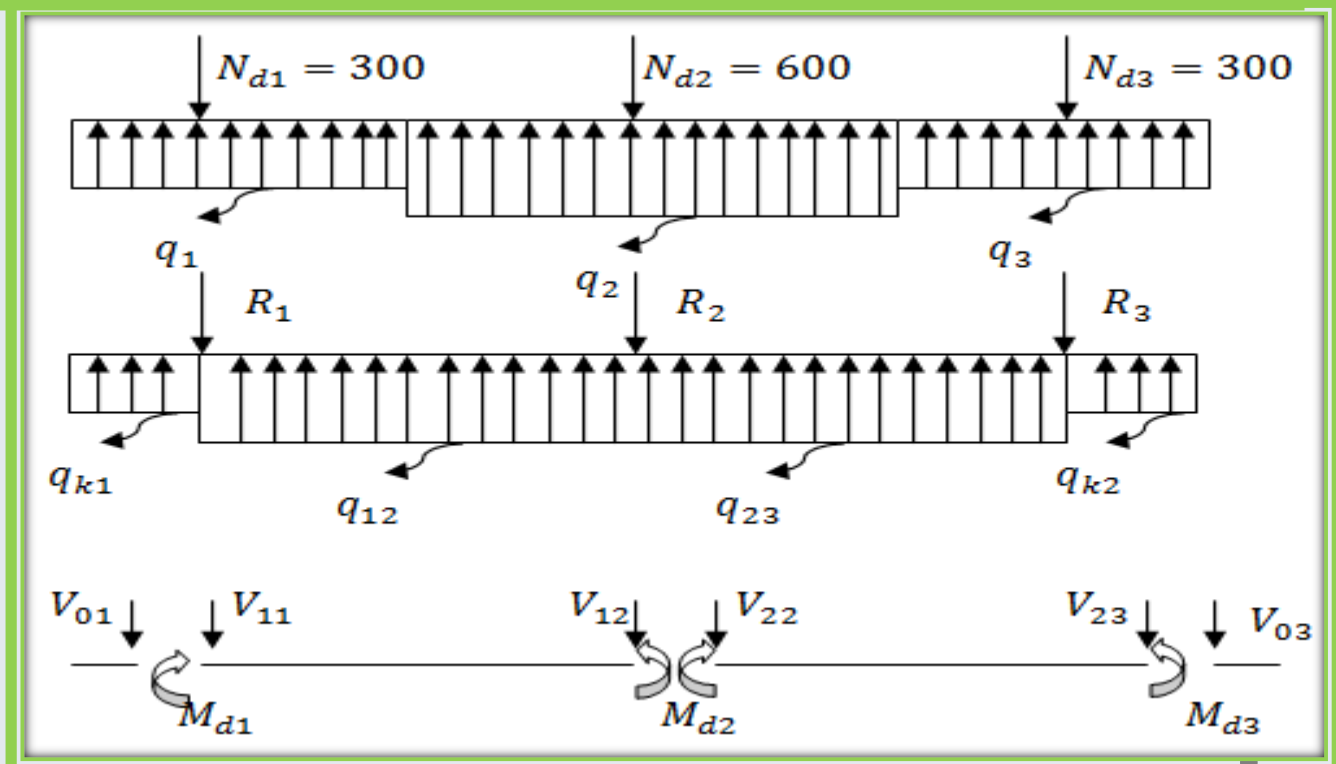
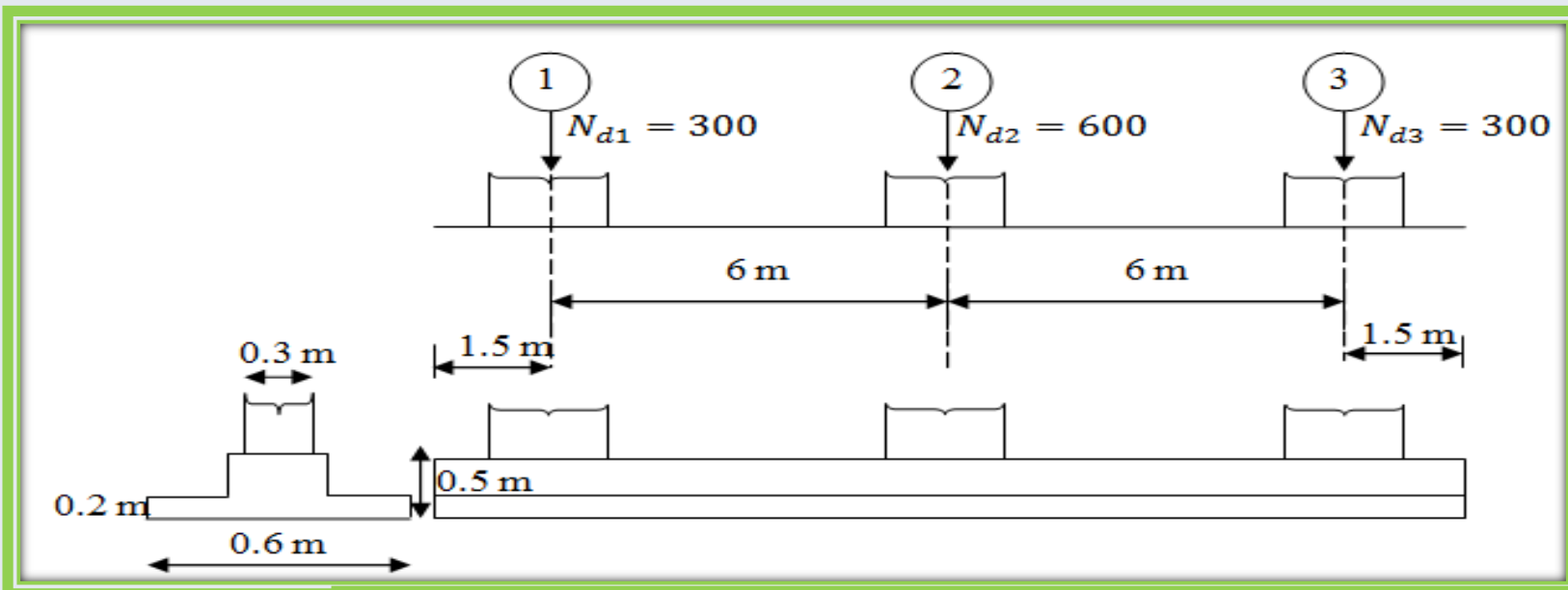
Açıklıklarda düzgün yayılı yük elde etmek için;

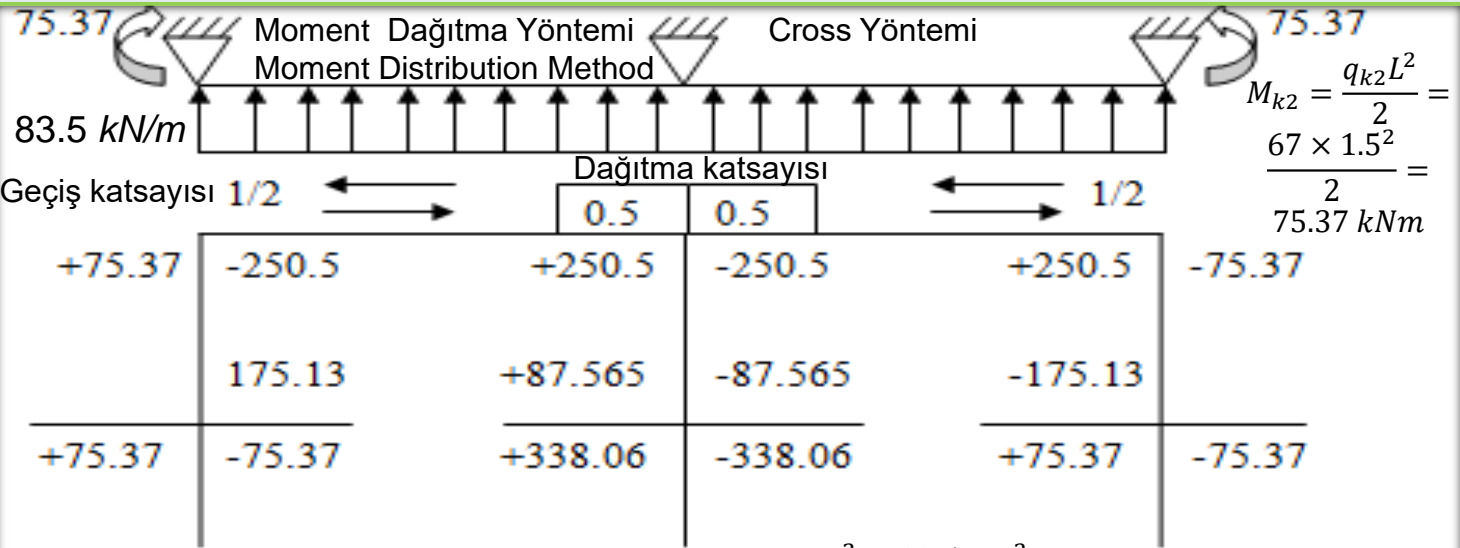
$$q_{12} = q_{23} = \frac{q_1 + q_2}{2} = \frac{67 + 100}{2} = 83.5 \text{ kN/m}$$

$$q_{k1} = q_{k2} = q_1 = 67 \text{ kN/m}$$

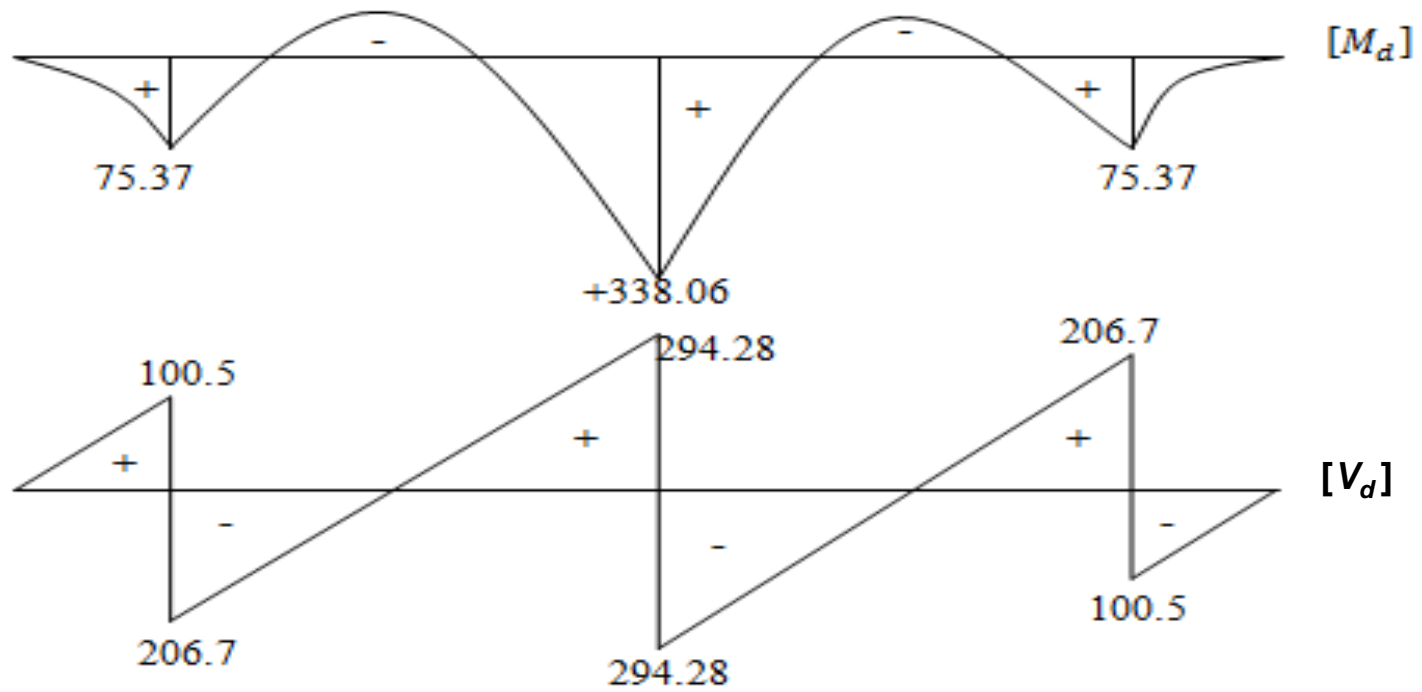




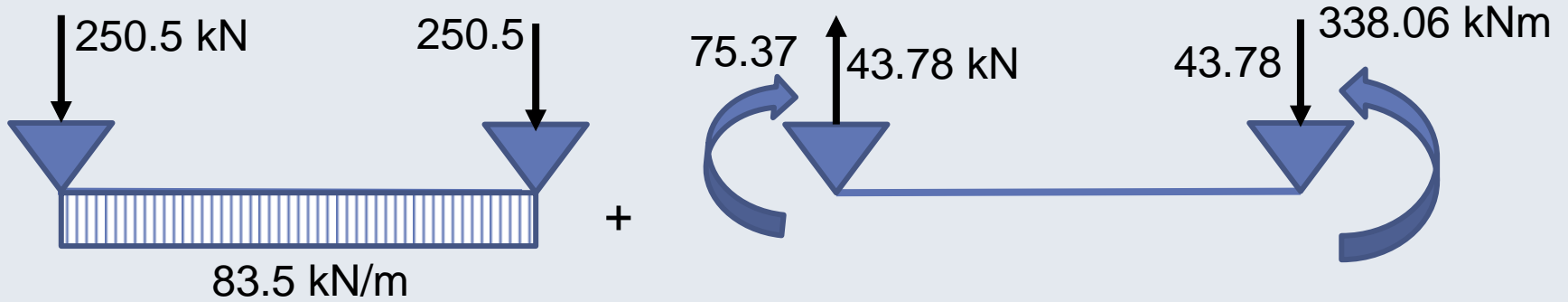




Ankastrelik uç momentini  $M_{23} = \frac{q_{23}L^2}{12} = \frac{83.5 \times 6^2}{12} = 250.5 \text{ kNm}$



Yük ve momentlerden kesme kuvvetleri hesaplanır ve  $V_d$  diyagramı çizilir



1 – 2 açıklığı basit kiriş kesme kuvvetleri uniform yük altında =

$$\frac{83.5 \times 6}{2} = 250.5 \text{ kN}$$

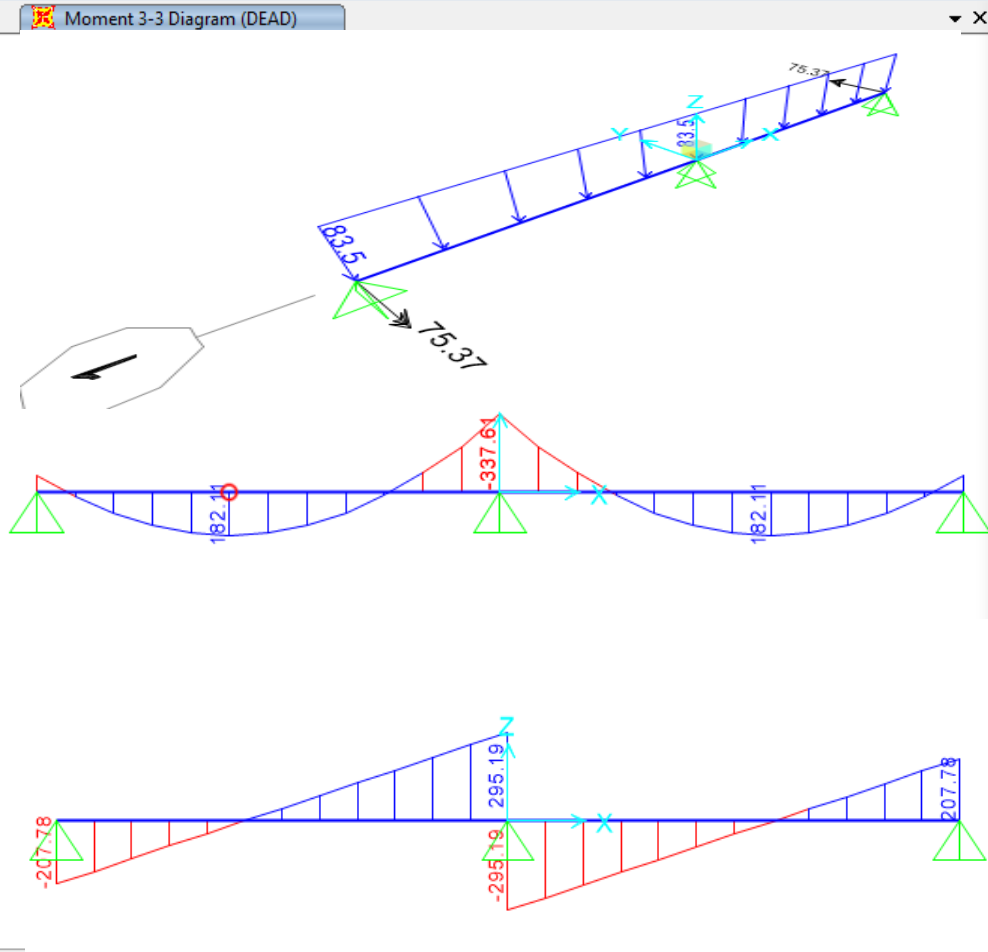
1 – 2 açıklığı sadece uç momentler altında kiriş sol kesme kuvveti =

$$\frac{338.06 - 75.37}{6} = 43.78 \text{ kN}$$

$$V_{11} = 250.5 - 43.78 = 206.72 \text{ kN}$$

$$V_{12} = 250.5 + 43.78 = 294.28 \text{ kN}$$

# SAP 2000 ÇÖZÜMÜ



Diagrams for Frame Object 1 (FSEC1)

Case: DEAD  
 Items: Major (V2 and M3) Single valued

End Length Offset (Location):  
 Jt: 1  
 I-End: 0. m  
 Jt: 2  
 J-End: 0. m (6. m)

Display Options:  
 Scroll for Values  
 Show Max

Location: 2.49445 m

Equivalent Loads - Free Body Diagram (Concentrated Forces in KN, Concentrated Moments in KN-m)

75.37 337.61  
 207.78 295.19

Dist Load (2-dir)  
 83.83 KN/m  
 at 2.49445 m  
 Positive in -2 direction

Resultant Shear  
 Shear V2  
 1.328 KN  
 at 2.49445 m

Resultant Moment  
 Moment M3  
 182.0045 KN-m  
 at 2.49445 m

Deflections  
 Deflection (2-dir)  
 0.037144 m  
 at 2.49445 m  
 Positive in -2 direction

Absolute  Relative to Beam Minimum  Relative to Beam Ends

Reset to Initial Units Done

Units: KN, m, C

## KESME HESABI

$$\max V_d = 294.3 \text{ kN}$$

Kolon yüzünden  $d$  uzaklığında

$$V_d' = V_d - q_z \left( \frac{a}{2} + d \right) = 294.3 - 83.5(0.15 + 0.45) = 244.2 \text{ kN}$$

$$V_{cr} = 0.65 f_{ctd} b_w d = 0.65 \times 1.0 \times 10^{-3} \times 300 \times 450 = 87.75 \text{ kN}$$
$$V_d > V_{cr}$$

min etriye

$$\frac{A_{sw}}{s} = 0.3 \frac{300 * 1.0}{191} = 0.47 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{V_d' - 0.8 V_{cr}}{f_{ywd} d} = \frac{244 - 0.8 * 87.75}{191 * 450 * 10^{-3}} = 2.02 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$\text{Ø10 (2 kollu)} \quad s = \frac{2 * (2 * 79)}{2.02} = 156.4 \text{ mm}$$

Etriye Ø 10/15 cm → 2 – Ø 10/15

Konsollarda;

$$V'_d = V_d - q_z \left( \frac{a}{2} + d \right) = 67 * 1.5 - 67 * (0.15 + 0.45) = 60 \text{ kN}$$

$V'_d < V_{cr}$  minimum donatı yeterlidir.

$$\min \frac{A_{sw}}{s} = 0.47 \text{ mm}^2/\text{mm} \quad \text{Ø10} \rightarrow s = \frac{158}{0.47} = 336 \text{ mm}$$

$$\text{Ø 10/22 cm} \quad \max s = \frac{d}{2}$$

## EĞİLME HESABI

Kolon yüzündeki mesnet momentleri;

$$\text{Kolon yüzünden } (M_d - \frac{V \times a}{3})$$

$$M'_{d_a} = M_d - \left(\frac{V_d * a}{3}\right)$$

$$M'_{d_1} = M'_{d_3} = 75.38 - \left(\frac{100.5 * 0.3}{3}\right) = 65.3 \text{ kNm}$$

$$M'_{d_2} = 338 - \left(\frac{294.3 * 0.3}{3}\right) = 308.6 \text{ kNm}$$

Açıklıklar;

$$-M_A = -M_B = 180.5 \text{ kNm}$$

$$\min A_s = 300 * 450 * \frac{1.0}{191} = 706.8 \quad (\text{tablalı kesit } j = 0.9)$$

$$-A_{sA} = -A_{sB} = 2333.4 \text{ mm}^2 > \min A_s$$

$$2\emptyset 26 \text{ düz (üstte)} + 3\emptyset 26 \text{ pilye (üstte)} = 2650 \text{ mm}^2$$

Mesnetler;

$$+M_{d_1} = M_{d_3} = 65.3 \text{ kNm} \quad K_l = \frac{4.95}{13 \times 10^{-3}} = 380 \text{ mm}^2/\text{kN}$$

$$K = \frac{300 * (450)^2}{65.3 * 10^3} = 935 \text{ mm}^2/\text{kN} > 380 = K_l$$

$$+A_{s1} = +A_{s3} = \frac{M_d}{f_{yd} j d} = \frac{65.3 * 10^6}{191 * 0.86 * 450} = 883 \text{ mm}^2$$

<b>Mevcut 3Ø26 pilye</b>	1590
4Ø12 montaj	450
	2040 mm <sup>2</sup>

$$+M_{d_2} = 308.6 \text{ kNm}$$

$$K = \frac{300 * (450)^2}{308.6 * 10^3} = 197 \text{ mm}^2/\text{kN} < 380 = K_l$$

Basınç donatısı gerekir.





$$M_1 = \frac{b_w d^2}{K_1} = \frac{300 * (450^2) * 10^{-3}}{380} = 159.9 \text{ kNm}$$

$$M_2 = 308.6 - 159.9 = 148.7 \text{ kNm}$$

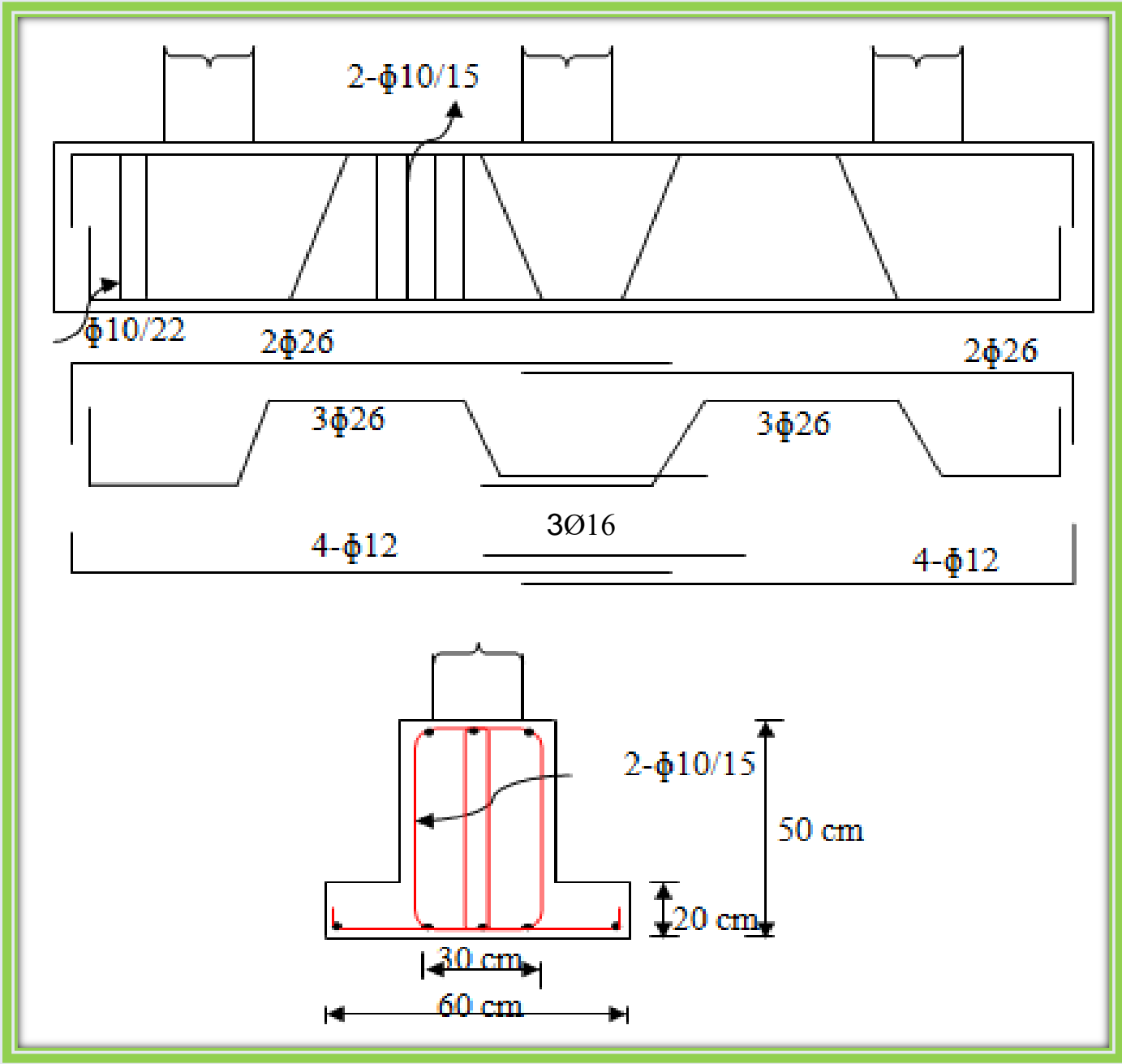
$$A_{s1} = \frac{M_1}{f_{yd} j d} = \frac{159.9 * 10^6}{191 * 0.86 * 450} = 2163.2 \text{ mm}^2$$

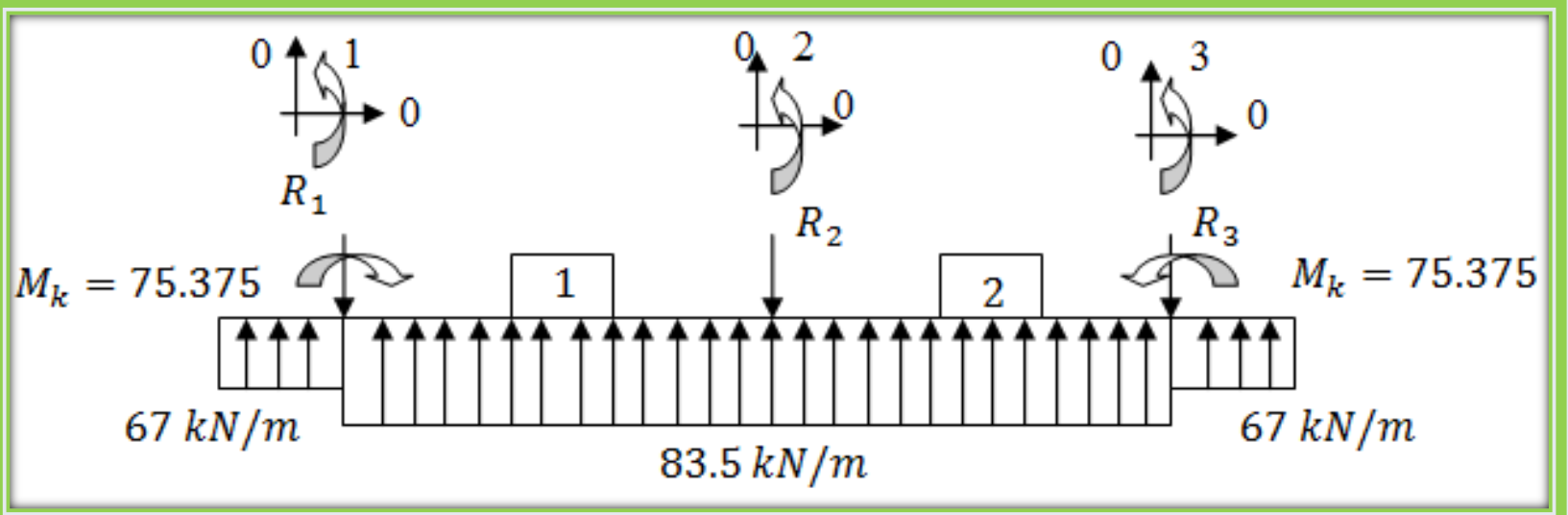
$$A_{s2} = A_{s'} = \frac{M_2}{f_{yd} (d - d')} = \frac{148.7 * 10^6}{191 * (450 - 50)} = 1946.3 \text{ mm}^2$$

$$A_s = 2163.2 + 1946.3 = 4109.5 \text{ mm}^2$$

<b>Mevcut</b> 6Ø26 pilye	3180
4Ø12 montaj	450
	<hr/>
	3630 mm <sup>2</sup>
<b>Ek</b> 3Ø16 düz (altta)	600 mm <sup>2</sup>
	<hr/>
	4230 mm <sup>2</sup>

Pabuçtaki konsolda donatı gerekmeyeceği açıktır. Etriye kolunun pabuca uzatılması yeterli olacaktır.





$$R_1 = 206.72 + 67 * 1.5 = 307.2 \text{ kN} \quad (N_{d1} = N_{d3} = 300 \text{ kN})$$

$$R_2 = 294.28 + 294.28 = 588.6 \text{ kN} \quad (N_{d2} = 600 \text{ kN})$$

$$R_3 = 206.72 + 67 * 1.5 = 307.2 \text{ kN} \quad (N_{d3} = 300 \text{ kN})$$

Görüldüğü gibi bulunan mesnet kuvvetleri kolon aksenal yüklerinden %2 mertebesinde farklıdır.