

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 çözümlemede 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 ℓ ile gösterilirse;

$\bar{\ell} < 1.75/\lambda$ olduğu durumlarda temelin rijit varsayılabilceği 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_c: Betonun elastisite modülü

k: Zeminle ilgili bir katsayı (t/m³), $k=K_0 S$

K₀: Zemin yatak katsayısı

Kumlu zeminde;

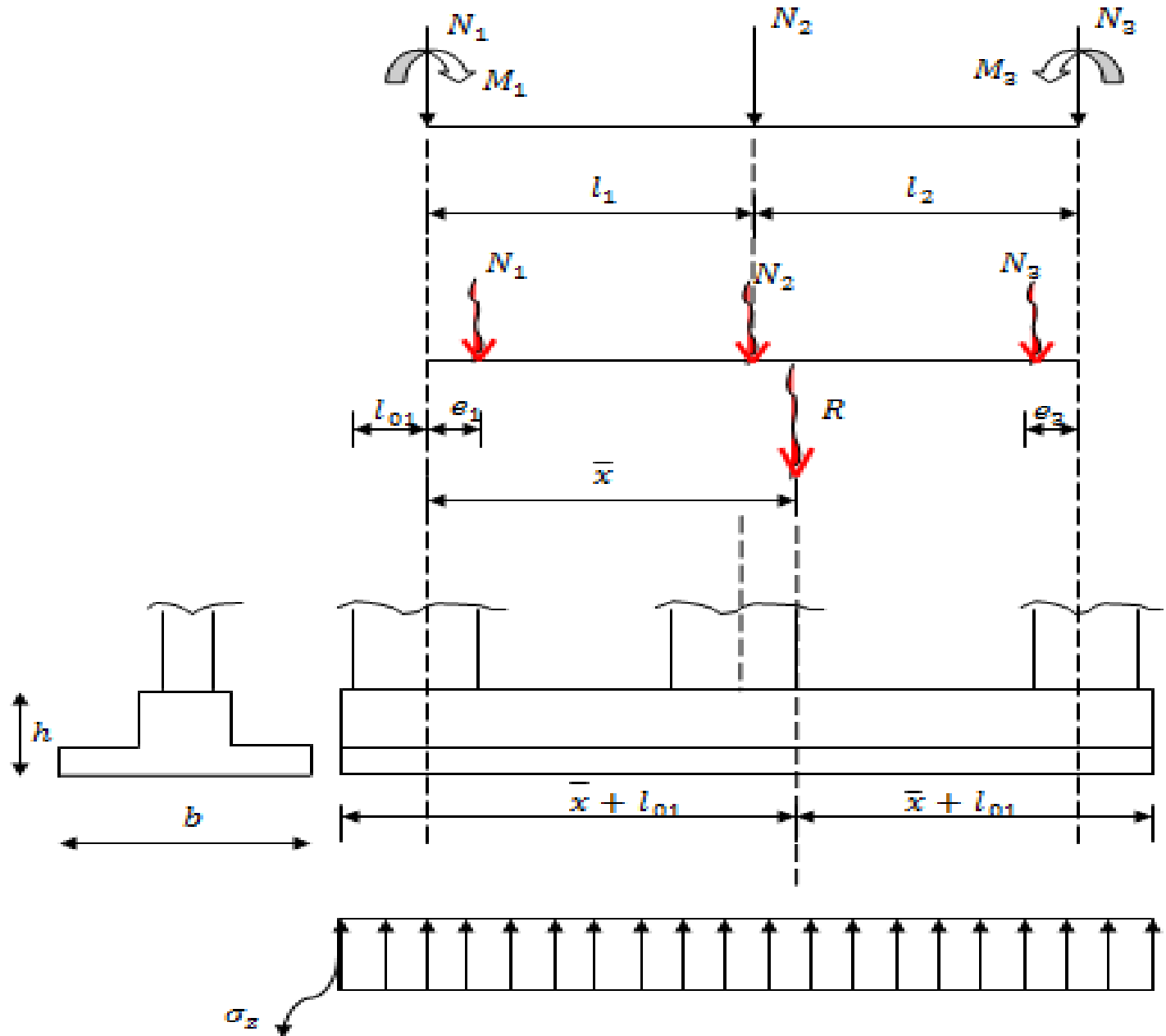
$$S = \left(\frac{b + 1}{2b} \right)^2$$

Killi zeminde;

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

n: Temel boyutlarının oranı $n > 1.0$

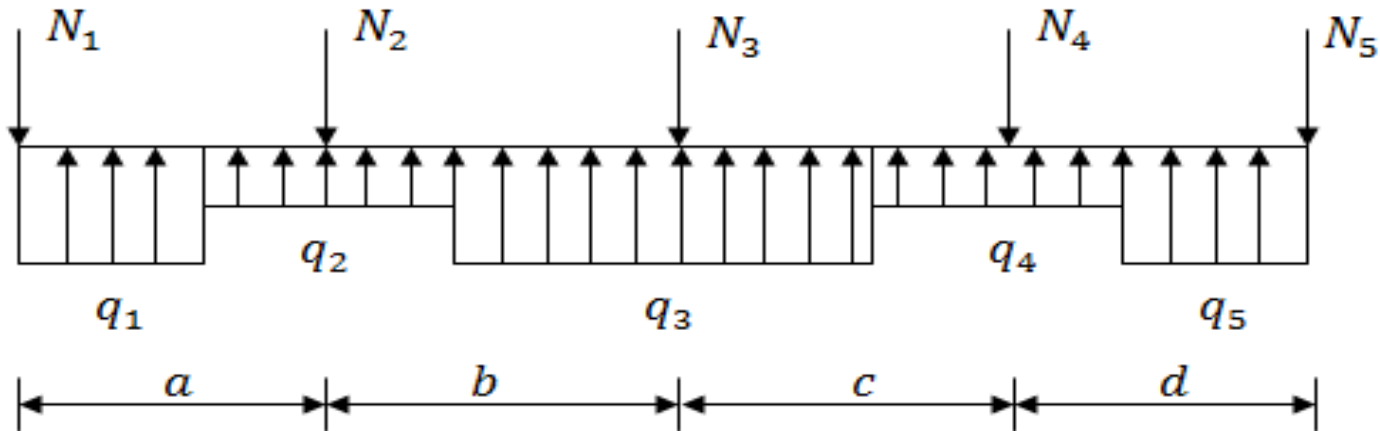
Uzun temellerde; $(n \rightarrow \infty)$ $S = 0.67$ alınır.



$\bar{\ell} < 1.75/\lambda$ 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.

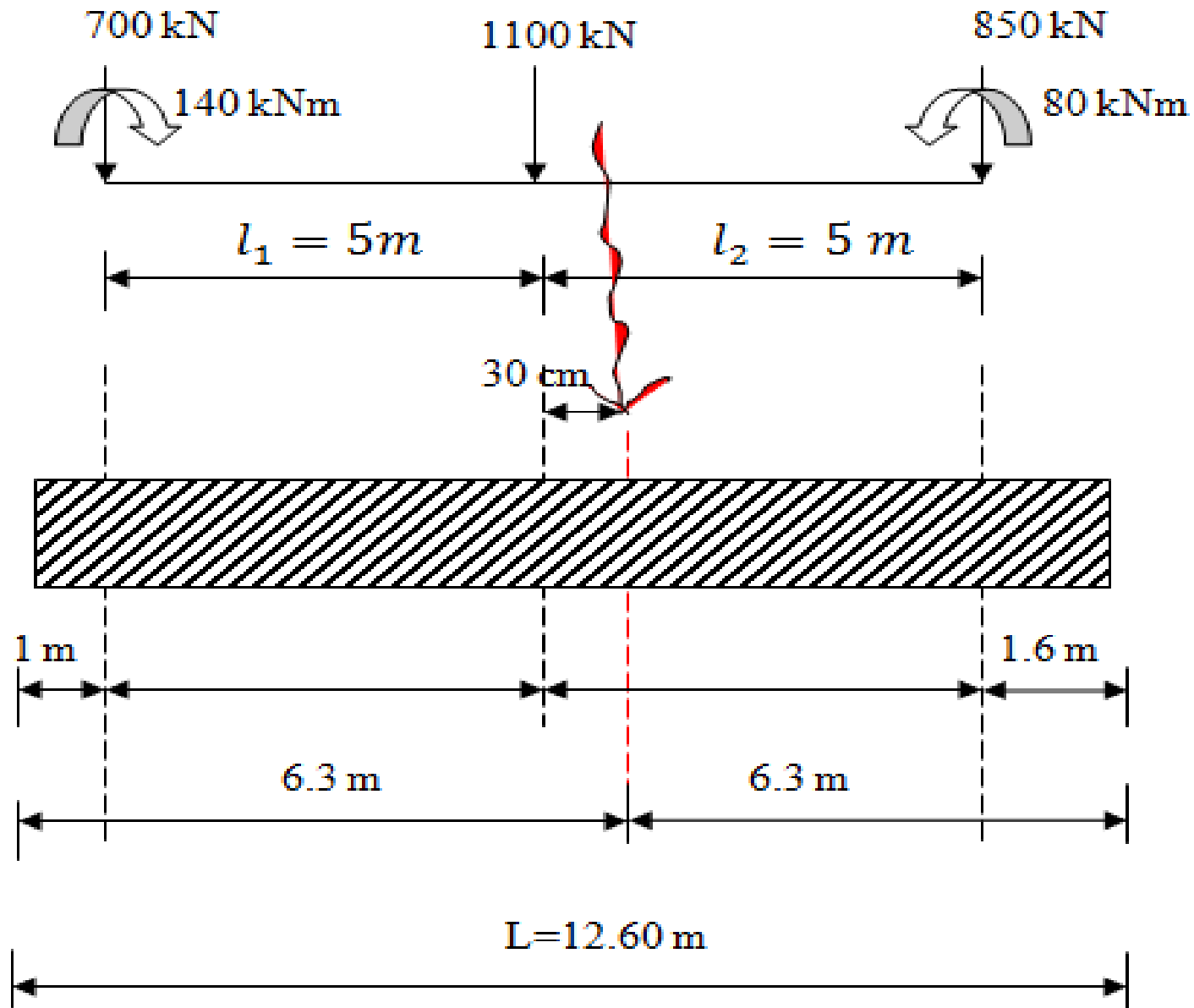
Bilinen: C16 S220

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

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;

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

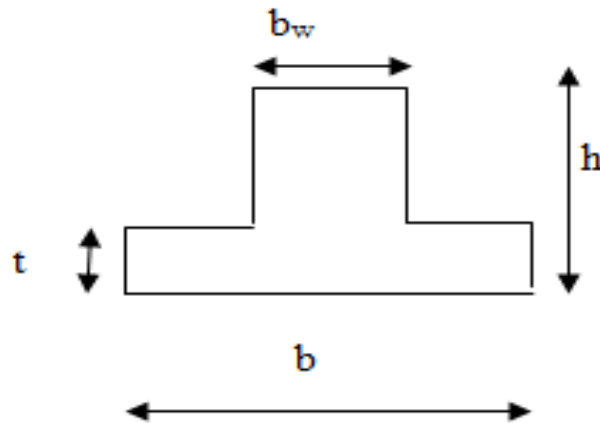
Seçilen; $b=80 \text{ cm}$

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)

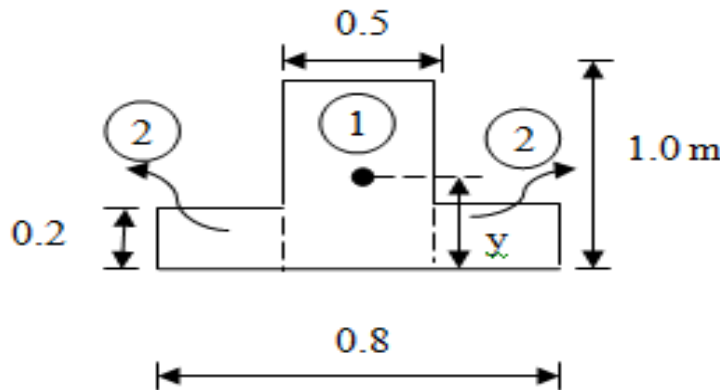
Temel boyutları oranı;

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

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

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

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

$$I = 0.5 \frac{(1.0)^3}{12} + 0.5 (0.04)^2 + 0.3 \frac{(0.2)^3}{12} + 0.06 (0.36)^2 = 0.0506 \text{ m}^4$$

$$E_c = 27000 \text{ N/mm}^2 = 2.7 * 10^7 \text{ kN/m}^2$$

$$k = 10350 \text{ kN/m}^3$$

$$\lambda = \left(\frac{kb}{4E_c I} \right)^{0.25} = \left(\frac{10350 * 0.8}{4 * 2.7 * 10^7 * 5060 * 10^{-6}} \right)^{0.25}$$
$$= (1.515 * 10^{-3})^{0.25} = 0.197/m$$

$$1.75/\lambda = \frac{1.75}{0.197} = 8.9 \text{ m}$$

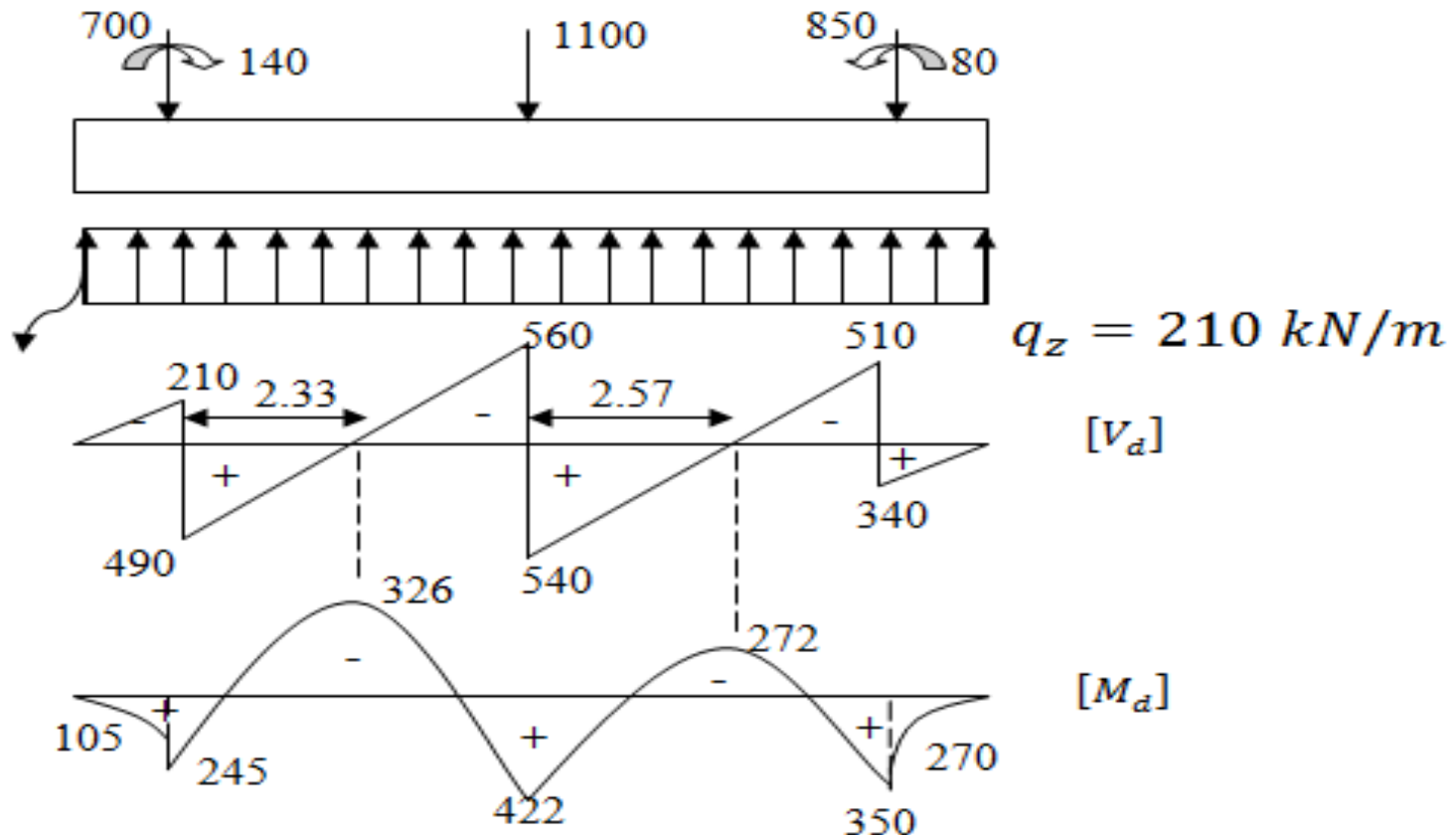
$$\bar{l} = \frac{5+5}{2} = 5 \text{ m}$$

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

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

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

$$V_{cr} = 0.65 * f_{ctd} * b_w * d = 0.65 * 0.9 * 10^{-3} * 950 * 500 = 278 \text{ kN}$$

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

min etriye

$$\frac{A_{sw}}{s} = 0.3 \frac{b_w f_{ctd}}{f_{ywd}} = 0.7 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{V_d - 0.8V_{cr}}{f_{ywd}d} = \frac{318 - 222}{191 * 950} = 0.053 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

min etriye kullanılır.

$$\emptyset 10 \quad s = \frac{2 * 79}{0.7} = 225 \text{ mm}$$

Etriye $\emptyset 10/22 \text{ cm}$

EĞİLME HESABI

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

max mesnet momenti= 422 kNm

$$K = \frac{500 * (950)^2}{422 * 10^3} = 1070 \text{ mm}^2/\text{kN} > 450$$

kolon yüzünden ($M_d - V_a/3$)

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

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

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

Sol Açıklık

$$\min A_s = 0.8 \frac{f_{ctd}}{f_{yd}} b_w d = 0.8 * \frac{0.9}{191} * 500 * 950$$

$$\min A_s = 1790.6 \text{ mm}^2$$

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

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

Tablalı kesit $j = 0.9$

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

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

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

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

Mesnet B

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

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

Mesnet C

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

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

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

Ek 3Ø16 düz	603
	<hr/>

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

Pabucun alttaki tablasının dışa taşan parçaları bir konsol gibi çalışacaktır.

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

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

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

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

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

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

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

$$M_{cr} = (2 * 0.9 * 66666 * 10^4 / 100) 10^{-6} = 12 \text{ kNm}$$

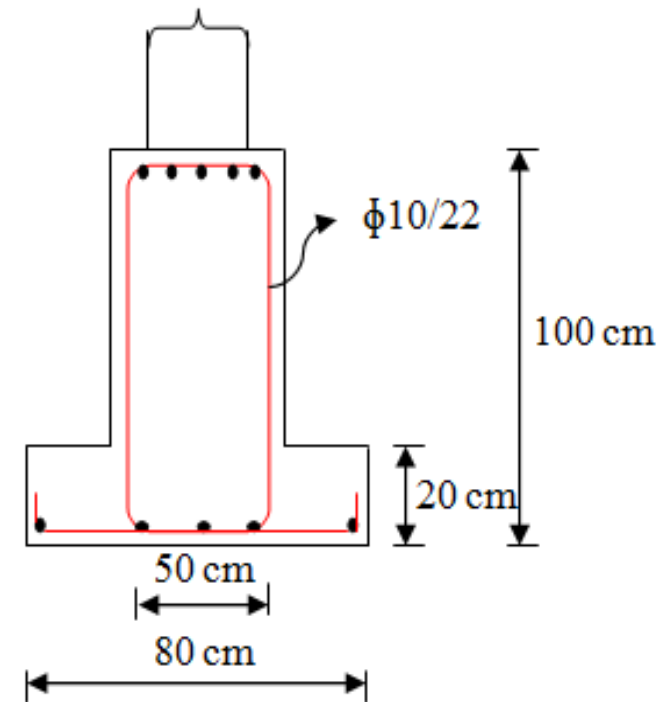
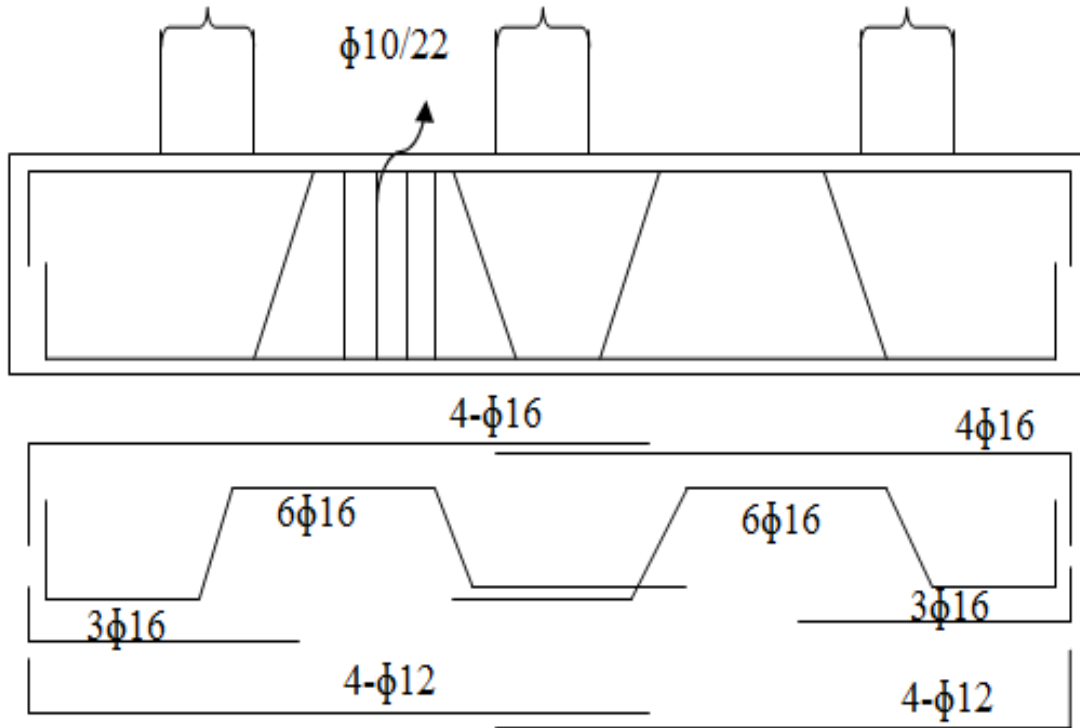
$$M_d < M_{cr} \text{ donatı gerekmez.}$$

Ø 10/22cm etriye kolları tablaya doğru uzatılır.

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

$$V_{cr} = (0.65 * 0.9 * 1000 * 150) * 10^{-3} = 88 \text{ kN}$$

$$V_{cr} > V_d$$



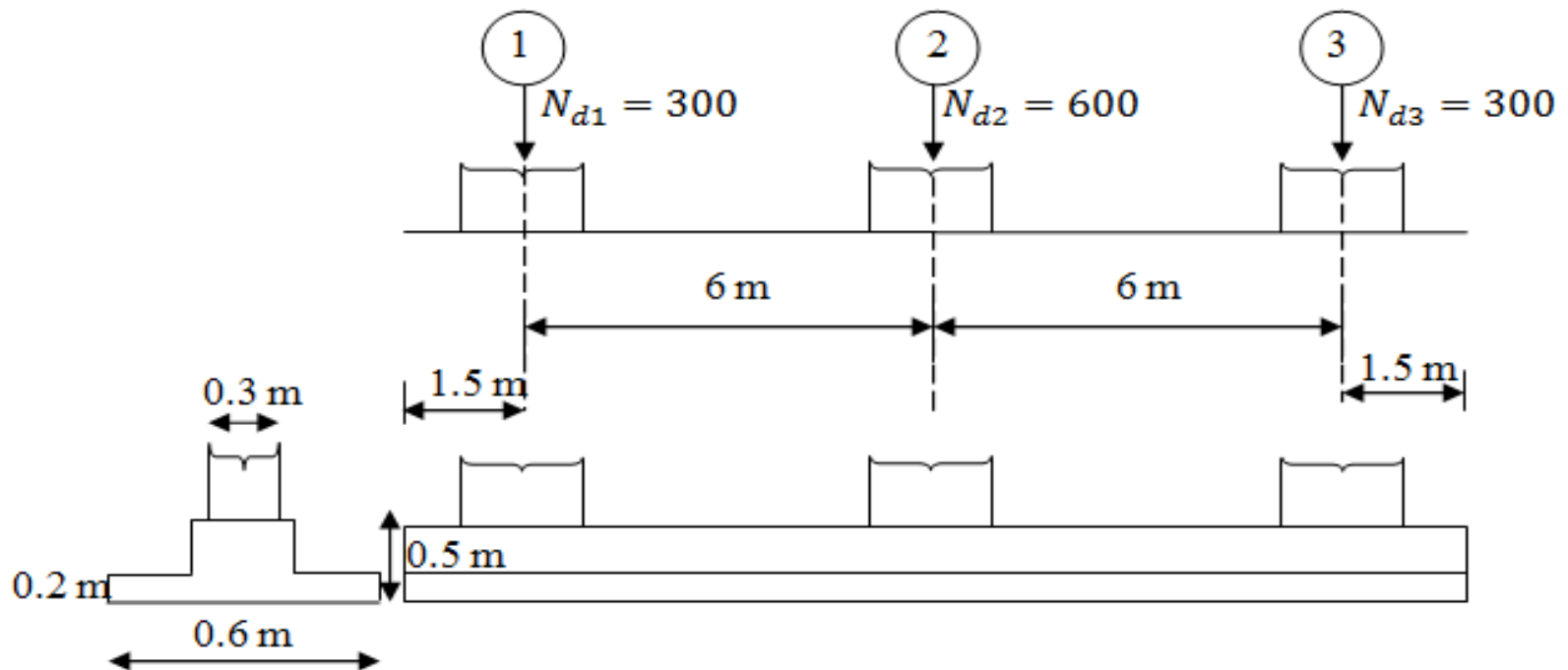
Bilinen: Şekilde gösterilen üç kolon (kolon yükleri hesap değerleridir.)

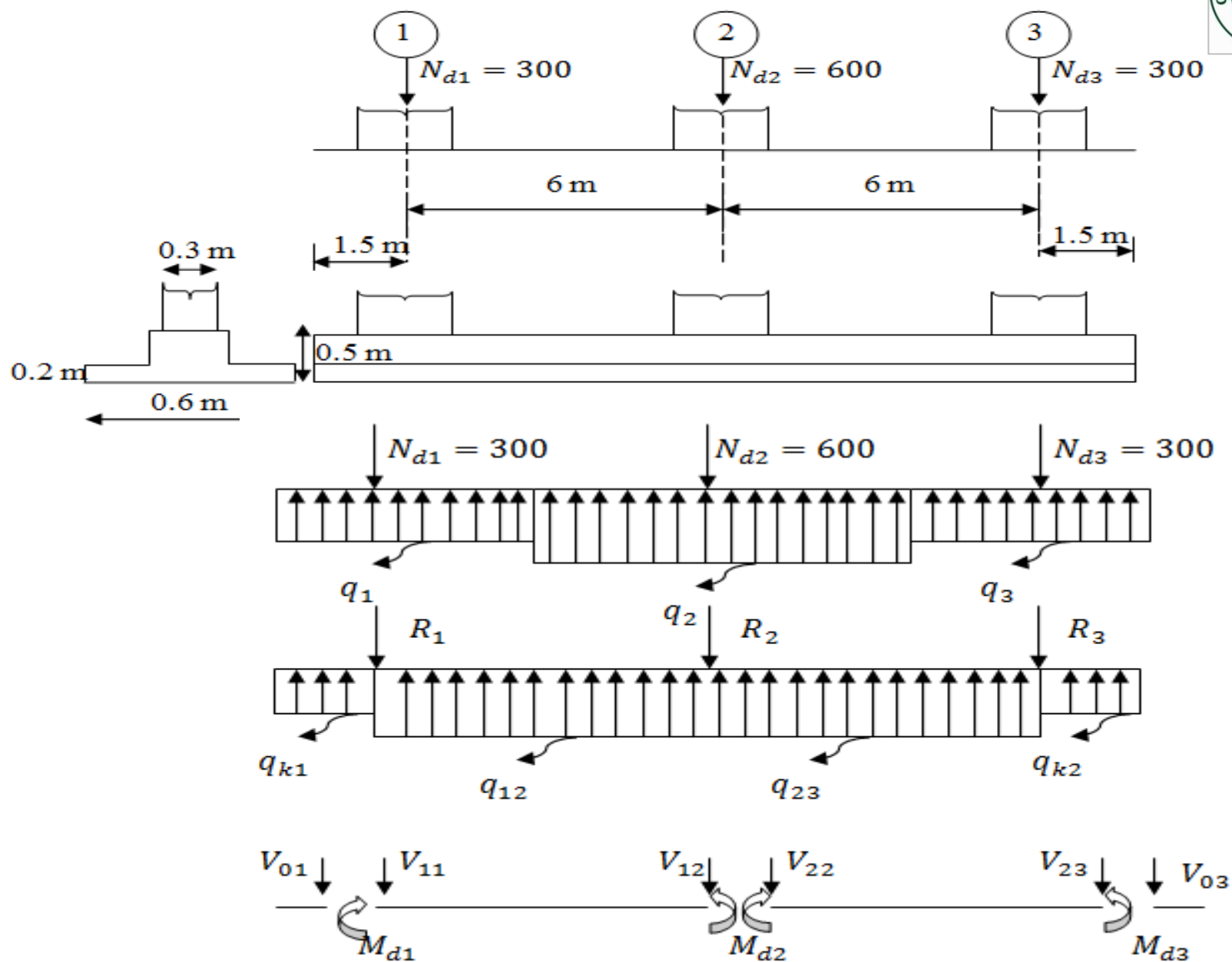
C16 S220

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

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; $\ell/4=600/4=150 \text{ cm}$

Bu durumda temel boyu; $L=15 \text{ m}$ olur.

Temel genişliği;

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

Seçilen; $b=60 \text{ cm}$

$h=50 \text{ cm}$ ($d=45 \text{ cm}$)

Temel kiriş genişliği;

$b_w=30 \text{ cm}$ ve

Tabla kalınlığı;

$t=20 \text{ cm}$ varsayılacaktır.

KESİN TASARIM

$K_0 = 1000 \text{ t/m}^3$ (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

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

$$E_c = 27000 \text{ N/mm}^2 = 2.7 * 10^7 \text{ kN/m}^2$$

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

$$\lambda = \left(\frac{kb}{4E_c I} \right)^{0.25} = \left(\frac{6800 * 0.6}{4 * 2.7 * 10^7 * 4290 * 10^{-4}} \right)^{0.25} = 0.30/\text{m}$$

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

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

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

Temel esnektir.

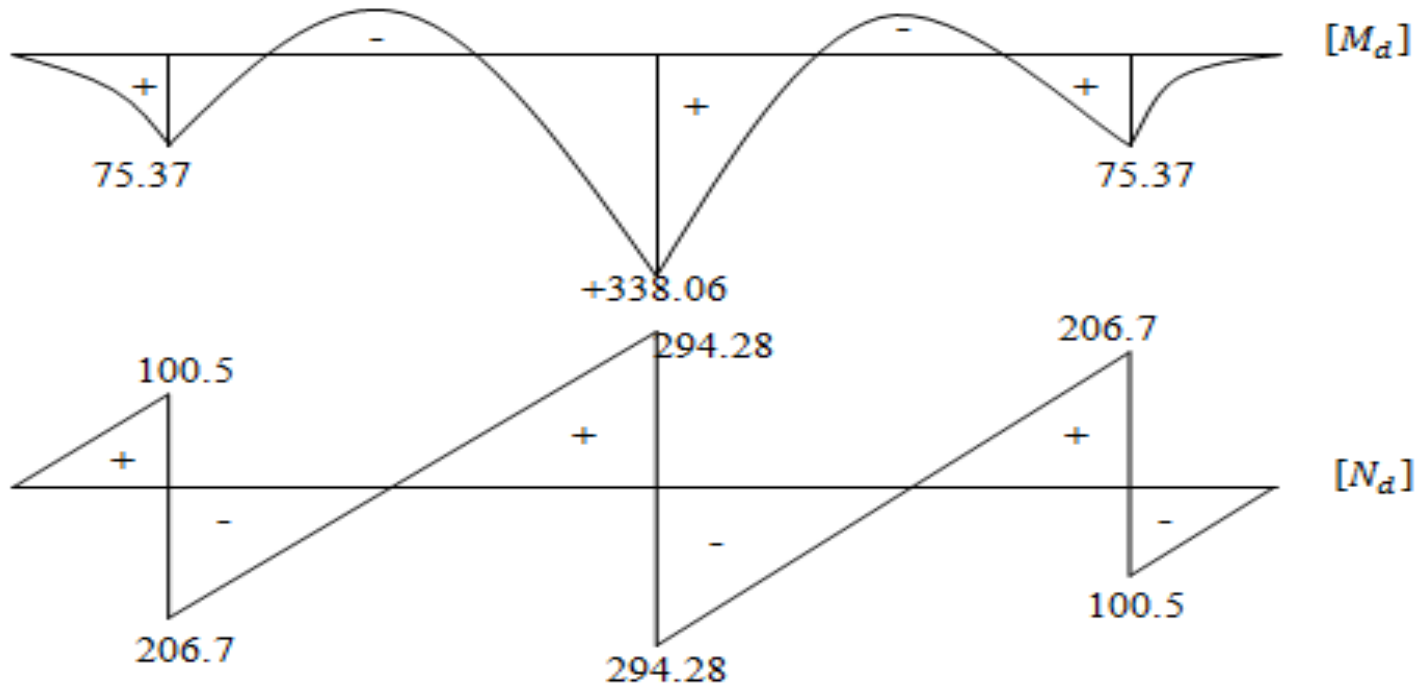
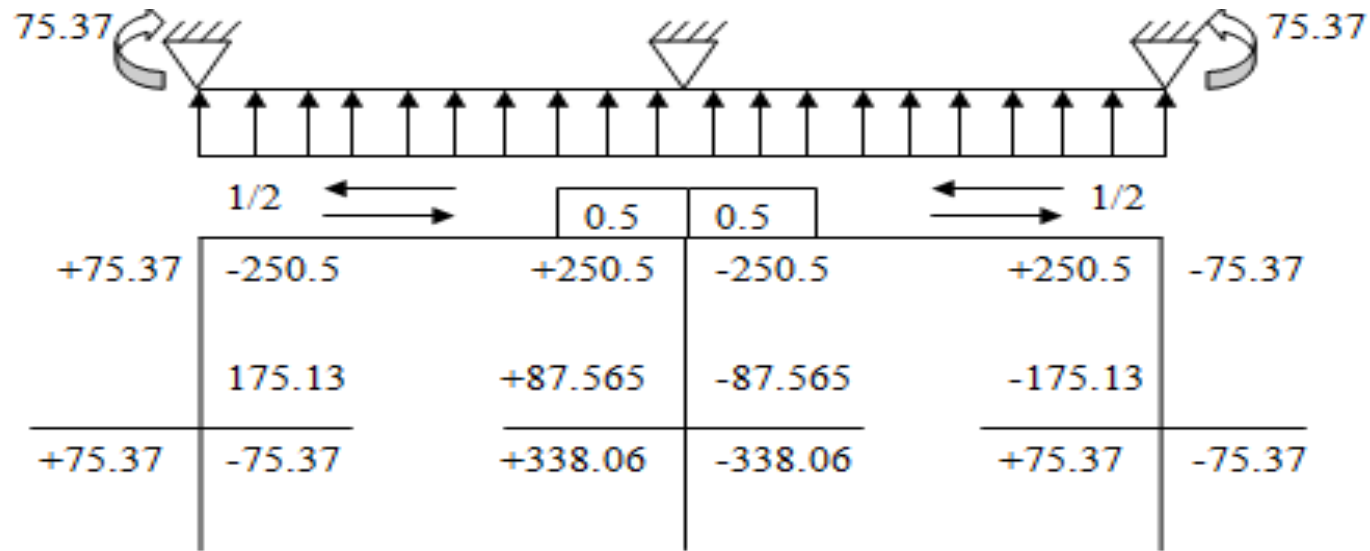
$$q_1 = \frac{300}{1.5 + \frac{6}{2}} = 67 \text{ kN/m} = q_3$$

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

Açıklıklarda düzgün yayılı yük elde etmek için;

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

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



KESME HESABI

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

Kolon yüzünden d uzaklığında

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

$$V_{cr} = 0.65 * f_{ctd} * b_w * d = 0.65 * 0.9 * 10^{-3} * 300 * 450 = 79 \text{ kN}$$

min etriye

$$\frac{A_{sw}}{s} = 0.3 \frac{300 * 0.9}{191} = 0.42 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{V_d' - 0.8V_{cr}}{f_{ywd}d} = \frac{244 - 0.8 * 79}{191 * 950 * 10^{-3}} = 2.10 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

min etriye kullanılır.

$$\emptyset 10 \text{ (2 kollu)} \quad s = \frac{2 * (2 * 79)}{2.10} = 150.4 \text{ mm}$$

Etriye $\emptyset 10/15 \text{ cm} \rightarrow 2 - \emptyset 10/15$

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.

$$\min \frac{A_{sw}}{s} = 0.42 \text{ mm}^2 / \text{mm} \quad \emptyset 10 \rightarrow s = \frac{158}{0.42} = 395 \text{ mm}$$

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

EĞİLME HESABI

Kolon yüzündeki mesnet momentleri;

kolon yüzünden ($M_d - V_a/3$)

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

$$M'_{d_1} = M'_{d_2} = 75.38 - \left(\frac{100.5 * 0.3}{3} \right) = 65.3 \text{ kNm}$$

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

Açıklıklar;

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

$$\min A_s = 300 * 450 * \frac{0.9}{191} = 636 \quad (\text{tablalı kesit } j = 0.9)$$

$$-A_{SA} = -A_{SB} = 2333.4 \text{ mm}^2 > \min A_s$$

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

Mesnetler;

$$+M_{d_1} = M_{d_3} = 65.3 \text{ kNm}$$

$$K = \frac{300 * (450)^2}{65.3 * 10^3} = 935 \text{ mm}^2/\text{kN} > 449 = K_l$$

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

Mevcut 3Ø26 pilye	1590
4Ø12 montaj	450
	2040 mm ²

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

$$K = \frac{300 * (450)^2}{308.6 * 10^3} = 197 \text{ mm}^2/\text{kN} > 449 = K_l$$

Basınç donatısı gerekir.

$$M_1 = \frac{b_w d^2}{K_l} = \frac{300 * (450^2) * 10^{-3}}{449} = 135.3 \text{ kNm}$$

$$M_2 = 308.6 - 135.3 = 173.3 \text{ kNm}$$

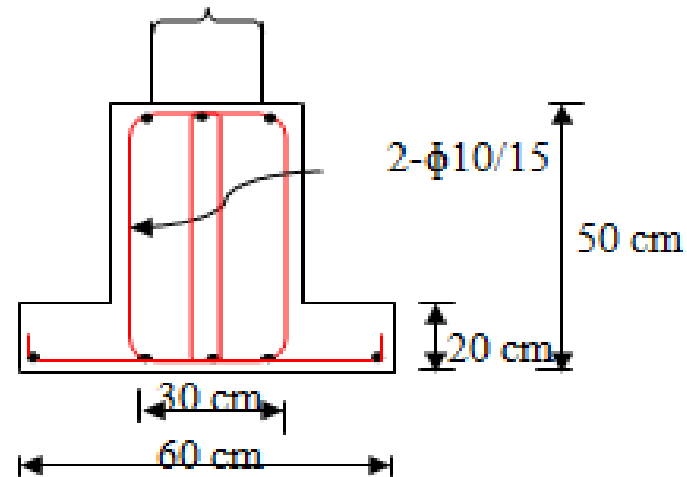
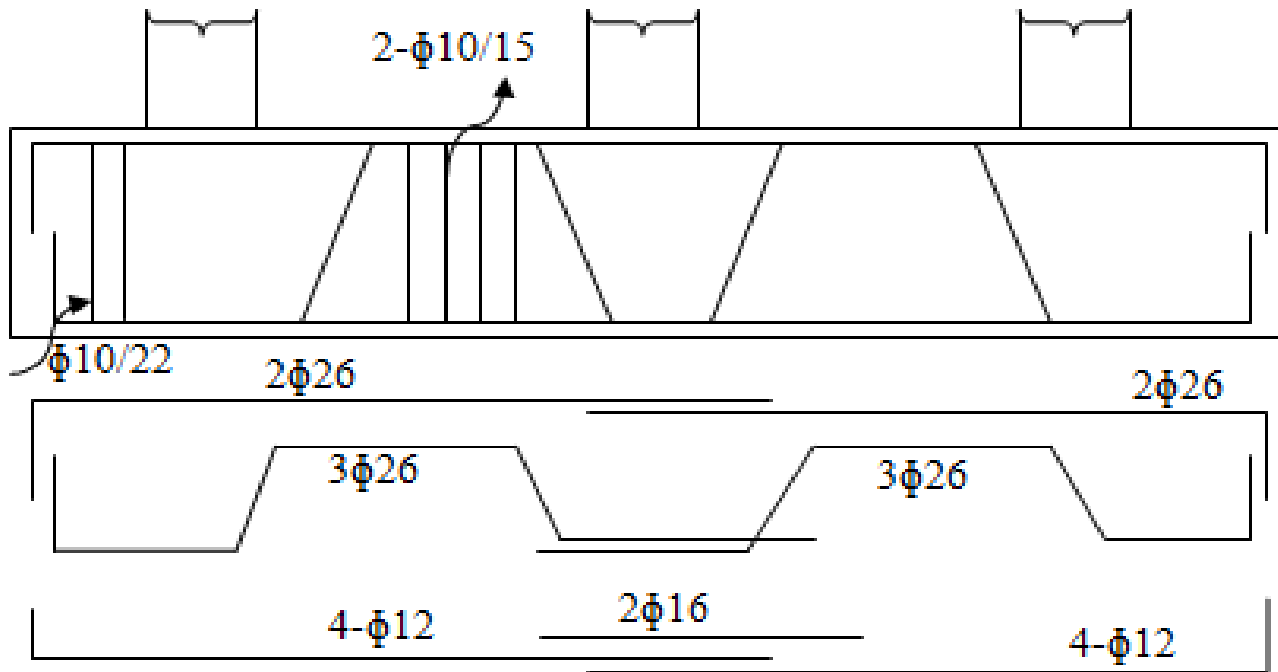
$$A_{s1} = \frac{M_1}{f_{yd} j d} = \frac{135.3 * 10^6}{191 * 0.86 * 450} = 1830 \text{ mm}^2$$

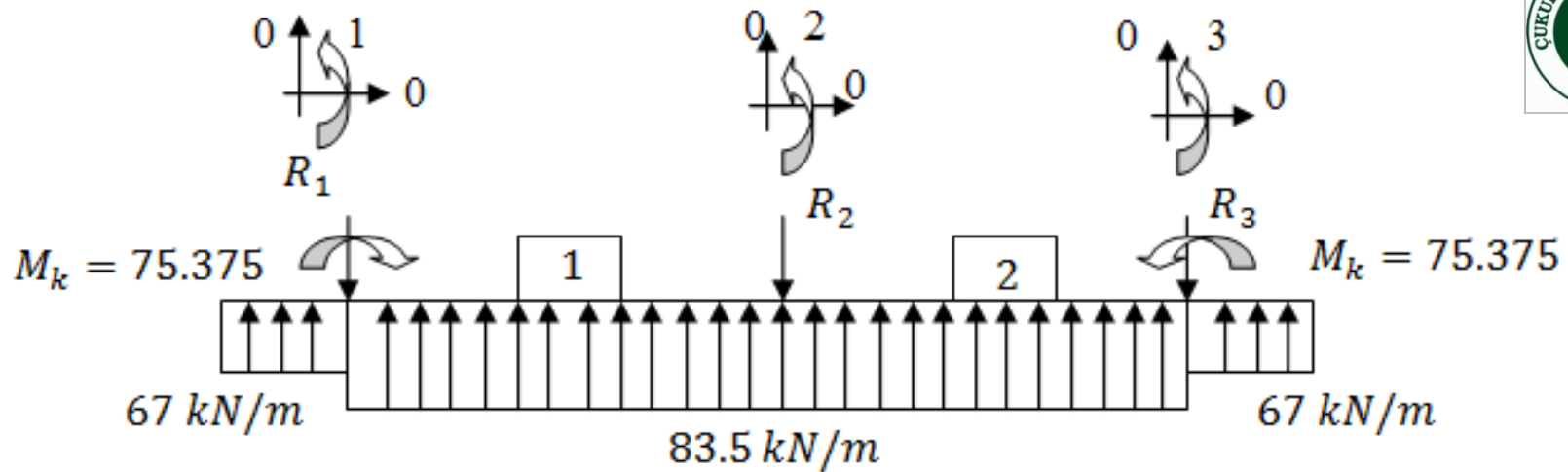
$$A_{s2} = A_s' = \frac{M_2}{f_{yd} (d - d')} = \frac{173.3 * 10^6}{191 * (450 - 50)} = 2268.3 \text{ mm}^2$$

$$A_s = 1830 + 2268.3 = 4098 \text{ mm}^2$$

Mevcut 6Ø26 pilye	3180
4Ø12 montaj	450
	<hr/>
	3630 mm ²
Ek 2Ø16 düz (altta)	400
	<hr/>
	4030 mm ²

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.