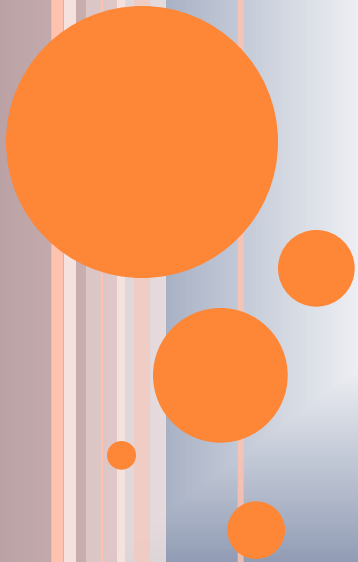


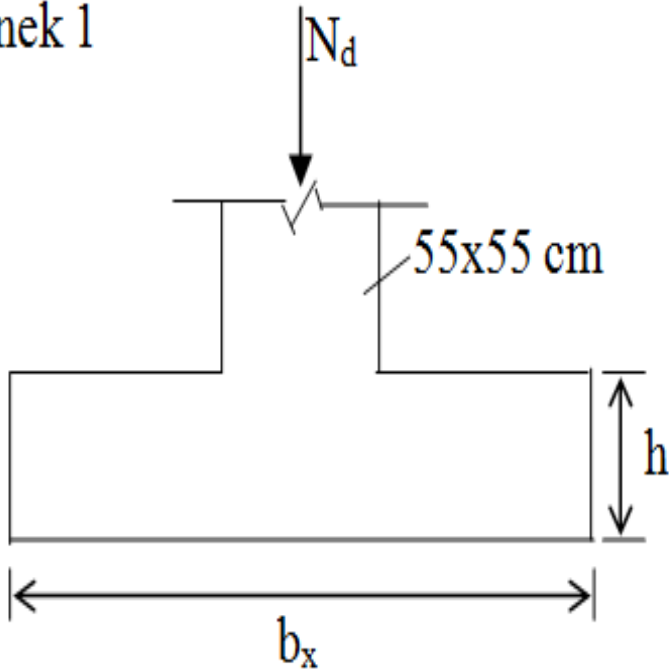
BETONARME TEMELLER

ÖRNEK PROBLEM ÇÖZÜMLERİ

Prof. Dr. Cengiz DÜNDAR



Örnek 1



Şekil 7.3'te verilen tekil temele $G=1225$ kN, $Q=875$ kN eksenel kuvvet etki etmektedir. Zemin emniyet gerilmesi $\sigma_{z,em}=250$ kN/m² olduğuna göre temeli boyutlandırıp tasarımını yapınız. Malzeme C20, S420 ve paspayı=50 mm.

Çözüm:

Tasarım yükleri:

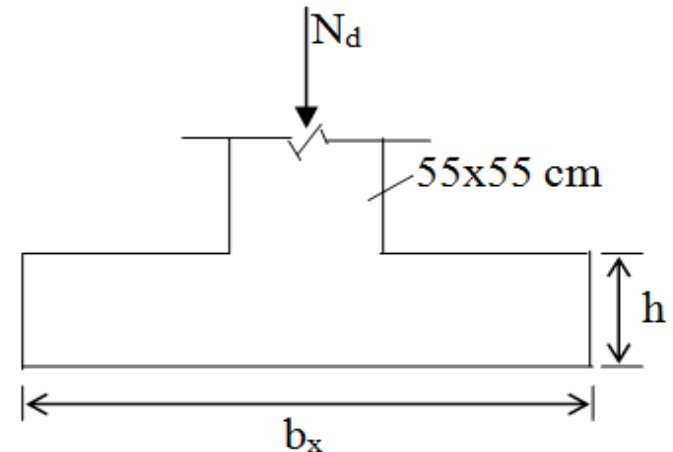
$$N_d = 1.4 (G) + 1.6 (Q) = 1.4 \times 1225 + 1.6 \times 875 = 3115 \text{ kN}$$

Tasarım zemin emniyeti;

$$f_{zu} = 1.5 (\sigma_{zem}) = 1.5 \times 250 = 375 \text{ kN/m}^2$$

Temel boyutları:

$$\frac{N_d}{b_x b_y} \leq f_{zu} \quad b_x b_y = \frac{N_d}{f_{zu}} = \frac{3115}{375} = 8.3 \text{ m}^2$$



Kolon kare kesitli olduğundan sömeli de kare olarak boyutlandırmak uygun olacaktır;

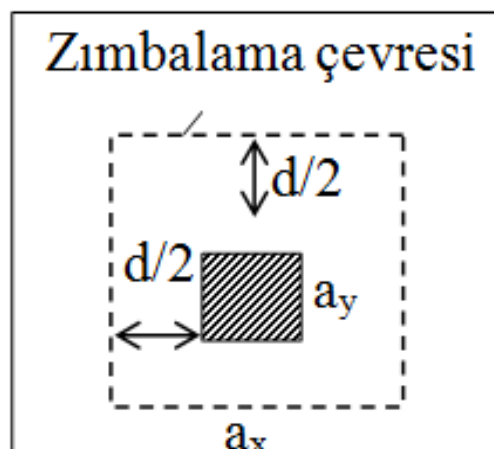
$b_x = b_y = 3 \text{ m}$ olarak seçilir. $b_x b_y = 9 \text{ m}^2 > 8.3 \text{ m}^2$ boyutlar uygundur.

Sömel altındaki gerilme;

$$\sigma_z = \frac{N_d}{b_x b_y} = \frac{3115}{3 \times 3} = 346.1 \text{ kN/m}^2 < f_{zu} \text{ uygun.}$$

Sömel yüksekliği, $h=70$ cm olarak seçelim;

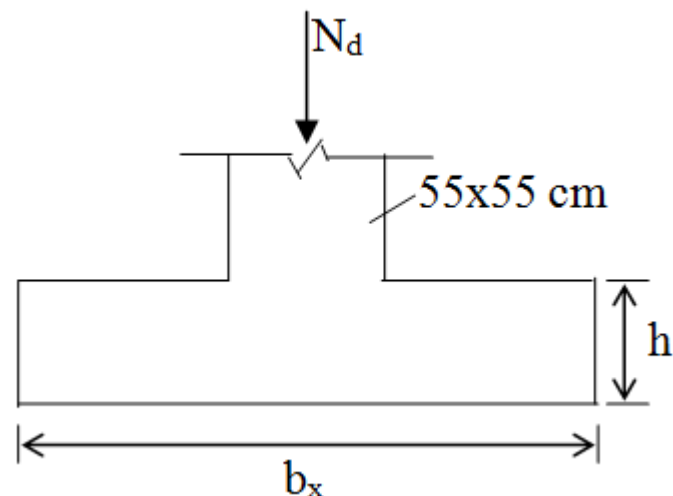
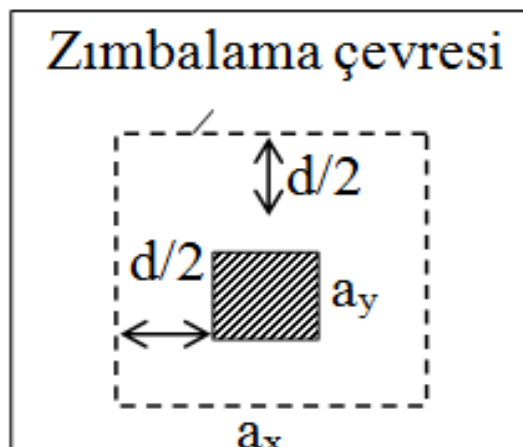
Zımbalama kontrolü:



$$b_1 = b_2 = a + d = 55 + 65 = 120 \text{ cm}$$

$$U_p = 2 (b_1 + b_2) = 480 \text{ cm}$$

$$A_p = b_1 (b_2) = 1.44 \text{ m}^2$$



$$V_{pd} = N_d - A_p(\sigma_z) = 3115 - 1.44 \times 346.1 = 2616.6 \text{ kN}$$

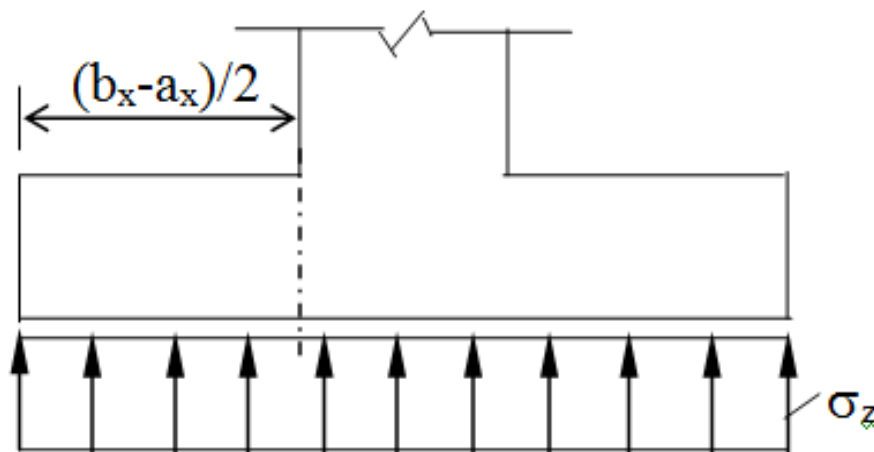
$$V_{pr} = \gamma (f_{ctd}) U_p (d) = 1 \times 1 \times 10^{-3} \times 4800 \times 650 = 3120 \text{ kN}$$

$$V_{pd} < V_{pr} \quad \text{Zımbalamaya karşı güvenlidir.}$$

Net zemin gerilmesi;

$$f_{z,net} = f_{zu} - 18 (h) = 375 - 18 \times 0.7 = 362.4 \text{ kN/m}^2 > \sigma_z \text{ uygun.}$$

Kesit tesirleri hesabı:



Kritik tesirler kolon yüzünde oluşmaktadır;

$$V_{dx} = \sigma_z \left(\frac{b_x - a_x}{2} \right) b_y = 346.1 \times \left(\frac{3 - 0.55}{2} \right) \times 3 = 1271.92 \text{ kN}$$

$$M_{dx} = \sigma_z \left(\frac{b_x - a_x}{2} \right)^2 \frac{1}{2} (b_y) = 346.1 \times \left(\frac{3 - 0.55}{2} \right)^2 \times \frac{1}{2} \times 3 = 779.05 \text{ kNm}$$

Sömel kare olduğundan aynı gerilme dağılımı diğer yönde de mevcut bulunmaktadır;

$$V_{dx}=V_{dy}, \quad M_{dx}=M_{dy}$$

$$V_{crx}=\gamma (f_{ctd}) b_y (d)=1 \times 1 \times 10^{-3} \times 3000 \times 650=1950 \text{ kN} > V_d \text{ uygun.}$$

Donatı hesabı:

$$M_{dx}=M_{dy}=779.05 \text{ kNm}$$

$$K_x=K_y=\frac{b (d)^2}{M_d}=\frac{3000 \times 650^2}{779.05 \times 10^3}=1627 \text{ mm}^2/\text{kN}, \quad K_l=\frac{4.95}{f_{cd}}=380 \text{ mm}^2/\text{kN} \quad (K > K_l)$$

$$A_{sx}=A_{sy}=\frac{M_d}{f_{yd} (J) d}=\frac{779.05 \times 10^6}{365 \times 0.86 \times 650}=3818.2 \text{ mm}^2 < A_{s \text{ min}}$$

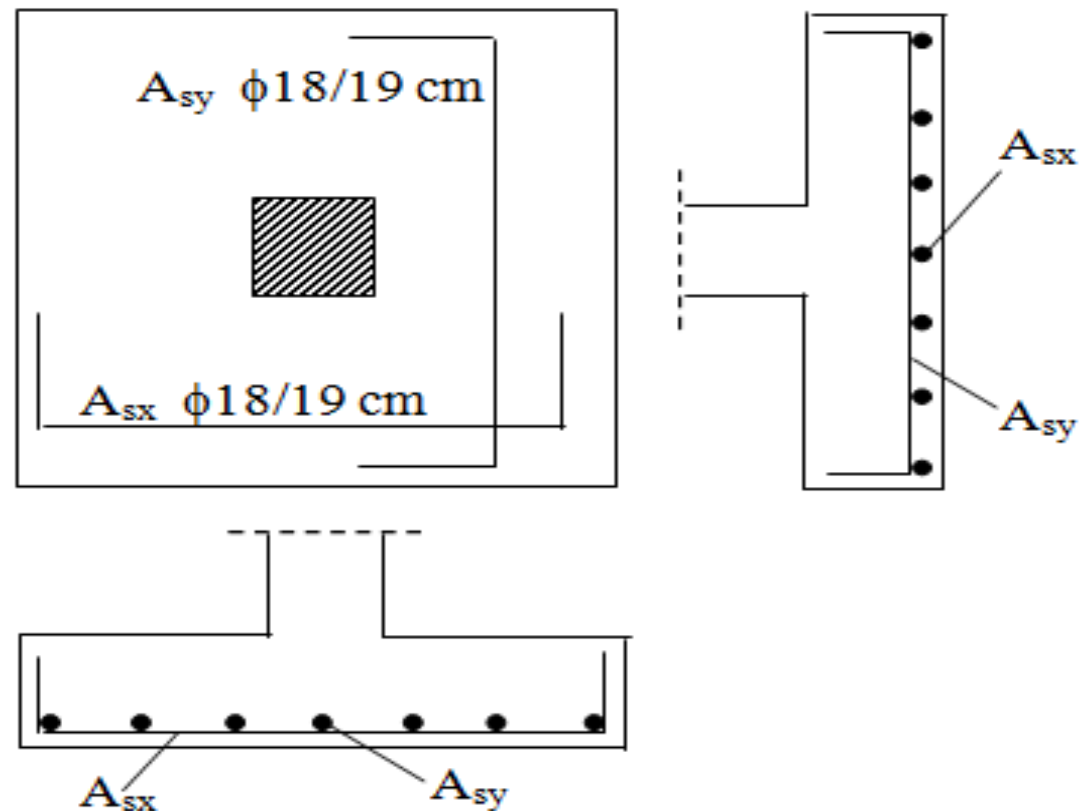
$A_{s\min} = \rho_{\min} b_y d = 0.002 \times 3000 \times 650 = 3900 \text{ mm}^2$, Bu durumda min. Donatı sağlanmalıdır.



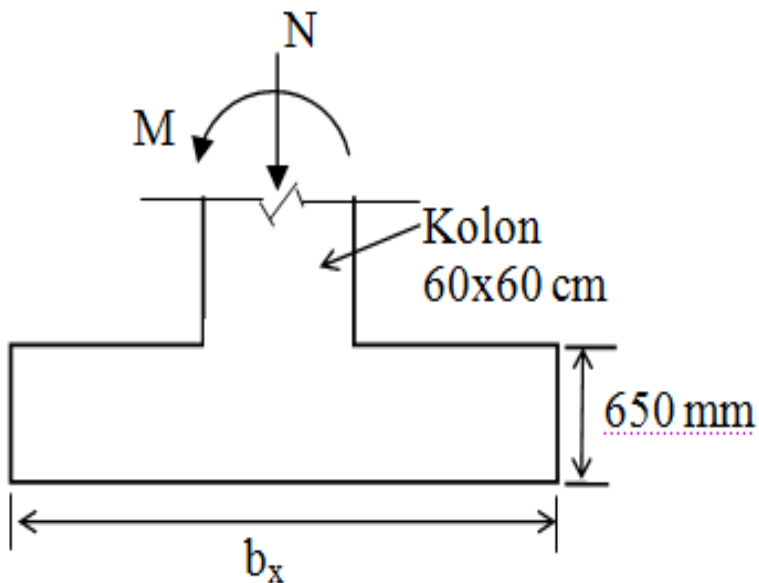
$$A_{sx} = A_{sy} = A_{s\min} = 3900 \text{ mm}^2$$

Seçilen donatı: 16 ϕ 18/19 cm.

Donatı şeması:



Örnek 2



Şekilde verilen temelin tasarımını yapınız. $\sigma_{z,em}=200 \text{ kN/m}^2$, malzeme C16, S220 ve paspayı=5 cm.

Tesirler	g (kN/m)	q (kN/m)
M (kNm)	84.8	72.3
N (kN)	521	483

Çözüm:

Tasarım yükleri:

$$N_d = 1.4 \times 521 + 1.6 \times 483 = 1502.2 \text{ kN}$$

$$M_d = 1.4 \times 84.8 + 1.6 \times 72.3 = 234.4 \text{ kNm}$$

$$\text{Tasarım zemin emniyeti; } f_{zu} = 1.5 (\sigma_{zem}) = 1.5 \times 200 = 300 \text{ kN/m}^2$$

Temel boyutları seçiminde;

$$\frac{N_d}{b_x b_y} \leq f_{zu} \quad \text{kriterinden faydalanılır;} \quad \text{Kolon kare olduğundan temel de kare}$$

düşünülmektedir, $b_x = b_y$ esas alınacaktır.

$$\frac{15022}{(b_x)^2} = 300 \quad \text{buradan} \quad b_x = 2.24 \text{ m elde edilir. Emniyet açısından } b_x \text{ bir miktar}$$

arttırılarak;

$$b_x = b_y = 2.7 \text{ m kabul edilmiştir.}$$

$$e_x = \frac{M_{dx}}{N_d} = \frac{234.4}{15022} = 0.156 \text{ m} = 15.6 \text{ cm.}$$

$$e_{kr} = \frac{b_x}{6} = \frac{2.5}{6} = 0.45 \text{ m} \quad e_x < e_{kr} \text{ olduğundan sömel altında trapez gerilme dağılımı}$$

olur.

Gerilme değerleri:

$$\sigma_{z, \max, \min} = \frac{N_d}{b_x b_y} \left(1 \pm \frac{6 e_x}{b_x} \right)$$

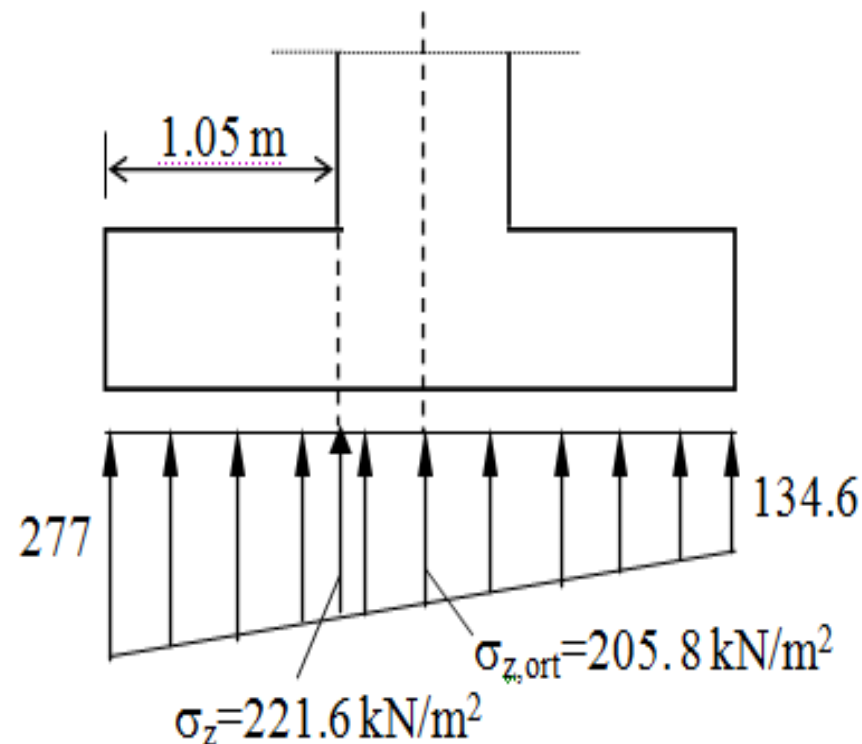
$$\sigma_{z, \max, \min} = \frac{1502.2}{2.7^2} \times \left(1 \pm \frac{6 \times 0.156}{2.7} \right)$$

$$\sigma_{z, \max} = 277 \text{ kN/m}^2 < f_{zu}$$

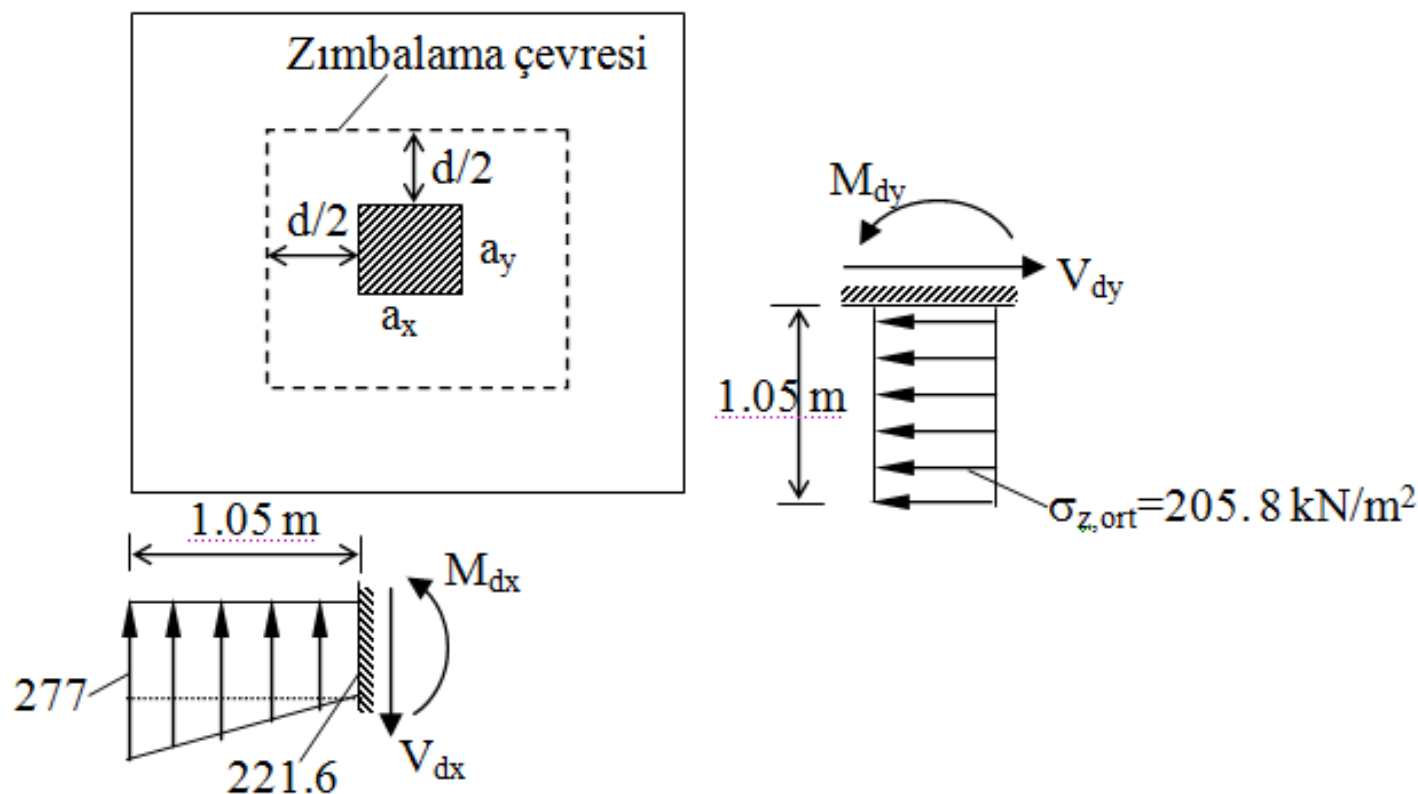
$$\sigma_{z, \min} = 134.63 \text{ kN/m}^2$$

Net zemin gerilmesi;

$$f_{z, \text{net}} = f_{zu} - 18 (h) = 300 - 18 \times 0.65 = 288.3 \text{ kN/m}^2$$



Kritik kesit tesirleri kolon yüzündeki değerlerdir; Trapez gerilme dağılımında benzer üçgenler kullanılarak kolon yüzündeki gerime değeri 221.6 kN/m^2 olarak elde edilmektedir.



Kesit tesirleri:

Kolon yüzündeki kesme kuvveti:

$$V_{dx} = \{221.6 \times 1.05 + (277 - 221.6) \times \frac{1.05}{2}\} \times 2.7 = 706.75 \text{ kN}$$

Kolon yüzündeki moment:

$$M_{dx} = \{221.6 \times (\frac{1.05^2}{2}) + (277 - 221.6) \times \frac{1.05}{2} \times 1.05 \times \frac{2}{3}\} \times 2.7 = 384.75 \text{ kNm}$$

$$V_{crx} = \gamma (f_{ctd}) b_y (d) = 1 \times 1 \times 10^{-3} \times 2700 \times 600 = 1620 \text{ kN} > V_d \text{ uygun.}$$

$$V_{dy} = 205.8 \times 1.05 \times 2.7 = 583 \text{ kN}$$

$$M_{dy} = 205.8 \times (\frac{1.05^2}{2}) \times 2.7 = 306.3 \text{ kNm}$$

Zımbalama kontrolü:

$$b_1 = b_2 = a + d = 60 + 60 = 120 \text{ cm}$$

$$U_p = 2 (b_1 + b_2) = 480 \text{ cm}$$

$$A_p = (b_1) (b_2) = 1.44 \text{ m}^2$$

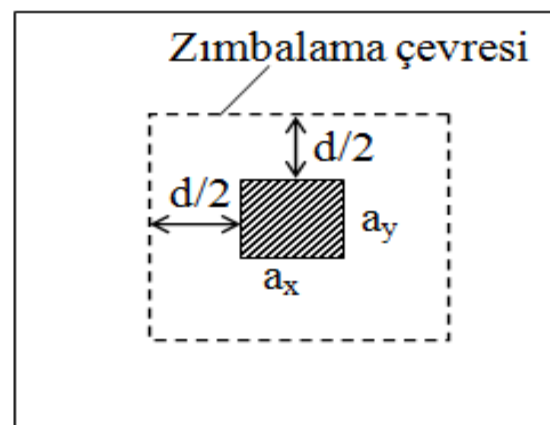
$$V_{pd} = N_d - A_p (\sigma_z) = 1502.2 - 1.44 \times 205.8 = 1205.8 \text{ kN}$$

$$e = \frac{M}{N} = \frac{80}{1315} = 0.06 \text{ m} = 6 \text{ cm}$$

$$\gamma = \frac{1.0}{1.0 + 1.5 \frac{e (0.4)}{\sqrt{b_1 b_2}}} = \frac{1.0}{1.0 + 1.5 \times \frac{15.6 \times 0.4}{\sqrt{120 \times 120}}} = 0.93$$

$$V_{pr} = \gamma (f_{ctd}) U_p (d) = 0.93 \times 1 \times 10^{-3} \times 4800 \times 600 = 2678.4 \text{ kN}$$

$$V_{pd} < V_{pr} \quad \text{Zımbalamaya göre güvenlidir.}$$



Donatı hesabı:

$$M_{dx}=384.75 \text{ kNm}$$

$$K=\frac{b_y (d)^2}{M_d}=\frac{2700 \times 600^2}{384.75 \times 10^3}=2526 \text{ mm}^2/\text{kN}, \quad K_I=\frac{4.95}{f_{cd}}=450 \text{ mm}^2/\text{kN} \quad (K>K_I)$$

$$A_{sx}=\frac{M_{dx}}{f_{yd} (J) d}=\frac{384.75 \times 10^6}{191 \times 0.86 \times 600}=3904 \text{ mm}^2 \text{ elde edilir.}$$

$$A_{s \min}=\rho_{\min} b_y d=0.002 \times 2700 \times 600=3240 \text{ mm}^2$$

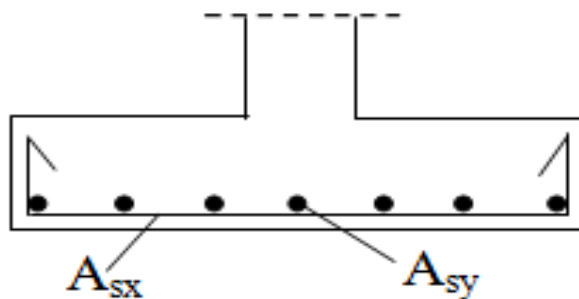
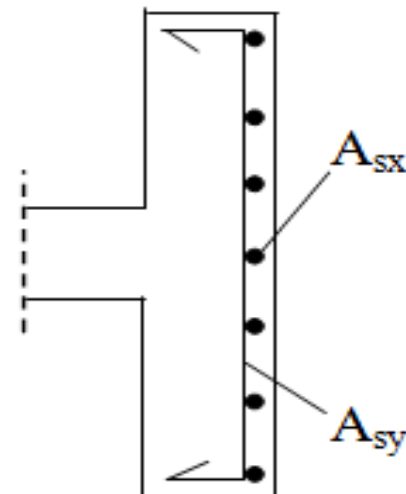
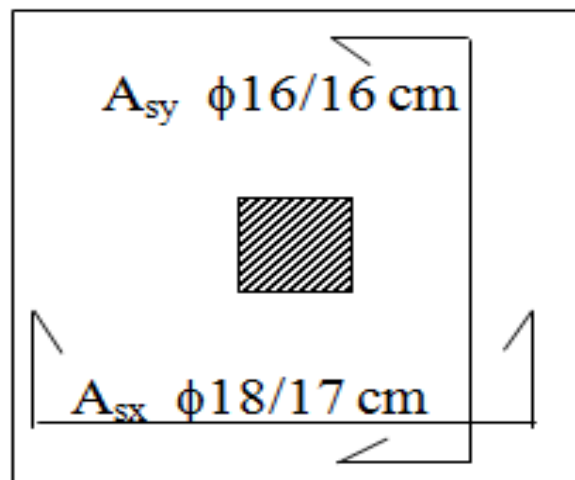
Seçilen donatı: 16 ϕ 18/17 cm.

$$A_{sy}=\frac{M_{dy}}{f_{yd} (J) d}=\frac{306.3 \times 10^6}{191 \times 0.86 \times 600}=3107.9 \text{ mm}^2 < A_{s \min}$$

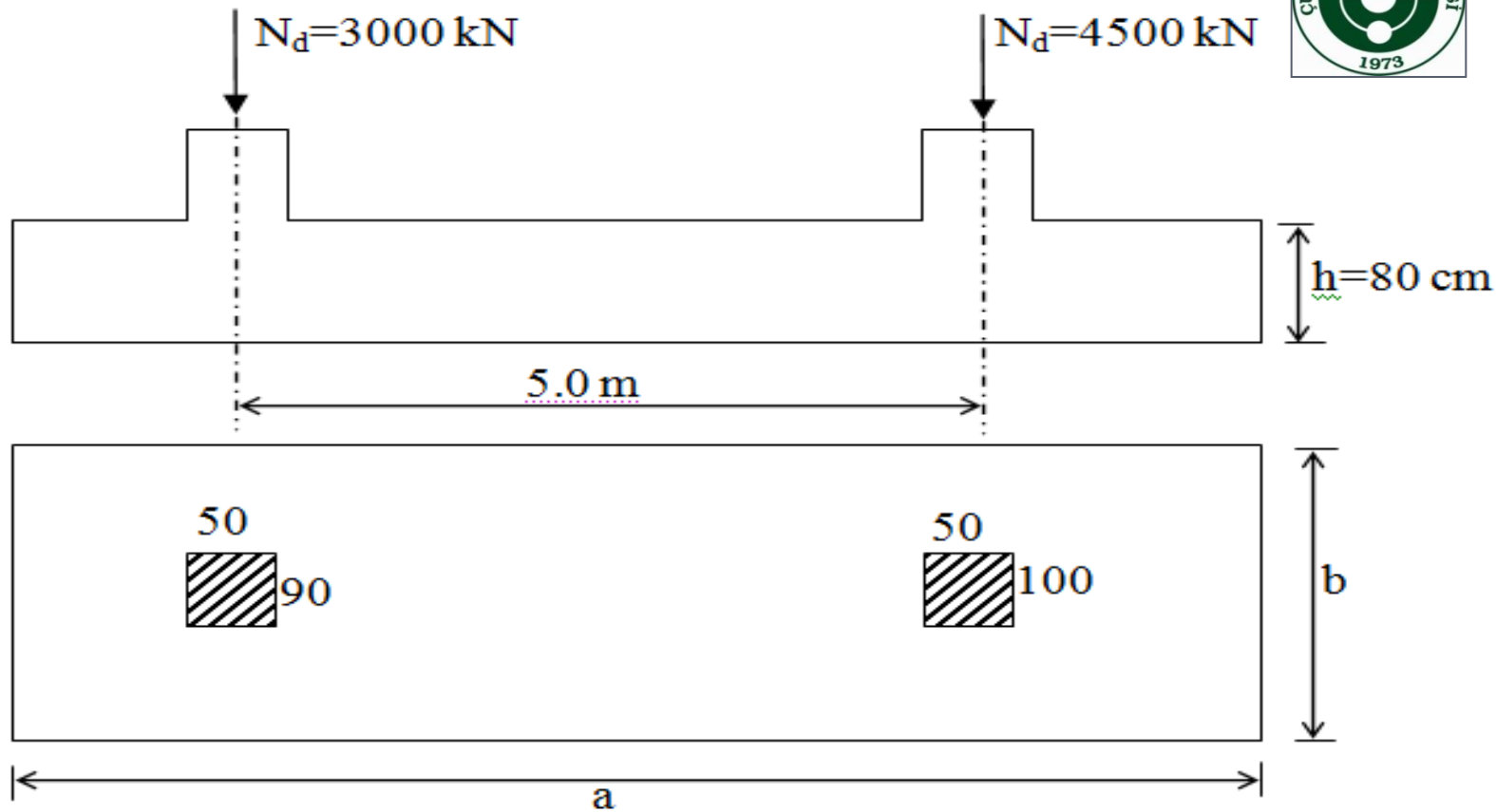
$$A_{sy}=A_{s \min}=3240 \text{ mm}^2 \text{ temel alınır.}$$

Seçilen donatı: 17 ϕ 16/16 cm.

Donatı detayı:



Örnek 3



Şekilde verilen birleşik kolon sömelinin tasarımı yapılacaktır. $\sigma_{z, em} = 200 \text{ kN/m}^2$

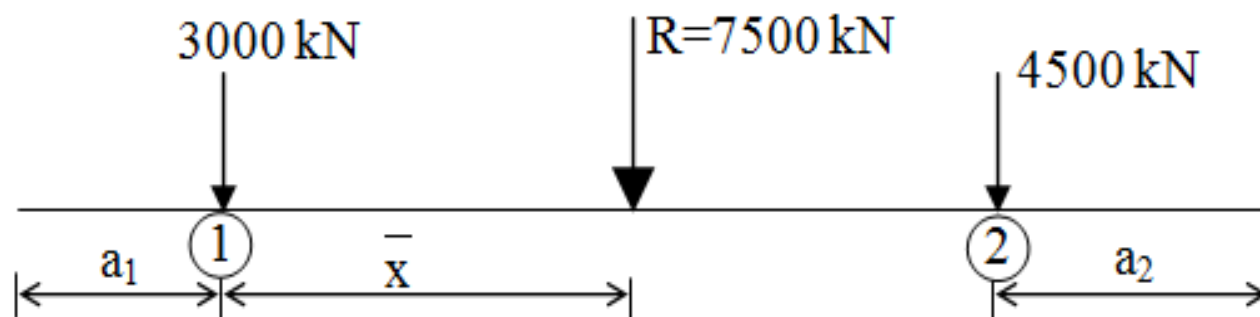
- Sömel plağını üniform zemin gerilmesi oluşacak biçimde boyutlandırınız.
- Sömel boyutları $a = 9 \text{ m}$, $b = 3.4 \text{ m}$ kabul ederek birleşik sömelin boyutlarını kontrol ederek donatı hesabını yapınız. Malzeme C20, S420, paspayı = 6 cm.

Çözüm:

a)

$$f_{zu} = 1.5 (\sigma_{z, em}) = 1.5 \times 200 = 300 \text{ kN/m}^2$$

① noktasına göre moment denge denkleminde



$\sum M_1 = 0$ $4500 \times 5 = 7500 \times (\bar{x})$ buradan $\bar{x} = 3$ m olarak bulunur. Bu durumda; $a_1 = 1.5$ m, $a_2 = 2.5$ m ve $a = 9$ m olarak belirlenir.

$$\sigma = \frac{\sum N_d}{a b} \quad b = \frac{7500}{9 \times 300} \quad b = 2.78 \text{ m olarak bulunur. Seçilen } b = 3 \text{ m.}$$

b) ($a=9\text{m}$, $b=3.4\text{ m}$)

Sürekli temelin altında üniform gerilme dağılımı oluşturulmaktadır;

$$f_{zn}=f_{zu}-\gamma(h)$$

$$f_{zn}=300-18\times 0.8=285.6\text{ kN/m}^2$$

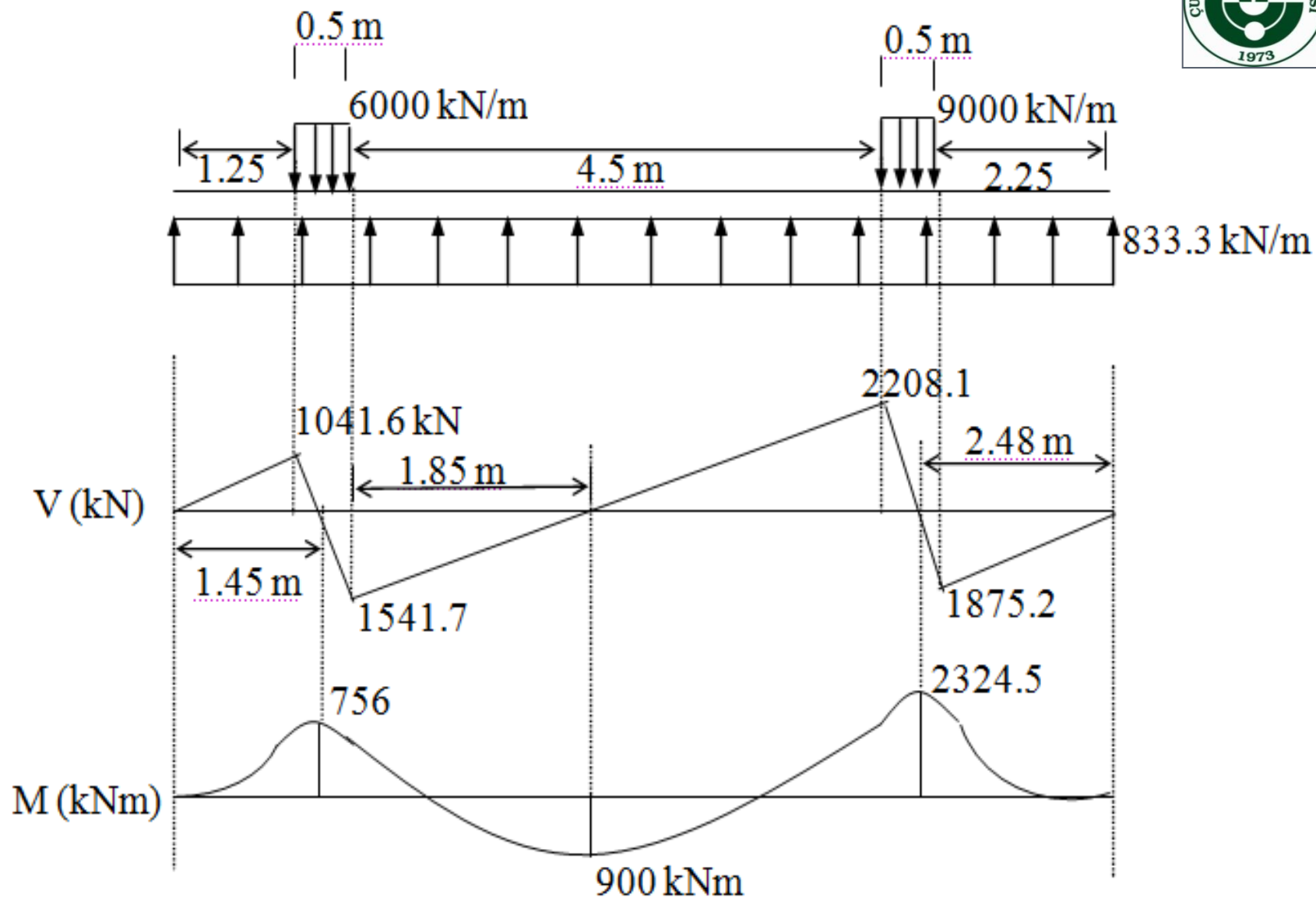
$$\sigma = \frac{\sum N_d}{a b} = \frac{7500}{9 \times 3.4} = 245.1\text{ kN/m}^2 < f_{zn}, \text{ olduğundan boyutlar yeterlidir.}$$

Kesin tasarım:

Temel altı: $q=7500/9=833.3\text{ kN/m}$

Sol kolon altı: $q_{\text{sol}}=300/0.5=6000\text{ kN/m}$

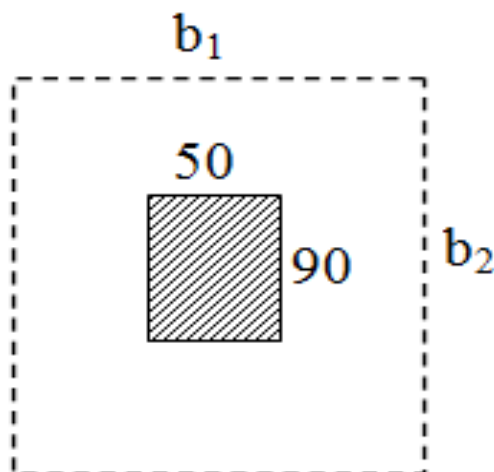
Sağ kolon altı: $q_{\text{sağ}}=4500/0.5=9000\text{ kN/m}$



Zımbalama kontrolü:

$$\gamma=1 \text{ (M=0)}$$

① Nolu kolon:



$$b_1 = 50 + d = 50 + 74 = 124 \text{ cm}$$

$$b_2 = 90 + d = 90 + 74 = 164 \text{ cm}$$

$$U_p = 2(b_1 + b_2) = 576 \text{ cm}$$

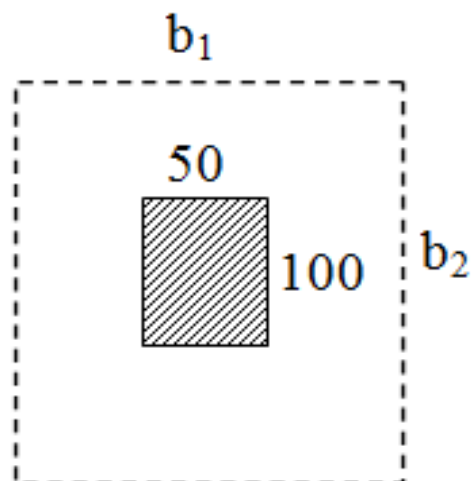
$$A_p = (b_1)(b_2) = 2.03 \text{ m}^2$$

$$V_{pd} = N_d - A_p(\sigma_z) = 3000 - 2.03 \times 245.1 = 2502.4 \text{ kN}$$

$$V_{pr} = \gamma(f_{ctd}) U_p (d) = 1 \times 1 \times 10^{-3} \times 5760 \times 740 = 4262.4 \text{ kN}$$

$$V_{pd} < V_{pr} \quad \text{Zımbalamaya göre güvenlidir.}$$

② Nolu kolon:



$$b_1 = 50 + 74 = 124 \text{ cm}$$

$$b_2 = 100 + 74 = 174 \text{ cm}$$

$$U_p = 2(b_1 + b_2) = 596 \text{ cm}$$

$$A_p = (b_1)(b_2) = 2.16 \text{ m}^2$$

$$V_{pd} = N_d - A_p(\sigma_z) = 4500 - 2.16 \times 245.1 = 3970.6 \text{ kN}$$

$$V_{pr} = \gamma(f_{ctd}) U_p (d) = 1 \times 1 \times 10^{-3} \times 5960 \times 740 = 4410 \text{ kN}$$

$$V_{pd} < V_{pr} \quad \text{Zımbalamaya göre güvenlidir.}$$

Hesap kesme dayanımı:

Kritik değerler kolon yüzündeki değerlerdir;

$V_d = 2208.1 \text{ kN}$ (Sürekli temelin kolon yüzündeki en büyük kesme kuvveti)

$V_{cr} = \gamma (f_{ctd}) b (d) = 1 \times 1 \times 10^{-3} \times 3400 \times 740 = 2516 \text{ kN}$

$V_d < V_{cr}$ Etriye gerekmez.

Kolon yüzündeki moment (hesap momenti):

$$M_d = 833.3 \times 2.25^2 \times \frac{1}{2} = 2109.4 \text{ kNm}$$

$$K = \frac{b d^2}{M_d} = \frac{3400 \times 740^2}{2109.4 \times 10^3} = 882 \text{ mm}^2/\text{kN}, \quad K_1 = \frac{4.95}{f_{cd}} = 380 \text{ mm}^2/\text{kN} \quad (K > K_1)$$

$$A_s = \frac{M_d}{f_{yd} J d} = \frac{900 \times 10^6}{365 \times 0.86 \times 740} = 3874 \text{ mm}^2 \text{ elde edilir.}$$

$$A_{s \min} = \rho_{\min} b d = 0.002 \times 3400 \times 740 = 5032 \text{ mm}^2 > 3874 \text{ mm}^2 \text{ min değer temel alınmalıdır.}$$

Seçilen donatı: $\phi 20/20 \text{ cm}$ ($17\phi 20 = 12\phi 20 \text{ düz} + 5\phi 20 \text{ pilye}$)

Mesnet:

$$A_s = \frac{2109.4 \times 10^6}{365 \times 0.86 \times 740} = 9081 \text{ mm}^2$$

$$\text{Mevcut donatı} = 5\phi 20 \text{ pilye} + 4\phi 16 \text{ montaj} = 2375 \text{ mm}^2$$

$$\text{Ek: } 9081 - 2375 = 6706 \text{ mm}^2 \quad 13\phi 26$$

Enine doğrultuda (Gizli giriş):

$$\textcircled{1} \quad a+2h=50+2\times 80=210 \text{ cm}$$

$$\text{Yük} = \frac{N_d}{b} = \frac{3000}{3.4} = 882.3 \text{ kN/m}$$

$$l_y = \frac{(b_y - a_y)}{2} = \frac{3.4 - 0.9}{2} = 1.25 \text{ m}$$

$$M_{dy1} = q_{y1} \frac{l_{y1}^2}{2} = 882.3 \times \frac{1.25^2}{2} = 689.3 \text{ kNm}$$

$$A_{sy1} = \frac{M_{dy1}}{f_{yd} j d} = \frac{689.3 \times 10^6}{365 \times 0.86 \times 740} = 2967 \text{ mm}^2 \quad (10\phi 20)$$

② $a+2h=210 \text{ cm}$

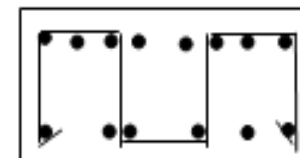
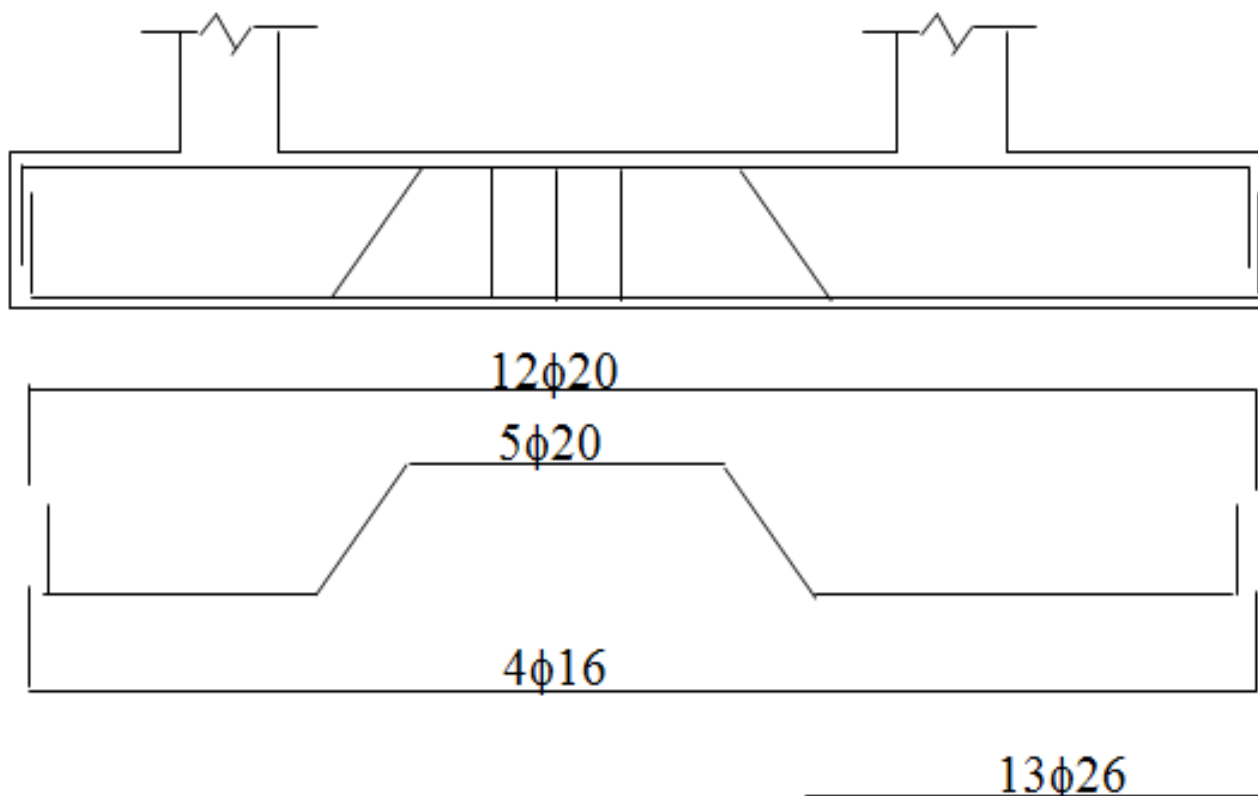
$$\text{Yük} = \frac{N_d}{b} = \frac{4500}{3.4} = 1323.5 \text{ kN/m}$$

$$l_y = \frac{(b_y - a_y)}{2} = \frac{3.4 - 1}{2} = 1.2 \text{ m}$$

$$M_{dy1} = q_{y2} \frac{l_y^2}{2} = 1323.5 \times \frac{1.2^2}{2} = 953 \text{ kNm}$$

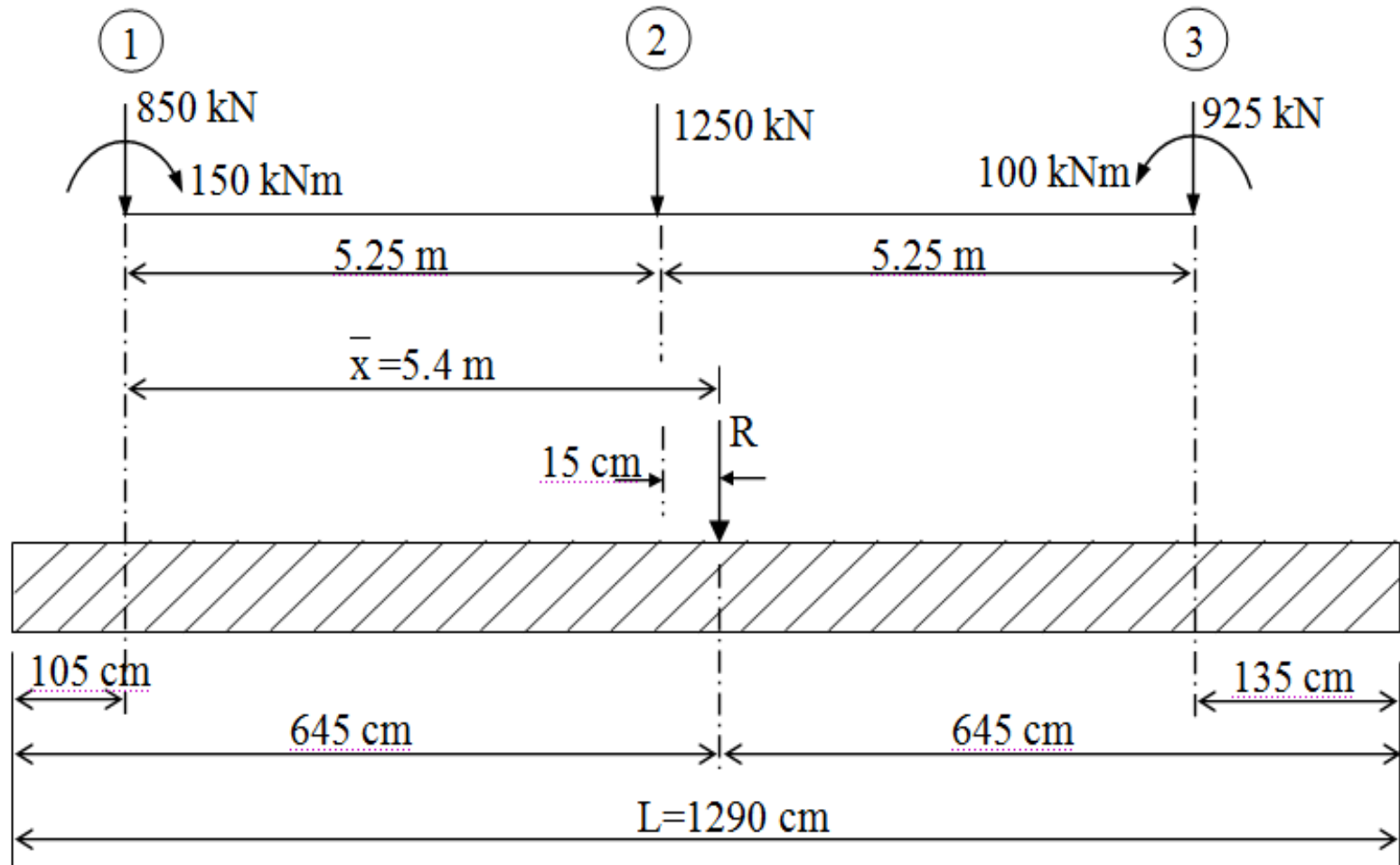
$$A_{sy1} = \frac{M_{dy2}}{f_{yd} j d} = \frac{953 \times 10^6}{365 \times 0.86 \times 740} = 4103 \text{ mm}^2 \quad (11\phi 22)$$

Donatı detayı:



Örnek 4

Şekilde verilen sürekli temeli boyutlandırarak donatı hesabını yapınız. Malzeme C16, S220, zemin emniyet gerilmesi, $\sigma_{z, em}=225 \text{ kN/m}^2$, paspayı=5 cm ve kolon boyutları 40x40 cm.



Ön tasarım:

$$f_{zu} = 1.5 (\sigma_{z, em}) = 1.5 \times 225 = 337.5 \text{ kN/m}^2, \quad R = 850 + 1250 + 925 = 3025 \text{ kN}$$

- ① Noktası etrafında moment alınarak;

$$150 + 1250 \times 5.25 + 925 \times 10.5 - 100 = 3025 \times (\bar{x})$$

$\bar{x} = 5.4 \text{ m}$ olarak bileşke kuvvetin etkiye noktası bulunur.

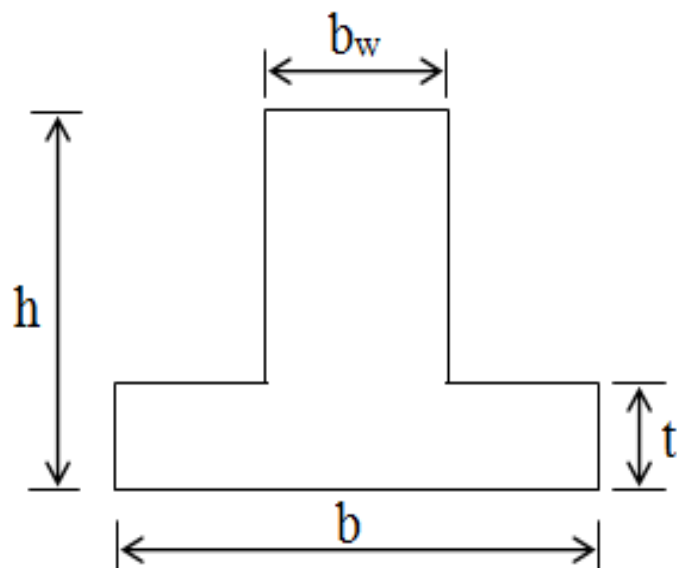
$$l/5 = 525/5 = 105 \text{ cm, temel in yarı uzunluęu} = 540 + 105 = 645 \text{ cm.}$$

$$\text{Temel boyu, } L = 642 \times 2 = 1290 \text{ cm.}$$

$$\text{Temel genişliği, } b = \frac{\sum N_d}{L f_{zu}} = \frac{3025}{12.9 \times 337.5} = 0.694 \text{ m.}$$

Emniyetli yönde kalmak için temel genişliği bir miktar arttırılmalıdır. Bu durumda;
 $b = 80 \text{ cm}$ kabul etmek uygun olacaktır.

Temel kiriş genişliği, $b_w=50$ cm ve tabla kalınlığı, $t=20$ cm kabul edilirse;



Zemin gerilmesi:

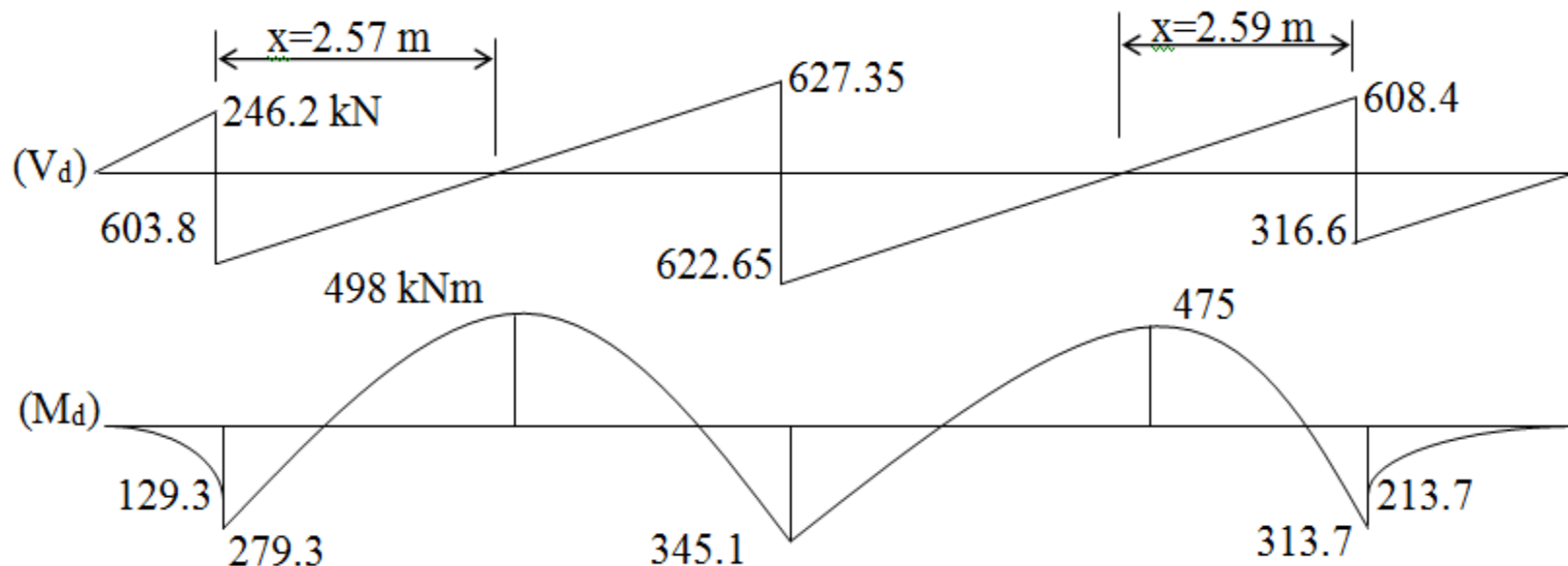
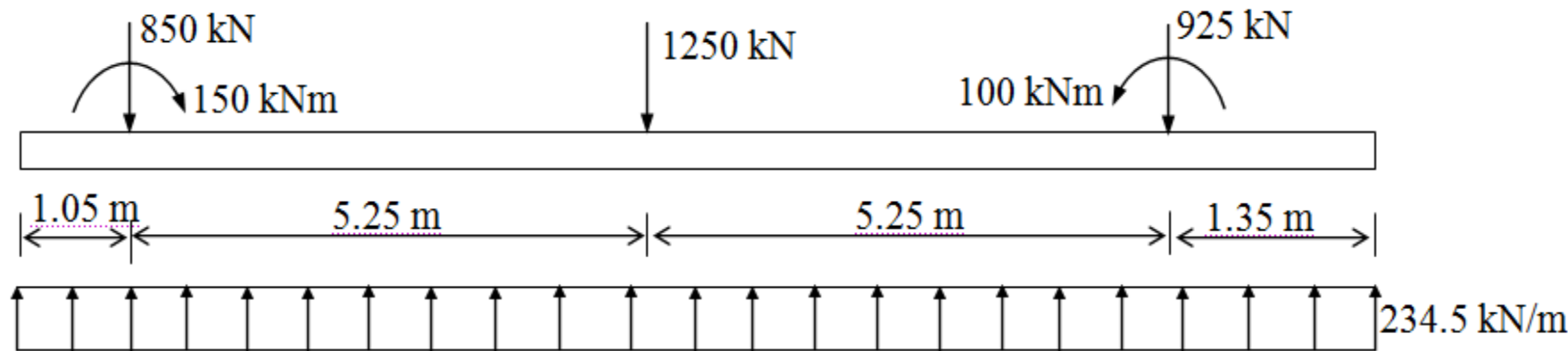
$$\sigma_z = \frac{\sum N_d}{L (b)} = \frac{3025}{12.9 \times 0.8} = 293.1 \text{ kN/m}^2$$

$h=100$ cm kabul edilirse ($d=95$ cm)

$f_{zn}=f_{zu}-18 h=337.5-18 \times 1.0=319.5 \text{ kN/m}^2 > \sigma_z$ Boyutlar uygun bulunmaktadır.

Kesin tasarım:

1.0 metre boya karşılık gelen zemin gerilmesi: $q_z = \frac{\sum N_d}{L} = \frac{3025}{12.9} = 234.5 \text{ kN/m}$



Kesme hesabı:

$$\max V = 627.35 \text{ kN}, \quad V_d = V - q_z \left(d + \frac{a}{2} \right), \quad V_d = 627.35 - 234.5 \times \left(0.95 + \frac{0.4}{2} \right) = 357.67 \text{ kN}$$

$$V_{cr} = \gamma (f_{ctd}) b (d) = 0.65 \times 0.9 \times 10^{-3} \times 500 \times 950 = 277.9 \text{ kN}$$

$V_d > V_{cr}$ olduğundan kiriş genişliği bir miktar arttırılmalıdır. $b_w = 60 \text{ cm}$ seçilir, bu durumda $V_{cr} = 333.5 \text{ kN}$ olur. Bu değer V_d değerine oldukça yakın olduğundan boyutlar kesme için yeterli kabul edilebilir.

$$V_c = 0.8 V_{cr} = 266.8 \text{ kN}$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{V_d - V_c}{f_{ywd} (d)}, \quad \frac{A_{sw}}{s} = \frac{(357.67 - 266.8) \times 10^3}{191 \times 950} = 0.5 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$\min \frac{A_{sw}}{s} = 0.3 \frac{f_{ctd}}{f_{ywd}} b_w, \quad \min \frac{A_{sw}}{s} = 0.3 \times \frac{0.9}{191} \times 600 = 0.85 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$\phi 10 \text{ seçilirse; } A_{sw} = 157.08 \text{ mm}^2, \quad \frac{157.08}{s} = 0.85 \text{ buradan } s = 184.8 \text{ mm } (\phi 10/18 \text{ cm}) \text{ etriye}$$

Eğilme hesabı:

Açıklıkta tabla basınç bölgesinde, mesnetlerde ise çekme bölgesinde kalacaktır.

(1)-(2) aksı arası açıklık momenti, $M_d=498 \text{ kNm}$

$$K = \frac{b_w d^2}{M_d}, \quad K = \frac{600 \times 950^2}{498 \times 10^3} = 1087 \text{ mm}^2/\text{kN} > K_l = \frac{4.95}{f_{cd}} = 450 \text{ mm}^2/\text{kN}$$

$$A_s = \frac{M_d}{f_{yd} (j) d}, \quad A_s = \frac{498 \times 10^6}{191 \times 0.9 \times 950} = 3049.5 \text{ mm}^2 \quad \text{olarak donatı hesaplanır.}$$

Seçilen donatı: $4\phi 20 \text{ düz} + 6\phi 20 \text{ pilye} = 3140 \text{ mm}^2 > \min A_s$

$$\min A_s = 0.8 \frac{f_{ctd}}{f_{yd}} b_w d = 2149 \text{ mm}^2$$

(2)-(3) arası açıklık momenti, $M_d=475 \text{ kNm}$, $A_s=\frac{475 \times 10^6}{191 \times 0.9 \times 950}=2908.6 \text{ mm}^2 > \min A_s$

Seçilen donatı: $4\phi 20 \text{ düz} + 6\phi 20 \text{ pilye} = 3140 \text{ mm}^2 > \min A_s$

(1) Nolu mesnet: $M_d = M - V \frac{a}{3}$, $M_d = 279.3 - 246.2 \times \frac{0.4}{3} = 246.5 \text{ kNm}$

$$A_s = \frac{246.5 \times 10^6}{191 \times 0.86 \times 950} = 1580 \text{ mm}^2 < \min A_s = 2149 \text{ mm}^2 \text{ bu durumda } \min A_s \text{ geçerlidir.}$$

Mevcut donatı: $6\phi 20 \text{ pilye} + 4\phi 12 \text{ montaj} = 2336 \text{ mm}^2 > 2149 \text{ mm}^2$ Ek donatı gerekmez!

(2) Nolu mesnet: $M_d = 345.1 - 622.65 \times \frac{0.4}{3} = 262.1 \text{ kNm}$

$$A_s = \frac{262.1 \times 10^6}{191 \times 0.86 \times 950} = 1679.6 \text{ mm}^2 < \min A_s = 2149 \text{ mm}^2$$

Mevcut donatı: $6\phi 20 \text{ pilye} + 6\phi 20 \text{ pilye} + 4\phi 12 \text{ montaj} = 4220 \text{ mm}^2 > 2149 \text{ mm}^2$ Ek donatı gerekmez!

(3) Nolu mesnet: $M_d = 313.7 - 316.6 \times \frac{0.4}{3} = 271.5 \text{ kNm}$

$$A_s < \min A_s = 2149 \text{ mm}^2$$

Mevcut donatı: $6\phi 20 \text{ pilye} + 4\phi 12 \text{ montaj} = 2336 \text{ mm}^2 > 2149 \text{ mm}^2$ Ek donatı gerekmez!

Pabucun alt tablasının dışa taşan parçaları bir konsol gibi çalışacağından kontrol edilmesi gerekmektedir. ($b_w = 1 \text{ m}$, $h = 20 \text{ cm}$, $d = 15 \text{ cm}$).

$$\sigma_z = 234.5 \text{ kN/m}^2$$

1 m konsol genişliği için $q_{z2} = 234.5 \text{ kN/m}$

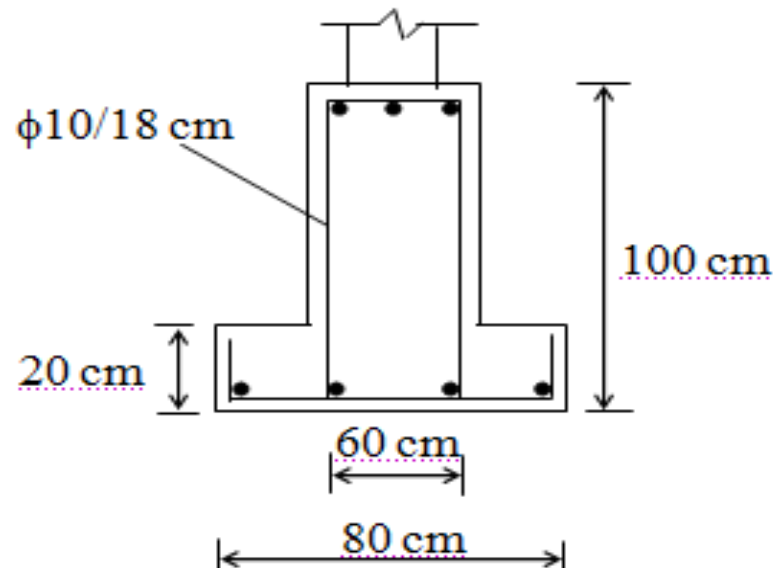
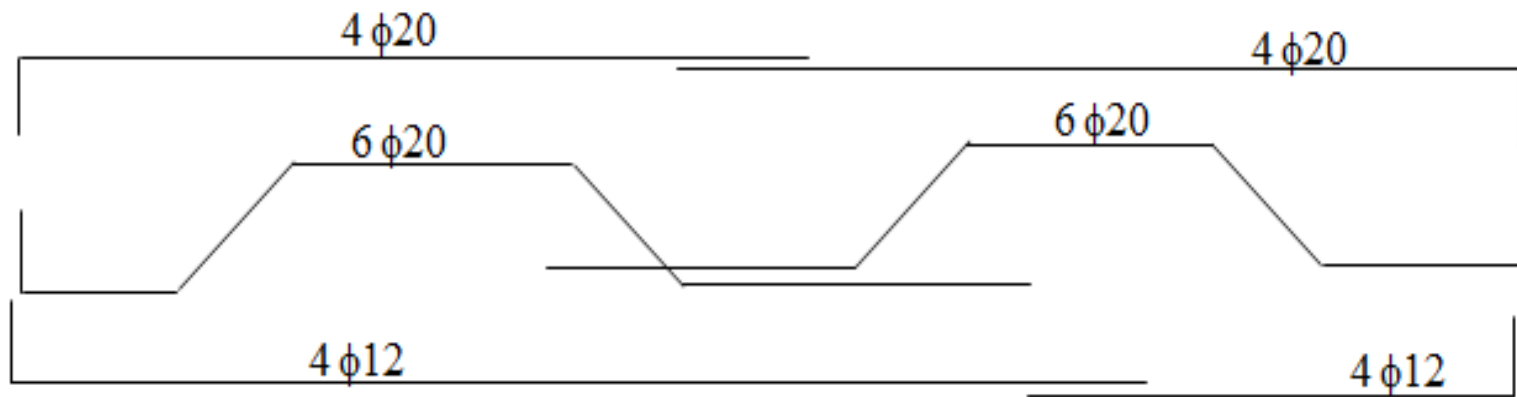
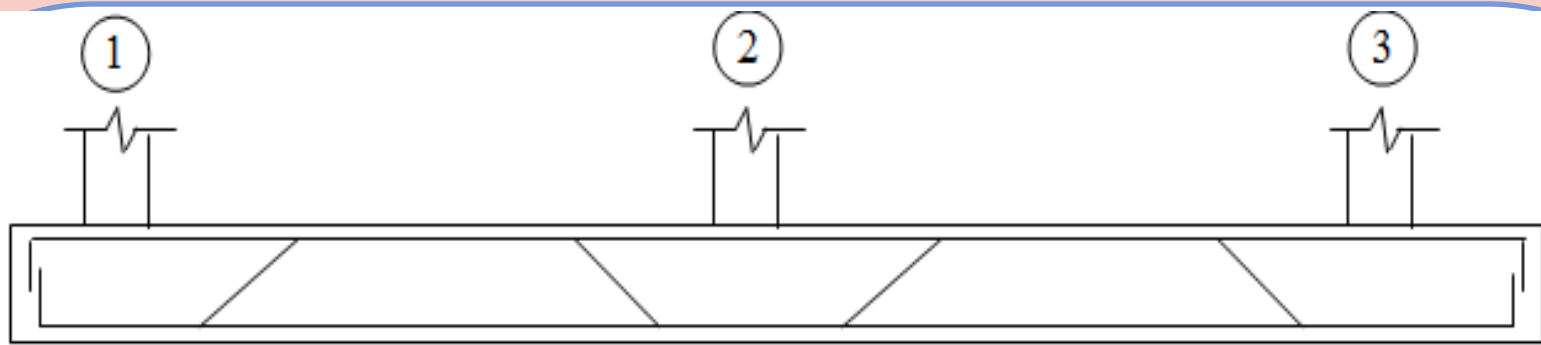
Konsol açıklığı $= (0.8 - 0.6) / 2 = 0.1$ m

$$M_d = 234.5 \times (0.1)^2 / 2 = 1.17 \text{ kNm}$$

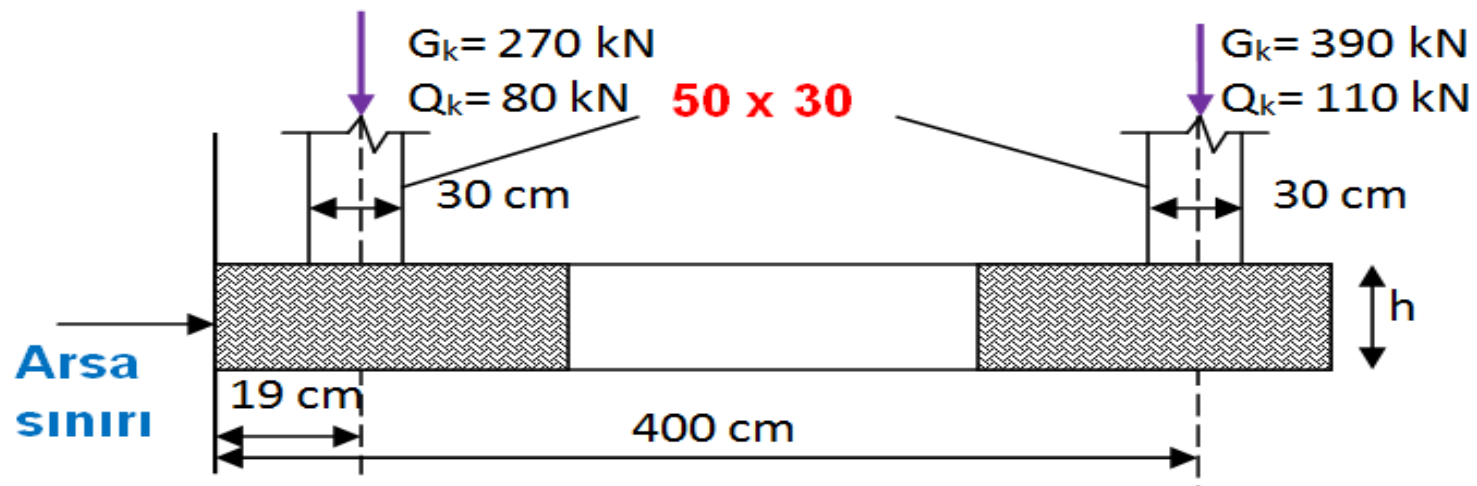
$$M_{cr} = f_{ctf} \frac{I}{y}, \quad (f_{ctf} = 2 f_{ctd}), \quad I = 1000 \times \frac{200^3}{12} = 666.66 \times 10^6, \quad y = 100 \text{ mm}$$

$$M_{cr} = 2 \times 0.9 \times \frac{666.66 \times 10^6}{100} \times 10^{-6} = 12 \text{ kNm}$$

$M_d < M_{cr}$ olduğundan donatı gerekmez $\phi 10/18$ cm etriye kolları tablaya doğru uzatılır.



Örnek 5:



Malzeme C20, S420 ($f_{cd} = 13$ N/mm², $f_{yd} = 365$ N/mm²)

($f_{ctd} = 1.1$ N/mm²)

Zemin emniyet gerilmesi: 200 kN/m²

Kolonların altındaki tekil sömeller birbirlerine bağ kirişi ile bağlanacaktır.

1 Nolu Sömel

$$\text{Tasarım yükü} = 270 \cdot 1.4 + 80 \cdot 1.6 = 506 \text{ kN}$$

$$\frac{A_{1y}}{A_{1x}} = \frac{50}{30} \qquad A_{1y} = \frac{5}{3} A_{1x}$$

$$A_{1x} \cdot A_{1y} = \frac{N}{q_{net}} \qquad \frac{5}{3} A_{1x}^2 = \frac{N}{q_{net}} = \frac{506}{275.3} \qquad A_{1x} = 1.05 \text{ m}$$

$$A_{1x} = 1.10 \text{ m} \text{ seçilirse } A_{1y} = 1.83 \text{ m} \text{ olur.}$$

Müsaade edilen zemin gerilmesi= 200 kN/m^2

Temel ağırlığı ($h=40 \text{ cm}$ seç)= $24*0.4=9.6 \text{ kN/m}^2$

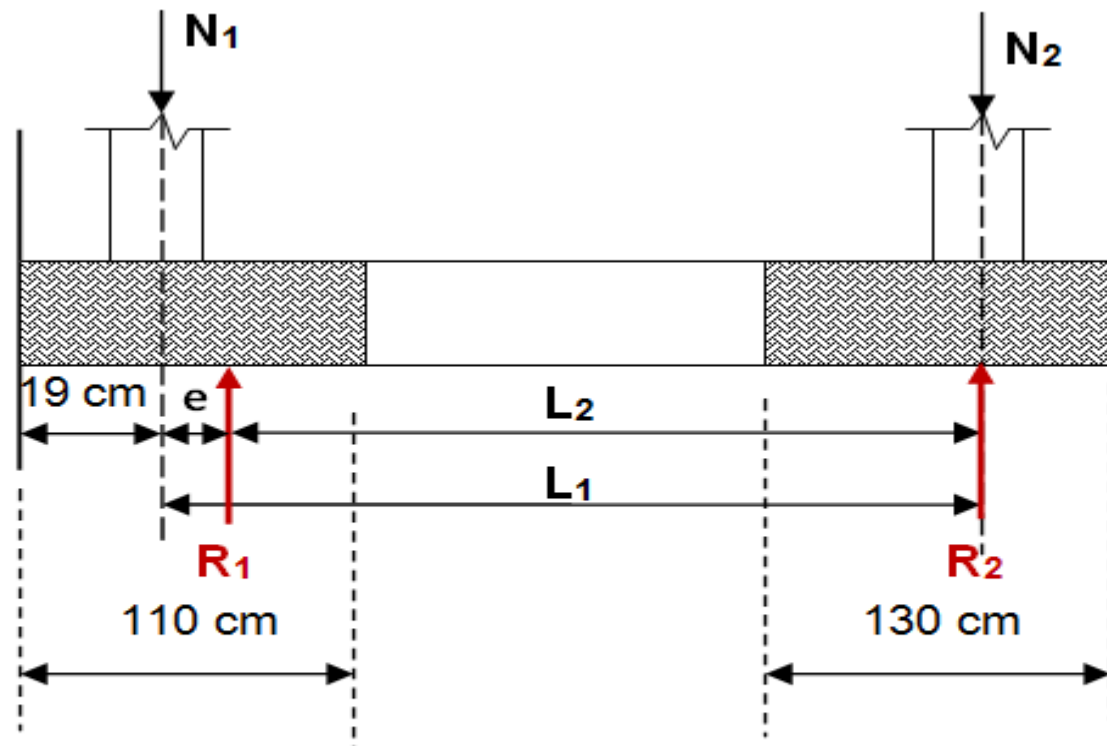
$$q_{net} = 190.4 \text{ kN/m}^2 (\text{servis})$$

Eş değer zemin gerilmesi (taşıma gücü)=

$$190.4*506/(270+80)=275.3 \text{ kN/m}^2$$

- 1 nolu sölmenin boyutları $110*190 \text{ cm}$ seçilir.

1 nolu kolonun altına sömel simetrik olarak yerleştirilmediğinden (arsa sınırından dolayı) seçilen sömelin boyutlarının eksantrik konum için yeterli olup olmadığı araştırılmalıdır.



$$e = 1.10/2 - (0.19) = 0.55 - 0.19 = 0.36 \text{ m}$$

2 nolu sömelin simetri eksenini kolon aksı ile çakıştığından eksantrisite yoktur.

$$N_1 L_1 - R_1 L_2 = 0$$

$$R_1 = \frac{N_1 L_1}{L_2} = \frac{506 * 4}{4 - 0.36} = 556 \text{ kN}$$

Sömel boyutlarının $R_1 = 556 \text{ kN}$ 'luk bir kuvveti, zemin taşıma gücü aşılmadan taşıyıp taşımadığı kontrol edilmelidir.

$$q_{net} = \frac{556}{1.1 * 1.9} = 266 \text{ kN/m}^2 < 275.3 \text{ kN/m}^2$$

O halde seçilen sömel boyutları yeterlidir.

2 Nolu Sömel

Düşey kuvvetlerin dengesi sağlanacak şekilde 2 nolu sömelde oluşan toplam reaksiyon bulunur.

$$R_2 = N_1 + N_2 - R_1 = 506 + (390 * 1.4 + 110 * 1.6) - 556 = 672 \text{ kN}$$

$$\frac{5}{3} A_{2x}^2 = \frac{N}{q_{net}} = \frac{672}{275.3} \quad A_{1x} = 1.21 \text{ m}$$

$$A_{2x} = 1.30 \text{ m} \quad \text{Seçilirse} \quad A_{2y} = 2.17 \text{ m} \quad \text{olur.}$$

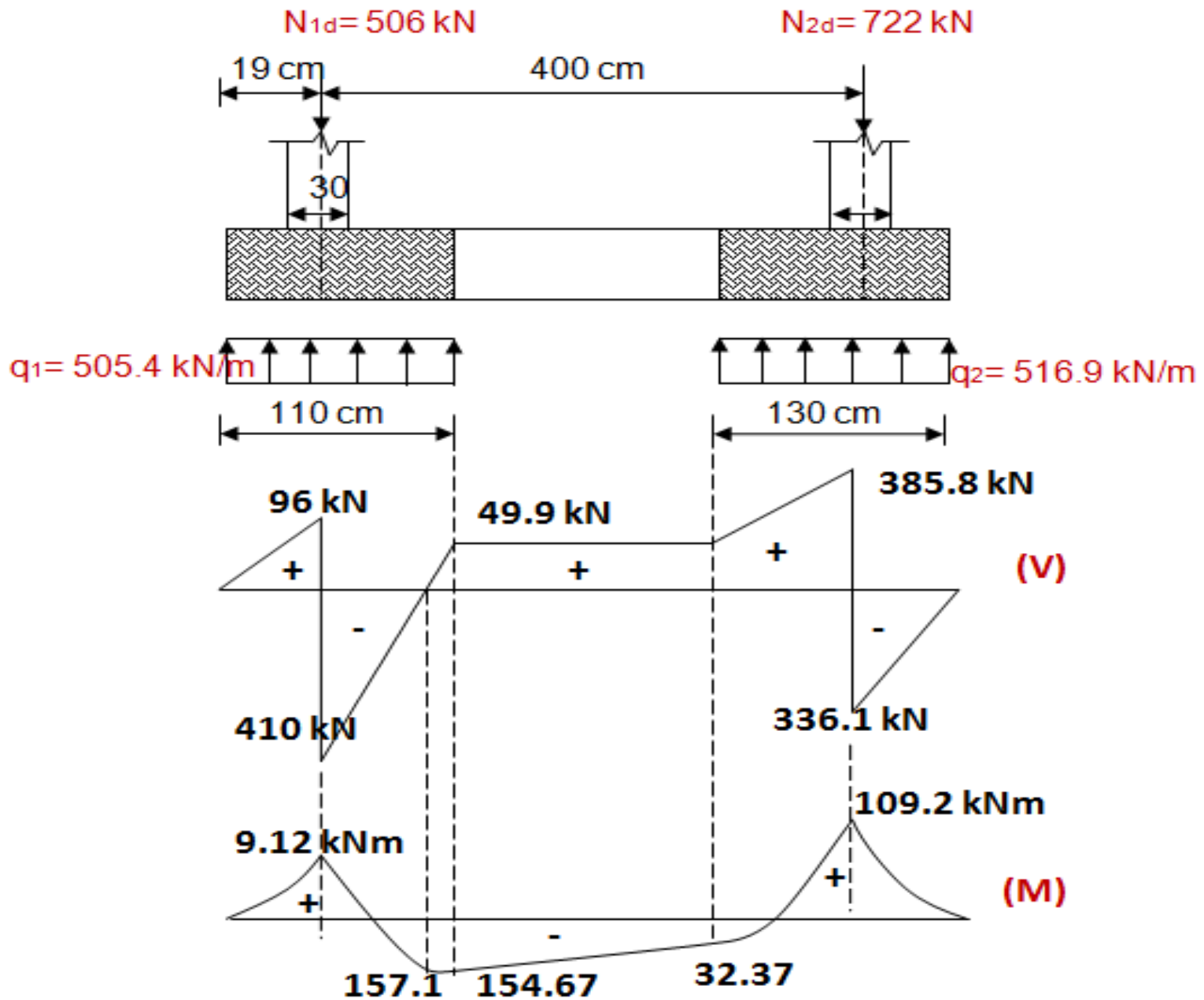
- 2 nolu sömelin boyutları 130*220 cm seçilir.

Bundan sonra smeline altındaki eŖit yayılı zemin gerilmeleri hesaplanır. Smelleri birbirine bağlayan kiriŖin altındaki zemin gerilmeleri ihmal edilecektir. Dikkat edilirse; eksantrisiteden dolayı oluŖan moment, kiriŖi zeminden ayırmaya alıŖacaėından bu gerilmeler ya çekme olacaktır (ki bu durumda hesaba alınmamaları gerekir) ya da çok küçük olacağından ihmal edilebilecektir.

$$q_{sp1} = \frac{556}{1.10} = 502.4 \text{ kN/m} \quad \text{net zemin gerilmesi} = \frac{502.4}{1.9} = 266 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{sp2} = \frac{672}{1.30} = 516.9 \text{ kN/m} \quad \text{net zemin gerilmesi} = \frac{516.9}{2.20} = 234.9 \text{ kN/m}^2$$

Net zemin gerilmeleri < 275.3 kN/m² ✓



SÖMELLERİN KESİN TASARIMI

1 Nolu Sömel

$h = 40 \text{ cm}$ seçildi. ($d = 36 \text{ cm}$)

$$V'_d = 410 \text{ kN}$$

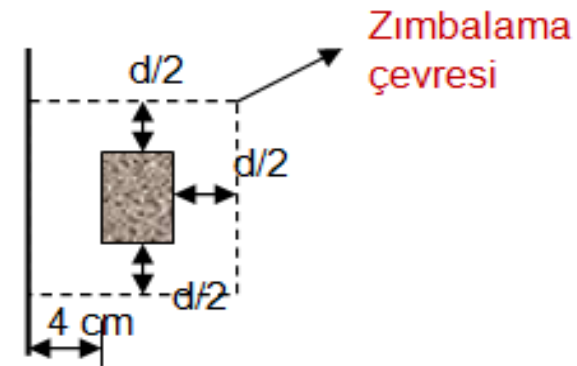
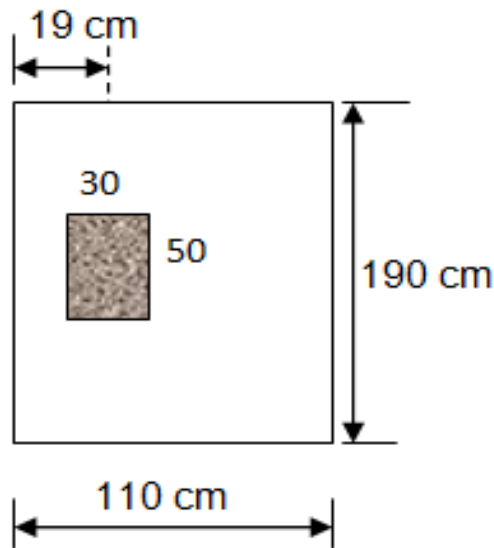
Kayma için kritik kesit kolon yüzünden d kadar uzaklıkta;

$$V_d = 410 - 505.4 \left(\frac{0.30}{2} + 0.36 \right) = 152.2 \text{ kN}$$

$$V_{cr} = 0.65 f_{ctd} b_w d = 0.65 * 0.0011 * 1900 * 360 = 489.1 \text{ kN}$$

$$V_{cr} > V_d$$

Zımbalama kontrolü (1 NOLU SÖMEL)



$$U_p = (50 + 36) + 2 \left(30 + \frac{36}{2} + 4 \right) = 190 \text{ cm}$$

$$\gamma = \frac{1}{1 + 1.5 \frac{e}{\sqrt{b_1 b_2}}} = \frac{1}{1 + 1.5 \frac{0.36}{\sqrt{0.52 * 0.86}}} = 0.55$$

$$V_{pr} = \gamma f_{ctd} U_p d = 0.55 * 0.0011 * 1900 * 360 = 413.8 \text{ kN}$$

Zımbalama Yüğü

$$V_{pd} = F_d - F_a$$

$$F_d = F_1 = 506 \text{ kN}$$

$$F_a = (50 + 36) * 10^{-2} * \left(30 + \frac{36}{2} + 4\right) * 10^{-2} * q_{sp} = 0.4472 * 266 \\ = 118.95 \text{ kN}$$

$$V_{pd} = 506 - 118.95 = 387 \text{ kN} < V_{pr} \quad \checkmark$$

Boyuna donatı hesabı (x yönünde)

-M= 157.1 kNm (donatı yukarıda d= 40-4=36 cm)

$$K = \frac{b_w d^2}{M} = \frac{1900 * 360^2}{157100} = 1567.4 \text{ mm}^2/\text{kN}$$

$$K_1 = \frac{4.95}{13 * 10^{-3}} = 380 \text{ mm}^2/\text{kN} < K \quad (\text{BOYUT YETERLİ!})$$

$$A_s = \frac{M}{f_{yd} j_l d} = \frac{157.1 * 10^6}{365 * 0.86 * 360} = 1390 \text{ mm}^2 \text{ (6}\varnothing 18 \text{ üstte)}$$

$$+M = 9.2 \text{ kNm} \quad d = 34 \text{ cm altta ikinci sıra}$$

$$A_s = \frac{M}{f_{yd} j_l d} = \frac{9.2 * 10^6}{365 * 0.86 * 340} = 86 \text{ mm}^2$$

$$\min A_s = 0.0015 * b * d = 0.0015 * 1900 * 340 = 969 \text{ mm}^2$$

(7 \varnothing 14 altta ikinci sıra)

Boyuna donatı hesabı (y yönünde)

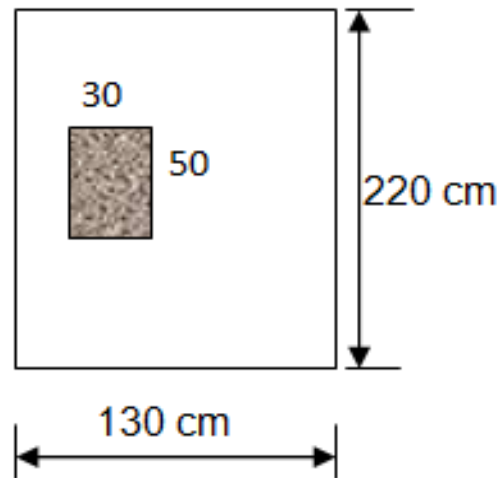
$$+M_y = \frac{N_{1d}}{8} (A_y - a_y) = \frac{506}{8} (1.9 - 0.5) = 88.55 \text{ kNm}$$

$$K = \frac{b_w d^2}{M} = \frac{1100 * 360^2}{88.55 * 10^3} = 1609.9 \text{ mm}^2/\text{kN} > K_1$$

$$+A_s = \frac{M}{f_{yd} j_l d} = \frac{88.55 * 10^6}{365 * 0.86 * 360} = 784 \text{ mm}^2$$

(4Ø16 altta birinci sıra)

Zımbalama kontrolü (2 NOLU SÖMEL)



Bağ kirişi olduğundan sömel derinliklerinin aynı olması gerekir. ($h = 40$ cm)

Kayma Hesabı

- y yönünde (d kadar uzaklıkta)

$$V_{max} = 234.9 * 1.3 \left(\frac{2.2}{2} - \frac{0.5}{2} - 0.34 \right) = 155.7 \text{ kN}$$

$$V_{cr} = 0.65 f_{ctd} b_w d = 0.65 * 0.0011 * 1300 * 340 = 316 \text{ kN} > V_{max}$$

Donatılandırma

x yönünde (d= 34 cm altta ikinci sıra)

$$-M = 109.2 \text{ kNm}$$

$$K = \frac{b_w d^2}{M} = \frac{2200 * 340^2}{109200} = 2328.9 \text{ mm}^2/\text{kN} > K_1$$

$$A_s = \frac{M}{f_{yd} j_l d} = \frac{109.2 * 10^6}{365 * 0.86 * 340} = 1023 \text{ mm}^2$$

(8Ø14 altta ikinci sıra)

y yönünde (d= 36 cm altta birinci sıra)

$$+M_y = \frac{N_{2d}}{8} (A_y - a_y) = \frac{722}{8} (2.2 - 0.5) = 153.4 \text{ kNm}$$

$$+A_s = \frac{M}{f_{yd} j_l d} = \frac{153.4 * 10^6}{365 * 0.86 * 360} = 1358 \text{ mm}^2$$

(6Ø18 altta birinci sıra)

Bağ kirişinin kesin tasarımı (b= 100 cm)

d= 36 cm -M= 157.1 kNm

$$K = \frac{b_w d^2}{M} = \frac{1000 * 360^2}{157100} = 824.9 \text{ mm}^2/\text{kN} > K_1$$

$$-A_s = \frac{M}{f_{yd} j_l d} = \frac{157.1 * 10^6}{365 * 0.86 * 360} = 1390 \text{ mm}^2$$

(6Ø18 üstte)

$$+A_s = \min A_s = 0.0025 * b * d = 0.0025 * 1000 * 360 \\ = 900 \text{ mm}^2$$

(7Ø14 altta)

	S ₁		S ₂		Bağ Kirişi
	x yönü	y yönü	x yönü	y yönü	
ÜSTTE	6Ø18	-	-	-	6Ø18
ALTTA	7Ø14 (2.sıra)	4Ø16 (1.sıra)	8Ø14 (2.sıra)	6Ø18 (1.sıra)	7Ø14

