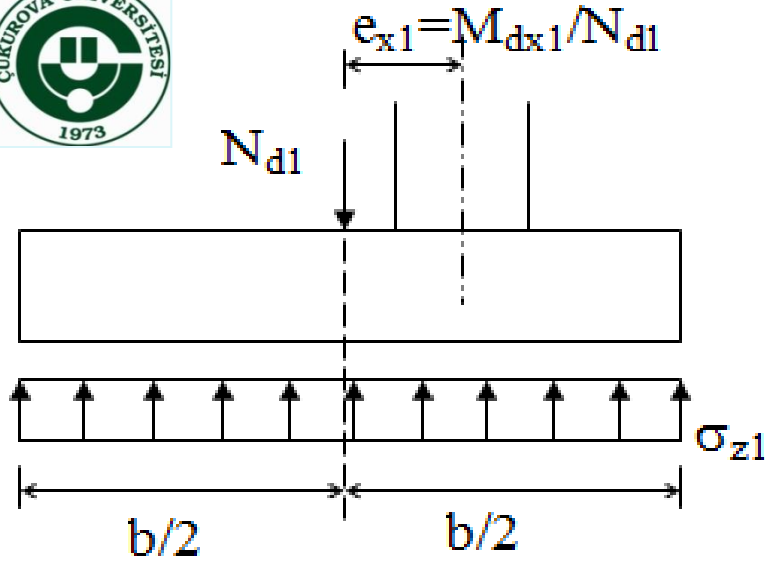


BETONARME TEMELLER

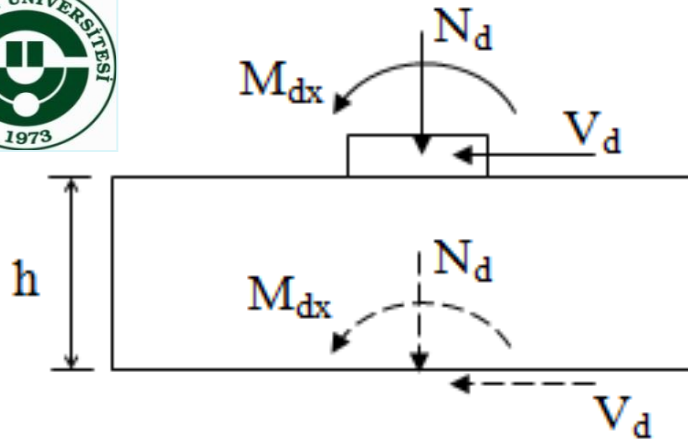
Prof. Dr. Cengiz DÜNDAR



Tabandan ankastre kabul edilen tek katlı, tek açıklıklı çerçevelerde özellikle açıklığın büyük olduğu durumlarda kolon momentleri, dolayısıyla dışmerkezlik büyük olur. Bu gibi durumlarda kolonun konumu, düşey yük etkisiyle oluşan moment ve

eksenel kuvvet altında zemin gerilmesini düzgün yayılı yapacak biçimde seçilebilir. Böylece ankastrelik daha iyi sağlanır ve temelin dönme olasılığı azaltılmış olur.

Kolon tabanında oluşan yatay kuvvet (kesme) de genelde temel tasarımında gözden kaçabilir. Önlem alınmadığı takdirde bu yatay kuvvet de zemine aktarılır. Aktarılan bu yatay kuvvetin temelle zemin arasında oluşan sürtünme kuvveti tarafından karşılanması gerekir.



$$V_d \leq \frac{\mu N_d}{2.0}$$

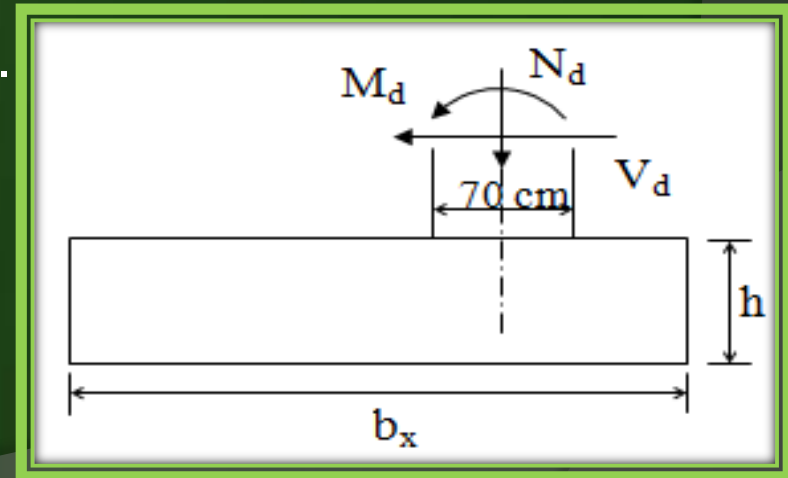
Denklemdaki μ sürtünme katsayısı, 2.0 ise güvenlik katsayısıdır. Birçok kez yukarıdaki koşul sağlanamadığından temeldeki yatay yer değiştirme önemli sorunlara hatta göçmelere neden olmaktadır. Bu nedenle yatay kuvvetin bir gergi elemanı ile alınması çok uygun bir çözümdür.

Örnek:

Bilinen: Tek katlı, tek açıklıklı (20 m) bir çerçeve temeli, malzeme C16, S220, zemin emniyet gerilmesi 150 kN/m^2 , kolon kesiti 50×70 . Temele aktarılan zorlamalar:

<u>Yük Kombinasyonu</u>	$M_{dx} \text{ (kNm)}$	$N_d \text{ (kN)}$	$V_d \text{ (kN)}$
(1) $1.4G+1.6Q$	300	600	40
(2) $1.0G+1.0Q+1.0E$	337	450	200
(3) $0.9G+1.0E$	240	410	150

İstenen: Temel boyutları ve donatısı.



Çözüm:

Önce düşey yük kombinasyonuna (No:1) göre yapılacak, sonra deprem için kontrol edilecektir. İlk aşamada düşey yük etkisi altında temelin altında düzgün yayılı zemin gerilmesi oluşturulmasına çaba gösterilecektir.

Düşey yük altında $e_{x1} = M_{dx1} / N_{d1} = 300 / 600 = 0.5$ m

a) Temel boyutları oranı b_x / b_y yaklaşık olarak kolon kesit boyutları oranında seçilirse;

$$a_x / a_y = b_x / b_y = 70 / 50 = 1.4, \quad b_x = 1.4 b_y$$

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

$$1.4 b_y (b_y) = N_d / f_{zu}$$

$$1.4 b_y^2 = 600 / 225 = 2.67 \text{ m}^2 \quad b_y = 1.4 \text{ m}, \quad b_x = 1.9 \text{ m}$$

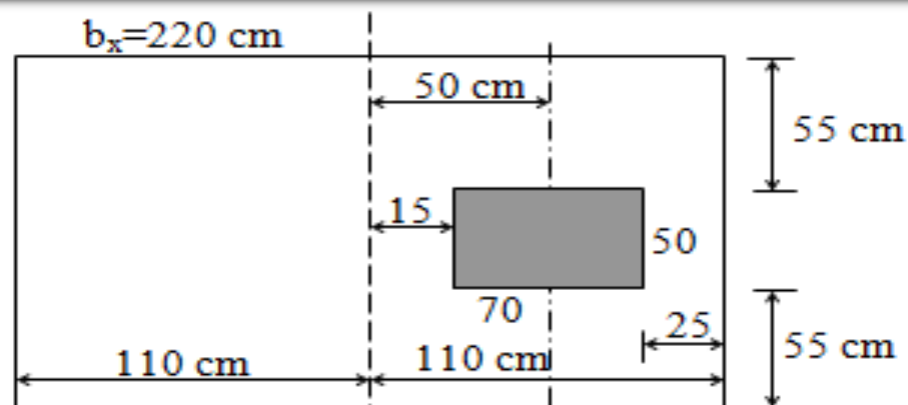
Momenti de dikkate alırsak;

$b_x = 2.2 \text{ m}, \quad b_y = 1.6 \text{ m}$ alınacaktır.

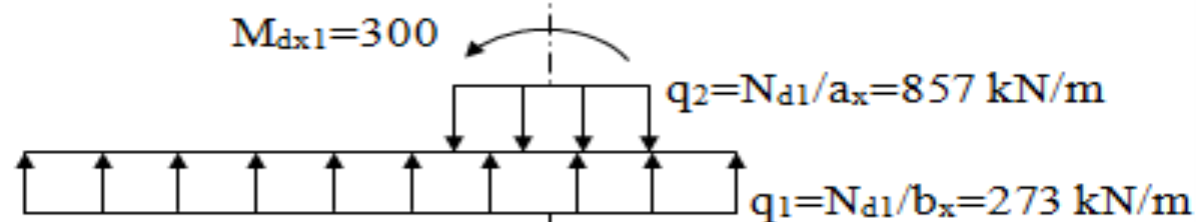
b) $e_{x1}=0.50$ m (1) nolu düşey yük kombinasyonu için kolon ekseninden temelin simetri eksenine olan uzaklık 0.50 m alınacaktır. Bu durumda x-yönünde oluşan zemin gerilmesi, kesme ve moment diyagramları aşağıda gösterilmiştir.

Moment diyagramı çizilirken kolon momentinin kolon ekseninde etkidiği varsayılmıştır.

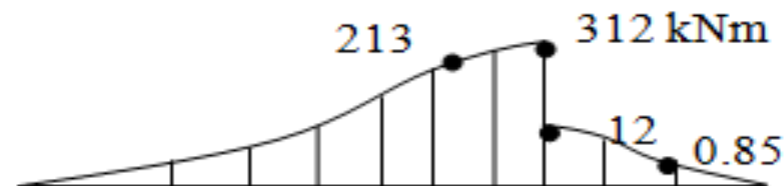
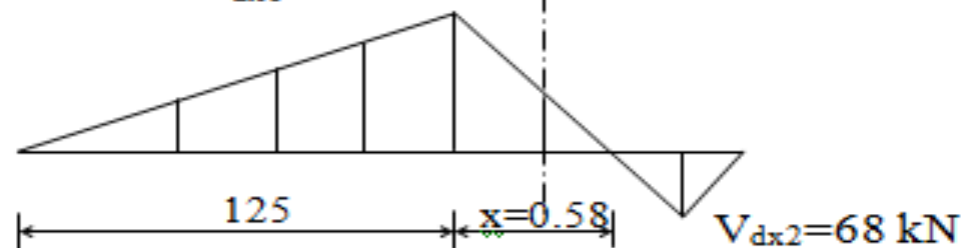
$b_y = 160 \text{ cm}$



$M_{dx1} = 300$



$V_{dx1} = 341 \text{ kN}$



c) (1) nolu yük kombinezonu için hesap:

$$q_1 = N_{d1}/b_x = 600/2.2 = 273 \text{ kN/m}$$

$$q_2 = N_{d1}/a_x = 600/0.7 = 857 \text{ kN/m}$$

Hesapta kullanılan kritik değerler;

$$V_{dx1} = q_1 * 1.25 = 1.25 * 273 = 341 \text{ kN}$$

$$M_{dx1} = V_{dx1}(1.25)/2 = 213 \text{ kN m}$$

$$\sigma_{z1} = N_d/b_x b_y = 600/2.2 * 1.6 = 170 \text{ kN/m}^2$$

$h = 45 \text{ cm}$ seçilirse ($d = 40$);

$$f_{zn} = f_{zu} - 18h = 225 - 18 * 0.45 = 217 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{z1} < f_{zn} \text{ uygun.}$$

$$b_1 = 70 + 40 = 110 \text{ cm}$$

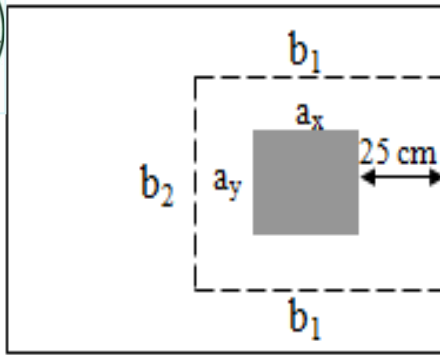
$$b_2 = 50 + 40 = 90 \text{ cm}$$

$$U_p = 2(b_1 + b_2) = 400 \text{ cm}$$

$$A_p = b_1 b_2 = 1.0 \text{ m}^2$$

Kolon temel kenarına çok yakın olduğundan bir kez de şekildeki zımbalama çevresi hesaplanmalıdır.

Zımbalama için kritik kesit kolon yüzünden $d/2$ uzaklığında oluşur.



$$b_1 = 70 + d/2 + 25 = 115\text{ cm}, \quad b_2 = 50 + d = 90\text{ cm}$$

$$U_p = 2b_1 + b_2 = 320\text{ cm}, \quad A_p = 1.15 * 0.9 = 1.03\text{ m}^2$$

Görüldüğü gibi bu çevre daha kritiktir.

$$V_{pdl} = N_{dl} - A_p \sigma_z = 600 - 1.03 * 170 = 425\text{ kN}$$

y-doğrultusunda

$$\text{Konsol açıklığı: } (b_y - a_y)/2 = (1.6 - 0.5)/2 = 0.55\text{ m}$$

$$V_{dyl} = \sigma_{z1} * 0.55 * 2.2 = 170 * 0.55 * 2.2 = 205\text{ kN}$$

$$M_{dyl} = \sigma_{z1} * 2.2 * (0.55)^2 * 0.5 = 170 * 2.2 * (0.55)^2 * 0.5 = 57\text{ kN m}$$

Zımbalama Kontrolü:

$$\gamma_x = \frac{1.0}{1.0 + 1.5 \frac{e_x (0.4)}{\sqrt{b_1 b_2}}} = \frac{1.0}{1.0 + 1.5 \frac{50 * 0.4}{(115 * 90)^{1/2}}} = 0.77$$

$$V_{pr} = \gamma f_{ctd} U_p d = 0.77 * 0.9 * 10^{-3} * 3200 * 400 = 887\text{ kN}$$

$$V_{pd} = 425\text{ kN} \quad V_{pd} < V_{pr} \text{ uygun.}$$

Kesme Kontrolü:

$$V_{dxl} > V_{dyl}, \quad V_{dxl} = 341\text{ kN}$$

$$V_{crx} = 1.0 f_{ctd} b_x d = 1.0 * 0.9 * 10^{-3} * 1600 * 400 = 576\text{ kN}$$

$$V_{dxl} < V_{crx} \text{ uygun}$$

Eğilme:



$$\max M = M_{dx1} = 213 \text{ kNm (kolon yüzünde)}$$

$$K = 1600 \cdot 400^2 / 213 \cdot 10^3 = 1200 > K_1$$

$$A_{sx1} = 213 \cdot 10^6 / (191 \cdot 0.86 \cdot 400) = 3240 \text{ mm}^2 = 32.4 \text{ cm}^2$$

$$A_{sy1} = 57 \cdot 10^6 / (191 \cdot 0.86 \cdot 400) = 867 \text{ mm}^2 = 8.7 \text{ cm}^2$$

$$\min A_{sy} = 0.002 \cdot 2200 \cdot 400 = 1760 \text{ mm}^2$$

$$A_{sx1} = 32.4 \text{ cm}^2, \quad A_{sy1} = 17.6 \text{ cm}^2$$

d) (2) nolu Yük Kombinasyonu için Kontrol

Kolon yükünün dışmerkezliği $e_{x2} = M_{dx2} / N_{d2} = 337 / 450 = 0.75 \text{ m}$

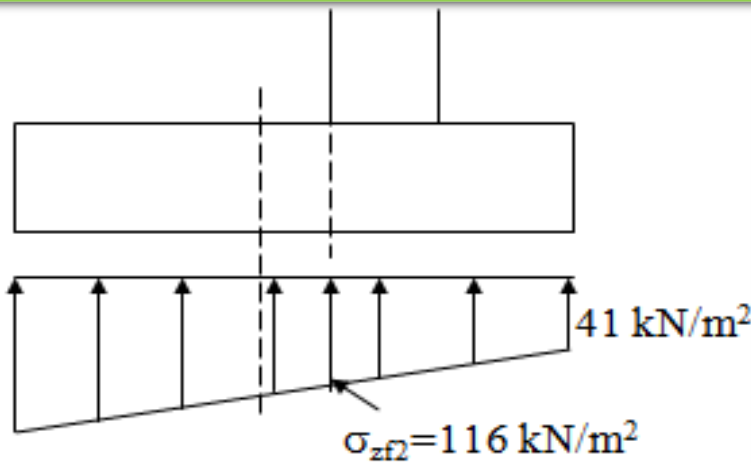
Temel simetri ekseninin kolon ekseninden uzaklığı, 50 cm.

Bu durumda temel üzerindeki gerçek dışmerkezlik, $e_{x2} = 75 - 50 = 25 \text{ cm}$

$$\sigma_{zx} = \frac{N_{d2}}{b_x b_y} \left(1 \mp \frac{6e_{x2}}{b_x} \right) = \frac{450}{2.2 \cdot 1.6} \left(1 \mp \frac{6 \cdot 0.25}{2.2} \right)$$

$$\sigma_{z\max} = 215 \text{ kN/m}^2 < f_{zn} = 218 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{z\min} = 41 \text{ kN/m}^2$$



$$\sigma_{zo} = (215 + 41) / 2 = 128 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{zf2} = 215 - (215 - 41) * 1.25 / 2.2 = 116 \text{ kN/m}^2$$

Zımbalama Kontrolü:

Bu kontrole gerek yok çünkü düşey yük altında (1 nolu yükleme) kolon eksenel yükü daha büyük, $600 \text{ kN} > 450 \text{ kN}$, moment farkı ise az.

x-doğrultusunda kesme ve eğilme:

$$V_{dx2} = \frac{\sigma_{zf2} + \sigma_{zmax}}{2} * 1.25 * 1.6 = 331 \text{ kN} < V_{dx}$$

$$M_{dx2} = \left(\frac{\sigma_{zf2} (1.25)^2}{2} + \frac{(\sigma_{zmax} - \sigma_{zf2}) * 1.25}{2} * \frac{2}{3} * 1.25 \right) * 1.6$$

$$M_{dx2} = \left(\frac{116 * (1.25)^2}{2} + \frac{99 * 1.25}{2} * \frac{2}{3} * 1.25 \right) * 1.6 = 227 \text{ kN m}$$

$$M_{dx2} > M_{dx1}$$

Bu durumda x-yönündeki kesme için (1) nolu yük kombinasyonu, moment için de (2) nolu yük kombinasyonu kritiktir.

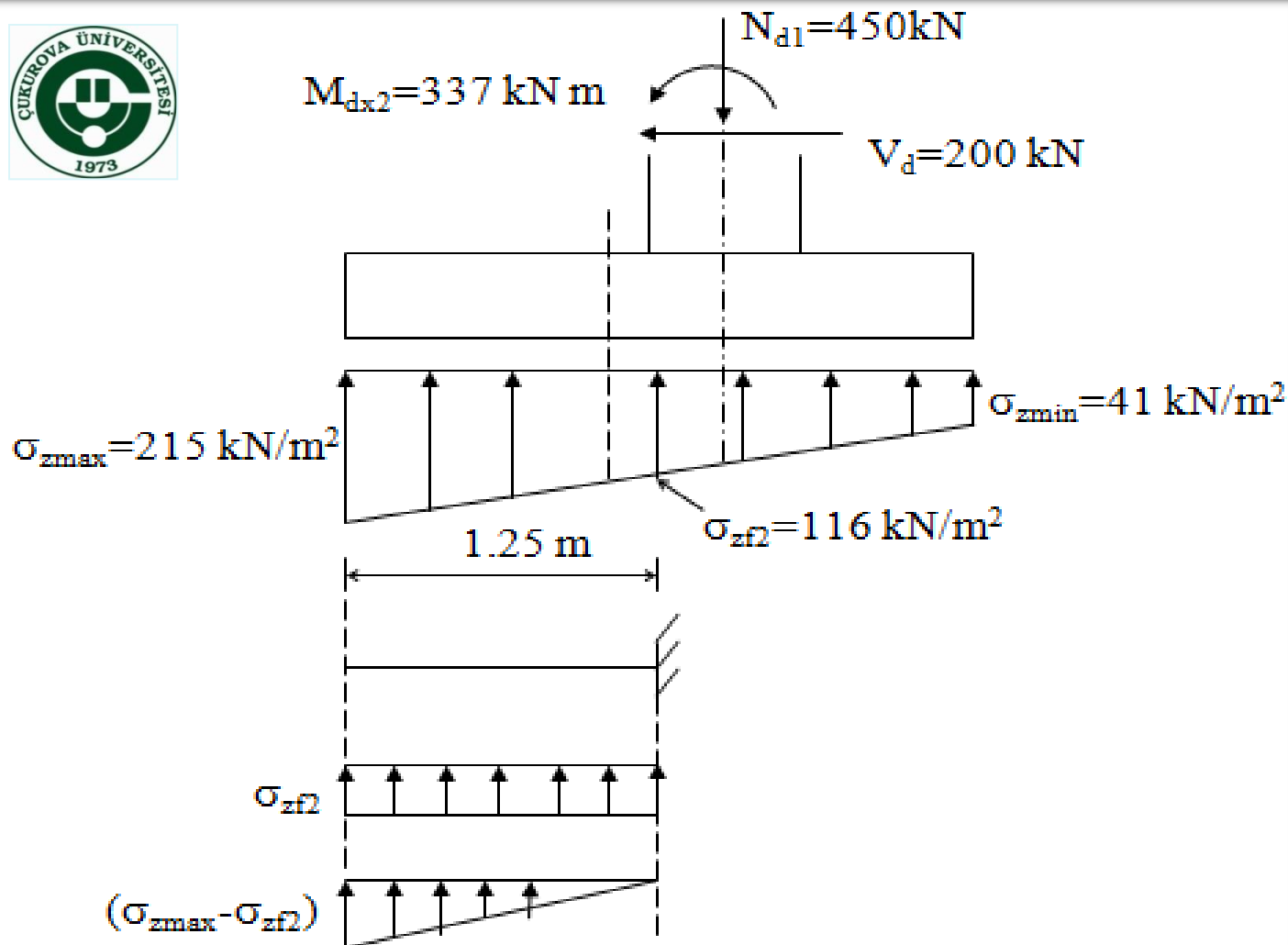
y-doğrultusunda kesme ve eğilme:

y-doğrultusunda ortalama zemin gerilmesi $\sigma_{zo2}=128 \text{ kN/m}^2$ kullanılacaktır.

$$V_{dy2} = \sigma_{zo2}(b_x)(b_y - b_x)/2 = 128 * 2.2 * (1.6 - 0.5)/2 = 155 \text{ kN}$$

$$M_{dy2} = \sigma_{zo2} b_x \left(\frac{b_y - a_y}{2} \right)^2 \frac{1}{2} = 128 * 2.2 * (0.55)^2 / 2 = 43 \text{ kN m}$$

$$V_{dy2} < V_{dy1} \quad M_{dy2} < M_{dy1}$$



Oluşabilecek en büyük zemin gerilmesi $= 215 \text{ kN/m}^2$

$$f_{zn} = 218 \text{ kN/m}^2 \quad \sigma_z < f_{zn}$$

Zımbalama:

$$V_{pd}=425 \text{ kN} \quad V_{pr}=887 \text{ kN}$$

$$V_{pd} < V_{pr}$$

Kesme:

$$\max V_{dx}=341 \text{ kN}$$

$$V_{crx}=1.0f_{ctd}b_yd=1.0*0.9*10^{-3}*1600*400=576 \text{ kN}$$

$$V_{dx} < V_{cr}$$

$$\max. V_{dy}=205 \text{ kN}$$

$$V_{cry}=1.0f_{ctd}b_xd=1.0*0.9*10^{-3}*2200*400=792 \text{ kN}$$

$$V_{dy} < V_{cry}$$

Eğilme

$$\max M_d \text{ için } K > K_1$$

$$\max M_{dx}=227 \text{ kN m} \quad A_{sx}=3450 \text{ mm}^2 \quad 11-\phi 20/15 \text{ cm (altta)}$$

$$\max M_{dy}=57 \text{ kN m} \quad A_{sy}=1760 \text{ mm}^2 \text{ (minimum)} \quad 9-\phi 16/26 \text{ cm}$$

(üstte)

Birleşik Temeller:

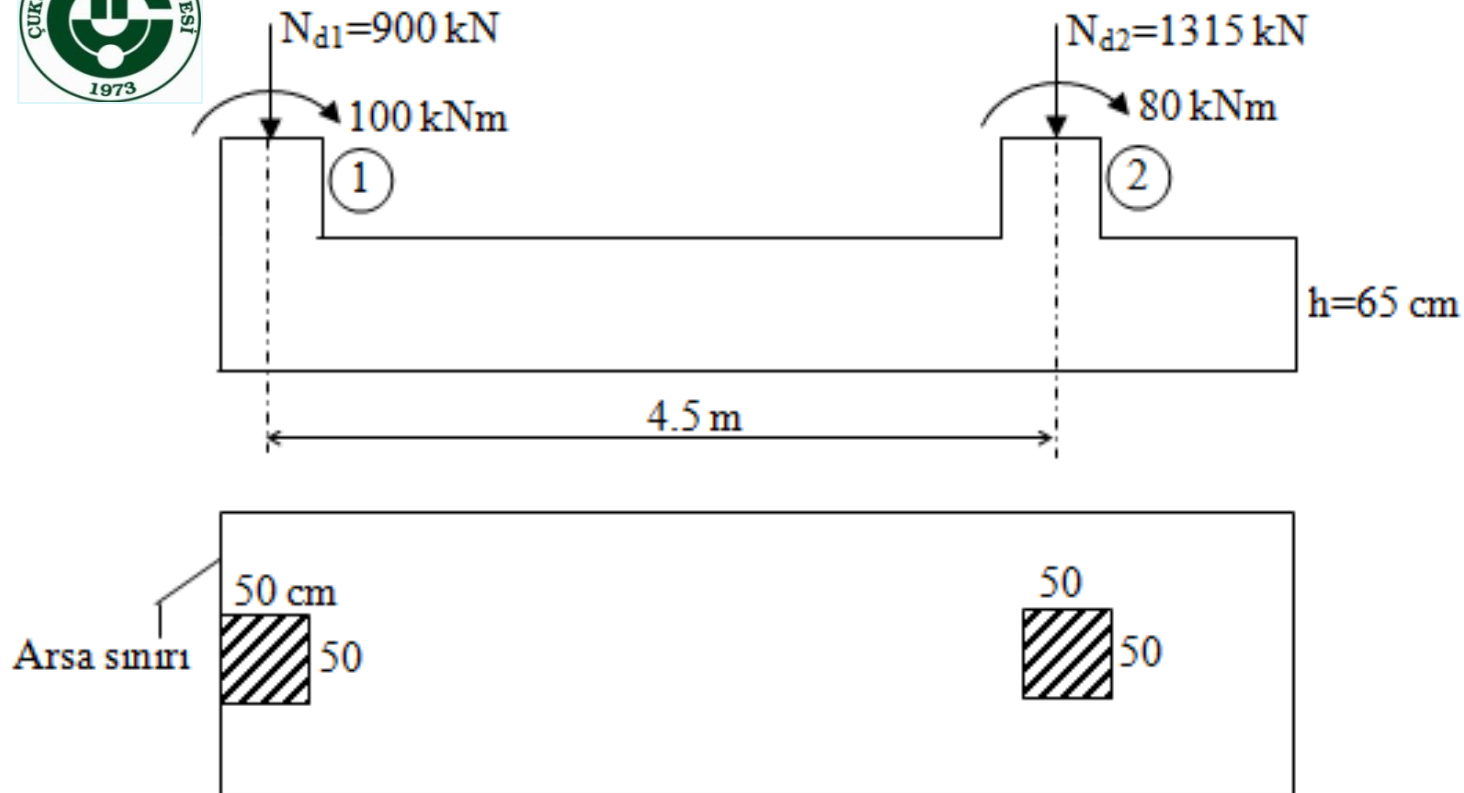
İki kolonun birbirine yakın ve yüklerinin büyük olduğu durumlarda bu iki kolonun temeli çakıştırılarak bir birleşik temel tasarımı yapılabilir. Birleşik temel tasarımında boyutlar seçilirken, kolonlardan gelen zorlamaların bileşkesi ile temelin geometrik merkezi çakıştırılır ve böylelikle temelin altında düzgün yayılı bir zemin gerilmesi oluşturulabilir.

Temel boyutlandırıldıktan sonra, zemin gerilmesi ve kolon zorlamaları dikkate alınarak kesme ve moment diyagramları çizilir. Bulunan momentlere göre boyuna doğrultuda gerekli donatı hesaplanır ve detaylandırılır.

Kesme için $V_d \leq V_{cr}$ koşulu sağlanmalıdır.

Enine doğrultuda, kolonların altında birer kiriş varmış gibi hesap yapılarak donatı bulunur.

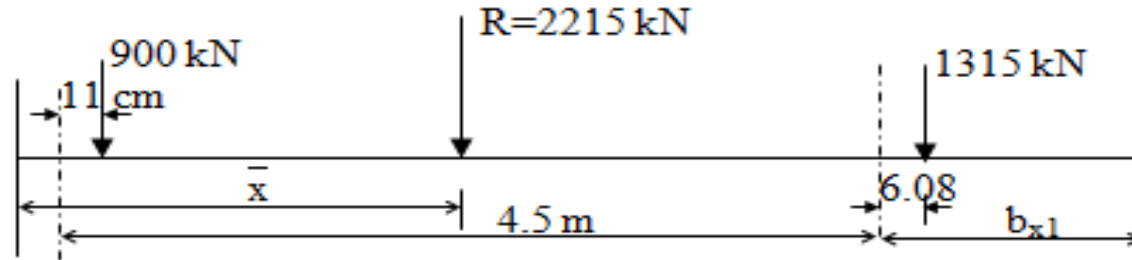
Örnek:



Şekilde verilen sürekli temeli boyutlandırıp, tasarımını yapınız. Malzeme C20, S220, $\sigma_{z, em} = 200 \text{ kN/m}^2$ ve paspayı = 5 cm .

Çözüm:

$$e_1 = \frac{M}{N} = \frac{100}{900} = 0.11 \text{ m} = 11 \text{ cm}, \quad e_2 = 6.08 \text{ cm}$$



Arsa sınırı etrafında moment alınarak bileşke kuvvetin yeri bulunur;

$$900 (36) + 1315 (6.08 + 450 + 25) = 2215 (\bar{x})$$

$$\bar{x} \cong 300 \text{ cm}, \quad b_x = 2 (300) = 600 \text{ cm} \text{ olarak bulunur.}$$

$$b_{x1} = 6 - 4.5 - 0.25 = 1.25 \text{ m}$$

Zeminin hesap emniyet gerilmesi;

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

$$f_{zu} = \frac{\sum N_d}{b_x b_y} \text{ ifadesinden temel boyutları belirlenmektedir.}$$

$$b_y = \frac{2215}{300(6)} = 1.23 \text{ m}$$

Temel boyutlarını sınır değerden biraz daha büyük seçmekte fayda vardır;

Seçilen boyutlar: $b_x=6.0 \text{ m}$, $b_y=1.5 \text{ m}$

Net zemin gerilmesi;

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

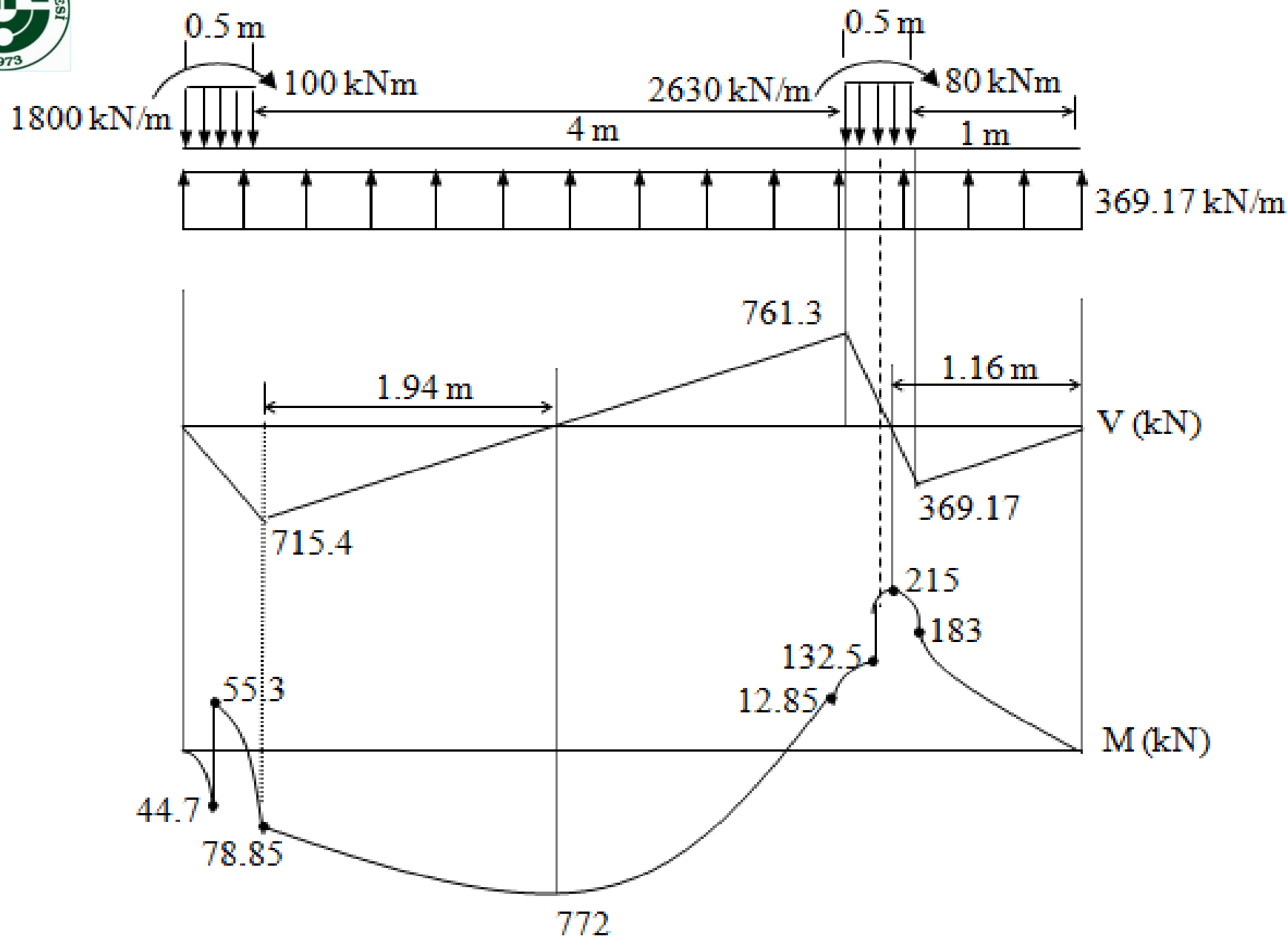
$$\sigma_z = \frac{\sum N_d}{b_x b_y} = \frac{2215}{6(1.5)} = 246.1 \text{ kN/m}^2 < f_{zn}, \text{ olduğundan boyutlar yeterlidir.}$$

Kesin Tasarım:

$$\text{Temel altı: } q = 2215/6 = 369.17 \text{ kN/m}$$

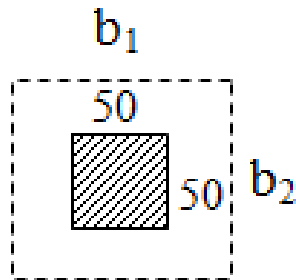
$$\text{Sol Kolon Altı: } q_{\text{sol}} = 900/0.5 = 1800 \text{ kN/m}$$

$$\text{Sağ Kolon altı: } q_{\text{sağ}} = 1315/0.5 = 2630 \text{ kN/m}$$



Zımbalama Kontrolü:

② Nolu kolon:



$$b_1 = b_2 = 50 + d = 50 + 60 = 110 \text{ cm}$$

$$U_p = 2(b_1 + b_2) = 440 \text{ cm}$$

$$A_p = b_1(b_2) = 1.21 \text{ m}^2$$

$$V_{pd} = N_d - A_p(\sigma_z) = 1315 - 1.21(246.1) = 1017.2 \text{ kN}$$

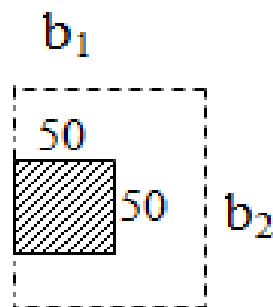
$$e = \frac{M}{N} = \frac{80}{1315} = 0.06 \text{ m} = 6 \text{ cm}$$

$$\gamma = \frac{1.0}{1.0 + 1.5 \frac{e(0.4)}{\sqrt{b_1 b_2}}} = \frac{1.0}{1.0 + 1.5 \frac{6(0.4)}{\sqrt{110(110)}}} = 0.968$$

$$V_{pr} = \gamma(f_{ctd}) U_p(d) = 0.968(1 \times 10^{-3}) 4400(600) = 2555.5 \text{ kN}$$

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

Diğer kolonda da zımbalama kritik olmamaktadır.



$$b_1 = 50 + 30 = 80 \text{ cm}$$

$$b_2 = 110 \text{ cm}$$

$$U_p = 270 \text{ cm}$$

$$A_p = b_1 (b_2) = 0.88 \text{ m}^2$$

$$V_{pd} = N_d \cdot A_p (\sigma_z) = 900 - 0.88 (246.1) = 683.4 \text{ kN}$$

$$e = \frac{M}{N} = \frac{100}{900} = 0.11 \text{ m} = 11 \text{ cm}$$

$$\gamma = \frac{1.0}{1.0 + 1.5 \frac{e (0.4)}{\sqrt{b_1 b_2}}} = \frac{1.0}{1.0 + 1.5 \frac{11 (0.4)}{\sqrt{80 (110)}}} = 0.93$$

$$V_{pr} = \gamma (f_{ctd}) U_p (d) = 0.93 (1 \times 10^{-3}) 2700 (600) = 1506.6 \text{ kN}$$

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

Kesmeye göre:

$$V_d = 761.3 \text{ kN}$$

$$V_{cr} = \gamma (f_{ctd}) b_y (d) = 1 (1 \times 10^{-3}) 1500 (600) = 900 \text{ kN}$$

$$V_d < V_{cr} \quad \text{Etriye gerekmez.}$$

Donatı Hesabı:

$$\text{Açıklık momenti: } M_{dx} = 772 \text{ kNm}$$

$$\text{Mesnet momenti: } M_{dx} = 183 \text{ kNm} \quad (\text{Kritik değer kolon yüzündedir}).$$

Açıklık:

$$K = \frac{b_y (d)^2}{M_d} = \frac{1500 (600)^2}{772 \times 10^3} = 699.5 \text{ mm}^2/\text{kN}, \quad K_1 = \frac{4.95}{f_{cd}} = 380 \text{ mm}^2/\text{kN}$$

$$(K > K_1)$$

$$A_s = \frac{M_d}{f_{yd} J d} = \frac{772 \times 10^6}{191 (0.86) 600} = 7833.1 \text{ mm}^2 \text{ elde edilir.}$$

$$A_{s \min} = \rho_{\min} b_y d = 0.002 (1500) 600 = 1800 \text{ mm}^2$$

$$\text{Seçilen donatı: } 15\phi 26/10 \text{ cm} (12\phi 26 \text{ düz} + 3\phi 26 \text{ pilye})$$

Mesnet:

$$A_s = \frac{183 \times 10^6}{191 (0.86) 600} = 1856.8 \text{ mm}^2$$

Mevcut donatı = $3\phi 26$ pilye + $4\phi 16$ montaj = $2396 \text{ mm}^2 > A_s$ olduğundan ek donatı gerekmez.

Enine doğrultuda (Gizli Kiriş):

① $a+h=50+65=115 \text{ cm}$ gizli kiriş genişliği ve $d=600-20=580 \text{ mm}$.

$$\text{Yük} = \frac{N_d}{b_y} = \frac{900}{1.5} = 600 \text{ kN/m}$$

$$l_y = \frac{(b_y - a_y)}{2} = \frac{1.5 - 0.5}{2} = 0.5 \text{ m}$$

$$M_{dy1} = q_{y1} \frac{l_{y1}^2}{2} = 600 \frac{0.5^2}{2} = 75 \text{ kNm}$$

$$A_{sy1} = \frac{M_{dy1}}{f_{yd} j d} = \frac{75 \times 10^6}{191 (0.86) 580} = 787.2 \text{ mm}^2 \text{ (} 4\phi 16 \text{)}$$

② $a+2h=210 \text{ cm}$

$$Yük = \frac{N_d}{b} = \frac{1315}{1.5} = 876.67 \text{ kN/m}$$

$$l_y = \frac{(b_y - a_y)}{2} = 0.5 \text{ m}$$

$$M_{dy2} = q_{y2} \frac{l_{y2}^2}{2} = 876.67 \frac{0.5^2}{2} = 109.6 \text{ kNm}$$

$$A_{sy2} = \frac{M_{dy2}}{f_{yd} j d} = \frac{109.6 \times 10^6}{191 (0.86) 580} = 1150.4 \text{ mm}^2 \quad (6\phi 16)$$

Donatı Detaylandırması:

