

SAYISAL UYGULAMA 2.4 (SİMETRİK ANKASTRE KOLON TEMELİ)

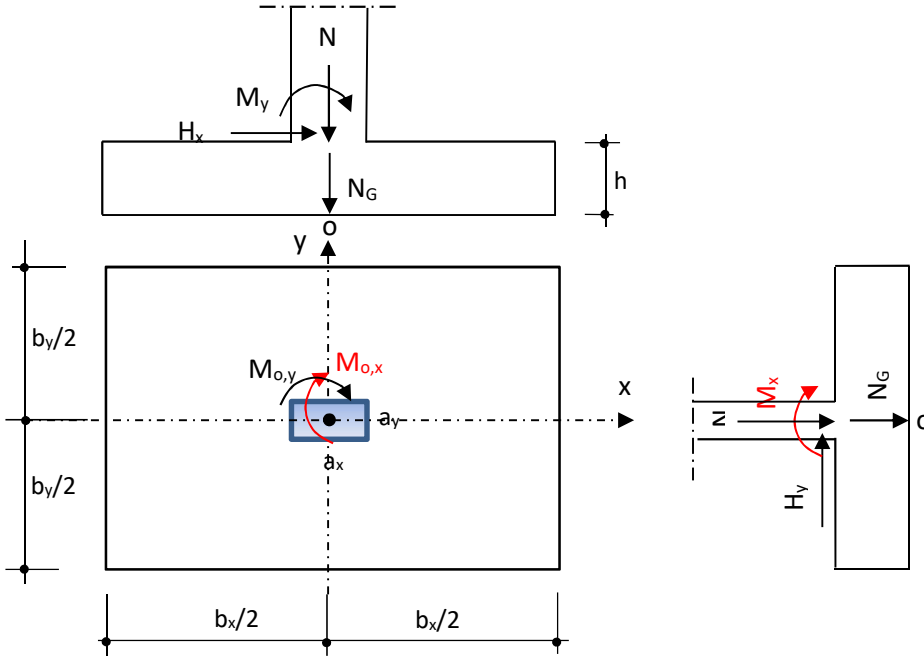
Şekilde görülen simetrik tekil temele $G + Q + E_d^{(y)} + 0.3E_d^{(x)} + 0.3E_d^{(z)}$ yük birleşiminden elde edilen her iki doğrultuda etkiyen yük ve momentler şekilde gösterilmiştir. Kolon boyutları $a_x = 0,5 \text{ m}$, $a_y = 0,4\text{m}$, temel boyutları $b_x = 3\text{m}$, $b_y = 2\text{m}$ ve temel yüksekliği $h=0,5 \text{ m}$ ve $q_t = 420\text{kN/m}^2$, olduğuna göre verilen yük birleşimi için temelin;

- Kendi ağırlığını da dikkate alarak temel boyutlarını kontrol ediniz.
- Her iki doğrultudaki hesap kesit tesirlerini bulunuz.
- Betonarme kesit hesabını yapınız.
- Kesme güvenliğini kontrol ediniz.
- Zımbalama güvenliğini kontrol ediniz.
- Yatayda kayma güvenliğini kontrol ediniz.

Malzeme C25/S420 $N = 1200 \text{ kN}$, $M_x = 275 \text{ kNm}$, $M_y = 80 \text{ kNm}$, $H_x = 20 \text{ kN}$, $H_y = 50 \text{ kN}$

Temel tabanı orta noktasındaki bileşke eğilme momentleri;

$$M_{o,x} = M_x + H_y h = 300 \text{ kNm}, \quad M_{o,y} = M_y + H_x h = 90 \text{ kNm}$$



a) Temel Boyutlarının Kontrolü

Temelin kendi ağırlığı ($N_G = \gamma_{\text{beton}} b_x b_y h_{\text{temel}} = 25 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 0,5 = 75\text{kN}$)

$$e_{o,x} = \frac{M_{o,y}}{N+N_G} = \frac{90}{1200+75} = 0,071\text{m} < b_x/6 = 3/6 = 0,5\text{m} ,$$

$$e_{o,y} = \frac{M_{o,x}}{N+N_G} = \frac{300}{1200+75} = 0,24\text{m} < b_y/6 = 2/6 = 0,33\text{m} ,$$

olduğundan dış merkezlik çekirdek içerisinde kalmaktadır.

$$q_{o,1} = \frac{1200+75}{3.2} + \frac{300}{\frac{3.2^2}{6}} + \frac{90}{\frac{2.3^2}{6}} = 392,5 \text{ kN/m}^2$$

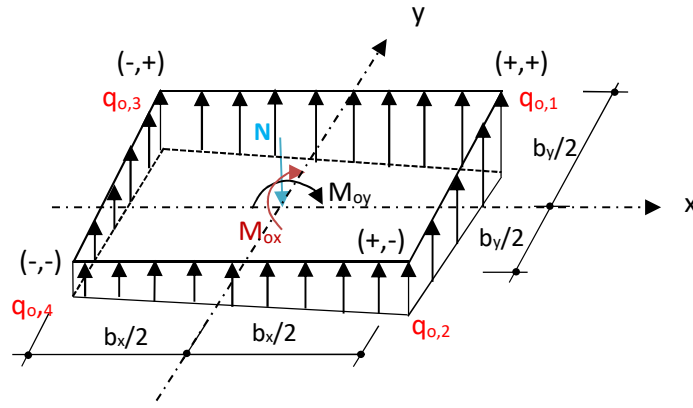
$$q_{o,2} = \frac{1200+75}{3.2} - \frac{300}{\frac{3.2^2}{6}} + \frac{90}{\frac{2.3^2}{6}} = 92,5 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{o,3} = \frac{1200+75}{3.2} + \frac{300}{\frac{3.2^2}{6}} - \frac{90}{\frac{2.3^2}{6}} = 332,5 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{o,4} = \frac{1200+}{3.2} - \frac{300}{\frac{3.2^2}{6}} - \frac{90}{\frac{2.3^2}{6}} = 32,5 \text{ kN/m}^2$$

$$\max q_o = 392,5 \text{ kN/m}^2 < q_t = 420 \text{ kN/m}^2,$$

$$\min q_o = 32,5 \text{ kN/m}^2 > 0$$



b) Temelin Hesap Kesit Tesirleri

Verilen yük birleşimi için kritik kesitlerdeki (temele bağlanan kolon yüzündeki) hesap kesme ve eğilme momentleri bulunur. Bu aşamada temelin kendi ağırlığı N_G dikkate alınmayacaktır.

Hesap Aşamaları:

1) Dış Merkezliğin Bulunması

$$e_{o,x} = \frac{M_{o,y}}{N} = \frac{90}{1200} = 0,075 \text{ m} < b_x/6 = 3/6 = 0,5 \text{ m},$$

$$e_{o,y} = \frac{M_{o,x}}{N} = \frac{300}{1200} = 0,25 \text{ m} < b_y/6 = 2/6 = 0,33 \text{ m},$$

olduğundan dış merkezlik çekirdek içerisinde kalmaktadır.

1) Taban Basınç Gerilmelerinin Bulunması

$$q_{o,1} = \frac{1200}{3.2} + \frac{300}{\frac{3.2^2}{6}} + \frac{90}{\frac{2.3^2}{6}} = 380 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{o,2} = \frac{1200}{3.2} - \frac{300}{\frac{3.2^2}{6}} + \frac{90}{\frac{2.3^2}{6}} = 80 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{o,3} = \frac{1200}{3.2} + \frac{300}{\frac{3.2^2}{6}} - \frac{90}{\frac{2.3^2}{6}} = 320 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{o,4} = \frac{1200}{3.2} - \frac{300}{\frac{3.2^2}{6}} - \frac{90}{\frac{2.3^2}{6}} = 20 \text{ kN/m}^2$$

3) Hesap Kesme Kuvveti ve Eğilme Momentlerinin Bulunması

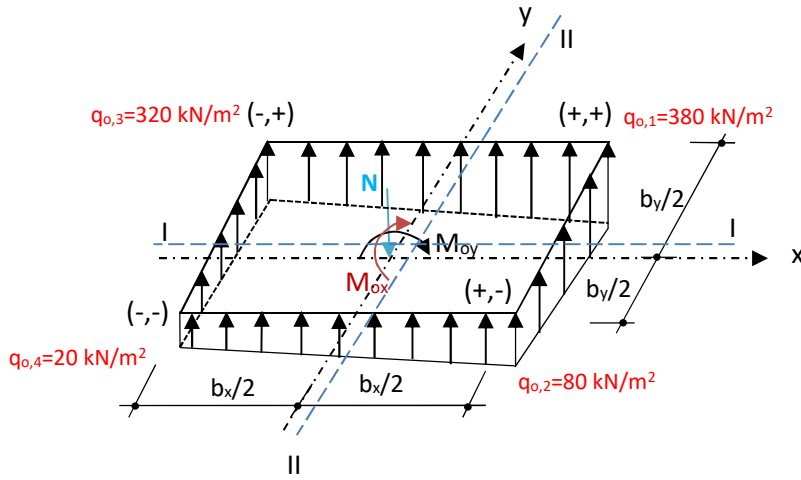
Kolon yüzündeki en kritik toplam kesme kuvveti ve eğilme momentleri hesaplanır.

(+) ve (-), koordinat sisteminde x ve y'nin işaretlerini göstermektedir.

q_0 gerilme bağıntısı bir yüzey denklemini ifade etmektedir.

$$q_0 = \frac{N}{b_x b_y} + \frac{M_{ox}}{I_x} y + \frac{M_{oy}}{I_y} x$$

$$q_0 = \frac{1200}{3.2} + \frac{300}{3.2^3} y + \frac{90}{2.3^3} x = (200 + 150y + 20x)$$



Kolon yüzündeki toplam kesme kuvvetleri

$$V_x = \int_x \int_y q_0 dy dx,$$

$$V_y = \int_y \int_x q_0 dx dy,$$

Kolon yüzündeki toplam eğilme momentleri

$$M_x = \int_x \int_y q_0 \left(y - \frac{a_y}{2} \right) dy dx,$$

$$M_y = \int_y \int_x q_0 \left(x - \frac{a_x}{2} \right) dx dy,$$

I-I Kesiti (Kolon yüzünden geçen kesit)

$$V_x = \int_{x=-1,5}^{1,5} \int_{y=0,2}^1 q_0 dy dx,$$

$$V_x = \int_{x=-1,5}^{1,5} \int_{y=0,2}^1 \left(\frac{1200}{3.2} + \frac{300}{3.2^3} y + \frac{90}{2.3^3} x \right) dy dx,$$

$$V_x = \int_{x=-1,5}^{1,5} \int_{y=0,2}^1 (200 + 150y + 20x) dy dx,$$

$$V_x = \int_{x=-1,5}^{1,5} \left(200y + 150 \frac{y^2}{2} + 20xy \right) \Big|_{y=0,2}^1 dx,$$

$$V_x = \int_{x=-1,5}^{1,5} (232 + 16x) dx,$$

$$V_x = \left(232x + 16 \frac{x^2}{2} \right) \Big|_{x=-1,5}^{1,5} = 696 \text{ kN}$$

$$M_x = \int_{x=-1,5}^{1,5} \int_{y=0,2}^1 q_0 \left(y - \frac{ay}{2} \right) dy dx,$$

$$M_x = \int_{x=-1,5}^{1,5} \int_{y=0,2}^1 \left(\frac{1200}{3 \cdot 2} + \frac{300}{3 \cdot 2^3} y + \frac{90}{2 \cdot 3^3} x \right) (y - 0,2) dy dx,$$

$$M_x = \int_{x=-1,5}^{1,5} \int_{y=0,2}^1 (200 + 150y + 20x)(y - 0,2) dy dx,$$

$$M_x = \int_{x=-1,5}^{1,5} \left(150 \frac{y^3}{3} + 170 \frac{x^2}{2} + 20 \frac{y^2}{2} x - 4xy - 40y \right) \Big|_{y=0,2}^1 dx,$$

$$M_x = \int_{x=-1,5}^{1,5} (99,2 + 6,4x) dx,$$

$$M_x = \left(99,2x + 6,4 \frac{x^2}{2} \right) \Big|_{x=-1,5}^{1,5} = 297,6 \text{ kNm}$$

II-II Kesiti (Kolon yüzünden geçen kesit)

$$V_y = \int_{y=-1}^1 \int_{x=0,25}^{1,5} q_0 dx dy,$$

$$V_y = \int_{y=-1}^1 \int_{x=0,25}^{1,5} \left(\frac{1200}{3 \cdot 2} + \frac{300}{3 \cdot 2^3} y + \frac{90}{2 \cdot 3^3} x \right) dx dy,$$

$$V_y = \int_{y=-1}^1 \int_{x=0,25}^{1,5} (200 + 150y + 20x) dx dy,$$

$$V_y = \int_{y=-1}^1 (200x + 150yx + 10x^2) \Big|_{x=0,25}^{1,5} dy,$$

$$V_y = \int_{y=-1}^1 (271,875 + 187,5y) dy,$$

$$V_y = \left(271,875y + 187,5 \frac{y^2}{2} \right) \Big|_{y=-1}^1 = 543,75 \text{ kN}$$

$$M_y = \int_{y=-1}^1 \int_{x=0,25}^{1,5} q_0 \left(x - \frac{ax}{2} \right) dx dy,$$

$$M_y = \int_{y=-1}^1 \int_{x=0,25}^{1,5} \left(\frac{1200}{3 \cdot 2} + \frac{300}{3 \cdot 2^3} y + \frac{90}{2 \cdot 3^3} x \right) (x - 0,25) dx dy,$$

$$M_y = \int_{y=-1}^1 \int_{x=0,25}^{1,5} (200 + 150y + 20x)(x - 0,25) dx dy,$$

$$M_y = \int_{y=-1}^1 \left(20 \frac{x^3}{3} + 195 \frac{x^2}{2} + 150 \frac{x^2}{2} y - 37,5yx - 50x \right) \Big|_{x=0,25}^{1,5} dy,$$

$$M_y = \int_{y=-1}^1 (173,125 + 117,18y) dy,$$

$$M_y = \left(173,125y + 117,18 \frac{y^2}{2} \right) \Big|_{y=-1}^1 = 346,35 \text{ kNm}$$

Sonuç Kesit Tesirleri

I-I kesiti $V_x = 696 \text{ kN}$, $M_x = 297,6 \text{ kNm}$

II-II kesiti $V_y = 543,75 \text{ kN}$, $M_y = 346,35 \text{ kNm}$

c) Betonarme Kesit Hesabı

1) $M_y = 346,35 \text{ kNm} > M_x = 297,6 \text{ kNm}$ olduğu için önce $M_y = 346,35 \text{ kNm}$ için hesap yapılarak bulunan donatı alta konur.

$$d = h_{\text{temel}} - d' = 500 - 50 = 450 \text{ mm}$$

$$k_m = \frac{M_y}{b_y d^2} = \frac{346,35 \cdot 10^6}{2000 \cdot 450^2} = 0,855 \rightarrow k_z = 0,969 \text{ olarak okunur.}$$

$$A_s = \frac{M_y}{k_z d f_{yd}} = \frac{346,35 \cdot 10^6}{0,969 \cdot 450 \cdot 365} = 2176,14 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,\text{min}} = 0,002 \cdot b_y d = 0,002 \cdot 2000 \cdot 450 = 1800 \text{ mm}^2$$

$$A_s > A_{s,\text{min}} \rightarrow A_{s,\text{gerekli}} = 2176,14 \text{ mm}^2 \quad \text{Seçilen donatı: } 11 \text{ } \varnothing 16 \text{ (2211 mm}^2\text{)}$$

Donatılar arası mesafe $s \leq 25 \text{ cm}$ olmalıdır.

$$s = \frac{b}{n-1} = \frac{200}{11-1} = 20 \text{ cm} \leq 25 \text{ cm}$$

2) Benzer işlemler diğer yöndeki eğilme momenti için de yapılarak donatı üste yerleştirilir.

$$M_x = 297,6 \text{ kNm}$$

$$d = h_{\text{temel}} - \varnothing_{\text{temel donatısı}} - d' = 500 - 16 - 50 = 434 \text{ mm}$$

$$k_m = \frac{M_x}{b_x d^2} = \frac{297,6 \cdot 10^6}{3000 \cdot 434^2} = 0,527 \rightarrow k_z = 0,981 \text{ olarak okunur.}$$

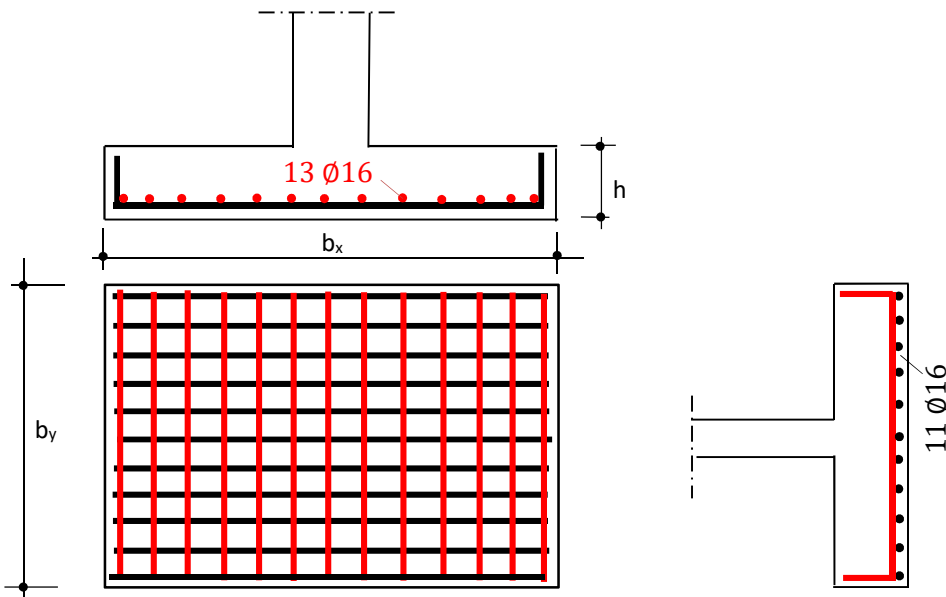
$$A_s = \frac{M_x}{k_z d f_{yd}} = \frac{297,6 \cdot 10^6}{0,981 \cdot 434 \cdot 365} = 1915,06 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,\text{min}} = 0,002 \cdot b_x d = 0,002 \cdot 3000 \cdot 434 = 2604 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,\text{gerekli}} = 2604 \text{ mm}^2 \quad \text{Seçilen donatı: } 13 \text{ } \varnothing 16 \text{ (2612 mm}^2\text{)}$$

Donatılar arası mesafe $s \leq 25 \text{ cm}$ olmalıdır.

$$s = \frac{b}{n-1} = \frac{300}{13-1} = 25 \text{ cm} \leq 25 \text{ cm}$$



d) Kesme Güvenliği Kontrolü

$$V_{cr,x} = 0,65f_{ctd}b_xd = 0,65 \cdot 1,17 \cdot 3000 \cdot 434 \cdot 10^{-3} = 990,17 \text{ kN} \geq V_x = 696 \text{ kN}$$

$$V_{cr,y} = 0,65f_{ctd}b_yd = 0,65 \cdot 1,17 \cdot 2000 \cdot 450 \cdot 10^{-3} = 684,45 \text{ kN} \geq V_y = 543,75 \text{ kN}$$

Kesme güvenliği yönünden temel boyutları uygundur.

e) Zımbalama Güvenliği Kontrolü

Zımbalama hesabı TS500-2000'e göre yapılacaktır.

Verilen yük birleşimi için iki doğrultudaki eksantrisiteler (e_x, e_y) bulunur.

$$e_x = 0,4 \frac{M_y}{N} = 0,4 \frac{80}{1200} = 0,0267 \text{ m} \quad e_y = 0,4 \frac{M_x}{N} = 0,4 \frac{275}{1200} = 0,092 \text{ m} \quad \text{Bu bağıntılarda } M_x \text{ ve } M_y \text{ değerleri kolon alt ucundaki moment değerleridir.}$$

Eğilme etkisini yansıtan katsayı aşağıdaki bağıntıyla bulunur.

$$\gamma = \frac{1}{1 + 1,5 \frac{e_x + e_y}{\sqrt{b_x b_y}}} \leq 1,0$$

$$\gamma = \frac{1}{1 + 1,5 \frac{(0,0267 + 0,092)}{\sqrt{3 \cdot 2}}} = 0,932 \leq 1,0$$

$V_{pr} \geq V_{pd}$ olmalıdır. Zımbalama hesabında ortalama gerilme alınarak yaklaşık hesap yapılabilir.

$$q_{o,ort} = \frac{q_{o,1} + q_{o,2} + q_{o,3} + q_{o,4}}{4} = \frac{380 + 320 + 80 + 20}{4} = 200 \text{ kN/m}^2$$

$$(d_{ort} = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{0,45 + 0,434}{2} = 0,442 \text{ m})$$

$$u_p = [2(a_x + d_{ort} + a_y + d_{ort})] = [2(0,5 + 0,442 + 0,4 + 0,442)] = 3,568 \text{ m} \quad (\text{zımbalama çevresi uzunluğu})$$

$$F_a = q_{ort}(a_x + d_{ort})(a_y + d_{ort}) = 200(0,5 + 0,442)(0,4 + 0,442) = 158,63 \text{ kN}$$

$$V_{pd} = N - F_a = 1200 - 158,63 = 1041,37 \text{ kN}$$

$V_{pr} = \gamma f_{ctd} u_p d_{ort} = 0,932 \cdot 1,17 \cdot 1000 \cdot 3,568 \cdot 0,442 = 1719,68 \text{ kN} > V_{pd} = 1041,37 \text{ kN}$ olduğu için temelin boyutları TS500'e göre zımbalama bakımından güvenlidir.

f) Yatayda Kayma Güvenliği Kontrolü

$$R_{th} = \frac{P_{tv} \tan \delta}{\gamma_{Rh}} = \frac{(1200 + 75) \cdot 0,6}{1,1} = 695,45 \text{ kN}$$

$$V_{th,x} = H_x = 20 \text{ kN} \leq R_{th} + 0,3R_{pt} = 695,45 + 0,3 \cdot 0 = 695,45 \text{ kN} \quad \text{yatayda kaymaya karşı güvenlidir.}$$

$$V_{th,y} = H_y = 50 \text{ kN} \leq R_{th} + 0,3R_{pt} = 695,45 + 0,3 \cdot 0 = 695,45 \text{ kN} \quad \text{yatayda kaymaya karşı güvenlidir.}$$

Momentlerin yönlerinin farklı olması durumları için taban basınçları ve kesit tesirleri

1) Taban Basınç Gerilmelerinin Bulunması

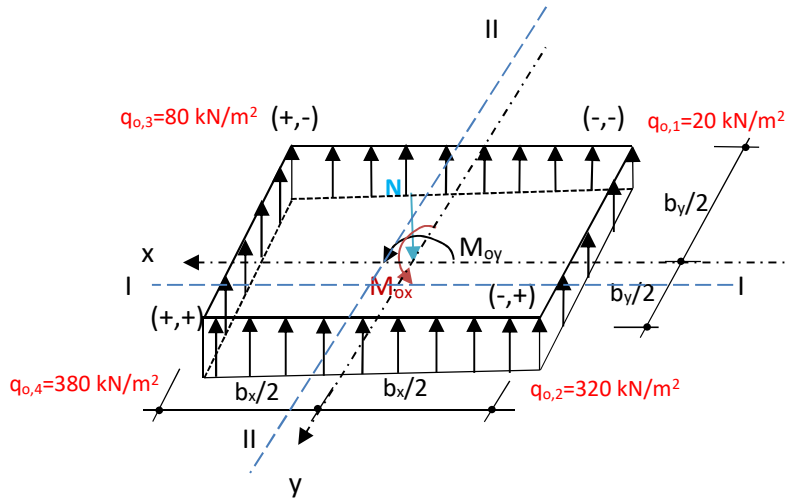
$$q_o = \frac{N}{b_x b_y} + \frac{M_{ox}}{I_x} y + \frac{M_{oy}}{I_y} x$$

$$q_{o,1} = \frac{1200}{3.2} - \frac{300}{\frac{3.2^2}{6}} - \frac{90}{\frac{2.3^2}{6}} = 20 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{o,2} = \frac{1200}{3.2} + \frac{300}{\frac{3.2^2}{6}} - \frac{90}{\frac{2.3^2}{6}} = 320 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{o,3} = \frac{1200}{3.2} - \frac{300}{\frac{3.2^2}{6}} + \frac{90}{\frac{2.3^2}{6}} = 80 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{o,4} = \frac{1200}{3.2} + \frac{300}{\frac{3.2^2}{6}} + \frac{90}{\frac{2.3^2}{6}} = 380 \text{ kN/m}^2$$



I-I Kesiti (Kolon yüzünden geçen kesit)

$$V_x = \int_{x=-1,5}^{1,5} \int_{y=0,2}^1 q_o dy dx,$$

$$V_x = \int_{x=-1,5}^{1,5} \int_{y=0,2}^1 \left(\frac{1200}{3.2} + \frac{300}{\frac{3.2^2}{12}} y + \frac{90}{\frac{2.3^2}{12}} x \right) dy dx,$$

$$V_x = \int_{x=-1,5}^{1,5} \int_{y=0,2}^1 (200 + 150y + 20x) dy dx,$$

$$V_x = \int_{x=-1,5}^{1,5} \left(200y + 150 \frac{y^2}{2} + 20xy \right) \Big|_{y=0,2}^1 dx,$$

$$V_x = \int_{x=-1,5}^{1,5} (232 + 16x) dx,$$

$$V_x = \left(232x + 16 \frac{x^2}{2} \right) \Big|_{x=-1,5}^{1,5} = 696 \text{ kN}$$

$$M_x = \int_{x=-1,5}^{1,5} \int_{y=0,2}^1 q_o \left(y - \frac{a_y}{2} \right) dy dx,$$

$$M_x = \int_{x=-1,5}^{1,5} \int_{y=0,2}^1 \left(\frac{1200}{3.2} + \frac{300}{\frac{3.2^2}{12}} y + \frac{90}{\frac{2.3^2}{12}} x \right) (y - 0,2) dy dx,$$

$$M_x = \int_{x=-1,5}^{1,5} \int_{y=0,2}^1 (200 + 150y + 20x)(y - 0,2) dy dx,$$

$$M_x = \int_{x=-1,5}^{1,5} (150 \frac{y^3}{3} + 170 \frac{x^2}{2} + 20 \frac{y^2}{2} x - 4xy - 40y) \Big|_{y=0,2}^1 dx,$$

$$M_x = \int_{x=-1,5}^{1,5} (99,2 + 6,4x) dx,$$

$$M_x = (99,2x + 6,4 \frac{x^2}{2}) \Big|_{x=-1,5}^{1,5} = 297,6 \text{ kNm}$$

II-II Kesiti (Kolon yüzünden geçen kesit)

$$V_y = \int_{y=-1}^1 \int_{x=0,25}^{1,5} q_0 dx dy,$$

$$V_y = \int_{y=-1}^1 \int_{x=0,25}^{1,5} \left(\frac{1200}{3.2} + \frac{300}{\frac{3.2^3}{12}} y + \frac{90}{\frac{2.3^3}{12}} x \right) dx dy,$$

$$V_y = \int_{y=-1}^1 \int_{x=0,25}^{1,5} (200 + 150y + 20x) dx dy,$$

$$V_y = \int_{y=-1}^1 (200x + 150yx + 10x^2) \Big|_{x=0,25}^{1,5} dy,$$

$$V_y = \int_{y=-1}^1 (271,875 + 187,5y) dy,$$

$$V_y = (271,875y + 187,5 \frac{y^2}{2}) \Big|_{y=-1}^1 = 543,75 \text{ kN}$$

$$M_y = \int_{y=-1}^1 \int_{x=0,25}^{1,5} q_0 \left(x - \frac{ax}{2} \right) dx dy,$$

$$M_y = \int_{y=-1}^1 \int_{x=0,25}^{1,5} \left(\frac{1200}{3.2} + \frac{300}{\frac{3.2^3}{12}} y + \frac{90}{\frac{2.3^3}{12}} x \right) (x - 0,25) dx dy,$$

$$M_y = \int_{y=-1}^1 \int_{x=0,25}^{1,5} (200 + 150y + 20x)(x - 0,25) dx dy,$$

$$M_y = \int_{y=-1}^1 (20 \frac{x^3}{3} + 195 \frac{x^2}{2} + 150 \frac{x^2}{2} y - 37,5yx - 50x) \Big|_{x=0,25}^{1,5} dy,$$

$$M_y = \int_{y=-1}^1 (173,125 + 117,18y) dy,$$

$$M_y = (173,125y + 117,18 \frac{y^2}{2}) \Big|_{y=-1}^1 = 346,35 \text{ kNm}$$

Sonuç Kesit Tesirleri

I-I kesiti $V_x = 696 \text{ kN}$, $M_x = 297,6 \text{ kNm}$

II-II kesiti $V_y = 543,75 \text{ kN}$, $M_y = 346,35 \text{ kNm}$

2) Taban Basınç Gerilmelerinin Bulunması

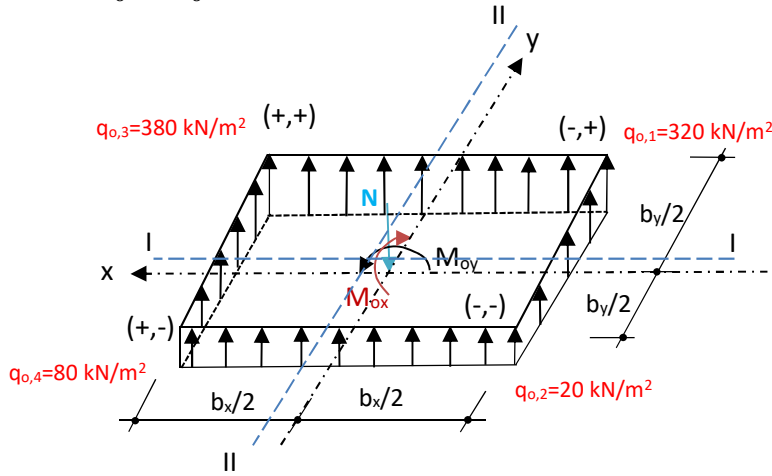
$$q_0 = \frac{N}{b_x b_y} + \frac{M_{ox}}{I_x} y + \frac{M_{oy}}{I_y} x$$

$$q_{0,1} = \frac{1200}{3.2} + \frac{300}{\frac{3.2^2}{6}} - \frac{90}{\frac{2.3^2}{6}} = 320 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{0,2} = \frac{1200}{3.2} - \frac{300}{\frac{3.2^2}{6}} - \frac{90}{\frac{2.3^2}{6}} = 20 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{0,3} = \frac{1200}{3.2} + \frac{300}{\frac{3.2^2}{6}} + \frac{90}{\frac{2.3^2}{6}} = 380 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{0,4} = \frac{1200}{3.2} - \frac{300}{\frac{3.2^2}{6}} + \frac{90}{\frac{2.3^2}{6}} = 80 \text{ kN/m}^2$$



I-I Kesiti (Kolon yüzünden geçen kesit)

$$V_x = \int_{x=-1,5}^{1,5} \int_{y=0,2}^1 q_0 \, dy \, dx,$$

$$V_x = \int_{x=-1,5}^{1,5} \int_{y=0,2}^1 \left(\frac{1200}{3.2} + \frac{300}{\frac{3.2^2}{12}} y + \frac{90}{\frac{2.3^2}{12}} x \right) dy \, dx,$$

$$V_x = \int_{x=-1,5}^{1,5} \int_{y=0,2}^1 (200 + 150y + 20x) \, dy \, dx,$$

$$V_x = \int_{x=-1,5}^{1,5} \left(200y + 150 \frac{y^2}{2} + 20xy \right) \Big|_{y=0,2}^1 dx,$$

$$V_x = \int_{x=-1,5}^{1,5} (232 + 16x) \, dx,$$

$$V_x = \left(232x + 16 \frac{x^2}{2} \right) \Big|_{x=-1,5}^{1,5} = 696 \text{ kN}$$

$$M_x = \int_{x=-1,5}^{1,5} \int_{y=0,2}^1 q_0 \left(y - \frac{ay}{2} \right) dy \, dx,$$

$$M_x = \int_{x=-1,5}^{1,5} \int_{y=0,2}^1 \left(\frac{1200}{3.2} + \frac{300}{\frac{3.2^2}{12}} y + \frac{90}{\frac{2.3^2}{12}} x \right) (y - 0,2) dy \, dx,$$

$$M_x = \int_{x=-1,5}^{1,5} \int_{y=0,2}^1 (200 + 150y + 20x)(y - 0,2) dy \, dx,$$

$$M_x = \int_{x=-1,5}^{1,5} \left(150 \frac{y^3}{3} + 170 \frac{x^2}{2} + 20 \frac{y^2}{2} x - 4xy - 40y \right) \Big|_{y=0,2}^1 dx,$$

$$M_x = \int_{x=-1,5}^{1,5} (99,2 + 6,4x) \, dx,$$

$$M_x = \left(99,2x + 6,4 \frac{x^2}{2} \right) \Big|_{x=-1,5}^{1,5} = 297,6 \text{ kNm}$$

II-II Kesiti (Kolon yüzünden geçen kesit)

$$V_y = \int_{y=-1}^1 \int_{x=0,25}^{1,5} q_0 \, dx \, dy,$$

$$V_y = \int_{y=-1}^1 \int_{x=0,25}^{1,5} \left(\frac{1200}{3.2} + \frac{300}{3.2^3} y + \frac{90}{2.3^3} x \right) \, dx \, dy,$$

$$V_y = \int_{y=-1}^1 \int_{x=0,25}^{1,5} (200 + 150y + 20x) \, dx \, dy,$$

$$V_y = \int_{y=-1}^1 (200x + 150yx + 10x^2) \Big|_{x=0,25}^{1,5} \, dy,$$

$$V_y = \int_{y=-1}^1 (271,875 + 187,5y) \, dy,$$

$$V_y = (271,875y + 187,5 \frac{y^2}{2}) \Big|_{y=-1}^1 = 543,75 \text{ kN}$$

$$M_y = \int_{y=-1}^1 \int_{x=0,25}^{1,5} q_0 \left(x - \frac{a_x}{2} \right) \, dx \, dy,$$

$$M_y = \int_{y=-1}^1 \int_{x=0,25}^{1,5} \left(\frac{1200}{3.2} + \frac{300}{3.2^3} y + \frac{90}{2.3^3} x \right) (x - 0,25) \, dx \, dy,$$

$$M_y = \int_{y=-1}^1 \int_{x=0,25}^{1,5} (200 + 150y + 20x)(x - 0,25) \, dx \, dy,$$

$$M_y = \int_{y=-1}^1 \left(20 \frac{x^3}{3} + 195 \frac{x^2}{2} + 150 \frac{x^2}{2} y - 37,5yx - 50x \right) \Big|_{x=0,25}^{1,5} \, dy,$$

$$M_y = \int_{y=-1}^1 (173,125 + 117,18y) \, dy,$$

$$M_y = (173,125y + 117,18 \frac{y^2}{2}) \Big|_{y=-1}^1 = 346,35 \text{ kNm}$$

Sonuç Kesit Tesirleri

I-I kesiti $V_x = 696 \text{ kN}$, $M_x = 297,6 \text{ kNm}$

II-II kesiti $V_y = 543,75 \text{ kN}$, $M_y = 346,35 \text{ kNm}$

3) Taban Basınç Gerilmelerinin Bulunması

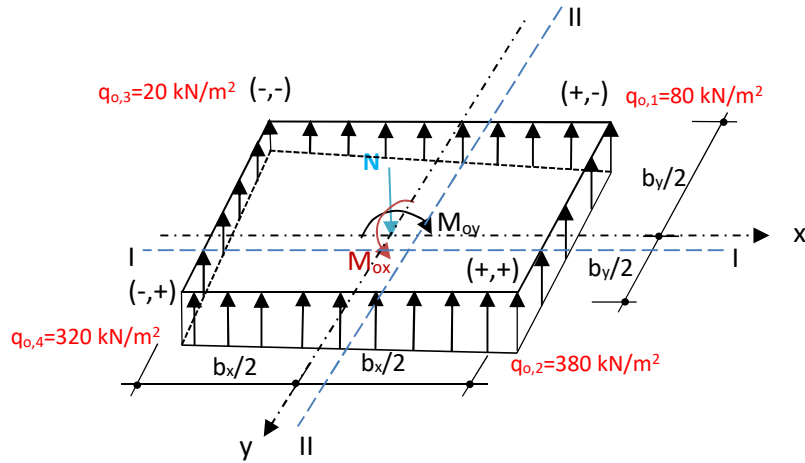
$$q_0 = \frac{N}{b_x b_y} + \frac{M_{ox}}{I_x} y + \frac{M_{oy}}{I_y} x$$

$$q_{0,1} = \frac{1200}{3.2} - \frac{300}{\frac{3.2^2}{6}} + \frac{90}{\frac{2.3^2}{6}} = 80 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{0,2} = \frac{1200}{3.2} + \frac{300}{\frac{3.2^2}{6}} + \frac{90}{\frac{2.3^2}{6}} = 380 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{0,3} = \frac{1200}{3.2} - \frac{300}{\frac{3.2^2}{6}} - \frac{90}{\frac{2.3^2}{6}} = 20 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{0,4} = \frac{1200}{3.2} + \frac{300}{\frac{3.2^2}{6}} - \frac{90}{\frac{2.3^2}{6}} = 320 \text{ kN/m}^2$$



I-I Kesiti (Kolon yüzünden geçen kesit)

$$V_x = \int_{x=-1,5}^{1,5} \int_{y=0,2}^1 q_0 dy dx,$$

$$V_x = \int_{x=-1,5}^{1,5} \int_{y=0,2}^1 \left(\frac{1200}{3.2} + \frac{300}{3.2^3} y + \frac{90}{2.3^3} x \right) dy dx,$$

$$V_x = \int_{x=-1,5}^{1,5} \int_{y=0,2}^1 (200 + 150y + 20x) dy dx,$$

$$V_x = \int_{x=-1,5}^{1,5} \left(200y + 150 \frac{y^2}{2} + 20xy \right) \Big|_{y=0,2}^1 dx,$$

$$V_x = \int_{x=-1,5}^{1,5} (232 + 16x) dx,$$

$$V_x = \left(232x + 16 \frac{x^2}{2} \right) \Big|_{x=-1,5}^{1,5} = 696 \text{ kN}$$

$$M_x = \int_{x=-1,5}^{1,5} \int_{y=0,2}^1 q_0 \left(y - \frac{ay}{2} \right) dy dx,$$

$$M_x = \int_{x=-1,5}^{1,5} \int_{y=0,2}^1 \left(\frac{1200}{3.2} + \frac{300}{3.2^3} y + \frac{90}{2.3^3} x \right) (y - 0,2) dy dx,$$

$$M_x = \int_{x=-1,5}^{1,5} \int_{y=0,2}^1 (200 + 150y + 20x)(y - 0,2) dy dx,$$

$$M_x = \int_{x=-1,5}^{1,5} \left(150 \frac{y^3}{3} + 170 \frac{x^2}{2} + 20 \frac{y^2}{2} x - 4xy - 40y \right) \Big|_{y=0,2}^1 dx,$$

$$M_x = \int_{x=-1,5}^{1,5} (99,2 + 6,4x) dx,$$

$$M_x = \left(99,2x + 6,4 \frac{x^2}{2} \right) \Big|_{x=-1,5}^{1,5} = 297,6 \text{ kNm}$$

II-II Kesiti (Kolon yüzünden geçen kesit)

$$V_y = \int_{y=-1}^1 \int_{x=0,25}^{1,5} q_0 dx dy,$$

$$V_y = \int_{y=-1}^1 \int_{x=0,25}^{1,5} \left(\frac{1200}{3.2} + \frac{300}{3.2^3} y + \frac{90}{2.3^3} x \right) dx dy,$$

$$V_y = \int_{y=-1}^1 \int_{x=0,25}^{1,5} (200 + 150y + 20x) dx dy,$$

$$V_y = \int_{y=-1}^1 (200x + 150yx + 10x^2) \Big|_{x=0,25}^{1,5} dy,$$

$$V_y = \int_{y=-1}^1 (271,875 + 187,5y) dy,$$

$$V_y = (271,875y + 187,5 \frac{y^2}{2}) \Big|_{y=-1}^1 = 543,75 \text{ kN}$$

$$M_y = \int_{y=-1}^1 \int_{x=0,25}^{1,5} q_0 \left(x - \frac{ax}{2} \right) dx dy,$$

$$M_y = \int_{y=-1}^1 \int_{x=0,25}^{1,5} \left(\frac{1200}{3 \cdot 2} + \frac{300}{3 \cdot 2^3} y + \frac{90}{2 \cdot 3^3} x \right) (x - 0,25) dx dy,$$

$$M_y = \int_{y=-1}^1 \int_{x=0,25}^{1,5} (200 + 150y + 20x)(x - 0,25) dx dy,$$

$$M_y = \int_{y=-1}^1 \left(20 \frac{x^3}{3} + 195 \frac{x^2}{2} + 150 \frac{x^2}{2} y - 37,5yx - 50x \right) \Big|_{x=0,25}^{1,5} dy,$$

$$M_y = \int_{y=-1}^1 (173,125 + 117,18y) dy,$$

$$M_y = (173,125y + 117,18 \frac{y^2}{2}) \Big|_{y=-1}^1 = 346,35 \text{ kNm}$$

Sonuç Kesit Tesirleri

I-I kesiti $V_x = 696 \text{ kN}$, $M_x = 297,6 \text{ kNm}$

II-II kesiti $V_y = 543,75 \text{ kN}$, $M_y = 346,35 \text{ kNm}$