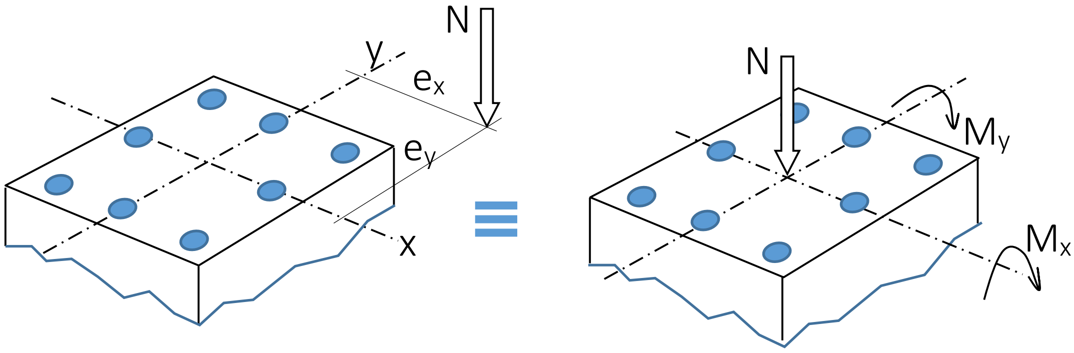
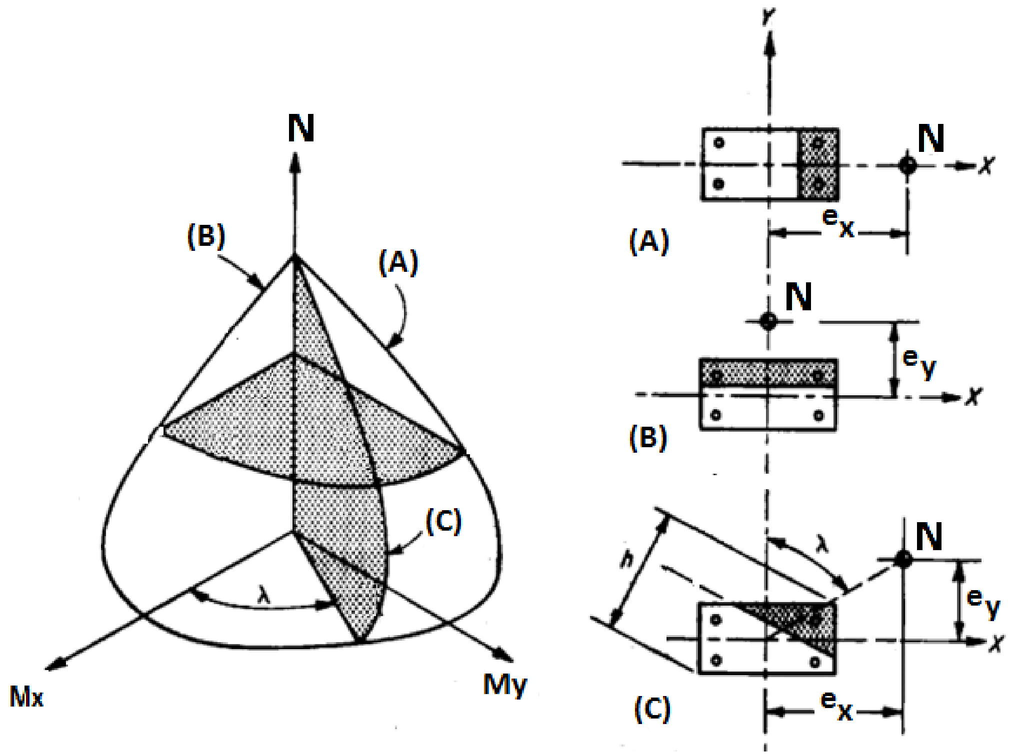
İki Doğrultuda Bileşik Eğilme Etkisindeki Kalın Kolonlar

Özellikle köşe kolonlarının maruz kaldığı bu etki altında kesitin basınç bloğunun şekli üçgen ya da yamuk olabileceği için denge ve uygunluk bağıntılarıyla hesap zordur. Bunun yerine çeşitli yaklaşık yöntemler önerilmiştir.





Eğik eğilme etkisindeki bu kolonların tasarımı için aşağıdaki yöntemlerden biri uygulanabilir.

1) Bresler Yöntemi:

- Boyutlar belirlenir: $A_c \geq \dfrac{N_d}{0.5\, f_{ck}}$ (Boyutların bu ifadeyle hesaplanandan biraz daha büyük seçilmesi her zaman iyidir.)
- Donatılar Belirlenir: Bunun için hesap momenti $\mathbf{M_d = M_{xd} + M_{yd}}$ alınır ve kolon bir doğrultuda bileşik eğilme altındaymış gibi hesaplanır.

Seçilmiş olan boyut ve donatılar esas alınarak Bresler yöntemiyle eksenel yük kapasitesi belirlenir ve mevcut hesap yüküyle karşılaştırılır. Hesaplanan eksenel yük kapasitesi mevcut hesap eksenel yükünden büyükse seçim uygun demektir.

Bu yönteme göre bir dikdörtgen ya da kare kesitin taşıma gücü;

$$\frac{1}{N_r} = \frac{1}{N_{xr}} + \frac{1}{N_{yr}} - \frac{1}{N_{or}}$$

şeklinde hesaplanabilir. Burada;

N_r : İki doğrultuda bileşik eğilme altındaki kesitin eksenel yük kapasitesi

N_{xr} : Sadece **e_y** dışmerkezliği için eksenel yük kapasitesi ($e_x = 0$)

N_{yr} : Sadece **e_x** dışmerkezliği için eksenel yük kapasitesi ($e_y = 0$)

N_{or} : Kesitte sadece **eksenel basınç** varken eksenel yük kapasitesi

2) Bir Doğrultuda Bileşik Eğilmeye İndirgeme Yöntemi:

Hesap için fiktif bir artırılmış dışmerkezlik ve dolayısıyla artırılmış moment esas alınır. Yöntem için donatıların her iki doğrultuda aynı olması gerekir.

$$\left.\begin{array}{lll} \dfrac{e_y}{h} \geq \dfrac{e_x}{b} & ise & e'_y = e_y + \beta\, e_x \dfrac{h}{b} \\[2ex] \dfrac{e_y}{h} < \dfrac{e_x}{b} & ise & e'_x = e_x + \beta\, e_y \dfrac{b}{h} \end{array}\right\} \text{Fiktif dışmerkezlikler}$$

β katsayıları:

$N_d/b\ h\ f_{cd}$	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	≥0.6
β	1.0	0.88	0.77	0.65	0.53	0.42	0.30

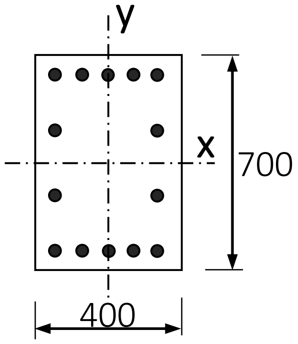
Fiktif dışmerkezlik belirlendikten sonra bir doğrultuda bileşik eğilme abakları ile çözüm yapılır.

3) İki Doğrultuda Bileşik Eğilme Abakları İle Çözüm

$$n = \frac{N_d}{b\,h\,f_{cd}} \;,\quad m_x = \frac{M_{xd}}{b\,h^2\,f_{cd}} \;,\quad m_y = \frac{M_{yd}}{b^2\,h\,f_{cd}} \quad ve \quad \frac{d''}{h}$$

değerleri hesaplanıp uygun abaktan ψ değeri alınarak A_{st} belirlenir.

ÖRNEK 1: Aşağıdaki kesitin verilen etkiler altında denetimi



C20 – S420

A_{st} = 14ϕ20 (4398 mm^2)

N_d = 1400 kN , M_{xd} = 260 kNm , M_{yd} = 180 kNm

c = 35 mm (beton örtü kalınlığı)

$N_d \leq 0{,}5\, A_c\, f_{ck} \rightarrow 0{,}5.400.700.20 = 2800$ kN > N_d =1800 kN ön boyutlandırma uygun.

- Sadece eksenel yük durumu için kapasite:

  $N_{or} = 0{,}85\, f_{cd}\, A_c + f_{yd}\, A_{st} = 0{,}85 \,.\, 13 \,.\, 400 \,.\, 700 + 365 \,.\, 4398 = 4699$ kN uygun.

- Sadece e_x ve sadece e_y durumu için kapasiteler (N_{xr}, N_{yr}): $\boldsymbol{e = M/N} \rightarrow$

$$\frac{e_x}{b} = \frac{M_{yd}}{N_d\, b} = \frac{180.10^6}{1400.10^3.400} = 0{,}32 \qquad \frac{d''}{b} = \frac{330}{400} \cong 0{,}8 \;:\; Abak\ 4$$

$$\frac{e_y}{h} = \frac{M_{xd}}{N_d\, h} = \frac{260.10^6}{1400.10^3.700} = 0{,}27 \qquad \frac{d''}{h} = \frac{630}{700} \cong 0{,}9 \;:\; Abak\ 5$$

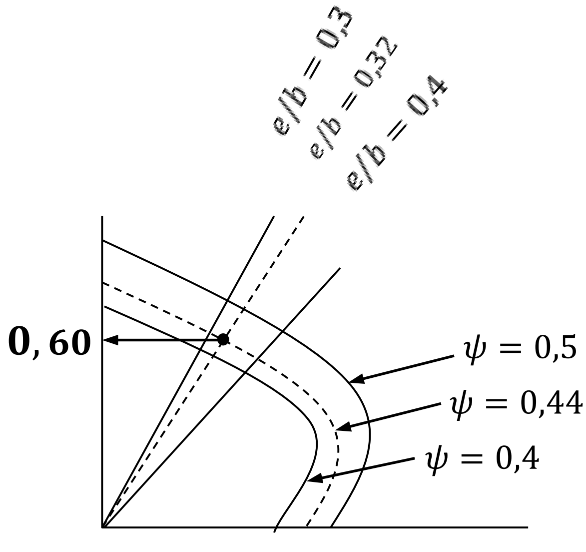
$$\psi = \rho_t \frac{f_{yd}}{f_{cd}} = \frac{4398}{400\,.700}\ \frac{365}{13} = \mathbf{0{,}44}$$

$$Abak\ 4: \quad \frac{N_{xr}}{b\, h\, f_{cd}} \cong \mathbf{0{,}60}$$

$$Abak\ 5: \quad \frac{N_{yr}}{b\, h\, f_{cd}} \cong \mathbf{0{,}75}$$

$$N_{xr} = 0{,}60\,.\,400\,.\,700\,.13 = 2184\ kN$$

$$N_{yr} = 0{,}75\,.\,400\,.\,700\,.\,13 = 2730\ kN$$

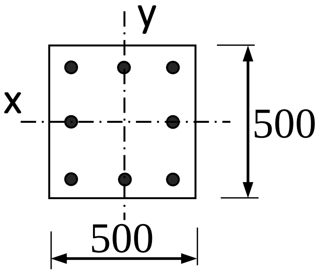


Abak 4

$$\frac{1}{N_r} = \frac{1}{N_{xr}} + \frac{1}{N_{yr}} - \frac{1}{N_{or}} \;\Rightarrow\; \frac{1}{N_r} = \frac{1}{2184} + \frac{1}{2730} - \frac{1}{4699} \;\Rightarrow\; N_r = 1636kN$$

$$N_r = 1636kN > N_d = 1400kN \ \boldsymbol{Boyutlar\ uygundur}.$$

ÖRNEK 2: Aşağıdaki kesitin verilen düzene göre donatısının hesaplanması



C25 – S420 c = 25 mm (beton örtü kalınlığı)

N_d = 1500 kN M_{xd} = 250 kNm M_{yd} = 200 kNm

A_{st} = ?

---

a) Bir doğrultuda bileşik eğilmeye indirgeyerek çözüm:

$$\boldsymbol{e_x} = \frac{M_{yd}}{N_d} = \frac{200.10^6}{1500.10^3} = 133{,}3\ mm \qquad \boldsymbol{e_y} = \frac{M_{xd}}{N_d} = \frac{250.10^6}{1500.10^3} = 166{,}7\ mm$$

$$\frac{e_y}{h} = \frac{166{,}7}{500} > \frac{e_x}{b} = \frac{133{,}3}{500}\ olduğundan\ e_y\ dışmerkezliği\ artırılır:$$

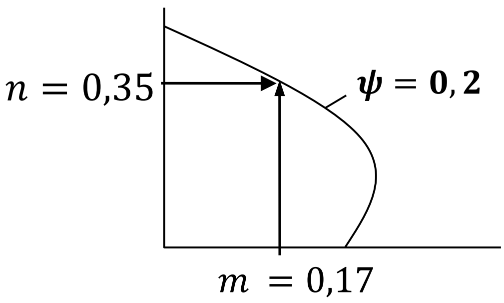
$$n = \frac{N_d}{b\ h\ f_{cd}} = \frac{1500.10^3}{500.500.17} = 0{,}35 \quad \text{Tablodan: } \begin{matrix} 0{,}3 \rightarrow \beta = 0{,}65 \\ 0{,}4 \rightarrow \beta = 0{,}53 \end{matrix} \quad \Rightarrow \beta = 0{,}59$$

$$e'_y = e_y + \beta\ e_x\ \frac{h}{b} = 166{,}7 + 0{,}59\ .\ 133{,}3\ \frac{500}{500} = 245{,}3\ kNm$$

$$Artırılmış\ moment : M'_d = N_d\ e'_y = 1500.10^3\ .\ 245{,}3 = 368\ kNm$$

$$\boldsymbol{m} = \frac{M'_d}{b\ h^2\ f_{cd}} = \frac{368\ .10^6}{500\ .500^2.17} = 0{,}17\ , \quad \boldsymbol{n} = 0{,}35 \quad ve \quad \frac{\boldsymbol{d''}}{\boldsymbol{h}} = \frac{450}{500} = 0{,}9$$

$$Abak\ 10'dan: \quad \boldsymbol{\psi \cong 0{,}2}$$



$$\rho_t = \psi\ \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0{,}2\ \frac{17}{365} = \boldsymbol{0{,}0093} < \rho_{min} = \boldsymbol{0{,}01} : \ \rho_t = 0{,}01\ alınır.$$

$$A_{st} = \rho_t\ A_c = 0{,}01\ .500\ .500 = 2500\ mm^2 \ : \ \boldsymbol{8\phi 20}\ (2513 mm^2)$$

b) İki doğrultuda bileşik eğilme abağı ile çözüm:

$\boldsymbol{n} = 0{,}35$

$$\boldsymbol{m_x} = \frac{M_{xd}}{b\,h^2 f_{cd}} = \frac{250.10^6}{500\,.\,500^2.\,17} = 0{,}12$$

$$\boldsymbol{m_y} = \frac{M_{yd}}{h\,b^2 f_{cd}} = \frac{200.10^6}{500\,.\,500^2.\,17} = 0{,}09$$

$A_{st} = 8\,A_s$ $\;\;olarak\ verildiğinden$ $\;\;\boldsymbol{Abak\ 16}$:

$m_x > m_y$ $\;olduğundan$: $m_1 = m_x$, $\;m_2 = m_y$

$\boldsymbol{n = 0,35}$ $\;olduğundan, okumalar$ $\;n = 0{,}2$ $\;ve$ $\;n = 0{,}4$ $\;bölgelerinden\ yapılacak$

$$\left.\begin{array}{l} \boldsymbol{n} = 0{,}2\ \ bölgesinden\ :\ \psi = 0{,}27 \\ \boldsymbol{n} = 0{,}4\ \ bölgesinden\ :\ \psi = 0{,}21 \end{array}\right\}\ enterpolasyonla\ :\ \psi \cong 0{,}23$$

$$\rho_t = \psi\ \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0{,}23\ \frac{17}{365} = \boldsymbol{0,0107} > \ \rho_{min} = \boldsymbol{0,01}$$

$$A_{st} = \rho_t\ A_c = 0{,}0107\,.\,500\,.\,500 = 2678\,mm^2\ :\ \boldsymbol{8\phi 22}\ \ (3041 mm^2)$$