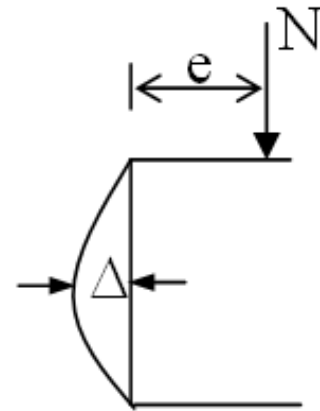
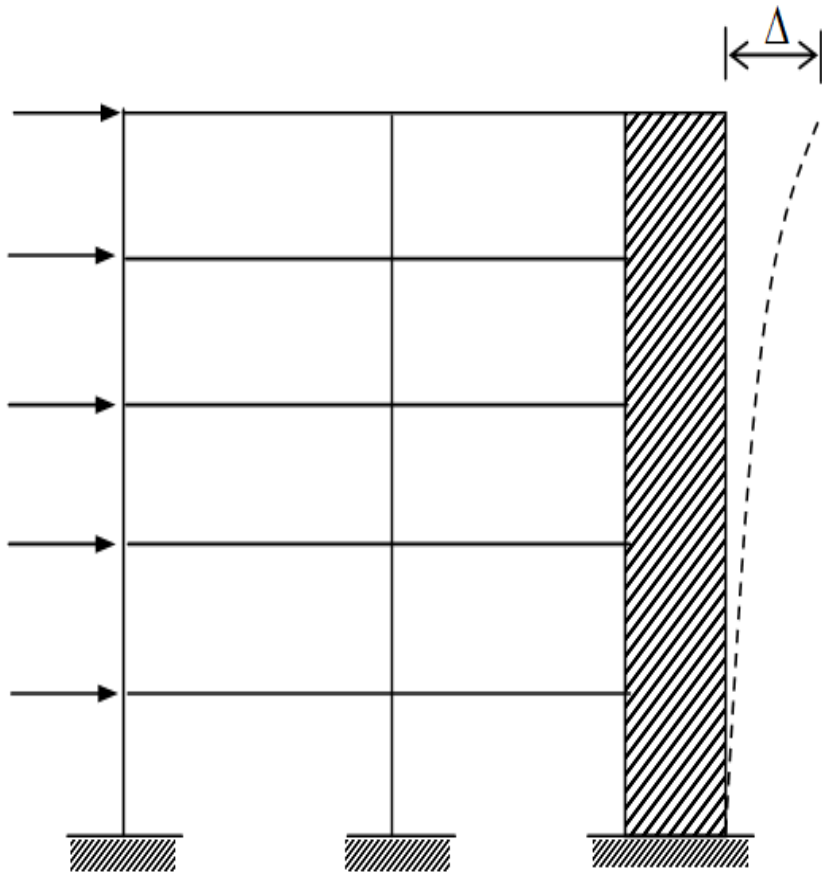


NARİNLİK ETKİSİ

Yapılarda tüm kolonlar eğilme momenti taşırlar ve bu momentler kolonda eğrilik oluşturur. Eğrilik kolonun iki ucu arasında deplasman yapmasına neden olur. Bazen bu deplasmanlar yanıl ötelenmeye bağlı olarak da (görelil olarak) meydana gelebilirler. Bu deplasmanlar sonuç olarak eksantrisiteyi artırır ve momenti büyütmüş olur.





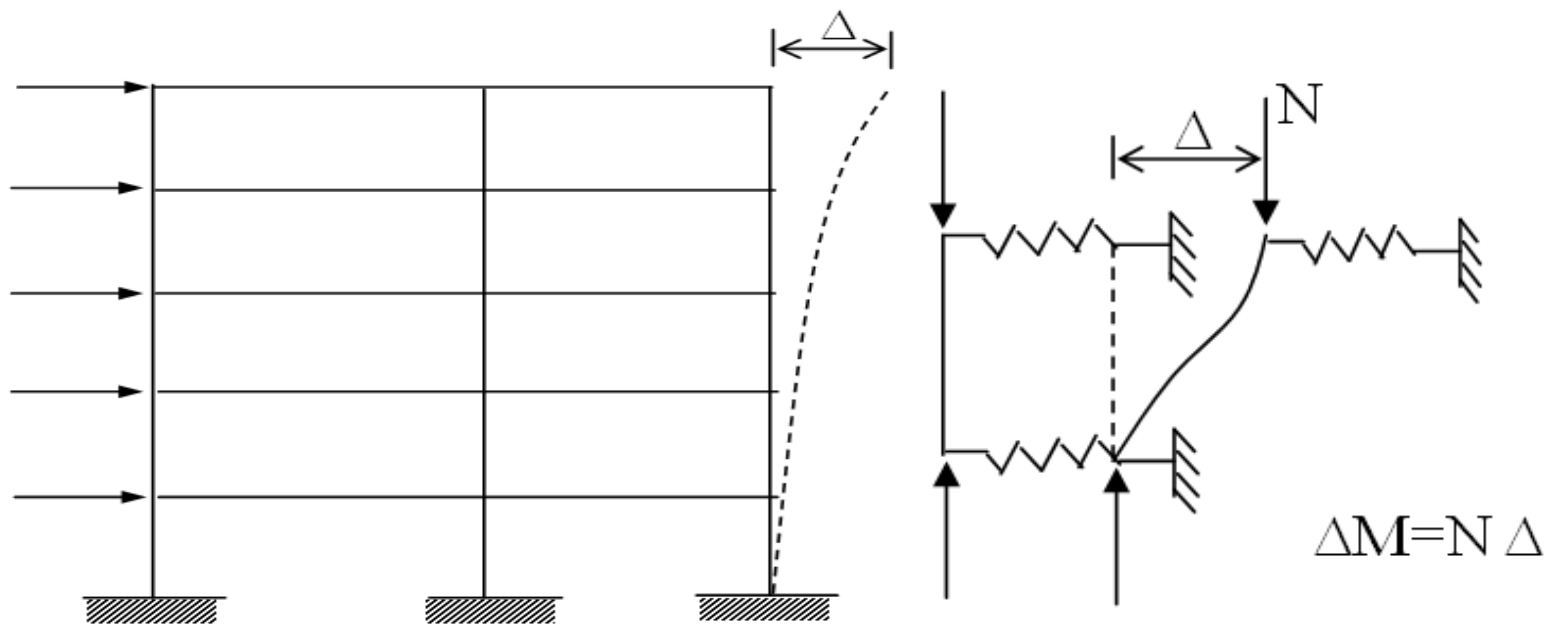
$$\Delta M = N \Delta$$

$$M = N (e) + N (\Delta)$$

$$M = N e (1 + \Delta/e)$$

$$M = M_2 \beta$$





Genel Yöntem:

Eksenel basınç ile birlikte eğilme de taşıyan betonarme elemanların boyutlandırıp donatılabilmesi, elverişsiz yük bileşenleri altında, doğrusal olmayan malzeme davranışını, çatlamayı, betonun sünme ve büzülmesini göz önünde bulunduran ikinci mertebe yapısal çözümlerden elde edilen eksenel kuvvet ve moment değerlerine göre yapılır. Ancak narinlik sınırının aşağıdaki sınırı aşmadığı elemanların hesabında aşağıda verilen yaklaşık yöntem kullanılabilir;

$$(l_k/i) \leq 100$$



Yaklaşık Yöntem (Moment Büyütme Yöntemi):

Kesiti ve aksenal kuvveti yükseklik boyunca değişmeyen kolonlara uygulanan bu yaklaşık yöntemde tasarımda kullanılacak tasarım momenti, doğrusal elastik varsayımlarına dayalı çözümden elde edilen ve minimum eksantrisite koşulunu sağlamak zorunda olan en büyük uç momentinin bir çarpan ile büyütülmesi ile bulunur.



(a) Yanal Öteleme Ölçütü:

Yapı sistemi içinde yatay kuvvetlere karşı yeterli rijitlik taşıyan perde, duvar ya da benzeri elemanlar varsa yanar ötelenmenin önlenmiş olduğu varsayılabilir.



Doğrusal malzeme davranışı varsayımı ile yatay ve düşey yükler altında yapılan ikinci merteye yapısal çözümlenmeden elde edilen kolon uç momentlerinin aynı varsayımlar ve yükler altında yapılan birinci merteye çözümlenmesinden elde edilen kolon uç momentlerinden en çok %5 kadar farklı olduğu durumlarda yanıl ötelenmenin önlenmiş olduğu kabul edilebilir.



İkinci merteye çözümlenmesi yapılmıyorsa, yapının herhangi bir katı için taşıyıcı sistemin tümü göz önünde tutularak hesaplanan duraylılık (stabilite) endeksi(ϕ) aşağıda belirtilen sınırı aşmadığı durumlarda da o katta yeterli rijitlik bulunduğu ve yanal ötelenmenin önlenmiş olduğu kabul edilebilir.



$$\varphi = 1.5 \Delta_i \frac{\sum N_d / l_i}{V_{fi}} \leq 0.05$$

Bu hesaplarda çatlamamış kesit varsayımı ve

$$F_d = 1.0G + 1.0Q + 1.0E \quad \text{ve}$$

$$F_d = 1.0G + 1.3Q + 1.3W$$

V_{fi} : i. kattaki taban kesme kuvveti toplamı

Δ_i : i. kattaki görelî kat ötelemesi

yük bileşimlerinden bulunan değerlerden elverişsiz olanı temel alınır.



(b) Kolon Etkili Boyu:

Kolon serbest boyu, döşemeler, kirişler veya kolona yanal destek sağlayan diğer elemanlar arasındaki uzaklıktır. Kolon başlığı veya guse bulunan durumlarda, kolon serbest boyu, başlık veya guse alt yüzünden ölçülür. Daha güvenilir bir çözümlene yönteminin kullanılmadığı durumlarda, kolon etkili boyu, kolon serbest boyu, kolon uçlarındaki dönmenin engellenmesi ile ilişkili olan ve aşağıda tanımlanan “k” katsayısı ile çarpılarak elde edilebilir.

$$l_k = k l_n \quad (l_n: \text{kolonun serbest boyu})$$



Kolon etkili boyu katsayısı “k” yanal ötelenmesi önlenmiş ve önlenmemiş kat kolonları için aşağıda tanımlanmıştır.

•**Yanal ötelenmesi önlenmiş kat kolonları**

için:

$$k = 0.7 + 0.05 (\alpha_1 + \alpha_2)$$

Ancak, $k \leq (0.85 + 0.05 \alpha_1)$

$$k \leq 1.0$$

Hesap yapılmamışsa, yanal ötelenmesi önlenmiş kat kolonlarında, k=1.0 alınır.



•Yanal ötelenmesi önlenmemiş kat kolonları için:

$$\alpha_m < 2 \text{ ise , } k = \frac{20 - \alpha_m}{20} \sqrt{1 + \alpha_m}$$

$$\alpha_m \geq 2 \text{ ise , } k = 0.9 \sqrt{1 + \alpha_m}$$

Bir ucu mafsallı olan yanal ötelenmesi önlenmemiş kolonlarda,

$k = 2 + 0.3 \alpha_2$ alınır.

$$\alpha_{1,2} = \frac{\sum (I/l)_{\text{kolon}}}{\sum (I/l)_{\text{kiriş}}} ; \quad \alpha_m = 0.5 (\alpha_1 + \alpha_2)$$

Ankastre kolonlarda $\alpha = 0$ ve mafsallı kolonlarda $\alpha = \infty$ alınır.

$\frac{I}{L}$ (kiriş) sadece eğilme doğrultusu yönü için hesaba alınır.



Kolon atalet momenti gross kesit atalet momenti olarak hesaplanır. Kiriş atalet momentleri ise pratikte daima kirişlerde kılcal çatlamlar oluşabileceğinden çatlamış kesit atalet momenti hesaba katılır.

Çatlamış kesit atalet momenti, yaklaşık olarak kesit atalet momentinin yarısı olarak kabul edilir.



TS500 e göre Őu koŐulların sağlandığı durumlarda ikinci merteye momentleri ihmal edilebilir;

(c) Narinlik Etkisinin İhmal Edilebileceęi Durumlar:

Yanal öteleme önlenmiş kat kolonlarında:

M_2 : Kolondaki büyük moment

M_1 : Kolondaki küçük moment

$i=0.3 h$ (Dikdörtgen)

$i=0.25 d$ (Dairesel)

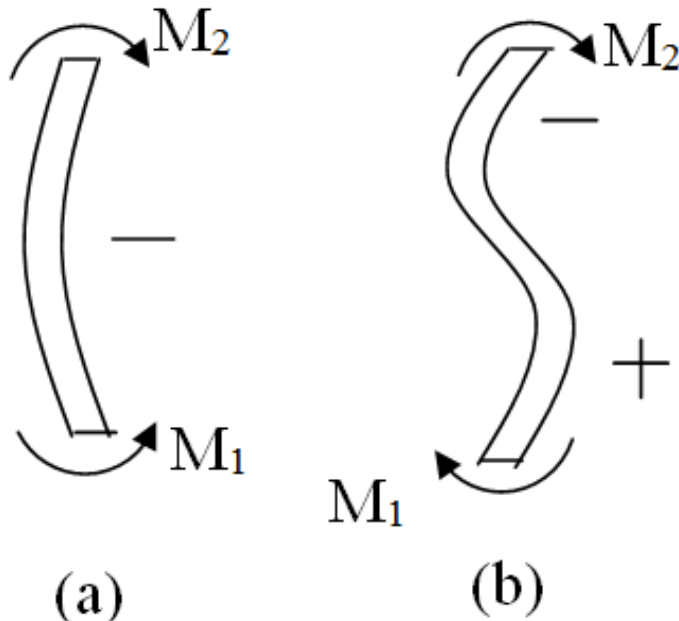


$$l_k/i \leq 34-12 \frac{M_1}{M_2} \leq 40$$

koşulu sağlanıyorsa narinlik etkisi ihmal edilebilir.

M_1 ve M_2 kolonun aynı yüzünde basınç oluşturuyorsa (tek eğrilikli kolon), (M_1/M_2) oranı pozitif (a), tersi durumlarda (çift eğrilikli kolon) bu oran negatif alınır (b).

$$M_2 > M_1$$



Yanal öteleme önlenmemiş kat kolonlarında:

$l_k/i \leq 22$ koşulu sağlanıyorsa narinlik etkisi ihmal edilebilir.



(d) Burkulma Yüğü Hesabı:

Kolon burkulma yüğü Euler denklemiyle hesaplanır.

$$N_k = \frac{\pi^2 EI}{(l_k)^2}$$

Kolon etkili eğilme rijitliğı (EI), daha güvenilir bir hesap yapılmayan durumlarda, aşağıda verilen denklemlerle elde edilebilir.

$$EI = \frac{0.2 E_c I_c + E_s I_s}{1 + R_m} \quad \text{veya} \quad EI = \frac{0.4 E_c I_c}{1 + R_m}$$

Burada $E_c I_c$ tüm beton kesitinin eğilme rijitliğı, $E_s I_s$ de boyuna donatı kesitinin, eleman kesiti ağırlık merkezine göre oluşturduğu eğilme rijitliğidir.



Sünme oranı R_m , yanal ötelenmesi önlenmiş sistemlerde, düşey yüklerden elde edilen kolon hesap aksenal kuvvetindeki kalıcı yük katkısının, toplam değere oranıdır.

$$R_m = \frac{N_{gd}}{N_d}$$

Sünme oranı R_m , yanal ötelenmesi önlenmemiş sistemlerde ise, tüm kat kolonları hesap kesme kuvvetlerindeki (V_d) kalıcı yük katkısı toplamının, hesap kesme kuvvetleri toplamına oranıdır.

$$R_m = \frac{\sum V_{gd}}{\sum V_d} \quad (\text{Tüm kat için}).$$



Narin Kolon Hesap Yöntemi:

(e) Moment Büyütme Katsayısı:

- Yanal ötelenmesi önlenmiş kat kolonlarında:

$$\beta = \frac{C_m}{1 - 1.3 \frac{N_d}{N_k}} \geq 1.0 \quad \text{Burada,}$$
$$C_m = \left(0.6 + 0.4 \frac{M_1}{M_2}\right) \geq 0.4 ; M_1 \leq M_2$$

denklemlerle hesaplanırken (M_1/M_2) oranı tek eğrilikli kolonlarda pozitif, çift eğrilikli kolonlarda negatif alınır. Kolon uçları arasında etkiyen herhangi bir yatay yük varsa, $C_m=1.0$ alınır. Tasarımda kullanılacak tasarım momenti;

$$M_d' = \beta M_2$$



•**Yanal ötelenme önlenmemiş kat kolonlarında:**

Tüm kat kolonları için;

$$\beta_s = \frac{1}{1 - 1.3 \frac{\sum N_d}{\sum N_k}} \geq 1.0$$

Burada, $\sum N_d$ ve $\sum N_k$, o kattaki basınç elemanlarının taşıdıkları aksenal tasarım yüklerinin toplamı ve kolon kritik yüklerinin toplamıdır. Bu değerler aşağıdaki koşulu sağlamalıdır, sağlamıyorsa kolon boyutları büyütülmelidir.

$$\sum N_d \leq 0.45 \sum N_k$$



Yanal ötelenmesi önlenmemiş kat kolonlarının her biri için ayrıca bireysel β değerleri de hesaplanmalıdır. Bu hesaplarda $C_m=1.0$ alınmalıdır. Hesap momentinin bulunmasında, β ve β_s değerlerinden büyük olanı kullanılır ($M_d'=\beta M_2$ ve $M_d'=\beta_s M_2$ den büyük olanı).

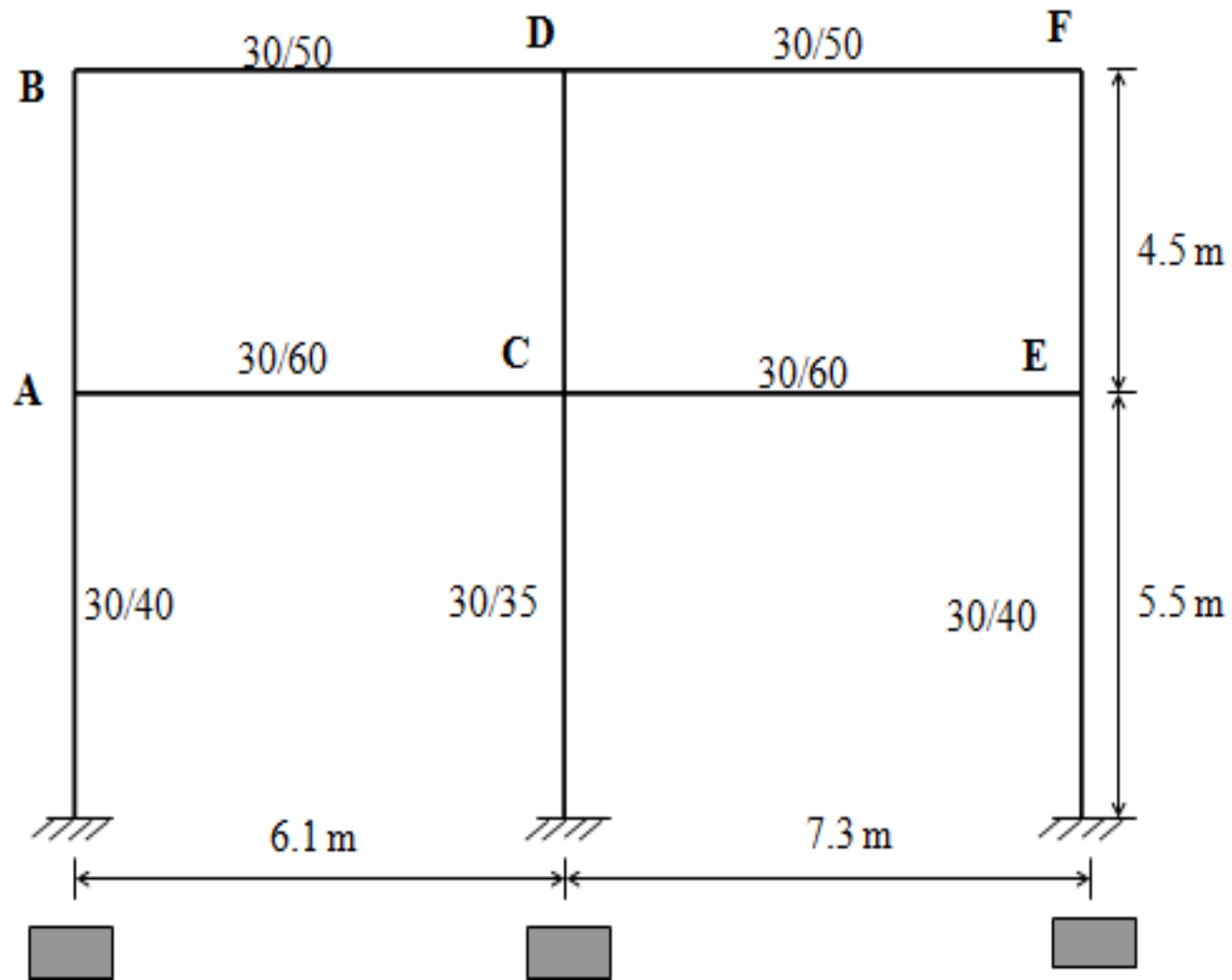
Ancak, serbest boy ile bulunan narinlik oranı,

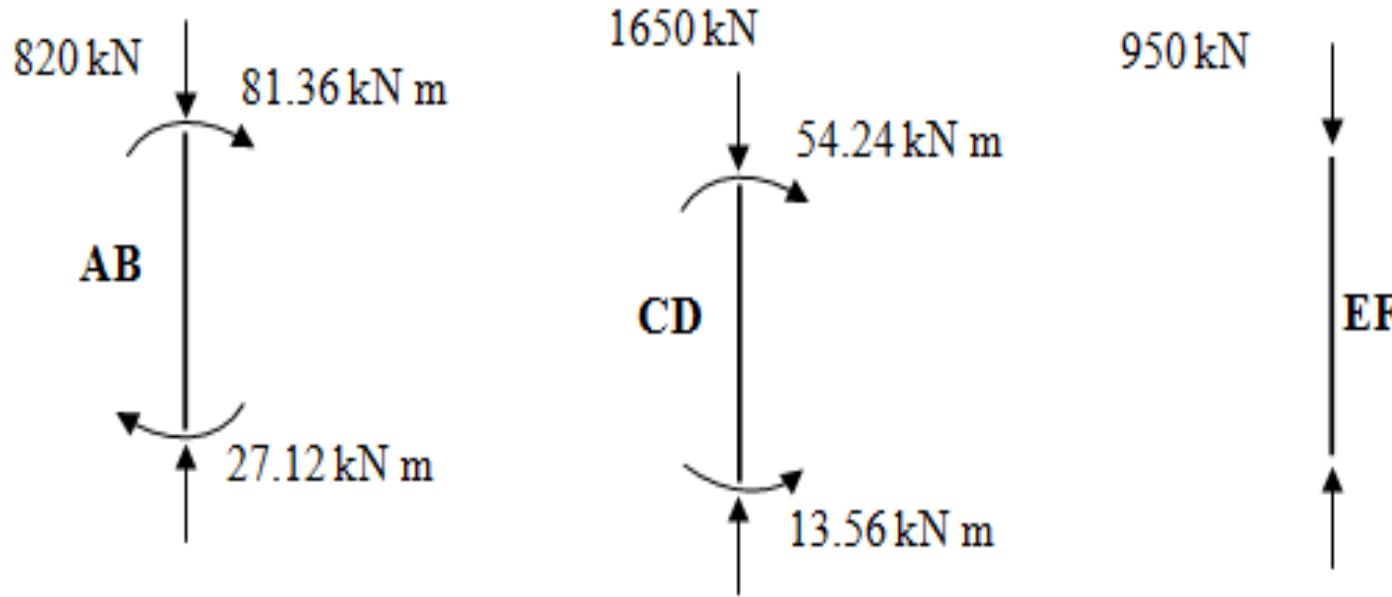
$$\left(\frac{L}{i}\right) > \frac{35}{\sqrt{\frac{N_d}{f_{ck} A_c}}}$$

olan kolonların hesap momentinin bulunmasında, β ve β_s değerlerinin çarpımı kullanılır ($M_d'=\beta\beta_s M_2$).



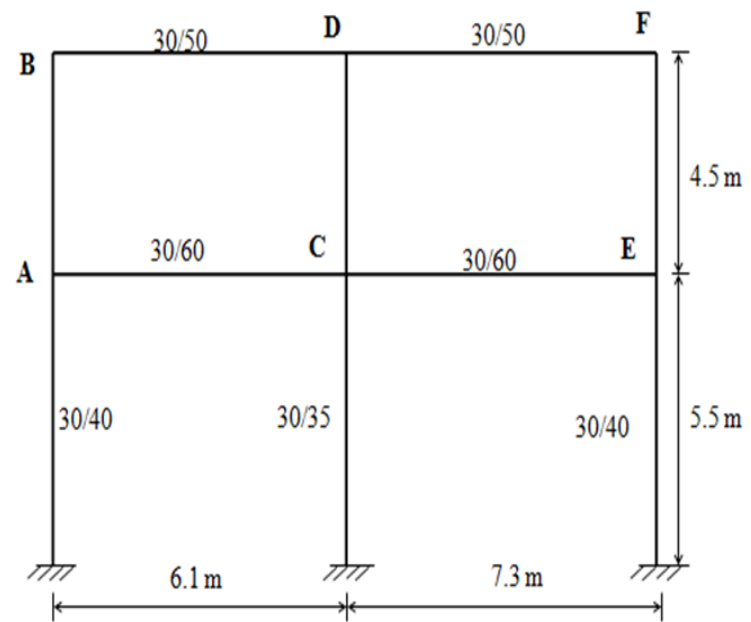
Örnek:





Şekildeki çerçeve kendi düzlemi içerisindedir. A-B, C-D, E-F kolonlarının kısa veya narin kolon olup olmadığını belirleyiniz. A-B ve C-D kolonlarının tasarımını yapınız. $R_m=0.4$, $E_c=30000$ Mpa, $f_{cd}=17$ Mpa, $f_{yd}=365$ Mpa, paspayı=25mm, yanal deplasman önlenmemiştir.





A-B Kolonu:

$$I_c = 0.3 * 0.4^3 / 12 = 0.0016 \text{ m}^4$$

$$I_{B(A-C)} = 0.3 * 0.6^3 / 12 = 0.0054 \text{ m}^4, \quad I_{B,cr} = 0.5 * 0.0054 = 0.0027 \text{ m}^4$$

$$I_{B(B-D)} = 0.3 * 0.5^3 / 12 = 0.0031 \text{ m}^4, \quad I_{B,cr} = 0.00155 \text{ m}^4$$

$$\alpha = \frac{\sum (I/L)_{\text{kolon}}}{\sum (I/L)_{\text{kiriş}}},$$

$$\alpha_A = \frac{\frac{0.0016}{4.5} + \frac{0.0016}{5.5}}{\frac{0.0027}{6.1}} = 1.46, \quad \alpha_B = \frac{\frac{0.0016}{4.5}}{\frac{0.00155}{6.1}} = 1.4$$

$$\alpha_m = 0.5(\alpha_1 + \alpha_2) = 0.5(1.46 + 1.4) = 1.43 < 2$$

$$k = \frac{20 - \alpha_m}{20} \sqrt{1 + \alpha_m} = 1.45$$

$$L_{AB} = 1.45 * 4.5 = 6.5 \text{ m}$$

$$\frac{kL}{i} = \frac{6.5}{0.3 * 0.4} = 54.16 > 22 \text{ (Narin kolon)} \quad (i = 0.3h)$$

$$EI = \frac{E_c I_c}{2.5 * (1 + R_m)} = \frac{30 * 10^6 * 0.0016}{2.5 * (1 + 0.4)} = 13714.3 \text{ kN m}^2$$

$$\text{Kritik yük, } N_k = \frac{\pi^2 EI}{(kL)^2} = \frac{\pi^2 * 13714.3}{6.5^2} = 3203.7 \text{ kN}$$

$$\frac{l}{i} = \frac{4.5}{0.3 * 0.4} = 37.5, \quad \frac{35}{\sqrt{\frac{N_d}{f_{ck} A_c}}} = \frac{35}{\sqrt{\frac{820 * 10^3}{25 * 300 * 400}}} = 66.94$$



$\frac{l}{i} < \frac{35}{\sqrt{\frac{N_d}{f_{ck} A_c}}}$ olduğundan β ve β_s çarpımı kullanılmayacaktır.

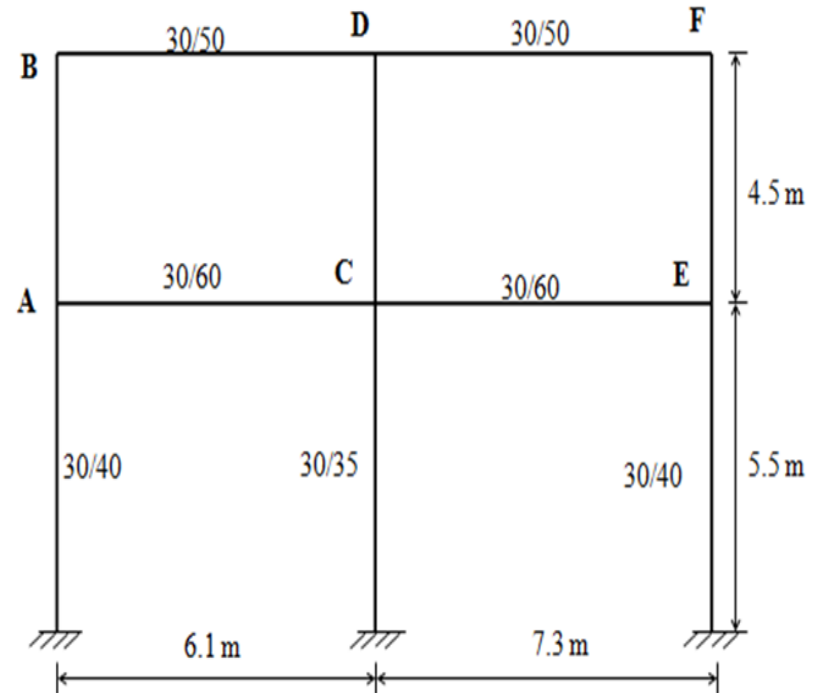
C-D Kolonu:

$$I_c = 0.3 * 0.35^3 / 12 = 0.0011 \text{ m}^4$$

$$\alpha_c = \frac{\frac{0.0011}{4.5} + \frac{0.0011}{5.5}}{\frac{0.0027}{6.1} + \frac{0.0027}{7.3}} = 0.547 \text{ (alt)}$$

$$\alpha_D = \frac{\frac{0.0011}{4.5}}{\frac{0.00155}{6.1} + \frac{0.00155}{7.3}} = 0.524 \text{ (üst),}$$

$$\alpha_m = 0.5(\alpha_1 + \alpha_2) = 0.5(0.5 + 0.547) = 0.535 < 2$$



$$k = \frac{20 - \alpha_m}{20} \sqrt{1 + \alpha_m} = 1.2$$

$$\frac{kL}{i} = \frac{1.2 * 4.5}{0.3 * 0.35} = 51.43 > 22 \text{ (Narin kolon)}$$

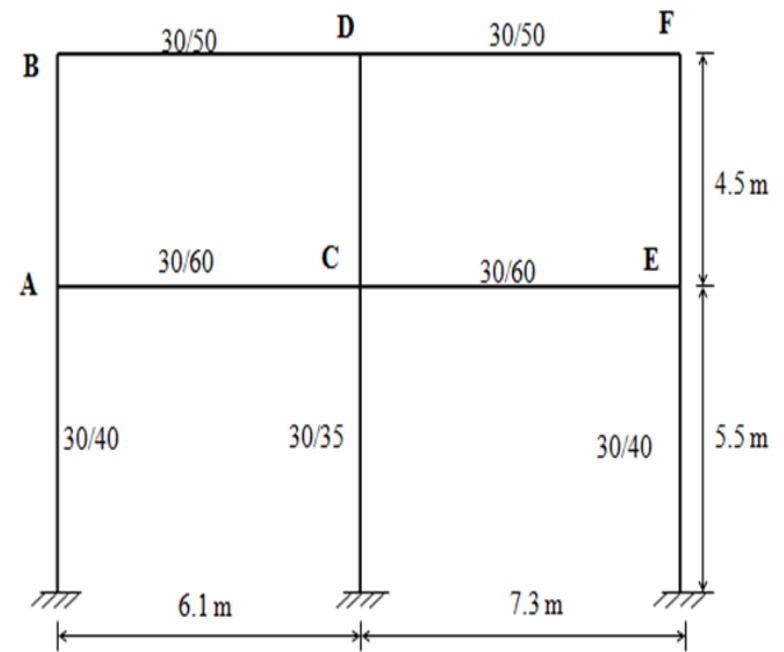
$$EI = \frac{30 * 10^6 * 0.0011}{2.5 * (1 + 0.4)} = 9428.6 \text{ kN m}^2$$

$$N_k = \frac{\pi^2 * 9428.6}{(5.4)^2} = 3191.2 \text{ kN}$$

$$\frac{l}{i} = 42.86 < \frac{35}{\sqrt{\frac{N_d}{f_{ck} A_c}}} = 44.14 \text{ olduğundan } \beta \text{ ve } \beta_s \text{ çarpımı}$$

kullanılmayacaktır.





EF Kolonu:

$$\alpha_E = \frac{\frac{0.0016}{4.5} + \frac{0.0016}{5.5}}{\frac{0.0027}{7.3}} = 1.75, \quad \alpha_F = \frac{\frac{0.0016}{4.5}}{\frac{0.00155}{7.3}} = 1.67,$$

$$\alpha_m = 0.5(\alpha_1 + \alpha_2) = 0.5(1.75 + 1.67) = 1.71 < 2$$

$$\underline{\underline{k}} = \frac{20 - \alpha_m}{20} \sqrt{1 + \alpha_m} = 1.505$$

$$\frac{kL}{i} = \frac{1.505 * 4.5}{0.3 * 0.4} = 56.43 > 22 \text{ (Narin kolon)}$$

$$EI = \frac{30 * 10^6 * 0.0016}{2.5 * (1 + 0.4)} = 13714.3 \text{ kN m}^2$$



$$N_k = \frac{\pi^2 * 13714.3}{(6.77)^2} = 2953.2 \text{ kN}$$

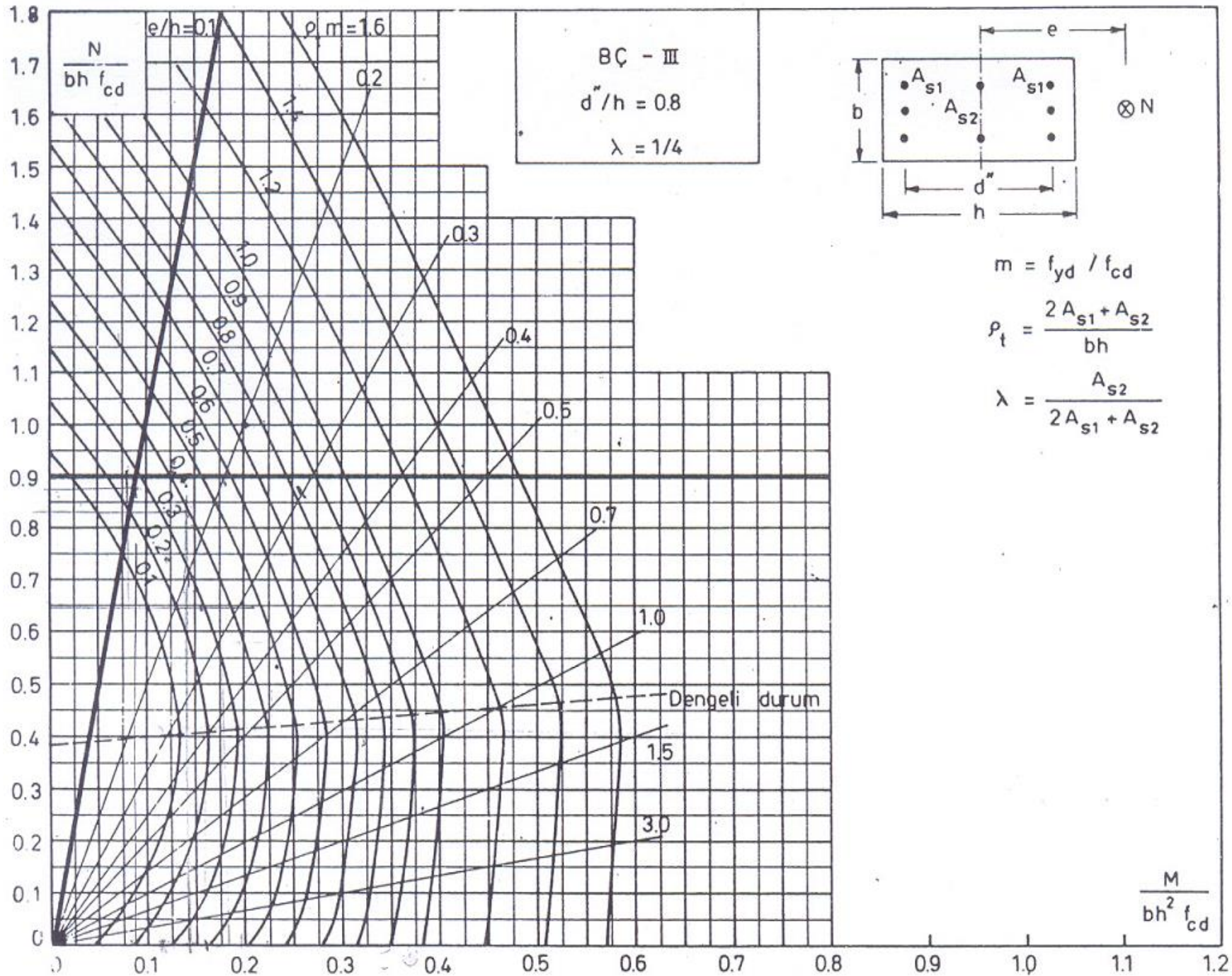
$$\frac{l}{i} = 37.5 < \frac{35}{\sqrt{\frac{N_d}{f_{ck} A_c}}} = 62.2 \quad \text{olduğundan } \beta \text{ ve } \beta_s \text{ çarpımı}$$

kullanılmayacaktır.

$$\Sigma N_d = 3420 \text{ kN}, \quad \Sigma N_k = 9348.1 \text{ kN} \quad \Sigma N_d < 0.45 \Sigma N_k = 4206.6 \text{ uygun.}$$

$$\beta_s = \frac{C_m}{1 - 1.3 \frac{\Sigma N_d}{\Sigma N_k}} = \frac{1}{1 - 1.3 \frac{3420}{9348.1}} = 1.91$$





KESİT HESABI:

$$\beta=1.50 < \beta_s=1.91$$

A-B Kolonu:

$$M_d' = \beta M_d = 1.91 * 81.36 = 155.4 \text{ kN m}, N_d = 820 \text{ kN},$$

$$d' = 2.5 \text{ cm}, d'' = 35 \text{ cm} \quad \frac{d''}{h} = \frac{35}{40} = 0.9, \lambda = 0, S420, B\check{C}III$$

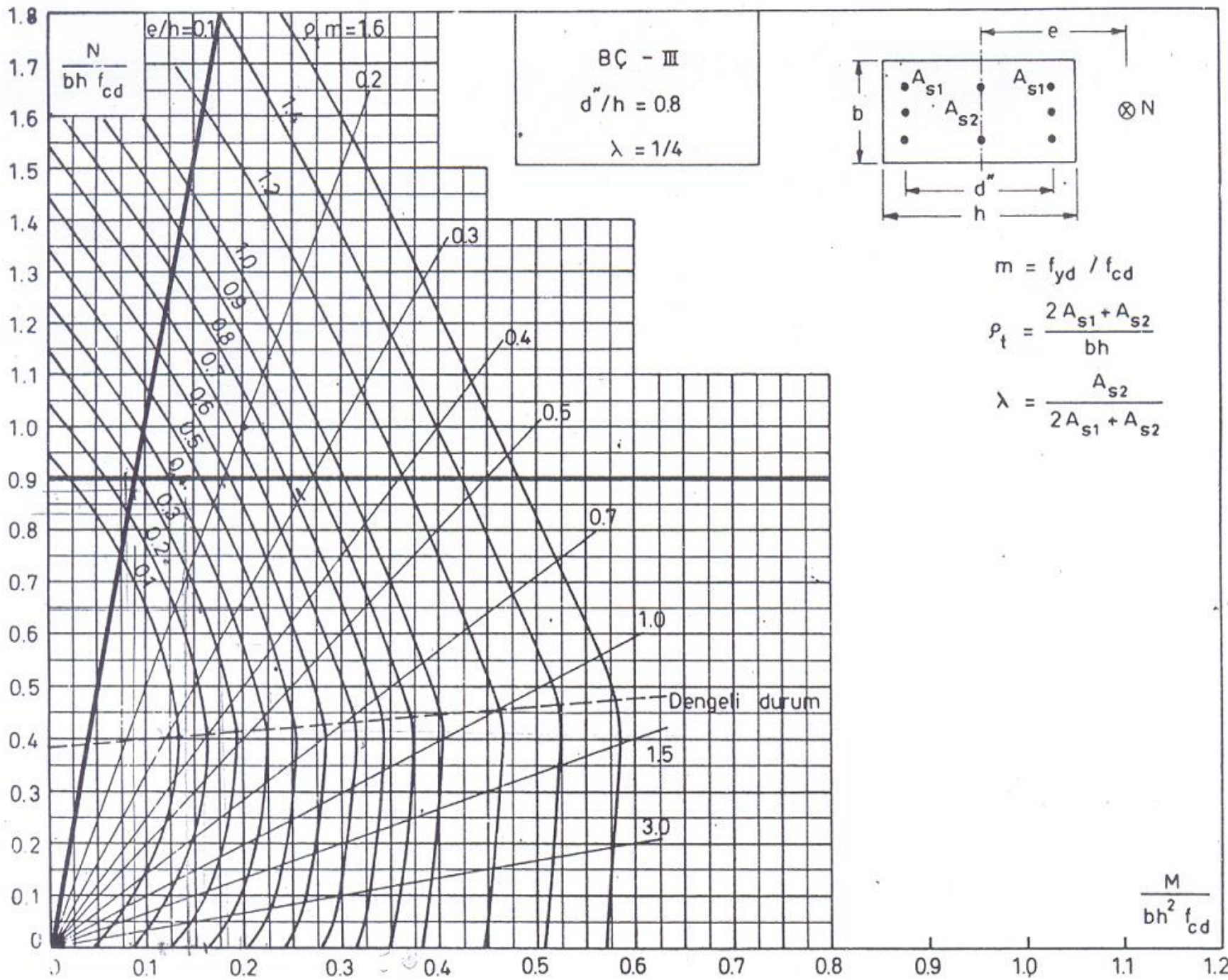
$$\frac{N_d}{b h f_{cd}} = \frac{820 * 10^3}{300 * 400 * 17} = 0.4, \quad \frac{M_d'}{b h^2 f_{cd}} = \frac{155.4 * 10^6}{300 * 400^2 * 17} = 0.19$$

$$\rho_t m = 0.18, \quad m = \frac{f_{yd}}{f_{cd}} = \frac{365}{17} = 21.47,$$

$$\rho_t = 0.18 / 21.47 = 0.0084 < \rho_{t(\min)} = 0.01$$

$$A_{st} = 0.01 * 300 * 400 = 1200 \text{ mm}^2 \quad (8\phi 14 = 1232 \text{ mm}^2)$$





$$m = f_{yd} / f_{cd}$$

$$\rho_t = \frac{2A_{s1} + A_{s2}}{bh}$$

$$\lambda = \frac{A_{s2}}{2A_{s1} + A_{s2}}$$



$$\beta > \beta_s = 1.91$$

C-D Kolonu:

$$M_d' = \beta M_d = 3.03 * 54.24 = 164.35 \text{ kN m}, N_d = 1650 \text{ kN}$$

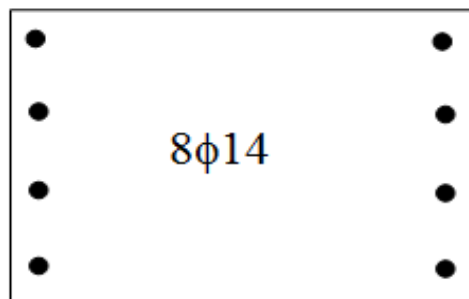
$$d' = 2.5 \text{ cm}, d'' = 30 \text{ cm}, \frac{d''}{h} = \frac{30}{35} \cong 0.9, \lambda = 0, \text{ S420.}$$

$$\frac{N_d}{b h f_{cd}} = \frac{1650 * 10^3}{300 * 350 * 17} = 0.92 > 0.9 \text{ (Yaklaşık 0.9 kabul edilir)}$$

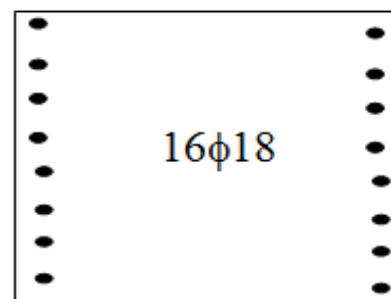
$$\frac{M_d'}{b h^2 f_{cd}} = \frac{164.35 * 10^6}{300 * 350^2 * 17} = 0.263, \rho_{tm} = 0.69$$

$$m = 21.47, \rho_t = 0.69 / 21.47 = 0.0321$$

$$A_{st} = 0.0321 * 300 * 350 = 3371 \text{ mm}^2 \text{ (16}\phi 18 = 4071 \text{ mm}^2\text{)}.$$



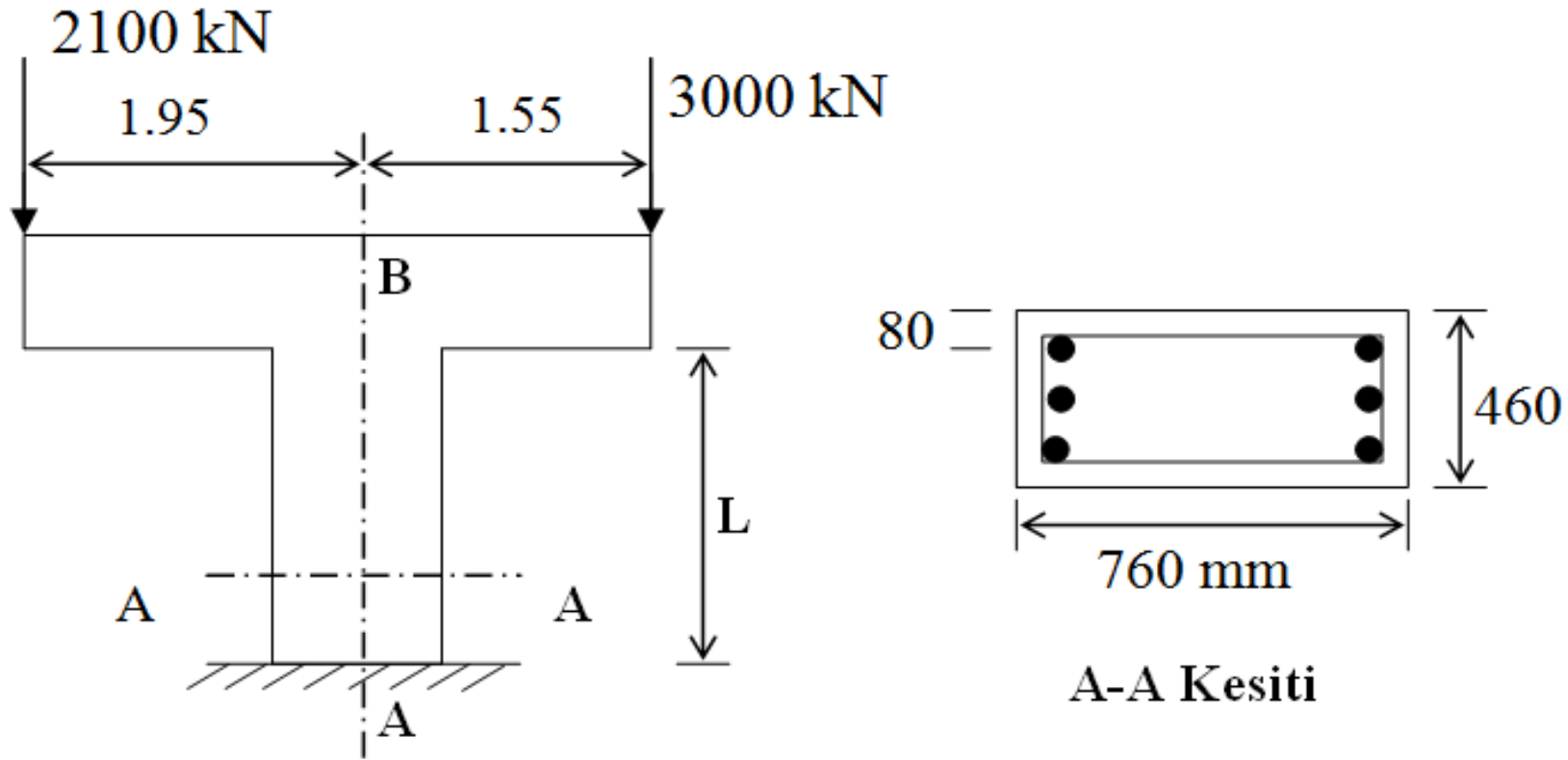
A-B Kolonu



C-D Kolonu

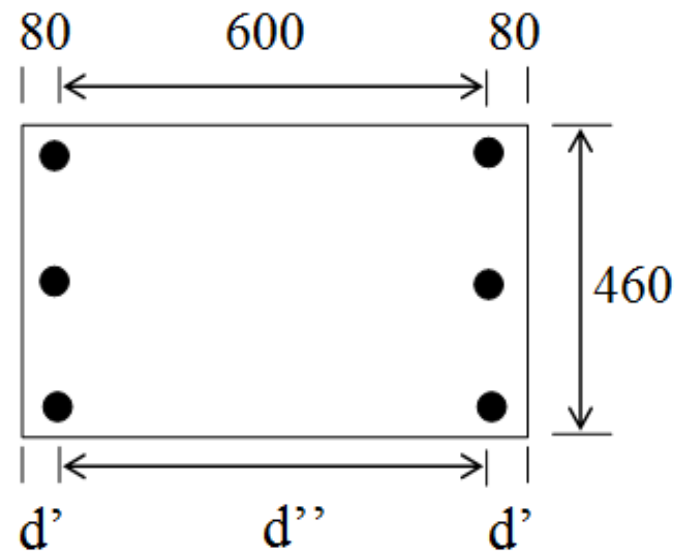
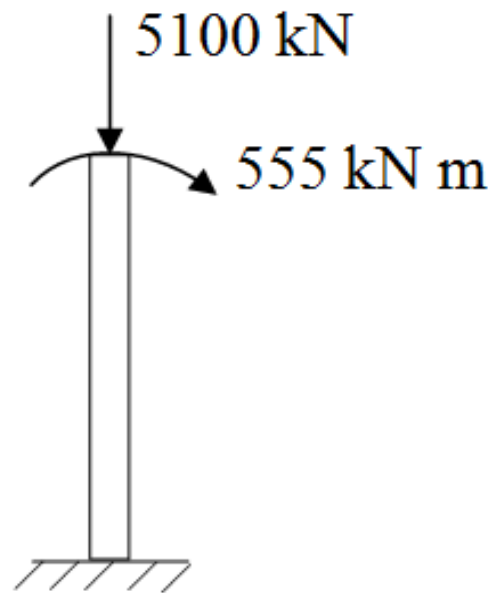


Örnek:



- Kesit için gerekli olan donatıyı hesaplayınız.
- A-B kolonu kısa kolon ise **max.** L boyu nedir?
Malzeme C25, S420 ($f_{cd}=17$ Mpa, $f_{yd}=365$ Mpa).





Çözüm:

a)

$$m = \frac{f_{yd}}{f_{cd}} = \frac{365}{17} = 21.47, \quad \frac{d''}{h} = \frac{600}{760} = 0.8, \quad e = \frac{M_d}{N_d} = \frac{555}{5100} = 0.109 \text{ m}$$

$$\frac{N_d}{b h f_{cd}} = \frac{5100 * 10^3}{460 * 760 * 17} = 0.86 \quad \frac{M_d}{b h^2 f_{cd}} = \frac{555 * 10^6}{460 * 760^2 * 17} = 0.123$$

$$e/h = 109/760 = 0.14 \text{ buradan } \rho_t m = 0.36, \quad \rho_t = \frac{0.36}{21.47} = 0.0168$$

$$A_{st} = 0.0168 * 460 * 760 = 5873.3 \text{ mm}^2 \text{ (14}\phi 24 = 6333 \text{ mm}^2\text{)}.$$



b)

Kısa kolon için $\frac{kL}{i} \leq 22$ olmalıdır.

$$\alpha_A = \frac{\sum (I/L)_{\text{kolon}}}{\sum (I/L)_{\text{kiriş}}} = 0 \quad (\text{Payda } \infty \text{ olduğundan})$$

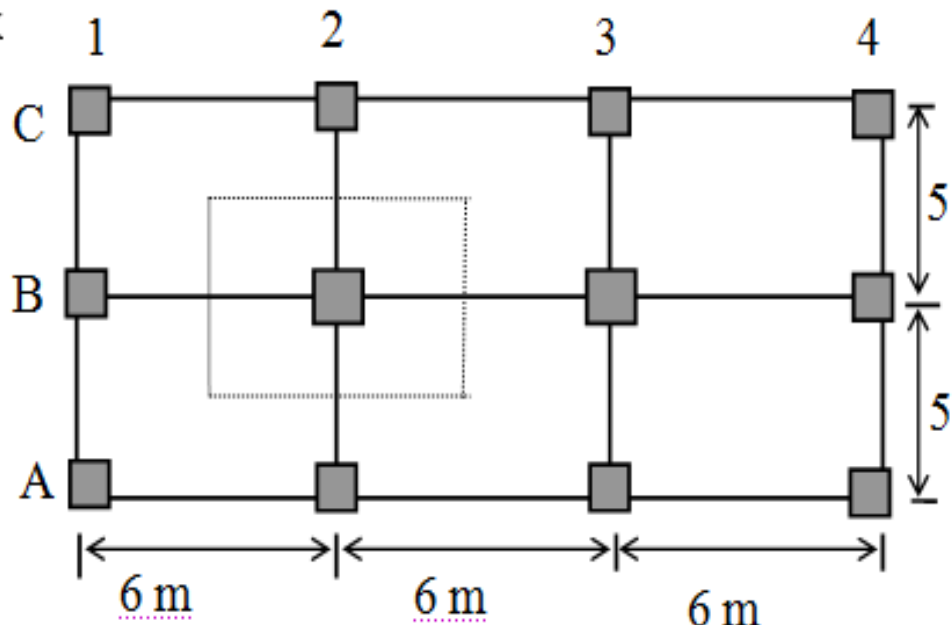
$$\alpha_B = \frac{\sum (I/L)_{\text{kolon}}}{\sum (I/L)_{\text{kiriş}}} = \infty \quad (\text{payda } 0 \text{ olduğundan})$$

$$k = 2 + 0.3\alpha_2 \quad k = 2$$

$$\frac{2 * L}{0.3 * 0.76} \leq 22 \text{ buradan } L \leq 2.51 \text{ m bulunur.}$$

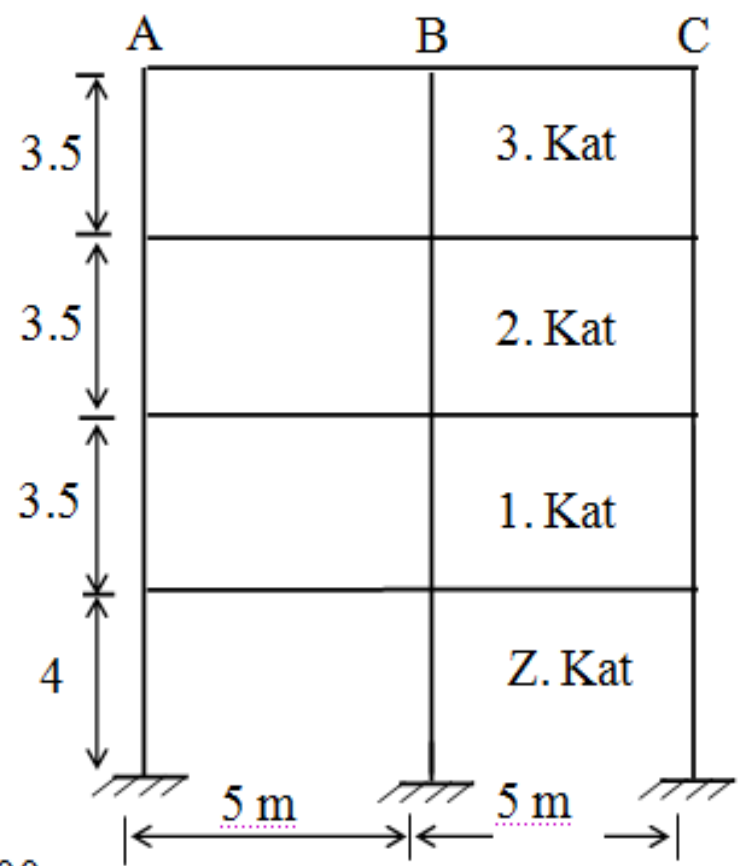
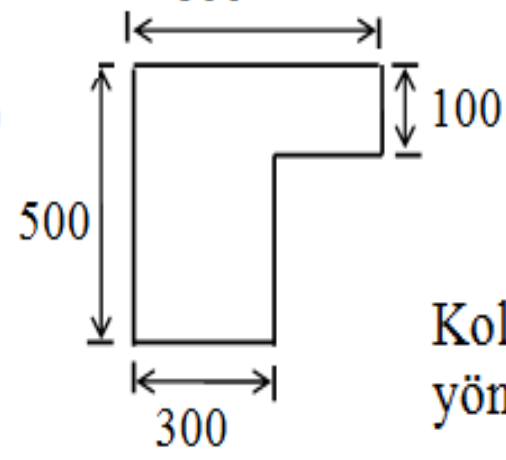
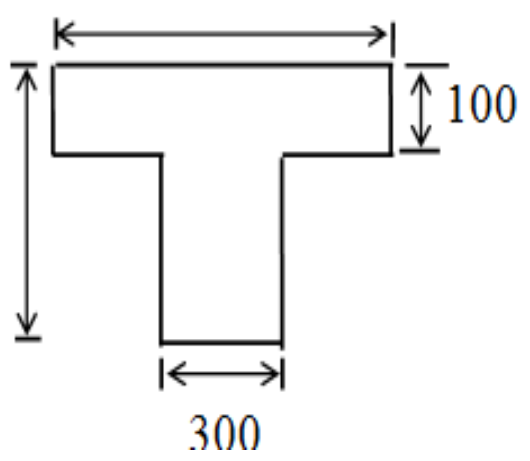


Örnek

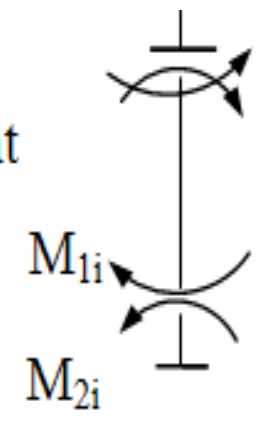


6 m 6 m 6 m

900 mm Plan



Kolon uç moment yönleri



Kolon boyutları:

1.Kat ve Zemin Kat: B2,B3 (40×40), Diğerleri (35×35) Malzeme C25,S420

$R_m=0.66$. Narinlik kontrolünü yapınız ve B2 kolonunun tasarımını yapınız.

Zemin kat kolonları eksenel yük ve momentleri (kN, kNm)

Kolon	A1, A4, C1, C4	A2, A3, C2, C3	B1, B4	B2, B3
M_1	40	50	65	80
M_2	42	55	75	95
N_d	600	1000	1200	2000



Çözüm:

Perde, duvar gibi rijit elemanlar bulunmadığı için çerçevenin yanal deplasman yapacağı açıktır.

Eylemsizlik momentleri:

Tablalı kirişlerin eylemsizlik momentleri, μ tablosu yardımı ile hesaplanmış olup çatlamamış beton kesitler esas alınmıştır.



- İç kirişler için :

$$b_w/b=300/900=0.33, \quad h_f/h=100/500=0.20 \text{ buradan } \mu=23.15$$

$$I_c=0.9 \times 0.5^3 / 23.15 = 4.86 \times 10^{-3} \text{ m}^4$$

- Kenar kirişler için:

$$b_w/b=300/600=0.5, \quad h_f/h=100/500=0.20 \text{ buradan } \mu=18.08$$

$$I_c=0.6 \times 0.5^3 / 18.08 = 4.15 \times 10^{-3} \text{ m}^4$$

- B2 ve B3 kolonları için:

$$I_c=0.4^3 \times 0.4 / 12 = 2.13 \times 10^{-3} \text{ m}^4$$

- Diğer kolonlar için:

$$I_c=0.35^4 / 12 = 1.25 \times 10^{-3} \text{ m}^4$$



Kirişler için çatlama kesit eylemsizlik momentleri I_{cr} çatlama beton kesit eylemsizlik momentlerinin yarısına eşit alınabilir.

$$\text{İç kirişler için: } I_{cr}=0.5 \times 4.86 \times 10^{-3} = 2.43 \times 10^{-3} \text{ m}^4$$

$$\text{Kenar kirişler için: } I_{cr}=0.5 \times 4.15 \times 10^{-3} = 2.08 \times 10^{-3} \text{ m}^4$$

B2 kolonu için etkili boy hesaplanır.

$$\alpha_A=0 \text{ (Ankastre uç)}$$

$$\alpha_B = \frac{\frac{2.13}{3.5} + \frac{2.13}{4}}{\frac{2.43}{5} \times 2} = 1.17, \quad \alpha_m = 0.5(\alpha_1 + \alpha_2) = 0.5 \times (0 + 1.17) = 0.585 < 2$$

$$k = \frac{20 - \alpha_m}{20} \sqrt{1 + \alpha_m} = 1.22$$

$$L_{AB} = k l_n = 1.22 \times 4 = 4.88 \text{ m}$$



$$\frac{kL}{i} = \frac{4.88}{0.3 \times 0.4} = 40.67 > 22 \text{ (Narin kolon)}$$

$\frac{L}{i} > \frac{35}{\sqrt{\frac{N_d}{f_{ck} A_c}}}$ ise hesap momentinin bulunmasında, β ve β_s çarpımı kullanılır.

$$\frac{35}{\sqrt{\frac{N_d}{f_{ck} A_c}}} = \frac{35}{\sqrt{\frac{2000 \times 10^3}{25 \times 400 \times 400}}} = 49.5 > 33.3 = \frac{L}{i} \text{ olduğundan } \beta \cdot \beta_s \text{ kullanılmayacaktır.}$$

$$EI = \frac{E_c I_c}{2.5 \times (1 + R_m)} = \frac{30 \times 10^6 \times 0.00213}{2.5 \times (1 + 0.66)} = 15397.6 \text{ kNm}^2$$

$$\text{Kritik yük, } N_k = \frac{\pi^2 EI}{(kL)^2} = \frac{\pi^2 \times 15397.6}{4.88^2} = 6381.35 \text{ kN}$$

Yanal ötelenme önlenmemiş çerçevelerde bireysel β için $C_m = 1.0$ alınır.

$$\beta = \frac{C_m}{1 - 1.3 \frac{N_d}{N_k}} = \frac{1}{1 - 1.3 \times \frac{2000}{6381.35}} = 1.69 > 1$$

Kat İçin Moment Büyütme Katsayısının Hesabı (β_s):

A1, A4, C1, C4 için N_k değerleri belirlenir.

$$\alpha_A=0 \text{ (Ankastre)}, \alpha_B = \frac{\frac{1.25}{3.5} + \frac{1.25}{4}}{\frac{2.08}{5}} = 1.61$$

$$\alpha_m = 0.5(\alpha_1 + \alpha_2) = 0.5 \times (0 + 1.61) = 0.805 < 2$$

$$\underline{k} = \frac{20 - \alpha_m}{20} \sqrt{1 + \alpha_m} = \frac{20 - 0.805}{20} \times \sqrt{1 + 0.805} = 1.29$$

$$L_k = k l_n = 1.29 \times 4 = 5.16 \text{ m}$$

$$\frac{kL}{i} = 49.1 \text{ (Narin kolon)}$$

$$\frac{35}{\sqrt{\frac{N_d}{f_{ck} A_c}}} = \frac{35}{\sqrt{\frac{600 \times 10^3}{25 \times 350 \times 350}}} = 79.07 \quad \beta_s \text{ kullanılmayacaktır.}$$

$$EI = \frac{E_c I_c}{2.5 \times (1 + R_m)} = \frac{30 \times 10^6 \times 0.00125}{2.5 \times (1 + 0.66)} = 9036 \text{ kNm}^2$$

$$\text{Kritik yük, } N_k = \frac{\pi^2 EI}{(kL)^2} = \frac{\pi^2 \times 9036}{5.16^2} = 3349.5 \text{ kN}$$

A2, A3, C2, C3 kolonları için N_k belirlenir.

$$\alpha_A = 0 \text{ (Ankastre)}, \quad \alpha_B = \frac{\frac{1.25}{3.5} + \frac{1.25}{4}}{\frac{2.43}{5}} = 1.38, \quad k = 1.2$$

$$\alpha_m = 0.5(\alpha_1 + \alpha_2) = 0.5 \times (0 + 1.38) = 0.69 < 2$$

$$k = \frac{20 - \alpha_m}{20} \sqrt{1 + \alpha_m} = 1.255$$

$$L_k = k l_n = 1.255 \times 4 = 5 \text{ m}$$

$$\frac{k L}{i} = 47.62 \text{ (Narin kolon)}, \quad \frac{35}{\sqrt{\frac{N_d}{f_{ck} A_c}}} = 61.25 > \frac{L}{i} = 38.09$$

$$EI = \frac{E_c I_c}{2.5 \times (1 + R_m)} = \frac{30 \times 10^6 \times 0.00125}{2.5 \times (1 + 0.66)} = 9036 \text{ kNm}^2$$



$$\text{Kritik yük, } N_k = \frac{\pi^2 EI}{(kL)^2} = \frac{\pi^2 \times 9036}{5^2} = 3567.3 \text{ kN}$$

B1 ve B4 kolonları için N_k belirlenir.

$$\alpha_A = 0 \text{ (Ankastre)}, \quad \alpha_B = \frac{\frac{1.25}{3.5} + \frac{1.25}{4}}{2 \times \frac{2.08}{5}} = 0.8$$

$$\alpha_m = 0.5(\alpha_1 + \alpha_2) = 0.5 \times (0 + 0.8) = 0.4 < 2$$

$$k = \frac{20 - \alpha_m}{20} \sqrt{1 + \alpha_m} = 1.16$$

$$L_k = k l_n = 1.16 \times 4 = 4.64 \text{ m}$$

$$\frac{kL}{i} = 44.2, \quad \frac{35}{\sqrt{\frac{N_d}{f_{ck} A_c}}} = 55.9 > 38.09$$



$$EI = \frac{E_c I_c}{2.5 \times (1 + R_m)} = \frac{30 \times 10^6 \times 0.00125}{2.5 \times (1 + 0.66)} = 9036 \text{ kNm}^2$$

$$\text{Kritik yük, } N_k = \frac{\pi^2 EI}{(kL)^2} = \frac{\pi^2 \times 9036}{4.64^2} = 4142.3 \text{ kN}$$

B2 ve B3 kolonları için $N_k = 6381.35 \text{ kN}$ (Daha önce bulundu).

Kat için β_s değeri;

$$\beta_s = \frac{1}{\left(1 - 1.3 \frac{\sum N_d}{\sum N_k}\right)},$$

$$\sum N_d = 600 \times 4 + 1000 \times 4 + 1200 \times 2 + 2000 \times 2 = 12800 \text{ kN}$$

$$\sum N_k = 3349.5 \times 4 + 3567.3 \times 4 + 4142.3 \times 2 + 6381.35 \times 2 = 48714.5 \text{ kN}$$

$$\sum N_d \leq 0.45 \sum N_k \quad \text{olmalı} \quad 12800 < 0.45 \times 48714.5 = 21921.5 \text{ kN}$$

$$\beta_s = \frac{1}{\left(1 - 1.3 \times \frac{12800}{48714.5}\right)} = 1.52 > 1$$



B2 Kolonu için kesit hesabı:

B2 kolonu bireysel $\beta=1.69 > \beta_s$ olduğundan $\beta=1.69$ alınacaktır.

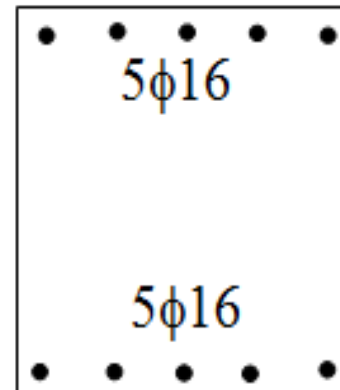
$M_d = \beta_s M_2 = 1.69 \times 95 = 160.55$ kNm, $N_d = 2000$ kN, $d' = 45$ mm, $\lambda = 0$ $d''/h = 310/400 = 0.8$, BÇIII.

$$\frac{N_d}{bh f_{cd}} = \frac{2000 \times 10^3}{400 \times 400 \times 17} = 0.73, \quad \frac{M_d}{bh^2 f_{cd}} = \frac{160.55 \times 10^6}{400 \times 400^2 \times 17} = 0.147$$

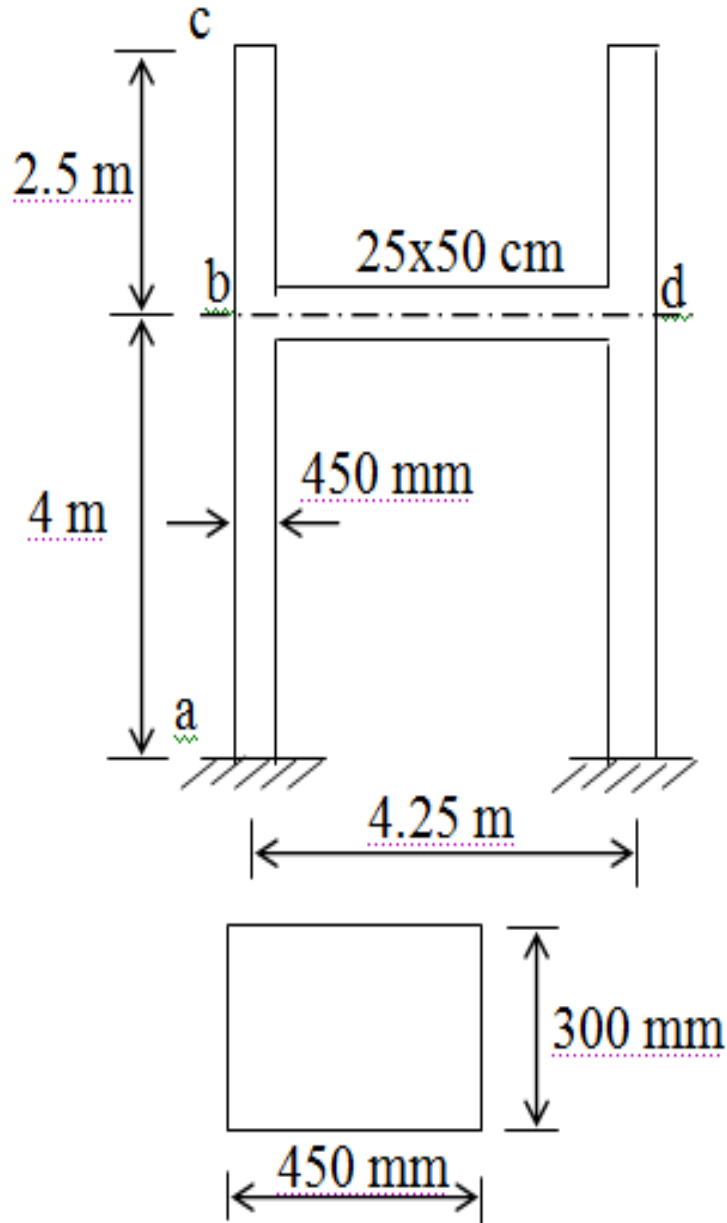
$$\rho_t m = 0.27 \text{ okunur, } m = 365/17 = 21.47$$

$$\rho_t = 0.0125, \quad A_{st} = \rho_t b h = 0.0125 \times 400 \times 400 = 2000 \text{ mm}^2 \text{ bulunur.}$$

Seçilen donatı: $10\phi 16 = 2010 \text{ mm}^2$



Örnek



a-b ve b-c kolonu kesiti

Şekilde verilen çerçevenin yanal deplasmanının önlenmediğini kabul ederek;

- a-b ve b-c kolonlarının narinlik kontrolünü yapınız.
- a-b kolonunda;

$$N_d = 1250 \text{ kN}$$

$M_d = 110 \text{ kNm}$ olduğuna göre tasarımını yapınız.

Malzeme C25, S420 ($E_c = 30000 \text{ N/mm}^2$), $R_m = 0.5$ ve paspayı = 40 mm alınacaktır.

Çözüm:

a)

$$I_{c(a-b)} = 0.3 \times 0.45^3 / 12 = 2.278 \times 10^{-3} \text{ m}^4,$$

$$I_{B(B-D)} = 0.25 \times 0.5^3 / 12 = 2.604 \times 10^{-3} \text{ m}^4, \quad I_{B,cr} = 1.302 \times 10^{-3} \text{ m}^4$$

$$\alpha = \frac{\sum (I/L)_{\text{kolon}}}{\sum (I/L)_{\text{kiriş}}},$$

(a-b) Kolonu:

$$\alpha_a = 0 \text{ (Ankastre)}, \quad \alpha_b = \frac{\frac{2.278}{2.5} + \frac{2.278}{4}}{\frac{1.302}{4.25}} = 4.83,$$

$$\alpha_m = 0.5(\alpha_1 + \alpha_2) = 0.5 \times (0 + 4.83) = 2.42 > 2, \quad k = 0.9 \times \sqrt{1 + \alpha_m} = 1.66$$

$$\frac{kL}{i} = \frac{1.66 \times 4}{0.3 \times 0.45} = 49.2 > 22 \text{ Narin kolon!}$$



(b-c) Kolonu:

$$\alpha_b=4.83, \quad \alpha_c=\infty \text{ (Serbest uç)}$$

$$k=2+0.3\alpha_b=3.45$$

$$\frac{kL}{i} = \frac{3.45 \times 2.5}{0.3 \times 0.45} = 63.9 > 22 \quad \text{Narin kolon!}$$

(a-b)

$$EI = \frac{0.4 E_c I_c}{1 + R_m} = \frac{0.4 \times 30 \times 10^6 \times 2.278 \times 10^{-3}}{1 + 0.5} = 18224 \text{ kNm}^2$$

$$N_k = \frac{\pi^2 EI}{(kL)^2} = \frac{\pi^2 \times 18224}{(1.66 \times 4)^2} = 4079.5 \text{ kN}$$

Bireysel β ; ($C_m=1$)

$$\beta = \frac{C_m}{1 - 1.3 \frac{N_d}{N_k}} = \frac{1}{1 - 1.3 \times \frac{1250}{4079.5}} = 1.66 > 1, \quad M_d' = \beta M_d$$

$M_d' = 1.66 \times 110 = 182.6 \text{ kNm}$ olarak bulunur.

b) (a-b) Kolonu tasarımı:

$$M_d' = 182.6 \text{ kNm}, N_d = 1250 \text{ kN}$$

$$\frac{N_d}{b h f_{cd}} = \frac{1250 \times 10^3}{300 \times 450 \times 17} = 0.54, \quad \frac{M_d}{b h^2 f_{cd}} = \frac{182.6 \times 10^6}{300 \times 450^2 \times 17} = 0.177, \quad \frac{d''}{h} = 0.8$$

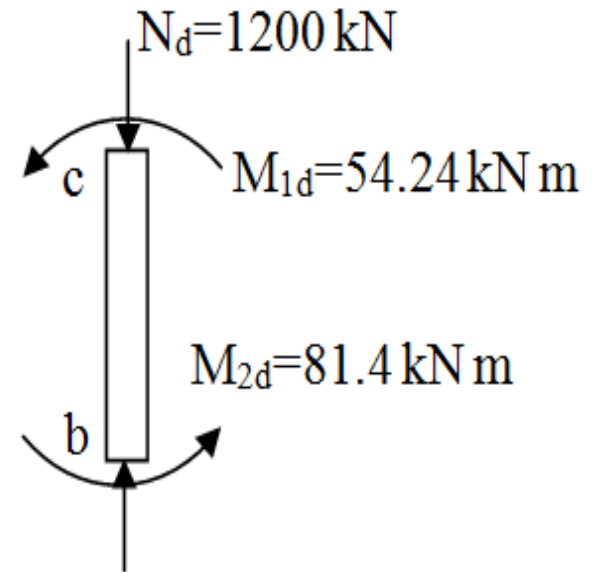
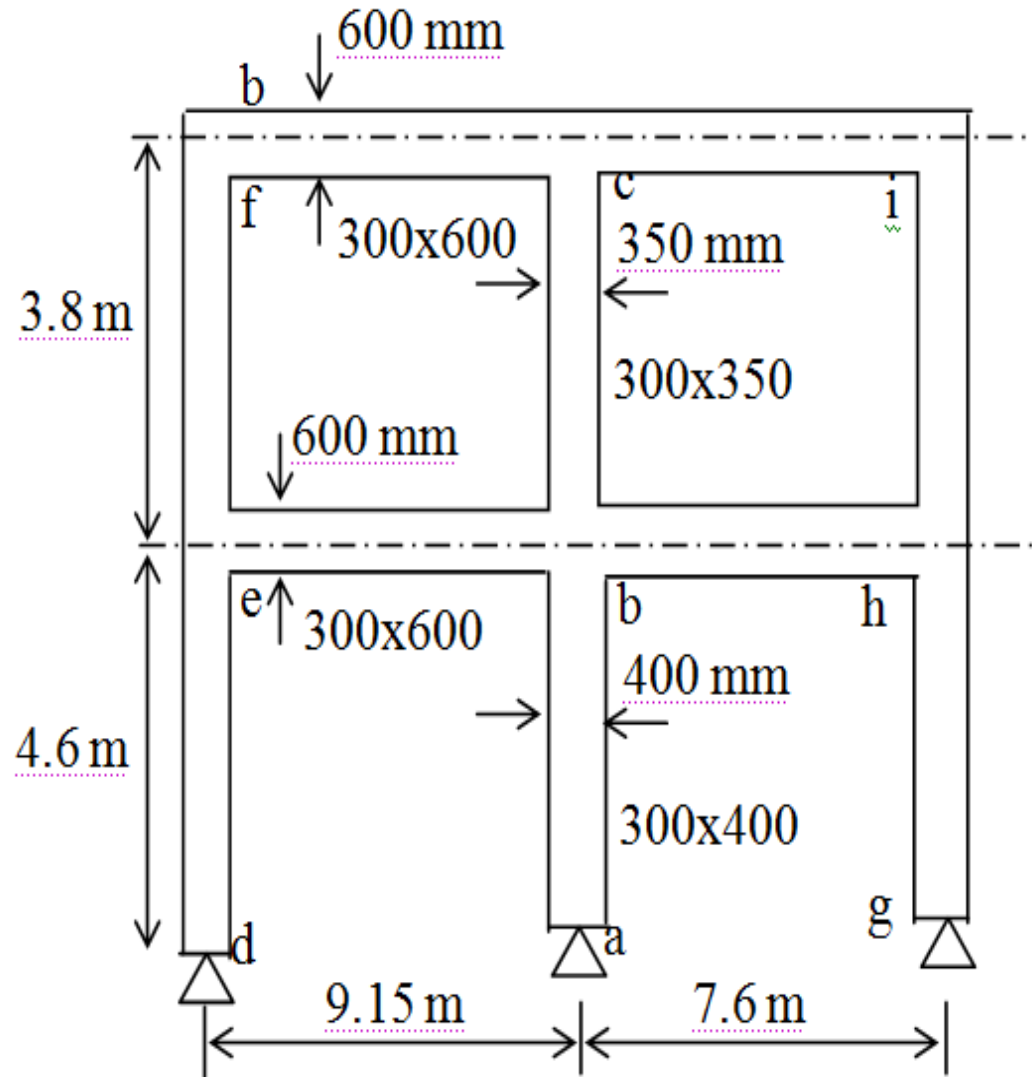
Abaktan;

$$\rho_t m = 0.3 \text{ okunur. } m = f_{yd} / f_{cd} = 21.47, \quad \rho_t = \frac{0.3}{21.47} = 0.014 > 0.01,$$

$$A_{st} = \rho_t b h = 0.014 \times 300 \times 450 = 1890 \text{ mm}^2 \text{ Seçilen donatı: } 8\phi 18 = 2040 \text{ mm}^2$$

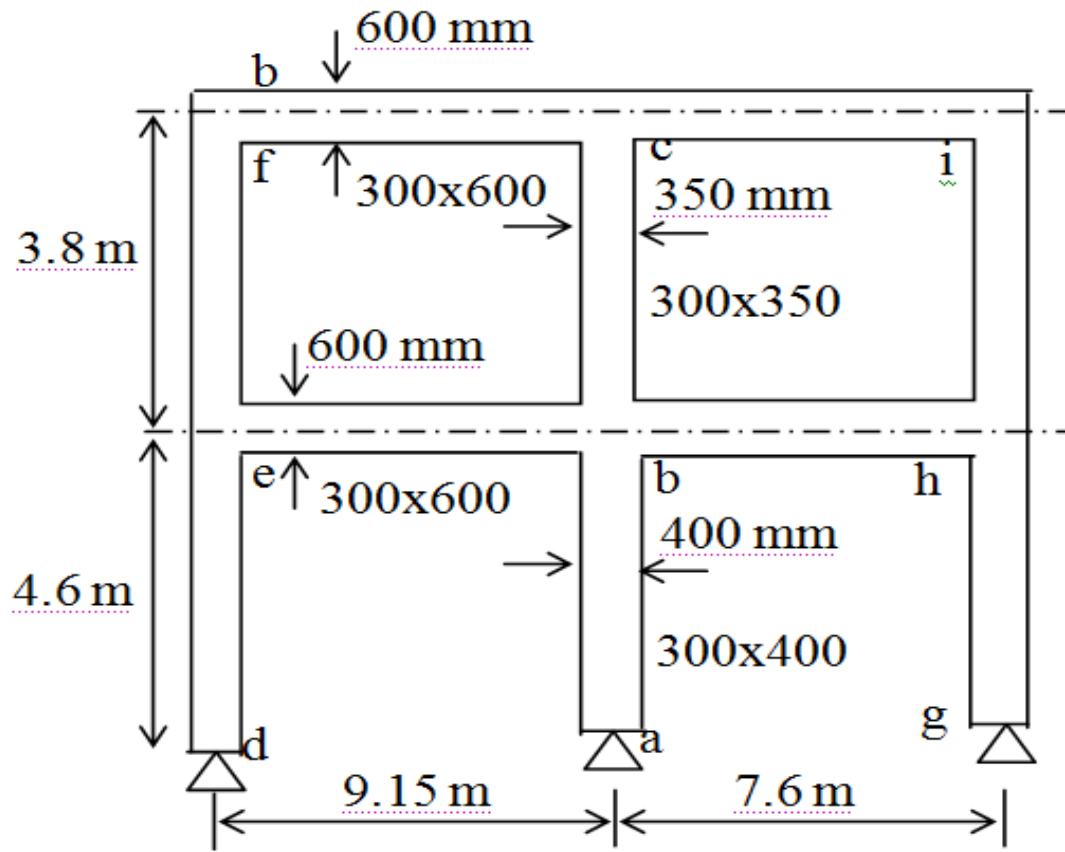


Örnek



$$N_{(e-f)d} = 700\text{ kN}, N_{(h-i)d} = 600\text{ kN},$$
$$R_m = 0.5, E_c = 30250\text{ N/mm}^2$$





Şekilde verilen çerçeve dikdörtgen kesitli elemanlardan oluşmakta olup düzlemi içinde eğildiği kabul edilmektedir. (a-b) ve (b-c) kolonunun narin olup olmadığını;

- Çerçevenin yanal deplasmanının önlenmiş ve önlenmemiş olması durumu için belirleyiniz.
- (b-c) kolonunun tasarımını çerçevenin yanal deplasmanının önlenmediğini kabul ederek yapınız. Malzeme C25, S420, paspayı=35 mm.(Verilen yükler tasarım yükleridir).

Çözüm:

a)

(e-f), (b-c), (h,i) Kolonları:

$$I_C = 0.3 \times 0.35^3 / 12 = 0.00107 \text{ m}^4,$$

(a-b) Kolonu:

$$I_C = 0.3 \times 0.4^3 / 12 = 0.0016$$

Kirişler:

$$I_B = 0.3 \times 0.6^3 / 12 = 0.0054 \text{ m}^4, \quad I_{B,cr} = 0.5 \times I_B = 0.0027 \text{ m}^4$$

(b-c) Kolonu:

$$\alpha_b = \frac{\frac{0.00107}{3.8} + \frac{0.0016}{4.6}}{\frac{0.0027}{9.15} + \frac{0.0027}{7.6}} = 0.97, \quad \alpha_c = \frac{\frac{0.00107}{3.8}}{\frac{0.0027}{9.15} + \frac{0.0027}{7.6}} = 0.43$$



Yanal deplasman önlenmiş:

$k=0.7+0.05(\alpha_1+\alpha_2)\leq(0.85+0.05\alpha_1)\leq 1$ ifadesi ile k hesaplanır.

$$k=0.7+0.05\times(0.97+0.43)=0.77$$

Yanal deplasman önlenmiş kolonlarda;

$\frac{k L}{i} \leq 34 - 12 \frac{M_1}{M_2} \leq 40$ ise narinlik ihmal edilebilir.

$$\frac{0.77 \times 3.8}{0.3 \times 0.35} = 27.87 \leq 34 - 12 \times \frac{(-54.24)}{81.4} = 47.3 \quad \text{\textasciitilde} \text{ şart sağlandığından kolon narin}$$

deđildir.

(a-b) Kolonu:

$$\alpha_b=0.97, \quad \alpha_a=\infty \text{ (Mafsal)}$$

$k=0.85+0.05\times\alpha_1=0.9$ olarak bulunur.

$$\frac{k L}{i} = \frac{0.9 \times 4.6}{0.3 \times 0.4} = 34.5, \quad 34 - 12 \times \frac{M_1}{M_2} = 34 + 12 \times \frac{0}{81.4} = 34 \approx 34.5 \quad \text{\textasciitilde} \text{ kolon narin}$$

deđildir.

Yanal deplasman önlenmemiş olması durumu:

(b-c) Kolonu:

$$\alpha_b=0.97, \alpha_c=0.43, \alpha_m=0.5(\alpha_1+\alpha_2)=0.5\times(0.97+0.43)=0.7<2$$

$$k=\frac{20-\alpha_m}{20}\sqrt{1+\alpha_m}=1.26$$

$$\frac{k L}{i} = \frac{1.26 \times (3.8)}{0.3 \times (0.35)} = 45.6 > 22 \text{ olduğundan narin kolondur.}$$

(a-b) Kolonu:

$$\alpha_b=0.97, \alpha_a=\infty, k=2+0.3\alpha_2=2.29$$

$$\frac{k L}{i} = \frac{2.29 \times 4.6}{0.3 \times 0.4} = 87.8 > 22 \text{ Narin kolon.}$$



b)

(b-c) Kolonu yanal deplasman önlenmemiş:

$$\frac{k L}{i} > 22 \text{ Narin kolon, } R_m = 0.5$$

$$EI = \frac{0.4 E_c I_c}{1 + R_m} = \frac{0.4 \times 30250 \times 10^3 \times 0.00107}{1 + 0.5} = 8631.3 \text{ kNm}^2$$

$$N_k = \frac{\pi^2 EI}{(k L)^2} = \frac{\pi^2 \times 8631.3}{(1.26 \times 3.8)^2} = 3715.93$$

(e-f) Kolonu:

$$\alpha_e = \frac{\frac{0.00107}{3.8} + \frac{0.0016}{4.6}}{\frac{0.0027}{9.15}} = 2.13, \quad \alpha_f = \frac{\frac{0.00107}{3.8}}{\frac{0.0027}{9.15}} = 0.954$$

$$\alpha_m = 0.5(\alpha_1 + \alpha_2) = 0.5 \times (2.13 + 0.954) = 1.542 < 2$$



$$k = \frac{20 - 1.542}{20} \times \sqrt{1 + 1.542} = 1.47, \quad \frac{k L}{i} > 22 \text{ Narin kolon, } R_m = 0.5$$

$$EI = 8631.3 \text{ kNm}^2, \quad N_k = \frac{\pi^2 \times 8631.3}{(1.47 \times 3.8)^2} = 2730 \text{ kN}$$

(h-i) Kolonu:

$$\alpha_h = \frac{\frac{0.00107}{3.8} + \frac{0.0016}{4.6}}{\frac{0.0027}{7.6}} = 1.77, \quad \alpha_i = \frac{\frac{0.00107}{3.8}}{\frac{0.0027}{7.6}} = 0.79$$

$$\alpha_m = 0.5(\alpha_1 + \alpha_2) = 0.5 \times (1.77 + 0.79) = 1.28 < 2$$

$$k = \frac{20 - 1.28}{20} \times \sqrt{1 + 1.28} = 1.41, \quad \frac{k L}{i} > 22 \text{ Narin kolon, } R_m = 0.5$$

$$EI = 8631.3 \text{ kNm}^2, \quad N_k = \frac{\pi^2 \times 8631.3}{(1.41 \times 3.8)^2} = 2967.4 \text{ kN}$$



(b-c) Kolonu bireysel β ; ($C_m=1$)

$$\beta = \frac{C_m}{1 - 1.3 \frac{N_d}{N_k}} = \frac{1}{1 - 1.3 \times \frac{1200}{3715.93}} = 1.723$$

$$\frac{k L}{i} > \frac{35}{\sqrt{\frac{N_d}{f_{ck} A_c}}} \text{ ise } \beta \beta_s \text{ çarpımı kullanılmalıdır.}$$

$$\frac{k L}{i} = 45.6, \quad \frac{35}{\sqrt{\frac{N_d}{f_{ck} A_c}}} = \frac{35}{\sqrt{\frac{1200 \times 10^3}{25 \times 300 \times 350}}} = 51.76 > 45.6 \text{ olduğundan } \beta \beta_s \text{ çarpımı}$$

kullanmaya gerek yoktur!



Kat için β_s hesabı ($C_m=1$)

$$\beta_s = \frac{C_m}{1 - 1.3 \frac{\sum N_d}{\sum N_k}} = \frac{1}{1 - 1.3 \times \frac{1200 + 700 + 600}{3715.93 + 2730 + 2967.4}} = 1.527$$

TS500'e göre $\sum N_d \leq 0.45 \sum N_k$ olmalıdır.

$2500 \text{ kN} < 0.45 \times 9413.3 = 4236 \text{ kN}$ şart sağlanmaktadır.

$\beta > \beta_s$ olduğundan $\beta = 1.723$ temel alınır.

(b-c) Kolonu tasarımı:

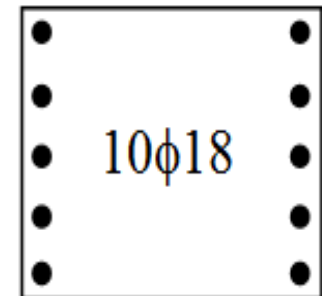
$$M_d' = 1.723 \times 81.4 = 140.25 \text{ kNm}, N_d = 1200 \text{ kN}$$

$$\frac{N_d}{b h f_{cd}} = \frac{1200 \times 10^3}{300 \times 350 \times 17} = 0.67, \quad \frac{M_d}{b h^2 f_{cd}} = \frac{140.25 \times 10^6}{300 \times 350^2 \times 17} = 0.224, \quad \frac{d''}{h} = 0.8 \quad \lambda = 0$$

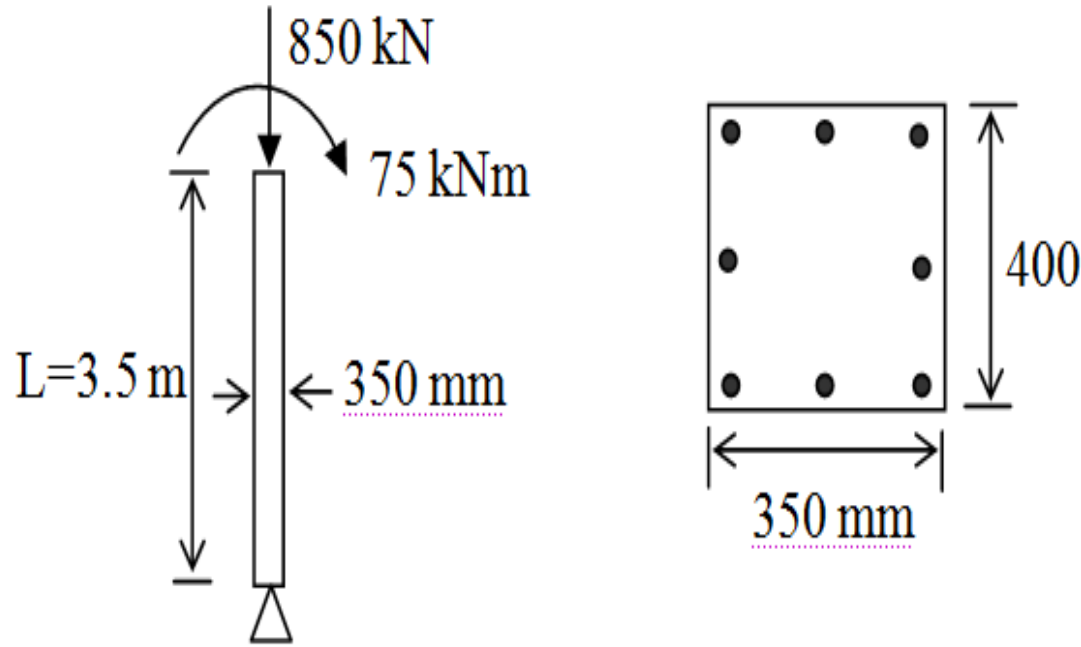
Abaktan;

$$\rho_t m = 0.45 \text{ okunur. } m = f_{yd} / f_{cd} = 21.47, \quad \rho_t = \frac{0.45}{21.47} = 0.02096 > 0.01$$

$$A_{st} = \rho_t b h = 0.02096 \times 300 \times 350 = 2200 \text{ mm}^2 \text{ Seçilen } (10\phi 18 = 2545 \text{ mm}^2)$$



Örnek



Şekilde verilen kolonun yanal deplasmanının önlenmediğini kabul ederek narinlik kontrolünü ve tasarımını yapınız. Kalıcı eksenel yük, eksenel yükün %65'i olarak alınacak ve $k=2.1$ kabul edilecektir. Malzeme C20, S420 ($E_c=28000\text{ N/mm}^2$) ve paspayı=30 mm.



Çözüm:

$$N_{dg}=0.65 \times 850=552.5 \text{ kN}, \quad k=2.1$$

$$\frac{kL}{i} = \frac{2.1 \times 3.5}{0.3 \times 0.35} = 70 > 22 \text{ Narin kolon!} \quad I_c = \frac{0.4 \times 0.35^3}{12} = 1.429 \times 10^{-3} \text{ m}^4$$

$$EI = \frac{E_c I_c}{2.5 (1 + R_m)} = \frac{28 \times 10^6 \times 1.429 \times 10^{-3}}{2.5 \times (1 + 0.65)} = 9700 \text{ kNm}^2$$

$$N_k = \frac{\pi^2 EI}{(kL)^2} = \frac{\pi^2 \times 9700}{(2.1 \times 3.5)^2} = 1772.1 \text{ kN}$$

Bireysel β ; ($C_m=1$)

$$\beta = \frac{C_m}{1 - 1.3 \frac{N_d}{N_k}} = \frac{1}{1 - 1.3 \times \frac{850}{1772.1}} = 2.66 > 1, \quad M_d' = \beta M_d$$

Tasarım:

$$M_d' = 2.66 \times 75 = 199.5 \text{ kNm}, \quad N_d = 850 \text{ kN}$$

$$\frac{N_d}{b h f_{cd}} = \frac{850 \times 10^3}{400 \times 350 \times 13} = 0.47, \quad \frac{M_d}{b h^2 f_{cd}} = \frac{199.5 \times 10^6}{400 \times 350^2 \times 13} = 0.313,$$

$$\frac{d''}{h} = \frac{350 - 60}{350} = 0.8, \quad \lambda = 1/4$$

Abaktan;

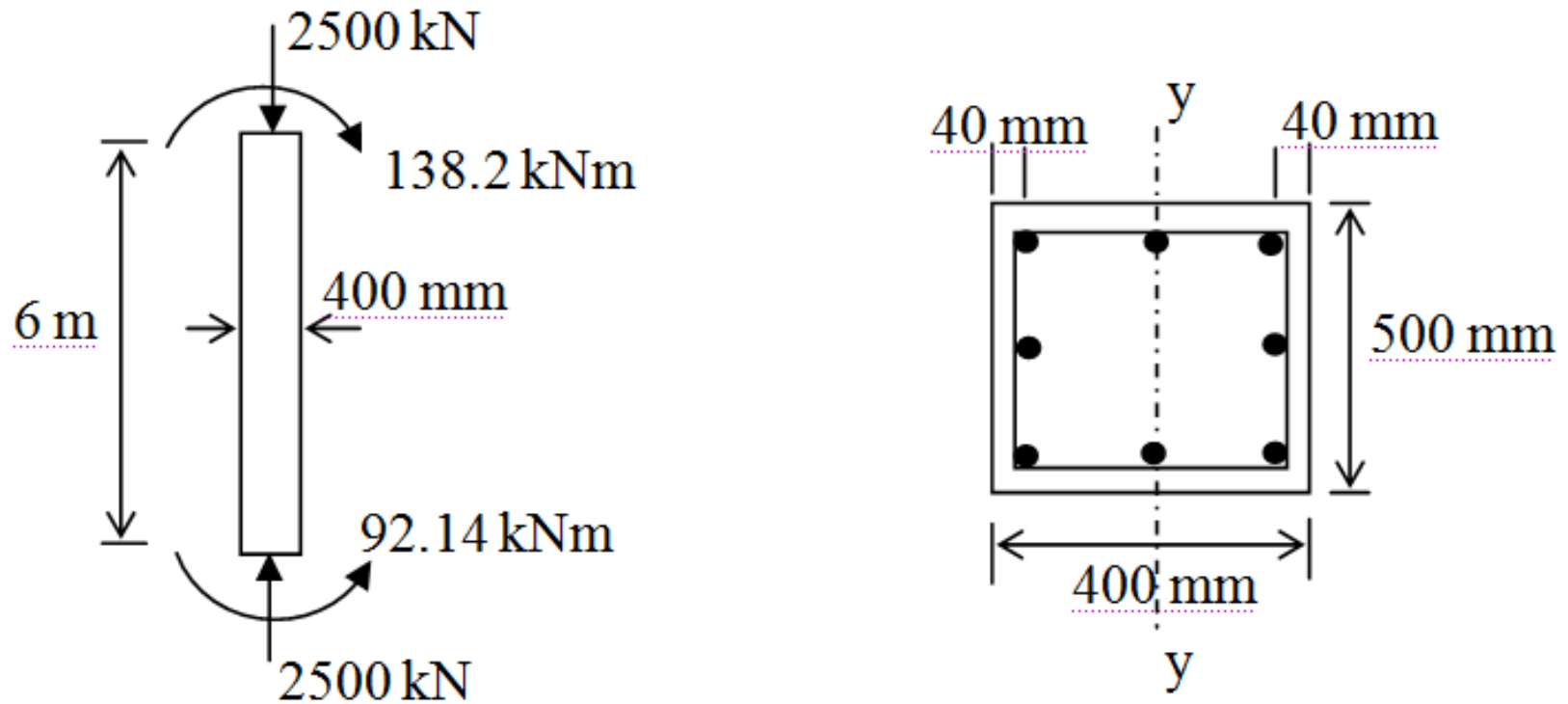
$$\rho_t m = 0.68 \text{ okunur.} \quad m = f_{yd} / f_{cd} = 28.07, \quad \rho_t = \frac{0.68}{28.07} = 0.0242 > 0.01$$

$$A_{st} = \rho_t b h = 0.0242 \times 400 \times 350 = 3388 \text{ mm}^2$$

Seçilen ($8\phi 24 = 3616 \text{ mm}^2$)



Örnek



Şekilde verilen kolonun üzerindeki yükleri taşıyacak şekilde donatı hesabını yapınız. Toplam tasarım yükünün %50 'si ölü yük nedeni ile oluşmaktadır. Kolonun yanal deplasmanının önlendiğini kabul ediniz ve $k=0.85$ alınız. (Analiz, eğilmenin sadece y eksenini etrafında olduğunu göstermektedir). Malzeme C25, S420 ve paspayı=40 mm.

Çözüm:

$$\frac{kL}{i} = \frac{0.85 \times 6}{0.3 \times 0.4} = 42.5, \quad 34 - 12 \times \frac{92.14}{138.2} = 26 \quad 42.5 > 26 \text{ olduğundan Narin kolon!}$$

$$I_c = \frac{0.5 \times 0.4^3}{12} = 2.67 \times 10^{-3} \text{ mm}^4, \quad E_c = 30250 \text{ N/mm}^2$$

$$R_m = 0.5$$

$$EI = \frac{E_c I_c}{2.5 (1 + R_m)} = \frac{30.25 \times 10^6 \times 2.67 \times 10^{-3}}{2.5 \times (1 + 0.5)} = 21538 \text{ kNm}^2$$

$$N_k = \frac{\pi^2 EI}{(kL)^2} = \frac{\pi^2 \times 21538}{(0.85 \times 6)^2} = 8172.7 \text{ kN}$$



Bireysel β ; ($C_m=1$)

$$\beta = \frac{C_m}{1 - 1.3 \frac{N_d}{N_k}} = \frac{1}{1 - 1.3 \times \frac{2500}{8172.7}} = 1.66 > 1, \quad M_d' = \beta M_d$$

$$M_d' = 1.66 \times 138.2 = 229.4 \text{ kNm}, \quad N_d = 2500 \text{ kN}$$

$$\frac{N_d}{b h f_{cd}} = \frac{2500 \times 10^3}{500 \times 400 \times 17} = 0.74, \quad \frac{M_d}{b h^2 f_{cd}} = \frac{229.4 \times 10^6}{500 \times 400^2 \times 17} = 0.17, \quad \frac{d''}{h} = 0.8$$

Abaktan;

$$\rho_t m = 0.42 \text{ okunur.} \quad m = f_{yd} / f_{cd} = 21.47, \quad \rho_t = \frac{0.42}{21.47} = 0.01956 > 0.01$$

$$A_{st} = \rho_t b h = 0.01956 \times 400 \times 500 = 3912 \text{ mm}^2 \text{ Seçilen } (8\phi 26 = 4240 \text{ mm}^2)$$

