



BETONARME – 1

DERS NOTLARI

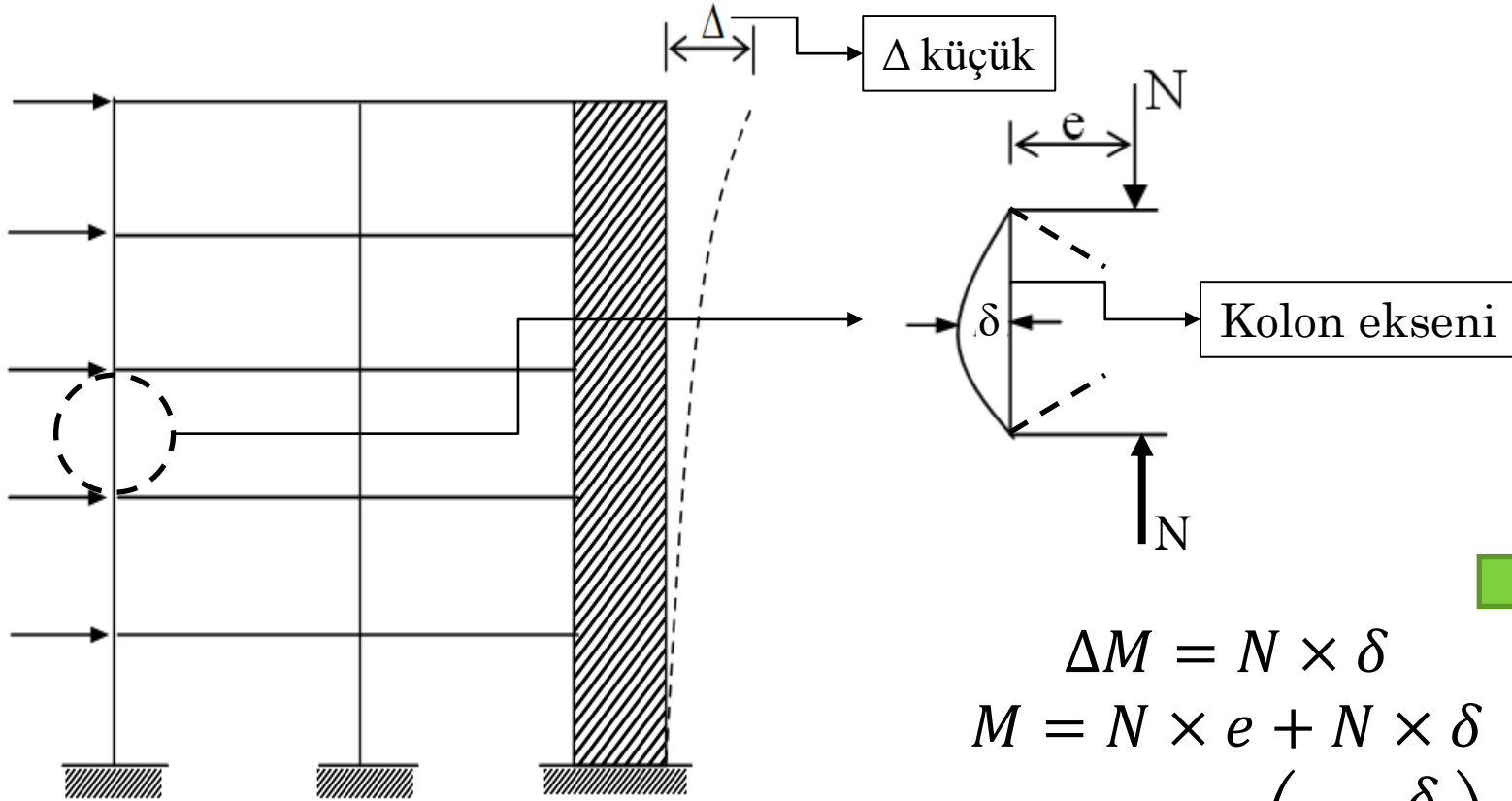
BÖLÜM 14

Prof. Dr. Cengiz DÜNDAR

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 arttırır ve momenti büyötmüş olur.





Perdeli Çerçeve Sistemi

$$\Delta M = N \times \delta$$

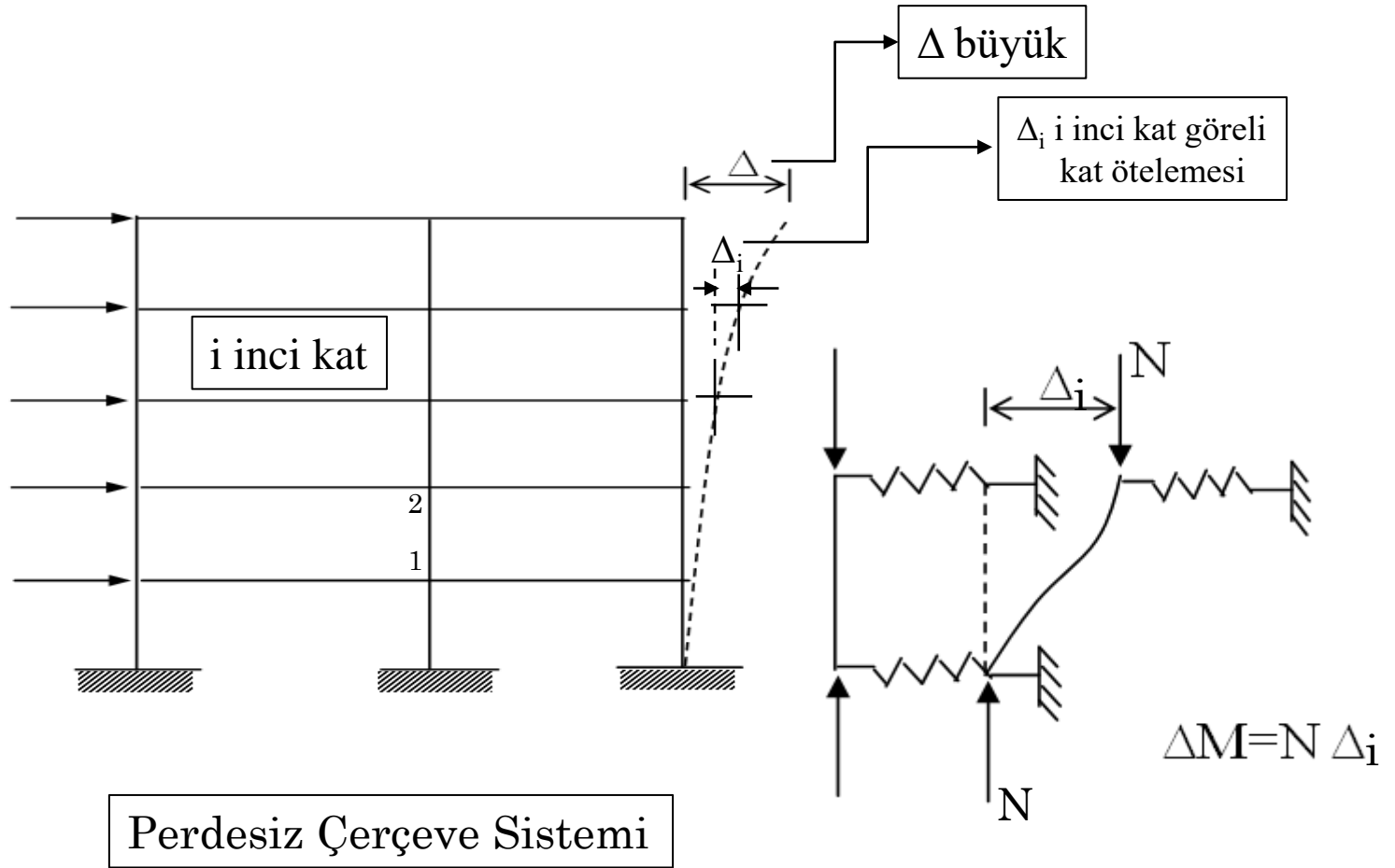
$$M = N \times e + N \times \delta$$

$$M = N \times e \left(1 + \frac{\delta}{e} \right)$$

$$M = M_2 \times \beta$$

M_2 : Kolon uçlarına etki eden momentlerden büyük olanı
 β : Moment büyütme katsayısı





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

13

10

4/34

Genel Yöntem:

Eksenel basınç ile birlikte eğilme de taşıyan betonarme elemanların boyutlandırıp donatılandırılması, elverişsiz yük bileşenleri altında, doğrusal olmayan malzeme davranışını, çatlamayı, betonun sünme ve büzülmesini göz önünde bulunduran ikinci mertebe yapısal çözümlemelerden 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 mertebe yapısal çözümlenmeden elde edilen kolon uç momentlerinin aynı varsayımlar ve yükler altında yapılan birinci mertebe 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.



$$\varphi = 1.5 \Delta_i \frac{\sum N_{di} / l_i}{V_{fi}} \leq 0.05 \quad \text{TS500 (7.13)}$$

Bu hesaplarda çatlamamış kesit varsayımı ve

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

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

yük bileşimlerinden bulunan değerlerden elverişsiz olanı temel alınır.

$\sum N_{di}$ i nci kat kolon aksenal hesap yükleri toplamı, l_i : i nci kat yüksekliği

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

Δ_i : i. kattaki görelî kat ötelemesi



(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 çözümlenme 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 řu koşulların sağlandığı durumlarda ikinci mertebe 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)

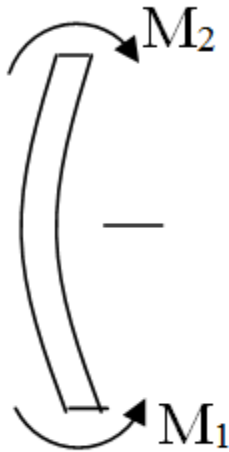


$$l_k/i \leq 34-12 \frac{M_1}{M_2} \leq 40$$

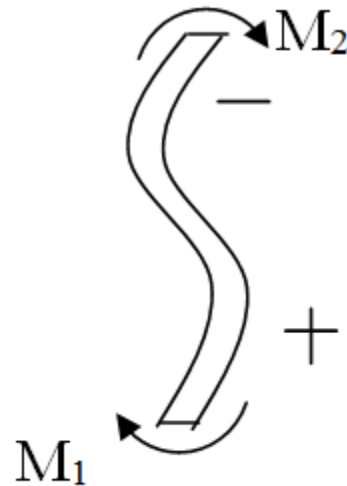
koşulu sağlanıyorsa narinlik etkisi ihmal edilebilir.

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).

$$M_2 > M_1$$



(a)



(b)

20



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 eksenel kuvvetindeki kalıcı yük katkısının, toplam değere oranıdır.

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

$$N_d = 1.4 \times N_g + 1.6 \times N_q$$

$$N_{gd} = 1.4 \times N_g$$

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.

$$R_m = \frac{\sum V_{gd}}{\sum V_d}$$

(Tüm kat için).

$$V_d = 1.4 \times V_g + 1.6 \times V_q$$


$$V_{gd} = 1.4 \times V_g$$



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).

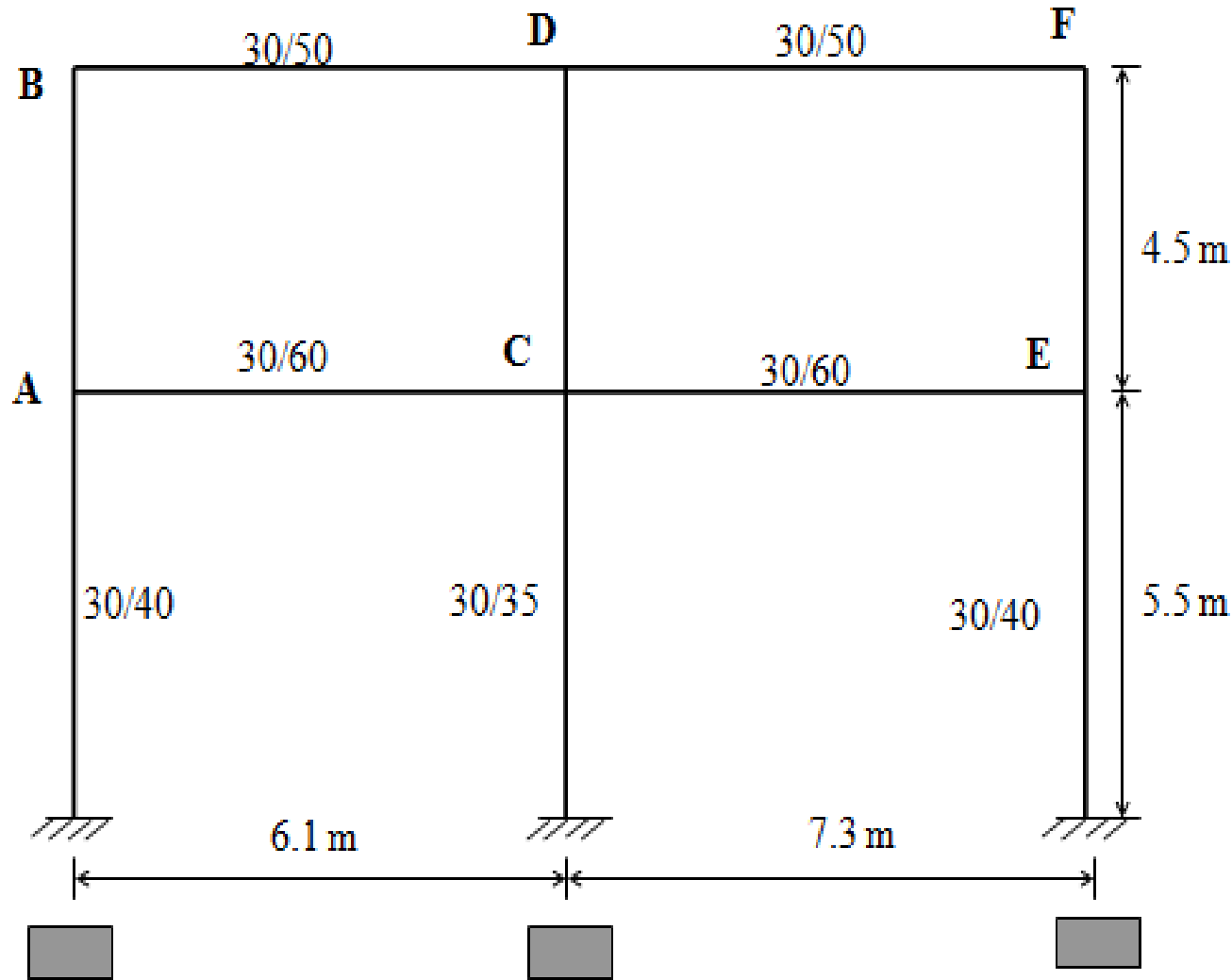
Ancak, serbest boy (l_n) ile bulunan narinlik oranı,

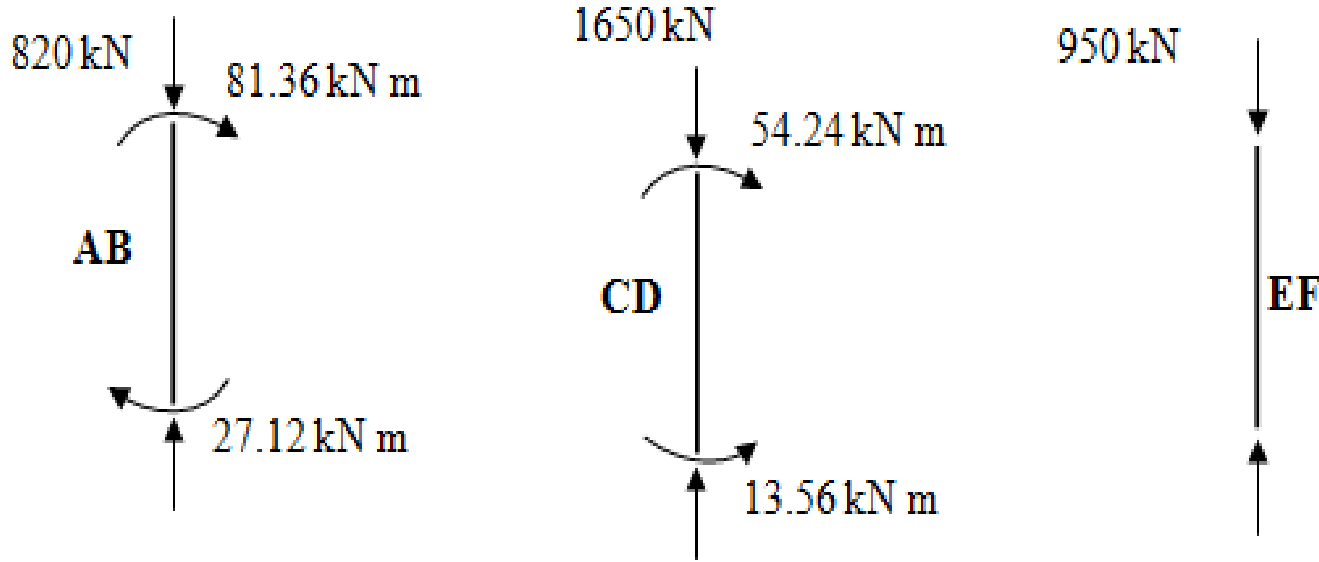
$$\left(\frac{l_n}{i}\right) > \frac{35}{\sqrt{\frac{N_d}{f_{ck} A_c}}}$$

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



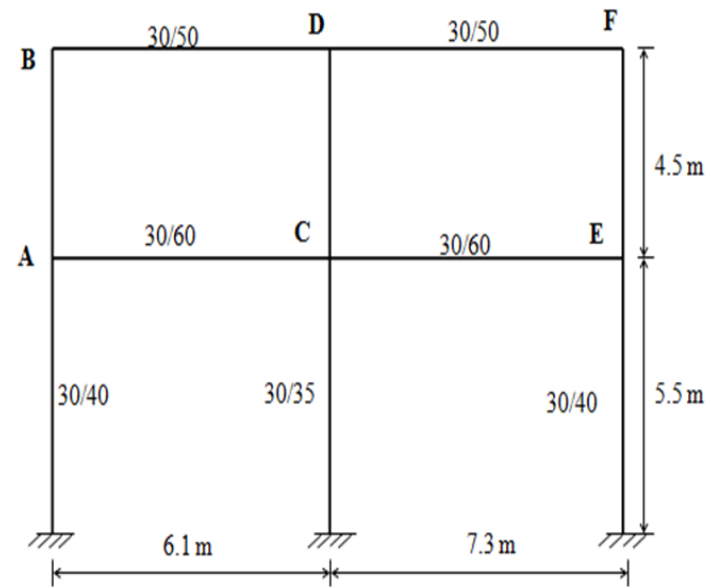
Örnek:





Şekildeki çerçeve kendi düzlemi içersindedir. 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:

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

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

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

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

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

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



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

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

$$i = 0.3 \times h = 0.3 \times 0.4 = 0.12 \text{ m}$$

i: Eğilme yönündeki kolon boyutu

$$\frac{kL}{i} = \frac{6.5}{0.3 * 0.4} = 54.16 > 22 \text{ (Narin kolon)} \quad \beta_{A-B} = \frac{1}{1 - 1.3 * \frac{820}{3203.7}} = 1.50$$

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

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

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

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

66.94 > 37.5 → ββ_s kullanılmayacak



$$\left(\frac{l_n}{i}\right) < \frac{35}{\sqrt{\frac{N_d}{f_{ck} A_c}}} \text{ olduğundan } \beta \text{ ve } \beta_s \text{ çarpımı kullanılmayacaktır.}$$

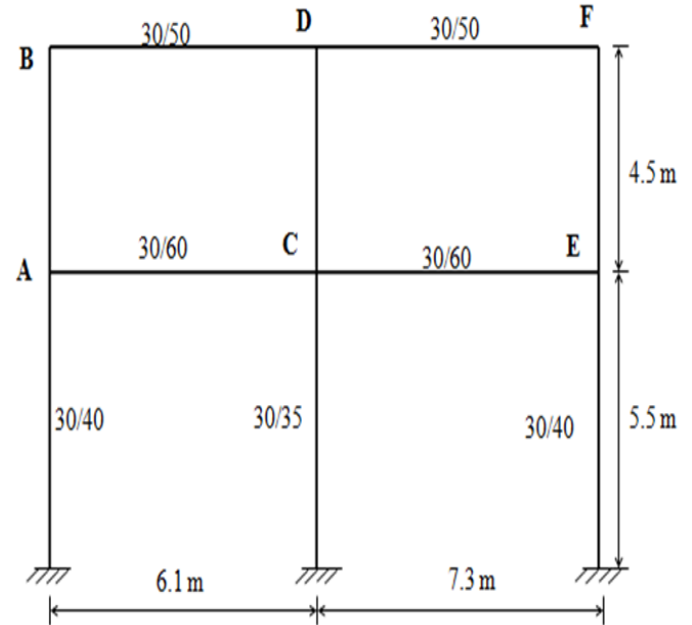
C-D Kolonu:

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

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

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

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



$$k = \frac{20 - \alpha_m}{20} \sqrt{1 + \alpha_m} = 1.2 \quad i = 0.3 \times h = 0.3 \times 0.35 = 0.105 \text{ m}$$

i: Eğilme yönündeki kolon boyutu

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

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

$$N_k = \frac{\pi^2 * 9428.6}{(5.4)^2} = 3191.2 \text{ kN} \quad \beta_{C-D} = \frac{1}{1 - 1.3 * \frac{1650}{3191.2}} = 3.05$$

$$\left(\frac{l_n}{i}\right) = 42.86 < \frac{35}{\sqrt{\frac{N_d}{f_{ck} A_c}}} = 44.14 \text{ olduğundan } \beta \text{ ve } \beta_s \text{ çarpımı}$$

kullanılmayacaktır.



EF Kolonu:

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

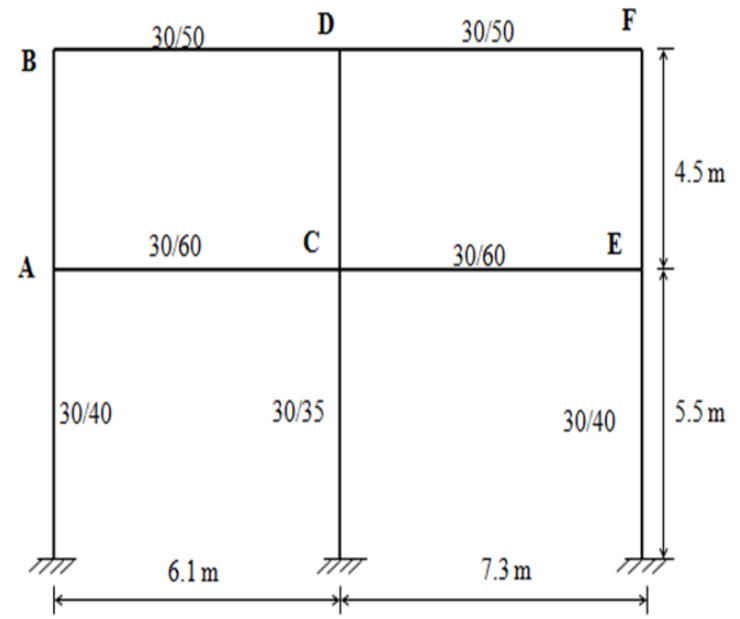
$$\alpha_m = 0.5(\alpha_1 + \alpha_2) = 0.5(1.75 + 1.67) = 1.71 < 2$$

$$\underline{k} = \frac{20 - \alpha_m}{20} \sqrt{1 + \alpha_m} = 1.505 \quad i = 0.3 \times h = 0.3 \times 0.4 = 0.12 \text{ m}$$

i: Eğilme yönündeki kolon boyutu

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

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



$$N_k = \frac{\pi^2 * 13714.3}{(6.77)^2} = 2953.2 \text{ kN} \quad \beta_{E-F} = \frac{1}{1 - 1.3 * \frac{950}{2953.2}} = 1.72$$

$$\left(\frac{l_n}{i}\right) = 37.5 < \frac{35}{\sqrt{\frac{N_d}{f_{ck} A_c}}} = 62.2 \quad \text{olduğundan } \beta \text{ ve } \beta_s \text{ çarpımı}$$

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:

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

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

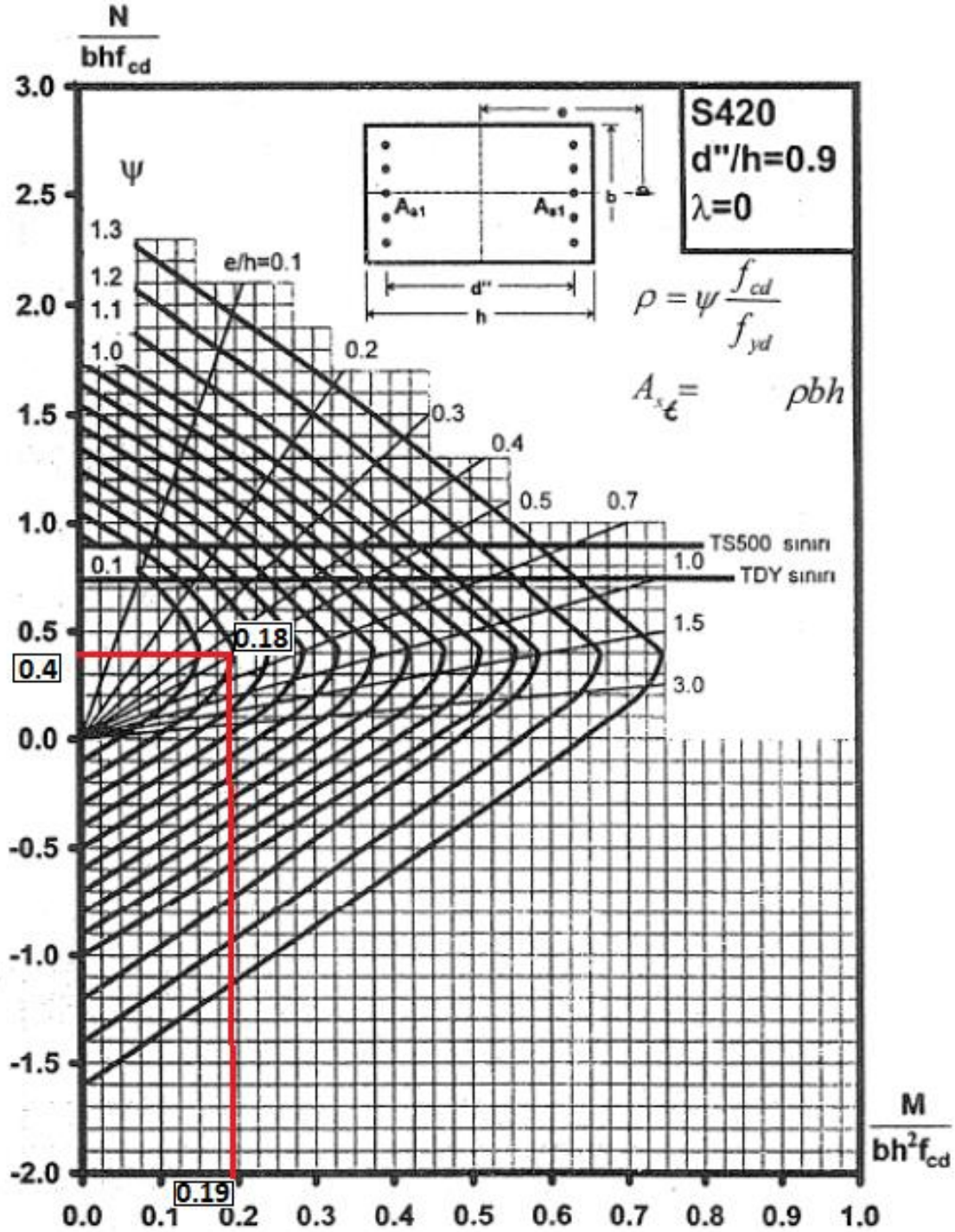
$$\frac{N_d}{b h f_{cd}} = \frac{820 * 10^3}{300 * 400 * 17} = 0.4, \quad \frac{M_d'}{b h^2 f_{cd}} = \frac{155.4 * 10^6}{300 * 400^2 * 17} = 0.19$$

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

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

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





$$\beta > \beta_s = 1.91$$

C-D Kolonu:

$$M_d' = \beta M_d = 3.05 * 54.24 = 165.43 \text{ kN m}, N_d = 1650 \text{ kN}$$

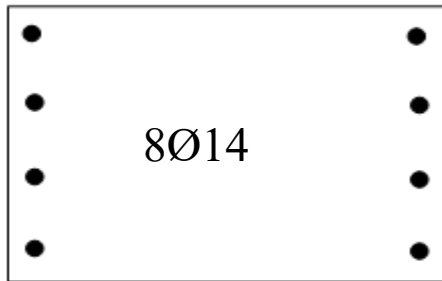
$$d' = 2.5 \text{ cm}, d'' = 30 \text{ cm}, \frac{d''}{h} = \frac{30}{35} \cong 0.9, \lambda = 0, \text{S420.}$$

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

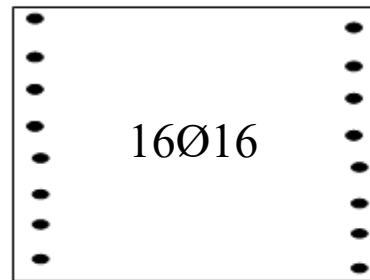
$$\frac{M_d'}{b h^2 f_{cd}} = \frac{165.43 * 10^6}{300 * 350^2 * 17} = 0.265, \rho_t m = 0.65$$

$$m = 21.47, \rho_t = 0.65 / 21.47 = 0.0303$$

$$A_{st} = 0.0303 * 300 * 350 = 3181.5 \text{ mm}^2 \quad (16\emptyset 16 = 3217 \text{ mm}^2)$$



A-B Kolonu



C-D Kolonu



