



# BETONARME – 1

## DERS NOTLARI

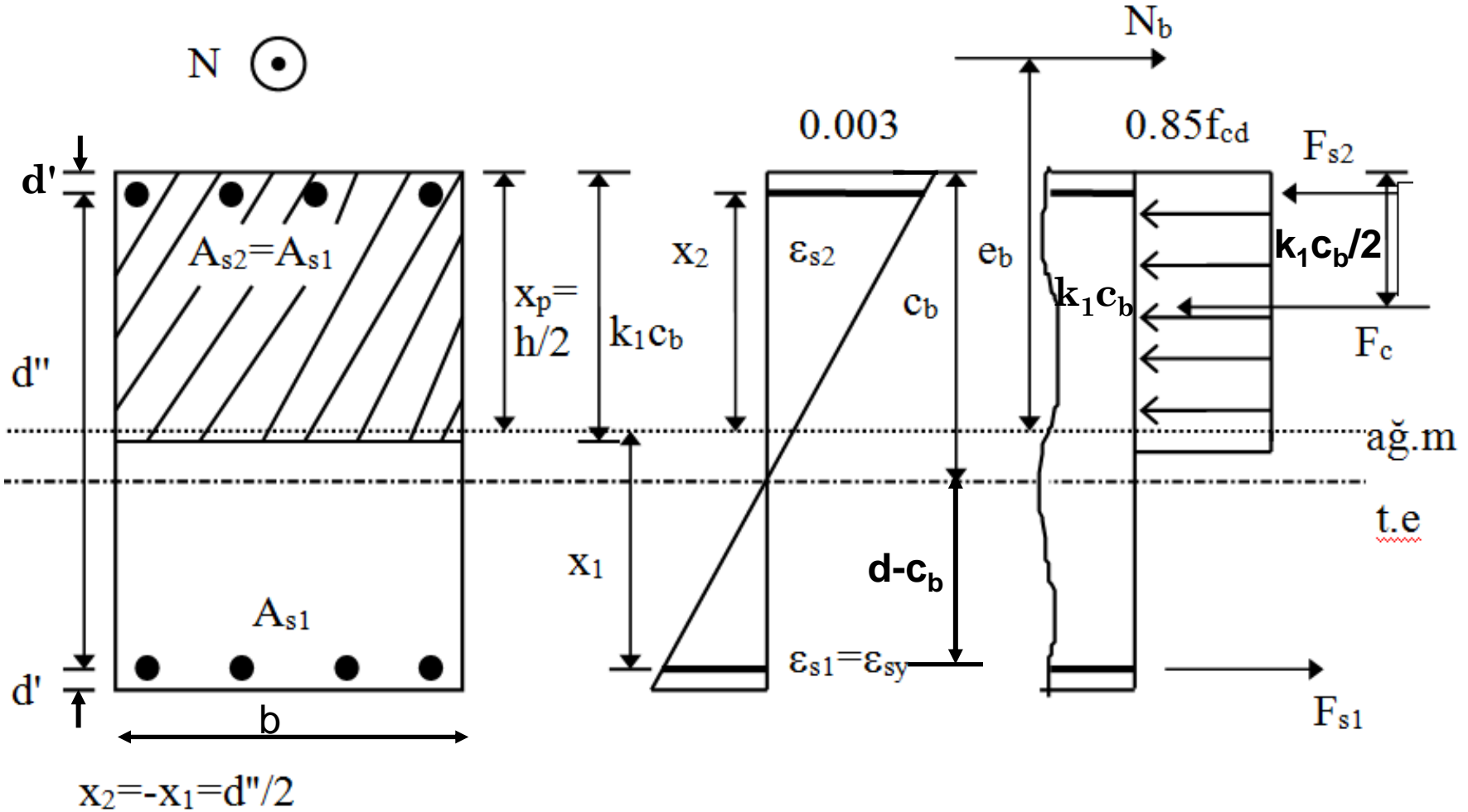
### BÖLÜM 12

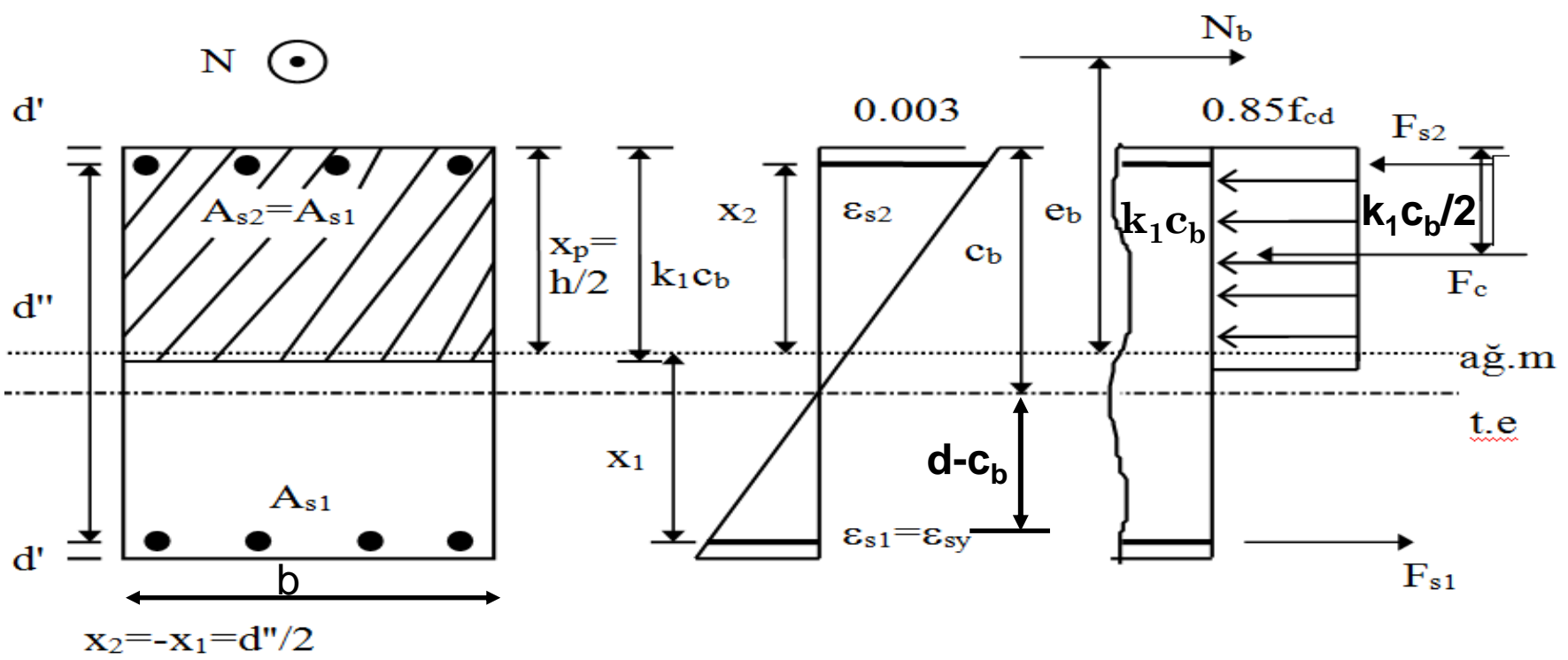
**Prof. Dr. Cengiz DÜNDAR**

# İKİ YÜZÜ DONATILI DİKDÖRTGEN KESİTLER

( Simetrik Donatılı )

Dengeli Durum:

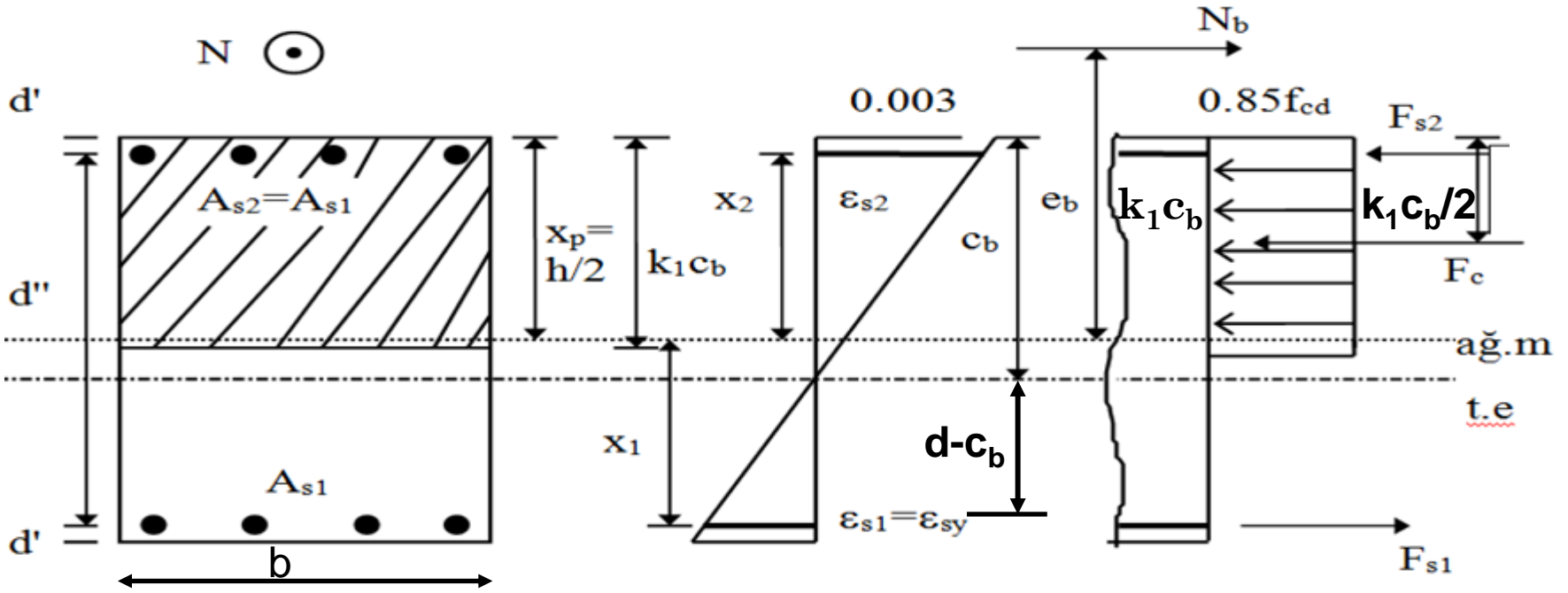




Birim deformasyon dağılımından:

$$c_b = 0.003 \frac{d}{0.003 + \epsilon_{sy}} \quad \sigma_{s1} = -f_{yd} \quad , \quad \sigma_{s2} = f_{yd}$$

$x_p = h/2$  ve  $A_{s1} = A_{s2} = \frac{A_{st}}{2}$  değerleri denklemlerde yerine konularak  $N$  ve  $M$  hesaplanır.



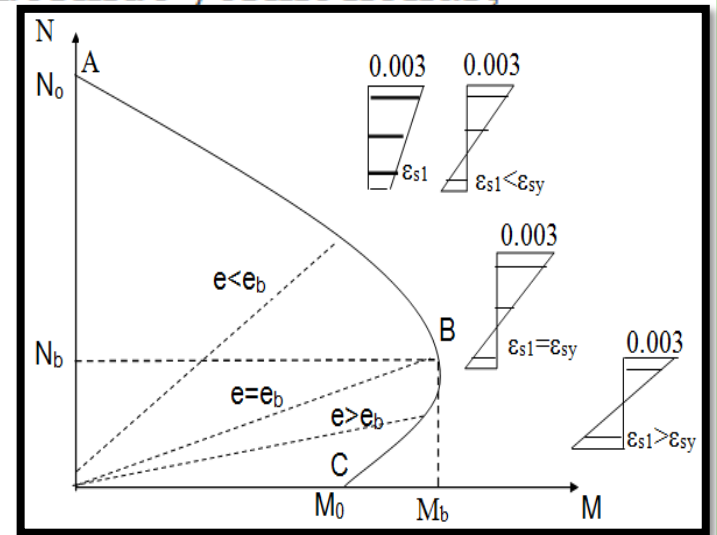
$$N_b = 0.85 f_{cd} k_1 c_b b + A_{s2} f_{yd} - A_{s1} f_{yd}$$

$N_b = 0.85 f_{cd} k_1 c_b b$  , bu değer moment ifadesinde yerine konur:

$$M_b = N_b \left( \frac{h}{2} - \frac{k_1 c_b}{2} \right) + \frac{A_{st}}{2} f_{yd} (d - d')$$

$$M_b = N_b \left( \frac{h}{2} - \frac{k_1 c_b}{2} \right) + \left( \frac{A_{st}}{2} f_{yd} \frac{d''}{2} \right) 2$$

$$\epsilon_{sy} = \frac{f_{yd}}{E_s} \text{ alınırsa, } c_b = \frac{0.003 E_s}{0.003 E_s + f_{yd}} d$$



## Çekme Kırılması:

Tanım gereği:

1)  $\epsilon_{s1} > \epsilon_{sy}$  ve  $\sigma_{s1} = -f_{yd}$

2) Eksenel yükün çok düşük olduğu durumlar dışında  $\sigma_{s2} = f_{yd}$  varsayılabilir.

$\left( \frac{N_d}{b h f_{cd}} \geq 0.72 \frac{0.003 E_s}{0.003 E_s - f_{yd}} \left( \frac{d'}{h} \right) \right)$  olduğu durumlarda basınç donatısı akar).

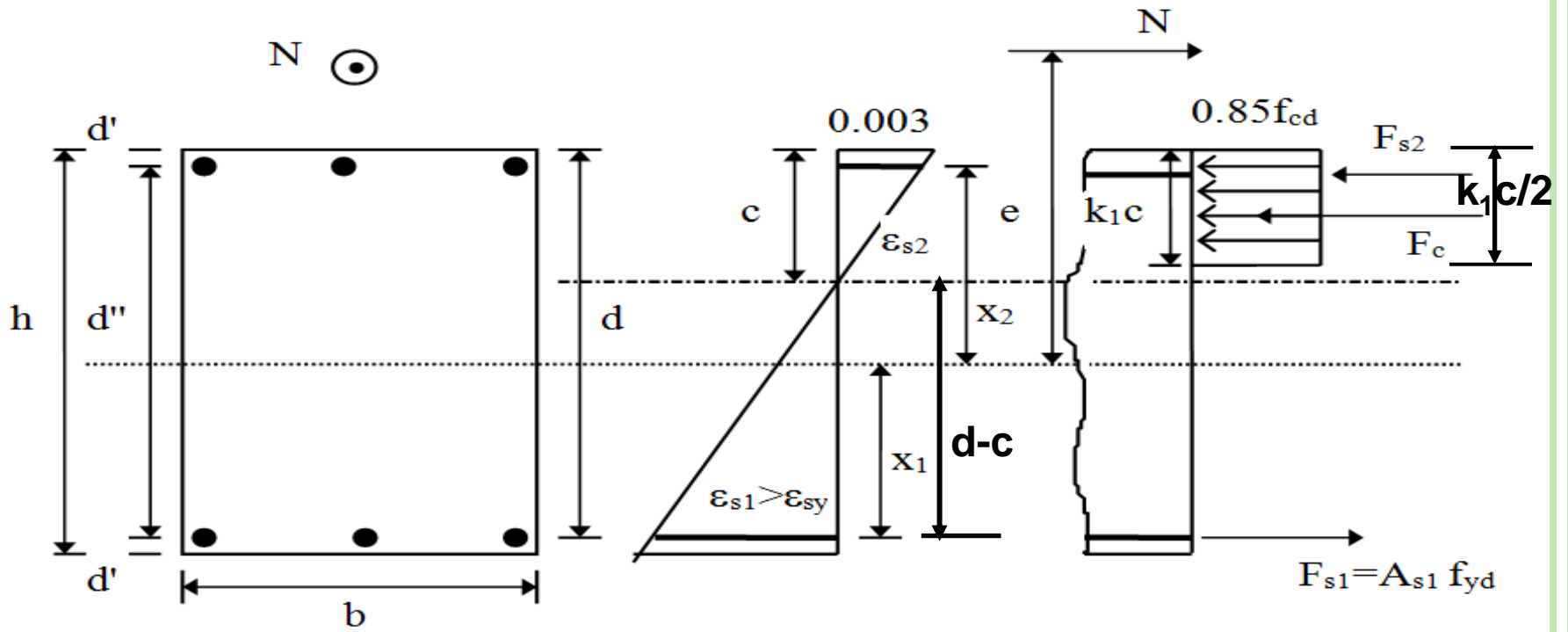
3)  $A_{s1} = A_{s2} = \frac{A_{st}}{2}$

4)  $x_p = \frac{h}{2}$  ve  $x_2 = -x_1 = d''/2$

Sınır durumda basınç donatısındaki birim kısalma  $\epsilon_{sy}$  değerine ulaşacaktır

( $\epsilon_{s2} = \epsilon_{sy}$ ). Tanım gereği çekme donatısı akmış olacağından  $\sigma_{s2} = -\sigma_{s1} = f_{yd}$





Benzer üçgenlerden uygunluk denklemi:

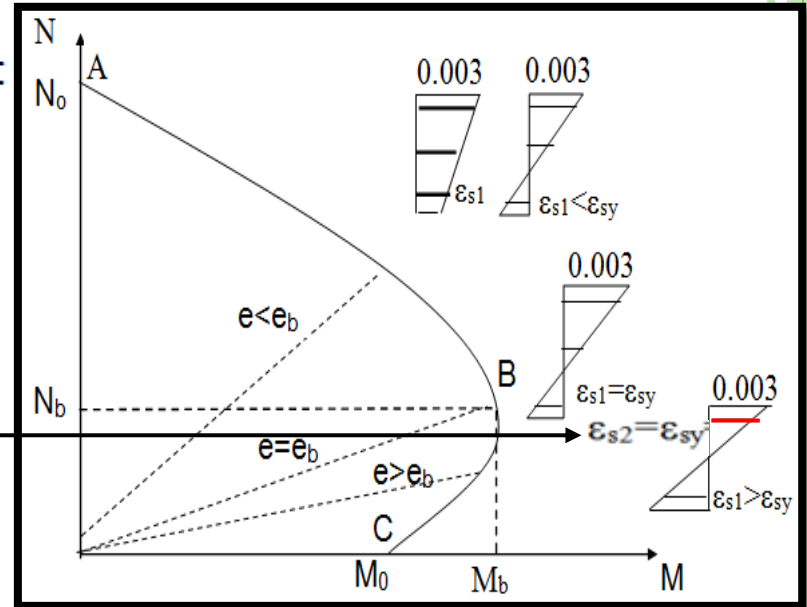
$$\frac{\varepsilon_{s2}}{0.003} = \frac{c - d'}{c}$$

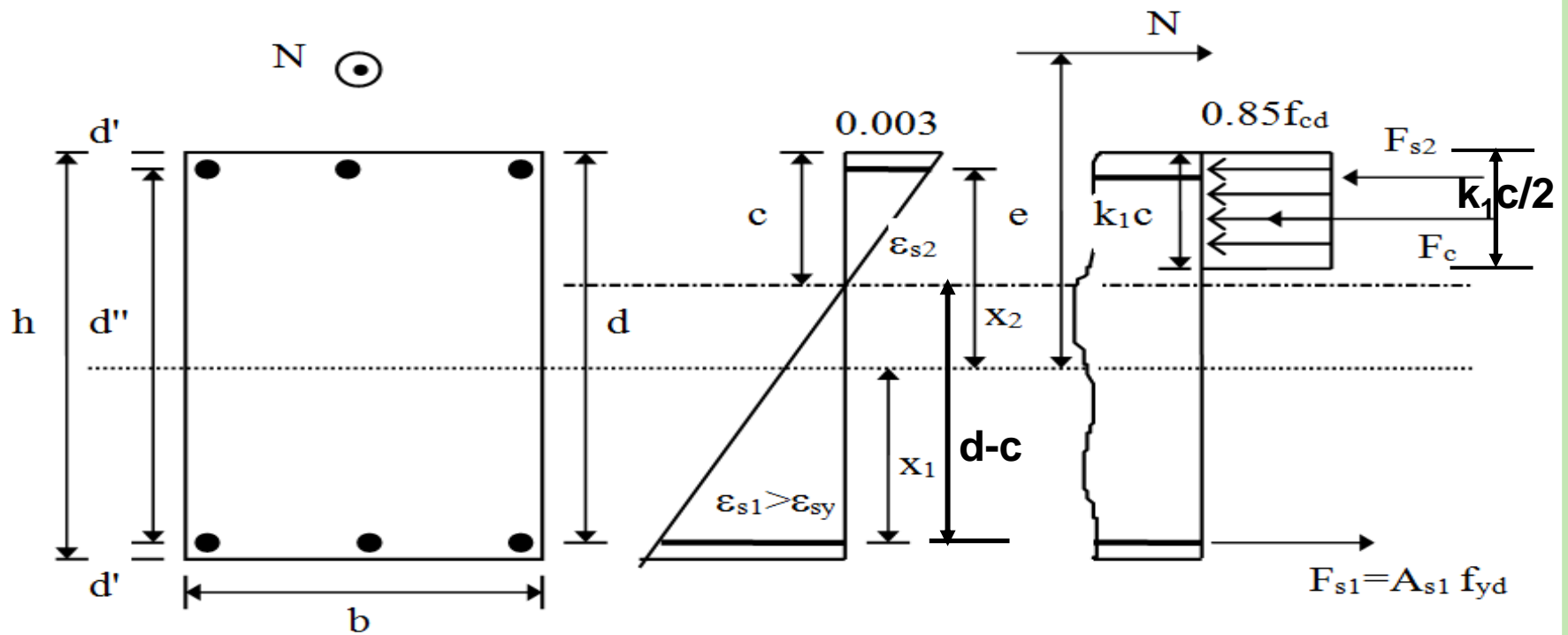
$\varepsilon_{s2} = \varepsilon_{sy} = f_{yd}/E_s$  olduğundan;

$$c = \frac{0.003 E_s d'}{0.003 E_s - f_{yd}}, \text{ denge denklemi;}$$

$$N = 0.85 f_{cd} k_1 c b + A_{s2} \sigma_{s2} + A_{s1} \sigma_{s1}$$

$\sigma_{s2} = -\sigma_{s1} = f_{yd}$  ve  $c$  nin değeri yerine konursa;





$$N_c = 0.85 f_{cd} k_1 \frac{0.003 E_s d'}{0.003 E_s - f_{yd}} b + \frac{A_{st}}{2} f_{yd} - \frac{A_{st}}{2} f_{yd}$$

Denklemin her iki tarafı  $b h f_{cd}$  ye bölünürse ve  $k_1 = 0.85$  alınırsa;

$$\psi_c = \frac{N}{b h f_{cd}} = 0.72 \frac{0.003 E_s}{0.003 E_s - f_{yd}} \left( \frac{d'}{h} \right), \text{ hesaplanan } \psi \text{ değeri } \psi_c \text{ den büyükse}$$

basınç donatısı akar.

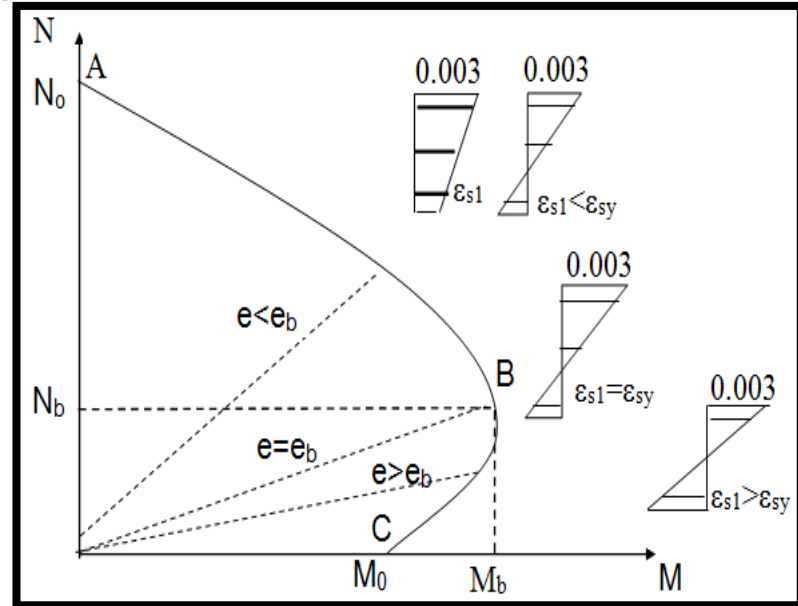
Yukarıda verilen değerler denklemde yerine konursa;

$$N = 0.85 f_{cd} k_1 c b + A_{s2} f_{yd} - A_{s1} f_{yd}$$

$$N = 0.85 f_{cd} k_1 c b \text{ elde edilir.}$$

$$M = N e = 0.85 f_{cd} k_1 c b \left( \frac{h}{2} - \frac{k_1 c}{2} \right) + \sum_{i=1}^n A_{si} \sigma_{si} x_i$$

$$M = N \left( \frac{h}{2} - \frac{k_1 c}{2} \right) + \frac{A_{st}}{2} f_{yd} d'' \text{ , ifadesi bulunur.}$$





Eksenel yükün çok düşük düzeyde olduğu durumlarda,

$$\frac{N}{b h f_{cd}} < 0.72 \frac{d'}{h} \frac{0.003 E_s}{0.003 E_s - f_{yd}} \quad \text{basınç donatısı akma konumuna}$$

ulaşmayacağından uygunluk denklemi yardımıyla  $\sigma_{si}$  değerlerini bulmak gerekir.

$$\sigma_{s2} = 0.003 E_s \left( 1 + \frac{\frac{d''}{2} - \frac{h}{2}}{c} \right)$$

$$\sigma_{s2} = 0.003 E_s \left( 1 - \frac{d'}{c} \right)$$

Basınç donatısının akmadığı durumlara çok az rastlanır.



## Basınç Kırılması:

Tanım gereği:

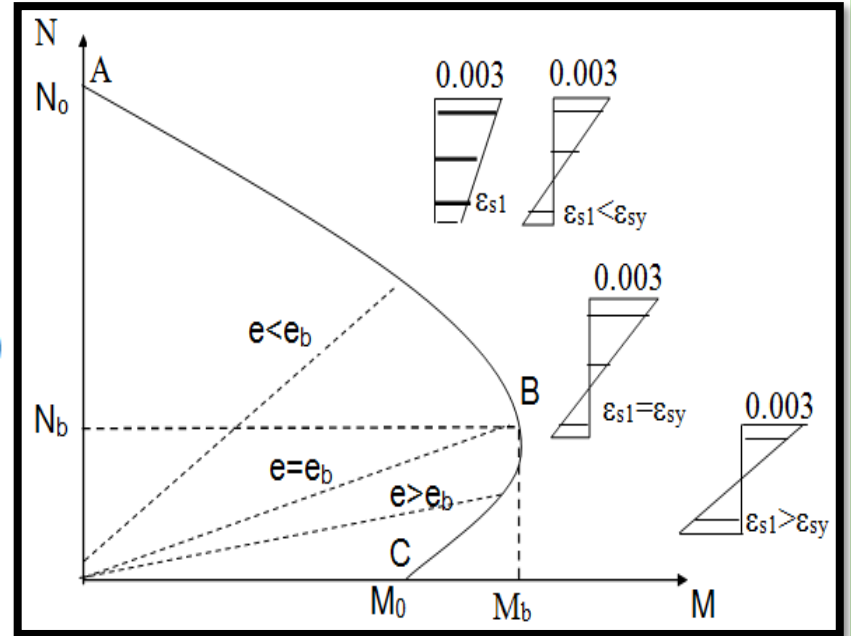
1)  $\varepsilon_{s2} > \varepsilon_{sy}$   $\sigma_{s2} = f_{yd}$

2)  $\varepsilon_{s1} < -\varepsilon_{sy}$   $\sigma_{s1} < -f_{yd}$  (veya  $\sigma_{s1} \leq f_{yd}$ )

3)  $A_{s1} = A_{s2} = \frac{A_{st}}{2}$

4)  $x_p = \frac{h}{2}$  ve  $x_2 = -x_1 = d''/2$ , Bu değerler denklemlerde yerine konursa;

$$N = 0.85 f_{cd} k_1 c b + \frac{A_{st}}{2} (f_{yd} + \sigma_{s1})$$



$$M=N e=0.85 f_{cd} k_1 c b \left( \frac{h}{2} - \frac{k_1 c}{2} \right) + \frac{A_{st}}{2} (f_{yd} - \sigma_{s1}) \left( \frac{d''}{2} \right)$$

$$\sigma_{s1} = 0.003 E_s \left( 1 + \frac{\frac{d''}{2} - \frac{h}{2}}{c} \right)$$

$$\sigma_{s1} = 0.003 E_s \left( 1 - \frac{d}{c} \right)$$

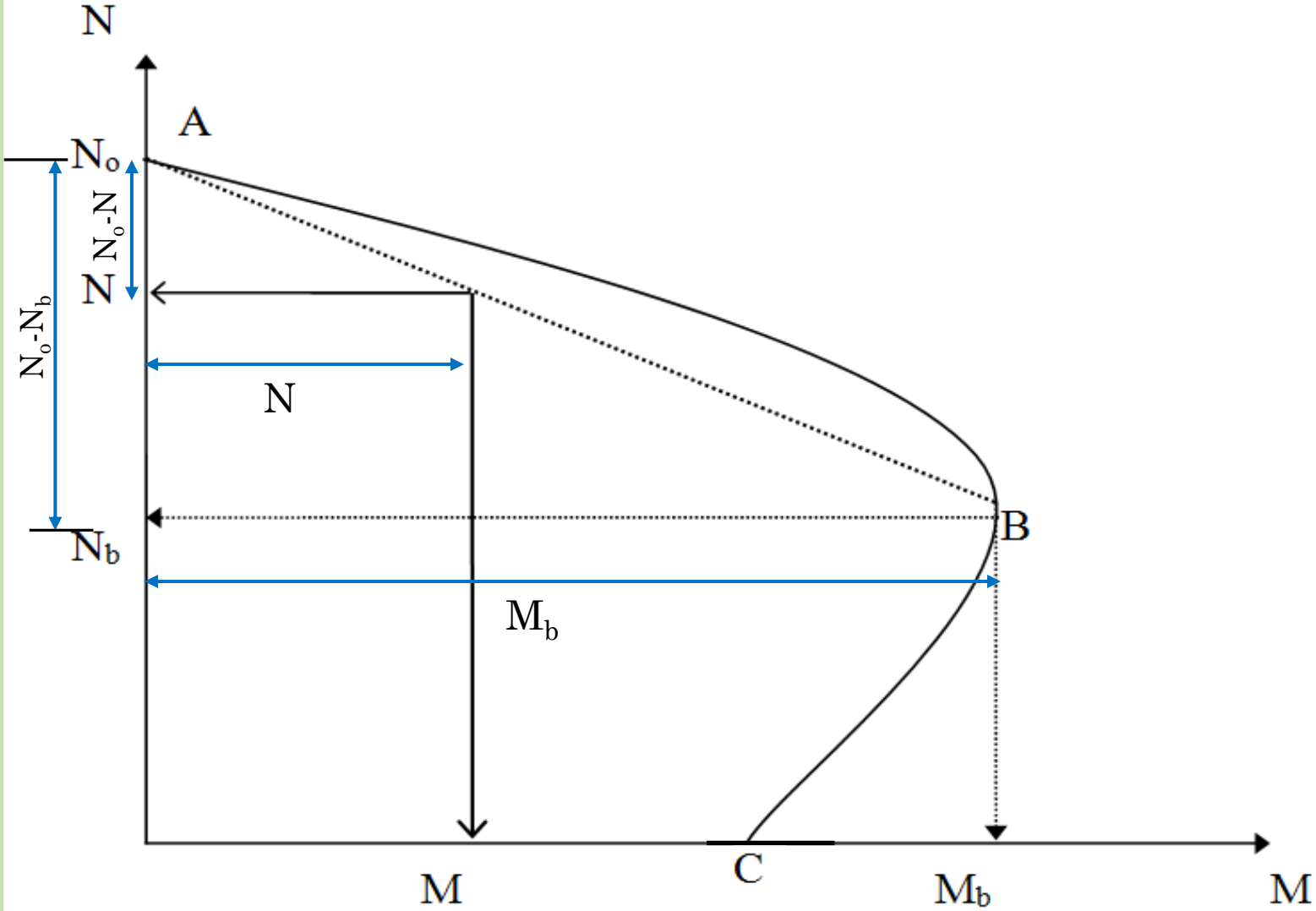
Basınç kırılmasında 1 olarak işaretlenen donatı, aksenal yük düzeyine göre çekme veya basınç taşıyabilir. Bu donatının çekme bölgesinde olduğu durumlarda

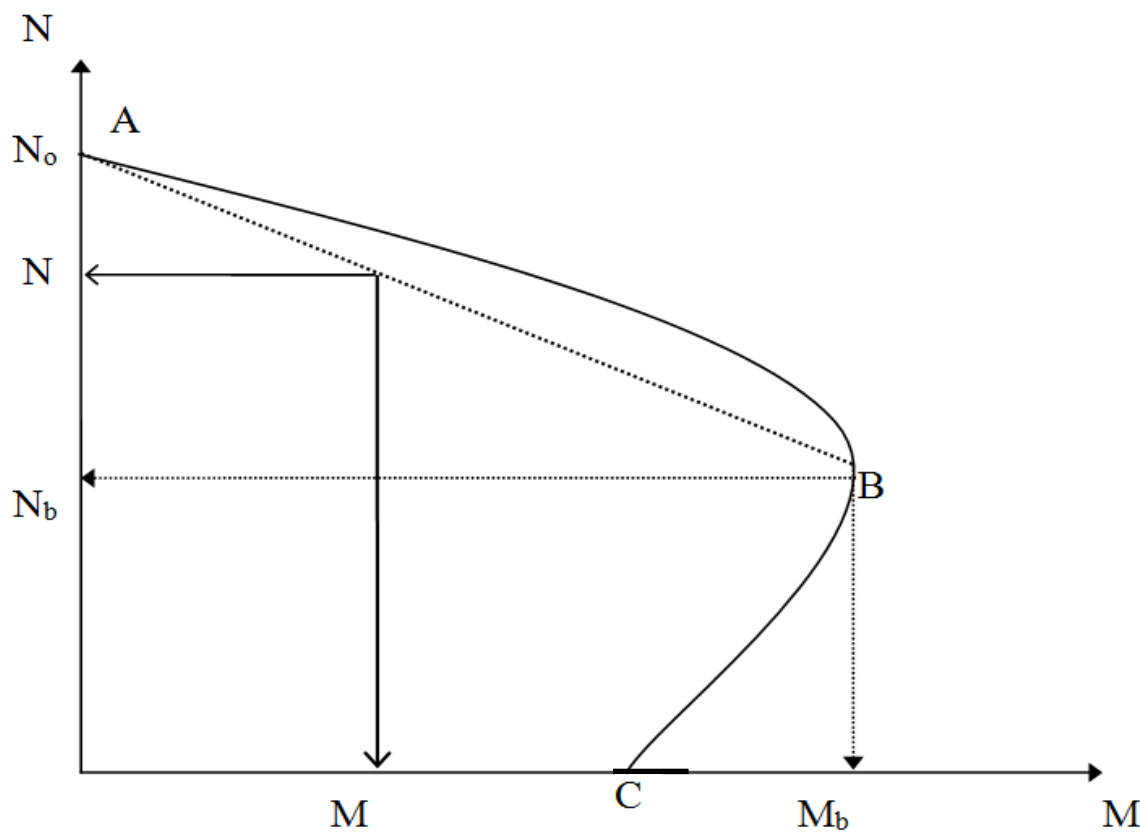
$\frac{d}{c} > 1$  olacağından  $\sigma_{s1}$  (-) olur. Donatının basınç bölgesinde kaldığı durumlarda  $\frac{d}{c} < 1$

olacağından donatıdaki gerilme (+) olur.



Şekilde A-B olarak gösterilen basınç kırılmasını simgeleyen eğri, düz bir çizgi ile değiştirilebilir. Bu yaklaşım önemli bir hata oluşturmaz.





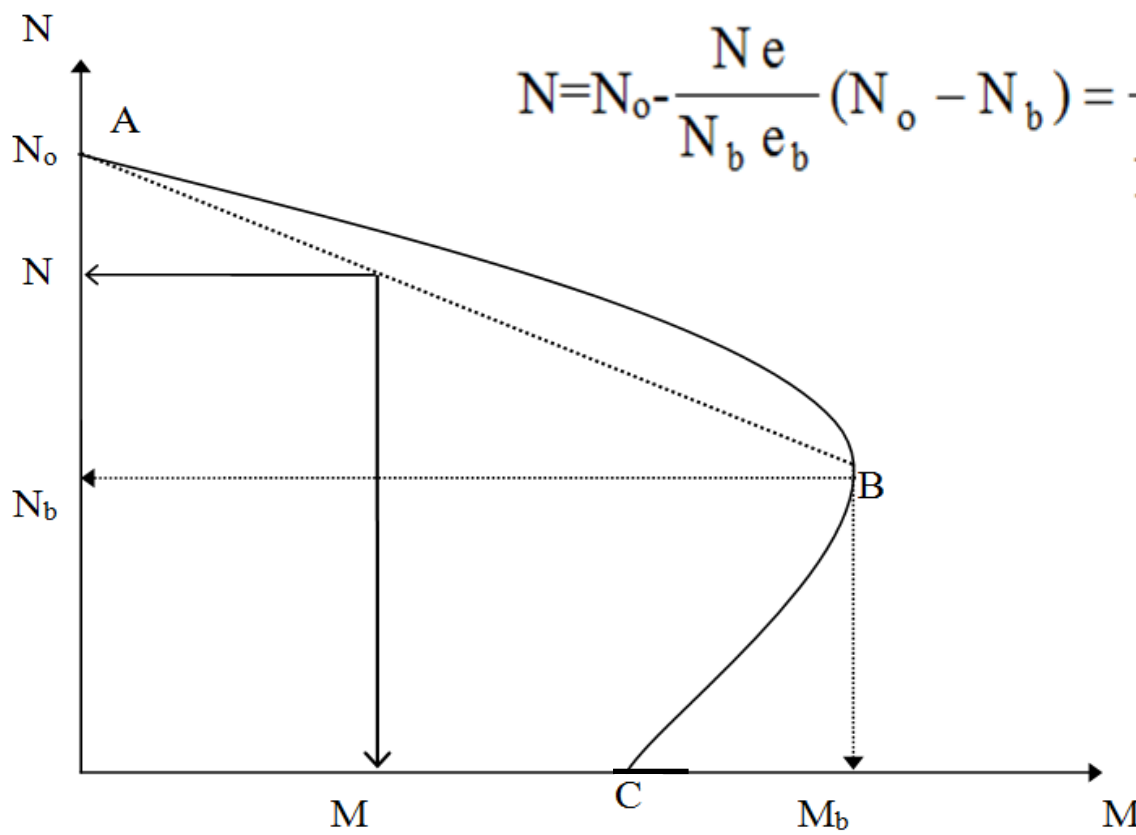
A-B eğrisi düz bir doğru ile değiştirildikten sonra benzer üçgenlerden yararlanılarak

$$\frac{N_o - N}{N_o - N_b} = \frac{M}{M_b}, \text{ buradan;}$$

$$N = N_o - \frac{M}{M_b} (N_o - N_b), \text{ buradaki momentler } N \text{ e olarak ifade edilebilir.}$$



$$N = N_o - \frac{N e}{N_b e_b} (N_o - N_b) = \frac{N_o}{1 + \frac{e}{e_b} \left( \frac{N_o}{N_b} - 1 \right)} \quad \text{elde edilir.}$$



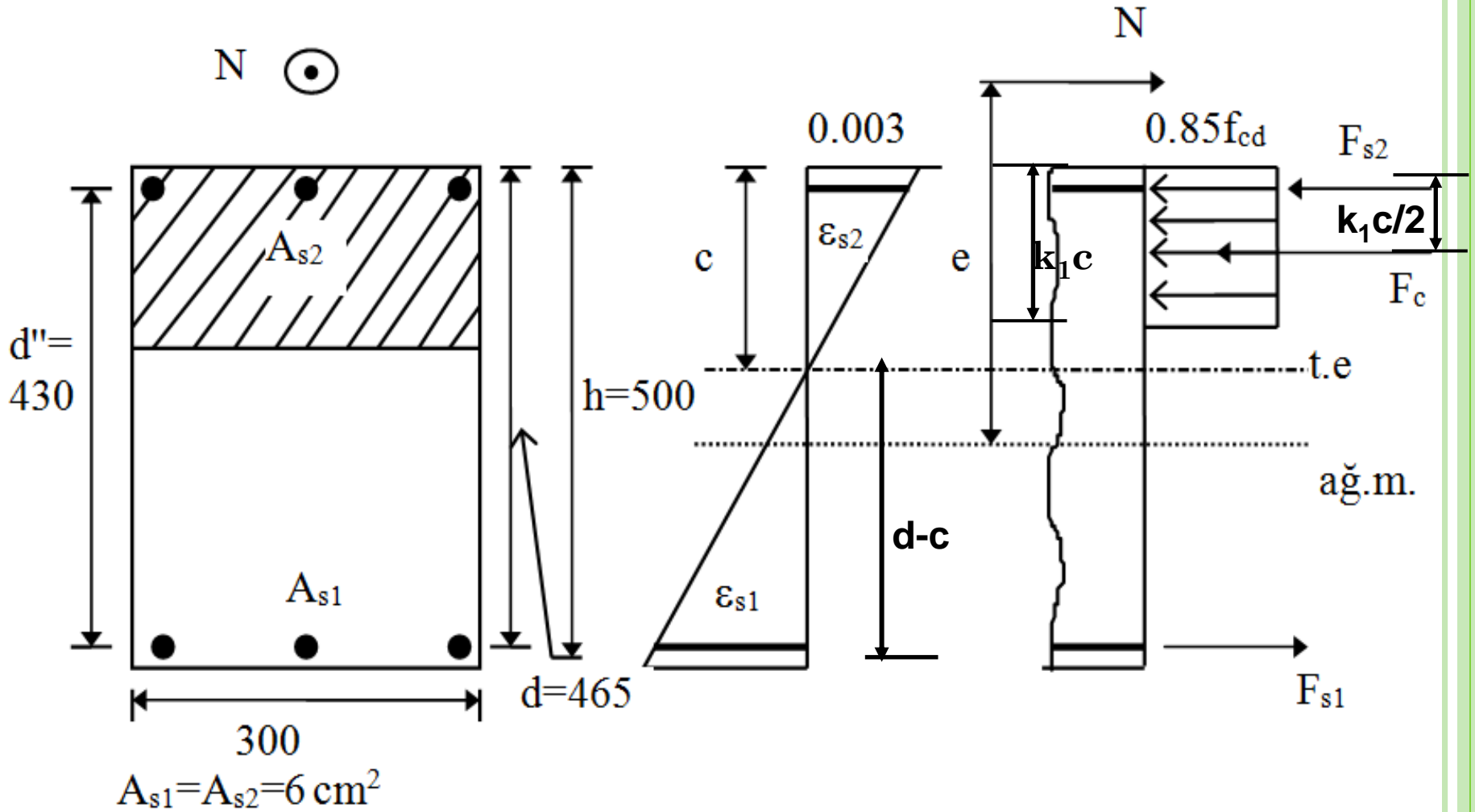
Bu denklemin kullanılabilmesi için kesitin aksenal yük kapasitesinin ( $N_o$ ) ve dengeli değerlerinin ( $e_b$  ve  $N_b$ ) bilinmesi gereklidir. Kesit geometrisi ve donatı yerleştirme düzeni ne olursa olsun geçerlidir.



## Örnek:

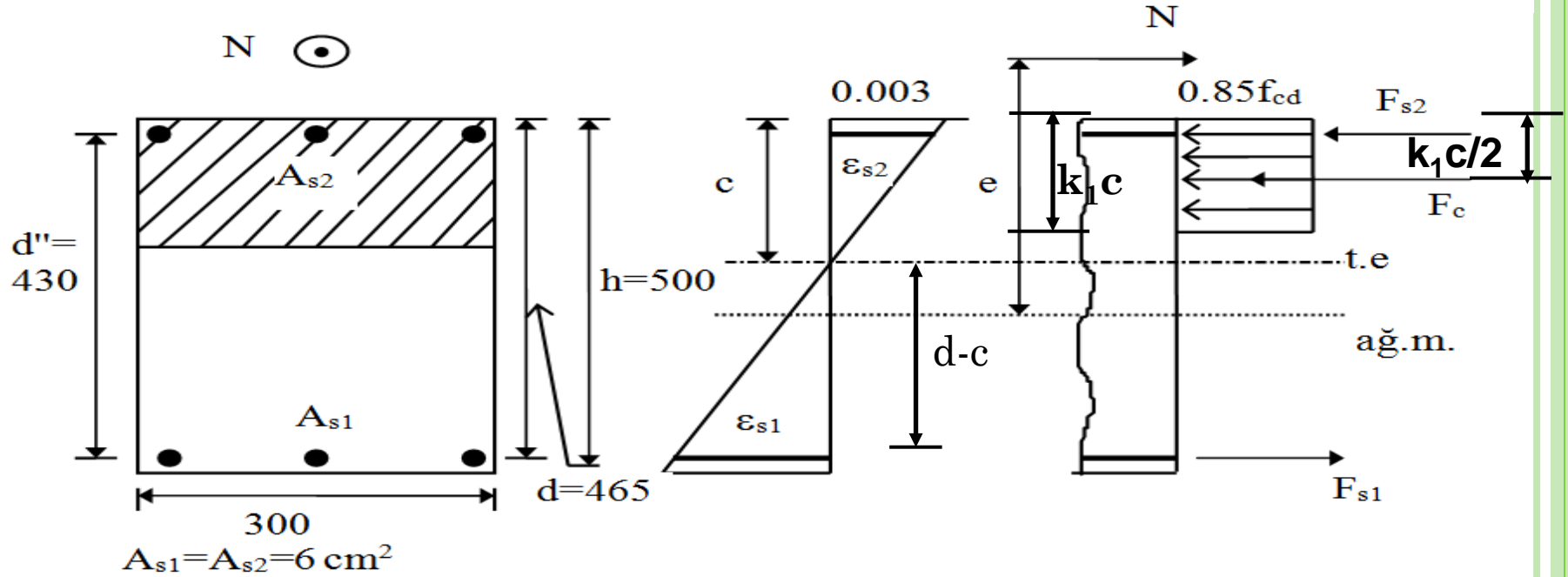
Bilinenler: Şekilde gösterilen kolon kesiti,  $N_d=500\text{kN}$ , Malzeme C25, S420

İstenen:  $M_r$



## Çözüm:

Önce kesitin kırılma biçimi saptanır. Eksenel yük bilindiğine göre, kırılma biçiminin saptanması, hesaplanacak dengeli eksenel yüke ( $N_b$ ) göre yapılmalıdır.



$$c_b = \frac{0.003 E_s}{0.003 E_s + f_{yd}} d = \frac{0.003 * 2 * 10^5}{0.003 * 2 * 10^5 + 365} 465 = 289 \text{ mm}$$

$$k_1 c_b = 246 \text{ mm}$$

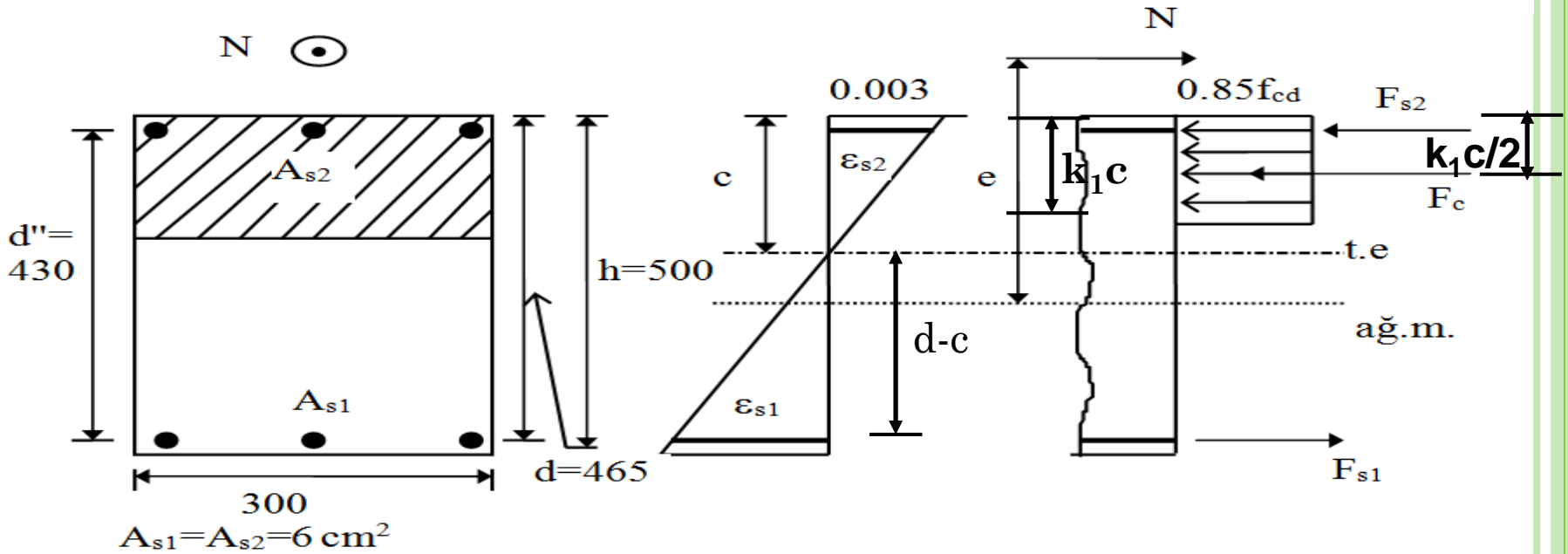
$$N_b = 0.85 f_{cd} k_1 c_b b = 0.85 * 17 * 246 * 300 * 10^{-3} = 1065 \text{ kN}$$





$N < N_b$  olduğundan çekme kırılması oluşur. Basınç donatısının akıp akmadığı

kontrol edilmelidir.



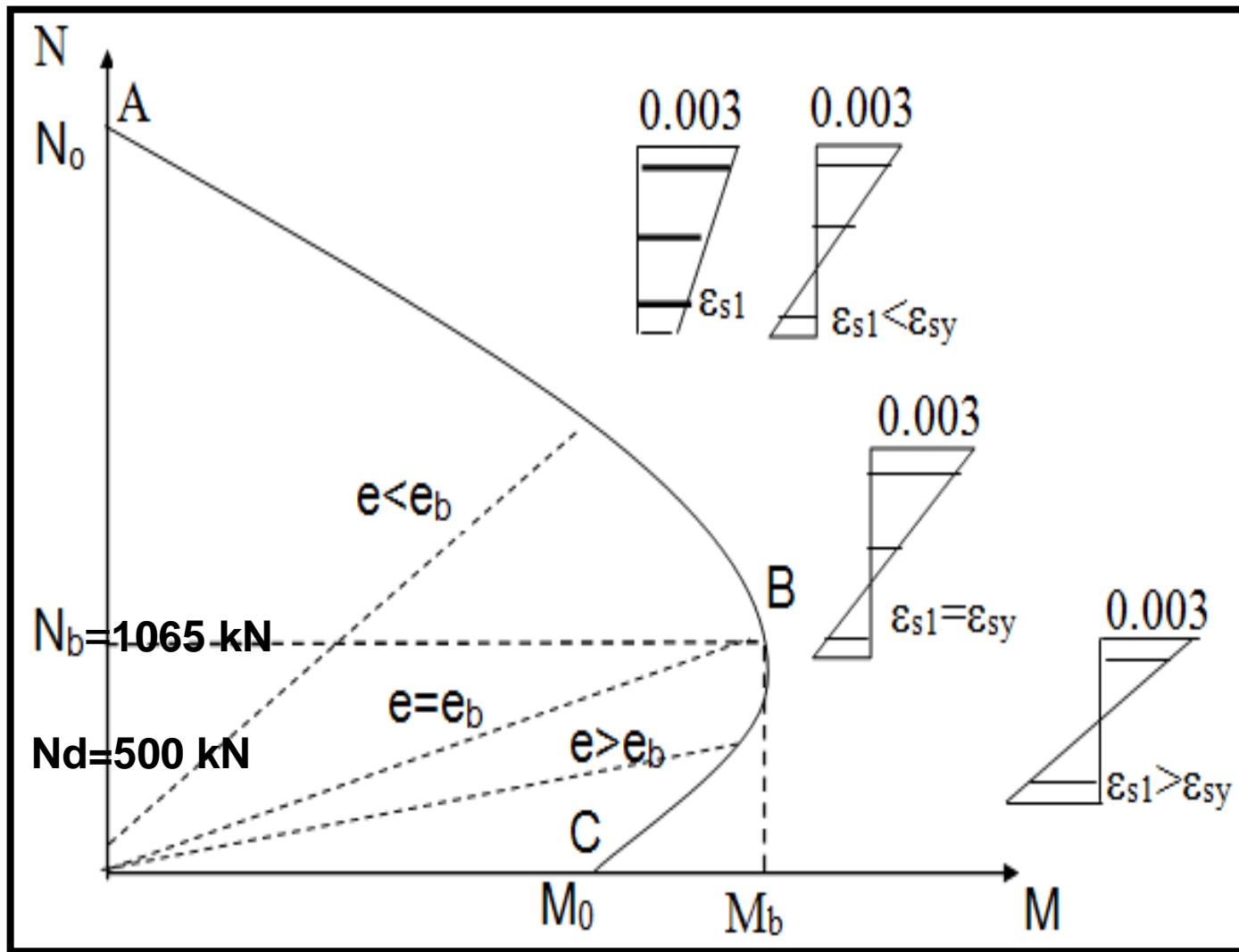
**Sınır durum:**

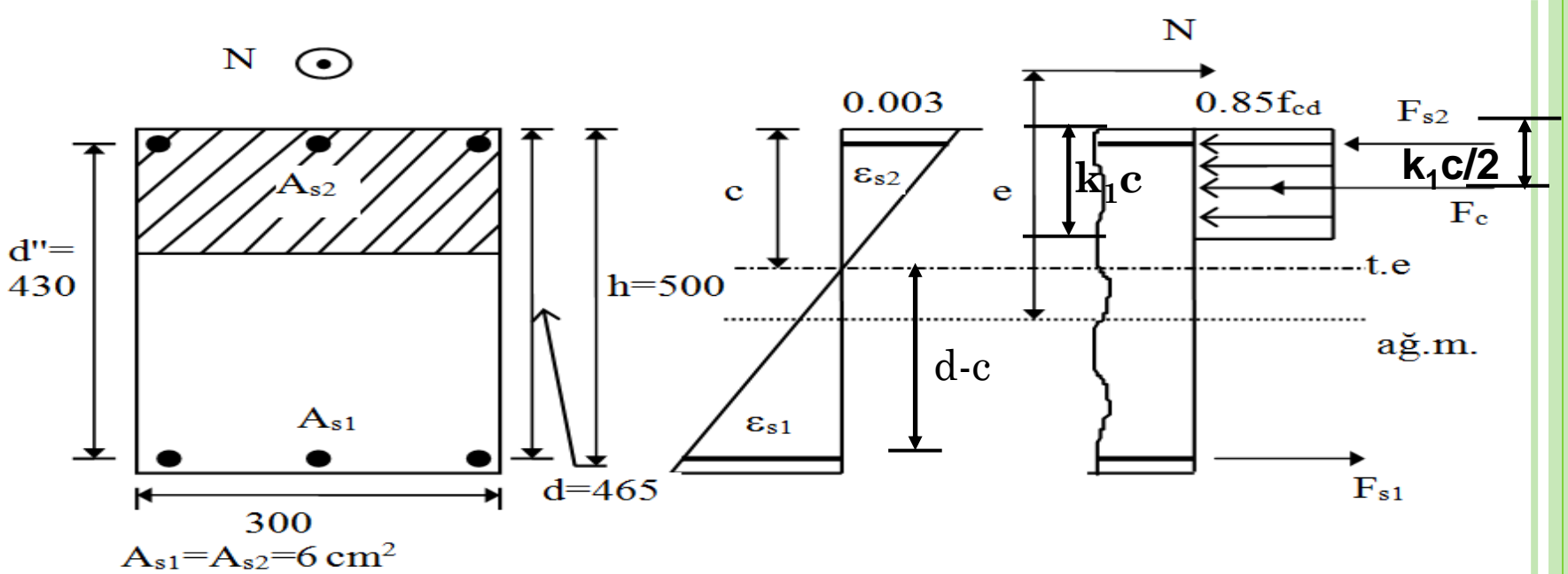
$$\psi_c = 0.72 \left( \frac{d'}{h} \right) \frac{0.003 E_s}{0.003 E_s - f_{yd}} = 0.72 \frac{35}{500} \frac{600}{600 - 365} = 0.13$$

$$\psi = \frac{N}{b h f_{cd}} = \frac{500 * 10^3}{300 * 500 * 17} = 0.20 > \psi_c, \text{ basınç donatısı akmıştır.}$$

$$N = 0.85 f_{cd} k_1 c b$$







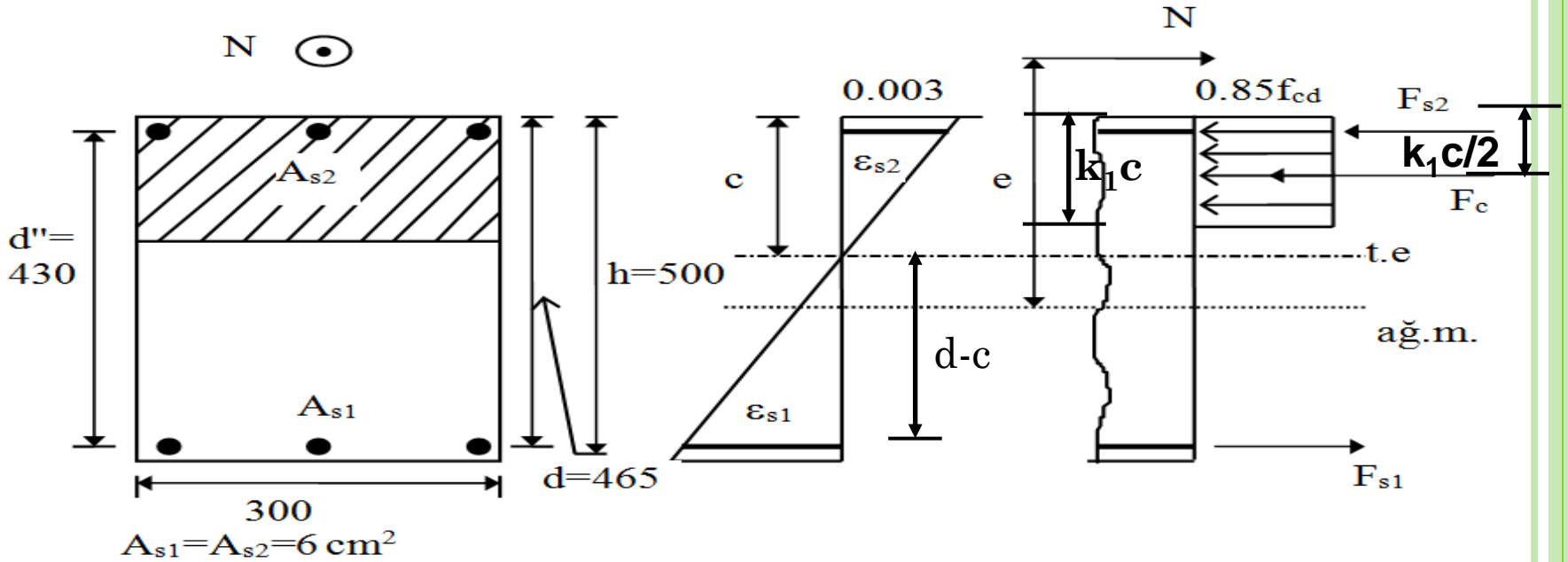
$$k_1 c = \frac{N}{0.85 f_{cd} b} = \frac{500 * 10^3}{0.85 * 17 * 300} = 115 \text{ mm}$$

$$M = N \left( \frac{h}{2} - \frac{k_1 c}{2} \right) + \frac{A_{st}}{2} f_{yd} d''$$

$$M = 500(250 - 57.5) + \frac{1200}{2} 365 * 430 * 10^{-3} = 190300 \text{ kNm}$$

$$M = 190.3 \text{ kNm}$$





$$k_1 c = \frac{N}{0.85 f_{cd} b} = \frac{500 * 10^3}{0.85 * 17 * 300} = 115 \text{ mm}$$

$$M = N \left( \frac{h}{2} - \frac{k_1 c}{2} \right) + \frac{A_{st}}{2} f_{yd} d''$$

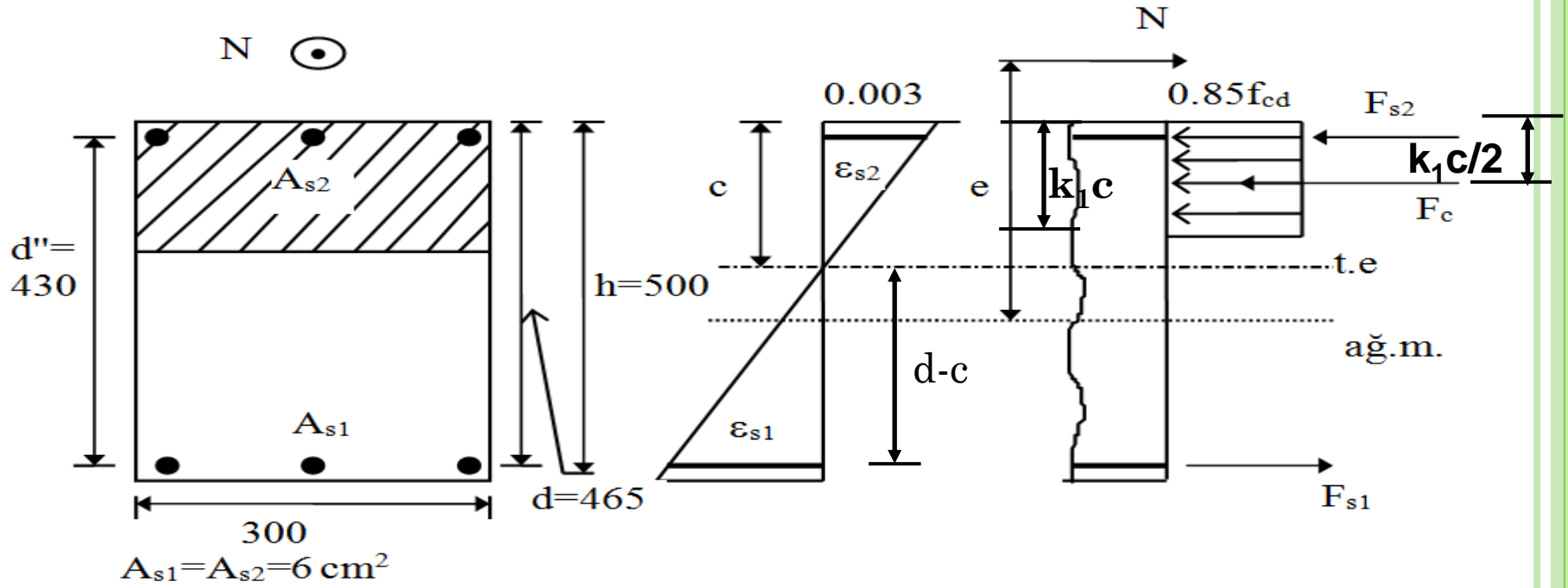
$$M = 500(250 - 57.5) + \frac{1200}{2} 365 * 430 * 10^{-3} = 190300 \text{ kNmm}$$

$$M = 190.3 \text{ kNm}$$



## Örnek:

Bilinenler: Aynı kesit,  $N_d=1200$  kN

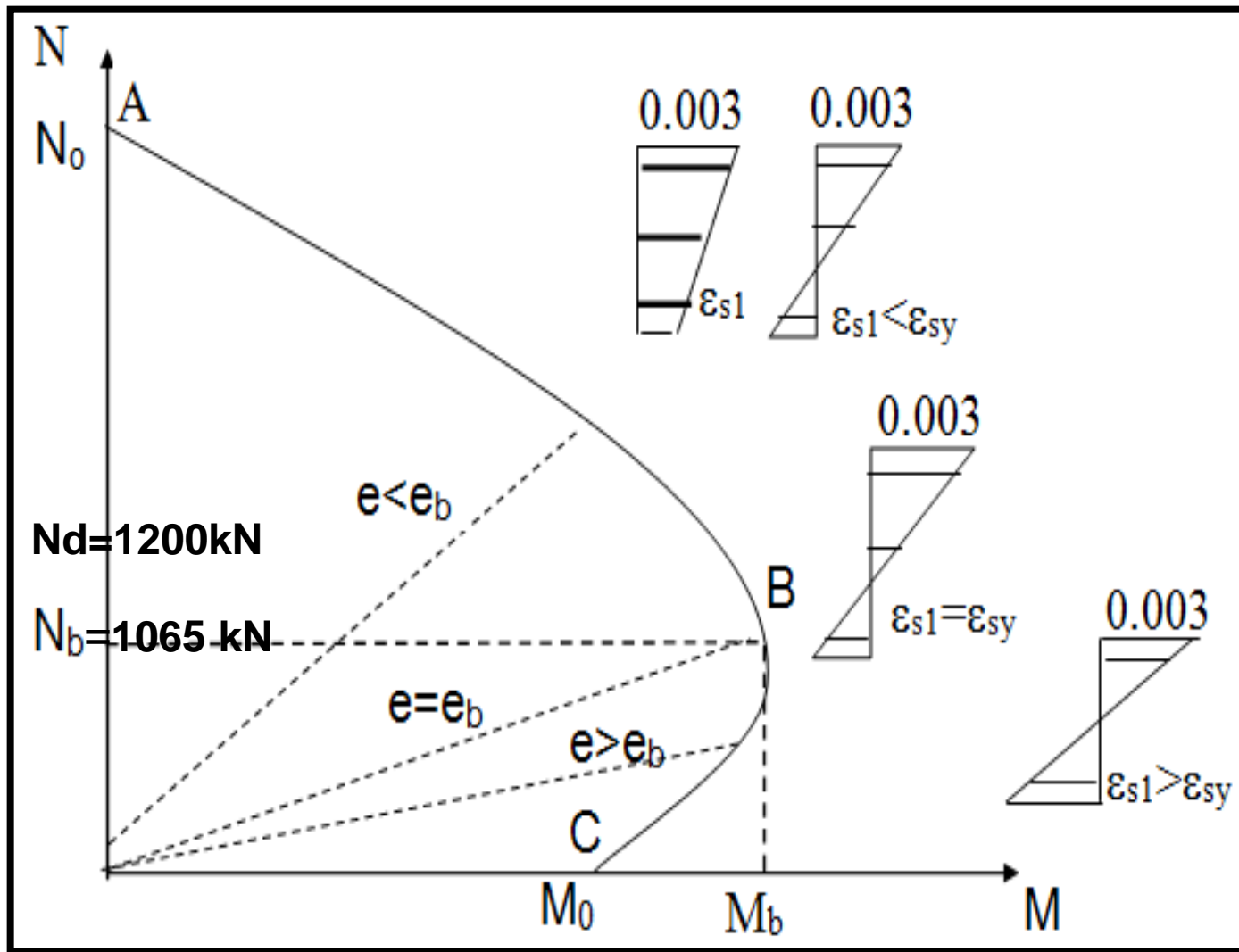


## Çözüm:

Örnek 1 den  $N_b=1065$  kN ,  $N > N_b$  basınç kırılması oluşur.

$$\sigma_{s1} = 0.003 E_s \left(1 - \frac{d}{c}\right) = 600 \left(\frac{c - 465}{c}\right)$$

$$N = 0.85 f_{cd} k_1 c b + \frac{A_{st}}{2} (f_{yd} + \sigma_{s1})$$



$$1200 \cdot 10^3 = 0.85 \cdot 17 \cdot 0.85 \cdot c \cdot 300 + 600 (365 + \sigma_{s1})$$

$\sigma_{s1}$  ifadesi (c) türünden denklemde yerine konursa;

$c = 313 \text{ mm}$  ve  $k_1 c = 266 \text{ mm}$  bulunur.

$$\sigma_{s1} = -290 \text{ N/mm}^2$$

$$1200 \times 10^3 = 0.85 \times 17 \times 0.85c \times 300 + 600 \left[ 365 + 600 \frac{c - 465}{c} \right]$$
$$3684.75 c^2 - 621000c - 167400000 = 0$$
$$c = 313.46 \text{ mm} \quad k_1 c = 266.44 \text{ mm}$$
$$\sigma_{s1} = 600 \frac{313.46 - 465}{313.46} = -290 \text{ MPa}$$

$$M = N e = 0.85 f_{cd} k_1 c b \left( \frac{h}{2} - \frac{k_1 c}{2} \right) + \frac{A_{st}}{2} (f_{yd} - \sigma_{s1}) \left( \frac{d''}{2} \right)$$

$$M_r = 0.85 \cdot 17 \cdot 266.44 \cdot 300 (250 - 133.2) + 600 \cdot (365 + 290) \left( \frac{430}{2} \right) \cdot 10^{-6} = 219.4 \text{ kNm}$$



# Ara Donatılı Dikdörtgen Kesitlerin Taşıma Gücü

Ara donatısı bulunan dikdörtgen kesitlerin taşıma gücü daha önce elde edilen genel denklemlerle bulunabilir. Uygunluk denklemi ise kesitte bulunan donatı düzeyi sayısına bağlıdır. Ara donatılı kesitlerde donatı en az üç ayrı düzeye yerleştirilmiş olduğundan bu tür kesitlerin taşıma gücü deneme yanılma yöntemi ile bulunabilir.

a) c için varsayım yapılır.

b) Benzer üçgenlerden çeşitli düzeylerdeki donatı için birim deformasyonlar hesaplanır ( $\epsilon_{si}$ ).

c) Her düzeydeki donatı için gerilme değerleri ve bunlara karşılık gelen kuvvetler hesaplanır ( $\sigma_{si} = \epsilon_{si} E_s \leq f_{yd}$  ve  $F_{si} = A_{si} \sigma_{si}$ ).





**d)** Beton basınç bileşkesi hesaplanır ( $F_c = 0.85 f_{cd} A_{cc}$ ).

**e)** Denge koşulu kontrol edilir

$$(N = F_c + \sum_{i=1}^n A_{si} \sigma_{si}).$$

**f)** Denge sağlanıyorsa devam edilir; sağlanmıyorsa **(a)** ya gidilerek c için yeni bir varsayım yapılır.

**g)** İç kuvvetlerin kesit ağırlık merkezine göre momenti alınır.



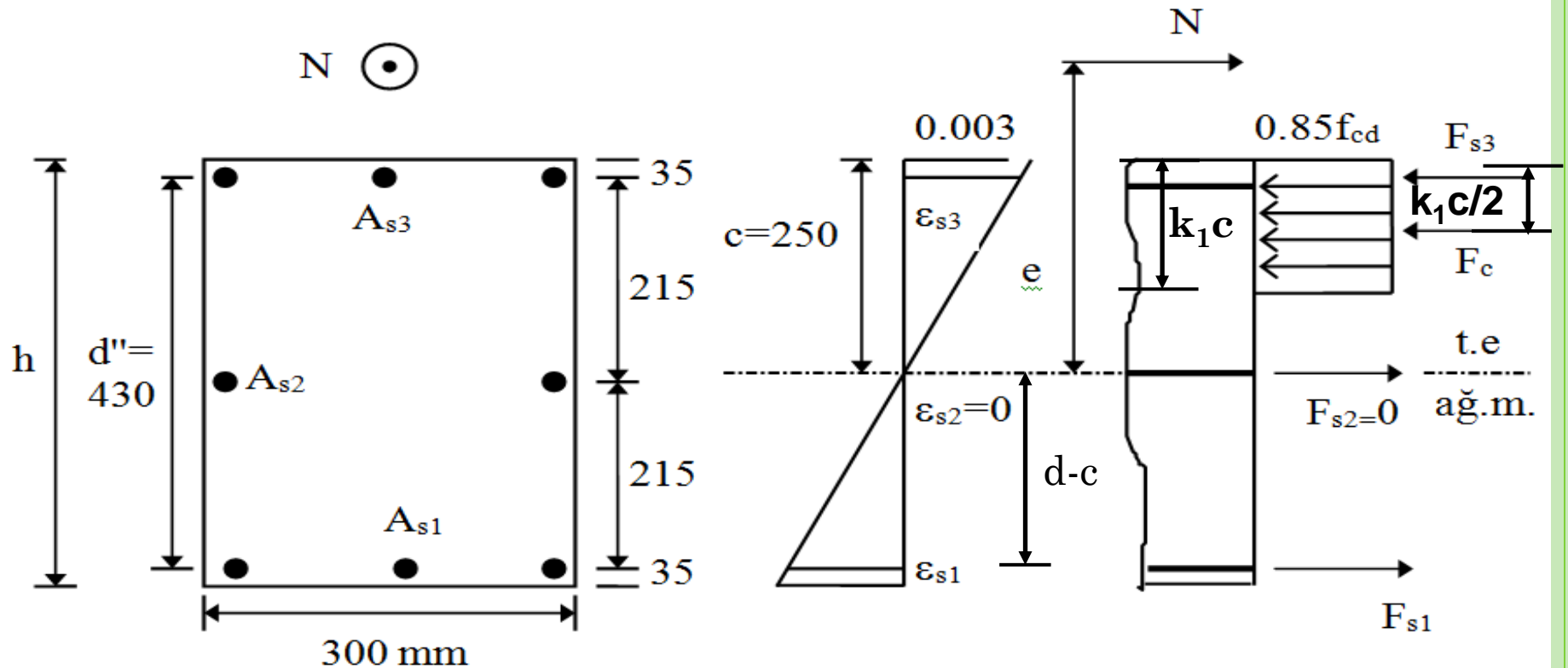
## Örnek:

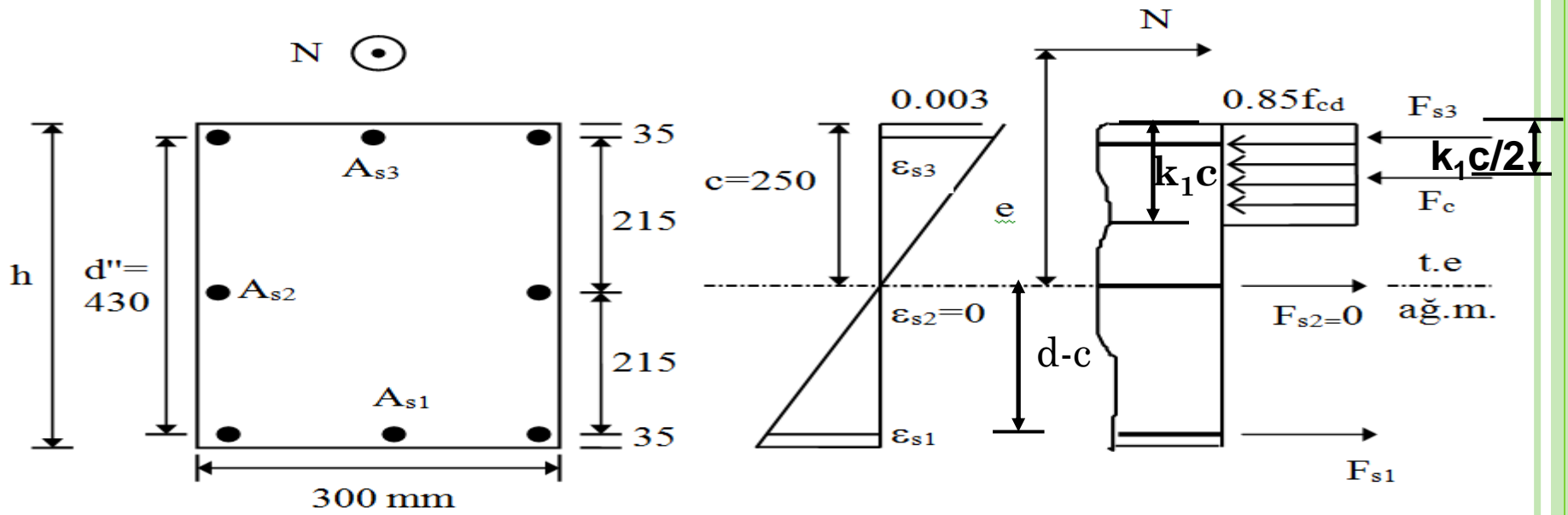
Malzeme C25,S420 ( $f_{cd}=17$  Mpa,  $f_{yd} = 365$  Mpa),  $\epsilon_{sy}=0.001825$  ve  $N_d=500$  kN

$A_{s1}=A_{s3}=6$  cm<sup>2</sup> ,  $A_{s2} =4$  cm<sup>2</sup> ,  $h=500$ mm.

İstenen:  $M_r=?$

## Çözüm:





a)  $c=250$  mm kabul edelim.  $k_1c=212$  mm

b)  $\epsilon_{s3} = -\epsilon_{s1} = 0.003 \frac{215}{250} > \epsilon_{sy}$ ,  $\epsilon_{s2} = 0$

c)  $\sigma_{s3} = -\sigma_{s1} = 365 \text{ N/mm}^2$ ,  $\sigma_{s2} = 0$

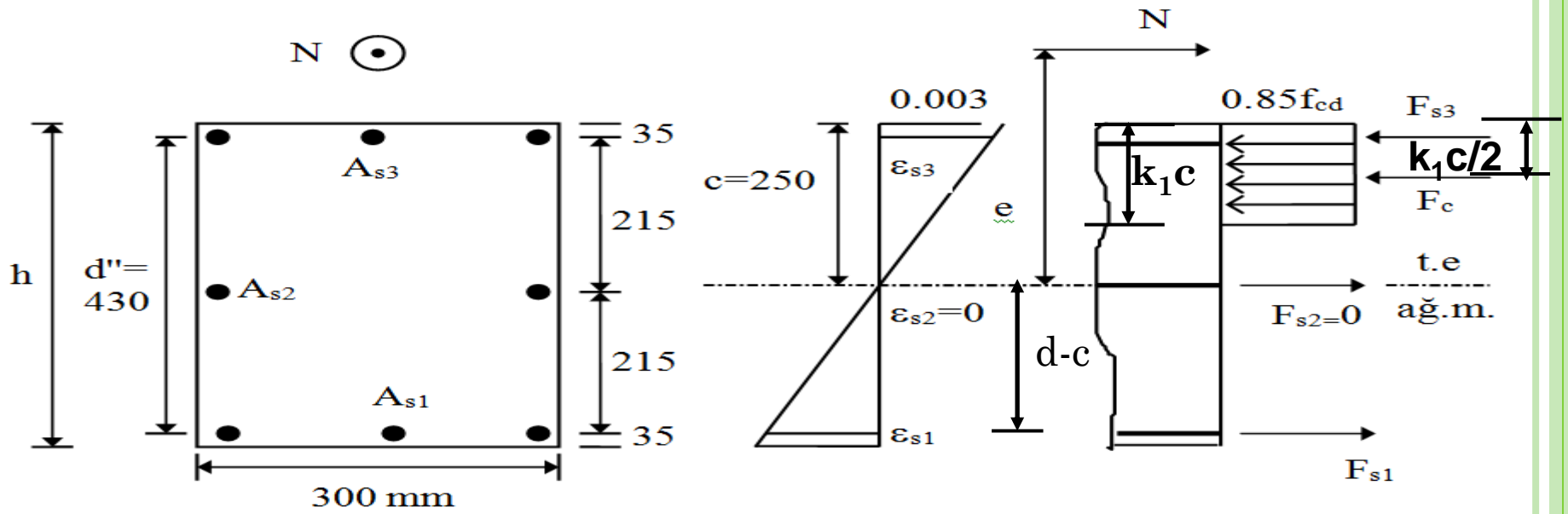
$F_{s3} = -F_{s1} = 365 * 600 * 10^{-3} = 219 \text{ kN}$ ,  $F_{s2} = 0$

d)  $F_c = 0.85f_{cd} k_1 c b = 0.85 * 17 * 212 * 300 * 10^{-3} = 921 \text{ kN}$

e)  $\Sigma F = 921 + 219 - 219 - 500 = 421 \text{ kN}$

sonuç (+),  $c < 250$  mm olmalıdır.





a)  $c=150 \text{ mm}$  ,  $k_1 c=127.5 \text{ mm}$

b)  $\epsilon_{s3} > \epsilon_{sy}$  ,  $\epsilon_{s2} > \epsilon_{sy}$  ,  $\epsilon_{s1} > \epsilon_{sy}$

c)  $\sigma_{s3} = -\sigma_{s2} = -\sigma_{s1} = 365 \text{ N/mm}^2$

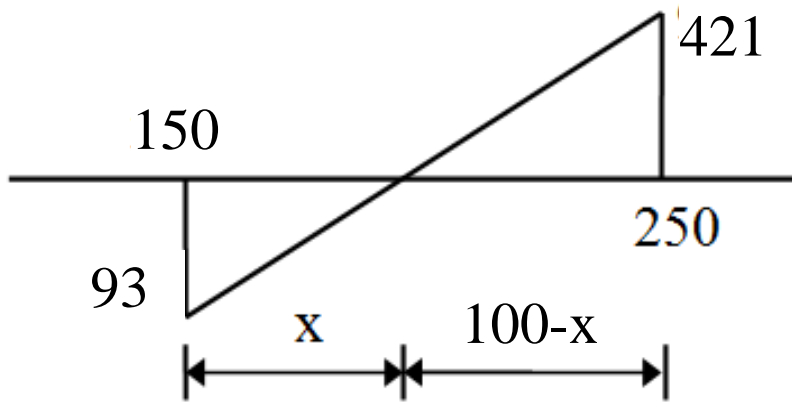
$F_{s3} = -F_{s1} = 219 \text{ kN}$        $F_{s2} = -146 \text{ kN}$

d)  $F_c = 553 \text{ kN}$

e)  $\Sigma F = 553 + 219 - 146 - 219 - 500 = -93 \text{ kN}$

$c > 150 \text{ mm}$  olmalıdır. 150 ile 250 arasında doğrusal oranlama ile ;





$$\frac{93}{x} = \frac{421}{100-x} \quad x=18.1 \text{ mm}$$

$$c=150+18.1=168.1 \quad k_1c=142.9 \text{ mm}$$

$$F_{s3}=-F_{s1}=219 \text{ kN}, F_{s2}=-117 \text{ kN}, F_c=619 \text{ kN}$$

$$e) \Sigma F=619+219-117-219-500=2 \text{ kN} \cong 0 \text{ kabul edilir.}$$

$$M_r=619\left(250-\frac{142.9}{2}\right)+215(219+219)=204767 \text{ kNmm}=204.8 \text{ kNm}$$



## Dikdörtgen Olmayan Kesitler:

Taşıma gücü, dikdörtgen kesitler için izlenen yöntemle hesaplanır. Bu durumda tek fark beton basınç bileşkesinin ve bileşkenin ağırlık merkezine göre momentinin hesabında görülür.

$$F_c = 0.85 f_{cd} A_{cc}$$

$$M = F_c (x_p - \bar{X})$$

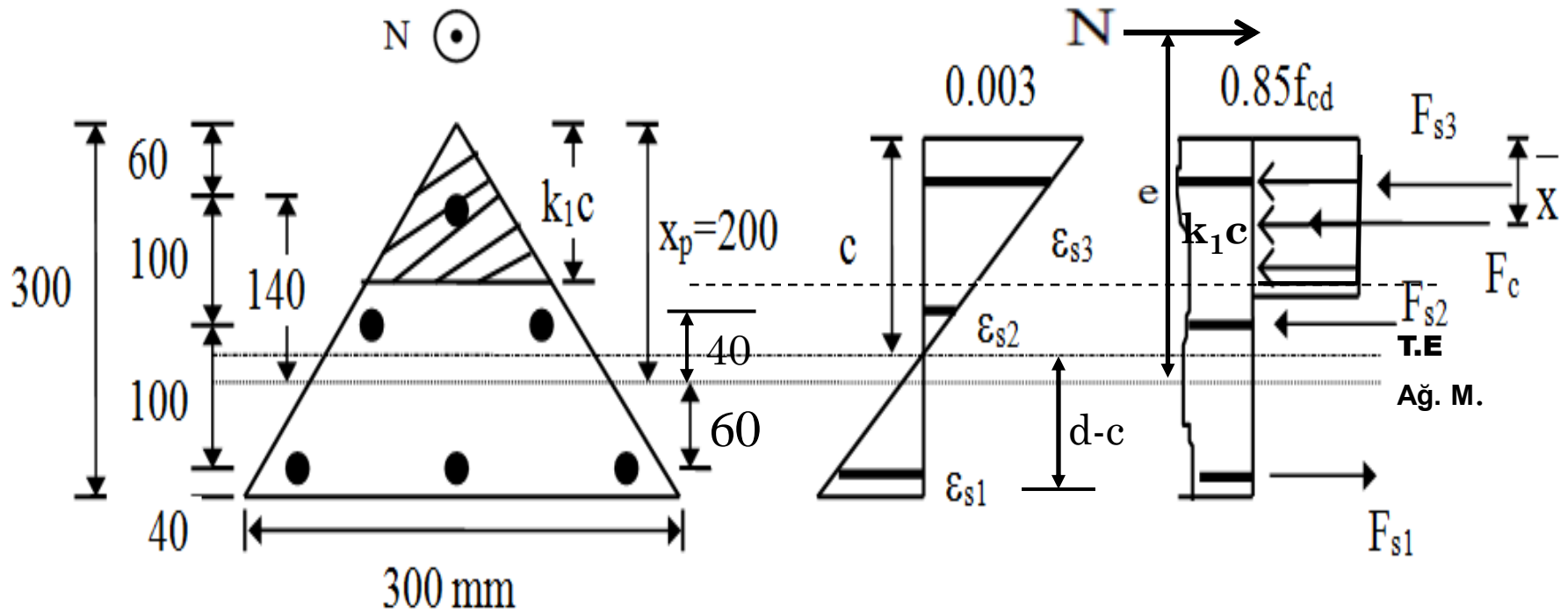


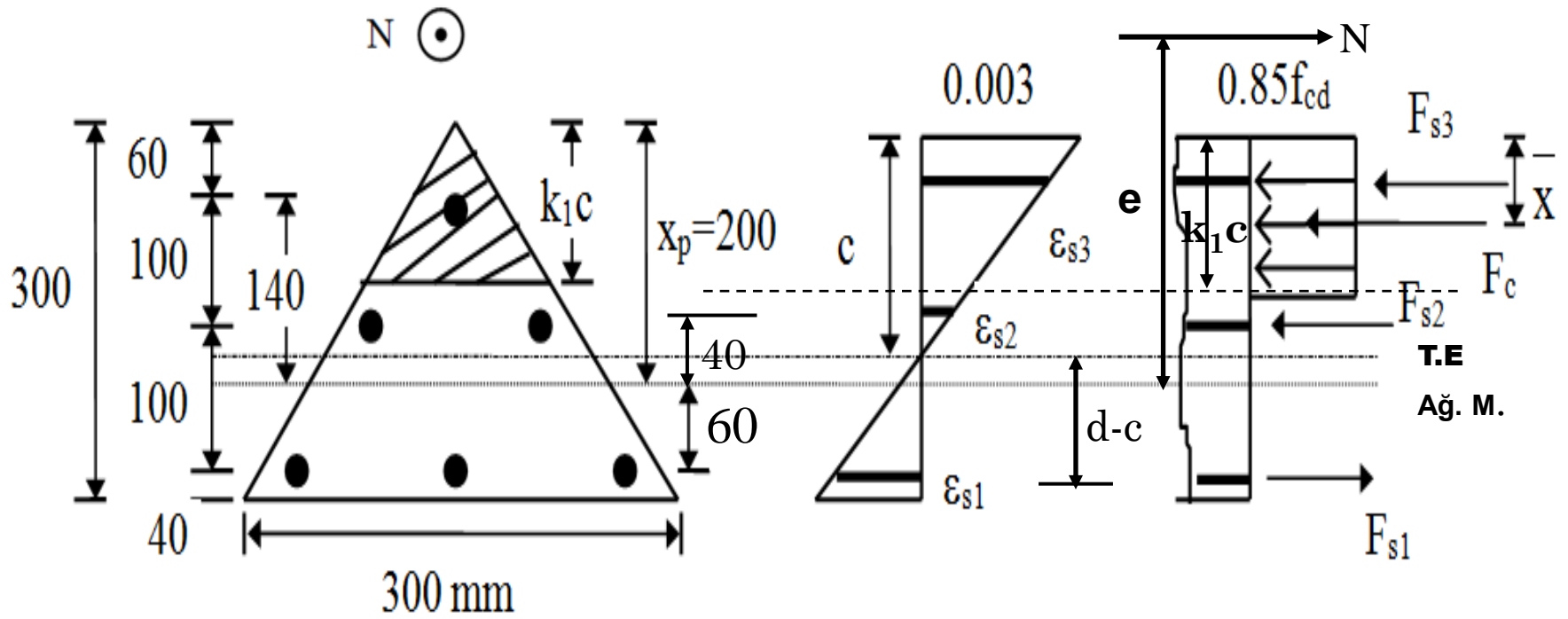
## Örnek:

Bilinenler: Üçgen kesit, malzeme C20, S420,  $N_d=100$  kN,  $A_{s1}=9.4$  cm<sup>2</sup>,

$A_{s2}=6.3$  cm<sup>2</sup>,  $A_{s3}=3.1$  cm<sup>2</sup>

İstenen:  $M_r=?$





**Çözüm:**

a) Tarafsız eksen derinliği  $c=160$  mm ,  $k_1c=136$  mm

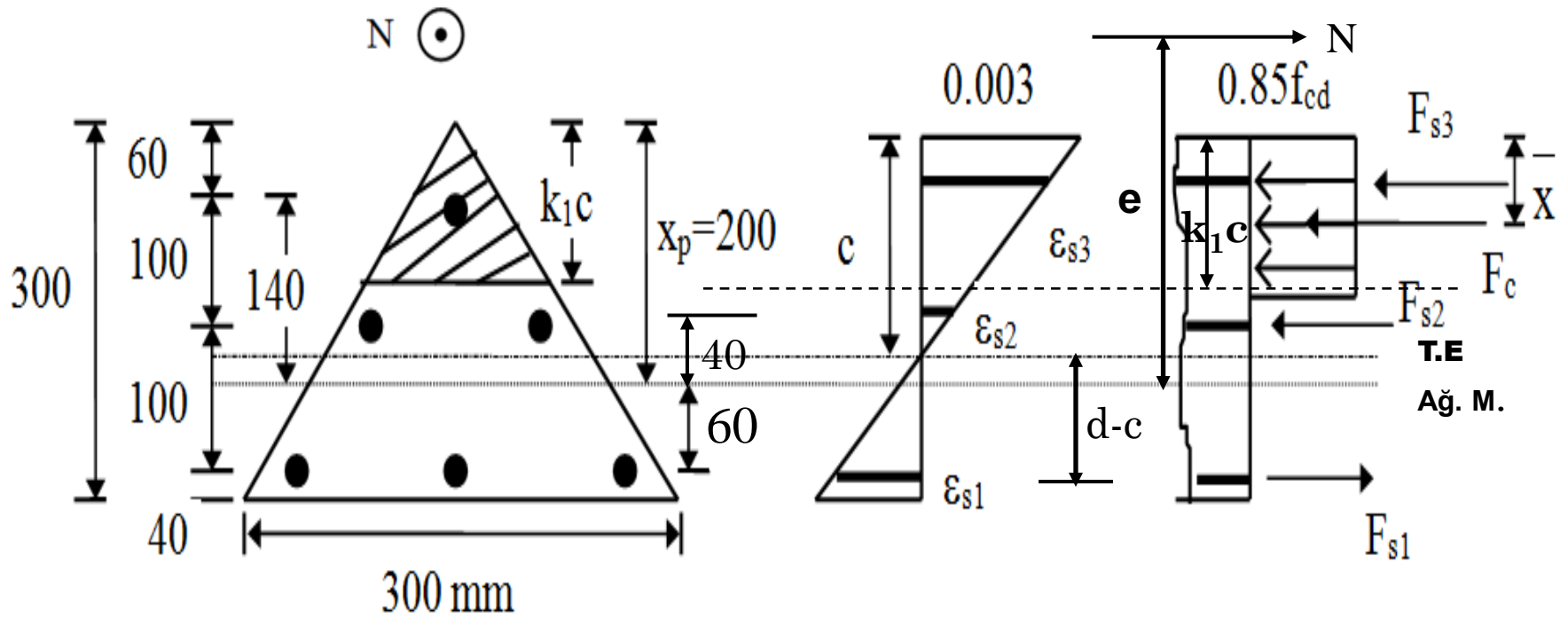
b)  $\epsilon_{sy}=0.001825$

$$\epsilon_{s1}=-0.00187 > \epsilon_{sy} , \epsilon_{s2}=0 , \epsilon_{s3}=0.00187 > \epsilon_{sy}$$

c)  $\sigma_{s3}=-\sigma_{s1}=365$  N/mm<sup>2</sup> ,  $\sigma_{s2}=0$

$$F_{s1}=940 \cdot (-365) \cdot 10^{-3} = -343 \text{ kN} , F_{s2}=0 , F_{s3}=310 \cdot 365 \cdot 10^{-3} = 113 \text{ kN}$$





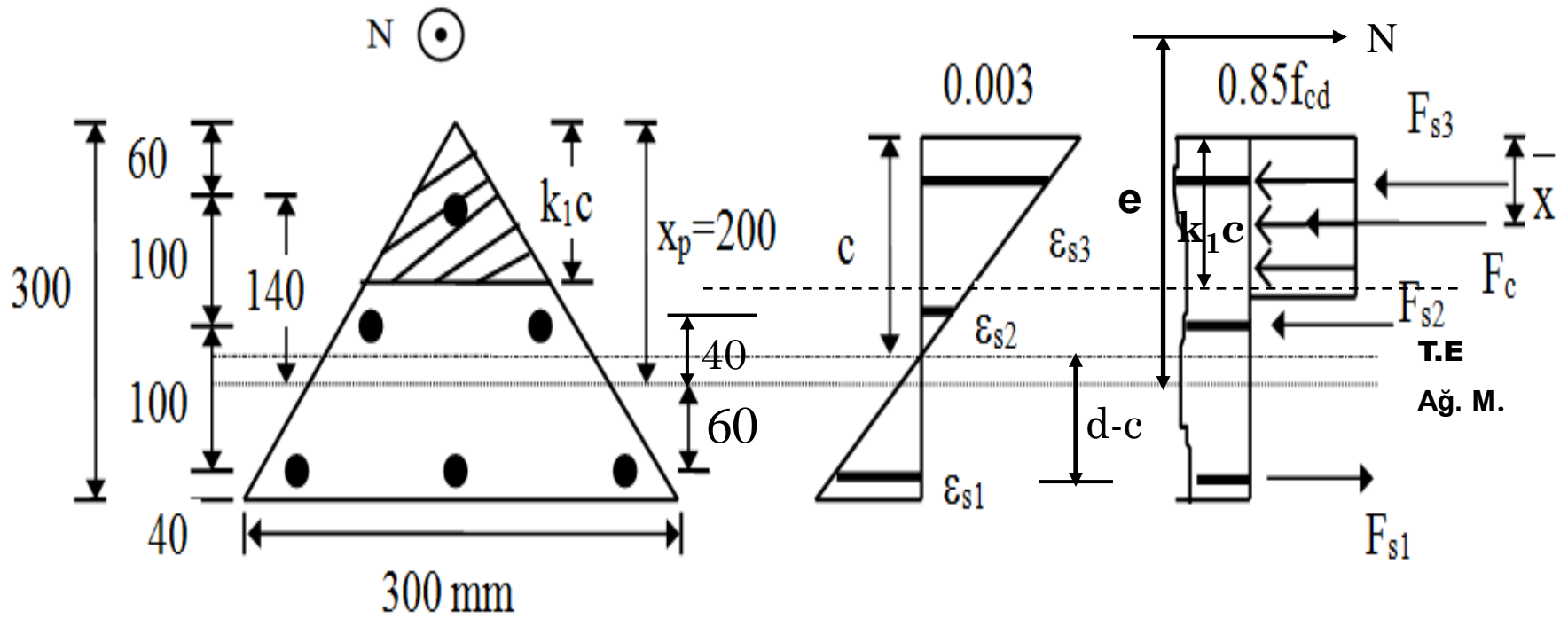
$$d) A_{cc} = \frac{1}{2} (k_1 c)^2 = 136^2 / 2 = 9248 \text{ mm}^2$$

$$F_c = 0.85 f_{cd} A_{cc} = 11.05 * 9248 * 10^{-3} = 102 \text{ kN}$$

$$e) \Sigma F = 102 + 113 - 343 - 100 = -228 \text{ kN}$$

$c > 160$  mm olmalıdır.





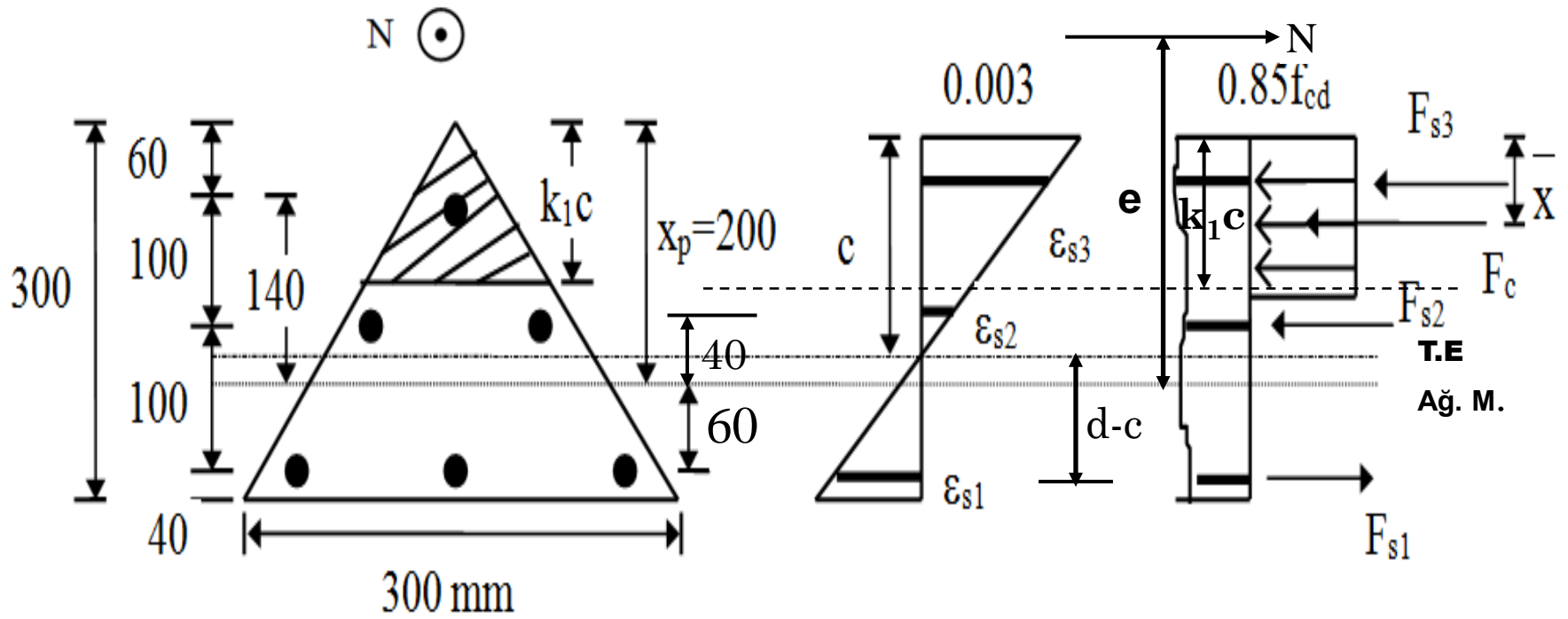
a)  $c = 200$  mm     $k_1 c = 170$  mm

b)  $\epsilon_{s1} = -9 \cdot 10^{-4}$  ,  $\epsilon_{s2} = 6 \cdot 10^{-4}$  ,  $\epsilon_{s3} > \epsilon_{sy}$

c)  $\sigma_{s1} = -180$  N/mm<sup>2</sup> ,  $\sigma_{s2} = 120$  N/mm<sup>2</sup> ,  $\sigma_{s3} = 365$  N/mm<sup>2</sup>

$F_{s1} = -170$  kN ,  $F_{s2} = 75$  kN ,  $F_{s3} = 115$  kN





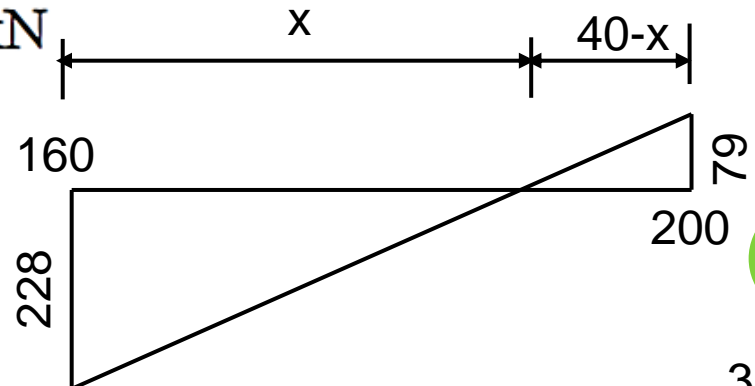
d)  $F_c = 0.85 f_{cd} A_{cc}$  ,  $A_{cc} = 170^2 / 2 = 14450 \text{ mm}^2$

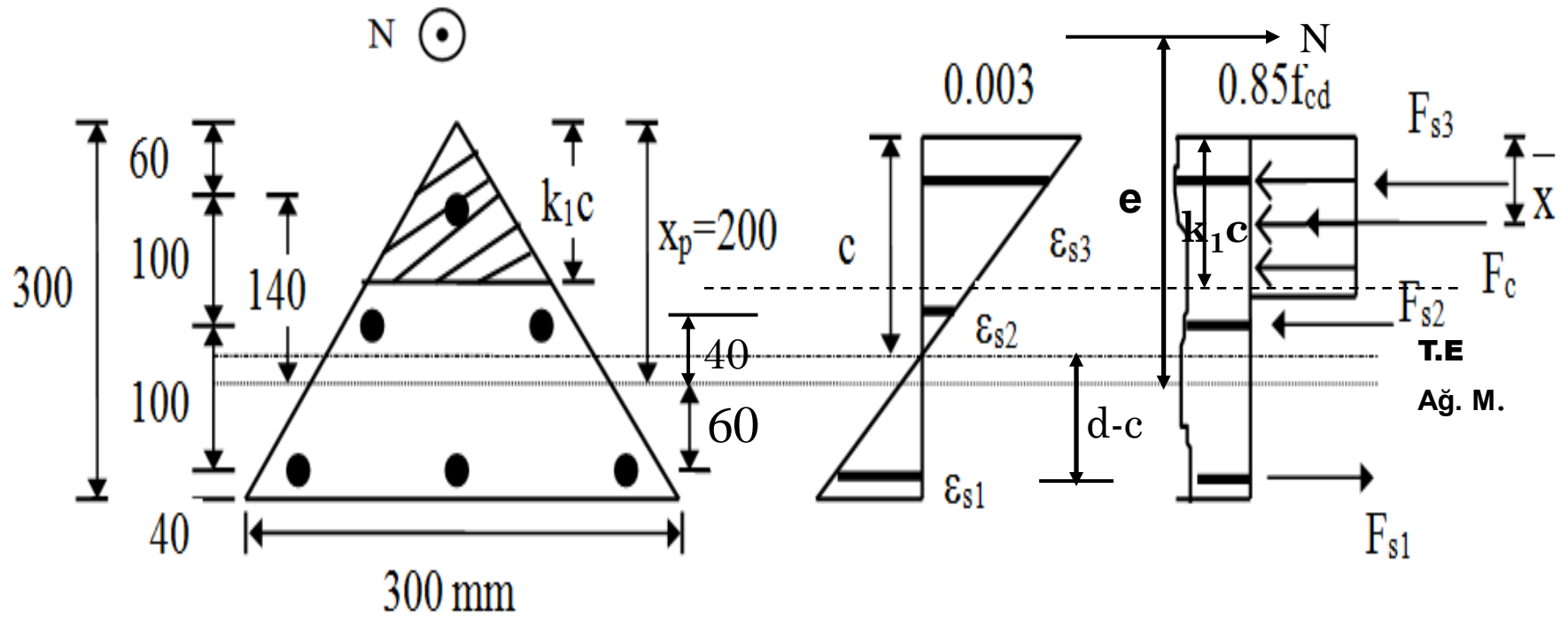
$F_c = 159 \text{ kN}$

e)  $\Sigma F = 159 + 115 + 75 - 170 - 100 = 79 \text{ kN}$

Doğrusal enterpolasyon ile;

$$x = \frac{40}{79 + 228} 228 = 30 \text{ mm}$$





a)  $c = 160 + x = 190$  mm     $k_1c = 161$  mm

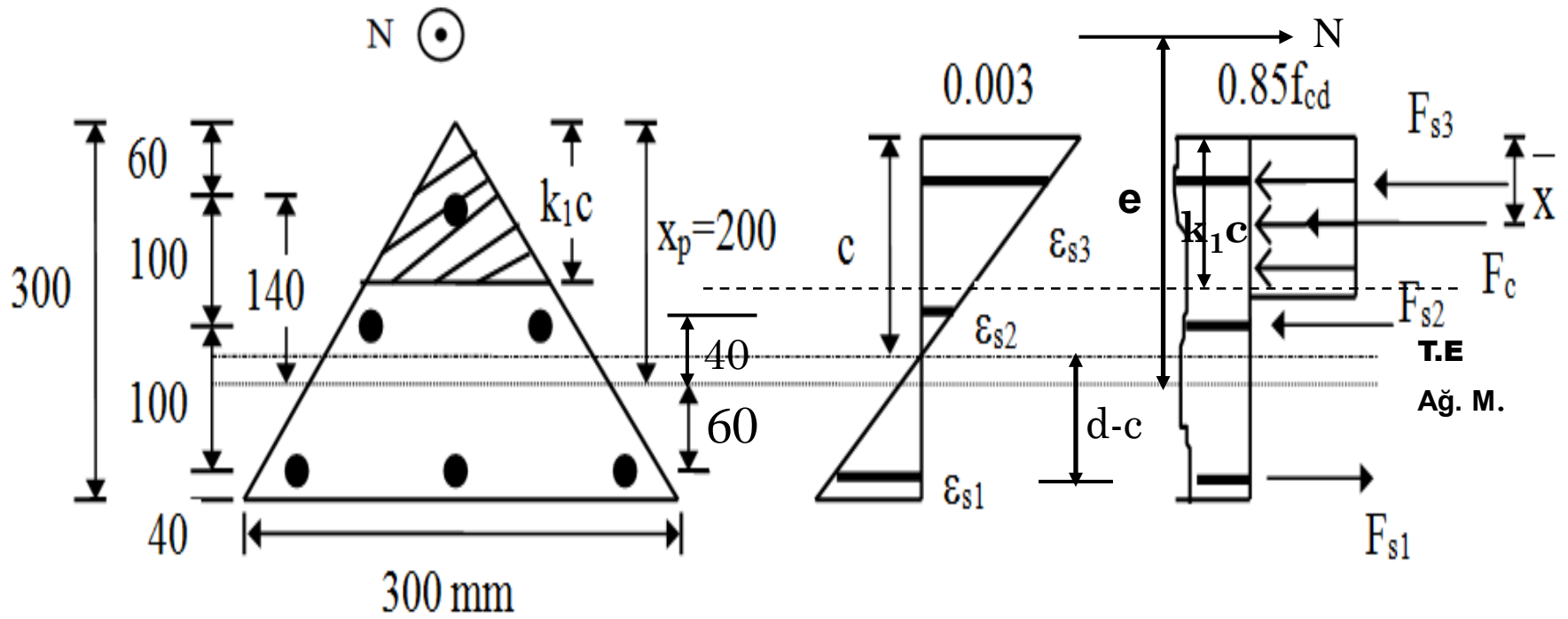
b)  $\epsilon_{s1} = -1.12 \cdot 10^{-3}$  ,  $\epsilon_{s2} = 4.6 \cdot 10^{-4}$  ,  $\epsilon_{s3} > \epsilon_{sy}$

c)  $\sigma_{s1} = -226$  N/mm<sup>2</sup> ,  $\sigma_{s2} = 92$  N/mm<sup>2</sup> ,  $\sigma_{s3} = 365$  N/mm<sup>2</sup>

$F_{s1} = -212$  kN ,  $F_{s2} = 58$  kN ,  $F_{s3} = 115$  kN

d)  $A_{cc} = 161^2 / 2 = 12960$  mm<sup>2</sup> ,  $F_c = 11.05 \cdot 12960 \cdot 10^{-3} = 143$  kN





e)  $\Sigma F = 143 + 115 + 58 - 212 - 100 = 4 \text{ kN} \cong 0$  kabul edilir.

f)  $M_r = F_c (x_p - \bar{x}) + F_{s1} (-60) + F_{s2} (40) + F_{s3} (140)$

$$x_p = 200 \text{ mm}, \bar{x} = \frac{2}{3} k_1 c = 107 \text{ mm}, (x_p - \bar{x}) = 93 \text{ mm}$$

$$M_r = 143 * 93 - 212 * (-60) + 58 * 40 + 115 * 140 = 44439 \text{ kN mm} = 44.4 \text{ kN m}$$

## Örnek:

Bir önceki kesit, burada ara donatısız ( $A_{s2}=0$ ).

$M_r=?$

## Çözüm:

Ara donatı olmadığından kapalı çözüm yapılabilir.

$$A_{s1}=9.4 \text{ cm}^2, A_{s2}=0, A_{s3}=3.1 \text{ cm}^2$$

$N_d=100 \text{ kN}$  yük düzeyinin hangi tür kırılmaya neden olacağı saptanmalıdır.

Bunu belirlemek için dengeli  $N_b$  değeri hesaplanmalıdır.

$$c_b = \frac{0.003}{0.003 + \varepsilon_{sy}} d = \frac{0.003}{0.00483} 260 = 161.5 \text{ mm}$$

$$k_1 c_b = 137 \text{ mm}$$



$$\varepsilon_{s3} = 0.003 \frac{161.5 - 60}{161.5} = 0.00188 > \varepsilon_{sy}$$

$$\sigma_{s3} = -\sigma_{s1} = f_{yd}$$

$$N_b = 0.85 f_{cd} \frac{(k_1 c_b)^2}{2} + A_{s3} f_{yd} + A_{s1} f_{yd}$$

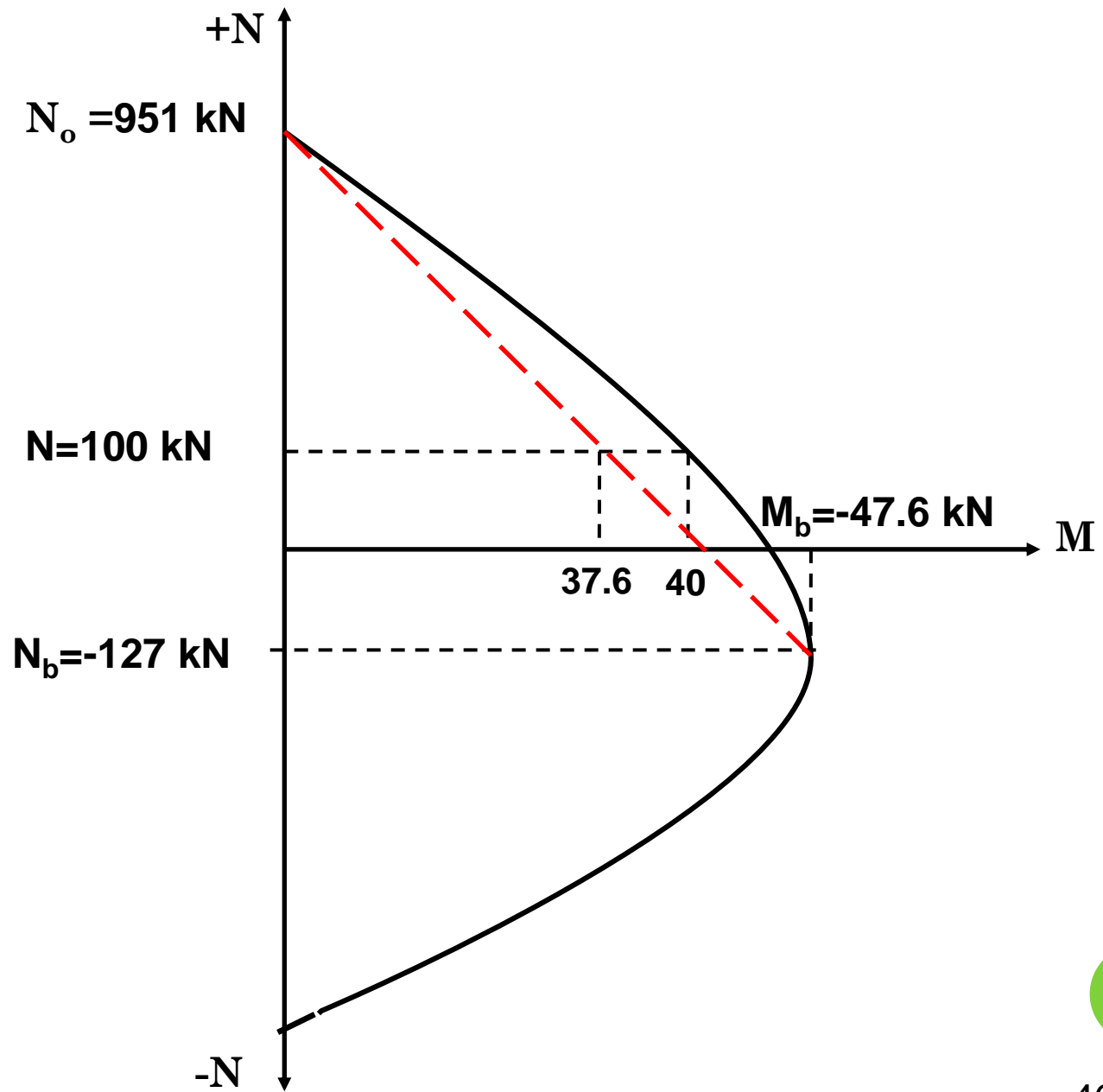
$$N_b = (0.85 \cdot 13 \frac{137^2}{2} + 310 \cdot 365 + 940 \cdot (-365)) \cdot 10^{-3} = -127 \text{ kN}$$

Dengeli yükün işareti (-) olduğu için çekmedir.

$N > N_b$  ( $100 \text{ kN} > -127 \text{ kN}$ ), Basınç kırılması oluşur.

Basınç kırılması:  $\varepsilon_{s3} > \varepsilon_{sy}$ ,  $\sigma_{s3} = f_{yd}$ ,  $\varepsilon_{s1} = ?$







Çözüm için genel denklemlerden yararlanır.

$$N=0.85 f_{cd} A_{cc} + \sum_{i=1}^n A_{si} \sigma_{si}$$

$$M=0.85 f_{cd} A_{cc} (x_p - \bar{x}) + \sum_{i=1}^n A_{si} \sigma_{si} x_i$$

$$\sigma_{si} = 0.003 E_s \left(1 + \frac{x_i - x_p}{c}\right) \leq f_{yd}$$

$$A_{cc} = \frac{(k_1 c)^2}{2}, x_p = \frac{2}{3} * 300 = 200 \text{ mm}, \bar{x} = \frac{2}{3} k_1 c, x_1 = -60 \text{ mm}$$

$$\sigma_{s3} = f_{yd}, \sigma_{s1} = 600 \left(1 + \frac{-60 - 200}{c}\right) = 600 \left(\frac{c - 260}{c}\right) \leq f_{yd}$$

$$N = 100 * 10^3 = 11 * \frac{(0.85 c)^2}{2} + 940 * 600 \left(\frac{c - 260}{c}\right) + 310 * 365$$



$$\sigma_{s3} = f_{yd}, \quad \sigma_{s1} = 600 \left( 1 + \frac{-60 - 200}{c} \right) = 600 \left( \frac{c - 260}{c} \right) \leq f_{yd}$$

$$N = 100 * 10^3 = 11 * \frac{(0.85c)^2}{2} + 940 * 600 \left( \frac{c - 260}{c} \right) + 310 * 365$$

$$3.9918 c^3 + 577150 c - 146640000 = 0$$

$$c = 199.31 \text{ mm}$$

$$\sigma_{s1} = 600 \frac{199 - 260}{199} = -184 \text{ MPa}$$

Cubic Equation Calculator

$ax^3 + bx^2 + cx + d = 0$

a =

b =

c =

d =

Clear
Calculate

Answer:

Solutions for x:

$x_1 = 199.31305$

$x_2 = -99.65653 + i * 417.58612$

$x_3 = -99.65653 - i * 417.58612$



$c=199 \text{ mm}$ ,  $k_1c=169 \text{ mm}$ ,  $\sigma_{s1}=-184 \text{ N/mm}^2 < f_{yd}$  çözüm geçerlidir.

$$A_{cc}=14300 \text{ mm}^2, \bar{x}=2/3*169=113 \text{ mm}$$

$$M=11*14300(200-113)+940(-184)(-60)+310*365*140=40*10^6 \text{ N mm}$$

$$M=40 \text{ kN m}$$

Yaklaşık yöntemle çözüm:

$$N_b=-127 \text{ kN ve } k_1c_b=137 \text{ mm}$$

$$M_b=F_c(200-\frac{2}{3}k_1c_b)+F_{s3}*140+F_{s1}*60$$

$$M_b=103(200-\frac{2}{3}*137)+113*140+343*60=47592 \text{ kN mm}$$

$$M_b=47.6 \text{ kN m}$$



$$e_b = -375 \text{ mm}$$

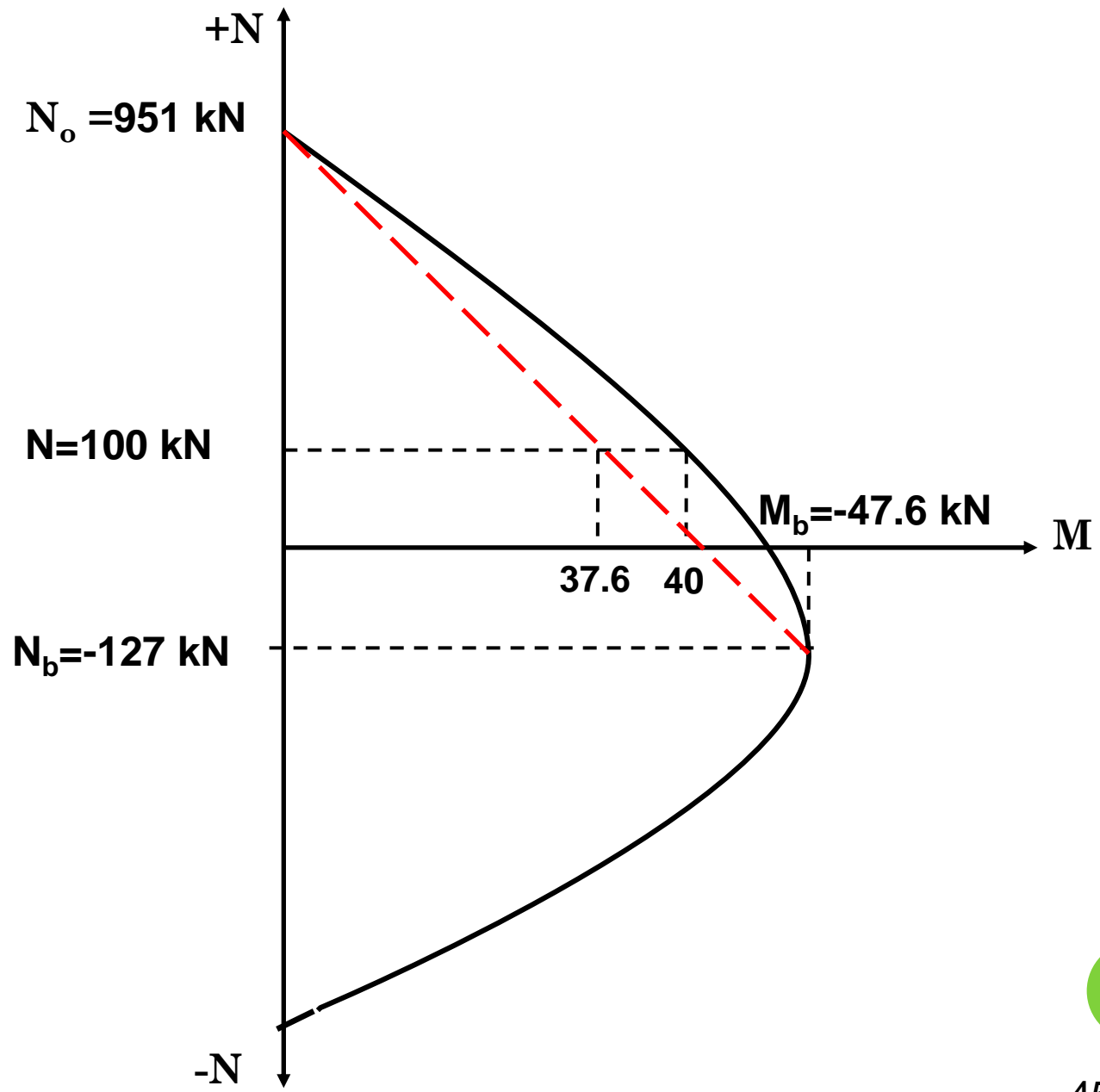
$$N_o = 0.85 f_{cd} A_c + A_{st} f_{yd}$$

$$N_o = 0.85 * 13 * (1/2) * 300^2 + 1250 * 365 = 951250 \text{ N} = 951 \text{ kN}$$

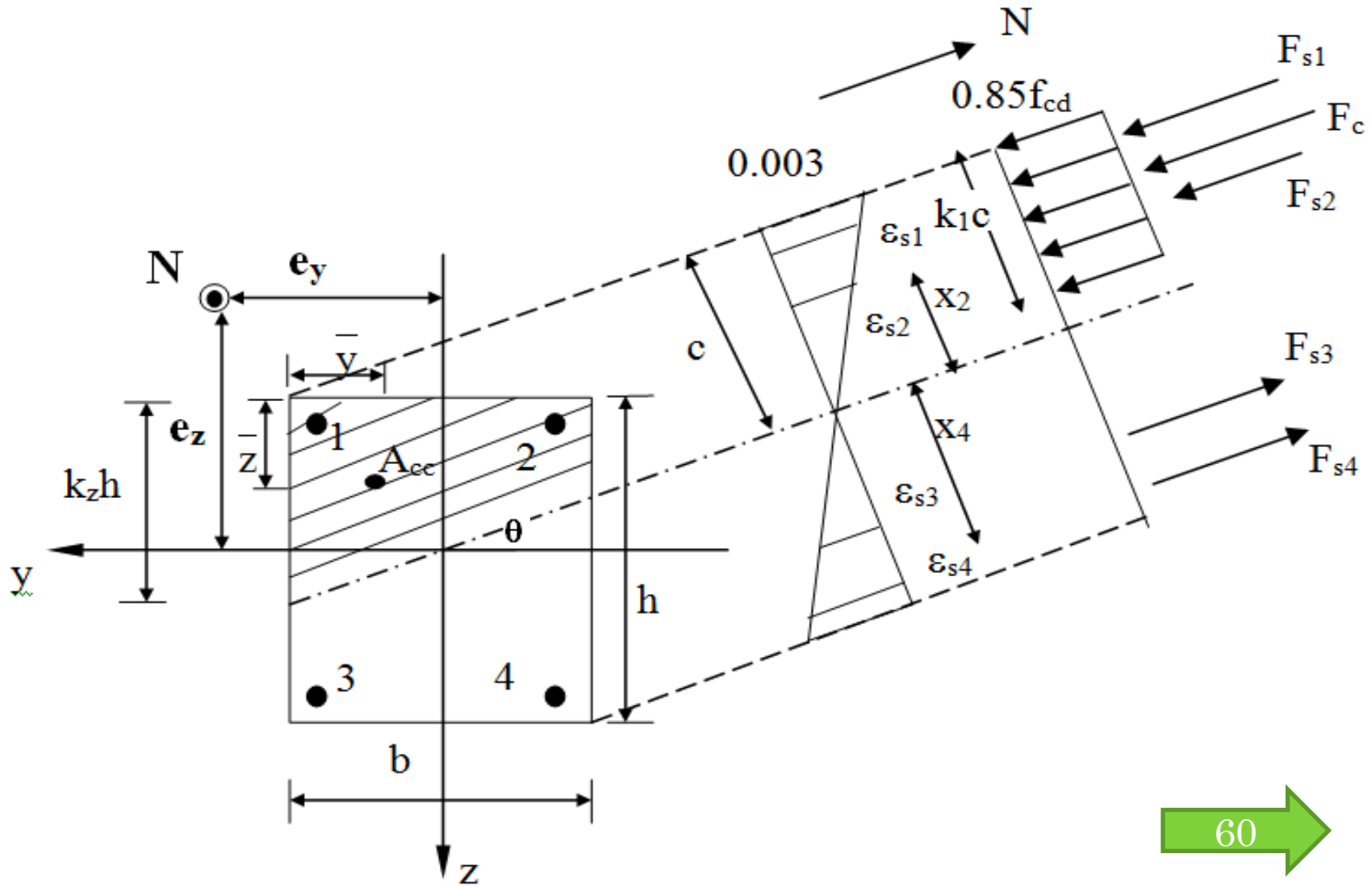
$$N = N_o - \frac{M}{M_b} (N_o - N_b), \quad 100 = 951 - \frac{M}{47.6} (951 - (-127))$$

$$M = 37.58 \text{ kN m}$$





# EĞİK EĞİLME ve EKSENEL BASINÇ TAŞIYAN ELEMANLARIN TAŞIMA GÜCÜ



60

$$N = F_c + \sum F_{si}$$

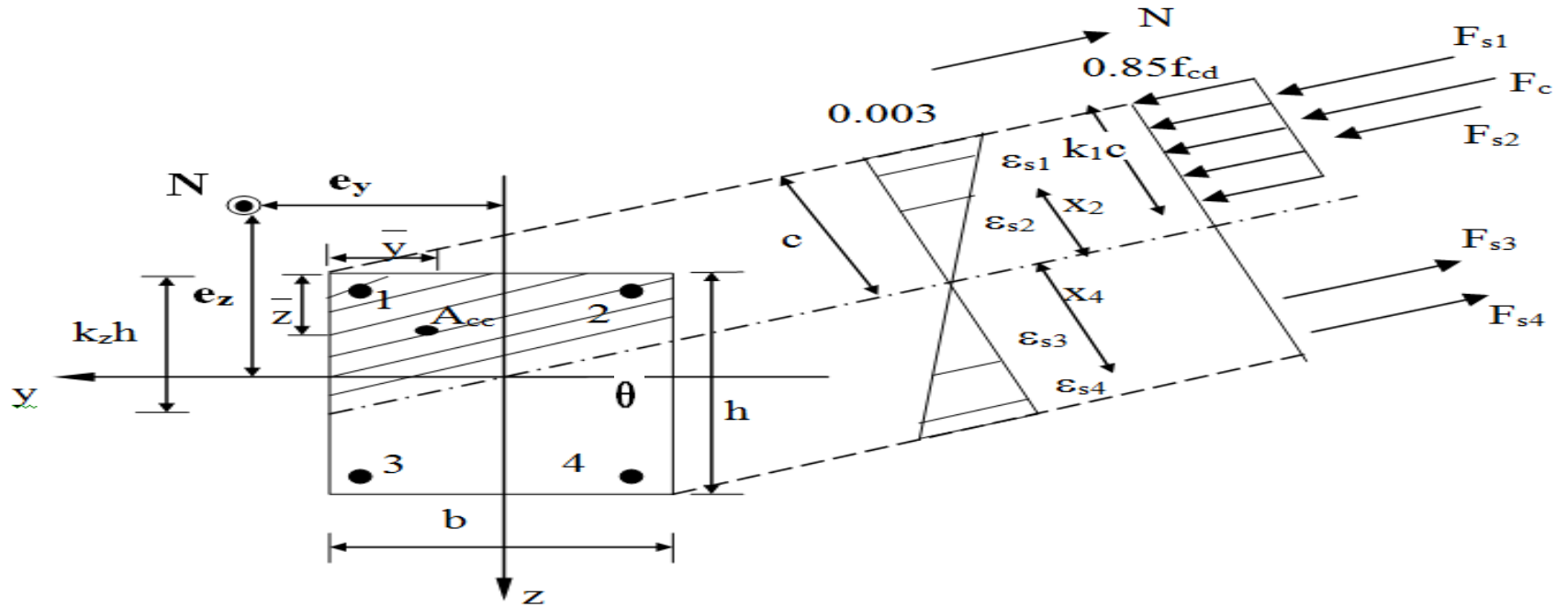
$$M_y = N e_z = F_c \left( \frac{h}{2} - \bar{z} \right) + (F_{s1} + F_{s2}) \left( \frac{h}{2} - d' \right) + (F_{s3} + F_{s4}) \left( \frac{h}{2} - d' \right)$$

$$M_z = N e_y = F_c \left( \frac{b}{2} - \bar{y} \right) + (F_{s1} + F_{s4}) \left( \frac{b}{2} - d' \right) - (F_{s2} + F_{s3}) \left( \frac{b}{2} - d' \right)$$

$$\varepsilon_{si} = 0.003 \frac{x_j}{c}, \quad c = (k_z h) \cos \theta$$

$x_j$  : Donatıların tarafsız eksenden mesafeleri





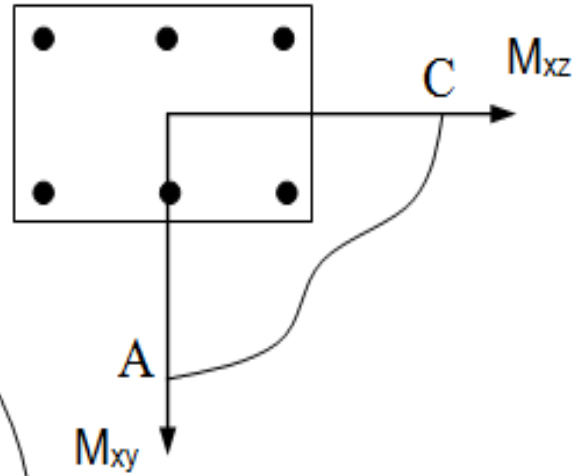
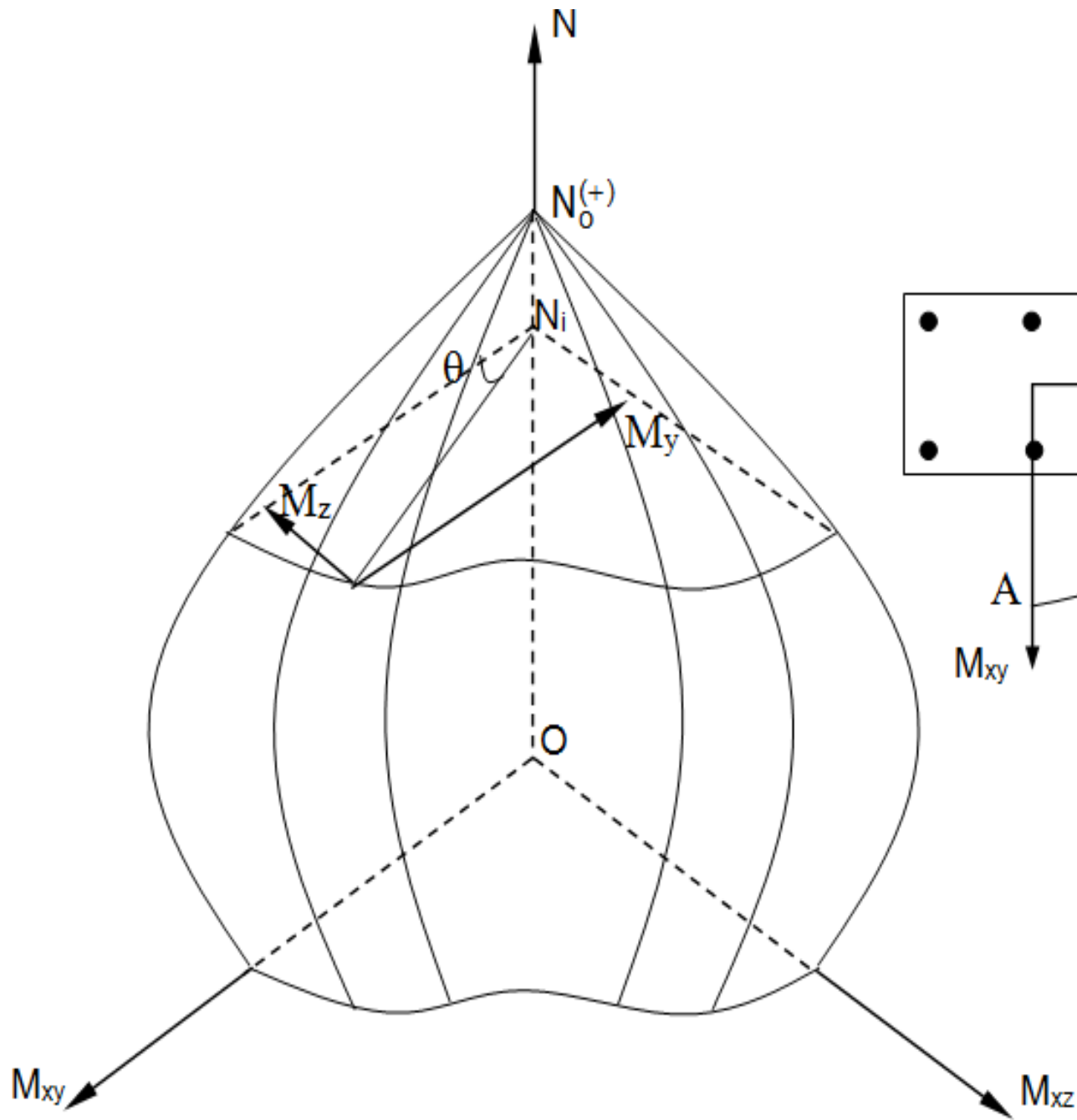
Şekilde görülen kolon kesiti, aksenal yük ve iki dik yönde eğilme momenti etkisi altındadır. Bu kolonun taşıma gücü, taşıma gücü yönteminde temel alınan varsayımlar yardımıyla bulunabilir. Yazılacak iki denge denkleminde bulunması en güç olan, beton basınç bileşkesi ve bileşkenin kesit ağırlık merkezinden olan uzaklığıdır. Tarafsız eksenin yeri  $k_z h$  ve  $\theta$  olmak üzere iki değişkene bağlıdır.





Özetlenen yöntem kullanılarak, varsayılan  $c$  değerleri için istenilen sayıda  $N$ ,  $M_y$  ve  $M_z$  değerleri elde edilir. Bu değerler dik eksenini  $N$ , yatay eksenleri  $M_y$  ve  $M_z$  olan eksen takımına yerleştirilirse noktaların birleştirilmesinden bir yüzey elde edilir. Bu yüzeyi oluşturan noktalar taşıma gücünü simgelediğinden, elde edilen yüzey bir dayanım zarfı olur.





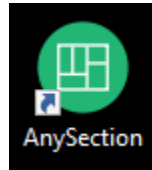
Genel çözüm ancak deneme yanılma yöntemi ile mümkündür. Önce tarafsız eksenin yeri ile ilgili varsayım yapılır ve denge sağlanıncaya kadar  $c$  değiştirilir. Tarafsız eksenin yeri  $k_z$  ve  $\theta$  parametrelerine bağlı olduğundan çözüm uzun ve külfetlidir.



# AnySection : Software for the analysis of arbitrary composite sections in biaxial bending and axial load

November 2019

Vassilis K. Papanikolaou



[https://www.researchgate.net/publication/309313622\\_AnySection\\_Software\\_for\\_the\\_analysis\\_of\\_arbitrary\\_composite\\_sections\\_in\\_biaxial\\_bending\\_and\\_axial\\_load](https://www.researchgate.net/publication/309313622_AnySection_Software_for_the_analysis_of_arbitrary_composite_sections_in_biaxial_bending_and_axial_load)

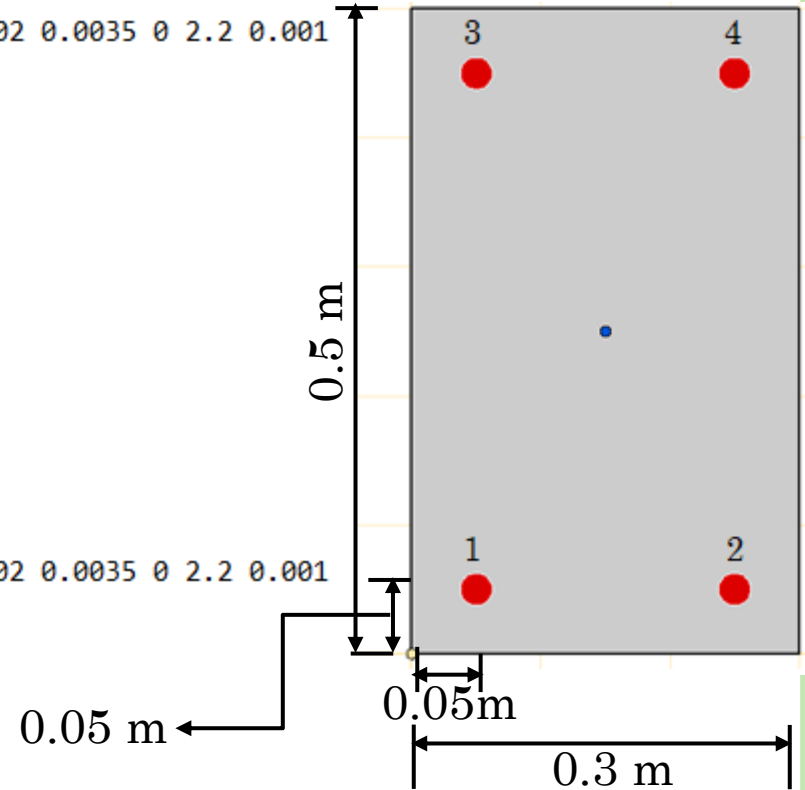
The screenshot displays the AnySection software interface. On the left, a gray rectangular section is shown on a yellow grid. Four red dots are placed at the corners, labeled 1 (bottom-left), 2 (bottom-right), 3 (top-left), and 4 (top-right). A blue dot is located at the center of the rectangle. A small yellow dot is at the bottom-left corner of the grid. On the right, the software's properties panel is visible, showing the following data:

- Linearization sweeps : 3 (dropdown),  Auto
- Properties**
- C (0.1500,0.2500)
- P (0.1500,0.2500)
- A = 1500.00 cm<sup>2</sup>
- I<sub>x</sub> = 312500.00 cm<sup>4</sup>
- I<sub>y</sub> = 112500.00 cm<sup>4</sup>
- N<sub>max</sub> = 981.75 kN
- N<sub>min</sub> = -3746.13 kN
- M<sub>x,skew</sub> = 0.000000 kNm/kN
- M<sub>y,skew</sub> = 0.000000 kNm/kN
- N<sub>p</sub> = 0.00 kN
- M<sub>p</sub> = 0.00 kNm
- Report results at:
  - Plastic center (blue)
  - Geometric center (green)
  - Drawing origin (yellow)
  - Custom
- ( 0 , 0 )
- Apply C-Restriction
- Apply AutoOrigin®
- + conc
- + reinf
- reinf\_holes
- Copy material to clipboard

```
area
  label conc
  material concrete_paraboliclineargeneral 30000 20 0.002 0.0035 0 2.2 0.001
  section rectangular 0.3 0.5
end area

fibergroup
  label reinf
  material steel_bilinear 200000 500 1.0 1.0 0.02
  bar 0.05 0.05 d25
  bar 0.25 0.05 d25
  bar 0.05 0.45 d25
  bar 0.25 0.45 d25
end fibergroup

fibergroup
  label reinf_holes
  material concrete_paraboliclineargeneral 30000 20 0.002 0.0035 0 2.2 0.001
  open
  bar 0.05 0.05 d25
  bar 0.25 0.05 d25
  bar 0.05 0.45 d25
  bar 0.25 0.45 d25
end fibergroup
```





Section 2D 3D

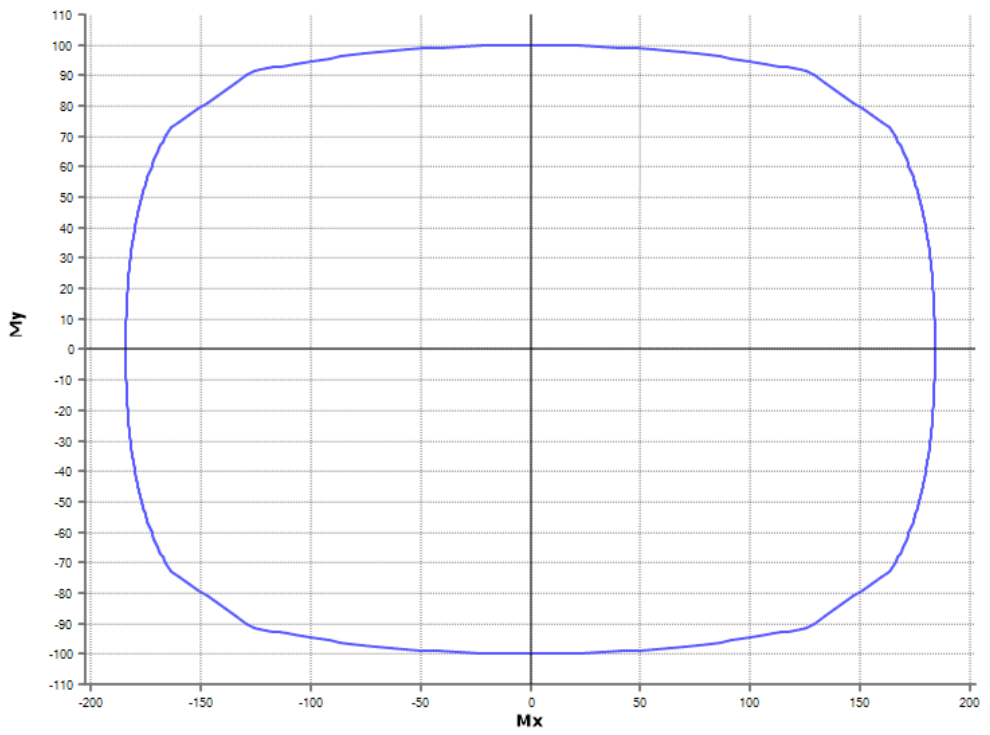
N  
100

- 2D Plot option
- Const d and  $\theta$
  - d-N for const  $\theta$
  - N-M for const  $\alpha$
  - M-M for const N and  $\theta$
  - M-M for const N and  $\alpha$
  - M -  $\phi$   Bilinearize
  - Benchmark  Random

Calculate ⚡

N	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	d	$\theta$	$\alpha$	Evals
100.00	-183.78	0.000	0.188	0.00	180.00	10
100.00	-183.73	-2.418	0.188	1.00	180.75	10
100.00	-183.67	-4.824	0.188	2.00	181.50	5
100.00	-183.66	-7.167	0.188	3.00	182.23	5
100.00	-183.59	-9.282	0.187	4.00	182.89	5
100.00	-183.51	-11.29	0.186	5.00	183.52	5
100.00	-183.43	-13.20	0.185	6.00	184.12	5
100.00	-183.33	-15.04	0.185	7.00	184.69	5
100.00	-183.22	-16.80	0.184	8.00	185.24	5
100.00	-183.11	-18.48	0.182	9.00	185.76	5
100.00	-182.90	-20.10	0.181	10.00	186.27	6
100.00	-182.74	-21.72	0.180	11.00	186.78	5
100.00	-182.57	-23.29	0.179	12.00	187.27	6
100.00	-182.39	-24.80	0.178	13.00	187.74	6
100.00	-182.20	-26.27	0.176	14.00	188.20	6
100.00	-182.00	-27.69	0.175	15.00	188.65	6
100.00	-181.80	-29.07	0.174	16.00	189.08	6
100.00	-181.58	-30.41	0.172	17.00	189.51	6
100.00	-181.36	-31.71	0.171	18.00	189.92	6
100.00	-181.13	-32.98	0.169	19.00	190.32	6
100.00	-180.81	-34.21	0.168	20.00	190.72	5
100.00	-180.59	-35.41	0.166	21.00	191.10	5
100.00	-180.37	-36.58	0.164	22.00	191.47	5
100.00	-180.12	-37.73	0.163	23.00	191.83	5
100.00	-179.87	-38.84	0.161	24.00	192.19	5
100.00	-179.61	-39.93	0.160	25.00	192.54	5
100.00	-179.34	-41.00	0.158	26.00	192.88	5
100.00	-179.07	-42.04	0.156	27.00	193.21	5
100.00	-178.78	-43.05	0.154	28.00	193.54	4
100.00	-178.42	-44.04	0.153	29.00	193.87	4

x Column 2 y Column 3



Calculation time : 22.0 ms - Total integrations : 2058 - Integrations/sec : 93360



**$\alpha$**

2D Plot option

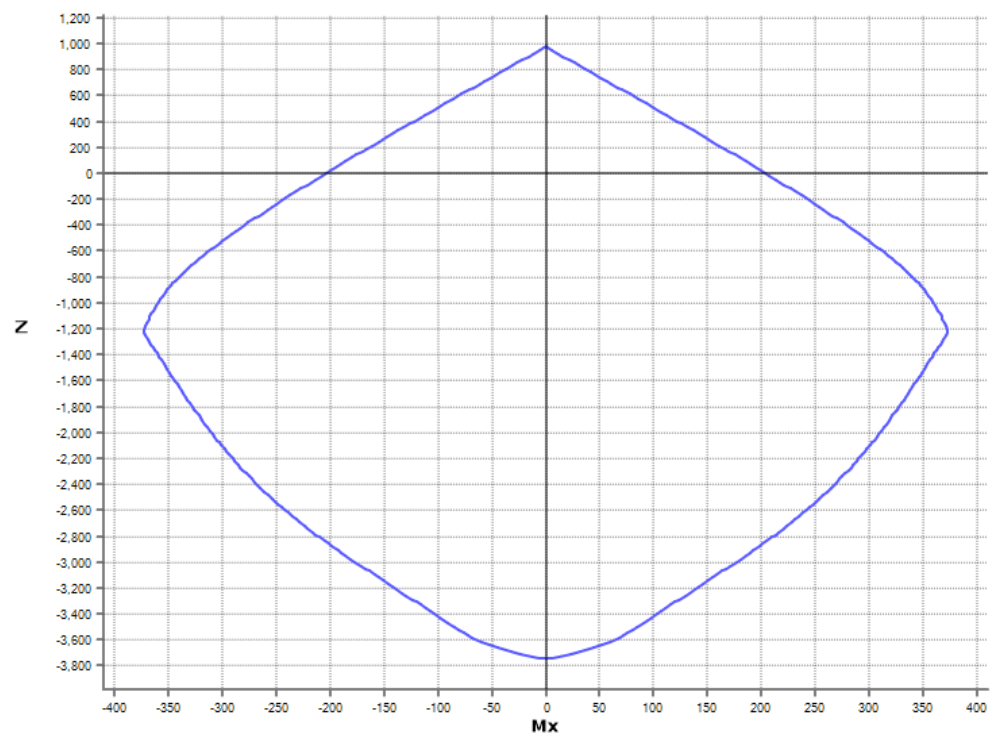
- Const d and  $\theta$
- d-N for const  $\theta$
- N-M for const  $\alpha$
- M-M for const N and  $\theta$
- M-M for const N and  $\alpha$
- M -  $\phi$   Bilinearize
- Benchmark  Random

**Calculate** ⚡

No preloading supported

N	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	d	$\theta$	$\alpha$	Evals
981.75	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0
970.00	2.131	0.000	0.255	180.00	0.00	16
950.00	6.117	0.000	0.252	180.00	0.00	18
920.00	12.06	0.000	0.248	180.00	0.00	14
900.00	16.18	0.000	0.246	180.00	0.00	15
870.00	22.42	0.000	0.243	180.00	0.00	14
850.00	26.61	0.000	0.241	180.00	0.00	14
830.00	30.84	0.000	0.239	180.00	0.00	14
800.00	37.25	0.000	0.236	180.00	0.00	12
780.00	41.49	0.000	0.234	180.00	0.00	12
760.00	45.75	0.000	0.233	180.00	0.00	12
730.00	52.15	0.000	0.230	180.00	0.00	11
710.00	56.43	0.000	0.229	180.00	0.00	11
690.00	60.70	0.000	0.227	180.00	0.00	12
660.00	67.12	0.000	0.225	180.00	0.00	12
640.00	71.35	0.000	0.224	180.00	0.00	10
610.00	77.78	0.000	0.222	180.00	0.00	10
590.00	82.01	0.000	0.220	180.00	0.00	10
570.00	86.26	0.000	0.219	180.00	0.00	10
540.00	92.69	0.000	0.217	180.00	0.00	11
520.00	96.92	0.000	0.216	180.00	0.00	10
500.00	101.19	0.000	0.214	180.00	0.00	9
470.00	107.51	0.000	0.212	180.00	0.00	9
450.00	111.71	0.000	0.211	180.00	0.00	9
430.00	115.89	0.000	0.210	180.00	0.00	8
400.00	122.24	0.000	0.208	180.00	0.00	8
380.00	126.37	0.000	0.207	180.00	0.00	9
350.00	132.60	0.000	0.205	180.00	0.00	9
330.00	136.74	0.000	0.203	180.00	0.00	9
310.00	140.86	0.000	0.202	180.00	0.00	9

x Column  y Column



Calculation time: 21.9 ms - Total integrations: 2884 - Integrations/cap: 131052



Horizontal steps

Vertical steps

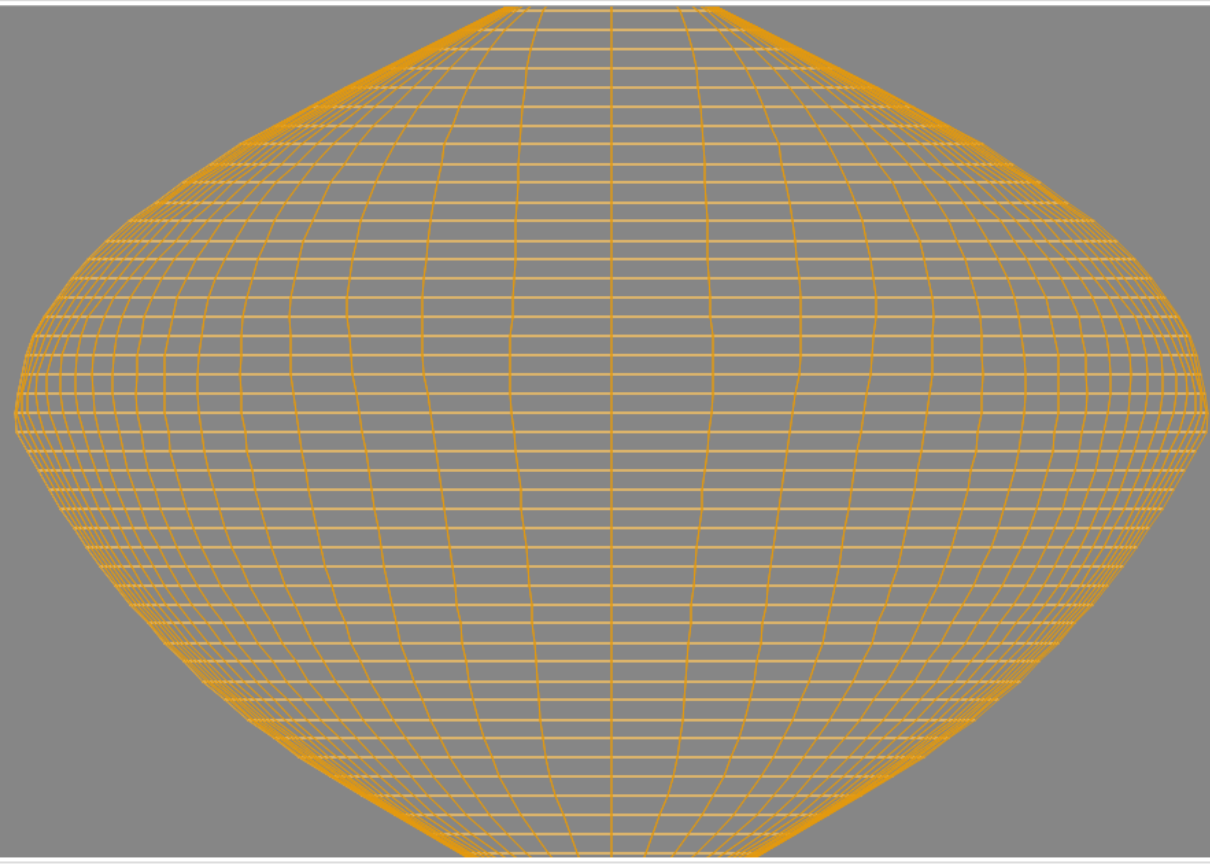
N and  $\theta$  step

**Calculate** ⚡

Volume (MN<sup>3</sup>m<sup>3</sup>)  
**1.620**

DXF N-scale

- Horizontal
- Vertical





Horizontal steps 50

Vertical steps 72

N and  $\theta$  step

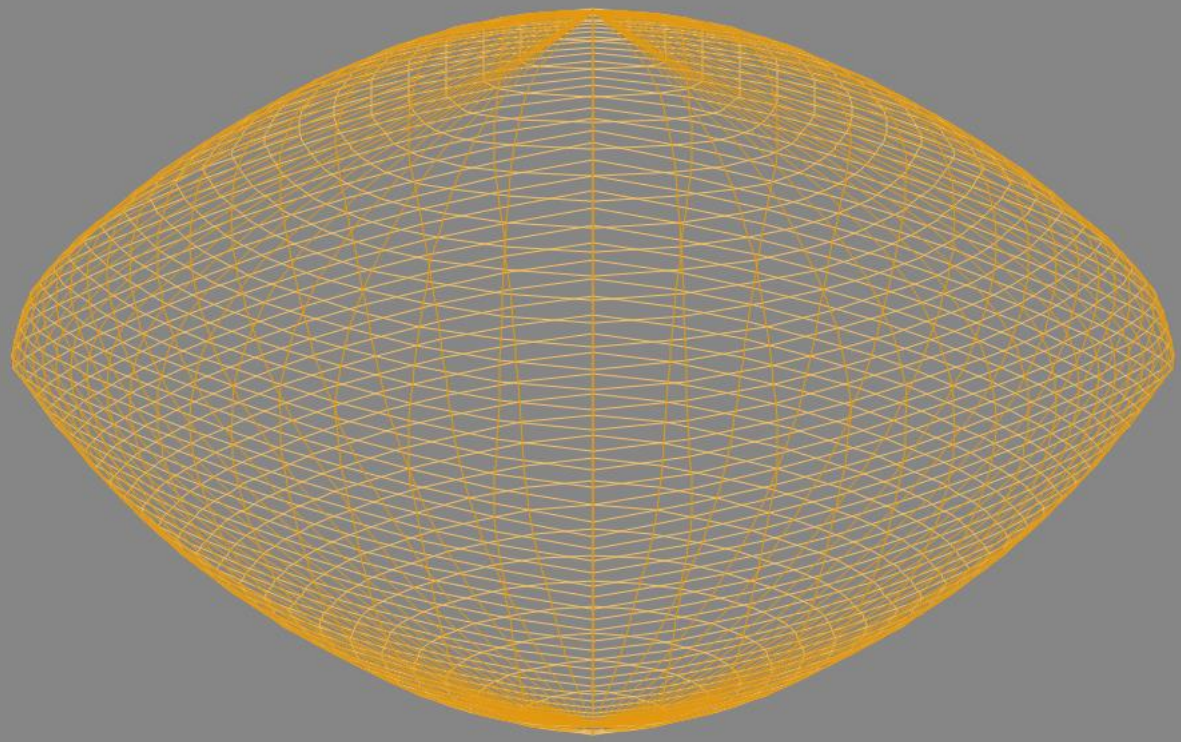
**Calculate** ⚡

Volume (MN<sup>3</sup>m<sup>2</sup>)  
**1.620**

3D Plan Elev

DXF N-scale 0.2

- Horizontal
- Vertical



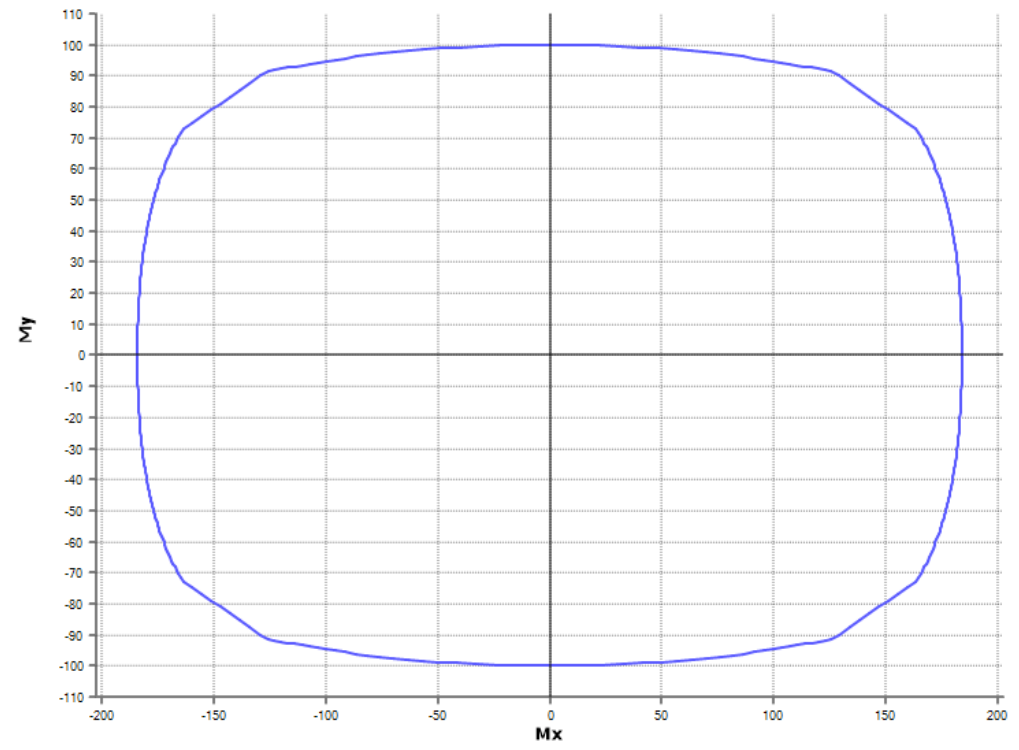
N  
100

- 2D Plot option
- Const d and  $\theta$
  - d-N for const  $\theta$
  - N-M for const  $\alpha$
  - M-M for const N and  $\theta$
  - M-M for const N and  $\alpha$
  - M -  $\phi$   Bilinearize
  - Benchmark  Random

Calculate ⚡

N	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	d	$\theta$	$\alpha$	Evals
100.00	-183.78	0.000	0.188	0.00	180.00	10
100.00	-183.73	-2.418	0.188	1.00	180.75	10
100.00	-183.67	-4.824	0.188	2.00	181.50	5
100.00	-183.66	-7.167	0.188	3.00	182.23	5
100.00	-183.59	-9.282	0.187	4.00	182.89	5
100.00	-183.51	-11.29	0.186	5.00	183.52	5
100.00	-183.43	-13.20	0.185	6.00	184.12	5
100.00	-183.33	-15.04	0.185	7.00	184.69	5
100.00	-183.22	-16.80	0.184	8.00	185.24	5
100.00	-183.11	-18.48	0.182	9.00	185.76	5
100.00	-182.90	-20.10	0.181	10.00	186.27	6
100.00	-182.74	-21.72	0.180	11.00	186.78	5
100.00	-182.57	-23.29	0.179	12.00	187.27	6
100.00	-182.39	-24.80	0.178	13.00	187.74	6
100.00	-182.20	-26.27	0.176	14.00	188.20	6
100.00	-182.00	-27.69	0.175	15.00	188.65	6
100.00	-181.80	-29.07	0.174	16.00	189.08	6
100.00	-181.58	-30.41	0.172	17.00	189.51	6
100.00	-181.36	-31.71	0.171	18.00	189.92	6
100.00	-181.13	-32.98	0.169	19.00	190.32	6
100.00	-180.81	-34.21	0.168	20.00	190.72	5
100.00	-180.59	-35.41	0.166	21.00	191.10	5
100.00	-180.37	-36.58	0.164	22.00	191.47	5
100.00	-180.12	-37.73	0.163	23.00	191.83	5
100.00	-179.87	-38.84	0.161	24.00	192.19	5
100.00	-179.61	-39.93	0.160	25.00	192.54	5
100.00	-179.34	-41.00	0.158	26.00	192.88	5
100.00	-179.07	-42.04	0.156	27.00	193.21	5
100.00	-178.78	-43.05	0.154	28.00	193.54	4
100.00	-178.42	-44.04	0.153	29.00	193.87	4

x Column 2 y Column 3



Calculation time : 22.0 ms - Total integrations : 2058 - Integrations/sec : 93487



## EĞİK EĞİLME ve EKSENEL BASINÇ TAŞIYAN ELEMANLARIN TAŞIMA GÜCÜ HESABI İÇİN YAKLAŞIK YÖNTEMLER

İki eksenli eğilme ve eksenel basınç taşıyan elemanların taşıma gücü hesabının zaman alıcı ve zahmetli olması nedeniyle bir takım yaklaşık yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemlerden başlıcaları **Bresler Yöntemi ve İngiliz Betonarme Yönetmeliği (CP110)** dir.



## Bresler Yöntemi

Prof. Bresler tarafından önerilen bu yöntem oldukça basit olup,  $N_d \geq 0.1N_o$  olduğu durumlarda oldukça iyi sonuçlar vermektedir.

Bresler yöntemi;

$$\frac{1}{N_r} = \frac{1}{N_{ry}} + \frac{1}{N_{rz}} - \frac{1}{N_o}$$

← 46

ifadesi ile tanımlanmaktadır. Burada;

$N_r$ : İki yönlü eğilme altındaki kesitin aksenal yük kapasitesi.

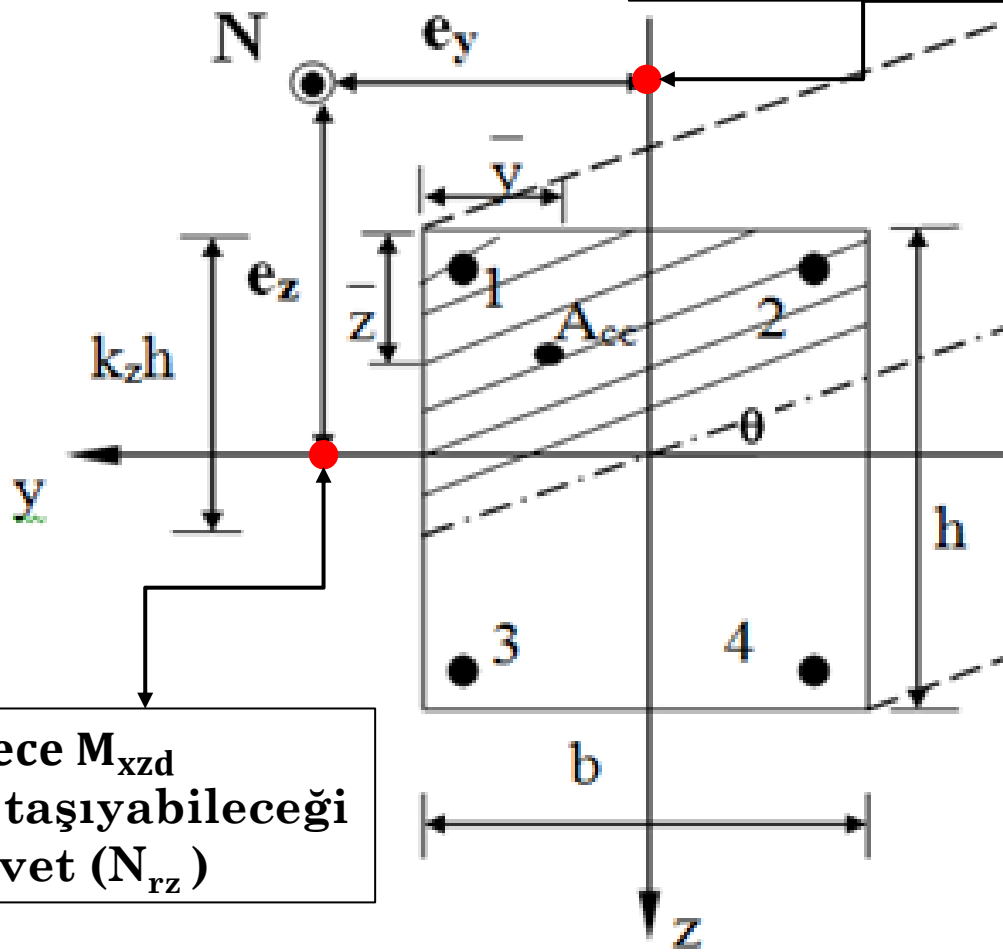
$N_{ry}$ : Yalnızca  $e_z$  dışmerkezliğine maruz kesitin taşıma gücü ( $e_y=0$ ).

$N_{rz}$ : Yalnızca  $e_y$  dışmerkezliğine maruz kesitin taşıma gücü ( $e_z=0$ ).

$N_o$ : Aksenal basınç altındaki kesitin taşıma gücü ( $e_y = e_z = 0$ ).



$N_{ry} e_y = 0$  Sadece  $M_{xyd}$  momenti ile taşıyabileceği aksenal kuvvet ( $N_{ry}$ )



$N_{rz} e_z = 0$  Sadece  $M_{xzd}$  momenti ile taşıyabileceği aksenal Kuvvet ( $N_{rz}$ )



## İngiliz Betonarme Yönetmeliği (CP110)

İngiliz yönetmeliğinde, iki yönde eğilme momenti taşıyan kolonların taşıma gücü için önerilen denklem, Bresler tarafından verilen denklemin özel bir halidir.

$$\left( \frac{M_{xyd}}{M_{oy}} \right)^{\alpha_n} + \left( \frac{M_{xzd}}{M_{oz}} \right)^{\alpha_n} \leq 1$$



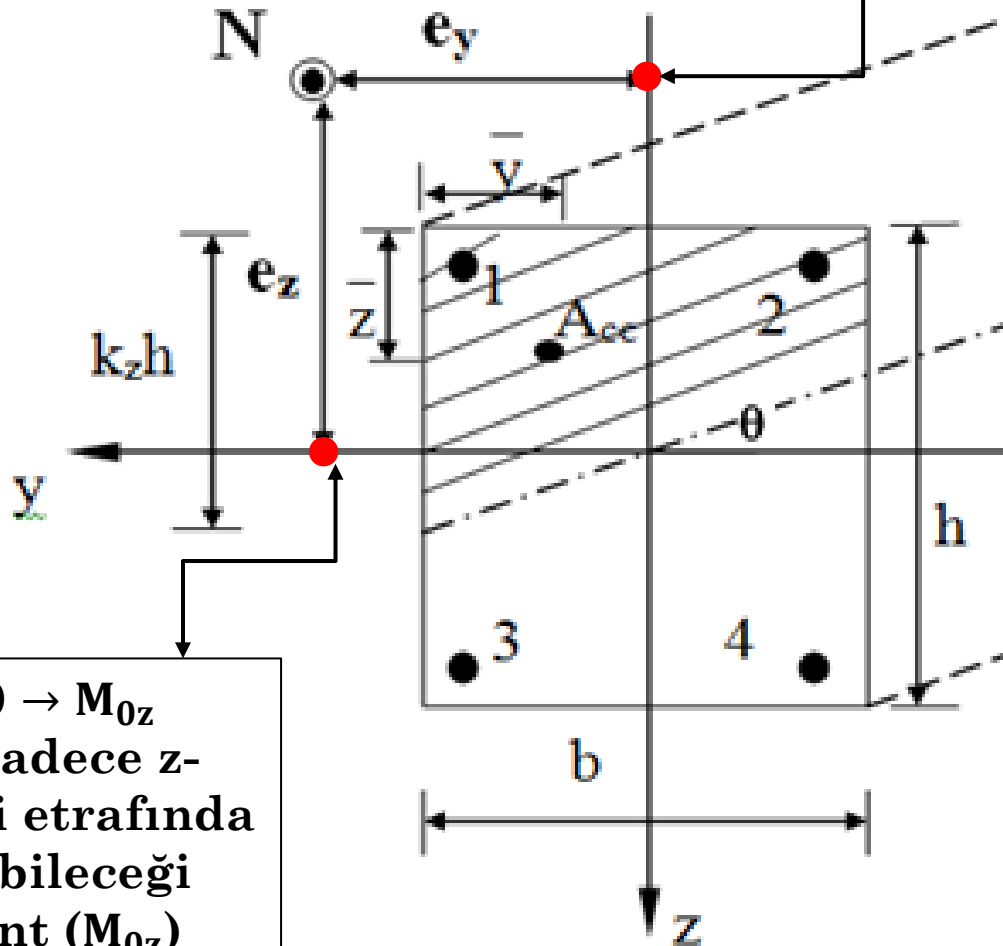
$M_{xyd}$ : Kesite etkiyen ve vektörel yönü  $y$  olan moment ( $M_{xyd} = N_d e_z$ )

$M_{xzd}$ : Kesite etkiyen ve vektörel yönü  $z$  olan moment ( $M_{xzd} = N_d e_y$ )

$M_{oy}$ :  $N_d$  aksenal yükünün ve yalnızca  $M_{xyd}$  momentinin etkisindeki kesitin taşıma gücü ( $e_y = 0$ ).



$N e_y = 0 \rightarrow M_{0y}$   
N ile sadece y-  
ekseni etrafında  
taşıyabileceği  
moment ( $M_{0y}$ )



$N e_z = 0 \rightarrow M_{0z}$   
N ile sadece z-  
ekseni etrafında  
taşıyabileceği  
moment ( $M_{0z}$ )



$M_{oz}$ :  $N_d$  aksenal yükünün ve yalnızca  $M_{xzd}$  momentinin etkisindeki kesitin taşıma gücü ( $e_z=0$ ).

$\alpha_n$ : 1.0 ile 2.0 arasında değişen katsayı olup aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$\alpha_n = 0.67 + 1.67 \frac{N}{N_0}, \quad 0.2 \leq \frac{N_d}{N_0} \leq 0.8$$





## ARBITRARILY SHAPED REINFORCED CONCRETE MEMBERS SUBJECT TO BIAXIAL BENDING AND AXIAL LOAD

C. DUNDAR and B. SAHIN

Department of Civil Engineering, Cukurova University, 01330 Adana, Turkey

*(Received 29 June 1992)*

**Abstract**—An approach to the ultimate strength calculation and the dimensioning of arbitrarily shaped reinforced concrete sections, subject to combined biaxial bending and axial compression, is presented. The analysis is performed in accordance with the American Concrete Institute (ACI) code. A computer program is presented for rapid design of arbitrarily shaped reinforced concrete members under biaxial bending and axial load. In the proposed method the equilibrium equations are expressed in terms of the three unknowns, e.g. location of neutral axis and amount of total reinforcement area within the cross-section, which lead to three simultaneous nonlinear algebraic equations which are solved by a procedure based on the Newton–Raphson method. One design problem, available in the literature, is solved by this program to provide possible design procedures. A listing of the computer program is given in the Appendix.

## Tests of eccentrically loaded L-shaped section steel fibre high strength reinforced concrete and composite columns

Serkan Tokgoz<sup>a,\*</sup>, Cengiz Dundar<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Department of Civil Engineering, Mersin University, 33340 Mersin, Turkey

<sup>b</sup> Department of Civil Engineering, Cukurova University, 01330 Adana, Turkey

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Received 10 October 2011

Revised 13 January 2012

Accepted 16 January 2012

#### Keywords:

Reinforced concrete column

Composite column

Steel fibre

Ductility

### ABSTRACT

Influence of steel fibres on the behaviour of L-shaped high strength reinforced concrete and concrete-encased composite columns is presented. A total of 16 L-shaped plain and steel fibre columns were constructed and tested in this study. The main parameters were the concrete compressive strength, load eccentricity, slenderness effect and steel fibre content. The experimental results of L-shaped reinforced concrete and composite column specimens were discussed in the paper. In addition, the column specimens were analysed based on a theoretical method considering the nonlinear behaviour of the materials. The slenderness effect of the columns has been taken into account by using The Moment Magnification Method suggested by ACI 318 specification. The results show that the inclusion of steel fibres into high strength concrete has considerable effect on structural behaviour of L-shaped both reinforced concrete and composite columns subjected to biaxial bending and axial load.

Crown Copyright © 2012 Published by Elsevier Ltd. All rights reserved.



## Boyutlandırma ve Donatı Hesabı

$M_d'$ : Hesap momenti ve hesap aksenal yükü temel alınarak dış merkezlik yönetmelikte öngörülen dış merkezlikten küçük ise, boyutlandırma ve donatı hesabı min. dış merkezliğe göre hesaplanan moment temel alınır.

$$\frac{M_d'}{N_d} < e_{\min} \text{ ise Hesap momenti } = N_d(e_{\min}) \text{ alınır.}$$

### 6.3.10 - Minimum Dış Merkezlik Koşulu (TS500)

Yapısal çözümlmeden elde edilen ve tasarımda kullanılacak olan kolon uç momenti ile hesaplanan dış merkezlik, aşağıda verilen minimum değerden küçük olamaz:

$$e_{\min} = 15 \text{ mm} + 0,03 h \quad (6.16)$$

Burada  $h$ , kolonun eğilme düzlemindeki kesit boyutudur.



TS500 de belirli bir rijitliği ve süneklilđi sağlamak için, aksenal yük düzeyine bir üst sınır getirilmiştir.

$$N \leq 0.6 f_{ck} A_c \text{ veya } N \leq 0.9 f_{cd} A_c \quad (\text{TS500})$$

$$N_{dm} \leq A_c * (0.40 f_{ck} ) \text{ veya } N_{dm} \leq A_c * (0.60 f_{cd} ) \quad (\text{TBDY 2018})$$

Ön tasarım aşamasında kesit boyutları saptanırken kesit alanının min. değeri:



$$\min A_c = \frac{N_d}{0.9f_{cd}} \text{ olmalıdır.}$$

Diğer bir amprik ifade:

$$A_c = \frac{N_d}{f_{cd}} \left(1 + \alpha \frac{e}{h}\right) \quad \alpha=3 \text{ (dikdörtgen), } \alpha=5 \text{ (dairesel kesit)}$$

Bu bağıntı kullanılırken  $\frac{e}{h}$  değerinin tahmin edilmesi gerekir.



## Kolon Taşıma Gücü Abakları

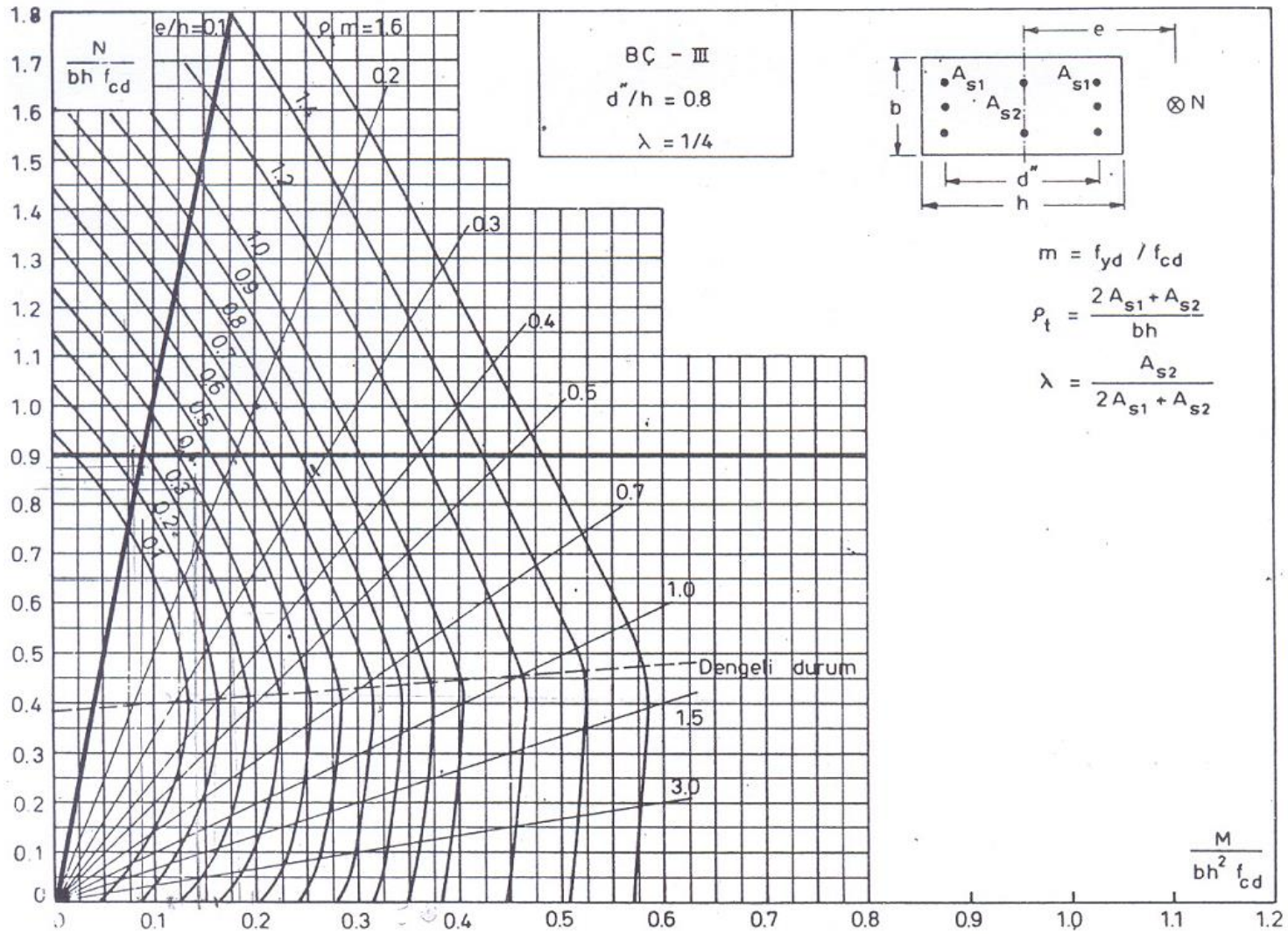
Karşılıklı etki diyagramının ordinatı  $bhf_{cd}$  , apsisi  $bh^2f_{cd}$  ye bölüldüğünde aksenal yük ve moment ifadeleri boyutsuz hale gelir,

$$\frac{N}{bhf_{cd}} \text{ ve } \frac{M}{bh^2f_{cd}} .$$

Böylece belirli bir donatı türü, belirli bir  $d''/h$  ve belirli bir donatı düzeni ve oranı için diyagram genelleştirilmiş olur.

Abaklarda donatı oranı  $\rho_t m$  olarak ifade edilmiştir. Burada  $m$ ,  $f_{yd}/f_{cd}$  olduğundan eğriler beton dayanımından bağımsız bulunmuş olmaktadır.





Dikdörtgen kesitler için verilen abaklardan hangisinin kullanılacağı kesitte kullanılan donatı sınıfına ,  $d''/h$  oranına ve  $\lambda$  katsayısına bağlıdır.

Abaklar iki ayrı  $d''/h$  oranı için hazırlanmış olup ara değerler için iki abak arasında doğrusal oranlama yapılır.

$\lambda$  katsayısı, ara donatı alanının, kesitteki tüm donatı alanına oranıdır.

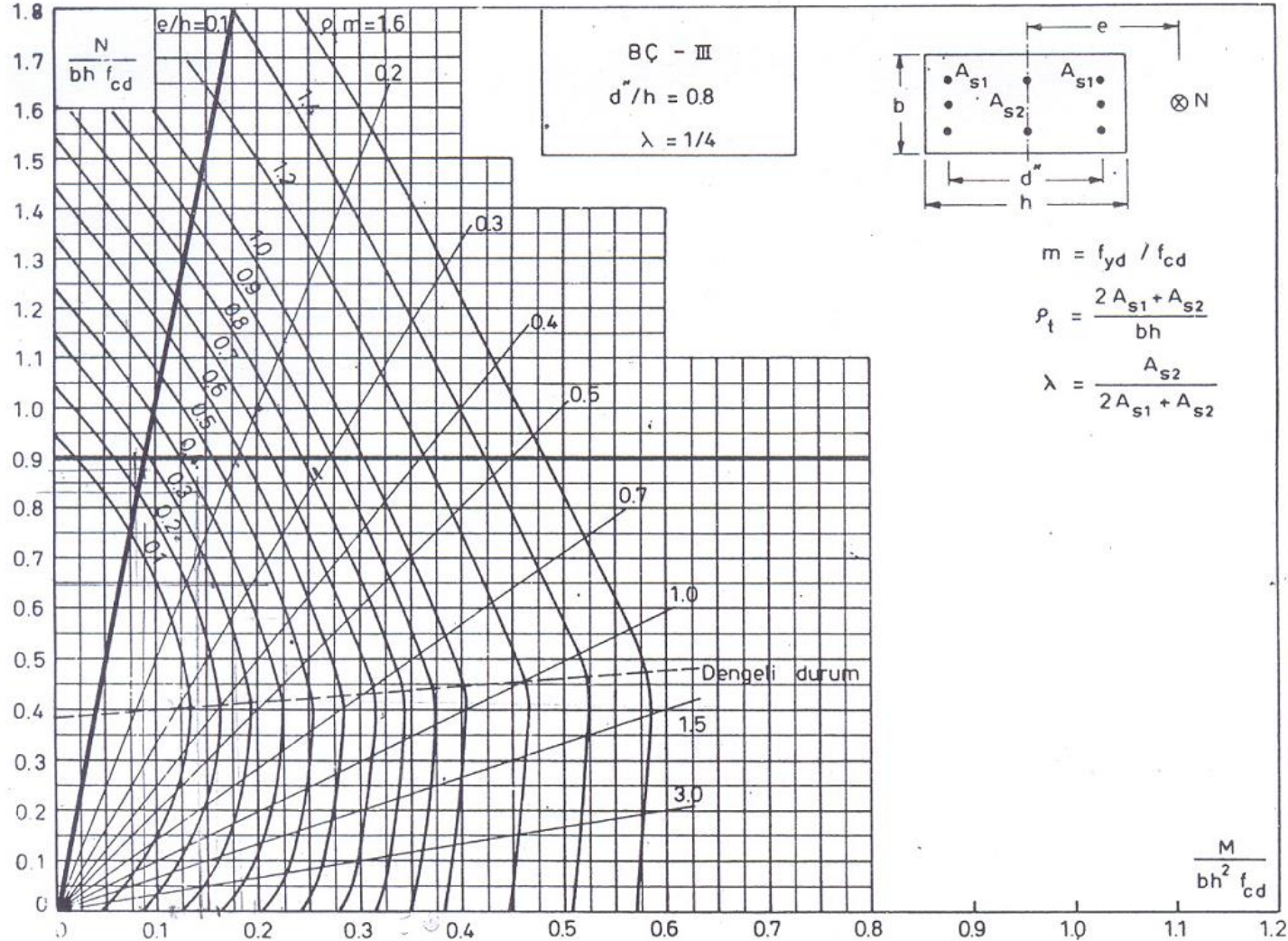
Abaklarda **TS500** de bulunan iki sınır, koyu çizgilerle gösterilmiştir. Bu sınırlardan ilki min. dış merkezliktir,  $e/h=0.1$ . Eğrilerin bu sınırın solunda kalan parçaları kullanılmamalıdır. İkinci sınırlama yük düzeyi ile ilgilidir,  $N \leq 0.9 f_{cd} A_c$  .





Abakta bu sınır  $\frac{N}{bh f_{cd}} = 0.9$  olarak gösterilmiştir.

Eğrilerin bu sınırın üstünde kalan kısımları kullanılmamalıdır.



## Problem 1)

Bilinenler:  $f_{cd}$ ,  $f_{yd}$ ,  $N_d$  ve  $M_d'$ , kesit boyutları,  $b$  ve  $h$

İstenen: Donatı alanı

### Çözüm:

- Donatı düzeni için bir varsayım yaparak ( $\lambda$ ) kullanılacak abak seçilir.
- $\frac{N_d}{bh f_{cd}}$  ve  $\frac{M_d'}{bh^2 f_{cd}}$ ,  $d''/h$ ,  $m=f_{yd}/f_{cd}$
- Hesaplanan  $\frac{N_d}{bh f_{cd}}$  ve  $\frac{M_d'}{bh^2 f_{cd}}$  değerlerinin kesiştiği yerde  $\rho_t m$  bulunur.
- $\rho_t = \rho_t m / m$  hesaplandıktan sonra donatı seçilir.

Hesaplanan  $\frac{N_d}{bhf_{cd}}$  ve  $\frac{M_d'}{bh^2f_{cd}}$  değerlerinin kesiştiği nokta en küçük  $\rho_m$

değerine ulaşmıyorsa, seçilen kesit gereğinden büyüktür. Bu kesit küçültülebilir, küçültülme istenmiyorsa min. donatı yeterlidir.

Eğer kesişme noktası en büyük  $\rho_m$  değerine sahip eğrinin dışında kalıyorsa

veya  $\frac{N}{bhf_{cd}} = 0.9$  ile belirlenen sınırın üstünde kalıyorsa kesit boyutları yetersizdir.



## Problem 2)

Bilinenler: Hesap yükü,  $f_{cd}$ ,  $f_{yd}$ ,  $N_d$ ,  $b$ ,  $h$   $\rho_t$

İstenen:  $M_r$

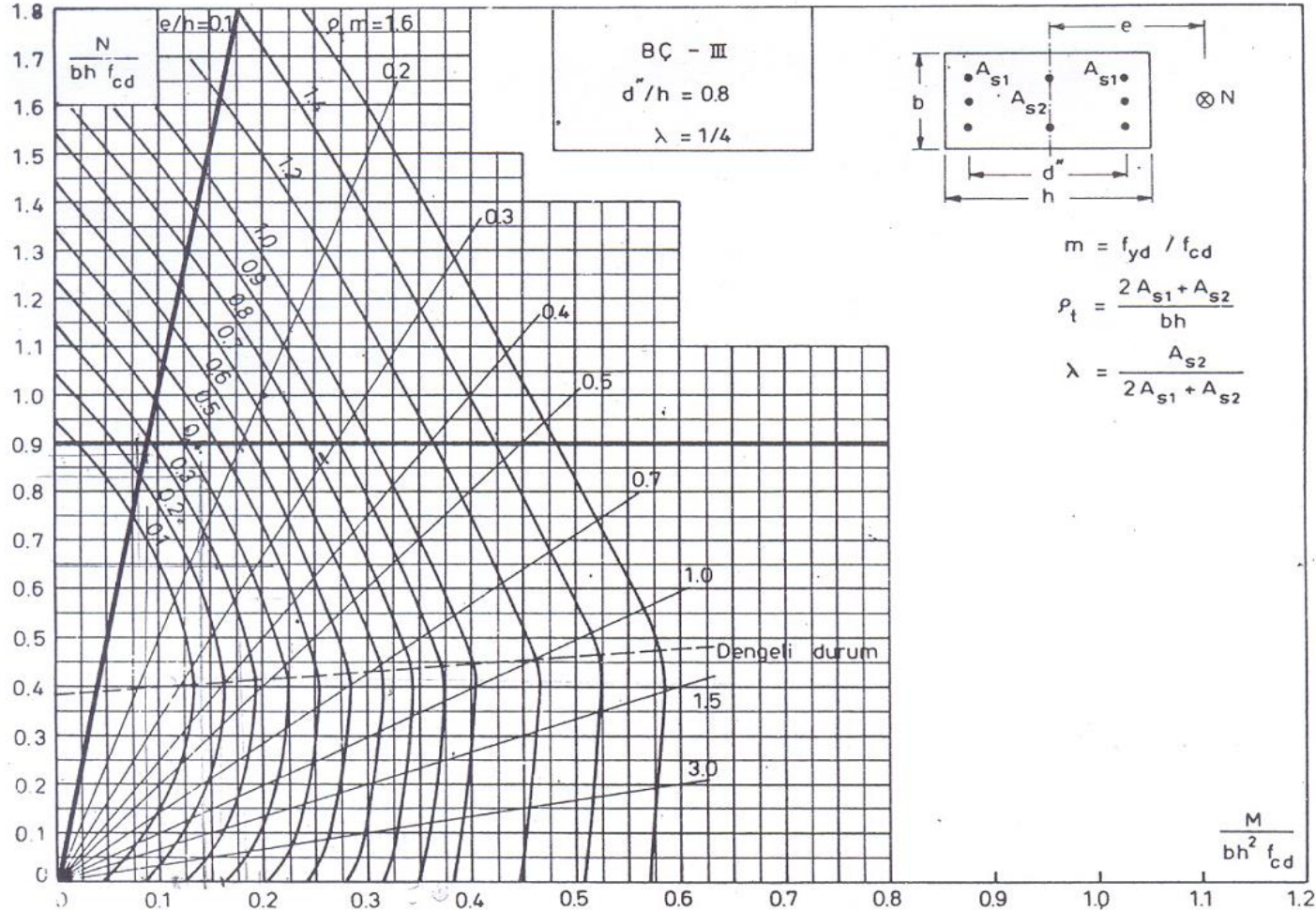
Çözüm:

- $\frac{N_d}{bhf_{cd}}$ ,  $d''/h$ ,  $m=f_{yd}/f_{cd}$
- Donatı sınıfı  $d''/h$  ve  $\lambda$  için uygun abak seçilir.
- $\rho_t m$  hesaplanır.
- Abağa  $\frac{N_d}{bhf_{cd}}$  ile girilerek,  $\rho_t m$  eğrisini kesinceye kadar devam edilir. Bu

noktadan dik olarak inilir ve  $\frac{M}{bh^2 f_{cd}}$  bulunur.

13

- $M_r = \frac{M}{bh^2 f_{cd}}$  ifadesinden moment bulunur.



77/77