



BETONARME – 1

DERS NOTLARI

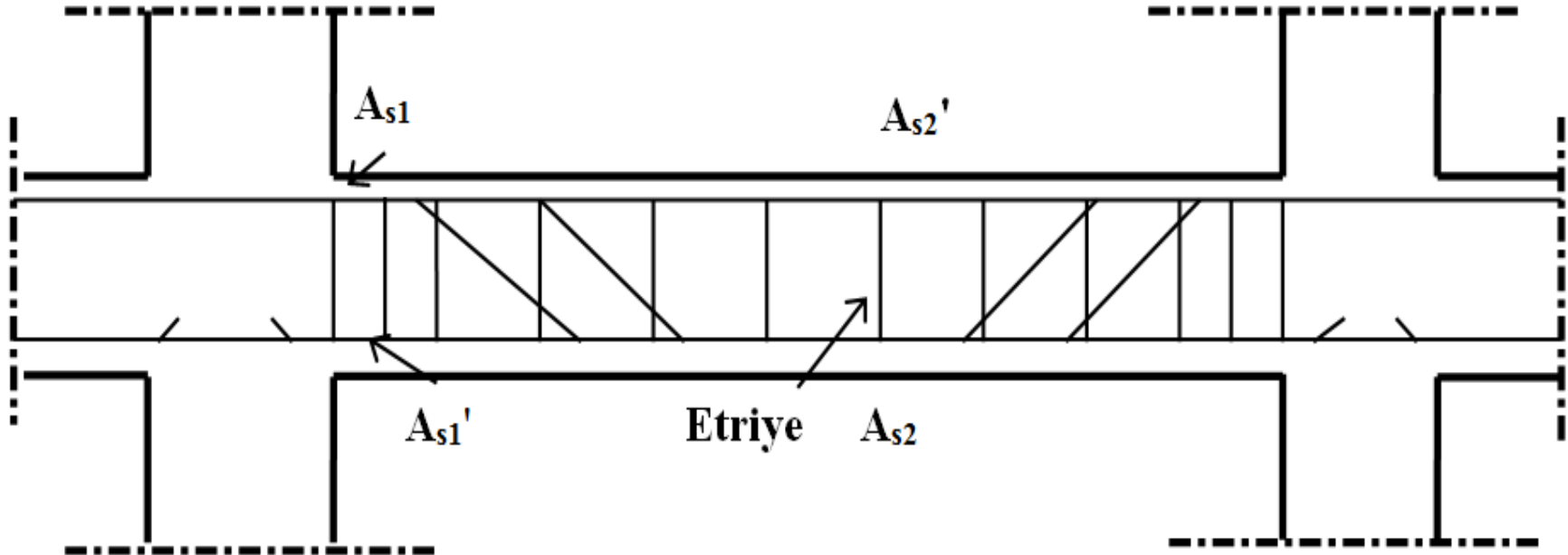
BÖLÜM 8

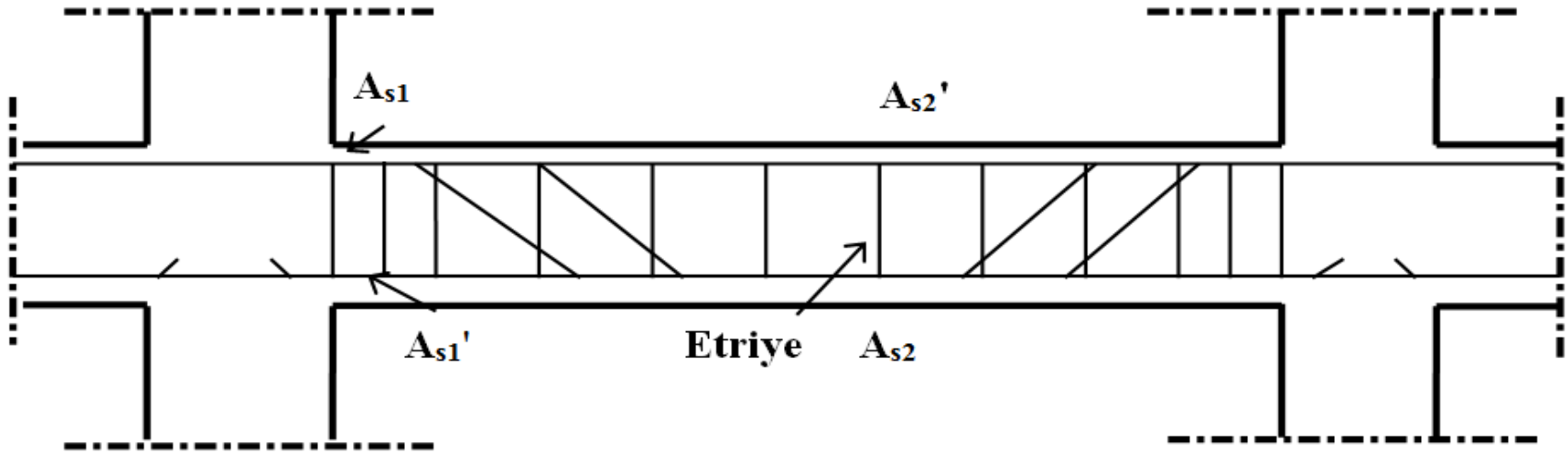
Prof. Dr. Cengiz DÜNDAR

ÇİFT DONATILI DİKDÖRTGEN KESİTLER

Betonarme kirişlerin birçoğunda konstrüktif nedenle basınç bölgesinde de donatı bulunur. A_s' ile gösterilir.

$$(\rho' = \frac{A_s'}{b_w d})$$





Sürekli kirişin açıklık ve mesnedindeki basınç donatısı A_{s2}' ve A_{s1}' olarak gösterilmiştir.

Kirişlerde basınç donatısı üç nedenle konur:

1) Beton kesitini küçültmek; mimari zorunluluklar kiriş derinliğini sınırlayabilir. Basınç donatısı moment kapasitesini arttırmak için konur.

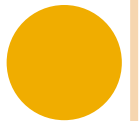
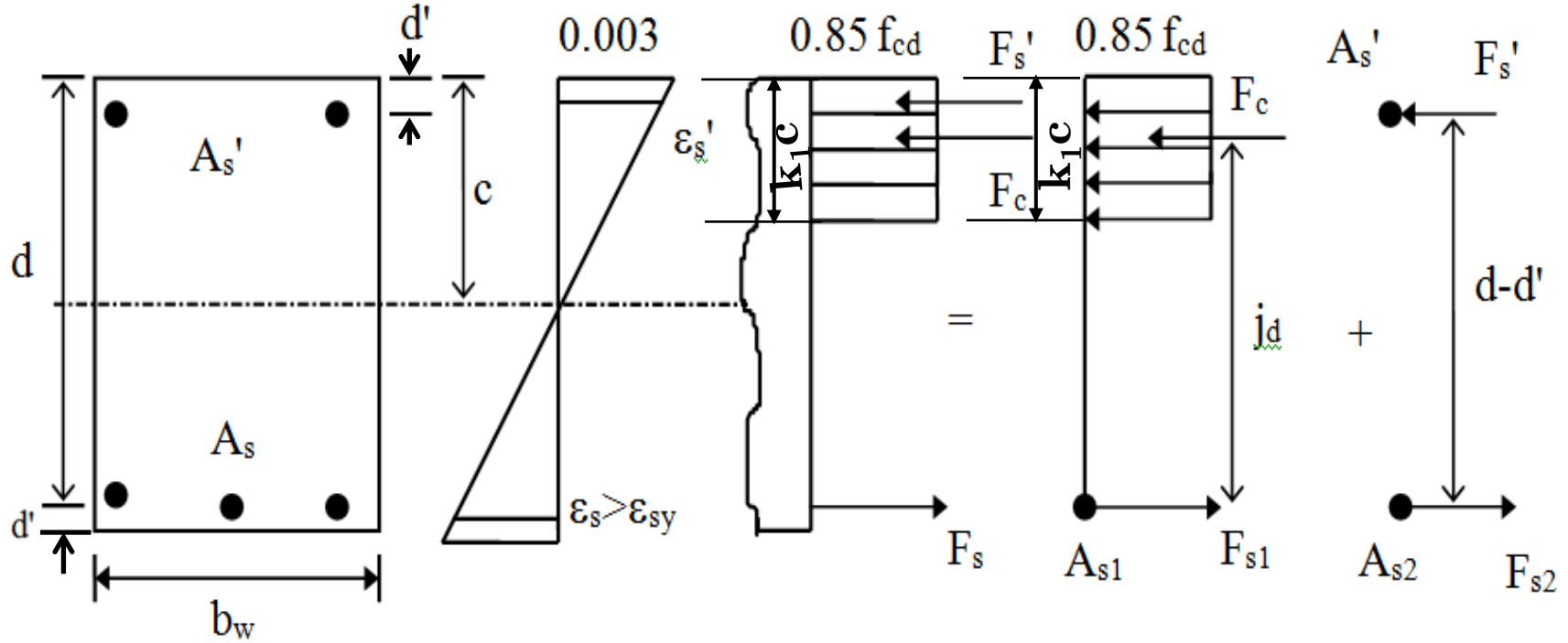


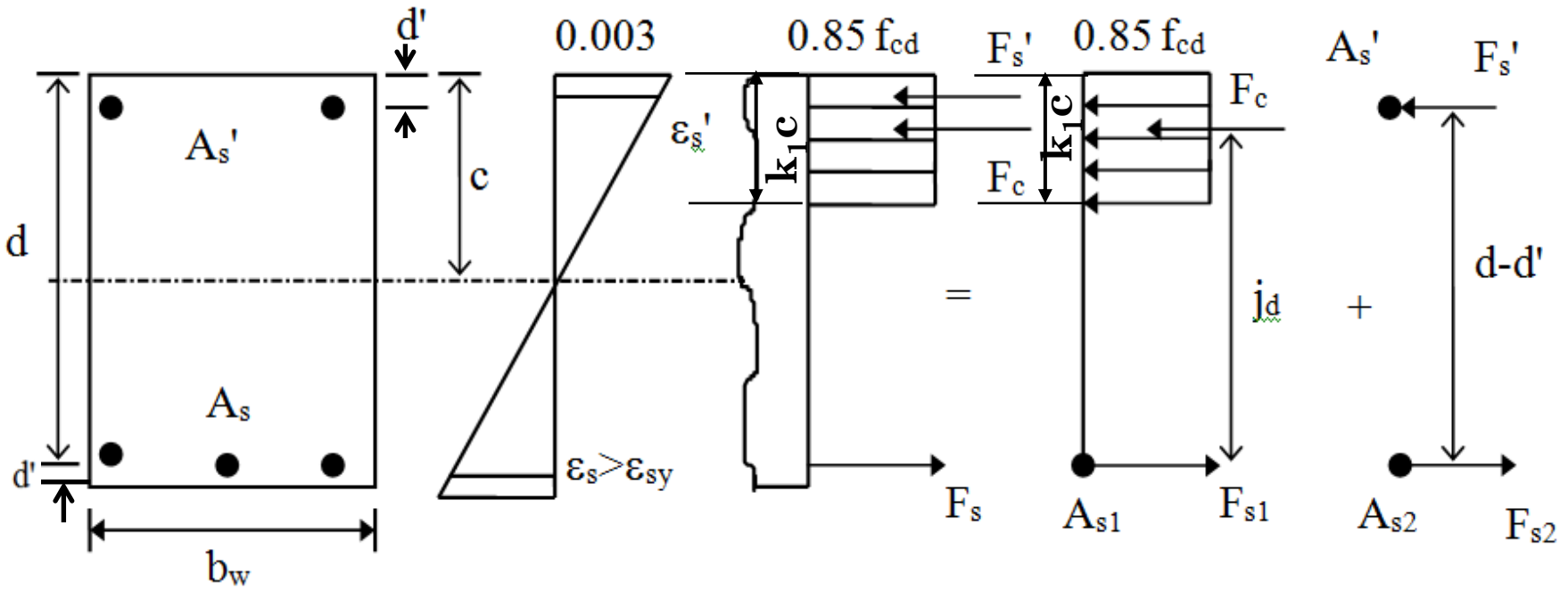
2) Kiriş deformasyonunu azaltmak; kirişlerde sünme ve rötreden dolayı büyük sehim artışları olur. Yapılan deneyler zamana bağlı sehimin basınç donatısı ile azaltılabileceğini kanıtlamıştır.

3) Kiriş sünekliliğini arttırmak; çeliğin sünekliliği betona göre çok fazla olduğundan basınç bölgesine yerleştirilen donatı kiriş sünekliliğini önemli ölçüde artırır.



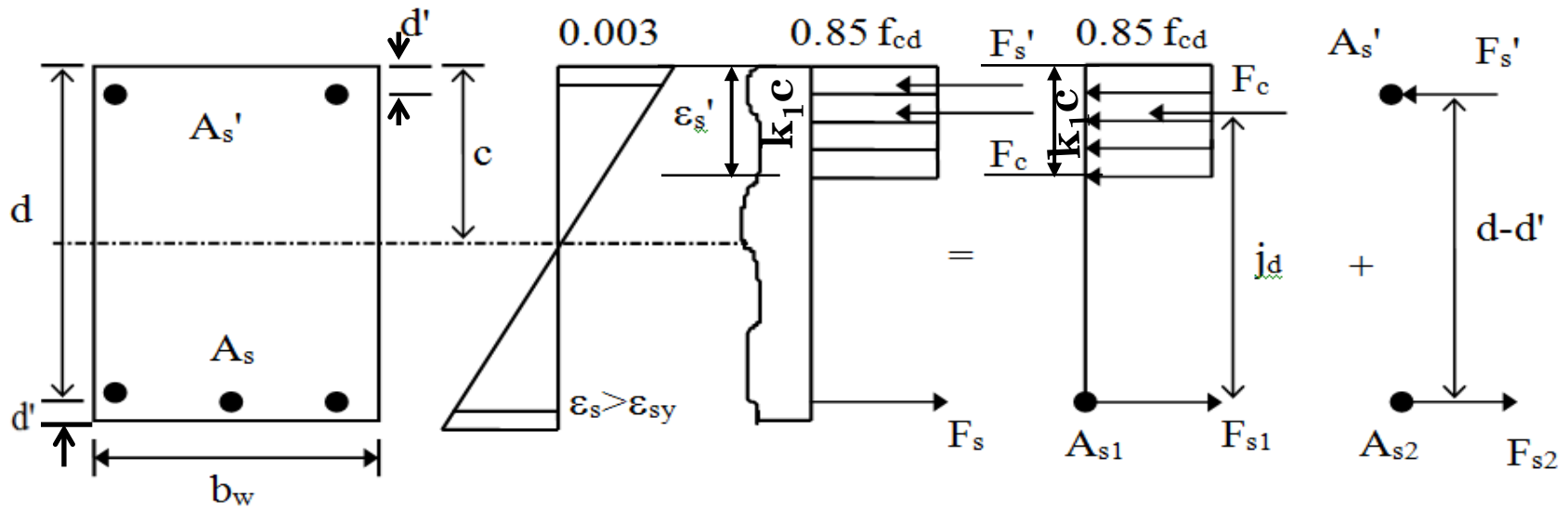
Basınç donatısı çekme donatısından az olduğu sürece taşıma gücü momentini iki kuvvet çifti ile ifade etmek uygun olur.





Birinci kuvvet çifti beton bileşkesi ve ona eşit olan çekme kuvvetinden oluşmaktadır. İkinci kuvvet çifti ise basınç donatısındaki kuvvet ile çekme donatısının artan bölümündeki çekme kuvvetinden oluşur.



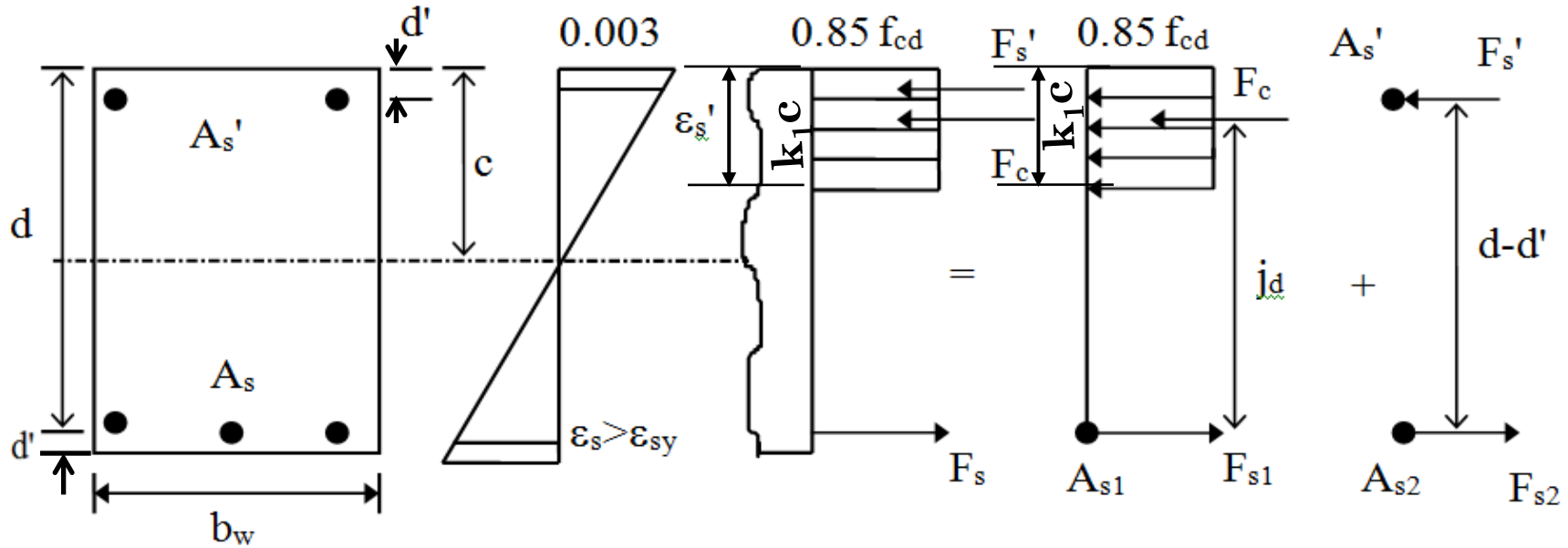


İkinci kuvvet çifti son derece sünek malzeme olan çelikten oluştuğu için burada gevrek kırılma tehlikesi yoktur. Birinci kuvvet çifti ise basit donatılı kirişlerdeki gibi çekme donatısı A_{s1} aşırı artarsa gevrek kırılma olasılığı vardır. Bu nedenle gevrek kırılmayı önlemek için yapılması gereken A_{s1} olarak gösterilen donatı oranını sınırlamaktır. Sünek bir davranış için $\rho_1 < \rho_b$ sağlanmalıdır.

$$\rho_1 = \frac{A_{s1}}{b_w d}$$



Şekilde gösterilen iki kuvvet çifti temel alınarak aşağıdaki denge ve uygunluk denklemleri yazılabilir.



$$\Sigma F=0 \quad 0.85 f_{cd} b_w k_1 c + A_s' \sigma_s' - A_s f_{yd} = 0$$

$$\Sigma M=0 \quad M_r = 0.85 f_{cd} b_w k_1 c \left(d - \frac{k_1 c}{2} \right) + A_s' \sigma_s' (d - d')$$

Uygunluk şartı:

$$\varepsilon_s' = 0.003 \frac{c - d'}{c}$$

Basınç donatısı için σ_s' - ε_s' ilişkisi

$$\sigma_s' = \varepsilon_s' E_s \leq f_{yd}$$

Basınç donatısının akıp akmadığını belirleyen sınır durum en dış lifteki betonun ezilme birim kısalmasına ulaştığı anda, basınç donatısının da akma birim kısalmasına ulaşması olarak tanımlanır ($\epsilon_c=0.003$ iken $\epsilon_s'=\epsilon_{sy}$). Bu durum için birim deformasyon dağılımından yararlanılır.



$$\varepsilon_s' = \varepsilon_{sy} = \frac{f_{yd}}{E_s} = 0.003 \frac{c - d'}{c}$$

Denklem c/d için çözülürse;

$$\frac{c}{d} = \frac{0.003 E_s \frac{d'}{d}}{0.003 E_s - f_{yd}}, \quad \text{Bulunan } c/d \text{ değeri ile } \sigma_s' = f_{yd} \text{ alınarak sınır durumu yansıtan}$$

donatı bulunur.

$$A_s - A_s' = \frac{0.85 f_{cd}}{f_{yd}} b_w k_1 \frac{0.003 E_s d'}{0.003 E_s - f_{yd}} \text{ olur. Denklemin her iki tarafı } b_w d \text{ ye bölünür ve}$$

$$\rho = \frac{A_s}{b_w d}, \quad \rho' = \frac{A_s'}{b_w d} \text{ alınırsa sınır durumu belirleyen donatı indeksi } \alpha_c \text{ bulunur.}$$

$$(\rho - \rho') \frac{f_{yd}}{f_{cd}} = \alpha_c = 0.85 k_1 \frac{0.003 E_s \frac{d'}{d}}{0.003 E_s - f_{yd}}$$



Basınç donatısının aktığı sınır durumu belirleyen donatı indeksi α_c , f_{yd} ve d'/d oranına göre değişmektedir.

Çift donatılı bir kesitin taşıma gücü hesaplanırken ;

- Donatı indeksi α hesaplanır.
- $\alpha > \alpha_c$ ise basınç donatısının akmış olduğu varsayılabilir.
- $\sigma_s' = f_{yd}$ alınarak denge denklemleri yazılabilir.

$$k_1 c = \frac{A_s - A_s'}{b_w} \frac{f_{yd}}{0.85 f_{cd}}$$

$$M_r = 0.85 f_{cd} k_1 c \left(d - \frac{k_1 c}{2} \right) + A_s' f_{yd} (d - d')$$



Çift donatılı kirişlerin denge altı olup olmadığı

$$\rho_1 = \frac{A_{s1}}{b_w d}$$

değeri ρ_b değeri ile karşılaştırılarak bulunur.

Pratikte rastlanan kirişlerin büyük çoğunluğunda basınç donatısı akacağından, $A_s' = A_{s2}$ ve $A_{s1} = A_s - A_{s2} = A_s - A_s'$ olur ve denge altı koşulu : $\rho_1 = \rho - \rho'$ ($\rho - \rho'$) < ρ_b



Örnek:

Bilinenler:

$$b_w=30 \text{ cm}, d=45 \text{ cm}, d'=3 \text{ cm}$$

Malzeme C20,S420 ($f_{cd}= 13 \text{ MPa (N/mm}^2\text{)}$ ve $f_{yd}=365 \text{ MPa}$)

$$A_s=15.8 \text{ cm}^2, A_s'=5.2 \text{ cm}^2 \quad (\rho=0.0117, \rho'=0.0038)$$

İstenen:

$$M_r=?$$



Çözüm:

Basınç donatısının akıp akmadığı kontrol edilmelidir.

$$\alpha = (\rho - \rho') \frac{f_{yd}}{f_{cd}} = (0.0117 - 0.0038) \frac{365}{13} = 0.22$$

$$\alpha_c = 0.85 k_1 \frac{0.003 E_s \frac{d'}{d}}{0.003 E_s - f_{yd}} \quad \alpha_c = 0.85 \times 0.85 \frac{0.003 \times 2 \times 10^5 \frac{30}{450}}{0.003 \times 2 \times 10^5 - 365} = 0.123$$

$\alpha > \alpha_c$ olduğundan basınç donatısı akmıştır.

Kesitin denge altı olup olmadığı kontrol edilir.

C20, S420 için $\rho_b = 0.0160$ $\rho - \rho' = 0.0117 - 0.0038 = 0.0079 < 0.0160$ kiriş denge

altıdır.

$$k_1 c = \frac{15.8 - 5.2}{30} \frac{365}{0.85 \times 13} = 11.7 \text{ cm}$$

$$M_r = 0.85 \times 13 \times 300 \times 117 \left(450 - \frac{117}{2}\right) + 520 \times 365 \times 420 = 231 \times 10^6 \text{ Nmm} = 231 \text{ kNm}$$

Örnek:

$$A_s=15.8 \text{ cm}^2, A_s'=12 \text{ cm}^2 \quad (\rho=0.0117, \rho'=0.0089), \text{ C20, S420}$$

$$M_r=?$$

$$\text{Çözüm: } \alpha_c = 0.85k_1 \frac{0.003E_s \frac{d'}{d}}{0.003E_s - f_{yd}} \quad \alpha_c = 0.85 \times 0.85 \frac{0.003 \times 2 \times 10^5 \frac{30}{450}}{0.003 \times 2 \times 10^5 - 365} = 0.123$$

$$\alpha = (\rho - \rho') \frac{f_{yd}}{f_{cd}} = 0.079 \quad \alpha_c > \alpha \text{ basınç donatısı akmıyor.}$$

$$\rho_b = 0.0160$$

$$\sigma_s' = 0.003 \frac{c - d'}{c} E_s \quad E_s = 2 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma F = 0 \quad 0.85 f_{cd} b_w k_1 c + A_s' \sigma_s' - A_s f_{yd} = 0$$

$$c^2 + 50.9c - 7666 = 0 \quad c = 65.7 \text{ mm bulunur.}$$

$$\sigma_s' = 0.003 \frac{65.7 - 30}{65.7} 2 \times 10^5 = 326.2 \text{ N/mm}^2 \text{ bulunur.}$$

$$M_r = 0.85 \times 13 \times 300 \times 0.85 \times 65.7 \left(450 - \frac{0.85 \times 65.7}{2} \right) + 1200 \times 326.2 \times 420 = 243 \times 10^6 = 243 \text{ kN m}$$

$$A_{s1} = A_s - A_{s2}$$

$$\sigma'_s A'_s = A_{s2} f_{yd}$$

$$A_{s2} = \frac{\sigma'_s}{f_{yd}} A'_s$$

$$A_{s1} = A_s - \frac{\sigma'_s}{f_{yd}} A'_s \rightarrow \frac{A_{s1}}{b_w d} = \frac{A_s}{b_w d} - \frac{\sigma'_s}{f_{yd}} \frac{A'_s}{b_w d}$$

$$\rho_1 = \rho - \frac{\sigma'_s}{f_{yd}} \rho' < \rho_b$$

$$\rho_1 = 0.0117 - \frac{326.2}{365} 0.0089 < \rho_b = 0.0160$$

$$\rho_1 = 0.0037 < \rho_b = 0.0160, \text{ denge altı}$$

Çalışma
Soruları

AS

9