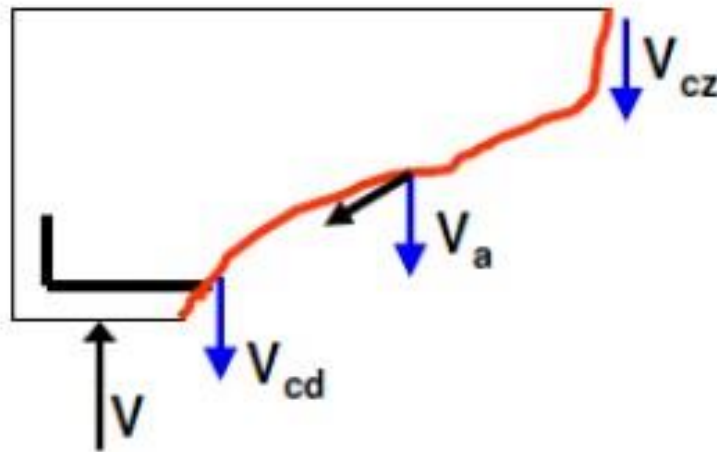


Kayma donatısı olmayan elemanlarda davranış / Beton kesitin kesme kuvveti taşıma gücü

İlk çatlak ortaya çıktıktan sonra kesme kuvveti, beton kesit bünyesinde oluşan bazı kuvvetlerle karşılaşılır.

$$V_c = V_{cd} + V_a + V_{cz}$$



V_{cz} = Henüz çatlamamış basınç bölgesindeki betonun kesme dayanımı

$$V_{cd} = (\%15\sim25) V_c$$

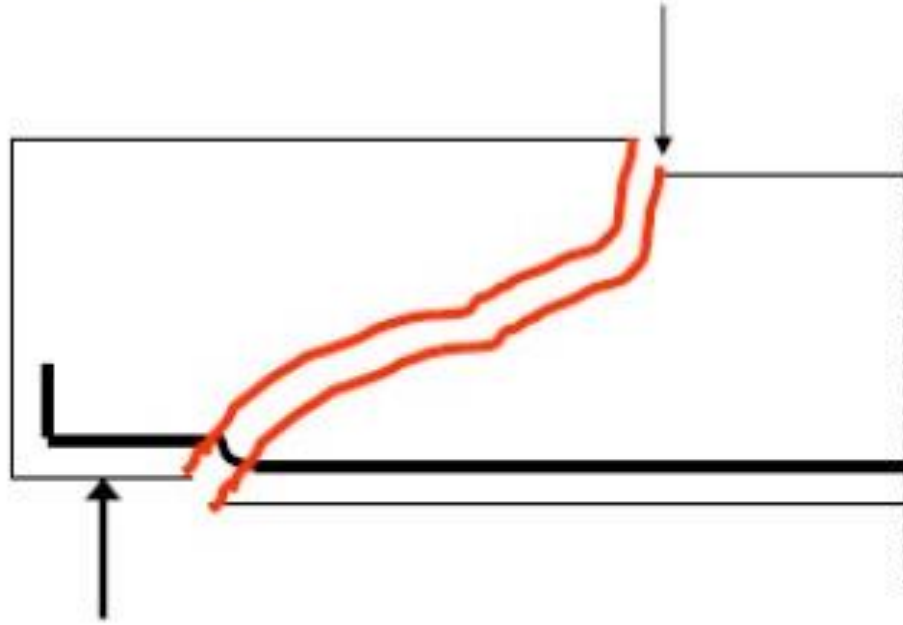
V_a = Eğik çatlak yüzeyinde oluşan sürtünme kuvvetlerinin düşey bileşen

$$V_a = (\%35\sim50) V_c$$

V_{cd} = Eğilme donatısının kaldıraç etkisiyle karşıladığı kesme kuvveti

$$V_{cz} = (\%20\sim40) V_c$$

Kayma donatısı olmayan elemanlarda davranış / Beton kesitin kesme kuvveti taşıma gücü



Kaldıraç etkisi: Çekme donatısı, çatlağın genişlemesiyle, her iki yüzdeki betonun birbirine göre düşey hareketini engeller. Bu sayede kirişte bir kesme dayanımı oluşur. Buna kaldıraç etkisi (**dowel action**) denir.

Kayma donatısı olmayan elemanlarda davranış / Beton kesitin kesme kuvveti taşıma gücü

TS500'de

$$V_{cr} = 0.65 f_{ctd} b_w d$$

Eğik çatlamaya neden olan kesme kuvveti değeri

$$V_c = 0.80 V_{cr}$$

Beton kesitin taşıyabileceği kesme kuvveti

Kayma donatılı (shear reinforcement) kirişin kuvveti taşıma gücü

$$V_w = A_{sw} f_{ywd} \frac{d}{s} (\sin \alpha + \cos \alpha)$$

V_w = Kayma donatısının karşıladığı kesme kuvveti

f_{ywd} = Kayma donatısının akma hesap dayanımı

α = Kayma donatısının yatayla yaptığı açı

s = Kayma donatısının kiriş eksenine boyunca aralığı

d = Kiriş etkili yüksekliği

Kayma donatılı (shear reinforcement) kirişin kuvveti taşıma gücü

$$V_w = A_{sw} f_{ywd} \frac{d}{s} (\sin \alpha + \cos \alpha)$$

Kayma donatısı olarak sadece düşey etriye kullanılıyorsa $\alpha = 90^\circ$



$$V_w = A_{sw} f_{ywd} \frac{d}{s_{etr}} \quad A_{sw} = nA_o$$

n = Etriye kol sayısı

A_o = Etriyenin bir kolunun kesit alanı



$$n = 2$$



$$n = 4$$

Kayma donatılı (*shear reinforcement*) kirişin kuvveti taşıma gücü

Kayma donatılı betonarme kirişin kesme kuvveti taşıma gücü; beton kesitin ve kayma donatısının kesme kuvveti taşıma güçlerinin toplamıyla bulunur.

$$V_r = V_c + V_w$$

Kayma donatısı tarafından taşınan kesme kuvveti

Beton kesit tarafından taşınan kesme kuvveti

Kayma donatılı (shear reinforcement) kirişin kuvveti taşıma gücü

ASAL BASINÇ GERİLMELERİ

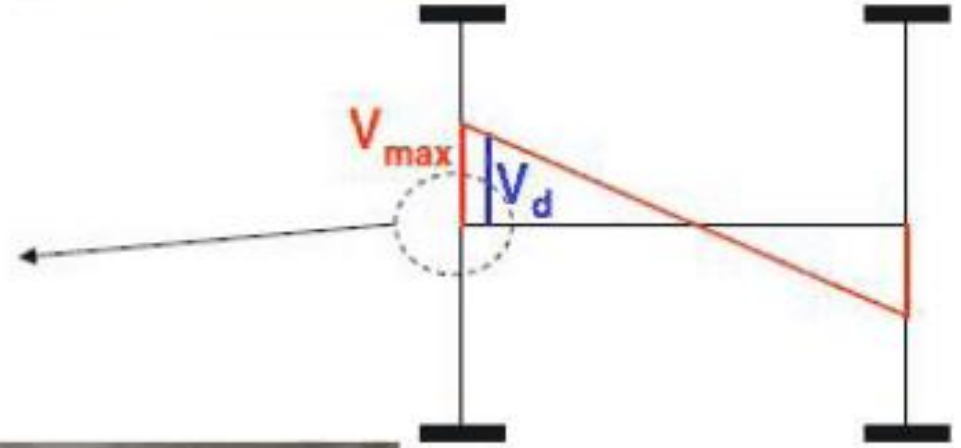
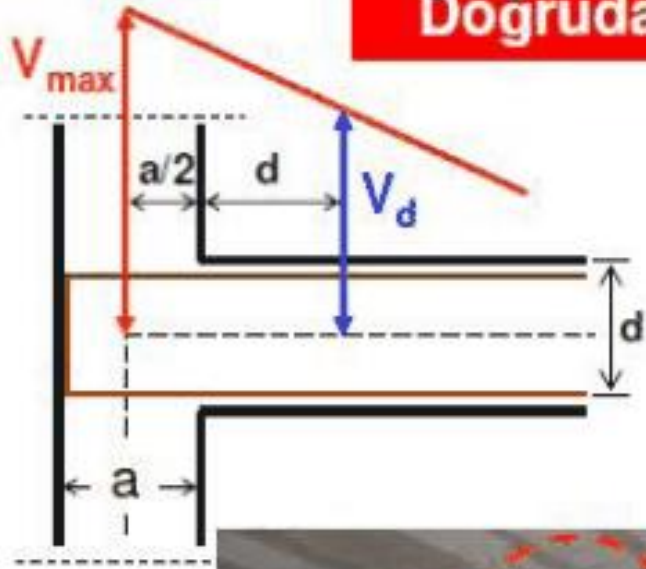
Asal basınç gerilmelerinin üst sınırı

$$V_{r, \max} = 0.22 f_{cd} b_w d$$

Kesme kuvveti etkisindeki bir kirişte; asal çekme gerilmeleri kayma donatısı tarafından karşılanırken, asal basınç gerilmeleri de beton kesit tarafından karşılanacaktır. Eğer basınç gerilmeleri beton kesitin taşıyabileceğinden fazla ise, bu durumda kirişte asal basınç gerilmelerinin taşınamaması nedeniyle gevrek kırılma oluşabilir.

HESAP KESME KUVVETİ (Design shear force)

Doğrudan (direkt) mesnet



d : Kiriş etkinli derinliği

V_d : Hesap kesme kuvveti

Eğik çatlama dayanımı

$$V_{cr} = 0.65f_{ctd} b_w d$$

$$V_{r,max} = 0.22f_{cd} b_w d$$

$$V_d < V_{cr}$$

Beton kesit, hesap kesme kuvvetini tek başına taşıyabiliyor. Sünek davranış sağlamak için minimum etriye kullanmak yeterli.

$$V_{cr} < V_d < V_{r,max}$$

Kesit yeterlidir. Kayma donatısı hesapla bulunur.

$$V_{r,max} < V_d$$

Beton kesit yetersiz. Asal basınç gerilmelerini taşıyamıyor. Kesit büyütülmeli.

$$V_d < V_{cr}$$

Beton kesit, hesap kesme kuvvetini tek başına taşıyabiliyor. Sünek davranış sağlamak için minimum etriye kullanmak yeterli.

$$\min \rho_w = 0.30 \frac{f_{ctd}}{f_{yd}} \quad \text{TS500}$$

$$\frac{A_{sw}}{b_w s} = 0.30 \frac{f_{ctd}}{f_{yd}} \quad A_{sw} = nA_0$$

$$\frac{nA_0}{b_w s} = 0.30 \frac{f_{ctd}}{f_{yd}}$$

Etriye çapı seçilir, alan bulunur

Etriye aralığı hesaplanır

$$V_{cr} < V_d < V_{r,max}$$

Kesit yeterlidir. Kayma donatısı hesapla bulunur.

$$V_c = 0.8V_{cr}$$

Beton kesit tarafından taşınan kesme kuvveti

$$V_w = V_d - V_c$$

Kayma donatısı tarafından taşınan kesme kuvveti

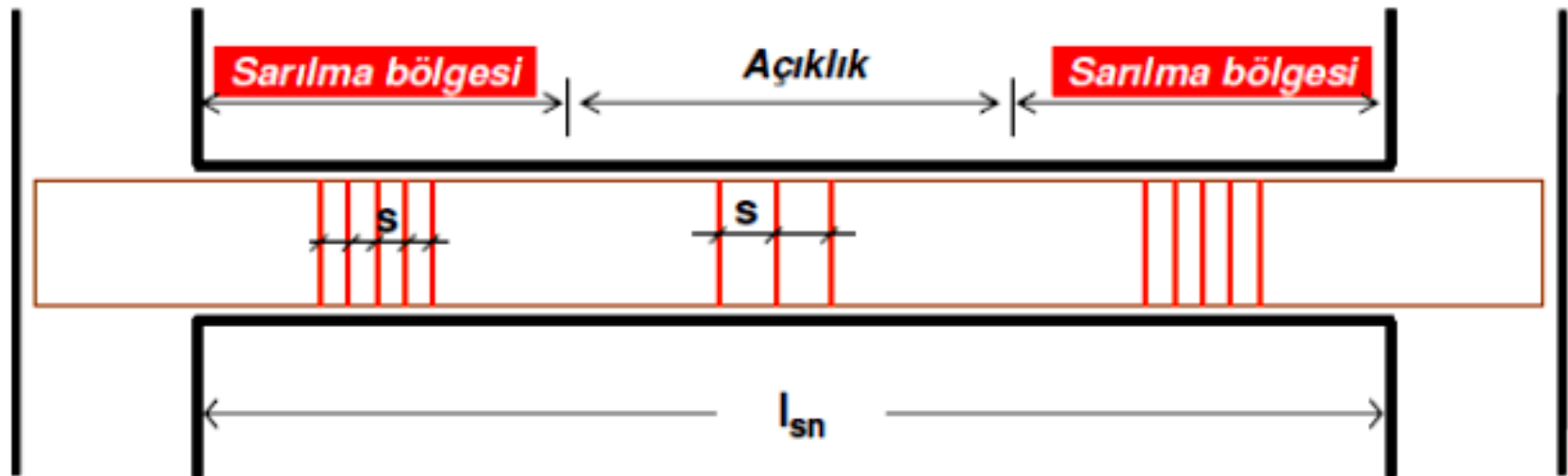
$$V_w = A_{sw} f_{ywd} \frac{d}{s} \quad A_{sw} = nA_0 \quad V_w = nA_0 f_{ywd} \frac{d}{s}$$

Etriye çapı seçilir, alan bulunur

$$\frac{A_0}{s} = \frac{V_w}{n f_{ywd} d}$$

Etriye aralığı hesaplanır

Kayma donatısı ile ilgili koşullar (TS500, DBYBHY)



Sarılma bölgesi uzunluğu = $2h$

$h =$ Kiriş yüksekliği

Etriye aralığı kiriş faydalı yüksekliğinin yarısından fazla olamaz $s \leq \frac{d}{2}$

$V_d > 3V_{cr}$ ise $s \leq \frac{d}{4}$

Sarılma bölgesinde

$d =$ Kiriş etkili yüksekliği

$$s \leq \frac{d}{4}$$

$$s \leq 8\phi_l$$

$$s \leq 150 \text{ mm}$$

$\phi_l =$ En küçük boyuna donatı çapı

Şekilde en elverişsiz moment ve kesme kuvveti diyagramları ile tipik kiriş kesiti verilmiş olan 2 açıklıklı kat çerçevesi için,

- AB ve BC kirişi açıklık kesitinde düktil davranış koşulu gerçekleşecek şekilde eğilme donatılarını hesaplayınız ve seçiniz.
- A, B, C mesnet kesitlerinde momentlerin en fazla %10 yeniden dağılımı sağlayacak şekilde ($\rho_1 = 0.6\rho_b$) gerekli olan eğilme donatılarını hesaplayınız. $2\phi 14$ lük montaj donatısı ile komşu açıklıklardan gelen pilye miktarlarını dikkate alarak mesnet kesitlerinde ek donatı gerekiyor ise seçiniz.
- Tüm eğilme donatılarını şekil çizerek gösteriniz.
- Kirişlerde kesme donatısı olarak $\phi 8$ lik 2 kollu düşey etriye kullanıldığına göre mesnetlerdeki kiriş kesme donatılarını TS500–2000 e göre hesaplayınız.

Malzeme

C20/S420 ($\rho_b = 0.016$)

$f_{cd} = 13 \text{ MPa}$, $f_{yd} = 365 \text{ MPa}$, $f_{ctd} = 1.04 \text{ MPa}$

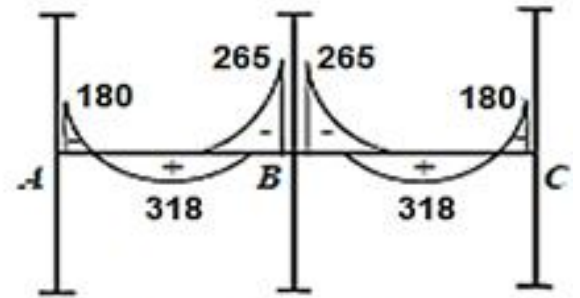
Minimum donatı yüzdesi
(TS500–2000)

$$\rho_{\min} = 0.8 \cdot \frac{f_{ctd}}{f_{yd}} \quad \sigma'_s = 600 \cdot \left[1 - k_1 \cdot \frac{d'}{a} \right]$$

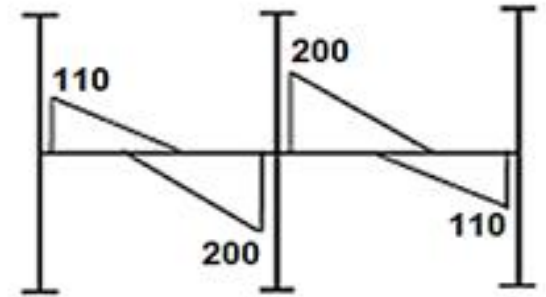
$h = 550 \text{ mm}$

$t = 110 \text{ mm}$

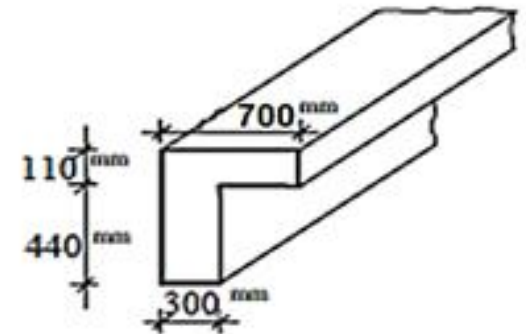
Paspayı, $d' = 40 \text{ mm}$ alınız.



En elverişsiz eğilme momenti diyagramı M (kNm)



En elverişsiz kesme kuvveti diyagramı V (kN)



Kiriş kesiti

➤ **Hesap Yönteminin Belirlenmesi ($a = t$ kabulüyle)**

$M_y > M_d$ olduğundan, $a < t$ olmalıdır. Bu durumda soyut dikdörtgen kesit hesabı söz konusudur. Ayrıca açıklık kesitlerinde düktil davranış sınırı esas alınacağından $\rho < \rho_b$ olacağından $\sigma_s = f_{yd} = 365$ Mpa olur. Buna göre;

a) $M_y = 0.85 \times 13 \times 700 \times 110 \times (510 - 110/2) = 387.14 > M_d = 318 \text{ kNm} \rightarrow a < t$ olmalıdır

$$0.85 \times 13 \times 700 \times a = A_s \times 365 \rightarrow a = 0.0472 A_s$$

$$318 \times 10^6 = A_s \times 365 (510 - 0.0472 A_s / 2) \rightarrow A_s = 1870 \text{ mm}^2 \text{ (} 3\phi 20 \text{ düz + } 3\phi 20 \text{ pilye = } 1884 \text{ mm}^2 \text{)}$$

$$A_{s_{\min}} = 0.8 \times 1.04 / 365 \times (300 \times 510) = 349 \text{ mm}^2$$

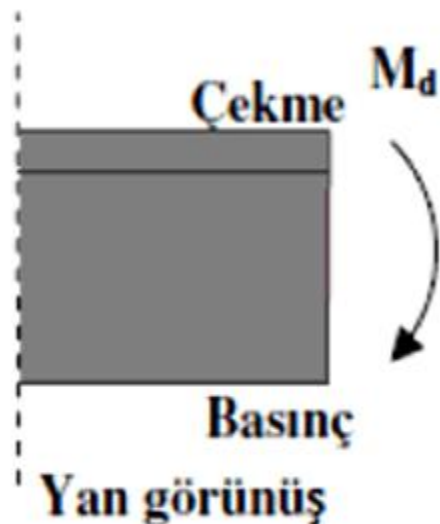
$$\rho = 1884 / (300 \times 510) = 0.0123 < \rho_{\max} = 0.0136 \text{ ve } \rho > \rho_{\min} = 0.00228$$

$$0.85 \cdot \rho_b = 0.0136$$

$$0.02$$

b) Kiriş mesnet kesitlerinde eğilme donatılarının hesabı

Kiriş mesnet kesitlerinde eğilme momentinin negatif yönlü etkimesi üst liflerde çekme, alt liflerde basınç durumunu doğurur. Bu durumda, gözetilmesi istenilen tasarım kriterine göre kesitin tek donatılı mı yoksa çift donatılı mı boyutlandırılacağı kontrol edilmelidir. Buna göre;



➤ Kesitin Tek Donatılı Olarak Donatılabileceği Çekme Donatısı Üst Sınırının Belirlenmesi

%10 yeniden dağılım şartı gözetilmesi istendiğinden, kiriş mesnet kesitinin tek donatılı olarak donatılabileceği üst sınır $0.6\rho_b$ olarak alınır .

$$\rho_1 = 0.6 \cdot \rho_b = 0.6 \cdot 0.016 = 0.0096$$

$$(\rho < \rho_b \Rightarrow \sigma_s = f_{yd} = 365 \text{ Mpa}).$$

$$\mathbf{b) \rho_1 = 0.6\rho_b = 0.0096, A_1 = 0.0096 \times 300 \times 510 = 1468.8 \text{mm}^2}$$

$$0.85 \times 13 \times 300 \times a = 1468.8 \times 365 \rightarrow a = 161.72 \text{mm}$$

$$M_1 = 1468.8 \times 365 \times (510 - 161.72/2) = 230.07 \text{kNm}$$

A Mesneti

$$M_1 = 230.07 > M_d = 180 \rightarrow \text{tek donatılı çözüm yeterlidir.}$$

$$0.85 \times 13 \times 300 \times a = A_s \times 365 \rightarrow a = 0.11 A_s$$

$$180 \times 10^6 = A_s \times 365 \times (510 - 0.11 A_s / 2) \rightarrow A_s = 1097 \text{mm}^2 > A_{s_{\min}} \text{ (3}\phi 20 \text{ pilye + 2}\phi 14 \text{ montaj yeterlidir)}$$

B Mesneti

$$M_1 = 230.07 < M_d = 265 \rightarrow \text{çift donatılı çözüm yapılmalıdır}$$

$$M_2 = 265 - 230.07 = 34.93 \text{kNm}$$

$$\sigma_s' = 600 \times (1 - 0.85 \times 40 / 161.72) = 474 > 365 \rightarrow \sigma_s' = 365 \text{MPa}$$

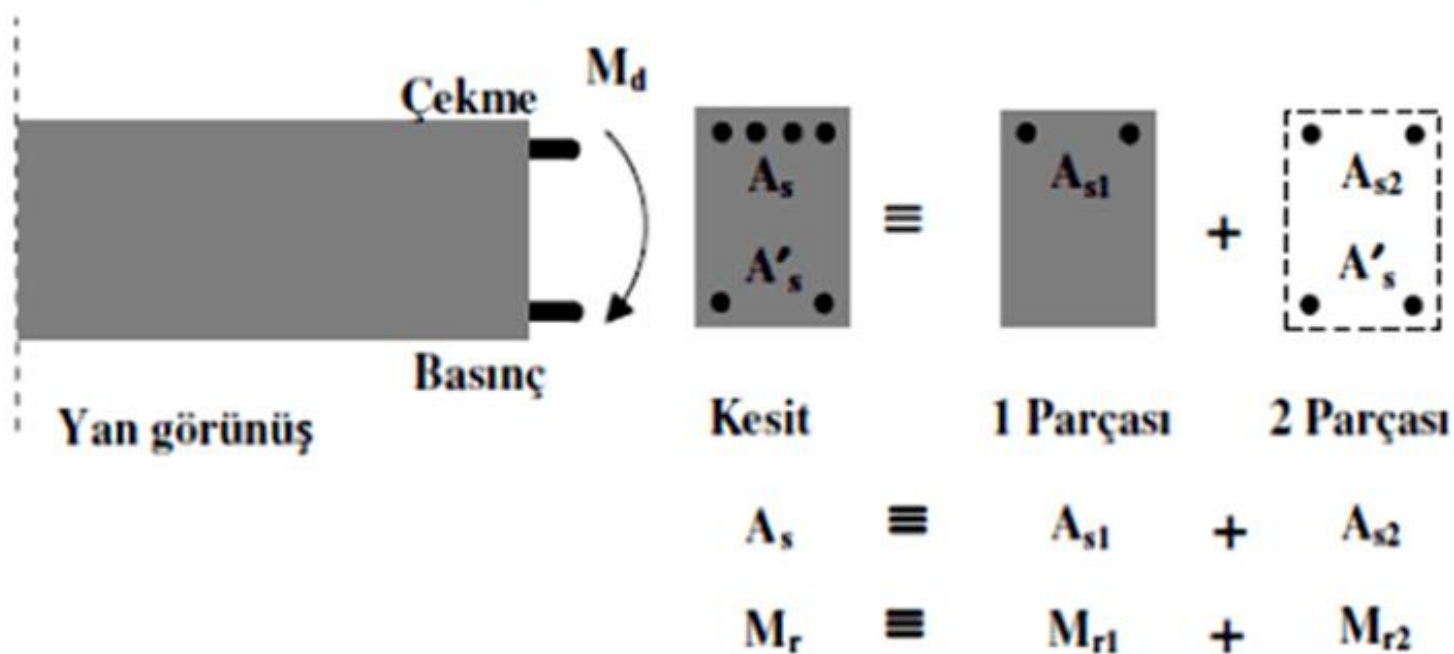
$$34.93 \times 10^6 = A_{s2} \times 365 \times (510 - 40) \rightarrow A_{s2} = 203.61 \text{mm}^2 \rightarrow A_{s'} \times \sigma_s' = A_s \times \sigma_s \rightarrow A_{s'} = 203.61 \text{mm}^2$$

$$A_s = A_{s1} + A_{s2} = 1468.8 + 203.61 = 1672.41 \text{mm}^2 > A_{s_{\min}} \text{ (3}\phi 20 \text{ pilye + 3}\phi 20 \text{ pilye + 2}\phi 14 \text{ montaj)}$$

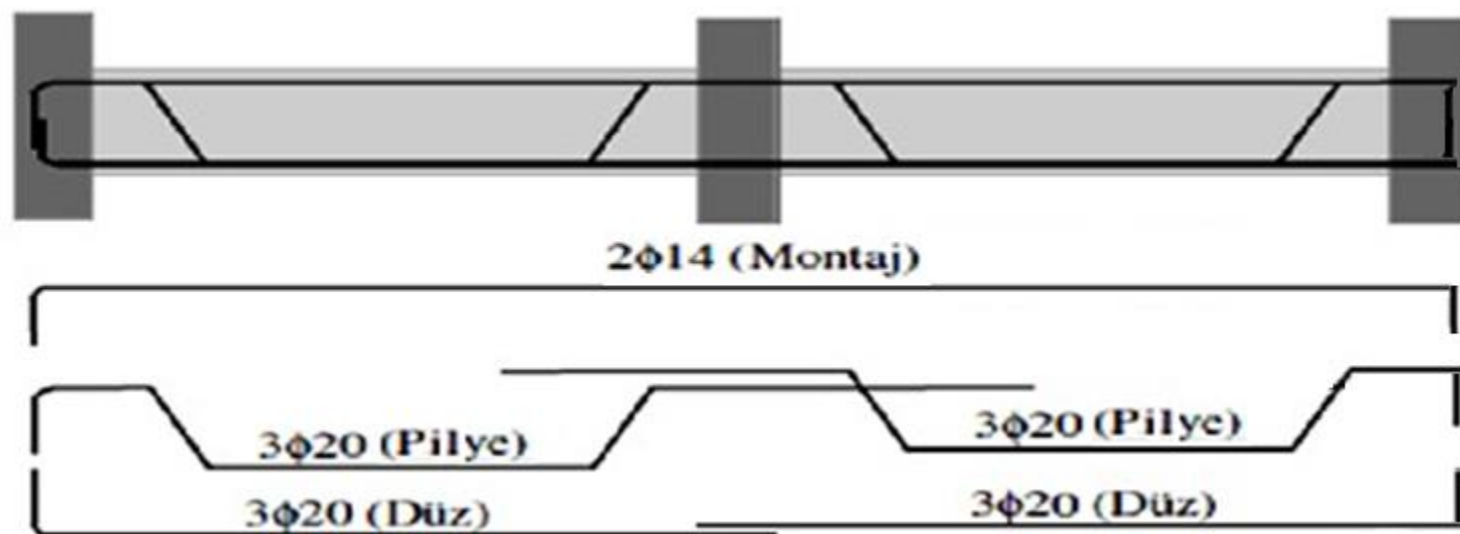
Mesnet Basınç Bölgesi

$$A_{s'} = 203.61 \text{mm}^2 \text{ (3}\phi 20 \text{ düz yeterlidir)}$$

➤ *Kesitin İdealize Edilişi*



c)



d)

$$V_{\max} = 0.22 \times 13 \times 300 \times 510 = 437.58 \text{ kN} > V_d$$

$V_{cr} = 0.65 \times 1.04 \times 300 \times 510 = 103.43 \text{ kN}$, $V_c = 82.74 \text{ kN}$, $V_{cr} < V_d < V_{\max}$ etriye hesabı yapılmalıdır.

A-C Mesneti

$$V_w = V_d - V_c = 110 - 82.74 = 27.26 \text{ kN} = 100 \times 0.365 \times 510 / s > s = 682.87 \text{ mm}$$

B Mesneti

$$V_w = 200 - 82.74 = 117.26 \text{ kN} = 100 \times 0.365 \times 510 / s > s = 158.75 \text{ mm}$$

$$\rho_{w,\min} = 0.3 \cdot \frac{f_{ctd}}{f_{ywd}} = 0.000855$$

$$\rho_{w,\min} = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot s_{\max}} \Rightarrow s_{\max} = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot \rho_{w,\min}}$$

$$s_{\max} = 100 / 300 \times 0.000855 = 390 \text{ mm}$$

$$s \leq d/4, s \leq 150 \text{ mm}, s \leq 8 \times 14 = 112 \text{ mm}$$

$\phi 8/11 \text{ cm}$ seçilir.

