



ESKİŞEHİR OSMANGAZI ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK MİMARLIK FAKÜLTESİ
İnşaat Mühendisliği Bölümü

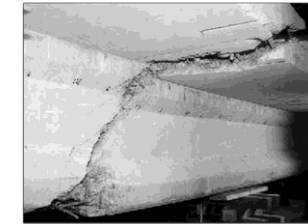
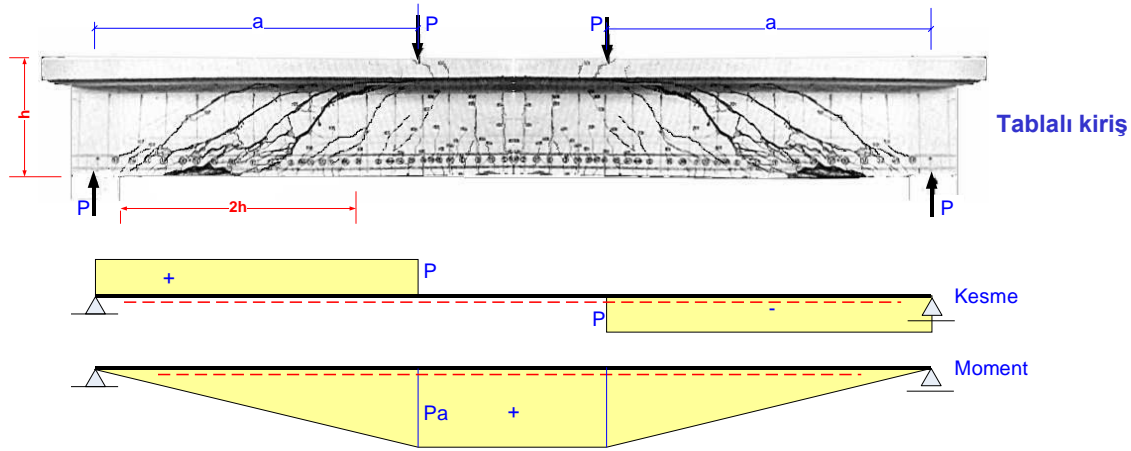
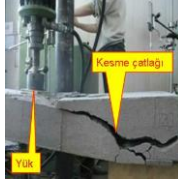
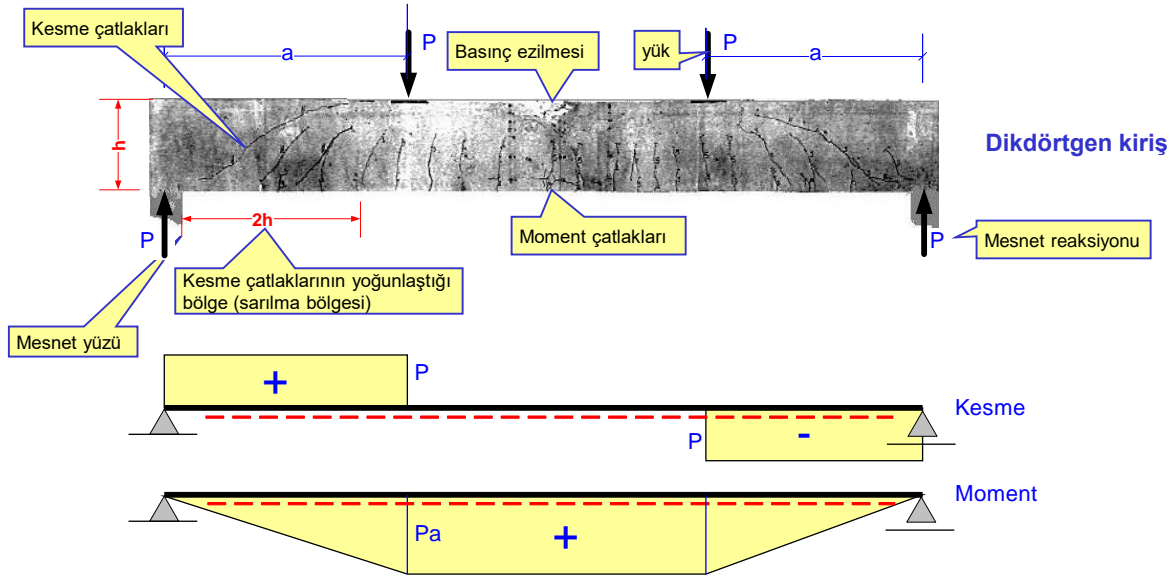


KESME
Kirişlerde Etriye Hesabı
(TS 500:2000)

Kesme çatlakları-Deney kirişi

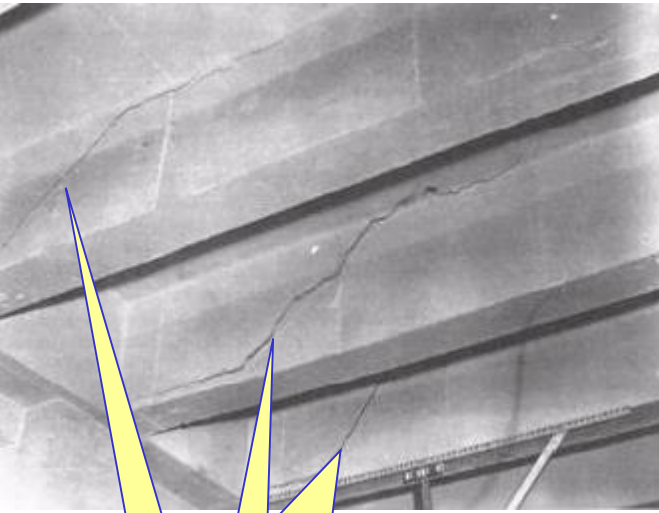
Video

<http://mmf2.ogu.edu.tr/atopcu>



Gözlem:

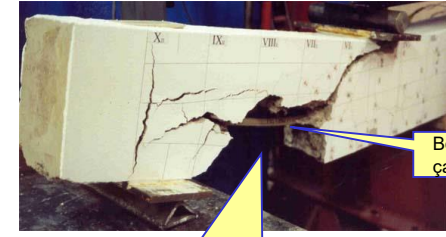
- Kesme çatlakları mesnet yüzünden itibaren kiriş yüksekliğinin iki katı kadar bir bölgede yoğunlaşır. Bu bölgenin sık etriye ile sarılması gerekir.
- Bu bölgede kesme çatlakları yaklaşık 45° eğimlidir.
- Kirişi kesen kuvvet mesnetteki değil, mesnet yüzünden h kadar ötedeki kuvvettir.



- Etriye yetersiz: kesme çatlakları var
- Boyuna donatı yeterli: moment çatlakları yok
- Boyuna donatı kesme çatlaklarını önlemez!

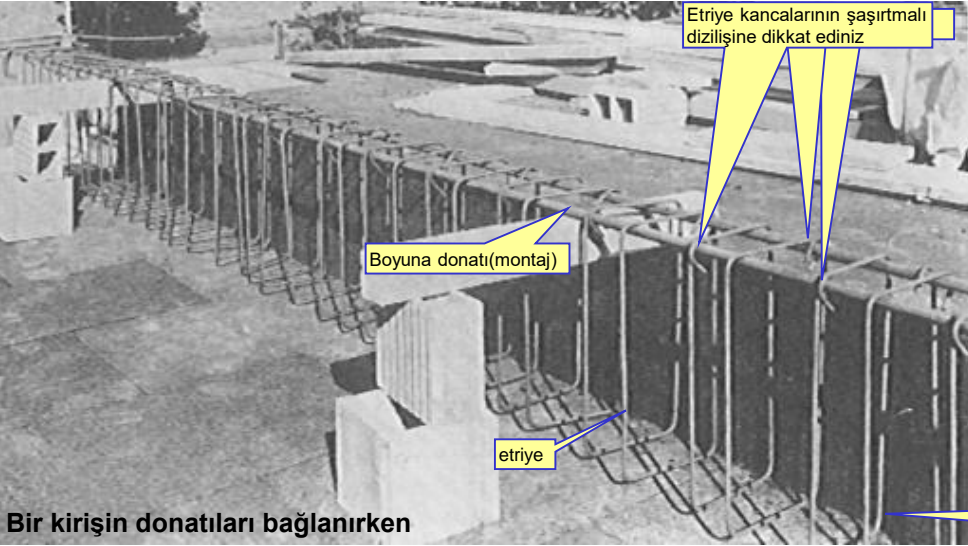


- Etriye yetersiz: kesme çatlakları var
- Boyuna donatı yeterli: moment çatlakları yok
- Boyuna donatı kesme çatlaklarını önlemez!



Boyuna donatı kesme çatlaklarını önlemez!

Eğik çekme (kesme) çatlakları



Etriye kancalarının şaşırtmalı dizilişine dikkat ediniz

Boyuna donatı(montaj)

etriye

Altaki boyuna donatılar henüz konulmamış

Etriye ve pilye donatısı kesme çatlaklarını sınırlar. Etriye daha etkindir. Gerekli etriye çap ve aralığı hesapla belirlenir. Pilyenin katkısı dikkate alınmaz.

Burada, kesme teorisine girmeden, TS 500:2000 e göre etriye hesabının adımları verilecek ve örneklenecektir. TBDY-2018 e göre etriye hesabı biraz farklıdır.

Hesap sırası:

1) Tasarım kesme kuvveti V_d yi belirle (Bak: TS 500:2000, madde 8.1.2).

- Kirişi kesmeye çalışan V_d kuvveti kolon yüzünden d (faydalı yükseklik) kadar uzakta hesaplanır.
- Kiriş bir başka kirişe saplanıyorsa (dolaylı mesnet \equiv saplama kiriş), V_d saplandığı kirişin yüzünde hesaplanır.
- Kolon yüzünden d veya daha az uzakta tekil kuvvet varsa, V_d kolon yüzünde hesaplanır.
- Sol ve sağda hesaplanan V_d kuvvetlerinden mutlak değerce büyük olan dikkate alınır.

2) $\text{Max } V_d = 0.22 f_{cd} A_c$ yi belirle. $V_d > \text{max } V_d$ durumunda kesit kesme açısından yetersizdir. A_c yi $V_d \leq \text{max } V_d$ olacak kadar büyüt.

3) $V_{cr} = 0.65 f_{ctd} A_c (1 + \gamma N_d / A_c)$ donatısız betonun kesme dayanımını hesapla. Bu bağıntıda N_d kiriş aksenal kuvvetidir ve pozitif alınır. N_d basınç ise $\gamma = 0.07$, çekme ise $\gamma = -0.3$ alınır. Basınç kuvveti kesme dayanımını artırmakta, çekme kuvveti ise azaltmaktadır. Çünkü basınç kuvveti kesme çatlaklarını küçültür, çekme kuvveti ise büyütür.

4) $V_d < V_{cr}$ durumunda beton tek başına tüm kesmeyi karşılar. Teorik olarak etriye gerekmez, ancak yönetmelik gereği minimum etriye konur:

$$\frac{A_{sw}}{s} = 0.3 \frac{f_{ctd}}{f_{ywd}} b_w$$

{	s : etriye aralığı
	f_{ywd} : etriye donatısı tasarım dayanımı
	b_w : en küçük gövde genişliği
	A_{sw} : etriye kolları toplam kesit alanı

bağıntısında A_{sw} yi seç, s etriye aralığını hesapla. Açıklıkta s adımda, sarılma bölgelerinde $s/2$ adımda bir etriye koy. Uygulamada genellikle öncelikle $\phi 8$, olmazsa $\phi 10$, ... tek etriye (çift kollu) kullanılır. Etriye çapı ve kol sayısı seçilir, düşey kolların toplam kesit alanı A_{sw} olarak alınır.

5) $V_d > V_{cr}$ durumunda etriye hesabını aşağıdaki bağıntıdan yap:

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{V_d}{f_{ywd} d}$$

Türkiye ağır deprem tehlikesi altında olduğundan bu bağıntıda betonun aldığı kesme ihmal edilmiştir.

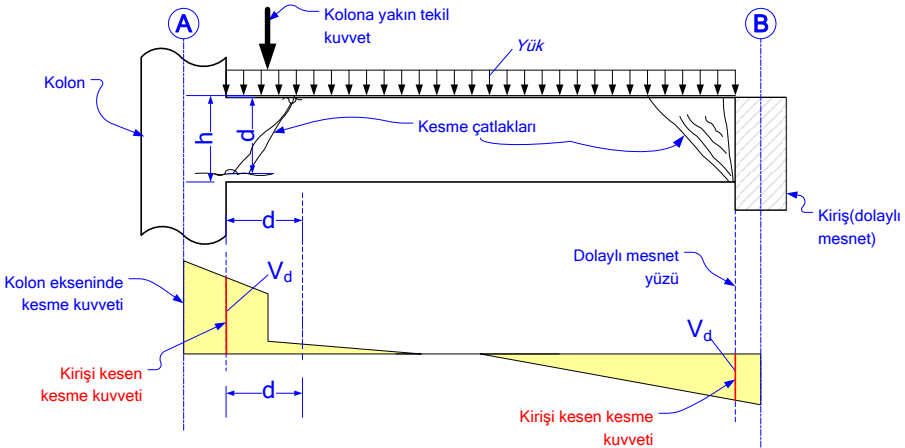
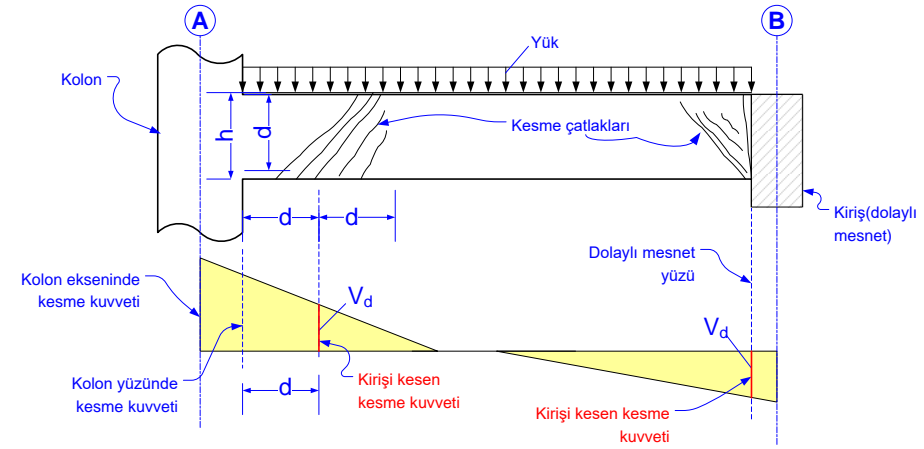
bağıntısında A_{sw} yi seç, s etriye aralığını hesapla. Açıklıkta s adımda, sarılma bölgelerinde $s/2$ adımda bir etriye koy. Önce $\phi 8$ çift kollu, olmazsa $\phi 10$ çift kollu, olmazsa $\phi 8$ çok kollu, vs... denenir.

6) Açıklıkta s adımda, sarılma bölgelerinde $s/2$ adımda bir etriye koy.

7) Etriye Min koşulları: Kararlaştırılan çap ve etriye adımı aşağıdaki koşulları sağlamalıdır.

$$s \leq h/2, s \leq 200 \text{ mm (açıklıkta)}, s \leq h/4, s \leq 100 \text{ mm (sarılma bölgelerinde)}$$

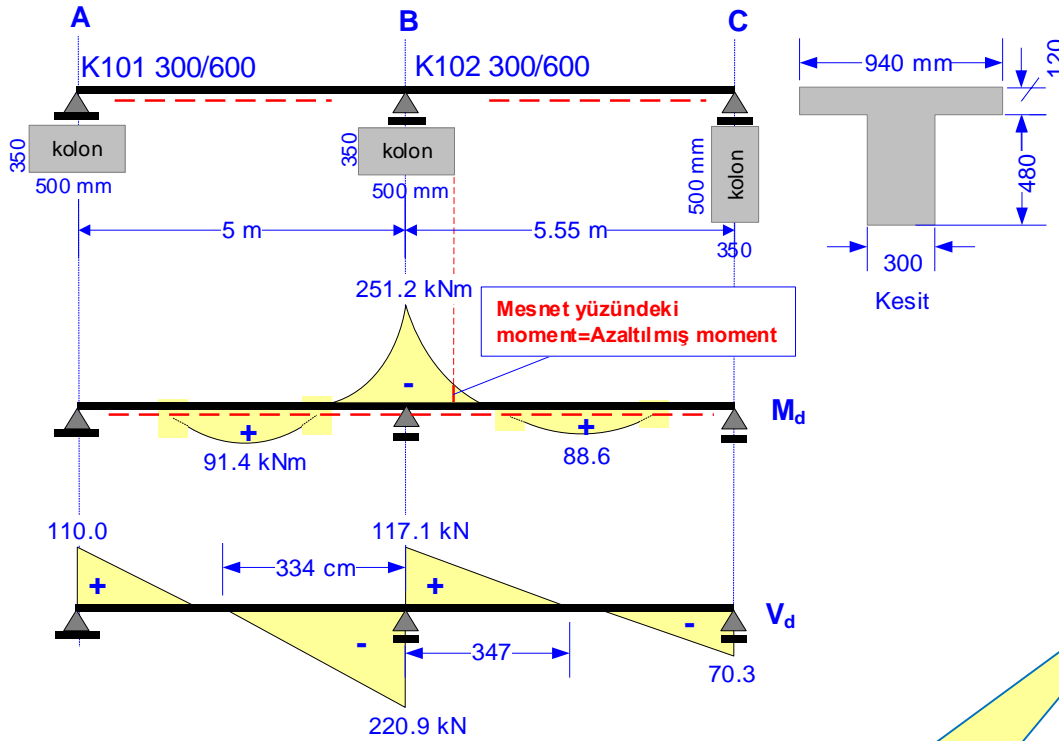
$$\rho_w = A_{sw} / (b_w s) \geq \text{Min } \rho_w = 0.3 f_{ctd} / f_{ywd}$$



NOT: TBDY-2018 Madde 4.4.5 e göre kiriş kesmeye çalışan kuvvetin belirlenmesi farklıdır, V_d yerine tanımlı yönetmelikte verilen V_e alınır.

Örnek: Bir kirişin tüm donatılarının hesabı ve çizimi

Aşağıdaki kirişin şantiyeye gidecek çizimini yapınız. Malzeme: C30/37-B420C, denetim: iyi, beton örtüsü: 40 mm.



Mesnet yüzündeki moment=Azaltılmış moment

TS 500:2000, madde 6.3.9:

Sürekli eğilme elemanlarında, mesnet ekseninde hesaplanan mesnet momenti,

$$V_a/3$$

kadar azaltılabilir. Burada a mesnet genişliği, V ise mesnet ekseninde hesaplanmış kesme kuvvetidir.

Bu örnekte a=0.5 m, $V_d=117.1$ kN (küçük olan)

ÇÖZÜM:

$$f_{cd}=20, f_{ctd}=1.28, f_{yd}=365.22 \text{ N/mm}^2, \rho_b=0.0237$$

$$\text{Min } \rho=0.8 \cdot 1.28/365.22=0.0028, \text{ Max } \rho=0.02$$

$$\text{Max } (\rho-\rho')=0.85 \cdot 0.0237=0.0201$$

Çalışan tabla genişliği: K101 kirişinde

$$b_1=b_2=0.1(0+0.85 \cdot 4500)=383 \text{ mm} \leq 0.2 l_0$$

$$b \leq 300+383+383=1066 \text{ mm}$$

$$b=940 \text{ mm alınacak}$$

K101/K102 açıklıkları, Formülle:

$$M_d=91.4 \text{ kNm}, d=600-40=560 \text{ mm}$$

$$M^T=0.85 \cdot 20 \cdot 940 \cdot 120 \cdot (560-120/2)=958.8 \text{ kNm} > 91.4 \text{ kNm}$$

$$K=91.4 \cdot 10^6/940/560^2=0.31$$

$$\rho=0.000857 \quad A_s=0.000857 \cdot 940 \cdot 560=451 \text{ mm}^2 < A_{s \text{ min}}$$

$$A_{s \text{ min}}=0.0028 \cdot 300 \cdot 560=470 \text{ mm}^2$$

Seçilen : 3 ϕ 14 (462 mm²)

Montaj : 3 ϕ 12 (339 mm²)

$$\rho=462/300/560=0.0028$$

$$\text{Min } \rho < \rho \leq \text{Max } \rho \quad \checkmark$$

Pilye kullanılmamasına ve donatıların kesilmemesine karar verildi

B mesnedi, Formülle:

$$M_d=251.2 \text{ kNm}$$

$$\text{Azaltılmış tasarım momenti: } M_d \leftarrow M_d - V_d \cdot a/3$$

$$V_d=117.1 \text{ kN (küçük olan kesme alındı)}$$

$$M_d=251.2 - 117.1 \cdot 0.5/3=231.7 \text{ kNm}$$

$$K=231.7 \cdot 10^6/300/560^2=2.46 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \rho=0.0073$$

$$A_s=0.0073 \cdot 300 \cdot 560=1226 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{sek}}=1226-339=887 \text{ mm}^2$$

Seç.: 3 ϕ 20(942 mm²)

Azaltılmış moment

Donatı oranı Min ρ -Max ρ arasında olduğundan donatı oranlarını kontrolle gerek yoktur.

Kontrol:

$$A_{s \text{ mesnet}}=942+339=1281 \text{ mm}^2 \quad \rho_1=1281/300/560=0.0076$$

K101/K102 açıklıkları üst kontrol:

$$339 > 1281/4=320 \text{ mm}^2 \quad \checkmark$$

B mesnedi alt kontrol:

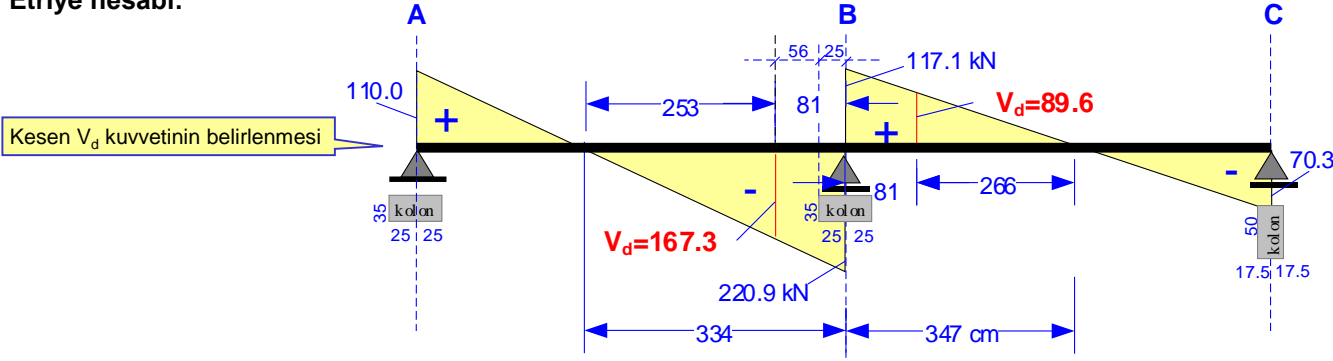
$$\text{Min gerekli: } 1281/2=641 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{sek}}=641-462=179 \text{ mm}^2$$

Seç.: 2 ϕ 12(226 mm²)

Gövde donatısı: gerekmez.

Etriye hesabı:



K101 açıklığı:

$$\frac{V_d}{220.9} = \frac{253}{334}$$

$$\text{Max } V_d = 0.22 f_{ctd} A_c$$

$$V_d = 167.3 \text{ kN}$$

$$\text{Max } V_d = 0.22 \cdot 20 \cdot 300 \cdot 560 = 739.2 \text{ kN} > V_d \text{ kesit yeterli} \checkmark$$

$$V_{cr} = 0.65 \cdot 1.28 \cdot 300 \cdot 560 = 139776 \text{ N} \approx 139.8 \text{ kN}$$

$$V_{cr} = 0.65 f_{ctd} A_c (1 + \gamma N_d / A_c)$$

$$V_{cr} = 139.8 < V_d = 167.3 \text{ kN, Min etriye yetmez, hesaplanacak.}$$

φ8 çift kollu etriye kullanılırsa:

$$A_{sw} = 2 \cdot 50 = 100 \text{ mm}^2$$

$$\frac{100}{s} = \frac{167.3 \cdot 10^3}{365.22 \cdot 560} = 0.81$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{V_d}{f_{ywd} d}$$

$$s = 123 \text{ mm} \approx 12 \text{ cm.}$$

φ10 çift kollu etriye kullanılırsa:

$$A_{sw} = 2 \cdot 79 = 158 \text{ mm}^2$$

$$\frac{158}{s} = \frac{167.3 \cdot 10^3}{365.22 \cdot 560} = 0.81$$

$$s = 195 \text{ mm} \approx 19 \text{ cm.}$$

s=19 cm tercih edilecek: Açıklıkta φ10/19 kullanılacak.

Kontrol:

$$\rho_w = 158 / (300 \cdot 190) = 0.0028$$

$$\text{Min } \rho_w = 0.3 \cdot 1.28 / 365.22 = 0.0011$$

$$\rho_w > \text{Min } \rho_w \checkmark$$

$$s < h/2 = 60/2 \checkmark$$

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{b_w s}$$

$$\text{Min } \rho_w = 0.3 \frac{f_{ctd}}{f_{ywd}}$$

Mesnetlerde (sarılma bölgelerinde) s=19/2≈9 cm, φ10/9 kullanılacak.

K102 açıklığı:

$$\frac{V_d}{117.1} = \frac{266}{347}$$

$$V_d = 89.6 \text{ kN} < \text{Max } V_d = 739.2 \text{ kN} \checkmark$$

$$V_d = 89.6 < V_{cr} = 139.8 \text{ kN. Min etriye yeterli!}$$

φ8 çift kollu etriye kullanılırsa:

$$A_{sw} = 2 \cdot 50 = 100 \text{ mm}^2$$

$$\frac{100}{s} = 0.3 \frac{1.28}{365.22} 300 \rightarrow s = 317 \text{ mm}$$

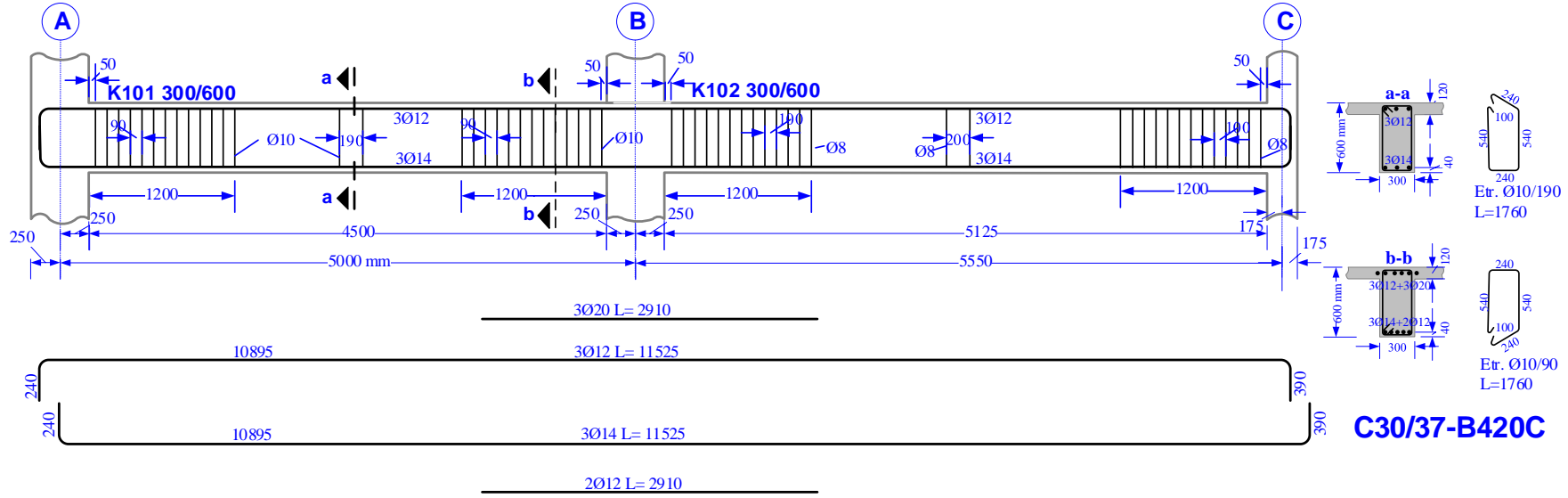
$$\frac{A_{sw}}{s} = 0.3 \frac{f_{ctd}}{f_{ywd}} b_w$$

$$s = 20 \text{ cm alınacak.}$$

Açıklıkta φ8/20, mesnetlerde (sarılma bölgelerinde) φ8/10 kullanılacak.

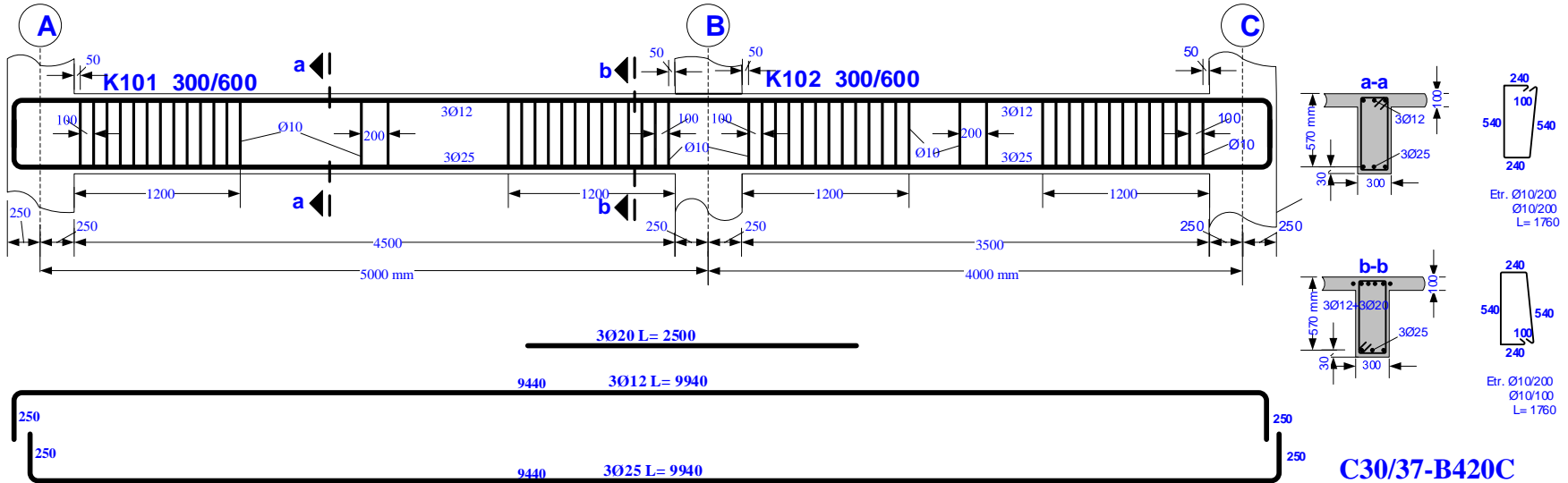
Gerekli tüm donatılar belirlenmiştir. Artık şantiyeye gidecek çizim hazırlanabilir.

Çizim:

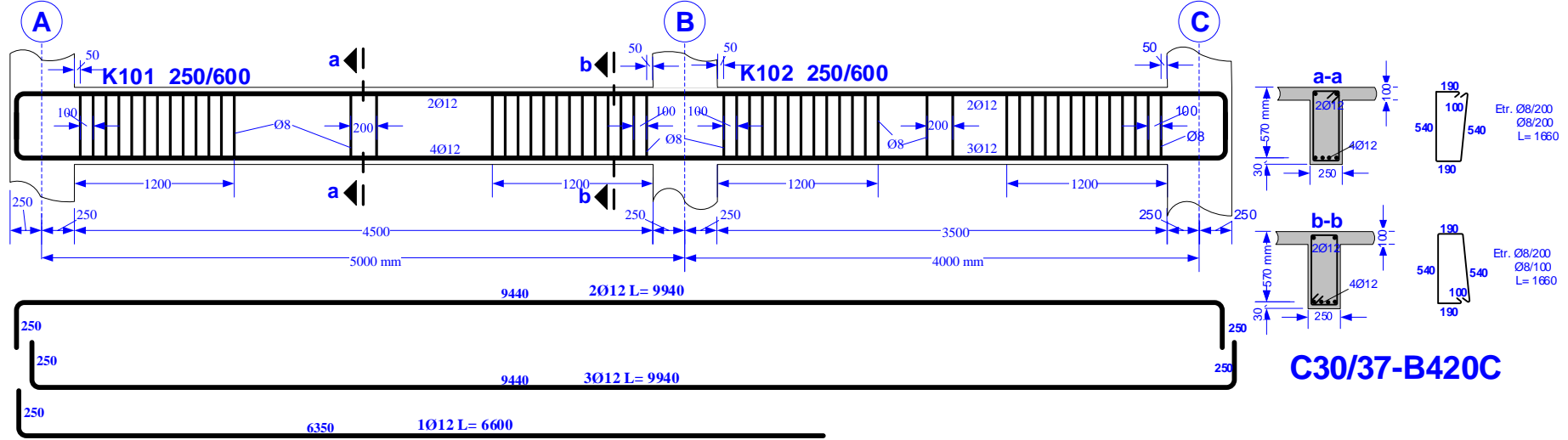


Sorular

1. Aşağıda çizimi verilen kirişin inşası için gerekli olan Ø25 çelik çubuğu temin edilememiştir. Şantiyede Ø8 den Ø24 e kadar çubuklar vardır. Çizimde gerekli değişikliği yapınız. Değişiklik yaptığınız kirişin moment taşıma gücü artar mı yoksa azalır mı?



2. Eskişehir merkezde inşa edilmiş bir kirişin çizimi aşağıda verilmiştir. a-a kesitindeki moment ve b-b kesitindeki kesme taşıma gücünü hesaplayınız. Basınç donatısını ihmal edebilirsiniz.



3. Eskişehir merkezde inşa edilmiş bir kirişin çizimi aşağıda verilmiştir. b-b kesiti $V_d=150$ kN kesme kuvvetini taşıyabilir mi?

