



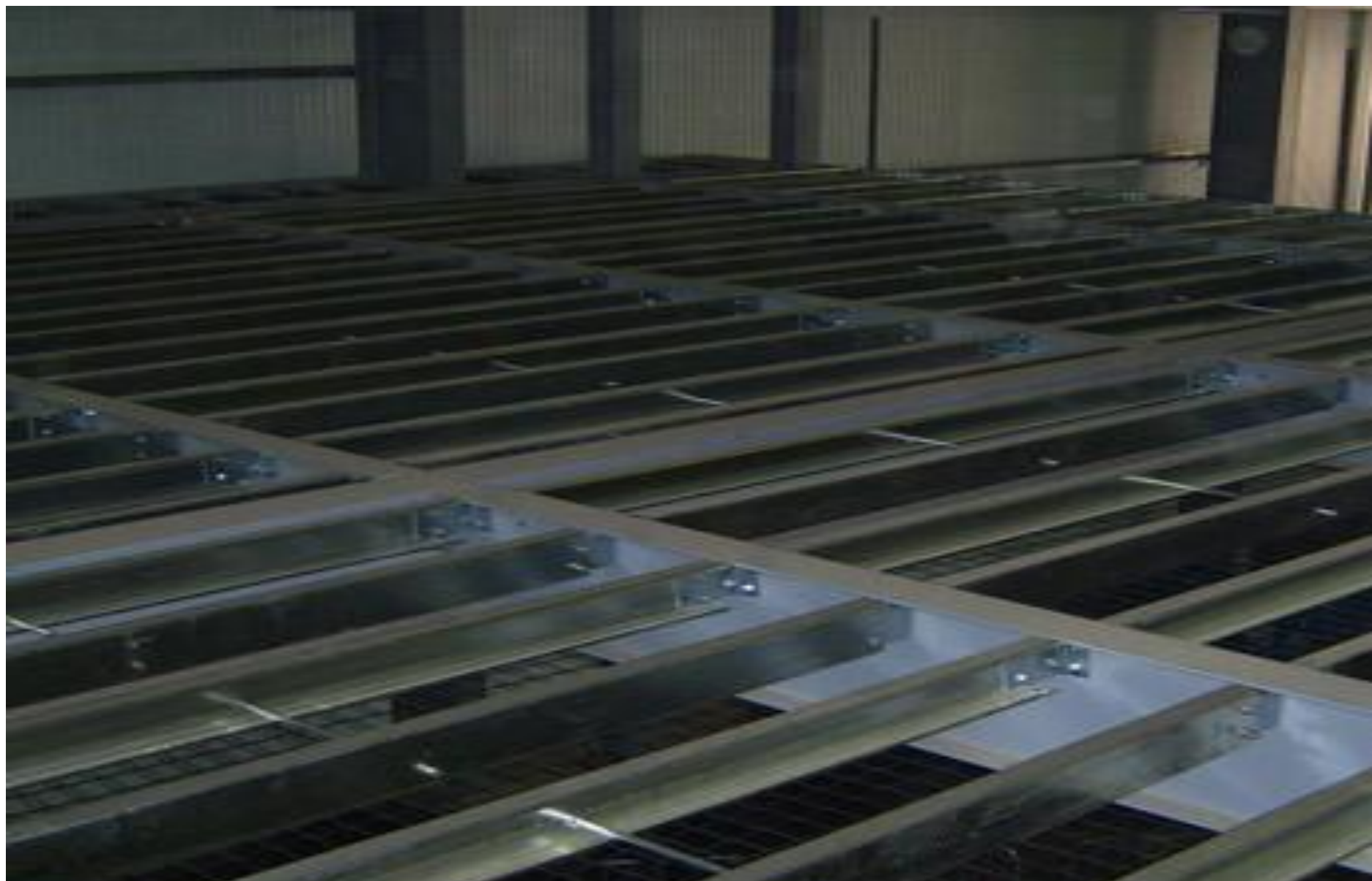
INSA 473 Çelik Tasarım Esasları

Kirişler



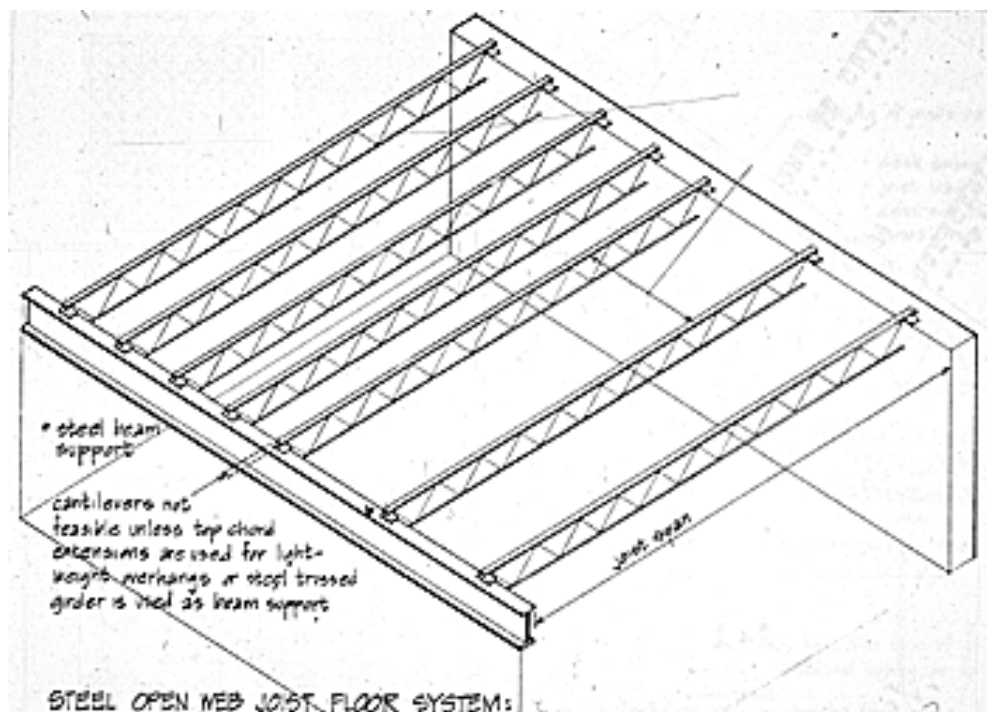














Kirişler



Eđilmeye alıřan Elemanlar

Yalnızca eğilme momenti etkisinde olan elemanlara, eğilmeye çalışan elemanlara, kiriş adı verilmektedir. elik yapılarda kullanılan kirişler;

1) Dolu gövdeli kirişler

2) Kafes kirişler

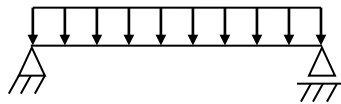
a) Profil kirişler

a) Düzlem kafes kirişler

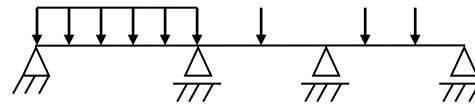
b) Yapma kirişler

b) Uzak kafes kirişler

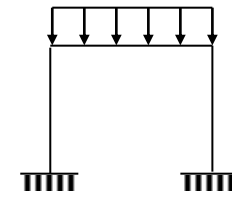
Dolu gövdeli kirişler hazır profillerden ya da yapma profillerden oluşabilir.



Basit kiriş



Sürekli kiriş



ereve kiriři



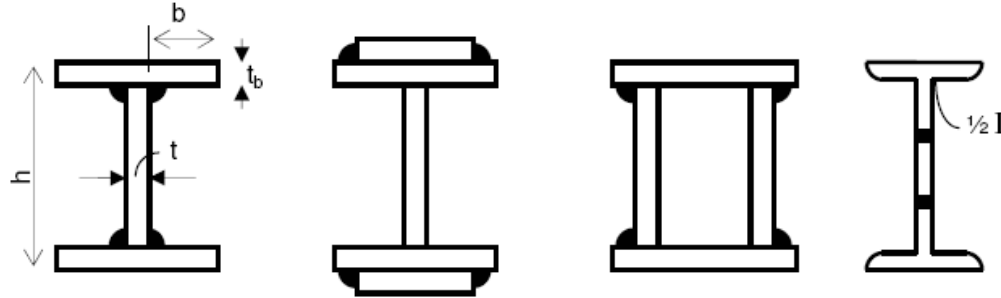
Kirişler



Kiriş en kesiti olarak I profilleri, U profilleri, Z profilleri, $\frac{1}{2}$ I veya T profilleri kullanılabilir.



Yapma kirişler, çeşitli kalınlıkta levhaların kesilip kaynaklanması ile veya profillerle levhaların birlikte kullanılmasıyla elde edilen kirişlerdir.



I, IPE en çok tercih edilen kiriş kesitleridir.

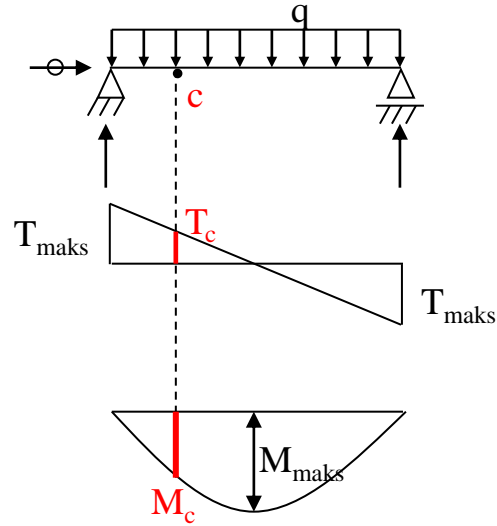
Kirişlerde; 1) Gerilme, 2) Deplasman, 3) Stabilité denetimleri yapılır.



Kirişler



Dolu Gövdeli Kirişlerde Gerilme Denetimi:



Düzgün yayılı yükle yüklü basit kirişte maksimum kayma gerilmesi mesnette oluşur.

$$\tau_{maks} = \frac{T_{maks} \cdot s_x}{I_x \cdot b} \cong \frac{T_{maks}}{F_g} \leq \tau_{em}$$

Burada, s_x kayma gerilmesinin hesaplanacağı noktanın üstünde (veya altında) kalan alanın x eksenine göre statik momentini, b kayma gerilmesinin hesaplandığı noktadaki kesit genişliğini göstermektedir.

$$\text{Max normal gerilme, } \sigma_{maks} = \frac{M_{maks}}{W_x} \leq \sigma_{em}$$

Herhangi bir C noktasında ise,

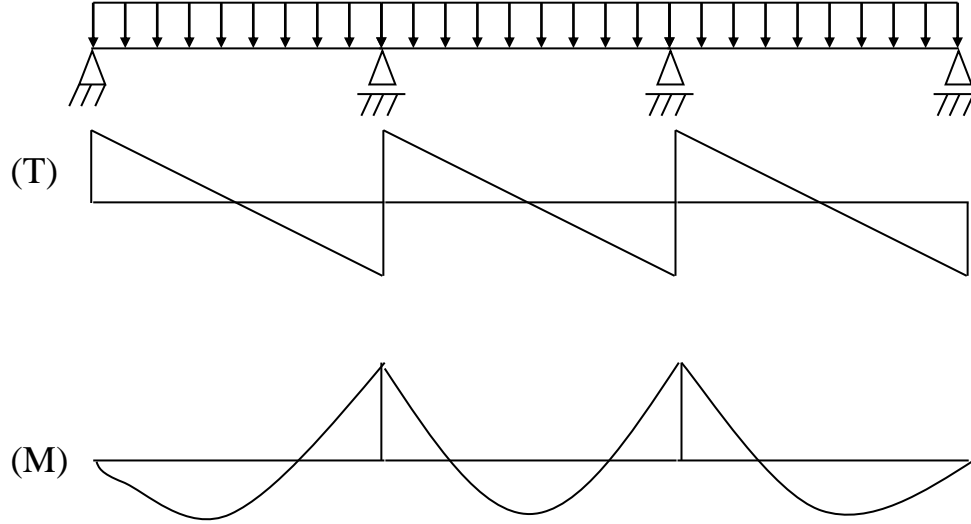
$$\left. \begin{array}{l} \sigma_c = \frac{M_c}{W_x} \\ \tau_c = \frac{T_c \cdot s_x}{I_x \cdot b} \cong \frac{T_c}{F_g} \end{array} \right\} \sigma_v = \sqrt{\sigma_c^2 + 3 \cdot \tau_c^2} \leq \sigma_{v,em} \left\{ \begin{array}{l} 0.75 \sigma_a (EY) \\ 0.80 \sigma_a (EIY) \end{array} \right.$$



Kirişler



Sürekli kirişlerde,



Sürekli kirişlerde kayma gerilmeleri ve normal gerilmeler mesnet bölgelerinde en büyük değerlerine ulaşabilirler. Bu durumda yine kıyaslama gerilmesi hesaplanarak kıyaslama emniyet gerilmesi ile karşılaştırılmalıdır.

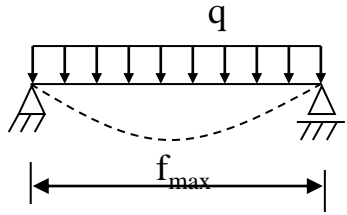


Kirişler



Sehim Denetimi:

Kirişlerde f (sehim) $\leq f_{\max}$ (izin verilen sehim) olmalıdır.

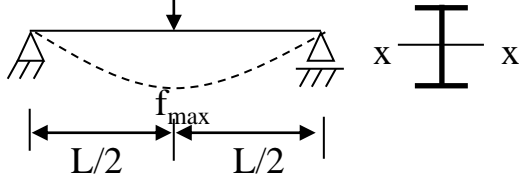


$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{q \cdot L^4}{E \cdot I_x} \leq f_{\text{izin verilen}} = \frac{L}{300}$$

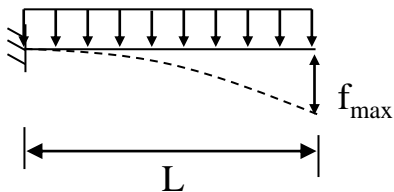
(Basit mesnetli)

$$f = \frac{1}{384} \cdot \frac{q \cdot L^4}{E \cdot I_x} \leq f_{\text{izin verilen}} = \frac{L}{300}$$

(Ankastre mesnetli)



$$f = \frac{1}{48} \cdot \frac{P \cdot L^3}{E \cdot I_x} \leq f_{\text{izin verilen}} = \frac{L}{300}$$



$$f_{\max} = \frac{1}{8} \frac{qL^3}{EI_x} \leq f_{\text{izin verilen}} = \frac{L}{250}$$

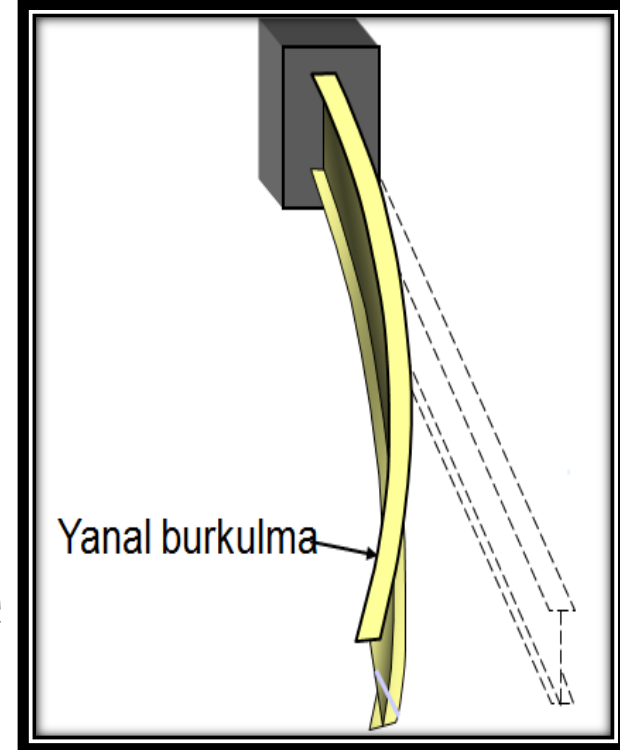
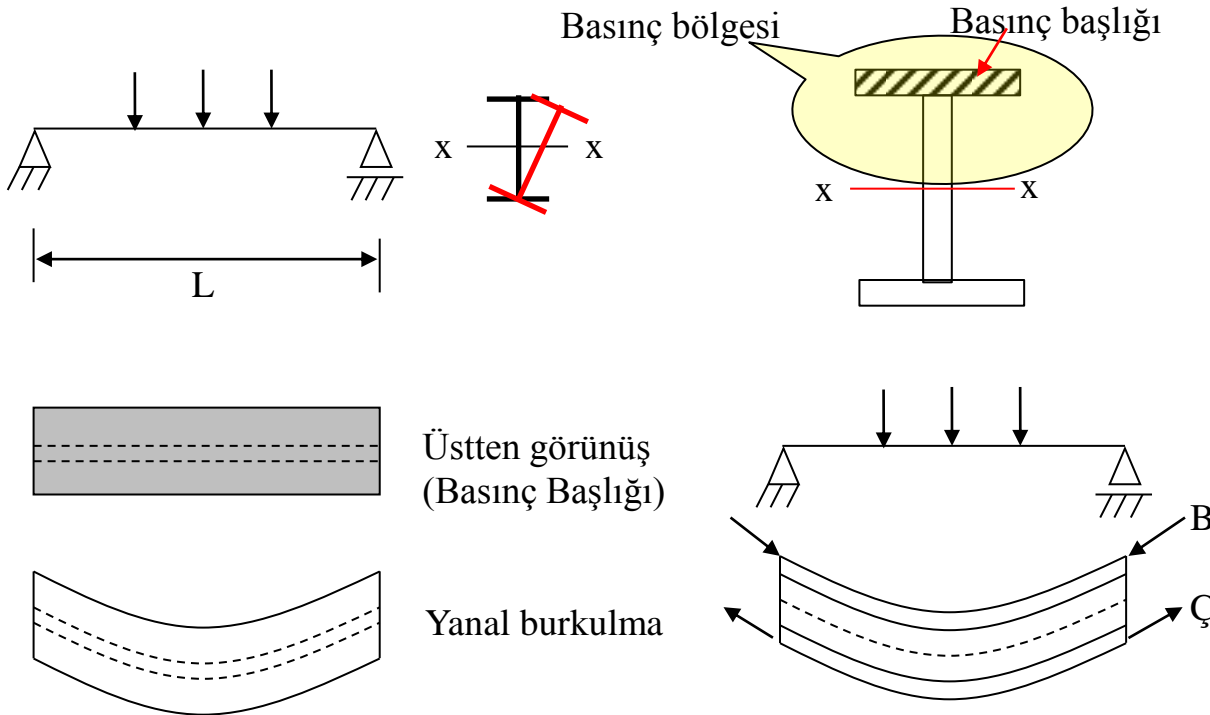


Kirişler



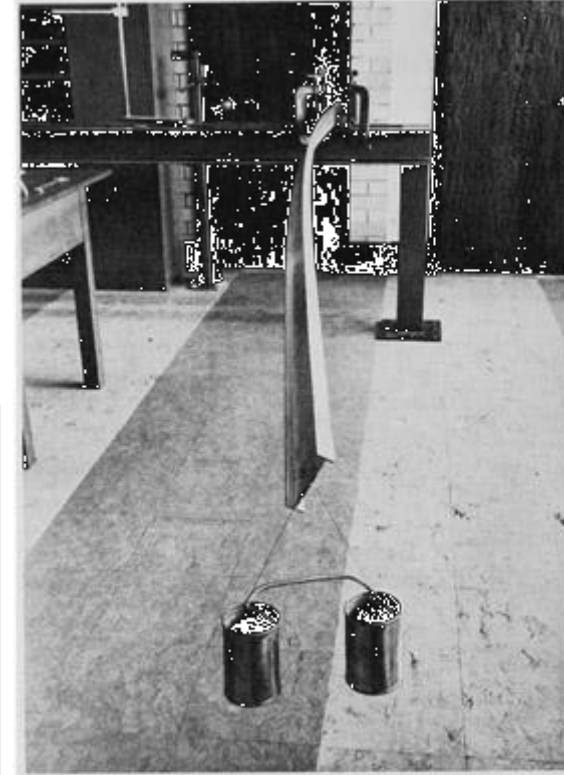
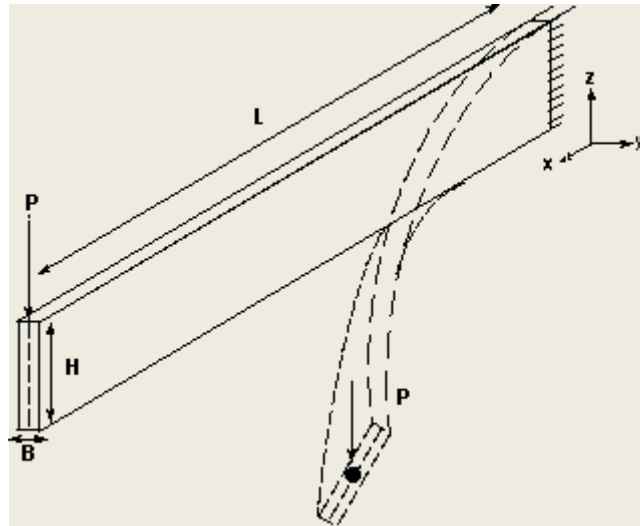
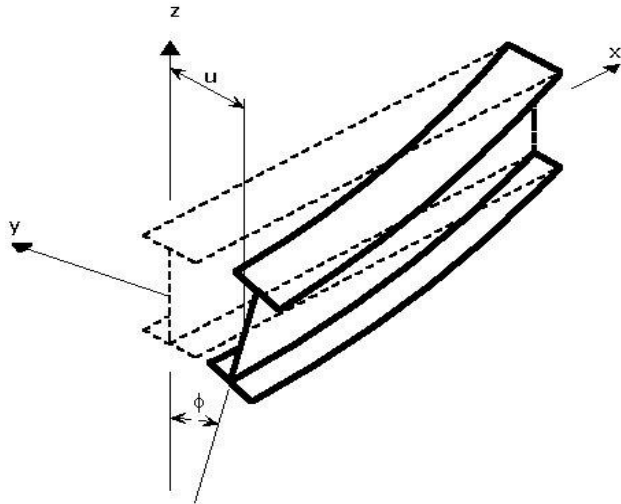
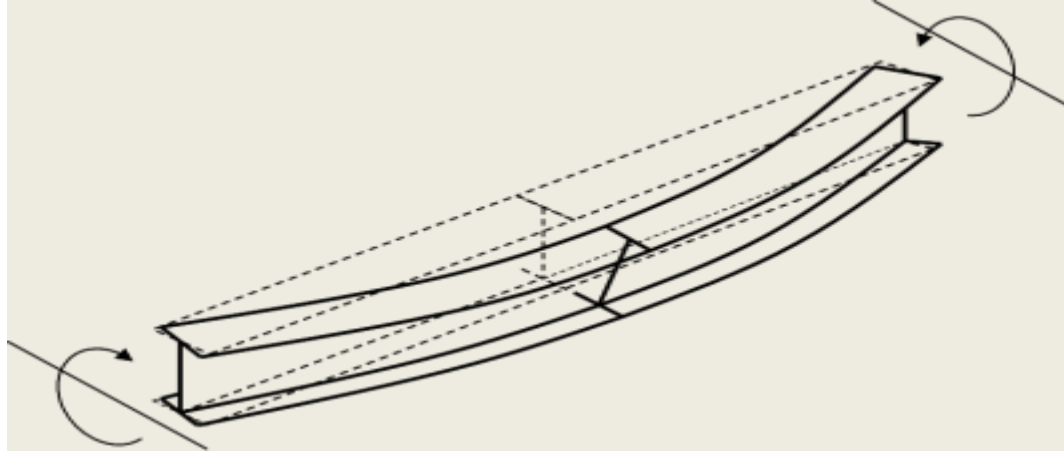
Stabilite Denetimi (Yanal Burkulma):

Yanal burkulma kirişin gövde düzlemi boyunca yüklenmesi durumunda stabilitesini yitirip basınç bölgesinin yana doğru yer değiştirmesi ve burkulmasıdır.



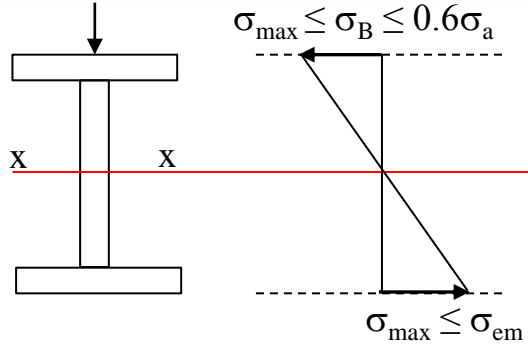


Kirişler



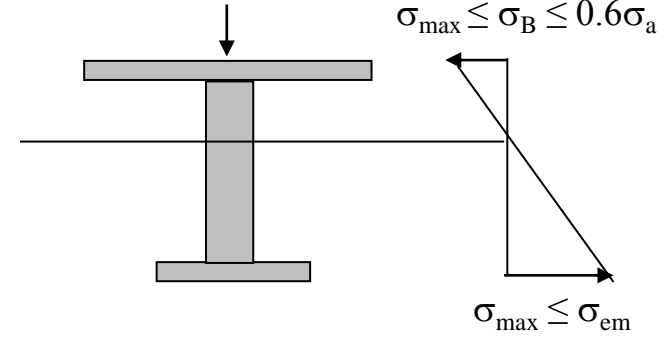


Kirişler



Basınç başlığında
 $\sigma_{\max} \leq \sigma_B \leq 0.6\sigma_a$

Çekme başlığında
 $\sigma_{\max} \leq \sigma_{em}$



Basınç başlığında, $\sigma_{\max} \leq \sigma_B \leq \sigma_{em} (= 0.60\sigma_a)$

Kirişlerde yanal burkulma gerçekleşmeden yükün aktarılabilmesi için basınç başlığı yer yer yanal ötelenmeye karşı tutulur veya tümüyle betona gömülür.

Kirişte yanal burkulma olmadan yükün aktarılması için kirişin basınç bölgesinde oluşan maksimum gerilmenin hesaplanacak yanal burkulma emniyet gerilmesinden küçük olması gerekir (TS648, Sayfa 28).

σ_B : yanal burkulma emniyet gerilmesi hiçbir zaman $0.60\sigma_a$ değerini aşamaz.



Kirişler



$$\frac{s}{i_{yB}} \leq \sqrt{\frac{300000000.C_b}{\sigma_a}} \quad \text{ise} \quad \sigma_B = \left[\frac{2}{3} - \frac{\sigma_a \cdot (s/i_{yB})^2}{900000000.C_b} \right] \cdot \sigma_a \leq 0.6\sigma_a$$

$$\frac{s}{i_{yB}} \geq \sqrt{\frac{300000000.C_b}{\sigma_a}} \quad \text{ise} \quad \sigma_B = \frac{100000000.C_b}{(s/i_{yB})^2} \leq 0.6\sigma_a \quad (\text{TS648, Sayfa 28})$$

σ_a malzemenin akma gerilmesi (kg/cm^2), s kirişin basınç başlığının yanal burkulmaya karşı tutulmamış kesiminin serbest boyudur (cm).

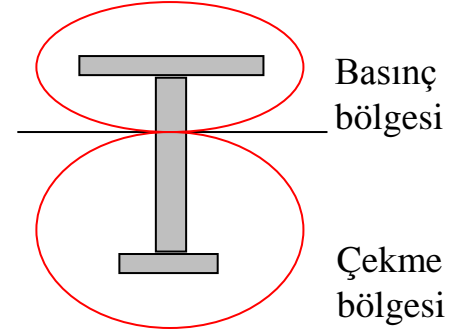
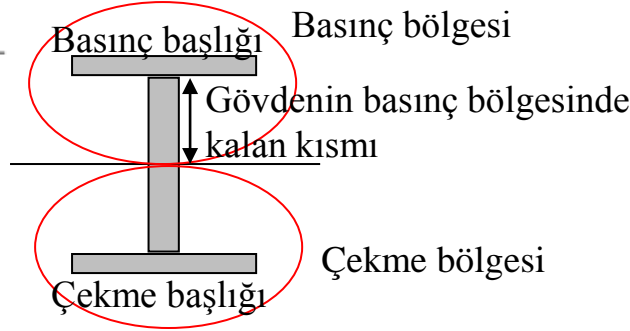
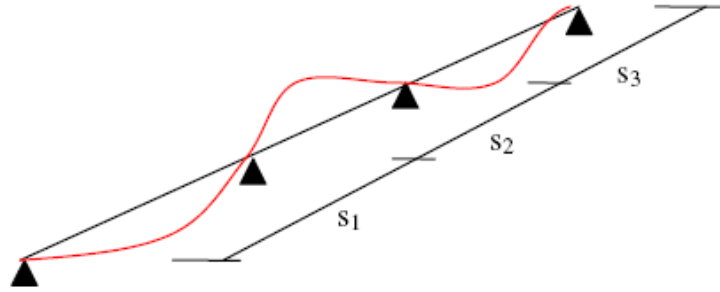
Eğer basınç başlığı dolu, en kesiti yaklaşık olarak dikdörtgen ve çekme başlığı en kesitinden daha küçük değilse (kompakt standart kesitlerde); yukarıdaki formüller yerine

$$\sigma_B = \frac{840000 \times C_b}{s \times d / F_D} \leq 0.6 \times \sigma_a$$

kullanılabilir.



Kirişler



i_{yB} : Basınç başlığı enkesit alanı ile gövdenin basınç bölgesinde kalan kısmının üçte birinden oluşan alanın gövde düzlemindeki eksenine göre atalet yarıçapı (cm).

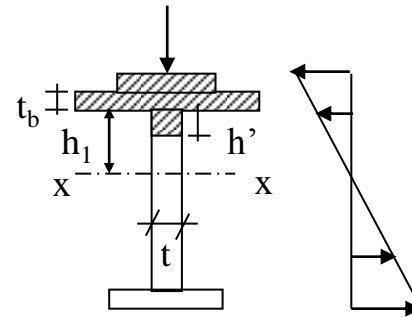
Simetrik kesit

$$h' = \frac{h/2}{3} = \frac{h}{6}$$

$$i_{yB} = \sqrt{\frac{I_{yB}}{F_B}} \quad F_B = b.t_b + h'.t$$

$$I_{yB} = \frac{t_b \cdot b^3}{12} + \frac{h' \cdot t^3}{12}$$

Simetrik olmayan kesit



$$h' = \frac{h_1}{3}$$



Kirişler



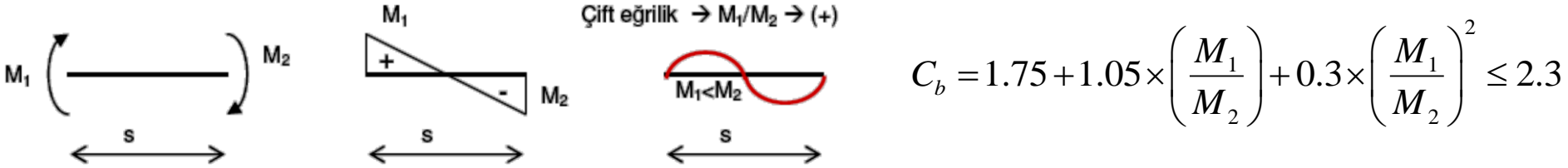
C_b : İndirgeme katsayısı

$$C_b = 1.75 + 1.05 \times \left(\frac{M_1}{M_2} \right) + 0.3 \times \left(\frac{M_1}{M_2} \right)^2 \leq 2.3$$

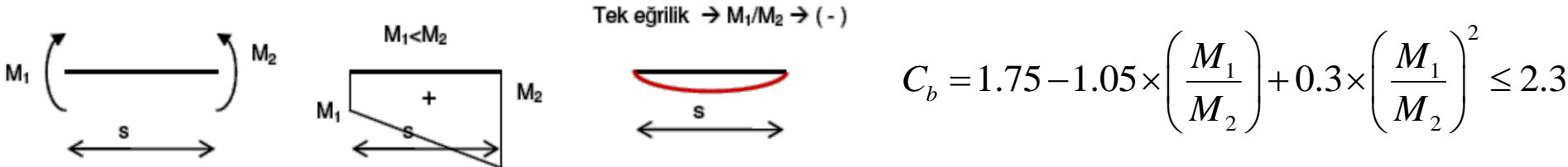
M_1 : Kirişin yanal desteklerinin olduğu noktadaki uç momentlerinin küçüğü (mutlak değerce)

M_2 : Kirişin yanal desteklerinin olduğu noktadaki uç momentlerinin büyüğü (mutlak değerce)

M_1 ve M_2 aynı yönde (ters eğrilikli eğilme, çift eğrilikli) ise M_1/M_2 oranı pozitif (+) alınır.



M_1 ve M_2 ters yönde (tek eğrilikli eğilme) ise M_1/M_2 oranı negatif (-) alınır.





Kirişler

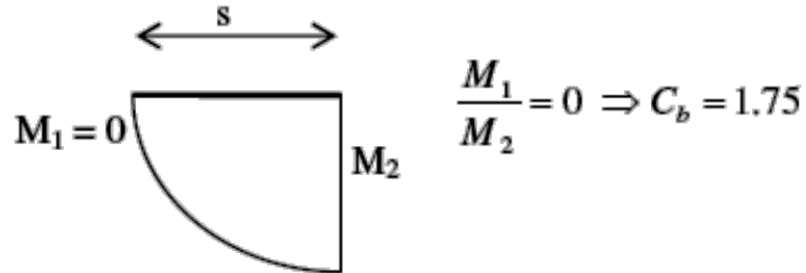


Özel durumlar

Serbest boyun herhangi bir noktasındaki eğilme momenti M_1 veya M_2 'den mutlak değerce büyükse $C_b=1$ alınır.



Ayrıca, $M_1=0$ ise $C_b=1.75$ alınır.

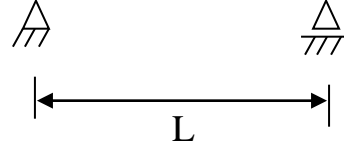
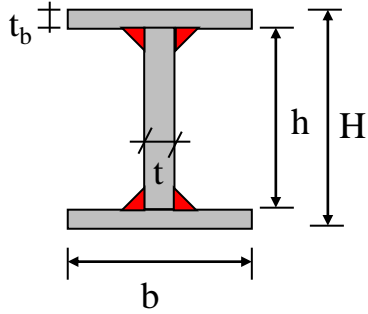




Kirişler



Yapma Profillerin Sağlaması Gereken Koşullar (TS 648, Sayfa 35) :



Basit kirişlerde $\rightarrow \frac{H}{L} \leq \frac{1}{12}$

Sürekli kirişlerde $\rightarrow \frac{H}{L} \leq \frac{1}{25}$

Gövde Levhası:

$$\frac{h}{t} \leq \frac{950}{\sqrt{\sigma_a \cdot (\sigma_a + 1.2)}}$$

h(cm) gövde yüksekliği

t(cm) gövde kalınlığı

σ_a (t/cm²) gövde levhası akma dayanımını

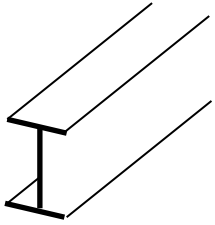


Kirişler



Basınç Başlığı:

a) Yanal desteklenmemiş başlıklar:



$$\frac{b}{t_b} \leq \frac{25}{\sqrt{\sigma_a}}$$

$$(\sigma_a \rightarrow t/cm^2)$$

Yanal desteklenmemiş

$$\frac{b}{t_b} \leq \frac{25}{\sqrt{\sigma_a}} \rightarrow Q_s = 1$$

$$\frac{25}{\sqrt{\sigma_a}} < \frac{b}{t_b} < \frac{46}{\sqrt{\sigma_a}} \rightarrow Q_s = 1.415 - 0.0166 \times \frac{b}{t_b} \times \sqrt{\sigma_a}$$

$$\frac{b}{t_b} \geq \frac{46}{\sqrt{\sigma_a}} \rightarrow Q_s = \frac{1400}{\sigma_a \times \left(\frac{b}{t_b}\right)^2}$$

Bu oran aşıldığı takdirde basınç emniyet gerilmesi azaltılır.

Basınç başlığında izin verilen gerilme

a) $0.6 \times \sigma_a \times Q_s$

b) σ_B Yanal burkulma emniyet gerilmesi değerini aşmamalıdır.

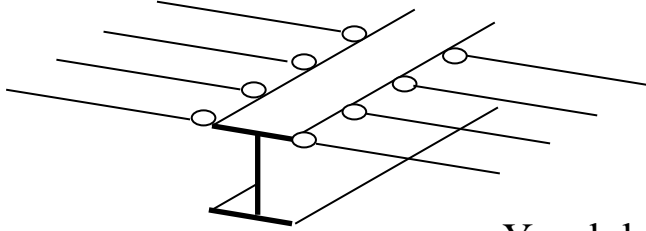
(TS 648, Sayfa 37)



Kirişler



b) Yanal Desteklenmiş başlıklar:



Yanal desteklenmiş

Başlık genişliğinin kalınlığına oranı,

$$\frac{b}{t_b} \leq \frac{63}{\sqrt{\sigma_a}}$$

şartını sağlamalıdır. Yukarıdaki değer aşıldığı takdirde, eğilme hesabında azaltılmış etkin genişlik (b_e) kullanılmalıdır.

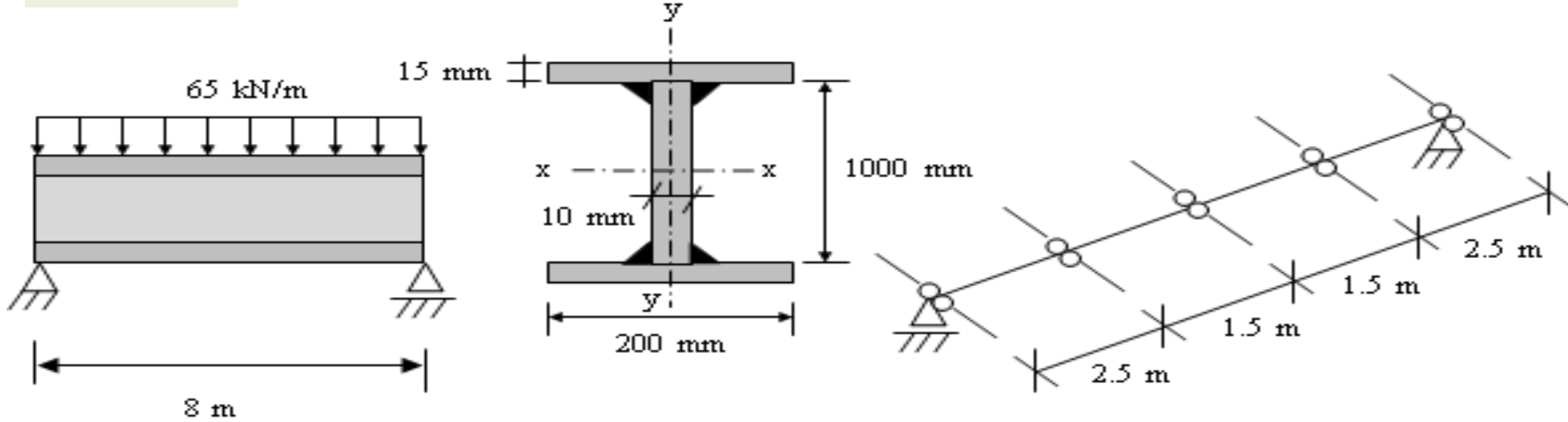
$$b_e = \frac{63 \cdot t_b}{\sqrt{\sigma_a}} \quad (\sigma_a \Rightarrow \text{t/cm}^2 \text{ olarak alınır})$$



Kirişler



ÖRNEK:



Fe37, EY için

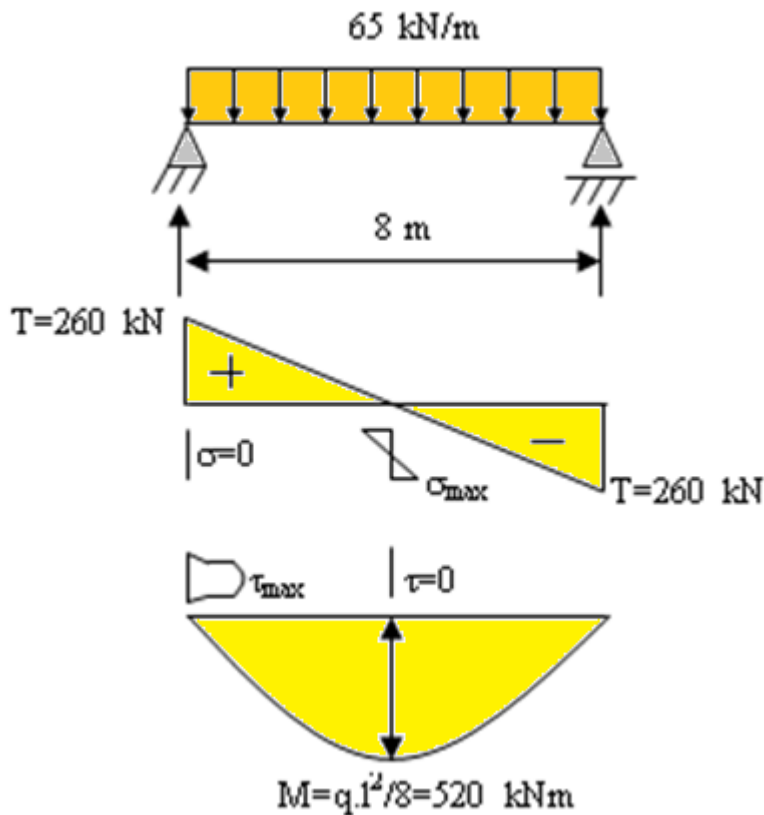
- Kirişte gerilme denetimi yapınız.
- Yanal burkulma denetimini yapınız.



Kirişler



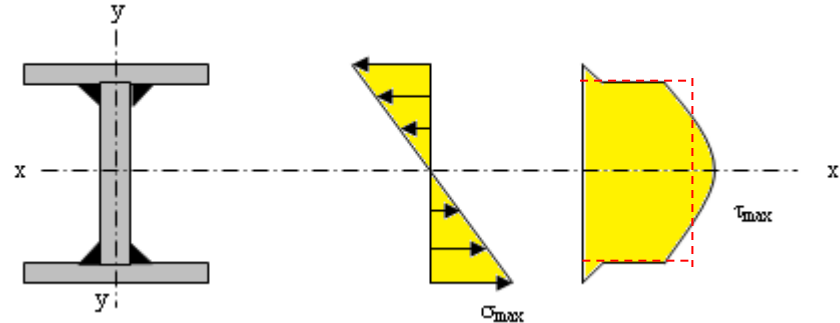
ÇÖZÜM:



a) Gerilme denetimi

$$I_x = \frac{20.0 \times 103.0^3}{12} - \frac{19.0 \times 100.0^3}{12} = 237878.334 \text{ cm}^4$$

$$W_x = \frac{I_x}{h/2} = \frac{237878.334}{103.0/2} = 4619 \text{ cm}^3$$

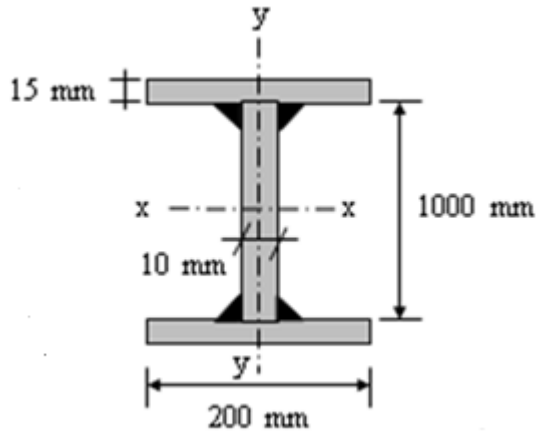


$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{W_x} = \frac{52000}{4619} = 11.26 \text{ kN/cm}^2 < \sigma_{em} = 14 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau_{max} \cong \frac{T_{max}}{F_g} = \frac{260}{100.0 \times 1.0} = 2.6 \text{ kN/cm}^2 < \tau_{em} = 9 \text{ kN/cm}^2$$



Kirişler



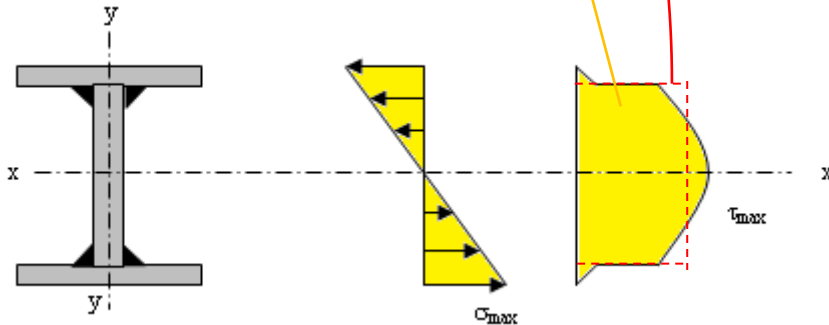
$$\tau_{max} \cong \frac{T_{max}}{F_g} = \frac{260}{100.0 \times 1.0} = 2.6 \text{ kN/cm}^2 < \tau_{em} = 9 \text{ kN/cm}^2$$

Uzun formülde

Şeklin yarısının x eksenine göre statik momentini

$$s_x = 20 \times 1.5 \times 50.75 + 50 \times 1 \times 25 = 2772.5 \text{ cm}^3$$

$$\tau_{max} = \frac{T_{max} \cdot s_x}{I_x \cdot b} = \frac{260 \times 2772.5}{237878.334 \times 1.0} = 3.03 \text{ kN/cm}^2 \leq \tau_{em} = 9 \text{ kN/cm}^2$$

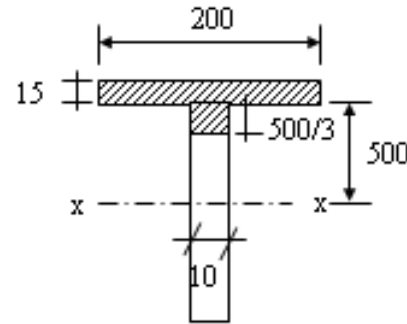
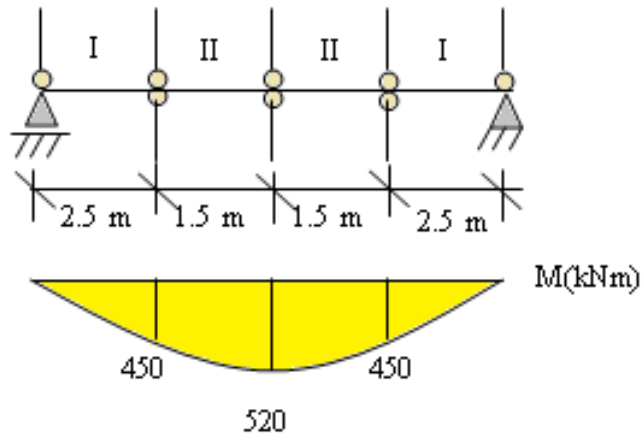




Kirişler



d) Yanal burkulma denetimini



$$F_B = 20 \times 1.5 + \frac{50}{3} \times 1.0 = 46.67 \text{ cm}^2$$

$$I_{yB} = \frac{1.5 \times 20^3}{12} + \frac{50/3 \times 1^3}{12} = 1001.4 \text{ cm}^4$$

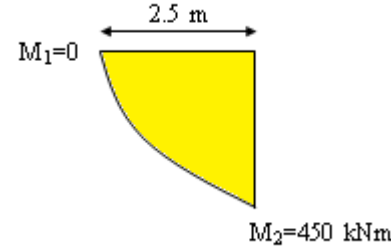
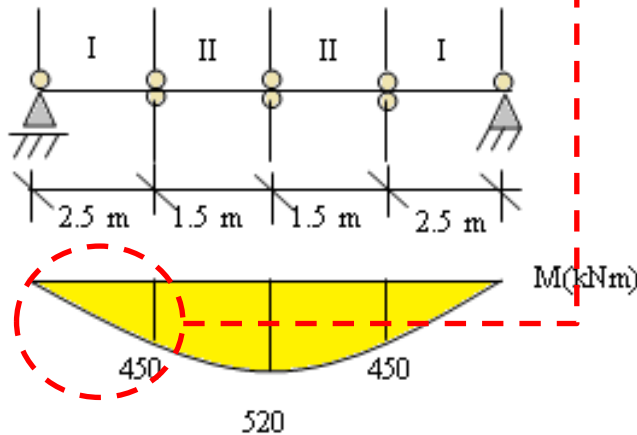
$$i_{yB} = \sqrt{\frac{1001.4}{46.69}} = 4.63 \text{ cm}$$



Kirişler



I. Bölge



$$c_b = 1.75$$

$$\frac{s}{i_{yB}} = \frac{250}{4.63} = 53.99 < \sqrt{\frac{30000000 \cdot C_b}{\sigma_a}} = \sqrt{\frac{30000000 \times 1.75}{2400}} = 147.9$$

$$\sigma_B = \left[\frac{2}{3} - \frac{\sigma_a \times (s/i_{yB})^2}{90000000 \times c_b} \right] \sigma_a = \left[\frac{2}{3} - \frac{2400 \times (53.99)^2}{90000000 \times 1.75} \right] 2400 = 1493 \text{ kg/cm}^2 = 14.93 \text{ kN/cm}^2 > 14 \text{ kN/cm}^2$$

I. Bölge de basınç başlığında oluşan maksimum gerilme

$$\sigma_B = 14 \text{ kN/cm}^2 \text{ alınır.}$$

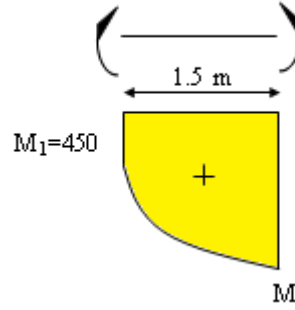
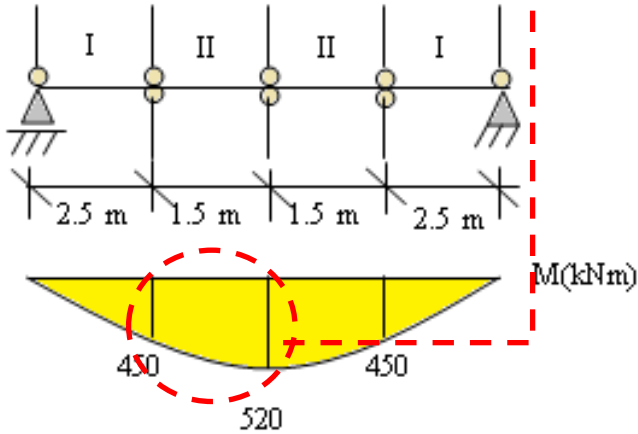
$$\sigma_{\max}^I = \frac{M_2}{W_x} = \frac{45000}{4619} = 9.74 \text{ kN/cm}^2 < \sigma_B = 14 \text{ kN/cm}^2 \checkmark$$



Kirişler



II. Bölge



$$\frac{M_1}{M_2} \rightarrow (-)$$

$$C_b = 1.75 + 1.05 \left(-\frac{450}{520} \right) + 0.3 \left(-\frac{450}{520} \right)^2 = 1.066$$

$$\frac{s}{i_{yB}} = \frac{150}{4.63} = 32.4 < \sqrt{\frac{30000000 \times C_b}{\sigma_a}} = \sqrt{\frac{30000000 \times 1.066}{2400}} = 115.4$$

$$\sigma_B = \left[\frac{2}{3} - \frac{2400 \times 32.4^2}{90000000 \times 1.066} \right] 2400 = 1537 \text{ kg/cm}^2 = 15.37 \text{ kN/cm}^2 > 14 \text{ kN/cm}^2$$

II. Bölge de basınç başlığında oluşan maksimum gerilme

$\sigma_B = 14 \text{ kN/cm}^2$ alınır.

$$\sigma_{\max}^{\text{II}} = \frac{M_2}{W_x} = 11.26 \text{ kN/cm}^2 < \sigma_B = 14 \text{ kN/cm}^2 \checkmark$$

Yanal burkulma denetimi sağlamazsa s boyu küçültülerek kuşak sayısı arttırılabilir.

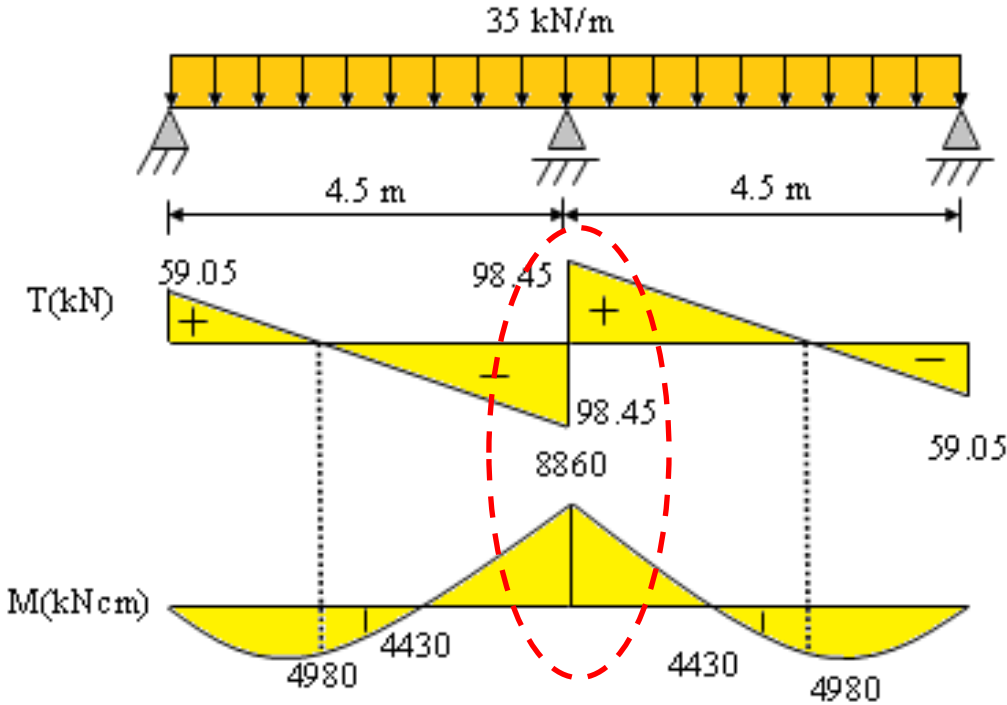


Kirişler



ÖRNEK:

IPE 330 Fe37, EY için gerilme ve yanal burkulma denetimi yapınız.



ÇÖZÜM:

IPE330 için $I_x=11770 \text{ cm}^4$,
 $W_x=713 \text{ cm}^3$, $d(s)=7.5$
 mm , $b=160 \text{ mm}$, $t=11.5 \text{ mm}$

Gövde uz. = $h-2 \cdot t = 33 - 2 \times 1.15 = 30.7 \text{ cm}$

$$\sigma_{\max} = \frac{M}{W_x} = \frac{8860}{713} = 12.43 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau_{\max} = \frac{T}{F_g} = \frac{98.45}{30.7 \times 0.75} = 4.28 \text{ kN/cm}^2$$

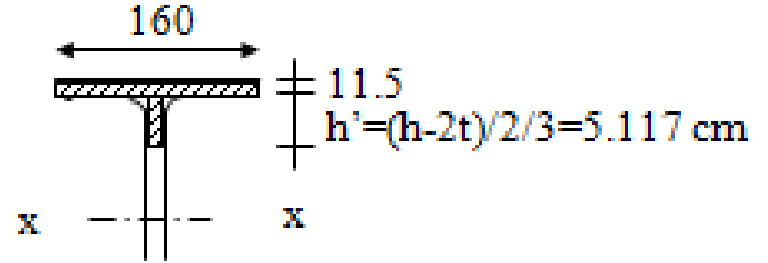
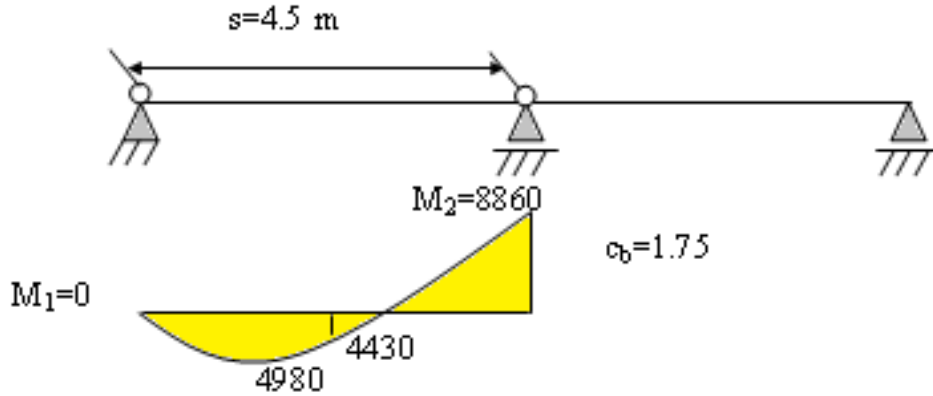
$$\sigma_v = \sqrt{12.43^2 + 3 \times 4.28^2} = 14.47 \text{ kN/cm}^2 < 0.75 \sigma_a = 18 \text{ kN/cm}^2$$



Kirişler



Yanal burkulma denetimi



$$F_B = 16 \times 1.15 + 5.117 \times 0.75 = 22.23 \text{ cm}^2$$

$$I_{yB} = \frac{1.5 \times 16^3}{12} + \frac{5.117 \times 0.75^3}{12} = 392.71 \text{ cm}^4$$

$$\frac{s}{i_{yB}} = \frac{450}{4.2} = 107.14 < \sqrt{\frac{30000000 \cdot C_b}{\sigma_a}} = \sqrt{\frac{30000000 \times 1.75}{2400}} = 147.9$$

$$i_{yB} = \sqrt{\frac{392.71}{22.23}} = 4.2 \text{ cm}$$

$$\sigma_B = \left[\frac{2}{3} - \frac{2400 \times (107.14)^2}{90000000 \times 1.75} \right] 2400 = 1180.2 \text{ kg/cm}^2 = 11.80 \text{ kN/cm}^2$$

Yanal burkulur.
Kuşak konmalı.

Basınç başlığında oluşan maksimum gerilme

$$\sigma_{\max} = \frac{M}{W_x} = \frac{8860}{713} = 12.43 \text{ kN/cm}^2 > \sigma_B = 11.80 \text{ kN/cm}^2$$



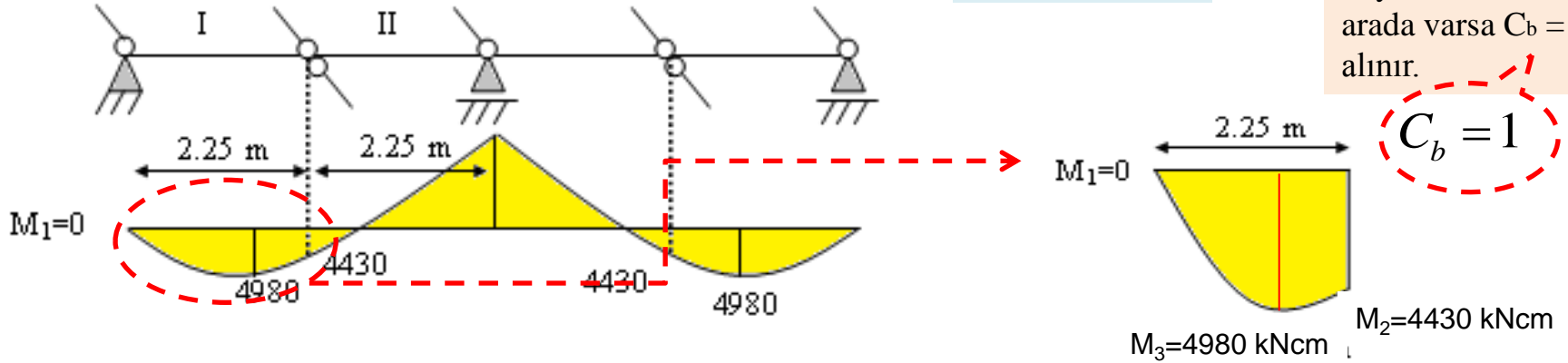
Kirişler



Açıklık ortasından kuşak konulursa

I. Bölge

Uç momentlerden büyük bir moment arada varsa $C_b = 1$ alınır.



$$\frac{s}{i_{yB}} = \frac{225}{4.2} = 53.57 < \sqrt{\frac{30000000 \cdot C_b}{\sigma_a}} = 111.8$$

$$\sigma_B = \left[\frac{2}{3} - \frac{2400 \times (53.57)^2}{90000000 \times 1.0} \right] 2400 = 1416 \text{ kg/cm}^2 = 14.16 \text{ kN/cm}^2 > 14 \text{ kN/cm}^2 \quad \times$$

$$\sigma_B \leq 0.6 \sigma_a = 0.6 \times 24 = 14 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_B = 14 \text{ kN/cm}^2 \text{ alınır}$$

I. Bölge de basınç başlığında oluşan maksimum gerilme

$$\sigma_{\max}^I = \frac{4980}{713} = 6.98 \text{ kN/cm}^2 < \sigma_B = 14 \text{ kN/cm}^2$$

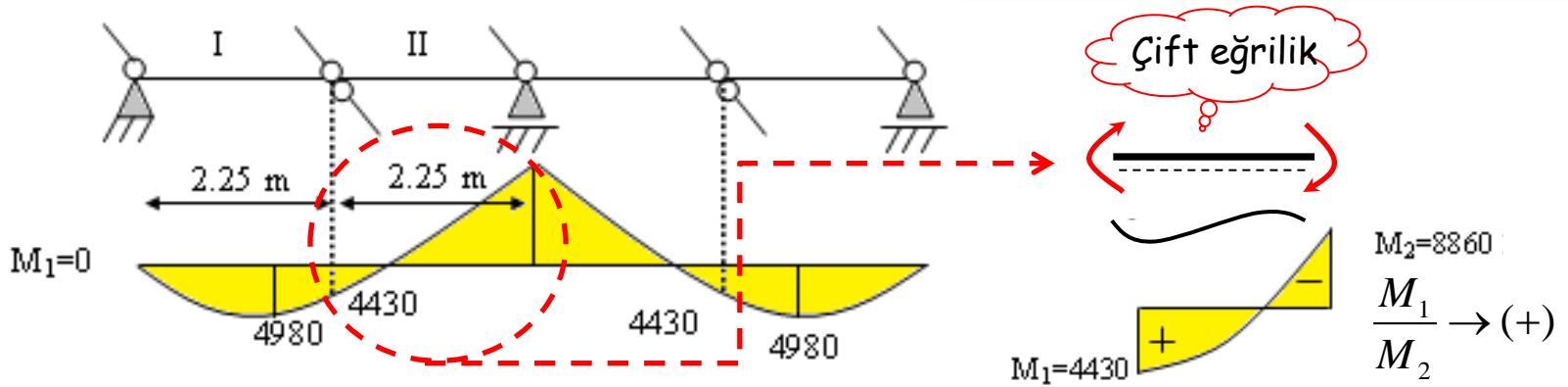




Kirişler



II. Bölge



$$C_b = 1.75 + 1.05 \left(\frac{4430}{8860} \right) + 0.3 \left(\frac{4430}{8860} \right)^2 = 2.35 \quad \times \quad C_b \leq 2.3 \text{ olmalıdır, } \Rightarrow C_b = 2.3$$

$$\frac{s}{i_{yB}} = 53.57 < \sqrt{\frac{30000000 \times 2.3}{2400}} = 169.55$$

$$\sigma_B \leq 0.6 \sigma_a = 0.6 \times 24 = 14 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_B = \left[\frac{2}{3} - \frac{2400 \times (53.57)^2}{90000000 \times 2.3} \right] 2400 = 1520 \text{ kg/cm}^2 = 15.20 \text{ kN/cm}^2 > 14 \text{ kN/cm}^2 \quad \times \quad \sigma_B = 14 \text{ kN/cm}^2 \text{ alınır}$$

II. Bölge de basınç başlığında oluşan maksimum gerilme

$$\sigma_{\max}^{\text{II}} = \frac{8860}{713} = 12.43 \text{ kN/cm}^2 < \sigma_B = 14 \text{ kN/cm}^2 \quad \checkmark$$

Yapı Mühendisliđi,

"Yapı Mühendisliđi, kesin olarak belirlenemeyen yükler etkisinde, özellikleri ancak tahmin edilebilen malzemeler kullanılarak, sadece yaklaşık olarak analiz edilebilen gerçek yapılar yapma sanatıdır."

Edward L. Wilson