



INSA 473 Çelik Tasarım Esasları

Basınç Çubukları



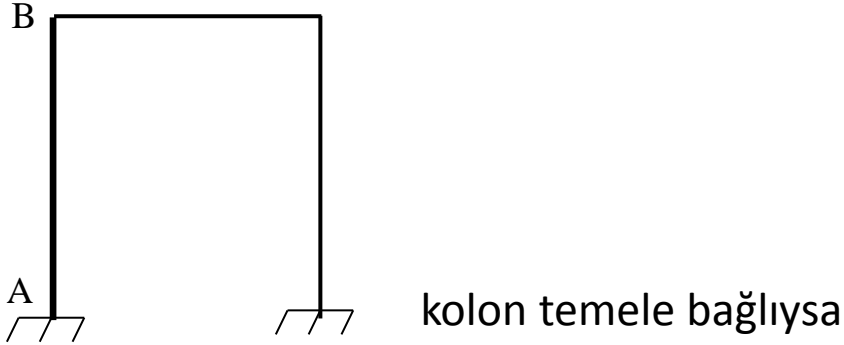


Basınç Çubukları



Çerçeve Çubuklarının Burkulma Boyları

AB kolonunun burkulma boyu: G_A ve G_B belirlenir



G_A

(ankastre) $G=1.0$

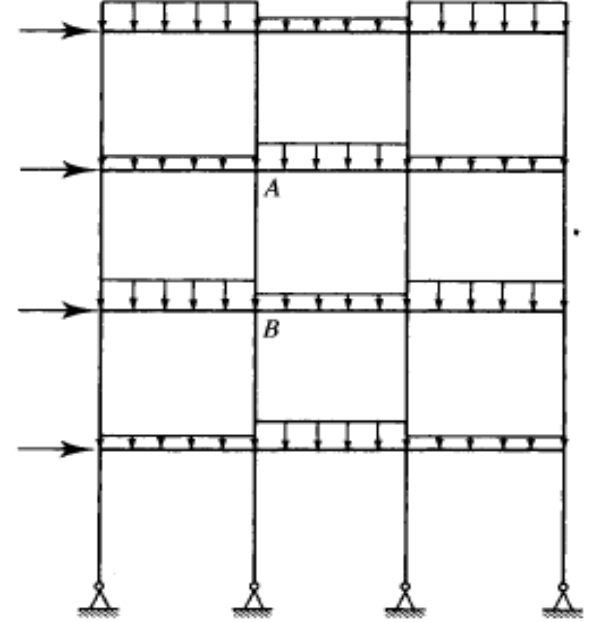


(mafsallı) $G=10$



G_B

$$G_B = \frac{\sum \frac{I_c}{s_c}}{\sum \frac{I_g}{s_g}}$$





Basınç Çubukları



Çerçeve Çubuklarının Burkulma Boyları

$$G_B = \frac{\sum \frac{I_c}{S_c}}{\sum \frac{I_g}{S_g}}$$



I_c : Düğüm noktasına birleşen kolonların atalet momenti (cm^4)

I_g : Düğüm noktasına birleşen kirişlerin atalet momenti (cm^4)

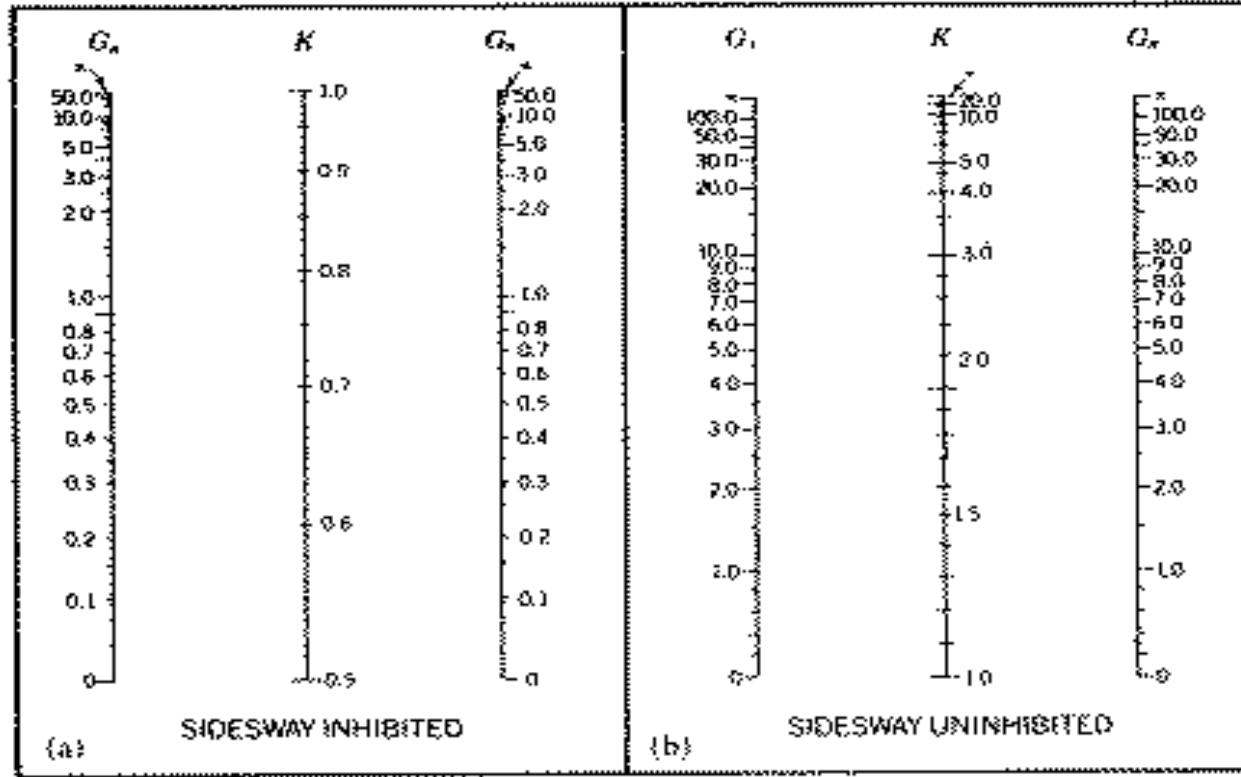
S_c : Düğüm noktasına birleşen kolonların serbest boyları (cm)

S_g : Düğüm noktasına birleşen kirişlerin serbest boyları (cm) değerlerini gösterir.

Kolonun her iki ucundaki G değerleri hesaplandıktan sonra abaklar yardımıyla (TS 648 Sayfa 9-10, Çizelge 4-5) burkulma katsayısı (K) belirlenir ve burkulma boyu, l_b , hesaplanır. $l_b = K.l$



Basınç Çubukları

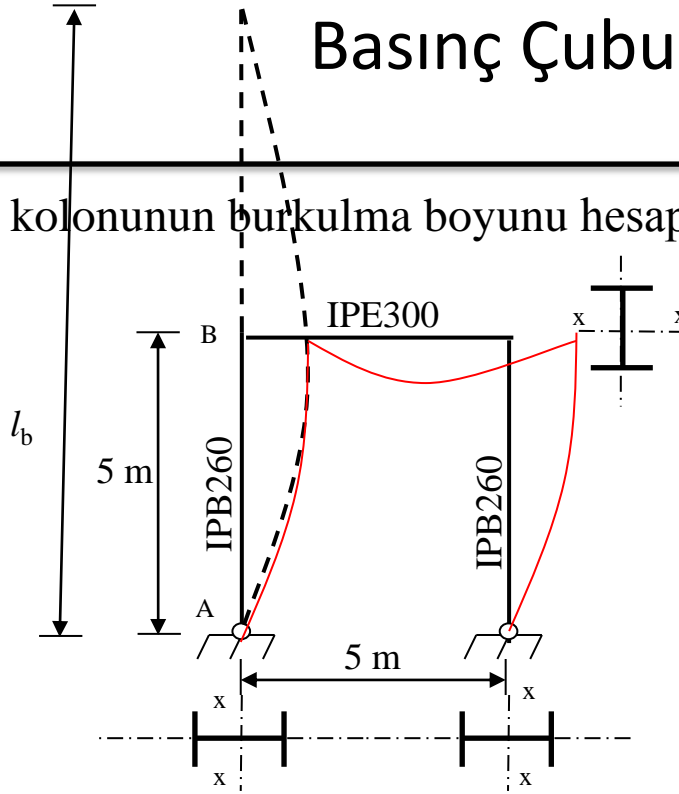


Çerçeve kolonlarının burkulma boyları için abaklar



Basınç Çubukları

ÖRNEK - A-B kolonunun burkulma boyunu hesaplayınız.

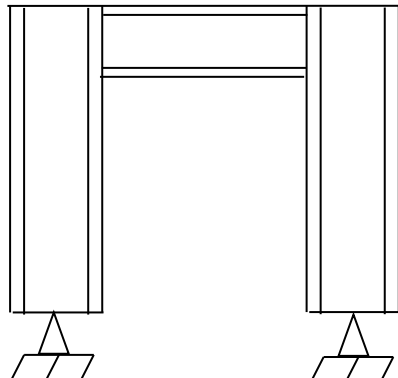
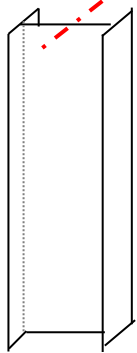


Kiriş IPE300
Kolon IPB260

IPE300 için $I_x = 8360 \text{ cm}^4$
IPB260 için $I_x = 14920 \text{ cm}^4$

Yanal ötelenme önlenmemiş

$$G_A = 10 \quad \left. \begin{array}{l} \text{mafsallı ayak} \\ \frac{14920}{500} \\ \frac{500}{8360} = 1.78 \end{array} \right\} K \approx 2.1$$

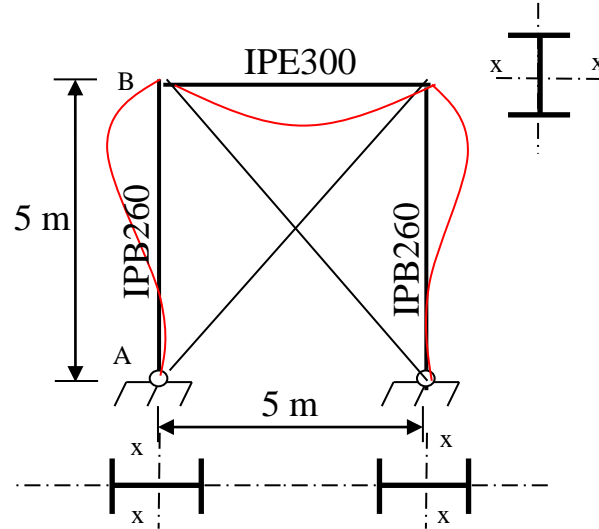
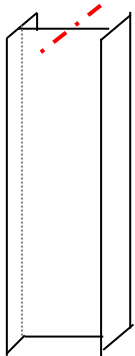




Basınç Çubukları



Yanal ötelenme önlenmiş



$$\left. \begin{array}{l} G_A = 10 \\ G_B = 1.78 \end{array} \right\} K \cong 0.9$$

mafsallı ayak

Burkulma boyu

$$l_{bx} = K \cdot l = 0.9 \times 500 = 4.5 \text{ m}$$

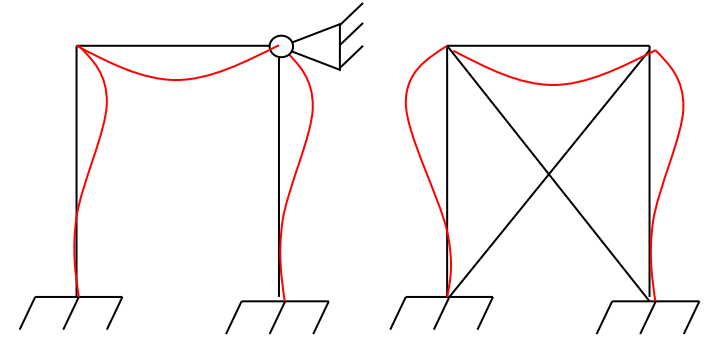
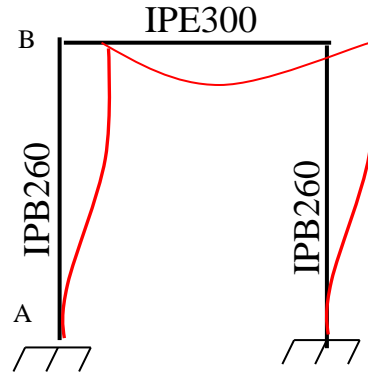


Basınç Çubukları



Not: Ankastre mesnet için


Ötelenme var



Ötelenme yok

$$\left. \begin{array}{l} G_A = 1 \\ G_B = 1.78 \end{array} \right\} K \cong 0.83$$

ankastre ayak

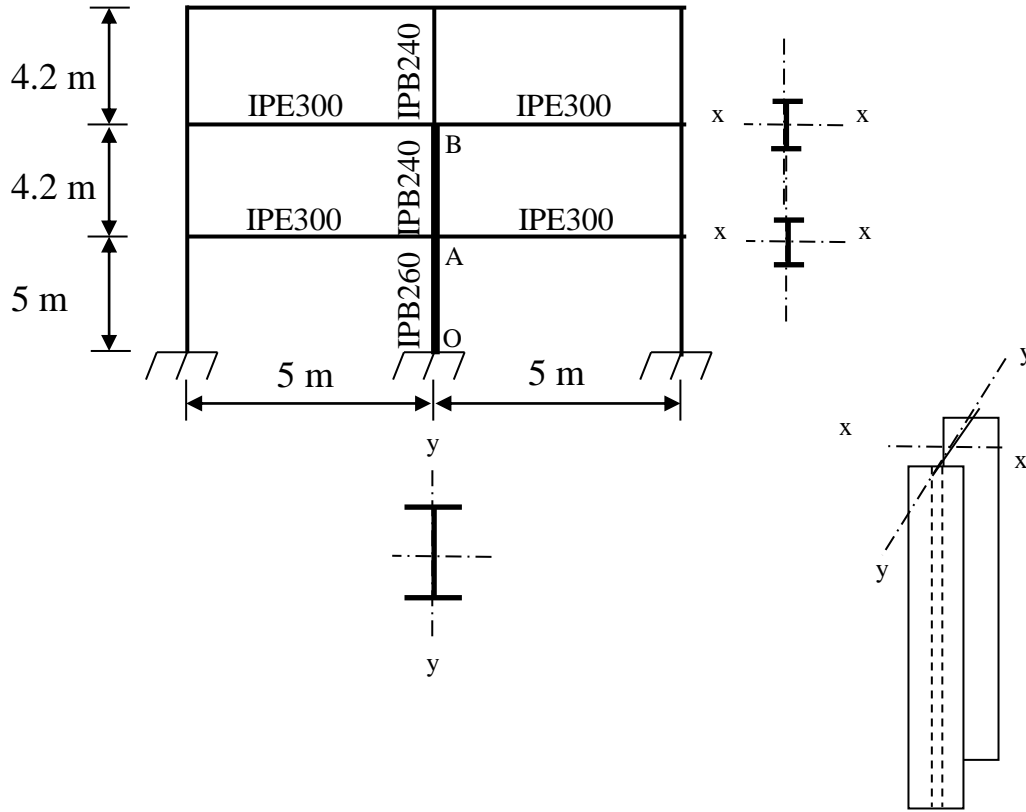

$$\left. \begin{array}{l} G_A = 1 \\ G_B = 1.78 \end{array} \right\} K \cong 1.42$$



Basınç Çubukları



ÖRNEK : Şekilde gösterilen ötelenmesi önlenmiş çerçevenin OA ve AB kolonlarının burkulma boylarını hesaplayınız. $K_{AB}=?$, $K_{OA}=?$





Basınç Çubukları



$$\begin{aligned} \text{IPE300} \quad I_x &= 8360 \text{ cm}^4 \\ \text{IPB260} \quad I_y &= 5130 \text{ cm}^4 \\ \text{IPB240} \quad I_y &= 3920 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

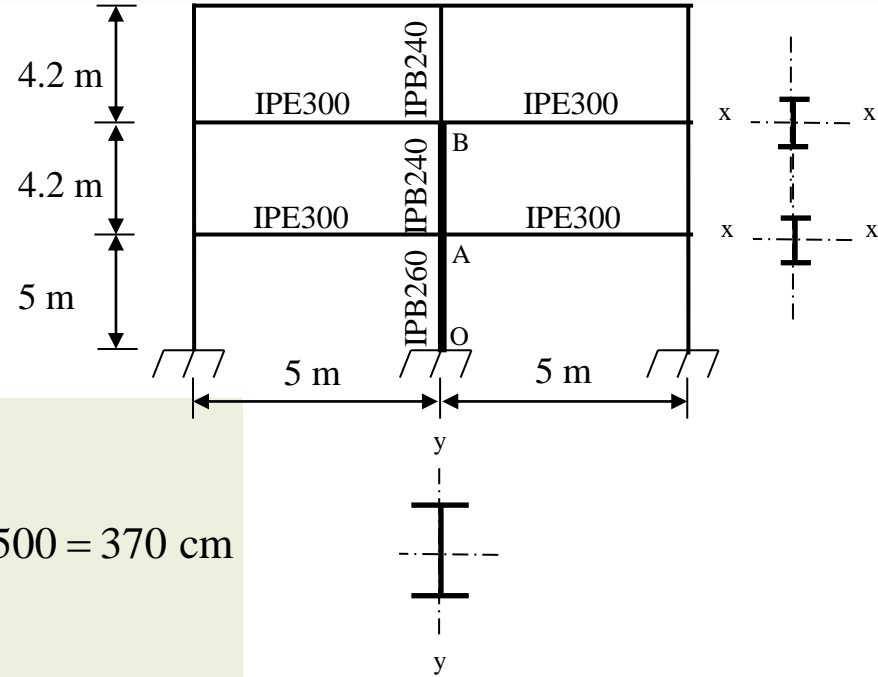
ankastre ayak

OA kolonu

$$\begin{aligned} G_O &= 1 \\ G_A &= \frac{\frac{5130}{500} + \frac{3920}{8360}}{\frac{5130}{500} + \frac{3920}{8360} + \frac{3920}{500} + \frac{8360}{500}} = 0.586 \end{aligned} \left. \vphantom{\begin{aligned} G_O \\ G_A \end{aligned}} \right\} K \cong 0.74 \quad \ell_{b,OA} = 0.74 \times 500 = 370 \text{ cm}$$

AB kolonu

$$\begin{aligned} G_A &= 0.586 \\ G_B &= \frac{2 \times \frac{3920}{420}}{2 \times \frac{3920}{420} + \frac{8360}{500}} = 0.558 \end{aligned} \left. \vphantom{\begin{aligned} G_A \\ G_B \end{aligned}} \right\} K \cong 0.70 \quad \ell_{b,OA} = 0.70 \times 420 = 294 \text{ cm}$$

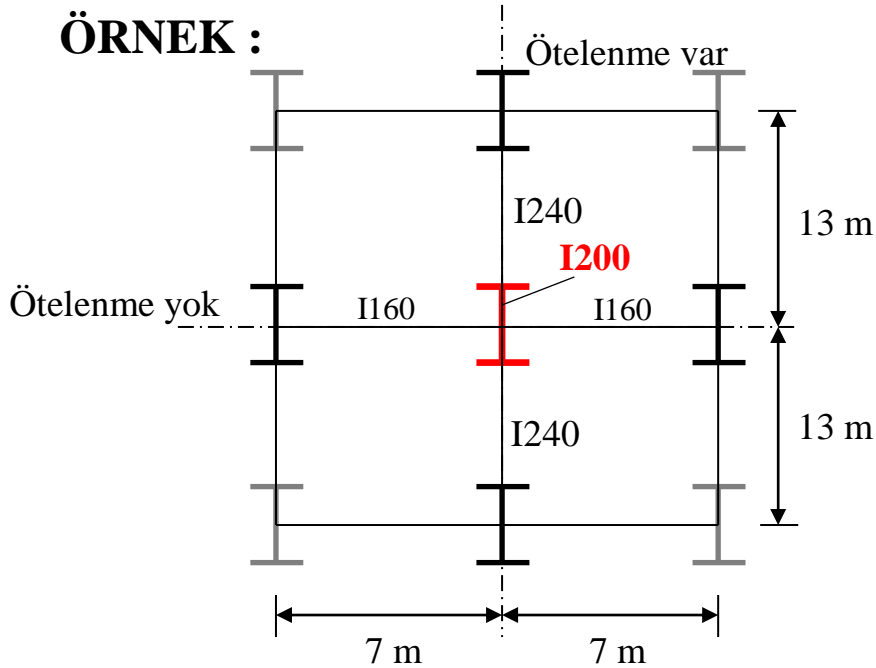




Basınç Çubukları



ÖRNEK :



Şekilde planı görülen iki katlı çerçevenin **I200**'den oluşan ortadaki 1.Kat kolonunun taşıyabileceği maksimum eksenel yükü hesaplayınız. Kolonun temelde ankastre bağlı olduğunu ve kolon enkesitinin komşu katlarda değişmediğini kabul ediniz. Kat yüksekliği 5 metredir. Fe37, EY.

ÇÖZÜM:

Plan

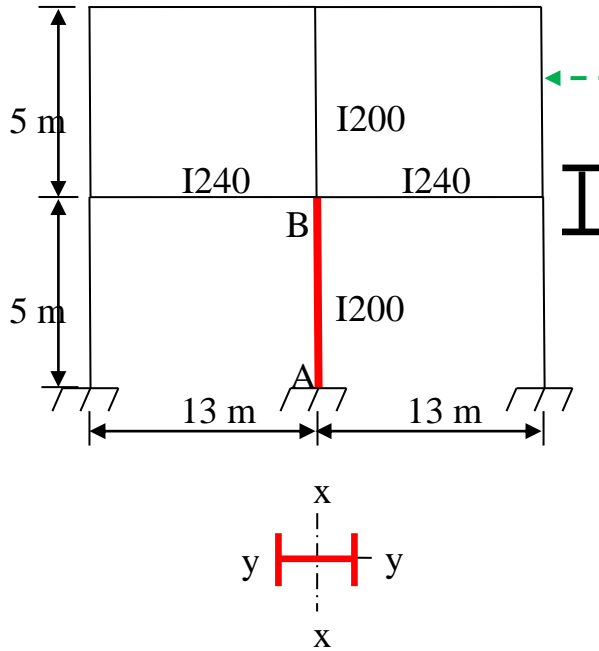
I200	$A=33.4 \text{ cm}^2$,	$I_x=2140 \text{ cm}^4$,	$I_y=117 \text{ cm}^4$,	$i_x=8 \text{ cm}$,	$i_y=1.87 \text{ cm}$
I240	$A=46.1 \text{ cm}^2$,	$I_x=4250 \text{ cm}^4$,	$I_y=221 \text{ cm}^4$		
I160	$A=22.8 \text{ cm}^2$,	$I_x=935 \text{ cm}^4$,	$I_y=54.7 \text{ cm}^4$		



Basınç Çubukları

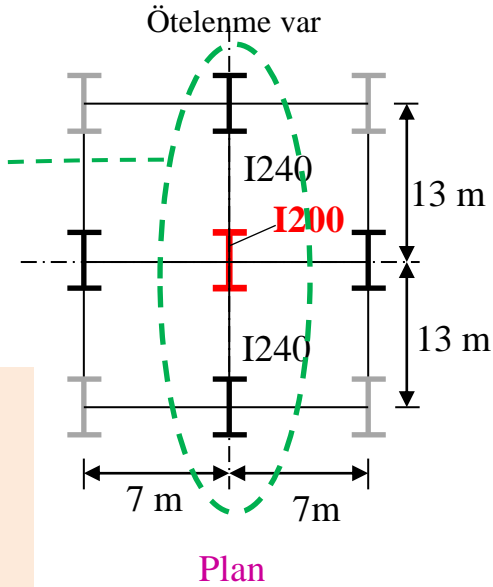


x-x eksenine dik yönde (Ötelenme önlenmemiş)



ankastre ayak

$$G_A = 1$$
$$G_B = \frac{2 \times \frac{2140}{500}}{2 \times \frac{4250}{1300}} = 1.31$$
$$K \cong 1.35$$
$$l_{bx} = 1.35 \times 500 = 675 \text{ cm}$$



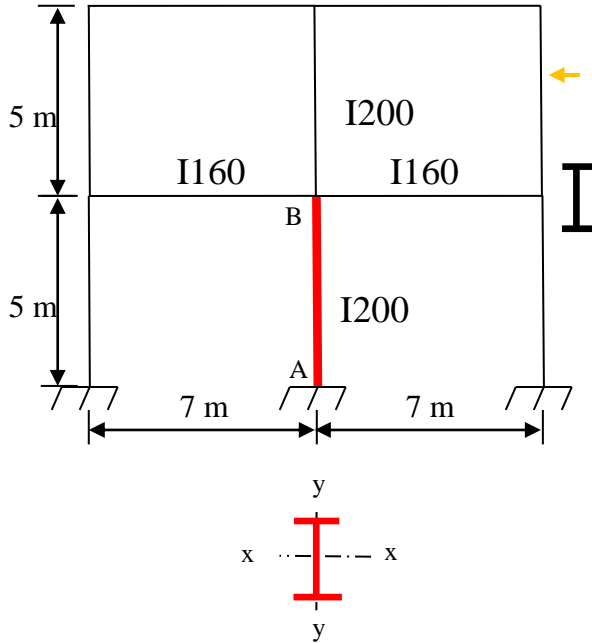
$$\lambda_x = \frac{l_{bx}}{i_x} = \frac{675}{8} = 84.38$$



Basınç Çubukları



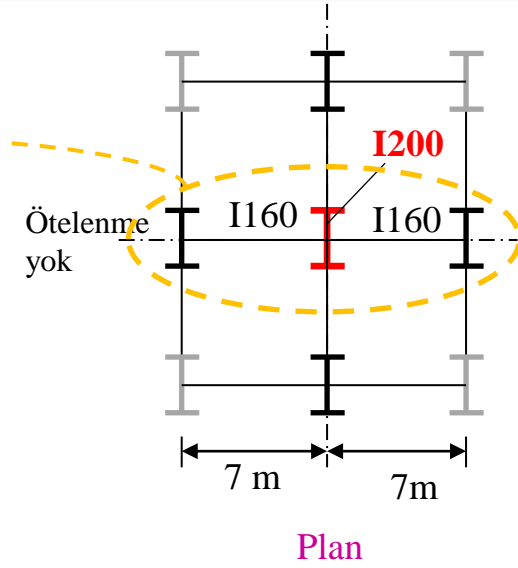
y-y eksenine dik yönde (Ötelenme önlenmiş)



$$\left. \begin{aligned} G_A &= 1 \\ G_B &= \frac{2 \times \frac{117}{500}}{2 \times \frac{935}{700}} = 0.18 \end{aligned} \right\} K \cong 0.66$$

$$\ell_{by} = 0.66 \times 500 = 330 \text{ cm}$$

$$\lambda_y = \frac{\ell_{by}}{i_y} = \frac{330}{1.87} = 176.47$$



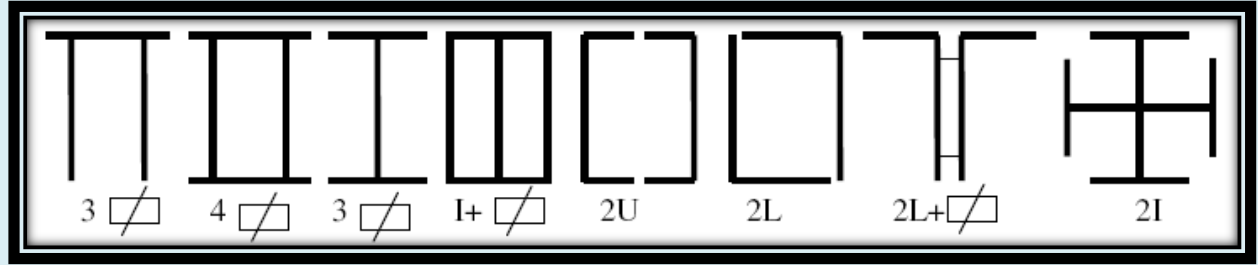
$$\lambda_{etkin} = 176.47 \rightarrow w = 5.44 \quad \frac{w \cdot P}{A} \leq \sigma_{em} \Rightarrow P = \frac{A \cdot \sigma_{em}}{w} = \frac{33.4 \times 14}{5.44} = 85.95 \text{ kN}$$



Basınç Çubukları Yapma Kolonlar



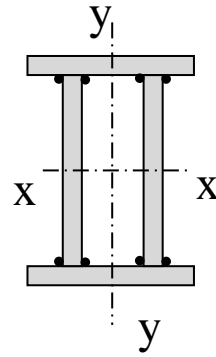
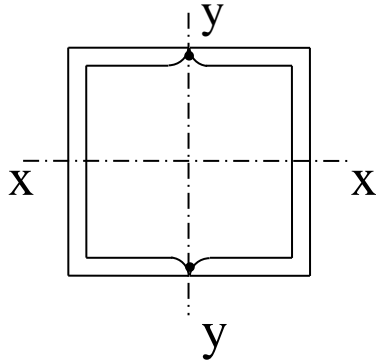
Yapma kesitler



Parçaları çubuk boyunca sürekli birleşik olan çok parçalı basınç çubukları da tek parçalı basınç çubukları gibi hesaplanırlar.



Basınç Çubukları Yapma Kolonlar



İzlenen yol:

- Çubuğun burkulma boyları saptanır (l_{bx} , l_{by}),
- Her iki eksene göre narinlik değerleri hesaplanır (λ_x , λ_y).
- $\lambda_{\max} = \max(\lambda_x, \lambda_y)$. Büyük olan narinliğe karşılık gelen w (burkulma katsayısı) değeri tablodan alınarak gerilme denetimi yapılır.

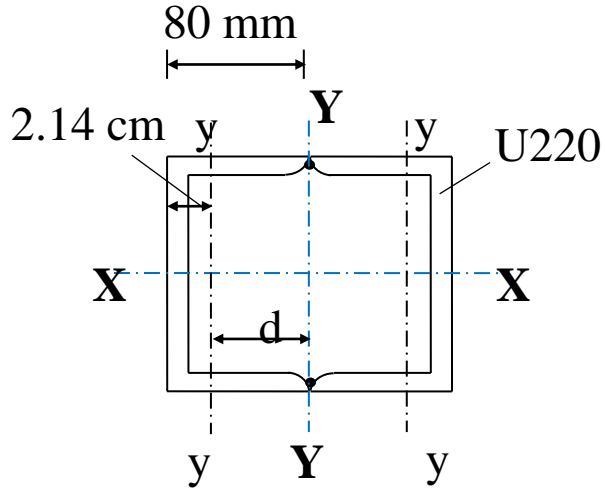
$$\sigma = \frac{w.P}{A} \leq \sigma_{em}$$



Basınç Çubukları



ÖRNEK : $l_{bx}=480$ cm, $l_{by}=350$ cm, Fe37, EY için $P_{\max}=?$



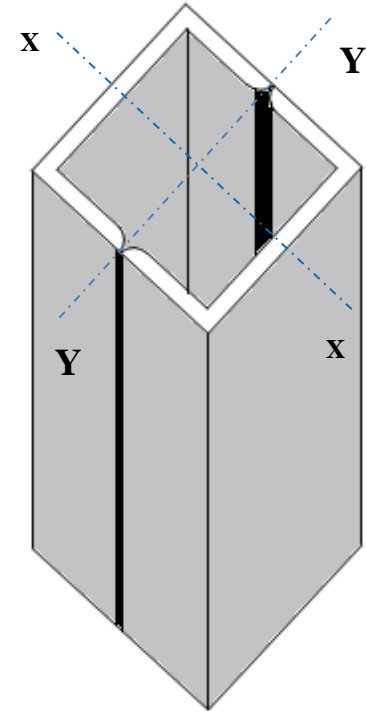
U220 için $A=37.4$ cm²
 $I_y=197$ cm⁴
 $i_x=8.48$ cm
 $e=2.14$
 $b=80$ mm

X-X'e dik yönde

$$I_{xt} = 2.I_x$$

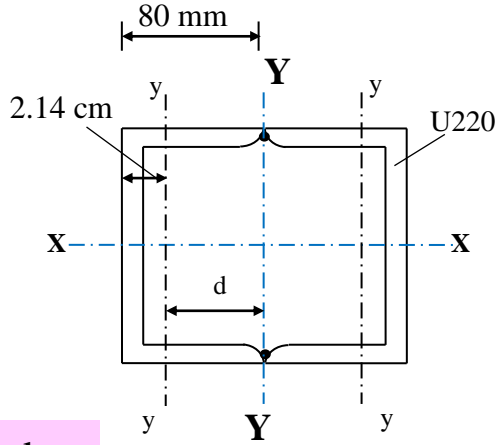
$$i_{xt} = \sqrt{\frac{2.I_x}{2.A}} = \sqrt{\frac{I_x}{A}} = 8.48 \text{ cm}$$

$$\lambda_x = \frac{l_{bx}}{i_{xt}} = \frac{480}{8.48} = 56.6 \cong 57$$

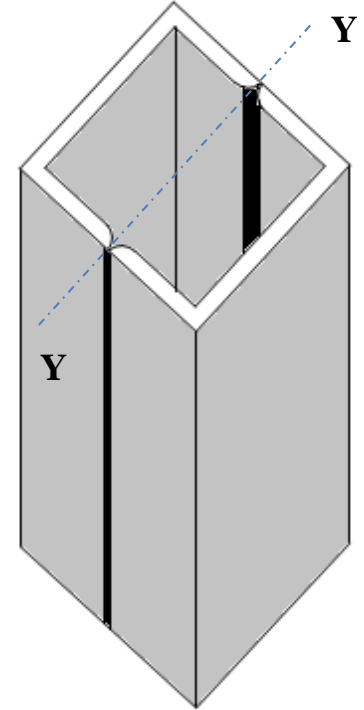




Basınç Çubukları



U220 için $A=37.4 \text{ cm}^2$
 $I_y=197 \text{ cm}^4$
 $i_x=8.48 \text{ cm}$
 $e=2.14$
 $b=80 \text{ mm}$



Y-Y'e dik yönde

$$I_{yt} = 2 \cdot \left[I_y + A \cdot \underbrace{d^2}_d \right] = 2 \left[197 + 37.4 \times (8 - 2.14)^2 \right] = 2962 \text{ cm}^4$$

$$i_{yt} = \sqrt{\frac{I_{yt}}{2 \cdot A}} = \sqrt{\frac{2692}{2 \times 37.4}} = 6.2934 \text{ cm}$$

$$\lambda_y = \frac{\ell_{by}}{i_{yt}} = \frac{350}{6.2934} = 55.61 \cong 56$$

$$\lambda_{etkin} = 57 \rightarrow w = 1.33 \quad \frac{w \cdot P}{A} \leq \sigma_{em} \Rightarrow P = \frac{A \cdot \sigma_{em}}{w} = \frac{2 \times 37.4 \times 14}{1.33} = 793 \text{ kN}$$

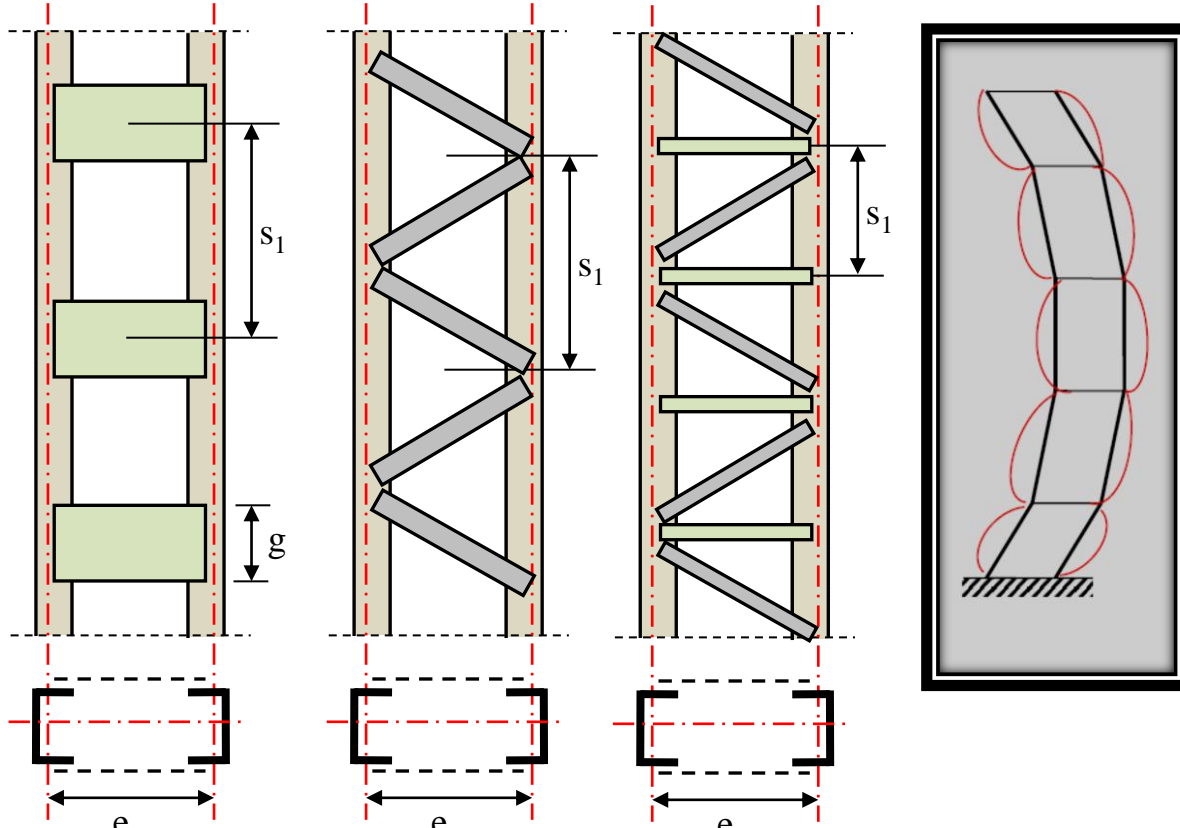


Yapma Kolonlar

Çok Parçalı Basınç Çubukları



Bu tür basınç çubukları birbirlerinden ayrık tekil elemanlardan oluşur. Bu tekil elemanların tek bir çubukmuş gibi bir arada çalışmasını sağlamak için yer yer enleme bağlantılar kullanılır.



Burada iki çeşit burkulma söz konusudur.



Çok Parçalı Basınç Çubukları

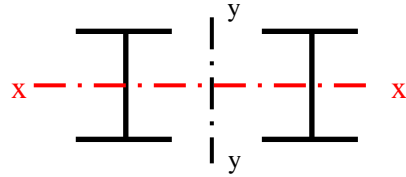


Bu tür basınç çubukları I. Grup basınç çubukları, II. Grup basınç çubukları ve III. Grup basınç çubukları olmak üzere 3 ana gruba ayrılmaktadır.

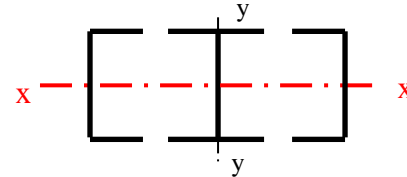
KAVRAMLAR

Malzemeli eksen: Tüm tekil çubukları kesen eksendir.

Malzemesiz eksen: Tüm tekil çubukları kesmiyorsa malzemesiz eksen denir .

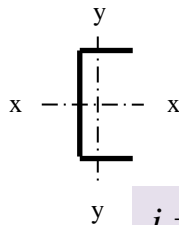


x-x malzemeli eksen
y-y malzemesiz eksen

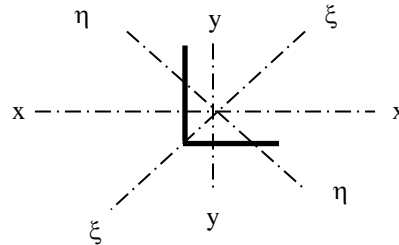


x-x malzemeli eksen
y-y malzemesiz eksen

Minimum eksen (1-1 eksen) (i_{\min} yada i_1): Atalet yarı çaplarından en küçük değeri veren eksendir



$i_y = i_1 = i_{\min}$



$i_{\eta} = i_1 = i_{\min}$ L çelikler için η - η eksenini minimum eksen



I. Grup Basınç Çubukları

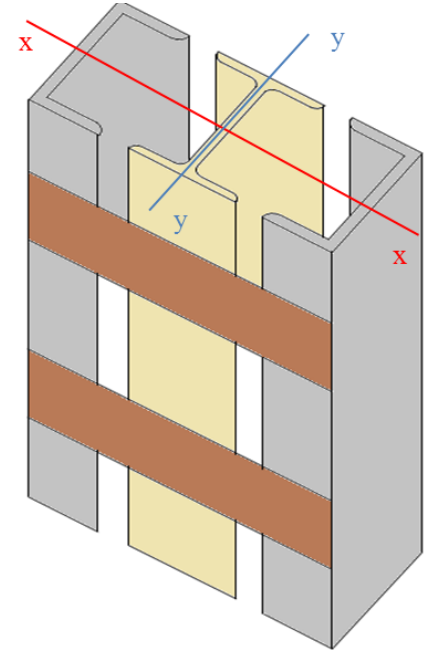
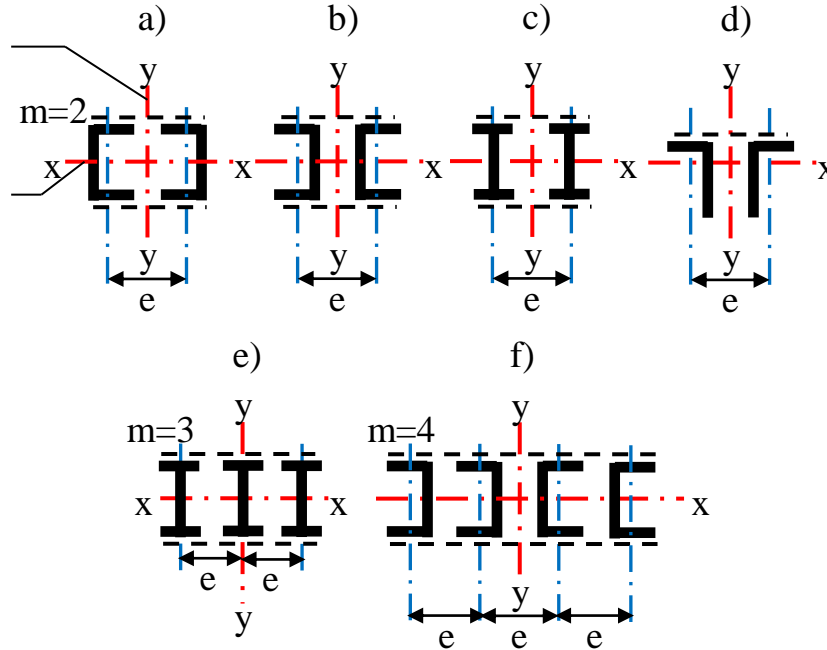


I. GRUP BASINÇ ÇUBUKLARI

Birden çok tekil elemandan oluşmaktadır. Ağırlık eksenlerinden biri tüm tekil elemanları keser. I. Grup basınç çubuklarında eksenlerden biri malzemeli eksenidir (TS 648, Sayfa 21-22).

Malzemesiz eksen

Malzemeli eksen





I. Grup Basınç Çubukları





I. Grup Basınç Çubukları



Malzemeli eksene göre hesap

Tek parçalı basınç çubuklarındaki gibi hesapanır

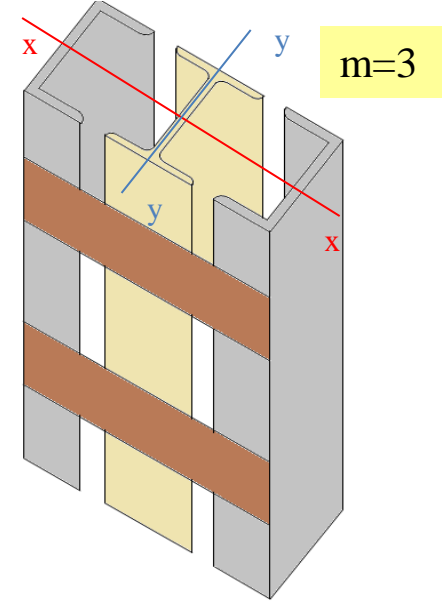
$$i_{xt} = \sqrt{\frac{I_{xt}}{A_t}} \rightarrow \lambda_x = \frac{\ell_{bx}}{i_{xt}} \rightarrow w \text{ (tablodan)} \rightarrow \frac{w \cdot P}{A_t} \leq \sigma_{em}$$

Malzemesiz eksene göre hesap

İtibari (ideal) narinlik oranına göre hesap yapılır (λ_{yi}).

$$i_{yt} = \sqrt{\frac{I_{yt}}{F_t}}, \quad \lambda_y = \frac{\ell_{by}}{i_{yt}}, \quad \lambda_{yi} = \sqrt{\lambda_y^2 + \frac{m}{2} \cdot \lambda_1^2}$$

$$\lambda_{yi} \rightarrow w \text{ (tablodan)} \rightarrow \frac{w \cdot P}{A_t} \leq \sigma_{em}$$



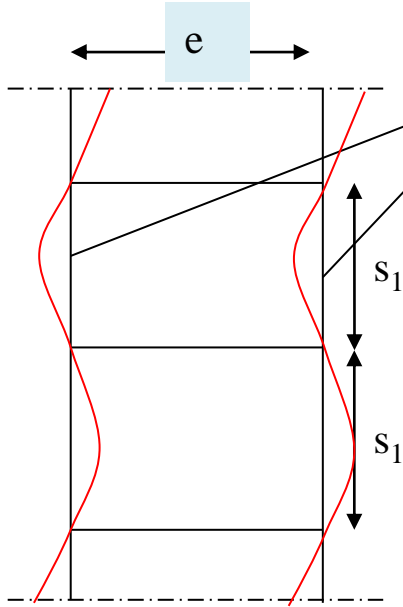
m enleme bağlantıları ile tek bir çubukmuş gibi çalışan çubuk veya çubuk gruplarının sayısı



I. Grup Basınç Çubukları



λ_1 in çerçeve tipi bağlantı için hesabı

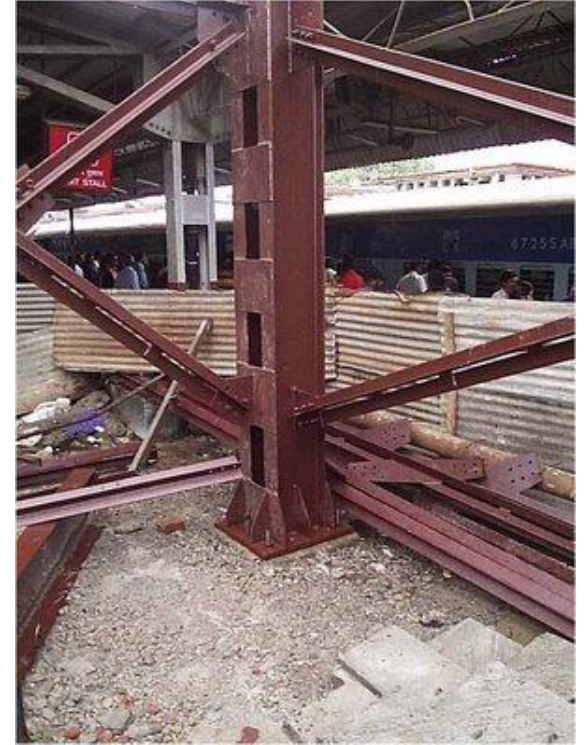


Tekil çubuklar

$$\lambda_1 = \frac{s_1}{i_1}$$

$$i_1 = i_{\min} \quad (1-1 \text{ minimum eksen})$$

minimum atalet yarıçapı

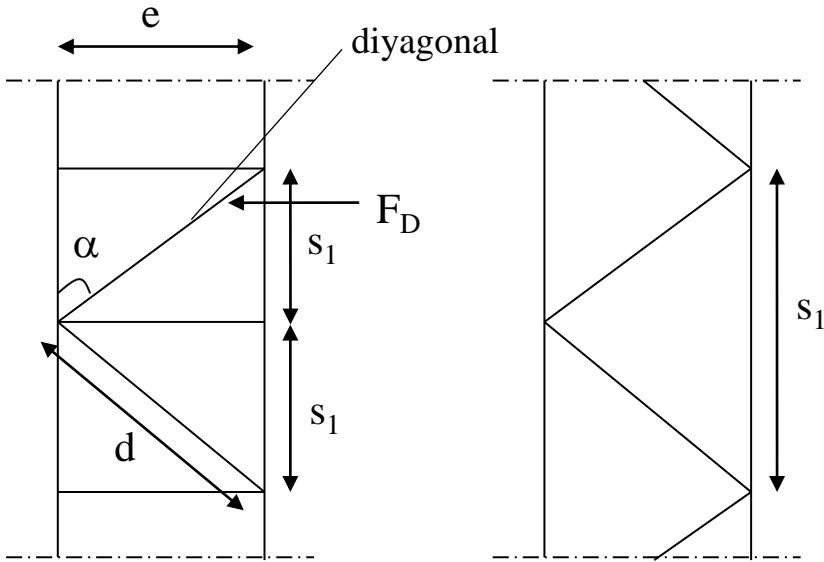




I. Grup Basınç Çubukları



λ_1 in kafes tipi bağlantı için hesabı



$$\lambda_1 = \pi \cdot \sqrt{\frac{A}{z \cdot A_D} \cdot \frac{d^3}{s_1 \cdot e^2}}$$



Burada enlemelerin yük taşımadığı sadece s_1 boyunu belirlediği kabul edilir

Burada,
A: Tüm kesitin alanı (Enkesiti oluşturan tekil çubukların toplam alanı)
 A_D : Örgü çubuklarında tek bir diyagonalin enkesit alanı
 S_1 : enine bağlantılar arasındaki en büyük uzaklık
d: Diyagonalin uzunluğu
e: Tekil çubuklar eksenleri arasındaki mesafe
z: Aynı kesitte diyagonal ara bağlantı sayısı (Paralel düzlemdeki enine bağlantı sayısı)



I. Grup Basınç Çubukları



Tekil Çubuk Denetimi

$$\frac{s_1}{i_1} \leq \begin{cases} \frac{1}{2} \lambda_x \left(4 - 3 \frac{w_{yi} \cdot P}{A \cdot \sigma_{em}} \right) \rightarrow \lambda_x \geq 100 \text{ ise} \\ 50 \left(4 - 3 \frac{w_{yi} \cdot P}{A \cdot \sigma_{em}} \right) \rightarrow \lambda_x < 100 \text{ ise} \end{cases}$$

Parantez içindeki ifade yaklaşık olarak 1 kabul edilirse;

$$\frac{s_1}{i_1} \leq \begin{cases} \frac{1}{2} \lambda_x \rightarrow \lambda_x \geq 100 \text{ ise} \\ 50 \rightarrow \lambda_x < 100 \text{ ise} \end{cases}$$

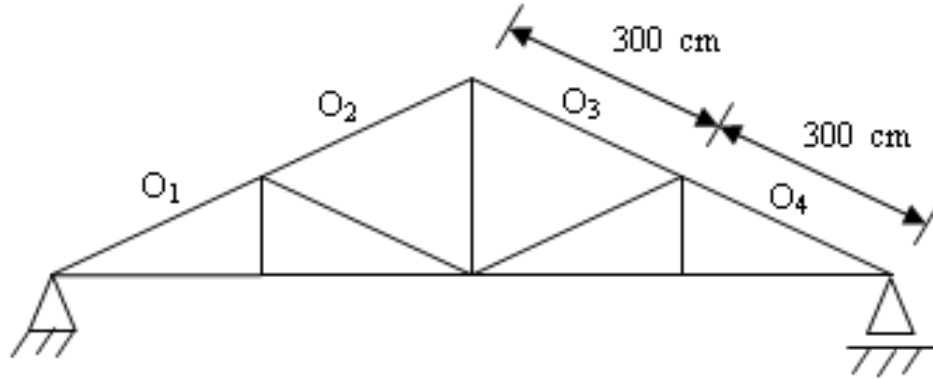
λ_x : Malzemeli eksene göre narinlik oranı



I. Grup Basınç Çubukları



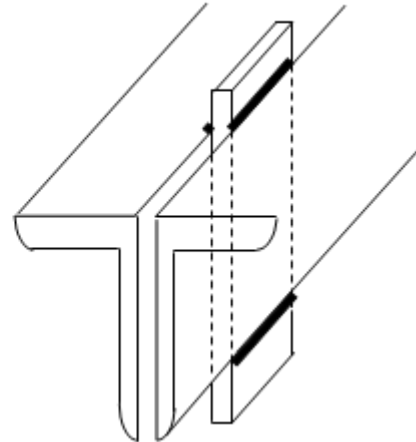
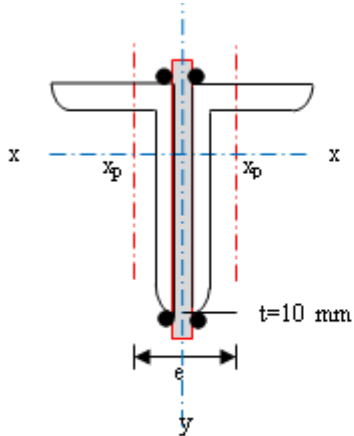
ÖRNEK:



Fe37, EY,
 $O_{\max} = 390 \text{ kN(B)}$

- a- En kesiti 2L olarak
- b- $\frac{1}{2}$ I (T) olarak boyutlandırınız.

ÇÖZÜM:





I. Grup Basınç Çubukları

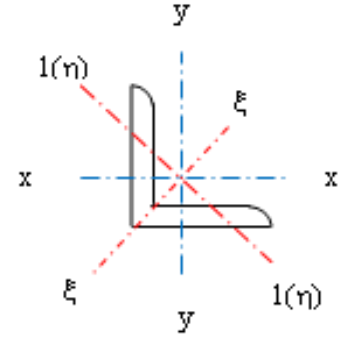
a) Seçilen kesit 2L150.100.10 olsun

$$F=24.2 \text{ cm}^2, \\ i_x=4.78 \text{ cm},$$

$$I_x=552 \text{ cm}^4, \\ i_y=2.86 \text{ cm},$$

$$I_y=198 \text{ cm}^4, \\ i_1=2.15 \text{ cm}$$

$$e_y=2.34 \text{ cm}$$



x-x'e dik yönde (Malzemeli eksen)

$$F_t = 2 \times 24.2 = 48.4 \text{ cm}^2, \quad I_{xt} = 2.I_x = 2 \times 552 = 1104 \text{ cm}^4 \\ i_{xt} = \sqrt{\frac{I_{xt}}{F_t}} = \sqrt{\frac{1104}{48.4}} = 4.78 \text{ cm}, \quad \lambda_x = \frac{\ell_{bx}}{i_{xt}} = \frac{300}{4.78} = 62.76$$

y-y'ye dik yönde (Malzemesiz eksen)

$$I_{yt} = 2 \left[198 + 24.2 \times \left(2.34 + \frac{1.0}{2} \right)^2 \right] = 786.38 \text{ cm}^4, \quad i_{yt} = \sqrt{\frac{I_{yt}}{F_t}} = \sqrt{\frac{786.38}{48.4}} = 4.03 \text{ cm} \\ \lambda_y = \frac{\ell_{by}}{i_{yt}} = \frac{300}{4.03} = 74.4, \quad \lambda_1 = \frac{s_1}{i_1} = \frac{100}{2.15} = 46.51$$



I. Grup Basınç Çubukları



Tekil Çubuk Denetimi

$$\frac{s_1}{i_1} = 46.51 < 50, \quad \lambda_x < 100 \quad s_1 \text{ uygun.}$$

$$\lambda_{yi} = \sqrt{\lambda_y^2 + \frac{m}{2} \lambda_1^2} = \sqrt{74.4^2 + \frac{2}{2} \times 46.51^2} \cong 88$$

m=2 2L (2 tekil
çubuk var)

Denetim sağlamasaydı
s₁ değeri
küçültülebilirdi

$$\lambda = 88 \rightarrow w = 1.74 \rightarrow \frac{w.P}{F_t} \leq \sigma_{em} \Rightarrow \frac{1.74 \times 390}{48.4} = 14 \text{ kN/cm}^2 \leq \sigma_{em} = 14 \text{ kN/cm}^2$$



I. Grup Basınç Çubukları



b) $\frac{1}{2}$ I profili olarak projelendirilirse (tek parçalı basınç çubuğu)

$$O_{\max} = 390 \text{ kN(B)},$$

$$\ell_{bx} = \ell_{by} = 3 \text{ m}$$

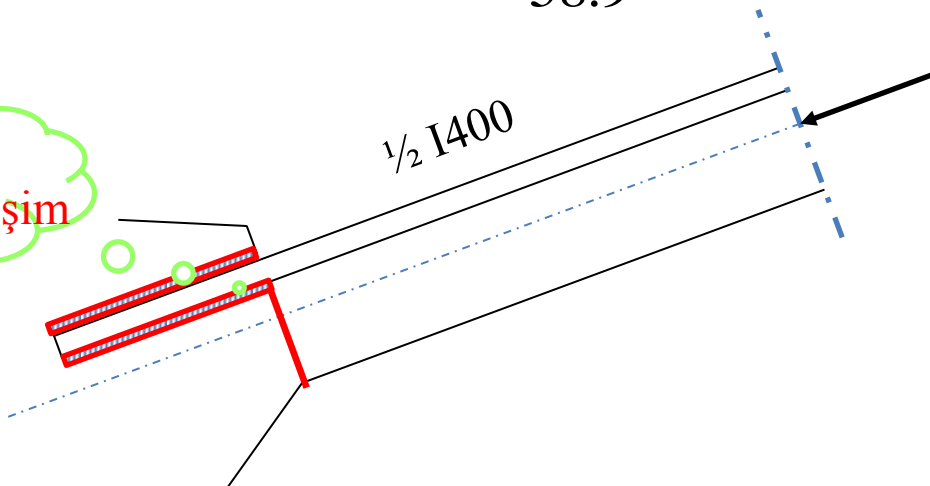
Seçilen kesit $\frac{1}{2}$ I400 $\rightarrow F = 58.9 \text{ cm}^2$,

$$i_{\min} = i_y = 3.13 \text{ cm}$$

$$\lambda = \frac{300}{3.13} \cong 96 \rightarrow w = 1.88 \rightarrow \sigma = \frac{1.88 \times 390}{58.9} = 12.45 \text{ kN/cm}^2 \leq \sigma_{em} = 14 \text{ kN/cm}^2$$

Not: Her iki eksene göre burkulma boyu aynı ise, minimum eksene göre hesap yapmak yeterlidir

küt + köşe
kaynaklı birleşim



$\frac{1}{2}$ I400
uygun profil

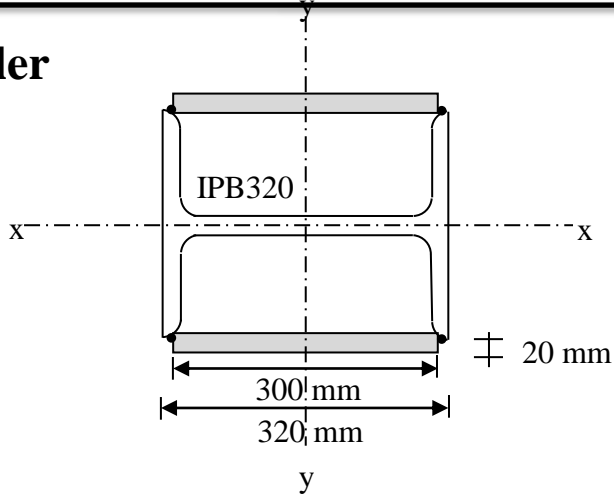


Basınç Çubukları



Örnek Problemler

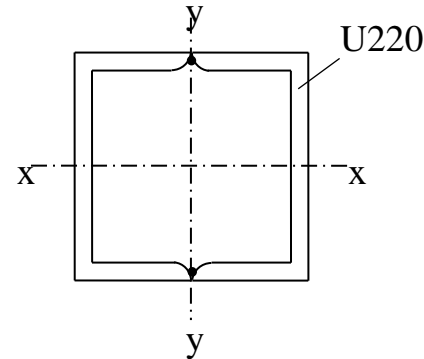
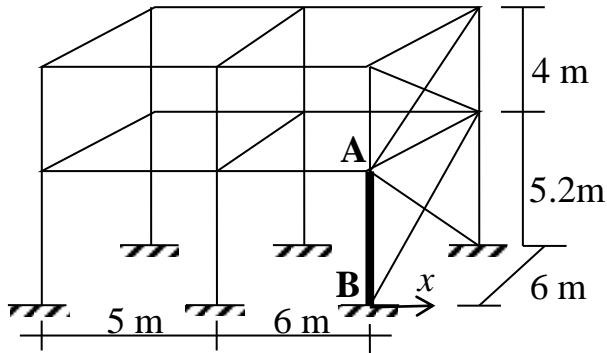
1.



$l_{bx}=l_{by}=5.20$ m
Fe37, EY için
 $P_{max}=?$

Cevap:
 $P_{max}=3278$ kN

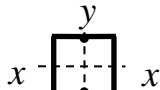
2.



Kolon kesiti

AB kolonunun taşıyabileceği maksimum yükü bulunuz.
Tüm kirişler I240, Fe37, EY,
 $P_{max}=?$

Cevap:
 $P_{max}=427$ kN





INSA 473 Çelik Tasarım Esasları

Basınç Çubukları

