



INSA 473 Çelik Tasarım Esasları

Basınç Çubukları

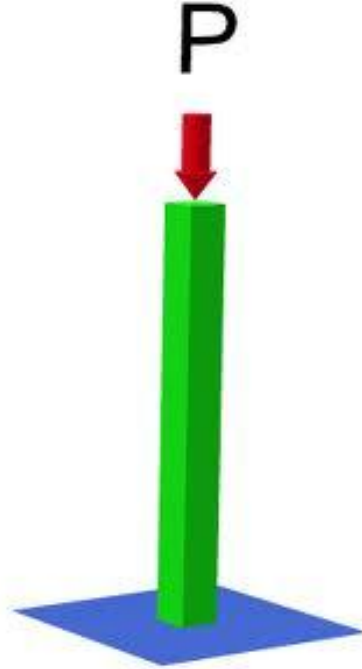




Basınç Çubukları



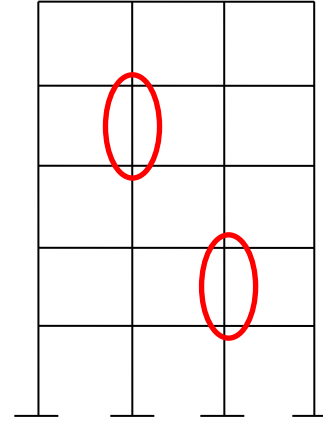
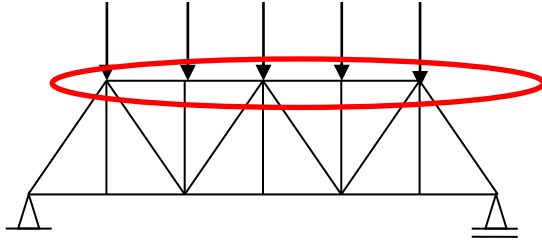
Çubuk eksenî doğrultusunda basınç kuvveti aktaran çubuklara basınç çubuğu denir.





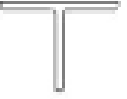
Basınç Çubukları

Çubuk ekseninde doğrultusunda basınç kuvveti aktaran çubuklara basınç çubuğu denir.



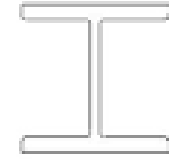
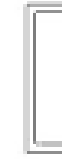
Eksenel basınç

stabilite kaybı



Angles

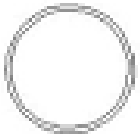
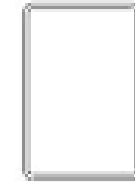
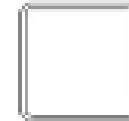
Teo



Channel

Column

Beam



S.H.S

R.H.S

C.H.S



Basınç Çubukları

Lineer - Elastik bölge için geçerli olan Euler teorisine göre aksenal basınca maruz bir elemanın kritik burkulma yükü (Hooke yasası geçerlidir, $\sigma = E.\epsilon$)

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{l_b^2}$$

formülü ile hesaplanır. Euler kritik gerilme ise

$$\sigma_{cr} = \frac{P_{cr}}{A} = \frac{\pi^2 \cdot EI}{l_b^2 \cdot A}$$

olur. Burada burkulma boyu

$$l_b = K \cdot l$$

ifadesiyle elde edilir.

EI eğilme rijitliği
 A enkesit alanı
 K mesnetlenme durumuna bağlı katsayı (Tablo 18)
 l çubuk boyu



Basınç Çubukları

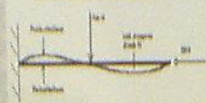


Tablo 18

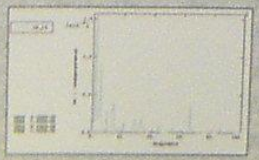
	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
Basınç çubuğunun burkulma şekli						
Teorik burkulma boyu çarpanı (K)	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
Tavsiye edilen boyu çarpanı (K)	0.65	0.80	1.2	1.0	2.10	2.0
Mesnet tanımları						
		Dönme ve ötelenme tutulu				
		Dönme serbest ve ötelenme tutulu				
		Dönme tutulu ve ötelenme serbest				
		Dönme ve ötelenme serbest				

foundation the response can be changed.

Steady State Dynamic Beam Analysis



Post-buckled beam's response:
Unstable and a bit scary!!



John Yates Mechanical Engineering

PINNED FIXED FIXED FIXED

The main experimental setup consists of a horizontal green beam supported by four vertical posts. Each post is labeled with a boundary condition: PINNED, FIXED, FIXED, and FIXED. The beam is supported by a base with four corresponding posts. The beam is connected to a control panel on the left via four wires. The control panel has three switches and two buttons (green and red). The beam is supported by a base with four corresponding posts. The beam is connected to a control panel on the left via four wires. The control panel has three switches and two buttons (green and red). The beam is supported by a base with four corresponding posts. The beam is connected to a control panel on the left via four wires. The control panel has three switches and two buttons (green and red).

PINNED FIXED PINNED FIXED



Basınç Çubukları



$$\sigma_{cr} = \frac{\pi^2 E I}{\ell_b^2 A} \rightarrow i = \sqrt{\frac{I}{A}} \Rightarrow i^2 = \frac{I}{A} \quad \sigma_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E}{\ell_b^2} \cdot i^2$$

$$\sigma_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E}{\ell_b^2} \cdot i^2 \rightarrow \frac{1}{\lambda^2} \rightarrow \sigma_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E}{\lambda^2}$$

$$\sigma_{b,em} = \frac{\sigma_{cr}}{n} = \frac{1}{n} \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{\lambda^2}$$

Basınç emn. ger. Güv. kat.

$$\lambda = \frac{\ell_b}{i} \text{ (Narinlik oranı)}$$



Basınç Çubukları



Euler formülü $\lambda \geq \lambda_p$ olması durumunda geçerlidir. Daha küçük gerilme değerleri için malzeme elastoplastik davranış gösterir. Plastik narinlik oranı olarak tanımlanan λ_p , σ_{cr} formülünde σ_{cr} yerine $\sigma_a/2$ yazılarak hesaplanır

$$\sigma_{cr} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2}$$

$$\frac{\sigma_a}{2} = \frac{\pi^2 E}{\lambda_p^2} \Rightarrow \lambda_p = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{\sigma_a}}$$

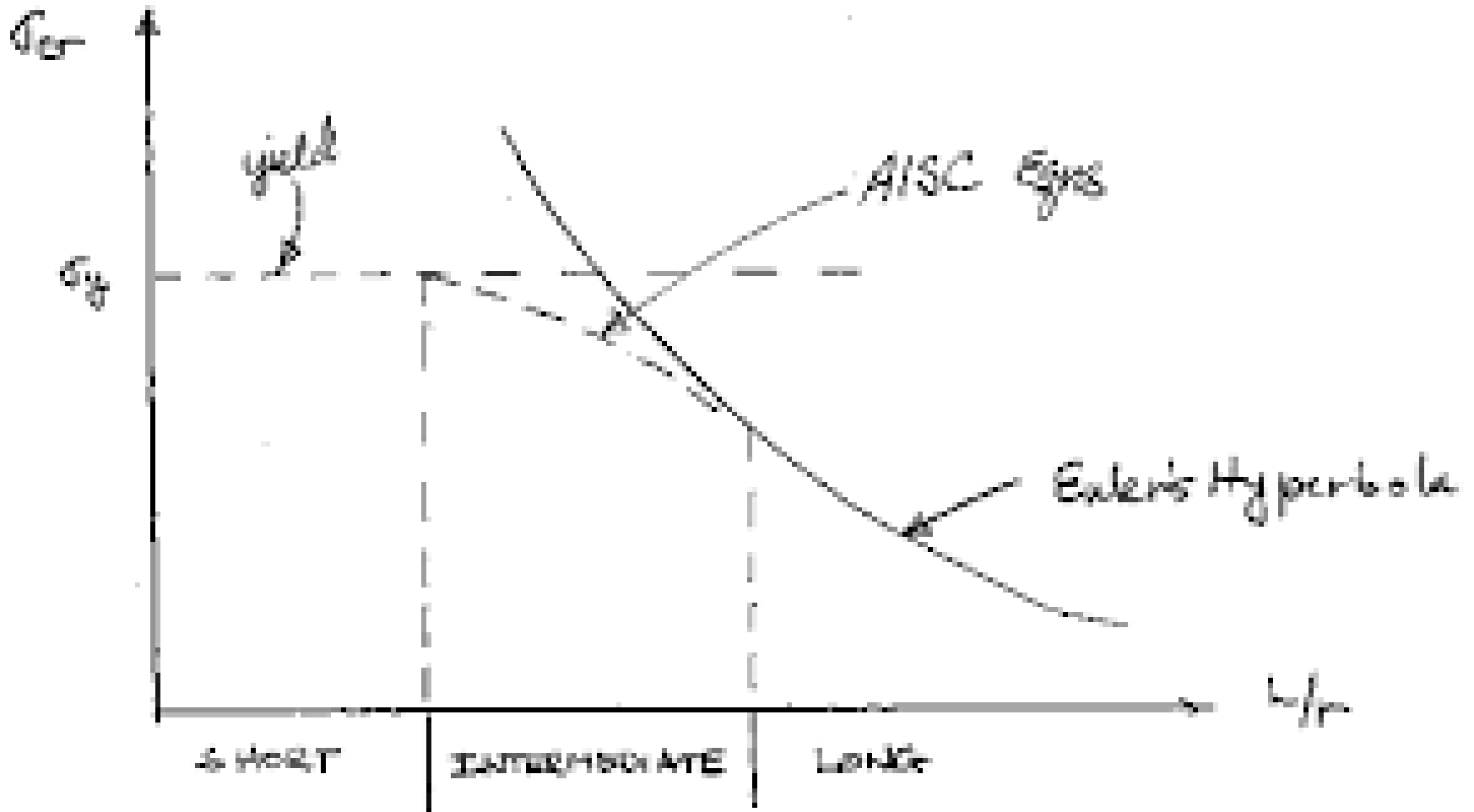
σ_a , çeliğin akma gerilmesi

St37 (Fe37 $\rightarrow \sigma_a=2.4 \text{ t/cm}^2$) çeliği için λ_p

$$\lambda_p = \sqrt{\frac{2\pi^2 \times 2100}{2.4}} = 131.4$$



Basınç Çubukları





Basınç Çubukları



n güvenlik katsayısı

$$\lambda < 20 \Rightarrow n = 1.67$$

$$20 \leq \lambda < \lambda_p \Rightarrow n = 1.5 + 1.2 \left(\frac{\lambda}{\lambda_p} \right) - 0.2 \left(\frac{\lambda}{\lambda_p} \right)^3$$

$$\lambda \geq \lambda_p \Rightarrow n = 2.5$$

Basınç çubuklarında

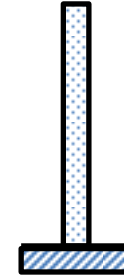
$$\sigma = \frac{P}{A} \leq \sigma_{b,em}$$

sağlanmalıdır. Burada $\sigma_{b,em}$ basınç emniyet gerilmesidir.



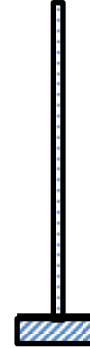
$$\lambda < 20$$

Malzeme dayanım sınırının aşılması



$$20 \leq \lambda < \lambda_p$$

orta narin kolonlar, burkulma inelastik bölgede gerçekleşir



$$\lambda \geq \lambda_p$$

aşırı narin kolonlar, burkulma elastik bölgede gerçekleşir



Basınç Çubukları



$\sigma_{b,em}$ λ 'ya bağlı olarak TS 648, Çizelge 8'den alınabilir. Sayfa 15-19.

Not: TS648'e göre narinlik $\lambda \leq 250$ olmalıdır.

$$\sigma = \frac{P}{A} \leq \sigma_{b,em} \Rightarrow \frac{P}{A \cdot \sigma_{em}} \leq \frac{\sigma_{b,em}}{\sigma_{em}}, \quad (\sigma_{em} = 0.6\sigma_a)$$

$$\frac{\sigma_{b,em}}{\sigma_{em}} = \frac{1}{w}$$

$$\frac{P}{A \cdot \sigma_{em}} \leq \frac{1}{w} \Rightarrow \frac{P \cdot w}{A} \leq \sigma_{em}$$

Burada w burkulma katsayısıdır. Burkulma katsayıları Tablo 31-32 den veya TS648, Sayfa 12-13, Çizelge 6-7'den, alınır.



Basınç Çubukları



Hesap Yolu

a)Burkulma basınç emniyet gerilmeleri ile hesap (1. yol)

$$\sigma_b = \frac{P}{A} \leq \sigma_{b,em}$$

Burada $\sigma_{b,em}$ λ 'ya bağlı olarak basınç emniyet gerilmeleri tablolarından alınır.

b)Burkulma katsayıları ile hesap (2. yol)

$$\sigma_b = w \cdot \frac{P}{A} \leq \sigma_{em}$$

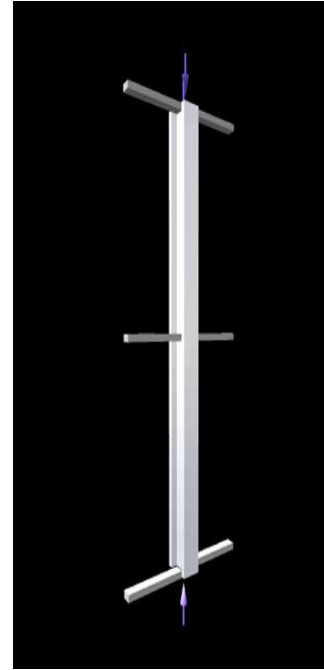
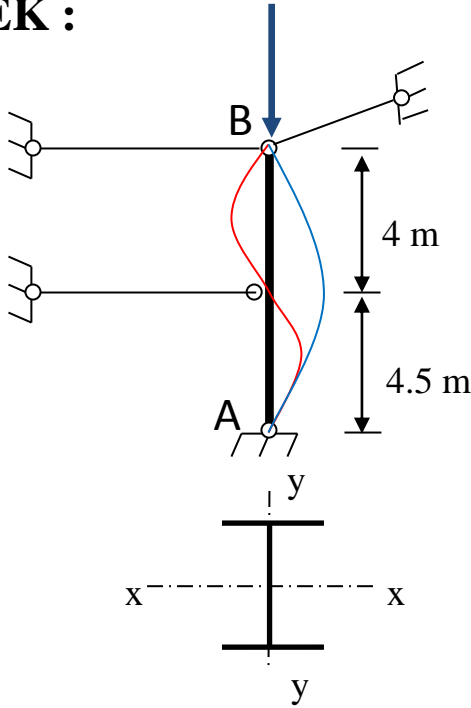
Burada w burkulma katsayısı olup λ 'ya bağlı olarak tablodan alınır (Tablo 31).



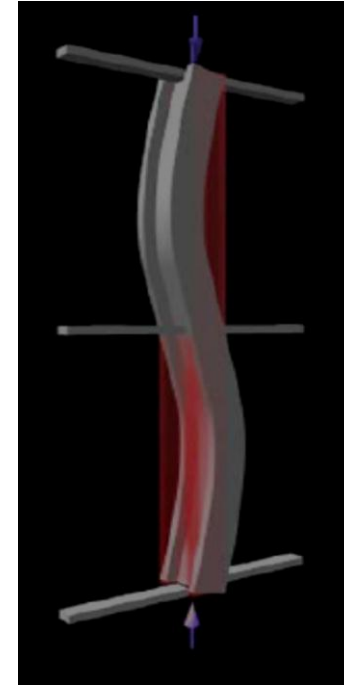
Basınç Çubukları



ÖRNEK :



Burkulmasız



y-y'ye dik
burkulma



x-x'e dik
burkulma

Şekildeki AB kolonunun en kesiti IPE300'den oluşmaktadır. Fe37, EY için kolonun taşıyabileceği maksimum yükü hesaplayınız, $P_{max}=?$



Basınç Çubukları



Burkulma boyları

$$\ell_{bx} = 8.50 \text{ m} \quad \ell_{by} = 4.50 \text{ m}$$

IPE 300 için $A=53.8 \text{ cm}^2$, $i_x=12.5 \text{ cm}$, $i_y=3.35 \text{ cm}$ (y-y eksenini zayıf eksen)

x-x'e dik yönde burkulma için narinlik

$$\lambda_x = \frac{\ell_{bx}}{i_x} = \frac{850}{12.5} = 68$$

y-y'e dik yönde burkulma için narinlik

$$\lambda_y = \frac{\ell_{by}}{i_y} = \frac{450}{3.35} = 134 \text{ etkin}$$

$$\lambda = \max(\lambda_x, \lambda_y) \Rightarrow \lambda = 134$$



$$w = 3.12 \text{ (Tablo 31)}$$

$$\sigma = \frac{w.P}{A} \leq \sigma_{em} \Rightarrow P_{\max} = \frac{A.\sigma_{em}}{w} = \frac{14 \times 53.8}{3.12} = 241 \text{ kN}$$

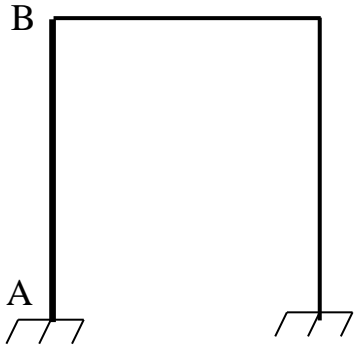


Basınç Çubukları



Çerçeve Çubuklarının Burkulma Boyları

AB kolonunun burkulma boyu: G_A ve G_B belirlenir



kolon temele bağlıysa

G_A

(ankastre) $G=1.0$

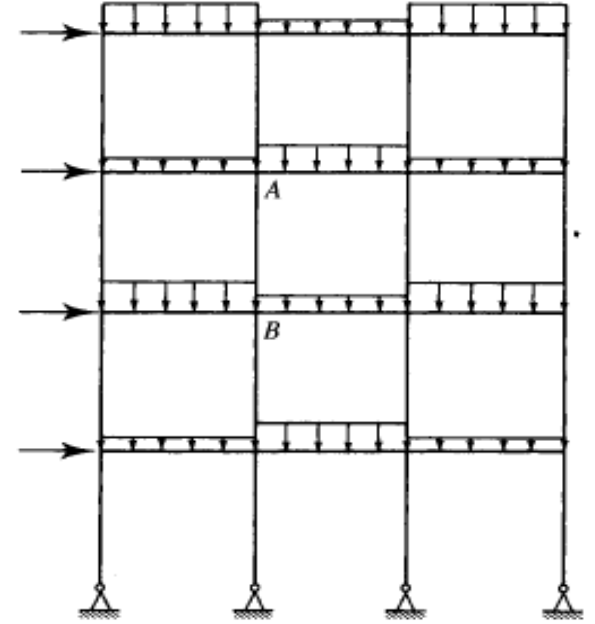


(mafsallı) $G=10$



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 : Dügüm noktasına birleşen kolonların atalet momenti (cm⁴)

I_g : Dügüm noktasına birleşen kirişlerin atalet momenti (cm⁴)

S_c : Dügüm noktasına birleşen kolonların serbest boyları (cm)

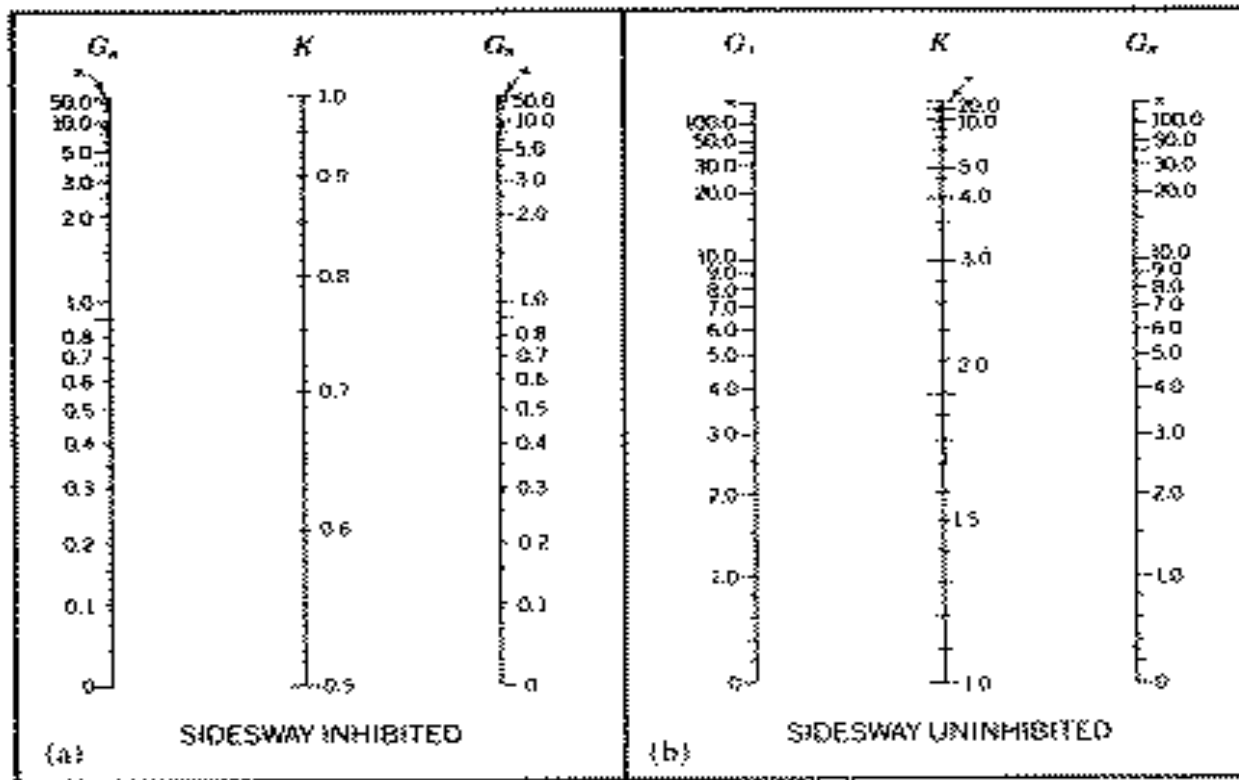
S_g : Dügüm noktasına birleşen kirişlerin serbest boyları (cm) değerlerini gösterir.

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

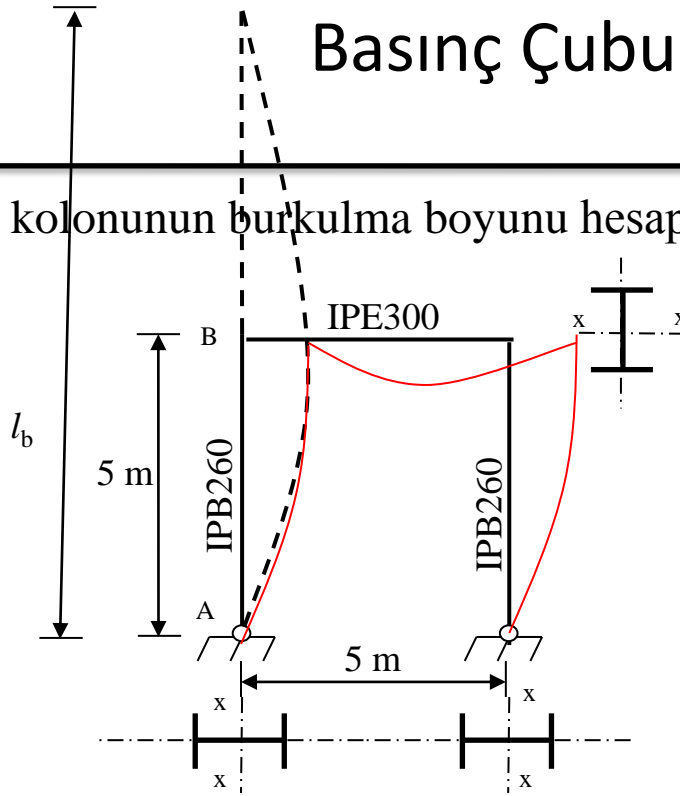


Çerçeve kolonlarının burkulma boyları için abaklar



Basınç Çubukları

ÖRNEK - A-B kolonunun burkulma boyunu hesaplayınız.



Kiriş IPE300

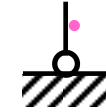
Kolon IPB260

IPE300 için $I_x = 8360 \text{ cm}^4$

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

Yanal ötelenme önlenmemiş

$$G_A = 10$$

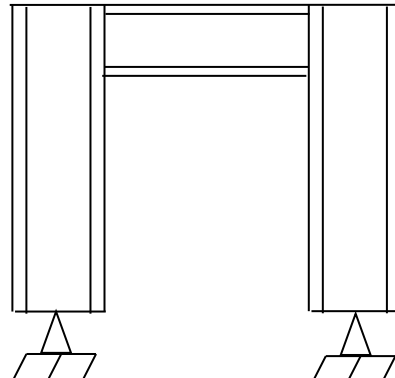
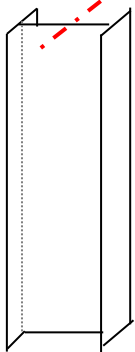


mafsallı ayak

$$\frac{14920}{500}$$

$$G_B = \frac{500}{8360} = 1.78$$

$$K \cong 2.1$$

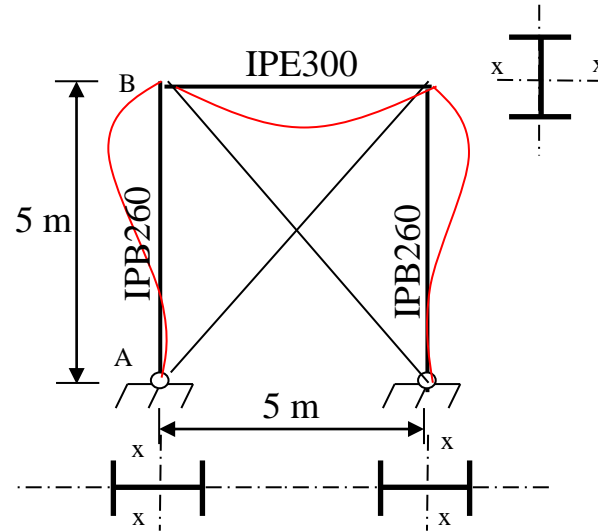
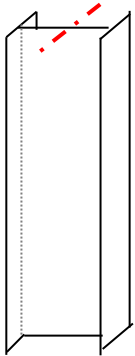




Basınç Çubukları



Yanal ötelenme önlenmiş



mafsallı ayak

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

Burkulma boyu

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

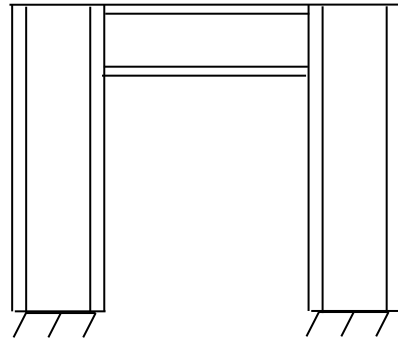
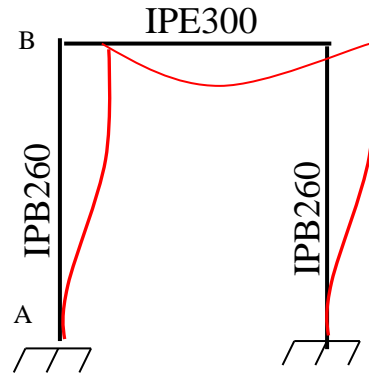


Basınç Çubukları



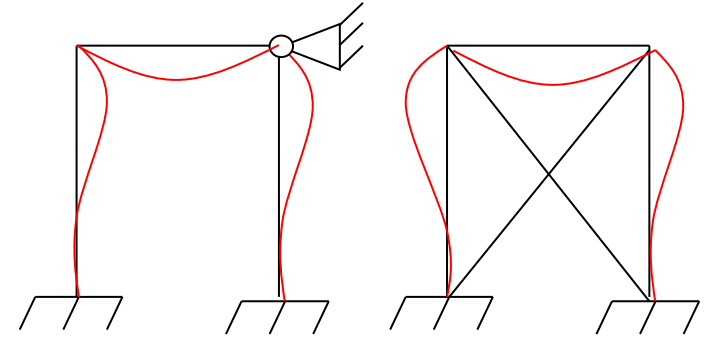
Not: Ankastre mesnet için

Ötelenme var



ankastre ayak

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



Ötelenme yok

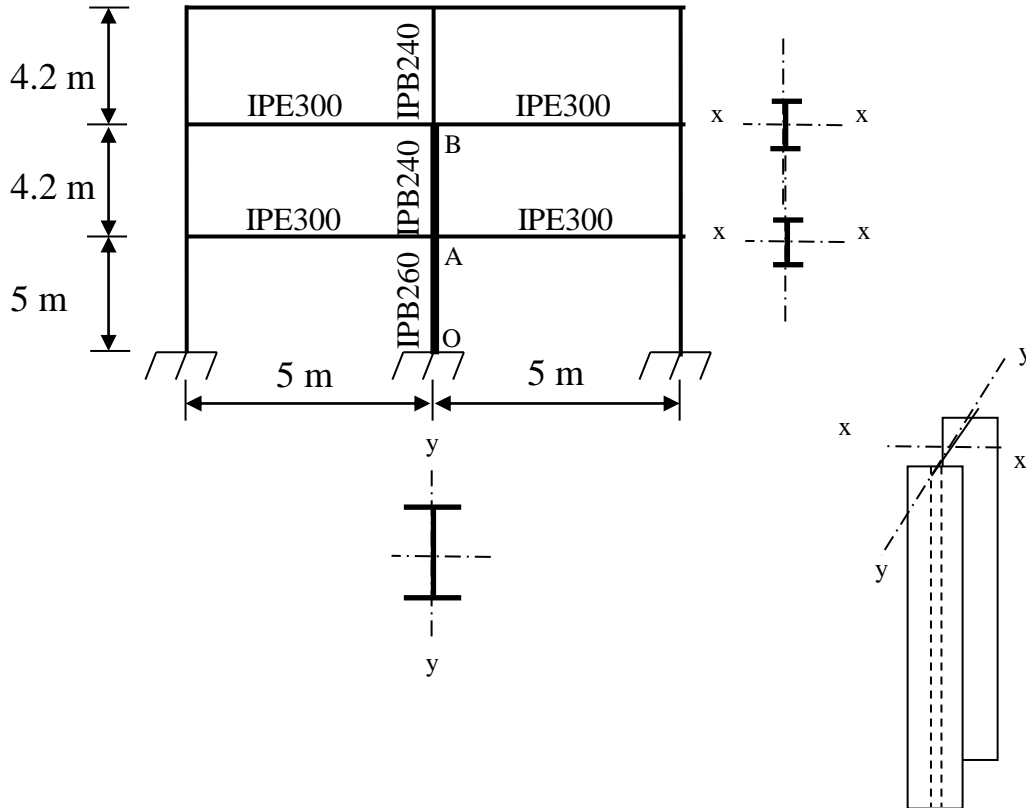
$$\left. \begin{array}{l} G_A = 1 \\ G_B = 1.78 \end{array} \right\} K \cong 0.83$$



Basınç Çubukları



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





Basınç Çubukları



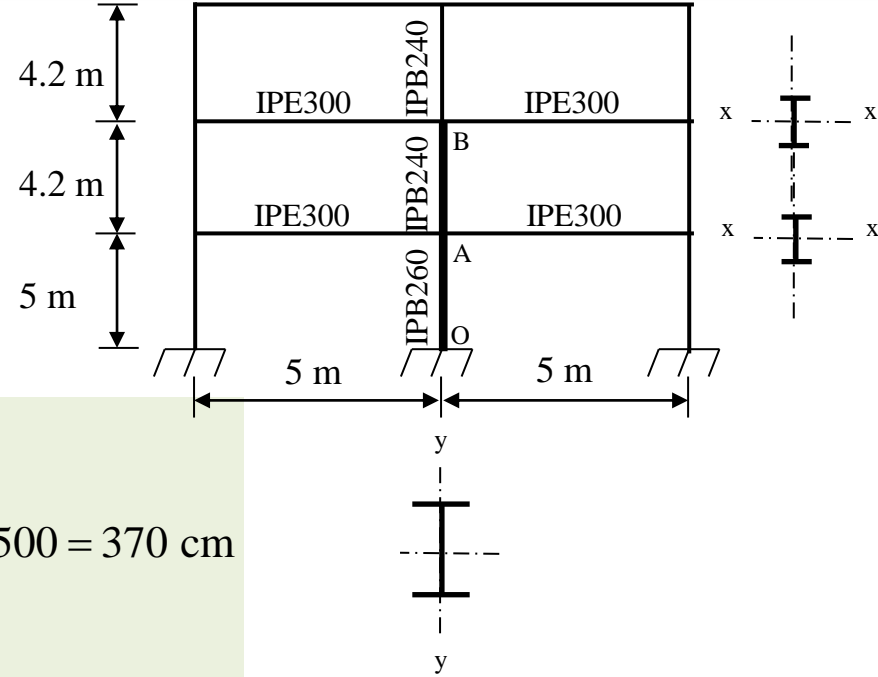
$$\begin{aligned} \text{IPE300} \quad I_x &= 8360 \text{ cm}^4 \\ \text{IPB260} \quad I_y &= 5130 \text{ cm}^4 \\ \text{IPB240} \quad I_y &= 3920 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

OA kolonu

$$G_o = 1$$
$$G_A = \frac{\frac{5130}{500} + \frac{3920}{420}}{\frac{8360}{500} + \frac{8360}{500}} = 0.586$$

ankastre ayak

$$K \cong 0.74 \quad \ell_{b,OA} = 0.74 \times 500 = 370 \text{ cm}$$



AB kolonu

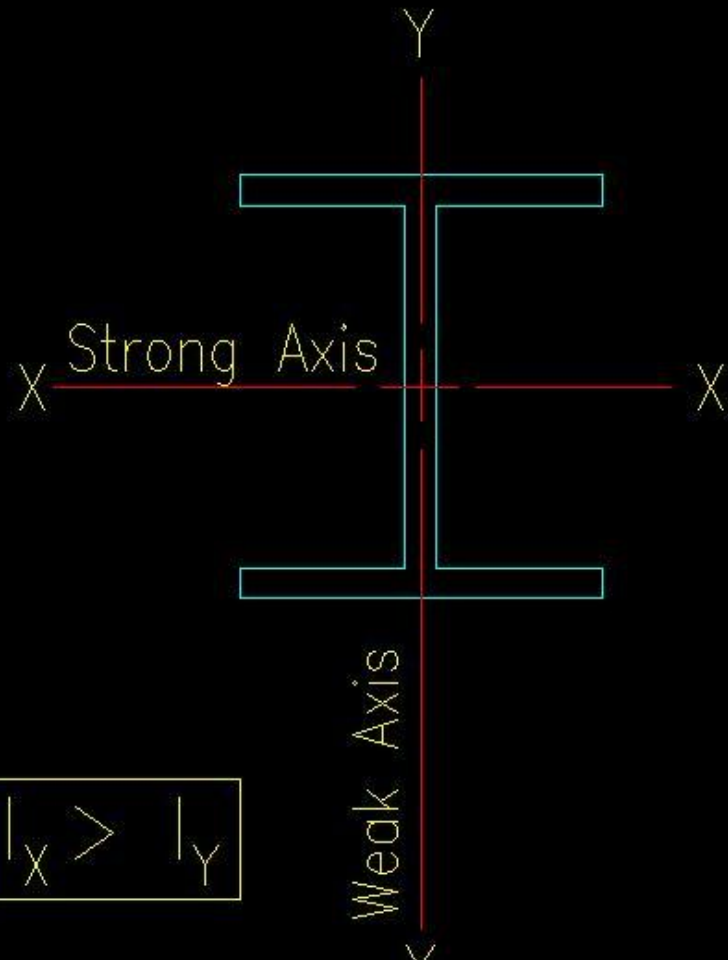
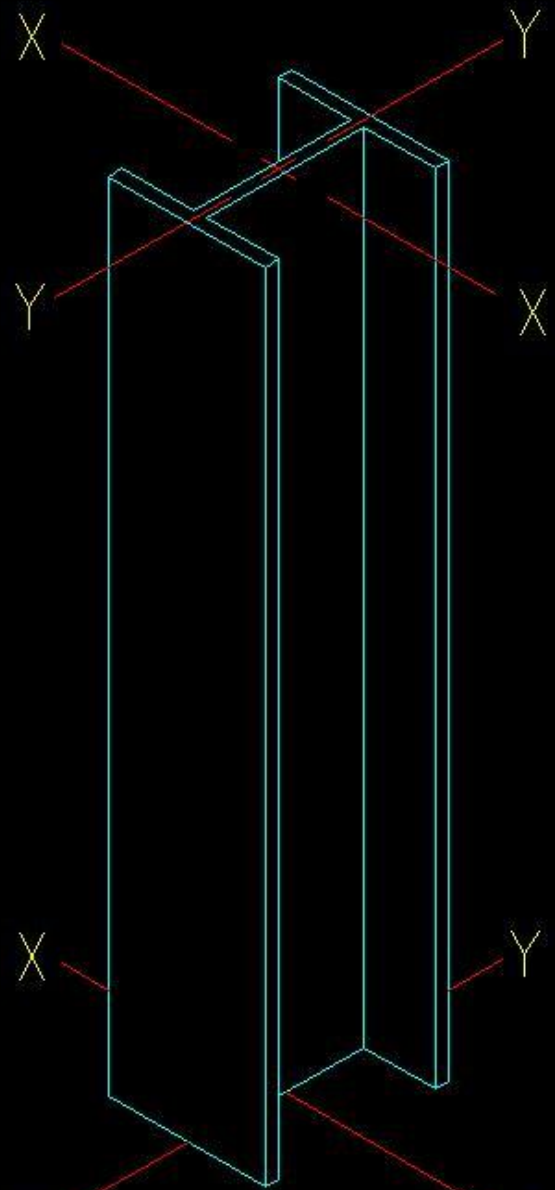
$$G_A = 0.586$$
$$G_B = \frac{2 \times \frac{3920}{420}}{2 \times \frac{8360}{500}} = 0.558$$
$$K \cong 0.70 \quad \ell_{b,OA} = 0.70 \times 420 = 294 \text{ cm}$$



INSA 473 Çelik Tasarım Esasları

Basınç Çubukları





$$I_x > I_y$$

