

Gözetü eksen (x eksenine göre)

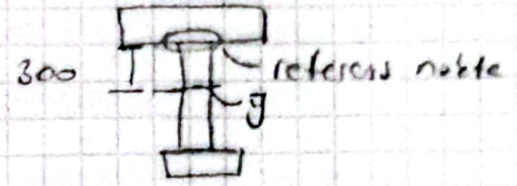
① Alanlar ve Ağırlık Merkezi \bar{y} :

$$A_{üst} = 300 \cdot 20 = 6000$$

$$A_{gövde} = 10 \cdot 760 = 7600$$

$$A_{alt} = 100 \cdot 20 = 2000$$

$$y_{üst} = 10 \quad y_{gövde} = 400 \quad y_{alt} = 790$$



$$\bar{y} = \frac{\sum A y_i}{A} = \frac{6000 \cdot 10 + 7600 \cdot 400 + 2000 \cdot 790}{15600} = 300 \text{ mm}$$

②.2 Atalet momenti :

$$\text{elastik kesit modülü} = W_e = \frac{I}{C}$$

\rightarrow elastik kesit modülü

$$\frac{bh^3}{12}$$

$$I = I_0 + A d^2$$

üst başlık :

$$I_{x,0} = 300 \cdot \frac{20^3}{12} = 2 \cdot 10^5$$

Gövde

$$I_{x,0} = 10 \cdot \frac{760^3}{12} = 3,658 \cdot 10^8$$

Alt Başlık

$$100 \cdot \frac{20^3}{12} = 6,67 \cdot 10^4$$

$$A d^2 = 6000 \cdot 290^2 = 504,6 \cdot 10^6$$

$$7600 \cdot 100^2 = 76 \cdot 10^6$$

$$2000 \cdot 490^2 = 480,2 \cdot 10^6$$

$$I_x = 1,4268 \cdot 10^9$$

③.3 Elastik kesit modülü ve elastik moment kapasitesi

ilk alma en uzak lifteki gerilme ($\sigma = \frac{M y}{I} = \sigma_y$) olunca olur ; bu da

$$M_e = \sigma_y \cdot W_e$$

$$\text{üst lif } C_{üst} = 300 \Rightarrow W_{e, üst} = \frac{I_x}{300} = 4,756 \cdot 10^6$$

$$\text{alt lif } C_{alt} = 500 \Rightarrow W_{e, alt} = \frac{I_x}{500} = 2,854 \cdot 10^6$$

$$M_{e, x} = \sigma_y \cdot W_{e, alt} = 355 \cdot 2,854 \cdot 10^6 = 1,013 \cdot 10^9 \text{ Nmm} = 1013 \text{ kNm}$$

④.4 Plastik Nötr eksen (PNA) ve Plastik kesit modülü W_p

$$\text{Alanın yarısı} = 7600$$

üstten aşağıya alın biriktirmek $6000 + 10 \cdot t$

$$7600 = 6000 + 10t \Rightarrow t = 160$$

$$\text{Plastik nötr eksen} = 20 (\text{başlık}) + 160 (\text{gövde}) = 180 \text{ mm}$$

PNA ya göre birinci momentler:

Üst başlık $A = 6000$ uzaklık $= 200 - 10 = 190 \rightarrow 6000 \cdot 190$

Gövde üst parça $= A = 10 \cdot 180 = 1800$ Ağırlık $= 80 \rightarrow 80 \cdot 180x$

$$Q_c = 1\,302\,000 \text{ mm}^3$$

Getme kısmı (Alt kısım)

Gövde alt parça $= A = 10 \cdot 580 = 5800$ uzaklık $\rightarrow 290 \Rightarrow 5800 \cdot 290$

Alt başlık $= A = 2000$ uzaklık $= 590 \rightarrow 2000 \cdot 590$

$$Q_t = 2\,862\,000$$

Plastik kesit Modülü $W_{p,x} = Q_c + Q_t = 4,164 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$

$$M_{p,x} = \sigma_y W_{p,x} = 355 \cdot 4,164 \cdot 10^6 = 1,478 \text{ kNm}$$

Şekil Faktörü (χ):

$$K = \frac{W_{p,x}}{W_{e,alt}} = \frac{4,164}{2,854} = 1,459 > 1 \checkmark$$

2) Y eksenini için (Zayıf Eksen)

$$\boxed{\begin{matrix} h \\ b \end{matrix}} \quad \frac{hb^3}{12}$$

2.1) I_y : üst başlık $= 20 \cdot 300^2 / 12 = 45 \cdot 10^6$

$$\text{Gövde} = \frac{760 \cdot 10^3}{12} = 63,333$$

$$\text{Alt başlık} = \frac{20 \cdot 100^3}{12} = 1,67 \cdot 10^7$$

$$I_y = 4,673 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$$

2.2 Elastik ve Plastik modüller, kapasiteler

$$W_{e,y} = I_y / c_y = 4,673 \cdot 10^7 / 150 = 3,115 \cdot 10^5 \text{ mm}^3$$

$$\text{Plastik modül} = Z_y = \sum \frac{+b^2}{4}$$
$$\frac{20 \cdot 300^2 + 20 \cdot 100^2 + 760 \cdot 10^2}{4} = 45,69 \cdot 10^3$$

$$W_{p,y} = 5,19 \cdot 10^5$$

$$M_{e,y} = 355 \cdot 3,115 \cdot 10^5 = 110,6 \text{ kNm}$$

$$M_{p,y} = 355 \cdot 5,19 \cdot 10^5 = 184,2 \text{ kNm}$$

$$K = \frac{W_p}{W_e} = 1,666 > 1$$

2. şekil :

Geometri ve Malzeme:

$$D_o = 323 \text{ mm} \rightarrow R_o = 161,5 \text{ mm}$$

$$t = 12 \text{ mm} \rightarrow R_i = 149,5 \text{ mm}$$

$$A = 5616 \text{ cm}^2 \rightarrow 5660 \text{ mm}^2$$

$$I_x = 3240 \text{ cm}^4 \rightarrow 3,24 \text{ mm}^4$$

$$I_y = 152 \text{ cm}^4 \rightarrow 1,52 \text{ mm}^4$$

$$W_{e,x} = 2160 \text{ cm}^3 \rightarrow 2,16 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$(U \text{ kanal için } k \rightarrow 1,10 - 1,15) \\ W_{p,x} \approx 112$$

UPE dış yüzeyden boru merkezine mesafe :

$$x_c = R_o + 29,9 + 27,5 = 218,9 \text{ mm}$$

$$\text{Malzeme} = S355 \quad f_y = \sigma_y = 355 \text{ N/mm}^2$$

1) Boru tek başına (simetrik $x=y$)

$$A_{\text{tube}} = \pi (R_o^2 - R_i^2) = 11724,4 \text{ mm}^2$$

$$I_{\text{tube},x} = I_{\text{tube},y} = \frac{\pi}{4} (R_o^4 - R_i^4) = 1,4196 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$$

$$W_{e,\text{tube}} = \frac{1}{R_o} = 8,790 \cdot 10^5 \text{ mm}^3$$

$$W_{p,\text{tube}} = \frac{4}{3} (R_o^3 - R_i^3) = 1,161 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

2) Ağırlık Merkezi (kompozit)

Kesit sağ-sol ve üst-alt simetrik \bar{x} ve $\bar{y} = 0$ (boru merkezinde)

$$A_{\text{top}} = A_{\text{tube}} + 2A_{\text{upe}} = 11724,4 + 2 \cdot 5660 = 23044 \text{ mm}^2$$

3) Atalet momentleri :

X eksen (güçlü eksen) :

$$I_x = I_{x,\text{tube}} + 2I_{x,\text{upe}} = 1,4196 \cdot 10^8 + 2(3,24 \cdot 10^8) = 7,891 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$$

Y eksen (zayıf eksen) :

$$I_y = I_{y,\text{tube}} + 2(I_{y,\text{upe}} + A_{\text{upe}} x_c^2)$$

$$1,4196 \cdot 10^8 + 2(1,52 \cdot 10^6 + 5660 \cdot (218,9^2)) = 6,874 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$$

4) Elastik kesit modülleri = $W_e = I/c$

X yönü : en uzak lif mesafesi $C_x = 161,5 \text{ mm}$

$$W_{e,x} = \frac{I_x}{C_x} = \frac{7.901 \cdot 10^8}{161,5} = 4.891 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

Y yönü : sağdaki en dış nokta UPE nin dış yüzü

$$C_y = R_0 + 29,9 = 191,4 \text{ mm}$$

$$W_{e,y} = \frac{I_y}{C_y} = \frac{6.874 \cdot 10^8}{191,4} = 3.592 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

(elastik atma c de başlar)

5) Plastik kesit modülleri :

PNA, dikey simetriden ötürü merkezden geçer. Toplam W_p , parçaların PNA'ya göre birinci momentlerinin toplamıdır.

$$W_{p,x} = W_{p,tube} + 2W_{p,x,upe}$$

$$= 1.161 \cdot 10^6 + 2(2.419 \cdot 10^6) = 5.999 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

Y yönü (PNA dikey eksen, $x=0$)

Dikey simetriden dolayı PNA, y eksenidir. Sağ koldaki (UPE) tüm noktalar $x > 0$ dir ;

$$\int x_1 dA = A \cdot x_c \quad (\text{Y için ayrıca plastik modül gerekmez})$$

$$W_{p,y} = W_{p,tube} + 2A_{upe} x_c = 1.161 \cdot 10^6 + 2 \cdot 5660 \cdot 218,9 = 3.639 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

6) Momen Kapasiteleri ve Şekil faktörleri :

$$M_e = f_y W_e$$

$$M_p = f_y \cdot W_p$$

$$K = \frac{W_p}{W_e}$$

	$W_e (\text{mm}^3)$	$W_p (\text{mm}^3)$	$M_e (\text{kNm})$	$M_p (\text{kNm})$	K
X	$4.891 \cdot 10^6$	$5.999 \cdot 10^6$	1736	2130	1.23
Y	$3.592 \cdot 10^6$	$3.639 \cdot 10^6$	1275	1292	1.01

Soru 3:

Geometri ve Malzeme:

TÜBÜ : $D_o = 323 \rightarrow R_o = 161,5 \text{ mm}$ $t = 12 \text{ mm}$ $R_i = 149,5 \text{ mm}$

UPE 300 \rightarrow $A = 5660 \text{ mm}^2$ $h = 300 \text{ mm}$ $h_i = 290 \text{ mm}$
 $I_x = 3,24 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$ $b = 100 \text{ mm}$ $f_y = c_y = 355 \text{ MPa} = 355 \text{ N/mm}^2$
 $I_y = 1,52 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$ $t_f = 15 \text{ mm}$ $t_w = 9,5 \text{ mm}$

1) Boru del basına (x ve y aynı)

$$A_t = \pi \cdot (R_o^2 - R_i^2) = 11724,4 \text{ mm}^2$$

$$I_t = \pi/4 \cdot (R_o^4 - R_i^4) = 1,4196 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$$

$$W_{et} = \frac{I_t}{R_o} = 8,790 \cdot 10^5 \text{ mm}^3$$

$$W_{pt} = \frac{4}{3} (R_o^3 - R_i^3) = 1,161 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

2) Ağırlık Merkezi:

$$\bar{y} = 0 \text{ (tüp merkezi)}$$

$$\text{Toplam alan: } A_{top} = A_t + 2 \cdot A_{upe}$$

$$11724,4 + 2 \cdot 5660 = 23044 \text{ mm}^2$$

3) Atalet momentleri

3.1) X eksenini (güçlü eksen)

UPE'ler y'de $y_c = 191,4 \text{ mm}$ ötede

$$I_x = I_t + 2(I_{x,upe} + A_{upe} y_c^2)$$

$$I_x = 1,4196 \cdot 10^8 + 2(3,24 \cdot 10^8 + 5660 \cdot 191,4^2) = 1,205 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$$

3.2) Y eksenini (zayıf eksen)

UPE'ler x te merkezleri hizalı

$$I_y = I_t + 2I_{y,upe} = 1,4196 \cdot 10^8 + 2 \cdot (1,52 \cdot 10^6) = 1,449 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$$

4) $W_e = I/c$

X yönü : En uzak lif üst UPE'nin üst kenarı:

$$c_x = y_c + \frac{h}{2} = 191,4 + 150 = 341,4 \text{ mm}$$

$$W_{e,x} = \frac{I_x}{c_x} = \frac{1,205 \cdot 10^9}{341,4} = 3,53 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

3) y yönü : En uzak lif boru yarıçapı belirlenir (UPE genişliği 100 + 50 mm < 161,5

$$C_y \text{ max} = 161,5 \text{ mm}$$

$$W_{ey} = \frac{I_y}{C_y} = \frac{1,129 \cdot 10^8}{161,5} = 8,97 \cdot 10^5 \text{ mm}^3$$

5) Plastik kesit modelleri (PNA = y = 0 ve x = 0)

5.1 x yönü (PNA yatay eksen, y = 0)

üst upe'nin tüm noktaları y > 0, alt upe'nin tümü y < 0

$$\int y \, dA = A y_c$$

(şeklin kalınlığı simetrik olduğundan ek bir yerel Wp çıkmıyor)

$$W_{p,x} = W_{p,t} + 2 A u_{pe} y_c = 1,161 \cdot 10^6 + 2,5560 \cdot 191,4 = 3,133 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

5.2 y yönü (PNA dikey eksen, x = 0)

UPE'ler x yönünde ofsetsiz, kendi yerel Wp'leri toplanır.

$$W_{py \text{ flaj}} = \frac{b f^3}{4} = \frac{15 \cdot 100^3}{4} = 37500 \text{ mm}^3 = 2x = 75000$$

$$W_{py \text{ web}} = \frac{h_i t_w^3}{4} = \frac{270 \cdot 9,5^3}{4} = 6092 \text{ mm}^3$$

$$W_{py \text{ upe}} \approx 81092 \text{ mm}^3$$

$$W_{py} = W_{p,t} + 2 W_{py \text{ upe}} = 1,161 \cdot 10^6 + 2 \cdot 81,092 \cdot 10^4 = 1,323 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

6) Kapasiteler ve Şekil faktörleri

$$M_e = f_y (W_e)$$

$$M_p = f_y \cdot W_p$$

$$f = \frac{W_p}{W_e}$$

Değerler	$W_e \text{ (mm}^3\text{)}$	$W_p \text{ (mm}^3\text{)}$	$M_e \text{ (kNm)}$	$M_p \text{ (kNm)}$	k
x	$3,53 \cdot 10^6$	$3,133 \cdot 10^6$	1251	1181	0,94
y	$8,97 \cdot 10^5$	$1,323 \cdot 10^6$	318	469	1,47