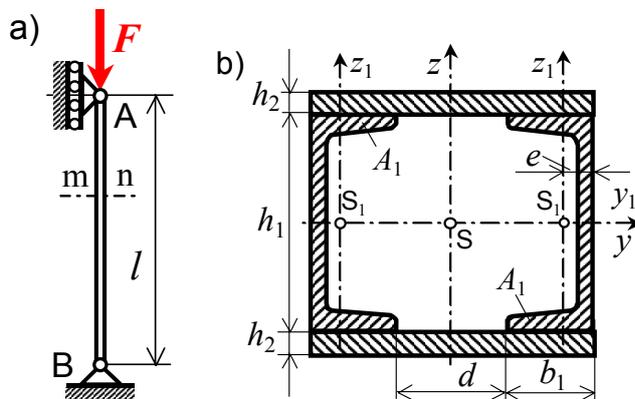


3. Primjer: Izvijanje ravnog štapa

(Zadatak 12. primjer A) i presjek M) na str. 18 u "Vježbenica ispitnih zadataka", uz primjenu PC modula "Izv_stap.exe" paketa programa "CVRSTOCA").



Za ravni štاپ AB izrađenog od čelika opterećenog prema slici a) i poprečnog presjeka zadanog na slici b) treba odrediti iznos dopuštenog tlačnog opterećenja.

Zadano: $l = 2,8 \text{ m}$, $S_{\min} = 2,5$,

$$E = 200 \text{ GPa}, \sigma_p = 240 \text{ MPa},$$

$$\sigma_T = 290 \text{ MPa}, \sigma_o = 330 \text{ MPa}, d = 5 \text{ cm},$$

$$h_2 = 1,5 \text{ cm}, \text{ profil [80].}$$

Rješenje:

a) Geometrijske značajke poprečnog presjeka štapa, slika b)

Iz Tehničkog priručnika IP1 za profil [80 geometrijske su značajke:

$$b_1 = 45 \text{ mm}, h_1 = 80 \text{ mm}, e = 14,5 \text{ mm}, A_1 = 11 \text{ cm}^2, I_{y1} = 106 \text{ cm}^4, I_{z1} = 19,4 \text{ cm}^4.$$

Širina lamele u tom je primjeru:

$$b_2 = 2 \cdot b_1 + d = 14 \text{ cm}.$$

Ploština površine poprečnog presjeka štapa, slika b) jest:

$$A = 2[A_1 + b_2 \cdot h_2] = 2[11 + 14 \cdot 1,5] = 64 \text{ cm}^2.$$

Težišni drugi momenti površine poprečnog presjeka štapa su:

$$I_z = 2 \left[I_{z1} + A_1 \cdot \left(b_1 + \frac{d}{2} - e \right)^2 + \frac{h_2 \cdot b_2^3}{12} \right] = 2 \left[19,4 + 11 \cdot 5,55^2 + \frac{1,5 \cdot 14^3}{12} \right] = 1402,455 \text{ cm}^4,$$

$$I_y = 2 \left[I_{y1} + \frac{b_2 \cdot h_2^3}{12} + b_2 \cdot h_2 \cdot \left(\frac{h_1 + h_2}{2} \right)^2 \right] = 2 \left[106 + \frac{14 \cdot 1,5^3}{12} + 14 \cdot 1,5 \cdot 4,75^2 \right] = 1167,5 \text{ cm}^4 = I_{\min}.$$

Minimalni polumjer tromosti površine poprečnog presjeka štapa jest:

$$i_{\min} = \sqrt{\frac{I_{\min}}{A}} = \sqrt{\frac{1167,5}{64}} = 4,271 \text{ cm}.$$

b) Vitkosti štapa

Granična vitkost štapa za proračun prema Eulerovom izrazu jest:

$$\lambda_p = \pi \sqrt{\frac{E}{\sigma_p}} = \pi \sqrt{\frac{2 \cdot 10^5}{240}} = \pi \cdot 28,8675 = 90,69.$$

Granična vitkost štapa za proračun na sabijanje jest:

$$\lambda_T = \lambda_P \frac{\sigma_o - \sigma_T}{\sigma_o - \sigma_P} = 90,69 \cdot \frac{330 - 290}{330 - 240} = 40,307.$$

Slobodna duljina izvijanja štapa za primjer učvršćenja prema slici a) jest:

$$l_o = l = 280 \text{ cm},$$

$$\text{a vitkost štapa je tada: } \lambda = \frac{l_o}{i_{\min}} = \frac{280}{4,271} = 65,56.$$

Kako je vitkost štapa $\lambda_T < \lambda < \lambda_P$, za daljnji proračun izvijanja uporabljen je **Tetmajerov izraz**.

c) Kritično naprežanje izvijanja štapa prema Tetmajerovom izrazu jest:

$$\sigma_{kr} = \sigma_o - (\sigma_o - \sigma_P) \cdot \frac{\lambda}{\lambda_P} = 330 - (330 - 240) \frac{65,56}{90,69} = 264,94 \text{ MPa}.$$

d) Kritična sila izvijanja štapa jest:

$$F_{kr} = A \cdot \sigma_{kr} = 64 \cdot 26,494 = 1695,63 \text{ kN}.$$

e) Dopušteno tlačno opterećenje štapa jest:

$$F_{\text{dop}} \leq \frac{F_{kr}}{S_{\min}} = \frac{1695,63}{2,5} = 678,25 \text{ kN}.$$