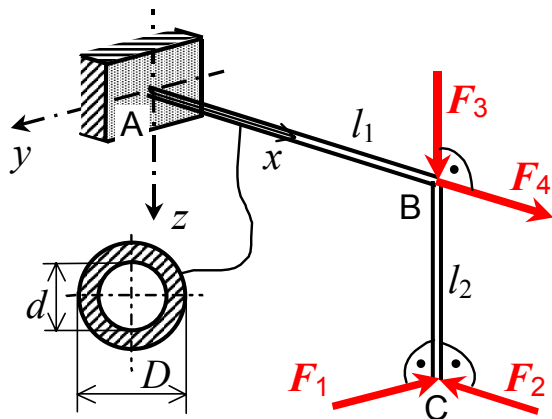


1. Primjer: Proračun čvrstoće koljenastog štapa okruglog presjeka

Koljenasto savijen štapa ABC zadan je i opterećen prema slici. Treba odrediti:



- potrebni standardni promjer poprečnog presjeka štapa,
- za odabrani standardni promjer štapa provjeriti čvrstoću štapa prema energijskoj teoriji čvrstoće HMM, uzimajući u obzir naprezanja od uzdužne sile, momenta savijanja i momenta uvijanja u kritičnom presjeku.

Zadano: $F_1 = 650 \text{ N}$, $F_2 = 300 \text{ N}$, $F_3 = 440 \text{ N}$,
 $F_4 = 1,26 \text{ kN}$, $l_1 = 65 \text{ cm}$, $l_2 = 35 \text{ cm}$,
 $\sigma_{\text{dop}} = 100 \text{ MPa}$, $k = d/D = 0,7$.

Rješenje:

(Uporabom modula "Koljeno.exe" paketa programa "CVRSTOCA" može se provesti proračun čvrstoće za zadani koljenasti štapa, zadatak C) na str. 17 iz "Vježbenica ispitnih zadataka").

Glede velikog iznosa sile F_4 , očigledno je kritični presjek štapa na mjestu uklještenja štapa u A.

a) Unutarnje sile na mjestu uklještenja štapa:

$$\text{Uzdužna sila u štapa AB: } N = \sum F_{ix} = F_4 - F_2 = 1260 - 300 = 960 \text{ N},$$

Moment uvijanja u A:

$$T_A = |\sum M_{ix}| = |F_1 \cdot l_2| = 650 \cdot 0,35 = 227,5 \text{ N}\cdot\text{m}.$$

Moment savijanja u A:

$$M_{yA} = |\sum M_{iy}| = |F_2 \cdot l_2 + F_3 \cdot l_1| = 300 \cdot 0,35 + 440 \cdot 0,65 = 391 \text{ N}\cdot\text{m},$$

$$M_{zA} = |\sum M_{iz}| = |F_1 \cdot l_1| = 650 \cdot 0,65 = 422,5 \text{ N}\cdot\text{m},$$

$$M_{bA} = \sqrt{M_{yA}^2 + M_{zA}^2} = \sqrt{391^2 + 422,5^2} = 575,66 \text{ N}\cdot\text{m}.$$

b) Dimenzioniranje poprečnog presjeka štapa:

Zbog jednostavnosti proračuna, za dimenzioniranje se primjenjuje ekvivalentni moment izračunat prema teoriji najvećih posmičnih naprezanja:

$$M_{\text{ekvA}} = \sqrt{M_{bA}^2 + T_A^2} = \sqrt{575,66^2 + 227,5^2} = 619 \text{ N}\cdot\text{m},$$

a minimalno potrebni promjer presjeka štapa jest:

$$D \geq \sqrt[3]{\frac{32 M_{\text{ekvA}}}{\pi \cdot (1 - k^4) \cdot \sigma_{\text{dop}}}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 619}{\pi \cdot (1 - 0,7^4) \cdot 100}} = 4,36 \text{ cm}.$$

Odabran je standardni promjer poprečnog presjeka štapa: $D = 45 \text{ mm}$.

c) Provjera čvrstoće štapa:

Geometrijske značajke površine poprečnog presjeka štapa su:

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4} (1 - k^2) = \frac{\pi \cdot 4,5^2}{4} (1 - 0,7^2) = 8,111 \text{ cm}^2,$$

$$W_y = \frac{\pi \cdot D^3}{32} (1 - k^4) = \frac{\pi \cdot 4,5^3}{32} (1 - 0,7^4) = 6,798 \text{ cm}^3.$$

Maksimalno normalno naprezanje od uzdužne sile i momenta savijanja u presjeku A uklještenja štapa jest:

$$\sigma_{x \max} = \frac{|N|}{A} + \frac{M_{bA}}{W_y} = \frac{0,96}{8,111} \cdot 10 + \frac{575,662}{6,798} = 1,18 + 84,68 = 85,86 \text{ MPa}.$$

Maksimalno posmično naprezanje od momenta uvijanja u presjeku A uklještenja štapa jest:

$$\tau_{\max} = \frac{T_A}{2W_y} = \frac{227,5}{2 \cdot 6,798} = 16,73 \text{ MPa}.$$

Ekvivalentno naprezanje prema energijskoj teoriji čvrstoće HMH u presjeku A uklještenja štapa jest:

$$\sigma_{\text{ekvA}} = \sqrt{\sigma_{x \max}^2 + 3 \cdot \tau_{\max}^2} = \sqrt{85,86^2 + 3 \cdot 16,73^2} = 90,62 \text{ MPa}.$$

Čvrstoća štapa zadovoljava, jer je: $\sigma_{\text{ekvA}} < \sigma_{\text{dop}}$.