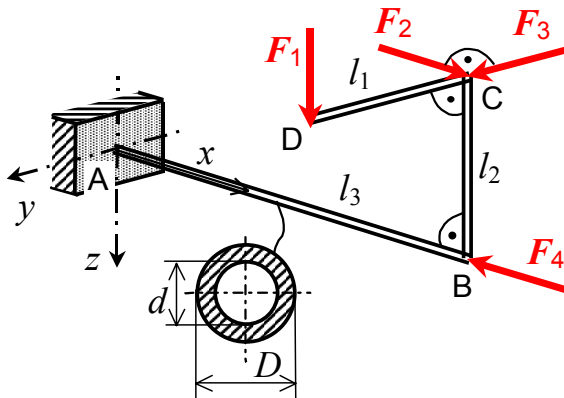


2. Primjer: Proračun koljenastog štapa okruglog presjeka

Koljenasto savijen štap ABC zadan je i opterećen prema slici.



Treba odrediti:

- potrebne 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: $F_1 = 5 \text{ kN}$, $F_2 = 6 \text{ kN}$, $F_3 = 4 \text{ kN}$,
 $F_4 = 65 \text{ kN}$, $\sigma_{\text{dop}} = 120 \text{ MPa}$, $k = d/D = 0,6$,
 $l_1 = 40 \text{ cm}$, $l_2 = 50 \text{ cm}$, $l_3 = 70 \text{ cm}$.

Rješenje:

(Uporabom modula "Koljeno.exe" paketa programa "CVRSTOCA" može se provesti proračun čvrstoće za zadani koljenasti štap, zadatak F) 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:

$$\text{Uzdužna sila u štapa AB: } N = \sum F_{ix} = F_2 - F_4 = 6 - 65 = -59 \text{ kN},$$

Moment uvijanja u A:

$$T_A = |\sum M_{ix}| = F_1 \cdot l_1 + F_3 \cdot l_2 = 5 \cdot 40 + 4 \cdot 50 = 400 \text{ kN}\cdot\text{cm}.$$

Moment savijanja u A:

$$M_{yA} = |\sum M_{iy}| = F_1 \cdot l_3 + F_2 \cdot l_2 = 5 \cdot 70 + 6 \cdot 50 = 650 \text{ kN}\cdot\text{cm},$$

$$M_{zA} = |\sum M_{iz}| = F_3 \cdot l_3 = 4 \cdot 70 = 280 \text{ kN}\cdot\text{cm},$$

$$M_{bA} = \sqrt{M_{yA}^2 + M_{zA}^2} = \sqrt{6500^2 + 2800^2} = 7077,43 \text{ N}\cdot\text{m}.$$

b) Dimenzioniranje poprečnog presjeka štapa:

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

$$M_{\text{ekvA}} = \sqrt{M_{bA}^2 + T_A^2} = \sqrt{7077,43^2 + 4000^2} = 8129,58 \text{ N}\cdot\text{m},$$

a minimalno potrebni promjer presjeka štapa jest:

$$D \geq \sqrt[3]{\frac{32 M_{\text{ekvA}}}{\pi \cdot (1 - k^4) \cdot \sigma_{\text{dop}}}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 8129,58}{\pi \cdot (1 - 0,6^4) \cdot 120}} = 9,26 \text{ cm}.$$

Odabran je standardni promjer poprečnog presjeka štapa:

$$D = 100 \text{ mm}.$$

c) Provjera čvrstoće štapa:

Geometrijske značajke površine poprečnog presjeka štapa su:

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4} (1 - k^2) = \frac{\pi \cdot 10^2}{4} (1 - 0,6^2) = 50,265 \text{ cm}^2,$$

$$W_y = \frac{\pi \cdot D^3}{32} (1 - k^4) = \frac{\pi \cdot 10^3}{32} (1 - 0,6^4) = 85,451 \text{ cm}^3.$$

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

$$\sigma_{x \max} = \frac{|N|}{A} + \frac{M_{bA}}{W_y} = \frac{59}{50,265} \cdot 10 + \frac{7077,43}{85,451} = 11,74 + 82,82 = 94,56 \text{ MPa}.$$

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

$$\tau_{\max} = \frac{T_A}{2W_y} = \frac{4000}{2 \cdot 85,451} = 23,41 \text{ MPa}.$$

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

$$\sigma_{\text{ekvA}} = \sqrt{\sigma_{x \max}^2 + 3 \cdot \tau_{\max}^2} = \sqrt{94,56^2 + 3 \cdot 23,41^2} = 102,89 \text{ MPa}.$$

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