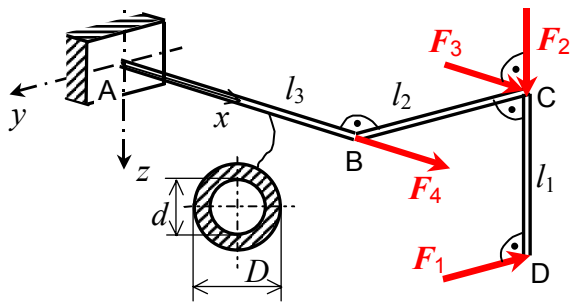


3. Primjer: Proračun koljenastog štapa okruglog presjeka

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



- a) potrebni standardni promjer poprečnog presjeka štapa,
 b) 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: $F_1 = 3 \text{ kN}$, $F_2 = 2 \text{ kN}$, $F_3 = 4 \text{ kN}$,

$F_4 = 45 \text{ kN}$, $\sigma_{\text{dop}} = 125 \text{ MPa}$, $k = d/D = 0,65$,

$l_1 = 30 \text{ cm}$, $l_2 = 25 \text{ cm}$, $l_3 = 65 \text{ cm}$.

Rješenje:

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

Uzdužna sila u štapa AB: $N = \sum F_{ix} = F_3 + F_4 = 4 + 45 = 49 \text{ kN}$,

Moment uvijanja u A:

$T_A = \left| \sum M_{ix} \right| = F_1 \cdot l_1 - F_2 \cdot l_2 = 3 \cdot 30 - 2 \cdot 25 = 40 \text{ kN}\cdot\text{cm} = 400 \text{ N}\cdot\text{m}$.

Moment savijanja u A:

$M_{yA} = \left| \sum M_{iy} \right| = F_2 \cdot l_3 = 2 \cdot 65 = 130 \text{ kN}\cdot\text{cm} = 1300 \text{ N}\cdot\text{m}$,

$M_{zA} = \left| \sum M_{iz} \right| = -F_3 \cdot l_2 + F_1 \cdot l_3 = -4 \cdot 25 + 3 \cdot 65 = 95 \text{ kN}\cdot\text{cm} = 950 \text{ N}\cdot\text{m}$,

$M_{bA} = \sqrt{M_{yA}^2 + M_{zA}^2} = \sqrt{1300^2 + 950^2} = 1610,12 \text{ N}\cdot\text{m}$.

b) Dimenzioniranje poprečnog presjeka štapa:

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

$M_{\text{ekvA}} = \sqrt{M_{bA}^2 + T_A^2} = \sqrt{1610,12^2 + 400^2} = 1659,07 \text{ N}\cdot\text{m}$,

a minimalno potrebni promjer presjeka štapa jest:

$$D \geq \sqrt[3]{\frac{32 M_{\text{ekvA}}}{\pi \cdot (1 - k^4) \cdot \sigma_{\text{dop}}}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 1659,07}{\pi \cdot (1 - 0,65^4) \cdot 125}} = 5,48 \text{ cm}.$$

Odabran je standardni promjer poprečnog presjeka štapa: $D = 60 \text{ mm}$.

c) Provjera čvrstoće štapa:

Geometrijske značajke površine poprečnog presjeka štapa su:

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4} (1 - k^2) = \frac{\pi \cdot 6^2}{4} (1 - 0,65^2) = 16,328 \text{ cm}^2,$$

$$W_y = \frac{\pi \cdot D^3}{32} (1 - k^4) = \frac{\pi \cdot 6^3}{32} (1 - 0,65^4) = 17,42 \text{ cm}^3.$$

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

$$\sigma_{x \max} = \frac{|N|}{A} + \frac{M_{bA}}{W_y} = \frac{49}{16,328} \cdot 10 + \frac{1659,07}{17,42} = 30,01 + 92,43 = 122,44 \text{ MPa}.$$

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

$$\tau_{\max} = \frac{T_A}{2W_y} = \frac{400}{2 \cdot 17,42} = 11,48 \text{ MPa}.$$

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

$$\sigma_{ekvA} = \sqrt{\sigma_{x \max}^2 + 3 \cdot \tau_{\max}^2} = \sqrt{122,44^2 + 3 \cdot 11,48^2} = 124,04 \text{ MPa}.$$

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