



Slika 10.1 a) Pomeranja duž šipa {u} i {θ}

b) Presečne sile duž šipa {M} i {T}

b) Maksimalni računski napon u šipu na savijanje

Maksimalni moment savijanja u šipu sa slobodnom glavom iznosi oko $M_{max}=650\text{kNm}$ a sa uklještenom glavom oko $M_{max}=250\text{kNm}$. Maksimalni napon na savijanje za šip sa slobodnom i uklještenom glavom iznosi:

$$\sigma_{s,max} = \frac{M_{max}}{W} = \frac{650 \cdot 100}{2778} = 23.4 \text{ kN/cm}^2 > \sigma_{s,dop} = 16.0 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{s,max} = \frac{M_{max}}{W} = \frac{250 \cdot 100}{2778} = 9.0 \text{ kN/cm}^2 < \sigma_{s,dop} = 16.0 \text{ kN/cm}^2$$

Pomeranje i obrtanje šipa u nivou terena (rečnog dna) prema Barber-u:

$$E_p I = 210.0 \cdot 10^3 \cdot 8.468 \cdot 10^{-4} = 177.828 \text{ MNm}^2$$

$$\eta L = \sqrt[5]{\frac{n_h}{E_p I}} \cdot L = \sqrt[5]{\frac{9.0}{177.828}} \cdot 10.0 = 5.506 > 4$$

$$t_0 = \frac{2.4T}{n_h^{0.6} (E_p I)^{0.4}} + \frac{1.6T \cdot e}{n_h^{0.4} (E_p I)^{0.6}} = \frac{2.4 \cdot 0.10}{9^{0.6} 177.83^{0.4}} + \frac{1.6 \cdot 0.10 \cdot 6}{9^{0.4} 177.83^{0.6}}$$

$$t_0 = 25.9 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$\theta_0 = -\frac{1.6T}{(n_h)^{0.4} (E_p I)^{0.6}} - \frac{1.74T \cdot e}{(n_h)^{0.2} (E_p I)^{0.8}} = -\frac{1.6 \cdot 0.10}{9^{0.4} 177.83^{0.6}} - \frac{1.74 \cdot 0.10 \cdot 6}{9^{0.6} 177.83^{0.4}}$$

$$\theta_0 = -13.6 \cdot 10^{-3} \text{ rad}$$

Na pomeranje i obrtanje šipa u nivou terena, treba dodati uticaje konzolnog dela šipa iznad rečnog dna, visine $h=6.0\text{m}$, usled sile $T=0.1 \text{ MN}$, prema sledećem izrazu:

$$t = t_0 - \theta_0 h + \frac{Th^3}{3E_p I} = 25.9 \cdot 10^{-3} + 13.6 \cdot 10^{-3} \cdot 6 + \frac{0.10 \cdot 6^3}{3 \cdot 177.83} = 148.0 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$\theta = \theta_0 + \frac{Th^2}{2E_p I} = 13.6 \cdot 10^{-3} - \frac{0.10 \cdot 6^2}{2 \cdot 177.828} = -23.7 \cdot 10^{-3} \text{ rad}$$

Dobijene vrednosti su prosečno veće za oko 0.5% u odnosu na vrednosti po MKR.

c) Matrica krutosti šipa:

Za proračun grupe šipova povezanih krutom naglavnicom, neophodno je odrediti matricu krutosti šipa $[K_L]$ u lokalnom koordinatnom sistemu. Za šip u homogenom tlu sa konstatnim modulom reakcije k_r i k_h duž šipa, matrica krutosti se može odrediti direktno, prema izrazima 9.4, 9.5 i 9.6, dok se za šip sa proizvoljnom promenom modula reakcije duž šipa, matrica krutosti može odrediti preko matrice fleksibilnosti.

Usled jedinične horizontalne sile $T=1\text{MN}$ u nivou glave šipa, koja deluje u pozitivnom smeru ose x , horizontalno pomeranje i obrtanje glave šipa iznosi $s_T=1.4757 \text{ m/MN}$ i $\theta_T=-0.2353 \text{ rad/MN}$.

Usled jediničnog momenta $M=1\text{MNm}$ u nivou glave šipa, koji deluje suprotno od smera obrtanja kazaljke na satu, horizontalno pomeranje i obrtanje glave šipa iznosi $s_M=-0.2353 \text{ m/MNm}$ i $\theta_M = 0.0513 \text{ rad/MNm}$.

Dobijena pomeranja i obrtanja, mogu se prikazati matricom fleksibilnosti $[F_L]$

$$[F_L] = \begin{bmatrix} F_{Qs} & 0 & 0 \\ 0 & 1.4757 & -0.2353 \\ 0 & -0.2353 & 0.0513 \end{bmatrix}$$

Matrica krutosti šipa predstavlja inverznu matricu fleksibilnosti, i iznosi:

$$[K_L] = [F_L]^{-1} = \begin{bmatrix} 1/F_{Qs} & 0 & 0 \\ 0 & 2.5170 & 11.5362 \\ 0 & 11.5362 & 72.3529 \end{bmatrix}$$

Pošto su vandijagonalni elementi u 1 redu i koloni matrice fleksibilnosti jednaki nuli, elementi matrice krutosti se mogu odrediti inverzijom submatrice, čiji se elementi nalaze u presecima 2 i 3 reda sa 2 i 3 kolonom, dok se element matrice krutosti K_{Q_5} može dobiti direktno kao recipročna vrednost elementa matrice F_{Q_5} .