

# 7. vaja

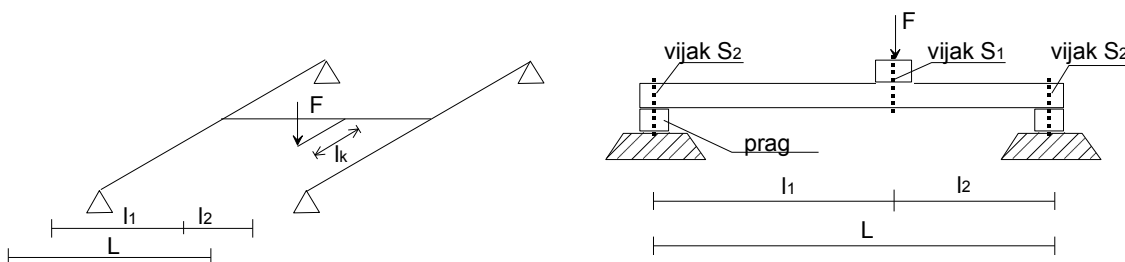
## TORZIJA

### 7.1 Zasnova

Obravnavamo primer vzdolžnega nosilca s pritrjeno konzolo. Konzola je na koncu obremenjena s koncentrirano silo  $F$  (glej sliko). Konzola je obremenjena upogibno in strižno. Vzdolžni nosilec pa je, zaradi reakcije konzole na vzdolžni nosilec, obremenjen z upogibnim in torzijskim momentom in prečno silo. Priključki med elementi so izvedeni z vijaki. Dimenzioniraj konzolo in vzdolžni nosilec.

Podatki:

- dolžina konzole  $\ell_k = 100 - i$  (cm),
- dolžina vzdolžnega nosilca  $L = 4,0$  m,
- oddaljenost konzole od podpore vzdolžnega nosilca  $\ell_1 = 2,5$  m,  $\ell_2 = 1,5$  m,
- obtežba  $F$  je sestavljena iz lastne teže  $F_g = 2$  kN in koristne obtežbe  $F_q = 0,5 + (i/20)$ , pri čemer je  $i$  podatek (glej 1. vajo),
- les C30, trajanje obtežbe M,
- vijaki S 235.

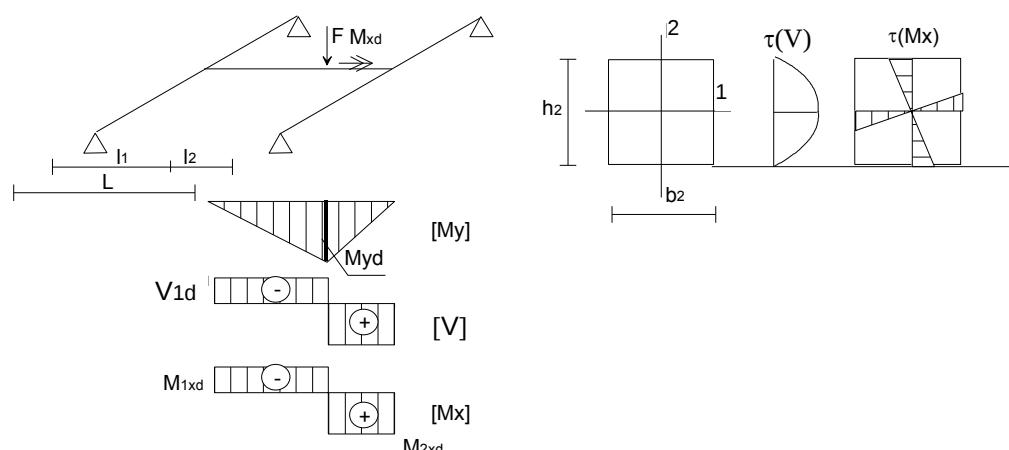


### 7.2 Dimenzioniranje konzole

Postopek računa:

- Določimo maksimalno vrednost projektnega upogibnega momenta in prečne sile v konzoli.
- Nadalje postopamo enako kot pri vaji 6.1 (dimenzioniranje špirovcev).

### 7.3 Dimenzioniranje vzdolžnega nosilca



- Določimo maksimalne notranje statične količine v vzdolžnem nosilcu po naslednjih izrazih (glej zgornjo sliko):

$$M_{yd,max} = \frac{F_d \cdot \ell_1 \cdot \ell_2}{L}; V_{1,d} = \frac{F_d \cdot \ell_2}{L}; V_{2,d} = \frac{F_d \cdot \ell_1}{L}; M_{1x,d} = \frac{M_{x,d} \cdot \ell_2}{L}; M_{2x,d} = \frac{M_{x,d} \cdot \ell_1}{L}$$

- Iz dokaza normalnih (upogibnih) napetosti določimo potreben prečni prerez vzdolžnega nosilca (prerez naj bo kvadratne oblike). Postopamo enako kot v vaji 6.1.
- Po izbiri dimenzij vzdolžnega nosilca  $b/h$ , je potrebno narediti še kontrolo strižnih napetosti. Le-te so posledica prečne sile  $V$  in torzijskega momenta  $M_x$ .

$$\tau_d = \tau_d(V_d) + \frac{\tau_{tor,d}(M_{xd})}{k_{shape}} \leq f_{v,d}; \quad \tau_d(V_d) = \frac{V_d}{A_s}; \quad \tau_{tor,d}(M_{xd}) = \frac{M_{xd}}{W_{t1(2)}}$$

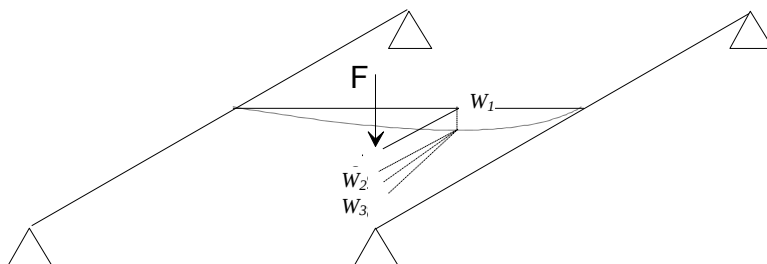
$$k_{shape} = \begin{cases} 1,2 & \text{za okrogli prerez} \\ \min \left\{ 1 + 0,15 \frac{h}{b}, 2,0 \right\} & \text{za pravokotni prerez} \end{cases}$$

V izrazu za strižno napetost  $\tau_{tor,d}$  zaradi torzijskega momenta  $M_{xd}$  nastopa strižni odpornostni moment  $W_{t1(2)}$ , ki ga, za pravokotni prerez, določimo po spodnji enačbi (glej skico). V računu, za strižni odpornostni moment  $W_{t1(2)}$ , upoštevamo manjšo izmed spodnjih dveh vrednosti.

$$W_{t1} = \frac{\pi \cdot b^2 \cdot h}{16}; \quad W_{t2} = \frac{\pi \cdot b \cdot h^2}{16}$$

- V primeru, da je prečni prerez vzdolžnega nosilca premejen, je potrebno le-tega ustrezno povečati.

## 7.4 Izračun povesa pod silo $F$



- Poves pod silo  $F$  ( $w_{inst}$  in  $w_{net,fin}$ ) določimo po postopku, ki je podan v vaji 6.1. Poves je sestavljen iz treh delov:

$\Rightarrow w_1$  predstavlja poves vzdolžnega nosilca zaradi reakcije konzole (prečna sila). Določimo ga po naslednji enačbi:

$$w_1 = \frac{F_d \cdot \ell_1^2 \cdot \ell_2^2}{3 \cdot E \cdot I_n \cdot L}$$

$\Rightarrow w_2$  predstavlja poves konzole pod silo  $F$  zaradi zasuka vzdolžnega nosilca, ki je obremenjen s torzijskim momentom  $M_x$ . Določimo ga s pomočjo naslednjih izrazov:

$$w_2 = I_k \cdot \tan \theta; \tan \theta = \frac{M_{xd1} \cdot \ell_1}{G \cdot I_t}; I_t = \frac{\pi}{16} \frac{b^3 \cdot h^3}{(b^2 + h^2)}$$

$\Rightarrow w_3$  predstavlja poves konzole pod silo  $F$  zaradi delovanja sile  $F$  na koncu konzole. Določimo ga s pomočjo naslednjega izraza:

$$w_3 = \frac{F_d \cdot \ell_k^3}{3 \cdot E \cdot I_k}$$

$\Rightarrow$  Trenutni pomik  $w_{inst}$  določimo za karakteristično kombinacijo vplivov.

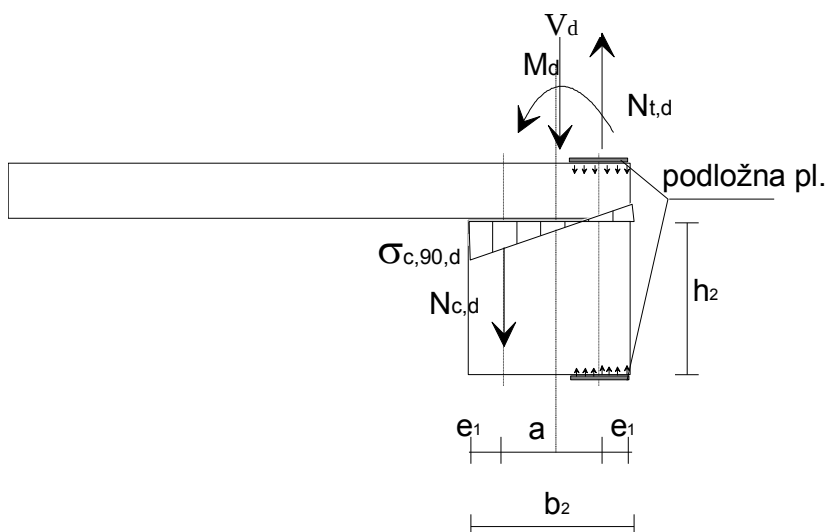
$\Rightarrow$  V končnem pomiku  $w_{net,fin}$  je upoštevan še vpliv lezenja in vlage lesa, (upoštevano v faktorju  $k_{def}$ ) in ga izračunamo po naslednji enačbi:

$$W_{net,fin} = w_{inst,g} \cdot (1 + k_{def}) + w_{inst,q} \cdot (1 + \Psi_2 k_{def}).$$

*Mejne vrednosti pomikov nosilcev:*

|                          | $w_{inst}$   | $w_{net,fin}$ |
|--------------------------|--------------|---------------|
| Nosilec na dveh podporah | $\ell / 300$ | $\ell / 250$  |
| Konzolni nosilec         | $\ell / 150$ | $\ell / 125$  |

## 7.5 Dimenzioniranje priključkov (konzola na vzdolžnik)



- Priključek konzole na vzdolžni nosilec izvedemo z vijaki. Podobno, z vijaki, izvedemo tudi priključek vzdolžnega nosilca na prag. Vijake izberemo sami.
- Določimo silo  $N_{t,d}$  v vijaku s pomočjo spodnjega izraza.  $M_{y,d}$  v spodnjem izrazu je maksimalni upogibni moment v konzoli,  $V_{z,d}$  pa maksimalna prečna sila v konzoli. Za razdaljo  $e_1$  upoštevamo  $e_{1min} > 3d$ , kjer je  $d$  je premer vijaka, ki si ga izberemo. Vijak preverimo glede na pogoj, da je dejanska natezna napetost  $\leq$  natezne trdnosti vijaka.

$$N_{t,d} = \frac{M_{y,d} - V_{z,d} \cdot \frac{3 \cdot b_2}{8}}{\frac{7 \cdot b}{8} - e_1}$$

- Preverimo velikost kontaktnih napetosti oziroma določimo širino kontaktne ploskve  $b$ . V primeru premajhne potrebne površine, povečamo širino konzole  $b$  in s tem dobimo ustrezno večjo kontaktno površino.
- Določimo še ustrezno podložno ploščico pod vijakom (glej vajo 1.2).