

Proračun stabilnosti na bočno-torziono izvijanje prema JUS U.E7.101

$$\max \sigma \leq \sigma_{D,dop} = \frac{\sigma_D}{\nu} = \alpha_p \cdot \chi_D \cdot \frac{f_y}{\nu} = \alpha_p \cdot \chi_D \cdot \sigma_{dop}$$

$\sigma_{D,dop}$ dopušteni napon bočno-torzionog izvijanja,
 σ_D granični napon bočno-torzionog izvijanja,
 ν koeficijent sigurnosti,
 α_p koeficijent oblika poprečnog preseka,
 χ_D bezdimenzionalni koeficijent bočno-torzionog izvijanja,
 f_y granica razvlačenja,
 σ_{dop} dopušten normalni napon.

Bezdimenzionalni koeficijent χ_D

$$\chi_D = \begin{cases} 1 & \text{za } \bar{\lambda}_D \leq 0,4 \\ \left(\frac{1}{1 + \bar{\lambda}_D^{2n}} \right)^{1/n} & \text{za } \bar{\lambda}_D > 0,4 \end{cases}$$

$\bar{\lambda}_D$ relativna vitkost na bočno-torziono izvijanje
 n parametar koji zavisi od tipa nosača
 $n = 1,5$ za zavarene profile
 $n = 2,0$ za valjane profile

Koeficijent oblika poprečnog preseka α_p

U opštem slučaju

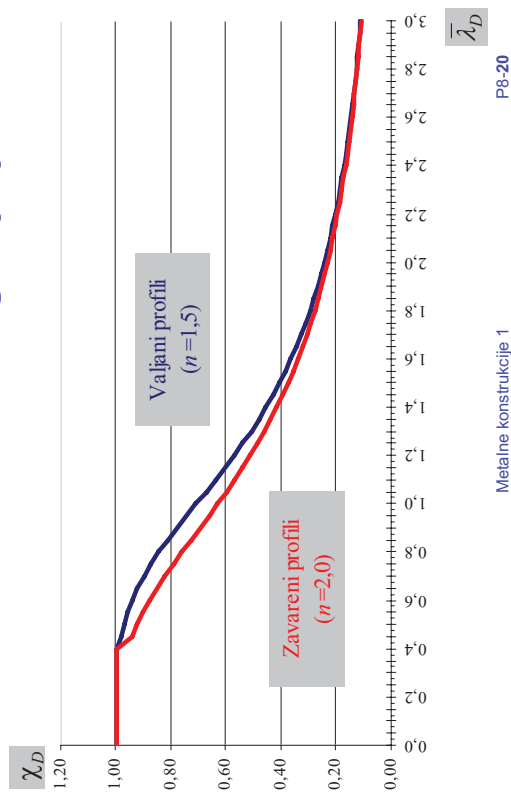
$$\alpha_p = \frac{W_{pl,y}}{W_{el,y}}$$

$W_{pl,y}$ plastični otporni moment oko y-y ose,
 $W_{el,y}$ elastični otporni moment oko y-y ose,
 S_y statički moment oko y-y ose za težište poprečnog preseka.

U slučaju obostrano simetričnih
poprečnih preseka

$$\alpha_p = \frac{2 \cdot S_y}{W_{el,y}}$$

Krive bočno-torzionog izvijanja



Relativna (bezdimenzionalna) vitkost na bočno-torziono izvijanje

$$\bar{\lambda}_D = \sqrt{\frac{M_{pl}}{M_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_D = \sqrt{\frac{\alpha_p \cdot f_y}{\sigma_{cr}}}$$

odnosno

- M_{pl} moment plastične nosivosti poprečnog preseka,
- M_{cr} kritični moment bočno-torzionog izvijanja,
- σ_{cr} kritičan napon bočno-torzionog izvijanja,
- f_y granica razvlačenja,
- α_p koeficijent oblika poprečnog preseka.

Kritičan napon bočno-torzionog izvijanja

$$\sigma_{cd,D} = \phi \cdot \sqrt{\sigma_{Dv}^2 + \sigma_{Dw}^2}$$

- ϕ koeficijent za određivanje uticaja položaja delovanja opterećenja,
- σ_{Dv} komponenta kritičnog napona usled Sen Venanove torzije,
- σ_{Dw} komponenta kritičnog napona usled sprečene (ograničene) torzije.





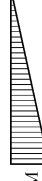

Uticaj položaja opterećenja

$$\phi = \begin{cases} \frac{\sqrt{K + \rho^2} + \rho}{\sqrt{K + \rho^2}} & \text{za opterećenje na donjem pojasu} \\ 1 & \text{za opterećenje u težištu} \\ \frac{\sqrt{K + \rho^2} - \rho}{\sqrt{K + \rho^2}} & \text{za opterećenje na gornjem pojasu} \end{cases}$$

$$K = 1 + 0,156 \cdot \left(\frac{\ell_z}{h}\right)^2 \frac{I_t}{I_z}$$

- I_z razmak tačaka bočnog pridržavanja,
- h visina nosača,
- I_t torzioni moment inercije,
- I_z moment inercije za savijanje oko slabije z-z ose,
- ρ parametar pomoću kojeg se uzima u obzir vrsta poprečnog opterećenja.

Parametri ρ i η

Oblik momentnog dijagrama	η_t i η_z	ρ
	1,12	0,46
	1,35	0,55
	1,00	0,00
	1,30	0,00
	1,77	0,00
	2,35	0,00

Komponente kritičnog napona

Kritičan napon usled Sen Venanove torzije

$$\sigma_{Dv} = \eta_t \cdot \frac{\pi}{\ell_t \cdot W_y} \cdot \sqrt{EI_z \cdot GI_t} = \eta_t \cdot \frac{0,41 \cdot 10^5}{\ell_t \cdot W_y} \cdot \sqrt{I_z \cdot I_t} \quad [\text{kN/cm}^2]$$

Kritičan napon usled sprečene torzije

$$\sigma_{Dw} = \frac{\pi^2 \cdot E}{\lambda_{kz}^2} = \frac{2,07 \cdot 10^5}{\lambda_{kz}^2} \quad [\text{kN/cm}^2]$$

η_t parametar koji zavisi od oblika dijagrama momenata,

I_t razmak tačaka bočnog pridržavanja,

W_y otporni moment za savijanje oko y-y ose,

I_z moment inercije za savijanje oko slabije z-z ose,

I_t torzioni moment inercije

λ_{kz} zamenjujuća vitkost dela poprečnog preseka

Metallne konstrukcije 1

P8-25

Zamenjujuća vitkost λ_{kz}

$$\lambda_{kz} = \frac{\ell_z}{i_{kz} \cdot \sqrt{\eta_z}}$$

$$i_{kz} = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{b^3 \cdot t / 12}{A_t + A_w / 6}} = \sqrt{\frac{A_t \cdot b^2 / 12}{A_t + A_w / 6}} = \frac{b}{\sqrt{12}} \cdot \sqrt{\frac{A_t}{A_t + A_w / 6}}$$

i_{kz} poluprečnik inercije dela preseka koga čine pritisnuta

nožica i šestina visine rebra oko z-z ose,

I_z razmak tačaka bočnog pridržavanja,

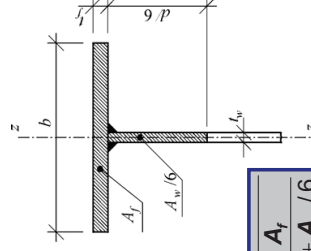
η_z parametar koji uzima u obzir oblik dijagrama momenata,

A_f površina nožice,

A_w površina rebra.

Metallne konstrukcije 1

P8-26



Uprošćen proračun stabilnosti na bočno-torziono izvijanje

$$\sigma_{\max} \leq \sigma_{D,dop} = 1,14 \cdot \sigma_{i,dop} = 1,14 \cdot \chi \cdot \sigma_{dop}$$

$\sigma_{i,dop}$ dopušten napon izvijanja,

χ bezdimenzionalni koeficijent izvijanja određen na

osnovu vitkosti pritisnutog pojasa na bočno izvijanje ($\lambda_z = I_z / i_z$) prema JUS U.E7.081 (kriva C).

I_z razmak tačaka bočnog pridržavanja,

i_z poluprečnik inercije pritisnutog pojasa oko z-z ose.

Metallne konstrukcije 1

P8-27

Kada nije potrebno proveravati stabilnost nosača na bočno-torziono izvijanje?

- Kada je pritisnuti pojas kontinualno bočno pridržan (npr. AB pločom);
- Kod nosača sandučastog poprečnog preseka sa odnosom visina/širina (h/b) manjim od 10;
- U slučaju savijanja oko slabije ose;
- Kada je nosač dovoljno često bočno pridržan, odnosno kada je zadovoljen uslov:

$$\lambda_z = \frac{\ell_z}{i_z} \leq \left(60 - 40 \cdot \frac{M_y}{\max M_y} \right) \cdot \sqrt{\frac{235}{f_y}}$$

za

$$-1 \leq \frac{M_y}{\max M_y} \leq 0,5$$

za

$$\frac{M_y}{\max M_y} > 0,5$$

Metallne konstrukcije 1

P8-28

Proračun nosivosti elementa na bočno-torziono izvijanje prema EC3

$$M_{Ed} \leq M_{b,Rd}$$

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_y / \gamma_{M1}$$

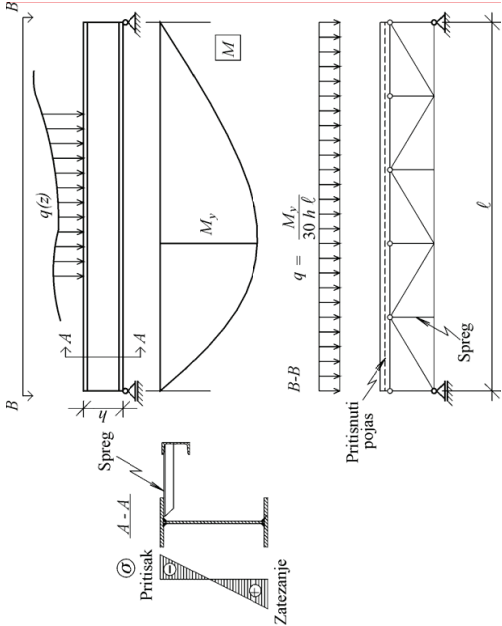
$$W_y = \begin{cases} W_{pl,y} & \text{za klase 1 i 2} \\ W_{el,min,y} & \text{za klasu 3} \\ W_{eff,min,y} & \text{za klasu 4} \end{cases}$$

M_{Ed} proračunska vrednost momenta savijanja;
 $M_{b,Rd}$ proračunska nosivost na bočno-torziono izvijanje;
 χ_{LT} bezdimenzionalni koeficijent bočno-torzionog izvijanja;
 W_y odgovarajući otporni moment;
 f_y granica razvlačenja.

Metalne konstrukcije 1

P8-31

Bočno pridržavanje



Metalne konstrukcije 1

P8-30

Bezdimenzionalni koeficijent χ_{LT}

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} \leq 1$$

$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0,2) + \bar{\lambda}_{LT}^2] \quad \alpha_{LT} \text{ koeficijent imperfekcije}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{W_y f_y / M_{cr}}$$

Relativna vitkost za bočno-torziono izvijanje

Oblik poprečnog preseka nosača	Odnos visina - širina	Kriva izvijanja
Valjani I profili	$h/b \leq 2$	a
	$h/b > 2$	b
Zavareni I profili	$h/b \leq 2$	c
	$h/b > 2$	d
Ostali profili	-	d

Metalne konstrukcije 1

P8-32