

**Zadatak 6.1** Nosivost I preseka na interakciju momenta savijanja oko jače ose i aksijalne sile pritiska

Odrediti redukovani moment nosivosti poprečnog preseka vrućevaljanog profila IPE 400 koji je izložen istovremenom dejstvu momenta savijanja oko jače y-y ose i normalne sile  $N_{Ed} = 600 \text{ kN}$ . Osnovni materijal je S235.

Kvalitet materijala S235  $f_y := 235 \text{ MPa}$   $\varepsilon := \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 1$

Koeficijent sigurnosti za nosivost  $\gamma_{M0} := 1$

Geometrijske karakteristike poprečnog preseka

$b_f := 180 \text{ mm}$   $h := 400 \text{ mm}$   $t_f := 13.5 \text{ mm}$   $t_w := 8.6 \text{ mm}$   $r := 21 \text{ mm}$   
 $A := 8450 \text{ mm}^2$   $W_{ply} := 1307 \text{ cm}^3$   $I_y := 23130 \text{ cm}^4$

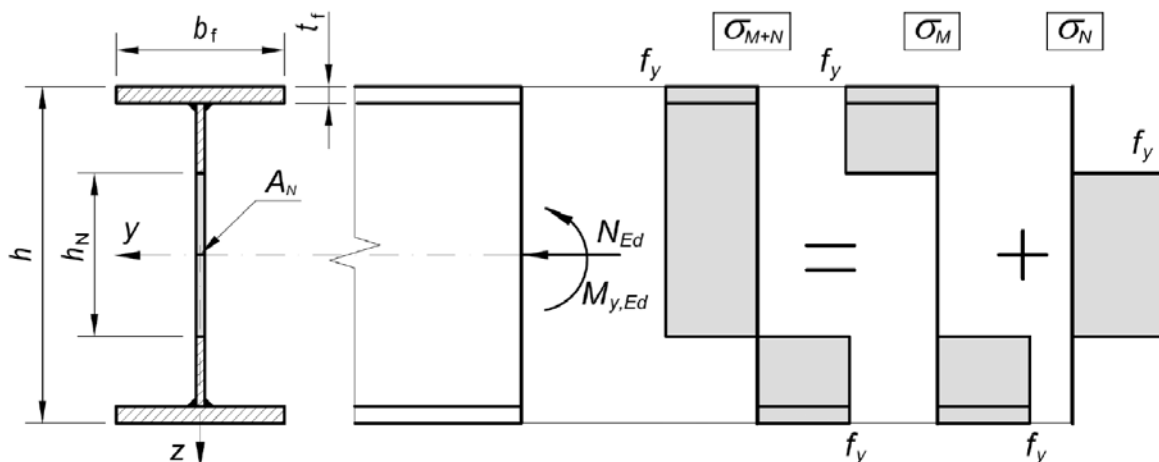
Klasa poprečnog preseka

nožica:

$$c := \frac{b_f - t_w}{2} - r = 64.7 \text{ mm} \quad \frac{c}{t_f} = 4.79 < \lambda_{K1} := 9 \varepsilon = 9 \quad \mathbf{K1}$$

rebro:

$$c := h - 2 t_f - 2 r = 331 \text{ mm} \quad \frac{c}{t_w} = 38.49$$



$$h_N := \frac{N_{Ed}}{\frac{t_w \cdot f_y}{\gamma_{M0}}} = 296.88 \text{ mm} < h_w := h - 2 t_f = 373 \text{ mm} \quad \text{plastična neutralna osa je u rebro}$$

$$d_{\text{přit.deo}} := \frac{c}{2} + \frac{h_N}{2} = 313.94 \text{ mm}$$

$$\alpha := \frac{d_{\text{přit.deo}}}{c} = 0.948 < 1 > 0.5$$

$$\frac{c}{t_w} = 38.49 > \lambda_{K1} := \frac{396 \varepsilon}{13 \alpha - 1} = 34.95$$

$$< \lambda_{K2} := \frac{456 \varepsilon}{13 \alpha - 1} = 40.25 \quad \mathbf{K2} \quad \text{Poprečni presek je klase 2!}$$

Nosivost poprečnog preseka na pojedinačna dejstva

$$M_{plyRd} := \frac{W_{ply} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 307.15 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$N_{plRd} := \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 1985.75 \text{ kN}$$

Ukoliko je ispunjen jedan od sledeća dva uslova, treba proveriti interakciju savijanja oko y ose i aksijalnog naprezanja:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{plRd}} > 0.25 \quad \text{ili} \quad \frac{N_{Ed}}{\frac{A_w \cdot f_y}{\gamma_{M0}}} > 0.50$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{plRd}} = 0.3 > 0.25$$

$$h_w := h - 2 t_f = 373 \text{ mm} \quad A_w := h_w \cdot t_w = 32.08 \text{ cm}^2$$

$$\frac{N_{Ed}}{\frac{A_w \cdot f_y}{\gamma_{M0}}} = 0.8 > 0.50$$

Treba proveriti interakciju savijanja i aksijalnog naprezanja!

Redukovani moment nosivosti

$$n := \frac{N_{Ed}}{N_{plRd}} = 0.3 \quad a := \min\left(\frac{A - 2 b_f \cdot t_f}{A}, 0.5\right) = 0.42$$

$$M_{NyRd} := M_{plyRd} \cdot \frac{1-n}{1-0.5 a} = 272.15 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

**Zadatak 6.2** Nosivost I preseka na interakciju momenta savijanja oko slabije ose i aksijalne sile pritiska

Odrediti redukovani moment nosivosti poprečnog preseka vrućevaljanog profila HEB 300 koji je izložen istovremenom dejstvu momenta savijanja oko slabije z-z ose i normalne sile  $N_{Ed} = 2000 \text{ kN}$ . Osnovni materijal je S235.

$$\text{Kvalitet materijala S235} \quad f_y := 235 \text{ MPa} \quad \varepsilon := \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 1$$

$$\text{Koeficijent sigurnosti za nosivost} \quad \gamma_{M0} := 1$$

Geometrijske karakteristike poprečnog preseka

$$b_f := 300 \text{ mm} \quad h := 300 \text{ mm} \quad t_f := 19 \text{ mm} \quad t_w := 11 \text{ mm} \quad r := 27 \text{ mm}$$

$$A := 14910 \text{ mm}^2 \quad W_{plz} := 870.1 \text{ cm}^3 \quad I_z := 8563 \text{ cm}^4$$

Klasa poprečnog preseka

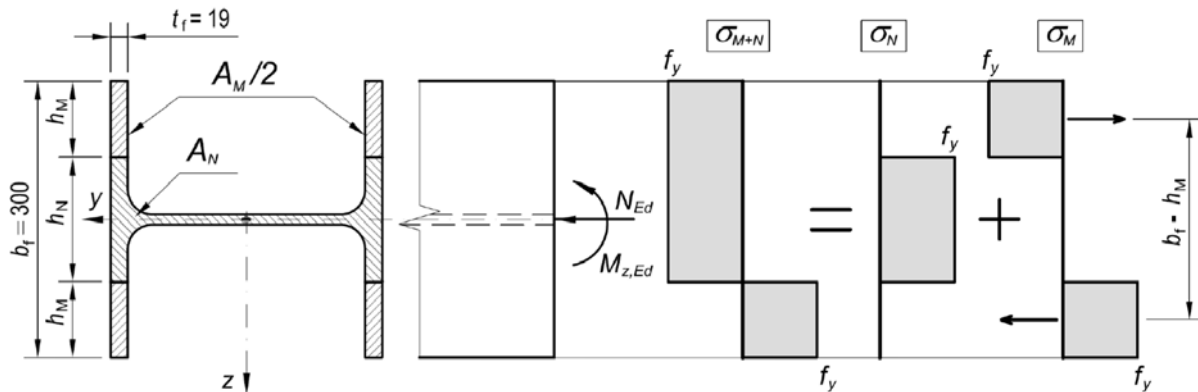
nožica:

$$c := \frac{b_f - t_w}{2} - r = 117.5 \text{ mm} \quad \frac{c}{t_f} = 6.18 < \lambda_{K1} := 9 \quad \varepsilon = 9 \quad \mathbf{K1}$$

rebro:

$$c := h - 2 t_f - 2 r = 208 \text{ mm} \quad \frac{c}{t_w} = 18.91 < \lambda_{K1} := 33 \quad \varepsilon = 33 \quad \mathbf{K1}$$

Poprečni presek je klase 1!

Nosivost poprečnog preseka na pojedinačna dejstva

$$M_{plzRd} := \frac{W_{plz} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 204.47 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$N_{plRd} := \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 3503.85 \text{ kN}$$

Ukoliko je ispunjen sledeći uslov, treba proveriti interakciju savijanja oko z ose i aksijalnog naprezanja:

$$\frac{N_{Ed}}{A_w \cdot f_y} > 1$$

$$\gamma_{M0}$$

$$h_w := h - 2 t_f = 262 \text{ mm} \quad A_w := h_w \cdot t_w = 28.82 \text{ cm}^2$$

$$\frac{N_{Ed}}{A_w \cdot f_y} = 2.95 > 1$$

$$\gamma_{M0}$$

Treba proveriti interakciju savijanja i aksijalnog naprezanja!

Redukovani moment nosivosti

$$n := \frac{N_{Ed}}{N_{plRd}} = 0.57 \quad a := \min\left(\frac{A - 2 b_f \cdot t_f}{A}, 0.5\right) = 0.24$$

$$n > a \quad M_{NzRd} := M_{plzRd} \cdot \left(1 - \left(\frac{n-a}{1-a}\right)^2\right) = 165.13 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

**Zadatak 6.3** Nosivost I preseka na interakciju momenta savijanja oko jače ose i aksijalne sile pritiska

Odrediti redukovani moment nosivosti monosimetričnog zavarenog I preseka čije su dimenzije: gornja, pritisnuta nožica 300x15 mm, rebro 400x10 mm i donja, zategnuta nožica 200x15 mm. Presek je opterećen aksijalnom silom pritiska  $N_{Ed} = 800$  kN. Osnovni materijal je S235. Debljina šavova je  $a = 5$  mm.

Kvalitet materijala S235  $f_y := 235$  MPa  $\varepsilon := \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 1$

Koeficijent sigurnosti za nosivost  $\gamma_{M0} := 1$

Geometrijske karakteristike poprečnog preseka

$b_{f1} := 300$  mm  $b_{f2} := 200$  mm  $d := 400$  mm  $a_w := 5$  mm

$t_{f1} := 15$  mm  $t_{f2} := 15$  mm  $t_w := 10$  mm

$A := b_{f1} \cdot t_{f1} + b_{f2} \cdot t_{f2} + d \cdot t_w = 115$  cm<sup>2</sup>

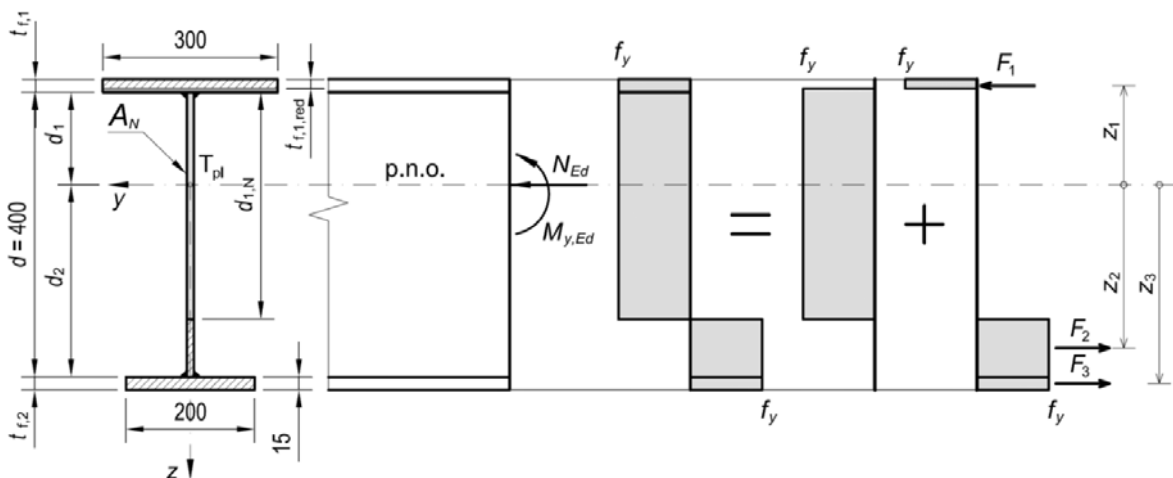
Klasa poprečnog preseka

nožica:

$c := \frac{b_{f1} - t_w}{2} - a_w \cdot \sqrt{2} = 137.93$  mm  $\frac{c}{t_{f1}} = 9.2 < \lambda_{K2} := 10 \varepsilon = 10$  K2

rebro:

$c := d - 2 a_w \cdot \sqrt{2} = 385.86$  mm  $\frac{c}{t_w} = 38.59$



Položaj plastične neutralne ose za čisto savijanje:

$z_{pl} := \text{root} \left( \frac{A}{2} - b_{f1} \cdot t_{f1} - t_w \cdot (z_{pl} - t_{f1}), z_{pl} \right) = 140$  mm

$d_1 := z_{pl} - t_{f1} = 125$  mm

$d_2 := d - d_1 = 275$  mm

Potrebna površina za prijem aksijalne sile:

$A_N := \frac{N_{Ed}}{\frac{f_y}{\gamma_{M0}}} = 34.04$  cm<sup>2</sup>

Površina se simetrično raspoređuje u odnosu na plastičnu neutralnu osu:

$$\frac{A_N}{2} = 17.02 \text{ cm}^2 > d_1 \cdot t_w = 12.5 \text{ cm}^2 \quad \text{deo gornje nožice učestvuje u prijemu aksijalne sile pritiska}$$

$$\frac{A_N}{2} = 17.02 \text{ cm}^2 < d_2 \cdot t_w = 27.5 \text{ cm}^2 \quad \text{plastična neutralna osa se nalazi u rebu}$$

$$d_{1N} := d_1 + \frac{A_N}{2 t_w} = 295.21 \text{ mm}$$

$$d_{2N} := d - d_{1N} = 104.79 \text{ mm}$$

$$\alpha := \frac{d_{1N} - a_w \cdot \sqrt{2}}{d - 2 a_w \cdot \sqrt{2}} = 0.747 < 1 > 0.5$$

$$\frac{c}{t_w} = 38.59 < \lambda_{K1} := \frac{396 \varepsilon}{13 \alpha - 1} = 45.48 \quad \mathbf{K1} \quad \text{Poprečni presek je klase 2!}$$

### Redukovani moment nosivosti

$$t_{f1red} := t_{f1} - \frac{\frac{A_N}{2} - d_1 \cdot t_w}{b_{f1}} = 13.49 \text{ mm}$$

$$F_1 := b_{f1} \cdot t_{f1red} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 951.25 \text{ kN}$$

$$z_1 := z_{pl} - \frac{t_{f1red}}{2} = 133.25 \text{ mm}$$

$$F_2 := d_{2N} \cdot t_w \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 246.25 \text{ kN}$$

$$z_2 := d + t_{f1} - z_{pl} - \frac{d_{2N}}{2} = 222.61 \text{ mm}$$

$$F_3 := b_{f2} \cdot t_{f2} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 705 \text{ kN}$$

$$z_3 := d + t_{f1} - z_{pl} + \frac{t_{f2}}{2} = 282.5 \text{ mm}$$

$$M_{NyRd} := \frac{F_1 \cdot z_1 + F_2 \cdot z_2 + F_3 \cdot z_3}{\gamma_{M0}} = 380.74 \text{ kN} \cdot \text{m}$$