
9a. Zadatak

Sračunati i konstruisati montažni nastavak nosača izrađenog od valjanog profila **IPE 500** prema površini poprečnog preseka (statički pokriven).

Nastavak izvesti pomoću neobrađenih zavrtnjeva klase čvrstoće 5.6.

Osnovni materijal: Č0361

Slučaj opterećenja: II

Radionički crtež dati u razmeri: 1:5

Osnovni materijal: Č0361

$\sigma_{\text{dop}} = 18,0 \text{ kN/cm}^2$

$\tau_{\text{dop}} = 10,0 \text{ kN/cm}^2$

Zavrtnjevi: neobrađeni klase čvrstoće 5.6

$\tau_{\text{dop}} = 15,7 \text{ kN/cm}^2$

$\sigma_{\text{b,dop}} = 30,5 \text{ kN/cm}^2$

1. Geometrijske karakteristike poprečnog preseka

$A = 116 \text{ cm}^2$, $W = 1930 \text{ cm}^3$, $I = 48200 \text{ cm}^4$,

$b_f = 200 \text{ mm}$, $t_f = 16 \text{ mm}$, $r = 21 \text{ mm}$, $t_w = 10,2 \text{ mm}$

Na nožicama se pretpostavljaju po 2 zavrtnja M22...5.6 u jednom redu.

Bruto površina pritisnute nožice:

$$A_f = b_f \cdot t_f = 20 \cdot 1,6 = 32,0 \text{ cm}^2$$

Neto površina zategnute nožice: $A_{f,\text{net}} = (b_f - n_{1,f} \cdot d_0) \cdot t_f = (20 - 2 \cdot 2,3) \cdot 1,6 = 24,64 \text{ cm}^2$

Bruto površina rebra:

$$A_w = A - 2 \cdot A_f = 116 - 2 \cdot 32 = 52 \text{ cm}^2$$

Bruto moment inercije nožica: $I_f = 2 \cdot A_f \cdot \left(\frac{h - t_f}{2} \right)^2 = 2 \cdot 32 \cdot \left(\frac{50 - 1,6}{2} \right)^2 = 37480 \text{ cm}^4$

Neto moment inercije nožica:

$$I_{f,\text{net}} = (A_{f,\text{net}} + A_f) \cdot \left(\frac{h - t_f}{2} \right)^2 = (24,64 + 32) \cdot \left(\frac{50 - 1,6}{2} \right)^2 = 33170 \text{ cm}^4$$

Moment inercije rebra:

$$I_w = I - I_f = 48200 - 37480 = 10720 \text{ cm}^4$$

Neto moment inercije čitavog preseka:

$$I_{\text{net}} = I_{f,\text{net}} + I_w = 33170 + 10720 = 43890 \text{ cm}^4$$

Bruto otporni moment nožica:

$$W_f = \frac{I_f}{h/2} = \frac{37480}{50/2} = 1499 \text{ cm}^3$$

Neto otporni moment nožica:

$$W_{f,\text{net}} = \frac{I_{f,\text{net}}}{h/2} = \frac{33170}{50/2} = 1327 \text{ cm}^3$$

Bruto otporni moment rebra:

$$W_w = W - W_f = 1930 - 1499 = 431 \text{ cm}^3$$

Neto otporni moment čitavog preseka:

$$W_{\text{net}} = W_{f,\text{net}} + W_w = 1327 + 431 = 1758 \text{ cm}^3$$

2. Proračun podvezica

Na nožicama se pretpostavljaju obostrane podvezice: spoljašnje 200x10 mm i unutrašnje 2x70x10 mm.

Na rebu se takođe pretpostavljaju obostrane podvezice dimenzija 415x8 mm ($h_p = 5 \times 65 + 2 \times 45 = 415 \text{ mm}$).

Proračun prema površinama poprečnog preseka

$$A_{f,p,t,net} \geq A_{f,net}$$

$$A_{f,p,t,net} = (20 + 2 \cdot 7 - 4 \cdot 2,3) \cdot 1,0 = 24,8 \text{ cm}^2 > 24,64 \text{ cm}^2 = A_{f,net}$$

$$A_{f,p,c} \geq A_f$$

$$A_{f,p,c} = (20 + 2 \cdot 7) \cdot 1,0 = 34,0 \text{ cm}^2 > 32,0 \text{ cm}^2 = A_f$$

$$A_{w,p} \geq A_w$$

$$A_{w,p} = 2 \cdot 41,5 \cdot 0,8 = 66,4 \text{ cm}^2 > 52,0 \text{ cm}^2 = A_w$$

$$A_{p,net} \geq A_{net}$$

$$A_{p,net} = 24,8 + 34 + 66,4 = 125,2 \text{ cm}^2 > 24,64 + 32 + 52 = 108,64 \text{ cm}^2 = A_{net}$$

Proračun prema otpornim momentima

$$I_{f,p,net} = (34 + 24,8) \cdot \left(\frac{50 - 1,6}{2} \right)^2 = 34435 \text{ cm}^4$$

$$W_{f,p,net} = \frac{34435}{50/2 + 1} = 1324 \text{ cm}^3 \approx 1327 \text{ cm}^3 = W_{f,net}$$

$$W_{w,p} = 2 \cdot 41,5^2 \cdot 0,8 / 6 = 459 \text{ cm}^3 > 431 \text{ cm}^3 = W_w$$

$$W_{p,net} \geq W_{net}$$

$$W_{p,net} = 1324 + 459 = 1783 \text{ cm}^3 > 1758 \text{ cm}^3 = W_{net}$$

3. Proračun zavrtnjeva

3.1 Na nožicama

$$F_b = 1,6 \cdot 2,2 \cdot 30,5 = 107,4 \text{ kN}$$

$$F_v = 2 \cdot \frac{2,2^2 \cdot \pi}{4} \cdot 15,7 = 119,4 \text{ kN} \quad \Rightarrow \quad F_{v,dop} = 107,4 \text{ kN}$$

$$n_f = \frac{A_{f,net} \cdot \sigma_{dop}}{F_{v,dop}} = \frac{24,64 \cdot 18}{107,4} = 4,13$$

Usvaja se: 2x3=6M22...5.6

3.2 Na rebru

Pretpostavlja se 6 zavrtnjeva M20...5.6 u jednom redu.

Površina smicanja:
$$A_v = m \cdot \frac{d^2 \pi}{4} = 2 \cdot \frac{2,0^2 \cdot \pi}{4} = 6,28 \text{ cm}^2$$

Površina pritiska omotača rupe:
$$A_b = d \cdot \min \sum t = 2,0 \cdot 1,02 = 2,04 \text{ cm}^2$$

Ekvatorijalni momenti inercije za jedan red zavrtnjeva

$$I_{v,1} = A_v \cdot \sum h_i^2 = 6,28 \cdot (32,5^2 + 19,5^2 + 6,5^2) = 9286 \text{ cm}^4$$

$$I_{b,1} = A_b \cdot \sum h_i^2 = 2,04 \cdot (32,5^2 + 19,5^2 + 6,5^2) = 3016 \text{ cm}^4$$

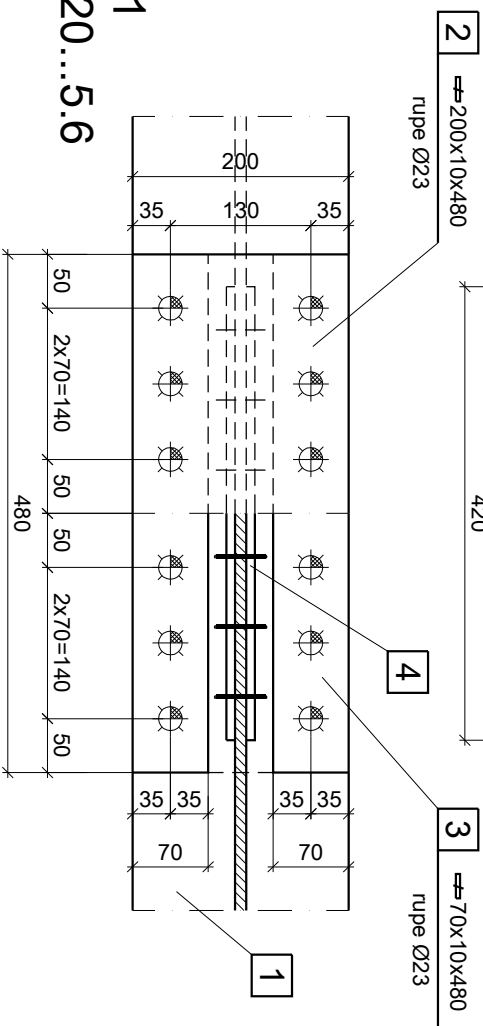
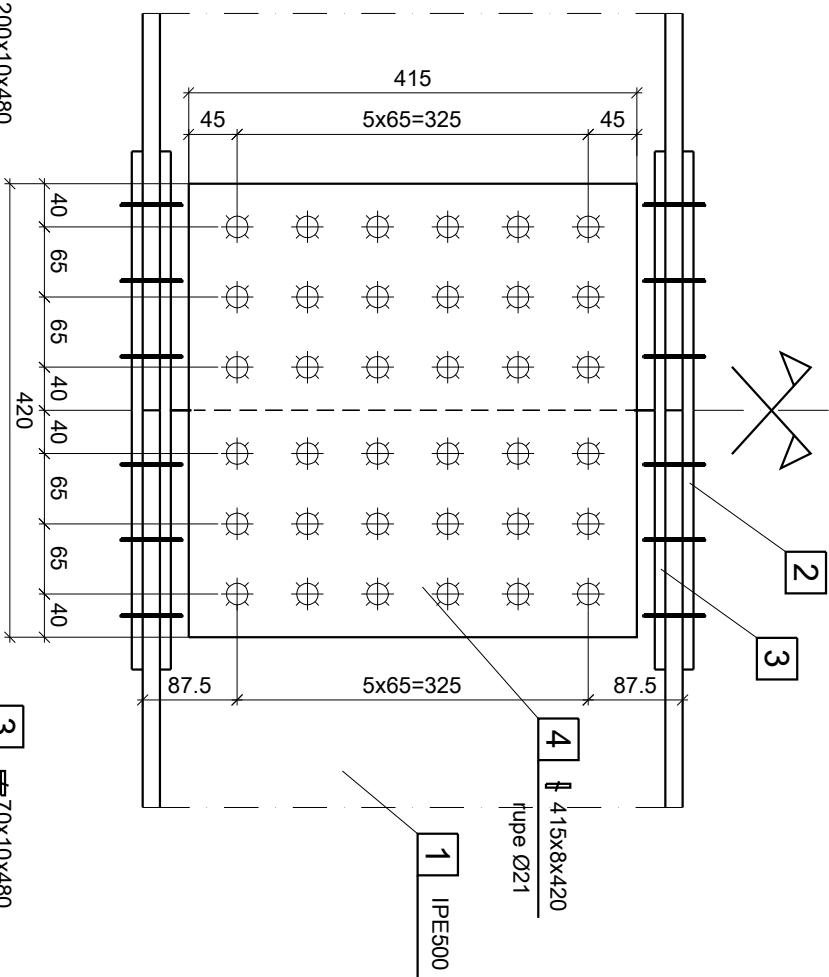
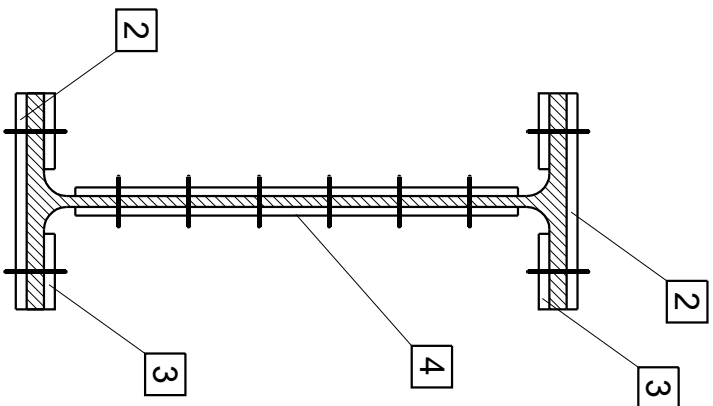
Potreban broj redova zavrtnjeva:

$$m_v = \frac{I_w}{I_{v,1}} \cdot \frac{\sigma_{dop}}{\tau_{dop}} = \frac{10720}{9286} \cdot \frac{18}{15,7} = 1,32$$

$$m_b = \frac{I_w}{I_{b,1}} \cdot \frac{\sigma_{dop}}{\sigma_{b,dop}} = \frac{10720}{3016} \cdot \frac{18}{30,5} = 2,10$$

$$m \geq \max\{m_v, m_b\} \Rightarrow m = 3 > 2,10$$

Usvaja se: 3x6=18M20...5.6



Osnovni materijal: Č0361
Zavrtnjevi: M22...5.6 i M20...5.6
R 1:5

9b.

Sračunati i konstruisati montažni nastavak nosača izrađenog od valjanog profila prema zadatim presečnim silama:

$$V = 310 \text{ kN} \quad M = 780 \text{ kNm}$$

Za nosač usvojiti odgovarajući HEB valjani profil.

Nastavak izvesti pomoću neobrađenih zavrtneva klase čvrstoće 5.6.

Osnovni materijal: Č0361

Slučaj opterećenja: I

Radionički crtež dati u razmeri: 1:5

Osnovni materijal: Č0361

$$\sigma_{\text{dop}} = 16,0 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau_{\text{dop}} = 9,0 \text{ kN/cm}^2$$

Zavrtnevi: neobrađeni klase čvrstoće 5.6

$$\tau_{\text{dop}} = 14,0 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{b,dop}} = 27,0 \text{ kN/cm}^2$$

1. Dimenzionisanje nosača prema zadatim silama

$$W_{\text{pot}} = W_{\text{pot}} \geq 1,15 \cdot \frac{M}{\sigma_{\text{dop}}} = 1,15 \cdot \frac{78000}{16} = 5606 \text{ cm}^3$$

Usvaja se valjani profil HEB600

$$W = 5700 \text{ cm}^3, I = 171000 \text{ cm}^4, S_x = 3210 \text{ cm}^3,$$

$$h = 600 \text{ mm}, b_f = 300 \text{ mm}, t_f = 30 \text{ mm}, r = 27 \text{ mm}, t_w = 15,5 \text{ mm}$$

$$\max d_0 = 28 \text{ mm}, \text{ položaj linija zavrtneva: } c = 120 \text{ mm}, c_1 = 45 \text{ mm}$$

1.1 Kontrola napona izvan nastavka

$$\sigma_{\text{max}} = \frac{M}{W} = \frac{78000}{5700} = 13,68 \text{ kN/cm}^2 < 16,00 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau_{\text{max}} = \frac{V \cdot S_x}{I \cdot t_w} = \frac{310 \cdot 3210}{171000 \cdot 1,55} = 3,75 \text{ kN/cm}^2 < 9,00 \text{ kN/cm}^2$$

1.2 Kontrola normalnog napona na mestu nastavka

Na nožicama se usvajaju zavrtnevi M27...5.6, po dva zavrtnja u jednom redu.

$$\Delta A = n_{1,f} \cdot t_f \cdot d_0 = 2 \cdot 3 \cdot 2,8 = 16,8 \text{ cm}^2$$

$$\Delta I = \Delta A \cdot \left(\frac{h - t_f}{2} \right)^2 = 16,8 \cdot \left(\frac{60 - 3}{2} \right)^2 = 13646 \text{ cm}^4$$

$$I_{\text{net}} = I - \Delta I = 171000 - 13646 = 157354 \text{ cm}^4$$

$$W_{\text{net}} = \frac{I_{\text{net}}}{h/2} = \frac{157354}{60/2} = 5245 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_{\text{max}} = \frac{M}{W_{\text{net}}} = \frac{78000}{5245} = 14,87 \text{ kN/cm}^2 < 16,00 \text{ kN/cm}^2$$

2. Preraspodela presečnih sila

$$A_f = b_f \cdot t_f = 30 \cdot 3 = 90 \text{ cm}^2$$

$$I_f = 2 \cdot A_f \cdot \left(\frac{h - t_f}{2} \right)^2 = 2 \cdot 90 \cdot 28,5^2 = 146205 \text{ cm}^4$$

$$I_w = I - I_f = 171000 - 146205 = 24795 \text{ cm}^4$$

Preraspodela momenta savijanja

$$M_f = M \cdot \frac{I_f}{I} = 780 \cdot \frac{146205}{171000} = 666,9 \text{ kNm}$$

$$M_w = M \cdot \frac{I_w}{I} = 780 \cdot \frac{24795}{171000} = 113,1 \text{ kNm}$$

$$\text{Kontrola } (M_f + M_w = M) \quad 666,9 + 113,1 = 780,0 \text{ kNm}$$

Preraspodela transversalne sile

$$V_w = V = 310 \text{ kN}$$

Proračun aksijalne sile u nožicama usled momenta savijanja:

$$N_{f,t} = -N_{f,c} = \frac{M_f}{h'} = \frac{666,9}{0,60} = 1111,5 \text{ kN}$$

3. Proračun nastavka nožica

3.1 Proračun podvezica na nožicama

3.1.1 Zategnuta nožica

Pretpostavlja se jednostrana podvezica, širine 300 mm.

$$\sigma = \frac{N_{f,t}}{A_{f,p,net}} = \frac{1111,5}{(30 - 2 \cdot 2,8) \cdot t_{f,p,t}} \leq \sigma_{dop} = 16 \text{ kN/cm}^2 \Rightarrow t_{f,p,t} \geq 2,85 \text{ cm}$$

Usvaja se podvezica na zategnutoj nožici: = 300x30 mm

3.1.2 Pritisniuta nožica

Pretpostavlja se jednostrana podvezica, širine 300 mm.

$$\sigma = \frac{N_{f,t}}{A_{f,p}} = \frac{1111,5}{30 \cdot t_{f,p,c}} \leq \sigma_{dop} = 16 \text{ kN/cm}^2 \Rightarrow t_{f,p,c} \geq 2,31 \text{ cm}$$

Usvaja se podvezica na pritisnutoj nožici: = 300x24 mm

3.2 Proračun zavrtnjeva na nožicama

$$F_b = 2,4 \cdot 2,7 \cdot 27,0 = 175,0 \text{ kN}$$

$$F_v = 1 \cdot \frac{2,7^2 \cdot \pi}{4} \cdot 14,0 = 80,16 \text{ kN} \quad \Rightarrow \quad F_{v,dop} = 80,16 \text{ kN}$$

$$n_f = \frac{N_{f,t}}{F_{v,dop}} = \frac{1111,5}{80,16} = 13,87$$

Usvaja se: 14M27...5.6 u smaknutom ("cik-cak") rasporedu!

Kosi razmak između susednih zavrtnjeva mora da bude veći od $3d_0$

Rastojanje između linija zavrtnjeva je 45 mm.

Rastojanje između susednih zavrtnjeva u "cik-cak" liniji je 80 mm.

$$\ell_k = \sqrt{80^2 + 45^2} = 91,79 \text{ mm} > 84 \text{ mm} = 3d_0$$

Provera kosog preseka

$$\ell_{k,net} = 12 + 2 \cdot 4,5 + 2 \cdot 9,18 - 4 \cdot 2,8 = 28,16 \text{ cm} > \ell_{net} = 30 - 2 \cdot 2,8 = 24,4 \text{ cm}$$

4. Proračun nastavka rebra

4.1 Proračun podvezica na rebu

Pretpostavljaju se obostrane podvezice visine 480 mm sa sedam zavrtnjeva u jednom redu ($h_p = 65 \times 6 + 45 \times 2 = 480$ mm). Takođe se pretpostavlja i debljina podvezica od 8 mm.

Kontrola napona u podvezicama:

$$\tau = \frac{V_w}{A_{w,p}} = \frac{310}{2 \cdot 48 \cdot 0,8} = 4,04 \text{ kN/cm}^2 < 9,00 \text{ kN/cm}^2$$

$$I_{p,net} = (A_{f,t,p,net} + A_{f,c,p}) \cdot \left(\frac{h + t_{f,p,t}}{2} \right)^2 + \frac{2}{12} \cdot h_p^3 \cdot t_{w,p} = (73,2 + 90) \cdot 31,5^2 + \frac{48^3 \cdot 0,8}{6} =$$

$$= 161935 + 14745 = 176680 \text{ cm}^4$$

$$W_{p,net} = 2 \cdot I_{p,net} / (h + t_{f,p,t}) = 2 \cdot 176680 / (60 + 3) = 5609 \text{ cm}^3$$

$$\sigma = \frac{M}{W_{p,net}} = \frac{78000}{56090} = 13,91 \text{ kN/cm}^2$$

Usvajaju se podvezice na rebu: 2=480x8 mm

4.2 Proračun zavrtnjeva na rebu

Pretpostavlja se tri reda zavrtnjeva M20...5.6 sa po 7 zavrtnjeva u jednom redu.

Sile koje deluju na zavrtnjeve na rebu:

(pretpostavlja se ekscentricitet veze $e = 0,10$ m)

$$V_w = 310 \text{ kN} \quad M'_w = M_w + V \cdot e = 113,1 + 310 \cdot 0,1 = 144,1 \text{ kNm}$$

Nosivost jednog zavrtnja na smicanje:

$$F_b = 1,55 \cdot 2,0 \cdot 27,0 = 83,7 \text{ kN}$$

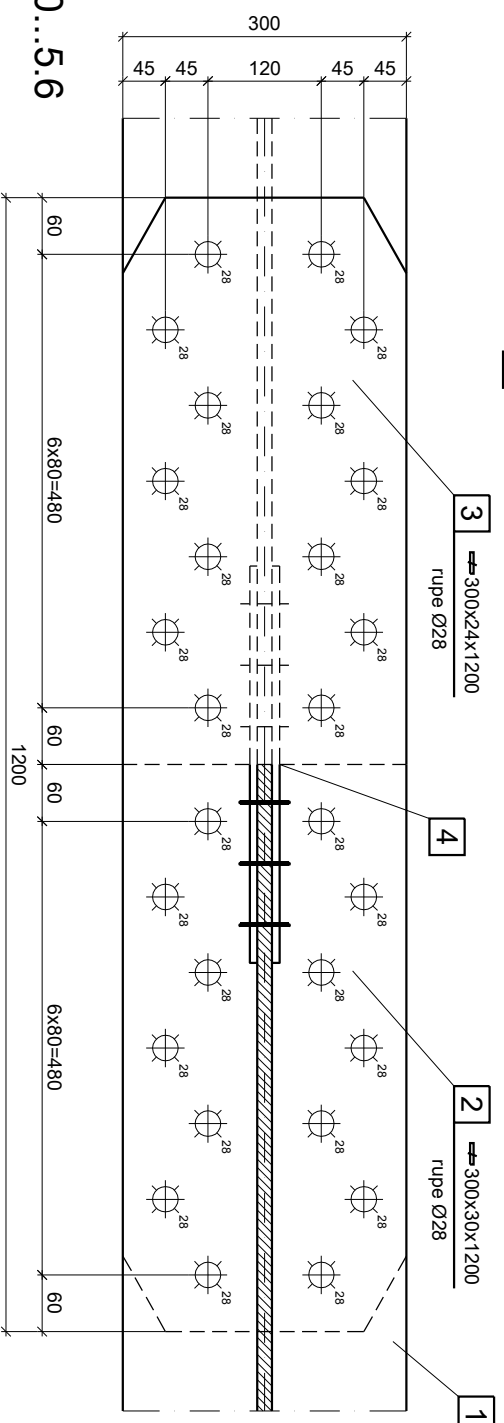
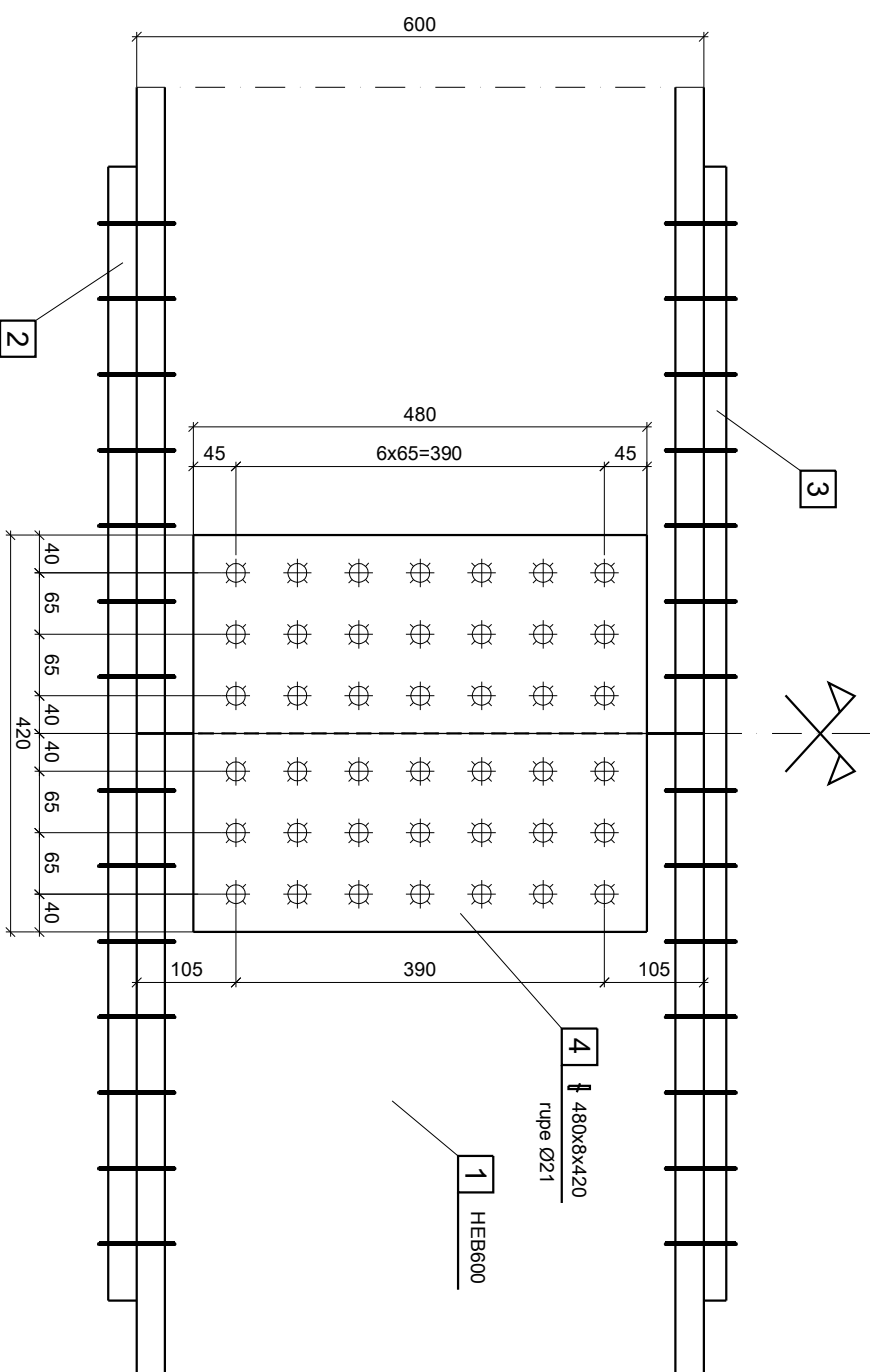
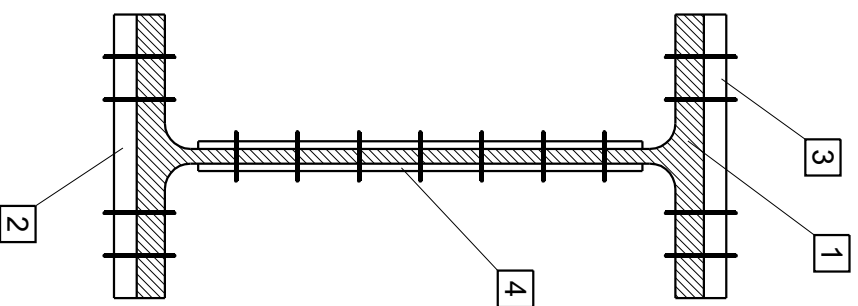
$$F_v = 2 \cdot \frac{2,0^2 \cdot \pi}{4} \cdot 14 = 88,0 \text{ kN} \quad \Rightarrow \quad F_{v,dop} = 83,7 \text{ kN}$$

Sila u najopterećenijem zavrtnju:

$$F_v = \frac{310}{3 \cdot 7} = 14,76 \text{ kN} \quad {}_{max} F_M = \frac{M'_w \cdot h_n}{m \cdot \sum h_i^2} = \frac{14410 \cdot 39}{3 \cdot (39^2 + 26^2 + 13^2)} = 79,18 \text{ kN}$$

$$F_{R,max} = \sqrt{F_v^2 + {}_{max} F_M^2} = \sqrt{14,76^2 + 79,18^2} = 80,54 \text{ kN} < 83,7 \text{ kN} = F_{v,dop}$$

Usvaja se: 3x7=21M20...5.6



Osnovni materijal: Č0361
Zavrtnjevi: M27...5.6 i M20...5.6
R 1:5