

Proračun i konstruisanje veza pod uglom

Zglobne veze - ZADACI

1

Zadatak 1

Dimenzionisati podni nosač sistema proste grede koji je opterećen zdatim opterećenjem. Nosač je kontinualno bočno pridržan. Sračunati i konstruisati zglobnu vezu podnog nosača sa podvlakom.

Vezu ostvariti pomoću:

1. Priključnog lima
2. Priključnog ugaonika
3. Stolice
4. Čeone ploče

Za vezu se primenjuju:

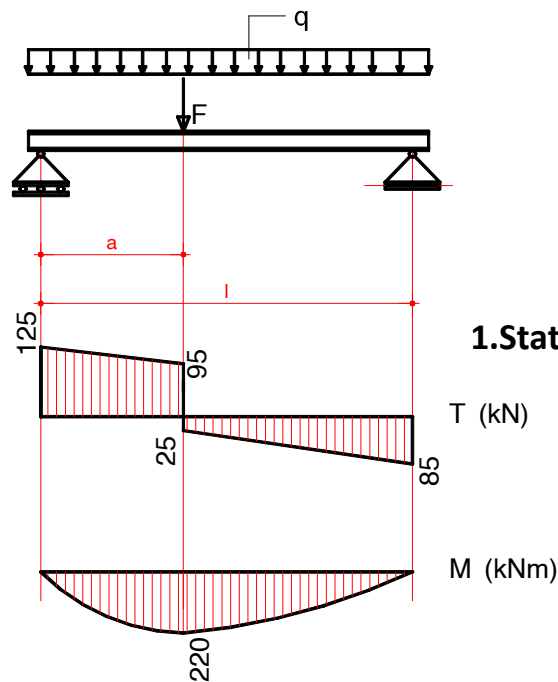
- neobrađeni zavrtnjevi klase čvrstoće 5.6

Slučaj opterećenja: I Osnovni materijal: Č0361

Radionički crtež dati u razmeri 1:5

Napomena: pri crtanju, dimenzije stuba odnosno podvlake usvojiti proizvoljno.

2



$a = 2\text{m}$
 $l = 6\text{m}$
 $q = 15\text{kN/m}$
 $P = 120\text{kN}$

1. Statički uticaji u nosaču

2. Podaci potrebni za proračun

Osnovni materijal Č0361 (I sl.o.) $\sigma_{\text{dop}} = 16 \text{ kN/cm}^2$ $\tau_{\text{dop}} = 9 \text{ kN/cm}^2$
 Neobrađeni zavrtnjevi k.č. 5.6 $\sigma_{\text{b,dop}} = 27 \text{ kN/cm}^2$ $\tau_{\text{dop}} = 14 \text{ kN/cm}^2$
 Ugaoni šavovi $\sigma_{\text{w,dop}} = 12 \text{ kN/cm}^2$

3. Dimenzionisanje nosača

$$W_{\text{pot}} = M_{\text{max}} / \sigma_{\text{doz}}$$

$$W_{\text{pot}} = 220 \cdot 10^2 / 16 = 1375 \text{ cm}^3$$

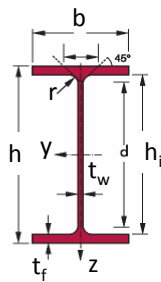
Usvaja se valjani profil **IPE 450** sa geometrijskim karakteristikama:

3

4

Usvojen profil IPN 450 $W_y=1500 \text{ cm}^3$

G kg/m	h mm	b mm	t _w mm	t _f mm	r1 mm	A cm ²	r2 mm	d mm	∅	p _{min} mm	p _{max} mm	AL m ² /m	AG m ² /t
IPE 450	450	190	9,4	14,6	21	77.7	42,08						
G kg/m	I _y cm ⁴	W _{el.y} cm ³	W _{pl.y} cm ³	i _y cm	Avz cm ²	I _z cm ⁴	W _{el.z} cm ³	W _{pl.z} cm ³	i _z cm	s s cm	I _t cm ⁴	S _y cm ³	
IPE450	33740	1500										851	



5

4. Kontrola napona

Presek nad osloncem: $T_{\max}=125 \text{ kN}$

$$\tau_{\max} = \frac{T_{\max} \cdot S_y}{t_w \cdot I_y} = \frac{125 \cdot 851}{33740 \cdot 0.94} = 3,35 \text{ kN/cm}^2 < \tau_{\text{dop}} = 9 \text{ kN/cm}^2$$

Presek nad osloncem: $T=95 \text{ kN}$ $M=220 \text{ kNm}$

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_y} = \frac{220 \cdot 10^2}{1500} = 14,67 \text{ kN/cm}^2 < \sigma_{\text{dop}} = 16 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_1 = \frac{M}{I} \cdot d/2 = \frac{220 \cdot 10^2}{33740} \cdot 42,08/2 = 13,72 \text{ kN/cm}^2 < \sigma_{\text{dop}} = 16 \text{ kN/cm}^2$$

$$S_y' = b_f \cdot t_f (h - t_f)/2 = 19 \cdot 1,46 (45 - 1,46)/2 = 603,9 \text{ cm}^3$$

$$\tau_1 = \frac{S_y' \cdot T_{\text{odg}}}{I_y \cdot t_w} = \frac{603,9 \cdot 95}{33740 \cdot 0,94} = 1,81 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_u = \sqrt{\sigma_1^2 + 3\tau_1^2} = \sqrt{13,72^2 + 3 \cdot 1,81^2} = 14,07 \text{ kN/cm}^2 < \sigma_{\text{dop}} = 16 \text{ kN/cm}^2$$

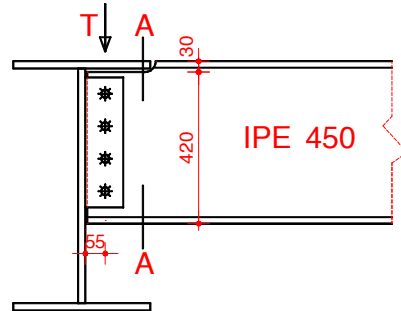
6

5. VARIJANTA I: Proračun veza nosača i podvlake pomoću priključnog lima

Nosač je zasečen 30 mm da bi se smanjio ekscentricitet veze ($h_1 = 45 - 3 = 42$ cm)

Za vezu se koriste zavrtnji evi M20...5.6.

Predpostavlja se ekscentricitet veze: $e=55$ mm



7

5.1 Kontrola napona u oslabljenom preseku (A-A)

Geometrijske karakteristike oslabljenog preseka

$$A = t_w(h_1 - t_f) + b_f \cdot t_f = 0,94(42 - 1,46) + 1,46 \cdot 19 = 65,85 \text{ cm}^2$$

Položaj težišta:

$$h_c = h_1 - \frac{h_1}{2} \cdot \frac{t_w(h_1 - t_f)}{A} - \frac{t_f}{2} = 42 - \frac{42}{2} \cdot \frac{0,94(42 - 1,46)}{65,85} - \frac{1,46}{2} = 29,12 \text{ cm}$$

$$I_y = \frac{t_w \cdot (h_1 - t_f)^3}{12} + \frac{b_f \cdot t_f \cdot t_w(h_1 - t_f)}{A} \cdot \left(\frac{h_1}{2}\right)^2 =$$

$$I_y = \frac{0,94(42 - 1,46)^3}{12} + \frac{19 \cdot 1,46 \cdot 0,94 \cdot (42 - 1,46)}{65,85} \cdot \left(\frac{42}{2}\right)^2 = 12299 \text{ cm}^4$$

$$W_y = \frac{I_y}{h_c} = \frac{12299}{29,12} = 422,4 \text{ cm}^3$$

8

Maksimalni ekscentricitet je 18 cm

$$M_e = V \cdot 18 = 125 \cdot 18 = 2250 \text{ kNcm}$$

$$\sigma = \frac{M_e}{W_y} = \frac{2250}{422,4} = 5,33 \text{ kN/cm}^2 < \sigma_{\text{dop}} = 16 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau = \frac{V}{t_w(h_1 - t_f)} = \frac{125}{0,94(42 - 1,46)} = 3,28 \text{ kN/cm}^2 < \tau_{\text{dop}} = 9 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_u = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = \sqrt{5,33^2 + 3 \cdot 3,28^2} = 7,79 \text{ kN/cm}^2 < \sigma_{\text{dop}} = 16 \text{ kN/cm}^2$$

9

5.2 Veza priključnog lima za rebro

Predpostavlja se priključni lim # 105 x 15 x 360

Pretpostavljaju se minimalni šavovi za vezu

$a_w = 3 \text{ mm}$; ($l_w = h_p = 360 \text{ mm}$)

$$M_T = \frac{V(t_p + t_w)}{2} = \frac{125(1,5 + 0,94)}{2} = 152,5 \text{ kNcm}$$

$$M_e = V \cdot 5,5 = 125 \cdot 5,5 = 687,5 \text{ kNcm}$$

$$n = \frac{M_e}{W_w} = \frac{M_e}{2 \frac{a_w \cdot l_w^2}{6}} = \frac{687,5 \cdot 3}{0,3 \cdot 36^2} = 5,3 \text{ kN/cm}^2$$

$$V_{II,V} = \frac{V}{A_{w,y}} = \frac{125}{2 \cdot 36 \cdot 1,5} = 5,79 \text{ kN/cm}^2$$

$$V_{II,T} = \frac{M_T}{W_{w,t}} = \frac{M_T}{2(a + t_p) \cdot (h_p + a) \cdot a} = \frac{152,5}{2(0,3 + 1,5)(36 + 0,3) \cdot 0,3} = 3,89 \text{ kN/cm}^2$$

10

$$\sigma_u = \sqrt{n^2 + 3(V_{II,V} + V_{II,T})^2} = \sqrt{5,3^2 + 3(5,79 + 3,89)^2} =$$

$$\sigma_u = 11,0 \text{ kN / cm}^2 < \sigma_{w,dop} = 12 \text{ kN / cm}^2$$

5.3 Kontrola napona u priključnom limu

$$M_e = V \cdot 5,5 = 125 \cdot 5,5 = 687,5 \text{ kNcm}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{M_e}{W_p} = \frac{M_e}{\frac{t_p \cdot h_p^2}{6}} = \frac{687,5 \cdot 6}{1,5 \cdot 36^2} = 2,12 \text{ kN / cm}^2$$

$$\tau_v = \frac{V}{t_p \cdot h_p} = \frac{125}{1,5 \cdot 36} = 2,31 \text{ kN / cm}^2$$

$$\tau_T = \frac{M_T}{W_T} = \frac{152,5}{h_p \cdot t_p^2 / 3} = \frac{152,5 \cdot 3}{35 \cdot 1,5^2} = 5,65 \text{ kN / cm}^2$$

$$\sigma_u = \sqrt{\sigma^2 + 3(\tau_v + \tau_T)^2} = \sqrt{2,12^2 + 3(2,31 + 5,65)^2} =$$

$$\sigma_u = 13,95 \text{ kN / cm}^2 < \sigma_{dop} = 16 \text{ kN / cm}^2$$

11

5.4 Veza priključnog lima za rebro nosača

Proračun nosivosti zavrtnjeva

$$F_v = \frac{2^2 \pi}{4} \cdot 14,0 = 43,98 \text{ kN}$$

$$F_b = 0,94 \cdot 2 \cdot 27 = 50,76 \text{ kN}$$

$$F_{dop} = 43,98 \text{ kN}$$

Proračun potrebnog broja zavrtnjeva

$$n = \frac{1}{F_{dop}} \sqrt{V^2 + \left(\frac{6 \cdot M_e}{h} \right)^2} = \frac{1}{43,98} \sqrt{125^2 + \left(\frac{6 \cdot 687,5}{36} \right)^2} = 3,85$$

Usvojeno 4M205.6

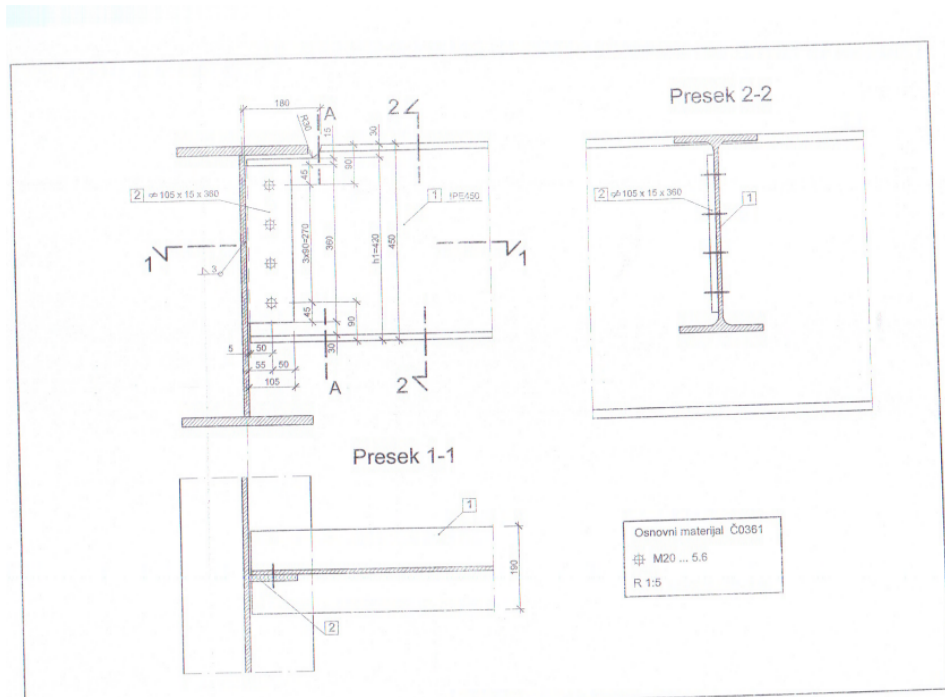
$$F_v = \frac{V}{n} = \frac{125}{4} = 31,25 \text{ kN}$$

12

$$\max F_M = \frac{M_e \cdot h_n}{\sum h_i^2} = \frac{687,5 \cdot 13,5}{2(4,5^2 + 13,5^2)} = 22,92 \text{ kN}$$

$$F_{R,\max} = \sqrt{F_V^2 + \max F_M^2} = \sqrt{31,25^2 + 22,92^2} = 38,75 \text{ kN} < F_{\text{dop}} = 43,95 \text{ kN}$$

13



6. VARIJANTA II: Proračun veze nosača i podvlake pomoću priključnih ugaonika

Nosač je zasečen 30 mm da bi se smanjio ekscentricitet veze
 Za vezu se koriste zavrtnjevi **M16** i ugaonici **L90x90x9**
 $e = 50$ mm

6.1 Kontrola napona u oslabljenom preseku (A-A)

Isto kao za varijantu I

6.2 Veza rebra nosača sa priključnim ugaonicima (zavrtnjevi serije 1)

Proračun nosivosti zavrtnjeva

$$F_v = 2 \frac{1,6^2 \pi}{4} \cdot 14,0 = 56,3 \text{ kN}$$

$$F_{\text{dop}} = 40,61 \text{ kN}$$

$$F_b = 0,94 \cdot 1,6 \cdot 27 = 40,61 \text{ kN}$$

15

Usvojeno 4M165.6

$$F_v = \frac{V}{n} = \frac{125}{4} = 31,25 \text{ kN}$$

$$\max F_M = \frac{M_e \cdot h_n}{\sum h_i^2} = \frac{125 \cdot 5 \cdot 13,5}{2(4,5^2 + 13,5^2)} = 20,83 \text{ kN}$$

$$F_{R,\max} = \sqrt{F_v^2 + \max F_M^2} = \sqrt{31,25^2 + 20,83^2} = 37,56 \text{ kN} < F_{\text{dop}} = 40,61 \text{ kN}$$

6.3 Kontrola napona u priključnim ugaonicima

geometrijske karakteristike neto poprečnog preseka

$$A_{\text{net}} = 2 \cdot 36 \cdot 0,9 - 4 \cdot 1,7 \cdot 0,9 = 58,68 \text{ cm}^2$$

$$I_{\text{net}} = 2 \left(\frac{36^3 \cdot 0,9}{12} - 0,9 \cdot 1,7 \cdot (4,5^2 + 13,5^2) \right) = 6379 \text{ cm}^4$$

$$W_{\text{net}} = \frac{I_{\text{net}}}{h_r / 2} = \frac{6379}{18} = 354,4 \text{ cm}^3$$

16

$$M_e = V \cdot 5 = 125 \cdot 5 = 625 \text{ kNcm}$$

$$\sigma = \frac{M_e}{W_{y,\min}} = \frac{625}{354,4} = 1,76 \text{ kN/cm}^2 \leq \sigma_{\text{dop}}$$

$$\tau = \frac{V}{A_{\text{net}}} = 2,13 \text{ kN/cm}^2 \leq \tau_{\text{dop}}$$

$$\sigma_u = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = \sqrt{1,76^2 + 3 \cdot 2,13^2} = 4,09 < \sigma_{\text{dop}} = 16 \text{ kN/cm}^2$$

6.4 Veza priključnog ugaonika za rebro podvlake

Za vezu se predpostavljaju zavrtnjevi 2x4=8M16...5.6

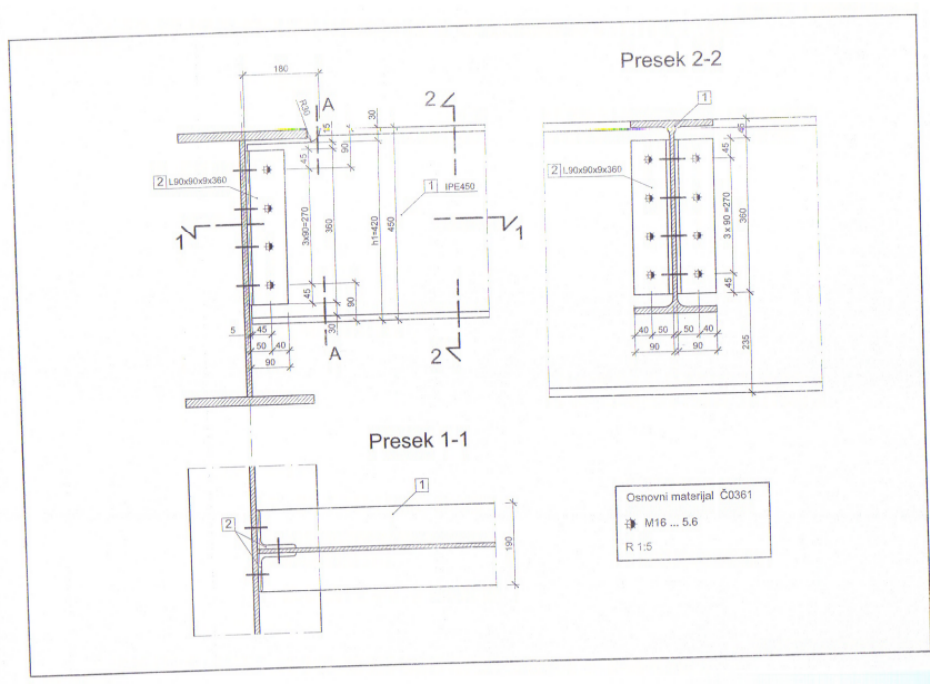
$$F_v = 1 \frac{1,6^2 \pi}{4} \cdot 14,0 = 28,15 \text{ kN}$$

$$F_{\text{dop}} = 28,15 \text{ kN}$$

$$F_b = 0,9 \cdot 1,6 \cdot 27 = 38,88 \text{ kN}$$

$$F_v = \frac{V}{2 \cdot n} = \frac{125}{2 \cdot 4} = 15,62 \text{ kN} < F_{\text{dop}} = 28,15 \text{ kN}$$

17



7. VARIJANTA III: Proračun veze nosača i stuba pomoću čelone ploče

7.1 Proračun zavrtnjeva

Usvaja se čelona ploča # 200 x 15 mm

Za vezu između stuba i čelone ploče koristiće se zavrtnjevi M20...5.6.

Proračun nosivosti zavrtnjeva

$$F_v = \frac{2,0^2 \pi}{4} \cdot 14,0 = 43,98 \text{ kN} \quad F_{\text{dop}} = 43,98 \text{ kN}$$

$$F_b = 1,5 \cdot 2,0 \cdot 27 = 81,0 \text{ kN}$$

$$n = \frac{V}{F_{\text{dop}}} = \frac{125}{43,98} = 2,84 \quad \text{Usvojeno 4M20.....5.6}$$

19

7.2 Proračun veze čelone ploče sa nosačem

Potrebna visina čelone ploče iz uslova konstruisanja veze

$$h_p \geq 2 \cdot 2 \cdot d_0 + 3 \cdot d_0 (n_1 - 1) = 4 \cdot 2,1 + 3 \cdot 2,1(2 - 1) = 14,7 \text{ cm}$$

Potrebna visina čelone ploče prema smičućim naponima u rebru nosača

$$h_p \geq \frac{V}{\tau_{\text{dop}} \cdot t_p} = \frac{125}{9 \cdot 1,5} = 9,25 \text{ cm}$$

7.3 Veza rebra nosača za čelonu ploču

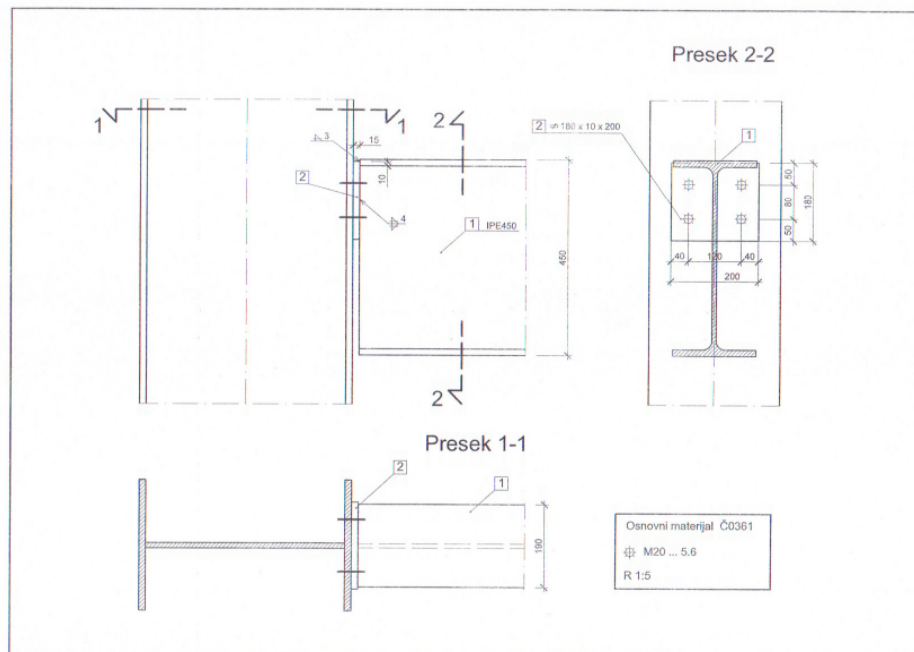
Veza se ostvaruje ugaonim šavovima a=4mm

$$\text{Potrebna visina čelone ploče} \quad h_p \geq \frac{V}{2 \cdot a \cdot \sigma_{w,\text{dop}}} = \frac{125}{2 \cdot 0,4 \cdot 12} = 13 \text{ cm}$$

$$h > 148 + r + 10 = 148 + 21 + 10 = 179 \text{ mm}$$

Usvojena čelona ploča #180x15x200

20



8. VARIJANTA IV: Proračun veze nosača i stuba pomoću stolice

Predpostavlja se stolica od lima dimenzija # 150 x 40 x 200
 Veza stolice za stub se ostvaruje ugaonim šavovima
 $a_w = 4 \text{ mm}$ po čitavom obimu.

8.1 Kontrola napona u šavovima

$$\text{Vertikalni šavovi} \quad V_{II} = \frac{V}{2 \cdot a \cdot h} = \frac{125}{2 \cdot 0,4 \cdot 15} = 10,42 \text{ kN/cm}^2 \leq \sigma_{w,dop}$$

$$\text{Horizontalni šavovi} \quad n = \frac{M_e / h}{2 \cdot a \cdot b} = \frac{125 \cdot 2,5 / 15}{2 \cdot 0,4 \cdot 20} = 1,30 \text{ kN/cm}^2 \leq \sigma_{w,dop}$$

8.2 Kontrola napona u kontaktnoj površini

$$a_{x,1} = 1,25(t_f + r) = 1,25(1,46 + 2,1) = 4,45 \text{ cm}$$

$$a_{x,2} = d_c - 1 \text{ cm} = 4 - 1 = 3 \text{ cm}$$

$$a_x = \min\{4,45; 3\} = 3 \text{ cm}$$

$$a_y = t_w + 1,46r + 3,46t_f = 0,94 + 1,46 \cdot 2,1 + 3,46 \cdot 1,46 = 9,1 \text{ cm}$$

$$\sigma_c = \frac{V}{a_x \cdot a_y} = \frac{125}{3 \cdot 9,1} = 4,58 \text{ kN/cm}^2 \leq \sigma_{\text{dop}}$$

8.3 Kontrola napona u rebro nosača

Zbog stabilnosti pritisnutog rebra u zoni oslonca potrebno je dodati ukrućenja. Usvajaju se dva ukrućenja 90x12x200, koja se zavaruju ugaonim šavovima $a_w = 4 \text{ mm}$ (videti crtež).

Da bi se sprečilo bočno preturanje nosača predviđena je veza rebra nosača sa stubom preko priključnog lima = 80x10x150 i dva zavrtnja M12...5.6 (videti crtež).

23

