

ZADACI**NASTAVCI ŠTAPOVA OPTEREĆENIH SILOM ZATEZANJA****A) PREMA ZADATOJ SILI**

Zadatak 1: Nastavak zategnutog štapa prema zadatoj sili sa običnim zavrtnjevima

Zadatak 2: Nastavak zategnutog štapa od valjanog profila prema zadatoj sili sa običnim zavrtnjevima

Zadatak 3: Nastavak zategnutog štapa od valjanog profila prema zadatoj sili sa prednapregnutim zavrtnjevima

B) PREMA POVRŠINI POPREČNOG PRESEKA (STATIČKI POKRIVENI)

Zadatak 4: Nastavak zategnutog štapa od zavarenih profila sa običnim zavrtnjevima

Zadatak 5: Nastavak zategnutog štapa od valjanog profila sa običnim zavrtnjevima

Zadatak 1

Dimenzionisati zategnuti štap opterećen silom $N_t=450$ kN, ako je od pljosnatog čelika širine 200 mm, a zatim sračunati njegov nastavak. Nastavak se formira sa obostranim podvezicama.

Spojna sredstva: neobrađeni zavrtnjevi k.č. 5.6

Osnovni materijal: Č061 (S235)

Slučaj opterećenja: II

Rešenje:

Osnovni materijal

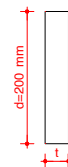
II sl.opterećenja: $\sigma_{dop} = 160$ MPa=16kN/cm²

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

Spojna sredstva

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

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



1. Određivanje dimenzija šapa van zone nastavka:

$$Nt=450 \text{ kN}, A=20 \cdot t, \sigma_{\text{dop}}=18 \text{ kN/cm}^2$$

$$A = \frac{N}{\sigma_{\text{dop}}} = \frac{450}{18} = 25 \text{ cm}^2 \quad 20 \cdot t = 25 \rightarrow t \geq 25/20 = 1,25 \text{ cm}$$

Usvojene dimenzije šapa van zone nastavka: # 13x200 mm

2. Određivanje debljine podvezica:

$$t_{s,\text{min}} = 0,6 \cdot t = 0,6 \cdot 13 = 7,8 \text{ mm}$$

usvojene podvezice 2x8mm

3. Određivanje prečnika spojnog sredstva:

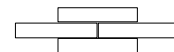
$$d = \sqrt{5xt_{s,\text{min}}} - 0,2 = \sqrt{5 \times 0,8} - 0,2 = 1,8 \text{ cm}$$

Usvojeni neobrađeni zavrtnjevi M20 x l ...k.č. 5.6

4. Određivanje nosivosti zavrtnja na smicanje:

$$F_v = m \cdot A_{v,l} \cdot \tau_{\text{dop}} = m \cdot \frac{d_o^2 \pi}{4} \tau_{\text{dop}} = 2 \cdot \frac{2^2 \pi}{4} 15,7 = 98,65 \text{ kN}$$

m-sečnost m=2 obostrane podvezice



$$F_b = \min A_b \cdot \sigma_{\text{dop}} = \min \Sigma t \cdot d_o \sigma_{b,\text{dop}} = 1,3 \cdot 2 \cdot 30,5 = 79,30 \text{ kN}$$

$$F_{v,\text{dop}} = \min \{F_v, F_b\} = 79,3 \text{ kN}$$

5. Potreban broj zavrtnjeva:

$$n = \frac{450}{79,3} = 5,67 \quad \text{Usvojeno 6M20 x l.....k.č. 5.6}$$

6. Slabljenje poprečnog preseka šapa

pretpostavlja se raspored u dva reda po tri zavrtnja

$$A_{\text{neto}} = A_{\text{bruto}} - \Delta A = d \cdot t - 3 \cdot d_o \cdot t = 1,3(20 - 3 \cdot 2) = 18,2 \text{ cm}^2$$

7. Kontrola napona u oslabljenom preseku štapa u zoni nastavka

$$\sigma_x = \frac{N_t}{A_{\text{neto}}} = \frac{N_t}{d_t - n \cdot d_o \cdot t} \leq \sigma_{\text{dop}}$$

$$\sigma_x = \frac{450}{18,2} = 24,73 \text{ kN/cm}^2 > 18 \text{ kN/cm}^2 = \sigma_{\text{dop}}$$

Potrebno je izvršiti ojačanje štapa na mestu nastavka

$$A_{\text{neto}} \geq \frac{N_t}{\sigma_{\text{dop}}} \Rightarrow t_{\text{dop}}^* \geq \frac{N_t}{\sigma_{\text{dop}}(d - n_1 d_o)} = \frac{450}{18(20 - 3 \cdot 2)} = 1,786 \text{ cm}$$

Usvojen poprečni presek na mestu nastavka #18x200

8. dimenzionisanje podvezica-kontrola napna u podvezicama

$$\sigma_x = \frac{N_t}{A_{p,\text{neto}}} \leq \sigma_{\text{dop}}$$

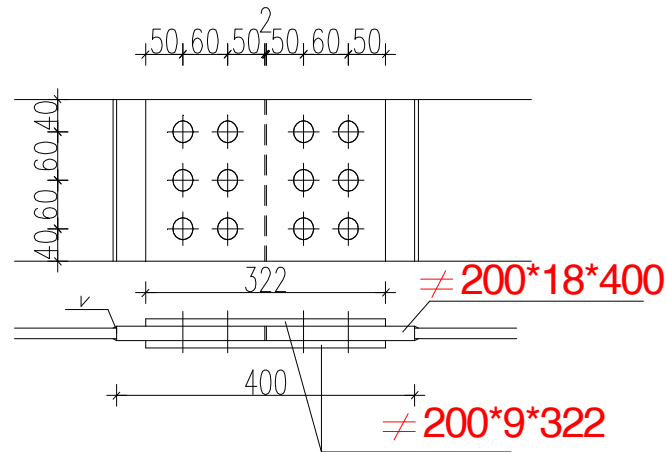
$$t_{p,\text{dop}}^* \geq \frac{N_t}{\sigma_{\text{dop}}(2d_p - 2n_1 d_o)} = \frac{450}{18 \cdot 2(20 - 3 \cdot 2)} = 0,89 \text{ cm}$$

usvojena debljina podvezice #2x9 mm

Provera tačke 3 –prečnik zavrtnja

$$d = \sqrt{5xt_{s,\text{min}}} - 0,2 = \sqrt{5 \times 0,9} - 0,2 = 1,91 \text{ cm}$$

Usvojeni zavrtnjevi M20 x 60k.č.5.6



Zadatak 2

Sračunati i konstruisati montažni nastavak zategnutog štapa prema zadatoj sili. Za zategnuti štap usvojiti valjani IPN profil.

Nastavak izvesti pomoću:

- visokovrednih zavrtnjeva bez sile pritezanja klase čvrstoće 10.9

Sila zatezanja $N_t = 1000 \text{ kN}$

Osnovni materijal: Č0361

Slučaj opterećenja: I

Radionički crtež dati u razmeri: 1 : 10

Rešenje

2.1 Osnovni podaci neophodni za proračun

Osnovni materijal Č0361 - I slučaj opterećenja (JUS U.E7. 145/1987)

Dopušten normalni napon: $\sigma_{dop} = 160 \text{ MPa} = 16 \text{ kN/cm}^2$

Visokovredni zavrtnjevi klase čvrstoće 10.9 bez sile prednaprezanja (JUS U.E7. 140/1985)

Dopušten smičući napon: $\tau_{\text{dop}} = 240 \text{ MPa} = 24 \text{ kN/cm}^2$

Dopušten napon pritiska po omotaču rupe: $\sigma_{\text{dop}} = 280 \text{ MPa} = 28 \text{ kN/cm}^2$

2.2 Dimenzionisanje zategnutog štapa

$$\sigma_x = \frac{N_t}{A_{p,\text{neto}}} \leq \sigma_{\text{dop}}$$

$$\sigma_x = \frac{1000}{A_{p,\text{neto}}} \leq 16,0 \text{ kN/cm}^2$$

$$A_{p,\text{neto}} \geq 1,25 \frac{1000}{16} = 78,10 \text{ cm}^2$$

Iz tablica uzimamo podatke
za

G	h	b	t _w	t _f	r	A	h _i	d	∅	p _{min}	p _{max}	AL	AG
kg/m	mm	mm	mm	mm	mm	cm ²	mm	mm		mm	mm	m ² /m	m ² /t
INP340 68	340	137	12.2	18.3	12.2	86.7	274.3	M 12	78	92	1,21	15,59	

Kontrola napona $\sigma_x = \frac{1000}{86,7} \leq 11,53 \text{ kN/cm}^2$

2.3 Raspodela sile na nožicu i rebro

Površina nožice : $A_f = b_f \times t_f = 13,7 \times 1,83 = 25,07 \text{ cm}^2$

Površina rebra : $A_w = A - 2 \times A_f = 86,7 - 2 \times 25,07 = 36,56 \text{ cm}^2$

Sila u nožici : $N_{t,f} = N_t \frac{A_f}{A} = 1000 \frac{25,07}{86,7} = 289,16 \text{ kN}$

Sila u rebro : $N_{t,w} = N_t \frac{A_w}{A} = 1000 \frac{36,56}{86,7} = 421,68 \text{ kN}$

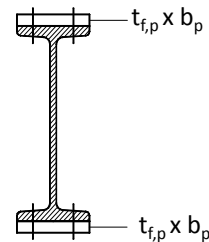
2.4 Nastavak nožice

Određivanje prečnika zavrtnja:

$\max d_0 = 21 \text{ mm}$ (strana 750 Tabela 6-IX)

Usvajaju se zavrtnjevi **M16 .. 10.9**

($d=16 \text{ mm}$ $d_0=17 \text{ mm}$)



Kontrola napona u nožici

Neto površina nožice:

$$A_{f,net} = A_f - 2 \times d_0 \times t_f = 25,07 - 2 \times 1,7 \times 1,83 = 18,85 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_x = \frac{N_{t,f}}{A_{f,neto}} = \frac{289,16}{18,85} = 15,34 \leq 16,0 \text{ kN/cm}^2$$

11

Proračun podvezica

usvaja se širina podvezica $b_p = 140 \text{ mm}$

neto površina podvezica: $A_{f,p,net} = b_p \times t_{f,p} - 2 \times d_0 \times t_{f,p}$

$$t_{f,p} \cdot (14 - 2 \cdot 1,7) \geq \frac{N_{t,f}}{\sigma_{dop}} = \frac{289,16}{16,0} = 18,07 \text{ cm}^2$$

$$t_{f,p} \cdot 10,6 = 18,07 \text{ cm}^2 \quad \rightarrow t_{f,p} = 1,71 \text{ cm}$$

Usvaja se podvezica # 140 x 18 mm

Nosivost jednog zavrtnja

$$F_v = m \cdot A_{v,1} \cdot \tau_{dop} = m \cdot \frac{d^2 \pi}{4} \cdot \tau_{dop} = 1 \cdot \frac{1,6^2 \pi}{4} \cdot 24 = 48,25 \text{ kN} \text{ -nosivost na smicanje}$$

$$F_b = \min A_b \cdot \sigma_{dop} = \min \Sigma t \cdot d \cdot \sigma_{b,dop} = 1,83 \cdot 1,6 \cdot 28 = 81,98 \text{ kN}$$

-nosivost po omotaču rupe

12

$$F_{v,dop} = \min\{48,25; 81,98\} = 48,25 \text{ kN}$$

Određivanje potrebnog broja zavrtnjeva

$$n = \frac{289,16}{48,25} = 5,99 \text{ kom} \quad \text{Usvaja se : 6M16 ...10.9}$$

2.5 Nastavak rebra

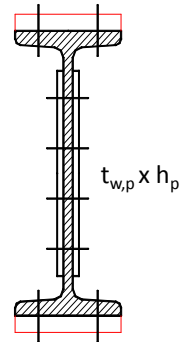
- određivanje prečnika zavrtnja:

$$t_s \approx 0,6 \times t_w \quad t_s \approx 7 \text{ mm}$$

$$d = \sqrt{5 \times t_{s,\min}} - 0,2 = \sqrt{5 \times 0,7} - 0,2 = 1,67 \text{ cm}$$

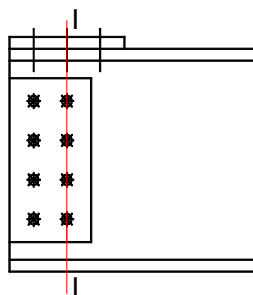
Usvajaju se zavrtnjevi

M16 .. 10.9 ($d=16 \text{ mm}$ $d_0=17 \text{ mm}$)



13

Predpostavlja se mogući raspored zavrtnjeva na rebu:



Kontrola napona u rebu

Neto površina rebra:

$$A_{w,\text{net}} = A_w - 4 \times d_0 \times t_w = 36,56 - 4 \times 1,7 \times 1,22 = 28,26 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_x = \frac{N_{t,w}}{A_{w,\text{neto}}} = \frac{421,68}{28,26} = 14,92 \leq 16,0 \text{ kN/cm}^2$$

Proračun podvezica

Usvaja se visina podvezica $h_p = 250 \text{ mm}$

$$A_{w,p,\text{net}} = 2 \times t_{w,p} \times (h_p - 4 \times d_0)$$

$$2 \cdot t_{w,p} \cdot (25 - 4 \cdot 1,7) \geq \frac{N_{t,w}}{\sigma_{dop}} = \frac{421,68}{16,0} = 26,35 \text{ cm}^2$$

$$2 \cdot t_{f,p} \cdot 18,20 = 26,35 \text{ cm}^2 \rightarrow t_{f,p} = 0,73 \text{ cm}$$

Usvajaju se podvezice
2 x #250 x 8 mm

14

Nosivost jednog zavrtnja

$$F_v = m \cdot A_{v,1} \cdot \tau_{dop} = m \frac{d^2 \pi}{4} \tau_{dop} = 2 \frac{1,6^2 \pi}{4} 24 = 96,50 \text{ kN} \text{ -nosivost na smicanje}$$

$$F_b = \min A_b \cdot \sigma_{dop} = \min \Sigma t \cdot d \cdot \sigma_{b,dop} = 1,22 \cdot 1,6 \cdot 28 = 54,66 \text{ kN}$$

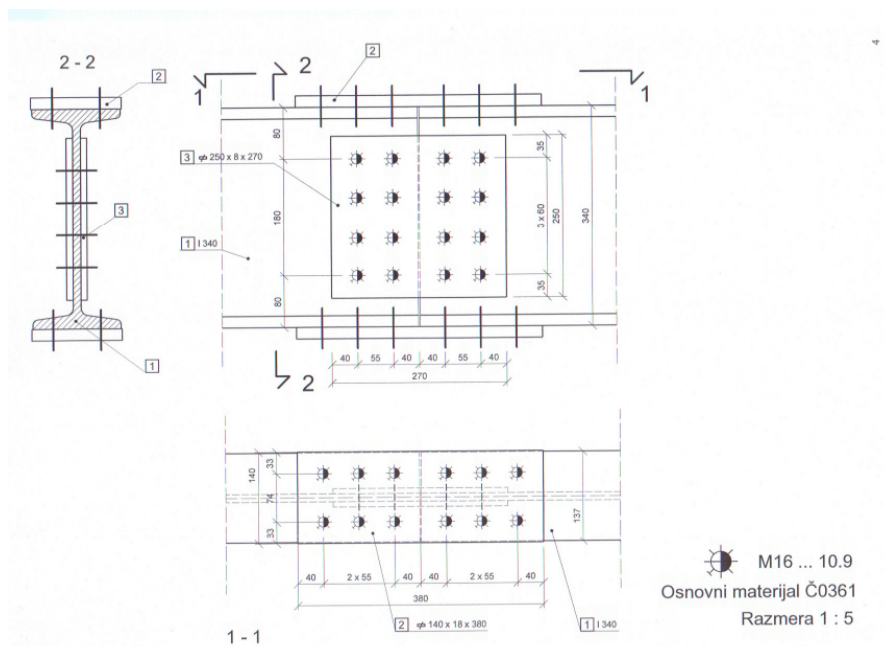
-nosivost po omotaču rupe

$$F_{v,dop} = \min\{96,50; 54,66\} = 54,66 \text{ kN}$$

Određivanje potrebnog broja zavrtnjeva

$$n = \frac{421,68}{54,66} = 7,71 \text{ kom} \quad \textbf{Usvaja se : 8M16 ...10.9}$$

15



Zadatak 3

Sračunati i konstruisati montažni nastavak zategnutog štapa prema zadatoj sili. Za zategnuti štap usvojiti valjani IPN profil.

Nastavak izvesti pomoću:

- visokovrednih zavrtnjeva sa punom silom pritezanja k.č. 10.9

Sila zatezanja $N_t = 1000 \text{ kN}$

Osnovni materijal: Č0361

Slučaj opterećenja: I

Radionički crtež dati u razmeri: 1 : 10

Rešenje**3.1 Osnovni podaci neophodni za proračun**

Osnovni materijal Č0361 - I slučaj opterećenja (JUS U.E7. 145/1987)

Dopušten normalni napon: $\sigma_{\text{dop}} = 160 \text{ MPa} = 16 \text{ kN/cm}^2$

17

Prednapregnuti visokovredni zavrtnjevi klase čvrstoce 10.9 (JUS U.E7.140/1985)

Koeficijent pritezanja (strana 584) $v_1 = 0,7$

Konvencijalna granica razvlacenja (strana 584, Tabela 2) $f_{02} = 900$

MPa

Koeficijent trenja (strana 586, Tabela 5) $\mu = 0,40$

Koeficijent sigurnosti (strana 589, Tabela 6) $v_2 = 1,25$

Vrednosti sile prednaprezanja

d	A_s	f_{02}	$F_p \text{ [kN]}$		$M_t \text{ [Nm]}$
[mm]	[mm ²]	[N/mm ²]	$v_1=0,7$	$v_1=0,8$	za $k=0,16$
M12	84,3	900	53	61	102
M16	157		99	113	253
M20	245		154	176	493
M22	303		191	218	672
M24	353		222	254	852
M27	459		289	330	1495
M30	561		353	404	1694
M33	694		437	500	2307

Koeficijent sigurnosti na proklizavanje		v_2	
Vrsta opterećenja (tip konstrukcija)	Slučaj opterećenja	I	II
Pretežno mirno opterećenje (zgrade, krovovi i sl.)	$0,3 < \Delta d \leq 1 \text{ mm}$	1,25	1,10
	$1 < \Delta d \leq 3 \text{ mm}$	1,56	1,38
Mirno + dinamičko opterećenje (mostovi, kranski nosači i sl.)	$0,3 < \Delta d \leq 1 \text{ mm}$	1,40	1,25

Vrednosti u tabeli su za visokovredne zavrtnjeve klase čvrstoće 10.9.

Za klasu čvrstoće 8.8 vrednosti iz tabele pomnožiti sa 0,70.

Za klasu čvrstoće 12.9 vrednosti iz tabele pomnožiti sa 1,20.

18

3.2 Dimenzionisanje zategnutog štapa

$$\sigma_x = \frac{N_t}{A_{p,neto}} \leq \sigma_{dop} \quad \sigma_x = \frac{1000}{A_{p,neto}} \leq 16,0 \text{ kN/cm}^2$$

$$A_{p,neto} \geq 1,25 \frac{1000}{16} = 78,10 \text{ cm}^2$$

Usvajamo profil INP 340
iz tablica uzimamo podatke za
profil

G	h	b	t _w	t _f	r	A	h _i	d	∅	p _{min}	p _{max}	AL	AG
kg/m	mm	mm	mm	mm	mm	cm ²	mm	mm		mm	mm	m ² /m	m ² /t
INP340 68	340	137	12.2	18.3	12.2	86.7		274.3	M 12	78	92	1,21	15,59

$$\text{Kontrola napona } \sigma_x = \frac{1000}{86,7} \leq 11,53 \text{ kN/cm}^2$$

3.3 Raspodela sile na nožicu i rebro

$$\text{Sila u nožici : } N_{t,f} = N_t \frac{A_f}{A} = 1000 \frac{25,07}{86,7} = 289,16 \text{ kN}$$

$$\text{Sila u rebro : } N_{t,w} = N_t \frac{A_w}{A} = 1000 \frac{36,56}{86,7} = 421,68 \text{ kN}$$

19

3.4 Nastavak nožice

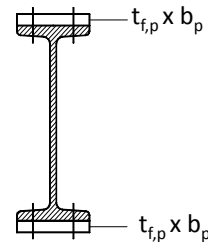
Određivanje prečnika zavrtnja:

max d₀ = 21 mm (strana 750 Tabela 6-

X)

Usvajaju se zavrtnjevi **M20 .. 10.9**

(d=16 mm d₀=17 mm)



Nosivost jednog zavrtnja na smicanje (proklizavanje)

A_s = 2,45 cm² ispitni presek za zavrtnaj M20

$$F_{s,dop} = m \cdot \mu \frac{v_1 A_s \cdot f_{0,2}}{v_2} = 1 \cdot 0,4 \frac{0,7 \cdot 2,45 \cdot 90}{1,25} = 49,4 \text{ kN}$$

Potreban broj zavrtnjeva

$$n = \frac{289,16}{49,4} = 5,85 \text{ kom} \quad \text{Usvaja se: } \mathbf{6M20...10.9}$$

20

Kontrola napona u nožici

Neto površina nožice:

$$A_{f,net} = A_f - 2 \times d_0 \times t_f = 25,07 - 2 \times 2,1 \times 1,83 = 17,40 \text{ cm}^2$$

$$N_{t,f,red}^I = N_{t,f} - \mu \cdot n_1 \cdot F_{s,dop} = 289,16 - 0,4 \cdot 2 \cdot 49,4 = 249,64 \text{ kN}$$

$$\sigma_x = \frac{N_{t,f,red}^I}{A_{f,neto}} = \frac{249,64}{17,4} = 14,36 \leq 16,0 \text{ kN/cm}^2$$

Proračun podvezica

$$A_{p,f,net} = t_{f,p} \times (b_p - 2 \times d_0) = t_{f,p} \times (14 - 2 \times 2,1) = t_{f,p} \times 9,8$$

$$\frac{N_{t,f,red}^I}{A_{p,f,neto}} \leq \sigma_{dop} \rightarrow \frac{249,64}{9,8 \cdot t_{f,p}} \leq 16,0 \text{ kN/cm}^2 \quad t_{f,p} \geq \frac{249,64}{9,8 \cdot 16} = 1,59 \text{ cm}$$

21

Usvaja se podvezica # 140 x 16 mm**3.5 Nastavak rebra**

- određivanje prečnika zavrtnja:

$$t_s \approx 0,6 \times t_w \quad t_s \approx 7 \text{ mm}$$

$$d = \sqrt{5 \times t_{s,min}} - 0,2 = \sqrt{5 \times 0,7} - 0,2 = 1,67 \text{ cm}$$

Usvajaju se zavrtnjevi

M16 .. 10.9 (d=16 mm d₀=17 mm)**Nosivost jednog zavrtnja na smicanje (proklizavanje)**

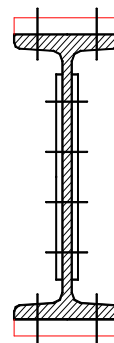
$$F_{s,dop} = m \cdot \mu \cdot \frac{v_1 \cdot A_s \cdot f_{0,2}}{v_2} = 2 \cdot 0,4 \cdot \frac{0,7 \cdot 1,57 \cdot 90}{1,25} = 63,6 \text{ kN}$$

As = 1,57 cm²
 ispitni presek za
 zavrtnj M16

Potreban broj zavrtnjeva

$$n = \frac{421,68}{63,6} = 6,66 \text{ kom} \quad \text{Usvaja se: 7M16...10.9}$$

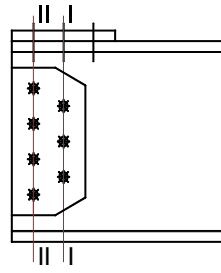
22



Raspored zavrtnjeva na rebru

Kontrola napona u rebru

presek I-I



$$A_{w,net} = A_w - 3 \times d_0 \times t_w = 36,56 - 3 \times 1,7 \times 1,22 = 30,34 \text{ kN}$$

$$N_{t,w,red}^I = N_{t,w} - 0,4 \times n_1 \times F_{s,dop} = 421,68 - 0,4 \times 3 \times 63,3 = 345,72 \text{ kN}$$

$$\sigma_x = \frac{N_{t,w,red}^I}{A_{w,neto}} = \frac{345,72}{30,41} = 11,40 \leq 16,0 \text{ kN/cm}^2$$

23

presek II-II

$$A_{w,net} = A_w - 4 \times d_0 \times t_w = 36,56 - 4 \times 1,7 \times 1,22 = 28,26 \text{ kN}$$

$$N_{t,w,red}^{II} = N_{t,w} - 3 \times F_{s,dop} - 0,4 \times n_1 \times F_{s,dop} = 421,68 - 3 \times 63,3 - 0,4 \times 4 \times 63,3 = 130,5 \text{ kN}$$

$$\sigma_x = \frac{N_{t,w,red}^{II}}{A_{w,neto}} = \frac{130,5}{28,26} = 4,62 \leq 16,0 \text{ kN/cm}^2$$

Proračun podvezica

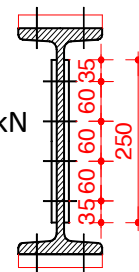
usvojena širina podvezice $h_p = 250 \text{ mm}$

$$N_{t,w,red} = N_{t,w} - \mu \cdot n_1 \cdot F_{s,dop} = 421,68 - 0,4 \cdot 4 \cdot 63,6 = 320,4 \text{ kN}$$

$$A_{w,p,net} = 2 \times t_{w,p} (h_p - 4 \times d_0) = 2 \times t_{w,p} (25 - 4 \times 1,7) = t_{w,p} \times 36,4$$

$$\frac{N_{t,w,red}}{A_{w,p,neto}} \leq \sigma_{dop} \rightarrow \frac{320,4}{36,4 \cdot t_{w,p}} \leq 16,0 \text{ kN/cm}^2$$

$$t_{w,p} \geq \frac{320,4}{36,4 \cdot 16} = 0,55 \text{ cm} \quad \text{Usvajaju se podvezice } 2 \times \# 250 \times 6 \text{ mm}$$



24

ZADACI

NASTAVCI ŠTAPOVA OPTEREĆENIH SILOM ZATEZANJA

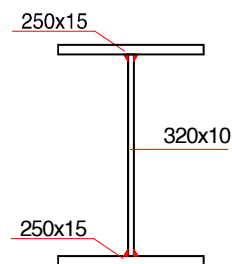
B) PREMA POVRŠINI POPREČNOG PRESEKA (STATIČKI POKRIVENI)

Zadatak 4: Nastavak zategnutog štapa od zavarenih profila sa običnim zavrtnjevima

Zadatak 5: Nastavak zategnutog štapa od valjanog profila sa običnim zavrtnjevima

Zadatak 4

Sračunati i konstruisati montažni nastavak zategnutog štapa prema površini poprečnog preseka (statički pokriven). Dimenzije i oblik poprečnog preseka zadati su na skici.



Nastavak izvesti pomoću neobrađenih zavrtnjeva klase čvrstoće 5.6.

Osnovni materijal: Č0361

Slučaj opterećenja: I

Radionički crtež dati u razmeri: 1:5

4.1 Osnovni podaci za proračun

Osnovni materijal: Č0361 $\sigma_{dop} = 16,0 \text{ kN/cm}^2$

Zavrtnjevi: neobrađeni klase čvrstoće 5.6

$\tau_{dop} = 14,0 \text{ kN/cm}^2$ $\sigma_{b,dop} = 27,0 \text{ kN/cm}^2$

4.2 Proračun nastavka nožice

Površina nožice: $A_f = 25 \times 1,5 = 37,5 \text{ cm}^2$

Zavrtnjevi: M20...5.6

4.3 Proračun ojačanja nožica na mestu nastavka

$$A_{f,net}^* \geq A_f \Rightarrow (b_f - n_1 \cdot d_0) \cdot t_f^* \geq A_f$$

$$(25 - 2 \times 2,1) \cdot t_f^* \geq 37,5$$

$$t_f^* \geq 1,802 \text{ cm}$$

Usvajaju se ojačane nožice: # 250x18 mm

4.4 Proračun podvezica na nožicama

Pretpostavljaju se obostrane podvezice. Širina spoljašnjih podvezica je jednaka širini nožice (250 mm), a širina unutrašnjih podvezica je 110 mm ($2 \times e_2 = 3 \times d_0 = 69 \text{ mm} < 110 \text{ mm}$).

$$A_{f,p,net} \geq A_f \Rightarrow (b_{p,1} + 2b_{p,2} - 2n_1 \cdot d_0) \cdot t_{f,p} \geq A_f$$

$$(25 + 2 \cdot 11 - 2 \cdot 2 \cdot 2,1) \cdot t_{f,p} \geq 37,5$$

$$t_{f,p} \geq 0,97$$

Usvajaju se podvezice na nožicama: # 250x10 + 2#110x10 mm

4.5 Proračun zavrtnjeva na nožicama

$$F_b = 1,8 \cdot 2,0 \cdot 27,0 = 97,2 \text{ kN}$$

$$F_v = 2 \cdot \frac{2,0^2 \cdot \pi}{4} \cdot 14,0 = 88,0 \text{ kN}$$

$$F_{v,dop} = 88,0 \text{ kN}$$

$$n_f = \frac{A_f \cdot \sigma_{dop}}{F_{v,dop}} = \frac{37,5 \cdot 16}{88} = 6,82 \text{ kN}$$

Usvaja se: 2x4=8 kom M20...5.6

4.6 Proračun nastavka rebra

$$\text{Površina rebra: } A_w = 32 \times 1,0 = 32,0 \text{ cm}^2$$

Zavrtnjevi: M16...5.6

4.7 Proračun ojačanja rebra na mestu nastavka

Pretpostavlja se 5 zavrtnjeva u jednom redu

$$A_{w,net}^* \geq A_w \Rightarrow (d - n_1 \cdot d_0) \cdot t_w^* \geq A_w$$

$$(32 - 5 \cdot 1,7) \cdot t_w^* \geq 32,0$$

$$t_w^* \geq 1,36$$

Usvaja se ojačano rebro: # 320x14 mm

4.8 Proračun podvezica na rebu

Pretpostavljaju se obostrane podvezice visine 280 mm
($h_p = 30 + 4 \times 55 + 30 = 280$ mm)

$$A_{w,net}^* \geq A_w \Rightarrow (d - n_1 \cdot d_0) \cdot t_w^* \geq A_w$$

$$2 \cdot (28 - 5 \cdot 1,7) \cdot t_w^p \geq 32$$

$$t_w^p \geq 0,82$$

Usvajaju se podvezice na rebu: 2#280x10 mm

4.9 Proračun zavrtnjeva na rebu

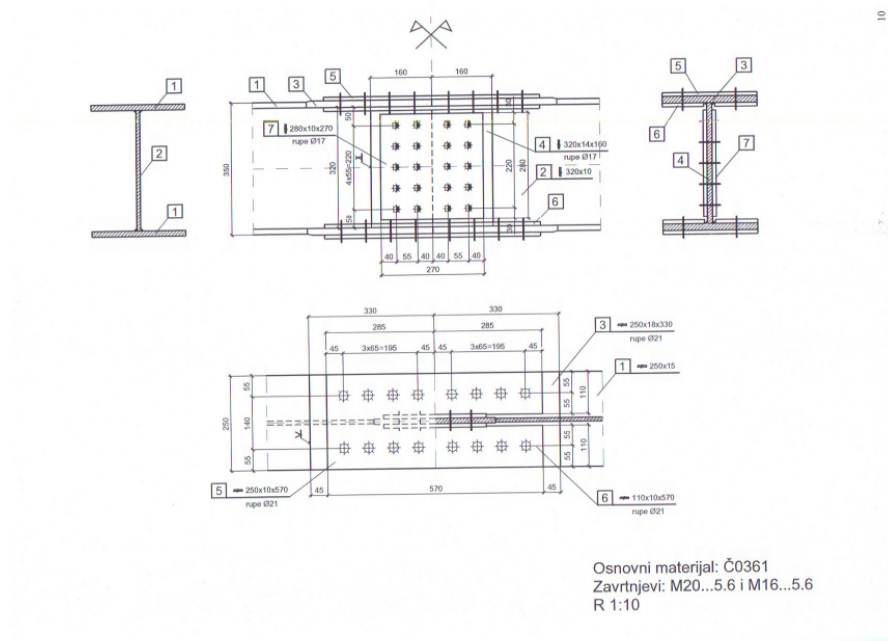
$$F_b = 1,4 \cdot 1,6 \cdot 27,0 = 60,50 \text{ kN}$$

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

$$F_{v,dop} = 56,3 \text{ kN}$$

$$n_w = \frac{A_w \cdot \sigma_{dop}}{F_{v,dop}} = \frac{32,0 \cdot 16}{56,3} = 9,09 \text{ kN}$$

Usvaja se: 2x5=10 kom M16...5.6



Zadatak 5

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

Nastavak izvesti pomoću neobrađenih zavrtnjeva klase čvrstoce 5.6.

Osnovni materijal: Č0361

Slučaj opterećenja: II

Radionički crtež dati u razmeri: 1:5

Rešenje

5.1 Osnovni podaci za proračun

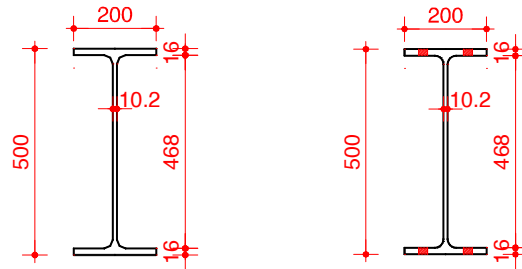
Osnovni materijal: Č0361 $\sigma_{dop} = 18,0 \text{ kN/cm}^2$ $\tau_{dop} = 10,0 \text{ kN/cm}^2$

Zavrtnjevi: neobrađeni klase čvrstoće 5.6

$\tau_{dop} = 15,7 \text{ kN/cm}^2$ $\sigma_{dop} = 30,5 \text{ kN/cm}^2$

5.2 Geometrijske karakteristike poprečnog preseka

G	h	b	t _w	t _f	r	A	h _i	d	Ø	p _{min}	p _{max}	AL	AG
kg/m	mm	mm	mm	mm	mm	cm ²	mm	mm		mm	mm	m ² /m	m ² /t
IPE 500	90,7	500	200	10,20	16	21	116	468	M 24	102	112	1,744	19.23



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

Bruto površina pritiskute nožice: $A_f = b_f \cdot t_f = 20 \cdot 1,6 = 32,0 \text{ cm}^2$

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

Bruto površina rebra: $A_w = A - 2 \cdot A_f = 116 - 2 \cdot 32 = 52,0 \text{ cm}^2$

Bruto momenat inercije nožice:

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

Neto momenat inercije nožice:

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

Momenat inercije rebra:

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

Neto momenat inercije čitavog preseka:

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

$$\text{Bruto otporni momenat nožice: } W_f = \frac{I_f}{h/2} = \frac{37480}{50/2} = 1499 \text{ cm}^3$$

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

Bruto otporni momenat rebra:

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

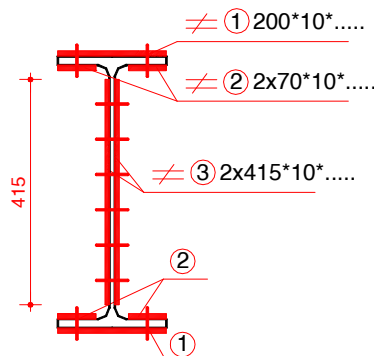
Neto otporni momenat čitavog preseka:

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

5.3 Proračun podvezica

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

Na rebu se takode pretpostavljaju obostrane podvezice dimenzija 415x8 mm ($h_p = 5 \times 65 + 2 \times 45 = 415 \text{ mm} < 428 \text{ mm}$).



Proračun prema površinama poprečnog preseka**Nožice**

-neto

$$A_{f,p,net} \geq A_{f,net} \quad A_{f,net} = 24,64 \text{ cm}^2$$

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

-bruto

$$A_{f,p} \geq A_f \quad A_f = 32,0 \text{ cm}^2$$

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

Rebro

$$A_{w,p} \geq A_w \quad A_w = 52 \text{ cm}^2$$

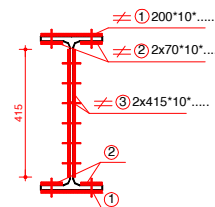
$$A_{w,p} = 2 \cdot 41,5 \cdot 0,8 = 66,4 \text{ cm}^2 > 52,0 \text{ cm}^2$$

f – nožica

w – rebro

p – podvezica

net – neto

**Ceo presek**

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

$$A_{p,net} = A_{f,p,net} + A_{f,p} + A_{w,p}$$

$$A_{p,net} = 24,8 + 34,0 + 66,4 = 125,2 \text{ cm}^2$$

$$A_{net} = A_{f,net} + A_f + A_w$$

$$A_{net} = 24,64 + 32 + 52 = 108,64 \text{ cm}^2$$

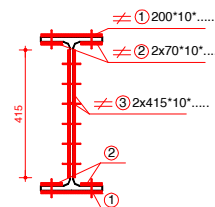
$$125,2 > 108,64 \text{ cm}^2$$

f – nožica

w – rebro

p – podvezica

net – neto



Proračun prema otpornim momentima**Nožice**

-neto

$$W_{f,p,net} \geq W_{f,net} \quad W_{f,net} = 1327 \text{ cm}^3$$

$$W_{f,p,net} = \frac{I_{f,p,net}}{h_{p,z}}$$

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

Za $I_{f,p,net}$ uzet je samo položajni momenat inercija podvezica
Jer je sopstveni momenat inercije mali pa se može zanemariti

$$h_{p,z} = h/2 + t_p$$

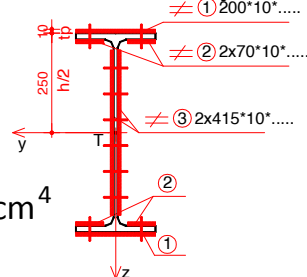
$$W_{f,p,net} = \frac{34435}{50/2 + 1} = 1324 \text{ cm}^3 \approx 1327 \text{ cm}^3$$

f – nožica

w – rebro

p – podvezica

t – debljina

**Rebro**

$$W_{w,p} \geq W_w \quad W_w = 431 \text{ cm}^3$$

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

Ceo presek

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

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

$$W_{net} = 1758 \text{ cm}^3$$

$$1783 > 1758 \text{ cm}^3$$

5.4 Proračun zavrtnjeva

5.4.1 Na nožicama

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

$$F_v = 2 \cdot \frac{2,2^2 \cdot \pi}{4} \cdot 15,7 = 119,4 \text{ kN}$$

$$F_{v,dop} = 107,4 \text{ kN}$$

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

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

5.4.2 Na rebru

Predpostavlja se šest zavrtnjeva M205.6 u jednom redu

Kako smo dobili broj zavrtnjeva u redu?

Rastojanja za M20 je $e_2 = 2 \cdot d_0 = 2 \cdot 21 = 42 \text{ mm}$,

$$e = 3 \cdot d_0 = 3 \cdot 21 = 63 \text{ mm}$$

usvojeno $e_2 = 45 \text{ mm}$, $e = 65 \text{ mm}$

Pravi deo rebra je (prema tablici profila) 426 mm

$$\frac{426 - 2 \times 45}{65} = 5,16$$

Na pravom delu rebra može se postaviti pet razmaka zavrtnjeva, odnosno šest zavrtnjeva u redu

Visina podvezice je: $2 \times 45 + 5 \times 65 = 415 < 426 \text{ mm}$

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

Površina pritiska po omotaču rupe je: $A_b = d \cdot \min \Sigma t = 2 \cdot 1,02 = 2,04 \text{ cm}^2$

Proračun broja zavrtnjeva prema površini rebra

$$A_w = 52 \text{ cm}^2$$

$$F_b = 1,02 \cdot 2,0 \cdot 30,5 = 62,22 \text{ kN}$$

$$F_v = 2 \cdot \frac{2,0^2 \cdot \pi}{4} \cdot 15,7 = 98,59 \text{ kN}$$

$$F_{v,dop} = 62,22 \text{ kN}$$

$$n_f = \frac{A_w \cdot \sigma_{dop}}{F_{v,dop}} = \frac{52 \cdot 18}{62,22} = 15,04 \text{ kom}$$

Usvojeno 3x6 M20 x Ik.č. 5.6

Ekvatorijalni moment inercije za jedan red zavrtnjeva

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

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

Broj redova zavrtnjeva

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

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

$$m \geq \max\{m_v, m_b\} = 2,1 \quad \textbf{Usvojeno } m=3$$

Uslov da bi se koristio ekvatorijalni momenat inercije

$$h_{pv}/b_{pv} > 2$$

$$h_{pv} = 5 \cdot 65 = 325 \text{ mm}$$

$$b_{pv} = 2 \cdot 65 = 130 \text{ mm}$$

