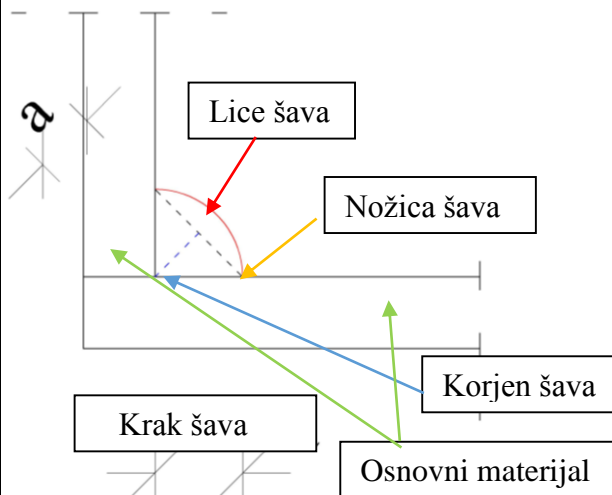


ZAVARENI SPOJEVI

Ugaoni šavovi – izgled i terminologija



https://youtu.be/hD4o_Qffill, https://youtu.be/dYXbWARg_j8



a – debljina šava

Debljina ugaonog šava jednaka je visini najvećeg trougla (sa jednakim ili različitim stranama) koji se može upisati unutar šava.

Minimalna debljina ugaonog šava je 3 mm.

Minimalna debljina osnovnog materijala je 4 mm.

Reference

U ovom primjeru, pozivanje u referencama podrazumjeva standard MEST EN-1993-1-8

Tačka 4.5.2 (1)

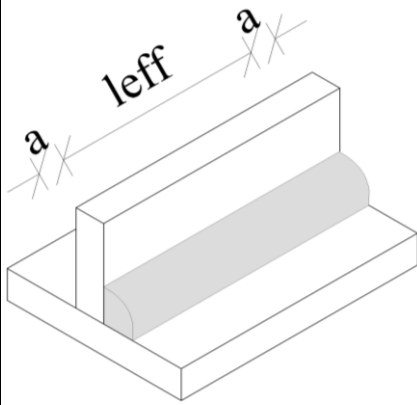
Tačka 4.5.2 (2)

Tačka 4.1 (1)

Efektivna dužina ugaonog šava

Zbog samog postupka izvođenja debljina šava obično nije konstantna duž njegove dužine (obično je nešto manja na početku i kraju šava). Stoga se prilikom proračuna koristi efektivna dužina l_{eff} koja se definiše kao dužina na kojoj je šav konstantne debljine.

Prema MEST EN 1993-1-8 efektivna dužina ugaonog šava se određuje prema sljedećem.



$$l_{eff} = l - 2a$$

$l_{eff} = l$ (ako je šav konstantne debljine duž cijele dužine, npr kod ugaonih šavova u krug)

Tačka 4.5.1 (1)

U tački 4.5.1 (2) definiše se minimalna dužina ugaonog šava.

$$l_{eff} \geq \frac{30 \text{ mm}}{6a} \quad (\text{mjerodavna je veća vrijednost})$$

Ako je l_{eff} manje od ovih vrijednosti ugaoni šav se ne može smatrat nosivim.

Nosivost ugaonih šavova

Direktna metoda

Provjera nosivosti ugaonih šavova prema direktnoj metodi sprovodi se kontrolom sljedeća dva uslova.

$$[\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} \leq f_u / (\beta_w \gamma_{M2})$$

i

$$\sigma_{\perp} \leq 0,9 f_u / \gamma_{M2}$$

Pri čemu je:

σ_{\perp} → normalni napon upravan na mjerodavnu ravan šava,

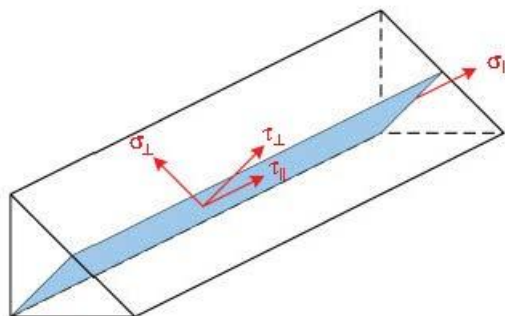
τ_{\perp} → smičući napon upravan na mjerodavnu ravan šava,

τ_{\parallel} → smičući napon paralelan pravcu pružanja šava,

β_w → korelacioni faktor,

f_u → čvrstoća na zatezanje osnovnog materijala (ako su spojeni elementi različitih klasa čelika, f_u se uzima od čelika manje klase).

Mjerodavna ravan šava za direktnu metodu prikazana je na sljedećoj slici.



Izraz 4.1

Korelacioni faktor β_w zavisi od klase čelika osnovnog materijala i dat je u sljedećoj tabeli.

Standard i kvalitete čelika			Korelacioni faktor β_w
EN 10025	EN 10210	EN 10219	
S 235 S 235 W	S 235 H	S 235 H	0,8
S 275 S 275 N/NL S 275 M/ML	S 275 H S 275 NH/NLH	S 275 H S 275 NH/NLH S 275 MH/MLH	0,85
S 355 S 355 N/NL S 355 M/ML S 355 W	S 355 H S 355 NH/NLH	S 355 H S 355 NH/NLH S 355 MH/MLH	0,9
S420 N/NL S 420 M/ML		S 420 MH/MLH	1,0
S 460 N/NL S 460 M/ML S 460 Q/QL/QL1	S 460 NH/NLH	S 460 NH/NLH S 460 MH/MLH	1,0

Tabela 4.1

Pojednostavljena metoda

Prema pojednostavljenoj metodi provjera se vrši na nivou sila kontrolom sljedećeg izraza.

$$F_{w,Ed} \leq F_{w,Rd}$$

Izraz 4.2

Pri čemu je:

$F_{w,Ed}$ → proračunska vrijednost sile u šavu po jedinici dužine,

$F_{w,Rd}$ → proračunska nosivost šava po jedinici dužine.

Proračunska nosivost šava po jedinici dužine određuje se:

$$F_{w,Rd} = f_{vw,d} a$$

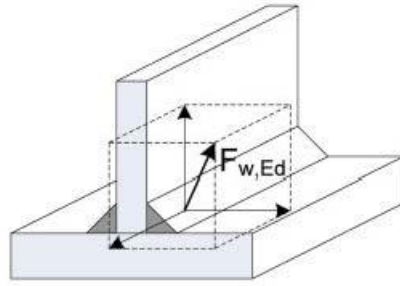
Izraz 4.3

pri čemu je

$$f_{vw,d} = \frac{f_u}{\sqrt{3}\beta_w\gamma_{M2}}$$

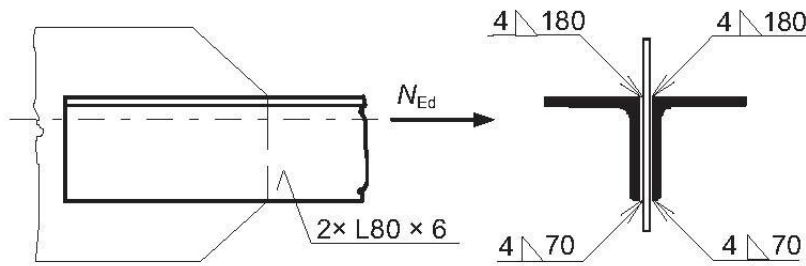
Izraz 4.4

Sila $F_{w,Ed}$ dobija se kao vektorski zbir sila koje djeluju u šavu, kako je to prikazano na sljedećoj slici.



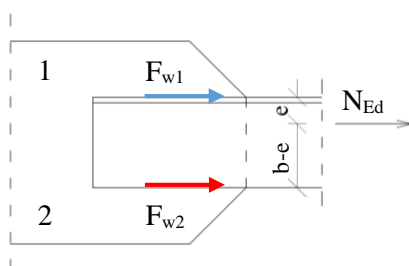
Primjer 1

Provjeriti nosivost veze prikazane na sljedećoj skici. Veza je konstruisana od dva ugaonika L 80*6 i priključnog lima debljine 8 mm. Ugaonici su duž svojih krakova zavareni za priključni lim ugaonim šavovima debljine 4 mm. Dužina ugaonih šavova sa gornje strane je 180 mm a sa donje strane 70 mm. Ugaoni šavovi smatraju se efektivnim duž cijele svoje dužine. Ugaonici su opterećeni proračunskom silom zatezanja $N_{Ed} = 400$ kN. Osnovni materijal je čelik klase S235.



Raspodjela sila na šavove

Silu koju djeluje u težištu presjeka potrebno je raspodjeliti na šavove.



$$e = 21,7 \text{ mm}$$

$$b = 80 \text{ mm}$$

Ivica 2

$$F_{w,2} = N_{Ed} \frac{e}{b} = 400 \cdot \frac{21,7}{80} = 108,5 \text{ kN}$$

Ivica 1

$$F_{w,1} = N_{Ed} \frac{e-b}{b} = 400 \cdot \frac{80-21,7}{80} = 291,5 \text{ kN}$$

Nosivost ugaonih šavova

Pojednostavljena metoda

Ugaoni šavovi opterećeni su samo smičućom silom u pravcu pružanja šava.

Ivica 2

$$F_{w,Ed,2} = \frac{F_{w,2}}{l_{eff}}$$

$$F_{w,Ed,2} = \frac{108,5}{7} = 15,5 \text{ kN/cm}$$

$$F_{w,Rd} = f_{vw,d} a$$

$$F_{w,Rd} = \frac{f_u}{\sqrt{3}\beta_w\gamma_{M2}} a$$

Za klasu čelika S235 $f_u = 36 \text{ kN/cm}^2$ a korelacioni faktor je $\beta_w = 0,80$.

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

$$\rightarrow F_{w,Rd} = \frac{36}{\sqrt{3} \cdot 0,80 \cdot 1,25} \cdot 0,4 \cdot 2 = 16,63 \text{ kN/cm}$$

Provjera nosivosti

$$\frac{F_{w,Ed,1}}{F_{w,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{15,5}{16,63} = 0,932 \leq 1 \rightarrow \text{kontrola zadovoljena}$$

Ivica 1

$$F_{w,Ed,1} = \frac{F_{w,1}}{l_{eff}}$$

$$F_{w,Ed,1} = \frac{291,5}{18} = 16,19 \text{ kN/cm}$$

$$F_{w,Rd} = f_{vw,d} a$$

$$F_{w,Rd} = \frac{f_u}{\sqrt{3}\beta_w\gamma_{M2}} a$$

Za klasu čelika S235 $f_u = 36 \text{ kN/cm}^2$ a korelacioni faktor je $\beta_w = 0,80$.

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

$$\rightarrow F_{w,Rd} = \frac{36}{\sqrt{3} \cdot 0,80 \cdot 1,25} \cdot 0,4 \cdot 2 = 16,63 \text{ kN/cm}$$

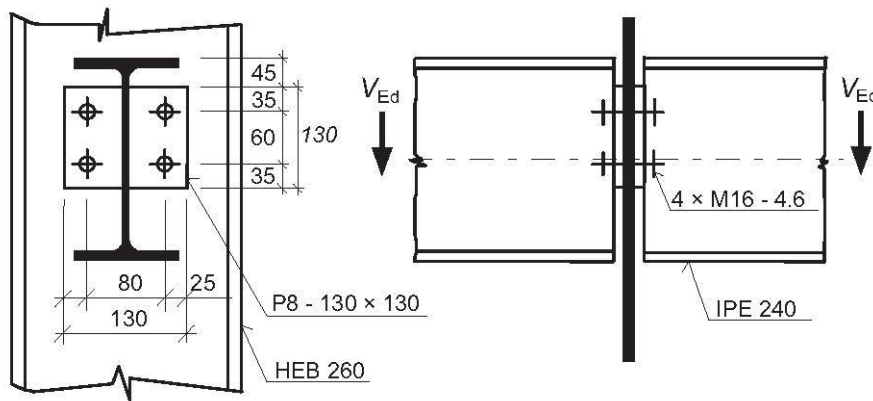
Provjera nosivosti

$$\frac{F_{w,Ed,1}}{F_{w,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{16,19}{16,63} = 0,973 \leq 1 \rightarrow \text{kontrola zadovoljena}$$

Primjer 2

Provjeriti nosivost veze podužnih greda i stuba. Veza je ostvarena pomoću kratke čeone ploče dimenzija 130*130 mm, debljine 8 mm i 4 zavrtnja M16 sa punim navojem, klase 4.6. Poprečni presjek greda je IPE 240 a stuba HEB 260. Čeona ploča zavarena je za rebro greda ugaonim šavovima efektivne dužine 130 mm i debljine 3 mm. Na vezu djeluje proračunska smičuća sila $V_{Ed} = 48,8$ kN. Klasa čelika osnovnog materijala je S235.



Provjera minimalnih rastojanja i razmaka između spojnih sredstava

Rastojanje do kraja e_1

$$\min e_1 = 1,2 \cdot d_0$$

Za zavrtnaj M16 $d_0 = 18$ mm.

$$\min e_1 = 1,2 \cdot 18 = 21,6 \text{ mm}$$

U našem slučaju $e_1 = 35$ mm pa je ovaj uslov ispunjen.

Razmak između spojnih sredstava u pravcu djelovanja sile

$$\min p_1 = 2,2 \cdot d_0 = 39,6 \text{ mm}$$

U našem slučaju $p_1 = 60$ mm pa je ovaj uslov ispunjen.

Rastojanje do ivice e_2

$$\min e_2 = 1,2 \cdot d_0 = 21,6 \text{ mm}$$

U našem slučaju $e_2 = 25$ mm pa je ovaj uslov ispunjen.

Nosivost spojnih sredstava

Nosivost zavrtnjeva na smicanje

Smičuća ravan prolazi kroz dio zavrtnja sa navojem.

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}}$$

Za zavrtnaj klase 4.6 $\rightarrow f_{ub} = 40$ kN/cm²

$$A_s = 1,57 \text{ cm}^2$$

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

$$F_{v,Rd,1} = \frac{0,6 \cdot 40 \cdot 1,57}{1,25} = 30,1 \text{ kN}$$

Kako imamo dvije smičuće ravni ukupna nosivost pojedinačnog zavrtnja na smicanje je:

Tabela 3.3

Tabela 3.4

$$F_{v,Rd} = 2 \cdot 30,1 = 60,2 \text{ kN}$$

Nosivost na pritisak po omotaču rupe

Prvo je potrebno odrediti mjerodavnu debljinu paketa limova. Mjerodavna je manja vrijednost.

$$\text{Čeone ploče} \quad 8 + 8 = 16 \text{ mm}$$

$$\text{Rebro stuba} \quad 10 \text{ mm}$$

→ za pritisak po omotaču rupe mjerodavno je rebro stuba.

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}}$$

Nosivost na pritisak po omotaču rupe zasebno se određuje za zavrtnjeve u krajnjem redu i zavrtnjeve u unutrašnjim redovima.

Ivični zavrtnj u krajnjem redu

$$\alpha_b = \frac{e_1}{3d_0} \leq \begin{cases} 1 \\ \frac{f_{ub}}{f_u} \end{cases}$$

$$\alpha_b = \frac{35}{3 \cdot 18} = 0,648 \leq \begin{cases} 1 \\ \frac{40}{36} = 1,11 \end{cases}$$

$$\rightarrow \alpha_b = 0,648$$

$$k_1 = \min \begin{cases} 2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7 \leq 2,5 \\ 1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7 \leq 2,5 \end{cases}$$

$$k_1 = 2,8 \frac{25}{18} - 1,7 = 2,19 \leq 2,5$$

Drugi uslov se ne kontroliše jer nemamo p_2 .

$$\rightarrow k_1 = 2,19$$

$$F_{b,Rd} = \frac{2,19 \cdot 0,648 \cdot 36 \cdot 1,6 \cdot 1,0}{1,25} = 65,4 \text{ kN}$$

Ivični zavrtnj u unutrašnjem redu

$$\alpha_b = \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4} \leq \begin{cases} 1 \\ \frac{f_{ub}}{f_u} \end{cases}$$

$$\alpha_b = \frac{60}{3 \cdot 18} - \frac{1}{4} = 0,861 \leq \begin{cases} 1 \\ \frac{40}{36} = 1,11 \end{cases}$$

$$\rightarrow \alpha_b = 0,861$$

Faktor k_1 isti je kao u prethodnom slučaju.

$$\rightarrow k_1 = 2,19$$

$$F_{b,Rd} = \frac{2,19 \cdot 0,861 \cdot 36 \cdot 1,6 \cdot 1,0}{1,25} = 86,89 \text{ kN}$$

Tabela 3.4

Nosivost spojnih sredstava

Kako je nosivost na smicanje zavrtneja manja od nosivosti na pritisak po omotaču rupe ne može se ostvariti plastična preraspodjela naprežanja. Nosivost spojnih sredstava treba provjeriti prema sljedećem:

$$\frac{N_{Ed}}{F_{Rd}} \leq 1$$

$$F_{Rd} = n \cdot \min \begin{cases} F_{v,Rd,i} \\ F_{b,Rd,i} \end{cases}$$

$$F_{Rd} = 4 \cdot \min \begin{cases} F_{v,Rd,i} = 60,2 \text{ kN} \\ F_{b,Rd,i} = 65,4 \text{ kN} \end{cases}$$

$$\rightarrow F_{Rd} = 4 \cdot 60,2 = 240,8 \text{ kN}$$

Provjera nosivosti

$$\frac{N_{Ed}}{F_{Rd}} \leq 1$$

$$\frac{2 \cdot 48,8}{240,8} = 0,405 \leq 1 \rightarrow \text{kontrola zadovoljena}$$

Tačka 3.7 (1)

Nosivost osnovnog elementa

Potrebno je provjeriti dio rebra preko kojeg se prenosi ukupna sila V_{Ed} (dio za koji je zavarena čelona ploča) na smicanje.

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} \leq 1$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}}$$

$$A_v = t_w \cdot 13$$

Za IPE 240 $t_w = 6,2 \text{ mm}$.

$$A_v = 0,62 \cdot 13 = 8,06 \text{ cm}^2$$

$$\rightarrow V_{pl,Rd} = \frac{8,06 \cdot 23,5}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 109,4 \text{ kN}$$

Provjera nosivosti

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{48,8}{109,4} = 0,446 \leq 1 \rightarrow \text{kontrola zadovoljena}$$

MEST EN 1993-1-1 izraz 6.18

Nosivost ugaonih šavova

Pojednostavljena metoda

Ugaoni šavovi opterećeni su samo smičućom silom u pravcu pružanja šava.

$$F_{w,Ed} = \frac{F_w}{l_{eff}}$$

$$F_{w,Ed} = \frac{48,8}{13} = 3,754 \text{ kN/cm}$$

$$F_{w,Rd} = f_{vw,d} a$$

$$F_{w,Rd} = \frac{f_u}{\sqrt{3} \beta_w \gamma_{M2}} a$$

Za klasu čelika S235 $f_u = 36 \text{ kN/cm}^2$ a korelacioni faktor je $\beta_w = 0,80$.

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

$$\rightarrow F_{w,Rd} = \frac{36}{\sqrt{3} \cdot 0,80 \cdot 1,25} \cdot 0,3 \cdot 2 = 12,47 \text{ kN/cm}$$

Provjera nosivosti

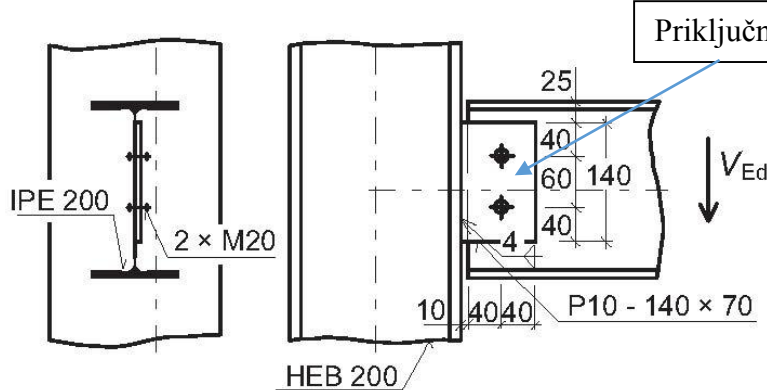
$$\frac{F_{w,Ed}}{F_{w,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{3,754}{12,47} = 0,3 \leq 1 \rightarrow \text{kontrola zadovoljena}$$

Zato što šav imamo sa obje strane rebra

Primjer 3

Provjeriti nosivost veze grede i stuba ostvarene pomoću priključnog lima i dva zavrtnja M20 sa punim navojem, klase 5.6. Priključni lim je dimenzija 70*140 mm a debljine 10 mm. Priključni lim je zavaren za nožicu stuba ugaonim šavovima debljine 4 mm. Na vezu djeluje proračunska smičuća sila $V_{Ed} = 30 \text{ kN}$. Klasa čelika osnovnog materijala je S235.



Provjera minimalnih rastojanja i razmaka između spojnih sredstava

Rastojanje do kraja e_1

$$\min e_1 = 1,2 \cdot d_0$$

Za zavrtnaj M20 $d_0 = 22 \text{ mm}$.

$$\min e_1 = 1,2 \cdot 22 = 26,4 \text{ mm}$$

U našem slučaju $e_1 = 40 \text{ mm}$ pa je ovaj uslov ispunjen.

Razmak između spojnih sredstava u pravcu djelovanja sile

$$\min p_1 = 2,2 \cdot d_0 = 48,4 \text{ mm}$$

U našem slučaju $p_1 = 60 \text{ mm}$ pa je ovaj uslov ispunjen.

Rastojanje do ivice e_2

$$\min e_2 = 1,2 \cdot d_0 = 26,4 \text{ mm}$$

U našem slučaju $e_2 = 40 \text{ mm}$ pa je ovaj uslov ispunjen.

Nosivost spojnih sredstava

Nosivost zavrtnjeva na smicanje

Smičuća ravan prolazi kroz dio zavrtnja sa navojem.

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}}$$

Za zavrtnaj klase 5.6 $\rightarrow f_{ub} = 50 \text{ kN/cm}^2$

Tabela 3.3

Tabela 3.4

$$A_s = 2,45 \text{ cm}^2$$

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 \cdot 50 \cdot 2,45}{1,25} = 58,8 \text{ kN}$$

Nosivost na pritisak po omotaču rupe

Prvo je potrebno odrediti mjerodavnu debljinu paketa limova. Mjerodavna je manja vrijednost.

Priključni lim 10 mm

Rebro grede 5,6 mm

→ za pritisak po omotaču rupe mjerodavno je rebro grede.

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}}$$

Nosivost na pritisak po omotaču rupe zasebno se određuje za zavrtnjeve u krajnjem redu i zavrtnjeve u unutrašnjim redovima.

Ivični zavrtnanj u krajnjem redu

$$\alpha_b = \frac{e_1}{3d_0} \leq \begin{cases} 1 \\ \frac{f_{ub}}{f_u} \end{cases}$$

$$\alpha_b = \frac{65}{3 \cdot 22} = 0,985 \leq \begin{cases} 1 \\ \frac{50}{36} = 1,39 \end{cases}$$

$$\rightarrow \alpha_b = 0,985$$

$$k_1 = \min \begin{cases} 2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7 \leq 2,5 \\ 1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7 \leq 2,5 \end{cases}$$

$$k_1 = 2,8 \frac{40}{22} - 1,7 = 3,39 \leq 2,5$$

$$\rightarrow k_1 = 2,5$$

$$F_{b,Rd} = \frac{2,5 \cdot 0,985 \cdot 36 \cdot 2,0 \cdot 0,56}{1,25} = 79,43 \text{ kN}$$

Ivični zavrtnanj u unutrašnjem redu

$$\alpha_b = \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4} \leq \begin{cases} 1 \\ \frac{f_{ub}}{f_u} \end{cases}$$

$$\alpha_b = \frac{60}{3 \cdot 22} - \frac{1}{4} = 0,659 \leq \begin{cases} 1 \\ \frac{50}{36} = 1,39 \end{cases}$$

$$\rightarrow \alpha_b = 0,659$$

Faktor k_1 isti je kao u prethodnom slučaju.

$$\rightarrow k_1 = 2,5$$

$$F_{b,Rd} = \frac{2,5 \cdot 0,659 \cdot 36 \cdot 2,0 \cdot 0,56}{1,25} = 53,14 \text{ kN}$$

Izraz 3.4

Nosivost spojnih sredstava

Nosivost nastavka treba provjeriti prema sljedećem:

$$\frac{N_{Ed}}{F_{Rd}} \leq 1$$

$$F_{Rd} = n \cdot \min \begin{cases} F_{v,Rd,i} \\ F_{b,Rd,i} \end{cases}$$

$$F_{Rd} = 2 \cdot \min \begin{cases} F_{v,Rd,i} = 58,8 \text{ kN} \\ F_{b,Rd,i} = 53,14 \text{ kN} \end{cases}$$

$$\rightarrow F_{Rd} = 2 \cdot 53,14 = 106,28 \text{ kN}$$

Provjera nosivosti

$$\frac{N_{Ed}}{F_{Rd}} \leq 1$$

$$\frac{30}{106,28} = 0,28 \leq 1 \rightarrow \text{kontrola zadovoljena}$$

Nosivost priključnog lima

Proračunska sila smicanja V_{Ed} djeluje u težištu grupe spojnih sredstava. U našem slučaju na 50 mm od nožice stuba. Uslijed ovog malog ekscentriciteta priključni lim a i šavovi koji ga povezuju sa nožicom stuba opterećeni su i na savijanje.

$$M_{Ed} = V_{Ed} \cdot 0,05 = 1,5 \text{ kNm}$$

Nosivost priključnog lima na smicanje

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} \leq 1$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}}$$

$$A_v = 1 \cdot 14 = 14 \text{ cm}^2$$

$$\rightarrow V_{pl,Rd} = \frac{14 \cdot 23,5}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 189,9 \text{ kN}$$

Provjera nosivosti

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{30}{189,9} = 0,15 \leq 1 \rightarrow \text{kontrola zadovoljena}$$

Nosivost priključnog lima na savijanje

Usvojicemo da je priključni lim klase 3.

$$\frac{M_{Ed}}{M_{el,Rd}} \leq 1$$

$$M_{el,Rd} = \frac{W_{el} f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$W_{el} = \frac{1 \cdot 14^2}{6} = 32,67 \text{ cm}^3$$

$$\rightarrow M_{el,Rd} = \frac{32,67 \cdot 23,5}{1,0} = 7,7 \text{ kNm}$$

Provjera nosivosti

$$\frac{M_{Ed}}{M_{el,Rd}} \leq 1$$

Tačka 3.7 (1)

MEST EN 1993-1-1
1 izraz 6.18

$$\frac{1,5}{7,7} = 0,19 \leq 1 \rightarrow \text{kontrola zadovoljena}$$

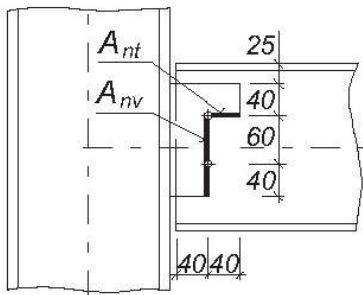
Potrebno je još sprovesti kontrolu nosivosti na savijanje i smicanje. Međutim kako je mala iskorišćenost nosivost na savijanje i smicanje zasebno i ova kontrola sigurno je zadovoljena.

Nosivost na cijepanje bloka priključnog lima

$$\frac{N_{Ed}}{V_{eff,2,Rd}} \leq 1$$

$$V_{eff,2,Rd} = \frac{0,5A_{nt}f_u}{\gamma_{M2}} + \frac{A_{nv}f_y}{\sqrt{3}\gamma_{M0}}$$

Izraz 3.10



$$A_{nt} = (40 - 22/2) \cdot 10 = 2,9 \text{ cm}^2$$

$$A_{nv} = (60 + 40 - 1,5 \cdot 22) \cdot 10 = 6,7 \text{ cm}^2$$

$$V_{eff,2,Rd} = \frac{0,5 \cdot 2,9 \cdot 36}{1,25} + \frac{6,7 \cdot 23,5}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 132,66 \text{ kN}$$

Provjera nosivosti

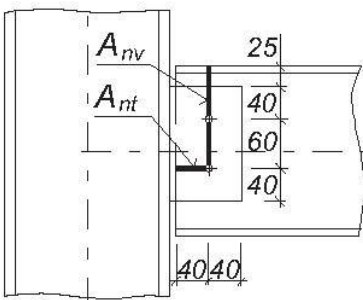
$$\frac{30}{132,66} = 0,226 \leq 1 \rightarrow \text{kontrola zadovoljena}$$

Nosivost na cijepanje bloka rebra grede

$$\frac{N_{Ed}}{V_{eff,2,Rd}} \leq 1$$

$$V_{eff,2,Rd} = \frac{0,5A_{nt}f_u}{\gamma_{M2}} + \frac{A_{nv}f_y}{\sqrt{3}\gamma_{M0}}$$

Izraz 3.10



$$A_{nt} = (40 - 22/2) \cdot 5,6 = 1,624 \text{ cm}^2$$

$$A_{nv} = (60 + 40 + 25 - 1,5 \cdot 22) \cdot 5,6 = 5,152 \text{ cm}^2$$

$$V_{eff,2,Rd} = \frac{0,5 \cdot 1,624 \cdot 36}{1,25} + \frac{5,152 \cdot 23,5}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 93,28 \text{ kN}$$

Provjera nosivosti

$$\frac{30}{93,28} = 0,321 \leq 1 \rightarrow \text{kontrola zadovoljena}$$

Ova kontrola je konzervativna jer se ne uzima u obzir nožica presjeka.

Nosivost ugaonih šavova

Direktna metoda

Napon u šavovima u ravni čeone ploče.

$$\sigma_{w,Ed} = \frac{M_{Ed}}{W_{el,w}}$$

$$W_{el,w} = \frac{2al^2}{6}$$

$$\rightarrow W_{el,w} = \frac{2 \cdot 0,4 \cdot 14^2}{6} = 26,13 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_{w,Ed} = \frac{1,5 \cdot 100}{26,13} = 5,74 \text{ kN/cm}^2$$

Naponi u mjerodavnoj ravni šava.

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{\sigma_w}{\sqrt{2}} = 4,06 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{Ed}}{2al} = \frac{30}{2 \cdot 0,4 \cdot 14} = 2,68 \text{ kN/cm}^2$$

Za klasu čelika S235 $f_u = 36 \text{ kN/cm}^2$ a korelacioni faktor $\beta_w = 0,80$.

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

Provjera nosivosti

$$[\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} \leq f_u / (\beta_w \gamma_{M2})$$

i

$$\sigma_{\perp} \leq 0,9 f_u / \gamma_{M2}$$

$$[4,06^2 + 3(4,06^2 + 2,68^2)]^{0,5} \leq 36 / (0,8 \cdot 1,25)$$

$$9,35 \leq 36 \rightarrow \text{kontrola zadovoljena}$$

$$4,06 \leq 0,9 \cdot 36 / 1,25 = 25,92 \rightarrow \text{kontrola zadovoljena}$$

Izraz 4.1