

Krute veze pod uglom

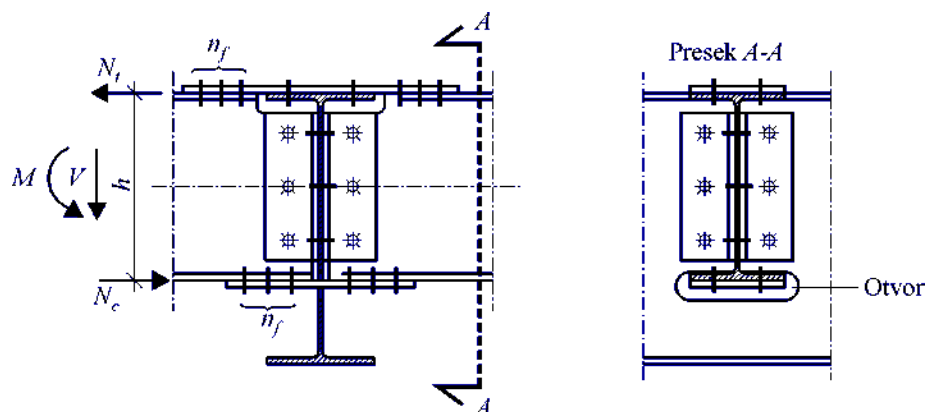
Karakteristike krutih veza

- Krute veze su sposobne da prenesu i momente savijanja;
- Krute veze mogu da budu između dva nosača (roštiljni sistem), ili između nosača i stuba (okvirni sistem);
- Primenom krutih veza se obezbeđuje bolja preraspodela momenata savijanja i, u većini slučajeva, manja naprezanja;
- Primenom krutih veza ostvaruje se kontinuiranje nosača što utiče na smanjenje deformacija (ugiba);
- Da bi se obezbedilo prenošenje momenata savijanja potrebno je predvideti posebne konstrukcijske elemente, pa krute veze iziskuju veći utrošak čelika od zglobnih, a i izrada je nešto složenija;
- Sistemi sa krutim vezama (višestruko statički neodređenih nosači) su osetljivi na neravnomerno sleganje oslonaca;

Podela krutih veza prema načinu oblikovanja

- **Krute veze sa kontinuitet lamelom** (npr. veze podužnih i poprečnih nosača kod železničkih mostova, ...)
- **Krute veze sa čeonom pločom** (npr. veze između grede i stuba okvirnog nosača, ...)

Krute veze sa kontinuitet lamelom



Proračun krute veze sa kontinuitet lamelnom

Kod krutih veza potrebno je obezbediti prenošenje momenta savijanja (M) i transversalnih sila (V_1 i V_2);

Osnovni koraci pri proračunu su:

- Kontrola napona u oslabljenom preseku,
- Dimenzionisanje kontinuitet lamele i njene veze sa nožicom nosača (prenošenje momenta savijanja M);
- Proračun veze rebra nosača (prenošenje transversalnih sila V_1 i V_2)

Kontrola napona u oslabljenom preseku

Kontrola normalnih napona:

$$\sigma_{\max} = \frac{M}{W_{\text{net}}} < \sigma_{\text{dop}}$$

Kontrola smičućih napona:

$$\tau = \frac{V \cdot S}{I \cdot t_w} \approx \frac{V}{A} \leq \tau_{\text{dop}}$$

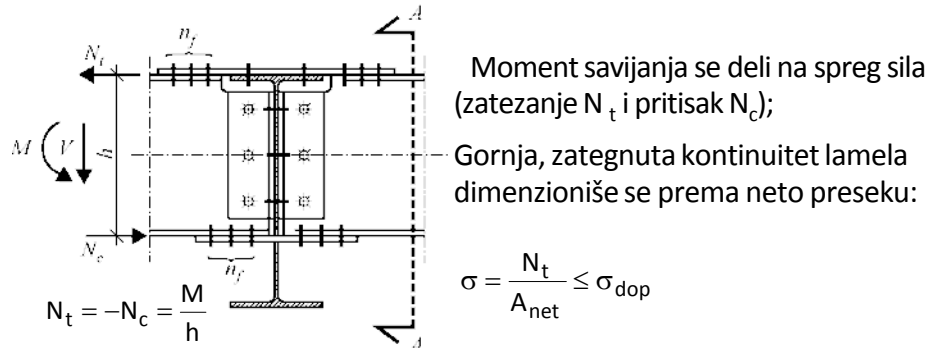
M moment savijanja na mestu veze,

V transversalna sila na mestu veze,

W_{net} otporni moment neto preseka,

A_w površina rebra nosača,

Dimenzionisanje kontinuitet lamele



Potrebna debljina kontinuitet lamele

Obični zavrtnjevi

Prednapregnuti visokovredni zavrtnjevi

$$t \geq \frac{N_t}{\sigma_{dop} \cdot (b - n_{f,1} \cdot d_{0,f})} \quad t \geq \frac{N_{t,red}}{\sigma_{dop} \cdot (b - n_{f,1} \cdot d_{0,f})} \quad N_{t,red} = N_t - 0,4 \cdot n_{f,1} \cdot F_{s,dop}$$

Proračun veze kontinuitet lamele sa nožicim nosača

Veza se po pravilu ostvaruje pomoću zavrtnjeva (običnih ili visokovrednih, prednapregnutih)

Potreban broj zavrtnjeva se određuje na osnovu sile zatezanja N_t :

$$n_f \geq \frac{N_t}{F_{f,dop}}$$

$F_{f,dop}$ nosivost zavrtnja na smicanje (zavrtanj je po pravilu jednosečan);

Prenošenje sile pritiska u zoni donje nožice

Može da se ostvari na više načina:

1. Isto kao u slučaju zategnute nožice pomoću kontinuitet lamele i zavrtnjeva; U ovom slučaju neophodno je da se predvidi otvor u rebro poprečnog (primarnog) nosača (mostogradanja);
2. Direktnim kontaktom preko podmetača od ravnog lima (zgradarstvo);
3. Pomoću stolice;

Prenošenje transversalne sile preko rebra nosača

Može da se ostvari na dva načina:

- Pomoću priključnih ugaonika i zavrtnjeva serije 1 i serije 2 (V , M_e)
- Pomoću čelone ploče i zavrtnjeva (V);

Rešenje sa priključnim ugaonicima

Važe sva pravila kao i kod zglobnih veza sa priključnim ugaonicima!

Zavrtnjevi serije 1:
$$n \geq \frac{1}{F_{\text{dop}}} \sqrt{V^2 + \left(\frac{6 \cdot M_e}{h} \right)^2}$$

Sila usled smicanja

$$F_v = \frac{V}{n}$$

Sila usled momenta savijanja

$$\max F_M = \frac{M_e \cdot h_n}{\sum h_i^2}$$

Kontrola nosivosti najopterećenijeg zavrtnja

$$F_{R,\max} = \sqrt{F_v^2 + \max F_M^2} \leq F_{\text{dop}}$$

Zavrtnjevi serije 2

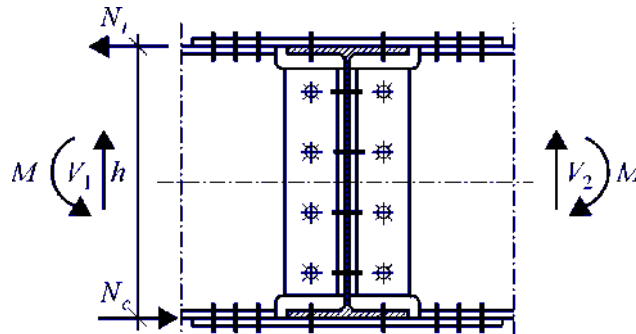
Kontrola nosivosti zavrtnjeva na smicanje (zavrtnjevi su jednosečni):

$$F_{v,1} = \frac{V_1}{2n} \leq F_v \quad F_{v,2} = \frac{V_2}{2n} \leq F_v$$

Kontrola nosivosti zavrtnjeva na pritisak po omotaču rupe:

$$F_v = \frac{V_1 + V_2}{2n} \leq F_b$$

Varijanta krute veze u slučaju nosača iste visine



Obostrano zasecanje nožica;

Gornja i donja lamela su istih dimenzija;

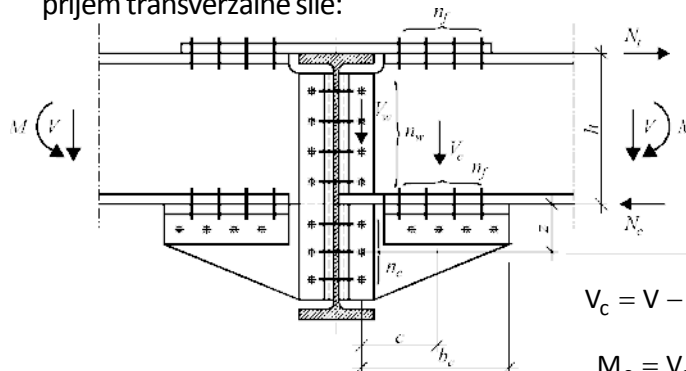
Zavrtnjevi za vezu poprečnog (primarnog) nosača sa kontinuitet lamelama su konstruktivnog karaktera!

Veza podužnih i poprečnih nosača sa kontinuitet lamelom i stolicom

Primenjuju se kada broj zavrtnjeva na rebru (n_w) nije dovoljan za

$$V > V_w = n_w \cdot F_{v,dop}$$

prijem transverzalne sile:

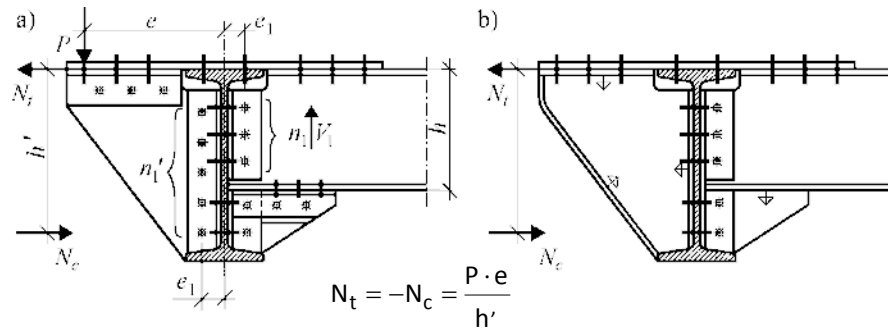


Dodatni zavrtnjevi koji se postavljaju na stolici (n_c) dimenzionišu se na sledeće uticaje:

$$V_c = V - V_w = V - n_w \cdot F_{v,dop}$$

$$M_c = V_c \cdot c - N_c \cdot z$$

Veza konzolnog završetka podužnog nosača



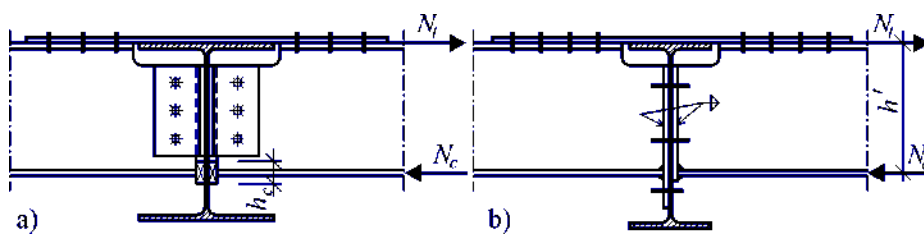
Zavrtnjevi serije 1

$$n_1' \geq \frac{1}{F_{w,1,dop}} \sqrt{P^2 + \left(\frac{6 \cdot P \cdot e_1}{h'} \right)^2}$$

Zavrtnjevi serije 2

$$n_2' \geq \frac{P}{F_{w,2,dop}}$$

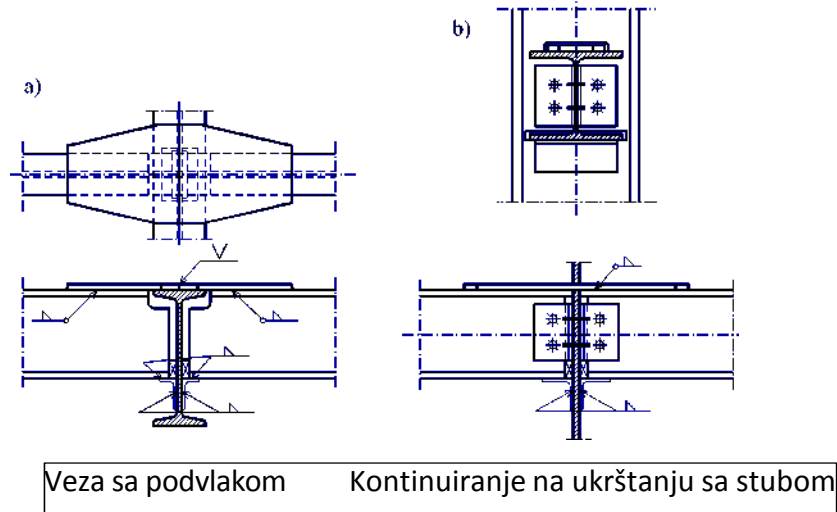
Krute veze sa kontinuitet lamelama u zgradarstvu



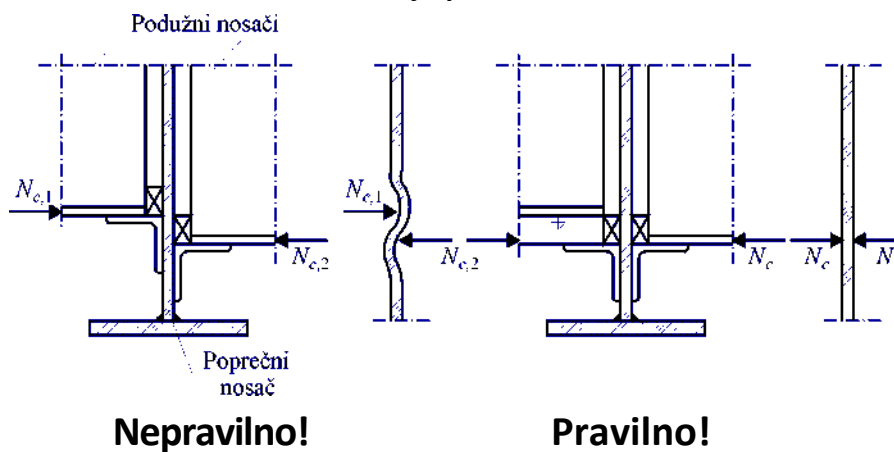
a. Veze sa podmetačem u pritisnutoj zoni

b. Veze sa čeonim pločama

**Primeri kontinuiranja nosača u zgradarstvu,
pomoću zavarenih kontinuitet lamela**

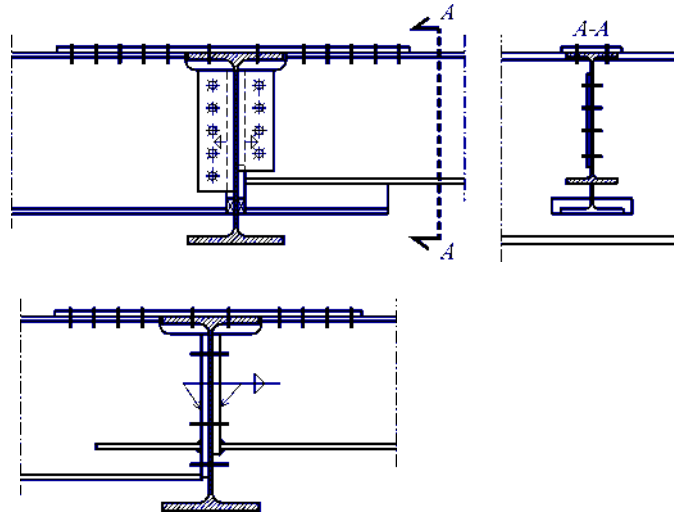


**Kontinuiranje nosača različitih visina –
oblikovanje pritisnute zone**

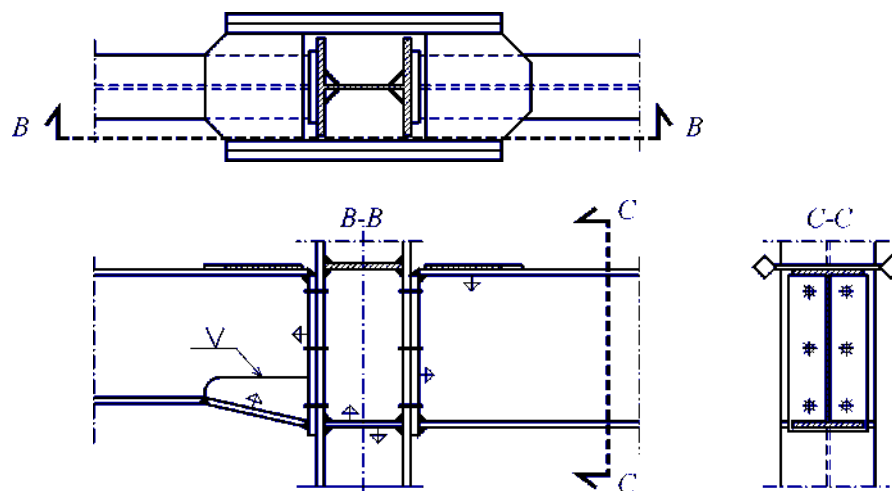


Izbegavati krivljenje rebra poprečnog nosača u zoni unošenja sila pritiska!

**Primeri pravilnog oblikovanje kontinualne
veze podužnih nosača različite visine**



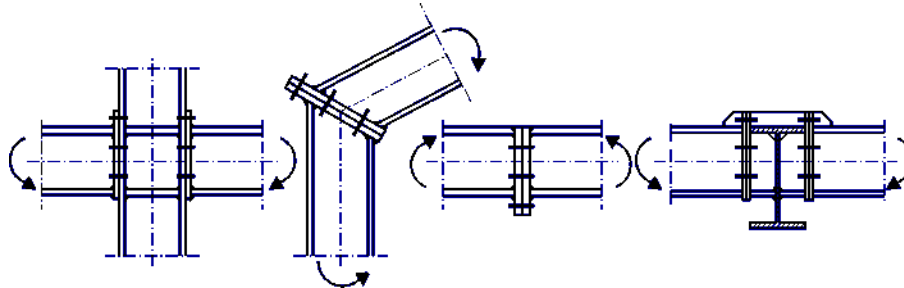
**Primer kontinuiranja nosača različitih visina na
ukrštanju sa stubom**



Krute veze sa čeonom pločom



Polje primene krutih veza sa čeonom pločom



Najčešće se koriste za :

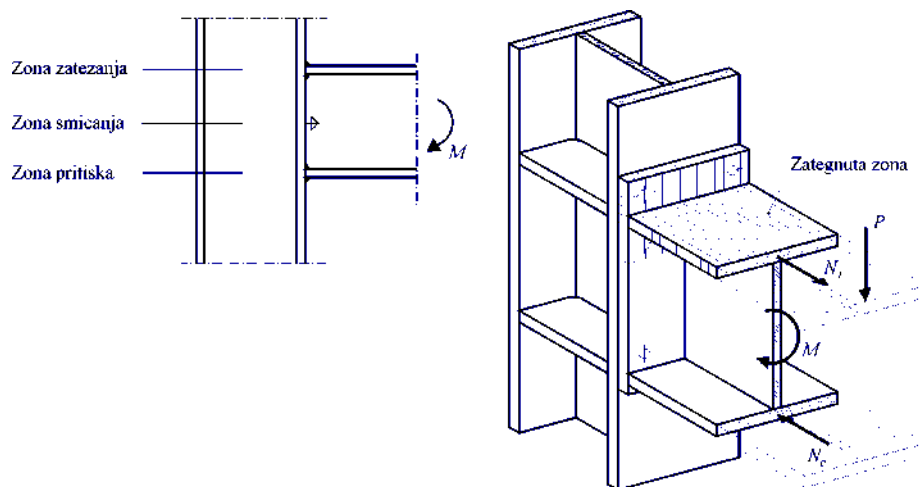
- Veze greda sa stubovima kod okvirnih nosača;
- Montažne nastavke nosača;
- Kontinuiranje sekundarnih nosača kod roštiljnih konstrukcija;

Uslovi za primenu krutih veza sa čeonom pločom

- Opterećenja su pretežno mirna – statičkog karaktera;
- Nosač i čeona ploča su od čelika čija granica razvlačenja f_y nije manja od 240 MPa;
- Nosač je izraden od I profila koji ispunjava uslov $I_w/I < 0,15$;
- Primenuju se prednapregnuti visokovredni zavrtnjevi klase čvrstoće 10.9;

Svi ovi uslovi se mogu ostvariti kod konstrukcija u zgradarstvu!

Različite zone naprezanja kod krutih veza sa čeonom pločom



Potencijalni oblici loma

Zona zatezanja:

- plastifikacija nožice grede,
- lom po šavovima,
- plastifikacija čeone ploče,
- plastifikacija nožice stuba,
- plastifikacija rebra stuba,
- lom po zavrtnjevima.

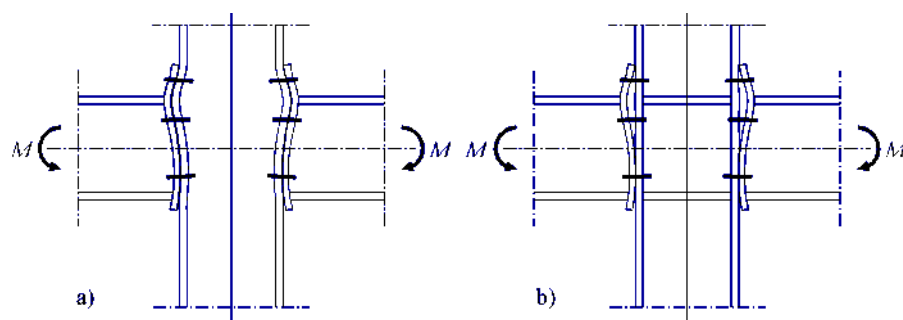
Zona pritiska:

- gnječenje rebra stuba,
- izbočavanje rebra stuba.

smicanja:

- smicanje rebra stuba (panelni mehanizam loma).

Deformacije elemenata veze



Neukruženo rebro stuba

Ukruženo rebro stuba

Osnovni elementi krute veze sa čeonom pločom - JUS

- Zavrtnjevi za vezu čeone ploče sa priključnom površinom;
- Priključna površina (npr. nožica stuba);
- Čeona ploča;
- Šavovi za vezu nosača sa čeonom pločom;

Stanardni tipovi čeonih ploča

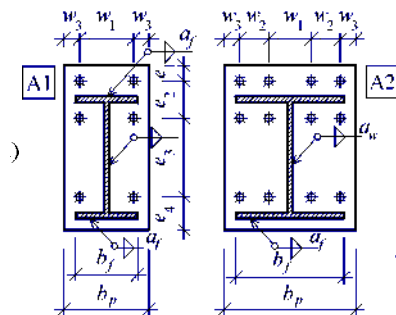
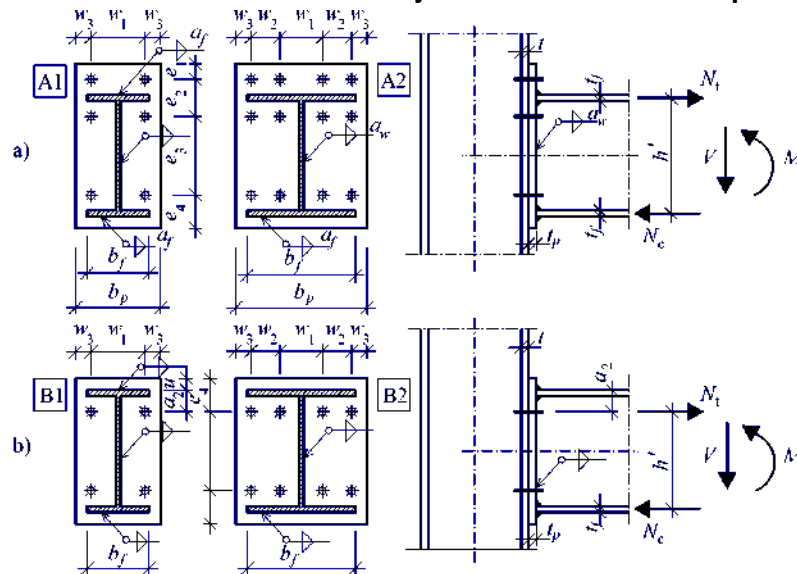
Čeone ploče sa prepustom – grupa A

- sa 2 zavrtnja u redu – A1 (uske)
- sa 4 zavrtnja u redu – A2 (široke)

Čeone ploče bez prepusta – grupa B

- sa 2 zavrtnja u redu – B1 (uske)
- sa 4 zavrtnja u redu – B2 (široke)

Oblik i dimenzije standardih čeonih ploča



Standardna rastojanja između zavrtnjeva

Ova rastojana su manja od minimalnih,
propisanih za smičuće spojeve!

	u	a_1	e_1	e_2	w_1	w_2	w_3
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
M16		30	25	$2a_1 + t_f - 1 + \Delta$ $0 < \Delta < 4\text{mm}$	70 (80)	40	25
M20	10 za $h < 200\text{mm}$	40	30		90 (100)	45	30
M24	20 za $200 < h < 400$	50	35		110 (120)	55	35
M27	30 za $h > 400\text{mm}$	60	40		130 (140)	65	40
M30		60	45		130 (140)	70	45

NAPOMENE:

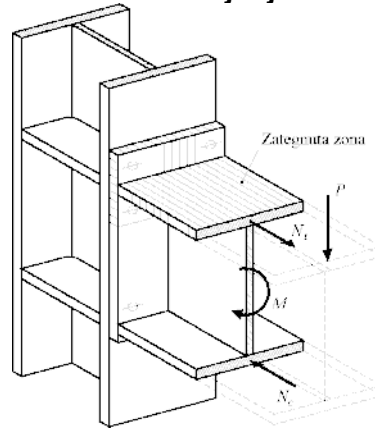
1. Vrednosti u zagradama se odnose na nosače sa debljinom rebra većom od 10 mm.
2. Δ je dodatak za zaokruživanje i na 5 mm.

Proračun zavrtnjeva za vezu čelone ploče

Zavrtnjevi u zoni zatezanja za prijem momenta savijanja

$$N_t = \frac{M}{h'}$$

$$h' = \begin{cases} h - t_f & \text{za grupu A} \\ h - a_2 - t_f / 2 & \text{za grupu B} \end{cases}$$



Kontrola nosivosti najopterećenijeg zavrtnja u zoni zatezanja

$$F_t \leq F_{t,dop} = v_3 \cdot F_p$$

F_t sila zatezanja u jednom zavrtnju usled momenta savijanja

Grupa	Tip 1	Tip 2
A	$F_t = \frac{N_t}{4} = \frac{M}{4h'}$	$F_t = \frac{N_t}{4 + 0,8 \cdot 4} = \frac{N_t}{7,2} = \frac{M}{7,2h'}$
B	$F_t = \frac{N_t}{2} = \frac{M}{2h'}$	$F_t = \frac{N_t}{2 + 0,8 \cdot 2} = \frac{N_t}{3,6} = \frac{M}{3,6h'}$

Zavrtnjevi za prijem transversalne sile (V)

$$F_v = \frac{V}{n_c} \leq F_{s,dop}$$

- Pritisak se prenosi kontaktom, pa se zavrtnjevi u pritiskutoj zoni koriste za prenošenje sile smicanja!
- Ukoliko zavrtnjevi u pritiskutoj zoni nisu dovoljni za prijem transversalne sile (V), onda se sila predaje i zavrtnjevima u zoni zatezanja! Oni se tada proveravaju na kombinovano naprezanje: zatezanje i smicanje!
- Zavrtnjevi su jednosečni;

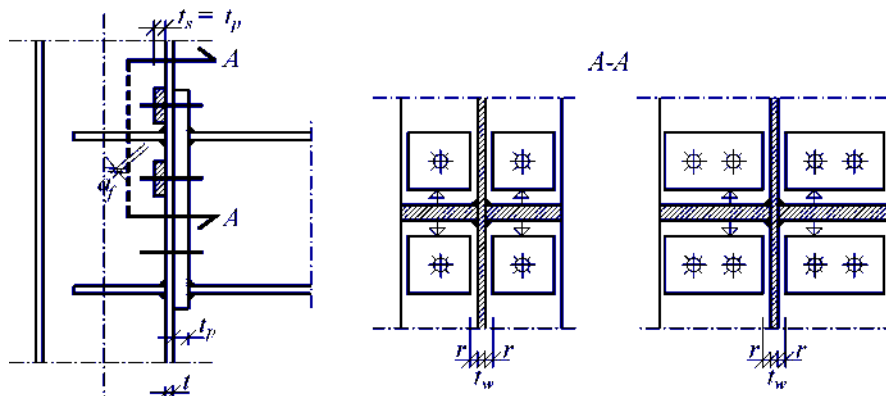
Određivanje debljine lima priključne površine (nožice stuba)

Tip veze		Debljina nožice t	
		A1	$0,80d$
		A2	$1,00d$
		B1	$1,00d$
		B2	$1,25d$
		A1	$1,10d$
		A2	$1,40d$
		B1	$1,00d$
		B2	$1,30d$

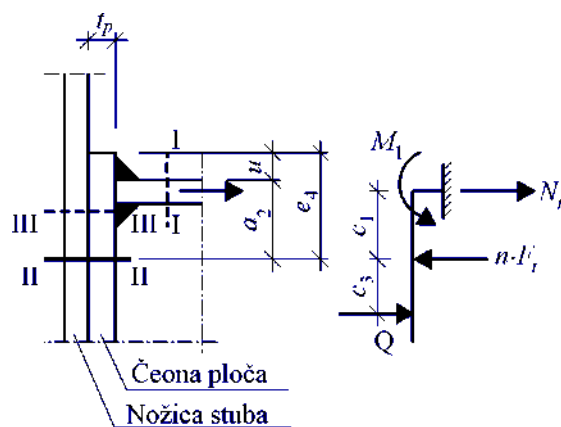
Debljina nožice stuba zavisi od: tipa veze, prečnika zavrtnja i ukrucenja na rebu nosača.

Debljina nožice stuba ne treba da bude manja od polovine debljine čelone ploče!

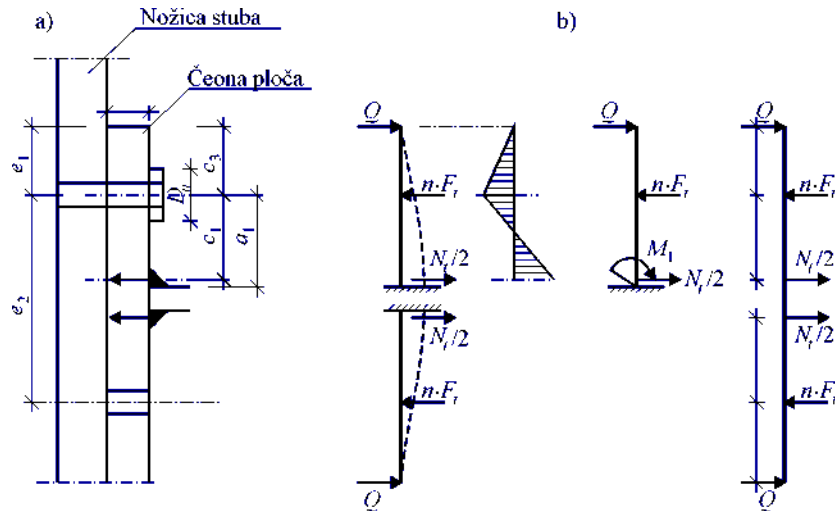
Povećanje krutosti nožica stuba pomoću kontra pločica



Proračun čelone ploče bez prepusta



Proračun čeone ploče sa prepustom



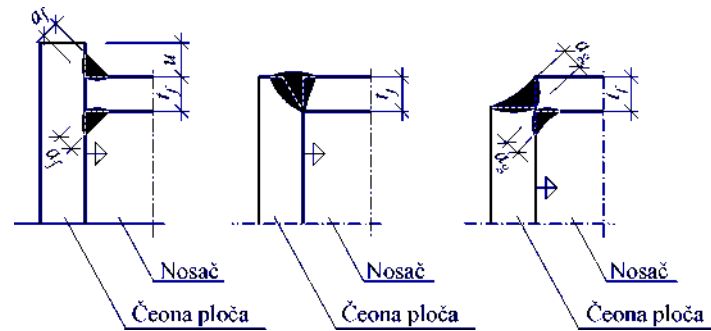
Uprošćen postupak određivanja debljine čeone ploče u funkciji prečnika zavrtnja

	Tip veze	Debljina čeone ploče d_p
	A1	$1,00a$
	A2	$1,25a$
	B1	$1,50a$
	B2	$1,70a$

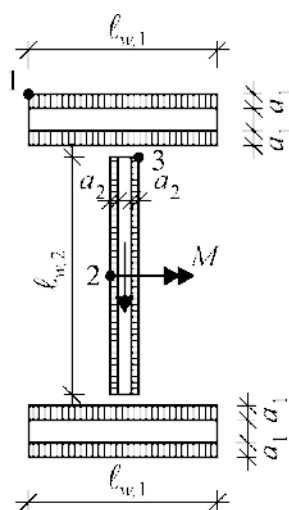
NAPOMENE:

1. Debljinu čeone ploče d_p zaokružiti na parne milimetre.
2. Kod čeonih ploča tipa A1 i A2, ukoliko su zavarene K šavom, debljinu ploče povećati za 10 mm.
3. Sa d je označen prečnik zavrtnja.

Veza čelone ploče sa zategnutom nožicom nosača



Proračun šavova za vezu nosača sa čelonom pločom



Tačka 1:

$$n = \frac{M}{W_{y,w}} \leq \sigma_{w,dop}$$

Tačka 2:

$$V_{II} = \frac{T \cdot S_{y,w,2}}{I_{y,w} \cdot 2 \cdot a_2} \leq \sigma_{w,dop}$$

Tačka 3:

$$n = \frac{M}{I_{y,w}} \cdot z_3 \quad V_{II} = \frac{T \cdot S_{y,w,2}}{I_{y,w} \cdot 2 \cdot a_2}$$

$$\sigma_u = \sqrt{n^2 + V_{II}^2} \leq \sigma_{w,dop}$$