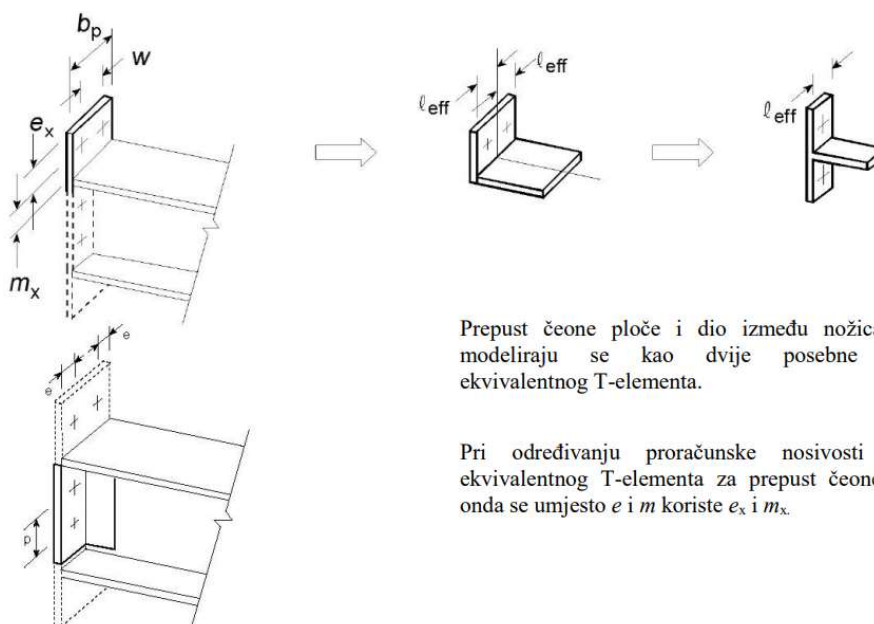


PROJEKTOVANJE VEZA I NASTAVAKA

- sedmi dio

Čeona ploča opterećena na savijanje (komponenta 5)

- Proračunsku nosivost i oblik loma čeone ploče opterećene savijanjem, zajedno sa odgovarajućim zavrtnjevima opterećenim na zatezanje, treba uzeti slično kao kod nožice ekvivalentnog T-elementa i to za:
 - svaki pojedinačni red zavrtnjeva koji prenosi zatezanje;
 - svaku grupu redova zavrtnjeva koja prenosi zatezanje.
- Grupe redova zavrtnjeva sa bilo koje strane ukrućenja koje je spojeno sa čeonom pločom treba da se razmatraju kao posebni ekvivalentni T-elementi. Kod čeonih ploča sa prepustom, red zavrtnjeva na prepustu takođe treba da se posmatra kao poseban ekvivalentni T-element, vidjeti sljedeću sliku. Proračunsku nosivost i oblik loma treba odrediti posebno za svaki ekvivalentni T-element.



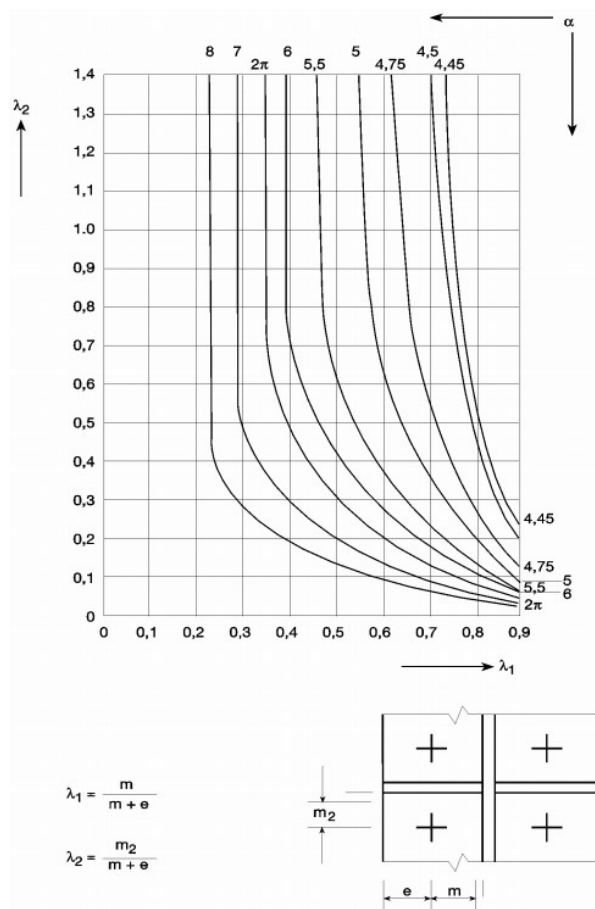
ČELIČNE KONSTRUKCIJE II

PREDAVANJE 12

- Efektivne dužine nožice ekvivalentnog T- elementa l_{eff} treba odrediti za svaki red zavrtnjeva prema sljedećoj tabeli (vrijednosti α se daju na dijagramu u nastavku).

Položaj reda zavrtnjeva	Red zavrtnjeva posmatran pojedinačno		Red zavrtnjeva posmatran kao dio grupe redova zavrtnjeva	
	Kružni raspored $l_{eff,cp}$	Raspored različit od kružnog $l_{eff,nc}$	Kružni raspored $l_{eff,cp}$	Raspored različit od kružnog $l_{eff,nc}$
Red zavrtnjeva izvan zategnute nožice grede	Najmanja vrijednost od: $2\pi m_x$ $\pi m_x + w$ $\pi m_x + 2e$	Najmanja vrijednost od: $4m_x + 1,25e_x$ $e + 2m_x + 0,625e_x$ $0,5b_p$ $0,5w + 2m_x + 0,625e_x$	—	—
Prvi red zavrtnjeva ispod zategnute nožice grede	$2\pi m$	αm	$\pi m + p$	$0,5p + \alpha m - (2m + 0,625e)$
Ostali unutrašnji redovi zavrtnjeva	$2\pi m$	$4m + 1,25e$	$2p$	p
Ostali krajnji redovi zavrtnjeva	$2\pi m$	$4m + 1,25e$	$\pi m + p$	$2m + 0,625e + 0,5p$
Oblik 1:	$l_{eff,1} = l_{eff,nc}$ ali $l_{eff,1} \leq l_{eff,cp}$		$\sum l_{eff,1} = \sum l_{eff,nc}$ ali $\sum l_{eff,1} \leq \sum l_{eff,cp}$	
Oblik 2:	$l_{eff,2} = l_{eff,nc}$		$\sum l_{eff,2} = \sum l_{eff,nc}$	

α treba odrediti sa slike 6.11.

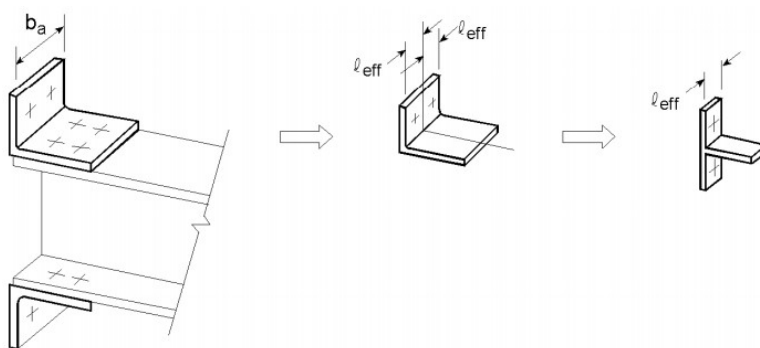


ČELIČNE KONSTRUKCIJE II

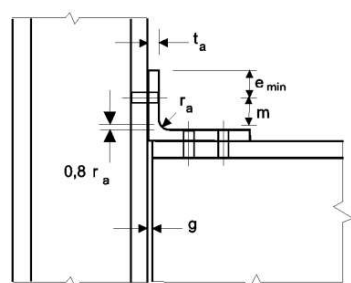
PREDAVANJE 12

Priključni ugaonik na nožici opterećen na savijanje (komponenta 6)

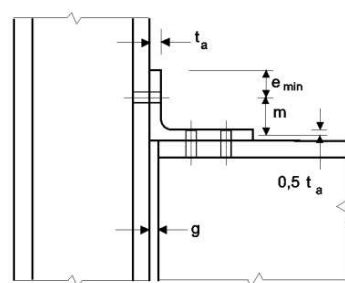
- Proračunsku nosivost i oblik loma priključnog ugaonika na nožici spojenog zavrtnjevima, koji je opterećen na savijanje, zajedno sa odgovarajućim zavrtnjevima opterećenim na zatezanje, treba uzeti slično kao kod nožice ekvivalentnog T-elementa.
- Efektivnu dužinu l_{eff} nožice ekvivalentnog T-elementa treba usvojiti kao $0,5 b_a$ gdje je b_a dužina priključnog ugaonika, vidjeti sljedeću sliku.



- Proračunsku nosivost ekvivalentnog T-elementa, treba sračunati s obzirom na dimenzije date na sljedećoj slici:



a) Razmak $g \leq 0,4t_a$



b) Razmak $g > 0,4t_a$

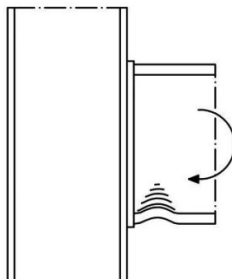
NAPOMENE

- Broj redova zavrtnjeva za vezu priključnog ugaonika sa nožicom stuba ograničen je na jedan;
- Broj redova zavrtnjeva za vezu priključnog ugaonika sa nožicom grede nije ograničen;
- Dužina priključnog ugaonika b_a može biti različita od širine nožice grede ili nožice stuba.

ČELIČNE KONSTRUKCIJE II

PREDAVANJE 12

Nožica i rebro grede opterećeni pritiskom (komponenta 7)



- Može se pretpostaviti da rezultanta proračunske nosivosti na pritisak nožice grede i susjedne pritisnute zone rebra djeluje u nivou centra pritiska. Proračunska nosivost na pritisak nožice grede i dijela rebra određuje se prema sljedećem izrazu:

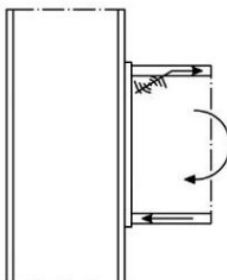
$$F_{c,fb,Rd} = M_{c,Rd} / (h - t_{fb})$$

gdje je:

h	visina spojene grede;
$M_{c,Rd}$	proračunski moment nosivosti poprečnog presjeka grede, redukovan ukoliko je neophodno da bi se uzeo u obzir uticaj smicanja, vidjeti EN 1993-1-1. Za grede sa vutama $M_{c,Rd}$ može da se sračuna zanemarujući unutrašnju nožicu;
t_{fb}	debljina nožice spojene grede.

- Ako je visina grede, uključujući vutu, veća od 600 mm, učešće rebra grede u proračunskoj nosivosti na pritisak treba da se ograniči na 20%.

Rebro grede opterećeno zatezanjem (komponenta 8)



ČELIČNE KONSTRUKCIJE II

PREDAVANJE 12

- Kod spoja sa čeonom pločom sa zavrtnjevima, proračunska nosivost rebra grede na zatezanje treba da se odredi na sljedeći način:

$$F_{t,wb,Rd} = b_{eff,t,wb} t_{wb} f_{y,wb} / \gamma_{M0}$$

- Treba uzeti da je efektivna širina $b_{eff,t,wb}$ zategnutog rebra grede jednaka efektivnoj dužini ekvivalentnog T-elementa koji predstavlja čeonu ploču opterećenu na savijanje, za pojedinačni red zavrtnjeva ili grupu zavrtnjeva.

Lim opterećen zatezanjem ili pritiskom (komponenta 9)

- Proračun ove komponente svodi se na proračun nosivosti zategnutog ili pritisnutog elementa, vidjeti EN 1993-1-1.

Komponente 10, 11 i 12

- Proračun ovih komponenti je obrađen kada se govorilo o proračunskoj nosivosti zavrtnjeva.

Beton opterećen na pritisak, uključujući i materijal za podlivanje (komponenta 13)

- Proračunska nosivost na kontaktni pritisak veze između ležišne ploče i betonskog oslonca treba da se odredi uzimajući u obzir svojstva materijala i dimenzije materijala za podlivanje i betonskog oslonca. Betonski oslonac treba proračunati prema EN 1992.
- Proračunska nosivost betona na pritisak, uključujući i materijal na podlivanje, zajedno sa odgovarajućom ležišnom pločom opterećenom savijanjem $F_{c,pl,Rd}$, treba uzeti slično kao kod ekvivalentnog T-elementa.

ČELIČNE KONSTRUKCIJE II

PREDAVANJE 12

Ležišna ploča opterećena na savijanje usljed pritiska (komponenta 14)

- Proračunsku nosivost ležišne ploče opterećene na savijanje usljed pritiska, zajedno sa betonskom pločom na koju se oslonačka veza stuba postavlja $F_{c,pl,Rd}$, treba uzeti slično kao kod ekvivalentnog T-elementa.

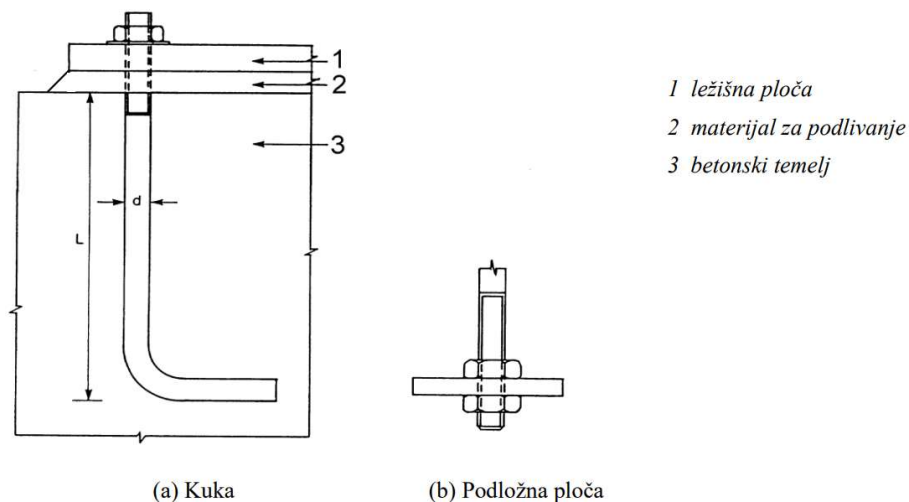
Ležišna ploča opterećena na savijanje usljed zatezanja (komponenta 15)

- Proračunska nosivost i oblik loma ležišne ploče opterećene na savijanje usljed zatezanja, zajedno sa odgovarajućim anker zavrtnjevima opterećenim na zatezanje $F_{t,pl,Rd}$, mogu se odrediti korišćenjem pravila koja su data kod čelone ploče opterećene savijanjem.
- U slučaju ležišnih ploča, pri određivanju debljine ležišne ploče ne treba uzimati u obzir efekte poluge. Efekti poluge treba da se uzmu u obzir prilikom određivanja anker zavrtnjeva.

Anker zavrtnj opterećen na zatezanje (komponenta 16)

- Anker zavrtnjevi treba da se proračunaju tako da izdrže uticaje usljed proračunskih opterećenja. Oni treba da osiguraju proračunsku nosivost na zatezanje usljed sila odizanja i momenata savijanja, u zavisnosti od toga šta je odgovarajuće.
- Pri proračunu sila zatezanja u anker zavrtnjevima usljed momenta savijanja, krak sila ne treba da bude veći od rastojanja između težišta kontaktne površine na pritisnutoj strani i težišta grupe zavrtnjeva na zategnutoj strani.
- Proračunska nosivost anker zavrtnjeva treba da se usvoji kao manja vrijednost od proračunske nosivosti na zatezanje anker zavrtnja (vidjeti proračunsku nosivost zavrtnjeva na zatezanje) i proračunske nosivosti na prijanjanje betona za anker zavrtnj, u skladu sa EN 1992-1-1.
- Jedan od sljedećih načina treba da se koristi za osiguranje anker zavrtnjeva u temelju: kuka, podložna ploča (sljedeća slika), neki drugi odgovarajući element za raspodjelu opterećenja koji se ugrađuje u beton ili neko drugačije pričvršćivanje koje je ispitano na odgovarajući način i odobreno.

ČELIČNE KONSTRUKCIJE II PREDAVANJE 12



- Za zavrtnjeve sa kukom, dužina sidrenja treba da bude takva da se spriječi lom usljed gubitka prijanjanja prije pojave tečenja zavrtnja. Dužinu sidrenja treba sračunati u skladu sa EN 1992-1-1. Ovaj tip sidrenja ne treba koristiti za zavrtnjeve sa granicom razvlačenja f_{yb} većom od 300 N/mm^2 .
- Za anker zavrtnjeve sa podložnom pločom ili nekim drugim elementom za raspodjelu opterećenja, ne treba uzimati u obzir učešće prijanjanja. Ukupna sila treba da se prenese preko elemenata za raspodjelu opterećenja.

Komponente 17 i 18

- Proračun ovih komponenti je obrađen kada se govorilo o proračunskoj nosivosti zavrtnjeva.
- Treba voditi računa o velikom zazoru između ankera i rupa na ležičnoj ploči. Da bi se obezbijedila ravnomjerna raspodjela smičućih sila na ankere, najbolje je zavariti sa gornje strane veću podlošku, odgovarajuće debljine, sa rupom većom za 1 mm od prečnika ankera. Ovo treba da prati i odgovarajući proračun.

Šavovi (komponenta 19)

- Proračun šavova je obrađen kada se govorilo o proračunskoj nosivosti zavarenih spojeva.

Proračunski moment nosivosti veza greda-stub i nastavaka

Opšte

- Proračunski moment savijanja $M_{j,Ed}$ treba da zadovolji:

$$\frac{M_{j,Ed}}{M_{j,Rd}} \leq 1,0$$

- Metode za određivanje proračunskog momenta nosivosti veze $M_{j,Rd}$ koje su date u ovom poglavlju ne uzimaju u obzir prisustvo bilo kakve aksijalne sile N_{Ed} u spojenom elementu. One ne treba da se koriste onda kada aksijalna sila u spojenom elementu prelazi 5% proračunske plastične nosivosti $N_{pl,Rd}$ njegovog poprečnog presjeka.
- Ako je aksijalna sila N_{Ed} u spojenoj gredi veća od 5% proračunske nosivosti $N_{pl,Rd}$, može se koristiti sljedeća konzervativna metoda:

$$\frac{M_{j,Ed}}{M_{j,Rd}} + \frac{N_{j,Ed}}{N_{j,Rd}} \leq 1,0$$

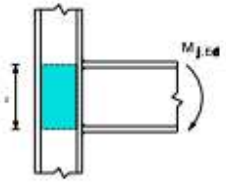
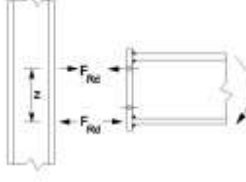
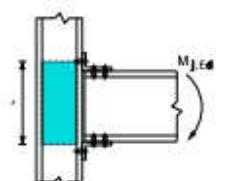
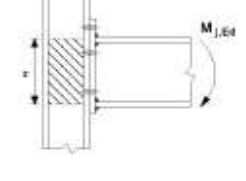
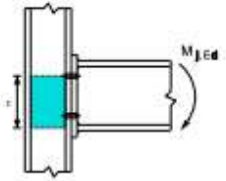
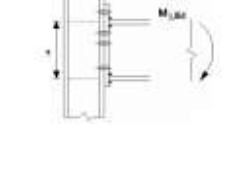
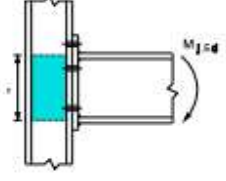
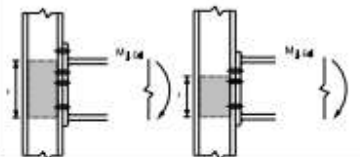
gdje je:

$M_{j,Rd}$ proračunski moment nosivosti veze, pretpostavljajući da nema aksijalne sile;
 $N_{j,Rd}$ proračunska nosivost veze na aksijalnu silu, pretpostavljajući da ne djeluje moment.

- Proračunski moment nosivosti zavarene veze treba odrediti kako je naznačeno na sljedećoj slici pod (a).
- Proračunski moment nosivosti veze sa čeonom pločom bez prepusta i samo jednim redom zavrtnjeva u zoni zatezanja (ili kod koje se razmatra samo jedan red zavrtnjeva u zoni zatezanja, treba da se odredi kako je prikazano na sljedećoj slici pod (c).
- Proračunski moment nosivosti veze sa priključnim ugaonocima na nožicama, spojenim zavrtnjevima, treba odrediti kako je naznačeno na sljedećoj slici pod (b).

ČELIČNE KONSTRUKCIJE II

PREDAVANJE 12

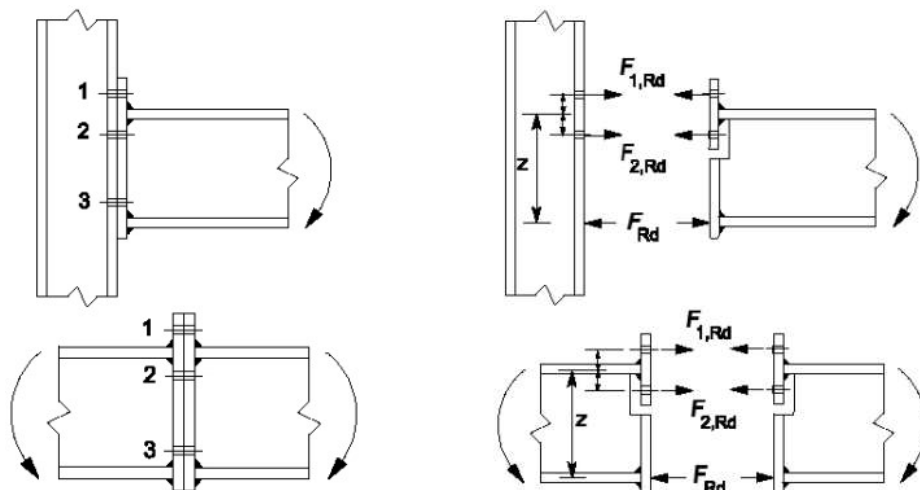
Tip spoja	Centar pritiska	Krak sila	Raspodjele sila
a) Zavareni spoj 	U sredini debljine pritisnute nožice	$z = h - t_{wb}$ h visina spojene grede, t_{wb} debljina nožice grede.	
b) Spoj sa zavrtnjevima i priključnim ugaonicima na nožicama 	U sredini debljine kraka priključnog ugaonika na pritisnutoj nožici	Udaljenost od centra pritiska do težišta reda zavrtnjeva u zategnoj zoni	
c) Spoj sa čeonom pločom i samo jednim aktivnim redom zavrtnjeva u zategnoj zoni 	U sredini debljine pritisnute nožice	Udaljenost od centra pritiska do težišta reda zavrtnjeva u zategnoj zoni	
d) Spoj sa čeonom pločom sa prepustom i samo dva aktivna reda zavrtnjeva u zategnoj zoni 	U sredini debljine pritisnute nožice	Na strani sigurnosti može se usvojiti da je z jednako udaljenosti od centra pritiska do tačke na sredini rastojanja između ova dva reda zavrtnjeva	
e) Drugi spojevi sa čeonom pločom i sa dva reda ili više redova zavrtnjeva u zategnoj zoni 	U sredini debljine pritisnute nožice	Približna vrijednost može se odrediti kao udaljenost od centra pritiska do tačke na sredini rastojanja između dva najudaljenija reda zavrtnjeva u zategnoj zoni	Tačnija vrijednost može biti određena uzimajući da je krak sila z jednak z_{0q} određen primjenom metode koja je data u 6.3.3.1

- Treba smatrati da je centar pritiska u težištu dijagrama napona pritiska. Kao pojednostavljenje, centar pritiska se može uzeti onako kako je prikazano na prethodnoj slici, a kako je to već ranije rečeno.

ČELIČNE KONSTRUKCIJE II

PREDAVANJE 12

- Proračunski moment nosivosti veze sa čeonom pločom koja ima više od jednog reda zavrtnjeva u zoni zatezanja treba u opštem slučaju odrediti kako se navodi u nastavku. Kao uprošćenje koje je na strani sigurnosti, proračunski moment nosivosti čeone ploče sa prepustom i samo dva reda zavrtnjeva u zoni zatezanja može se približno odrediti onako kako je naznačeno na sljedećoj slici, pod uslovom da ukupna proračunska nosivost F_{Rd} nije veća od $3.8 F_{t,Rd}$, gdje je $F_{t,Rd}$ dato u tabeli za proračun nosivosti ekvivalentnog T-elementa. U ovom slučaju cijela zategnuta zona čeone ploče može da se posmatra kao jedna osnovna komponenta. Ukoliko su dva reda zavrtnjeva približno ekvidistantna u odnosu na nožicu grede, onda ovaj dio čeone ploče može da se posmatra kao T-element za određivanje sile u redu zavrtnjeva $F_{1,Rd}$. Tada se može pretpostaviti da je vrijednost $F_{2,Rd}$ jednaka $F_{1,Rd}$ tako da se može uzeti da je F_{Rd} jednako $2 F_{1,Rd}$.



- Nastavke treba projektovati tako da zadrže element koji se nastavlja u predviđenom položaju. U slučaju nastavaka sa kontaktnim pritiskom, silama trenja između kontaktnih površina ne može se povjeriti da drže spojene elemente u predviđenom položaju.
- Kad god je to izvodljivo, elemente treba konstruisati tako da se težišna osa svih elemenata nastavka poklapa sa težišnom osom elementa. Ako postoji ekscentricitet, onda rezultujuće sile treba uzeti u obzir.
- Bez obzira na spoljne sile, nastavke treba projektovati tako da mogu izdržati presječne sile i momente od najmanje 25% momenta nosivosti slabijeg poprečnog presjeka oko obje ose, odnosno na smičuće sile jednake 2.5% nosivosti slabijeg poprečnog presjeka na aksijalnu silu, i to u pravcu obje ose. Ovo se zahtijeva zbog momenata usljed ekscentriciteta, početnih imperfekcija i deformacija drugog reda.

ČELIČNE KONSTRUKCIJE II

PREDAVANJE 12

Veze greda-stub sa čeonom pločom i zavrtnjevima

- Proračunski moment nosivosti $M_{j,Rd}$ veze greda-stub sa čeonom pločom i zavrtnjevima može se odrediti iz:

$$M_{j,Rd} = \sum_r h_r F_{tr,Rd}$$

gdje je:

$F_{tr,Rd}$	efektivna proračunska nosivost na zatezanje reda zavrtnjeva r ;
h_r	rastojanje reda zavrtnjeva r od centra pritiska;
r	broj reda zavrtnjeva.

Kod veza koje imaju više od jednog reda zavrtnjeva u zoni zatezanja, redovi zavrtnjeva se numerišu počev od reda zavrtnjeva koji su najudaljeniji od centra pritiska.

- Efektivna proračunska nosivost na zatezanje $F_{tr,Rd}$ za svaki red zavrtnjeva treba da se odredi redom, počevši od reda zavrtnjeva 1, koji je najudaljeniji od centra pritiska, potom za red zavrtnjeva 2 i tako dalje.
- Efektivna proračunska nosivost reda zavrtnjeva r na zatezanje $F_{tr,Rd}$ koji se posmatra kao pojedinačani red zavrtnjeva treba da se usvoji kao najmanja vrijednost od proračunskih nosivosti na zatezanje za pojedinačni red zavrtnjeva, sljedećih osnovnih komponenata:
 - rebra stuba opterećenog na zatezanje $F_{t,wc,Rd}$ (komponenta 3),
 - nožice stuba opterećene na savijanje $F_{t,fc,Rd}$ (komponenta 4),
 - čeone ploče opterećene na savijanje $F_{t,ep,Rd}$ (komponenta 5),
 - rebra grede opterećenog na zatezanje $F_{t,wb,Rd}$ (komponenta 8).
- Efektivna proračunska nosivost reda zavrtnjeva r na zatezanje $F_{tr,Rd}$, sračunata po prethodnom stavu, treba da se usvoji kao njegova proračunska nosivost na zatezanje $F_{t,Rd}$ koja se određuje za pojedinačni red zavrtnjeva, ali koja se po potrebi redukuje da bi se zadovoljili uslovi koji su navedeni u sljedećim stavovima.
- Ako je to neophodno, efektivnu proračunsku nosivost reda zavrtnjeva r na zatezanje $F_{tr,Rd}$ treba redukovati ispod vrijednosti $F_{t,Rd}$, kako bi se za redove zavrtnjeva iznad posmatranog reda zavrtnjeva, uključujući i taj red, osiguralo ispunjenje sljedećih uslova:

ČELIČNE KONSTRUKCIJE II

PREDAVANJE 12

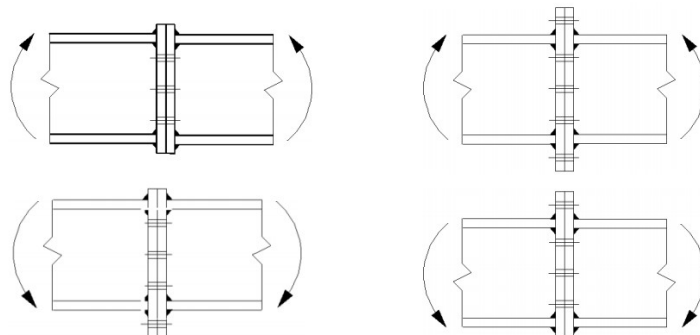
- ukupna proračunska nosivost $\Sigma F_{t,Rd} \leq V_{wp,Rd}/\beta$;
- ukupna proračunska nosivost $\Sigma F_{t,Rd}$ nije veća od manje od sljedećih vrijednosti:
 - proračunske nosivosti rebra stuba na pritisak $F_{c,wc,Rd}$ (komponenta 2);
 - prorač.nosiv.nožice i rebra grede na pritisak $F_{c,fb,Rd}$ (komponenta 7).
- Ako je to neophodno, efektivnu proračunsku nosivost reda zavrtnjeva r na zatezanje $F_{tr,Rd}$ treba redukovati ispod vrijednosti $F_{t,Rd}$ da bi se osiguralo da zbir proračunskih nosivosti redova zavrtnjeva iznad posmatranog reda zavrtnjeva, uključujući i taj red, koji čine dio iste grupe redova zavrtnjeva, ne prelazi proračunsku nosivost te grupe kao cjeline. To treba da se provjeri za sljedeće osnovne komponente:
 - rebra stuba opterećenog na zatezanje $F_{t,wc,Rd}$ (komponenta 3),
 - nožice stuba opterećene na savijanje $F_{t,fc,Rd}$ (komponenta 4),
 - čeonu ploču opterećenu na savijanje $F_{t,ep,Rd}$ (komponenta 5),
 - rebra grede opterećenog na zatezanje $F_{t,wb,Rd}$ (komponenta 8).
- Kada je efektivna proračunska nosivost na zatezanje $F_{tx,Rd}$ jednog od prethodnih redova zavrtnjeva x veća od $1,9 F_{t,Rd}$, onda, ako je neophodno, efektivnu proračunsku nosivost reda zavrtnjeva r na zatezanje $F_{tr,Rd}$ treba redukovati da bi se obezbijedilo:

$$F_{tr,Rd} \leq F_{tx,Rd} h_r / h_x$$

gdje je:

- h_x rastojanje reda zavrtnjeva x od centra pritiska;
- x red zavrtnjeva koji je najudaljeniji od centra pritiska čija je proračunska nosivost na zatezanje veća od $1.9 F_{t,Rd}$.

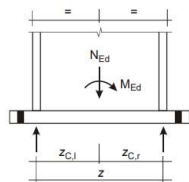
- Metoda opisana u ovom podpoglavlju može se primjenjivati i za nastavke grede ostvarene pomoću zavrtnjeva i sa zavarenim čeonim pločama, vidjeti sljedeću sliku, izostavljanjem stavki koje se odnose na stub.



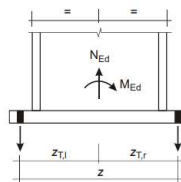
Proračunska nosivost oslonačkih veza stuba sa ležišnim pločama

Opšte

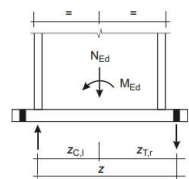
- Oslonačke veze stubova treba da budu dovoljne veličine, krutosti i nosivosti kako bi mogle prenijeti aksijalne sile, momente savijanja i smičuće sile iz stubova u temelje ili druge oslonce, bez prekoračenja nosivosti ovih oslonaca.
- Proračunska nosivost na kontaktni pritisak između ležišne ploče i oslonca može se odrediti na osnovu ravnomjerne raspodjele napona pritiska po cijeloj kontaktnoj površini. Za betonske temelje napon kontaktnog pritiska ne treba da pređe proračunsku čvrstoću na kontaktni pritisak f_{jd} koja je ranije definisana.
- Za oslonačku vezu stuba koja je izložena kombinovanom dejstvu aksijalne sile i momenta savijanja, sile između ležišne ploče i njenog oslonca mogu da se odrede na osnovu jedne od sljedećih raspodjela koje zavise od relativnog intenziteta aksijalne sile i momenta savijanja:
 - U slučaju dominantne sile pritiska, pritisak se može javiti ispod obje nožice stuba, onako kako je prikazano na sljedećoj slici pod (a);
 - U slučaju dominantne sile zatezanja, zatezanje se može javiti ispod obje nožice stuba, onako kako je prikazano na sljedećoj slici pod (b);
 - U slučaju dominantnog momenta savijanja, ispod jedne nožice stuba može se javiti pritisak, a ispod druge zatezanje, kao što je prikazano na sljedećoj slici pod (c) i (d).



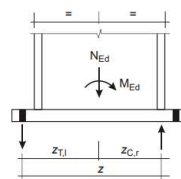
a) Oslonačka veza stuba u slučaju dominantne aksijalne sile pritiska



b) Oslonačka veza stuba u slučaju dominantne aksijalne sile zatezanja



c) Oslonačka veza stuba u slučaju dominantnog momenta savijanja



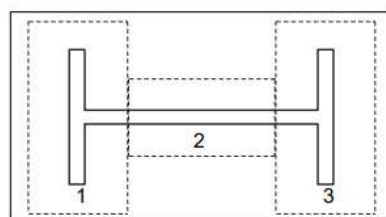
d) Oslonačka veza stuba u slučaju dominantnog momenta savijanja

ČELIČNE KONSTRUKCIJE II

PREDAVANJE 12

Oslonačke veze stubova opterećene samo aksijalnim silama

- Proračunska nosivost, $N_{j,Rd}$, simetrične oslonačke veze stuba koja je izložena dejstvu koncentrisane aksijalne sile pritiska može da se odredi sabiranjem pojedinačnih proračunskih nosivosti $F_{C,Rd}$ za tri T-elementa koji su prikazani na sljedećoj slici (dva T-elementa ispod nožica i jedan ispod rebra stuba). Ova tri T-elementa ne treba da se preklapaju. Proračunska nosivost svakog od ovih T-elementa treba da se proračuna korišćenjem metode koja je data prethodno (*Ekvivalentni pritisnuti T-element* i komponente 13 i 14).



- 1 *T-element 1*
- 2 *T-element 2*
- 3 *T-element 3*

Oslonačke veze stubova opterećene aksijalnim silama i momentima savijanja

- Proračunski moment nosivosti $M_{j,Rd}$ oslonačke veze stuba koja je izložena kombinovanom djelovanju aksijalne sile i momenta savijanja treba da se odredi korišćenjem metode date u sljedećoj tabeli, gdje se doprinos pritisnutog dijela betona ispod rebra stuba (T-element 2 na prethodnoj slici) izostavlja. U ovoj metodi se koriste sljedeći parametri:
 - $F_{T,l,Rd}$ proračunska nosivost lijeve strane veze na zatezanje;
 - $F_{T,r,Rd}$ proračunska nosivost desne strane veze na zatezanje;
 - $F_{C,l,Rd}$ proračunska nosivost lijeve strane veze na pritisak;
 - $F_{C,r,Rd}$ proračunska nosivost desne strane veze na pritisak.
- Treba uzeti da je proračunska nosivost lijeve strane veze na zatezanje $F_{T,l,Rd}$ manja vrijednost od proračunskih nosivosti sljedećih osnovnih komponenata:
 - rebra stuba ispod lijeve nožice stuba opterećenog na zatezanje
 $F_{t,wc,Rd}$ (komponenta 3),
 - ležišne ploče ispod lijeve nožice stuba opterećene na savijanje
 $F_{t,pl,Rd}$ (komponenta 15).

ČELIČNE KONSTRUKCIJE II

PREDAVANJE 12

- Treba uzeti da je proračunska nosivost desne strane veze na zatezanje $F_{T,r,Rd}$ manja vrijednost od proračunskih nosivosti sljedećih osnovnih komponenata:
 - rebra stuba ispod desne nožice stuba opterećenog na zatezanje $F_{t,wc,Rd}$ (komponenta 3),
 - ležišne ploče ispod desne nožice stuba opterećene na savijanje $F_{t,pl,Rd}$ (komponenta 15).
- Treba usvojiti da je proračunska nosivost lijeve strane veze na pritisak $F_{C,l,Rd}$ manja vrijednost od proračunskih nosivosti sljedećih osnovnih komponenata:
 - betona ispod lijeve nožice stuba opterećenog na pritisak $F_{c,pl,Rd}$ (komponenta 13),
 - lijeve nožice stuba i rebra opterećenih na pritisak $F_{c,fc,Rd}$ (komponenta 7).
- Treba usvojiti da je proračunska nosivost desne strane veze na pritisak $F_{C,r,Rd}$ manja vrijednost od proračunskih nosivosti sljedećih osnovnih komponenata:
 - betona ispod desne nožice stuba opterećenog na pritisak $F_{c,pl,Rd}$ (komponenta 13),
 - desne nožice stuba i rebra opterećenih na pritisak $F_{c,fc,Rd}$ (komponenta 7).

Opterećenje	Krak sila z	Proračunski moment nosivosti $M_{j,Rd}$	
Zatezgnuta lijeva strana	$z = z_{T,l} + z_{C,r}$	$N_{Ed} > 0$ i $e > z_{T,l}$	$N_{Ed} \leq 0$ i $e \leq -z_{C,r}$
Pritisnuta desna strana		Manje od $\frac{F_{T,l,Rd} z}{z_{C,r}/e+1}$ i $\frac{-F_{C,r,Rd} z}{z_{T,l}/e-1}$	
Zatezgnuta lijeva strana	$z = z_{T,l} + z_{T,r}$	$N_{Ed} > 0$ i $0 < e < z_{T,l}$	$N_{Ed} > 0$ i $-z_{T,r} < e \leq 0$
Pritisnuta desna strana		Manje od $\frac{F_{T,l,Rd} z}{z_{T,r}/e+1}$ i $\frac{F_{T,r,Rd} z}{z_{T,l}/e-1}$ i $\frac{F_{T,l,Rd} z}{z_{T,r}/e+1}$ i $\frac{F_{T,r,Rd} z}{z_{T,l}/e-1}$	
Pritisnuta lijeva strana	$z = z_{C,l} + z_{T,r}$	$N_{Ed} > 0$ i $e \leq -z_{T,r}$	$N_{Ed} \leq 0$ i $e > z_{C,l}$
Zategnuta desna strana		Manje od $\frac{-F_{C,l,Rd} z}{z_{T,r}/e+1}$ i $\frac{F_{T,r,Rd} z}{z_{C,l}/e-1}$	
Pritisnuta lijeva strana	$z = z_{C,l} + z_{C,r}$	$N_{Ed} \leq 0$ i $0 < e < z_{C,l}$	$N_{Ed} \leq 0$ i $-z_{C,r} < e \leq 0$
Zategnuta desna strana		Manje od $\frac{-F_{C,l,Rd} z}{z_{C,r}/e+1}$ i $\frac{-F_{C,r,Rd} z}{z_{C,l}/e-1}$ i $\frac{-F_{C,l,Rd} z}{z_{C,r}/e+1}$ i $\frac{-F_{C,r,Rd} z}{z_{C,l}/e-1}$	
$M_{Ed} > 0$ u smjeru kretanja kazaljke na satu, $N_{Ed} > 0$ zatezanje			
$e = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} = \frac{M_{Rd}}{N_{Rd}}$			

Rotaciona krutost veze

Osnovni model

- Rotaciona krutost veze treba da se odredi na osnovu fleksibilnosti njenih osnovnih komponenti, koje su predstavljene elastičnim koeficijentima krutosti k_i za svaku komponentu. Koeficijenti k_i se dobijaju po procedurama koje se izlažu u sljedećim podpoglavljima.
- Za vezu sa čeonom pločom sa više od jednog reda zategnutih zavrtnjeva, koeficijente krutosti k_i za odgovarajuće osnovne komponente treba kombinovati.
- Ukoliko aksijalna sila N_{Ed} u spojenom elementu ne prekoračuje 5% proračunske nosivosti njegovog poprečnog presjeka $N_{pl,Rd}$, onda rotaciona krutost S_j veze greda-stub ili nastavka grede, za proračunski moment $M_{j,Ed}$ koji je manji od proračunskog momenta nosivosti veze $M_{j,Rd}$, može, sa dovoljnom tačnošću, da se odredi iz:

$$S_j = \frac{Ez^2}{\mu \sum_i \frac{1}{k_i}}$$

gdje je:

k_i	koeficijent krutosti za osnovnu komponentu veze i ;
z	krak sila (vidjeti prethodno poglavlje);
μ	odnos krutosti $S_{j,ini}/S_j$ (vidjeti u nastavku).

- Početna rotaciona krutost veze $S_{j,ini}$ se dobija kada se u prethodni izraz uvrsti $\mu = 1.0$.
- Odnos krutosti μ treba da se odredi na sljedeći način:

ako je $M_{j,Ed} \leq 2/3 M_{j,Rd}$:

$\mu = 1.0$

ČELIČNE KONSTRUKCIJE II

PREDAVANJE 12

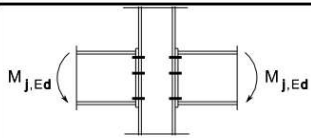
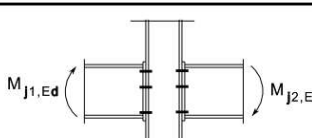
ako je $2/3 M_{jRd} \leq M_{jEd} \leq M_{jRd}$:

$$\mu = \left(1,5 M_{j,Ed} / M_{j,Rd} \right)^\Psi$$

gdje se koeficijent Ψ dobija iz sljedeće tabele.

Tip spoja	Ψ
Zavaren	2,7
Sa čeonom pločom i zavrtnjevima	2,7
Sa priključnim ugaonicima na nožicama i zavrtnjevima	3,1
Sa ležišnom pločom	2,7

- Osnovne komponente koje treba uzeti u obzir prilikom proračuna krutosti zavarene veze greda-stub i veze sa priključnim ugaonicima na nožici date su u sljedećoj tabeli.

Veza greda-stub sa zavarenim spojevima		Koeficijenti krutosti k_i koje treba uzeti u obzir
Jednostrana		$k_1; k_2; k_3;$
Dvostrana – Jednaki momenti, suprotnog znaka		$k_2; k_3$
Dvostrana – Nejednaki momenti		$k_1; k_2; k_3$
Veza greda-stub sa zavrtnjevima i priključnim ugaonicima na nožici		Koeficijenti krutosti k_i koje treba uzeti u obzir
Jednostrana		$k_1; k_2; k_3; k_4; k_6; k_{10}; k_{11}^{*}); k_{12}^{**})$
Dvostrana – Jednaki momenti, suprotnog znaka		$k_2; k_3; k_4; k_6; k_{10}; k_{11}^{*}); k_{12}^{**})$
Dvostrana – Nejednaki momenti		$k_1; k_2; k_3; k_4; k_6; k_{10}; k_{11}^{*}); k_{12}^{**})$
 <p>Jednaki momenti, suprotnog znaka</p>	 <p>Nejednaki momenti</p>	<p>*) Dva koeficijenta k_{11}, po jedan za svaku nožicu.</p> <p>**) Četiri koeficijenta k_{12}, po jedan za svaku nožicu i po jedan za svaki priključni ugaonik.</p>

- Osnovne komponente koje treba uzeti u obzir prilikom proračuna krutosti spoja sa čeonom pločom i zavrtnjevima i za ležišne ploče date su u sljedećoj tabeli.

ČELIČNE KONSTRUKCIJE II

PREDAVANJE 12

Veza greda-stub sa zavrtnjevima i čeonim pločama	Broj redova zategnutih zavrtnjeva	Koeficijenti krutosti k_i koje treba uzeti u obzir
Jednostrana	Jedan	$k_1; k_2; k_3; k_4; k_5; k_{10}$
	Dva ili više	$k_1; k_2; k_{eq}$
Dvostrana – Jednaki momenti, suprotnog znaka	Jedan	$k_2; k_3; k_4; k_5; k_{10}$
	Dva ili više	$k_2; k_{eq}$
Dvostrana – Nejednaki momenti	Jedan	$k_1; k_2; k_3; k_4; k_5; k_{10}$
	Dva ili više	$k_1; k_2; k_{eq}$
Nastavak grede sa zavrtnjevima i čeonim pločama	Broj redova zategnutih zavrtnjeva	Koeficijenti krutosti k_i koje treba uzeti u obzir
Dvostrana – Jednaki momenti, suprotnog znaka	Jedan	k_5 (lijevo); k_5 (desno); k_{10}
	Dva ili više	k_{eq}
Spojevi sa ležišnim pločama	Broj redova zategnutih zavrtnjeva	Koeficijenti krutosti k_i koje treba uzeti u obzir
Spojevi sa ležišnim pločama	Jedan	$k_{13}; k_{15}; k_{16}$
	Dva ili više	$k_{13}; k_{15}$ i k_{16} za svaki red zavrtnjeva

- Za određivanje krutosti veze greda-stub sa čeonom pločom treba koristiti sljedeći postupak. Ekvivalentni koeficijent krutosti veze k_{eq} i ekvivalentni krak sila veze z_{eq} treba da se odrede prema proceduri koja se daje naprijed. Krutost veze potom treba da se odredi prema prethodnom izrazu za S_j , na osnovu koeficijenta krutosti k_{eq} (za vezu), k_1 (za rebro stuba opterećeno na smicanje) i sa krakom sila z koji je jednak ekvivalentnom kraku sila veze z_{eq} .

Koeficijenti krutosti i osnovne komponente veza

- Koeficijenti krutosti k_j za osnovne komponente veza (iz prethodnih tabela), treba da se odrede korišćenjem izraza koji su dati u sljedećoj tabeli:

Komponenta	Koeficijent krutosti k_i	
<i>Smičuće polje rebra stuba</i>	Neukrućeno, jednostrana veza ili dvostrana veza sa sličnim visinama greda	Ukrućeno
	$k_1 = \frac{0,38A_{VC}}{\beta z}$	$k_1 = \infty$
	z je krak sila sa slike 6.15; β je parametar transformacije prema 5.3(7).	

ČELIČNE KONSTRUKCIJE II
PREDAVANJE 12

<i>Rebro stuba opterećeno na pritisak</i>	Neukrućeno	Ukrućeno
	$k_2 = \frac{0,7b_{\text{eff,c,wc}}t_{\text{wc}}}{d_c}$	$k_2 = \infty$
$b_{\text{eff,c,wc}}$ efektivna širina prema 6.2.6.2		
<i>Rebro stuba opterećeno na zatezanje</i>	Ukrućen ili neukrućen spoj sa zavrtnjevima sa jednim redom zategnutih zavrtnjeva ili neukrućen zavareni spoj	Ukrućen zavareni spoj
	$k_3 = \frac{0,7b_{\text{eff,t,wc}}t_{\text{wc}}}{d_c}$	$k_3 = \infty$
	$b_{\text{eff,t,wc}}$ je efektivna širina zategnutog rebra stuba prema 6.2.6.3. Za vezu sa jednim redom zategnutih zavrtnjeva treba uzeti da je $b_{\text{eff,t,wc}}$ jednako najmanjoj od efektivnih dužina ℓ_{eff} (pojedinačno ili kao dio grupe redova zavrtnjeva) koje su za taj red zavrtnjeva date u tabeli 6.4 (za neukrućenu nožicu stuba), odnosno u tabeli 6.5 (za ukrućenu nožicu stuba).	
<i>Nožica stuba opterećena na savijanje (za jedan red zategnutih zavrtnjeva)</i>	$k_4 = \frac{0,9\ell_{\text{eff}}t_{\text{fc}}}{m^3}$ ℓ_{eff} je najmanja od efektivnih dužina (pojedinačno ili kao dio grupe zavrtnjeva) za taj red zavrtnjeva datih u tabeli 6.4 (za neukrućenu nožicu stuba), odnosno u tabeli 6.5 (za ukrućenu nožicu stuba) m je definisano na slici 6.8.	
<i>Čeona ploča opterećena na savijanje (za jedan red zategnutih zavrtnjeva)</i>	$k_5 = \frac{0,9\ell_{\text{eff}}t_{\text{p}}^3}{m^3}$ ℓ_{eff} je najmanja od efektivnih dužina (pojedinačno ili kao dio grupe redova zavrtnjeva) koje su za taj red zavrtnjeva date u tabeli 6.6; m je u opštem slučaju definisano na slici 6.11, a za red zavrtnjeva koji se nalazi na prepustu čeonice ploče $m = m_x$, gdje je m_x definisano na slici 6.10.	
<i>Priključni ugaonik na nožici opterećen na savijanje</i>	$k_6 = \frac{0,9\ell_{\text{eff}}t_{\text{a}}^3}{m^3}$ ℓ_{eff} je efektivna dužina priključnog ugaonika na nožici prema slici 6.12; m je definisano na slici 6.13.	
<i>Zavrtnjevi opterećeni na zatezanje (za jedan red zavrtnjeva)</i>	$k_{10} = 1,6A_s / L_b$ prednapregnuti ili bez prednaprezanja L_b je dužina izduženja zavrtnja, uzeta da je jednaka steznoj dužini (ukupna debljina materijala i podloški) plus polovina sume visine glave zavrtnja i visine navrtke.	
<i>Zavrtnjevi opterećeni na smicanje</i>	Bez prednaprezanja	Prednapregnuti*)
	k_{10} (ili k_{17}) = $\frac{16n_b d^2 f_{ub}}{Ed_{M16}}$	$k_{11} = \infty$
d_{M16} nominalni prečnik zavrtnja M16; n_b broj redova zavrtnjeva opterećenih na smicanje.		

ČELIČNE KONSTRUKCIJE II
PREDAVANJE 12

	Bez prednaprezanja	Prednapregnuti *
<i>Zavrtnjevi opterećeni na pritisak po omotaču rupe (za svaku komponentu j na koju naliježe zavrtnaj)</i>	k_{12} (ili k_{18}) = $\frac{24n_b k_b k_t d f_u}{E}$	$k_{12} = \infty$
	$k_b = k_{b1}$ ali $k_b \leq k_{b2}$ $k_{b1} = 0,25 e_b / d + 0,5$ ali $k_{b1} \leq 1,25$ $k_{b2} = 0,25 p_b / d + 0,375$ ali $k_{b2} \leq 1,25$ $k_t = 1,5 t_j / d_{M16}$ ali $k_t \leq 2,5$	e_b je udaljenost od posmatranog reda zavrtnjeva do slobodne ivice ploče u pravcu prenošenja opterećenja; f_u je granična čvrstoća na zatezanje čelika na koji naliježe zavrtnaj; p_b je rastojanje između redova zavrtnjeva u pravcu prenošenja opterećenja; t_i je debljina te komponente.
<i>Beton opterećen na pritisak (uključujući materijal za podlivanje)</i>	$k_{13} = \frac{E_c \sqrt{b_{\text{eff}} l_{\text{eff}}}}{1,275 E}$ b_{eff} je efektivna širina nožice T-elementa, vidjeti 6.2.5(3); l_{eff} je efektivna dužina nožice T-elementa, vidjeti 6.2.5(3).	
<i>Ploča opterećena na savijanje usljed pritiska</i>	$k_{14} = \infty$ Ovaj koeficijent je već uzet u obzir prilikom proračuna koeficijenta krutosti k_{13} .	
<i>Ležišna ploča opterećena na savijanje usljed zatezanja (za jedan red zategnutih zavrtnjeva)</i>	sa silama usljed efekta poluge**)	bez sila usljed efekta poluge**)
	$k_{15} = \frac{0,85 l_{\text{eff}} t_p^3}{m^3}$ l_{eff} je efektivna dužina nožice T-elementa, vidjeti 6.2.5(3); t_p je debljina ležišne ploče; m je udaljenost definisana na slici 6.8.	$k_{15} = \frac{0,425 l_{\text{eff}} t_p^3}{m^3}$
<i>Anker zavrtnjevi opterećeni na zatezanje</i>	sa silama usljed efekta poluge**)	bez sila usljed efekta poluge**)
	$k_{16} = 1,6 A_s / L_b$ L_b je dužina izduženja anker zavrtnja koja je jednaka sumi osmostrukog nominalnog prečnika zavrtnja, sloja materijala za podlivanje, debljine ploče, podloške i polovine visine navrtke.	$k_{16} = 2,0 A_s / L_b$
*) s tim da su zavrtnjevi proračunati tako da pri razmatranom nivou opterećenja ne dolazi do klizanja		
**) usljed efekta poluge mogu se javiti ako je: $L_b \leq \frac{8,8 m^3 A_s}{l_{\text{eff}}^3}$		

- Prethodna tabela je preuzeta iz MEST EN 1993-1-8. Brojevi slika i tabela, koji se pominju, su takođe iz ovog standarda.
- Kada se proračunavaju b_{eff} i l_{eff} , treba usvojiti da je odstojanje c jednako 1,25 puta debljine ležišne ploče.
- Treba pretpostaviti da kontra pločice ne utiču na rotacionu krutost veze S_j .

ČELIČNE KONSTRUKCIJE II

PREDAVANJE 12

- Treba uzeti da je koeficijent krutosti za šavove (k_{19}) jednak beskonačnosti. Ova komponenta se ne mora uzimati u obzir prilikom proračuna rotacione krutosti S_j .
- Za nožicu grede i rebro opterećeno na pritisak (k_7), rebro grede opterećeno na zatezanje (k_8) ploču opterećenu na zatezanje ili pritisak (k_9), grede sa vutama (k_{20}) treba uzeti da su koeficijenti krutosti jednaki beskonačnosti. Ove komponente se ne moraju uzimati u obzir prilikom proračuna rotacione krutosti S_j .

Proračunski kapacitet rotacije veze

Opšte

- U slučaju kruto-plastične globalne analize, veza na mjestu plastičnog zgloba mora imati dovoljan kapacitet rotacije.
- Metode proračuna date u ovim tačkama važe samo za klase čelika S235, S275 i S355 i za veze kod kojih proračunska vrijednost aksijalne sile N_{Ed} u spojenom elementu ne prelazi 5% proračunske plastične nosivosti njegovog poprečnog presjeka $N_{pl,Rd}$.
- Kapacitet rotacije veze ne mora se provjeravati, ukoliko je proračunski moment nosivosti veze $M_{j,Rd}$ barem 1.2 puta veći od proračunskog plastičnog momenta nosivosti poprečnog presjeka spojenog elementa $M_{pl,Rd}$.

Veze sa zavrtnjevima

- Može se pretpostaviti da veza greda-stub, kod koje je za određivanje proračunskog momenta nosivosti $M_{j,Rd}$ mjerodavna proračunska nosivost smičućeg polja rebra stuba, može da ima odgovarajući kapacitet rotacije za plastičnu globalnu analizu, pod uslovom da je $d_{wc} / t_w \leq 69\varepsilon$.
- Može se pretpostaviti da veza sa čeonom pločom ili priključnim ugaonikom na nožici spojenim zavrtnjevima ima dovoljan kapacitet rotacije za plastičnu analizu, ukoliko su ispunjena oba sljedeća uslova:

ČELIČNE KONSTRUKCIJE II

PREDAVANJE 12

- o za određivanje proračunskog momenta nosivosti veze mjerodavna je proračunska nosivost:

ili nožice stuba opterećene na savijanje,

ili čeone ploče grede ili priključnog ugaonika na zategnutoj nožici, pri savijanju;

- o debljina t ili nožice stuba, ili čeone ploče grede, ili priključnog ugaonika na zategnutoj nožici (nije neophodno da bude ista osnovna komponenta kao u prvom uslovu), zadovoljava uslov:

$$t \leq 0,36d \sqrt{f_{ub} / f_y}$$

gdje je:

f_y	granica razvlačenja odgovarajuće osnovne komponente;
d	nominalni prečnik zavrtnja;
f_{ub}	granična čvrstoća na zatezanje materijala zavrtnja.

- Ne treba pretpostaviti da veza sa zavrtnjevima kod koje je za određivanje proračunskog momenta nosivosti mjerodavna proračunska nosivost zavrtnjeva na smicanje, ima dovoljan kapacitet rotacije za plastičnu globalnu analizu.

Zavarene veze

- Može se pretpostaviti da kapacitet rotacije ϕ_{Cd} zavarenog spoja greda-stub, pod uslovom da je rebro stuba ukrućeno u pritisnutoj zoni ali neukrućeno u zategnutoj zoni i da za određivanje proračunskog momenta nosivosti nije mjerodavna proračunska nosivost na smicanje polja rebra stuba, nije manji od vrijednosti koja je data sljedećim izrazom:

$$\phi_{Cd} = 0,025h_c / h_b$$

gdje je:

h_b	visina grede;
h_c	visina stuba.

- Može se pretpostaviti da neukrućena zavarena veza greda-stub, projektovana u skladu sa odredbama ovog poglavlja, ima kapacitet rotacije ϕ_{Cd} od najmanje 0.015 radijana.

ČELIČNE KONSTRUKCIJE II

PREDAVANJE 12

Poštovani STUDENTI,

Došli smo do kraja predavanja i vježbanja na predmetu ČELIČNE KONSTRUKCIJE II. Na moju veliku žalost, u ovim potpuno neregularnim uslovima izazvanim pandemijom koja nas je sve zadesila. Ja se nadam da ste se vi već nekako snašli i da ćete završiti sve obaveze koje se odnose na zadatke koje još niste uradili. Očekujem da ćete ovaj dio obaveze završiti u dogledno vrijeme. Bićete na vrijeme obaviješteni na koji način će biti organizovana odbrana zadataka i dodatno bodovanje po tom osnovu. Testovi koji su u prvom semestru bili organizovani i koji su služili da studenti koji redovno pohađaju nastavu dobiju dodatnih do 10 bodova, sada nisu organizovani, i ako je to bilo predviđeno. I u vezi tog oblika provjere znanja ćete biti na vrijeme obaviješteni. Takođe i neke zadatke, koji su bili planirani, smo preskočili i nećete ih raditi.

Kao što već znate nastava iz ovog predmeta se organizuje po prvi put i sa novim standardima u projektovanju. Na žalost gradivo je vrlo obimno sa prilično zametnim i komplikovanim procedurama. Kada je koncipiran program za ovaj predmet, vrlo ambiciozno se predvidjelo da se još neke oblasti savladaju. To jednostavno nije realno jer je predmet i ovako preobiman (ovo posebno važi za studente koji su se opredjelili za Modul 2 - Infrastrukture). Studenti koji su odabrali Modul 1 – Konstrukcije, ove oblasti će savladati kroz predmet Projektovanje i građenje čeličnih konstrukcija, u prvom semestru Master studija.

Na kraju želim vam zdravlja i svu sreću u životu, a ono što nam je zajedničko, posebno vam svima želim da položite ovaj predmet u prvom junskom roku – U UČIONICI.

Vaš profesor,

Duško Lučić