

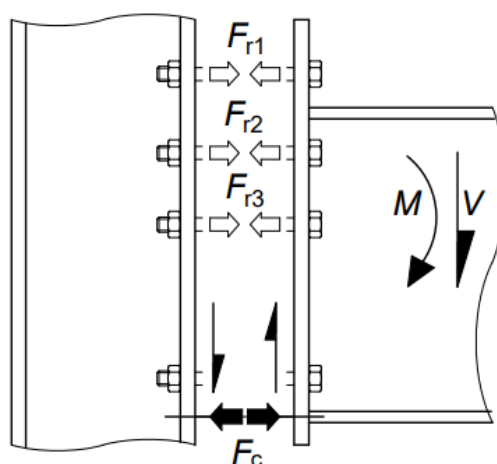
PROJEKTOVANJE VEZA I NASTAVAKA

- peti dio

Proračunske osnove, pretpostavke i principi

Veza greda – stub sa zavrtnjevima i čeonom pločom

- Nosivost veza greda – stub preko čeonu ploču, obezbijeđena je kombinacijom sila zatezanja u zavrtnjevima u zategnutom dijelu presjeka i sila pritiska između elemenata u pritisnutom dijelu presjeka. Ako u gredi nema aksijalne sile, sile zatezanja i pritiska su istog intenziteta. Smičuće sile u vezi se povjeravaju zavrtnjevima, koji su opterećeni na smicanje i pritisak po omotaču rupe. Pretpostavlja se da ukupnu smičuću silu prenose zavrtnjevi koji su u pritisnutom dijelu presjeka, ali moguće je dio ove sile rasporediti i na zategnute zavrtnjeve u gornjem dijelu presjeka. Raspored naprezanja se vidi na sljedećoj slici.

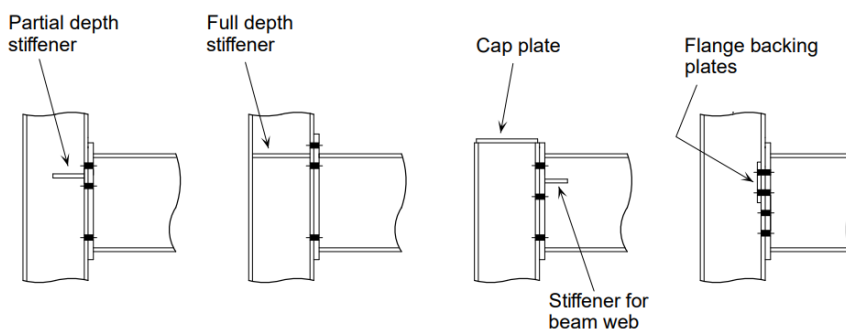


- Centar rotacije je blizu pritisnute nožice i zbog pojednostavljenja proračuna, sa dovoljno tačnosti, može se usvojiti da su sile pritiska skoncentrisane u sredini pritisnute nožice.

ČELIČNE KONSTRUKCIJE II

PREDAVANJE 10

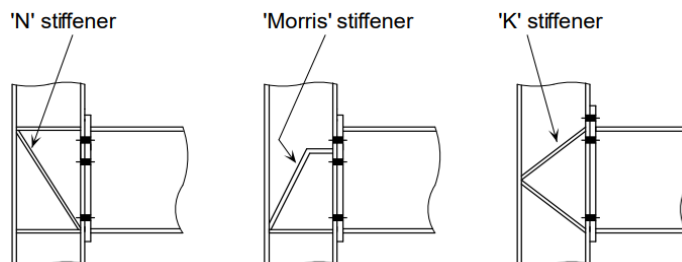
- Zavrtnjevi koji su u redu koji je najudaljeniji od pritisnute zone bi trebalo da su najopterećeniji, ako pretpostavimo trougaonu raspodjelu naprezanja u zategnutoj zoni. Međutim, koncept projektovanja je takav da se zasniva na fleksibilnosti čelone ploče i nožice stuba, tako da se pretpostavlja duktilan lom u ovi elementima. U tim slučajevima može se pretpostaviti puna nosivost zavrtnjeva i u nižim redovima.
- Potpuni proračun svake veze (ili nastavka) podrazumijeva iterativni proračun. Broj zavrtnjeva, njihov položaj, dimenzije čelone ploče, vute i eventualno ukrućenja se izaberu u početnoj iteraciji i sračuna se proračunska nosivost takve veze. Nakon toga se bira nova konfiguracija ako se želi dobiti veća nosivost ili ekonomičnost veze. Ovaj postupak se ponavlja dok se ne dobije očekivani rezultat.
- Pažljivim izborom elemenata može se efikasno i ekonomično projektovati veza greda – stub, bez dodatnog ukrućivanja. Međutim, u nekim slučajevima neophodno je u jednoj ili više zona spoja upotrebiti ukrućenja, da bi se postigla efikasna nosivost komponente veze. Osnovni tipovi ukrućenja po zonama, daju se na sljedećim slikama:



Ukrućenja u zoni zatezanja

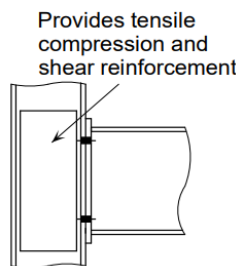


Ukrućenja u zoni pritiska



Ukrućenja u zoni smicanja

ČELIČNE KONSTRUKCIJE II PREDAVANJE 10

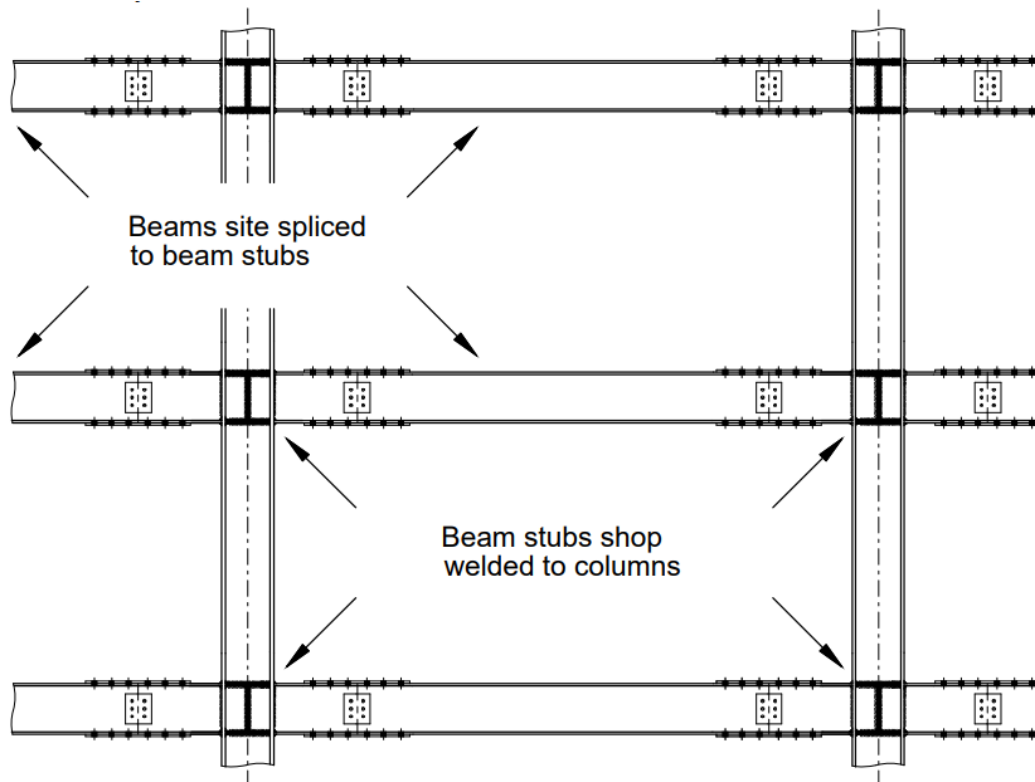


Dodatni limovi na rebru

- Jedna vrsta ukrućenja može da utiče na povećanje nosivosti više komponenti veze (o komponentama veze se detaljno govori kasnije).

Zavarena veza greda – stub

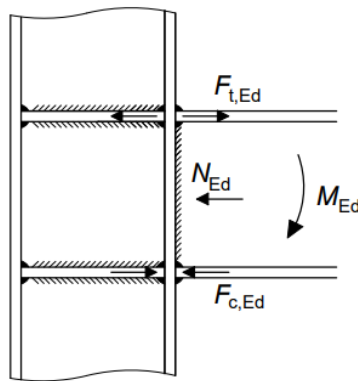
- U praksi je čest slučaj da se veza između grede i stuba izvodi zavarivanjem kratkog dijela grede za stub u radionici. U slučajevima krutih ramova, nastavci na gredama su na mjestima blizu mjesta "nula momenata", tj. na mjestima gdje ne treba da izdrže velika naprezanja, tako da se mogu racionalno projektovati.



ČELIČNE KONSTRUKCIJE II

PREDAVANJE 10

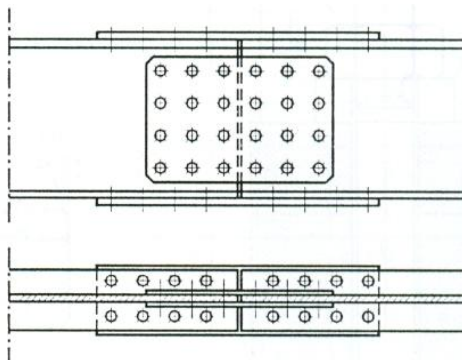
- Uticaji koji treba vezom da se prenesu na stub i koji u opštem slučaju mogu biti N_{Ed} , V_{Ed} i M_{Ed} , treba da se raspodijele na komponente veze. U opštem slučaju može se konzervativno pretpostaviti da se moment savijanja u cijelosti povjerava nožicama, razlažući moment savijanja na spreg sila. Silu zatezanja u jednoj nožici i silu pritiska u drugoj nožici (sljedeća slika). Smičuću silu prihvata, konzervativno, rebro u cijelosti. Normalna sila se može podijeliti na nožice i rebro srazmijerno udijelu površina nožica i rebra u odnosu na ukupnu površinu poprečnog presjeka. Može se konzervativno pretpostaviti da se normalna sila u cijelosti prenosi nožicama.



- Elementi grede i rebra, zatim šavovi na nožicama i rebro i eventualno ukrućenja, treba da imaju proračunsku nosivost veću od ovako raščlanjenih proračunskih dejstava.

Nastavci grede ili stuba sa zavrtnjevima i podvezicama

- Nastavci grede ili stuba sa zavrtnjevima i podvezicama se zasnivaju na pokrivanju mjesta prekida elementa (mjesto nastavka) sa podvezicama na nožicama i rebro. Podvezice na nožicama mogu biti jednostrane, kao na slici dolje, i obostrane, jedna spoljašnja podvezica i dvije unutrašnje podvezice, po jedna sa svake strane rebra. Na rebro se uvijek obostrano postavljaju dvije podvezice. Podvezice se zavrtnjevima povezuju sa elementom koji se nastavlja sa jedne i druge strane.



ČELIČNE KONSTRUKCIJE II

PREDAVANJE 10

- Uticaji, koji vladaju na mjestu nastavka, treba da se prenesu sa jednog na drugi nosač pomoću podvezica i zavrtnjeva (spojnih sredstava). Drugim riječima podvezice i zavrtnjevi treba da izdrže proračunske uticaje N_{Ed} , V_{Ed} i M_{Ed} , na mjestu nastavka.
- Pripadajući moment savijanja nožica i rebra je srazmijeran odnosu momenata inercije nožica, odnosno rebra i ukupnog momenta inercije presjeka ($M_f = I_{y,f} / I_y M$, $M_w = I_{y,web} / I_y M$). Pripadajuća normalna sila nožica i rebra je srazmijerna odnosu površine nožica, odnosno rebra i ukupne površine poprečnog presjeka ($N_f = A_f / A N$, $N_w = A_w / A N$).
- Nastavak sa svim svojim komponentama treba da izdrži pripadajuće sile i momente i to: podvezice na nožicama kombinaciju sila pritiska i zatezanja od pripadajućeg momenta savijanja koji se razloži na spreg sila i pripadajuće normalne sile, a podvezice na rebu pripadajući momenat savijanja, smičuću silu, dodatni momenat savijanja od ekscentričnog djelovanja smičuće sile (smičuća sila djeluje u težištu grupe zavrtnjeva na rebu sa jedne strane i ima ekscentricitet u odnosu na presjek nastavka) i pripadajući dio normalne sile. Zavrtnjevi su od ovih uticaja uvijek opterećeni na smicanje i pritisak po omotaču rupe.
- Da bi se prema rotacionoj krutosti postigla kruta klasifikacija veze, moraju se primjeniti visokovrijedni zavrtnjevi otporni na proklizavanje (kategorija spoja B ili C – vidi kategorije spojeva sa zavrtnjevima).
- Prethodno definisane pripadajuće sile i momenti koje prenose podvezice i zavrtnjevi, sračunaće se na sljedeći način (vidi i sljedeću sliku):

sila u nožicama od pripadajućeg momenta koji je razložen na spreg sila

$$F_{f,M} = \left(1 - \frac{I_{y,web}}{I_y}\right) \frac{M}{(h_b - t_{fb})}$$

pripadajuća normalna sila u nožicama

$$F_{f,N} = \left(1 - \frac{A_w}{A}\right) \frac{N}{2}$$

ukupna sila u zategnutoj nožici

$$F_{tf} = F_{f,M} - F_{f,N}$$

ČELIČNE KONSTRUKCIJE II

PREDAVANJE 10

ukupna sila u pritisnutoj nožici

$$F_{cf} = F_{f,M} + F_{f,N}$$

pripadajući moment savijanja u rebru

$$M_w = \left(\frac{I_{y,web}}{I_y} \right) M$$

dodatni moment savijanja u rebru usljed ekscentriteta grupe zavrtnjeva na rebru sa jedne strane u odnosu na presjek nastavka (smičuća sila djeluje u težištu grupa zavrtnjeva sa svake strane)

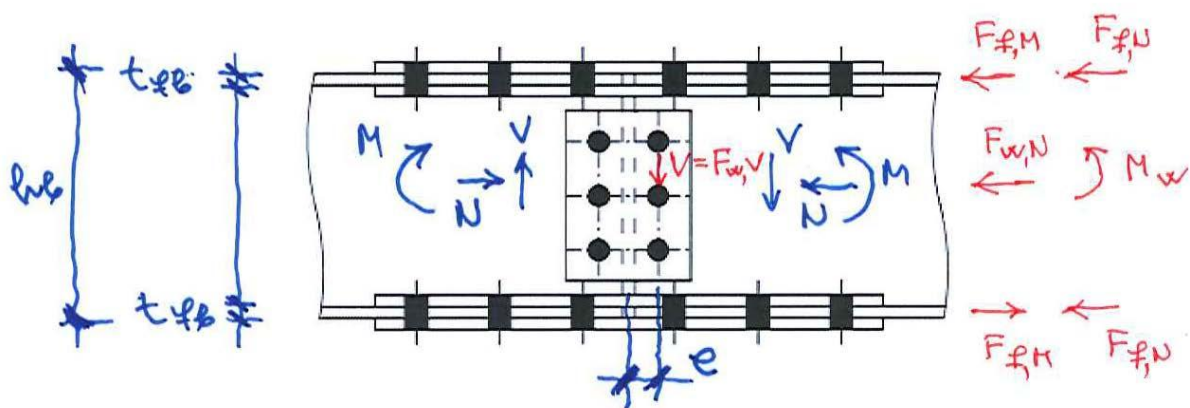
$$M_{ecc} = Ve$$

pripadajuća normalna sila u rebru

$$F_{w,N} = \left(\frac{A_w}{A} \right) N$$

pripadajuća smičuća sila u rebru

$$F_{w,V} = V$$



gdje je:

$$M = M_{ed} \text{ ili } M_{ed,ser}$$

M_{ed}

$M_{ed,ser}$

proračunski moment za ULS (gran.stanje nosivosti);
proračunski moment za SLS (gran.stanje upotreb.);

ČELIČNE KONSTRUKCIJE II

PREDAVANJE 10

| | |
|-------------------------------|---|
| $N = N_{ed}$ ili $N_{ed,ser}$ | |
| N_{ed} | proračunska normalna sila za ULS (pritisak pozitiv.); |
| $N_{ed,ser}$ | proračunska normalna sila za SLS; |
| $V = V_{ed}$ ili $V_{ed,ser}$ | |
| V_{ed} | vertikalna proračunska smičuća sila za ULS; |
| $V_{ed,ser}$ | vertikalna proračunska smičuća sila za SLS; |
| e | rastojanje težišta grupe zavrtnjeva sa jedne strane rebra do presjeka nastavka; |
| h_b | visina grede; |
| t_{fb} | debljina nožice grede; |
| A_w | površina rebra; |
| A | površina presjeka grede; |
| $I_{y,web}$ | moment inercije rebra oko jače ose; |
| I_y | moment inercije presjeka grede oko jače ose; |

Nastavci grede ili stuba sa zavrtnjevima i čeonim pločama

- Ove vrste nastavaka, u koje se ubraja i veza dvije grede u sljemenu krovnih greda, su u suštini istog karaktera kao veze greda – stub sa zavrtnjevima i čeonom pločom. U ovom slučaju analizira se samo greda, koja se sada spaja sa istom gredom okrenutom u ogledalu.

Kontinualizacija grede

- Kontinualizacija grede preko druge grede se izvodi sa zavrtnjevima i čeonom pločom ili zavrtnjevima i lamelama za kontinuitet (podvezice) i priključnim ugaonicima ili nekom kombinacijom ovih elemenata. U proračunskom smislu ova veza ili nastavak grede se suštinski naslanja na vezu greda – stub sa čeonom pločom ili nastavak grede sa podvezicama.
- Treba voditi računa da u slučaju greda sa nožicama u istoj ravni sa nožicom oslonačke grede, treba projektovati bar dva reda zavrtnjeva na spoju lamele za kontinuitet sa nožicom oslonačke grede. Ova spojna sredstva ne trpe nikakvu silu, ali su potrebni da bi se što bolje priljubila lamela za kontinuitet za oslonačku gredu i preduprijedilo odvajanje ovih elemenata pogodno za prikupljanje prljavštine i ranije stvaranje korozije. Takođe, ako je lamela za kontinuitet pritisnuta, skraćuje se dužina izvijanja ovog elementa.

ČELIČNE KONSTRUKCIJE II

PREDAVANJE 10

Zavareni nastavci grede ili stuba

- Ovi nastavci se izvode u radionici i primjenjuju se kada se žele iskoristiti kraći elementi greda koji su ostali kao višak nakon rezanja dužih nosača. Recimo, kada se od profila koja je fabrički dužine 12 m odreže komad od 10 m, koji je potreban za izradu nekog konstruktivnog elementa, preostane dio profila dužine 2 m. Preostali dio od dva metra se može zavarivanjem sa sličnim komadom nastaviti i na ovaj način iskoristiti za radioničko konstruisanje drugog elementa.
- Proračun nosivosti ovih elemenata svodi se na proračun šavova zavarene veze.

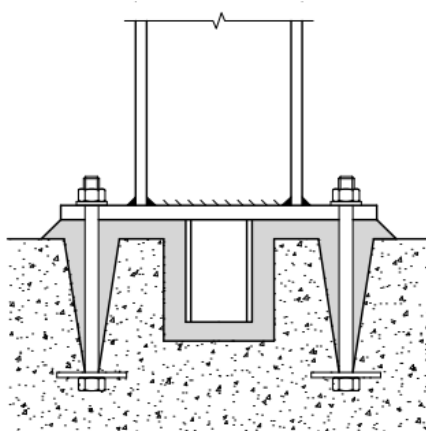
Veza stuba sa temeljom (oslonička veza stuba)

- Veza stuba sa temeljom se obično izvodi pomoću ležišne ploče i anker zavrtnjeva. Ova veza treba da prenese, u opštem slučaju normalnu silu, transverzalnu silu i momenat savijanja u temelj, koji je betonska ili armirano betonska konstrukcija. Takođe, dalje uticaji treba kroz temelj da se prenesu i uravnoteže sa tlom koje je ispod temelja.
- U projektantskom ili proračunskom smislu ova veza je ležišna ploča (isto što i čeonna ploča) sa zavrtnjevima, o čemu je već u više navrata bilo riječi. Specifičnost ove veze je u sljedećem:
 - aksijalna sila je dominantna u odnosu na slučaj veze greda – stub sa zavrtnjevima i čeonom pločom. Normalna sila je uglavnom pozitivna (izaziva pritisak na temelj usljed težine konstrukcije i ostalih opterećenja, međutim, može biti i negativna, kada izaziva odizanje temeljne konstrukcije).
 - U zavisnosti od kombinacije normalne sile i momenta savijanja, u opštem slučaju, dio presjeka ispod ležišne ploče je pritisnut, a dio zategnut.
 - U dijelu gdje se dešava pritisak ispod ležišne ploče, ovaj proračunski uticaj se prenosi kontaktom dijela ležišne ploče i betona temelja i uslovljen je nosivošću betona i sloja koji je od maltera ili nekog drugog materijala sa kojim se vrši podlivanje i zapunjavanje rupa ispod ležišne ploče.
 - U dijelu koji je zategnut, beton ne može da doprinese nosivosti veze, jer se ležišna ploča, zbog svoje fleksibilnosti, jednostavno odigne od temelja. Sile se u ovom dijelu prenose preko zavrtnjeva (ankera), koji su dovoljno uronjeni (ankerisani) u betonsku masu. Ankeri moraju biti dovoljno duboko ankerisani, tako da sila zatezanja ne može izazvati čupanje samog ankera iz betona ili čupanje betonske kupe, zajedno sa ankerom.
- Kao posljedica svega navedenog, ležišne ploče su vrlo debele u odnosu na čeonne ploče kod veze greda – stub.

ČELIČNE KONSTRUKCIJE II

PREDAVANJE 10

- Veoma često u projektovanju je slučaj da se mogu desiti alternativni momenti savijanja, koji djeluju i na jednu i na drugu stranu. Ovo je razlog što se oslonačka veza stuba najčešće projektuje sa simetričnom konfiguracijom ankera na obje strane. Ovo, naravno nije pravilo i mogući su različiti rasporedi ankera u osnovi ležišne ploče.
- Horizontalne sile se prenose trenjem između ležišne ploče i betona i smicanjem ankera. U slučaju većih smičućih sila, može se zavariti dio elementa ispod ležišne ploče, preko koga će se prenijeti sila u beton (sljedeća slika).



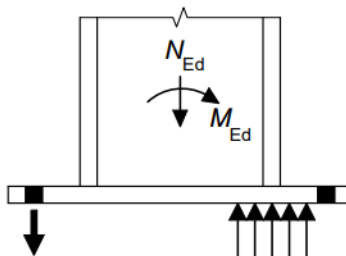
- Kod projektovanja ležišnih ploča, preporučuje se upotreba manjeg broja ankera, većeg prečnika. U zavisnosti od naprezanja treba dimenzionisati zavrtanj. Najčešće se koriste M24 i M30. Nije preporučljivo projektovati ankere manjeg prečnika od M20.
- Na dnu svakog ankera, preporučuje se upotreba kvadratne anker ploče, pomoću koje se ostvaruje bolje ankerisanje. U sljedećoj tabeli daju se orijentaciona standardna dužina ankera i dimenzije ankerne ploče.

| | Bolt size (property class 8.8) | | |
|----------------------------------|--------------------------------|-----------|-----------|
| | M20 | M24 | M30 |
| Length of holding down bolt (mm) | 300 | 375 | |
| | 375 | 450 | 450 |
| | 450 | 600 | 600 |
| Anchor plate size (mm x mm) | 100 x 100 | 120 x 120 | 150 x 150 |
| Anchor plate thickness (mm) | 15 | 20 | 25 |

ČELIČNE KONSTRUKCIJE II

PREDAVANJE 10

- Proračunska dejstva N_{Ed} i M_{Ed} , treba razložiti tako da se dobiju odgovarajuća proračunska dejstva u pritisnutom i zategnutom dijelu ležišne ploče, kako je to prikazano na sljedećoj slici.



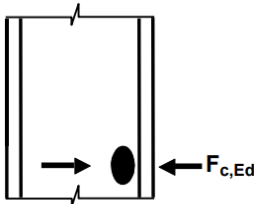
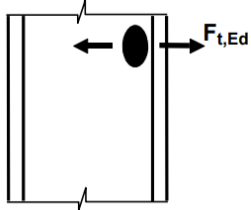
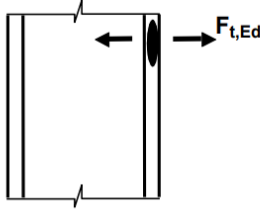
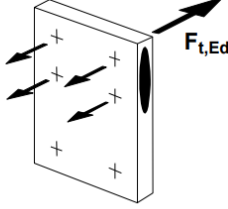
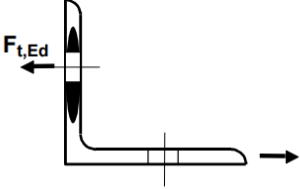
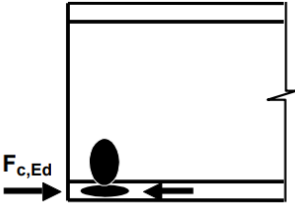
- Kada se definišu proračunska dejstva na ovaj način, prelazi se na izračunavanje proračunskih nosivosti komponenti oslonačke veze stuba i dokaz da su proračunske nosivosti jednake ili veće od proračunskih dejstava.

Osnovne komponente veze

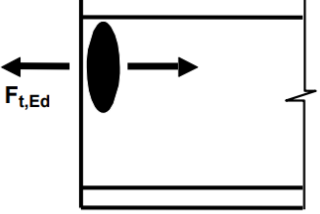
- Svaka veza ili nastavak treba da se razloži na osnovne komponente. Svaka osnovna komponenta ima svoje karakteristike koje utiču na proračunsku nosivost komponente i ukupno veze, kao i na rotacionu krutost i proračunski kapacitet rotacije veze.
- Proračunska moment-rotacija karakteristika veze treba da zavisi od svojstava njenih osnovnih komponenata. Osnovne komponente veze su prikazane na sljedećim slikama.

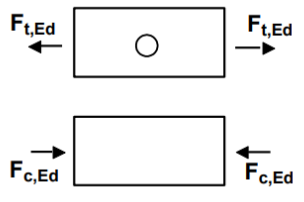
| | | |
|---|---------------------------|--|
| 1 | Smičuće polje rebra stuba | <p>The diagram shows a rectangular shear panel within a column flange. Two horizontal arrows labeled V_{Ed} are shown, one pointing to the right at the top and one pointing to the left at the bottom, representing shear force.</p> |
|---|---------------------------|--|

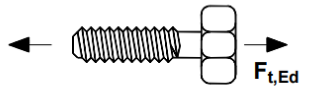
ČELIČNE KONSTRUKCIJE II
PREDAVANJE 10

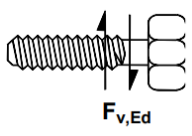
| | | |
|---|---|--|
| 2 | Rebro stuba opterećeno poprečnim pritiskom |  |
| 3 | Rebro stuba opterećeno poprečnim zatezanjem |  |
| 4 | Nožica stuba opterećena na savijanje |  |
| 5 | Čeona ploča opterećena na savijanje |  |
| 6 | Priključni ugaonik na nožici opterećen na savijanje |  |
| 7 | Nožica i rebro grede ili stuba opterećeni pritiskom |  |

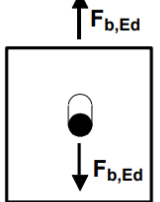
ČELIČNE KONSTRUKCIJE II
PREDAVANJE 10

| | | |
|---|-----------------------------------|--|
| 8 | Rebro grede opterečeno zatezanjem |  |
|---|-----------------------------------|--|

| | | |
|---|--|--|
| 9 | Lim opterečen zatezanjem ili pritiskom |  |
|---|--|--|

| | | |
|----|------------------------------------|--|
| 10 | Zavrtnjevi opterećeni na zatezanje |  |
|----|------------------------------------|--|

| | | |
|----|-----------------------------------|--|
| 11 | Zavrtnjevi opterećeni na smicanje |  |
|----|-----------------------------------|--|

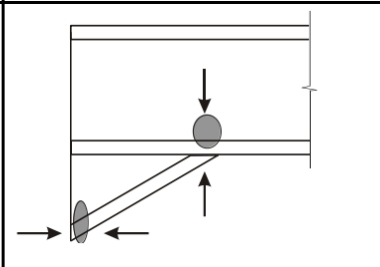
| | | |
|----|--|--|
| 12 | Zavrtnjevi opterećeni na pritisak po omotaču rupe (na nožici grede ili stuba, na čeonj ploči ili priključnom ugaoniku) |  |
|----|--|--|

ČELIČNE KONSTRUKCIJE II
PREDAVANJE 10

| | | |
|----|--|--|
| 13 | Beton opterećen na pritisak, uključujući materijal za podlivanje | |
| 14 | Ležišna ploča opterećena na savijanje usljed pritiska | |
| 15 | Ležišna ploča opterećena na savijanje usljed zatezanja | |

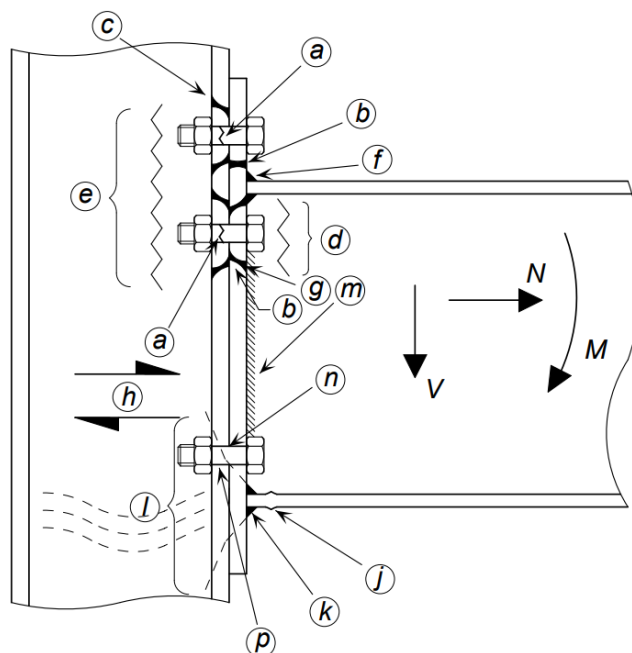
| | | |
|----|---|--|
| 16 | Anker zavrtnjevi opterećeni na zatezanje | |
| 17 | Anker zavrtnjevi opterećeni na smicanje | |
| 18 | Anker zavrtnjevi opterećeni na pritisak po omotaču rupe | |

| | | |
|----|--------|--|
| 19 | Šavovi | |
|----|--------|--|

| | | |
|----|-----------------|--|
| 20 | Grede sa vutama |  <p>The diagram illustrates a beam-column joint. A horizontal beam is shown above a vertical column. A downward force is applied to the top of the beam, and an upward force is applied to the bottom of the beam. Horizontal forces are shown at the ends of the beam, pointing outwards. Dimensions are indicated with arrows and lines, showing the height of the column and the width of the beam.</p> |
|----|-----------------|--|

- Ovo podrazumijeva, recimo za vezu greda – stub, da se proračuna 14 proračunskih nosivosti raznih komponenti veze. Ove komponente su prikazane na sljedećoj slici. Za grede sa vutom, potreban je dodatni korak.

ČELIČNE KONSTRUKCIJE II
PREDAVANJE 10



gdje je:

ZONA ZATEZANJA

| | | |
|----------|---|------------------|
| <i>a</i> | zavrtnjevi opterećeni na zatezanje | (komponenta 10); |
| <i>b</i> | čelona ploča opterećena na savijanje | (komponenta 5); |
| <i>c</i> | nožica stuba opterećena na savijanje | (komponenta 4); |
| <i>d</i> | rebro grede opterećeno zatezanjem | (komponenta 8); |
| <i>e</i> | rebro stuba opterećeno popr.zatezanjem | (komponenta 3); |
| <i>f</i> | šavovi na zategnutoj nožici grede | (komponenta 19); |
| <i>g</i> | šavovi na zategnutom dijelu rebra grede | (komponenta 19); |

ZONA HORIZONTALNOG SMICANJA

| | | |
|----------|---------------------------|-----------------|
| <i>h</i> | smičuće polje rebra stuba | (komponenta 1); |
|----------|---------------------------|-----------------|

ZONA PRITISKA

| | | |
|----------|---|------------------|
| <i>j</i> | nožica i rebro grede opterećeni pritiskom | (komponenta 7); |
| <i>k</i> | šavovi na pritisnutoj nožici grede | (komponenta 19); |
| <i>l</i> | rebro stuba opterećeno pritiskom | (komponenta 7); |

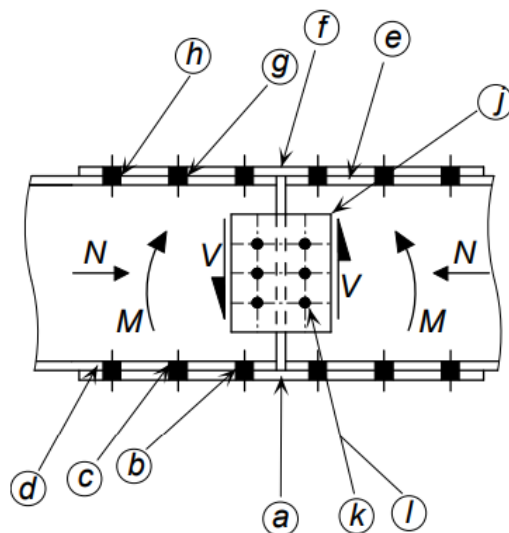
ZONA VERTIKALNOG SMICANJA

| | | |
|----------|---|------------------|
| <i>m</i> | šavovi na smičućem dijelu rebra grede | (komponenta 19); |
| <i>n</i> | zavrtnjevi opterećeni na smicanje | (komponenta 11); |
| <i>p</i> | zavrtnjevi opter.na pritisak po omot.rupe | (komponenta 12). |

ČELIČNE KONSTRUKCIJE II

PREDAVANJE 10

- Ili, recimo za nastavak grede sa podvezicama, da se proračuna 11 proračunskih nosivosti raznih komponenti veze. Ove komponente su prikazane na sljedećoj slici.



gdje je:

ZONA ZATEZANJA

| | | |
|----------|---|------------------|
| <i>a</i> | podvezica(e) opterećena zatezanjem | (komponenta 9); |
| <i>b</i> | zavrtnjevi opterećeni na smicanje | (komponenta 11); |
| <i>c</i> | zavrtnjevi opter.na pritisak po omot.rupe | (komponenta 12); |
| <i>d</i> | nožica grede opterećena zatezanjem | (komponenta 9); |

ZONA PRITISKA

| | | |
|----------|---|------------------|
| <i>e</i> | nožica grede opterećena pritiskom | (komponenta 9); |
| <i>f</i> | podvezica(e) opterećena pritiskom | (komponenta 9); |
| <i>g</i> | zavrtnjevi opterećeni na smicanje | (komponenta 11); |
| <i>h</i> | zavrtnjevi opter.na pritisak po omot.rupe | (komponenta 12); |

ZONA SMICANJA

| | | |
|----------|---|-------------------|
| <i>j</i> | rebro grede i podvezice na rebru | (modifik.komp.9); |
| <i>k</i> | zavrtnjevi opterećeni na smicanje | (komponenta 11); |
| <i>l</i> | zavrtnjevi opter.na pritisak po omot.rupe | (komponenta 12); |