

ARMIRANOBETONSKE GREDE razreda duktilnosti "M"

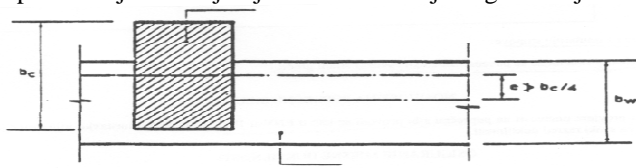
Zahtjevi za materijal

- (1) U primarnim potresnim elementima ne smije se upotrijebiti beton razreda manjeg od C16/20.
- (2) U kritičnim područjima primarnih potresnih elemenata moraju se upotrijebiti samo rebraste šipke čelika za armiranje, osim za zatvorene spone i poprečne spone.
- (3) U kritičnim područjima primarnih potresnih elemenata mora se upotrijebiti čelik za armiranje razreda B ili C u skladu s normom EN 1992-1-1:2004, tablica C.1.
- (4) Smiju se upotrijebiti zavarene mreže ako ispunjavaju zahtjeve stavaka (2) i (3).

Geometrijska ograničenja

Mora se postići učinkovit prijenos cikličkih momenata od grede u stup ograničenjem ekscentričnosti osi grede u odnosu na os stupa.

Pretpostavka je da ovaj uvjet bude zadovoljen ograničenjem razmaka između osi dvaju elementa na manje od $b_c/4$.



Kako bi se u obzir uzeo povoljan učinak tlačno opterećenog stupa na prionjivost horizontalnih šipki koje prolaze kroz čvor, širina b_w primarne potresne grede mora zadovoljiti izraz:

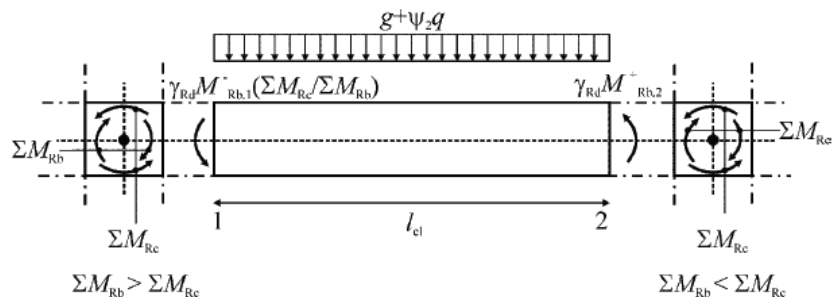
$$b_w \leq \min \{b_c + h_w; 2b_c\}$$

Proračun reznih sila

Za grede razreda DCM i DCH sve proračunske rezne sile dobivaju se iz proračuna konstrukcije na **potresnu kombinaciju djelovanja**, uzimajući u obzir učinke drugog reda prema 4.4.2.2 i zahtjeve proračuna prema kapacitetu nosivosti 5.2.3.3(2). Preraspodjela momenata savijanja je dopuštena.

Primarnim potresnim gredama proračunske poprečne sile određuju se u skladu s pravilom proračuna sposobnosti nosivosti na temelju ravnoteže grede uz

- a) poprečno opterećenje koje djeluje na nju u potresnoj proračunskoj situaciji i
- b) momente na kraju $M_{i,d}$ (gdje $i = 1, 2$ označuje krajnje presjeke grede), koji odgovaraju stvaranju plastičnog zgloba za pozitivni i negativni smjer potresnog djelovanja. Treba uzeti da se plastični zglobovi stvaraju na krajevima greda ili (ako se tamo prvo stvaraju) u vertikalnim elementima priključenim u čvor u kojem je priključena greda



- a) Na krajnjem presjeku i , dvije vrijednosti poprečne sile treba izračunati, tj. najveću $V_{Ed,max,i}$ i najmanju $V_{Ed,min,i}$ koje odgovaraju maksimalnom pozitivnim i negativnim momentima na krajevima $M_{i,d}$ koji mogu nastati na krajevima 1 i 2 greda.

- b) Momenti na krajevima $M_{i,d}$ smiju se odrediti kako slijedi:

$$M_{i,d} = \gamma_{Rd} M_{Rb,i} \min\left(1, \frac{\sum M_{Rc}}{\sum M_{Rb}}\right)$$

Gdje je:

γ_{Rd} – faktor kojim se u obzir uzima moguća povećana čvrstoća zbog ojačanja čelika; za DCM $\gamma_{Rd}=1,0$

M_{Rbi} – proračunska vrijednost otpornosti grede na kraju i u smjeru potresnog momenta savijanja za promatrani smjer potresnog djelovanja

$\sum M_{Rc}$ i $\sum M_{Rb}$ sume proračunskih momenata otpornosti stupova i greda priključenih u čvor. Vrijednost $\sum M_{Rc}$ treba odgovarati uzdužnoj sili (silama) u stupu za potresnu proračunsku situaciju za promatrani smjer potresnog djelovanja.

- a) Na krajevima greda koje je indirektno oslonjena na drugu gredu, umjesto da je priključena na vertikalni element, moment na kraju grede $M_{i,d}$ se smije uzeti jednakim momentu koji djeluje na kraju grede u potresnoj proračunskoj situaciji.

Proračun i provjera proračunske nosivosti

Otpornost pri savijanju i posmiku

Otpornost pri savijanju i posmiku proračunava se u skladu s normom ENV 1992-1-1:2004.

Gornju armaturu na krajnjim presjecima primarnih potresnih greda oblika presjeka T ili L treba postaviti uglavnom unutar širine hrpta. Samo dio te armature može se smjestiti izvan širine hrpta ali unutar proračunske širine pojasnice b_{eff} .

Proračunska širina pojasnice b_{eff} proračunava se ovako:

- a) za primarne potresne grede priključene na vanjske stupove proračunska širina pojasnice b_{eff} , ako nema poprečne grede, uzima se jednaka širini b_c stupa (vidjeti sliku 5.5b), ili ako postoji poprečna greda slične visine, uzima se jednaka toj širini povećanoj za $2h_f$ na svaku stranu grede (vidjeti slike 5.5a).
- b) za primarne potresne grede priključene na unutarnje stupove smiju se gore navedene širine povećati za $2h_f$ na svaku stranu grede (slika 5.5c i d).

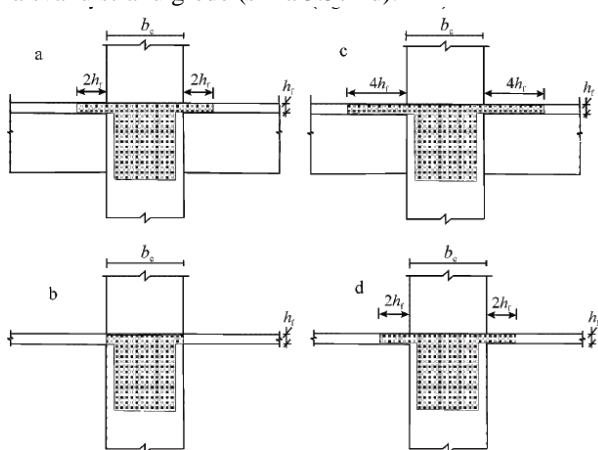


Figure 5.5: Effective flange width b_{eff} for beams framing into columns

Razrada detalja za lokalnu duktilnost

Područja grede duljine do l_{cr} od presjeka gdje se greda spaja sa stupom te područje s obje strane bilo kojega drugog presjeka koji se pri potresnoj kombinaciji djelovanja može plastično deformirati smatra se kritičnim područjem. Duljina l_{cr} dana je za svaki razred duktilnosti. Za DCM $l_{cr}=h_w$

U primarnim potresnim gredama koje nose prekinute vertikalne elemente područja do udaljenosti $2h_w$ na svaku stranu od oslonjenog vertikalnog elementa treba smatrati kritičnim područjem.

Smatra se da je zadovoljen zahtjev lokalne duktilnosti ako su unutar kritičnih područja provedena ova pravila:

- zadovoljen zahtjev lokalne duktilnosti ako su unutar kritičnih područja greda **faktor duktilnosti izražen zakrivljenošću** najmanje jednak vrijednosti danoj u 5.2.3.4(3)

Smatra se da je prethodni zahtjev iz stavka ispunjen ako su u obje pojasnice grede postignuti ovi uvjeti:

a) U tlačno područje postavljena je uzdužna armatura koja nije manja od polovice količine stvarne vlačne armature. Ona ne smije biti manja od proračunski potrebne armature.

b) Koeficijent vlačne armature ρ nigdje ne prelazi vrijednost ρ_{\max} koja je određena formulom

$$\rho_{\max} = \rho' + \frac{0,0018}{\mu_{\phi} \varepsilon_{sy,d}} \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}}$$

gdje su ρ i ρ' označeni omjeri armiranja u vlačnom i tlačnom području normalizirani s bd , a b je širina tlačne pojasnice grede. Ako vlačno područje uključuje ploču, u ρ se uključuje količina armature ploče usporedna s gredom u proračunskoj širini pojasnice

Koeficijent vlačne armature ρ nigdje nije manji od najmanje vrijednosti ρ_{\min} koja je određena formulom

$$\rho_{\min} = 0,5 (f_{ctm} / f_{yk})$$

a nigdje nije veći od količine određene za svaki razred duktilnosti.

Unutar kritičnih područja postavljaju se stremenovi koji zadovoljavaju ove uvjete:

- a) promjer stremenova d_{bw} **nije manji od 6 mm**
b) razmak stremenova "s" nije veći od:
- $$s = \min [h_w/4 ; 24 d_{bw}; 225 \text{ mm}; 8 d_{bL}]$$
- c) prvi stremen nije smješten dalje od **50 mm** od rubnoga presjeka grede.

Sidrenje uzdužnih šipaka

Dio uzdužne armature grede koja se u čvorovima savija zbog sidrenja mora se uvijek postaviti unutar odgovarajućih spona stupa.

Radi sprečavanja sloma prijanjanja, promjer uzdužnih šipki grede koje prolaze kroz čvor greda – stup, d_{bL} , mora biti ograničen u skladu sa sljedećim izrazima:

- a) za unutarnje čvorove greda – stup:

$$\frac{d_{bL}}{h_c} \leq \frac{7,5 \cdot f_{ctm}}{\gamma_{Rd} \cdot f_{yd}} \cdot \frac{1 + 0,8 \cdot v_d}{1 + 0,75 k_D \cdot \rho' / \rho_{\max}}$$

- b) za vanjske čvorove greda-stup:

$$\frac{d_{bL}}{h_c} \leq \frac{7,5 \cdot f_{ctm}}{\gamma_{Rd} \cdot f_{yd}} \cdot (1 + 0,8 \cdot v_d)$$

gdje je:

k_D – faktor kojim se uzima u obzir razred duktilnosti (za DCH $k_D=1,0$, a za DCM $k_D=2/3$)

ARMIRANOBETONSKE GREDE razreda duktilnosti "H"

Zahtjevi za materijal

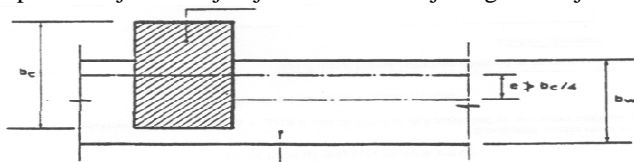
- (1) Za primarne potresne elemente ne smije se upotrijebiti beton razreda manjeg od C 20/25.
- (2) U kritičnim područjima primarnih potresnih elemenata moraju se upotrijebiti samo rebraste šipke čelika za armiranje, osim za zatvorene spone i poprečne spone.
- (3) U kritičnim područjima primarnih potresnih elemenata, mora se upotrijebiti čelik za armiranje razreda C iz tablice C.1 norme EN 1992-1-1:2004. Nadalje, gornja karakteristična vrijednost stvarne granice popuštanja, $f_{yk,0,95}$ ne smije premašiti nazivnu vrijednost za više od 25 %.

Geometrijska ograničenja

Širina greda ne smije biti manja od 200 mm.

Mora se postići učinkovit prijenos cikličkih momenata od grede u stup ograničenjem ekscentričnosti osi grede u odnosu na os stupa.

Pretpostavka je da ovaj uvjet bude zadovoljen ograničenje razmaka između osi dvaju elementa na manje od $b_c/4$.



Kako bi se u obzir uzeo povoljan učinak tlačno opterećenog stupa na prionjivost horizontalnih šipki koje prolaze kroz čvor, širina b_w primarne potresne grede mora zadovoljiti izraz:

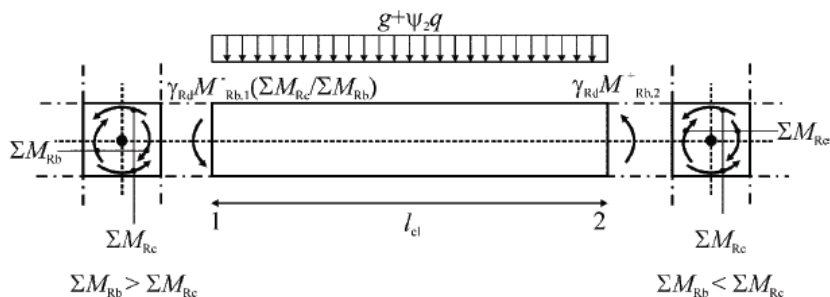
$$b_w \leq \min \{b_c + h_w; 2b_c\}$$

Proračun reznih sila

Za grede razreda DCM i DCH sve proračunske rezne sile dobivaju se iz proračuna konstrukcije na **potresnu kombinaciju djelovanja**, uzimajući u obzir učinke drugog reda prema 4.4.2.2 i zahtjeve proračuna prema kapacitetu nosivosti 5.2.3.3(2). Preraspodjela momenata savijanja je dopuštena.

Primarnim potresnim gredama proračunske poprečne sile određuju se u skladu s pravilom proračuna sposobnosti nosivosti na temelju ravnoteže grede uz

- a) poprečno opterećenje koje djeluje na nju u potresnoj proračunskoj situaciji i
- b) momente na kraju $M_{i,d}$ (gdje $i = 1, 2$ označuje krajnje presjeke grede), koji odgovaraju stvaranju plastičnog zgloba za pozitivni i negativni smjer potresnog djelovanja. Treba uzeti da se plastični zglobovi stvaraju na krajevima greda ili (ako se tamo prvo stvaraju) u vertikalnim elementima priključenim u čvor u kojem je priključena greda



- a) Na krajnjem presjeku i , dvije vrijednosti poprečne sile treba izračunati, tj. Maksimalnu $V_{Ed,max,i}$ i minimalnu $V_{Ed,min,i}$ koje odgovaraju maksimalnom pozitivnim i negativnim momentima na krajevima $M_{i,d}$ koji mogu nastati na krajevima 1 i 2 greda.

b) Momenti na krajevima $M_{i,d}$ smiju se odrediti kako slijedi:

$$M_{i,d} = \gamma_{Rd} M_{Rb,i} \min\left(1, \frac{\sum M_{Rc}}{\sum M_{Rb}}\right)$$

Gdje je:

γ_{Rd} – faktor kojim se u obzir uzima moguća povećana čvrstoća zbog ojačanja čelika; za DCH $\gamma_{Rd}=1,2$

$M_{Rb,i}$ – proračunska vrijednost otpornosti grede na kraju i u smjeru potresnog momenta savijanja za promatrani smjer potresnog djelovanja

$\sum M_{Rc}$ i $\sum M_{Rb}$ sume proračunskih momenata otpornosti stupova i greda priključenih u čvor. Vrijednost $\sum M_{Rc}$ treba odgovarati uzdužnoj sili (silama) u stupu za potresnu proračunsku situaciju za promatrani smjer potresnog djelovanja.

b) Na krajevima greda koje je indirektno oslonjena na drugu gredu, umjesto da je priključena na vertikalni element, moment na kraju grede $M_{i,d}$ se smije uzeti jednakim momentu koji djeluje na kraju grede u potresnoj proračunskoj situaciji.

Proračun i provjera proračunske nosivosti

Otpornost pri savijanju i posmiku

Otpornost pri savijanju proračunava se u skladu s normom EN 1992-1-1:2004.

Gornju armaturu na krajnjim presjecima primarnih potresnih greda oblika presjeka T ili L treba postaviti uglavnom unutar širine hrpta. Samo dio te armature može se smjestiti izvan širine hrpta ali unutar proračunske širine pojasnice b_{eff} .

Proračunska širina pojasnice b_{eff} proračunava se ovako:

a) za primarne potresne grede priključene na vanjske stupove proračunska širina pojasnice b_{eff} , ako nema poprečne grede, uzima se jednaka širini b_c stupa (vidjeti sliku 5.5b), ili ako postoji poprečna greda slične visine, uzima se jednaka toj širini povećanoj za $2h_f$ na svaku stranu grede (vidjeti slike 5.5a).

b) za primarne potresne grede priključene na unutarnje stupove smiju se gore navedene širine povećati za $2h_f$ na svaku stranu grede (slika 5.5c i d).

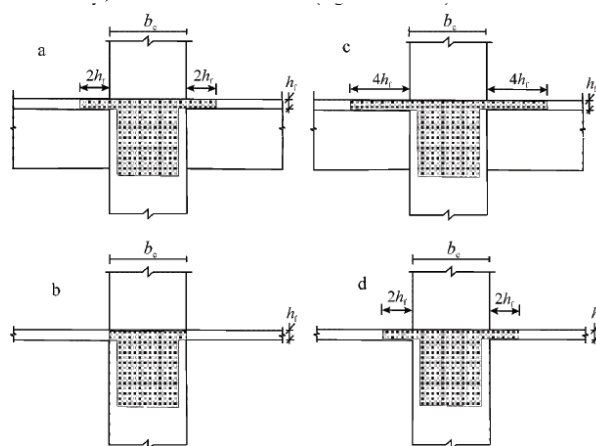


Figure 5.5: Effective flange width b_{eff} for beams framing into columns

Otpornost na poprečnu silu

Proračun otpornosti na poprečnu silu se vrši prema EN 1992-1-1:2004, ukoliko nije specificirano drugačije u narednim točkama.

U kritičnim područjima primarnih potresnih greda, nagib tlačnih štapova θ u modelu rešetke mora biti 45° .

U odnosu na raspored poprečne armature u kritičnim područjima na svakome kraju grede razlikuju se slučajevi ovisni o brojčanoj vrijednosti omjera $\zeta = V_{Smin} / V_{Smax}$ najmanje i najveće poprečne sile što proizlaze iz proračuna:

- a) Ako je $\zeta \geq -0,5$, doprinos armature otpornosti na poprečnu silu proračunava se po modelu rešetke u skladu ENV 1992.
- b) Ako je $\zeta < -0,5$, tj. ako se očekuje gotovo puna promjena (predznaka) poprečne sile, tada se:
 - 1) Ako je $|V_E|_{max} \leq (2 + \zeta) f_{ctd} b_w d$, primjenjuje pravilo kao u a (f_{ctd} je proračunska vrijednost vlačne čvrstoće betona prema EN 1992-1-1:2004)
 - 2) Ako je $|V_E|_{max}$ veće od gornje granične vrijednosti, treba predvidjeti nagnutu armaturu u oba smjera, tj. pod $\pm 45^\circ$ na os grede ili uzduž dvaju dijagonala grede po visini, a pritom jednu polovinu $|V_E|_{max}$ trebaju preuzeti spone, a drugu polovinu nagnuta armatura;
- U takvom slučaju provjera se provodi iz uvjeta
$$0,5 V_{Emax} \leq 2A_s f_{yd} \sin \alpha$$

gdje je:

A_s ploština nagnute armature u jednome smjeru koja siječe moguću ravninu klizanja (tj. presjek grede).

α kut nagnute armature i osi grede (obično je $\alpha = 45^\circ$)

Razrada detalja za lokalnu duktilnost

Područja grede duljine do l_{cr} od presjeka gdje se greda spaja sa stupom te područje s obje strane bilo kojega drugog presjeka koji se pri potresnoj kombinaciji djelovanja može plastično deformirati smatra se kritičnim područjem. Duljina l_{cr} dana je za svaki razred duktilnosti. Za DCH $l_{cr} = 1,5h_w$

U primarnim potresnim gredama koje nose prekinute vertikalne elemente područja do udaljenosti $2h_w$ na svaku stranu od oslonjenog vertikalnog elementa treba smatrati kritičnim područjem.

Smatra se da je zadovoljen zahtjev lokalne duktilnosti ako su unutar kritičnih područja provedena ova pravila:

- zadovoljen zahtjev lokalne duktilnosti ako su unutar kritičnih područja greda **faktor duktilnosti izražen zakrivljenošću** najmanje jednak vrijednosti danoj u 5.2.3.4(3)

Smatra se da je prethodni zahtjev iz stavka ispunjen ako su u obje pojasnice grede postignuti ovi uvjeti:

a) U tlačno područje postavljena je uzdužna armatura koja nije manja od polovice količine stvarne vlačne armature. Ona ne smije biti manja od proračunski potrebne armature.

b) Koeficijent vlačne armature ρ nigdje ne prelazi vrijednost ρ_{max} koja je određena formulom

$$\rho_{max} = \rho' + \frac{0,0018}{\mu_\phi \varepsilon_{sy,d}} \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}}$$

gdje su ρ i ρ' označeni omjeri armiranja u vlačnom i tlačnom području normalizirani s bd , a b je širina tlačne pojasnice grede. Ako vlačno područje uključuje ploču, u ρ se uključuje količina armature ploče usporedna s gredom u proračunskoj širini pojasnice

Kako bi se zadovoljio zahtjev za nužnim uvjetima duktilnosti, sljedeći uvjeti trebaju biti zadovoljeni duž cijele grede:

- 1) Koeficijent vlačne armature ρ nigdje nije manji od najmanje vrijednosti ρ_{min} koja je određena formulom
$$\rho_{min} = 0,5 (f_{ctm} / f_{yk})$$
- 2) **Najmanje dvije šipke promjera $d_b = 14$ mm moraju biti postavljene po cijeloj duljini grede gore i dolje.**
- 3) **Četvrtina najveće gornje armature na ležajevima mora se postaviti uzduž cijele duljine grede.**

Unutar kritičnih područja postavljaju se stremenovi koji zadovoljavaju ove uvjete:

- a) promjer stremenova d_{bw} **nije manji od 6 mm**
- b) razmak stremenova "s" nije veći od:

 $s = \min [h_w/4 ; 24 d_{bw}; 175\text{mm}; 6 d_{bL}]$
- c) prvi stremen nije smješten dalje od **50 mm** od rubnoga presjeka grede.

Sidrenje uzdužnih šipaka

Dio uzdužne armature grede koja se u čvorovima savija zbog sidrenja mora se uvijek postaviti unutar odgovarajućih spona stupa.

Radi sprečavanja sloma prijanjanja, promjer uzdužnih šipki grede koje prolaze kroz čvor greda – stup, d_{bL} , mora biti ograničen u skladu sa sljedećim izrazima:

a) za unutarnje čvorove greda – stup:

$$\frac{d_{bL}}{h_c} \leq \frac{7,5 \cdot f_{ctm}}{\gamma_{Rd} \cdot f_{yd}} \cdot \frac{1 + 0,8 \cdot \nu_d}{1 + 0,75 k_D \cdot \rho' / \rho_{\max}}$$

b) za vanjske čvorove greda-stup:

$$\frac{d_{bL}}{h_c} \leq \frac{7,5 \cdot f_{ctm}}{\gamma_{Rd} \cdot f_{yd}} \cdot (1 + 0,8 \cdot \nu_d)$$

gdje je:

k_D – faktor kojim se uzima u obzir razred duktilnosti (za DCH $k_D=1,0$, a za DCM $k_D=2/3$)

ARMIRANOBETONSKI STUPOVI Razreda duktilnosti M

Zahtjevi za materijal

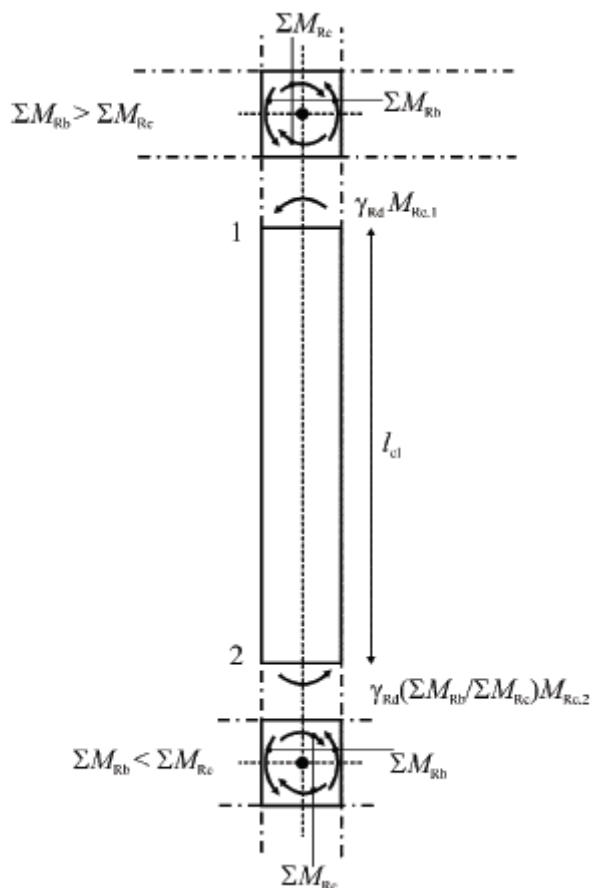
- (1) U primarnim potresnim elementima ne smije se upotrijebiti beton razreda manjeg od C16/20.
- (2) U kritičnim područjima primarnih potresnih elemenata moraju se upotrijebiti samo rebraste šipke čelika za armiranje, osim za zatvorene spone i poprečne spone.
- (3) U kritičnim područjima primarnih potresnih elemenata mora se upotrijebiti čelik za armiranje razreda B ili C u skladu s normom EN 1992-1-1:2004, tablica C.1.
- (4) Smiju se upotrijebiti zavarene mreže ako ispunjavaju zahtjeve stavaka (2) i (3).

Geometrijska ograničenja

Ako nije (koeficijent osjetljivosti) $\theta \leq 0,1$ izmjere presjeka stupa ne smiju biti manje od jedne desetine većeg razmaka između točke infleksije i kraja stupa kad se promatra savijanje u ravnini usporednoj s promatranom izmjerom stupa.

Proračun unutarnjih sila

U primarnim potresnim stupovima proračunske vrijednosti poprečnih sila određuju se u skladu s pravilima proračuna sposobnosti nosivosti, na temelju ravnoteže stupa za momente na kraju $M_{i,d}$ (gdje $i = 1, 2$ označuju krajeve presjeka stupa), odgovarajućeg stvaranja plastičnog zgloba za pozitivni i negativni smjer potresnoga opterećenja. Plastični se zglobovi trebaju stvoriti na krajevima greda spojenim u čvor u kojemu je kraj stupa, ili (ako se stvore prvi) na krajevima stupova.



Momenti na krajevima $M_{i,d}$ iz prethodne točke smiju se odrediti iz izraza:

$$M_{i,d} = \gamma_{Rd} M_{Rc,i} \min\left(1, \frac{\Sigma M_{Rb}}{\Sigma M_{Rc}}\right)$$

gdje je:

γ_{Rd} faktor kojim se u obzir uzima moguća povećana čvrstoća zbog ojačanja čelika i ovijanja betona tlačnog područja presjeka, koji se može uzeti 1,1

$M_{Rc,i}$ proračunska vrijednost otpornosti stupa na kraju i u smjeru potresnog momenta savijanja za promatrani smjer potresnog djelovanja

ΣM_{Rc} i ΣM_{Rb} sume proračunskih momenata otpornosti stupova i greda priključenih u čvor. Vrijednost ΣM_{Rc} treba odgovarati uzdužnoj sili (silama) u stupu za potresnu proračunsku situaciju za promatrani smjer potresnog djelovanja.

Vrijednosti $M_{Rc,i}$ i ΣM_{Rc} trebaju odgovarati uzdužnoj sili (silama) za potresnu proračunsku situaciju za promatrani smjer potresnog djelovanja.

Otpornosti

Otpornost na savijanje i posmik proračunava se u skladu s normom EN 1992-1-1:2004 s uzdužnom silom dobivenom proračunom za potresnu proračunsku situaciju.

Dvoosno se savijanje smije, na pojednostavljen način, uzeti u obzir odvojenom provjerom za svaki smjer, uz jednoosni moment otpornosti umanjen za 30 %.

U primarnim potresnim stupovima vrijednost normalizirane uzdužne sile, v_d , ne smije prijeći 0,65.

Razrada detalja primarnih potresnih stupova za mjesnu duktilnost

Ukupni omjer uzdužne armature ρ_l ne smije biti manji od 0,01 i ne veći od 0,04. U simetričnim presjecima, treba predvidjeti simetričnu armaturu ($r = r'$).

Između šipki u kutovima mora se predvidjeti najmanje jedna međušipka na svakoj stranici stupa kako bi se osigurala cjelovitost čvora greda – stup.

Kritičnim se područjima moraju smatrati područja do udaljenosti l_{cr} od obaju krajnjih presjeka primarnih potresnih stupova.

Ako nema točnijih podataka, smije se duljina kritičnoga područja, l_{cr} , (u metrima) proračunati iz izraza:

$$l_{cr} = \max \{ h_c; l_{cl}/6; 0,45 \}$$

gdje je:

h_c dimenzija najveće stranice presjeka stupa (u metrima)

l_{cl} svijetla visina stupa (u metrima).

Ako je $l_c / h_c < 3$, cijela se visina primarnog potresnog stupa mora smatrati kritičnim područjem i u skladu s tim se mora armirati.

U kritičnom području, u podnožju primarnih potresnih stupova treba osigurati vrijednost faktora duktilnosti s obzirom na zakrivljenost, μ_ϕ najmanje u skladu s točkom 5.2.3.4(3).

Ako je bilo gdje u presjeku za specificiranu vrijednost μ_ϕ potrebna deformacija betona veća od $\epsilon_{cu2} = 0,0035$, mora se zamjena (kompenzacija) za gubitak otpornosti zbog odlamanja betona postići prikladnim ovijanjem betonske jezgre, na temelju svojstava ovijenog betona pokazanog u točki 3.1.9 norme EN 1992-1-1:2004.

Smatra se da su ispunjeni zahtjevi prethodne točke ako je ispunjen uvjet:

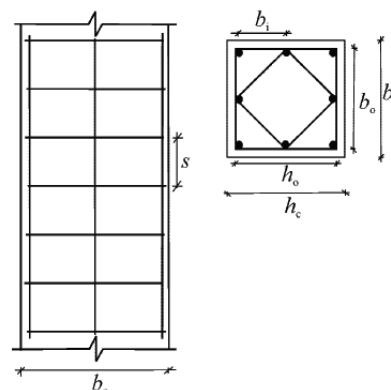


Figure 5.7: Confinement of concrete core

$$\alpha \omega_{wd} \geq 30 \mu_s v_d \varepsilon_{sy,d} \frac{b_c}{b_0} - 0,035$$

gdje je:

ω_{wd} mehanički obujamski omjer ovijenih spona u kritičnom području

$$\left[\omega_{wd} = \frac{\text{obujam ovijenih spona}}{\text{obujam betonske jezgre}} \times \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \right];$$

μ_Φ zahtijevana vrijednost faktora duktilnosti s obzirom na zakrivljenost

$\varepsilon_{sy,d}$ proračunska vrijednost vlačne deformacije čelika pri popuštanju

v_d normalizirana proračunska osna sila $N_{Ed}/(A_c f_{cd})$

h_c bruto visina presjeka (usporedna s horizontalnim smjerom u kojem se upotrebljava

vrijednost μ_Φ u stavku (6)P ove točke

h_0 visina ovijene jezgre (do osi spona)

b_c bruto širina presjeka

b_0 širina ovijene jezgre (do osi spona)

α faktor djelotvornosti ovijanja jednak $\alpha = \alpha_n \alpha_s$ gdje je:

a) Za pravokutne presjeke:

$$\alpha_n = 1 - \sum_n b_i^2 / 6 b_0 h_0$$

$$\alpha_s = (1 - s/2 b_0)(1 - s/2 h_0)$$

uz

n ukupni broj uzdužnih šipki obuhvaćenih sponama ili poprečnim sponama

b_i razmak između susjednih obuhvaćenih šipki (vidjeti sliku 5.7; isto za b_0 , h_0 i s)

b) Za kružne presjeke s kružnim sponama i promjerom ovijene jezgre D_0 (do središta spona):

$$\alpha_n = 1$$

$$\alpha_s = (1 - s/2 D_0)^2$$

c) Za kružne presjeke sa spiralnim sponama:

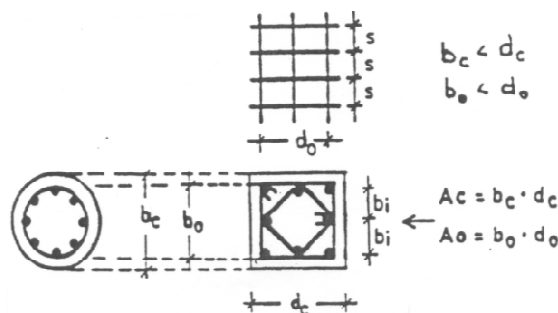
$$\alpha_n = 1$$

$$\alpha_s = (1 - s/2 D_0)$$

gdje je:

n **ukupni broj točaka** (u svakoj ravni stremena), **gdje je uzdužna armatura "pridržana" stremenovima** ili poprečnim sponama (šipke koje prolaze kroz presjeke)

b_i **razmak između susjednih "pridržanih" šipaka**



U kritičnom području, u podnožju primarnih potresnih stupova treba osigurati najmanje vrijednost ω_{wd} jednaku 0,08.

U kritičnim područjima primarnih potresnih stupova, moraju se predvidjeti spona i poprečne spona najmanjeg promjera 6 mm na razmaku koji osigurava najmanju duktilnost i sprečava mjesno izvijanje uzdužnih šipki. Raspored spona mora biti takav da se u presjeku razvije troosno stanje naprezanja kojeg stvaraju spona.

Smatra se da su najmanji uvjeti iz prethodne točke postignuti ako su ispunjeni ovi uvjeti:

- a) Razmak spona, s , (u milimetrima) ne premašuje

$$s_{\min} \{ b_0/2; 175; 8d_{bL} \}$$

gdje je:

b_0 najmanja dimenzija betonske jezgre (do osi spona) (u milimetrima)

d_{bL} najmanji promjer uzdužnih šipki (u milimetrima).

- b) Razmak susjednih uzdužnih šipki obuhvaćenih sponama ili poprečnim sponama ne premašuje 200 mm uzimajući u obzir točku 9.5.3(6) norme EN 1992-1-1:2004.

Poprečna armatura u kritičnom području u podnožju primarnih potresnih stupova smije se odrediti kako je specificirano u normi EN 1992-1-1:2004 uz uvjet da je vrijednost normaliziranog uzdužnog opterećenja za potresnu proračunsku situaciju manja od 0,2 i da vrijednost faktora ponašanja q upotrijebljena u proračunu ne premašuje 2,0.

Momenti na krajevima $M_{i,d}$ iz prethodne točke smiju se odrediti iz izraza:

$$M_{i,d} = \gamma_{Rd} M_{Rc,i} \min\left(1, \frac{\sum M_{Rb}}{\sum M_{Rc}}\right)$$

gdje je:

γ_{Rd} faktor kojim se u obzir uzima moguća povećana čvrstoća zbog ojačanja čelika i ovijanja betona tlačnog područja presjeka, koji se može uzeti **1,3**

$M_{Rc,i}$ proračunska vrijednost otpornosti stupa na kraju i u smjeru potresnog momenta savijanja za promatrani smjer potresnog djelovanja

$\sum M_{Rc}$ i $\sum M_{Rb}$ sume proračunskih momenata otpornosti stupova i greda priključenih u čvor. Vrijednost $\sum M_{Rc}$ treba odgovarati uzdužnoj sili (silama) u stupu za potresnu proračunsku situaciju za promatrani smjer potresnog djelovanja.

Vrijednosti $M_{Rc,i}$ i $\sum M_{Rc}$ trebaju odgovarati uzdužnoj sili (silama) za potresnu proračunsku situaciju za promatrani smjer potresnog djelovanja.

Otpornosti

Otpornost na savijanje i posmik proračunava se u skladu s normom EN 1992-1-1:2004 s uzdužnom silom dobivenom proračunom za potresnu proračunsku situaciju.

Dvoosno se savijanje smije, na pojednostavnjen način, uzeti u obzir odvojenom provjerom za svaki smjer, uz jednoosni moment otpornosti umanjen za 30 %.

U primarnim potresnim stupovima vrijednost normalizirane uzdužne sile, v_d , ne smije prijeći **0,55**.

Razrada detalja primarnih potresnih stupova za mjesnu duktilnost

Ukupni omjer uzdužne armature ρ_l ne smije biti manji od 0,01 i ne veći od 0,04. U simetričnim presjecima, treba predvidjeti simetričnu armaturu ($r = r'$).

Između šipki u kutovima mora se predvidjeti najmanje jedna međušipka na svakoj stranici stupa kako bi se osigurala cjelovitost čvora greda – stup.

Kritičnim se područjima moraju smatrati područja do udaljenosti l_{cr} od obaju krajnjih presjeka primarnih potresnih stupova.

Ako nema točnijih podataka, smije se duljina kritičnoga područja, l_{cr} , (u metrima) proračunati iz izraza:

$$l_{cr} = \max \{ 1,5h_c; l_{cl}/6; 0,6 \}$$

gdje je:

h_c dimenzija najveće stranice presjeka stupa (u metrima)

l_{cl} svijetla visina stupa (u metrima).

Ako je $l_c / h_c < 3$, cijela se visina primarnog potresnog stupa mora smatrati kritičnim područjem i u skladu s tim se mora armirati.

Oblikovanje kritičnih područja iznad podnožja stupa treba temeljiti na najmanjoj vrijednosti faktora duktilnosti s obzirom na zakrivljenost μ_ϕ . Kad god je stup zaštićen od stvaranja plastičnog zgloba postupkom proračuna sposobnosti nosivosti iz točke 4.4.2.3(4) (tj. kad je zadovoljen izraz (4.29)), vrijednost q_0 u izrazima (5.4) i (5.5) smije se zamijeniti s $2/3$ vrijednosti q_0 za smjer uspoređan visini presjeka stupa h_c .

U kritičnom području, u podnožju primarnih potresnih stupova treba osigurati vrijednost faktora duktilnosti s obzirom na zakrivljenost, μ_ϕ najmanje u skladu s točkom 5.2.3.4(3).

Ako je bilo gdje u presjeku za specificiranu vrijednost μ_ϕ potrebna deformacija betona veća od $\epsilon_{cu2} = 0,0035$, mora se zamjena (kompenzacija) za gubitak otpornosti zbog odlamanja betona postići prikladnim ovijanjem betonske jezgre, na temelju svojstava ovijenog betona pokazanog u točki 3.1.9 norme EN 1992-1-1:2004.

Smatra se da su ispunjeni zahtjevi prethodne točke ako je ispunjen uvjet:

$$\alpha \omega_{wd} \geq 30 \mu_{\Phi} v_d \varepsilon_{sy,d} \frac{b_c}{b_o} - 0,035$$

gdje je:

ω_{wd} mehanički obujamski omjer ovijenih spona u kritičnom području

$$\left[\omega_{wd} = \frac{\text{obujam ovijenih spona}}{\text{obujam betonske jezgre}} \times \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \right];$$

μ_{Φ} zahtijevana vrijednost faktora duktilnosti s obzirom na zakrivljeni

$\varepsilon_{sy,d}$ proračunska vrijednost vlačne deformacije čelika pri popuštanju

v_d normalizirana proračunska osna sila $N_{Ed}/(A_c f_{cd})$

h_c bruto visina presjeka (usporedna s horizontalnim smjerom u koji vrijednost μ_{Φ} u stavku (6)P ove točke

h_o visina ovijene jezgre (do osi spona)

b_c bruto širina presjeka

b_o širina ovijene jezgre (do osi spona)

α faktor djelotvornosti ovijanja jednak $\alpha = \alpha_n \alpha_s$ gdje je:

a) Za pravokutne presjeke:

$$\alpha_n = 1 - \sum_i b_i^2 / 6 b_o h_o$$

$$\alpha_s = (1 - s/2 b_o)(1 - s/2 h_o)$$

uz

n ukupni broj uzdužnih šipki obuhvaćenih sponama ili poprečnim s

b_i razmak između susjednih obuhvaćenih šipki (vidjeti sliku 5.7; ist

b) Za kružne presjeke s kružnim sponama i promjerom ovijene jezgre D

$$\alpha_n = 1$$

$$\alpha_s = (1 - s/2 D_o)^2$$

c) Za kružne presjeke sa spiralnim sponama:

$$\alpha_n = 1$$

$$\alpha_s = (1 - s/2 D_o)$$

gdje je:

n ukupni broj točaka (u svakoj ravnini stremena), gdje je uzdužna armatura "pridržana" stremenovima ili poprečnim sponama (šipke koje prolaze kroz presjeke)

b_i razmak između susjednih "pridržanih" šipaka

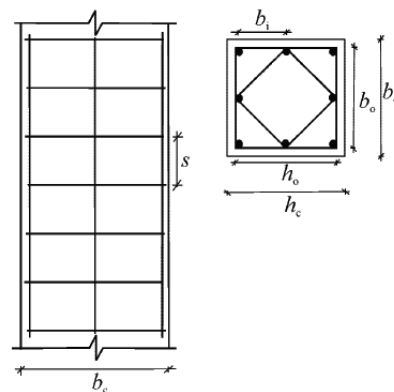
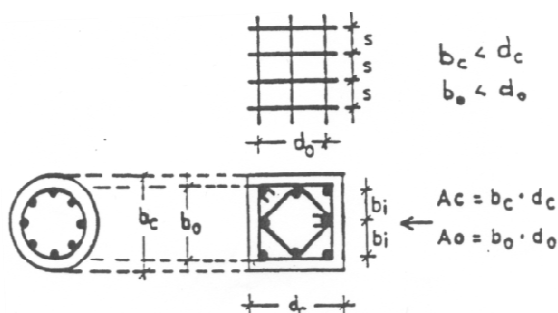


Figure 5.7: Confinement of concrete core



Najmanja vrijednost ω_{wd} koju treba predvidjeti u kritičnom području u podnožju stupa je 0,12, ili 0,08 u svim kritičnim područjima stupova iznad podnožja.

U kritičnim područjima primarnih potresnih stupova, moraju se predvidjeti spona i poprečne spona najmanjeg promjera 6 mm na razmaku koji osigurava najmanju duktilnost i sprečava mjesno izvijanje uzdužnih šipki. Raspored spona mora biti takav da se u presjeku razvije troosno stanje naprezanja kojeg stvaraju spona.

Smatra se da su najmanji uvjeti iz prethodne točke postignuti ako su ispunjeni ovi uvjeti:

- a) Promjer spona iznosi najmanje:

$$d_{sw} \geq 0,4 d_{bl,max} \sqrt{f_{ybl} / f_{ydw}}$$

- b) Razmak spona, s , (u milimetrima) ne premašuje

$$s_{min} \{ b_0/3; 125; 6d_{bL} \}$$

gdje je:

b_0 najmanja dimenzija betonske jezgre (do osi spona) (u milimetrima)

d_{bL} najmanji promjer uzdužnih šipki (u milimetrima).

- c) razmak susjednih uzdužnih šipki omenenih sponama ili poprečnim sponama ne premašuje 150 mm.

U dva donja kata zgrada, spona iz prethodne točke moraju se postaviti i iznad kritičnih područja za dodatnu duljinu jednaku polovini duljine tih područja.

Količina uzdužne armature predviđena u podnožju stupa najdonjeg kata (tj. na mjestu na kojem je stup spojen s temeljem) ne treba biti manja od one predviđene za vrh stupa.

ARMIRANOBETONSKI ZIDOVI RAZREDA DUKTILNOSTI M

Zahtjevi za materijal

- (1) U primarnim potresnim elementima ne smije se upotrijebiti beton razreda manjeg od C16/20.
- (2) U kritičnim područjima primarnih potresnih elemenata moraju se upotrijebiti samo rebraste šipke čelika za armiranje, osim za zatvorene spone i poprečne spone.
- (3) U kritičnim područjima primarnih potresnih elemenata mora se upotrijebiti čelik za armiranje razreda B ili C u skladu s normom EN 1992-1-1:2004, tablica C.1.
- (4) Smiju se upotrijebiti zavarene mreže ako ispunjavaju zahtjeve stavaka (2) i (3).

Geometrijska ograničenja

Debljina hrpta, b_{w0} (u metrima) treba zadovoljiti izraz:

$$b_{w0} \geq \max \{ 0,15; h_s/20 \}$$

gdje je h_s svijetla visina kata u metrima.

Dodatni zahtjevi primjenjuju se na debljinu ovijenih rubnih elemenata zidova kako je specificirano u točki 5.4.3.4.2(10):

Debljina b_w ovijenoga dijela presjeka zida (rubni elementi) ne treba biti manja od 200 mm. Međutim, ako duljina ovijenoga dijela ne premašuje $2b_w$ i $0,2l_w$, tada b_w ne treba biti manje od $h_s/15$, gdje je h_s katna visina. Ako duljina ovijenoga dijela premašuje najviše $2b_w$ i $0,2l_w$, tada b_w ne treba biti manje od $h_s/10$ (vidjeti sliku 5.10).

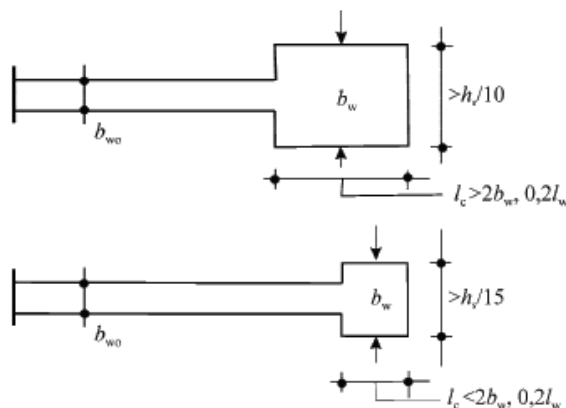


Figure 5.10: Minimum thickness of confined boundary elements

Proračun unutarnjih sila

U obzir se moraju uzeti nesigurnosti pri proračunu poslijeelastičnih dinamičkih učinaka, najmanje prikladnom pojednostavnjenom metodom. Ako nije dostupna točnija metoda, za proračun ovojnica momenata savijanja i faktora povećanja poprečnih sila smiju se upotrijebiti pravila navedena u idućim točkama.

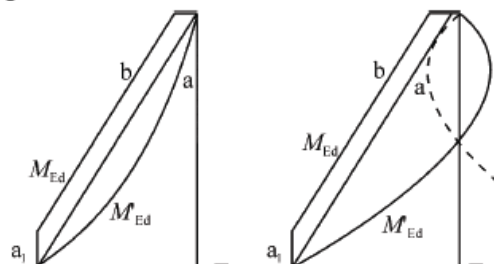
Dopuštena je preraspodjela unutarnjih sila zbog potresnog djelovanja izmenu primarnih potresnih zidova do 30 % uz uvjet da se ne umanjuje ukupno zahtijevana otpornost. Poprečne sile treba preraspodijeliti zajedno s momentima savijanja tako da to ne utječe znatno na omjer momenata savijanja i poprečnih sila pojedinih zidova. U zidovima koji su izloženi velikim promjenama uzdužne sile kao što su npr. povezani zidovi, momente i poprečne sile treba preraspodijeliti od zida (zidova) koji imaju malo tlačno opterećenje ili su izloženi vlačnom naprezanju na zidove koji imaju veliko uzdužno opterećenje.

U povezanim zidovima dopuštena je preraspodjela unutarnjih sila zbog potresnog djelovanja izmenu veznih greda različitih katova do 20 % uz uvjet da to ne utječe na potresnu uzdužnu silu u podnožju svakog pojedinog zida (rezultantu poprečnih sila u veznim gredama).

Moraju se obuhvatiti nesigurnosti koje se odnose na raspodjelu momenata po visini vitkih primarnih potresnih zidova (čiji je omjer visine i duljine h_w/l_w veći od 2,0).

Zahtjevi specificirani u stavku prethodne točke smiju se ispuniti primjenom niže navedenog pojednostavnjenog postupka, neovisno o vrsti proračuna.

Proračunski dijagram momenta savijanja po visini zida treba biti ovojnica dijagrama momenata savijanja iz proračuna vertikalno pomaknuta („vlačni pomak“). Može se pretpostaviti da je ovojnica linearna ako u konstrukciji po visini nema znatnih diskontinuiteta mase, krutosti ili otpornosti. Vlačni pomak treba biti u skladu s nagibom tlačnih štapova uzetim pri provjeri poprečne sile u graničnom stanju nosivosti uz moguću promjenu nagiba pri podnožju i sa stropovima koji djeluju kao spone.



Key

a moment diagram from analysis

b design envelope

a₁ tension shift

a momentni dijagram prema proračunu

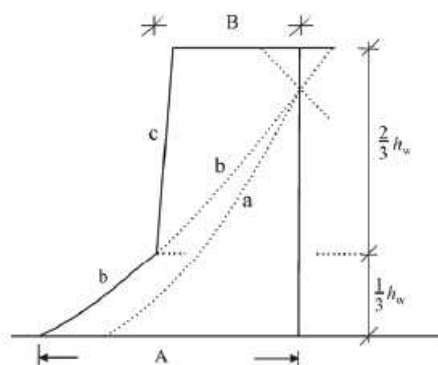
b proračunska ovojnica

a₁ „vlačni pomak“

U obzir se mora uzeti moguće povećanje poprečnih sila nakon popuštanja u podnožju primarnoga potresnog zida.

Smije se smatrati da je zahtjev specificiran u prethodnoj točki ispunjen ako je u dimenzioniranju na poprečne sile uzeto da su one 50 % veće od poprečnih sila dobivenih proračunom.

U dvojnim sustavima koji sadrže vitke zidove treba uzeti proračunsku ovojnici poprečnih sila u skladu sa slikom 5.4 kako bi se obuhvatile nesigurnosti učinaka viših oblika vibracija.



Key

a shear diagram from analysis

b magnified shear diagram

c design envelope

A $V_{wall,base}$

B $V_{wall,top} \geq V_{wall,base}/2$

Legenda:

a dijagram poprečnih sila prema proračunu

b povećani dijagram poprečnih sila

c proračunska ovojnica

A $V_{wall,base}$

B $V_{wall,top} \geq V_{wall,base}/2$

Otpornost na savijanje i posmik

Otpornosti na savijanje i posmik proračunavaju se u skladu s normom EN 1992-1-1:2004, osim ako u narednim točkama nije određeno drukčije, primjenom vrijednosti uzdužne sile prema proračunu za potresnu proračunsku situaciju.

Vrijednost normaliziranog osnovnog opterećenja, v_d , u primarnim potresnim zidovima ne treba premašiti 0,4.

U proračunu otpornosti na savijanje presjeka zida u obzir se uzima vertikalna armatura hrpta.

Složene presjeke zidova koji se sastoje od spojenih ili pravokutnih dijelova koji se međusobno sijeku (presjeci oblika L, T, U, I ili sličnih) treba uzeti kao cjelovite elemente koji se sastoje od hrpta ili hrptova koji su usporedni ili približno usporedni sa smjerom djelujuće potresne poprečne sile i od pojasnice ili pojasnica koje su okomite ili približno okomite na njih. U proračunu otpornosti na savijanje, treba uzeti da se širina pojasnice sa svake strane hrpta proteže od lica hrpta za najmanje:

- stvarnu širinu pojasnice
- polovinu razmaka do susjednog hrpta zida
- 25 % ukupne visine zida iznad promatrane razine.

Razrada detalja za mjesnu duktilnost

(1) Visina kritičnoga područja h_{cr} iznad podnožja zida smije se procijeniti ovako:

$$h_{cr} = \max [l_w, h_w/6]$$

ali

$$h_{cr} \leq \begin{cases} 2l_w & \text{za } n \leq 6 \text{ katova} \\ h_s & \\ 2h_s & \text{za } n \geq 7 \text{ katova} \end{cases}$$

gdje je h_s svijetla visina kata, a podnožje je definirano kao razina temelja ili gornjeg ruba podrumskih katova s krutim dijafragmama i obodnim zidovima.

(2) U kritičnim područjima zidova treba osigurati vrijednost μ_ϕ faktora duktilnosti s obzirom na zakrivljenost koja je najmanje jednaka vrijednosti proračunanoj iz izraza (5.4) i (5.5) u točki 5.2.3.4(3) s osnovnom vrijednošću faktora ponašanja q_0 koji je u tim izrazima zamijenjen umnoškom q_0 i najveće vrijednosti omjera M_{Ed}/M_{Rd} u podnožju zida za potresnu proračunsku situaciju, pri čemu je M_{Ed} proračunski moment savijanja iz proračuna, a M_{Rd} proračunska otpornost na savijanje.

- Ako se ne upotrebljava preciznija metoda, vrijednost μ_ϕ specificirana u prethodnoj točki smije se odrediti iz ovijene armature u rubnim područjima presjeka koji se nazivaju rubnim elementima, a čiju visinu treba odrediti u skladu sa stavkom (6). Veličinu ovijene armature treba odrediti u skladu sa sljedećim stavcima (4) i (5) ove točke.
- Za zidove pravokutnoga presjeka mehanički obujamski omjer zahtijevane ovijene armature wwd rubnog elementa treba ispuniti sljedeći izraz, pri čemu je vrijednost μ_ϕ uzeta prema stavku (2) ove točke:

$$\alpha \omega_{wd} \geq 30 \mu_\phi (v_d + \omega_v) \varepsilon_{sy,d} \frac{b_c}{b_0} - 0,035$$

gdje su parametri:

ω_{wd}	mehanički obujamski omjer ovijenih spona u kritičnom području
$\left[\omega_{wd} = \frac{\text{obujam ovijenih spona}}{\text{obujam betonske jezgre}} \times \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \right]$	
μ_ϕ	zahtijevana vrijednost faktora duktilnosti s obzirom na zakrivljenost
$\varepsilon_{sy,d}$	proračunska vrijednost vlačne deformacije čelika pri popuštanju
v_d	normalizirana proračunska osna sila $N_{Ed}/(A_c f_{cd})$
ω_v	mehanički omjer vertikalne armature hrpta ($\omega_v = \rho_v f_{yd,v}/f_{cd}$).

(5) Za zidove s proširenjem na krajevima ili pojasnicama ili za presjek koji se sastoji od nekoliko pravokutnih dijelova (presjeci oblika T, L, I, U itd.) mehanički obujamski omjer ovijene armature u rubnim elementima smije se odrediti ovako:

- a) uzdužna sila N^{Ed} i ukupna ploština vertikalne armature hrpta A_{sv} normaliziraju se na $h_c b_c f_{cd}$ sa širinom proširenja hrpta ili pojasnicom na tlačnom dijelu pri čemu se za širinu presjeka uzima b_c ($v_d = N^{Ed} / h_c b_c f_{cd}$, $\omega_v = (A_{sv} / h_c b_c) f_{yd} / f_{cd}$). Visina neutralne osi x_u pri najvećoj zakrivljenosti nakon odlamanja betona izvan ovijene jezgre rubnih elemenata smije se procijeniti na:

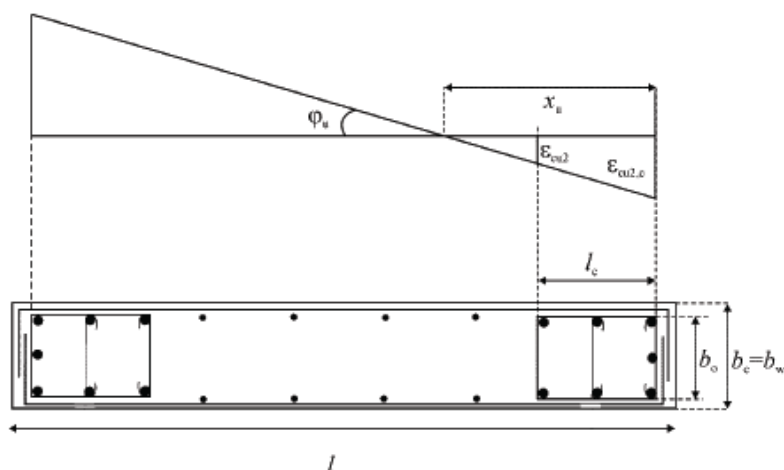
$$x_u = (v_d + \omega_v) \frac{l_w b_c}{b_0}$$

gdje je b_0 širina ovijene jezgre proširenja ili pojasnice. Ako vrijednost x_u ne premašuje visinu proširenja ili pojasnice nakon odlamanja zaštitnog sloja betona, mehanički obujamski omjer ovijene armature proširenja ili pojasnice određuje se prema a) u ovoj točki (tj. prema izrazu u točki (4)), pri čemu se v_d , ω_v , b_c i b_0 odnose na širinu proširenja ili pojasnice.

- b) ako vrijednost x_u premašuje visinu proširenja ili pojasnice nakon odlamanja zaštitnog sloja betona, može se provesti opća metoda koja se temelji na

- 1) definiciji faktora duktilnosti s obzirom na zakrivljenost tj. $\mu_\phi = F_u / F_y$,
- 2) proračunu $F_u = e_{cu2,c} / x_u$ i $F_y = e_{sy} / (d - x_y)$,
- 3) ravnoteži presjeka pri procjeni visine neutralne osi x_u i x_y te na
- 4) vrijednostima čvrstoće i najveće deformacije ovijenoga betona $f_{ck,c}$ i $e_{cu2,c}$ koje su dane u točki 3.1.9 norme EN 1992-1-1:2004 kao funkcije proračunskog bočnog naprezanja pri ovijanju. Zahtijevana armatura ovijanja, ako je potrebna, i ovijena duljina zida proračunaju se s tim u skladu.

(6) Oviyanje prema stavkama (3) do (5) treba se vertikalno protezati na visini h_{cr} kritičnoga područja, a horizontalno uzduž duljine l_c mjerene od rubnoga tlačnog vlakna zida do točke gdje se neovijeni beton može odlomiti zbog velikih tlačnih deformacija. Ako nisu dostupni točniji podaci, tlačna deformacija pri kojoj se očekuje odlamanje smije se uzeti jednakom $e_{cu2} = 0,0035$. Ovijeni rubni element smije se ograničiti na razmak $x_u(1 - e_{cu}/e_{cu2,c})$ od središta spona u blizini rubnog tlačnog vlakna do visine ovijenog tlačnog područja x_u pri najvećoj procijenjenoj zakrivljenosti iz ravnoteže za konstantnu širinu b_0 ovijenog tlačnog područja) i za najveću deformaciju $e_{cu2,c}$ ovijenog betona procijenjenu na temelju točke 3.1.9 norme EN 1992-1-1:2004 na $e_{cu2,c} = 0,0035 + 0,1 \alpha \omega_{wd}$. Najmanja vrijednost l_c ovijenog rubnog elementa ne treba biti manja od $0,15 l_w$ ili $1,50 b_w$.



Ovijeni rubni element zida sa slobodnim rubom (gore: deformacije pri najvećoj zakrivljenosti; dolje: presjek zida)

(7) Ne zahtijeva se ovijeni rubni element u pojasnicama zida ako je debljina $b_f \geq h_s / 15$, a širina $l_f \geq h_s / 5$, gdje je h_s svijetla visina kata (slika 5.9). Međutim, na krajevima takvih pojasnica zbog savijanja zida izvan ravnine smiju se zahtijevati ovijeni rubni elementi.

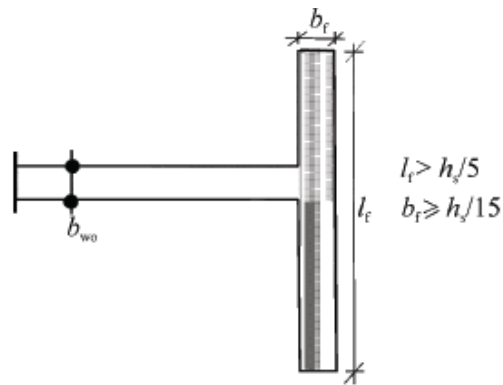


Figure 5.9: Confined boundary element not needed at wall end with a large transverse flange

(8) Omjer uzdužne armature u rubnim elementima ne treba biti manji od 0,005.

(9) Odredbe točaka (9) i (11) primjenjuju se na rubne elemente zidova. Treba upotrijebiti sponne s preklopima tako da je svaka uzdužna šipka povezana sa sponom ili poprečnom sponom.

(10) Debljina b_w ovijenoga dijela presjeka zida (rubni elementi) ne treba biti manja od 200 mm. Međutim, ako duljina ovijenoga dijela ne premašuje $2b_w$ i $0,2l_w$, tada b_w ne treba biti manje od $h_s/15$, gdje je h_s katna visina. Ako duljina ovijenoga dijela premašuje najviše $2b_w$ i $0,2l_w$, tada b_w ne treba biti manje od $h_s/10$ (vidjeti sliku 5.10).

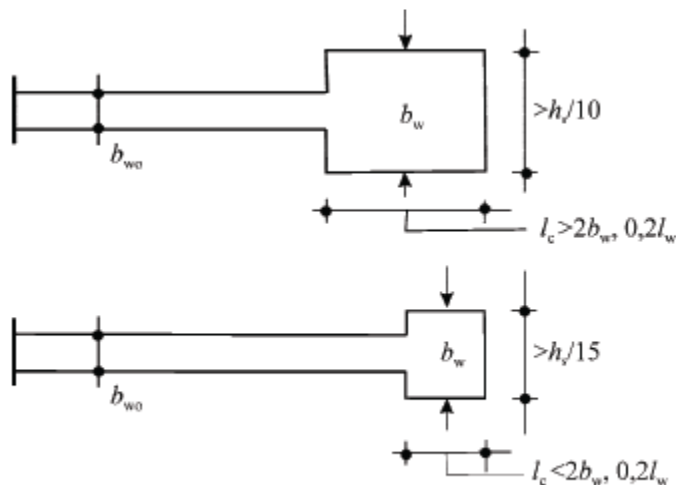


Figure 5.10: Minimum thickness of confined boundary elements

(11) Po visini zida, iznad kritičnoga područja primjenjuju se samo odgovarajuća pravila norme EN 1992-1-1:2004. u vezi vertikalne, horizontalne i poprečne armature. Međutim, u tim dijelovima presjeka, ako u potresnoj proračunskoj situaciji tlačna deformacija ϵ_c premašuje 0,002, treba postaviti najmanji omjer vertikalne armature od 0,005.

(12) Poprečna armatura rubnih elemenata iz stavaka (4) do (10) ove točke smije se odrediti samo u skladu s normom EN 1992-1-1:2004 ako je ispunjen jedan od ovih uvjeta:

- vrijednost normalizirane proračunske uzdužne sile v_d nije veća od 0,15, ili
- vrijednost v_d nije veća od 0,20, a faktor q uzet u proračunu umanjen je za 15 %.

ARMIRANOBETONSKI ZIDOVI RAZREDA DUKTILNOSTI H

Zahtjevi za materijal

- (1) Za primarne potresne elemente ne smije se upotrijebiti beton razreda manjeg od C 20/25.
- (2) U kritičnim područjima primarnih potresnih elemenata moraju se upotrijebiti samo rebraste šipke čelika za armiranje, osim za zatvorene spone i poprečne spone.
- (3) U kritičnim područjima primarnih potresnih elemenata, mora se upotrijebiti čelik za armiranje razreda C iz tablice C.1 norme EN 1992-1-1:2004. Nadalje, gornja karakteristična vrijednost stvarne granice popuštanja, $f_{yk,0,95}$ ne smije premašiti nazivnu vrijednost za više od 25 %.

Geometrijska ograničenja

Odredbe obuhvaćaju pojedinačne primarne potresne zidove i pojedine dijelove povezanih primarnih potresnih zidova pri unutarnjim silama u ravnini, s punom obuhvaćenošću i sidrenjem u njihovom podnožju u prikladne podrumске konstrukcije ili temelje, tako da se zid ne može njihati. U tom smislu nisu dopušteni zidovi koji se oslanjaju na ploče ili grede (vidjeti također točku 5.4.1.2.5).

- (2) Debljina hrpta, b_{w0} (u metrima) treba zadovoljiti izraz:

$$b_{w0} \geq \max \{ 0,15; h_s/20 \}$$

gdje je h_s svijetla visina kata u metrima.

- (3) U vezi debljine ovijenih rubnih elemenata primarnih potresnih stupova, primjenjuju se dodatni zahtjevi kako je specificirano u točki 5.4.3.4.2(10):

Debljina b_w ovijenoga dijela presjeka zida (rubni elementi) ne treba biti manja od 200 mm. Međutim, ako duljina ovijenoga dijela ne premašuje $2b_w$ i $0,2l_w$, tada b_w ne treba biti manje od $h_s/15$, gdje je h_s katna visina. Ako duljina ovijenoga dijela premašuje najviše $2b_w$ i $0,2l_w$, tada b_w ne treba biti manje od $h_s/10$ (vidjeti sliku 5.10).

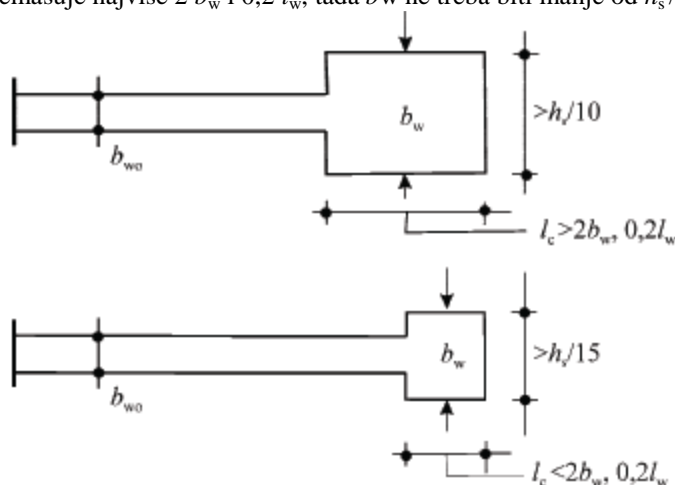


Figure 5.10: Minimum thickness of confined boundary elements

Ako je zid spojen s pojasnicom debljine $b_f \geq h_s/15$ širine $l_f \geq h_s/5$ (h_s je svijetla visina kata) i ako je potrebno da se ovijeni rubni element proširi iz pojasnice u hrpat za dodatnu duljinu do $3b_{w0}$, tada debljina b_w rubnog elementa u hrptu treba biti u skladu s odredbama za b_{w0} .

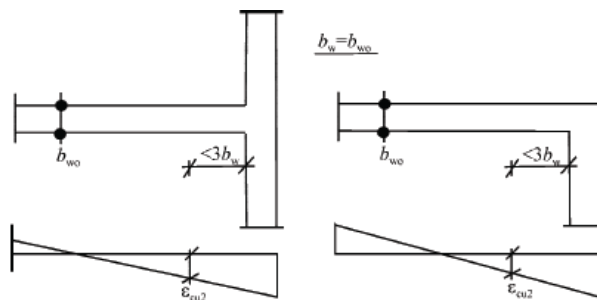


Figure 5.11: Minimum thickness of confined boundary elements in DCH walls with large flanges

(4) U primarnim potresnim zidovima, treba izbjegavati proizvoljno postavljene otvore, nepravilno rasporene radi oblikovanja povezanih zidova, osim ako je njihov utjecaj zanemariv ili je uzet u obzir u proračunu, dimenzioniranju i razradi detalja.

Proračun unutarnjih sila

U obzir se moraju uzeti nesigurnosti pri proračunu poslijeelastičnih dinamičkih učinaka, najmanje prikladnom pojednostavnjenom metodom. Ako nije dostupna točnija metoda, za proračun ovojnica momenata savijanja i faktora povećanja poprečnih sila smiju se upotrijebiti pravila navedena u idućim točkama.

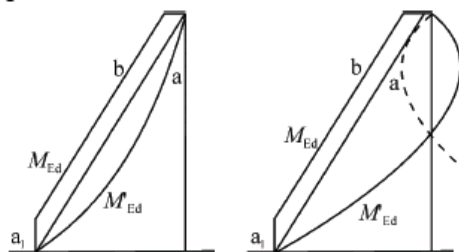
Dopuštena je preraspodjela unutarnjih sila zbog potresnog djelovanja izmenu primarnih potresnih zidova do 30 % uz uvjet da se ne umani ukupno zahtijevana otpornost. Poprečne sile treba preraspodijeliti zajedno s momentima savijanja tako da to ne utječe znatno na omjer momenata savijanja i poprečnih sila pojedinih zidova. U zidovima koji su izloženi velikim promjenama uzdužne sile kao što su npr. povezani zidovi, momente i poprečne sile treba preraspodijeliti od zida (zidova) koji imaju malo tlačno opterećenje ili su izloženi vlačnom naprezanju na zidove koji imaju veliko uzdužno opterećenje.

U povezanim zidovima dopuštena je preraspodjela unutarnjih sila zbog potresnog djelovanja izmenu veznih greda različitih katova do 20 % uz uvjet da to ne utječe na potresnu uzdužnu silu u podnožju svakog pojedinog zida (rezultantu poprečnih sila u veznim gredama).

Moraju se obuhvatiti nesigurnosti koje se odnose na raspodjelu momenata po visini vitkih primarnih potresnih zidova (čiji je omjer visine i duljine h_w/l_w veći od 2,0).

Zahtjevi specificirani u stavku prethodne točke smiju se ispuniti primjenom niže navedenog pojednostavnjenog postupka, neovisno o vrsti proračuna.

Proračunski dijagram momenta savijanja po visini zida treba biti ovojnica dijagrama momenata savijanja iz proračuna vertikalno pomaknuta („vlačni pomak“). Može se pretpostaviti da je ovojnica linearna ako u konstrukciji po visini nema znatnih diskontinuiteta mase, krutosti ili otpornosti. Vlačni pomak treba biti u skladu s nagibom tlačnih štapova uzetim pri provjeri poprečne sile u graničnom stanju nosivosti uz moguću promjenu nagiba pri podnožju i sa stropovima koji djeluju kao spone.



Key

- a moment diagram from analysis
- b design envelope
- a_1 tension shift

a momentni dijagram prema proračunu

b proračunska ovojnica

a_1 „vlačni pomak“

U obzir se mora uzeti moguće povećanje poprečnih sila nakon popuštanja u podnožju primarnoga potresnog zida.

Smatra se da su zahtjevi prethodnog stavka ispunjeni ako se primijeni sljedeći pojednostavnjeni postupak uz pravila proračuna sposobnosti nosivosti:

Proračunske potresne sile V_{Ed} treba izvesti u skladu s izrazom:

$$V_{Ed} = \varepsilon V'_{Ed}$$

gdje je:

V'_{Ed} poprečna sila dobivena proračunom

ε faktor povećanja proračunan iz izraza (5.25) ali ne manji od 1,5:

$$\varepsilon = q \sqrt{\left(\frac{\gamma_{Rd}}{q} \times \frac{M_{Rd}}{M_{Ed}} \right)^2 + 0,1 \left(\frac{S_e(T_c)}{S_e(T_1)} \right)^2} \leq q$$

gdje je:

q faktor ponašanja uzet u proračunu

M_{Ed} proračunski moment savijanja u podnožju zida

M_{Rd} proračunska otpornost na savijanje u podnožju zida

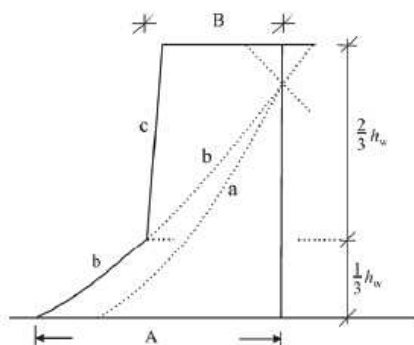
γ_{Rd} faktor kojim se u obzir uzima povećana čvrstoća zbog ojačanja čelika; ako nema točnijih podataka može se uzeti $\gamma_{Rd} = 1,2$

T_1 osnovni period vibracija zgrade u smjeru djelovanja poprečnih sila V_{Ed}

T_c gornja vrijednost perioda u području stalnog spektralnog ubrzanja spektra (vidjeti točku 3.2.2)

$S_e(T)$ ordinata elastičnog spektra odziva (vidjeti točku 3.2.2)

U dvojnim sustavima koji sadrže vitke zidove treba uzeti proračunsku ovojnicu poprečnih sila u skladu sa slikom 5.4 kako bi se obuhvatile nesigurnosti učinaka viših oblika vibracija.



Key

a shear diagram from analysis

b magnified shear diagram

c design envelope

A $V_{wall,base}$

B $V_{wall,top} \geq V_{wall,base}/2$

Legenda:

a dijagram poprečnih sila prema proračunu

b povećani dijagram poprečnih sila

c proračunska ovojnica

A $V_{wall,base}$

B $V_{wall,top} \geq V_{wall,base} / 2$

5.5.2.4.2 Posebne odredbe za zdepaste zidove

(1)P U primarnim potresnim zidovima omjera visine i duljine, h_w/l_w ne većeg od 2,0 nema potrebe prilagodbe momenata savijanja dobivenih proračunom. Smije se zanemariti i povećanje poprečne sile zbog dinamičkih učinaka.

(2) Poprečnu silu V'_{Ed} dobivenu proračunom treba povećati prema izrazu (5.26):

$$V_{Ed} = \gamma_{Rd} \left(\frac{M_{Rd}}{M_{Ed}} \right) V'_{Ed} \leq q V'_{Ed} \quad (5.26)$$

(Definicije i vrijednosti varijabla dane su u točki 5.5.2.4.1(7)).

Provjere graničnog stanja nosivosti i razrada detalja

Otpornost na savijanje

Otpornost na savijanje vrednuje se i provjerava kao za stupove za najnepovoljniju uzdužnu silu u potresnoj proračunskoj situaciji.

U primarnim potresnim zidovima vrijednost normalizirane uzdužne sile, v_d , ne treba prijeći 0,35.

Dijagonalni tlačni slom hrpta zbog posmika

Vrijednost $V_{Rd,max}$ smije se proračunati ovako:

a) izvan kritičnoga područja kao u normi EN 1992-1-1:2004 s duljinom kraka unutarnjih sila, $z = 0,8 l_w$ i nagibom tlačnih štapova prema vertikali $\tan \theta = 1,0$.

b) u kritičnom području: 40 % vrijednosti izvan kritičnoga područja.

Dijagonalni vlačni slom hrpta zbog posmika

Proračunom armature hrpta pri provjeri graničnog stanja nosivosti na posmik u obzir se mora uzeti vrijednost posmičnoga omjera $\alpha_s = M_{Ed} / (V_{Ed} l_w)$. Pri provjeri graničnog stanja nosivosti na posmik kata treba uzeti najveću vrijednost α_s kata.

Ako je omjer $\alpha_s \geq 2,0$, primjenjuju se odredbe točaka 6.2.3(1) do (7) norme EN 1992-1-1:2004 s vrijednostima z i $\tan \theta$ uzetim kao u točki 5.5.3.4.2(1) a) ($\tan \theta = 1,0$).

Ako je $\alpha_s < 2,0$, primjenjuju se sljedeće odredbe:

a) horizontalne šipke u hrptu trebaju zadovoljiti izraz (vidjeti točku 6.2.3(8) norme EN 1992-1-1:2004):

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,c} + 0,75 \rho_h f_{yd,h} b_{w0} \alpha_s l_w$$

gdje je:

ρ_h omjer armiranja hrpta horizontalnim šipkama ($\rho_h = A_h / (b_{w0} s_h)$)

$f_{yd,h}$ proračunska vrijednost granice popuštanja horizontalne armature hrpta

$V_{Rd,c}$ proračunska vrijednost posmične otpornosti elemenata bez posmične armature u skladu s normom EN 1992-1-1:2004.

U kritičnom području zida $V_{Rd,c}$ treba biti jednak 0 ako je uzdužna sila N_{Ed} vlačna.

b) vertikalne šipke u hrptu, usidrene i preklapljene po visini zida u skladu s normom EN 1992-1-1:2004, trebaju ispuniti uvjet:

$$\rho_h f_{yd,h} b_{w0} z \leq \rho_v f_{yd,v} b_{w0} z + \min N_{Ed}$$

gdje je:

ρ_v omjer armiranja vertikalnih šipki u hrptu ($\rho_v = A_v / (b_{wo} s_v)$)
 $f_{yd,v}$ proračunska vrijednost granice popuštanja vertikalne armature hrpta,

a uzdužna sila N_{Ed} je pozitivna ako je tlačna.

Horizontalne šipke u hrptu trebaju biti potpuno usidrene na krajevima zida npr. kukama s kutom od 90° ili 135°.

Smije se pretpostaviti da horizontalne šipke u hrptu u obliku izduljenih zatvorenih ili potpuno usidrenih spona u potpunosti pridonose ovijanju rubnih elemenata zida.

Posmični slom klizanjem

Na potencijalnim kliznim posmičnim ravninama (primjerice na radnim sljubnicama) u kritičnim područjima moraju se ispuniti sljedeći uvjeti:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,s}$$

gdje je $V_{Rd,s}$ proračunska vrijednost posmične otpornosti na klizanje.

Vrijednost $V_{Rd,s}$ smije se odrediti ovako:

$$V_{Rd,s} = V_{dd} + V_{id} + V_{fd}$$

gdje je:

$$V_{dd} = \min \begin{cases} 1,3 \sum A_{sj} \sqrt{f_{cd} f_{yd}} \\ 0,25 f_{yd} \sum A_{sj} \end{cases}$$

$$V_{id} = \sum A_{si} f_{yd} \cos \varphi$$

$$V_{fd} = \min \begin{cases} \mu_f \left[\left(\sum A_{sj} f_{yd} + N_{Ed} \right) \xi + M_{Ed} / z \right] \\ 0,5 \eta f_{cd} \xi l_w b_{w0} \end{cases}$$

gdje je:

V_{dd} otpornost vertikalnih šipki koje djeluju kao trn

V_{id} posmična otpornost nagnutih šipki (pod kutom φ na potencijalnu kliznu ravninu, npr. na radnu sljubnicu)

V_{fd} otpornost na trenje

μ_f koeficijent trenja beton – beton pri izmjeničnom djelovanju koji se smije pretpostaviti 0,6 za glatke spojne površine, a 0,7 za hrapave, kako je definirano u točki 6.2.5(2) u normi EN1992-1-1:2004

z duljina kraka unutarnjih sila

x normalizirana visina neutralne osi

$\sum A_{sj}$ zbroj ploština vertikalnih šipki hrpta i dodatnih šipki posebno raspoređenih u rubnim elementima radi otpornosti na klizanje

$\sum A_{si}$ zbroj ploština nagnutih šipki u oba smjera; za tu se svrhu preporučuju šipke velikog promjera;

$h = 0,6 (1 - f_{ck} / 250)$ (f_{ck} u MPa)

N_{Ed} pretpostavlja se pozitivan za tlak.

(3) Za zdepaste zidove treba biti ispunjeno sljedeće:

a) u podnožju zida V_{id} treba biti veće od $V_{Ed} / 2$

b) na višim razinama V_{id} treba biti veće od $V_{Ed} / 4$.

(4) Nagnute šipke trebaju biti u cijelosti usidrene na obim stranama potencijalne klizne spojne površine i trebaju presijecati sve presjeke zida na razmaku $0,5 l_w$ ili $0,5 h_w$, mjerodavna je manja vrijednost, iznad kritičnog presjeka u podnožju.

(5) Nagnute šipke povećavaju otpornost na savijanje podnožja zida što treba uzeti u obzir uvijek kad se poprečna sila V_{Ed} proračunava prema pravilima proračuna sposobnosti nosivosti (vidjeti točke 5.5.2.4.1(6)P i (7) i 5.5.2.4.2(2)). Smiju se upotrijebiti dvije različite metode:

a) procijeni se povećanje otpornosti na savijanje ΔM_{Rd} koje se uzme pri proračunu V_{Ed} iz izraza:

$$\Delta M_{Ed} = -\frac{1}{2} \sum A_{si} f_{yd} \sin \varphi l_i$$

gdje je:

l_i razmak osi dvaju skupina nagnutih šipki postavljenih pod kutom $\pm\varphi$ na potencijalnu kliznu ravninu, mjereno u podnožnom presjeku.

b) proračuna se djelujuća posmična sila V_{Ed} zanemarujući učinak nagnutih šipki. U izrazu (5.42) V_{id} je neto posmična otpornost nagnutih šipki (tj. stvarna posmična otpornost smanjena za povećanje djelujuće poprečne sile). Takva neto posmična otpornost nagnutih šipki na klizanje smije se procijeniti iz izraza:

$$V_{id} = \sum A_{si} f_{yd} [\cos \varphi - 0,5 l_i \sin \varphi / (\alpha_s l_w)]$$

Razrada detalja za mjesnu duktilnost

- (1) Visina kritičnoga područja h_{cr} iznad podnožja zida smije se procijeniti ovako:

$$h_{cr} = \max [l_w, h_w / 6]$$

ali

$$h_{cr} \leq \begin{cases} 2l_w & \text{za } n \leq 6 \text{ katova} \\ 2h_s & \text{za } n \geq 7 \text{ katova} \end{cases}$$

gdje je h_s svijetla visina kata, a podnožje je definirano kao razina temelja ili gornjeg ruba podrumskih katova s krutim dijafragmama i obodnim zidovima.

- (2) U kritičnim područjima zidova treba osigurati vrijednost μ_ϕ faktora duktilnosti s obzirom na zakrivljenost koja je najmanje jednaka vrijednosti proračunanoj iz izraza (5.4) i (5.5) u točki 5.2.3.4(3) s osnovnom vrijednošću faktora ponašanja q_0 koji je u tim izrazima zamijenjen umnoškom q_0 i najveće vrijednosti omjera M_{Ed} / M_{Rd} u podnožju zida za potresnu proračunsku situaciju, pri čemu je M_{Ed} proračunski moment savijanja iz proračuna, a M_{Rd} proračunska otpornost na savijanje.

- (3) Ako se ne upotrebljava preciznija metoda, vrijednost μ_ϕ specificirana u prethodnoj točki smije se odrediti iz ovijene armature u rubnim područjima presjeka koji se nazivaju rubnim elementima, a čiju visinu treba odrediti u skladu sa stavkom (6). Veličinu ovijene armature treba odrediti u skladu sa sljedećim stavcima (4) i (5) ove točke.

- (4) Za zidove pravokutnoga presjeka mehanički obujamski omjer zahtijevane ovijene armature ω_{wd} rubnog elementa treba ispuniti sljedeći izraz, pri čemu je vrijednost μ_ϕ uzeta prema stavku (2) ove točke:

$$\alpha \omega_{wd} \geq 30 \mu_\phi (v_d + \omega_v) \varepsilon_{sy,d} \frac{b_c}{b_0} - 0,035$$

gdje su parametri:

ω_{wd}	mehanički obujamski omjer ovijenih spona u kritičnom području
$\left[\omega_{wd} = \frac{\text{obujam ovijenih spona}}{\text{obujam betonske jezgre}} \times \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \right]$	
μ_ϕ	zahtijevana vrijednost faktora duktilnosti s obzirom na zakrivljenost
$\varepsilon_{sy,d}$	proračunska vrijednost vlačne deformacije čelika pri popuštanju
v_d	normalizirana proračunska osna sila $N_{Ed} / (A_c f_{cd})$
ω_v	mehanički omjer vertikalne armature hrpta ($\omega_v = \rho_v f_{yd,v} / f_{cd}$).

- (5) Za zidove s proširenjem na krajevima ili pojasnicama ili za presjek koji se sastoji od nekoliko pravokutnih dijelova (presjeci oblika T, L, I, U itd.) mehanički obujamski omjer ovijene armature u rubnim elementima smije se odrediti ovako:

- c) uzdužna sila N^{Ed} i ukupna ploština vertikalne armature hrpta A_{sv} normaliziraju se na $h_c b_c f_{cd}$ sa širinom proširenja hrpta ili pojasnicom na tlačnom dijelu pri čemu se za širinu presjeka uzima b_c ($v_d = N_{Ed} / h_c b_c f_{cd}$, $\omega_v = (A_{sv} / h_c b_c) f_{yd} / f_{cd}$). Visina neutralne osi x_u pri najvećoj zakrivljenosti nakon odlamanja betona izvan ovijene jezgre rubnih elemenata smije se procijeniti na:

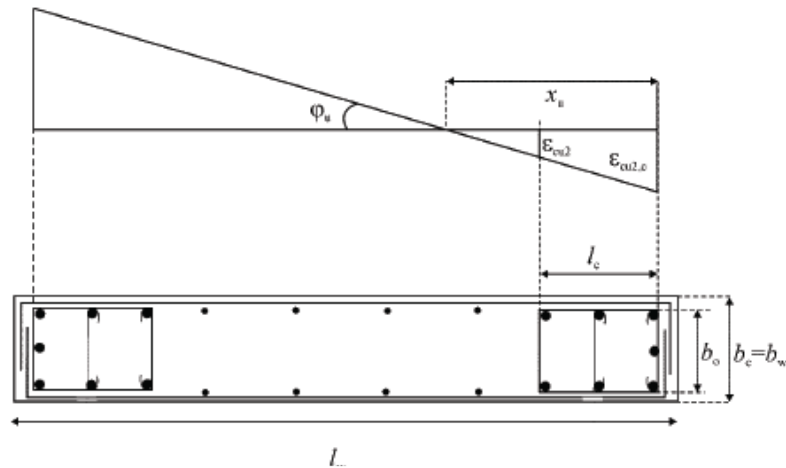
$$x_u = (v_d + \omega_v) \frac{l_w b_c}{b_0}$$

gdje je b_0 širina ovijene jezgre proširenja ili pojasnice. Ako vrijednost x_u ne premašuje visinu proširenja ili pojasnice nakon odlamanja zaštitnog sloja betona, mehanički obujamski omjer ovijene armature proširenja ili pojasnice određuje se prema a) u ovoj točki (tj. prema izrazu u točki (4)), pri čemu se v_d , ω_v , b_c i b_0 odnose na širinu proširenja ili pojasnice.

b) ako vrijednost x_u premašuje visinu proširenja ili pojasnice nakon odlamanja zaštitnog sloja betona, može se provesti opća metoda koja se temelji na

- 1) definiciji faktora duktilnosti s obzirom na zakrivljenost tj. $\mu_\phi = F_u / F_y$,
- 2) proračunu $F_u = e_{cu2,c} / x_u$ i $F_y = e_{sy} / (d - x_y)$,
- 3) ravnoteži presjeka pri procjeni visine neutralne osi x_u i x_y te na
- 4) vrijednostima čvrstoće i najveće deformacije ovijenoga betona $f_{ck,c}$ i $e_{cu2,c}$ koje su dane u točki 3.1.9 norme EN 1992-1-1:2004 kao funkcije proračunskog bočnog naprezanja pri ovijanju. Zahtijevana armatura ovijanja, ako je potrebna, i ovijena duljina zida proračunaju se s tim u skladu.

(6) Ovijanje prema stavcima (3) do (5) ove točke treba se vertikalno protezati na visini h_{cr} kritičnoga područja, a horizontalno uzduž duljine l_c mjerene od rubnoga tlačnog vlakna zida do točke gdje se neovijeni beton može odlomiti zbog velikih tlačnih deformacija. Ako nisu dostupni točniji podaci, tlačna deformacija pri kojoj se očekuje odlamanje smije se uzeti jednakom $e_{cu2} = 0,0035$. Ovijeni rubni element smije se ograničiti na razmak $x_u(1 - e_{cu}/e_{cu2,c})$ od središta spona u blizini rubnog tlačnog vlakna do visine ovijenog tlačnog područja x_u pri najvećoj procijenjenoj zakrivljenosti iz ravnoteže za konstantnu širinu b_0 ovijenog tlačnog područja) i za najveću deformaciju $e_{cu2,c}$ ovijenog betona procijenjenu na temelju točke 3.1.9 norme EN 1992-1-1:2004 na $e_{cu2,c} = 0,0035 + 0,1 \alpha \omega_{wd}$. Najmanja vrijednost l_c ovijenog rubnog elementa ne treba biti manja od $0,15 l_w$ ili $1,50 b_w$.



Ovijeni rubni element zida sa slobodnim rubom (gore: deformacije pri najvećoj zakrivljenosti; dolje: presjek zida)

(7) Omjer uzdužne armature u rubnim elementima ne treba biti manji od 0,005.

(8) Debljina b_w ovijenoga dijela presjeka zida (rubni elementi) ne treba biti manja od 200 mm. Međutim, ako duljina ovijenoga dijela ne premašuje $2b_w$ i $0,2l_w$, tada b_w ne treba biti manje od $h_s / 15$, gdje je h_s katna visina. Ako duljina ovijenoga dijela premašuje najviše $2b_w$ i $0,2l_w$, tada b_w ne treba biti manje od $h_s / 10$ (vidjeti sliku 5.10).

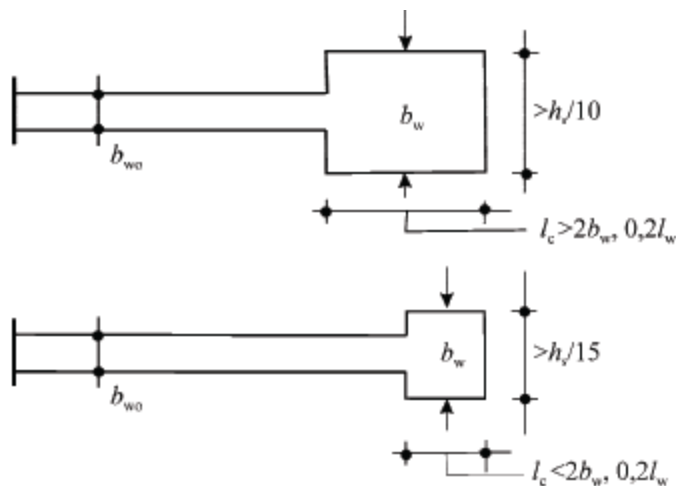


Figure 5.10: Minimum thickness of confined boundary elements

(9) Ako je zid spojen s pojasnicom debljine $b_f \geq h_s/15$ širine $l_f \geq h_s/5$ (h_s je svjetla visina kata) i ako je potrebno da se ovijeni rubni element proširi iz pojasnice u hrpat za dodatnu duljinu do $3b_{w0}$, tada debljina b_w rubnog elementa u hrptu treba biti u skladu s odredbama za b_{w0} (slika 5.11).

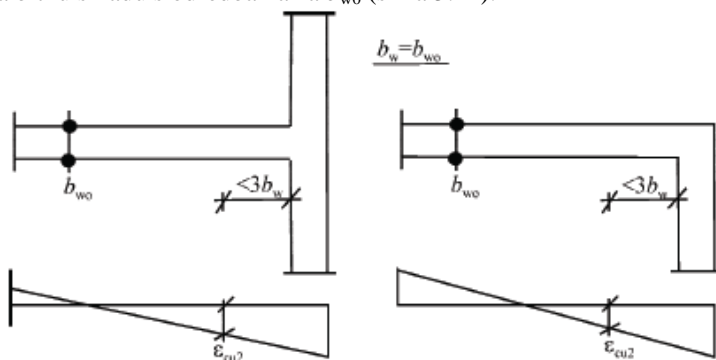


Figure 5.11: Minimum thickness of confined boundary elements in DCH walls with large flanges

(10) U rubnim elementima zidova primjenjuju se zahtjevi specificirani u točki 5.5.3.2.2(12), a najmanja vrijednost w_{wd} treba biti 0,12. Treba upotrijebiti preklapljene spona tako da je svaka druga uzdužna šipka obuhvaćena obodnom ili poprečnom sponom.

(11) Iznad kritičnoga područja rubni se elementi trebaju osigurati još u jednom katu više s najmanje polovinom ovijene armature koja se zahtijeva u kritičnom području.

(12) Po visini zida, iznad kritičnoga područja primjenjuju se samo odgovarajuća pravila norme EN 1992-1-1:2004. u vezi vertikalne, horizontalne i poprečne armature. Međutim, u tim dijelovima presjeka, ako u potresnoj proračunskoj situaciji tlačna deformacija ϵ_c premašuje 0,002, treba postaviti najmanji omjer vertikalne armature od 0,005.

(13) P Mora se spriječiti prerano raspucavanje hrpta zbog poprečne sile postavljanjem najmanje količine armature u hrptu $\rho_{h,min} = \rho_{v,min} = 0,002$.

(14) Armaturu hrpta treba postaviti u obliku dvaju mreža od šipki iste prionjivosti, po jednu uz svako lice zida. Mreže trebaju biti spojene poprečnim sponama na razmaku oko 500 mm.

(15) Armatura hrpta treba imati promjer ne manji od 8 mm ali ne veći od osmine širine hrpta b_{w0} . Ona treba biti postavljena na razmacima ne većim od 250 mm ili 25 puta promjer šipke, a mjerodavna je manja vrijednost.

(16) Da bi se uravnotežili nepovoljni učinci raspucavanja uzduž hladnog spoja i pridružene nesigurnosti, kroz takve spojeve treba postaviti najmanju količinu potpuno usidrene vertikalne armature. Najmanji omjer te armature, ρ_{\min} , nužan za ponovnu uspostavu otpornosti neraspucalog betona na posmik, iznosi:

$$\rho_{\min} \geq \begin{cases} \left(1,3 \frac{f_{ctd}}{f_{yk}} - \frac{N_{Ed}}{A_w} \right) / \left(f_{yk} \left(1 + 1,5 \sqrt{f_{ctd}/f_{yk}} \right) \right) \\ 0,0025 \end{cases}$$

gdje je A_w ukupna ploština horizontalnog presjeka zida, a N_{Ed} ima pozitivan predznak za tlačno naprezanje.

Vezni elementi

Povezivanje zidova pločama ne smije se smatrati učinkovitim.

5.5.3.5 Vezni elementi povezanih zidova

(1)P Povezivanje zidova pločama ne uzima se u obzir jer nije učinkovito.

(2) Odredbe točke 5.5.3.1 smiju se primijeniti samo na vezne grede ako je ispunjen bar jedan od ovih uvjeta:

a) nije vjerojatno raspucavanje u oba dijagonalna smjera. Prihvatljivo pravilo primjene glasi:

$$V_{Ed} \leq f_{ctd} b_w d \quad (5.48)$$

b) osiguran je prevladavajući slom savijanjem. Prihvatljivo pravilo primjene glasi: $l/h \geq 3$

(3) Ako nijedan uvjet iz stavka (2) nije ispunjen, otpornost na potresna djelovanja treba osigurati rasporedom armature uzduž dvaju dijagonala grede i skladu s uvjetima (vidjeti sliku 5.12):

a) treba osigurati da je ispunjen sljedeći uvjet:

$$V_{Ed} \leq 2 A_{si} f_{yk} \sin \alpha \quad (5.49)$$

gdje je:

V_{Ed} proračunska poprečna sila u veznom elementu ($V_{Ed} = 2M_{Ed}/l$)

A_{si} ukupna ploština čeličnih šipki u svakom dijagonalnom smjeru

α kut između dijagonalnih šipki i osi grede.

b) dijagonalna armatura treba biti raspoređena kao u stupu s bočnim stranicama jednakim najmanje $0,5 b_w$; duljina sidrenja treba biti 50 % veća od one zahtijevane u normi EN 1992-1-1:2004

c) oko tih elemenata poput stupa treba postaviti spone kako bi se spriječilo izvijanje uzdužnih šipki. Na spone se primjenjuju odredbe točke 5.5.3.2.2(12).

d) na oba bočna lica grede treba predvidjeti uzdužnu i poprečnu armaturu koja ispunjava najmanje zahtjeve specificirane u normi EN 1992-1-1:2004 za visoke grede. Uzdužna armatura ne treba biti sidrena u povezane zidove i u njih treba ulaziti samo 150 mm.

ARMIRANOBETONSKI ČVOROVİ Razreda duktilnosti M

Područje između rubova greda i stupova u kojemu se oni spajaju (čvor) mora se prikladno proračunati, uzevši u obzir da:

- a) oštećeni čvor smanjuje količinu energije koja se može utrošiti na elementima okvira, i
- b) popravak oštećenih čvorova teži je od popravaka konstrukcijskih elemenata.

(1) Horizontalna armatura ovijanja u čvoru primarnih potresnih greda sa stupovima ne treba biti manja od vrijednosti specificirane u točki 5.4.3.2.2(8) do (11) za kritično područje stupova, s izuzetkom slučajeva navedenih u idućem stavku.

(2) Ako su grede priključene na sve četiri strane čvora i ako su njihove širine jednake najmanje tri četvrtine dimenzije usporednog presjeka stupa, smije se razmak horizontalne armature ovijanja u čvoru povećati do dvostruko od vrijednosti specificirane u stavku (1) ove točke, ali ne smije prijeći 150 mm.

(3) Najmanje jedna vertikalna međušipka (izmenu ugaonih šipki stupa) mora biti ostavljena na svakoj strani čvora primarnih potresnih greda i stupova.

ARMIRANOBETONSKI ČVOROVİ Razreda duktilnosti H

Područje između rubova greda i stupova u kojemu se oni spajaju (čvor) mora se prikladno proračunati, uzevši u obzir da:

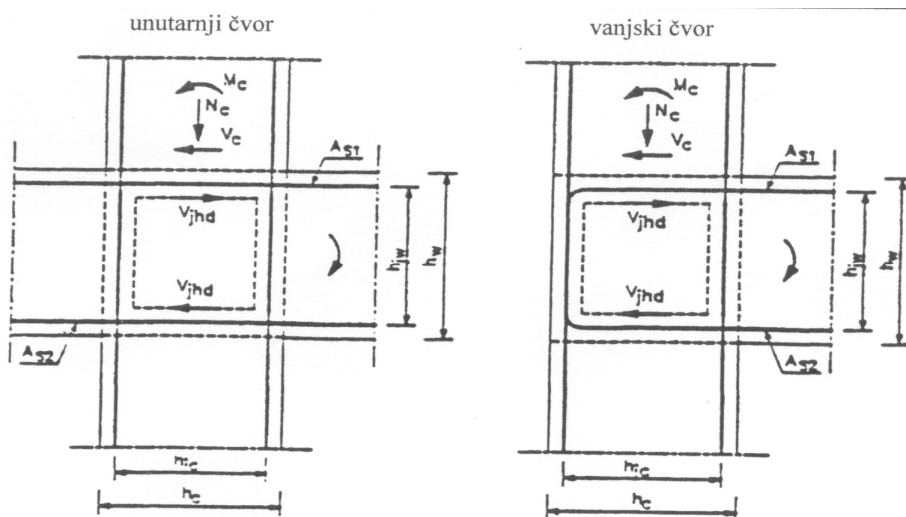
- a) oštećeni čvor smanjuje količinu energije koja se može utrošiti na elementima okvira, i
- b) popravak oštećenih čvorova teži je od popravaka konstrukcijskih elemenata.

Prijenos poprečne sile u jezgri čvora može se ostvariti ovim dvama mehanizma:

- a) **mehanizmom tlačne dijagonale**
- b) **mehanizmom ovijanja (jezgre).**

Mehanizam tlačne dijagonale prevladava kad se na rubnim presjecima greda javljaju samo male pukotine od savijanja (zbog prethodnih malih amplituda promjene momenata) koje se naknadno zatvaraju. Tada se horizontalne tlačne sile greda prenose kroz tlačno područje betona i zbrajaju s vertikalnim tlačnim silama tlačnoga područja stupa. Tako stvorena tlačna dijagonala uravnotežena je unutar spoja.

Mehanizam ovijanja prevladava kad se na rubnim presjecima greda stvaraju široke pukotine od savijanja (koje odgovaraju velikim izduženjima šipaka armature radi prethodnih velikih amplituda promjene momenata) koje se naknadno ne mogu zatvoriti. Tada se horizontalne tlačne sile od momenata savijanja prenose uglavnom armaturom grede a tlačna dijagonala se ne stvara. Dodatno, radi velikih izduženja šipaka s obje strane javljaju se velike koncentracije naprezanja prionljivosti u središtu čvora. Posljedica toga je da se ne mogu izbjeći mnogobrojne dijagonalne pukotine u jezgri čvora.



(1) Dijagonalni tlak koji u čvoru nastaje zbog mehanizma dijagonalnih tlačnih štapova ne smije premašiti tlačnu čvrstoću betona uz prisustvo poprečnih vlačnih deformacija.

(2) Ako nema točnijeg modela, smiju se zahtjevi iz stavka (1) ispuniti prema pravilima koja slijede:

a) u unutarnjim čvorovima greda – stup treba ispuniti ovaj izraz:

$$V_{jhd} \leq \eta f_{ctd} \sqrt{1 - \frac{v_d}{\eta}} b_j h_{jc}$$

gdje je:

$$\eta = 0,6 (1 - f_{ck}/250)$$

h_{jc} razmak krajnjih vlakana armature stupa

b_j proračunska širina čvora

v_d normalizirana uzdužna sila u stupu iznad čvora

f_{ck} dan u MPa.

b) u vanjskim čvorovima greda – stup:

V_{jhd} treba biti manji od 80 % vrijednosti dane na desnoj strani izraza

a proračunska širina čvora b_j je:

a) ako je $b_c > b_w$: $b_j = \min \{ b_c; (b_w + 0,5h_c) \}$

b) ako je $b_c < b_w$: $b_j = \min \{ b_w; (b_c + 0,5h_c) \}$

(3) Treba osigurati odgovarajuće ovijanje čvora (horizontalno i vertikalno) kako bi se ograničila najveća dijagonalna vlačna naprezanja betona $\max \sigma_{ct}$ na f_{ctd} . Ako nema točnijeg modela, taj se zahtjev smije ispuniti postavljanjem horizontalnih spona promjera ne manjeg od 6 mm u čvor tako da bude:

$$\frac{A_{sh} f_{ywd}}{b_j h_{jw}} \geq \frac{\left(\frac{V_{jhd}}{b_j h_{jc}} \right)^2}{f_{ctd} + v_d f_{ctd}} - f_{ctd}$$

gdje je:

A_{sh} ukupna ploština horizontalnih spona

V_{jhd} definirana izrazima (5.22) i (5.23)

h_{jw} razmak od gornje do donje armature grede

h_{jc} razmak krajnjih slojeva armature stupa

b_j proračunska širina čvora

ν_d normalizirana uzdužna sila stupa iznad čvora ($\nu_d = N_{Ed}/A_c f_{cd}$)
 f_{cd} proračunska vrijednost vlačne čvrstoće betona u skladu s normom EN 1992-1-1:2004

(4) Druga je mogućnost za pravilo iz stavka (3) ove točke da se cjelovitost čvora nakon dijagonalnog raspucavanja smije osigurati horizontalnim obodnim sponama. U tu svrhu treba predvidjeti sljedeću ukupnu ploštinu horizontalnih spona u čvoru:

a) za unutarnje čvorove:

$$A_{sh} f_{ywd} \geq \gamma_{Ed} (A_{s1} + A_{s2}) f_{yd} (1 - 0,8 \nu_d) \quad (5.36a)$$

b) za vanjske čvorove:

$$A_{sh} f_{ywd} \geq \gamma_{Ed} A_{s2} f_{yd} (1 - 0,8 \nu_d) \quad (5.36b)$$

gdje je $\gamma_{Ed} = 1,2$ (vidjeti t. 5.5.2.3(2)), a normalizirana uzdužna sila ν_d u izrazu (5.36a) odnosi se na stup iznad čvora, a u izrazu (5.36b) na stup ispod čvora.

(5) Horizontalne spona proračunate kao u stavcima (3) i (4) ove točke treba jednolično rasporediti po visini h_{jw} između gornjih i donjih šipki grede. U vanjskim čvorovima spona trebaju obuhvatiti krajeve šipke grede koje su povijene u čvoru.

(6) Treba osigurati odgovarajuću vertikalnu armaturu u stupu koji prolazi kroz čvor tako da je:

$$A_{sv,i} \geq (2/3) A_{sh} (h_{je}/h_{jw}) \quad (5.37)$$

gdje je A_{sh} ukupna zahtijevana ploština horizontalnih spona u skladu sa stavcima (3) i (4) ove točke, a $A_{sv,i}$ ukupna ploština međušipki postavljenih uz odgovarajuća lica stupa između ugaonih šipki stupa (uključujući šipke koje doprinose uzdužnom armiranju stupova).

(7) Horizontalna armatura ovijanja u čvoru primarnih potresnih greda sa stupovima ne treba biti manja od vrijednosti specificirane u točki 5.4.3.2.2(8) do (11) za kritično područje stupova, s izuzetkom slučajeva navedenih u idućem stavku.

(8) Ako su grede priključene na sve četiri strane čvora i ako su njihove širine jednake najmanje tri četvrtine dimenzije usporednog presjeka stupa, smije se razmak horizontalne armature ovijanja u čvoru povećati do dvostruko od vrijednosti specificirane u stavku (1) ove točke, ali ne smije prijeći 150 mm.

(9) Najmanje jedna vertikalna međušipka (izmenu ugaonih šipki stupa) mora biti ostavljena na svakoj strani čvora primarnih potresnih greda i stupova.