

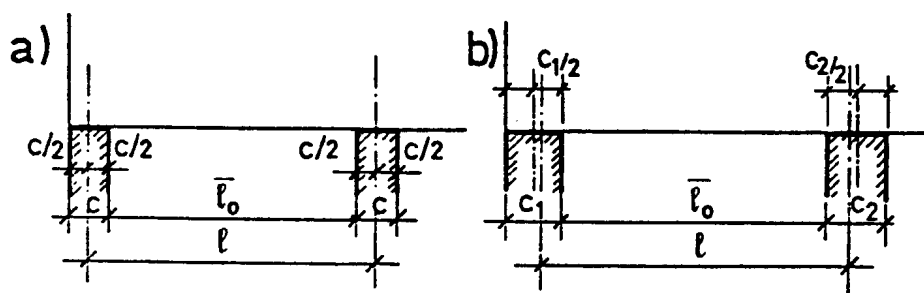
## 7. ZIDNI NOSAČI

### 200

Pod zidnim nosačima podrazumevaju se ravni površinski nosači opterećeni u svojoj srednjoj ravni, kod kojih pretpostavka o linearnoj raspodeli dilatacija po visini preseka ne važi. Normalni naponi  $\sigma_y$  ( $\sigma_y = q/b$ ,  $b$  - debljina zida, slika 200/2), vrlo su značajni i o njima se mora voditi računa pri proračunu.

Uopšte uzevši, odnos  $d/l_o = 0,5$  predstavlja granicu između zidnih i linijskih nosača, gde je  $d$  - visina nosača, a  $l_o$  - rastojanje nultih momentnih tačaka. Kod nosača na dva oslonca  $l_o = l$ , a kod kontinualnih nosača približno se može usvojiti  $l_o = 0,8l$  za krajnja i  $l_o = 0,6l$  za unutrašnja polja, gde je  $l$  - raspon nosača. Prema takvoj podeli, zidnim nosačima se smatraju nosači kod kojih je  $d/l \geq 0,5$  za nosače na dva oslonca i  $d/l \geq 0,4$  za krajnje i  $d/l \geq 0,3$  za unutrašnja polja kontinualnog nosača. U konzolne zidne nosače spadaju nosači kod kojih je  $d/l_k \geq 1$ , gde je  $l_k$  - raspon konzole. Ako prethodni uslovi nisu ispunjeni, radi se o linijskim nosačima. Valja istaći da Pravilnik BAB 87, kontinualnim zidnim nosačima smatra nosače kod kojih je zadovoljen uslov  $d/l \geq 0,4$ . Dakle on ne pravi razliku između krajnjih i unutrašnjih polja.

Za raspon  $l$  zidnog nosača uzima se osovinski razmak oslonaca ako je  $l \leq 1,15\bar{l}_o$ , slika 200/1a, gde je  $\bar{l}_o$  - svetli otvor između unutrašnjih ivica oslonaca. Međutim, ako taj uslov nije ispunjen, za raspon se uzima  $l = 1,15\bar{l}_o$ , slika 200/1b.



Slika 200/1 Teorijski rasponi zidnog nosača

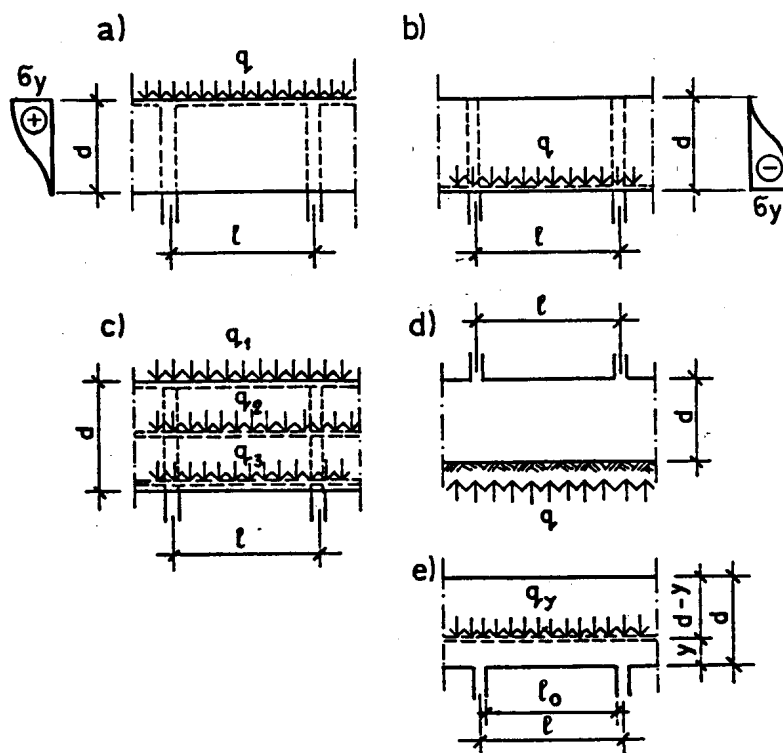
Zidni nosači se javljaju u praksi kao zidovi bunkera, silosa, podruma, zatim u krupnopanelnoj gradnji, kao razne dijafragme i sl. Zidovi iznad otvora relativno malih raspona (uobičajeni otvori za prozore, vrata i sl.), kao i konzolni nosači visine  $d \leq 100$  cm, ne moraju se proračunavati kao zidni nosači.

Zavisno do namene objekta, opterećenje može da deluje po gornjoj ivici, donjoj ivici ili na bilo kojoj visini zidnog nosača, slika 200/2. Pri tome opterećenje može da bude raspodeljeno i/ili koncentrisano, a promenljivo opterećenje može da zauzima sve moguće položaje, koji sa stalnim opterećenjem daju najnepovoljnije uticaje u uočenim preseccima.

Ako opterećenje  $q_y$  deluje na visini  $y$  ( $0 \leq y \leq d$ ) od donje ivice nosača, slika 200/2e, armatura se proračunava kao i za zidni nosač na slici 200/2a, samo što se tada vertikalnoj armaturi  $A_v$ , na visini  $(d - y)$  dodaje još i armatura za prijem opterećenja  $q_{yv} = q_y(1 - y/d)$ , koje se "veša" o deo nosača visine  $(d - y)$ . Pri tome, ako je  $d > l$ , usvojiti  $d = l$ . Ako je  $y \geq l$  ne treba armatura za "vešanje", jer je tada  $q_{yv} = 0$ .

Kod kontinualnih zidnih nosača, s obzirom na njihovu relativno veliku krutost na savijanje, potrebna je velika opreznost u vezi sa nejednakim sleganjem oslonaca. Za elastična područja i vrlo mala nejednaka sleganja mogu izazvati značajne promene naponskog stanja i preraspodelu statičkih uticaja. Stoga treba nastojati da se uzroci nejednakih sleganja oslonaca što je moguće više eliminišu.

Poznato je da se i pri relativno malom nivou opterećenja, koje može biti i manje od eksploatacionog, a naročito pri nejednakom sleganju oslonaca, pojavljuju prsline u zidnim nosačima, čime dolazi do preraspodele statičkih uticaja, a pri većim opterećenjima i do transformacije zidnog nosača u lučne sisteme sa zategom i dr. Iako se sistem prilagođava nastaloj situaciji, ipak projektant mora imati u vidu, zavisno od stepena agresivnosti sredine, da prsline mogu znatno umanjiti trajnost i funkcionalnost konstrukcije.



Slika 200/2 Primeri primene zidnih nosača u praksi

Eksperimentalna istraživanja su pokazala da prslina pri dugotrajnim opterećenjima mogu 2-3 puta da porastu u odnosu na kratkotrajna opterećenja, posebno ako se upotrebi glatki čelik. U vezi sa tim određena opreznost je naophodna i iz razloga što još uvek ne postoje teorijski dovoljno razrađeni, ni eksperimentalno provereni, postupci za proračun prslina u zidnim nosačima.

Minimalna debljina zidnog nosača iznosi 10 cm. S obzirom na potrebu obezbeđenja pravilnog rasporeda i sidrenja armature, dobro ugrađivanje betona, kao i izbegavanje previsokih glavnih napona, (jednačina 201/12-201/14), najčešće će biti potrebna i znatno veća debljina od 10 cm.

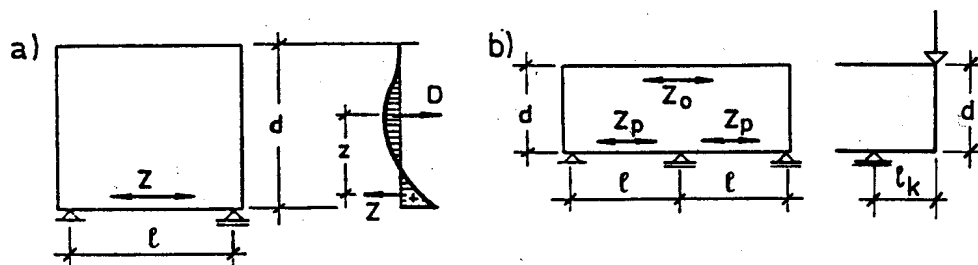
## 201 - 203

*Određivanje površine preseka glavne podužne armature.* Određivanje unutrašnjih sila zatezanja  $Z_u$  sprovodi se na osnovu momenata savijanja, koji nastaju usled delovanja spoljašnjeg opterećenja. U ovome približnom postupku, momenti savijanja određuju se kao za linijske nosače. Naprezanja izazvana pojavom deformacija (nejednaka sleganja oslonaca, temperaturne promene, skupljanje i tečenje betona i dr.) mogu se određivati (procenjivati) pomoću teorije elastičnosti. Pri određivanju krutosti nosača, može se u račun uvoditi stanje I, tj. stanje bez prslina.

Sila zatezanja u stanju granične nosivosti slika 201/1, iznosi:

$$Z_u = \sum Z_i \gamma_{ui} = \frac{M_u}{z} = \frac{\sum M_i \gamma_{ui}}{z} \quad (201/1)$$

gde su  $\gamma_{ui}$  parcijalni koeficijenti sigurnosti pri dilataciji izduženja  $\epsilon_a \geq 3\text{‰}$  (v. član 80 PBAB 87), a  $M_i$  je najveća moguća (apsolutna) vrednost momenta savijanja u polju odnosno u oslonačkom preseku od stalnog ( $i = g$ ), promenljivog ( $i = p$ ) i eventualno ostalog ( $i = \Delta$ ) opterećenja.



Slika 201/1 Geometrija nosača i podužne sile zatezanja

Celokupna sila zatezanja  $Z_u$  poverava se glavnoj podužnoj armaturi  $A_a$ , koja se sračunava na poznat način

$$A_a = Z_u / \sigma_v \quad (201/2)$$

Za zidni nosač na dva oslonca, slika 201/1a, krak unutrašnjih sila  $z_p$  može se približno odrediti po obrascu:

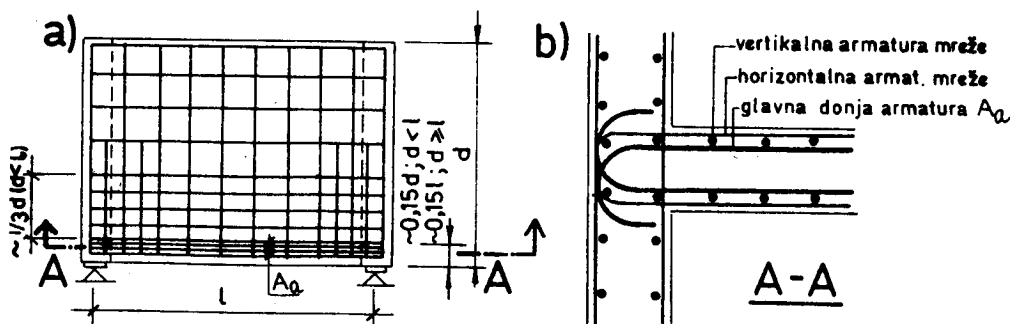
$$z_p = 0,3d(3 - d/l) \dots \text{pri} \dots 0,5 \leq d/l \leq 1,0 \quad (201/3)$$

$$z_p = 0,6l \dots \text{pri} \dots d \geq l \quad (201/4)$$

Momenti savijanja  $M_i$  u izrazu (201/1) određuju se ovde kao za linijske nosače sistema proste grede.

Glavna podužna zategnuta armatura  $A_a$ , sračunata za polje, vodi se pravo po čitavom rasponu, od oslonca do oslonca, bez smanjenja i povijanja, a u oblasti oslonaca mora se veoma dobro usidriti, slika 201/2. Ovo iz razloga što u stanju II (stanje sa prslinama), sila zatezanja  $Z_u$  u armaturi  $A_a$  ostaje skoro konstantna duž celog raspona. To znači da ta armatura poprima ulogu zatege jer se zidni nosač transformiše u lučni sistem sa zategom /5/, /8/ i /74/. Dakle, ova armatura mora biti usidrena u oblasti oslonaca onako kako se sidri armatura zatega lučnih, rešetkastih i dr. nosača. Pri tome, bolje je usvajati tanje profile, da bi širine prslina bile manje, a sa time i efikasnije sidrenje ove armature. Prema /60/, sidrenje ove armature na krajevima, u zoni oslonaca, mora biti takvo da na licu oslonca (na unutrašnjoj ivici oslonca) ta armatura bude u stanju da primi najmanje 80% najveće zatežuće sile  $Z_u$  koja se može pojaviti u polju i na osnovu koje je ova armatura proračunata. Eksperimentalna istraživanja /5/, /8/ i /74/ pokazala su da neadekvatno sidrenje ove armature ili njeno povijanje pod uglom, na primer, za prijem zatežućih sila od glavnih napona zatezanja, može, u znatnoj meri, smanjiti graničnu nosivost zidnog nosača. Ako se ova armatura sidri pomoću kuka, tada treba izvoditi kuke u horizontalnoj, a ne u vertikalnoj ravni, slika 201/2b. Kuke u vertikalnoj ravni mogu da "seku" beton.

Glavna podužna armatura u polju raspoređuje se po visini zategnute zone preseka na visini  $0,15d$  odnosno  $0,15l$  (pri  $d \geq l$ ), mereno od donje (zategnute) ivice nosača.



Slika 201/2 Raspored armature u zidnom nosaču, opterećenom po gornjoj ivici (a) i detalj sidrenja glavne podužne armature (b)

Kod kontinualnih zidnih nosača, pri ovom približnom ali za praksu ipak dovoljno tačnom proračunu, krak unutrašnjih sila uzima se isti i u polju i nad osloncem, ( $z_p = z_o = z$ ), iako je stvarni krak  $z$  manji u oslončkom preseku nego u polju. Oslonački momenti savijanja u zidnom nosaču su manji nego kada bi se taj nosač posmatrao kao linijski nosač. Krak unutrašnjih sila, u krajnjim poljima i u drugom i pretposlednjem oslončkom preseku (krajnji oslonci sa "negativnim" momentima savijanja) kontinualnog nosača sa više polja kao i u kontinualnom nosaču na dva polja iznosi /54/:

$$z_p = z_o = z = 0,5d(1,9 - d/l) \dots \text{za} \dots 0,4 \leq d/l \leq 1,0 \quad (201/5)$$

$$z_p = z_o = z = 0,45l \dots \text{za} \dots d \geq l \quad (201/6)$$

dok za unutrašnja polja i unutrašnje (srednje) oslonce imamo:

$$z_p = z_o = z = 0,5d(1,8 - d/l) \dots \text{pri} \dots 0,3 \leq d/l \leq 1,0 \quad (201/7)$$

$$z_p = z_o = z = 0,4l \dots \text{pri} \dots d/l \geq 1,0 \quad (201/8)$$

Za konzolne zidne nosače

$$z_o = 0,65l_k + 0,10d \dots \text{pri} \dots 1 \leq d/l_k \leq 2,0 \quad (201/9)$$

$$z_o = 0,85l_k \dots \text{pri} \dots d/l_k \geq 2,0 \quad (201/10)$$

Jednačina (201/7), prema čl. 200 našeg Pravilnika, važi u intervalu  $0,4 \leq d/l \leq 1,0$ .

Proračun sile zatezanja  $Z_u = Z_p$  i  $Z_u = Z_o$  odnosno armature  $A_a$  sprovodi se prema jednačini (201/1) odnosno jednačini (201/2), gde se za  $M_u$ , uzimaju ekstremne vrednosti graničnih momenata savijanja u presecima (u poljima i na osloncima), sračunate kao za linijske kontinualne nosače prema teoriji elastičnosti.

Sve što je rečeno za glavnu podužnu zategnutu armaturu  $A_a$  za zidne nosače na dva oslonca, važi i za armaturu u poljima kontinualnog zidnog nosača. Dakle, i ovde se ova armatura vodi pravo u nesmanjenom iznosu sve do oslonaca, gde se dobro ankeruje, a raspoređuje se na visini od  $0,15d$  odnosno  $0,15l$  ( $d > l$ ), računato od donje ivice nosača.

Polovinu oslonačke (negativne) armature  $A_a^o$  treba produžiti preko čitave dužine priležućih raspona, a druga polovina može biti u susednim poljima prekinuta na udaljenosti od ivice ležaja za manju od sledeće dve vrednosti:  $0,4d$  odnosno  $0,4l$  odgovarajućeg raspona. Osim toga, ovu oslonačku armaturu treba ravnomerno rasporediti u svakoj od dve naznačene zone (zone 1 i 2), prema slici 201/3.

U gornjem pojasu visine  $0,2d$  (zona 1) raspoređuje se deo oslonačke (negativne) armature u iznosu  $0,5(l/d - 1)A_a^o$ , a u srednjem pojasu (zona 2, od kote  $0,2d$  do  $0,8d$ ) raspoređuje se preostala armatura, gde je  $A_a^{(o)}$  - ukupna oslonačka armatura iznad posmatranog oslonca kontinualnog nosača. U zoni 3 ne daje se računaska oslonačka (negativna) armatura. Ako je ukupna visina  $d$  zidnog nosača veća od raspona  $l$ , tada deo nosača iznad visine  $l$ , koji teorijski nije napregnut na savijanje, treba armirati konstruktivnom armaturom (član 202 Pravilnika BAB 87).

Za kontinualne zidne nosače kod kojih je  $l < d$ , u prethodni izraz za raspoređivanje oslonačke armature stavlja se  $l = d$  iz čega proizilazi da tada u oslonačkoj zoni 1 nije potrebna statička (računska) podužna armatura. Međutim, ta zona se tada mora armirati minimalnom (konstruktivnom) armaturom.

Treba zapaziti da je krak  $z$  unutrašnjih sila  $Z_u$  i  $D_{bu}$  (slika 201/1), u stanju sa prslinama, a pogotovu u stanju granične nosivosti (znatno) veći nego što je to uzeto u ovome proračunu (jednačine 201/3-201/10). Time se dobijaju rešenja na strani sigurnosti. Ova obazrivost je za sada opravdana, jer najčešće omogućuje da nosač

u stanju eksploatacije radi u oblasti dopuštenih širina prslina, naravno ako se ne usvajaju relativno debeli profili armature i ako se ne radi o (jako) agresivnoj okolnoj sredini.

Eksperimentalna istraživanja su pokazala da čvrstoća betona pri pritisku usled savijanja, u graničnom stanju loma preseka, nije ni izdaleka iskorišćena, pa se i ne proverava, već se, pri određivanju potrebne armature, uzima da armatura teče ( $\sigma_a = \sigma_v$  odnosno  $\sigma_a = \sigma_{o2}$ , jednačina (201/2)). Međutim, potrebno je proveriti ponašanje nosača na prevrtanje i eventualno izvijanje njegove pritisnute zone preseka i po potrebi povećati debljinu  $b$  zidnog nosača. Izbor minimalne debljine zida proizilazi i iz uslova pravilnog smeštaja armature i dobrog betoniranja. Treba težiti uvek kada je to moguće, da se potrebna stabilnost zidnog nosača obezbedi konstruktivnim merama, kao što su ukrućenja osloničkih preseka zidnih nosača pomoću stubova dovoljnog poprečnog preseka ili poprečnim zidovima, zatim ukrućenjem gornje i donje ivice zidnog nosača pomoću horizontalnih dijafragmi - ploča, rebara i sl.

Minimalna površina preseka glavne podužne armature  $A_a$  u polju i glavne podužne armature  $A_a^o$  iznad oslonca iznosi

$$A_a = A_a^o = k \cdot b \cdot d \cdot \frac{f_{bzm}}{\sigma_v} \quad (201/11)$$

gde je  $f_{bzm}$  - srednja vrednost čvrstoće betona pri aksijalnom zatezanju (tabela 7, član 51, BAB 87).

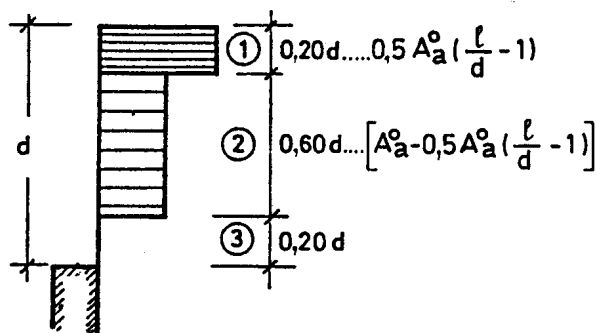
Koeficijent  $k$  ima sledeće vrednosti:

$k = 0,22 \dots$  za ...  $d/l = 0,4$

$k = 0,20 \dots$  za ...  $d/l = 0,5$

$k = 0,15 \dots$  za ...  $d/l \geq 1,0$

Za odnose  $d/l$  između ovih vrednosti, važi linearna interpolacija.



Slika 201/3 Raspodela osloničke glavne podužne armature kod kontinualnih zidnih nosača

**Proračun osloničkih zona.** Da ne bi glavni naponi pritiska u pritisnutim nagnutim trakama (slika 201/5), posebno u oblasti osloničkih preseka, postali kritični, mora se ograničiti vrednost transverzalne sile. Kod zidnih nosača, koji su posredno oslonjeni

po čitavoj visini preko oslonačkih ojačanja (stub, poprečni zid i dr. slika 201/4), zahteva se da najveća transverzalna sila  $\max T_u$  (pri najnepovoljnijim mogućim kombinacijama opterećenja), u stanju granične nosivosti, na spoju zidnog nosača sa oslonačkim ojačanjem, ne sme da pređe vrednost:

$$\max T_u = 0,10 \cdot b \cdot d \cdot f_B \quad (201/12)$$

što za jednako podeljeno opterećenje daje ograničenje:

$$\max q_u = 0,20 \cdot b \cdot \frac{d}{l_o} \cdot f_B \quad (201/12a)$$

gde je:

$b$  - debljina zidnog nosača

$d$  - visina zidnog nosača. U slučaju kada je  $d > l$ , u prethodnom izrazu umesto  $d$  staviti  $l$ . Ako se oslonačko pojačanje ne produžava po celoj visini zida, tada umesto  $d$ , uzeti  $d'$  gde je  $d'$  - visina do koje se proteže oslonačko pojačanje, slika 201/4

$f_B$  - računaska čvrstoća betona pri pritisku, tabela 15, član 82 BAB 87

$l_o$  - čisti (svetli) raspon polja između lica ležajeva, slika 201/1.

Transverzalne sile određuju se na isti način kao i za linijske nosače.

Transverzalna sila u stanju granične nosivosti

$$T_u = \sum \gamma_{ui} T_i \dots (i = g, p, \Delta) \quad (201/12b)$$

gde je

$\gamma_{ui}$  - koeficijent sigurnosti pri dilataciji izduženja  $\epsilon_a \geq 3\text{‰}$ , član 80, BAB 87

$T_i$  - transverzalna sila u eksploataciji ( $i = g, p, \Delta$ )

Pri dejstvu stalnog i promenljivog opterećenja, jednačina (201/12b) postaje

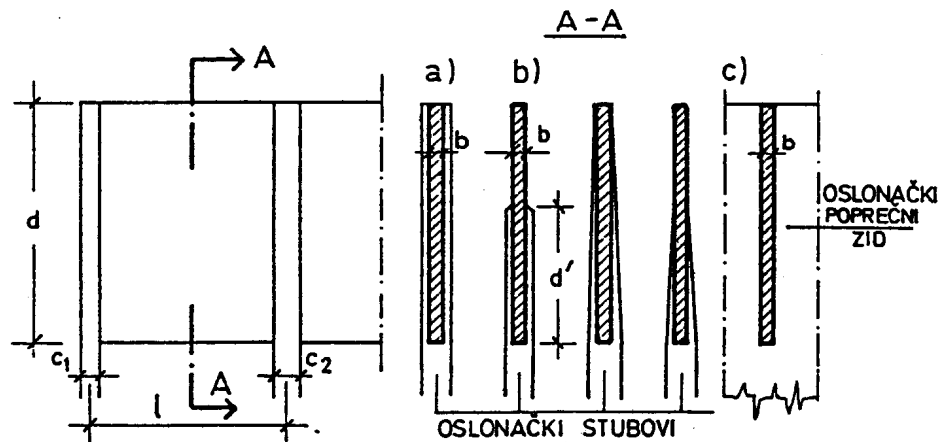
$$T_u = 1,6T_g + 1,8T_p \quad (201/12c)$$

Primena izraza (201/12-12c) pretpostavlja veoma kvalitetno izvođenje spoja zidnog nosača i oslonačkog pojačanja. Taj spoj mora predstavljati monolitnu vezu zidnog nosača sa oslonačkim pojačanjem (poprečni zid, stub i sl.), Horizontalna armatura, kako glavna, tako i ona koja se daje sa obe strane (lica) zida, mora biti propisno ankerovana u elemente oslonačkih pojačanja po celoj visini, slika 201/2.

Ako zidni nosač u oblasti oslonca nije ojačan u smeru oslonaca (poprečni zid, stub, rebro), tj. ako se opterećenje sa zidnog nosača prenosi direktno na oslonce, slika 201/5, tada granične vrednosti oslonačkih reakcija moraju biti limitirane na iznose:

$$A_u \leq 0,8 \cdot f_B \cdot b \cdot (c + d_p) \dots \text{ za krajnji oslonac} \quad (201/13)$$

$$B_u \leq 1,2 \cdot f_B \cdot b \cdot (c + 2d_p) \dots \text{ za srednje oslonce} \quad (201/14)$$



Slika 201/4 Razni oblici oslonačkih ojačanja zidnih nosača

gde je:

$f_B$  - računska čvrstoća betona pri pritisku (tabela 15 PBAB 87)

$b$  - debljina zidnog nosača

$c$  - širina posmatranog oslonca, za oslonac A ...  $c = c_a$ , za oslonac B ...  $c = c_B$

$d_p$  - debljina eventualne ploče ili visina rebra koje ukružuje donji deo zidnog nosača. Ako takvi elementi ne postoje, tada se u prethodnim izrazima stavlja da je  $d_p = 0$ .

Veličinu  $c$  uzeti u stvarnoj veličini ako je  $c \leq 1/5l_{\min}$  gde je  $l_{\min}$  - manji od priležćih raspona, a ako je  $c > 1/5l_{\min}$ , uzima se  $c = 1/5l_{\min}$ . Pri tome su granične reakcije sračunate na poznati način

$$A_u = \Sigma \gamma_{ui} A_i, B_u = \Sigma \gamma_{ui} B_i, (i = q, p, \Delta) \quad (201/15)$$

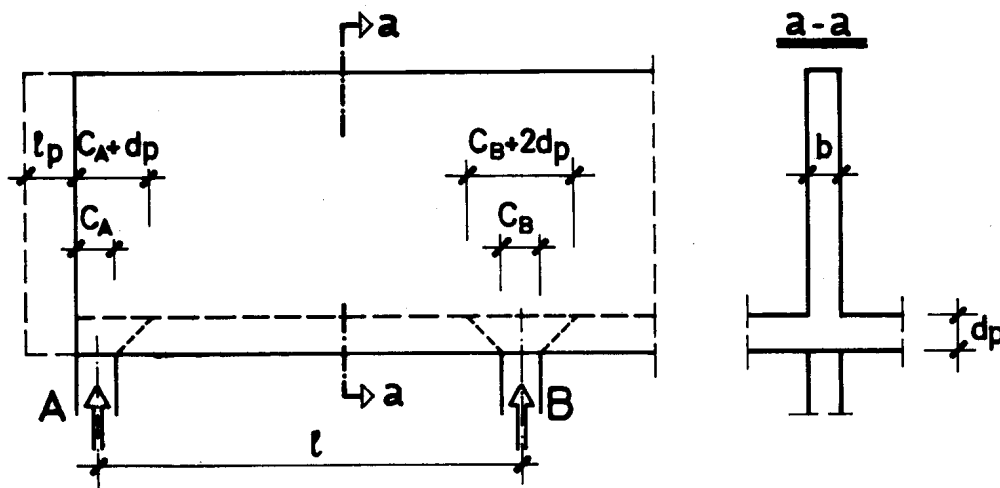
gde se koeficijenti sigurnosti uzimaju za slučaj  $\epsilon_a = \epsilon_b \leq 0$  (dilatacije skraćanja), član 80, BAB 87. Tako za slučaj delovanja stalnog i promenljivog opterećenja imamo:

$$\begin{aligned} A_u &= 1,9A_g + 2,1A_p \\ B_u &= 1,9B_g + 2,1B_p \end{aligned} \quad (201/16)$$

Na krajnjim osloncima uzeto je umanjjenje računске čvrstoće  $f_B$  za 20% (umesto  $f_B$  uzeto  $0,8f_B$ ), jednačina (201/13), zbog realne mogućnosti smanjenja čvrstoće betona pri pritisku nad ovim osloncima usled pojave napona zatezanja u poprečnom pravcu, prouzrokovanim ankerovanjem donje glavne podužne armature kao i činjenice da potreban kvalitet betona u zidu neposredno uz ivične oslonce nije uvek lako ostvariti.



Ako se zidni nosač prepusti preko oslonca (slika 201/5) bar za dužinu  $l_p \geq 1,25c_A$ , ako se ankerovanje podužne armature obavi na toj dužini, izvan oslonca, i ako se preduzmu i druge rigorozne mere za vrlo kvalitetno izvođenje AB radova (u ovoj oslonjačkoj oblasti zidnog nosača), tada se za krajnji oslonac može dopustiti povećanje napreznja za 25% u odnosu na vrednosti koje daje jednačina (201/13).



Slika 201/5 Zidni nosač direktno oslonjen na oslonce A i B, bez oslonjačkih ojačanja

Tačno sračunati momenti savijanja u kontinualnim zidnim nosačima razlikuju se od momenata koje daje teorija linijskih nosača. Te razlike postaju značajnije sa porastom visine u odnosu na raspon i najveće su kada  $d \geq l$ . Oslonjački momenti, sračunati po teoriji zidnih nosača manji su nego oslonjački momenti, dobijeni za linijske nosače. To ima za posledicu smanjenje reakcija srednjih oslonaca zidnih nosača u odnosu na reakcije kontinualnih linijskih nosača. Međutim, dopušta se aproksimativni postupak, tako da se reakcije kontinualnih zidnih nosača odrede poznatim postupcima za linijske kontinualne nosače a zatim se vrednosti ovako dobijenih reakcija krajnjih oslonaca povećavaju množeći ih koeficijentom  $\xi$  datim u sledećoj tabeli, a reakcije ostalih oslonaca smanje u odgovarajućoj srazmeri, kako bi uslovi ravnoteže bili zadovoljeni.

Tabela 201/1

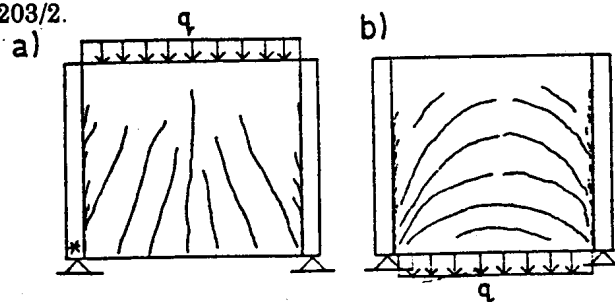
$d/l$	0,3	0,4	0,7	$\geq 1,0$
Koeficijent uvećanja $\xi$	1,00	1,08	1,13	1,15

Vrednost koeficijenta uvećanja  $\xi$  za odnose  $d/l$ , koje se ne nalaze u tabeli, određuje se linearnom interpolacijom.

*Armatura po stranama zidnog nosača.* Ova armatura se sastoji iz sistema horizontalnih i vertikalnih šipki postavljenih na oba lica zida. Vertikalnu armaturu čine uzengije koje obuhvataju glavnu podužnu i horizontalnu armaturu po visini zida.

Ako opterećenje deluje po gornjoj ivici nosača, po pravilu, dovoljna je lagana armatura mreža, čiji razmak okca ne treba da prelazi dvostruku debljinu zida ni više od 30 cm. U članu 202 dati su minimalni procenti armiranja preseka ovom armaturom za razne vrste čelika. Najmanja površina armature svake mreže i svakog pravca armiranja za zidne nosače iznosi 0,125% betonskog preseka za GA 240/360, zatim 0,10% za RA 400/500 i 0,075% betonskog preseka za MA 500/560. Međutim, DIN 1045 daje min. apsolutne vrednosti armature svake mreže i svakog pravca od  $2,5 \text{ cm}^2/\text{m}'$  za GA 240/360 i  $1,5 \text{ cm}^2/\text{m}'$  za RA400/500 i MA 500/560.

Kod zidnih nosača sa opterećenjem po gornjoj ivici zida i neposrednim osloncima, slika 201/5, tok glavnih napona zatezanja u blizini oslonaca je vrlo položen. Sa slike 201/6a vidi se da su, za zidne nosače opterećene po gornjoj ivici, prsline vrlo strme, pa vertikalna armatura po "obrazima" zida nije efikasna. Stoga je u takvim slučajevima dovoljna vertikalna konstruktivna (minimalna) armatura. Međutim, horizontalna armatura, koja se, kako je već naglašeno, daje najčeće iz konstruktivnih razloga u cilju "umirenja" prslina, poveća bar za 25-50%, u odnosu na onu minimalnu, datu u čl. 202 PBAB 87, u donjem delu nosača na visini od oko  $d/3$  odnosno  $l/3$  pri  $d > l$ , mereno od gornje šipke glavne podužne zategnute armature polja  $A_g$ . Pri tome bi trebalo težiti da njeno rastojanje ne prelazi 15-20 cm. Ovo pojačanje i progušćenje horizontalne armature posebno je važno kada je zidni nosač opterećen po donjoj ivici zida (obešeno opterećenje) i/ili kada je indirektno oslonjen, slika 201/2 i 203/2.

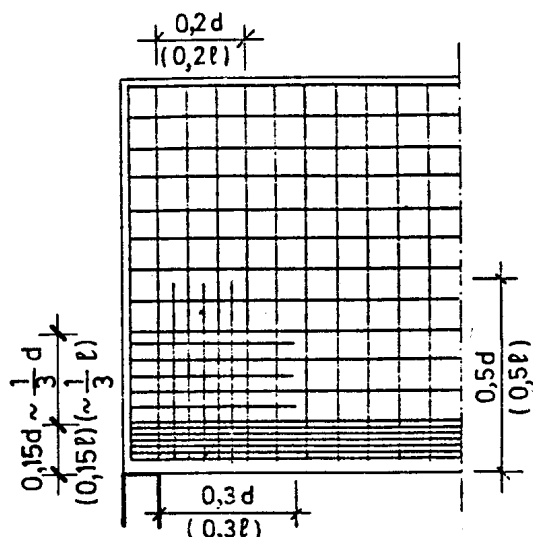


Slika 201/6 Karakteristična slika prslina za armiranobetonske zidne nosače pri opterećenju bliskom lomu  
a) opterećenje na gornjoj ivici  
b) opterećenje na donjoj ivici

Pri tome se ovo povećanje, u manje naznačenom iznosu (25%) može primeniti samo ako se za ovu i za glavnu podužnu armaturu  $A_g$ , usvoje relativno tanki profili armature. Međutim, povećanje ove armature u prethodno, naznačenoj oblasti nosača, nije neophodno ako računski potrebna glavna podužna armatura, jedn. (201/2), nije veća od minimalne konstruktivne armature jedn. (201/11).

U blizini oslončkih zona razmak okca armature ortogonalne mreže treba da je manji nego na ostalim delovima zidnog nosača. Kod zidnih nosača sa direktnim oslanjanjem ova armatura se ne proračunava nego se preporučuje da se usvoji duplo veća od one minimalno propisane po "obrazima" zidova, čl. 202 PBAB 87, a to se postiže umetanjem novih profila na  $e/2$ , između profila osnovne mreže. Raspored

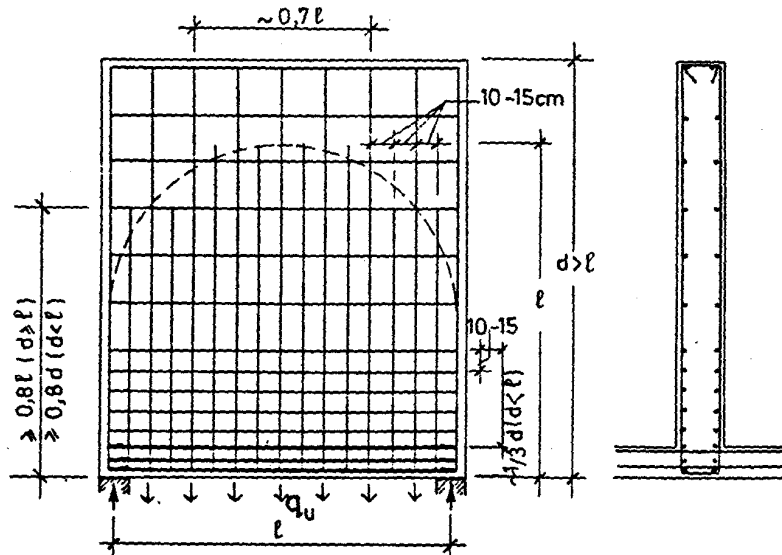
ove armature u oslonačkoj zoni prikazan je na slici 203/1. Izuzetno ako reakcije  $A_u$  odnosno  $B_u$  ne prelaze 50% vrednosti datih jedn. (201/3) odnosno (201/4), tada nije potrebno povećanje armature u oslonačkim zonama u odnosu na okolne zone, ali ipak razmak šipki armature treba ograničiti na  $e_{\max} = 15 - 20$  cm u oba pravca. U slučaju kontinualnih nosača može se glavna (podužna) oslonačka armatura  $A_a^o$ , raspoređena prema slici 201/3, smatrati kao deo napred definisane horizontalne armature po stranama (obrazima) zida.



Slika 203/1 Oslonačka zona zidnog nosača, ojačana progušćenom mrežom

*Opterećenje po donjoj ivici nosača.* U slučaju da (raspodeljeno) opterećenje deluje po donjoj ivici nosača moraju se, pored napred opisane vertikalne armature, predvideti i vertikalne uzengije, sposobne da direktno prihvate i prenesu to "obešeno" opterećenje na gornje delove nosača. Ove uzengije bez prekidanja-nastavljanja, treba da obuhvataju donju glavnu armaturu i da se produže čitavom visinom zidnog nosača kada je  $d \leq l$  ili najmanje do visine  $d' = l$  kada je  $d > l$ . U blizini oslonca ova armatura može biti i kraća, slika 203/2.

Eksperimentalna istraživanja /8/, /74/ su pokazala da se, i pri eksploatacionim opterećenjima, kod zidnih nosača opterećenih po donjoj ivici, javlja sistem prslina koje su u sredini nosača skoro horizontalne a prema osloncima su više nagnute i ulivaju se u oslonačke preseke. One formiraju sistem takozvanih "etažiranih" lukova, slika 201/6b. Da bi se širine ovih prslina koliko toliko držale u dopuštenim granicama, preporučuje se da najveći napon u toku eksploatacije za rebrastu i mrežastu armaturu ne prekoračuje vrednost  $\sigma_a = 200$  MPa, a za meki glatki čelik  $\sigma_a = 140$  MPa. Takođe se preporučuje da ovde rastojanje vertikalnih uzengija, kao i rastojanje horizontalne armature (smeštene iznad donje glavne armature na visini oko  $1/3d$  ( $d < l$ )), ne iznosi više od 10-15 cm, slika 203/2.

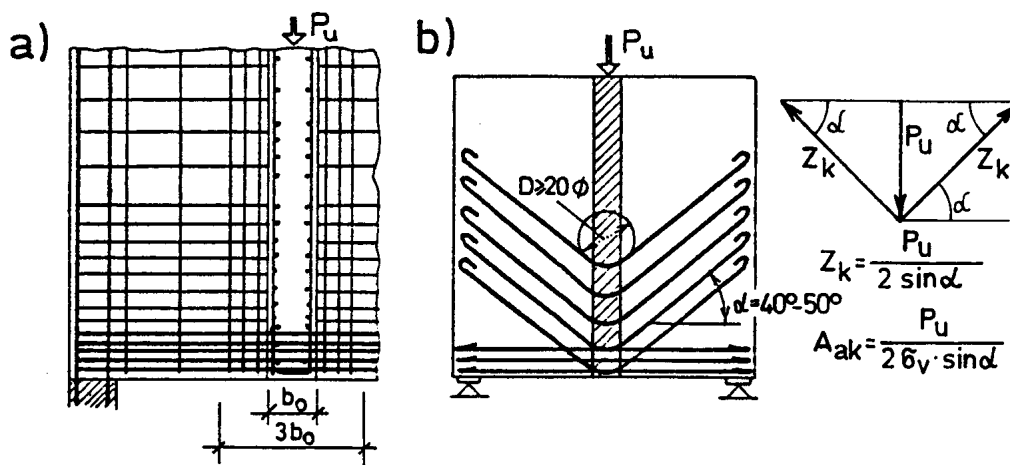


Slika 203/2 Armatura zidnog nosača opterećenog po donjoj ivici

Oslonačke zone zidnih nosača sa direktnim oslanjanjem i "obešenim" opterećenjem armiraju se sa duplom minimalnom armaturom, slika 203/1, na već ranije opisan način.

*Indirektno opterećenje zidnog nosača.* U slučaju da se opterećenje na zidni nosač prenosi preko čitave njegove visine, na primer, preko poprečnog zida, jakog stuba i sl., dakle na posredan (indirektan) način, tada se mora predvideti armatura za poduhvatanje (vešanje) toga opterećenja koja će biti sposobna da uravnoteži maksimalnu silu  $P_u$  koja se predaje zidnom nosaču preko poprečnog zida ili stuba, slika 203/3. Ova armatura, kod umerenih opterećenja, može da bude izvedena od vertikalnih uzengija (slika 203/3a), koje obuhvataju donju glavnu podužnu armaturu, a protežu se (u punom iznosu) do gornje ivice zidnog nosača ako je  $d \leq l$ , a najmanje do visine jednake rasponu  $l$  ako je  $d > l$ . Kod vrlo značajnih indirektnih opterećenja može se deo sile  $P_u$  (do oko  $0,6 P_u$ ) prihvatiti (poduhvatiti) i koso povišenim šipkama. Ostatak sile  $P_u$  se tada prihvata vertikalnim uzengijama. U oblasti unošenja sile treba, po potrebi, sračunati i horizontalnu armaturu s obzirom da se ovde može pojaviti sistem nagnutih prslina i efekti "cepanja".

Na slici 203/4 prikazan je prepust (konzola) zidnog nosača na koji se, na rasponu  $l$ , indirektnim putem, po celoj visini, sa poprečnog zida I, predaje relativno velika sila  $P_u$ . Pri tome se optimalno rešenje postiže ako se vertikalne uzengije za poduhvatanje (vešanje) opterećenja tako dimenzionišu da prime 60% sile  $P_u$ , tj.  $Z_v = 0,6 P_u$ , a ostatak sile se poveri koso položenoj armaturi  $A_{sk}$ , koja se sada određuje iz sile  $Z_k = \frac{0,4 P_u}{\sin \alpha}$ .



Slika 203/3 Armatura zidnog nosača za prihvatanje indirektnog opterećenja koje se prenosi preko poprečnog zida ili stubova a) vertikalne uzengije rasporedene na širini  $3b_0$ ; b) koso povijena armatura

*Indirektno oslonjeni zidni nosači.* Ako je zidni nosač po čitavoj svojoj visini (ili delimično) oslonjen na poprečni zid, stub ili rebro većih dimenzija ili pak ako je oslonjen na neki drugi zidni nosač, govorimo, kako smo već ranije rekli, o indirektnom oslanjanju zidnog nosača, slika 201/4. Po analogiji rešetkastog nosača, armatura za prijem smicanja odnosno glavnih napona zatezanja, može biti data u obliku ortogonalne mreže/horizontalne i vertikalne šipke i/ili u vidu koso položene armature (uzengija), nagnute prema horizontali od  $45-55^\circ$ , slika 203/5.

Oblast nosača koju treba "pokriti" ovom armaturom iznosi približno oko  $0,5d$  za  $d \leq l$  ili  $0,5l$  za  $d > l$ , mereno od donje ivice nosača u pravcu njegove visine, i oko  $0,4d$  ( $d \leq l$ ) odnosno  $0,4l$  ( $d > l$ ) u pravcu raspona, mereno od unutrašnje ivice oslonca.

Ako se primeni ortogonalna mreža za prijem "smicanja", tada se vertikalne šipke ove mreže dimenzionišu u odnosu na puni iznos transverzalne sile  $T_u$ , pa je potrebna površina preseka ove armature:

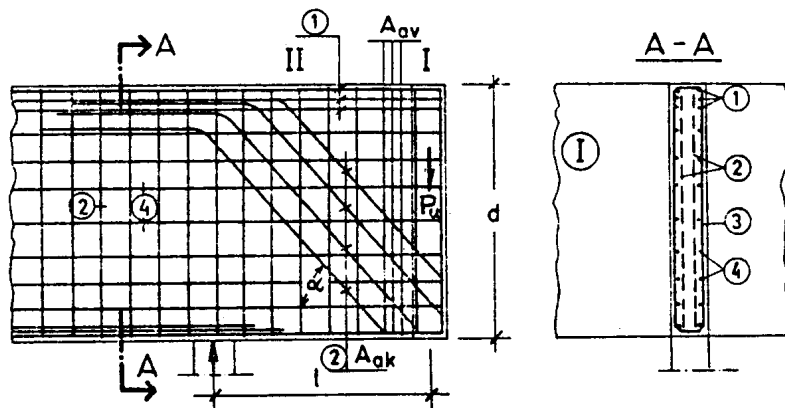
$$A_{av} = \frac{T_u}{\sigma_v} \quad (201/17)$$

a horizontalne šipke u odnosu na  $0,8T_u$ ,  
pa je

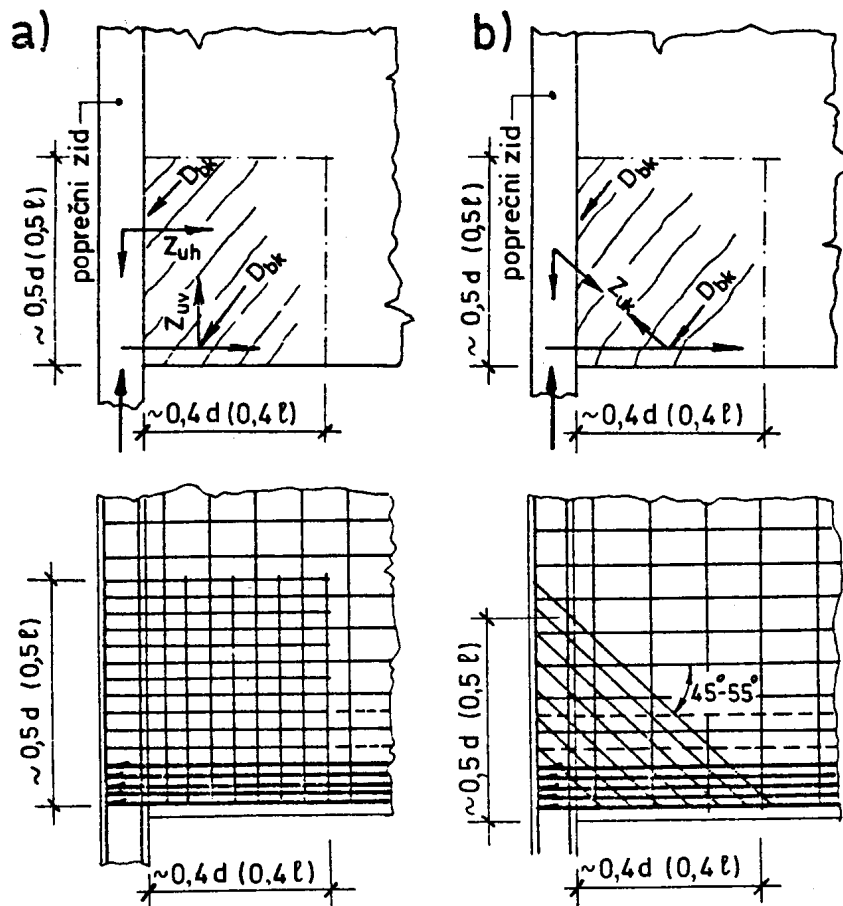
$$A_{ah} = \frac{0,8T_u}{\sigma_v} \quad (201/18)$$

Ako se primene samo koso položene uzengije, tada se njihova površina u zoni osiguranja određuje iz ukupne transverzalne sile,<sup>1</sup> tj.

<sup>1</sup>Internacionalne preporuke /60/ dopuštaju da kosa armatura  $A_{ak}$  primi samo 80% sile  $T_u$ .



Slika 203/4 Armatura konzolnog dela zidnog nosača, posredno opterećen preko poprečnog zida



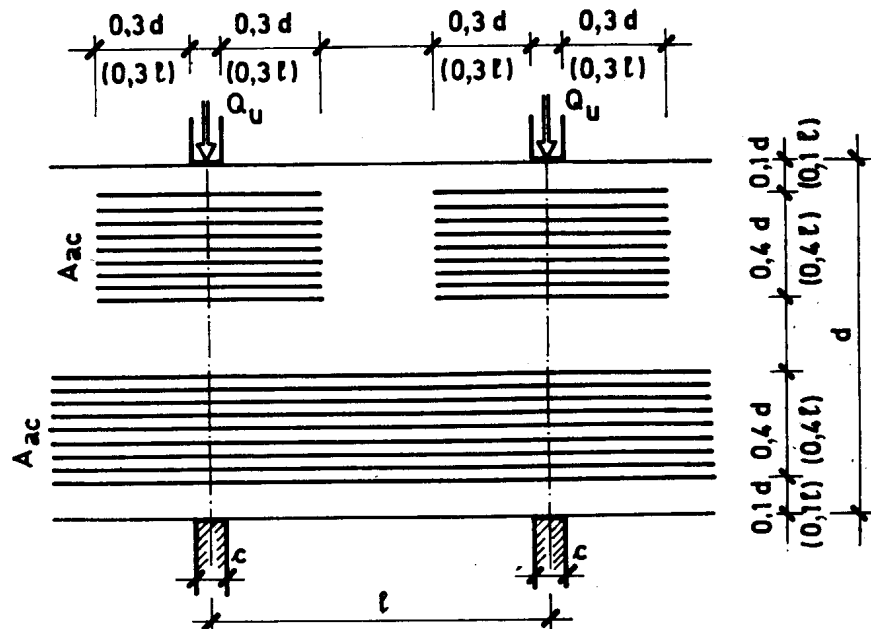
Slika 203/5 Armatura za prijem smicanja kod indirektnog oslanjanja zidnog nosača a) ortogonalna mreža; b) koso položene uzengije

$$A_{ak} = \frac{T_u}{\sigma_v} \cos \alpha = \frac{T_u}{\sqrt{2}} \sigma_v \dots \text{ za } \alpha = 45^\circ \quad (201/19)$$

U prethodnim izrazima, sila  $T_u$  predstavlja najveću transversalnu silu pri najnepovoljnijim mogućim kombinacijama graničnih opterećenja i uopšte dejstava, koja se sa razmatranog raspona (polja) prenosi na indirektni oslonac. Sila  $T_u$  se sračunava prema izrazu (201/12b) i pri tome ne sme da prekorači vrednost sile  $\max T_u$ , date relacijom (201/12). Pri  $T_u \leq 0,5 \max T_u$  sile zatezanja se, po pravilu, primaju ortogonalnom mrežom, slika 203/5a, a pri  $T_u \geq 0,75 \max T_u$  prednost treba dati kosim uzengijama, slika 203/5b, koje se u oblasti osiguranja dopunjuju i lakom ortogonalnom mrežom koja već postoji (kao konstruktivna armatura) na "obrazima" zidnog nosača. Dobri rezultati se postižu i kombinacijom ortogonalne mreže i koso položene armature (uzengija). Mora se voditi računa da sva armatura za "smicanje" na krajevima bude dobro usidrena, posebno u oslonačka pojačanja (indirektni oslonci). Šipke kose armature (kose uzengije) i vertikalne uzengije treba da obuhvate donju podužnu glavnu armaturu  $A_a$ .

Pri opterećenju zidnog nosača koncentrisanim silama, za preporuku je da se svaki slučaj posebno razmotri, naročito sa aspekta prijema i uvođenja sila u zidni nosač, prihvatanja sila cepanja i dr. Relativno velike koncentrisane sile najbolje je prihvatiti pomoću vertikalnih rebara-stubova, koji se protežu čitavom visinom zidnog nosača (posredno unošenje sile u zidni nosač).

*Slučaj delovanja koncentrisanih sila iznad oslonaca zidnog nosača.* Na slici 203/6 prikazan je zidni nosač opterećen koncentrisanim silama  $Q_u$ , koje deluju na gornjoj ivici nosača u oslonačkoj vertikali /54/. Pretpostavlja se da ne postoji vertikalno rebro koje bi osiguralo prenos sile  $Q_u$  na oslonce zidnog nosača.



Slika 203/6 Zidni nosač opterećen koncentrisanim silama  $Q_u$ . Pri  $d > l$ , umesto  $d$ , staviti  $l$ .

Usled dejstva sila  $Q_u$ , slika 203/6, treba predvideti horizontalnu armaturu ravnomerno raspoređenu u dve naznačene zone, visine  $0,4d$ , odnosno  $0,4l$  pri  $d > l$ , a svaka od ovih zona mora biti u stanju da preuzme silu zatezanja (cepanja) u iznosu  $Q_u/4$ , pa potrebna armatura u ovakvoj zoni iznosi  $A_{ac} = \frac{Q_u}{4\sigma_s}$ .

Transverzalnoj sili  $T_u$ , koja je rezultat opterećenja po rasponu zidnog nosača, opisanog u prethodnim razmatranjima, (jednačina 201/12b, slika 200/2, 203/3 i dr.), treba dodati silu  $\Delta T_u$  od koncentrisane sile  $Q_u$ , a koja je jednaka manjoj od dve sledeće vrednosti:

$$\Delta T_u = \frac{Q_u}{2} \cdot \frac{l-2c}{l} \quad (201/20)$$

odnosno

$$\Delta T_u = \frac{Q_u}{2} \cdot \frac{d-2c}{d}$$

Međutim, i ovde ukupna sila ( $T_u + \Delta T_u$ ) ne sme prekoračiti graničnu vrednost  $\max T_u$ , datu relacijom (201/12), tj.

$$T_u + \Delta T_u \leq \max T_u \quad (201/21)$$

Ako koncentrisana sila  $Q_u$  deluje na krajnjem (ivičnom) osloncu, tada se sili  $T_u$  dodaje manja vrednost  $\Delta T_u$ , dobijena iz sledećih izraza:

$$\Delta T_u = Q_u \frac{l-c}{l} \quad \text{odnosno} \quad \Delta T_u = Q_u \frac{d-c}{d} \quad (201/22)$$

a horizontalna armatura  $A_{ac}$  mora biti dobro usidrena na krajnjem osloncu.

Na slici 203/6, radi bolje preglednosti, prikazana je samo armatura za prijem zatežućih sila od sile  $Q_u$ . Donja zona armature data je kontinualno, bez prekida u polju, jer će od drugih opterećenja (sopstvena težina zida, opterećenje  $q$  po gornjoj i/ili donjoj ivici zida i sl.), biti neophodna horizontalna armatura.

Uslovi (201/13) odnosno (201/14) za krajnje, odnosno srednje (unutrašnje) oslonce koje moraju zadovoljiti oslonačke reakcije važe i za koncentrisane sile  $Q_u$ .

Kod zidnih nosača relativno velike visine koncentrisane sile  $Q_u$ , u vertikalnim ravnima izazivaju napone pritiska i zatezanja. Napone zatezanja - cepanja često beton nije u stanju da prihvati, pa se mora predvideti horizontalna armatura.

U Prilogu 5.9 Pravilnika - II tom date su tabele za proračun uticaja u zidnim nosačima (sa neophodnim skicama) u kojima se definišu veličine i položaji rezultante sile zatezanja u zidnim nosačima na dva, tri i više oslonaca, kao i konzolne zidne nosače, kako za raspodeljena, tako i za koncentrisana opterećenja prema literaturi /54/. Za delovanje koncentrisanih opterećenja date su i veličine sila cepanja  $Z_c$  i rubne sile zatezanja  $Z_r$ .

U Prilogu 6.17 Pravilnika - II tom, asist. pripravnik Miodrag Stojaković, dipl. gradj. inž. uradio je, prema napred datim uputstvima, tri primera primene zidnih nosača u inženjerskoj praksi.