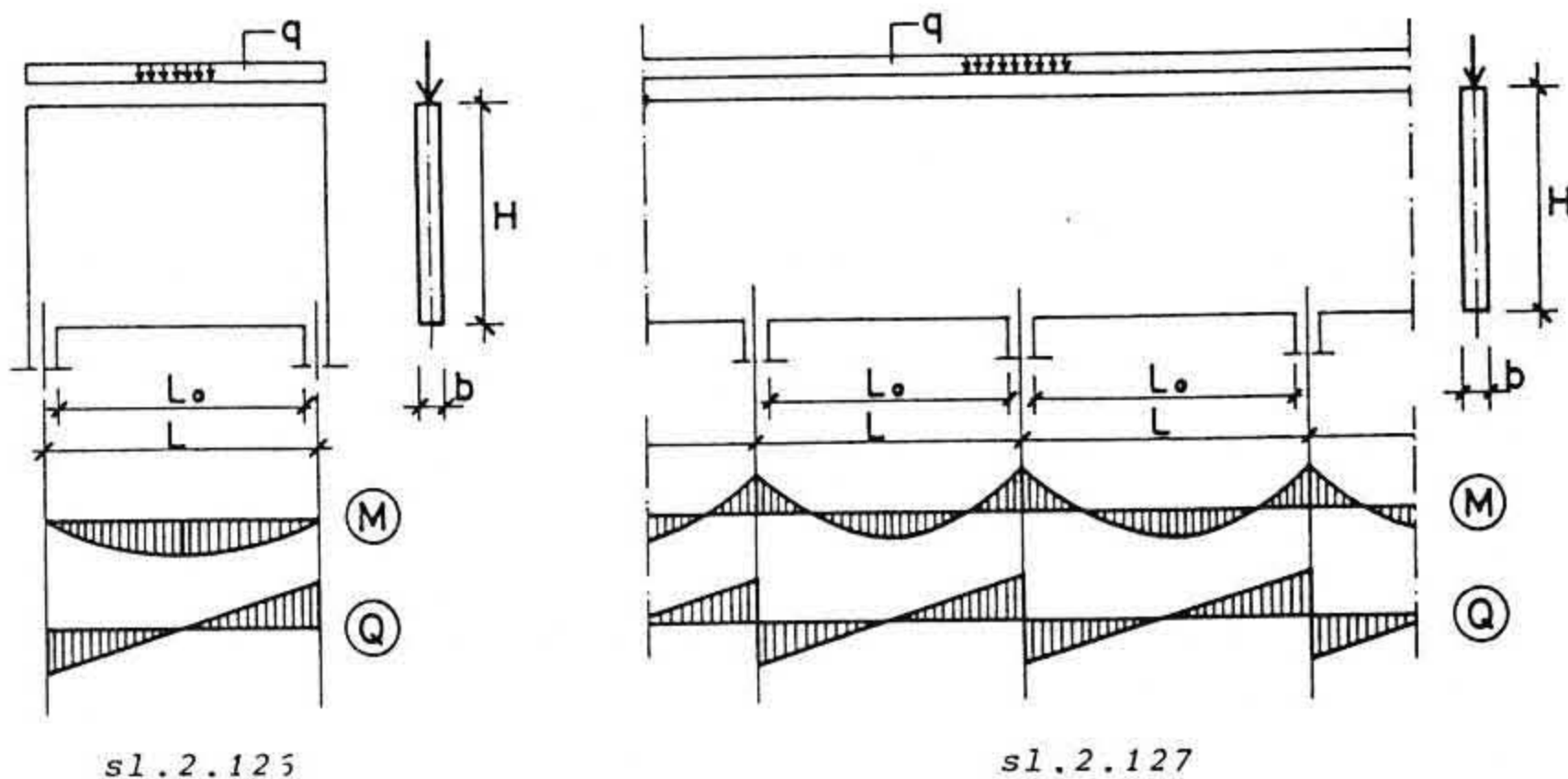


2.8. ZIDNI NOSAČI

2.8.1. Analiza naponskog stanja

Armiranobetonске grede čija je visina u poredjenju sa rasponom znatno veća od uobičajene, dok im je širina znatno manja u odnosu na visinu, nazivaju se zidni nosači (visoke grede, zidna platna, šajbne). Ponašanje ovakvih nosača, opterećenih na savijanje silama, donekle se razlikuje od grednih nosača uobičajenih dimenzija. Na sl. 2.126 prikazan je visoki nosač oslonjen na dva oslon-



ca, a na slici 2.127 prikazan je deo kontinualnog zidnog nosača preko nekoliko jednakih polja. Teorijski, već za nosače kod kojih je odnos $H/L > 1,25$ prestaje da važi Bernulijeva pretpostavka da preseči posle deformacije ostaju ravni, pa samim tim ne važi ni Navijeova pretpostavka o linearnom rasporedu napona po visini preseka. Kao tehnički kriterijum najčešće se usvaja da se za odnos $H/L > 0,40$ ($0,50$) nosač mora analizirati po teoriji ploča opterećenih u svojoj ravni, dok se za $H/L < 0,4$ ($0,5$) nosač može dovoljno tačno sračunati kao običan gredni nosač.

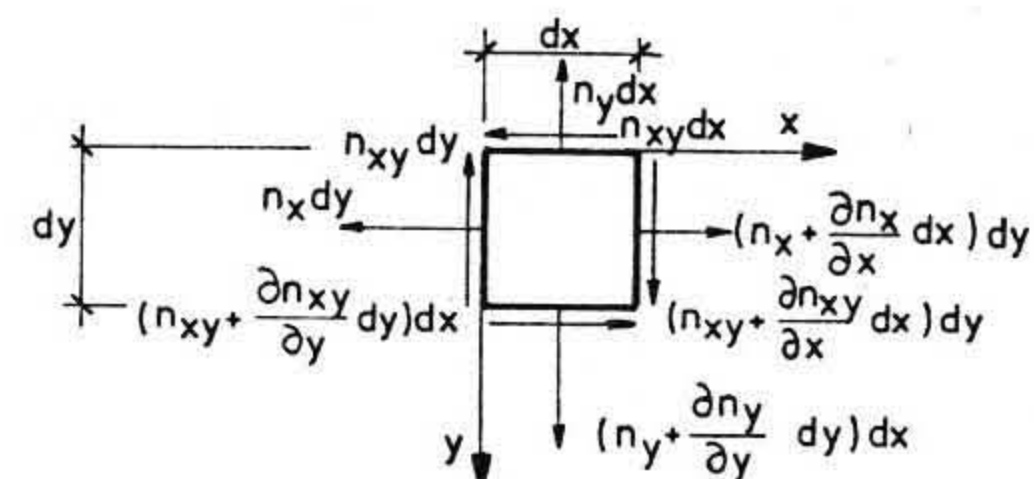
Primenu visokih nosača nalazimo kod višespratnih zgrada, kod konstrukcija silosa i bunkera, kod konstrukcija rezervoara, u temeljnim konstrukcijama i slično.

Analiza zidnih nosača opterećenih u svojoj srednjoj ravni svodi se na analizu ravnog stanja napona, gde se može smatrati da su naponi koji deluju u ravni ploče ($\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$) ravnomerno raspoređeni po širini (debljini) elementa b .

Analizom diferencijalnog dela elementa, opterećenog u svojoj ravni (sl. 2.128) uz uvedene oznake za normalne i smičuće sile u ravni zidnog nosača

$$n_x = \sigma_x b, \quad n_y = \sigma_y b, \quad n_{xy} = \tau_{xy} b \quad (2.163)$$

dolazi se do sledećih jednačina ravnoteže:



Sl. 2.128

$$\Sigma X = 0 \quad \frac{\partial n_x}{\partial x} + \frac{\partial n_{xy}}{\partial y} + X = 0 \quad (2.164)$$

$$\Sigma Y = 0 \quad \frac{\partial n_y}{\partial y} + \frac{\partial n_{xy}}{\partial x} + Y = 0 \quad (2.165)$$

Veza između dilatacija i klizanja data je izrazom

$$\frac{\partial^2 \epsilon_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \epsilon_y}{\partial x^2} = \frac{\partial^2 \gamma_{xy}}{\partial x \partial y} \quad (2.166)$$

a veze između dilatacija i presečnih sila definisane su kao:

$$\epsilon_x = \frac{1}{Eb} (n_x - \nu n_y) \quad (2.167)$$

$$\epsilon_y = \frac{1}{Eb} (n_y - \nu n_x) \quad (2.168)$$

$$\gamma_{xy} = \frac{2(1+\nu)}{Eb} n_{xy} \quad (2.169)$$

Ako se veze između dilatacija i presečnih sila uvedu u uslov (2.166) dobija se:

$$\frac{\partial^2}{\partial x^2} (n_y - \nu n_x) + \frac{\partial^2}{\partial y^2} (n_x - \nu n_y) = 2(1+\nu) \frac{\partial^2 n_{xy}}{\partial x \partial y} \quad (2.170)$$

Uslovi ravnoteže i jednačina (2.170) predstavljaju sistem od tri diferencijalne jednačine sa tri nepoznate n_x, n_y, n_{xy} .

Rešenje sistema traži se u obliku Airy-jeve naponske funkcije $F(x, y)$ koju treba izabrati tako da zadovolji uslove:

$$n_x = \frac{\partial^2 F}{\partial y^2} + U \quad n_y = \frac{\partial^2 F}{\partial x^2} + U \quad n_{xy} = -\frac{\partial^2 F}{\partial x \partial y} \quad (2.171)$$

gde se spoljno opterećenje može predstaviti kao prvi izvod funkcije potencijala U u dva koordinatna pravca:

$$X = \frac{\partial U}{\partial x} \quad Y = \frac{\partial U}{\partial y} \quad (2.172)$$

Uvodjenjem ovakve funkcije uslovi ravnoteže postaju identički zadovoljeni, a iz jednačine 2.170 sledi diferencijalna jednačina za rešenje problema u obliku:

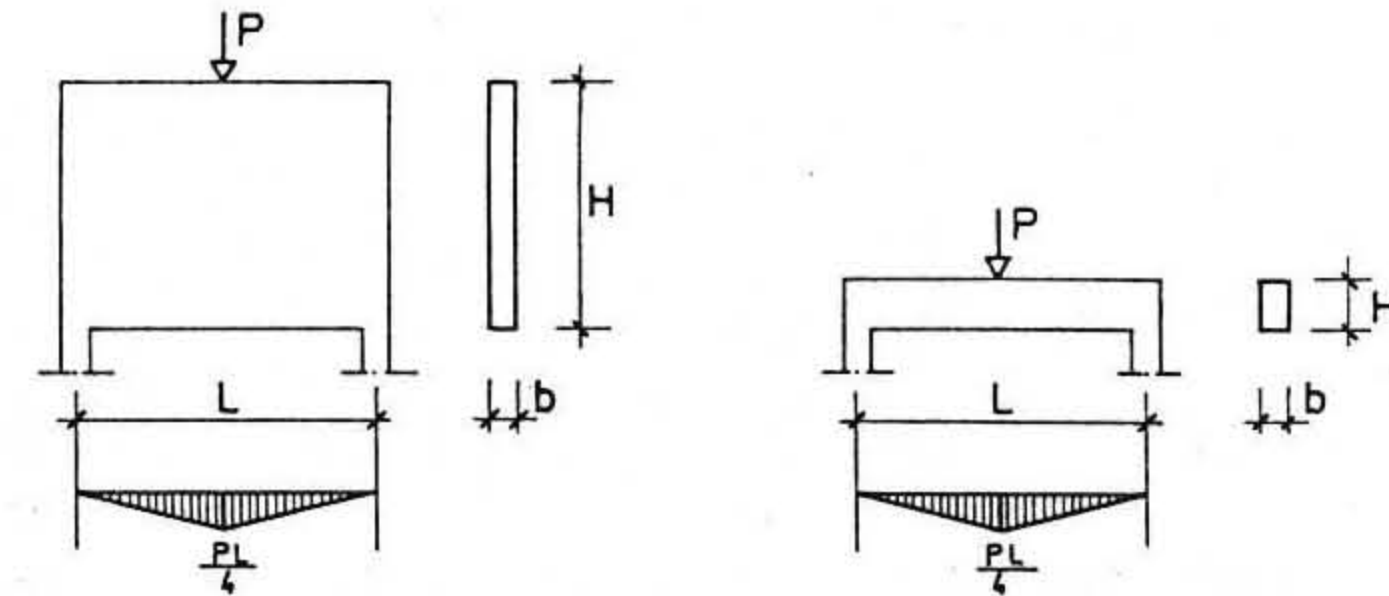
$$\frac{\partial^4 F}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 F}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 F}{\partial y^4} + (1-\nu) \left(\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} \right) = 0 \quad (2.173)$$

Za slučaj da nema spoljnog opterećenja po površini elementa (izuzev po konturi), ili da je ono konstantno (sopstvena težina na primer) diferencijalna jednačina se svodi na oblik:

$$\frac{\partial^4 F}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 F}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 F}{\partial y^4} = 0 \quad (2.174)$$

Kako se u diferencijalnoj jednačini 2.174 ne pojavljuje nijedna konstanta materijala, to znači da se slika naprezanja u elastičnoj oblasti ne menja, bez obzira na vrstu materijala. Linije glavnih naprezanja se mogu tako dobiti eksperimentalnim ispitivanjem fotoelastičnih materijala. U opštem slučaju rešenje funkcije $F(x, y)$ iz diferencijalne jednačine 2.174 mora da zadovolji naponske uslove na konturi elementa. Postupci za rešavanje razmatraju

se u teoriji površinskih nosača. Razlika između visokih nosača i uobičajenih grednih nosača može se uočiti dobro na primeru nosača raspona L , opterećenog u sredini koncentrisanom silom P . (sl. 2.129)



Sl. 2.129

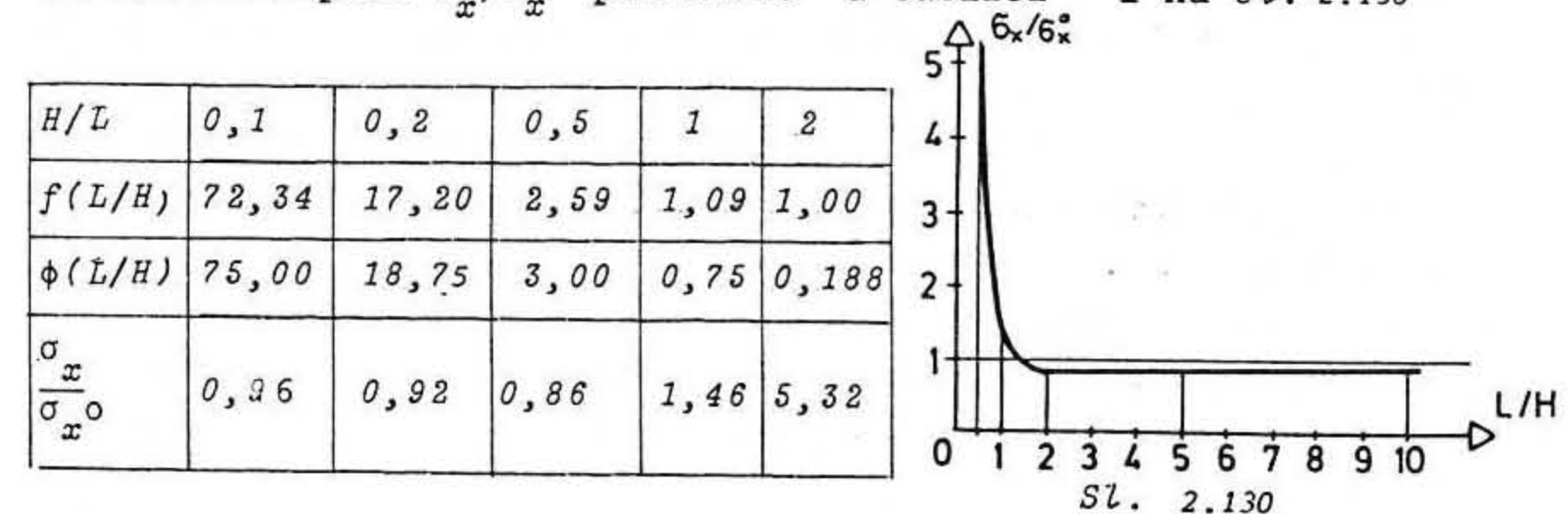
Prema Menažeu, veličina normalnog ivičnog napona pritiska u sredini raspona, data je izrazom:

$$\sigma_x = \frac{2P}{Lb} \left[0,5 + 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2 \frac{n\pi H}{L}}{\operatorname{sh} 2 \frac{n\pi H}{L} + (-1)^n 2 \cdot \frac{n\pi H}{L}} \right] = \frac{2P}{Lb} f\left(\frac{L}{H}\right) \quad (2.175)$$

U slučaju standardne grede, maksimalni ivični napon pritiska iznosi u sredini raspona:

$$\sigma_x^0 = \frac{M}{W} = \frac{6M}{bH^2} = \frac{6PL}{4bH^2} = \frac{2P}{Lb} \left[\frac{3}{4} \left(\frac{L}{H}\right)^2 \right] = \frac{2P}{Lb} \phi\left(\frac{L}{H}\right) \quad (2.176)$$

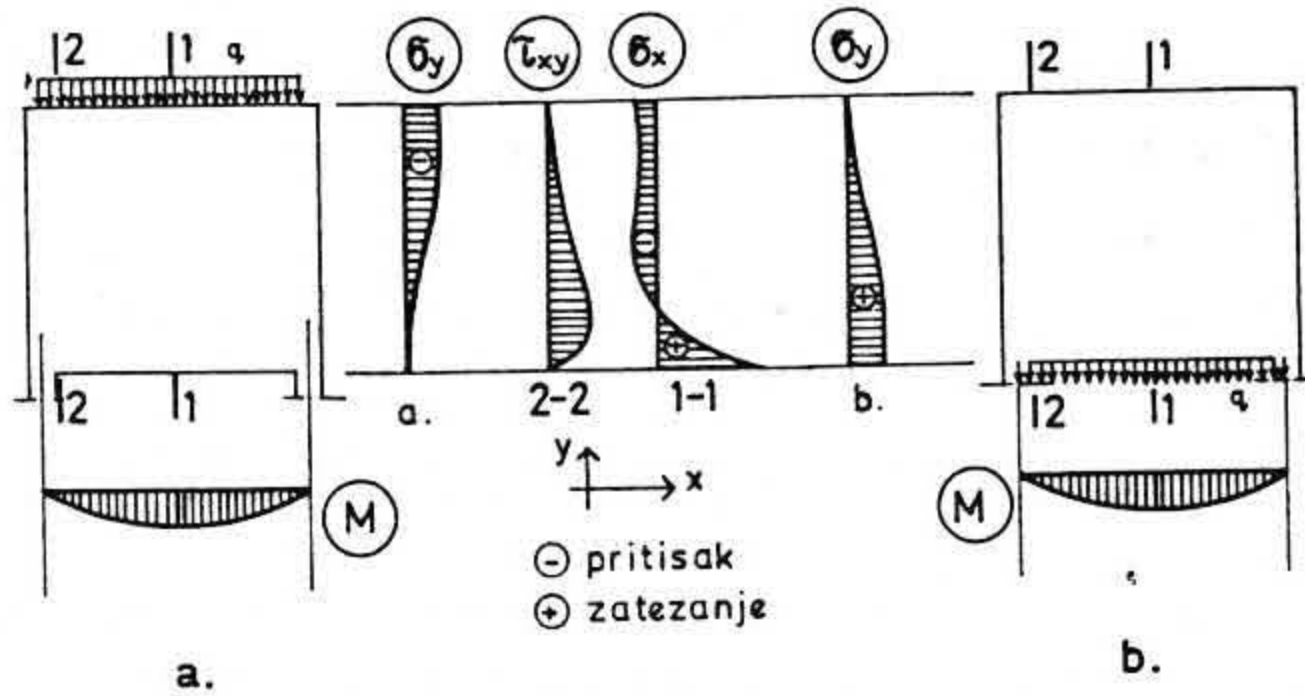
Upoređujući vrednosti napona pritiska u funkciji odnosa visine nosača i raspona, dobijaju se prema izrazima 2.175 i 2.176 sledeći odnosi napona σ_x / σ_x^0 prikazane u tablici i na sl. 2.130



Sl. 2.130

Može se reći da se za vrednost $H/L < 0,5$ nosač može tretirati kao linijski (gredni), dok su za $H/L \geq 0,5$ razlike u rešenjima toliko velike da se nosač mora tretirati kao visoki nosač, po teoriji ploča.

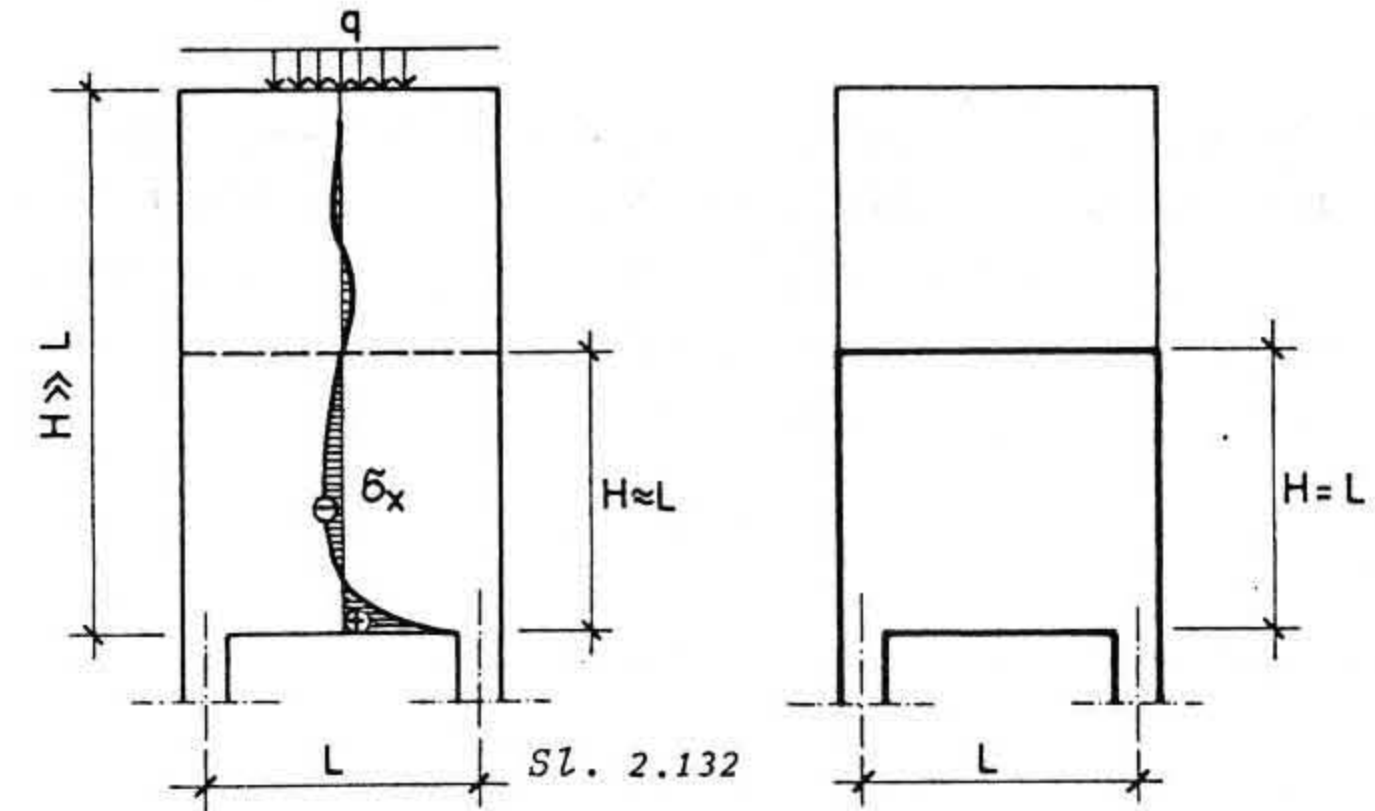
Na sl. 2.131 prikazan je raspored normalnih i smičućih napona visokog nosača preko dva oslonca za slučaj jednako podeljenog opterećenja na gornjoj ivici odnosno na donjoj ivici nosača. Uočava se da se dijagrami napona značajno razlikuju od napreznja grednih nosača. Zona pritiska u betonu je znatno veća, dok su naponi zatezanja skoncentrisani na manjoj visini nosača. Nema praktične razlike u veličini napona σ_x i τ_{xy} za slučaj da je opterećenje na gornjoj odnosno na donjoj ivici nosača (sl. 2.131). Razlika postoji u znaku normalnih napona σ_y koji su pritisak u slučaju opterećenja po gornjoj ivici (sl. 2.131a), odnosno zatezanje ako se opterećenje nalazi na donjoj ivici nosača (sl. 2.131b).



Sl. 2.131

Za slučaj veoma visokih nosača, kod kojih je visina znatno veća od raspona ($H \gg L$) teorijska rešenja pokazuju da se normalni naponi σ_x praktično rasprostiru samo na visini nosača jednakoj približno rasponu nosača, dok se kasnije amortizuju i vrednosti su im zanemarljive (Sl. 2.132). To praktično znači da se vrlo visoki nosači mogu proračunski aproksimirati nosačima čija je visina jednaka rasponu.

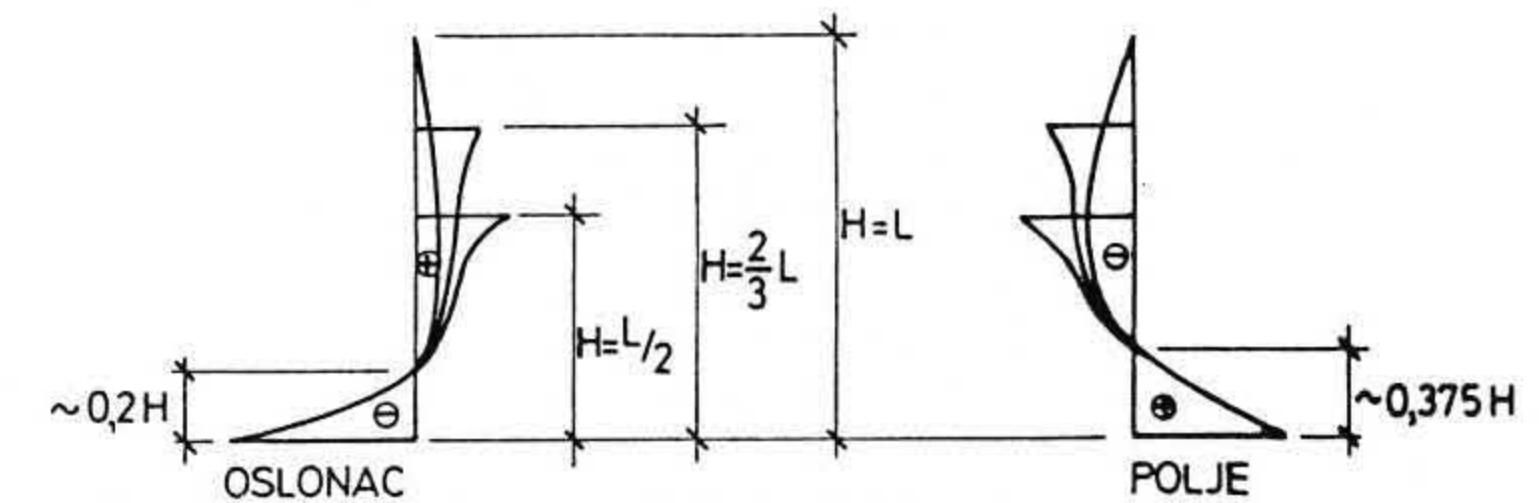
Treba zapaziti da je u slučaju razmatrane elastične analize za visoke nosače odnos kraka unutarnjih sila (rastojanje između rezultante sile pritiska u betonu i rezultante sile zatezanja)



i visine nosača manji nego u slučaju grednih nosača.

Teorijska rešenja za kontinualne visoke nosače opterećene jednakopodeljenim opterećenjem takodje su poznata i detaljno analizirana. Na sl. 2.133 prikazan je raspored normalnih napona

σ_x u preseku u sredini polja i u preseku nad osloncem za jedno srednje polje kontinualnog visokog nosača, za slučajeve odnosa visine nosača i raspona $H/L = 0,5; 0,67; 1,0$. Može se uočiti da kako visina nosača raste tako se i menja krak unutarnjih sila za preseke u sredini polja i nad osloncem, tako da krak unutarnjih sila za presek u polju postaje veći u odnosu na isti u oslončkom preseku. To istovremeno znači da se veličine ostvarenih momenata savijanja u polju i iznad oslonca ne poklapaju sa rešenjima za gredni nosač, već da se realno ostvaruju nešto veći momenti u polju i manji momenti iznad oslonca u poredjenju sa rešenjima za gredni nosač.



Sl. 2.133

Odnos momenata savijanja u polju i iznad oslonca kontinualnog visokog nosača zavisi i od širine oslonaca (c). Dišinger je za kontinualne visoke nosače opterećene jednako podeljenim opterećenjem preporučio sledeće vrednosti momenata savijanja u funkciji odnosa širine oslonaca i raspona ($\epsilon = c/L$)

$$\text{Moment u polju: } \max M = \frac{qL^2}{24} (1-4\epsilon^2) \quad (2.177)$$

$$\text{Moment nad osloncem: } \min M = -\frac{qL^2}{12} (1-2\epsilon)(1-\epsilon) \quad (2.178)$$

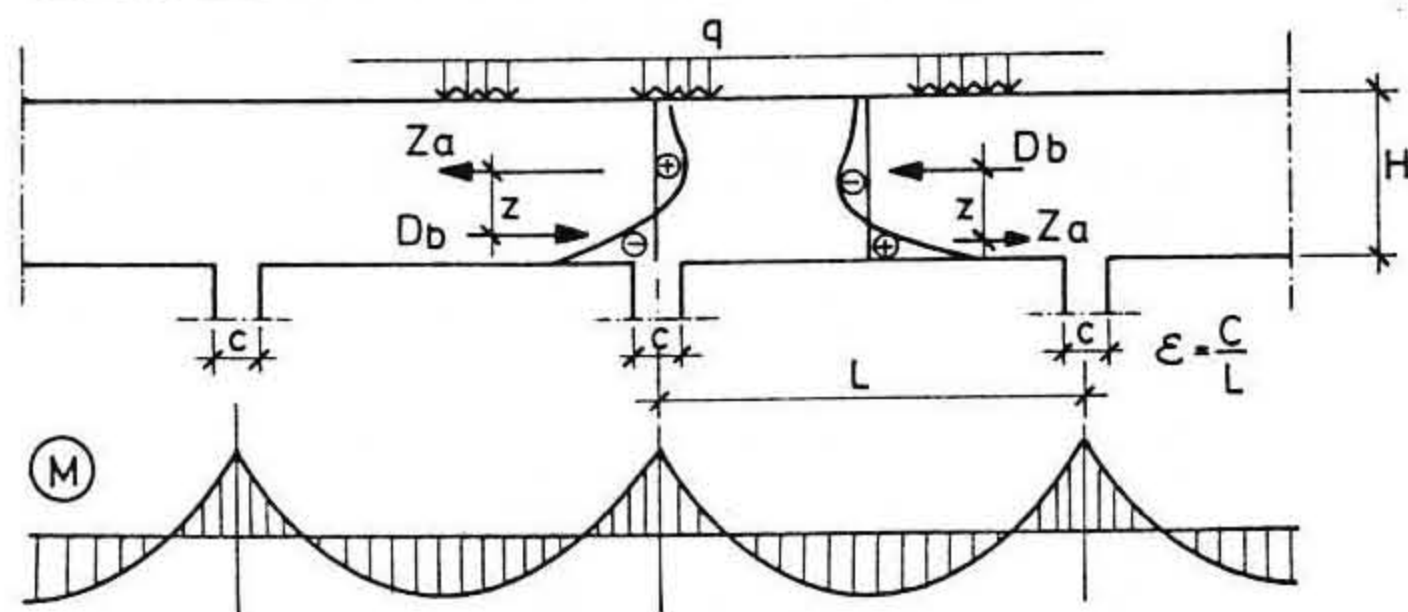
Za krak unutrašnjih sila Dišinger preporučuje (sl. 2.134):

$$z = \frac{2}{3} H \quad \text{Ako je} \quad \frac{2}{3} H < \xi L \quad (2.179)$$

$$z = \xi L \quad \text{Ako je} \quad \frac{2}{3} H > \xi L \quad (2.180)$$

Vrednost ξ data je za presek u sredini polja odnosno za oslončki presek u funkciji ϵ kao:

	ϵ	0,5	0,2	0,1	0,05	$\rightarrow 0$
ξ	polje	0,437	0,465	0,468	0,469	0,470
	oslon.	0,437	0,373	0,337	0,312	0,302

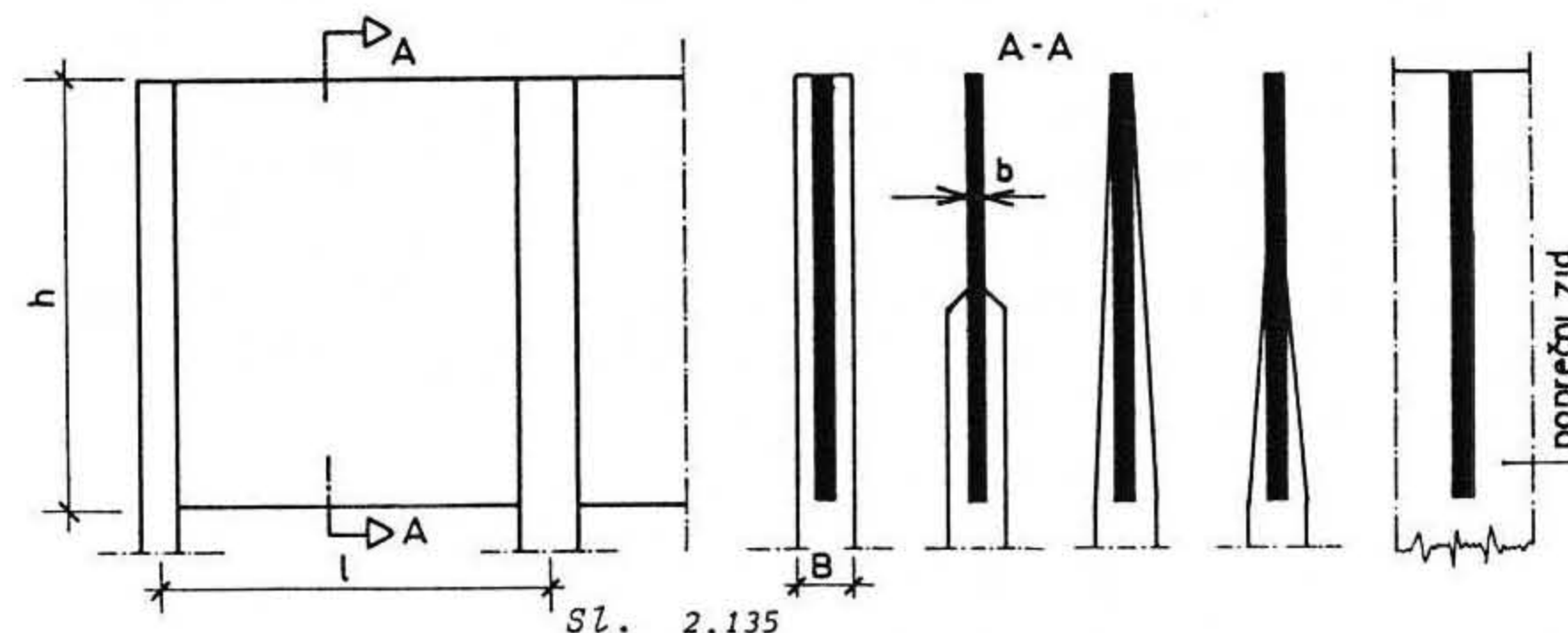


Sl. 2.134

Konstruktivnu obradu i armiranje visokih greda treba vršiti zavise od trajektorija glavnih napona zatezanja, pri čemu treba voditi računa i o smičućim naponima koji mogu biti znatni u blizini oslonaca.

Posebnu pažnju treba obratiti na slučajeve kada se opterećenje unosi preko donje ivice nosača, kada je potrebno obezbediti armaturu za "vešanje" tj. za prenošenje napona zatezanja u nosač i obezbedjenje od lokalnog cepanja nosača.

Reakcije zidnog nosača veličkog intenziteta na oslonce treba prenositi preko oslončkih ojačanja, koja se mogu konstruisati po celoj visini nosača ili delimično do neke visine, najčešće u vidu stubova i poprečnih zidova. (sl. 2.135).



Sl. 2.135

2.8.2. Proračun i dimenzionisanje visokih nosača

1. Proračun prema Uputstvu o primeni pravilnika na beton i armirani beton

Postupak za određivanje stanja napona i deformacija vrši se po ovome uputstvu prema teoriji ploča za stanje pre pojave prslina - dakle u fazi I, dok važe pretpostavke o homogenosti i elastičnosti materijala. Napone zatezanja mora primiti armatura.

Uputstva propisuju minimalnu debljinu (širinu) nosača u zavisnosti od intenziteta opterećenja (q), dopuštenih središnjih napona u betonu (σ_s), visine nosača (H) i raspona (L) kao:

$$\text{Za } \frac{q}{\sigma_s H} < \frac{1}{52} \quad \min b = \frac{L}{2} \sqrt[3]{\frac{q}{100\sigma_s H}} \quad (2.181)$$

$$\text{Za } \frac{q}{\sigma_s H} \geq \frac{1}{52} \quad \min b = \frac{3}{2} \frac{q H}{\sigma_s L} \quad (2.182)$$

Za raspon treba uzeti osovinski razmak oslonaca. U slučaju širo-

kih oslonaca treba uzeti $L = 1,15 L_0$.

Prvi izraz (2.181) daje minimalnu debljinu zida koja je potrebna za osiguranje bočne stabilnosti. Ako se ta stabilnost može obezbediti konstruktivnim merama (bočnim i oslonačkim ukrućenjima, poprečnim zidovima, pločama ili sl.) onda treba koristiti drugi izraz (2.182). Debljinu zida treba birati i iz uslova lakog postavljanja armature i mogućnosti pravilnog betoniranja. U visokim nosačima računski se određuje nekoliko vrsta armature prema funkciji koju vrše u nosaču i to:

- Glavna horizontalna armatura za prijem normalnih napona zatezanja u donjoj zoni za nosač na dva oslonca, odnosno u donjoj i gornjoj zoni za slučaj kontinualnog visokog nosača,
- Horizontalna armatura raspoređena po visini nosača i vertikalna armatura raspoređena po rasponu nosača za prijem glavnih napona zatezanja,
- Armatura za vešanje u slučaju opterećenja na donjoj ivici nosača.

Proračun armature

U slučaju visokog nosača na dva oslonca presek ukupne glavne donje armature koja prima napone zatezanja od savijanja određuje se kao:

$$F_a = 0,9 \frac{M_0}{\sigma_a H} \left(1 + \frac{2}{3} \frac{H}{L}\right) \quad \text{za } 0,5 \leq \frac{H}{L} < 1 \quad (2.183)$$

odnosno

$$F_a = 1,50 \frac{M_0}{\sigma_a L} \quad \text{za } \frac{H}{L} \geq 1 \quad (2.184)$$

U slučaju kontinualnih visokih nosača ukupan presek glavne donje armature u polju određuje se kao

$$F_a = k_1 \frac{M_0}{\sigma_a H} \left(1 + \frac{H}{L}\right) \quad \text{za } 0,5 \leq \frac{H}{L} < 1 \quad (2.185)$$

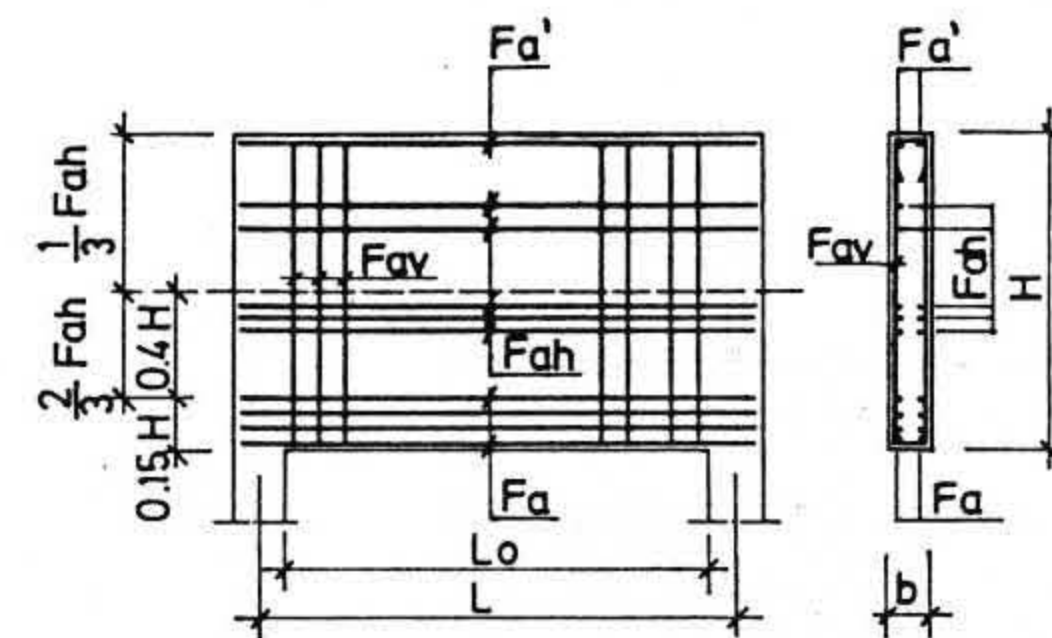
odnosno

$$F_a = k_2 \frac{M_0}{\sigma_a L} \quad \text{za } \frac{H}{L} \geq 1 \quad (2.186)$$

gde se za krajnja polja uzima $k_1 = 0,7$ i $k_2 = 1,4$, a za sva ostala polja $k_1 = 0,6$ i $k_2 = 1,2$.

Pri ovome je M_0 momenat sračunat za eksploataciono opterećenje kao za slobodno oslonjen nosač, a σ_a dopušteni napon u armaturi.

Ovako određena armatura može primiti napone zatezanja prema proračunu po fazi I. U slučaju pojave prslina pri radnim opterećenjima, dolazi u nosaču do stvaranja lučnog sistema, gde donja zategnuta armatura preuzima funkciju zatege. Zbog toga se preporučuje da se ona vodi preko oslonca i tu dobro usidri pomoću horizontalnih kuka (sl.2.136). Donja armatura se raporedjuje na visini nosača od $0,15 H$ (odnosno $0,15 L$ ako je $L > 4$). Poželjno je da usvojeni profili armature budu tanjeg prečnika.



Sl. 2.136

Površina gornje armature u slučaju kontinualnih zidnih nosača u području iznad oslonaca sračunava se kao:

$$F'_a = k'_1 \frac{M_0}{\sigma_a H} \quad \text{za } 0,5 \leq \frac{H}{L} < 1 \quad (2.187)$$

odnosno

$$F'_a = k'_2 \frac{M_0}{(L+3H)\sigma_a} \quad \text{za } \frac{H}{L} \geq 1 \quad (2.188)$$

Vrednosti koeficijenata propisani su u zavisnosti od veličine maksimalnih smičućih napona τ_0 . Veličina τ_0 se sračunava kao:

$$\tau_0 = \frac{3}{2} \frac{Q_0}{bH} \quad \text{za } 0,5 \leq \frac{H}{L} < 1 \quad (2.189)$$

odnosno

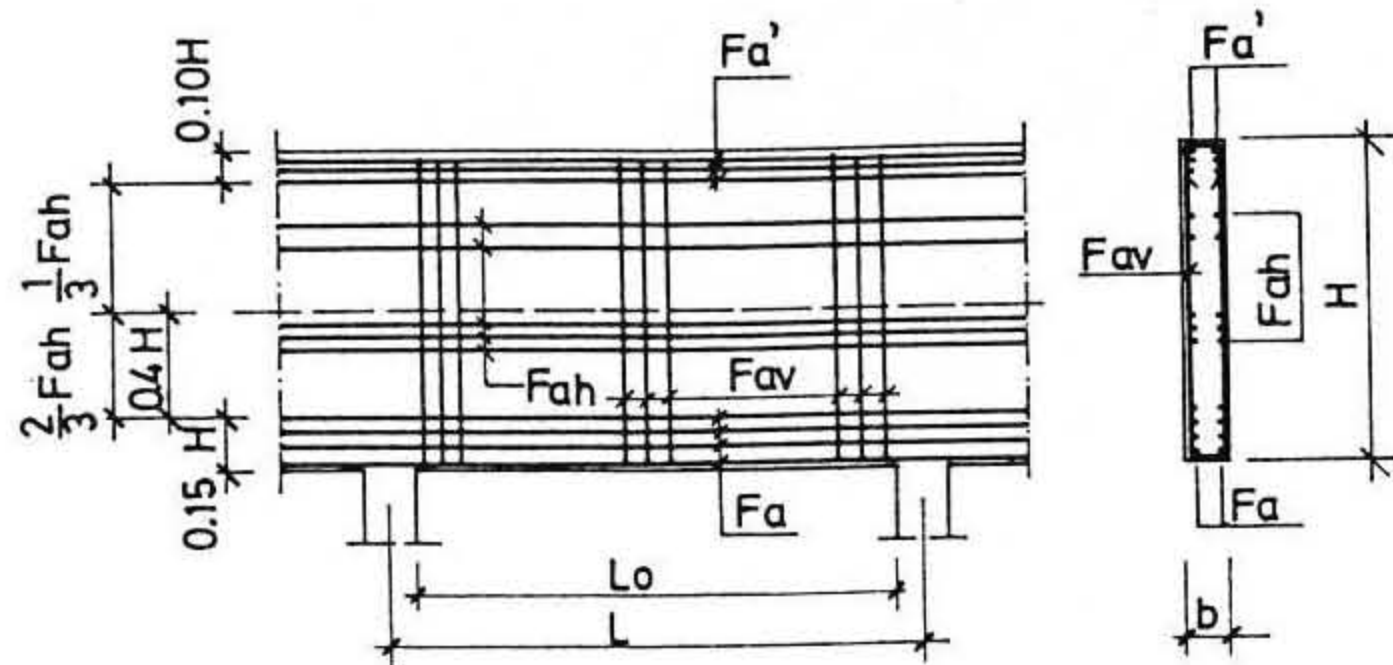
$$\tau_o = \frac{3}{2} \frac{Q_o}{bL} \quad \text{za} \quad \frac{H}{L} \geq 1 \quad (2.190)$$

pri čemu je Q_o maksimalna transverzalna sila.

Vrednosti koeficijenta se usvajaju kao:

$$\begin{aligned} k'_1 &= 0,6 \quad \text{i} \quad k'_2 = 2,4 \quad \text{ako je} \quad \tau_o < \tau_b \quad \text{i} \\ k'_1 &= 0,5 \quad \quad k'_2 = 2,0 \quad \text{ako je} \quad \tau_o > \tau_b \end{aligned} \quad (2.191)$$

Ovako sračunata armatura raspoređuje se u gornjoj zoni na visini od $0,10 H$ (odnosno $0,10 L$ za $H > L$) i uobičajeno se produžava duž celog raspona da bi se povećala sigurnost gornje ivice na izbočavanje (sl. 2.137).



sl. 2.137

Horizontalna i vertikalna armatura se postavljaju na oba lica nosača i imaju zadatak da obezbede prenošenje glavnih kosih napona.

Ukupna površina horizontalne armature, koja se postavlja na oba lica zida između donje i gornje glavne armature iznosi:

$$F_{ah} = \frac{1}{4} \frac{Q_o}{\sigma_{ap}} \frac{L}{H} \quad \text{za} \quad 0,5 \leq \frac{H}{L} < 1 \quad (2.192)$$

odnosno

$$F_{ah} = \frac{1}{4} \frac{Q_o}{\sigma_{ap}} \quad \text{za} \quad \frac{H}{L} \geq 1 \quad (2.193)$$

U ovoj armaturi se mogu dopustiti naponi σ_{ap} veći od običnih dozvoljenih napona σ_a , prema izrazu:

$$\sigma_{ap} = \alpha_a \sigma_v \geq \sigma_a \quad (2.194)$$

gde je:

$$\alpha_a = 1 - \frac{\tau_o}{6,5\tau_a} \quad (2.195)$$

Preporučuje se da se $2/3$ ove armature raspoređi na visini nosača od $0,4 H$ a $1/3$ na preostalom delu visine (sl. 2.136 i 2.137). Kod nosača kod kojih je $H > L$ preporučuje se da se ukupna računaska armatura raspoređi na visini nosača jednakoj rasponu L , a preko te visine treba postaviti konstruktivnu armaturu.

Ukupan presek vertikalne armature, postavljene na oba lica nosača, duž raspona računa se kao:

$$F_{av} = \frac{3}{4} \frac{Q_o}{\sigma_{ap}} \frac{L}{H} \quad \text{za} \quad 0,5 \leq \frac{H}{L} < 1 \quad (2.196)$$

$$F_{av} = \frac{3}{4} \frac{Q_o}{\sigma_{ap}} \quad \text{za} \quad \frac{H}{L} \geq 1 \quad (2.197)$$

Ova armatura se projektuje u vidu zatvorenih uzengija i postavlja se duž cele visine zida ako je $H < L$. Za slučaj da je $H > L$ onda se polovina vertikalne armature vodi duž cele visine nosača, a polovina se može završiti na visini $H = L$ (sl. 2.138).

Ako je opterećenje obešeno o nosač treba predvideti i vertikalnu ili kosu armaturu za prenošenje ovog opterećenja. U slučaju jednakopodeljenog opterećenja (q) na donjoj ivici nosača treba predvideti dopunsku vertikalnu armaturu u vidu uzengija čija je površina na m' jednaka:

$$F_a = \frac{q}{\sigma_a} \quad (2.198)$$

Ovu armaturu treba voditi neprekidno najmanje do visine nosača jednake rasponu u slučaju $H > L$, odnosno po celoj visini u slučaju $H < L$ (sl. 2.138).

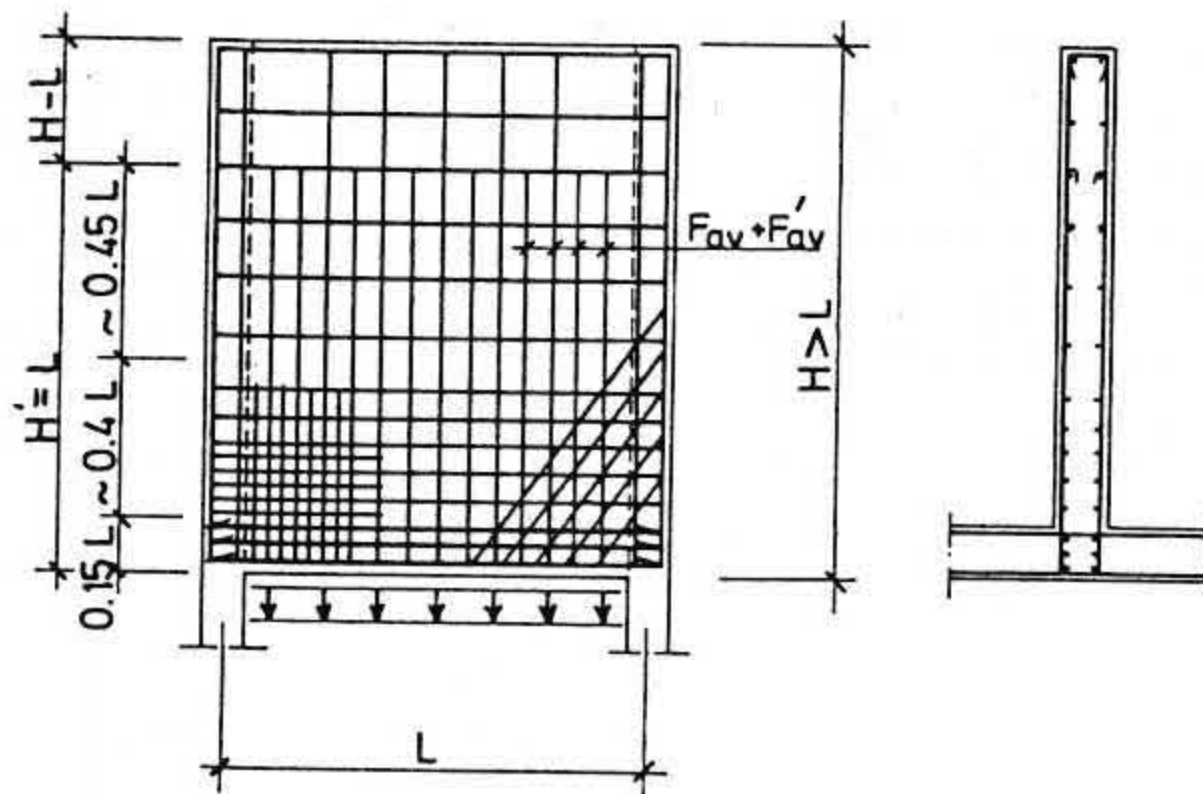
Za prijem obešenih koncentrisanih opterećenja (P) može se

predvideti koncentrisana vertikalna armatura površine

$$F_a = \frac{P}{\sigma_a} \quad (2.199)$$

ili odgovarajuća kosa armatura.

U slučajevima da naponi smicanja τ_o prekoračuju vrednosti τ_b potrebno je zone u blizini oslonaca pojačati kosom armaturom formiranom od koso povijenih šipki donje glavne armature ili od kosih uzengija ili progustiti vertikalnu i horizontalnu armaturu (sl. 2.138).



Sl. 2.138

PBAB 86. propisuje minimalne površine vertikalne i horizontalne armature. Najmanja površina armature bilo u vertikalnom bilo u horizontalnom pravcu iznosi 0,125% betonskog preseka za glatki čelik 240/360, 0,10% za rebrasti čelik 400/500 i 0,075% za mreže 500/560. Medjusobni razmak šipki vertikalne odnosno horizontalne armature ne treba da bude veći od dvostruke debljine nosača ili od 30 cm.

2. Proračun prema francuskim propisima BAEL 85.

Francuski propisi na sličan način tretiraju visoke nosače, s tom razlikom da se u proračun uvode opterećenja ponderisana

sa odgovarajućim koeficijentima sigurnosti (stalna opterećenja se množe faktorom 1,35 a korisna faktorom 1,5). Sa ovako uvećanim opterećenjem određuju se vrednosti presečnih sila za granično stanje loma (moment savijanja M_u i transverzalna sila V_u).

Propisana minimalna debljina zidnog nosača je:

$$0,14 L \sqrt[3]{\frac{q_u}{H f_{c,28}}} \quad \text{odnosno} \quad (2.200)$$

$$3,75 \frac{q_u}{f_{c,28}} \cdot \frac{L}{H} \quad (3,75 \frac{q_u}{f_{c,28}} \quad \text{za } H > L) \quad (2.201)$$

Za slučaj postojanja bočnih ukrućenja ili ako je izbočavanje obezbeđeno na neki drugi način upotrebljava se izraz (2.201) U izrazima je:

$$q_u = 1,35 g + 1,5p \quad (2.202)$$

$f_{c,28}$ = čvrstoća cilindra 15 · 30 cm na pritisak.

Glavna armatura za prijem normalnih napona zatezanja se postavlja do visine od 0,15 H odnosno 0,15 L (ako je $H > L$). Za slučaj visokog nosača preko jednog polja ona iznosi

$$F_a = \frac{M_u}{z \sigma_v \frac{\gamma_a}{\gamma_a}} \quad (2.203)$$

gde je $\gamma_a = 1,15$ koeficijent sigurnosti za armaturu

Krak unutrašnjih sila z treba uzeti kao:

$$z = 0,2(L + 2H) \quad \text{za } 0,5 \leq \frac{H}{L} \leq 1 \quad (2.204)$$

odnosno

$$z = 0,6 L \quad \text{za } \frac{H}{L} > 1 \quad (2.205)$$

U slučaju kontinualnih visokih nosača, preko više oslonaca, donju glavnu zategnutu armaturu u poljima kao i gornju zategnutu armaturu iznad oslonaca treba odrediti prema obrascu (2.203) uzimajući u obzir odgovarajuće vrednosti momenata savijanja. Krak unutrašnjih sila za presek u polju i za presek nad osloncem treba uzeti isti, prema izrazima:

$$z = 0,2(L+1,5H) \quad \text{za} \quad 0,5 \leq H/L \leq 1 \quad (2.206)$$

$$z = 0,5L \quad \text{za} \quad H/L > 1 \quad (2.207)$$

Ukupan presek vertikalne armature, postavljene na oba lica nosača, duž raspona, sračunava se kao:

$$F_{av} = \frac{3}{4} \frac{Q_u}{\frac{\sigma_v}{\gamma_a}} \frac{L}{H} \quad \text{za} \quad H < L \quad (2.208)$$

$$F_{av} = \frac{3}{4} \frac{Q_u}{\frac{\sigma_v}{\gamma_a}} \quad \text{za} \quad H > L \quad (2.209)$$

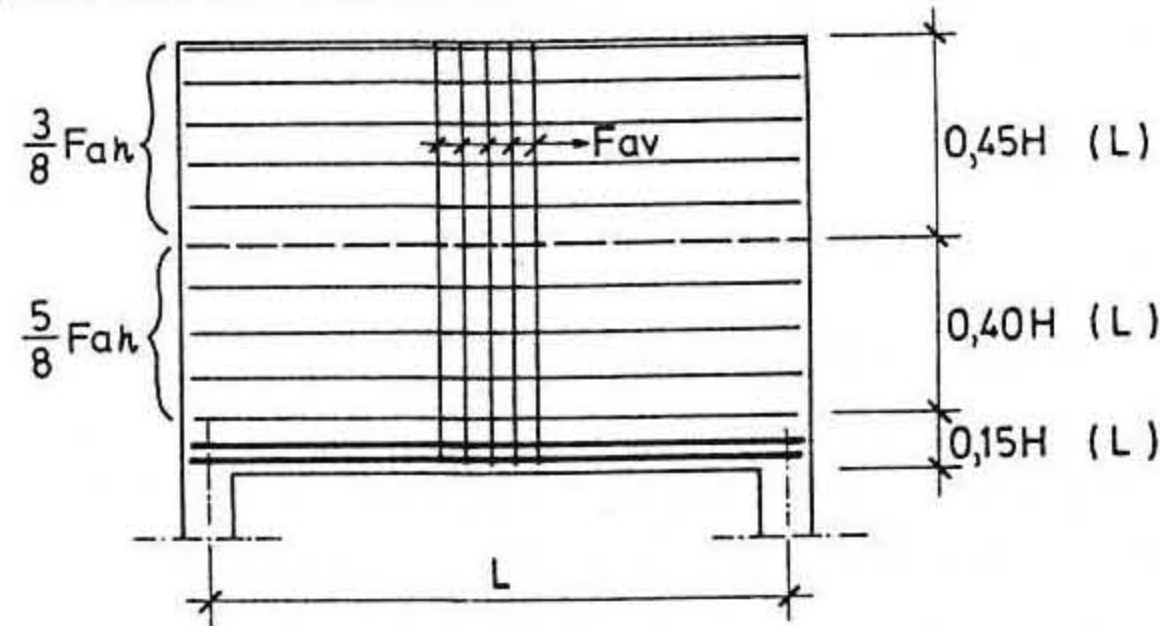
Vertikalna armatura se vodi po visini nosača isto kao što je objašnjeno kod primene naših Uputstava.

Ukupna horizontalna armatura koja se postavlja na oba lica nosača po visini nosača sračunava se kao:

$$F_{ah} = 0,335 \left(0,6 + 15 \frac{\tau_u}{f_{c,28}} \right) \frac{Q_u \gamma_a}{\sigma_v} \quad (2.210)$$

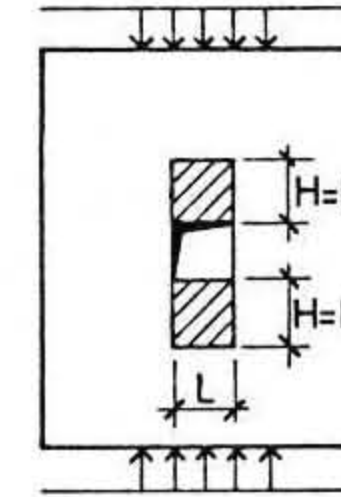
gde je $\tau_u = \frac{Q_u}{bH}$ za $H \leq L$ odnosno $\tau_u = \frac{Q_u}{bL}$ za $H > L$

Od ove ukupne količine armature $5/8$ se postavlja u zoni nosača visine $0,15H - 0,55H$, a $3/8$ u zoni od $0,55H - 1,0H$. Ako je $H > L$ onda se raspored vrši na isti način samo na visini od $0,15 - 0,55L$ odnosno $0,55L - 1,0L$, dok se preko visine jednake rasponu nosač armira konstruktivno (sl.2.139).



Sl. 2.139

Kao visoke nosače treba sračunati i delove centrično pritisnutih armiranobetonskih zidova iznad i ispod otvora (sl.2.140).

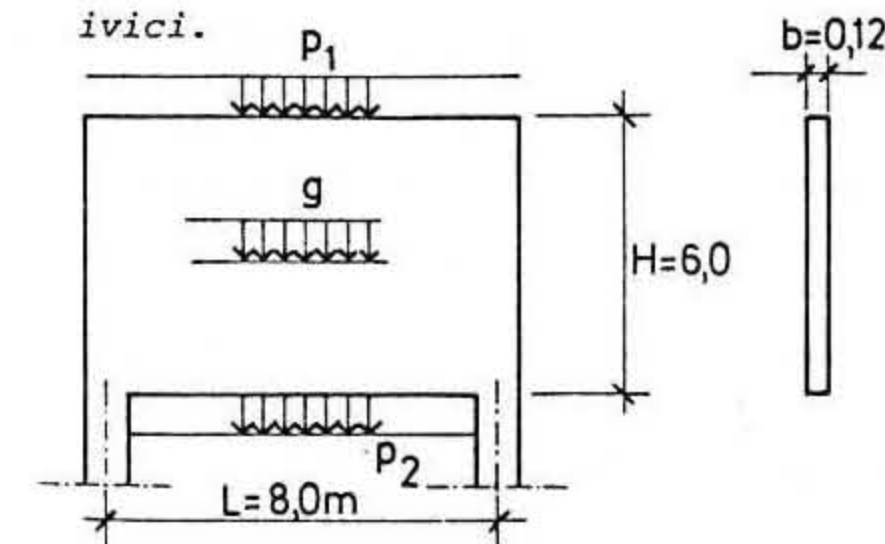


Sl. 2.140

Kao krute konstrukcije visoki nosači su znatno osetljivi na neravnomerna sleganja oslonaca o čemu pri projektovanju treba voditi računa.

BROJNI PRIMER 22

Dimenzionisati armaturu zidnog nosača preko jednog polja (sl. 2.141) opterećenog sopstvenom težinom i korisnim opterećenjem p_1 na gornjoj i p_2 na donjoj ivici.



Sl. 2.141

Podaci:

MB 30, GA 240/360

 $p_1 = 50,0 \text{ kN/m}$ $p_2 = 40,0 \text{ kN/m}$

Analiza opterećenja:

sopstvena težina	$0,12 \cdot 6,0 \cdot 25,0 = 18,0 \text{ kN/m}$
korisno opterećenje p_1 na gornjoj ivici	$= 50,0$
korisno opterećenje p_2 na donjoj ivici	$= 40,0$
	<hr/>
q	$= 108,0 \text{ kN/m}$

Statički uticaji:

$$M_o = qL^2/8 = 108 \cdot 8,0^2/8 = 864,0 \text{ kNm}$$

$$Q_o = qL/2 = 108 \cdot 8,0/2 = 432 \text{ kN}$$

Kontrola širine platna ako nema poprečnih ukrućenja ($MB 30 \sigma_s = 8 \text{ MPa} = 8000 \text{ kN/m}^2$)

$$q/(\sigma_s H) = 108/(8000 \cdot 6,0) = 0,00225 < 1/52$$

$$\min b = \frac{L}{2} \sqrt[3]{\frac{q}{100 \sigma_s H}} = 400 \sqrt[3]{0,00225 \cdot 10^{-2}} = 11,3 \text{ cm} < 12 \text{ cm}$$

$$H/L = 6/8 = 0,75 \quad 0,5 < H/L < 1,0$$

Glavna donja zategnuta armatura:

$$F_a = 0,9 \frac{M_o}{H \sigma_a} \left(1 + \frac{2H}{3L}\right) = 0,9 \frac{86400}{600 \cdot 16} \left(1 + \frac{2 \cdot 6}{3 \cdot 8}\right) = 12,15 \text{ cm}^2$$

Ova armatura se raspoređuje u zoni nosača visine $0,15 H = 0,90 \text{ m}$

Ostala horizontalna armatura:

$$\tau_o = \frac{3 Q_o}{2 b H} = \frac{3 \cdot 432}{2 \cdot 12 \cdot 600} = 0,09 \text{ kN/cm}^2$$

$$\alpha_a = 1 - \frac{\tau_o}{6,5 \tau_a} = 1 - \frac{0,09}{6,5 \cdot 0,08} = 0,827$$

$$\sigma_{ap} = \alpha_a \sigma_v = 0,827 \cdot 24 = 19,85 \text{ kN/cm}^2$$

$$F_{ah} = \frac{Q_o L}{4 \sigma_{ap} H} = \frac{432 \cdot 8}{4 \cdot 19,85 \cdot 6} = 7,25 \text{ cm}^2$$

Ova armatura se raspoređuje na oba lica zida na preostaloj visini.

Vertikalna armatura:

$$F_{av} = 3 F_{ah} = 3 \cdot 7,25 = 21,8 \text{ cm}^2$$

Ova se armatura raspoređuje ravnomerno duž raspona na oba lica zida.

Armatura za prijem "obešenog" opterećenja p_2 :

$$f'_{av} = p_2/\sigma_a = 40,0/16,0 = 2,5 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Ova armatura se raspoređuje na oba lica zida na svaki dužni metar.

Usvajanje armature:

Glavna horizontalna armatura: usvojeno $12\phi 12$ ($13,56 \text{ cm}^2$), po šest šipki $\phi 12$ na oba lica zida.

Ostala horizontalna armatura raspoređuje se u dve zone.

Na delu nosača iznad glavne armature na visini od $0,4 H = 240 \text{ cm}$ postavlja se $(2/3) F_{ah} = (2/3) 7,25 = 4,83 \text{ cm}^2$

Sračunato po dužnom metru, na svakom licu zida treba da armatura bude:

$$f_{ah} = \frac{4,83}{2 \cdot 2,4} = 1,0 \text{ cm}^2/\text{m} \quad \text{usvojeno } \pm \phi 8/30 \text{ } (+ 1,67 \text{ cm}^2/\text{m})$$

Na delu do vrha nosača (visine $0,45 H = 270 \text{ cm}$) postavlja se preostala $(1/3) F_{ah} = (1/3) 7,25 = 2,42 \text{ cm}^2$.

Sračunato po dužnom metru, na svakom licu zida treba da armatura bude:

$$f_{ah} = \frac{2,42}{2 \cdot 2,7} = 0,45 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Minimalno propisana armatura je na jednom licu nosača (za GA):

$$\min f_{ah} = \frac{0,125}{2} b = \frac{0,125 \cdot 12}{2} = 0,75 \text{ cm}^2/\text{m}$$

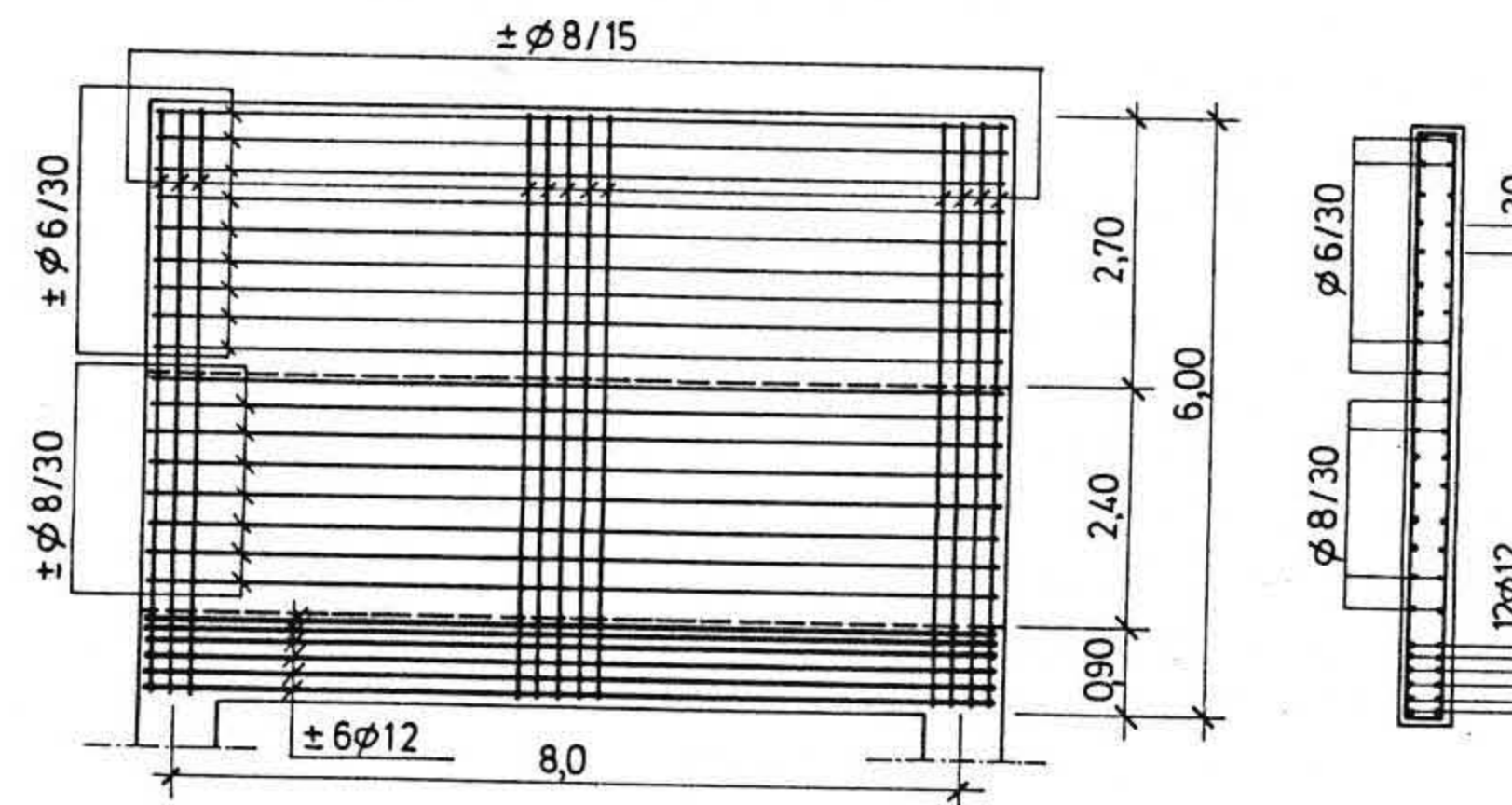
Usvaja se horizontalna armatura do vrha zida $\pm \phi 6/30$ ($+ 0,93 \text{ cm}^2/\text{m}$)

Ukupna vertikalna armatura na jednom licu nosača sračunata na dužni metar raspona iznosi:

$$f_{av} = \frac{F_{av}}{2L} + \frac{f'_{av}}{2} = \frac{21,8}{2 \cdot 8} + \frac{2,5}{2} = 2,61 \text{ cm}^2/\text{m}$$

usvojeno $\pm \phi 8/15$ ($3,33 \text{ cm}^2/\text{m}$)

Usvojena armatura prikazana je na sl. 2.142



Sl. 2.142