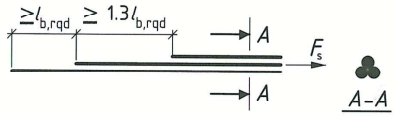


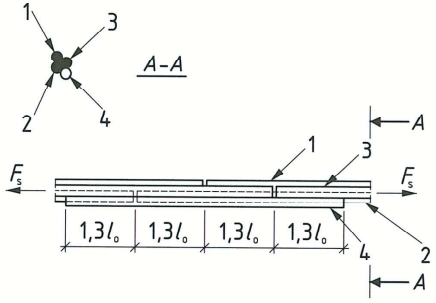
Joonis 10.19. *Varraste nihutus vardakimbu ankurdamisel*

Ülekattejätk

Jätku arvutuspikkus l_0 arvutatakse ekvivalentläbimõõdu ϕ_n alusel.

Kahevardalise kimbu läbimõõduga $\phi_n < 32$ mm jätkamisel ei ole vaja üksikute varraste katkestuskohti nihutada. l_0 arvutatakse ϕ_n alusel.

Kahevardalise kimbu läbimõõduga $\phi_n \geq 32$ mm või kolmevardalise kimbu jätkamisel tuleks vardad jätkata ühekaupa. Üksikvarraste ülekattejätkud tuleks üksteise suhtes nihutada $1{,}3l_0$ võrra (joonis 10.20, kus varrast 4 kasutatakse antud juhul jätkuvardana). l_0 leitakse üksikvarda läbimõõdu järgi. Ülekattejätku ühtegi ristlõikesse ei tohiks jääda üle nelja varda.



Joonis. 10.20. *Tõmmatud kolmevardalise kimbu jätkuvardaga ülekattejätk*

10.5. ELEMENTIDE KONSTRUKTSIOON

10.5.1. Talad

Pikiarmatuur

Tõmbearmatuuri vähim ristlõikepindala

$$A_{s,\min} = 0{,}26\frac{f_{ctm}}{f_{yk}} b_t d \geq 0{,}0013 b_t d \qquad (10.33)$$

kus b_t on tõmbetsooni keskmine laius; survetsoonis asuva plaadiga T-ristlõike korral $b_t = b_w$

d ristlõike kasuskõrgus

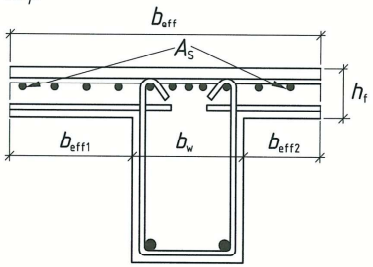
Kui $A_s < A_{s,\min}$, siis tuleks ristlõiget vaadelda armeerimata lõikena.

Nii tõmbe- kui ka survearmatuuri ristlõikepindala ei tohiks väljaspool ülekattejätku olla suurem kui $0{,}04A_c$, kus A_c on betoonristlõike pindala ($b_w h$).

Toeristlõige

Monoliitse tala toeristlõige (isegi siis, kui tuge projekteerimisel käsitatakse lihttoena) tuleks arvutada paindemomendile, mille suurus on vähemalt 15% suurimast sildemomendist.

T-ristlõikega jätkuvtala vahetugedel tuleks tõmbearmatuur A_s jaotada vöö arvutuslaiuse b_{eff} ulatuses (vt 10.9.2), osa sellest võib kontsentreerida ribisse (joonis 10.21). Kandevõime määramisel arvesse võetav pikisurvearmatuur (läbimõõt ϕ) tuleks haarata põikiarmatuuriga, mille samm $s \leq 15\phi$.



Joonis 10.21. *Tõmbearmatuuri paigutus jätkuvtala toeristlõikes*

Pikitõmbearmatuuri katkestamine

Elemendi üheski lõikes ei või paindemomendi M_{Ed}, normaaljõu N_{Ed} ja põikjõu V_{Ed} põhjustatud pikitõmmet vastuvõtva armatuuri tegelik sisejõud F_s (joonisel 10.22 B) olla suurem armatuuri tõmbekandevõimest F_{Rs} (samal joonisel C).

Põikarmatuuriga elementidel saadakse pikiarmatuuri tegeliku tõmbejõu F_s epüür kas

- liites paindemomendi ja normaaljõu põhjustatud armatuuri sisejõule põikjõu põhjustatud täiendava tõmbejõu pikiarmatuuris

$$\Delta F_{td} = 0{,}5 V_{Ed}(\cot\theta - \cot\alpha) \qquad (10.34)$$

- või nihutades ainult paindemomendi ja normaaljõu põhjustatud paindemomendi epüüri horisontaalse lõigu a_l võrra paindemomendi suurenemise suunas, kus

$$a_l = z(\cot\theta - \cot\alpha)/2 \geq 0 \qquad (10.35)$$

Põikarmatuurita elementidel võib ΔF_{td} arvesse võtta, nihutades paindemomendi epüüri lõigu $a_l = d$ võrra.

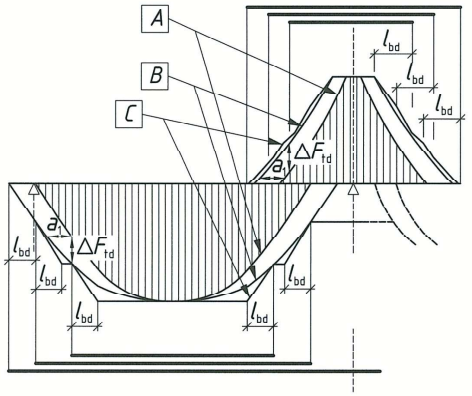
Valemites (10.34) ja (10.35):

α, θ nurk põikarmatuuri ja elemendi pikitelje ning tingliku survevarda ja elemendi pikitelje vahel

z sisejõudude õlg, normaaljõu puudumisel võib võtta $z = 0{,}9d$

Katkestatava varda kandevõimet võib ankurduspikkuse ulatuses arvesse võtta lineaarselt vähenevana, vt joonis 10.22. Konservatiivse lihtsustusena võib sellest loobuda.

Põikjõudu vastuvõtva ülespöörde ankurduspikkus, lugedes ülespöörde ja pikiarmatuuri telje lõikumiskohast, peaks olema tõmbetsoonis vähemalt $1{,}3l_{bd}$ ja survetsoonis vähemalt $0{,}7l_{bd}$.



Joonis 10.22. *Painutatud elemendi pikiarmatuuri tõmbejõu epüür. Armatuuri katkestus. A – $M_{Ed}/z + N_{Ed}$ epüür, B – mõjuv tõmbejõud F_s ja C – armatuuri tõmbekandevõime F_{Rs}*

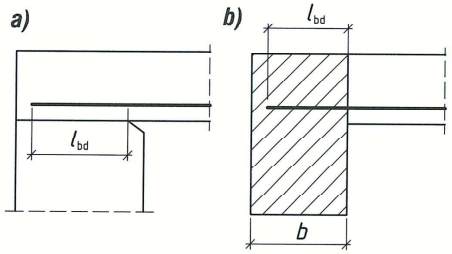
Alumise armatuuri ankurdus äärmisel toel

Äärmisele vabale toele peab ulatuma vähemalt veerand sildearmatuuri suurimast ristlõikepindalast. Selle armatuuri vajalik ankurdusjõud

$$F_{Ed} = |V_{Ed}|a_l/z + N_{Ed} \qquad (10.36)$$

kus N_{Ed} on arvutuslik pikitõmbejõud (positiivne tõmbe korral).

Vajalik ankurduspikkus toe servast on l_{bd} (joonis 10.23).



Joonis 10.23. *Alumise armatuuri ankurdus äärmisel toel. a – otsene tugi (toetumine seinale või postile), b – kaudne tugi (lõikumine teise toetava talaga)*

Alumise armatuuri ankurdus vahetoel

Toele peab ulatuma vähemalt veerand sildearmatuuri suurimast ristlõikepindalast.

Toele ulatuva armatuuri ankurduspikkus l peaks vastama joonisele 10.24, *a*. Konksu ja põlve korral $l \geq d_m$, kui $\phi \geq 16$ mm, ja $l \geq 2d_m$, kui $\phi < 16$ mm, kus d_m on painutusspindli läbimõõt. Kui vahetoel on võimalik juhusliku positiivse paindemomendi tekkimine (näiteks tugede vajumisest), siis oleks soovitav, et ankurdatav armatuur jätkuks üle toe (joonis 10.24, *b* ja *c*).

Põikarmatuur

Põikarmatuur peaks moodustama konstruktsioonielemendi pikiteljega nurga $\alpha = 45° \ldots 90°$.

Põikarmatuur võib koosneda

- pikitõmbearmatuuri ja survetsooni ümbritsevatest rangidest,
- ülespööretest,
- pikiarmatuuri mitte ümbritsevatest, kuid tõmb- ja survetsoonis piisavalt ankurdatud varrastest (karkassid, võrgu põikivardad jms).

Vähemalt 50% vajalikust põikarmatuurist peaksid moodustama rangid. Rangid peavad olema kindlalt ankurdatud. Rangiharu ülekattejätk ribi pinna lähedal on lubatav, kui rang ei tööta väändele.

Põikarmeerimistegur määratakse avaldiscga

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{s b_w \sin\alpha} \qquad (10.37)$$

kus A_{sw} on ühes tasandis paikneva põikarmatuuri ristlõikepindala

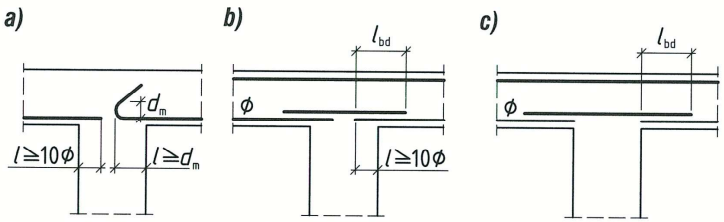
s elemendi pikitelje suunas mõõdetud põikarmatuuri samm

b_w elemendi ribi (seina) laius

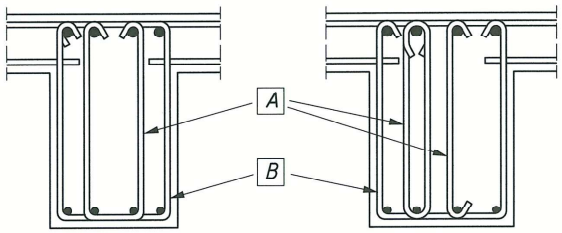
α põikarmatuuri ja elemendi pikitelje vaheline nurk (vertikaalsete rangide korral $\alpha = 90°$)

Tabelis 10.21 on tootud ρ_w lubatav miinimumväärtus

$$\rho_{w,min} = \frac{0{,}08\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} \qquad (10.38)$$



Joonis 10.24. *Alumise armatuuri ankurdus vahetoel*



Joonis 10.25. *Põikarmatuuri näiteid. A – võimalikud sisemised rangid, B – ümbritsev rang*

Põikarmatuuri (rangide) suurim pikisamm ei tohiks olla suurem kui

$$s_{l,max} = 0{,}75d(1 + \cot\alpha) \qquad (10.39)$$

Ülespöörete suurim pikisamm ei tohiks olla suurem kui

$$s_{b,max} = 0{,}6d(1 + \cot\alpha) \qquad (10.40)$$

Rangide suurim põiksuunaline vahekaugus ei tohiks olla suurem kui

$$s_{t,max} = 0{,}75d \leq 600 \text{ mm} \qquad (10.41)$$

Tabel 10.21. *Minimaalne põikarmeerimistegur* $\rho_{w,min}$

f_{ck} MPa	Põikarmatuuri normtugevus f_{yk} MPa			
	235	400	500	600
16	0,0014	0,0008	0,0006	0,0005
20	0,0015	0,0009	0,0007	0,0006
30	0,0019	0,0011	0,0009	0,0007
40	0,0022	0,0013	0,0010	0,0008
50	0,0024	0,0014	0,0011	0,0009
60	0,0026	0,0015	0,0012	0,0010
70	0,0028	0,0017	0,0013	0,0011
80	0,0030	0,0018	0,0014	0,0012
90	0,0032	0,0019	0,0015	0,0013

Väändearmatuur

Vänderangid peaksid olema kinnised ja ankurdatud kas ülekattega või konksuga (joonis 10.26) ning moodustama elemendi teljega nurga 90°.

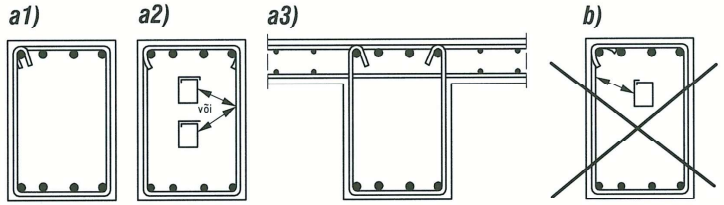
Minimaalne põikarmeerimistegur ja rangide suurim pikisamm võetakse nagu põikarmatuuril. Täiendavalt ei tohiks vänderangide pikisamm olla suurem kui $u/8$ (u on ristlõike välisümbermõõt) või ristlõike väiksem mõõde.

Ristlõike igas nurgas peaks olema vähemalt üks pikivarras. Ülejäänud pikivardad tuleks jaotada ühtlaselt mööda rangide sisemist perimeetrit vahekaugusega mitte üle 350 mm.

Pinnaarmatuur

Pinnaarmatuuri kasutatakse

- pragude avanemise piiramiseks,
- betoonkaitsekihi varisemise vältimiseks varraste $\phi > 32$ mm või vardakimpude $\phi_n > 32$ mm kasutamisel.



Joonis 10.26. *Vänderangide näiteid: a – soovitatavad, b – mittesoovitatav. Variandid a1 ja a3 – ankurdus standardse konksuga. Variant a2 – ankurdus standardse põlvega või ülekattega, alumise skeemi korral peaks ülekate ülemises servas võrduma ankurduspikkusega*

Pinnaarmatuur paikneb väljaspool range (joonis 10.27). See tehakse traatvõrgust või väikese läbimõõduga varrastest. Mõlemas suunas peaks pinnaarmatuuri ristlõikepindala $A_{s,surf} \geq 0{,}01 A_{ct,ext}$, kus $A_{ct,ext}$ on väljaspool range oleva tõmmatud betooni pindala (joonis 10.27).

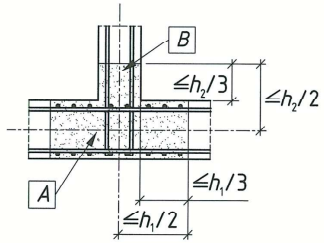
Kui kaitsekiht on paksem kui 70 mm, tuleks kestvuse suurendamiseks kummaski suunas kasutada samasugust pinnaarmatuuri ristlõikepindalaga $0{,}005\, A_{ct,ext}$.

Pinnaarmatuuri kaitsekiht võetakse punkti 10.3.2 järgi.

Pinnaarmatuuri pikivardaid võib arvesse võtta painde tõmbearmatuurina ja põikvardaid põikarmatuurina eeldusel, et nad rahuldavad nendele armatuuridele esitatavaid nõudeid paiknemise ja ankurduse osas.

Tala kaudne toetus

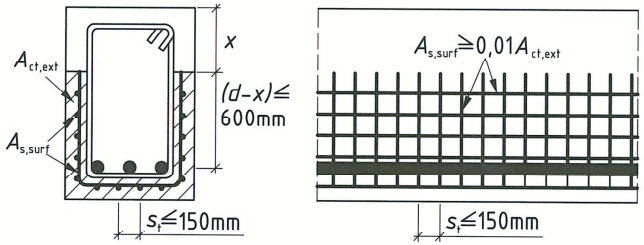
Kaudse toetuse korral (tala toetumisel teisele samas pinnas olevale talale) tuleb toetuva ja toetava tala vaheline kontaktjõud vastu võtta vastava riputusarmatuuriga. Riputusarmatuur konstrueeritakse toetava tala pikiarmatuuri ümbritsevate rangidena. Osa range võib paigutada väljapoole kahe tala ühisosa (joonis 10.28).



Joonis 10.28. *Riputusarmatuuri piirkond.*
A – *toetav tala kõrgusega* h_1 *ja* B – *toetuv tala kõrgusega* h_2 ($h_1 \geq h_2$)

Kõrged talad

Tala, mille sille on väiksem ristlõike kolmekordsest üldkõrgusest, käsitatakse kõrge talana. Tala kummaski pinnas tuleks ette näha ortogonaalne armatuurivõrk ristlõikepindalaga $0{,}001 A_c$, kuid mitte vähem kui 150 mm²/m mõlema pinna kummaski suunas. Võrgu varraste samm ei tohiks olla suurem kui seina kahekordne paksus või 300 mm.



Joonis 10.27. *Pinnaarmatuur. x on survetsooni kõrgus kandepiirseisundis*

10.5.2. Täisplaadid

Paindearmatuur

Käesolev kehtib kahes või ühes suunas töötavatele täisplaatidele, mille lühem sille ei ole väiksem plaadi viiekordsest paksusest.

Tõmbearmatuuri katkestamisel rakenduvad punkti 10.5.1 nõuded, kuid tõmbejõu epüüride vaheline nihutus $a_l = d$.

Pikitõmbearmatuuri vähim ja suurim ristlõikepindala võetakse p 10.5.1 järgi. Armatuuri vähim ristlõikepindala $A_{s,min}$ ei pruugi olla suurem 1,2-kordsest kandepiirseisundi järgi määratud pindalast.

Ühes suunas töötavas plaadis tuleks ette näha jaotusarmatuur, mille ristlõige peaks olema vähemalt 20% töötava armatuuri ristlõikepindalast.

Varraste suurim vahekaugus võib olla (h on plaadi kogupaksus)

- suurimate paindemomentide piirkonnas, samuti koondatud koormuste korral
  - töötaval armatuuril $2h \leq 250$ mm
  - jaotusarmatuuril $3h \leq 400$ mm
- muudel juhtudel
  - töötaval armatuuril $3h \leq 400$ mm
  - jaotusarmatuuril $3{,}5\, h \leq 450$ mm

Toele peab ulatuma ja olema seal ankurdatud pool vabalt toetatud plaadi arvutuslikust sildearmatuurist.

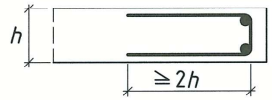
Kui arvutustes ei ole arvesse võetud tegelikult esineda võivat plaadi osalist kinnitust toel, siis peaks toearmatuur suutma vastu võtta vähemalt 25% suurimast sildemomendist. See armatuur peaks toe servast lugedes ulatuma sildesse külgneva silde 0,2 pikkuse võrra. Äärmisel toel võib toemomenti vähendada kuni suuruseni 15% sildemomendist.

Nurgad

Kui vabalt toetuva plaadi servade tõusmine nurgas on tõkestatud, siis tuleks seal ette näha vastav armatuur.

Vaba serv

Plaadi vaba (toetamata) serv tuleks armeerida piki- ja põikiarmatuuriga vastavalt joonisele 10.29. Serva armatuuriks võib kasutada plaadis ette nähtud tavalist armatuuri.



Joonis 10.29. *Plaadi vaba serva armatuur*

Põikarmatuur

Põikarmatuuriga plaadi paksus peaks olema vähemalt 200 mm.

Põikarmatuuri konstrueerimisel rakendatakse p 10.5.1 juhiseid koos käesolevas punktis toodud muudatustega. Plaadis, kus $|V_{Ed}| \leq V_{Rd,max}/3$ (vt p 10.13.2), võib põikarmatuur koosneda ainult ülespööretest või vertikaalsetest võrkudest (karkassidest).

Rangide maksimaalne pikisamm

$$s_{max} = 75d(1 + \cot\alpha) \qquad (10.42)$$

kus α on põikarmatuuri kaldenurk.

Ülespöörete maksimaalne samm $s_{max} = d$.

Põikarmatuuri maksimaalne põikisamm ei tohiks olla suurem kui $1{,}5d$.

10.5.3. Tasaplaadid

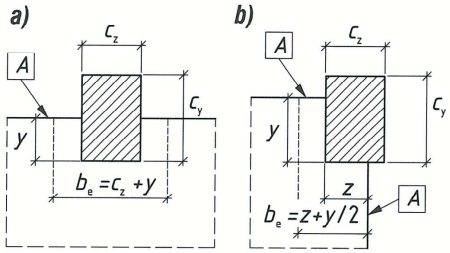
Armatuur sisemise posti kohal

Ilma täpsema arvutuseta tuleks paigaldada ülemine armatuur pinnaga $0{,}5A_t$ sisemise posti kohal olevasse plaadiribasse, mille laius võrdub 0,125-kordse plaadivälja laiuste summaga mõlemal pool posti. A_t on armatuuri ristlõikepindala, mis on vajalik kogu negatiivse paindemomendi vastuvõtmiseks mõlemal pool posti oleva kahe plaadivälja poole laiuse ulatuses.

Mõlemas ristuvas suunas tuleks ette näha posti läbiv alumine armatuur (vähemalt 2 varrast).

Armatuur ääre- ja nurgaposti kohal

Paindemomendi ülekandmiseks plaadilt ääre- või nurgapostile vajalik plaadi vaba servaga risti paiknev armatuur tuleks paigutada töötava laiuse b_e piiridesse (joonis 10.30).



Joonis 10.30. *Tasaplaadi töötav laius b_e*
a – äärepost, y võib olla suurem kui c_y; b – nurgapost, y võib olla suurem kui c_y ja z võib olla suurem kui c_z. y on kaugus plaadi servast posti sisepinnani. A on plaadi serv.

Läbisurumisarmatuur

Nõutava läbisurumisarmatuuri korral peaks see paiknema koormatud ala (posti) ja selle lõike vahel, mis asub *kd* võrra seespool kontrollperimeetrit, kus põikarmatuuri enam vaja ei ole (vt p 10.15.2). Rangid tuleks ette näha vähemalt kahel perimeetril (vt joonis 10.31). Rangiperimeetrite vahekaugus ei tohiks olla suurem kui 0,75*d*.

Rangivarraste samm piki perimeetrit ei tohiks seespool esimest kontrollperimeetrit (2*d* kaugusel koormatud alast) ületada 1,5*d* ja väljaspool esimest kontrollperimeetrit 2*d* perimeetri osas, mis osaleb põikjõu vastuvõtmisel (vt joonis 10.79).

Joonise 10.31, *b* järgi paiknevate ülespöörete korral võib lugeda piisavaks ühte põikarmatuuride perimeetrit.

Kui põikarmatuur on nõutav, saadakse minimaalne rangivarda ristlõikepindala $A_{sw,min}$ avaldisest

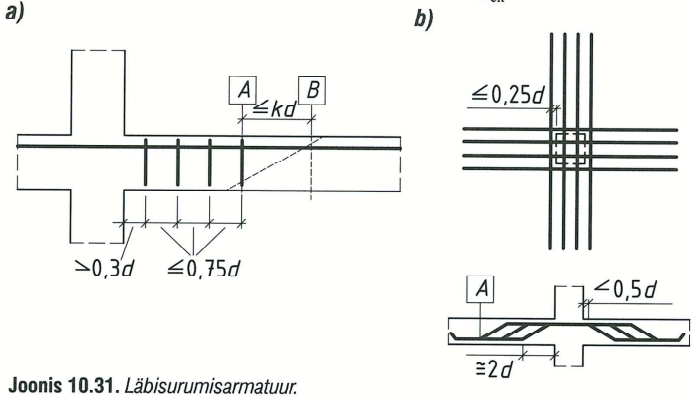
$$A_{sw,min}\frac{1{,}5\sin\alpha+\cos\alpha}{s_r s_t} \geq 0{,}08\frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} \qquad (10.43)$$

kus α põik- ja pikiarmatuuri vaheline nurk (vertikaalsete rangide korral $\alpha = 90°$)

s_r rangide samm radiaalsuunas

s_t rangide samm tangentsiaalsuunas

f_{ck} ühikuks on MPa



Joonis 10.31. *Läbisurumisarmatuur.*
a – rangid, b – ülespöörded. A on väline kontrollperimeeter, kus põikarmatuur on nõutav; B on esimene kontrollperimeeter, kus põikarmatuur ei ole nõutav

Koormatud alast mitte kaugemal kui 0,25*d* paiknevaid ülespöördeid võib vaadelda läbisurumisarmatuurina (vt joonis 10.31b, ülemine).

Toe välispinna või koormatud ala ümbermõõdu ja projekteerimisel arvesse mineva lähima põikarmatuuri vaheline kaugus, mõõdetuna tõmbearmatuuri tasandil, ei tohiks olla suurem kui *d*/2. Kui ülespöörded paiknevad vaid ühel joonel, võib nende kallet vähendada 30°-ni.

10.5.4. Postid

Alltoodu kehtib postidele, mille ristlõike suurem mõõde ei ületa väiksemat enam kui 4 korda.

Pikiarmatuur

Pikiarmatuuri diameeter peaks olema vähemalt 12 mm.

Pikiarmatuuri kogupindala ei tohiks olla väiksem kui

$$A_{s,min} = \frac{0{,}10N_{Ed}}{f_{yd}} \text{ või } A_{s,min} = 0{,}002A_c \qquad (10.44)$$

kus A_c on betooni ristlõikepindala

Pikiarmatuuri kogu ristlõikepindala ei tohiks olla väljaspool ülekattejätkusid suurem kui $0{,}06A_c$ ja ülekattejätkude kohal $0{,}12A_c$. Polügonaalse ristlõikega postides peab igas nurgas olema vähemalt üks varras. Ümarristlõikega postides on minimaalne varraste arv 4.

Põikiarmatuur

Põikiarmatuuri (rangid, aasad või spiraalarmatuur) läbimõõt peaks olema vähemalt 6 mm ja vähemalt 1/4 pikiarmatuuri suurimast läbimõõdust. Põikiarmatuurina kasutatava keevisvõrgu traadi läbimõõt peaks olema vähemalt 5 mm. Põikiarmatuur peaks olema piisavalt ankurdatud.

Põikiarmatuuri samm piki posti ei tohiks olla suurem kui

- 15-kordne pikivarda minimaalne diameeter,
- posti ristlõike vähim mõõde,
- 400 mm.

Suurimat lubatud sammu tuleb korrutada teguriga 0,6 järgmistel juhtudel:

- tala või plaadi peal ja all paiknevates postiosades, mille pikkus on võrdne posti ristlõike suurema mõõtmega;
- ülekattejätku kohal, kui pikivarda maksimaalne läbimõõt ületab 14 mm. Jätku kohal peaks paiknema vähemalt 3 põikivarrast.

Pikiarmatuuri suuna muutumisel (nt posti ristlõike muutumiskohas) tuleks põikiarmatuuri samm arvutada, lähtudes tekkivast suunamuudujõust. Arvutusest võib loobuda, kui suunamuut ei ole suurem kui 1/12.

Posti nurgas paiknev pikivarras või vardakimp peaks olema haaratud põikiarmatuuriga. Survetsoonis paikneva ja põikiarmatuuriga kahes suunas fikseerimata pikivarda kaugus fikseeritud pikivardast ei või olla suurem kui 150 mm.

10.5.5. Seinad

Allpool käsitletakse raudbetoonseinu, mille pikkuse suhe paksusesse on vähemalt 4 ja mille kandevõime arvutamisel võetakse arvesse armatuuri.

Püstarmatuur

Püstarmatuuri pindala peaks jääma vahemikku $0{,}002\ldots0{,}06A_c$. Kummaski seina pinnas peaks minimaalne pindala olema vähemalt $0{,}001A_c$. Püstarmatuuri samm ei tohiks olla suurem kui kolmekordne seina paksus või 400 mm (väiksem nendest).

Rõhtarmatuur

Seina välispinnaga (ja vaba servaga) paralleelne rõhtarmatuur pinnaga $0{,}001A_c$ või 25% püstarmatuurist (nendest suurem) tuleks ette näha iga välispinna juures. Rõhtvarraste samm ei tohiks olla suurem kui 400 mm.

Põikiarmatuur

Seina osas, kus püstarmatuuri kogupind on suurem kui $0{,}02A_c$, tuleks ette näha põikiarmatuur (rangid) vastavalt punktile 10.5.4. Tala või plaadi peal ja all paiknevates seinaosades, mille kõrgus on võrdne seina neljakordse paksusega, tuleks põikiarmatuuri suurimat lubatavat sammu vähendada teguriga 0,6. Põikiarmatuur (vähemalt 4 varrast seina pinna ruutmeetrile) tuleks ette näha ka töötava armatuuri paiknemisel seina välispinna juures.

10.5.6. Õõnes- ja TT-paneelide toetamine lõugtalale

Paneelid toetuvad lõugtalale (⊥- või L-tala) selle pikitelje suhtes ekstsentriliselt. Paneelide ebasümmeetrilisel toetumisel (vahelae äärmised talad ja keskmised talad naabersillete erineva pikkuse või erineva koormuse korral) rakendub talale väändekoormus $T = \Sigma P_i e_i$ (joonis 10.32).

Ebasümmeetriliselt koormatud talal tuleb kas:

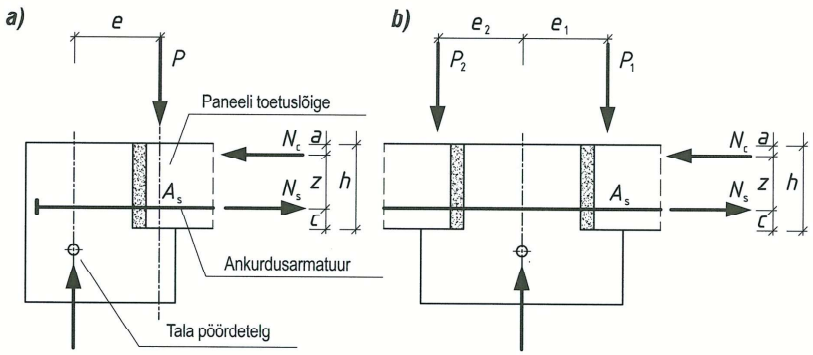
a) kontrollida tala kandevõimet põikjõu ja väändemomendi koostoimele ning tagada tala toel väändereaktsiooni vastuvõtmine ja ülekandmine hoone karkassile või

b) vältida väändemomentide tekkimist talas.

Variandi a puhul suureneb vajaliku põik- ja pikiarmatuuri hulk talas väändemomendi toimel ja arvesse tuleb võtta vääranderangidele esitatavaid konstruktiivseid nõudeid. Monteeritava tala korral tuleks erilist tähelepanu pöörata väände vastuvõtmisele tala toel. Toetamisel peitkonsooltoele ei tohi tala arvutuslik väändemoment toel ületada peitkonsooli arvutuslikku väändekandevõimet, mis tavaliselt osutub ebapiisavaks. Võimaluse korral tuleks vältida peitkonsoolidele toetuvate ühepoolselt koormatud lõugtalade kasutamist hoonekarkassi äärmiste taladena ja asendada need tsentriliselt koormatud ristkülikristlõikega taladega.

Väändemomendi vältimine ekstsentriliselt koormatud talas

Väändemomendi tekkimist talas saab vältida, tõkestades lõugtala pöördumise toetuva paneeli otspinna suhtes lisasidemete (ankurdusarmatuur, spetsiaalsed tarielemendid) abil. Sisuliselt tähendab see paneeli arvutussilde suurenemist ja paneeli toereaktsiooni viimist lõugtala pöördetelje kohale. Arvutussilde suurenemine suurendab ka paneeli sildemomenti, mida tuleks arvesse võtta paneeli paindekontrollil.



Joonis 10.32. *Paneelide toetumine lõugtalale. a – ühepoolne, b – kahepoolne*

Ankurdusjõu arvutus

Ühepoolne toetus (joonis 10.32a):

paneeli toereaktsioon $P = G + Q$ kN/m

väändekoormus talale $T = Pe$ kNm/m

Kahepoolne toetus (joonis 10.32b):

paneelide toereaktsioonid

$P_1 = G_1 + Q_1$ kN/m

$P_2 = G_2 + Q_2$ kN/m

väändekoormus

$$T = P_1 e_1 - P_2 e_2 \text{ kNm/m} \qquad (10.45)$$

- G paneeli toereaktsioon alalisest koormusest
- Q paneeli toereaktsioon muutuvast koormusest
- e (e_i) paneeli toereaktsiooni ekstsentrilisus tala pöördetelje suhtes. Tala pöördetelg on määratud tala toereaktsioonide rakenduspunktidega.

Tõmbejõud N_s ankurdusvardas või -elemendis

$$N_s = \frac{Tb}{z} \qquad (10.46)$$

kus b on ankurduselementide samm: õõnespaneelide vuugiarmatuuril – paneeli nimilaius, TT-paneelidel – ribide keskmine vahekaugus

- $z = h - c - a$ sisejõudude õlg paneeli toetuslõikes
- c tõmbejõu N_s kaugus paneeli alumisest pinnast
- a survejõu N_c kaugus paneeli ja tala vahelise vuugi surutud servast

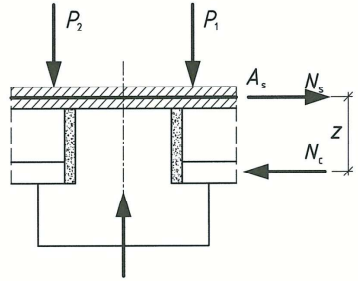
TT-paneelide korral sõltub z jõudude N_s ja N_c ülekandmise viisist.

Õõnespaneelide korral võetakse N_s vastu paneelidevahelises vuugis paiknevate ankurdusvarrastega. Ankurdusvarda vajalik ristlõikepindala ühes vuugis $A_s = N_s/f_{yd}$. Vuugiarmatuuri ankurduse tagamiseks peaks $c \geq 70$ mm. a määramisel võib paneeli toetuslõikes survetsooni kõrguse leida, lähtudes paindemomendist $M = Tb$.

Ekstsentriliselt koormatud ⊥-tala väändevabaks koormamiseks võib kasutada ka paneelide pealevalu armeerimist. Vajalik armatuuri ristlõikepindala tala pikkusühikule (vt joonis 10.33)

$$A_s = T/zf_{yd} \qquad (10.47)$$

Kui paneeli ülemises pinnas pikiarmatuuri ei ole, siis peab pealevalu armatuur olema ankurdatud paneeli kui jätkuva konstruktsiooni momentide nullpunkti taha. Nullpunkti määramisel võetakse paneeli tocmomendiks ⊥-tala telje kohal $M = T$. Tagatud peab olema otsene nake paneeli pealispinna ja pealevalu vahel.



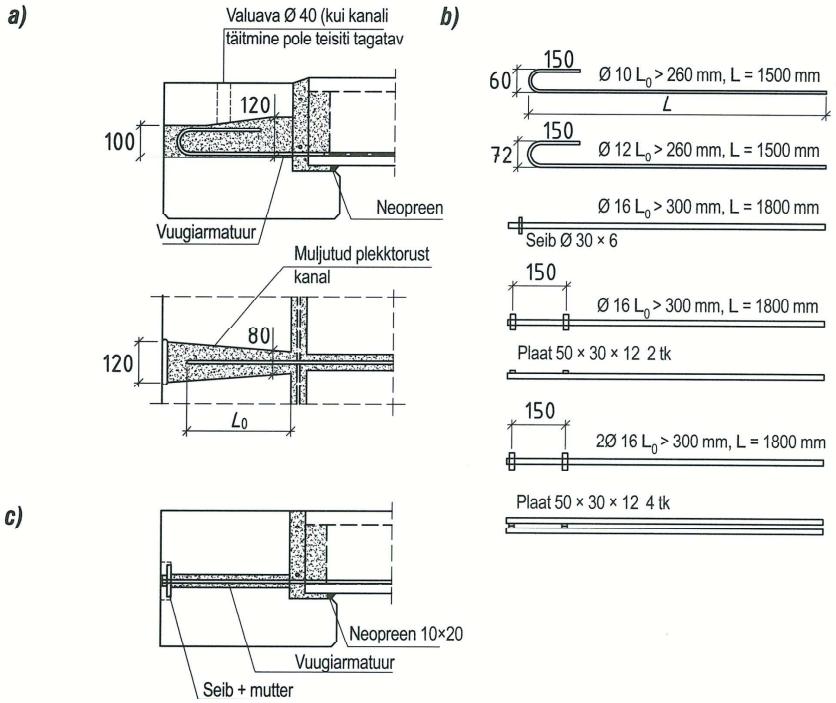
Joonis 10.33. *Pealevalu armeerimine ⊥-tala väändevabaks koormamiseks*

L-tala väänet vältiv õõnespaneeli vuugiarmatuuri ankurdamine talas

Joonisel 10.34a on näidatud tala väändevaba töötamist tagava õõnespaneeli vuugiarmatuuri ankurdus tala ribisse jäetud kanalis. Tagatud peab olema kanalit täitva monoliitimisbetooni korralik tihendamine.

Joonisel 10.34b on toodud vuugiarmatuuri soovitatav kuju sõltuvalt armatuuri läbimõõdust.

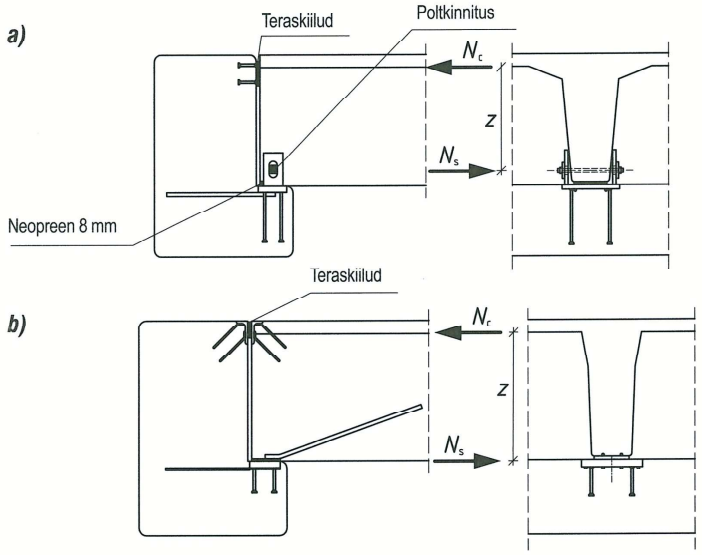
Joonisel 10.34c on vuugiarmatuur ankurdatud tala välispinnal seibi ja mutriga, mis võimaldab kasutada silindrilist kanalit ja kergendab nõudeid kanalit täitvale monoliitimisbetooni tihendamisele. Vältimaks ankurdusvarda netopinna vähenemist, võib mutriga ankurduse asendada varda otsa keevitatud seibiga (vältida tuleb lõtku seibi ja tala välispinna vahel).



Joonis 10.34. *Tala väänet vältiv õõnespaneeli toetamine ühepoolselt koormatud lõugtalale*

L-tala väänet vältiv TT-paneeli toetamine talale

Näiteid tala väänet vältivast TT-paneeli ribi toetamisest ühepoolselt koormatud lõugtalale on esitatud joonisel 10.35: *a* – ankurdusjõud kantakse paneeli pikiribi otsalt poldiga vertikaalsetele tarilappidele ja sealt tala lõuapealsele toeplaadile; *b* – ankurdusjõud kantakse ribi toeplaadilt tala lõua toeplaadile keevise kaudu. Mõlemal juhul on lõua toeplaadi ankurdamiseks kasutatud hori-sontaalseid ankurvardaid (kontrollida tuleb viimaste ankurduspikkust). Ankurdusjõud N_s tuleb arvesse võtta paneeli pikiribi toepiirkonna konstrueerimisel.



Joonis 10.35. *Tala väänet vältiv TT-paneeli ribi toetamine ühepoolselt koormatud lõugtalale*

Märkusi tööprojekti kohta

Ebasümmeetriliselt koormatud lõugtalade kasutamisel tuleks tööprojektis

- anda paneeli toetussõlme arvutusega kontrollitud lahendus (õõnespaneelidel vuugiarmatuuri ristlõikepindala, asend ja ankurdus; TT-paneelidel alumise toesõlme konstruktsioon ja survejõu ülekandmise lahendus kontaktpinnas);
- näha ette abinõud tala pöördumise vältimiseks montaažiaegsest ühepoolsest koormusest. Selleks tuleb
  - anda tala montaažiaegne pöördumist takistav toestusskeem, kus on näidatud tugede paiknemine ja tugedele tulev koormus, või
  - tasakaalustada montaažiaegne väändekoormus tala otsalõike pöörde tõkestamisega projektis toodud ajutiste sidemete abil. Tekkiva väändemomendiga tuleb arvestada tala projekteerimisel;
- tala tootejoonise koostamiseks anda peale talale mõjuvate vertikaalkoormuste ka paneeli ja tala vahelised horisontaalsed kontaktjõud. Väände tekkimisel talas anda väändekoormuse suurus;
- TT-paneeli tootejoonise koostamiseks anda paneeli otspinna ja tala vaheliste horisontaalsete kontaktjõudude suurused.

10.6. NORMAALLÕIKE TUGEVUS

10.6.1. Normaallõike tugevuskontroll

Eeldused

Ristlõike tugevusarvutusel lähtutakse järgmistest eeldustest:

- ristlõige jääb tasapinnaliseks;
- nii tõmbel kui ka survel on betooniga nakkunud armatuuri deformatsioon võrdne armatuuri ümbritseva betooni deformatsiooniga;
- betooni tõmbetugevust ei võeta arvesse;
- armatuuri pinged saadakse joonisel 10.7 antud horisontaalse ülemise haruga arvutuslikult pinge-deformatsiooni diagrammilt, armatuuri piirdeformatsiooniks võetakse $\varepsilon_{ud} = 0{,}01$;
- betooni survepinged saadakse joonisel 10.2 antud paraboollineaarsest või joonisel 10.3 toodud bilineaarsest arvutuslikult pinge-deformatsiooni diagrammilt;
- tsentriliselt surutud ristlõikes on betooni suhteline piirsurvedeformatsioon ε_{c2} (või ε_{c3}). Kui ristlõige pole üleni surutud, siis on betooni suhteline piirsurvedeformatsioon ε_{cu2} (või ε_{cu3}). Vahepealsetes olukordades määratakse ristlõike deformatsioonijaotus oletusega, et kaugusel $(1 - \varepsilon_{c2}/\varepsilon_{cu2})h$ või $(1 - \varepsilon_{c3}/\varepsilon_{cu3})h$ enamsurutud servast on betooni survedeformatsioon ε_{c2} (või ε_{c3}).

Kandepiirseisundi deformatsiooniepüürid

Ülaltoodud eelduste rakendamine viib joonisel 10.36 esitatud võimalike ristlõike deformatsiooniepüüride kujunemisele. Joonisel eristuvad järgmised iseloomulikud kandepiirseisundi deformatsioonipiirkonnad.

1. piirkond. Kogu ristlõige on tõmmatud. Tõmbejõud võetakse vastu ainult pragu läbiva armatuuriga. Olukord 1 vastab tsentrilisele tõmbele ($\varepsilon_{s1} = \varepsilon_{s2}$), olukorras 2 on deformatsioon ristlõike vähemtõmmatud servas $\varepsilon_{cc} = 0$. Kõigil juhtudel läbib deformatsiooniepüür punkti A, kus $\varepsilon_{s1} = \varepsilon_{ud} = 0{,}01$.

2. piirkond. Tekib survetsoon, deformatsiooniepüür läbib endiselt punkti A. Olukorras 3 saavutab betooni deformatsioon ristlõike enimsurutud servas piirsuuruse ε_{cu2} (ε_{cu3}). Piirkond vastab ekstsentrilisele tõmbele, suure ekstsentrilisusega survele või nõrgalt armeeritud ristlõike paindele.

3. piirkond. Kandepiirseisundis tõmbearmatuur voolab ($\varepsilon_{s1} \geq \varepsilon_{yd} = f_{yd}/E_s$) ja betooni deformatsioon enamsurutud servas võrdub betooni piirdeformatsiooniga ε_{cu2} (ε_{cu3}). Deformatsiooniepüür läbib punkti B. Tegemist on normaalarmeeritud painutatud ristlõikega, suure ekstsentrilisusega surve või tõmbega. Olukorras 4 on $\varepsilon_{s1} = \varepsilon_{yd}$.

4. piirkond. Deformatsiooniepüür läbib punkti B, tõmbearmatuuri pinge on voolavuspiirist f_{yd} väiksem ($\varepsilon_{s1} < \varepsilon_{yd}$). Esineb kas väikese ekstsentrilisusega surve, väga suure ekstsentrilisusega tõmme või ülearmeeritud ristlõike paine. Olukorras 5 on juba kogu ristlõige surutud ($\varepsilon_{ct} = 0$).

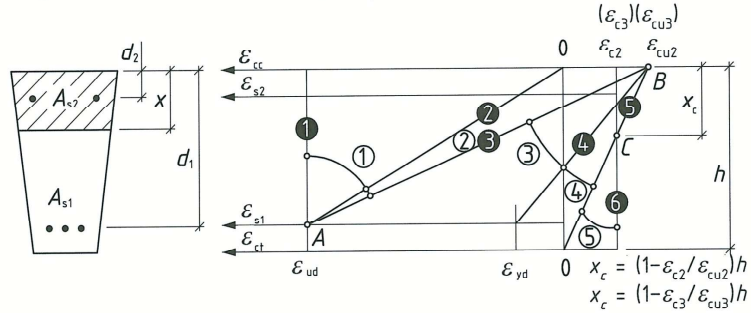
5. piirkond. Esineb väikese ekstsentrilisusega surve. Survejõu ekstsentrilisuse vähenedes pöördub deformatsiooniepüür ümber punkti C, mis asub ristlõike enamsurutud servast kaugusel $(1 - \varepsilon_{c2}/\varepsilon_{cu2})h$ või $(1 - \varepsilon_{c3}/\varepsilon_{cu3})h$ ja kus betooni deformatsioon $\varepsilon_c = \varepsilon_{c2}$ (või ε_{c3}). Olukorras 6 esineb tsentriline surve.

Pingejaotus kandepiirseisundis

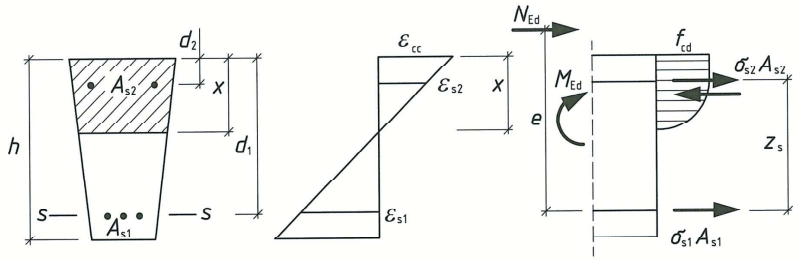
Pinged ristlõikes avaldatakse, lähtudes deformatsiooniepüürist ning betooni ja terase pinge-deformatsiooni diagrammist. Joonisel 10.37 on toodud betooni paraboollineaarsel pinge-deformatsiooni diagrammil (joonis 10.2) põhinev kandepiirseisundi pingejaotus joonisel 10.36 näidatud piirkonnas 3.

Survetsooni kõrgus ja armatuuri pinged

Survetsooni kõrgus x ja armatuuri pinged määratakse ristlõikele mõjuvate pikijõudude tasakaalutingimusest kandepiirseisundis



Joonis 10.36. *Ristlõike deformatsiooniepüürid kandepiirseisundis*



Joonis 10.37. *Ristlõike deformatsiooni- ja pingejaotus*