

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

Bronius Jonaitis, Arnoldas Šneideris

MONOLITINIO GELŽBETONIO PLOKŠČIŲ
PRASPAUDŽIAMOSIOS ZONOS ARMAVIMAS

Mokomoji knyga



Vilnius LEIDYKLA
TECHNIKA 2008

B. Jonaitis, A. Šneideris. Monolitinio gelžbetonio plokščių praspaudžiamosios zonos armavimas. Vilnius: Technika, 2008. 80 p.

Knygoje aptariami ištisinio skerspjuvio monolitinio gelžbetonio plokščių praspaudžiamosios galios skaičiavimo principai. Pateiktas plokščių pradūrimo zonos armavimas HALFEN-DEHA elementais, armavimo skaičiavimo ir armavimo elementų parinkimo programa.

Leidiny s skirtas projektuotojams, kvalifikacijos kėlimo kursų klausytojams ir statybos inžinerijos studijų krypties studentams, studijuojantiems statybines konstrukcijas, rengiantiems bakalaurų ir magistrantūros studijų baigiamuosius darbus.

The book presents the main principles of punching strength calculation for monolithic reinforced concrete slabs. The reinforcement of punching zone by using HALFEN-DEHA reinforcement members is described. The software for calculating and detailing of such reinforcement is introduced.

This book is for structural engineers, participants of related training courses and students of civil engineering structures preparing their BSc or MSc thesis.



Leidinį rekomendavo VGTU Statybos fakulteto studijų komitetas.
Recenzavo prof. dr. Povilas Vainiūnas, VGTU Gelžbetoninių ir mūrinių konstrukcijų katedra

VGTU leidyklos TECHNIKA 1051-M mokomosios
metodinės literatūros knyga.

ISBN 978-9955-28-314-0

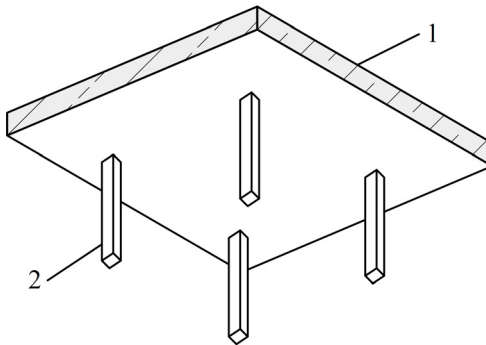
© Jonaitis, B., 2008
© Šneideris, A., 2008
© VGTU leidykla TECHNIKA, 2008

TURINYS

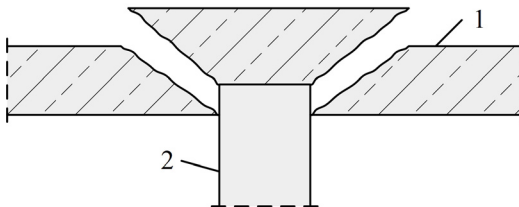
1. Bendrosios žinios	4
2. Perdangos plokštės praspaudžiamosios galios skaičiavimas pagal STR 2.05.05:2005	14
3. Kritinio perimetro nustatymas	22
4. Skersinės armatūros skaičiavimas	27
5. Praspaudžiamosios plokštės skersinės armatūros skaičiavimas Halfen-Deha programa HDB	29
6. Literatūra	53
Priedas. Praspaudžiamosios plokštės skersinės armatūros konkretūs skaičiavimo atvejai Halfen-Deha programa HDB	55

1. BENDROSIOS ŽINIOS

Nesijinėse perdangose (1 pav.) vietinė sutelktoji jėga nuo kolonų į plokštę perduodama per santykiškai mažą plotą A_{load} . Sutelktoji jėga sukelia didelius kerpamuosius įtempius, perdangos plokštė praspaudžiama. Perdangos plokštės praspaudimo bendras vaizdas parodytas 2 pav.



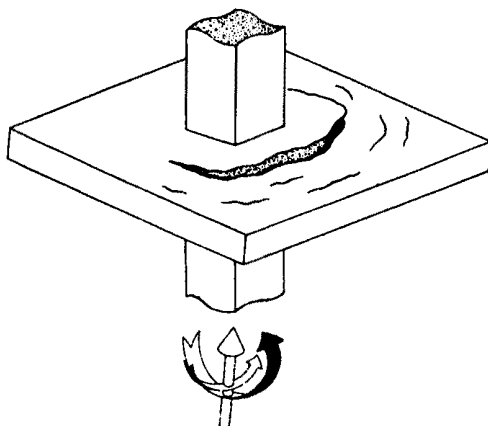
1 pav. Nesijinės perdangos fragmentas: 1 – perdangos plokštė; 2 – kolonos



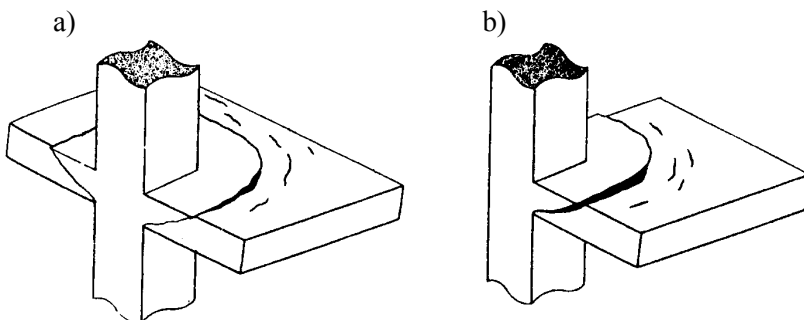
2 pav. Perdangos plokštės praspaudimo bendras vaizdas: 1 – perdangos plokštė; 2 – kolona

Kolonų sandūrose su monolitinio gelžbetonio perdangos plokštėmis susidaro lenkiamieji momentai, kuriuos sukelia horizontalios apkrovos (pvz., vėjas) arba nesimetrisis vertikalusis perdangos apkrovimas ar geometrinis nesimetriškumas (pvz., kampinė, kraštinė

kolona). Dėl lenkiamųjų momentų poveikio plokštės suirimui būdinga tai, kad praspaudžiamasis paviršius (perimetras) išsidėsto nesimetriškai kolonos atžvilgiu, šiuo atveju irimo paviršius didėja didesniojo lenkiamojo momento kryptimi [1] (žr. 3, 4 pav.).



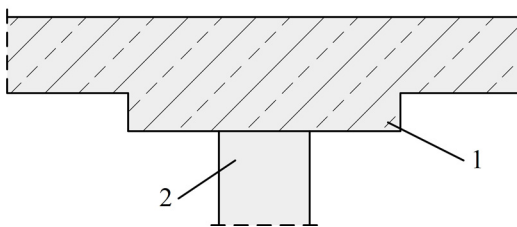
3 pav. Monolitinio gelžbetonio nesijinės perdangos suirimo, veikiant lenkiamajam momentui, kurį sukėlė nesimetriška perdangos apkrova, schema



4 pav. Monolitinio gelžbetonio nesijinės perdangos suirimas, veikiant lenkiamajam momentui dėl apkrovimo nevienodumo, kurį sukelia geometrinė asimetrija: a – kraštinės kolonos sandūra su perdangos plokšte, b – kampinės kolonos sandūra su perdangos plokšte

Geometrinio asimetriškumo pavyzdys yra monolitinio gelžbetonio plokštės sandūra su kraštine arba kampine kolonomis (žr. 4 pav.). Šiuo atveju visada susidaro lenkiamasis momentas.

Monolitinio gelžbetonio nesijinių perdangų plokštės storis priklauso nuo veikiančiosios apkrovos dydžio ir kolonų žingsnio. Veikiant didelėms apkrovoms perdangos plokščių praduriamoji laikomoji galia gali būti nepakankama. Nesijinės monolitinio gelžbetonio perdangos plokščių praduriamąją laikomąją galią galima padidinti didinant perdangos plokštės storį, įrengiant kapitelį (padidinant plokštės storį praspaudimo zonoje) (5 pav.) arba atraminę (praspaudimo) zoną armuojant skersine armatūra (apkabomis, atlankomis, erdviniais strypynais su apkabomis ar standžiąją armatūra) (6, 7 pav.).

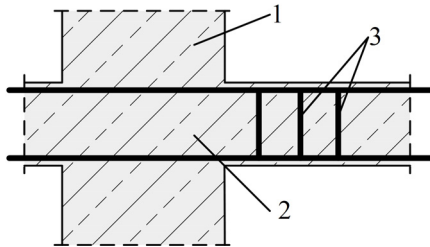


5 pav. Monolitinio gelžbetonio perdangos plokštės su kapitelium:
1 – kapitelis, 2 – kolona

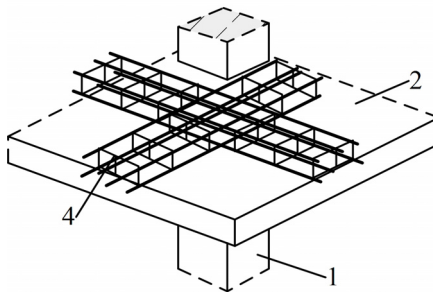
Didinant visos perdangos plokštės storį didėja apkrova nuo savojo plokštės svorio, medžiagų ir darbo sąnaudos. Įrengiant kapitelius ne tik didėja medžiagų sąnaudos, bet ir sudėtingiau įrengti klojinčius.

Kaip jau minėta, plokščių praspaudžiamąją laikomąją galią galima padidinti plokštės sandūros su kolona zoną armuojant skersine armatūra, armatūros atlankomis ar erdviniais armatūros strypynais. Tuo atveju, kai veikia didelės apkrovos, ši zona armuojama standžiąja armatūra. Armuojant atraminę plokščių zoną pirmiau paminėtais būdais, plokštės ir kolonos sandūroje sudėtinga išdėstyti tiek plokštės armatūrą (išilginę darbo armatūrą ir atraminės zonos skersinę armatūrą), tiek pačios kolonos darbo armatūrą, be to, sudėtinga užtikrinti patikimą skersinės armatūros inkaravimą.

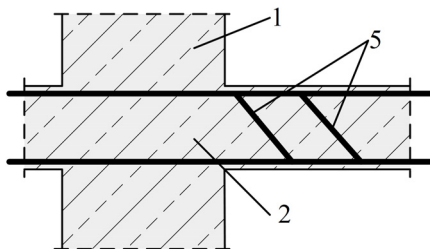
a)



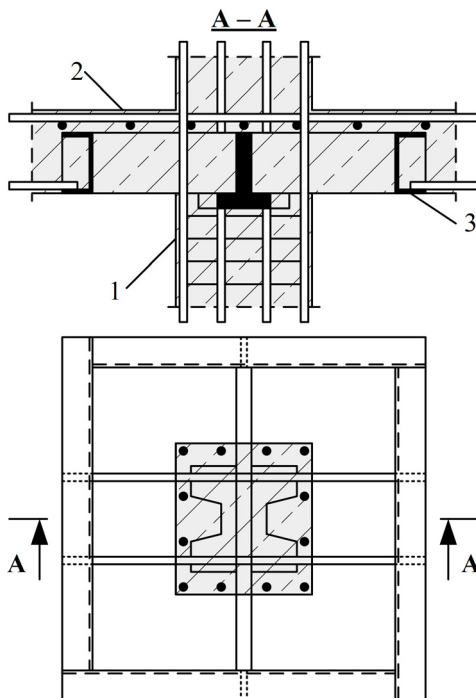
b)



c)



6 pav. Monolitinio gelžbetonio perdangos plokštės praspaudimo zonos armavimas skersine armatūra (a), atlankomis (c), erdviniais strypynais su apkabomis (b): 1 – kolona, 2 – perdangos plokštė, 3 – skersinė armatūra, 4 – erdvinis strypynas su sankabomis, 5 – atlankos

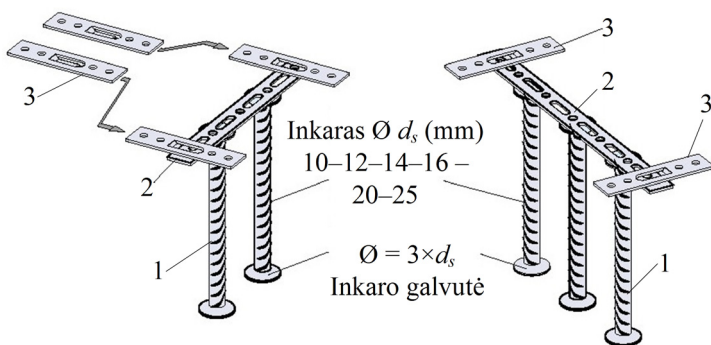


7 pav. Monolitinio gelžbetonio perdangos plokštės praspaudimo zonos armavimas standžiąja armatūra: 1 – kolona, 2 – perdangos plokštė, 3 – standžioji armatūra

Firmos HALFEN-DEHA siūlomas monolitinio gelžbetonio plokštės armavimas HDB elementais. Perdangos plokštės sandūros su kolonos zona gali būti sėkmingai armuojama specialiais strypais su suformuotomis galvutėmis (8 pav.). Šie strypai gali būti gaminami rumbuotieji arba lygūs. Taip plokščių praspaudimo zoną armuoti siūlo firma HALFEN-DEHA [3]. Armatūros strypai su dviem suformuotomis galvutėmis užsirekomendavo kaip efektyvi ir ekonomiška monolitinio gelžbetonio perdangų skersinė armatūra, didinanti tokių plokščių praspaudžiamąją galią. Kad būtų patogiau išdėstyti strypus plokštėje, jie sujungiami grupėmis plona juosta (8 pav.). Strypų gru-

pės gali būti dedamos prieš sudedant pagrindinę armatūrą. Šiuo atveju šios strypų grupės dedamos juosta į apačią (9 pav., a) arba po to, kai sudėta pagrindinė plokštės armatūra – dedamos juosta į viršų (9 pav., b). Strypų skaičius parenkamas skaičiuojant. Monolitinio gelžbetonio perdangų armavimo firmos HALFEN-DEHA siūlomais armavimo elementais HDB privalumai yra:

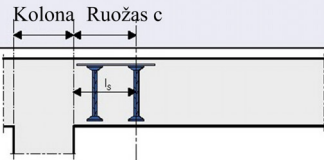
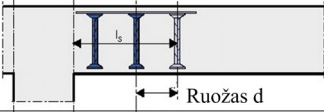
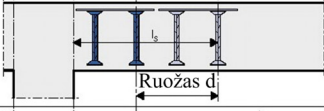
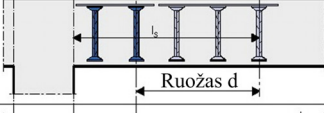
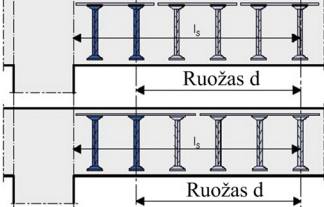
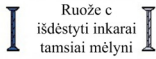
- patikimas skersinio armavimo elementų inkaravimas tiek tempiamojoje, tiek gniuždomojoje zonoje dėl strypų galuose suformuotų galvučių;
- nesudėtingas klojinių montavimas;
- sutrumpėja armatūros sudėjimo laikas;
- lygus apatinis perdangos paviršius;
- optimaliai išnaudojamas pastato tūris;
- sumažėja aukšto aukštis ir kartu bendras pastato aukštis, todėl sumažėja ir apkrovos į pamatus.



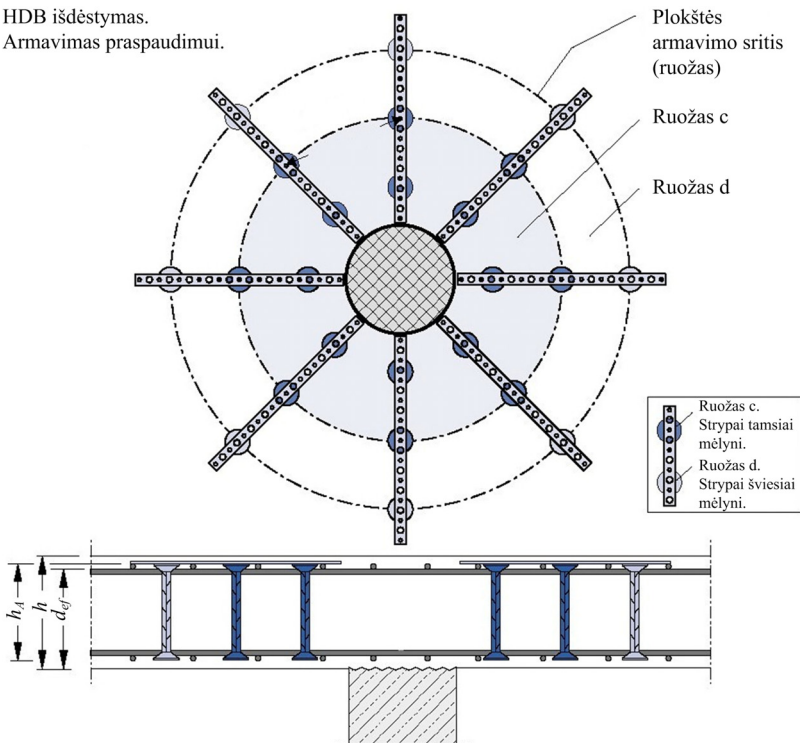
8 pav. HDB tipiniai (standartiniai) elementai monolitinio gelžbetonio perdangos plokštei praspaudimo zonoje armuoti:

- 1 – strypas su suformuotomis galvutėmis, 2 – jungiamoji juosta,
3 – juosta strypų (1) padėčiai klojinyje užtikrinti

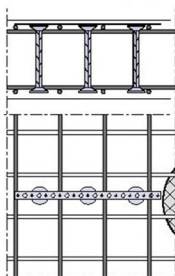
1 lentelė. Galimi armuojamųjų elementų HDB konstrukciniai sprendiniai

Atstumo l_s parinkimas	HDB elementų iš 2 arba 3 strypų parinkimas	l_s , cm	Strypų skaičius HDB elem.
$l_s \leq 1,125 \cdot d_{ef}$	2 	$\sim 1,05 d_{ef}$	2
$l_s \begin{cases} > 1,125 \cdot d_{ef} \\ \leq 1,85 \cdot d_{ef} \end{cases}$	3 	$\sim 1,75 d_{ef}$	3
$l_s \begin{cases} > 1,85 \cdot d_{ef} \\ \leq 2,5 \cdot d_{ef} \end{cases}$	2 + 2 	$\sim 2,45 d_{ef}$	4
$l_s \begin{cases} > 2,5 \cdot d_{ef} \\ \leq 3,2 \cdot d_{ef} \end{cases}$	2 + 3 	$\sim 3,15 d_{ef}$	5
$l_s \begin{cases} > 3,2 \cdot d_{ef} \\ \leq 4,0 \cdot d_{ef} \end{cases}$	$\left\{ \begin{array}{l} 2 + 2 + 2 \\ \text{arba} \\ 3 + 3 \end{array} \right.$ 	$\sim 3,85 d_{ef}$	6
			
$L_A \approx 0,7 \cdot d_{ef}$ $L_u \approx 0,35 \cdot d_{ef} = L_A / 2$ 			

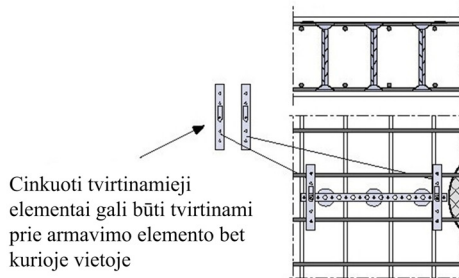
HDB išdėstymas.
Armavimas praspaudimui.



Armavimo elementų tvirtinimas
prie viršutinės armatūros be
tvirtinamųjų elementų



Armavimo elementų tvirtinimas
prie viršutinės armatūros naudojant
tvirtinamuosius elementus



2 lentelė. Armuojamųjų elementų HDB charakteristikos

h _d , mm	Ø 10		Ø 12		Ø 14		Ø 16		Ø 20		Ø 25		h _d , mm
	II	III	II	III	II	III	II	III	II	III	II	III	
125	10/125-2	10/125-3	12/125-2	12/125-3	14/125-2	14/125-3							125
135	10/135-2	10/135-3	12/135-2	12/135-3	14/135-2	14/135-3							135
145	10/145-2	10/145-3	12/145-2	12/145-3	14/145-2	14/145-3							145
155	10/155-2	10/155-3	12/155-2	12/155-3	14/155-2	14/155-3	16/155-2	16/155-3					155
165	10/165-2	10/165-3	12/165-2	12/165-3	14/165-2	14/165-3	16/165-2	16/165-3					165
175	10/175-2	10/175-3	12/175-2	12/175-3	14/175-2	14/175-3	16/175-2	16/175-3					175
185	10/185-2	10/185-3	12/185-2	12/185-3	14/185-2	14/185-3	16/185-2	16/185-3	20/185-2	20/185-3			185
195	10/195-2	10/195-3	12/195-2	12/195-3	14/195-2	14/195-3	16/195-2	16/195-3	20/195-2	20/195-3			195
205	10/205-2	10/205-3	12/205-2	12/205-3	14/205-2	14/205-3	16/205-2	16/205-3	20/205-2	20/205-3			205
215	10/215-2	10/215-3	12/215-2	12/215-3	14/215-2	14/215-3	16/215-2	16/215-3	20/215-2	20/215-3			215
225	10/225-2	10/225-3	12/225-2	12/225-3	14/225-2	14/225-3	16/225-2	16/225-3	20/225-2	20/225-3			225
235	10/235-2	10/235-3	12/235-2	12/235-3	14/235-2	14/235-3	16/235-2	16/235-3	20/235-2	20/235-3			235
245	10/245-2	10/245-3	12/245-2	12/245-3	14/245-2	14/245-3	16/245-2	16/245-3	20/245-2	20/245-3			245
255	10/255-2	10/255-3	12/255-2	12/255-3	14/255-2	14/255-3	16/255-2	16/255-3	20/255-2	20/255-3			255
265			12/265-2	12/265-3	14/265-2	14/265-3	16/265-2	16/265-3	20/265-2	20/265-3	25/265-2	25/265-3	265
275			12/275-2	12/275-3	14/275-2	14/275-3	16/275-2	16/275-3	20/275-2	20/275-3	25/275-2	25/275-3	275
285			12/285-2	12/285-3	14/285-2	14/285-3	16/285-2	16/285-3	20/285-2	20/285-3	25/285-2	25/285-3	285
295			12/295-2	12/295-3	14/295-2	14/295-3	16/295-2	16/295-3	20/295-2	20/295-3	25/295-2	25/295-3	295
305			12/305-2	12/305-3	14/305-2	14/305-3	16/305-2	16/305-3	20/305-2	20/305-3	25/305-2	25/305-3	305
315					14/315-2	14/315-3	16/315-2	16/315-3	20/315-2	20/315-3			315
325					14/325-2	14/325-3	16/325-2	16/325-3	20/325-2	20/325-3	25/325-2	25/325-3	325
335							16/335-2	16/335-3	20/335-2	20/335-3	25/335-2	25/335-3	335
345							16/345-2	16/345-3	20/345-2	20/345-3	25/345-2	25/345-3	345
355							16/355-2	16/355-3	20/355-2	20/355-3	25/355-2	25/355-3	355
375									20/375-2	20/375-3	25/375-2	25/375-3	375
395									20/395-2	20/395-3	25/395-2	25/395-3	395
405									20/405-2	20/405-3	25/405-2	25/405-3	405
425									20/425-2	20/425-3	25/425-2	25/425-3	425
435									20/435-2	20/435-3	25/435-2	25/435-3	435
455									20/455-2	20/455-3	25/455-2	25/455-3	455

HDB

Pavyzdys

HDB tipas

Strypo Ø, mm

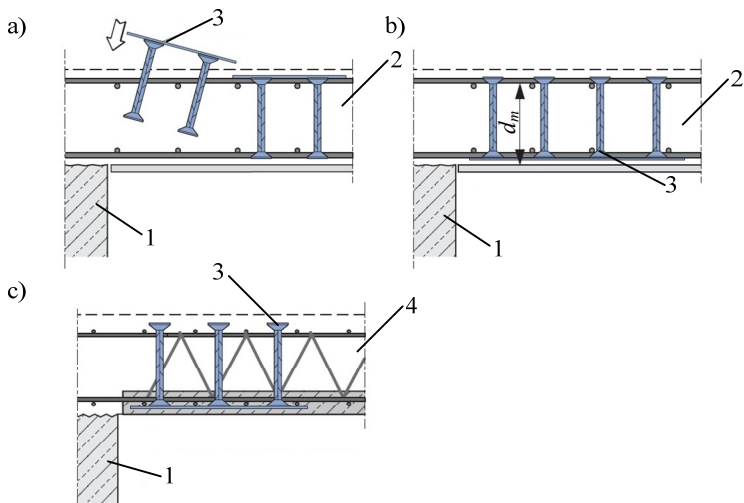
Strypo aukštis, mm

Strypų skaičius elemente (2 arba 3)

HDB - 16/205 - 3

Paaiškinimas:

16/205-3 = HDB – elementas



9 pav. Monolitinio gelžbetonio plokštės armavimas HDB elementais:

- a – strypų grupės dedamos sudėjus pagrindinę plokštės armatūrą,
 - b – strypų grupės dedamos prieš sudedant pagrindinę plokštės armatūrą,
 - c – strypų grupės dedamos naudojant surenkamąsias perdangos plokštes;
- 1 – kolona, 2 – monolitinio gelžbetonio perdangos plokštė,
 3 – HDB armavimo elementai, 4 – surenkamojo gelžbetonio
 perdangos plokštė

2. PERDANGOS PLOKŠTĖS PRASPAUDŽIAMOSIOS GALIOS SKAIČIAVIMAS PAGAL STR 2.05.05:2005

Tikrinant monolitinio gelžbetonio perdangos plokštės praspaudžiamąją galią, tikrinama sąlyga [2]:

$$v_{Ed} \leq v_{Rd,max} , \quad (1)$$

čia v_{Ed} – didžiausieji kirpimo įtempiai; $v_{Rd,max}$ – didžiausiasis skaičiuotinis plokštės nagrinėjamo pavoingojo pjūvio atsparumas praspaudimui.

Skersinė armatūra nereikalinga, jei tenkinama sąlyga:

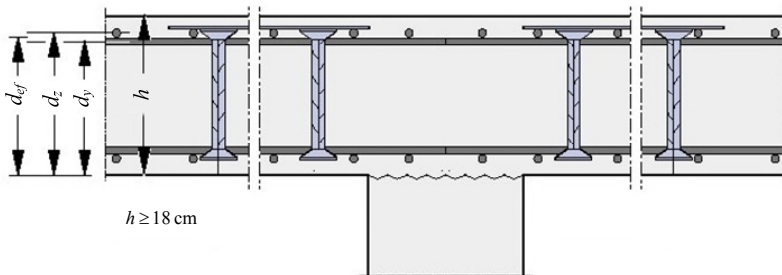
$$v_{Ed} < v_{Rd,c} , \quad (1a)$$

čia $v_{Rd,c}$ – skaičiuotinis plokštės be skersinės armatūros nagrinėjamojo pavoingojo pjūvio atsparumas praspaudimui.

Didžiausieji kirpimo įtempiai apskaičiuojami:

$$v_{Ed} = \beta \frac{V_{Ed}}{u_i \cdot d} , \quad (2)$$

čia: β – koeficientas, įvertinantis lenkiamųjų momentų poveikį; V_{Ed} – kerpamoji (praspaudžiamoji) jėga; d – plokštės naudingasis aukštis, kai plokštės dirba abiem linkmėmis, yra $d = d_{ef}$; $d_{ef} = (d_z + d_y) / 2$; d_z ir d_y – plokštės naudingasis aukštis atitinkamai x ir y ašių linkmėmis; u_i – nagrinėjamo kerpamojo pjūvio perimetro ilgis. Nagrinėjamo kerpamojo perimetro nustatymo atvejai pateikti 3 skyriuje.



10 pav. Schema plokštės naudingajam aukščiui nustatyti

Kerpamoji (praspaudžiamoji) jėga V_{Ed} nustatoma statiniais skaičiavimais.

Koeficientas β apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\beta = 1 + k \frac{M_{Ed}}{V_{Ed}} \cdot \frac{u_1}{W_1}, \quad (3)$$

čia: k – koeficientas, priklausantis nuo kolonos matmenų c_1 ir c_2 santykio, randamas 3 lentelėje (c_1 – kolonos matmuo, lygiagretus su jėgos ekscentricitetu, c_2 – kolonos matmuo, statmenas jėgos ekscentricitetui); W_1 – perimetro u_1 funkcija (11 pav.):

$$W_1 = \int_0^{u_1} |e| dl, \quad (4)$$

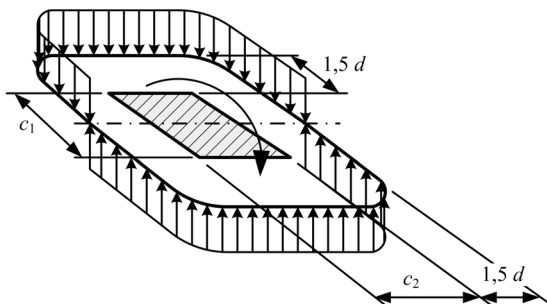
čia dl – perimetro elementarusis ilgis; e – atstumas nuo dl iki ašies, apie kurią veikia momentas M_{Ed} .

3 lentelė. Koeficiento k reikšmės

c_1/c_2	$\leq 0,5$	1,0	2,0	$\geq 3,0$
k	0,45	0,60	0,70	0,80

Stačiakampio skerspjūvio kolonų

$$W_1 = c_1^2 / 2 + c_1 c_2 + 3c_2 d + 9d^2 + 1,5\pi d c_1. \quad (5)$$



11 pav. Kirpimas plokštės ir vidinės kolonos sandūroje, veikiant nesusiaus-viriems lenkiamiesiems momentams

Vidinės skritulio skerspjuvio kolonos koeficientas β apskaičiuojamas taip:

$$\beta = 1 + 0,6\pi \frac{e}{D + 4d}, \quad (6)$$

čia D – skritulio skerspjuvio kolonos skersmuo.

Kai apkrova veikia ekscentriškai abiem kryptimis, stačiakampio skerspjuvio kolonomis koeficientas β apskaičiuojamas taip:

$$\beta = 1 + 1,8 \sqrt{\left(\frac{e_y}{b_z}\right)^2 + \left(\frac{e_z}{b_y}\right)^2}, \quad (7)$$

čia: $e_y = M_{Edz}/N_{Ed}$ ir $e_z = M_{Edy}/N_{Ed}$, M_{Edz} – momentas apie z ašį, M_{Edy} – momentas apie y ašį; b_y ir b_z – kritinio perimetro matmenys (13 pav.).

Kraštinių kolonų, kai veikia tik lenkiamasis momentas apie ašį, lygiagrečią su plokštės briauna, t. y. kai ekscentricitetas statmenas plokštės kraštui, praspaudžiamoji jėga nagrinėjama kaip vienodai pasiskirsčiusi išilgai kritinio perimetro u_1 .

Jeigu ekscentricitetas yra abiem statmenomis linkmėmis, koeficientas β apskaičiuojamas pagal formulę

$$\beta = \frac{u_1}{u_1^*} + k \frac{u_1}{W_1} \cdot e_{par}, \quad (8)$$

čia u_1 – visas kritinis perimetras; u_1^* – ekvivalentinis kritinis perimetras; e_{par} ekscentricitetas, lygiagretus su plokštės kraštu, nuo momento, veikiančio apie ašį, statmeną plokštės kraštui; W_1 – apskaičiuojamas kaip visam perimetrui (žr. 12 pav.)

Stačiakampio skerspjūvio kolonos W_1 apskaičiuojamas (11 pav.) pagal formulę

$$W_1 = \frac{c_1^2}{2} + c_1 c_2 + 3c_1 d + 4,5d^2 + 0,75\pi d c_2. \quad (9)$$

Jei statmenas plokštės kraštui ekscentricitetas neina vidaus link, koeficientas β apskaičiuojamas pagal (3) formulę. Apskaičiuojant W_1 , ekscentricitetas e imamas nuo kolonos centro iki kritinio perimetro.

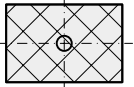
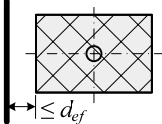
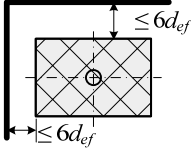
Kampinių kolonų sandūromis, kai ekscentricitetas nukreiptas į plokštės vidų, teigiama, kad praspaudimo jėga vienodai pasiskirsto išilgai ekvivalentinio kritimo perimetro u_1^* . Koeficientas β apskaičiuojamas taip:

$$\beta = \frac{u_2}{u_1^*}. \quad (10)$$

Jei ekscentricitetas nukreiptas į išorę, koeficientas β apskaičiuojamas pagal (3) formulę.

Konstrukcijoms, kurių horizontaliam stabilumui neturi įtakos rėmo plokštės ir kolonų tarpusavio sąveika ir gretimų tarpatramių ilgių skirtumas, ne didesnis kaip 25 %, gali būti imamos apytikslės koeficiento β reikšmės, pateiktos 4 lentelėje.

4 lentelė. Koeficiento β apytikslės reikšmės

Schema	Koeficiento β reikšmė	
	Vidurinė kolona	$\beta = 1,15$
	Kraštinė kolona	$\beta = 1,4$
	Kampinė kolona	$\beta = 1,5$

Plokštės nagrinėjamojo pavoingojo pjūvio atsparumas praspaudimui. Apskaičiuojant plokštės praspaudžiamąjį stiprį pagal STR 2.05.05:2005 [2] yra nustatomas kritinis elemento perimetras, kuris yra lygus minimaliam perimetrui atstumu nuo praspaudžiamąjo elemento išorinio krašto, lygiu $1,5d$. Euronormose (EC2) [4] šis atstumas imamas lygus $2d$ (čia d – plokštės skerspjūvio naudingasis aukštis). Nuostatos galioja, kai praspaudžiamųjų elementų matmenys yra tokie: apskritojo skerspjūvio skersmuo $\leq 3,5d$, stačiakampio skerspjūvio, kurio perimetras $\leq 11d$, ir skerspjūvio kraštinių c_1 ir c_2 santykis ne didesnis kaip 2.

Plokščių, dirbančių abiem kryptimis, skerspjūvio naudingasis aukštis imamas toks:

$$d_{ef} = \frac{d_y + d_z}{2}, \quad (11)$$

čia d_y ir d_z – plokštės skerspjūvio naudingasis aukštis statmenose ašyse y ir z .

Skersinė jėga, kurią atlaiko betonas plokštės pavoingojo pjūvio ploto vienetu $v_{Rd,c}$ apskaičiuojamas pagal formulę

$$v_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} k(100\rho_1 f_{ck})^{1/3} - 0,1\sigma_{cp} \geq 0,4f_{ctd} - 0,10\sigma_{cp}, \quad (12)$$

čia: f_{ck} – betono charakteristinis cilindrinis gniuždomasis stipris; f_{ctd} – betono skaičiuotinis tempiamasis stipris (imami MPa):

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2,0, \quad d \text{ (mm)}. \quad (13)$$

Vidutinis plokštės armavimo koeficientas:

$$\rho_1 = \sqrt{\rho_{ly} \cdot \rho_{lz}} \leq 0,02, \quad (14)$$

čia: ρ_{ly} , ρ_{lz} – armavimo koeficientai, atitinkamai y ir z ašių linkmėmis; ρ_{ly} , ρ_{lz} – apskaičiuojami ruože, kurio plotis lygus kolonos pločiui, pridedant po $3d$ į kiekvieną pusę (12 pav.).

$$\rho_{lz} = A_{sz} / d(c_2 + 6d); \quad \rho_{ly} = A_{sy} / d(c_1 + 6d), \quad (15)$$

čia A_{sy} ir A_{sz} – išilginės armatūros atitinkamai y ir z ašies linkme skerspjūvio plotas.

$$\sigma_{cp} = (\sigma_{cy} + \sigma_{cz}) / 2, \quad (16)$$

čia σ_{cy} , σ_{cz} – normaliniai įtempiai pavojingajame betono pjūvyje, atitinkamai y ir z ašių linkmėmis (MPa), gniuždymo atveju imamas minuso ženklas:

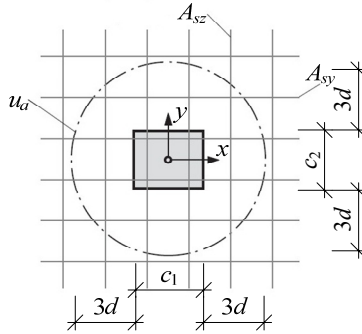
$$\sigma_{cy} = \frac{N_{Ed,y}}{A_{cy}} \quad \text{ir} \quad \sigma_{cz} = \frac{N_{Ed,z}}{A_{cz}}, \quad (17)$$

čia: $N_{Ed,y}$, $N_{Ed,z}$ – vidinių kolonų išilginė jėga nuo išorinės apkrovos ar išankstinio apspaudimo į visą piramidę ir kraštinių kolonų išilginė jėga į pavojingąjį pjūvį; A_c – betono skerspjūvio plotas, nusakomas kaip ir N_{Ed} .

Kai nagrinėjamoje kritinėje plokštumoje veikia priešingos krypties nei V_{Ed} išorinė jėga, pvz., grunto slėgis, praspaudžiamoji jėga apskaičiuojama pagal šią formulę:

$$V_{Ed,red} = V_{Ed} - \Delta V_{Ed} , \quad (18)$$

čia: V_{Ed} – koloną veikianti jėga; ΔV_{Ed} – nagrinėjamoje kritinėje plokštumoje į viršų veikianti jėga, t. y. į viršų veikiantis grunto slėgis minus savasis plokštės svoris.



12 pav. Schema armavimo koeficientui apskaičiuoti

$$v_{Ed} = V_{Ed,red} / u d , \quad (19)$$

$$v_{Rd} = \frac{0,18}{\gamma_c} k (100 \rho f_{ck})^{1/3} \cdot 2d / a \geq 4 f_{ctd} \cdot 2d / a , \quad (20)$$

čia a – atstumas nuo kolonos krašto iki nagrinėjamos kritinės plokštumos. Ekscentrinio apkrovimo:

$$v_{Ed} = \frac{V_{Ed,red}}{u \cdot d} \left[1 + k \frac{M_{Ed} \cdot u}{V_{Ed,red} \cdot W} \right] . \quad (21)$$

Jeigu (1) sąlyga netenkina, t. y. $v_{Ed} > v_{Rd,c}$, reikalinga skersinė armatūra. Tokiu atveju ji apskaičiuojama pagal formulę

$$v_{Rd,cs} = 0,75 v_{Rd,c} + 1,5 (d / s_r) A_{sw} \cdot f_{ywd,ef} (1 / (u_1 d)) \sin \alpha , \quad (22)$$

čia: A_{sw} – kolonos perimetru vienoje eilėje esančios skersinės armatūros skerspjūvio plotas, mm^2 ; s_r – atstumas tarp skersinės armatūros

eilių radialine linkme; α – kampas tarp skersinės armatūros ir plokštės ašies; $f_{ywd,ef}$ – skersinės armatūros efektyvusis skaičiuotinis praspaudžiamasis stipris ($f_{ywd,ef} = 250 + 0,25d \leq f_{ywd}$), MPa; d – naujingasis plokštės storis.

Didžiausias gretimo kolonai pjūvio betono praspaudžiamasis stipris $v_{Rd,max}$:

$$v_{Ed} = \frac{V_{Ed}}{u_0 d} \leq v_{Rd,max} = 0,5v_{fd}, \quad (23)$$

čia perimetras u_0 :

$u_0 = 2(c_x + c_y)$ – vidinių kolonų;

$u_0 = c_x + 3d \leq c_x + 2c_y$ – kraštinių kolonų;

$u_0 = 3d \leq c_x + c_y$ – kampinių kolonų;

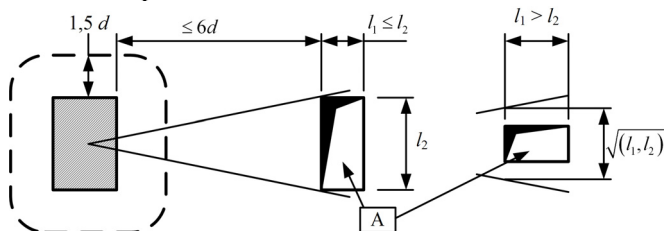
c_y, c_z – kolonos kraštinių matmenys; c_y – kolonos skerspjūvio matmuo, lygiagretus su plokštės kraštu. Parinkus skersinę armatūrą, nustatoma zona, kur skersinė armatūra nebereikalinga. Kritinis perimetras u_{out} (ar $u_{out,edef}$), kuriam skersinė armatūra nebereikalinga, gali būti apskaičiuojamas pagal šią formulę:

$$u_{out,of} = \frac{V_{Ed}}{v_{Rd,c} \cdot d}. \quad (24)$$

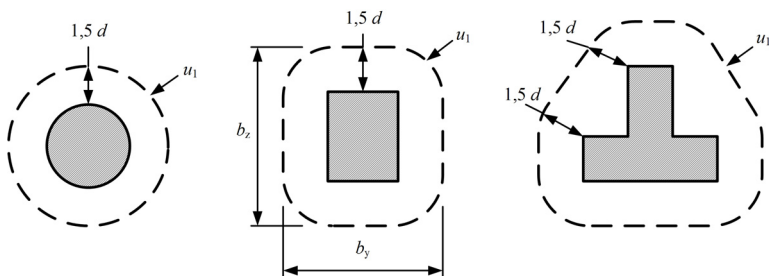
Skersinę armatūrą būtina išdėstyti zonoje, kurios plotis ne mažesnis nei atstumas nuo kolonos iki šią zoną ribojančio perimetro $u_{out} - 1,5d$ (ar $u_{out,edef}$) atstumu nuo kolonos.

3. KRITINIO PERIMETRO NUSTATYMAS

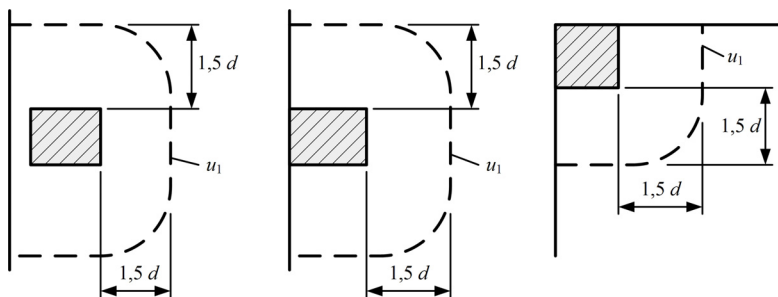
Kritinis perimetras priklauso nuo praspaudžiančiojo elemento (kolonos) padėties plokštės krašto ar angos atžvilgiu. Jeigu nuo kritinio perimetro plokštės laisvas (neparemtas) kraštas, kampas ar anga yra arčiau nei $6d$, kritinio perimetro ilgis nustatomas pagal schemas, pateiktas 13 ir 14 pav.



13 pav. Kritinio perimetro nustatymo būdingiausieji atvejai



14 pav. Kritinio perimetro nustatymas plokštės pakraštyje ar kampe



15 pav. Kritinio perimetro nustatymas prie angos: A – anga

Praspaudžiamojo elemento kritiniai perimetrai u_1 nustatomi:

- apskritojo skerspjūvio formos praspaudžiamojo elemento (apskritojo kolonos skerspjūvio)

$$u_1 = \pi(d_c + 3d), \quad (25)$$

- stačiakampio skerspjūvio formos praspaudžiamojo elemento

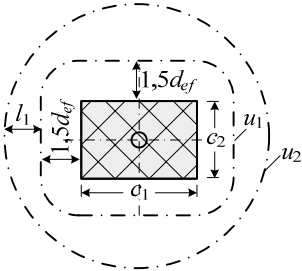
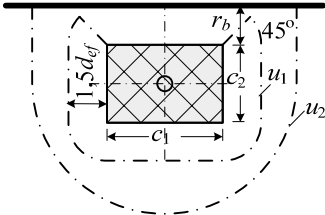
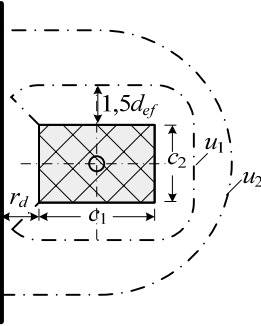
$$u_1 = 2(c_1 + c_2 + 1,5\pi d), \quad (26)$$

čia: c_1 ir c_2 – kolonos skerspjūvio matmenys (žr. 12 pav.); d_c – apskritojo skerspjūvio kolonos skersmuo.

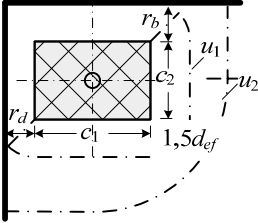
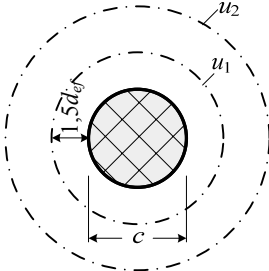
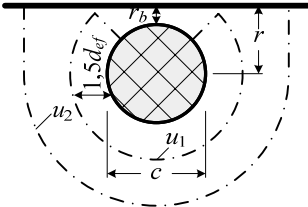
Nustatant kritinio perimetro ilgį turi būti įvertinama greta esančių angų įtaka. Jeigu angos yra nutolusios nuo kolonos atstumu $\leq 6d$, nustatant kritinį perimetrą, įvertinama jų įtaka. Šiuo atveju kritinis perimetras sumažinamas pagal 15 pav. pateiktą schemą.

Monolitinio gelžbetonio plokštės praspaudžiamojo kritinio perimetro nustatymo galimi atvejai pateikti 5 lentelėje.

5 lentelė. Praspaudžiamojo kritinio perimetro nustatymo galimi atvejai

Atvejis	Schema / Perimetras
1 atvejis Stačiakampio skerspjuvio vidurinė kolona $c_2 < c_1 \leq 2c_2$; $(c_1 + c_2) \leq 11d_{ef}$	 $u_1 = 2(c_1 + c_2 + 1,5\pi d_{ef})$
2 atvejis Stačiakampio skerspjuvio kraštinė kolona $c_1 \parallel$ su plokštės kraštu $c_2 < c_1 \leq 2c_2$; $(c_1 + c_2) \leq 11d_{ef}$; $r_b \leq 6 \cdot d_{ef}$	 $\begin{aligned} &= 0; u_1 = 2c_2 + c_1 + 1,5\pi \cdot d_{ef} \\ &r_b \geq 1,5d_{ef} \\ &\leq 6d_{ef}; u_1 = 2c_2 + c_1 + 2,25\pi \cdot d_{ef} \end{aligned}$
3 atvejis Stačiakampio skerspjuvio kraštinė kolona $c_1 \parallel$ su plokštės kraštu $c_2 < c_1 \leq 2c_2$; $(c_1 + c_2) \leq 11d_{ef}$; $r_d \leq 6 \cdot d_{ef}$	 $\begin{aligned} &= 0; u_1 = 2c_1 + c_2 + 1,5\pi \cdot d_{ef} \\ &r_d \leq 6d_{ef}; u_1 = 2c_1 + c_2 + 2,25\pi \cdot d_{ef} \end{aligned}$

5 lentelės tęsinys

4 atvejis Stačiakampio skerspjūvio kampinė kolona $c_2 < c_1 \leq 2c_2;$ $(c_1 + c_2) \leq 11d_{ef};$ $r_b \leq 6 \cdot d_{ef};$ $r_d \leq 6d_{ef}$	 $r_b = r_d \begin{cases} = 0; u_1 = c_1 + c_2 + 0,75\pi \cdot d_{ef} \\ \leq 6d_{ef}; u_1 = c_1 + c_2 + r_d + r_b + 0,75\pi \cdot d_{ef} \end{cases}$
5 atvejis Apskritojo skerspjūvio vidurinė kolona $c \leq 3,5d_{ef}$	 $u_1 = \pi(c + 3d_{ef})$
6 atvejis Apskritojo skerspjūvio kraštinė kolona $c \leq 3,5d_{ef};$ $r_b \leq 6d_{ef}$	 $r_b \begin{cases} > 0 \\ \leq 6d_{ef} \end{cases}$ $u_1 = \pi(c + 3d_{ef}) \left(1 - \frac{\alpha}{360^\circ} \right);$ $\alpha \leq 270^\circ$

4. SKERSINĖS ARMATŪROS SKAIČIAVIMAS

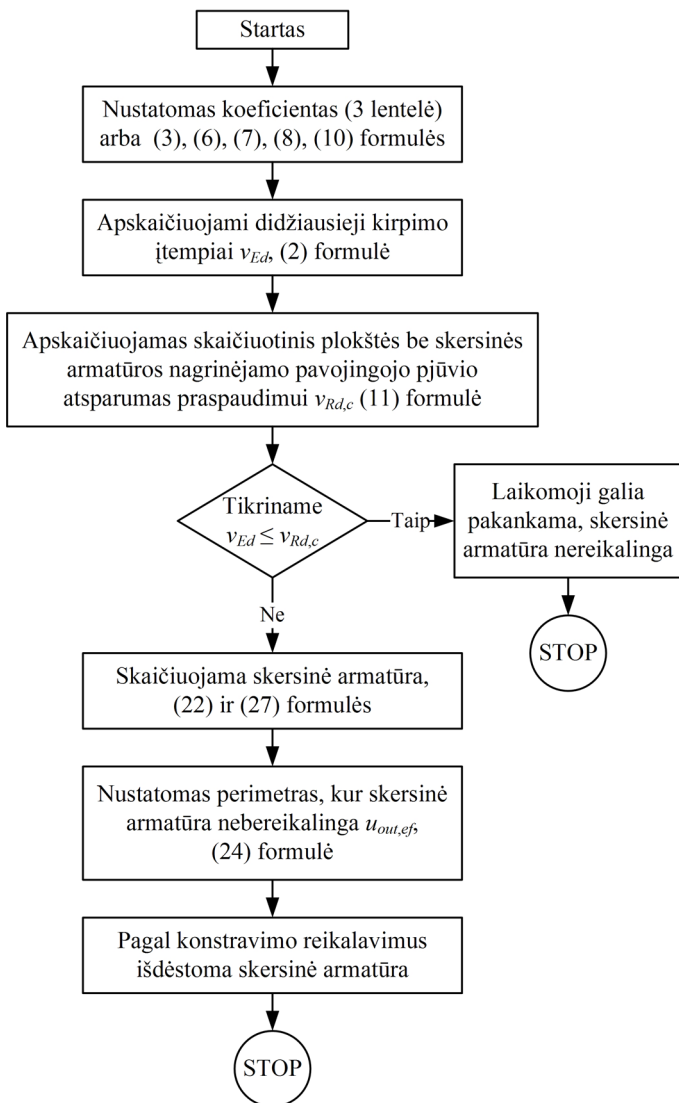
Jei (1a) sąlyga netenkinama, reikalinga skersinė armatūra. Jos kiekis apskaičiuojamas remiantis (27) formule. Kai kampas $\alpha = 90^\circ$, skersinės armatūros kiekis:

$$A_{sw} = \frac{v_{Ed} - 0,75v_{Rd,c}}{1,5(d/s_r)f_{ywd,ef}(1/u_1d)} \cdot \quad (27)$$

Skersinė jėga, kurią atlaiko betonas plokštės pavojingą pjūvio ploto vienetu $v_{Rd,c}$ apskaičiuojama pagal (12) formulę. Skersinė armatūra pagal konstravimo taisyklių reikalavimus [2] turi būti išdėstoma zonoje, kurios plotis lygus atstumui nuo praduriamojo elemento iki šią zoną ribojančio perimetro u_{out} . Armatūra išdėstoma atstumu $l_s = u_{out} - 1,5d$ nuo kolonos. Atstumas l_s – tai atstumas nuo praduriamojo elemento (kolonos) krašto iki skersinės armatūros paskutinio strypo.

Skersinės armatūros armavimo elementai HDB gali būti skaičiuojami ir parenkami naudojant Halfen-Deha skaičiavimo programą HDB.

Toliau pateiktas plokštės praduriamosios zonos armavimo elementų skaičiaus apskaičiavimo eiliškumas.



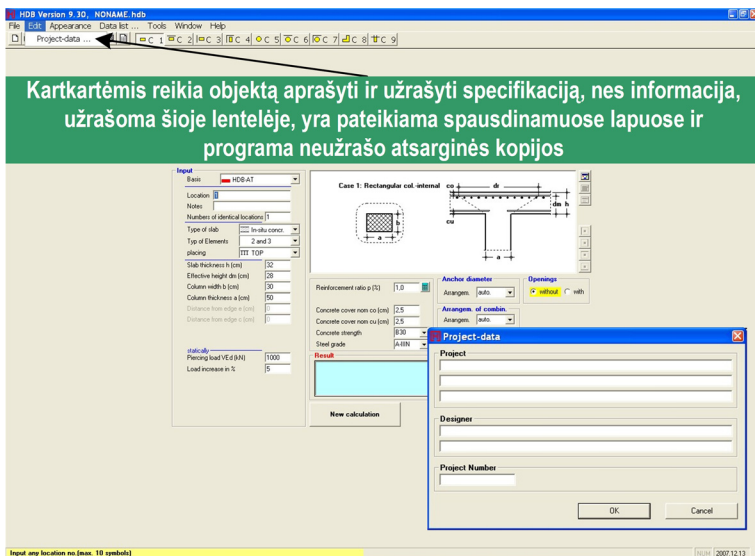
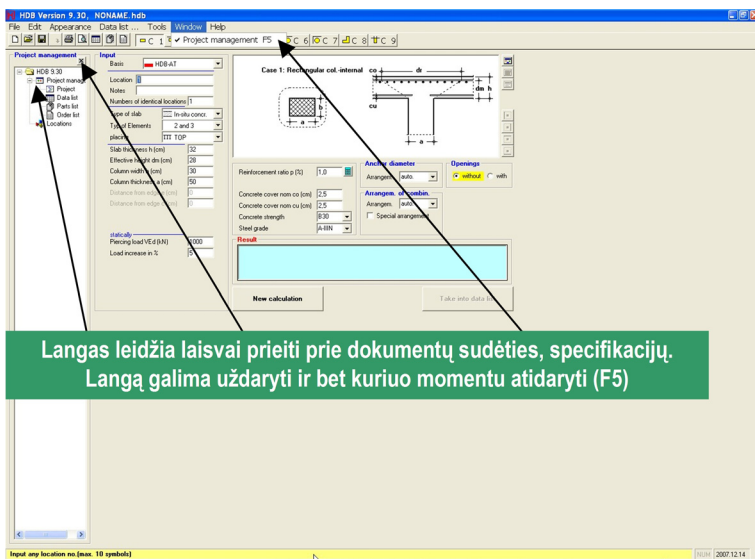
5. PRASPAUDŽIAMOSIOS PLOKŠTĖS SKERSINĖS ARMATŪROS SKAIČIAVIMAS HALFEN-DEHA PROGRAMA HDB

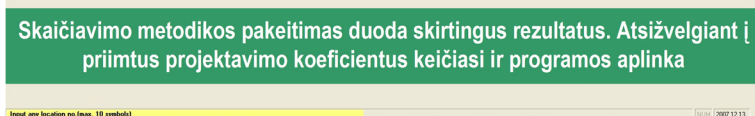
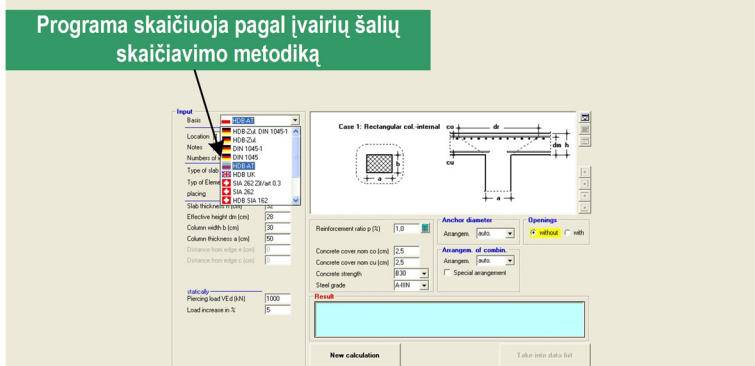
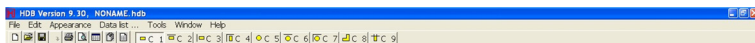
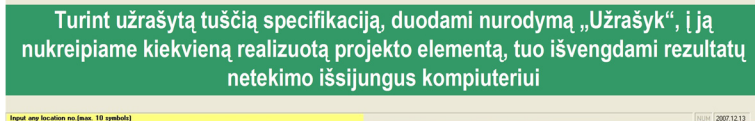
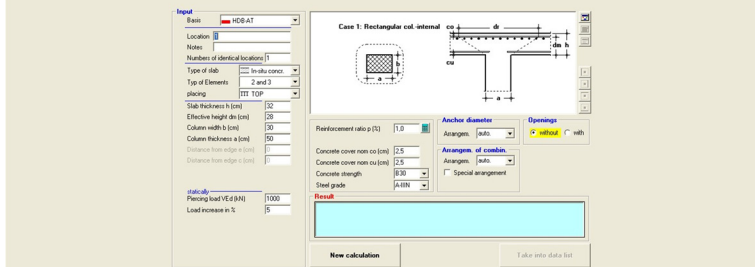
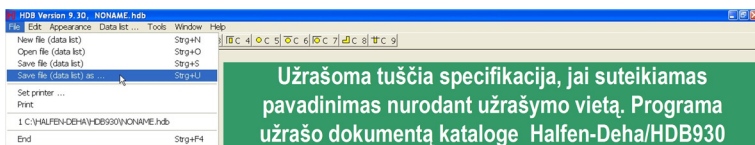
Skaičiavimo programa leidžia apskaičiuoti nesijinės perdangos plokščių praspaudžiamosios zonos skersinės armatūros skaičių pagal euronormas EC2, lenkiškąsias gelžbetoninių konstrukcijų projektavimo normas ir DIN.

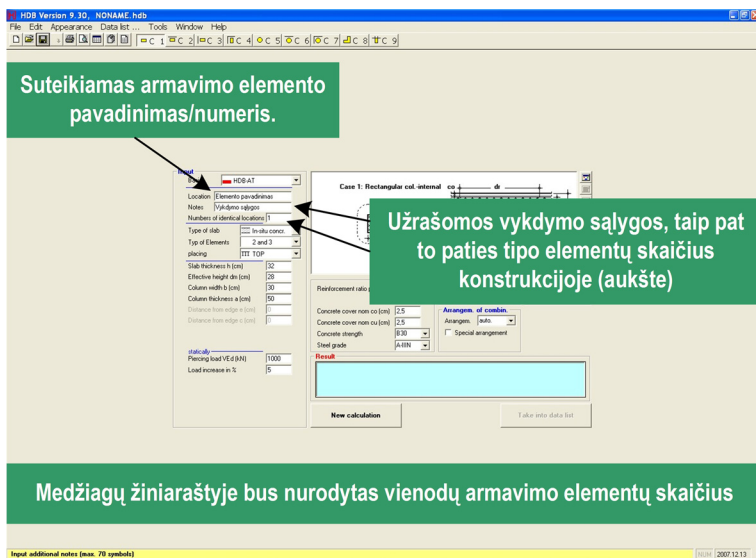
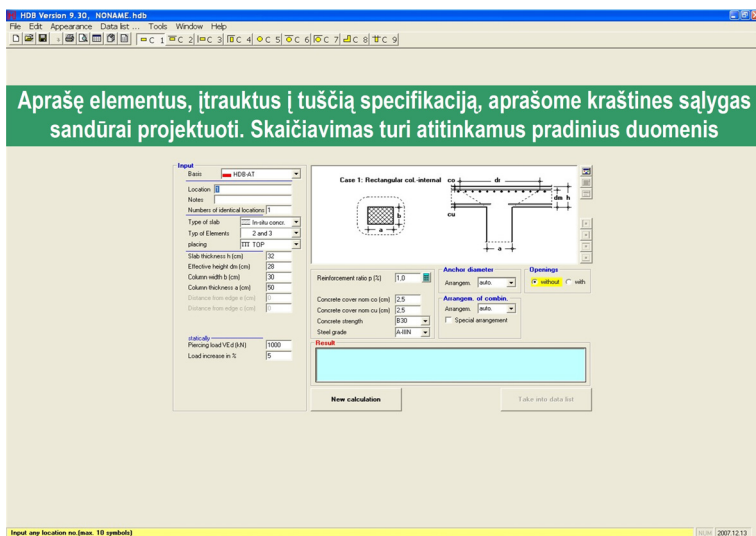
Programa Halfen-Deha HDB galima apskaičiuoti nesijinėms perdangoms armavimui reikalingą armavimo elementų HDB skaičių, parinkti jų išdėstymą praspaudimo zonoje.



Programos paleidimas: pasirenkama kalba ir praspaudžiamas
„Start“ mygtukas







Nurodomas gelžbetoninės plokštės tipas: monolitas (kolona ir plokštė) arba pamatas.

Projekte nurodomas armavimo elemento tipas su 2 ar 3 strypais arba vientisas

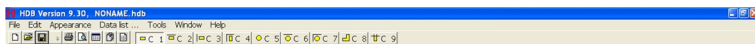
Nurodomas sudėjimo būdas: armavimo elementai sudedami iš viršaus arba ant klojinio (iš apačios) prieš sudedant armatūros tinklus

Daug patogiau sudėti vieną juostą nei 2 ar 3. Armavimo elementus patogiau dėti iš viršaus ant armatūros tinklų

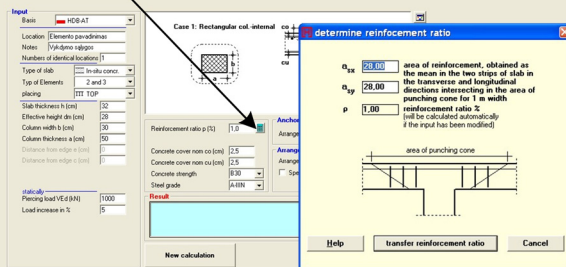
Input additional notes (max. 70 symbols)

Projektuojant pamatą nurodomas grunto slėgis. 50 % grunto slėgio įvertinama skaičiuojant

Input additional notes (max. 70 symbols)

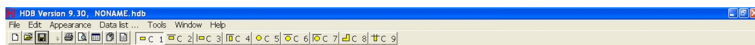


Nurodomas plokštės viršutinės armatūros kiekis (cm^2) x ir y kryptimis praspaudimo zonoje arba armavimo procentas. Programa perskaičiuoja armatūros kiekį iš cm^2 į armavimo procentą arba atvirkščiai

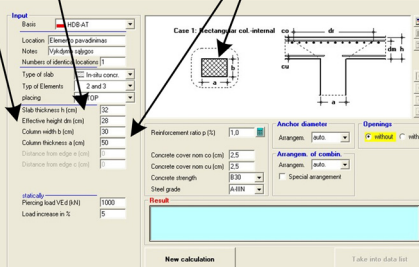


Plonoms plokštėms reikia numatyti armatūros kiekį $\geq 1\%$. Taip yra numatyta programoje skaičiavimo pradžioje

Input additional notes (max. 70 symbols) [000] 2007.12.13



Nurodomas plokštės storis, kolonos skerspjūvio matmenys, naudingasis plokštės skerspjūvio aukštis. Jis negali būti didesnis kaip atstumas nuo x arba y krypties armatūrų svorio centro iki labiausiai gniuždomų sluoksnių



Input additional notes (max. 70 symbols) [000] 2007.12.13

HD9 Version 9.10. NONAME.hdb
File Edit Appearance Data list ... Tools Window Help
[Icons] [C 1] [C 2] [C 3] [C 4] [C 5] [C 6] [C 7] [C 8] [C 9]

Input ■ HCB AT

Basis: HCB AT

Location: [Elemento parvadinimas]

Notes: [Vardymo rėpjos]

Numbers of identical locations: [1]

Type of slab: In situ concrete

Type of Elements: 2 and 3

placing: TTT TOP

Slab thickness h (cm): [52]

Effective height d_{eff} (cm): [20]

Column width b (cm): [30]

Column thickness a (cm): [50]

Distance from edge b (cm): [7]

Distance from edge a (cm): [7]

statically:
 Percing load VED (kN): [1000]
 Load increase in %: [5]

Case 1: Rectangular col. internal

Reinforcement ratio ρ (%): [1.0]

Concrete cover norm co (cm): [2.5]

Concrete cover norm cu (cm): [2.5]

Concrete strength: B30

Steel grade: A113

Result

Anchor diameter: auto

Openings: without with

Arrangement of combin.: auto

Special arrangement: ☐

New calculation Take into data list

Nurodoma plokštės betono klasė

Choose concrete strength. Switch up and down with keyboard arrows or tick arrow. [HD9] 2007.12.13

HD9 Version 9.10. NONAME.hdb
File Edit Appearance Data list ... Tools Window Help
[Icons] [C 1] [C 2] [C 3] [C 4] [C 5] [C 6] [C 7] [C 8] [C 9]

Input ■ HCB AT

Basis: HCB AT

Location: [Elemento parvadinimas]

Notes: [Vardymo rėpjos]

Numbers of identical locations: [1]

Type of slab: In situ concrete

Type of Elements: 2 and 3

placing: TTT TOP

Slab thickness h (cm): [52]

Effective height d_{eff} (cm): [20]

Column width b (cm): [30]

Column thickness a (cm): [50]

Distance from edge b (cm): [7]

Distance from edge a (cm): [7]

statically:
 Percing load VED (kN): [1000]
 Load increase in %: [5]

Case 1: Rectangular col. internal

Reinforcement ratio ρ (%): [1.0]

Concrete cover norm co (cm): [2.5]

Concrete cover norm cu (cm): [2.5]

Concrete strength: B30

Steel grade: A113

Result

Anchor diameter: auto

Openings: without with

Arrangement of combin.: auto

Special arrangement: ☐

New calculation Take into data list

Nurodoma armatūros klasė

Choose concrete strength. Switch up and down with keyboard arrows or tick arrow. [HD9] 2007.12.13

HDB Version 9.30, NONAME.hdb

File Edit Appearance Data list ... Tools Window Help

← C 1 ← C 2 ← C 3 ← C 4 ← C 5 ← C 6 ← C 7 ← C 8 ← C 9

Nurodoma kolonos padėtis: vidurinė, kraštinė, kampinė, sienos galas

Input

Basis: HCB AT

Location: Elemento pavadinimas

Notes: Įvardymo sąlygos

Numbers of identical locations: 1

Type of slab: In situ concrete

Type of Elements: 2 and 3

placing: ITT TOP

Slab thickness h (cm): 52

Effective height d_{eff} (cm): 20

Column width b (cm): 50

Column thickness a (cm): 50

Distance from edge b (cm):

Distance from edge c (cm):

statically: Precing load VE(dBN): 1000

Load increase in %: 5

Case 1: Rectangular col. internal

Reinforcement ratio ρ (%): 1.0

Concrete cover norm c₀ (cm): 2.5

Concrete cover norm c_u (cm): 2.5

Concrete strength: B30

Steel grade: A400

Anchor diameter: Arranges (auto)

Assembles of combin. Arranges (auto)

Special arrangement

Result

New calculation

Take into data list

Imamas koeficientas, padidinantis apkrovą ir įvertinantis, kad apkrova pridėta ekscentriškai

Choose concrete strength. Switch up and down with keyboard arrows or tick arrow

100% 2007.12.13

HDB Version 9.30, NONAME.hdb

File Edit Appearance Data list ... Tools Window Help

← C 1 ← C 2 ← C 3 ← C 4 ← C 5 ← C 6 ← C 7 ← C 8 ← C 9

Kai kolonos matmenys $a > 2b$, rekomenduojama apkrovą padidinti 40 % ir galveną imti kaip du sienos galus

Input

Basis: HCB AT

Location: Elemento pavadinimas

Notes: Įvardymo sąlygos

Numbers of identical locations: 1

Type of slab: In situ concrete

Type of Elements: 2 and 3

placing: ITT TOP

Slab thickness h (cm): 52

Distance from edge b (cm):

Distance from edge c (cm):

statically: Precing load VE(dBN): 1000

Load increase in %: 5

Case 1: Rectangular col. internal

Reinforcement ratio ρ (%): 1.0

Concrete cover norm c₀ (cm): 2.5

Concrete cover norm c_u (cm): 2.5

Concrete strength: B30

Steel grade: A400

Anchor diameter: Arranges (auto)

Assembles of combin. Arranges (auto)

Special arrangement

Result

Haifen HDB 9.30

⚠ Because of the dimensions of the column a continuous perimeter is not possible. The perimeter will be split up into several parts.

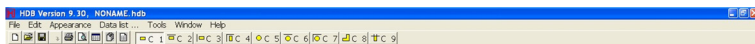
Attention: The axisymmetrical loading is no longer ensured.

Should the load increase factor be raised to 40%?

Yes No

Input column thickness a in cm!

100% 2007.12.13



Kai kolonos matmenys $a > 2b$, rekomenduojama apkrovą padidinti 40 % ir galveną imti kaip du nesimetriškai apkrautus sienos galus

Input

Basis: **HCB AT**

Location: Elemento pavadinimas

Notes: Įvadinimo rūšių

Numbers of identical locations: 1

Type of slab: In situ concrete

Type of Elements: 2 and 3

placement: TTT TOP

Slab thickness h (cm): 52

Effective height d_{eff} (cm): 20

Column width b (cm): 30

Column thickness a (cm): 70

Distance from edge a (cm):

Distance from edge b (cm):

Load increase in %: **40**

Result

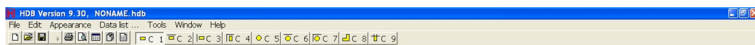
New calculation

Take into data list

Tai bus parodyta konkrečiame priedo pavyzdyje

Input pinning load VED in KN (load used for calculation)

10/11 2007.12.13



Ekscentriškai apkrautoms kolonoms: kraštinių kolonų, kampinių, sienų galų apkrova didinama 40 % arba 50 %, imant apkrovos didinimo koeficientą, išreikštą %

Input

Basis: **HCB AT**

Location: Elemento pavadinimas

Notes: Įvadinimo rūšių

Numbers of identical locations: 1

Type of slab: In situ concrete

Type of Elements: 2 and 3

placement: TTT TOP

Slab thickness h (cm): 52

Effective height d_{eff} (cm): 20

Column width b (cm): 30

Column thickness a (cm): 70

Distance from edge a (cm):

Distance from edge b (cm):

Load increase in %: **40**

Result

New calculation

Take into data list

Šios koeficiento reikšmės įvertina nepalankiausią atvejį ir duoda pakankamą patikimumą. Šio koeficiento reikšmę galima apskaičiuoti pagal nurodymuose pateiktas formules

Input pinning load VED in KN (load used for calculation)

10/11 2007.12.13

HB9 Version 9.10, NONAME.hdb

File Edit Appearance Data list ... Tools Window Help

Input: HB9-AT

Location: []

Notes: []

Numbers of identical locations: [1]

Type of slab: []

Typ of Elements: [2 and 3]

placing: []

Slab thickness h (cm): [50]

Effective height d_{eff} (cm): [20]

Column width b (cm): [50]

Column thickness a (cm): [50]

Distance from edge a (cm): [0]

Distance from edge e (cm): [0]

Distance from edge c (cm): [0]

statically: []

Piercing load F_{ED} (kN): [1000]

Load increase in %: [50]

Reinforcement ratio p (%): [1.0]

Concrete cover c_{min} (cm): [2.5]

Concrete cover c_{max} (cm): [2.5]

Concrete strength: [B30]

Steel grade: [A400]

Anchor diameter: []

Openings: []

Arranges: []

Arranges of combin.: []

Special arrangement: []

Result: []

New calculation

Take into data list

Case 4: Rectangular column corner

Input any location no (max. 10 symbols)

2007.12.14

Kampinės kolonos apkrova dėl ekscentriško jos veikimo didinama 50 %.
Nurodomas atstumas nuo krašto iki kolonos

HB9 Version 9.10, NONAME.hdb

File Edit Appearance Data list ... Tools Window Help

Input: HB9-AT

Location: []

Notes: []

Numbers of identical locations: [1]

Type of slab: []

Typ of Elements: [2 and 3]

placing: []

Slab thickness h (cm): [50]

Effective height d_{eff} (cm): [20]

Column width b (cm): [50]

Column thickness a (cm): [50]

Distance from edge a (cm): [0]

Distance from edge e (cm): [0]

Distance from edge c (cm): [0]

statically: []

Piercing load F_{ED} (kN): [1000]

Load increase in %: [40]

Reinforcement ratio p (%): [1.0]

Concrete cover c_{min} (cm): [2.5]

Concrete cover c_{max} (cm): [2.5]

Concrete strength: [B30]

Steel grade: [A400]

Anchor diameter: []

Openings: []

Arranges: []

Arranges of combin.: []

Special arrangement: []

Result: []

New calculation

Take into data list

Case 2: Rectangular column edge parallel to a

Input of the load increase factor with reduction at the outer perimeter according to DIN 1045-1 (none)

HB9 approval

Calculation following HB9 approval

OK

Cancel

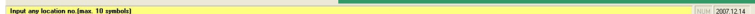
Norint skaičiuoti supaprastintu būdu, nurodome pirminį skaičiavimą

Input any location no (max. 10 symbols)

2007.12.14

Kai koeficientas apskaičiuojamas, nurodę padidinti apkrovą, nurodome skaičiavimo būdą

Norint skaičiuoti supaprastintu būdu, nurodome pirminį skaičiavimą



Programa automatiškai parenka armavimo elementų išdėstymą pagal lentelėje pateiktas schemas

Arrangement of elements

The program offers following options for the arrangement of the elements (arms):

- Automatically or to a preselected arrangement.

Armavimo elementų išdėstymas pagal pateiktas schemas ne visada būna optimalus. Elementų išdėstymą galima koreguoti, norint sumažinti kainą. Kaip tai atlikti, parodyta lape „Optimizacija“

- Manual selection

The option "automatic" is preset. In this case the program tries to optimize the number of elements T depending on the geometry, the load and the number of study resulting from it. In case of all other options you choose the arrangement.

In case of openings or other special conditions which have to be observed it would be useful to make a "manual selection". In this case you have to determine the number of elements. The elements will then be distributed symmetrically around the column **without** considering the openings. You can then optimize the distribution of the elements manually via the [ViewEdit window](#).

Special arrangement - Arrange elements manually
10/11 2007.12.14

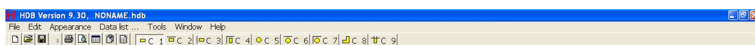
Arrangement of elements

The program offers following options for the arrangement of the elements (arms):

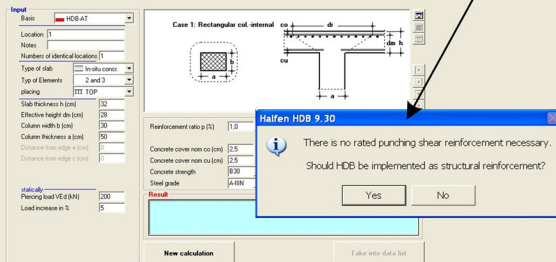
- Automatically or to a preselected arrangement.

Nurodžius visus duomenis pradedama skaičiuoti

Special arrangement - Arrange elements manually
10/11 2007.12.14



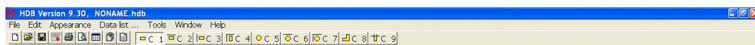
Atsižvelgiant į apkrovos dydį programa pateikia įvairių nurodymų (pastabų)



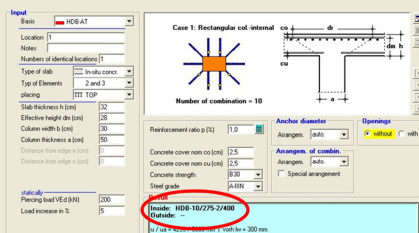
Jeigu įrašos yra mažos, lyginant su sandūros laikomąja galia, nurodoma, kad armavimas iš pradūrimo sąlygos nereikalingas. Šiuo atveju sandūrą galima armuoti konstruktyviai

Input punching load VEd in kN (load used for calculation)

10/11/2007 12:14

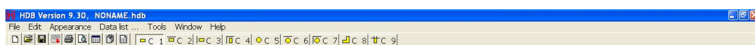


Nurodžius „Tęsti skaičiavimą“, armuojama konstruktyviai

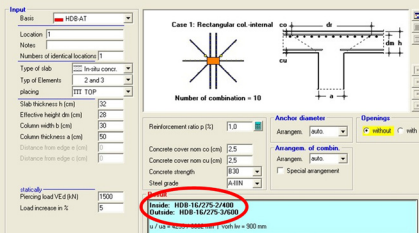


Rezultatas:
HDB – sistemos pavadinimas
10 – strypo skersmuo
275 – strypo aukštis
-2 arba -3 – strypų skaičius juostoje
400 – juostos ilgis

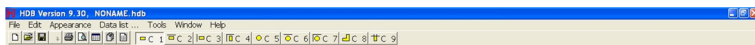
10/11/2007 12:14



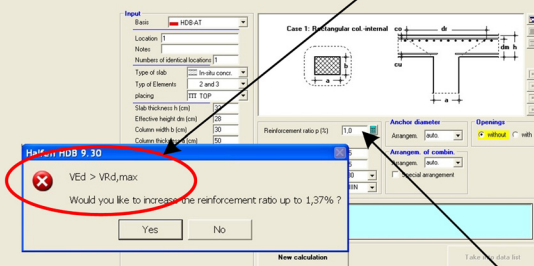
Armavimo parinkimas pagal sandūros laikomąją galią



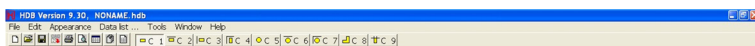
Rezultatas: armavimo schema ir nuorodos
HDB – sistemos pavadinimas
16 – strypo skersmuo
275 – strypo aukštis
-2 arba -3 – strypų skaičius juostoje
400, 600 – juostos ilgis



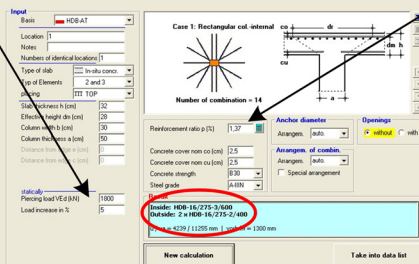
Skaiciuojama. Sandūros parametrai nepakankami, kad būtų galima
suprojektuoti pagal reikiamą laikomąją galią nepadidinus viršutinio armavimo



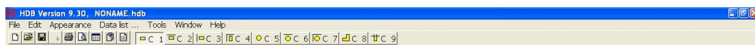
Programa nurodo padidinti armatūros skaičių. Reikia nurodyti naują
armavimo koeficientą (procentą)



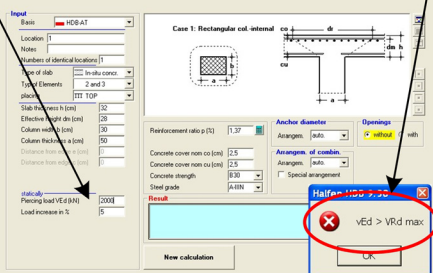
Nurodžius duomenis pradedama skaičiuoti. Padidinus armatūros kiekį projektuojama sandūra reikiamai laikomajai galiai.



Būtina atkreipti dėmesį į armavimo zonos plotį, taip pat į sandūros laikomosios galios išnaudojimą. Patikrinti skaičiavimo rezultatus



Įvedus duomenis skaičiuojama toliau. Sandūros parametrai nepakankami. Reikia pakeisti projektavimo duomenis



Input pinning load VEd in kN (load used for calculation).

[10/11] 2007.12.14

HD9 Version 9.30, NONAME.hdb

File Edit Appearance Data list ... Tools Window Help

Pakeitus duomenis skaičiuojama toliau. Ekrane pateikiami skaičiavimo rezultatai ir armavimo schema

Input: Basis: HD9-AT
 Location: 1
 Notes:
 Numbers of identical locations: 1
 Type of slab: In situ concrete
 Type of Elements: 2 and 3
 placing: ITT TOP
 Slab thickness h (cm): 32
 Effective height d_{eff} (cm): 20
 Column width b (cm): 30
 Column thickness a (cm): 30
 Distance from edge b (cm):
 Distance from edge a (cm):
 statically: Perencing load VED (kN): 1000
 Load increase in %: 5
 Result: Result: HD9-14/275-2/400
 Outside: --
 b / us = 4259 / 5590 mm | vort h = 300 mm
 Number of combination = 10
 Anchor diameter: 14 mm
 Reinforcement ratio p (%): 1.0
 Concrete cover norm co (cm): 2.5
 Concrete cover norm cu (cm): 2.5
 Concrete strength: B30
 Steel grade: A400
 Opening: 0 mm
 Special arrangement: ☒

2007.12.14

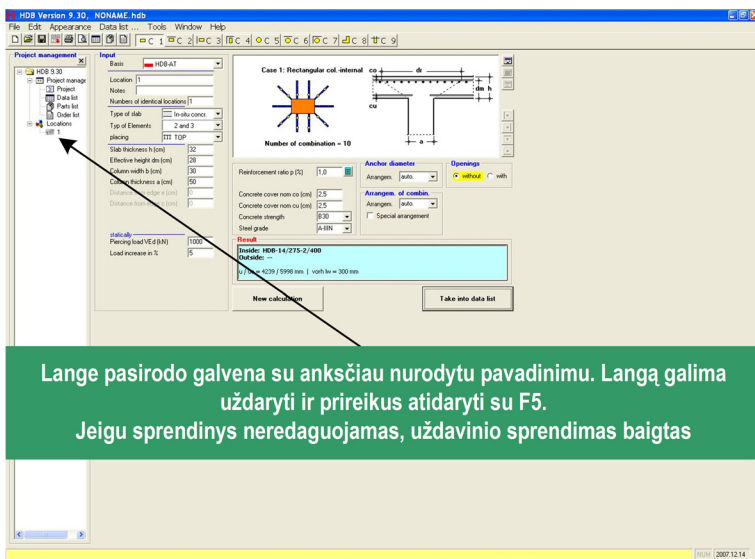
HD9 Version 9.30, NONAME.hdb

File Edit Appearance Data list ... Tools Window Help

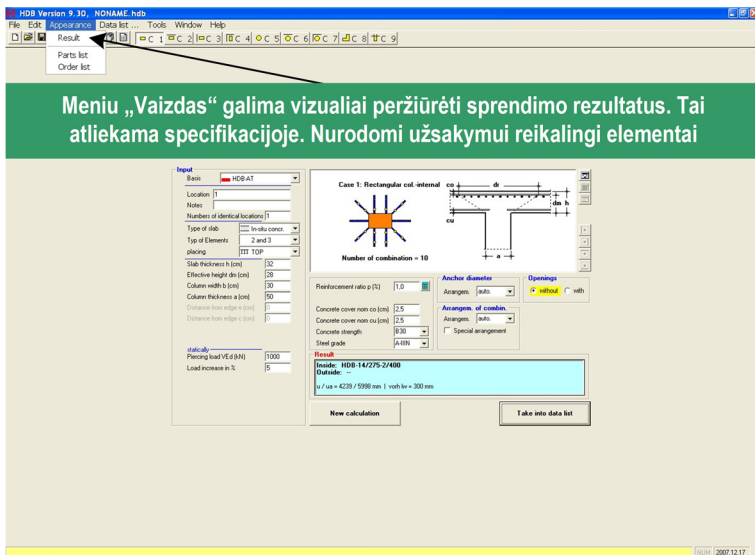
Norint užrašyti skaičiavimo rezultatus, sandūrą reikia įrašyti į specifikaciją. Į specifikaciją reikia įrašyti ir skaičiavimo rezultatus

Input: Basis: HD9-AT
 Location: 1
 Notes:
 Numbers of identical locations: 1
 Type of slab: In situ concrete
 Type of Elements: 2 and 3
 placing: ITT TOP
 Slab thickness h (cm): 32
 Effective height d_{eff} (cm): 20
 Column width b (cm): 30
 Column thickness a (cm): 30
 Distance from edge b (cm):
 Distance from edge a (cm):
 statically: Perencing load VED (kN): 1000
 Load increase in %: 5
 Result: Result: HD9-14/275-2/400
 Outside: --
 b / us = 4259 / 5590 mm | vort h = 300 mm
 Number of combination = 10
 Anchor diameter: 14 mm
 Reinforcement ratio p (%): 1.0
 Concrete cover norm co (cm): 2.5
 Concrete cover norm cu (cm): 2.5
 Concrete strength: B30
 Steel grade: A400
 Opening: 0 mm
 Special arrangement: ☒

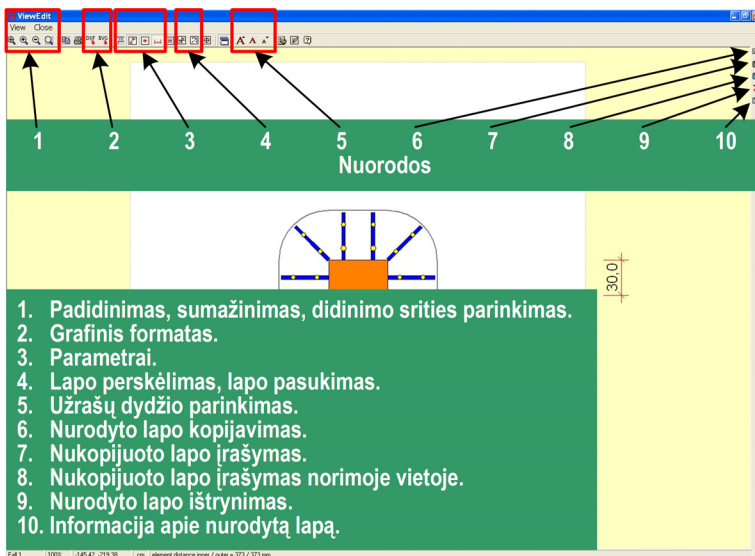
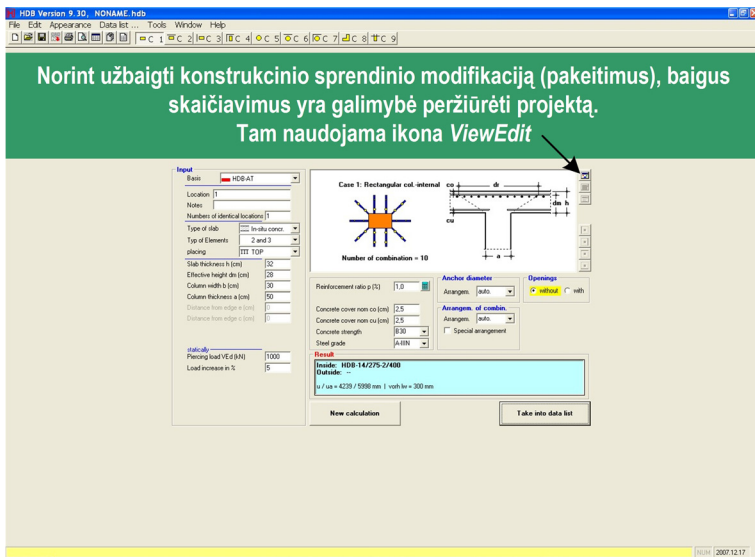
2007.12.14

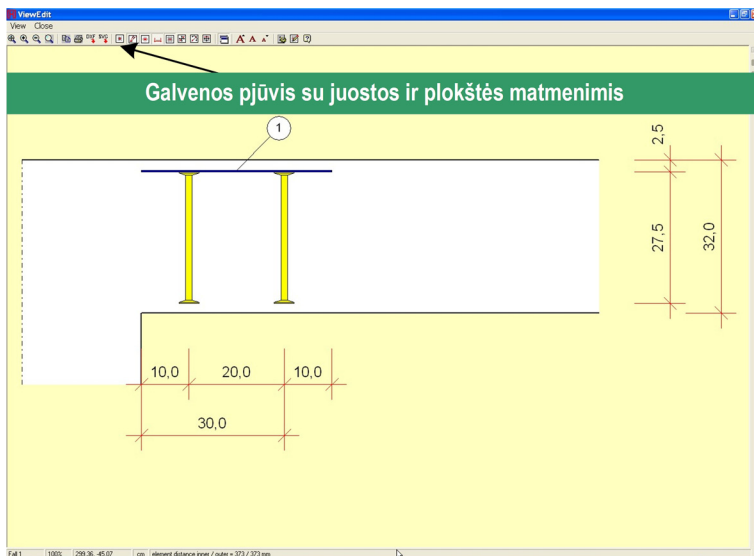
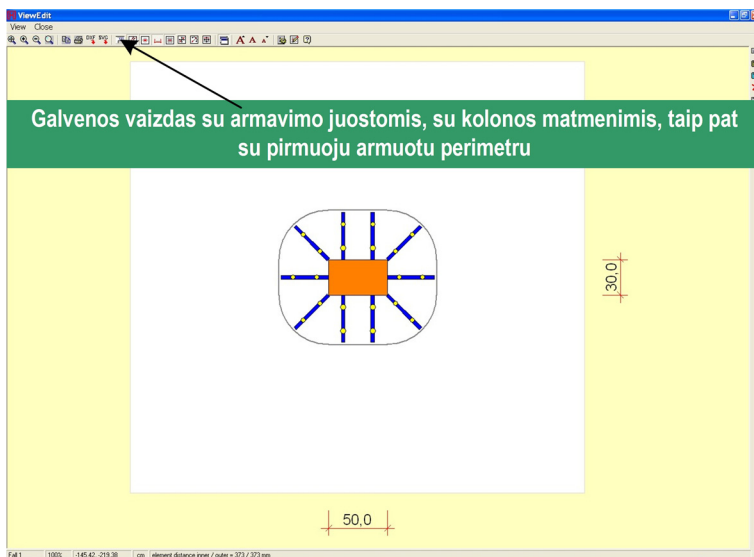


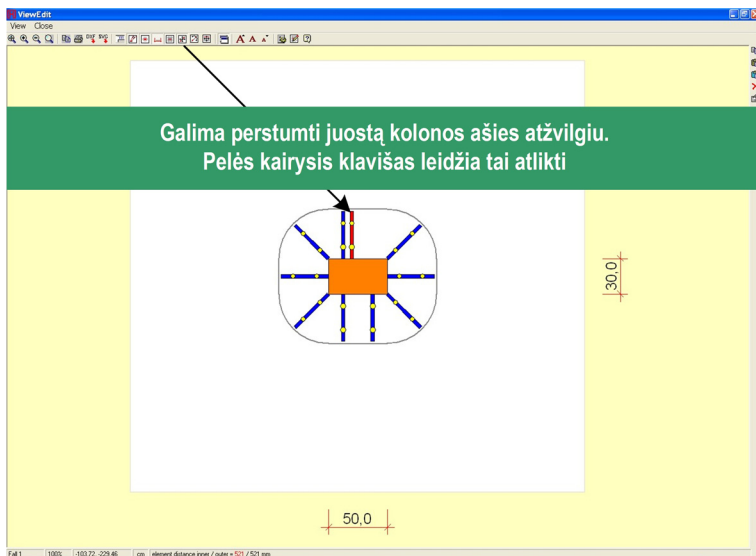
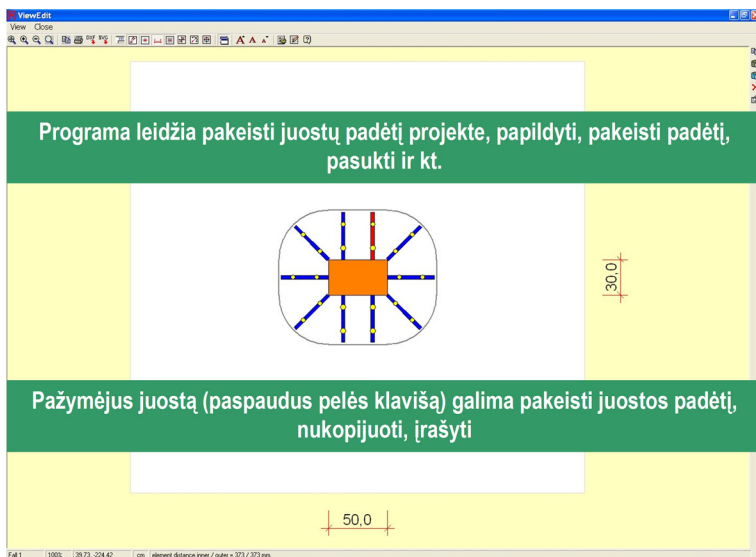
Lange pasirodo galvena su anksčiau nurodytu pavadinimu. Langą galima uždaryti ir prireikus atidaryti su F5. Jeigu sprendinys neredaguojamas, uždavinio sprendimas baigtas

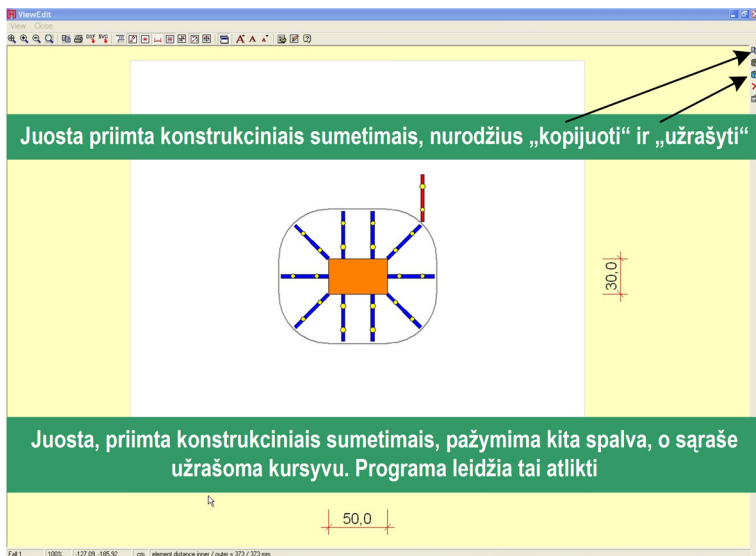
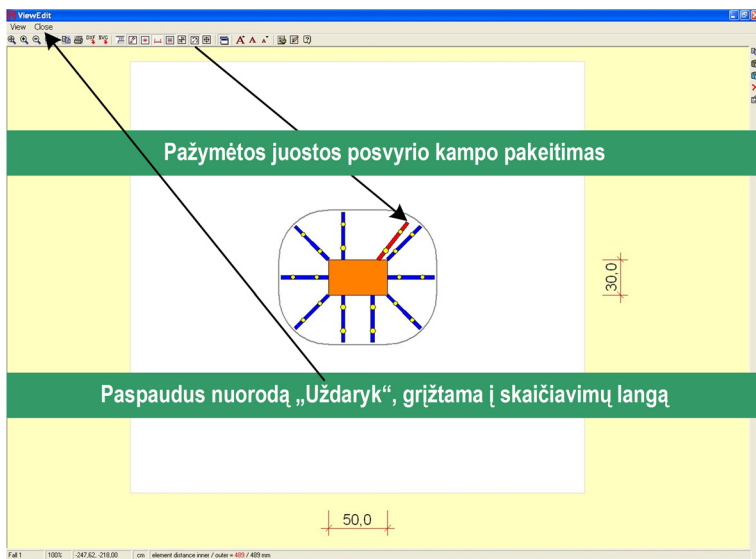


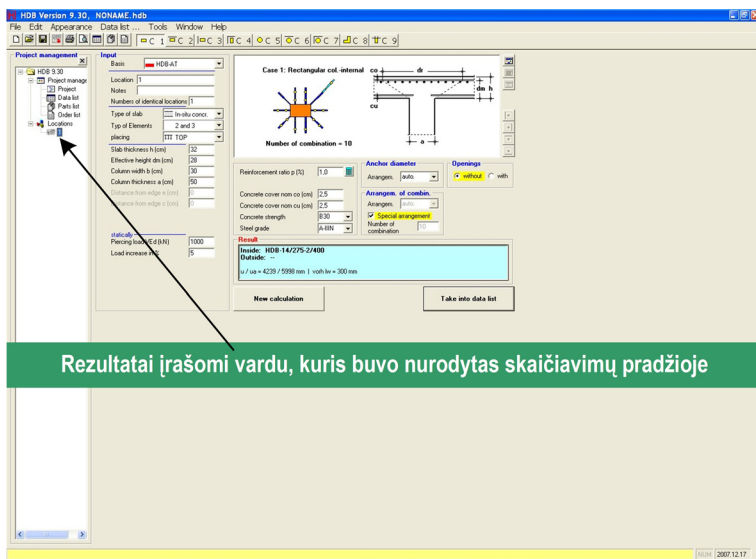
Meniu „Vaizdas“ galima vizualiai peržiūrėti sprendimo rezultatus. Tai atliekama specifikacijoje. Nurodomi užsakymui reikalingi elementai











Programa leidžia du galimus rezultatų keitimo (modifikavimo) būdus.

Pirmas, anksčiau parodytas, projektavimo būdas pateikia sprendinius, atitinkančius konstravimo (gamintojo techninių sąlygų) reikalavimus ir papildomas keitimas (modifikavimas) nėra būtinas.

Šis būdas yra greitas ir rekomenduojamas, jei konstruktorius papildomai armuoja ar modifikuoja elementus (sprendinius) ir nelaukia iš programos procedūrų tikrinimo, ar pakeitimai yra teisingi.

Antras būdas reikalauja tam tikrų papildomų operacijų (žr. priedą).

6. LITERATŪRA

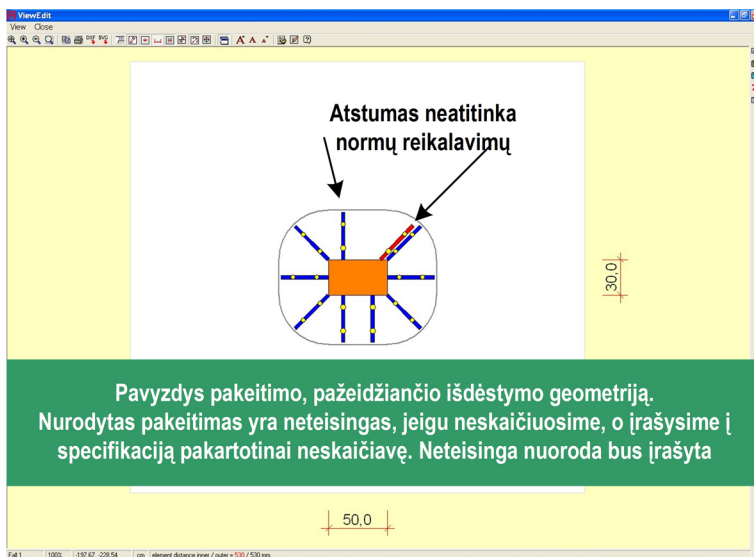
1. STOROSOLSKI, W. *Konstrukcje Żelbetowe*. Tom II. Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa, 2003. 42 p.
2. *STR 2.05.05:2005. Betoninių ir gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas*. 2005.
3. *EN 1992-1-1:2004. Eurocode 2: Design of concrete structures. Part 1-1: General rules and rules for buildings*. European committee for standardization. 2004
4. *Halfen zbrojenie na przebiecie typu HDB. Katalog techniczny. Nowa procedura obliczeniowa wg AT-15-4214/2005*. HALFEN-DEHA Sp., Poznan, 2005. 15 p.

PRIEDAS

PRASPAUDŽIAMOSIOS PLOKŠTĖS SKERSINĖS ARMATŪROS KONKRETŲS SKAIČIAVIMO ATVEJAI HALFEN-DEHA PROGRAMA HDB

Schemoje, pateikiamoje lange *ViewEdit*, anksčiau aprašytu būdu papildomai įdėti armavimo juosta. Po to atliekamas skaičiavimas, programa pereina į rankinio armavimo parinkimo būdą. Pakartotinai apskaičiavus sudaroma nauja schema su papildomais armavimo elementais. Tai gali būti kartojama keletą kartų. Jeigu atliekami pakartotiniai skaičiavimai (priimant papildomus armavimo elementus) ir jeigu mūsų atlikti pakeitimai yra teisingi (nėra klaidų), programa pateikia konstrukcinį sprendinį (schemą) su papildomais armavimo elementais ir įrašo į specifikaciją.

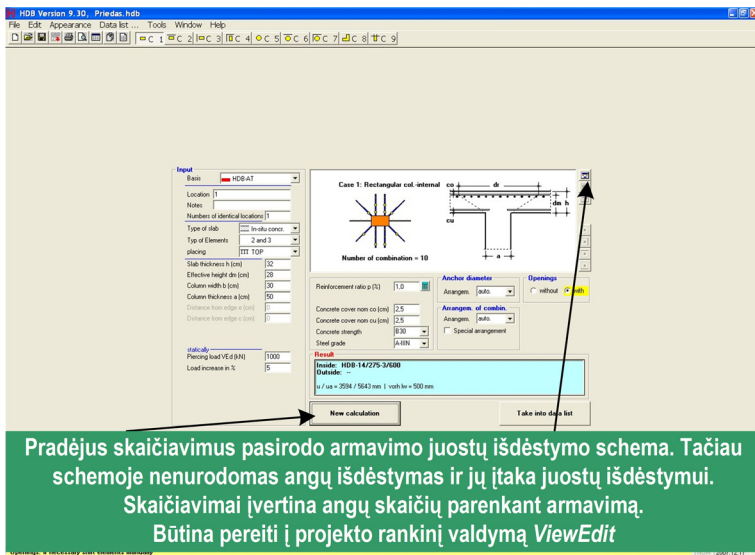
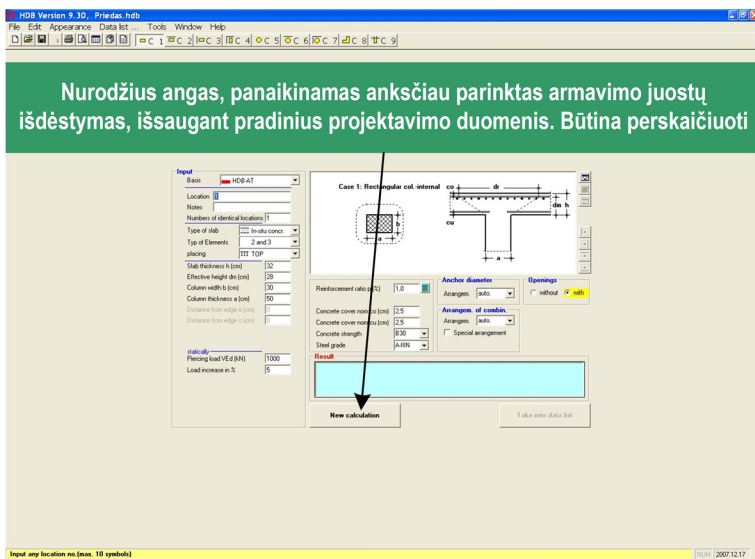
Jeigu nurodomos klaidos, konstrukcinį sprendinį būtina koreguoti ir pakartoti keitimų procesą iki galutinio sprendinio.

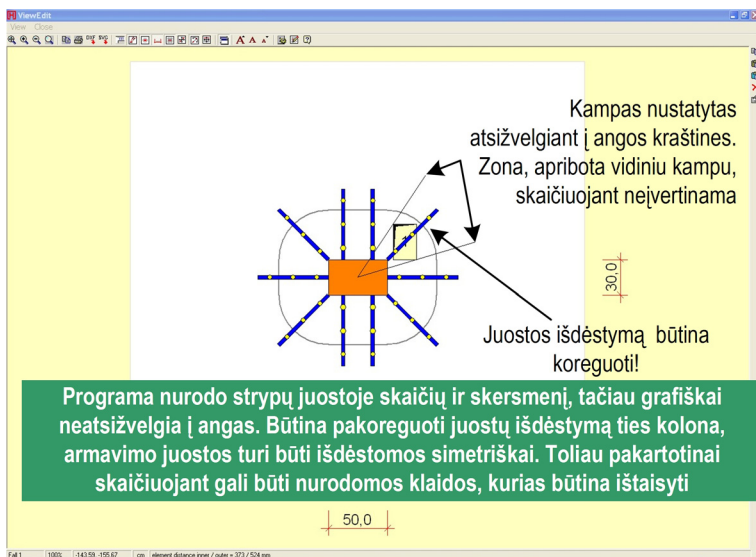


Papildomi armavimo elementai turi būti naudojami ir išdėstomi kartu su skaičiavimais, išvengiant per didelio armatūros kiekio arba per didelio atstumo tarp armavimo elementų (skersinės armatūros strypų).

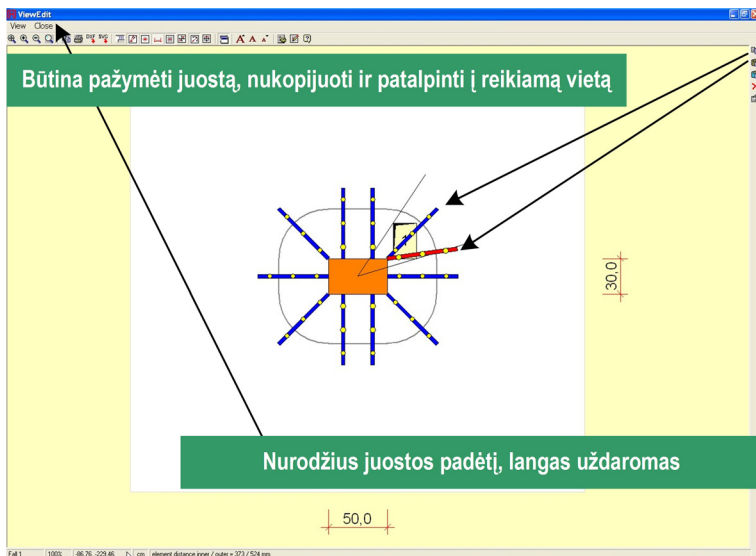
Tolesnē instrukcija nurodo teisingus pakeitumus greta kolonu galvenų esant kiaurymėms ir be jų. Tai bus parodyta pavyzdyje su kiaurymėmis. Kitais atvejais procedūra analogiška.

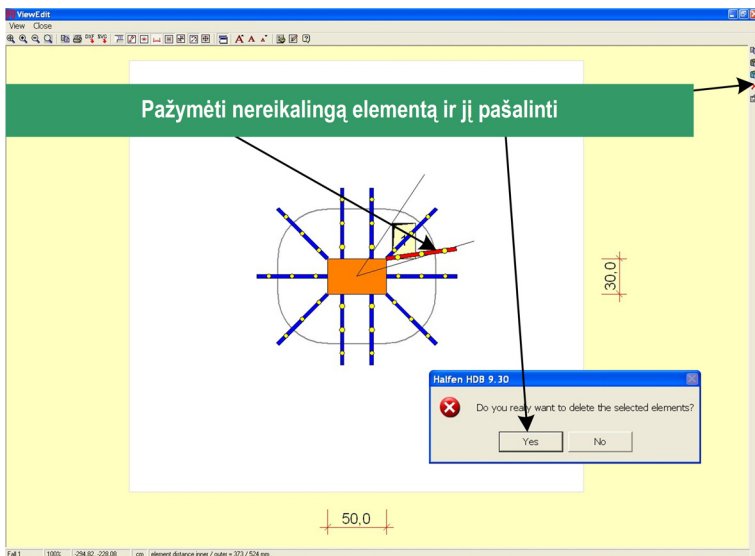
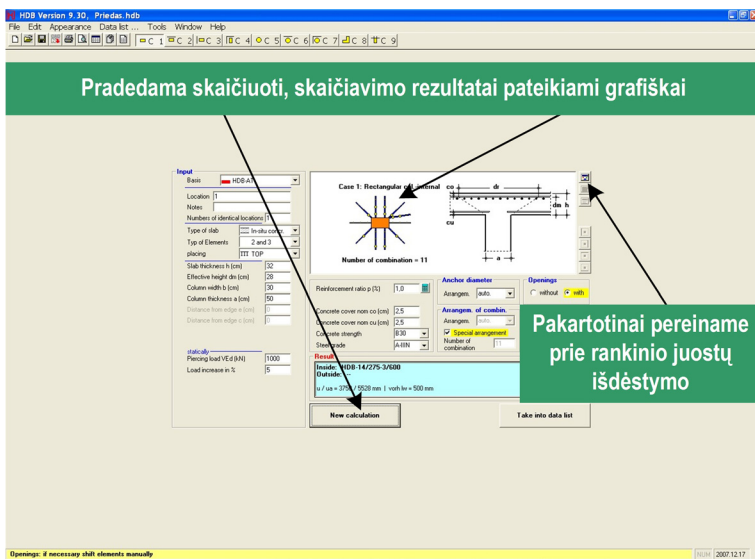


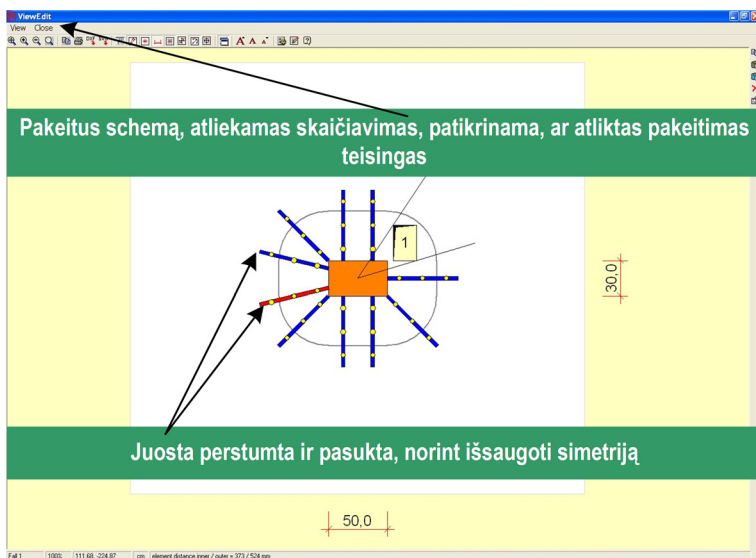
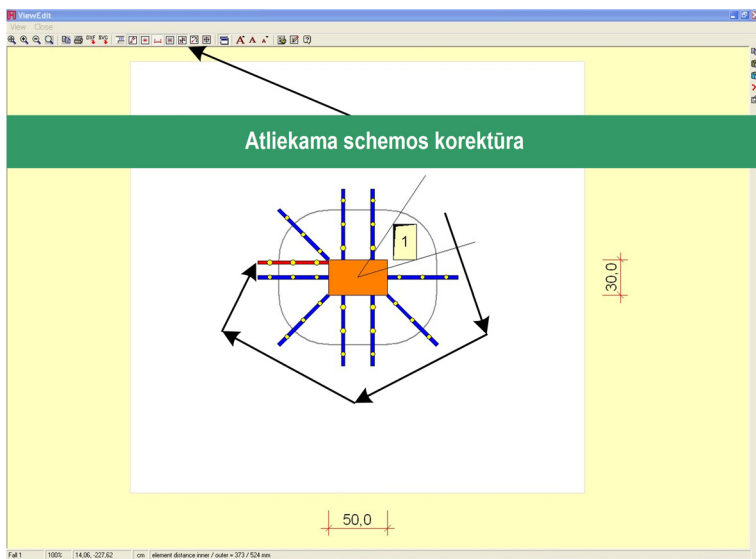


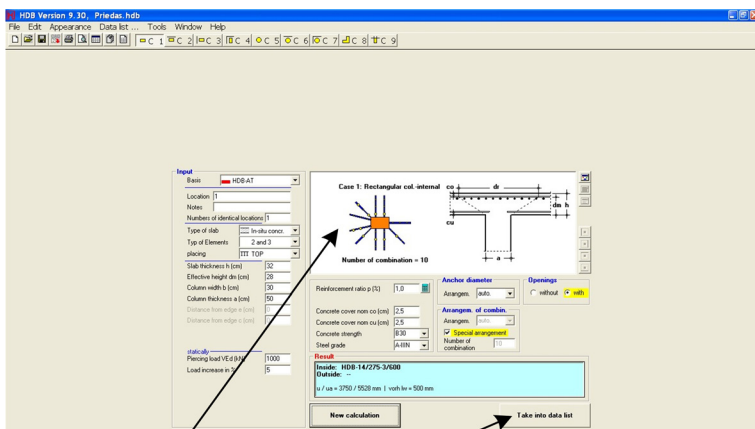


Programa nurodo strypų juostoje skaičių ir skersmenį, tačiau grafiškai neatsižvelgia į angas. Būtina pakoreguoti juostų išdėstymą ties kolona, armavimo juostos turi būti išdėstomos simetriškai. Toliau pakartotinai skaičiuojant gali būti nurodomos klaidos, kurias būtina ištaisyti









Teisingai pakeistas brėžinys pasirodo lange, programa nurodo tik juostas, neparodydama angų. Rezultatas įrašomas į specifikaciją ir peržiūrimas parengtas projektas

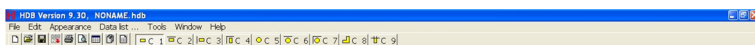
Openings: if necessary shift elements manually

10/11 2007.12.17

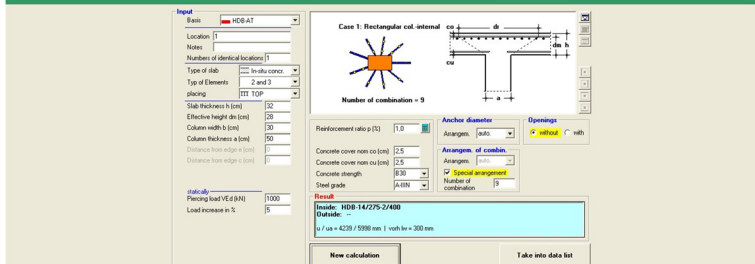
Skaiciavimo rezultatuose pateikiami pradiniai duomenys, angų matmenys ir baigtas projektas su nurodytomis angomis ir atliktais pakeitimais

Openings: if necessary shift elements manually

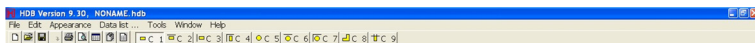
10/11 2007.12.17



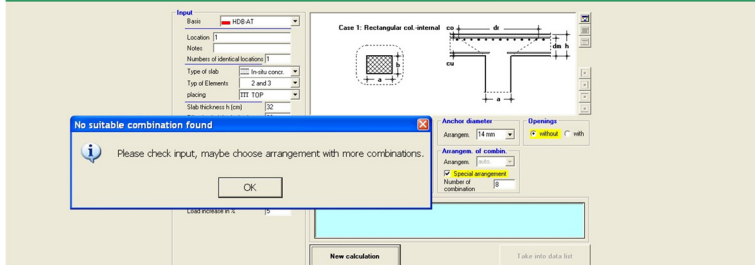
Jeigu rankiniu būdu parenkame styro skersmenį tokį, kokį parinko programa, ir nurodome juostų kiekio parinkimą, atimdami vieną arba du, galime optimizuoti panaudotų elementų skaičių



Juostų, išdėstytų rankiniu būdu, skaičius gali būti laisvai parenkamas. Jeigu jų parinktam styro skersmeniui yra per mažai, programa nurodo klaidą, jeigu per daug – klaida nenurodoma. Racionalaus sprendinio parinkimas priklauso nuo projektotojo



Tolnesnis priimtų armavimo juostų skaičiaus mažinimas (8 vnt.) netikslingas, per mažas armatūros kiekis arba pažeidžiamos išdėstymo sąlygos (konstravimo reikalavimai)



Tokiu atveju tikslinga priimti reikiamą armavimo juostų skaičių arba padidinti parinktų styro skersmenį, jeigu elementai išdėstyti pažeidžiant konstravimo reikalavimus, skersmens didinimas neduoda rezultatų



Pavyzdys: kolonos perimetras, lyginant su perdangos plokštės storio, yra labai didelis. Žiūrint į praspaudimo lokalųjį pobūdį (jei tai netraktuojama kaip kirpimas) perimetro ir perdangos plokštės skerspjūvio skaičiuotinio aukščio santykis ribojamas ≤ 11 dm. Šis atvejis galimas, kai plona plokštė atremta į didelio skerspjūvio koloną

Jeigu priimti sprendiniai yra neklaidingi, pradedama projektuoti, kitoje „ikonoje“ patvirtiname, kad tai nėra klaida ir gaunamas sprendinys, kuriame kiekviena kolonos kraštinė traktuojama kaip atskira briauna

Input column width b in cm 1

Atskiras atvejis, kai kolonos perimetras yra labai didelis plokštės storio atžvilgiu. Pagal skaičiavimo procedūrą buvo parinktas armavimas, tačiau sutelktas į briaunas. Projektavimo rezultatus galima pažiūrėti lange ViewEdit

ViewEdit

Atskiras atvejis, kai kolonos perimetras yra didesnis nei 11 dm. Sąlygą pagal praspaudimo lokalinį pobūdį patvirtiname ir tiksliname duomenis

Confirm new inputs with 'New calculation'! Input decimals with comma!

Pavyzdys, kai sienos ilgis daug didesnis už jos storį. Toks atvejis negali būti traktuojamas kaip kolona, o kaip sienos galas! Pasiūlytas sprendinys, esant tokiems matmenims, yra netinkamas – perimetras didesnis nei 11dm. Sprendinys negalimas

Confirm new inputs with 'New calculation'! Input decimals with comma!

HALFEN Ltd., Unit 31, Humphrys Road, Woodside Estate, Dunstable, LU5 4TP, Tel: +44 (0) 8705 316300, Fax: +44 (0) 8705 316304

 HALFEN-DEHA YOUR BEST CONNECTIONS	Ref.:	ProNr.:	Page:
		Pos.: 1	1

HALFEN-DEHA - Shear Rails Type HDB (AT-15-4214/2005)
HALFEN-DEHA Calculation Program HDB, Version 9.30

Remark :

Proof of Shear Head HDB for rectangular columns - internal

Slab thickness $h = 32$ cm
Effective height $d_m = 28$ cm
Column width $b = 30$ cm
Column thickness $a = 50$ cm
Concrete cover nom $c_o = 2,5$ cm
Concrete cover nom $c_{uj} = 2,5$ cm

Piercing load $V_{Ed} = 1000$ kN
Load increase $\beta = 1,05$
Reinforcement ratio $\rho = 1,00$ % ($a_{sx} = 28,00$ cm²/m; $a_{sy} = 28,00$ cm²/m)
Concrete strength / Concrete steel = B30 / A-IIIN

No openings

at the control perimeter u_{crit}

$u_{crit} = 423,9$ cm
 $u_p = 248,0$ cm
 $f_{ctd} = 1,02$ MPa
 $\kappa = \min \{ 1 + \sqrt{200/d[\text{mm}]} ; 2 \} = 1,85$
 $V_{Rd,ct,crit} = [0,14 \kappa \cdot (100 \cdot \rho_{1,crit} \cdot f_{ck})^{1/3}] \cdot d = 211,5$ kN/m
 $V_{Rd,ct,crit} = V_{Rd,ct,crit} \cdot u_{crit} = 896,5$ kN

$V_{Rd,max,DKA} = 0,266 \cdot \kappa \cdot (100 \cdot \rho_{1,crit} \cdot f_{ck})^{1/3} \cdot d = 1703,4$ kN $> 1050,0$ kN $= V_{Ed} \cdot \beta$

$V_{Ed} \cdot \beta = 1050,0$ kN $> 708,2$ kN $= f_{ctd} \cdot u_p \cdot d$

Outer perimeter u_a

$V_{Rd,ct,a} = [0,14 \kappa \cdot (100 \cdot \rho_{1,a} \cdot f_{ck})^{1/3}] \cdot d = 211,5$ kN/m
erf $u_a = 599,8$ cm $< 612,4$ cm = vorh. u_a
erf $l_a = 28,0$ cm $< 30,0$ cm = vorh. l_a
 $\beta_{red} = \beta = 1,05$
 $\kappa_a = \max \{ 1/(1+0,10 \cdot l_a/d_m) ; 0,714 \} = 0,903$

$V_{Rd,cta} = V_{Rd,ct,a} \cdot \kappa_a \cdot u_a = 1169,8$ kN $> 1050,0$ kN $= V_{Ed} \cdot \beta_{red}$

Number of necessary anchors for each column under consideration of the choosen load increase factor:

Anchor diameter :	10 mm	12 mm	14 mm	16 mm	20 mm	25 mm
Section c :	34	24	17	13	9	6

Type chosen: Inside : HDB-14/275-2/400
 Outside : --

Number of combinations per column = 10 Number of columns = 1

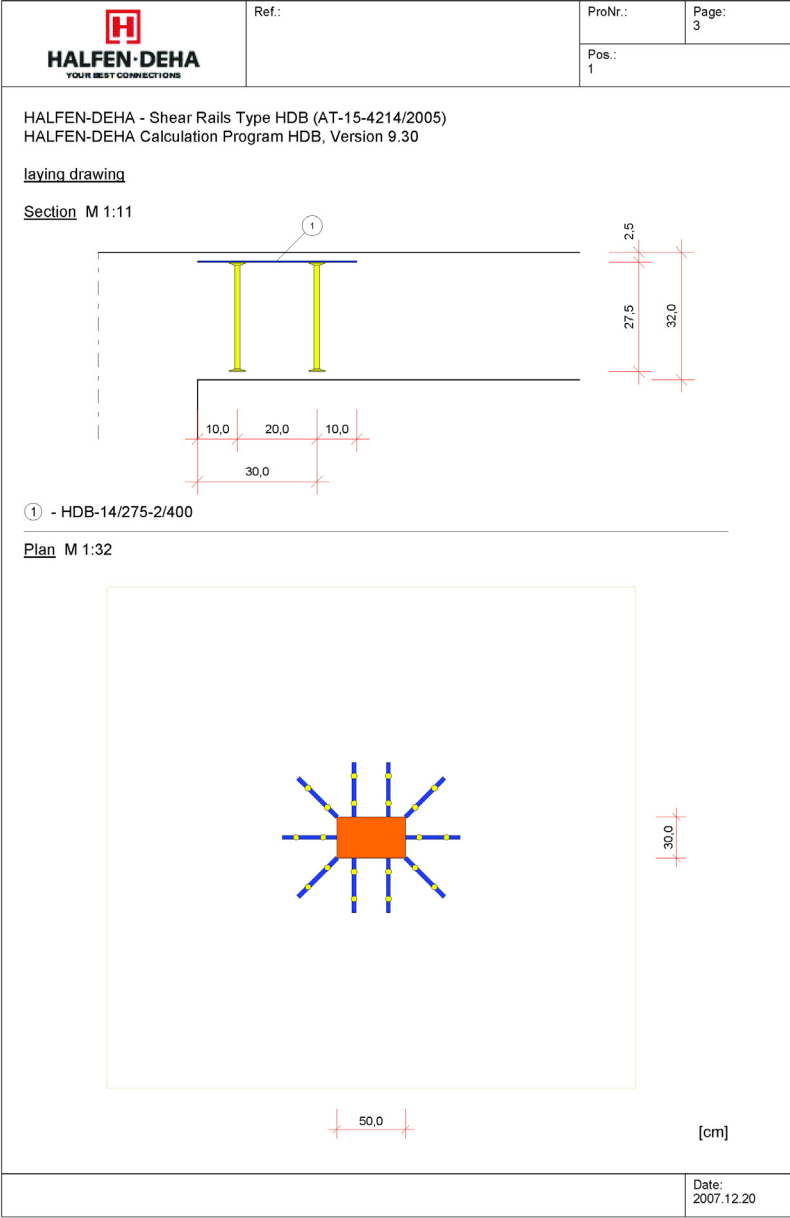
$V_{Rd,sy} = m \cdot n \cdot A_A \cdot f_{yd} / \eta = 1239,4$ kN $> 1050,0$ kN $= V_{Ed} \cdot \beta$ ($\eta = 1,08$)

NONAME.hdb	Date: 2007.12.20
------------	---------------------

HALFEN Ltd., Unit 31, Humphrys Road, Woodside Estate, Dunstable, LUS 4TP, Tel: +44 (0) 8705 316300, Fax: +44 (0) 8705 316304

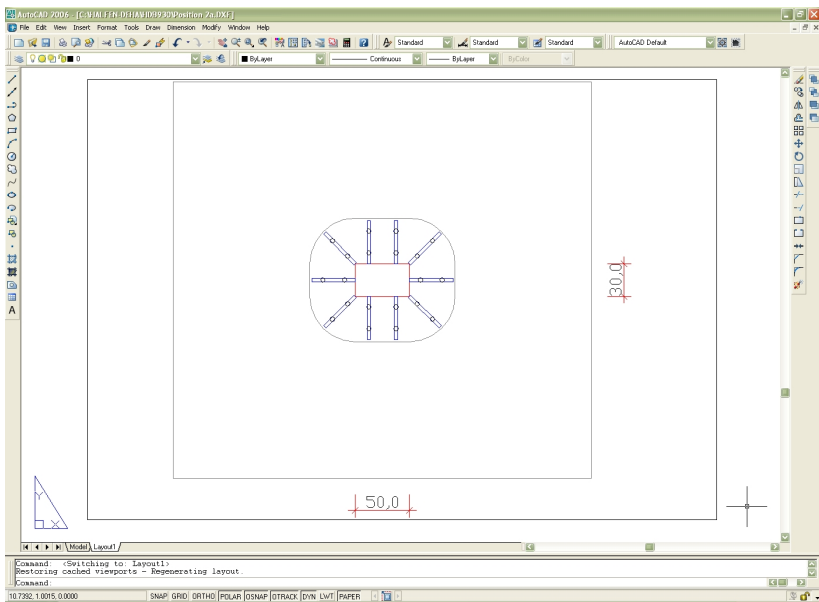
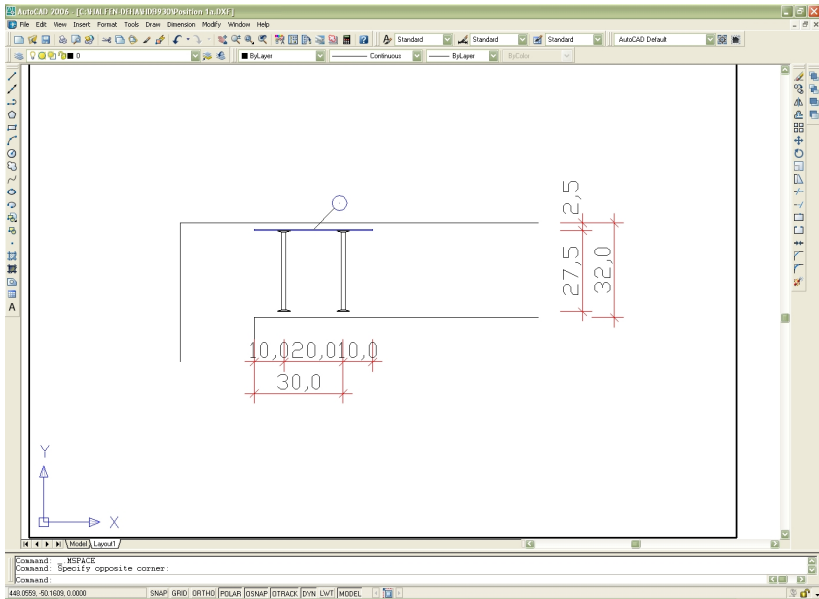
 HALFEN-DEHA YOUR BEST CONNECTIONS	Ref.:	ProNr.:	Page: 2
		Pos.: 1	
element distance inner / outer = 37,3/ 37,3 cm			
NONAME.hdb			Date: 2007.12.20

HALFEN Ltd., Unit 31, Humphrys Road, Woodside Estate, Dunstable, LUS 4TP, Tel: +44 (0) 8705 316300, Fax: +44 (0) 8705 316304



HALFEN Ltd., Unit 31, Humphrys Road, Woodside Estate, Dunstable, LUS 4TP, Tel: +44 (0) 8705 316300, Fax: +44 (0) 8705 316304

 HALFEN-DEHA YOUR BEST CONNECTIONS	Ref.:		ProNr.:	Page: 1
			Pos.:	
HALFEN HDB - parts list				
Location	No. Location	Comb. per Location	Designation Inside Outside	No. Comb. Total
1	1	10	HDB-14/275-2/400	10
				Date: 2007.12.20
NONAME.hdb				



REINFORCEMENT OF PUNCHING ZONE OF THE MONOLITHIC REINFORCED CONCRETE SLABS

In case of flat floor slabs (Fig 1) the local concentrated force is transferred from columns to slab by relatively small area A_{load} . Thus concentrated force causes considerable shear stresses, and floor slab is punched.

The thickness of flat monolithic reinforced concrete floor slab depends on the effective load and span (distance between columns). The punching strength of floor slabs is insufficient under heavy loading conditions. The punching strength of the flat monolithic reinforced concrete floor slabs could be increased by increasing the thickness of the slab, installing the capital (increasing the slab thickness in punching zone, Fig 5) or by reinforcing the bearing (punching) zone with shear reinforcement (straps, spreads, spatial cages with straps or stiff reinforcement, Figs 6 and 7).

The effective load and consumption of both materials and time increases while increasing the thickness of the floor slab. On the other hand, the consumption of materials increases and installation of formwork becomes more complicated when capitals are used.

The punching strength of the floor slabs could be increased by reinforcing the joint between column and slab with shear reinforcement, reinforcement spreads and spatial cages of reinforcement. In case of heavy loading this zone could be reinforced by using stiff reinforcement. When reinforcement of the slab bearing zone is made by methods mentioned above, it is complicated to arrange the reinforcement of both column and slab, in their junction (main longitudinal reinforcement and shear reinforcement of bearing zone); it is also complicated to ensure the reliable anchorage of shear reinforcement.

The junction zone between the floor slab and column could be successfully reinforced by special bars with shaped caps (Fig 8). Such bars could be manufactured ruffled or unruffled. Such method for reinforcement of slab punching zone is offered by HALFEN-

DEHA Company [3]. The reinforcement bars with two shaped caps proved to be effective and economical shear reinforcement that increases the carrying capacity of the punching zone of monolithic reinforced concrete floor slabs.

The exact number of bars should be calculated. The advantages of reinforcing the monolithic reinforced concrete floor slabs by using the HDB members offered by HALFEN-DEHA Company are as follows:

- reliable anchorage of the shear reinforcement members in both tensile and compressive zones due to the shaped caps on the bar ends;
- simple montage of the formwork;
- shorter time of reinforcement assemble;
- flat bottom surface of the floor;
- optimal use of building space (capacity);
- lower height of every single floor, this lower overall height of the building that causes less loading on the building foundations.

The calculation of carrying capacity of the punching zone of flat floor slab according to the STR 2.05.05:2005 is presented in Chapter Two. The calculation is used in case when the punching zone carrying capacity is determined by checking if the ultimate design shear stresses (v_{Ed}) are greater than the design resistance to the punching ($v_{Rd,c}$) of the considered critical section of the floor slab without shear reinforcement.

The different cases of critical perimeter estimation of punching zone are described in Chapter Three.

The algorithm for calculation of floor slab shear reinforcement is discussed in Chapter Four.

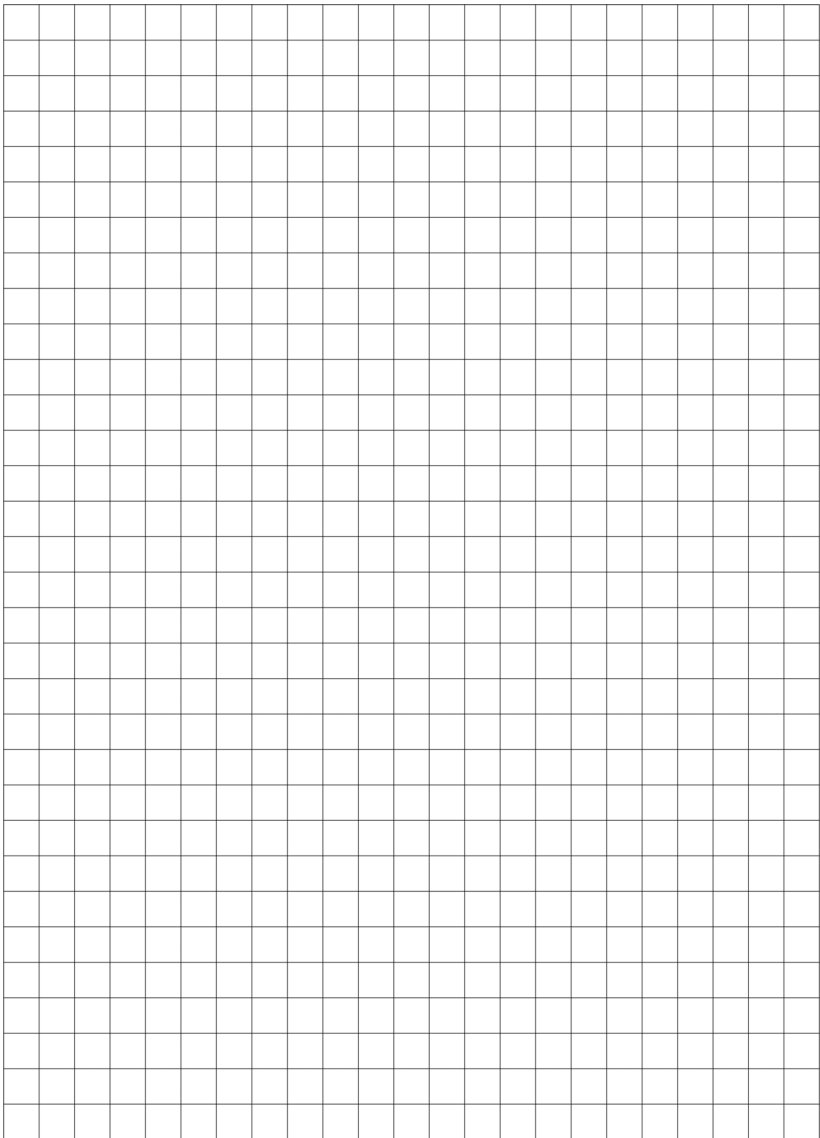
The software Halfen HDB used for the design of flat floor slab punching zone reinforcing by HDB members is described in Chapter Five. The software allows the calculation of shear reinforcement of

floor slab punching zone according to EC2, Polish design codes for reinforced concrete structures, DIN, and other codes.

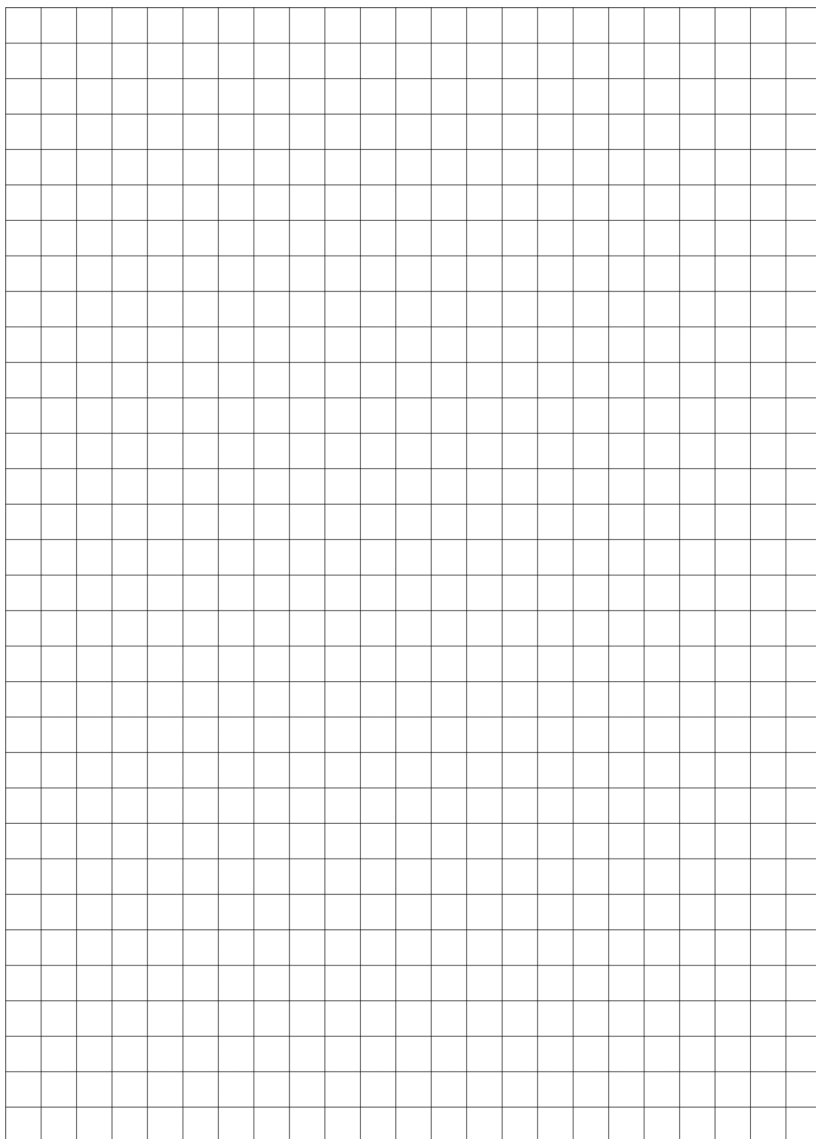
The software Halfen HDB allows the calculation of the required number of HDB members and its allocation (detailing) in the punching zone.

The possible cases of calculation and selection of HDB reinforcement members are discussed and the example of calculation is presented in the appendixes.

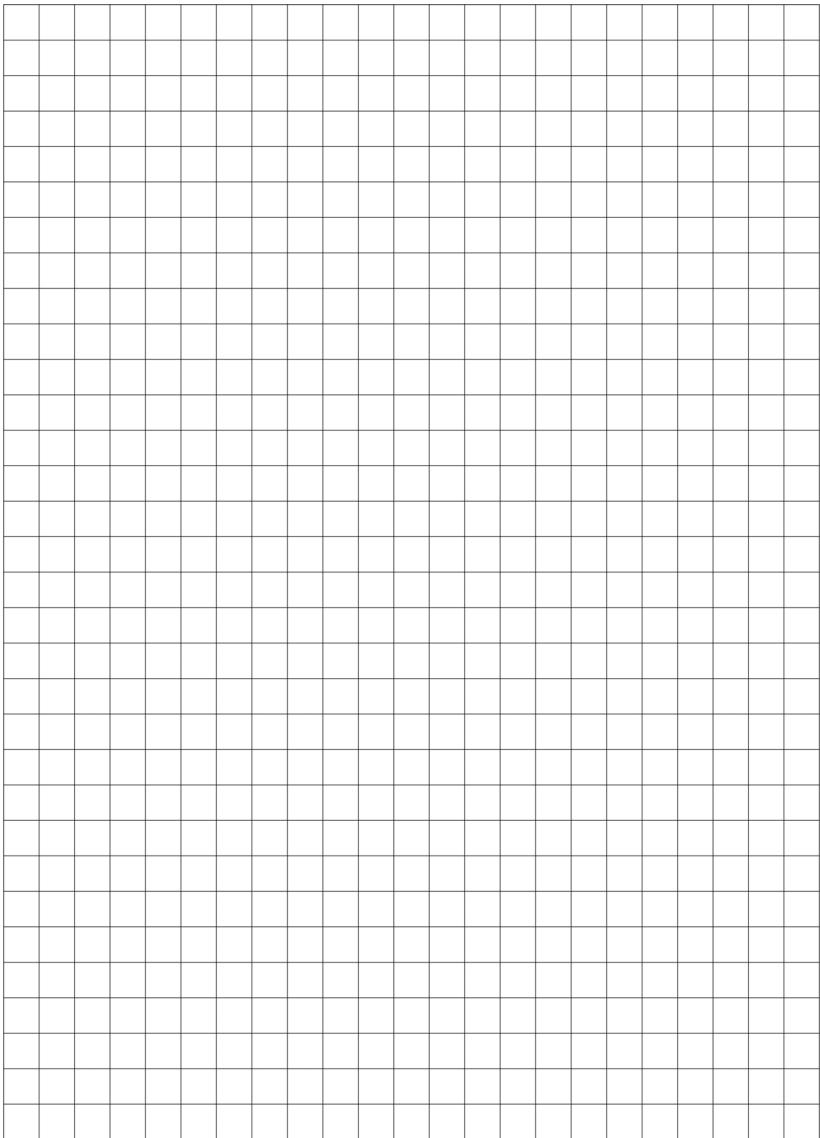
UŽRAŠAMS



UŽRAŠAMS



UŽRAŠAMS



Bronius JONAITIS, Arnoldas ŠNEIDERIS

MONOLITINIO GELŽBETONIO PLOKŠČIŲ
PRASPAUDŽIAMOSIOS ZONOS ARMAVIMAS
Mokomoji knyga

Redaktorė *Rita Malikėnienė*

2008-06-28. 5,0 sp. l. Tiražas 300 egz.

Vilniaus Gedimino technikos universiteto leidykla „Technika“,
Saulėtekio al. 11, 10223 Vilnius