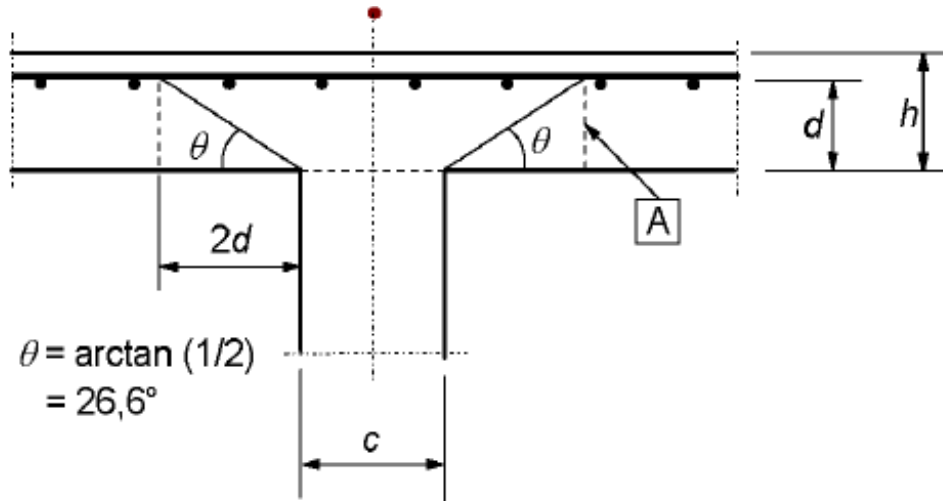


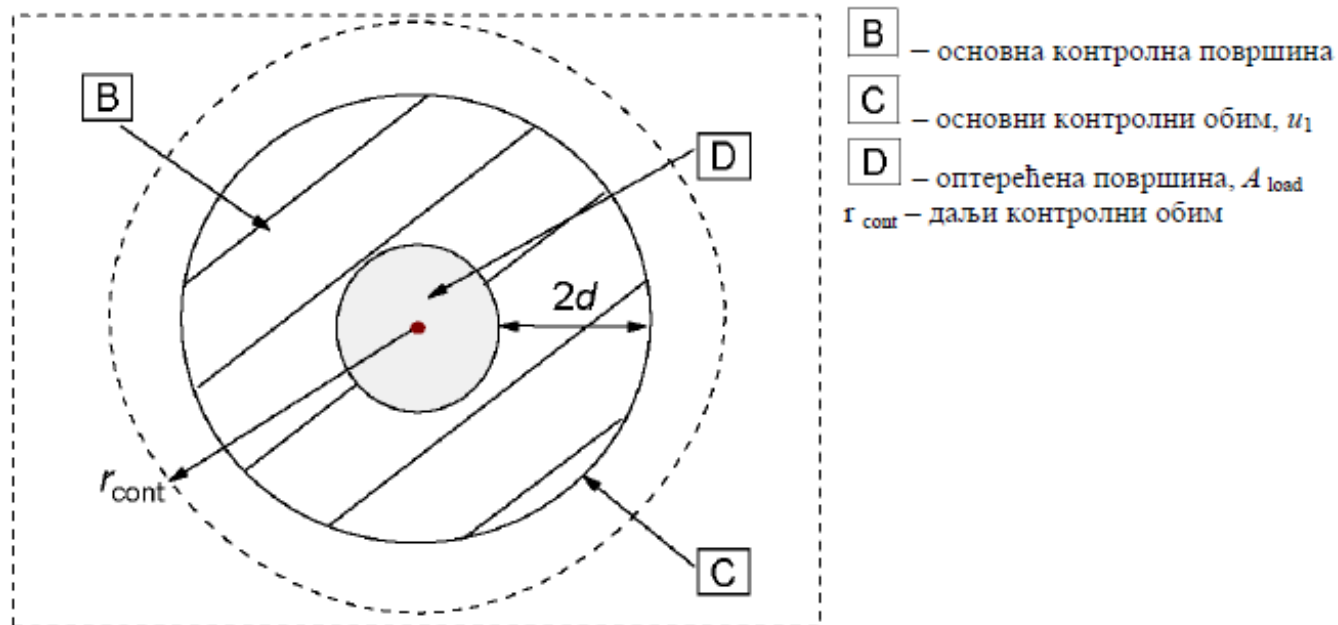
Kontrola probijanja – proračunski model

1



A – основни контролни пресек

a) Пресек



b) Основа

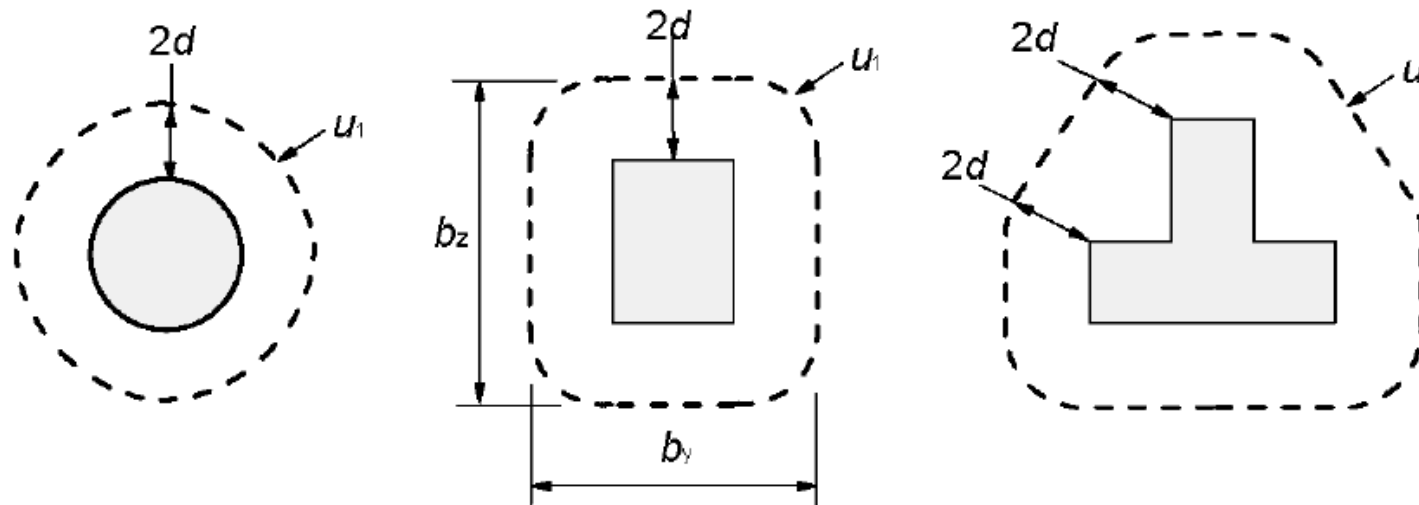
Kontrola probijanja – proračunski model

(1) Основни контролни обим u_1 уобичајено може да се усвоји на растојању од $2d$ од оптерећене површине и треба да је тако конструисан да има најмању дужину (видети слику 6.13).

Претпоставља се да је статичка висина плоче константна и уобичајено може да се узме да износи:

$$d_{\text{eff}} = \frac{(d_y + d_z)}{2} \quad (6.32)$$

где су d_y и d_z статичке висине арматуре у два ортогонална правца.



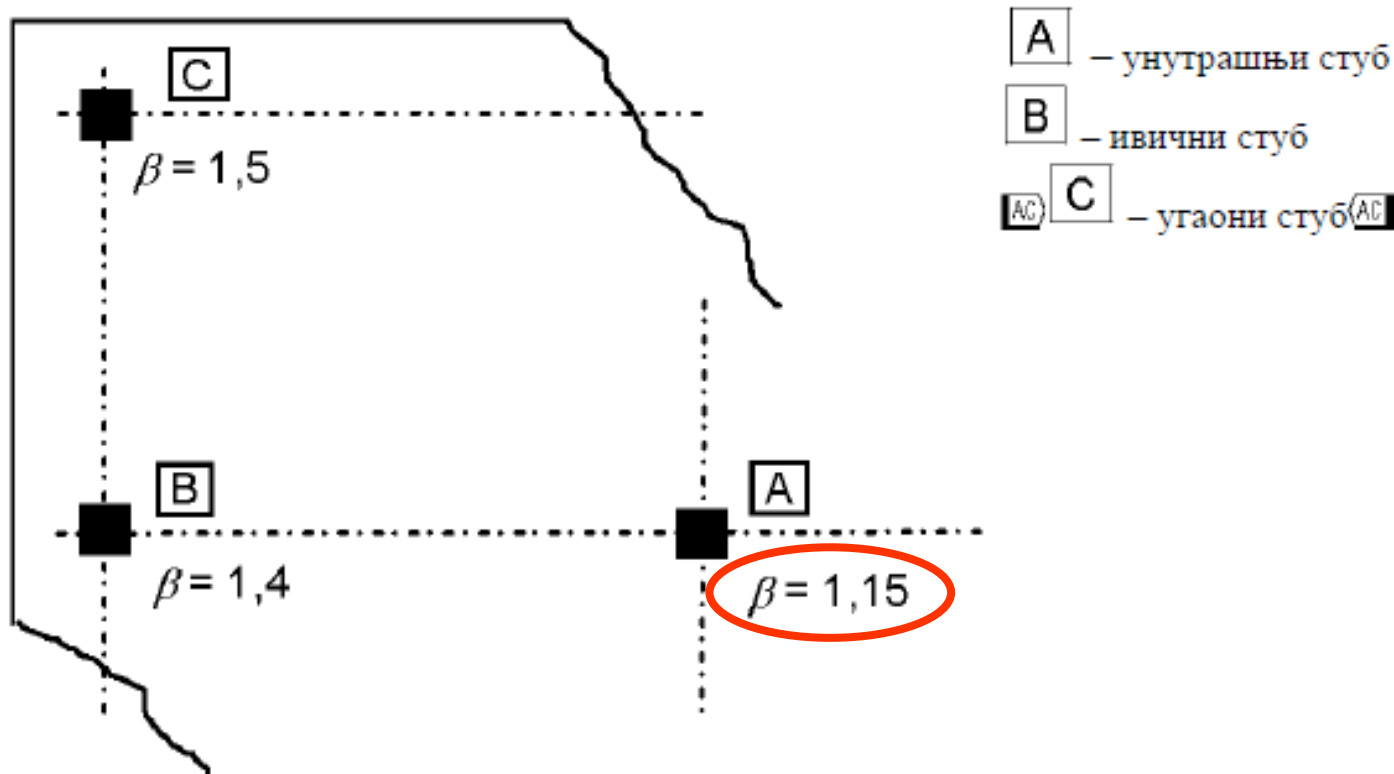
Слика 6.13 – Типични основни контролни обими око оптерећених површина

(2) Контролни обими на растојању мањем од $2d$ треба да се разматрају када се концентрисаној сили супротставља притисак великог интензитета (нпр. притисак тла испод темеља), или утицаји оптерећења или реакције која делује унутар растојања $2d$ од контуре оптерећене површине.

Ексцентрицитет силе у стубу у односу на контролни обим ³

(6) За конструкције чија бочна стабилност не зависи од рамовског дејства између плоча и стубова, и када се дужине суседних распона не разликују за више од 25 %, за коефицијент β могу да се користе приближне вредности.

НАПОМЕНА Вредности β , које се користе у одређеној земљи, могу да се нађу у њеном националном прилогу. Препоручене вредности дате су на слици 6.21N.



Слика 6.21N – Препоручене вредности за коефицијент β

Provera nosivosti na smicanje na ivici stuba

$$V_{Ed} = 1.35 \times G + 1.5 \times Q = 1.35 \times 198 + 1.5 \times 99 = 415.8 \text{ kN}$$

$$u_0 = c \times \pi = 40 \times \pi = 125.7 \text{ cm}$$

$$d = \frac{d_x + d_y}{2} = \frac{14.8 + 13.4}{2} = 14.1 \text{ cm}$$

$$v_{Ed} = \beta \frac{V_{Ed}}{u_0 d} = 1.15 \times \frac{415.8}{125.7 \times 14.1} = 0.27 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = 2.7 \text{ MPa} < v_{Rd, \max}$$

$$v_{Rd, \max} = 0.5 v f_{cd}$$

$$v = 0.6 \left[1 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0.6 \times \left(1 - \frac{25}{250} \right) = 0.54$$

$$v_{Rd, \max} = 0.5 v f_{cd} = 0.5 \times 0.54 \times 14.2 = 3.83 \text{ MPa}$$

Kontrola probijanja – osnovni kontrolni obim

$$D_1 = 2 \times 2d + c = 4 \times 14.1 + 40 = 96.4 \text{ cm}$$

$$u_1 = \pi D_1 = \pi \times 96.4 = 302.8 \text{ cm}$$

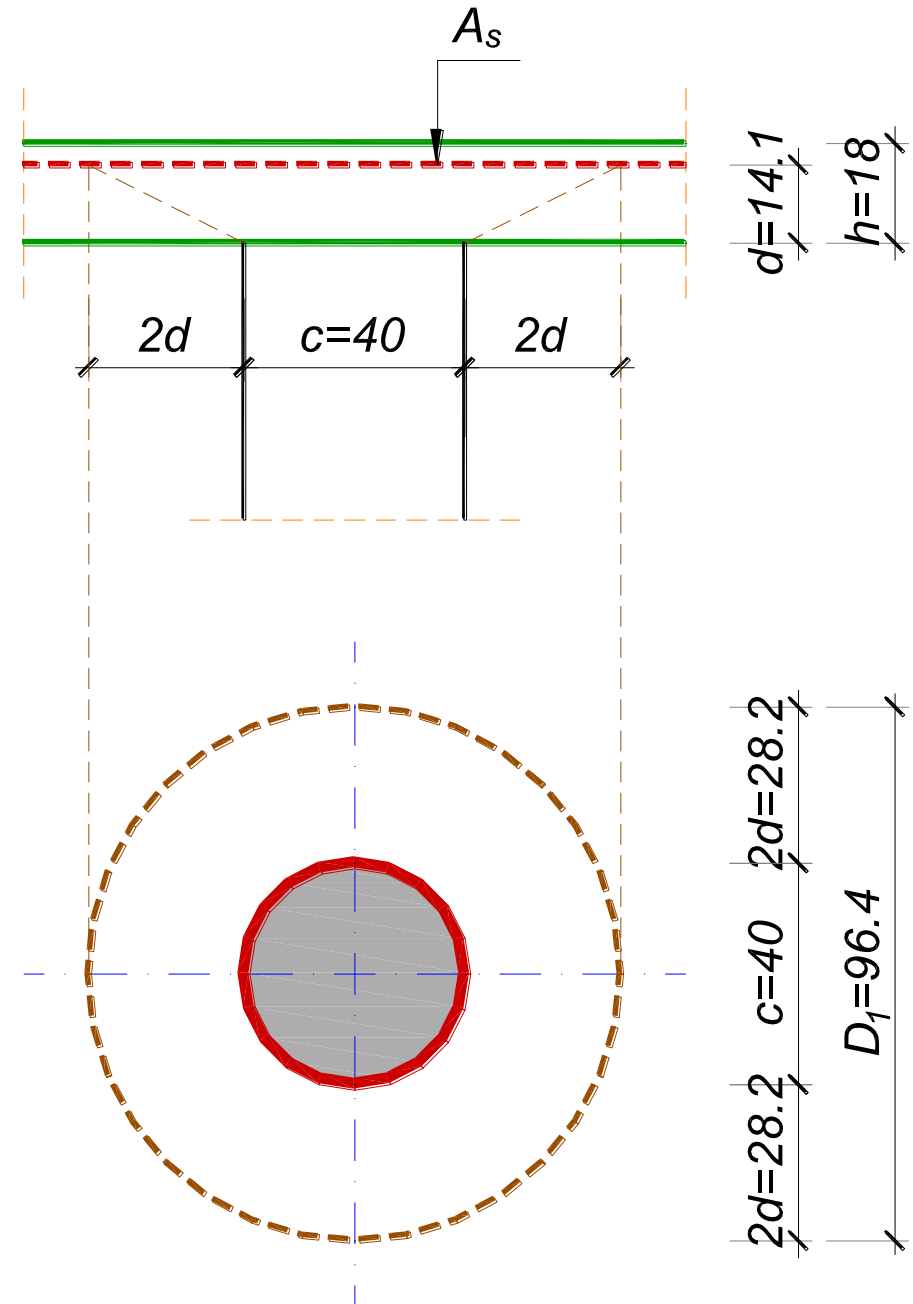
$$v_{Ed} = \beta \frac{V_{Ed}}{u_0 d} = 1.15 \times \frac{415.8}{302.8 \times 14.1} = 0.112 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$v_{Ed} = 1.12 \text{ MPa} < v_{Rd, \max} = 3.83 \text{ MPa}$$

Ovu vrednost je potrebno uporediti sa proračunskom vrednošću nosivosti na smicanje od probijanja ploče bez armature za smicanje od probijanja $v_{Rd,c}$:

$$v_{Rd,c} = C_{Rd,c} k^3 \sqrt{100 \rho_l f_{ck}} + k_1 \sigma_{cp}$$

$$v_{Rd,c} \geq v_{min} + k_1 \sigma_{cp}$$



Kontrola probijanja – osnovni kontrolni obim

6

© ИСС 2015

SRPS EN 1992-1-1/NA:2015

2.52 Тачка 6.4.4 (1)

Усвајају се препоручене вредности $C_{Rd,c} = 0,18/\gamma_c$, $v_{min} = 0,035 k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$ и $k_1 = 0,1$.

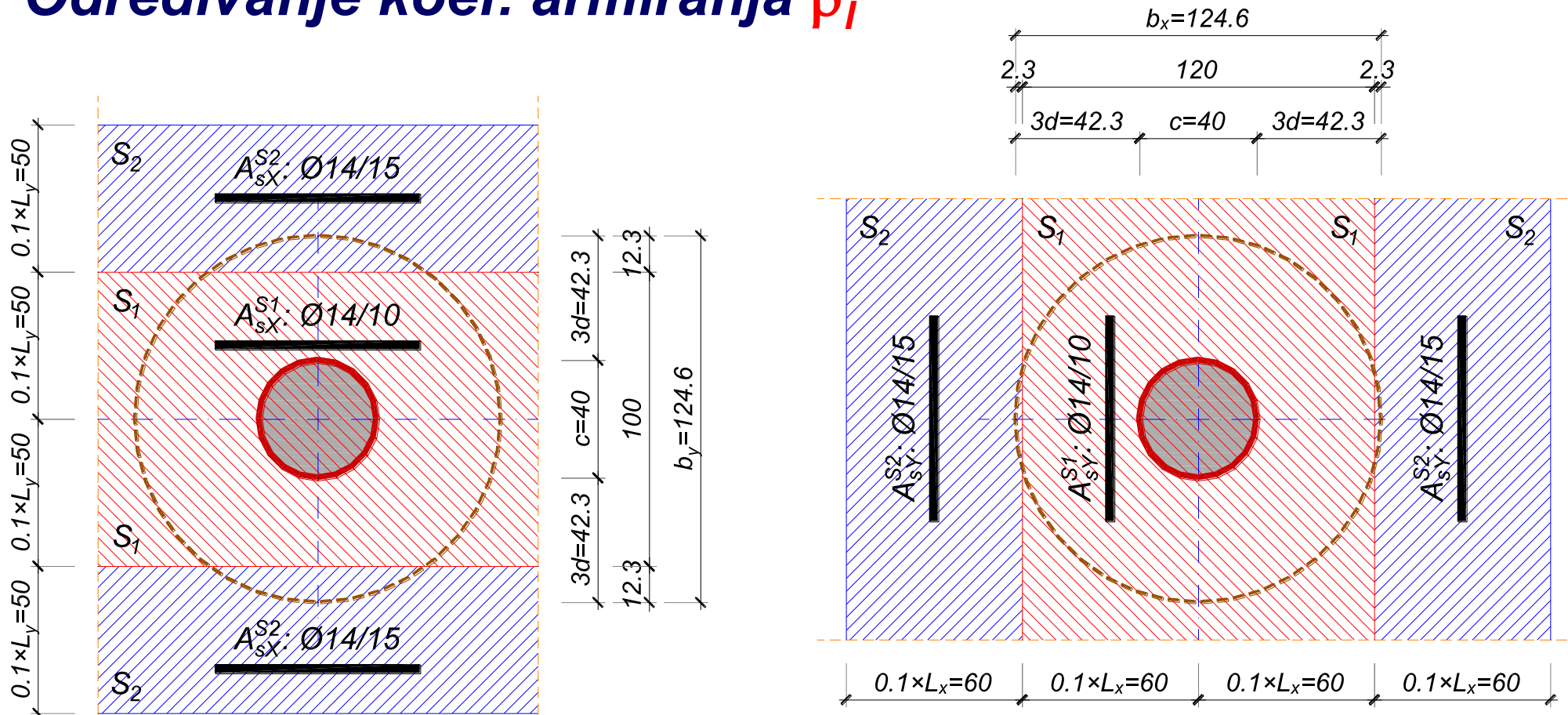
$$C_{Rd,c} = \frac{0.18}{\gamma_c} = \frac{0.18}{1.5} = 0.12 \quad ; \quad \sigma_{cp} = 0 \quad (N_{Ed} = 0)$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2 \Rightarrow k = 1 + \sqrt{\frac{200}{141}} > 2 \Rightarrow \text{usv. } k = 2$$

$$v_{min} = 0.035 k^2 \sqrt{f_{ck}} = 0.035 \times 2^2 \times \sqrt{25} = 0.495 \text{ MPa}$$

Za računski koeficijent armiranja se usvaja geometrijska sredina koeficijenata armiranja u ortogonalnim pravcima, $\rho_{l,x}$ i $\rho_{l,y}$, uzimajući u proračun armaturu na širini ploče jednako odgovarajućoj širini stuba uvećanoj za po $3d$ sa svake strane stuba, 6.4.4(1). Na osnovu prethodno sračunate i usvojene podužne armature prema momentima savijanja, potrebno je odrediti srednju vrednost koeficijenata armiranja u ortogonalnim pravcima:

Određivanje koef. armiranja ρ_l



$$b_x = b_y = 2 \times 3d + c = 6 \times 14.1 + 40 = 124.6 \text{ cm}$$

$$A_{s,x} = \frac{15.39 \times 100 + 10.26 \times 24.6}{124.6} = 14.38 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} \Rightarrow \rho_{l,x} = \frac{14.38}{14.8} = 0.972 \%$$

$$A_{s,y} = \frac{15.39 \times 120 + 10.26 \times 4.6}{124.6} = 15.20 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} \Rightarrow \rho_{l,y} = \frac{15.20}{13.4} = 1.135 \%$$

Kontrola probijanja – određivanje $V_{Rd,c}$

$$\rho_l = \sqrt{\rho_{l,x} \times \rho_{l,y}} = \sqrt{0.972 \times 1.135} = 1.05\% < 2\% = \rho_{l,max}$$

$$C_{Rd,c} k \sqrt[3]{100\rho_l f_{ck}} = 0.12 \times 2 \times \sqrt[3]{1.05 \times 25} = 0.713 \text{ MPa} > v_{min} = 0.495 \text{ MPa}$$

$$V_{Rd,c} = C_{Rd,c} k \sqrt[3]{100\rho_l f_{ck}} + k_1 \sigma_{cp} = 0.713 + 0 = 0.713 \text{ MPa}$$

$$V_{Ed} = 1.12 \text{ MPa} > V_{Rd,c} = 0.713 \text{ MPa}$$

Kako je prekoračena proračunska vrednost nosivosti na smicanje ploče bez armature za smicanje $V_{Rd,c}$, potrebno je izvršiti osiguranje armaturom.

9.3.2 Арматура за смицање

(1) Плоча у којој се обезбеђује арматура за смицање треба да има дебљину од најмање 200 mm.

S obzirom na poslednju odredbu, potrebno je smanjiti V_{Ed} do granice $V_{Rd,c}$ ili podebljati ploču (debljinu cele ploče, ili lokalno, formiranjem kapitela)

Kontrola probijanja – varijante

1. povećanje klase betona: **C 90/105** umesto **C 25/30**

$$V_{Rd,c} = 1.093 \text{ MPa} < v_{Ed} = 1.12 \text{ MPa}$$

2. povećanje koeficijenta armiranja na maksimalnih $\rho_l = 2\%$:

$$V_{Rd,c} = 0.884 \text{ MPa} < v_{Ed} = 1.12 \text{ MPa}$$

3. povećanje prečnika stuba sa **40** na **100** cm:

$$V_{Rd,c} = 0.689 \text{ MPa} \approx v_{Ed} = 0.69 \text{ MPa}$$

Ovde se napominje da se povećanjem prečnika stuba menja i kontrolni obim u_1 i v_{Ed} , kao i širina zone (**c+6d**) na kojoj je potrebno sračunati prosečni koeficijent armiranja ρ . Isto tako, može se promeniti oblik stuba (usvajanje **kvadratnog** stuba **80×80** cm)

4. podebljanje čitave ploče (promena kompletnog proračuna)

5. izrada **lokalnog podebljanja** ploče (kapitela)

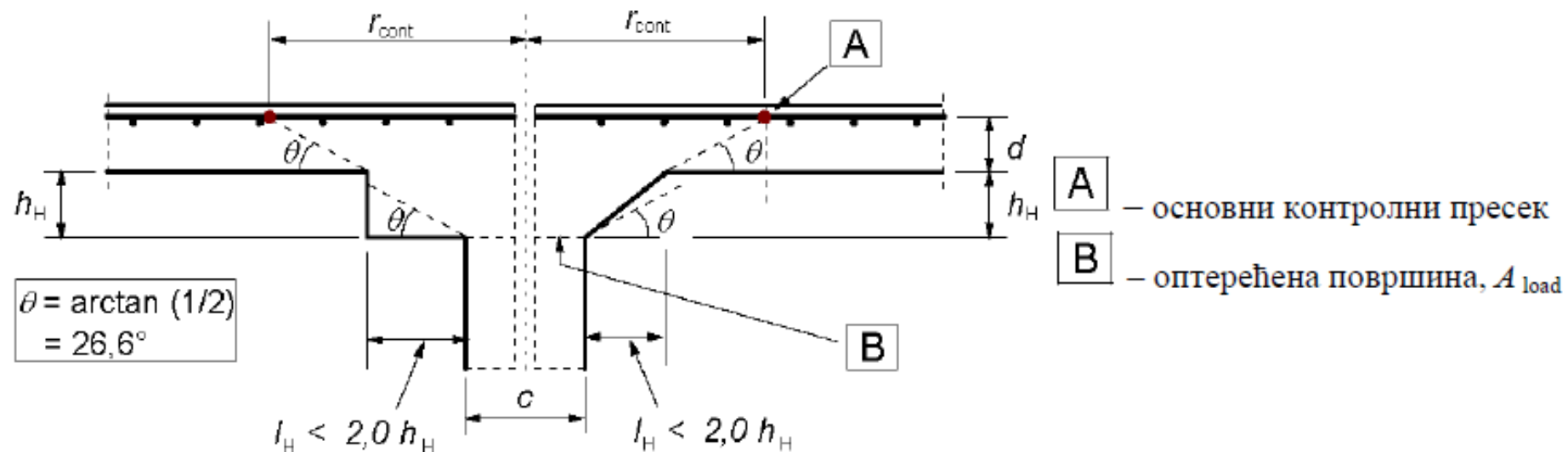
Formiranje kapitela

(8) За плоче са кружним капителима над стубовима, са односом $l_H < 2 h_H$ (видети слику 6.17), провера напона смицања услед пробијања у складу са 6.4.3, захтева се само у контролном пресеку ван капитела. Може да се узме да је растојање тог пресека од осе стуба r_{cont} једнако вредности:

$$r_{cont} = 2d + l_H + 0,5c \quad (6.33)$$

где је:

- l_H растојање од контуре стуба до ивице капитела;
- c пречник кружног стуба;



Слика 6.17 – Плоча са капителом, када је $l_H < 2 h_H$

Formiranje kapitela

Usvojeno: $h_H = h = 18 \text{ cm}$

Prečnik kapitela u osnovi D_H će biti određen kao nepoznata dimenzija “stuba” koji probija ploču debljine $h=18 \text{ cm}$, tako da bude zadovoljeno:

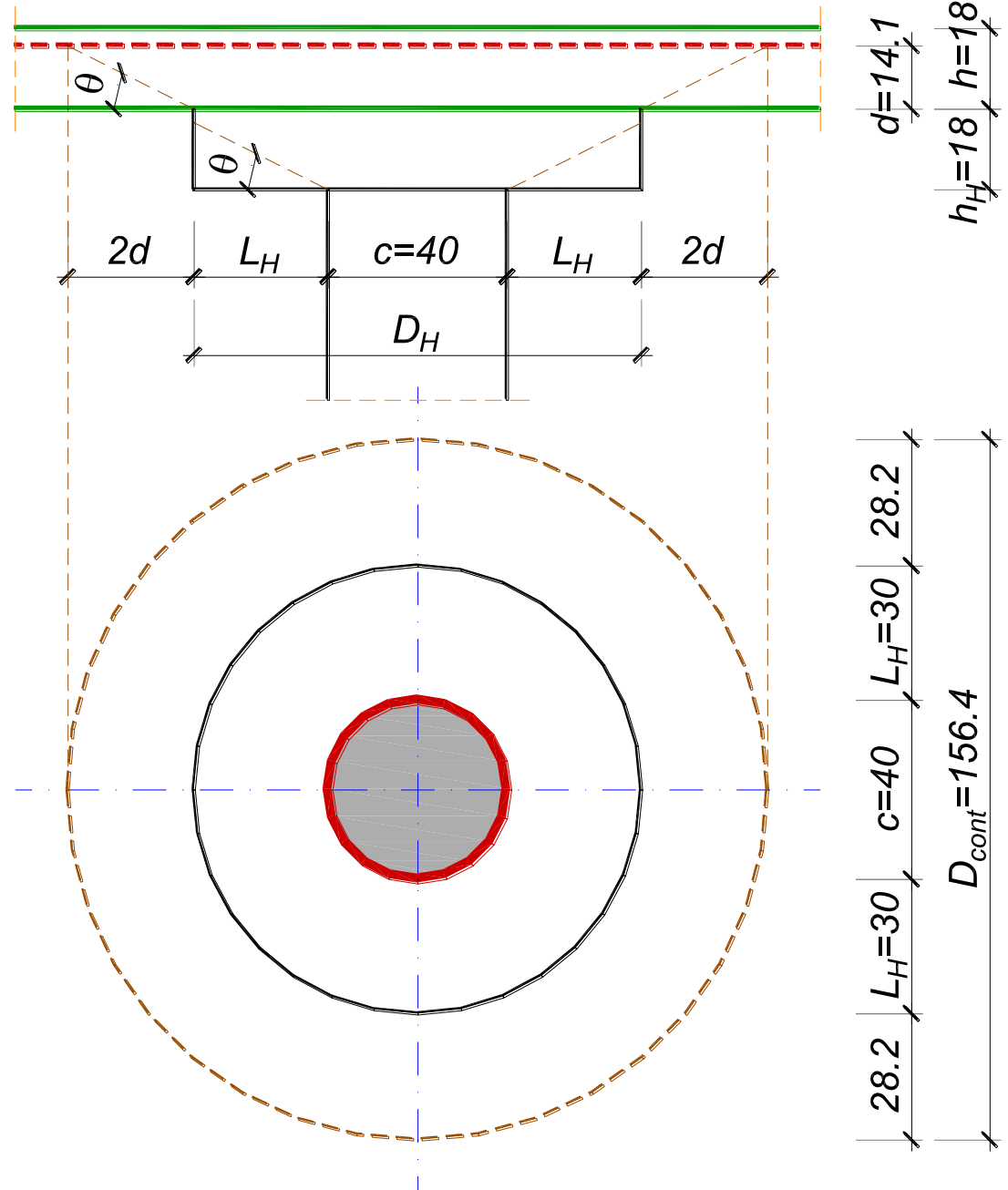
$$V_{Ed} \leq V_{Rd,c}$$

Problem (iterativan proračun):

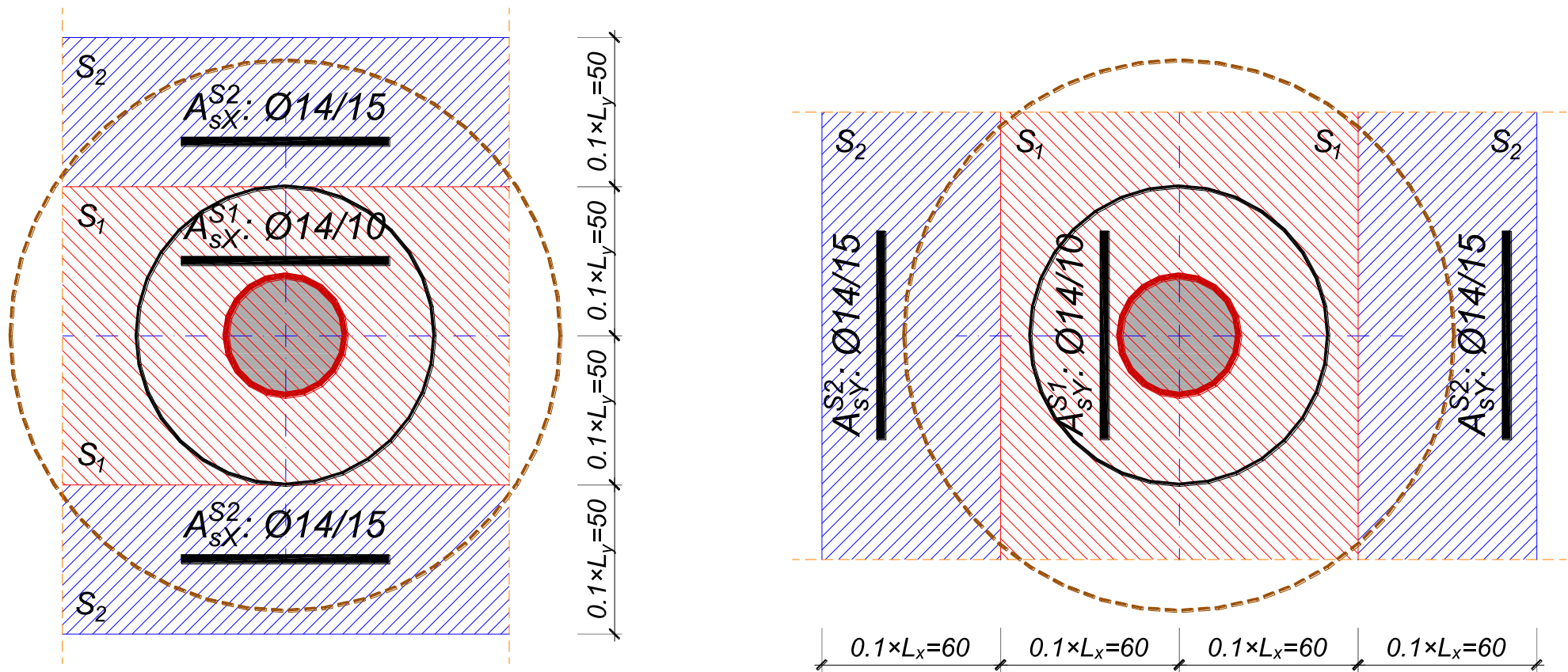
u izrazu za $V_{Rd,c}$ figuriše ρ_I koji je funkcija (nepoznate) dimenzije D_H

Usvojeno:

koeficijent armiranja ρ_I je jednak prosečnoj vrednosti dobijenoj za ukupnu širinu polutraga S1 i S2



Određivanje koeficijenta armiranja ρ_l



$$A_{s,x} = \frac{15.39 + 10.26}{2} = 12.83 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} \Rightarrow \rho_{l,x} = \frac{12.83}{14.8} = 0.867\%$$

$$A_{s,y} = \frac{15.39 + 10.26}{2} = 12.83 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} \Rightarrow \rho_{l,y} = \frac{12.83}{13.4} = 0.957\%$$

Kontrola probijanja – određivanje $V_{Rd,c}$

$$\rho_I = \sqrt{\rho_{I,x} \times \rho_{I,y}} = \sqrt{0.867 \times 0.957} = 0.911\% < 2\% = \rho_{I,max}$$

$$C_{Rd,c} k \sqrt[3]{100\rho_I f_{ck}} = 0.12 \times 2 \times \sqrt[3]{0.911 \times 25} = 0.68 \text{ MPa} > v_{min} = 0.495 \text{ MPa}$$

$$V_{Rd,c} = C_{Rd,c} k \sqrt[3]{100\rho_I f_{ck}} + k_1 \sigma_{cp} = 0.68 + 0 = 0.68 \text{ MPa}$$

$$V_{Ed} = \beta \frac{V_{Ed}}{u_1 d} = 1.15 \times \frac{415.8}{u_1 \times 14.1} \leq 0.068 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = V_{Rd,c}$$

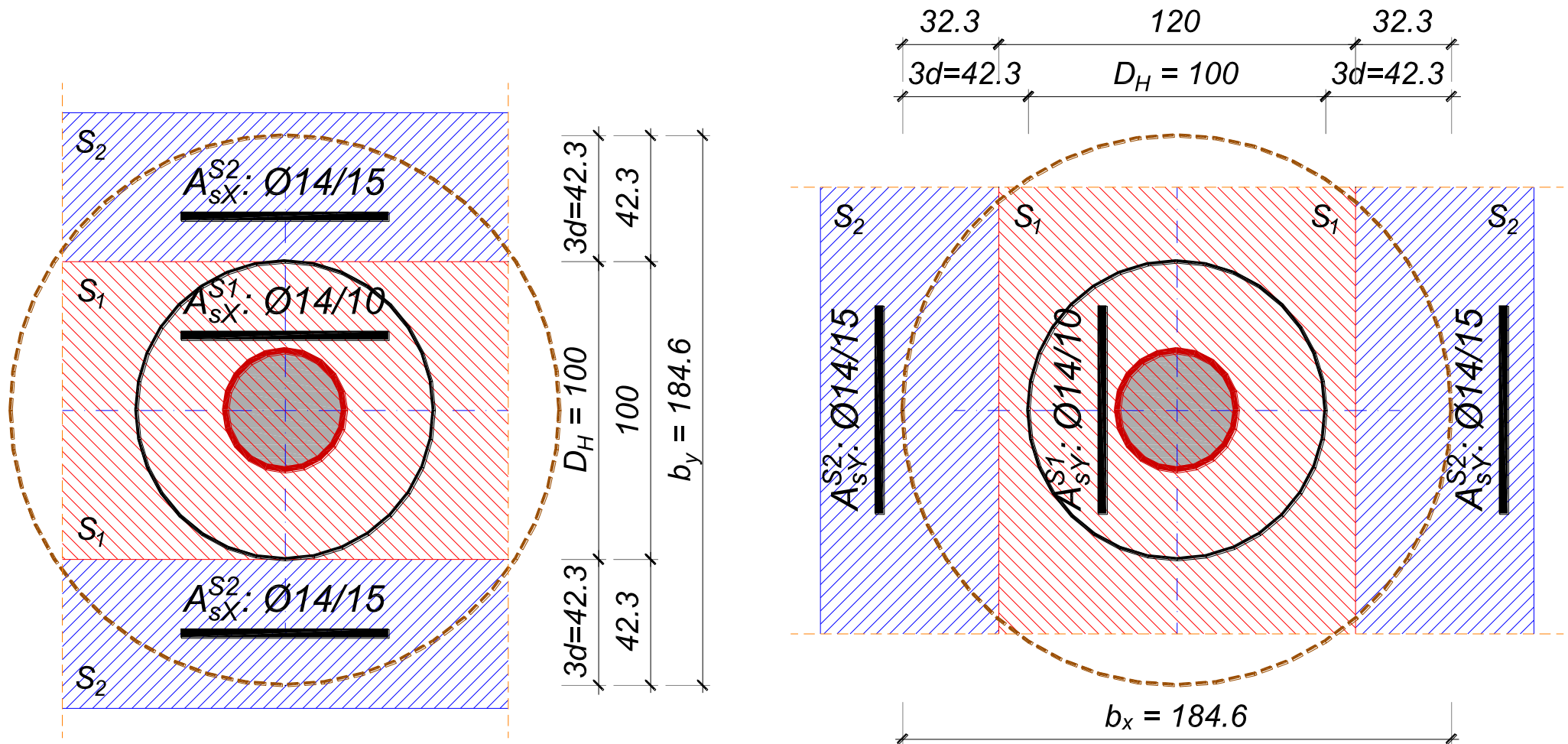
$$u_1 \geq 1.15 \times \frac{415.8}{0.068 \times 14.1} = 498.5 \text{ cm} \Rightarrow D_{cont} \geq \frac{498.5}{\pi} = 158.7 \text{ cm}$$

$$D_H = D_{cont} - 2 \times 2d = 158.7 - 2 \times 2 \times 14.1 = 102.3 \text{ cm}$$

S obzirom da je usvojen nešto manji koeficijent armiranja od stvarnog, zbog čega je dobijena nešto manja vrednost $V_{Rd,c}$, usvaja se prečnik kapitela:

$$**D_H = 100 \text{ cm}**$$

Određivanje koeficijenta armiranja ρ_I



$$b_x = b_y = 2 \times 3d + D_H = 6 \times 14.1 + 100 = 184.6 \text{ cm}$$

Formiranje kapitela

15

$$A_{s,x} = \frac{15.39 \times 100 + 10.26 \times 84.6}{184.6} = 13.04 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

$$\rho_{l,x} = \frac{13.04}{14.8} = 0.881\%$$

$$A_{s,y} = \frac{15.39 \times 120 + 10.26 \times 64.6}{184.6} = 13.60 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

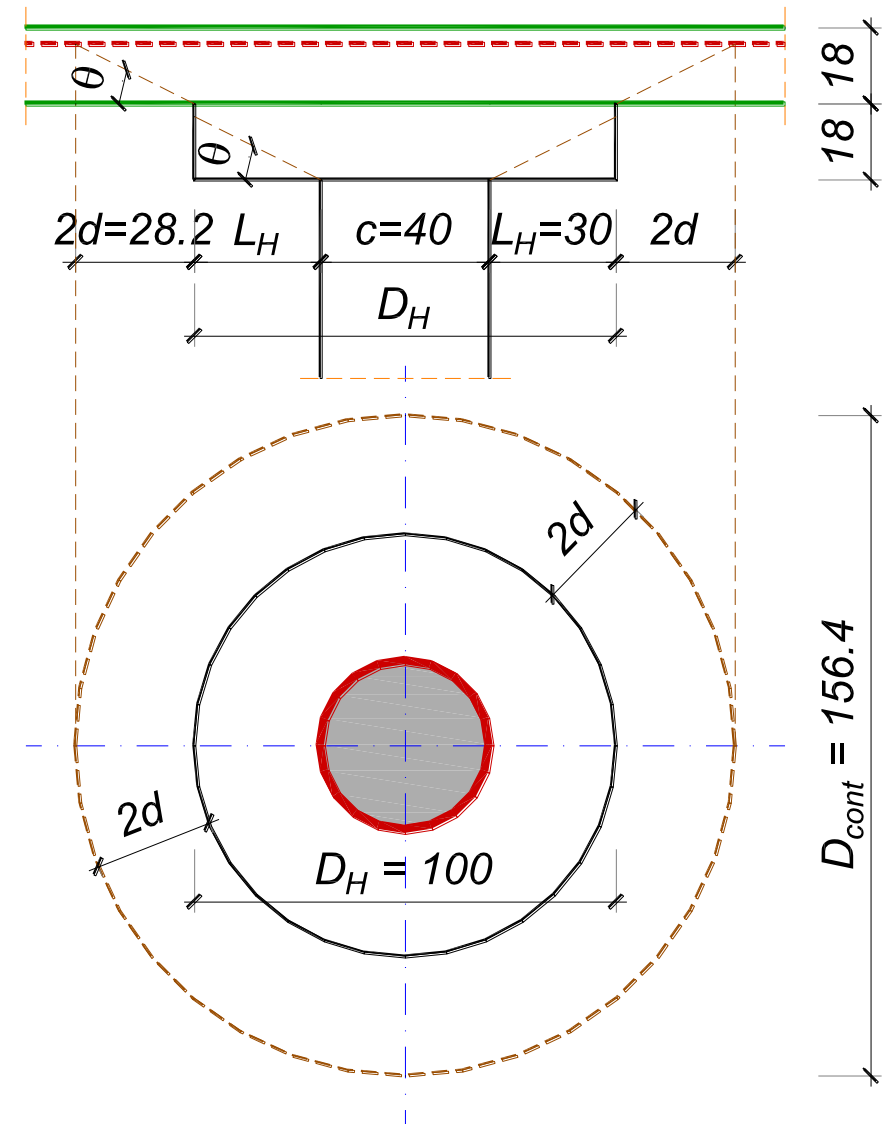
$$\rho_{l,y} = \frac{13.60}{13.4} = 1.015\%$$

$$\rho_l = \sqrt{0.881 \times 1.015} = 0.946\% < 2\%$$

$$V_{Rd,c} = 0.12 \times 2 \times \sqrt[3]{0.946 \times 25} = 0.69 \text{ MPa}$$

$$u_1 = 100 + 2 \times 2 \times 14.1 = 156.4 \text{ cm}$$

$$V_{Ed} = 1.15 \times \frac{415.8}{156.4 \times 14.1} = 0.069 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = V_{Rd,c}$$



Slučaj kada je kod kapitela $L_H > 2h_H$

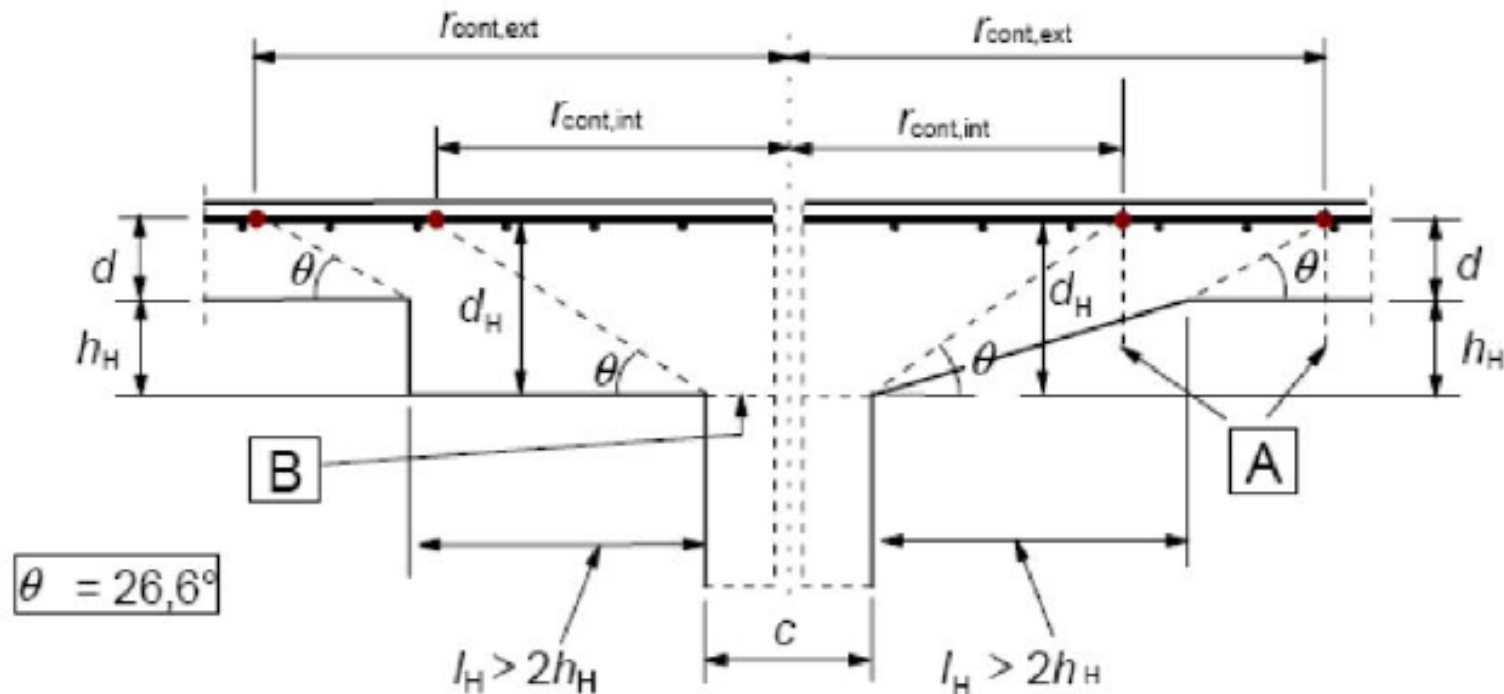
(9) За плоче са проширеним капителима чији је однос $l_H > 2h_H$ (видети слику 6.18), контролни пресеци треба да се провере и кроз капител и кроз плочу.

(10) Одредбе 6.4.2 и 6.4.3 такође се примењују за контролне пресеке кроз капител, при чему за вредност d треба да се узме d_H , у складу са сликом 6.18.

(11) За стубове кружног попречног пресека може се узети да су растојања од осе стуба до контролних пресека на слици 6.18:

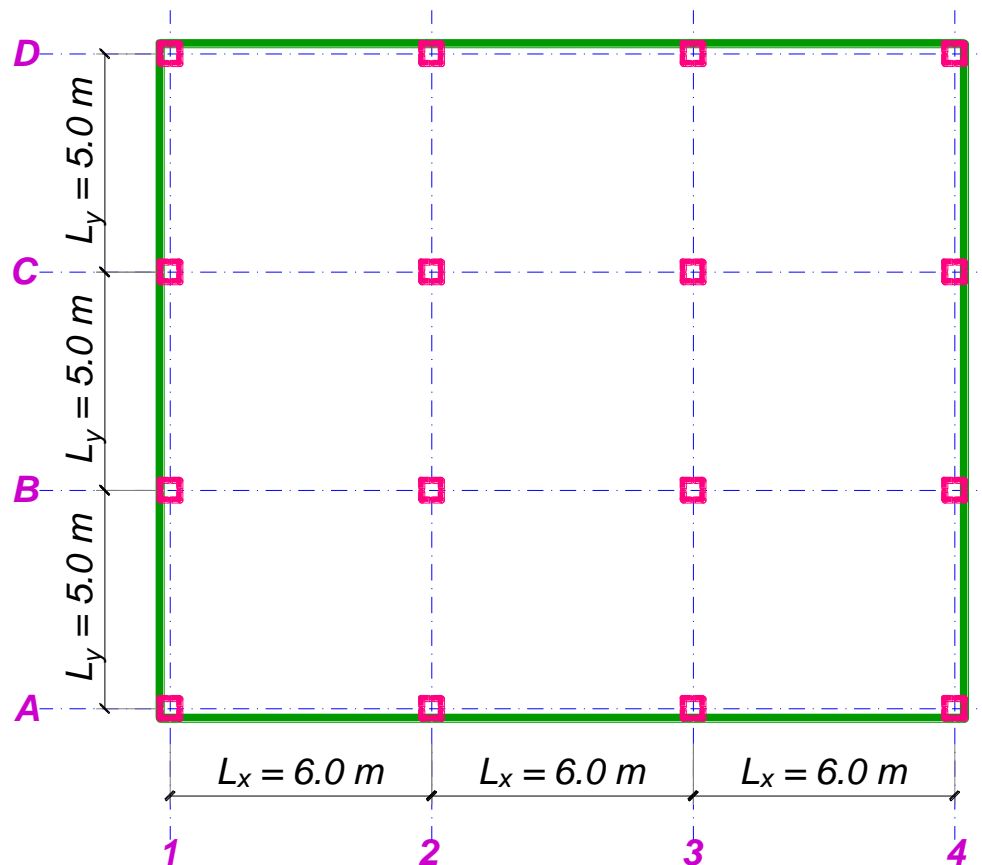
$$r_{\text{cont,ext}} = l_H + 2d + 0,5 c \quad (6.36)$$

$$r_{\text{cont,int}} = 2(d + h_H) + 0,5 c \quad (6.37)$$



Ploča direktno oslonjena na stubove – primer 2

17



Tipska međuspratna ploča višespratne konstrukcije, debljine 22 cm, oslonjena je na stubove konstantnog kvadratnog poprečnog preseka dimenzija 45×45 cm. Raster stubova je 6.0 m u podužnom, a 5.0 m u poprečnom pravcu.

Pored sopstvene težine, ploča je opterećena raspodeljenim dodatnim stalnim opterećenjem $\Delta g = 2.5\text{ kN/m}^2$ i povremenim opterećenjem $q = 4.0\text{ kN/m}^2$. Kvalitet materijala: C25/30, B500B

Analiza opterećenja

sopstvena težina		$0.22 \times 25 = 5.5 \text{ kN/m}^2$
<u>dodatno stalno opterećenje</u>		$= 2.5 \text{ kN/m}^2$
ukupno, stalno opterećenje	g	$= 8.0 \text{ kN/m}^2$
povremeno opterećenje	q	$= 4.0 \text{ kN/m}^2$

$$q_{Ed} = 1.35 \times g + 1.5 \times q = 1.35 \times 8.0 + 1.5 \times 4.0 = 16.8 \text{ kN/m}^2$$

$$M_{Ed,x}^{S1} = 2.1 \times q_{Ed} \times \frac{L_x^2}{10} = 2.1 \times \frac{16.8 \times 6.0^2}{10} = 127 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

$$M_{Ed,x}^{S2} = 1.4 \times q_{Ed} \times \frac{L_x^2}{10} = 1.4 \times \frac{16.8 \times 6.0^2}{10} = 84.7 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

$$M_{Ed,y}^{S1} = 2.1 \times q_{Ed} \times \frac{L_y^2}{10} = 2.1 \times \frac{16.8 \times 5.0^2}{10} = 88.2 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

$$M_{Ed,y}^{S2} = 1.4 \times q_{Ed} \times \frac{L_y^2}{10} = 1.4 \times \frac{16.8 \times 5.0^2}{10} = 58.8 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

Dimenzionisanje – oslonačke trake (PODUŽNI pravac) ¹⁹

Kako su momenti savijanja veći u podužnom pravcu, usvojeno: $d_x > d_y$

$$XC3 \Rightarrow c = 20 + 10 = 30 \text{ mm}$$

$$\text{pretp. } \varnothing 16 \Rightarrow d_{1x} = 3 + 1.6/2 = 3.8 \text{ cm} \Rightarrow d_x = 22 - 3.8 = 18.2 \text{ cm}$$

polutraka S_1 (širina $0.2 \times L_y = 1.0 \text{ m}$):

$$k = \frac{18.2}{\sqrt{\frac{127}{1.42}}} = 1.922 \Rightarrow \zeta = 0.833 \Rightarrow A_{s,x}^{S1} = \frac{127 \times 10^2}{0.833 \times 18.2 \times 43.5} = 19.28 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

usvojeno: **$\varnothing 16/10$** (20.10 cm²/m)

polutrake S_2 (širina $2 \times 0.1 \times L_y = 2 \times 0.5 \text{ m}$):

$$k = \frac{18.2}{\sqrt{\frac{84.7}{1.42}}} = 2.354 \Rightarrow \zeta = 0.896 \Rightarrow A_{s,x}^{S2} = \frac{84.7 \times 10^2}{0.896 \times 18.2 \times 43.5} = 11.95 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

usvojeno: **$\varnothing 16/15$** (13.40 cm²/m)

Dimenzionisanje – oslonačke trake (POPREČNI pravac)²⁰

$$d_y = h_p - (c + \emptyset_x + \emptyset_y/2) = 22 - (3.0 + 1.6 + 1.4/2) = 16.7 \text{ cm}$$

polutraka S₁ (širina $0.2 \times L_x = 1.2 \text{ m}$):

$$k = \frac{16.7}{\sqrt{\frac{88.2}{1.42}}} = 2.116 \Rightarrow \zeta = 0.868 \Rightarrow A_{s,y}^{S_1} = \frac{88.2 \times 10^2}{0.868 \times 16.7 \times 43.5} = 14.00 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

usvojeno: **Ø14/10** (15.39 cm²/m)

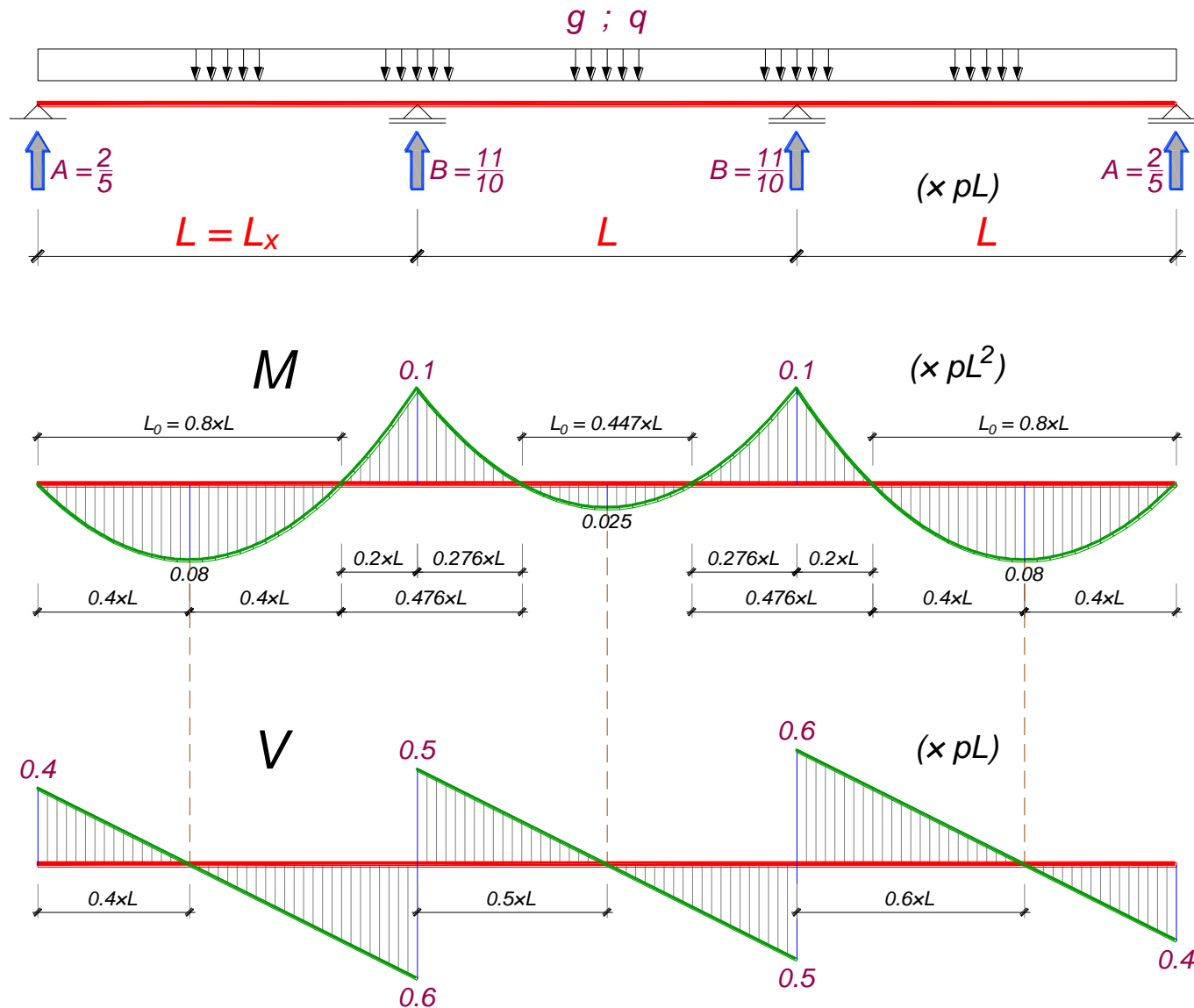
polutrake S₂ (širina $2 \times 0.1 \times L_x = 2 \times 0.6 \text{ m}$):

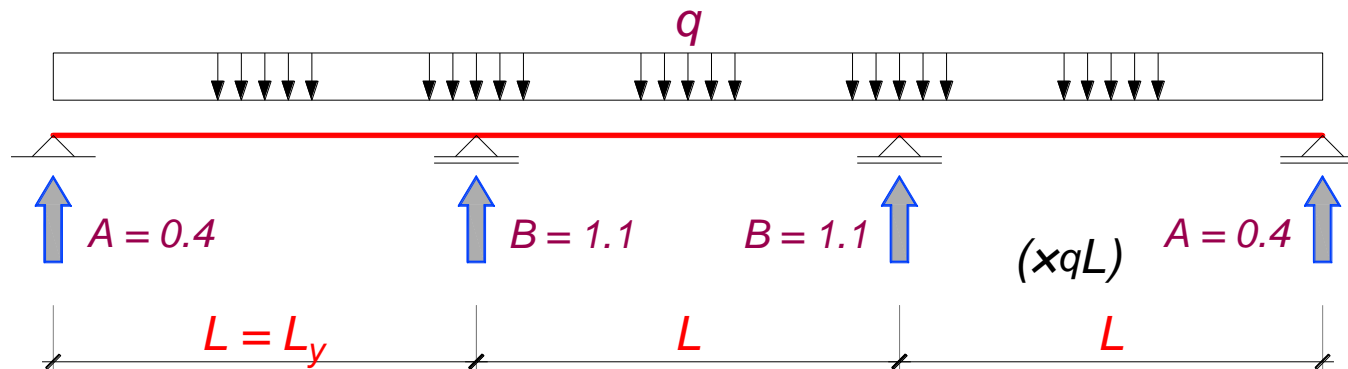
$$k = \frac{16.7}{\sqrt{\frac{58.8}{1.42}}} = 2.592 \Rightarrow \zeta = 0.914 \Rightarrow A_{s,y}^{S_2} = \frac{58.8 \times 10^2}{0.914 \times 16.7 \times 43.5} = 8.86 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

usvojeno: **Ø14/15** (10.27 cm²/m)

Proračun ploče – savijanje, poprečni pravac

Ploča je sistema kontinualnog nosača preko tri jednaka raspona:





- srednji stubovi:

$$G = 1.1 \times g \times L_x \times L_y = 1.1 \times 8.0 \times 6.0 \times 5.0 = 264 \text{ kN}$$

$$Q = 1.1 \times q \times L_x \times L_y = 1.1 \times 4.0 \times 6.0 \times 5.0 = 132 \text{ kN}$$

- ivični stubovi:

$$G = 1.1 \times g \times L_x \times L_y / 2 = 1.1 \times 8.0 \times 6.0 \times 2.5 = 132 \text{ kN}$$

$$G = 1.1 \times q \times L_x \times L_y / 2 = 1.1 \times 4.0 \times 6.0 \times 2.5 = 66 \text{ kN}$$

- ugaoni stubovi:

$$G = 0.4 \times g \times L_x \times L_y / 2 = 0.4 \times 8.0 \times 6.0 \times 2.5 = 48 \text{ kN}$$

$$Q = 0.4 \times q \times L_x \times L_y / 2 = 0.4 \times 4.0 \times 6.0 \times 2.5 = 24 \text{ kN}$$

Provera nosivosti na smicanje na ivici stuba

$$V_{Ed} = 1.35 \times 264 + 1.5 \times 132 = 554.4 \text{ kN}$$

$$u_0 = 4 \times c = 4 \times 45 = 180 \text{ cm}$$

$$d = \frac{d_x + d_y}{2} = \frac{18.2 + 16.7}{2} = 17.45 \text{ cm}$$

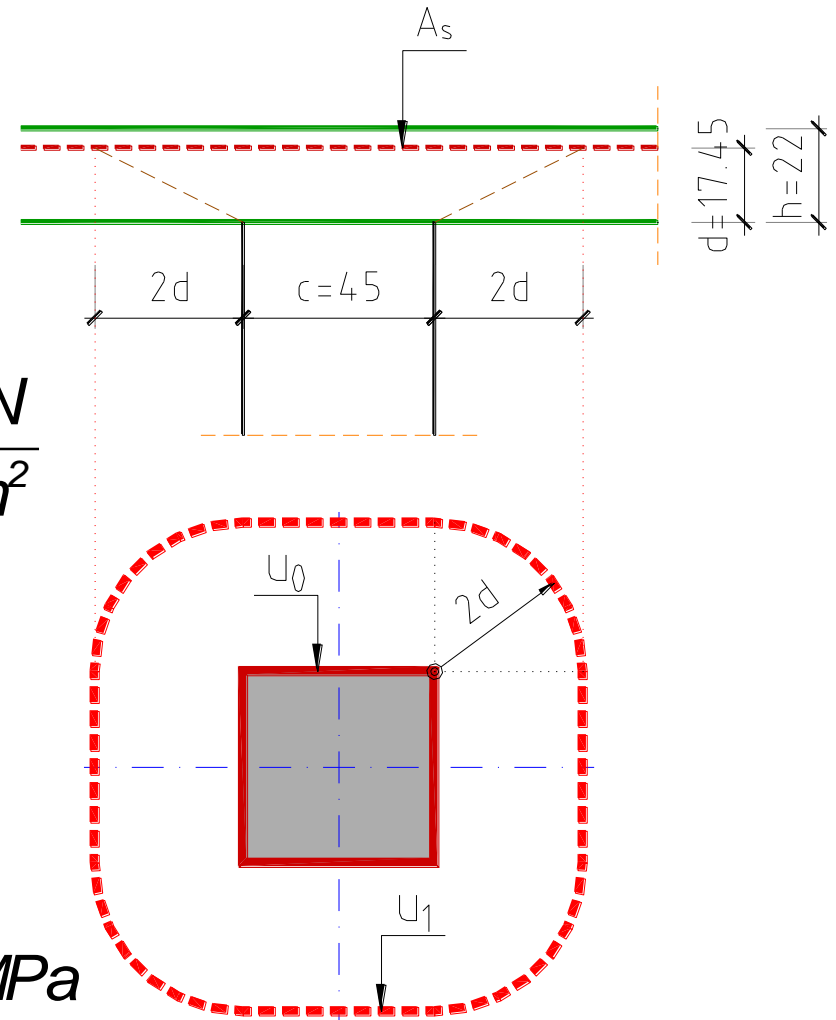
$$v_{Ed} = \beta \frac{V_{Ed}}{u_0 d} = 1.15 \times \frac{544.4}{180 \times 17.45} = 0.203 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$V_{Rd,max} = 0.5 v f_{cd}$$

$$v = 0.6 \left[1 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0.6 \times \left(1 - \frac{25}{250} \right) = 0.54$$

$$V_{Rd,max} = 0.5 v f_{cd} = 0.5 \times 0.54 \times 14.2 = 3.83 \text{ MPa}$$

$$v_{Ed} = 2.03 \text{ MPa} < v_{Rd,max} = 3.83 \text{ MPa}$$



Kontrola probijanja – osnovni kontrolni obim

$$D_1 = 2 \times 2d + c = 4 \times 17.45 + 45 = 114.8 \text{ cm}$$

$$u_1 = 4 \times \frac{34.9 \times \pi}{2} + 4 \times 45 = 399.3 \text{ cm}$$

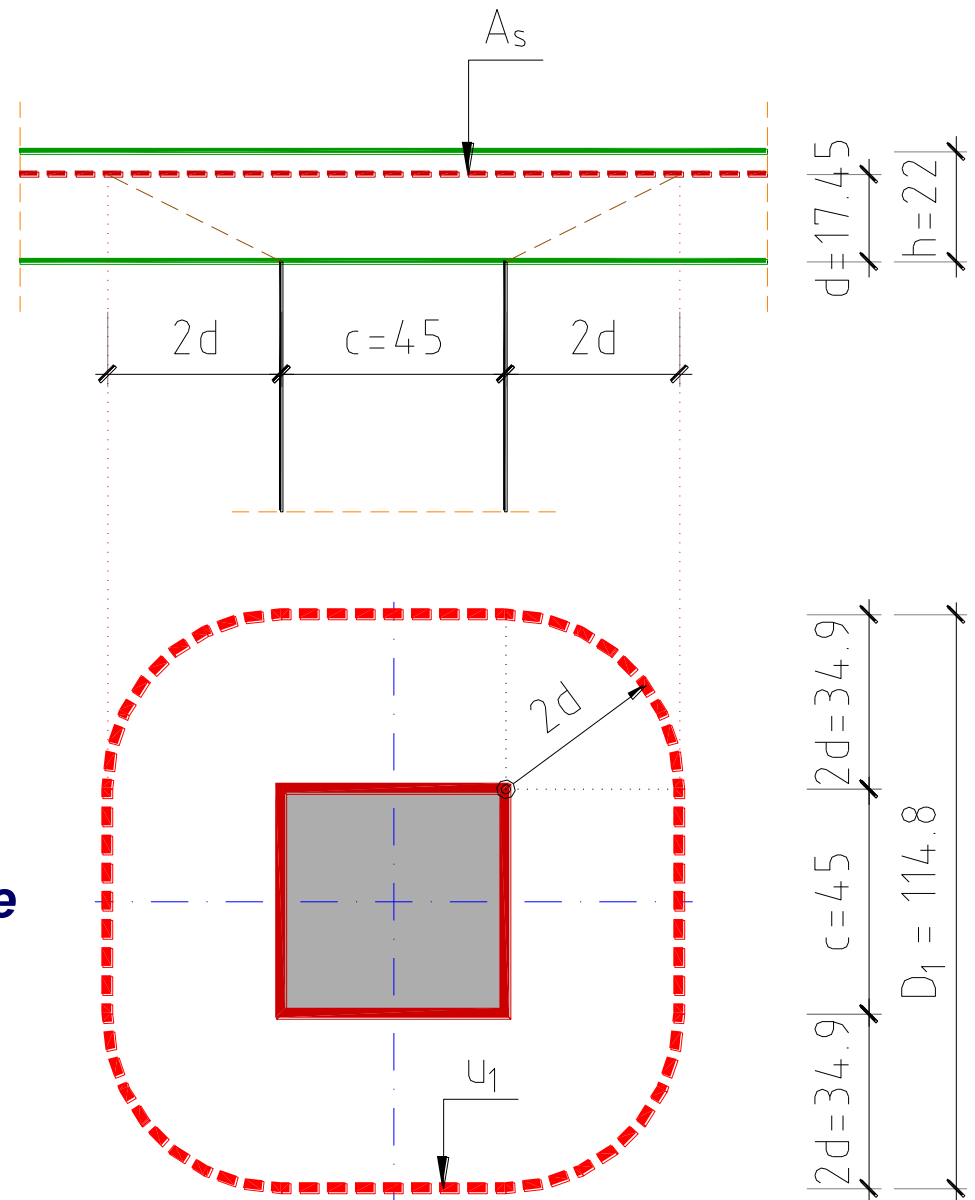
$$V_{Ed} = 1.35 \times 264 + 1.5 \times 132 = 554.4 \text{ kN}$$

$$v_{Ed} = \beta \frac{V_{Ed}}{u_1 d} = 1.15 \times \frac{554.4}{399.3 \times 17.45} = 0.092 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

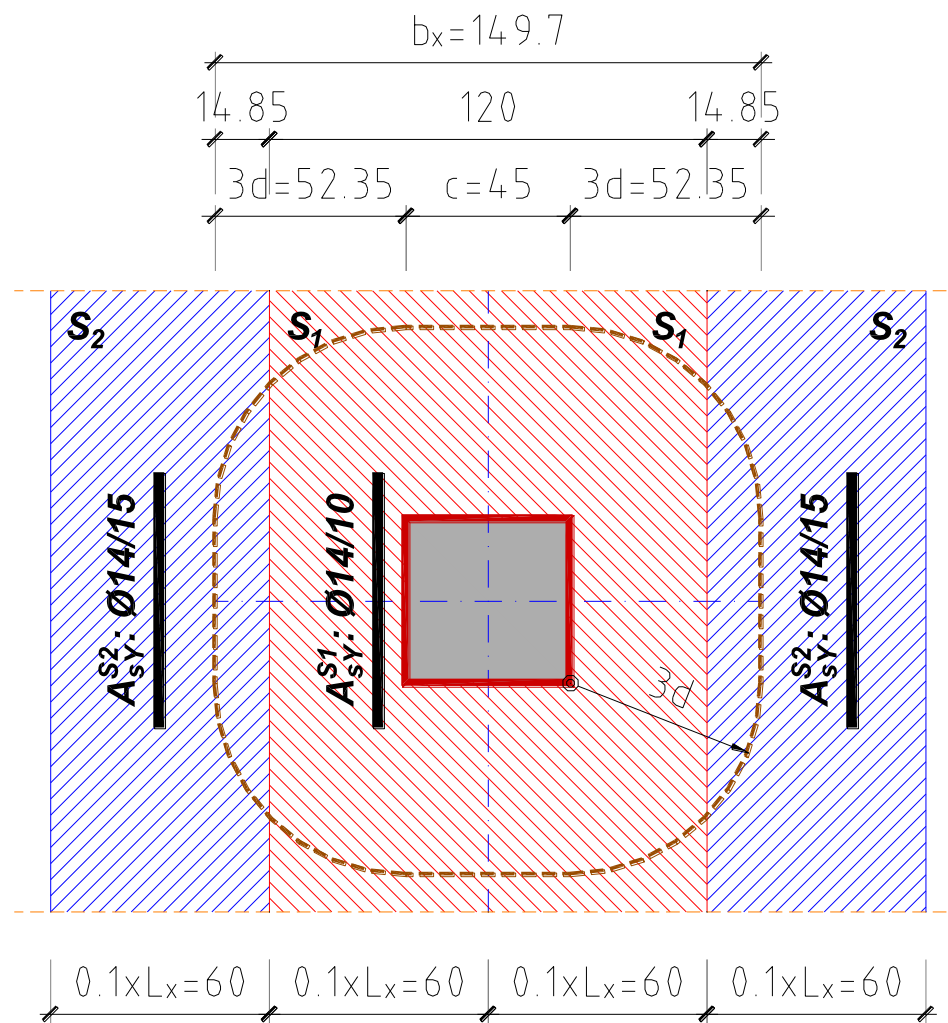
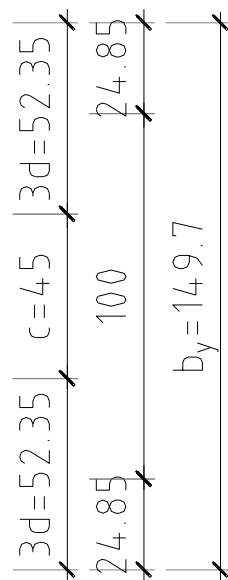
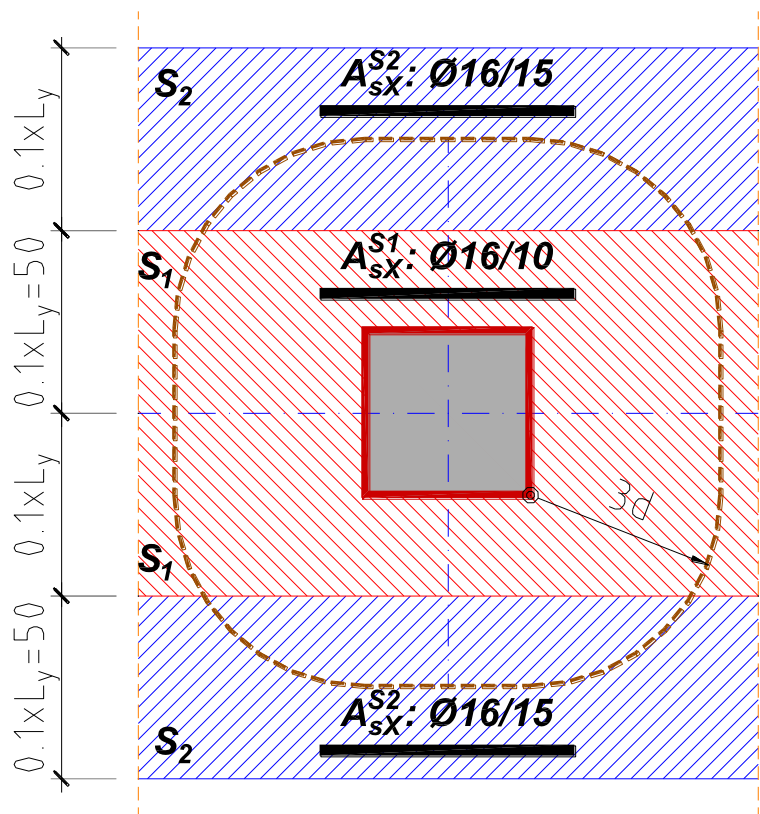
$$v_{Ed} = 0.92 \text{ MPa} < v_{Rd,max} = 3.83 \text{ MPa}$$

Ovu vrednost je potrebno uporediti sa proračunskom vrednošću nosivosti na smicanje od probijanja ploče bez armature za smicanje od probijanja $v_{Rd,c}$:

$$v_{Rd,c} = C_{Rd,c} k \sqrt[3]{100 \rho_l f_{ck}} + k_1 \sigma_{cp}$$



Određivanje koef. armiranja ρ_l



$$b_x = b_y = 2 \times 3d + c = 2 \times 3 \times 17.45 + 45 = 149.7 \text{ cm}$$

$$A_{s,x} = \frac{20.10 \times 100 + 13.40 \times 49.7}{149.7} = 17.88 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} \Rightarrow \rho_{l,x} = \frac{17.88}{18.2} = 0.982\%$$

$$A_{s,y} = \frac{15.39 \times 120 + 10.26 \times 29.7}{149.7} = 14.38 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} \Rightarrow \rho_{l,y} = \frac{14.38}{16.7} = 0.861\%$$

$$\rho_l = \sqrt{\rho_{l,x} \times \rho_{l,y}} = \sqrt{0.982 \times 0.861} = 0.92\% < 2\% = \rho_{l,\max}$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2 \Rightarrow k = 1 + \sqrt{\frac{200}{174.5}} > 2 \Rightarrow \text{usv. } k = 2$$

$$v_{\min} = 0.035 k^2 \sqrt{f_{ck}} = 0.035 \times 2^2 \times \sqrt{25} = 0.495 \text{ MPa}$$

$$C_{Rd,c} k^3 \sqrt{100 \rho_l f_{ck}} = 0.12 \times 2 \times \sqrt[3]{0.92 \times 25} = 0.682 \text{ MPa} > v_{\min} = 0.495 \text{ MPa}$$

$$V_{Rd,c} = C_{Rd,c} k^3 \sqrt{100 \rho_l f_{ck}} + k_1 \sigma_{cp} = 0.682 + 0 = 0.682 \text{ MPa}$$

$$V_{Rd,c} = 0.682 \text{ MPa} < v_{Ed} = 0.92 \text{ MPa} < 1.5 v_{Rd,c} = 1.024 \text{ MPa}$$

6.4.5 Носивост на смицање од пробијања плоча или стопа стубова са арматуром за смицање

ⓘ(1) Када се захтева, арматура за смицање треба да се израчуна у складу са изразом (6.52):

$$v_{Rd,cs} = 0,75 v_{Rd,c} + 1,5 (d/s_r) A_{sw} f_{ywd,ef} [1/(u_1 d)] \sin \alpha \leq k_{max} \cdot v_{Rd,c} \quad (6.52)$$

где је:

A_{sw} површина арматуре за смицање на дужини једног контролног обима око стуба [mm^2];

s_r радијално растојање обима дуж којих је распоређена арматура за смицање [mm];

$f_{ywd,ef}$ ефективна прорачунска чврстоћа при затезању арматуре за смицање од пробијања, у складу са

$$f_{ywd,ef} = 250 + 0,25 d \leq f_{ywd} \text{ [Мра];}$$

d средња вредност статичких висина плоче у ортогоналним правцима [mm];

α угао између арматуре за смицање и равни плоче;

$v_{Rd,c}$ према 6.4.4;

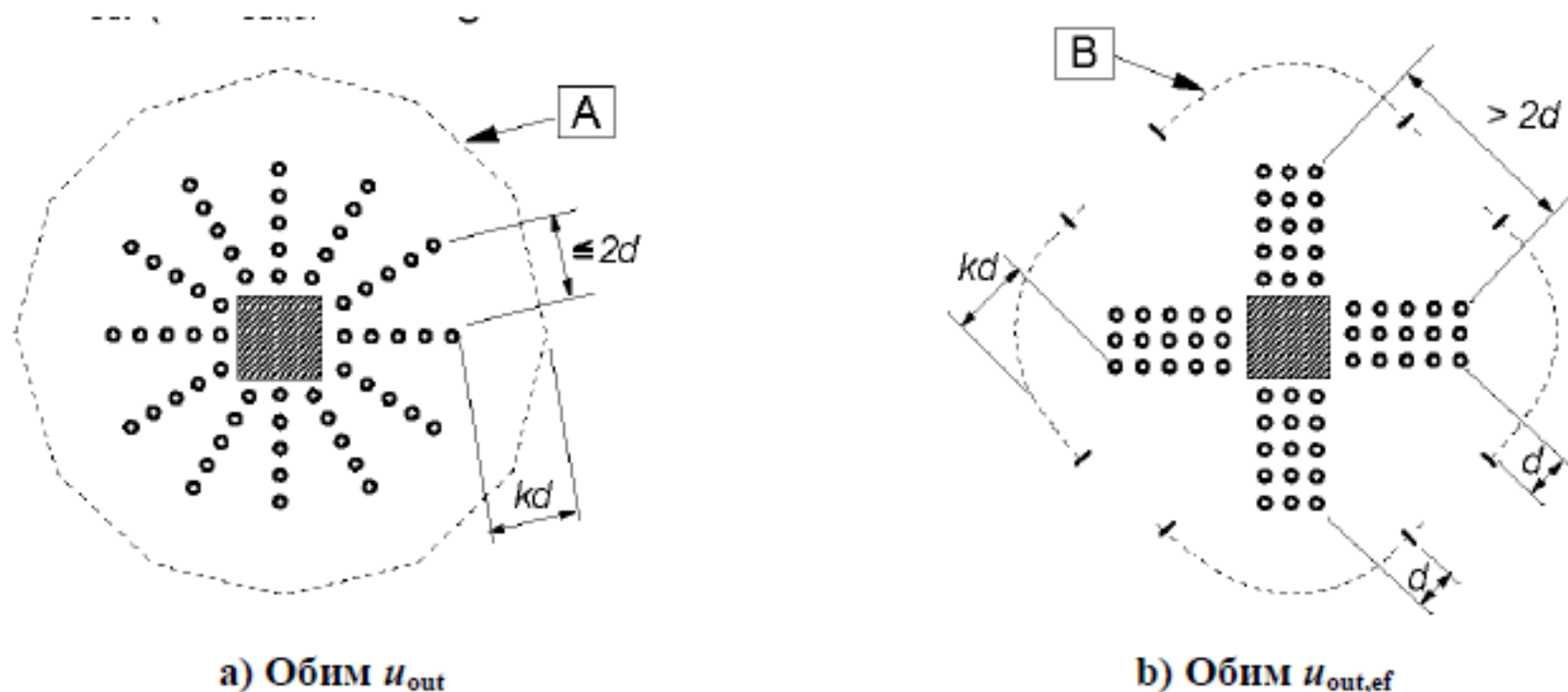
k_{max} фактор, ограничавање максималне носивости која се може достићи употребом арматуре за смицање.

НАПОМЕНА Вредност k_{max} која се користи у одређеној земљи, може да се нађе у њеном националном прилогу. Препоручена вредност је 1,5.

Ако постоји само једна линија на којој се шипке арматуре савијају из горње у доњу зону, за однос d/s_r у изразу (6.52) може да се узме вредност 0,67. ⓘ

Slučaj kada je potrebna armatura za smicanje

Најудаљенији обим арматуре за смицање треба да буде на растојању које није веће од kd унутар u_{out} (или $u_{out,ef}$, видети слику 6.22).



a) Обим u_{out}

b) Обим $u_{out,ef}$

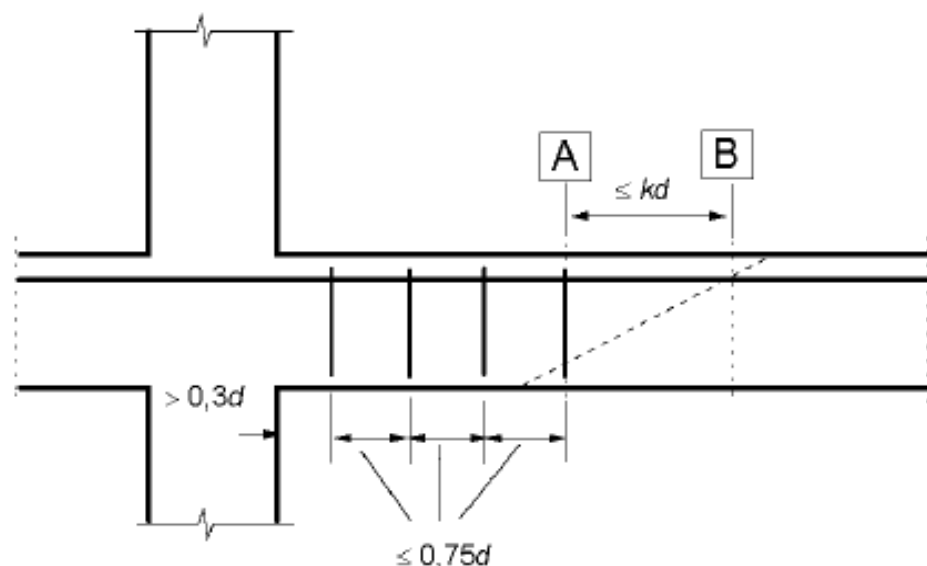
Слика 6.22 – Контролни обими на унутрашњим стубовима

НАПОМЕНА Вредност k , која се користи у одређеној земљи, може да се нађе у њеном националном прилогу. Препоручена вредност је 1,5.

(5) За другачије, патентиране производе који се користе као арматура за смицање $V_{Rd,cs}$ треба да се одреди испитивањем, у складу са релевантним европским техничким одобрењем. Видети и 9.4.3.

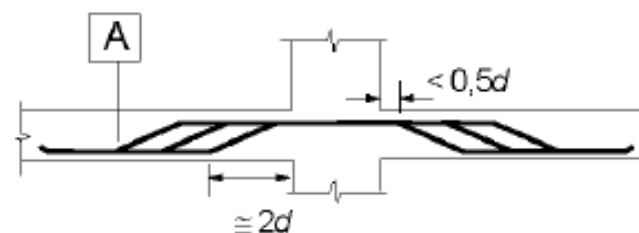
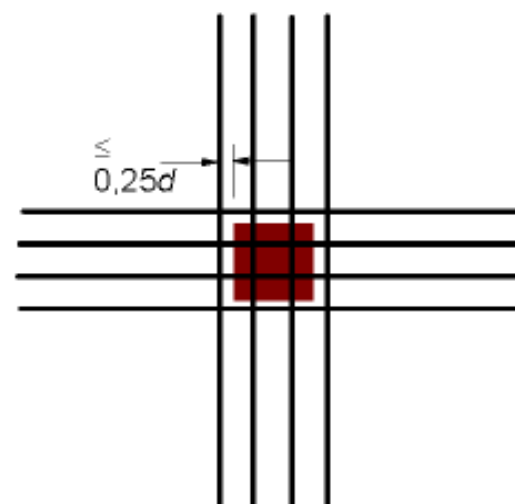
9.4.3 Арматура за смицање од пробијања

(1) Када се захтева арматура за смицање од пробијања, (видети 6.4), ту арматуру треба распоредити између оптерећене површине/стуба и контуре на растојању kd унутар контролног обима на којем се арматура за смицање више не захтева. На тој површини ножице узенгија треба да се распореде дуж најмање два обима око оптерећене површине (видети слику 9.10). Међусобно растојање обима по којима је распоређена арматура за смицање не треба да буде веће од $0,75d$.



- A** – спољашњи (последњи) контролни обим на којем се захтева арматура за смицање
- B** – први контролни обим на којем се не захтева арматура за смицање

а) Растојање узенгија



б) Растојање шипки косо повијених из горње у доњу зону

Određivanje obima u_{out}

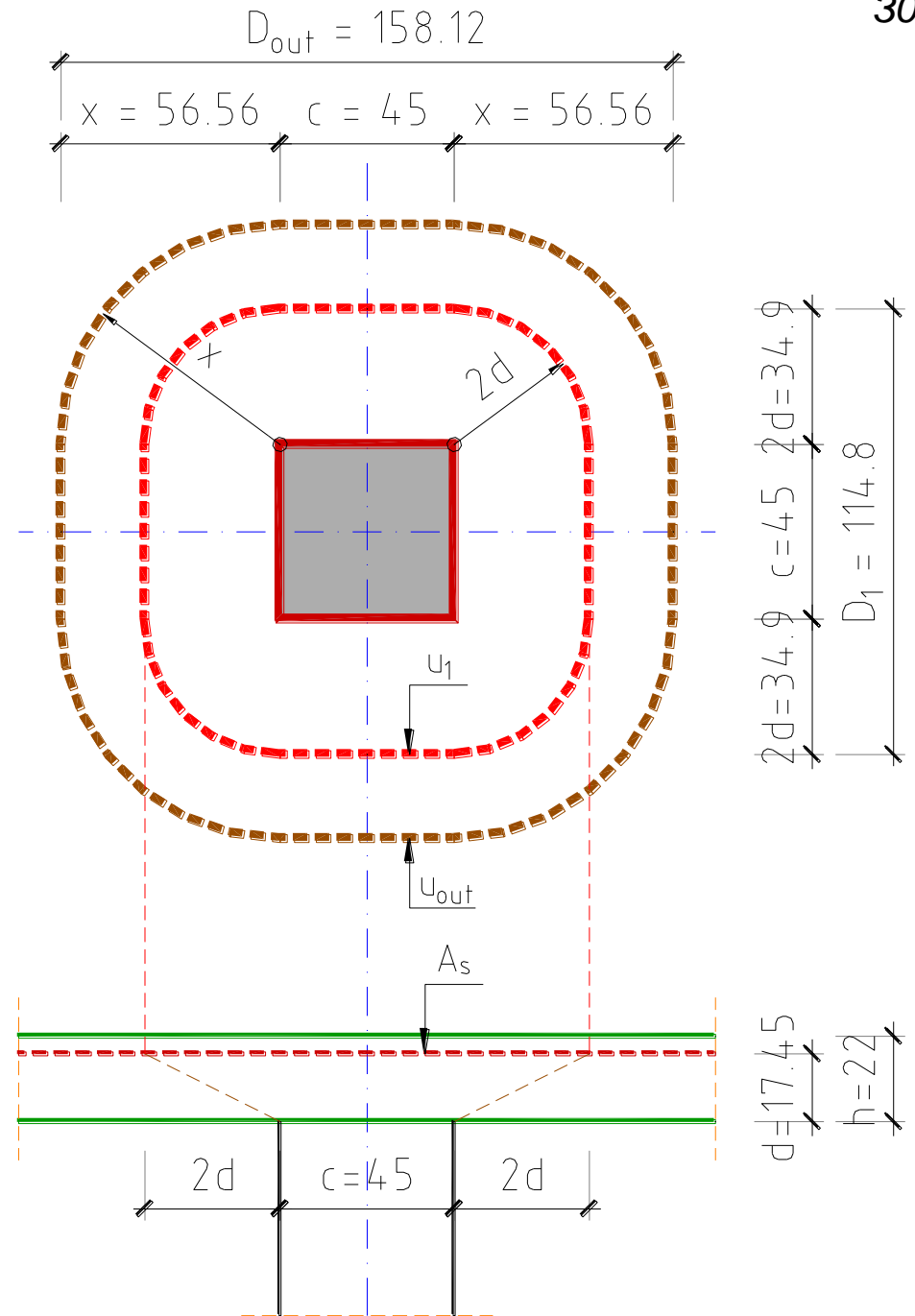
To je kontrolni obim duž koga armatura za smicanje više nije potrebna ($V_{Ed} = V_{Rd,c}$):

$$u_{out} = \frac{\beta \times V_{Ed}}{v_{Rd,c} \times d}$$

$$u_{out} = \frac{1.15 \times 554.4}{0.0682 \times 17.45} = 535.4 \text{ cm}$$

$$u_{out} = 4 \frac{\pi x}{2} + 4c \Rightarrow x = \frac{u_{out} - 4c}{2\pi}$$

$$x = \frac{535.4 - 4 \times 45}{2\pi} = 56.56 \text{ cm}$$



Raspoređivanje armature za osiguranje

Armatura se raspoređuje na radijalnom rastojanju $s_r \leq 0.75 \times d$. Pritom se prvi red armature postavlja na rastojanju s_0 od ivice stuba:

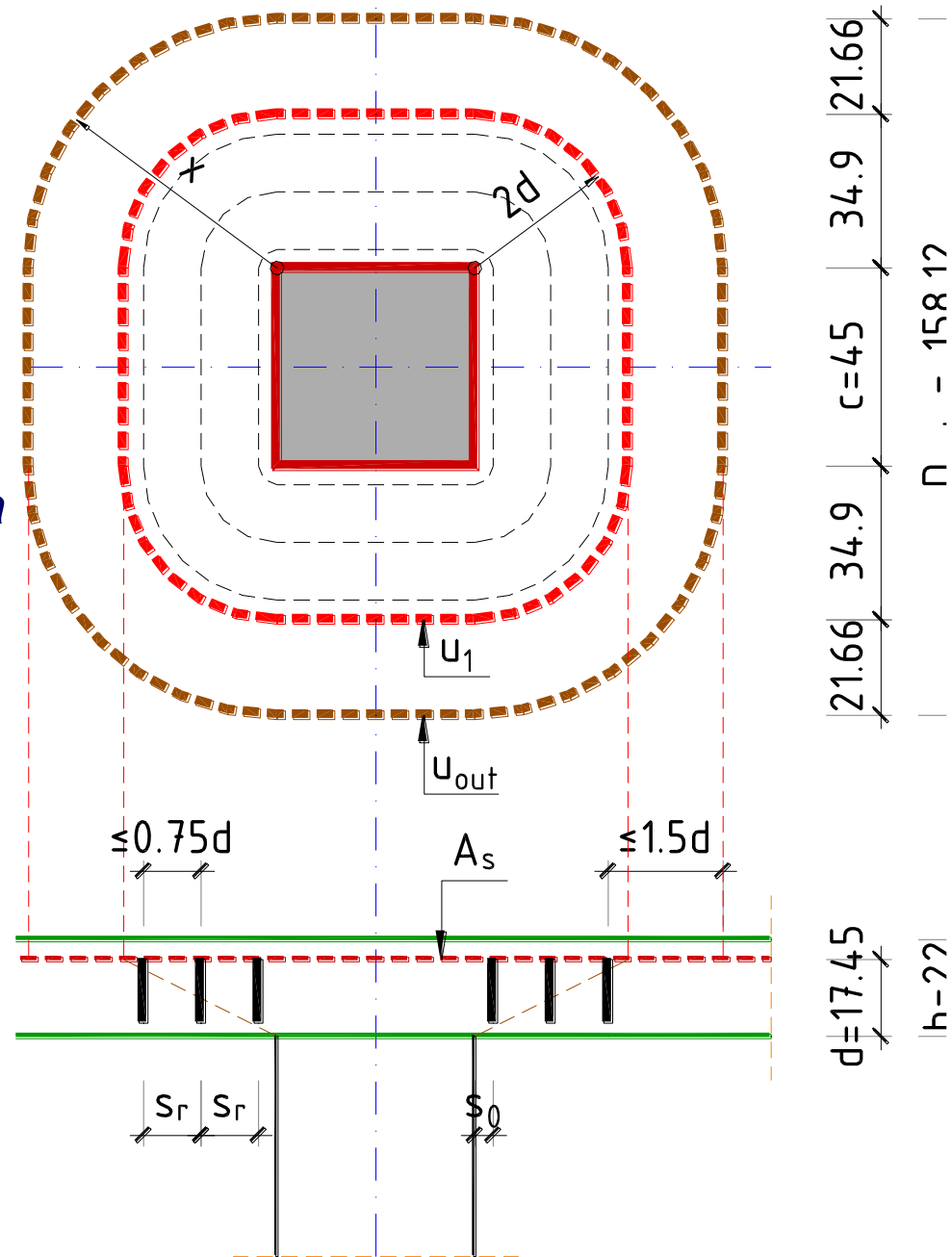
$$0.3d \leq s_0 \leq 0.5d$$

Poslednji red armature mora biti od obima u_{out} udaljen maksimalno $1.5d$. Pritom rastojanje armature u tangencijalnom pravcu mora biti $\leq 1.5d$ unutar kontrolnog obima u_1 , odnosno $\leq 2d$ između u_1 i u_{out} .

$$s_0 \leq 0.5 \times 17.45 = 8.7 \text{ cm}$$

$$s_r \leq 0.75 \times 17.45 = 13.1 \text{ cm}$$

$$\text{usv. } s_0 = 7 \text{ cm ; } s_r = 13 \text{ cm}$$



Potrebna površina armature za smicanje

$$\alpha = 90^\circ \Rightarrow v_{Rd,cs} = 0.75 \times v_{Rd,c} + \frac{1.5 \frac{d}{s_r} A_{sw} \times f_{ywd,eff}}{u_1 \times d}$$

$$\frac{A_{sw}}{s_r} = \frac{(v_{Ed} - 0.75 \times v_{Rd,c}) \times u_1}{1.5 \times f_{ywd,eff}}$$

$$f_{ywd,eff} = 250 + 0.25d = 250 + 0.25 \times 174.5 = 293.6 \text{ MPa}$$

$$\frac{A_{sw}}{s_r} = \frac{(0.915 - 0.75 \times 0.682) \times 399.3}{1.5 \times 293.6} = 0.366 \text{ cm}$$

Armatura koja je potrebna na dužini jednog kontrolnog obima A_{sw} je:

$$s_r = 13 \text{ cm} \Rightarrow A_{sw} = 0.366 \times 13 = 4.75 \text{ cm}^2$$

Raspoređivanje armature

Odgovarajući obimi po kojima se raspoređuje A_{sw} :

$$u^{01} = 4 \times \frac{7\pi}{2} + 4 \times 45 = 224 \text{ cm}$$

$$u^{02} = 4 \times \frac{(7+13)\pi}{2} + 4 \times 45 = 305.7 \text{ cm}$$

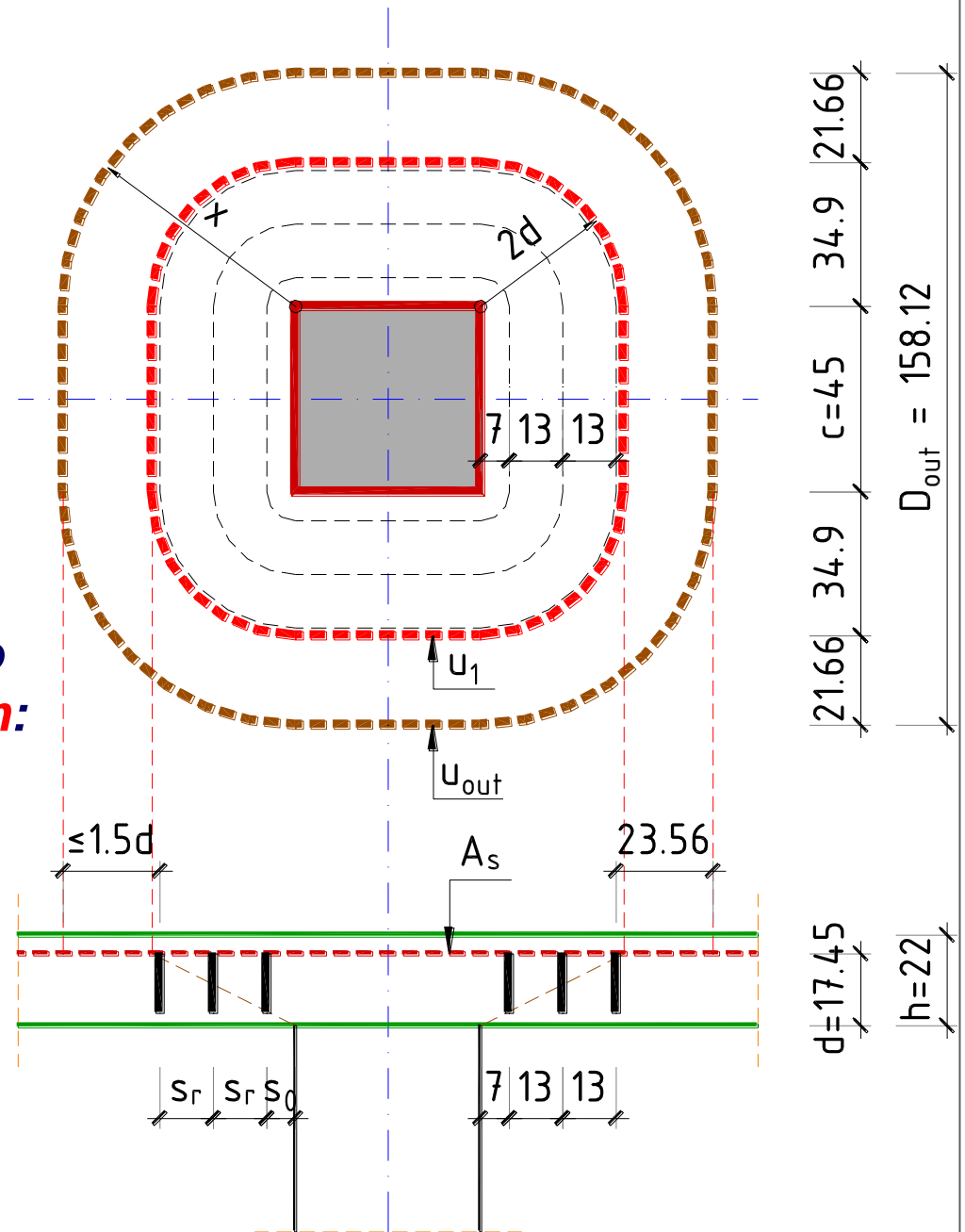
$$u^{03} = 4 \times \frac{(7+2 \times 13)\pi}{2} + 4 \times 45 = 387.3 \text{ cm}$$

Kako su svi obimi unutar u_1 , maksimalno tangencijalno rastojanje je $1.5d = 26.2 \text{ cm}$:

$$n^{01} \geq \frac{224 \text{ cm}}{26.2 \text{ cm}} = 8.6 \text{ komada}$$

$$n^{02} \geq \frac{305.7 \text{ cm}}{26.2 \text{ cm}} = 11.7 \text{ komada}$$

$$n^{03} \geq \frac{387.3 \text{ cm}}{26.2 \text{ cm}} = 14.8 \text{ komada}$$



Usvojeni raspored armature

$$n_{\max} = n^{03} = 14.8 \text{ kom}$$

$$\text{usv. } n = 16 \text{ kom}$$

$$a_{sw} = \frac{A_{sw}}{n} = \frac{4.75}{16} = 0.297 \text{ cm}^2$$

$$\text{usv. } 3 \times 16 \text{ } \varnothing 8 \text{ (} a_{sw} = 0.503 \text{ cm}^2 \text{)}$$

