

PROJEKTOVANJE I GRAĐENJE BETONSKIH KONSTRUKCIJA 1

Vežbe 9

Školska 2024/2025.



Građevinski fakultet u Beogradu – PGBK1 2024/25.

1



Univerzitet u Beogradu – Građevinski fakultet
www.grf.bg.ac.rs

Studijski program: **Građevinarstvo, Master akademske studije**

Modul: **Konstrukcije**

Godina/Semestar: **1. godina / 1. semestar**

Naziv predmeta (šifra): **Projektovanje i građenje betonskih
konstrukcija 1 (M3K1P1)**

Nastavnik: **Ivan Milićević**

Naslov vežbi: **Vežbe 9 – Proračun direktno oslonjenje
ploče (kapiteli, temeljna ploča)**

Datum : 24.6.2025.

Beograd, 2025.

Sva autorska prava autora prezentacije i/ili video snimaka su zaštićena. Snimanje vežbi nije dozvoljeno.
Prezentacije se mogu koristiti samo za nastavu studenta Građevinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu u školskoj 2024/2025.
I ne mogu se koristiti za druge svrhe bez pismene saglasnosti autora materijala.



Građevinski fakultet u Beogradu – PGBK1 2024/25.

Vežbe 9 – Proračun direktno oslonjenje ploče (kapiteli, temeljna ploča)

- **Kontrola proboja**

- Opšte napomene (konstruisanje kapitela, proboj temeljne ploče)
- Proračunski dokazi
- Armiranje temeljne ploče za osiguranje od proboja



Vežbe 9 – Proračun direktno oslonjenje ploče (kapiteli, temeljna ploča)

- Literatura:

Milosavljević, B. (2019): Armiranobetonske međuspratne konstrukcije - Udžbenik za predmet Projektovanje i građenje betonskih konstrukcija 1, Akademska misao, Beograd.

Marinković, S., Pecić, N. (2018): Teorija betonskih konstrukcija. Akademska misao, Beograd.



Kapiteli kod ploče direktno oslonjenje na stubove



Građevinski fakultet u Beogradu – PGBK1 2024/25.

5

Kontrola proboja ploče direktno oslonjenje na stubove

Probijanje ravne ploče prema SRPS EN 1992-1-1

Kontrola proboja se vrši:

A) Na obimu stuba u_0 :

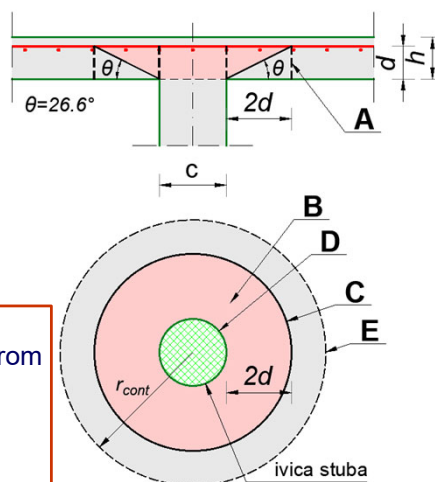
- $v_{Ed}^0 \leq v_{Rd,max}$

B) Na osnovnom kontrolnom preseku obima u_1 :

- $v_{Ed}^1 \leq v_{Rd,c}$
nije potrebno osiguranje ploče armaturom za proboj

- $v_{Rd,c} \leq v_{Ed}^1 \leq 1.5v_{Rd,c}$
potrebno je osiguranje ploče armaturom za proboj (ili lokalnim podebljanjem)

- $v_{Ed}^1 > 1.5v_{Rd,c}$
nije dozvoljeno, potrebno je ojačati (podebljati) ploču, lokalno ili globalno



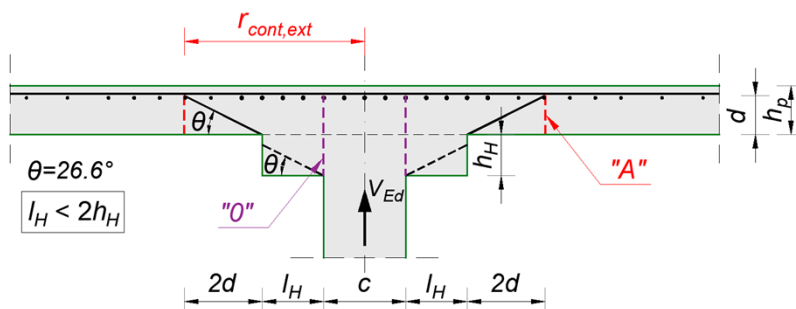
Građevinski fakultet u Beogradu – PGBK1 2024/25.

6

Kontrola proboja ploče direktno oslonjenje na stubove

Probijanje ravne ploče sa kapitelima prema SRPS EN 1992-1-1

Slučaj A: $l_H < 2h_H$



0 – Kontrolni presek proboja stuba kroz kapitel, uz ivicu stuba (obim u_0)

A – Osnovni kontrolni presek proboja kapitela kroz ploču (obim $u_{1,ext}$)



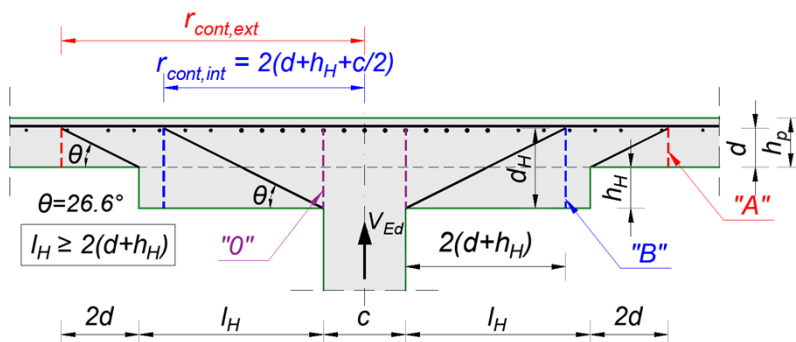
Građevinski fakultet u Beogradu – PGBK1 2024/25.

7

Kontrola proboja ploče direktno oslonjenje na stubove

Probijanje ravne ploče sa kapitelima prema SRPS EN 1992-1-1

Slučaj B: $l_H \geq 2(d+h_H)$



0 – Kontrolni presek proboja stuba kroz kapitel, uz ivicu stuba (obim u_0)

A – Osnovni kontrolni presek proboja kapitela kroz ploču (obim $u_{1,ext}$)

B – Osnovni kontrolni presek proboja stuba kroz kapitel (obim $u_{1,int}$)



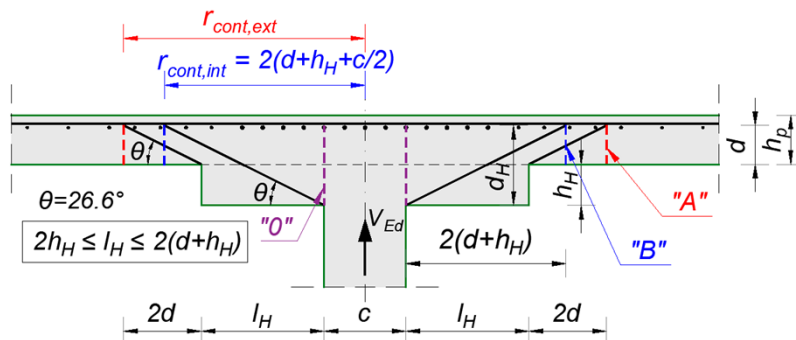
Građevinski fakultet u Beogradu – PGBK1 2024/25.

8

Kontrola proboja ploče direktno oslonjenje na stubove

Probijanje ravne ploče sa kapitelima prema SRPS EN 1992-1-1

Slučaj C: $2h_H \leq l_H \leq 2(d+h_H)$



0 – Kontrolni presek proboja stuba kroz kapitel, uz ivicu stuba

A – Osnovni kontrolni presek proboja kapitela kroz ploču

B – Osnovni kontrolni presek proboja stuba kroz kapitel



Građevinski fakultet u Beogradu – PGBK1 2024/25.

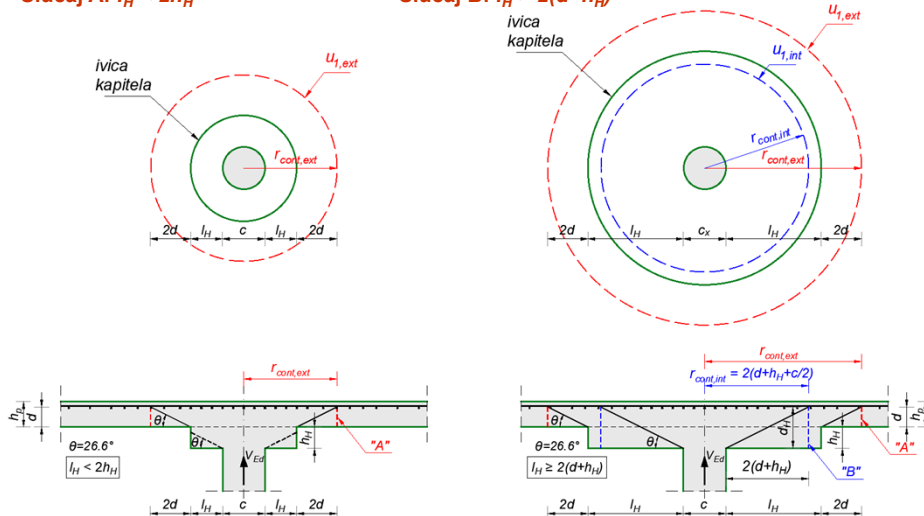
9

Kontrola proboja ploče direktno oslonjenje na stubove

Probijanje ravne ploče sa kapitelima prema SRPS EN 1992-1-1

Slučaj A: $l_H < 2h_H$

Slučaj B: $l_H > 2(d+h_H)$



Građevinski fakultet u Beogradu – PGBK1 2024/25.

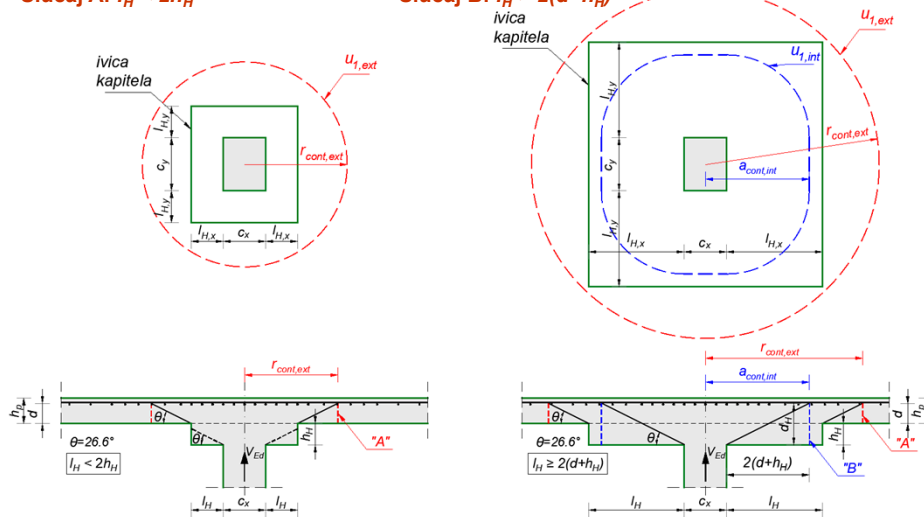
10

Kontrola proboja ploče direktno oslonjenje na stubove

Probijanje ravne ploče sa kapitelima prema SRPS EN 1992-1-1

Slučaj A: $l_H < 2h_H$

Slučaj B: $l_H \geq 2(d+h_H)$



Građevinski fakultet u Beogradu – PGBK1 2024/25.

11

Kontrola proboja ploče direktno oslonjenje na stubove

Probijanje ravne ploče sa kapitelima prema SRPS EN 1992-1-1

Generalno, kontrola proboja se vrši:

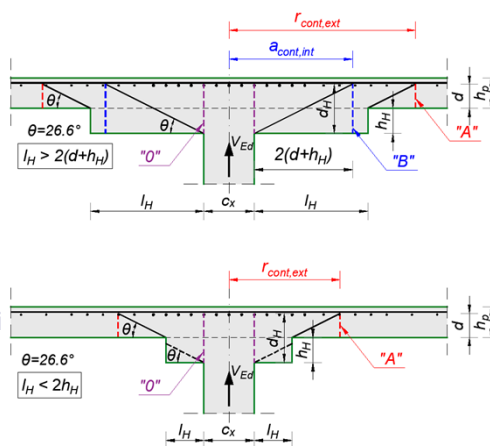
- A) Po ivici stuba, odnosno obimu stuba u_0 ,
- B) Po osnovnom kontrolnom (kritičnom) preseku obima u_1 :
 - Proboj stuba kroz kapitel ($u_{1,int}$),
 - Proboj kapitela kroz ploču ($u_{1,ext}$).

Ukoliko je $l_H < 2h_H$, proboj stuba kroz kapitel se ne proverava!

Proračunske vrednosti nosivosti:

$V_{Rd,c}$ - nosivost ploče na smicanje pri probijanju bez armature za smicanje

$V_{Rd,max}$ - maksimalna nosivost na smicanje pri probijanju po ivici stuba



Građevinski fakultet u Beogradu – PGBK1 2024/25.

12

Kontrola proboja ploče direktno oslonjenje na stubove

Probijanje ravne ploče sa kapitelima prema SRPS EN 1992-1-1

Kontrola proboja se vrši:

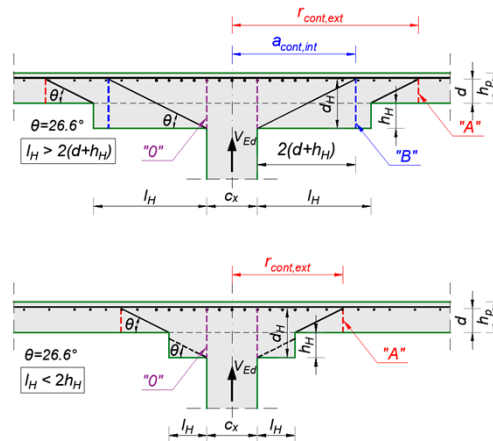
A) Na obimu stuba u_0 :

- $V_{Ed}^0 \leq V_{Rd,max}$

B) Na osnovnom kontrolnom preseku obima u_1 ($u_{1,int}$ i $u_{1,ext}$)

- $V_{Ed}^1 \leq V_{Rd,c}$
nije potrebno osiguranje
armaturom za proboj

*Osiguranje ploče od proboja
konstruisanjem kapitela
podrazumeva da nema osiguranja
armaturom, ni ploče ni kapitela!*



Građevinski fakultet u Beogradu – PGBK1 2024/25.

13

Kontrola proboja ploče direktno oslonjenje na stubove

Probijanje ravne ploče sa kapitelima prema SRPS EN 1992-1-1

Neposredno uz stub, nosivost
ploče na smicanje ograničena je
na najveću vrednost:

$$V_{Ed}^0 = \frac{\beta \times V_{Ed}}{u_0 \times d_H} \leq V_{Rd,max}$$

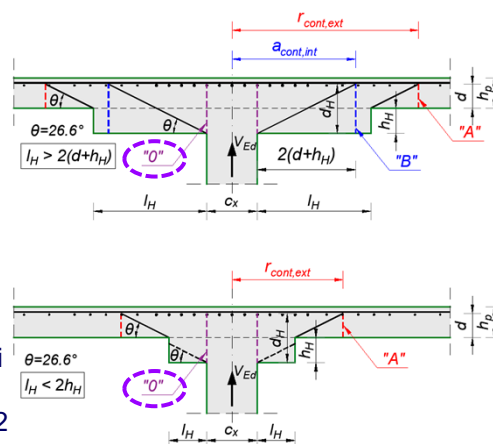
$V_{Rd,max}$ - maksimalna nosivost na
smicanje pri probijanju:

$$V_{Rd,max} = 0.4 \times v \times f_{cd}$$

$$V_{Rd,max} = 0.4 \times 0.6 (1 - f_{ck} / 250) \times f_{cd}$$

u_0 - obim stuba

d_H - statička visina uključujući
visinu kapitela,
 $d_H = d + h_H, d = (d_x + d_y) / 2$



Građevinski fakultet u Beogradu – PGBK1 2024/25.

14

Kontrola proboja ploče direktno oslonjenje na stubove

Probijanje ravne ploče sa kapitelima prema SRPS EN 1992-1-1

Nosivost **AB** kapitela na smicanje na osnovnom kontrolnom preseku obima $u_{1,int}$:

$$v_{Rd,c}^{1,int} = C_{Rd,c} \times k \times \sqrt[3]{100 \rho_l f_{ck}} \geq v_{min}$$

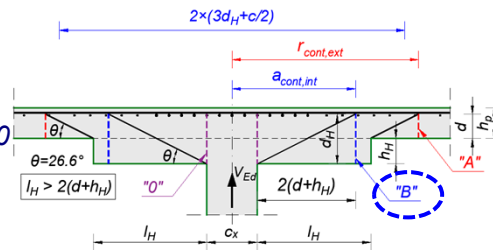
$$C_{Rd,c} = 0.18 / \gamma_c, k = 1 + \sqrt{d_H / 200} \leq 2.0$$

$$\rho_l = \sqrt{\rho_{lx} \times \rho_{ly}} \leq 0.02$$

ρ_{lx} - procenat armiranja podužnom armaturom u X pravcu (na širini $c_y + 2 \times 3d_H$ i za statičku visinu $d_{H,x}$)

ρ_{ly} - procenat armiranja podužnom armaturom u Y pravcu (na širini $c_x + 2 \times 3d_H$ i za statičku visinu $d_{H,y}$)

$$v_{min} = 0.035 \times k^{3/2} \times f_{ck}^{1/2}$$



Građevinski fakultet u Beogradu – PGBK1 2024/25.

15

Kontrola proboja ploče direktno oslonjenje na stubove

Probijanje ravne ploče sa kapitelima prema SRPS EN 1992-1-1

Nosivost **AB** ploče na smicanje na osnovnom kontrolnom preseku obima $u_{1,ext}$:

$$v_{Rd,c}^{1,ext} = C_{Rd,c} \times k \times \sqrt[3]{100 \rho_l f_{ck}} \geq v_{min}$$

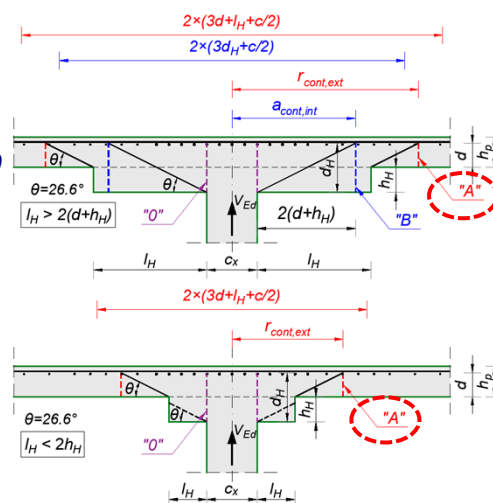
$$C_{Rd,c} = 0.18 / \gamma_c, k = 1 + \sqrt{d / 200} \leq 2.0$$

$$\rho_l = \sqrt{\rho_{lx} \times \rho_{ly}} \leq 0.02$$

ρ_{lx} - procenat armiranja podužnom armaturom u X pravcu (na širini $c_y + 2l_H + 2 \times 3d$ i za statičku visinu d_x)

ρ_{ly} - procenat armiranja podužnom armaturom u Y pravcu (na širini $c_x + 2l_H + 2 \times 3d$ i za statičku visinu d_y)

$$v_{min} = 0.035 \times k^{3/2} \times f_{ck}^{1/2}$$



Građevinski fakultet u Beogradu – PGBK1 2024/25.

16

Kontrola proboja ploče direktno oslonjenje na stubove

Probijanje ravne ploče sa kapitelima prema SRPS EN 1992-1-1

Određivanje obima kontrolnih preseka $u_{1,int}$ i $u_{1,ext}$:

A. Kontrolni obim za proboj stuba kroz kapitel određuje se na isti način kao za slučaj probijanja stuba kroz ploču, sa statičkom visinom $d_H = d + h_H$

B. Kontrolni obim za proboj kapitela kroz ploču:

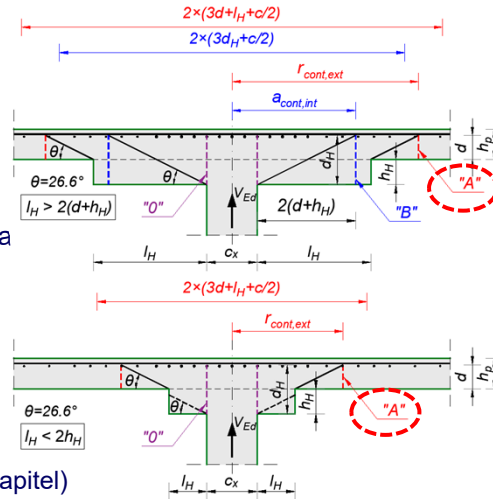
$$l_x = c_x + 2l_{H,x}, l_y = c_y + 2l_{H,y}$$

$$r_{cont,ext,1} = 2 \times d + 0.56 \sqrt{l_x \times l_y}$$

$$r_{cont,ext,2} = 2 \times d + 0.69 \times \min\{l_x, l_y\}$$

$$r_{cont,ext} = \min\{r_{cont,ext,1}, r_{cont,ext,2}\}$$

$$r_{cont,ext} = l_H + 2 \times d + 0.5 \times c \text{ (kružni kapitel)}$$



Građevinski fakultet u Beogradu – PGBK1 2024/25.

17

Kontrola proboja ploče direktno oslonjenje na stubove

Probijanje ravne ploče sa kapitelima prema SRPS EN 1992-1-1

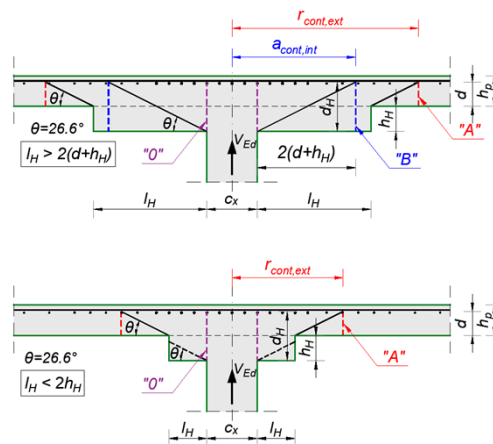
Kontrola proboja na osnovnom kontrolnom preseku obima u_1 ($u_{1,int}$ i $u_{1,ext}$):

A) Proboj stuba kroz kapitel:

$$v_{Ed}^{1,int} = \frac{\beta \times V_{Ed}}{u_{1,int} \times d_H} \leq v_{Rd,c}^{1,int}$$

B) Proboj kapitela kroz ploču:

$$v_{Ed}^{1,ext} = \frac{\beta \times V_{Ed}}{u_{1,ext} \times d} \leq v_{Rd,c}^{1,ext}$$



Građevinski fakultet u Beogradu – PGBK1 2024/25.

18

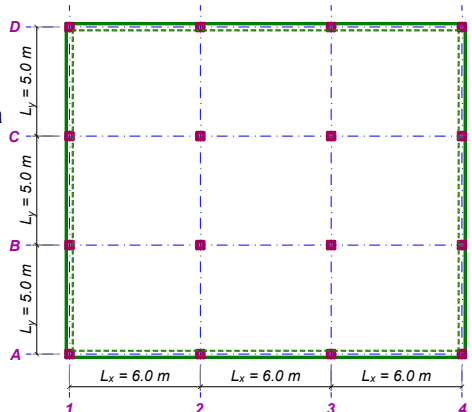
Primer 7 – Proračun direktno oslonjenje ploče

Na skici je prikazana međuspratna konstrukcija ploče ($h_p = 24 \text{ cm}$), direktno oslonjene na 4 stuba, dok se po obodu oslanja na grede dimenzija **30/60 cm**. Dimenzije unutrašnjih stubova su **40/40 cm**, ivičnih stubova **40/30 cm** (duža stranica paralelna sa konturom ploče), a ugaonih stubova **30/30 cm**.

Ploča je, pored sopstvene težine, opterećena i dodatnim stalnim opterećenjem $\Delta g = 3.5 \text{ kN/m}^2$ i povremenim opterećenjem $p = 5 \text{ kN/m}^2$, koja deluju po čitavoj površini ploče.

Izvršiti kontrolu proboja središnjih stubova kroz ploču i po potrebi izvršiti osiguranje konstruisanjem kapitela.

Kvalitet materijala: **C35/45, B500B**
Klasa izloženosti konstrukcije: XC1



Napomena: pretpostaviti da bočna stabilnost konstrukcije ne zavisi od ramovskog dejstva između ploče i stubova!



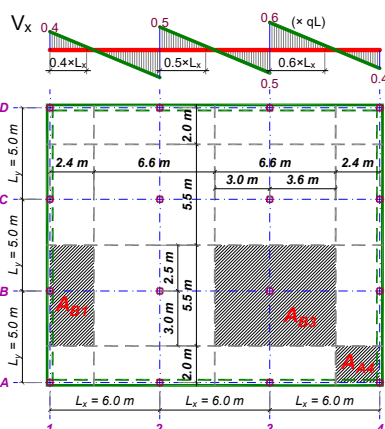
Građevinski fakultet u Beogradu – PGBK1 2024/25.

19

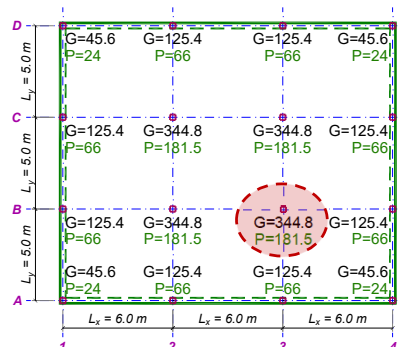
Primer 7 – Proračun direktno oslonjenje ploče

2.2 Statički uticaji – korekcija sila u stubovima

Pripadajuće površine za određivanje reakcija oslonaca



Korigovane reakcije oslonaca
 $G_i = A_i \times g$, $P_i = A_i \times p$



Građevinski fakultet u Beogradu – PGBK1 2024/25.

20

Primer 7 – Proračun direktno oslonjenje ploče

4.1 Kontrola proboja središnjih stubova – B2, B3, C2, C3

4.1.1 Kontrola napona smicanja neposredno uz stub

Napon smicanja na obimu neposredno uz stub:

$$v_{Ed}^0 = \frac{\beta \times V_{Ed}}{u_0 \times d} = \frac{848.5}{160 \times 19.0} = 0.279 \frac{kN}{cm^2}$$

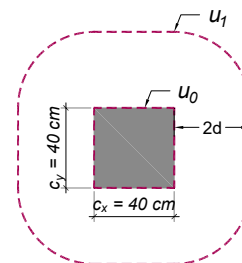
Maksimalno dozvoljena vrednost napona smicanja neposredno uz stub:

$$v_{Rd,max} = 0.4 \times v \times f_{cd} = 0.5 \times \left[0.6 \times \left(1 - \frac{f_{ck}}{250} \right) \right] \times f_{cd}$$

$$v_{Rd,max} = 0.4 \times 0.516 \times 1.983 = 0.409 \frac{kN}{cm^2}$$

$$v_{Rd,max} = 0.409 \frac{kN}{cm^2} \geq v_{Ed}^0 = 0.279 \frac{kN}{cm^2} \quad \text{OK!}$$

Unutrašnji stubovi



Primer 7 – Proračun direktno oslonjenje ploče

4.1 Kontrola proboja središnjih stubova – B2, B3, C2, C3

4.1.2 Kontrola napona smicanja na osnovnom kontrolnom preseku

Kontrolni obim na osnovnom kontrolnom preseku u_1 :

$$u_1 = 2 \times c_x + 2 \times c_y + 2 \times (2 \times d) \times \pi$$

$$u_1 = 2 \times 40 + 2 \times 40 + 2 \times (2 \times 19) \times \pi = 398.8 \text{ cm}$$

Napon smicanja na osnovnom kontrolnom preseku:

$$v_{Ed}^1 = \frac{\beta \times V_{Ed}}{u_1 \times d} = \frac{848.5}{398.8 \times 19.0} = 0.112 \frac{kN}{cm^2}$$

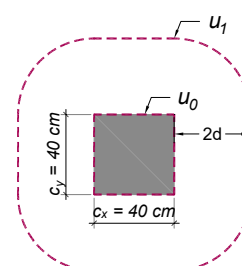
Proračunska vrednost graničnog napona smicanja:

$$v_{Rd,c} = C_{Rd,c} \times k \times \sqrt[3]{100 \rho_l f_{ck}} \geq v_{min} = 0.035 \times k^{3/2} \times f_{ck}^{1/2}$$

$$\rho_l = \sqrt{\rho_{lx} \times \rho_{ly}} \leq 0.02$$

ρ_{lx}, ρ_{ly} - procenti armiranja podužnom armaturom u X pravcu (na širini $c_y + 2 \times 3d$, i za stat. visinu d_x), odnosno u Y pravcu (na širini $c_x + 2 \times 3d$, i za stat. visinu d_y)

Unutrašnji stubovi



Primer 7 – Proračun direktno oslonjenje ploče

4.1 Kontrola proboja središnjih stubova – B2, B3, C2, C3

4.1.2 Kontrola napona smicanja na osnovnom kontrolnom preseku

$$\rho_{lx} = (100 \times 1.047 + 54 \times 0.670) / 154 = 0.915\%$$

$$\rho_{ly} = (120 \times 0.873 + 34 \times 0.559) / 154 = 0.803\%$$

Određivanje ukupnog procenta armiranja ρ :

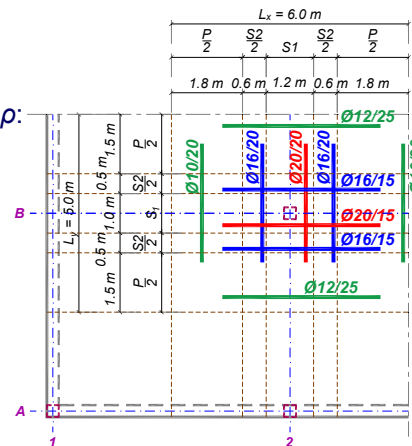
$$\rho_l = \sqrt{\rho_{lx} \times \rho_{ly}} = \sqrt{0.915 \times 0.803} = 0.857\% < 2\%$$

Proračunska vrednost graničnog napona smicanja:

$$v_{Rd,c} = C_{Rd,c} \times k \times \sqrt[3]{100 \rho_l f_{ck}} = 0.12 \times 2 \times \sqrt[3]{0.857 \cdot 35}$$

$$v_{Rd,c} = 0.746 \text{ MPa} = 0.0746 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$v_{min} = 0.035 \times k^{3/2} \times f_{ck}^{1/2} = 0.0586 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < v_{Rd,c}$$



Primer 7 – Proračun direktno oslonjenje ploče

4.1 Kontrola proboja središnjih stubova – B2, B3, C2, C3

4.1.2 Kontrola napona smicanja na osnovnom kontrolnom preseku

Kontrola napona smicanja na osnovnom kontrolnom preseku:

$$v_{Ed}^1 = 0.112 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \leq 1.5 \times v_{Rd,c} = 0.112 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \quad \text{OK!}$$

$$v_{Ed}^1 = 0.112 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} > v_{Rd,c} = 0.0746 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \Rightarrow \text{potrebno je osiguranje, konstruisanjem kapitela!}$$



Primer 7 – Proračun direktno oslonjenje ploče

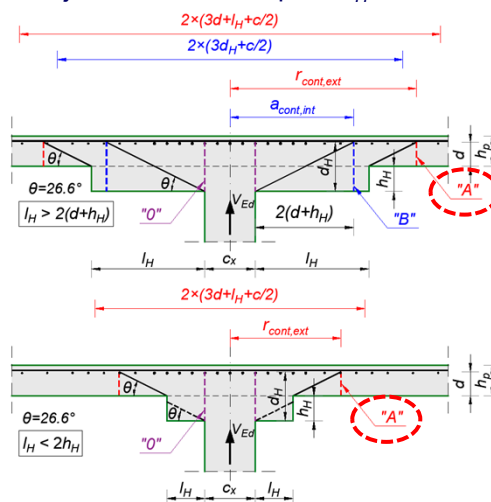
4.1 Kontrola proboja središnjih stubova – B2, B3, C2, C3

4.1.3 Konstruisanje kapitela – određivanje širine/dužine kapitela l_H

S obzirom da je širina kapitela veća od širine stuba, procenat armiranja ρ_l je manji nego što je za ravnu ploču sračunato u delu 4.1.2.

Kako procenat armiranja ρ_l zavisi od širine kapitela koja nije poznata, procenat armiranja biće procenjen:

Usvaja se procenat armiranja na širini koja je jednaka $0.5L_y$ i $0.5L_x$ za X pravac odnosno Y pravac, respektivno.



Primer 7 – Proračun direktno oslonjenje ploče

4.1 Kontrola proboja središnjih stubova – B2, B3, C2, C3

4.1.3 Konstruisanje kapitela – određivanje širine/dužine kapitela l_H

Određivanje procenta armiranja u X pravcu ρ_{lx} ($\rho_{lx} = A_{s,x}/d_x$):

Usvojena armatura u polutraci S_1 (širine 50 cm): **Ø20/15** $\rho_{lx}^{S1} = 1.047\%$

Usvojena armatura u polutraci S_2 (širine 50 cm): **Ø16/15** $\rho_{lx}^{S2} = 0.670\%$

Usvojena armatura u polutraci P (širine 150 cm): **Ø12/25** $\rho_{lx}^P = 0.226\%$

Računski koeficient armiranja u X pravcu na širini ploče **$0.5L_y = 250$ cm:**

$$\rho_{lx} = (2 \times 50 \times 1.047 + 2 \times 50 \times 0.670 + 2 \times 25 \times 0.226) / 250 = 0.732\%$$

Određivanje procenta armiranja u Y pravcu ρ_{ly} ($\rho_{ly} = A_{s,y}/d_y$):

Usvojena armatura u polutraci S_1 (širine 60 cm): **Ø20/20** $\rho_{ly}^{S1} = 0.873\%$

Usvojena armatura u polutraci S_2 (širine 60 cm): **Ø16/20** $\rho_{ly}^{S2} = 0.559\%$

Usvojena armatura u polutraci P (širine 180 cm): **Ø10/20** $\rho_{ly}^P = 0.218\%$

Računski koeficient armiranja u Y pravcu na širini ploče **$0.5L_x = 300$ cm:**

$$\rho_{ly} = (2 \times 60 \times 0.873 + 2 \times 60 \times 0.559 + 2 \times 30 \times 0.218) / 300 = 0.616\%$$



Primer 7 – Proračun direktno oslonjenje ploče

4.1 Kontrola proboja središnjih stubova – B2, B3, C2, C3

4.1.3 Konstruisanje kapitela – određivanje širine/dužine kapitela l_H

Određivanje ukupnog procenta armiranja ρ :

$$\rho_l = \sqrt{\rho_{lx} \times \rho_{ly}} = \sqrt{0.732 \times 0.616} = 0.671\% < 2\%$$

Proračunska vrednost graničnog napona smicanja:

$$v_{Rd,c}^{1,ext} = C_{Rd,c} \times k \times \sqrt[3]{100 \rho_l f_{ck}} = 0.12 \times 2 \times \sqrt[3]{0.671 \cdot 35}$$

$$v_{Rd,c}^{1,ext} = 0.687 \text{ MPa} = 0.0687 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$v_{min} = 0.035 \times k^{3/2} \times f_{ck}^{1/2} = 0.0586 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < v_{Rd,c}^{1,ext}$$



Primer 7 – Proračun direktno oslonjenje ploče

4.1 Kontrola proboja središnjih stubova – B2, B3, C2, C3

4.1.3 Konstruisanje kapitela – određivanje širine/dužine kapitela l_H

Kontrolni obim za proboj kapitela kroz ploču $u_{1,ext}$:

Usvajaju se iste dimenzije kapitela u oba pravca ($l_{H,x} = l_{H,y}$)

$$c_x = c_y = 40 \text{ cm} \Rightarrow l_x = l_y \quad (c_x + 2l_{H,x} = c_y + 2l_{H,y})$$

$$r_{cont,ext,1} = 2 \times d + 0.56 \sqrt{l_x \times l_y}$$

$$r_{cont,ext,2} = 2 \times d + 0.69 \times \min\{l_x; l_y\} \quad (\text{za } l_x/l_y \geq 1.5 \text{ ili } l_y/l_x \geq 1.5)$$

$$r_{cont,ext} = \min\{r_{cont,ext,1}; r_{cont,ext,2}\} = 2 \times d + 0.56 \sqrt{l_x \times l_y} = 2 \times d + 0.56 l_x$$

$$u_{1,ext} = 2 \times r_{cont,ext,1} \times \pi = 2\pi \times (2 \times d + 0.56 l_x)$$



Primer 7 – Proračun direktno oslonjenje ploče

4.1 Kontrola proboja središnjih stubova – B2, B3, C2, C3

4.1.3 Konstruisanje kapitela – određivanje širine/dužine kapitela l_H

Kontrola proboja na osnovnom kontrolnom preseku obima $u_{1,ext}$:

$$v_{Ed}^{1,ext} = \frac{\beta \times V_{Ed}}{u_{1,ext} \times d} \leq v_{Rd,c}^{1,ext}$$

$$v_{Ed}^{1,ext} = \frac{\beta \times V_{Ed}}{2\pi \times (2 \times d + 0.56l_x) \times d} \leq v_{Rd,c}^{1,ext} = 0.0687 \frac{kN}{cm^2}$$

$$0.56l_x = \frac{\beta \times V_{Ed}}{v_{Rd,c}^{1,ext} \times 2\pi \times d} - 2 \times d = \frac{848.5 kN}{0.0687 \frac{kN}{cm^2} \times 2\pi \times 19 cm} - 2 \times 19 cm = 65.46 cm$$

$$l_x = 116.9 cm$$

$$l_x = c_x + 2l_{H,x} \Rightarrow l_{H,x} = 38.44 cm$$

Kontrola pretpostavljene širine za sračunavanje procenta armiranja:

$$2 \times (3d + l_{H,x} + c_x/2) = 230.9 cm < 0.5L_y = 250 cm, 0.5L_x = 300 cm$$



Primer 7 – Proračun direktno oslonjenje ploče

4.1 Kontrola proboja središnjih stubova – B2, B3, C2, C3

4.1.3 Konstruisanje kapitela – određivanje širine/dužine kapitela l_H

Usvojena širina/dužina kapitela l_H : **$l_H = 40 cm$**

Računski koeficient armiranja u X pravcu na širini ploče $6 \times d + 2l_H + c = 234 cm$:

$$\rho_{lx} = (2 \times 50 \times 1.047 + 2 \times 50 \times 0.670 + 2 \times 17 \times 0.226) / 234 = 0.767\%$$

Računski koeficient armiranja u Y pravcu na širini ploče $6 \times d + 2l_H + c = 234 cm$:

$$\rho_{ly} = (2 \times 60 \times 0.873 + 2 \times 57 \times 0.559) / 234 = 0.720\%$$

$$\rho_l = \sqrt{\rho_{lx} \times \rho_{ly}} = \sqrt{0.767 \times 0.720} = 0.743\% < 2\%$$

Proračunska vrednost graničnog napona smicanja:

$$v_{Rd,c}^{1,ext} = C_{Rd,c} \times k \times \sqrt[3]{100 \rho_l f_{ck}} = 0.12 \times 2 \times \sqrt[3]{0.743 \times 35}$$

$$v_{Rd,c}^{1,ext} = 0.711 MPa = 0.0711 \frac{kN}{cm^2}$$

$$v_{min} = 0.035 \times k^{3/2} \times f_{ck}^{1/2} = 0.0586 \frac{kN}{cm^2} < v_{Rd,c}^{1,ext}$$



Primer 7 – Proračun direktno oslonjenje ploče

4.1 Kontrola proboja središnjih stubova – B2, B3, C2, C3

4.1.3 Konstruisanje kapitela – određivanje širine/dužine kapitela l_H

Usvojena širina/dužina kapitela l_H : **$l_H = 40 \text{ cm}$**

Kontrola proboja na osnovnom kontrolnom preseku obima $u_{1,ext}$:

$$v_{Ed}^{1,ext} = \frac{\beta \times V_{Ed}}{u_{1,ext} \times d} \leq v_{Rd,c}^{1,ext}$$

$$u_{1,ext} = 2 \times r_{cont,ext,1} \times \pi = 2\pi \times (2 \times d + 0.56 l_x) = 2\pi \times (2 \times d + 0.56 (c_x + 2 l_{H,x})) = 661 \text{ cm}$$

$$v_{Ed}^{1,ext} = \frac{848.5}{661 \times 19} = 0.0676 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \leq v_{Rd,c}^{1,ext} = 0.0711 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

Komentar: u ovom slučaju, širina/dužina kapitela l_H mogla je biti i manja:

$l_H = 35 \text{ cm}$

$$v_{Ed}^{1,ext} = \frac{848.5}{625.8 \times 19} = 0.0714 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \leq v_{Rd,c}^{1,ext} = 0.0716 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

Konačno usvojeno: $l_H = 40 \text{ cm}$



Građevinski fakultet u Beogradu – PGBK1 2024/25.

31

Primer 7 – Proračun direktno oslonjenje ploče

4.1 Kontrola proboja središnjih stubova – B2, B3, C2, C3

4.1.3 Konstruisanje kapitela – određivanje visine kapitela h_H

Usvojena širina/dužina kapitela l_H :

$l_H = 40 \text{ cm}$

Za slučaj „velikog“ kapitela:

$$l_H = 40 \text{ cm} > 2 \times (d + h_H) = 2 \times (19 + h_H)$$

$h_H < 1 \text{ cm!}$

Za slučaj „malog“ kapitela:

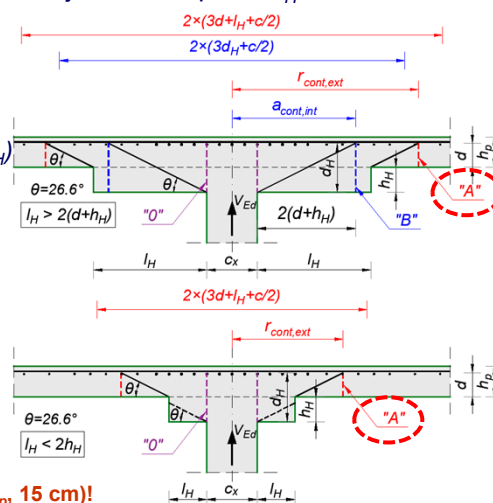
$$l_H = 40 \text{ cm} < 2 \times h_H$$

$h_H > 20 \text{ cm}$

Usvojena visina kapitela:

$h_H = 22 \text{ cm}$

Komentar: prema BAB 87, visina kapitela treba da bude najmanje jednaka debljini ploče ($h_p = 24 \text{ cm}$), ali za PGBK1 usvojiti minimalnu visinu **$h_{H,min} = \max(2/3 h_p, 15 \text{ cm})!$**



Građevinski fakultet u Beogradu – PGBK1 2024/25.

32

Primer 7 – Proračun direktno oslonjenje ploče

4.1 Kontrola proboja središnjih stubova – B2, B3, C2, C3

4.1.3 Konstruisanje kapitela – završni komentari

Usvojene dimenzije kapitela: $l_H/h_H = 40/22 \text{ cm}$

$$l_H = 40 \text{ cm} < 2 \times h_H = 44 \text{ cm}$$

→ „mali“ kapitel (ne kontroliše se proboj stuba kroz kapitel)

Komentari:

Procedura za određivanje dimenzije kapitela u osnovi l_H , u slučajevima kada je $v_{Ed}^1 \gg 1.5v_{Rd,c}$ je ista kao u prethodno opisanom postupku. Međutim, procena procenta armiranja ρ_l na širini $0.5L_y$ i $0.5L_x$ ne bi bila konzervativna.

Drugim rečima, dimenzije kapitela u osnovi bi trebalo usvojiti **značajnije** veće od onih koje su sa ovako procenjenim procentom armiranja ρ_l .

S obzirom da bi dimenzije kapitela u osnovi kapitela bile veće, usvajanje visine kapitela h_H iz uslova $l_H > 2 \times (d + h_H)$ bilo bi adekvatno. U tom slučaju, potrebno je proveriti i proboj stuba kroz kapitel!

Ukoliko je ukupna dimenzija kapitela l_x i l_y veća od $0.3L_x$ odnosno od $0.3L_y$, uticaj krutosti kapitela treba se uzeti eksplicitno pri proračunu momenata savijanja!



Primer 7 – Proračun direktno oslonjenje ploče

4.1 Kontrola proboja središnjih stubova – B2, B3, C2, C3

4.1.3 Konstruisanje kapitela – završni komentari

Usvojene dimenzije kapitela: $l_H/h_H = 40/22 \text{ cm}$

Položaj i dužine kontrolnih obima:

$$a_{cont,ext} = 98.0 \text{ cm}$$

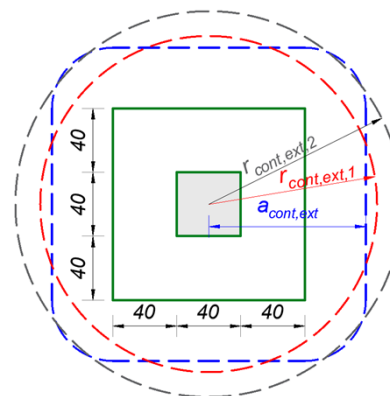
$$r_{cont,ext,1} = 105.2 \text{ cm}$$

$$r_{cont,ext,2} = 120.8 \text{ cm}$$

$$u_{1,ext} = 718.8 \text{ cm}$$

$$u_{1,ext,1} = 661.0 \text{ cm}$$

$$u_{1,ext,2} = 759.0 \text{ cm}$$

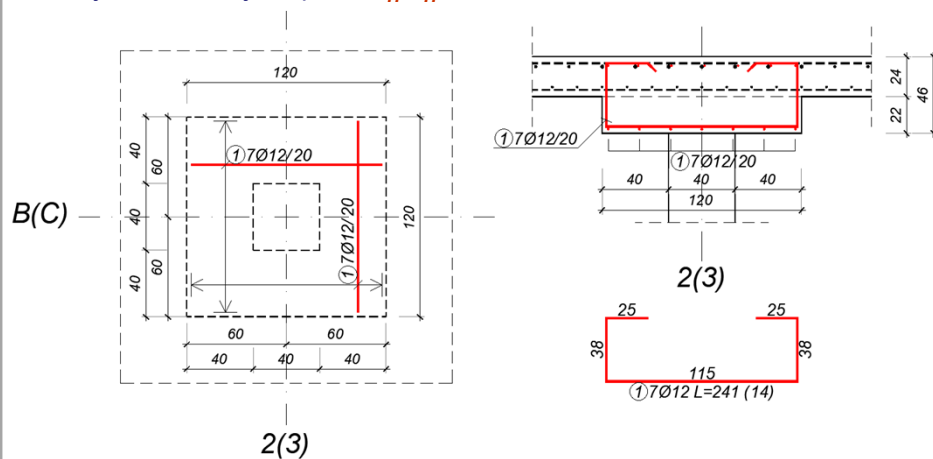


Primer 7 – Proračun direktno oslonjenje ploče

4.1 Kontrola proboja središnjih stubova – B2, B3, C2, C3

4.1.3 Konstruisanje kapitela – plan (konstruktivne) armature

Usvojene dimenzije kapitela: $l_H/h_H = 40/22 \text{ cm}$



Građevinski fakultet u Beogradu – PGBK1 2024/25.

35

Primer 7 – Proračun direktno oslonjenje ploče



Građevinski fakultet u Beogradu – PGBK1 2024/25.

36

Primer 7 – Proračun direktno oslonjenje ploče



Građevinski fakultet u Beogradu – PGBK1 2024/25.

37

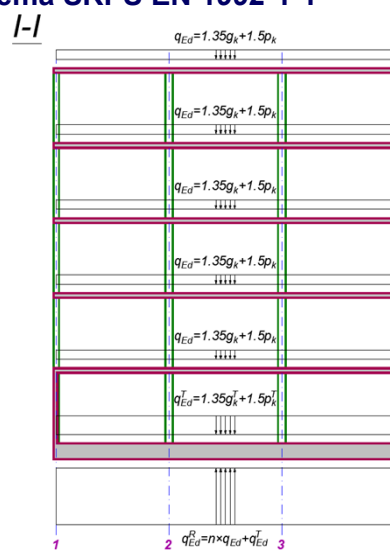
Kontrola proboja temeljne ploče

Probijanje temeljne ploče/stope prema SRPS EN 1992-1-1

Reaktivno opterećenje na temeljnoj ploči iznosi:

$$q_{Ed}^R = n \times q_{Ed} + q_{Ed}^T$$

Reaktivno opterećenje q_{Ed}^R i gravitaciono opterećenje koje deluje temeljnoj ploči q_{Ed}^T međusobno se oduzimaju.



Građevinski fakultet u Beogradu – PGBK1 2024/25.

38

Kontrola proboja temeljne ploče

Probijanje temeljne ploče/stope prema SRPS EN 1992-1-1

Neposredno uz stub, nosivost temeljne ploče na smicanje ograničena je na najveću vrednost:

$$v_{Ed}^0 = \beta \frac{V_{Ed}}{u_0 \times d_T} \leq v_{Rd,max}$$

$v_{Rd,max}$ - maksimalna nosivost na smicanje pri probijanju:

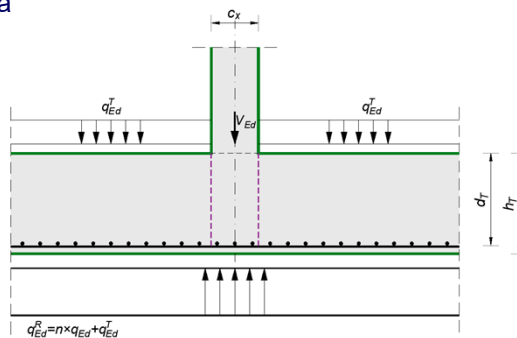
$$v_{Rd,max} = 0.4 \times v \times f_{cd}$$

$$v_{Rd,max} = 0.4 \times 0.6 (1 - f_{ck}/250) \times f_{cd}$$

u_0 - obim stuba

d - srednja vrednost statičkih visina u X i Y pravcu,

$$d_T = (d_{T,x} + d_{T,y})/2$$



Građevinski fakultet u Beogradu – PGBK1 2024/25.

39

Kontrola proboja temeljne ploče

Probijanje temeljne ploče/stope prema SRPS EN 1992-1-1

Nosivost AB temeljne ploče na smicanje na kontrolnim presecima obima u ($u \leq u_l$) bez armature za smicanje:

$$v_{Rd,c} = C_{Rd,c} \times k \times \sqrt[3]{100 \rho_l f_{ck}} \times 2d_T / a \geq v_{min} \times 2d_T / a$$

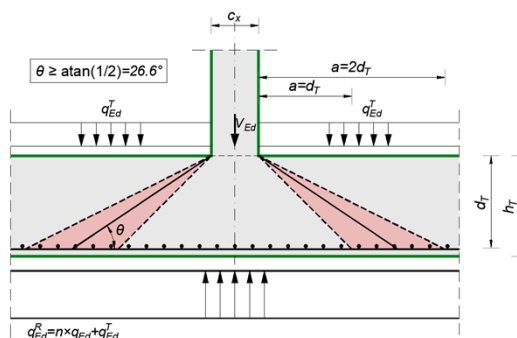
$$C_{Rd,c} = 0.18 / \gamma_c, k = 1 + \sqrt{d_T / 200} \leq 2.0$$

$$\rho_l = \sqrt{\rho_{lx} \times \rho_{ly}} \leq 0.02$$

ρ_{lx} - procenat armiranja podužnom armaturom u X pravcu (na širini $c_y + (2 \times 3d_T) \times a / 2d_T$, i za statičku visinu $d_{T,x}$)

ρ_{ly} - procenat armiranja podužnom armaturom u Y pravcu (na širini $c_x + (2 \times 3d_T) \times a / 2d_T$, i za statičku visinu $d_{T,y}$)

$$v_{min} = 0.035 \times k^{3/2} \times f_{ck}^{1/2}$$



Građevinski fakultet u Beogradu – PGBK1 2024/25.

40

Kontrola proboja temeljne ploče

Probijanje temeljne ploče/stope prema SRPS EN 1992-1-1

Proračunska vrednost sile smicanja na kontrolnim presecima unutar osnovnog kontrolnog preseka:

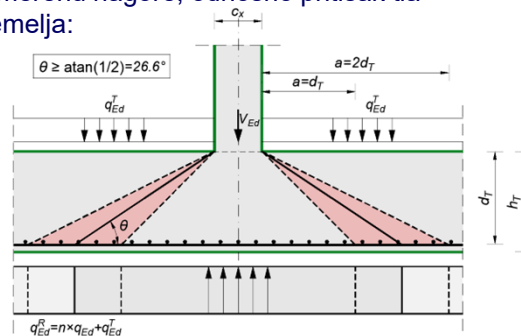
$$V_{Ed,red} = V_{Ed} - \Delta V_{Ed}$$

Sila ΔV_{Ed} predstavlja neto rasterećujuću silu unutar razmatranog kontrolnog obima u ($u \leq u_1$), usmerenu nagore, odnosno pritisak tla umanjen za sopstvenu težinu temelja:

$$\Delta V_{Ed} = A_u \times q_{Ed,T}$$

$$q_{Ed,T} = q_{Ed}^R - q_{Ed}^T = n \times q_{Ed}$$

A_u - površina definisana obimom na kontrolnim presecima unutar kontrolnog preseka obima u ($u \leq u_1$)



Građevinski fakultet u Beogradu – PGBK1 2024/25.

41

Kontrola proboja temeljne ploče

Probijanje temeljne ploče/stope prema SRPS EN 1992-1-1

Proračunska vrednost sile smicanja na kontrolnim presecima unutar osnovnog kontrolnog preseka:

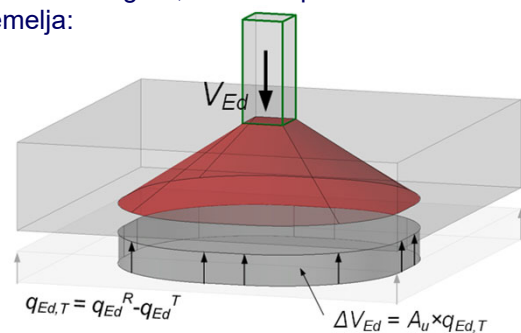
$$V_{Ed,red} = V_{Ed} - \Delta V_{Ed}$$

Sila ΔV_{Ed} predstavlja neto rasterećujuću silu unutar razmatranog kontrolnog obima u ($u \leq u_1$), usmerenu nagore, odnosno pritisak tla umanjen za sopstvenu težinu temelja:

$$\Delta V_{Ed} = A_u \times q_{Ed,T}$$

$$q_{Ed,T} = q_{Ed}^R - q_{Ed}^T = n \times q_{Ed}$$

A_u - površina definisana obimom na kontrolnim presecima unutar kontrolnog preseka obima u ($u \leq u_1$)



Građevinski fakultet u Beogradu – PGBK1 2024/25.

42

Kontrola proboja temeljne ploče

Probijanje temeljne ploče/stope prema SRPS EN 1992-1-1

Proračunska vrednost napona smicanja v_{Ed} na kontrolnim presecima obima u ($u \leq u_1$):

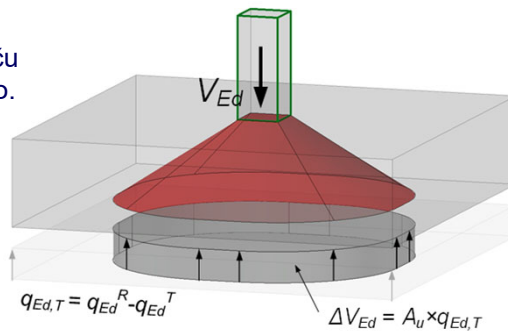
$$v_{Ed} = \frac{\beta \times V_{Ed,red}}{u \times d_T}$$

Koeficijent β , kojim se uzima u obzir ekscentricitet reakcije, za proboj stuba kroz temeljnu ploču treba da se izračuna eksplicitno.

Međutim, zbog značajno veće krutosti temeljne ploče, vrednosti koeficijenta β su približno jednake 1.0 za uobičajene slučajeve u praksi.

Na PGBK1 usvojiti vrednost:

$$\beta = 1.15$$



Građevinski fakultet u Beogradu – PGBK1 2024/25.

43

Kontrola proboja temeljne ploče

Probijanje temeljne ploče/stope prema SRPS EN 1992-1-1

Kontrola proboja se vrši:

A) Na obimu stuba u_0 :

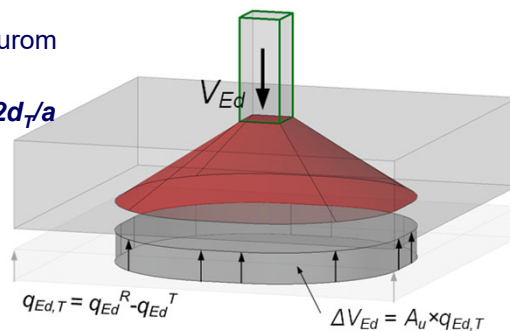
$$v_{Ed}^0 \leq v_{Rd,max}$$

B) Na kontrolnim presecima obima u ($u \leq u_1$):

• $v_{Ed} \leq v_{Rd,c}^1 \times 2d_T/a$
nije potrebno osiguranje armaturom za proboj

• $v_{Rd,c}^1 \times 2d_T/a \leq v_{Ed} \leq 1.5v_{Rd,c}^1 \times 2d_T/a$
potrebno je osiguranje armaturom za proboj

• $v_{Ed} > 1.5v_{Rd,c}^1 \times 2d_T/a$
nije dozvoljeno, potrebno je ojačati (podebljati) ploču, lokalno ili globalno



Građevinski fakultet u Beogradu – PGBK1 2024/25.

44

Primer 8 – Proračun temeljne ploče

Na skici je prikazana AB konstrukcija, sa pravilnim rasterom $6.0 \times 5.0 \text{ m}$ u osnovi. Konstrukcija se sastoji od podruma, prizemlja i 4 nadzemne etaže (ukupno $n = 5$ etaža iznad temeljne ploče). U podrumskoj etaži, usvojeni su podrumski zidovi debljine $b_w = 20 \text{ cm}$ po čitavom obimu ploče. Na svim spratovima, spratna visina je $H_s = 4.0 \text{ m}$.

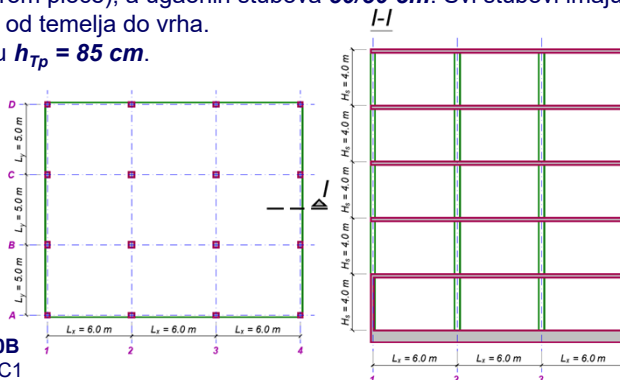
Tipska međuspratna konstrukcija ploče ($h_p = 24 \text{ cm}$), direktno je oslonjena na 16 stubova. Dimenzije unutrašnjih stubova su $40/40 \text{ cm}$, ivičnih stubova $40/30 \text{ cm}$ (duža stranica paralelna sa konturom ploče), a ugaonih stubova $30/30 \text{ cm}$. Svi stubovi imaju konstantni poprečni presek od temelja do vrha.

Temeljna ploča ima debljinu $h_{Tp} = 85 \text{ cm}$.

Gravitaciona opterećenja,
 $\Delta g = 3.5 \text{ kN/m}^2$ i
 $p = 5 \text{ kN/m}^2$, deluju po
 čitavoj površini ploče.

**Izvršiti kontrolu proboja
 središnjih stubova kroz
 temeljnu ploču.**

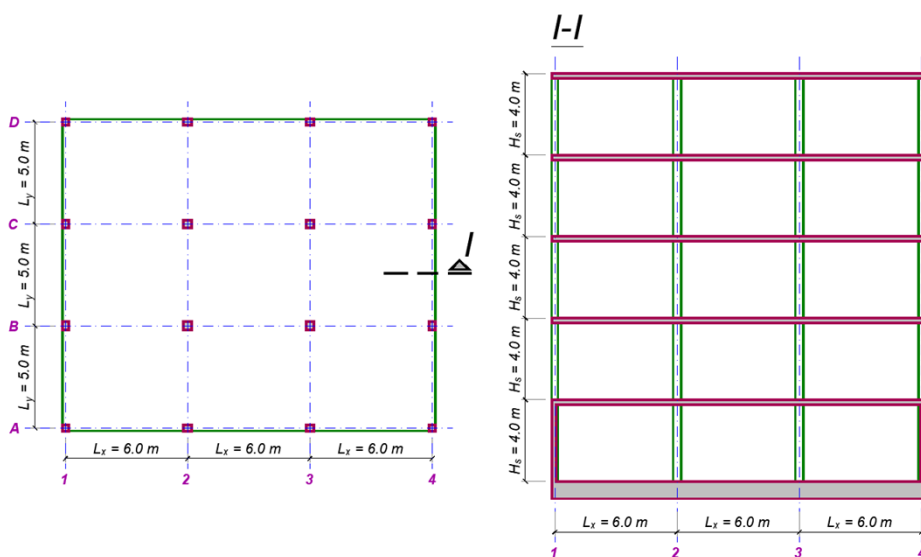
Kvalitet materijala: C35/45, B500B
 Klasa izloženosti konstrukcije: XC1



Građevinski fakultet u Beogradu – PGBK1 2024/25.

45

Primer 8 – Proračun temeljne ploče



Građevinski fakultet u Beogradu – PGBK1 2024/25.

46

Primer 8 – Proračun temeljne ploče

1. Analiza opterećenja

1.1 Analiza opterećenja za tipsku međuspratnu ploču:

a. stalno opterećenje

- sopstvena težina ploče $h_p \times \gamma_c = 0.24 \times 25 = 6.0 \text{ kN/m}^2$

- dodatno stalno opterećenje $\Delta g = 3.5 \text{ kN/m}^2$

ukupno, stalno opterećenje $g_k = 9.5 \text{ kN/m}^2$

b. povremeno opterećenje

$p_k = 5.0 \text{ kN/m}^2$

c. granično opterećenje

$q_{Ed} = 20.325 \text{ kN/m}^2$

1.2 Analiza opterećenja za temeljnu ploču:

a. stalno opterećenje

- sopstvena težina ploče $h_{Tp} \times \gamma_c = 0.85 \times 25 = 21.25 \text{ kN/m}^2$

- dodatno stalno opterećenje $\Delta g = 3.5 \text{ kN/m}^2$

ukupno, stalno opterećenje $g_k^T = 24.75 \text{ kN/m}^2$

b. povremeno opterećenje

$p_k^T = 5.0 \text{ kN/m}^2$

c. granično opterećenje

$q_{Ed}^T = 40.91 \text{ kN/m}^2$



Primer 8 – Proračun temeljne ploče

1. Analiza opterećenja

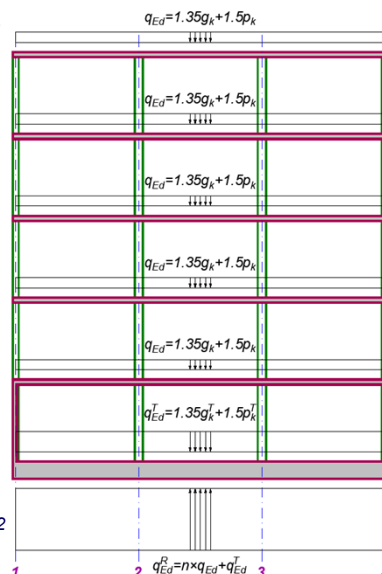
1.3 Reaktivno opterećenje na temeljnoj ploči:

$$q_{Ed}^R = n \times q_{Ed} + q_{Ed}^T$$

Reaktivno opterećenje q_{Ed}^R i gravitaciono opterećenje koje deluje temeljnoj ploči q_{Ed}^T međusobno se oduzimaju.

Za proračun uticaja u temeljnoj ploči (momenata i sile proboja stuba kroz ploču), koristi se računsko opterećenje $q_{Ed,T}$ jednako:

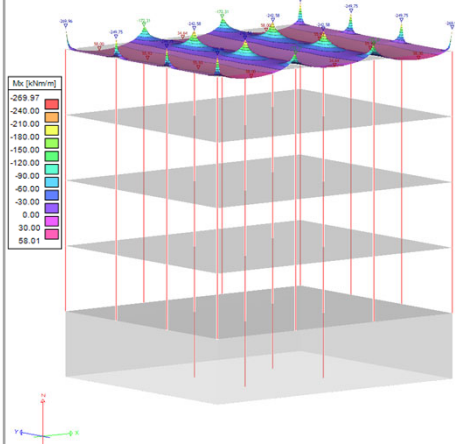
$$q_{Ed,T} = n \times q_{Ed} = 5 \times 20.325 = 101.63 \text{ kN/m}^2$$



Primer 8 – Proračun temeljne ploče

2.1 Statički uticaji u 3D modelu – momenti u X pravcu

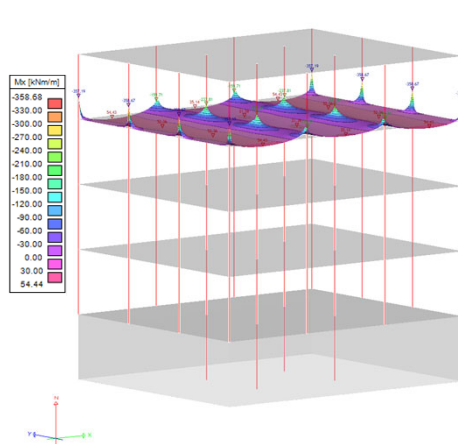
Ploča 4. sprata (krova)



$$M_{x,ols,max} = -242.6 \text{ kNm/m}$$

$$M_{x,p,max} = 55.9 \text{ kNm/m}$$

Ploča 3. sprata



$$M_{x,ols,max} = -237.8 \text{ kNm/m}$$

$$M_{x,p,max} = 52.4 \text{ kNm/m}$$



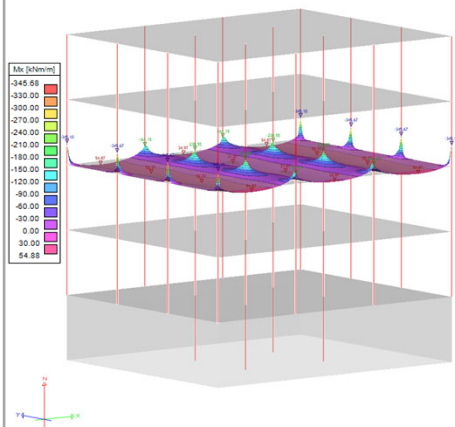
Građevinski fakultet u Beogradu – PGBK1 2024/25.

49

Primer 8 – Proračun temeljne ploče

2.1 Statički uticaji u 3D modelu – momenti u X pravcu

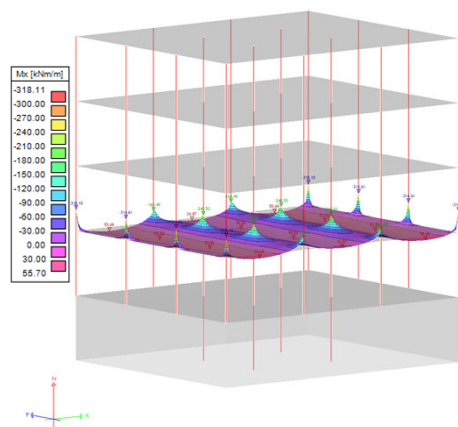
Ploča 2. sprata



$$M_{x,ols,max} = -238.6 \text{ kNm/m}$$

$$M_{x,p,max} = 52.8 \text{ kNm/m}$$

Ploča 1. sprata



$$M_{x,ols,max} = -240.5 \text{ kNm/m}$$

$$M_{x,p,max} = 53.5 \text{ kNm/m}$$



Građevinski fakultet u Beogradu – PGBK1 2024/25.

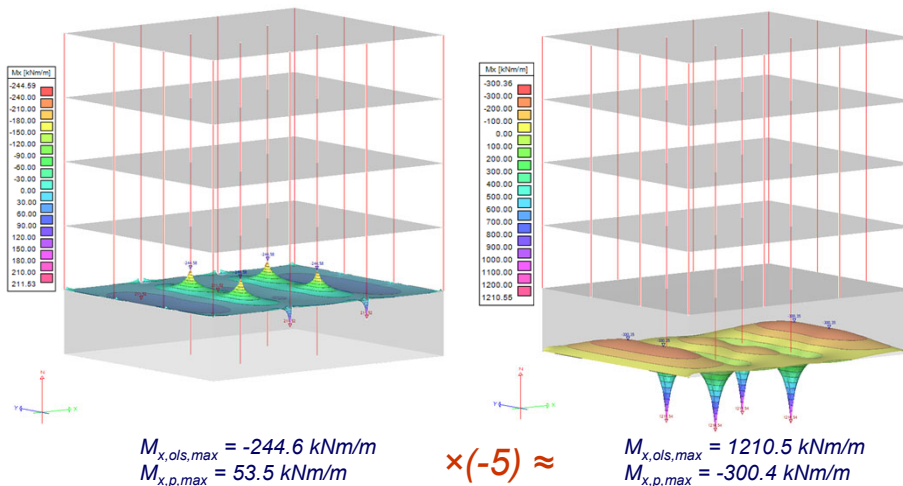
50

Primer 8 – Proračun temeljne ploče

2.1 Statički uticaji u 3D modelu – momenti u X pravcu

Ploča prizemlja

Temeljna ploča



Građevinski fakultet u Beogradu – PGBK1 2024/25.

51

Primer 8 – Proračun temeljne ploče

2.1 Statički uticaji – momenti savijanja (približan postupak)

Određivanje momenata u temeljnoj ploči biće izvršeno na **uprošćen način**:

- **Na mestu oslonaca, u donjoj zoni**, na čitavoj površini ploče biće usvojena armatura dobijena na osnovu momenta u polutraci S1:

$$M_{x,Ed}^{S1} = 2.1 \times \bar{M}_{x,osl} = 2.1 \times \frac{0.1 \times q_{x,Ed,T} \times L_x^2}{L_y} = 2.1 \times \frac{0.1 \times q_{Ed,T} \times L_y \times L_x^2}{L_y}$$

$$M_{x,Ed}^{S1} = 2.1 \times \frac{q_{Ed,T} \times L_x^2}{10}; \quad M_{y,Ed}^{S1} = 2.1 \times \frac{q_{Ed,T} \times L_y^2}{10}$$

- **U poljima, u gornjoj zoni**, na čitavoj površini odgovarajućih polja ploče biće usvojena armatura dobijena na osnovu momenta u traci S (S1+S2):

$$M_{x,Ed}^S = 1.25 \times \bar{M}_{x,p}$$

$$\text{u krajnjim poljima: } M_{x,Ed}^S = 1.25 \times \frac{q_{Ed,T} \times L_x^2}{12.5}; \quad M_{y,Ed}^S = 1.25 \times \frac{q_{Ed,T} \times L_y^2}{12.5}$$

$$\text{u srednjim poljima: } M_{x,Ed}^S = 1.25 \times \frac{q_{Ed,T} \times L_x^2}{40}; \quad M_{y,Ed}^S = 1.25 \times \frac{q_{Ed,T} \times L_y^2}{40}$$



Građevinski fakultet u Beogradu – PGBK1 2024/25.

52

Primer 8 – Proračun temeljne ploče

3.1 Dimenzionisanje ploče prema momentima savijanja

Osrednjena vrednost momenta savijanja je na traci S1:

$$M_{x,Ed}^{S1} = 2.1 \times \frac{101.63 \times 6.0^2}{10} = 768.3 \text{ kNm/m'}$$

Usvojena nominalna debljina zaštitnog sloja iznosi:

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 50 \text{ mm}$$

Usvojene statičke visine armature pri dimenzionisanju:

- pretp. $d_{1x} = 50 + \emptyset_{pretp.x}/2 = 50 + 20/2 = 60 \text{ mm}$
 $\Rightarrow d_x = 85 - 6 = 79.0 \text{ cm}$
- pretp. $d_{1y} = 30 + \emptyset_{pretp.x} + \emptyset_{pretp.y}/2 = 50 + 20 + 20/2 = 80 \text{ mm}$
 $\Rightarrow d_y = 85 - 8 = 77.0 \text{ cm}$



Primer 8 – Proračun temeljne ploče

3.1 Dimenzionisanje ploče prema momentima savijanja

Karakteristike materijala:

$$C 35/45 \Rightarrow f_{cd} = 0.85 \times 35 / 1.5 = 19.83 \text{ MPa}$$

$$B 500B \Rightarrow f_{yd} = 500 / 1.15 = 435 \text{ MPa}$$

Dimenzionisanje temeljne ploče na mestu oslonca, **u donjoj zoni**, za moment u traci S1 u X pravcu:

$$M_{x,Ed}^{S1} = 768.3 \text{ kNm/m'}$$

$$k = \frac{76}{\sqrt{768.3}} = 4.014 \Rightarrow \epsilon_{s1} = 40.67\%; \omega_1 = 6.42\%$$

$$A_{s1} = 6.42 \times 79 \times \frac{1.983}{43.5} = 23.13 \text{ cm}^2 / \text{m'}$$

Usvojeno: **RØ20/12.5** (25.12 cm²/m')



Primer 8 – Proračun temeljne ploče

3.1 Dimenzionisanje ploče prema momentima savijanja

X Pravac ($d_x = 79.0 \text{ cm}$)

položaj	traka	koef.	$M_{x.Ed}^S$ kNm/m'	k	ε_{s1} ‰	ω_1 -	$A_{s.req}$ cm ²	Usvojeno
oslonac	S1	2.1	768.3	4.014	40.67	0.0642	23.13	Ø20/12.5 (25.12 cm ² /m')
krajnje polje	S ₀₋₁	1.25	365.9	5.817	90.94	0.0300	10.82	Ø20/20 (15.70 cm ² /m')
srednje polje	S ₁₋₂	1.25	79.4	12.17	414.9	0.0068	2.38	Ø20/20 (15.70 cm ² /m')

Y Pravac ($d_y = 77.0 \text{ cm}$)

položaj	traka	koef.	$M_{y.Ed}^S$ kNm/m'	k	ε_{s1} ‰	ω_1 -	$A_{s.req}$ cm ²	usvojeno
oslonac	S1	2.1	533.5	4.695	57.49	0.0465	16.33	Ø20/15 (20.93 cm ² /m')
krajnje polje	S ₀₋₁	1.25	254.1	6.803	126.4	0.0219	7.68	Ø20/20 (15.70 cm ² /m')
srednje polje	S ₁₋₂	1.25	114.3	10.14	286.6	0.0098	3.43	Ø20/20 (15.70 cm ² /m')



Građevinski fakultet u Beogradu – PGBK1 2024/25.

55

Primer 8 – Proračun temeljne ploče

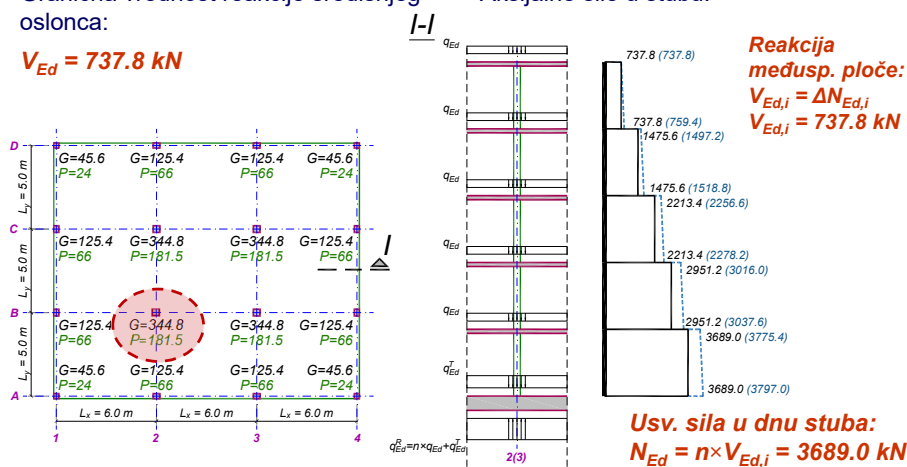
2.2 Statički uticaji – aks. sile u stubovima (približan postupak)

Određivanje aksijalne sile u središnjem stubu na nivou temeljne ploče:

Grafična vrednost reakcije središnjeg oslonca:

$$V_{Ed} = 737.8 \text{ kN}$$

Aksijalne sile u stubu:



Građevinski fakultet u Beogradu – PGBK1 2024/25.

56

Primer 8 – Proračun temeljne ploče

3.2 Kontrola proboja stuba kroz temeljnu ploču

3.2.1 Kontrola napona smicanja neposredno uz stub

Srednja vrednost statičke visine:

$$d_T = \frac{d_{T,x} + d_{T,y}}{2} = \frac{79 + 77}{2} = 78.0 \text{ cm}$$

Vrednost centrične reakcije oslonca
(uključujući ekscentricitet):

$$\beta \times V_{Ed} = 1.15 \times 3689.0 = 4242.3 \text{ kN}$$

Kontrolni obim neposredno uz unutrašnji stub u_0 :

$$u_0 = 2 \times c_x + 2 \times c_y = 2 \times 40 + 2 \times 40 = 160 \text{ cm}$$

Kontrola napona smicanja na obimu neposredno uz stub:

$$v_{Ed}^0 = \frac{\beta \times V_{Ed}}{u_0 \times d_T} = \frac{4242.3}{160 \times 78.0} = 0.340 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < v_{Rd,max} = 0.409 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \quad \text{OK!}$$



Primer 8 – Proračun temeljne ploče

3.2 Kontrola proboja stuba kroz temeljnu ploču

3.2.2 Kontrola napona smicanja na kontrolnim presecima u ($u \leq u_1$)

Određivanje procenta armiranja na mestu stubova u X pravcu ρ_{lx} :

Usvojena armatura u donjoj zoni, na čitavoj širini ploče: $\emptyset 20/12.5$ $\rho_{lx} = 0.318\%$

Određivanje procenta armiranja na mestu stubova u Y pravcu ρ_{ly} :

Usvojena armatura u donjoj zoni, na čitavoj širini ploče: $\emptyset 20/15$ $\rho_{ly} = 0.272\%$

Određivanje ukupnog procenta armiranja ρ :

$$\rho_l = \sqrt{\rho_{lx} \times \rho_{ly}} = \sqrt{0.318 \times 0.272} = 0.294\% < 2\%$$

Proračunska vrednost graničnog napona smicanja:

$$k = 1 + \sqrt{200/d_T} = 1 + \sqrt{200/780} = 1.506 < 2.0$$

$$v_{Rd,c}^1 = C_{Rd,c} \times k \times \sqrt[3]{100 \rho_l f_{ck}} = 0.12 \times 1.056 \times \sqrt[3]{0.294 \times 35} = 0.393 \text{ MPa} = 0.0393 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$v_{min} = 0.035 \times k^{3/2} \times f_{ck}^{1/2} = 0.383 \text{ MPa} = 0.0383 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < v_{Rd,c}^1$$



Primer 8 – Proračun temeljne ploče

3.2 Kontrola proboja stuba kroz temeljnu ploču

3.2.2 Kontrola napona smicanja na kontrolnim presecima u ($u \leq u_1$)

Kontrolni presek za $a = 1.0 \times d_T$:

Kontrolni obim i površina unutar kontrolnog obima:

$$u = 2 \times c_x + 2 \times c_y + 2 \times d_T \times \pi = 2 \times 40 + 2 \times 40 + 2 \times (78) \times \pi = 650.1 \text{ cm}$$

$$A_u = c_x \times c_y + 2 \times (c_x \times d_T + c_y \times d_T) + d_T^2 \times \pi = 33193.4 \text{ cm}^2 = 3.319 \text{ m}^2$$

Redukovana sila i napon smicanja na kontrolnom preseku:

$$q_{Ed,T} = 101.63 \text{ kN/m}^2$$

$$V_{Ed,red} = V_{Ed} - \Delta V_{Ed} = 3689.0 - 3.319 \times 101.63 = 3351.7 \text{ kN} \quad (90.9\%)$$

$$v_{Ed} = \frac{\beta \times V_{Ed,red}}{u \times d_T} = \frac{1.15 \times 3351.7}{650.1 \times 78} = 0.7601 \text{ MPa} = 0.0760 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$



Primer 8 – Proračun temeljne ploče

3.2 Kontrola proboja stuba kroz temeljnu ploču

3.2.2 Kontrola napona smicanja na kontrolnim presecima u ($u \leq u_1$)

Kontrolni presek za $a = 1.0 \times d_T$:

Nosivost temeljne ploče na kontrolnom preseku bez armature za smicanje:

$$v_{Rd,c} = C_{Rd,c} \times k \times \sqrt[3]{100 \rho_l f_{ck}} \times 2d_T / a = 0.0393 \times 2d_T / d_T = 0.0786 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

Odnos uticaja i nosivosti:

$$v_{Ed} / v_{Rd,c} = 0.0760 / 0.0786 = 0.967 < 1.0$$



Primer 8 – Proračun temeljne ploče

3.2 Kontrola proboja stuba kroz temeljnu ploču

3.2.2 Kontrola napona smicanja na kontrolnim presecima u ($u \leq u_1$)

Kontrolni presek za $a = 2.0 \times d_T$:

Kontrolni obim i površina unutar kontrolnog obima:

$$u = 2 \times c_x + 2 \times c_y + 2 \times (2 \times d_T) \times \pi = 2 \times 40 + 2 \times 40 + 2 \times (2 \times 78) \times \pi = 1140.2 \text{ cm}$$

$$A_u = c_x \times c_y + 2 \times (c_x \times (2 \times d_T) + c_y \times (2 \times d_T)) + (2 \times d_T)^2 \times \pi = 103013.8 \text{ cm}^2$$

$$A_u = 10.301 \text{ m}^2$$

Redukovana sila i napon smicanja na kontrolnom preseku:

$$q_{Ed,T} = 101.63 \text{ kN/m}^2$$

$$V_{Ed,red} = V_{Ed} - \Delta V_{Ed} = 3689.0 - 10.301 \times 101.63 = 2642.1 \text{ kN} \quad (71.6\%)$$

$$v_{Ed} = \frac{\beta \times V_{Ed,red}}{u \times d_T} = \frac{1.15 \times 2642.1}{1140.2 \times 78} = 0.3417 \text{ MPa} = 0.0342 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$



Primer 8 – Proračun temeljne ploče

3.2 Kontrola proboja stuba kroz temeljnu ploču

3.2.2 Kontrola napona smicanja na kontrolnim presecima u ($u \leq u_1$)

Kontrolni presek za $a = 2.0 \times d_T$:

Nosivost temeljne ploče na kontrolnom preseku bez armature za smicanje:

$$v_{Rd,c} = C_{Rd,c} \times k \times \sqrt{100 \rho f_{ck}} \times 2d_T / a = 0.0393 \times 2d_T / (2d_T) = 0.0393 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

Odnos uticaja i nosivosti:

$$v_{Ed} / v_{Rd,c} = 0.0342 / 0.0393 = 0.870 < 1.0$$



Primer 8 – Proračun temeljne ploče

3.2 Kontrola proboja stuba kroz temeljnu ploču

3.2.2 Kontrola napona smicanja na kontrolnim presecima u ($u \leq u_1$)

Kontrola napona na kontrolnim presecima $d_T \leq a \leq 2.0 \times d_T$:

a	u	A_u	$V_{Ed,red}$	$V_{Ed} = \beta V_{Ed,red} / (A_u \times d)$	V_{Rdc}	V_{Ed}/V_{Rdc}
-	cm	m ²	kN	kN/cm ²	kN/cm ²	-
1.0×d	650.1	3.319	3351.7	0.0760	0.0786	0.967
1.1×d	699.1	3.846	3298.2	0.0696	0.0715	0.973
1.2×d	748.1	4.410	3240.8	0.0639	0.0655	0.975 max!
1.3×d	797.1	5.013	3179.6	0.0588	0.0605	0.972
1.4×d	846.1	5.653	3114.5	0.0543	0.0562	0.966
1.5×d	895.1	6.333	3045.4	0.0502	0.0524	0.957
1.6×d	944.1	7.050	2972.5	0.0464	0.0492	0.944
1.7×d	993.2	7.805	2895.8	0.0430	0.0463	0.929
1.8×d	1042.2	8.599	2815.1	0.0398	0.0437	0.912
1.9×d	1091.2	9.431	2730.5	0.0369	0.0414	0.891
2.0×d	1140.2	10.301	2642.1	0.0342	0.0393	0.869



Građevinski fakultet u Beogradu – PGBK1 2024/25.

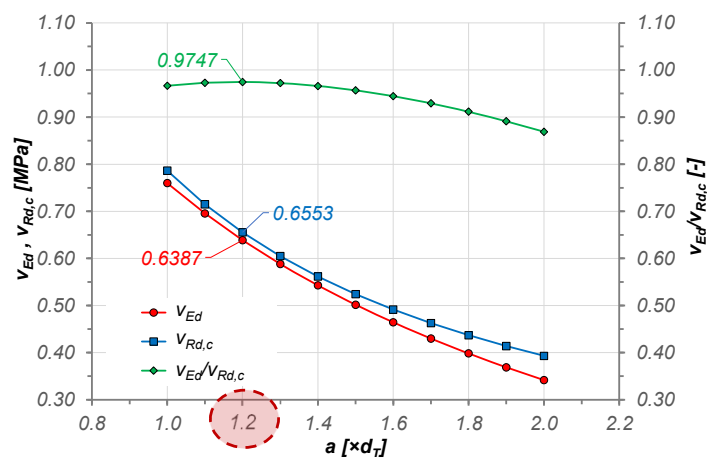
63

Primer 8 – Proračun temeljne ploče

3.2 Kontrola proboja stuba kroz temeljnu ploču

3.2.2 Kontrola napona smicanja na kontrolnim presecima u ($u \leq u_1$)

Kontrola napona na kontrolnim presecima $1.0 \times d_T \leq a \leq 2.0 \times d_T$:



Građevinski fakultet u Beogradu – PGBK1 2024/25.

64

Primer 8 – Proračun temeljne ploče

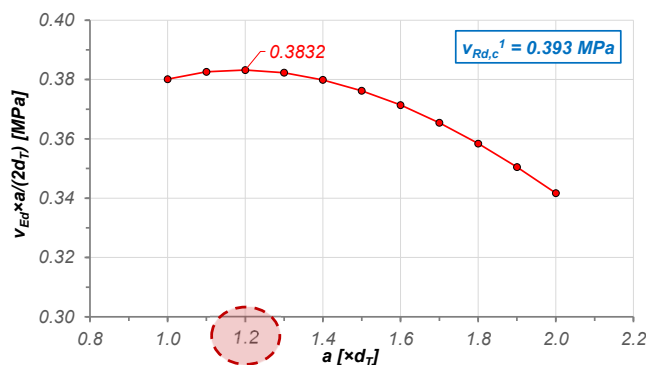
3.2 Kontrola proboja stuba kroz temeljnu ploču

3.2.2 Kontrola napona smicanja na kontrolnim presecima u ($u \leq u_1$)

Kontrola napona na kontrolnim presecima $1.0 \times d_T \leq a \leq 2.0 \times d_T$:

Alternativan postupak:

$$v_{Ed} \leq v_{Rd,c}^1 \times 2d_T/a \quad \Rightarrow \quad v_{Ed} \times a/(2d_T) \leq v_{Rd,c}^1$$

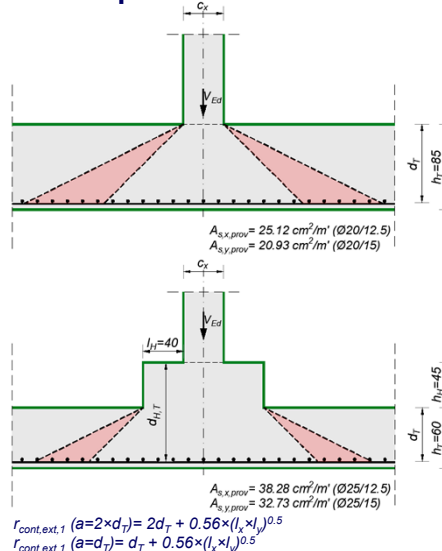
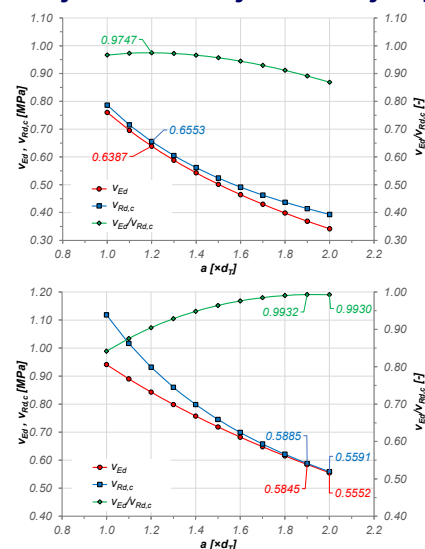


Građevinski fakultet u Beogradu – PGBK1 2024/25.

65

Primer 8 – Proračun temeljne ploče

Varijantno rešenje – temeljna ploča sa kapitelom



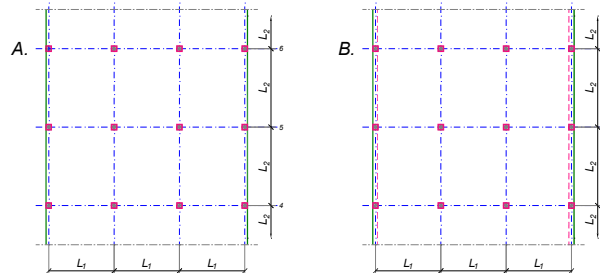
Građevinski fakultet u Beogradu – PGBK1 2024/25.

66

Elaborat – Zadatak 3

Na skici je prikazan reprezentativni deo osnove objekta koji se sastoji od n tipskih etaža. Ploča debljine $h_p = 30$ cm oslonjena je na stubove u osama A-D (skica A). Svi stubovi su kvadratni, 50×50 cm, konstantnog preseka po visini objekta. Pored sopstvene težine, ploča je opterećena dodatnim stalnim opterećenjem Δg i povremenim opterećenjem p , koja deluju na čitavoj površini ploče. Potrebno je:

1. Dimenzionisati ploču prema merodavnim uticajima. Uticaje sračunati metodom zamenjujućih traka.
2. Izvršiti kontrolu od probijanja stubova kroz ploču i po potrebi izvršiti osiguranje armaturom za proboj.
3. Nacrtati plan armature ploče – odvojeno gornja i donja zona (u razmeri R 1:75), detalj osiguranja usled probijanja (u razmeri R 1:25), sa specifikacijom i rekapiitulacijom armature.



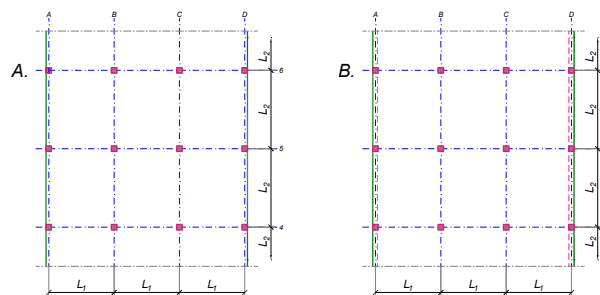
Građevinski fakultet u Beogradu – PGBK1 2024/25.

67

Elaborat – Zadatak 3

Na skici je prikazan reprezentativni deo osnove objekta koji se sastoji od n tipskih etaža. Ploča debljine $h_p = 30$ cm oslonjena je na stubove u osama A-D (skica A). Svi stubovi su kvadratni, 50×50 cm, konstantnog preseka po visini objekta. Pored sopstvene težine, ploča je opterećena dodatnim stalnim opterećenjem Δg i povremenim opterećenjem p , koja deluju na čitavoj površini ploče. Potrebno je:

4. Zanemarujući sopstvenu težinu vertikalnih konstruktivnih elemenata, izvršiti kontrolu od probijanja središnjeg stuba kroz temeljnu ploču debljine $h_{Tp} = 95$ cm.
5. Izvršiti kontrolu od probijanja središnjih stubova kroz ploču i po potrebi izvršiti osiguranje konstruisanjem kapitela.



Građevinski fakultet u Beogradu – PGBK1 2024/25.

68

Elaborat – Zadatak 3

