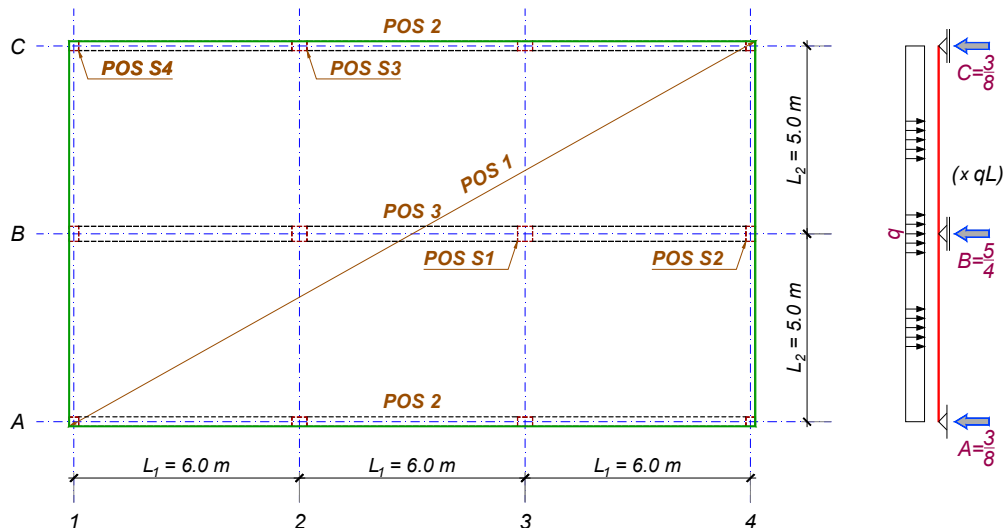


# 1 PRORAČUN PLOČE POS 1

- varijanta: kontinualna ploča preko dva polja, p po čitavoj ploči -

## 1.1 STATIČKI SISTEM



Grede POS 2 i POS 3 su postavljene u dužem pravcu, tako da ploča premošćava kraći raspon od  $L_2 = 5.0$  m.

## 1.2 ANALIZA OPTEREĆENJA

Pored sopstvene težine elemenata konstrukcije (ploče, grede, zidovi), usvojena su i sledeća opterećenja:

- parket 21 mm	$0.021 \times 8$	= 0.16 kN/m <sup>2</sup>
- cementni malter 5 cm	$0.05 \times 21$	= 1.05 kN/m <sup>2</sup>
- plafon (produžni malter) 1.5 cm	$0.015 \times 19$	= 0.29 kN/m <sup>2</sup>

ukupno, težina poda i plafona:  $\Delta g_1 = 1.50$  kN/m<sup>2</sup>

pregradni gips-kartonski zidovi, prosečno:  $\Delta g_2 = 1.00$  kN/m<sup>2</sup>

ukupno dodatno stalno opterećenje:  $\Delta g = 2.50$  kN/m<sup>2</sup>

Dodatno stalno opterećenje se zadaje kao jednako raspodeljeno opterećenje po čitavoj površini međuspratne konstrukcije (ploča, odnosno montažna ili polumontažna konstrukcija koja simulira ploču) u svim varijantama koje će biti razmatrane.

povremeno opterećenje:  $p = 4.00$  kN/m<sup>2</sup>

Debljina ploče će biti usvojena u skladu sa članom 207 Pravilnika BAB 87:

»Ako se stanje deformacija ne dokazuje posebno, najmanja debljina ploče koja se računa u jednom ili dva pravca treba da iznosi 1/35 manjeg raspona, odnosno odstojanja nultih tačaka dijagrama momenata kod kontinualnih ili uklještenih ploča. Ako odstojanje nultih tačaka nije određeno statičkim proračunom, može se uzeti da to odstojanje iznosi 4/5 raspona.«

U ovom slučaju je odstojanje nultih tačaka dijagrama momenata tačno  $0.75 \times L$  pa sledi:

$$\min. d_p = \frac{L_0}{35} = \frac{0.75 \times 500}{35} = 10.7 \text{ cm} \quad \Rightarrow \quad \text{usvojeno } d_p = 14 \text{ cm}$$

Nešto veća debljina ploče od minimalno potrebnih  $d_p = 12$  cm je usvojena zbog relativno velikog opterećenja (recimo, povremeno opterećenje je dvostruko veće od minimalno propisanog za ovaj tip objekata, videti »Korisna opterećenja stambenih i javnih zgrada«).

Ukupno stalno, odnosno povremeno opterećenje:

- sopstvena težina ploče	$0.14 \times 25$	$= 3.5 \text{ kN/m}^2$
- dodatno stalno opterećenje	$\Delta g$	$= 2.5 \text{ kN/m}^2$
ukupno, stalno opterećenje	$g$	$= 6.0 \text{ kN/m}^2$
povremeno opterećenje:	$p$	$= 4.0 \text{ kN/m}^2$

### 1.3 STATIČKI UTICAJI

Reakcije oslonaca se sračunavaju za svako pojedinačno opterećenje:

- na gredu POS 2:

$$A_g = 0.375 \times 6.0 \times 5.0 = 11.25 \text{ kN/m}$$

$$A_p = 0.375 \times 4.0 \times 5.0 = 7.5 \text{ kN/m}$$

- na gredu POS 3:

$$B_g = 1.25 \times 6.0 \times 5.0 = 37.5 \text{ kN/m}$$

$$B_p = 1.25 \times 4.0 \times 5.0 = 25.0 \text{ kN/m}$$

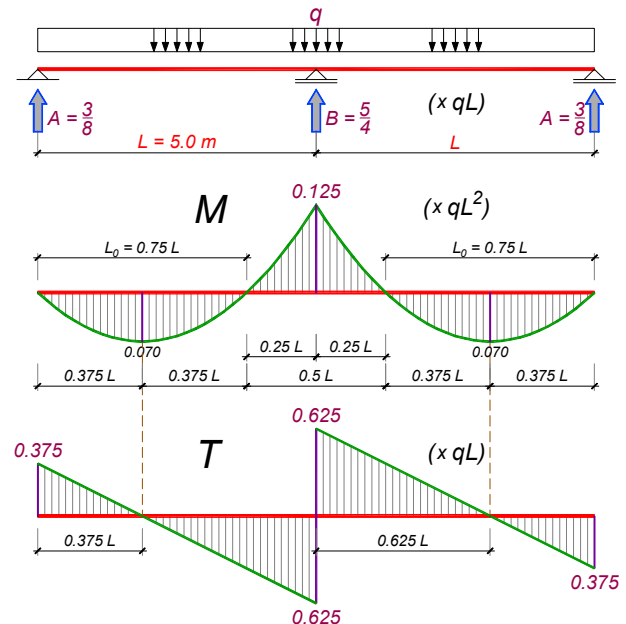
dok je momente savijanja i transverzalne sile dovoljno sračunati samo za granično opterećenje ukoliko se ne vrši kontrola napona, prslina i ugiba (graničnih stanja upotrebljivosti):

$$q_u = 1.6 \times 6.0 + 1.8 \times 4.0 = 16.8 \text{ kN/m}^2$$

$$M_{u,1} = 16.8 \times 5.0^2 / 8 = 52.5 \text{ kNm/m}$$

$$M_{u,01} = 0.07 \times 16.8 \times 5.0^2 = 29.5 \text{ kNm/m}$$

$$T_{u,max} = 0.625 \times 16.8 \times 5.0 = 52.5 \text{ kN/m}$$



Ovde je sračunata samo maksimalna transverzalna sila, jer se kontrola glavnih napona za tezanja kod ploča po pravilu ne vrši. Na primeru će biti prikazana opravdanost ovoga.

### 1.4 DIMENZIONISANJE

$$\text{usvojeno: } MB 30 \Rightarrow f_B = 20.5 \text{ MPa}$$

$$RA 400/500 \Rightarrow \sigma_v = 400 \text{ MPa}$$

#### 1.4.1 Presek nad osloncem

$$\text{pretp. } a_1 = 3 \text{ cm} \Rightarrow h = 14 - 3 = 11 \text{ cm} ; b = 1 \text{ m} = 100 \text{ cm}$$

$$k = \frac{11}{\sqrt{\frac{52.5 \times 10^2}{100 \times 2.05}}} = 2.174 \Rightarrow \varepsilon_B / \varepsilon_a = 3.5 / 8.225\% ; \bar{\mu} = 24.166\%$$

$$A_a = 24.166 \times \frac{100 \times 11}{100} \times \frac{2.05}{40} = 13.62 \text{ cm}^2/\text{m} \Rightarrow e_a \leq \frac{100 \times 2.01}{13.62} = 14.8 \text{ cm}$$

$$\text{usvojeno: } R\text{Ø}16/15 (13.40 \text{ cm}^2/\text{m})^1$$

<sup>1</sup> Usvojena je nešto manja površina armature od računski potrebne (1.6% manje), s obzirom na »rezervu« statičke visine: za usvojeno Ø16,  $a = 2 + 1.6/2 = 2.8 \text{ cm} \Rightarrow h = 14 - 2.8 = 11.2 \text{ cm}$ , odnosno stvarna statička visina je 1.8% veća od pretpostavljene, pa je nosivost preseka obezbeđena.

$$A_{ap} = 0.2 \times 13.62 = 2.73 \text{ cm}^2/\text{m} \quad \Rightarrow \quad e_{ap} \leq \frac{100 \times 0.785}{2.73} = 28.8 \text{ cm}$$

usvojeno: **RØ10/25** (3.14 cm<sup>2</sup>/m)

### 1.4.2 Presek u polju

$$h = d - \left(a_0 + \frac{\varnothing}{2}\right) = 14 - \left(2 + \frac{1.2}{2}\right) = 11.4 \text{ cm}$$

$$k = \frac{11.4}{\sqrt{\frac{29.5}{2.05}}} = 3.004 \quad \Rightarrow \quad \varepsilon_b/\varepsilon_a = 2.103/10\text{‰} ; \quad \bar{\mu} = 11.864\%$$

$$A_a = 11.864 \times 11.4 \times \frac{2.05}{40} = 6.93 \text{ cm}^2/\text{m} \quad \Rightarrow \quad e_a \leq \frac{100 \times 1.13}{6.93} = 16.3 \text{ cm}$$

usvojeno: **RØ12/15** (7.54 cm<sup>2</sup>/m)

$$A_{ap} = 0.2 \times 6.93 = 1.39 \text{ cm}^2/\text{m} > A_{ap,\text{min.}} = 0.085 \times 14 = 1.19 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\text{usv. } \varnothing 8 \text{ (} a_a^{(1)} = 0.503 \text{ cm}^2\text{):} \quad e_{ap} \leq \frac{100 \times 0.503}{1.39} = 36.2 \text{ cm}$$

usvojeno: **RØ8/30** (1.68 cm<sup>2</sup>/m)

### 1.4.3 Kontrola glavnih napona zatezanja

$$\tau_n^{B,\text{levo}} = \frac{52.5}{100 \times 0.9 \times 11} = 0.053 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < \tau_r = 0.11 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

Nije potrebno osiguranje armaturom od glavnih napona zatezanja.

## 2 PRORAČUN GREDA

### 2.1 PRELIMINARNO ODREĐIVANJE DIMENZIJA

Iz arhitektonskih razloga je usvojeno da sve grede budu iste visine. Greda POS 3 prihvata opterećenje sa ploče POS 1, dok POS 2 pored ovoga prihvata i opterećenje od fasade.

Greda POS 3 u osi B je kontinualni nosač, raspona 3×6,0 m. Pored sopstvene težine, opterećena je i srednjom reakcijom ploče POS 1. Grede POS 2 u osama A i C su istog statičkog sistema i raspona, a pored opterećenja sa ploče (krajnje reakcije) prihvataju i opterećenje od fasade.

### 2.2 ANALIZA OPTEREĆENJA ZA POS 3

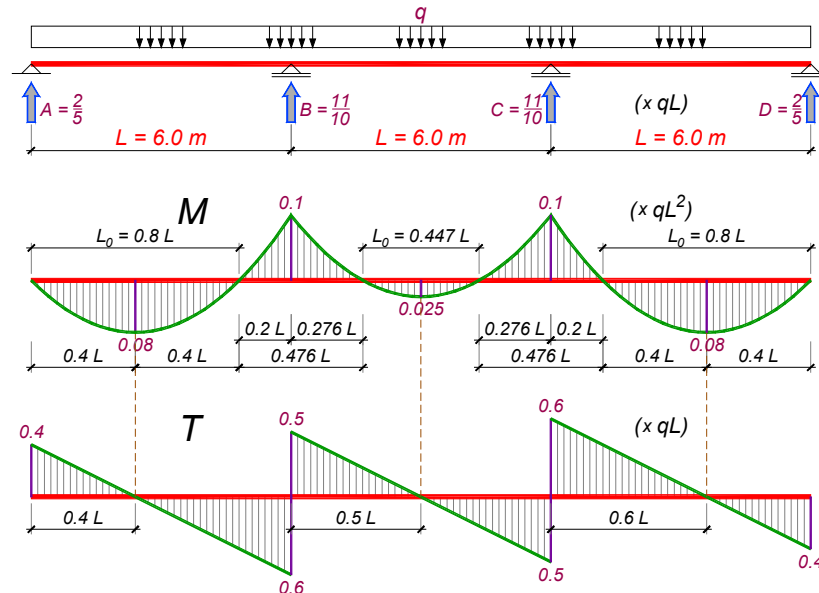
Uobičajena visina greda je:

$$d \approx \frac{L}{10} \div \frac{L}{12} = \frac{600}{10} \div \frac{600}{12} = 60 \div 50 \text{ cm} \quad \Rightarrow \quad \text{pretp. } d = 50 \text{ cm}$$

Sa pretpostavljenom širinom grede POS 3 od  $b = 40 \text{ cm}$ , sledi:

- sopstvena težina POS 3  $0.4 \times 0.5 \times 25 = 5.0 \text{ kN/m}$
- stalno opterećenje od POS 1  $B_g = 37.5 \text{ kN/m}$
- ukupno, stalno opterećenje  $g = 42.5 \text{ kN/m}$
- povremeno opterećenje od POS 1:  $B_p = p = 25.0 \text{ kN/m}$

## 2.3 PRELIMINARNO DIMENZIONISANJE POS 3



Pošto su dimenzije grede pretpostavljene, biće proveren presek sa najvećim momentom savijanja (oslončki) i presek sa maksimalnom transverzalnom silom.

### 2.3.1 Dimenzionisanje prema momentu savijanja

$$q_u = 1.6 \times 42.5 + 1.8 \times 25.0 = 113 \text{ kN/m}$$

$$M_{u,1} = 113 \times 6.0^2 / 10 = 406.8 \text{ kNm} \quad - \text{ gornja zona, oslonac}$$

$$\text{pretp. } a_1 = 7 \text{ cm} \Rightarrow b/d/h = 40/50/43 \text{ cm}$$

$$k = \frac{43}{\sqrt{\frac{406.8 \times 10^2}{40 \times 2.05}}} = 1.931 \Rightarrow \begin{cases} \varepsilon_b / \varepsilon_a = 3.5 / 5.316\% \\ \mu = 32.138\% \end{cases}$$

$$A_a = 32.138 \times \frac{40 \times 43}{100} \times \frac{2.05}{40} = 28.33 \text{ cm}^2$$

$$\text{usvojeno: } \mathbf{8R\check{O}22} \quad (30.41 \text{ cm}^2)$$

### 2.3.2 Kontrola glavnih napona zatezanja

$$T_u^{B, \text{levo}} = 0.6 \times 113 \times 6.0 = 406.8 \text{ kN} \Rightarrow \tau_n^{B, l} = \frac{406.8}{40 \times 0.9 \times 43} = 0.263 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \begin{cases} > \tau_r \\ < 3\tau_r \end{cases}$$

$$\lambda = 0.6 \times 600 \times \left(1 - \frac{0.11}{0.263}\right) = 209.3 \text{ cm} \quad ; \quad \tau_{Ru}^{B, l} = \frac{3}{2} \times (0.263 - 0.11) = 0.229 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$m = 2; \alpha = 90^\circ; \theta = 45^\circ \Rightarrow e_u = \frac{2 \times 0.785}{40 \times 0.229} \times 40 \times (0 + 1 \times 1) = 6.85 \text{ cm}$$

Pošto je rastojanje  $e_u < 10 \text{ cm}$  što se uobičajeno smatra minimalnim, moguće je:

- povećati prečnik uzengija (na maksimalni  $\check{O}12$ );
- povećati sečnosti uzengija (postavljanjem unutrašnje uzengije u presek);
- deo sile prihvatiti koso povijenim profilima (što će ovde biti sprovedeno).

Razmak uzengija će biti određen iz uslova zadovoljenja minimalnog procenta armiranja:

$$\mu_{uz} = \frac{m \times a_u^{(1)}}{b \times e_u} \Rightarrow e_u \leq \frac{2 \times 0.785}{40 \times 0.2 \times 10^{-2}} = 19.6 \text{ cm} \Rightarrow \text{usv. } e_u = 15 \text{ cm}$$

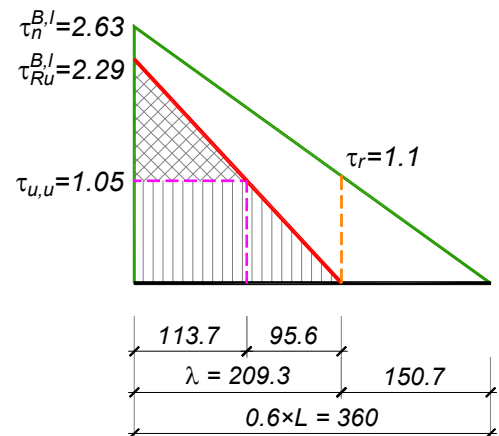
$$\tau_{u,u} = \frac{2 \times 0.785}{40 \times 15} \times 40 = 0.105 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

Dužina na kojoj su potrebni koso povijeni profili je dužina na kojoj je napon  $\tau_{Ru}$  veći od napona koji prihvataju ovako usvojene uzengije:

$$\lambda_1 = \lambda \times \left(1 - \frac{\tau_{u,u}}{\tau_{Ru}}\right) = 209.3 \times \left(1 - \frac{0.105}{0.229}\right) = 113.7 \text{ cm}$$

$$H_{vu,k} = 40 \times \frac{0.229 - 0.105}{2} \times 113.7 = 283 \text{ kN}$$

$$A_{ak} = \frac{H_{vu,k}}{\sigma_v \times (\cos \alpha_k + \cot \theta \times \sin \alpha_k)} = \frac{283}{40 \times \sqrt{2}} = 5.00 \text{ cm}^2 \Rightarrow \text{usvojeno: } 2R\emptyset 22 (7.60 \text{ cm}^2)$$



## 2.4 ANALIZA OPTEREĆENJA ZA POS 2

Greda je iste visine kao POS 3, a širina je usvojena tako da odgovara dimenziji opekar-skog proizvoda koji se koristi za fasadu (puna opeka širine 25 cm). Za datu spratnu visinu od  $H_{sp} = 3.50 \text{ m}$  i datu fasadu (puna opeka + termoizolacija + kamen 3 cm na potkonstrukciji), težina fasade se dobija kao:

$$g_f = (H_{sp} - d) \times g_{25} + H_{sp} \times g_{kp} = (3.50 - 0.50) \times 4.60 + 3.50 \times 0.90 = 16.95 \text{ kN/m}$$

gde je:  $g_{25} = 4.60 \text{ kN/m}^2$  – težina obostrano omalterisanog zida od pune opeke, a

$g_{kp} = 0.90 \text{ kN/m}^2$  – težina kamenih ploča debljine 3 cm na potkonstrukciji

Za datu fasadu i usvojene dimenzije grede  $b/d = 25/50 \text{ cm}$  sledi:

- sopstvena težina POS 2  $0.25 \times 0.5 \times 25 = 3.13 \text{ kN/m}$
- težina fasade  $g_f = 16.95 \text{ kN/m}$
- stalno opterećenje od POS 1  $A_g = 11.25 \text{ kN/m}$
- ukupno, stalno opterećenje  $g = 31.33 \text{ kN/m}$
- povremeno opterećenje od POS 1:  $A_p = p = 7.50 \text{ kN/m}$

## 2.5 PRELIMINARNO DIMENZIONISANJE POS 2

### 2.5.1 Dimenzionisanje prema momentu savijanja

$$q_u = 1.6 \times 31.33 + 1.8 \times 7.5 = 63.62 \text{ kN/m}$$

$$M_{u,1} = 63.62 \times 6.0^2 / 10 = 229.0 \text{ kNm} - \text{gornja zona, oslonac}$$

$$\text{pretp. } a_1 = 7 \text{ cm} \Rightarrow b/d/h = 25/50/43 \text{ cm}$$

$$k = \frac{43}{\sqrt{\frac{229.0 \times 10^2}{25 \times 2.05}}} = 2.034 \Rightarrow \begin{cases} \varepsilon_b / \varepsilon_a = 3.5 / 6.519\% \\ \mu = 28.278\% \end{cases}$$

$$A_a = 28.278 \times \frac{25 \times 43}{100} \times \frac{2.05}{40} = 15.58 \text{ cm}^2 \Rightarrow \text{usvojeno: } 5R\emptyset 22 (19.01 \text{ cm}^2)$$

## 2.5.2 Kontrola glavnih napona zatezanja

$$T_u^{B,levo} = 0.6 \times 63.62 \times 6.0 = 229.0 \text{ kN} \Rightarrow \tau_n^{B,l} = \frac{229.0}{25 \times 0.9 \times 43} = 0.237 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \begin{cases} > \tau_r \\ < 3\tau_r \end{cases}$$

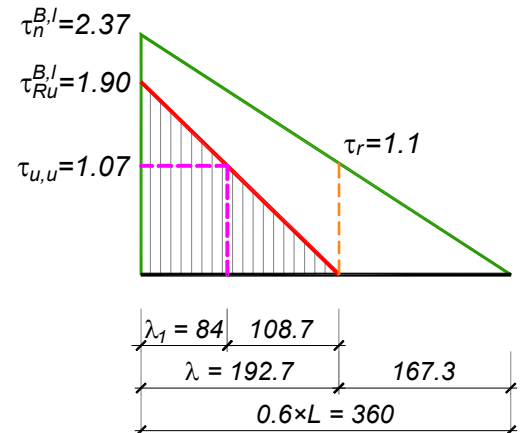
$$\lambda = 0.6 \times 600 \times \left(1 - \frac{0.11}{0.237}\right) = 192.7 \text{ cm}$$

$$\tau_{Ru}^{B,l} = \frac{3}{2} \times (0.237 - 0.11) = 0.190 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

usvojeno:  $m = 2$ ;  $\alpha = 90^\circ$ ;  $\theta = 45^\circ$ :

$$e_u = \frac{2 \times 0.503}{25 \times 0.190} \times 40 \times (0 + 1 \times 1) = 8.5 \text{ cm}$$

usvojeno: **URØ8/7.5**



Kako bi se izbeglo usvajanje uzengija na ovako

malom rastojanju, moguće je povećati prečnik usvojene uzengije (u tom slučaju bilo bi potrebno URØ10/12.5) ili, slično kao kod grede POS 3, deo sile prihvatiti koso povijenim profilima. S obzirom da je presek širine 25 cm, nije moguće postaviti četvorosečne uzengije, jer nije moguće postaviti četiri profila armature u jedan horizontalni red. Međutim, moguće je uzengije grupisati po dve, odnosno usvojiti **2URØ8/15**. U bilo kojoj varijanti, s obzirom na relativno veliku dužinu osiguranja, uzengije će biti proređene na dvosečne URØ8/15, koje mogu prihvatiti napon:

$$\mu = \frac{2 \times 0.503}{25 \times 15} = 0.268\% \Rightarrow \tau_{u,u} = \frac{2 \times 0.503}{25 \times 15} \times 40 = 0.107 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

Ovako usvojene uzengije nisu dovoljne na dužini:

$$\lambda_1 = 192.7 \times \left(1 - \frac{0.107}{0.190}\right) = 84.0 \text{ cm}$$

Dakle, na dužini  $\lambda_1 = 84 \text{ cm}$  konačno su usvojene udvojene uzengije 2URØ8/15, a na preostalom delu dužine osiguranja jednostruke URØ8/15.

## 2.6 REZIME

Sprovedeno preliminarno dimenzionisanje je pokazalo da su dimenzije greda korektno odabrane, odnosno da se sračunata površina podužne i poprečne armature može bez problema smestiti u preseke. Može se uočiti i da je udeo sopstvene težine greda u ukupnom opterećenju vrlo mali, tako da eventualne promene dimenzija preseka ne bi dovele do znatnije promene presečnih sila.

Pretpostavljene dimenzije greda su usvojene kao konačne, dakle  $b/d = 40/50 \text{ cm}$  za srednju gredu POS 3, odnosno  $b/d = 25/50 \text{ cm}$  za fasadne grede POS 2.

## 2.7 DIMENZIONISANJE POS 3

Reakcije oslonaca se sračunavaju za svako pojedinačno opterećenje:

$$A_g = 0.4 \times 42.5 \times 6.0 = 102.0 \text{ kN} \quad ; \quad A_p = 0.4 \times 25.0 \times 6.0 = 60.0 \text{ kN} \quad (\text{na POS S2})$$

$$B_g = 1.1 \times 42.5 \times 6.0 = 280.5 \text{ kN} \quad ; \quad B_p = 1.1 \times 25.0 \times 6.0 = 165.0 \text{ kN} \quad (\text{na POS S1})$$

dok se momenti savijanja i transverzalne sile sračunavaju samo za granično opterećenje:

$$q_u = 1.6 \times 42.5 + 1.8 \times 25.0 = 113 \text{ kN/m}$$

$$M_{u,1} = 113 \times 6.0^2 / 10 = 406.8 \text{ kNm}$$

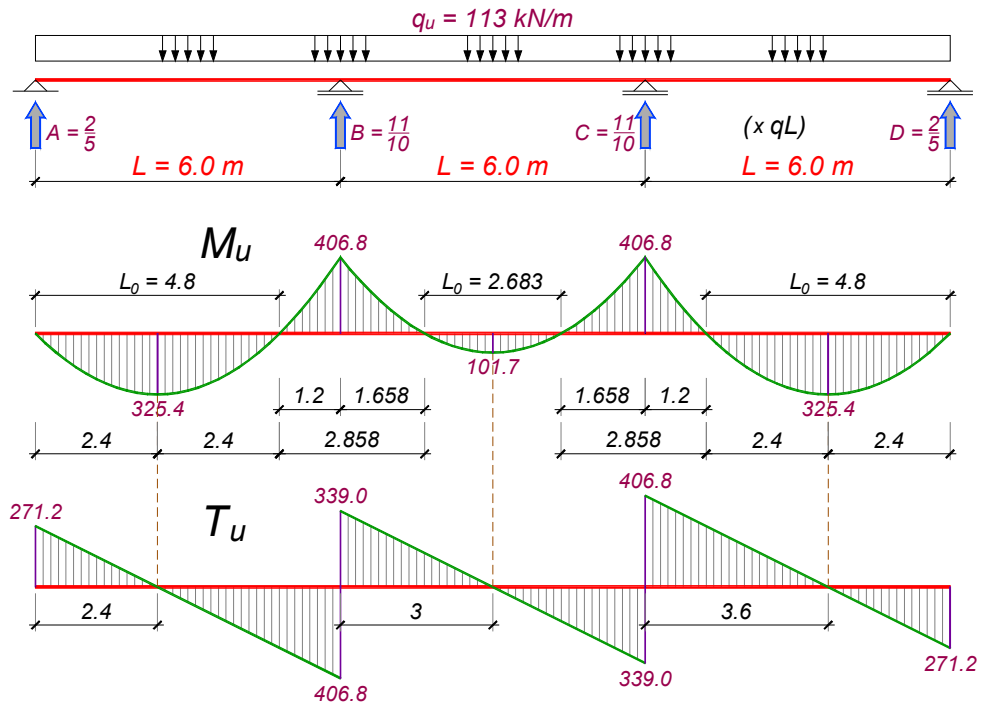
$$T_u^A = 0.4 \times 113 \times 6.0 = 271.2 \text{ kN}$$

$$M_{u,01} = 0.08 \times 113 \times 6.0^2 = 325.4 \text{ kNm}$$

$$T_u^{B,l} = 0.6 \times 113 \times 6.0 = 406.8 \text{ kN}$$

$$M_{u,12} = 0.025 \times 113 \times 6.0^2 = 101.7 \text{ kNm}$$

$$T_u^{B,d} = 0.5 \times 113 \times 6.0 = 339.0 \text{ kN}$$



## 2.7.1 Dimenzionisanje prema momentima savijanja

### 2.7.1.1 Presek nad osloncem

Dimenzionisan je u preliminarnom proračunu. Kako dimenzije preseka nisu menjane, usvojena je armatura **8Ø22** (videti tačku 2.3.1).

### 2.7.1.2 Preseci u krajnjim poljima

$$L_0 = 0.8 \times 600 = 480 \text{ cm}$$

$$B = \min \left\{ \begin{array}{l} 40 + 20 \times 14 = 320 \\ 40 + 0.25 \times 480 = 160 \end{array} \right\} = 160 \text{ cm}$$

Pretpostavlja se da će se neutralna linija naći u ploči:

$$\text{pretp. } a_1 = 5 \text{ cm} \Rightarrow B/b/d/h/d_p = 160/40/50/45/14 \text{ cm}$$

$$k = \frac{45}{\sqrt{\frac{325.4 \times 10^2}{160 \times 2.05}}} = 4.518 \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \varepsilon_b / \varepsilon_a = 1.193 / 10\% \\ s = 0.107 \Rightarrow x = 0.107 \times 45 = 4.8 \text{ cm} < d_p = 14 \text{ cm} \\ \bar{\mu} = 5.092\% \end{array} \right.$$

Pretpostavka o položaju neutralne linije je tačna, pa se potrebna površina armature određuje za pravougaoni presek širine  $B = 160 \text{ cm}$ :

$$A_a = 5.092 \times \frac{160 \times 45}{100} \times \frac{2.05}{40} = 18.79 \text{ cm}^2$$

usvojeno: **5RØ22** (19.01 cm<sup>2</sup>)

### 2.7.1.3 Presek u srednjem polju

$$L_0 = \frac{L}{\sqrt{5}} = \frac{600}{\sqrt{5}} = 268 \text{ cm}$$

$$B = \min \left\{ \begin{array}{l} 40 + 20 \times 14 = 320 \\ 40 + 0.25 \times 268 = 107 \end{array} \right\} = 107 \text{ cm}$$

Pretpostavlja se da će se neutralna linija naći u ploči:

$$\text{pretp. } a_1 = 5 \text{ cm} \Rightarrow B/b/d/h/d_p = 107/40/50/45/14 \text{ cm}$$

$$k = \frac{45}{\sqrt{\frac{101.7 \times 10^2}{107 \times 2.05}}} = 6.611 \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \varepsilon_p / \varepsilon_a = 0.76 / 10\text{‰} \\ s = 0.071 \Rightarrow x = 0.071 \times 45 = 3.2 \text{ cm} < d_p = 14 \text{ cm} \\ \bar{\mu} = 2.345\% \end{array} \right.$$

Pretpostavka o položaju neutralne linije je tačna, pa se potrebna površina armature određuje za pravougaoni presek širine  $B = 107 \text{ cm}$ :

$$A_a = 2.179 \times \frac{107 \times 45}{100} \times \frac{2.05}{40} = 5.79 \text{ cm}^2 > A_{a,\min} = 0.2 \times \frac{40 \times 50}{100} = 4.0 \text{ cm}^2$$

usvojeno: **2RØ22** ( $7.60 \text{ cm}^2$ )

## 2.7.2 Kontrola glavnih napona zatezanja

### 2.7.2.1 Presek $B_{\text{levo}}$ – od srednjeg oslonca ka krajnjem polju

Dimenzionisan je u preliminarnom proračunu. Kako dimenzije preseka nisu menjane, usvojene su uzengije u svemu prema tački 2.3.2. Kako se radi o »špicu« momenta, dodatna zategnuta armatura nije potrebna.

### 2.7.2.2 Presek $B_{\text{desno}}$ – od srednjeg oslonca ka srednjem polju

$$T_u^{B,d} = 339.0 \text{ kN} \Rightarrow \tau_n^{B,d} = \frac{339.0}{40 \times 0.9 \times 43} = 0.219 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \left\{ \begin{array}{l} > \tau_r \\ < 3\tau_r \end{array} \right.$$

$$\lambda = 0.5 \times 600 \times \left( 1 - \frac{0.11}{0.219} \right) = 149.3 \text{ cm}$$

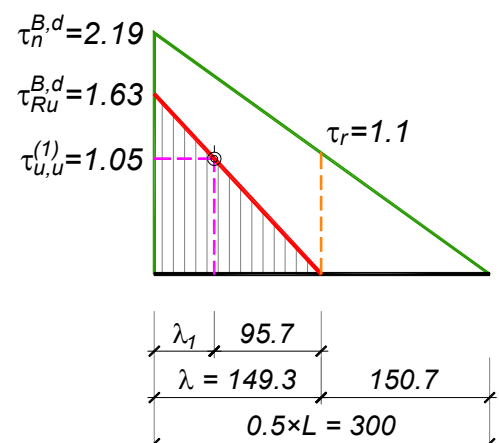
$$\tau_{Ru}^{B,d} = \frac{3}{2} \times (0.219 - 0.11) = 0.163 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

usvojeno:  $m = 2$ ;  $\alpha = 90^\circ$ ;  $\theta = 45^\circ$ :

$$e_u = \frac{2 \times 0.785}{40 \times 0.163} \times 40 \times (0 + 1 \times 1) = 9.6 \text{ cm}$$

Kako je i ovde potrebno rastojanje uzengija manje od  $10 \text{ cm}$ , biće usvojene minimalne uzengije na čitavoj dužini osiguranja  $\lambda$ , dok će na potrebnoj dužini označenoj sa  $\lambda_1$  biti postavljene dodatne uzengije. Minimalne uzengije za presek širine  $40 \text{ cm}$  (URØ10/15), sračunate u 2.3.2, prihvataju napon  $\tau_{u,u} = 1.05 \text{ MPa}$ . Dužina na kojoj ove uzengije nisu dovoljne je:

$$\lambda_1 = \lambda \times \left( 1 - \frac{\tau_{u,u}^{(1)}}{\tau_{Ru}} \right) = 149.3 \times \left( 1 - \frac{0.105}{0.163} \right) = 53.7 \text{ cm}$$





Za dodatne uzengije će biti usvojeno rastojanje 15 cm. Potrebna površina preseka dodatnih uzengija je:

$$a_u = \frac{40 \times (0.163 - 0.105)}{2 \times 40} \times 15 = 0.44 \text{ cm}^2 \Rightarrow \text{usvojeno: UR}\mathbf{\varnothing 8} \text{ (0.503 cm}^2\text{)}$$

Podrazumeva se da je dopušteno kod konstruisanja detalja (crtanja planova armature) izmeniti preliminarno usvojen raspored armature, odnosno prečnik i raspored profila prilagoditi svim delovima proračuna (savijanje, smicanje, prsline i slično), čemu ovde neće biti posvećena veća pažnja.

### 2.7.2.3 Presek A – kod krajnjeg oslonca

$$T_u^A = 271.2 \text{ kN}$$

$$\tau_n^A = \frac{271.2}{40 \times 0.9 \times 43} = 0.175 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \left\{ \begin{array}{l} > \tau_r \\ < 3\tau_r \end{array} \right.$$

$$\lambda = 0.4 \times 600 \times \left(1 - \frac{0.11}{0.175}\right) = 89.3 \text{ cm}$$

$$\tau_{Ru}^A = \frac{3}{2} \times (0.175 - 0.11) = 0.098 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

usvojeno:  $m = 2$ ;  $\alpha = 90^\circ$ ;  $\theta = 45^\circ$ :

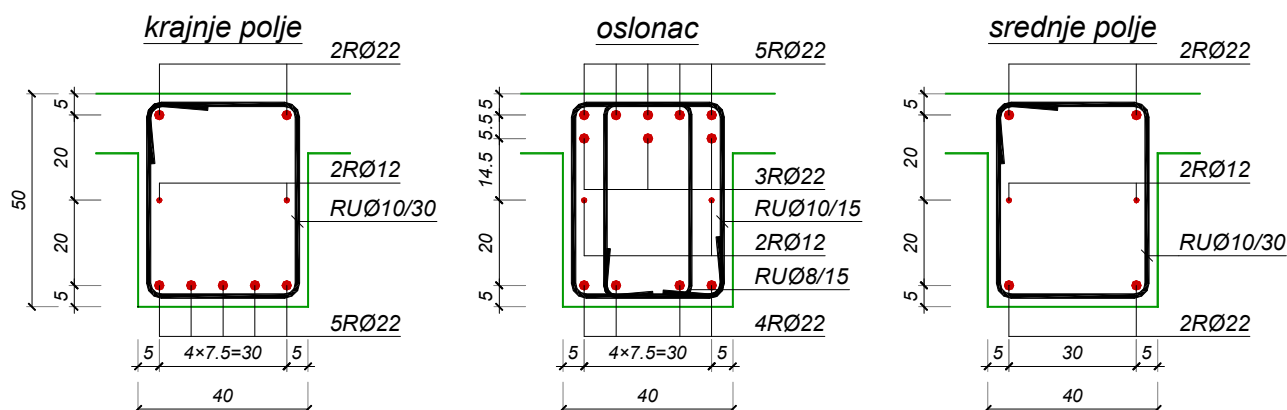
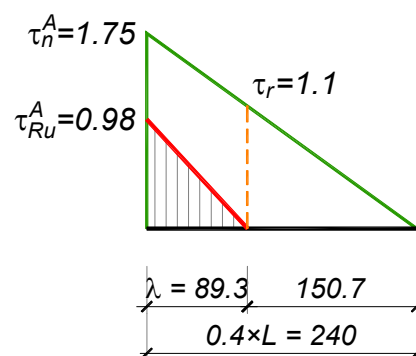
$$e_u = \frac{2 \times 0.785}{40 \times 0.098} \times 40 \times (0 + 1 \times 1) = 16.1 \text{ cm}$$

usvojeno: **UR** $\mathbf{\varnothing 10/15}$  ( $m=2$ )

$$\Delta A_a = \frac{271.2}{2 \times 40} \times (\cot 45^\circ - \cot 90^\circ) = 3.39 \text{ cm}^2$$

Po članu 168 PBAB, ova armatura ne sme biti manja od trećine armature iz polja (videti tačku 2.7.1.2):

usvojeno: **2R** $\mathbf{\varnothing 22}$  ( $7.60 \text{ cm}^2$ )

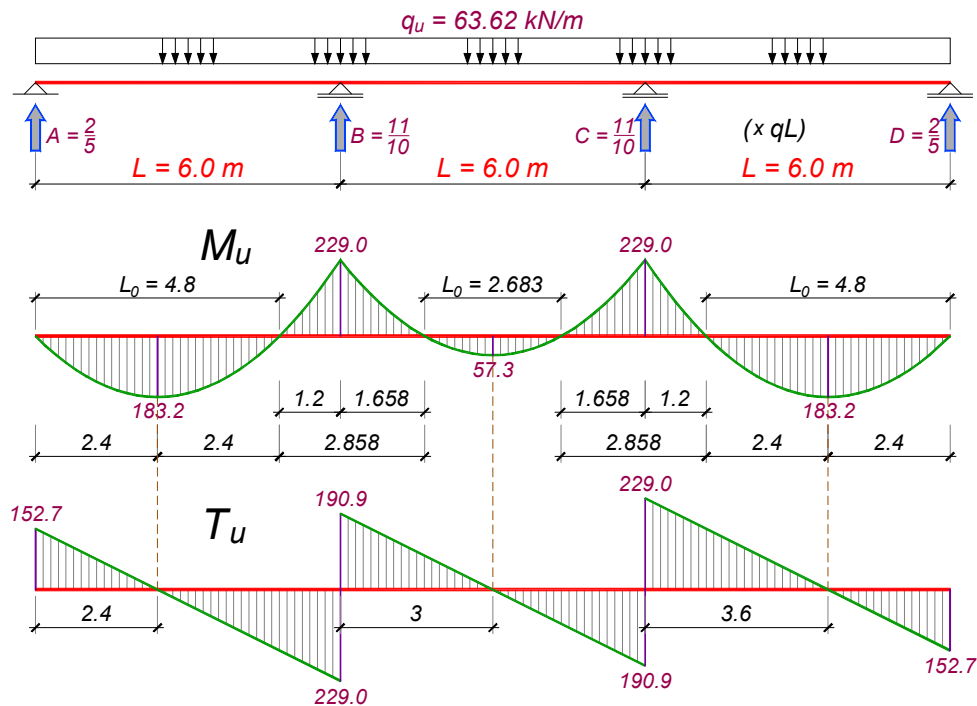


## 2.8 DIMENZIONISANJE POS 2

Reakcije oslonaca se sračunavaju za svako pojedinačno opterećenje:

$$A_g = 0.4 \times 31.33 \times 6.0 = 75.2 \text{ kN} \quad ; \quad A_p = 0.4 \times 7.5 \times 6.0 = 18.0 \text{ kN} \quad (\text{na POS S4})$$

$$B_g = 1.1 \times 31.33 \times 6.0 = 206.7 \text{ kN} \quad ; \quad B_p = 1.1 \times 7.5 \times 6.0 = 49.5 \text{ kN} \quad (\text{na POS S3})$$



dok se momenti savijanja i transverzalne sile sračunavaju samo za granično opterećenje:

$$q_u = 1.6 \times 31.33 + 1.8 \times 7.5 = 63.62 \text{ kN/m}$$

$$M_{u,1} = 63.62 \times 6.0^2 / 10 = 229.0 \text{ kNm}$$

$$M_{u,01} = 0.08 \times 63.62 \times 6.0^2 = 183.2 \text{ kNm}$$

$$M_{u,12} = 0.025 \times 63.62 \times 6.0^2 = 57.3 \text{ kNm}$$

$$T_u^A = 0.4 \times 63.62 \times 6.0 = 152.7 \text{ kN}$$

$$T_u^{B,l} = 0.6 \times 63.62 \times 6.0 = 229.0 \text{ kN}$$

$$T_u^{B,d} = 0.5 \times 63.62 \times 6.0 = 190.9 \text{ kN}$$

### 2.8.1.1 Presek nad osloncem

Dimenzionisan je u preliminarnom proračunu. Kako dimenzije preseka nisu menjane, usvojena je armatura **5RØ22** (videti tačku 2.5.1).

### 2.8.1.2 Preseci u krajnjim poljima

$$L_0 = 0.8 \times 600 = 480 \text{ cm}$$

$$B = \min \left\{ \begin{array}{l} 25 + 8 \times 14 = 137 \\ 25 + \frac{0.25}{3} \times 480 = 65 \end{array} \right\} = 65 \text{ cm}$$

Pretpostavlja se da će se neutralna linija naći u ploči:

$$\text{pretp. } a_1 = 5 \text{ cm} \Rightarrow B/b/d/h/d_p = 65/25/50/45/14 \text{ cm}$$

$$k = \frac{45}{\sqrt{\frac{183.2 \times 10^2}{65 \times 2.05}}} = 3.838 \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \varepsilon_b / \varepsilon_a = 1.471 / 10\text{‰} \\ s = 0.128 \Rightarrow x = 0.128 \times 45 = 5.8 \text{ cm} < d_p = 14 \text{ cm} \\ \bar{\mu} = 7.119\% \end{array} \right.$$

Pretpostavka o položaju neutralne linije je tačna, pa se potrebna površina armature određuje za pravougaoni presek širine  $B = 65 \text{ cm}$ :

$$A_a = 7.119 \times \frac{65 \times 45}{100} \times \frac{2.05}{40} = 10.67 \text{ cm}^2$$

usvojeno: **3RØ22** ( $11.40 \text{ cm}^2$ )

### 2.8.1.3 Presek u srednjem polju

$$L_0 = \frac{L}{\sqrt{5}} = \frac{600}{\sqrt{5}} = 268 \text{ cm}$$

$$B = \min \left\{ \begin{array}{l} 25 + 8 \times 14 = 137 \\ 25 + \frac{0.25}{3} \times 268 = 47 \end{array} \right\} = 47 \text{ cm}$$

Pretpostavlja se da će se neutralna linija naći u ploči:

$$\text{pretp. } a_1 = 5 \text{ cm} \Rightarrow B/b/d/h/d_p = 47/25/50/45/14 \text{ cm}$$

$$k = \frac{45}{\sqrt{\frac{57.3 \times 10^2}{47 \times 2.05}}} = 5.862 \Rightarrow \begin{cases} \varepsilon_b / \varepsilon_a = 0.873 / 10\text{‰} \\ s = 0.08 \Rightarrow x = 0.08 \times 45 = 3.6 \text{ cm} < d_p = 14 \text{ cm} \\ \bar{\mu} = 2.993\% \end{cases}$$

Pretpostavka o položaju neutralne linije je tačna, pa se potrebna površina armature određuje za pravougaoni presek širine  $B = 47 \text{ cm}$ :

$$A_a = 2.993 \times \frac{47 \times 45}{100} \times \frac{2.05}{40} = 3.27 \text{ cm}^2 > A_{a,\min} = 0.2 \times \frac{25 \times 50}{100} = 2.5 \text{ cm}^2$$

usvojeno: **2RØ16** ( $4.02 \text{ cm}^2$ )

## 2.8.2 Kontrola glavnih napona zatezanja

### 2.8.2.1 Presek $B_{\text{levo}}$ – od srednjeg oslonca ka krajnjem polju

Dimenzionisan je u preliminarnom proračunu, u svemu prema tački 2.5.2. Kako se radi o »špicu« momenta, dodatna zategnuta armatura nije potrebna.

### 2.8.2.2 Presek $B_{\text{desno}}$ – od srednjeg oslonca ka srednjem polju

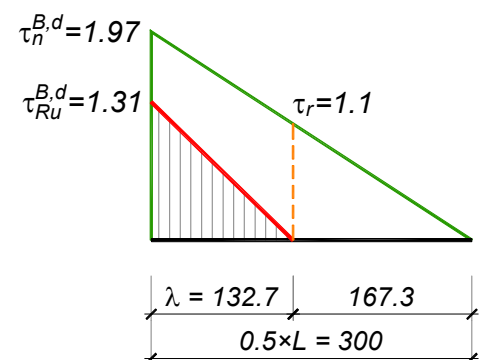
$$T_u^{B,d} = 190.9 \text{ kN} \Rightarrow \tau_n^{B,d} = \frac{190.9}{25 \times 0.9 \times 43} = 0.197 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \begin{cases} > \tau_r \\ < 3\tau_r \end{cases}$$

$$\lambda = 0.5 \times 600 \times \left(1 - \frac{0.11}{0.197}\right) = 132.7 \text{ cm}$$

$$\tau_{Ru}^{B,d} = \frac{3}{2} \times (0.197 - 0.11) = 0.131 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$e_u = \frac{2 \times 0.503}{25 \times 0.131} \times 40 \times (0 + 1 \times 1) = 12.3 \text{ cm}$$

usvojeno: **URØ8/10** ( $m=2$ )



### 2.8.2.3 Presek A – kod krajnjeg oslonca

$$T_u^A = 152.7 \text{ kN} \Rightarrow \tau_n^A = \frac{152.7}{25 \times 0.9 \times 43} = 0.158 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \begin{cases} > \tau_r \\ < 3\tau_r \end{cases}$$

$$\lambda = 0.4 \times 600 \times \left(1 - \frac{0.11}{0.158}\right) = 72.7 \text{ cm}$$

$$\tau_{Ru}^A = \frac{3}{2} \times (0.158 - 0.11) = 0.072 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$e_u = \frac{2 \times 0.503}{25 \times 0.072} \times 40 \times (0 + 1 \times 1) = 22.4 \text{ cm}$$

Iz uslova zadovoljenja minimalnog procenta armiranja uzengijama na dužini osiguranja sledi:

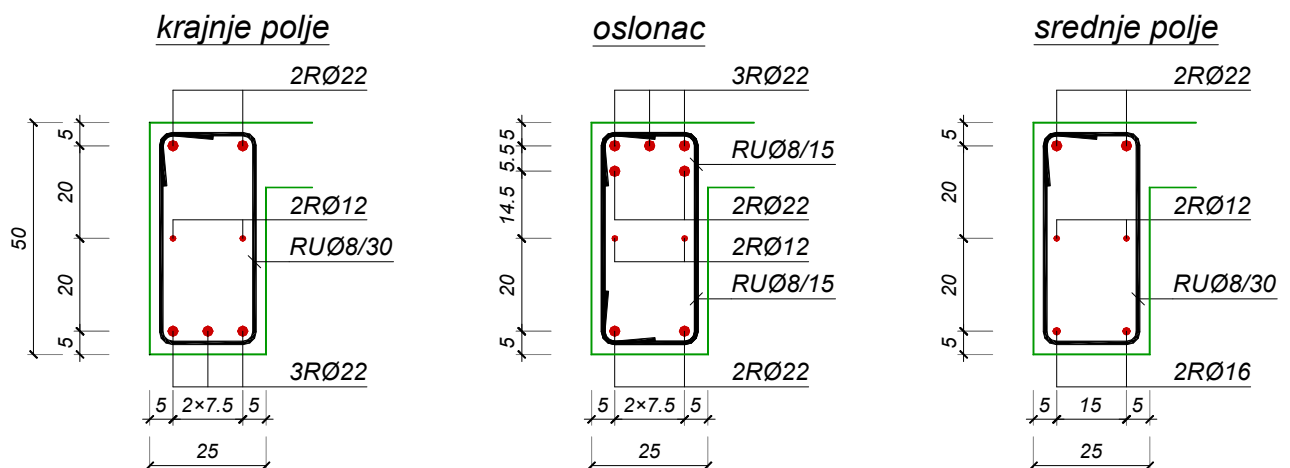
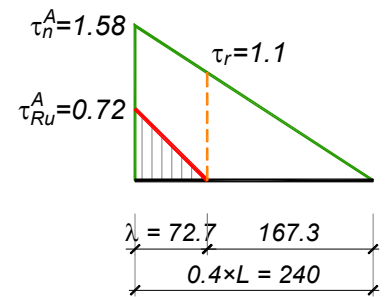
$$e_u \leq \frac{2 \times 0.503}{25 \times 0.2 \times 10^{-2}} = 20.1 \text{ cm}$$

usvojeno: **URØ8/20** ( $m=2$ )

$$\Delta A_a = \frac{152.7}{2 \times 40} \times (\cot 45^\circ - \cot 90^\circ) = 1.91 \text{ cm}^2$$

Usvaja se, kao minimalna, trećina armature iz polja (videti tačku 2.8.1.2):

usvojeno: **2RØ22** ( $7.60 \text{ cm}^2$ )



### 3 PRORAČUN SILA U STUBOVIMA

#### 3.1 STUBOVI POS S1

Srednja dva, nazvani po osama u kojima se nalaze: 2B i 3B. Prihvataju srednje reakcije grede POS 3:

$$G^{S1} = B_g^{\text{POS } 3} = 280.5 \text{ kN}$$

$$P^{S1} = B_p^{\text{POS } 3} = 165.0 \text{ kN}$$

#### 3.2 STUBOVI POS S2

Dva ivična stuba, nazvani po osama u kojima se nalaze: 1B i 4B. Prihvataju krajnje reakcije grede POS 3 i pripadajući deo fasade u osama 1 i 4:

$$B_F = 1.25 \times 16.95 \times 5.0 = 105.9 \text{ kN}$$

$$G^{S2} = A_g^{\text{POS } 3} + B_F = 102.0 + 105.9 = 207.9 \text{ kN}$$

$$P^{S2} = A_p^{\text{POS } 3} = 60.0 \text{ kN}$$

### 3.3 STUBOVI POS S3

Četiri ivična stuba, nazvani po osama u kojima se nalaze: 2A, 2C, 3A i 3C. Prihvataju srednje reakcije greda POS 2:

$$G^{S3} = B_g^{POS2} = 206.7 \text{ kN}$$

$$P^{S3} = B_p^{POS2} = 49.5 \text{ kN}$$

### 3.4 STUBOVI POS S4

Četiri ugaona stuba, nazvani po osama u kojima se nalaze: 1A, 1C, 4A i 4C. Prihvataju krajnje reakcije greda POS 2 i pripadajući deo fasade u osama 1 i 4:

$$A_F = 0.375 \times 16.95 \times 5.0 = 31.8 \text{ kN}$$

$$G^{S4} = A_g^{POS2} + A_F = 75.2 + 31.8 = 107.0 \text{ kN}$$

$$P^{S4} = A_p^{POS2} = 18.0 \text{ kN}$$

### 3.5 KONTROLA PRORAČUNA SILA U STUBOVIMA

#### 3.5.1 Raspodeljeno opterećenje na POS 1

$$A = 3 \times 6.0 \times 2 \times 5.0 = 18.0 \times 10.0 = 180.0 \text{ m}^2$$

$$G_1 = (3.5 + 2.5) \times 180.0 = 1080 \text{ kN}$$

$$P = 4.0 \times 180.0 = 720 \text{ kN}$$

#### 3.5.2 Sopstvena težina greda

$$G_2 = 2 \times 3.125 \times 18.0 = 112.5 \text{ kN}$$

$$G_3 = 5.00 \times 18.0 = 90 \text{ kN}$$

#### 3.5.3 Težina fasade

$$O = 2 \times (18.0 + 10.0) = 56.0 \text{ m}$$

$$G_F = 16.95 \times 56.0 = 949.2 \text{ kN}$$

#### 3.5.4 Ukupno, stalno i povremeno opterećenje

$$\Sigma G = 1080 + 112.5 + 90 + 949.2 = 2231.7 \text{ kN}$$

$$\Sigma P = 720 \text{ kN}$$

$$2 \times (280.5 + 207.9) + 4 \times (206.7 + 107.0) = 2231.7 \text{ kN} = \Sigma G$$

$$2 \times (165 + 60) + 4 \times (49.5 + 18) = 720 \text{ kN} = \Sigma P$$

Ova kontrola je sprovedena kao lak način provere tačnosti statičkog proračuna (naročito za povremeno opterećenje). Podrazumeva se da je nije neophodno raditi.

Dimenzionisanje stubova će biti sprovedeno nakon sračunavanja uticaja od horizontalnih dejstava (vetar, seizmika).