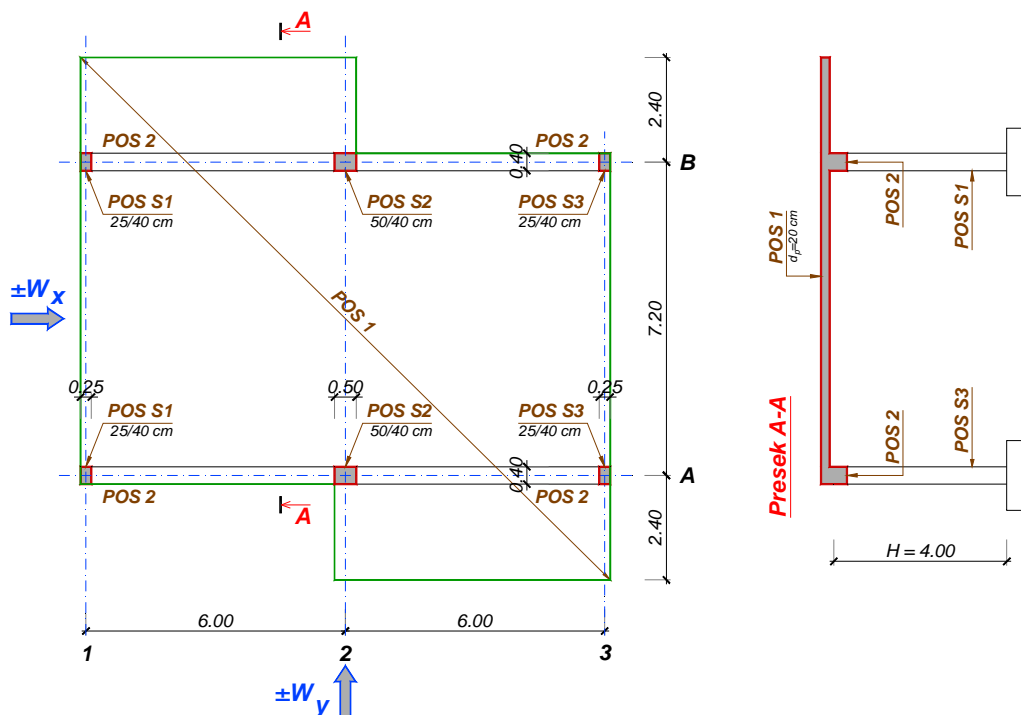


05 Konstrukcija prikazana na skici je, pored sopstvene težine, opterećena i jednako raspodeljenim povremenim opterećenjem $p = 10 \text{ kN/m}^2$, koje može delovati u proizvoljnom položaju na ploči. Dejstvo vetra je predstavljeno ukupnim horizontalnim silama $W = \pm 160 \text{ kN}$ u dva ortogonalna pravca. Potrebno je:

1. Dimenzionisati u karakterističnim presecima ploču **POS 1** ($d_p = 20 \text{ cm}$). Usvojeni raspored armature prikazati u osnovi, posebno za gornju i donju zonu.



2. Izvršiti analizu opterećenja, sračunati statičke uticaje i dimenzionisati gredu **POS 2** ($b/d = 40/60 \text{ cm}$). Gredu je potrebno dimenzionisati za najnepovoljnije položaje povremenog opterećenja, ne uzimajući u obzir uticaj vetra.
3. Skicirati plan armature grede **POS 2** u približnoj razmeri.
4. Dimenzionisati stubove **POS S2** ($50/40 \text{ cm}$), odnosno **POS S1** i **S3** ($25/40 \text{ cm}$, armirati istom armaturom, prema merodavnim uticajima). Uticaj izvijanja zanemariti.

Kvalitet materijala: **MB 30 , RA 400/500**

1. POS 1 – ploča $d_p = 20 \text{ cm}$

Ploča je sistema grede sa prepustom, raspona $L+a = 7,2+2,4 \text{ m}$.

$$g = 0.20 \times 25 = 5.0 \text{ kN/m}^2 ; \quad p = 10.0 \text{ kN/m}^2$$

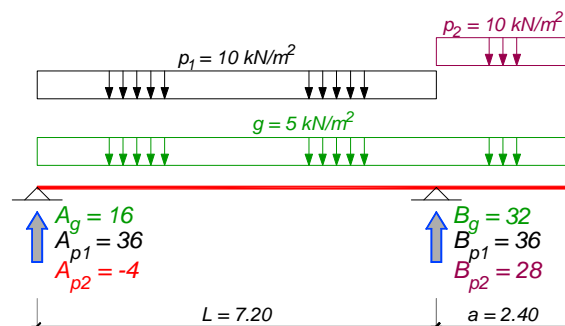
Reakcije oslonaca za slučaj da se povremeno opterećenje nalazi unutar raspona, odnosno na prepustu, su na skici desno.

$$B_g = \frac{5.0 \times (7.2 + 2.4)^2}{2 \times 7.2} = 32 \text{ kN/m}$$

$$A_g = 5.0 \times (7.2 + 2.4) - 32 = 16 \text{ kN/m}$$

$$A_{p1} = B_{p1} = 10.0 \times 7.2 / 2 = 36 \text{ kN/m}$$

$$A_{p2} = -\frac{10.0 \times 2.4^2}{2 \times 7.2} = -4 \text{ kN/m} \Rightarrow B_{p2} = 10.0 \times 2.4 - (-4.0) = 28 \text{ kN/m}$$



Dimenzionisanje – donja zona

Javlja se za slučaj da povremeno opterećenje deluje samo unutar raspona:

$$A_u = 1.6 \times 16.0 + 1.8 \times 36.0 = 90.4 \text{ kN/m}$$

$$q_u = 1.6 \times 5.0 + 1.8 \times 10.0 = 26.0 \text{ kN/m}^2$$

$$M_{u,\max} = \frac{90.4^2}{2 \times 26} = 157.1 \frac{\text{kNm}}{\text{m}} ; x = \frac{90.4}{26} = 3.48 \text{ m}$$

pretp. $a_1 = 3.0 \text{ cm} \Rightarrow h = 20 - 3 = 17 \text{ cm}$

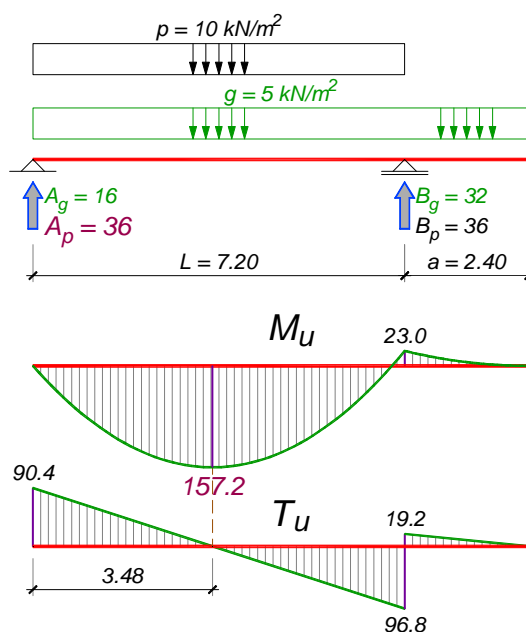
$$k = \frac{17}{\sqrt{\frac{157.2}{2.05}}} = 1.942 \Rightarrow \begin{aligned} \varepsilon_b / \varepsilon_a &= 3.5 / 5.443\text{‰} \\ \bar{\mu} &= 31.683\% \\ \zeta &= 0.837 \end{aligned}$$

$$A_a = 31.683 \times 17 \times \frac{2.05}{40} = 27.60 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

usvojeno: **RØ19/10** (28.35 cm²/m)

$$A_{ap} = 0.2 \times 27.60 = 5.52 \text{ cm}^2/\text{m}$$

usvojeno: **RØ12/20** (5.65 cm²/m)

**Dimenzionisanje – gornja zona**

$$M_{u,\max} = \frac{26.0 \times 2.4^2}{2} = 74.9 \frac{\text{kNm}}{\text{m}} \quad (\text{moment sa konzolnog prepusta})$$

pretp. $a_1 = 2.0 + 1.4/2 = 2.7 \text{ cm} \Rightarrow h = 20 - 2.7 = 17.3 \text{ cm}$

$$k = \frac{17.3}{\sqrt{\frac{74.9}{2.05}}} = 2.862 \Rightarrow \begin{aligned} \varepsilon_b / \varepsilon_a &= 2.281 / 10\text{‰} \\ \bar{\mu} &= 13.142\% \\ \zeta &= 0.929 \end{aligned}$$

$$A_a = 13.142 \times 17.3 \times \frac{2.05}{40} = 11.65 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} \Rightarrow \text{usv.: } \mathbf{RØ14/12.5} \quad (12.32 \text{ cm}^2/\text{m})$$

$$A_{ap} = 0.2 \times 11.65 = 2.33 \text{ cm}^2/\text{m} \Rightarrow \text{usv.: } \mathbf{RØ10/30} \quad (2.62 \text{ cm}^2/\text{m})$$

2. Proračun grede POS 2

$$g_g = 0.4 \times 0.6 \times 25.0 = 6.0 \text{ kN/m} \quad - \text{ sopstvena težina grede}$$

$$g_1 = g_g + B_g = 6.0 + 32.0 = 38.0 \text{ kN/m}$$

$$g_2 = g_g + A_g = 6.0 + 16.0 = 22.0 \text{ kN/m}$$

$$A_g = \left(\frac{7}{16} g_1 - \frac{1}{16} g_2 \right) \times L = \frac{7 \times 38.0 - 22.0}{16} \times 6.0 = 91.5 \text{ kN}$$

$$C_g = \left(\frac{7}{16} g_2 - \frac{1}{16} g_1 \right) \times L = \frac{7 \times 22.0 - 38.0}{16} \times 6.0 = 43.5 \text{ kN}$$

$$B_g = \left(\frac{5}{8} g_1 + \frac{5}{8} g_2 \right) \times L = \frac{5 \times (38.0 + 22.0)}{8} \times 6.0 = 225.0 \text{ kN}$$

Presek u prvom polju

Merodavan položaj povremenog opterećenja je prikazan na skici desno (opterećenje deluje u osenčenim poljima). Potrebno je aplicirati maksimalno moguće opterećenje u prvo, a minimalno moguće (maksimalno negativno) opterećenje u drugo polje.

$$p_1 = B_{p1} + B_{p2} = 36.0 + 28.0 = 64.0 \text{ kN/m}$$

$$p_2 = A_{p2} = -4.0 \text{ kN/m}$$

Pri ovom položaju povremenog opterećenja javljaju se maksimalna reakcija A_p , minimalna reakcija C_p , kao i maksimalna transversalna sila uz oslonac A:

$$A_{p,\max} = \frac{7 \times 64.0 - (-4.0)}{16} \times 6.0 = 169.5 \text{ kN}$$

$$C_{p,\min} = \frac{7 \times (-4.0) - 64.0}{16} \times 6.0 = -34.5 \text{ kN}$$

$$q_{u1} = 1.6 \times 38.0 + 1.8 \times 64.0 = 176.0 \text{ kN/m}$$

$$q_{u2} = 1.6 \times 22.0 + 1.8 \times (-4.0) = 28.0 \text{ kN/m}$$

$$A_u = 1.6 \times 91.5 + 1.8 \times 169.5 = 451.5 \text{ kN}$$

$$M_{u,\max} = \frac{451.5^2}{2 \times 176.0} = 579.1 \text{ kNm}$$

$$x_{\max} = \frac{451.5}{176.0} = 2.57 \text{ m} \Rightarrow L_0 = 2x_{\max} = 5.13 \text{ m}$$

$$B = \min \left\{ \begin{array}{l} 40 + \frac{513}{4} = 168 \\ 40 + 20 \times 20 = 440 \end{array} \right\} = 168 \text{ cm}$$

$$a_1 = 7 \text{ cm} \Rightarrow h = 60 - 7 = 53 \text{ cm}$$

$$k = \frac{53}{\sqrt{\frac{579.1 \times 10^2}{168 \times 2.05}}} = 4.090 \Rightarrow s = 0.119 \Rightarrow x = 0.119 \times 53 = 6.3 \text{ cm} < d_p = 20 \text{ cm}$$

$$\epsilon_b / \epsilon_a = 1.353 / 10\text{‰}$$

$$\bar{\mu} = 6.243\%$$

$$A_a = 6.243 \times \frac{168 \times 53}{100} \times \frac{2.05}{40} = 28.53 \text{ cm}^2 \Rightarrow \text{usvojeno } 6R\emptyset 25 \text{ (29.45 cm}^2\text{)}$$

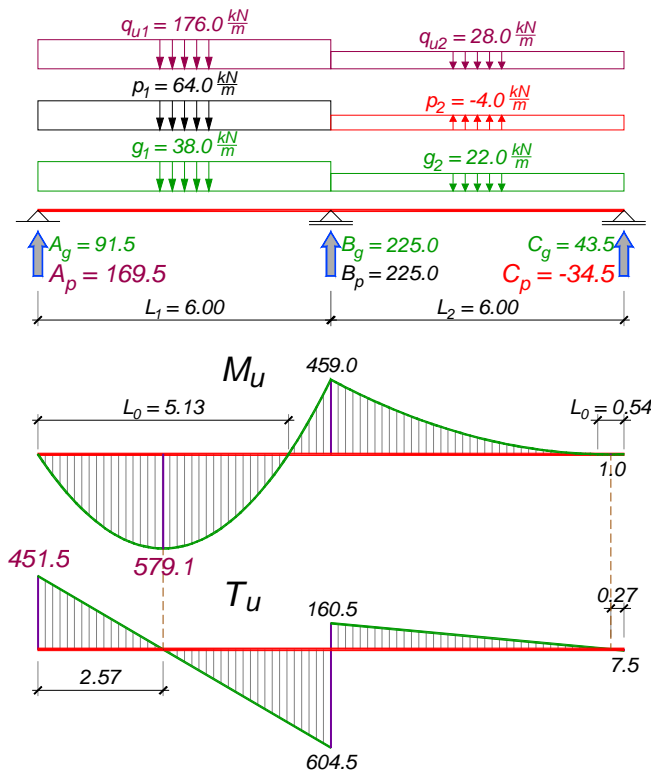
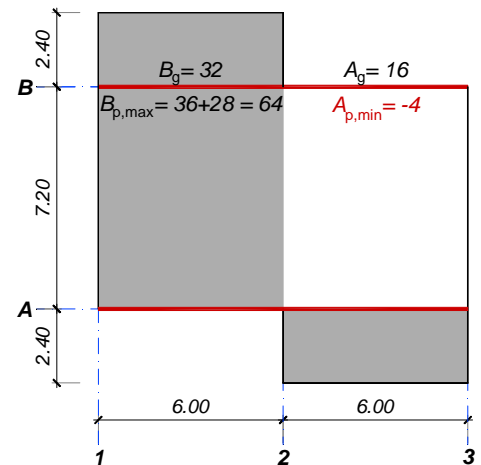
Kontrola glavnih napona zatezanja

$$\tau_n^C = \frac{451.5}{40 \times 0.9 \times 53} = 0.237 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \left\{ \begin{array}{l} > \tau_r \\ < 3\tau_r \end{array} \right. \Rightarrow \lambda = 2.57 \times \left(1 - \frac{0.11}{0.237} \right) = 1.37 \text{ m}$$

$$\tau_{Ru}^A = \frac{3}{2} \times (0.237 - 0.11) = 0.19 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$e_u = \frac{2 \times 0.785}{25 \times 0.19} \times 40 = 8.27 \text{ cm} \Rightarrow \text{usvojeno } UR\emptyset 10/15 \text{ (m=4)}$$

Dvosečne uzengije URØ10/15 mogu prihvatiti napon:



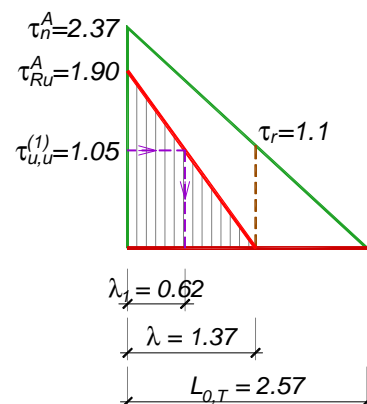
$$\tau_{u,u}^{(1)} = \frac{2 \times 0.785}{40 \times 15} \times 40 = 0.105 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

Na delu nosača dužine:

$$\lambda_1 = \lambda \left(1 - \frac{\tau_{u,u}^{(1)}}{\tau_{Ru}} \right) = 1.37 \times \left(1 - \frac{0.105}{0.19} \right) = 0.62 \text{ m}$$

nosivost dvosečnih uzengija je prekoračena, pa je potrebno postaviti četvorosečne, a na preostalom delu dužine osiguranja $1.37 - 0.62 = 0.75 \text{ m}$ dvosečne vertikalne uzengije URØ 10/15.

$$\Delta A_a = \frac{451.5}{2 \times 40} \times (\cot 45^\circ - \cot 90^\circ) = 5.64 \text{ cm}^2 \Rightarrow \text{usvojeno } 2R\emptyset 25 \text{ (9.81 cm}^2\text{)}$$



Presek u drugom polju

Merodavan položaj povremenog opterećenja je prikazan na skici desno. Potrebno je aplicirati maksimalno moguće opterećenje u drugo, a minimalno moguće (maksimalno negativno) opterećenje u prvo polje.

$$p_1 = 0 \quad (\text{ne može se javiti negativna reakcija})$$

$$p_2 = A_{p1} = 36.0 \text{ kN/m}$$

Veličina stalnog opterećenja se, naravno, ne menja.

Pri ovom položaju povremenog opterećenja javljaju se maksimalna reakcija C_p , minimalna reakcija A_p , kao i maksimalna transversalna sila uz oslonac C:

$$A_{p,\min} = \frac{-36.0}{16} \times 6.0 = -13.5 \text{ kN}$$

$$C_{p,\max} = \frac{7 \times 36.0}{16} \times 6.0 = 94.5 \text{ kN}$$

$$q_{u1} = 1.6 \times 38.0 = 60.8 \text{ kN/m}$$

$$q_{u2} = 1.6 \times 22.0 + 1.8 \times 36.0 = 100.0 \text{ kN/m}$$

$$C_u = 1.6 \times 43.5 + 1.8 \times 94.5 = 239.7 \text{ kN}$$

$$x_{\max} = \frac{239.7}{100.0} = 2.40 \text{ m}$$

$$M_{u,\max} = \frac{239.7^2}{2 \times 100.0} = 287.3 \text{ kNm}$$

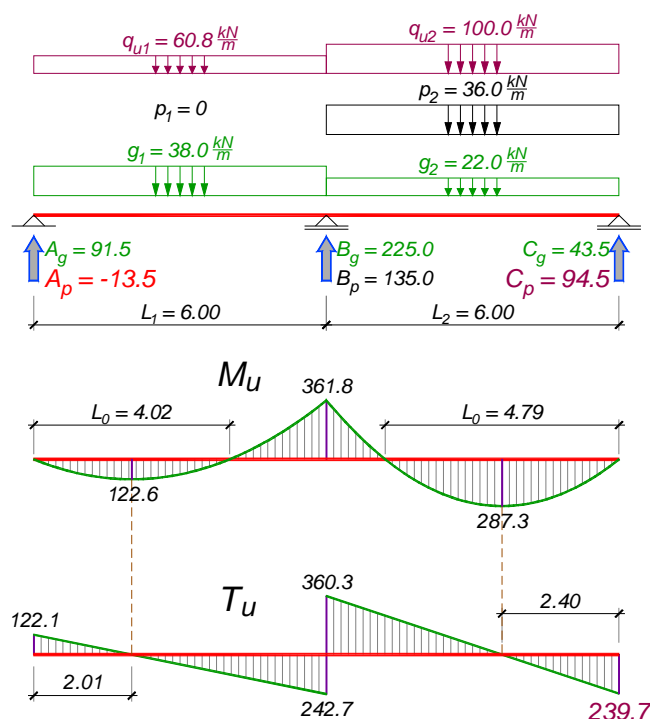
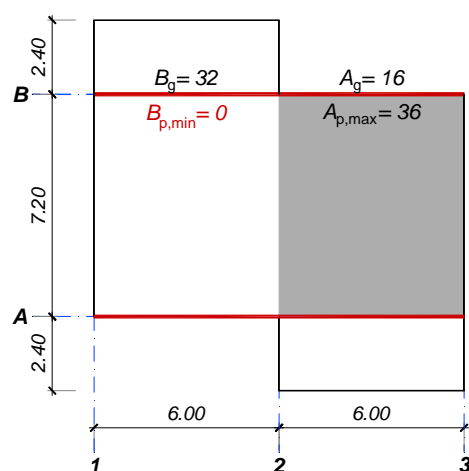
$$B = \min \left\{ \begin{array}{l} 40 + \frac{479}{12} = 80 \\ 40 + 8 \times 20 = 200 \end{array} \right\} = 80 \text{ cm}$$

$$a_1 = 5 \text{ cm} \Rightarrow h = 60 - 5 = 55 \text{ cm}$$

$$k = \frac{55}{\sqrt{\frac{287.3 \times 10^2}{80 \times 2.05}}} = 4.154 \Rightarrow s = 0.1170 \Rightarrow x = 0.117 \times 55 = 6.4 \text{ cm} < d_p = 20 \text{ cm}$$

$$\varepsilon_b / \varepsilon_a = 1.326 / 10\text{‰}$$

$$\bar{\mu} = 6.047\%$$



$$A_a = 6.047 \times \frac{80 \times 55}{100} \times \frac{2.05}{40} = 13.63 \text{ cm}^2 \Rightarrow \text{usvojeno } \mathbf{3R\emptyset 25} (14.73 \text{ cm}^2)$$

Kontrola glavnih napona zatezanja

$$\tau_n^c = \frac{239.7}{40 \times 0.9 \times 53} = 0.126 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \left\{ \begin{array}{l} > \tau_r \\ < 3\tau_r \end{array} \right. \Rightarrow \lambda = 2.40 \times \left(1 - \frac{0.11}{0.126} \right) = 0.30 \text{ m}$$

$$\tau_{Ru}^c = \frac{3}{2} \times (0.126 - 0.11) = 0.023 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$e_u = \frac{2 \times 0.785}{40 \times 0.2\%} = 19.6 \text{ cm} \Rightarrow \text{usvojeno } \mathbf{UR\emptyset 10/15} (m=2)$$

$$\tau_{u,u} = \frac{2 \times 0.785}{40 \times 15} \times 40 = 0.105 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} > \tau_{Ru,\max} = 0.023 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$\Delta A_a = \frac{451.5}{2 \times 40} \times (\cot 45^\circ - \cot 90^\circ) = 5.64 \text{ cm}^2 \Rightarrow \text{usvojeno } \mathbf{2R\emptyset 25} (9.81 \text{ cm}^2)$$

Presek nad osloncem

Merodavan položaj povremenog opterećenja je prikazan na skici desno (maksimalno moguće opterećenje u oba raspona, opterećeni delovi ploče su osenčeni).

$$p_1 = B_{p1} + B_{p2} = 36.0 + 28.0 = 64.0 \text{ kN/m}$$

$$p_2 = A_{p1} = 36.0 \text{ kN/m}$$

Pri ovom položaju povremenog opterećenja javljaju se maksimalna reakcija B_p , kao i maksimalne transversalne sile uz oslonac B:

$$A_p = \frac{7 \times 64.0 - 36.0}{16} \times 6.0 = 154.5 \text{ kN}$$

$$C_p = \frac{7 \times 36.0 - 64.0}{16} \times 6.0 = 70.5 \text{ kN}$$

$$B_{p,\max} = \frac{5 \times (64.0 + 36.0)}{8} \times 6.0 = 375.0 \text{ kN}$$

$$q_{u1} = 1.6 \times 38.0 + 1.8 \times 64.0 = 176.0 \text{ kN/m}$$

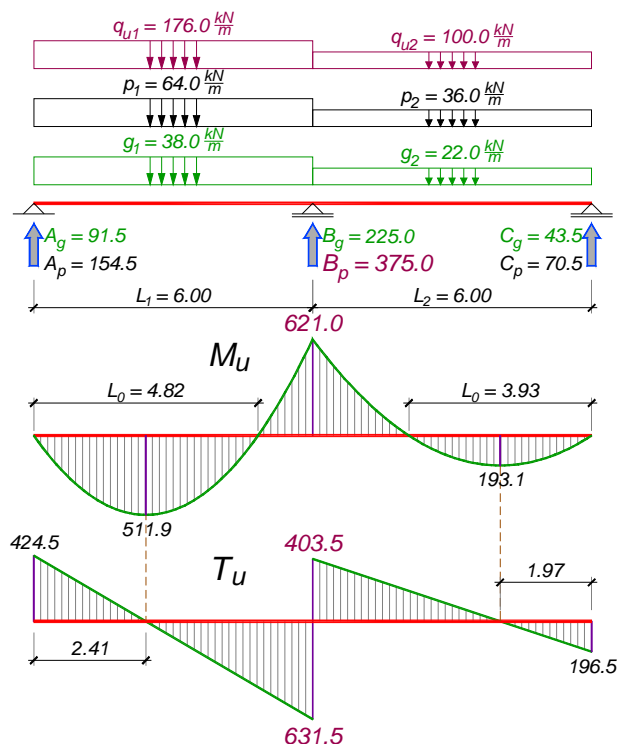
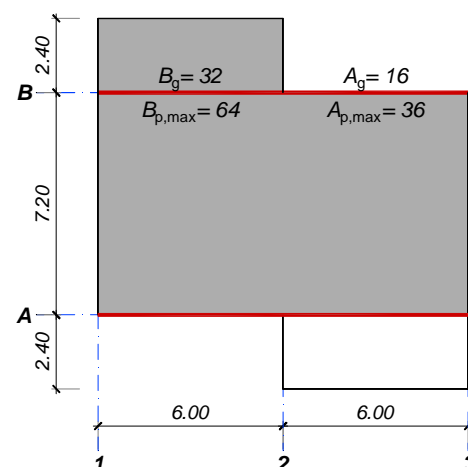
$$q_{u2} = 1.6 \times 22.0 + 1.8 \times 36.0 = 100.0 \text{ kN/m}$$

$$M_{u,\max} = -\frac{176.0 + 100.0}{16} \times 6.0^2 = -621.0 \text{ kNm}$$

$$k = \frac{53}{\sqrt{\frac{621 \times 10^2}{40 \times 2.05}}} = 1.926 \Rightarrow \frac{\varepsilon_b}{\varepsilon_a} = 3.5 / 5.26\% \Rightarrow \bar{\mu} = 32.332\%$$

$$A_a = 32.332 \times \frac{40 \times 53}{100} \times \frac{2.05}{40} = 35.13 \text{ cm}^2$$

usvojeno: **8R \emptyset 25** (39.27 cm²)



Kontrola glavnih napona zatezanja - presek B^{levo}

$$A_u = 1.6 \times 91.5 + 1.8 \times 154.5 = 424.5 \text{ kN} ;$$

$$x_{\max} = \frac{424.5}{176.0} = 2.41 \text{ m}$$

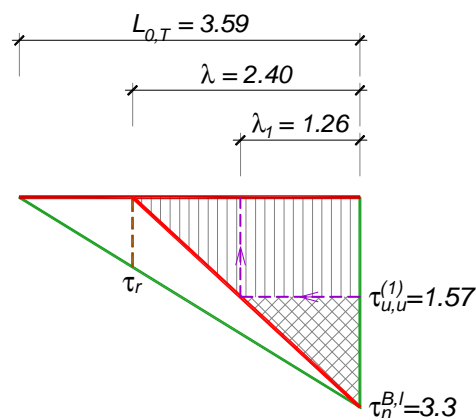
$$T_u^{B,l} = A_u - q_{u1}L_1 = 424.5 - 176.0 \times 6.0 = -631.5 \text{ kN}$$

$$\tau_n^{B,l} = \frac{631.5}{40 \times 0.9 \times 53} = 0.33 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = 3\tau_r$$

$$L_{0,T} = 6.0 - 2.41 = 3.59 \text{ m}$$

$$\lambda = 3.59 \times \left(1 - \frac{0.11}{0.33}\right) = 2.40 \text{ m}$$

$$e_u = \frac{2 \times 0.785}{40 \times 0.33} \times 40 = 4.7 \text{ cm}$$



S obzirom na veoma malo rastojanje uzengija, usvaja se rešenje sa vertikalnim uzengijama i koso povijenim profilima:

$$\text{usvojeno UR}\mathbf{\varnothing 10/10} \text{ (m=2)} \Rightarrow \tau_{u,u} = \frac{2 \times 0.785}{40 \times 10} \times 40 = 0.157 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$\lambda_1 = 2.40 \times \left(1 - \frac{0.157}{0.33}\right) = 1.26 \text{ m} \Rightarrow H_{vu,k} = \frac{0.33 - 0.157}{2} \times 126 \times 40 = 439.5 \text{ kN}$$

$$A_{ak} = \frac{H_{vu,k}}{\sigma_v \sqrt{2}} = \frac{439.5}{40 \times \sqrt{2}} = 7.77 \text{ cm}^2 \Rightarrow \text{usvojeno 2R}\mathbf{\varnothing 25} \text{ (9.82 cm}^2\text{)}$$

$$\Delta A_a = 0 \text{ (»špic« momenta)}$$

Kontrola glavnih napona zatezanja - presek B^{desno}

$$C_u = 1.6 \times 43.5 + 1.8 \times 70.5 = 196.5 \text{ kN}$$

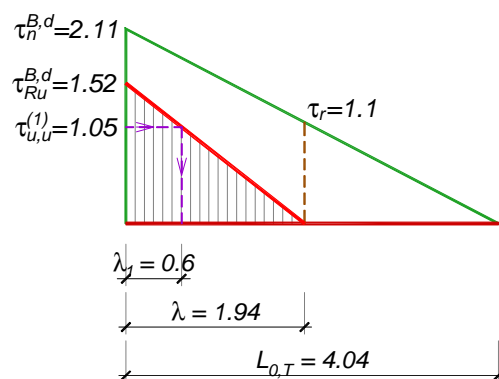
$$T_u^{B,d} = q_{u2}L_2 - C_u = 100.0 \times 6.0 - 196.5 = 403.5 \text{ kN}$$

$$\tau_n^{B,d} = \frac{403.5}{40 \times 0.9 \times 53} = 0.211 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \begin{cases} > \tau_r = 1.1 \text{ MPa} \\ < 3\tau_r \end{cases}$$

$$L_{0,T} = \frac{403.5}{100.0} = 4.04 \text{ m} \Rightarrow \lambda = 4.04 \times \left(1 - \frac{0.11}{0.211}\right) = 1.94 \text{ m}$$

$$\tau_{Ru}^{B,d} = \frac{3}{2} \times (0.211 - 0.11) = 0.152 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$e_u = \frac{2 \times 0.785}{40 \times 0.152} \times 40 = 10.3 \text{ cm} \Rightarrow \text{usvojeno UR}\mathbf{\varnothing 10/10} \text{ (m=2)}$$



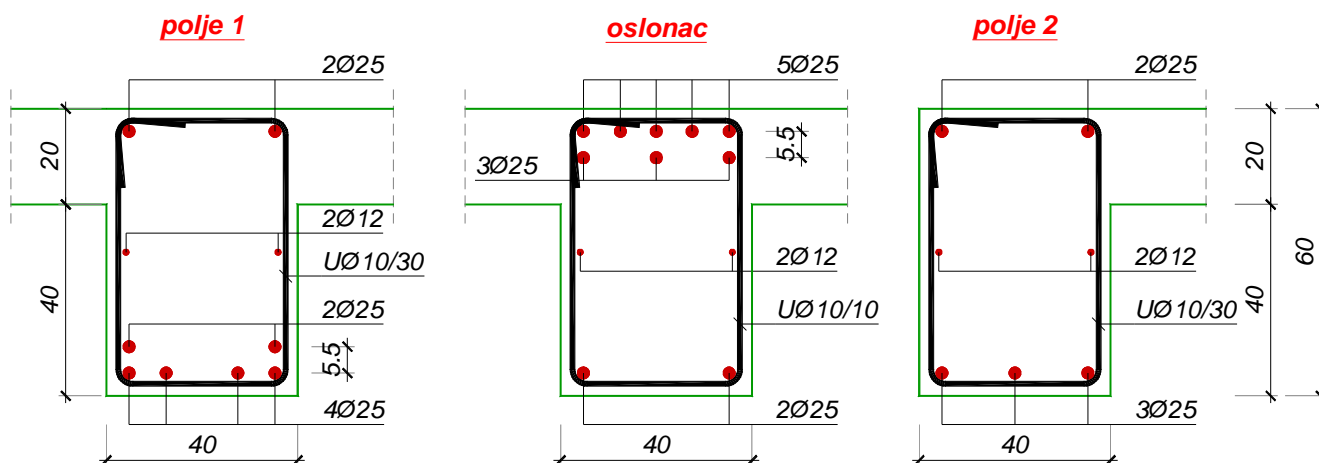
Minimalne dvosečne uzengije UR \varnothing 10/15 mogu prihvatiti napon:

$$\tau_{u,u}^{(1)} = \frac{2 \times 0.785}{40 \times 15} \times 40 = 0.105 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \text{ P } \lambda_1 = 1.94 \times \left(1 - \frac{0.105}{0.152}\right) = 0.6 \text{ m}$$

Uzengije UR \varnothing 10/10 su potrebne na dužini $\lambda_1 = 0.6 \text{ m}$, a na ostalom delu dužine osiguranja postavljaju se uzengije UR \varnothing 10/15.

$$\Delta A_a = 0 \text{ (»špic« momenta)}$$

Usvojeni poprečni presezi su prikazani na donjoj skici.



3. Raspodela uticaja od vetra na stubove

Vetar W_x prihvataju dva rama jednake krutosti (ose A i B), pa svaki prihvata polovinu ukupne sile. Unutar ovih ramova, stubovi S1 i S3 su dimenzija 40/25 cm, a središnji stubovi S2 dimenzija 40/50 cm, odnosno $(50/25)^3 = 8$ puta veće krutosti od ivičnih. Stoga ivični stubovi prihvataju 8 puta manju silu, odnosno:

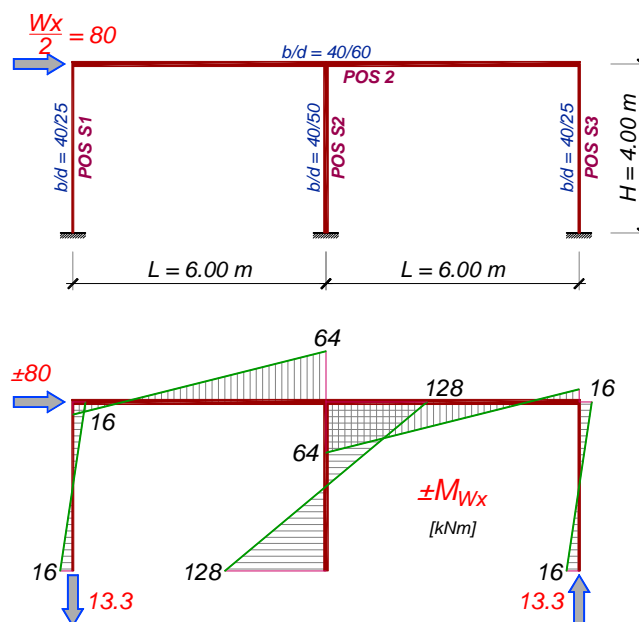
$$W_{x1} + 8W_{x1} + W_{x1} = 10W_{x1} = \frac{W_x}{2} = 80 \text{ kN}$$

$$W_{x1} = W_{x3} = 8 \text{ kN} ; W_{x2} = 64 \text{ kN}$$

$$M_{Wx,1} \approx \frac{W_{x1}H}{2} = \frac{8.0 \times 4.0}{2} = 16 \text{ kNm} = M_{Wx,3}$$

$$M_{Wx,2} \approx \frac{W_{x2}H}{2} = \frac{64.0 \times 4.0}{2} = 128 \text{ kNm}$$

$$A_W = -C_W = \frac{16 + 64}{6} = 13.3 \text{ kN}$$



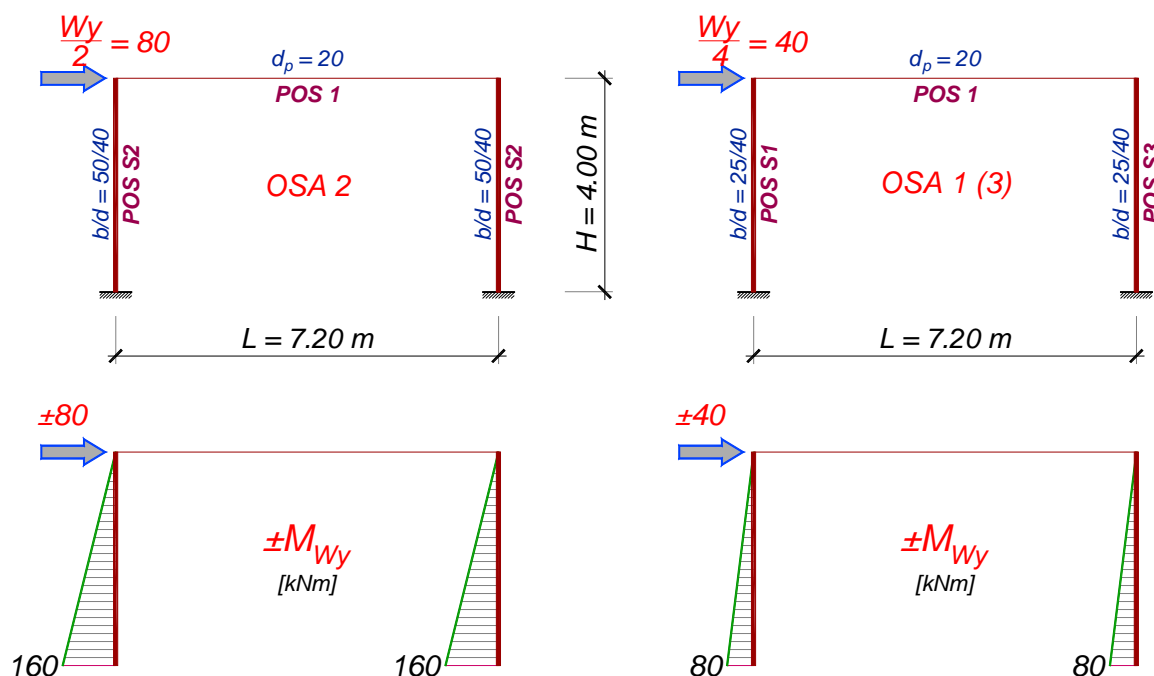
Vetar W_y prihvataju tri »rama« - tri para stubova (povezanih krutom pločom u svojoj ravni), od kojih su ivični stubovi (u osama 1 i 3) širine 25 cm, a srednji ram (osa 2) širine 50 cm, dakle dvaput veće krutosti. Stoga srednji stubovi prihvataju dvaput veću silu od ivičnih:

$$2(W_y^1 + W_y^2 + W_y^3) = 2(W_y^1 + 2W_y^2 + W_y^3) = 8W_y^2 = W_y = 160 \text{ kN} \Rightarrow W_y^1 = 20 \text{ kN} ; W_y^2 = 40 \text{ kN}$$

Svaki »ram« formiraju dva stuba istog poprečnog preseka, visine i konturnih uslova, pa svaki stub prihvata polovinu odgovarajuće sile od vetra. Kako je krutost ploče na savijanje mala (praktično se zanemaruje), momenti savijanja u vrhovima stubova su zanemarivi - stubovi su konzolni (dužina izvijanja je jednaka dvostrukoj visini stuba $2H$) a odgovarajući momenti savijanja u stubovima POS S2 i POS S1 (S3) respektivno su:

$$M_{Wy,2} \approx \frac{80}{2} \times 4.0 = 160 \text{ kNm} ; M_{Wy,1} \approx \frac{40}{2} \times 4.0 = 80 \text{ kNm} = M_{Wy,3}$$

Kako su momenti u »gredi« jednaki nuli, u poprečnom pravcu se ne javljaju aksijalne sile u stubovima usled horizontalnih dejstava.



4. Dimenzionisanje stubova POS S1, S3

Stubovi su opterećeni alternativnim momentima savijanja i biće armirani simetrično u oba pravca. Kako su oba stuba napregnuta istim momentima savijanja, potrebno je odrediti maksimalnu, odnosno minimalnu silu i sa njima izvršiti dimenzionisanje.

Maksimalna sila u stubu S1 se javlja za položaj povremenog opterećenja koji daje maksimalni moment savijanja u prvom polju grede POS 2. Za isti položaj opterećenja se javlja i minimalna sila u stubu S3. Slično tome, maksimalna sila u stubu S3 (odnosno, minimalna sila u stubu S1) se javlja za položaj povremenog opterećenja koji daje maksimalni moment savijanja u drugom polju grede POS 2.

stub POS S1:

$$A_g = 91.5 \text{ kN} \quad ; \quad A_{p,\max} = 169.5 \text{ kN} \quad ; \quad A_{p,\min} = -13.5 \text{ kN}$$

stub POS S3:

$$C_g = 43.5 \text{ kN} \quad ; \quad C_{p,\max} = 94.5 \text{ kN} \quad ; \quad C_{p,\min} = -34.5 \text{ kN}$$

Podužni pravac (vetar W_x) – $b/d = 40/25 \text{ cm}$

$$\pm M_u = 1.8 \times 16 = 28.8 \text{ kNm} \quad \Rightarrow \quad m_u = \frac{28.8 \times 10^2}{40 \times 25^2 \times 2.05} = 0.056$$

$$N_{u,\min} = 1.0 \times C_g + 1.8 \times (C_{p,\min} + Z_w) = 1.0 \times 43.5 + 1.8 \times (-34.5 - 13.3) = -42.6 \text{ kN}$$

$$n_u = \frac{-42.6}{40 \times 25 \times 2.05} = -0.021 \quad \Rightarrow \quad \bar{\mu}_1 = 0.080 \quad ; \quad \varepsilon_{a1} = 10\text{‰}$$

$$N_{u,\max} = 1.6 \times A_g + 1.8 \times (A_{p,\max} + N_w) = 1.6 \times 91.5 + 1.8 \times (169.5 + 13.3) = 475.5 \text{ kN}$$

$$n_u = \frac{475.5}{40 \times 25 \times 2.05} = 0.232 \quad \Rightarrow \quad \bar{\mu}_1 = 0 \quad ; \quad \varepsilon_{a1} = 7.64\text{‰}$$

Merodavna je kombinacija sa minimalnom normalnom silom ($\bar{\mu}_1 = 0.080 > 0$) pa sledi:

$$A_{a1} = A_{a2} = 0.080 \times 40 \times 25 \times \frac{2.05}{40} = 4.12 \text{ cm}^2$$

Poprečni pravac (vetar W_y) – $b/d = 25/40$ cm

$$\pm M_u = 1.8 \times 80 = 144 \text{ kNm} \Rightarrow m_u = \frac{144 \times 10^2}{25 \times 40^2 \times 2.05} = 0.176$$

$$N_{u,\min} = 1.0 \times C_g + 1.8 \times C_{p,\min} = 1.0 \times 43.5 + 1.8 \times (-34.5) = -18.6 \text{ kN}$$

$$n_u = \frac{-18.6}{25 \times 40 \times 2.05} = -0.009 \Rightarrow \bar{\mu}_1 = 0.223 ; \varepsilon_{a1} = 10\text{‰}$$

$$N_{u,\max} = 1.6 \times A_g + 1.8 \times A_{p,\max} = 1.6 \times 91.5 + 1.8 \times 169.5 = 451.5 \text{ kN}$$

$$n_u = \frac{451.5}{25 \times 40 \times 2.05} = 0.222 \Rightarrow \bar{\mu}_1 = 0.117 ; \varepsilon_{a1} = 7.92\text{‰}$$

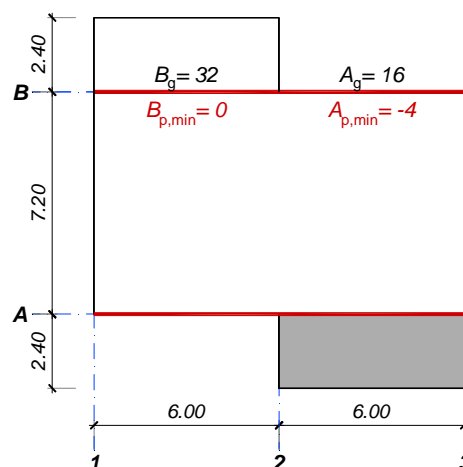
Merodavna je kombinacija sa minimalnom normalnom silom ($\bar{\mu}_1 = 0.223 > 0.117$) pa sledi:

$$A_{a1} = A_{a2} = 0.223 \times 25 \times 40 \times \frac{2.05}{40} = 11.41 \text{ cm}^2$$

5. Dimenzionisanje stuba POS S2

I ovi stubovi će biti armirani simetrično u oba pravca i dimenzionisani pomoću dijagrama interakcije za pravougaoni presek. Kao i u slučaju stubova S1 i S3, ponovo je potrebno odrediti maksimalnu, odnosno minimalnu silu i sa njima izvršiti dimenzionisanje.

Maksimalna sila usled povremenog opterećenja u stubu S2 je određena kod dimenzionisanja grede POS 2 (presek nad osloncem). **Minimalna** sila usled povremenog opterećenja se javlja pri položaju opterećenja prikazanom na skici desno (osenačen je deo ploče na kome deluje povremeno opterećenje):



$$p_1 = 0 \quad (\text{ne može se javiti negativna reakcija})$$

$$p_2 = A_{p2} = -4.0 \text{ kN/m} \Rightarrow B_{p,\min} = \frac{5 \times (-4.0)}{8} \times 6.0 = -15.0 \text{ kN}$$

Podužni pravac (vetar W_x) – $b/d = 40/50$ cm

$$\pm M_u = 1.8 \times 128 = 230.4 \text{ kNm} \Rightarrow m_u = \frac{230.4 \times 10^2}{40 \times 50^2 \times 2.05} = 0.112$$

$$N_{u,\min} = 1.0 \times B_g + 1.8 \times B_{p,\min} = 1.0 \times 225.0 + 1.8 \times (-15.0) = 198.0 \text{ kN}$$

$$n_u = \frac{198.0}{40 \times 50 \times 2.05} = 0.048 \Rightarrow \bar{\mu}_1 = 0.109 ; \varepsilon_{a1} = 10\text{‰}$$

$$N_{u,\max} = 1.6 \times B_g + 1.8 \times B_{p,\max} = 1.6 \times 225.0 + 1.8 \times 375.0 = 1035.0 \text{ kN}$$

$$n_u = \frac{1035.0}{40 \times 50 \times 2.05} = 0.252 \Rightarrow \bar{\mu}_1 = 0.023 ; \varepsilon_{a1} = 6.72\text{‰}$$

Merodavna je kombinacija sa minimalnom normalnom silom ($\bar{\mu}_1 = 0.109 > 0.023$) pa sledi:

$$A_{a1} = A_{a2} = 0.109 \times 40 \times 50 \times \frac{2.05}{40} = 11.16 \text{ cm}^2$$

Poprečni pravac (vetar W_y) – $b/d = 50/40$ cm

$$\pm M_u = 1.8 \times 160 = 288 \text{ kNm} \Rightarrow m_u = \frac{288 \times 10^2}{50 \times 40^2 \times 2.05} = 0.176$$

$$N_{u,\min} = 1.0 \times B_g + 1.8 \times B_{p,\min} = 1.0 \times 225.0 + 1.8 \times (-15.0) = 198.0 \text{ kN}$$

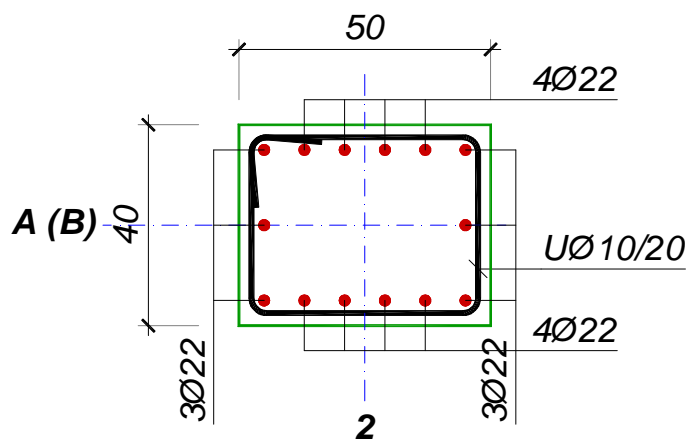
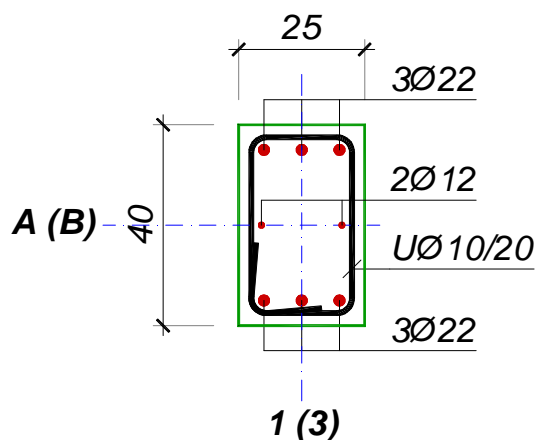
$$n_u = \frac{198.0}{50 \times 40 \times 2.05} = 0.048 \Rightarrow \bar{\mu}_1 = 0.195 ; \varepsilon_{a1} = 10\text{‰}$$

$$N_{u,\max} = 1.6 \times B_g + 1.8 \times B_{p,\max} = 1.6 \times 225.0 + 1.8 \times 375.0 = 1035.0 \text{ kN}$$

$$n_u = \frac{1035.0}{50 \times 40 \times 2.05} = 0.252 \Rightarrow \bar{\mu}_1 = 0.106 ; \varepsilon_{a1} = 6.46\text{‰}$$

Merodavna je kombinacija sa minimalnom normalnom silom ($\bar{\mu}_1 = 0.195 > 0.106$) pa sledi:

$$A_{a1} = A_{a2} = 0.195 \times 50 \times 40 \times \frac{2.05}{40} = 20.03 \text{ cm}^2$$



Ugaoni stubovi (POS S1, POS S3):

$$A_{a1,x} = 2R\text{Ø}22 = 7.60 \text{ cm}^2 > A_{a,\text{potr.}} = 4.12 \text{ cm}^2$$

$$A_{a1,y} = 3R\text{Ø}22 = 11.40 \text{ cm}^2 \approx A_{a,\text{potr.}} = 11.41 \text{ cm}^2$$

Srednji stubovi (POS S2):

$$A_{a1,x} = 3R\text{Ø}22 = 11.40 \text{ cm}^2 > A_{a,\text{potr.}} = 11.16 \text{ cm}^2$$

$$A_{a1,y} = 6R\text{Ø}22 = 22.81 \text{ cm}^2 > A_{a,\text{potr.}} = 20.03 \text{ cm}^2$$