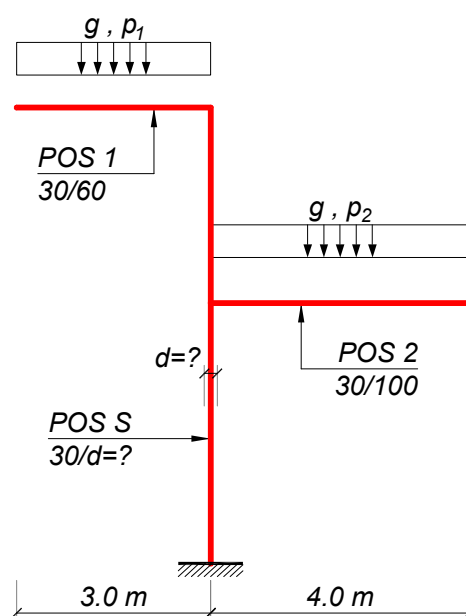


24 Za konstrukciju na skici potrebno je dimenzionisati **POS 2** (30/100 cm). Izvršiti analizu opterećenja i sračunati vrednosti statičkih uticaja za stub **POS S** za sledeće slučajeve opterećenja:

- stalno opterećenje $g = 30 \text{ kN/m}$
- povremeno opterećenje $p_1 = 60 \text{ kN/m}$
- povremeno opterećenje $p_2 = 60 \text{ kN/m}$

i dimenzionisanje u karakterističnim presecima prema napred sračunatim uticajima. Uticaj izvijanja zanemariti. Sopstvena težina je uračunata u zadato stalno opterećenje. Kvalitet materijala: MB 30, RA 400/500.

Sračunati koliko se povremeno opterećenje može naneti umesto zadanog opterećenja p_1 na gredu **POS 1** (30/60 cm) ako bi ona bila armirana istom podužnom i poprečnom armaturom kao **POS 2**.



DIMENZIONISANJE POS 2

$$M_{g2} = 30 \times 4.0^2 / 2 = 240 \text{ kNm} \quad ; \quad G_2 = 30 \times 4.0 = 120 \text{ kN}$$

$$M_{p2} = 60 \times 4.0^2 / 2 = 480 \text{ kNm} \quad ; \quad P_2 = 60 \times 4.0 = 240 \text{ kN}$$

$$MB 30 \Rightarrow f_B = 20.5 \text{ MPa} \quad ; \quad \tau_r = 1.1 \text{ MPa}$$

$$M_u = 1.6 \times 240 + 1.8 \times 480 = 1248 \text{ kNm}$$

$$\text{pretp. } a_1 = 7 \text{ cm} \Rightarrow b/d/h = 25/100/93 \text{ cm}$$

$$k = \frac{93}{\sqrt{\frac{1248 \times 10^2}{30 \times 2.05}}} = 2.064 \Rightarrow \begin{cases} \varepsilon_b / \varepsilon_a = 3.5 / 6.883\% \\ \mu = 27.289\% \end{cases}$$

$$A_{a1} = 27.289 \times \frac{30 \times 93}{100} \times \frac{2.05}{40} = 39.02 \text{ cm}^2$$

$$\text{usvojeno: } 8R\emptyset 25 \quad (39.27 \text{ cm}^2)$$

$$T_u = 1.6 \times 120 + 1.8 \times 240 = 624 \text{ kN}$$

$$\tau_n = \frac{624}{30 \times 0.9 \times 93} = 0.249 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \quad \begin{cases} > \tau_r \\ < 5\tau_r \end{cases}$$

$$\lambda = 400 \times \left(1 - \frac{1.1}{2.49} \right) = 222.9 \text{ cm}$$

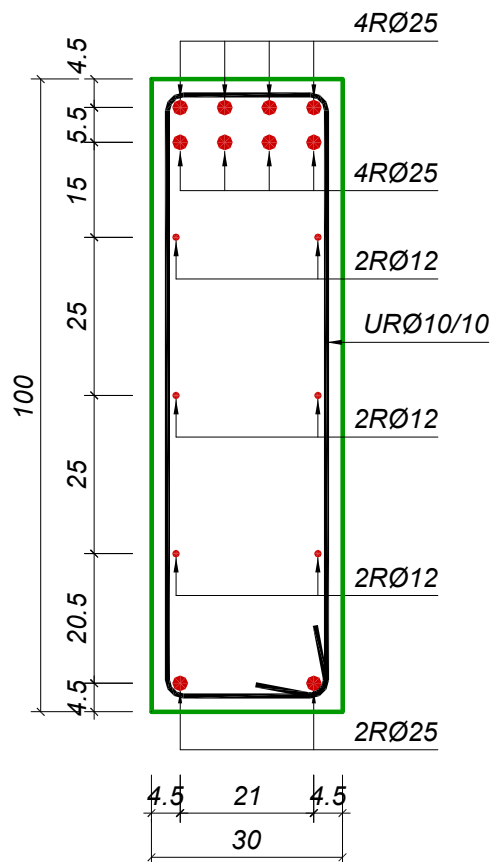
$$\tau_{Ru} = 1.5 \times (0.249 - 0.11) = 0.208 \text{ kN/cm}^2$$

usvojeno: $m = 2$; $\alpha = 90^\circ$; $\theta = 45^\circ$; UR $\emptyset 10$:

$$e_u = \frac{2 \times 0.785}{30 \times 0.208} \times (0 + 1 \times 1) \times 40 = 10.08 \text{ cm}$$

$$\text{usvojeno: } UR\emptyset 10/10 \quad (m=2)$$

$$\Delta A_a = 0 \quad (\text{"špic" momenta})$$



POS S – PRESEČNE SILE

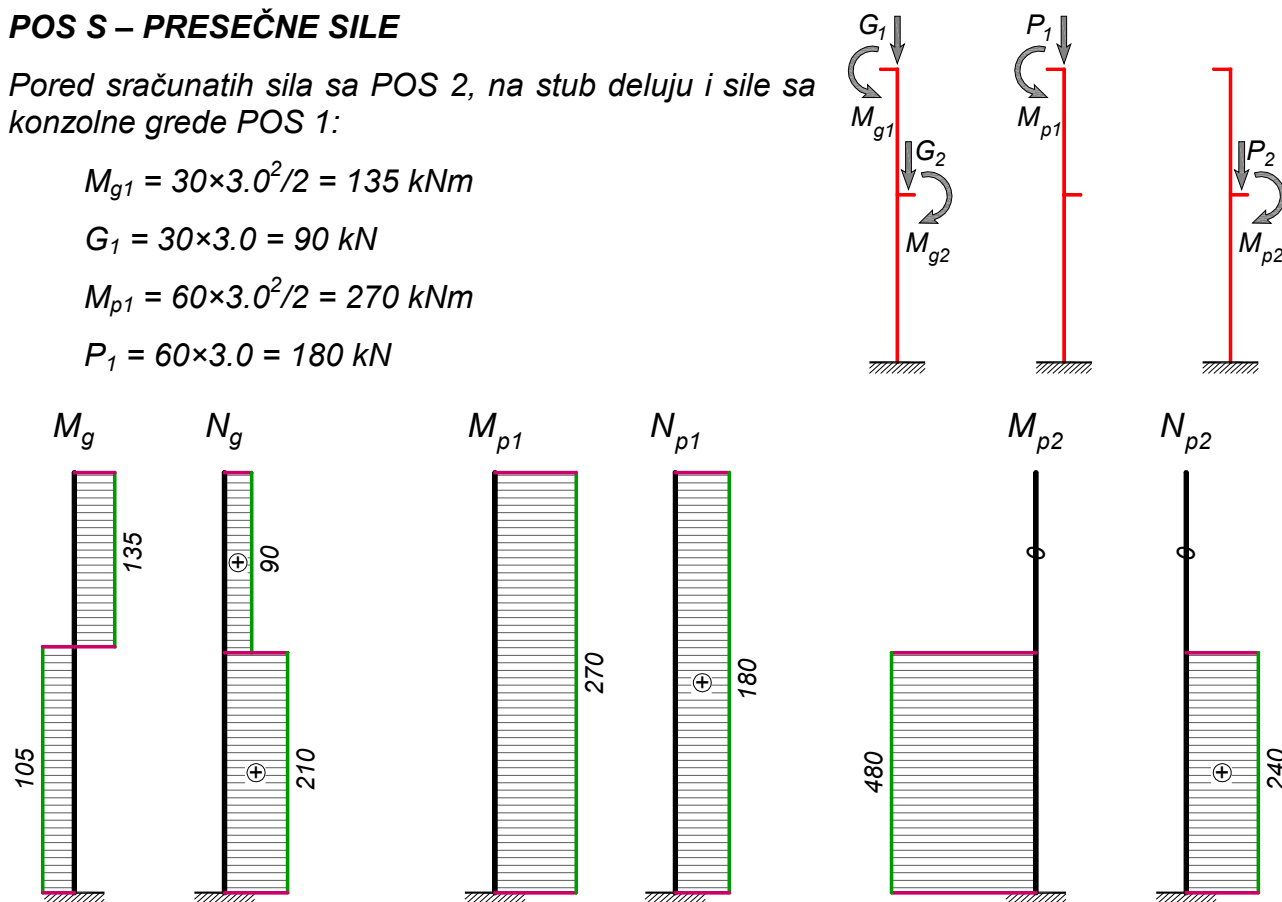
Pored sračunatih sila sa POS 2, na stub deluju i sile sa konzolne grede POS 1:

$$M_{g1} = 30 \times 3.0^2 / 2 = 135 \text{ kNm}$$

$$G_1 = 30 \times 3.0 = 90 \text{ kN}$$

$$M_{p1} = 60 \times 3.0^2 / 2 = 270 \text{ kNm}$$

$$P_1 = 60 \times 3.0 = 180 \text{ kN}$$

**POS S – DIMENZIONISANJE**

Maksimalni moment savijanja javlja se na donjem delu stuba i zateže »levu« ivicu preseka. Povremeno opterećenje na gornjoj konzoli POS 1 smanjuje razmatrani uticaj, pa neće biti uzeto u obzir. Kako visina d poprečnog preseka nije poznata, pristupa se slobodnom dimenzionisanju. Kada se visina preseka usvoji, pristupa se vezanom dimenzionisanju ostalih preseka i to:

- gornjeg dela stuba, zategnuta »desna« ivica preseka, odnosno
- donjeg dela stuba, zategnuta »desna« ivica preseka, za slučaj delovanja stalnog opterećenja i povremenog opterećenja na POS 1 ($M_{p1} > M_g$)

Postupak slobodnog dimenzionisanja podrazumeva usvajanje dilatacija ε_b i ε_{a1} , odnosno tipa loma preseka¹. Iz uslova ravnoteže momenata savijanja se sračunava potrebna statička visina, a zatim iz uslova ravnoteže normalnih sila i potrebna površina armature.

Kod izbora dilatacija (tipa loma) treba primetiti da je najopterećeniji presek, pored momenta savijanja, napregnut i silom pritiska, pa je očekivano da lom nastupi po betonu. Što se pretpostavi manja vrednost ε_{a1} , dobiće se presek manje visine. Istovremeno, usvajanjem veće vrednosti ε_{a1} ili loma po armaturi, dobija se presek velike visine i male površine armature. U ostalim, manje napregnutim, presecima može se dobiti i armatura manja od minimalno propisane. S druge strane, u uklještenju, zavisno od položaja povremenog opterećenja, mogu biti zategnute obe ivice preseka, pa će presek biti obostrano armiran.

¹ Kod dimenzionisanja realnih konstrukcija, kriterijum za usvajanje dimenzija poprečnog preseka su najčešće veličina pomeranja ili zadovoljenje željene vitkosti. Kako ovo uglavnom prevazilazi materiju kursa i predviđeni obim zadataka, kada dimenzija preseka nije poznata treba sprovesti slobodno dimenzionisanje.

donji deo stuba, »leva« ivica

$$\text{usvojeno } \varepsilon_b/\varepsilon_{a1} = 3.5/3\text{‰} \Rightarrow k = 1.719, \bar{\mu} = 43.590\%$$

$$M_u = 1.6 \times 105 + 1.8 \times 480 = 1032 \text{ kNm}$$

$$N_u = 1.6 \times 210 + 1.8 \times 240 = 768 \text{ kN}$$

Kako u izrazu za M_{au} figuriše nepoznata visina preseka d , u prvom koraku se usvaja:

$$M_{au} = M_u = 1032 \text{ kNm}$$

$$h' = 1.719 \times \sqrt{\frac{1032 \times 10^2}{30 \times 2.05}} = 70.4 \text{ cm} \quad \Rightarrow \quad d' = h + a_1 = 70.4 + 7 = 77.4 \text{ cm}$$

II korak: usv. $d' = 80 \text{ cm} \quad \Rightarrow \quad M_{au}'' = 1032 + 768 \times \left(\frac{0.80}{2} - 0.07 \right) = 1285.4 \text{ kNm}$

$$h' = 1.719 \times \sqrt{\frac{1285.4 \times 10^2}{30 \times 2.05}} = 78.6 \text{ cm} \quad \Rightarrow \quad d'' = 78.6 + 7 = 85.6 \text{ cm}$$

Umesto daljeg iterativnog proračuna, koji bi rezultirao malim povećanjem dimenzije stuba, vrednost $d = 90 \text{ cm}$ je usvojena kao konačna. Sledi:

$$a_1 = 7 \text{ cm} \quad \Rightarrow \quad M_{au} = 1032 + 768 \times \left(\frac{0.90}{2} - 0.07 \right) = 1323.8 \text{ kNm}$$

$$k = \frac{83}{\sqrt{\frac{1323.8 \times 10^2}{30 \times 2.05}}} = 1.789 \quad \Rightarrow \quad \begin{cases} \varepsilon_b / \varepsilon_a = 3.5 / 3.746\text{‰} \\ \bar{\mu} = 39.104\% \end{cases}$$

$$A_{a1} = 39.104 \times \frac{30 \times 83}{100} \times \frac{2.05}{40} - \frac{768}{40} = 30.70 \text{ cm}^2 \Rightarrow \quad \text{usvojeno: } \mathbf{8R\text{Ø}25} \quad (39.27 \text{ cm}^2)^2$$

gornji deo stuba, »desna« ivica

$$M_u = 1.6 \times 135 + 1.8 \times 270 = 702 \text{ kNm}$$

$$N_u = 1.6 \times 90 + 1.8 \times 180 = 468 \text{ kN}$$

$$a_1 = 7 \text{ cm} \quad \Rightarrow \quad h = 90 - 7 = 83 \text{ cm} \quad \Rightarrow \quad M_{au} = 702 + 468 \times \left(\frac{0.90}{2} - 0.07 \right) = 879.8 \text{ kNm}$$

$$k = \frac{83}{\sqrt{\frac{879.8 \times 10^2}{30 \times 2.05}}} = 2.194 \quad \Rightarrow \quad \begin{cases} \varepsilon_b / \varepsilon_a = 3.5 / 8.486\text{‰} \\ \bar{\mu} = 23.638\% \end{cases}$$

$$A_{a1} = 23.638 \times \frac{30 \times 83}{100} \times \frac{2.05}{40} - \frac{468}{40} = 18.47 \text{ cm}^2 \Rightarrow \quad \text{usvojeno: } \mathbf{4R\text{Ø}25} \quad (19.63 \text{ cm}^2)$$

² Šipke **RØ25** su usvojene jer su isti profili primenjeni i za armiranje grede **POS 2** (veći deo se prevodi iz stuba u gredu POS 2). Računski, dovoljni su profili RØ22. Ipak, ovde se radi o ispitnom zadatku, gde optimizacija rešenja ne predstavlja prioritet, pa je usvojeno malo »neracionalnije« rešenje.

donji deo stuba, »desna« ivica

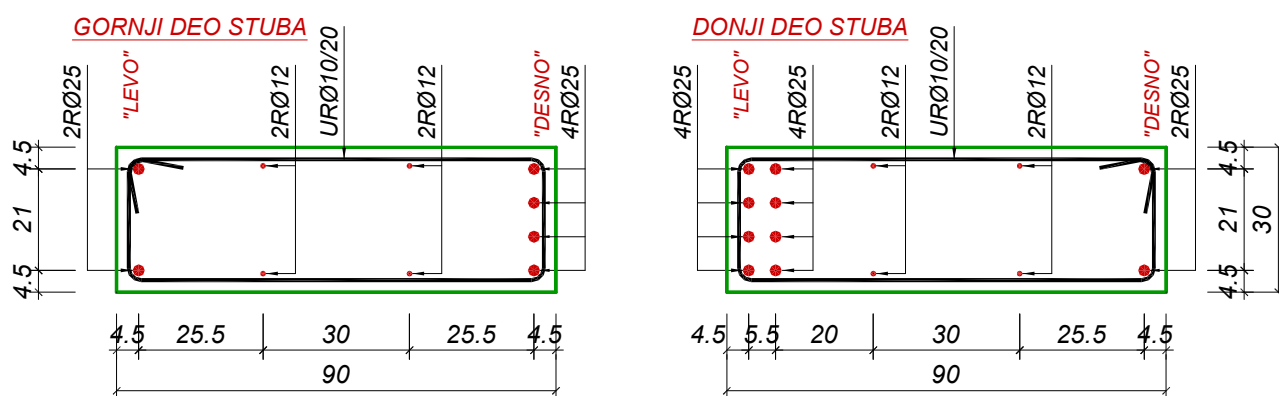
$$M_u = 1.0 \times (-105) + 1.8 \times 270 = 381 \text{ kNm}$$

$$N_u = 1.0 \times 210 + 1.8 \times 180 = 534 \text{ kN}$$

$$a_1 = 5 \text{ cm} \Rightarrow h = 90 - 5 = 85 \text{ cm} \Rightarrow M_{au} = 381 + 534 \times \left(\frac{0.90}{2} - 0.05 \right) = 594.6 \text{ kNm}$$

$$k = \frac{85}{\sqrt{\frac{594.6 \times 10^2}{30 \times 2.05}}} = 2.734 \Rightarrow \begin{cases} \varepsilon_b / \varepsilon_a = 2.476 / 10\text{‰} \\ \mu = 14.505\% \end{cases}$$

$$A_{a1} = 14.505 \times \frac{30 \times 85}{100} \times \frac{2.05}{40} - \frac{534}{40} = 5.61 \text{ cm}^2 \Rightarrow \text{usvojeno: } 2R\emptyset 25 \text{ (9.82 cm}^2\text{)}$$

**PRORAČUN NOSIVOSTI POS 1**

POS 1 je konzolna greda, pravougaonog poprečnog preseka. Prema uslovu zadatka, armirana je usvojenom armaturom grede POS 2. Poprečni presek čiju nosivost je potrebno sračunati je prikazan na skici desno.

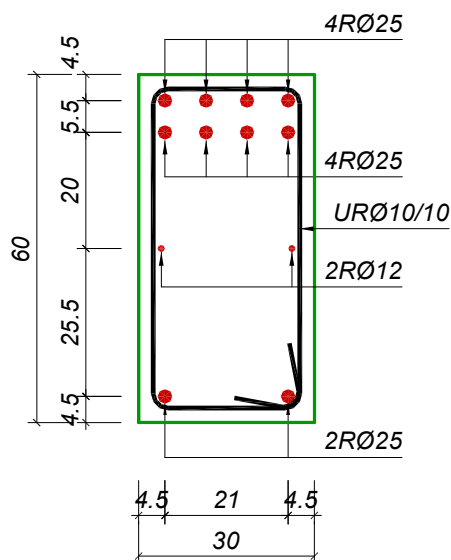
Nosivost u odnosu na momente savijanja

Pošto nije drugačije zahtevano, proračun će biti sproveden uz zanemarenje nosivosti pritisnute armature.

$$A_{a1} = 39.27 \text{ cm}^2 \text{ (8R}\emptyset 25\text{)}$$

$$a_1 = \frac{4.5 + 10}{2} = 7.25 \text{ cm} \Rightarrow h = 60 - 7.25 = 52.75 \text{ cm}$$

$$\mu_1 = \frac{39.27 \times 40}{30 \times 52.75 \times 2.05} = 48.420\% \xrightarrow{\text{TABLICE}} \begin{cases} \varepsilon_b / \varepsilon_a = 3.5 / 2.35\text{‰} \\ k = 1.658 \end{cases}$$



Dobijena je vrednost $\varepsilon_{a1} < 3\text{‰}$. Dakle, ovaj presek bi morao biti dvostruko armiran, kako bi se dilatacija zategnute armature zadržala u željenim granicama. Međutim, u ovom slučaju presek je zadat i zadatak je samo da se odredi njegova nosivost.

Zanemarenjem A_{a2} , mehanički procenat armiranja se direktno sračunava iz uslova ravno-teže normalnih sila. Pritom je pretpostavljeno da je $\sigma_{a1} = \sigma_v$. Kako je sračunata dilatacija:

$$\varepsilon_{a1} = 2.35\text{‰} > \varepsilon_v = \frac{\sigma_v}{E_a} = \frac{400}{210 \times 10^3} = 1.905\text{‰}$$

Iako je zaključiti da je učinjena pretpostavka $\sigma_{a1} = \sigma_v$ zadovoljena. Iz uslova ravnoteže momenta savijanja konačno sledi:

$$M_{au} = \left(\frac{52.75}{1.658} \right)^2 \times 30 \times 2.05 \times 10^{-2} = 622.6 \text{ kNm} = M_u \quad (N_u = 0)$$

Kako je $\varepsilon_{a1} < 3\text{‰}$, neophodno je povećati vrednosti koeficijenata sigurnosti:

$$\varepsilon_{a1} = 2.35\text{‰} \Rightarrow \gamma_{u,g} = 1.6 + \frac{3 - 2.35}{3 - 0} \times (1.9 - 1.6) = 1.665 ; \gamma_{u,p} = 1.865$$

$$M_g = \frac{30 \times 3.0^2}{2} = 135 \text{ kNm} \Rightarrow M_p = \frac{622.6 - 1.665 \times 135}{1.865} = 213.3 \text{ kNm}$$

$$p_1 \leq \frac{2 \times M_p}{L^2} = \frac{2 \times 213.3}{3.0^2} = 47.4 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Tačniji postupak je da se proračunom tretira sva armatura u preseku. Jedna mogućnost je primena odgovarajućeg dijagrama interakcije (interpolacija vrednosti očitanih sa dijagrama 2.5.36 i 2.5.37, PBAB 87, Tom 2, str. 176 i 177). Druga je analitičko rešenje, gde se položaj neutralne linije određuje iterativno, iz uslova ravnoteže normalnih sila. Proračun će biti sproveden na taj način, a postupak će biti jako ubrzan uvođenjem nekoliko smislenih pretpostavki koje su posledica prvog koraka u rešavanju problema ($A_{a2}=0$):

$$a. \varepsilon_b = 3.5\text{‰} \Rightarrow \alpha = 0.810 ; \eta = 0.416$$

$$b. \varepsilon_{a1} > \varepsilon_v = 1.905\text{‰} \Rightarrow \sigma_{a1} = \sigma_v = 400 \text{ MPa (zatezanje)}$$

$$c. \varepsilon_{a2} > \varepsilon_v = 1.905\text{‰} \Rightarrow \sigma_{a2} = \sigma_v = 400 \text{ MPa (pritisak)}$$

Uslov ravnoteže normalnih sila može se napisati u obliku:

$$\sum N = D_{bu} + D_{au} - Z_{au} = N_u = 0$$

pri čemu su unutrašnje sile određene kao:

$$D_{au} = A_{a2} \times \sigma_{a2} = 9.82 \times 40 = 392.7 \text{ kN}$$

$$Z_{au} = A_{a1} \times \sigma_{a1} = 39.27 \times 40 = 1570.8 \text{ kN}$$

$$D_{bu} = \alpha \times s \times b \times h \times f_B = 0.810 \times s \times 30 \times 52.75 \times 2.05$$

Dakle, jedina nepoznata veličina je položaj neutralne linije, odnosno bezdimenziona s :

$$D_{bu} = N_u + Z_{au} - D_{au} = 0 + 1570.8 - 392.7 = 1178.1 \text{ kN}$$

$$s = \frac{D_{bu}}{\alpha_b \times b \times h \times f_B} = \frac{1178.1}{0.810 \times 30 \times 52.75 \times 2.05} = 0.449$$

$$s = 0.449 > 0.259 \Rightarrow \varepsilon_b = 3.5\text{‰} , \varepsilon_{a1} = \frac{1-s}{s} \times \varepsilon_b = \frac{1-0.449}{0.449} \times 3.5 = 4.30\text{‰}$$

$$\alpha_2 = \frac{a_2}{h} = \frac{4.5}{52.75} = 0.085 \Rightarrow \varepsilon_{a2} = \frac{s - \alpha_2}{s} \times \varepsilon_b = \frac{0.449 - 0.085}{0.449} \times 3.5 = 2.834\text{‰} > \varepsilon_v$$

Sve tri učinjene pretpostavke su dokazane, pa sledi:

$$z = (1 - \eta \times s) \times h = 52.75 \times (1 - 0.416 \times 0.449) = 42.9 \text{ cm}$$

$$M_u = M_{au} = D_{bu} \times z + D_{au} \times (h - a_2) = 1178.1 \times 42.9 + 392.7 \times (52.75 - 4.5)$$

$$M_u = 69496 \text{ kNcm} = \mathbf{695 \text{ kNm}}$$

Kako je $\varepsilon_{a1} > 3\%$, nema potrebe smanjivati vrednosti koeficijenta sigurnosti. Sledi:

$$M_p = \frac{695 - 1.6 \times 135}{1.8} = 266.1 \text{ kNm} \Rightarrow p_1 \leq \frac{2 \times 266.1}{3.0^2} = 59.1 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Nosivost u odnosu na transverzalne sile

$$\tau_{u,u} = \frac{m \times a_u^{(1)}}{b \times e_u} \times \sigma_v = \frac{2 \times 0.785}{30 \times 10} \times 40 = 0.209 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = 2.09 \text{ MPa}$$

$$\tau_n = \frac{2}{3} \times \tau_{Ru} + \tau_r = \frac{2}{3} \times 2.09 + 1.1 = 2.50 \text{ MPa} = 0.250 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$\tau_n = \frac{T_u}{b \times 0.9 \times h} \Rightarrow T_u = 0.250 \times 30 \times 0.9 \times 52.75 = 355.5 \text{ kN}$$

$$T_g = 30 \times 3.0 = 90 \text{ kN} \Rightarrow T_p = \frac{355.5 - 1.6 \times 90}{1.8} = 117.5 \text{ kN} \Rightarrow p_2 \leq \frac{117.5}{3.0} = 39.2 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Merodavno je manje od dva sračunata opterećenja, dakle $p = p_2 = 39.2 \text{ kN/m}$.

25 Za nosač sistema proste grede, raspona $L = 6.0 \text{ m}$, opterećen stalnim opterećenjem $g = 30 \text{ kN/m}$, čiji je karakteristični presek armiran prema skici, potrebno je sračunati:

- napone u betonu i armaturi ($t=0$)
- srednje rastojanje i karakterističnu širinu prslina ($t=0$)
- vrednost maksimalnog ugiba u sredini raspona, vodeći računa o dugotrajnom dejstvu stalnog opterećenja ($t \rightarrow \infty$)

Kvalitet materijala: MB 30, RA 400/500.

$$A_{a1} = 14.18 \text{ cm}^2 \text{ (5R}\mathbf{\varnothing}19\text{)}$$

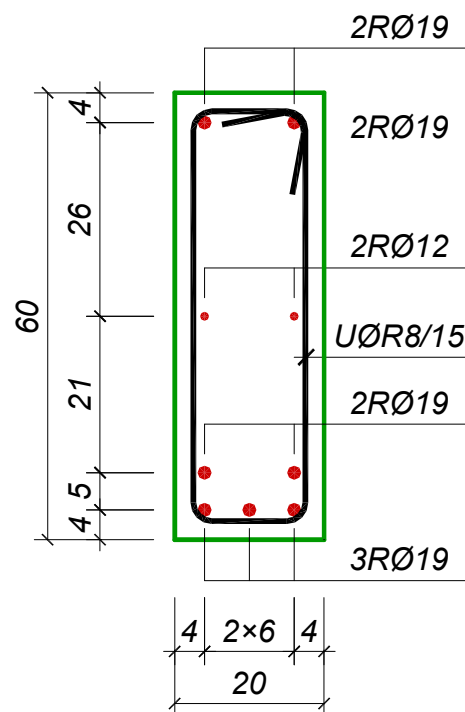
$$A_{a2} = 5.67 \text{ cm}^2 \text{ (2R}\mathbf{\varnothing}19\text{)}$$

$$a_1 = \frac{3 \times 4.0 + 2 \times 9.0}{5} = 6.0 \text{ cm}$$

$$h = 60 - 6.0 = 54.0 \text{ cm}$$

$$a_2 = 4.0 \text{ cm} \Rightarrow \alpha_2 = 4.0/54.0 = 0.074$$

$$\text{MB 30} \Rightarrow E_b = 31.5 \text{ GPa (čl. 52. BAB 87)} \Rightarrow n = \frac{E_a}{E_b} = \frac{210}{31.5} = 6.67$$



PRORAČUN NAPONA U BETONU I ARMATURI

$$\mu_1 = \frac{14.18}{20 \times 54} = 0.0131 = 1.31\% ; \quad \mu_1 = \frac{5.67}{20 \times 54} = 0.0053 = 0.53\%$$

$$s^2 + 2 \times 6.67 \times (1.31 + 0.53) \times 10^{-2} \times s - 2 \times 6.67 \times (1.31 + 0.53 \times 0.074) \times 10^{-2} = 0$$

$$s^2 + 0.245 \times s - 0.180 = 0 \Rightarrow s = 0.319 \Rightarrow J_{II} = \frac{0.319^2}{2} \times \left(1 - \frac{0.319}{3}\right) = 0.046$$

$$M_a = M_g = 135 \text{ kNm}$$

$$\sigma_b = \frac{135 \times 10^2}{20 \times 54^2} \times \frac{0.319}{0.046 + 6.67 \times 0.0053 \times (0.319 - 0.074) \times (1 - 0.074)} = 1.38 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{a1} = 6.67 \times 1.38 \times \frac{1 - 0.319}{0.319} = 19.63 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \Rightarrow \varepsilon_{a1} = \frac{19.63}{21.0 \times 10^3} = 0.935\%$$

PRORAČUN RAZMAKA I ŠIRINE PRSLINA

$$MB 30 \Rightarrow f_{bzm} = 2.4 \text{ MPa (član 51. PBAB 87)}$$

$$d = 60 \text{ cm} = 0.6 \text{ m} \Rightarrow f_{bzs} = 0.7 \times 0.24 \times \left(0.6 + \frac{0.4}{\sqrt[4]{0.6}}\right) = 0.177 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$W_{b1} = \frac{20 \times 60^2}{6} = 12000 \text{ cm}^3 \Rightarrow M_r = 0.177 \times 12000 \times 10^{-2} = 21.30 \text{ kNm} < M_g$$

$$a_0 = 4.0 - 1.9/2 = 3.05 \text{ cm} ; \quad \emptyset = 19 \text{ mm} = 1.9 \text{ cm} ; \quad e_{\emptyset} = 6.0 \text{ cm}$$

$$k_1 = 0.4 \text{ (RA 400/500)} ; \quad k_2 = 0.125 \text{ (savijanje)}$$

$$h_{bz,ef.} \leq \left\{ \begin{array}{l} 9 + 7.5 \times 1.9 = 23.25 \text{ cm} \\ d/2 = 60/2 = 30 \text{ cm} \end{array} \right\} = 23.25 \text{ cm} \Rightarrow \mu_{z1,ef.} = \frac{14.18}{20 \times 23.25} = 0.0305$$

$$l_{ps} = 2 \times \left(3.05 + \frac{6}{10}\right) + 0.4 \times 0.125 \times \frac{1.9}{0.0305} = 10.4 \text{ cm}$$

$$\left. \begin{array}{l} \beta_1 = 1.0 \text{ (RA 400/500)} \\ \beta_2 = 1.0 \text{ (} t = 0 \text{)} \end{array} \right\} \Rightarrow \zeta_a = 1 - 1.0 \times 1.0 \times \left(\frac{21.3}{135}\right)^2 = 0.975$$

$$a_{pk} = 1.7 \times \zeta_a \times \varepsilon_{a1} \times l_{ps} = 1.7 \times 0.975 \times 0.935 \times 10^{-3} \times 10.4 = 16 \times 10^{-3} \text{ cm} = 0.16 \text{ mm}$$

PRORAČUN UGIBA

$$J_b = \frac{20 \times 60^3}{12} = 360000 \text{ cm}^4 \Rightarrow v_b = \frac{5}{384} \times \frac{30 \times 6.0^4}{31.5 \times 10^6 \times 360000 \times 10^{-8}} = 4.46 \times 10^{-3} \text{ m}$$

Koeficijenti za proračun krivine elementa pravougaonog preseka izloženog složenom savijanju su grafički očitavani (PBAB 87, Tom 2, Prilog 3.4).

$$\alpha_1 = \frac{a_1}{d} = \frac{6.0}{60} = 0.1 ; \quad \alpha_2 = \frac{a_2}{d} = \frac{4.0}{60} = 0.067 ; \quad \frac{n \times A_{a1}}{b \times h} = \frac{6.67 \times 14.18}{20 \times 54.0} = 0.0875$$

Ugib u trenutku $t=0$

$$k_a^I = 0.825 \text{ (dijagram 3.4.2)} \Rightarrow v_0^I = 0.825 \times 4.46 = 3.68 \text{ mm}$$

$$k_a^{II} = 2.1 \text{ (dijagram 3.4.6)} \Rightarrow v_0^{II} = 2.1 \times 4.46 = 9.38 \text{ mm}$$

$$f_{bzs} = 0.24 \times \left(0.6 + \frac{0.4}{\sqrt[4]{0.6}} \right) = 0.253 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \Rightarrow M_r = 0.253 \times 12000 \times 10^{-2} = 30.4 \text{ kNm} < M_g$$

$$\left. \begin{array}{l} \beta_1 = 1.0 \text{ (RA 400 / 500)} \\ \beta_2 = 1.0 \text{ (} t = 0 \text{)} \end{array} \right\} \Rightarrow \zeta_{0,g} = 1 - 1.0 \times 1.0 \times \frac{30.4}{135} = 0.775$$

$$v_{g,0} = (1 - \zeta) \times v_0^I + \zeta \times v_0^{II} = (1 - 0.775) \times 3.68 + 0.775 \times 9.38 = 8.09 \text{ mm}$$

Ugib u trenutku $t \rightarrow \infty$

$$\chi_\infty = 0.8 ; \varphi_\infty = 2.5 \Rightarrow \chi_\infty \times \varphi_\infty = 0.8 \times 2.5 = 2$$

$$k_\varphi^I = 0.63 \text{ (dijagram 3.4.14)} \Rightarrow v_\infty^I = (1 + 0.63 \times 2.5) \times 3.68 = 9.48 \text{ mm}$$

Interpolacijom vrednosti očitanih sa dijagrama 3.4.25 i 3.4.26 sledi:

$$\left. \begin{array}{l} \alpha_2 = 0.05 \Rightarrow k_\varphi^{II} = 0.145 \\ \alpha_2 = 0.10 \Rightarrow k_\varphi^{II} = 0.155 \end{array} \right\} \Rightarrow k_\varphi^{II} = 0.145 + \frac{0.067 - 0.05}{0.1 - 0.05} \times (0.155 - 0.145) = 0.148$$

$$k_\varphi^{II} = 0.148 \text{ (dijagrami 3.4.25, 26)} \Rightarrow v_\infty^{II} = (1 + 0.148 \times 2.5) \times 9.38 = 12.84 \text{ mm}$$

$$\left. \begin{array}{l} \beta_1 = 1.0 \text{ (RA 400 / 500)} \\ \beta_2 = 0.5 \text{ (} t \rightarrow \infty \text{)} \end{array} \right\} \Rightarrow \zeta_{\infty,g} = 1 - 1.0 \times 0.5 \times \frac{30.4}{135} = 0.888$$

$$v_{g,\infty} = (1 - \zeta) \times v_\infty^I + \zeta \times v_\infty^{II} = (1 - 0.888) \times 9.48 + 0.888 \times 12.84 = 12.47 \text{ mm}$$

26 Dimenzionisati stub kružnog poprečnog preseka prečnika $D=40$ cm, opterećen silama pritiska $N_g = 1000$ kN i $N_p = 500$ kN usled stalnog, odnosno povremenog opterećenja. Uticaj izvijanja zanemariti. Kvalitet materijala: MB 30, RA 400/500.

$$N_u = 1.9 \times 1000 + 2.1 \times 500 = 2950 \text{ kN}$$

$$N_u = A_b \times f_B + A_a \times \sigma_v$$

$$A_a = \frac{N_u - A_b \times f_B}{\sigma_v}$$

$$A_b = 20^2 \times \pi = 1256 \text{ cm}^2$$

$$A_a = \frac{2950 - 1256 \times 2.05}{40} = 9.35 \text{ cm}^2$$

usvojeno: **6RØ16** (12.06 cm²)

$$\mu = \frac{12.06}{1256} = 0.96\% > 0.6\% = \mu_{MIN.}$$

