

P1. Dimenzionisati stub pravougaonog poprečnog preseka, širine 30 cm, opterećen silama pritiska usled stalnog, odnosno povremenog opterećenja. Uticaj izvijanja se može zanemariti.

$$N_g = 500 \text{ kN} \quad N_p = 1000 \text{ kN} \quad \text{MB 30} \quad \text{GA 240/360}$$

Aktivni presek čine beton i armatura. Težište idealizovanog preseka se poklapa sa napadnom tačkom sile pritiska, pa je dilatacija konstantna po čitavom preseku. Iz uslova loma (slučaj centričnog pritiska), uslova zajedničkog rada betona i čelika odnosno Pravilnikom definisanih veza napon-dilatacija (RDB, RDČ) sledi:

$$\varepsilon_b = \varepsilon_a = 2\text{‰}$$

$$\varepsilon_b = 2\text{‰} \Rightarrow \sigma_b = f_B$$

$$\varepsilon_a = 2\text{‰} \Rightarrow \sigma_a = 2\text{‰} \times E_a \leq \sigma_v$$

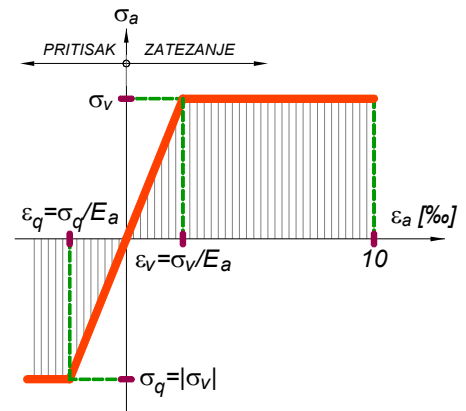
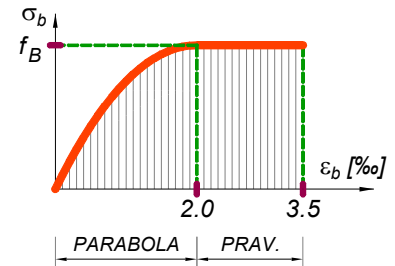
Iz poslednjeg izraza sledi da je za GA 240/360 i RA 400/500 napon $\sigma_a = \sigma_v$, a u slučaju korišćenja čelika viših karakteristika $\sigma_a = 400 \text{ MPa}$.

Uslov ravnoteže normalnih sila može se napisati u obliku:

$$N_u = A_b \times \sigma_b + A_a \times \sigma_a = A_b \times f_b + A_a \times \sigma_v$$

pri čemu je granična računaska sila N_u određena kao:

$$N_u = \sum_i \gamma_{u,i} \times N_i = 1.9 \times N_g + 2.1 \times N_p$$



Parcijalni koeficijenti sigurnosti, određeni članom 80 PBAB, uzimaju MAKSIMALNE moguće (u odnosu na broj opterećenja u kombinaciji) vrednosti ($\varepsilon_a \leq 0\text{‰}$).

Kao što je naglašeno u proračunu po dopuštenim naponima, presek se oblikuje kao simetričan i simetrično armira. Procenat armiranja μ se usvaja (po pravilu minimalna vrednost $\mu_{min} = 0.6\%$). Uslov ravnoteže se piše u obliku:

$$N_u = A_b \times f_b + A_a \times \sigma_v = A_b \times f_b + \mu \times A_a \times \sigma_v = A_b \times f_b \times \left(1 + \mu \times \frac{\sigma_v}{f_b}\right) = A_b \times f_b \times (1 + \bar{\mu})$$

i iz njega sračunava potrebna površina betona A_b .

Računska čvrstoća betona pri pritisku se određuje prema članu 82 Pravilnika BAB 87:

$$\text{MB 30} \quad \Rightarrow \quad f_B = 20.5 \text{ MPa} = 2.05 \text{ kN/cm}^2$$

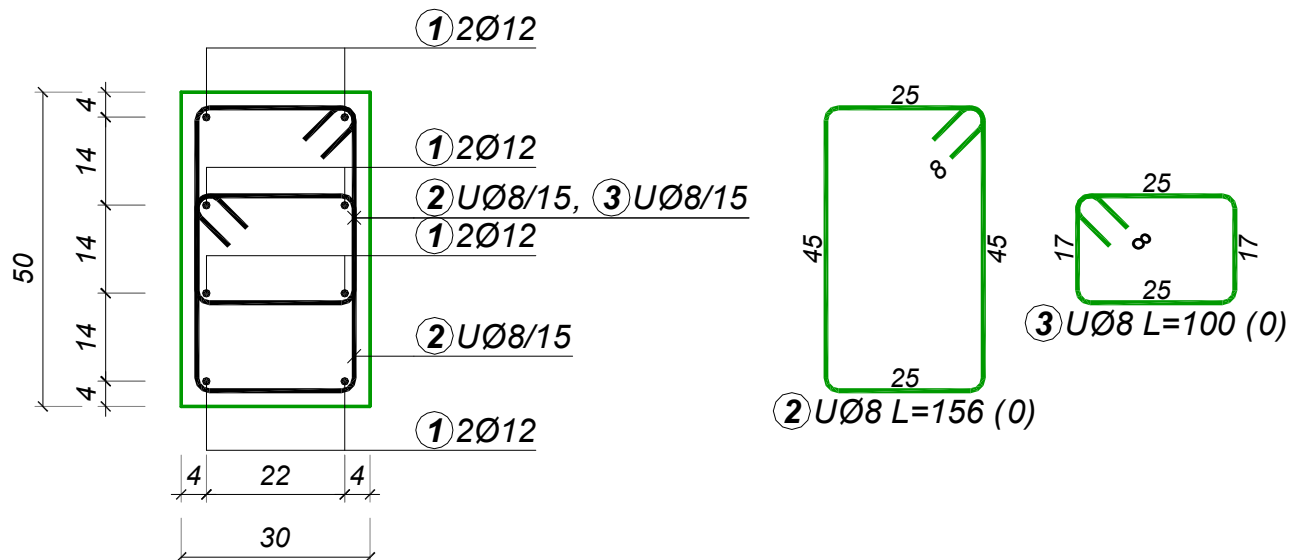
$$N_u = 1.9 \times 500 + 2.1 \times 1000 = 3050 \text{ kN}$$

$$\mu = 0.6\% \Rightarrow A_{b,potr.} = \frac{N_u}{f_B \times (1 + \bar{\mu})} = \frac{3050}{2.05 \times \left(1 + 0.6 \times 10^{-2} \times \frac{240}{20.5}\right)} = 1390 \text{ cm}^2$$

$$d_{potr.} = \frac{A_{b,potr.}}{b} = \frac{1390}{30} = 46.3 \text{ cm} \Rightarrow \text{usvojeno } d = 50 \text{ cm}$$

$$A_{a,potr.} = \mu \times A_{b,potr.} = 0.6 \times 10^{-2} \times 1390 = 8.34 \text{ cm}^2 \Rightarrow \text{usvojeno: } 8\emptyset 12 \text{ (9.05 cm}^2\text{)}$$

$$e_u \leq \left\{ \begin{array}{l} \min(b,d) = 30 \\ 15\emptyset = 15 \times 1.2 = 18 \\ 30 \end{array} \right\} = 18 \text{ cm} \Rightarrow \text{usvojeno } U\emptyset 8/15$$



P2. Dimenzionisati stub iz primera P1, ukoliko se umesto pravougaonog usvoji kružni poprečni presek. Uticaj izvijanja se može zanemariti.

Potrebna površina betona i armature ne zavise od oblika preseka, pa sledi:

$$D_{potr.} = \sqrt{\frac{4}{\pi} \times A_{b,potr.}} = \sqrt{\frac{4}{\pi} \times 1390} = 42.1 \text{ cm}$$

usvojeno $D = 45 \text{ cm}$

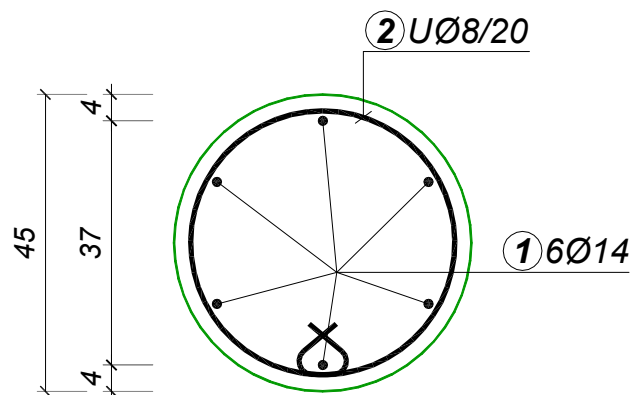
$$A_{a,potr.} = 0.6 \times 10^{-2} \times 1390 = 8.34 \text{ cm}^2$$

Naravno, moguće je usvojiti istu armaturu kao u prethodnom primeru, ali i:

usvojeno: $6\emptyset 14 \text{ (9.24 cm}^2\text{)}$

Napominje se da se kod kružnog preseka **ne sme usvojiti manje od šest profila.**

$$e_u \leq \left\{ \begin{array}{l} D = 45 \\ 15\emptyset = 15 \times 1.4 = 21 \\ 30 \end{array} \right\} = 21 \text{ cm} \Rightarrow \text{usvojeno } U\emptyset 8/20$$



P3. Dimenzionisati stub iz primera P1, ukoliko je presek pravougaoni, dimenzija 25/50 cm. Zadate dimenzije preseka i kvalitet materijala ne menjati.

U ovom slučaju je jedino moguće iz uslova ravnoteže normalnih sila odrediti potrebnu površinu armature:

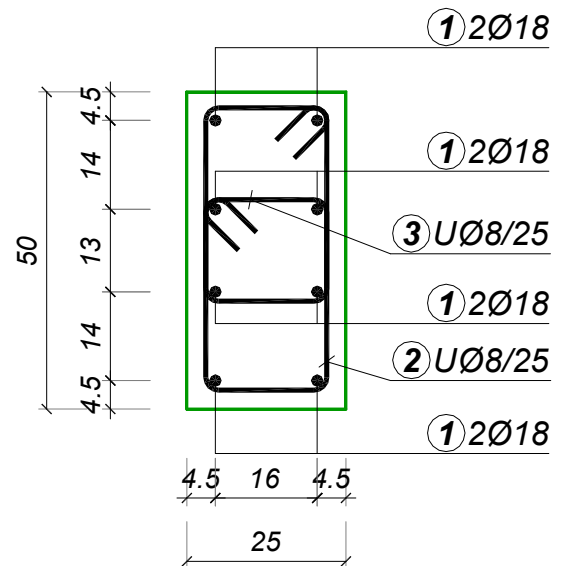
$$N_u = A_b \times f_B + A_a \times \sigma_v \Rightarrow A_a = \frac{N_u - A_b \times f_B}{\sigma_v}$$

$$A_a = \frac{3050 - 20 \times 50 \times 2.05}{24} = 20.31 \text{ cm}^2$$

usvojeno: **8Ø18** (20.36 cm²)

$$e_u \leq \left\{ \begin{array}{l} \min(b,d) = 25 \\ 15\phi = 15 \times 1.8 = 27 \\ 30 \end{array} \right\} = 25 \text{ cm}$$

usvojeno: **UØ8/25**



P4. Stub pravougaonog poprečnog preseka, armiran prema skici, napregnut je silama pritiska usled stalnog, odnosno povremenog opterećenja. Potrebno je sračunati napone i dilatacije u betonu i armaturi (trenutak t=0) usled ukupnog opterećenja.

$$N_g = 500 \text{ kN} \quad N_p = 1000 \text{ kN}$$

$$\text{MB 30} \quad \text{GA 240/360}$$

Formulacija »trenutak t=0« podrazumeva da se sračunaju naponi ne uzimajući u obzir uticaj tečenja i skupljanja betona. Pri proračunu napona je uobičajeno da se koristi stvarni odnos modula deformacije čelika i betona:

$$\text{MB 30} \Rightarrow E_b = 31.5 \text{ GPa (član 52. PBAB 87)}$$

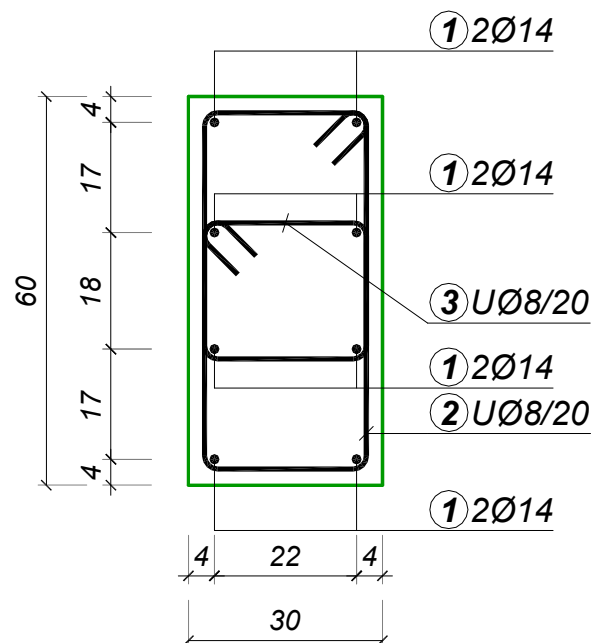
$$n = \frac{E_a}{E_b} = \frac{210}{31.5} = 6.67$$

$$A_a = 12.32 \text{ cm}^2 \Rightarrow A_i = A_b + n \times A_a = 30 \times 60 + 6.67 \times 12.32 = 1882 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_b = \frac{N}{A_i} = \frac{500 + 1000}{1882} = 0.796 \text{ kN/cm}^2 = 7.96 \text{ MPa}$$

$$\sigma_a = n \times \sigma_b = 6.67 \times 7.96 = 53.1 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon_b = \frac{\sigma_b}{E_b} = \frac{7.96}{31.5 \times 10^3} = 0.253\text{‰} = \varepsilon_a = \frac{\sigma_a}{E_a}$$



P5. Dimenzionisati element pravougaonog poprečnog preseka, opterećen silama zatezanja usled stalnog, odnosno povremenog opterećenja.

$$Z_g = 300 \text{ kN} \quad Z_p = 400 \text{ kN} \quad GA \text{ 240/360}$$

Dopušteni napon u armaturi se određuje prema članu 124 Pravilnika BAB 87. Pretpostavlja se da će se koristiti profil $\varnothing \geq 14$, pa sledi:

$$GA \text{ 240/360} \quad \Rightarrow \quad \sigma_v = 240 \text{ MPa} = 24 \text{ kN/cm}^2$$

Kako je po definiciji $\sigma_{bz} \equiv 0$, iz uslova ravnoteže normalnih sila sledi:

$$Z_u = A_a \times \sigma_a \Rightarrow A_a = \frac{Z_u}{\sigma_a} = \frac{1.6 \times Z_g + 1.8 \times Z_p}{\sigma_v}$$

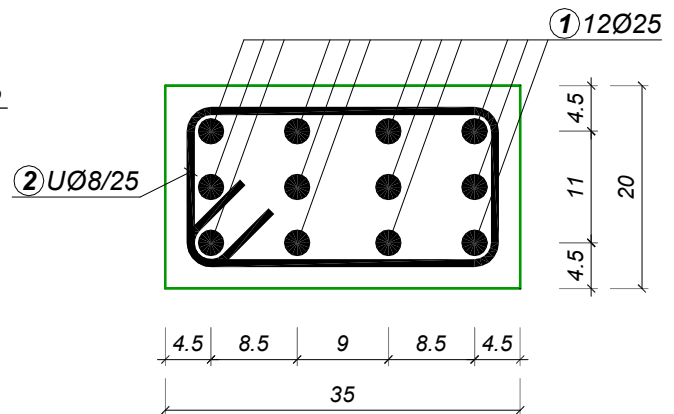
$$A_a = \frac{1.6 \times 300 + 1.8 \times 400}{24} = 50.0 \text{ cm}^2$$

usvojeno: **12 \varnothing 25** (58.90 cm²)

$$b \geq 2 \times (2.5 + 0.8) + 4 \times 2.5 + 3 \times 5.0 = 31.6 \text{ cm}^1$$

$$d \geq 2 \times (2.5 + 0.8) + 3 \times 2.5 + 2 \times 3.0 = 20.1 \text{ cm}$$

usvojeno: **b/d = 35/20 cm**



P6. Sračunati napon i dilataciju armature za usvojeni presek iz prethodnog primera.

$$Z = Z_g + Z_p = 300 + 400 = 700 \text{ kN}$$

$$A_a = 58.90 \text{ cm}^2 \text{ (12}\varnothing\text{25)}$$

$$\sigma_a = \frac{Z}{A_a} = \frac{700}{58.90} = 11.88 \text{ kN/cm}^2 = 118.8 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon_a = \frac{\sigma_a}{E_a} = \frac{118.8}{210 \times 10^3} = 0.566\text{‰}$$

¹ Izuzetno, kod zatega se, radi kvalitetnijeg ugrađivanja betona, preporučuje da čisto horizontalno rastojanje armature bude bar 5 cm, kako je i prikazano na skici.