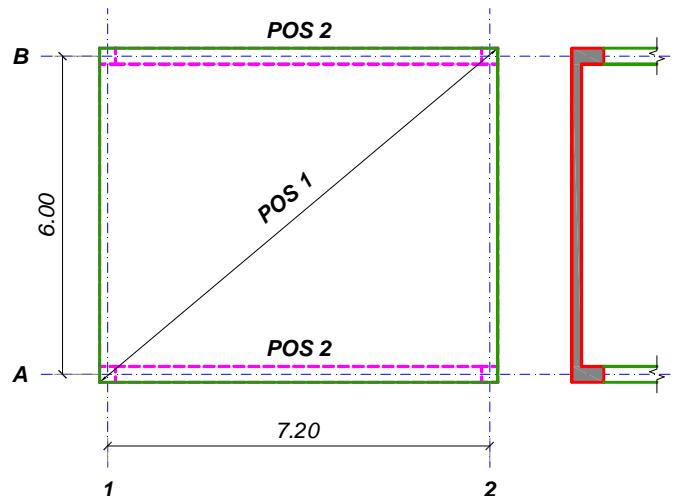


1. Ploča dimenzija 6.0x7.2m u osnovi oslonjena je na dve paralelne grede, koje su oslonjene na stubove u uglovima ploče. Pored sopstvene težine, ploča je opterećena dodatnim stalnim opterećenjem $D_g=2.0 \text{ kN/m}^2$ (slojevi poda i plafona), kao i povremenim opterećenjem $p=4.0 \text{ kN/m}^2$. Potrebno je dimenzionisati ploču i grede, nacrtati planove oplata i armature i uraditi specifikaciju i rekapitulaciju. Kvalitet materijala usvojiti po sopstvenom izboru.



ANALIZA OPTEREĆENJA I STATIČKI UTICAJI

$$d_{p,min.} = \frac{L_0}{35} = \frac{600}{35} = 17.1 \text{ cm} \Rightarrow \text{usvojeno } d_p = 18 \text{ cm}$$

$$\text{sopstvena težina ploče } d_p \times \gamma_b = 0.18 \times 25 = 4.5 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{dodatno stalno opterećenje} = 2.0 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{ukupno, stalno opterećenje } g = 6.5 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{povremeno opterećenje } p = 4.0 \text{ kN/m}^2$$

$$M_g = 6.5 \cdot 6.0^2 / 8 = 29.25 \text{ kNm/m} ; M_p = 4.0 \cdot 6.0^2 / 8 = 18.0 \text{ kNm/m}$$

$$T_g = 6.5 \cdot 6.0 / 2 = 19.5 \text{ kN/m} ; T_p = 4.0 \cdot 6.0 / 2 = 12.0 \text{ kN/m}$$

DIMENZIONISANJE

$$M_u = 1.6 \cdot 29.25 + 1.8 \cdot 18 = 79.2 \text{ kNm/m}$$

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

$$\text{RA 400/500} \Rightarrow \sigma_v = 400 \text{ MPa} = 40.0 \text{ kN/cm}^2$$

$$\text{pretp. } a_1 = 3 \text{ cm} \Rightarrow h = 18 - 3 = 15 \text{ cm} ; b = 100 \text{ cm} = 1.0 \text{ m}$$

$$k = \frac{15}{\sqrt{\frac{79.2 \times 10^2}{100 \times 2.05}}} = 2.413 \Rightarrow \varepsilon_b / \varepsilon_a = 3.177 / 10\% ; \bar{\mu} = 19.049\%$$

$$A_{a,potr.} = 19.049 \times \frac{100 \times 15}{100} \times \frac{2.05}{40} = 14.64 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\text{pretp. } \varnothing 14 (a_a^{(1)} = 1.54 \text{ cm}^2) \Rightarrow e_a = \frac{100 \times a_a^{(1)}}{A_{a,potr.}} = \frac{100 \times 1.54}{14.64} = 10.5 \text{ cm}$$

$$\text{usvojeno: } \varnothing 14/10 (15.40 \text{ cm}^2/\text{m})$$

$$A_{ap} = 0.20 \times A_{a,potr.} = 0.20 \times 14.64 = 2.93 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\text{pretp. } \varnothing 10 (a_{ap}^{(1)} = 0.785 \text{ cm}^2) \Rightarrow e_{ap} = \frac{100 \times a_{ap}^{(1)}}{A_{ap,potr.}} = \frac{100 \times 0.785}{2.93} = 26.8 \text{ cm}$$

$$\text{usvojeno: } \varnothing 10/25 (3.14 \text{ cm}^2/\text{m})$$

PRORAČUN GREDE POS 2

Grede POS 2 su slobodno oslonjene, raspona 7.2 m, opterećene stalnim i povremenim opterećenjem sa ploče POS 1 i sopstvenom težinom.

Usvojena je širina poprečnog preseka $b=30$ cm, dok se visina usvaja najčešće u granicama od 1/10 do 1/12 raspona. Za proračun statičkih uticaja usvojena je visina poprečnog preseka

$$d = L/12 = 720/12 = 60 \text{ cm}$$

koja će, po potrebi, biti korigovana ukoliko ne bude zadovoljeno neko od graničnih stanja.

ANALIZA OPTEREĆENJA I STATIČKI UTICAJI

$$\text{sopstvena težina POS 2} \quad b \times d \times \gamma_b = 0.3 \times 0.6 \times 25 = 4.5 \text{ kN/m}$$

$$\text{od ploče POS 1} \quad R_g^{\text{POS 1}} = T_g^{\text{POS 1}} = 19.5 \text{ kN/m}$$

$$\text{ukupno, stalno opterećenje} \quad g = 24.0 \text{ kN/m}$$

$$\text{povremeno opterećenje} \quad R_p^{\text{POS 1}} = T_p^{\text{POS 1}} = 12.0 \text{ kN/m}$$

$$M_g = 24.0 \cdot 7.2^2 / 8 = 155.5 \text{ kNm} \quad ; \quad M_p = 12.0 \cdot 7.2^2 / 8 = 77.8 \text{ kNm}$$

$$T_g = 24.0 \cdot 7.2 / 2 = 86.4 \text{ kN} \quad ; \quad T_p = 12.0 \cdot 7.2 / 2 = 43.2 \text{ kN}$$

DIMENZIONISANJE

$$M_u = 1.6 \cdot 155.5 + 1.8 \cdot 77.8 = 388.8 \text{ kNm}$$

$$\text{pretp. } a_1 = 6 \text{ cm} \Rightarrow h = 60 - 6 = 54 \text{ cm}$$

$$B = \min. \left\{ \begin{array}{l} b_1 + b + \frac{0.25}{3} \times l_0 \\ b_1 + b + 8 \times d_p \\ e/2 \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} 0 + 30 + \frac{0.25}{3} \times 720 = 90 \\ 0 + 30 + 8 \times 18 = 174 \\ 600 / 2 = 300 \end{array} \right\} = 90 \text{ cm}$$

Pretpostavlja se da je neutralna linija u ploči, pa se presek dimenzioniše kao pravougaoni, širine $B = 90$ cm:

$$k = \frac{54}{\sqrt{\frac{388.8 \times 10^2}{90 \times 2.05}}} = 3.720 \Rightarrow \varepsilon_b / \varepsilon_a = 1.534 / 10\% ; \bar{\mu} = 7.592\% ; s = 0.133$$

$$x = s \times h = 0.133 \times 54 = 7.2 \text{ cm} < d_p = 18 \text{ cm}$$

Pretpostavka o položaju neutralne linije je dobra, pa sledi:

$$A_{a.} = 7.592 \times \frac{90 \times 54}{100} \times \frac{2.05}{40} = 18.91 \text{ cm}^2$$

usvojeno: **5 RØ 22** (19.01 cm²)

KONTROLA GLAVNIH NAPONA ZATEZANJA

$$T_u = 1.6 \cdot 86.4 + 1.8 \cdot 43.2 = 216 \text{ kN}$$

$$z \approx 0.9 \times h = 0.9 \times 54 = 48.6 \text{ cm}$$

$$\tau_n = \frac{216}{30 \times 48.6} = 0.148 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} > \tau_r = 0.11 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \Rightarrow \lambda = \frac{720}{2} \times \left(1 - \frac{0.11}{0.148} \right) = 92.7 \text{ cm}$$

$$\tau_n < 3\tau_r = 0.33 \frac{kN}{cm^2} \Rightarrow \tau_{Ru} = \frac{3}{2} \times (0.148 - 0.11) = 0.057 \frac{kN}{cm^2}$$

usvojeno: $m = 2$, $\theta = 45^\circ$, $\alpha = 90^\circ$, GA 240/360:

$$e_u = \frac{2 \times a_u^{(1)}}{30 \times 0.057} \times 24 \times (\cos 90^\circ + \sin 90^\circ \times \text{ctg} 45^\circ) = 27.96 \times a_u^{(1)}$$

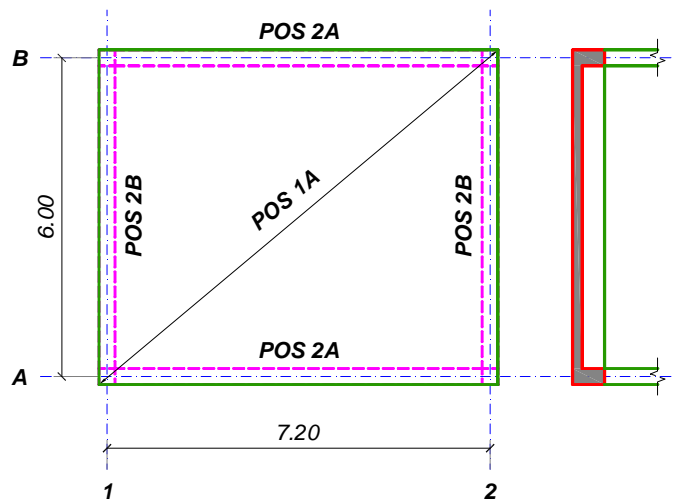
pretp. UØ8 ($a_u^{(1)} = 0.503 \text{ cm}^2$) $\Rightarrow e_u = 27.96 \times 0.503 = 14.1 \text{ cm}$

usvojeno: **UØ8/12.5** ($m=2$)

$$\Delta A_a = \frac{T_{mu}}{2\sigma_v} \times (\text{ctg}\theta - \text{ctg}\alpha) = \frac{216}{2 \times 40} \times (1 - 0) = 2.70 \text{ cm}^2$$

usvojeno: **2 RØ 22** (7.60 cm^2)

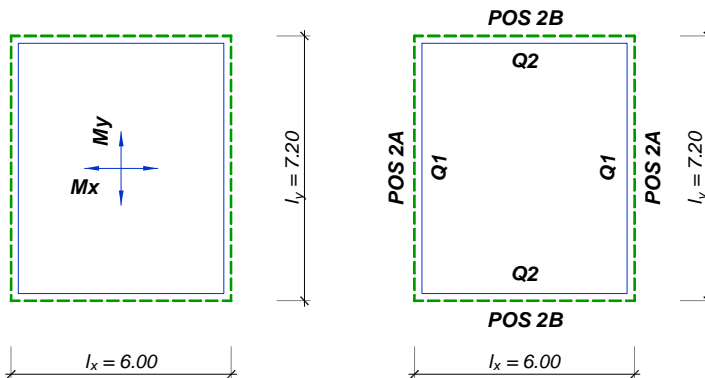
2. Ploča dimenzija 6.0x7.2m u osnovi oslonjena je na dva para paralelnih greda, oslonjenih na stubove u uglovima ploče. Pored sopstvene težine, ploča je opterećena dodatnim stalnim opterećenjem $Dg=2.0 \text{ kN/m}^2$ (slojevi poda i plafona), kao i povremenim opterećenjem $p=4.0 \text{ kN/m}^2$. Potrebno je dimenzionisati ploču i grede, nacrtati planove oplata i armature i uraditi specifikaciju i rekapitulaciju armature. Kvalitet materijala usvojiti po sopstvenom izboru.



ANALIZA OPTEREĆENJA I STATIČKI UTICAJI

$$d_{p,min.} = \frac{L_0}{35} = \frac{600}{35} = 17.1 \text{ cm} \Rightarrow \text{usvojeno } d_p = 18 \text{ cm}$$

Analiza opterećenja je u svemu kao za POS 1.



$$L_y / L_x = 7.2 / 6.0 = 1.20$$

$$G = g \cdot L_x \cdot L_y$$

$$G = 6.5 \cdot 6.0 \cdot 7.2 = 280.8 \text{ kN}$$

$$P = p \cdot L_x \cdot L_y$$

$$P = 4.0 \cdot 6.0 \cdot 7.2 = 172.8 \text{ kN}$$

Momenti savijanja usled stalnog (G), povremenog (P) i graničnog računskog (U) opterećenja:

		G	P	U	
k		kNm/m	kNm/m	kNm/m	
kraći pravac, polje	0.049	M_x	13.76	8.47	37.3
duži pravac, polje	0.038	M_y	10.67	6.57	28.9

DIMENZIONISANJE

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

$$MA\ 500/560 \quad \Rightarrow \quad \sigma_v = 500\ MPa = 50.0\ kN/cm^2$$

$$pretp.\ a_{1X} = 3\ cm \Rightarrow h_X = 18 - 3 = 15\ cm ; \quad b = 100\ cm = 1.0\ m$$

$$k = \frac{15}{\sqrt{\frac{37.3 \times 10^2}{100 \times 2.05}}} = 3.518 \Rightarrow \varepsilon_b/\varepsilon_a = 1.656/10\text{‰} ; \quad \bar{\mu} = 8.520\%$$

$$A_{aX, potr.} = 8.520 \times \frac{100 \times 15}{100} \times \frac{2.05}{50} = 5.24\ cm^2/m$$

$$pretp.\ a_{1Y} = 4\ cm \Rightarrow h_Y = 18 - 4 = 14\ cm ; \quad b = 100\ cm = 1.0\ m$$

$$k = \frac{14}{\sqrt{\frac{28.9 \times 10^2}{100 \times 2.05}}} = 3.729 \Rightarrow \varepsilon_b/\varepsilon_a = 1.529/10\text{‰} ; \quad \bar{\mu} = 7.552\%$$

$$A_{aY, potr.} = 7.552 \times \frac{100 \times 14}{100} \times \frac{2.05}{50} = 4.34\ cm^2/m$$

usvojeno: **Q 524** (5.24 cm²/m)

ANALIZA OPTEREĆENJA ZA GREDE POS 2A, 2B

Ukupne reakcije, odnosno raspodeljena opterećenja po pojedinim gredama:

	k		G	P	L	g	p	
			kN	kN	m	kN/m	kN/m	
duža strana, oslonac	0.272	Q₁	76.38	47.00	7.20	10.61	6.53	POS 2A
kraća strana, oslonac	0.228	Q₂	64.02	39.40	6.00	10.67	6.57	POS 2B

Vrednosti stalnog opterećenja potrebno je uvećati za sopstvenu težinu grede. Usvojene su iste dimenzije kao za gredu POS 1 (b/d = 30/60 cm), pa je sopstvena težina obe grede 0.3x0.6x25 = 4.50 kN/m.

DIMENZIONISANJE POS 2A

Nosač sistema proste grede, raspona $L_2 = 7.2\ m$.

$$g = 4.5 + 10.61 = 15.11\ kN/m \Rightarrow M_g = 15.11 \times 7.2^2 / 8 = 97.9\ kNm$$

$$T_g = 15.11 \times 7.2 / 2 = 54.4\ kN$$

$$p = 6.53\ kN/m \Rightarrow M_p = 6.53 \times 7.2^2 / 8 = 42.3\ kNm$$

$$T_p = 6.53 \times 7.2 / 2 = 23.5\ kN$$

$$M_u = 1.6 \cdot 97.9 + 1.8 \cdot 42.3 = 232.8\ kNm$$

$$pretp.\ a_1 = 6\ cm \Rightarrow h = 60 - 6 = 54\ cm$$

$$B = \min. \left\{ \begin{array}{l} b_1 + b + \frac{0.25}{3} \times l_0 \\ b_1 + b + 8 \times d_p \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} 0 + 30 + \frac{0.25}{3} \times 720 = 90 \\ 0 + 30 + 8 \times 18 = 174 \end{array} \right\} = 90\ cm$$

Pretpostavlja se da je neutralna linija u ploči, pa se presek dimenzioniše kao pravougaoni, širine $B = 90 \text{ cm}$:

$$k = \frac{54}{\sqrt{\frac{232.8 \times 10^2}{90 \times 2.05}}} = 4.807 \Rightarrow \varepsilon_b/\varepsilon_a = 1.105/10\% ; \bar{\mu} = 4.484\% ; s = 0.099$$

$$x = sxh = 0.099 \times 54 = 5.4 \text{ cm} < d_p = 18 \text{ cm}$$

Pretpostavka o položaju neutralne linije je dobra, pa sledi:

$$A_{a.} = 4.484 \times \frac{90 \times 54}{100} \times \frac{2.05}{40} = 11.17 \text{ cm}^2$$

usvojeno: **6 RØ 16** (12.06 cm²)

KONTROLA GLAVNIH NAPONA ZATEZANJA

$$T_u = 1.6 \cdot 54.4 + 1.8 \cdot 23.5 = 129.3 \text{ kN}$$

$$z \approx 0.9xh = 0.9 \times 54 = 48.6 \text{ cm}$$

$$\tau_n = \frac{129.3}{30 \times 48.6} = 0.089 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < \tau_r = 0.11 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

usvojeno: **UØ8/25 (15)** (m=2)

DIMENZIONISANJE POS 2B

Nosač sistema proste grede, raspona $L_1 = 6.0 \text{ m}$.

$$g = 4.5 + 10.67 = 15.17 \text{ kN/m} \Rightarrow M_g = 15.17 \times 6.0^2 / 8 = 68.3 \text{ kNm}$$

$$T_g = 15.17 \times 6.0 / 2 = 45.5 \text{ kN}$$

$$p = 6.57 \text{ kN/m} \Rightarrow M_p = 6.57 \times 6.0^2 / 8 = 29.5 \text{ kNm}$$

$$T_p = 6.57 \times 6.0 / 2 = 19.7 \text{ kN}$$

$$M_u = 1.6 \cdot 68.3 + 1.8 \cdot 29.5 = 162.4 \text{ kNm}$$

$$\text{pretp. } a_1 = 6 \text{ cm} \Rightarrow h = 60 - 6 = 54 \text{ cm}$$

$$B = \min. \left\{ \begin{array}{l} 0 + 30 + \frac{0.25}{3} \times 600 = 80 \\ 0 + 30 + 8 \times 18 = 174 \end{array} \right\} = 80 \text{ cm}$$

$$k = \frac{54}{\sqrt{\frac{162.4 \times 10^2}{80 \times 2.05}}} = 5.426 \Rightarrow \varepsilon_b/\varepsilon_a = 0.955/10\% ; \bar{\mu} = 3.503\% ; s = 0.087$$

$$x = sxh = 0.087 \times 54 = 4.7 \text{ cm} < d_p = 18 \text{ cm}$$

Pretpostavka o položaju neutralne linije je dobra, pa sledi:

$$A_{a.} = 3.503 \times \frac{80 \times 54}{100} \times \frac{2.05}{40} = 7.76 \text{ cm}^2$$

usvojeno: **4 RØ 16** (8.04 cm²)

KONTROLA GLAVNIH NAPONA ZATEZANJA

$$T_u = 1.6 \cdot 45.5 + 1.8 \cdot 19.7 = 108.3 \text{ kN}$$

$$z \approx 0.9 \times h = 0.9 \times 54 = 48.6 \text{ cm}$$

$$\tau_n = \frac{108.3}{30 \times 48.6} = 0.074 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < \tau_r = 0.11 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

usvojeno: **UØ8/25 (15) (m=2)**

PRORAČUN SILA U STUBOVIMA

Stubovi prihvataju vertikalno opterećenje od greda POS 2A, POS 2B.

od POS 2A: $G = T_G^{2A} = 54.4 \text{ kN}$

$$P = T_P^{2A} = 23.5 \text{ kN}$$

od POS 2B: $G = T_G^{2B} = 45.5 \text{ kN}$

$$P = T_P^{2B} = 19.7 \text{ kN}$$

$$G = 54.4 + 45.5 = 99.9 \text{ kN}$$

$$P = 23.5 + 19.7 = 43.2 \text{ kN}^1$$

¹ Najjednostavnije je proveriti rezultantu povremenog opterećenja. Ukupna sila se prenosi na četiri stuba, opterećena međusobno jednakim silama:

$$\Sigma P = p \times L_x \times L_y = 4.0 \times 6.0 \times 7.2 = 172.8 \text{ kN} = 4 \times 43.2 \text{ kN}$$