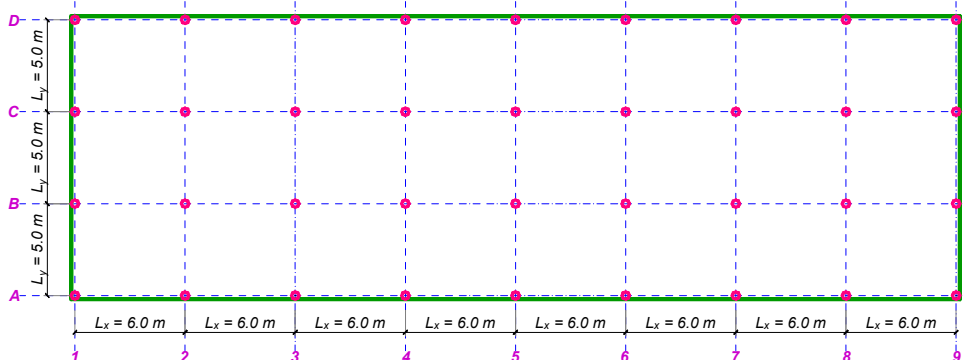


Ploča direktno oslonjena na stubove

1



Tipska međuspratna ploča petospratne konstrukcije oslonjena je na stubove konstantnog kružnog poprečnog preseka. Raster stubova je 6.0 m u podužnom, a 5.0 m u poprečnom pravcu.

Pored sopstvene težine, ploča je opterećena jednako raspodeljenim opterećenjem $\Delta g = 1.5 \text{ kN/m}^2$ i povremenim opterećenjem $p = 3.0 \text{ kN/m}^2$

Usvajanje debljine ploče

2

Minimalna debljina ploče (član 222. PBAB 87):

$$d_{p,\min.} = \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{L_{\max}}{35} = \frac{600}{35} = 17.1 \text{ cm} \\ 15 \text{ cm} \end{array} \right\} = 17.1 \text{ cm} \Rightarrow \text{usv. } d_p = 18 \text{ cm}$$

Analiza opterećenja

sopstvena težina	0.18×25	= 4.5 kN/m ²
<u>dodatno stalno opterećenje</u>		= 1.5 kN/m ²
ukupno, stalno opterećenje	g	= 6.0 kN/m ²
povremeno opterećenje	p	= 3.0 kN/m ²

Proračun ugiba se može sprovesti primenom nekog računarskog programa (npr. Tower i slično). Ne očekuje se da se sprovodi na ispitu. Smatra se da je ugib zadovoljen ako se zadovolje odredbe člana 222. Pravilnika BAB 87

Kontrola deformacija – Tower (opciono)

3

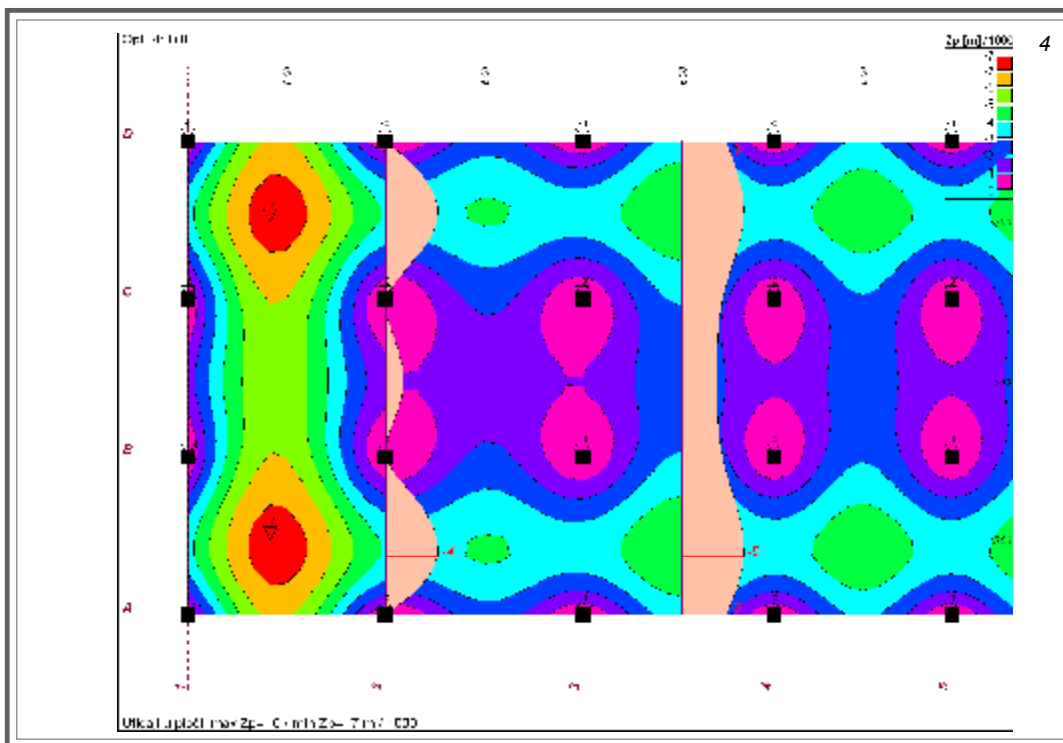
Na narednom slajdu je prikazan elastični ugib (Z_p) razmatrane ploče, debljine 18 cm, za ukupno opterećenje $G+P$ (**I+II**), preko linija jednakih deformacija (korak linija $\Delta Z_p = 1$ mm). Prikazana je polovina ploče (deo između osa 1 i 5).

Izuzimajući krajnje polje (tema zadatka je analiza “nekog srednjeg polja” date konstrukcije), **elastični ugib** (sračunat sa karakteristikama “bruto” betonskog preseka 100/18 cm), bez uticaja isprskalosti i vremenskih deformacija betona, je u granicama od **4-5 mm**.

Za očekivano povećanje ugiba od prosečno 3 puta, ugib ploče je u dopuštenim granicama:

$$v_{max} \approx 3 \times 5 = 15 \text{ mm} < v_{dop} = L_{max}/300 = 600/300 = 2 \text{ cm}$$

Nešto veća vrednost ugiba u prvom polju će kasnije biti analizirana (varijante sa ivičnim gredama ili kapitelima)



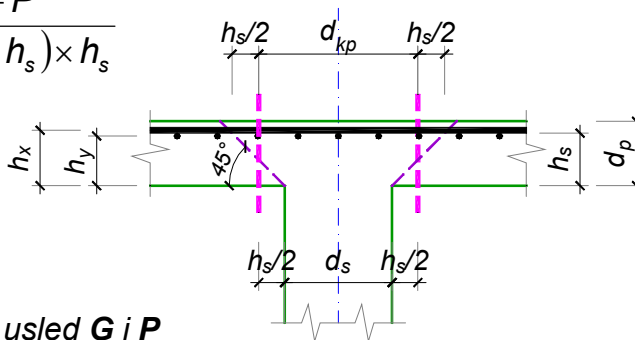
Kontrola u odnosu na probijanje

5

Postupak dat u članovima 220 i 221 Pravilnika BAB 87

Zasniva se na **DIN 1045** (provera za eksploataciona opterećenja, maksimalni smičići napon se upoređuje sa dopuštenim naponima)

$$\tau = \frac{T_{\max}}{O_{kp} \times h_s} \approx \frac{G + P}{\pi \times (d_s + h_s) \times h_s}$$



koraci proračuna:

- proračun sila u stubu usled **G** i **P**
- određivanje armature u zoni stuba A_{ax} , A_{ay}
- određivanje dopuštenih napona u betonu (f -ja armature A_{ax} , A_{ay})

Određivanje sile u stubu

6

Član 219 Pravilnika BAB 87:

Ploča direktno oslonjena na stubove **BEZ KAPITELA** se može proračunati metodom zamenjujućih grednih nosača (traka), ukoliko je:

- opterećena jednako raspodeljenim opterećenjem
- odnos međusobno upravnih osovinskih razmaka stubova zadovoljava uslov $0.75 \leq L_y/L_x \leq 1.33$ (odnosi se na bilo koje polje)

U proračunu se za širinu grednog nosača uzima osovinski razmak stubova odgovarajućeg pravca, a za visinu debljina ploče.

Pri proračunu statičkih uticaja u zamenjujućem grednom nosaču uzima se, za svaki pravac, **UKUPNO** odgovarajuće opterećenje, vodeći pritom računa i o najnepovoljnijem položaju pokretnog (korisnog) opterećenja

Podužni pravac

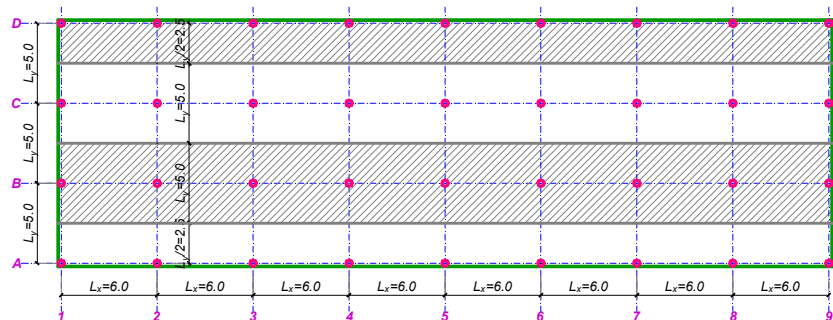
7

Nosač je kontinualni, sa osam jednakih raspona $L_x = 6.0$ m. Širina zamenjujućih traka u osama B i C je jednaka upravnom rasponu $L_y = 5.0$ m. Ukupno opterećenje za srednju traku (ose B i C) je:

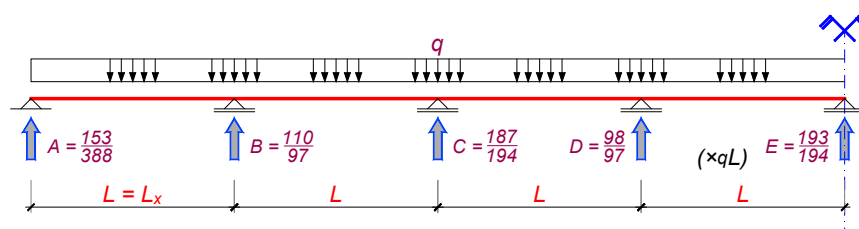
$$g^* = g \times L_y = 6.0 \times 5.0 = 30 \text{ kN/m}$$

$$p^* = p \times L_y = 3.0 \times 5.0 = 15 \text{ kN/m}$$

dok je za trake u osama A i D dvostruko manje, zbog dvostruko manje širine traka.



8



Kod kontinualnog nosača sa pet i više polja, srednja polja se redovno aproksimiraju obostrano uklještenim gredama a reakcije srednjih oslonaca postaju:

$$C \approx D \approx E = 1.0 \times q \times L$$

Sile u srednjim stubovima u osama B i C su:

$$G = 1.0 \times g^* \times L = 1.0 \times g \times L_y \times L_x = 1.0 \times 6.0 \times 5.0 \times 6.0 = 180 \text{ kN}$$

$$P = 1.0 \times p^* \times L = 1.0 \times p \times L_y \times L_x = 1.0 \times 3.0 \times 5.0 \times 6.0 = 90 \text{ kN}$$

dok su odgovarajuće sile u stubovima u osama A i D dvostruko manje, zbog dvostruko manje širine traka.

Poprečni pravac

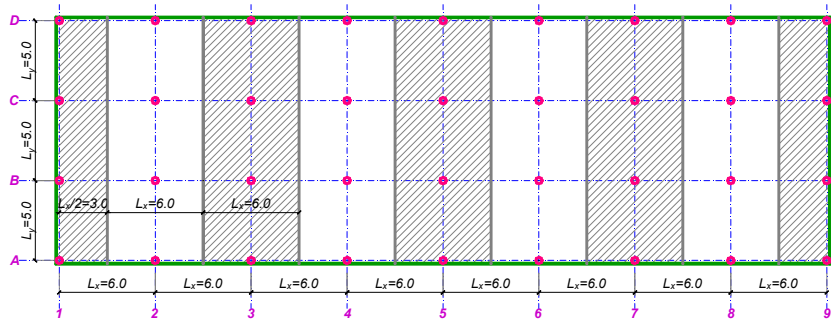
9

Nosač je kontinualni, sa tri jednaka raspona $L_y = 5.0$ m. Širina zamenjujućih traka u osama 2 do 8 je jednaka upravnom rasponu $L_x = 6.0$ m. Ukupno opterećenje za srednje trake je:

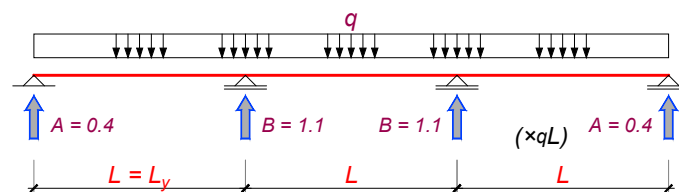
$$g^* = g \times L_x = 6.0 \times 6.0 = 36 \text{ kN/m}$$

$$p^* = p \times L_x = 3.0 \times 6.0 = 18 \text{ kN/m}$$

dok je za trake u osama 1 i 9 dvostruko manje, zbog dvostruko manje širine traka.



10



Sile u srednjim stubovima u osama 2 do 8 su:

- stubovi u osama B i C:

$$B_G = 1.1 \times g^* \times L = 1.1 \times g \times L_x \times L_y = 1.1 \times 6.0 \times 6.0 \times 5.0 = 198 \text{ kN}$$

$$B_P = 1.1 \times p^* \times L = 1.1 \times p \times L_x \times L_y = 1.1 \times 3.0 \times 6.0 \times 5.0 = 99 \text{ kN}$$

- stubovi u osama A i D:

$$A_G = 0.4 \times g^* \times L = 0.4 \times g \times L_x \times L_y = 0.4 \times 6.0 \times 6.0 \times 5.0 = 72 \text{ kN}$$

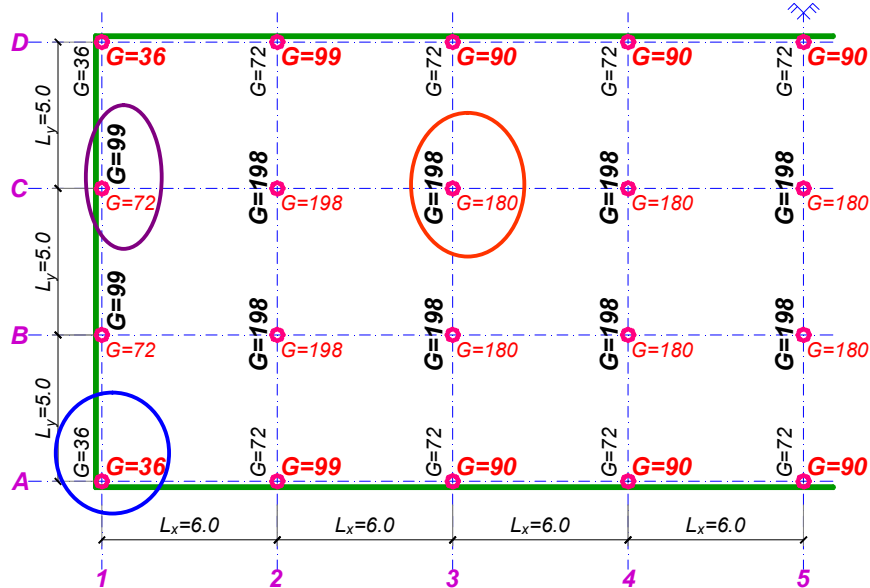
$$A_P = 0.4 \times p^* \times L = 0.4 \times p \times L_x \times L_y = 0.4 \times 3.0 \times 6.0 \times 5.0 = 36 \text{ kN}$$

dok su odgovarajuće sile u stubovima u osama 1 i 9 dvostruko manje, zbog dvostruko manje širine traka.

Sile u stubovima - konačno

11

Sile usled stalnog (G) opterećenja (polovina ploče):



Sile u stubovima - konačno

12

Na prethodnom slajdu su prikazane su sile usled stalnog (G) opterećenja. Vodoravno su napisane sile sračunate iz podužnih, a uspravno iz poprečnih ramova.

Pri proračunu traka u podužnom pravcu je usvojeno da krajnja reakcija (osa 1) teži vrednosti od $0.4 \times qL$, a reakcija prvog sledećeg oslonca (osa 2) vrednosti od $1.1 \times qL$ (videti slajd br. 8)

S obzirom da je postupak proračuna ploče približan, smisljeno je usvojiti **VEĆE** od sračunatih vrednosti (boldovano).

Odgovarajuće sile usled povremenog opterećenja su dvostruko manje ($p = 3 \text{ kN/m}^2 = g/2$)

USVOJENO:

srednji stubovi	$G = 198 \text{ kN}$;	$P = 99 \text{ kN}$
ivični stubovi	$G = 99 \text{ kN}$;	$P = 49.5 \text{ kN}$
ugaoni stubovi	$G = 36 \text{ kN}$;	$P = 18 \text{ kN}$

Reakcije oslonaca – Tower (opciono)

13

	1	2	3	4	5
D	47(R)	120(R)	105(R)	100(R)	107(R)
C	14(R)	157(R)	288(R)	300(R)	296(R)
B	14(R)	337(R)	288(R)	300(R)	296(R)
A	40(R)	120(R)	105(R)	100(R)	107(R)

Usvajanje dimenzije stuba

14

Ne vodeći računa o vitkosti ili prihvatanju horizontalnih dejstava (potrebni parametri nepoznati, smatra se da nisu relevantni), stubovi će biti dimenzionisani kao centrično pritisnuti:

$$N_u = n \times (1.9 \times G + 2.1 \times P)$$

gde je:

$n = 5$ - broj tipskih tavanica

G, P - reakcije tipske tavanice

$$N_u = 5 \times (1.9 \times 198 + 2.1 \times 99) = 2920.5 \text{ kN}$$

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

$$\mu = A_d/A_b = 0.6\% = \mu_{\min}$$

$$A_{b, \text{potr}} = \frac{N_u}{f_B \times (1 + \mu)} = \frac{2920.5}{2.05 \times \left(1 + 0.6 \times 10^{-2} \times \frac{40}{2.05}\right)} = 1275 \text{ cm}^2$$

Usvajanje dimenzije stuba

15

$$d_{potr} = \sqrt{\frac{4}{\pi} \times A_{b,potr}} = \sqrt{\frac{4}{\pi} \times 1275} = 40.3 \text{ cm}$$

Minimalnu dimenziju stuba direktno oslonjene ili pečurkaste ploče propisuje i član 222 Pravilnika BAB 87:

$$d_{min.} = \max. \left\{ \begin{array}{l} L_{min} / 20 = 500 / 20 = 25 \text{ cm} \\ H / 15 = 300 / 15 = 20 \text{ cm} \\ 30 \text{ cm} \end{array} \right\} = 30 \text{ cm}$$

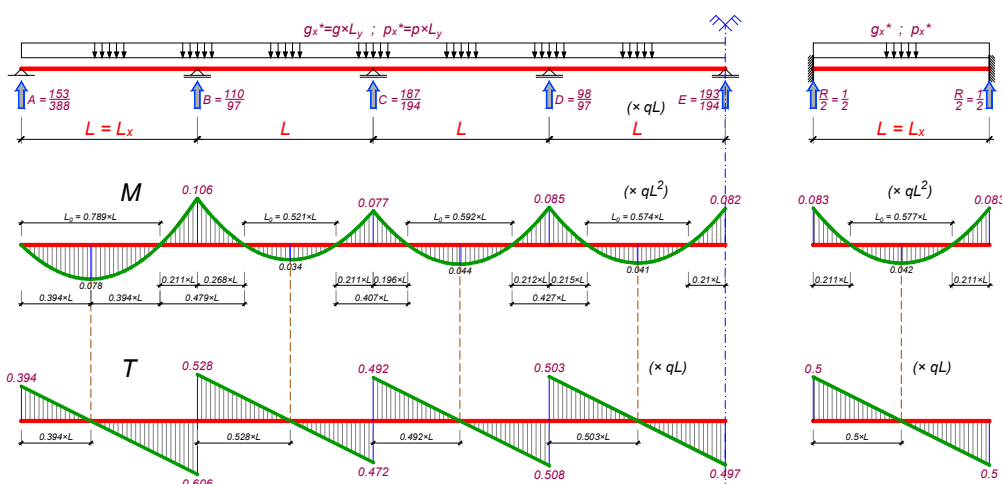
Usvajaju se stubovi konstantnog, kružnog poprečnog preseka, prečnika **d = 40 cm**.

Manja usvojena dimenzija stuba od napred sračunate se može kompenzovati usvajanjem nešto veće količine armature od minimalno potrebne ili spiralnim armiranjem. Ovaj proračun će kasnije biti sproveden.

Proračun ploče – savijanje, podužni pravac

16

Pri proračunu uticaja u nekom srednjem polju konstrukcije uobičajeno je nosač tretirati kao obostrano uklještenu gredu:



$$q_{u,x}^* = 1.6 \times g^* + 1.8 \times p^* = (1.6 \times g + 1.8 \times p) \times L_y$$

$$q_{u,x}^* = (1.6 \times 6.0 + 1.8 \times 3.0) \times 5.0 = 15.0 \times 5.0 = 75 \text{ kN/m}$$

Ukupan oslonački M_u za zamenjujuću traku širine $L_y = 5 \text{ m}$ je:

$$M_{u,x}^{osl} = q_{u,x}^* \times \frac{L_x^2}{12} = \frac{75 \times 6.0^2}{12} = 225 \text{ kNm}$$

U ovom trenutku dovoljno je proračunati samo oslonačke momente na širini od $0.4 \times L_x$ ($0.4 \times L_y$) jer su te vrednosti potrebne za određivanje dopuštenih napona τ_1 i τ_2 (član 221 PBAB). Proračun momenata savijanja na ostalim delovima ploče biće učinjen po konačnom usvajanju debljine ploče i eventualnih kapitela.

Prosečan oslonački moment savijanja za podužni pravac je:

$$\bar{M}_{osl} = \frac{M_{u,x}^{osl}}{L_y} = \frac{225}{5.0} = 45 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

Raspodela oslonačkog momenta – podužni pravac

Polutrake S_1 i S_2 preko stubova, odnosno traka P u polju, su simetrično raspoređene u odnosu na stub.

Momenti savijanja imaju konstantne vrednosti u okviru traka, i to:

polutraka S_1 (širina $0.2 \times L_y$):

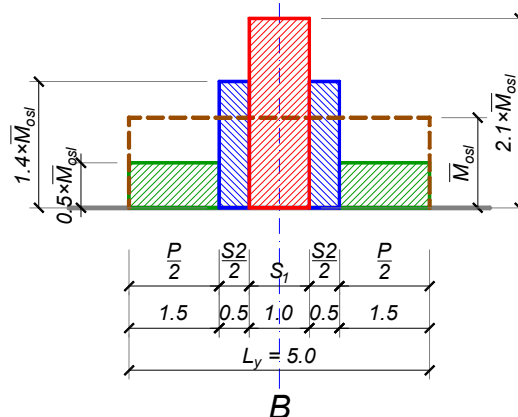
$$M_u^{S1} = 2.1 \times \bar{M}_{osl}$$

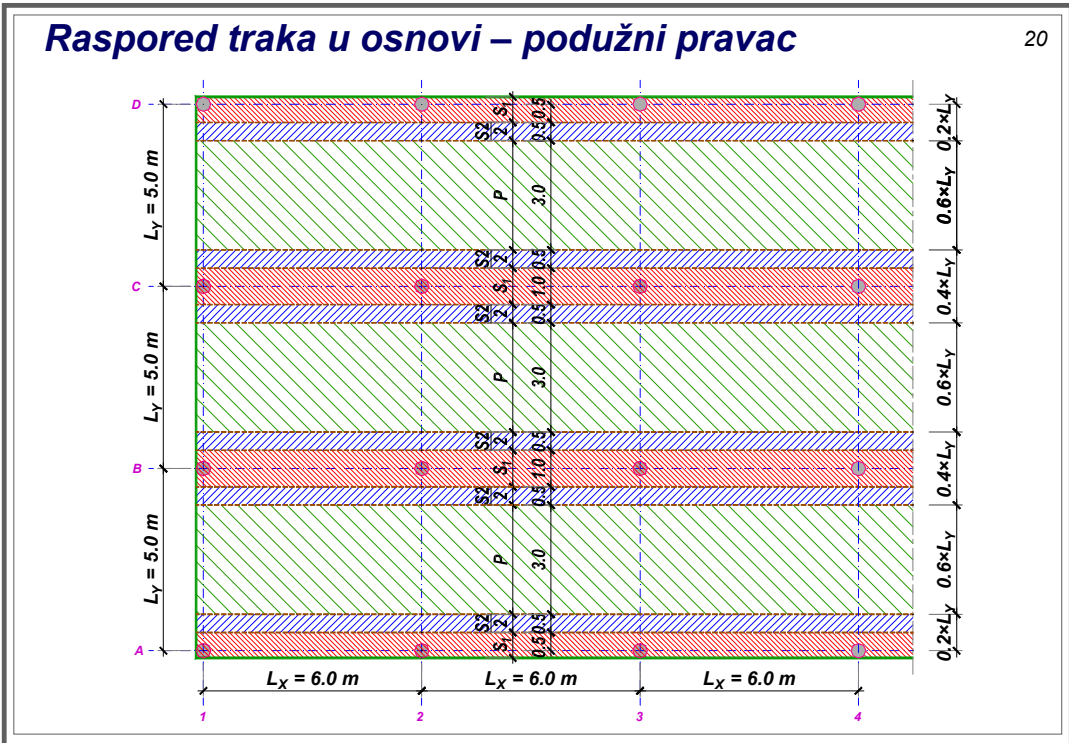
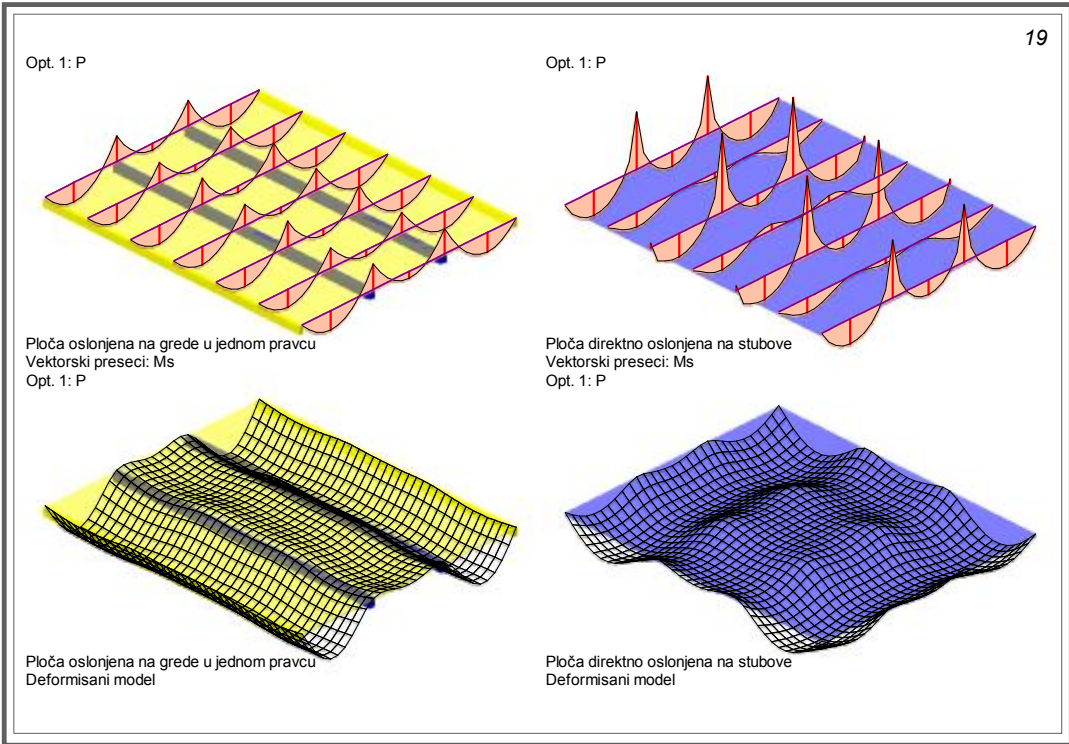
$$M_{xu}^{S1} = 2.1 \times 45 = 94.5 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

polutraka S_2 (širina $2 \times 0.1 \times L_y$):

$$M_u^{S2} = 1.4 \times \bar{M}_{osl}$$

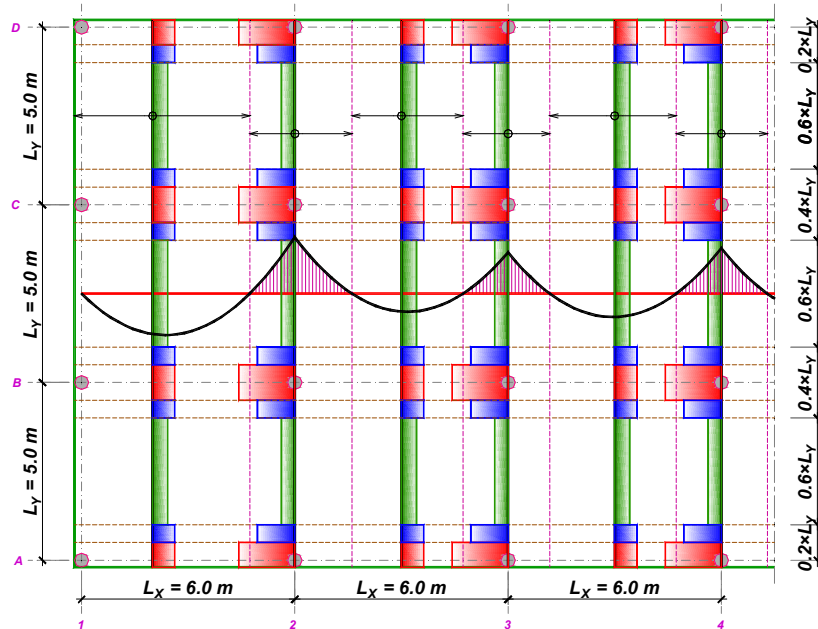
$$M_{xu}^{S2} = 1.4 \times 45 = 63 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$





Raspored traka u osnovi – podužni pravac

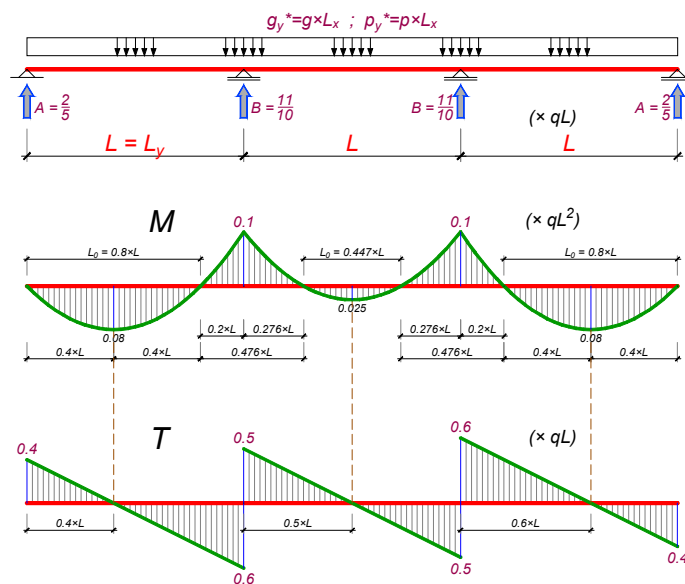
21



Proračun ploče – savijanje, poprečni pravac

22

Ploča je sistema kontinualnog nosača preko tri jednaka raspona:



Raspodela oslonačkog momenta – poprečni pravac

23

$$q_{u,y}^* = (1.6 \times g + 1.8 \times p) \times L_x = (1.6 \times 6.0 + 1.8 \times 3.0) \times 6.0 = 90 \text{ kN/m}$$

Ukupan oslonački M_u za zamenjujuću traku širine $L_x = 6 \text{ m}$ je:

$$M_{u,y}^{osl} = q_{u,y}^* \times \frac{L_y^2}{10} = \frac{90 \times 5.0^2}{10} = 225 \text{ kNm}$$

Prosečan oslonački moment savijanja:

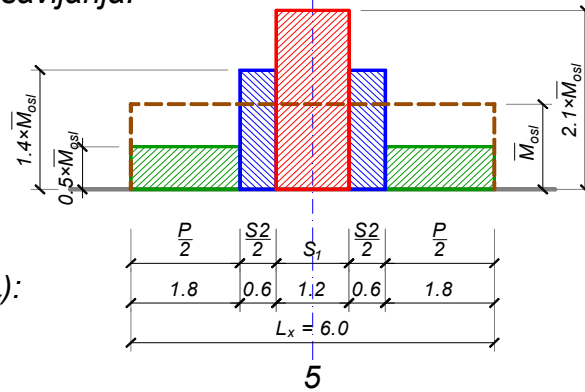
$$\bar{M}_{osl} = \frac{M_{u,y}^{osl}}{L_x} = \frac{225}{6.0} = 37.5 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

polutraka S_1 (širina $0.2 \times L_x$):

$$M_{yu}^{S1} = 2.1 \times 37.5 = 78.75 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

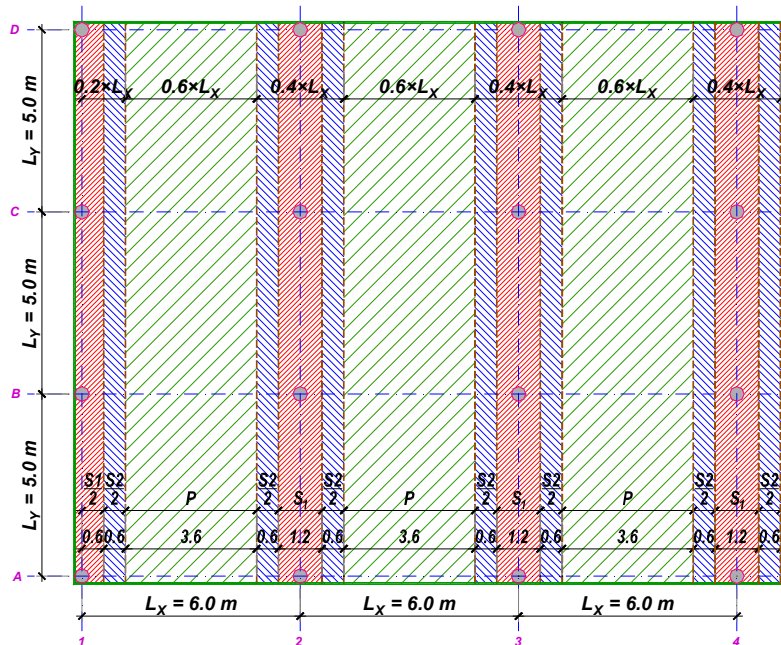
polutrake S_2 (širina $2 \times 0.1 \times L_x$):

$$M_{yu}^{S2} = 1.4 \times 37.5 = 52.5 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$



Raspored traka u osnovi – poprečni pravac

24



Dimenzionisanje – oslonačke trake

25

Kako su momenti savijanja veći u podužnom pravcu, usvojeno:

$$\text{pretp. } a_{1x} = 3 \text{ cm} \Rightarrow h_x = 18 - 3 = 15 \text{ cm}$$

polutraka S₁ (širina $0.2 \times L_y = 1.0 \text{ m}$):

$$k = \frac{15}{\sqrt{\frac{94.5}{2.05}}} = 2.209 \Rightarrow \zeta = 0.88 \Rightarrow A_{ax}^{S1} = \frac{94.5 \times 10^2}{0.88 \times 15 \times 40} = 17.88 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

usvojeno: **Ø16/10** (20.10 cm²/m)

$$h_{x,\text{stv.}} = d_p - a_0 - \varnothing_x/2 = 18 - 2 - 1.6/2 = 15.2 \text{ cm}$$

polutrake S₂ (širina $2 \times 0.1 \times L_y = 2 \times 0.5 \text{ m}$):

$$k = \frac{15.2}{\sqrt{\frac{63}{2.05}}} = 2.742 \Rightarrow \zeta = 0.923 \Rightarrow A_{ax}^{S2} = \frac{63 \times 10^2}{0.923 \times 15.2 \times 40} = 11.23 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

usvojeno: **Ø16/15** (13.40 cm²/m)

Dimenzionisanje – oslonačke trake

26

$$h_y = d_p - (a_0 + \varnothing_x + \varnothing_y/2) = 18 - (2 + 1.6 + 1.6/2) = 13.6 \text{ cm}$$

polutraka S₁ (širina $0.2 \times L_x = 1.2 \text{ m}$):

$$k = \frac{13.6}{\sqrt{\frac{78.8}{2.05}}} = 2.194 \Rightarrow \zeta = 0.878 \Rightarrow A_{ay}^{S1} = \frac{78.8 \times 10^2}{0.878 \times 13.6 \times 40} = 16.48 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

usvojeno: **Ø16/10** (20.10 cm²/m)

polutrake S₂ (širina $2 \times 0.1 \times L_x = 2 \times 0.6 \text{ m}$):

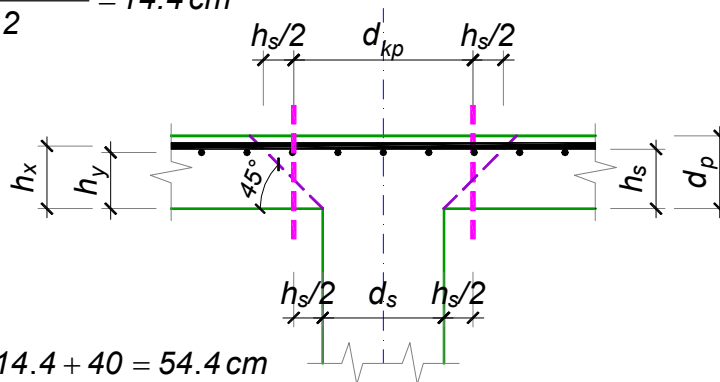
$$k = \frac{13.6}{\sqrt{\frac{52.5}{2.05}}} = 2.687 \Rightarrow \zeta = 0.919 \Rightarrow A_{ay}^{S2} = \frac{52.5 \times 10^2}{0.919 \times 13.6 \times 40} = 10.50 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

usvojeno: **Ø16/15** (13.40 cm²/m)

Kontrola maksimalnog smičućeg napona

27

$$h_s = \frac{h_x + h_y}{2} = \frac{15.2 + 13.6}{2} = 14.4 \text{ cm}$$



$$d_{kp} = \frac{2 \times h_s}{2} + d_s = 14.4 + 40 = 54.4 \text{ cm}$$

$$\tau = \frac{T_{\max}}{O_{kp} \times h_s} = \frac{G + P}{\pi \times d_{kp} \times h_s} = \frac{198 + 99}{\pi \times 54.4 \times 14.4} = 0.121 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

Ovaj napon se upoređuje sa dopuštenim i, po potrebi, vrši osiguranje armaturom.

Dopušteni naponi smicanja

28

bez osiguranja:

$$\tau \leq \tau_1 = \frac{2}{3} \times \gamma_1 \times \tau_a$$

$$\gamma_1 = 1.3 \times \alpha_a \times \sqrt{\mu}$$

obavezno:

$$\tau \leq \tau_2 = \gamma_2 \times \tau_b$$

$$\gamma_2 = 0.45 \times \alpha_a \times \sqrt{\mu}$$

$$\alpha_a = 1.0 \quad \text{za GA 240/360}$$

$$\alpha_a = 1.3 \quad \text{za RA 400/500}$$

$$\alpha_a = 1.4 \quad \text{za MA 500/560}$$

$$\mu = \frac{\mu_x + \mu_y}{2} = \frac{A_{ax}}{2 \times h_x} + \frac{A_{ay}}{2 \times h_y} \begin{cases} \geq 0.5\% \\ \leq 25 \frac{f_{bk}}{\sigma_v} \leq 1.5\% \end{cases}$$

$$\text{MB 30} \Rightarrow \begin{cases} \tau_a = 0.8 \text{ MPa} - \text{tabela 21, član 122. PBAB 87} \\ \tau_b = 2.2 \text{ MPa} \end{cases}$$

$$\left. \begin{aligned} \mu_x &= \frac{1}{2} \times \left(\frac{20.10}{15.2} + \frac{13.4}{15.2} \right) = 1.10\% \\ \mu_y &= \frac{1}{2} \times \left(\frac{20.10}{13.6} + \frac{13.4}{13.6} \right) = 1.23\% \end{aligned} \right\} \Rightarrow \mu = \frac{1.10 + 1.23}{2} = 1.17\%$$

$$\gamma_2 = 0.45 \times \alpha_a \times \sqrt{\mu} = 0.45 \times 1.3 \times \sqrt{1.17} = 0.632$$

$$\tau_2 = \gamma_2 \times \tau_b = 0.632 \times 2.2 = 1.39 \text{ MPa}$$

Napon smicanja u kritičnom preseku nije prekoračio dopušteni:

$$\tau = 0.121 \text{ kN/cm}^2 = 1.21 \text{ MPa} < \tau_2 = 1.39 \text{ MPa}$$

$$\gamma_1 = 1.3 \times \alpha_a \times \sqrt{\mu} = 1.3 \times 1.3 \times \sqrt{1.17} = 1.826$$

$$\tau_1 = \frac{2}{3} \times \gamma_1 \times \tau_a = \frac{2}{3} \times 1.826 \times 0.8 = 0.97 \text{ MPa}$$

Kako je prekoračen napon $\tau_1 = 0.97 \text{ MPa}$, potrebno je izvršiti osiguranje armaturom

Proračun armature za osiguranje

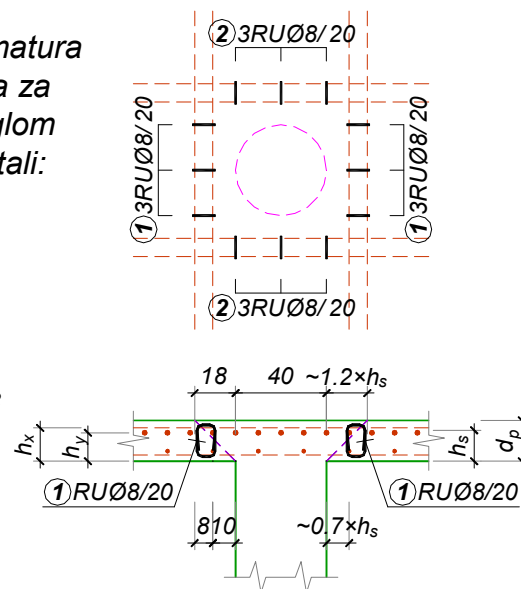
Prema členu 221. PBAB 87, armatura za osiguranje se proračunava za 75% sile T_{\max} i polaže pod uglom od 45° do 90° prema horizontali:

$$A_a = \frac{0.75 \times T_{\max}}{\frac{\sigma_v}{1.8}} = \frac{1.35 \times T_{\max}}{\sigma_v}$$

$$A_a = \frac{1.35 \times (198 + 99)}{40} = 10.02 \text{ cm}^2$$

usvojeno: **4×3URØ8/20**

$$(4 \times 3 \times 2 \times 0.503 = 12.06 \text{ cm}^2)$$



Kontrola probijanja – ivični stub

31

Kod ivičnih stubova se usvaja za obim kritičnog preseka $0.6 \times O_{kp}$ (član 220. Pravilnika BAB 87):

$$\tau = \frac{T_{\max}}{0.6 \times O_{kp} \times h_s} = \frac{G + P}{0.6 \times \pi \times d_{kp} \times h_s} = \frac{99 + 49.5}{0.6 \times \pi \times 54.4 \times 14.4} = 0.101 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

U gornjoj zoni ivičnih stubova armatura u jednom pravcu ista kao kod srednjih (u podužnom pravcu za stubove u osama A i D, u poprečnom za stubove u osama 1 i 9), dok je u drugom pravcu armatura podeona i usvojena kao 20% glavne:

$$A_{ap} = 0.2 \times 17.88 = 3.58 \text{ cm}^2/\text{m} \Rightarrow \text{usv. } \mathbf{\emptyset 10/20} (3.93 \text{ cm}^2/\text{m})$$

$$\left. \begin{aligned} \mu_x &= \frac{1}{2} \times \left(\frac{20.10}{15.2} + \frac{13.4}{15.2} \right) = 1.10\% \\ \mu_y &= \frac{3.93}{13.6} = 0.289\% \end{aligned} \right\} \Rightarrow \mu = \frac{1.10 + 0.289}{2} = 0.696\%$$

Kontrola probijanja – ivični stub

32

$$\gamma_2 = 0.45 \times \alpha_a \times \sqrt{\mu} = 0.45 \times 1.3 \times \sqrt{0.696} = 0.488$$

$$\tau_2 = \gamma_2 \times \tau_b = 0.488 \times 2.2 = 1.07 \text{ MPa}$$

Napon smicanja u kritičnom preseku nije prekoračio dopušteni:

$$\tau = 0.101 \text{ kN/cm}^2 = 1.01 \text{ MPa} < \tau_2 = 1.07 \text{ MPa}$$

$$\gamma_1 = 1.3 \times \alpha_a \times \sqrt{\mu} = 1.3 \times 1.3 \times \sqrt{0.696} = 1.409$$

$$\tau_1 = \frac{2}{3} \times \gamma_1 \times \tau_a = \frac{2}{3} \times 1.409 \times 0.8 = 0.75 \text{ MPa}$$

Kako je prekoračen napon $\tau_1 = 0.75 \text{ MPa}$, potrebno je izvršiti osiguranje armaturom:

$$A_a = \frac{1.35 \times (99 + 49.5)}{40} = 5.01 \text{ cm}^2 \Rightarrow \text{usv. } (3 + 2 \times 2) \mathbf{U\emptyset 8/20} (7.04 \text{ cm}^2)$$

Kontrola probijanja – ugaoni stub

33

Kod ugaonih stubova se usvaja za obim kritičnog preseka $0.3 \times O_{kp}$:

$$\tau = \frac{T_{\max}}{0.3 \times O_{kp} \times h_s} = \frac{G + P}{0.3 \times \pi \times d_{kp} \times h_s} = \frac{36 + 18}{0.3 \times \pi \times 54.4 \times 14.4} = 0.073 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

U gornjoj zoni ugaonih stubova nema računski potrebne armature, pa se vrednosti dopuštenih napona sračunavaju sa minimalnim procentom armiranja od 0.5%

$$\gamma_2 = 0.45 \times \alpha_a \times \sqrt{\mu} = 0.45 \times 1.3 \times \sqrt{0.5} = 0.413$$

$$\tau_2 = \gamma_2 \times \tau_b = 0.413 \times 2.2 = 0.91 \text{ MPa}$$

$$\gamma_1 = 1.3 \times \alpha_a \times \sqrt{\mu} = 1.3 \times 1.3 \times \sqrt{0.5} = 1.195$$

$$\tau_1 = \frac{2}{3} \times \gamma_1 \times \tau_a = \frac{2}{3} \times 1.195 \times 0.8 = 0.69 \text{ MPa}$$

Detalj osiguranja ivičnog i ugaonog stuba

34

Kako je:

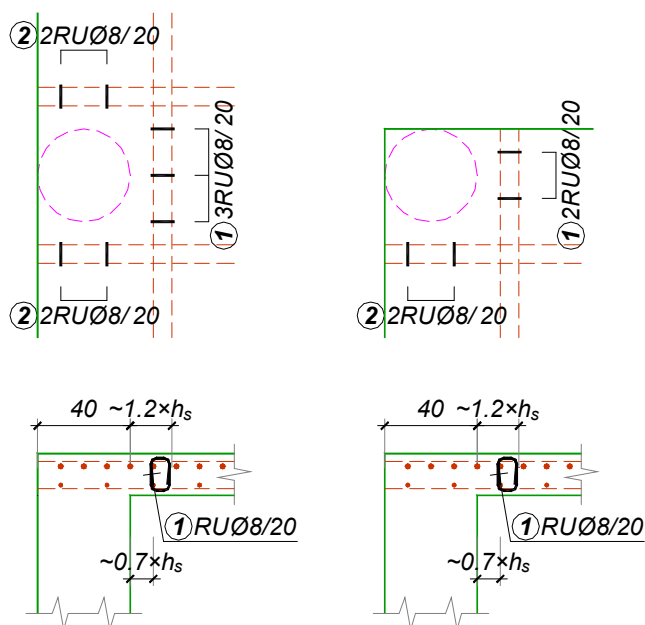
$$\tau = 0.73 \text{ MPa} \begin{cases} < \tau_2 \\ > \tau_1 \end{cases}$$

potrebna armatura za osiguranje je:

$$A_a = \frac{1.35 \times (36 + 18)}{40}$$

$$A_a = 1.82 \text{ cm}^2$$

usv. (2+2) URØ8/20
(4.02 cm²)



Dimenzionisanje stuba

35

Sa usvojenim prečnikom $D=40$ cm i sračunatom maksimalnom silom (slajd 14) sledi:

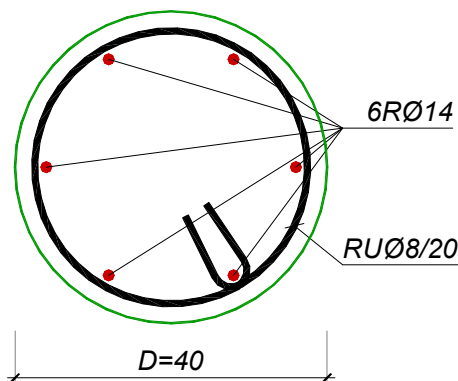
$$N_u = 5 \times (1.9 \times 198 + 2.1 \times 99) = 2920.5 \text{ kN}$$

$$A_{a, \text{potr}} = \frac{N_u - A_b \times f_B}{\sigma_v} = \frac{2920.5 - 1257 \times 2.05}{40} = 8.61 \text{ cm}^2$$

usvojeno: **6RØ14** (9.24 cm²)

$$e_{u, \text{max}} = \min \left\{ \begin{array}{l} 15 \times 1.4 = 21 \text{ cm} \\ D = 40 \text{ cm} \\ 30 \text{ cm} \end{array} \right\} = 21 \text{ cm}$$

usvojeno: **URØ8/20**



Dimenzionisanje ploče – gornja zona

36

Nakon provere proboja i dimenzionisanja stuba, potrebno je dovršiti dimenzionisanje ploče. U gornjoj zoni su dimenzionisane trake S1 i S2 (slajd 21, 22). Preostalo je da se dimenzionišu trake u polju P:

traka P – podužni pravac (širina $0.6 \times L_y = 3.0$ m):

$$\bar{M}_{osl} = \frac{M_{u,x}^{osl}}{L_y} = \frac{225}{5.0} = 45 \frac{\text{kNm}}{\text{m}} \quad (\text{slajd 17})$$

$$M_u^P = 0.5 \times \bar{M}_{osl} \Rightarrow M_{xu}^P = 0.5 \times 45 = 22.5 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

$$k = \frac{15.2}{\sqrt{\frac{22.5}{2.05}}} = 4.588 \Rightarrow \zeta = 0.963 \Rightarrow A_{ax}^P = \frac{22.5 \times 10^2}{0.963 \times 15.2 \times 40} = 3.84 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

usvojeno: **Ø10/20** (3.93 cm²/m)

$$A_{ap} = 0.2 \times 3.84 = 0.77 \text{ cm}^2/\text{m} < 0.085 \times 18 = 1.53 \text{ cm}^2/\text{m}$$

usvojeno: **Ø8/30** (1.67 cm²/m)

Dimenzionisanje ploče – gornja zona

37

$$h_y = d_p - (a_0 + \emptyset_x + \emptyset_y/2) = 18 - (2 + 1.6 + 1.6/2) = 13.6 \text{ cm}$$

traka P – poprečni pravac (širina $0.6 \times L_x = 3.6 \text{ m}$):

$$\overline{M}_{osl} = \frac{M_{u,y}^{osl}}{L_x} = \frac{225}{6.0} = 37.5 \frac{\text{kNm}}{\text{m}} \quad (\text{slajd 22})$$

$$M_u^P = 0.5 \times \overline{M}_{osl} \Rightarrow M_{yu}^P = 0.5 \times 37.5 = 18.75 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

$$k = \frac{13.6}{\sqrt{\frac{18.75}{2.05}}} = 4.497 \Rightarrow \zeta = 0.962 \Rightarrow A_{ay}^P = \frac{18.75 \times 10^2}{0.962 \times 13.6 \times 40} = 3.58 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

usvojeno: **Ø10/20** (3.93 cm²/m)

$$A_{ap} = 0.2 \times 3.58 = 0.72 \text{ cm}^2/\text{m} < 0.085 \times 18 = 1.53 \text{ cm}^2/\text{m}$$

usvojeno: **Ø8/30** (1.67 cm²/m)

Donja zona – podužni pravac

38

$$q_{u,x}^* = 1.6 \times g^* + 1.8 \times p_1^* = (1.6 \times g + 1.8 \times p_1) \times L_y$$

$$q_{u,x}^* = (1.6 \times 6.0 + 1.8 \times 3.0) \times 5.0 = 15.0 \times 5.0 = 75 \text{ kN/m}$$

Kako se u podužnom pravcu (za razmatrano srednje polje) nosač tretira kao obostrano uklještena greda, ukupan moment u polju M_u za traku širine $L_y = 5 \text{ m}$ je:

$$M_{u,x}^p = q_{u,x}^* \times \frac{L_x^2}{24} = \frac{75 \times 6.0^2}{24} = 112.5 \text{ kNm}$$

Prosečan moment savijanja u polju za podužni pravac je:

$$\overline{M}_p = \frac{M_{u,x}^p}{L_y} = \frac{112.5}{5.0} = 22.5 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

Raspodela pozitivnih momenata – podužni pravac

39

Traka **S** preko stubova (u gornjoj zoni podeljena na S_1 i S_2 , ovde jedinstvena jer su momenti isti), odnosno traka **P** u polju, su simetrično raspoređene u odnosu na stub.

Momenti savijanja imaju konstantne vrednosti u okviru traka, i to:

traka S (širina $0.4 \times L_y$):

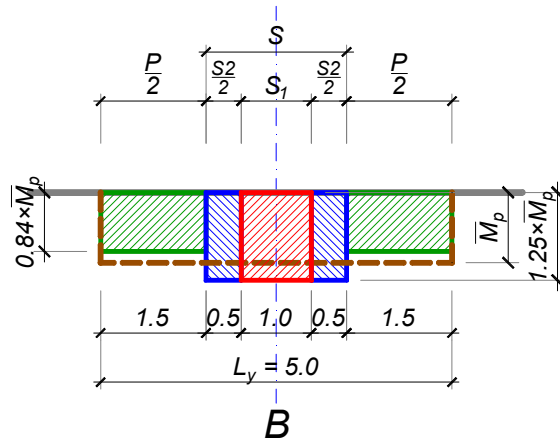
$$M_u^S = 1.25 \times \bar{M}_p$$

$$M_{xu}^S = 1.25 \times 22.5 = 28.1 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

traka P (širina $2 \times 0.3 \times L_y$):

$$M_u^P = 0.84 \times \bar{M}_p$$

$$M_{xu}^P = 0.84 \times 22.5 = 18.75 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$



Dimenzionisanje – donja zona, podužni pravac

40

Momenti savijanja u oba pravca se neznatno razlikuju, pa je i u donjoj zoni usvojeno da podužna armatura ima veću statičku visinu:

$$\text{pretp. } a_{1x} = 2.0 + 1.0/2 = 2.5 \text{ cm} \Rightarrow h_x = 18 - 2.5 = 15.5 \text{ cm}$$

traka S (širina $0.4 \times L_y = 2.0 \text{ m}$):

$$k = \frac{15.5}{\sqrt{\frac{28.1}{2.05}}} = 4.185 \Rightarrow \zeta = 0.958 \Rightarrow A_{ax}^S = \frac{28.1 \times 10^2}{0.958 \times 15.5 \times 40} = 4.73 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

usvojeno: **Ø10/15** (5.24 cm²/m)

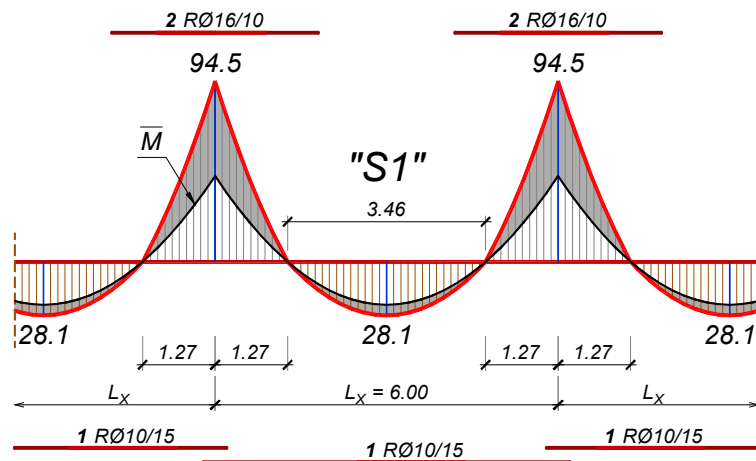
traka P (širina $2 \times 0.3 \times L_y = 2 \times 1.5 \text{ m}$):

$$k = \frac{15.5}{\sqrt{\frac{18.75}{2.05}}} = 5.125 \Rightarrow \zeta = 0.967 \Rightarrow A_{ax}^P = \frac{18.75 \times 10^2}{0.967 \times 15.5 \times 40} = 3.13 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

usvojeno: **Ø8/15** (3.35 cm²/m)

Podužni pravac, traka preko stubova – polutraka S1

41

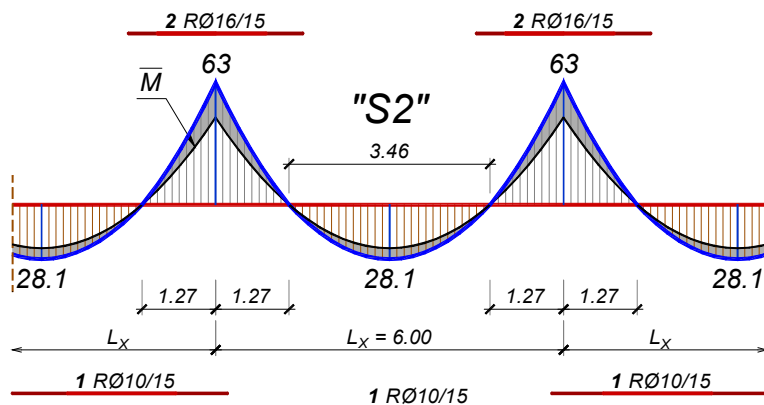


$$\bar{M}_{osl} = \frac{M_{u,x}^{osl}}{L_y} = \frac{225}{5.0} = 45 \frac{\text{kNm}}{\text{m}} \Rightarrow M_{xu}^{S1} = 2.1 \times 45 = 94.5 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

$$\bar{M}_p = \frac{M_{u,x}^p}{L_y} = \frac{112.5}{5.0} = 22.5 \frac{\text{kNm}}{\text{m}} \Rightarrow M_{xu}^S = 1.25 \times 22.5 = 28.1 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

Podužni pravac, traka preko stubova – polutraka S2

42

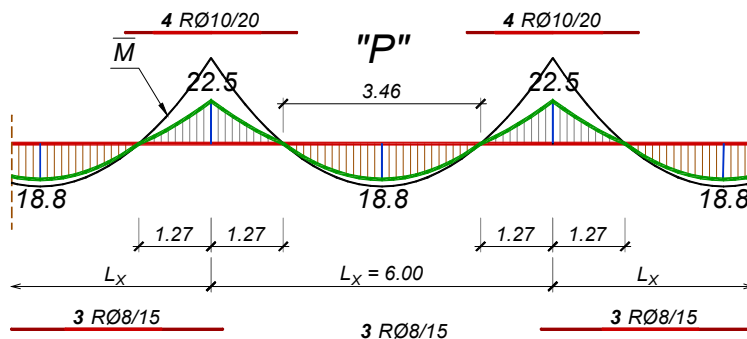


$$\bar{M}_{osl} = \frac{M_{u,x}^{osl}}{L_y} = \frac{225}{5.0} = 45 \frac{\text{kNm}}{\text{m}} \Rightarrow M_{xu}^{S2} = 1.4 \times 45 = 63 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

$$\bar{M}_p = \frac{M_{u,x}^p}{L_y} = \frac{112.5}{5.0} = 22.5 \frac{\text{kNm}}{\text{m}} \Rightarrow M_{xu}^S = 1.25 \times 22.5 = 28.1 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

Podužni pravac - traka u polju P

43



$$\bar{M}_{osl} = \frac{M_{u,x}^{osl}}{L_y} = \frac{225}{5.0} = 45 \frac{\text{kNm}}{\text{m}} \Rightarrow M_{xu}^P = 0.5 \times 45 = 22.5 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

$$\bar{M}_p = \frac{M_{u,x}^p}{L_y} = \frac{112.5}{5.0} = 22.5 \frac{\text{kNm}}{\text{m}} \Rightarrow M_{xu}^P = 0.84 \times 22.5 = 18.8 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

Donja zona – poprečni pravac

44

$$q_{u,y}^* = 1.6 \times g^* + 1.8 \times p^* = (1.6 \times g + 1.8 \times p) \times L_x$$

$$q_{u,y}^* = (1.6 \times 6.0 + 1.8 \times 3.0) \times 6.0 = 15.0 \times 6.0 = 90 \text{ kN/m}$$

U poprečnom pravcu ploča je kontinualni nosač na tri polja, pa su ukupni momenti u krajnjem i srednjem polju za traku širine $L_x = 6 \text{ m}$:

$$M_{u,y}^{p1} = 0.08 \times q_{u,y}^* \times L_y^2 = 0.08 \times 90 \times 5.0^2 = 180 \text{ kNm}$$

$$M_{u,y}^{p2} = 0.025 \times q_{u,y}^* \times L_y^2 = 0.025 \times 90 \times 5.0^2 = 56.3 \text{ kNm}$$

Prosečni momenti savijanja u poljima za poprečni pravac su:

$$\bar{M}_{p1} = \frac{M_{u,y}^{p1}}{L_x} = \frac{180}{6.0} = 30.0 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

$$\bar{M}_{p2} = \frac{M_{u,y}^{p2}}{L_x} = \frac{56.3}{6.0} = 9.4 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

Raspodela pozitivnih momenata – poprečni pravac

45

Sprovođi se isto kao za podužni pravac, sa različitim vrednostima za krajnja polja i srednje polje:

traka S (širina $0.4 \times L_x$):

$$M_u^S = 1.25 \times \bar{M}_p$$

$$M_{yu,1}^S = 1.25 \times 30 = 37.5 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

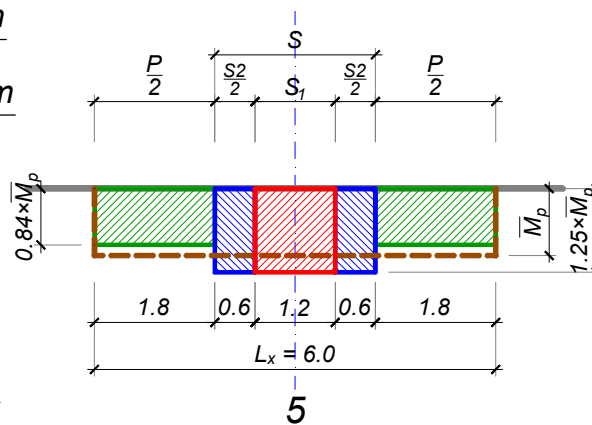
$$M_{yu,2}^S = 1.25 \times 9.4 = 11.7 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

traka P (širina $2 \times 0.3 \times L_x$):

$$M_u^P = 0.84 \times \bar{M}_p$$

$$M_{yu,1}^P = 0.84 \times 30 = 25 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

$$M_{yu,2}^P = 0.84 \times 9.4 = 7.8 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$



Dimenzionisanje – donja zona, poprečni pravac

46

pretp. $a_{1y} = 2.0 + 1.0 + 1.2/2 = 3.6 \text{ cm} \Rightarrow h_y = 18 - 3.6 = 14.4 \text{ cm}$

traka S (širina $0.4 \times L_x = 2.4 \text{ m}$):

$$k = \frac{14.4}{\sqrt{\frac{37.5}{2.05}}} = 3.367 \Rightarrow \zeta = 0.944 \Rightarrow A_{ay,1}^S = \frac{37.5 \times 10^2}{0.944 \times 14.4 \times 40} = 6.89 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

usv.: **Ø12/15** ($7.54 \text{ cm}^2/\text{m}$) – krajnja polja

$$k = \frac{14.4}{\sqrt{\frac{11.7}{2.05}}} = 6.023 \Rightarrow \zeta = 0.973 \Rightarrow A_{ay,2}^S = \frac{11.7 \times 10^2}{0.973 \times 14.4 \times 40} = 2.09 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

usv.: **Ø8/20** ($2.51 \text{ cm}^2/\text{m}$) – srednje polje

Dimenzionisanje – donja zona, poprečni pravac

47

traka P (širina $0.6 \times L_x = 3.6$ m):

$$k = \frac{14.4}{\sqrt{\frac{25}{2.05}}} = 4.124 \Rightarrow \zeta = 0.957 \Rightarrow A_{ay,1}^P = \frac{25 \times 10^2}{0.957 \times 14.4 \times 40} = 4.53 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

usv.: **Ø10/15** (5.24 cm²/m) – krajnja polja

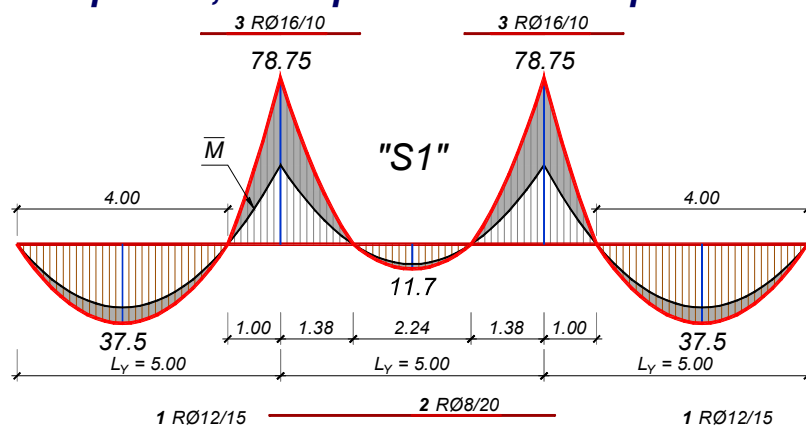
$$k = \frac{14.4}{\sqrt{\frac{7.8}{2.05}}} = 7.376 \Rightarrow \zeta = 0.978 \Rightarrow A_{ay,2}^P = \frac{7.8 \times 10^2}{0.978 \times 14.4 \times 40} = 1.39 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

$$A_{ay,2}^P = 1.39 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} < A_{a,\text{min}} = 0.1 \times 18 = 1.8 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

usv.: **Ø8/20** (2.51 cm²/m) – srednje polje

Poprečni pravac, traka preko stubova – polutraka S1

48



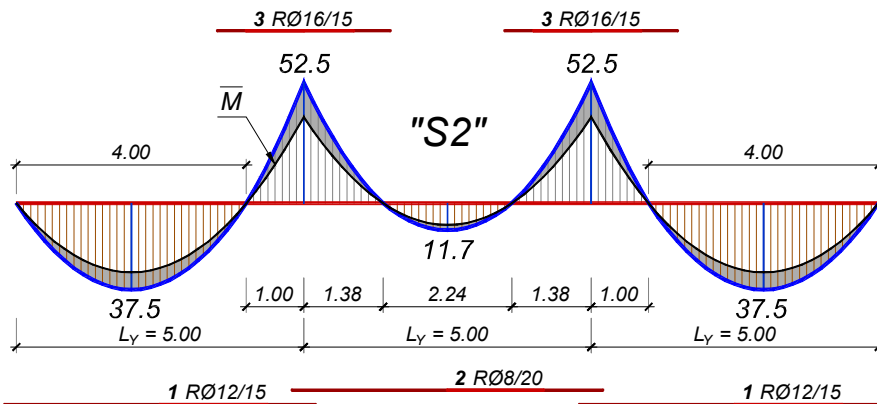
$$\bar{M}_{osl} = \frac{M_{u,y}^{osl}}{L_x} = \frac{225}{6.0} = 37.5 \frac{\text{kNm}}{\text{m}} \Rightarrow M_{yu}^{S1} = 2.1 \times 37.5 = 78.75 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

$$\bar{M}_{p1} = \frac{M_{u,y}^{p1}}{L_x} = \frac{180}{6.0} = 30.0 \frac{\text{kNm}}{\text{m}} \Rightarrow M_{yu,1}^S = 1.25 \times 30 = 37.5 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

$$\bar{M}_{p2} = \frac{M_{u,y}^{p2}}{L_x} = \frac{56.3}{6.0} = 9.4 \frac{\text{kNm}}{\text{m}} \Rightarrow M_{yu,2}^S = 1.25 \times 9.4 = 11.7 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

Poprečni pravac, traka preko stubova – polutraka S2

49



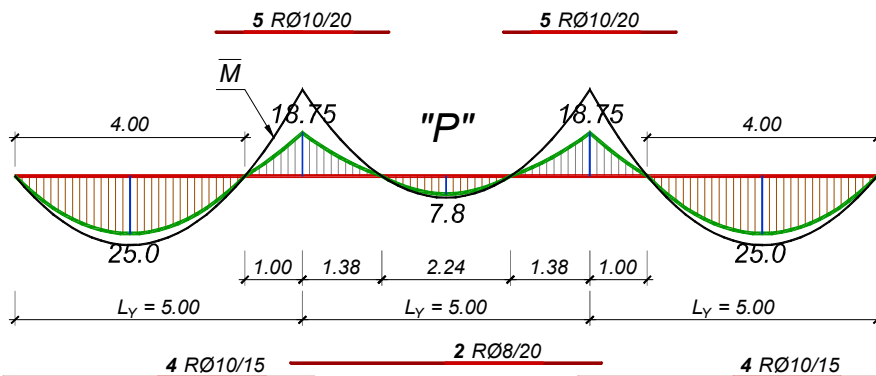
$$\bar{M}_{osl} = \frac{M_{u,y}^{osl}}{L_x} = \frac{225}{6.0} = 37.5 \frac{\text{kNm}}{\text{m}} \Rightarrow M_{yu}^{S2} = 1.4 \times 37.5 = 52.5 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

$$\bar{M}_{p1} = \frac{M_{u,y}^{p1}}{L_x} = \frac{180}{6.0} = 30.0 \frac{\text{kNm}}{\text{m}} \Rightarrow M_{yu,1}^S = 1.25 \times 30 = 37.5 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

$$\bar{M}_{p2} = \frac{M_{u,y}^{p2}}{L_x} = \frac{56.3}{6.0} = 9.4 \frac{\text{kNm}}{\text{m}} \Rightarrow M_{yu,2}^S = 1.25 \times 9.4 = 11.7 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

Poprečni pravac - traka u polju P

50



$$\bar{M}_{osl} = \frac{M_{u,y}^{osl}}{L_x} = \frac{225}{6.0} = 37.5 \frac{\text{kNm}}{\text{m}} \Rightarrow M_{yu}^P = 0.5 \times 37.5 = 18.75 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

$$\bar{M}_{p1} = \frac{M_{u,y}^{p1}}{L_x} = \frac{180}{6.0} = 30.0 \frac{\text{kNm}}{\text{m}} \Rightarrow M_{yu,1}^P = 0.84 \times 30 = 25 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

$$\bar{M}_{p2} = \frac{M_{u,y}^{p2}}{L_x} = \frac{56.3}{6.0} = 9.4 \frac{\text{kNm}}{\text{m}} \Rightarrow M_{yu,2}^P = 0.84 \times 9.4 = 7.8 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$