

Универзитет у Београду

Грађевински факултет
Одсек за конструкције

ТЕОРИЈА БЕТОНСКИХ КОНСТРУКЦИЈА

ЕЛАБОРАТ

КАНДИДАТ:

АСИСТЕНТ: Иван Игњатовић

ПРОФЕСОР: др Михајло Ђурђевић

Школска 2007/2008.

**elaborat je poredjan od
zadnjeg zadatka prema
prvom**

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ГРАЂЕВИНСКИ ФАКУЛТЕТ
Одсек за конструкције
Катедра за материјале и конструкције
школска 2007/2008. година

ТЕОРИЈА БЕТОНСКИХ КОНСТРУКЦИЈА

недељни фонд часова: 3+2 (V семестар)
предметни наставник: проф. др Михајло Ђурђевић
асистент: Изњатовић
група: V
термин: уторак, 10.15-12.00

	ТЕСТ 1	ТЕСТ 2	ТЕСТ 1/2	ЕЛАБОРАТ	ОСТАЛО	УКУПНО
датум	16.11.2007.	21.12.2007.	28.12.2007.	4.12.		
оцена				10+		
овера						

кандидат:

ZADATAK 2

1. Za presek pravougaonog oblika potrebno je pravilno rasporediti zadatu količinu armature i nacrtati presek u razmeri 1:10, a zatim odrediti moment loma M_u ukoliko se:
- zanemari nosivost pritisnute armature ($A_{s2}=0$)
 - uzme u obzir nosivosti ukupna zadata armatura u preseku
- Sila pritiska je zadata pozitivnom, a sila zatezanja negativnom vrednošću.

$$\begin{aligned} A_{s1} &= 6\emptyset 18 & b &= 25 \text{ cm} \\ A_{s2} &= 3\emptyset 18 & d &= 50 \text{ cm} \\ \text{MB } 30 & & \text{GA } 240/360 & \\ N_u &= 307 \text{ kN} & & \end{aligned}$$

2. Odrediti potrebnu površinu armature i oblikovati poprečni presek pravougaonog oblika centrično zategnutog elementa. Usvojeni poprečni presek nacrtati u razmeri 1:5.

$$Z_g = 179 \text{ kN} \quad Z_p = 246 \text{ kN} \quad \text{GA } 240/360$$

3. Dimenzionisati centrično pritisnuti stub (ne uvodeći u proračun izvijanje), ukoliko je presek:
- a. pravougaoni, zadate širine $b = 30 \text{ cm}$,
 - b. kružnog oblika,
 - c. spiralno armirani kružni presek.
- Sve usvojene poprečne preseke nacrtati u razmeri 1:10.

$$N_g = 966 \text{ kN} \quad N_p = 618 \text{ kN} \quad \text{MB } 45 \quad \text{GA } 240/360$$

4. Odrediti potrebnu površinu armature za kružni poprečni presek prečnika D , opterećen graničnim momentom savijanja M_u i graničnom normalnom silom pritiska N_u . Usvojeni poprečni presek nacrtati u razmeri 1:10.

$$M_u = 770 \text{ kNm} \quad N_u = 489 \text{ kN} \quad D = 75 \text{ cm} \quad \text{MB } 30 \quad \text{GA } 240/360$$

5. Za stub pravougaonog poprečnog preseka date su tri kombinacije uticaja usled stalnog i povremenog opterećenja. Odrediti potrebnu površinu armature prema merodavnim uticajima, a zatim usvojeni poprečni presek nacrtati u razmeri 1:10. Uticaj izvijanja zanemariti.

$$\begin{aligned} \text{a.} \quad N_g &= 774.4 \text{ kN} & M_p &= \pm 482.6 \text{ kNm} & b &= 40 \text{ cm} \\ \text{b.} \quad N_g &= 2124.8 \text{ kN} & M_p &= \pm 384.1 \text{ kNm} & d &= 75 \text{ cm} \\ \text{c.} \quad N_g &= 2691.8 \text{ kN} & M_p &= \pm 139.4 \text{ kNm} & & \text{MB } 25 \\ & & & & & \text{RA } 400/500 \end{aligned}$$

Obavezno priložiti listove sa dijagramima interakcije koji su korišćeni za dimenzionisanje zadataka 4 i 5!

u Beogradu, 30/11/2007.

Predmetni nastavnik:

asistent: Ignjatović

overa: 14. XII 2007.

Prof. dr Mihajlo Đurđević, dipl. građ. inž., s.r.

10/10
Mihajlo Đurđević

ЗАДАТАК 2

① $A_{a1} = 6\phi 18$

$N_u = 307 \text{ kN}$
(притисак)

MB 30

$A_{a2} = 3\phi 18$

- је ли распоред арматуре у пресеку?
(прочитај задатак) ✓

$b/d = 25/50 \text{ cm}$; $M_u = ?$ Hej Крају... O.K.

А) ЗА НЕМАРУЈЕМО НОСИВОМ ПРИТИСНУТЕ АРМАТУРЕ

MB 30 $\rightarrow f_B = 21,05 \text{ kN/cm}^2$

$6\phi 18 = 15,24 \text{ cm}^2$

GA 240/360 $\rightarrow f_v = 24 \text{ kN/cm}^2$

$3\phi 18 = 7,62 \text{ cm}^2$

$\Sigma N = 0$: $\bar{\mu} = \kappa_B \times S = \frac{A_{a1} \times \bar{\sigma}_v + N_u}{b \times h \times f_B}$

$\bar{\mu} = \frac{15,24 \times 24 + 307}{25 \times 43 \times 21,05} = 30,528 \%$

$\hookrightarrow \epsilon_B / \epsilon_{A1} = 3,5 / 5,8 \%$

$\kappa = 1,973$ $S = 0,376$

$\Sigma M_{a1} = 0$: $M_u = \left(\frac{h}{\kappa}\right)^2 \times b \times f_B - N_u \times \left(\frac{d}{2} - a_1\right)$

$a_1 = \frac{3 \times 4,5 + 3 \times 9,5}{6} \Rightarrow a_1 = 7 \text{ cm}$

$M_u = \left(\frac{43}{1,973}\right)^2 \times 25 \times 21,05 - 307 \times \left(\frac{50}{2} - 7\right)$

$M_u = 18817 \text{ kNcm} \Rightarrow M_u = 188,2 \text{ kNm} \checkmark$

Б) УЗИМАМО У ОБЗИР УКУПНУ ЗАДАТУ АРМАТУРУ У ПРЕСЕКУ

$\Sigma N = 0$: $D_{a1} + D_{a2} - Z_{a1} - N_u = 0$

ПРЕТПОСТАВКА: $S \leq 0,376 \Rightarrow \boxed{S = 0,300}$

$S \geq 0,259 \Rightarrow \epsilon_B = 3,5 \%$ $\epsilon_{A1} = \frac{1-S}{S} \times \epsilon_B$

$\epsilon_{A1} = 8,167 \%$

$\kappa_B = \frac{3\epsilon_B - 2}{3\epsilon_B} = \frac{3 \times 3,5 - 2}{3 \times 3,5} = 0,809$

$$D_{bu} = \alpha_B \times b \times X \times f_B = \alpha_B \times S \times D \times n \times f_B \quad (S = 1/2)$$

$$\hookrightarrow D_{bu} = 0,809 \times 25 \times 0,300 \times 43 \times 2,05$$

$$D_{bu} = 535,2 \text{ kN}$$

$$\varepsilon_{a2} = \frac{x-a_2}{x} \times \varepsilon_B = \frac{S \cdot l - a_2}{S \cdot l} \times \varepsilon_B$$

$$\varepsilon_{a2} = \frac{0,3 \times 43 - 4,5}{0,3 \times 43} \times 3,5 \Rightarrow \varepsilon_{a2} = 2,279\%$$

$$\sigma_{a2} = E_a \times \varepsilon_{a2} = 21000 \times 2,279 / 1000 \Rightarrow \sigma_{a2} = 47,86 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{a2} > \sigma_v \Rightarrow \boxed{\sigma_{a2} = \sigma_v = 24 \text{ kN/cm}^2} \quad !$$

$$D_{au} = A_{a2} \times \sigma_{a2} = 7,62 \times 24 = 182,88 \text{ kN}$$

$$\sigma_{a1} = E_a \times \varepsilon_{a1} \Rightarrow \sigma_{a1} = 21 \times 8,167 = 171,51 > \sigma_v$$

$$\boxed{\sigma_{a1} = 24,0 \text{ kN/cm}^2} \Rightarrow \boxed{Z_{au} = A_{a1} \times \sigma_{a1} = 15,24 \times 24 = 365,76 \text{ kN}}$$

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

$$535,2 + 182,88 - 365,76 - 307 = 45,32 > 0$$

НЕУТРАЛНУ ОСУ ПОМЕРАМ НА ГОРЕ !

$$S < 0,300$$

НАКОН НИЗА ИТЕРАЦИЈА (MS EXCEL) ДОБИЈАМ:

$$\boxed{S = 0,275}$$

$$\varepsilon_B = 3,5\% \Rightarrow \eta = \frac{\varepsilon_B \times (3\varepsilon_B - 4) + 2}{2 \times \varepsilon_B \times (3\varepsilon_B - 2)}$$

$$\eta = \frac{3,5 \times (3 \times 3,5 - 4) + 2}{2 \times 3,5 \times (3 \times 3,5 - 2)} \Rightarrow \boxed{\eta = 0,416}$$

$$Z_B = l \times (1 - \eta \times S) = 43 \times (1 - 0,416 \times 0,275)$$

$$\boxed{Z_B = 38,081 \text{ cm}} \quad \text{крај јустрационих сила}$$

$$\boxed{\sum M_{a1} = 0} \quad D_{bu} \times Z_B + D_{au} \times (l - a_2) - M_{a1} =$$

$$\alpha_B = 0,809$$

$$\Rightarrow D_{Bu} = \alpha_B \times S \times b \times h \times f_B = 0,809 \times 0,1275 \times 25 \times 43 \times 2105$$

$$\boxed{D_{Bu} = 490,3 \text{ kN}}$$

$$\epsilon_{a2} = \frac{s \cdot h - a_2}{s \cdot h} \times \epsilon_B = \frac{0,1275 \times 43 - 4,5}{0,1275 \times 43} \times 2,15$$

$$\epsilon_{a2} = 2,168\% \Rightarrow \bar{\sigma}_{a2} = 21 \times 2,168 = 45,53 \text{ kN/cm}^2 > \bar{\sigma}_v$$

$$\Rightarrow \boxed{\bar{\sigma}_{a2} = 24 \text{ kN/cm}^2}$$

$$D_{a2} = A_{a2} \times \bar{\sigma}_{a2} = 7,62 \times 24 = 182,88 \text{ kN}$$

$$\epsilon_{a1} = \frac{1-s}{s} \times \epsilon_B = \frac{1-0,1275}{0,1275} \times 2,15 = 9,227\%$$

$$\Rightarrow \boxed{\bar{\sigma}_{a1} = \bar{\sigma}_v = 24 \text{ kN/cm}^2}$$

$$Z_{a1} = A_{a1} \times \bar{\sigma}_v = 365,76 \text{ kN}$$

$$\underline{\Sigma N} = ? \Rightarrow 490,3 + 182,88 - 365,76 - 307 = 0,42 \approx \underline{0}$$

$$M_{au} = 490,3 \times 38,081 + 182,88 \times (43 - 4,5) = 257,1 \text{ kNm}$$

$$M_u = M_{au} - N_u \times \left(\frac{d}{2} - a_1 \right)$$

$$M_u = 257,1 - 307 \times \left(\frac{50}{2} - 7 \right) \Rightarrow$$

$$\boxed{M_u = 201,84 \text{ kNm}}$$

② $Z_g = 179 \text{ kN}$

$Z_p = 246 \text{ kN}$

$\Rightarrow Z_u = 1.6 Z_g + 1.8 Z_p$

$Z_u = 1.6 \times 179 + 1.8 \times 246 = 729.2$

$Z_u = 729.2 \text{ kN}$

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

$\rightarrow A_{a, \text{pot}} = \frac{Z_u}{\sigma_v} = \frac{729.2}{24} = 30.38 \text{ cm}^2$

УСВОЈЕНО: $12 \phi 18 (30.48 \text{ cm}^2)$ $m/n = 3/4$

$b \geq 2 \times (a_0 + \phi_u) + m \times \phi + (m-1) \times 5$

$b \geq 2 \times (2.5 + 0.8) + 3 \times 1.8 + 2 \times 5 \Rightarrow b \geq 22 \text{ cm}$

$d \geq 2 \times (a_0 + \phi_u) + n \times \phi + (n-1) \times 3$

$d \geq 2 \times (2.5 + 0.8) + 4 \times 1.8 + 3 \times 3 \Rightarrow d \geq 22.8 \text{ cm}$

УСВОЈЕНО: $b/d = 25/25 \text{ cm}$

③

MB 45 $\Rightarrow f_b = 21.775 \text{ kN/cm}^2$

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

$\left. \begin{array}{l} N_g = 966 \text{ kN} \\ N_p = 618 \text{ kN} \end{array} \right\} \Rightarrow \begin{array}{l} N_u = 1.9 N_g + 2.1 N_p = 1.9 \times 966 + 2.1 \times 618 \\ N_u = 3133.2 \text{ kN} \end{array}$

A) ПРАВОУГАОНИ ПРЕСЕК ШИРИНЕ $b = 30 \text{ cm}$

УСВОЈЕНО $\mu = \mu_{\min} = 0.6\%$ (ПРИПУСКАЈУ СЕЈСОВИ)

$\bar{\mu} = \mu \times \frac{\sigma_v}{f_b} = 0.6 \times \frac{24}{21.775} = 5.189\%$

$A_{b, \text{potr}} = \frac{N_u}{f_b \times (1 + \bar{\mu})} = \frac{3133.2}{21.775 \times (1 + 5.189/100)} \Rightarrow \boxed{A_{b, \text{potr}} = 1073.38 \text{ cm}^2}$

$d_{\text{potr}} = \frac{A_{b, \text{potr}}}{\frac{1}{\pi}} = \frac{1073.38}{\frac{1}{\pi}} = 35.8 \text{ cm}$

УСВОЈЕНО $b/d = 30/40 \text{ cm} \checkmark$ (нормирани)

$$A_{a, \text{potr}} = \mu_{\min} \times A_{b, \text{potr}} = 0,6 \times 10^{-2} \times 1073,38$$

$$A_{a, \text{potr}} = 6,44 \text{ cm}^2$$

УСВОЈЕНО $\frac{6\phi 12 (6,78 \text{ cm}^2)}{4\phi 8/15}$

$$\rho_{a, \max} = \min \begin{cases} 15\phi = 15 \times 1,2 = 18 \text{ cm} \\ \min(b, d) = 30 \text{ cm} \\ 30 \text{ cm} \end{cases}$$

Б) СТУБ КРУЖНОГ ПРЕСЕКА

$$\frac{D^2 \pi}{4} = A_{b, \text{potr}} \Rightarrow D_{\text{potr}} = \sqrt{\frac{4 \times A_{b, \text{potr}}}{\pi}}$$

$$D_{\text{potr}} = \sqrt{\frac{4 \times 1073,38}{\pi}} \Rightarrow D_{\text{potr}} = 37 \text{ cm}$$

УСВОЈЕНО $D = 40 \text{ cm} \checkmark$

$$A_{a, \text{potr}} = 6,44 \text{ cm}^2 \Rightarrow \text{УСВОЈЕНО } 6\phi 12 (6,78 \text{ cm}^2)$$

$$\rho_{a, \max} = 18 \text{ cm} \Rightarrow 4\phi 8/15$$

В) СПИРАЛНО АРМИРАН КРУЖНИ ПРЕСЕК

$$\text{УСВОЈЕНО : } \mu = \mu_{\min} = 0,16\%$$

$$\mu_s = 2,5 \times \mu = 1,15\%$$

$$[\mu_s = 2 \div 3,11]$$

$$k = \frac{\sigma_v}{f_b} = \frac{24}{2,775} = 8,649$$

$$k_s = \frac{\sigma_{vs}}{f_b} = \frac{24}{2,775} = 8,649$$

$$A_{es} = \frac{N_u}{f_{ex} (1 + k_s \mu_s + 2 k_s / 1,5)} = \frac{3133,2}{2,775 \times (1 + 8,649 \cdot 10^{-2} \cdot (0,6 \cdot 2 \cdot 1,5))}$$

$$A_{es} = 861,0 \text{ cm}^2$$

$$D_{s, \text{potr}} = \sqrt{\frac{4 \times A_{es}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 861}{\pi}} \Rightarrow D_{s, \text{potr}} = 33,1 \text{ cm}$$

$$A_{a, \text{potr}} = 0,6 \times 10^{-2} \times 861 \Rightarrow A_{a, \text{potr}} = 5,166 \text{ cm}^2$$

УСВОЈЕНО: $2\phi 12 (6,28 \text{ cm}^2)$

$$A_{as} = \frac{a_s^{(1)} \times D_s \times \pi}{e_{as}} \rightarrow e_{as} = \frac{a_s^{(1)} \times D_s \times \pi}{A_{as}}$$

$$e_{as} = \frac{1,13 \times 33,1 \times \pi}{12,915}$$

$$\left[\begin{array}{l} A_{as, \text{potr}} = 1,5 \times 10^{-2} \times 861 \\ A_{as, \text{potr}} = 12,915 \text{ cm}^2 \end{array} \right]$$

$$e_{as} = 9,10 \text{ cm}$$

$$e_{as, \text{max}} = \min \left\{ \begin{array}{l} D_s / 5 = 33,1 / 5 = 6,62 \text{ cm} \\ 8 \text{ cm} \end{array} \right\} = 6,62 \text{ cm}$$

$$\boxed{\text{УЧЕОЈЕНО } e_{as} = 6 \text{ cm}}$$

$$a_s^{(1)} \text{potr} = \frac{A_{as} \times e_{as}}{D_s \times \pi} = \frac{12,915 \times 6}{33,1 \times \pi} \rightarrow a_s^{(1)} \text{potr} = 0,1745 \text{ cm}$$

$$\boxed{\text{УЧЕОЈЕНО } \phi_{s10/6} !}$$

$$D = D_s + 2a_o + 2\phi_s / 2 = 33,1 + 2 \times 2,5 + 1 = 39,1 \text{ cm}$$

$$\boxed{\text{УЧЕОЈЕНО } D = 40 \text{ cm}}$$

(4) $M_u = 770 \text{ kNm}$

$D = 75 \text{ cm}$

MB30

$N_u = 489 \text{ kN}$

GA 240/360

MB35 $\Rightarrow f_b = 2,3 \text{ kN/cm}^2$

GA 240/360 $\Rightarrow \bar{\sigma}_v = 24 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$

$R = 2d : R = 75 \text{ cm}$

$d = 37,5 \text{ cm}$

$$\eta_u = \frac{N_u}{\pi \cdot d^2 \cdot f_b} = \frac{489}{\pi \times 37,5^2 \times 2,3} = 0,048$$

$$m_u = \frac{M_u}{\pi \cdot R \cdot d^2 \cdot f_b} = \frac{770 \times 100}{\pi \times 75 \times 37,5^2 \times 2,3} = 0,101$$

ПРЕТПОСТАВЉЕНО : $a = 5,50 \text{ cm} \Rightarrow$

$$\frac{a}{R} = \frac{5,50}{75} = 0,073 \approx 0,075$$

$$\bar{\mu} = 0,225 \Rightarrow A_a = \frac{\bar{\mu} \times \pi \cdot d^2 \cdot f_b}{\bar{\sigma}_v} = \frac{0,225 \times \pi \times 37,5^2 \times 2,3}{24}$$

$A_a = 95,26 \text{ cm}^2$

КОРИСТИМ ЛИЈАГРАМ 261.

УСВОЈЕНО : 16 $\phi 28$ ($98,56 \text{ cm}^2$)

(Нједановић, Алленгар,
Јешит)

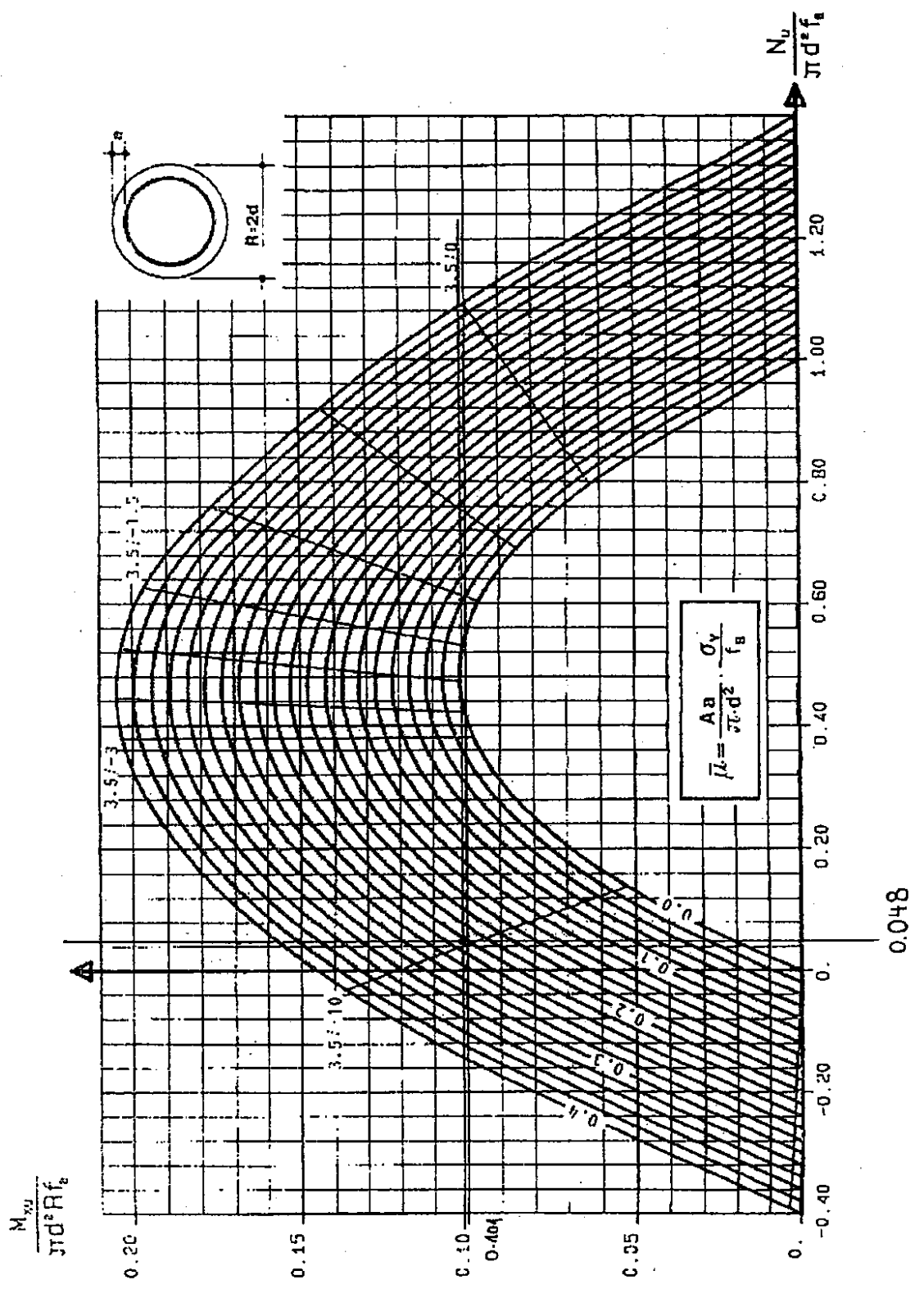
261. Dijagram za
dimenzionisanje M_{x0}, N_u

$b_v = 24.0 \text{ KN/cm}^2$
 $\bar{\mu}_{max} = 0.4$

$\frac{a}{R} = 0.075$



GF - INK



б) ЛОМ ПО АРМАТУРИ

УСВОЈЕНО: $\epsilon_B / \epsilon_A = 2/10\%$ $\Rightarrow k = 3,098$, $\bar{\mu} = 11,111\%$

$$h = k \cdot \sqrt{\frac{M_u}{b \times f_B}} \Rightarrow h = 3,098 \times \sqrt{\frac{287,38 \times 100}{35 \times 2,775}} = 53,29 \text{ cm}$$

$$A_a = \bar{\mu} \times \frac{b \times h}{100} \times \frac{f_B}{\sigma_v} \Rightarrow A_a = 11,111 \times \frac{35 \times 53,29}{100} \times \frac{2,775}{40}$$

$$\underline{A_a = 14,38 \text{ cm}^2}$$

УСВОЈЕНО: 8RØ16 (16,08 cm²)

$$\left. \begin{array}{l} a' = 4,4 \text{ cm} \\ a'' = 10 \text{ cm} \end{array} \right\} \Rightarrow a_1 = \frac{5 \times 4,4 + 3 \times 10}{8} = 6,5 \text{ cm}$$

$$d = 53,29 + 6,5 = 59,79 \Rightarrow \underline{\text{УСВОЈЕНО: } d = 60 \text{ cm}}$$

$$\begin{array}{ll} \underline{2.} \quad a_1 \quad b = 35 \text{ cm} & M_g = 126,4 \text{ kNm} \\ & d = 50 \text{ cm} \quad M_p = 99 \text{ kNm} \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} M_g \\ M_p \end{array}} \right\} \begin{array}{l} M_u = 1,6 \times 126,4 + 1,8 \times 99 \\ M_u = 380,44 \text{ kNm} \end{array}$$

$$M_B 45 \Rightarrow f_B = 2,775 \text{ kN/cm}^2$$

$$R_A 400/500 \Rightarrow \sigma_v = 40 \text{ kN/cm}^2$$

$$\text{ПРЕТПОСТАВЉАМ: } a_1 = 7 \text{ cm} \Rightarrow h = 50 - 7 = 43 \text{ cm}$$

$$k = \frac{h}{\sqrt{\frac{M_u}{b \times f_B}}} \Rightarrow k = \frac{43}{\sqrt{\frac{380,44 \times 100}{35 \times 2,775}}} \Rightarrow k = 2,173$$

ИЗ ТАБЛИЦА ЗА ДИМЕНЗИОНИСАЊЕ: $k = 2,172$

$$\epsilon_B / \epsilon_A = 3,5/8,2\% , \bar{\mu} = 24,217\%$$

$$A_a = \bar{\mu} \times \frac{b \times h}{100} \times \frac{f_B}{\sigma_v} \Rightarrow A_a = 24,217 \times \frac{35 \times 43}{100} \times \frac{2,775}{40}$$

$$\underline{A_a = 25,28 \text{ cm}^2}$$

УСВОЈЕНО: 7RØ22 (26,60 cm²)

$$a_1 = (5 \times 4,5 + 2 \times 10) / 7 = 6,07 \text{ cm} \Rightarrow h_{slv} = 50 - 6,07 = 43,93 \text{ cm} > 43 \text{ mm} = h$$

$$b) M_u = 1.6 \cdot 126.4 + 1.8 \cdot 99 = 380.44 \text{ kNm}$$

$$\left. \begin{array}{l} Z_g = -146.6 \text{ kN} \\ Z_p = -114.4 \text{ kN} \end{array} \right\} \Rightarrow Z_u = 1.6 \times (-146.6) - 1.8 \times 114.4 = -440.48 \text{ kN}$$

$$\text{ПРЕТПОСТАВЯНЕНО: } a_1 = 7 \text{ cm} \Rightarrow l = 50 - 7 = 43 \text{ cm}$$

$$M_{au} = M_u + Z_u \times \left(\frac{d}{2} - a_1 \right) \Rightarrow$$

$$M_{au} = 380.44 - 440.48 \times \left(\frac{50}{2} - 7 \right) / 100 \Rightarrow M_{au} = 301.16 \text{ kNm}$$

$$k = \frac{l}{\sqrt{M_{au} / (b \times f_b)}} \Rightarrow k = \frac{43}{\sqrt{\frac{301.16 \times 100}{35 \times 2.775}}} \Rightarrow k = 2.442$$

$$\text{ИЗ ТАБЛИЦА ЗА ДИМЕНЗИОНИРАНЕ: } k = 2.441$$

$$E_b/E_a = 3.1/10\%, \bar{\mu} = 18.575\%$$

$$A_a = \bar{\mu} \times \frac{b \times h}{100} \times \frac{f_b}{\sigma_v} - \frac{Z_u}{\sigma_v}$$

$$A_a = 18.575 \times \frac{35 \times 43}{100} \times \frac{2.775}{40} + \frac{440.48}{40} \Rightarrow \underline{A_a = 30.41 \text{ cm}^2}$$

$$\text{УСВОЯНО: } 9R\phi 22 (34.20 \text{ cm}^2)$$

$$a_1 = \frac{5 \times 4.5 + 4 \times 10}{9} = 6.94 \text{ cm} \Rightarrow h_{stv} = 50 - 6.94 = 43.06 > 43 \text{ cm} = l^{FF}$$

$$b) M_u = 380.44 \text{ kNm}$$

$$\left. \begin{array}{l} N_g = 195.5 \text{ kN} \\ N_p = 152.6 \text{ kN} \end{array} \right\} \Rightarrow N_u = 1.6 \times 195.5 + 1.8 \times 152.6 = 587.48 \text{ kN}$$

$$\text{ПРЕТПОСТАВЯНЕНО: } a_1 = 7 \text{ cm} \Rightarrow l = 50 - 7 = 43 \text{ cm}$$

$$M_{au} = M_u + N_u \times \left(\frac{d}{2} - a_1 \right) \Rightarrow$$

$$M_{au} = 380.44 + 587.48 \times \left(\frac{50}{2} - 7 \right) / 100 \Rightarrow M_{au} = 486.19 \text{ kNm}$$

$$k = \frac{l}{\sqrt{\frac{M_{au}}{b \times f_b}}} \Rightarrow k = \frac{43}{\sqrt{\frac{486.19 \times 100}{35 \times 2.775}}} \Rightarrow k = 1.922$$

$$\underline{5.} \quad b = 40 \text{ cm}$$

$$d = 75 \text{ cm}$$

$$MB25 \rightarrow f_B = 11725 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$RA400/500 \rightarrow \sigma_v = 40 \text{ kN/cm}^2$$

МОМЕНТИ САЗИЈАЊА АЛТЕРНАТИВНИ \rightarrow СИМЕТРИЧНО АРМИРАЊЕ

$$\text{ПРЕТПОСТАВИМО } a_1 = 71.5 \text{ cm}$$

$$\hookrightarrow \frac{a_1}{d} = \frac{71.5}{75} = 0.95$$

ЗА ДИМЕНЗИОНИСАЊЕ КОРИСТИМ ДИЈАГРАМ БР. 115, ЗА СИМЕТРИЧНО АРМИРАНЕ ПРЕСЕКЕ (RA 400/500, $a/d = 0.100$)

КОМБИНАЦИЈА УТИЦАЈА a :

$$\underline{\text{ПП}} \quad \varepsilon_{a1} > 3\% \text{ (затезање)} : \gamma_{u,g} = 1.6 ; \gamma_{u,p} = 1.8$$

$$M_u = 1.8 \times 482.6 = 868.68 \text{ kNm}$$

$$N_u = 1.6 \times 774.4 = 1239.04 \text{ kN}$$

$$m_u = \frac{M_u}{b \cdot d^2 \cdot f_B} = \frac{868.68 \times 100}{40 \times 75^2 \times 11725} = 0.224$$

$$n_u = \frac{N_u}{b \times d \times f_B} = \frac{1239.04}{40 \times 75 \times 11725} = 0.239$$

$$\bar{\mu} = 0.332$$

\rightarrow ТАЧКА СО НАЈБОЉЕ ε_a ЗОНИРА $3\% < \varepsilon_a < 10\%$. Препорука о коефицијентима сигурности је добра

\rightarrow Сигурност N_u повисава се $\bar{\mu} \rightarrow$ Потребно је проверити N_u са $\bar{\mu} = 0.40$ (табела 11.1)

$$N_u' = 1.0 \times N_u = 774.4 \text{ kN}$$

$$\bar{\mu}' = 0.150$$

$$m_u' = \frac{N_u'}{b \times d \times f_B} = \frac{774.4}{40 \times 75 \times 11725} = 0.0014$$

$$\hookrightarrow \text{ОЧИТАВАМ: } \bar{\mu} = 0.40$$

$$A_a = \frac{\dots}{b \cdot d} \Rightarrow A_a = \frac{\dots}{40}$$

$$A_a = 51,75 \text{ cm}^2$$

КОМБИНАЦИЈА УТИЦАЈА Б1

ПП: $\varepsilon_{a1} < 0\%$ (притисак): $\gamma_{u,g} = 1,90$ $\gamma_{u,p} = 2,10$

$$M_u = 2,10 \times M_p = 2,10 \times 384,1 = 806,61 \text{ kNm}$$

$$N_u = 1,90 \times N_g = 1,90 \times 2124,8 = 4037,12 \text{ kN}$$

$$m_u = \frac{M_u}{b \times d^2 \times f_b} = \frac{806,61 \times 100}{40 \times 75^2 \times 1,125} = 0,208$$

$$n_u = \frac{N_u}{b \times d \times f_b} = \frac{4037,12}{40 \times 75 \times 1,725} = 0,780$$

СА ДИЈАГРАМА ИНТЕРАКЦИЈЕ ОПТАВАМ:

$$\bar{\mu} = 0,390$$

$0 < \varepsilon_a < 1,5\%$ \rightarrow лоша претпоставка
коэффициента сигурности

$$\varepsilon_{a1} \approx 0,5\%$$

коригујемо коефицијенте сигурности:

$$\gamma_{u,g}^* = 1,9 - \frac{1,9 - 1,6}{3 - 0} \times 0,5 = 1,85$$

$$\gamma_{u,p}^* = 2,1 - \frac{2,1 - 1,8}{3 - 0} \times 0,5 = 2,05$$

\Rightarrow ПОНАЈБОЉИ ПРОФИЛИ:

$$M_u = 2,05 \times M_p = 2,05 \times 384,1 = 787,405 \text{ kNm}$$

$$N_u = 1,85 \times N_g = 1,85 \times 2124,8 = 3930,88 \text{ kN}$$

$$m_u = \frac{M_u}{b \times d \times f_b} = \frac{787,405}{40 \times 45 \times 1,725} = 0,760$$

$$m_u = \frac{M_u}{b \times d^2 \times f_b} = \frac{787,405 \times 100}{40 \times 45^2 \times 1,725} = 0,203$$

⇒ ОЧИТАВАМ: $\bar{\mu} = 0,362$

КОМБИНАЦИЈА УТИЦАЈА С:

□□ $\Sigma a < 0\%$. (притисак): $\gamma_{u,g} = 1,90$ $\gamma_{u,p} = 2,10$

$$M_u = 2,10 \times M_p = 2,10 \times 139,4 = 292,74 \text{ kNm}$$

$$N_u = 1,90 \times N_g = 1,90 \times 2631,8 = 5114,42 \text{ kN}$$

$$m_u = \frac{M_u}{b \times d^2 \times f_b} = \frac{292,74 \times 100}{40 \times 75^2 \times 1,725} = 0,075$$

$$n_u = \frac{N_u}{b \times d \times f_b} = \frac{5114,42}{40 \times 75 \times 1,725} = 0,988$$

СА ДИЈАГРАМА ИНТЕРАКЦИЈЕ $\bar{\mu} = 0,190$

→ $\Sigma a < 0\%$. (допр претпоставка профилу сита ср.)

⇒ УСЛАЈАМО МАКСИМАЛНИ ПРОЦЕНТ АРМИРАЊА:

$$\bar{\mu} = 0,40$$

(КОМБИНАЦИЈА УТИЦАЈА А)

$$\gamma_{u,g} = 1,00$$

$$N_g = 774,40 \text{ kN}$$

$$\gamma_{u,p} = 1,80$$

$$M_p = 1482,6 \text{ kN}$$

$$A_a = 51,75 \text{ cm}^2$$

$$\sqrt{\pm 25,88 \text{ cm}^2}$$

УСЛОВЕНО: 20R ϕ 19 (±10R ϕ 12)
(56,32cm²) (±28,4cm²)

$$A_s = \frac{5 \times 4,5 + 5 \times 10}{10} = 7,25 \text{ cm}^2$$

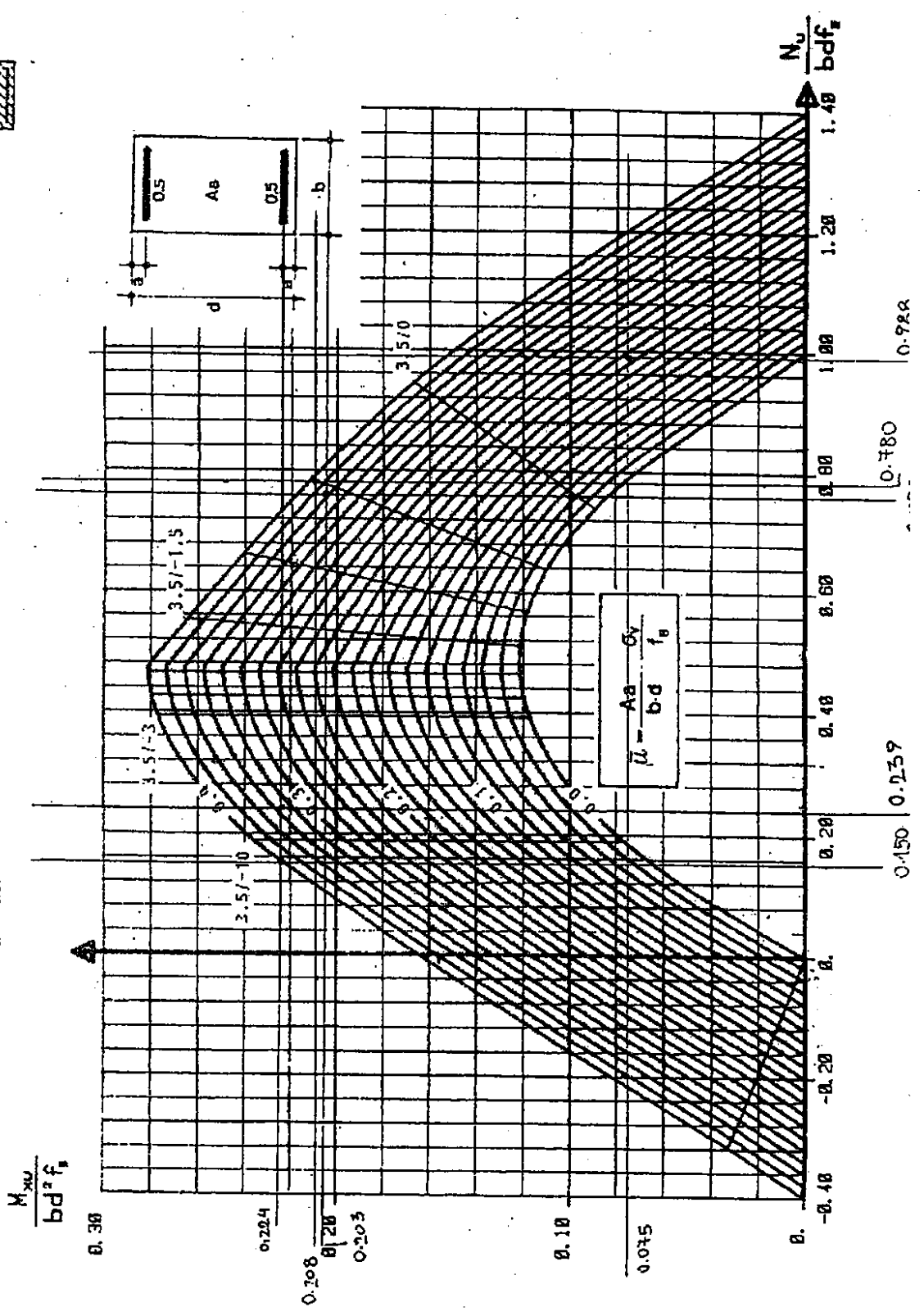
115. Di jagram za
dimenzionisanje M_{xy}, N_u

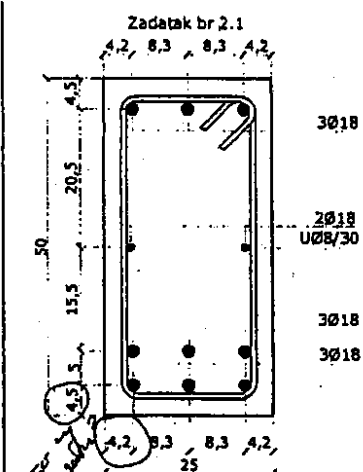
of - DAK

$b_v = 40.0 \text{ KN/cm}^2$
 $\bar{\mu}_{\text{max}} = 0.4$

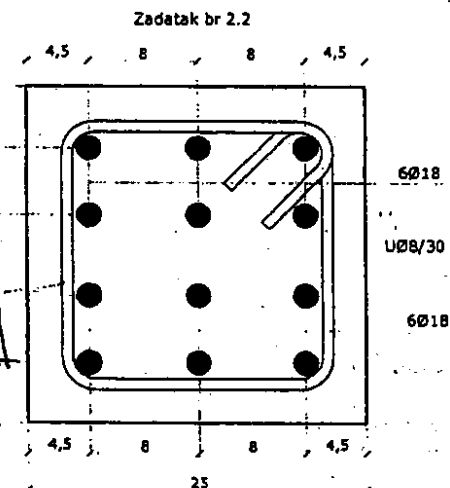
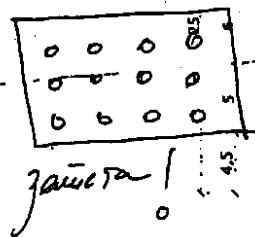
$\frac{m_y M_y/b}{m_x M_x/d} = 0.0$

$\frac{c}{d} = 0.100$

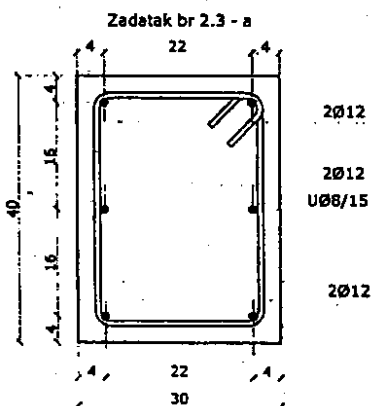




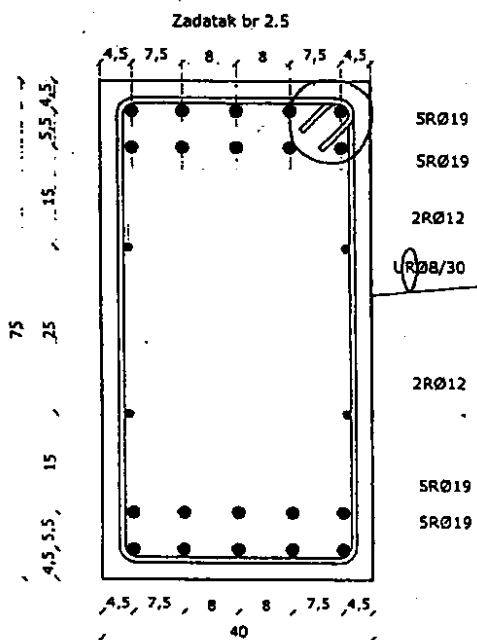
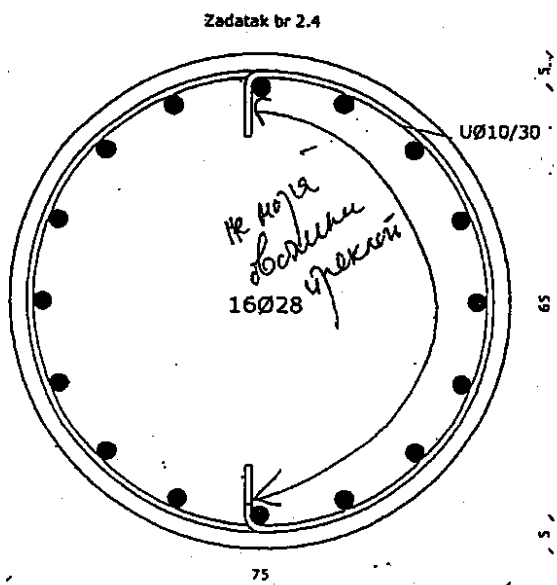
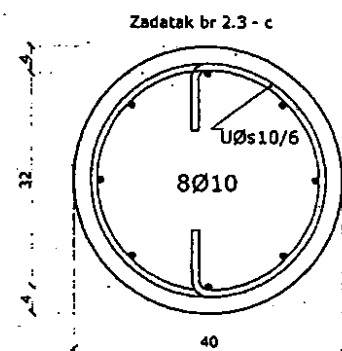
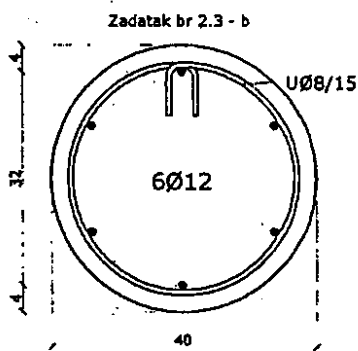
$Aa_1 = 6\text{Ø}18 \text{ (15.24 cm}^2\text{)}$
 $Aa_2 = 3\text{Ø}18 \text{ (7.62 cm}^2\text{)}$
 $a_1 = 7.0 \text{ cm}$
 $a_2 = 4.5 \text{ cm}$



$Aa = 12\text{Ø}18 \text{ (30.48 cm}^2\text{)}$
 $R = 1:5$



$Aa = 6\text{Ø}12 \text{ (6.78 cm}^2\text{)}$



$Aa_1 = 10\text{RØ}19 \text{ (28.40 cm}^2\text{)}$
 $Aa_2 = 10\text{RØ}19 \text{ (28.40 cm}^2\text{)}$
 $a_1 = 7.25 \text{ cm}$
 $a_2 = 7.25 \text{ cm}$

ZADATAK 1

15/15

1. Odrediti visinu i potrebnu površinu armature za presek pravougaonog oblika, opterećen momentima savijanja M_g i M_p usled stalnog, odnosno povremenog opterećenja.

$$b = 35 \text{ cm}$$

$$M_g = 108,4 \text{ kNm}$$

$$M_p = 63,3 \text{ kNm}$$

2. Odrediti potrebnu površinu armature za presek pravougaonog oblika poznatih dimenzija, opterećen momentima savijanja M_g i M_p . Odrediti potrebnu površinu armature za slučajeve da je isti presek, pored zadatih momenata savijanja, opterećen i silama zatezanja, odnosno pritiska.

$$b = 35 \text{ cm}$$

$$M_g = 126,4 \text{ kNm}$$

$$Z_g = -146,6 \text{ kN}$$

$$N_g = 195,5 \text{ kN}$$

$$d = 50 \text{ cm}$$

$$M_p = 99 \text{ kNm}$$

$$Z_p = -114,4 \text{ kN}$$

$$N_p = 152,6 \text{ kN}$$

3. Odrediti potrebnu površinu armature za pravougaoni presek poznatih dimenzija, opterećen zadatim momentima savijanja i silama pritiska.

$$b = 35 \text{ cm}$$

$$M_g = 202,3 \text{ kNm}$$

$$N_g = 450,1 \text{ kN}$$

$$d = 50 \text{ cm}$$

$$M_p = 157,9 \text{ kNm}$$

$$N_p = 351,2 \text{ kN}$$

4. Odrediti potrebnu površinu armature za T presek poznatih dimenzija, opterećen graničnim momentom savijanja M_u .

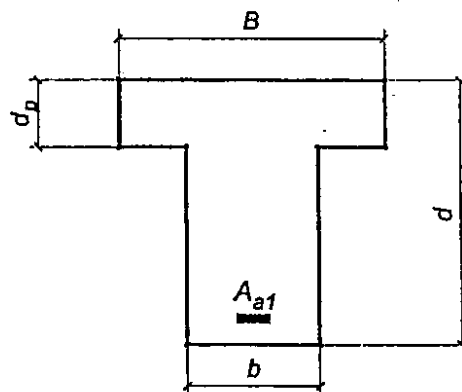
$$b = 35 \text{ cm}$$

$$B = 180 \text{ cm}$$

$$d = 50 \text{ cm}$$

$$d_p = 10 \text{ cm}$$

$$M_u = 380,44 \text{ kNm}$$



za sve zadatke: MB 45 RA 400/500

Sve proračunate poprečne preseke nacrtati u razmeri 1:10.

u Beogradu, 06/11/2007.

Predmetni nastavnik:

overa: _____

Prof. dr Mihajlo Đurđević, dipl.građ.inž., s.r.

ЗАДАТАК 1

1. $b = 35 \text{ cm}$; MB45; RA 400/500

$$\left. \begin{array}{l} M_g = 108,4 \text{ kNm} \\ M_p = 63,3 \text{ kNm} \end{array} \right\} = M_u = 1,6 \cdot M_g + 1,8 \cdot M_p$$
$$M_u = 1,6 \cdot 108,4 + 1,8 \cdot 63,3 = 287,38 \text{ kNm}$$

а) ЛОМ ПО БЕТОНУ *о.к. али ту је дана размишљање...*

УСВОЈЕНО: $\varepsilon_b / \varepsilon_a = 3,5\% / 15\% \Rightarrow k = 1,903$, $\bar{\mu} = 33,333\%$

MB45 $\Rightarrow f_b = 2,775 \text{ kN/cm}^2$

RA 400/500 $\Rightarrow \sigma_v = 40 \text{ kN/cm}^2$

$$h = k \cdot \sqrt{\frac{M_u}{b \cdot f_b}} \Rightarrow h = 1,903 \cdot \sqrt{\frac{287,38 \cdot 100}{35 \cdot 2,775}} = 32,7 \text{ cm}$$

$$A_a = \bar{\mu} \times \frac{b \cdot h}{100} \times \frac{f_b}{\sigma_v} \Rightarrow A_a = 33,333 \times \frac{35 \times 32,7}{100} \times \frac{2,775}{40}$$

$$A_a = 26,47 \text{ cm}^2$$

УСВОЈЕНО: 6R ϕ 25 (29,46 cm²)

$$\left. \begin{array}{l} a' = 4,5 \text{ cm} \\ a'' = 10 \text{ cm} \end{array} \right\} \Rightarrow a_1 = \frac{4 \times 4,5 + 2 \times 10}{6} = 6,33 \text{ cm} \Rightarrow d = h + a_1$$

$$d = 32,7 + 6,33 = 39,03 \Rightarrow \text{УСВОЈЕНО } d = 40 \text{ cm}$$

б) СИМУЛТАНИ ЛОМ

$$\varepsilon_b / \varepsilon_a = 3,5 / 10\% \Rightarrow k = 2,311$$
, $\bar{\mu} = 20,988\%$ ← УСВОЈЕНО

$$h = k \cdot \sqrt{\frac{M_u}{b \cdot f_b}} \Rightarrow h = 2,311 \cdot \sqrt{\frac{287,38 \cdot 100}{35 \cdot 2,775}} = 39,75 \text{ cm}$$

$$A_a = \bar{\mu} \cdot \frac{b \cdot h}{100} \cdot \frac{f_b}{\sigma_v} \Rightarrow A_a = 20,988 \cdot \frac{35 \times 39,75}{100} \cdot \frac{2,775}{40}$$

$$A_a = 20,26 \text{ cm}^2$$

УСВОЈЕНО: 6R ϕ 22 (22,16 cm²)

$$a_1 = (4 \times 4,5 + 2 \times 10) / 6 = 6,33 \Rightarrow d = 39,75 + 6,33 = 46,08 \text{ cm} \Rightarrow d = 50 \text{ cm}$$

све је од ове вредности, али је сваког појединачног појединачног

УСВОЈЕНО
 $d = 50 \text{ cm}$

ИЗ ТАБЛИЦА ЗА ДИМЕНЗИОНИСАЊЕ: $k = 1,920$

$$\varepsilon_b / \varepsilon_a = 3,5 / 5,2\% , \bar{\mu} = 32,567\%$$

$$A_a = \bar{\mu} \times \frac{b \times l}{100} \times \frac{f_b}{\bar{\sigma}_v} - \frac{N_u}{\bar{\sigma}_v}$$

$$A_a = 32,567 \times \frac{35 \times 43}{100} \times \frac{21,775}{40} - \frac{587,48}{40} = 19,32 \text{ cm}^2$$

УСВОЈЕНО: 6RΦ22 (22,80 cm²)

$$a_1 = \frac{4 \times 4,5 + 2 \times 10}{6} = 6,33 \text{ cm} \Rightarrow k_{sv} = 50 - 6,33 = 43,67 \text{ cm} > 43 \text{ cm} = k^{pp}$$

3. $b = 35 \text{ cm}$ MB45 $\rightarrow f_b = 2,775 \text{ kN/cm}^2$

$d = 50 \text{ cm}$ RA 400/500 $\Rightarrow \bar{\sigma}_v = 40 \text{ kN/cm}^2$

$$\left. \begin{array}{l} M_g = 202,3 \text{ kNm} \\ M_p = 157,9 \text{ kNm} \end{array} \right\} \Rightarrow M_u = 1,6 \cdot 202,3 + 1,8 \cdot 157,9 = 607,9 \text{ kNm}$$

$$\left. \begin{array}{l} N_g = 450,1 \text{ kN} \\ N_p = 351,2 \text{ kN} \end{array} \right\} \Rightarrow N_u = 1,6 \cdot 450,1 + 1,8 \cdot 351,2 = 1352,32 \text{ kN}$$

ПРЕТПОСТАВЉЕНО: $a_1 = 7 \text{ cm} \Rightarrow k = 50 - 7 = 43 \text{ cm}$

$$M_{au} = M_u + N_u \times \left(\frac{d}{2} - a_1 \right) \Rightarrow$$

$$M_{au} = 607,9 + 1352,32 \times \left(\frac{50}{2} - 7 \right) / 100 \Rightarrow M_{au} = 851,32 \text{ kNm}$$

$$k = \frac{l}{\sqrt{\frac{M_{au}}{b \times f_b}}} \Rightarrow k = \frac{43}{\sqrt{\frac{851,32 \times 100}{35 \times 21,775}}} = 1,452$$

ИЗ ТАБЛИЦА ЗА ДИМЕНЗИОНИСАЊЕ: $k = 1,451$

$\varepsilon_a = -0,05\% \rightarrow$ пресека се двоструко армира ∇

$$\varepsilon_a = 3\% \Rightarrow k^* = 1,719, \bar{\mu} = 43,530\%$$

$$M_{bu} = \left(\frac{l}{k^*} \right)^2 \times b \times f_b \Rightarrow M_{bu} = \left(\frac{43}{1,719} \right)^2 \times 35 \times 2,775 \Rightarrow M_{bu} = 607,74 \text{ kNm}$$

$$\Delta M_u = M_{u1} - M_{u2} \Rightarrow \Delta M_u = 851,32 - 607,74 = 243,58 \text{ kNm}$$

ПРЕТПОСТАВЉЕНО: $a_2 = 5 \text{ cm}$

$$A_{a2} = \frac{\Delta M_u}{(h - a_2) \cdot \bar{\sigma}_v} \Rightarrow A_{a2} = \frac{243,58 \times 100}{(43 - 5) \times 40} \Rightarrow A_{a2} = 16,02 \text{ cm}^2$$

$$\underline{4R\phi 25 (19,64 \text{ cm}^2)}$$

испољено

$$A_{a1} = \bar{\mu} \times \frac{b \times h}{100} \times \frac{f_b}{\bar{\sigma}_v} + A_{a2} - \frac{N_u}{\bar{\sigma}_v}$$

$$A_{a1} = 43,590 \times \frac{35 \times 43}{100} \times \frac{2,775}{40} + 16,02 - \frac{1352,32}{40} \Rightarrow A_{a1} = 27,72 \text{ cm}^2$$

$$\underline{6R\phi 25 (29,48 \text{ cm}^2)}$$

испољено

$$a_1 = \frac{4 \times 4,5 + 2 \times 10}{6} = 6,33 \text{ cm} \Rightarrow h_{stv} = 50 - 6,33 = 43,67 > 43 \text{ cm} = h^{pp}$$

4. $b = 35 \text{ cm}$

$$M_u = 380,44 \text{ kNm}$$

$$B = 180 \text{ cm}$$

$$d = 50 \text{ cm}$$

$$d_p = 10 \text{ cm}$$

$$MB45 \rightarrow f_b = 2,775 \text{ kN/cm}^2 \cdot 0,9$$

$$RA 400/500 \Rightarrow \bar{\sigma}_v = 40 \text{ kN/cm}^2$$

ПРЕТПОСТАВЉЕНО: $a_1 = 7 \text{ cm} \Rightarrow h = 50 - 7 = 43 \text{ cm}$

$$\bar{\sigma}_{vp} = \frac{M_u}{B \times d_p \times (h - \frac{d_p}{2})} \Rightarrow \bar{\sigma}_{vp} = \frac{380,44 \times 100}{180 \times 10 \times (43 - 5)}$$

$$\bar{\sigma}_{vp} = 0,556 \text{ kN/cm}^2$$

$$\epsilon_{vp} = 2 \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{\bar{\sigma}_{vp}}{f_b}} \right) \Rightarrow \epsilon_{vp} = 2 \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{0,556}{2,775 \cdot 0,9}} \right)$$

$$\epsilon_{vp} = 0,237\% ; \epsilon_A = 10\%$$

Касно је за претпоставку, али ради не одлучују...
ПРЕТПОСТАВЉАМ ДА ЈЕ НЕУТРАЛНА ЛИНИЈА У ПЛОЧИ

$$x_0 = \frac{\epsilon_{vp}}{\epsilon_{vp} + \epsilon_A} \times \left[h - \left(\frac{d_p}{2} \right) \right] \Rightarrow x_0 = \frac{0,237}{10,237} \times (43 - 5)$$

$$x_0 = 0,88 \text{ cm} < 5 \text{ cm} = \frac{d_p}{2}$$

* ДОБРА ПРЕТПОСТАВКА

ПРЕСЕК СЕ ДИМЕНЗИОНИШЕ КАО ПРАВОУГАОНИ ШИРИНЕ B

$$k = \frac{R}{\sqrt{\frac{M_u}{B \times f_b \times 0.9}}} \Rightarrow k = \frac{43}{\sqrt{\frac{380,44 \times 100}{180 \times 2,775 \times 0.9}}} \Rightarrow k = 4,674$$

ИЗ ТАБЛИЦА ЗА ДИМЕНЗИОНИСАЊЕ: $k = 4,653$

$$\epsilon_b / \epsilon_a = 1,15 / 10\% , \bar{\mu} = 4,794\%$$

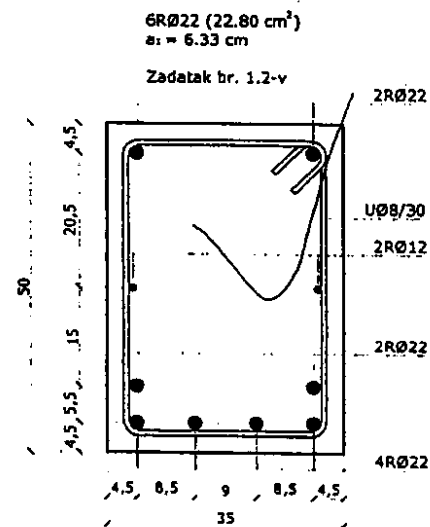
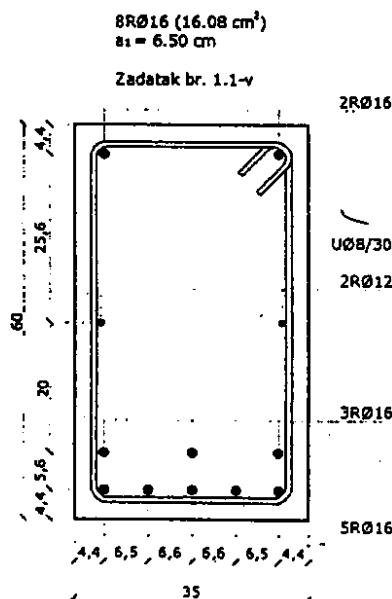
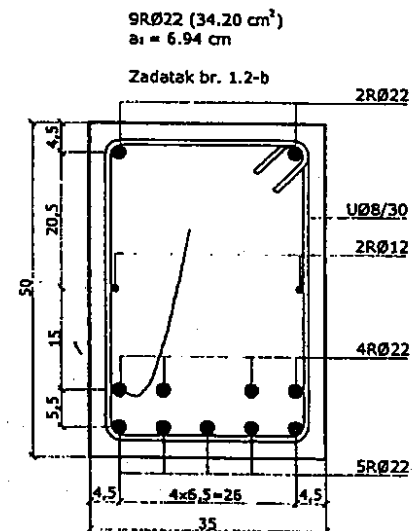
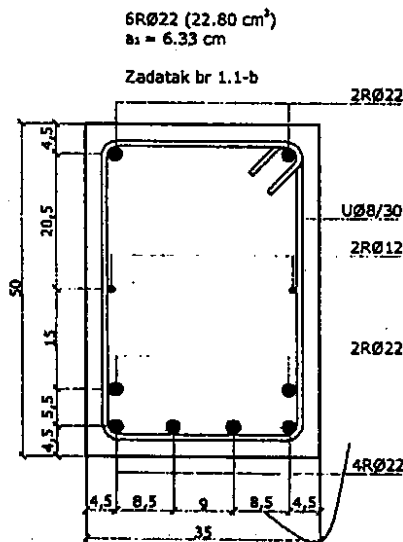
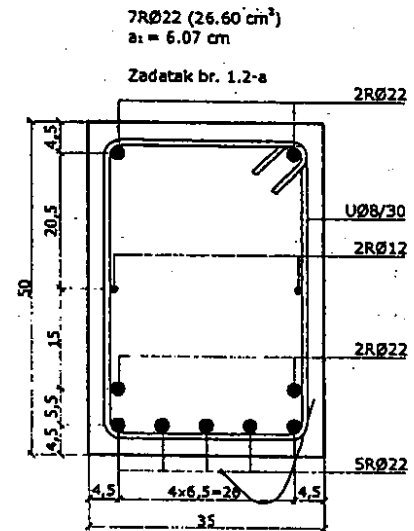
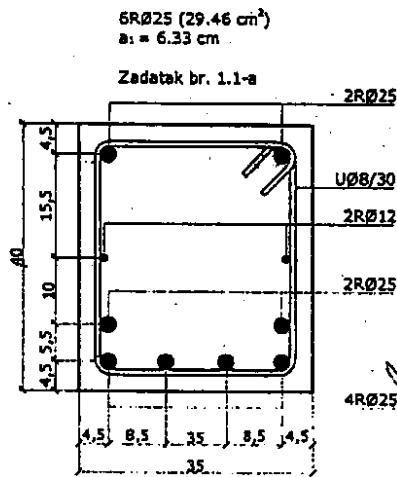
$$A_a = \bar{\mu} \times \frac{B \times R}{100} \times \frac{f_b}{\gamma_v} \Rightarrow A_a = 4,794 \times \frac{180 \times 43}{100} \times \frac{2,775 \times 0,9}{40}$$

$$\underline{A_a = 23,17 \text{ cm}^2}$$

УСВОЈЕНО: 7R Φ 22 (26,60 cm²)

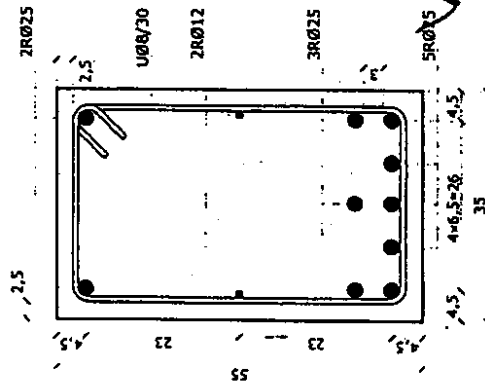
$$a_1 = \frac{5 \times 4,5 + 2 \times 10}{7} = 6,07 \text{ cm} \Rightarrow h_{stv} = 50 - 6,07 = 43,93 \text{ cm}$$

$$h_{stv} > 43 \text{ cm} = h_{пред.}$$



Rešenje br. 1

8Ø25 (39.28cm²)



$$\varnothing_{\text{efv}} = 25 \text{ mm}$$

$$a' = 4.5 \text{ cm}$$

$$a'' = 4.5 + 3 + \varnothing_{\text{efv}} = 10 \text{ cm}$$

$$a_1 = \frac{(a' \times 5 \times 4.91 + a'' \times 3 \times 4.91)}{39.28}$$

$$a_1 = 6.56 \text{ cm}$$

$$\Delta L_{\text{sw}} = 8 \text{ cm}$$

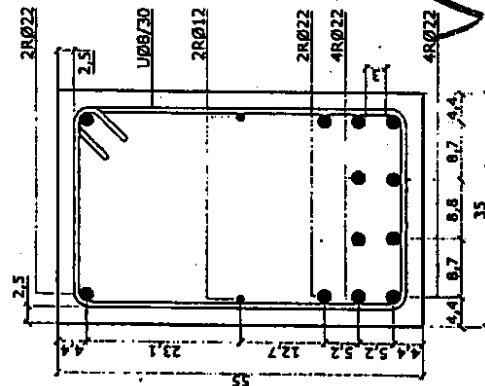
$$L_w = 2 \times a_w + 2 \times b_w + 16 \text{ cm} - 6 \varnothing_w$$

$$= 2 \times (30 + 50) + 16 - 4.8$$

$$L_w = 171.2 \text{ cm}$$

Rešenje br. 2

10Ø22 (38.00cm²)



$$\varnothing_{\text{efv}} = 22 \text{ mm}$$

$$a' = 4.4 \text{ cm}$$

$$a'' = 4.4 + 3 + \varnothing_{\text{efv}} = 9.6 \text{ cm}$$

$$a''' = a'' + 5.2 = 14.8 \text{ cm}$$

$$a_1 = \frac{(a' \times 4 \times 3.80 + a'' \times 4 \times 3.80 + a''' \times 2 \times 3.80)}{38.00}$$

$$a_1 = 8.56 \text{ cm}$$

$$\Delta L_{\text{sw}} = 8 \text{ cm}$$

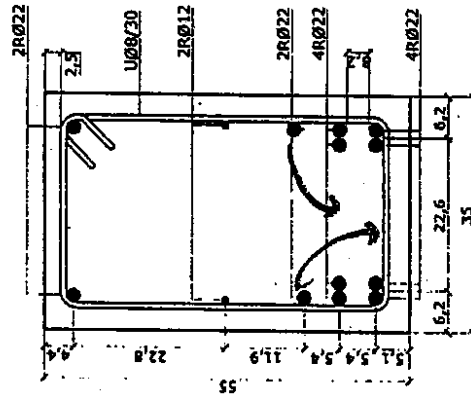
$$L_w = 2 \times a_w + 2 \times b_w + 16 \text{ cm} - 6 \varnothing_w$$

$$= 2 \times (30 + 50) + 16 - 4.8$$

$$L_w = 171.2 \text{ cm}$$

Rešenje br. 3

10Ø22 (38.00cm²)



$$\varnothing_{\text{efv}} = 32 \text{ mm}$$

$$a' = 5.1 \text{ cm}$$

$$a'' = 5.1 + 5.4 = 10.5 \text{ cm}$$

$$a''' = 10.5 + 5.4 = 15.9 \text{ cm}$$

$$a_1 = \frac{(a' \times 4 \times 3.80 + a'' \times 4 \times 3.80 + a''' \times 2 \times 3.80)}{38.00}$$

$$a_1 = 9.42 \text{ cm}$$

$$\Delta L_{\text{sw}} = 8 \text{ cm}$$

$$L_w = 2 \times a_w + 2 \times b_w + 16 \text{ cm} - 6 \varnothing_w$$

$$= 2 \times (28.6 + 49.3) + 16 - 4.8$$

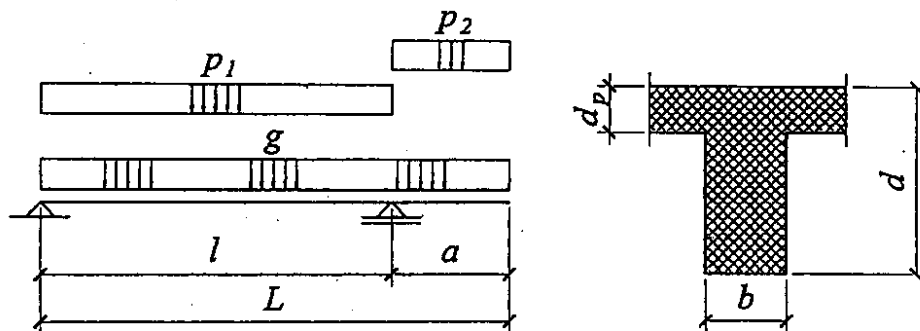
$$L_w = 167 \text{ cm}$$

9.0/10

GODIŠNJI ZADATAK

Za nosač čiji su statički sistem i opterećenje prikazani na donjoj skici, potrebno je:

- ⊖ nacrtati dijagrame presečnih sila usled stalnog opterećenja g i povremenih opterećenja p_1 i p_2 (opterećenja p_1 i p_2 ne moraju delovati istovremeno);
- ⊖ dimenzionisati nosač prema merodavnim uticajima. Nacrtati u razmeri 1:10 sve usvojene poprečne preseke sa svim neophodnim kotama i oznakama;
- ⊖ za usvojeni raspored armature u preseku u polju sračunati moment nosivosti preseka;
- za usvojeni raspored armature u dimenzionisanim presecima (polje, oslonac), sračunati napone u betonu i armaturi ($t=0$). Za presek nad osloncem sračunati srednje rastojanje i karakterističnu širinu prslina;
- ⊖ nacrtati plan armature nosača (podužni presek u razmeri 1:25, poprečni preseki 1:10) i uraditi specifikaciju i rekapitulaciju armature.



Podaci za proračun:

$L = 8 \text{ m}$	$g = 20 \text{ kN/m}$	$b = 25 \text{ cm}$	MB 40
$l = 5.5 \text{ m}$	$p_1 = 25 \text{ kN/m}$	$d = 50 \text{ cm}$	RA 400/500
$a = 2.5 \text{ m}$	$p_2 = 40 \text{ kN/m}$	$d_p = 14 \text{ cm}$	slabo agresivna sredina

U stalno opterećenje g je uračunata i sopstvena težina nosača. Sva dimenzionisanja sprovesti po teoriji granične nosivosti. Eventualno nedostajuće podatke usvojiti prema PBAB-87.

u Beogradu, 29/10/2007.

asistent: Ignjatović

overa:

Predmetni nastavnik:

Prof. dr Mihajlo Đurđević, dipl. građ. inž., s.r.

СТАТИЧКИ УТИЦАЈИ

АСТАНО ОПТЕРЕЊЕ q

$$\sum M_A = 0: 20 \cdot 8 \cdot 4 - 5,5 B_G = 0$$

$$B_G = 116,4 \text{ kN}$$

$$\sum Y = 0: A_G + B_G - 20 \cdot 8$$

$$A_G = 43,6 \text{ kN}$$

ПОЛОЖАЈ МАКСИМАЛНОГ M_G :

$$T_G = 0: 43,6 - 20 \cdot x = 0$$

$$x = 2,18 \text{ m}$$

$$\max M_G = 43,6 \cdot 2,18 - 20 \cdot 2,18^2 / 2$$

$$\max M_G = 47,5 \text{ kNm (у пољу)}$$

$$f_1 = 20 \cdot 5,5^2 / 8 = 75,625$$

$$f_2 = 20 \cdot 2,5^2 / 8 = 15,625$$

Б ПОРЕМЕНО ОПТЕРЕЊЕ P_1

$$\sum M_A = 0: 25 \cdot 5,5^2 / 2 - B_{P1} \cdot 5,5 = 0$$

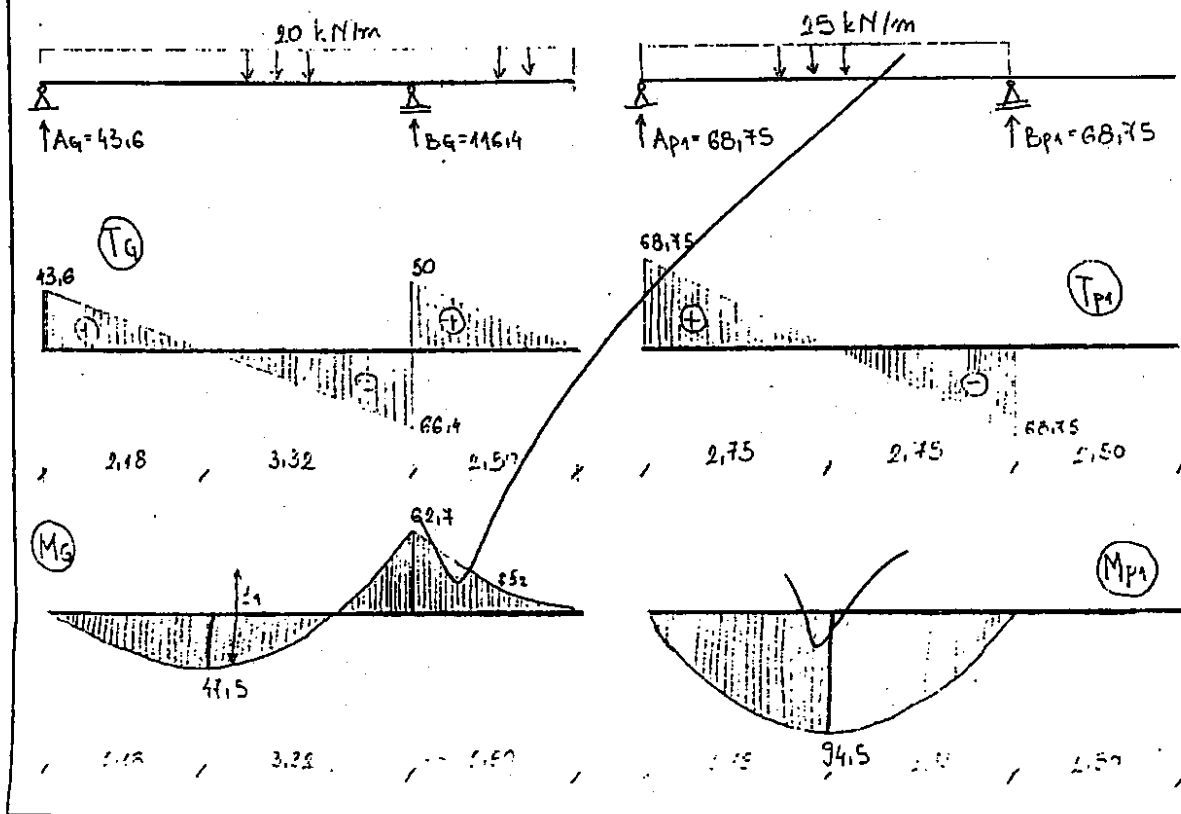
$$B_{P1} = 68,75 \text{ kN}$$

$$\sum Y = 0: A_{P1} + B_{P1} = 25 \cdot 5,5$$

$$A_{P1} = 68,75 \text{ kN}$$

$$\max M_{P1} = 25 \cdot 5,5^2 / 8$$

$$\max M_{P1} = 94,5 \text{ kNm}$$



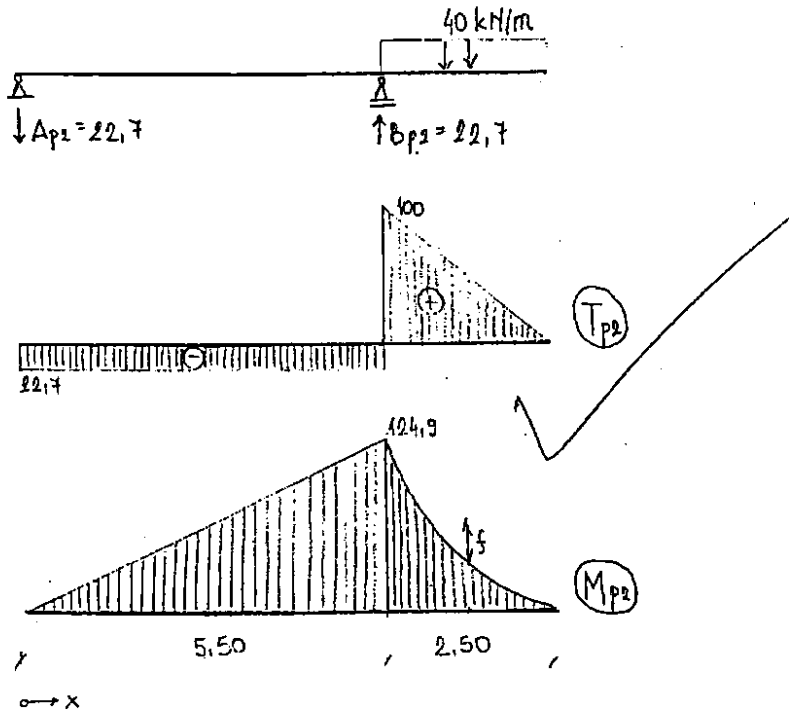
В) ПОБРЕМЕННО ОПТЕРЕЖЕЊЕ p_2

$$\sum M_A = 0: 40 \cdot 2,5 \cdot (5,5 + 2,5/2) - B_{p2} \cdot 5,5 = 0$$

$$B_{p2} = 122,7 \text{ kN}$$

$$\sum Y = 0: B_{p2} - A_{p2} = 40 \cdot 2,5 \Rightarrow A_{p2} = 22,7 \text{ kN}$$

$$f = 40 \cdot 2,5^2 / 8 = 31,25$$



Г) МАКСИМАЛНИ МОМЕНТ M_u У ПОБУ

Максимални момент савијања M_u , меродаван за димензионирање, је у пресеку у коме је за одговарајућу комбинацију утицаја $T_u = 0$. Са дијаграма се види да је меродавна комбинација утицаја $g + p_1$, па је:

$$T_u = 1.6 \cdot T_g + 1.8 \cdot T_{p1} \Rightarrow T_u = 1.6 \cdot (43,6 - 20 \cdot x) + 1.8 \cdot (68,75 - 25 \cdot x)$$

$$T_u(x) = 193,51 - 77x \Rightarrow T_u = 0 \Rightarrow x = 193,51 / 77 \Rightarrow X = 2,51 \text{ m}$$

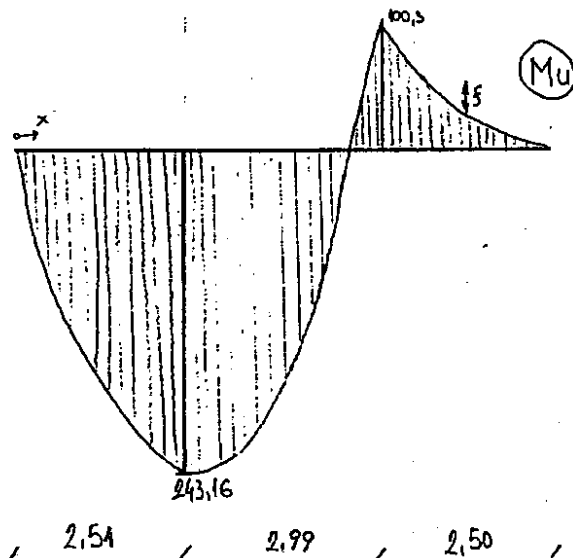
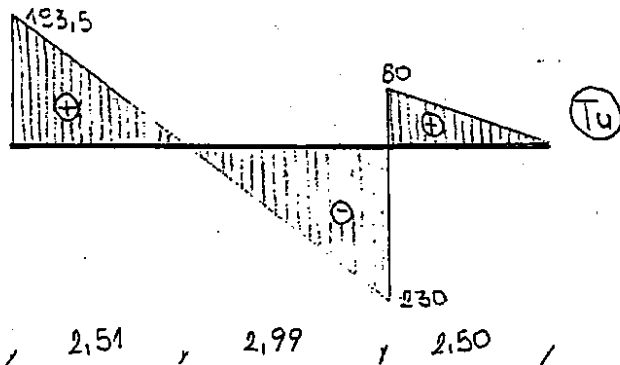
$$M_u = 1.6 \cdot M_g + 1.8 \cdot M_{p1} \Rightarrow$$

$$M_u = 1.6 \cdot (43,6 \cdot x - 20 \cdot x^2 / 2) + 1.8 \cdot (68,75 \cdot x - 25 \cdot x^2 / 2)$$

$$M_u = 193,51x - 38,5x^2 \Rightarrow 3A \quad x = 2,51 \Rightarrow \underline{M_u = 243,16 \text{ kNm}}$$

$$\bar{f} = 1,6 \cdot \bar{f}_2 = 1,6 \cdot 15,625$$

$$\underline{\bar{f} = 25}$$



У ПОЛУ ЈЕ ПРИТИСНУТА ГОРЊА ИВИЦА НОСАЧА

А) МАКСИМАЛНИ МОМЕНТ M_u НА ОСЛОНЦУ

СА ДИЈАГРАМА M_g , M_{p1} И M_{p2} ЛАКО ЈЕ ЗАКЉУЧИТИ ДА ЋЕ СЕ МАКСИМАЛНИ МОМЕНТ САВИЈАЊА M_u , ПЕРОДАВАН ЗА ДИМЕНЗИОНИСАЊЕ, ДОБИТИ ПРИ КОМБИНАЦИЈИ УТИЦАЈА $g + p_2$

$$\underline{M_u = 1,6 \cdot M_g + 1,8 \cdot M_{p2} \rightarrow M_u = 1,6 \cdot 82,7 + 1,8 \cdot 124,9}$$

$$\underline{M_u = 325,14 \text{ kNm}}$$

НА ОСЛОНЦУ ЈЕ ПРИТИСНУТА ДОЊА ИВИЦА НОСАЧА.

НАКОН УТВРЂИВАЊА ПЕРОДАВНИХ УТИЦАЈА, ПРЕЛАЗИМ НА ДИМЕНЗИОНИСАЊЕ ПОПРЕЧНИХ ПРЕСЕКА ПОДРЕ, ОСЛОНЦА

ДИМЕНЗИОНИСАЊЕ ПРЕМА МОМЕНТИМА САВИЈАЊА

A) ПРЕСЕК У ПОЛУ

$$M_u = 243,16 \text{ kNm}$$

$$b = 25 \text{ cm} ; d_p = 14 \text{ cm} ; \text{MB40} \Rightarrow f_b = 2,55 \text{ kN/cm}^2$$

$$d = 50 \text{ cm} ; \text{RA 400/500} \Rightarrow \sigma_v = 400 \text{ MPa} = 40 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$B = \min \begin{cases} b + 0,25 \cdot l_0 \\ b + 20 \cdot d_p \end{cases}$$

$$l_0 = ? \quad M_u(x) = 0 \Rightarrow 193,51x - 38,5x^2 = 0 \Rightarrow x(193,51 - 38,5x) = 0$$

$$x_1 = 0 \quad \wedge \quad x_2 = 5,03 \Rightarrow \underline{l_0 = 5,03 \text{ m}} \quad \checkmark$$

$$B = \min \begin{cases} 25 + 0,25 \cdot 5,03 = 150,75 \text{ cm} \\ 25 + 20 \cdot 14 = 305 \text{ cm} \end{cases} = 150,75 \text{ cm}$$

$$\underline{\text{УСВОЈЕНО } B = 150 \text{ cm}}$$

$$\text{ПРЕТПОСТАВЉЕНО : } a_1 = 5 \text{ cm} \Rightarrow h = 50 - 5 = 45 \text{ cm} \Rightarrow$$

$$\sigma_{bp} = \frac{M_u}{B \times d_p \times \left(h - \frac{d_p}{2}\right)} \Rightarrow$$

$$\sigma_{bp} = \frac{243,16 \cdot 10^3}{150 \cdot 14 \cdot \left(45 - \frac{14}{2}\right)} \Rightarrow \underline{\sigma_{bp} = 0,30 \text{ kN/cm}^2}$$

$$\Rightarrow \epsilon_{bp} = 2 \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{\sigma_{bp}}{f_b}}\right) \Rightarrow \epsilon_{bp} = 2 \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{0,30}{2,55}}\right)$$

$$\epsilon_{bp} = 0,121 \%$$

$$\epsilon_A = 10\% \Rightarrow x_0 = \frac{\epsilon_{bp}}{\epsilon_{bp} + \epsilon_A} \times \left(h - \frac{d_p}{2}\right) = \frac{0,121}{0,121 + 10} \times \left(45 - \frac{14}{2}\right)$$

$$\underline{x_0 = 0,45 \text{ cm} < d_p/2 = 7 \text{ cm}}$$

ПРЕСЕК СЕ ДИМЕНЗИОНИШЕ КАО ПРАЕОУГАОНИ ШИРИНЕ B

$$k = \frac{h}{\sqrt{\frac{M_u}{B \cdot f_b}}} = \frac{45}{\sqrt{\frac{243,16 \cdot 100}{150 \cdot 2,55}}} \Rightarrow k = 5,644 \Rightarrow \text{ИЗ ТАБЕЛЕ УЗИМАМ}$$

$$\underline{\text{ВРЕДНОСТИ ЗА } k = 5,578 \Rightarrow \mu = 3,312 \%}$$

ПОТРЕБНА ПОВРШИНА АРМАТУРЕ: $A_a = \bar{\mu} \times \frac{b \times h}{100} \times \frac{f_b}{\sigma_v}$

$$A_a = 3,312 \cdot \frac{150 \cdot 45}{100} \cdot \frac{2,55}{40} \Rightarrow A_a = 14,25 \text{ cm}^2$$

УСВОЈЕНО: 3RØ25 (14,73 cm²) (1 РЕД ШИПКИ)

$$a_1 = 4,55 \approx a_1 = 4,5 \text{ cm} \Rightarrow h_{stv} = 50 - 4,5 = 45,5 \text{ cm}$$

$$h_{stv} \approx h$$

Б) ПРЕСЕК ИЗНАД ОСЛОНЦА

* ПЛОЧА ЈЕ У ЗАТЕРНУТОЈ ЗОНИ, ПА СЕ ПРЕСЕК ПРОРАЧУНАВА
КАО ПРАВОУГАОНИ ПРЕСЕК ШИРИНЕ b = 25 cm

$$M_u = 325,14 \text{ kNm}$$

$$MB40 \Rightarrow f_b = 2,55 \text{ kN/cm}^2 \quad RA 400/500 \Rightarrow \sigma_v = 40 \text{ kN/cm}^2$$

$$\text{ПРЕТПОСТАВЉЕНО: } a_1 = 7 \text{ cm} \Rightarrow h = 50 - 7 = 43 \text{ cm}$$

$$k = \frac{h}{\sqrt{\frac{M_u}{b \cdot f_b}}} \Rightarrow k = \frac{43}{\sqrt{\frac{325,14 \cdot 100}{25 \cdot 2,55}}} \Rightarrow k = 1,904$$

ИЗ ТАБЛИЦА УСВАЈАМ: k = 1,903; $\bar{\mu} = 33,333\%$; $\epsilon_b = 3,5\%$
 $\epsilon_a = 5\%$

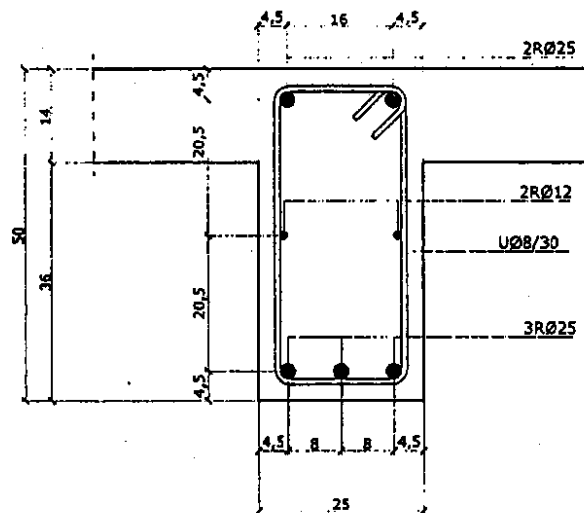
ПОТРЕБНА ПОВРШИНА АРМАТУРЕ: $A_a = \bar{\mu} \times \frac{b \times h}{100} \times \frac{f_b}{\sigma_v}$

$$A_a = 33,333 \times \frac{25 \times 43}{100} \times \frac{2,55}{40} \Rightarrow A_a = 22,84 \text{ cm}^2$$

УСВОЈЕНО: 5RØ25 (24,55 cm²) (2 РЕДА ШИПКИ)

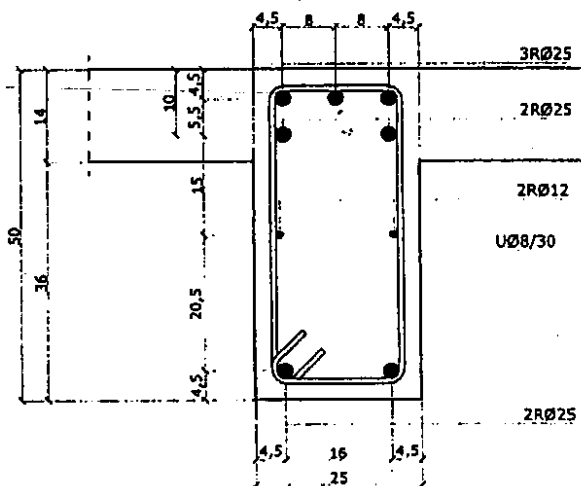
$$a_1 = \frac{3 \times 4,5 + 2 \times 10}{5} \Rightarrow a_1 = 6,70 \text{ cm} \Rightarrow h_{stv} = 43,30 \text{ cm} \approx h$$

POPREČNI PRESEK U POLJU
R=1:10



3RØ25 (14.73 cm²)
a1 = 4,5cm

POPREČNI PRESEK NAD OSLONCEM
R=1:10



5RØ25 (24.55 cm²)
a1 = 6,70cm

15/10

G. M. 07

ОПРЕЂИВАЊЕ МОМЕНТА НОЖИВОСТИ У ПРЕСЕКУ У ПОЛУ

ПОДАЦИ ЗА ПРОРАЧУН

$$\begin{aligned} B &= 150 \text{ cm} & \text{MB40} \Rightarrow f_b &= 2,55 \text{ kN/cm}^2 \\ b &= 25 \text{ cm} & \text{RA400/500} \Rightarrow \sigma_v &= 40 \text{ kN/cm}^2 \\ d &= 50 \text{ cm} & N_u &= 0 \\ d_p &= 14 \text{ cm} & A_{a1} &= 3R\phi 25 = 14,73 \text{ cm}^2, a_1 = 4,5 \text{ cm} \\ & & A_{a2} &= 2R\phi 25 = 9,82 \text{ cm}^2, a_2 = 4,5 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$h = d - a_1 = 50 - 4,5 = 45,5 \text{ cm}; \quad \epsilon_v = \frac{\sigma_v}{E_a} = \frac{40 \cdot 10^3}{21000} = 1,905\%$$

$$\alpha_2 = \frac{a_2}{h} = \frac{4,5}{45,5} = 0,099$$

$$\delta = \frac{d_p}{h} = \frac{14}{45,5} = 0,308$$

1. КОРАК

ПРЕТПОСТАВЉАМ ДА СЕ НЕУТРАЛНА ЛИНИЈА НАЛАЗИ НА ДОЊОЈ ИВИЦИ ПЛОЧЕ \rightarrow ПРИТАСКИТА ЗОНА ПРАВОУГЛОНОГ ОБЈЕКА

$$\delta = \frac{d_p}{h} = \delta \rightarrow \delta = 0,308 > 0,259 = 7/27$$

$\hookrightarrow \epsilon_b = 3,15\%$ (ПОМ ПО БЕТОНУ)

$$\epsilon_{a1} = \frac{1-\delta}{\delta} \times \epsilon_b \Rightarrow \epsilon_{a1} = \frac{1-0,308}{0,308} \times 3,15 = 2,247\%$$

$$\epsilon_{a2} = \frac{\delta - \alpha_2}{\delta} \times \epsilon_b \Rightarrow \epsilon_{a2} = \frac{0,308 - 0,099}{0,308} \times 3,15 = 2,375\%$$

$$\epsilon_{a2} > \epsilon_v = 1,905\% \Rightarrow \sigma_{a2} = \sigma_v = 40 \text{ kN/cm}^2$$

$$\epsilon_{a1} > \epsilon_v = 1,905\% \Rightarrow \sigma_{a1} = \sigma_v = 40 \text{ kN/cm}^2$$

$$\epsilon_b > 2\% \Rightarrow \alpha_{b1} = \frac{3\epsilon_b - 2}{3\epsilon_b} = \frac{3 \cdot 3,15 - 2}{3 \cdot 3,15} = 0,810$$

$$\alpha_{b2} = 0$$

$$D_{bu1} = \alpha_{b1} \times B \times s \times h \times f_B = 0,810 \times 150 \times 0,208 \times 45,5 \times 21,55 = 4341,3$$

$$D_{bu2} = \alpha_{b2} \times (B-b) \times (s-\delta) \times h \times f_B = 0 \times (\dots) = 0,0$$

$$Z_{au} = \sigma_{A1} \times A_{a1} = 40 \times 14,73 = 589,2$$

$$D_{au} = \sigma_{A2} \times A_{a2} = 40 \times 9,82 = 392,8 \quad [kN]$$

$$\underline{\Sigma N=0}: D_{bu1} - D_{bu2} - Z_{au} + D_{au} - N_u = 0$$

$$4341,3 - 0 - 589,2 + 392,8 - 0 = 4145,5 \text{ kN} > 0$$

НЕУТРАЛНА ОСА МОРА ДА СЕ ПОДИГНЕ, ПА ЈЕ $s < 0,308$

$$\underline{\alpha_{b2} = 0}$$

2. КОРАК

$$s = 0,200 < 0,259 = f/27 \Rightarrow \underline{\epsilon_{a1} = 10\%} \quad (\text{ЛОМ ПО АРМАТУРУ})$$

$$\epsilon_B = \left[\frac{s}{1-s} \times \epsilon_{a1} \right] \Rightarrow \underline{\epsilon_B = \frac{0,200}{1-0,200} \times 10 = 2,5\%}$$

$$\epsilon_{a2} = \frac{s - \alpha_2}{s} \times \epsilon_B \Rightarrow \underline{\epsilon_{a2} = \frac{0,200 - 0,099}{0,200} \times 2,5 = 1,262\%}$$

$$\epsilon_{a1} > 1,905\% = \epsilon_y \Rightarrow \underline{\sigma_{A1} = \sigma_y = 40 \text{ kN/cm}^2}$$

$$\epsilon_{a2} < 1,905\% = \epsilon_y \Rightarrow \underline{\sigma_{A2} = E_a \cdot \epsilon_{a2} = \frac{21000 \times 1,262}{1000} = 26,50 \text{ kN/cm}^2}$$

$$\epsilon_B > 2\% \Rightarrow \underline{\alpha_{b1} = \frac{3\epsilon_B - 2}{3\epsilon_B} = \frac{3 \times 2,5 - 2}{3 \times 2,5} \Rightarrow \underline{\alpha_{b1} = 0,733}} \quad \underline{\alpha_{b2} = 0}$$

$$D_{bu1} = 0,733 \times 150 \times 0,200 \times 45,5 \times 21,55 = 2552,5 \text{ kN}$$

$$D_{bu2} = \dots = 90 \text{ kN}$$

$$Z_{au} = 40 \times 14,73 = 589,2 \text{ kN}$$

$$D_{au} = 26,5 \times 9,82 = 260,2 \text{ kN}$$

$$\underline{\Sigma N=0}: 2552,5 - 0 - 589,2 + 260,2 = 2223,5 \text{ kN} > 0$$

$$\Rightarrow \underline{s < 0,200} \quad \alpha_{b2} = 0$$

*ДАБИ ПРОРАЧУН НАСТАВЉАМ КОРИШЋЕЊЕМ АЛГОРИТМА У MS ЕХСЕЛ ПРОГРАМУ, И НУМЕРИЧКИ ОДРЕЂУЈЕМ ВРЕДНОСТ ЗА δ , ТАКО ДА ЈЕ $\sum N = 0$. У ПРОРАЧУНУ САМ КОРИСТИО СЛЕДЕЋЕ ФОРМУЛЕ (ПОСЛЕ ВЕК НАВЕДЕНИХ):

$$\alpha_B = \frac{\epsilon_B}{12} \times (6 - \epsilon_B), \text{ ЗА } \epsilon_B \leq 2\%$$

$$\epsilon_{Bd} = \frac{\delta - \delta}{\delta} \times \epsilon_B$$

$$Z_{a1} = A_{a1} \times \sigma_{a1}, \sigma_{a1} = \epsilon_{a1} \times E_a, \text{ ЗА } \epsilon_{a1} \leq \epsilon_v$$

$$D_{a1} = A_{a2} \times \sigma_{a2}, \sigma_{a2} = \epsilon_{a2} \times E_a, \text{ ЗА } \epsilon_{a2} \leq \epsilon_v$$

ТРАЖЕНО РЕШЕЊЕ: $\delta = 0,088$

ПРОВЕРА: $\delta < 0,1259 = 7/127 \Rightarrow \epsilon_{a1} = 10\%$ (ПОМ ПО АРМАТУРИ)

$$\epsilon_B = \frac{\delta}{1 - \delta} \times \epsilon_{a1} = \frac{0,088}{1 - 0,088} \times 10 \Rightarrow \epsilon_B = 0,965\%$$

$$\epsilon_{a2} = \frac{\delta - \alpha_2}{\delta} \times \epsilon_B \Rightarrow \epsilon_{a2} = \frac{0,088 - 0,099}{0,088} \times 0,965 \Rightarrow \epsilon_{a2} = -0,121\%$$

(ЗАТЕГНУТА АРМАТУРА)

$$\epsilon_{a2} < \epsilon_v = 1,905\% \Rightarrow \sigma_{a2} = \epsilon_{a2} \times E_a = -0,121 \times 21 = -2,53 \text{ kN/cm}^2$$

$$\epsilon_{a1} > \epsilon_v = 1,905\% \Rightarrow \sigma_{a1} = \sigma_v = 40 \text{ kN/cm}^2$$

$$\epsilon_B < 2\% \Rightarrow \alpha_{B1} = \frac{\epsilon_B}{12} \times (6 - \epsilon_B) = \frac{0,965}{12} (6 - 0,965) \Rightarrow \alpha_{B1} = 0,405$$

$$D_{v1} = 0,405 \times 150 \times 0,088 \times 45,5 \times 2,55 = 620,3 \text{ kN}$$

$$D_{v2} = 0,0 \text{ kN}$$

$$Z_{a1} = 40 \times 14,73 = 589,2 \text{ kN}$$

$$D_{a1} = -2,53 \times 9,82 = -24,8 \text{ kN}$$

$$\sum N = 0: 620,3 - 0 - 589,2 - 24,8 = 6,3 \approx 0 \text{ kN}$$

(120 - 120,000 - 0)

ОДРЕЂИВАЊЕ ТРАЖЕНОГ
МОМЕНТА НОСИВОСТИ

ОДРЕЂИВАЊЕ ТРАЖЕНОГ МОМЕНТА НОСИВОСТИ

$$\varepsilon_B = 0,965\% \Rightarrow \eta_1 = \frac{8 - \varepsilon_B}{4 \times (6 - \varepsilon_B)} = \frac{8 - 0,965}{4 \times (6 - 0,965)} \Rightarrow \eta_1 = 0,349$$

$$Z_{B1} = h \times (1 - \eta_1 \times \delta) \Rightarrow Z_{B1} = 45,5 \times (1 - 0,349 \times 0,088) \Rightarrow \underline{Z_{B1} = 44,10 \text{ cm}}$$

$$\sum M_{a1} = 0 : D_{B1} \times Z_{B1} - D_{B2} \times Z_{B2} + D_{a1} \times (h - 0,2) = M_{a1} = M_u + N_u \times y_0$$

$$y_{a1} = \frac{d}{2} - a_1$$

$$M_u = ? \Rightarrow M_u = 620,3 \times 44,10 + (-24,8) \times (45,5 - 4,5) \Rightarrow \underline{M_u = 263,38}$$

НАПОМЕНА: КОРИШЋЕЊЕМ MS Excel, ЈСР ЈЕ ПРОРАЧУН ПРЕЦИЗНИЈИ.

ЈИ, ДОБИЈАМ СЛЕДЕЋЕ ВРЕДНОСТИ (ЕРЛО МАЛА РАЗЛИКА):

$$D_{B1} = 614,80 \text{ kN}$$

$$D_{a1} = -25,5 \text{ kN}$$

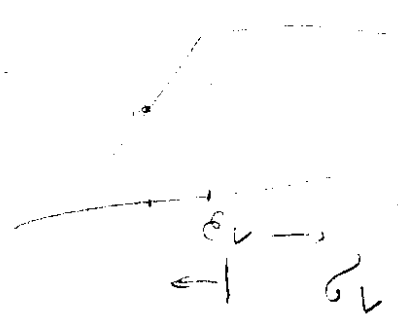
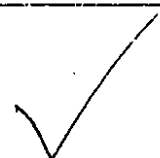
$$M_u = 260,68 \text{ kNm}$$

$$D_{B2} = 0 \text{ kN}$$

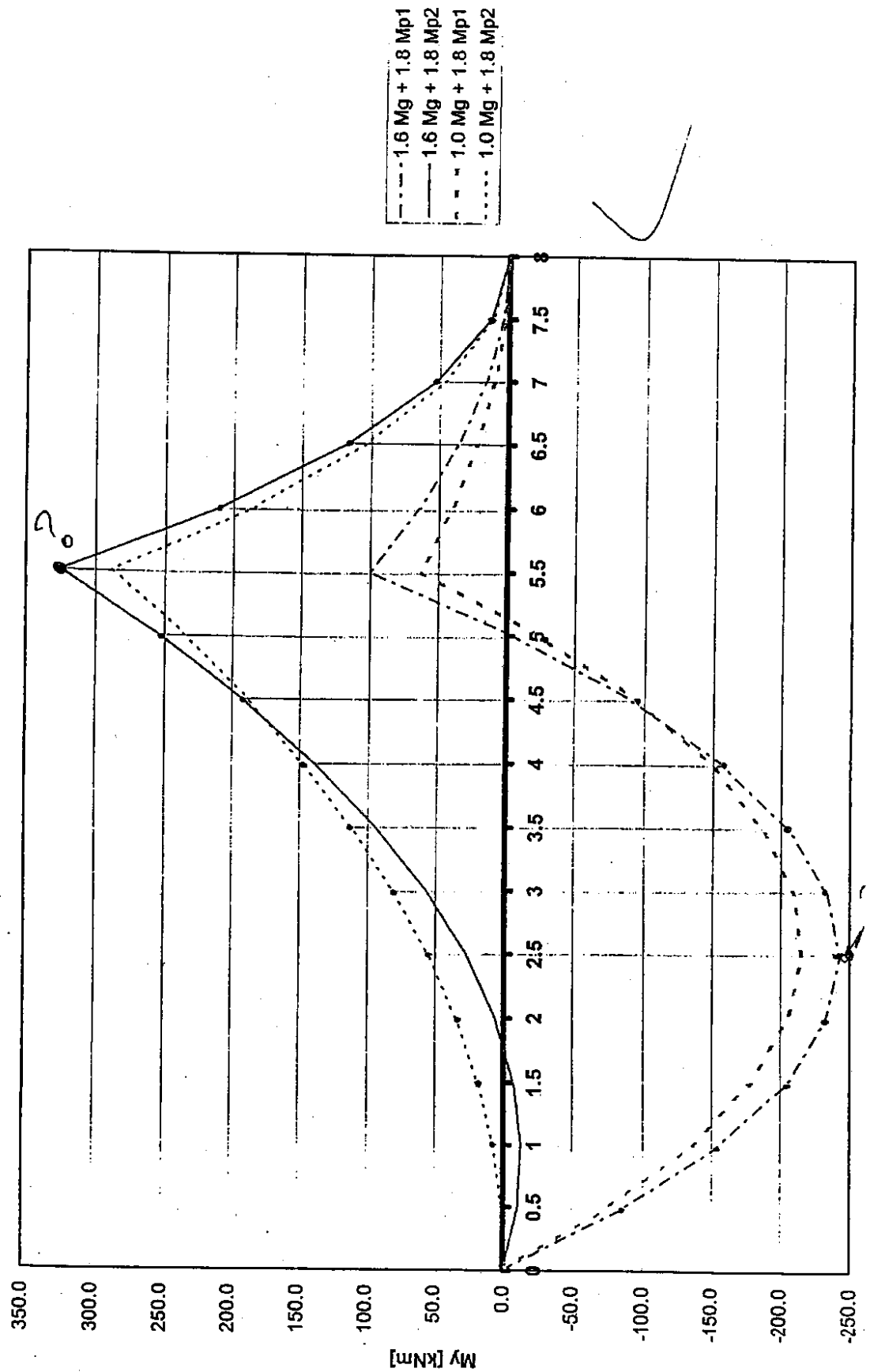
$$Z_{a1} = 25,2 \text{ kN}$$

УСВОЈЕНО:

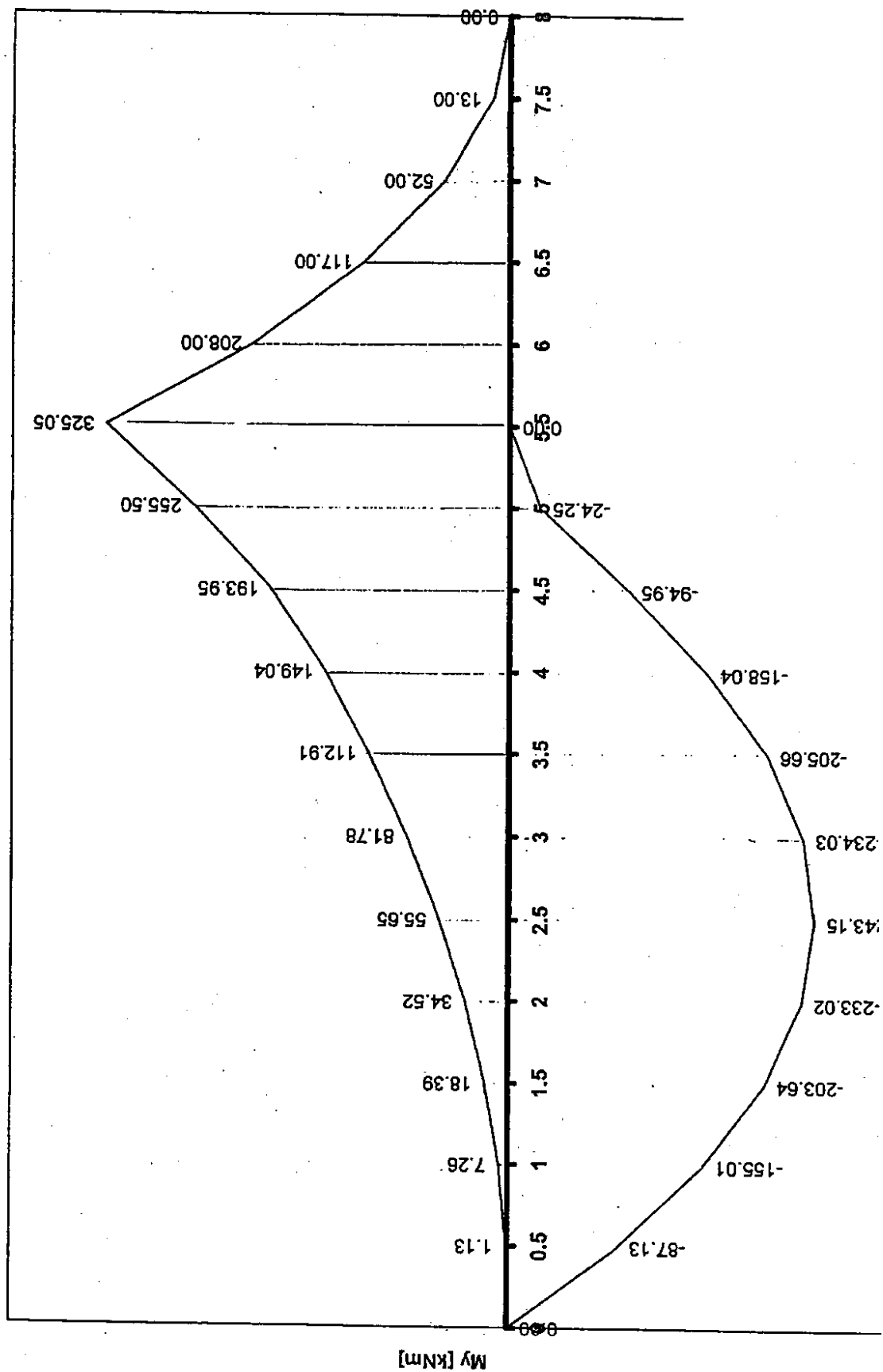
$$M_u = 260,68 \text{ kNm}$$



Dijagrami momenata savijanja za različite kombinacije opterećenja



Anvelopa momenata savijanja



ПРЕСЕК В ЛЕВО - ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛЫ T_u

МАКСИМАЛЬНАЯ СИЛА ШЛЕЗА СЕ ПРИ ИСТОВРЕМЕННОМ ДЕЛОВАНИИ
СВУХ ОПТЕРЕЖЕНЬА : $1.6G + 1.8(P_1 + P_2)$

ПРЕСЕК В ЛЕВО

$$\max T_u^{B, \text{LEVO}} = 1.6 \times 66.4 + 1.8 \times (68.75 + 22.7) \Rightarrow$$

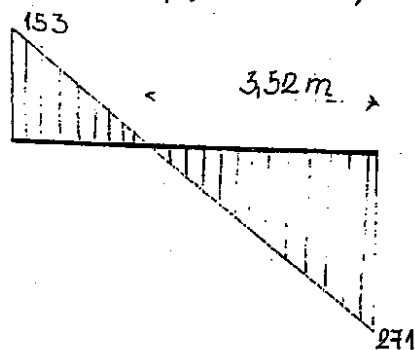
$$\max T_u^{B, \text{LEVO}} = \underline{271 \text{ kN}}$$

ПРЕСЕК А

$$\text{одг } T_u^A = 1.6 \times 43.6 + 1.8 \times (68.75 - 22.7)$$

$$\underline{\text{одг } T_u^A = 153 \text{ kN}}$$

$$l_{0,T} = 271 / (271 + 153) \times 5.5 \rightarrow l_{0,T} = 3.52 \text{ m}$$



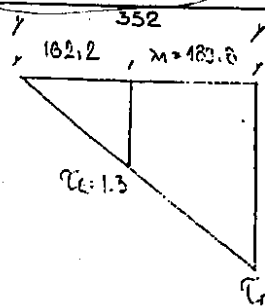
ПРОРАЧУН НОМИНАЛЬНОГО НАГРУЖЕНИЯ СМЫЩАНИЯ

$$\tau_n = \frac{T_{mu}}{b \times z} = \frac{T_{mu}}{b \times 0.9 \times h}$$

$$\tau_n = \frac{271}{25 \times 0.9 \times 42.75} = 0.282 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$\tau_R = 0.13 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$\tau_n > \tau_R$$



$$\lambda_1 = l_{0,T} \times \left(1 - \frac{\tau_R}{\tau_n^{B, \text{LEVO}}}\right)$$

$$\lambda_1 = 352 \times \left(1 - \frac{0.13}{0.282}\right)$$

$$\lambda_1 = 189.8 \text{ cm}$$

$$\tau_n < \tau_{R,3} \Rightarrow T_{Ru} = T_{mu} - T_{bu}$$

$$T_{bu} = \frac{1}{2} \times (3\tau_R - \tau_n) \times b \times z$$

$$T_{bu} = \frac{1}{2} \times (3 \times 0.13 - 0.182) \times 25 \times 0.9 \times 42.75$$

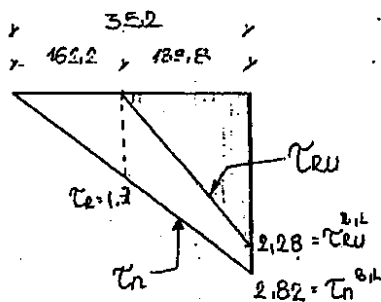
$$T_{bu} = 51.9 \text{ kN}$$

$$T_{Ru} = T_{mu} - T_{bu} = 271 - 51.9 \Rightarrow T_{Ru} = 219.1 \text{ kN}$$

РЕДУКОВАНА
ТРАНСВЕРЗАЛНА
СИЛА

$$\tau_{Ru} = \frac{T_{Ru}}{b \times 0.9 \times h} = \frac{219.1}{25 \times 0.9 \times 42.75} = 0.228 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

РЕДУКОВАН
СМИЧУЋИ НАПОН



ОПРЕЂИВАЊЕ ПОПРЕЧНЕ АРМАТУРЕ

$$e_u = \frac{m \times a_u'''}{b \times \tau_{Ru, \max}} \times b_v \times (\cos \alpha + \sin \alpha \times \cot \theta), \quad \alpha = 30^\circ, \quad \theta = 45^\circ$$

$$e_u = \frac{2 \times 40}{25 \times 0.228} \times a_u''' \Rightarrow e_u = 14.035 \times a_u'''$$

$$\phi 10 \Rightarrow a_u''' = 0.785 \text{ cm}^2 \rightarrow e_u = 14.035 \times 0.785$$

$$e_u = 11.02 \text{ cm}$$

ПОТРЕБНО: UR $\phi 10/10$

$$\tau_{u,u} = \frac{m \times a_u'''}{b \times e_u} \times b_v \times (\cos \alpha + \sin \alpha \times \cot \theta)$$

$$\tau_{u,u} = \frac{2 \times 0.785}{25 \times 10} \times 40 \Rightarrow \tau_{u,u} = 0.251 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

КОЕФИЦИЕНТ
УСВОЈЕНИХ
УСРЕДНИЈА

ПРЕСЕК А

* МАКСИМАЛНА СИЛА ДАЈЕ КОМБИНАЦИЈА ОПТЕРЕЋЕЊА: 1.6G + 1.8P1

$$\max T_u^A = 1.8 \times 43.6 + 1.8 \times 68.4 \text{ kN}$$

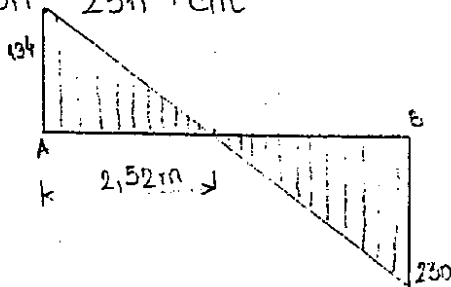
$$\underline{T_u^A = 194 \text{ kN}}$$

ОБНОРЕНА СИЛА У ПРЕСЕКУ В ЛЕВО:

$$\text{од } T_u^{\text{лево}} = 1.6 \times 66.4 + 1.8 \times 68.4 \text{ kN} = 230 \text{ kN}$$

$$\text{кој } 194 / (194 + 230) \times 5.5$$

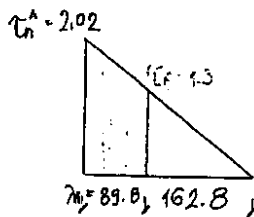
$$l_{0,T} = 251.7 \text{ cm}$$



$$\tau_{\text{ш}} = \frac{T_{\text{ш}}}{b \times d \times k} = \frac{194}{25 \times 0.13 \times 42.75} \Rightarrow \underline{\tau_{\text{ш}}^A = 0.202 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}}$$

$$\underline{\tau_R = 0.13 \text{ kN/cm}^2}$$

$$\tau_{\text{ш}} > \tau_R$$



$$l_1 = l_{0,T} \times \left(1 - \frac{\tau_R}{\tau_{\text{ш}}}\right)$$

$$l_1 = 252 \times \left(1 - \frac{0.13}{0.202}\right) \Rightarrow \underline{l_1 = 89.8 \text{ cm}}$$

$$\tau_{\text{ш}} < 3\tau_R \Rightarrow T_{\text{ш}} = T_{\text{шш}} - T_{\text{шв}}$$

$$T_{\text{шв}} = \frac{1}{2} \times (3\tau_R - \tau_{\text{ш}}) \times k \times l$$

$$T_{\text{шш}} = \frac{1}{2} \times (\tau_{\text{ш}} + \tau_R) \times k \times l = 194 - 30.4 = 163.6 \text{ kN}$$

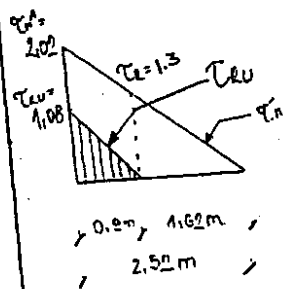
$$\underline{T_{\text{шв}} = 30.4 \text{ kN}}$$

$$T_{\text{ш}} = T_{\text{шш}} - T_{\text{шв}} = 194 - 30.4 = 163.6 \text{ kN}$$

РЕАЛНОСТ
ТОЈНОСТ
ОШ

$$\tau_{ru} = \frac{T_{ru}}{b \times 0.9 \times h} = \frac{103.6}{25 \times 0.9 \times 42.75} = 0.108 \text{ kN/cm}$$

СМУЧУКИ НАПОН



ОДРЕЂИВАЊЕ ПОПРЕЧНЕ АРМАТУРЕ

$$e_u = \frac{m \times a_u^{III}}{b \times \tau_{ru, max}} \times \bar{\sigma}_v (\cos \alpha + \sin \alpha \cdot \operatorname{ctg} \theta)$$

$$\alpha = 90^\circ, \theta = 45^\circ$$

$$e_u = \frac{2 \times 0.503}{25 \times 0.108} \times 40 \Rightarrow e_u = 29.630 \times 0.503$$

$$\phi 8 \Rightarrow e_u = 29.63 \times 0.503 = 14.9$$

$$\phi 10 \Rightarrow e_u = 29.63 \times 0.785 = 23.26$$

ПОТРЕБНО: 2R\phi 10 / 20

$$\tau_{u,u} = \frac{m \times a_u^{III}}{b \times e_u} \times \bar{\sigma}_v (\cos \alpha + \sin \alpha \cdot \operatorname{ctg} \theta)$$

$$\tau_{u,u} = \frac{2 \times 0.785}{25 \times 20} \times 40 \Rightarrow \tau_{u,u} = 0.126 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

НОСИВОСТ
УСВОЈЕНИХ
УЗЕТИЈА

ДОДАТНА ПОДУЖНА АРМАТУРА

$$\Delta A_a = \frac{T_{mu}}{2 \bar{\sigma}_v} \times (\operatorname{ctg} \theta - \operatorname{ctg} \alpha)$$

$$\Delta A_a = \frac{194}{2 \times 40} \times (\operatorname{ctg} 45 - \operatorname{ctg} 90) \Rightarrow \Delta A_a = 2.425 \text{ cm}^2$$

УСВОЈЕНО: 2R\phi 19 (5.68 cm²)

(ПРЕНА ЧЛАНУ 168 БАБ87)

ПРЕСЕК В ДЕСНО

МАКСИМАЛНА СИЛА ЈАВЛА СЕ ПРИ ИСТОВРЕМЕНОМ ДЕЛОВАЊУ
ОПТЕРЕЖЕЊА g И $p_2 \rightarrow 1.6 \times G + 1.8 \times p_2$

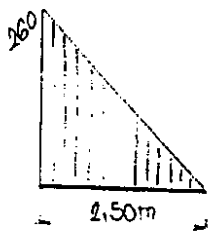
$$\max T_u^{\text{десно}} = 1.6 \times 50 + 1.8 \times 100$$

$$\max T_u^{\text{десно}} = 260 \text{ kN}$$

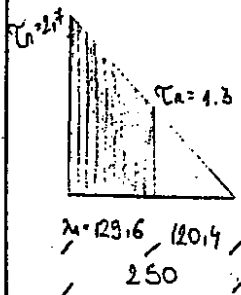
КРАЈ ПРЕПУСТА:

$$\text{од } T_u^c = 1.6 \times 0 + 1.8 \times 0 \rightarrow \text{од } T_u^c = 0 \text{ kN}$$

$$\underline{l_{0,T} = a = 2.5 \text{ m}}$$



$$\tau_n = \frac{T_{mu}}{b \times z} = \frac{260}{25 \times 0.9 \times 42.75} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} \tau_n = 0.1270 \text{ kN/cm}^2 \\ \tau_R = 0.130 \text{ kN/cm}^2 \end{array} \right\} \tau_n > \tau_R$$



$$\lambda = l_{0,T} \times \left(1 - \frac{\tau_R}{\tau_n^{\text{десно}}} \right)$$

$$\lambda_1 = 250 \times \left(1 - \frac{0.13}{0.127} \right) \Rightarrow \boxed{\lambda_1 = 129.6 \text{ cm}}$$

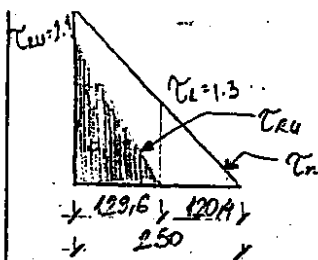
$$\tau_n < 3\tau_R \Rightarrow T_{RU} = T_{mu} - T_{BU}$$

$$T_{BU} = \frac{1}{2} \times (3\tau_R - \tau_n) \times b \times 0.9 \times h \Rightarrow$$

$$T_{BU} = 0.5 \times (0.139 - 0.127) \times 25 \times 0.9 \times 42.75 \Rightarrow \underline{T_{BU} = 57.7 \text{ kN}}$$

$$T_{RU} = T_{mu} - T_{BU} = 260 - 57.7 \Rightarrow \underline{T_{RU} = 202.3 \text{ kN}}$$

$$\tau_{RU} = \frac{T_{RU}}{b \times 0.9 \times h} = \frac{202.3}{25 \times 0.9 \times 42.75} \Rightarrow \underline{\underline{\tau_{RU} = 0.1210 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}}}$$



ОДРЕЂИВАЊЕ ПОПРЕЧНЕ АРМАТУРЕ

$$e_u = \frac{m \times a_u^{(1)}}{b \times \tau_{cu, \max}} \times b_v \times (\cos \alpha + \sin \alpha \times \operatorname{ctg} \theta) \quad ; \alpha = 90^\circ, \theta = 45^\circ$$

$$e_u = \frac{2 \times a_u^{(1)}}{25 \times 0.21} \times 40 \Rightarrow e_u = 15.238 \times a_u^{(1)}$$

$$\phi 10 \Rightarrow e_u = 15.238 \times 0.785 = 11.96$$

ПОТРЕБНО: UR $\phi 10/10$

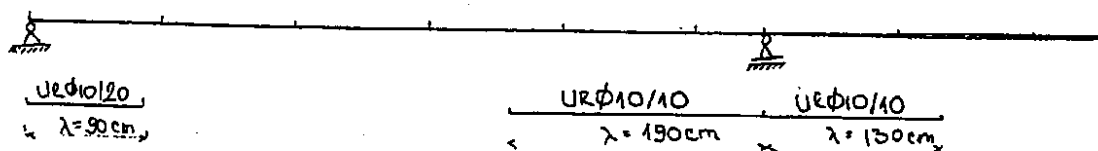
$$\tau_{u,u} = \frac{m \times a_u^{(1)}}{b \times e_u} \times b_v (\cos \alpha + \sin \alpha \cdot \operatorname{ctg} \theta)$$

$$\tau_{u,u} = \frac{2 \times 0.785}{25 \times 10} \times 40 \Rightarrow \tau_{u,u} = 0.251 \frac{\text{KN}}{\text{cm}^2}$$

НОСИВОСТ
УСВОЈЕНИХ
УЗЕНГИЈА

НИЈЕ ПОТРЕБНА ДОДАТНА ПОДУКНА АРМАТУРА
(ШПИЦ МОМЕНТА) $\Rightarrow \underline{\underline{\Delta A_a = 0}}$

УСВОЈЕНО:



* НА ОСТАТКУ НОСИЧА УСВАЈАМ UR $\phi 10/30$.

* НЕ КОРИСТИМ КОДО ПОЗИЈЕНЕ ПРОФИЛЕ ?

БОБЕЊЕ АРМАТУРЕ ДУЖИ НОСАЧА

$$a = \frac{3 \times 4,5 + 3 \times 10}{6} = \frac{13,5 + 30}{6} = 7,25 \text{ cm}$$

$$h_{\min} = d - a = 50 - 7,25 = 42,75 \text{ cm}$$

НОСИВОСТ 1 ШИПКЕ АРМАТУРЕ

$\Phi 19$

$$Z_{au}''' = \sigma_a''' \times G_v = 2,84 \times 40 = 113,6 \text{ kN}$$

$\Phi 22$

$$Z_{au}''' = \sigma_a''' \times G_v = 3,80 \times 40 = 152,0 \text{ kN}$$

ПОМЕРАЊЕ ЛИНИЈЕ ЗАТЕЖНИХ СИЛА

$$v = 0,75 \times h = 0,75 \times 42,75 = 32,1 \text{ cm} \rightarrow \text{усвојено } \underline{v = 35 \text{ cm}}$$

УКУПНА ЗАТЕЖУБА СИЛА

$$Z_{au} \approx \frac{M_{au}}{0,9h} = \frac{243,16 \times 100}{0,9 \times 42,75} = 632,0 \text{ kN} \quad (\text{ПРЕСЕК У ПОЉУ})$$

$$Z_{au} = \frac{M_{au}}{0,9h} = \frac{325,14 \times 100}{0,9 \times 42,75} = 845,1 \text{ kN} \quad (\text{ПРЕСЕК НАД ОСЛОНИЦЕ})$$

ДУЖИНА СИДРЕЊА АРМАТУРЕ

$$G_v = 400 \text{ MPa} ; \gamma_u = 1,80$$

$$M640 \Rightarrow \tau_p = 2,10 \text{ MPa}$$

$$\underline{\text{ДОБРА АДХЕЗИЈА}} \Rightarrow l_s = \frac{G_v}{4\tau_p \gamma_u} \cdot \phi = \frac{400}{4 \times 2,10 \times 1,80} \times \phi$$

$$l_s = 26,455 \times \phi \Rightarrow \boxed{\Phi 19} \quad l_s = 50,3 \text{ cm}$$

$$\boxed{\Phi 22} \quad l_s = 58,2 \text{ cm}$$

$$\underline{\text{ЛОША АДХЕЗИЈА}} \Rightarrow l_s = \frac{G_v \times \phi}{4 \times \frac{2}{3} \tau_p \times \gamma_u} = \frac{400 \times 3}{8 \times 2,10 \times 1,80} \times \phi$$

$$l_s = 39,683 \times \phi \Rightarrow \boxed{\Phi 22} \Rightarrow l_s = 87,3 \text{ cm}$$

НАПОНИ У БЕТОНУ И АРМАТУРИ

ПРЕСЕК У ПОЉУ

ПРИТИСНУТА ГОРЊА ИВИЦА НОСАЧА: ПРЕТПОСТАВИЉАМО ДА
ЈЕ НЕУТРАЛНА ЛИНИЈА У ПЛОТИ: $B = 150 \text{ cm}$

МВ 40 $\Rightarrow E_B = 34 \text{ GPa}$ (ПЛАН 52. ВАР 87)

$$n = \frac{E_A}{E_B} = \frac{210}{34} = 6,176$$

$$a_1 = \frac{3 \times 45 + 3 \times 10}{6} = \underline{7,25 \text{ cm}} \Rightarrow h = 50 - 7,25 = \underline{42,75 \text{ cm}}$$

$$a_2 = 4,5 \text{ cm} \Rightarrow \frac{a_2}{h} = \frac{4,5}{42,75} = \underline{0,105 = \alpha_2}$$

$$\delta = \frac{dP}{h} = \frac{14}{42,75} = \underline{0,327} \quad !$$

$$A_{a1} = 6R\phi 19 = 17,04 \text{ cm}^2$$

$$\mu_1 = \frac{A_{a1}}{b \times h} = \frac{17,04}{150 \times 42,75} = \underline{0,266\%}$$

$$A_{a2} = 2R\phi 22 = 7,6 \text{ cm}^2 \Rightarrow \mu_2 = \frac{A_{a2}}{b \times h} = \frac{7,60}{150 \times 42,75} = \underline{0,119\%}$$

$$S^2 + 2 \cdot n \cdot (\mu_1 + \mu_2) \cdot S - 2n \cdot (\mu_1 + \mu_2 \cdot \alpha_2) = 0$$

$$S^2 + 2 \times 6,176 \times (0,266 + 0,119) \times 10^{-2} \cdot S - 2 \cdot 6,176 (0,266 + 0,119 \cdot 0,105) \cdot 10^{-2}$$

$$= S^2 + 0,0475552 \cdot S - 0,034399702 = 0$$

$$S_{1,2} = \frac{-0,0475552 \pm \sqrt{0,0475552^2 + 4 \cdot 0,034399702}}{2} \rightarrow 0,163212$$

$\rightarrow -0,210767$

$$S = 0,163212 < 0,327 = \delta$$

\rightarrow ДОБРА ПРЕТПОСТАВКА !

$$M_a = M_g + M_{p1} = ?$$

$$T_g = 43,6 - 20 \cdot x$$

$$T_{p1} = 68,75 - 25x$$

$$\left. \begin{array}{l} T_g = 43,6 - 20 \cdot x \\ T_{p1} = 68,75 - 25x \end{array} \right\} \boxed{T_g + T_{p1} = 0} \Rightarrow 68,75 + 43,6 = 45x$$

$$\boxed{x = 2,497 \text{ m}}$$

$$M_g = 43,6 \times 2,497 - \frac{20 \times 2,497^2}{2} \Rightarrow \boxed{M_g = 46,54 \text{ kNm}}$$

$$M_{p1} = 68,75 \times 2,497 - \frac{25 \times 2,497^2}{2} \Rightarrow \boxed{M_{p1} = 93,73 \text{ kNm}}$$

$$M_a = M_g + M_{p1} \Rightarrow \boxed{M_a = 140,27 \text{ kNm}}$$

$$J_{IIb} = \frac{S^2}{2} \times (1 - S/3) \Rightarrow J_{IIb} = \frac{0,163212^2}{2} \times (1 - \frac{0,163212}{3})$$

$$\underline{\underline{J_{IIb} = 0,0126}}$$

$$\bar{G}_B = \frac{M_a}{b \times h^2} \times \frac{S}{J_{IIb} + n \times \mu_2 \times (S - \alpha_2) \times (1 - \alpha_2)}$$

$$\bar{G}_B = \frac{140,27 \times 100}{150 \times 42,75^2} \times \frac{0,163212}{0,0126 + 6,176 \times 0,119 \times 10^{-2} \times (0,163212 - 0,105) \times (1 - 0,105)}$$

$$\boxed{\bar{G}_B = 0,643 \text{ kN/cm}^2}$$

$$\bar{G}_{a1} = n \times \bar{G}_B \times \frac{1-S}{S} = 6,176 \times 0,643 \times \frac{1 - 0,163212}{0,163212} \Rightarrow \boxed{\bar{G}_{a1} = 20,36 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}}$$

$$\bar{G}_{a2} = n \times \bar{G}_B \times \frac{S - \alpha_2}{S} = 6,176 \times 0,643 \times \frac{0,163212 - 0,105}{0,163212} \Rightarrow \boxed{\bar{G}_{a2} = 1,42 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}}$$

$$\varepsilon_B = \frac{\bar{G}_B}{E_B} = \frac{0,643}{3,4 \times 10^3} = 0,189 \%$$

$$\varepsilon_{a1} = \frac{\bar{G}_{a1}}{E_a} = \frac{20,36}{21 \times 10^3} = 0,970 \%$$

$$\varepsilon_{a2} = \frac{\bar{G}_{a2}}{E_a} = \frac{1,42}{21 \times 10^3} = 0,068 \%$$

$$210 \cdot 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot 10^4 \text{ cm}^2$$

$$\frac{210 \cdot 10^6 \cdot 21 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}}{21000}$$

ПРЕСЕК НАД ОСЛОЊЦЕМ

-ПРИТИСНУТА ДОЊА ИВИЦА ПРЕСЕКА: ОБЛИК ПРИТИСНУТЕ ЗОНЕ ЈЕ ПРАВОУГАОНИ, ШИРИНЕ $b = 25 \text{ cm}$

$$a_1 = 7.25 \text{ cm}$$

$$a_2 = 4.50 \text{ cm}$$

$$\alpha_2 = \frac{a_2}{R} = \frac{4.50}{42.75} = 0.105$$

$$R = 50 - 7.25 = 42.75$$

$$A_{a1} = 6 \Phi 22 = 22.80 \text{ cm}^2 \Rightarrow \mu_1 = \frac{A_{a1}}{b \times h} = \frac{22.8}{25 \times 42.75} = 2.133\%$$

$$A_{a2} = 2 \Phi 19 = 5.68 \text{ cm}^2 \Rightarrow \mu_2 = \frac{A_{a2}}{b \times h} = \frac{5.68}{25 \times 42.75} = 0.531\%$$

$$S^2 + 2 \cdot 6.176 \cdot (2.133 + 0.531) \times 10^{-2} \times S - 2 \times 6.176 \times (2.133 + 0.531 \times 0.105) \times 10^{-2} = 0$$
$$= S^2 + 0.32905728 \times S - 0.270355017 = 0$$

$$S_{1,2} = \frac{-0.32905728 \pm \sqrt{0.32905728^2 + 4 \times 0.270355017}}{2}$$

$$S = 0.381$$

$$J_{1b} = \frac{S^2}{2} \times \left(1 - \frac{S}{3}\right) = \frac{0.381^2}{2} \times \left(1 - \frac{0.381}{3}\right) \Rightarrow J_{1b} = 0.063$$

$$\sigma_B = \frac{M_a}{b \times h^2} \times \frac{S}{J_{1b} + n \times \mu_2 \times (S - \alpha_2) \times (1 - \alpha_2)}$$

$$M_a = M_g + M_{p2} = 62.7 + 124.9 \Rightarrow M_a = 187.6 \text{ kNm}$$

$$\sigma_B = \frac{187.6 \times 100}{25 \times 42.75^2} \times \frac{0.381}{0.063 + 6.176 \times 0.531 / 100 \times (0.381 - 0.105) \times (1 - 0.105)}$$

$$\sigma_B = 2.20 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{a1} = n \times \sigma_B \times \frac{1-S}{S} = 6.176 \times 2.2 \times \frac{1-0.381}{0.381} \Rightarrow \sigma_{a1} = 22.07 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{a2} = n \times \sigma_B \times \frac{S - \alpha_2}{S} = 6.176 \times 2.2 \times \frac{0.381 - 0.105}{0.381} \Rightarrow \sigma_{a2} = 9.84 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$\varepsilon_b = \frac{\sigma_b}{E_b} = \frac{2,20}{3,4 \times 10^3} \Rightarrow \boxed{\varepsilon_b = 0,647\%}$$

$$\varepsilon_{a1} = \frac{\sigma_{a1}}{E_a} = \frac{22,07}{21 \times 10} \Rightarrow \boxed{\varepsilon_{a1} = 1,051\%}$$

$$\varepsilon_{a2} = \frac{\sigma_{a2}}{E_a} = \frac{9,84}{21 \times 10^3} \Rightarrow \boxed{\varepsilon_{a2} = 0,469\%}$$

ПРОРАЧУН КАРАКТЕРИСТИЧНЕ ШИРИНЕ ПРСЛИНА ПРЕСЕК НАД ОСЛОЊЕМ

$$MB40 \Rightarrow f_{b\pm m} = 2,9 \text{ MPa} \Rightarrow f_{b\pm} = 0,7 \times f_{b\pm m} = 0,7 \times 2,9$$

$$\underline{f_{b\pm} = 2,03 \text{ MPa}}$$

$$f_{b\pm, s} = f_{b\pm} \times \left(0,6 + \frac{0,4}{\sqrt[4]{d}}\right)$$

$$= 2,03 \times \left(0,6 + \frac{0,4}{\sqrt[4]{0,50}}\right) \Rightarrow \boxed{f_{b\pm, s} = 2,18 \text{ MPa}}$$

$$W_{b1} \approx b_r \times \frac{d^2}{6} = 25 \times \frac{50^2}{6} = \underline{10416,67 \text{ cm}^3}$$

$$\hookrightarrow M_R = f_{b\pm, s} \times W_{b1} = 0,218 \times 10416,67$$

$$\boxed{M_R = 22,71 \text{ kNm}} < M = M_g + M_{p2} = 62,7 + 124,9$$

$$< \underline{M = 187,6 \text{ kNm}}$$

СРЕДЊЕ РАСТОЈАЊЕ ПРСЛИНА

$$l_{pf} = 2 \times \left(0,0 + \frac{e\phi}{10}\right) + k_1 \times k_2 \times \frac{\phi}{u_{z1,ef}} \quad \blacktriangledown$$

$$0,0 - (0,1) - \phi/2 = 4,5 - 2,2/2 = \underline{3,4 \text{ cm}}$$

$$\underline{e\phi = 8 \text{ cm}}$$

$$k_1 = 0,14 \text{ (за 400/500)}$$

$$\underline{\underline{\phi = 2,2 \text{ cm}}}$$

$$k_2 = 0,125 \text{ (чисто слепијање)}$$

$$h_{BZ,ef} = \min \left\{ a^{(i)} + 7,5 \times \phi \right. \\ \left. d - x^{\pm} \approx d/2 \right\}$$

$$a^{(i)} = 10 \text{ cm}$$

$$h_{BZ,ef} = \min \left\{ \begin{array}{l} 10 + 7,5 \times 2,2 = 26,5 \text{ cm} \\ 50/2 = 25 \text{ cm} \end{array} \right\} = \underline{\underline{25 \text{ cm}}}$$

$$A_{BZ,ef} = b \times h_{BZ,ef} = 25 \times 25 = \underline{\underline{625 \text{ cm}^2}}$$

$$\mu_{Z,ef} = \frac{A_{a1}}{A_{BZ,ef}} = \frac{22,80}{625} = \underline{\underline{3,648\%}}$$

$$l_{ps} = 2 \times \left(3,4 + \frac{8}{10} \right) + 0,4 \times 0,125 \times \frac{2,2 \cdot 100}{3,648} \rightarrow$$

$$\boxed{l_{ps} = 11,42 \text{ cm}} \text{ СРЕДЊЕ РАСТОЈАЊЕ ПРСЛИНА}$$

КАРАКТЕРИСТИЧНА ШИРИНА ПРСЛИНА

$$\Delta p_k = 1,70 \times \zeta_a \times \varepsilon_{a1} \times l_{ps}$$

$$\zeta_a = 1 - \beta_1 \times \beta_2 \times \left(\frac{M_2}{M} \right)^2$$

$$\beta_1 = 1,0 \text{ (RA 400/500)}$$

$$\beta_2 = 1,0 \text{ (t=0)}$$

$$\varepsilon_{a1} = 1,051\%$$

$$\zeta_A = 1 - \left(\frac{22,71}{187,6} \right)^2$$

$$\boxed{\zeta_A = 0,985} \begin{array}{l} \leq 1,0 \\ \geq 0,4 \end{array}$$

$$\Delta p_k = 1,70 \times 0,985 \times 1,051 \times 10^{-3} \times 11,42$$

$$\boxed{\Delta p_k = 0,201 \text{ mm}} \approx \underline{\underline{0,2 \text{ mm}}}$$

КАРАКТЕРИСТИЧНА
ШИРИНА ПРСЛИНА

→ ЕЛЕМЕНТ ЈЕ КОРЕКТНО ДИМЕНЗИОНИСАН !