

BETONSKE KONSTRUKCIJE 1

MTI, HVE, PŽA

Vežba br. 8

Jelena Dragaš

Kabinet br. 3

jelenad@imk.grf.bg.ac.rs

ntosic @imk.grf.bg.ac.rs

Semestar: V

ESPb: 6

Granična stanja upotrebljivosti

1. Određivanje napona u AB elementima

2. Granično stanje prslina

1. Određivanje *napona* u AB elementima

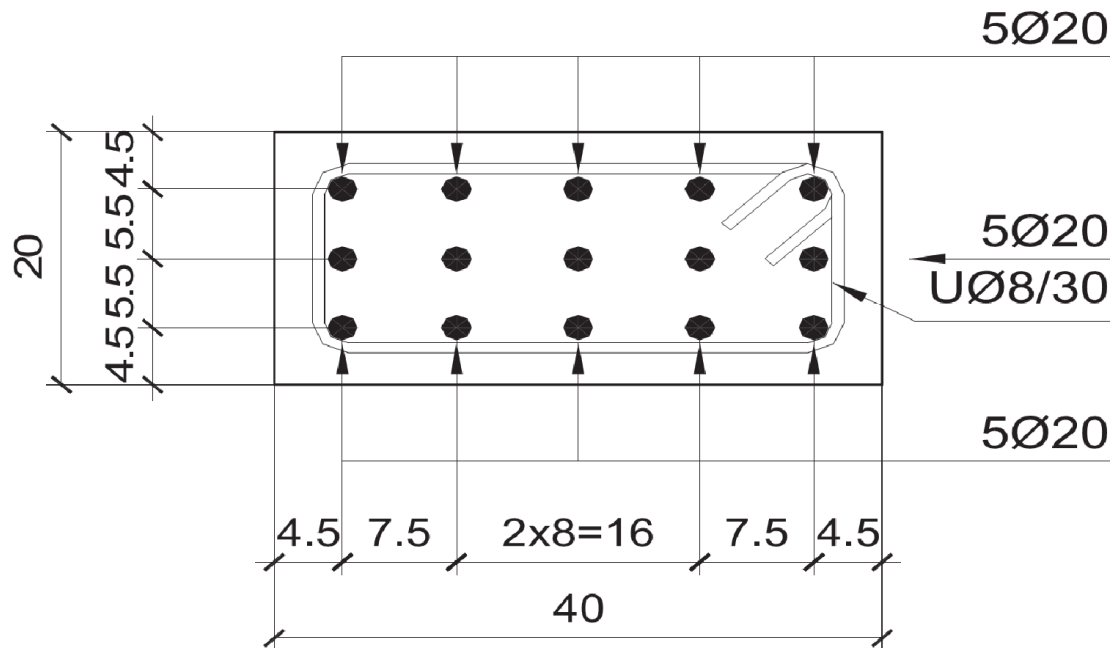
- Dimenzionisanjem preseka u graničnom stanju loma gubi se uvid u ponašanje elementa u fazi eksploatacije!
- U fazi eksploatacije su vrednosti svih koeficijenata sigurnosti za sva opterećenja JEDNAKI 1.0!
- Zašto nas zanima faza eksploatacije?
 - Naponi
 - Prsline
 - Deformacije

1. Određivanje **napona** u AB elementima

Primer 1 – AB zatega

Dimenzionisati centrično zategnut element, a zatim odrediti napon i dilataciju u armaturi u fazi eksploatacije.

$$Z_g = 305 \text{ kN} \quad Z_p = 337 \text{ kN} \quad MB 25 \quad GA 240/360$$



$$A_a = 47.12 \text{ cm}^2 (15\text{Ø}20)$$

$$Z = Z_g + Z_p = 305 + 337 = 642 \text{ kN}$$

$$\sigma_a = \frac{Z}{A_a} = \frac{642}{47.12} = 13.62 \text{ kN/cm}^2$$

$$\varepsilon_a = \frac{\sigma_a}{E_a} = \frac{13.62}{21 \times 10^3} = 0.649\text{‰}$$

1. Određivanje *napona* u AB elementima

51

Tabela 7. Srednje vrednosti čvrstoće betona pri aksijalnom zatezanju

f_{bk}	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
f_{bzm} (MPa)	1,5	1,8	2,1	2,4	2,65	2,9	3,15	3,4	3,6	3,8

Vrednosti u tabeli 7 odgovaraju izrazu

$$f_{bzm} = 0,25 \sqrt[3]{f_{bk}^2}, \text{ gde je } f_{bk} \text{ i } f_{bzm} \text{ u MPa.}$$

Varijacije stvarnih vrednosti čvrstoće betona pri zatezanju mogu biti $\pm 30\%$ vrednosti datih u tabeli 7.

Pri određivanju graničnog stanja pojave prslina, za čvrstoću betona pri aksijalnom zatezanju, koristi se vrednost $0,7 f_{bzm}$.

52

Tabela 8. Modul elastičnosti betona

f_{bk}	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
E_b (GPa)	27	28,5	30	31,5	33	34	35	36	37	38

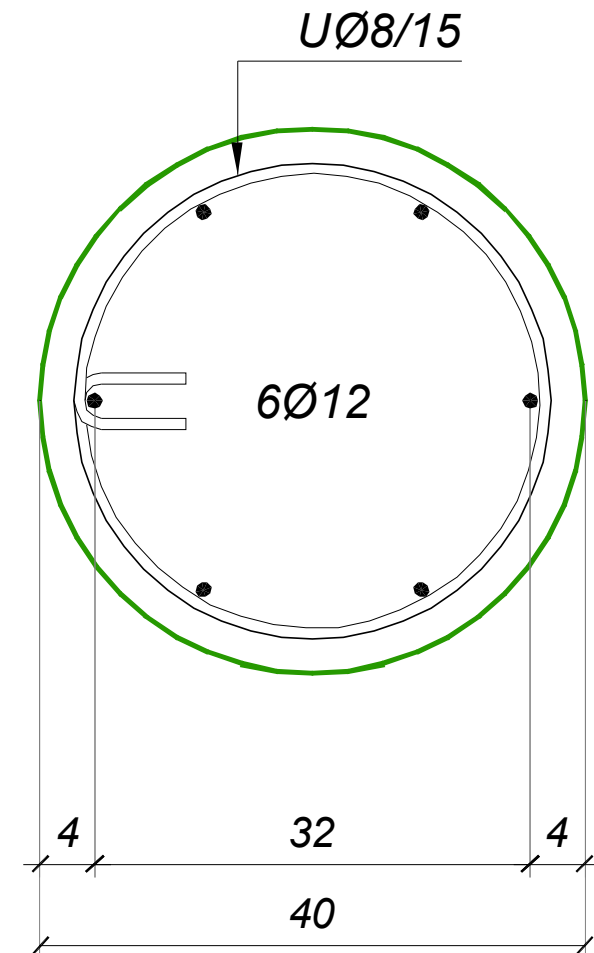
1. Određivanje **napona** u AB elementima

Primer 2 – AB stub

Odrediti napone u betonu i armaturi za dati centrično pritisnuti element.

$$N_g = 630 \text{ kN} \quad N_p = 398 \text{ kN}$$

$$MB \ 25 \quad GA \ 240/360$$



1. Određivanje **napona** u AB elementima

Primer 2 – AB stub

$$\text{MB 25} \Rightarrow E_b = 30 \text{ GPa} \Rightarrow n = \frac{E_a}{E_b} = \frac{210}{30} = 7$$

$$A_a = 6.79 \text{ cm}^2 (6\text{Ø}12)$$

$$A_b = \frac{D^2 \times \pi}{4} = \frac{40^2 \times \pi}{4} = 1257 \text{ cm}^2$$

Površina idealizovanog preseka:

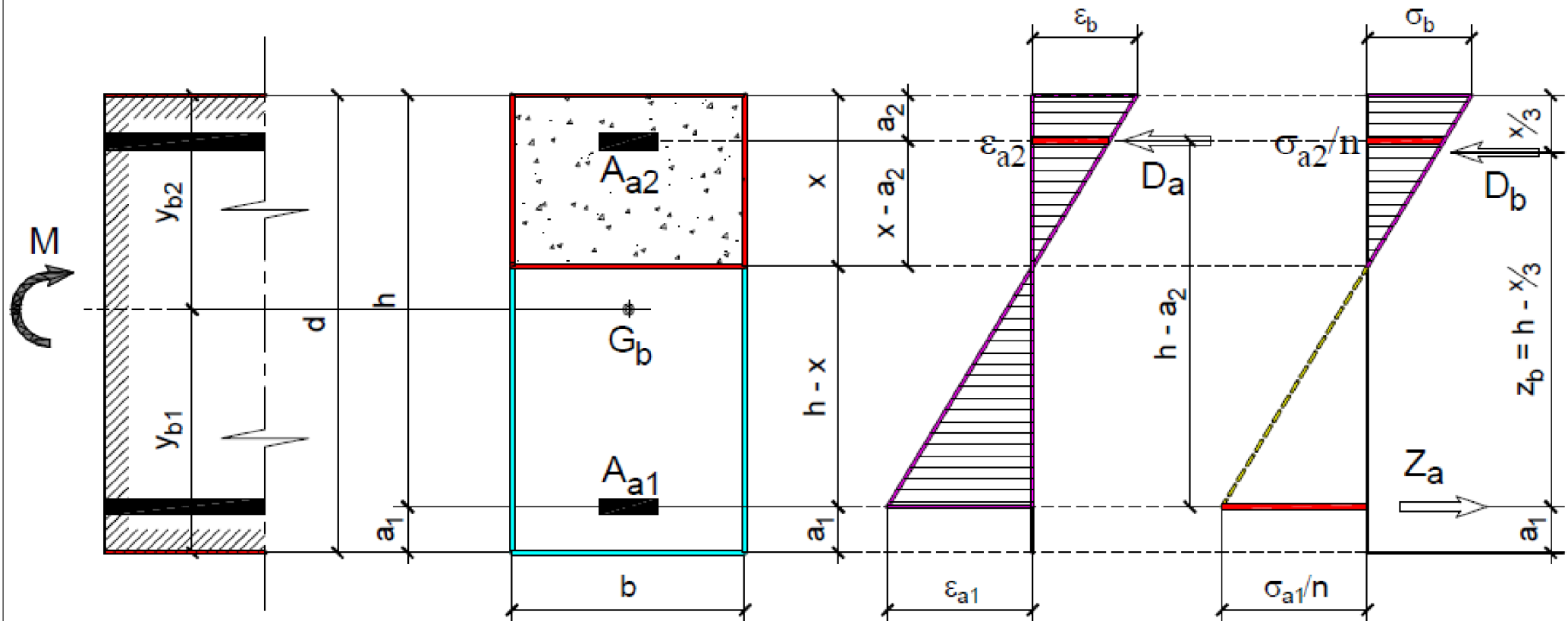
$$A_i = A_b + n \times A_a = 1257 + 7 \times 6.79 = 1304 \text{ cm}^2$$

$$N = N_g + N_p = 630 + 398 = 1028 \text{ kN}$$

$$\sigma_b = \frac{N}{A_i} = \frac{1028}{1304} = 0.79 \text{ kN/cm}^2 \Rightarrow \epsilon_b = \frac{\sigma_b}{E_b} = \frac{0.79}{3 \times 10^3} = 0.263\text{‰} = \epsilon_a$$

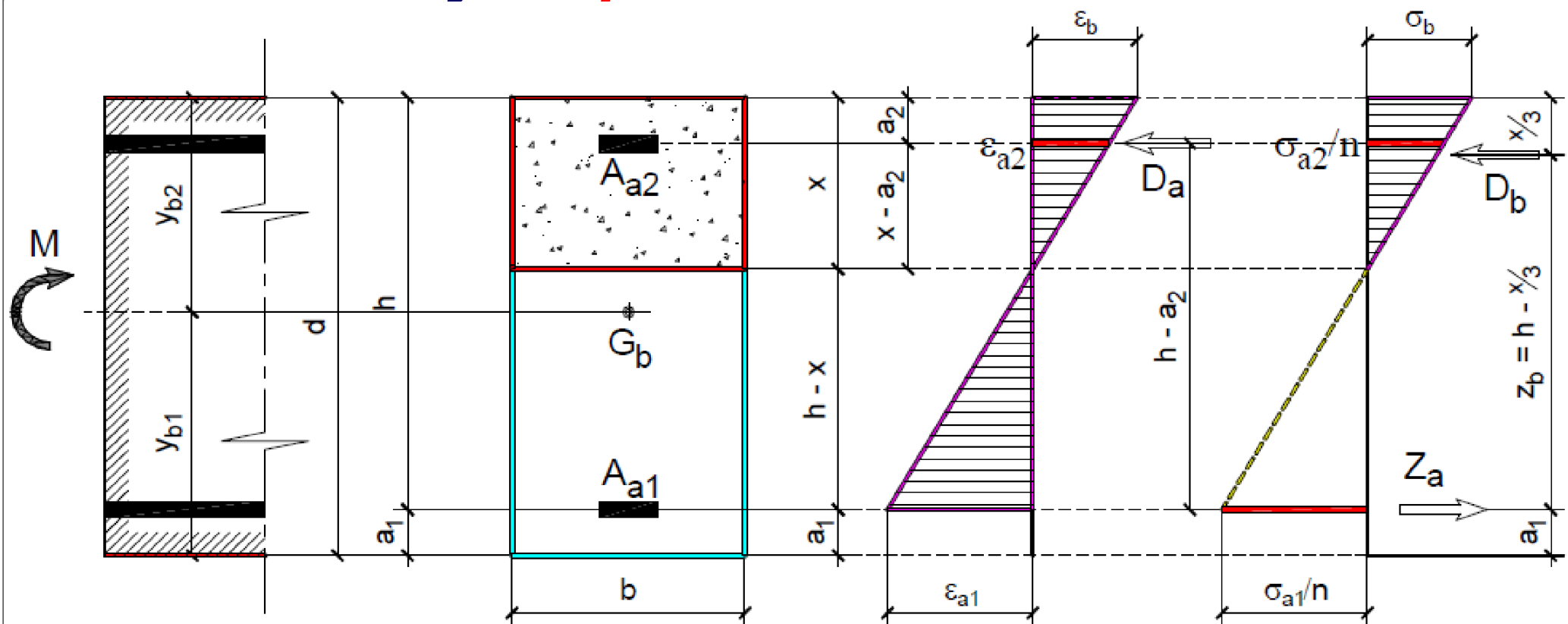
$$\sigma_a = \epsilon_a \times E_a = n \times \sigma_b = 0.263 \times 10^{-3} \times 21 \times 10^3 = 5.52 \text{ kN/cm}^2$$

1. Određivanje **napona** u AB elementima



1. Raspored dilatacija po visini preseka linearan
2. Kompletnu silu zatezanja u preseku sa prslinom prihvata armatura
3. Veza napon dilatacija za oba materijala sledi Hooke-ov zakon

1. Određivanje **napona** u AB elementima



1. **Nepoznate veličine: s i σ_b**

2. **Uslovi ravnoteže:** $\sum N = 0 : D_b + D_a - Z_a = N \equiv 0$

$$\sum M_a = 0 : D_b \times \left(h - \frac{x}{3} \right) + D_a \times (h - a_2) = M_a \equiv M$$

1. Određivanje **napona** u AB elementima

$$\mu_1 = \frac{A_{a1}}{bh} \quad \mu_2 = \frac{A_{a2}}{bh} \quad \alpha_2 = \frac{a_2}{h} \quad n = \frac{E_a}{E_b}$$

$$s^2 + 2 \times n \times (\mu_1 + \mu_2) \times s - 2 \times n \times (\mu_1 + \mu_2 \times \alpha_2) = 0$$

$$J_{llb} = \frac{s^2}{2} \times \left(1 - \frac{s}{3}\right)$$

$$\sigma_b = \frac{M_a}{b \times h^2} \times \frac{s}{J_{llb} + n \times \mu_2 \times (s - \alpha_2) \times (1 - \alpha_2)} \Rightarrow \varepsilon_b = \frac{\sigma_b}{E_b}$$

$$\sigma_{a1} = n \times \sigma_b \times \frac{1-s}{s} \Rightarrow \varepsilon_{a1} = \frac{\sigma_{a1}}{E_a}$$

$$\sigma_{a2} = n \times \sigma_b \times \frac{s - \alpha_2}{s} \Rightarrow \varepsilon_{a2} = \frac{\sigma_{a2}}{E_a}$$

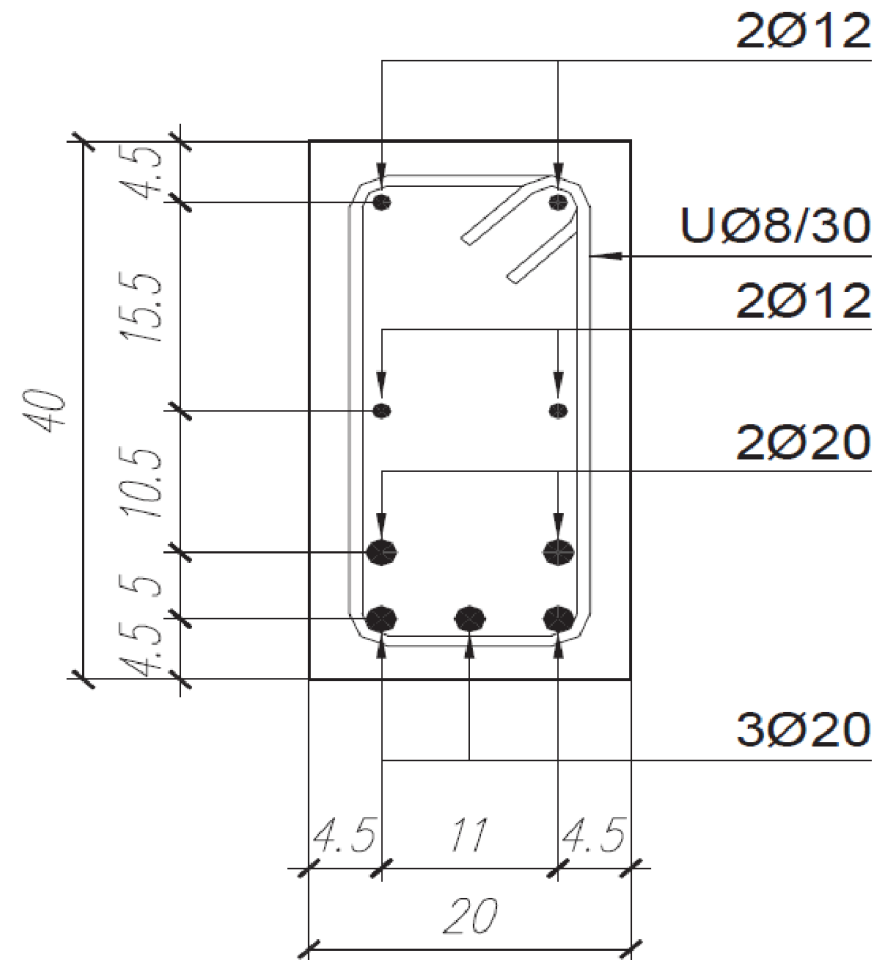
1. Određivanje **napona** u AB elementima

Primer 3 – AB greda

- Odrediti napone u betonu i armaturi za dati presek.

$$M_g = 29.6 \text{ kNm} \quad M_p = 26 \text{ kNm}$$

$$MB \ 30 \quad GA \ 240/360$$



1. Određivanje **napona** u AB elementima

Primer 3 – AB greda

$$a_1 = \frac{3 \times 4.5 + 2 \times 9.5}{5} = 6.5 \text{ cm} ; a_2 = 4.5 \text{ cm}$$

$$h_1 = 40 - 6.5 = 33.5 \text{ cm} ; \alpha_2 = \frac{a_2}{h} = \frac{4.5}{33.5} = 0.134$$

$$A_{a1} = 15.71 \text{ cm}^2 \Rightarrow \mu_1 = \frac{A_{a1}}{b \times h} = \frac{15.71}{20 \times 33.5} = 2.34\%$$

$$A_{a2} = 2.26 \text{ cm}^2 \Rightarrow \mu_2 = \frac{A_{a2}}{b \times h} = \frac{2.26}{20 \times 33.5} = 0.34\%$$

$$\text{MB 30} \Rightarrow E_b = 31.5 \text{ GPa} \Rightarrow n = \frac{E_a}{E_b} = \frac{210}{31.5} = 6.67$$

1. Određivanje *napona* u AB elementima

Primer 3 – AB greda

$$s^2 + 2 \times n \times (\mu_1 + \mu_2) \times s - 2 \times n \times (\mu_1 + \mu_2 \times \alpha_2) = 0$$

$$s^2 + 2 \times 6.67 \times (2.34 + 0.34) \times 10^{-2} \times s - 2 \times 6.67 \times (2.34 + 0.34 \times 0.134) \times 10^{-2} = 0$$

$$s^2 + 0.358 \times s - 0.319 = 0 \Rightarrow s = \mathbf{0.414}$$

$$J_{Iib} = \frac{s^2}{2} \times \left(1 - \frac{s}{3}\right) = \frac{0.414^2}{2} \times \left(1 - \frac{0.414}{3}\right) = 0.074$$

$$M_a = M = M_g + M_p = 29.6 + 26.0 = 55.6 \text{ kNm}$$

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

1. Određivanje **napona** u AB elementima

Primer 3 – AB greda

$$\sigma_b = \frac{55.6 \times 10^2}{20 \times 33.5^2} \times \frac{0.414}{0.074 + 6.67 \times 0.34 \times 10^{-2} \times (0.414 - 0.134) \times (1 - 0.134)} = 1.29 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{a1} = n \times \sigma_b \times \frac{1-s}{s} = 6.67 \times 1.29 \times \frac{1-0.414}{0.414} = 12.23 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{a2} = n \times \sigma_b \times \frac{s-\alpha_2}{s} = 6.67 \times 1.29 \times \frac{0.414-0.134}{0.414} = 5.82 \text{ kN/cm}^2$$

$$\varepsilon_b = \frac{\sigma_b}{E_b} = \frac{1.29}{3.15 \times 10^3} = 0.411\text{‰}$$

$$\varepsilon_{a1} = \frac{\sigma_{a1}}{E_a} = \frac{12.23}{21 \times 10^3} = 0.583\text{‰} \quad ; \quad \varepsilon_{a2} = \frac{\sigma_{a2}}{E_a} = \frac{5.82}{21 \times 10^3} = 0.277\text{‰}$$

Primer 4 – AB greda T preseka

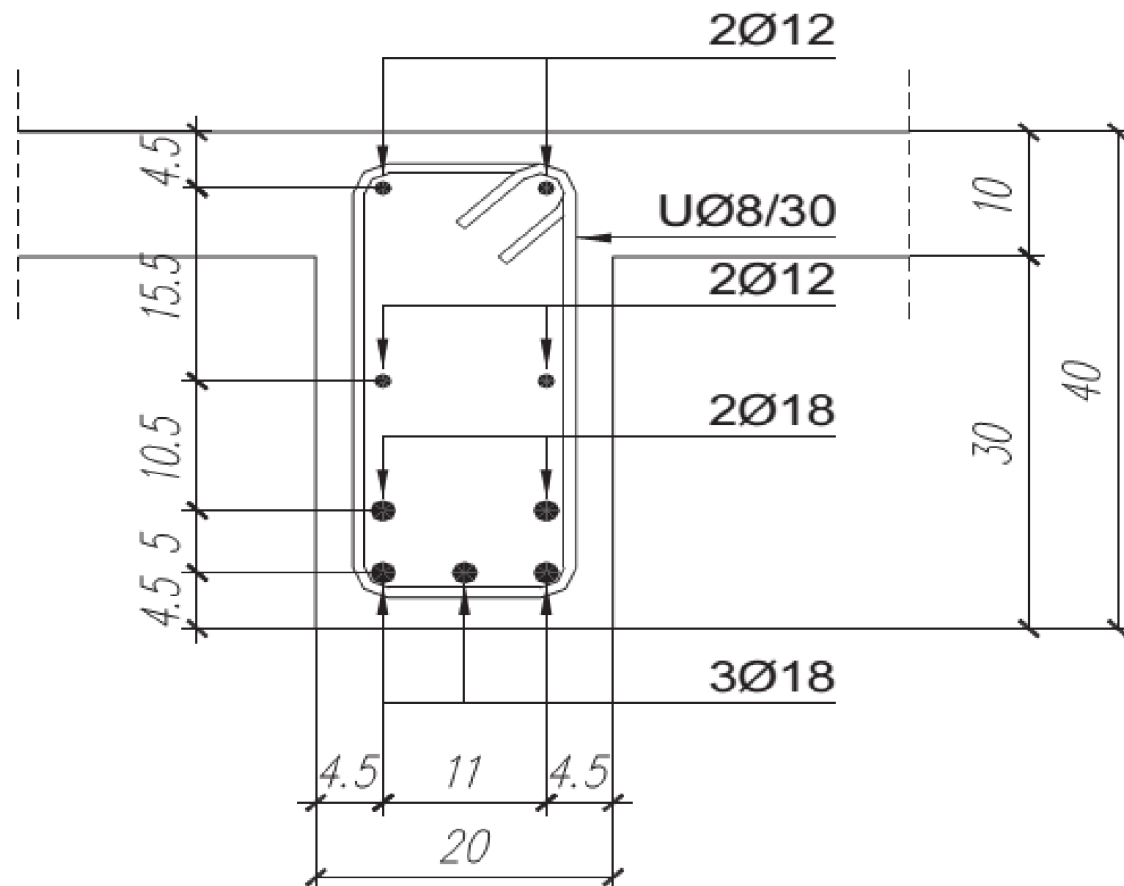
- Odrediti napone u betonu i armaturi za dati presek.

$$M_g = 29.6 \text{ kNm}$$

MB 30

$$M_p = 26 \text{ kNm}$$

GA 240/360



Primer 4 – AB greda T preseka

$$a_1 = \frac{3 \times 4.5 + 2 \times 9.5}{5} = 6.5 \text{ cm}$$

$$h = 40 - 6.5 = 33.5 \text{ cm}$$

$$a_2 = 4.5 \text{ cm} \Rightarrow \alpha_2 = \frac{a_2}{h} = \frac{4.5}{33.5} = 0.134$$

$$A_{a1} = 12.72 \text{ cm}^2 \Rightarrow \mu_1 = \frac{A_{a1}}{B \times h} = \frac{12.72}{105 \times 33.5} = 0.36\%$$

$$A_{a2} = 2.26 \text{ cm}^2 \Rightarrow \mu_2 = \frac{A_{a2}}{B \times h} = \frac{2.26}{105 \times 33.5} = 0.06\%$$

$$\text{MB 30} \Rightarrow E_b = 31.5 \text{ GPa} \Rightarrow n = \frac{E_a}{E_b} = \frac{210}{31.5} = 6.67$$

Primer 4 – AB greda T preseka

$$s^2 + 2 \times n \times (\mu_1 + \mu_2) \times s - 2 \times n \times (\mu_1 + \mu_2 \times \alpha_2) = 0$$

$$s^2 + 2 \times 6.67 \times (0.36 + 0.06) \times 10^{-2} \times s - 2 \times 6.67 \times (0.36 + 0.06 \times 0.134) \times 10^{-2} = 0$$

$$s^2 + 0.057 \times s - 0.049 = 0$$

$$\Rightarrow s = \mathbf{0.196} < \delta = \frac{d_p}{h} = \frac{10}{33.5} = 0.299$$

$$J_{Iib} = \frac{s^2}{2} \times \left(1 - \frac{s}{3}\right) = \frac{0.196^2}{2} \times \left(1 - \frac{0.196}{3}\right) = 0.018$$

$$M_a = M = M_g + M_p = 29.6 + 26.0 = 55.6 \text{ kNm}$$

Primer 4 – AB greda T preseka

$$\sigma_b = \frac{M_a}{B \times h^2} \times \frac{s}{J_{Iib} + n \times \mu_2 \times (s - \alpha_2) \times (1 - \alpha_2)}$$

$$\sigma_b = \frac{55.6 \times 10^2}{105 \times 33.5^2} \times \frac{0.196}{0.018 + 6.67 \times 0.06 \times 10^{-2} \times (0.196 - 0.134) \times (1 - 0.134)} = 0.51 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{a1} = n \times \sigma_b \times \frac{1 - s}{s} = 6.67 \times 0.51 \times \frac{1 - 0.196}{0.196} = 13.97 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{a2} = n \times \sigma_b \times \frac{s - \alpha_2}{s} = 6.67 \times 0.51 \times \frac{0.196 - 0.134}{0.196} = 1.06 \text{ kN/cm}^2$$

$$\varepsilon_b = \frac{\sigma_b}{E_b} = \frac{0.51}{3.15 \times 10^3} = 0.162\text{‰} \quad \varepsilon_{a1} = \frac{\sigma_{a1}}{E_a} = \frac{13.97}{21 \times 10^3} = 0.665\text{‰}$$

2. Granično stanje prslina

- *Određivanje momenta pojave prslina:*

$$M_r = f_{bzs} \times W_{i1} \approx f_{bzs} \times W_{b1}$$

- W_{i1} – otporni moment idealizovanog preseka (beton+armatura)
- W_{b1} – otporni moment bruto betonskog preseka

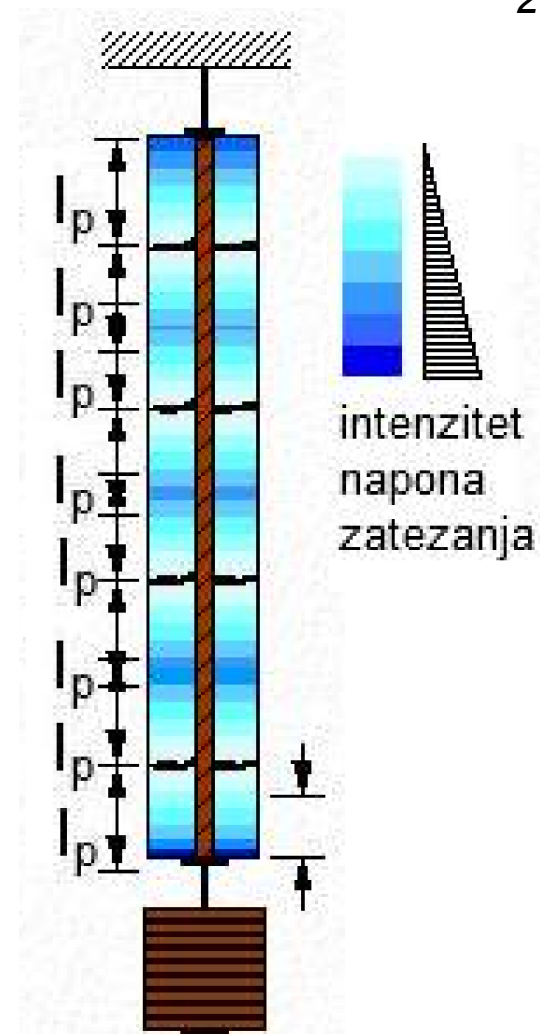
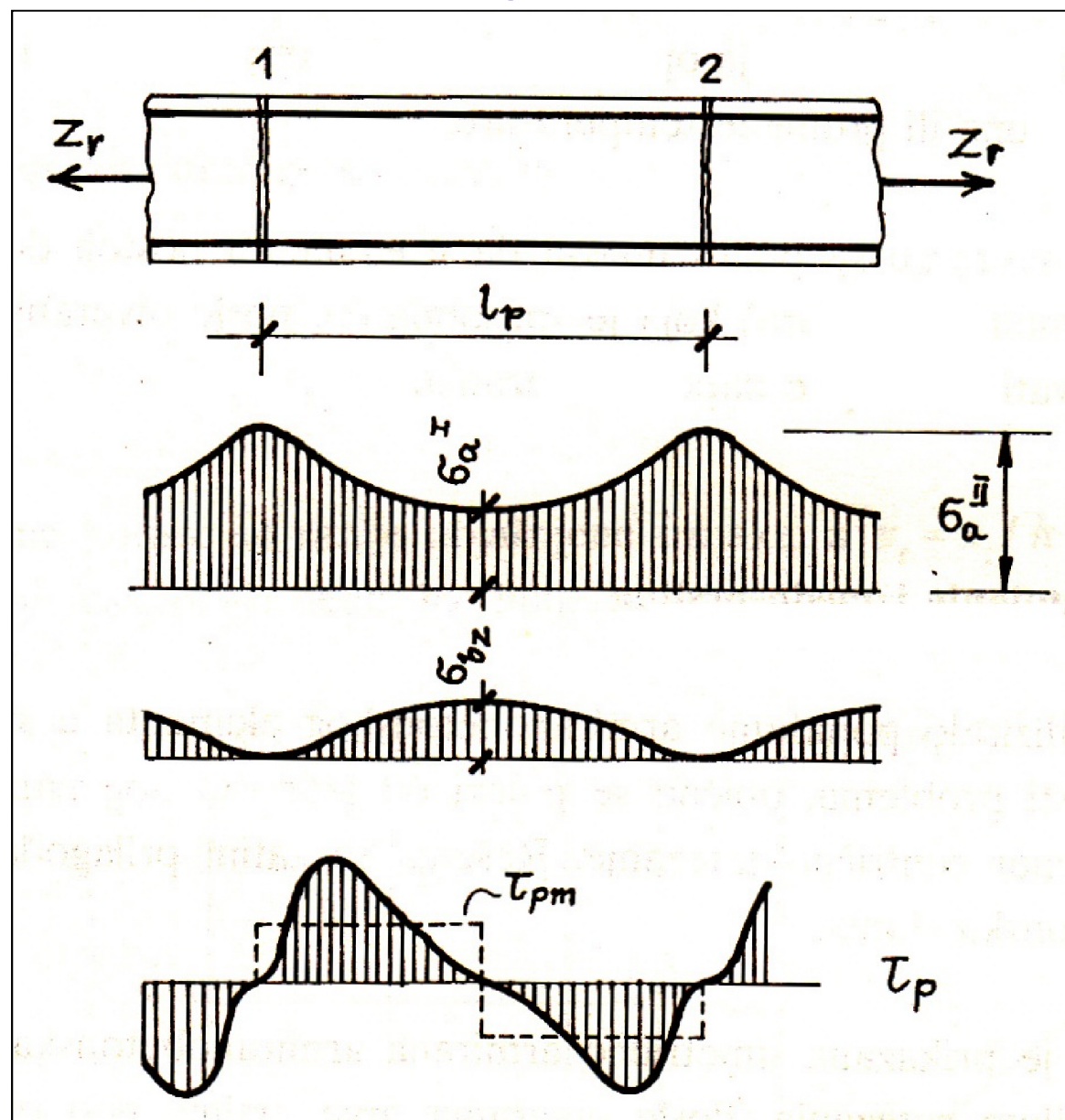
Radi jednostavnosti se savetuje da se proračun momenta M_r sprovodi po približnom izrazu (sa karakteristikama bruto betonskog preseka), pri čemu se dopušta da se proračunom tretira SAMO REBRO poprečnog preseka, dakle $W_{b1} \approx b_r \times d^2 / 6$.

- f_{bzs} – čvrstoća betona pri zatezanju savijanjem

$$f_{bzs} = f_{bz} \times \left(0.6 + \frac{0.4}{\sqrt[4]{d}} \right) = 0.7 \times f_{bz,m} \times \left(0.6 + \frac{0.4}{\sqrt[4]{d}} \right) \geq f_{bz} = 0.7 \times f_{bz,m}$$

Napominje se da se visina poprečnog preseka d u izraz za određivanje f_{bzs} unosi u METRIMA. Takođe se naglašava da se, u skladu sa članom 51. BAB, kod proračuna širine prslina usvaja da je $f_{bz} = 0.7 \times f_{bz,m}$

2. Granično stanje prslina



2. Granično stanje prslina

- Srednje rastojanje prslina:

$$l_{ps} = 2 \times \left(a_0 + \frac{e_{\emptyset}}{10} \right) + k_1 \times k_2 \times \frac{\emptyset}{\mu_{z1,ef.}}$$

a_0 - čist zaštitni sloj betona do podužne armature

$e_{\emptyset}$ - osovinsko rastojanje profila armature (max 15 $\emptyset$ odn. 30cm)

k_1 – **0.8** za GA 240/360, **0.4** za RA 400/500

k_2 – **0.25** za centrično zatezanje, **0.125** za čisto savijanje

$\emptyset$ – prečnik upotrebene armature

2. Granično stanje prslina

- *Srednje rastojanje prslina:*

$$l_{ps} = 2 \times \left(a_0 + \frac{e_{\emptyset}}{10} \right) + k_1 \times k_2 \times \frac{\emptyset}{\mu_{z1,ef.}}$$

$\mu_{z1,ef.}$ – *efektivni procenat armiranja zategnutom armaturom*

$$\mu_{z1,ef.} = \frac{A_{al}}{A_{bz,ef.}}$$

A_{a1} – *površina **zategnute** armature*

$A_{bz,ef.}$ – *efektivna površina zategnutog betona*

2. Granično stanje prslina

- Karakteristična širina prslina: $a_{pk} = 1.7 \times \zeta_a \times \varepsilon_{a1} \times l_{ps}$

$$\zeta_a = 1 - \beta_1 \times \beta_2 \times \left(\frac{\sigma_{a1,r}}{\sigma_{a1}^{II}} \right)^2 = 1 - \beta_1 \times \beta_2 \times \left(\frac{M_r}{M} \right)^2 \begin{cases} \leq 1.0 \\ \geq 0.4 \end{cases}$$

β_1 – **0.5** za GA 240/360, **1.0** za RA 400/500

β_2 – **1.0** za kratkotrajno, **0.5** za dugotrajno opterećenje

M_r – moment savijanja pri kome nastaje prslina

Tabela 18. Najveće vrednosti graničnih širina prslina a_u u mm

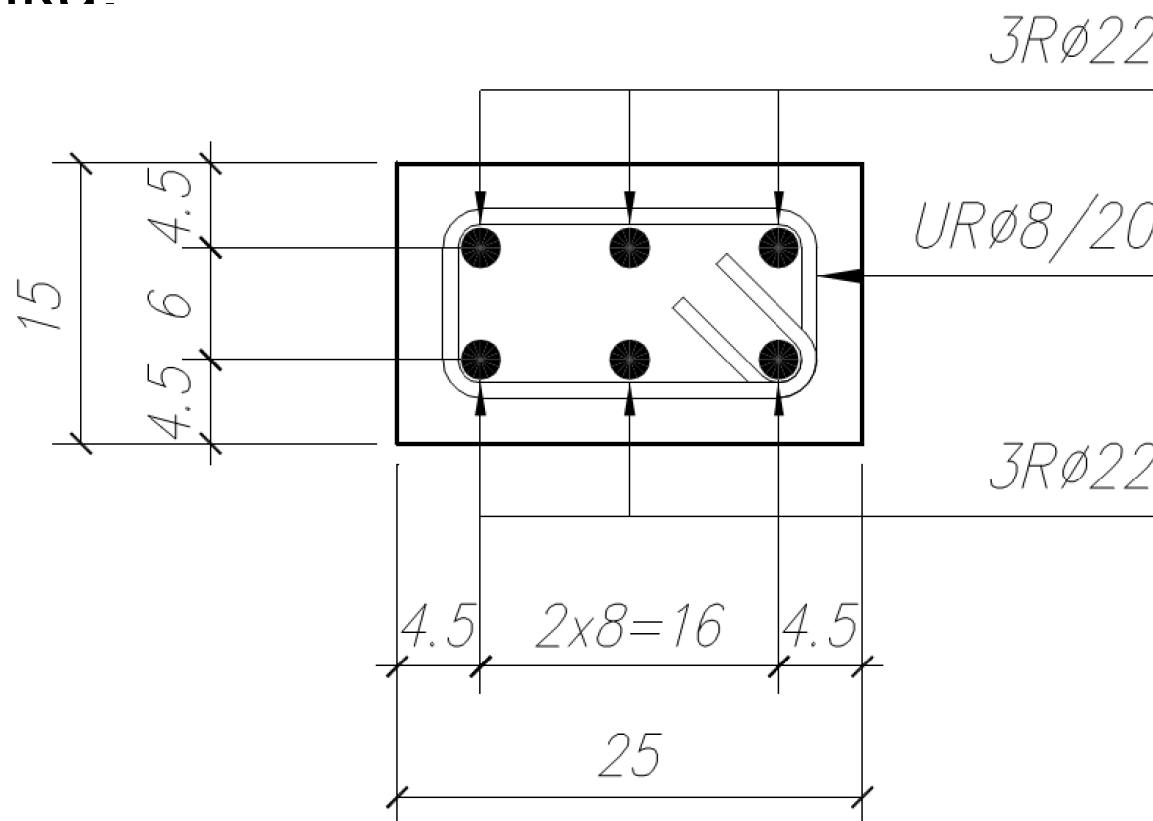
Agresivnost sredine	Trajanje uticaja	
	stalno i dugotrajno promenljivo	stalno, dugotrajno i kratkotrajno promenljivo
Slaba	0,2	0,4
Srednja	0,1	0,2
Jaka	0,05	0,1

Primer 5 – granično stanje prslina kod zatege

25

Odrediti karakterističnu širini prslina zatege prikazane na slici koja je opterećena silama $Z_g = 200 \text{ kN}$ i $Z_p = 250 \text{ kN}$. Uporediti dobijene vrednosti sa maksimalnim dozvoljenim vrednostima iz pravilnika.

MB30 RA400/500



Primer 5 – granično stanje prslina kod zatege

26

$$Z = Z_g + Z_p = 200 + 250 = 450 \text{ kN}$$

Proračun sile pri kojoj nastaje prslina (član 51. BAB 87)

$$\text{MB 30} \Rightarrow f_{bz} = 0.7 \times f_{bzm} = 0.7 \times 2.4 = 1.68 \text{ MPa} = 0.168 \text{ kN/cm}^2$$

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

$$A_i = A_b + n \times A_a = 25 \times 15 + 6.67 \times 22.81 = 527.05 \text{ cm}^2$$

$$Z_r = f_{bz} \times A_i = 0.168 \times 527.05 = 88.5 \text{ kN} < Z = 450 \text{ kN}$$

Primer 5 – granično stanje prslina kod zatege

27

$$a_0 = a_1 - \varnothing/2 = 4.5 - 2.2/2 = 3.4 \text{ cm}$$

$$\varnothing = 22 \text{ mm} = 2.2 \text{ cm} \quad ; \quad k_1 = 0.4 \text{ (RA 400/500)}$$

$$e_{\varnothing} = 8.0 \text{ cm} \quad ; \quad k_2 = 0.25 \text{ (čisto zatezanje)}$$

$$A_{bz,ef.} = A_b = b \times d = 25 \times 15 = 375 \text{ cm}^2$$

$$\mu_{z,ef.} = \frac{A_a}{A_{bz,ef.}} = \frac{22.81}{375} = 0.0608 = 6.08\%$$

$$l_{ps} = 2 \times \left(3.4 + \frac{8.0}{10} \right) + 0.4 \times 0.25 \times \frac{2.2}{6.08 \times 10^{-2}} = 12.0 \text{ cm}$$

Primer 5 – granično stanje prslina kod zatege

28

Određivanje napona u zategnutoj armaturi

$$\sigma_a = \frac{Z}{A_a} = \frac{450}{22.81} = 19.73 \text{ kN/cm}^2 \Rightarrow \varepsilon_a = \frac{\sigma_a}{E_a} = \frac{19.73}{21.0 \times 10^3} = 0.940\text{‰}$$

Proračun karakteristične širine prslina

$$a_{pk} = 1.7 \times \zeta_a \times \varepsilon_a \times l_{ps}$$

$$\zeta_a = 1 - \beta_1 \times \beta_2 \times \left(\frac{\sigma_{a1,r}}{\sigma_{a1}^{\text{II}}} \right)^2 = 1 - \beta_1 \times \beta_2 \times \left(\frac{Z_r}{Z} \right)^2 \begin{cases} \leq 1.0 \\ \geq 0.4 \end{cases}$$

$$\left. \begin{array}{l} \beta_1 = 1.0 \text{ (RA400/500)} \\ \beta_2 = 1.0 \text{ (t = 0)} \end{array} \right\} \Rightarrow \zeta_a = 1 - 1.0 \times 1.0 \times \left(\frac{88.5}{450} \right)^2 = 0.961$$

$$a_{pk} = 1.7 \times 0.961 \times 0.940 \times 10^{-3} \times 12.0 = 18.0 \times 10^{-3} \text{ cm} = 0.18 \text{ mm}$$

Primer 6 – oslonački presek

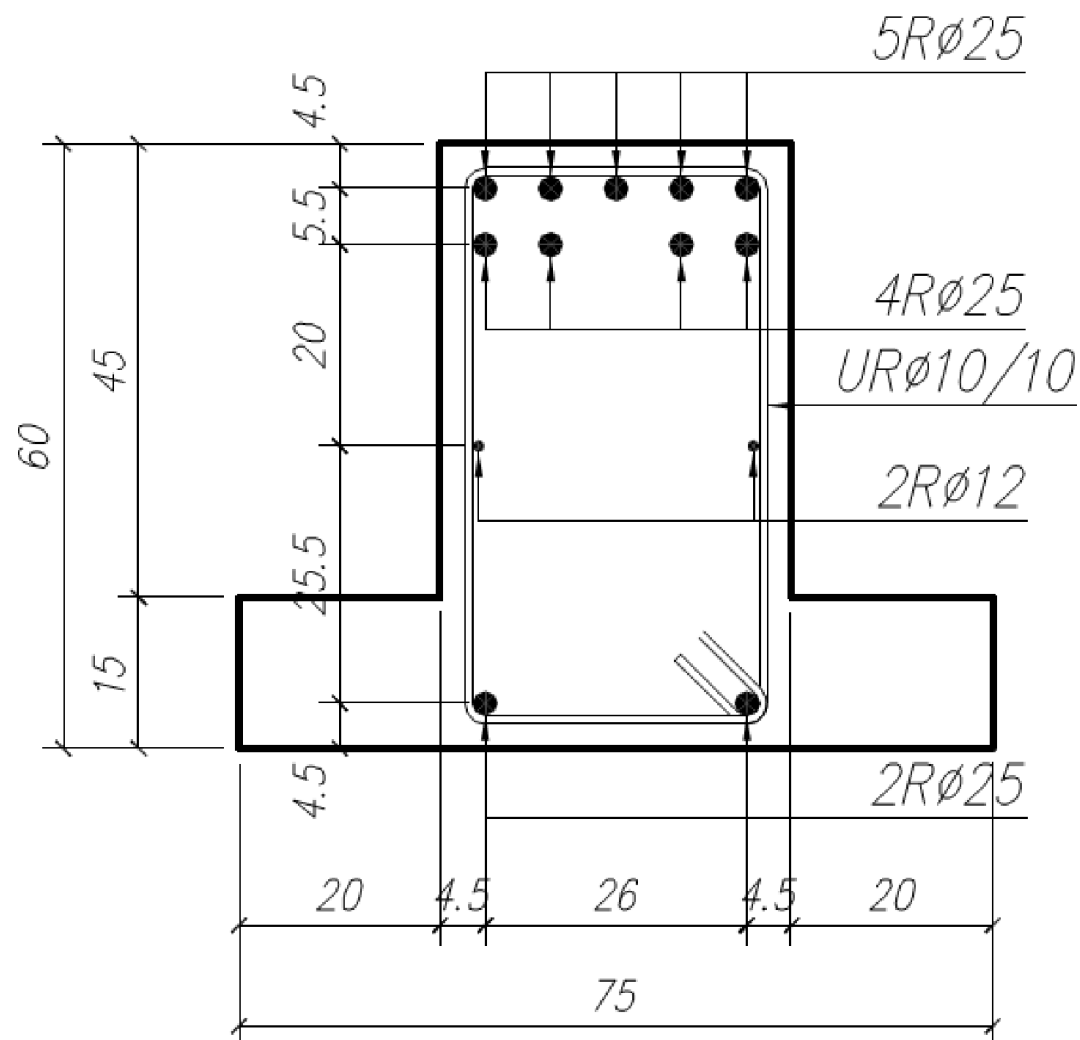
29

- Za dati presek sračunati srednje rastojanje i karakterističnu širinu prslina.

$$M_g = 180 \text{ kNm} \quad M_p = 101.25 \text{ kNm}$$

MB 30

RA 400/500



Primer – oslonački presek List 3 Godišnjeg zadatka ³⁰

$$M_r = f_{bzs} \times W_{il} \approx f_{bzs} \times W_{bl}$$

W_{il} - otporni moment idealizovanog preseka (beton+armatura) za zategnutu ivicu preseka

W_{bl} - otporni moment bruto betonskog preseka za zategnutu ivicu preseka

$$f_{bzs} = f_{bz} \times \left(0.6 + \frac{0.4}{\sqrt[4]{d}} \right) = 0.7 \times f_{bz,m} \times \left(0.6 + \frac{0.4}{\sqrt[4]{d}} \right) \geq f_{bz} = 0.7 \times f_{bz,m}$$

$$f_{bzm} = 0.25 \times \sqrt[3]{f_{bk}^2} \quad ; \quad f_{bzm} \text{ i } f_{bk} \text{ u [MPa]}$$

Primer – oslonački presek List 3 Godišnjeg zadatka ³¹

$$\text{MB 30} \Rightarrow f_{bz,m} = 2.4 \text{ MPa} \Rightarrow f_{bz} = 0.7 \times f_{bz,m} = 0.7 \times 2.4 = 1.68 \text{ MPa}$$

$$f_{bzs} = 1.68 \times \left(0.6 + \frac{0.4}{\sqrt[4]{0.60}} \right) = 1.77 \text{ MPa} = 0.177 \text{ kN/cm}^2$$

$$W_{b1} = \frac{35 \times 60^2}{6} = 21000 \text{ cm}^3 \Rightarrow M_r = 0.177 \times 21000 = 3720 \text{ kNcm}$$

$$M_r = 37.2 \text{ kNm} < M = M_\sigma + M_n = 180 + 300 = 480 \text{ kNm}$$

Srednje rastojanje prslina

$$l_{ps} = 2 \times \left(a_0 + \frac{e_\emptyset}{10} \right) + k_1 \times k_2 \times \frac{\emptyset}{\mu_{z1,ef.}}$$

Primer – oslonački presek List 3 Godišnjeg zadatka 32

U prethodnom izrazu su upotrebljene sledeće oznake:

- a_0 - čist zaštitni sloj betona do armature
- e_0 - osovinsko rastojanje profila armature, ne veće od $15\emptyset$ ni od 30 cm
- k_1 - koeficijent koji obuhvata uticaj prijanjanja armature ($k_1=0.8$ za glatku armaturu GA 240/360, $k_1=0.4$ za rebrastu armaturu RA 400/500)
- k_2 - koeficijent koji obuhvata uticaj naponskog stanja - oblika dijagrama napona zatezanja po visini preseka pre nastanka prslina ($k_2=0.25$ za centrično zatezanje, $k_2=0.125$ za čisto savijanje)
- $\emptyset$ - prečnik upotrebljene armature
- $\mu_{z1,ef.}$ - efektivni procenat armiranja zategnutom armaturom, određen izrazom:

$$\mu_{z1,ef.} = \frac{A_{al}}{A_{bz,ef.}}$$

- A_{al} - površina **zategnute** armature u poprečnom preseku
- $A_{bz,ef.}$ - efektivna površina zategnutog betona, za slučaj pravougaonog oblika zategnute zone preseka određena kao:

$$A_{bz,ef.} = b \times h_{bz,ef.}$$

Primer – oslonački presek List 3 Godišnjeg zadatka ³³

pri čemu je visina sadejstvjuće zone zategnutog betona $h_{bz,ef.}$ određena kao minimalna od sledeće dve vrednosti:

$$h_{bz,ef.} = \min. \left\{ \begin{array}{ll} a^{(i)} + 7.5 \times \emptyset & (a) \\ d - x^I \approx d/2 & (b) \end{array} \right\}$$

$a^{(i)}$ - položaj najudaljenijeg od zategnute ivice reda zategnute armature u preseku

x^I - visina pritiskute zone preseka pre nastanka prslina (stanje I)

$$a_0 = a^I - \emptyset/2 = 4.5 - 2.5/2 = 3.25 \text{ cm}$$

$$\emptyset = 25 \text{ mm} = 2.5 \text{ cm} \quad ; \quad k_1 = 0.4 \text{ (RA 400/500)}$$

$$e_{\emptyset} = 6.5 \text{ cm} \quad ; \quad k_2 = 0.125 \text{ (čisto savijanje)}$$

Primer – oslonački presek List 3 Godišnjeg zadatka ³⁴

$$h_{bz,ef.} = \min. \left\{ \begin{array}{l} 10 + 7.5 \times 2.5 = 28.75 \text{ cm} \\ d - x^I \approx d/2 = 60/2 = 30 \text{ cm} \end{array} \right\} = 28.75 \text{ cm}$$

$$\mu_{z1,ef.} = \frac{A_{a1}}{A_{bz,ef.}} = \frac{44.18}{35 \times 28.75} = 0.0439 = 4.39\%$$

$$l_{ps} = 2 \times \left(3.25 + \frac{6.5}{10} \right) + 0.4 \times 0.125 \times \frac{2.5}{4.39 \times 10^{-2}} = 10.65 \text{ cm}$$

$$\sigma_{a1} = 22.78 \text{ kN/cm}^2 = 227.8 \text{ MPa} \Rightarrow \varepsilon_{a1} = 1.085\%$$

Primer – oslonački presek List 3 Godišnjeg zadatka ³⁵

Određivanje karakteristične širine prslina

$$a_{pk} = 1.7 \times \zeta_a \times \varepsilon_{al} \times l_{ps}$$

$$\zeta_a = 1 - \beta_1 \times \beta_2 \times \left(\frac{\sigma_{al,r}}{\sigma_{al}^{\text{II}}} \right)^2 = 1 - \beta_1 \times \beta_2 \times \left(\frac{M_r}{M} \right)^2 \begin{cases} \leq 1.0 \\ \geq 0.4 \end{cases}$$

$$\left. \begin{array}{l} \beta_1 = 1.0 \text{ (RA400/500)} \\ \beta_2 = 1.0 \text{ (t = 0)} \end{array} \right\} \Rightarrow \zeta_a = 1 - 1.0 \times 1.0 \times \left(\frac{37.2}{480} \right)^2 = 0.994$$

$$a_{pk} = 1.7 \times 0.994 \times 1.085 \times 10^{-3} \times 10.65 = 19.5 \times 10^{-3} \text{ cm} = 0.195 \text{ mm}$$