

PRIMERI KORIŠĆENJA DIJAGRAMA INTERAKCIJE

Primer 1. Dimenzionisati presek pravougaonog oblika, opterećen zadatim silama pritiska i momentima savijanja usled stalnog, odnosno povremenog opterećenja. Podaci za proračun:

$$\begin{aligned} M_g &= 105 \text{ kNm} & N_g &= 1200 \text{ kN} & b &= 30 \text{ cm} & & \text{MB 30} \\ M_p &= 52.5 \text{ kNm} & N_p &= 600 \text{ kN} & d &= 60 \text{ cm} & & \text{RA 400/500} \end{aligned}$$

S obzirom na odnos momenata savijanja i aksijalnih sila, realno je pretpostaviti da je presek napregnut u fazi malog ekscentriciteta. Stoga je odabrano SIMETRIČNO armiranje i sprovodi se pomoću odgovarajućeg dijagrama interakcije.

$$\text{pretpostavljeno } a_1 = a_2 = 6 \text{ cm} \Rightarrow a/d = 6/60 = 0.1$$

Odabran je dijagram 2.4.10 (RA, $a/d=0.1$, simetrično armiranje), str.135., PBAB-2, kome odgovara dijagram br. 115 NAJ. Deo dijagrama 2.4.10 prikazan je na skici u prilogu.

$$\text{pretpostavljeno } \varepsilon_{a1} < 0\text{‰} \text{ (pritisak)} \Rightarrow \gamma_{u,g} = 1.9 ; \gamma_{u,p} = 2.1$$

$$M_u = 1.9 \times 105 + 2.1 \times 52.5 = 309.8 \text{ kNm}$$

$$N_u = 1.9 \times 1200 + 2.1 \times 600 = 3540 \text{ kN}$$

Sračunavanje bezdimenzionih veličina m_u , n_u :

$$m_u = \frac{M_u}{b \times d^2 \times f_B} = \frac{309.8 \times 10^2}{30 \times 60^2 \times 2.05} = 0.140$$

$$n_u = \frac{N_u}{b \times d \times f_B} = \frac{3540}{30 \times 60 \times 2.05} = 0.959$$

Sa dijagrama interakcije za ove vrednosti (tačka **1**) se očitava: $\bar{\mu}_1 \approx \mathbf{0.167}$ (tačno rešenje $\bar{\mu}_1 \approx 0.168$). Sprovodi se kontrola pretpostavljenih koeficijenata sigurnosti, procenom dilatacije donje armature. Sa dijagrama sledi $\varepsilon_{a1} < \mathbf{0}$ (tačno rešenje $\varepsilon_{a1} = 0.20\text{‰}$ - pritisak) pa su pretpostavljene vrednosti koeficijenata sigurnosti dobre. Potrebna površina armature:

$$A_{a1} = \bar{\mu}_1 \times b \times d \times \frac{f_B}{\sigma_v} = 0.167 \times 30 \times 60 \times \frac{2.05}{40} = 15.40 \text{ cm}^2 ; A_{a2} = A_{a1}$$

$$\text{usvojeno: } \quad \mathbf{\pm 6R\text{\O}19} \quad (\pm 17.01 \text{ cm}^2 = 34.02 \text{ cm}^2)$$

$$a_1 = a_2 = \frac{4 \times 4.5 + 2 \times 9.5}{6} = 6.17 \text{ cm} \approx 6 \text{ cm} = a_{\text{pretp.}}$$

Vrlo važna napomena:

Dobro obratiti pažnju da li se sa dijagrama koji se koristi očitava vrednost $\bar{\mu}$, koja se odnosi na UKUPNU armaturu u preseku (dijagrami NAJ), ili vrednost $\bar{\mu}_1$, koja se odnosi na ZATEGNUTU armaturu u preseku (dijagrami u PBAB-2).

Primer 2. Dimenzionisati presek pravougaonog oblika, opterećen zadatim silama pritiska i momentima savijanja usled stalnog, odnosno povremenog opterećenja. Podaci za proračun:

$$\begin{array}{llll} M_g = 150 \text{ kNm} & N_g = 950 \text{ kN} & b = 30 \text{ cm} & \text{MB 30} \\ M_p = 75 \text{ kNm} & N_p = 475 \text{ kN} & d = 60 \text{ cm} & \text{RA 400/500} \end{array}$$

S obzirom na odnos momenata savijanja i aksijalnih sila, realno je pretpostaviti da je presek napregnut u fazi malog ekscentriciteta. Stoga je odabrano SIMETRIČNO armiranje i sprovodi se pomoću odgovarajućeg dijagrama interakcije.

$$\text{pretpostavljeno } a_1 = a_2 = 6 \text{ cm} \Rightarrow a/d = 6/60 = 0.1$$

Odabran je dijagram br. 2.4.10, str.135., PBAB-2, prikazan u prilogu.

$$\text{pretpostavljeno } \varepsilon_{a1} < 0\text{‰} \text{ (pritisak)} \Rightarrow \gamma_{u,g} = 1.9 ; \gamma_{u,p} = 2.1$$

$$M_u = 1.9 \times 150 + 2.1 \times 75 = 442.3 \text{ kNm}$$

$$N_u = 1.9 \times 950 + 2.1 \times 475 = 2802.5 \text{ kN}$$

Sračunavanje bezdimenzionih veličina m_u , n_u :

$$m_u = \frac{M_u}{b \times d^2 \times f_B} = \frac{442.3 \times 10^2}{30 \times 60^2 \times 2.05} = 0.200$$

$$n_u = \frac{N_u}{b \times d \times f_B} = \frac{2802.5}{30 \times 60 \times 2.05} = 0.759$$

Sa dijagrama interakcije za ove vrednosti (**2a**) se očitava: $\bar{\mu} \approx \mathbf{0.175}$ (dalo bi $A_{a1} = 16.14 \text{ cm}^2$).

Sprovodi se kontrola pretpostavljenih koeficijenata sigurnosti, procenom dilatacije donje armature. Sa dijagrama sledi $\varepsilon_{a1} \approx \mathbf{0.5\text{‰}}$ - gotovo na samoj liniji na kojoj je $\varepsilon_{a1} = 0.5\text{‰}$, malo prema $\varepsilon_{a1} = 1\text{‰}$ (tačno rešenje $\varepsilon_{a1} = 0.53\text{‰}$ - zatezanje), pa je potrebno korigovati pretpostavljene vrednosti koeficijenata sigurnosti.

$$\gamma_{u,g} = 1.9 - \frac{1.9 - 1.6}{3 - 0} \times 0.5 = 1.85 ; \gamma_{u,p} = 2.1 - \frac{2.1 - 1.8}{3 - 0} \times 0.5 = 2.055$$

Proračun se ponavlja sa korigovanim koeficijentima sigurnosti:

$$M_u = 1.85 \times 150 + 2.05 \times 75 = 431.3 \text{ kNm}$$

$$N_u = 1.85 \times 950 + 2.05 \times 475 = 2731.3 \text{ kN}$$

$$m_u = \frac{M_u}{b \times d^2 \times f_B} = \frac{431.3 \times 10^2}{30 \times 60^2 \times 2.05} = 0.195$$

$$n_u = \frac{N_u}{b \times d \times f_B} = \frac{2731.3}{30 \times 60 \times 2.05} = 0.740$$

Sa dijagrama interakcije za ove vrednosti (tačka **2**) se očitava: $\bar{\mu}_1 \approx \mathbf{0.16}$ i $\varepsilon_{a1} \approx \mathbf{0.5\text{‰}}$ (tačno rešenje $\varepsilon_{a1} = 0.57\text{‰}$ - zatezanje, $\bar{\mu}_1 \approx \mathbf{0.161}$). Ova tačnost se može prihvatiti s obzirom da se radi o grafičkom očitavanju, te se sračunava potrebna površina armature:

$$A_{a1} = A_{a2} = \bar{\mu} \times b \times d \times \frac{f_B}{\sigma_v} = 0.16 \times 30 \times 60 \times \frac{2.05}{40} = 14.76 \text{ cm}^2$$

usvojeno: $\pm 3R\emptyset 25$ ($\pm 14.73 \text{ cm}^2 = 29.45 \text{ cm}^2$)

$$a_1 = a_2 = 4.50 \text{ cm} > 6 \text{ cm} = a_{\text{pretp.}}$$

U slučaju većih odstupanja može se očitavanje ponoviti sa dijagrama koji bolje opisuje položaj armature u preseku ($a/d = 4.5/60 = 0.075$). Kako je sprovedeni proračun u ovom slučaju na strani sigurnosti, jer je pretpostavljena veća vrednost a_1 od stvarne, proračun nije potrebno ponavljati. U slučaju većih odstupanja i/ili nepostojanja odgovarajućeg dijagrama (sa stvarnim odnosom a/d) može se:

- uraditi linearna interpolacija - očitavanje sa dva susedna dijagrama
- očitavanje izvršiti sa dijagrama sa većim odnosom a/d

Za prethodni primer, interpolacijama koeficijentata sigurnosti i uvrštavanjem stvarnog odnosa a/d dobilo bi se konačno: $\varepsilon_{a1} = 0.62\%$ - zatezanje, $\gamma_{u,g} = 1.838$, $\gamma_{u,p} = 2.038$; $\bar{\mu}_1 = 0.148$, $A_{a1} = A_{a1} = 13.65 \text{ cm}^2$, što je praktično bez uticaja na usvojenu površinu armature.

Primer 3. Dimenzionisati presek pravougaonog oblika, opterećen zadatim silama pritiska i momentima savijanja usled stalnog, odnosno povremenog opterećenja. Podaci za proračun:

$$\begin{array}{llll} Mg = 150 \text{ kNm} & Ng = 250 \text{ kN} & b = 30 \text{ cm} & MB 30 \\ Mp = 75 \text{ kNm} & Np = 125 \text{ kN} & d = 60 \text{ cm} & RA 400/500 \end{array}$$

S obzirom na odnos momenata savijanja i aksijalnih sila, realno je pretpostaviti da je presek napregnut u fazi velikog ekscentriciteta. Ponovo je odabrano SIMETRIČNO armiranje i sprovodi se pomoću odgovarajućeg dijagrama interakcije.

$$\text{pretpostavljeno } a_1 = a_2 = 6 \text{ cm} \Rightarrow a/d = 6/60 = 0.1$$

Odabran je dijagram br. 2.4.10, str.135., PBAB-2, prikazan u prilogu.

$$\text{pretpostavljeno } \varepsilon_{a1} > 3\% \text{ (zatezanje)} \Rightarrow \gamma_{u,g} = 1.6; \gamma_{u,p} = 1.8$$

$$M_u = 1.6 \times 150 + 1.8 \times 75 = 375.0 \text{ kNm}$$

$$N_u = 1.6 \times 250 + 1.8 \times 125 = 625.0 \text{ kN}$$

Sračunavanje bezdimenzionih veličina m_u , n_u :

$$m_u = \frac{M_u}{b \times d^2 \times f_B} = \frac{375 \times 10^2}{30 \times 60^2 \times 2.05} = 0.169$$

$$n_u = \frac{N_u}{b \times d \times f_B} = \frac{625}{30 \times 60 \times 2.05} = 0.169$$

Sa dijagrama interakcije za ove vrednosti (tačka 3) se očitava: $\bar{\mu}_1 \approx 0.125$.

Sprovodi se kontrola pretpostavljenih koeficijenata sigurnosti, procenom dilatacije donje armature. Sa dijagrama sledi $\epsilon_{a1} \approx 10\text{‰}$ (tačno rešenje $\epsilon_b/\epsilon_{a1} = 3.27/10\text{‰}$ - lom po armaturi), pa su pretpostavljene vrednosti koeficijenata sigurnosti dobre. Potrebna površina armature je:

$$A_{a1} = A_{a2} = \bar{\mu}_1 \times b \times d \times \frac{f_B}{\sigma_v} = 0.125 \times 30 \times 60 \times \frac{2.05}{40} = 11.53 \text{ cm}^2$$

S obzirom na dobijeni rezultat (lom po armaturi), postavlja se pitanje opravdanosti simetričnog armiranja (sem u slučaju kada su momenti savijanja alternativnog znaka, što u slučaju momenata savijanja od stalnog opterećenja ne može biti slučaj). U donjoj tabeli su prikazani rezultati koji se dobijaju očitavanjem sa dijagrama interakcije za različite odnose pritisnute i zategnute armature:

za sve slučajeve: $m_u = 0.169$; $n_u = 0.169$; $a/d = 6/60 = 0.10$

A_{a2}/A_{a1}	ϵ_b/ϵ_{a1}	$\bar{\mu}_1$	A_{a1}	A_{a2}
1	3.27/10‰	0.125	11.54	11.54
0.5	3.5/7.30‰	0.133	12.30	6.15
0.25	3.5/5.76‰	0.141	13.04	3.26
0	3.5/4.40‰	0.154	14.18	0

usvojeno: **5RØ19** (14.18 cm² = A_{a1})
2RØ19 (5.67 cm² = A_{a2})

