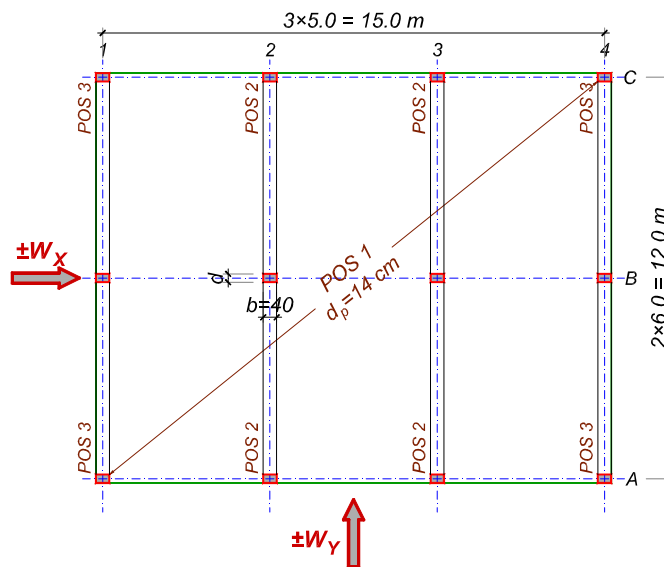


Pismeni ispit – jednospratni ram

1



$$\Delta g = 1.5 \text{ kN/m}^2$$
$$W_x = \pm 120 \text{ kN}$$

$$p = 10 \text{ kN/m}^2$$
$$W_y = \pm 150 \text{ kN}$$

VIII zona MCS
grede: 40/50 cm

MB 30
RA 400/500

Pismeni ispit – jednospratni ram

2

Ploča POS 1 ($d_p = 14 \text{ cm}$) je oslonjena na grede POS 2, POS 3 a ove na 12 stubova. Svi stubovi su istog, pravougaonog poprečnog preseka, širine 40 cm i nepoznate dimenzije d . Sve grede su istog poprečnog preseka ($40/50 \text{ cm}$). Zadana jednako raspodeljena opterećenja Δg i p deluju po čitavoj površini ploče. Potrebno je:

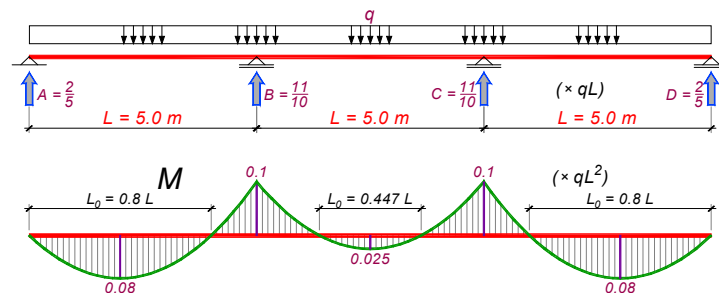
1. Dimenzionisati POS 1 u karakterističnim presecima. Usvojeni raspored armature prikazati u osnovi (posebno gornja i donja zona) i detalju preseka.
2. Dimenzionisati POS 2 i POS 3 u karakterističnim presecima za uticaje od vertikalnog opterećenja. Usvojeni raspored armature prikazati u približnoj razmeri u podužnom i karakterističnim poprečnim presecima (nije potrebno određivati tačnu dužinu šipki kao za specifikaciju armature). Maksimalni dopušteni prečnik uzengija $\varnothing 10$, minimalno rastojanje 10 cm , u slučaju korišćenja višesečnih uzengija obavezno sračunati dužinu na kojoj su ove uzengije neophodne, odnosno dužinu na kojoj su dovoljne dvosečne uzengije.
3. Dimenzionisati stubove prema merodavnim uticajima prema srpskim propisima (VIII zona MCS skale, objekat II kategorije, tlo I kategorije). Seizmičku silu odrediti za ukupno (G+P) opterećenje. Aksijalne sile u stubovima usled vetra i seizmike zanemariti. Ukoliko je potrebno, u proračun uzeti izvijanje. Usvojenu armaturu prikazati u preseku. Sve stubove armirati istom armaturom.

POS 1 – ploča

3

1.1 STATIČKI SISTEM

Ploča je sistema kontinualnog nosača preko tri jednaka raspona $L = 5\text{ m}$, opterećena jednako raspodeljenim opterećenjem po svim poljima istovremeno. Oblik dijagrama momenata savijanja je prikazan na donjoj skici.



1.2 ANALIZA OPTEREĆENJA

- sopstvena težina POS 1	0.14×25	=	3.5 kN/m^2
- dodatno stalno opterećenje	Δg	=	1.5 kN/m^2
ukupno, stalno opterećenje	g	=	5.0 kN/m^2
povremeno opterećenje:	p	=	10.0 kN/m^2

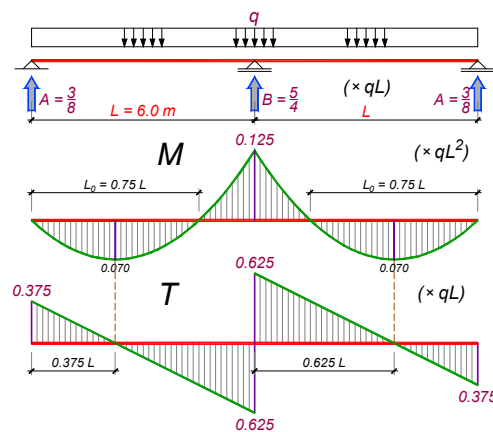
POS 2 – središnja greda

4

2 PRORAČUN GREDE POS 2

2.1 STATIČKI SISTEM

Greda je sistema kontinualnog nosača preko dva jednaka raspona $L = 6\text{ m}$. Opterećena je jednako raspodeljenim opterećenjem po oba polja istovremeno (sopstvena težina grede i srednje reakcije ploče POS 1). Oblici dijagrama momenata savijanja i transverzalnih sila su prikazani na skici desno.



2.2 ANALIZA OPTEREĆENJA

- sopstvena težina POS 2	$0.4 \times 0.5 \times 25$	=	5.0 kN/m
- stalno opterećenje od POS 1	$1.1 \times 5.0 \times 5.0 = B_g$	=	27.5 kN/m
ukupno, stalno opterećenje	g	=	32.5 kN/m
povremeno opt. od POS 1:	$1.1 \times 10.0 \times 5.0 = B_p = p$	=	55.0 kN/m

POS 3 – ivična greda

5

Greda je sistema kontinualnog nosača preko dva jednaka raspona $L = 6$ m. Oblici dijagrama momenta savijanja i transverzalnih sila su isti kao za gredu POS 2.

3.2 ANALIZA OPTEREĆENJA

- sopstvena težina POS 3 $0.4 \times 0.5 \times 25 = 5.0$ kN/m
- stalno opterećenje od POS 1 $0.4 \times 5.0 \times 5.0 = B_g = 10.0$ kN/m
- ukupno, stalno opterećenje $g = 15.0$ kN/m
- povremeno opt. od POS 1: $0.4 \times 10.0 \times 5.0 = B_p = p = 20.0$ kN/m

4.1 PRORAČUN SILA U STUBOVIMA OD VERTIKALNOG OPTEREĆENJA

Stubovi u osama 2 i 3 prihvataju reakcije središnjih greda POS 2, a stubovi u osama 1 i 4 reakcije ivičnih greda POS 3.

$$\begin{aligned} A_{g1} &= 0.375 \times 15 \times 6.0 = 33.8 \text{ kN} & ; & & A_{p1} &= 0.375 \times 20 \times 6.0 = 45.0 \text{ kN} \\ B_{g1} &= 1.25 \times 15 \times 6.0 = 112.5 \text{ kN} & ; & & B_{p1} &= 1.25 \times 20 \times 6.0 = 150.0 \text{ kN} \\ A_{g2} &= 0.375 \times 32.5 \times 6.0 = 73.1 \text{ kN} & ; & & A_{p2} &= 0.375 \times 55 \times 6.0 = 123.8 \text{ kN} \\ B_{g2} &= 1.25 \times 32.5 \times 6.0 = 243.8 \text{ kN} & ; & & B_{p2} &= 1.25 \times 55 \times 6.0 = 412.5 \text{ kN} \end{aligned}$$

Napominje se da je bilo dovoljno sračunati samo sile u najopterećenijem (B2) i najmanje opterećenom stubu (A1).

Proračun seizmičke sile

6

Ukupna horizontalna seizmička sila S se određuje, prema članu 21. Pravilnika o tehničkim normativima za izgradnju objekata visokogradnje u seizmičkim područjima, kao:

$$S = K \times Q = k_o \times k_s \times k_p \times k_d \times Q$$

Q - ukupna težina objekta, određena u skladu sa članom 19. Pravilnika, kao suma ukupnog stalnog i verovatnog povremenog opterećenja. Ovde je zahtevano da se seizmička sila sračuna sa UKUPNIM povremenim opterećenjem (G+P).

$$\Sigma G = 4 \times (33.8 + 73.1) + 2 \times (112.5 + 243.8) = 1140 \text{ kN}^1$$

$$\Sigma P = 4 \times (45 + 123.8) + 2 \times (150 + 412.5) = 1800 \text{ kN}$$

$$S_x = S_y = 1.0 \times 0.05 \times 1.0 \times 1.0 \times (1140 + 1800) = 147 \text{ kN}$$

Stubovi su spojeni krutom tavanicom – pločom, koja obezbeđuje jednaka pomeranja njihovih vrhova. Stubovi prihvataju sile proporcionalno svojoj visini (svi stubovi su jednake visine), krutosti na savijanje i konturnim uslovima (konzola ili ram).

U poprečnom pravcu horizontalne sile prihvataju četiri rama jednake krutosti, koje formiraju stubovi povezani gredama. U podužnom pravcu greda nema, pa horizontalne sile prihvata 12 konzolnih stubova jednake krutosti. Kako je krutost u podužnom pravcu, usled odsustva greda, očito manja, najpre se proverava ovaj pravac.

¹ Sopstvena težina stubova nije uračunata u ukupnu težinu objekta, što je opravdano s obzirom na njihovu malu (a zasad i nepoznatu) dimenziju.

Određivanje dimenzije stuba

7

4.3.1 Kontrola pomeranja

Pomeranje u podužnom pravcu usled veće od horizontalnih sila je:

$$dx = \frac{S_x \times H^3}{3EJ_x} = \frac{147 \times 4.0^3}{3 \times 31.5 \times 10^6 \times J_x} \leq dx_{\text{dop.}} = \frac{H}{600} = \frac{4.0}{600} = 6.67 \times 10^{-3} \text{ m} = 6.67 \text{ mm}$$

$$J_x = \frac{147 \times 4.0^3}{3 \times 31.5 \times 10^6 \times 6.67 \times 10^{-3}} = 0.015 \text{ m}^4 = 12 \times \frac{0.4^3 \times d}{12} \Rightarrow d \geq 0.23 \text{ m}$$

Pomeranje u poprečnom pravcu usled veće od horizontalnih sila je:

$$dy = \frac{W_y \times H^3}{12EJ_y} = \frac{150 \times 4.0^3}{12 \times 31.5 \times 10^6 \times J_y} \leq dy_{\text{dop.}} = \frac{H}{600} = \frac{4.0}{600} = 6.67 \times 10^{-3} \text{ m} = 6.67 \text{ mm}$$

$$J_y = \frac{150 \times 4.0^3}{12 \times 31.5 \times 10^6 \times 6.67 \times 10^{-3}} = 0.004 \text{ m}^4 = 12 \times \frac{0.4 \times d^3}{12} \Rightarrow d \geq 0.21 \text{ m}$$

² Kako je dimenzija stuba $d=40$ cm zadata i nije dopušteno da se menja, ovde je samo moglo da bude konstatovano da je vitkost veća od 75. Maksimalna dopuštena vitkost je 140, ali se elementi velike vitkosti ($\lambda > 75$) ne obrađuju u okviru ovog kursa.

Određivanje dimenzije stuba

8

4.3.2 Kontrola vitkosti

Nezavisno od veličine horizontalnog pomeranja, potrebno je da vitkost stuba bude maksimalno $\lambda_{\text{max}} = 75$. U podužnom pravcu stubovi su konzole, pa sledi:

$$i_x = \frac{40}{\sqrt{12}} = 11.55 \text{ cm} \Rightarrow \lambda_x = \frac{L_{i,x}}{i_x} = \frac{2 \times 400}{11.55} = 69.3 < 75^2$$

U poprečnom pravcu dužina izvijanja je približno jednaka spratnoj visini, pa sledi:

$$\lambda_y = \frac{L_{i,y}}{i_y} \leq 75 \Rightarrow i_y = \frac{d}{\sqrt{12}} \geq \frac{L_{i,y}}{75} \Rightarrow d \geq \frac{L_{i,y} \sqrt{12}}{75} = \frac{400 \sqrt{12}}{75} = 18.5 \text{ cm}$$

4.3.3 Kontrola duktilnosti

U skladu sa odredbama člana 61 Pravilnika o tehničkim normativima za izgradnju objekata visokogradnje u seizmičkim područjima se sprovodi kontrola duktilnosti stubova:

$$\sigma_0 = \frac{G+P}{A_b} \leq 0.35 \times f_b = 0.35 \times 0.7 \times f_{bk} = 0.35 \times 0.7 \times 30 = 7.35 \text{ MPa} = 0.735 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

Kontrola se sprovodi za najopterećeniji stub (B2):

$$A_b = b \times d \geq \frac{G+P}{\sigma_0} = \frac{243.8 + 412.5}{0.735} = 892.9 \text{ cm}^2 \Rightarrow d \geq \frac{892.9}{40} = 22.3 \text{ cm}$$

Dakle, tražena dimenzija stubova koja zadovoljava sve zahtevane uslove je $d = 25 \text{ cm}$.

Dimenzionisanje stubova

9

Pri određivanju merodavnih kombinacija za dimenzionisanje, treba voditi računa o sledećem:

- uticaj stalnog opterećenja MORA biti uzet u obzir u svakoj kombinaciji;
- vertikalno povremeno opterećenje p i vetar predstavljaju dva nezavisna povremena opterećenja, koji mogu, a ne moraju delovati na konstrukciju;
- opterećenje vetrom i seizmičko opterećenje su alternativnog znaka. Ne uzimaju se istovremeno i ne kombinuju sa istim uticajem u dva ortogonalna pravca (ne kombinuju se uticaji W_x i W_y , odnosno S_x i S_y);
- u kombinacijama uticaja koje sadrže seizmičko dejstvo razmatraju se sva ona opterećenja (u odgovarajućem intenzitetu) koja su korišćena pri proračunu masa (u konkretnom slučaju, stalno i ukupno povremeno opterećenje). Pri dimenzionisanju se koristi jedinstven koeficijent sigurnosti $\gamma_u = 1.3$ (član 15 Pravilnika) nezavisno od dilatacije zategnute armature i ne uzima se u obzir povoljno dejstvo stalnog opterećenja.

Kako su uticaji alternativnog znaka, preseći će biti armirani simetrično a dimenzionisanje biti sprovedeno pomoću odgovarajućih dijagrama interakcije.

Podužni pravac - dimenzionisanje

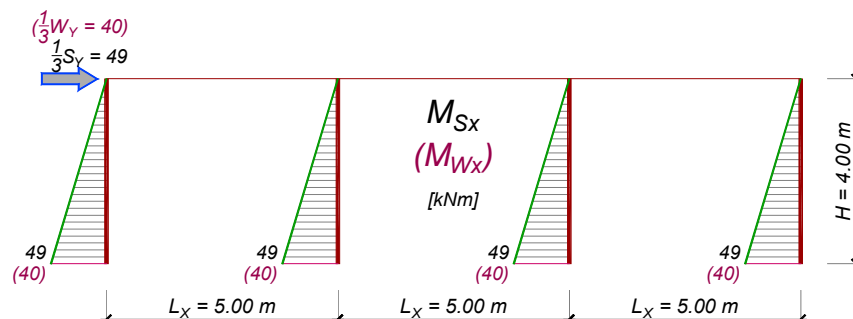
10

Svaki stub prihvata isti deo horizontalne sile, pa su momenti savijanja u stubovima usled seizmičke sile, odnosno vetra:

$$S_{1x} = \frac{S_x}{12} = \frac{147}{12} = 12.25 \text{ kN} \Rightarrow M_{Sx} = S_{1x} \times H = 12.25 \times 4.0 = 49 \text{ kNm}$$

$$W_{1x} = \frac{W_x}{12} = \frac{120}{12} = 10.0 \text{ kN} \Rightarrow M_{Wx} = W_{1x} \times H = 10.0 \times 4.0 = 40 \text{ kNm}$$

Dijagrami momenata savijanja u jednom podužnom »ramu« prikazani su na skici.



Podužni pravac - dimenzionisanje

11

4.4.1.1 Kombinacije sa seizmičkim momentom

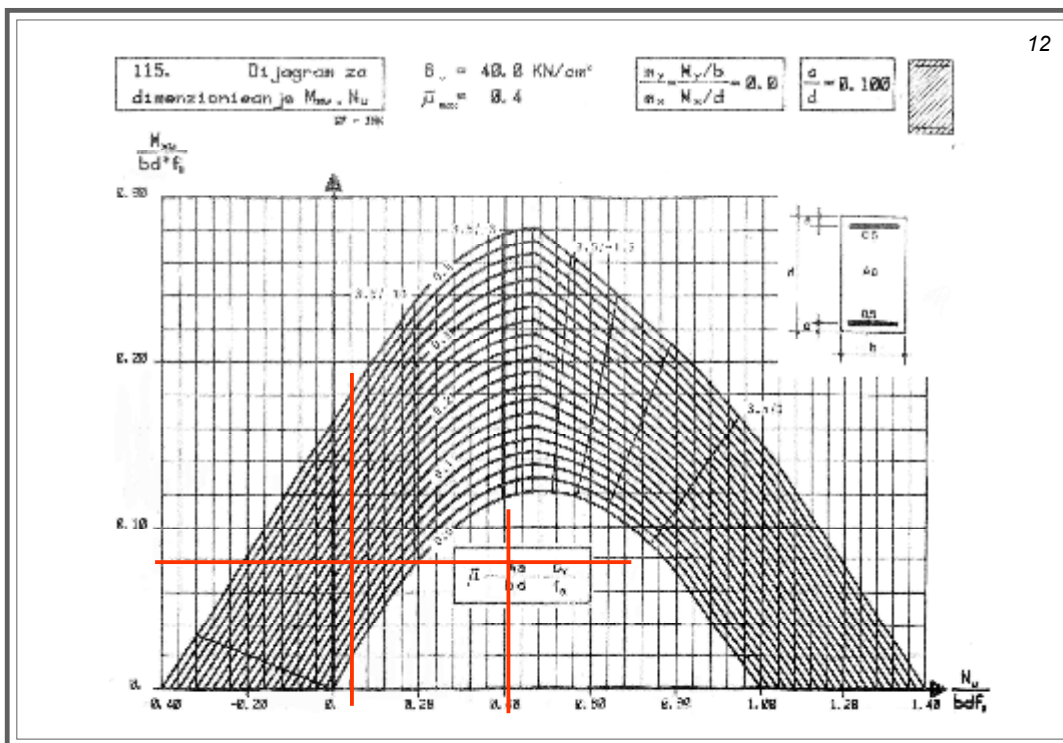
$$M_{Xu} = 1.3 \times 49 = 63.7 \text{ kNm} \Rightarrow m_u = \frac{63.7 \times 10^2}{25 \times 40^2 \times 2.05} = 0.078$$

$$N_{u,\min} = 1.3 \times (33.8 + 45.0) = 102.4 \text{ kN} \Rightarrow n_{u,\min} = \frac{102.4}{25 \times 40 \times 2.05} = 0.050$$

$$\frac{a}{d} = \frac{4}{40} = 0.1 \Rightarrow \bar{\mu}_1 = 0.067 \Rightarrow A_{a1} = A_{a2} = 0.067 \times 25 \times 40 \times \frac{2.05}{40} = 3.42 \text{ cm}^2$$

$$N_{u,\max} = 1.3 \times (243.8 + 412.5) = 853.1 \text{ kN} \Rightarrow n_{u,\max} = \frac{853.1}{25 \times 40 \times 2.05} = 0.416$$

$$\bar{\mu}_1 = 0 \Rightarrow A_{a1,\min} = A_{a2,\min} = 0.2\% \times b \times d = 0.2 \times 10^{-2} \times 25 \times 40 = 2.0 \text{ cm}^2$$



12

Podužni pravac - dimenzionisanje

13

4.4.1.2 Kombinacije sa momentom od vetra

Izvijanje se ne mora uzeti u obzir ukoliko je zadovoljen makar jedan od uslova:

$$(1) \quad \lambda < 25$$

$$(2) \quad \frac{e_1}{d} \geq 3.5 \quad (\lambda \leq 75) \quad \text{ili} \quad \frac{e_1}{d} \geq 3.5 \times \frac{\lambda}{75} \quad (\lambda > 75)$$

$$(3) \quad \lambda \leq 50 - 25 \frac{M_1}{M_2}, \quad |M_2| > |M_1|^3$$

Vitkost je sračunata u tački 4.3.2 ($\lambda_x = 69.3$) pa očito prvi i treći uslov nisu zadovoljeni.

³ U konkretnom slučaju, $M_2 = 40 \text{ kNm}$, $M_1 = 0$ pa je proračun sa uzimanjem izvijanja u obzir potreban jer je:

$$\lambda_{\text{stv.}} = 69.3 > 50 - 25 \frac{M_1}{M_2} = 50 - 25 \times \frac{0}{40} = 50$$

Podužni pravac - dimenzionisanje

14

4.4.1.2.1 Kombinacija sa minimalnom normalnom silom (stub A1)

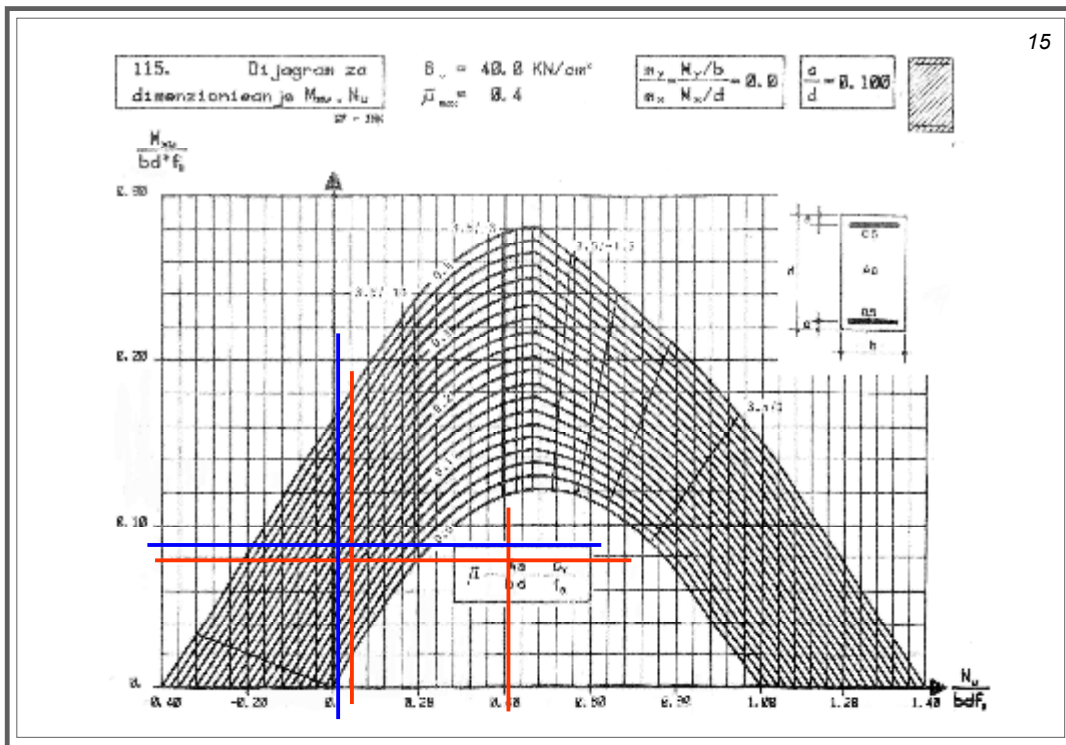
$$M_{xu} = 1.8 \times 40 = 72 \text{ kNm} \Rightarrow m_u = \frac{72 \times 10^2}{25 \times 40^2 \times 2.05} = 0.088$$

$$N_{u,\min} = 1.0 \times 33.8 = 33.8 \text{ kN} \Rightarrow n_{u,\min} = \frac{33.8}{25 \times 40 \times 2.05} = 0.016$$

$$e_1 = \frac{M_u}{N_u} = \frac{72}{33.8} = 2.13 \text{ m} = 213 \text{ cm} \Rightarrow \frac{e_1}{d} = \frac{213}{40} = 5.3 > 3.5$$

Kako je treći uslov zadovoljen, nije potrebno izvijanje izeti u obzir. Sledi:

$$\frac{a}{d} = \frac{4}{40} = 0.1 \Rightarrow \bar{\mu}_1 = 0.096 \Rightarrow A_{a1} = A_{a2} = 0.096 \times 25 \times 40 \times \frac{2.05}{40} = 4.93 \text{ cm}^2$$



Podužni pravac - dimenzionisanje

4.4.1.2.2 Kombinacija sa maksimalnom normalnom silom (stub B2)

Pretpostavljajući minimalne vrednosti koeficijenta sigurnosti ($\epsilon_{s1} \geq 3\%$), sledi:

$$N_{u,max} = 1.6 \times 243.8 + 1.8 \times 412.5 = 1132.5 \text{ kN}$$

$$e_1 = \frac{72}{1132.5} = 0.063 \text{ m} \Rightarrow \frac{e_1}{d} = \frac{0.063}{0.4} = 0.159 < 3.5$$

Kako nijedan od tri uslova navedenih u tački 4.4.1.2 nije zadovoljen, potrebno je izvijanje uzeti u obzir. Kako je vitkost $\lambda = 69.3 < 75$ (oblast umerene vitkosti), moguće je primeniti neki od približnih postupaka. Postupak koji je izložen je metod dopunske ekscentričnosti (detaljnije: Priručnik za primenu PBAB 87, II tom, str. 211-216).

Ekscentricitet usled imperfekcije (netačnog izvođenja) se određuje kao:

$$e_0 = \frac{l_1}{300} \begin{cases} \geq 2 \text{ cm} \\ \leq 10 \text{ cm} \end{cases} ; \quad l_1 = 2H = 8.0 \text{ m} \Rightarrow e_0 = \frac{800}{300} = 2.67 \text{ cm}$$

Za pomerljive sisteme ekscentricitet usled netačnog izvođenja se određuje kao odstupanje od vertikale za ugao α definisan kao:

$$\tan \alpha = 1/150 \quad - \quad \text{za jednospratne okvire opterećene pretežno vertikalnim opterećenjem}$$

$$\tan \alpha = 1/200 \quad - \quad \text{za sve ostale slučajeve}$$

$$e_0 = H \times \tan \alpha = \frac{400}{150} = 2.67 \text{ cm} \Rightarrow \text{usvojeno } e_0 = 2.67 \text{ cm}$$

Podužni pravac - dimenzionisanje

17

Ekscentricitet usled efekata tečenja betona

Ne mora se uzeti u obzir ukoliko je zadovoljen bar jedan od sledećih uslova:

$$\frac{N_g}{N_q} \leq 0.2 \quad ; \quad \lambda \leq 50 \quad ; \quad \frac{e_t}{d} \geq 2$$

Kako je $\lambda = 69.3$, drugi uslov nije zadovoljen. Ni treći uslov nije zadovoljen ($e_t/d = 0,159$).

$$\frac{N_g}{N_q} = \frac{243.8}{243.8 + 412.5} = 0.37 > 0.2$$

Kako ni prvi uslov nije zadovoljen, potrebno je u proračun uvesti efekte tečenja betona. Najpre se sračunava Ojlerova kritična sila izvijanja stuba N_E :

$$N_E = E_b \times J_i \times \frac{\pi^2}{L_i^2} \approx E_b \times J_b \times \frac{\pi^2}{L_i^2}^4$$

$$J_b = \frac{25 \times 40^3}{12} = 133333 \text{ cm}^4 \quad ; \quad E_b = 31.5 \text{ GPa} = 31.5 \times 10^6 \text{ kN/m}^2$$

⁴ S obzirom da je površina armature nepoznata, a da se ne očekuje da ona bitno utiče na vrednost momenta inercije preseka (cca. 5%), dopušteno je i preporučivo Ojlerovu kritičnu silu izvijanja sračunati sa karakteristikama bruto betonskog preseka.

Podužni pravac - dimenzionisanje

18

$$N_E = 31.5 \times 10^6 \times 133333 \times 10^{-8} \times \frac{\pi^2}{8.0^2} = 6477 \text{ kN}$$

$$\alpha_E = \frac{N_g}{N_E} = \frac{243.8}{6477} = 0.038 \quad ; \quad e_g = \frac{M_g}{N} = 0$$

Za element srednje debljine d_m :

$$b/d = 25/40 \text{ cm} \Rightarrow d_m = \frac{2 \times A}{O} = \frac{2 \times 25 \times 40}{2 \times (25 + 40)} = 15.4 \approx 20 \text{ cm}$$

pretpostavljenu starost betona u trenutku nanošenja opterećenja $t_0=28$ dana, za element "napolju" (rel. vlažnost sredine 70%), sledi konačna vrednost koeficijenta tečenja $\varphi_{\infty} = 2.6$ (čl. 59. Pravilnika BAB 87). Ekscentricitet usled tečenja betona e_{φ} se sračunava iz izraza:

$$e_{\varphi} = (e_0 + e_g) \times \left(e^{\frac{\alpha_E}{1-\alpha_E} \times \varphi_{\infty}} - 1 \right) = (2.67 + 0) \times \left(e^{\frac{0.038}{1-0.038} \times 2.6} - 1 \right) = \mathbf{0.27 \text{ cm}}$$

Podužni pravac - dimenzionisanje

19

Dopunski ekscentricitet

Kako je $\lambda \leq 75$ (oblast umerene vitkosti), moguće je koristiti metod dopunske ekscentričnosti za uvođenje u proračun efekata teorije II reda. Zavisno od odnosa e_1/d , dopunski ekscentricitet e_d se određuje iz jednog od sledećih izraza:

$$(1) \quad 0 \leq \frac{e_1}{d} < 0.3: \quad e_d = d \times \frac{\lambda - 25}{100} \times \sqrt{0.1 + \frac{e_1}{d}}$$

$$(2) \quad 0.3 \leq \frac{e_1}{d} < 2.5: \quad e_d = d \times \frac{\lambda - 25}{160}$$

$$(3) \quad 2.5 \leq \frac{e_1}{d} < 3.5: \quad e_d = d \times \frac{\lambda - 25}{160} \times \left(3.5 - \frac{e_1}{d}\right)$$

$$\frac{e_1}{d} = 0.159 \Rightarrow e_d = 40 \times \frac{69.3 - 25}{100} \times \sqrt{0.1 + 0.159} = 9.01 \text{ cm}$$

Ukupan računski ekcentricitet:

$$e_2 = e_1 + e_0 + e_p + e_d = 6.36 + 2.67 + 0.27 + 9.01 = \mathbf{18.31 \text{ cm}}$$

Podužni pravac - dimenzionisanje

20

$$N_{u,\max} = 1.6 \times 243.8 + 1.8 \times 412.5 = 1132.5 \text{ kN} \Rightarrow n_{u,\max} = \frac{1132.5}{25 \times 40 \times 2.05} = 0.552$$

$$M_u = N_u \times e_2 = 1132.5 \times 18.31 = 20738 \text{ kNcm} \Rightarrow m_u = \frac{20738}{25 \times 40^2 \times 2.05} = 0.253$$

$$\bar{\mu}_1 = 0.185; \quad \varepsilon_{a1} = 1.48\text{‰}; \quad \gamma_{ug} = 1.9 - \frac{1.48}{3-0} \times (1.9 - 1.6) = 1.752, \quad \gamma_{up} = 1.952$$

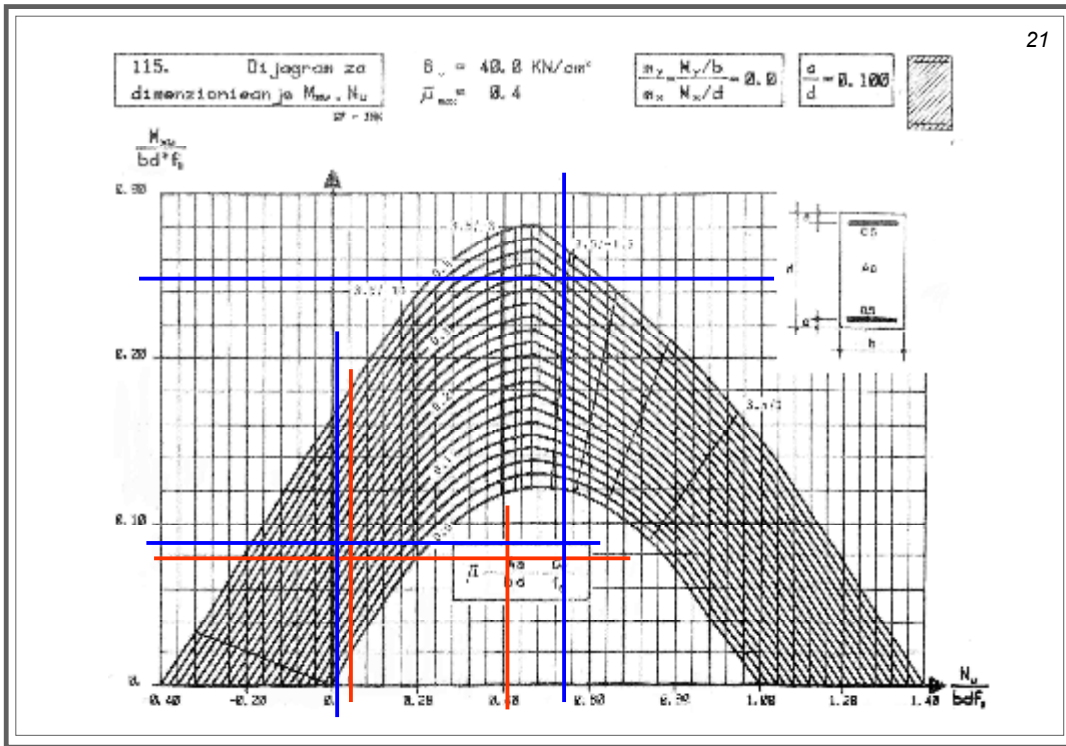
Potrebno je korigovati (povećati) pretpostavljene vrednosti koeficijena sigurnosti, što će dovesti do povećanja sračunate površine armature. Navodi se samo rezultat poslednje iteracije:

$$\varepsilon_{a1} = 1.25\text{‰}; \quad \gamma_{ug} = 1.9 - \frac{1.25}{3-0} \times (1.9 - 1.6) = 1.775, \quad \gamma_{up} = 1.975$$

$$N_{u,\max} = 1.775 \times 243.8 + 1.975 \times 412.5 = 1247.2 \text{ kN} \Rightarrow n_{u,\max} = \frac{1247.2}{25 \times 40 \times 2.05} = 0.608$$

$$M_u = N_u \times e_2 = 1247.2 \times 18.31 = 22796 \text{ kNcm} \Rightarrow m_u = \frac{22796}{25 \times 40^2 \times 2.05} = 0.278$$

$$\frac{a}{d} = \frac{5}{40} = 0.125 \Rightarrow \bar{\mu}_1 = 0.253 \Rightarrow A_{a1} = A_{a2} = 0.253 \times 25 \times 40 \times \frac{2.05}{40} = 12.95 \text{ cm}^2$$



Poprečni pravac - dimenzionisanje

Svaki stub prihvata isti deo horizontalne sile, pa su momenti savijanja u stubovima usled seizmičke sile, odnosno vetra:

$$S_{1Y} = \frac{S_Y}{12} = \frac{147}{12} = 12.25 \text{ kN} \Rightarrow M_{SY} \approx \frac{S_{1Y} \times H}{2} = \frac{12.25 \times 4.0}{2} = 24.5 \text{ kNm}$$

$$W_{1Y} = \frac{W_Y}{12} = \frac{150}{12} = 12.5 \text{ kN} \Rightarrow M_{WY} = \frac{W_{1Y} \times H}{2} = \frac{12.5 \times 4.0}{2} = 25 \text{ kNm}$$

Dijagrami momenata savijanja u jednom poprečnom ramu prikazani su na skici.

$$A_{SY} = C_{SY} = \frac{24.5 + 12.25}{6.0} = 6.13 \text{ kN}$$

$$A_{WY} = C_{WY} = \frac{25 + 12.5}{6.0} = 6.25 \text{ kN}$$

Poprečni pravac - dimenzionisanje

23

Kako su momenti od seizmike manji od momenata od vetra i pri tome se množe manjim koeficijentima sigurnosti, vetar je merodavno opterećenje.

U poprečnom pravcu dužina izvijanja je približno jednaka spratnoj visini, pa sledi:

$$\lambda_y = \frac{L_{i,y}}{i_y} \approx \frac{H}{d} = \frac{400}{25} = \frac{400}{7.21} = 55.4 < 50 - 25 \times \frac{M_1}{M_2} = 50 - 25 \times \frac{-25}{25} = 75$$

Kako je uslov zadovoljen, uticaj izvijanja je moguće zanemariti.

4.4.2.1 Kombinacija sa minimalnom normalnom silom (stub A1)

$$M_{y,u} = 1.8 \times 25 = 45 \text{ kNm} \Rightarrow m_u = \frac{45 \times 10^2}{40 \times 25^2 \times 2.05} = 0.088$$

$$N_{u,\min} = 1.0 \times 33.8 + 1.8 \times (-6.25) = 22.5 \text{ kN} \Rightarrow n_{u,\min} = \frac{22.5}{25 \times 40 \times 2.05} = 0.011$$

$$\frac{a}{d} = \frac{5}{25} = 0.2 \Rightarrow \bar{\mu}_1 = 0.111 \Rightarrow A_{a1} = A_{a2} = 0.111 \times 25 \times 40 \times \frac{2.05}{40} = 5.70 \text{ cm}^2$$

Poprečni pravac - dimenzionisanje

24

4.4.2.2 Kombinacija sa maksimalnom normalnom silom (stub B2)

$$M_{y,u} = 1.8 \times 25 = 45 \text{ kNm} \Rightarrow m_u = \frac{45 \times 10^2}{40 \times 25^2 \times 2.05} = 0.088$$

$$N_{u,\max} = 1.6 \times 243.8 + 1.8 \times 412.5 = 1132.5 \text{ kN} \Rightarrow n_{u,\max} = \frac{1132.5}{25 \times 40 \times 2.05} = 0.552$$

$$n_{u,\max} = \frac{1132.5}{25 \times 40 \times 2.05} = 0.552$$

$$\frac{a}{d} = \frac{5}{25} = 0.2 \Rightarrow \bar{\mu}_1 = 0 \Rightarrow A_{a1} = A_{a2} = 0$$

$$A_{a1} = A_{a2} = 0 < 5.70 \text{ cm}^2$$

Merodavna je kombinacija sa minimalnom normalnom silom.

usvojeno: $\pm 2R\emptyset 25$ ($\pm 9.82 \text{ cm}^2$)

U \emptyset 8/7.5 na $\lambda=1\text{m}$ od čvorova

U \emptyset 8/15 na ostalom delu stuba

