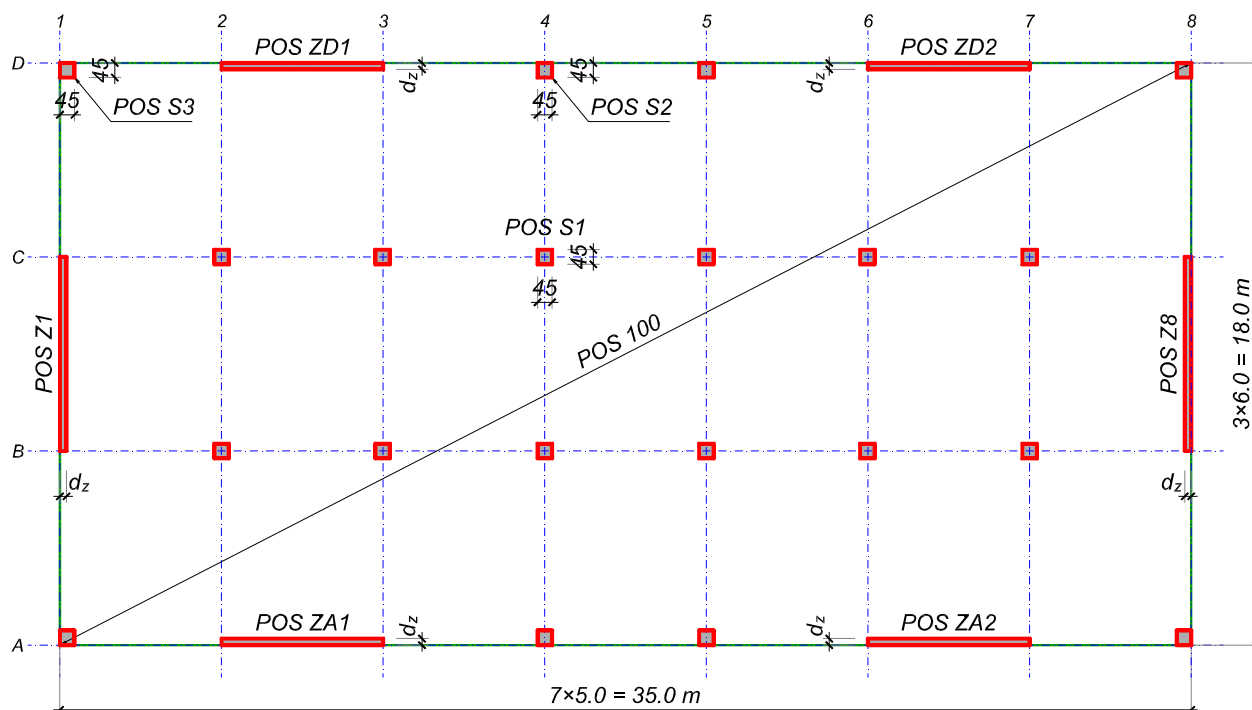


Na skici je prikazana osnova armiranobetonske konstrukcije stambeno-poslovnog objekta spratnosti **P+7**. Ukupna visina konstrukcije od kote uklještenja iznosi $H = 8 \times 3.5 = 28 \text{ m}$. Međuspratna tavanica je ploča direktno oslonjena na vertikalne elemente (grede nisu dopuštene ni u fasadi). Krovnu ploču tretirati kao tipsku tavanicu.



Izvršiti analizu opterećenja, sračunati statičke uticaje i dimenzionisati zidove (**POS Z1**, **POS ZA**). Skicirati plan armature zida **POS Z1** (izgled, presek). Debljinu zidova odrediti iz uslova zadovoljenja maksimalnog dopuštenog horizontalnog pomeranja vrha konstrukcije.

Nije potrebno razmatrati položaj stepeništa. Dejstvo vetra na objekat ne uzimati u obzir. Težina fasadne obloge je zanemarljiva.

$$\Delta g = 2.5 \text{ kN/m}^2 \text{ (pod, pregrade)} \quad p = 5 \text{ kN/m}^2 \quad \text{MB 35}$$

$$\text{IX zona MCS skale} \quad \text{tlo II kategorije} \quad \text{RA 400/500}$$

1.1 PRORAČUN SEIZMIČKE SILE TIPSKOG SPRATA

$$L_x = 7 \times 5.0 = 35.0 \text{ m} ; \quad L_y = 3 \times 6.0 = 18.0 \text{ m} \Rightarrow A = 35.0 \times 18.0 = 630 \text{ m}^2$$

jednako raspodeljeno opterećenje sa ploče:

$$\Sigma G = (0.2 \times 25 + 2.5) \times 630 = 4725 \text{ kN} \quad ; \quad \Sigma P = 5.0 \times 630 = 3150 \text{ kN}$$

težina stubova:

$$\Sigma G_s = 20 \times 3.5 \times 0.45 \times 0.45 \times 25 = 354.4 \text{ kN}$$

težina zidova (pretpostavljena debljina zidova 20 cm):

$$\Sigma G_z = 0.2 \times 3.5 \times (2 \times 6.0 + 4 \times 5.0) \times 25 = 560 \text{ kN}$$

$$Q = \Sigma G + \Sigma P/2 + \Sigma G_s + \Sigma G_z = 4725 + 3150/2 + 354.4 + 560 = 7214 \text{ kN}$$

Ukupna horizontalna seizmička sila koja odgovara tipskoj ploči (pretpostavljeno $k_p = 1$, period oscilovanja $T \leq 2 \text{ sec}$ i $k_d = 1$):

$$S_1 = 0.1 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.0 \times 7214 = 712.4 \text{ kN}$$

1.2 RASPODELA SEIZMIČKE SILE PO VISINI

Ukupna seizmička sila iznosi:

$$S = n \times S_1 = 8 \times 721.4 = 5771.5 \text{ kN}$$

Za objekte preko pet spratova, prema članovima 30 i 31 Pravilnika, 15% seizmičke sile se zadaje kao koncentrisana sila na vrh objekta a ostatak se raspoređuje prema izrazu:

$$S_i = S \times \frac{G_i \times H_i}{\sum G_i \times H_i}$$

Kako su sve pojedinačne težine spratova G_i jednake ($G_i = 7214 \text{ kN}$), sledi:

$$\sum H_i = 3.5 + 7 + 10.5 + 14 + 17.5 + 21 + 24.5 + 28 = 126 \text{ m}$$

ili kraće, za jednake spratne visine:

$$\sum H_i = \frac{n}{2} \times (n+1) \times H_1 = \frac{8}{2} \times (8+1) \times 3.5 = 126 \text{ m}$$

$$S_1 = 0.85 \times S \times \frac{H_1}{\sum H_i} = 0.85 \times 5771.5 \times \frac{3.5}{126} = 136.3 \text{ kN}$$

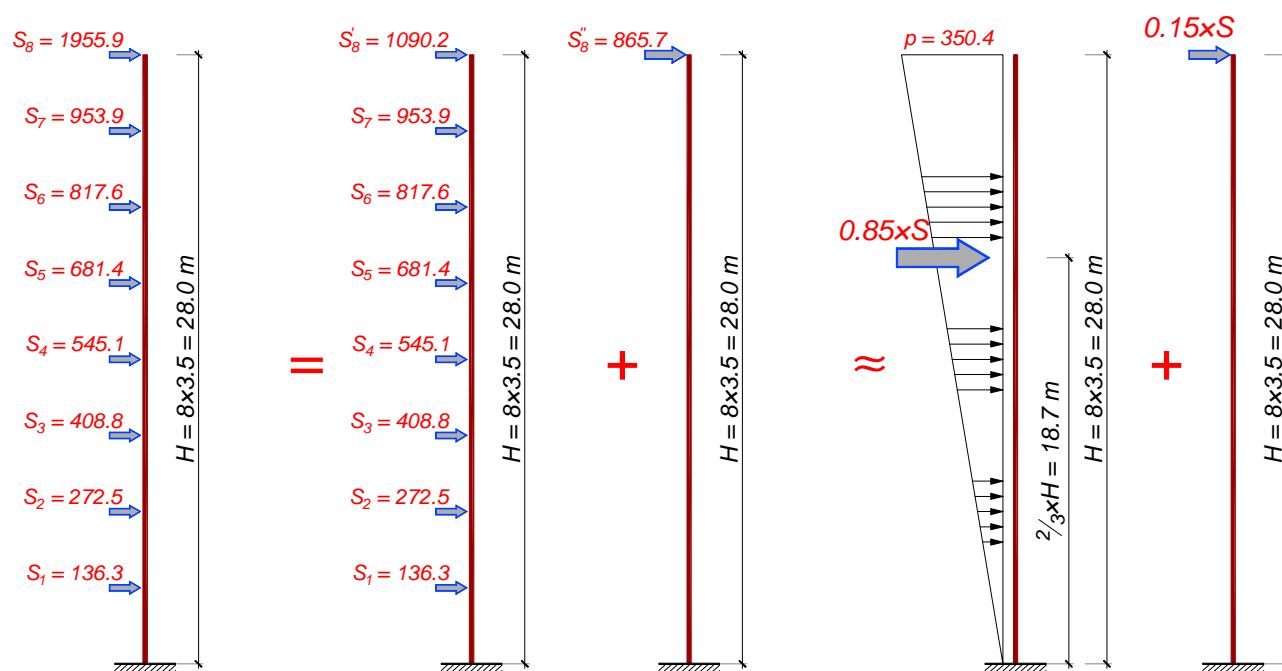
$$S_2 = 0.85 \times 5771.5 \times \frac{7.0}{126} = 272.5 \text{ kN} \quad ; \quad S_3 = 0.85 \times 5771.5 \times \frac{10.5}{126} = 408.8 \text{ kN}$$

$$S_4 = 0.85 \times 5771.5 \times \frac{14.0}{126} = 545.1 \text{ kN} \quad ; \quad S_5 = 0.85 \times 5771.5 \times \frac{17.5}{126} = 681.4 \text{ kN}$$

$$S_6 = 0.85 \times 5771.5 \times \frac{21.0}{126} = 817.6 \text{ kN} \quad ; \quad S_7 = 0.85 \times 5771.5 \times \frac{24.5}{126} = 953.9 \text{ kN}$$

$$S_8 = 0.85 \times 5771.5 \times \frac{28.0}{126} + 0.15 \times 5771.5 = 1090.2 + 865.7 = 1955.9 \text{ kN}$$

Sve ove sile treba množiti koeficijentom dinamičnosti, za koji je preliminarno usvojena njezova maksimalna vrednost $k_d = 1$. Raspodela sila po visini je prikazana na sledećoj skici.



Zamenjujuće opterećenje koje aproksimira 85% ukupne seizmičke sile je:

$$\frac{p \times H}{2} = 0.85 \times S \Rightarrow p = \frac{2 \times 0.85 \times S}{H} = \frac{2 \times 0.85 \times 5771.5}{28} = 350.4 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Ukupan moment savijanja u uklještenju:

$$\overline{M}_s = 136.3 \times 3.5 + 272.5 \times 7.0 + 408.8 \times 10.5 + 545.1 \times 14.0 + 681.4 \times 17.5 + 817.6 \times 21.0 + 953.9 \times 24.5 + 1955.9 \times 28.0 = 121538 \text{ kNm}$$

ili, približno (prethodna skica, desno – približni izraz):

$$\overline{M}_s \approx 0.85 \times 5771.5 \times 18.7 + 0.15 \times 5771.5 \times 28.0 = 115815 \text{ kNm}$$

Prethodno sračunata vrednost momenta savijanja se odnosi na čitavu konstrukciju (svi zidovi, u osama 1 i 8, odnosno A i D) i maksimalnu vrednost koeficijenta $k_d = 1$.

Debljina zidova će biti određena iz zadovoljenja pomeranja u poprečnom pravcu. Ukoliko se usvoji da je debljina zidova u oba pravca jednaka, veće pomeranje je u poprečnom pravcu, s obzirom da je moment inercije svih zidova u tom pravcu manji:

$$2 \times \frac{d_z \times L_y^3}{12} = 2d_z \times \frac{6.0^3}{12} = 36d_z < 4 \times \frac{d_z \times L_x^3}{12} = 4d_z \times \frac{5.0^3}{12} = 41.67d_z$$

Dopušteno pomeranje vrha konstrukcije je:

$$dx_{dop.} = dy_{dop.} = \frac{H}{600} = \frac{28.0}{600} = 0.0467 \text{ m} = 46.7 \text{ mm}$$

1.3 KONTROLA POMERANJA U POPREČNOM PRAVCU

Kako je debljina zida d_z nepoznata, a utiče i na veličinu sila (preko perioda oscilovanja - koeficijenta k_d) i na krutost EJ , smisleno je, umesto traženja rešenja u zatvorenom obliku, pretpostaviti neku vrednost, sračunati period i pomeranje i po potrebi izvršiti korekciju.

1.3.1 Određivanje perioda oscilovanja u poprečnom pravcu

Krutost u poprečnom pravcu je:

$$MB35 \Rightarrow E_b = 33 \text{ GPa} = 3.3 \times 10^7 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$EJ_y = 3.3 \times 10^7 \times 2 \times \frac{0.2 \times 6.0^3}{12} = 2.376 \times 10^8 \text{ kNm}^2$$

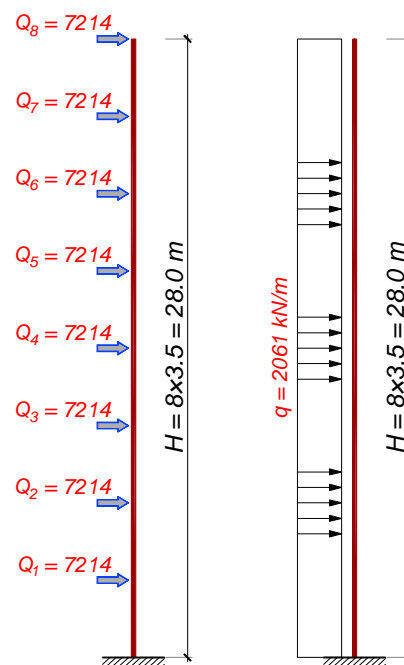
Period oscilovanja konstrukcije se može približno sračunati pomoću pojednostavljene Rejljeve relacije:

$$T_1 = 2\sqrt{d}$$

gde je d – pomeranje u metrima vrha konstrukcije usled opterećenja horizontalnim silama jednakim težinama spratova.

Niz koncentrisanih sila se može zameniti odgovarajućim jednako raspodeljenim opterećenjem:

$$q = \frac{Q}{H_{sp}} = \frac{7214}{3.5} = 2061 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$



Pomeranje vrha konzole od ovog opterećenja je:

$$dy = \frac{qH^4}{8EJ_y} = \frac{2061 \times 28.0^4}{8 \times 2.376 \times 10^8} = 0.667 \text{ m} \Rightarrow T_{1Y} = 2\sqrt{0.667} = 1.632 \text{ sec}$$

Za tlo II kategorije koeficijent k_d je određen izrazom:

$$k_d = \frac{0.7}{T} \geq 0.47 \Rightarrow k_{d,y} = \frac{0.7}{1.632} = 0.429 < 0.47 \Rightarrow k_{d,y} = 0.47^1$$

1.3.2 Određivanje horizontalnog pomeranja u poprečnom pravcu

S druge strane, period oscilovanja je manji od 2 sec, pa je koeficijent duktiliteta i prigušenja $k_p = 1.0$ – član 27, stav 1 i 3).

Horizontalno pomeranje vrha konstrukcije, sračunato za zamenjujuće opterećenje² prema skici (sa $k_p = k_d = 1$) je:

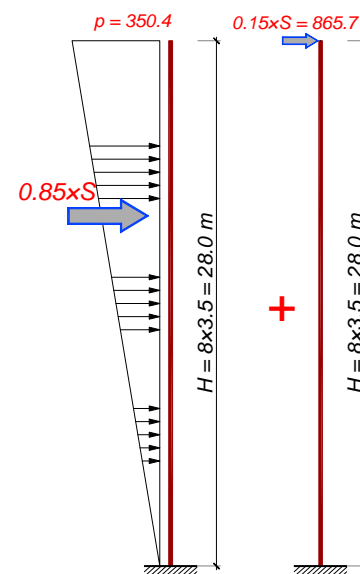
$$\overline{dy} = \frac{11}{120} \times \frac{pH^4}{EJ} + \frac{0.15S \times H^3}{3EJ}$$

$$\overline{dy} = \left(\frac{11}{120} \times 350.4 \times 28.0^4 + \frac{865.7 \times 28.0^3}{3} \right) \times \frac{1}{2.376 \times 10^8}$$

$$\overline{dy} = 83.1 + 26.7 = 109.8 \text{ mm}$$

Sa sračunatom vrednošću $k_d = 0.47$ sledi:

$$dy = k_d \times \overline{dy} = 0.47 \times 109.8 = 51.6 \text{ mm} > 46.7 \text{ cm} = dy_{dop.}$$



Kako je dozvoljeno pomeranje prekoračeno, potrebno je ojačati konstrukciju. U konkretnom slučaju nije dopušteno povećanje broja zidova ili povećanje njihove dužine, pa se pristupa njihovom podebljanju.

1.3.3 Ojačanje konstrukcije u poprečnom pravcu

Za usvojenu debljinu poprečnih zidova $d_z = 25 \text{ cm}$ sledi (bez korekcije mase usled povećanja težine zidova) sledi:

$$EJ_y = 3.3 \times 10^7 \times 2 \times \frac{0.25 \times 6.0^3}{12} = 2.97 \times 10^8$$

$$\overline{dy} = \left(\frac{11}{120} \times 350.4 \times 28.0^4 + \frac{865.7 \times 28.0^3}{3} \right) \times \frac{1}{2.97 \times 10^8} = 87.8 \times 10^{-3} \text{ m} = 87.8 \text{ mm}$$

Period oscilovanja sa korigovanom debljinom zidova:

$$dy = \frac{qH^4}{8EJ} = \frac{2061 \times 28.0^4}{8 \times 2.97 \times 10^8} = 0.553 \text{ m}$$

$$T_{1Y} = 2\sqrt{0.553} = 1.46 \text{ sec} \Rightarrow k_{d,y} = \frac{0.7}{1.46} = 0.479$$

$$dy = k_{d,y} \times \overline{dy} = 0.479 \times 87.8 = 42.1 \text{ mm} < 46.7 \text{ cm} = dy_{dop.}$$

¹ Lako je zaključiti da za period oscilovanja $T_1 > 1.5 \text{ sec}$, koeficijent k_d uzima minimalnu vrednost

² Potpuno prihvatljiv način proračuna statičkih uticaja i pomeranja za slučaj tipskih etaža iste spratne visine

1.4 KONTROLA POMERANJA U PODUŽNOM PRAVCU

Sprovodi se na potpuno isti način. Zadržava se prvobitno pretpostavljena debljina zidova od 20 cm. Krutost u podužnom pravcu je:

$$EJ_x = 3.3 \times 10^7 \times 4 \times \frac{0.2 \times 5.0^3}{12} = 2.75 \times 10^8 \text{ kNm}^2$$

$$\overline{dx} = \left(\frac{11}{120} \times 350.4 \times 28.0^4 + \frac{865.7 \times 28.0^3}{3} \right) \times \frac{1}{2.75 \times 10^8} = 94.8 \times 10^{-3} \text{ m} = 94.8 \text{ mm}$$

$$dx = \frac{qH^4}{8EJ_x} = \frac{2061 \times 28.0^4}{8 \times 2.75 \times 10^8} = 0.576 \text{ m}$$

$$T_{1x} = 2\sqrt{0.576} = 1.518 \text{ sec} \Rightarrow k_{d,x} = \frac{0.7}{1.518} = 0.461 < 0.47 \Rightarrow k_{d,x} = 0.47$$

$$dx = k_{d,x} \times \overline{dx} = 0.47 \times 94.8 = 44.6 \text{ mm} < 46.7 \text{ cm} = dx_{dop.}$$

1.5 PRORAČUN UTICAJA I DIMENZIONISANJE ZIDOVA

1.5.1 Poprečni pravac

Moment savijanja i trasverzalna sila u jednom zidu, nakon korekcije koeficijenta k_d , su:

$$M_{s1,y} = \frac{k_{d,y} \times \overline{M}_s}{2} = \frac{0.479 \times 115815}{2} = 27755 \text{ kNm}$$

$$T_{s1,y} = \frac{S_y}{2} = \frac{k_{d,y} \times S}{2} = \frac{0.479 \times 5771.5}{2} = 1383 \text{ kN}$$

Potrebno je sračunati ukupnu aksijalnu silu u zidu. Pored sopstvene težine zida, treba dodati sile usled stalnog i povremenog opterećenja stubova B1 i C1. Prihvatljivo je silu u zidu odrediti i preko pripadajuće površine, ošencene na skici, opterećene ravnomerno raspodeljenim opterećenjima g i p :

$$G_{z,1} = d_z \times L_z \times \gamma_b \times H_{sp}$$

$$G_{z,1} = 0.25 \times 6.0 \times 25 \times 3.5 = 131.3 \text{ kN}$$

$$A_1 = 2.5 \times 12.0 = 30.0 \text{ m}^2$$

$$G_1 = g \times A_1 = 7.5 \times 30 = 225 \text{ kN}$$

$$P_1 = p \times A_1 = 5.0 \times 30 = 150 \text{ kN}$$

Sile u zidu od $n=8$ tipskih tavanica su:

$$G = 8 \times (131.3 + 225) = 2850 \text{ kN}$$

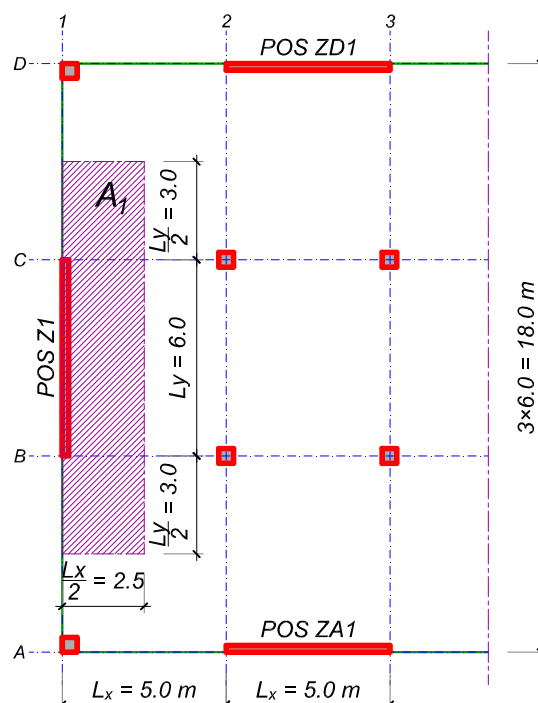
$$P = 8 \times 150 = 1200 \text{ kN}$$

Granični uticaji su:

$$M_{yu} = \pm 1.3 \times 27755 = \pm 36082 \text{ kNm}$$

$$T_{yu} = 1.3 \times 1383 = 1798 \text{ kN}$$

$$N_u = 1.3 \times \left(2850 + \frac{1200}{2} \right) = 4485 \text{ kN}$$



1.5.2 Dimenzionisanje poprečnih zidova POS ZA, ZD

Dimenzionisanje prema M i N se sprovodi pomoću dijagrama interakcije:

$$m_u = \frac{36082 \times 10^2}{25 \times 600^2 \times 2.30} = 0.174 \quad \Rightarrow \quad \bar{\mu}_1 = \bar{\mu}_2 = 0.132$$

$$n_u = \frac{4485}{25 \times 600 \times 2.30} = 0.130$$

$$A_{a1} = A_{a2} = 0.132 \times 25 \times 600 \times \frac{2.30}{40} = 114.02 \text{ cm}^2$$

Ovu armaturu treba rasporediti na krajevima zida, u zoni širine približno $0.1 \times L \approx 60 \text{ cm}$.

$$\min A_{a1} = A_{a2} = \frac{0.15}{100} \times 25 \times 600 = 22.5 \text{ cm}^2 < 114.02 \text{ cm}^2$$

usvojeno: **±16RØ32** ($\pm 128.68 \text{ cm}^2$)

Srednji deo zida može biti armiran zavarenim mrežama ili šipkama armature sa minimalno $\mu=0.15\%$ ukupne površine zida, odnosno:

$$\min a_{aV} = \frac{0.15}{100} \times d_{zida} = 0.15 \times 25 = 3.75 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} = \pm 1.875 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

Horizontalna armatura se proračunava iz transverzalne sile:

$$\tau_n = \frac{T_u}{b \times z} = \frac{1798}{25 \times 0.9 \times 570} = 0.14 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} > \tau_r = 0.12 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

i to iz neredukovane transverzalne sile (T_u a ne T_{Ru}):

$$a_{aH} = \frac{A_{aH}}{z} = \frac{T_u}{z \times \sigma_v} = \frac{1798}{0.9 \times 570 \times 40} = 8.76 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}^1} = \pm 4.38 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

odnosno, ukoliko se koristi armatura MA 500/560:

$$a_{aH} = \frac{A_{aH}}{z} = \frac{1798}{0.9 \times 570 \times 50} = 7.01 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}^1} = \pm 3.51 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

Presek horizontalne armature ne sme biti manji od 0.2% površine vertikalnog preseka zida (član 71 Pravilnika):

$$\min a_{aH} = \frac{0.2}{100} \times d_{zida} = 0.2 \times 25 = 5.0 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} = \pm 2.5 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} < a_{aH, \text{potr.}}$$

usvojeno: **±Q378** ($\pm 3.78 \text{ cm}^2/\text{m}$, $\pm \text{Ø}8.5/15$)

Kontrola duktilnosti zida (član 73. Pravilnika):

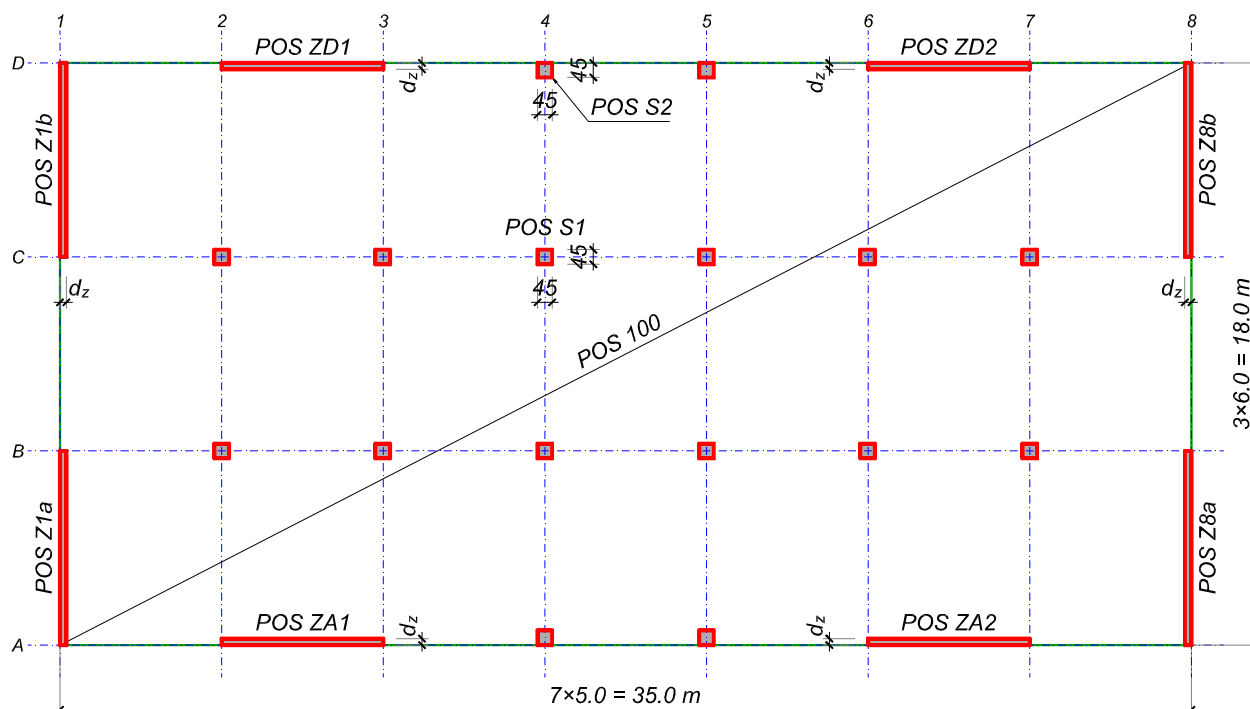
$$G + P = 2850 + 1200 = 4050 \text{ kN} \Rightarrow \sigma_0 = \frac{G + P}{A_z} = \frac{4050}{25 \times 600} = 0.27 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = 2.7 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_0}{f_B} = \frac{\sigma_0}{0.7 \times f_{bk}} = \frac{2.7}{0.7 \times 35} = 0.11 < 0.2$$

S obzirom da je u ovom slučaju dobijena izuzetno velika količina armature, mada su zadovoljeni formalni uslovi vezani za veličinu pomeranja, period oscilovanja i duktilnost poprečnog preseka, biće sproveden proračun sa dva dodatna zida u poprečnom pravcu (umesto u polju B-C, zidovi u poljima A-B i C-D u osama 1 i 8).

2 DODAVANJE ZIDOVA U POPREČNOM PRAVCU

S obzirom na povećan broj zidova u poprečnom pravcu, debljina svih zidova $d_z = 20$ cm je sigurno dovoljna da obezbedi da horizontalno pomeranje vrha konstrukcije bude u dopuštenim granicama (za podužni pravac je dokazana u tački 1.4 a u izmenjenoj dispoziciji prikazanoj na donjoj skici, je krutost u poprečnom pravcu veća).



Mada je u računskom smislu potpuno nebitno (razlika je ispod 2%), sprovedena je korekcija seizmičke sile zbog povećanja težine zidova.

$$\Sigma G_z = 0.2 \times 3.5 \times (4 \times 6.0 + 4 \times 5.0) \times 25 = 770 \text{ kN}$$

$$Q = 4725 + 3150/2 + 354.4 + 770 = 7354 \text{ kN}$$

$$S_1 = 0.1 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.0 \times 7214 = 735.4 \text{ kN}$$

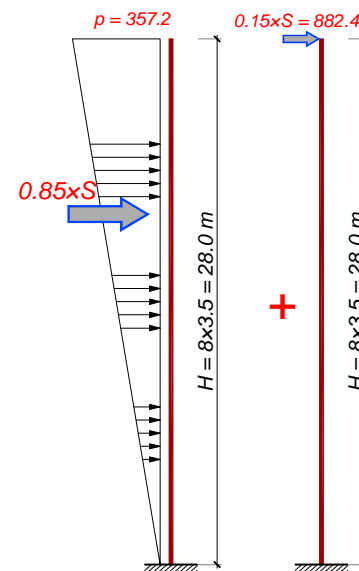
$$S = 8 \times 721.4 = 5883 \text{ kN} \quad (k_d = 1)$$

$$0.15 \times S = 0.15 \times 5883 = 882.4 \text{ kN}$$

$$p = \frac{2 \times 0.85 \times S}{H} = \frac{2 \times 0.85 \times 5883}{28} = 357.2 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\overline{M}_s \approx 0.85 \times 5883 \times \frac{2 \times 28.0}{3} + 882.4 \times 28.0$$

$$\overline{M}_s \approx 93340 + 24708 = 118048 \text{ kNm}$$



2.1 PRORAČUN KONSTRUKCIJE U PODUŽNOM PRAVCU

$$EJ_x = 3.3 \times 10^7 \times 4 \times \frac{0.2 \times 5.0^3}{12} = 2.75 \times 10^8 \text{ kNm}^2$$

$$\overline{dx} = \left(\frac{11}{120} \times 357.2 \times 28.0^4 + \frac{882.4 \times 28.0^3}{3} \right) \times \frac{1}{2.75 \times 10^8} = 96.7 \times 10^{-3} \text{ m} = 96.7 \text{ mm}$$

$$q = \frac{Q}{H_{sp}} = \frac{7354}{3.5} = 2101 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \Rightarrow dx = \frac{qH^4}{8EJ_x} = \frac{2101 \times 28.0^4}{8 \times 2.75 \times 10^8} = 0.587 \text{ m}$$

$$T_{1x} = 2\sqrt{0.587} = 1.532 \text{ sec} \Rightarrow k_{d,x} = \frac{0.7}{1.532} = 0.457 < 0.47 \Rightarrow k_{d,x} = 0.47$$

$$dx = k_{d,x} \times \overline{dx} = 0.47 \times 96.7 = 45.4 \text{ mm} < 46.7 \text{ cm} = dx_{dop.}$$

2.1.1 Određivanje uticaja u zidovima

Moment savijanja i trasverzalna sila u jednom zidu, nakon korekcije koeficijenta k_d , su:

$$M_{s1,x} = \frac{k_{d,x} \times \overline{M}_s}{4} = \frac{0.47 \times 118048}{4} = 13871 \text{ kNm}$$

$$T_{s1,x} = \frac{S_x}{4} = \frac{k_{d,x} \times S}{4} = \frac{0.47 \times 5883}{4} = 691 \text{ kN}$$

Sila u zidu je određena preko pripadajuće površine, osenčene na skici:

$$G_{z,D1} = 0.20 \times 5.0 \times 25 \times 3.5 = 87.5 \text{ kN}$$

$$A_2 = 3.0 \times 10.0 = 30.0 \text{ m}^2$$

$$G_2 = g \times A_2 = 7.5 \times 30 = 225 \text{ kN}$$

$$P_2 = p \times A_2 = 5.0 \times 30 = 150 \text{ kN}$$

Sile u zidu od $n=8$ tipskih tavanica su:

$$G = 8 \times (87.5 + 225) = 2500 \text{ kN}$$

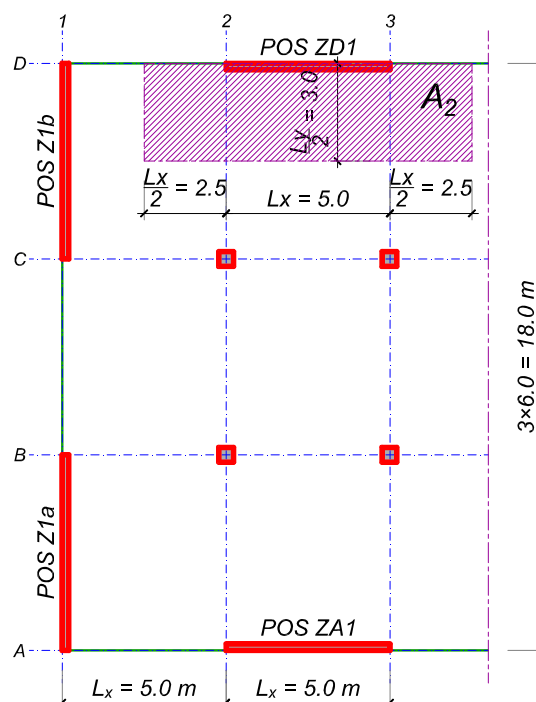
$$P = 8 \times 150 = 1200 \text{ kN}$$

Granični uticaji su:

$$M_{xu} = \pm 1.3 \times 13871 = \pm 18032 \text{ kNm}$$

$$T_{xu} = 1.3 \times 691 = 899 \text{ kN}$$

$$N_u = 1.3 \times \left(2500 + \frac{1200}{2} \right) = 4030 \text{ kN}$$



2.1.2 Dimenzionisanje podužnih zidova

Dimenzionisanje prema M i N se sprovodi pomoću dijagrama interakcije:

$$m_u = \frac{18032 \times 10^2}{20 \times 500^2 \times 2.30} = 0.157 \quad \Rightarrow \quad \bar{\mu}_1 = \bar{\mu}_2 = 0.095$$

$$n_u = \frac{4030}{20 \times 500 \times 2.30} = 0.175$$

$$A_{a1} = A_{a2} = 0.095 \times 20 \times 500 \times \frac{2.30}{40} = 54.38 \text{ cm}^2$$

Ovu armaturu treba rasporediti na krajevima zida, u zoni širine približno $0.1 \times L \approx 50 \text{ cm}$.

$$\min A_{a1} = A_{a2} = \frac{0.15}{100} \times 20 \times 500 = 15 \text{ cm}^2 < 54.38 \text{ cm}^2$$

$$\text{usvojeno: } \pm 12R\emptyset 25 (\pm 58.90 \text{ cm}^2)$$

Srednji deo zida može biti armiran zavarenim mrežama ili šipkama armature sa minimalno $\mu=0.15\%$ ukupne površine zida, odnosno:

$$\min a_{av} = \frac{0.15}{100} \times d_{zida} = 0.15 \times 20 = 3.00 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} = \pm 1.5 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

Horizontalna armatura se proračunava iz transverzalne sile:

$$\tau_n = \frac{T_u}{b \times z} = \frac{899}{20 \times 0.9 \times 475} = 0.105 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < \tau_r = 0.12 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$\min a_{aH} = \frac{0.2}{100} \times d_{zida} = 0.2 \times 20 = 4.0 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} = \pm 2.0 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

usvojeno: $\pm Q221$ ($\pm 2.21 \text{ cm}^2/\text{m}$, $\pm \emptyset 6.5/15$)

Kontrola duktilnosti zida:

$$\sigma_0 = \frac{G+P}{A_z} = \frac{2500+1200}{20 \times 500} = 0.37 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < 0.2 \times 0.7 \times 3.5 = 0.49 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

2.2 PRORAČUN KONSTRUKCIJE U POPREČNOM PRAVCU

$$EJ_x = 3.3 \times 10^7 \times 4 \times \frac{0.2 \times 5.0^3}{12} = 2.75 \times 10^8 \text{ kNm}^2$$

$$\overline{dx} = \left(\frac{11}{120} \times 357.2 \times 28.0^4 + \frac{882.4 \times 28.0^3}{3} \right) \times \frac{1}{4.75 \times 10^8} = 55.9 \times 10^{-3} \text{ m} = 55.9 \text{ mm}$$

$$q = \frac{Q}{H_{sp}} = \frac{7354}{3.5} = 2101 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \Rightarrow dy = \frac{qH^4}{8EJ_y} = \frac{2101 \times 28.0^4}{8 \times 4.75 \times 10^8} = 0.34 \text{ m}$$

$$T_{1y} = 2\sqrt{0.34} = 1.166 \text{ sec} \Rightarrow k_{d,y} = \frac{0.7}{1.166} = 0.600 > 0.47$$

$$dy = k_{d,y} \times \overline{dy} = 0.600 \times 55.9 = 33.6 \text{ mm} < 46.7 \text{ cm} = dy_{dop.}$$

2.2.1 Određivanje uticaja u zidovima

Moment savijanja i trasverzalna sila u jednom zidu, nakon korekcije koeficijenta k_d , su:

$$M_{s1,y} = \frac{0.600 \times 118048}{4} = 17722 \text{ kNm}$$

$$T_{s1,y} = \frac{k_{d,y} \times S}{4} = \frac{0.600 \times 5883}{4} = 883 \text{ kN}$$

$$G_{z,D1} = 0.20 \times 6.0 \times 25 \times 3.5 = 105 \text{ kN}$$

$$A_1 = 2.5 \times (6.0 + 3.0) = 22.5 \text{ m}^2$$

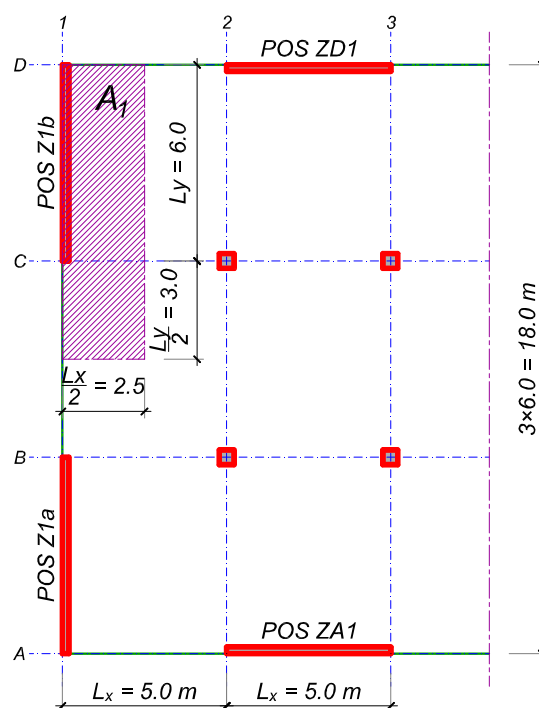
$$G_1 = g \times A_1 = 7.5 \times 22.5 = 168.8 \text{ kN}$$

$$P_1 = p \times A_1 = 5.0 \times 22.5 = 112.5 \text{ kN}$$

Sile u zidu od $n=8$ tipskih tavanica su:

$$G = 8 \times (105 + 168.8) = 2190 \text{ kN}$$

$$P = 8 \times 112.5 = 900 \text{ kN}$$



Granični uticaji su:

$$M_{yu} = \pm 1.3 \times 17722 = \pm 23039 \text{ kNm} \quad ; \quad T_{yu} = 1.3 \times 883 = 1148 \text{ kN}$$

$$N_u = 1.3 \times \left(2190 + \frac{900}{2} \right) = 3432 \text{ kN}$$

2.2.2 Dimenzionisanje podužnih zidova

Dimenzionisanje prema M i N se sprovodi pomoću dijagrama interakcije:

$$m_u = \frac{23039 \times 10^2}{20 \times 600^2 \times 2.30} = 0.139 \quad \Rightarrow \quad \bar{\mu}_1 = \bar{\mu}_2 = 0.096$$

$$n_u = \frac{3432}{20 \times 600 \times 2.30} = 0.124$$

$$A_{a1} = A_{a2} = 0.096 \times 20 \times 600 \times \frac{2.30}{40} = 65.91 \text{ cm}^2 >_{\min} A_{a1} = \frac{0.15}{100} \times 20 \times 600 = 18 \text{ cm}^2$$

Ovu armaturu treba rasporediti na krajevima zida, u zoni širine približno $0.1 \times L \approx 60 \text{ cm}$.

usvojeno: **$\pm 14R\emptyset 25$** ($\pm 68.72 \text{ cm}^2$)

Srednji deo zida može biti armiran zavarenim mrežama ili šipkama armature sa minimalno $\mu = 0.15\%$ ukupne površine zida, odnosno:

$$\min a_{aV} = \frac{0.15}{100} \times d_{zida} = 0.15 \times 20 = 3.00 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} = \pm 1.5 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

Horizontalna armatura se proračunava iz transverzalne sile:

$$\tau_n = \frac{T_u}{b \times z} = \frac{1148}{20 \times 0.9 \times 570} = 0.112 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < \tau_r = 0.12 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$\min a_{aH} = \frac{0.2}{100} \times d_{zida} = 0.2 \times 20 = 4.0 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} = \pm 2.0 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

usvojeno: **$\pm Q221$** ($\pm 2.21 \text{ cm}^2/\text{m}$, $\pm \emptyset 6.5/15$)

Kontrola duktilnosti zida:

$$\sigma_0 = \frac{G + P}{A_z} = \frac{2190 + 900}{20 \times 600} = 0.26 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < 0.2 \times 0.7 \times 3.5 = 0.49 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$