

DISPOZICIONO RJEŠAVANJE KONSTRUKCIJE STAMBENOG ZIDANOG OBJEKTA

1. ZIDANI ZIDOVI – VERTIKALNI NOSIVI SISTEMI

1.1. OPŠTE

Zidani zidovi se sastoje od:

1) ZIDANOG ELEMENTA

- **puna opeka** – proizvod od pečene gline
dimenzije $L=25\text{cm}$; $B=12\text{cm}$; $h=6,5\text{cm}$
- **šuplja opeka** – proizvod od pečene gline sa vertikalnim šupljinama
dimenzije $L=25\text{cm}$; $B=12\text{cm}$; $h=6,5\text{cm}$

2) MALTERA – vezivno sredstvo

najčešće krečno – cementni malter

1.2. DEBLJINE ZIDOVA

Debljine zidova od opeke se formiraju kombinacijom dužine (25cm) i širine (12cm) opeke i iznose: 12cm ; 25cm ; 38cm ; 51cm ; 64cm ...

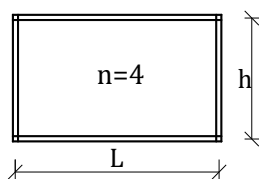
Smičući zidovi treba da ispune određene geometrijske zahtjeve - EN 1998-1:2004 (9.5.1 (5)P):

- a) efektivna debljina zidova t_{ef} ne smije biti manja od minimalne $t_{ef,min}$;
 $t_{ef,min}=240\text{mm} = 24\text{cm}$
 - b) odnos h_{ef}/t_{ef} efektivne visine zida (prema EN 1996-1-1:2004) prema njegovoj efektivnoj debljini, ne smije biti prelaziti maksimalnu vrijednost $(h_{ef}/t_{ef})_{max}$;
 $(h_{ef}/t_{ef})_{max} = 15$
- **Efektivna visina zida** - EN 1996-1-1:2004 (5.5.1.2 (10))

$$h_{ef} = \rho_n \cdot h$$

h – čista (svijetla) spratna visina zida

ρ_n – faktor redukcije, tada je $n=2, 3$ ili 4 zavisno od konturnih uslova tj broja ukurčenih ivica zida



Određivanje faktora redukcije: (EN1996-1-1:2004 (5.5.1.2 (11)))

I Za zidove povezane pri vrhu i pri dnu sa međuspratnim konstrukcijama od armiranog betona ili sa krovnim konstrukcijama koje nose u oba pravca, ili sa međuspratnim konstrukcijama od armiranog betona koje nose u jednom pravcu i oslanjaju se na najmanje 2/3 debljine zida:

$$\rho_2 = 0,75$$

osim ukoliko je ekscentricitet opterećenja pri vrhu zida veći od 1/4 debljine zida, u tom slučaju je:

$$\rho_2 = 1,0$$

II Za zidove povezane pri vrhu i pri dnu sa drvenim međuspratnim konstrukcijama ili krovnim konstrukcijama koje nose u oba pravca, ili sa drvenim međuspratnim konstrukcijama koje nose u jednom pravcu i oslanjaju se na najmanje 2/3 debljine zida, ali ne manje od 85 mm:

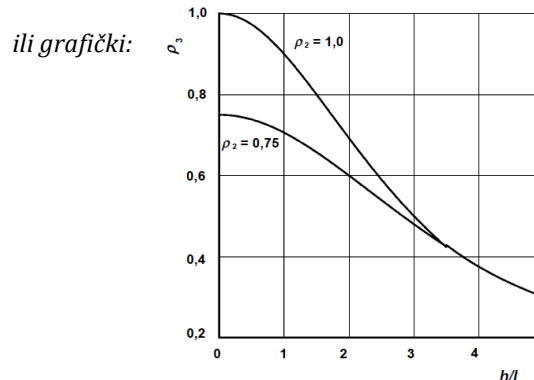
$$\rho_2 = 1,0$$

III Za zidove povezane pri vrhu i pri dnu ukrućene samo duž jedne vertikalne ivice (druga vertikalna ivica je slobodna):

kada je $h \leq 3,5l$:
$$\rho_3 = \frac{1}{1 + \left[\frac{\rho_2 \cdot h}{3 \cdot l} \right]^2} \cdot \rho_2$$

kada je $h > 3,5l$:
$$\rho_3 = \frac{1,5 \cdot l}{h} \geq 0,30$$

gdje je l – dužina zida

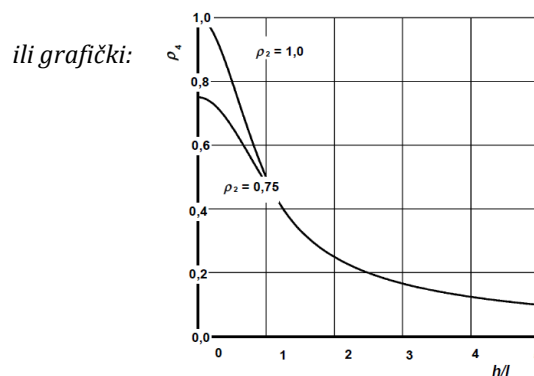


IV Za zidove povezane pri vrhu i pri dnu ukrućene sa dvije vertikalne ivice

kada je $h \leq 1,15l$:
$$\rho_4 = \frac{1}{1 + \left[\frac{\rho_2 \cdot h}{l} \right]^2} \cdot \rho_2$$

kada je $h > 1,15l$:
$$\rho_4 = \frac{0,5 \cdot l}{h}$$

gdje je l – dužina zida



- Efektivna debljina zida - EN 1996-1-1:2004 (6.1.5 (1))

$$t_{ef} = t = 25\text{cm ili } 38\text{cm}$$

$$\rho_2 = 0,75$$

| zidovi | l | d | h | h/l | ρ_4 | h_{ef} | h_{ef} / t_{ef} |
|--------|-------|------|---|--------|----------|----------|-------------------|
| Z1 | 10,46 | 0,38 | 3 | 0,2868 | 0,7168 | 2,1505 | 5,6592 |
| Z2 | 2,28 | 0,38 | 3 | 1,3158 | 0,3800 | 1,1400 | 3,0000 |
| Z3 | 1,78 | 0,25 | 3 | 1,6854 | 0,2967 | 0,8900 | 3,5600 |
| Z4 | 2,52 | 0,25 | 3 | 1,1905 | 0,4200 | 1,2600 | 5,0400 |
| Z5 | 1,58 | 0,25 | 3 | 1,8987 | 0,2633 | 0,7900 | 3,1600 |
| Z6 | 4,83 | 0,25 | 3 | 0,6211 | 0,6163 | 1,8488 | 7,3952 |
| Z7 | 4,59 | 0,38 | 3 | 0,6536 | 0,6047 | 1,8141 | 4,7739 |
| Z8 | 7,21 | 0,38 | 3 | 0,4161 | 0,6834 | 2,0503 | 5,3956 |
| Z9 | 1,6 | 0,38 | 3 | 1,8750 | 0,2667 | 0,8000 | 2,1053 |
| Z10 | 4,4 | 0,38 | 3 | 0,6818 | 0,5945 | 1,7836 | 4,6937 |
| Z11 | 2,78 | 0,38 | 3 | 1,0791 | 0,4532 | 1,3595 | 3,5776 |
| Z12 | 2,8 | 0,25 | 3 | 1,0714 | 0,4557 | 1,3672 | 5,4687 |
| Z13 | 1,85 | 0,38 | 3 | 1,6216 | 0,3083 | 0,9250 | 2,4342 |
| Z14 | 1,18 | 0,38 | 3 | 2,5424 | 0,1967 | 0,5900 | 1,5526 |
| Z15 | 5,8 | 0,38 | 3 | 0,5172 | 0,6519 | 1,9557 | 5,1465 |

- c) odnos dužine zida l i veće čiste visine otvora h pored zida, ne smije biti manja od minimalne $(l/h)_{\min}$;
 $(l/h)_{\min} = 0,30$

Napomena: Vrijednosti pripisane za $t_{ef,\min}$, $(t_{ef}/h_{ef})_{\max}$ i $(l/h)_{\min}$ za upotrebu u nekoj zemlji, mogu se maći u Nacionalnom aneksu. Preporučene vrijednosti $t_{ef,\min}$, $(t_{ef}/h_{ef})_{\max}$ i $(l/h)_{\min}$ su u tabeli:

| Tip zidova | $t_{ef,\min}$ (mm) | $(h_{ef}/t_{ef})_{\max}$ | $(l/h)_{\min}$ |
|---|--------------------|--------------------------|-----------------|
| Nearmirani, sa elementima od prirodnog kamena | 350 | 9 | 0,5 |
| Nearmirani, sa bilo kojim drugim tipom elemenata | 240 | 12 | 0,4 |
| Nearmirani, sa bilo kojim drugim tipom elemenata, u područjima niske seizmičke aktivnosti | 170 | 15 | 0,35 |
| Zidovi sa serklažima | 240 | 15 | 0,3 |
| Armirani zidovi | 240 | 15 | bez ograničenja |

Oznake koje se koriste u tabeli imaju sledeće značenje:
 t_{ef} debljina zida (videti EN 1996-1-1:2004)
 h_{ef} efektivna visina zida (videti EN 1996-1-1:2004)
 h veća čista visina otvora pored zida
 l dužina zida

Napomena: *Smićući zidovi koji ne zadovoljavaju minimalne geometrijske zahtjeve, mogu se razmatrati kao sekundarni seizmički elementi.*

1.3. OPŠTI PRINCIPI ASEIZMIČKOG PROJEKTOVANJA

Pri projektovanju zidanih konstrukcija treba težiti ravnomjernom rasporedu zidova u oba ortogonalna pravca.

EN 1998-1:2004, 9.7.2 (2) - Konfiguracija zgrade u osnovi treba da ispuni sledeće uslove:

- Osnova je približno pravougaona
- Odnos između dužina kraće i duže strane u osnovi nije manje od minimalne λ_{\min} ; Preporučena vrijednost za λ_{\min} je 0,25
- Površina projekcije odstupanja od pravougaonog oblika u vidu ispada ili udubljenja nije veća od vrijednosti P_{\max} , izražene u procentima od ukupne površine sprata iznad posmatranog nivoa. Preporučena vrijednost za P_{\max} je 15%.

Treba težiti simetričnom rasporedu zidova u osnovi i kontinuitetu zidova po visini objekta. Pravilnim konstruktivnim konceptom konstrukcije izbjegavaju se efekti torzije.

EN 1998-1:2004, 9.7.2 (3) – Smićući zidovi zgrade treba da isoune sledeće uslove:

- zgrada je ukružena smićućim zidovima koji su postavljeni skoro simetrično u osnovi u dva ortogonalna pravca.
- .
- .
- .
- smićući zidovi moraju se kontinualno pružati od vrha do dna zgrade.

EN 1998-1:2004, 9.7.2 (1)

U zavisnosti od vrijednosti produkta $a_g \cdot S$ na lokaciji objekta i načina građenja, dozvoljeni broj spratova iznad tla n se ograničava, a smićući zidovi se moraju postaviti u dva ortogonalna pravca, sa minimalnom površinom A_{\min} u svakom pravcu. Minimalna površina zidova se izražava kao minimalni procenat $\rho_{A,\min}$ od ukupne površine sprata.

Tabela 9.3: Dozvoljeni broj spratova iznad tla i minimalne površine smičućih zidova za "jednostavne zidane zgrade"

| Ubrzanje na lokaciji $a_g \cdot S$ | | $\leq 0,07 \text{ k} \cdot \text{g}$ | $\leq 0,10 \text{ k} \cdot \text{g}$ | $\leq 0,15 \text{ k} \cdot \text{g}$ | $\leq 0,20 \text{ k} \cdot \text{g}$ |
|------------------------------------|---------------------|---|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Način građenja | Broj spratova (n)** | Minimalna površina smičućih zidova za svaki pravac, kao procenat $p_{A,\min}$ od ukupne površine sprata | | | |
| Nearmirani zidovi | 1 | 2,0% | 2,0% | 3,5% | n/a* |
| | 2 | 2,0% | 2,5% | 5,0% | n/a* |
| | 3 | 3,0% | 5,0% | n/a* | n/a* |
| | 4 | 5,0% | n/a* | n/a* | n/a* |
| Zidovi sa serklažima | 2 | 2,0% | 2,5% | 3,0% | 3,5% |
| | 3 | 2,0% | 3,0% | 4,0% | n/a* |
| | 4 | 4,0% | 5,0% | n/a* | n/a* |
| Armirani zidovi | 2 | 2,0% | 2,0% | 2,0% | 3,5% |
| | 3 | 2,0% | 2,0% | 3,0% | 5,0% |
| | 4 | 3,0% | 4,0% | 5,0% | n/a* |
| | 5 | 4,0% | 5,0% | n/a* | n/a* |

* n/a znači "nije dozvoljeno".

** Tavanjski prostor iznad punih spratova nije uključen u dozvoljeni broj spratova.

• Određivanje k

Za zgrade kod kojih je namanje 70% razmatranih smičućih zidova duže od 2 m , koeficijent k je dat izrazom:

$$1) \quad k = 1 + \frac{(l_{av} - 2)}{4} \leq 2$$

l_{av} - prosječna dužina razmatranih smičućih zidova izražena u m

$$2) \quad \text{Za ostale slučajeve} \quad k=1$$

Y Pravac

| | | | |
|----|------------|-----|----------|
| z1 | L= 10,46 m | /*2 | ≥ 2 |
| z2 | L= 2,28 m | /*2 | ≥ 2 |
| z3 | L= 1,78 m | /*2 | ≤ 2 |
| z4 | L= 2,52 m | /*2 | ≥ 2 |
| z5 | L= 1,58 m | /*2 | ≤ 2 |
| z6 | L= 4,83 m | /*2 | ≥ 2 |
| z7 | L= 4,59 m | /*2 | ≥ 2 |
| z8 | L= 7,21 m | /*2 | ≥ 2 |

X Pravac

| | | | |
|-----|-----------|-----|----------|
| z9 | L= 1,6 m | /*6 | ≤ 2 |
| z10 | L= 4,4 m | /*2 | ≥ 2 |
| z11 | L= 2,78 m | /*2 | ≥ 2 |
| z12 | L= 2,8 m | /*2 | ≥ 2 |
| z13 | L= 1,85 m | /*2 | ≤ 2 |
| z14 | L= 1,18 m | /*2 | ≤ 2 |
| z15 | L= 5,8 m | /*1 | ≥ 2 |

Ukupno zidova n=16

Zidovi $L \leq 2\text{m}$ n=4

Zidovi $L \geq 2\text{m}$ n=12

$$\frac{12}{16} = 0,75 = 75\% > 70\%$$

$$k_y = 1 + \frac{(l_{av} - 2)}{4} = 1 + \frac{(4,41 - 2)}{4} = 1,6$$

$$l_{av} = \frac{(L_1 + \dots + L_{16})}{16} = \frac{70,5\text{m}}{16} = 4,41\text{m}$$

$$a_g = 0,4\text{g}$$

$$a_g S = 0,4\text{g} \quad (S=1 \text{ za tlo tipa A})$$

$$\left. \begin{array}{l} X \text{ pravac} \leq 0,20\text{g} \\ Y \text{ pravac} \leq 0,32\text{g} \end{array} \right\}$$

Ukupno zidova n=17

Zidovi $L \leq 2\text{m}$ n=10

Zidovi $L \geq 2\text{m}$ n=7

$$\frac{7}{17} = 0,41 = 41\% < 70\%$$

$$k_x = 1$$

Iz tabele 9.3 slijedi da je $n=2$ i $\rho_{\min(x,y)}=3,5\%$

S+P+1 (n=2)

Ukupna Površina Sprata

$$A_{\text{sprata}}=18,58 \cdot 14,08 - 1,39 \cdot 2,6=258 \text{ m}^2 \quad (\text{bez terasa})$$

Površina zidova Y pravac

| | | | | | | | | |
|----|-----|-------|---|------|---|------|---|----|
| z1 | A1= | 10,46 | · | 0,38 | = | 3,97 | / | *2 |
| z2 | A2= | 2,28 | · | 0,38 | = | 0,87 | / | *2 |
| z3 | A3= | 1,78 | · | 0,25 | = | 0,45 | / | *2 |
| z4 | A4= | 2,52 | · | 0,25 | = | 0,63 | / | *2 |
| z5 | A5= | 1,58 | · | 0,25 | = | 0,4 | / | *2 |
| z6 | A6= | 4,83 | · | 0,25 | = | 1,21 | / | *2 |
| z7 | A7= | 4,59 | · | 0,38 | = | 1,74 | / | *2 |
| z8 | A8= | 7,21 | · | 0,38 | = | 2,74 | / | *2 |

Površina zidova X pravac

| | | | | | | | | |
|-----|------|------|---|------|---|------|---|----|
| z9 | A9= | 1,6 | · | 0,38 | = | 0,61 | / | *6 |
| z10 | A10= | 4,4 | · | 0,38 | = | 1,67 | / | *2 |
| z11 | A11= | 2,78 | · | 0,38 | = | 1,06 | / | *2 |
| z12 | A12= | 2,8 | · | 0,25 | = | 0,70 | / | *2 |
| z13 | A13= | 1,85 | · | 0,38 | = | 0,70 | / | *2 |
| z14 | A14= | 1,18 | · | 0,38 | = | 0,45 | / | *2 |
| z15 | A15= | 5,8 | · | 0,38 | = | 2,20 | / | *1 |

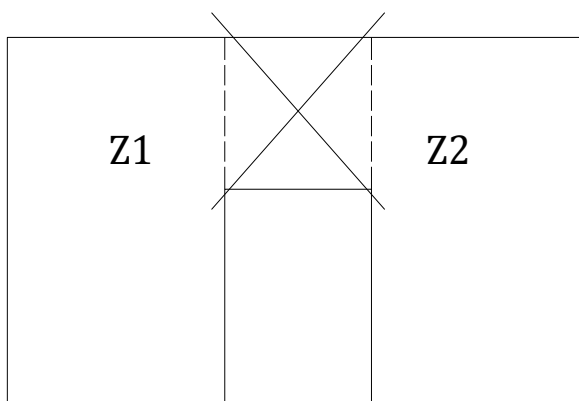
$$A_{\text{ukupno}}^y = 24,02 \text{ m}^2$$

$$\rho_{ay} = \frac{24,02}{258} = 9,3\% \geq 3,5\%$$

$$A_{\text{ukupno}}^x = 15,02 \text{ m}^2$$

$$\rho_{ax} = \frac{15,02}{258} = 5,8\% \geq 3,5\%$$

1.4. POZICIONIRANJE ZIDOVA - KONZOLNI MODEL KONSTR.



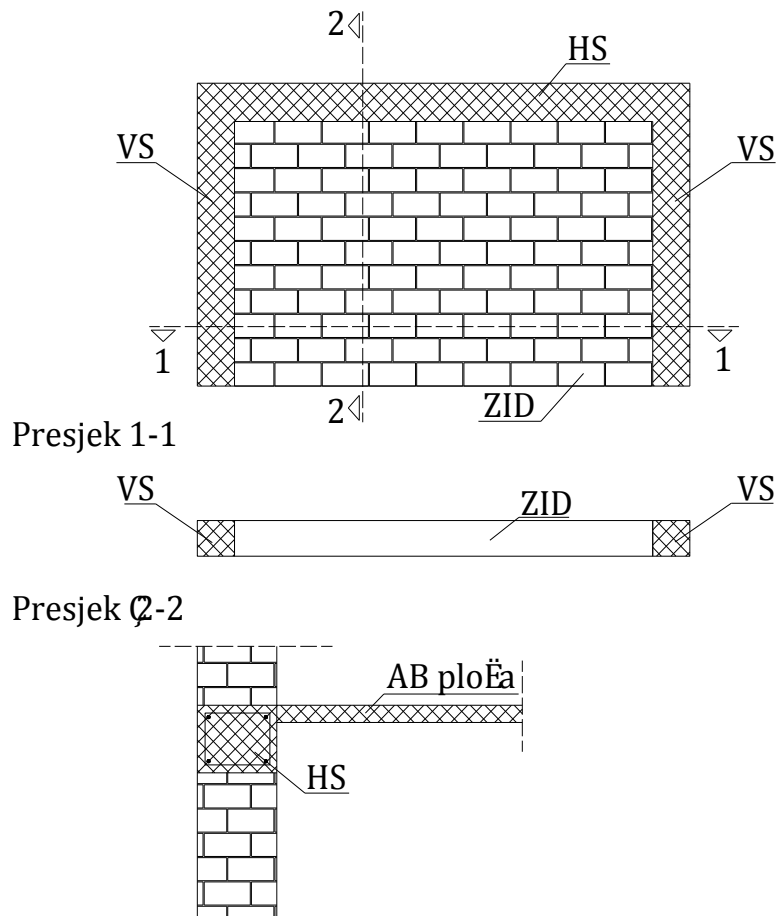
2. HORIZONTALNI SERKLAŽI I VERTIKALNI SERKLAŽI

Horizontalni serklaž

- Horizontalni AB elementi u zidanim zidovima
- $b=d_z$ (širina = debljina zida)
- Visina je = $\min 20\text{cm} > d_p$ (debljina ploče)

Vertikalni serklaž

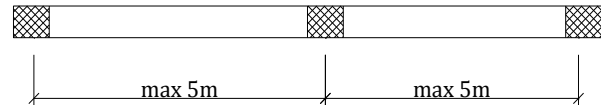
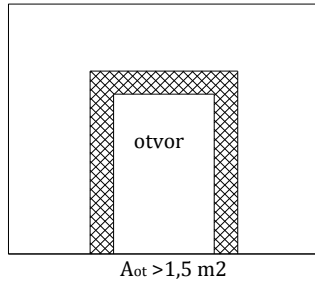
- Vertikalni AB element u zidanim zidovima
- Dimenzije VS = debljina zidova



EN 1998-1:2004/ 9.5.3 – Dodatni zahtjevi

- (1)P Horizontalni i vertikalni serklaži moraju biti međusobno povezani i usidreni za elemente glavnog konstrukcijskog sistema
- (2)P
- (3) $\min d = 15 \text{ cm}$
- (4) Vertikalni serklaži za utezanje zidova se moraju postaviti:
 - na slobodnim krajevima svih konstrukcijskih elemenata uida
 - sa obje strane svakog otvora u zidu čija je površina veća od $1,5 \text{ m}^2$
 - Unutar zida, ako je potrebno, a da razmak između serklaža ne bude veći od 5 m
 - kod svakog ukrštanja zidova

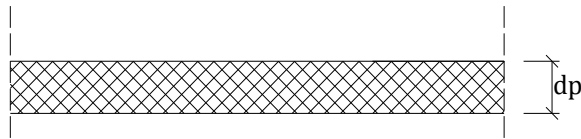
- (6) Podužna armatura vertikalnih i horizontalnih serklaža ne smije biti manja od $\min A_a = 300 \text{ mm}^2 = 3 \text{ cm}^2$, niti od 1% površine poprečnog presjeka serklaža $\min A_c = 1\% A_s$
- (7) Uzangije $\min \phi = 5 \text{ mm}$; $\min e = 15 \text{ cm}$



MEĐUSPRATNA TAVANICA – AB PLOČA

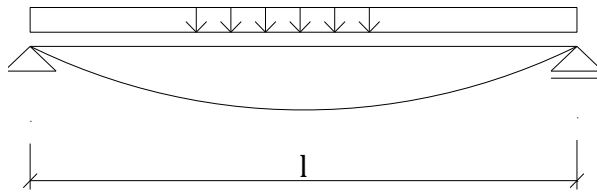
l_0 – razmak između nultih tačaka momentnog dijagrama

$$\min d_p = \begin{cases} 5 \text{ cm krovne ploče} \\ 7 \text{ cm ploča sa pod. opt} \\ 10 \text{ cm ploče za pld. noz.} \\ 12 \text{ cm ploče za ter. noz.} \end{cases}$$



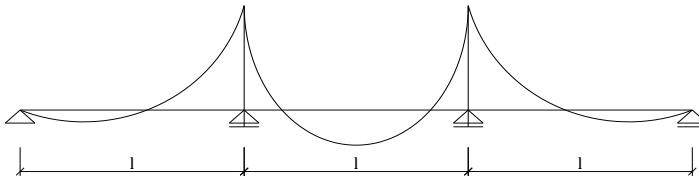
$$\min d_p = \frac{l_0}{35}$$

PROSTA GREDA



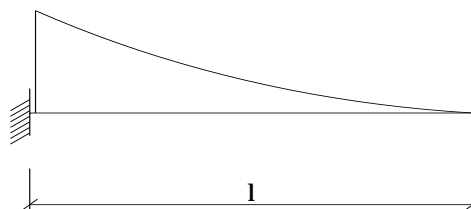
$$l_0 = l$$

KONTINUALNA GREDA



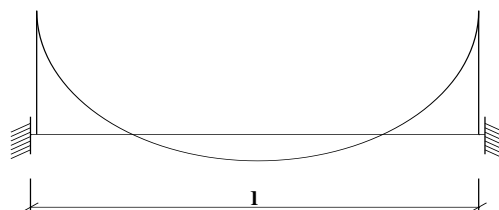
$$l_0 = 0.80l$$

KONZOLA



$$l_0 = 1,50l$$

OBOSTRANO UKLJEŠTENA GREDA

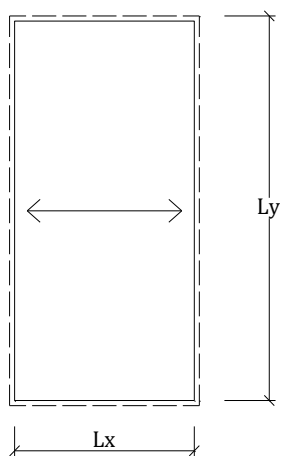


$$l = 0,50l_0$$

NAPOMENA: Usvojiti svuda istu debljinu ploče.

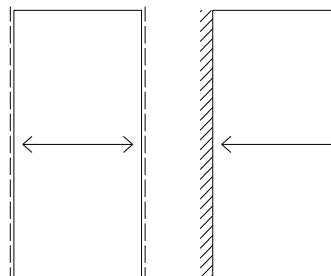
- VRSTE PLOČA U ZAVISNOSTI OD NAČINA PRENOSA OPTEREĆENJA

1. Ploče koje prenose opterećenje u jednom pravcu

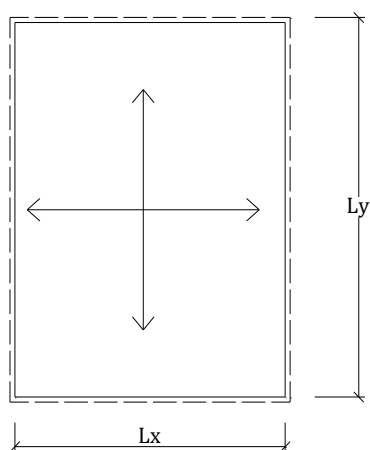


$$\frac{L_y}{L_x} > 2$$

Napomena:



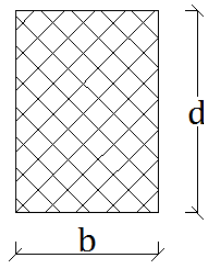
2. Ploče koje prenose opterećenje u dva pravca



$$\frac{L_y}{L_x} < 2$$

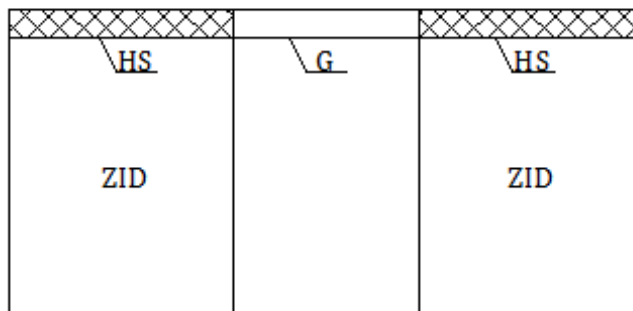
Pozicioniranje ploče

GREDE



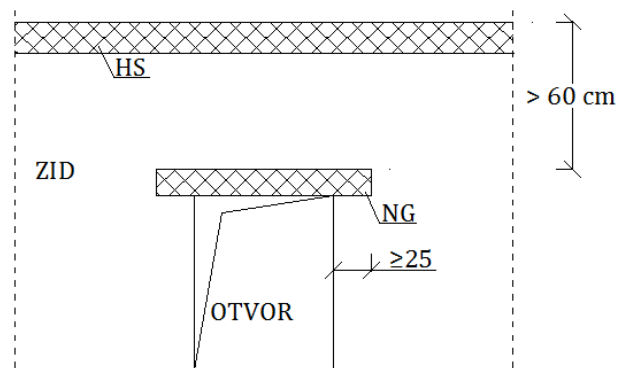
$$b/d = 2:1$$

$$d = \frac{l_o}{10} \div \frac{l_o}{12} \quad (l_o - \text{isto kao i kod ploče})$$

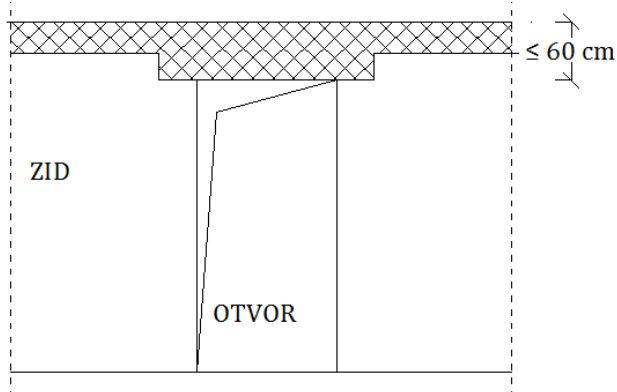


Pozicioniranje grede

- Natprozornici i nadvratnici



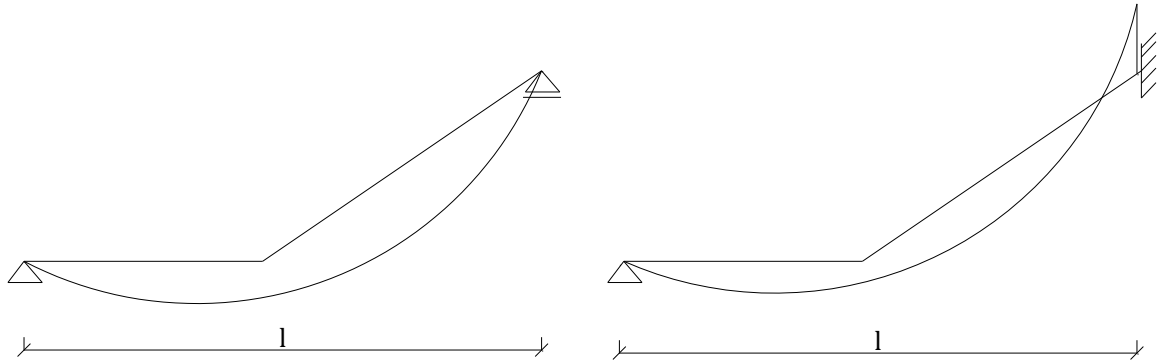
Natprozornik koji se radi nezavisno od ploče



Natprozornik koji se radi zajedno sa pločom

STEPENIŠTE

Nosivi dio stepeništa je koljenasta (kosa) ploča.



$$\min d_p = \frac{l}{35}$$

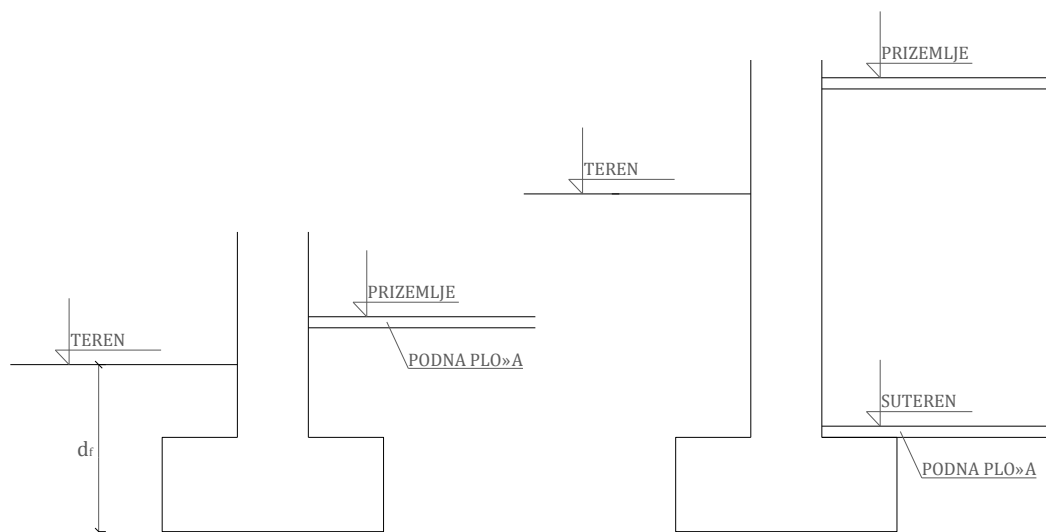
$$\min d_p = \frac{0,80 \cdot l}{35}$$

Napomena:

Zabranjeno oslanjati stepenište na bočne zidane zidove.

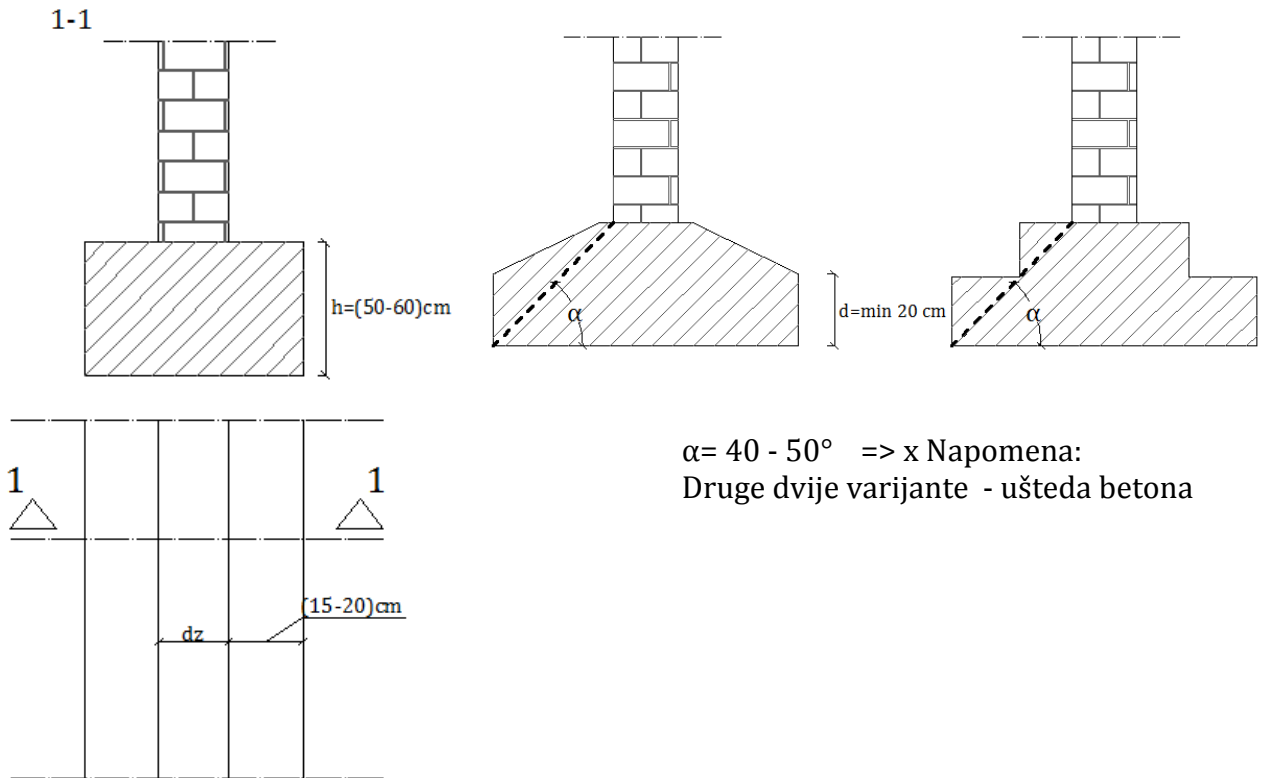
TEMELJI

Ispod zidanih zidova postavljaju se trakasti temelji.



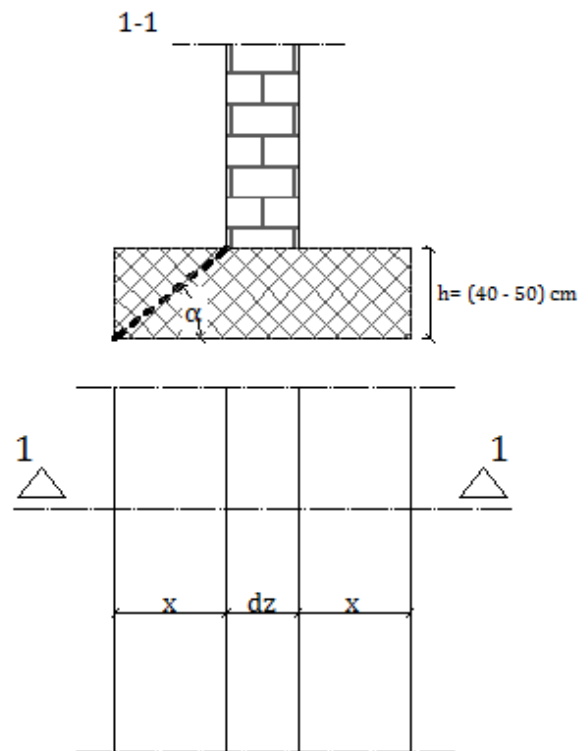
$d_f = 0,80 - 1,0$ m (dubina fundiranja)

NEARMIRANI TEMELJI



$\alpha = 40 - 50^\circ \Rightarrow x$ Napomena:
Druge dvije varijante - ušteda betona

ARMIRANI TEMELJI

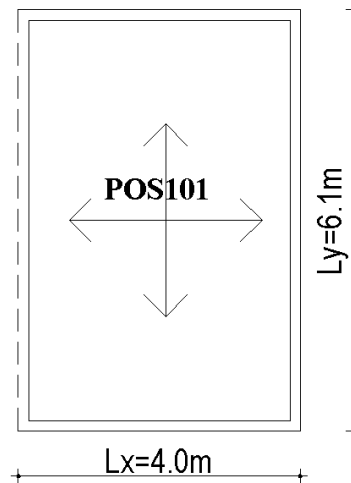


$\alpha = 30 - 40^\circ$ Ugao prenošenja opterećenja
 $\alpha \Rightarrow x$

2. MEĐUSPRATNA TAVANICA (AB PLOČA)

POS 101

1. Statički sistem



Usvajanje debljine ploče: $\min d_p = \frac{l_o}{35} = \frac{0.8 \cdot 400}{35} = 9.1 \text{ cm} \Rightarrow$ Usvojeno $d_p = 12 \text{ cm}$

$\frac{L_y}{L_x} = \frac{6.1}{4.0} \cong 1.5 \geq 2 \Rightarrow$ krstasto armirana ploča – ploča koja nosi u dva pravca

2. Analiza opterećenja

POS 101 nalazi se na dijelu dnevne sobe.

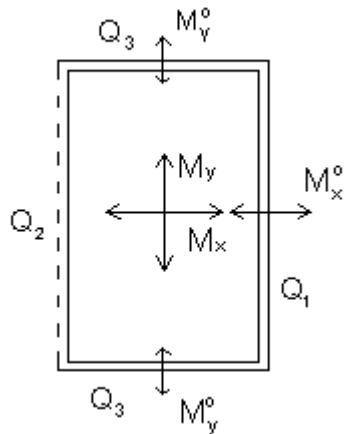
2.1. Stalno opterećenje

| | |
|---------------------------------|---|
| - parket 2.0 cm | $0.02 \cdot 6 = 0.12 \text{ kN/m}^2$ |
| - cementna košuljica 3.5cm | $0.035 \cdot 21 = 0.74 \text{ kN/m}^2$ |
| - izolacija | $= 0.20 \text{ kN/m}^2$ |
| - sopstvena težina ploče | $0.12 \cdot 25 = 3.00 \text{ kN/m}^2$ |
| - obrada plafona – malter 2.5cm | $0.025 \cdot 18 = 0.45 \text{ kN/m}^2$ |
| | $g = 4.51 \text{ kN/m}^2$ |

2.2. Povremeno opterećenje

- korisno opterećenje **$p = 2.0 \text{ kN/m}^2$**
 (EC1 – sobe (za kategoriju objekta A – stambeni objekti))

3. Statički uticaji - Reakcije



$$Q = k_i \cdot q \cdot l_x \cdot l_y = k_i \cdot Q \quad (\text{kNm/m}')$$

k_i - koeficijent iz tabele koji zavisi od odnosa strana ploče i konturnih uslova
(Prilog 5.5 str.528 PBAB'87 - Prilozi 2)

3.1. Statički uticaji od stalnog opterećenja:

$$G = g \cdot l_x \cdot l_y = 4.51 \cdot 4.0 \cdot 6.1 = 110 \text{ kN}$$

$$Q_1 = 0.344 \cdot 110 = 37.8 \text{ kN}$$

$$Q_2 = 0.234 \cdot 110 = 25.7 \text{ kN}$$

$$Q_3 = 0.211 \cdot 110 = 23.2 \text{ kN}$$

$$Q_1 = \frac{37.8 \text{ kN}}{6.1 \text{ m}} = 6.2 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$Q_2 = \frac{25.7 \text{ kN}}{6.1 \text{ m}} = 4.2 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$Q_3 = \frac{23.2 \text{ kN}}{4.0 \text{ m}} = 5.8 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

3.2. Statički uticaji od povremenog opterećenja:

$$P = p \cdot l_x \cdot l_y = 2.0 \cdot 4.0 \cdot 6.1 = 49 \text{ kN}$$

$$Q_1 = 0.344 \cdot 49 = 16.9 \text{ kN}$$

$$Q_2 = 0.234 \cdot 49 = 11.5 \text{ kN}$$

$$Q_3 = 0.211 \cdot 49 = 10.3 \text{ kN}$$

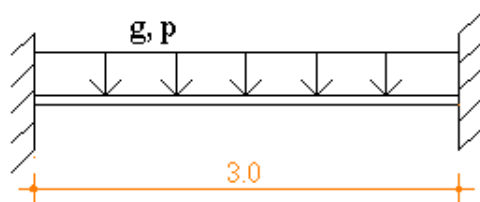
$$Q_1 = \frac{16.9 \text{ kN}}{6.1 \text{ m}} = 2.8 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$Q_2 = \frac{11.5 \text{ kN}}{6.1 \text{ m}} = 1.9 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$Q_3 = \frac{10.3 \text{ kN}}{4.0 \text{ m}} = 2.6 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

POS 109

1. Statički sistem



2. Analiza opterećenja

POS 109 nalazi se na dijelu komunikacionog jezgra.

2.1. Stalno opterećenje

| | |
|---------------------------------|---|
| - mermerne ploče 3.0cm | $0.03 \cdot 27 = 0.81 \text{ kN/m}^2$ |
| - cementna košuljica 3.0cm | $0.030 \cdot 21 = 0.63 \text{ kN/m}^2$ |
| - sopstvena težina ploče | $0.12 \cdot 25 = 3.00 \text{ kN/m}^2$ |
| - obrada plafona – malter 2.5cm | $0.025 \cdot 18 = 0.45 \text{ kN/m}^2$ |
| | $g = 4.89 \text{ kN/m}^2$ |

2.2. Povremeno opterećenje

- korisno opterećenje **$p = 3.0 \text{ kN/m}^2$**

(EC1 – komunikaciono jezgro (za kategoriju objekta A – stambeni objekti))

3. Statički uticaji - reakcije

3.1. Statički uticaji – reakcije od stalnog opterećenja:

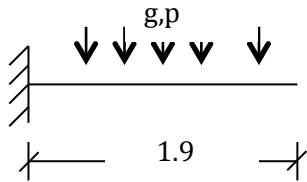
$$R_g = \frac{g \cdot l}{2} = \frac{4.89 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 3.0 \text{m}'}{2} = 7.3 \frac{\text{kN}}{\text{m}'}$$

3.2. Statički uticaji – reakcije od povremenog opterećenja:

$$R_p = \frac{p \cdot l}{2} = \frac{3.0 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 3.0 \text{m}'}{2} = 4.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}'}$$

POS 110

1. Statički sistem



Usvajanje debljine ploče: $\min d_p = \frac{l_o}{35} = \frac{1.5 \cdot 1.9}{35} = 8.1 \text{ cm} \Rightarrow \text{Usvojeno } d_p = 12 \text{ cm}$

2. Analiza opterećenja

POS 110 nalazi se na dijelu terase.

2.1. Stalno opterećenje

| | |
|---------------------------------|---|
| - keramika 1.0cm | $0.01 \cdot 24 = 0.24 \text{ kN/m}^2$ |
| - cementna košuljica 3.0cm | $0.030 \cdot 21 = 0.63 \text{ kN/m}^2$ |
| - sopstvena težina ploče | $0.12 \cdot 25 = 3.00 \text{ kN/m}^2$ |
| - obrada plafona – malter 2.5cm | $0.025 \cdot 18 = 0.45 \text{ kN/m}^2$ |
| | $g = 4.32 \text{ kN/m}^2$ |

2.2. Povremeno opterećenje

- korisno opterećenje **$p = 2.5 \text{ kN/m}^2$**
(EC1 – terase (za kategoriju objekta A – stambeni objekti))

3. Statički uticaji - Reakcije

3.1. Statički uticaji – reakcije od stalnog opterećenja:

$$R_g = g \cdot l = 4.32 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 1.9 \text{ m}' = 8.2 \frac{\text{kN}}{\text{m}'}$$

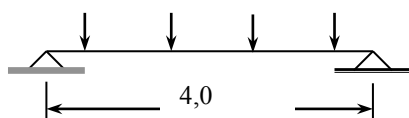
3.2. Statički uticaji – reakcije od povremenog opterećenja:

$$R_p = p \cdot l = 2.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 1.9 \text{ m}' = 4.8 \frac{\text{kN}}{\text{m}'}$$

2. MEĐUSPRATNA TAVANICA (POLUMONTAŽNA TAVANICA TIPA FERT)

POS 101

1. Statički sistem



Debljina međuspratne tavanice

$$d_p = (16 + 4) \text{ cm} = 20 \text{ cm}$$

Sloj za monolitizaciju $d=4$ cm.

Tip međuspratne tavanice koja nosi u jednom pravcu. Pravac nošenja je pravac fert gredica.

2. Analiza opterećenja

2.1. Na dijelu dnevne sobe

2.1.1. Stalno opterećenje

| | |
|--|---|
| - parket 2.0 cm | $0.02 \cdot 6 = 0.12 \text{ kN/m}^2$ |
| - cementna košuljica 3.5cm | $0.035 \cdot 21 = 0.74 \text{ kN/m}^2$ |
| - izolacija | $= 0.20 \text{ kN/m}^2$ |
| - sopstvena težina ploče od fert gredica | $= 3.00 \text{ kN/m}^2$ |
| - obrada plafona – malter 2.5cm | $0.025 \cdot 18 = 0.45 \text{ kN/m}^2$ |
| | $g = 4.51 \text{ kN/m}^2$ |

2.1.2 Korisno opterećenje

| | |
|-----------------------|--|
| - korisno opterećenje | $p = 2.0 \text{ kN/m}^2$ |
|-----------------------|--|

2.2. Na dijelu lođe

2.2.1. Stalno opterećenje

| | |
|--|---|
| - keramika 1.0cm | $0.01 \cdot 24 = 0.24 \text{ kN/m}^2$ |
| - cementna košuljica 3.0cm | $0.030 \cdot 21 = 0.63 \text{ kN/m}^2$ |
| - izolacija | $= 0.20 \text{ kN/m}^2$ |
| - sopstvena težina ploče od fert gredica | $= 3.00 \text{ kN/m}^2$ |
| - obrada plafona – malter 2.5cm | $0.025 \cdot 18 = 0.45 \text{ kN/m}^2$ |
| | $g = 4.52 \text{ kN/m}^2$ |

2.2.2. Korisno opterećenje

| | |
|-----------------------|--|
| - korisno opterećenje | $p = 2.5 \text{ kN/m}^2$ |
|-----------------------|--|

3. Statički uticaji

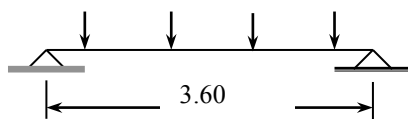
Mjerodavan slučaj opterećenja je drugi (na dijelu lođe) pa će se za ovaj slučaj opterećenja izvršiti dimenzionisanje ploče od fert gredica.

$$R_g = \frac{4.52 \cdot 4.0}{2} = 9.04 \frac{\text{kN}}{\text{m}'}$$

$$R_p = \frac{2.5 \cdot 4.0}{2} = 5.0 \frac{\text{kN}}{\text{m}'}$$

POS 102

1. Statički sistem



Debljina međuspratne tavanice

$$d_p = (16 + 4) \text{ cm} = 20 \text{ cm}$$

Sloj za monolitizaciju $d = 4 \text{ cm}$.

Tip međuspratne tavanice koja nosi u jednom pravcu. Pravac nošenja je pravac fert gredica.

2. Analiza opterećenja

2.1. Na dijelu dnevne sobe

2.1.1. Stalno opterećenje

| | |
|--|---|
| - parket 2.0 cm | $0.02 \cdot 6 = 0.12 \text{ kN/m}^2$ |
| - cementna košuljica 3.5cm | $0.035 \cdot 21 = 0.74 \text{ kN/m}^2$ |
| - izolacija | $= 0.20 \text{ kN/m}^2$ |
| - sopstvena težina ploče od fert gredica | $= 3.00 \text{ kN/m}^2$ |
| - obrada plafona – malter 2.5cm | $0.025 \cdot 18 = 0.45 \text{ kN/m}^2$ |
| | $g = 4.51 \text{ kN/m}^2$ |

2.1.2. Korisno opterećenje

| | |
|-----------------------|--|
| - korisno opterećenje | $p = 2.0 \text{ kN/m}^2$ |
|-----------------------|--|

2.2. Na dijelu kupatila

2.2.1. Stalno opterećenje

| | |
|--|---|
| - keramika 1.0cm | $0.01 \cdot 24 = 0.24 \text{ kN/m}^2$ |
| - cementna košuljica 3.0cm | $0.030 \cdot 21 = 0.63 \text{ kN/m}^2$ |
| - izolacija | $= 0.20 \text{ kN/m}^2$ |
| - sopstvena težina ploče od fert gredica | $= 3.00 \text{ kN/m}^2$ |
| - obrada plafona – malter 2.5cm | $0.025 \cdot 18 = 0.45 \text{ kN/m}^2$ |
| | $g = 4.52 \text{ kN/m}^2$ |

2.2.2. Korisno opterećenje

| | |
|-----------------------|--|
| - korisno opterećenje | $p = 2.0 \text{ kN/m}^2$ |
|-----------------------|--|

2.3. Na dijelu komunikacionog jezgra

2.3.1. Stalno opterećenje

| | |
|--|---|
| - mermerne ploče 3.0cm | $0.03 \cdot 27 = 0.81 \text{ kN/m}^2$ |
| - cementna košuljica 3.0cm | $0.030 \cdot 21 = 0.63 \text{ kN/m}^2$ |
| - sopstvena težina ploče od fert gredica | $= 3.00 \text{ kN/m}^2$ |
| - obrada plafona – malter 2.5cm | $0.025 \cdot 18 = 0.45 \text{ kN/m}^2$ |
| | $g_1 = 4.89 \text{ kN/m}^2$ |

2.3.2. Korisno opterećenje

| | |
|-----------------------|--|
| - korisno opterećenje | $p = 3.0 \text{ kN/m}^2$ |
|-----------------------|--|

3. **Statički uticaji**

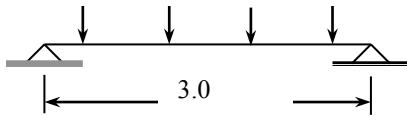
Mjerodavan slučaj opterećenja je treći (na dijelu komunikacionog jezgra) pa će se za ovaj slučaj opterećenja izvršiti dimenzionisanje ploče od fert gredica.

$$R_g = \frac{4.89 \cdot 3.6}{2} = 8.80 \frac{\text{kN}}{\text{m}'}$$

$$R_p = \frac{3.0 \cdot 3.6}{2} = 5.4 \frac{\text{kN}}{\text{m}'}$$

POS 103

1. Statički sistem



Debljina međuspratne tavanice

$$d_p = (16 + 4) \text{ cm} = 20 \text{ cm}$$

Sloj za monolitizaciju $d=4$ cm.

Tip međuspratne tavanice koja nosi u jednom pravcu. Pravac nošenja je pravac fert gredica.

2. Analiza opterećenja

POS 103 nalazi se na dijelu komunikacionog jezgra.

2.1. Stalno opterećenje

| | |
|--|---|
| - mermerne ploče 3.0cm | $0.03 \cdot 27 = 0.81 \text{ kN/m}^2$ |
| - cementna košuljica 3.0cm | $0.030 \cdot 21 = 0.63 \text{ kN/m}^2$ |
| - sopstvena težina ploče od fert gredica | $= 3.00 \text{ kN/m}^2$ |
| - obrada plafona – malter 2.5cm | $0.025 \cdot 18 = 0.45 \text{ kN/m}^2$ |
| | $g_1 = 4.89 \text{ kN/m}^2$ |

2.2. Korisno opterećenje

| | |
|-----------------------|--|
| - korisno opterećenje | $p = 3.0 \text{ kN/m}^2$ |
|-----------------------|--|

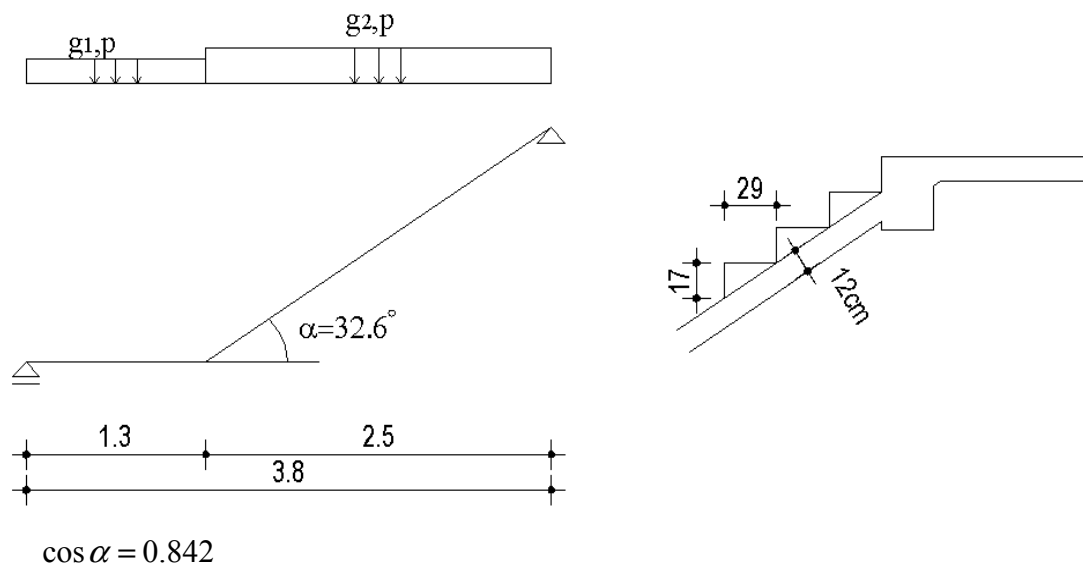
3. Statički uticaji

$$R_g = \frac{4.89 \cdot 3.0}{2} = 7.3 \frac{\text{kN}}{\text{m}'}$$

$$R_p = \frac{3.0 \cdot 3.0}{2} = 4.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}'}$$

POS ST

1. Statički sistem



$$\cos \alpha = 0.842$$

Usvajanje debljine ploče: $\min d_p = \frac{l_o}{35} = \frac{3.8 \cdot 100}{35} = 10.86 \text{ cm} \Rightarrow$ Usvojeno $d_p = 12 \text{ cm}$

2. Analiza opterećenja

2.1. Stalno opterećenje g_1

| | |
|---------------------------------|---|
| - mermerne ploče 3.0cm | $0.03 \cdot 27 = 0.81 \text{ kN/m}^2$ |
| - cementna košuljica 3.0cm | $0.030 \cdot 21 = 0.63 \text{ kN/m}^2$ |
| - sopstvena težina ploče | $0.12 \cdot 25 = 3.00 \text{ kN/m}^2$ |
| - obrada plafona – malter 2.5cm | $0.025 \cdot 18 = 0.45 \text{ kN/m}^2$ |
| | $g_1 = 4.89 \text{ kN/m}^2$ |

2.2. Stalno opterećenje g_2

| | |
|------------------------------------|--|
| - mermerne ploče | $0.03 \cdot 27 + \frac{0.03 \cdot 0.17 \cdot 27}{0.29} = 1.28 \text{ kN/m}^2$ |
| - cementna košuljica 3.0cm | $0.03 \cdot 21 + \frac{0.03 \cdot 0.17 \cdot 21}{0.29} = 1.00 \text{ kN/m}^2$ |
| - stepenice | $\frac{0.29 \cdot 0.17}{2} \cdot 25 \cdot \frac{1}{0.29} = \frac{1}{2} \cdot 0.17 \cdot 25 = 2.125 \text{ kN/m}^2$ |
| - sopstvena težina ploče | $\frac{0.12 \cdot 25}{\cos \alpha} = \frac{0.12 \cdot 25}{0.842} = 3.56 \text{ kN/m}^2$ |
| - obrada plafona – malter 2.5cm | $\frac{0.025 \cdot 18}{\cos \alpha} = \frac{0.025 \cdot 18}{0.842} = 0.53 \text{ kN/m}^2$ |
| | $g_2 = 8.50 \text{ kN/m}^2$ |

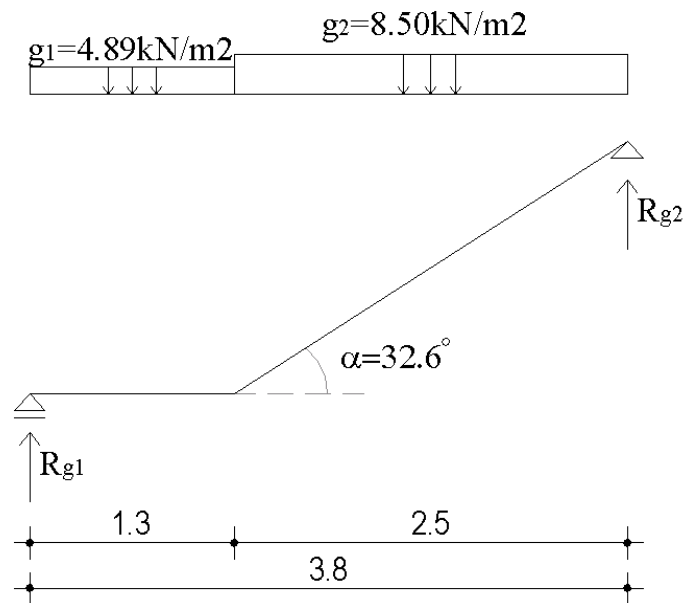
2.3. Povremeno opterećenje

- korisno opterećenje

$$p = 3.0 \text{ kN/m}^2$$

3. Statički uticaji

3.1. Statički uticaji od stalnog opterećenja:



$$\sum V = 0 \Rightarrow R_{g1} + R_{g2} = g_1 \cdot 1.3 + g_2 \cdot 2.5 \Rightarrow R_{g2} = 15.3 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

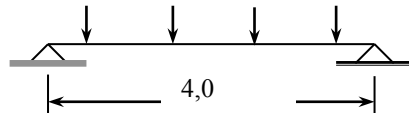
$$\sum M_2 = 0 \Rightarrow R_{g1} \cdot 3.8 - 4.89 \cdot 1.3 \cdot 3.15 - 8.50 \cdot 2.5 \cdot \frac{2.5}{2} = 0 \Rightarrow R_{g1} = 12.3 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

3.2. Statički uticaji od povremenog opterećenja:

$$R_p = \frac{p \cdot l}{2} = \frac{3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 3.8 \text{ m}}{2} = 5.7 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

POS G 104

1. Statički sistem



Dimenzije grede: 38/40cm

Usvajanje visine poprečnog presjeka grede:

$$\min d = \frac{l_o}{10} \div \frac{l_o}{12} = \frac{400}{10} \div \frac{400}{12} = 40.0\text{cm} \div 33.3\text{cm} \Rightarrow \text{Usvojeno } d = 40\text{cm}$$

2. Analiza opterećenja

2.1 Stalno opterećenje

| | |
|--------------------------|---|
| - sopstvena težina grede | $0.38 \cdot 0.4 \cdot 25 = 3.8 \text{ kN/m}$ |
| - od POS 110 | 8.2 kN/m |
| - od POS 104 | $\frac{4.52 \cdot 1.9}{2} = 4.3 \text{ kN/m}$ |
| | $g = 16.3 \text{ kN/m}$ |

2.2 Povremeno opterećenje

| | |
|--------------|--|
| - od POS 110 | 7.6 kN/m |
| - od POS 104 | $\frac{2.5 \cdot 1.9}{2} = 2.4 \text{ kN/m}$ |
| | $p = 10.0 \text{ kN/m}$ |

3. Statički uticaji - reakcije

3.1. Statički uticaji – reakcije od stalnog opterećenja:

$$R_g = \frac{16.3 \cdot 4.0}{2} = 32.6 \text{ kN}$$

3.2. Statički uticaji – reakcije od povremenog opterećenja:

$$R_p = \frac{10.0 \cdot 4.0}{2} = 20.0 \text{ kN}$$

- **Modul elastičnosti** $E = K_E \cdot f_k = 1000 \cdot f_k$

marka maltera: M5

marka opeke: M10

$$f_k = K \cdot f_B^{0,70} \cdot f_m^{0,30}$$

f_k – karakteristična čvrstoća zida na pritisak

f_B – normalizovana srednja vrijednost čvrstoće na pritisak elementa za zidanje u N/mm²

f_k – čvrstoća maltera na pritisak u N/mm²

EN 1996-1-1, 3.1.1 tabela 3.1 – **GEOMETRIJSKI ZAHTJEVI ZA GRUPE ELEMENATA**

PUNA OPEKA – GRUPA 1

- Zapremina svih šupljina (% bruto zapremine) ≤ 25
- Za sve materijale

ŠUPLJA OPEKA – GRUPA 2

- Elementi sa vertikalnim šupljinama,
- Zapremina svih šupljina (% bruto zapremine) > 25; ≤ 55
- Materijal: GLINA

EN 1996-1-1, 3.6.2.1 tabela 3.3 – **VRIJEDNOST ZA K**

Za punu opeku grupe 1 i malter opšte namjene:

K=0,55

Za šuplju opeku grupe 2 i malter opšte namjene:

K=0,45

$$f_k = 0,45 \cdot 10^{0,70} \cdot 5^{0,30} = 3,66 \text{ MPa}$$

$E = 1000 \cdot 3,66 = 3660 \text{ Mpa}$

- **Modul smicanja**

$G = 40\%E = 0,4E = 1464 \text{ MPa}$

Tabela 3.3: Vrednosti za K

| Element za zidanje | | Malter opšte namene | Tankoslojni malter (debljina spojnice 0,5-3,0 mm) | Lakoagregatni malter, zapreminske mase | |
|------------------------------|---------|---------------------|---|---|--|
| | | | | $600 \leq \rho_a \leq 800 \text{ kg/m}^3$ | $800 \leq \rho_a \leq 1300 \text{ kg/m}^3$ |
| Glina | Grupa 1 | 0,55 | 0,75 | 0,30 | 0,40 |
| | Grupa 2 | 0,45 | 0,70 | 0,25 | 0,30 |
| | Grupa 3 | 0,35 | 0,50 | 0,20 | 0,25 |
| | Grupa 4 | 0,35 | 0,35 | 0,20 | 0,25 |
| Kalcijum silikat | Grupa 1 | 0,55 | 0,80 | ‡ | ‡ |
| | Grupa 2 | 0,45 | 0,65 | ‡ | ‡ |
| Beton | Grupa 1 | 0,55 | 0,80 | 0,45 | 0,45 |
| | Grupa 2 | 0,45 | 0,65 | 0,45 | 0,45 |
| | Grupa 3 | 0,40 | 0,50 | ‡ | ‡ |
| | Grupa 4 | 0,35 | ‡ | ‡ | ‡ |
| Autoklavirani aerirani beton | Grupa 1 | 0,55 | 0,80 | 0,45 | 0,45 |
| Veštački kamen | Grupa 1 | 0,45 | 0,75 | ‡ | ‡ |
| Obradeni prirodni kamen | Grupa 1 | 0,45 | ‡ | ‡ | ‡ |

Tabela 3.1: Geometrijski zahtevi za grupe elemenata za zidanje

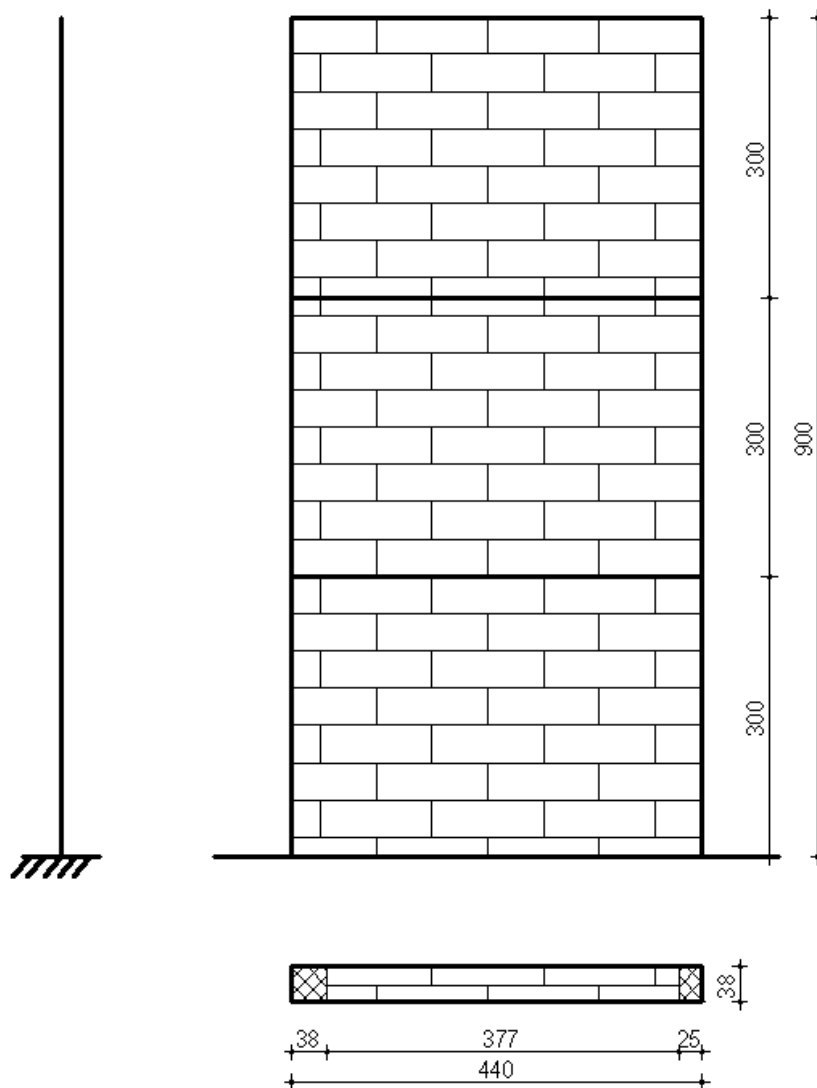
| | Materijali i ograničenja za elemente za zidanje | | | | | | | |
|---|---|--------------------|---|--------|---|--------|-------------------------------------|--------|
| | Grupa 1 (svi materijali) | Materijal | Grupa 2 | | Grupa 3 | | Grupa 4 | |
| | | | Vertikalne šupljine | | | | Horizontalne šupljine | |
| Zapremina svih šupljina (% bruto zapremine) | ≤ 25 | glina | > 25; ≤ 55 | | ≥ 25; ≤ 70 | | ≥ 25; ≤ 70 | |
| | | kalcijum silikat | > 25; ≤ 55 | | ne koristi se | | ne koristi se | |
| | | beton ^b | > 25; ≤ 60 | | ≥ 25; ≤ 70 | | ≥ 25; ≤ 50 | |
| Zapremina pojedinačne šupljine (% bruto zapremine) | ≤ 12,5 | glina | svaka od pojedinačnih šupljina ≤ 2; šupljine za manipulaciju (ručke) ≤ 12,5 | | svaka od pojedinačnih šupljina ≤ 2; šupljine za manipulaciju (ručke) ≤ 12,5 | | svaka od pojedinačnih šupljina ≤ 30 | |
| | | kalcijum silikat | svaka od pojedinačnih šupljina ≤ 15; šupljine za manipulaciju (ručke) ≤ 30 | | ne koristi se | | ne koristi se | |
| | | beton ^b | svaka od pojedinačnih šupljina ≤ 30; šupljine za manipulaciju (ručke) ≤ 30 | | svaka od pojedinačnih šupljina ≤ 30; šupljine za manipulaciju (ručke) ≤ 30 | | svaka od pojedinačnih šupljina ≤ 25 | |
| Deklarisane vrednosti debljine pregrada i omotača (mm) | Nema zahteva | | pregrada | omotač | pregrada | omotač | pregrada | omotač |
| | | glina | ≥ 5 | ≥ 8 | ≥ 3 | ≥ 6 | ≥ 5 | ≥ 8 |
| | | kalcijum silikat | ≥ 5 | ≥ 10 | ne koristi se | | ne koristi se | |
| | beton ^b | ≥ 15 | ≥ 18 | ≥ 15 | ≥ 15 | ≥ 20 | ≥ 20 | |
| Deklarisane vrednosti kombinovanih debljina* pregrada i omotača (% ukupne širine) | Nema zahteva | glina | ≥ 16 | | ≥ 12 | | ≥ 12 | |
| | | kalcijum silikat | ≥ 20 | | ne koristi se | | ne koristi se | |
| | | beton ^b | ≥ 18 | | ≥ 15 | | ≥ 45 | |

* Kombinovana debljina je ukupna debljina pregrada i omotača, merena horizontalno u relevantnom pravcu. Provera je zamišljena kao kvalifikacioni test i potrebno ju je ponoviti jedino u slučaju bitnih promena dimenzija elemenata za zidanje.

^b U slučaju konusnih ili čelijskih šupljina, treba koristiti srednju vrednost debljine pregrada i omotača.

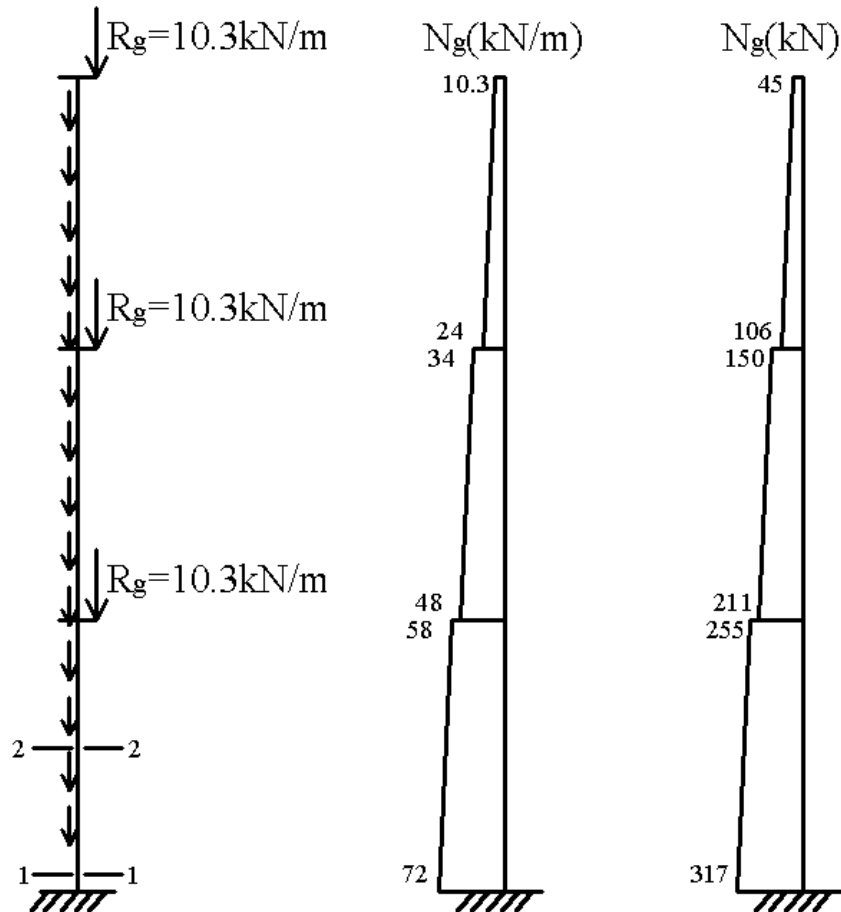
PRORAČUN ZIDA Z10

Izgled zida Z10, karakteristični poprečni presjek i statički sistem prikazani su na slici.



○ STATIČKI UTICAJI U ZIDU Z10

- Statički uticaji od stalnog opterećenja

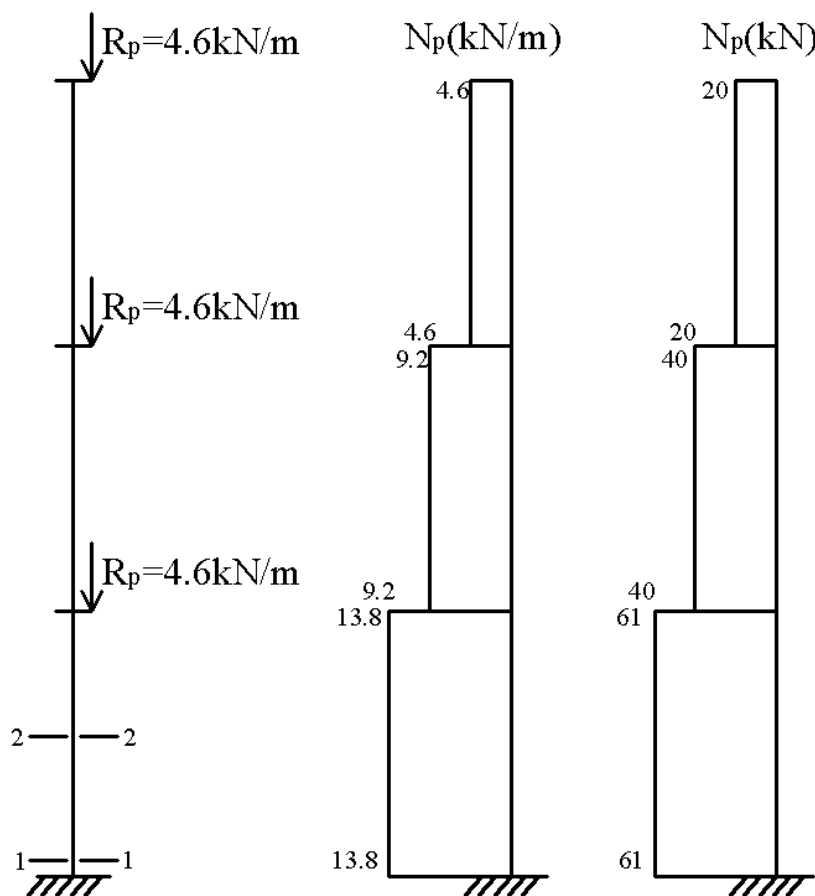


Presjek 1-1:

$$R_g = R_g(\text{POS101}) + R_g(\text{POS102}) = 5.8 + 4.5 = 10.3 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$N_g = 3 \cdot R_g \cdot l_z + g_{st} \cdot l_z \cdot H_z = 3 \cdot 10.3 \cdot 4.4 + 0.38 \cdot 12 \cdot 4.4 \cdot 9 = 317 \text{ kN}$$

- Statički uticaji od korisnog opterećenja

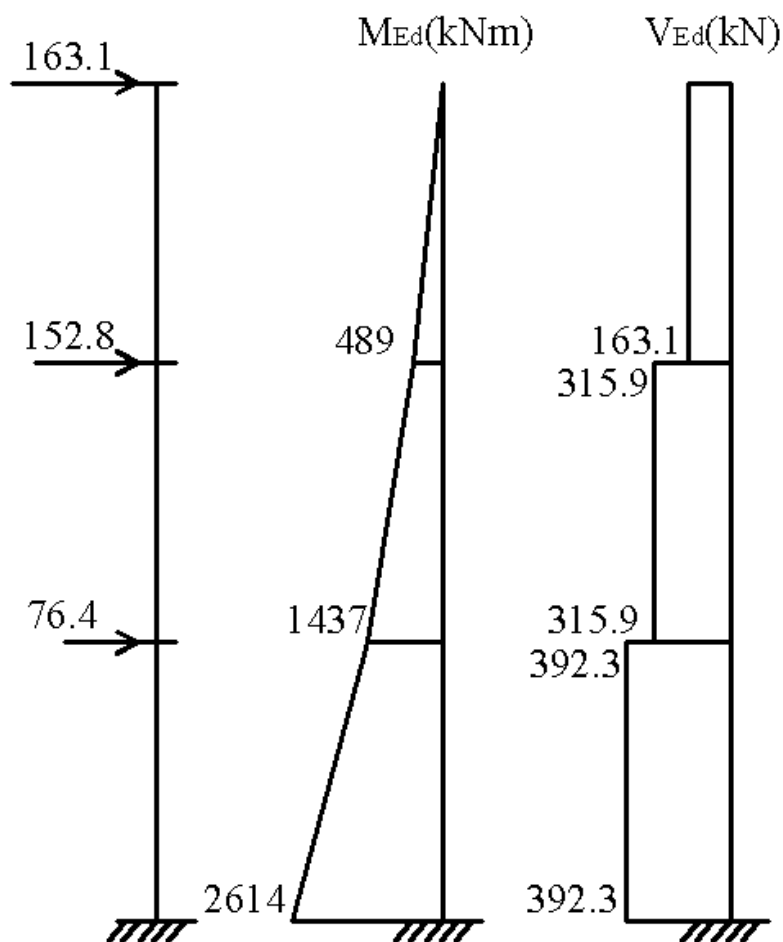


Presjek 1-1:

$$R_p = R_p(\text{POS101}) + R_p(\text{POS102}) = 2.6 + 2.0 = 4.6 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$N_p = 3 \cdot R_p \cdot l_z = 3 \cdot 4.6 \cdot 4.4 = 60.7 \text{ kN}$$

- Statički uticaji od seizmičkih sila (moment M_s i smičuća sila V_s)



Ukupna seizmička sila koju prihvata zid Z10 iznosi $F_{bx,Z10} = 163.1 + 152.8 + 76.4 = 392.3 \text{ kN}$.

○ KARAKTERISTIKE UPOTREBLJENOG MATERIJALA

• Marka opeke M10

Normalizovana srednja vrijednost čvrstoće na pritisak giter opeke: $f_b = 1 \times 10 = 10 \text{ MPa}$

| Visina ¹⁾ zidnog elementa(mm) | Najmanja horizontalna dimenzija zidnog elementa (mm) | | | | |
|--|--|------|------|------|------|
| | 50 | 100 | 150 | 200 | ≥250 |
| 40 | 0,80 | 0,70 | - | - | - |
| 50 | 0,85 | 0,75 | 0,70 | - | - |
| 65 | 0,95 | 0,85 | 0,75 | 0,70 | 0,65 |
| 100 | 1,15 | 1,00 | 0,90 | 0,80 | 0,75 |
| 150 | 1,30 | 1,20 | 1,10 | 1,00 | 0,95 |
| 200 | 1,45 | 1,35 | 1,25 | 1,15 | 1,10 |
| ≥250 | 1,55 | 1,45 | 1,35 | 1,25 | 1,15 |

¹⁾ Visina uzorka nakon pripreme površine.

• Marka maltera M5

Čvrstoća na pritisak maltera: $f_m = 5 \text{ Mpa}$

Karakteristična čvrstoća zidarije na pritisak f_k se određuje na sledeći način (EN 1996-1-1:2005 3.6.1.2(2)):

$$f_k = K \cdot f_b^{0.70} \cdot f_m^{0.30}$$

K – konstanta prema tabeli 3.3. iz EN 1996-1-1.

K=0.45 za giter opeku koja spada u grupu 2 i malter opšte namjene. (Grupa 2: vertikalne šupljine >25 i <55)

$$f_k = K \cdot f_b^{0.70} \cdot f_m^{0.30} = 0.45 \cdot 10^{0.70} \cdot 5^{0.30} = 3.66 \text{ MPa}$$

Modul elastičnosti zidarije E se određuje na sledeći način (EN 1996-1-1:2005 3.7.2(2)):

$$E = 1000 \cdot f_k = 1000 \cdot 3.66 = 3660 \text{ MPa}$$

Modul elastičnosti betona E se određuje na sledeći način (EN 1992-1-1:2017 3.1.3(Tabela 3.1)):

$$E = 31 \text{ GPa} = 31000 \text{ MPa za C25/30}$$

Parcijalni koeficijent za materijal:

Tabela 2.1N: Parcijalni koeficijenti za materijale za granična stanja nosivosti

| Proračunske situacije | γ_c za beton | γ_s za čelik za armaturu | γ_s za čelik za prethodno naprezanje |
|-----------------------|---------------------|---------------------------------|---|
| Stalne i prolazne | 1,5 | 1,15 | 1,15 |
| Incidentne | 1,2 | 1,0 | 1,0 |

Napomena: Numeričke vrednosti koje odgovaraju simbolu γ_M mogu se naći u Nacionalnom aneksu. Preporučene vrednosti, date kao klase koje se mogu odnositi na kontrolu izvođenja (videti takođe Aneks A) u skladu sa nacionalnim izborom, date su u tabeli ove napomene.

| Materijal | | γ_M | | | | |
|---|--|------------|-----|-----|-----|-----|
| | | Klasa | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| A | Zid izveden sa: Elementima kategorije I i malterom projektovanih svojstava ^a | 1,5 | 1,7 | 2,0 | 2,2 | 2,5 |
| B | Elementima kategorije I i malterom projektovanog sastava ^b | 1,7 | 2,0 | 2,2 | 2,5 | 2,7 |
| C | Elementima kategorije II i bilo kojim malterom ^{a, b, e} | 2,0 | 2,2 | 2,5 | 2,7 | 3,0 |
| D | Usidrenim čelikom za armiranje | 1,7 | 2,0 | 2,2 | 2,5 | 2,7 |
| E | Čelikom za armiranje i čelikom za prethodno naprežanje | 1,15 | | | | |
| F | Pomoćnim komponentama ^{c, d} | 1,7 | 2,0 | 2,2 | 2,5 | 2,7 |
| G | Natprozornicima i nadvratnicima u skladu sa EN 845-2 | 1,5 - 2,5 | | | | |
| ^a Zahtevi za maltere projektovanih svojstava dati su u EN 998-2 i EN 1996-2. ^b Zahtevi za maltere projektovanog sastava dati su u EN 998-2 i EN 1996-2. ^c Deklarisane vrednosti su srednje vrednosti. ^d Pretpostavlja se da su vodonepropusne zaštite obuhvaćene vrednošću γ_M zida. ^e Kada koeficijent varijacije za elemente kategorije II nije veći od 25 %. | | | | | | |

Parcijalni koeficijent sigurnosti za materijal γ_m (EN 1996-1-1:2005 2.4.3(1)P):

Usvojeno: $\gamma_m = 2.5$.

Za seizmičku (incidentnu) proračunsku situaciju koristi se parcijalni koeficijent sigurnosti

$$\frac{2}{3} \cdot \gamma_m = \frac{2}{3} \cdot 2.5 = 1.67, \text{ ali ne manje od } 1.5.$$

○ KONTROLA NAPONA PRITISKA U ZIDU

Pri graničnom stanju nosivosti, proračunska vrijednost vertikalnog opterećenja koje djeluje na zid, N_{Ed} , mora da bude manja ili jednaka proračunskoj vrijednosti nosivosti zida na pritisak, N_{Rd} , tako da je:

$$N_{Ed} \leq N_{Rd}$$

Proračunska vrijednost nosivosti jednostrukog zida na pritisak data je kao:

$$N_{Rd} = \Phi \cdot A \cdot f_d$$

gdje je:

Φ - koeficijent izvijanja

A - površina poprečnog presjeka zida

f_d - proračunska vrijednost čvrstoće zida na pritisak

$$N_{Ed} = 1.35 \cdot N_g + 1.5 \cdot N_p = 1.35 \cdot 317 + 1.5 \cdot 60.7 = 519 \text{ kN}$$

Određivanje koeficijenta izvijanja kojim se uzima u obzir vitkost i ekscentričnost EN 1996-1-1:2005 6.1.2.2.

1/ Vrijednost koeficijenta izvijanja Φ_i pri vrhu i pri dnu zida se određuje na sledeći način:

$$\Phi_i = 1 - 2 \cdot \frac{e_i}{t}$$

$$e_i = \frac{M_{id}}{N_{id}} + e_{he} + e_{init} \geq 0.05t$$

gdje je:

e_i - ekscentricitet pri vrhu ili dnu zida

M_{id} - proračunska vrijednost momenta savijanja pri vrhu ili dnu zida, koji je rezultat ekscentričnosti vertikalnog opterećenja od međuspratne konstrukcije na njenom osloncu, koja se sračunava u skladu sa Aneksom C EN 1996-1-1:2005

N_{id} - proračunska vrijednost vertikalnog opterećenja pri vrhu ili dnu zida

e_{he} - ekscentricitet pri vrhu ili dnu zida usled djelovanja horizontalnih opterećenja, npr od vjetra, ako postoji, $e_{he} = 0$

e_{init} - početni ekscentricitet, $e_{init} = \frac{h_{ef}}{450}$, $h_{ef} = \rho_n \cdot h$

t - debljina zida

$$M_1 = \frac{\frac{n_1 E_1 I_1}{h_1}}{\frac{n_1 E_1 I_1}{h_1} + \frac{n_2 E_2 I_2}{h_2} + \frac{n_3 E_3 I_3}{h_3} + \frac{n_4 E_4 I_4}{h_4}} \left[\frac{w_3 l_3^2}{4(n_3 - 1)} - \frac{w_4 l_4^2}{4(n_4 - 1)} \right], \quad (\text{C.1})$$

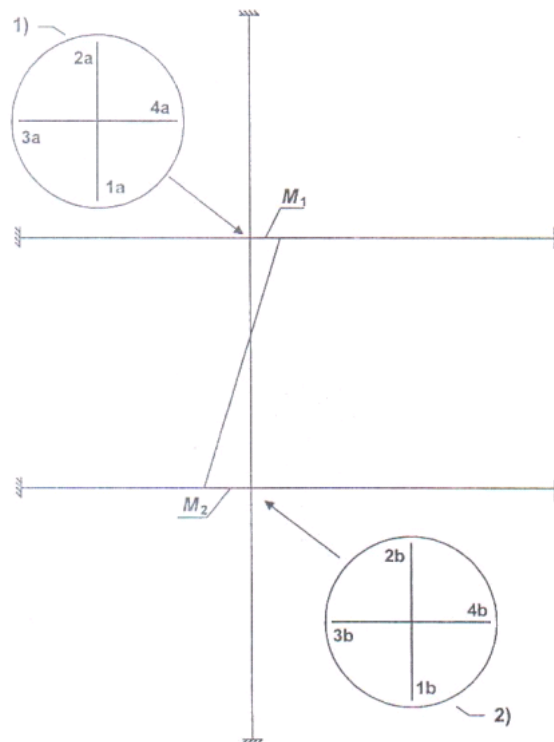
gde je:

- n_i koeficijent krutosti elementa i , $i = 1, 2, 3$ ili 4 , koji se može uzeti da je jednak 4 za elemente ukliještene na obe strane, a ako to nije slučaj, uzeti da je jednak 3 ;
- E_i modul elastičnosti elementa i , $i = 1, 2, 3$ ili 4 .

Napomena: Uobičajeno će biti dovoljno tačno da se vrednost E usvoji kao $1000 f_k$ za sve elemente za zidanje.

- I_i moment inercije preseka elementa i , $i = 1, 2, 3$ ili 4 (u slučaju dvoslojnog zida sa šupljinom, kada je samo jedan sloj noseći, I_i treba odrediti kao moment inercije samo nosećeg sloja);
- h_1 čista visina elementa 1;
- h_2 čista visina elementa 2;
- l_3 čist raspon elementa 3;
- l_4 čist raspon elementa 4;
- w_3 proračunska vrednost jednako podeljenog opterećenja na elementu 3, uz primenu parcijalnih koeficijenata sigurnosti prema EN 1990, za nepovoljan uticaj;
- w_4 proračunska vrednost jednako podeljenog opterećenja na elementu 4, uz primenu parcijalnih koeficijenata sigurnosti prema EN 1990, za nepovoljan uticaj.

Određivanje M_{id} proračunske vrijednosti momenta savijanja pri vrhu ili dnu zida u skladu sa Aneksom C EN 1996-1-1:2005



Legenda:

- 1) ram a
- 2) ram b

Napomena: Moment M_1 je određen iz rama a, a moment M_2 iz rama b.

Slika C.1: Pojednostavljeni model rama

Indeksi: 1,2 se odnose na zid; 3,4 se odnose na ab ploču

$$n_1 = n_2 = n_3 = n_4 = 4; \quad E_1 = E_2 = 3660 \text{ MPa}; \quad E_3 = E_4 = 31000 \text{ MPa}$$

$$h_1 = h_2 = 3.0 \text{ m}; \quad l_3 = 6.1 \text{ m}; \quad l_4 = 4.3 \text{ m}$$

$$I_1 = I_2 = \frac{0.38 \cdot 4.4^3}{12} = 2.697 \text{ m}^4; \quad I_3 = I_4 = \frac{1.0 \cdot 0.12^3}{12} = 1.44 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$

$$M_{1d} = M_{2d} = \frac{4 \cdot 2.697 \cdot 3660}{\frac{4 \cdot 2.697 \cdot 3660}{3} \cdot 2 + \frac{4 \cdot 1.44 \cdot 10^{-4} \cdot 31000}{6.1} + \frac{4 \cdot 1.44 \cdot 10^{-4} \cdot 31000}{4.3}}$$

$$\cdot \left[\frac{9.1 \cdot 6.1^2}{4 \cdot (4-1)} - \frac{9.1 \cdot 4.3^2}{4 \cdot (4-1)} \right] = 7.1 \text{ kNm}$$

$$e_i = \frac{M_{id}}{N_{id}} + e_{init} = \frac{7.1}{519} + \frac{h_{ef}}{450} = 0.0136 + \frac{0.60 \cdot 3.0}{450} = 0.0136\text{m} + 0.004\text{m} = 0.0176\text{m}$$

$$\leq 0.05 \cdot t = 0.05 \cdot 0.38 = 0.019\text{m} \Rightarrow e_i = 0.019\text{m}$$

$$h_{ef} = \rho_4 \cdot h; \quad \rho_4 = \frac{1}{1 + \left[\frac{\rho_2 \cdot h}{L} \right]^2} \cdot \rho_2 \quad \text{kada je } h \leq 1.15 \cdot L$$

$$h_{ef} = 0.6 \cdot 3 = 1.8\text{m}; \quad \rho_4 = \frac{1}{1 + \left[\frac{\rho_2 \cdot h}{L} \right]^2} \cdot \rho_2 = \frac{1}{1 + \left[\frac{0.75 \cdot 3}{4.4} \right]^2} \cdot 0.75 = 0.60$$

$$\text{kada je } h = 3.0\text{m} \leq 1.15 \cdot L = 5.1\text{m}$$

$$\Phi_i = 1 - 2 \cdot \frac{e_i}{t} = 1 - 2 \cdot \frac{0.019}{0.38} = 0.9$$

$$A = t \cdot L = 38 \cdot 440 = 16720\text{cm}^2$$

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_m} = \frac{3.66}{2.5} = 1.46\text{MPa} = 0.146 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$N_{Rd} = \Phi \cdot A \cdot f_d = 0.9 \cdot 16720 \cdot 0.146 = 2197\text{kN}$$

Za kontrolu napona pritiska u zidu mjerodavna je kombinacija uticaja od stalnog opterećenja i korisnog opterećenja sa odgovarajućim koeficijentima sigurnosti:

$$N_{Ed} = 1.35 \cdot N_g + 1.5 \cdot N_p$$

Za presjek 1-1

$$N_{Ed} = 1.35 \cdot N_g + 1.5 \cdot N_p = 1.35 \cdot 317 + 1.5 \cdot 60.7 = 519\text{kN}$$

$$N_{Rd} = 2197 \text{ kN} > N_{Ed} = 519\text{kN} \Rightarrow \text{Kontrola na pritisak na krajevima zida je zadovoljena.}$$

○ KONTROLA NA SMICANJE U ZIDU

Pri graničnom stanju nosivosti, proračunska vrijednost smičućeg opterećenja koje djeluje na zid uokviren serklažima, V_{Ed} , mora da bude manja ili jednaka proračunskoj vrijednosti nosivosti zida uokvirenog serklažima na smicanje, V_{Rd} , tako da je:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd}$$

Proračunska vrijednost nosivosti na smicanje zida uokvirenog serklažima V_{Rd} dobija se kao zbir nosivosti na smicanje zida i betona serklaža:

$$V_{Rd} = V_{Rd,zid} + V_{Rd,c}$$

Proračunska vrijednost nosivosti na smicanje zida uokvirenog serklažima $V_{Rd,zid}$ određuje se prema EN 1996-1-1:2005 6.2(2) odnosno kao I za slučaj nearmiranih zidova i to:

$$V_{Rd,zid} = f_{vd} \cdot t \cdot L_c$$

Gdje je:

f_{vd} - proračunska vrijednost čvrstoće zida na smicanje (EN 1996-1-1:2005 3.6.2(3))

t - debljina zida

L_c - dužina pritisnutog dijela zida.

$$f_{vd} = \frac{f_{vk}}{\gamma_m}$$

$$f_{vk} = f_{vko} + 0.4 \cdot \sigma_d \leq 0.065 \cdot f_b$$

Vrijednost početne čvrstoće zida na smicanje za giter opeku i malter klase M5:

$$f_{vko} = 0.2 \text{MPa} \text{ tabela 3.4 EN 1996-1-1:2005 3.6.2(6)}$$

Vrijednost napona pritiska upravnog na ravan smicanja u zidu, u nivou koji se razmatra:

$$\sigma_d = \frac{N_{Ed,zid}}{A_{zid}}$$

Za kontrolu na smicanje zida mjerodavna je kombinacija uticaja od stalnog, korisnog i seizmičkog opterećenja sa odgovarajućim koeficijentima sigurnosti:

$$V_{Ed} = 1.0 \cdot V_g + 0.3 \cdot V_p + 1.0 \cdot V_s$$

$$N_{Ed} = 1.0 \cdot N_g + 0.3 \cdot N_p + 1.0 \cdot N_s$$

Presjek 1-1:

$$V_{Ed} = 1.0 \cdot V_g + 0.3 \cdot V_p + 1.0 \cdot V_s = 1.0 \cdot 392 = 392 \text{kN}$$

$$N_{Ed} = 1.0 \cdot N_g + 0.3 \cdot N_p + 1.0 \cdot N_s = 1.0 \cdot 317 + 0.3 \cdot 60.7 = 335 \text{kN}$$

$$N_{Ed,zid} = N_{Ed} \cdot \frac{E_{zid} \cdot A_{zid}}{E_{zid} \cdot A_{zid} + E_{serkl} \cdot (A_{serklVS1} + A_{serklVS2})} = 335 \cdot \frac{3660 \cdot 1.4326}{3660 \cdot 1.4326 + 31000 \cdot (0.1444 + 0.095)} = 139 \text{ kN}$$

$$N_{Ed,serklVS1} = N_{Ed} \cdot \frac{E_{serkl} \cdot A_{serklVS1}}{E_{zid} \cdot A_{zid} + E_{serkl} \cdot (A_{serklVS1} + A_{serklVS2})} = 335 \cdot \frac{31000 \cdot 0.1444}{3660 \cdot 1.4326 + 31000 \cdot (0.1444 + 0.095)} = 118 \text{ kN}$$

$$N_{Ed,serklVS2} = N_{Ed} \cdot \frac{E_{serkl} \cdot A_{serklVS2}}{E_{zid} \cdot A_{zid} + E_{serkl} \cdot (A_{serklVS1} + A_{serklVS2})} = 335 \cdot \frac{31000 \cdot 0.095}{3660 \cdot 1.4326 + 31000 \cdot (0.1444 + 0.095)} = 78 \text{ kN}$$

Za presjek 1-1:

$$\sigma_d = \frac{N_{Ed,zid}}{A_{zid}} = \frac{139}{0.38 \cdot 3.77} = 97 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 0.097 \text{ MPa}$$

$$f_{vk} = f_{vko} + 0.4 \cdot \sigma_d = 0.2 + 0.4 \cdot 0.097 = 0.24 \text{ MPa} \leq 0.065 \cdot f_b = 0.065 \cdot 10 = 0.65 \text{ MPa}$$

$$f_{vd} = \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = \frac{0.24}{1.67} = 0.14 \text{ MPa}$$

Dužina pritisnutog dijela zida uz pretpostavku linearne raspodjele napona pritiska u zidu iznosi $L_c = 2.4 \text{ m}$

$$L_c = \frac{L}{2} \cdot [1 + L \cdot N_{sd} / 6 \cdot M_{sd}] = \frac{4.4}{2} \cdot [1 + 4.4 \cdot 335 / 6 \cdot 2614] = 2.4 \text{ m} \leq L$$

$$V_{Rd,zid} = 0.14 \cdot 10^3 \cdot 0.38 \cdot 2.4 = 128 \text{ kN}$$

Proračunska vrijednost nosivosti na smicanje vertikalnih serklaža $V_{Rd,c}$ određuje se prema EN 1992-1-1:2004 6.2.2(1) i to:

$$V_{Rd,c} = \left[C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d$$

sa minimalnom vrijednošću $V_{Rd,c} = (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$

Gdje je:

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2.0 \quad \text{sa } d \text{ (staticka visina) u [mm]}$$

$$\rho_1 = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} \leq 0.02 \quad \text{- procenat armiranja zategnutom armaturom}$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} \leq 0.2 \cdot f_{cd} \quad \text{u [MPa]}$$

$$v_{min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$$

$$k_1 = 0.15$$

$$C_{Rd,c} = \frac{0.18}{\gamma_c}$$

$$C25/30 \Rightarrow f_{ck} = 25 \text{MPa} \Rightarrow f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_m} = \frac{25}{1.2} = 20.83 \text{MPa}$$

Za VS1

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{350}} = 1.76 \leq 2.0 \quad d = 38 - 3 = 35 \text{cm}$$

$$\min A_s = 1\% \cdot A_{VS1} = 0.01 \cdot 38 \cdot 38 = 14.4 \text{cm}^2 \geq 3 \text{cm}^2 \Rightarrow \text{Usvaja se } 8Rf16.$$

$$\rho_1 = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} = \frac{16.089}{38 \cdot 35} = 0.012 \leq 0.02$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed,serklVS1}}{A_{serkl,VS1}} = \frac{118}{0.38 \cdot 0.38} = 817 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 0.82 \text{MPa} \leq 0.2 \cdot 20.83 = 4.2 \text{MPa}$$

$$v_{min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0.035 \cdot 1.76^{3/2} \cdot 25^{1/2} = 0.41 \text{MPa}$$

$$C_{Rd,c} = \frac{0.18}{\gamma_c} = \frac{0.18}{1.2} = 0.15$$

$$V_{Rd,c} = \left[0.15 \cdot 1.76 \cdot (100 \cdot 0.012 \cdot 25)^{1/3} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot 380 \cdot 350 = 125.4 \text{kN}$$

$$\min V_{Rd,c} = (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d = (0.41 + 0.15 \cdot 0.82) \cdot 380 \cdot 350 = 71 \text{kN}$$

Za VS2

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{220}} = 1.95 \leq 2.0 \quad d = 25 - 3 = 22 \text{cm}$$

$$\min A_s = 1\% \cdot A_{VS2} = 0.01 \cdot 38 \cdot 25 = 9.5 \text{cm}^2 \geq 3 \text{cm}^2 \Rightarrow \text{Usvaja se } 5R \blacklozenge 16$$

$$\rho_1 = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} = \frac{10.05}{38 \cdot 22} = 0.012 \leq 0.02$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed,serklVS2}}{A_{serkl,VS2}} = \frac{78}{0.38 \cdot 0.25} = 821 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 0.82 \text{MPa} \leq 0.2 \cdot 20.83 = 4.2 \text{MPa}$$

$$v_{\min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0.035 \cdot 1.95^{3/2} \cdot 25^{1/2} = 0.48 \text{MPa}$$

$$C_{Rd,c} = \frac{0.18}{\gamma_c} = \frac{0.18}{1.2} = 0.15$$

$$V_{Rd,c} = \left[0.15 \cdot 1.95 \cdot (100 \cdot 0.012 \cdot 25)^{1/3} + 0.15 \cdot 0.82 \right] \cdot 380 \cdot 220 = 86.2 \text{kN}$$

$$\min V_{Rd,c} = (v_{\min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d = (0.48 + 0.15 \cdot 0.82) \cdot 380 \cdot 220 = 50 \text{kN}$$

$$V_{Rd} = V_{Rd,zid} + V_{Rd,c} = 128 + 125.4 + 86.2 = 339.6 \text{kN}$$

$$V_{Ed} = 392 > V_{Rd} = 339.6 \text{kN}$$

Kontrola na smicanje u zidu nije zadovoljena. Potrebno je povećati debljinu zida. Usvaja se debljina zida $d=51\text{cm}$.

Za debljinu zida $d=51\text{cm}$ ponavlja se proračun i dobija se:

$$V_{Rd} = V_{Rd,zid} + V_{Rd,c} = 168 + 160 + 108.4 = 436.4 \text{kN}$$

$$V_{Ed} = 392 \leq V_{Rd} = 436.4 \text{kN}$$

Kontrola na smicanje u zidu debljine $d=51\text{cm}$ je zadovoljena.

Usvaja se minimalna armatura u vertikalnim serklažima:

$$VS1 \Rightarrow \min A_s = 1\% \cdot A_{VS1} = 0.01 \cdot 51 \cdot 38 = 19.3 \text{cm}^2 \geq 3 \text{cm}^2 \Rightarrow \text{Usvaja se } 10R\phi 16.$$

$$VS2 \Rightarrow \min A_s = 1\% \cdot A_{VS2} = 0.01 \cdot 51 \cdot 25 = 12.7 \text{cm}^2 \geq 3 \text{cm}^2 \Rightarrow \text{Usvaja se } 6R\phi 16.$$

○ KONTROLA NA SAVIJANJE ZIDA

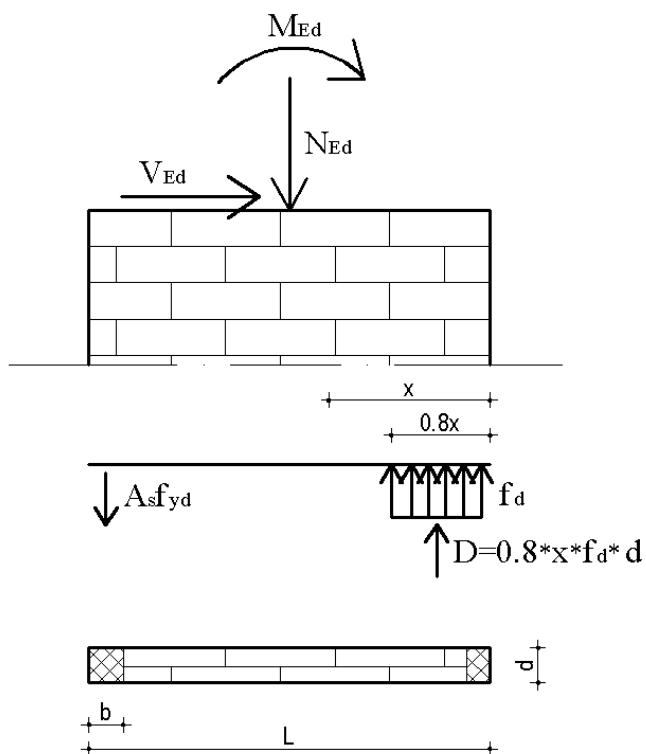
Pri graničnom stanju nosivosti, proračunska vrijednost momenta savijanja koji djeluje na zid uokviren serklažima, M_{Ed} , mora da bude manja ili jednaka proračunskoj vrijednosti momenta nosivosti zida uokvirenog serklažima, M_{Rd} , tako da je:

$$M_{Ed} \leq M_{Rd}$$

Proračunska vrijednost momenta nosivosti M_{Rd} data je izrazom:

$$M_{Rd} = A_s \cdot f_{yd} \cdot \left(\frac{L - d_s}{2} \right) + 0.8 \cdot x \cdot d_z \cdot f_d \cdot \left(\frac{L}{2} - 0.4 \cdot x \right)$$

Položaj neutralne ose x određuje se iz ravnoteže sila:



$$A_s \cdot f_{yd} + N_{Ed} - 0.8 \cdot x \cdot d_z \cdot f_d = 0$$

Za kontrolu na savijanje zida mjerodavna je kombinacija uticaja od stalnog, korisnog i seizmičkog opterećenja sa odgovarajućim koeficijentima sigurnosti:

$$M_{Ed} = 1.0 \cdot M_g + 0.3 \cdot M_p + 1.0 \cdot M_s$$

Presjek 1-1:

$$M_{Ed} = 1.0 \cdot M_s = 1.0 \cdot 2614 = 2614 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = 1.0 \cdot N_g + 0.3 \cdot N_p + 1.0 \cdot N_s = 1.0 \cdot 317 + 0.3 \cdot 60.7 = 335 \text{ kN}$$

Provjera vertikalne armature u serklažu VS1:

Položaj neutralne ose x:

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_m} = \frac{3.66}{2.5} = 1.46 \text{MPa} = 0.146 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$10 \cdot 2.01 \cdot \frac{40.0}{1.0} + 335 - 0.8 \cdot x \cdot 51 \cdot 0.146 = 0, \quad x = 190.5 \text{cm}$$

Proračunska vrijednost momenta nosivosti M_{Rd} :

$$M_{Rd} = A_s \cdot f_{yd} \cdot \left(\frac{L - d_s}{2} \right) + 0.8 \cdot x \cdot d_z \cdot f_d \cdot \left(\frac{L}{2} - 0.4 \cdot x \right) =$$

$$= 10 \cdot 2.01 \cdot 40 \cdot \left(\frac{4.4 - 0.38}{2} \right) + 0.8 \cdot 190.5 \cdot 51 \cdot 0.146 \cdot \left(\frac{4.4}{2} - 0.4 \cdot 1.905 \right) = 3240 \text{kNm}$$

$$M_{Ed} = 2614 \text{kNm} \leq M_{Rd} = 3240 \text{kNm}$$

Usvojena minimalna armatura u vertikalnom serklažu VS1 zadovoljava.

Provjera vertikalne armature u serklažu VS2:

Položaj neutralne ose x:

$$6 \cdot 2.01 \cdot \frac{40.0}{1.0} + 335 - 0.8 \cdot x \cdot 51 \cdot 0.146 = 0, \quad x = 136.8 \text{cm}$$

Proračunska vrijednost momenta nosivosti M_{Rd} :

$$M_{Rd} = A_s \cdot f_{yd} \cdot \left(\frac{L - d_s}{2} \right) + 0.8 \cdot x \cdot d_z \cdot f_d \cdot \left(\frac{L}{2} - 0.4 \cdot x \right) =$$

$$= 6 \cdot 2.01 \cdot 40 \cdot \left(\frac{4.4 - 0.25}{2} \right) + 0.8 \cdot 136.8 \cdot 51 \cdot 0.146 \cdot \left(\frac{4.4}{2} - 0.4 \cdot 1.368 \right) = 2744 \text{kNm}$$

$$M_{Ed} = 2614 \text{kNm} \leq M_{Rd} = 2744 \text{kNm}$$

Usvojena minimalna armatura u vertikalnom serklažu VS2 zadovoljava.