

ЗАДАТАК 3.

Neka je podloga takva da se stub nekog objekta fundira na temelju samcu od armiranog betona. Poprečni presjek stuba je $0,60\text{m} \times 0,50\text{m}$ a donja kota stuba je na $-0,50\text{m}$. Osnovu temelja samca usvojiti pravougaonog oblika odnosa strana kao kod stuba. Stalno opterećenje stuba je: vertikalna sila $V_g = 6000\text{kN}$, moment savijanja oko jače ose u smjeru suprotno kazaljci na satu $M_g = 1400\text{kNm}$ i horizontalna sila smjera sa desna na lijevo $H_g = 400\text{kN}$. Povremeno opterećenje stuba je: vertikalna sila $V_q = 225\text{kN}$, moment savijanja oko jače ose $M_q = \pm 200\text{kNm}$ i horizontalna sila $H_q = \pm 100\text{kN}$. Karakteristike temeljnog tla su: $\gamma = 20\text{kN/m}^3$, $\phi = 33^\circ$, $c = 4\text{kPa}$. Podzemne vode nema. U proračunu koristiti PP3. C30/37 i B500B.

РЈЕШЕЊЕ

ПП3

A1 + M2 + R3

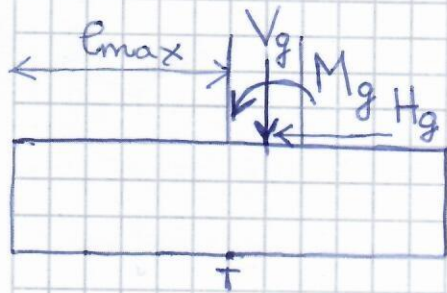
$$\gamma_g = 1,35 \quad \gamma_\phi = 1,25 \quad \gamma_{R,V} = 1,0$$

$$\gamma_g = 1,50 \quad \gamma_c = 1,25$$

$$\gamma_s = 0$$

1. Određivanje dimenzija osnove temelja

- Centriranje temelja (samo za stalno opterećenje)



$h_t = 1,0\text{m}$ — претпоставка

$$e = \frac{1400 + 400 \cdot 1,0}{6000} = 0,30\text{m}$$

$$V_g^T = 6000\text{kN} \quad M_g^T = 0 \quad \text{критичан смјер оптерећења}$$

$$V_q = 225\text{kN} \quad M_q^T = 225 \cdot 0,3 + 200 + 100 \cdot 1$$

$$\begin{aligned} \overleftarrow{M}_q^T &= -225 \cdot 0,3 + 200 - 100 \cdot 1 = 232,5\text{kNm} \\ &= 367,5\text{kNm} \end{aligned}$$

$$V_d^T = 1,35 \cdot 6000 + 1,50 \cdot 225 = 8437,5\text{kN}$$

$$M_d^T = 1,35 \cdot 0 + 1,50 \cdot 367,5 = 551,25\text{kNm} \quad \rightarrow e_L = \frac{M_d^T}{V_d^T} = 0,065\text{m}$$

- Пројектна носивост тла (ULS GEO)

$$c_d = \frac{4,0}{1,25} = 3,2\text{kPa} \quad \phi_d = \arctg\left(\frac{\tan 33^\circ}{1,25}\right) = 27,45^\circ \quad \gamma_d = \frac{20}{1} = 20 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

→ претпоставка.

$$q' = 20 \cdot 1,5 = 30\text{kPa} \quad B = B' \quad L \neq L' \quad R = \frac{0,6}{0,5} = 1,20 \quad L = 1,20 \cdot B$$

$$\overline{R}_{k,d} = c_d \cdot N_c \cdot \psi_{c,s} \cdot i_c + q' \cdot N_q \cdot \psi_{q,s} \cdot i_q + \frac{1}{2} B' \cdot \gamma_d \cdot N_\gamma \cdot \psi_{\gamma,s} \cdot i_\gamma \cdot \psi_{\gamma,R}$$

$$N_g = t_g^2 \left(45^\circ + \frac{\phi_d}{2}\right) \cdot e^{\pi \cdot t_g \phi_d} = 13,86$$

$$N_c = (N_g - 1) \cdot ct_g \phi_d = 24,75$$

$$N_g = 13,36$$

$$b_c = b_g = b_g = 1.0$$

$$i_c = i_g = i_g = 1.0$$

Претпоставка $B = 3,0\text{m}$ $L = 3,6\text{m}$

$$B' = 3,0\text{m} \quad L' = 3,6 - 2 \cdot 0,065 = 3,47\text{m}$$

$$s_g = 1 + \frac{3,0}{3,47} \cdot \sin 27,45^\circ = 1,398$$

$$s_g = 1 - 0,30 \cdot \frac{3,0}{3,47} = 0,7406$$

$$s_c = \frac{s_g \cdot N_g - 1}{N_g - 1} = 1,429$$

$$\sigma_{R,d} = 3,2 \cdot 24,75 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,429 + 30 \cdot 13,86 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,398 + \frac{1}{2} \cdot 3,0 \cdot 20 \cdot 13,36 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7406$$

$$\sigma_{R,d} = 991,29 \text{ kPa}$$

$$\sigma_{R,d} - \gamma \cdot \gamma_b \cdot D_f = 991,29 - 0,85 \cdot 25 \cdot 1,5 = 959,41 \text{ kPa}$$

$$\frac{8437,5}{3,0 \cdot 3,47} = 810,52 \text{ kPa} < 959,41 \text{ kPa} = \frac{\sigma_{R,d}}{\gamma_{R,v}} - \gamma \cdot \gamma_b \cdot D_f$$

Претпоставките димензије задовољавају. $B = 3,0\text{m}$ $L = 3,6\text{m}$

$$l_{\max} = \frac{3,6}{2} + 0,3 - \frac{0,6}{2} = 1,80\text{m}$$

$$A = 3,0 \cdot 3,6 = 10,8\text{m}^2$$

$$l_{\min} = \frac{3,6}{2} - 0,3 - \frac{0,6}{2} = 1,20\text{m}$$

$$W = \frac{3 \cdot 3,6^2}{6} = 6,48\text{m}^2$$

2. Опређување висине шемеца (ULS STR)



- Према моменту сабуцања

$$(835,07 - 727,43) : L = \bar{X} : (0,6 + 1,20)$$

$$\bar{X} = \frac{107,64 \cdot 1,80}{3,60} = 53,82 \text{ kPa} \rightarrow \bar{p}_d = 781,25 \text{ kPa}$$

$$M_{d,1-1} = \underbrace{781,25 \cdot 1,8 \cdot 3,0 \cdot \frac{1,8}{2}}_{T_{d,1}} + \underbrace{\frac{1}{2} (835,07 - 781,25) \cdot 1,8 \cdot 3,0 \cdot \frac{2}{3} \cdot 1,8}_{T_{d,2}}$$

$$M_{d,1-1} = 3971,25 \text{ kNm}$$

Удлажамо $\epsilon_{c2}/\epsilon_{s1} = -3,0/20\% \rightarrow \mu_{sd} = 0,081$ C30/37 $f_{cd} = 17 \text{ MPa}$

$$d_M = \sqrt{\frac{3971,25}{0,081 \cdot 3,0 \cdot 17 \cdot 10^3}} = 0,98 \text{ m}$$

- Према трансверзалној оси

Претпоставка $d^* = d_M$

$$(835,07 - 727,43) : L = \bar{X} : (0,98 + 0,6 + 1,2)$$

$$\bar{X} = 83,122 \text{ kPa} \rightarrow \bar{p}_d = 810,552 \text{ kPa}$$

$$T_{d,3-3} = 810,552 \cdot 1,8 \cdot 3,0 + \frac{1}{2} (835,07 - 810,552) \cdot 1,8 \cdot 3,0$$

$$T_{d,3-3} = 4443,18 \text{ kN} = V_{Ed}$$

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,c} = \left[c_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_t \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} \right] \cdot B \cdot d^* \geq v_{min} \cdot B \cdot d^*$$

$$c_{Rd,c} = 0,12 \quad k = 1 + \sqrt{\frac{200}{980}} = 1,4517 < 2 \quad \rho_t = 0,003$$

Претпоставка

$$\left[0,12 \cdot 1,4517 \cdot (100 \cdot 0,003 \cdot 3,0)^{\frac{1}{3}} \right] \cdot 300 \cdot 98 = 4944,85 \text{ kN}$$

$$v_{min} = 0,035 \cdot 1,4517^{1,5} \cdot \sqrt{3,0} = 0,106 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$v_{min} \cdot B \cdot d^* = 3116,4 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 4443,18 \text{ kN} < 4944,85 \text{ kN} = V_{Rd,c}$$

2.3 Контрола шачења на продој

- Пресјек по облику стуба
- Само за статичко оптерећење

$$v_{Ed} = \beta \cdot \frac{V_{Ed,red}}{u_0 \cdot d^*} \leq 0,5 \cdot 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}(\text{MPa})}{250}\right) \cdot f_{cd} \left(\frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}\right) = v_{Rd,max}$$

$$V_{d,g}^{col} = 1,35 \cdot V_g^{col} = 1,35 \cdot 6000 = 8100 \text{ kN} \quad \beta = 1,0$$

$$A^{col} = 0,5 \cdot 0,6 = 0,30 \text{ m}^2 \quad u_0 = 2 \cdot (0,5 + 0,6) = 2,2 \text{ m}$$

$$A = 10,8 \text{ m}^2$$

$$V_{Ed,red} = V_{d,g}^{col} \cdot \left(1 - \frac{A^{col}}{A}\right) = 8100 \cdot \left(1 - \frac{0,30}{10,8}\right) = 7875 \text{ kN}$$

$$v_{Ed} = 1,0 \cdot \frac{7875}{220 \cdot 98} = 0,365 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$v_{Rd,max} = 0,5 \cdot 0,6 \cdot \left(1 - \frac{30}{250}\right) \cdot 1,7 = 0,4488 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$v_{Ed} < v_{Rd,max}$ Контрола задовољена

$$h_t = 98 + 6 = 104 \text{ cm} \quad \text{Услови се } h_t = 105 \text{ cm}$$

3. Коначна провјера пројектне носивости шма

- Тежина шачења $25 \cdot 3,0 \cdot 3,6 \cdot 1,05 = 283,5 \text{ kN}$

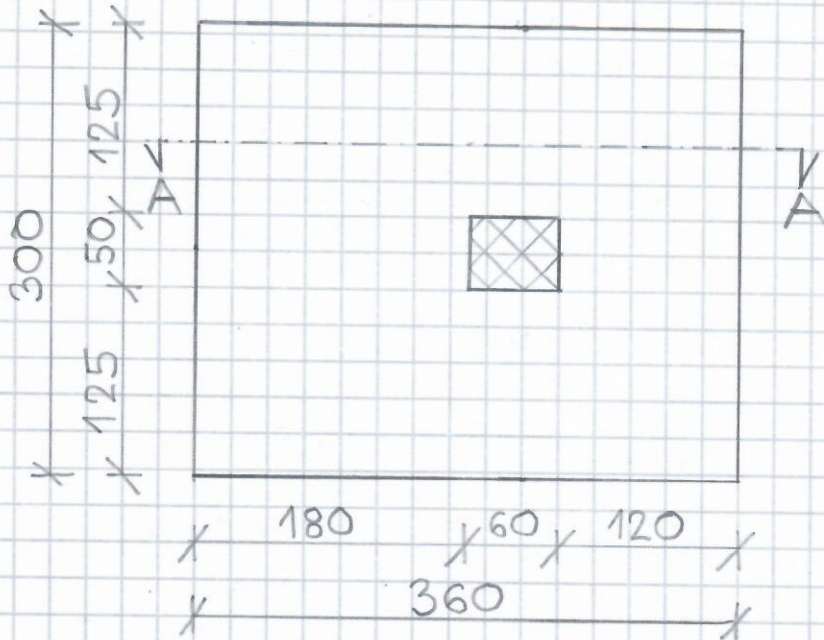
- Тежина нагаоја $20 \cdot (3,0 \cdot 3,6 - 0,5 \cdot 0,6) \cdot 0,5 = 105 \text{ kN}$

$$\sum V_d^T = 8437,5 + 1,35 \cdot 388,5 = 8961,97 \text{ kN}$$

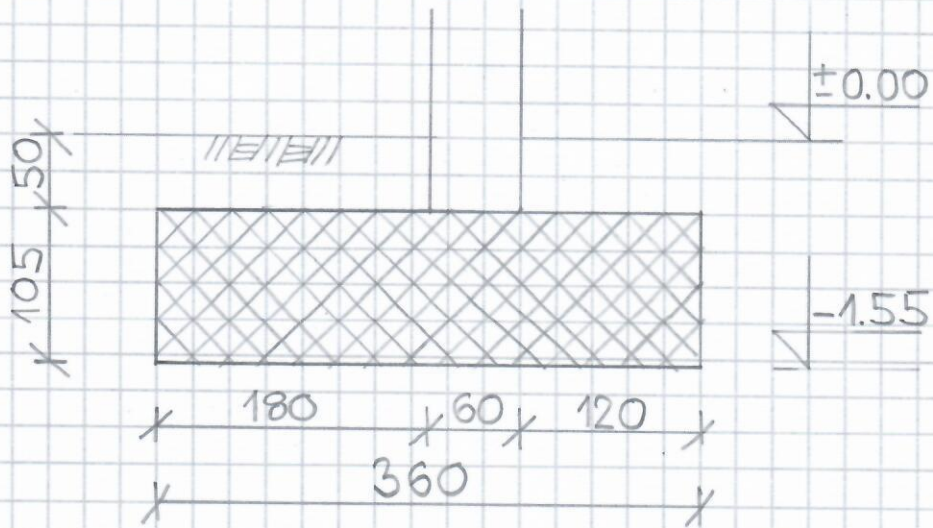
$$\frac{8961,97}{3,0 \cdot 3,47} = 860,9 \text{ kPa} < 991,29 \text{ kPa} = \frac{\sigma_{Rd}}{\gamma_{R,V}}$$

4. План фундамента R=1:50

ОСНОВА

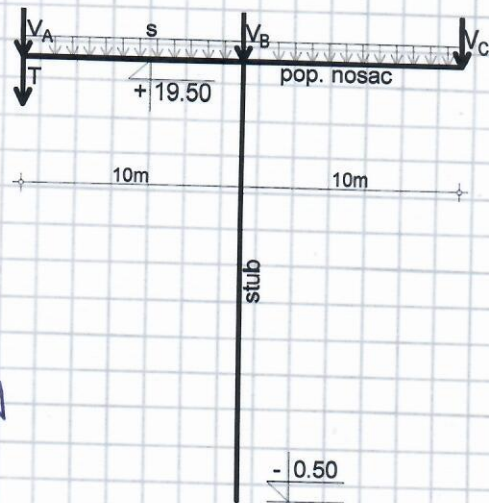


РЕЗЕК А-А



ЗАДАТАК 4.

Poprečni nosač vijadukta koji se sastoji se od AB stuba i poprečnog nosača (AB grede) prikazan je na slici. Stub je pravougaonog poprečnog presjeka dimenzija $1.5\text{m} \times 1.8\text{m}$. Donja kota stuba je na -0.5m . Poprečni nosač je pravougaonog poprečnog presjeka dimenzija $1.6\text{m} \times 1.0\text{m}$. Osim sopstvene težine, stalno opterećenje poprečnog nosača čine vertikalne sile $V_A=1000\text{kN}$, $V_B=1950\text{kN}$, $V_C=500\text{kN}$. Povremeno opterećenje poprečnog nosača je: raspodjeljeno opterećenje $s=30\text{kN/m}$ i vertikalna sila $T=200\text{kN}$. Podloga je takva da se stub fundira na AB temelju samcu. Osnovu temelja samca usvojiti pravougaonog oblika odnosa strana kao kod stuba. Karakteristike temeljnog tla su: $\gamma=20\text{kN/m}^3$, $\phi=27^\circ$ i $c=4\text{kPa}$. Podzemne vode nema. Koristiti PP3. C30/37 i B500B.



ППЗ

A1 + M2 + R3

$$\begin{aligned} \gamma_g &= 1.35 & \gamma_\phi &= 1.25 & \gamma_{R,V} &= 0 \\ \gamma_g &= 1.50 & \gamma_c &= 1.25 & & \\ & & \gamma_s &= 0 & & \end{aligned}$$

РЕШЕЊЕ

1. Статика оптерећења (добити утицаја на доњу ивицу стуба)

- Тежина стуба $1.80 \cdot 1.50 \cdot 20 \cdot 2.5 = 1350\text{ kN}$

- Тежина по. носача $1.6 \cdot 1.0 \cdot 20 \cdot 2.5 = 800\text{ kN}$

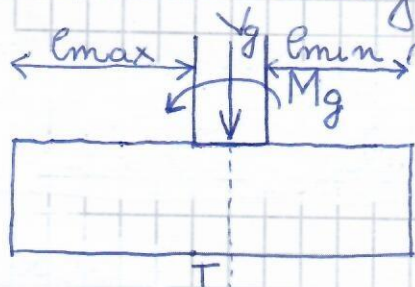
- Вертикарне силе $1000 + 1950 + 500 = 3450\text{ kN}$

$$V_g = 5600\text{ kN}$$

- Момент сабурања $M_g = 1000 \cdot 10 - 500 \cdot 10 = 5000\text{ kNm}$

- Центрисање $e = \frac{5000}{5600} = 0.892\text{ m}$

Усваја се: $= 0.90\text{ m}$



Повремено оптерећење $V_g = 30 \cdot 20 + 200 = 800\text{ kN}$

$$M_g = 200 \cdot 10 = 2000\text{ kNm}$$

$$V_g^T = 5600 \text{ kN} \quad M_g^T = 0$$

$$V_g^T = 800 \text{ kN} \quad M_g^T = 2000 - 800 \cdot 0,9 = 1280 \text{ kNm}$$

$$V_d^T = 1,35 \cdot 5600 + 1,50 \cdot 800 = 8760 \text{ kN}$$

$$M_d^T = 1,35 \cdot 0 + 1,50 \cdot 1280 = 1920 \text{ kNm} \rightarrow e_L = 0,219 \text{ m}$$

2. Опређување димензија основе шачета

$$k = \frac{a_0}{b_0} = \frac{1,80}{1,50} = 1,20 \quad L = 1,20 \cdot B$$

- Пројектна носивост тла (ULS GEO)

$$c_d = \frac{4,0}{1,25} = 3,2 \text{ kPa} \quad \phi_d = \arctg\left(\frac{\tan 27^\circ}{1,25}\right) = 22,17^\circ \quad \gamma_d = 20 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$q' = 20 \cdot 1,5 = 30 \text{ kPa}$$

$$N_q = 7,957 \quad N_c = 17,073 \quad N_\gamma = 5,67$$

Претпоставка $B = 4,00 \text{ m} \quad L = 4,80 \text{ m}$

$$B = B'$$

$$L' = 4,80 - 2 \cdot 0,219 = 4,362 \text{ m}$$

$$s_q = 1 + \frac{4,00}{4,362} \cdot \sin 22,17^\circ = 1,346$$

$$s_\gamma = 1 - 0,30 \cdot \frac{4,00}{4,362} = 0,725$$

$$s_c = \frac{1,346 \cdot 7,957 - 1}{6,957} = 1,396$$

$$q_{rd} = 3,2 \cdot 17,073 \cdot 1,396 + 30 \cdot 7,957 \cdot 1,346 + \frac{1}{2} \cdot 4,00 \cdot 20 \cdot 5,67 \cdot 0,725$$

$$q_{rd} = 562,0 \text{ kPa}$$

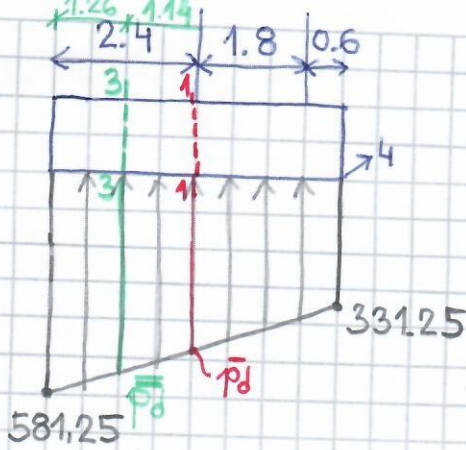
$$\frac{8760}{4,00 \cdot 4,362} = 502,06 \text{ kPa} < 530,125 \text{ kPa} = \frac{562,0}{1,0} - 0,85 \cdot 25 \cdot 1,5$$

↑ претпоставка

Претпостављене димензије заглобавању

$$B = 4,0 \text{ m} \quad L = 4,80 \text{ m} \quad A = 19,2 \text{ m}^2 \quad W = 15,36 \text{ m}^3$$

$$l_{\max} = \frac{4,80}{2} + 0,9 - 0,9 = 2,4 \text{ m} \quad l_{\min} = 0,60 \text{ m}$$



3. Определување висине шемења

$$(581,25 - 331,25) : L = X : (1,8 + 0,6)$$

$$X = 125 \text{ kPa} \rightarrow \bar{p}_d = 456,25 \text{ kPa}$$

$$M_{d,1-1} = 456,25 \cdot 2,4 \cdot 4,0 \cdot \frac{2,4}{2} + \frac{1}{2} (581,25 - 331,25) \cdot 2,4 \cdot 4,0 \cdot \frac{2}{3} \cdot 2,4$$

$$M_{d,1-1} = 7176 \text{ kNm}$$

Условијамо $\epsilon_{c2} / \epsilon_{s1} = -3,0 / 20\% \rightarrow \mu_{sd} = 0,081 \quad f_{cd} = 17 \text{ MPa}$

$$d_M = \sqrt{\frac{7176}{0,081 \cdot 4 \cdot 17 \cdot 10^3}} = 1,14 \text{ m}$$

- Према трансверзалној оси
- Претпоставка $d^* = d_M$

$$X = 184,375 \text{ kPa} \rightarrow \bar{p}_d = 515,625 \text{ kPa}$$

$$T_{d,3-3} = 515,625 \cdot 1,26 \cdot 4,0 + \frac{1}{2} (581,25 - 515,625) \cdot 1,26 \cdot 4,0$$

$$T_{d,3-3} = 2764,12 \text{ kN} = V_{Ed}$$

$$V_{Rd,c} = \left[c_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_t \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} \right] \cdot B \cdot d^*$$

$$c_{Rd,c} = 0,12 \quad k = 1 + \sqrt{\frac{200}{1140}} = 1,419 \quad \rho_t = 0,003 \rightarrow \text{Претпоставка}$$

$$\left[0,12 \cdot 1,419 \cdot (100 \cdot 0,003 \cdot 3,0)^{\frac{1}{3}} \right] \cdot 400 \cdot 114 = 7496,8 \text{ kN} = V_{Rd,c}$$

$$v_{\min} \cdot B \cdot d^* = 0,035 \cdot 1,419^{1,5} \cdot \sqrt{3,0 \cdot 400 \cdot 114} = 4672,7 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} < V_{Rd,c}$$

- Контролна шемења на продој

$$V_{d,g}^{\text{col}} = 1,35 \cdot V_g^{\text{col}} = 1,35 \cdot 5600 = 7560 \text{ kN}$$

$$V_{Ed, \text{чед}} = 7560 \cdot \left(1 - \frac{1,5 \cdot 1,8}{19,2}\right) = 6497 \text{ kN}$$

$$u_0 = 2 \cdot (1,5 + 1,8) = 6,6 \text{ m}$$

$$\sigma_{Ed} = 1,0 \cdot \frac{6497}{660 \cdot 114} = 0,086 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{R,d, \text{max}} = 0,5 \cdot 0,6 \cdot \left(1 - \frac{30}{250}\right) \cdot 1,7 = 0,4488 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{Ed} < \sigma_{R,d, \text{max}}$$

$$h_t = 114 + 6 = 120 \text{ cm}$$

4. Коначна провјера пројектне носивости шма

- Мешина шемења $25 \cdot 4 \cdot 4,8 \cdot 1,20 = 576 \text{ kN}$

- Мешина нагноја $20 \cdot (4 \cdot 4,8 - 1,5 \cdot 1,8) \cdot 0,5 = 165 \text{ kN}$

741 kN

$$\Sigma V_d^T = 8760 + 1,35 \cdot 741 = 9760,35 \text{ kPa}$$

$$\frac{9760,35}{4,0 \cdot 4,362} = 559,4 \text{ kPa} < 562,0 \text{ kPa}$$

Условене димензије задовољавају