

UNIVERZITET CRNE GORE  
GRAĐEVINSKI FAKULTET U PODGORICI

FUNDIRANJE

VJEŽBA BROJ 4

**TEMELJI NA ŠIPOVIMA**

# Proračun nosivosti šipova

$$Q_{\text{dop}} = Q_{\text{v,dop}} + Q_{\text{s,dop}} \quad (\text{kN})$$

$$Q_{\text{v,dop}} \quad - \text{nosivost (dopušteno opterećenje) baze šipa} \quad (\text{kN})$$

$$Q_{\text{s,dop}} \quad - \text{nosivost (dopušteno opterećenje) omotača šipa} \quad (\text{kN})$$

## 1. Proračun nosivosti baze šipa

|                                                                                                                                                                                          |                  |                             |                |                |              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-----------------------------|----------------|----------------|--------------|
| $Q_{\text{v,dop}} = \sigma_{\text{dop}} \cdot A_{\text{v}}$                                                                                                                              | $\phi(^{\circ})$ | $\phi_{\text{m}}(^{\circ})$ | $N_{\text{c}}$ | $N_{\text{q}}$ | $N_{\gamma}$ |
|                                                                                                                                                                                          | 15               | $\approx 10$                | 25             | 2,70           | 0            |
| $\sigma_{\text{dop}} = c_{\text{m}} \cdot N_{\text{c}} + k_0 \cdot \sigma'_{\text{v},0} \cdot N_{\text{q}} + \gamma \cdot r \cdot N_{\gamma}$                                            | 22               | $\approx 15$                | 38             | 5,50           | 0            |
| $\sigma_{\text{dop}} \quad - \text{nosivost tla ispod baze šipa} \left( \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right)$                                                                            | 29               | $\approx 20$                | 75             | 12             | 4,0          |
|                                                                                                                                                                                          | 35               | $\approx 25$                | 150            | 25             | 8,0          |
| $A_{\text{v}} \quad - \text{površina baze šipa} \left( \text{m}^2 \right)$                                                                                                               |                  |                             |                |                |              |
| $c_{\text{m}} = \frac{c}{F_{\text{sc}}} = \frac{c}{2,50} \quad - \text{mobilisana kohezija} \left( \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right)$                                                 |                  |                             |                |                |              |
| $\phi_{\text{m}} = \arctg \left( \frac{\text{tg} \phi}{F_{\text{s}\phi}} \right) = \arctg \left( \frac{\text{tg} \phi}{1,50} \right) \quad - \text{mobilisani ugao unutrašnje g trenja}$ |                  |                             |                |                |              |
| $k_0 = 1 - \sin \phi \quad - \text{koefficien t bočnog pritiska tla u miru}$                                                                                                             |                  |                             |                |                |              |
| $\sigma'_{\text{v},0} \quad - \text{vertikalni i efektivni napon u nivou baze šipa} \left( \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right)$                                                         |                  |                             |                |                |              |
| $r \quad - \text{poluprečni k baze šipa} \left( \text{m} \right)$                                                                                                                        |                  |                             |                |                |              |
| $N_{\text{c}} \quad N_{\text{q}} \quad N_{\gamma} \quad - \text{faktori nosivosti (zavise od } \phi_{\text{m}} \text{)}$                                                                 |                  |                             |                |                |              |

## 2. Proračun nosivosti omotača šipa

$$Q_{s,dop} = \sum Q_{s,i}^{dop}$$

$Q_{s,i}^{dop}$  – nosivost omotača šipa po dubini i - tog sloja tla (kN)

$$Q_{s,i}^{dop} = f_{s,i} \cdot A_{s,i} \quad (\text{kN})$$

$$f_{s,i} = c_{m,i} + \sigma'_{v,i} \cdot k_{s,i} \cdot \text{tg} \phi_{m,i} \quad \left( \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right)$$

$A_{s,i} = A_p \cdot h_i \quad (\text{m}^2)$  – površina omotača šipa po dubini i - tog sloja tla

$f_{s,i}$  – dopušteno trenje po motaču šipa po dubini i - tog sloja tla

$$c_{m,i} = \frac{c_i}{F_{sc}} = \frac{c_i}{2,50} \quad \text{– mobilisana kohezija} \quad \left( \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right)$$

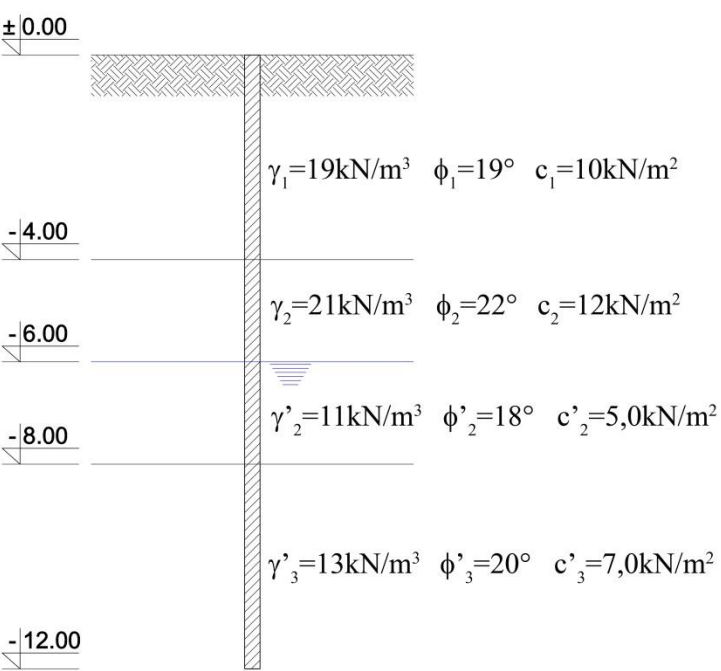
$$\phi_{m,i} = \arctg \left( \frac{\text{tg} \phi_i}{F_{s\phi}} \right) = \arctg \left( \frac{\text{tg} \phi_i}{1,50} \right) \quad \text{– mobilisani ugao unutrašnje g trenja i - tog sloja tla}$$

$k_{s,i} = 1 - \sin \phi_i$  – koeficijen t bočnog pritiska tla u miru i - tog sloja tla

$$\sigma'_{v,i} \quad \text{– vertikalni i efektivni napon u nivou sredine i - tog sloja tla} \quad \left( \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right)$$

# Zadatak

Izračunati nosivost AB šipa dužine 12m kvadratnog poprečnog presjeka dimenzija 0,30m×0,30m koji je pobijen u temeljno tlo karakteristika koje su date na skici.



$$c_{m,1} = \frac{c_1}{2,50} = \frac{10,0}{2,50} = 4,0 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \phi_{m,1} = \arctg\left(\frac{\text{tg}\phi_1}{1,50}\right) = 12,928^\circ \rightarrow \text{tg}\phi_{m,1} = 0,22955$$

$$c_{m,2} = \frac{c_2}{2,50} = \frac{12,0}{2,50} = 4,8 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \phi_{m,2} = \arctg\left(\frac{\text{tg}\phi_2}{1,50}\right) = 15,075^\circ \rightarrow \text{tg}\phi_{m,2} = 0,26935$$

$$c'_{m,2} = \frac{c'_2}{2,50} = \frac{5,0}{2,50} = 2,0 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \phi'_{m,2} = \arctg\left(\frac{\text{tg}\phi'_2}{1,50}\right) = 12,222^\circ \rightarrow \text{tg}\phi'_{m,2} = 0,21661$$

$$c'_{m,3} = \frac{c'_3}{2,50} = \frac{7,0}{2,50} = 2,8 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \phi'_{m,3} = \arctg\left(\frac{\text{tg}\phi'_3}{1,50}\right) = 13,639^\circ \rightarrow \text{tg}\phi'_{m,3} = 0,24264$$

$$k_{s,1} = 1 - \sin\phi_1 = 1 - \sin 19^\circ = 0,6744 \quad A_{s,1} = 4 \cdot 0,30 \cdot 4,0 = 4,80 \text{m}^2$$

$$k_{s,2} = 1 - \sin\phi_2 = 1 - \sin 22^\circ = 0,6254 \quad A_{s,2} = 4 \cdot 0,30 \cdot 2,0 = 2,40 \text{m}^2$$

$$k'_{s,2} = 1 - \sin\phi'_2 = 1 - \sin 18^\circ = 0,6910 \quad A_{s,2'} = 4 \cdot 0,30 \cdot 2,0 = 2,40 \text{m}^2$$

$$k'_{s,3} = 1 - \sin\phi'_3 = 1 - \sin 20^\circ = 0,6580 \quad A_{s,3} = 4 \cdot 0,30 \cdot 4,0 = 4,80 \text{m}^2$$

## Nosivost baze šipa

$$Q_{v,dop} = \sigma_{dop} \cdot A_v$$
$$\sigma_{dop} = c_m \cdot N_c + k_0 \cdot \sigma'_{v,0} \cdot N_q + \gamma \cdot r \cdot N_\gamma$$
$$c_m = c'_{m,3} = 2,80 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \phi_m = \phi'_{m,3} = 13,639^\circ$$
$$k_0 = 1 - \sin\phi'_3 = k'_{s,3} = 0,6580$$
$$\sigma'_{v,0} = 19 \cdot 4,0 + 21 \cdot 2,0 + 11 \cdot 2,0 + 13 \cdot 4,0 = 192 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$
$$\gamma = \gamma'_3 = 13 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \quad r = \frac{0,30}{2} = 0,15 \text{m}$$

$$\phi_m = \phi'_{m,3} = 13,639^\circ \rightarrow \begin{cases} N_c = 34,461 \\ N_q = 4,738 \\ N_\gamma = 0 \end{cases}$$

$$Q_{v,dop} = \sigma_{dop} \cdot A_v$$
$$\sigma_{dop} = 2,80 \cdot 34,461 + 0,6580 \cdot 192 \cdot 4,738 + 13 \cdot 0,15 \cdot 0$$

$$\sigma_{dop} = 695,071 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$
$$A_v = 0,30^2 = 0,09 \text{m}^2$$

$$Q_{v,dop} = 695,071 \cdot 0,09 = 62,56 \text{kN}$$

## Nosivost omotača šipa

$$Q_{s,dop} = Q_{s,1}^{dop} + Q_{s,2}^{dop} + Q_{s,2'}^{dop} + Q_{s,3'}^{dop}$$

$$Q_{s,1}^{dop} = [c_{m,1} + \sigma'_{v,1} \cdot k_{s,1} \cdot \operatorname{tg} \phi_{m,1}] \cdot A_{s,1} = \left[ 4,0 + \underbrace{(19 \cdot 2,0)}_{\sigma'_{v,1}} \cdot 0,6744 \cdot 0,22955 \right] \cdot 4,80 = 47,44 \text{ kN}$$

$$Q_{s,2}^{dop} = [c_{m,2} + \sigma'_{v,2} \cdot k_{s,2} \cdot \operatorname{tg} \phi_{m,2}] \cdot A_{s,2} = \left[ 4,8 + \underbrace{(19 \cdot 4,0 + 21 \cdot 1,0)}_{\sigma'_{v,2}} \cdot 0,6254 \cdot 0,26935 \right] \cdot 2,40 = 50,74 \text{ kN}$$

$$Q_{s,2'}^{dop} = [c'_{m,2} + \sigma'_{v,2'} \cdot k'_{s,2} \cdot \operatorname{tg} \phi'_{m,2}] \cdot A_{s,2'} = \left[ 2,0 + \underbrace{(19 \cdot 4,0 + 21 \cdot 2,0 + 11 \cdot 1,0)}_{\sigma'_{v,2'}} \cdot 0,6910 \cdot 0,21661 \right] \cdot 2,40 = 51,14 \text{ kN}$$

$$Q_{s,3'}^{dop} = [c'_{m,3} + \sigma'_{v,3'} \cdot k'_{s,3} \cdot \operatorname{tg} \phi'_{m,3}] \cdot A_{s,2'} = \left[ 2,8 + \underbrace{(19 \cdot 4,0 + 21 \cdot 2,0 + 11 \cdot 2,0 + 13 \cdot 2,0)}_{\sigma'_{v,3'}} \cdot 0,6580 \cdot 0,24264 \right] \cdot 4,80 = 140,65 \text{ kN}$$

$$Q_{s,dop} = 47,44 + 50,74 + 51,14 + 140,65 = 290,27 \text{ kN}$$

$$Q_{dop} = Q_{v,dop} + Q_{s,dop} = 62,56 + 290,27 = 352,83 \text{ kN}$$

$$S_{\text{rač}} \leq Q_{dop}$$

**S<sub>rač</sub>** - vertikalna (aksijalna) sila pritiska koju šip treba da prenese u temeljno tlo.

# Zadatak

Izračunati nosivost Franki šipa dužine 12m sa prečnikom cijevi Ø602mm koji je izveden u temeljnom tlu karakteristika kao u prethodnom zadatku.

$$\phi_{\text{cijevi}} = 0,602\text{m} \rightarrow \begin{aligned} \phi_s &\approx 1,20 \cdot 0,602 = 0,722\text{m} \\ \phi_v &\approx 1,75 \cdot 0,602 = 1,053\text{m} \end{aligned}$$

$$Q_{v,\text{dop}} = \sigma_{\text{dop}} \cdot A_v$$

$$\sigma_{\text{dop}} = 2,80 \cdot 34,461 + 0,6580 \cdot 192 \cdot 4,738 + 13 \cdot \frac{1,053}{2} \cdot 0$$

$$\sigma_{\text{dop}} = 695,071 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$Q_{v,\text{dop}} = 695,071 \cdot 0,871 = 605,41\text{kN}$$

$$Q_{\text{dop}} = Q_{v,\text{dop}} + Q_{s,\text{dop}} = \mathbf{605,41 + 548,08 = 1153,49\text{kN}}$$

$$Q_{s,\text{dop}} = Q_{s,1}^{\text{dop}} + Q_{s,2}^{\text{dop}} + Q_{s,2'}^{\text{dop}} + Q_{s,3'}^{\text{dop}}$$

$$Q_{s,1}^{\text{dop}} = [c_{m,1} + \sigma'_{v,1} \cdot k_{s,1} \cdot \text{tg} \phi_{m,1}] \cdot A_{s,1} = \left[ 4,0 + \underbrace{(19 \cdot 2,0)}_{\sigma'_{v,1}} \cdot 0,6744 \cdot 0,22955 \right] \cdot 9,073 = 89,67\text{kN}$$

$$Q_{s,2}^{\text{dop}} = [c_{m,2} + \sigma'_{v,2} \cdot k_{s,2} \cdot \text{tg} \phi_{m,2}] \cdot A_{s,2} = \left[ 4,8 + \underbrace{(19 \cdot 4,0 + 21 \cdot 1,0)}_{\sigma'_{v,2}} \cdot 0,6254 \cdot 0,26935 \right] \cdot 4,536 = 95,89\text{kN}$$

$$Q_{s,2'}^{\text{dop}} = [c'_{m,2} + \sigma'_{v,2'} \cdot k'_{s,2} \cdot \text{tg} \phi'_{m,2}] \cdot A_{s,2'} = \left[ 2,0 + \underbrace{(19 \cdot 4,0 + 21 \cdot 2,0 + 11 \cdot 1,0)}_{\sigma'_{v,2'}} \cdot 0,6910 \cdot 0,21661 \right] \cdot 4,536 = 96,65\text{kN}$$

$$Q_{s,3'}^{\text{dop}} = [c'_{m,3} + \sigma'_{v,3'} \cdot k'_{s,3} \cdot \text{tg} \phi'_{m,3}] \cdot A_{s,2'} = \left[ 2,8 + \underbrace{(19 \cdot 4,0 + 21 \cdot 2,0 + 11 \cdot 2,0 + 13 \cdot 2,0)}_{\sigma'_{v,3'}} \cdot 0,6580 \cdot 0,24264 \right] \cdot 9,073 = 265,87\text{kN}$$

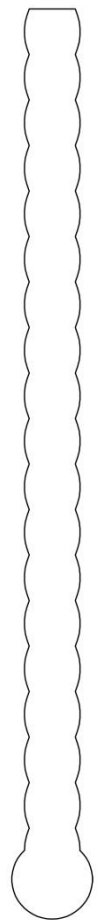
$$Q_{s,\text{dop}} = 89,67 + 95,89 + 96,65 + 265,87 = 548,08\text{kN}$$

$$A_{s,1} = 0,722 \cdot \pi \cdot 4,0 = 9,073\text{m}^2$$

$$A_{s,2} = 0,722 \cdot \pi \cdot 2,0 = 4,536\text{m}^2$$

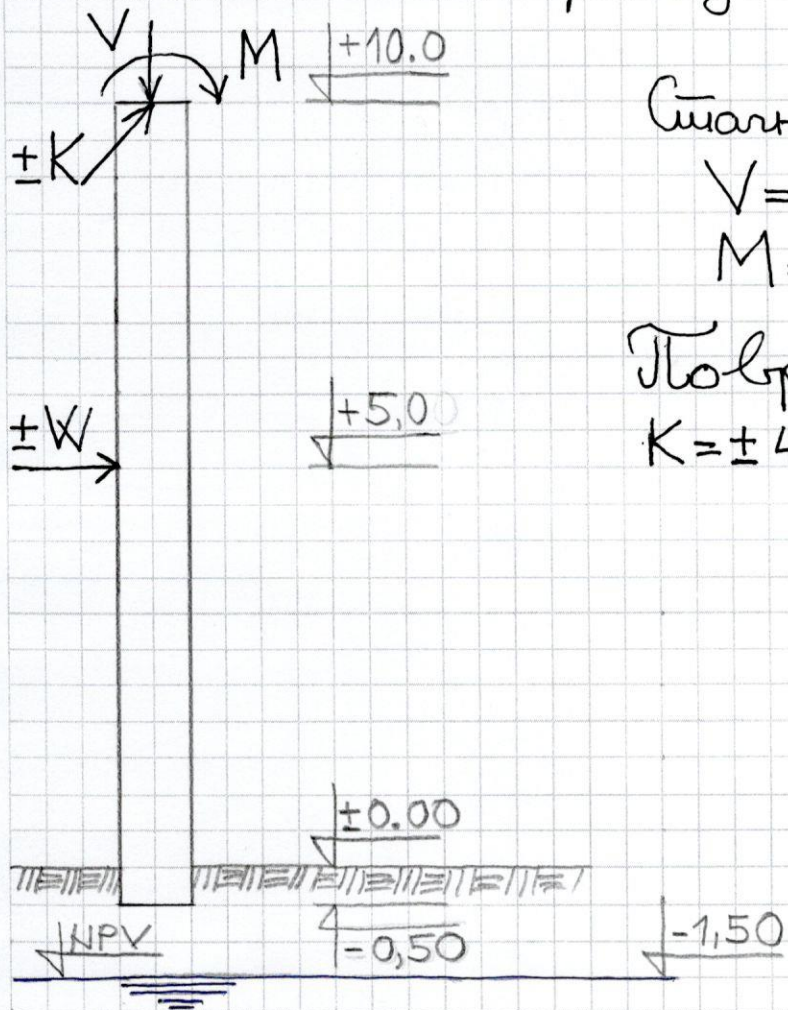
$$A_{s,2'} = 0,722 \cdot \pi \cdot 2,0 = 4,536\text{m}^2$$

$$A_{s,3} = 0,722 \cdot \pi \cdot 4,0 = 9,073\text{m}^2$$



## ЗАДАТАК

За стубове неке хале пројектовати појас на шпловима. Димензије стуба, његова оптерећења и карактеристике појасног тла задате су на слици. Примјенили FRANKI шплове са пречником цијевли  $\phi 500\text{mm}$ . Прорачун илустровати скицама, а план опште приказати у разијери  $R=1:50$ .



Статно оптерећење

$$V = 2550 \text{ kN}$$

$$M = 550 \text{ kNm}$$

Повремено оптерећење

$$K = \pm 40 \text{ kN} \quad W = \pm 20 \text{ kN}$$

Подаци о појасном тлу

Слој ①

$$\gamma = \gamma_z = 19 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$\phi = \phi' = 22^\circ$$

$$c = c' = 7,0 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Слој ②

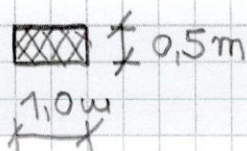
$$\gamma' = 11 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$c' = 3,0 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\phi' = 29^\circ$$

①

②



1. Сврђење утицаја на доњу кошу стуба шј. торњу кошу најлабнице

- За почетак узимамо у обзир само статно оптере.

Вертикална сила у стубу

$$V = 2550 \text{ kN}$$

Тежина стуба

$$G_{\text{ст}} = 0,5 \cdot 1,0 \cdot 10,5 \cdot 25 = 131,25 \text{ kN}$$

$$V_1 = 2681,25 \text{ kN}$$

2. Одредивање броја шипова

$$n = \frac{1,10 \cdot V_1}{S_0} \cdot \eta$$

$$\eta = 1,0$$

$$S_0 = 900 \text{ kN}$$

$n$  — број шипова

$\eta$  — коефицијент којим се узима у обзир површено (додајно) оптерећење

$S_0$  — информативна вриједност носивости шипа

$$n = \frac{1,10 \cdot 2681,25}{900} \cdot 1,0 = 3,28$$

Усваја се  $n = 4$  — први већи цео паран број

3. Одредивање распореда шипова у шемеу и димензионисање најлабнице

$$\phi = 0,50 \text{ m} \rightarrow \phi_s = 1,20 \cdot 0,50 \text{ m} = 0,60 \text{ m}$$

$$e_p = 3 \cdot \phi_s = 1,80 \text{ m}$$

$$e_k = 1 \cdot \phi_s = 0,60 \text{ m}$$

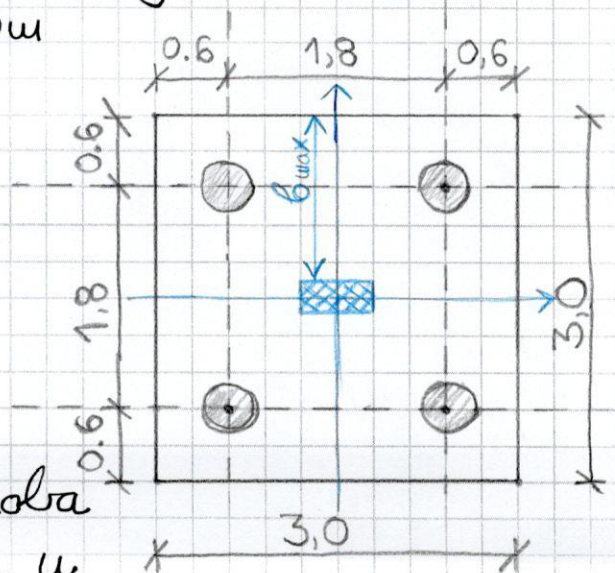
$$h_n = 0,75 \cdot b_{\text{max}} = 0,75 \cdot (1,50 - 0,25)$$

$$h_n = 0,937 \text{ m}$$

Усваја се:  $h_n = 1,0 \text{ m}$

$e_p$  — осовински размак између шипова

$e_k$  — размак између центра шипа и ивице најлабнице



#### 4. Центрисање шемева

У овом случају под центрисањем се подразумева одређивање положаја осовине суда у односу на тежишће трупе шипова  $T_z$ .

Циљ је добити да у тежишту трупе шипова делује само вертикална сила (не рачунајући хоризонталне силе), јер се на тај начин заправо добија да су сви шипови једнако оптерећени.

$$e = \frac{\bar{M}}{V_1} = \frac{550}{2681,25} = 0,205 \text{ m}$$

Усваја се:  $e = 0,20 \text{ m}$

$$l_D = \frac{3,0}{2} + 0,20 - 0,50 = 1,20 \text{ m}$$

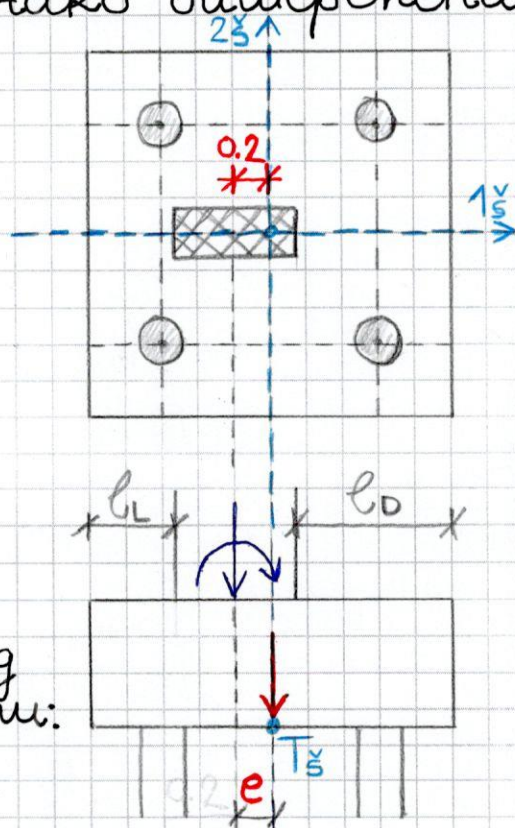
$$l_L = \frac{3,0}{2} - 0,20 - 0,50 = 0,80 \text{ m}$$

Напомена:

Да смо имали хоризонталну силу од сталног оптерећења онда би имали:

$$\bar{M} = M + H \cdot (h_{st}^* + h_n)$$

$h_{st}^*$  — зависи одје по висини суда делује хоризонтална сила (на којој који).



#### 5. Свођење свих утицаја на тежишће трупе шипова

а) Вертикално оптерећење које прихватају шипови

- Оптерећење суда

$$V = 2550 \text{ kN}$$

- Тежина суда

$$G_{st} = 131,25 \text{ kN}$$

- Надавој ила

$$G_t = (3,0 \cdot 3,0 - 1,0 \cdot 0,5) \cdot 0,5 \cdot 19 = 80,75 \text{ kN}$$

- Наглавница

$$G_N = 3,0 \cdot 3,0 \cdot 1,0 \cdot 25 = 225 \text{ kN}$$

$$\Sigma V = 2987 \text{ kN}$$

в) Моменти савијања које прихватају штитови

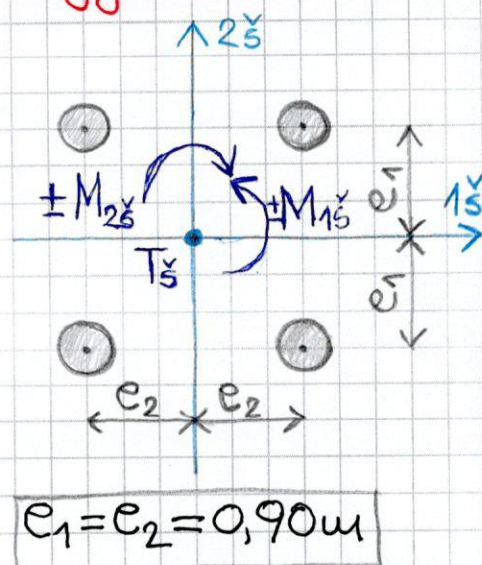
O<sub>CA</sub> 1š

$$M_{1š} = \pm 40 \cdot (10 + 0,5 + 1,0) = \pm 460 \text{ kNm}$$

O<sub>CA</sub> 2š

$$M_{2š} = \underbrace{550 - 2681,25 \cdot 0,20}_{\approx 0} \pm 20 \cdot (5,0 + 0,5 - 1,0)$$

$$M_{2š} = \pm 130 \text{ kNm}$$



$$e_1 = e_2 = 0,90 \text{ m}$$

6. Одређивање рачунских сила у штитовима

$$S_{\text{чак},i} = \frac{\Sigma V}{n} \pm \frac{M_{1š}}{W_{1š,i}} \pm \frac{M_{2š}}{W_{2š,i}}$$

+ → Момент савијања притиска посматрати штит

- → Момент савијања затезке посматрати штит

$W_{1š,i}$  → отпорни момент шита  $i$  за осу 1š

$W_{2š,i}$  → отпорни момент шита  $i$  за осу 2š

$$W_{1š,i} = \frac{I_{1š}}{e_{1š,i}}$$

$$W_{2š,i} = \frac{I_{2š}}{e_{2š,i}}$$

$I_{1š}$  → момент инерције групе шитова око осе 1š

$I_{2š}$  → момент инерције групе шитова око осе 2š

$e_{1š,i}$  → растојање шита  $i$  од осе 1š

$e_{2š,i}$  → растојање шита  $i$  од осе 2š

$$I_{1š} = \sum_{i=1}^n e_{1š,i}^2$$

$$I_{2š} = \sum_{i=1}^n e_{2š,i}^2$$

Замарује се сопствени момент инерције шитова  
Услови се јединична површина попречног пресека  
сваког шита у групи

$$I_{1s} = 4 \cdot 0,90^2 = 3,24 \text{ m}^2$$

$$I_{2s} = 4 \cdot 0,90^2 = 3,24 \text{ m}^2$$

$$S_{\text{max}}^{\text{max}} = \frac{2987}{4} + \frac{460}{3,24/0,90} + \frac{130}{3,24/0,90} = 910,64 \text{ kN}$$

7. Одреджување пошредне дужине шипова

$$Q_{\text{dop}} = Q_{v,\text{dop}} + Q_{s,\text{dop}}$$

- Одреджување носивост на база шипа

$$Q_{v,\text{dop}} = b_{\text{dop}} \cdot A_v$$

$$\phi_v = 0,90 \text{ m}$$

$$b_{\text{dop}} = c_m \cdot N_c + k_o \cdot b'_{v,0} \cdot N_g + \gamma \cdot c \cdot N_\gamma$$

$$A_v = 0,636 \text{ m}^2$$

$$b_{\text{dop}} = \frac{3,0}{2,5} \cdot 75 + (1 - \sin 29^\circ) \cdot (19 \cdot 1,50 + 9,0 \cdot 4,50 + 11 \cdot h) \cdot 12 + 11 \cdot \frac{0,90}{2} \cdot 4 = 536,377 + 68 \cdot h$$

$$Q_{v,\text{dop}} = 341,14 + 43,25 \cdot h$$

- Одреджување носивост на отпор на шипа

$$Q_{s,\text{dop}} = Q_{s,1}^{\text{dop}} + Q_{s,2}^{\text{dop}}$$

$$\phi_s = 0,60 \text{ m}$$

$$Q_{s,1}^{\text{dop}} = f_{s,1} \cdot A_{s,1}$$

$$A_{s,1} = 0,60 \cdot \pi \cdot 4,50 = 8,482 \text{ m}^2$$

$$f_{s,1} = \frac{7,0}{2,5} + (19 \cdot 1,50 + 9 \cdot 2,25) \cdot (1 - \sin 22^\circ) \cdot \frac{\tan 22^\circ}{1,5} = 11,01 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$Q_{s,1}^{\text{dop}} = 11,01 \cdot 8,482 = 93,39 \text{ kN}$$

$$Q_{s,2}^{\text{dop}} = f_{s,2} \cdot A_{s,2}$$

$$A_{s,2} = 0,60 \cdot \pi \cdot h$$

$$f_{s,2} = \frac{3,0}{2,5} + (19 \cdot 1,50 + 9 \cdot 4,50 + 11 \cdot \frac{h}{2}) \cdot (1 - \sin 29^\circ) \cdot \frac{\tan 29^\circ}{1,5}$$

$$f_{s,2} = 14,336 + 1,047 \cdot h$$

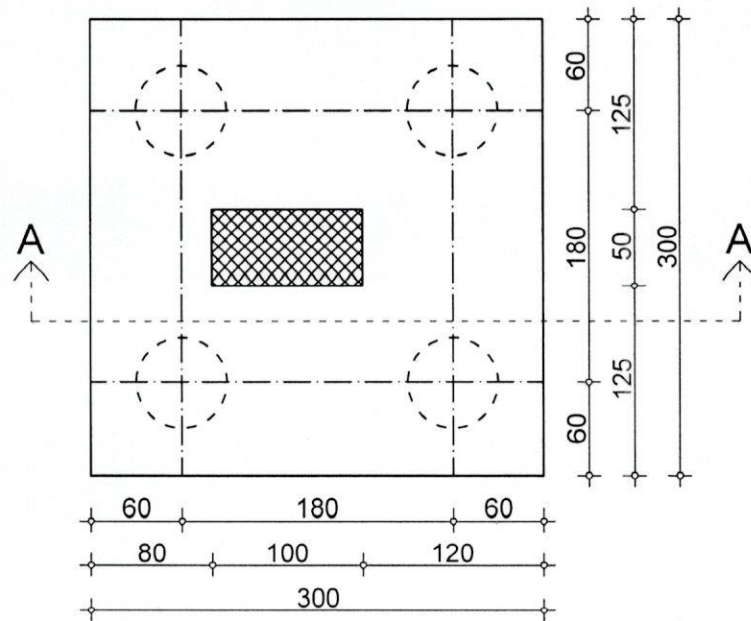
$$Q_{s,2}^{\text{dop}} = 27,023 h + 1,973 \cdot h^2$$

$$Q_{v,\text{dop}} = 1,973 \cdot h^2 + 70,273 \cdot h + 434,53 \geq 910,64 \text{ kN}$$

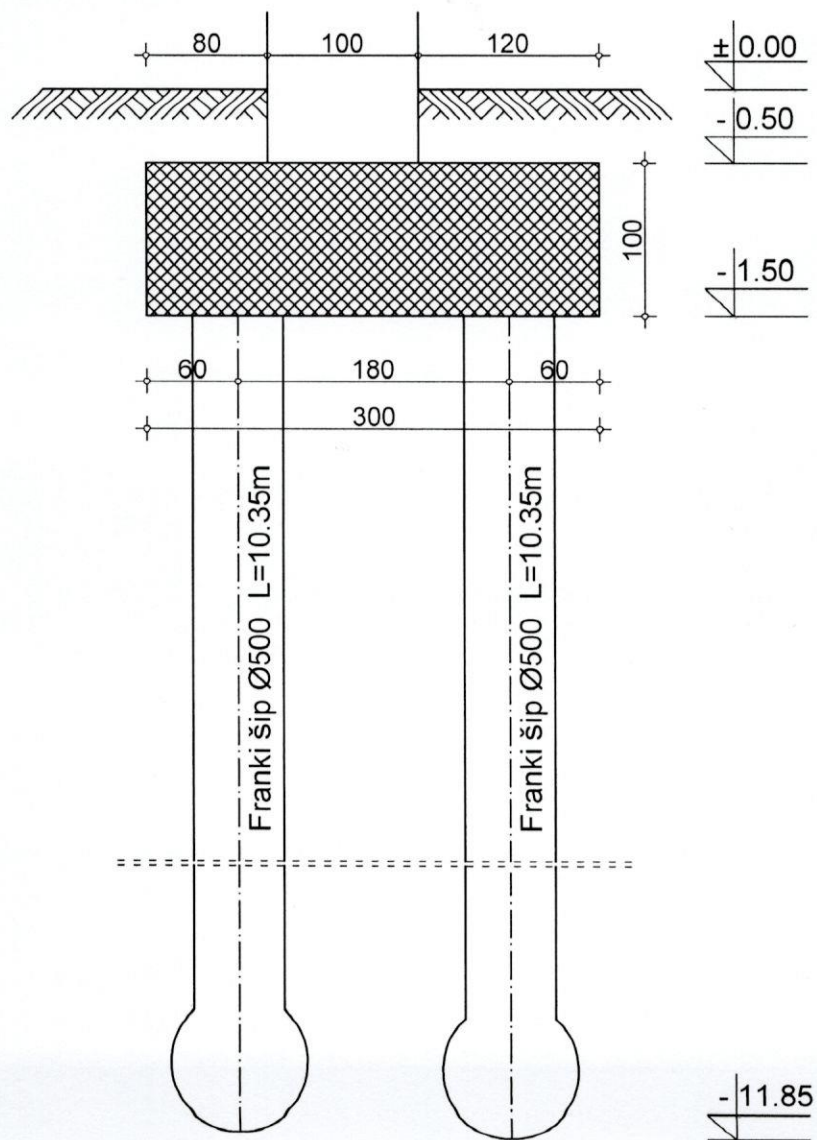
$$h \geq 5,82 \text{ m} \quad \text{Условија се: } h = 5,85 \text{ m} \rightarrow L = 10,35 \text{ m}$$

# Plan oplate, R=1:50

## Osnova



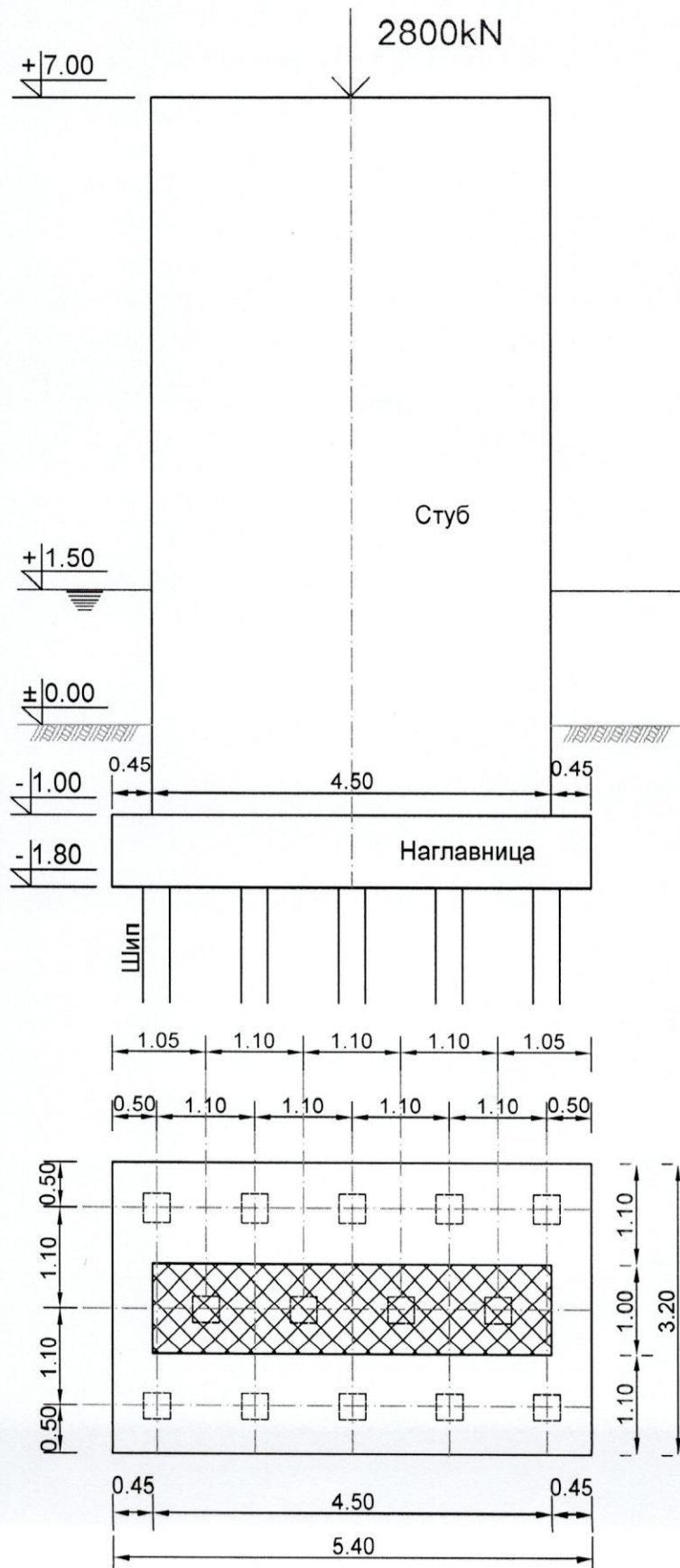
## Presjek A-A



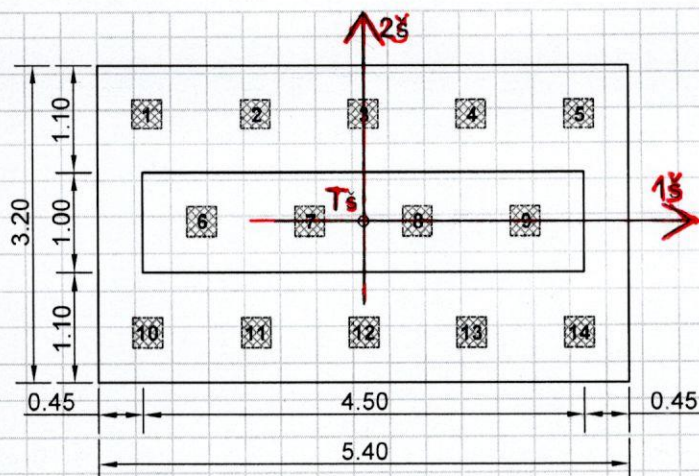
### Задатак

Стуб моста фундиран је на 14 готових шипова димензија попречног пресека  $0,30 \times 0,30\text{m}$ . Стуб и наглавница су од армираног бетона. Димензије попречног пресека стуба су  $1,0 \times 4,5\text{m}$ . Ако је кота речног дна  $\pm 0,00$  тада је кота горње ивице стуба  $+7,00$  а доње ивице стуба  $-1,00\text{m}$ . Висина наглавнице је  $0,80\text{m}$ . Стуб је на коти  $+7,00$  у тежишту попречног пресека оптерећен концентрисаном вертикалном силом од  $2800\text{kN}$ . Кота воде у кориту ријеке је  $+1,50\text{m}$ . Запреминска тежина тла речног корита у потопљеном стању је  $\gamma' = 12\text{kN/m}^3$ ,  $\phi = 22^\circ$ ,  $c = 5\text{kN/m}^2$ . Наглавница везује у цјелину 14 вертикалних шипова како је то приказано на скици. Израчунати

- Рачунску силу у најоптерећенијем шипу.
- Рачунску силу у најоптерећенијем шипу у случају када је један угаони шип поломљен па не може да прихвати оптерећење.
- Потребну дужину шипа који је оптерећен силом срачунатом под b).



a)



## 1. Анализа оптерећења

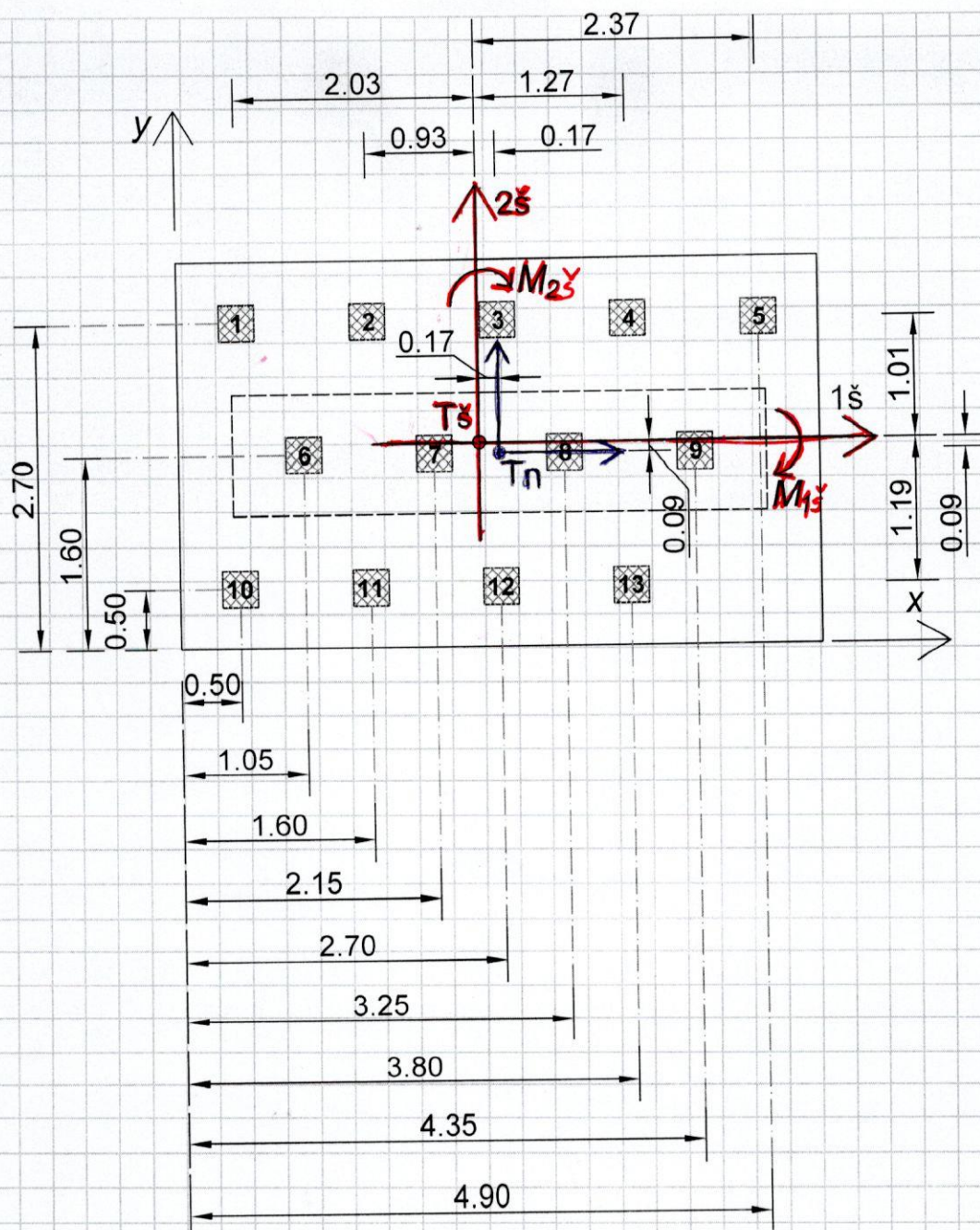
- Сила у стубу  $V = 2800 \text{ kN}$
  - Тежина стуба  $1,0 \cdot 4,5 \cdot 5,5 \cdot 25 + 1,0 \cdot 4,5 \cdot 2,5 \cdot 15 = 787 \text{ kN}$
  - Тежина надскоја тла  $(5,4 \cdot 3,2 - 4,5 \cdot 1,0) \cdot 1,0 \cdot 12 = 153 \text{ kN}$
  - Тежина наплавнице  $5,4 \cdot 3,2 \cdot 0,8 \cdot 15 = 207 \text{ kN}$
- 
- $\sum V = 3947 \text{ kN}$

## 2. Рачунске силе у шптовима

$$S_{\text{час}} = \frac{\sum V}{n} = \frac{3947}{14} = 281,93 \text{ kN}$$

Сви шптови оптерећени истом рачунском силом

8)



1. Одредживање положаја тежишта групе шитова

$$X_t = \frac{0,5 \cdot 2 + 1,05 \cdot 1 + 1,6 \cdot 2 + 2,15 \cdot 1 + 2,7 \cdot 2 + 3,25 \cdot 1 + 3,8 \cdot 2 + 4,35 \cdot 1 + 4,9 \cdot 1}{13}$$

$$X_t = 2,53 \text{ m}$$

$$y_t = \frac{0,5 \cdot 4 + 1,6 \cdot 4 + 2,7 \cdot 5}{13} = 1,69 \text{ m}$$

2. Свођење утицаја у тежиште групе шитова

$$M_{1s} = 3947 \cdot 0,09 = 355 \text{ kNm}$$

$$M_{2s} = 3947 \cdot 0,17 = 671 \text{ kNm}$$

$$\sum V = 3947 \text{ kN}$$

### 3. Рачунске шле у шиповима

$$S_{\text{час},i} = \frac{\sum V}{n} \pm \frac{M_{1\check{s}}}{W_{1\check{s},i}} \pm \frac{M_{2\check{s}}}{W_{2\check{s},i}}$$

$$W_{1\check{s},i} = \frac{I_{1\check{s}}}{e_{1\check{s},i}}$$

$$W_{2\check{s},i} = \frac{I_{2\check{s}}}{e_{2\check{s},i}}$$

$$I_{1\check{s}} = \sum_{i=1}^n e_{1\check{s},i}^2$$

$$I_{2\check{s}} = \sum_{i=1}^n e_{2\check{s},i}^2$$

$$I_{1\check{s}} = 5 \cdot 1,01^2 + 4 \cdot 0,09^2 + 4 \cdot 1,19^2 = 10,8 \text{ m}^2$$

$$I_{2\check{s}} = 2 \cdot 0,93^2 + 2 \cdot 0,17^2 + 2 \cdot 2,03^2 + 2 \cdot 1,27^2 + 1 \cdot 1,48^2 + 1 \cdot 0,38^2 + 1 \cdot 0,72^2 + 1 \cdot 1,82^2 + 1 \cdot 2,37^2 = 25,04 \text{ m}^2$$

Најоптерећенији шип је шип (13)

$$W_{1\check{s},13} = \frac{10,8}{1,19} = 9,0756 \text{ m} \quad W_{2\check{s},13} = \frac{25,04}{1,27} = 19,7165 \text{ m}$$

$$S_{\text{час},13} = \frac{3947}{13} + \frac{355}{9,0756} + \frac{671}{19,7165} = 376,76 \text{ kN}$$

### г) Одредивање појредње дужине шипа

$$Q_{\text{dop}} = Q_{v,\text{dop}} + Q_{s,\text{dop}}$$

$$Q_{v,\text{dop}} = b_{\text{dop}} \cdot A_v = (c_m \cdot N_c + k_o \cdot b'_{v,o} \cdot N_g + \gamma \cdot c \cdot N_\gamma) \cdot A_v$$

$$c_m = \frac{5,0}{2,5} = 2,0 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad k_o = 1 - \sin 22^\circ = 0,62539 \quad b'_{v,o} = 12 \cdot (1,8 + L)$$

$$\tan \phi_m = \frac{\tan 22^\circ}{1,5} = 0,26935 \rightarrow \phi_m = 15^\circ \rightarrow N_c = 38 \quad N_g = 5,50$$

$$Q_{v,\text{dop}} = (2,0 \cdot 38 + 0,62539 \cdot 12 \cdot (1,8 + L) \cdot 5,50 + 0) \cdot 0,30^2$$

$$Q_{v,\text{dop}} = 13,52667 + 3,71482 \cdot L$$

$$A_s = 4 \cdot 0,3 \cdot L$$

$$Q_{s,\text{dop}} = f_s \cdot A_s = (c_m + k_s \cdot b'_{v,s} \cdot \tan \phi_m) \cdot A_s$$

$$f_s = 2,0 + 0,62539 \cdot 12 \cdot (1,8 + 0,5 \cdot L) \cdot 0,26935$$

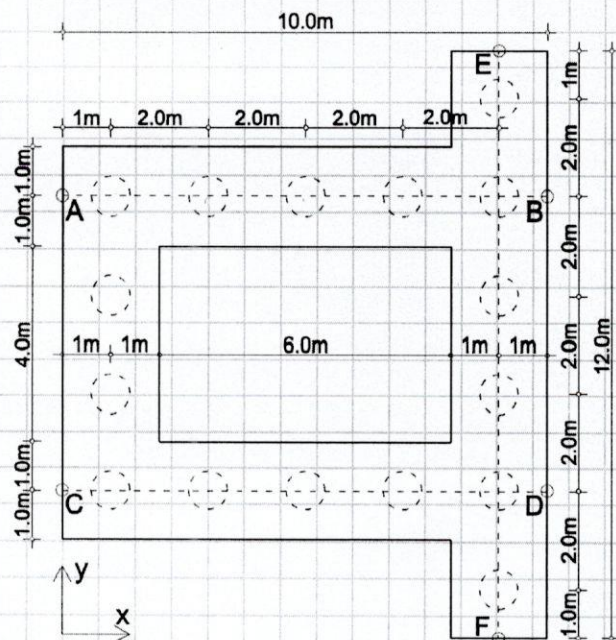
$$f_s = 5,63849 + 1,01069 \cdot L \rightarrow Q_{s,\text{dop}} = 1,21283 L^2 + 6,76619 L$$

$$1,21283 L^2 + 10,48101 \cdot L + 13,52667 \geq 376,76 \rightarrow L \geq 13,52 \text{ m}$$

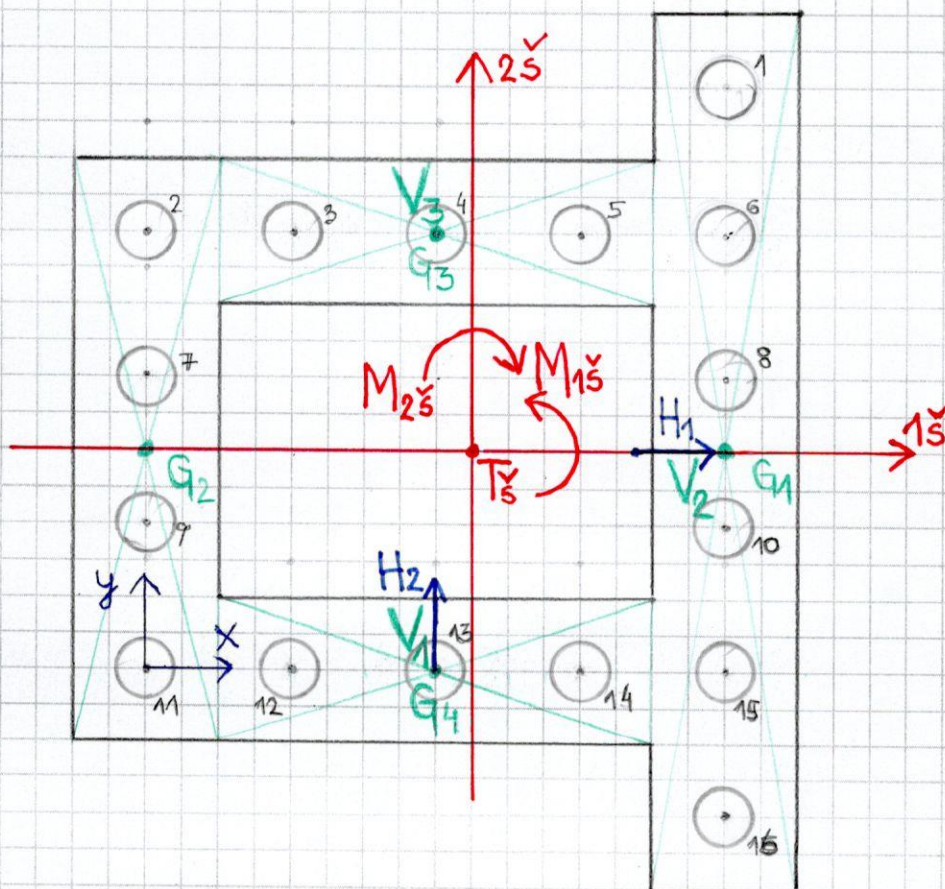
## ЗАДАТАК

Обални опорац моста фундиран је на 16 шиповима пречника 0,80m који се готови побијају у тло. Шипови су дужине 13,5m. Наглавница са шиповима је приказана на скици. Горња ивица наглавнице је на коти ±0,00. Дебљина наглавнице је 1,50m. На коти ±0,00 наглавница је од тачке С до тачке D односно од тачке Е до тачке F оптерећена равномерним вертикалним оптерећењем  $v(\text{kN/m})$  смјера на доље. Такође, на коти ±0,00 наглавница је од тачке А до тачке В оптерећена равномерним вертикалним оптерећењем  $4 \cdot v(\text{kN/m})$  смјера на доље. Истовремено, на коти ±0,00 наглавница је од тачке Е до тачке F оптерећена равномерним хоризонталним оптерећењем од 300kN/m у смјеру осе x и од тачке С до тачке D равномерним хоризонталним оптерећењем од 200kN/m у смјеру осе y. Наглавница је од армираног бетона. Шипови су побијени у тло сљедећих карактеристика:  $\gamma=18\text{kN/m}^3$ ,  $c=10\text{kN/m}^2$  и  $\phi=22^\circ$ . Из услова да носивост најоптерећенијег шипа на притисак није прекорачена, израчунати максималну допуштену вриједност вертикалног оптерећења  $v(\text{kN/m})$ .

## ОСНОВА



1. Одредити положаја тежишта групе шипова



$$x_t = \frac{4 \cdot 0 + 2 \cdot 2 + 2 \cdot 4 + 2 \cdot 6 + 6 \cdot 8}{16} = 4,5\text{m}$$

$$y_t = \frac{1 \cdot (-2) + 5 \cdot 0 + 2 \cdot 2 + 2 \cdot 4 + 5 \cdot 6 + 1 \cdot 8}{16} = 3,0\text{m}$$

## 2. Анализа оптерећења

- Вертикалне силе

$$V_1 = 10 \cdot v$$

$$V_2 = 12 \cdot v$$

$$V_3 = 10 \cdot 4 \cdot v = 40v$$

- Тежина наплавнице

$$G_1 = 12,0 \cdot 2,0 \cdot 1,5 \cdot 25 = 900 \text{ kN}$$

$$G_2 = 8,0 \cdot 2,0 \cdot 1,5 \cdot 25 = 600 \text{ kN}$$

$$G_3 = 6,0 \cdot 2,0 \cdot 1,5 \cdot 25 = 450 \text{ kN}$$

$$G_4 = 450 \text{ kN}$$

$$\sum V = 62 \cdot v + 2400$$

- Хоризонталне силе

$$H_1 = 300 \cdot 12 = 3600 \text{ kN}$$

$$H_2 = 200 \cdot 10 = 2000 \text{ kN}$$

## 3. Свођење утицаја у тежишће групе шипова

$$M_{1\check{s}} = G_3 \cdot 3,0 - G_4 \cdot 3,0 - V_1 \cdot 3,0 + V_3 \cdot 3,0 + H_2 \cdot 1,50$$

$$M_{1\check{s}} = 450 \cdot 3,0 - 450 \cdot 3,0 - 10 \cdot v \cdot 3,0 + 40 \cdot v \cdot 3,0 + 2000 \cdot 1,50$$

$$M_{1\check{s}} = 3000 + 90 \cdot v$$

$$M_{2\check{s}} = G_1 \cdot 3,5 - G_2 \cdot 4,5 - G_3 \cdot 0,5 - G_4 \cdot 0,5 - V_1 \cdot 0,5 + V_2 \cdot 3,5 - V_3 \cdot 0,5 + H_1 \cdot 1,5$$

$$M_{2\check{s}} = 900 \cdot 3,5 - 600 \cdot 4,5 - 450 \cdot 0,5 - 450 \cdot 0,5 - 10 \cdot v \cdot 0,5 + 12 \cdot v \cdot 3,5 - 40 \cdot v \cdot 0,5 + 3600 \cdot 1,5$$

$$M_{2\check{s}} = 5400 + 17 \cdot v$$

## 4. Рачунске силе у шиповима

На притисак најоптерећенији шип је шип ①

$$e_{1\check{s},1} = 5,0 \text{ m}$$

$$e_{2\check{s},1} = 3,5 \text{ m}$$

$$I_{13} = 1 \cdot 5^2 + 5 \cdot 3^2 + 2 \cdot 2^2 + 2 \cdot 2^2 + 5 \cdot 3^2 + 1 \cdot 5^2 = 156 \text{ m}^2$$

$$I_{23} = 6 \cdot 3,5^2 + 2 \cdot 1,5^2 + 2 \cdot 0,5^2 + 2 \cdot 2,5^2 + 4 \cdot 4,5^2 = 172 \text{ m}^2$$

$$W_{13,1} = \frac{156}{5,0} = 31,2 \text{ m}$$

$$W_{23,1} = \frac{172}{3,5} = 49,1429 \text{ m}$$

$$S_{\text{нащ},1} = \frac{62 \cdot v + 2400}{16} + \frac{3000 + 90 \cdot v}{31,2} + \frac{5400 + 17 \cdot v}{49,1429}$$

$$S_{\text{нащ},1} = 356,037 + 7,1055 \cdot v$$

### 5. Опређување носивости шипа

$$Q_{\text{dop}} = Q_{v,\text{dop}} + Q_{s,\text{dop}}$$

$$Q_{v,\text{dop}} = (\sigma_m \cdot N_c + k_o \cdot \sigma'_{v,o} \cdot N_g + \gamma \cdot c \cdot N_x) \cdot A_v$$

$$\sigma_m = \frac{10}{2,5} = 4,0 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad k_o = 1 - \sin 22^\circ = 0,62539 \quad \tan \phi_m = 0,26935$$

$$\phi_m \approx 15^\circ \rightarrow N_c = 38 \quad N_g = 5,50 \quad N_x = 0$$

$$Q_{v,\text{dop}} = (4 \cdot 38 + 0,62539 \cdot (18 \cdot 15) \cdot 5,5 + 0) \cdot 0,4^2 \cdot \pi = 543,22 \text{ kN}$$

$$Q_{s,\text{dop}} = (\sigma_m + k_s \cdot \sigma'_{v,s} \cdot \tan \phi_m) \cdot A_s$$

$$Q_{s,\text{dop}} = (4,0 + 0,62539 \cdot 18 \cdot (1,5 + 6,75) \cdot 0,26935) \cdot 0,8 \cdot \pi \cdot 13,5$$

$$Q_{s,\text{dop}} = 984,44 \text{ kN}$$

Услов задатка

$$356,037 + 7,1055 \cdot v \leq 543,22 + 984,44$$

$$v \leq 165 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$