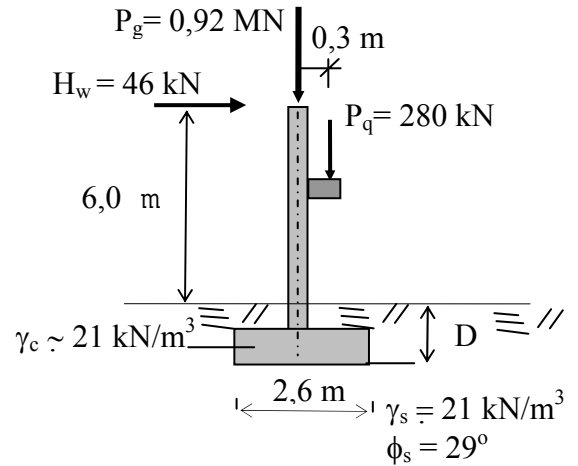


1. Luettele sillan tavanomaiset *varusteet ja laitteet* sekä niiden tehtävät.

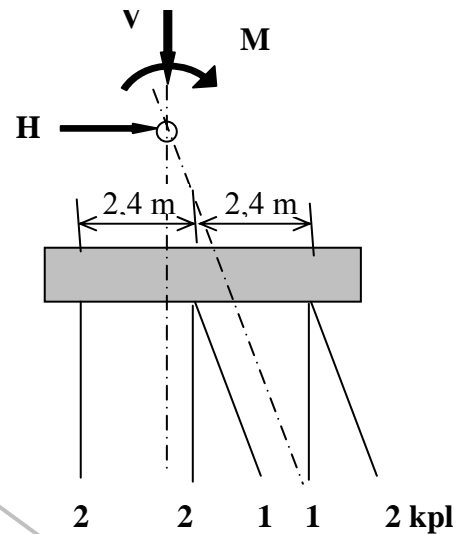
2. Siltojen nimitykset käyttötarkoituksen mukaan: selosta lyhyesti mitä tarkoitetaan nimityksillä

1) silta; 2) kevyen liikenteen silta; 3) ratasilta; 4) risteyssilta; 5) ylikulkusilta; 6) alikulkusilta; 7) ylikäytäväsilta (ylikulkukäytävä); 8) alikäytäväsilta (alikulukäytävä); 9) maasilta (viadukti) ja 10) putkisilta.

3. Mikä on pienin tarvittava perustamissyvyys  $D$  oheiselle neliömäiselle pilariperustukselle, kun kantavuustarkastelu tehdään Eurokoodin (EC 1997-1) mukaan.  $P_g$  on pysyvä kuorma,  $P_q$  hyötykuorma,  $H_w$  tuulikuorma. Käytä kuormille osavarmuuskertoimia  $\gamma_g = 1,15$ ,  $\gamma_q = 1,5$ ,  $\gamma_w = 0,9$  ja maapohjan kantokyvyille osavarmuuskerrointa  $\gamma_r = 1,55$ . (Pilarin omaa painoa ei tarvitse laskelmissa ottaa huomioon).

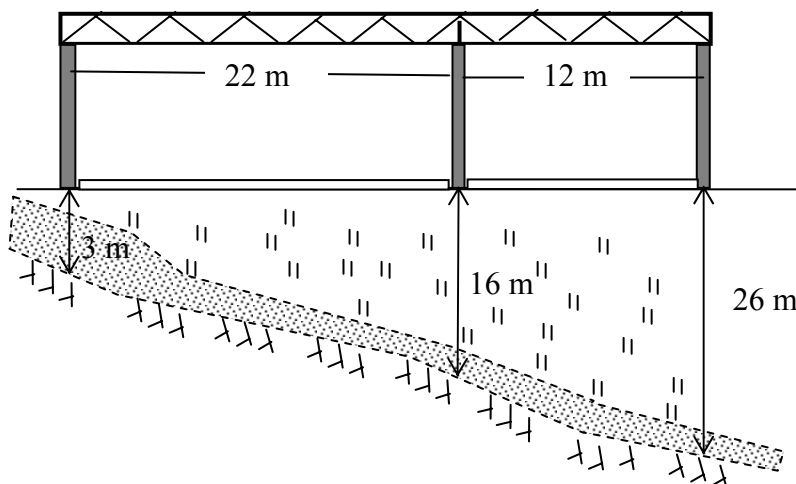


4. Kiertokeskiöön redusoidut voimaresultantit ovat  $V = 6$  MN,  $H = 0,24$  MN ja  $M = 0,36$  MNm. Vinopaalujen kaltevuus on 1:4. Onko paalutus hyväksyttävissä, kun suurin sallittu puristusvoima yhdelle paalulle  $P_{sall} = 0,63$  MN ja millekään paalulle ei sallita vetorasituksia? Paalut voidaan otaksua tasajäykiksi.



5. Esitä sopiva perustamistapa 120 m pitkälle teollisuushallin pilareille. Hallin poikkileikkaus on esitetty alla olevassa kuvassa (pilariväli on n. 10 m).

Hallin molemmissa osissa liikutellaan järeitä koneenosia pilareihin tukeutuvien siltanosturiradan avulla. Rakennuspaikan alla on pohjatutkimusten mukaan löyhä savikerros ja kiinteän kalliopinnan syvyys vaihtelee poikkileikkauksessa jyrkästi. Kalliopinnan päällä on ohut hiekkakerros. Perustele ratkaisusi.



## **TENTTITEHTÄVIEN RATKAISUT**

### **1. ja 2. tehtävä**

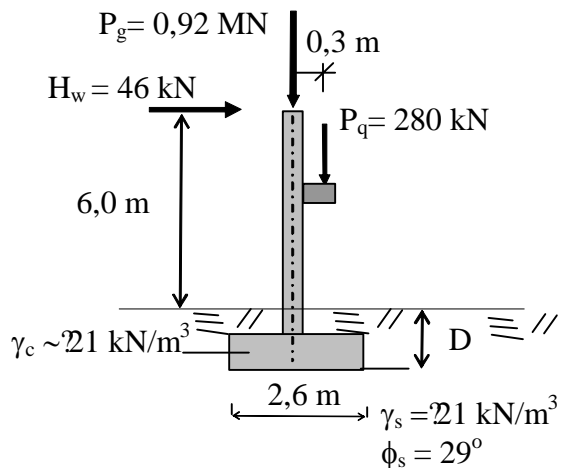
Ks. luennot ja kirjallisuus.

Mallivastaukset nähtävissä assistentin vastaanotolla.

# Rak-11.2107 SILLAT JA PERUSTUKSET (4 op) TENTTI 11.1.2008. RATKAISUT

## 3. Tehtävä

Mikä on pienin tarvittava perustamissyvyys  $D$  oheiselle neliömäiselle pilariperustukselle, kun kantavuustarkastelu tehdään Eurokoodin (EC 1997-1) mukaan.  $P_g$  on pysyvä kuorma,  $P_q$  hyötykuorma,  $H_w$  tuulikuorma. Käytä kuormille osavarmuuskertoimia  $\gamma_g = 1,15$ ,  $\gamma_q = 1,5$ ,  $\gamma_w = 0,9$  ja maapohjan kantokyvyille osavarmuuserrointa  $\gamma_r = 1,55$ . (Pilarin omaa painoa ei tarvitse laskelmissa ottaa huomioon).



**Alkuarvot:** MN := 1000·kN

$$\gamma_s := 21 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \quad \gamma_c := 21 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \quad \varphi := 29 \cdot \text{deg}$$

$$\varphi_s := 29 \cdot \text{deg}$$

$$P_g := 0.92 \cdot \text{MN} \quad H_w := 46 \cdot \text{kN} \quad h_w := 6 \text{ m}$$

$$P_q := 280 \text{ kN} \quad e_q := 0.3 \cdot \text{m} \quad B := 2.6 \text{ m} \quad L := 2.6 \text{ m}$$

$$\gamma_g := 1.15 \quad \gamma_q := 1.5 \quad \gamma_w := 0.9 \quad \gamma_r := 1.55 \quad D := 0.38 \cdot \text{m} \quad (\text{arvataan aluksi!})$$

### Suunnittelukuorman aiheuttama pohjapaine:

Käytetään suunnittelukuormien resultanttien laskemisessa annettuja osavarmuuskertoimia

$$G_y := B^2 \cdot \gamma_s \cdot D \quad \text{Peruslaatan ja maan paino}$$

$$H_d := \gamma_w \cdot H_w \quad H_d = 41.4 \text{ kN}$$

$$V_d := \gamma_g \cdot P_g + 1 \cdot G_y + \gamma_q \cdot P_q \quad \gamma_q \cdot P_q = 420 \text{ kN} \quad V_d = 1531.94 \text{ kN} \quad (\text{Maan oman painon varmuuserroin } \gamma_s = 1)$$

$$M_d := \gamma_q \cdot P_q \cdot e_q + \gamma_w \cdot H_w \cdot (h_w + D) \quad M_d = 390.13 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Epäkeskeisyys ja tehokas pohjapinta-ala:

$$e_N := \frac{M_d}{V_d} \quad e_N = 0.25466 \text{ m} \quad B_1 := 2 \cdot \left( \frac{B}{2} - e_N \right) \quad B_1 = 2.091 \text{ m} \quad \text{Tässä } B_1 = B' \text{ (EC:n tehokas leveys)}$$

Suunnittelukuorman aiheuttama pohjapaine tehokkaalle leveydelle jaettuna:

$$q_d := \frac{V_d}{B_1 \cdot L} \quad q_d = 281.828 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Maapohjan kantavuus Eurokoodi 1997-1 mukaan, ks. kaavakokoelma:

$$\frac{R}{A_1} = q_1 \cdot N_q \cdot b_q \cdot s_q \cdot i_q + \frac{1}{2} \cdot \gamma_2 \cdot B_1 \cdot N_\gamma \cdot b_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma \quad (1)$$

$$q_1 := \gamma_s \cdot D$$

$$N_q := \tan \left( 45 \cdot \text{deg} + \frac{\varphi}{2} \right)^2 \cdot e^{\pi \cdot \tan(\varphi)} \quad N_q = 16.443$$

$$N_\gamma := 2 \cdot (N_q - 1) \cdot \tan(\varphi) \quad N_\gamma = 17.121$$

$$b_q := 1 \quad b_\gamma := 1$$

Koheesio  $c' = 0$

$q_1 = q'$  (EC)  
tehokas pohjapaine

Kantavuuskertoimet

Pohjap.. kaltevuuskulma  $\alpha = 0$

$$s_q := \left( 1 + \sin(\varphi) \cdot \frac{B_1}{L} \right)$$

$$s_q = 1.38984$$

muotokertoimet

$$s_\gamma := 1 - 0.3 \cdot \frac{B_1}{L}$$

$$s_\gamma = 0.75877$$

$$m_B := \frac{2 + \frac{B_1}{L}}{1 + \frac{B_1}{L}}$$

$$m_B = 1.55429$$

$m_B = m'$  (EC) kuorma vaikuttaa B:n suunnassa

$$i_q := \left( 1 - \frac{H_d}{V_d} \right)^{m_B}$$

$$i_\gamma := \left( 1 - \frac{H_d}{V_d} \right)^{m_B+1}$$

$$i_q = 0.958$$

$$i_\gamma = 0.932$$

Kaltevuuskertoimet

$$(1) \implies q_{md} := q_1 \cdot N_q \cdot b_q \cdot s_q \cdot i_q + \frac{1}{2} \cdot \gamma_s \cdot B_1 \cdot N_\gamma \cdot b_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma$$

$$q_{md} = 440.667 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$q_{md} = R'/A'$  (EC), maapohjan kantavuus

### Kantavuuden tarkistus:

$$q_d = 281.8 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

<

$$\frac{q_{md}}{\gamma_r} = 284.3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

OK

Kantavuuden kannalta tälle kuormitustapaukselle riittää perustamissyvyys  $D = 0,38 \text{ m}$

### Kommentteja:

- Olisi tarkistettava muut mahdolliset kuormituskombinaatiot.
- Voisi harkita peruslaatan sivumitan ( $B = 2,6 \text{ m}$ ) pienentämistä.
- maanvaraisen perustuksen perustamissyvyyden tulisi yleensä olla vähintään  $0,5 \text{ m}$ .

### 4. Tehtävä

Kiertokeskiön redusoidut voimaresultantit ovat  $V = 6 \text{ MN}$ ,  $H = 0,24 \text{ MN}$  ja  $M = 0,36 \text{ MNm}$ . Vinopaalujen kaltevuus on 1:4 Onko paalutus hyväksyttävissä, kun suurin sallittu puristusvoima yhdelle paalulle  $P_{sall} = 0,63 \text{ MN}$  ja millekään paalulle ei sallita vetorasituksia? Paalut voidaan otaksua tasajäykiksi.

$$\underline{V} := 6 \text{ MN}$$

$$\underline{H} := 0.24 \text{ MN}$$

$$M := 0.36 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

$$p_x := \frac{4}{\sqrt{17}}$$

$$p_z := \frac{1}{\sqrt{17}}$$

vinopaalujen suuntakosinit

$$\underline{e} := 2.4 \text{ m}$$

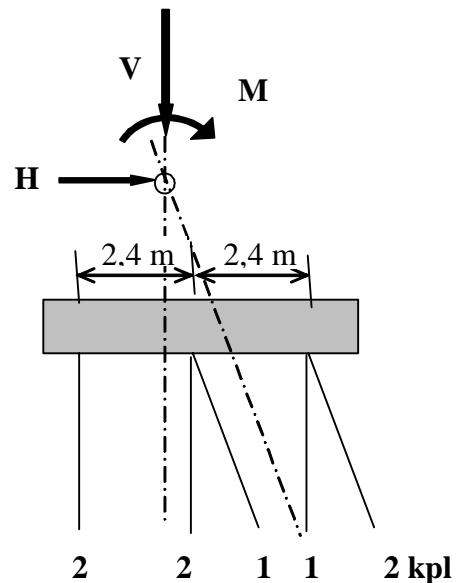
paaluvälii

$$n_I := 5$$

pystypaalujen lkm

$$n_{II} := 3$$

vinopaalujen lkm



### Kiertokeskiö:

$$z_p := \frac{2 \cdot e - 1 \cdot e}{n_I}$$

$$z_p = 0.48 \text{ m}$$

pystypaalujen pp-aks keskilinjalta vasemmalle

$$z_v := \frac{2 \cdot e}{n_{II}}$$

$$z_v = 1.6 \text{ m}$$

vinopaalujen pp-aks keskilinjalta oikealle

$$h_{kk} := 4 \cdot (z_p + z_v)$$

$$h_{kk} = 8.32 \text{ m}$$

kiertokeskiön korkeusasema paaluanturan alapinnasta

### Paalurivien momenttivarret::

$$r_1 := -(e - z_p)$$

$$r_1 = -1.92 \text{ m}$$

$$r_4 := e + z_p$$

$$r_4 = 2.88 \text{ m}$$

$$r_2 := z_p$$

$$r_2 = 0.48 \text{ m}$$

$$r_5 := p_x \cdot (e - z_v)$$

$$r_5 = 0.776 \text{ m}$$

$$r_3 := -p_x \cdot z_v$$

$$r_3 = -1.552 \text{ m}$$

## Paaluvoimat:

$$N_I = V - \cot(\alpha) \cdot H$$

$$N_{II} = \frac{H}{\sin(\alpha)}$$

$$N_I := V - 4 \cdot H$$

$$N_I = 5.04 \text{ MN}$$

$$N_{II} := \frac{H}{p_z}$$

$$N_{II} = 0.99 \text{ MN}$$

$$I_{kk} := 2 \cdot r_1^2 + 2 \cdot r_2^2 + 1 \cdot r_3^2 + 1 \cdot r_4^2 + 2 \cdot r_5^2$$

$$I_{kk} = 19.74 \text{ m}^2$$

$$N_1 := \frac{N_I}{n_I} + \frac{M}{I_{kk}} \cdot r_1$$

$$N_1 = 0.97299 \text{ MN}$$

$$N_4 := \frac{N_I}{n_I} + \frac{M}{I_{kk}} \cdot r_4$$

$$N_4 = 1.06052 \text{ MN}$$

Max. paaluvoima (puristusta) > Psall

$$N_3 := \frac{N_{II}}{n_{II}} + \frac{M}{I_{kk}} \cdot r_3$$

$$N_3 = 0.30154 \text{ MN}$$

Min paaluvoima > 0

$$N_5 := \frac{N_{II}}{n_{II}} + \frac{M}{I_{kk}} \cdot r_5$$

$$N_5 = 0.344 \text{ MN}$$

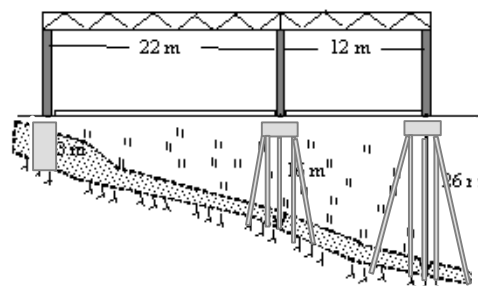
**Paalutus ei täytä vaatimuksia, koska  $P_{sall}$  ylittyy!**

### Kommentit:

- Pystysuoria paalujen lukumäärää olisi lisättävä
- Vinopaalujen lkm riittää, paalujen sijoittelu siten että vetoa ei tule.

## 5. Tehtävä

Esitä sopiva perustamistapa 120 m pitkälle teollisuushallin pilareille. Hallin poikkileikkaus on esitetty alla olevassa kuvassa (pilariväli on n. 10 m). Hallin molemmissa osissa liikuttelaaan järeitä koneenosia pilareihin tukeutuvien siltanosturiradan avulla. Rakennuspaikan alla on pohjatutkimusten mukaan löyhä savikerros ja kiinteän kalliopinnan syvyys vaihtelee poikkileikkauksessa jyrkästi. Kalliopinnan päällä on ohut hiekkakerros. Perustele ratkaisusi.



### Perustamisvaihtoehtoja:

Yleensä pyrkimys samanlaiseen perustamistapaan kaikilla pilarilinjoilla.

Keskimmäinen ja oikeanpuoleinen tukilinja: pilarit erillisille paalutetuille anturalaatoille. Paalut viedään kallioon asti. Vasemmanpuoleinen pilarilinja: Tutkittava vaihtoehtoja: perustaminen kalliolle (esim. pilari-, uppokaivo-...) tai maanvarainen laattaperustus.

1. vaihtoehto (kuva):

- Tukipaalut kalliojärjillä varustettuna, koska liukumisvaara olemassa.
- Vinopaaluja vaakakuormien takia.

2. Vaihtoehto:

- Suurpaalut (kaivinpaalut) oikeanpuoleiselle (ja keskimmäiselle) linjalle. Mahdollisesti vinopaaluja.
- Halli jäykistettävä vaakakuormille

3. Vaihtoehto:

- ...