

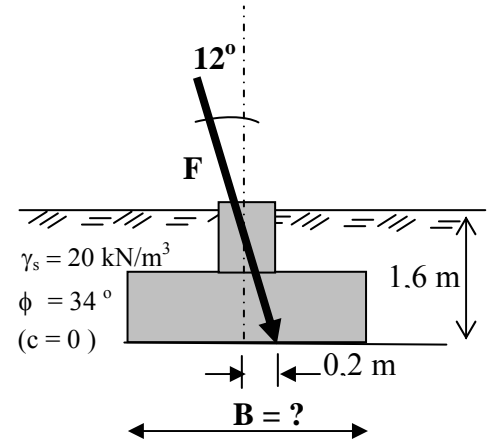
1. Selosta mitä tarkoitetaan seuraavilla siltatermeillä tai nimityksillä:

- a) sillan kokonaispituus, b) jännemitta, c) hyödyllinen leveys, d) hyödyllinen korkeus, e) vapaa aukko, f) vapaa alikulkukorkeus, g) päällysrakenteen rakennekorkeus, h) päällysrakenteen pinta-ala, i) vino silta ja j) kaareva silta.

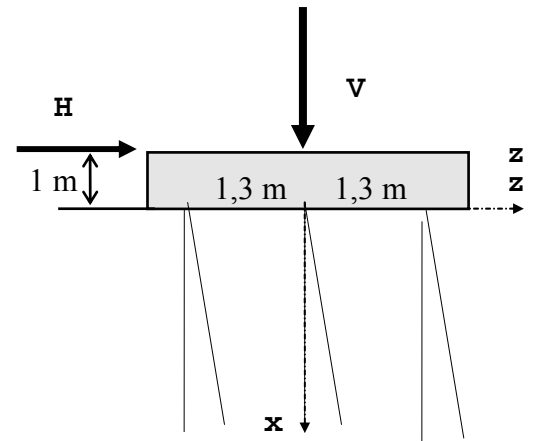
2. Luettele tavanomaisimmat siltatyypit eriteltynä pääkannatintyyppin mukaan.

3. Määritä oheisen kitkamaalle perustetun neliön muotoisen perustuslaatan pienin mahdollinen sivumitta (B), joka täyttää Eurokoodin (EC 1997-1) vaatimukset kantokyvyn suhteen. Kuormituksena on toisen sivun suunnassa vino kuormaresultantti ($F = 6000 \text{ kN}$), jonka vaikutussuora leikkaa pohjapinnan painopisteen $0,2 \text{ m}$ etäisyydeltä kuvan mukaisesti. Pysyvien kuormien osuus (F_g) resultantista on 60% ja loput 40% on (F_q) hyötykuormaa. Käytä kuormille osavarmuuskertoimia $\gamma_g = 1,15$, $\gamma_q = 1,5$ ja maapohjan kantokyvylle osavarmuuskerrointa $\gamma_r = 1,55$.

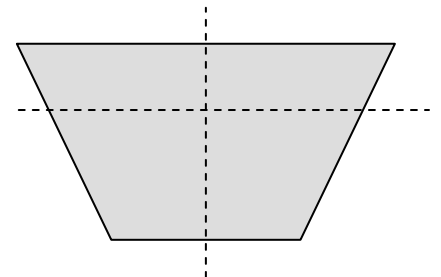
(Perustusrakenteiden omaa painoa ei tarvitse ottaa huomioon).



4. Montako vino- ja pystypaaluja tarvitaan vähintään oheisessa tasopaalutuksessa, kun kuormavektorit ovat: $V = 9,0 \text{ MN}$ ja $H = 0,55 \text{ MN}$. Vinopaalujen pystykaltevuus on $1:4,2$. Paalut ovat teräsbetonisia tukipaaluja 300×300 , $\sigma_{sall} = 7,0 \text{ MN/m}^2$. Paalujen jäykkyys (k) voidaan otaksua vakioksi. (Peruslaatan omaa painoa ei tarvitse ottaa huomioon).



5. a) Selosta lyhyesti mikä on sydänkuvio ja mitä hyötyä on sen tuntemisesta kalliolle perustettavan rakenteen suunnittelussa? b) hahmottele oheisen kuvan muotoisen poikkileikkauksen sydänkuvion koko ja muoto.



TENTTITEHTÄVIEN RATKAISUT

1. ja 2. tehtävä

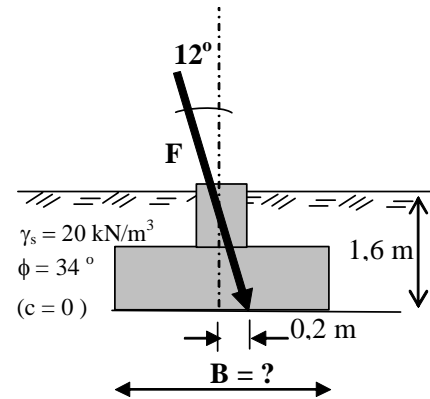
Ks. luennot ja kirjallisuus.

Mallivastaukset nähtävissä assistentin vastaanotolla.

Rak-11.2107 SILLAT JA PERUSTUKSET (4 op) TENTTI 9.5.2008. RATKAISUT

3. Tehtävä

Määritä oheisen kitkamaalle perustetun neliön muotoisen perustuslaatan pienin mahdollinen sivumitta (B), joka täyttää Eurokoodin (EC 1997-1) vaatimukset kantokyvyn suhteen. Kuormituksen suunta on toisen sivun suunnassa vino kuormaresultantti ($F = 6000 \text{ kN}$), jonka vaikutussuora leikkaa pohjapinnan painopisteen $0,2 \text{ m}$ etäisyydeltä kuvan mukaisesti. Pysyvien kuormien osuus (F_g) resultantista on 60% ja loput 40% on (F_q) hyötykuormaa. Käytä kuormille osavarmuuskertoimia $\gamma_g = 1,15$, $\gamma_q = 1,5$ ja maapohjan kantokyvylle osavarmuuskertointa $\gamma_r = 1,55$. (Perustusrakenteiden omaa painoa ei tarvitse ottaa huomioon).



Alkuarvot:

$$MN := 1000 \text{ kN}$$

$$\gamma_s := 20 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \quad \varphi := 34 \cdot \text{deg}$$

$$F := 6 \text{ MN} \quad F_g := 0.6 \cdot F \quad F_q := 0.4 \cdot F \quad \alpha := 12 \text{ deg} \quad e_N := 0.2 \text{ m}$$

$$D := 1.6 \cdot \text{m} \quad \gamma_g := 1.15 \quad \gamma_q := 1.5 \quad \gamma_r := 1.55$$

Suunnittelukuorman aiheuttama pohjapaine:

Käytetään suunnittelukuormien resultanttien laskemisessa annettuja osavarmuuskertoimia

$$V_d := (\gamma_g \cdot F_g + \gamma_q \cdot F_q) \cdot \cos(\alpha) \quad V_d = 7570.86 \text{ kN}$$

$$H_d := (\gamma_g \cdot F_g + \gamma_q \cdot F_q) \cdot \sin(\alpha) \quad H_d = 1609.236 \text{ kN}$$

Suunnittelukuorman pysty- ja vaakakomponentit.

Epäkeskeisyys ja tehokas pohjapinta-ala:

$$B := 3.12 \text{ m} \quad L := B$$

$$B_1 := 2 \cdot \left(\frac{B}{2} - e_N \right) \quad B_1 = 2.72 \text{ m}$$

Huom! B:n mitta arvataan aluksi ja tarkistetaan toteutuuko EC:n kantavuusvaatimus. tällä arvolla. Tässä B:n arvo 3.12 m on saatu iteraatiokierrosten jälkeen.

Tehokas leveys

Suunnittelukuorman aiheuttama pohjapaine tehokkaalle pohjapinta-alalle jaettuna:

$$q_d := \frac{V_d}{B_1 \cdot L} \quad q_d = 0.892 \frac{\text{MN}}{\text{m}^2}$$

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

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

$$q_1 := \gamma_s \cdot D \quad q_1 = 32 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$N_q := \tan\left(45 \cdot \text{deg} + \frac{\varphi}{2}\right)^2 \cdot e^{\pi \cdot \tan(\varphi)} \quad N_q = 29.44$$

$$N_\gamma := 2 \cdot (N_q - 1) \cdot \tan(\varphi) \quad N_\gamma = 38.366$$

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

$$s_q := \left(1 + \sin(\varphi) \cdot \frac{B_1}{L}\right) \quad s_q = 1.4875$$

Koheesio $c' = 0$

$q_1 = q'$ (EC)
tehokas pohjapaine

Kantavuuskertoimet

Pohjap. kaltevuuskulma $\alpha = 0$

muotokertoimet

$$s_\gamma := 1 - 0.3 \cdot \frac{B_1}{L} \quad s_\gamma = 0.73846$$

$$m_B := \frac{2 + \frac{B_1}{L}}{1 + \frac{B_1}{L}} \quad m_B = 1.53425$$

$m_B = m'$ (EC) kuorma vaikuttaa B_1 :n suunnassa

$$i_q := \left(1 - \frac{H_d}{V_d}\right)^{m_B} \quad i_\gamma := \left(1 - \frac{H_d}{V_d}\right)^{m_B+1} \quad i_q = 0.693 \quad i_\gamma = 0.546$$

Kaltevuuskertoimet

$$(1) \implies q_{md} := q_1 \cdot N_q \cdot b_q \cdot s_q \cdot i_q + \frac{1}{2} \cdot \gamma_s \cdot B_1 \cdot N_\gamma \cdot b_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma \quad q_{md} = 1.392 \frac{\text{MN}}{\text{m}^2}$$

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

Kantavuuden tarkistus:

$$q_d = 892.1 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

<

$$\frac{q_{md}}{\gamma_r} = 897.9 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Pienin EC:n vaatimukset toteuttava leveys $B = 3,12 \text{ m}$.

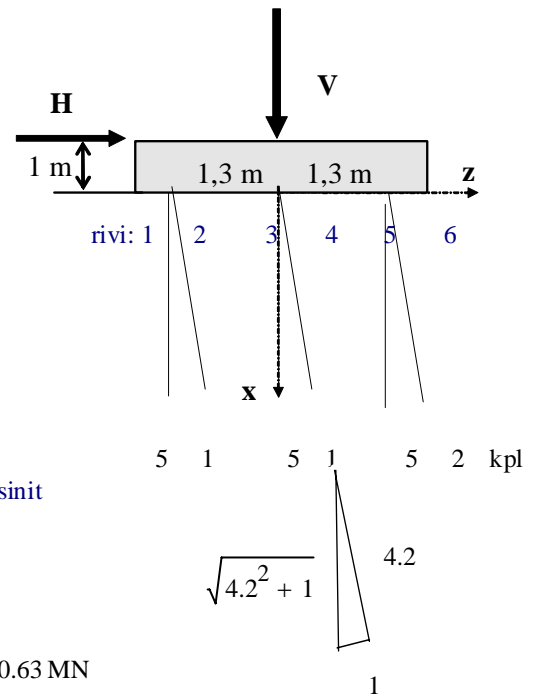
OK

4. Tehtävä

Montako vino- ja pystypaaluja tarvitaan vähintään oheisessa tasopaalutuksessa, kun kuormavektorit ovat: $V = 9,0 \text{ MN}$ ja $H = 0,55 \text{ MN}$. Vinopaalujen pystykaltevuus on 1:4,2.

Paalut ovat teräsbetonisia tukipaaluja 300×300 , $\sigma_{sall} = 7,0$

MN/m^2 . Paalujen jäykkyys (k) voidaan otaksua vakioksi. (Peruslaatan omaa painoa ei tarvitse ottaa huomioon).



Alkuarvot:

$$\underline{V} := 9 \text{ MN} \quad \underline{H} := 0.55 \text{ MN}$$

$$p_x := \frac{4.2}{\sqrt{4.2^2 + 1}} \quad p_z := \frac{1}{\sqrt{4.2^2 + 1}}$$

Vinopaalujen suuntakosinit

$$\underline{e} := 1.3 \text{ m}$$

Paaluväli

$$\sigma_{sall} := 7 \frac{\text{MN}}{\text{m}^2} \quad \underline{A} := 0.3^2 \cdot \text{m}^2 \quad N_{sall} := \sigma_{sall} \cdot A \quad N_{sall} = 0.63 \text{ MN}$$

Alustava mitoitus:

$$n_p := \frac{V}{N_{sall}} \quad n_p = 14.29 \quad \text{Pystysuorien paalujen lkm alustavasti}$$

$$n_v := \frac{H}{p_z \cdot N_{sall}} \quad n_v = 3.769 \quad \text{Vinojen paalujen vähimmäis lkm}$$

Kokeillaan $\underline{n} := 15$ $\underline{n} := 4$ sijoitettuuna kuvan mukaisesti

Kiertokeskiö:

$$z_p := 0 \quad z_p = 0 \quad \text{Pystypaalujen pp-aks}$$

$$z_v := \frac{1}{4} \cdot 1.3 \cdot \text{m} \quad z_v = 0.325 \text{ m} \quad \text{Vinopaalujen pp-aks etäisyys keskilinjalta oikealle}$$

$$h_{kk} := 4.2 \cdot (z_v) \quad h_{kk} = 1.365 \text{ m} \quad \text{Kiertokeskiön korkeusasema paalujen katkaisutasosta}$$

Paalurivien momenttivarret: $r_i = (z_{p_x} - x_{p_z})$

$$r_1 := -e$$

$$r_1 = -1.3 \text{ m}$$

$$r_2 := -e \cdot p_x - h_{kk} \cdot p_z$$

$$r_2 = -1.58081 \text{ m}$$

$$r_3 := 0 \cdot m$$

$$r_3 = 0$$

$$r_4 := 0 \cdot p_x - h_{kk} \cdot p_z$$

$$r_4 = -0.31616 \text{ m}$$

$$r_5 := e$$

$$r_5 = 1.3 \text{ m}$$

$$r_6 := e \cdot p_x - h_{kk} \cdot p_z$$

$$r_6 = 0.948 \text{ m}$$

$$I_{kk} := 5 \cdot r_1^2 + r_2^2 + r_4^2 + 5 \cdot r_5^2 + 2 \cdot r_6^2$$

$$I_{kk} = 21.29817 \text{ m}^2$$

Momentti kiertoakselin suhteen

$$M := H \cdot (1 \cdot m - h_{kk}) \quad M = -0.20075 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

Paaluvoimien tarkistus:

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

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

Paaluvoimien resultantit ilman M:n vaikutusta

$$N_I := V - 4.2 \cdot H$$

$$N_I = 6.69 \text{ MN}$$

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

$$N_{II} = 2.37 \text{ MN}$$

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

$$N_1 = 0.458 \text{ MN}$$

Tarkistetaan ka rivien paaluvoimat

$$N_5 := \frac{N_I}{n_p} + \frac{M}{I_{kk}} \cdot r_5$$

$$N_5 = 0.434 \text{ MN}$$

$$N_2 := \frac{N_{II}}{n_v} + \frac{M}{I_{kk}} \cdot r_2$$

$$N_2 = 0.609 \text{ MN}$$

Max paaluvoima < N_{sall} = 0,63 MN **OK!**

$$N_6 := \frac{N_{II}}{n_v} + \frac{M}{I_{kk}} \cdot r_6$$

$$N_6 = 0.585 \text{ MN}$$

Pystysuorien paalujen vähimmäismäärä 15 kpl
Vinopaalujen vähimmäismäärä 4 kpl

5. Tehtävä

a) Selosta lyhyesti mikä on sydänkuvio ja mitä hyötyä on sen tuntemisesta kalliolle perustettavan rakenteen suunnittelussa? b) hahmottele oheisen kuvan muotoisen poikkileikkauksen sydänkuvion koko ja muoto.

a) Perustukset ovat vetoakestämiä rakenteita. Sydänkuvio kuvaa aluetta, jossa vaikuttava puristusvoima aiheuttaa poikkileikkaukseen vain puristusjännityksiä.

b) Sydänkuviossa on yhtä monta nurkkaa kuin poikkileikkauksessa kuperia nurkkia. Sydänkuvio on aina symmetrinen, jos poikkileikkauksella on symm. akseli.

Ks. Luennot Luku 3

b)

