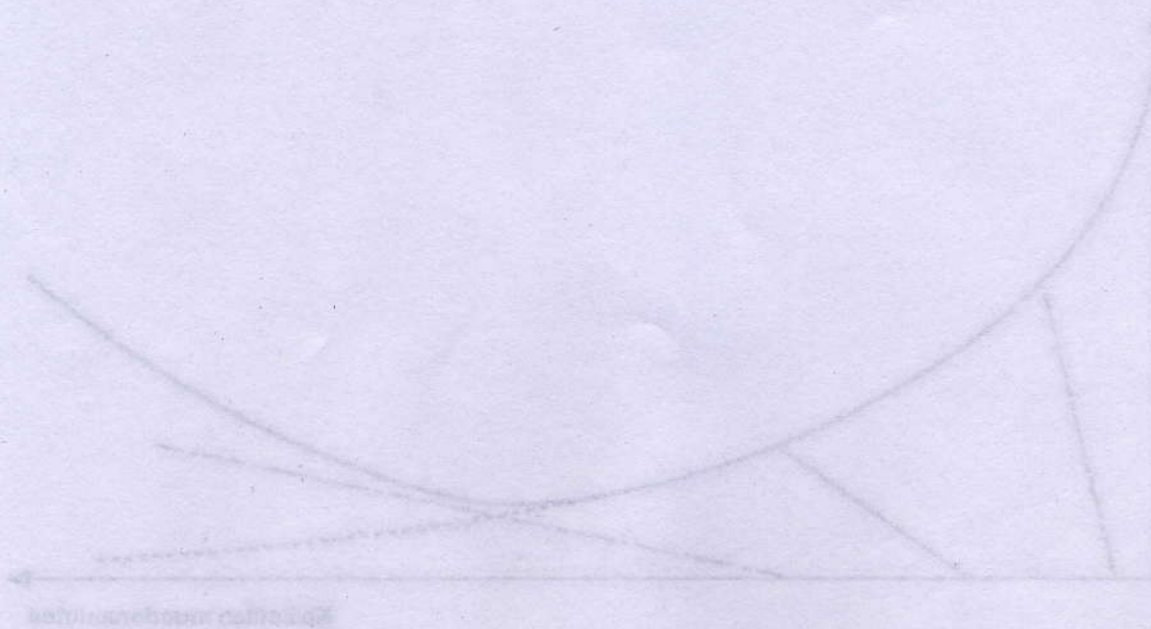


# Rak-32.2010 Kalliomekaniikka

Tentti 9.1.2013

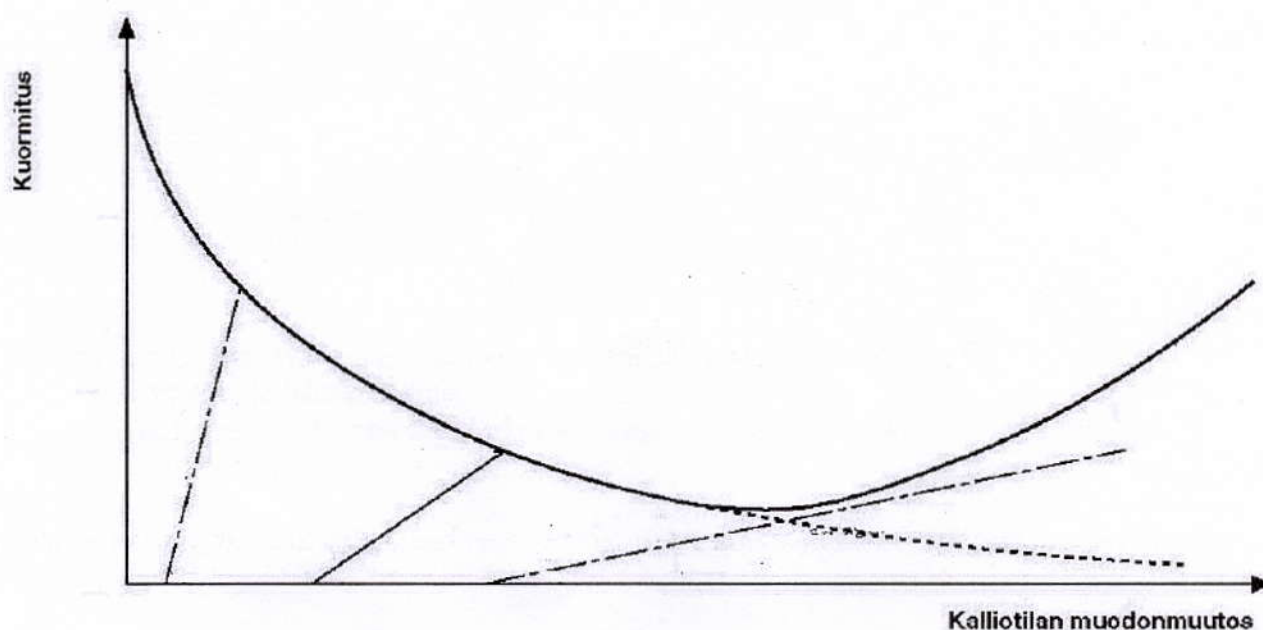


1. Kallion in-situ -jännitystilän mittaaminen hydraulisella murtamisella
- edellytykset ja lähtöoletukset
  - mittausmenetelmän periaate (laskentakaavoja ei tarvitse esittää)
  - mittauksen suoritusvaiheet

9 p

2. Alla on esitetty tunnelin ns. ground reaction curve ja kolme lujituksen tukireaktiota. Selitä mitä kuvasta voidaan päätellä tunnelin ja lujituksen käyttäytymisestä.

9 p



3. Raonräjäytys (pre-split blasting) on räjäytystapa, jossa tiheästi lopullisen louhintapinnan mukaisesti poratut reiät panostetaan kevyesti ja räjäytetään yhtäaikaaisesti, useimmiten ensimmäisellä nallinumerolla louhintaräjäytyksen yhteydessä ennen räjäytyskentän muita reikiä. Raonräjäytystä käytetään menestyksellisesti avolouhintakohteissa lopullisen louhintapinnan laadun parantamiseksi. Miksi raonräjäytystä ei yleensä kannata käyttää syvällä kalliossa sijaitsevien tunnelien louhinnassa? 6 p

4. Ehjään kallioon on suunniteltu louhittavaksi pystysuora, poikkileikkaukseltaan ympyränmuotoinen, 6 m läpimittainen kuilu 900 m syvyyteen. Lähistöllä tehtyjen jännitystilamittausten perusteella voidaan arvioida, että pienin vaakajännitys on suuruudeltaan 0,9 kertaa kallion painosta johtuva pystyjännitys ja suurin vaakajännitys on suuruudeltaan kaksi kertaa pystyjännitys. Kiven tiheys on  $2750 \text{ kg/m}^3$ , kimmomoduuli 40 GPa, Poisson'in luku 0,26 ja yksiakselinen puristuslujuus 220 MPa. Laske kuilun pinnalla vaikuttavien tangentiaali-jännitysten minimi- ja maksimiarvot 850 m syvyydellä. 6 p

5. Kuutionmuotoinen lohkarie lepää rakopinnalla, jonka kaltevuus on 40 astetta. Rakopinnan koheesio on 50 kPa ja kitkakulma 28 astetta. Lohkareen tiheys on  $2700 \text{ kg/m}^3$  ja sen särmän pituus on 4 m. Laske varmuuskerroin lohkarieen liukumista vastaan. 6 p



# Rak-32.2010 Kalliomekaniikka

## Kalliomekaniikan kaavoja

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$\varepsilon_a = \frac{\Delta l}{l}$$

$$\sigma = E\varepsilon$$

$$\nu = -\frac{\varepsilon_r}{\varepsilon_a}$$

$$\varepsilon_v = \varepsilon_a + 2\varepsilon_r$$

$$K = \frac{E}{3(1-2\nu)}$$

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)}$$

$$\lambda = \frac{\nu E}{(1+\nu)(1-2\nu)}$$

$$\tau = c + \sigma_n \tan \phi$$

$$\sigma_1 = \frac{2c \cos \phi + \sigma_3(1 + \sin \phi)}{1 - \sin \phi}$$

$$\beta = 45^\circ + \frac{\phi}{2}$$

$$K_n = \frac{\partial \sigma_n}{\partial \nu}$$

$$K_s = \frac{\partial \tau}{\partial u}$$

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 + \sigma_{ci} \left( m_b \frac{\sigma'_3}{\sigma_{ci}} + s \right)^a$$

$$(\sigma_1 - \sigma_2)^2 - 8T_o(\sigma_1 + \sigma_2) = 0 \quad \text{kun} \quad \sigma_1 + 3\sigma_2 \geq 0$$

$$\sigma_2 - T_o = 0 \quad \text{kun} \quad \sigma_1 + 3\sigma_2 < 0$$

$$k = \frac{g e^3}{12 \nu b}$$

$$\sigma_t = \frac{2F_{\max}}{\pi d l}$$

$$I_s = \frac{F_{\max}}{D^2}$$

$$I_{s50} = I_s \left( \frac{d}{50} \right)^{0.45}, \text{ jossa } [d] = \text{mm}$$

$$\sigma_{\text{latv}} = \frac{3 F L}{2 b t^2}$$

$$\sigma_{\text{latv}} = \frac{2 F L}{b t^2}$$

$$Q = \frac{RQD}{J_n} * \frac{J_r}{J_a} * \frac{J_w}{SRF}$$

$$Q = \frac{RQD}{J_n} * \frac{J_r}{J_a}$$

$$E_D = \rho V_s^2 \frac{3 \left( \frac{V_p}{V_s} \right)^2 - 4}{\left( \frac{V_p}{V_s} \right)^2 - 1}$$

$$\nu_D = \frac{1}{2} \frac{\left( \frac{V_p}{V_s} \right)^2 - 2}{\left( \frac{V_p}{V_s} \right)^2 - 1}$$

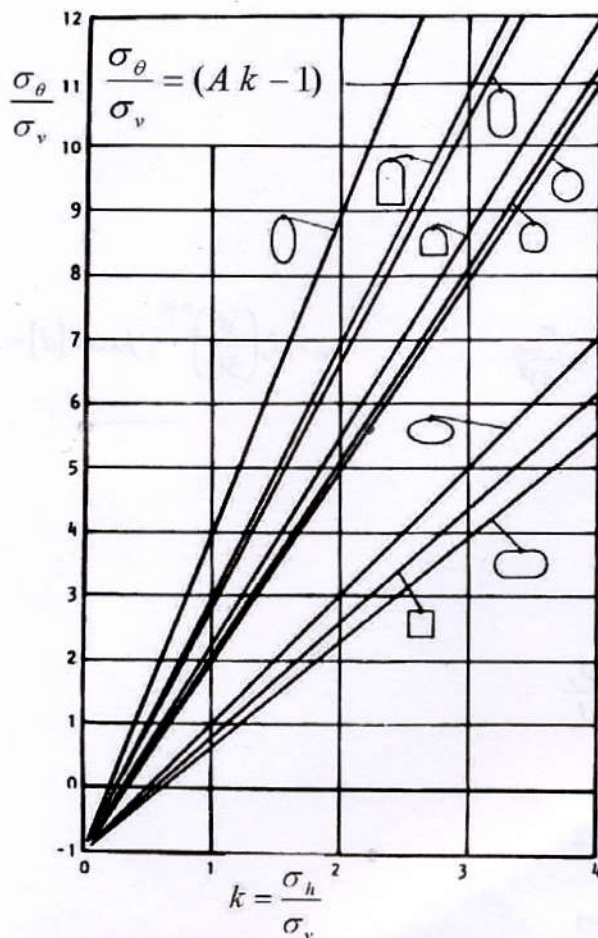
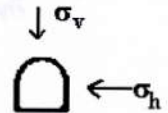
$$\sigma_r = \frac{1}{2} p_z ((1+k)(1-a^2/r^2) + (1-k)(1-4a^2/r^2 + 3a^4/r^4) \cos 2\theta)$$

$$\sigma_\theta = \frac{1}{2} p_z ((1+k)(1+a^2/r^2) - (1-k)(1+3a^4/r^4) \cos 2\theta)$$

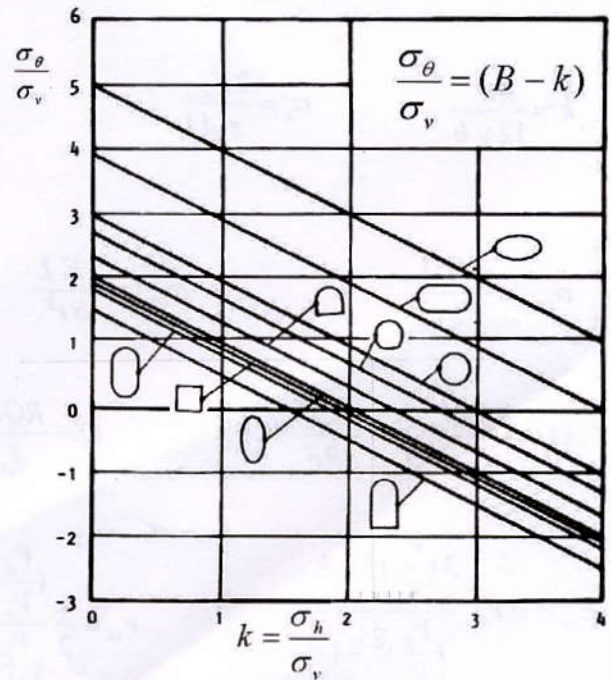
$$\tau_{r\theta} = \frac{1}{2} p_z (-(1-k)(1+2a^2/r^2 - 3a^4/r^4) \sin 2\theta)$$

$$W = \frac{\gamma \sqrt{3} s^3}{6}$$

$$P_{adh} = \sigma_{adh} a 4s$$



|   | 0   | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|----|----|----|
| A | 5.0 | 4.0 | 3.9 | 3.2 | 3.1 | 3.0 | 2.0 | 1.9 | 1.8 |   |    |    |    |
| B | 2.0 | 1.5 | 1.8 | 2.3 | 2.7 | 3.0 | 5.0 | 1.9 | 3.9 |   |    |    |    |



KUVA 72. Eri muotoisten kalliotilojen maksimireunajännityksiä eri jännityskentissä /24/.