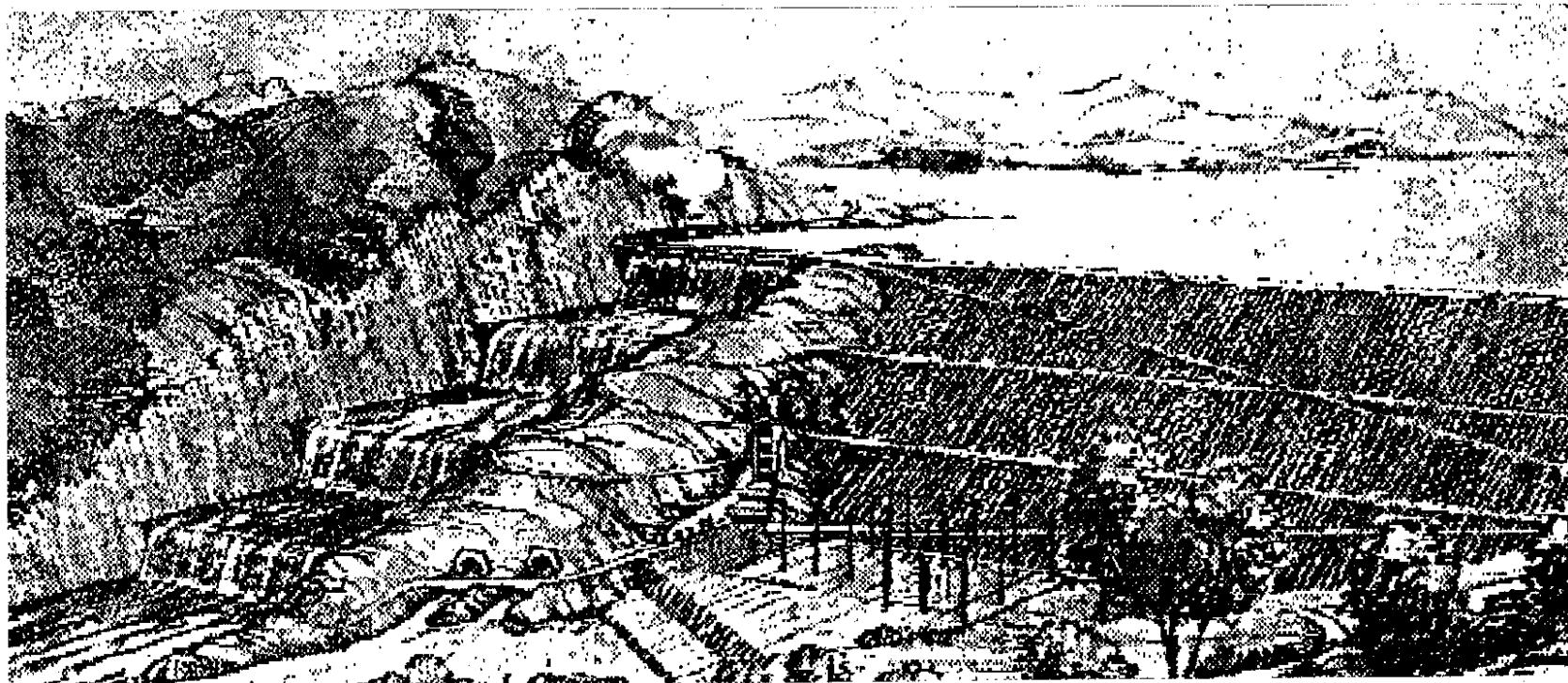


Skråningsstabilitet – deterministisk analyse og partialfaktor metoden

- Bakgrunn
- Regneeksempel
 - Tradisjonell deterministisk metode (sikkerhetsfaktor)
 - Partialfaktor metoden (Eurokode 7)
- Eksempel basert på innlegg av Professor Bjørn Nilsen på bergmekanikkdagen 1999

PhD Kristin H. Holmøy og Prof. Bjørn Nilsen

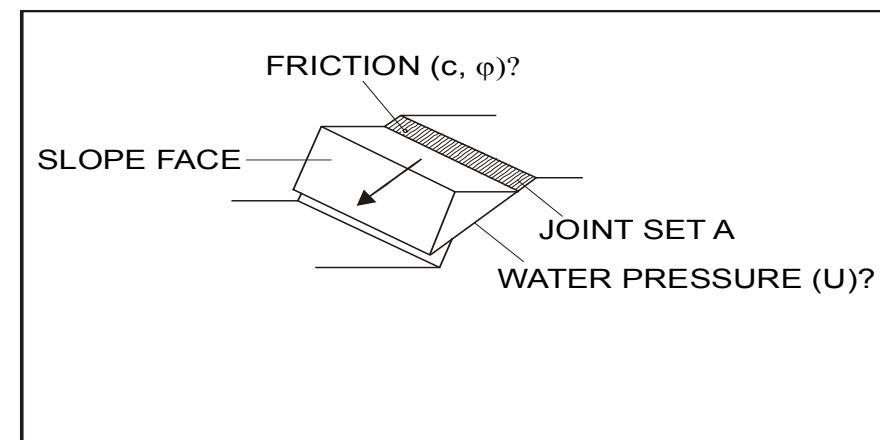
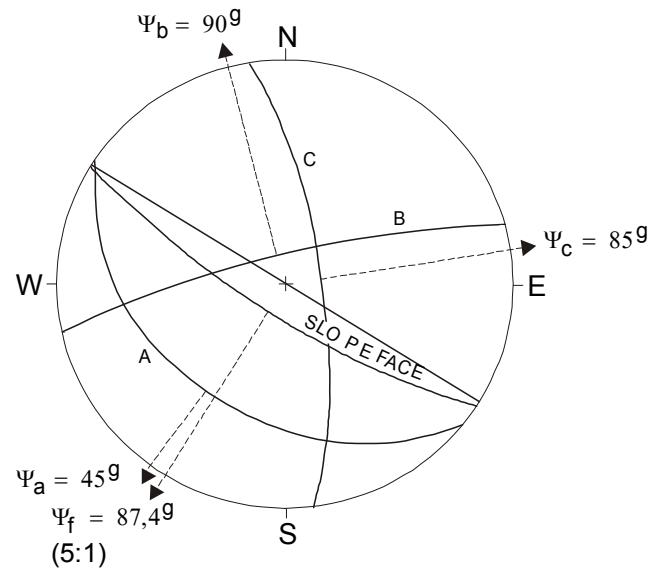
Flomløpskanal – Paunglaung vannkraft prosjekt i Burma



4 trinn á 25-35 m

Definisjon av potensielt problem

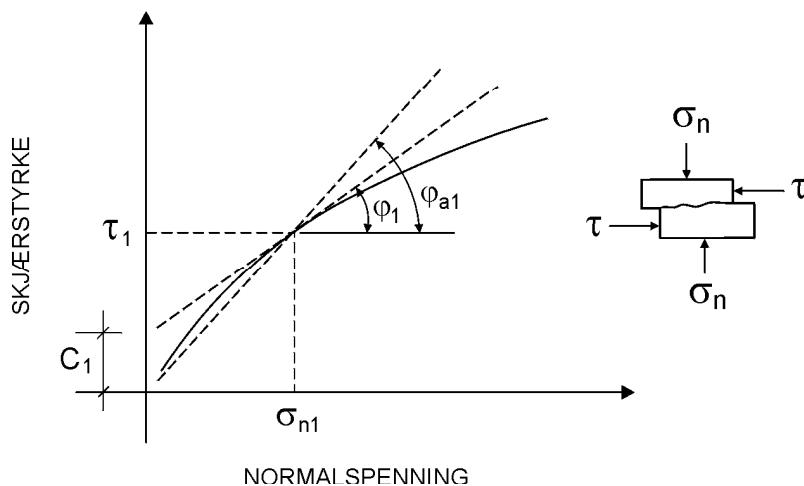
■ Stereografisk projeksjon



Sprekkefriksjon

- Ikke lineært forløp av skjærfasthetskurven

$$\begin{aligned}\tau_1 &= C_1 + \sigma_{n1} \cdot \operatorname{tg}\varphi_1 \\ \text{eller} \\ \tau_1 &= \sigma_{n1} \cdot \operatorname{tg}\varphi_{a1}\end{aligned}$$

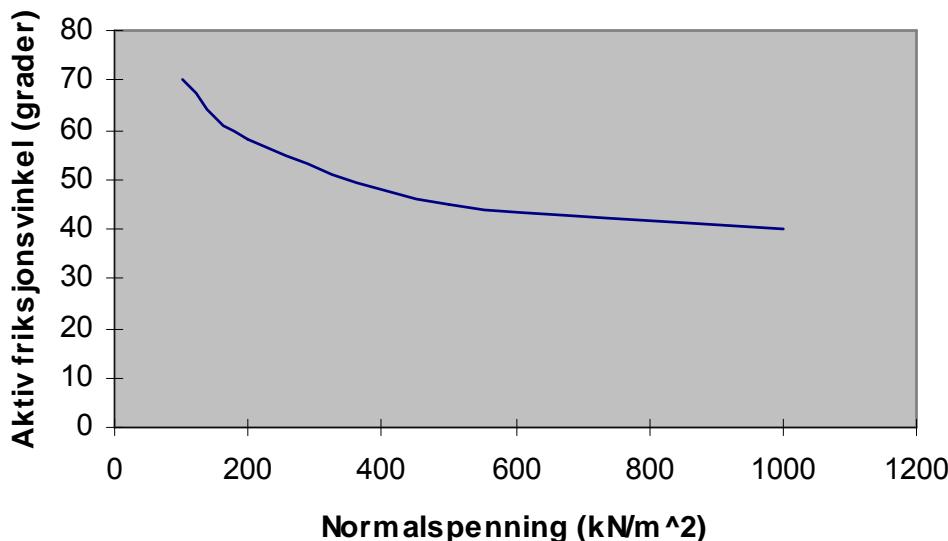


$$\tau = \sigma_n \operatorname{tg} \left[JRC \times \log \left(\frac{JCS}{\sigma_n} \right) + \Phi_r \right]$$

Sprekkefriksjon (forts.)

- Ikke lineært forløp av skjærfasthetsskurven

Paunglaung, foliasjonssprekker

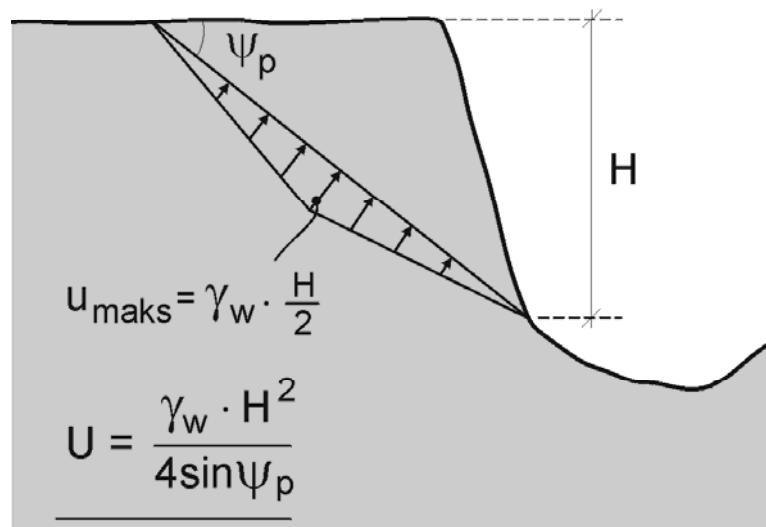


$$\Phi_a = \arctg \frac{\tau}{\sigma_n}$$

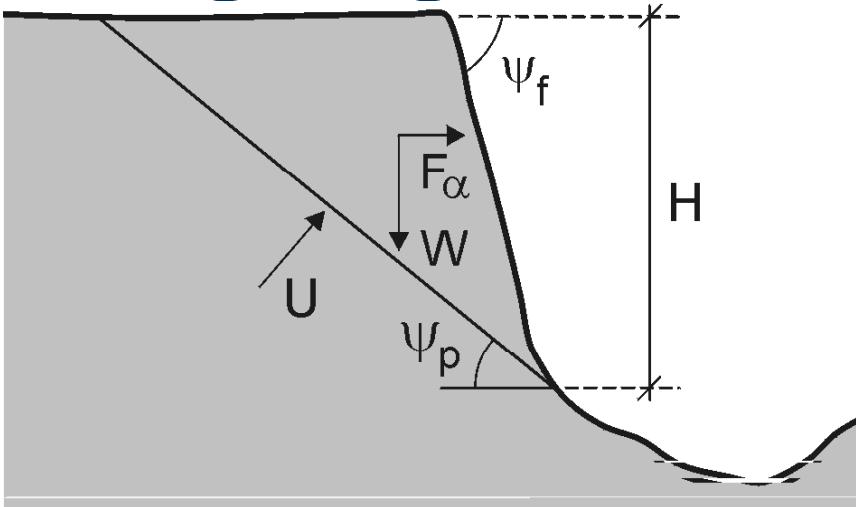
$$\tau = \sigma_n \operatorname{tg} \left[JRC \times \log \left(\frac{JCS}{\sigma_n} \right) + \Phi_r \right]$$

Vanntrykk

- Den mest usikre av inngangsparameterne?



Beregning



H = skråningshøyde = 35 m

ψ_f = skråningsvinkel = 80°

ψ_p = helningsvinkel for potensielt utglidningsplan = 40°

γ_r = bergmassens egentyngde = 26 kN/m³

γ_w = egentyngden av vann = 10 kN/m³

$W = (\gamma_r H^2/2) \cdot (1/\tan \psi_p - 1/\tan \psi_f) = 16,173 \text{ kN/m} = \text{vekt av potensiell rasmasse}$ (1)

$U = \gamma_w H^2/4 \sin \psi_p \text{ (kN/m)} = \text{vanntrykk}$ (2)

α = seismisk akselerasjon som andel av g (m/s²)

$F_\alpha = m\alpha = \text{jordskjelvbelastning (kN/m)} [0,25 \cdot W]$ (3)

$\sigma_n = (W \cos \psi_p - U - F_\alpha \sin \psi_p) / (H / \sin \psi_p)$ (4)

Sikkerhetsfaktoren (F)

- Forholdet mellom stabiliserende og drivende krefter

$$F = (W \cos \psi_p - U - F_a \sin \psi_p) \tan \varphi_a / (W \sin \psi_p + F_a \cos \psi_p) \quad (5)$$

der: φ_a = aktiv friksjonsvinkel (gr)

Vanlig krav til korttidsstabilitet $F > 1,3$

Vanlig krav til langtidsstabilitet $F > 1,5$

Beregning av sikkerhetsfaktor (deterministisk)

Metode		Deterministisk			
		Worst case	Best case	Jordskjelv/ ikke vann	Vann/ ikke jordskjelv
Situasjon	Beregnet ved hjelp av				
U (kN/m)	Lign. (2)	4764	0	0	4764
α (fraksjon av g)		0.25	0	0.25	0
F_α (kN/m)	Lign (1 og 3)	4043	0	4043	0
σ_n (kN/m ²)	Lign (4)	92	228	180	140
ϕ_a (gr)	Figur (lab, felt, beregn.)	71	56	58	64
F	Lign (5)	1.08	1.77	1.16	1.50

Partialfaktor metoden

- Eurokode 7 krever at all stabilitetsanalyse skal utføres etter partialfaktor metoden
- Dette innebærer bruk av partielle faktorer for laster og materialer i stedet for en enkelt sikkerhetsfaktor

$$F_d = F_k \cdot \gamma_f$$

$$M_d = M_k / \gamma_m$$

F_d = dimensjonerende last

M_d = dimensjonerende styrke

F_k = karakteristisk last

M_k = karakteristisk styrke

γ_f = partiell faktor for last

γ_m = materialfaktor

- Konstruksjonen/designen anses som tilfredsstillende dersom

$$M_d > F_d$$

Materialfaktorer

- I Eurokode 7, del 1, Tillegg A Tabell A.3 og A.4
- For Paunglaung eksempelet blir materialfaktorene:
 - W, U: $\gamma_f = 1.0$
 - F_a : $\gamma_f = 1.3$
 - $\operatorname{tg} \varphi_a$: $\gamma_m = 1.25$
- Materialfaktoren γ_m tas i ligning (5) hensyn til ved å redusere den aktive friksjonsvinkelen:
 - $(\operatorname{tg} \varphi_a)/1.25$ (6)
- Lastene F_a , W og U i ligning (5) justeres ved å multiplisere disse med de respektive lastfaktorene

Partialfaktor metoden

Situasjon	Beregnet ved hjelp av	Worst case	Best case	Jordskjelv ikke vann	Vann / ikke jord-skjelv
$F_a \cdot \lambda_f$ (kN/m)	Lign. (1 og 3)	5256	0	5256	0
σ_n (kN/m ²)	Lign. (4)	78	228	166	140
ϕ_a (gr)	Figur (lab, felt, beregn.)	74	56	61	64
Stabiliserende krefter (kN/m)	Lign (5 og 6)	12318	15294	13536	13011
Drivende krefter (kN/m)	Lign (5)	14419	10391	14419	10391
Stabiliserende krefter/ drivende krefter	Lign (5)	0.82	1.41	0.90	1.20

Noen bilder fra virkeligheten





