



Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino

Appunti universitari

Tesi di laurea

Cartoleria e cancelleria

Stampa file e fotocopie

Print on demand

Rilegature

NUMERO: 1497A -

ANNO: 2015

A P P U N T I

STUDENTE: Bertone

MATERIA: Stabilità dei Pendii + Eserc. Prof. Deangeli

Il presente lavoro nasce dall'impegno dell'autore ed è distribuito in accordo con il Centro Appunti.

Tutti i diritti sono riservati. È vietata qualsiasi riproduzione, copia totale o parziale, dei contenuti inseriti nel presente volume, ivi inclusa la memorizzazione, rielaborazione, diffusione o distribuzione dei contenuti stessi mediante qualunque supporto magnetico o cartaceo, piattaforma tecnologica o rete telematica, senza previa autorizzazione scritta dell'autore.

**ATTENZIONE: QUESTI APPUNTI SONO FATTI DA STUDENTIE NON SONO STATI VISIONATI DAL DOCENTE.
IL NOME DEL PROFESSORE, SERVE SOLO PER IDENTIFICARE IL CORSO.**

STABILITÀ DEI PENDII

Prof. Chiara Deangeli

LEZIONE 1:

- Le frane costituiscono uno degli aspetti dell'inclusione progressiva delle superficie tetrate. Esse possono svilupparsi con velocità comprese tra alcuni mm/anno e decine di m/s, hanno corpi di frana il cui volume varia da pochi m³ a centinaia di milioni di m³, si manifestano in ambienti molto diversi.

Definizione FRANA:

- spostamento rapido di una massa di roccia, terreno residuo o sedimento formante un pendio, in cui il movimento avviene verso il basso o verso l'esterno (Terzaghi)
- il movimento verso il basso di una massa di roccia, terreno o detrito lungo un pendio di frane in senso stretto e i fenomeni di deformazione lento e poco fruttificabili nell'insieme possono essere denominati "fenomeni franosi".

Definizione FENOMENO FRANOSO:

- Movimento controllato dalla gravità, superficiale o profondo, rapido o lento di materiali costituenti un versante o un intero rilievo. (Varnes).
- 5 Pendii: motuosi si distinguono in:
 - Attivi, attualmente in movimento
 - Inattivi, non hanno manifestato movimenti nell'ultimo ciclo stagionale
 - Quiescenti, i movimenti possono riprendere poiché la causa che li ha generati è ancora presente
 - Stabilizzati; quando i fattori principali che hanno generato il movimento sono stati rimossi naturalmente o in seguito all'intervento dell'uomo.

Sono pendii: artificiali (Argini, Dighe, Rilevati, Discariche); Fronti di scavo (Lore, Trincee).

I pendii sono sistemi meccanici di tipo geotecnico, i movimenti di pendio sono risposte meccaniche dei terreni e delle rocce ai cambiamenti nel tempo delle condizioni al contorno (carichi) di influenza sui campi tensionali e deformativi. Non è però un sistema di cause-effetto perfetto poiché i materiali cambiano le loro caratteristiche in funzione dello stato tempo-deformativo a cui è soggetto il terreno stesso.

VASONT: i problemi sono stati il modello fisico in quanto non vi ha una base storica e soprattutto Analogia Ingegneristica (poter controllare il cinematisma senza aver capito il meccanismo stesso dell'evento).

(2)

LEZIONE 2 - INQUADRAMENTO E CLASSIFICAZIONE DEI FENOMENI FRANOSI

de classificazioni: commentano di inquadrare i movimenti franosi dal punto di vista fenomenologico. È di estrema importanza che siano identificati e classificati facendo riferimento ai loro caratteri essenziali direttamente osservabili e misurabili.

■ CLASSIFICAZIONE DI VARNES (1978) E CRUDEN/VARNES (1996)

È adottata internazionalmente, include fenomeni che non sono frane in senso stretto, quali le deformazioni estremamente lente e caratteri superficiali o profondo dei pendii.

Si basa su

1. TIPO DI MATERIALE

A) ROCCIA = si intende massa compatta che ne intatta e nel suo "posto naturale" prima dell'inizio del movimento.

B) TERRENO = aggregato di particelle solide (minerali e rocce) che può essere stato trasportato o si è formato dalla degradazione delle rocce in posto, gas o liquidi che riempiono tutti formano il terreno stesso.

B.1) TERRE = materiale in cui 80% o più delle particelle ha una dimensione minore di 2mm

B.2) DETRITO = il 20-80% delle particelle hanno dimensioni maggiori di 2mm e la restante parte inferiore a 2mm.

Si utilizza 2mm come misura di riferimento in quanto è ben distinguibile a occhio nudo. Questa dimensione separa ghiaia, sabbia, limo, argilla.

2. TIPO DI MOVIMENTO

A) CROLLI	(FALLS)
B) RIBALTAMENTI	(TOPPLING)
C) SCIVOLAMENTI ROTAZIONALI / TRASLAZIONALI	(SLIDE / SLUMP)
D) ESPANSIONI	(FLOW)
E) COLATE	(SPREAD)
F) FENOMENI COMPLESSI	

la cinematica è uno dei principali criteri per classificare i movimenti di pendio. Questi cinematici sono tutti di post-rottura, la classificazione viene fatta nelle fasi post-rottura per Toglio.

→ fenomeni complessi sono dati dall'accoppiamento di due o più tipi di movimento

LEZIONE 3CROLLO

Cinematismo frequente nelle rocce, consiste nel distacco di un volume di materiale da una parete rocciosa in seguito ad un fenomeno di piccolo spostamento di taglio o a ribaltamento. Piccolo in quanto senza prima dover descrivere un fenomeno di sivolamento.

I colli in roccia ho due categorie:

- grandi colli in roccia (dimensioni elevate) in cui si distacca un blocco con relative discontinuità che si rotono in colate e causa intrusione blocchi
- colate massi, in quanto intrasse singoli blocchi che si rotono in sivolamento o rotolamento (dipende forme e dimensioni blocco).

Parliamo su pareti sub-verticoli, sono necessario studio del materiale roccioso e sue strutture (discontinuità),

Si parla di movimenti "rapidi e istantanei rapidi."

collo è caratterizzato da: distacco - traiettorie - colate libere - impatto - rimbalzo.

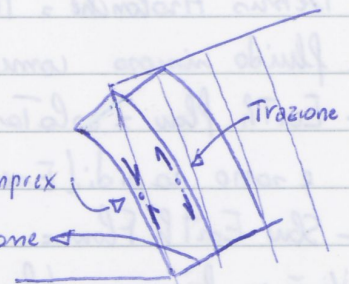
RIBALTAMENTO

Tipico nelle rocce o argille non consolidate.

Goodman e Bray classificano 2 tipi di ribaltamenti:

- ribaltamento di blocchi = consiste rotazione della roccia intorno ad un punto o asse, può essere all'inizio lento e evolversi in rapido (fase rotture del pendio). Ho combinazione di sistema discontinuità sub-orizzontale con sistema sub-verticale dove amplificare anche intrusione tra blocchi.
- ribaltamento flessionale = ha sistema di discontinuità che immerge nel pendio e questo produce lastre di roccia. In rocce magmatiche pare esse colonne generate da processi geologici. In flessione avviene o a causa dell'azione di intrusione di altre lastre e quindi del loro peso proprio o spinte dell'acqua. Sistema di discontinuità verticale se ben sotto il piano campagna.

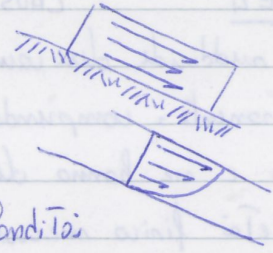
Non è un piano di sivolamento ma una superficie di rottura non persistente ma si usa a causa del fenomeno complesso flessionale e raggiungimento delle tensioni ultime di trazione



6

Nelle colate si distinguono due tipi di movimenti:

- SLIDE ovvero scivolamento e si ha quando la distribuzione delle velocità è costante
- FLOW flusso, colata, colamento ovvero il comportamento del fluido viscoso con distribuzione velocità variabile con profondità




Differenza tra colata e scivolamento consiste nel meccanismo di movimento:

- scivolamento si muove lungo una superficie di movimento come un blocco rigido o con una piccola deformazione interna;
 - colata si propaga come un fluido viscoso adattando la sua forma ad ogni cambiamento morfologico presente lungo il suo percorso
- Le colate si manifestano in tutti i tipi di terreno e possono essere sottili o assai alte, inoltre possono essere movimenti sia estremamente lenti (mm/anno) sia rapidi (m/ora) fino a estremamente rapidi (m/s). Le colate rapide sono fenomeni più distruttivi.

ESPANSIONI

Avvengono su piano compagne orizzontali o poco inclinate, il suo cinematisma prevede un movimento lento che significa una e proprie espansioni con volumi elevati. Le espansioni interessano due materiali: roccia e terreno.

Espansione di terreno risultante da fenomeni di liquefazione o flusso plastico del materiale alla base, con il procedere del movimento alla base si ha divisione delle lastre in blocchi, se materiale viscoso allora ho fenomeni di creep.  Le espansioni sono il risultato di episodi geologici o dotti e terremoto, la formazione delle valli sono fenomeni di espansione.

Non possiamo intervenire sulle espansioni poiché di dimensioni troppo elevate, ma possiamo intervenire localmente in successivi fenomeni di rotto o ribolamenti.

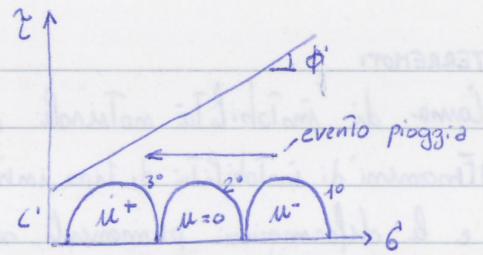
5

Considerando il caso di mola si nota che:

1° fase = condizioni iniziali tempo

3° fase = condizioni di tempo costante, l'umidità si riduce

Condizione tra precipitazioni meteoriche e venti promoz:



le precipitazioni di intensità modesta e lunga durata provocano frane profonde

le precipitazioni di elevata intensità e di breve durata provocano frane superficiali

Si possono definire 3 approcci per prevedere venti meteorici che innescano frane (superficiali)

1) Analisi empirica delle caratteristiche degli venti meteorici che innescano frane

2) Mappatura empirica di siti in frane

3) Modelli deterministici meccanico-idrologici

① Sfruttare modelli empirici e grafici voluti tramite osservazioni negli anni, consistono nella definizione di soglie di pioggia che innescano frane superficiali; individuazione del n° di giorni di pioggia antecedenti l'evento scatenante; generalizzazione mediante la normalizzazione con la PMA (pioggie medie annuali);

Come ha raccolto dati di un gran n° di frane nel mondo e ha trovato una soglia in grado di discriminare se una frana superficiale può o meno verificarsi:

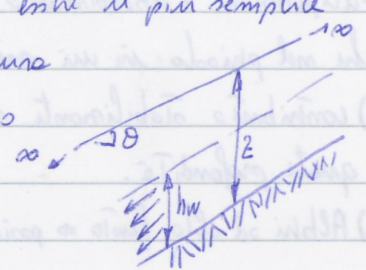
$$I = 14,82 D^{-0,39} \quad I \text{ (mm/h)} \quad D \text{ (h)}$$

Valore quando diventa inferiore a 10 giorni e superiore a 10 minuti

Quando una condizione, non buon senso nelle volte ha fenomeni complessi:

② Mappatura è basata sull'osservazione di venti pendi, assumendo che le stesse condizioni siano ancora valide. Mondo GIS si combinano le mappe con vari parametri. Questi metodi producono mappe di pericolosità di frane, le componenti temporale non viene tenuta in considerazione.

③ Modello di Dietrich & Montgomery (1996), in cui il modello deve essere il più semplice possibile e poi riferimento a pendio indefinito, superficie di rottura piano parallelo al pendio, ritratto sistema Mohr Coulomb, flusso stazionario parallelo al pendio, assume di drenaggio profondo



$$\frac{a}{b} \geq \left[\frac{c'}{\gamma_w \cdot z \cdot \cos^2 \theta \cdot \tan \phi'} + \frac{\gamma}{\gamma_w} \left(1 - \frac{\tan \theta}{\tan \phi} \right) \right] \frac{k \cdot z \cdot \cos \theta}{q} \sin \theta$$

Componente topografica

componente fisico meccanica

componente idrologica

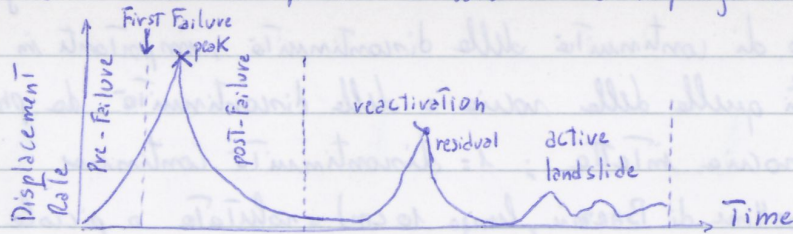
time vento precipitazioni e conducibilità

LEZIONE 5

METODI DI ANALISI DI STABILITÀ

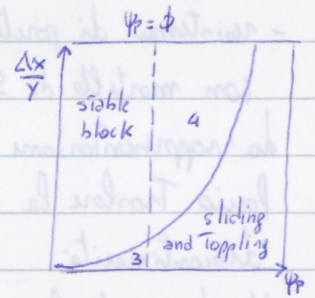
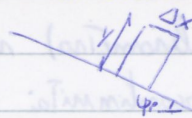
due scelte del modello geotecnico del pendio viene fatta in base a: meccanismi di rottura del pendio (geometria problema); cause che lo generano (forze agenti e condizioni al contorno); materiali costituenti il pendio (caratteristiche resistenza e deformabilità); fase di attivazione (picco, residuo).
Ho 2 metodi di analisi:

- Metodi equilibrio delle forze, sono i metodi di equilibrio limite (LEM) sempre da forze prime di nuovi modelli o calcolatori. Si basano su equilibrio tra forze agenti e confronto con quelle resistenti. Mi dimentico di tutti i processi deformativi che portano a rottura il pendio e mi metto nel punto di rottura (x) e impongo lo sup. di rottura $F_s = 1$



LEM → sono metodo dei coni o strisce, risvolamento planare, metodo eq. forze
Condizione di stabilità, risvolamento ribaltamento di blocco in rotazione

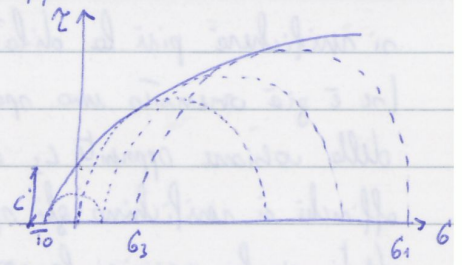
- 1) $\tan \phi > \tan \psi_r$ NO SCIOLAMENTO
- 2) $\tan \beta > \tan \psi_r$ NO RIBALTIAMENTO
- 3) $\Delta x / y = \tan \beta = \tan \psi_r$ COND LIMITE RIB; ottimale NO SCIV. $\tan \phi > \tan \psi_r = \tan \beta$
- 4) $\tan \phi = \tan \psi_r$ COND LIMITE SCIV; ottimale NO RIB. $\tan \beta > \tan \psi_r = \tan \phi$



- Metodi numerici, in cui posso considerare meno continuo o continuo equivalente oppure discontinuo (FEM, FD) in questi usi uso equazioni di equilibrio, equazioni di congruenza legame costitutivo e equazioni al contorno.

ROCCIA INTATA

Hoek & Brown τ è un criterio empirico che assume una legge di potenza, dalle prove di laboratorio ($\tau_x, H_x, BRAS$) si assume che la pendenza dell'inviluppo diminuisce all'aumentare delle tensioni di confinamento. Nel caso generale l'inviluppo di rottura è una curva.



de resistenza compressione triassiale di picco di un gram
minimo di roccia isotropa può essere data come

$$\sigma_1' = \sigma_3' + (m C_0 \sigma_3' + s C_0^2)^{0.5}$$

C_0 = resistenza a compressione monoassiale delle rocce

m e s parametri adimensionali

m in base a tipo di roccia ; s caratteristiche dell'ammasso roccioso

criteri di resistenza al taglio delle discontinuità in roccia

Il meccanismo che regola il comportamento delle discontinuità fa riferimento ai modelli di Patton.

Modello a) discontinuità artificiale liscia e piana

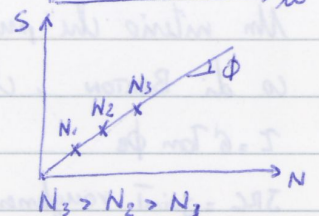
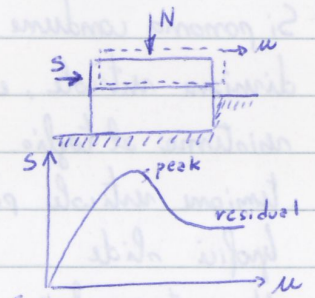
Considerando un criterio di resistenza alla Mohr-Coulomb si ha

$$\tau = S/A \quad \sigma = N/A \quad \tau = \sigma \tan \phi$$

Vario N e ottengo che + aumento N e maggiore sarà la resistenza

quindi disegnando si ha:

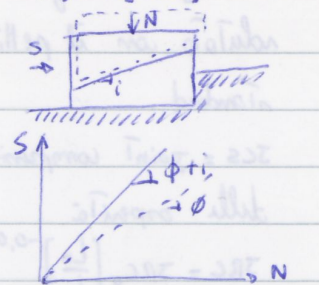
Il criterio di Mohr-Coulomb si adatta bene al modello in quanto è una retta passante per l'origine.



Modello b) discontinuità artificiale inclinata di i

Questo modello è molto simile a quello a ma si osserva che il criterio di Mohr-Coulomb viene modificato in quanto l'inviluppo sarà inclinato di un angolo $\phi + i$

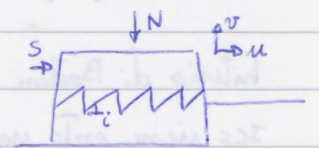
$$\tau = \sigma \tan(\phi + i)$$



Modello c) discontinuità a denti di sega

Comportamento descritto da due rette, la 1° retta è inclinata di $\phi + i$ si riferisce la dilatazione (ovvero spostamento verticale) mentre la 2°

retta rappresenta resistenza residua quindi è inclinata di ϕ_r , questo grafico prevede il



TILT TEST: test per stimare i parametri di resistenza al taglio, due piani di roccia contenenti una discontinuità sono montati sull'attrezzatura del test con la discontinuità orizzontale, il campione viene lentamente inclinato finché il blocco superiore non si muove, l'angolo formato con l'orizzontale all'ovvio del movimento è chiamato angolo di inclinazione (Tilt angle). d'angolo di inclinazione equivoale all'attrito materiale della parte della discontinuità più l'angolo di rugosità i , quindi $d = \phi + i$.

$$SRC = \frac{d - \phi}{\log_{10} \left(\frac{JCS}{\sigma_0} \right)} \quad d = \arctan \left(\frac{\tau_0}{\sigma_0} \right) \quad d - \phi = d - \text{angolo di attrito}$$

critico di resistenza per ammasso roccioso, Hoek & Brown

m_b = valore ridotto delle costanti m per rocce intatte

$$\sigma_1' = \sigma_3' + (m_b \sigma_3' + s \sigma_3')^2$$

s = parametro dipende da qualità dell'ammasso roccioso

m_b è generalmente 0,5 per ammassi di buona qualità

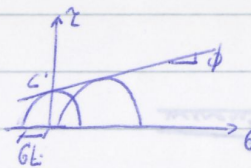
s sono stimati tramite ispezione visiva seguendo uno schema specifico di classificazione GSI.

In rocce molto fratturate $s = 0$ $d = 0,65$

Riassunto:

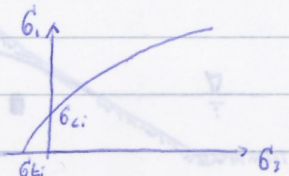
ROCCIA INTATTA → MOHR COULOMB

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



→ HOEK & BROWN

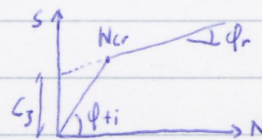
$$\sigma_1' = \sigma_3' + \sigma_{ci} \left(m_i \frac{\sigma_3'}{\sigma_{ci}} + 1 \right)^{0.5}$$



DISCONTINUITA' → PATTON (BILATERA)

$$\textcircled{1} \tau = \sigma' \tan(\psi + i)$$

$$\textcircled{2} \tau = c_s + \sigma' \tan \phi_r$$



→ BARTON

$$\tau = \sigma_n' \tan \left[\phi_r + SRC \log_{10} \left(\frac{JCS}{\sigma_n'} \right) \right]$$



$JCS = \sigma_{ci}$ o $< \sigma_{ci}$ e SRC pettine Barton o Tilt Test

AMMASSO ROCCIOSO → HOEK & BROWN

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \left(\sigma_{ci} \left(m_b \frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} + s \right) \right)^2$$



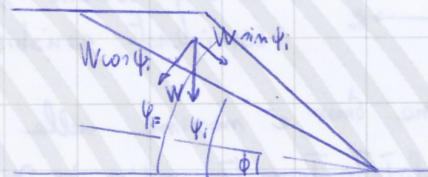
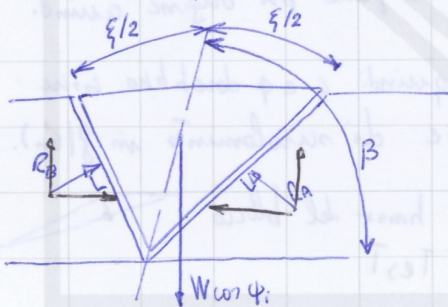
LEZIONE 9-3

SCIOLAMENTO LUNGO INTERSEZIONE DI DISCONTINUITÀ

Si sono schiumi bidimensionali, così più comuni blocco di roccia che tende a scivolare su 2 superfici di discontinuità.

F_s è indipendente dalle dimensioni del blocco quindi dall'altezza del fronte in roccia se non si è usione (materiale incoerente) in quanto $F_s = \frac{\tan \phi}{\tan \psi}$

Si definisce linee di intersezione le linee in cui si intersecano le 2 superfici di scivolamento, e permette di definire il blocco e il settore spostamento.



$$\begin{aligned} \text{Eq. orizzontale} \quad R_A \sin(\beta - \frac{\xi}{2}) &= R_B \sin(\beta + \frac{\xi}{2}) \\ \text{Eq. verticale} \quad R_A \cos(\beta - \frac{\xi}{2}) + R_B \cos(\beta + \frac{\xi}{2}) &= W \cos \psi_i \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} \text{Eq. orizzontale} \\ \text{Eq. verticale} \end{aligned}} \right\} R_A + R_B = \frac{W \cos \psi_i \sin \beta}{\sin(\xi/2)}$$

H_{max} = cosiddetto solo le forze attrittive come resistenti, quindi F_s non dipende dalle dimensioni del blocco.

$$F_s = \frac{\sin \beta}{\sin(\xi/2)} \frac{\tan \phi}{\tan \psi_i} \quad \text{oppure}$$

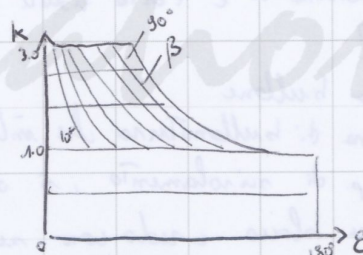
$$F_{sw} = k \cdot F_{sp}$$

F_{sw} = forza risultante del blocco (Tridimensionale)

F_{sp} = forza risultante delle schenclazioni piane

Se ξ aumenta, k diminuisce, β aumenta

d'angolo ξ Tra due piani lo legge sull'intersezione di due piani 1 e 2 con il piano normale al punto delle linee intersezione 1-2.



SISMICA FOTI



NEW MARK

- posso considerare (Forma sup. rottura; Comp. Fragile Terra) Sovrappressioni interstiziali, degrado resistenza)
- H_p : blocco rigido (moto in fase)
- Più elim è alto e minori sono spostamenti attesi.

Tremoti generati da rotture nella roccia. Inoltre, il moto sismico è registrato in storie accelerometriche, in quanto l'accelerazione è proporzionale alle forze inerziali che vengono applicate nel sito.

Considerando l'ampiezza massima registrata e la distanza, si ha che all'aumentare della distanza la magnitudo diminuisce (causa dell'attenuazione geometrica)

Se la durata del terremoto è elevata, aumenta la quantità di cicli di carico/scarico sugli elementi del terreno, che saranno più sollecitati a fatica.

► Accelerogrammi di progetto:

- artificiali (spettrocompatibili), storie di accelerazione derivate combinando storie temporali più semplici, esclusi per la geotecnica poiché troppo artificiali
- simulati
- notandi registrazioni di venti sismici passati.

► $a_{max} = S_s S_T a_g$ $S_T = \text{ampl. Topografica}$ $S_s = \text{ampl. suolo}$ $a_g = \text{acc. da studio pericolosità}$

► STABILITÀ PENDII E SISMICA

In presenza del sisma c'è un aggravio delle condizioni di carico e una riduzione della resistenza al taglio perché cambia lo stato tensionale e perché possono insorgere sovrappressioni interstiziali.

Effetti del sisma sui pendii

- 1) FENOMENI INSTABILITÀ DI TIPO INERZIALI = resistenza del terreno rimane sostanzialmente costante e deformazioni permanenti sono prodotte dal temporaneo superamento della resistenza stessa da parte degli oneri dinamici
- 2) FENOMENI INSTABILITÀ PER DEGRADAZIONE DELLA RESISTENZA = sisma riduce resistenza del terreno che non è più in grado di mantenere stabile sotto il terremoto o anche solo sotto azioni statiche

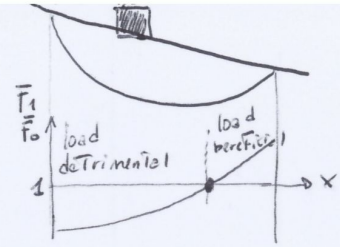
Analisi di Stabilità

1) METODI STATICI EQUIVALENTI (PSEUDO-STATICI): sostituzione all'azione dinamica del sisma un'azione pseudo statica opportunamente calibrata. Avrà quindi due linee orizzontali e verticali passanti per il p.c. e di un coefficiente sismico k_H o k_V .

$$a_H \cdot m = a_H \cdot \frac{W}{g} = \frac{a_H}{g} \cdot W = k_H \cdot W \qquad k_V \cdot W$$

PUNTO NEUTRO

Considero sup. di scorrimento già esistente e noto, sul pendio posso variare il carico e voglio capire cosa succede.



So che al piede il carico è favorevole e a monte è sfavorevole, ora quindi un punto detto neutro: $F_0 \rightarrow F_s$ prima di ΔW

$F_1 \rightarrow F_s$ dopo ΔW

Se ogni o meno il carico, le sup. di scorrimento cambierebbe quindi un metodo quanto sup. si è già usato.

$$\frac{F_1}{F_0} = \frac{F_0 + \Delta F}{F_0}$$

se $\left[\frac{F_1}{F_0} = 1 \right]$ punto neutro

Se materiale a grana fine ho condizioni non drenate $\Delta u = B \Delta \sigma'_v$ skempton

$B=1$ cond. non drenate $B=0$ cond. drenate $\Delta u=0$

BISHOP: $F_0 = \frac{\sum [c b_i + (W_i - u b_i) \tan \phi] / M_{d_i}}{\sum W_i \text{ rindi}}$

$J = c b_i + (W_i - u b_i) \tan \phi$

$M_{d_{i0}} = \cos \alpha \left(1 + \frac{\tan \alpha \tan \phi}{F_0} \right)$

$F_0 = \frac{\sum (J / M_{d_{i0}})}{\sum W_i \text{ rindi}}$

$F_1 = F_0 + \Delta F = \frac{\Delta W (1-B) \tan \phi / M_{d_1} + \sum (J / M_{d_{i1}})}{\Delta W \text{ rindi}^m + \sum W_i \text{ rindi}}$

$M_{d_1}^m = \cos \alpha^m \left(1 + \frac{\tan \alpha^m \tan \phi}{F_1} \right)$

Pichis $\frac{F_1}{F_0} = 1$ allora rindi $d_i^m = d_i^{\text{neutro}} \rightarrow M_{d_1}^m = M_{d_i}^{\text{neutro}} = M_{d_{i0}}^m$ per tutti i conc.

$F_1 = F_0$

$\left[\Delta W (1-B) \tan \frac{1}{M_{d_1}} + \sum (J / M_{d_i}) \right] \cdot \sum (W_i \text{ rindi}) = \left[\Delta W \text{ rindi}^m + \sum (W_i \text{ rindi}) \right] \cdot \sum (J / M_{d_{i0}})$

$M_{d_{i0}} = M_{d_{i1}}$

$\sum \Delta W (1-B) \tan \phi \frac{1}{M_{d_1}} \cdot \sum (W_i \text{ rindi}) = \Delta W \text{ rindi}^m - \sum (J / M_{d_{i0}})$

$\text{rindi}^m = \text{rindi}^{\text{neutro}} = \frac{\Delta W (1-B) \tan \phi \frac{1}{M_{d_1}} \sum (W_i \text{ rindi})}{\Delta W \sum (J / M_{d_{i0}})} \cdot \frac{1}{F_0}$

$\text{rindi} = \frac{\tan \phi (1-B) \sec \alpha}{1 + \frac{\tan \phi \tan \alpha}{F_0}} \cdot \frac{1}{F_0}$ olett $\frac{1}{\cos \alpha}$

ESERCIZIO RAPIDO SVASO

$H = 30\text{ m}$ $h = 8\text{ m}$ $h_w = 12\text{ m}$ $z_w = 23\text{ m}$

$\gamma = 20\text{ kN/m}^3$ $\gamma_w = 10\text{ kN/m}^3$ $\alpha = 30^\circ$

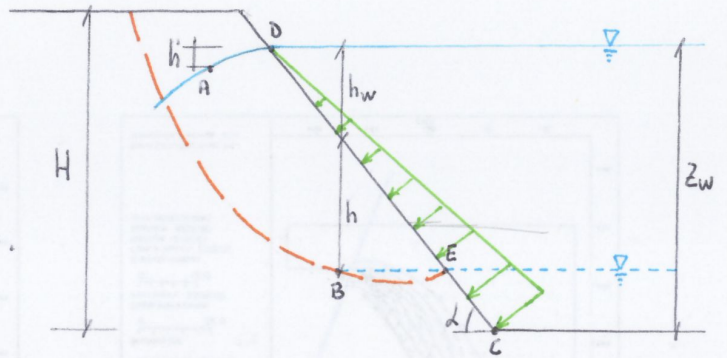
Si assume uno scudo di 20 m

a) Calcolare spinta acqua sul paramento pendo.

$M_c = \gamma_w \cdot z_w = 10 \cdot 23 = 230\text{ kPa} = \text{KN/m}^2$

$DL = \frac{z_w}{\sin \alpha} = \frac{23}{\sin 30} = 46\text{ m}$

$U = M_c \cdot DL \cdot \frac{1}{2} = 230 \cdot 46 \cdot \frac{1}{2} = 5290\text{ KN}$



b) Calcolare spinta dell'acqua da inserire nelle verifiche di stabilità ($h_B = h_E$)

INVASO

$M_E = \gamma_w \cdot z_E = 10 \cdot 20 = 200\text{ kPa}$

$DE = \frac{h+h_w}{\sin 30} = \frac{20}{\sin 30} = 40\text{ m}$

$U_{STAB} = M_E \cdot DE \cdot \frac{1}{2} = 200 \cdot 40 \cdot \frac{1}{2} = 4000\text{ KN}$

SVASO

$U_{STAB} = 0$

$M_c = (z_w - 20) \cdot \gamma_w = 30\text{ kPa}$

$EC = \frac{z_w - h - h_w}{\sin 30} = \frac{3}{\sin 30} = 6\text{ m}$

$U_w = M_c \cdot EC \cdot \frac{1}{2} = 30 \cdot 6 \cdot \frac{1}{2} = 90\text{ KN}$

c) Calcolare pressione interstiziale nel punto B

INVASO

$M_B = \gamma_w \cdot z_B = 10 \cdot (12+8) = 200\text{ kPa}$

SVASO

$M_B = \gamma_w \cdot h = 10 \cdot 8 = 80\text{ kPa}$ (?) considero che terreno è steso

$\Delta u = M_{Bf} - M_{Bf} = -120\text{ kPa}$

FINALE (cond. drenate)

$M_B = 0$

→ caso critico in quanto ho pressione interstiziale $\neq 0$ e spinta dell'acqua nulla in quanto triangolo pressione si non interessa unico instabile

Se assumiamo scudo di 16 m si ha:

INIZIALE, INVASO

$M_B = \gamma_w \cdot z_w = 10 \cdot 20 = 200\text{ kPa}$

SVASO

$M_B = \gamma_w \cdot h = 10 \cdot 8 = 80\text{ kPa}$ (interamente a pendo rimane acqua $z_B = h = 8\text{ m}$)

FINALE

$M_B = \gamma_w \cdot 4 = 40\text{ kPa}$

$$\begin{cases} v_{u,n} = k_{n,AB} \cdot v_{i,n} = 1 \cdot 8,88 = 8,88 \text{ m/s} \\ v_{u,t} = k_{t,AB} \cdot v_{i,t} = 1 \cdot 5,79 = 5,79 \text{ m/s} \end{cases}$$

$$V_u = \sqrt{v_{u,n}^2 + v_{u,t}^2} = \sqrt{8,88^2 + 5,79^2} = 10,6 \text{ m/s}$$

$$\delta = \arctan\left(\frac{v_{u,n}}{v_{u,t}}\right) = \arctan\left(\frac{8,88}{5,79}\right) = 56,9^\circ = \gamma$$

$$\epsilon = \delta - \alpha = 56,9^\circ - 26,57^\circ = 30,33^\circ$$

$$\begin{cases} v_{u,x} = V_u \cdot \cos \epsilon = 10,6 \cdot \cos 30,33^\circ = 9,15 \text{ m/s} \\ v_{u,y} = V_u \cdot \sin \epsilon = 10,6 \cdot \sin 30,33^\circ = 5,35 \text{ m/s} \end{cases}$$

due vore negative?? si

TRATTO BC

$$\begin{cases} X_1 = 1,163 \text{ m} \\ Y_1 = 24,42 \text{ m} \end{cases} \quad \begin{cases} v_{x1,u} = 9,15 \text{ m/s} \\ v_{y1,u} = 5,35 \text{ m/s} \end{cases}$$

Metto a sistema equazione del tratto BC del pendio con equazione delle Traiettorie

$$\begin{cases} X = v_{1x} \cdot t + X_1 \\ Y = -\frac{1}{2} g t^2 + v_{1y} t + Y_1 \\ \frac{X - X_B}{X_C - X_B} = \frac{Y - Y_B}{Y_C - Y_B} \end{cases} \quad \begin{cases} t = \frac{X - X_1}{v_{1x}} \\ Y = -\frac{1}{2} g \left(\frac{X - X_1}{v_{1x}}\right)^2 + v_{1y} \cdot \left(\frac{X - X_1}{v_{1x}}\right) + Y_1 \\ X = (Y - Y_B) \left(\frac{X_C - X_B}{Y_C - Y_B}\right) + X_B \end{cases} \quad \begin{cases} t = \dots \\ Y = \dots \\ X = \left[-\frac{1}{2} g \frac{X^2 - 2X X_1 + X_1^2}{v_{1x}^2} + \frac{v_{1y} X - v_{1y} X_1}{v_{1x}} + Y_1 - Y_B \right] \cdot \left(\frac{1}{2}\right) + 10 \end{cases}$$

$$\begin{cases} t = \dots \\ Y = \dots \\ X = \left[4,42 + \frac{-4,91 X^2 + 11,42 X - 6,64}{8,72} \right] + \frac{5,35 X - 6,22}{9,15} \cdot \left(-\frac{1}{2}\right) + 10 \end{cases} \quad \begin{cases} X = (-0,059 X^2 + 0,136 X - 0,079 + 4,42 + 0,585 X - 0,68) \cdot \left(-\frac{1}{2}\right) + 10 \end{cases}$$

$$\begin{cases} X = +0,0295 X^2 - 0,361 X - 1,831 + 10 \\ 0,0295 X^2 - 1,361 X + 8,169 \end{cases} \quad \begin{cases} X_{12} = \frac{+1,361 \pm \sqrt{0,888}}{0,059} = \begin{matrix} X_1 = 39,04 \text{ m} \\ X_2 = 7,10 \text{ m} \end{matrix} \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_1 = 39,04 \text{ m} \\ Y_1 = -37,50 \Rightarrow -108 \\ t_1 = \frac{39,04 - 1,163}{9,15} = 4,14 \text{ s} \end{cases} \quad \begin{cases} X_2 = 7,10 \text{ m} \\ Y_2 = 25,83 \Rightarrow 18,87 \\ t_2 = \frac{7,10 - 1,163}{9,15} = 0,65 \text{ s} \end{cases}$$

Non si ARRIVA A CONVERGENZA

TRATTO AB

$$\begin{cases} X_1 = 1,163 \text{ m} \\ Y_1 = 24,42 \text{ m} \end{cases} \quad \begin{cases} v_{x1,u} = 9,15 \text{ m/s} \\ v_{y1,u} = 5,35 \text{ m/s} \end{cases}$$

Metto a sistema equazione tratto AB del pendio con equazione delle Traiettorie

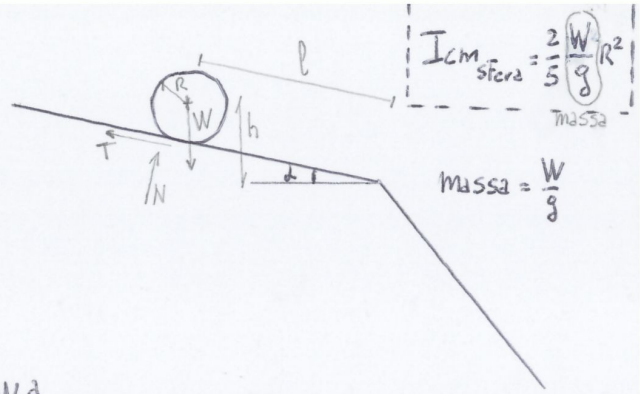
$$\begin{cases} X = v_{1x} \cdot t + X_1 \\ Y = -\frac{1}{2} g t^2 + v_{1y} t + Y_1 \\ \frac{X - X_A}{X_B - X_A} = \frac{Y - Y_A}{Y_B - Y_A} \end{cases} \quad \begin{cases} t = \frac{X - X_1}{v_{1x}} \\ Y = -\frac{1}{2} g \left(\frac{X - X_1}{v_{1x}}\right)^2 + v_{1y} \cdot \left(\frac{X - X_1}{v_{1x}}\right) + Y_1 \\ X = (Y - Y_A) \left(\frac{X_B - X_A}{Y_B - Y_A}\right) + X_A \end{cases} \quad \begin{cases} t = \dots \\ Y = \dots \\ X = \left[-\frac{1}{2} g \frac{X^2 - 2X X_1 + X_1^2}{v_{1x}^2} + \frac{v_{1y} X - v_{1y} X_1}{v_{1x}} + Y_1 - Y_A \right] \cdot \left(\frac{1}{2}\right) + 10 \end{cases}$$

Esercizio - Sfera che rotola

1) RISOLVO CON EQUAZIONI DI EQUILIBRIO

$$\begin{cases} N - W \cos \alpha = 0 & (1) \\ -T + W \sin \alpha = m \cdot a & (2) \\ \tilde{M} = I_{cm} \cdot \dot{\omega} & (3) \end{cases}$$

$w = \text{velocità angolare}$
 $v = w \cdot R \rightarrow w = v/R$
 $a = \dot{w} \cdot R \rightarrow \dot{w} = a/R$



$$3) \begin{cases} T \cdot R = I_{cm} \cdot \dot{\omega} \Rightarrow \begin{cases} T = I_{cm} \cdot \frac{\dot{\omega}}{R} = \frac{2}{5} \frac{W}{g} \cdot R^2 \cdot \frac{a}{R} \cdot \frac{1}{R} \\ -\frac{2}{5} \frac{W}{g} \frac{a}{g} + W \sin \alpha = W \cdot \frac{a}{g} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} T = \frac{2}{5} W \frac{a}{g} \\ a = \frac{5}{7} g \sin \alpha \end{cases} \end{cases}$$

$$v^2 = v_0^2 + 2al \quad v = \sqrt{2 \cdot a \cdot l} = \sqrt{\frac{10}{7} g l \sin \alpha} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{10}{7} g h}$$

Voglio sapere T_{min} affinché si inizi a rotolamento

$$T_{min} = \frac{2}{5} W \frac{a}{g} \quad a = \frac{5}{7} g \sin \alpha \Rightarrow T_{min} = \frac{2}{5} \cdot \frac{W}{g} \cdot \frac{5}{7} g \sin \alpha = \frac{2}{7} W \sin \alpha = \frac{2}{5}$$

$T_{min} = \frac{2}{7} m g \sin \alpha = m g \cos \alpha \tan \phi = T F$ attrito necessario affinché si inizi a rotolamento
 ovvero $\tan \phi > \frac{2}{7} \tan \alpha$ o no fenomeno rotolamento o no scivolamento

2) RISOLVO CON BILANCIO ENERGETICO

$$E_{pot} = m g h$$

$$E_{cin} = \frac{1}{2} m v^2 + \frac{1}{2} I \omega^2$$

vel. lineare rotazione
scivolamento

$$E_{pot} = E_{cin}$$

$$m g h = \frac{1}{2} m v^2 + \frac{1}{2} I_{cm} \omega^2$$

$$\frac{W}{g} g h = \frac{1}{2} \frac{W}{g} v^2 + \frac{1}{2} \frac{2}{5} \frac{W}{g} R^2 \cdot \frac{v^2}{R^2}$$

$$h = \frac{1}{2} \frac{v^2}{g} + \frac{1}{5} \frac{v^2}{g} = \frac{7}{10} \frac{v^2}{g}$$

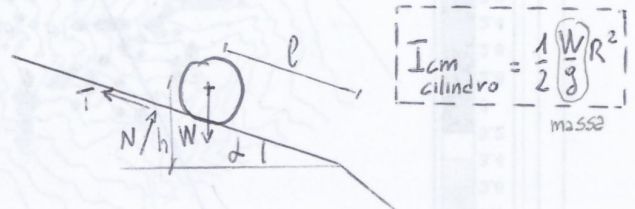
$$v = \sqrt{\frac{10}{7} g h}$$

Esercizio - Cilindro che rotola

1) RISOLVO CON EQUAZIONI DI EQUILIBRIO

$$\begin{cases} N - W \cos \alpha = 0 & (1) \\ -T + W \sin \alpha = m \cdot a & (2) \\ \tilde{M} = I_{cm} \cdot \dot{\omega} & (3) \end{cases}$$

$v = w \cdot R \quad w = v/R$
 $a = \dot{w} \cdot R \quad \dot{w} = a/R$



$$3) T \cdot R = \frac{m R^2}{2} \cdot \frac{a}{R} \Rightarrow T = \frac{m \cdot a}{2} = \frac{W}{g} \cdot \frac{a}{2}$$

$$2) -\frac{W}{g} \frac{a}{2} + W \sin \alpha = \frac{W}{g} a \Rightarrow a = \frac{2}{3} g \sin \alpha$$

$$v^2 = v_0^2 + 2 \cdot a \cdot l \Rightarrow v = \sqrt{2 \cdot a \cdot l} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{4}{3} g l \sin \alpha} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{4}{3} g h}$$

SCIROLAMENTO TRASLAZIONALE - PENDIO INDEFINITO

ESERCIZIO 1

$\phi \neq 0$
 $c' \neq 0$ } Materiale coesivo e attrittivo

Ricavare F_s (usando tanziomi $\sigma - \tau$)

$$\tau_f = c' + \sigma' \tan \phi$$

$$F_s = \frac{\tau_f}{\tau}$$

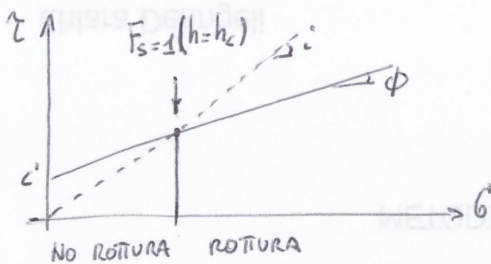
$$\tau = \frac{T}{A} = \frac{W \sin i}{\frac{b}{\cos i}} = \frac{b \cdot h \cdot \gamma \cdot \sin i \cdot \cos i}{b} = \gamma h \sin i \cos i$$

$$\sigma' = \frac{N'}{A} = \frac{W \cos i}{\frac{b}{\cos i}} = \frac{b \cdot h \cdot \gamma' \cdot \cos^2 i}{b} = \gamma' h \cos^2 i$$

$$\tau_f = c' + \gamma' h \cos^2 i \cdot \tan \phi$$

$$F_s = \frac{c' + \gamma' h \cos^2 i \tan \phi}{\gamma h \sin i \cos i}$$

Se impongo $F_s = 1$ posso trovare $h_{critica}$ (profondità critica al di sotto della quale non instabilità) il materiale è stabile per un' inclinazione + grande di quella che compete al caso del materiale solo attrittivo fino ad un certo valore di σ'



Sono sotto l'inviluppo di rottura

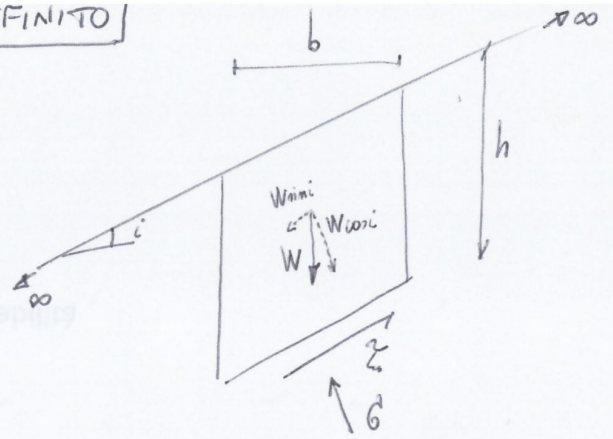
$$1 = \frac{c' + \gamma' h \cos^2 i \tan \phi}{\gamma h \sin i \cos i}$$

$$\gamma h \sin i \cos i = c' + \gamma' h \cos^2 i \tan \phi$$

$$\gamma h \sin i \cos i - \gamma' h \cos^2 i \tan \phi = c'$$

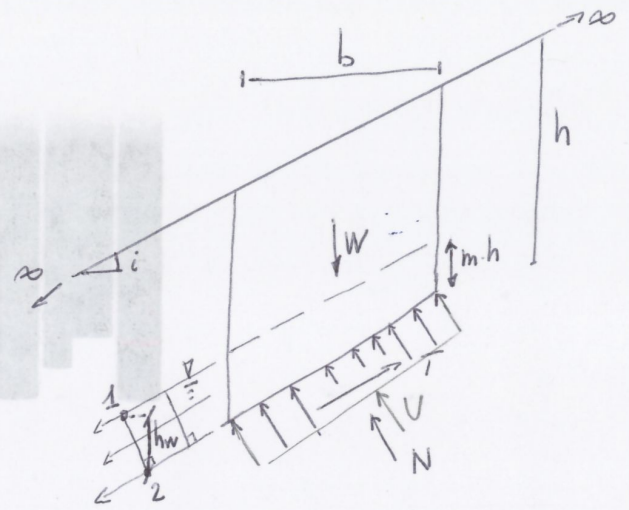
$$h (\gamma \sin i \cos i - \gamma' \cos^2 i \tan \phi) = c'$$

$$h_c = \frac{c'}{(\gamma \sin i \cos i - \gamma' \cos^2 i \tan \phi)}$$



ESERCIZIO 3 - PENDIO INDEFINITO

$i = 20^\circ$
 $\phi = 30^\circ$
 $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$
 $\gamma_w = 9,81 \text{ kN/m}^3$



$F_s = 1 \rightarrow$ colabore m?
 Colabore F_s ?

Secondo Bernoulli si ha:

$$z_1 + \frac{u_1^2}{2g} + \frac{u_2^2}{2g} = z_2 + \frac{u_2^2}{2g} + \frac{u_3^2}{2g}$$

$$u_2 = \gamma_w(z_1 - z_2) = \gamma_w \cdot m \cdot h \cdot \cos^2 i \rightarrow U = u_2 \cdot \frac{b}{\cos i} = \frac{\gamma_w \cdot b \cdot m \cdot h \cdot \cos^2 i}{\cos i} = \gamma_w \cdot b \cdot m \cdot h \cdot \cos i$$

$$T = W \sin i = \gamma \cdot b \cdot h \cdot \sin i \quad N = W \cos i - U = \gamma \cdot b \cdot h \cdot \cos i - \gamma_w \cdot b \cdot m \cdot h \cdot \cos i$$

$$\frac{T}{N} = \frac{\gamma \cdot b \cdot h \cdot \sin i}{\gamma \cdot b \cdot h \cdot \cos i - \gamma_w \cdot b \cdot m \cdot h \cdot \cos i} = \frac{\gamma \sin i}{\gamma \cos i - \gamma_w \cdot m \cdot \cos i} = \frac{\gamma \sin i}{\cos i (\gamma - \gamma_w m)} = \frac{\gamma}{\gamma - \gamma_w m} \cdot \tan i$$

$$\frac{T}{N} = \tan \phi$$

$$F_s = \frac{\tan \phi}{\tan i} \cdot \frac{\gamma - m \gamma_w}{\gamma}$$

Considerando $F_s = 1$ si ha:

$$1 = \frac{\tan \phi}{\tan i} \cdot \frac{(\gamma - m \gamma_w)}{\gamma}$$

$$\frac{\gamma \tan i}{\tan \phi} = \gamma - m \gamma_w \rightarrow \frac{\gamma \tan i}{\tan \phi} + \gamma = + m \gamma_w \rightarrow m = \left(\gamma - \frac{\gamma \tan i}{\tan \phi} \right) \cdot \frac{1}{\gamma_w} = 0,753$$

Final Fix Hair Spray	150 ml	€ 17'00	30%	€ 14'80
Final Fix Hair Spray	400 ml	€ 18'00	30%	€ 15'60
Smooth & Finish Serum	30 ml	€ 18'00	30%	€ 15'60
Final Shine Spray	100 ml	€ 18'00	30%	€ 15'60
Foot Lift Spray	100 ml	€ 18'00	30%	€ 15'60
Total Volume Foam	500 ml	€ 30'00	30%	€ 24'00
Cut Hold Spray	150 ml	€ 18'00	30%	€ 15'60
Straight & Tame Cream	150 ml	€ 18'00	30%	€ 15'60
Straight & Smooth Spray (MC)	150 ml	€ 18'00	30%	€ 15'60
Straight & Smooth Spray (MF)	150 ml	€ 18'00	30%	€ 15'60
Heat Protector Spray	150 ml	€ 18'00	30%	€ 15'60

ESERCIZIO - SCIVOLAMENTO PLANARE

$\psi_F = 90^\circ$

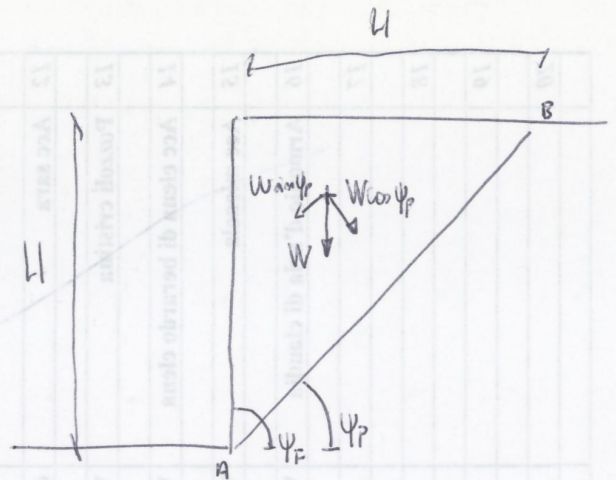
$\psi_P = 45^\circ$

$\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$

$c = 40 \text{ kPa}$

$\phi = 35^\circ$

$F_s = 1$ quanto vale $H_{critica}$?



$W = \gamma \cdot \frac{H^2}{2}$ $A = AB = \sqrt{H^2 + L^2} = H\sqrt{2}$

$F_s = \frac{c \cdot A + W \cos \psi_P \tan \phi}{W \sin \psi_P} = \frac{c H \sqrt{2} + \gamma \frac{H^2}{2} \cos \psi_P \tan \phi}{\gamma \frac{H^2}{2} \sin \psi_P}$

$1 = \frac{c \sqrt{2} + \gamma \frac{H}{2} \cos \psi_P \tan \phi}{\gamma \frac{H}{2} \sin \psi_P} \rightarrow \gamma \frac{H}{2} \sin \psi_P - 2c \sqrt{2} = \gamma \frac{H}{2} \cos \psi_P \tan \phi$

$\gamma H \sin \psi_P - \gamma H \cos \psi_P \tan \phi = 2c \sqrt{2}$

$H(\gamma \sin \psi_P - \gamma \cos \psi_P \tan \phi) = 2c \sqrt{2}$

$H = \frac{2c \sqrt{2}}{\gamma \sin \psi_P - \gamma \cos \psi_P \tan \phi} = \frac{113,14}{5,088} = 22,24$

ESERCIZIO 1

$H = 30 \text{ m}$

$\gamma = 27 \text{ kN/m}^3$

$\phi_r = 35^\circ$

$\phi_p = 38^\circ$

Calcolare $F_{SRESIDUA}$, F_{SPICCO} , $F_{SBARTON}$?

$F_{SRESIDUA} = \frac{W \cos \phi_p \tan \phi}{W \sin \phi_p} = 0,70$

$F_{SPICCO} = \frac{cA + W \cos \phi_p \tan \phi}{W \sin \phi_p} = 0,98$

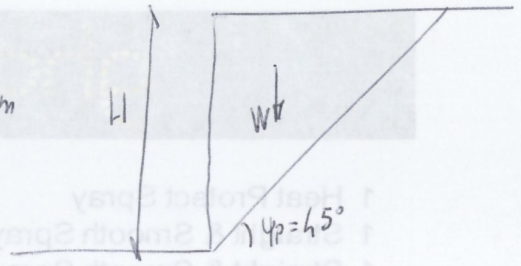
$F_{SBARTON} \rightarrow \tau = 6 \tan \left[\phi_r + \text{SRC} \log_{10} \frac{\text{JCS}}{6} \right] = 0,2024 \text{ MPa}$

$G = \frac{N}{A} = \frac{W \cos \phi_p}{LH\sqrt{2}} = 202,5 \text{ kN/m}^2 = 0,2025 \text{ MPa}$

$F_{SBARTON} = \frac{\tau}{\tau_{lim}} = \frac{0,2024}{0,2025} = 0,99$

$W = \gamma \frac{H^2}{2} = 12150 \text{ kN}$

$A = LH\sqrt{2} = 30\sqrt{2} = 42,42 \text{ m}$



$\tau_{lim} = \frac{W \sin \phi_p}{A} = 202,5 \text{ kN/m}^2 = 0,2025 \text{ MPa}$

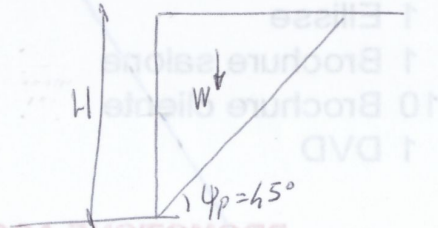
ESERCIZIO 2

$H = 10 \text{ m}$

$F_{SRESIDUA} = 0,70$

$F_{SPICCO} = 1,37$

$F_{SBARTON} = \frac{\tau}{\tau_{lim}} = 1,07$ $\tau = 0,07226 \text{ MPa}$ $G = \tau_{lim} = 67,51 \text{ kPa}$
 $\tau_{lim} = 0,0675 \text{ MPa}$



ESERCIZIO 3 - 4

$H = 30 \text{ m}$

$L_1 = H / \cos 30 = 34,64 \text{ m}$

$L_2 = 42,42 = H / \cos 45^\circ$

$A = L_1 \cdot L_2 \cdot \sin 15 \cdot \frac{1}{2} = 190,16 \text{ m}^2$

$W = A \cdot \gamma = 5134,27 \text{ kN}$

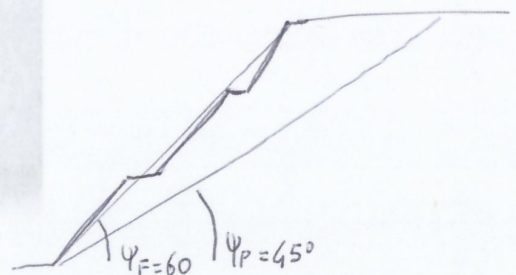
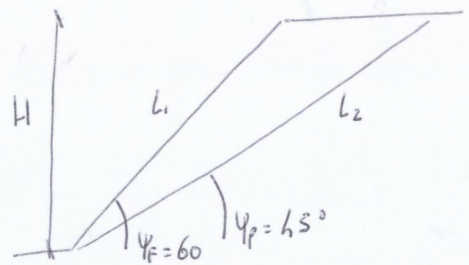
$F_{SRESIDUA} = 0,70$

$F_{SPICCO} = 1,25$

$F_{SBARTON} = \frac{\tau}{\tau_{lim}} = 1,06$

$\tau = 0,03043 \text{ MPa}$

$G = \tau_{lim} = 0,08558 \text{ MPa}$



ESERCIZIO ESAME

$\gamma = 27 \text{ kN/m}^3$

$\phi = 30^\circ$

$c = 5 \text{ kPa}$

$H = 10 \text{ m}$

$F_s = ?$

$F_s = 1,5$ quanto vale h_w ?

$AC = H / \sin 60^\circ = 11,55 \text{ m}$

$AB = H / \sin 30^\circ = 20 \text{ m}$

$A_{\text{area}} = AB \cdot AC \cdot \sin 30^\circ \cdot \frac{1}{2} = 57,75 \text{ m}^2$

$W = \gamma \cdot A_{\text{area}} = 1559,25 \text{ m}$

$F_s = \frac{W \cos \phi_p \cdot \tan \phi + cA}{W \sin \phi_p} = 1,13$

$u_w = h_w \cdot \gamma_w$

$U = u_w \cdot AD = u_w \cdot \frac{h_w}{\sin 60} = h_w^2 \cdot \gamma_w \cdot \frac{1}{\sin 60} \cdot \frac{1}{2}$

$U_{\perp} = U \cdot \cos 30^\circ = h_w^2 \cdot \gamma_w \cdot \frac{\cos 30}{\sin 60} \cdot \frac{1}{2}$

$U_{\parallel} = U \cdot \sin 30^\circ = h_w^2 \cdot \gamma_w \cdot \frac{\sin 30}{\sin 60} = h_w^2 \cdot \gamma_w \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{\sin 60} \cdot \frac{1}{2}$

$F_s = \frac{cA + (W \cos \phi_p + U_{\perp}) \tan \phi}{W \sin \phi_p - U_{\parallel}} = 1,5 \rightarrow \frac{100 + (1350,35 + h_w^2 \cdot \gamma_w) \tan \phi}{779,63 - h_w^2 \cdot \gamma_w \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{\sin 60}} = 1,5$

$1,5(779,63 - U_{\parallel}) = 100 + 779,63 + U_{\perp} \tan \phi$

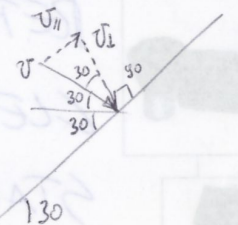
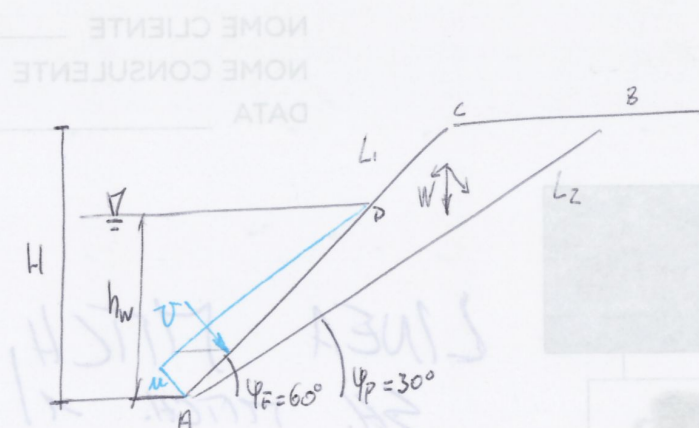
$1169,45 - \frac{3}{2} U_{\parallel} = 879,63 + U_{\perp} \tan \phi$

$1169,45 - 879,63 = 1,5 \left(h_w^2 \cdot \gamma_w \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{\sin 60} \right) + h_w^2 \cdot \gamma_w \cdot \tan \phi \cdot \frac{1}{2}$

$289,82 = h_w^2 \cdot \frac{8,49}{4,32} + \frac{5,66}{3,33} h_w^2$

$\rightarrow h_w = \sqrt{\frac{289,82}{11,15}} = 4,53 \text{ m}$

$U = 232,45 \text{ kN}$



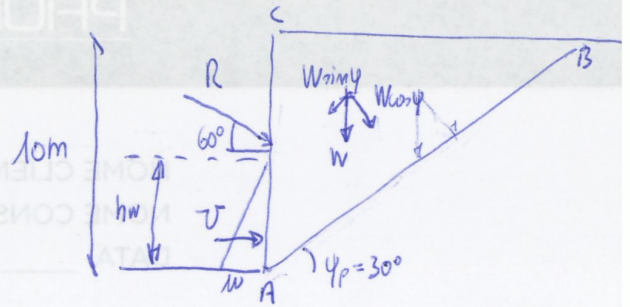
ESERCIZIO 1

1) Se $F_s = 1,5$ quanto vale R ?

2) $h_w = 5m$ di quanto va ridotta R

ph ottima $F_s = 1,5$

$\phi = 25^\circ$ $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$ $c = 10 \text{ kPa}$



$$F_s = \frac{c \cdot A + (W \cos \phi_p + R) \tan \phi}{W \sin \phi_p} = 1,5$$

$AB = A = \frac{10}{\sin 30} = 20 \text{ m}$ $A_{\text{area}} = AB \cdot AC \cdot \sin 60 \cdot \frac{1}{2} = 86,60 \text{ m}^2$

$W = A_{\text{area}} \cdot \gamma = 86,60 \cdot 25 = 2165 \text{ kN}$

$$\frac{200 + 874,3 + R \tan \phi}{1082,5} = 1,5 \quad R_n = \frac{1,5 \cdot 1082,5 - 200 - 874,3}{\tan \phi} = \frac{549,45}{\tan \phi} = 1178,30 \text{ kN}$$

$u_w = h_w \cdot \gamma_w = 49,05 \text{ kN/m}^2$ $U = u_w \cdot h_w \cdot \frac{1}{2} = 122,63 \text{ kN}$

$U_{\perp} = U \cdot \sin 30 = 61,32 \text{ kN}$ $U_{\parallel} = U \cos 30 = 106,20 \text{ kN}$

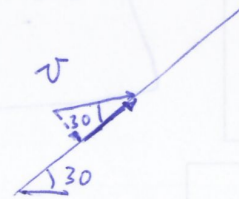
$$F_s = \frac{c \cdot A + (W \cos \phi_p + R + U_{\perp}) \tan \phi}{W \sin \phi_p - U_{\parallel}} = 1,5$$

$$\frac{c \cdot A + W \cos \phi \tan \phi + U_{\perp} \tan \phi + R \tan \phi}{W \sin \phi - U_{\parallel}} = 1,5$$

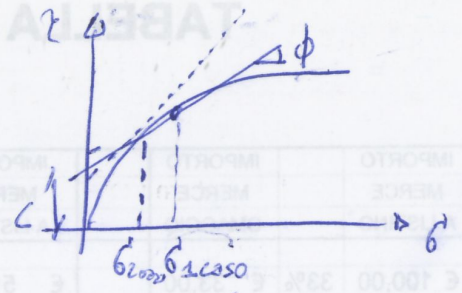
$$R \tan \phi = 1,5 (W \sin \phi - U_{\parallel}) - cA - W \cos \phi \tan \phi - U_{\perp} \tan \phi$$

$$R_u = \frac{1464,45 - 200 - 874,3 - 28,59}{\tan \phi} = \frac{361,56}{\tan \phi} = 775,37 \text{ kN}$$

$R_n - R_u = 1178,30 - 775,37 = 402,93 \text{ kN}$ Valore di cui R deve essere ridotta
 Va ridotta del 35% ($1178,30 : 100 = 402,93 : x$)

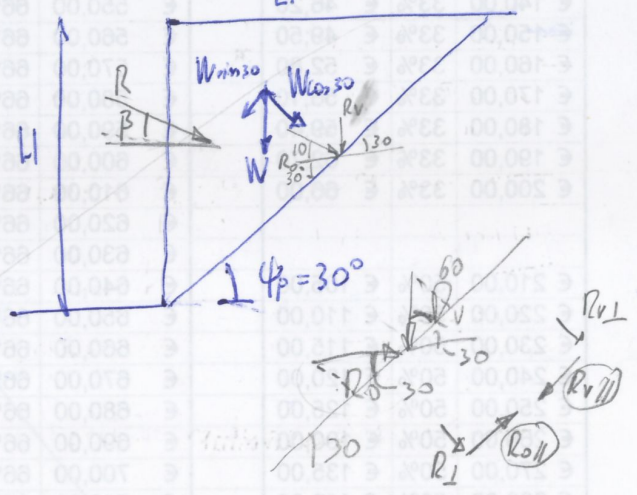


I parametri di c e ϕ sono stati presi considerando una tensione normale relativa al caso ① quindi ho una curva del tipo
 Nel 2° caso e 3-4° caso non sarebbe valido
 ma devi entrare nel grafico con σ' relativo al caso in esame e seguir poi l'andamento e
 nuovo $c_{2° caso}$ e $\phi_{2° caso}$



ESERCIZIO ESAME | 14/07/2010

$\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$ $H = 10 \text{ m}$
 $\phi = 30^\circ$ $L_1 = 17,32 \text{ m}$
 $\beta = 20^\circ$
 $|\vec{R}| = 100 \text{ kN}$ $R_v = R \cdot \sin 10 = 34,20$
 $R_o = R \cdot \cos 10 = 93,97$
 Calcolare F_s ?



$$W = \gamma \cdot A = 25 \cdot \frac{H \cdot L_1}{2} = 2165 \text{ kN}$$

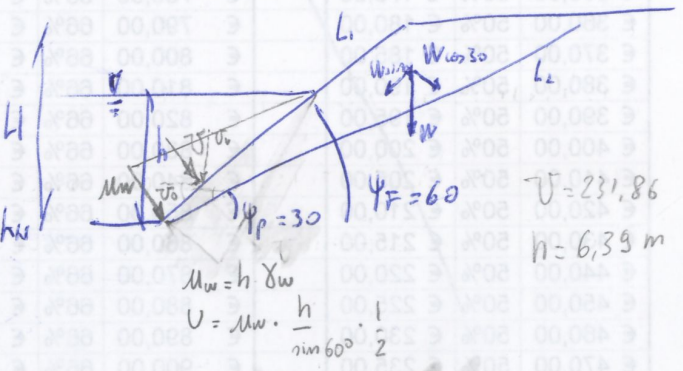
$$R_{//} = R_o \cdot \cos 30^\circ - R_v \cdot \sin 30^\circ = 64,28 \text{ kN}$$

$$R_{\perp} = R_o \cdot \sin 30^\circ + R_v \cdot \cos 30^\circ = 76,60 \text{ kN}$$

$$F_{s,r} = \frac{(W \cos 30 + R_{\perp}) \cdot \tan \phi}{W \sin 30 - R_{//}} = 1,11$$

ESERCIZIO ESAME

$\gamma = 27 \text{ kN/m}^3$ $L_1 = H / \sin 60 = 11,55 \text{ m}$
 $\phi = 30^\circ$ $L_2 = H / \sin 30 = 20 \text{ m}$
 $c = 5 \text{ kPa}$ $W = \gamma \cdot A = 27 \cdot \frac{L_1 \cdot L_2 \cdot \sin 30}{2} = 1559,25 \text{ kN}$
 $H = 10 \text{ m}$ $F_s = \frac{c \cdot A + W \cos 30 \cdot \tan \phi}{W \sin 30} = 1,13$
 F_s ?
 $F_s = 1,5 \rightarrow h?$
 $\sigma_v = \sigma \sin 30^\circ$ $\sigma_{\perp} = \sigma_o \cdot \sin 60^\circ + \sigma_v \cdot \sin 30^\circ = \sigma \cdot 0,75 + \sigma_{0,25} = \sigma$
 $\sigma_o = \sigma \cos 30^\circ$ $\sigma_{//} = \sigma_o \cdot \cos 30^\circ - \sigma_v \cdot \cos 30^\circ = \sigma \cdot 0,43 - \sigma_{0,43} = \sigma$



$U = 231,86$
 $h = 6,39 \text{ m}$

ESERCIZIO RIBALTAMENTO

Calcolare P_0

$\alpha = 30^\circ$

$\tan \alpha = \tan 30^\circ = 0,577$

Primo blocco a ribaltore 13°

$$\left(\frac{\Delta x}{y_n}\right)_{n=13} = \frac{1}{2,2} = 0,455 < \tan \alpha$$

$P_{n,13} = 0$ in quanto primo a ribaltore

$$P_{n-1,t} = \frac{P_n(M_n - \Delta x \tan \phi) + \frac{W_n}{2}(y_n \sin \alpha - \Delta x \cos \alpha)}{L_n} = \frac{5500}{2} \frac{(22 \sin 30 - 10 \cos 30)}{22} = 295,5 \text{ KN}$$

$$P_{n-1,s} = - \frac{W_n \cos \alpha \tan \phi - W_n \sin \alpha}{1 - \tan^2 \phi} = - \frac{5500 \cos 30 \tan 30 - 5500 \sin 30}{1 - 0,7855} = -2588,7 \text{ KN}$$

$P_{n-1,t} > P_{n-1,s} \rightarrow P_{n-1,t} = P_{n-1}$

Blocco 1: $P_n = -1485,1 = P_2$

$$P_{n,t} = P_0 = \frac{P_n(M_n - \Delta x \tan \phi) + \frac{W_n}{2}(y_n \sin \alpha - \Delta x \cos \alpha)}{L_n} = \frac{-1485,1 \cdot 4}{22} = -272,7 \text{ KN}$$

Sciro eq. equilibrio:

$$W \sin \alpha + P_n - P_0 = W \cos \alpha \tan \phi + P_n \tan^2 \phi \rightarrow P_0 = W(\sin \alpha - \cos \alpha \tan \phi) + P_n(1 - \tan^2 \phi)$$

~~Sciro eq. equilibrio:~~

$P_0 = 0,58 \text{ KN}$

In questo caso P_0 è considerato normale al blocco ma potrebbe anche essere inclinato quindi dovremmo sempre

Generico blocco

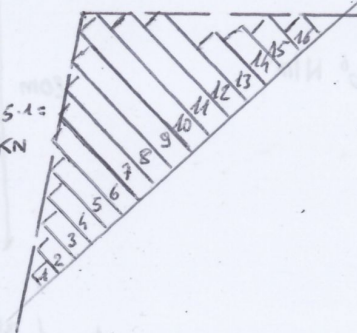
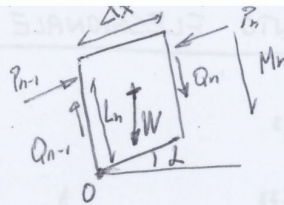
$\Delta x = 10 \text{ m}$

$\gamma = 25 \text{ KN/m}^3$

$\alpha = 30^\circ$

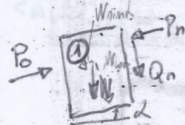
$\tan \phi = 0,7855$

$W_n = \Delta x \cdot \gamma_n \cdot \gamma = 10 \cdot 22 \cdot 25 \cdot 1 = 5500 \text{ KN}$

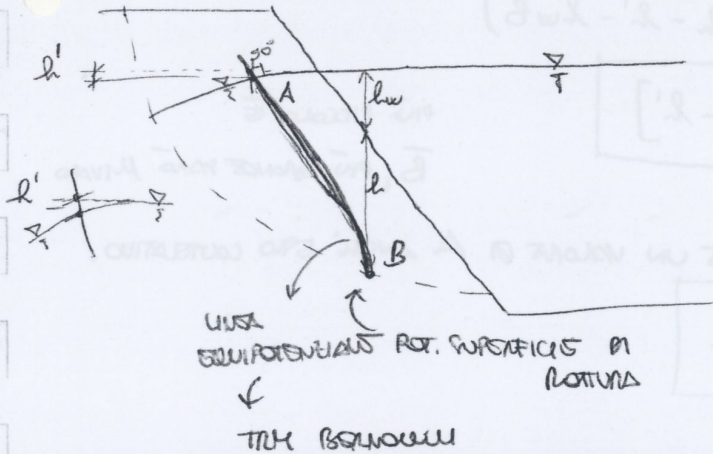


Ripetto

Sn/Rn mi da conto del fatto che si abbia stabilità Ribaltamento, Scivolamento



RAPIDO SVASO



h' = ALTEZZA TRA PISO URSALO E COSTA FADA
 h_w = PESO URSALO E FONDO
 h = PROF. FONDO E PUNTO COMPRESO

LINEA EQUIPOTENZIALI PER SUPERFICIE DI
 POTENZA
 TRAC. BERNOULLI

$$z_A + \frac{u_A^2}{2g} = z_B + \frac{u_B^2}{2g} \rightarrow u_B = (z_A - z_B) \gamma_w + u_A \cdot \gamma_w$$

SE FONDO z_B COST. MISURAMENTO

$$z_A = h_w + h - h'$$

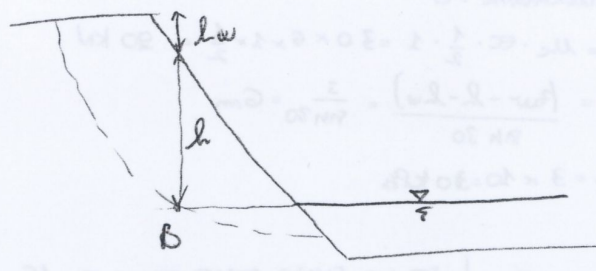
$$u_B = (h_w + h - h') \cdot \gamma_w =$$

PASSIONE INTENSITIVA IN B PUNTO DELLO SVASO

SE IL FONDO NON È MOLTO INCLINATO, POSSO APPROSSIMARE $v_1 \approx v_2$

$$v_{1B} = \gamma_w \cdot h_w + \gamma \cdot h$$

SE ORA SVASO FINO AL PUNTO B



ANTO UNA VARIABILE Δv_1 , TO ANONS USUA
 v_3 ANTO UNA VARIABILE Δv_3

$$\Delta u = B [\Delta v_3 + A (\Delta v_1 - \Delta v_3)]$$

$$/ \Delta v_1$$

$$\frac{\Delta u}{\Delta v_1} = \bar{B} = B \left[1 - (1-A) \left(1 - \frac{\Delta v_3}{\Delta v_1} \right) \right]$$

$$\Delta u = \bar{B} \cdot \Delta v_1 \quad \text{NOTI: } B, A, \Delta v_1 \neq \Delta v_3$$

* VOLTA LA TENSIONE UNITARIA AL VALORE DELLA TENSIONE

$$v_{1B \text{ SVASO}} = \gamma \cdot h$$

$$\Delta v_1 = v_{1B \text{ SVASO}} - v_{1B \text{ INCLINATO}} = \gamma \cdot h - \gamma_w \cdot h_w - \gamma \cdot h = -\gamma_w \cdot h_w$$

$$\Delta v_1 = -\gamma_w \cdot h_w \rightarrow \text{CORRENTO PIÙ NEGATIVA PERCHÉ HO SVASO}$$