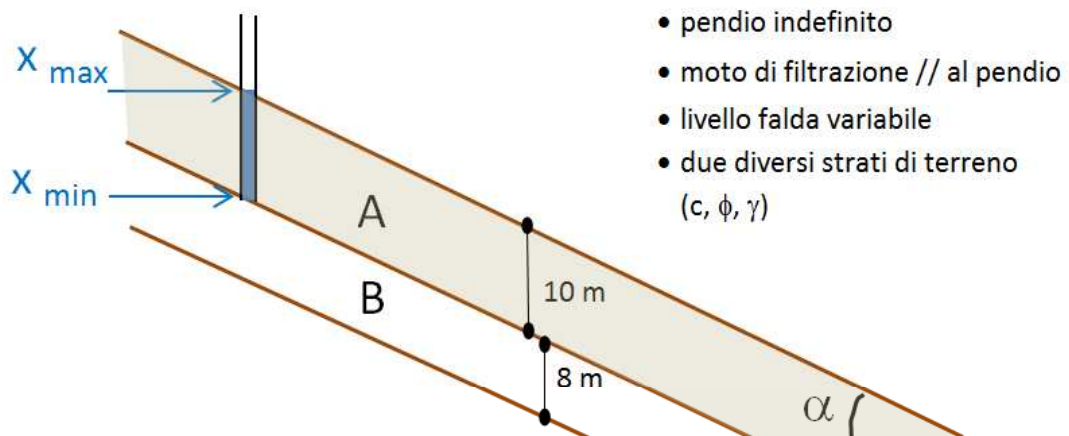


STABILITÀ
DEI
PENDII

ANALISI DI STABILITÀ DI UN PENDIO
(METODO EQUILIBRIO LIMITE - PENDIO INDEFINITO)

ESERCITAZIONE PER LA QUARTA PROVA DELL' ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE CIVILE E AMBIENTALE | Autore: Marina Roma



Il presente elaborato riporta lo svolgimento della prima traccia della quarta prova dell'esame di stato per l'abilitazione alla professione di ingegnere civile e ambientale capitata nella I sessione dell'anno 2014 e che consiste nel valutare la stabilità di un pendio indefinito al variare del livello di falda.

Precedono l'esercizio brevissimi richiami che giustificano - da un punto di vista teorico - l'utilizzo delle formule nell'esercitazione che segue. Nello specifico viene illustrato come valutare il coefficiente di sicurezza F per un pendio indefinito interessato da moto di filtrazione. Si utilizza il metodo dell'equilibrio limite per due diversi casi: falda al piano campagna e falda ad un livello inferiore; viene calcolato poi il livello critico della falda che comporta l'innescio della frana per il pendio esaminato, nonché la profondità della superficie di scivolamento per la quale ciò si verifica. Si espone, infine, il calcolo da fare per sapere che livello di falda non deve essere superato affinché sia garantito un determinato coefficiente di sicurezza F .

**ALLEGATO A1
ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE**

I SESSIONE 2014

IV PROVA SCRITTA (10/09/2014)

SEZIONE A

INGEGNERIA PER L'AMBIENTE E PER IL TERRITORIO

TRACCIA N. 1

Si consideri un pendio molto esteso, dotato di pendenza costante $\alpha = 25^\circ$.

La stratigrafia è caratterizzata da uno strato superiore (strato a) di terreno sabbio-limoso e uno strato inferiore (strato b) di argilla limosa sovraconsolidata. Sotto lo strato b si rinviene una formazione rocciosa, stabile. Le caratteristiche degli strati a e b sono le seguenti.

- Strato a: spessore 10,00 m, angolo d'attrito $\phi = 30^\circ$, coesione nulla.
- Strato b: spessore 8,00 m, angolo d'attrito $\phi = 18^\circ$, coesione $c = 110$ kPa.

Si precisa che i due strati suddetti hanno spessore costante e le loro superfici di separazione sono parallele al pendio.

Il pendio è interessato da un moto di filtrazione, parallelo al pendio stesso. Il livello della falda varia tra un valore minimo corrispondente alla superficie di separazione tra gli strati a e b ed un valore massimo corrispondente alla superficie del pendio.

Supponendo, per semplicità, che il peso dell'unità di volume γ del terreno sia costante (indipendentemente dal grado di saturazione) e pari a 20 kN/m^3 , si determinino, al variare della profondità d:

- il coefficiente di sicurezza con falda depressa al minimo previsto
- il coefficiente di sicurezza con falda al piano campagna

Nel caso eventuale in cui si determini una condizione di instabilità, si determinino inoltre:

- la profondità della falda per la quale si innesca il fenomeno franoso
- la profondità della superficie di scivolamento associata al suddetto livello di falda

Indice dell'esercitazione

RICHIAMI TEORICI: Pendio indefinito con MOTO DI FILTRAZIONE // AL PENDIO e FALDA SOTTO IL PIANO CAMPAGNA	3
SVOLGIMENTO DELL'ESERCIZIO	5
CALCOLO COEFFICIENTE DI SICUREZZA CON FALDA DEPRESSA AL MINIMO PREVISTO.....	6
CALCOLO COEFFICIENTE DI SICUREZZA CON FALDA AL PIANO CAMPAGNA	8
DETERMINAZIONE DEL LIVELLO DI FALDA PER IL QUALE SI MANIFESTA IL FENOMENO FRANOSO	9
DETERMINAZIONE DELLA PROFONDITA' DELLA SUPERFICIE DI SCIVOLAMENTO ASSOCIATA	10
E se venisse chiesto anche di quanto non deve salire il livello di falda per garantire un $F=1.3$? ..	11

CALCOLO COEFFICIENTE DI SICUREZZA CON FALDA DEPRESSA AL MINIMO PREVISTO

Proprietà del terreno	Coesione [kPa]	Angolo d'attrito		Spessore [m]
		[°]	[rad]	
Strato A (strato superiore)	0	30	0.524	10
Strato B (strato inferiore)	110	18	0.314	8

$\gamma =$	20	kN/m ³
$\gamma_w =$	10	kN/m ³
$\alpha =$	25	gradi
	0.436	radianti

Peso di volume del terreno

Peso di volume dell'acqua

Inclinazione del pendio

(da gradi a radianti: $\times 3.14 / 180$)

$x =$	10	m
-------	----	---

Profondità della falda dal p.c

Abbiamo detto che il pendio è interessato da un moto di filtrazione parallelo al pendio stesso. E che la formula risolutiva di F nel caso di falda variabile è:

$$F = \frac{\tau_{lim}}{\tau_{mob}} = \frac{c}{\gamma \cdot d \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha} + r_u \cdot \frac{\tan \phi}{\tan \alpha}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} c = \text{coesione} \\ \phi = \text{angolo d'attrito} \\ \gamma = \text{peso di volume terreno} \\ d = \text{profondità considerata} \end{array} \right.$$

Con $r_u =$
coefficiente
di riduzione

$$r_u = 1 - \frac{\gamma_w}{\gamma} \cdot \frac{d_w}{d}$$

(formula valida per gli strati al di sotto della falda; sopra $r_u = 1$)

$d_w = d - x$

con $d =$ generica profondità dal p.c; $x =$ livello falda

Suddividiamo quindi il pendio in strisce di spessore:

2 metri

e valutiamo il coefficiente di sicurezza F a diverse profondità d dal piano campagna.

Nel fare ciò consideriamo, in accordo con la formula scritta sopra, il contributo della coesione (primo termine della formula) e quello attritivo (secondo termine, quello moltiplicato per r_u).

Oss. È preferibile avere l'accortezza di inserire un "d" pari alla profondità alla quale si hanno variazioni delle proprietà meccaniche del terreno; in questo caso è venuto automaticamente, e va bene, ma se per esempio il passaggio tra gli strati a e b fosse stato a 10.5 m di profondità, sarebbe stato opportuno inserire tra 10 e 12 anche 10.5m

Per la profondità d corrispondente al passaggio tra i due strati, inoltre, consideriamo due righe, poiché questa superficie di confine rappresenta sia "la base" della porzione superiore di pendio, sia "la testa" della porzione inferiore di pendio.

E se venisse chiesto anche di quanto non deve salire il livello di falda per garantire un $F=1.3$?

Basta procedere in modo analogo al punto precedente, ponendo però in questo caso $F = 1.3$ (anziché $F=1$) nell'espressione di F :

$$F = \frac{\tau_{lim}}{\tau_{mob}} = \frac{c}{\gamma \cdot d \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha} + r_u \cdot \frac{\tan \phi}{\tan \alpha} \quad \text{e ricavare } r_u;$$

mettendo poi questo valore numerico nella:

$$r_u = 1 - \frac{\gamma_w}{\gamma} \cdot \frac{d_w}{d} \quad \text{si può calcolare l'altezza della colonna d'acqua sopra la superficie di}$$

scivolamento (d_w).

Facendo infine la differenza tra lo spessore della coltre interessata dal movimento franoso e d_w

$x = d - d_w$ si ottiene il limite che non deve oltrepassare la falda ai fini del rispetto del coefficiente di sicurezza fissato. Ciò può risultare utile, ad esempio, in fase di progettazione degli interventi di drenaggio di un pendio.