Prova di verifica parziale N. 1 – 20 Ott 2008

Esercizio 1

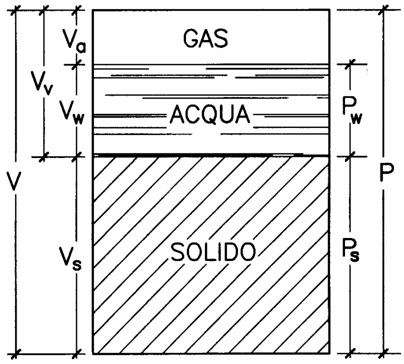
Nel suo stato naturale un campione di terreno umido di volume pari a 0.01 m^3 ha un peso di 18 kg. Lo stesso campione essiccato in stufa ha un peso di 15.6 kg. Noto il peso specifico dei grani $G_S = 2.71$, calcolare:

1) il contenuto d'acqua naturale w (%)
2) il peso dell'unità di volume naturale γ
3) il peso dell'unità di volume secco γ_d
4) l'indice dei vuoti e
5) la porosità n
6) il grado di saturazione S

I risultati 2) e 3) devono essere dati in t/m^3, kN/m^3 e g/cm^3.

Soluzione

Con riferimento allo schema in figura sono noti:



Peso campione $P = 18$ kg

Peso solido $P_s = 15.6$ kg

Volume totale $V = 0.01\ m^3$

Peso specifico dei grani $G_s = \dfrac{\gamma_s}{\gamma_w} = 2.71$ (-)

Si assume inoltre noto il peso di volume dell'acqua
$\gamma_w = 1\ t/m^3$ (= 10 kN/m^3 = 1 g/cm^3 = 1000 kg/m^3)

1) Contenuto d'acqua naturale

$$w = \frac{\text{Peso acqua}}{\text{Peso solido}} = \frac{P_w}{P_s} = \frac{P - P_s}{P_s} = \frac{18 - 15.6}{15.6} = \frac{2.4}{15.6} = 15.4\,\%$$

2) Peso dell'unità di volume naturale

$$\gamma = \frac{\text{Peso campione}}{\text{Volume totale}} = \frac{P}{V} = \frac{18}{0.01} = 1800\ kg/m^3 = 1.8\ t/m^3 = 18\ kN/m^3 = 1.8\ g/cm^3$$

3) Peso dell'unità di volume secco

$$\gamma_d = \frac{\text{Peso solido}}{\text{Volume totale}} = \frac{P_s}{V} = \frac{15.6}{0.01} = 1560\ kg/m^3 = 1.56\ t/m^3 = 15.6\ kN/m^3 = 1.56\ g/cm^3$$

4) Indice dei vuoti

$$e = \frac{\text{Volume vuoti}}{\text{Volume solidi}} = \frac{V_v}{V_s}$$

Utilizzando le relazioni $G_s = \dfrac{\gamma_s}{\gamma_w} = 2.71$ e $\gamma_s = \dfrac{\text{Peso solido}}{\text{Volume solido}} = \dfrac{P_s}{V_s}$ si possono ricavare V_s e V_v come:

$$V_s = \frac{P_s}{\gamma_s} = \frac{P_s}{\gamma_w \cdot G_s} = \frac{15.6}{1000 \cdot 2.71} = 0.00576\ m^3$$

$$V_v = V - V_s = 0.01 - 0.00576 = 0.00424\ m^3$$

L'indice dei vuoti e è quindi pari a:

$$e = \frac{0.00424}{0.00576} = 0.74$$

5) <u>Porosità</u>

$$n = \frac{\text{Volume vuoti}}{\text{Volume totale}} = \frac{V_v}{V} = \frac{0.00424}{0.01} = 0.42$$

6) <u>Grado di saturazione</u>

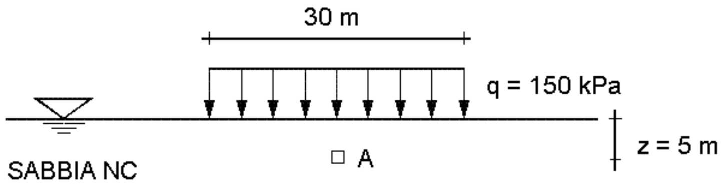
$$S = \frac{\text{Volume acqua}}{\text{Volume vuoti}} = \frac{V_w}{V_v}$$

Ricordando che $\gamma_w = \frac{\text{Peso acqua}}{\text{Volume acqua}} = \frac{P_w}{V_w}$ si può ricavare V_w come: $V_w = \frac{P_w}{\gamma_w} = \frac{2.4}{1000} = 0.0024 \text{ m}^3$

Il grado di saturazione S è quindi pari a:

$$S = \frac{0.0024}{0.00424} = 56.6\ \%$$

<u>Esercizio 2</u>



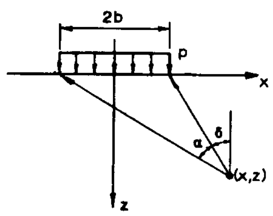
Un rilevato nastriforme di larghezza B = 30 m, che applica al terreno di fondazione un carico q = 150 kPa, viene costruito su un deposito di sabbia NC, avente peso di volume γ = 20 kN/m^3 e coefficiente di spinta a riposo K_0 (NC) = 0.5. Il livello della falda è coincidente con il piano campagna.
Dopo un certo tempo il rilevato viene completamente rimosso.
Per il punto A, posto sotto il centro del rilevato a profondità z = 5 m, calcolare:

1) tensioni totali ed efficaci (verticali e orizzontali) prima della costruzione del rilevato
2) tensioni totali ed efficaci (verticali e orizzontali) dopo la costruzione del rilevato
3) tensioni totali ed efficaci (verticali e orizzontali) dopo la rimozione del rilevato
4) grado di sovraconsolidazione OCR e K_0 dopo la rimozione del rilevato

Disegnare (sul piano p, p' – q) i percorsi di sollecitazione totali ed efficaci che rappresentano lo stato tensionale nel punto A prima della costruzione, dopo la costruzione e dopo la rimozione del rilevato.

NOTA: Per il calcolo degli incrementi di tensione σ_z e σ_x utilizzare le formule riportate nello schema qui in basso. Le formule di interesse sono quelle contrassegnate con la freccia. Nelle espressioni tra parentesi, (α + *sin* α) e (α - *sin* α), il primo valore di α va espresso in radianti.

TENSIONI INDOTTE DA CARICO NASTRIFORME



sotto il centro:

$$\sigma_z = \frac{p}{\pi}\left[\alpha + \sin\alpha \cos(\alpha+2\delta)\right] \quad ➡ \quad \sigma_z = \frac{p}{\pi}\left[\alpha + \sin\alpha\right]$$

$$\sigma_x = \frac{p}{\pi}\left[\alpha - \sin\alpha \cos(\alpha+2\delta)\right] \quad ➡ \quad \sigma_x = \frac{p}{\pi}\left[\alpha - \sin\alpha\right]$$

$$\sigma_y = \frac{2p}{\pi}\nu\alpha \qquad\qquad \sigma_y = \frac{2p}{\pi}\nu\alpha$$

➡ $\alpha = 2\, \textit{arctan}\, (b/z)$

Soluzione

1) Prima della costruzione del rilevato

Le tensioni iniziali sono le tensioni geostatiche. Il deposito è normalconsolidato. La pressione interstiziale è idrostatica.

$\sigma_{v0} = \gamma\ z$
$u = \gamma_w\ z$
$\sigma'_{v0} = \sigma_{v0} - u$
$\sigma'_{h0} = K_{0\,(NC)}\ \sigma'_{v0}$
$\sigma_{h0} = \sigma'_{h0} + u$

z (m)	σ_{v0} (kPa)	u (kPa)	σ'_{v0} (kPa)	σ'_{h0} (kPa)	σ_{h0} (kPa)
5	100	50	50	25	75

2) Dopo la costruzione del rilevato

Alle tensioni iniziali si sommano gli incrementi di tensione dovuti al carico applicato in superficie. Il deposito è sempre normalconsolidato. La pressione interstiziale resta invariata.

$\sigma_v = \sigma_{v0} + \Delta\sigma_v$
$\sigma_h = \sigma_{h0} + \Delta\sigma_h$
$u = \gamma_w\ z$
$\sigma'_v = \sigma_v - u$
$\sigma'_h = \sigma_h - u$

z (m)	α (rad)	$(\alpha+\sin\alpha)/\pi$ (-)	$(\alpha-\sin\alpha)/\pi$ (-)	$\Delta\sigma_v$ (kPa)	$\Delta\sigma_h$ (kPa)	σ_v (kPa)	σ_h (kPa)	u (kPa)	σ'_v (kPa)	σ'_h (kPa)
5	2.50	0.99	0.60	147.9	90.6	247.9	165.6	50	197.9	115.6

3) Dopo la rimozione del rilevato

La tensione verticale torna ad essere uguale al valore iniziale. Il deposito ora è sovraconsolidato, avendo sopportato in passato un carico maggiore rispetto a quello attuale ($\sigma'_{v\,max} = \sigma'_v$ Fase 2). La tensione orizzontale varia in ragione del nuovo valore di $K_{0\,(OC)}$. La pressione interstiziale resta invariata.

$$OCR = \frac{\sigma'_{v\,max}}{\sigma'_v}$$

$K_{0\,(OC)} = K_{0\,(NC)}\ OCR^{0.5}$
$\sigma_{v0} = \gamma\ z$
$u = \gamma_w\ z$
$\sigma'_{v0} = \sigma_{v0} - u$
$\sigma'_{h0} = K_{0\,(OC)}\ \sigma'_{v0}$
$\sigma'_h = \sigma_h - u$

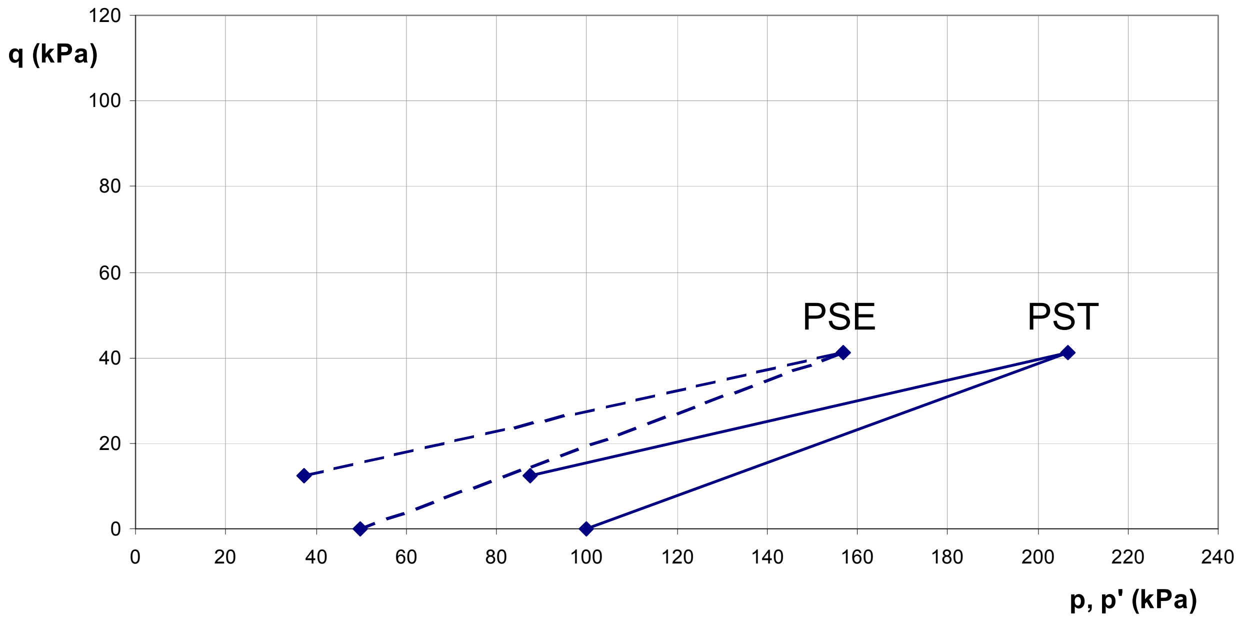
z (m)	σ_v (kPa)	u (kPa)	σ'_v (kPa)	$\sigma'_{v\,max}$ (kPa)	OCR (-)	$K_{0\,(OC)}$ (-)	σ'_h (kPa)	σ_h (kPa)
5	100	50	50	197.9	3.96	0.99	49.7	99.7

I percorsi di sollecitazione totali ed efficaci che rappresentano lo stato tensionale nel punto A prima della costruzione, dopo la costruzione e dopo la rimozione del rilevato, tracciati utilizzando i valori di p, p' – q calcolati per ciascuna fase, sono riportati nella figura seguente.

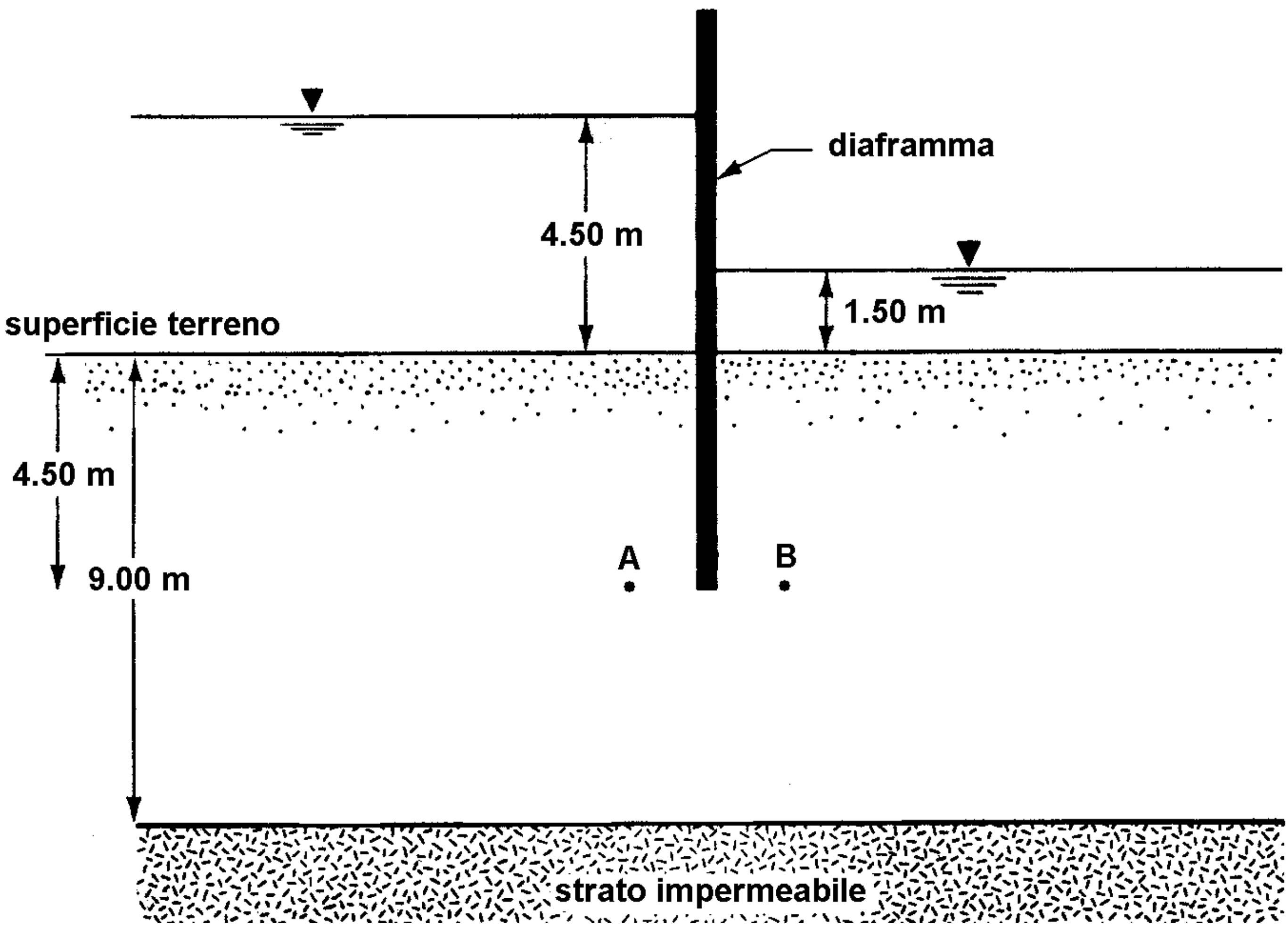
$$p = \frac{\sigma_v + \sigma_h}{2} \qquad p' = p - u$$

$$q = \frac{\sigma_v - \sigma_h}{2} \qquad q' = q$$

	p (kPa)	p' (kPa)	q (kPa)
prima della costruzione	87.5	37.5	12.5
dopo la costruzione	206.8	156.8	41.1
dopo la rimozione	99.9	49.9	0.1



<u>**Esercizio 3**</u>



Con riferimento allo schema in figura:

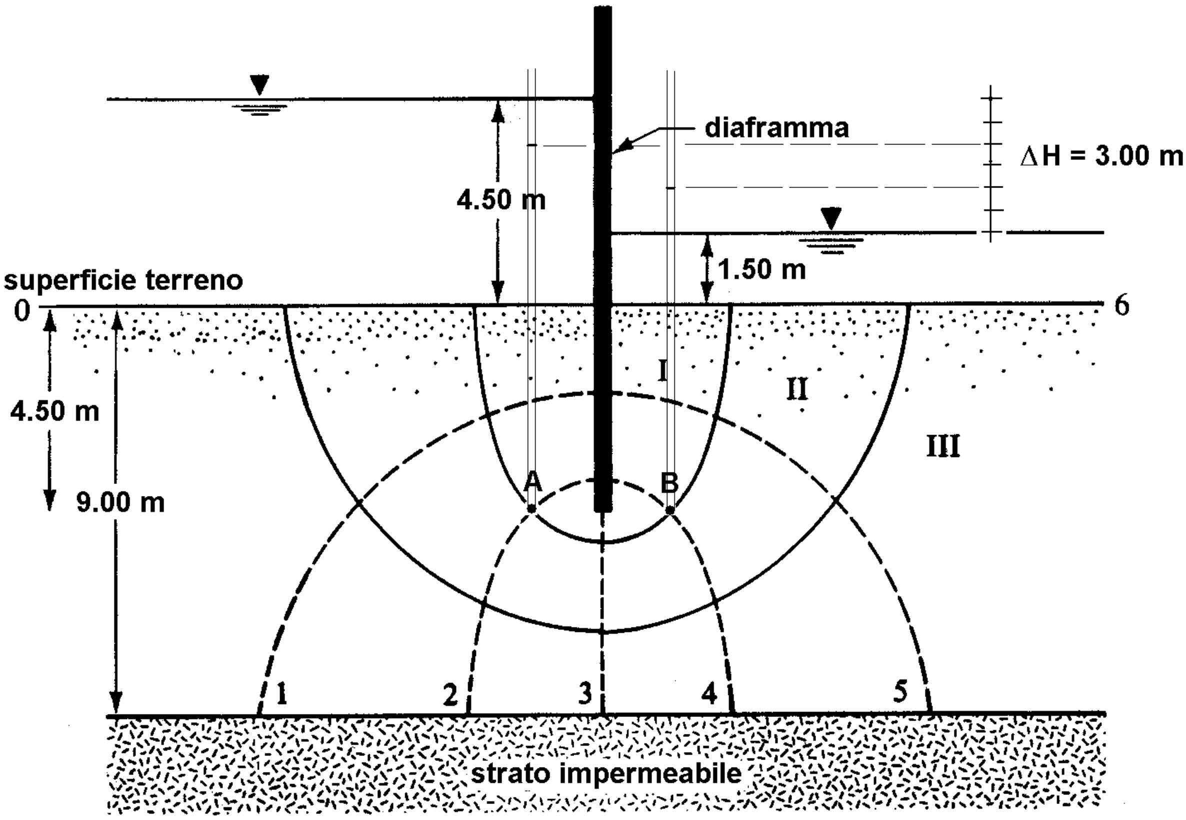
1) disegnare la rete di filtrazione
2) calcolare il valore della pressione neutra u nei punti A e B
3) disegnare la risalita dell'acqua in due piezometri posti nei punti A e B
4) calcolare la portata filtrante
5) verifica al sifonamento

Assumere per il terreno in esame peso di volume $\gamma = 18$ kN/m^3 e coefficiente di permeabilità $k = 5 \cdot 10^{-3}$ cm/s.

NOTA: Per il disegno della rete di filtrazione utilizzare il foglio con lo schema allegato a parte (da consegnare insieme agli altri fogli del compito).

Soluzione

1) Rete di filtrazione



2) Pressione neutra u nei punti A e B

- numero di salti equipotenziali: $n_e = 6$
- numero tubi di flusso: $n_f = 3$
- perdita di carico totale: $\Delta H = 3.00$ m
- perdita di carico in ciascun salto equipotenziale: $\Delta h = \Delta H/n_e = 3.00/6 = 0.50$ m

Assumendo come piano di riferimento z = 0 il tetto dello strato impermeabile:

- carico idraulico iniziale: $H_i = 13.50$ m
- carico idraulico finale: $H_f = 10.50$ m

Applicando la relazione di Bernoulli: $H = z + u/\gamma_w$

- carico idraulico in A: $H_A = H_i - 2 \cdot \Delta H/n_e = 13.50 - 2 \cdot 3.00/6 = 12.50$ m
- quota geometrica in A: $z_A = 4.50$ m
- pressione neutra in A: $u_A = \gamma_w (H_A - z_A) = 10 \cdot (12.50 - 4.50) = 80$ kPa

- carico idraulico in B: $H_B = H_i - 4 \cdot \Delta H/n_e = 13.50 - 4 \cdot 3.00/6 = 11.50$ m
- quota geometrica in B: $z_B = 4.50$ m
- pressione neutra in B: $u_B = \gamma_w (H_B - z_B) = 10 \cdot (11.50 - 4.50) = 70$ kPa

3) Risalita dell'acqua nei piezometri posti nei punti A e B

Vedi figura precedente.

4) Calcolo portata filtrante

$$q = \frac{n_f}{n} \cdot K \cdot \Delta H = \frac{3}{6} \cdot 5 \cdot 10^{-5} \cdot 3.00 = 7.5 \cdot 10^{-5}\ m^3/s$$ (per metro lineare di profondità)

5) Verifica al sifonamento

Il fattore di sicurezza al sifonamento può essere calcolato come: $Fs = \frac{i_{cr}}{i}$

dove il gradiente critico è pari a $i_{cr} = \frac{\gamma - \gamma_w}{\gamma_w} = \frac{18-10}{10} = 0.8$

Al denominatore va introdotto il gradiente idraulico effettivo i nel problema in esame.
Se si considera (in maniera semplificata) il gradiente idraulico medio:

$$i_{medio} = \frac{\Delta H}{L_{tot}} = \frac{3.00}{4.5+4.5} = 0.33 \qquad Fs = \frac{0.8}{0.33} = 2.40$$

Se si considera (più correttamente) il gradiente idraulico nella zona di sbocco al di sopra del piede del diaframma (ad es. ultimi ≈ 2.5 salti equipotenziali):

$$i = \frac{2.5 \cdot \Delta h}{L_{inf}} = \frac{2.5 \cdot 0.50}{4.5} = 0.28 \qquad Fs = \frac{0.8}{0.28} = 2.88$$