

Prova di verifica parziale N. 2 – 24 Nov 2008

Esercizio 1

Una prova triassiale CU è stata eseguita su tre provini preparati a partire da un campione indisturbato di argilla satura. Nella prima fase i tre provini sono stati consolidati rispettivamente ad una pressione (isotropa) $\sigma_3 = 2, 4$ e 6 kg/cm^2 . Nella seconda fase i tre provini sono stati portati a rottura in condizioni non drenate con velocità di deformazione 0.08 mm/min .

I risultati della seconda fase di prova sono riportati nelle tabelle seguenti, dove:

$(\sigma_1 - \sigma_3)$ = tensione deviatorica

u = pressione interstiziale (misurata)

ε = deformazione assiale (calcolata a partire dagli accorciamenti del provino sotto il carico assiale, misurati)

Provino 1 ($\sigma_3 = 2 \text{ kg/cm}^2$)		
$\sigma_1 - \sigma_3$ (kg/cm^2)	u (kg/cm^2)	ε (%)
0.84	0.09	0.50
1.12	0.31	1.06
1.32	0.55	2.02
1.41	0.77	3.08
1.465	1.00	5.45
1.466	1.01	6.00
1.467	1.05	6.55
1.473	1.07	7.11
1.42	1.09	9.21
1.40	1.13	10.55

Provino 2 ($\sigma_3 = 4 \text{ kg/cm}^2$)		
$\sigma_1 - \sigma_3$ (kg/cm^2)	u (kg/cm^2)	ε (%)
0.93	0.03	0.59
2.01	0.17	1.13
2.48	0.48	2.11
2.75	0.86	3.08
2.96	1.63	5.21
2.99	2.00	7.13
3.01	2.07	8.58
2.98	2.11	10.54
2.96	2.15	12.52
2.93	2.16	14.68
2.89	2.17	16.68

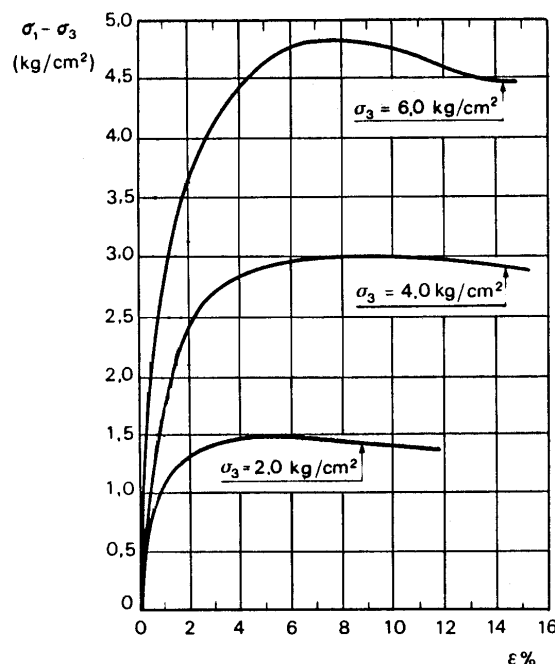
Provino 3 ($\sigma_3 = 6 \text{ kg/cm}^2$)		
$\sigma_1 - \sigma_3$ (kg/cm^2)	u (kg/cm^2)	ε (%)
2.37	0.12	0.46
2.94	0.22	0.92
3.63	0.53	1.77
4.10	0.96	2.70
4.59	2.08	4.63
4.68	2.64	5.84
4.71	3.16	8.17
4.68	3.25	9.42
4.61	3.32	10.91
4.54	3.38	12.66
4.52	3.44	14.64

Utilizzando tali risultati:

- 1) Costruire l'andamento delle curve sforzi-deformazioni per ciascun provino sul piano $(\sigma_1 - \sigma_3) - \varepsilon$.
- 2) Determinare i parametri di resistenza al taglio c', Φ' .

Soluzione

1) Le curve sforzi-deformazioni per ciascun provino sul piano $(\sigma_1 - \sigma_3) - \varepsilon$ sono riportate nella figura seguente.



2) Per determinare i parametri di resistenza al taglio c' , Φ' occorre individuare per ciascun provino il valore della tensione deviatorica a rottura $(\sigma_1 - \sigma_3)_f$, che coincide con il valore massimo misurato.

Da questo, conoscendo i valori di σ_3 e u_f , è possibile calcolare σ'_{1f} e σ'_{3f} e costruire i cerchi di Mohr a rottura in tensioni efficaci (piano $\sigma' - \tau$).

La retta tangente ai cerchi è la retta inviluppo di rottura, definita dall'equazione $\tau = c' + \sigma' \tan \Phi'$.

L'intercetta della retta sull'asse delle τ è la coesione c' , la pendenza della retta rispetto all'orizzontale è l'angolo di resistenza al taglio Φ' .

Provino 1

$$\sigma_3 = 2 \text{ kg/cm}^2$$

$$(\sigma_1 - \sigma_3)_f = 1.473 \text{ kg/cm}^2$$

$$u_f = 1.07 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{1f} = (\sigma_1 - \sigma_3)_f + \sigma_3 = 1.473 + 2 = 3.473 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma'_{1f} = \sigma_{1f} - u_f = 3.473 - 1.07 = 2.403 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma'_{3f} = \sigma_{3f} - u_f = 2 - 1.07 = 0.93 \text{ kg/cm}^2$$

Provino 2

$$\sigma_3 = 4 \text{ kg/cm}^2$$

$$(\sigma_1 - \sigma_3)_f = 3.01 \text{ kg/cm}^2$$

$$u_f = 2.07 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{1f} = (\sigma_1 - \sigma_3)_f + \sigma_3 = 3.01 + 4 = 7.01 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma'_{1f} = \sigma_{1f} - u_f = 7.01 - 2.07 = 4.94 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma'_{3f} = \sigma_{3f} - u_f = 4 - 2.07 = 1.93 \text{ kg/cm}^2$$

Provino 3

$$\sigma_3 = 6 \text{ kg/cm}^2$$

$$(\sigma_1 - \sigma_3)_f = 4.71 \text{ kg/cm}^2$$

$$u_f = 3.16 \text{ kg/cm}^2$$

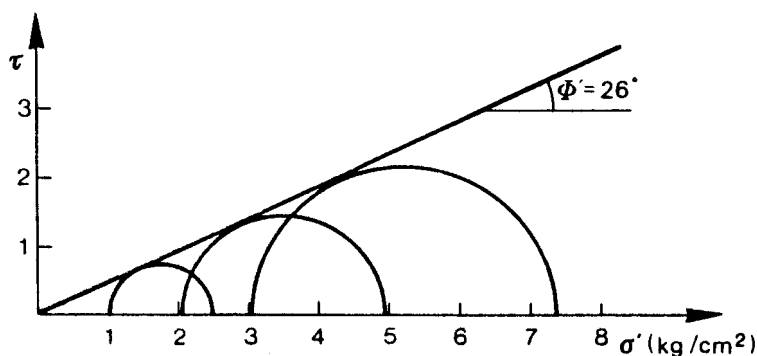
$$\sigma_{1f} = (\sigma_1 - \sigma_3)_f + \sigma_3 = 4.71 + 6 = 10.71 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma'_{1f} = \sigma_{1f} - u_f = 10.71 - 3.16 = 7.55 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma'_{3f} = \sigma_{3f} - u_f = 6 - 3.16 = 2.84 \text{ kg/cm}^2$$

I tre cerchi di Mohr a rottura in tensioni efficaci sono rappresentati nella figura seguente.

La retta inviluppo di rottura è una retta passante per l'origine ($c' = 0$) e inclinata rispetto all'orizzontale di un angolo $\Phi' = 26^\circ$.



Esercizio 2

Nella tabella seguente sono riportati i risultati di una prova edometrica eseguita su un provino di argilla.

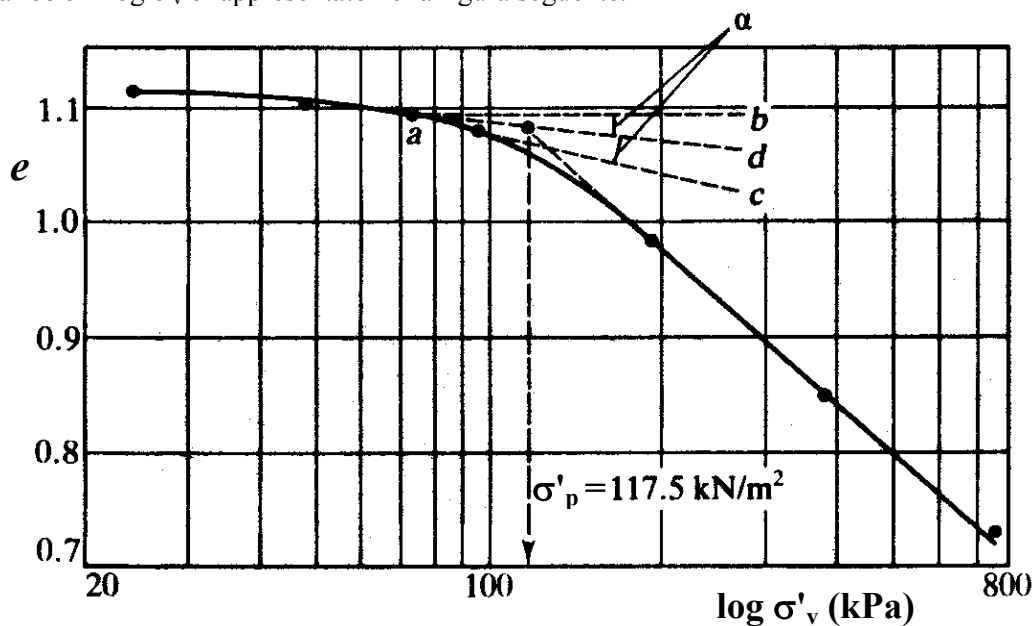
Tensione σ'_v (kPa)	Indice dei vuoti e
23.94	1.112
47.88	1.105
95.76	1.080
191.52	0.985
383.04	0.850
766.08	0.731

Utilizzando i dati in tabella:

- 1) Costruire il grafico $e - \log \sigma'_v$.
- 2) Determinare la pressione di preconsolidazione σ'_p .
- 3) Calcolare l'indice di compressione C_c .

Soluzione

1) Il grafico $e - \log \sigma'_v$ è rappresentato nella figura seguente.



2) La pressione di preconsolidazione, determinata mediante la costruzione illustrata in figura, risulta pari a $\sigma'_p = 117.5$ kPa.

3) L'indice di compressione C_c è definito come:

$$C_c = \frac{-\Delta e}{\Delta \log \sigma'_v}$$

Può essere ricavato dal grafico $e - \log \sigma'_v$ come pendenza del tratto di curva vergine. Ad es. considerando i due punti di coordinate:

$$\sigma'_{v2} = 500 \text{ kPa}, e_2 = 0.8$$

$$\sigma'_{v1} = 300 \text{ kPa}, e_1 = 0.9$$

si ottiene:

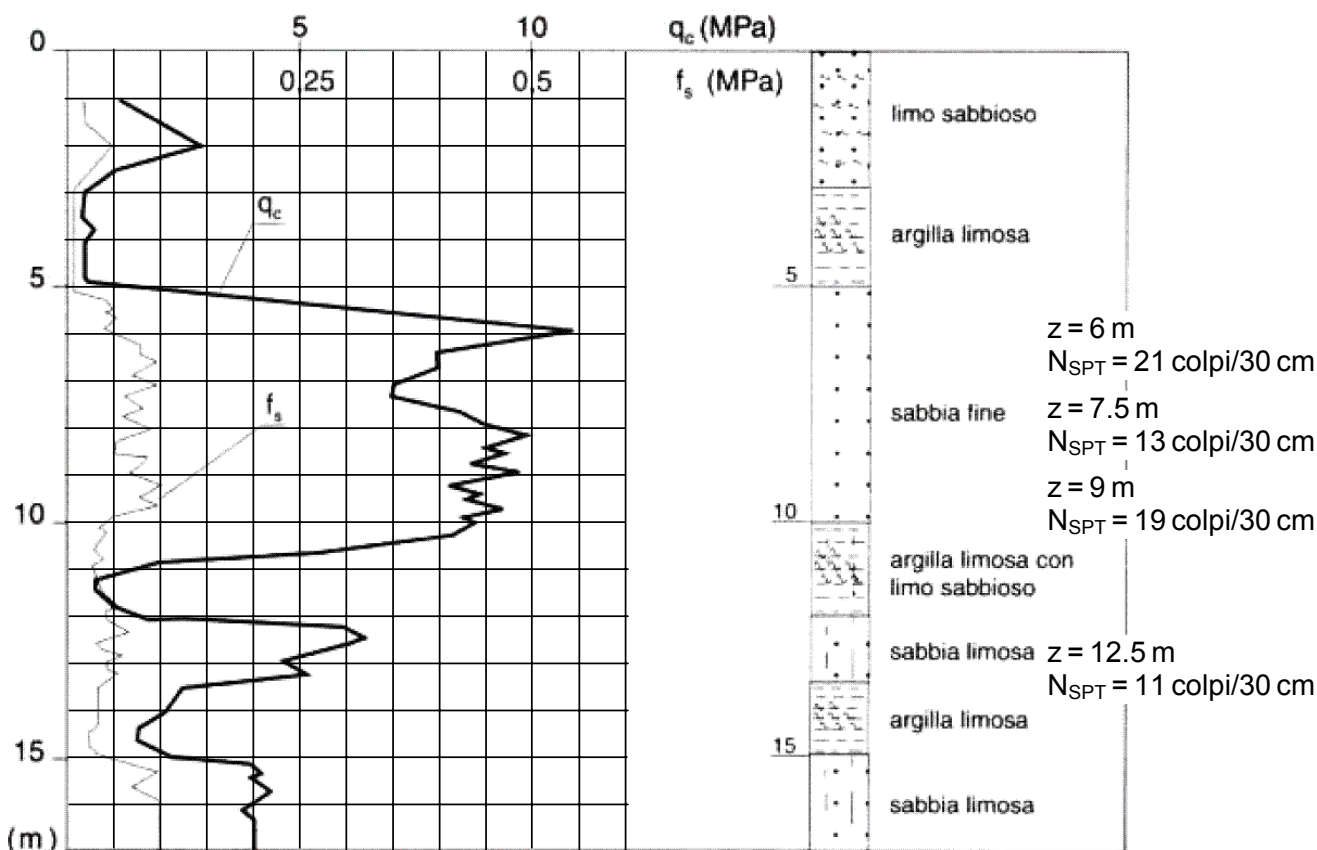
$$C_c = \frac{e_1 - e_2}{\log\left(\frac{\sigma'_{v2}}{\sigma'_{v1}}\right)} = \frac{0.9 - 0.8}{\log\left(\frac{500}{300}\right)} = 0.451$$

Esercizio 3

La figura seguente mostra i risultati di una prova penetrometrica statica (CPT), il profilo stratigrafico e i risultati di prove Standard Penetration Test (SPT) eseguite in un sondaggio adiacente in un deposito di terreno. Il livello della falda si trova a 2 m di profondità dal piano campagna.

Assumendo un peso di volume costante per tutti gli strati $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$ determinare:

- 1) Resistenza al taglio non drenata c_u negli strati argillosi alle profondità $z = 4 \text{ m}$, 11.5 m e 14.5 m .
- 2) Densità relativa D_R e angolo di resistenza al taglio Φ' negli strati sabbiosi alle profondità $z = 6 \text{ m}$, 7.5 m , 9 m e 12.5 m (usare i grafici allegati).



Soluzione

1) La resistenza al taglio non drenata c_u negli strati argillosi può essere ricavata dalla resistenza alla punta q_c della prova CPT utilizzando la relazione:

$$c_u = \frac{q_c - \sigma_{v0}}{N_k}$$

con $N_k =$ fattore di cono ($\approx 15-20$). Assumendo $N_k = 15$ si ottiene:

z (m)	q_c (MPa)	σ_{v0} (kPa)	c_u (kPa)
4	0.4	72	22
11.5	0.8	207	40
14.5	1.6	261	89

2) La densità relativa D_R negli strati sabbiosi può essere ricavata mediante correlazioni empiriche sia dalla prova CPT (resistenza alla punta q_c) che dalla prova SPT (numero di colpi N_{SPT}). Successivamente l'angolo di resistenza al taglio Φ' può essere ricavato mediante correlazioni che legano Φ' a D_R (in funzione del tipo di terreno).

Utilizzando i grafici allegati si ottiene:

z (m)	q _c (MPa)	N _{SPT} (colpi/30 cm)	σ'v0 (kPa)	D _R da CPT ¹ (%)	Φ' da CPT ² (°)	D _R da SPT ³ (%)	Φ' da SPT ⁴ (°)
6	10.9	21	68	76	39	80	39
7.5	7	13	80	61	37	60	36
9	9.5	19	92	68	37	70	38
12.5	6.3	11	120	52	35	50	35

¹ Da correlazione D_R – q_c Lancellotta (1983) – p_a = 100 kPa

² Da correlazione Φ' - D_R Schmertmann (1978) con D_R da CPT utilizzando la retta 1 "Sabbia fine uniforme"

³ Da correlazione D_R – N_{SPT} Gibbs & Holtz (1957) – p_a = 100 kPa

⁴ Da correlazione Φ' - D_R Schmertmann (1978) con D_R da SPT utilizzando la retta 1 "Sabbia fine uniforme"

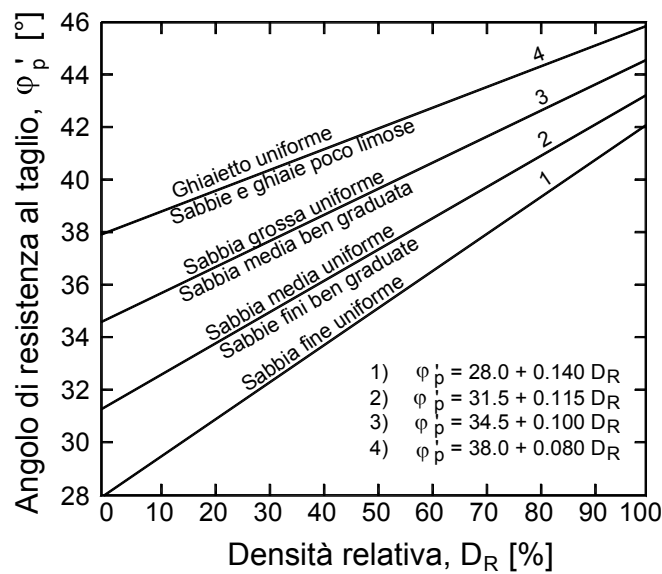


Grafico per ricavare Φ' (di picco) da D_R in sabbie e ghiaie (Schmertmann 1978)

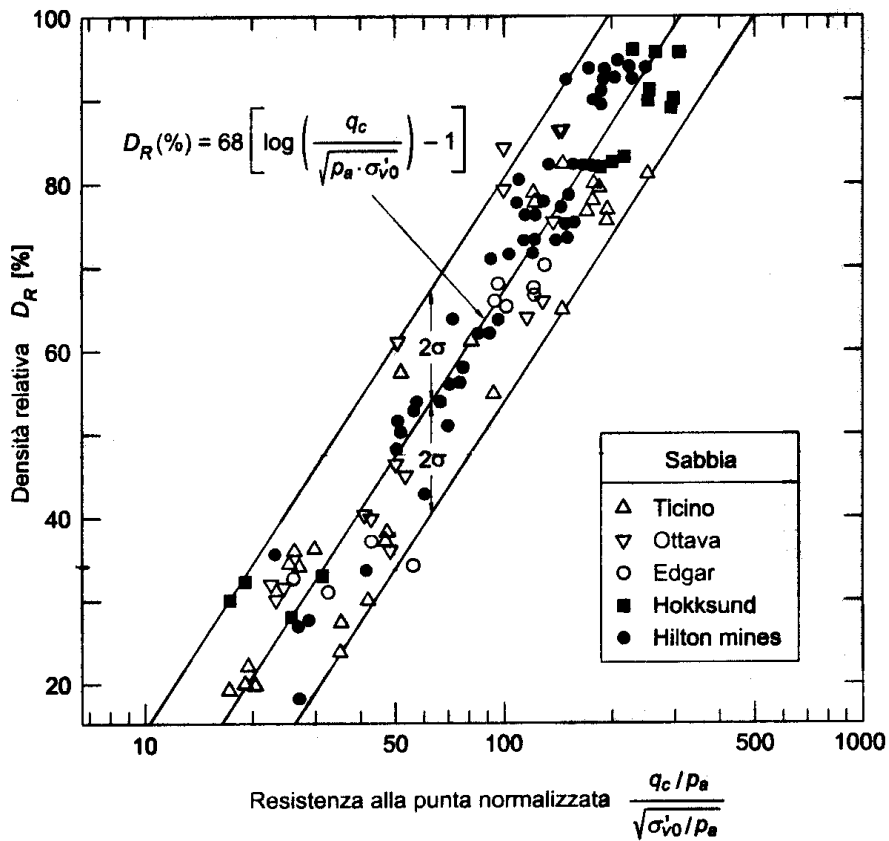


Grafico per ricavare D_R da q_c (CPT) in sabbie (Lancellotta 1983)

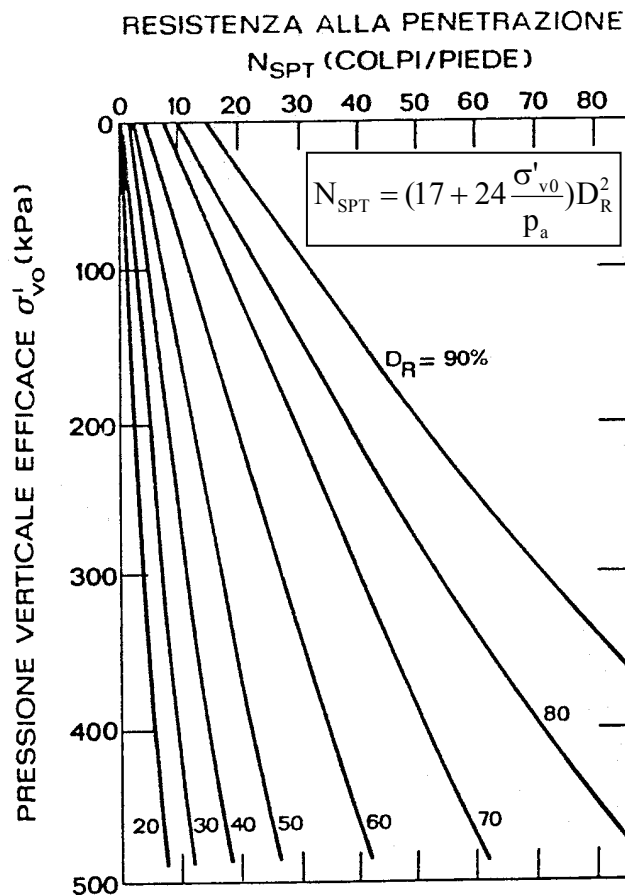


Grafico per ricavare D_R da N_{SPT} in sabbie (Gibbs & Holtz 1957)

NOTA: nei grafici p_a = pressione atmosferica (stesse unità di misura di σ'_{v0} – ad es. $p_a = 100$ kPa)