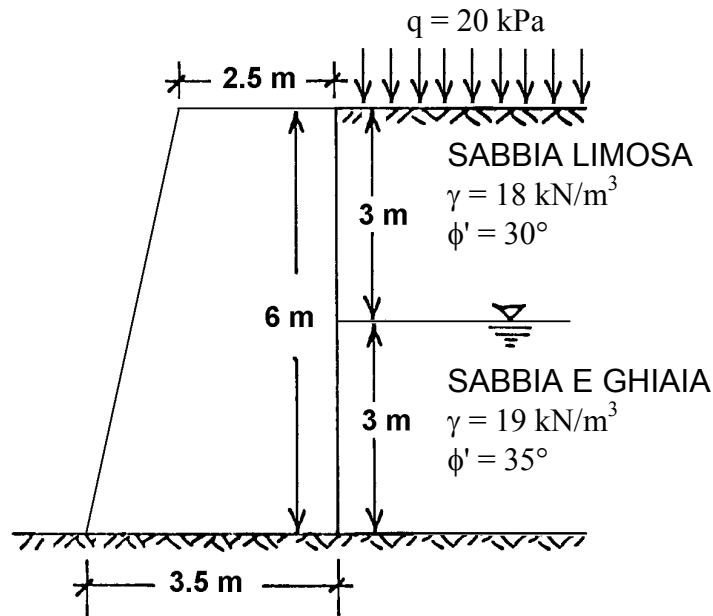


Prova di verifica parziale N. 3 – 17 Dic 2008

Esercizio 1



Con riferimento al muro di sostegno in figura calcolare:

- 1) Spinte sul muro.
- 2) Fattore di sicurezza alla traslazione orizzontale e al ribaltamento (assumere: angolo di attrito muro-terreno alla base $\delta_{\text{base muro}} = 24^\circ$, peso di volume muro $\gamma_{\text{muro}} = 24 \text{ kN/m}^3$).

Soluzione

1) Calcolo delle spinte sul muro

Le spinte sul muro possono essere calcolate con riferimento alla condizione di spinta attiva.

Per il muro in figura (paramento di monte verticale, superficie del terreno a monte orizzontale), trascurando ai fini del calcolo della spinta l'attrito tra paramento del muro e terreno, la spinta attiva può essere calcolata tramite la teoria di Rankine.

Il coefficiente di spinta attiva K_A è dato dall'espressione:

$$K_A = \tan^2(45^\circ - \Phi'/2)$$

La spinta totale agente sul muro (per terreni con coesione $c' = 0$) è data dall'espressione:

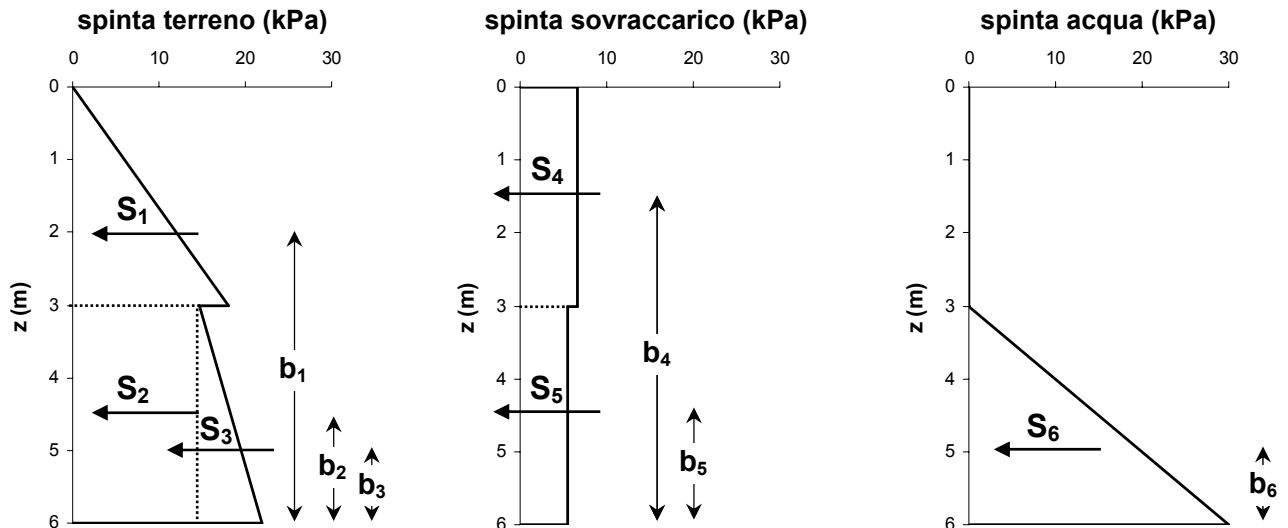
$$\sigma_h = K_A \cdot \sigma'_v + u = K_A (\gamma \cdot z - u) + K_A \cdot q + u$$

I risultati del calcolo sono riportati nella tabella seguente.

	K_A	z (m)	$\gamma \cdot z$ (kPa)	u (kPa)	$K_A (\gamma \cdot z - u)$ (kPa)	$K_A \cdot q$ (kPa)
sabbia limosa	0.333	0	0	0	0	6.67
		3	54	0	18	6.67
sabbia e ghiaia	0.271	3	54	0	14.63	5.42
		6	111	30	21.95	5.42

I diagrammi di spinta relativi al terreno, al sovraccarico e all'acqua sono illustrati nella figura seguente.

La risultante di ciascun diagramma di spinta è pari all'area del diagramma stesso.



$$S_1 = \frac{1}{2} \cdot 18 \cdot 3 = 27 \text{ kN/m}$$

$$S_2 = 14.63 \cdot 3 = 43.89 \text{ kN/m}$$

$$S_3 = \frac{1}{2} \cdot (21.95 - 14.63) \cdot 3 = 10.98 \text{ kN/m}$$

$$S_4 = 6.67 \cdot 3 = 20.01 \text{ kN/m}$$

$$S_5 = 5.42 \cdot 3 = 16.26 \text{ kN/m}$$

$$S_6 = \frac{1}{2} \cdot 30 \cdot 3 = 45 \text{ kN/m}$$

$$b_1 = 3 + \frac{1}{3} \cdot 3 = 4 \text{ m}$$

$$b_2 = \frac{1}{2} \cdot 3 = 1.5 \text{ m}$$

$$b_3 = \frac{1}{3} \cdot 3 = 1 \text{ m}$$

$$b_4 = 3 + \frac{1}{2} \cdot 3 = 4.5 \text{ m}$$

$$b_5 = \frac{1}{2} \cdot 3 = 1.5 \text{ m}$$

$$b_6 = \frac{1}{3} \cdot 3 = 1 \text{ m}$$

2) Verifiche di stabilità

– Calcolo peso proprio e posizione baricentro del muro

Area muro

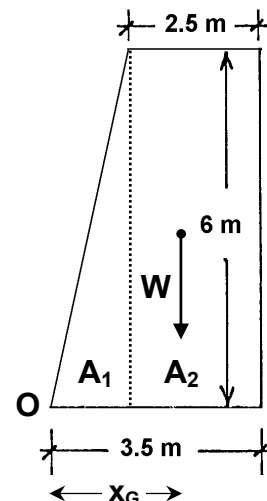
$$A = \frac{1}{2} \cdot (3.5 - 2.5) \cdot 3 + 2.5 \cdot 6 = 3 + 15 = 18 \text{ m}^2$$

Peso proprio muro

$$W = 24 \cdot 18 = 432 \text{ kN/m}$$

Distanza baricentro muro dal punto O

$$x_G = \frac{\sum A_i \cdot x_i}{\sum A_i} = \frac{3 \cdot \frac{2}{3} \cdot 1 + 15 \cdot (1 + \frac{1}{2} \cdot 2.5)}{3 + 15} = 1.986 \text{ m}$$



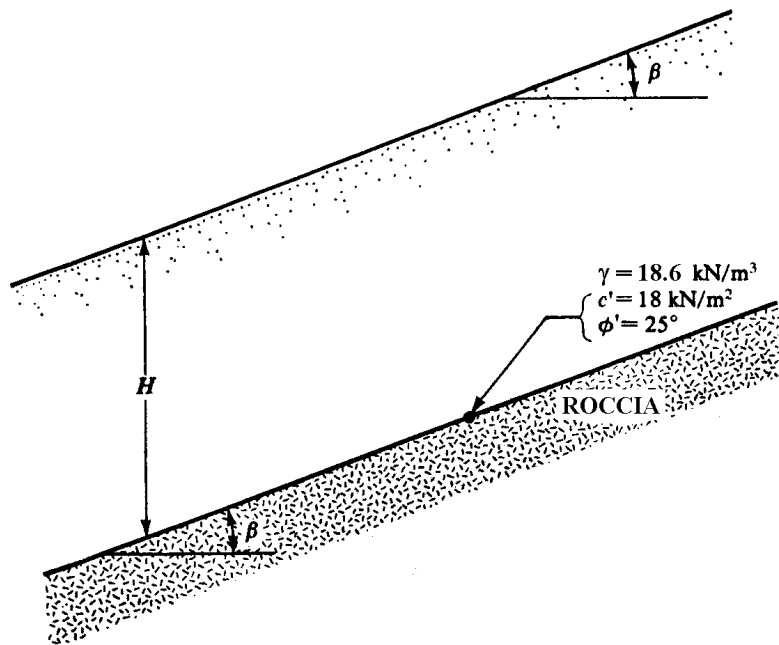
– Verifica alla traslazione orizzontale (scorrimento del muro sul piano di posa)

$$F_s = \frac{W \cdot \tan \delta_{\text{base-muro}}}{\sum S_i} = \frac{432 \cdot \tan 24^\circ}{27 + 43.89 + 10.98 + 20.01 + 16.26 + 45} = \frac{192.3}{163.1} = 1.18$$

– Verifica al ribaltamento (intorno al punto O)

$$F_s = \frac{\sum M_{\text{stab}}}{\sum M_{\text{rib}}} = \frac{432 \cdot 1.986}{27 \cdot 4 + 43.89 \cdot 1.5 + 10.98 \cdot 1 + 20.01 \cdot 4.5 + 16.26 \cdot 1.5 + 45 \cdot 1} = \frac{858}{344.2} = 2.49$$

Esercizio 2



Si consideri il pendio indefinito in argilla OC in figura. I parametri di resistenza al taglio all'interfaccia tra terreno e roccia sono: $c' = 18 \text{ kN/m}^2$, $\Phi' = 25^\circ$. La falda è assente.

- 1) Assumendo $H = 8 \text{ m}$ e $\beta = 20^\circ$, calcolare il fattore di sicurezza allo scorrimento F_s lungo la superficie di contatto con la roccia.
- 2) Assumendo $\beta = 30^\circ$, calcolare l'altezza H per la quale $F_s = 1$.

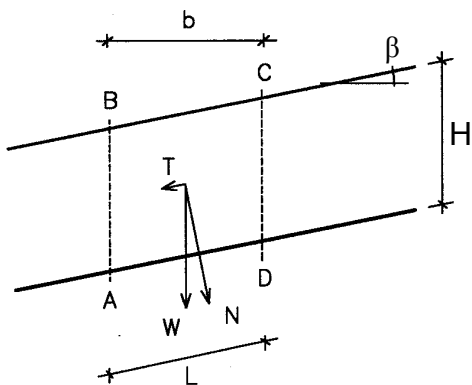
Soluzione

Il fattore di sicurezza F_s è pari al rapporto tra la resistenza al taglio limite τ_{lim} che può essere mobilitata lungo la superficie di contatto tra terreno e roccia (tensione tangenziale che si oppone allo scorrimento) e la tensione tangenziale τ_{agente} che tende a provocare lo scorrimento lungo la stessa superficie.

In presenza di coesione e in assenza di falda ($u = 0$) il fattore di sicurezza è dato dall'espressione:

$$F_s = \frac{\tau_{lim}}{\tau_{agente}} = \frac{c' + \sigma_n \cdot \tan \Phi'}{\tau_{agente}}$$

Il fattore di sicurezza F_s può essere ricavato considerando l'equilibrio delle forze cui è soggetto il concio elementare evidenziato in figura.



$$N = W \cdot \cos \beta = \gamma \cdot b \cdot H \cdot \cos \beta$$

$$T = W \cdot \sin \beta = \gamma \cdot b \cdot H \cdot \sin \beta$$

$$L = \frac{b}{\cos \beta}$$

$$\tau_{lim} = c' + \sigma_n \cdot \tan \Phi' = c' + \frac{N}{L} \cdot \tan \Phi' = c' + \frac{\gamma \cdot b \cdot H \cdot \cos^2 \beta \cdot \tan \Phi'}{b} = c' + \gamma \cdot H \cdot \cos^2 \beta \cdot \tan \Phi'$$

$$\tau_{agente} = \frac{T}{L} = \frac{\gamma \cdot b \cdot H \cdot \sin \beta \cdot \cos \beta}{b} = \gamma \cdot H \cdot \sin \beta \cdot \cos \beta$$

Sostituendo le espressioni di τ_{lim} e τ_{agente} così trovate, l'espressione che fornisce il fattore di sicurezza allo scorrimento F_s lungo la superficie al contatto con la roccia risulta:

$$F_s = \frac{\tau_{lim}}{\tau_{agente}} = \frac{c' + \sigma_n \cdot \tan \Phi'}{\tau_{agente}} = \frac{c' + \gamma \cdot H \cdot \cos^2 \beta \cdot \tan \Phi'}{\gamma \cdot H \cdot \sin \beta \cdot \cos \beta} = \frac{c'}{\gamma \cdot H \cdot \sin \beta \cdot \cos \beta} + \frac{\tan \Phi'}{\tan \beta}$$

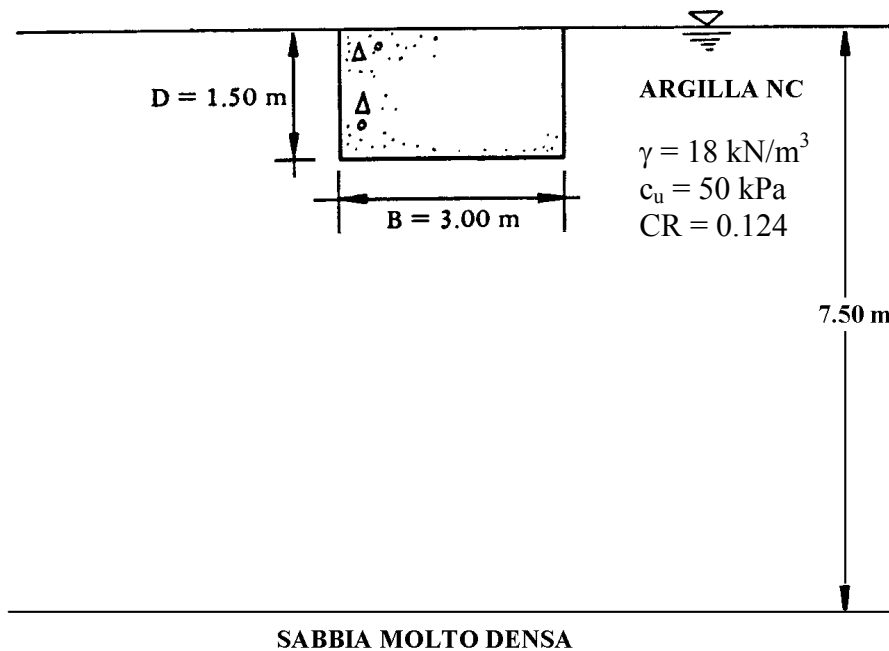
1) Per $H = 8$ m e $\beta = 20^\circ$ F_s è pari a:

$$F_s = \frac{18}{18.6 \cdot 8 \cdot \sin 20^\circ \cdot \cos 20^\circ} + \frac{\tan 25^\circ}{\tan 20^\circ} = 0.376 + 1.28 = 1.656$$

2) Assumendo $\beta = 30^\circ$, l'altezza H per la quale $F_s = 1$ (ottenuta uguagliando ad 1 l'espressione di F_s scritta in precedenza) è pari a:

$$H = \frac{c'}{\gamma \cdot \sin \beta \cdot \cos \beta \cdot \left(1 - \frac{\tan \Phi'}{\tan \beta}\right)} = \frac{c'}{\gamma \cdot \cos^2 \beta \cdot (\tan \beta - \tan \Phi')} = \frac{18}{18.6 \cdot \cos^2 30^\circ \cdot (\tan 30^\circ - \tan 25^\circ)} = 11.6 \text{ m}$$

Esercizio 3



Una fondazione in c.a. ($\gamma_{cls} = 25 \text{ kN/m}^3$) avente larghezza $B = 3$ m e lunghezza $L = 15$ m deve essere realizzata su un deposito di terreno costituito da uno strato superiore di argilla NC di spessore pari a 7.50 m, al di sotto del quale è presente uno strato di sabbia molto densa (vedi figura). La falda è al piano campagna.

L'argilla è caratterizzata dai seguenti parametri:

- peso di volume totale $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$
- resistenza al taglio non drenata $c_u = 50 \text{ kPa}$ (valore medio)
- rapporto di compressione $CR = 0.124$

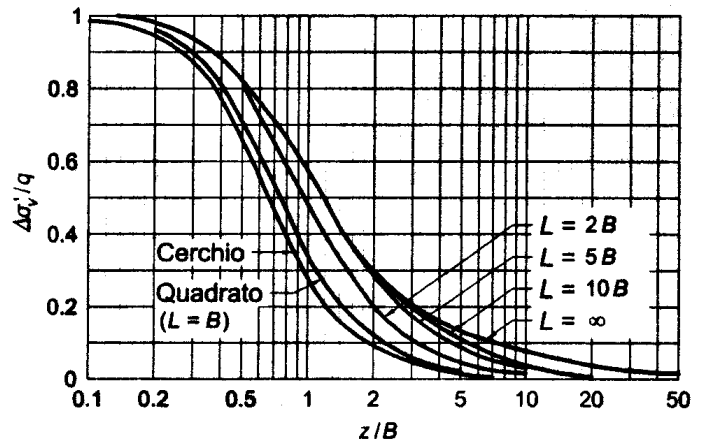
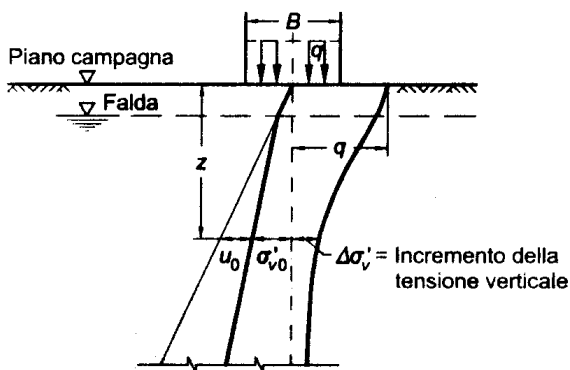
Calcolare:

1) Capacità portante limite della fondazione q_{lim} (ipotesi: fondazione soggetta a solo carico verticale centrato).
Formule da utilizzare per i coefficienti correttivi:

$$s_c^0 = 1 + 0.2 \frac{B}{L} \quad d_c^0 = 1 + 0.4 \frac{D}{B}$$

2) Capacità portante ammissibile della fondazione q_{amm} assumendo un fattore di sicurezza $F_s = 3$.

3) Cedimento di consolidazione della fondazione soggetta ad un carico uniformemente ripartito q pari al valore di q_{amm} calcolato (ipotesi: cedimento edometrico; trascurare il cedimento dello strato di sabbia). Utilizzare il grafico riportato qui sotto.



Soluzione

1) La capacità portante limite della fondazione a breve termine (condizioni non drenate – caso più sfavorevole) è data dall'espressione:

$$q_{lim} = c_u N_c^0 s_c^0 d_c^0 i_c^0 + q$$

dove: N_c^0 = fattore di capacità portante = 5.14 (in condizioni non drenate, $\Phi = 0$)

$$s_c^0 = \text{fattore di forma, funzione di } L/B \quad s_c^0 = 1 + 0.2 \frac{B}{L} = 1 + 0.2 \frac{3}{15} = 1.04$$

$$d_c^0 = \text{fattore di profondità, funzione di } D/B \quad d_c^0 = 1 + 0.4 \frac{D}{B} = 1 + 0.4 \frac{1.5}{3} = 1.2$$

i_c^0 = fattore di inclinazione del carico, funzione del rapporto tra carico orizzontale e verticale H/V, uguale a 1 per fondazione soggetta a solo carico verticale ($H = 0$)

$q = \gamma D$ = sovraccarico totale ai lati della fondazione

La capacità portante limite della fondazione q_{lim} è pari a:

$$q_{lim} = 50 \cdot 5.14 \cdot 1.04 \cdot 1.2 + 18 \cdot 1.5 = 320.7 + 27 = 347.7 \text{ kPa}$$

2) La capacità portante ammissibile della fondazione q_{amm} , assumendo un fattore di sicurezza $F_s = 3$, è pari a:

$$q_{amm} = \frac{c_u N_c^0 s_c^0 d_c^0 i_c^0}{F_s} + q = \frac{320.7}{3} + 27 = 106.9 + 27 = 133.9 \text{ kPa}$$

3) Trattandosi di argilla NC, il cedimento di consolidazione della fondazione soggetta ad un carico uniformemente ripartito $q = 133.9 \text{ kPa}$ (valore di q_{amm} calcolato al punto 2) può essere valutato, nell'ipotesi di cedimento edometrico, in base all'espressione:

$$\Delta H = \sum H_0 \cdot CR \cdot \log \frac{\sigma'_{v0} + \Delta \sigma'_v}{\sigma'_{v0}}$$

Il cedimento totale ΔH è calcolato come sommatoria del cedimento dovuto a ciascun singolo strato di spessore H_0 in cui viene suddiviso il terreno (solo l'argilla, trascurando il cedimento dello strato di sabbia sottostante). L'incremento di tensione a metà di ciascuno strato $\Delta \sigma'_v$ si calcola utilizzando il grafico fornito (per $L = 5B$ e z/B corrispondente alla mezzeria di ciascuno strato). Ad es. suddividendo lo strato di argilla al di sotto della fondazione (di spessore 6 m) in tre strati di spessore $H_0 = 2 \text{ m}$ ciascuno si ottiene un cedimento totale pari a circa 40 cm. Il risultato del calcolo è riportato nella tabella seguente.

profondità da piano imposta fondazione z (m)	z/B (-)	σ'_{v0} (kPa)	$\Delta \sigma'_v / q$ (-)	$\Delta \sigma'_v$ (kPa)	H_0 (m)	CR (-)	ΔH (m)	
1	0.33	20	0.93	124.5	2	0.124	0.213	
3	1	36	0.58	77.7	2	0.124	0.124	
5	1.67	52	0.34	45.5	2	0.124	0.068	
cedimento totale (m)								0.405