

Formule per il calcolo dei cedimenti e per le prove di laboratorio

Teoria della consolidazione monodimensionale - cedimenti

coefficiente di compressibilità

$$m_{rv} = \frac{dE_s}{d\sigma'_s} = \frac{1}{M}$$

indice di compressibilità

$$a_{rv} = \frac{de}{d\sigma'_s} = (1+e) \cdot m_{rv}$$

coefficiente di consolidazione

$$C_v = \frac{k}{m_{rv} \cdot \gamma_w}$$

massimo percorso di drenaggio

$$H \text{ o } 2H$$

cedimento finale di consolidazione con carico q

$$S_{\infty} = m_{rv} \cdot q \cdot H$$

fattore tempo adimensionale

$$T_v = \frac{C_v \cdot t}{H^2}$$

grado di consolidazione medio

$$U_m(T_v) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \sqrt{T_v} \text{ per } U_m \leq 0,60$$

altrimenti (per $U_m > 0,60$) del grafico $U_m - T_v$

cedimento dopo un tempo t dall'inizio della consolidazione

$$S(t) = U_m \cdot S_{\infty}$$

ordinata del diagramma delle isocrone

$$Z = \frac{z}{H}$$

grado di consolidazione

$U_z(Z, T_v)$ dalla riduzione grafica o dall'equazione di consolidazione (o "diagramma delle isocrone"), $U_z = \frac{u_0 - u(z,t)}{u_0} = 1 - \frac{u(z,t)}{u_0}$

pressione neutra con $u_0 = q$ (carico)

$u(U_z) = u_0 + u_0(1 - U_z)$; si procede poi come di consueto (a seconda delle condizioni NC o OC) per il calcolo delle tensioni efficaci, verticali e orizzontali.

cedimento tra un tempo segnato t_1 e il tempo finale

$$S(E, t_{\infty}) = m_{rv} \cdot (\text{area sotto dell'isocrona})$$

cedimento al tempo segnato

$$S(E) = S_{\infty} - S(E, t_{\infty})$$

Resistenza - criteri di Mohr - Coulomb:

relazione di Coulomb

$$|\sigma| = c + \sigma \cdot \mu = c + \sigma \cdot \tan \phi$$

relazione di Mohr - Coulomb

$$|\sigma'| = c' + (\sigma' - u) \tan \phi' = c' + \sigma' \cdot \tan \phi'$$

tensione verticale (efficace)

$$\sigma_1 \quad (\sigma_1')$$

tensione orizzontale (efficace)

$$\sigma_3 \quad (\sigma_3')$$

cessione (efficace)

$$c \quad (c')$$

resistenza massima

$$\tau_{max} = \frac{1}{2} (\sigma_1' - \sigma_3')$$

tensione normale sul piano di rottura

$$\sigma_n' = \frac{\sigma_1' + \sigma_3'}{2} + \frac{\sigma_1' - \sigma_3'}{2} \cdot \cos 2\alpha$$

tensione tangenziale sul piano di rottura

$$\tau_m = \frac{\sigma_1' - \sigma_3'}{2} \cdot \sin 2\alpha$$

criterio in tensioni principali

$$\frac{\sigma_1' - \sigma_3'}{2} = \left(\frac{c'}{\tan \phi'} + \frac{\sigma_1' + \sigma_3'}{2} \right) \tan \phi' = c' \tan \phi' + \frac{\sigma_1' + \sigma_3'}{2} \tan \phi'$$

tensione deviatorica

$$q = \sigma_1 - \sigma_3 = \sigma_1' - \sigma_3' = q'$$

angolo di rottura

$$\alpha = 45^\circ + \frac{\phi'}{2}$$

criterio sul piano $s-t$

$$t = a' + S' \tan \alpha, \text{ con } t = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2},$$

$$S' = \frac{\sigma_1' + \sigma_3'}{2} \quad (S = \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2})$$

$$\text{oppure } t = c' \tan \phi' + S' \tan \phi'$$

$$\text{cioè } c' = \frac{a'}{\tan \phi'} \text{ e } \phi' = \arcsin(\tan \alpha)$$

Rapporto costante

$$\frac{t}{S'} = \frac{(\sigma_1' - \sigma_3')/2}{(\sigma_1' + \sigma_3')/2} = \frac{1 - k_0}{1 + k_0} = \frac{\tan \phi'}{2 - \sin \phi'}$$

• rapporto di rigonfiamento

$$SR = \frac{\Delta E_s}{\Delta(\lg \sigma'_z)}$$

cedimenti:

• $OCR > 1 ; (\sigma'_{vi} + \Delta\sigma'_{zi}) \geq \sigma'_{pi}$

$$S_{oo} = \sum_i h_i \left[RR \cdot \lg \frac{\sigma'_{vi}}{\sigma'_{pi}} + CR \cdot \lg \frac{\sigma'_{vi} + \Delta\sigma'_{zi}}{\sigma'_{pi}} \right]$$

$$= \sum_i \frac{h_i}{1+e_i} \left[c_u \cdot \lg \frac{\sigma'_{vi}}{\sigma'_{pi}} + c_c \cdot \lg \frac{\sigma'_{vi} + \Delta\sigma'_{zi}}{\sigma'_{pi}} \right]$$

• $OCR > 1 ; (\sigma'_{vi} + \Delta\sigma'_{zi}) \leq \sigma'_{pi}$

$$S_{oo} = \sum_i h_i \left[RR \cdot \lg \frac{\sigma'_{vi} + \Delta\sigma'_{zi}}{\sigma'_{pi}} \right] =$$

$$= \sum_i \frac{h_i}{1+e_i} \left[c_u \cdot \lg \frac{\sigma'_{vi} + \Delta\sigma'_{zi}}{\sigma'_{pi}} \right]$$

• $OCR = 1 ; \sigma'_{vi} = \sigma'_{pi}$

$$S_{oo} = \sum_i h_i \left[CR \cdot \lg \frac{\sigma'_{vi} + \Delta\sigma'_{zi}}{\sigma'_{vi}} \right] =$$

$$= \sum_i \frac{h_i}{1+e_i} \left[c_c \cdot \lg \frac{\sigma'_{vi} + \Delta\sigma'_{zi}}{\sigma'_{vi}} \right]$$

Prove di laboratorio - prova di taglio diretto:

tensione normale

$$\sigma' = \frac{N}{A}$$

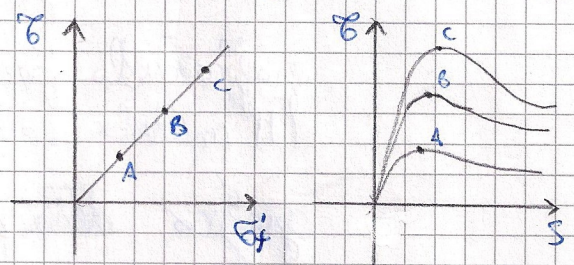
tensione tangenziale

$$\tau = \frac{T}{A}$$

involuppo di rottura

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

grafici delle prove



Prove di laboratorio - prova triassiale:

tensione in cella

$$\sigma_r = \sigma_c$$

tensione normale (con A area della superficie del campione)

$$\sigma_a = \sigma_r + F/A$$

grandezze da determinare per def.

$$s = \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} = \frac{\sigma_a + \sigma_r}{2} \quad s' = \frac{\sigma'_1 + \sigma'_3}{2} = \frac{\sigma'_a + \sigma'_r}{2}$$

misre i percorsi tensionali

$$t = t' = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} = \frac{\sigma'_1 - \sigma'_3}{2} =$$

$$= \frac{\sigma_a - \sigma_r}{2} = \frac{\sigma'_a - \sigma'_r}{2}$$

TSP(s,t) e ESP(s',t)

$$p' = \frac{\sigma'_1 + \sigma'_2 + \sigma'_3}{3} = \frac{\sigma'_1 + 2\sigma'_3}{3} = \frac{\sigma'_a + 2\sigma'_r}{3}$$

$$q = \sigma_1 - \sigma_3 = \sigma'_1 - \sigma'_3 =$$

$$= \sigma_a - \sigma_r = \sigma'_a - \sigma'_r$$

Metodi di calcolo dei cedimenti nei terreni a grana grossa:

Mayne eoulos (1999):

- diametro della fondazione circolare equivalente

$$B^* = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}}$$

- rapporto di Poisson

$$\nu$$

- modulo di deformabilità alla quota della fondazione

$$E_d$$

- fattore di influenza I_G (eterogeneità del terreno)

$$I_G = I_G \left(\frac{E_d}{m B^*}, \frac{h_s}{B^*} \right) \text{ da grafici}$$

- fattore di influenza I_c (spessore fondamento / fondazione)

$$I_c = 1 - \frac{1}{3.5 \exp(1.22 \nu - 0.9) \left(1.6 + \frac{B^*}{d} \right)}$$

- fattore di influenza I_f (rigidità della fondazione)

$$I_f = \frac{\pi}{4} + \frac{1}{4.6 + 10 \left(\frac{E_f}{6d + 9.5 m \cdot B^*} \right) \left(\frac{2t}{B^*} \right)^3}$$

- modulo di elasticità del materiale della fondazione

$$E_f$$

- cedimento

$$S_i = \frac{q \cdot B^*}{E_d} (1 - \nu^2) (I_G \cdot I_c \cdot I_f)$$

Schmertmann (1970-78):

- fattori correttivi

$$C_1 = 1 - 0.5 \frac{\sigma_v'}{q' - \sigma_{v1}} \geq 0.5$$

- profondità di influenza

$$C_2 = 1 + 0.2 \cdot \log \left(\frac{t}{91} \right), t \text{ in anni}$$

- modulo di deformabilità del terreno

$$z_i = \begin{cases} 2B & \text{(fondazioni circolari e quadrate)} \\ 4B & \text{(fondazioni massiciformi)} \end{cases}$$

$$E = \begin{cases} 2.5 q_c & \text{(fondazione quadrata)} \\ 3.5 q_c & \text{(fondazione massiciforme)} \end{cases}$$

deformazioni verticali

$$I_{z1} = \begin{cases} 0.1 & \text{per } z=0 \text{ (fond. quadrata)} \\ 0.2 & \text{per } z=0 \text{ (fond. massiciforme)} \\ 0 & \text{per } z=z_i \end{cases}$$

- coefficiente di influenza

$$I_{zmax} = 0.5 + 0.1 \sqrt{\frac{q' - \sigma_v'}{\sigma_{v2}'}} \text{ per } z = \frac{1}{4} z_i$$

cond. anisotrope, del piano

$$I_{z2} = \begin{cases} 0.2 & \text{per } z=0 \\ 0.6 & \text{per } z=0.5B \\ 0 & \text{per } z=z_i = 2B \left[1 + \log \left(\frac{L}{B} \right) \right] \end{cases} \left(\text{fond. massiciforme} \right)$$

- cedimento

$$S_{\sigma} = C_1 \cdot C_2 \cdot (q' - \sigma_{v1}) \cdot \sum_i \frac{I_{zi} \cdot h_i}{E_i}$$

Burland e Burdidge (1984):

- fattore di correzione per la forma della fondazione
- fattore di correzione stratigrafica
- fattore dei cedimenti differenziali nel tempo
- profondità d'influenza

- numero di colpi della prova penetrometrica

- indice di compressibilità

- cedimenti

① Appaloni (1968-70):

- fattori correttivi

- profondità d'influenza

- modulo di compressibilità

- cedimenti

$$f_s = \left(\frac{1,25 \cdot L/B}{L/B + 0,25} \right)^2, \quad \frac{L}{B} \geq 1$$

$$f_H = \frac{H_s}{z_i} \left(2 - \frac{H_s}{z_i} \right), \quad \frac{H_s}{z_i} \leq 1$$

$$f_H = 1 + R_3 + R_4 \cdot \log \left(\frac{z_i}{3} \right), \quad t \geq 3 \text{ anni}$$

con $R_3 = 0,3$; $R_4 = 0,2$ (carichi stabili)

$R_3 = 0,7$; $R_4 = 0,8$ (carichi ciclici)

$$z_i = B^{0,7}$$

entro z_i se N_{SP} costante o cre-

N_{SP} / scende con la profondità

entro $z_i = 2B$ se N_{SP} decresce

te con la profondità

correzioni

$N_{SPRC} = 15 + 0,5 (N_{SP} - 15)$ per sabbie
fino a limite netto fondo ($N_{SP} > 15$)

$N_{SPRC} = 1,25 N_{SP}$ per ghiaie

$$I_c = \frac{1,71}{N_{SP}^{0,74}}$$

$$S_{i0} = \left[\left(\sigma_v' \cdot \frac{I_c}{3} \cdot z_i \right) + \left(q' - \sigma_v' \right) \cdot I_c \cdot z_i \right] \cdot f_s / H_s \cdot f_H$$

$$C_D = C_D \left(\frac{D}{B}, \frac{L}{B} \right) \text{ da grafici}$$

$$C_H = C_H \left(\frac{H_s}{B}, \frac{L}{B} \right) \text{ da grafici}$$

$$z_i = \sqrt{B \cdot L}$$

$$M = \frac{E}{1 - \nu^2} = M(N_{SP}) \text{ da grafici}$$

$$S_{i0} = \frac{q \cdot B}{M} \cdot C_D \cdot C_H$$