

Chapitre : 03Exercice 1

Soit une couche d'argile limoneuse de 10 m d'épaisseur, saturée et normalement consolidée, et de poids volumique $\gamma_{sat} = 19 \text{ kN.m}^{-3}$. Deux échantillons *A* et *B* peu remaniés, situés respectivement à $z_A = 2 \text{ m}$ et $z_B = 8 \text{ m}$ de profondeur, ont été testés à l'appareil triaxial en condition non consolidé-non drainé (UU). La contrainte isotrope initiale est identique pour les deux essais et vaut $\sigma_0 = 150 \text{ kPa}$. Les contraintes axiales à la rupture sont égales à $\sigma_{1,A} = 320 \text{ kPa}$ et $\sigma_{1,B} = 360 \text{ kPa}$.

- (1) Déterminer la cohésion non drainée c_u des deux échantillons.
- (2) Les échantillons proviennent de la même couche d'argile, pourquoi les valeurs de c_u sont-elles différentes ?

Exercice 2

Soit une argile saturée et normalement consolidée et testée à l'appareil triaxial en condition consolidé-drainé (CD). Le diamètre de l'échantillon est $D = 7 \text{ cm}$. La contrainte isotrope de consolidation est $\sigma_0 = 220 \text{ kPa}$ et l'effort du piston à la rupture est de $F = 2,19 \text{ kN}$. La pression interstitielle reste constante durant tout l'essai $u = 20 \text{ kPa}$.

- (1) Déterminer l'angle de frottement φ' .
- (2) Déterminer l'inclinaison θ du plan de rupture par rapport au plan horizontal.
- (3) Déterminer les valeurs des contraintes normales σ et tangentielles τ sur le plan de rupture.

Exercice 3

Soit une argile sableuse, saturée et surconsolidée, testée à l'appareil triaxial en condition consolidé-non drainé avec mesure de pression interstitielle (CU+u). La contrainte de préconsolidation du sol à la profondeur de prélèvement est égale à $\sigma'_p = 150 \text{ kPa}$. Le tableau 4.6 donne les résultats des essais.

Tableau 4.6 Résultats de trois essais triaxiaux en condition CU+u

		A	B	C
σ'_0	kPa	200	370	540
u_{rupt}	kPa	70	200	360
$\sigma_{1,rupt}$	kPa	480	750	1042

- (1) Tracer les cercles de Mohr en contrainte totale et effective.
- (2) Déterminer l'angle de frottement φ' .
- (3) Déterminer les valeurs de la cohésion non drainée c_u et celle du coefficient d'accroissement λ_{cu} .

Solution des ExercicesExercice 1

- (1) Dans un essai UU, l'état de contrainte effectif à la rupture est indépendant de la valeur de contrainte isotrope initiale. La cohésion non drainée est exprimée à partir des contraintes totales ou effectives par : $c_u = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} = \frac{\sigma_1 - \sigma_0}{2}$

$$AN : c_{u,A} = 85 \text{ kPa} \text{ et } c_{u,B} = 105 \text{ kPa}$$

- (2) La cohésion non drainée d'un sol fin dépend de la contrainte effective maximale subie par le sol. La profondeur des deux échantillons étant différente, il est logique de trouver une valeur de c_u supérieure à une plus grande profondeur.

Exercice 2

- (1) L'argile étant normalement consolidée, sa cohésion est donc supposée nulle $c' = 0 \text{ kPa}$. Lors d'un essai triaxial, les contraintes principales totales sont égales à : $\sigma_3 = \sigma_0 = 220 \text{ kPa}$.

$$\sigma_1 = \sigma_0 + \frac{F}{S} = 570 \text{ kPa}$$

Les contraintes effectives s'évaluent par la loi de Terzaghi :

$$\sigma'_3 = \sigma_3 - u = 200 \text{ kPa} \text{ et } \sigma'_1 = \sigma_1 - u = 550 \text{ kPa}$$

Pour un sol non cohésif, l'angle de frottement peut se déterminer par la relation :

$$\varphi' = \arcsin \frac{(\sigma'_1 - \sigma'_3)}{(\sigma'_1 + \sigma'_3)} = 26,7^\circ$$

- (2) Lors d'un essai triaxial, l'angle que fait le plan de rupture avec le plan horizontal est de :

$$\theta = \pm \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi'}{2} \right) = \pm 58,4^\circ$$

- (3) Les contraintes sur le plan de rupture se déterminent à partir des coordonnées du centre du cercle de Mohr et de son rayon :

$$\sigma = \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} + \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \cos(2\theta) = 347 \text{ kPa}$$

$$\tau = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \sin(-2\theta) = \pm 226 \text{ kPa}$$

NB : il y a des erreurs de calcul dans la solution que j'ai corrigé au tableau.

Exercice 3

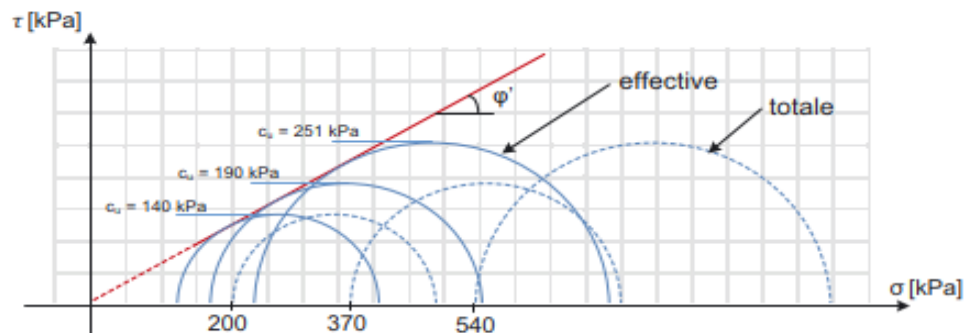
- (1) Les valeurs sont données en contraintes totales. Les contraintes effectives à la rupture s'évaluent par le principe de Terzaghi (cf. tableau 4.13) :

$$\sigma'_1 = \sigma_1 - u \text{ et } \sigma'_3 = \sigma_3 - u$$

Tableau 4.13 Contraintes principales totales et effectives à la rupture pour les trois essais

		A	B	C
u_{rupt}	kPa	70	200	360
$\sigma_{1,rupt}$	kPa	480	750	1042
$\sigma_{3,rupt}$	kPa	200	370	540
$\sigma'_{1,rupt}$	kPa	410	550	682
$\sigma'_{3,rupt}$	kPa	130	170	180

Les cercles de Mohr à la rupture se tracent à partir des contraintes principales. Le sol est surconsolidé initialement mais les valeurs des contraintes isotropes σ'_0 sont supérieures à la contrainte de préconsolidation σ'_p . Ainsi, on peut tracer une droite intrinsèque dans le domaine normalement consolidé, qui correspond à la tangente aux cercles en contraintes effectives.

**FIGURE 4.32** Cercles de Mohr en contrainte totale et effective - Droite intrinsèque

On détermine graphiquement l'angle de frottement à partir de la pente de la droite de Mohr-Coulomb.

$$AN : \varphi' = 31^\circ$$

- (2) La cohésion non drainée s'exprime : $c_u = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}$

Ce paramètre varie linéairement en fonction de la contrainte de consolidation σ'_0 (cf. figure 4.33). La pente de la droite correspond au taux d'accroissement $\lambda_{cu} = 0,36$.

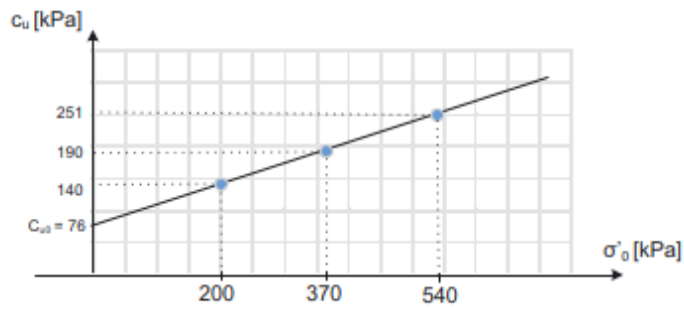


FIGURE 4.33 Cercles de Mohr en contrainte totale et effective - Droite intrinsèque