<u>*ENPC - Cours de* ***Géomécanique et Géotechnique Avancée***</u>

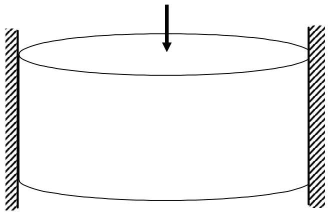
TD 2020-2021

Poroélasticité

Exercice : Essai oedométrique en régimes drainé et non drainé

On réalise un essai œdométrique (déformation latérale bloquée) sur une éprouvette cylindrique d'un matériau poroélastique. On note E le module d'Young, ν le coefficient de Poisson, b le coefficient de Biot, M le module de Biot, K le module de compression drainé et K^u le module de compression non drainé du matériau. On note σ_a et ε_a la contrainte et la déformation axiales, σ_T la contrainte latérale et p la pression de fluide.

On prendra pour valeur numériques, E=15 000 MPa, ν=0,2 , M = 10000 MPa et b = 0,6.



● Ecrire la forme générale des tenseurs de déformation et de contrainte totale dans un repère dont l'axe x_3 est l'axe de l'éprouvette.

● Dans un premier temps on suppose que l'essai est réalisé en conditions drainé (p=0). Par les relations de l'élasticité linéaire et des conditions imposées, calculer les contraintes (σ_a, σ_T) pour une défomration axiale ε_a=-0,05.

● On suppose ensuite que l'essai est réalisé en conditions non drainé. Calculer la déformation volumique en fonction ε_a et en déduire la contrainte moyenne totale σ_m en fonction de ε_a, K^u, M et b.

● Calculer le coefficient de Skempton et en déduire la pression engendrée par le chargement non drainé ci-dessus.

● Exprimer la condition de déformation latérale nulle exprimée en terme de contraintes effectives.

● Montrer que le rapport entre les contraintes effectives latérale et axiale est la même que dans le cas drainé et non draine.

● A partir de ce rapport et les résultats de la question précédente, déterminer les contraintes totales (σ_a, σ_T) pour la cas non drainé en fonction de σ_m et p.

Corrigé

● Expression des tenseurs :
$$\varepsilon=\begin{bmatrix}0 & 0 & 0\\ 0 & 0 & 0\\ 0 & 0 & \varepsilon_a\end{bmatrix},\qquad \sigma=\begin{bmatrix}\sigma_T & 0 & 0\\ 0 & \sigma_T & 0\\ 0 & 0 & \sigma_a\end{bmatrix}$$

● Drainé :
$$\varepsilon_T=\frac{\sigma_T}{E}-\frac{\nu\left(\sigma_a+\sigma_T\right)}{E}=0\rightarrow\sigma_T=\frac{\nu}{1-\nu}\sigma_a$$
$$\varepsilon_a=\frac{\sigma_a}{E}-\frac{2\nu\sigma_T}{E}=\frac{\left(1+\nu\right)\left(1-2\nu\right)}{1-\nu}\frac{\sigma_a}{E}\rightarrow$$
$$\sigma_a=H\varepsilon_a,\quad H=\frac{1-\nu}{\left(1+\nu\right)\left(1-2\nu\right)}E,\qquad \sigma_T=\frac{\nu E}{\left(1+\nu\right)\left(1-2\nu\right)}\varepsilon_a$$

● Non drainé :
$$\varepsilon_{vol}=\varepsilon_a+2\varepsilon_T=\varepsilon_a$$
$$\sigma_m=K^u\varepsilon_{vol}=K^u\varepsilon_a$$
$$p=-Mb\varepsilon_{vol}=-Mb\varepsilon_a$$

● Non drainé :
$$\varepsilon_T=\frac{\sigma'_T}{E}-\frac{\nu\left(\sigma'_a+\sigma'_T\right)}{E}=0\rightarrow\sigma'_T=\frac{\nu}{1-\nu}\sigma'_a$$
Soit pour les contraintes totales :
$$\sigma_T+bp=\frac{\nu}{1-\nu}\left(\sigma_a+bp\right)$$
Nous avons par ailleurs :
$$\sigma_a+2\,\sigma_T=3\sigma_m$$

De ces deux dernières relations on déduit :

$$\sigma_T+bp=\frac{\nu}{1-\nu}\left(3\sigma_m-2\sigma_T+bp\right),\quad \text{soit}\quad \sigma_T=\frac{3\nu}{1+\nu}\sigma_m-\frac{1-2\nu}{1+\nu}bp$$
Et ensuite :
$$\sigma_a=3\sigma_m-2\sigma_T=\frac{3\left(1-\nu\right)}{1+\nu}\sigma_m+\frac{2\left(1-2\nu\right)}{1+\nu}bp$$

$$\sigma_T=\frac{\nu^u E^u}{\left(1+\nu^u\right)\left(1-2\nu^u\right)}\varepsilon_a$$