

CHAPITRE :2 COMPORTEMENT DES SOLS GRANULAIRES

RÉSISTANCE AU CISAILLEMENT DRAINÉ DES SOLS GRANULAIRES

Description

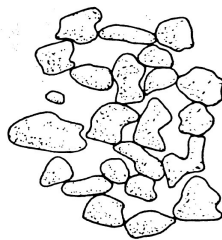
1. Courbes contraintes déformations et densité
2. Courbe enveloppe de résistance
3. Sources de résistance des sols granulaires
4. État critique
5. Facteurs d'influence

Courbes contraintes déformations et densité

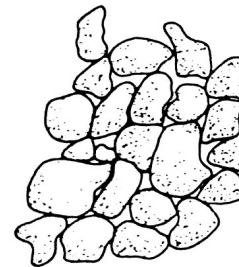
Résistance au cisaillement drainé des sols granulaires

- ❖ On va commencer avec les sols granulaires → plus simple → puisque toujours drainé (sauf sol fin, silt, etc.)
- ❖ Dans ce chapitre, on traite du comportement véritable des sols granulaires.
- ❖ Depuis le temps, on a fait beaucoup de recherche pour étudier en détail la résistance au cisaillement drainé des sols granulaires. On a S ou ϕ = fonction (chapitre 2, en particulier la densité).
- D'après coulomb ($S = \sigma \tan \phi$) → ici on va introduire l'importance de la densité, $e = V_v/V_s$ (acétate),

Sol lâche



Sol dense



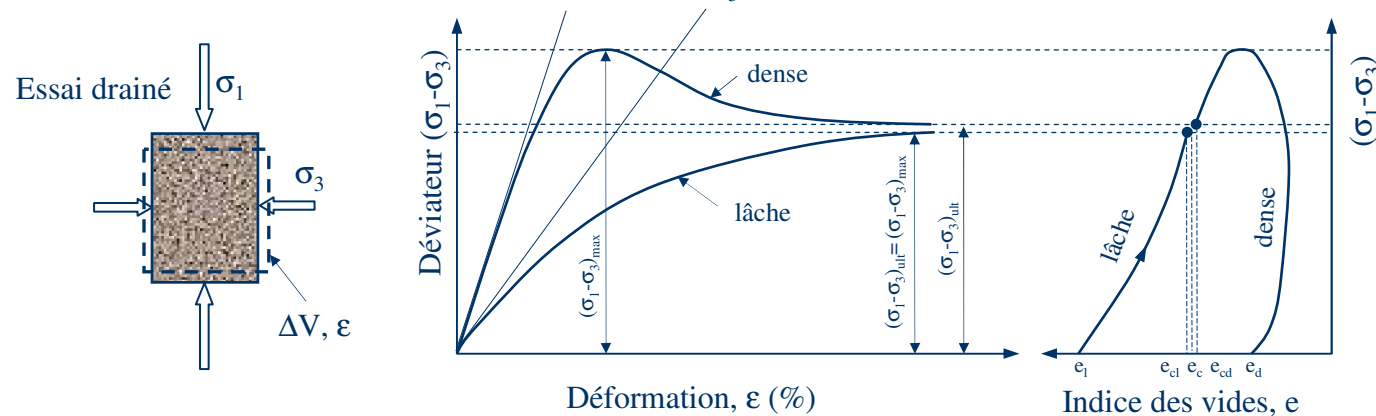
- Sol : ensemble de particules et de vide → important de normaliser → $I_d = (e_{\max} - e)/(e_{\max} - e_{\min})$
- Dans les sols granulaires : toujours drainé sauf si tremblement de terre ou choc quelconque.

RÉSISTANCE AU CISAILLEMENT DRAINÉ DES SOLS GRANULAIRES

Courbes contraintes déformations et densité

Courbes contraintes déformations :

C'est ce qu'on examine lorsqu'on teste un matériau (béton, acier, etc.). Supposons deux essais de compression triaxiaux sur deux échantillons de densités (ou compacités) différentes (soit un échantillon dense et un échantillon meuble-lâche), confinés à la même pression effective σ'_3 .



Plusieurs points importants à noter :

1. La forme des courbes. Dense = rupture fragile, τ décroît. Meuble = rupture plastique.
2. Déformation axiale à la rupture est plus grande dans le sol lâche (pour même contrainte).
3. Sable lâche pas parfaitement élastique. $E_{dense} > E_{lâche}$.
4. À grande déformation, la résistance au cisaillement est presque égale. Indépendante de la densité initiale.
5. Échantillon dense après la rupture gonfle jusqu'à un certain indice des vides critique, e_c (dilatant).
Échantillon meuble se densifie jusqu'à un certain indice des vides critique, e_c , indépendant de l'indice de densité initiale (contractant).

i.e. Lors du cisaillement, les particules tendent vers une densité qui est fonction uniquement de σ_3 et non pas de la densité initiale.

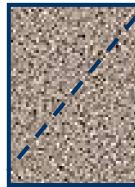
RÉSISTANCE AU CISAILLEMENT DRAINÉ DES SOLS GRANULAIRES

Courbes contraintes déformations et densité

Qu'arrivera-t-il, si l'indice des vides au départ était égal à e_c ?.

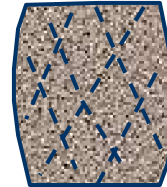
Pas de changement de volume → def : indice des vides critique pour un σ'_3 donné.

Si σ_3 varie : théoriquement e_c meuble = e_c dense. Cependant en pratique, e_c est un peu plus faible pour les spécimens denses pour la raison suivante.



Rupture dense localisée
sur un plan

Δe est localisé surtout
sur le plan de rupture



Rupture meuble localisée
sur plusieurs plans

Généralisée
 Δe est répartie à
travers tout l'échantillon

Le Δe est mesuré d'après le changement de volume de tout l'échantillon. Si nous pouvions mesurer Δe dans la zone de rupture, nous aurions le même e_c dense et lâche.

Indice des vides critique sera vu plus en détail plus loin

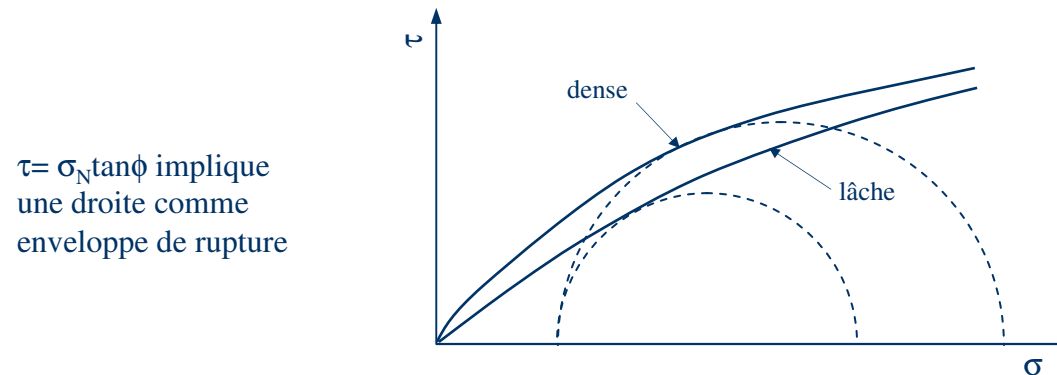
Noter : Ces comportements sont idéalisés; difficiles à mesurer sur un plan. ΔV est mesuré sur tout l'échantillon

Les termes meuble et dense sont relatifs. Par exemple un échantillon formé à une certaine densité se comporte comme dense à faible pression de confinement et comme lâche à une pression de confinement plus élevée.

RÉSISTANCE AU CISAILLEMENT DRAINÉ DES SOLS GRANULAIRES

Courbe enveloppe de résistance

D'après les courbes précédentes, nous voyons que la relation $\tau = \sigma_N \tan \phi$ n'est pas unique dans un sol donné. C'est-à-dire que pour un sol donné à une certaine σ_3 , ϕ peut varier avec la densité par exemple. L'enveloppe de rupture sera donc différent si nous faisons une série d'essais sur des échantillons denses ou sur des échantillons lâches.



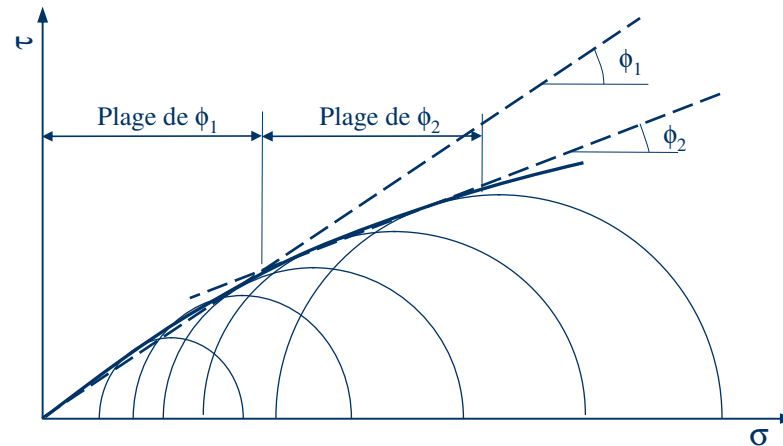
1. $\phi_{\text{dense}} > \phi_{\text{lâche}}$
2. Les courbes enveloppes passent par l'origine.
3. Les courbes ne sont pas linéaires si on trace pour une plage de contraintes assez grande.
4. La courbe est plus grande pour les sols denses
5. ϕ à faible $\sigma_3 > \phi$ à grande σ_3

RÉSISTANCE AU CISAILLEMENT DRAINÉ DES SOLS GRANULAIRES

Courbe enveloppe de résistance

Angle de friction apparent, ϕ

Dans tout problème pratique, la résistance des sols granulaires est exprimée par ϕ , qui est la pente d'une courbe enveloppe linéaire passant par l'origine. Si l'enveloppe est une courbe, elle peut être remplacée par une droite qui définit un angle de friction moyen pour la gamme de σ_3 considérée. $\sigma_1/\sigma_3 = \tan^2(45+\phi/2)$ est valide pour cette plage de contrainte $\rightarrow \phi$ mobilisé.



Angle de repos, ϕ

L'angle de repos est l'angle d'inclinaison avec l'horizontale d'une pente de sol granulaire déversé, donc à l'état meuble.
L'angle de friction ϕ d'un sol granulaire meuble et sec est approximativement égal à son angle de repos.

Angle de repos $\neq$ Angle de friction.

- a) Pour un sol dense : car granulaire déversé = meuble (lâche).
- b) Pour un sol humide : angle de repos plus élevé à cause de la capillarité.

RÉSISTANCE AU CISAILLEMENT DRAINÉ DES SOLS GRANULAIRES

Source résistance des sols granulaires

L'expression $\tau = \sigma \tan \phi$ suggère que la résistance au cisaillement des sols granulaires est due uniquement à la friction entre les grains, comme un corps sur un plan.



L'angle de friction ϕ serait alors égal à l'angle de friction ϕ_u d'un matériau tel qu'en physique. ϕ_u mesuré en faisant glisser deux blocs l'un sur l'autre. $\phi_u = 22^\circ$ pour un quartz.

Cependant les angles de friction mesurés dans les sols sont habituellement supérieurs à ϕ_u .

De plus, nous venons de voir des essais triaxiaux sur un même sable et soumis à un même $\sigma \rightarrow \phi$ différents.

Il y'a donc d'autres sources de résistance que la friction. Quelles sont ces sources; où est consommée l'énergie appliquée.

- Friction mobilisée lors du glissement d'une particule sur une autre.
- Changement de volume de l'échantillon : dilatance $\rightarrow$ énergie nécessaire pour changer de volume $\rightarrow$ travail à faire contre σ_c
 ϕ' courbe dense : dilatance $\uparrow$ à faibles pressions de confinement.
- Réarrangement des particules
- Fracture des particules.

Les sources de résistance sont plus au moins importantes selon le matériau, la pression de confinement et la densité initiale.

Ex. Le fractionnement des particules a lieu seulement à de hautes pressions extérieures, dépendant de la dureté des particules