
Caractéristique physique des sols

I. Constitution du sol :

Le sol est un ensemble de trois éléments à savoir : les solides ; l'air et le liquide. Le liquide est souvent constitué d'eau. Cette composition peut être représentée d'une manière simplifiée par trois blocs connus sous le nom des phases.

a. Sol a deux phases :

- a) Un sol complètement sec est dit à deux phases. Il est constitué d'une phase gazeuse qui est de l'air et d'une phase solide. Ainsi il peut être représenté par deux blocs comme le montre le diagramme suivant

Phase gazeuse, air
Phase solide (particule de sol)

- b) Un sol complètement saturé est aussi dit a deux phases. Il est constitué d'une phase liquide généralement c'est de l'eau et d'une phase solide. Son diagramme des phases est aussi a deux blocs.

Phase liquide (eau)
Phase solide (particule de sol)

b. Sol à 3 phases :

- Un sol partiellement saturé :est dit à trois phases. Il est contitué d'une phase gazeuse (air), une phase liquide (eau) et une phase solide (particules de sol). Le diagramme des phases est donc à trois blocs

Phase gazeuse (air)
Phase liquide(eau)
Phase Solide (particule de sol)

a. Définition de la phase solide :

Les particules solides sont généralement constituées de :

- minéraux de roches primaires (altération mécanique des roches)
- argile minérale (due aux attaques chimiques « feuillets »).
- ciment inter granulaire, les calcites, l'oxyde de fer.....
- matière organique : reste des plantes et des animaux

b. Définition de la Phase liquide :

La phase liquide est généralement de l'eau pouvant même contenir des sels dissous

c. Définition de la Phase gazeuse :

La phase gazeuse est composée d'air et/ou de vapeur d'eau.

II. Définitions de base :

Un échantillon de sol est dit *non remanié* lorsque sa structure initiale et sa teneur en eau sur terrain sont préservés.

Un échantillon de sol est dit *remanié* lorsque sa structure initiale et sa teneur en eau sur terrain ont été modifiées.

Les sols sont définis par des paramètres dont :

La Masse, noté M :

La masse totale d'une éprouvette de sol est égale à la somme des masses des particules solide, d'eau et de l'air.

$$M = M_s + M_w + M_a$$

Le Volume, noté V :

Le volume total d'une éprouvette de sol est égal à la somme des volumes des particules solide, d'eau et de l'air.

$$V = V_s + V_w + V_a$$

La teneur en eau noté w (%) :

C'est la quantité d'eau dans les espaces entre les particules solides, qui peuvent être éliminées par passage du sol dans une étuve à une température de 105° - 110°C.

$$w(\%) = \frac{M_w}{M_s} \times 100$$

M_w : Masse d'eau éliminée à 105-110°C.

M_s : Masse des particules solides.

L'Indice des vides noté e (%):

C'est le volume total des vides V_v divisé par le volume total des particules solides. V_s
Cet indice représente le volume des vides lorsque le volume des solides est supposé égale=1.

$$e(\%) = \frac{V_v}{V_s} \times 100$$

L'indice des vides peut être exprimé par cette formule :

$$e = G_s \cdot (1 + w) \cdot \frac{\rho_w}{\rho}$$

Le Degré de saturation noté S_r (%)

C'est le volume d'eau dans le sol divisé par le volume total des vides

$$S_r = \frac{V_w}{V_v} \times 100$$

Le degré de saturation peut être exprimé aussi de la manière suivante

$$S_r = \frac{w \cdot G_s}{e}$$

La Porosité noté n :

La porosité est égale au volume total des vides divisé par le volume totale du sol, elle représente le volume des solides lorsque le volume des vides est supposé égal a 1

$$n(\%) = \frac{V_v}{V} \times 100$$

Elle peut aussi être exprimée en pourcents. L'indice des vides et la porosité sont fonction l'un de l'autre d'où les relations suivantes:

$$e = \frac{n}{1 - n} \quad \text{et} \quad n = \frac{e}{1 + e}$$

Le Volume spécifique, noté v

Le volume spécifique est le volume total de l'échantillon de sol lorsque le volume des grains solides est pris égal à 1:

$$v = 1 + e$$

La quantité d'air : A (%) :

c'est le volume total d'air que divise le volume total du sol :

$$A(\%) = \frac{V_a}{V} \times 100$$

La quantité d'air peut être exprimée en fonction du degré de saturation et de la quantité d'eau comme l'indique la formule suivante :

$$A = n \cdot (1 - S_r)$$

La Masse volumique d'eau, noté ρ_w :

La Masse volumique d'eau est égal à la Masse d'eau divisé par le volume des vides le contenant

$$\rho_w = \frac{M_w}{V_w} = 9810 \text{ kg/m}^3$$

La masse volumique d'eau est souvent prise égale à $\rho_w = 1000 \text{ kg/m}^3$.

La Masse volumique noté ρ_w

C'est la masse volumique totale du sol divisée par le volume total du sol.

$$\rho = \frac{M}{V}$$

La Masse volumique sèche, noté ρ_d

La masse volumique sèche d'un sol est égale à la masse des grains solides divisée par le volume total du sol.

$$\rho_d = \frac{M_s}{V}$$

La Gravité spécifique, noté G_s

La gravité spécifique ou le constituant solide des grains d'un sol est égale à la masse des grains solides divisée par la masse d'un volume égal d'eau.

$$G_s = \frac{M_s}{V_s \cdot \rho_w}$$

En général pour les sols G_s se situe dans les intervalles donnée par le tableau suivant :

Sols	Densité Spécifique G_s
Humides	2.5-2.8
Sables	2.6-2.7
argiles	2.65-2.8
organiques	2.6

La densité sèche, noté G_d :

$$G_d = \frac{\rho_d}{\rho_w}$$

La densité humide, noté G :

$$G = \frac{\rho}{\rho_w}$$

Le Poids volumique d'eau, noté γ_w

Le poids volumique d'eau est égal au poids d'eau divisé par le volume le contenant :

$$\gamma_w = \frac{M_w \cdot g}{V_w} = 9.81 \text{ kN/m}^3$$

Le poids volumique d'eau est souvent pris $\gamma_w = 10 \text{ kN/m}^3$. Ce qui entraîne d'emblée 2% d'erreur relative.

Le Poids volumique du sol , noté γ :

Le poids volumique d'un sol est son poids total divisé par son volume total.

$$\gamma = \frac{M \cdot g}{V}$$

Le Poids volumique du sol sec, noté γ_d

Le poids volumique d'un sol sec est égal à son poids total divisé par son volume total.

$$\gamma_d = \frac{M_s \cdot g}{V}$$

Le Poids volumique du sol saturé, noté γ_{sat}

Lorsque tous les vides sont remplis d'eau le poids volumique de sol est

$$\gamma_{sat} = \frac{M \cdot g}{V} = \frac{M_s \cdot g + \gamma_w \cdot V_v}{V}$$

Le Poids volumique submergé ou déjaugé, noté γ'

Le poids volumique déjaugé d'un sol est égal à la différence entre le poids volumique saturé et le poids volumique d'eau

$$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w$$

Il est pris en compte lorsque le sol est entièrement immergé. Il tient compte de la présence de l'eau qui remplit les vides et de la poussée d'Archimède.

Exercice N°1 :

Un sol argileux a une teneur en eau à l'état naturel de 15.8%. Le degré de saturation est alors égale à 70.8%. On permet au sol d'absorber de l'eau. Le degré de saturation augmente alors de 90.8%.

Trouver la teneur en eau du sol dans ce dernier cas ?

Solution

1. A l'état naturel le sol a pour Indice des vides:

$$S_r = \frac{w \cdot G_s}{e} \rightarrow e = \frac{w \cdot G_s}{S_r} = \frac{0.158}{0.708} \times G_s = 0.223G_s$$

2. Après absorption, le teneur en eau est:

$$S_r = \frac{w \cdot G_s}{e} \rightarrow w = \frac{S_r \cdot e}{G_s} = \frac{0.908 \times 0.223G_s}{G_s} \times = 0.2025$$

Exercice N°2 :

Dans sa condition naturelle un échantillon de sol a une masse de 2290g et un volume de $1.15 \times 10^{-3} m^3$. Après être complètement séché dans une étuve, la masse de cet échantillon est devenue 2035g. la valeur de la densité spécifique est $G_s=2.68$.

Déterminer :

- La masse volumique de l'échantillon.
- Son poids volumique humide.
- Sa teneur en eau.
- Son indice des vides
- Sa porosité
- Son degré de saturation
- Sa quantité d'air.

Solution

1. Masse volumique :

$$\rho = \frac{M}{V} = \frac{2.29}{1.15 \times 10^{-3}} = 1991 kg/m^3$$

2. Poids volumique humide :

$$\gamma = \frac{M \cdot g}{V} = \rho \cdot g = 1991 \times 9.81 = 19.5 kN/m^3$$

3. Teneur en eau :

$$w = \frac{M - M_s}{M_s} \times 100 = \frac{2290 - 2035}{2035} \times 100 = 12.5\%$$

4. Indice des vides :

$$e = G_s \cdot (1 + w) \cdot \frac{\rho_w}{\rho} - 1 = 2.68 \times (1 + 0.125) \times \frac{1000}{1991} - 1 = 0.520$$

$$e = \underline{52\%}$$

5. Porosité :

$$n = \frac{e}{1 + e} = \frac{0.520}{1 + 0.520} = 0.34$$

$$n = \underline{34\%}$$

6. Degré de saturation :

$$S_r = \frac{w \cdot G_s}{e} = \frac{0.125 \times 2.68}{0.520} = 0.644$$

$$S_r = 64.4\%$$

7. Quantité d'air :

$$A = n \cdot (1 - S_r) = 0.34 \times (1 - 0.644) = 0.121$$

$$A = \underline{12.1\%}$$