

Examen De Mécanique Des Sols 1

Questions (4pts)

1. Quelle sont les différents types d'essais de compactage au laboratoire ? Expliquez comment on choisit l'un de ces essais.
2. Quelle sont les différentes consistances de sol ?
3. Nommez les types d'eau que l'on rencontre dans le sol.
4. Qu'est ce qu'un phénomène de renard ? Déterminez l'indice des vides qui conduirait à ce phénomène dans les deux cas suivants :
 - $I_c = 1$ et $\rho_s = 2600 \text{ kg.m}^{-3}$
 - $I_c = 1,2$ et $\rho_s = 2400 \text{ kg.m}^{-3}$

Exercice 1 (3 pts)

- a. Un échantillon de sol saturé a un poids volumique égal à $19,4 \text{ kN/m}^3$ et un indice des vides égal à $0,7$. Déterminer le poids volumique des grains solides en partant des définitions et du modèle du sol.
- b. Un sol ayant un degré de saturation égal à 76% un indice des vides égale à $0,7$ et une densité des grains solides égale à $2,6$. Calculer le poids volumique humide du sol et la teneur en eau naturelle.
- c. À partir de quelle teneur en eau un sol qui a une masse volumique sèche de 1860 kg/m^3 et une porosité de 35% est-il saturé ?

Exercice 2 (4pts)

On procède au tamisage à sec de 3500g d'un sable préalablement sèche. On constate d'abord que la passoire N°01 de $12,5 \text{ mm}$ ne retient aucune fraction du matériau. On utilise alors une colonne de six tamis dont l'ouverture intérieure des mailles est respectivement de haut en bas : $5 ; 2 ; 1 ; 0,5 ; 0,2$ et $0,1 \text{ mm}$. Les refus sur chacun des six tamis sont les suivants (de haut en bas) : $217 ; 868 ; 1095 ; 809 ; 444 ; 39\text{g}$ et le tamisât du dernier tamis recueilli sur le fond qui ferme la colonne, est de 28g .

On demande de construire la courbe granulométrique et de déterminer les coefficient d'uniformité et de courbure, interpréter brièvement les résultats

Exercice 3 (6 pts)

L'essai Proctor modifié réalisé sur un échantillon du sol a donné les résultats suivants. On prendra la densité des grains solides égale à $2,7$.

Teneur en eau (%)	6,2	8,1	9,8	11,5	12,3	13,2
Masse humide (g)	1690	1870	1950	2050	2040	2010

1. Construire la courbe de compactage Proctor $f(w) = \gamma_d$ et déterminer les caractéristiques de l'optimum Proctor $w_{opt}(\%)$ et $\gamma_{dmax}(\text{kN/m}^3)$.
2. Déterminer le degré de saturation correspondant à l'optimum Proctor.
3. Tracer les courbes de saturation à 100% et à l'optimum Proctor.
4. Déterminer le volume d'eau contenu dans un volume du sol de 1 m^3 compacté

Un terrain constitué du sol ayant été mis à l'essai ci-dessus et compacté avec un engin de compactage. Un échantillon de ce sol à les propriétés suivantes :

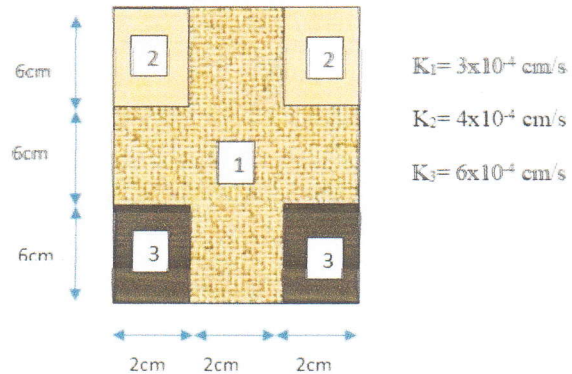
Volume de l'échantillon compacté	1348ml
Masse de l'échantillon compacté	2.16kg
Masse de l'échantillon sec	1.73kg

5. Déterminer :

- L'indice de compactage obtenu après compactage in-situ, que pouvez-vous remarquer ?
- Le degré de saturation du matériau compacté

Exercice 4 (3 pts)

Dans un perméamètre à charge variable, l'échantillon à une hauteur de 18 cm et une section de 22 cm². Calculer le temps nécessaire à un abaissement du niveau d'eau dans le tube de 25 à 10 cm, si la colonne montante a une section transversale de 2 cm². L'échantillon de sol est hétérogène et possède les caractéristiques indiquées sur la figure ci-dessous. On suppose que l'écoulement se produit verticalement.



13/01/2024

Durée : 2 H00

ENSET SKIKDA

3^{ème} PEST GE

Solution d'examen N° 01 de la Mécanique des sols

Reponses : (4 Pts)

1. Types d'essai de compactage au laboratoire :

D'après le type de moules : (1)

1. Moule CBR (Pour des matériaux de $D > 5\text{mm}$ et $< 20\text{mm}$)

2. Moule Proctor (Pas d'élément $> 5\text{mm}$)

avec chacun de ces moules, on peut effectuer :

1. Essai Proctor normal (Pour Travaux de compactage en bâtiment et/ou de barrage)

2. Essai Proctor modifié (Pour Travaux de compactage routier essentiellement) . (1)

2. On distingue quatre états de consistance :

a. L'état solide .

c. L'état plastique .

b. L'état semi solide

d. L'état liquide .

3. L'eau peut se présenter dans le sol sous quatre forme

a. Eau de constitution

c. Eau Capillaire.

b. Eau adsorbée

d. Eau libre . (1)

4. Lorsque l'écoulement de l'eau dans le sol est ascendant et que le gradient hydraulique est suffisamment élevé la force d'infiltration peut devenir assez grande pour que $\vec{v} = 0$, on dit alors que le sol est dans un état de Boullance. ($i > i_c$) (0,5)

• Pour: $i_c = 1$ et $\rho_s = 2600 \text{ Kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

soit $i_c = \frac{G_s - 1}{1 + e} \Rightarrow e = \frac{G_s - 1}{i_c} - 1 = \frac{\frac{\rho_s}{\rho_w} - 1}{i_c} - 1$

$e = 0,6$

• Pour $i_c = 1,2$ et $\rho_s = 2400 \text{ Kg} \cdot \text{m}^{-3}$ (0,5)

$\Rightarrow e = 0,16$

Exercice N°01 (3pts)

a. $S_r = 100\%$, $e = 0,7$, $\gamma_{sat} = 19,4 \text{ kN/m}^3$.

$\gamma_{sat} = \frac{P}{V} = \frac{P_s + P_w}{V_s + V_v}$ comme $\gamma_s = \frac{P_s}{V_s}$, $\gamma_w = \frac{P_w}{V_w}$

$e = \frac{V_v}{V_s} \Rightarrow V_v = e V_s$, $S_r = \frac{V_w}{V_v} = 1 \Rightarrow V_v = V_w$.

① pnc: $\gamma_{sat} = \frac{\gamma_s V_s + \gamma_w V_v}{V_s + V_v} = \frac{\gamma_s V_s + \gamma_w e V_s}{V_s + e V_s}$ (1)

$\Rightarrow \gamma_{sat} = \frac{\gamma_s + e \gamma_w}{1 + e} \Rightarrow \boxed{\gamma_s = \gamma_{sat} (1 + e) - e \gamma_w}$

$\Rightarrow \gamma_s = 19,4 (1 + 0,7) - 0,7 (10) = 25,98 \text{ kN/m}^3$

b. $S_r = 76\%$, $e = 0,7$, $G_s = 2,6$

$w \gamma_s = e S_r \gamma_w$ --- (1)

$w_{sat} \gamma_s = e \gamma_w$ --- (2) $\Rightarrow \frac{1}{2} = \frac{w}{w_{sat}} = S_r$ (1)

$$\Rightarrow w = w_{sat} - S_r$$

$$(2) \Rightarrow w_{sat} = \frac{e \cdot \gamma_w}{\gamma_s} = \frac{0,7 \cdot 10}{26} = 26,9\%$$

$$w = w_{sat} - S_r = 0,76 - 0,269 = 0,204$$

$$\Rightarrow w = 20,4\%$$

$$\gamma = \frac{\gamma_s (1+w)}{1+e} \Rightarrow \gamma = 18,42 \text{ kN/m}^3$$

C. $\rho_d = 1860 \text{ kg/m}^3$, $w = 35\%$

de (a) on a : $\gamma_{sat} = \frac{\gamma_s + e \gamma_w}{1+e}$ (1)

avec $\gamma_d = \frac{\gamma_s}{1+e} \Rightarrow \gamma_s = \gamma_d (1+e)$ avec $e = \frac{w}{1-w} = 0,538$

$$\Rightarrow \gamma_s = 18,6 (1+0,538) = 28,61 \text{ kN/m}^3$$

$$\Rightarrow \gamma_{sat} = \frac{28,61 + 0,538 \cdot 10}{1+0,538} = 22,103 \text{ kN/m}^3$$

avec $\gamma_d = \frac{\gamma}{1+w} \Rightarrow w = \frac{\gamma}{\gamma_d} - 1 = \frac{22,103}{18,6} - 1 = 18,83\%$

$$\Rightarrow w = 18,83\%$$

Exercice N°02 (4 Pts)

$$T_{ammisat 1} = 3500 \text{ g}$$

$$T_2 = 3500 - 217 = 3283 \text{ g}$$

$$T_3 = 3283 - 217 = 2415 \text{ g}$$

On remplit donc le Tableau ci-dessous :

(3)

N°	Ouverture des Passoires (mm)	Refus (g)	Tamisé (g)	Tamisé (%)
1	12,5	0	3500	100
2	5	217	328	94
3	2	868	2415	69
4	1	1095	1320	37,7
5	0,5	809	511	14,6
6	0,2	444	67	1,92
7	0,1	39	68	0,8
Reste	—	28	28	—

* Le coefficient d'uniformité : $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \Rightarrow$ D'après la courbe :

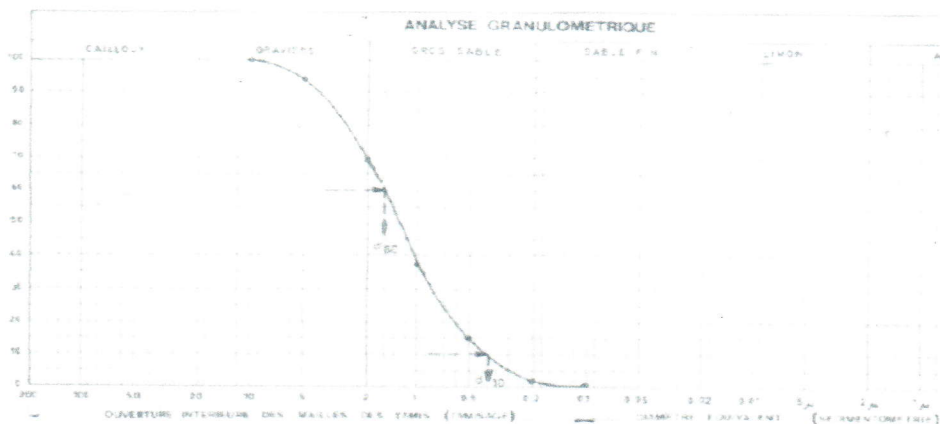
on a : $D_{60} = 1,6 \text{ mm}$ $D_{10} = 0,37 \text{ mm}$

$\Rightarrow C_u = 4,3$ / $2 < C_u \leq 5 \Rightarrow$ granulométrie serrée

* Le coefficient de courbure : $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \cdot D_{60}} \Rightarrow$

$D_{30} = 0,8$

Donc $C_c = \frac{(0,8)^2}{0,37 \cdot 1,6} = 1,08 \Rightarrow$ le sol est bien gradué



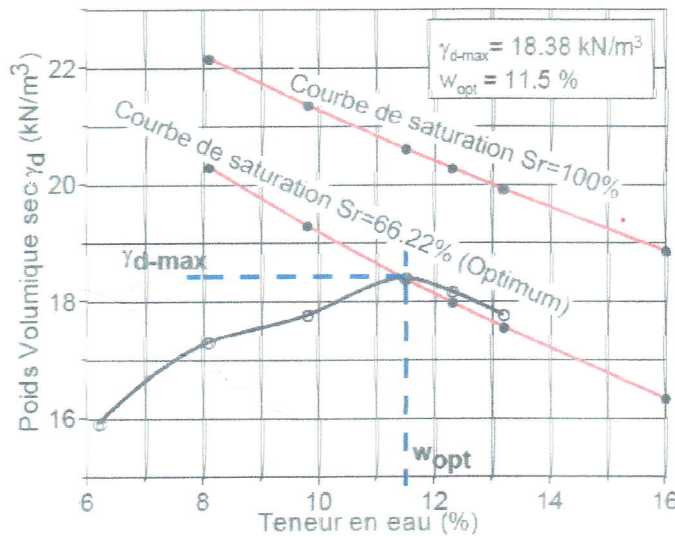
Exercice 5 = 05 (6 Pts)

1. courbe de compactage :

$$\gamma_R = \frac{M_R}{V}$$

w (%)	6,2	8,1	9,8	11,5	12,3	13,2
γ_R (kN/m ³)	16,9	18,7	19,5	20,5	20,4	20,1
$\gamma_{cd} = \frac{\gamma_R}{1+w}$ (kN/m ³)	15,91	17,30	17,76	18,38	18,16	17,76

$$\gamma_d = \frac{R}{1+w}$$



$$\gamma_{d-max} = 18,38$$

$$w_{opt} = 11,5\%$$

2. Degré de saturation correspondant à l'optimum Proctor

$$S_r = \frac{w \gamma_s}{e \gamma_w}, \quad \gamma_d = \frac{\gamma_s}{e+1} \Rightarrow e = \frac{\gamma_s}{\gamma_d} - 1$$

$$S_r = \frac{w}{\left(\frac{\gamma_s}{\gamma_d} - 1\right)} \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \Rightarrow S_r = \frac{0,115}{\left(\frac{27}{18,38} - 1\right)} \cdot 2,7 = 0,662$$

$$\Rightarrow S_{r(opt)} = 66,2\%$$

3. Tracer les courbes de saturation a 100% et a l'optimum

Proctor : $\gamma_s = 27 \text{ kN/m}^3$ $\gamma_w = 10 \text{ kN/m}^3$.

$$\gamma_d = \frac{\gamma_s}{\frac{w \gamma_s}{\gamma_r \gamma_w} + 1}$$

courbe de saturation a $\gamma_r = 100\% \Rightarrow \gamma_d = \frac{27}{2,7w + 1}$

courbe de saturation a l'optimum Proctor $\gamma_r = 66,22\%$.

$$\gamma_d = \frac{27}{4,08w + 1}$$

W (%)	6,2	8,1	9,8	11,5	12,3	13,2	16
$\gamma_d (100\%) \text{ kN/m}^3$	23,12	22,15	21,35	20,60	20,26	19,90	18,85
$\gamma_d (66,22\%) \text{ kN/m}^3$	21,54	20,29	19,28	18,37	17,98	17,55	16,33

4. Déterminer le volume d'eau contenu dans un volume

du sol de 1 m^3 compacté : $w = \frac{P_w}{P_s} = w_{\text{opt}}$ (sol compacté)

$$\gamma_{d \text{ max}} = \frac{P_s}{V} / V = 1 \text{ m}^3 \Rightarrow P_s = 18,38 \text{ kN} \Rightarrow P_w = w_{\text{opt}} \cdot P_s$$

$$\Rightarrow P_w = 0,115 \cdot 18,38 = 2,114 \text{ kN} / \gamma_w = \frac{P_w}{V_w}$$

$$\Rightarrow V_w = \frac{P_w}{\gamma_w} = \frac{2,114}{10} = 0,211 \text{ m}^3$$

5. a l'indice de compactage :

$$I_c = \frac{\gamma_{d \text{ in situ}}}{\gamma_{d \text{ labo}}} = \frac{1,28}{1,83} = 0,69 \text{ (refus du compactage)}$$

$$I_c < 85\% \quad (0,69) \quad (6)$$

$$\gamma_{densité} = \frac{M_s}{V} = \frac{1730}{1348} = 1,28 \text{ g/cm}^3$$

$$w = \frac{2160 - 1730}{1730} = 0,248 \Rightarrow w = 24,8\%$$

5.6. Calcul du degré de saturation du sol compacté-insitu:

$$\gamma_d = \frac{G_s \cdot \gamma_w}{1 + \frac{w \cdot G_s}{S_r}} \Rightarrow S_r = \frac{w \cdot G_s \cdot \gamma_d}{w G_s - \gamma_d} = 0,60$$

$$\Rightarrow S_r = 60\%$$

Exercice 5 = 4 (3pts)

Le sol étant homogène ayant différentes valeurs de k .

$$K_{H1} = \frac{2K_2 + 2K_1 + 2K_2}{2+2+2} = 3,66 \cdot 10^{-4} \text{ cm/s}$$

$$K_{H2} = \frac{2K_3 + 2K_1 + 2K_3}{2+2+2} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ cm/s}$$

$$\Rightarrow K_v = \frac{6+6+6}{\frac{6}{K_{H1}} + \frac{6}{K_1} + \frac{6}{K_{H2}}} = 3,72 \cdot 10^{-4} \text{ cm/s}$$

Dans un Perméamètre à charge variable, le temps est donné par l'expression :

$$K = \frac{2,3 a L}{A t} \log \frac{h_1}{h_2} \Rightarrow t = \frac{2,3 a L}{A K} \log \frac{h_1}{h_2}$$

$$\Rightarrow t = 4026 \text{ s}$$