

6. Vérifier la stabilité au glissement du mur ($c_a = \frac{3}{4}c$).
7. Calculer la répartition des contraintes à la base du mur.
8. Vérifier la stabilité au poinçonnement du sol de fondation sachant que sa contrainte admissible est $\sigma_{sol} = 1,5$ bar.

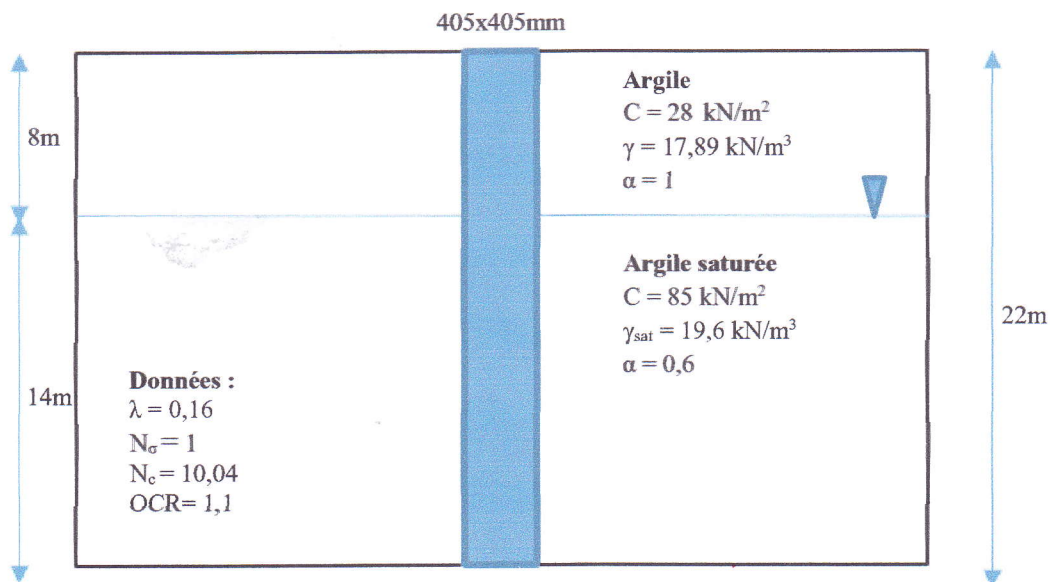
Exercice 2 (pts)

Un pieu carré de section transversale 405 mm x 405 mm, en béton armé de 22 m de longueur pénètre 8 m dans une couche d'argile limoneuse saturée et raide, ayant une résistance au cisaillement 28 kN/m^2 et une densité $17,89 \text{ kN/m}^3$, et 14 m dans une autre couche d'argile limoneuse dans la résistance au cisaillement et 85 kN/m^2 et une densité de $19,6 \text{ kN/m}^3$. Le niveau de la nappe phréatique coïncide avec la surface superficielle de la deuxième couche d'argile.

1. Calculer la charge ultime de pointe par :
 - a. La méthode de MEYERHOF
 - b. La méthode de VISIC
2. Calculer la résistance au frottement ultime par :
 - a. La méthode α
 - b. La méthode β
 - c. La méthode λ

Prenez $\phi_r = 25^\circ$ pour les deux argiles supposées normalement consolidées.

3. Calculer la charge admissible du pieu pour un coefficient de sécurité $FS = 3$



Bon courage

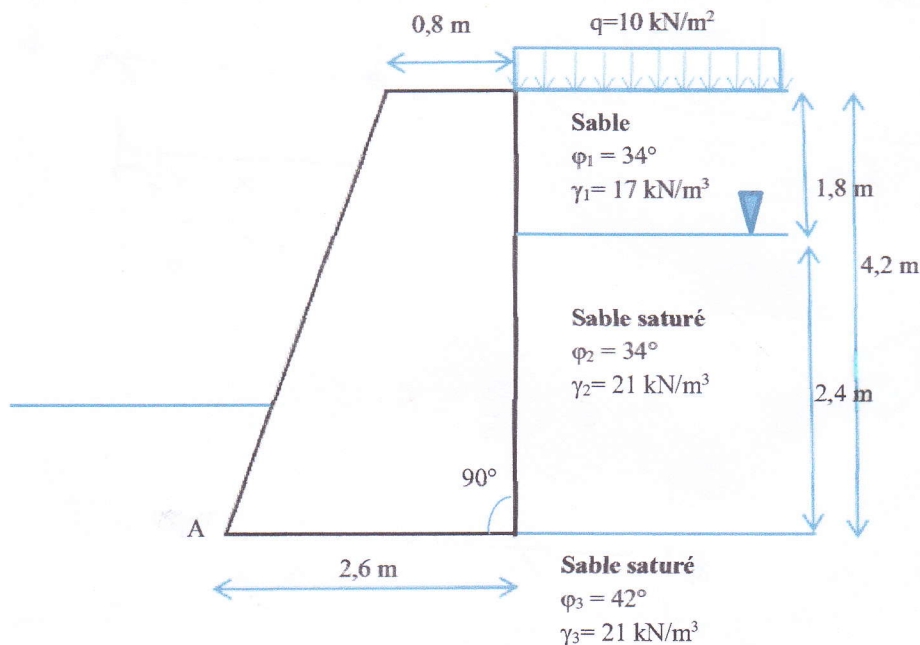
Examen final De Mécanique Des Sols II

Questions (pts)

1. Quels sont les classes d'ouvrages de soutènement ? (Donnez la différence)
2. Donner deux méthodes de chaque technique de stabilisation des sols.
3. Expliquer le phénomène du frottement latéral négatif des pieux. Comment éviter ce phénomène ?

Exercice 1 (10 pts)

On s'intéresse à l'étude d'un mur de soutènement en béton schématisé ci-dessous.



Données :

- Le poids volumique du béton est $\gamma_b = 23 \text{ kN/m}^3$.
- Les efforts de poussée sont considérés horizontaux.
- Les coefficients des poussées seront calculés par la formule simplifiée $K_a = \tan^2\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\phi}{2}\right)$.
- L'angle de frottement entre le mur et le sol d'assise est $\delta' = \frac{3\phi}{2}$
- La butée sera négligée dans les calculs.

1. Calculer le coefficient de poussée du sable.
2. Tracer le diagramme des poussées de la surcharge et déduire Q en précisant son point d'application.
3. Tracer le diagramme des poussées du sol et déduire F_a , en précisant son point d'application.
4. Tracer le diagramme des poussées hydrostatique et déduire F_h , en précisant son point d'application.
5. Vérifier la stabilité au renversement du mur.

Durée : 2 H.

ENSET SKIKDA
4^{eme} PEST GC.

Exercise N: o 1. (10 pts)

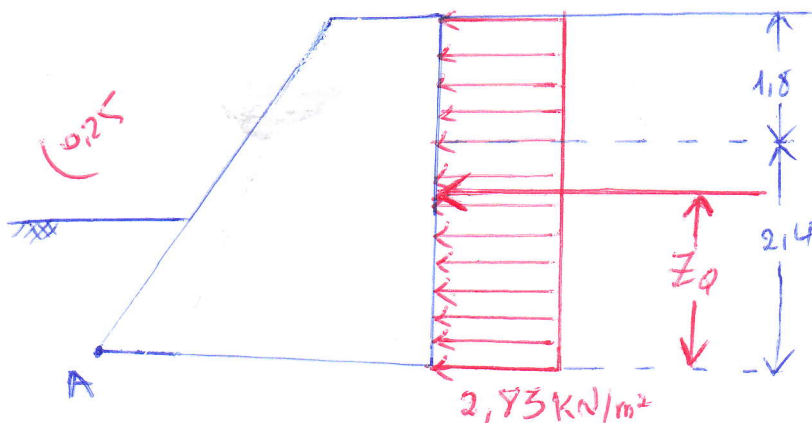
$$K_a = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) = \tan^2 \left(45 - \frac{34}{2} \right) = 0,283.$$

Classe au sac marte :
la poussée est uniforme et égale à : $qKa = \sigma_{ha}$

$$\sigma_{\text{Ha}} = q K_a = 10 \cdot 0,283 = 2,83 \text{ kN/m}^2 \quad \text{OK}$$

D'où la résultante $Q = 2,83 \times 4,2 \times 1 = 11,8 \text{ kN}$

Appliquée à : $L\alpha = \frac{4,2}{2} = 2,1 \text{ m}$.



3) Poussée du sol seul :

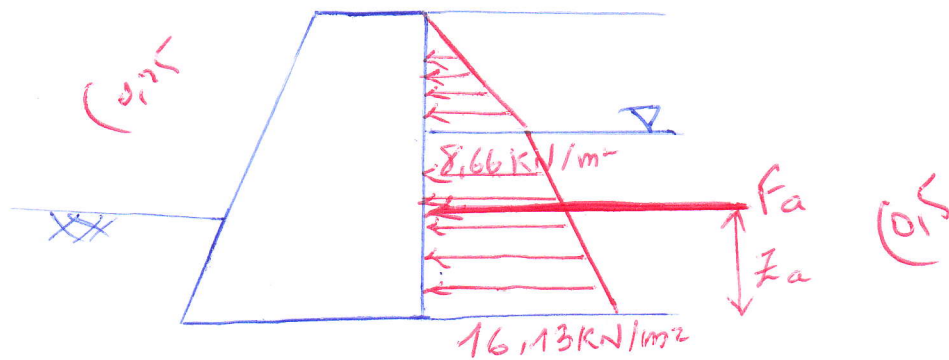
$$\sigma_v = \delta \cdot z \quad / \quad \sigma_{R_a} = K_a \sigma_v \Rightarrow \sigma_{R_a} = \delta \cdot z \cdot K_a$$

$$Z = 0 \text{ m} \Rightarrow \sigma_{\text{Pa}} = \gamma_1 \cdot 0 \cdot (0,283) = 0 \text{ kPa}$$

$$Z = 1,8 \text{ m} \Rightarrow \sigma_{R_2} = \gamma_1 \cdot (1,8) (0,283) = 8,66 \text{ kPa} \quad (i)$$

$$Z = 4,2 \Rightarrow \sigma_{ha} = \gamma_2 (2,4) + 8,66 = 11 \times 2,4 \times 0,283 + 8,66$$

$$\Rightarrow \sigma_{ha} = 16,13 \text{ kPa} \quad / (\gamma' = 21 - 10 = 11 \text{ kN/m}^3)$$



D'où la résultante $F_a = \frac{8,66 \times 1,8}{2} + \frac{8,66 + 16,13}{2} \cdot 2,4$

$$F_a = 7,79 + 29,75 \Rightarrow F_a = 37,54 \text{ kN}$$

Appliquée à $Z_a = \frac{\sum F_i Z_i}{F_a} \Rightarrow$

$$Z_a = 7,79 \cdot (2,4 + 0,6) + 29,75 \cdot \left(\frac{2,4}{3} \times \frac{16,13 + 2 \times 8,66}{16,13 + 8,66} \right) = 1,48 \text{ m}$$

4) Poussée de l'eau :

$$U = \gamma_w \cdot Z_w$$

à $Z = 0 \Rightarrow U = 10 \cdot 0 = 0 \text{ kN/m}^3$

à $Z = 1,8 \Rightarrow U = 10 \cdot 0 = 0 \text{ kN/m}^3$

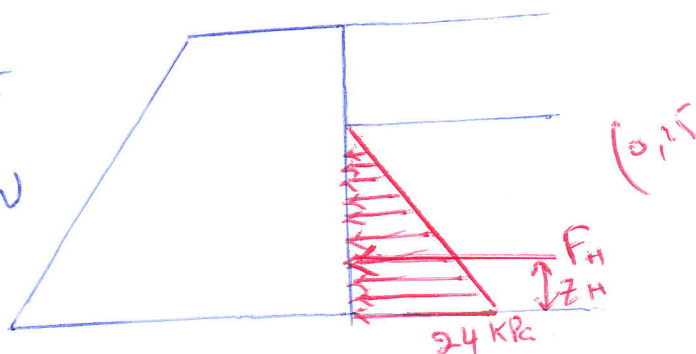
à $Z = 4,2 \Rightarrow U = 10 \cdot 2,4 = 24 \text{ kPa}$

D'où la résultante

$$F_H = \frac{24 \cdot 2,4}{2} = 28,8 \text{ kN}$$

Appliquée à

$$Z_H = \frac{2,4}{3} = 0,8 \text{ m}$$



5) Vérification de la stabilité au renversement du mur =

a) calcul du poids propre du mur :

$$W_m = W_1 + W_2 = (0,8)(4,2)(23) + \frac{(1,8)(4,2)(23)}{2}$$

$$W_m = 86,94 + 77,28 \Rightarrow W_m = 164,22 \text{ kN.} \quad (\text{OK})$$

Distance horizontale entre le centre de gravité du mur et le point A :

$$d = \frac{\sum W_i x_i}{W_m} = \frac{86,94 \cdot 1,2 + 77,28 \cdot 2,2}{164,22}$$

$$\Rightarrow d = 1,67 \text{ m.} \quad (\text{OK})$$

b) Moment stabilisant =

On a un seul effort stabilisant qui est le poids propre du mur $\vec{W}_m$ (OK)

$$\text{D'où : } M_s = W_m d = 164,22 \cdot 1,67 = 274,24 \text{ kN.m.}$$

c) Moment renversants : On a trois efforts :

$\vec{Q}$, $\vec{F}_a$, et F_H D'où :

$$M_R = Q Z_Q + F_a Z_a + F_H Z_H \Rightarrow \quad (\text{OK})$$

$$M_R = 11,88 \cdot 2,1 + 37,54 \cdot 1,48 + 28,8 \cdot 0,8$$

$$M_R = 103,38 \text{ kN.m.}$$

Ainsi le coefficient de sécurité au renversement :

$$F_{SR} = \frac{M_r}{M_R} = \frac{274,24}{103,38} = 2,65 > 1,5. \quad (0,5)$$

$\Rightarrow$ Le mur est stable au renversement
6) vérification de la stabilité au glissement du mur :

$$F_{SG} = \frac{R \lg S + C_a \cdot B}{F_H} = \frac{F_r}{F_m} \quad (0,5)$$

a) la force motrice est : $F_m = Q + F_a + F_H = 78,22 \text{ kN}$

b) la force résistante : $F_r = C_a \cdot B + R \lg S$

$$F_r = \frac{3}{4} c_3 \cdot B + W_m \lg \left(\frac{3}{2} \Phi_3 \right) \quad (0,5)$$

$$\Rightarrow F_r = 12 \times 2,6 + 164,22 \times \lg 63 = 353,49 \text{ kN}$$

Ainsi le coefficient de sécurité au glissement

$$F_{SG} = \frac{353,49}{78,22} = 4,51 > 1,5$$

$\Rightarrow$ Le mur est stable au glissement $(0,5)$

7) Calcul de la répartition de contraintes à la Base du mur :

a) calcul de l'excentricité de la réaction :

Puisque d est la distance horizontale entre le point A et le centre de gravité du mur G (Point d'application de w_m)

$$\text{Donc: } e_0 = d - \frac{B}{2} = 1,67 - 1,3 = 0,37 \text{ m. (0,5)}$$

$$\text{Or } a : e_0 = 0,37 \text{ m} < \frac{B}{6} = 0,43 \text{ m} \quad (0,25)$$

$\Rightarrow$ Donc la semelle est entièrement comprimée

$$\Rightarrow \begin{cases} \sigma_{\max} = \frac{R}{B} \left(1 + \frac{6e}{B} \right) = \frac{164,22}{2,6} \left(1 + \frac{6 \times 0,37}{2,6} \right) = 117,9 \text{ kPa} \\ \sigma_{\min} = \frac{R}{B} \left(1 - \frac{6e}{B} \right) = \frac{164,22}{2,6} \left(1 - \frac{6 \times 0,37}{2,6} \right) = 9,23 \text{ kPa} \end{cases} \quad (0,5)$$

8) verification de la stabilité au poinçonnement :

$$q_{\text{ref}} = \frac{3\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{4} = \frac{9,22 + 3 \cdot 117,09}{4} = 90,12 \text{ kPa} = 0,90 \text{ bar}$$

$$q_{\text{ref}} \leq q_{\text{adm}}/1,5 \Rightarrow 0,9 < 1 \text{ (C.)} \quad (0,5)$$

$\Rightarrow$ D'où le non poinçonnement du sol est vérifié.

Exercice N°2 7 (pts)

1. Calcul de la charge ultime de pointe =

a. Méthode de Meyerhof:

$$Q_p = A_p c_u N_c^* = q c_u A_p. \quad / A_p = 405 \times 405$$

$$\Rightarrow Q_p = 9 \cdot (85) (0,164) = \underline{125,48 \text{ kN}} \quad \boxed{A_p = 0,164 \text{ m}^2} \quad (0,25)$$

(0,5)

b. Méthode de Vesic:

$$Q_p = A_p \cdot q_p = A_p (c N_c + \bar{\sigma} N_q)$$

$$K_0 = 1 - \sin \phi = 1 \quad (0,2)$$

$$q' = (17,8 \times 8) + (19,6 - 10)(14) = 276,8 \text{ kN/m}^2$$

$$\bar{\sigma}_0 = \left(\frac{1 + 2K_0}{3} \right) q' = 276,8 \quad (0,5)$$

$$\text{Pour } N_c = 10,04 \quad \text{et } N_q = 1$$

$$Q_p = (0,164) (85 \cdot 10,04 + 276,8 \cdot 1) = \underline{185,352 \text{ kN}}$$

La capacité portante est alors

$$Q_p = \frac{125,48 + 185,35}{2} = \underline{155,41 \text{ kN}} \quad (0,5)$$

2. Calcul de la résistance au frottement

Ultime par :

a. la méthode α :

$$Q_s = \sum p \Delta L f \quad / \quad f = \alpha c_u \quad / \quad P = 4 (0,405)$$

$$\Rightarrow \underline{P = 1,62}$$

$$\underline{0 \leq Z \leq 8m} \quad (0,5)$$

$$Q_{s1} = p \Delta L_1 f_1 = (1,62)(8)(1)(28) = 362,88 \text{ kN}$$

$$\underline{8 \leq Z \leq 22}$$

$$Q_{s2} = p \Delta L_2 f_2 = (1,62)(14)(85)(0,6) = 1156,68 \text{ kN} \quad (0,25)$$

$$Q_s = Q_{s1} + Q_{s2} = \underline{1519,56 \text{ kN}} \quad (0,25)$$

b. la méthode λ : (0,5)

$$Q_s = PL f_{av} \quad / \quad f_{av} = \lambda (\bar{\sigma}_v + 2c_u)$$

$$C_u = \frac{C_{u1}L_1 + C_{u2}L_2}{L} = \frac{28(8) + 85(14)}{22} \Rightarrow$$

$$C_u = 64,272 \text{ kN/m}^2.$$

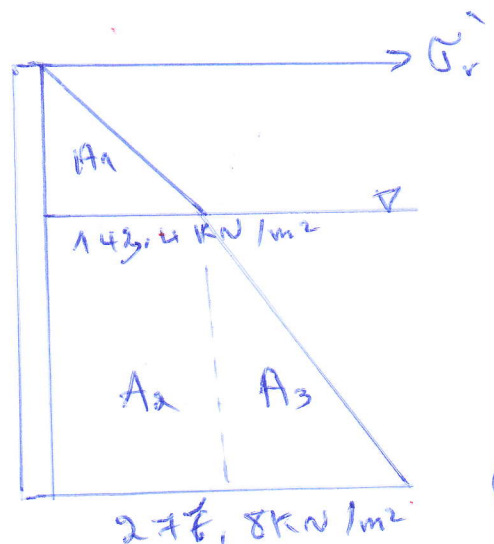
$$\bar{\sigma}_v = \frac{A_1 + A_2 + A_3}{L}$$

$$A_1 = 572,48 \text{ kN/m}$$

$$A_2 = 2007,6 \text{ kN/m} \quad (0,5)$$

$$A_3 = 940,8 \text{ kN/m}$$

$$\bar{\sigma}_v = 160,04 \text{ kN/m}^2.$$



$$Q_s = PL [\lambda (\bar{\sigma}_v + 2c_u)] \quad (0,25)$$

$$Q_s = (1,62)(22) [0,16 (160,04 + 2(64,272))]$$

$$\Rightarrow Q_s = \underline{1644,23 \text{ kN}}$$

c. Méthode B : (0,5)

$$Q_s = \sum p \Delta L f \quad / \quad f = \beta \bar{\sigma}_v \quad / \quad \beta = K \tan \phi_R$$

$$K = 1 - \sin \phi_R =$$

$$\underline{0 \leq Z \leq 8 \text{ m}}$$

$$K = 1 - \sin \phi_R = 1 - \sin 25 = 0,577$$

$$\beta = K \tan \phi_R = 0,577 \tan 25 = 0,269$$

$$f = \beta \bar{\sigma}_v = 0,269 \left(\frac{0 + 142,4}{2} \right) = 19,16 \text{ kN/m}^2$$

$$\underline{8 \leq Z \leq 22}$$

$$K = (1 - \sin \phi_R) = 0,577 \quad (0,5)$$

$$\beta = 0,269$$

$$f = \beta \bar{\sigma}_v = 0,269 \left(\frac{142,4 + 276,8}{2} \right)$$

$$f = 56,38$$

$$Q_s = \sum p \Delta L f = (1,62) [19,16 (8) + 56,38 (14)]$$

$$\Rightarrow Q_s = \underline{1527,012 \text{ kN}} \quad (0,25)$$

La résistance au frottement du pieu est:

$$Q_s = \frac{1644,23 + 1527,812 + 1519,56}{3} = 1562,6 \text{ kN} \quad (0,5)$$

3. Calcul de la capacité-portante du pieu:

$$Q_{adm} = \frac{Q_{ult}}{F_s} = \frac{Q_s + Q_p}{F_s} = \frac{1554,8 + 1562,6}{3}$$

$$\Rightarrow \underline{Q_{adm} = 572,67 \text{ kN}}$$