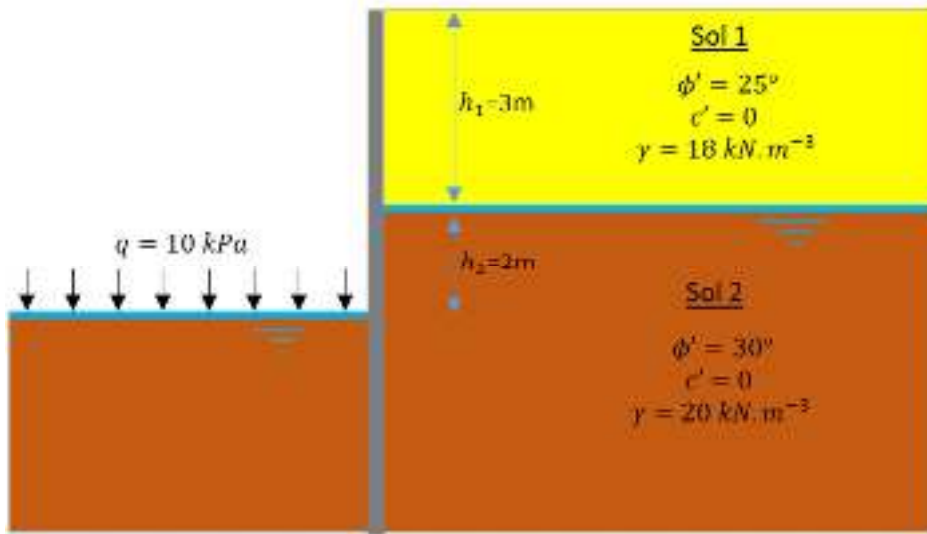


Mécanique des sols : test 2017

Tous les docs sont permis..

Q1. Dimensionnement d'une paroi de soutènement (5 points)



Dans le cadre d'un aménagement routier, on devrait réaliser une tranchée couverte de 5 m sous la protection d'un écran de palplanche auto-stable qui restera comme un ouvrage de soutènement permanent. La coupe de sol comme l'indique la figure ci-dessus, comporte 3 mètres de limon (sol 1) puis du sable grossier (sol 2) sans cohésion. La nappe se situe à 3 m sous le TN côté terre et à 5 m côté tranchée. Le contact sol/palplanche est considéré comme lisse, aussi les efforts de poussée et de butée sont horizontaux. Les charges d'exploitation sont représentées par une pression uniforme de 10 kPa; elle est supposée appliquée de façon permanente. La répartition de la pression d'eau est supposée hydrostatique, négligeant les effets d'écoulement.

- (1) Déterminer les coefficients de poussée due au poids des terres K_{ay} du sol 1 et du sol 2 ainsi que le coefficient de butée K_{py} du sol 2. Le coefficient de butée liée à la surcharge K_{pq} est pris égal à K_{py} .
- (2) Déterminer les diagrammes de contraintes côté poussée et côté butée, à bien noter qu'il existe un saut de contrainte de poussée à l'interface entre les deux couches de sol.
- (3) Calculer la fiche nécessaire à justifier la stabilité de l'écran. En déduire la fiche totale conformément au modèle de Blum.
- (4) Déterminer le moment maximal dans l'écran (bonus: 2 point).

Solution

Rappelons que dans le cas d'une paroi lisse verticale et terrain naturel horizontal, on a les formules simplifiées.

$$K_p = \frac{1 + \sin\phi}{1 - \sin\phi} = \frac{1}{K_a}$$

Pour le calcul de poussées et butées horizontales, on applique la formule classique:

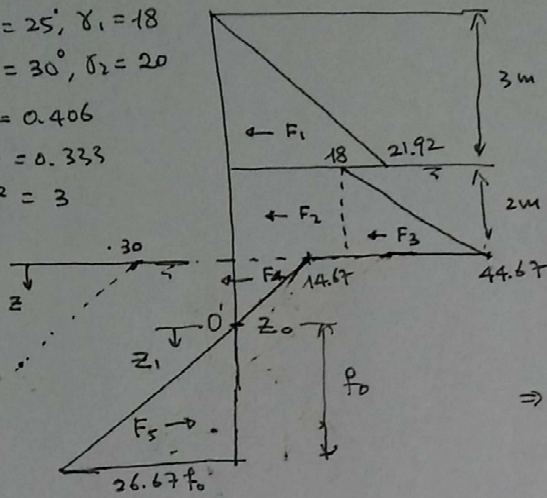
$$\sigma_a(z) = K_a(z)\sigma'_v(z) - 2c\sqrt{K_a(z)} + u_w(z)$$

$$\sigma_p(z) = K_p(z)\sigma'_v(z) + 2c\sqrt{K_p(z)} + u_w(z)$$

Ici, les cohésions sont nulles partout.

Q1) Rideaux de Palplanche

$\phi_1 = 25^\circ, \gamma_1 = 18$
 $\phi_2 = 30^\circ, \delta_2 = 20$
 $K_a' = 0.406$
 $K_a'' = 0.333$
 $K_p'' = 3$



Poussi sol 1 côté terre

$3m^- : K_{a1} \cdot \gamma_1 \cdot 3 = 21.92$
 $3m^+ : K_{a2} \cdot \gamma_1 \cdot 3 = 18.00$
 $5m : K_{a2} \cdot (3\gamma_1 + 2\gamma_2') + 2\gamma_w = 44.67$

à z sous FF.

$\sigma_a = K_{a2} (3\gamma_1 + 2\gamma_2' + z\gamma_2') + (z+z)\gamma_w$
 $\Rightarrow \sigma_a = 44.67 + 13.33z$

côté terre battue $\leftarrow z : \sigma_b = K_p'' \cdot (\gamma_2' z + q) + \gamma_w z = 30 + 40z$

$z=0 : \sigma_a - \sigma_b = 44.67 - 30 = 14.67$

$z > 0 : \sigma_a - \sigma_b = 14.67 - 26.67z$

$\sigma_a - \sigma_b = 0 \Rightarrow z = z_0 = 0.55 \text{ m}$

F_i	L_i	M_i
$F_1 = 21.92 \times 3/2 = 32.87$	$1 + 2 + 0.55 + f_0 = 3.55 + f_0$	$116.71 + 32.87 f_0$
$F_2 = 18 \times 2 = 36$	$1 + z_0 + f_0 = 1.55 + f_0$	$55.80 + 36 \cdot f_0$
$F_3 = (44.67 - 18) \times 2/2 = 26.67$	$\frac{2}{3} + z_0 + f_0 = 1.22 + f_0$	$32.44 + 26.67 f_0$
$F_4 = 14.67 \cdot z_0 / 2 = 4.03$	$\frac{2}{3} z_0 + f_0 = 0.37 + f_0$	$1.49 + 4.03 f_0$
$F_5 = 13.33 \times f_0^2$	$f_0/3$	$- 4.44 f_0^3$

$\sum M = 206.4 + 99.6 f_0 - 4.44 f_0^3 = 0$

$\Rightarrow f_0 = 5.55 \text{ m}$

$f_{\text{reth}} = z_0 + 1.2 f_0 = 7.2 \text{ m}$

$F = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 = 99.5 + \sim 100$

$T=0 \rightarrow z_1$ en-dessous du point O' $\Rightarrow 100 = 13.33 z_1^2 \Rightarrow z_1 = 2.73 \text{ m}$

ici at 3.28m sous F

$\text{Max} = (M_1 + M_2 + M_3 + M_4 + M_5)_{f_0 = z_1}$

$\text{Max} = 387.8 \text{ kN-m/m}$

Q2. Vérification d'une fondation superficielle à l'ELU (5 points)

Il s'agit de vérifier une fondation en semelle filante sous un bâtiment, d'une largeur de 2 m et fondées à 1 m de profondeur. La charge verticale transmise par les fondations au sol est de $V_k = 200 \text{ kN/m}$. Il faut prendre en compte un effort horizontal dû au vent de $H_k = 50 \text{ kN/m}$, appliqué à une hauteur de 2 m par rapport à la base de fondation. Le sol est homogène pulvérulent présentant les caractéristiques: $\gamma = 20 \text{ kNm}^{-3}$ et $p_l = 250 \text{ kPa}$ (pression limite nette équivalente). On prendra dans la suite $k_p = 1$. On demande d'effectuer seulement une vérification vis-à-vis de **l'ELU-fondamental**.

- (1) Calculer les charges V_d et H_d transmise par le bâtiment au sol tenant compte des facteurs de pondération ELU.
- (2) Calculer ensuite (par la méthode pressiométrique) la descente de charge admissible $R_{v,d}$, en prenant en compte l'inclinaison et l'excentrement du chargement. Le sol est-il capable de supporter la charge transmise par le bâtiment.
- (3) Vérifier le critère d'excentrement.
- (4) Vérifier le non glissement de la semelle sachant que l'angle de frottement limite entre le sol et la fondation est estimé à 20° .

Solution

À l'ELU:

$$V_d = 1.35 * 200 = 270.$$

$$H_d = 1.5 * 50 = 75$$

$$M_d = 1.5 * 50 * 2 = 150.$$

$$R_0 = A * q = 2 * 20 * 1 = 40$$

$$V_d - R_0 = 230$$

Vérification vis – à – vis de descente de charge verticale

$$e = \frac{M_d}{V_d} = 0.556 \text{ m}$$

$$1 - \frac{2e}{B} = 0.444$$

$$A' = 0.888 \text{ m}^2$$

$$\delta_d(^{\circ}) = 15.5$$

$$i_\delta = 0.53$$

$$i_\beta = 1$$

$$k_p = 1$$

$$p_l = 250 \text{ kPa}$$

$$q_{net} = k_p * p_l * i_\delta * i_\beta = 132 \text{ kPa}$$

$$\gamma_{Rv}(ELU) = 1.4$$

$$\gamma_{Rd}(ELU/ELS) = 1.2$$

$$R_{vd} = \frac{A' q_{net}}{\gamma_{Rv} \gamma_{Rd}} = 70 \text{ kN/m}$$

$$R_{vd} = 70 > V_d - R_0 = 207 ? \text{ (NON !)}$$

Vérification vis – à – vis de l'excentrement

**** cas ELU – fond ****

$$1 - \frac{2e}{B} = 0.444 > a = \frac{1}{15} = 0.067 \text{ (OK)}$$

Vérification vis – à – vis de l'effort horizontal

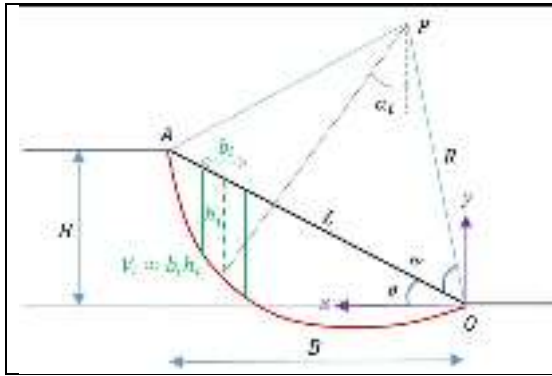
**** cas d'un sol frottant ****

$$\gamma_{Rh}(ELU) = 1.1$$

$$\gamma_{Rd}(ELU) = 1.1$$

$$R_{hd} = \frac{V_d * \tan(\delta_{int})}{\gamma_{Rh} \gamma_{Rd}} = 81 > H_d = 75 \text{ (OK)}$$

Q3. Stabilité d'un talus (5 points)



Données

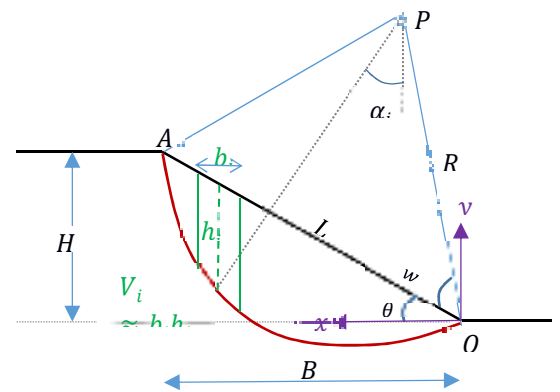
- $H = 5 \text{ m}$
- $B = 8 \text{ m}$
- $R = 6 \text{ m}$ (rayon du cercle de rupture)
- $\gamma = 20 \text{ kNm}^{-3}$
- $c = 5 \text{ kPa}$
- $\phi = 30^\circ$

On doit appliquer la méthode de Fellenius pour estimer le facteur de sécurité vis-à-vis d'une rupture par glissement circulaire d'un talus. La géométrie du talus, la surface potentielle de rupture ainsi que les paramètres de résistance du terrain supposé homogène sont indiqués dans la figure ci-dessus. La nappe phréatique est supposée profonde. On va diviser la zone en glissement en **4 tranches** verticales d'une même largeur $b = B/4$. Montrer bien les calculs intermédiaires et aussi le tableau des valeurs numériques pour chaque tranche.

solution

Pb Talus

		density (kN/m3)	20
Hauteur H	H (m) = 5	c (kPa)	5
	θ (°) = 32,0	ϕ (°)	30
	θ (rad) = 0,559	ϕ (rad)	0,524
	$\tan(\theta)$ = 0,625		
	$\cot(\theta)$ = 1,60	centre du cercle	
Base B	B (m) = 8,00	xp (m)	2,035
L incliné (m)	L (m) = 9,43	yp (m)	5,644
Rayon R	R (m) = 6	Nb de div, N =	4
		largeur tranche	b = 2,00
angle w	w (rad) = 0,666		
	w (°) = 38,2		
	w + θ (°) = 70		



RM: si $w + \theta < 90^\circ$ point P est à gauche du point O

i	xi	yi-haut	yi-bas	hi = yh - yb	Vi	Wi	α_i (rad)	α_i (°)	dénom	Num
1	1,00	0,625	-0,266	0,891	1,78	35,63	-0,173	-9,9	-6,14	30,41
2	3,00	1,875	-0,277	2,152	4,30	86,10	0,162	9,3	13,85	59,19
3	5,00	3,125	0,428	2,697	5,39	107,86	0,517	29,6	53,31	65,64
4	7,00	4,375	2,276	2,099	4,20	83,96	0,975	55,8	69,48	45,02

$$\sum w_i \sin \alpha_i = \text{Somme } 130,49 \quad 200,27$$

soit: $\sum \left(\frac{c_i b_i}{\cos \alpha_i} + w_i \cos \alpha_i \tan \phi \right) = \frac{130,49}{200,27} = \mathbf{F = 1,53}$

Q4. Questions courtes, réponses 5 lignes maxi (5 pts)

- (1) Citer deux reconnaissances in-situ en géotechnique et donner les principaux paramètres mesurés. (1 point)
pressiomètre: module pressiométrique et pression limite
pénétromètre: résistance à la pénétration et frottement latéral limite
- (2) Qu'est-ce que la loi d'écoulement dans un modèle élastoplastique ? Qu'est qu'une loi d'écoulement associée ? (1 point)
C'est la relation permettant de calculer la vitesse des déformations plastiques en fonction de l'état mécanique actuel (de contraintes et déformations). Dans une loi d'écoulement associée, le potentiel d'écoulement s'identifie à la fonction de charge à une constante près. Le tenseur vitesse des déformations est dans ce cas orthogonal à la surface de charge.
- (3) Dans une excavation soutenue par une paroi verticale, le niveau d'eau supérieur du côté terre par rapport au côté fouille engendre un écoulement. Pourquoi la répartition de la pression d'eau n'est pas hydrostatique? Quel est l'impact de l'écoulement sur la butée de la paroi côté fouille. L'hypothèse de pression d'eau hydrostatique est-elle du côté de la sécurité et pourquoi? (2 points)
En raison de la perte de charge (qui traduit une perte de l'énergie), la répartition des pressions d'eau s'écarte du cas hydrostatique. L'écoulement ascendant côté fouille augmente le gradient hydraulique et la pression d'eau par rapport au cas hydrostatique, ce qui réduit la contrainte effective et par voie de conséquence la butée.
Non, l'hypothèse de pression d'eau hydrostatique surestime la contrainte effective donc la butée mobilisable et ne serait donc pas du côté de la sécurité.
- (4) Donner deux méthodes de confortement de pente et expliquer leur intérêt et/ou limites ? (1 point)
Drains ou inclusions métalliques (pieux, clous). La première est généralement moins onéreuse mais les drains risquent de se boucher et nécessitent une inspection à intervalles réguliers. La seconde coûte plus cher mais dans certains cas est la seule solution efficace; aussi la qualité de l'inclusion pourrait se dégrader dans le temps.