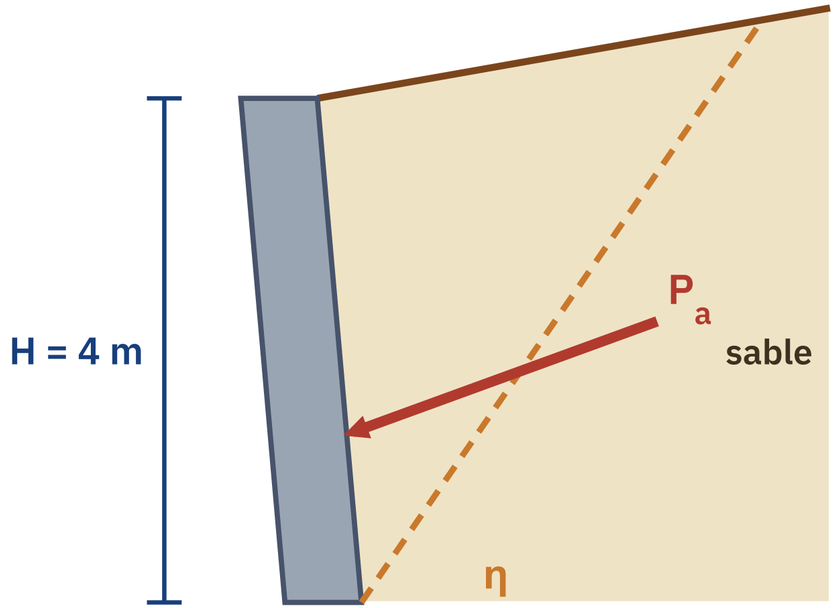
Présentation de cours de géotechnique · Poussée et butée des terres

Poussée et butée des terres selon Coulomb

Cours : poussée et butée des terres selon Coulomb pour un coin de glissement plan derrière le mur, frottement mur-sol, parement incliné et remblai en pente ; surcharge, nappe phréatique et remblai stratifié ; exemple de calcul pour chaque thème.

Coin d'essai · Frottement sol-écran δ′ · Poussée et butée · Surcharge · eau · couche · Couche cohérente



Que verrons-nous dans ce cours ?

- Le principe du **coin d'essai** de Coulomb : l'équilibre des trois forces (W, F, P_a) et le coin le plus critique
- Comment le frottement sol-écran (δ′), l'inclinaison de la face du mur (θ) et la pente du remblai (α) modifient les coefficients **K_a et K_p**
- Que la force **active** est la **plus grande** parmi celles des coins et que la force **passive** est la **plus petite**
- Déterminer la position de la force (H/3), sa direction (δ′ par rapport à la normale au parement) et ses composantes horizontale – verticale
- Prendre en compte la **surcharge** ($q_e = q \cos\theta / \cos(\theta - \alpha)$), les **eaux souterraines** et le remblai stratifié
- Dans quels cas la solution de Coulomb est **non sécuritaire** en butée

DÉROULÉ DU COURS

Chaque thème est traité en **trois étapes** :

1 · **Théorie** : quelle est la règle, pourquoi en est-il ainsi ?

2 · **Énoncé** : données et à déterminer

3 · **Solution** : étape par étape, avec les valeurs numériques

Les forces sont rapportées à l'unité de longueur du mur (kN/m) ; angles en degrés ; θ est l'angle de la face du mur avec la verticale, α celui du remblai avec l'horizontale.

Coin plan de Coulomb

THÉORIE

Coulomb (1776) considère le sol situé derrière le mur comme un **coin rigide** glissant sur un plan passant par le talon et, contrairement à Rankine, tient compte du **frottement** entre le mur et le sol. Dans un remblai sans cohésion, trois forces agissent sur le coin d'essai :

W : poids du coin

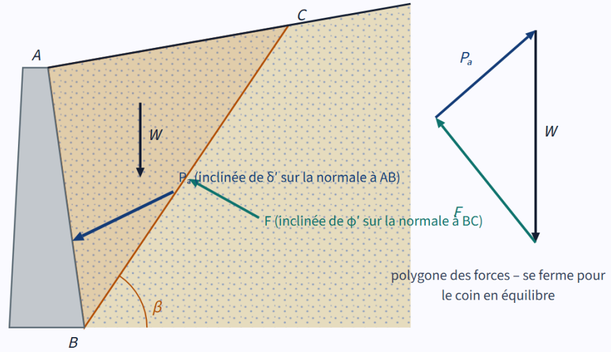
F : résultante sur le plan de rupture BC, inclinée de φ′ par rapport à la normale au plan

P_a : effort du mur, incliné de δ′ par rapport à la normale à la face du mur

Si le plan fait un angle β avec l'horizontale, théorème des sinus dans le polygone des forces :

$$\frac{W}{\sin(90^\circ + \theta + \delta' - \beta + \varphi')} = \frac{P_a}{\sin(\beta - \varphi')}$$

$$P_a = \tfrac{1}{2}\gamma H^2 \, \frac{\cos(\theta-\beta)\cos(\theta-\alpha)\sin(\beta-\varphi')}{\cos^2\theta \, \sin(\beta-\alpha) \, \sin(90^\circ+\theta+\delta'-\beta+\varphi')}$$



Énoncé

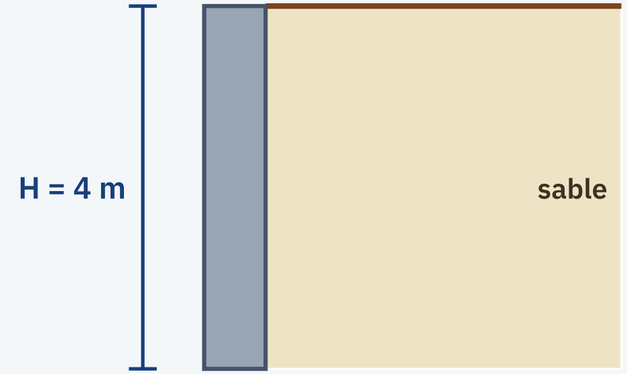
EXEMPLE

Données

Mur	$H = 4$ m, vertical ($\theta = 0$) ; surface du remblai horizontale ($\alpha = 0$)
Sol	sable sec : $\gamma = 17\ \mathrm{kN/m^3}$, $\varphi' = 32°$; frottement sol-écran $\delta' = 16° = \varphi'/2$

À DÉTERMINER

$P_a(\beta)$ pour les plans d'essai β = 45°, 60° et 75° ; la force **maximale** et son angle β.



Solution

SOLUTION

1 Mur vertical, remblai horizontal : θ = α = 0 ⇒ $P_a(\beta) = \tfrac{1}{2}\gamma H^2 \cdot \cos\beta \sin(\beta - \varphi') / [\sin\beta \cos(\beta - \varphi' - \delta')]$

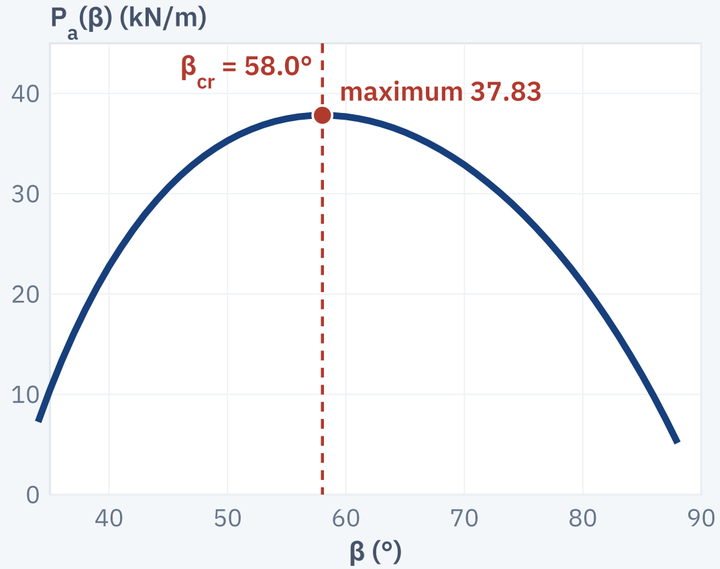
$$\beta = 45^\circ : \; P_a = \mathbf{30.64}\ \mathrm{kN/m} \qquad \beta = 60^\circ : \; P_a = \mathbf{37.69}\ \mathrm{kN/m}$$

$$\beta = 75^\circ : \; P_a = \mathbf{27.89}\ \mathrm{kN/m}$$

2 Coin d'essai le plus grand ($dP_a/d\beta = 0$)

$$\beta_{cr} = \mathbf{58.0}^\circ \qquad P_{a,max} = \mathbf{37.83}\ \mathrm{kN/m}$$

Parmi les coins d'essai, **le plus grand, 37.83 kN/m** (β = 58.0°), est la poussée active de Coulomb ; des coins plus raides ou plus plats exigent une force plus petite. Le mur doit pouvoir retenir uniquement le coin le plus défavorable.



Vérifier la solution dans GeoTerva ↗

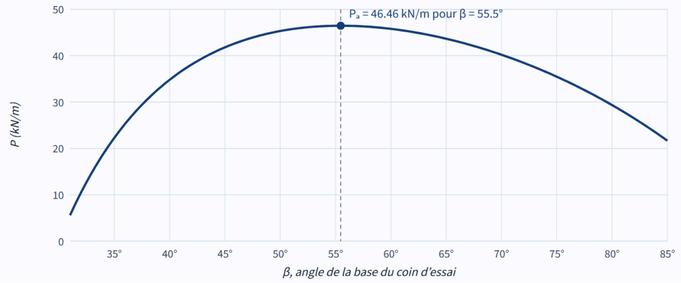
Coefficient de poussée actif de Coulomb K_a

THÉORIE

Seul β était inconnu. Le coin le plus défavorable que le mur doit retenir correspond au maximum de $P_a(\beta)$ ($dP_a/d\beta = 0$) ; sa solution :

$$K_a = \frac{\cos^2(\varphi' - \theta)}{\cos^2\theta\cos(\delta' + \theta)\left[1 + \sqrt{\dfrac{\sin(\delta' + \varphi')\sin(\varphi' - \alpha)}{\cos(\delta' + \theta)\cos(\theta - \alpha)}}\right]^2} \qquad P_a = \tfrac{1}{2}K_a\gamma H^2$$

φ′	δ′ = 0°	δ′ = 5°	δ′ = 10°	δ′ = 15°	δ′ = 20°	δ′ = 25°
28°	0.3610	0.3448	0.3330	0.3251	0.3203	0.3186
32°	0.3073	0.2945	0.2852	0.2791	0.2755	0.2745
36°	0.2596	0.2497	0.2426	0.2379	0.2354	0.2350
40°	0.2174	0.2098	0.2045	0.2011	0.1994	0.1995



La force s'exerce à **H/3** au-dessus de la base, inclinée de **δ′** par rapport à la normale à la face du mur ; elle fait avec l'horizontale un angle θ + δ′.

Rankine pour α = θ = δ′ = 0. Le frottement sol-écran **réduit** la force de poussée.

Énoncé

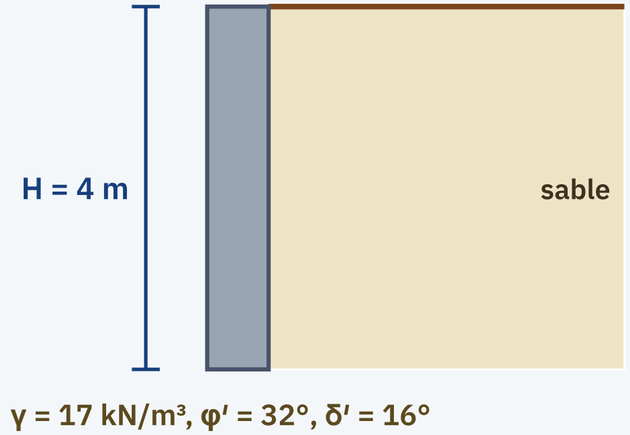
EXEMPLE

Données

Mur et sol	**Le mur de l'exemple 1 :** $H = 4$ **m,** $\theta = \alpha = 0$ **;** $\gamma = 17\ \mathrm{kN/m^3}$, $\varphi' = 32°$, $\delta' = 16°$

À DÉTERMINER

K_a, **P_a**, hauteur d'application, composantes horizontale et verticale ; comparaison avec Rankine.



Solution

SOLUTION

1 Coefficient (θ = α = 0)

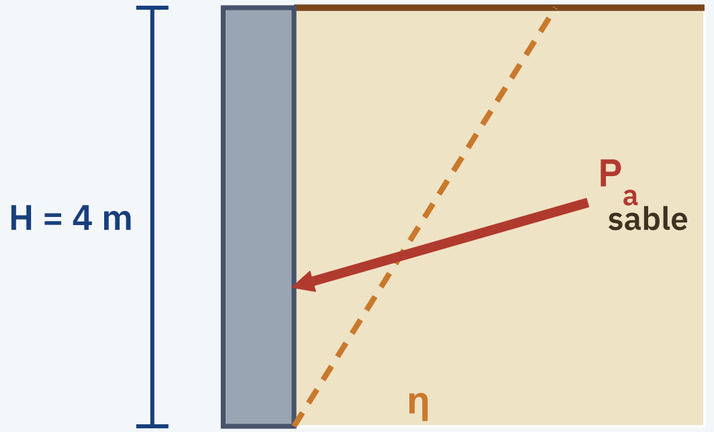
$$\sqrt{\frac{\sin 48^\circ \sin 32^\circ}{\cos 16^\circ}} = 0.6401$$

$$K_a = \frac{\cos^2 32^\circ}{\cos 16^\circ \,(1 + 0.6401)^2} = \frac{0.7192}{2.5856} = \mathbf{0.2782}$$

2 Force, position et composantes (δ′ = 16° sur l'horizontale)

$$P_a = \tfrac{1}{2}(0.2782)(17)(4)^2 = \mathbf{37.83}\ \text{kN/m} \qquad \bar{z} = \tfrac{4}{3} = 1.33\ \text{m}$$

$$P_h = P_a \cos 16^\circ = 36.36 \qquad P_v = P_a \sin 16^\circ = 10.43\ \text{kN/m}$$



P_a = **37.83 kN/m** ; identique à la valeur du plus grand des coins d'essai (Exemple 1). Rankine (δ′ = 0, K_a = 0.3073) donnerait 41.79 kN/m : le frottement sur le mur a réduit la force de 9 %.

Vérifier la solution dans GeoTerva ↗

Énoncé

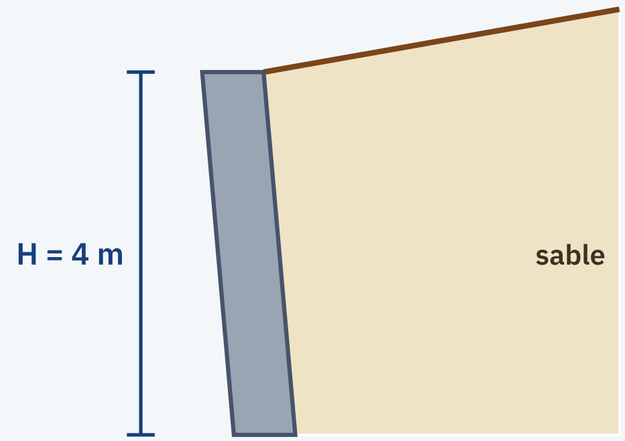
EXEMPLE

Données

Mur	$H = 4$ **m ; parement incliné de** $\theta = 5°$ **par rapport à la verticale**
Remblai	**pente du terrain** $\alpha = 10°$ **;** $\gamma = 15\ \mathrm{kN/m^3},\ \varphi' = 30°$
Frottement du mur	$\delta' = 15°$ **(**$\delta'/\varphi' = \frac{1}{2}$**)**

À DÉTERMINER

K_a, P_a, sa direction et sa position ; coin critique β. Le module s'ouvre avec ce mur.



γ = 15 kN/m³, φ′ = 30°, δ′ = 15°

Solution (1/2)

SOLUTION

1 Terme de numérateur et racine

$$\cos^2(30^\circ - 5^\circ) = 0.8214 \qquad \cos^2 5^\circ \cos(15^\circ + 5^\circ) = 0.9326$$

$$\sqrt{\frac{\sin 45^\circ \sin 20^\circ}{\cos 20^\circ \cos(-5^\circ)}} = \sqrt{0.2583} = 0.5083$$

2 Coefficient

$$K_a = \frac{0.8214}{0.9326\,(1 + 0.5083)^2} = \mathbf{0.3872}$$

Solution (2/2)

SOLUTION

3 Effort et position

$$P_a = \tfrac{1}{2}\gamma H^2 K_a = \tfrac{1}{2}(15)(4)^2(0.3872) = \mathbf{46.46}\ \mathrm{kN/m}$$

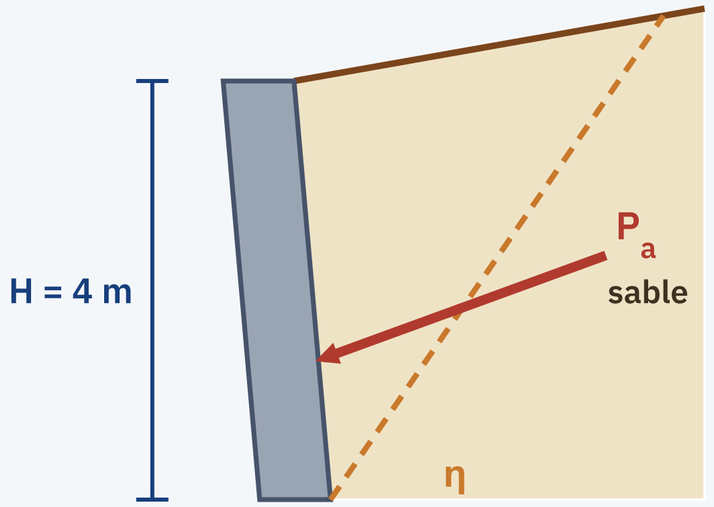
$$\bar{z} = \frac{H}{3} = \mathbf{1.33}\ \mathrm{m}$$

4 Direction : δ′ = 15° par rapport à la normale, θ + δ′ = 20° par rapport à l'horizontale

$$P_h = P_a \cos 20^\circ = 43.66\ \mathrm{kN/m}$$

$$P_v = P_a \sin 20^\circ = 15.89\ \mathrm{kN/m}$$

P_a = **46.46 kN/m**, à 1.33 m au-dessus de la base. Le coin critique fait **β ≈ 55.5°** avec l'horizontale (point culminant des coins d'essai).



Vérifier la solution dans GeoTerva ↗

Énoncé

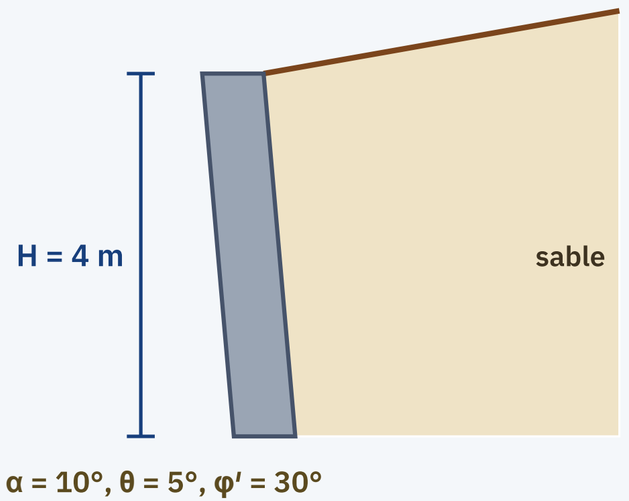
EXEMPLE

Données

Mur et remblai	**Mur de l'Exemple 3 : $\theta = 5°,\ \alpha = 10°,\ \varphi' = 30°$; pour comparaison, mur vertical, remblai horizontal ($\theta = \alpha = 0$)**
Variable	$\delta' = 0°,\ 5°,\ 10°,\ 15°,\ 20°,\ 25°,\ 30°$

À DÉTERMINER

Pour chaque δ′, **K_a** ; pour quelle valeur de δ′ K_a est-il **le plus petit** ? Intervalle δ′/φ′ recommandé.



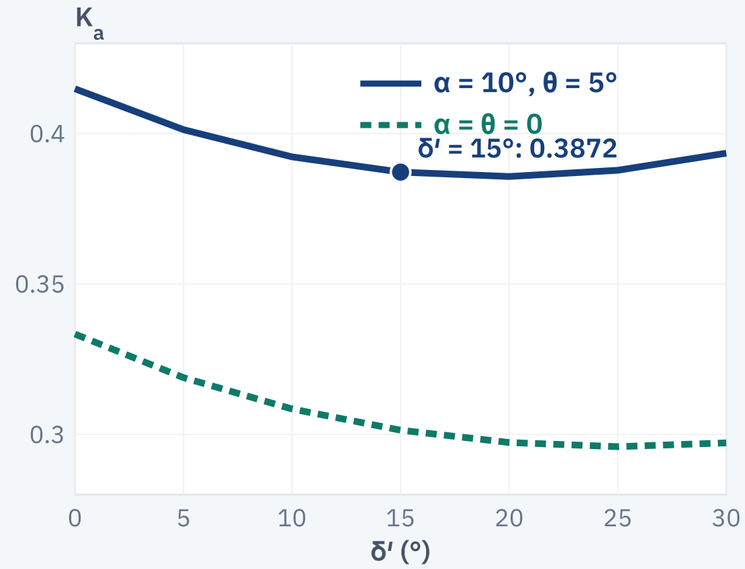
Solution

SOLUTION

1 Sept valeurs de δ′ avec la même formule

δ′	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°
K_a (θ = 5°, α = 10°)	0.4149	0.4013	0.3923	0.3872	0.3857	0.3878	0.3935
K_a (θ = α = 0)	0.3333	0.3189	0.3085	0.3014	0.2973	0.2959	0.2972

Lorsque δ′ augmente, K_a commence par **diminuer** (de 0.415 pour δ′ = 0 à 0.387 pour δ′ = 15°), atteint sa valeur minimale vers δ′ ≈ 20–25°, puis **augmente** de nouveau. En pratique, δ′ = (1/2 – 2/3)φ′ est retenu ; adopter δ′ = φ′ n'est pas du côté de la sécurité, car cette valeur suppose que le mur glisse vers le bas par rapport au sol.



Vérifier la solution dans GeoTerva ↗

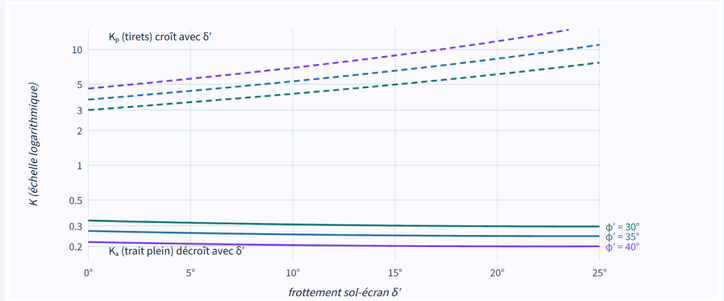
Coefficient de butée passif de Coulomb K_p

THÉORIE

Lorsque le mur est poussé contre le sol, la résultante et l'effort du mur passent **de l'autre côté** de leurs normales ; la butée est la **plus petite** des valeurs obtenues avec les coins d'essai :

$$K_p = \frac{\cos^2(\varphi' + \theta)}{\cos^2\theta\cos(\delta' - \theta)\left[1 - \sqrt{\dfrac{\sin(\varphi' + \delta')\sin(\varphi' + \alpha)}{\cos(\delta' - \theta)\cos(\alpha - \theta)}}\right]^2} \qquad P_p = \tfrac{1}{2}K_p\gamma H^2$$

φ′	δ′ = 0°	δ′ = 5°	δ′ = 10°	δ′ = 15°	δ′ = 20°
15°	1.698	1.901	2.131	2.403	2.735
20°	2.040	2.313	2.635	3.029	3.525
25°	2.464	2.833	3.285	3.855	4.597
30°	3.000	3.505	4.143	4.977	6.105
35°	3.690	4.391	5.309	6.555	8.324
40°	4.599	5.593	6.946	8.872	11.771



Le frottement sol-écran **augmente rapidement** la force de butée (φ′ = 30° : pour δ′ = 0 → 20°, K_p : 3.00 → 6.11).

Pour de grandes valeurs de δ′, le coin plan donne une résistance passive **supérieure à la valeur réelle** (non sécuritaire) : module spirale logarithmique.

Énoncé

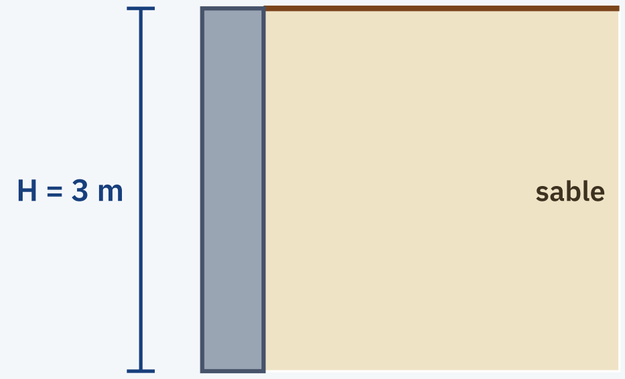
EXEMPLE

Données

Mur	$H = 3$ **m, vertical ; remblai horizontal**
Sol	**sable sec :** $\gamma = 15.7\ \mathrm{kN/m^3},\ \varphi' = 30^\circ$
Frottement du mur	$\delta' = 0^\circ,\ 10^\circ,\ 15^\circ,\ 20^\circ$

À DÉTERMINER

Pour chaque δ′ : **K_p**, **P_p** et leurs composantes ; pour δ′ = 15°, comparaison avec les solutions à surface courbe (302–326 kN/m).

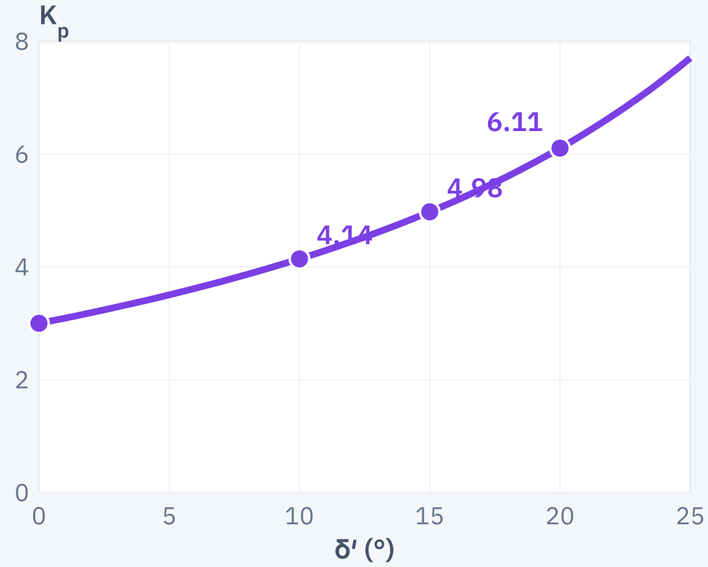


Solution

SOLUTION

1 Formule de K_p, $P_p = \frac{1}{2}K_p\gamma H^2 = \frac{1}{2}K_p(15.7)(9) = 70.65\ K_p$

δ′	K_p	P_p (kN/m)	P_h	P_v	β (coin critique)
0°	3.000	212.0	212.0	0.0	30.0°
10°	4.143	292.7	288.3	50.8	23.4°
15°	4.977	351.6	339.6	91.0	20.7°
20°	6.105	431.3	405.3	147.5	18.1°



De δ′ = 0 à 20°, P_p passe de 212.0 à 431.3 kN/m : il est multiplié par **2.0**. À δ′ = 15°, Coulomb donne 351.6 kN/m ; les solutions à surface courbe se situent entre 302 et 326 kN/m, c'est-à-dire que le coin plan surestime la butée d'environ **8 %** (côté défavorable).

Vérifier la solution dans GeoTerva ↗

Extension modulaire de la solution de Coulomb

THÉORIE

La surcharge q (verticale, par unité d'aire de la surface inclinée) s'ajoute au poids de chaque coin d'essai dans la même proportion que le sol ; le coin critique et K_a ne changent pas. La contrainte équivalente par unité de profondeur verticale :

$$q_e = q\,\frac{\cos\theta}{\cos(\theta-\alpha)} \qquad P_a = \tfrac{1}{2}K_a\gamma H^2 + K_a q_e H$$

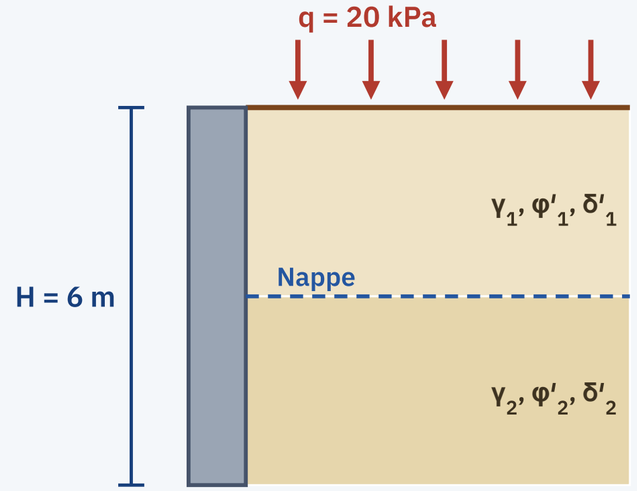
La première partie est à H/3 au-dessus de la base, la seconde à H/2. **En remblai stratifié** (limites horizontales, épaisseurs mesurées verticalement à partir du sommet A du parement du mur), chaque couche prend son propre coefficient K_i avec ses propres γ, φ′ et δ′ :

$$\sigma'_v = q_e + \sum \gamma_i h_i \qquad \sigma' = K_i\,\sigma'_v\cos\theta$$

σ′ s'exerce par unité de longueur de la face du mur, avec une inclinaison δ′ (propre à la couche) par rapport à la normale ; à la limite où K change, la pression présente un saut.

Nappe (horizontale, z_w) : en dessous, $\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w$; $u = \gamma_w(z - z_w)$ est ajoutée **perpendiculairement** au mur. Les forces sont décomposées en composantes normale (N) et parallèle (T) à la face puis sommées : $P = \sqrt{(N^2 + T^2)}$, $\beta = \tan^{-1}(T/N)$.

REMBLAI STRATIFIÉ ET EAU



Énoncé

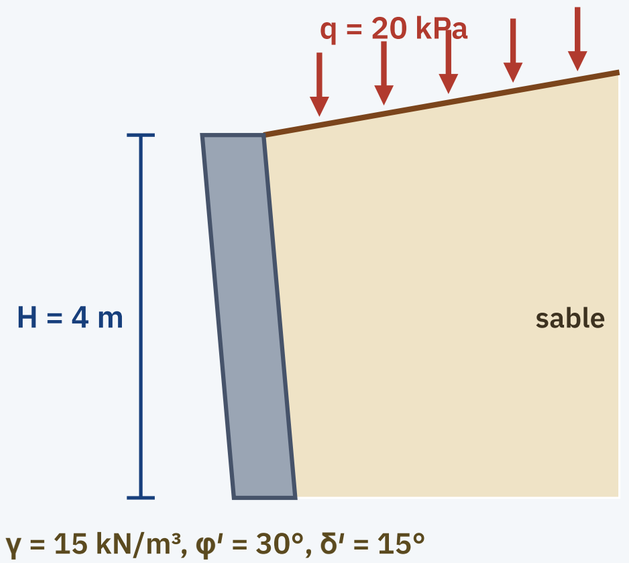
EXEMPLE

Données

Mur et sol	**Le mur de l'exemple 3 :** $H = 4$ **m,** $\theta = 5°,\ \alpha = 10°$ **;** $\gamma = 15\ \mathrm{kN/m^3},\ \varphi' = 30°,\ \delta' = 15°$
Surcharge	$q = 20$ **kPa uniformément répartis sur surface inclinée (perpendiculairement à la surface)**

À DÉTERMINER

q_e, P_a total et hauteur d'application ; part de la surcharge.



Solution

SOLUTION

1 Contrainte verticale équivalente

$$q_e = q\frac{\cos\theta}{\cos(\theta-\alpha)} = 20\frac{\cos 5^\circ}{\cos(-5^\circ)} = \mathbf{20.00}\ \text{kPa}$$

2 Forces dues au sol et à la surcharge (K_a = 0.3872)

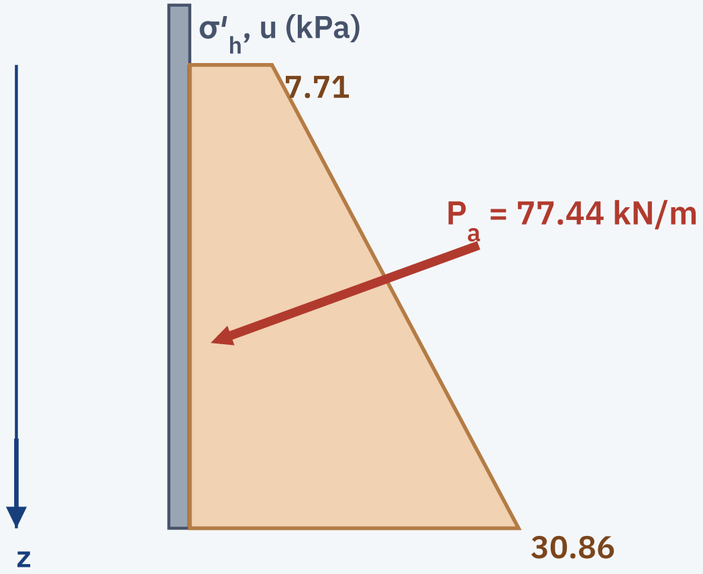
$$P_\gamma = \tfrac{1}{2}K_a\gamma H^2 = 46.46\ \text{kN/m}\ \ (H/3 = 1.33\ \text{m})$$

$$P_q = K_a q_e H = 0.3872(20)(4) = 30.97\ \text{kN/m}\ \ (H/2 = 2.00\ \text{m})$$

3 Total et position

$$P_a = 46.46 + 30.97 = \mathbf{77.44}\ \text{kN/m}$$

$$\bar{z} = \frac{46.46(1.33) + 30.97(2.00)}{77.44} = \mathbf{1.60}\ \text{m}$$



La surcharge a augmenté la force de 67 % (P_a = 77.44 kN/m) ; le point d'application est passé de 1.33 m à **1.60 m**.

Vérifier la solution dans GeoTerva ↗

Énoncé

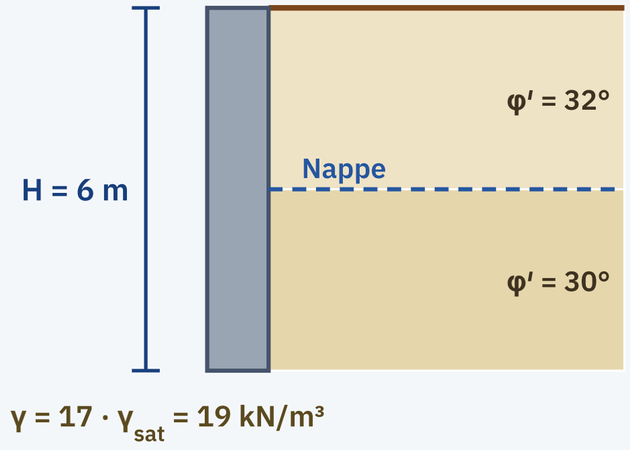
EXEMPLE

Données

Mur	$H = 6$ **m, vertical ; remblai horizontal ; pas de surcharge**
Couche 1 (0–3 m)	$\gamma = 17\ \mathrm{kN/m^3},\ \varphi' = 32°,\ \delta' = 16°$
Couche 2 (3–6 m)	$\gamma_{sat} = 19\ \mathrm{kN/m^3},\ \varphi' = 30°,\ \delta' = 15°$
Niveau de la nappe phréatique	**À 3 m de profondeur**

À DÉTERMINER

Pressions dans chaque couche ; forces dues au sol et à l'eau ; **P**, β et hauteur d'application.



Solution (1/2)

SOLUTION

1 Coefficients

$$K_1(32^\circ, 16^\circ) = \mathbf{0.2782} \qquad K_2(30^\circ, 15^\circ) = \mathbf{0.3014}$$

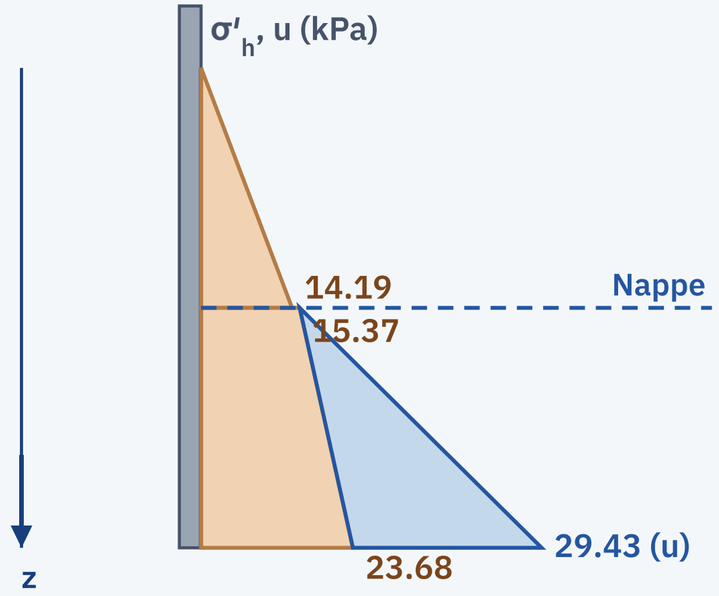
2 Contraintes : $\sigma'_v(3) = 17(3) = 51$; $\sigma'_v(6) = 51 + 3(19 - 9.81) = 78.57$ kPa

$$p_1 = 0.2782(51) = \mathbf{14.19}\ \text{kPa (en haut)}$$

$$p_2 = 0.3014(51) = \mathbf{15.37}\ \text{kPa (en bas)}$$

$$p(6) = 0.3014(78.57) = \mathbf{23.68}\ \text{kPa}$$

$$u(6) = 9.81(3) = \mathbf{29.43}\ \text{kPa}$$



Solution (2/2)

SOLUTION

3 Forces du sol (agissant sur la face, chaque couche avec son propre δ′) : triangle · rectangle · triangle

$$P_s = \tfrac{1}{2}(3)(14.19) + 3(15.37) + \tfrac{1}{2}(3)(8.31) = 21.28 + 46.12 + 12.47 = 79.86\ \text{kN/m}$$

$$P_w = \tfrac{1}{2}(29.43)(3) = 44.14\ \text{kN/m}\ \text{(perpendiculaire au mur)}$$

4 Composantes, résultante et position

$$N = N_s + N_w = 77.04 + 44.14 = 121.18 \qquad T = 21.03\ \text{kN/m}$$

$$P = \sqrt{N^2 + T^2} = \mathbf{123.00}\ \text{kN/m} \qquad \beta = \tan^{-1}\frac{T}{N} = 9.84^\circ \qquad \bar{z} = \mathbf{1.69}\ \text{m}$$

La résultante vaut **123.00 kN/m** (sol 79.86 + eau 44.14), à 1.69 m au-dessus de la base. La force de l'eau représente 55 % de celle du sol ; à l'interface, p passe brusquement de 14.19 à 15.37 kPa (K change).

Vérifier la solution dans GeoTerva ↗

Énoncé

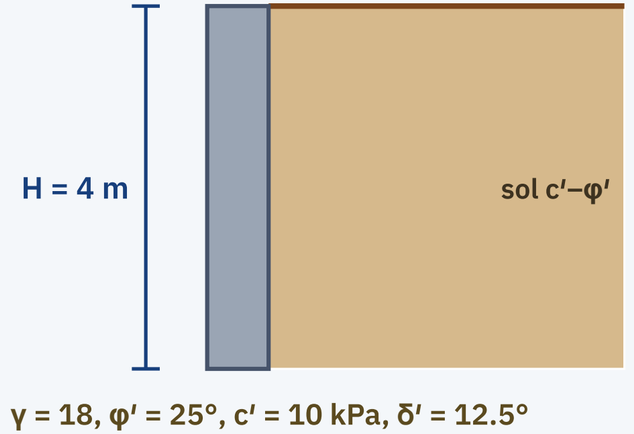
EXEMPLE

Données

Mur	$H = 4$ **m, vertical ; remblai horizontal**
Sol	**c′–φ′:** $\gamma = 18\ \mathrm{kN/m^3},\ \varphi' = 25°,\ c' = 10$ **kPa;** $\delta' = 12.5° = \varphi'/2$

À DÉTERMINER

K_a, profondeur de traction z_0, **P_a** avec et sans fissure ; comparaison avec Rankine.



Solution (1/2)

SOLUTION

1 Coefficient de Coulomb et terme de cohésion (l'adhésion est négligée)

$$K_a(25^\circ, 12.5^\circ) = \mathbf{0.3674} \qquad \sigma' = K_a\sigma'_v - 2c'\sqrt{K_a}$$

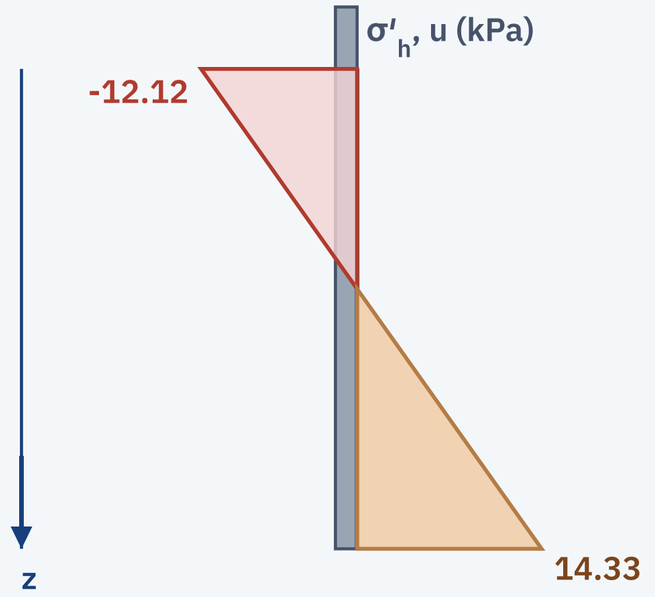
$$2c'\sqrt{K_a} = 2(10)(0.6061) = 12.12 \text{ kPa}$$

2 En tête, à la base et à la profondeur de traction

$$\sigma'(0) = -\mathbf{12.12} \text{ kPa (traction)}$$

$$\sigma'(4) = 0.3674(18)(4) - 12.12 = \mathbf{14.33} \text{ kPa}$$

$$z_0 = \frac{2c'}{\gamma\sqrt{K_a}} = \frac{20}{18(0.6061)} = \mathbf{1.83} \text{ m}$$



Solution (2/2)

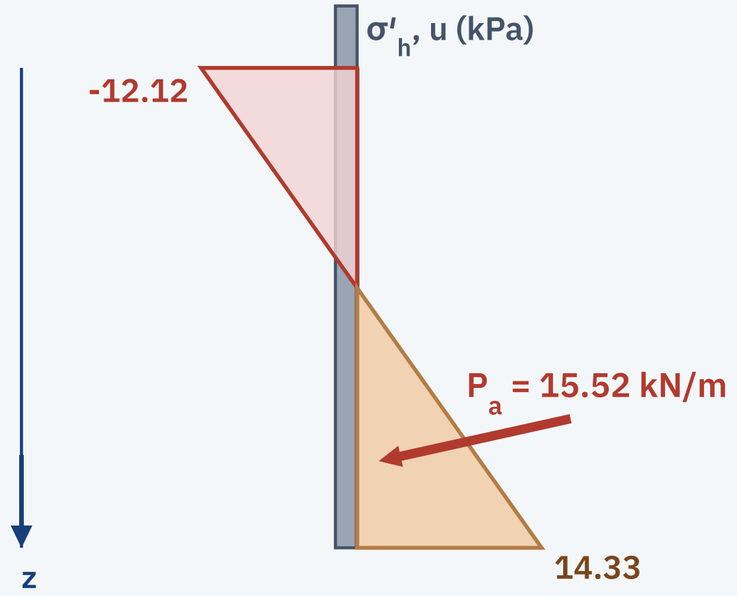
SOLUTION

3 Poussée avec fissure de traction (triangle positif uniquement)

$$P_a = \tfrac{1}{2}(14.33)(4 - 1.83) = \mathbf{15.52}\ \mathrm{kN/m} \qquad \bar{z} = 0.72\ \mathrm{m}$$

$$\text{sans fissure : } P_a = 4.41\ \mathrm{kN/m}$$

Avec fissure, P_a = **15.52 kN/m** ; sans fissure (zone négative comprise), 4.41 kN/m : si la zone de traction est prise en compte, la force obtenue est beaucoup plus faible que la valeur réelle. Rankine (δ′ = 0) donnerait 18.59 kN/m.



Vérifier la solution dans GeoTerva ↗

Domaine de validité de la solution de Coulomb

THÉORIE

La surface de rupture est un plan. En poussée active, c'est une bonne approximation de la surface réelle ; en butée, pour un grand δ′, elle s'écarte de la surface courbe et la résistance est trouvée **supérieure à la réalité** (prudence pour $\delta' > \varphi'/3$; module de la spirale logarithmique).

Le **frottement sol-écran** δ′ est une donnée d'entrée : il dépend du matériau du mur et du mouvement du sol par rapport au mur ; valeurs approchées usuelles $\delta' = (1/2 – 2/3)\varphi'$ (béton–sable).

Couche cohérente : le terme de cohésion est pris sous la forme de Rankine, avec la valeur K de Coulomb de la couche ; l'adhérence mur-sol est négligée ; la zone en traction est écartée par la prise en compte d'une fissure.

La **solution pour sol stratifié** est une extension d'ingénierie du module (il n'existe pas dans la littérature de solution de Coulomb stratifiée sous forme fermée) ; pour une seule couche, elle se réduit à la solution sous forme fermée et, pour $\delta' = 0$ et un remblai horizontal, à celle de Rankine.

Séisme : dans le module Mononobe–Okabe ; Coulomb est la solution statique.

Synthèse

Points à retenir

Coin : W, F (incliné de φ' sur sa normale), P (incliné de δ' sur sa normale) ; $P_a(\beta)$ par la loi des sinus ; **poussée = coin maximal**, **butée = coin minimal**

$\mathbf{K_a} = \cos^2(\varphi' - \theta) / \{\cos^2\theta \cos(\delta' + \theta)[1 + \sqrt{(...)}]^2\}$; la force s'exerce à H/3 de la base, avec l'angle $\theta + \delta'$ par rapport à l'horizontale ; pour $\delta' = 0$ et une géométrie plane, on retrouve Rankine

Le **frottement sol-mur** réduit la poussée (jusqu'à $\delta' \approx 2\varphi'/3$) et augmente rapidement la butée ; en butée, pour un grand δ', le coin plan va à l'encontre de la sécurité

Surcharge $q_e = q \cos\theta / \cos(\theta - \alpha)$: $P = \frac{1}{2}K\gamma H^2 (H/3) + K\, q_e\, H\, (H/2)$

Sol stratifié + eau : $\sigma' = K_i \sigma'_v \cos\theta$, saut à l'interface ; u normale au mur ; $P = \sqrt{(N^2 + T^2)}$, $\beta = \tan^{-1}(T/N)$

Couche cohérente : $\sigma' = K\sigma'_v - 2c'\sqrt{K}$, la zone négative au niveau de la fissure de traction est négligée

Références bibliographiques

Das, B.M. (2018). Principles of Geotechnical Engineering, 9th ed. Cengage Learning.

Coulomb, C.A. (1776). Essai sur une application des règles de Maximis et Minimis à quelques problèmes de statique relatifs à l’architecture. Mémoires de Mathématique et de Physique, Académie Royale des Sciences, Paris, 7, 343–382.

Das, B.M. (2016). Principles of Foundation Engineering, 8th ed. Cengage Learning — surcharge sur un remblai en pente.

REMARQUE

Tous les exemples numériques ont été produits avec le moteur de calcul propre du module ; le module donne les mêmes valeurs. Le module s'ouvre avec le mur de l'Exemple 3 (θ = 5°, α = 10°, δ′ = 15°).

GeoTerva

Calculs géotechniques en ligne

De la théorie à la pratique

Saisir dans GeoTerva l'inclinaison de son propre mur, la pente du remblai, le frottement, les couches, la surcharge et l'eau souterraine ; le module fournit ensemble la force, sa direction et sa hauteur d'application.

Ouvrir le module →

Page de théorie →

Ouvrir sur smartphone
Les modules d'essai ne nécessitent pas d'inscription.

Si vous souhaitez les utiliser dans vos cours : info@geoterva.com