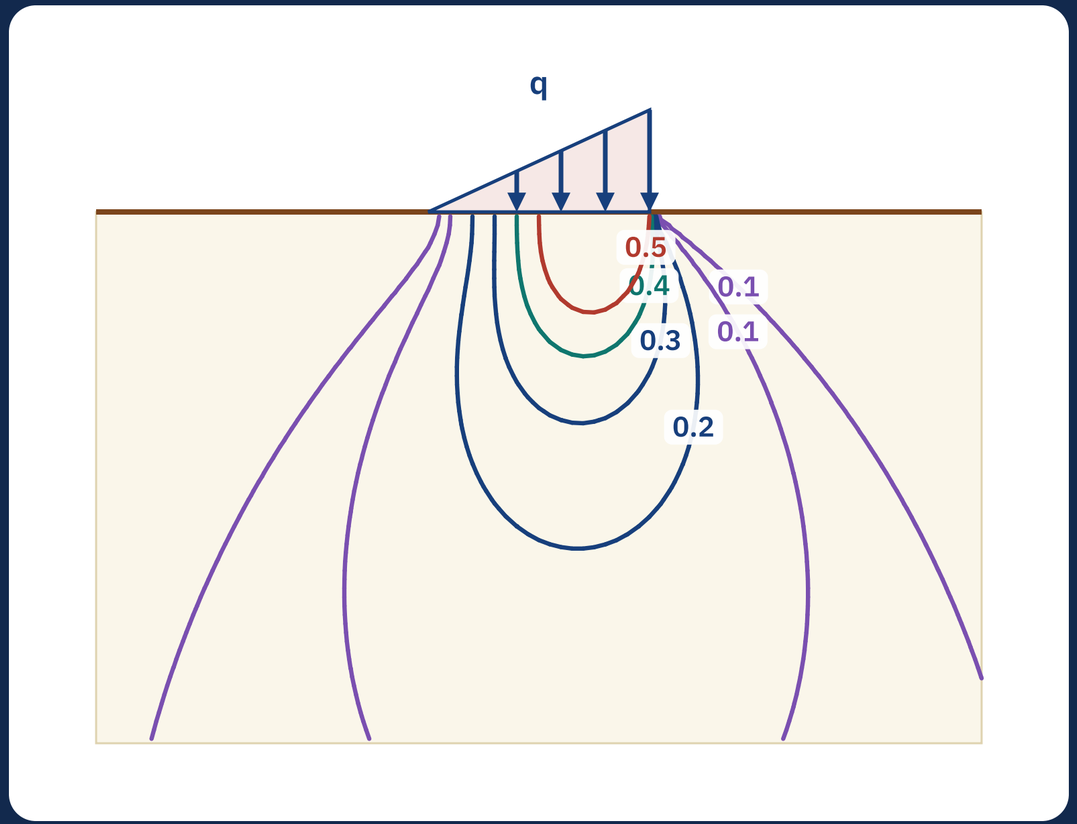
Cours de géotechnique · Contraintes dans le massif de sol

Contrainte sous une charge en bande triangulaire

Cours : charge en bande triangulaire croissant de zéro à q sur un bord ; un point calculé à la main, profils, triangle symétrique et remblai.

- Intégrale de la charge linéique
- Forme angulaire
- Décalage de la crête
- Remblai = uniforme + triangles
- Résolvable à la main



Introduction

Que verrons-nous dans ce cours ?

Accroissement de la contrainte verticale sous une charge en bande **croissant linéairement** de zéro sur un bord à q sur l'autre (talus de remblai, tas contre un mur, pied de remblai) : l'intégrale d'une charge linéique d'intensité (q/B) r dr

La **forme angulaire** : $\Delta\sigma_z = (q/2\pi)[(2x/B)\alpha - \sin 2\delta]$; la définition de α et de δ et le **signe** de δ

Le fait que la contrainte suit la charge en surface, se diffuse en profondeur avec un **pic** qui se déplace vers l'intérieur de la bande ; le cas **miroir**, où le bord nul est à droite

Un point traité **de bout en bout à la main** ; **triangle symétrique** avec deux bandes ; charge de **remblai** avec une bande uniforme + deux triangles

DÉROULÉ DU COURS

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

1 · **Théorie** : formule et justification

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

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

Exemple : q = 100 kN/m², B = 2 m, charge nulle en x = 0 et égale à q en x = B ; point A en x = –1 m, z = 1.5 m.

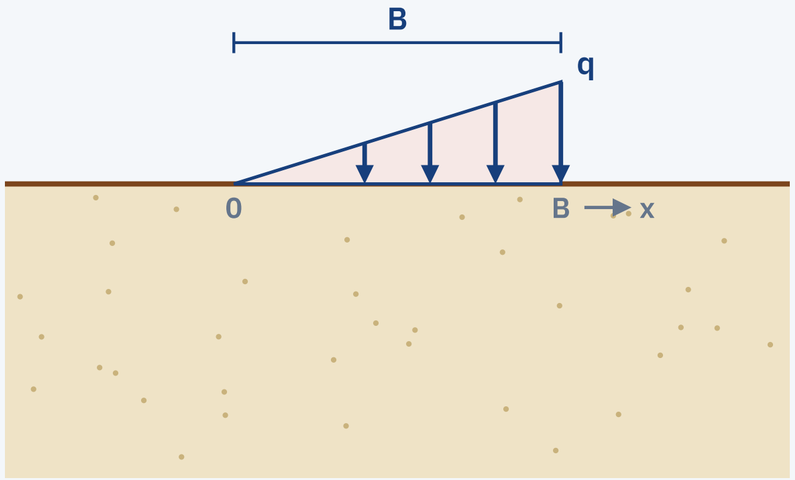
Bande triangulaire : de zéro à q sur un bord

THÉORIE

Le talus d'un remblai, un tas appuyé contre un mur, le pied d'un remblai : charge en bande dont l'intensité croît de zéro sur un bord à la valeur **q** sur l'autre. Avec la charge en bande uniforme, elle constitue la **charge de remblai**

Bande souple de largeur B et de longueur infinie ; la charge vaut **q·x/B** dans l'intervalle $0 \le x \le B$ et zéro ailleurs (déformation plane)

Le sol est un milieu semi-infini homogène, isotrope et élastique linéaire ; $\Delta\sigma_z$ est uniquement l'accroissement dû à la charge



Coupe : la charge est nulle à x = 0 et vaut q à x = B ; même contrainte dans chaque section

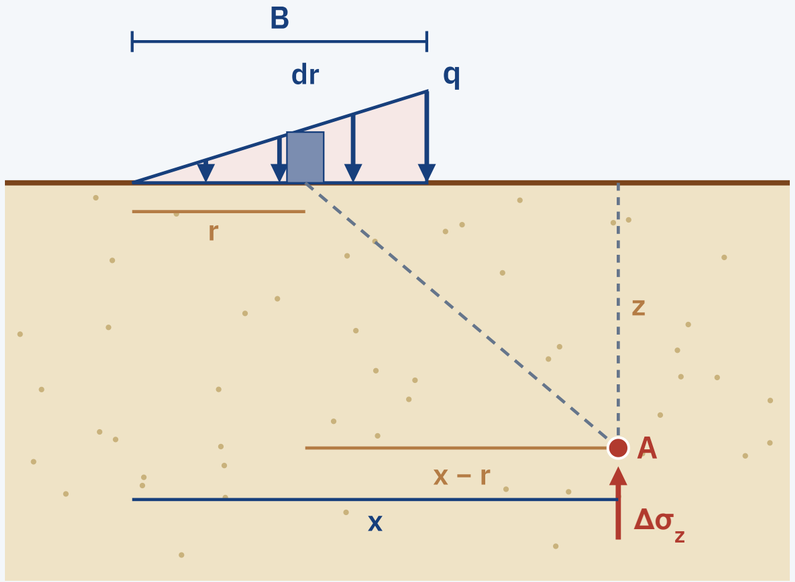
Charge linéique d'intensité (q/B) r dr

THÉORIE

La bande élémentaire à la position r supporte, par unité de longueur, une charge de **(q/B) r dr**. Elle est traitée comme une **charge linéique** située à la distance horizontale x – r du point A, puis sommée sur la largeur

$$\Delta\sigma_z = \int_0^B \frac{2\,(q/B)\,r\,dr\,z^3}{\pi\,[(x-r)^2+z^2]^2} = \frac{1}{B}\,\frac{2q}{\pi}\int_0^B \frac{z^3\,r\,dr}{[(x-r)^2+z^2]^2}$$

L'intégrale est **élémentaire** ; écrite avec les angles de la figure, le résultat figure sur la diapositive suivante. Vérification numérique (q = 100, B = 2, x = −1, z = 1.5) : valeur de Simpson de l'intégrale **4.4699 kPa**, forme fermée **4.4699 kPa**



$\Delta\sigma_z = (q/2\pi)[(2x/B)\,\alpha - \sin 2\delta]$

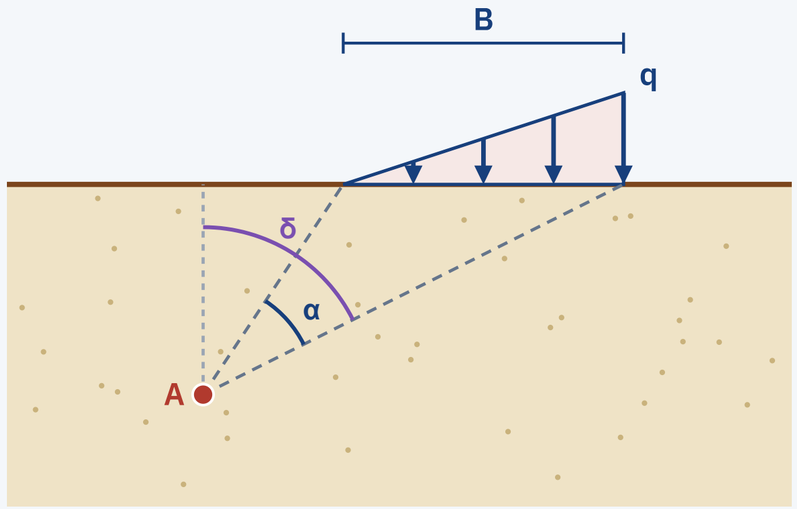
THÉORIE

$$\Delta\sigma_z = \frac{q}{2\pi}\left(\frac{2x}{B}\,\alpha - \sin 2\delta\right)$$

$$\alpha = \tan^{-1}\frac{x}{z} - \tan^{-1}\frac{x-B}{z} \qquad \delta = \tan^{-1}\frac{x-B}{z}$$

α est exprimé en radians. **δ** est l'angle entre la verticale passant par A et la droite tracée vers le **bord haut**. Son signe est important : si le bord haut se trouve du côté +x de A, δ est négatif

Avec les arc tangentes, le signe est déterminé automatiquement ; le résultat est valable **pour tout x** : à côté de la bande, sous celle-ci ou au-delà. x est mesuré à partir du **bord de charge nulle** vers le bord de charge maximale



A (x = −1, z = 1.5) : α et δ (δ négatif)

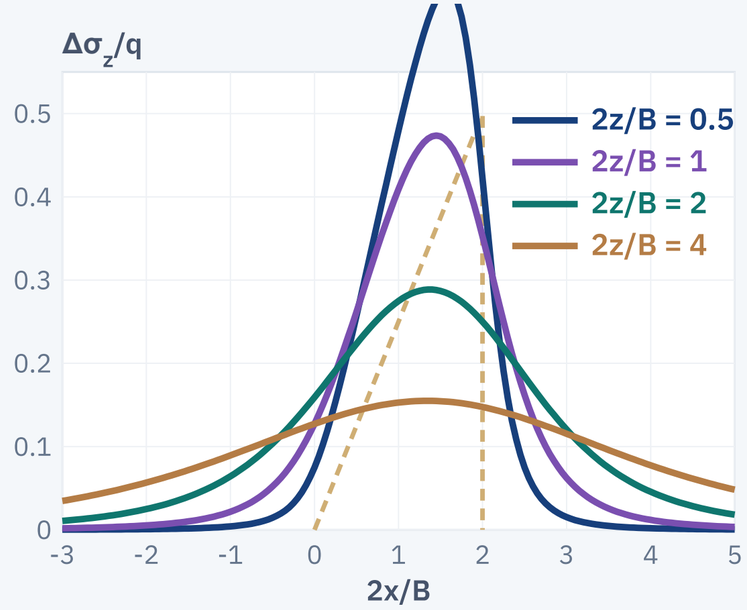
Suit la charge en surface, se diffuse avec la profondeur

THÉORIE

Dans la zone proche de la surface, la contrainte **suit la charge elle-même** ; en profondeur, la contrainte **s'étale** et sa valeur maximale **se déplace vers l'intérieur de la bande**

Le pic se situe à 2x/B = 1.58 pour 2z/B = 0.5 (0.65 q) ; à 2x/B = 1.34 pour 2z/B = 4 (0.15 q) : à très grande profondeur, il reste sous le **centre de gravité** de la charge (x = 2B/3, soit 2x/B = 1.33)

À l'extérieur du bord de charge nulle (x < 0), la contrainte est faible mais non nulle ; il n'y a pas de charge, mais le sol transmet des contraintes



Δσz/q — 2x/B (charge représentée par le triangle jaune en pointillés)

Valeurs de $\Delta\sigma_z/q$

THÉORIE

2z/B \ 2x/B	-2.0	-1.0	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0
0.25	0.0001	0.0006	0.0392	0.2516	0.4969	0.7272	0.4604	0.0024	0.0003
0.50	0.0008	0.0041	0.0749	0.2574	0.4797	0.6448	0.4220	0.0152	0.0019
1.00	0.0053	0.0217	0.1273	0.2620	0.4092	0.4726	0.3524	0.0622	0.0119
1.50	0.0140	0.0447	0.1528	0.2473	0.3341	0.3598	0.2952	0.1010	0.0285
2.00	0.0249	0.0643	0.1592	0.2235	0.2749	0.2870	0.2500	0.1206	0.0457
3.00	0.0448	0.0854	0.1469	0.1774	0.1979	0.2017	0.1872	0.1259	0.0691
4.00	0.0567	0.0894	0.1273	0.1431	0.1529	0.1545	0.1476	0.1154	0.0775
6.00	0.0622	0.0798	0.0955	0.1010	0.1042	0.1047	0.1024	0.0909	0.0740

$\Delta\sigma_z = q \cdot$ (valeur du tableau). La cellule $2x/B = -1$, $2z/B = 1.5$ vaut 0.0447 : exemple d'ouverture du module. La charge s'étend sur $0 \le 2x/B \le 2$; le bord le plus chargé est $2x/B = 2$.

Si le bord nul est à droite ; bandes multiples

THÉORIE

Une bande peut aussi être nulle sur son **bord droit** : c'est l'**image miroir** de la bande de l'exemple ; la même équation est utilisée et x est mesuré à partir du **bord nul** vers le bord le plus élevé (si le bord droit est nul, $x = x_L + B - x_A$)

Le sol étant élastique, la contrainte de chaque bande est déterminée séparément, puis les contraintes sont sommées. Les bandes ne peuvent pas se chevaucher (elles peuvent se rejoindre sur un bord) ; le module admet au plus huit bandes, chacune ayant son q, son B, son bord gauche et son orientation

Deux triangles juxtaposés en position symétrique (en miroir) donnent une charge **triangulaire symétrique** ; une bande uniforme + deux triangles forment la charge de **remblai**

$$\Delta\sigma_z = \sum_k \Delta\sigma_{z(k)}$$

Exemple 1 · Un point : A (x = −1 m, z = 1.5 m)

Énoncé

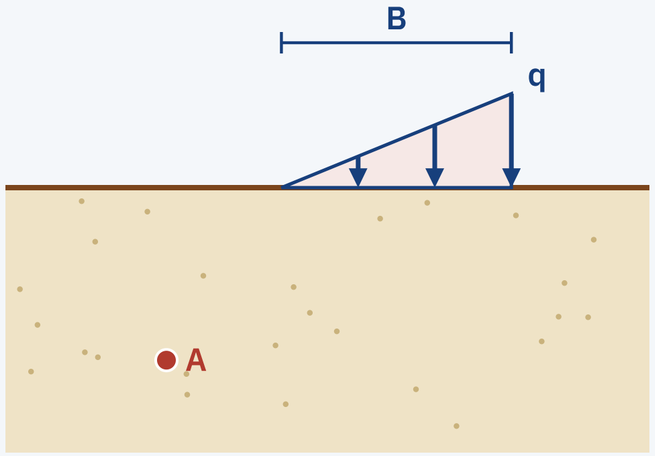
EXEMPLE

Données

Charge en bande	**Souple, verticale ; nulle en $x = 0$, augmentant linéairement jusqu'à q en $x = B$: $q = 100$ kN/m², $B = 2$ m**
Point A	**$x = -1$ m (1 m à l'extérieur du bord zéro), $z = 1.5$ m**

À DÉTERMINER

Les angles **α** et **δ**, **$\Delta\sigma_z/q$** et **$\Delta\sigma_z$** ; comparaison avec la bande symétrique en miroir dont le bord nul est à droite.



Solution (1/2)

SOLUTION

1 Angles mesurés depuis la surface (de A vers l'arête haute et vers l'arête zéro)

$$\alpha_1 = \tan^{-1}\frac{1.5}{3} = 26.57^\circ \qquad \alpha_2 = \tan^{-1}\frac{1.5}{1} = 56.31^\circ$$

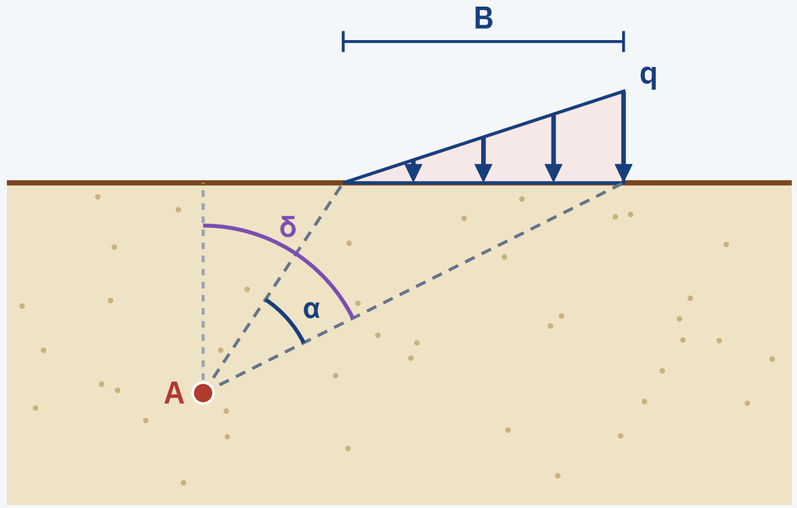
$$\alpha = \alpha_2 - \alpha_1 = 29.74^\circ \qquad \delta = -(90^\circ - \alpha_2 + \alpha) = \mathbf{-63.43}^\circ$$

2 Mêmes angles à partir de l'équation (x = −1 m, B = 2 m, z = 1.5 m)

$$\alpha = \tan^{-1}\frac{x}{z} - \tan^{-1}\frac{x-B}{z}$$

$$= \tan^{-1}(-0.6667) - \tan^{-1}(-2) = 29.74^\circ = \mathbf{0.5191}\ \text{rad}$$

$$\delta = \tan^{-1}\frac{x-B}{z} = \tan^{-1}\frac{-3}{1.5} = \mathbf{-63.43}^\circ$$



Les deux voies donnent les **mêmes** angles : α = 29.74° (0.5191 rad), δ = -63.43°. δ est **négatif**, car le bord le plus élevé (x = B = 2 m) se trouve du côté +x de A.

Solution (2/2)

SOLUTION

3 Valeur d'influence et contrainte

$$\frac{\Delta\sigma_z}{q} = \frac{1}{2\pi}\left[\frac{2x}{B}\,\alpha - \sin 2\delta\right] = \frac{1}{2\pi}\left[(-1)(0.5191) - \sin(-126.87^\circ)\right]$$

$$= \frac{1}{2\pi}\left[-0.5191 + 0.8000\right] = \mathbf{0.0447} \qquad \Delta\sigma_z = 0.0447\,(100) = \mathbf{4.47}\ \text{kPa}$$

4 Bande miroir : bord nul à droite (bord gauche 0, B = 2 m), point A à x = 3 m

$$x = x_L + B - x_A = 0 + 2 - 3 = -1\ \text{m} \;\Rightarrow\; \text{même valeur : } \Delta\sigma_z = \mathbf{4.47}\ \text{kPa}$$

À **1 m en dehors** du bord nul, il n'y a pas de charge ; la contrainte y est pourtant de **4.47 kPa** (4.5 % de q). Dans la bande en miroir, le correspondant de A est x = 3 m ; le module donne le même résultat dans les deux cas.

Vérifier la solution dans GeoTerva ↗

Énoncé

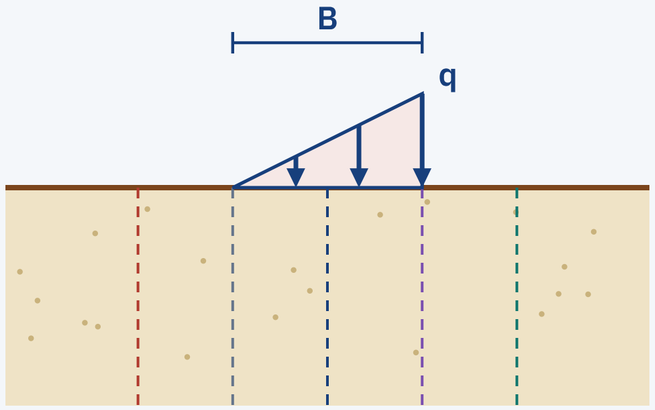
EXEMPLE

Données

Charge en bande	**Bande de l'exemple 1 : $q = 100$ kN/m², $B = 2$ m ($x = 0$ nul, $x = 2$ bord haut)**
Calcul manuel	**À $z = 1.5$ m, sous le bord haut ($x = B$) et sous le bord nul ($x = 0$)**
Profil	**droites $x = -1,\ 0,\ 1,\ 2,\ 3$ m ; $z = 0.5$ … 8 m**

À DÉTERMINER

$\Delta\sigma_z$ aux deux points de bord, par calcul à la main ; variation de la contrainte avec la profondeur le long de cinq droites.



Solution (1/2)

SOLUTION

1 Sous le bord le plus haut (x = B = 2 m, z = 1.5 m) : δ = 0

$$\alpha = \tan^{-1}\frac{2}{1.5} - \tan^{-1}(0) = \mathbf{0.9273} \qquad \delta = 0 \;\Rightarrow\; \sin 2\delta = 0$$

$$\frac{\Delta\sigma_z}{q} = \frac{1}{2\pi}\left[(2)(0.9273) - 0\right] = 0.2952 \;\Rightarrow\; \Delta\sigma_z = \mathbf{29.52}\ \mathrm{kPa}$$

2 Sous le bord nul (x = 0, z = 1.5 m) : 2x/B = 0

$$\alpha = \tan^{-1}(0) - \tan^{-1}\frac{-2}{1.5} = 0.9273 \qquad \delta = -0.9273 \;\Rightarrow\; \sin 2\delta = -0.9600$$

$$\frac{\Delta\sigma_z}{q} = \frac{1}{2\pi}\left[(0)(0.9273) - (-0.9600)\right] = 0.1528 \;\Rightarrow\; \Delta\sigma_z = \mathbf{15.28}\ \mathrm{kPa}$$

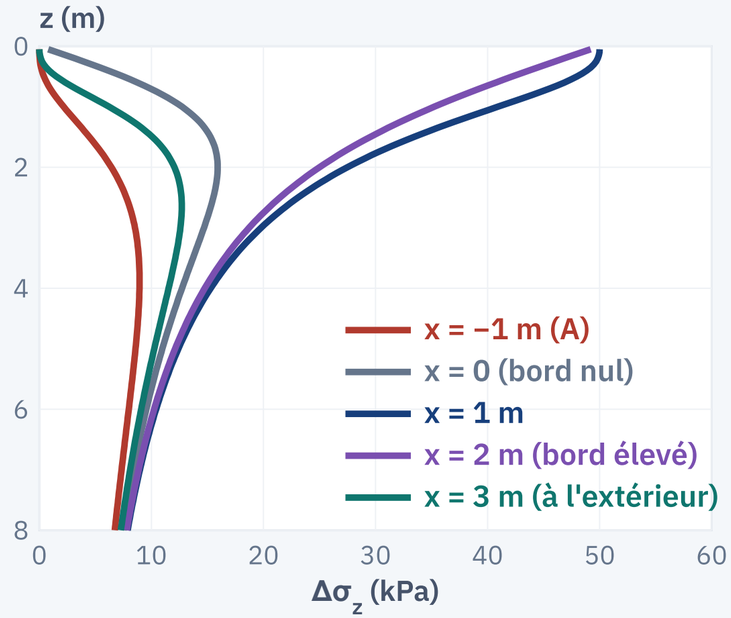
Sous le bord le plus haut, à la profondeur z = 1.5 m, **29.52 kPa** (30 % de q) ; sous le bord nul, bien que la charge y soit nulle, la contrainte est de **15.28 kPa** : la contrainte existe non seulement sous la charge, mais aussi autour d'elle.

Solution (2/2)

SOLUTION

z (m)	x = −1 m (A)	x = 0 (zéro)	x = 1 m	x = 2 m (élevé)	x = 3 m (à l'extérieur)
0.5	0.41	7.49	47.97	42.20	1.52
1.0	2.17	12.73	40.92	35.24	6.22
1.5	**4.47**	**15.28**	**33.41**	**29.52**	**10.10**
2.0	6.43	15.92	27.49	25.00	12.06
3.0	8.54	14.69	19.79	18.72	12.59
4.0	8.94	12.73	15.29	14.76	11.54
6.0	7.98	9.55	10.42	10.24	9.09
8.0	6.73	7.49	7.88	7.80	7.27

Sous le bord de plus forte charge, la contrainte part en surface d'une valeur voisine de **q/2 = 50 kPa** (42.2 kPa à z = 0.5 m) et diminue avec la profondeur ; **sous le bord nul**, elle commence par augmenter et atteint un pic de 15.9 kPa vers z ≈ 2 m. À l'extérieur de la bande (x = −1 m), la valeur est maximale autour de z ≈ 4 m (8.9 kPa à z = 4 m).



Vérifier la solution dans GeoTerva ↗

Énoncé

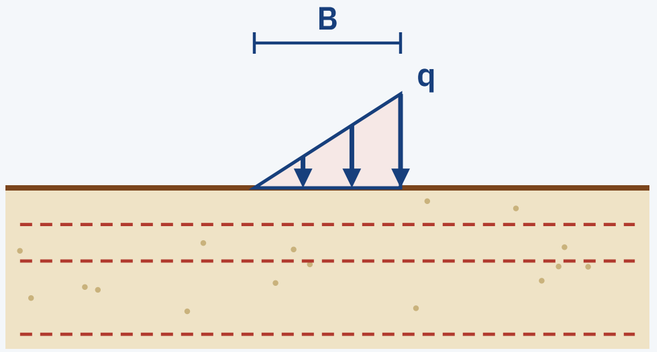
EXEMPLE

Données

Charge en bande	$q = 100$ **kN/m²,** $B = 2$ **m:** $2x/B = x$ **(m),** $2z/B = z$ **(m)**
Droites	**droites horizontales à la profondeur** $z = 0.5,\ 1,\ 2,\ 4$ **m ;** $x = -2$ **…** 4 **m**
Calcul manuel	**à** $z = 2$ **m,** $x = 2B/3 = 1.333$ **m (centre de gravité de la charge)**

À DÉTERMINER

À chaque profondeur, la variation de $\Delta\sigma_z$ suivant x, **la position et la valeur du pic** ; la manière dont le pic se déplace avec la profondeur.



Solution (1/3)

SOLUTION

z (m)	x = -2 m	x = -1 m	x = 0 m	x = 0.5 m	x = 1 m	x = 2 m	x = 2 m	x = 3 m	x = 4 m
0.5	0.08	0.41	7.49	25.74	47.97	64.48	42.20	1.52	0.19
1	0.53	2.17	12.73	26.20	40.92	47.26	35.24	6.22	1.19
2	2.49	6.43	15.92	22.35	27.49	28.70	25.00	12.06	4.57
4	5.67	8.94	12.73	14.31	15.29	15.45	14.76	11.54	7.75

Près de la surface (z = 0.5 m), la contrainte suit la charge et est plus grande près du bord le plus élevé (environ 65 kPa) ; en profondeur, la courbe **s'étale** et le pic **diminue** (15.5 kPa à z = 4 m). À gauche de la bande (x < 0), les valeurs sont faibles mais non nulles.

Solution (2/3)

SOLUTION

1 x = 2B/3 = 1,333 m, z = 2 m

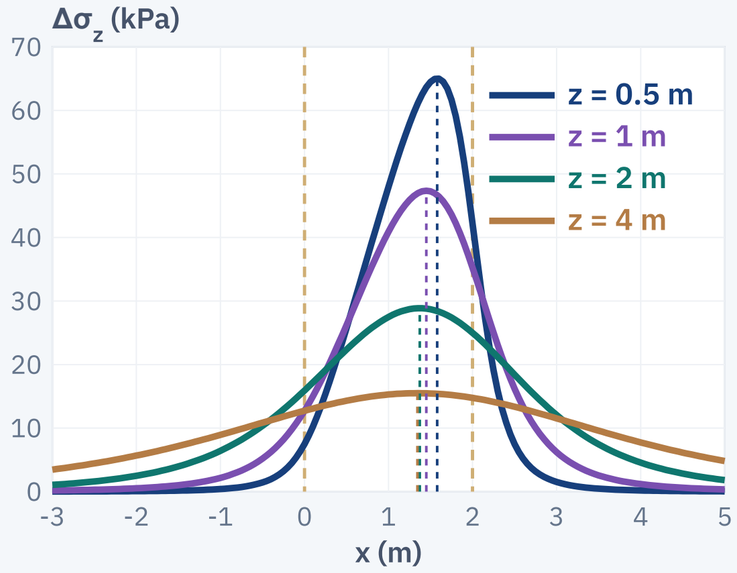
$$\alpha = \tan^{-1}\frac{1.333}{2} - \tan^{-1}\frac{-0.667}{2} = 0.9098$$

$$\delta = -0.3218 \;\Rightarrow\; \sin 2\delta = -0.6000$$

$$\frac{\Delta\sigma_z}{q} = \frac{1}{2\pi}\left[(1.333)(0.9098) - (-0.6000)\right] = 0.2885$$

$$\Delta\sigma_z = \mathbf{28.85}\ \text{kPa}$$

Pour z = 2 m, le sommet de la courbe vaut 28.87 kPa ; la valeur sous le centre de gravité de la charge (28.85 kPa) en est très proche.



Solution (3/3)

SOLUTION

z (m)	2z/B	Pic : x (m)	Pic : 2x/B	Sommet : $\Delta\sigma_z$ (kPa)	Crête : $\Delta\sigma_z/q$
0.5	0.5	1.579	1.579	**65.04**	0.6504
1	1	1.450	1.450	**47.36**	0.4736
2	2	1.372	1.372	**28.87**	0.2887
4	4	1.344	1.344	**15.49**	0.1549
8	8	1.336	1.336	**7.90**	0.0790

Le pic démarre légèrement à l'intérieur du bord le plus haut, près de la surface (2x/B ≈ 1.58), et se rapproche, avec la profondeur, du **centre de gravité de la charge** (2x/B = 1,333) : 1.336 à z = 8 m. La valeur maximale **diminue** avec la profondeur : 65.0 kPa → 7.9 kPa.

Vérifier la solution dans GeoTerva ↗

Énoncé

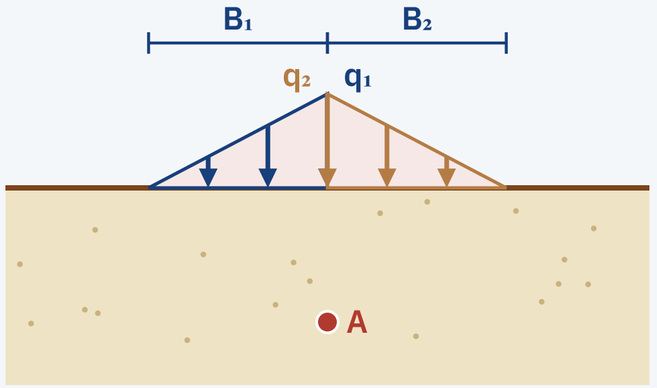
EXEMPLE

Données

1re bande	$q_1 = 100$ **kN/m²,** $B_1 = 2$ **m, bord gauche** $x_{L1} = 0$**, zéro à gauche (0 … 2 m)**
2e bande	$q_2 = 100$ **kN/m²,** $B_2 = 2$ **m, bord gauche** $x_{L2} = 2$ **m, zéro à droite (2 … 4 m) ; les deux bandes se rejoignent en** $x = 2$
Points	$z = 1.5$ **m à** $x = 2$ **m (sous la crête) et** $x = 0$ **(bord gauche nul) ;** $x = 0 \ldots 5$ **m**

À DÉTERMINER

Somme des $\Delta\sigma_z$ calculée à la main en deux points ; montrer que la contrainte due à une charge symétrique est **symétrique**.



Solution (1/2)

SOLUTION

1 Sous la crête (x = 2 m) : les deux bandes sont à leur propre bord haut

$$x_1 = 2 - 0 = 2\ \text{m} \qquad x_2 = x_{L2} + B - x_A = 2 + 2 - 2 = 2\ \text{m}$$

$$\Delta\sigma_{z(1)} = \Delta\sigma_{z(2)} = 29.52\ \text{kPa}\ \ (\text{Exemple 2}) \ \Rightarrow\ \Delta\sigma_z = \mathbf{59.03}\ \text{kPa}$$

2 Sous le bord gauche nul (x = 0)

$$x_1 = 0 - 0 = 0 \ \Rightarrow\ \Delta\sigma_{z(1)} = 15.28\ \text{kPa}\ \ (\text{Exemple 2})$$

$$x_2 = 2 + 2 - 0 = 4\ \text{m} \ \Rightarrow\ \Delta\sigma_{z(2)} = 2.85\ \text{kPa}; \qquad \Delta\sigma_z = 15.28 + 2.85 = \mathbf{18.13}\ \text{kPa}$$

Sous le sommet de la charge, la contrainte est de **59.03 kPa**, sous le bord gauche où la charge est nulle de **18.13 kPa**. Le module donne les mêmes valeurs pour les deux bandes.

Solution (2/2)

SOLUTION

x (m)	1re bande (kPa)	2e bande (kPa)	Total (kPa)
0	15.28	2.85	**18.13**
1	33.41	10.10	**43.50**
2	29.52	29.52	**59.03**
3	10.10	33.41	**43.50**
4	2.85	15.28	**18.13**
5	0.97	4.47	**5.44**

Le total est **symétrique** par rapport à l'axe de la crête du remblai (x = 2 m) : 18.13 kPa pour x = 0 et x = 4 m, 43.50 kPa pour x = 1 et x = 3 m. Les valeurs des deux bandes sont l'image miroir l'une de l'autre : la valeur de la bande 1 en x est égale à celle de la bande 2 en 4 − x.

Vérifier la solution dans GeoTerva ↗

Énoncé

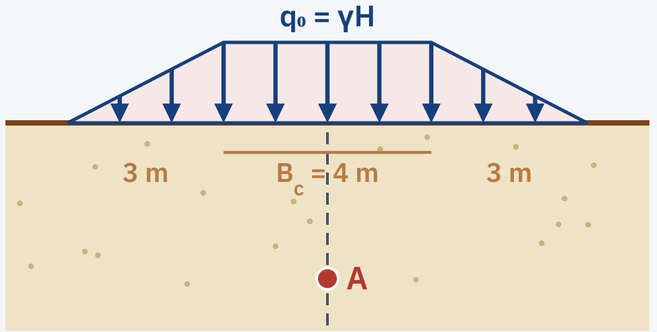
EXEMPLE

Données

Remblai	**Largeur en crête $B_c = 4$ m ($x = -2 \ldots 2$), deux talus de 3 m + 3 m de largeur horizontale ; $q_0 = \gamma H = 100$ kN/m²**
Altération	**bande uniforme $B = 4$ m (solution de la bande verticale) + deux bandes triangulaires $B = 3$ m (valeur nulle au bord extérieur)**
Point A	**sous l'axe $x = 0$, $z = 3$ m**

À DÉTERMINER

La part des trois éléments et le **$\Delta\sigma_z$ total** ; profil en profondeur et comparaison avec le calcul de la même charge considérée comme une seule large bande uniforme.



Solution (1/3)

SOLUTION

1 Partie uniforme (crête) : x = 0, b = 2 m, z = 3 m

$$\frac{\Delta\sigma_z}{q} = \frac{2}{\pi}\left[\tan^{-1}\frac{b}{z} + \frac{bz}{b^2+z^2}\right] = \frac{2}{\pi}\left[0.5880 + 0.4615\right] = 0.6682 \;\Rightarrow\; \Delta\sigma_{z,c} = \mathbf{66.82}\ \text{kPa}$$

2 Talus gauche : bord nul x = −5 m, B = 3 m ; pour A, x = 0 − (−5) = 5 m

$$\alpha = \tan^{-1}\frac{5}{3} - \tan^{-1}\frac{5-3}{3} = 0.4424 \qquad \delta = 0.5880 \;\Rightarrow\; \sin 2\delta = 0.9231$$

$$\frac{\Delta\sigma_z}{q} = \frac{1}{2\pi}\left[(3.333)(0.4424) - (0.9231)\right] = 0.0878 \;\Rightarrow\; \Delta\sigma_{z,s} = \mathbf{8.78}\ \text{kPa}$$

Le talus de droite étant le symétrique, il donne la même valeur pour A : x = x_L + B − x_A = 2 + 3 − 0 = 5 m. Total : 66.82 + 2(8.78) = **84.37 kPa** ; les solutions du module pour la bande uniforme et le triangle donnent la même valeur.

Solution (2/3)

SOLUTION

x (m)	Pic (kPa)	Talus gauche	Talus droit	Total
0	66.82	8.78	8.78	**84.37**
1	60.71	4.57	16.15	**81.43**
2	44.80	2.44	25.00	**72.24**
5	7.72	0.51	15.92	**24.15**
8	1.51	0.16	2.49	**4.16**

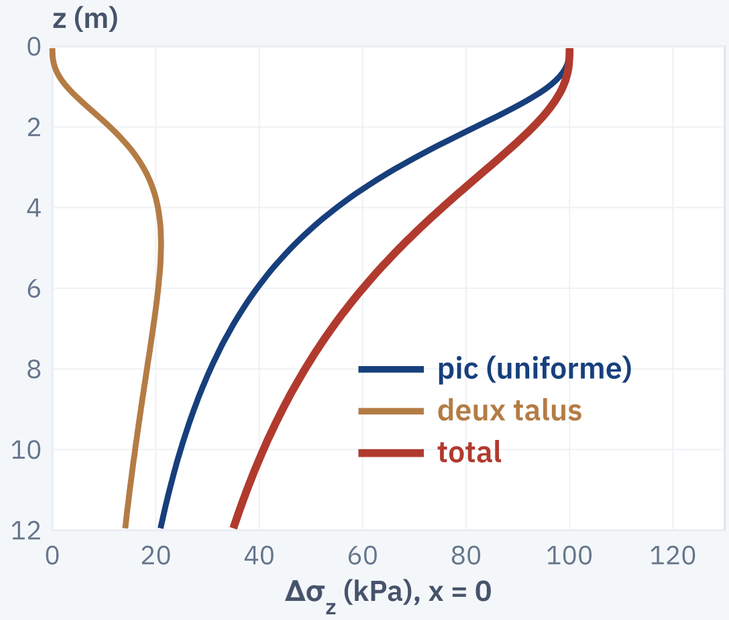
À la profondeur z = 3 m, la contrainte sous le remblai est de **84.37 kPa** sur l'axe, de **24.15 kPa** au pied du talus (x = 5 m) et de **4.16 kPa** à 3 m au-delà du pied (x = 8 m). Aux points situés à droite (x > 0), c'est le talus droit qui prédomine, à gauche, le talus gauche ; le total considère l'axe (x = 0) comme **axe de symétrie**.

Solution (3/3)

SOLUTION

z (m)	Pic (uniforme)	Deux talus	Sommation du remblai	Bande unique (B = 10 m)
1	95.95	2.79	**98.73**	99.68
2	81.83	11.13	**92.96**	97.73
3	66.82	17.55	**84.37**	93.68
4	54.98	20.42	**75.40**	88.10
6	39.58	20.48	**60.06**	75.54
8	30.58	18.30	**48.87**	64.17
12	20.84	14.04	**34.88**	47.74

En surface, la contrainte est voisine de q_0 = 100 kPa ; avec la profondeur, la part de la crête diminue tandis que la **part des talus** augmente (maximale à z = 4 – 6 m, 20.5 kPa). Si la même charge était une seule large bande uniforme (B = 10 m), on obtiendrait 75.5 kPa à z = 6 m : les talus triangulaires reprennent la moitié de la charge.



Vérifier la solution dans GeoTerva ↗

Synthèse

Points à retenir

Forme angulaire : $\Delta\sigma_z = (q/2\pi)[(2x/B)\,\alpha - \sin 2\delta]$; $\alpha = \tan^{-1}(x/z) - \tan^{-1}[(x - B)/z]$, $\delta = \tan^{-1}[(x - B)/z]$; x est mesuré à partir du bord où la charge est nulle, δ est négatif si le bord le plus élevé est du côté +x ; le résultat est valable pour tout x

Exemple (q = 100 kPa, B = 2 m ; A : x = −1, z = 1.5 m) : α = 29.74° (0.5191 rad), δ = -63.43° → $\Delta\sigma_z/q$ = **0.0447** ; **$\Delta\sigma_z$ = 4.47 kPa** ; même valeur pour la bande symétrique

Bords (z = 1.5 m) : 29.52 kPa sous le bord haut, 15.28 kPa sous le bord nul. Le **pic** diminue avec la profondeur et se déplace vers le centre de gravité de la charge (x = 2B/3)

Superposition : deux bandes symétriques en miroir donnent un triangle symétrique (59.03 kPa sous le sommet) ; une bande uniforme + deux triangles forment le remblai (84.37 kPa sous l'axe à z = 3 m)

Références bibliographiques

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

REMARQUE

Tous les exemples numériques ont été produits avec le moteur de calcul propre du module ; le module fournit les mêmes valeurs. Le module s'ouvre avec q = 100 kN/m², B = 2 m et A (x = −1 m, z = 1.5 m) ; la bande dont le bord nul est à droite est l'image miroir de cette bande.

GeoTerva

Calculs géotechniques en ligne

De la théorie à la pratique

Saisir dans GeoTerva ses propres bandes triangulaires (q, B, bord gauche, sens) et le point A ; le module fournit ensemble la contrainte, les courbes d'isocontraintes, le profil en profondeur, la solution pas à pas et le rapport.

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