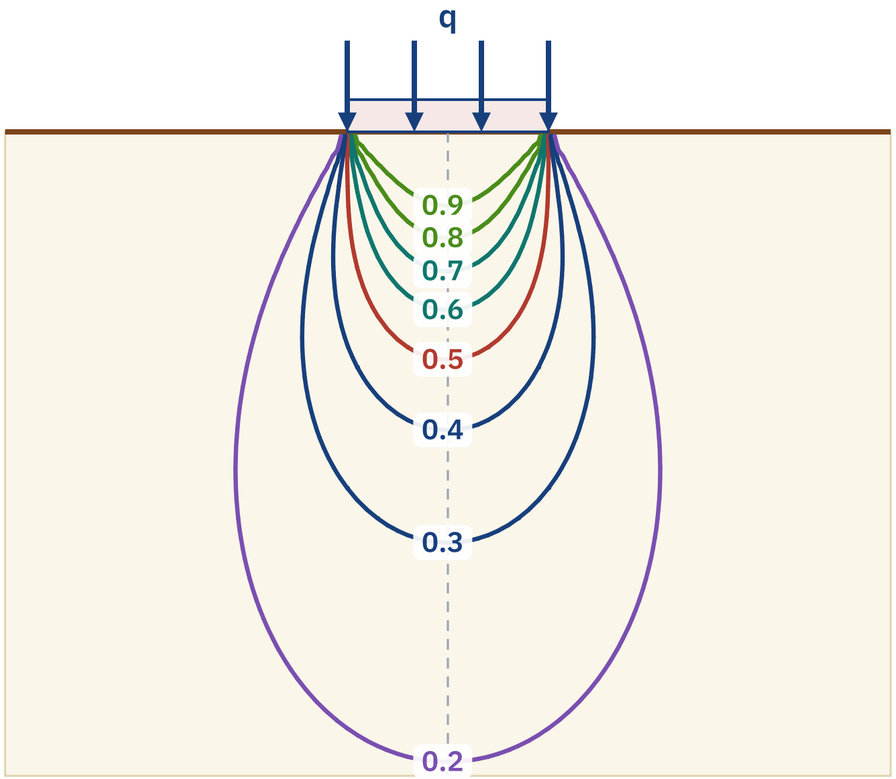
Presentazione della lezione di geotecnica · Tensioni nel mezzo terreno

Tensione sotto un carico a striscia verticale

Lezione: carico a striscia verticale flessibile di lunghezza infinita; un punto per via manuale, profili in profondità e orizzontali, sovrapposizione degli effetti.

- Integrale del carico lineare
- Forma angolare
- Bulbo delle tensioni
- Sovrapposizione degli effetti
- Risolvibile a mano



Introduzione

Che cosa si impara in questa lezione?

L'incremento di tensione verticale sotto un **carico a striscia**: una striscia flessibile di larghezza B, di lunghezza infinita, che porta una pressione uniforme q; **l'integrale del carico lineare sulla larghezza**

La forma chiusa con **arcotangente** e la **forma angolare**; la **correzione di π** aggiunta alla prima arcotangente quando x < B/2

Che la tensione dipende solo da **x/B** e **z/B** e non supera mai q; il **bulbo delle tensioni** e la tabella dei fattori di influenza

Svolgere un punto **a mano dall'inizio alla fine**; profili di profondità e orizzontali in tabelle; più strisce per **sovrapposizione**

SVOLGIMENTO DELLA LEZIONE

Ogni argomento è trattato in **tre passaggi**:

1 · **Teoria**: formula e relativa motivazione

2 · **Traccia**: dati e richiesto

3 · **Soluzione**: passo per passo, con i numeri

Esempio: q = 100 kN/m², B = 4 m; punto A a x = 1 m lateralmente rispetto all'asse, alla profondità z = 1 m.

Carico a striscia: larghezza finita, lunghezza infinita

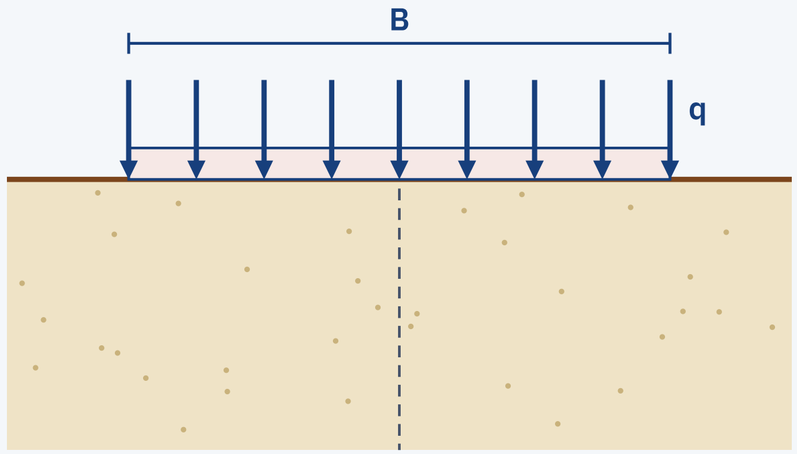
TEORIA

Una fondazione lunga, la superficie superiore di una strada o di un rilevato, la base di un muro: molti carichi sono lunghi in una direzione e di larghezza finita nell'altra. Il **carico a striscia** li modella

Striscia flessibile: larghezza B, lunghezza infinita, pressione verticale uniforme q. La tensione è la stessa in ogni sezione; il problema è di **deformazione piana** (bidimensionale)

Qualunque sia il cedimento, la pressione resta q su tutta la larghezza; una fondazione rigida ridistribuirebbe questa pressione

Il terreno è un semispazio **omogeneo, isotropo e linearmente elastico**. $\Delta\sigma_z$ è solo l'incremento dovuto al carico; il terreno di copertura si aggiunge a parte



Sezione: la striscia si estende all'infinito nella direzione y; la stessa tensione in ogni sezione (deformazione piana)

Dal carico lineare al carico a striscia

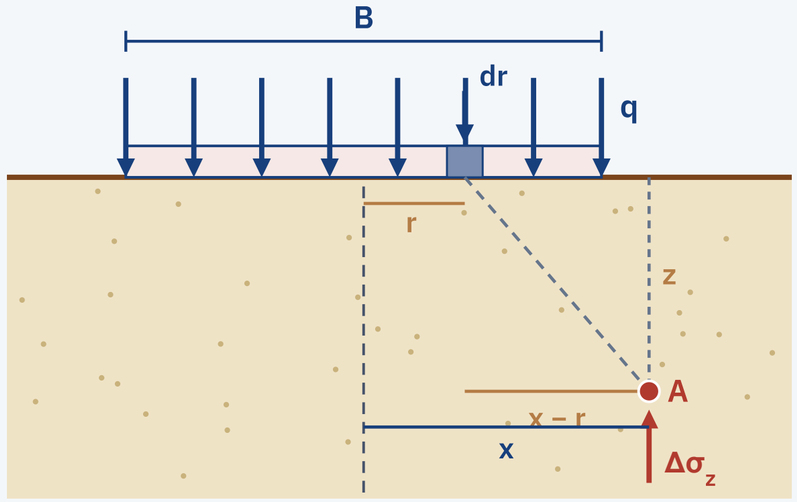
TEORIA

La striscia elementare di larghezza dr porta un carico **q dr** per unità di lunghezza e agisce come un **carico lineare**; la sua distanza orizzontale dal punto A è x − r

$$d\sigma_z = \frac{2\,(q\,dr)\,z^3}{\pi\,[(x-r)^2+z^2]^2}$$

L'intera striscia è la somma di questi carichi lineari da r = −B/2 … +B/2

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



Forma chiusa dell'integrale

TEORIA

Si pone u = x − r; la **primitiva** di 1/(u² + z²)² è (q/π)[tan^{-1}(u/z) + z u/(u² + z²)]. Calcolando l'integrale agli estremi u = x − B/2 e u = x + B/2 si ottiene la **forma con arcotangente**

$$\Delta\sigma_z = \frac{q}{\pi}\left\{\tan^{-1}\frac{z}{x-B/2} - \tan^{-1}\frac{z}{x+B/2} - \frac{B\,z\,[x^2 - z^2 - B^2/4]}{[x^2 + z^2 - B^2/4]^2 + B^2 z^2}\right\}$$

Gli arcotangenti sono in **radianti**; $\Delta\sigma_z$ è uguale nelle posizioni +x e −x (la striscia è simmetrica rispetto al suo asse)

Come scritta, l'equazione è valida per x ≥ B/2. Per 0 ≤ x < B/2 il primo arcotangente diventa negativo e viene sostituito da **π + tan^{-1}[z/(x − B/2)]**; esattamente per x = B/2 vale π/2

Verifica numerica (q = 100, B = 4, x = 1, z = 1): l'integrale numerico della soluzione del carico lineare sulla larghezza della striscia è **90.2232 kPa**, la forma chiusa è **90.2232 kPa**

La tensione dipende solo dagli angoli

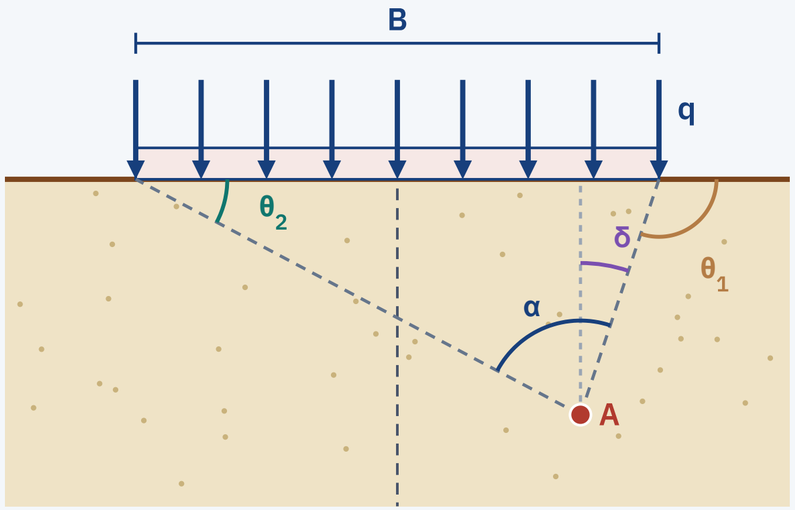
TEORIA

Lo stesso risultato si scrive con gli angoli della figura. θ è misurato dalla superficie; α = $\theta_1 - \theta_2$ è l'angolo sotto cui la striscia è vista da A. **δ** è l'angolo tra la verticale e la retta tracciata da A verso il bordo +B/2: δ = 90° − θ_1 (negativo sotto la striscia)

$$\Delta\sigma_z = \frac{q}{\pi}\left[\alpha + \sin\alpha\,\cos(\alpha + 2\delta)\right]$$

$$F(u) = \tan^{-1}\frac{u}{z} + \frac{zu}{u^2+z^2} = \varphi + \tfrac{1}{2}\sin 2\varphi \quad (u = z\tan\varphi)$$

La tensione dipende solo da **x/B e z/B** e **non supera q**: in superficie sotto la striscia α = π e $\Delta\sigma_z$ = q; a lato della striscia α = 0



Sotto l'asse e sotto il bordo

TEORIA

Sotto l'asse (x = 0; b = B/2) l'equazione si riduce a un solo termine; **sotto il bordo** (x = b) il primo arcotangente è π/2 e in superficie $\Delta\sigma_z = q/2$

$$\left.\frac{\Delta\sigma_z}{q}\right|_{x=0} = \frac{2}{\pi}\left[\tan^{-1}\frac{b}{z} + \frac{bz}{b^2+z^2}\right]$$

$$\left.\frac{\Delta\sigma_z}{q}\right|_{x=b} = \frac{1}{\pi}\left[\frac{\pi}{2} - \tan^{-1}\frac{z}{B} + \frac{Bz}{B^2+z^2}\right]$$

2z/B	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0	6.0
Sotto l'asse (2x/B = 0)	0.959	0.818	0.550	0.396	0.306	0.208
Sotto il bordo (2x/B = 1)	0.497	0.480	0.409	0.334	0.275	0.198

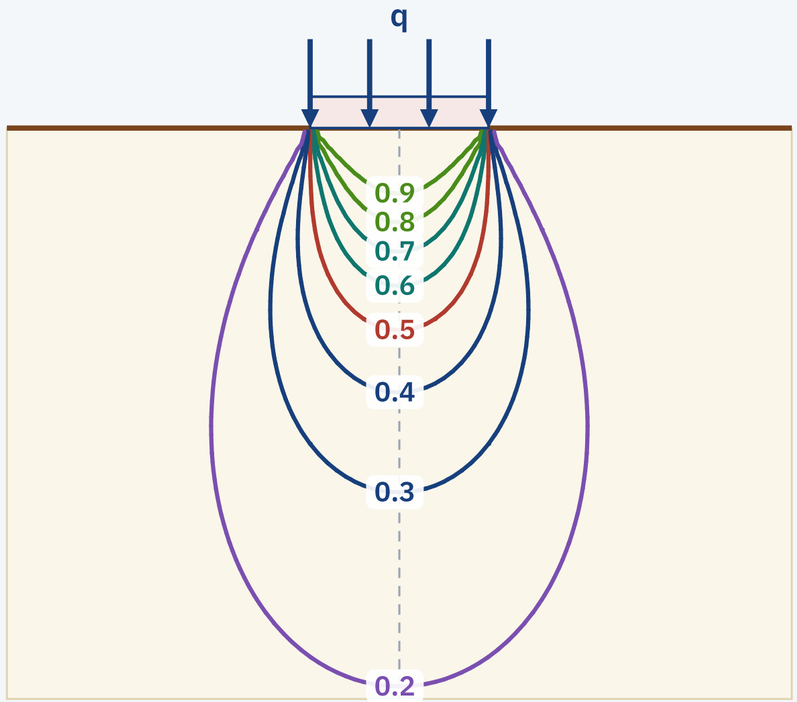
Linee di ugual valore: $\Delta\sigma_z/q$

TEORIA

Al di sotto dell'asse la tensione scende a metà di q alla profondità di circa **z = 1.1B**, a un quinto a **3.1B** e solo a un decimo a **6.3B**

Le curve di livello 0.6 – 0.9 si addensano al di sotto della striscia nella zona prossima alla superficie: il noto **bulbo delle pressioni**

Dividendo le distanze per B le curve risultano **uguali per ogni striscia**: un unico diagramma tracciato in funzione di x/B e z/B vale per ogni q e B



Valori di $\Delta\sigma_z/q$

TEORIA

2z/B \ 2x/B	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
0.0	1.000	1.000	0.500	0.000	0.000	0.000	0.000
0.5	0.959	0.902	0.497	0.089	0.019	0.006	0.003
1.0	0.818	0.735	0.480	0.214	0.084	0.036	0.017
1.5	0.668	0.607	0.448	0.271	0.146	0.077	0.042
2.0	0.550	0.510	0.409	0.288	0.185	0.114	0.071
2.5	0.462	0.436	0.370	0.285	0.205	0.141	0.095
3.0	0.396	0.379	0.334	0.274	0.211	0.157	0.114
3.5	0.345	0.334	0.302	0.258	0.210	0.165	0.127
4.0	0.306	0.298	0.275	0.242	0.205	0.168	0.134
5.0	0.248	0.244	0.231	0.212	0.188	0.164	0.139
6.0	0.208	0.206	0.198	0.186	0.171	0.154	0.136

$\Delta\sigma_z = q \cdot$ (valore tabellato). Ogni valore della tabella deriva dalla stessa equazione; la riga z = 0 è la superficie (1 sotto la striscia, 0.5 al bordo, 0 all'esterno).

Sovrapposizione

TEORIA

Poiché il terreno è **elastico**, la tensione di ciascuna striscia si determina separatamente e si somma. Ogni striscia è definita dal proprio q, B e asse; il modulo accetta al massimo otto strisce

Le strisce **non possono sovrapporsi**: due possono incontrarsi su un bordo. La tensione di ciascuna striscia si determina con **il proprio valore di x**, cioè con la distanza del punto A dall'asse di quella striscia

$$\Delta\sigma_z = \sum_k \Delta\sigma_{z(k)} \qquad x_k = x_A - x_{c,k}$$

$\Delta\sigma_{z(k)}$ si calcola con l'equazione precedente (q_k, B_k, x_k, z); per simmetria è sufficiente $|x_k|$

Traccia

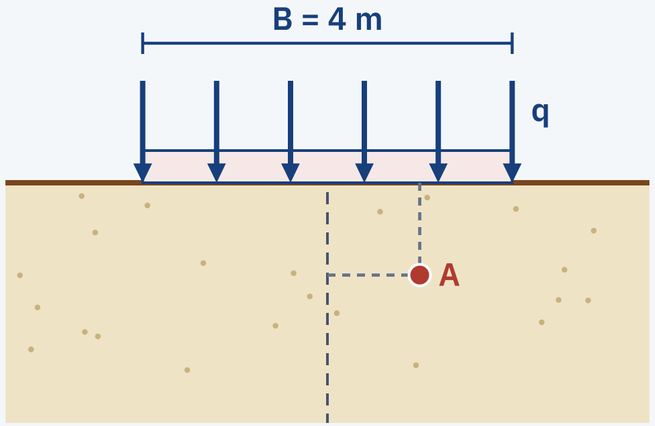
ESEMPIO

Dati

Carico a striscia	**Flessibile, verticale: $q = 100$ kN/m², $B = 4$ m ($b = B/2 = 2$ m); linea d'asse $x = 0$**
Punto A	**A $x = 1$ m lateralmente rispetto all'asse, a una profondità di $z = 1$ m (sotto la striscia)**

RICHIESTO

$\Delta\sigma_z$ e **$\Delta\sigma_z/q$**: prima con la forma chiusa (arcotangente), poi verifica con la **forma angolare**.



Soluzione (1/3)

SOLUZIONE

1 Semilarghezza e distanze del punto A dai bordi

$$b = \frac{B}{2} = 2\ \text{m} \qquad x - b = 1 - 2 = -1\ \text{m} \qquad x + b = 1 + 2 = 3\ \text{m}$$

$$\frac{2x}{B} = 0.5 \qquad \frac{2z}{B} = 0.5$$

2 Poiché x < B/2 il primo arcotangente è negativo; si aggiunge π

$$\tan^{-1}\frac{z}{x-b} = \tan^{-1}\frac{1}{-1} = -0.7854 \;\Rightarrow\; A_1 = \pi + (-0.7854) = \mathbf{2.3562}$$

$$A_2 = \tan^{-1}\frac{z}{x+b} = \tan^{-1}\frac{1}{3} = \mathbf{0.3218}$$

Il punto A si trova **al di sotto** della striscia (|x| = 1 m < B/2 = 2 m). È pertanto necessaria la correzione di π del primo arcotangente; A_1 = 2.3562 e A_2 = 0.3218 rad.

Soluzione (2/3)

SOLUZIONE

3 Terzo termine (algebrico)

$$T = \frac{B\,z\,(x^2 - z^2 - b^2)}{(x^2 + z^2 - b^2)^2 + B^2 z^2} = \frac{4(1)(1 - 1 - 4)}{(1 + 1 - 4)^2 + 16(1)} = \frac{-16}{20} = \mathbf{-0.8000}$$

4 Valore di influenza e tensione

$$\frac{\Delta\sigma_z}{q} = \frac{1}{\pi}\left[A_1 - A_2 - T\right] = \frac{1}{\pi}\left[2.3562 - 0.3218 - (-0.8)\right] = \mathbf{0.9022}$$

$$\Delta\sigma_z = 0.9022\,(100) = \mathbf{90.22}\ \mathrm{kPa}$$

$\Delta\sigma_z$ = 90.22 kPa: nel punto A la tensione è pari al **90.2**% della pressione superficiale ($\Delta\sigma_z$/q = 0.9022). La tensione non supera q = 100 kPa.

Soluzione (3/3)

SOLUZIONE

5 Angoli: θ dalla superficie, δ dalla verticale

$$\theta_1 = 135.00^\circ \quad (x - b < 0) \qquad \theta_2 = \tan^{-1}\frac{z}{x+b} = 18.43^\circ$$

$$\alpha = \theta_1 - \theta_2 = 116.57^\circ = 2.0344 \text{ rad}$$

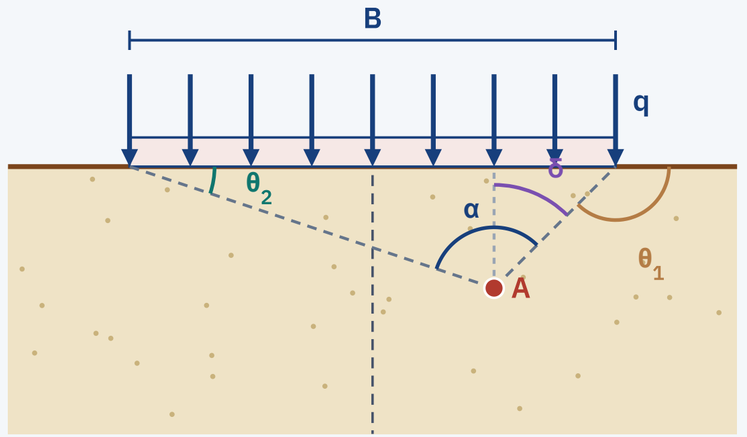
$$\delta = 90^\circ - \theta_1 = -\mathbf{45}^\circ$$

6 Forma dell'angolo

$$\Delta\sigma_z = \frac{q}{\pi}\left[\alpha + \sin\alpha\cos(\alpha + 2\delta)\right]$$

$$= \frac{100}{\pi}\left[2.0344 + (0.8944)\cos(26.57^\circ)\right]$$

$$= \frac{100}{\pi}(2.8344) = \mathbf{90.22}\ \text{kPa}$$



Le due forme danno lo **stesso risultato**: $\Delta\sigma_z$ = 90.22 kPa.

Il modulo restituisce lo stesso valore; la forma angolare mostra che la tensione dipende solo dagli angoli, cioè da x/B e z/B.

Verificare la soluzione in GeoTerva ↗

Traccia

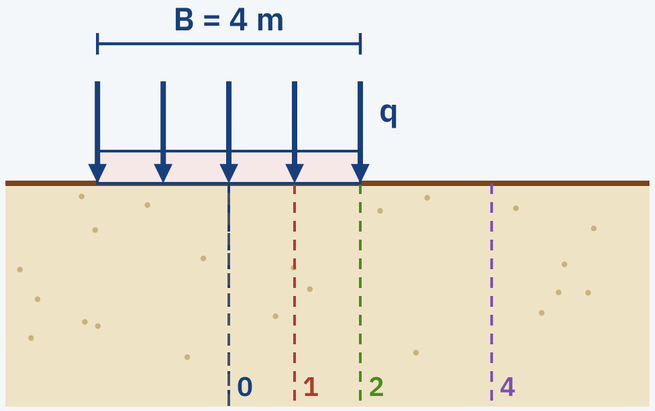
ESEMPIO

Dati

Carico a striscia	$q = 100$ **kN/m²,** $B = 4$ **m, asse** $x = 0$ **(la striscia dell'Esempio 1)**
Rette	$x = 0$ **(asse),** $x = 1$ **m (retta di A),** $x = 2$ **m (bordo),** $x = 4$ **m (2 m oltre il bordo)**
Profondità	$z = 0.5$ **…** 12 **m**

RICHIESTO

La variazione di $\Delta\sigma_z$ con la profondità lungo ciascuna retta; le profondità sotto l'asse in cui la tensione vale **q/2, q/5, q/10**.

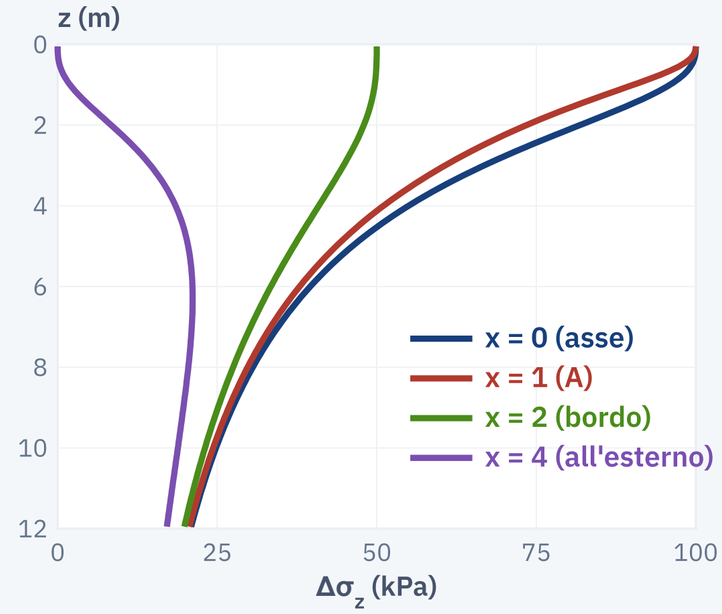


Soluzione (1/2)

SOLUZIONE

z (m)	2z/B	x = 0 (asse)	x = 1 m (A)	x = 2 m (bordo)	x = 4 m (all'esterno)
0.5	0.250	99.38	97.88	49.96	0.30
1.0	0.500	95.95	**90.22**	49.69	1.93
1.5	0.750	89.59	81.38	49.04	4.90
2.0	1.000	81.83	73.47	47.97	8.39
3.0	1.500	66.82	60.71	44.80	14.57
4.0	2.000	54.98	51.05	40.92	18.48
5.0	2.500	46.18	43.65	37.00	20.45
6.0	3.000	39.58	37.91	33.41	21.12
8.0	4.000	30.58	29.76	27.49	20.47
10.0	5.000	24.81	24.36	23.09	18.84
12.0	6.000	20.84	20.57	19.79	17.07

In asse la tensione diminuisce lentamente dalla superficie verso il basso (20.8 kPa a z = 12 m); **sotto il bordo** in superficie è molto prossima a q/2 (50.0 kPa), poi diminuisce; **all'esterno**, sulla retta considerata, la tensione dapprima aumenta, raggiunge il massimo a z ≈ 6 m (21.1 kPa) e poi diminuisce.



Soluzione (2/2)

SOLUZIONE

1 In corrispondenza dell'asse l'equazione si riduce a un solo termine (x = 0, b = B/2 = 2 m)

$$\frac{\Delta\sigma_z}{q} = \frac{2}{\pi}\left[\tan^{-1}\frac{b}{z} + \frac{bz}{b^2+z^2}\right] \qquad z = 1.132B = 4.53\ \text{m} \Rightarrow \frac{2}{\pi}[0.4159 + 0.3695] = \mathbf{0.500}$$

2 Valori dell'equazione a tre profondità

Valore di influenza	z/B	z (m)	$\tan^{-1}(b/z)$	$bz/(b^2+z^2)$	$\Delta\sigma_z/q$	$\Delta\sigma_z$ (kPa)
q/2	1.132	4.53	0.4159	0.3695	**0.500**	50.00
q/5	3.130	12.52	0.1584	0.1558	**0.200**	20.00
q/10	6.340	25.36	0.0787	0.0784	**0.100**	10.00

Sotto l'asse la tensione scende a q/2 a **z = 1.13B = 4.5 m**, a q/5 a **3.13B = 12.5 m** e a q/10 a **6.34B = 25.4 m**: il terreno rimane sotto carico fino a una profondità di più volte la larghezza della striscia.

Verificare la soluzione in GeoTerva ↗

Traccia

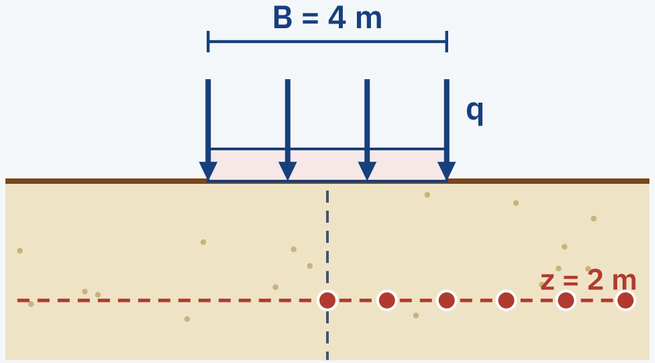
ESEMPIO

Dati

Carico a striscia	$q = 100$ **kN/m²,** $B = 4$ **m,** $x = 0$ **(**$b = 2$ **m)**
Retta	**linea orizzontale alla profondità di** $z = 2$ **m; punti** $x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8$ **m**
Calcolo manuale	**sotto il bordo** $x = b = 2$ **m e all'esterno della striscia** $x = 3$ **m**

RICHIESTO

Sotto il bordo (x = B/2) e **all'esterno della striscia** (x = 3 m) calcolare $\Delta\sigma_z$ manualmente; l'intero profilo orizzontale a z = 2 m; confronto tra x = −3 m e x = +3 m.



Soluzione (1/3)

SOLUZIONE

1 x = b = 2 m, z = 2 m: il primo arcotangente è esattamente π/2

$$A_1 = \tan^{-1}\frac{z}{x-b} = \tan^{-1}\frac{2}{0} = \frac{\pi}{2} = 1.5708 \qquad A_2 = \tan^{-1}\frac{2}{4} = 0.4636$$

$$T = \frac{4(2)(4-4-4)}{(4+4-4)^2+16(4)} = \frac{-32}{80} = -0.4$$

2 Valore di influenza e tensione

$$\frac{\Delta\sigma_z}{q} = \frac{1}{\pi}\left[1.5708 - 0.4636 - (-0.4)\right] = \mathbf{0.4797}$$

$$\Delta\sigma_z = 0.4797\,(100) = \mathbf{47.97}\ \text{kPa}$$

Al di sotto del bordo la tensione diminuisce dal valore q/2 in superficie a **47.97 kPa** (48.0% di q) alla profondità z = 2 m. Esattamente sul bordo il primo arcotangente vale π/2; non è necessaria alcuna correzione di π.

Soluzione (2/3)

SOLUZIONE

3 x = 3 m > b: entrambe le arcotangenti si assumono direttamente (x − b = 1, x + b = 5)

$$A_1 = \tan^{-1}\frac{2}{1} = 1.1071 \qquad A_2 = \tan^{-1}\frac{2}{5} = 0.3805$$

$$T = \frac{4(2)(9-4-4)}{(9+4-4)^2+16(4)} = \frac{8}{145} = 0.0552$$

4 Valore di influenza e tensione

$$\frac{\Delta\sigma_z}{q} = \frac{1}{\pi}\left[1.1071 - 0.3805 - 0.0552\right] = \mathbf{0.2137}$$

$$\Delta\sigma_z = 0.2137\,(100) = \mathbf{21.37}\ \text{kPa}$$

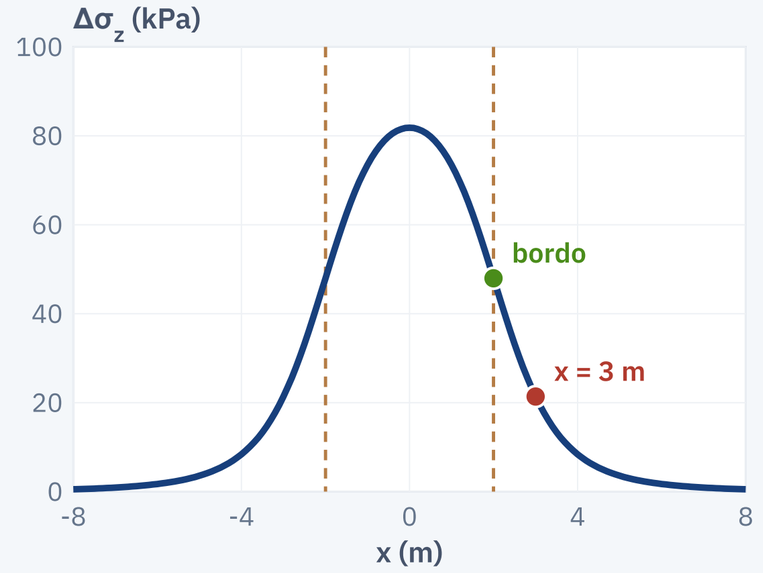
A **1 m all'esterno** della striscia (x = 3 m) la tensione vale 21.37 kPa; in questo punto non vi è carico, ma il terreno porta tensione. Per simmetria si ottiene **21.37 kPa** anche per x = −3 m (il modulo restituisce lo stesso valore).

Soluzione (3/3)

SOLUZIONE

x (m)	2x/B	$\Delta\sigma_z$ (kPa)	$\Delta\sigma_z/q$	Posizione
0	0.00	81.83	0.8183	asse
1	0.50	73.47	0.7347	al di sotto della striscia
2	1.00	47.97	0.4797	bordo
3	1.50	21.37	0.2137	all'esterno
4	2.00	8.39	0.0839	all'esterno
5	2.50	3.58	0.0358	all'esterno
6	3.00	1.72	0.0172	all'esterno
8	4.00	0.53	0.0053	all'esterno

La tensione è massima sull'asse (81.8 kPa), scende a 48.0 kPa sul bordo (circa la metà di q) e si attenua rapidamente all'esterno della striscia: 0.53 kPa a x = 8 m. Il profilo è **simmetrico** rispetto all'asse x = 0.



Verificare la soluzione in GeoTerva ↗

Traccia

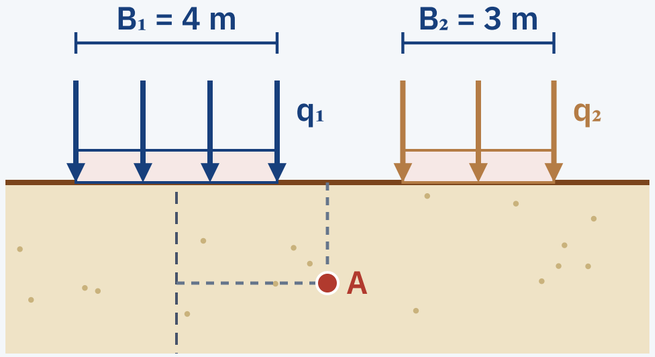
ESEMPIO

Dati

1ª striscia	$q_1 = 100$ **kN/m²,** $B_1 = 4$ **m, asse** $x_{c1} = 0$ **(–2 … 2 m)**
2ª striscia	$q_2 = 60$ **kN/m²,** $B_2 = 3$ **m, asse** $x_{c2} = 6$ **m (4.5 … 7.5 m)**
Punto A	$x = 3$ **m,** $z = 2$ **m (tra le due strisce)**

RICHIESTO

La tensione indotta da ciascuna striscia in A e la **$\Delta\sigma_z$ totale**; la variazione della tensione con la profondità al di sotto di A.



Soluzione (1/2)

SOLUZIONE

1 concio 1: $x_1 = 3 - 0 = 3$ m, $b = 2$ m ($x > b$)

$$A_1 = \tan^{-1}\frac{2}{1} = 1.1071 \quad A_2 = \tan^{-1}\frac{2}{5} = 0.3805 \quad T = \frac{4(2)(1)}{9^2+64} = 0.0552$$

$$\Delta\sigma_{z(1)} = \frac{100}{\pi}\left[A_1 - A_2 - T\right] = 0.2137\,(100) = \mathbf{21.37}\ \text{kPa}$$

2 2ª striscia: $x_2 = 3 - 6 = -3$ m ($|x_2| = 3$ m), $b = 1.5$ m

$$A_1 = \tan^{-1}\frac{2}{1.5} = 0.9273 \quad A_2 = \tan^{-1}\frac{2}{4.5} = 0.4182 \quad T = \frac{3(2)(2.75)}{(10.75)^2+36} = 0.1089$$

$$\Delta\sigma_{z(2)} = \frac{60}{\pi}\left[A_1 - A_2 - T\right] = 0.1274\,(60) = \mathbf{7.64}\ \text{kPa}$$

3 Sovrapposizione

$$\Delta\sigma_z = \Delta\sigma_{z(1)} + \Delta\sigma_{z(2)} = 21.37 + 7.64 = \mathbf{29.02}\ \text{kPa}$$

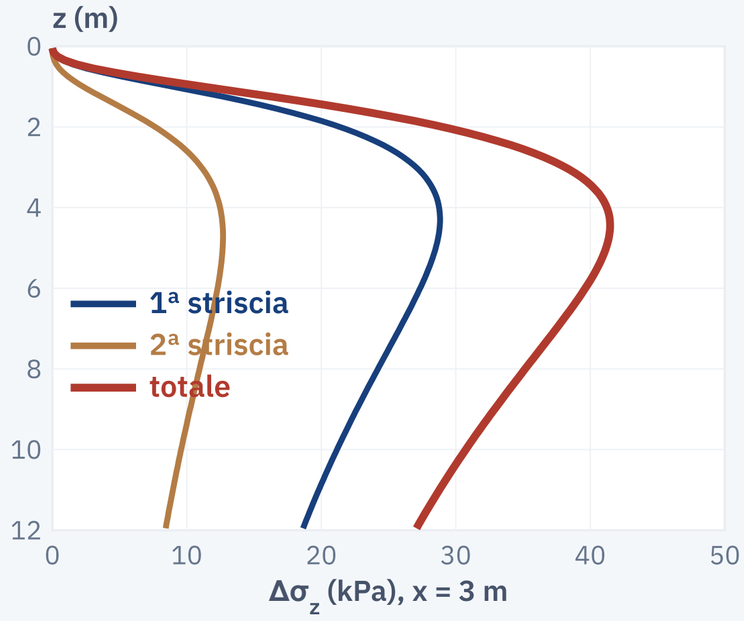
Totale **$\Delta\sigma_z$ = 29.02 kPa**; il modulo restituisce lo stesso valore. Il contributo della 2ª striscia è il 26% del totale.

Soluzione (2/2)

SOLUZIONE

z (m)	1ª striscia (kPa)	2ª striscia (kPa)	Totale (kPa)	quota della striscia 2
1	8.92	2.28	**11.21**	20 %
2	21.37	7.64	**29.02**	26 %
3	27.05	11.09	**38.14**	29 %
4	28.76	12.47	**41.24**	30 %
6	27.35	12.28	**39.63**	31 %
8	24.21	10.95	**35.16**	31 %
12	18.59	8.41	**26.99**	31 %

La tensione totale al di sotto di A è massima a z ≈ 4.5 m (41.5 kPa) e poi diminuisce. Nello strato prossimo alla superficie prevale la striscia 1; in profondità i contributi delle due strisce si avvicinano (a z = 12 m il contributo della striscia 2 è pari al 31%).



Verificare la soluzione in GeoTerva ↗

Traccia

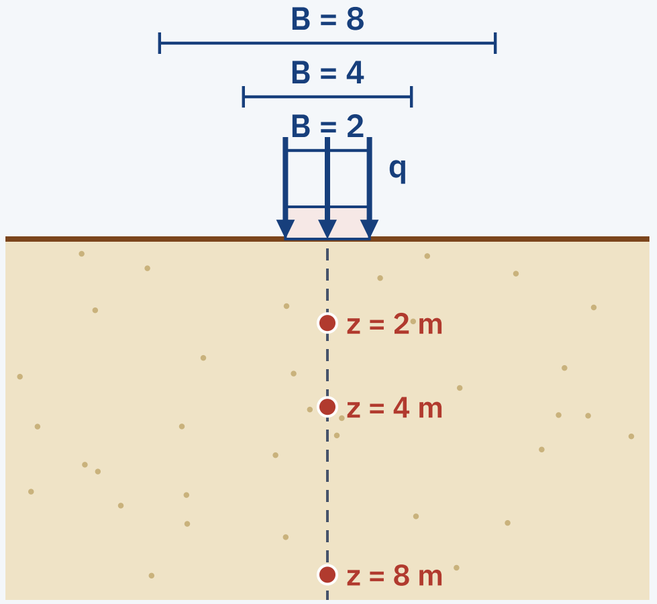
ESEMPIO

Dati

Effetto della larghezza	**stesso** $q = 100$ **kN/m²;** $B = 2,\ 4,\ 8$ **m; sotto l'asse** $z = 2,\ 4,\ 8$ **m**
Striscia stretta	**intensità del carico** $P = qB = 100$ **kN/m costante;** $B = 2,\ 1,\ 0.5,\ 0.1$ **m; punto** $x = 2$ **m,** $z = 2$ **m**
Confronto	**carico lineare:** $\Delta\sigma_z = 2Pz^3/[\pi(x^2 + z^2)^2]$

RICHIESTO

Mostrare che, a parità di **z/B**, la tensione è la stessa; osservare che, restringendosi la striscia, il risultato si avvicina al valore del **carico lineare**.



Soluzione (1/2)

SOLUZIONE

1 Sotto l'asse, B = 2 m, z = 2 m (z/B = 1; b = 1 m)

$$\frac{\Delta\sigma_z}{q} = \frac{2}{\pi}\left[\tan^{-1}\frac{1}{2} + \frac{1(2)}{1+4}\right] = \frac{2}{\pi}\left[0.4636 + 0.4\right] = 0.5498 \;\Rightarrow\; \Delta\sigma_z = \mathbf{54.98}\ \text{kPa}$$

2 Tre larghezze, tre profondità (sotto l'asse, kPa)

B (m)	z = 2 m	z = 4 m	z = 8 m
2	54.98 (z/B = 1.00)	30.58 (z/B = 2.00)	15.75 (z/B = 4.00)
4	81.83 (z/B = 0.50)	54.98 (z/B = 1.00)	30.58 (z/B = 2.00)
8	95.95 (z/B = 0.25)	81.83 (z/B = 0.50)	54.98 (z/B = 1.00)

La tensione dipende **solo da z/B**: B = 2 m, z = 2 m; B = 4 m, z = 4 m e B = 8 m, z = 8 m danno sempre **54.98 kPa**. A parità di q, una **striscia più larga agisce più in profondità**: a z = 8 m, 15.8 kPa per B = 2 m e 55.0 kPa per B = 8 m.

Soluzione (2/2)

SOLUZIONE

3 Soluzione per carico lineare (P = 100 kN/m; x = 2 m, z = 2 m)

$$\Delta\sigma_z = \frac{2Pz^3}{\pi(x^2+z^2)^2} = \frac{2(100)(2)^3}{\pi(4+4)^2} = \frac{1{,}600}{201.06} = \mathbf{7.958}\ \text{kPa}$$

4 Strisce progressivamente più strette con lo stesso P = qB (forma chiusa, stesso punto)

B (m)	q = P/B (kPa)	$\Delta\sigma_z$ (striscia, kPa)	Differenza rispetto al carico lineare
2.0	50	9.242	%16.1
1.0	100	8.287	%4.1
0.5	200	8.041	%1.0
0.1	1,000	7.961	%0.0
→ **0**	→ ∞	**7.958** (carico lineare)	0

Al diminuire di B la soluzione a striscia si avvicina al valore del carico lineare **7.96 kPa** a partire da **9.24 kPa**; per B = 0.1 m la differenza è solo dello 0.04%. Il carico lineare è il limite per B → 0 del carico a striscia.

Verificare la soluzione in GeoTerva ↗

Sintesi

Punti chiave

Forma chiusa: $\Delta\sigma_z = (q/\pi)\{\tan^{-1}[z/(x - B/2)] - \tan^{-1}[z/(x + B/2)] - Bz[x^2 - z^2 - B^2/4] / ([x^2 + z^2 - B^2/4]^2 + B^2z^2)\}$; per $x < B/2$ si aggiunge π al primo arcotangente

Forma angolare: $\Delta\sigma_z = (q/\pi)[\alpha + \sin\alpha\cos(\alpha + 2\delta)]$; $\alpha = \theta_1 - \theta_2$, $\delta = 90° - \theta_1$. La tensione dipende solo da **x/B e z/B** e non supera q; in superficie vale q sotto la striscia, q/2 al bordo e 0 all'esterno

Esempio ($q = 100$ kN/m², $B = 4$ m; A: $x = 1$, $z = 1$ m): A_1 2.3562, A_2 0.3218, T -0.8 → $\Delta\sigma_z/q$ = **0.9022**; **$\Delta\sigma_z$ = 90.22 kPa**; la forma angolare è la stessa

Bulbo delle tensioni: sotto l'asse le profondità di q/2, q/5, q/10 sono 1.13B, 3.13B, 6.34B. **Sovrapposizione**: ciascuna striscia con il proprio valore di x; nell'esempio con due strisce 21.37 + 7.64 = **29.02 kPa**

Limiti: lo stesso z/B fornisce la stessa tensione; per $B \to 0$ con $P = qB$ costante, la soluzione tende a quella del carico lineare, a striscia

Bibliografia

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

NOTA

Tutti gli esempi numerici sono prodotti con il motore di calcolo del modulo stesso; il modulo restituisce gli stessi valori. Il modulo si apre con q = 100 kN/m², B = 4 m e A (x = 1 m, z = 1 m).

GeoTerva

Calcoli geotecnici online

Dalla teoria alla pratica

Inserire in GeoTerva i propri carichi a striscia (q, B, asse) e il punto A; il modulo fornisce insieme la tensione, le isobare, il profilo con la profondità, la soluzione passo per passo e la relazione.

Aprire il modulo →

Pagina di teoria →

Aprire dallo smartphone

I moduli di prova non richiedono registrazione.

Se si desidera utilizzarli nelle proprie lezioni: info@geoterva.com