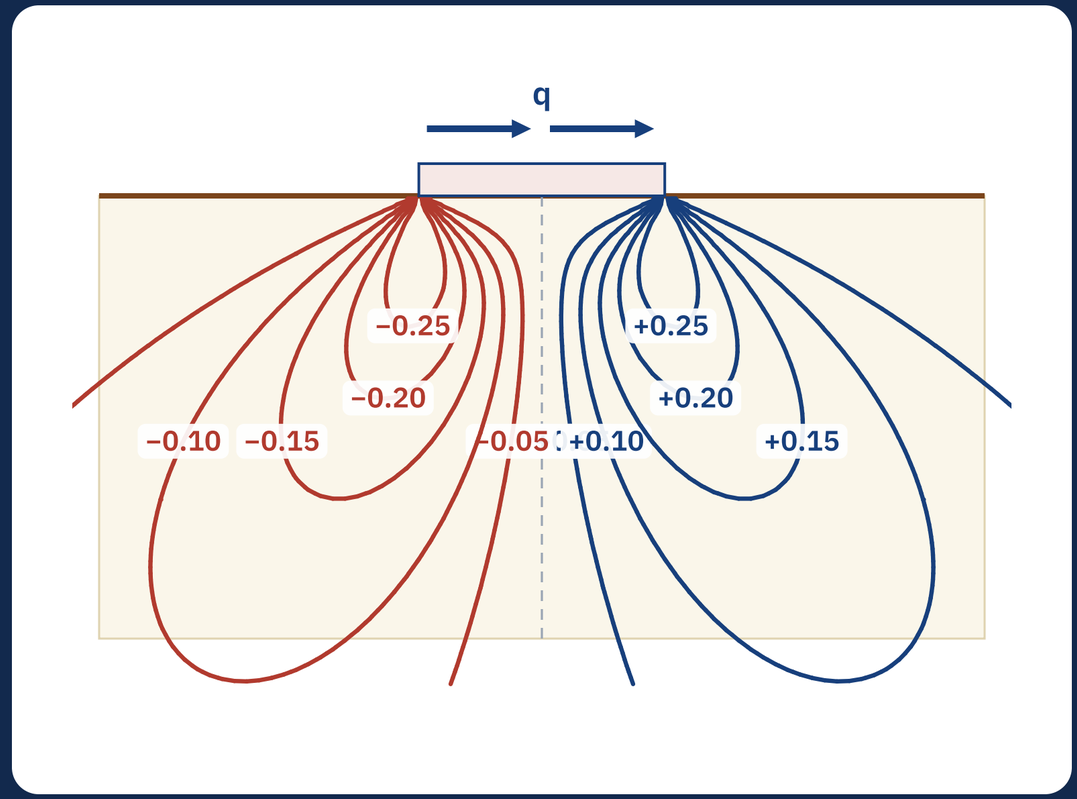
Presentazione della lezione di geotecnica · Tensioni nel mezzo terreno

Tensione sotto un carico a striscia orizzontale

Lezione: carichi a striscia orizzontali e inclinati agenti lungo la superficie; un punto manualmente, inclinazione, profondità e profili orizzontali.

- Integrale del carico lineare orizzontale
- Carico inclinato = verticale + orizzontale
- Incremento sul fronte, decremento sul retro
- Sovrapposizione
- Risolvibile a mano



Introduzione

Che cosa si impara in questa lezione?

L'incremento di tensione verticale al di sotto di un carico a striscia **agente** (orizzontale) e **inclinato** lungo la superficie: l'integrale del carico lineare orizzontale sulla larghezza della striscia

L'equazione della striscia orizzontale e il fatto che la tensione è **funzione della sola x**: incremento davanti al carico, diminuzione dietro, zero sotto l'asse

Scomporre il carico inclinato nelle componenti $\mathbf{q_v = q \cos \alpha}$ e $\mathbf{q_h = q \sin \alpha}$ e **sovrapporre** le soluzioni per striscia verticale e orizzontale

Un punto **a mano dall'inizio alla fine** (A davanti e B dietro il carico); l'effetto dell'angolo di inclinazione, della profondità e delle strisce multiple con tabelle

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 = 150 kN/m², inclinato di α = 30° rispetto alla verticale; B = 3 m; punto A in x = +2.25 m, z = 3 m.

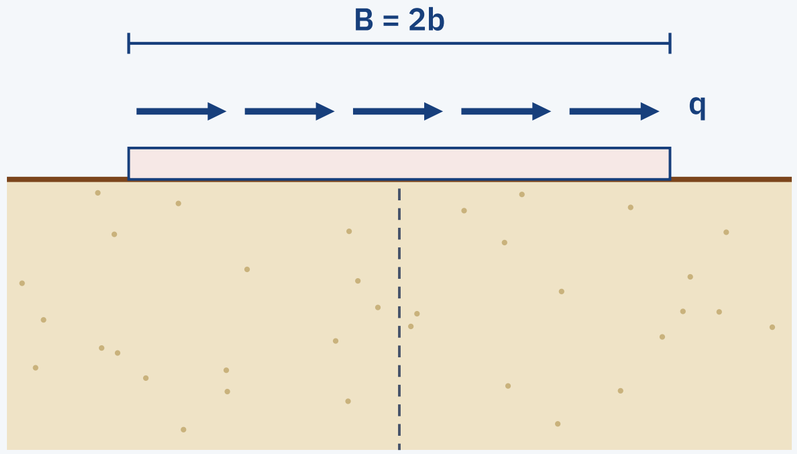
Il carico a striscia spinge anche lungo la superficie

TEORIA

L'attrito sotto una fondazione che scivola, la spinta alla base di un muro di sostegno, la forza frenante dei veicoli su una strada: un carico a striscia **spinge** anche lungo la superficie

Il modulo fornisce l'incremento di tensione verticale sotto una **striscia flessibile** caricata con una pressione orizzontale uniforme q e, per **sovrapposizione**, sotto una striscia inclinata; la striscia ha larghezza B = 2b ed è infinitamente lunga (deformazione piana)

Il terreno è un semispazio **omogeneo, isotropo, elastico lineare**. $\Delta\sigma_z$ è solo l'incremento del carico e **può essere negativo** (riduzione)



Sezione: il carico orizzontale spinge nella direzione +x; la striscia si estende all'infinito lungo y

Dal carico lineare orizzontale al carico a striscia

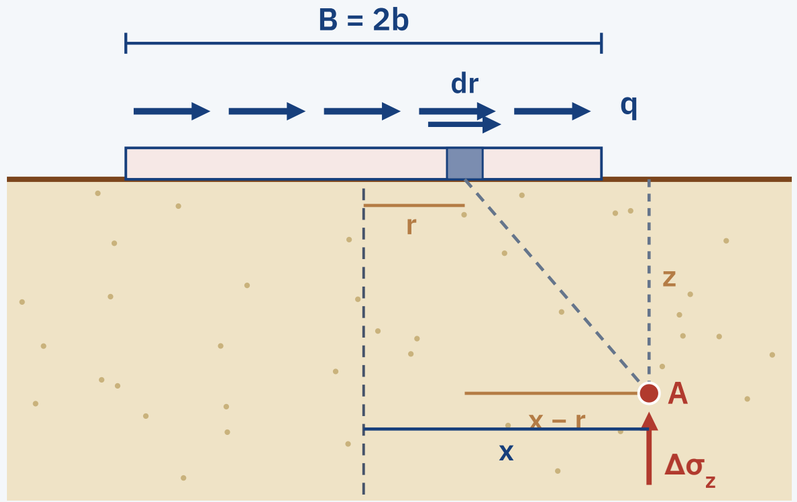
TEORIA

Come nella striscia verticale, la striscia elementare di larghezza dr porta **q dr** per unità di lunghezza e si comporta come un **carico lineare orizzontale** agente nella direzione +x

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

Ponendo u = x − r, la primitiva è −1/(u² + z²). Nell'intervallo −b ≤ r ≤ b l'integrale si riduce alla differenza di due carichi lineari:

$$\Delta\sigma_z = \frac{q\,z^2}{\pi}\left[\frac{1}{(x-b)^2+z^2} - \frac{1}{(x+b)^2+z^2}\right]$$



$\Delta\sigma_z = 4bqxz^2 / \{\pi[(x^2 + z^2 - b^2)^2 + 4b^2z^2]\}$

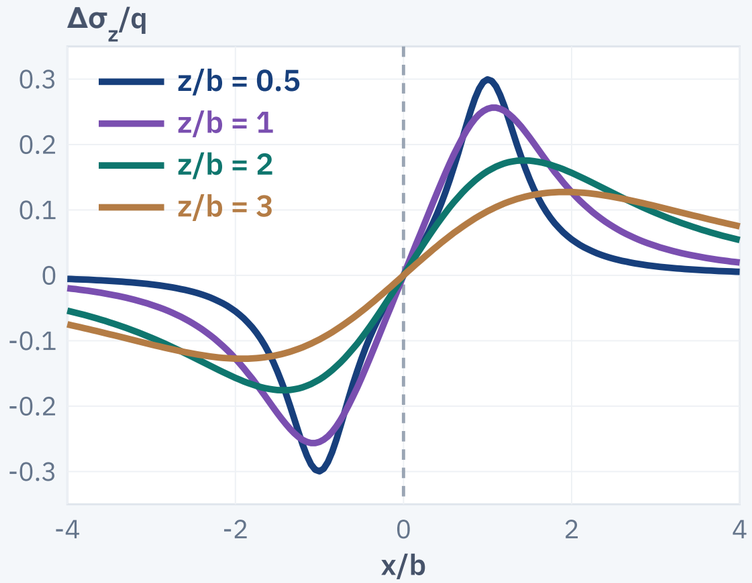
TEORIA

Il prodotto dei due denominatori diventa (x² + z² − b²)² + 4b²z²; si ottiene l'**equazione della striscia orizzontale** (b = B/2):

$$\Delta\sigma_z = \frac{4\,b\,q\,x\,z^2}{\pi\,[(x^2+z^2-b^2)^2+4b^2z^2]} \qquad \frac{\Delta\sigma_z}{q} = \frac{4XZ^2}{\pi\,[(X^2+Z^2-1)^2+4Z^2]}$$

La tensione è una **funzione unica** di x: uguale in modulo e di segno opposto nei punti +x e −x. **Davanti** al carico il terreno è spinto verso il basso, **dietro** è sollevato; sotto l'asse della striscia è nulla a ogni profondità

Con X = x/b, Z = z/b, **un'unica famiglia di curve** è valida per ogni q e B. Verifica numerica (q = 100, B = 4, x = 1, z = 1): l'integrale del carico lineare orizzontale lungo la striscia fornisce **12.7324 kPa**, l'equazione **12.7324 kPa**



Tensione della striscia orizzontale: il carico spinge nella direzione +x

Carico inclinato = componente verticale + componente orizzontale

TEORIA

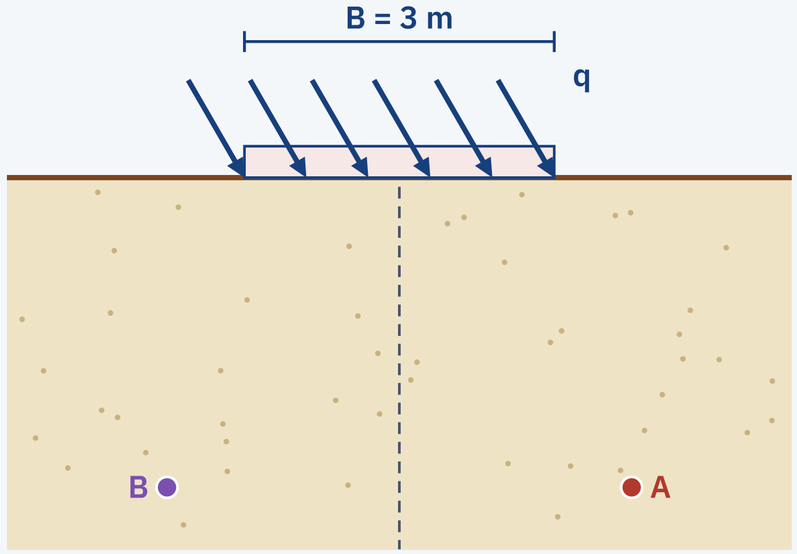
Il carico inclinato è la pressione q agente con un angolo **α** rispetto alla verticale (α positiva verso la direzione +x; α = 90° è del tutto orizzontale, α = 0 è una striscia verticale)

$$q_v = q\cos\alpha \qquad q_h = q\sin\alpha$$

La componente verticale fornisce la tensione della **striscia verticale**, la componente orizzontale quella della **striscia orizzontale**; le due si sommano

$$\Delta\sigma_z = \Delta\sigma_{z(v)} + \Delta\sigma_{z(h)} \qquad \Delta\sigma_{z(v)} = q_v\, I_v \qquad \Delta\sigma_{z(h)} = q_h\, I_h$$

I_v è una funzione pari e I_h una funzione dispari di x: nel punto A davanti al carico la componente orizzontale si **somma**, nel punto B dietro si **sottrae**



q = 150 kN/m², α = 30°, B = 3 m; A davanti, B dietro (x = ±2.25 m, z = 3 m)

Striscia orizzontale: valori di $\Delta\sigma_z/q_h$

TEORIA

z/b \ x/b	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0
0.25	0.0000	0.0551	0.3134	0.0605	0.0165	0.0070	0.0037	0.0014
0.50	0.0000	0.1273	0.2996	0.1469	0.0551	0.0255	0.0138	0.0055
1.00	0.0000	0.1567	0.2546	0.2107	0.1273	0.0739	0.0449	0.0196
1.50	0.0000	0.1273	0.2037	0.2022	0.1567	0.1098	0.0753	0.0374
2.00	0.0000	0.0959	0.1592	0.1754	0.1567	0.1254	0.0955	0.0540
3.00	0.0000	0.0551	0.0979	0.1219	0.1273	0.1198	0.1058	0.0749
4.00	0.0000	0.0343	0.0637	0.0845	0.0959	0.0988	0.0955	0.0795

$\Delta\sigma_{z(h)} = q_h \cdot$ (valore tabellare), per $x > 0$; nei punti con $x < 0$ il valore è lo stesso con segno opposto. La colonna $x = 0$ è nulla a ogni profondità; il valore di picco diminuisce con la profondità e si allontana dall'asse della striscia.

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, dall'inclinazione α, dalla larghezza B e dal proprio asse; nel modulo si possono inserire al massimo otto strisce

Le strisce **non possono sovrapporsi** (possono congiungersi al 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; le componenti verticale e orizzontale possono essere sommate anche separatamente

$$\Delta\sigma_z = \sum_k \left(q_{v,k} I_{v,k} + q_{h,k} I_{h,k}\right) \qquad x_k = x_A - x_{c,k}$$

Se il carico orizzontale di una striscia è diretto secondo −x (α < 0), q_h è negativo: il punto di testa è ora il punto sul lato **−x** della striscia

Traccia

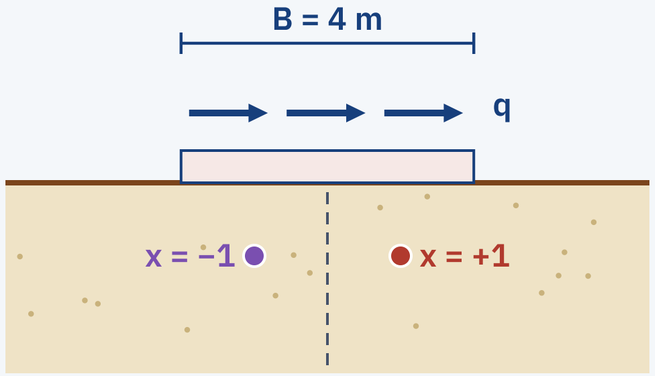
ESEMPIO

Dati

Carico a striscia	**Flessibile, orizzontale (nella direzione $+x$): $q = 100$ kN/m², $B = 4$ m ($b = B/2 = 2$ m); linea d'asse $x = 0$**
Punti	**alla profondità di $z = 1$ m, $x = +1$ m (davanti al carico) e $x = -1$ m (dietro)**

RICHIESTO

$\Delta\sigma_z$ e **$\Delta\sigma_z/q$**: con l'equazione in forma chiusa della striscia; verifica con la **forma alle differenze**.



Soluzione (1/2)

SOLUZIONE

1 grandezze al denominatore (b = B/2 = 2 m)

$$x^2 + z^2 - b^2 = 1 + 1 - 4 = -2$$

$$(x^2 + z^2 - b^2)^2 + 4b^2z^2 = 4 + 4(4)(1) = \mathbf{20}$$

2 Valore di influenza e tensione

$$\frac{\Delta\sigma_z}{q} = \frac{4b\,x\,z^2}{\pi\,[\ldots]} = \frac{4(2)(\pm1)(1)^2}{\pi\,(20)} = \pm\frac{8}{\pi\,(20)} = \pm\mathbf{0.1273}$$

$$\Delta\sigma_z = \pm0.1273\,(100) = \pm\mathbf{12.73}\ \mathrm{kPa}$$

x = +1 m (davanti al carico): $\Delta\sigma_z$ = **+12.73 kPa**, il terreno è spinto verso il basso. **x = −1 m** (dietro): **−12.73 kPa**, la tensione diminuisce. Al di sotto dell'asse, a ogni profondità, $\Delta\sigma_z = 0$.

Soluzione (2/2)

SOLUZIONE

3 Forma per differenza, x = +1 m

$$\Delta\sigma_z = \frac{q\,z^2}{\pi}\left[\frac{1}{(x-b)^2+z^2} - \frac{1}{(x+b)^2+z^2}\right] = \frac{100}{\pi}\left[\frac{1}{2} - \frac{1}{10}\right] = \frac{100}{\pi}(0.4) = \mathbf{12.73}\ \text{kPa}$$

4 Forma per differenze, x = −1 m

$$\Delta\sigma_z = \frac{100}{\pi}\left[\frac{1}{(-1-2)^2+1} - \frac{1}{(-1+2)^2+1}\right] = \frac{100}{\pi}\left[\frac{1}{10} - \frac{1}{2}\right] = -\mathbf{12.73}\ \text{kPa}$$

Entrambe le forme danno **lo stesso valore**: ±12.73 kPa. Il modulo (α = 90°) restituisce lo stesso valore; il segno deriva soltanto dal fatto che il punto si trovi davanti o dietro il carico.

Verificare la soluzione in GeoTerva ↗

Traccia

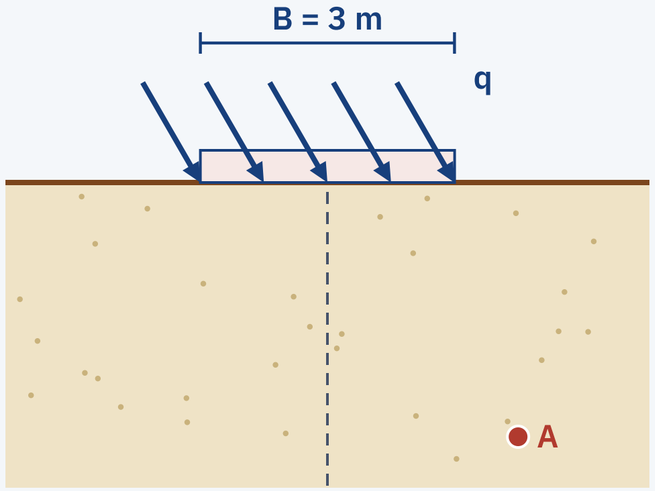
ESEMPIO

Dati

Carico a striscia	**Flessibile, inclinato di $\alpha = 30°$ rispetto alla verticale (nella direzione $+x$): $q = 150$ kN/m², $B = 3$ m ($b = 1.5$ m); asse $x = 0$**
Punto A	**Davanti al carico: $x = +2.25$ m, $z = 3$ m ($x/b = 1.5$; $z/b = 2$)**

RICHIESTO

$\Delta\sigma_{z(v)}$, **$\Delta\sigma_{z(h)}$** e **$\Delta\sigma_z$** totale: scomponendo il carico nelle sue componenti.



Soluzione (1/3)

SOLUZIONE

1 Componenti del carico e distanze adimensionali

$$q_v = 150\cos 30^\circ = \mathbf{129.90}\ \text{kPa} \qquad q_h = 150\sin 30^\circ = \mathbf{75.00}\ \text{kPa}$$

$$\frac{x}{b} = \frac{2.25}{1.5} = 1.5 \qquad \frac{z}{b} = \frac{3}{1.5} = 2$$

2 Componente verticale: arcotangenti e termine algebrico (x – b = 0.75 m; x + b = 3.75 m)

$$A_1 = \tan^{-1}\frac{3}{0.75} = 1.3258 \qquad A_2 = \tan^{-1}\frac{3}{3.75} = 0.6747$$

$$T = \frac{3(3)\,(5.0625 - 9 - 2.25)}{(5.0625 + 9 - 2.25)^2 + 9(9)} = \frac{-55.6875}{220.535} = -0.2525$$

Il punto A è **esterno** alla striscia (x = 2.25 m > b = 1.5 m): i due arcotangenti si prendono direttamente, non è necessaria la correzione di π.

Soluzione (2/3)

SOLUZIONE

3 Tensione della componente verticale

$$I_v = \frac{1}{\pi}\left[A_1 - A_2 - T\right] = \frac{1}{\pi}\left[1.3258 - 0.6747 - (-0.2525)\right] = \mathbf{0.2876}$$

$$\Delta\sigma_{z(v)} = 0.2876\,(129.90) = \mathbf{37.36}\ \text{kPa}$$

4 tensione della componente orizzontale (b = 1.5 m)

$$x^2 + z^2 - b^2 = 5.0625 + 9 - 2.25 = 11.8125 \qquad 4b\,x\,z^2 = 4(1.5)(2.25)(9) = 121.5$$

$$I_h = \frac{121.5}{\pi\left[(11.8125)^2 + 4(2.25)(9)\right]} = \frac{121.5}{\pi\,(220.535)} = \mathbf{0.1754}$$

$$\Delta\sigma_{z(h)} = 0.1754\,(75.00) = \mathbf{13.15}\ \text{kPa}$$

Poiché il carico è inclinato di 30°, la **componente verticale di 37.36 kPa** e la **componente orizzontale di 13.15 kPa** producono tensioni; l'effetto della componente orizzontale in A è positivo (a valle).

Soluzione (3/3)

SOLUZIONE

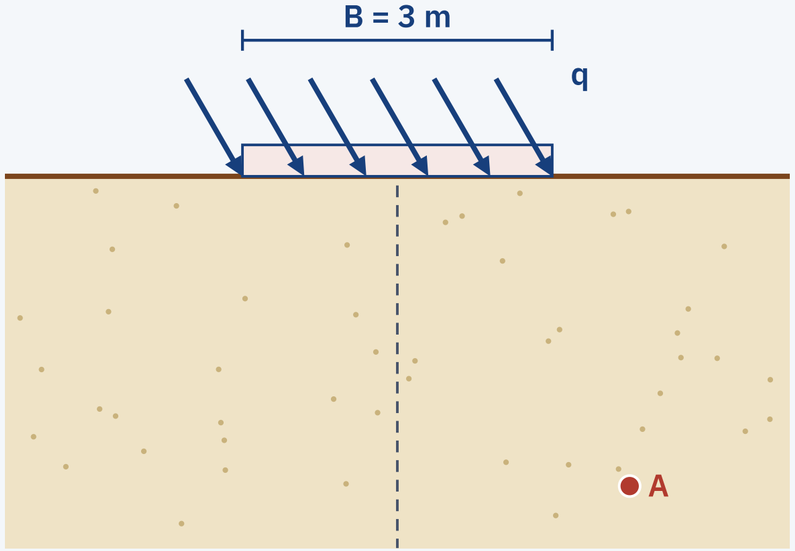
5 Sovrapposizione

$$\Delta\sigma_z = \Delta\sigma_{z(v)} + \Delta\sigma_{z(h)} = 37.36 + 13.15 = \mathbf{50.52}\ \text{kPa}$$

6 Verifica per la componente orizzontale mediante la forma alle differenze

$$I_h = \frac{z^2}{\pi}\left[\frac{1}{(x-b)^2+z^2} - \frac{1}{(x+b)^2+z^2}\right]$$

$$= \frac{9}{\pi}\left[\frac{1}{9.5625} - \frac{1}{23.0625}\right] = \mathbf{0.1754}$$



$\Delta\sigma_z$ = 50.52 kPa; il modulo fornisce lo stesso valore (verticale 37.36, orizzontale 13.15). Se il carico verticale fosse 150 kPa (α = 0), in A si avrebbero solo 43.14 kPa.

Verificare la soluzione in GeoTerva ↗

Traccia

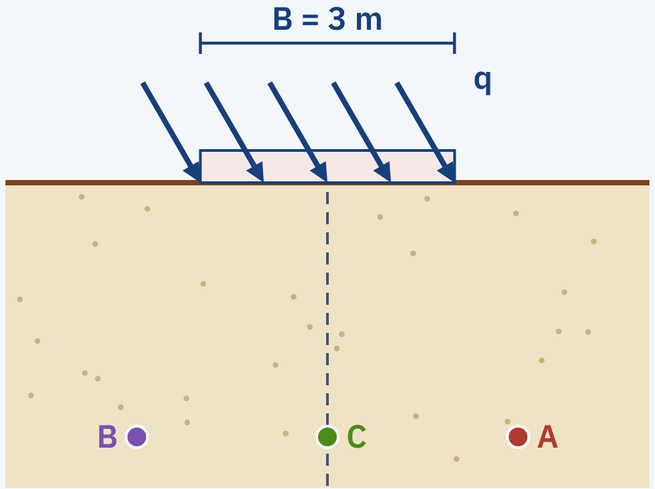
ESEMPIO

Dati

Carico a striscia	**La striscia dell'Esempio 2: $q = 150$ kN/m², $B = 3$ m, $\alpha = 30°$**
Punti	**B: $x = -2.25$ m (a tergo del carico); C: $x = 0$ (asse); $z = 3$ m**
Inclinazione	**$\alpha = 0,\ 15°,\ 30°,\ 45°,\ 60°,\ 75°,\ 90°$ (in A e B)**

RICHIESTO

B e **C** con $\Delta\sigma_z$ per simmetria; variazione della tensione in A e B al variare di α.



Soluzione (1/2)

SOLUZIONE

1 Punto B (x = −2.25 m): componente verticale doppia, componente orizzontale singola

$$\Delta\sigma_{z(v)}(B) = \Delta\sigma_{z(v)}(A) = 37.36\ \text{kPa} \qquad \Delta\sigma_{z(h)}(B) = -\Delta\sigma_{z(h)}(A) = -13.15\ \text{kPa}$$

$$\Delta\sigma_z(B) = 37.36 + (-13.15) = \mathbf{24.21}\ \text{kPa}$$

2 Punto C (asse, x = 0): componente orizzontale nulla; componente verticale con la formula sotto l'asse

$$I_v = \frac{2}{\pi}\left[\tan^{-1}\frac{b}{z} + \frac{bz}{b^2+z^2}\right] = \frac{2}{\pi}\left[0.4636 + 0.4000\right] = 0.5498$$

$$\Delta\sigma_z(C) = 0.5498\,(129.90) = \mathbf{71.42}\ \text{kPa}$$

Davanti al carico (A) 50.52, **dietro** (B) 24.21, **sotto l'asse** (C) 71.42 kPa: alla stessa profondità, la componente orizzontale aggiunge 13.15 kPa in A e li sottrae in ugual misura in B. Il modulo fornisce gli stessi valori per A e B.

Soluzione (2/2)

SOLUZIONE

α (°)	q_v	q_h	A: $\Delta\sigma_{z(v)}$	A: $\Delta\sigma_{z(h)}$	A: $\Delta\sigma_z$	B: $\Delta\sigma_z$
0	150.00	0.00	43.14	0.00	**43.14**	**43.14**
15	144.89	38.82	41.67	6.81	**48.48**	**34.86**
30	129.90	75.00	37.36	13.15	**50.52**	**24.21**
45	106.07	106.07	30.51	18.60	**49.11**	**11.91**
60	75.00	129.90	21.57	22.78	**44.35**	**−1.21**
75	38.82	144.89	11.17	25.41	**36.58**	**−14.24**
90	0.00	150.00	0.00	26.31	**26.31**	**−26.31**

All'aumentare dell'inclinazione la componente verticale diminuisce e quella orizzontale aumenta. In **A** il totale è massimo intorno ad α ≈ 30° (50.5 kPa); per α = 90° resta solo la componente orizzontale (26.3 kPa). In **B** la tensione **inverte il proprio andamento** per α = 60° con -1.21 kPa e diventa −26.3 kPa per α = 90°.

Verificare la soluzione in GeoTerva ↗

Traccia

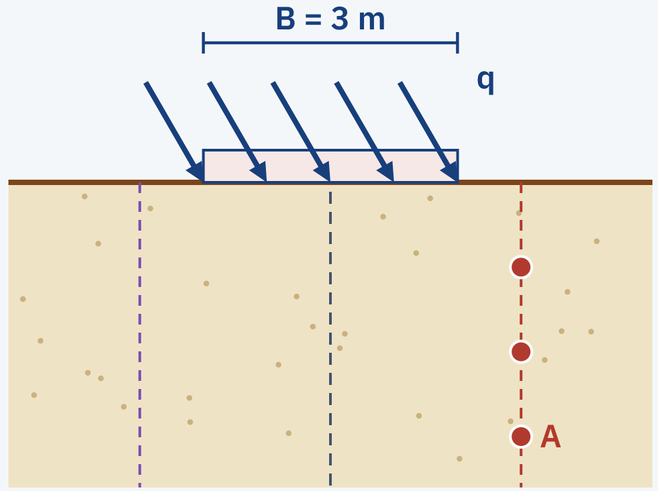
ESEMPIO

Dati

Carico a striscia	**La striscia inclinata dell'Esempio 2: $q = 150$ kN/m², $\alpha = 30°$, $B = 3$ m**
Rette	**L'ordinata di A è $x = +2.25$ m e l'ordinata di B è $x = -2.25$ m**
Profondità	$z = 0.5$ **…** 12 **m**

RICHIESTO

Variazione di $\Delta\sigma_{z(v)}$, $\Delta\sigma_{z(h)}$ e del totale con la profondità; la **profondità alla quale la componente orizzontale è massima**.

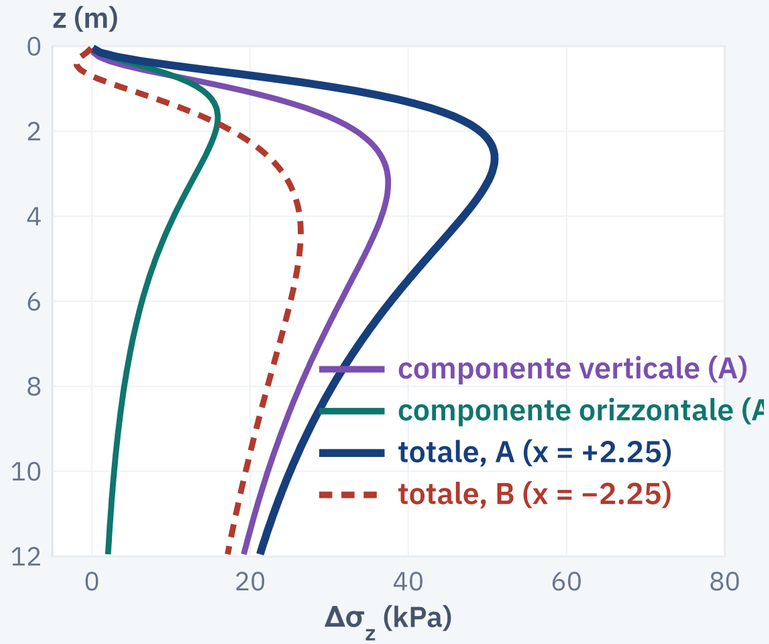


Soluzione

SOLUZIONE

z (m)	z/b	A: $\Delta\sigma_{z(v)}$	A: $\Delta\sigma_{z(h)}$	A: $\Delta\sigma_z$	B: $\Delta\sigma_z$
0.5	0.33	5.17	6.93	**12.09**	**−1.76**
1.0	0.67	18.01	13.69	**31.71**	**4.32**
1.5	1.00	27.77	15.81	**43.57**	**11.96**
2.0	1.33	33.43	15.64	**49.08**	**17.79**
3.0	**2.00**	**37.36**	**13.15**	**50.52**	**24.21**
4.0	2.67	36.62	10.36	**46.98**	**26.26**
5.0	3.33	34.23	8.07	**42.30**	**26.16**
6.0	4.00	31.45	6.34	**37.79**	**25.11**
8.0	5.33	26.31	4.09	**30.40**	**22.22**
10.0	6.67	22.25	2.81	**25.06**	**19.44**
12.0	8.00	19.14	2.03	**21.17**	**17.11**

Sotto A la **componente verticale** presenta un massimo a z ≈ 3.25 m (37.5 kPa); la **componente orizzontale** è massima a profondità minore, z ≈ 1.65 m (15.9 kPa), e poi si attenua come 1/z². Sotto B la tensione in prossimità della superficie è negativa (−1.76 kPa a z = 0.5 m).



Verificare la soluzione in GeoTerva ↗

Traccia

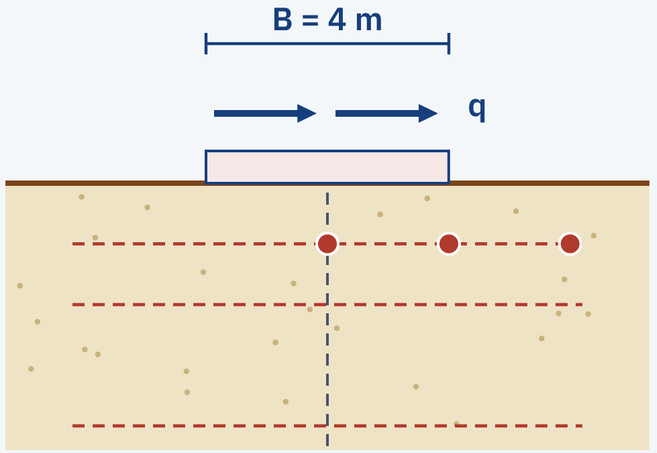
ESEMPIO

Dati

Carico a striscia	**Orizzontale: $q = 100$ kN/m², $B = 4$ m ($b = 2$ m), in direzione $+x$**
Rette	**Linee orizzontali alla profondità $z = 1,\ 2,\ 4,\ 6$ m; $x = 0, 1, 2, 3, 4, 6, 8$ m**
Calcolo manuale	**Punto $z = 1$ m, $x = 2$ m (bordo)**

RICHIESTO

La variazione di $\Delta\sigma_z$ lungo x a ciascuna profondità; la **posizione del valore di picco** e come la sua grandezza varia con la profondità.



Soluzione (1/2)

SOLUZIONE

1 Grandezze al denominatore (b = 2 m)

$$x^2 + z^2 - b^2 = 4 + 1 - 4 = 1 \qquad (x^2 + z^2 - b^2)^2 + 4b^2z^2 = 1 + 16 = 17$$

$$4b\,x\,z^2 = 4(2)(2)(1) = 16$$

2 Valore di influenza e tensione

$$\frac{\Delta\sigma_z}{q} = \frac{16}{\pi\,(17)} = \mathbf{0.2996}$$

$$\Delta\sigma_z = 0.2996\,(100) = \mathbf{29.96}\ \mathrm{kPa}$$

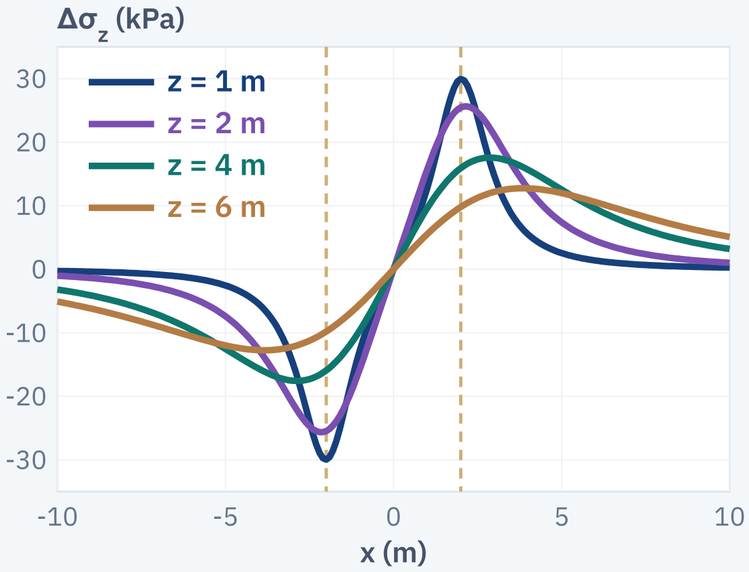
Al bordo anteriore della striscia (x = b), alla profondità z = 1 m, $\Delta\sigma_z$ = **29.96 kPa**: valore molto vicino al **valore di picco** sulla linea z = 1 m (x = 2.01 m, 29.96 kPa).

Soluzione (2/2)

SOLUZIONE

z (m)	x = 1 m	x = 2 m	x = 3 m	x = 4 m	x = 6 m	x = 8 m	Picco: x (m)	Picco: $\Delta\sigma_z$
1	12.73	29.96	14.69	5.51	1.38	0.55	**2.01**	**29.96**
2	15.67	25.46	21.07	12.73	4.49	1.96	**2.15**	**25.65**
4	9.59	15.92	17.54	15.67	9.55	5.40	**2.87**	**17.57**
6	5.51	9.79	12.19	12.73	10.58	7.49	**3.84**	**12.75**

Il valore di picco, in prossimità della superficie (z = 1 m), è pari a **30.0 kPa** appena sotto il bordo della striscia; con l'aumentare della profondità **diminuisce** (12.7 kPa a z = 6 m) e **si allontana dalla striscia** (x = 2.0 m → 3.8 m). La colonna x = 0 è sempre nulla; nei punti con x < 0 i valori sono gli stessi, con segno opposto (simmetria semplice).



Verificare la soluzione in GeoTerva ↗

Traccia

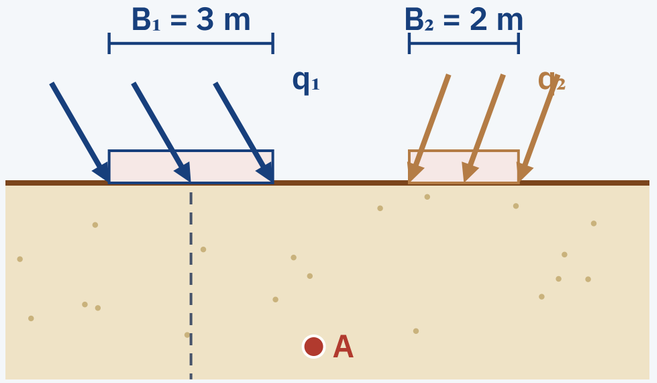
ESEMPIO

Dati

1ª striscia	$q_1 = 150$ **kN/m²,** $\alpha_1 = 30^\circ$ **(**$+x$**),** $B_1 = 3$ **m,** $x_{c1} = 0$ **(–1.5 … 1.5 m) — il carico a striscia dell'Esempio 2**
2ª striscia	$q_2 = 100$ **kN/m²,** $\alpha_2 = -20^\circ$ **(direzione** $-x$**),** $B_2 = 2$ **m,** $x_{c2} = 5$ **m (4 … 6 m)**
Punto A	$x = 2.25$ **m,** $z = 3$ **m (tra le due strisce)**

RICHIESTO

2. la quota della striscia (verticale, orizzontale) e il **$\Delta\sigma_z$ totale**; profilo con la profondità.



Soluzione (1/3)

SOLUZIONE

1 2ª striscia: $x_2 = 2.25 - 5 = -2.75$ m ($|x_2| = 2.75$ m), b = 1 m; $\alpha_2 = -20°$

$$q_v = 100\cos 20^\circ = \mathbf{93.97}\ \text{kPa} \qquad q_h = 100\sin(-20^\circ) = -\mathbf{34.20}\ \text{kPa}$$

2 Componente verticale (simmetria: per $|x_2| = 2.75$ m)

$$A_1 = \tan^{-1}\frac{3}{1.75} = 1.0427 \quad A_2 = \tan^{-1}\frac{3}{3.75} = 0.6747 \quad T = \frac{2(3)(-2.4375)}{(15.5625)^2 + 36} = -0.0526$$

$$\Delta\sigma_{z(v)} = \frac{93.97}{\pi}[A_1 - A_2 - T] = 0.1339\,(93.97) = \mathbf{12.58}\ \text{kPa}$$

Soluzione (2/3)

SOLUZIONE

3 Componente orizzontale: q_h negativa, x_2 negativo → $\Delta\sigma_{z(h)}$ positiva

$$I_h(|x|) = \frac{4b\,x\,z^2}{\pi\left[(x^2+z^2-b^2)^2+4b^2z^2\right]} = \frac{4(1)(2.75)(9)}{\pi\left[(15.5625)^2+36\right]} = \mathbf{0.1133}$$

$$\Delta\sigma_{z(h)} = (-34.20)\left(-0.1133\right) = \mathbf{3.87}\ \text{kPa}$$

4 Sovrapposizione (1ª striscia: Esempio 2)

$$\Delta\sigma_z = \Delta\sigma_{z(1)} + \Delta\sigma_{z(2)} = (37.36 + 13.15) + (12.58 + 3.87)$$
$$= 50.52 + 16.45 = \mathbf{66.97}\ \text{kPa}$$

$\Delta\sigma_z$ = 66.97 kPa (componenti verticali 49.94, componenti orizzontali 17.03 kPa). Il modulo fornisce gli stessi valori per le due strisce.

Soluzione (3/3)

SOLUZIONE

z (m)	1ª striscia (kPa)	2ª striscia (kPa)	Totale (kPa)	quota della striscia 2
1	31.71	4.25	**35.96**	%12
2	49.08	12.18	**61.26**	%20
3	50.52	16.45	**66.97**	%25
4	46.98	17.48	**64.45**	%27
6	37.79	15.83	**53.62**	%30
8	30.40	13.38	**43.79**	%31
12	21.17	9.71	**30.89**	%31

Nello strato prossimo alla superficie domina la striscia 1; a **z = 12 m** il contributo della striscia 2 sale al 31% del totale. Le componenti orizzontali delle due strisce si sommano in A nello stesso verso (entrambe verso A): i carichi si spingono l'uno verso l'altro.

Verificare la soluzione in GeoTerva ↗

Sintesi

Punti chiave

Striscia orizzontale: $\Delta\sigma_z = 4bqxz^2 / \{\pi[(x^2 + z^2 - b^2)^2 + 4b^2z^2]\}$, $b = B/2$; forma equivalente $(qz^2/\pi)[1/((x - b)^2 + z^2) - 1/((x + b)^2 + z^2)]$. È una **funzione dispari** di x: + davanti, − dietro, 0 sotto l'asse

Striscia inclinata: $q_v = q \cos\alpha$, $q_h = q \sin\alpha$; $\Delta\sigma_z = \Delta\sigma_{z(v)} + \Delta\sigma_{z(h)}$. La componente verticale è doppia in x, la componente orizzontale è singola

Esempio ($q = 150$ kPa, $\alpha = 30°$, $B = 3$ m; $z = 3$ m): A ($x = +2.25$): 37.36 + 13.15 = **50.52 kPa**; B ($x = -2.25$): 37.36 − 13.15 = **24.21 kPa**; striscia orizzontale ($q = 100$, $B = 4$; $x = \pm1$, $z = 1$): **±12.73 kPa**

Effetti: al crescere di α il totale in A è massimo per $\alpha \approx 30°$; in B la tensione diminuisce per $\alpha \geq 60°$; per il carico a striscia essa diminuisce man mano che il picco si approfondisce e si allontana dalla striscia

Sovrapposizione: ciascuna striscia con i propri valori di x e α; nell'esempio delle due strisce inclinate 50.52 + 16.45 = **66.97 kPa**

Bibliografia

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

NOTA

Tutti gli esempi numerici sono stati prodotti con il motore di calcolo del modulo stesso; il modulo restituisce gli stessi valori. Il modulo si apre con q = 150 kN/m², α = 30°, B = 3 m e A (x = +2.25 m, z = 3 m); inserendo x = −2.25 m si ottiene il punto B, inserendo α = 90° si ottiene una striscia completamente orizzontale.

GeoTerva

Calcoli geotecnici online

Dalla teoria alla pratica

Inserire in GeoTerva le proprie strisce (q, inclinazione, B, asse) e il punto A; il modulo restituisce 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