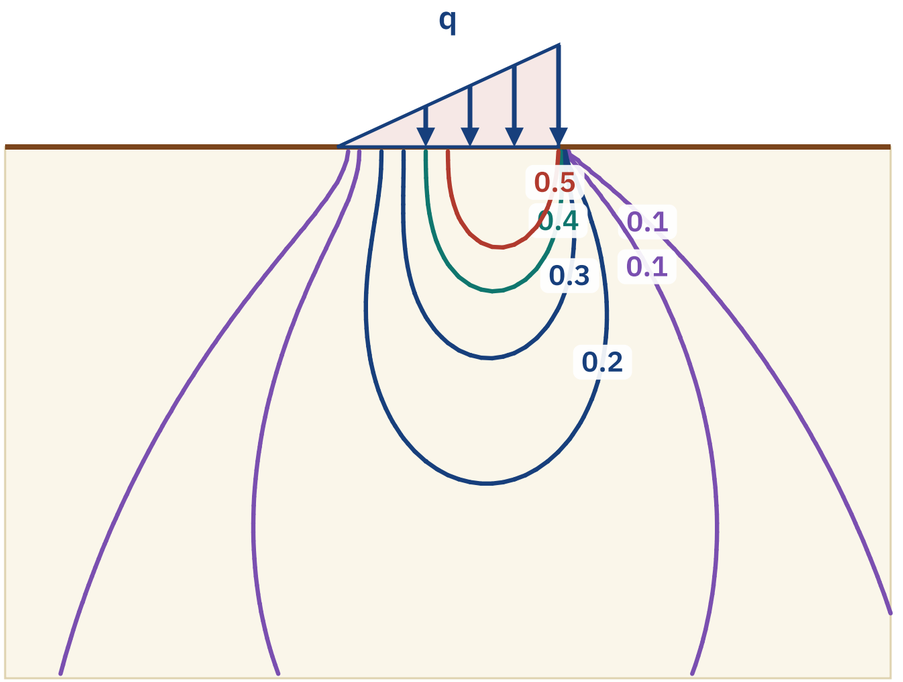
Presentazione della lezione di geotecnica · Tensioni nel mezzo terreno

Tensione sotto un carico a striscia triangolare

Lezione: carico a striscia triangolare crescente da zero a q lungo un bordo; un punto manualmente, profili, triangolo simmetrico e rilevato.

- Integrale del carico lineare
- Forma angolare
- Scorrimento del ciglio
- Riempimento = uniforme + triangoli
- Risolvibile a mano



Introduzione

Che cosa si impara in questa lezione?

L'incremento di tensione verticale al di sotto di un carico a striscia **crescente linearmente** da zero su un bordo a q sull'altro (pendenza di un rilevato, cumulo addossato a un muro, piede di un riempimento): l'integrale di un carico lineare di intensità (q/B) r dr

La forma angolare: $\Delta\sigma_z = (q/2\pi)[(2x/B)\alpha - \sin 2\delta]$; la definizione di α e δ e il **segno** di δ

Che la tensione in superficie segue il carico e in profondità si diffonde e si sposta verso **la punta** entro la striscia; il caso **speculare** con il bordo di valore nullo a destra

Un carico concentrato **svolto interamente a mano**; con due strisce un **triangolo simmetrico**; con una striscia uniforme + due triangoli un carico di **rilevato**

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 = 2 m, carico nullo in x = 0, q in x = B; punto A in x = –1 m, z = 1.5 m.

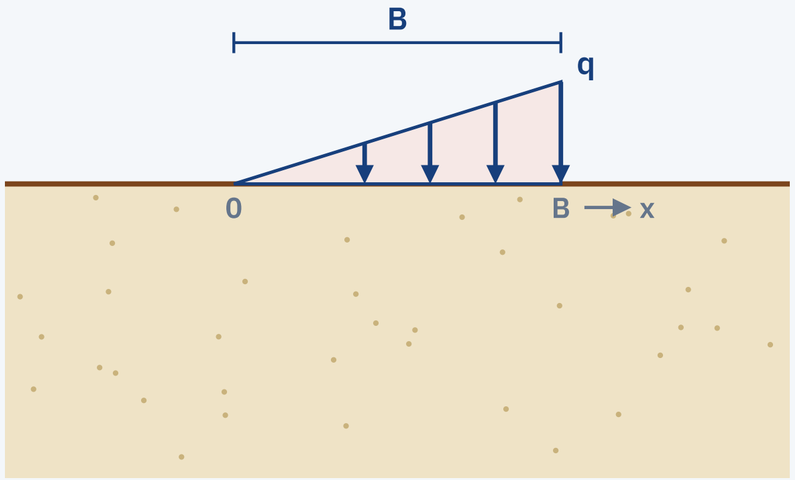
Striscia triangolare: da zero a q su un bordo

TEORIA

La pendice di un rilevato, un cumulo appoggiato al muro, il piede di un terrapieno: un carico a striscia la cui intensità cresce da zero su un bordo fino al valore **q** sull'altro. Insieme a un carico a striscia uniforme costituisce il **carico del terrapieno**

Striscia flessibile, larghezza B, lunghezza infinita; il carico vale **q·x/B** nell'intervallo $0 \le x \le B$ ed è nullo altrove (deformazione piana)

Il terreno è un semispazio elastico lineare, omogeneo e isotropo; $\Delta\sigma_z$ è unicamente l'incremento prodotto dal carico



Sezione: il carico è nullo in x = 0 e pari a q in x = B; la stessa tensione in ogni sezione

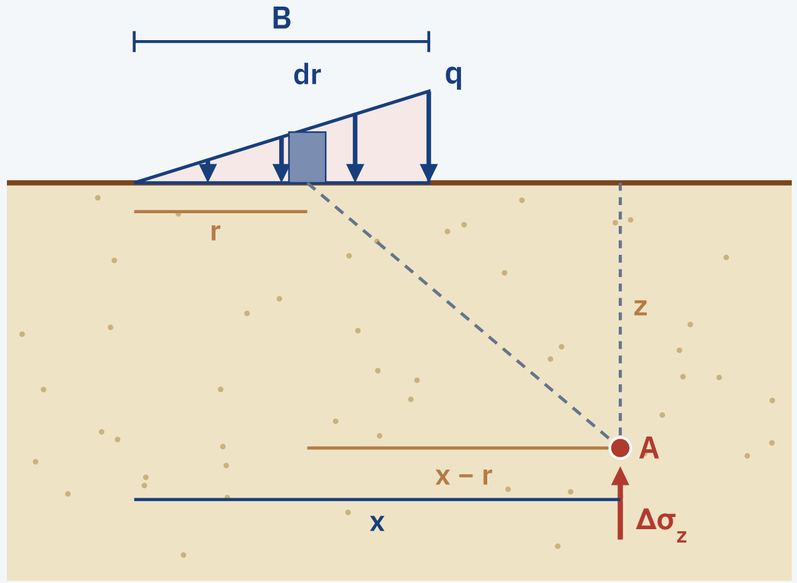
Carico lineare di intensità (q/B) r dr

TEORIA

La striscia elementare in posizione r porta un carico **(q/B) r dr** per unità di lunghezza. È trattata come un **carico lineare** a distanza orizzontale x − r dal punto A e sommata su tutta la larghezza

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

L'integrale è **elementare**; scritto con gli angoli della figura, il risultato è nella diapositiva successiva. Verifica numerica (q = 100, B = 2, x = −1, z = 1.5): valore dell'integrale secondo Simpson **4.4699 kPa**, forma chiusa **4.4699 kPa**



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

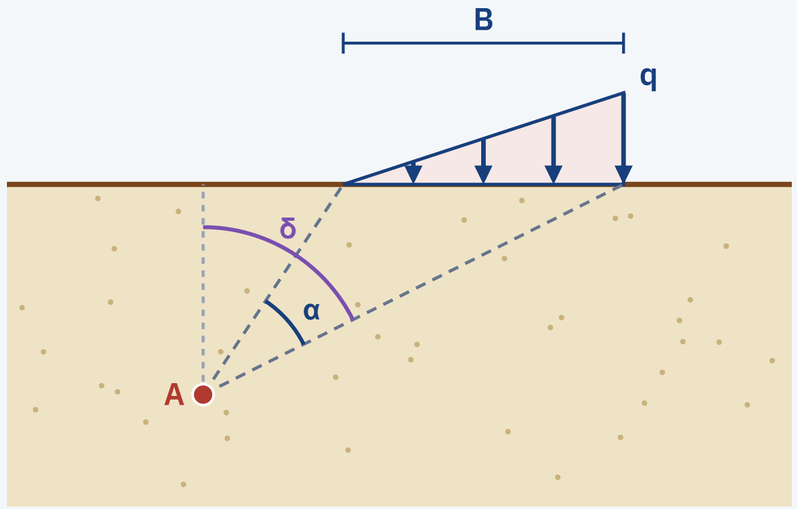
TEORIA

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

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

α è in radianti. **δ** è l'angolo tra la verticale per A e la retta tracciata verso il **bordo alto**. Il segno è importante: se il bordo alto si trova dal lato +x di A, δ è negativo

Con gli arcotangenti il segno si determina automaticamente; il risultato è valido **per ogni x**: a fianco, sotto o oltre la striscia. x si misura dal **bordo di zero** verso il bordo caricato



A (x = −1, z = 1.5): α e δ (δ negativo)

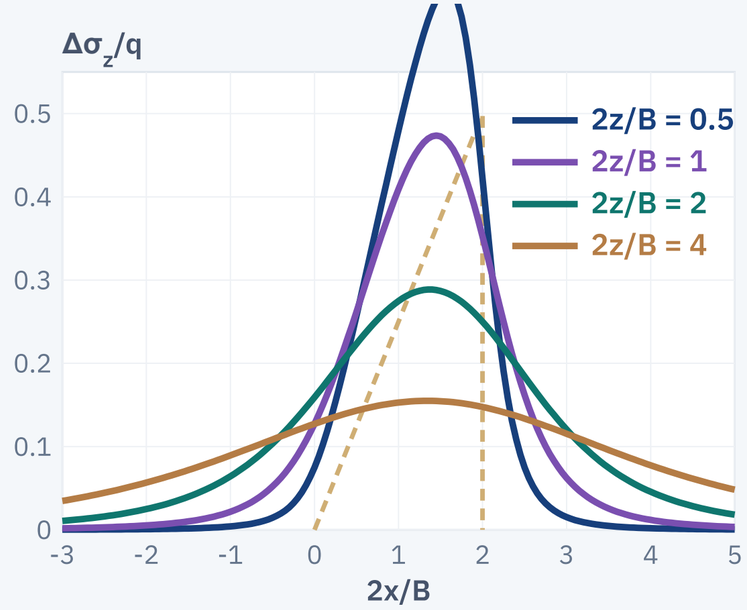
Segue il carico in superficie, si diffonde con la profondità

TEORIA

Nella zona prossima alla superficie la tensione **segue il carico stesso**; con la profondità la tensione **si diffonde** e il suo valore massimo **si sposta verso l'interno della striscia**

Il picco è a 2x/B = 1.58 per 2z/B = 0.5 (0.65 q); per 2z/B = 4 è a 2x/B = 1.34 (0.15 q): a grande profondità resta sotto il **baricentro** del carico (x = 2B/3, cioè 2x/B = 1.33)

All'esterno del bordo nullo (x < 0) la tensione è piccola ma non nulla; non vi è carico, ma il terreno porta tensione.



$\Delta\sigma_z/q$ — 2x/B (carico rappresentato dal triangolo tratteggiato in giallo)

Valori di $\Delta\sigma_z/q$

TEORIA

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

$\Delta\sigma_z = q \cdot$ (valore tabellare). La cella 2x/B = −1, 2z/B = 1.5 vale 0.0447: è l'esempio iniziale del modulo. Il carico è compreso nell'intervallo $0 \le 2x/B \le 2$; il bordo caricato è 2x/B = 2.

Se il bordo a zero è a destra; strisce multiple

TEORIA

Una striscia può annullarsi anche **sul bordo destro**: è l'**immagine speculare** della striscia dell'esempio; si usa la stessa equazione e x si misura dal **bordo di valore nullo** verso il bordo di valore maggiore (se il bordo destro è nullo, $x = x_L + B - x_A$)

Poiché il terreno è elastico, la tensione di ciascuna striscia si determina separatamente e si somma. Le strisce non possono sovrapporsi (possono unirsi sul bordo); il modulo accetta al massimo otto strisce, ciascuna con il proprio q, B, bordo sinistro e direzione

Disponendo i due triangoli affiancati con orientamenti speculari si ottiene un carico **triangolare simmetrico**; una striscia uniforme più due triangoli costituisce il carico di **rilevato**

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

Traccia

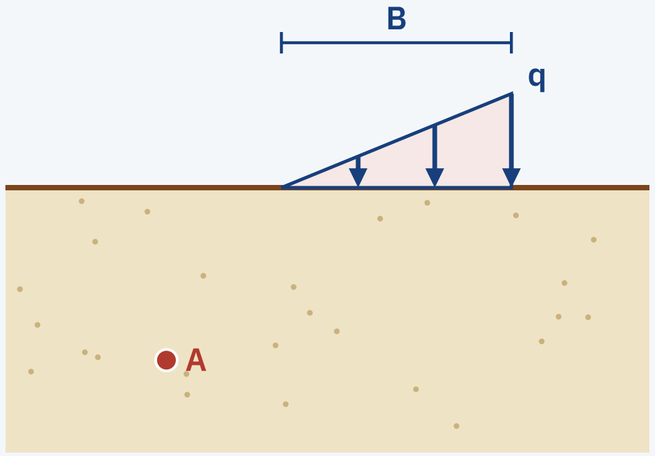
ESEMPIO

Dati

Carico a striscia	**Flessibile, verticale; nulla in $x = 0$, cresce linearmente fino a q in $x = B$: $q = 100$ kN/m², $B = 2$ m**
Punto A	**$x = -1$ m (1 m all'esterno del bordo dello zero), $z = 1.5$ m**

RICHIESTO

Gli angoli **α** e **δ**, **$\Delta\sigma_z/q$** e **$\Delta\sigma_z$**; confronto con la striscia speculare il cui bordo nullo è a destra.



Soluzione (1/2)

SOLUZIONE

1 Angoli misurati dalla superficie (da A verso il bordo alto e verso il bordo zero)

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

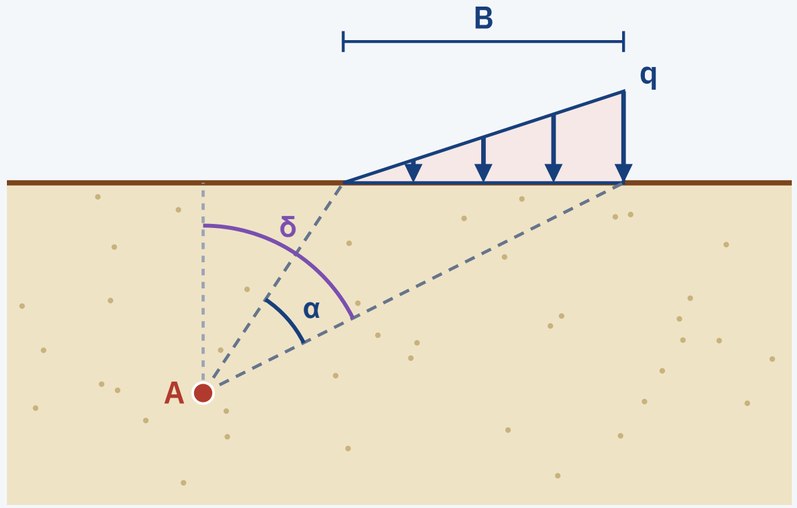
$$\alpha = \alpha_2 - \alpha_1 = 29.74^\circ \qquad \delta = -(90^\circ - \alpha_2 + \alpha) = \mathbf{-63.43}^\circ$$

2 Stessi angoli dall'equazione (x = −1 m, B = 2 m, z = 1.5 m)

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

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

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



Le due vie danno gli **stessi** angoli: α = 29.74° (0.5191 rad), δ = -63.43°. δ è **negativo** perché il bordo più alto (x = B = 2 m) si trova dal lato +x di A.

Soluzione (2/2)

SOLUZIONE

3 Valore di influenza e tensione

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

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

4 Striscia speculare: bordo nullo a destra (bordo sinistro 0, B = 2 m), punto A a x = 3 m

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

A **1 m all'esterno** del bordo zero non vi è carico, eppure la tensione vale **4.47 kPa** (il 4.5% di q). Nella striscia speculare la corrispondente di A è x = 3 m; il modulo fornisce lo stesso risultato nei due casi.

Verificare la soluzione in GeoTerva ↗

Traccia

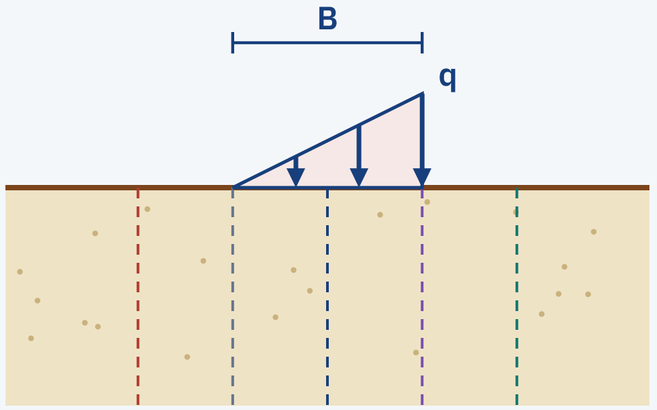
ESEMPIO

Dati

Carico a striscia	**La striscia dell'Esempio 1: $q = 100$ kN/m², $B = 2$ m ($x = 0$ zero, $x = 2$ bordo alto)**
Calcolo manuale	**A $z = 1.5$ m, sotto il bordo alto ($x = B$) e sotto il bordo nullo ($x = 0$)**
Profilo	**Retta $x = -1,\ 0,\ 1,\ 2,\ 3$ m; rette $z = 0.5$ … 8 m**

RICHIESTO

Calcolo manuale di $\Delta\sigma_z$ nei due punti di bordo; variazione della tensione con la profondità lungo cinque linee.



Soluzione (1/2)

SOLUZIONE

1 Sotto il bordo superiore (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 Sotto il bordo di riferimento (x = 0, z = 1.5 m): 2x/B = 0

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

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

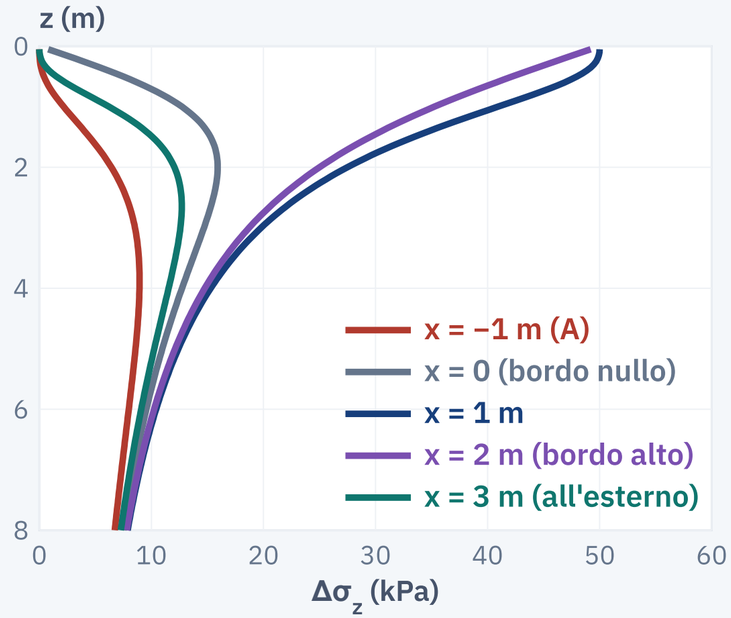
Sotto il bordo alto, alla profondità z = 1.5 m, si ha **29.52 kPa** (30 % di q); sotto il bordo a carico nullo, pur essendo il carico nullo, è presente una tensione di **15.28 kPa**: la tensione esiste non solo sotto il carico ma anche attorno ad esso.

Soluzione (2/2)

SOLUZIONE

z (m)	x = −1 m (A)	x = 0 (zero)	x = 1 m	x = 2 m (alto)	x = 3 m (all'esterno)
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

Sotto il bordo più alto la tensione inizia in superficie vicino a **q/2 = 50 kPa** (42.2 kPa a z = 0.5 m) e diminuisce con la profondità; **sotto il bordo a quota zero** aumenta dapprima e raggiunge un massimo di 15.9 kPa a z ≈ 2 m. All'esterno della striscia (x = −1 m) il valore è massimo intorno a z ≈ 4 m (8.9 kPa a z = 4 m).



Verificare la soluzione in GeoTerva ↗

Traccia

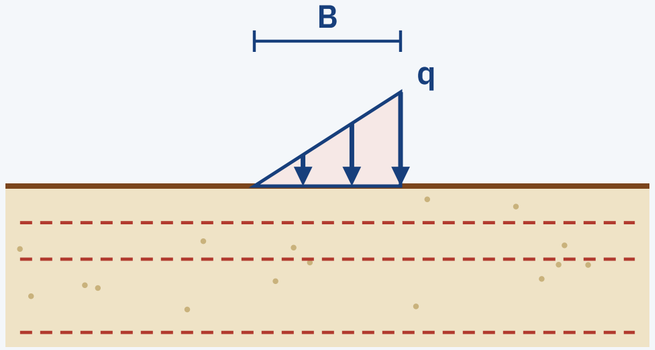
ESEMPIO

Dati

Carico a striscia	$q = 100$ **kN/m²,** $B = 2$ **m:** $2x/B = x$ **(m),** $2z/B = z$ **(m)**
Rette	**linee orizzontali a profondità** $z = 0.5,\ 1,\ 2,\ 4$ **m;** $x = -2$ **…** 4 **m**
Calcolo manuale	**a** $z = 2$ **m,** $x = 2B/3 = 1.333$ **m (baricentro del carico)**

RICHIESTO

A ogni profondità, la variazione di $\Delta\sigma_z$ lungo x, **la posizione e il valore del picco**; come il picco si sposta con la profondità.



Soluzione (1/3)

SOLUZIONE

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

In prossimità della superficie (z = 0.5 m) la tensione segue il carico ed è maggiore vicino al bordo caricato (circa 65 kPa); all'aumentare della profondità la curva **si allarga** e il picco **diminuisce** (15.5 kPa a z = 4 m). A sinistra della striscia (x < 0) i valori sono piccoli ma non nulli.

Soluzione (2/3)

SOLUZIONE

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

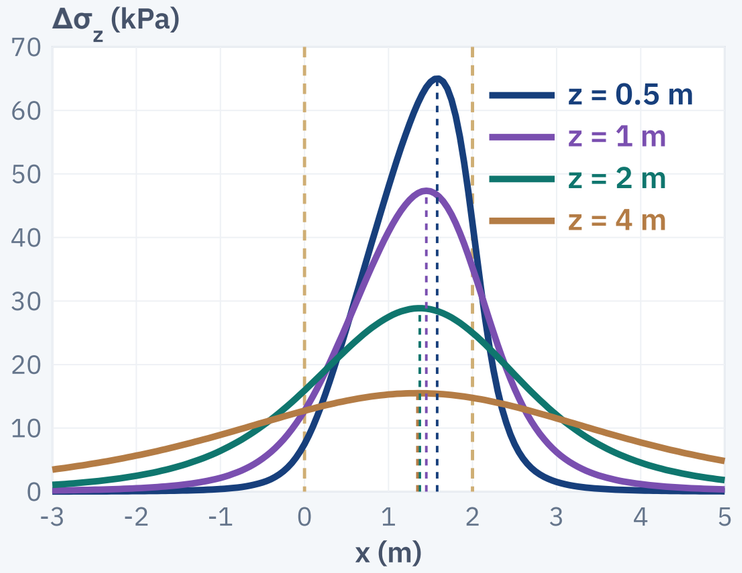
$$\alpha = \tan^{-1}\frac{1.333}{2} - \tan^{-1}\frac{-0.667}{2} = 0.9098$$

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

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

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

Per z = 2 m il picco della curva è 28.87 kPa; il valore al di sotto del baricentro del carico (28.85 kPa) è molto prossimo ad esso.



Soluzione (3/3)

SOLUZIONE

z (m)	2z/B	Picco: x (m)	Picco: 2x/B	Picco: $\Delta\sigma_z$ (kPa)	Sommità: $\Delta\sigma_z/q$
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

Il picco inizia poco all'interno del bordo più alto in prossimità della superficie ($2x/B \approx 1.58$) e, all'aumentare della profondità, si avvicina al **baricentro del carico** ($2x/B = 1.333$): 1.336 a $z = 8$ m. Il valore di picco **diminuisce** con la profondità: 65.0 kPa → 7.9 kPa.

Verificare la soluzione in GeoTerva ↗

Traccia

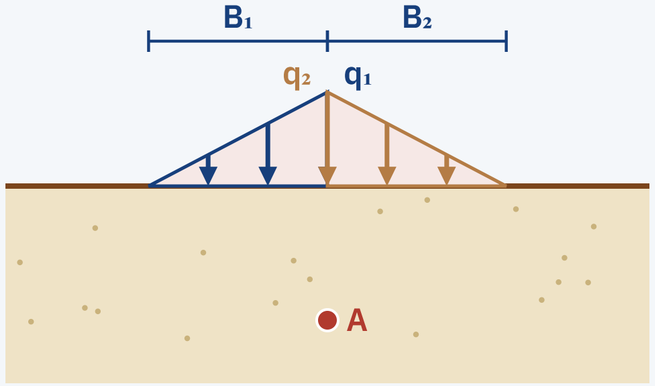
ESEMPIO

Dati

1ª striscia	$q_1 = 100$ **kN/m²,** $B_1 = 2$ **m, bordo sinistro** $x_{L1} = 0$**, zero a sinistra (0 … 2 m)**
2ª striscia	$q_2 = 100$ **kN/m²,** $B_2 = 2$ **m, bordo sinistro** $x_{L2} = 2$ **m, zero a destra (2 … 4 m); le due strisce si uniscono in** $x = 2$
Punti	$z = 1.5$ **m a** $x = 2$ **m (sotto la cresta) e** $x = 0$ **(bordo nullo sinistro);** $x = 0$ **…** 5 **m**

RICHIESTO

La somma di $\Delta\sigma_z$ a mano in due punti; per mostrare che la tensione dovuta a un carico simmetrico è **simmetrica**.



Soluzione (1/2)

SOLUZIONE

1 Sotto la cresta (x = 2 m): entrambe le strisce si trovano sul proprio bordo alto

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

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

2 Al di sotto del bordo sinistro zero (x = 0)

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

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

Sotto la cresta la tensione è **59.03 kPa**, sotto il bordo sinistro nullo **18.13 kPa**. Il modulo fornisce gli stessi valori per entrambe le strisce.

Soluzione (2/2)

SOLUZIONE

x (m)	1ª striscia (kPa)	2ª striscia (kPa)	Totale (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**

Il totale è **simmetrico** rispetto all'asse del rilevato (x = 2 m): 18.13 kPa per x = 0 e x = 4 m, 43.50 kPa per x = 1 e x = 3 m. I valori delle due strisce sono l'uno l'immagine speculare dell'altro: il valore della striscia 1 in x è uguale a quello della striscia 2 in 4 − x.

Verificare la soluzione in GeoTerva ↗

Traccia

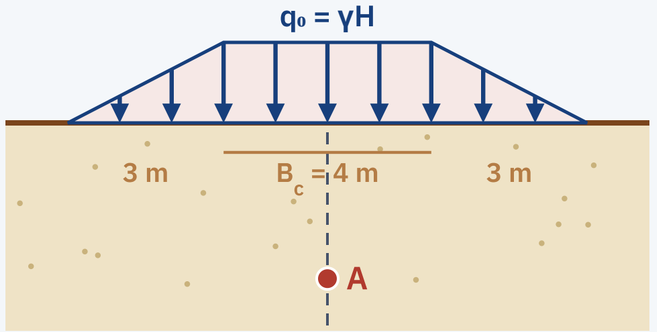
ESEMPIO

Dati

Terreno di riporto	**Larghezza del ciglio $B_c = 4$ m ($x = -2 \dots 2$), due pendii con larghezza orizzontale 3 m + 3 m; $q_0 = \gamma H = 100$ kN/m²**
Alterazione	**striscia uniforme $B = 4$ m (soluzione a striscia verticale) + due strisce triangolari $B = 3$ m (nulla al bordo esterno)**
Punto A	**sotto l'asse $x = 0$, $z = 3$ m**

RICHIESTO

Il contributo delle tre parti e **$\Delta\sigma_z$ totale**; il profilo con la profondità e il confronto con il calcolo dello stesso carico come un'unica striscia uniforme di grande larghezza.



Soluzione (1/3)

SOLUZIONE

1 Tratto uniforme (in cresta): 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 Pendio sinistro: bordo nullo x = −5 m, B = 3 m; per A, x = 0 − (−5) = 5 m

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

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

Poiché il pendio di destra è simmetrico, si ottiene lo stesso valore per A: x = x_L + B − x_A = 2 + 3 − 0 = 5 m. Totale: 66.82 + 2(8.78) = **84.37 kPa**; le soluzioni del modulo per carico a striscia uniforme e triangolare danno lo stesso valore.

Soluzione (2/3)

SOLUZIONE

x (m)	Picco (kPa)	Pendio sinistro	Pendio destro	Totale
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**

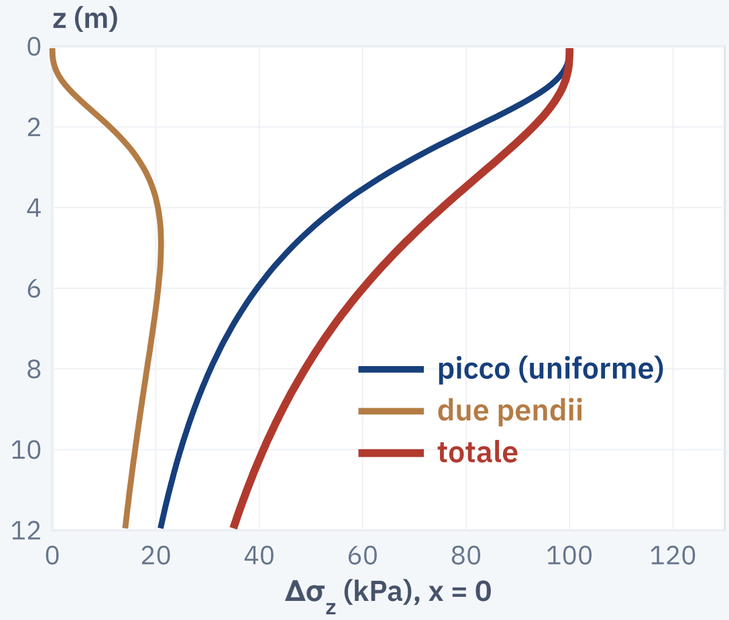
Alla profondità z = 3 m la tensione sotto il rilevato è **84.37 kPa** sull'asse, **24.15 kPa** al piede del pendio (x = 5 m) e **4.16 kPa** a 3 m oltre il piede (x = 8 m). Nei punti di destra (x > 0) prevale il pendio di destra, in quelli di sinistra il pendio di sinistra; l'asse x = 0 è assunto come asse di **simmetria**.

Soluzione (3/3)

SOLUZIONE

z (m)	Picco (uniforme)	Due pendii	Somma del rilevato	Striscia singola (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

In superficie la tensione q_0 è prossima a 100 kPa; con la profondità la quota del ciglio diminuisce mentre **la quota dei pendii** aumenta (massima a z = 4 – 6 m, 20.5 kPa). Se lo stesso carico fosse un'unica striscia uniforme larga (B = 10 m) si otterrebbero 75.5 kPa a z = 6 m: i tre pendii triangolari portano metà del carico.



Verificare la soluzione in GeoTerva ↗

Sintesi

Punti chiave

Forma angolare: $\Delta\sigma_z = (q/2\pi)[(2x/B)\,\alpha - \sin 2\delta]$; $\alpha = \tan^{-1}(x/z) - \tan^{-1}[(x - B)/z]$, $\delta = \tan^{-1}[(x - B)/z]$; x è misurata dal bordo a quota zero, δ è negativa se il bordo più alto si trova dal lato +x; il risultato vale per ogni x

Esempio (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**; stesso valore nella striscia speculare

Bordi (z = 1.5 m): 29.52 kPa sotto il bordo alto, 15.28 kPa sotto il bordo a zero. Il **picco** diminuisce con la profondità e si sposta verso il baricentro del carico (x = 2B/3)

Sovrapposizione: due carichi a striscia speculari rispetto all'asse danno un triangolo (59.03 kPa sotto la sommità); il carico a striscia uniforme più due riempimenti triangolari formano il rilevato (84.37 kPa a z = 3 m sotto l'asse)

Bibliografia

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

NOTA

Tutti gli esempi numerici sono stati generati con il motore di calcolo del modulo stesso; il modulo restituisce gli stessi valori. Il modulo si apre con q = 100 kN/m², B = 2 m e A (x = –1 m, z = 1.5 m); la striscia con il bordo zero a destra è l'immagine speculare di questa striscia.

GeoTerva

Calcoli geotecnici online

Dalla teoria alla pratica

Inserire in GeoTerva le proprie strisce triangolari (q, B, bordo sinistro, direzione) e il punto A; il modulo fornisce insieme la tensione, le curve isobare, il profilo di 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