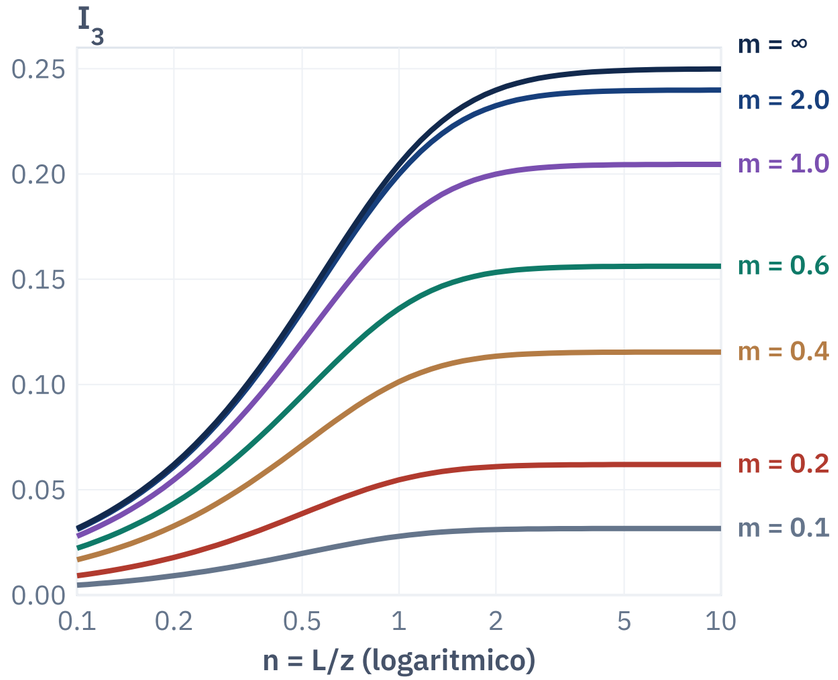
Presentazione della lezione di geotecnica · Tensioni nel mezzo terreno

Tensione sotto un carico rettangolare

Lezione: tensione verticale sotto un carico rettangolare; soluzione agli angoli, sovrapposizione ed esempi di calcolo manuale.

- Sotto lo spigolo · I_3
- Quattro rettangoli
- Sotto il centro · I_4
- All'esterno del carico concentrato
- Più rettangoli



Introduzione

Che cosa si impara in questa lezione?

L'incremento di tensione verticale sotto un'**area rettangolare** con carico uniformemente distribuito (fondazione, platea, soletta): $\Delta\sigma_z$

Soluzione in forma chiusa sotto lo spigolo: $\Delta\sigma_z = q\, I_3$, I_3 dipende solo da $m = B/z$ e $n = L/z$

Per **un punto qualsiasi**, **somma e sottrazione** di rettangoli: il carico è suddiviso in quattro rettangoli aventi un vertice comune sopra il punto

Direttamente sotto il centro, I_4; per la fondazione quadrata verifica $I_4 = 4\, I_3(1, 1) = 0.701$

Che le tensioni di più rettangoli si **sommano**; l'effetto della forma del rettangolo (L/B)

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: rettangolo 3 m × 2 m, q = 150 kN/m²; il punto A′ è 1 m oltre il lato corto, lungo la direzione di uno dei lati lunghi; z = 4 m.

Area rettangolare con carico uniformemente distribuito

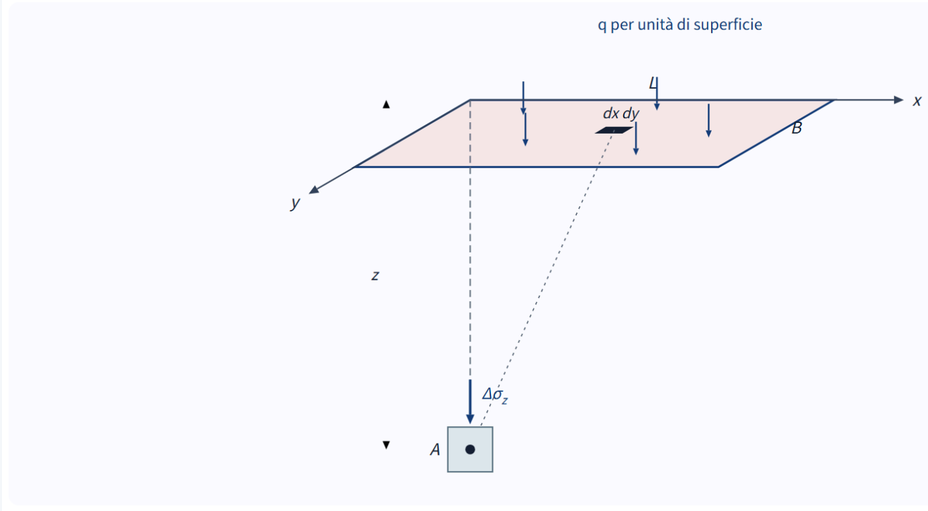
TEORIA

La maggior parte delle fondazioni e delle platee è **rettangolare**; integrando la soluzione di Boussinesq su un rettangolo si ottiene in forma chiusa la tensione verticale **sotto uno spigolo**

Per tutti gli altri punti i rettangoli si **sommano e si sottraggono**

Rettangolo flessibile di dimensioni **L × B** soggetto a una pressione uniformemente distribuita **q**; il terreno è un mezzo seminfinito omogeneo, isotropo e linearmente elastico

$\Delta\sigma_z$ è l'incremento di tensione dovuto al solo carico



Integrale di Boussinesq: $\Delta\sigma_z = q\, I_3$

TEORIA

L'area elementare porta il carico **dq = q dx dy**; nell'equazione di Boussinesq si assume P = q dx dy e r² = x² + y²

$$d\sigma_z = \frac{3q\,dx\,dy\,z^3}{2\pi\left(x^2+y^2+z^2\right)^{5/2}}$$

$$\Delta\sigma_z = \int_0^B\int_0^L \frac{3q\,z^3\,dx\,dy}{2\pi\left(x^2+y^2+z^2\right)^{5/2}} = q\,I_3$$

m = B/z e **n = L/z**; I_3 dipende soltanto da questi due rapporti

Fattore di influenza I_3

TEORIA

$$I_3 = \frac{1}{4\pi}\left[\frac{2mn\sqrt{m^2+n^2+1}}{m^2+n^2+m^2n^2+1}\cdot\frac{m^2+n^2+2}{m^2+n^2+1}+\tan^{-1}\left(\frac{2mn\sqrt{m^2+n^2+1}}{m^2+n^2-m^2n^2+1}\right)\right]$$

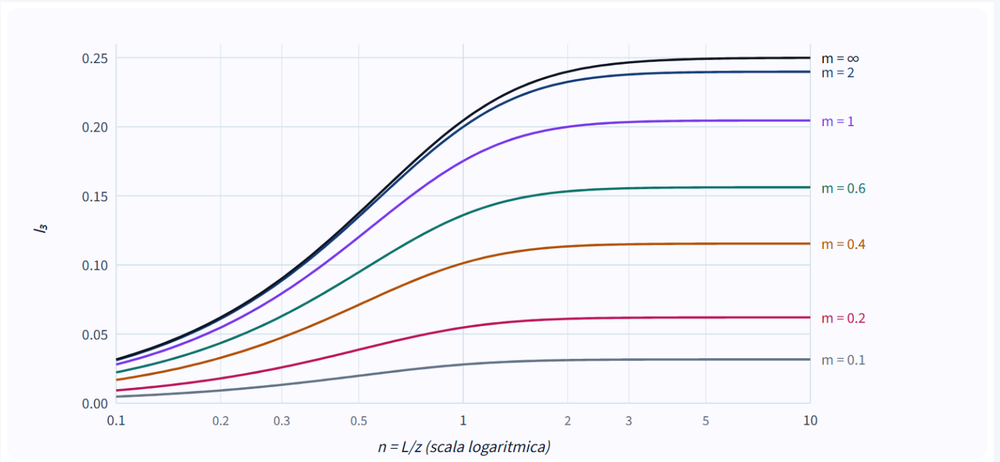
L'arcotangente deve essere un angolo **positivo** in radianti: quando $m^2 + n^2 + 1 < m^2n^2$ risulta negativo e **si aggiunge π**

È **simmetrica** rispetto a I_3, m e n; per un rettangolo molto grande tende a **1/4**: uno spigolo porta un quarto del carico di un'area infinita

Valori di I_3

TEORIA

n \ m	0.1	0.2	0.5	1.0	2.0	3.0
0.10	0.0047	0.0092	0.0198	0.0279	0.0311	0.0315
0.25	0.0113	0.0220	0.0475	0.0674	0.0752	0.0761
0.50	0.0198	0.0387	0.0840	0.1202	0.1350	0.1368
1.00	0.0279	0.0547	0.1202	0.1752	0.1999	0.2034
2.00	0.0311	0.0610	0.1350	0.1999	0.2325	0.2378
5.00	0.0316	0.0620	0.1374	0.2044	0.2395	0.2461



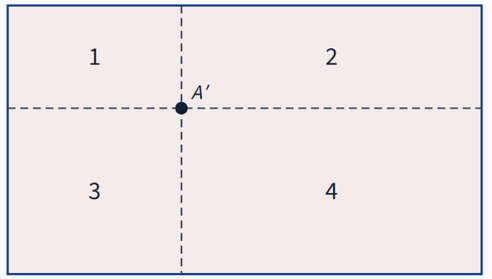
Rettangolo a quattro angoli

TEORIA

$$\Delta\sigma_z = q\left[I_{3(1)} + I_{3(2)} + I_{3(3)} + I_{3(4)}\right]$$

L'area caricata viene suddivisa in rettangoli aventi un **vertice comune** sopra il punto A′; le tensioni ai vertici vengono sommate

Se A′ è **all'esterno** dell'area, parte dei rettangoli si estende oltre l'area e viene **sottratta**; il modulo traccia i quattro rettangoli dal carico concentrato agli spigoli con distanze con segno in ogni punto, e ciascun I_3 assume il segno del prodotto dei suoi due lati



pianta dell'area caricata;
A′ è un vertice comune a tutti e quattro rettangoli 1–4

Sotto il centro: I_4

TEORIA

$$\Delta\sigma_z = q\, I_4, \quad I_4 = \frac{2}{\pi}\left[\frac{m_1 n_1}{\sqrt{1+m_1^2+n_1^2}}\,\frac{1+m_1^2+2n_1^2}{(1+n_1^2)(m_1^2+n_1^2)} + \sin^{-1}\frac{m_1}{\sqrt{m_1^2+n_1^2}\,\sqrt{1+n_1^2}}\right]$$

Al di sotto del centro i quattro rettangoli sono **uguali**; il risultato si scrive direttamente: **m_1 = L/B**, **n_1 = z/b**, b = B/2 (L ≥ B)

Per una fondazione quadrata a profondità z = b, **I_4 = 0.701 = 4 I_3(1, 1)**

Sovrapposizione

TEORIA

Ogni rettangolo è definito dai propri **q, L, B** e dal centro sul terreno (x_C, y_C) (nel modulo al massimo otto)

Due rettangoli **possono confinare lungo un lato ma non sovrapporsi**

Poiché il terreno è elastico, la tensione di ciascun rettangolo si ottiene dai propri **quattro rettangoli d'angolo** e le tensioni si sommano

$$\Delta\sigma_z = \sum_k q_k \sum \pm I_3 \ (\text{quattro angoli})$$

Traccia

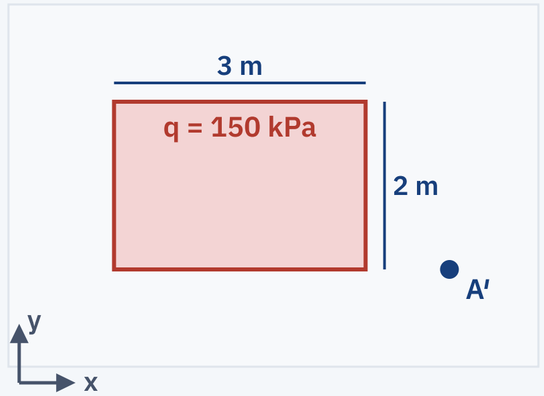
ESEMPIO

Dati

Rettangolare	3×2 m ($L = 3$ m in direzione x, $B = 2$ m in direzione y), $q = 150$ kN/m², centrato nell'origine
Punto A′	1 m oltre il lato corto, nella direzione di uno dei lati lunghi: $x = 2.5$ m, $y = -1$ m; $z = 4$ m

RICHIESTO

$\Delta\sigma_z$: con il rettangolo dei quattro angoli; calcolare in dettaglio i due valori di I_3.



Soluzione (1/3)

SOLUZIONE

1 Distanze contrassegnate da A′ ai quattro vertici del carico (z = 4 m)

Spigolo (x; y)	$a = x - x_{A'}$	$b = y - y_{A'}$	$m = \lvert a\rvert/z$	$n = \lvert b\rvert/z$	segno
(1.5; 1.0)	−1.0	2.0	0.25	0.50	–
(1.5; -1.0)	−1.0	0.0	0.25	0.00	0 (b = 0)
(-1.5; 1.0)	−4.0	2.0	1.00	0.50	+
(-1.5; -1.0)	−4.0	0.0	1.00	0.00	0 (b = 0)

2 Restano due rettangoli: A′ vertice comune

$$\Delta\sigma_z = q\,[I_3(0.5;\,1) - I_3(0.25;\,0.5)] \qquad 4\ \mathrm{m} \times 2\ \mathrm{m} \;-\; 1\ \mathrm{m} \times 2\ \mathrm{m}$$

I due angoli con b = 0 non danno contributo. Per il rettangolo **4 m × 2 m** si ha m = B/z = 2/4 = 0.5; n = L/z = 4/4 = 1; per il rettangolo **1 m × 2 m** si ha m = 1/4 = 0.25; n = 2/4 = 0.5. Poiché I_3 è simmetrico, (1; 0.5) e (0.5; 1) coincidono.

Soluzione (2/3)

SOLUZIONE

Interpolazione	$I_3(0.5; 1)$	$I_3(0.25; 0.5)$
m ; n	0.50 ; 1.00	0.25 ; 0.50
m^2 ; n^2	0.2500 ; 1.0000	0.0625 ; 0.2500
$S_1 = m^2 + n^2 + 1$	2.2500	1.3125
$\sqrt{S_1}$	1.5000	1.1456
$2mn\sqrt{S_1}$	1.5000	0.2864
$S_2 = m^2 + n^2 + m^2n^2 + 1$	2.5000	1.3281
$(m^2 + n^2 + 2)/S_1$	1.4444	1.7619
1° termine = $2mn\sqrt{S_1} / S_2 \cdot (m^2 + n^2 + 2)/S_1$	0.8667	0.3800
$D = m^2 + n^2 + 1 - m^2n^2$	2.0000	1.2969
$2mn\sqrt{S_1} / D$	0.7500	0.2208
$\tan^{-1}(\dots)$ (rad)	0.6435	0.2174
I_3 = (1° termine + $\tan^{-1}$)/(4π)	**0.12018**	**0.04753**

$I_3(0.5; 1) = 0.12018$ e **$I_3(0.25; 0.5) = 0.04753$**. Poiché in entrambi i casi D > 0, l'arcotangente è positiva; non occorre aggiungere π.

Soluzione (3/3)

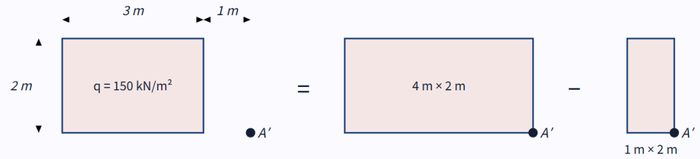
SOLUZIONE

3 Differenza e tensione

$$\Delta\sigma_z = 150\,(0.12018 - 0.04753) = 150\,(0.07264)$$

$$\Delta\sigma_z = 18.03 - 7.13 = \mathbf{10.90}\ \mathrm{kPa}$$

Nel punto A′, **$\Delta\sigma_z$ = 10.90 kPa** ($\Delta\sigma_z/q$ = 0.07264). Il modulo si apre con questo esempio; se il rettangolo e il punto vengono traslati insieme della stessa distanza (centro 4; 3 m, punto 6.5; 2 m), la tensione non cambia: 10.90 kPa.



Verificare la soluzione in GeoTerva ↗

Traccia

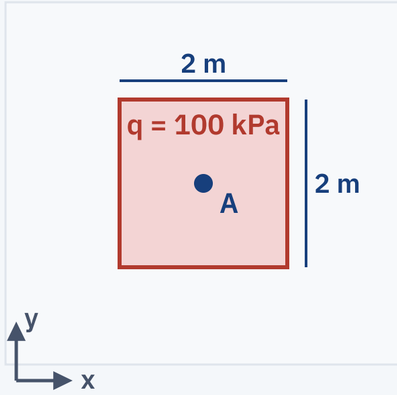
ESEMPIO

Dati

(a) Quadrata	2×2 **m,** $q = 100$ **kN/m²; sotto il centro** $z = 1$ **m (**$n_1 = z/b = 1$**)**
(b) Rettangolare	3×2 **m,** $q = 150$ **kN/m²; sotto il centro** $z = 4$ **m (**$m_1 = L/B = 1.5$**;** $n_1 = 4$**)**

RICHIESTO

(a) verifica $\mathbf{I_4 = 4\, I_3(1, 1)}$; (b) $\mathbf{I_4}$ e $\mathbf{\Delta\sigma_z}$; confronto con la somma dei quattro vertici.



Soluzione (1/2)

SOLUZIONE

1 Quattro rettangoli uguali (ciascuno 1 m × 1 m, z = 1 m): $I_3(1, 1)$; $S_1 = 3$, $\sqrt{S_1} = 1.7321$, $2mn\sqrt{S_1} = 3.4641$, $S_2 = 4$

$$1^{o}\ \text{termine} = \frac{3.4641}{4} \cdot \frac{4}{3} = 1.1547 \qquad \tan^{-1}\frac{3.4641}{3-1} = \tan^{-1}(1.7321) = 1.0472$$

$$I_3 = \frac{1.1547 + 1.0472}{4\pi} = \mathbf{0.17522}$$

2 Verifica con la formula al centro ($m_1 = 1$; $n_1 = 1$)

$$4\, I_3 = 4\,(0.17522) = 0.70089$$

$$I_4 = \frac{2}{\pi}\left[\frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \frac{4}{4} + \sin^{-1}\frac{1}{2}\right] = \frac{2}{\pi}\,(0.5774 + 0.5236) = \mathbf{0.70089}$$

Per la fondazione quadrata **$I_4 = 4\, I_3(1, 1) = 0.70089 \approx 0.701$**. In questo esempio la tensione al di sotto del centro è pari al 70.1% della pressione del carico (z = b).

Soluzione (2/2)

SOLUZIONE

1 I_4: $m_1 = L/B = 1.5$; $n_1 = z/b = 4$ ($b = 1$ m); $m_1^2 + n_1^2 = 18.25$

$$\frac{m_1 n_1}{\sqrt{1 + m_1^2 + n_1^2}} = \frac{6}{4.3875} = 1.3675 \qquad \frac{1 + m_1^2 + 2n_1^2}{(1 + n_1^2)(m_1^2 + n_1^2)} = \frac{35.25}{310.25} = 0.1136$$

$$\sin^{-1} \frac{1.5}{\sqrt{18.25}\sqrt{17}} = 0.0853 \qquad I_4 = \frac{2}{\pi}\,(0.1554 + 0.0853) = \mathbf{0.15320}$$

2 Verifica con $\Delta\sigma_z$ e la somma dei quattro spigoli

$$\Delta\sigma_z = 150\,(0.15320) = \mathbf{22.98}\ \mathrm{kPa} \qquad 4\,I_3(0.25;\,0.375) = 4\,(0.03830) = 0.15320$$

Al di sotto del centro **$\Delta\sigma_z$ = 22.98 kPa** ($\Delta\sigma_z/q = 0.15320$). Lo stesso risultato si ottiene anche con quattro rettangoli d'angolo uguali (ciascuno 1.5 m × 1 m): 4 I_3(0.25; 0.375).

Verificare la soluzione in GeoTerva ↗

Traccia

ESEMPIO

Dati

Rettangolare	3×2 **m,** $q = 150$ **kN/m²**
Punti	**centro** $(0; 0)$**, spigolo** $(1.5;\ 1)$ **e A′** $(2.5;\ -1)$
Profondità	$z = 1; 2; 4; 6; 8; 12$ **m**

RICHIESTO

$\Delta\sigma_z$ e $\Delta\sigma_z/q$ in tre punti; interpretazione della variazione con la profondità.



Soluzione (1/2)

SOLUZIONE

z (m)	$\Delta\sigma_z$ al centro	$\Delta\sigma_z$ allo spigolo	A′ $\Delta\sigma_z$	Centro /q	Spigolo /q	A′ /q
1	116.19	35.67	5.88	0.7746	0.2378	0.0392
2	64.24	29.05	11.96	0.4283	0.1936	0.0798
4	22.98	16.06	10.90	0.1532	0.1071	0.0726
6	11.10	9.19	7.41	0.0740	0.0612	0.0494
8	6.44	5.74	5.03	0.0429	0.0383	0.0335
12	2.93	2.78	2.60	0.0195	0.0185	0.0174

Sotto il **centro** e lo **spigolo** la tensione diminuisce con la profondità in modo monotono (22.98 e 16.06 kPa a z = 4 m); il rapporto spigolo/centro è 0.70 a z = 4 m e 0.95 a z = 12 m. In **A′** (all'esterno del carico) vale 5.88 kPa a z = 1 m, raggiunge il valore massimo (12.64 kPa) a z ≈ 2.50 m, poi diminuisce.

Soluzione (2/2)

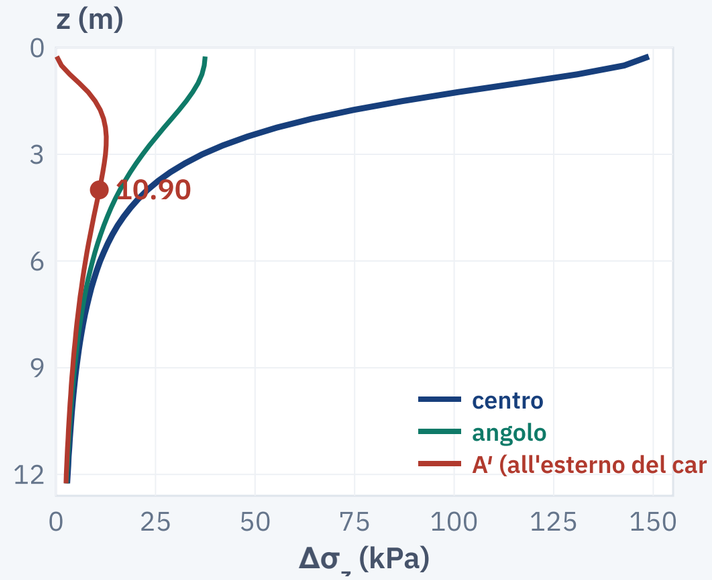
SOLUZIONE

1 riga z = 4 m: tre punti

$$\text{centro:}\;\; 150\,(0.15320) = 22.98\ \text{kPa}$$

$$\text{spigolo:}\;\; 150\,I_3(0.5;\,0.75) = 16.06\ \text{kPa} \qquad \text{A}' :\;\; 10.90\ \text{kPa}$$

In prossimità della superficie, al di sotto del centro si avvicina a ≈ q e al di sotto dello spigolo a ≈ q/4; in profondità le tre curve si avvicinano tra loro: a z = 12 m, 2.93, 2.78 e 2.60 kPa.



Verificare la soluzione in GeoTerva ↗

Traccia

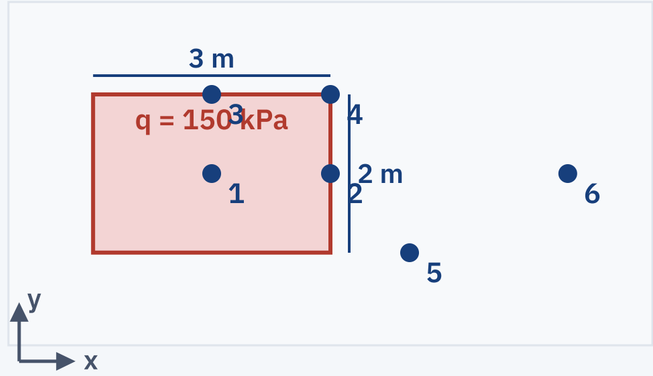
ESEMPIO

Dati

Rettangolare	3×2 **m,** $q = 150$ **kN/m²,** $z = 4$ **m**
Punti	**(1) centro; (2) punto medio del lato corto; (3) punto medio del lato lungo; (4) spigolo; (5) A′; (6)** $(4.5;\ 0)$

RICHIESTO

Termini I_3 con segno in ciascun punto, il totale e $\Delta\sigma_z$.



Soluzione (1/2)

SOLUZIONE

Punto	(x; y)	Termine 1	Termine 2	Termine 3	Termine 4	$\Sigma \pm I_3$	$\Delta\sigma_z$ (kPa)
1	(0.0; 0)	0.0383	0.0383	0.0383	0.0383	0.1532	**22.98**
2	(1.5; 0)	0	0	0.0603	0.0603	0.1205	**18.08**
3	(0.0; 1)	0	0.0675	0	0.0675	0.1351	**20.26**
4	(1.5; 1)	0	0	0	0.1071	0.1071	**16.06**
5	(2.5; -1)	−0.0475	0	0.1202	0	0.0726	**10.90**
6	(4.5; 0)	−0.0603	−0.0603	0.0733	0.0733	0.0261	**3.91**

Nel punto interno (1) tutti e quattro i termini sono **+**; nei punti di bordo (2, 3) due termini sono nulli; nello spigolo (4) resta un solo termine; all'esterno (5, 6) alcuni termini diventano **−**. Ordinamento: 22.98 > 18.08 > 20.26 > 16.06 > 10.90 > 3.91 kPa.

Soluzione (2/2)

SOLUZIONE

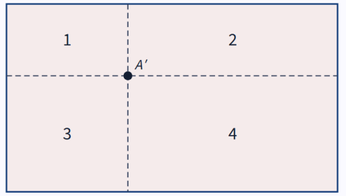
1 Angolo (4): un solo rettangolo (3 m × 2 m)

$$\Delta\sigma_z = q\, I_3(m = 0.5;\ n = 0.75) = 150\,(0.10707) = \mathbf{16.06}\ \text{kPa}$$

2 Punto lontano (6): (4.5; 0), 3 m oltre il carico

$$\Delta\sigma_z = q \cdot 2\,[\,I_3(1.5;\ 0.25) - I_3(0.75;\ 0.25)\,]$$
$$= 150 \cdot 2\,(0.07329 - 0.06026) = \mathbf{3.91}\ \text{kPa}$$

Il rapporto tra la tensione allo spigolo e quella al centro è 0.699; a 3 m dal carico (6) restano 3.91 kPa: anche al di fuori dell'area caricata la tensione non è nulla.



pianta dell'area caricata;
A′ è un vertice comune a tutti e quattro rettangoli 1–4

Verificare la soluzione in GeoTerva ↗

Traccia

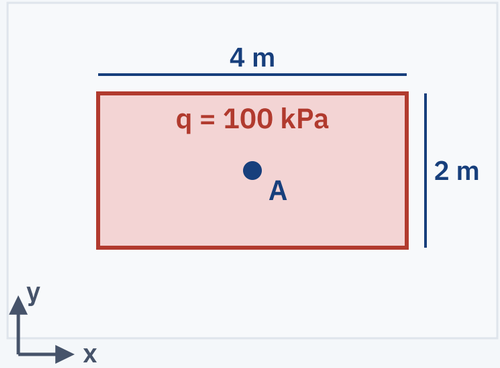
ESEMPIO

Dati

Rettangolare	$B = 2$ **m** ($b = 1$ **m**), $L/B = 1; 2; 5; 10$ **e** $L \to \infty$ **(striscia)**
Punti	**al di sotto del centro,** $n_1 = z/b = 0.5; 1; 2; 4$

RICHIESTO

Sotto il centro $\Delta\sigma_z/q = I_4$; confronto con la striscia.



Soluzione (1/2)

SOLUZIONE

$n_1 = z/b$	L/B = 1	L/B = 2	L/B = 5	L/B = 10	striscia (L/B → ∞)
0.5	0.9299	0.9565	0.9594	0.9595	**0.9595**
1.0	0.7009	0.7998	0.8176	0.8183	**0.8183**
2.0	0.3361	0.4807	0.5451	0.5495	**0.5498**
4.0	0.1081	0.1901	0.2848	0.3034	**0.3058**

In prossimità della superficie ($n_1 = 0.5$) la forma incide poco (0.930 – 0.959); in profondità la tensione sotto un rettangolo **corto** si estingue molto più rapidamente: a $n_1 = 4$ il quadrato dà 0.108, la striscia 0.306.

Soluzione (2/2)

SOLUZIONE

1 Formula di I_4 (m_1 = 2; n_1 = 1)

$$m_1^2 + n_1^2 = 5 \qquad \frac{m_1 n_1}{\sqrt{1+5}} = \frac{2}{2.4495} = 0.8165 \qquad \frac{1+4+2}{(1+1)(5)} = 0.70$$

$$\sin^{-1}\frac{2}{\sqrt{5}\sqrt{2}} = 0.6847 \qquad I_4 = \frac{2}{\pi}(0.5715 + 0.6847) = \mathbf{0.79976}$$

2 Con quattro rettangoli d'angolo uguali (ciascuno 2 m × 1 m, z = 1 m)

$$4\,I_3(1;\,2) = 4\,(0.19994) = \mathbf{0.79976}$$

Al centro di un rettangolo con L/B = 2, alla profondità z = b, **$\Delta\sigma_z/q$ = 0.7998** (quadrato: 0.7009; striscia: 0.8183). Per L/B = 10 (n_1 = 1) il valore è 0.81826, per la striscia 0.81831: allungandosi, il rettangolo si avvicina al caso della striscia.

Verificare la soluzione in GeoTerva ↗

Traccia

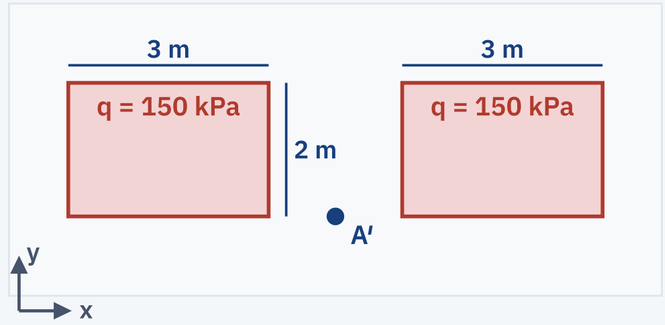
ESEMPIO

Dati

Rettangolo 1	3×2 **m,** $q = 150$ **kN/m², centro** $x = 0$
Rettangolo 2	3×2 **m,** $q = 150$ **kN/m², centro** $x = 5$ **m (**$y = 0$**)**
Punto	**A′:** $x = 2.5$ **m,** $y = -1$ **m;** $z = 4$ **m (anche** $1; 2; 6; 8; 12$ **m)**

RICHIESTO

Per ciascun rettangolo e il totale $\Delta\sigma_z$; il profilo con la profondità.



Soluzione (1/2)

SOLUZIONE

1 Rettangolo 2: vertici contrassegnati rispetto ad A′ (5 m tra i centri ≥ $(L_1 + L_2)/2$ = 3 m: nessuna sovrapposizione)

Spigolo (x; y)	a	b	m	n	segno
(6.5; 1.0)	4.0	2.0	1.00	0.50	+
(6.5; -1.0)	4.0	0.0	1.00	0.00	0 (b = 0)
(3.5; 1.0)	1.0	2.0	0.25	0.50	–
(3.5; -1.0)	1.0	0.0	0.25	0.00	0 (b = 0)

2 Sovrapposizione

$$\Delta\sigma_{z(2)} = 150\,[I_3(1;\,0.5) - I_3(0.25;\,0.5)] = 10.896\ \text{kPa}$$

$$\Delta\sigma_z = \Delta\sigma_{z(1)} + \Delta\sigma_{z(2)} = 10.896 + 10.896 = \mathbf{21.793}\ \text{kPa}$$

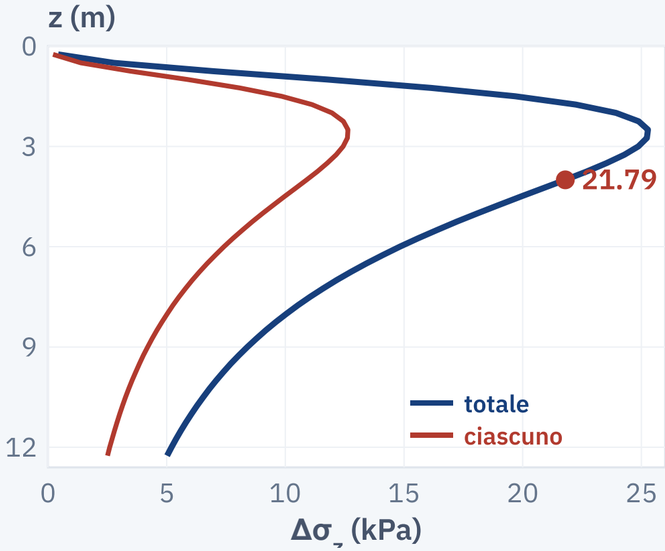
A′ si trova esattamente a metà tra i due rettangoli (x = 2.5 m; 1 m da ciascuno): il rettangolo 2 è l'**immagine speculare** del rettangolo 1 e dà la stessa tensione. Totale **$\Delta\sigma_z$ = 21.79 kPa**.

Soluzione (2/2)

SOLUZIONE

z (m)	Rettangolo 1	Rettangolo 2	Totale
1	5.877	5.877	**11.754**
2	11.965	11.965	**23.930**
4	10.896	10.896	**21.793**
6	7.413	7.413	**14.826**
8	5.028	5.028	**10.056**
12	2.603	2.603	**5.205**

La tensione totale a z = 4 m è **21.79 kPa**; poiché i due rettangoli sono simmetrici, il totale a qualsiasi profondità = 2 × singolo rettangolo. Il valore totale massimo è 25.28 kPa a z ≈ 2.50 m.



Verificare la soluzione in GeoTerva ↗

Sintesi

Punti chiave

Spigolo: $\Delta\sigma_z = q\, I_3(m, n)$, $m = B/z$, $n = L/z$; per un'area grande $I_3 \to 1/4$. **Punto qualsiasi:** rettangolo a quattro spigoli con segno, $\Delta\sigma_z = q\, \Sigma \pm I_3$

Esempio (A′; z = 4 m): 4 m × 2 m – 1 m × 2 m: $I_3(0.5; 1) = 0.12018$; $I_3(0.25; 0.5) = 0.04753$; **$\Delta\sigma_z$ = 150 (0.07264) = 10.90 kPa**

Centro: $\Delta\sigma_z = q\, I_4$; quadrato, z = b: $I_4 = 4\, I_3(1, 1) = 0.701$; rettangolo 3 × 2 m, z = 4 m: **22.98 kPa**

Posizione (z = 4 m): centro 22.98, metà dei lati 20.26 e 18.08, spigolo 16.06, A′ 10.90, punto lontano 3.91 kPa; anche all'esterno la tensione non è nulla

Forma: a z = 4b la fondazione quadrata dà 0.108 q, il rettangolo 10:1 dà 0.303 q, la striscia 0.306 q. **Due rettangoli:** le tensioni si sommano (10.90 + 10.90 = 21.79 kPa)

Bibliografia

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

Boussinesq, J. (1883). Application des Potentiels à l'Étude de l'Équilibre et du Mouvement des Solides Élastiques. Gauthier-Villars, Paris.

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 un rettangolo di 3 m × 2 m (q = 150 kN/m²) e il punto A′ (x = 2.5 m; y = −1 m; z = 4 m).

GeoTerva

Calcoli geotecnici online

Dalla teoria alla pratica

Inserire in GeoTerva i rettangoli (q, L, B, centro), il punto A e la profondità; il modulo fornisce insieme i quattro termini d'angolo, il valore di $\Delta\sigma_z$, 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