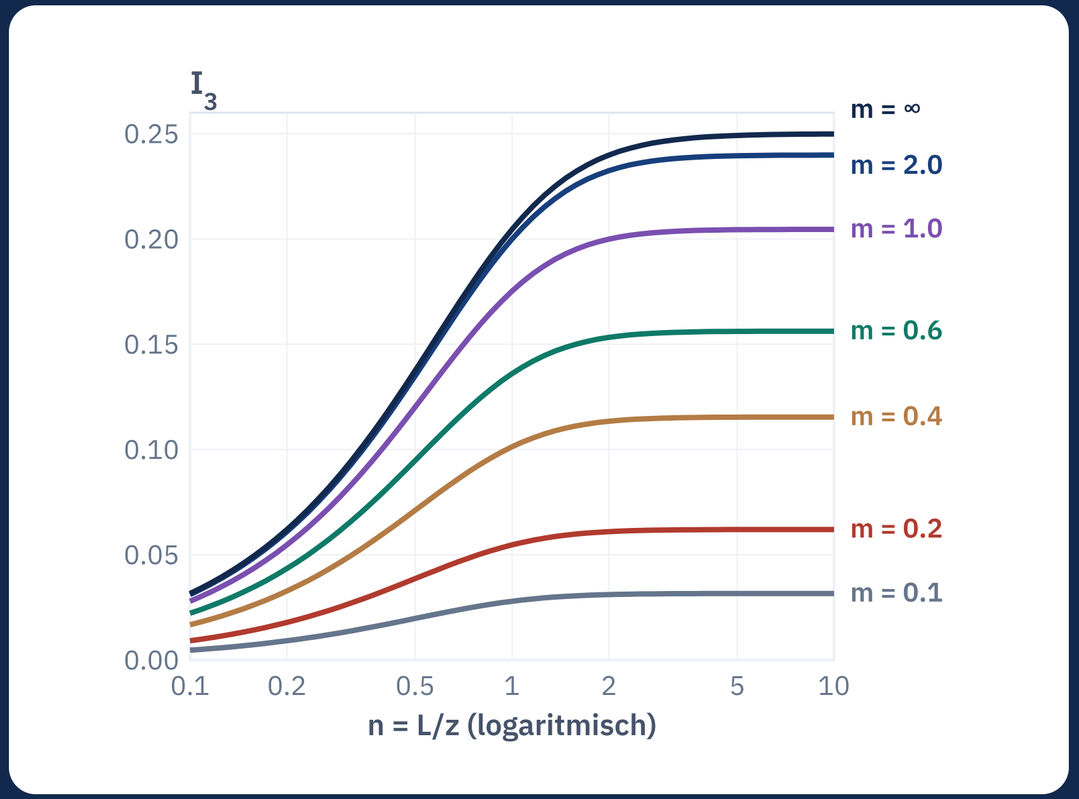
GeoTerva

Geotechnisch college · Spanningen in de ondergrond

Spanning onder een rechthoekige belasting

College: verticale spanning onder een rechthoekige belasting; hoekoplossing, superpositie en met de hand uitgewerkte voorbeelden.

- Onder de hoek · I_3
- Vier rechthoeken
- Onder het midden · I_4
- Buiten de puntbelasting
- Meerdere rechthoeken



Wat leren we in dit college?

De verticale spanningstoename onder een **rechthoekig vlak** met een gelijkmatig verdeelde belasting (fundering, plaatfundering, vloer): $\Delta\sigma_z$

Gesloten oplossing onder de hoek: $\Delta\sigma_z = q\, I_3$, I_3 hangt alleen af van $m = B/z$ en $n = L/z$

Voor **elk willekeurig punt** het **optellen en aftrekken** van rechthoeken: de belasting wordt verdeeld in vier rechthoeken met een gemeenschappelijk hoekpunt boven het punt

Recht onder het midden direct I_4; voor een vierkant de controle $I_4 = 4\, I_3(1, 1) = 0.701$

Dat de spanningen van meerdere rechthoeken worden **gesuperponeerd**; de invloed van de vorm van de rechthoek (L/B)

COLLEGESTRUCTUUR

Elk onderwerp wordt in **drie stappen** behandeld:

1 · **Theorie**: formule en onderbouwing

2 · **Opgave**: gegeven en gevraagd

3 · **Oplossing**: stap voor stap, met getallen

Voorbeeld: rechthoek van 3 m × 2 m, q = 150 kN/m²; punt A′ ligt 1 m voorbij de korte zijde, in de richting van een van de lange zijden; z = 4 m.

Rechthoekig vlak met gelijkmatig verdeelde belasting

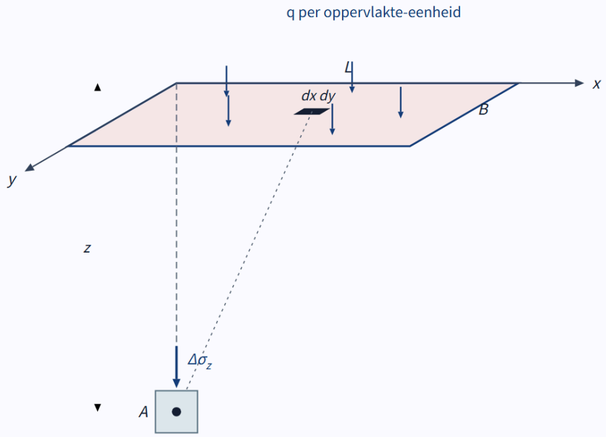
THEORIE

De meeste funderingen en plaatfunderingen zijn **rechthoekig**; wanneer de oplossing van Boussinesq over een rechthoek wordt geïntegreerd, wordt de verticale spanning **onder een hoekpunt** in gesloten vorm verkregen

Voor alle overige punten worden de rechthoeken **opgeteld en afgetrokken**

Een flexibele rechthoek met afmetingen **L × B** die een gelijkmatig verdeelde druk **q** draagt; de grond is een homogeen, isotroop en lineair elastisch half-oneindig medium

$\Delta\sigma_z$ is de spanningstoename ten gevolge van alleen de belasting



Integraal van Boussinesq: $\Delta\sigma_z = q\, I_3$

THEORIE

Het elementaire oppervlak draagt de belasting **dq = q dx dy**; in de vergelijking van Boussinesq wordt P = q dx dy en r² = x² + y² genomen

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

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

m = B/z en **n = L/z**; I_3 hangt alleen van deze twee verhoudingen af

Invloedsfactor I_3

THEORIE

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

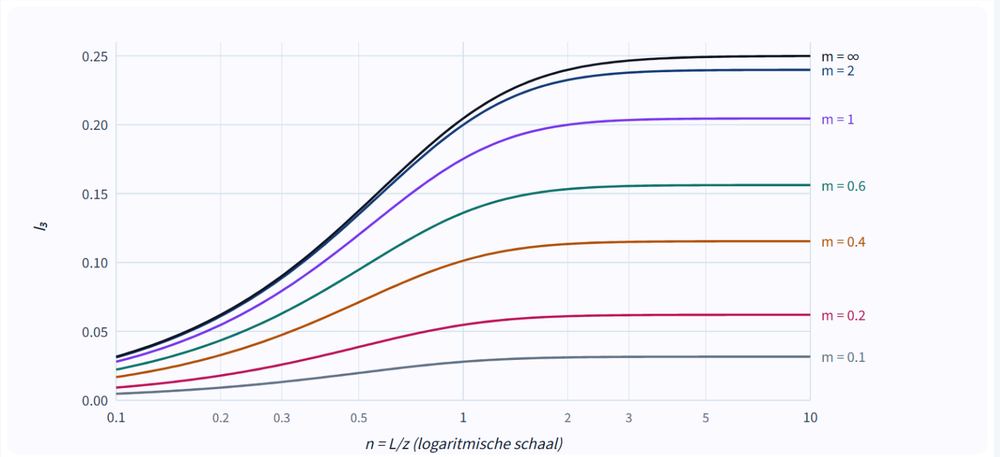
De boogtangens moet een **positieve** hoek in radialen zijn: wanneer m² + n² + 1 < m²n² komt deze negatief uit en **wordt π opgeteld**

I_3 is **symmetrisch** in m en n; voor een zeer grote rechthoek nadert deze **1/4**: één hoek draagt een kwart van de belasting van een oneindig gebied

I_3-waarden

THEORIE

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



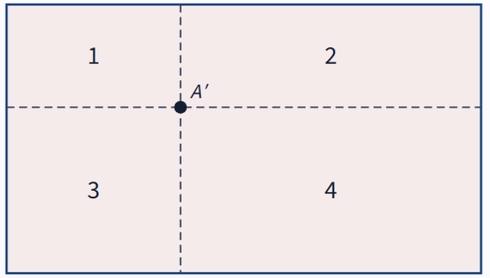
Rechthoek met vier hoeken

THEORIE

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

Het belaste gebied wordt verdeeld in rechthoeken met een **gemeenschappelijk hoekpunt** boven punt A′; de hoekspanningen worden gesommeerd

Als A′ **buiten** het gebied ligt, steekt een deel van de rechthoeken buiten het gebied en wordt **verwijderd**; de module tekent de vier rechthoeken van de puntlast naar de hoeken met op elk punt een getekende afstand, en elke I_3 krijgt het teken van het product van zijn twee zijden



plattegrond van het belast oppervlak; A′ is een hoekpunt van alle vier rechthoeken 1–4

Onder het midden: I_4

THEORIE

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

Onder het midden zijn de vier rechthoeken **gelijk**; het resultaat wordt rechtstreeks opgeschreven: **m_1 = L/B**, **n_1 = z/b**, b = B/2 (L ≥ B)

Voor een vierkant op diepte z = b geldt **I_4 = 0.701 = 4 I_3(1, 1)**

Superpositie

THEORIE

Elke rechthoek wordt gedefinieerd door zijn eigen **q, L, B** en zijn middelpunt op het maaiveld (x_c, y_c) (in de module ten hoogste acht)

Twee rechthoeken **mogen een rand delen maar niet overlappen**

Omdat de grond elastisch is, wordt de spanning van elke rechthoek uit de eigen **vier hoekrechthoeken** bepaald en worden de spanningen gesommeerd

$$\Delta\sigma_z = \sum_k q_k \sum \pm I_3 \text{ (vier hoeken)}$$

Opgave

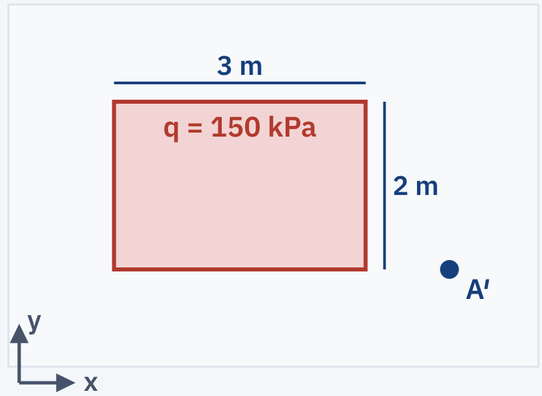
VOORBEELD

Gegeven

Rechthoekig	3×2 m ($L = 3$ m in de x-richting, $B = 2$ m in de y-richting), $q = 150$ kN/m², met het midden in de oorsprong
Punt A′	1 m voorbij de korte zijde, in de richting van een van de lange zijden: $x = 2.5$ m, $y = -1$ m; $z = 4$ m

GEVRAAGD

$\Delta\sigma_z$: met de vierhoek van de vier hoeken; bereken de twee I_3-waarden in detail.



Oplossing (1/3)

OPLOSSING

1 Gemarkeerde afstanden van A′ tot de vier hoeken van de belasting (z = 4 m)

Hoek (x; y)	a = x − $x_{A'}$	b = y − $y_{A'}$	m = |a|/z	n = |b|/z	teken
(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 Er blijven twee rechthoeken over: A′ gemeenschappelijke hoek

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

Twee hoeken met b = 0 leveren geen bijdrage. Voor de rechthoek van **4 m × 2 m** geldt m = B/z = 2/4 = 0.5; n = L/z = 4/4 = 1; voor de rechthoek van **1 m × 2 m** geldt m = 1/4 = 0.25; n = 2/4 = 0.5. Omdat I_3 symmetrisch is, zijn (1; 0.5) en (0.5; 1) gelijk.

Oplossing (2/3)

OPLOSSING

Interpolatie	$I_3(0.5; 1)$	$I_3(0.25; 0.5)$
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
1e term = $2mn\sqrt{S_1} / S_2 \cdot (m^2 + n^2 + 2)/S_1$	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
$\tan^{-1}(\ldots)$ (rad)	0.6435	0.2174
$I_3 = (1e\ term + \tan^{-1})/(4\pi)$	**0.12018**	**0.04753**

$I_3(0.5; 1) = 0.12018$ en **$I_3(0.25; 0.5) = 0.04753$**. Omdat D > 0 in beide hoeken, is de arctangens positief; π hoeft niet te worden opgeteld.

Oplossing (3/3)

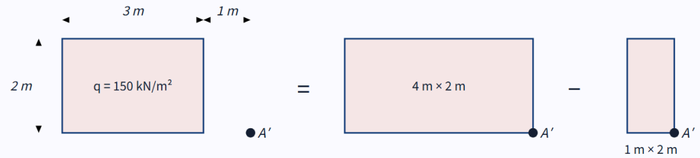
OPLOSSING

3 Verschil en spanning

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

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

In punt A′ geldt **$\Delta\sigma_z$ = 10.90 kPa** ($\Delta\sigma_z$/q = 0.07264). De module opent met dit voorbeeld; als de rechthoek en het punt samen over dezelfde afstand worden verschoven (middelpunt 4; 3 m, punt 6.5; 2 m), verandert de spanning niet: 10.90 kPa.



Controleer de oplossing in GeoTerva ↗

Opgave

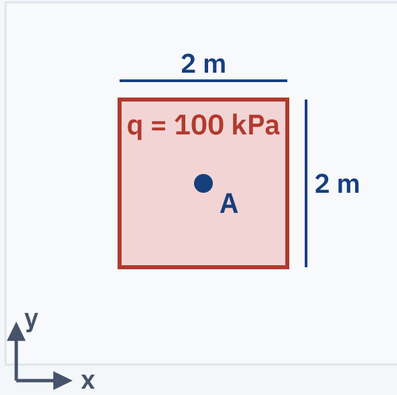
VOORBEELD

Gegeven

(a) Vierkant	2×2 **m,** $q = 100$ **kN/m²; onder het midden** $z = 1$ **m (**$n_1 = z/b = 1$**)**
(b) Rechthoekig	3×2 **m,** $q = 150$ **kN/m²; onder het midden** $z = 4$ **m (**$m_1 = L/B = 1.5$**;** $n_1 = 4$**)**

GEVRAAGD

(a) toets $\mathbf{I_4 = 4\, I_3(1,\, 1)}$; (b) $\mathbf{I_4}$ en $\mathbf{\Delta\sigma_z}$; vergelijking met de som van de vier hoekpunten.



Oplossing (1/2)

OPLOSSING

1 Vier gelijke rechthoeken (elk 1 m × 1 m, z = 1 m): $I_3(1, 1)$; $S_1 = 3$, $\sqrt{S_1} = 1.7321$, $2mn\sqrt{S_1} = 3.4641$, $S_2 = 4$

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

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

2 Toets met de formule voor het midden ($m_1 = 1$; $n_1 = 1$)

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

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

Voor een vierkant is **$I_4 = 4\ I_3(1, 1) = 0.70089 \approx 0.701$**. In dit voorbeeld is de spanning onder het midden gelijk aan 70.1% van de belastingsdruk (z = b).

Oplossing (2/2)

OPLOSSING

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 Toets met $\Delta\sigma_z$ en de som van de vier hoeken

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

Onder het midden **$\Delta\sigma_z$ = 22.98 kPa** ($\Delta\sigma_z/q = 0.15320$). Hetzelfde resultaat wordt ook gegeven door vier gelijke hoekrechthoeken (elk 1.5 m × 1 m): 4 $I_3(0.25; 0.375)$.

Controleer de oplossing in GeoTerva ↗

Opgave

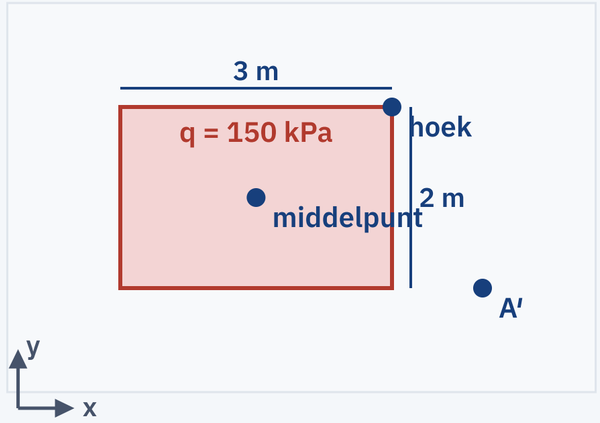
VOORBEELD

Gegeven

Rechthoekig	3×2 **m,** $q = 150$ **kN/m²**
Punten	**midden** $(0; 0)$**, hoek** $(1.5;\ 1)$ **en A′** $(2.5;\ -1)$
Diepten	$z = 1; 2; 4; 6; 8; 12$ **m**

GEVRAAGD

$\Delta\sigma_z$ en $\Delta\sigma_z/q$ in drie punten; interpretatie van de variatie met de diepte.



Oplossing (1/2)

OPLOSSING

z (m)	Midden $\Delta\sigma_z$	Hoek $\Delta\sigma_z$	A′ $\Delta\sigma_z$	Midden /q	Hoek /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

Onder het **midden** en de **hoek** neemt de spanning met de diepte in één richting af (22.98 en 16.06 kPa bij z = 4 m); de verhouding hoek/midden is 0.70 bij z = 4 m en 0.95 bij z = 12 m. Bij **A′** (buiten de belasting) is de spanning 5.88 kPa bij z = 1 m, stijgt zij naar haar maximale waarde (12.64 kPa) bij z ≈ 2.50 m en neemt daarna af.

Oplossing (2/2)

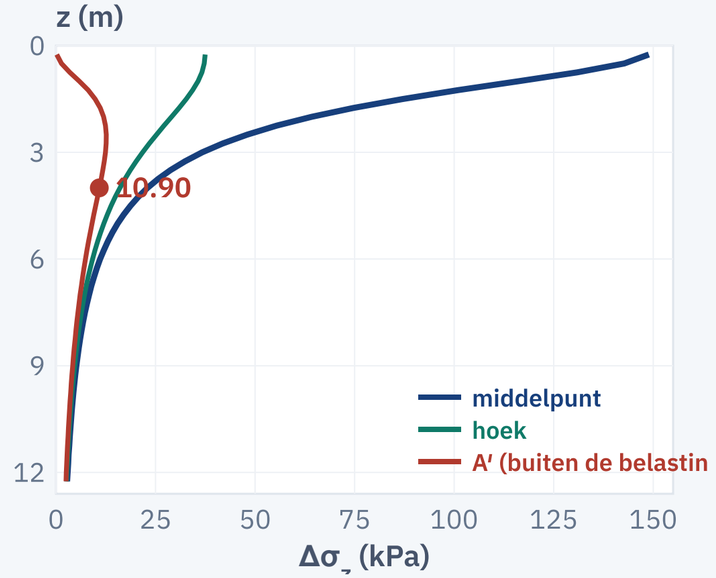
OPLOSSING

1 rij z = 4 m: drie punten

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

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

Nabij het maaiveld nadert de waarde onder het midden ≈ q en onder de hoek ≈ q/4; op grotere diepte naderen de drie krommen elkaar: bij z = 12 m bedragen ze 2.93, 2.78 en 2.60 kPa.



Controleer de oplossing in GeoTerva ↗

Opgave

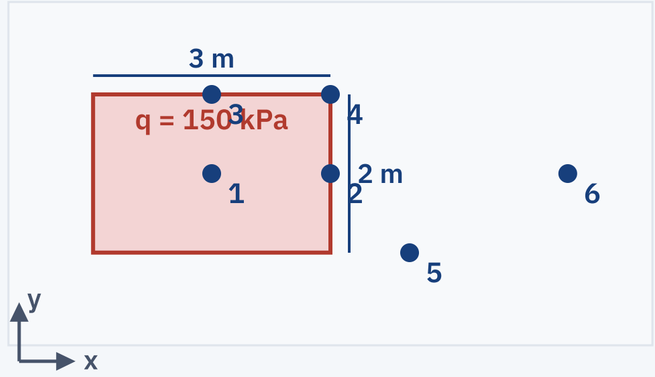
VOORBEELD

Gegeven

Rechthoekig	3×2 **m,** $q = 150$ **kN/m²,** $z = 4$ **m**
Punten	**(1) middelpunt; (2) midden van de korte zijde; (3) midden van de lange zijde; (4) hoekpunt; (5) A′; (6)** $(4.5;\ 0)$

GEVRAAGD

De termen I_3 met teken in elk punt, de som en $\Delta\sigma_z$.



Oplossing (1/2)

OPLOSSING

Punt	(x; y)	Term 1	Term 2	Term 3	Term 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**

In het inwendige punt (1) zijn alle vier termen **+**; in de randpunten (2, 3) zijn twee termen nul; in de hoek (4) blijft één term over; buiten (5, 6) worden sommige termen **−**. Volgorde: 22.98 > 18.08 > 20.26 > 16.06 > 10.90 > 3.91 kPa.

Oplossing (2/2)

OPLOSSING

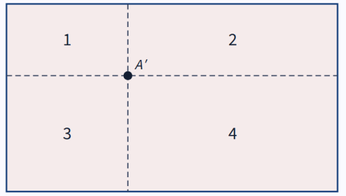
1 Hoek (4): één rechthoek (3 m × 2 m)

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

2 Ver gelegen punt (6): (4.5; 0), 3 m voorbij de belasting

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

Verhouding hoek-/centrumspanning 0.699; op 3 m van de belasting (6) blijft 3.91 kPa over: ook buiten het belaste gebied is de spanning niet nul.



plattegrond van het belast oppervlak; A′ is een hoekpunt van alle vier rechthoeken 1–4

Controleer de oplossing in GeoTerva ↗

Opgave

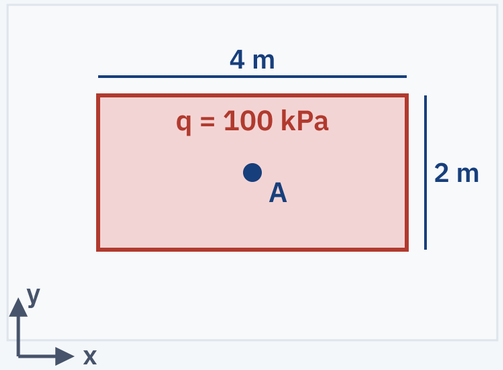
VOORBEELD

Gegeven

Rechthoekig	$B = 2$ **m** ($b = 1$ **m**), $L/B = 1; 2; 5; 10$ **en** $L \to \infty$ **(strook)**
Punten	**onder het midden,** $n_1 = z/b = 0.5; 1; 2; 4$

GEVRAAGD

Onder het midden $\Delta\sigma_z/q = I_4$; vergelijking met de strook.



Oplossing (1/2)

OPLOSSING

$n_1 = z/b$	L/B = 1	L/B = 2	L/B = 5	L/B = 10	strook (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**

Nabij het maaiveld ($n_1 = 0.5$) is de vorm van weinig belang (0.930 – 0.959); op grotere diepte neemt de spanning onder een **korte** rechthoek veel sneller af: bij $n_1 = 4$ geeft het vierkant 0.108, de strook 0.306.

Oplossing (2/2)

OPLOSSING

1 Formule voor 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 Met vier gelijke hoekrechthoeken (elk 2 m × 1 m, z = 1 m)

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

In het midden van een rechthoek met L/B = 2, op diepte z = b, is **$\Delta\sigma_z/q$ = 0.7998** (vierkant: 0.7009; strook: 0.8183). Voor L/B = 10 (n_1 = 1) is de waarde 0.81826, strook 0.81831: naarmate de rechthoek langer wordt, nadert deze de strook.

Controleer de oplossing in GeoTerva ↗

Opgave

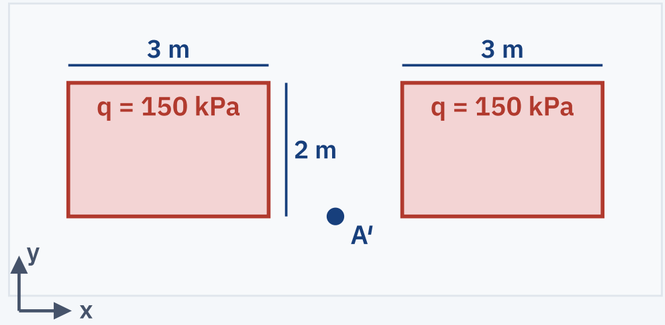
VOORBEELD

Gegeven

Rechthoek 1	3×2 m, $q = 150$ kN/m², midden $x = 0$
Rechthoek 2	3×2 m, $q = 150$ kN/m², midden $x = 5$ m ($y = 0$)
Punt	**A′:** $x = 2.5$ m, $y = -1$ m; $z = 4$ m (tevens 1; 2; 6; 8; 12 m)

GEVRAAGD

Voor elke rechthoek en het totaal $\Delta\sigma_z$; het diepteprofiel.



Oplossing (1/2)

OPLOSSING

1 Rechthoek 2: hoeken gemarkeerd ten opzichte van A′ (5 m tussen de middelpunten ≥ $(L_1 + L_2)/2$ = 3 m: geen overlap)

Hoek (x; y)	a	b	m	n	teken
(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 Superpositie

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

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

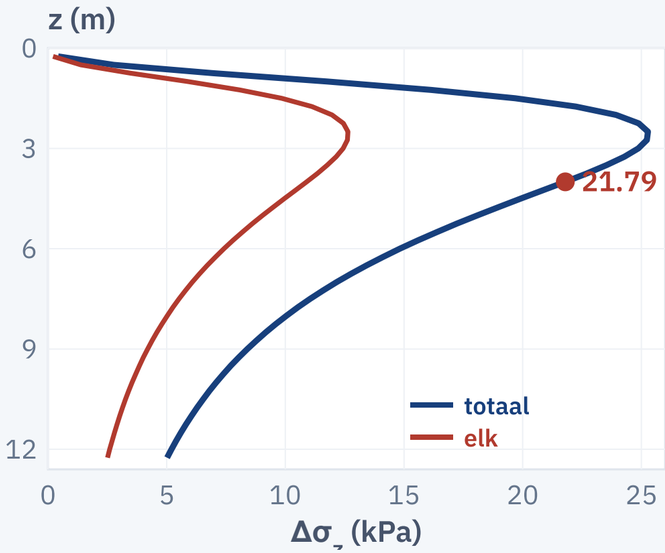
A′ ligt precies in het midden van de twee rechthoeken (x = 2.5 m; 1 m van elk): rechthoek 2 is het **spiegelbeeld** van rechthoek 1 en geeft dezelfde spanning. Totaal **$\Delta\sigma_z$ = 21.79 kPa**.

Oplossing (2/2)

OPLOSSING

z (m)	Rechthoek 1	Rechthoek 2	Totaal
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**

De totale spanning op z = 4 m is **21.79 kPa**; omdat de twee rechthoeken symmetrisch zijn, is het totaal op elke diepte = 2 × één rechthoek. De grootste totale waarde is 25.28 kPa op z ≈ 2.50 m.



Controleer de oplossing in GeoTerva ↗

Samenvatting

Belangrijkste punten

Hoek: $\Delta\sigma_z = q\, I_3(m, n)$, $m = B/z$, $n = L/z$; voor een groot gebied geldt $I_3 \rightarrow 1/4$. **Willekeurig punt:** met teken bepaald vierhoekig hoekpunt, $\Delta\sigma_z = q\, \Sigma \pm I_3$

Voorbeeld (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**

Midden: $\Delta\sigma_z = q\, I_4$; vierkant, z = b: $I_4 = 4\, I_3(1, 1) = 0.701$; rechthoek van 3 × 2 m, z = 4 m: **22.98 kPa**

Locatie (z = 4 m): midden 22.98, midden van de zijden 20.26 en 18.08, hoek 16.06, A′ 10.90, ver gelegen punt 3.91 kPa; ook buiten de belasting is de spanning niet nul

Vorm: op z = 4b geeft een vierkant 0.108 q, een rechthoek van 10:1 0.303 q, een strook 0.306 q. **Twee rechthoeken:** de spanningen worden gesommeerd (10.90 + 10.90 = 21.79 kPa)

Literatuur

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.

OPMERKING

Alle numerieke voorbeelden zijn gegenereerd met de eigen berekeningsmodule van de module; de module geeft dezelfde waarden. De module opent met een rechthoek van 3 m × 2 m (q = 150 kN/m²) en punt A′ (x = 2.5 m; y = –1 m; z = 4 m).

GeoTerva

Online geotechnische berekeningen

Van theorie naar praktijk

Voer uw rechthoeken (q, L, B, midden), punt A en de diepte in GeoTerva in; de module geeft de vier hoektermen, de waarde van $\Delta\sigma_z$, de iso-spanningscontouren, het diepteprofiel, de stapsgewijze oplossing en het rapport in samenhang.

Module openen → | **Theoriepagina →**

Openen op de smartphone
Proefmodules vereisen geen registratie.

Wilt u ze in uw colleges gebruiken: info@geoterva.com