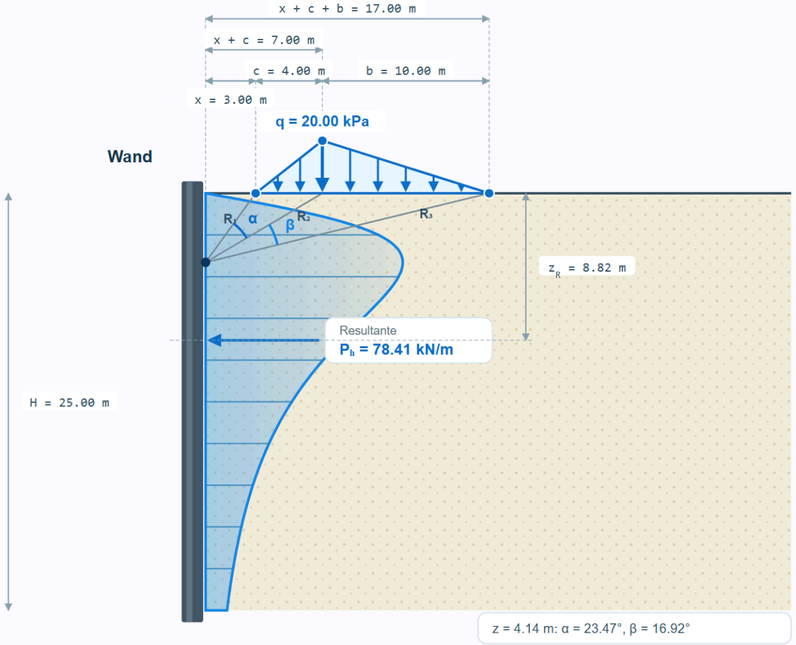
Geotechnisch college · Bovenbelastingen

Driehoeksbovenbelasting

College: een driehoeksbelasting die bij x begint, stijgt tot een topwaarde en daalt tot nul; de ordinaat op een gegeven diepte wordt met de hand opgelost, het profiel, de resultante en de varianten worden in tabellen weergegeven.

- Superpositie van lijnlasten
- Functies A en B
- Starre wand ψ = 2
- Resultante en z_R
- Handmatig oplosbaar



Wat leren we in dit college?

De geometrie van de **driehoeksbelasting**: zij begint op nul op afstand **x** van de wand, stijgt over de breedte **c** tot de waarde q en neemt over de breedte **b** weer af tot nul

Op een diepte z de stralen $\mathbf{R_1}$, $\mathbf{R_2}$, $\mathbf{R_3}$ en de hoeken **α, β** bepalen (in radialen)

De gesloten vorm van de horizontale druk uit superpositie van lijnlasten: met de functies **A(s)** en **B(s)**

Het verschil tussen een **rigide wand** (ψ = 2) en een **half-oneindig medium** (ψ = 1)

Resultante P_H en **aangrijpingsdiepte z_R**: de oppervlakte en het eerste moment van het diagram; het effect van de vorm van de belasting via x

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: H = 25 m, x = 3 m, c = 4 m, b = 10 m, q = 20 kPa; starre muur. Eén ordinaat wordt met de hand berekend bij z = 5 m.

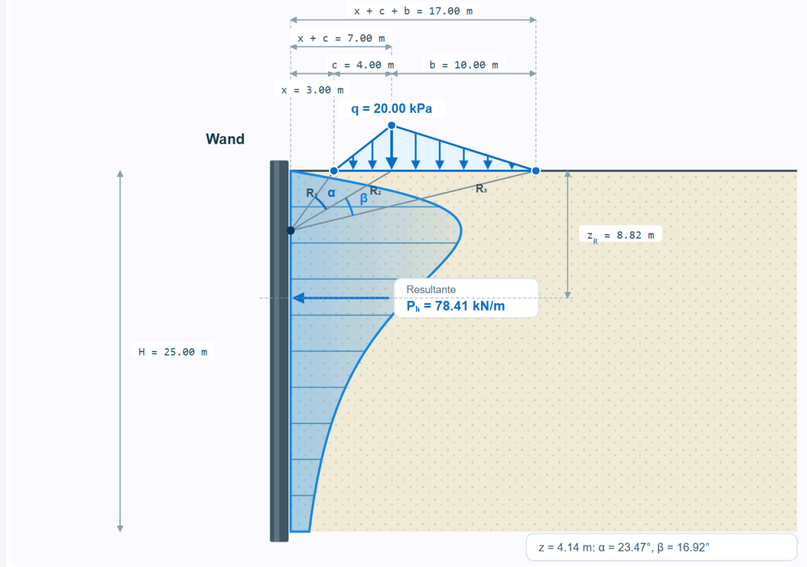
Driehoeksbelasting op de wand

THEORIE

De oppervlaktebovenbelasting begint op horizontale afstand **x** van de muur

De intensiteit neemt lineair toe van nul tot de maximale waarde **q** over de breedte **c** en neemt daarna lineair weer af tot nul over de breedte **b**

Bij elke diepte z van de wand wordt de geometrie beschreven door de drie stralen $\mathbf{R_1}$, $\mathbf{R_2}$, $\mathbf{R_3}$ en de twee hoeken **α, β**



H: totale wandhoogte; **x**: afstand van de wand tot het begin van de belasting
c: breedte van de toenemende arm, **b**: breedte van de afnemende arm
q: grootste intensiteit van de bovenbelasting; **z**: diepte vanaf het maaiveld

Geometrie op diepte z

THEORIE

Op diepte z zijn hieronder de lengtes van de drie stralen vanaf het punt op de wand naar het **begin**, de **top** en het **einde** van de belasting, en de twee hoeken daartussen, gegeven

In de drukvergelijking worden de hoeken in **radialen** genomen; graadwaarden zijn alleen nuttig voor de rapportage

$$R_1 = \sqrt{x^2 + z^2} \quad R_2 = \sqrt{(x+c)^2 + z^2} \quad R_3 = \sqrt{(x+c+b)^2 + z^2}$$

$$\alpha = \tan^{-1}\frac{x+c}{z} - \tan^{-1}\frac{x}{z} \qquad \beta = \tan^{-1}\frac{x+c+b}{z} - \tan^{-1}\frac{x+c}{z}$$

Superpositie van lijnbelastingen

THEORIE

Een driehoeksbelasting is een reeks aaneengesloten lijnbelastingen, elk met intensiteit **w(s)·ds**; de elastische horizontale spanningen (Flamant) worden langs de belasting gesommeerd

Met $s_1 = x$, $s_2 = x + c$, $s_3 = x + c + b$, $R^2 = s^2 + z^2$ en de onderstaande functies A, B wordt de integraal in gesloten vorm verkregen

$$\sigma_H = \psi \frac{2}{\pi} \int w(s) \frac{s^2 z}{(s^2 + z^2)^2} ds$$

$$A(s) = \frac{1}{2}\left[\tan^{-1}\frac{s}{z} - \frac{sz}{R^2}\right] \qquad B(s) = \frac{z}{2}\left[\ln R^2 + \frac{z^2}{R^2}\right]$$

$$\sigma_H = \psi \frac{2q}{\pi}\left\{\frac{B_2 - B_1 - x(A_2 - A_1)}{c} + \frac{s_3(A_3 - A_2) - (B_3 - B_2)}{b}\right\}$$

A, B, α, β en ψ

THEORIE

De termen $\mathbf{A_2 - A_1}$ en $\mathbf{A_3 - A_2}$ bevatten de hoeken α en β, en de termen $\mathbf{B_2 - B_1}$ en $\mathbf{B_3 - B_2}$ bevatten de logaritmen $\ln(R_2/R_1)$ en $\ln(R_3/R_2)$

Wanneer dezelfde superpositie op een gelijkmatig verdeelde strook wordt toegepast, wordt de bekende uitdrukking $\mathbf{(q/\pi)[\beta - \sin\beta\cdot\cos 2\alpha]}$ exact verkregen; de vergelijking wordt in deze vorm getoetst

$\boldsymbol{\psi = 1}$ is het half-oneindige medium (geen muur); $\boldsymbol{\psi = 2}$ is de starre, niet-meegevende muur die de horizontale spanning verdubbelt: de standaardwaarde van de module

Herhaling van de berekening over de hoogte van de wand geeft $\boldsymbol{\sigma_H(z)}$; de druk is nul aan het maaiveld

Oppervlakte en eerste moment van het diagram

THEORIE

De **resulterende bovenbelastingskracht** per eenheidslengte van de wand en de diepte daarvan onder het maaiveld zijn de oppervlakte en het eerste moment van het diagram; de module berekent beide integralen numeriek met volledige precisie

$$P_H = \int_0^H \sigma_H(z)\,dz$$

$$z_R = \frac{\int_0^H z\,\sigma_H(z)\,dz}{P_H}$$

In het voorbeeld **P_H = 78.41 kN/m** (starre wand) of **39.21 kN/m** (halfoneindig medium); in beide gevallen ligt **z_R = 8.82 m** onder het maaiveld

Zes stappen en één ordinaat

THEORIE

1 · H, x, c, b, q worden gedefinieerd en ψ wordt gekozen; **2** · een diepte z wordt gekozen

3 · R_1, R_2, R_3 worden berekend; **4** · α en β worden berekend (radialen)

5 · σ_H wordt berekend: de functies A en B worden in de punten s_1, s_2, s_3 bepaald en ingevuld

6 · Itereren en integreren: druksprofiel, vervolgens P_H en z_R

$$z = 5\ \text{m}: \quad R_1 = 5.831\ \text{m} \quad R_2 = 8.602\ \text{m} \quad R_3 = 17.720\ \text{m} \qquad \alpha = 23.499^\circ \quad \beta = 19.148^\circ$$

$$\sigma_H = 3.247\ \text{kPa}\ \ (\psi = 1) \quad \rightarrow \quad 2 \times 3.247 = 6.494\ \text{kPa}\ \ (\psi = 2) \qquad P_H = 78.41\ \text{kN/m} \quad z_R = 8.82\ \text{m}$$

Opgave

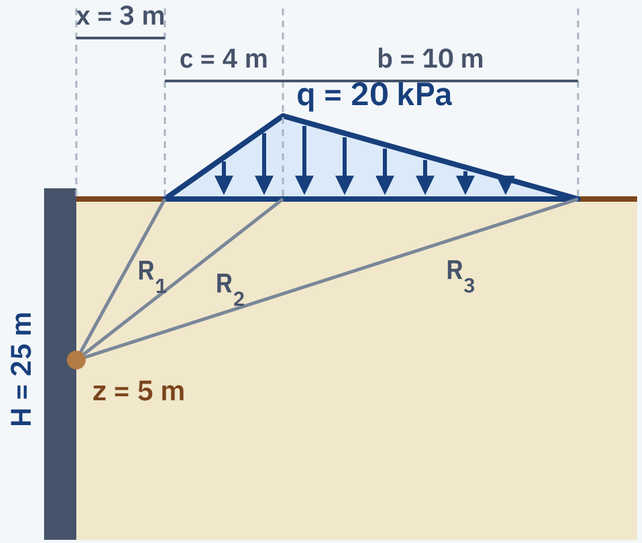
VOORBEELD

Gegeven

Keermuur en belasting	$H = 25.0$ **m;** $x = 3.0$ **m;** $c = 4.0$ **m;** $b = 10.0$ **m;** $q = 20.0$ **kPa**
Wand	**half-oneindig medium ($\psi = 1$) en starre wand ($\psi = 2$)**

GEVRAAGD

Op diepte **z = 5 m** de waarden van **R_1, R_2, R_3, α, β**, A en B en de horizontale druk **σ_H** (voor twee waarden van ψ); vergelijking met de module.



Oplossing (1/3)

OPLOSSING

1 De punten s_1 = x, s_2 = x + c, s_3 = x + c + b en de stralen

$$s_1 = 3\ \text{m} \quad s_2 = 3 + 4 = 7\ \text{m} \quad s_3 = 7 + 10 = 17\ \text{m}$$

$$R_1 = \sqrt{3^2 + 5^2} = \mathbf{5.831} \quad R_2 = \sqrt{7^2 + 5^2} = \mathbf{8.602} \quad R_3 = \sqrt{17^2 + 5^2} = \mathbf{17.720}\ \text{m}$$

2 Hoeken (radialen)

$$\alpha = \tan^{-1}\frac{7}{5} - \tan^{-1}\frac{3}{5} = 0.95055 - 0.54042 = \mathbf{0.41013}\ \text{rad}\ \ (23.499^\circ)$$

$$\beta = \tan^{-1}\frac{17}{5} - \tan^{-1}\frac{7}{5} = 1.28474 - 0.95055 = \mathbf{0.33420}\ \text{rad}\ \ (19.148^\circ)$$

De hoek tussen het begin van de belasting en de top ervan, gemeten vanuit het punt op de wand, is **23.50°**; de hoek tussen de top en het einde is **19.15°**.

Oplossing (2/3)

OPLOSSING

3 Op drie punten A(s) = ½[tan⁻¹(s/z) − sz/R²] en B(s) = (z/2)[ln R² + z²/R²]

$$A_1 = \frac{1}{2}\left[0.54042 - \frac{3(5)}{34}\right] = 0.04962 \qquad A_2 = \frac{1}{2}\left[0.95055 - \frac{7(5)}{74}\right] = 0.23879$$

$$A_3 = \frac{1}{2}\left[1.28474 - \frac{17(5)}{314}\right] = 0.50702$$

s (m)	R² (m²)	tan⁻¹(s/z)	A(s)	ln R²	B(s)
3	34	0.54042	**0.04962**	3.52636	**10.6541**
7	74	0.95055	**0.23879**	4.30407	**11.6048**
17	314	1.28474	**0.50702**	5.74939	**14.5725**

De A-verschillen bevatten de hoeken, de B-verschillen de logaritmen: **$A_2 - A_1$** = 0.18917, **$A_3 - A_2$** = 0.26824; **$B_2 - B_1$** = 0.9506, **$B_3 - B_2$** = 2.9678.

Oplossing (3/3)

OPLOSSING

4 Bijdrage van de toenemende en afnemende takken

$$\text{toenemend} = \frac{B_2 - B_1 - x(A_2 - A_1)}{c} = \frac{0.9506 - 3(0.18917)}{4} = 0.09578$$

$$\text{afnemend} = \frac{s_3(A_3 - A_2) - (B_3 - B_2)}{b} = \frac{17(0.26824) - 2.9678}{10} = 0.15922$$

5 Half-oneindig medium (ψ = 1) en starre wand (ψ = 2)

$$\sigma_H = \frac{2q}{\pi}(\text{toenemend} + \text{afnemend}) = \frac{2(20)}{\pi}(0.09578 + 0.15922) = \mathbf{3.247}\ \text{kPa}\ \ (\psi = 1)$$

$$\sigma_H = 2 \times 3.247 = \mathbf{6.494}\ \text{kPa}\ \ (\psi = 2)$$

Op z = 5 m is **σ_H = 6.494 kPa** (starre wand; 3.247 in het halfoneindige medium). De module geeft dezelfde waarde.

Controleer de oplossing in GeoTerva ↗

Opgave

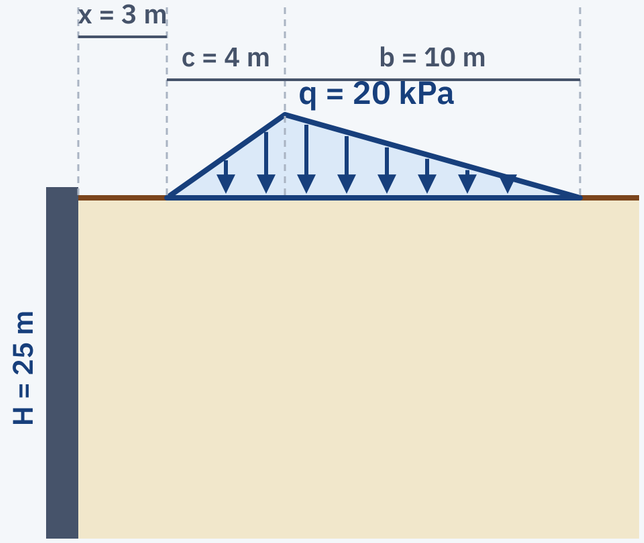
VOORBEELD

Gegeven

Model	**Driehoeksbelasting uit Voorbeeld 1; starre wand; tabel elke $H/30 = 0.833$ m**
Op elke rij	**R_1, R_2, R_3, α, β en σ_H; de waarden voor het halfoneindig medium zijn de helft van die van de starre muur**

GEVRAAGD

Drukprofiel; de maximale druk en de diepte daarvan; de hoeken op de diepte van de piek.



Oplossing (1/2)

OPLOSSING

z (m)	R_1 (m)	R_2 (m)	R_3 (m)	α (°)	β (°)	σ_H (kPa)
0.00	3.000	7.000	17.000	0.00	0.00	0.000
0.83	3.114	7.049	17.020	8.74	3.98	2.513
1.67	3.432	7.196	17.082	15.66	7.79	4.520
2.50	3.905	7.433	17.183	20.15	11.29	5.815
3.33	4.485	7.753	17.324	22.55	14.37	6.463
4.17	5.134	8.146	17.503	23.48	16.99	6.635
5.00	**5.831**	**8.602**	**17.720**	**23.50**	**19.15**	**6.494**
5.83	6.560	9.112	17.973	22.98	20.87	6.168
6.67	7.311	9.667	18.260	22.17	22.19	5.746
7.50	8.078	10.259	18.581	21.22	23.17	5.286
8.33	8.857	10.883	18.933	20.23	23.86	4.821
9.17	9.645	11.534	19.314	19.24	24.30	4.374
10.00	10.440	12.207	19.723	18.29	24.54	3.955
10.83	11.241	12.898	20.158	17.39	24.62	3.569
11.67	12.046	13.606	20.618	16.54	24.58	3.218
12.50	12.855	14.327	21.101	15.75	24.42	2.901
13.33	13.667	15.059	21.605	15.02	24.19	2.617
14.17	14.481	15.802	22.129	14.34	23.90	2.363
15.00	15.297	16.553	22.672	13.71	23.56	2.136
15.83	16.115	17.312	23.231	13.12	23.18	1.933
16.67	16.935	18.077	23.807	12.58	22.78	1.752
17.50	17.755	18.848	24.398	12.07	22.37	1.591
18.33	18.577	19.624	25.002	11.60	21.94	1.447
19.17	19.400	20.405	25.620	11.17	21.51	1.319
20.00	20.224	21.190	26.249	10.76	21.07	1.204
20.83	21.048	21.978	26.889	10.38	20.64	1.101
21.67	21.873	22.769	27.540	10.02	20.21	1.009
22.50	22.699	23.564	28.200	9.69	19.79	0.926
23.33	23.525	24.361	28.869	9.37	19.38	0.851
24.17	24.352	25.160	29.547	9.08	18.97	0.784
25.00	25.179	25.962	30.232	8.80	18.57	0.723

Oplossing (2/2)

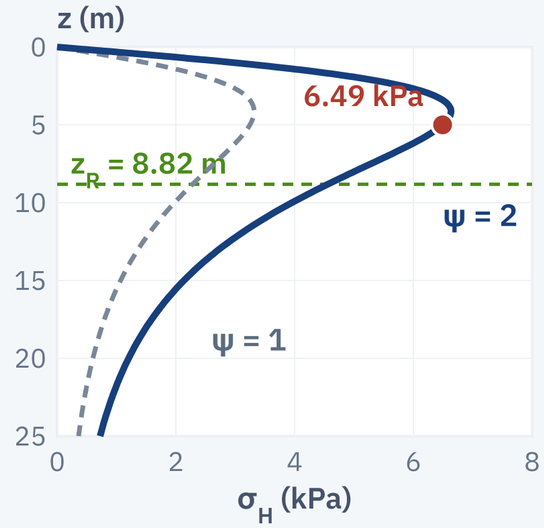
OPLOSSING

1 De druk is nul aan het maaiveld, bereikt haar maximum op de piekdiepte en neemt daarna af

$$z = 0: \quad \sigma_H = 0 \qquad z = 4.14\ \text{m}: \quad \sigma_H = \mathbf{6.635}\ \text{kPa}$$

$$\alpha = 23.47^\circ \quad \beta = 16.92^\circ \qquad z = H: \quad \sigma_H = 0.723\ \text{kPa}$$

De grootste druk bedraagt **6.63 kPa** op **z = 4.14 m** (4.14 m onder de bovenkant van de belasting); aan de basis daalt deze tot 0.72 kPa. Deze hoeken worden in de figuur van de module weergegeven. De ordinaat bij z = 5 m bedraagt 6.494 kPa (vette lijn, Voorbeeld 1).



Controleer de oplossing in GeoTerva ↗

Opgave

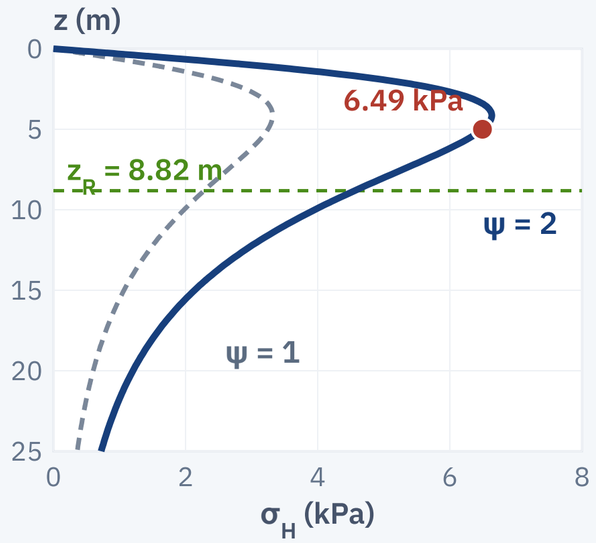
VOORBEELD

Gegeven

Model	**De driehoeksbelasting uit Voorbeeld 1; starre wand; de tabel $H/30$ van Voorbeeld 2 ($n = 30$, $h = H/30 = 0.8333$ m)**
Methode	**Regel van Simpson; $z_R = \int z\,\sigma\,dz \,/\, P_H$**

GEVRAAGD

P_H en z_R (handmatig, uit de tabel); waarden voor een halfoneindig medium; vergelijking met het resultaat van de module.



Oplossing (1/2)

OPLOSSING

	σ_0	Σ oneven (i = 1, 3, …, 29)	Σ even (i = 2, 4, …, 28)	σ_{30}
σ_H (kPa)	0.000	47.277	46.234	0.723

1 Simpson-som en oppervlak

$$\Sigma = \sigma_0 + 4(47.277) + 2(46.234) + \sigma_{30} = 282.30$$

$$P_H \approx \frac{h}{3}\,\Sigma = \frac{0.8333}{3}(282.30) = \mathbf{78.42}\ \mathrm{kN/m}$$

Met de hand **78.42 kN/m**; de nauwkeurige integraal van de module geeft **78.41 kN/m** (verschil 0.004%). In een halfoneindig medium de helft: **39.21 kN/m**.

Oplossing (2/2)

OPLOSSING

	$z_0\sigma_0$	Σ enkel	Σ dubbel	$z_{30}\sigma_{30}$
$z\sigma_H$ (kPa·m)	0.000	414.83	405.58	18.07

2 Eerste moment en diepte

$$\int z\,\sigma\,dz \approx \frac{0.8333}{3}\left[0 + 4(414.83) + 2(405.58) + 18.07\right] = 691.3\ \text{kN}$$

$$z_R = \frac{691.3}{78.42} = \mathbf{8.82}\ \text{m}\ \ (\text{vanaf het maaiveld}) \qquad H - z_R = 16.18\ \text{m}\ (\text{vanaf de zool})$$

Handmatig z_R = 8.82 m; de module geeft 8.82 m. De resultante 78.41 kN/m grijpt aan **8.82 m onder het maaiveld** (16.18 m boven de basis); z_R verandert niet wanneer ψ verandert.

Controleer de oplossing in GeoTerva ↗

Opgave

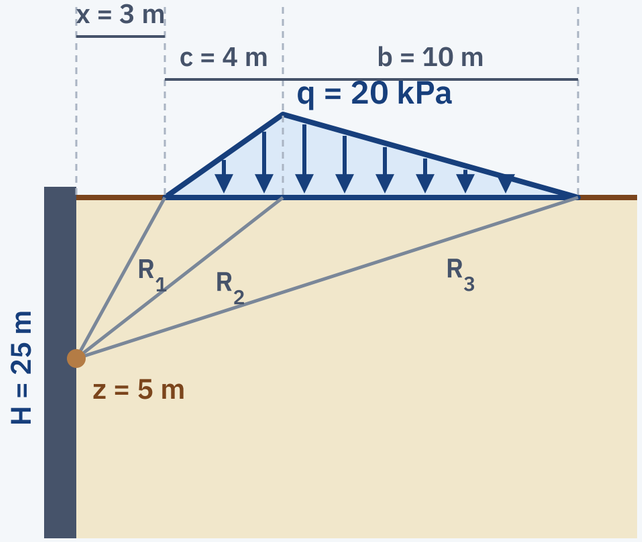
VOORBEELD

Gegeven

Model	**Voorbeeld 1:** $z = 5$ **m; halfoneindig medium** $(\psi = 1)$
Methode	$\sigma_H = \frac{2}{\pi} \int w(s) \, \frac{s^2 z}{(s^2 + z^2)^2} \, ds$**;** w **driehoek:** 0 **bij** $s = 3$ **m,** q **bij** 7 **m,** 0 **bij** 17 **m**
Berekening	**Simpson,** $n = 14$**,** $h = 1.0$ **m (**$s = 3, 4, \ldots, 17$**)**

GEVRAAGD

σ_H uit de som van de lijnlasten; vergelijking met de gesloten vorm van Voorbeeld 1.



Oplossing (1/2)

OPLOSSING

i	s (m)	w(s) (kPa)	f(s) = s²z/(s²+z²)² (1/m)	c	c·w·f
0	3	0.00	0.03893	1	0.00000
1	4	5.00	0.04759	4	0.95181
2	5	10.00	0.05000	2	1.00000
3	6	15.00	0.04837	4	2.90245
4	7	20.00	0.04474	2	1.78963
5	8	18.00	0.04040	4	2.90872
6	9	16.00	0.03604	2	1.15344
7	10	14.00	0.03200	4	1.79200
8	11	12.00	0.02838	2	0.68118
9	12	10.00	0.02521	4	1.00837
10	13	8.00	0.02245	2	0.35923
11	14	6.00	0.02007	4	0.48156
12	15	4.00	0.01800	2	0.14400
13	16	2.00	0.01621	4	0.12968
14	17	0.00	0.01466	1	0.00000
			Σ c·w·f =		**15.30207**

Oplossing (2/2)

OPLOSSING

1 Simpson en ψ

$$\sigma_H = \frac{2}{\pi}\,\frac{h}{3}\sum c_i\, w_i f_i = \frac{2}{\pi}\,\frac{1}{3}(15.30207) = \mathbf{3.2472}\ \mathrm{kPa}\ \ (\psi = 1)$$

$$\psi = 2: \quad \sigma_H = \mathbf{6.494}\ \mathrm{kPa}$$

	Som van de lijnbelastingen (Simpson)	Gesloten vorm (A, B; Voorbeeld 1)	Verschil
σ_H, ψ = 1 (kPa)	3.2472	3.2468	%0.012
σ_H, ψ = 2 (kPa)	6.4944	6.4936	%0.012

Beide benaderingen geven hetzelfde resultaat: de gesloten vormen van de termen A en B zijn de som van de lijnlastintegralen van de toenemende en de afnemende tak. Naarmate het Simpson-interval kleiner wordt, nadert het verschil tot nul (0.0006% voor h = 0.5 m).

Controleer de oplossing in GeoTerva ↗

Opgave

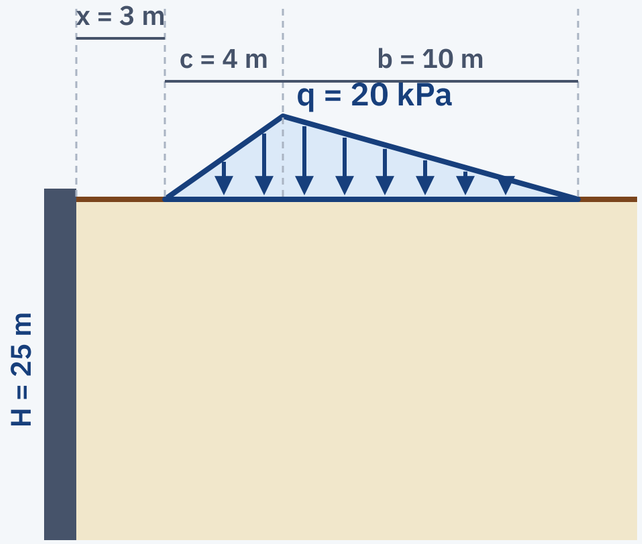
VOORBEELD

Gegeven

Model	$H = 25.0$ **m;** $q = 20$ **kPa; starre wand; telkens verandert slechts één grootheid**
Variabelen	**beginafstand** $x = 0; 3; 6; 10$ **m (**$c = 4$**,** $b = 10$ **m) en figuur** $(c, b) = (2, 12); (4, 10); (7, 7); (10, 4); (12, 2)$ **m (**$x = 3$ **m)**
Vergelijking	**het gewicht van de driehoek** $Q = q(c + b)/2$**, de lijnbelasting met het zwaartepunt op positie** $x + (2c + b)/3$

GEVRAAGD

Vergelijk voor elke situatie P_H, z_R, $\sigma_{H,max}$ en de bijbehorende diepte met de resultante van de equivalente lijnbelasting.



Oplossing (1/2)

OPLOSSING

x (m)	P_H (kN/m), ψ = 2	P_H (kN/m), ψ = 1	z_R (m)	$\sigma_{H,max}$ (kPa)	z (m)
0	83.46	41.73	6.53	10.12	1.93
3	78.41	39.21	8.82	6.63	4.14
6	72.25	36.13	10.51	4.91	6.14
10	63.33	31.67	12.13	3.65	8.64

(c, b) (m)	P_H (kN/m), ψ = 2	P_H (kN/m), ψ = 1	z_R (m)	$\sigma_{H,max}$ (kPa)	z (m)
(2; 12)	79.61	39.81	8.33	7.30	3.63
(4; 10)	78.41	39.21	8.82	6.63	4.14
(7; 7)	76.44	38.22	9.45	5.87	4.78
(10; 4)	74.32	37.16	9.97	5.29	5.31
(12; 2)	72.85	36.43	10.28	4.97	5.62

Naarmate de belasting zich van de wand verwijdert (x ↑) **neemt de resultante af en nemen z_R en de diepte van de piek toe**. Bij een constante totale breedte (c + b = 14 m) neemt ook, naarmate de piek zich van de wand verwijdert (c ↑), de resultante af en wordt z_R dieper. De waarden voor ψ = 1 zijn de helft van die voor een starre wand.

Oplossing (2/2)

OPLOSSING

1 Gewicht en zwaartepunt van de driehoek

$$Q = \frac{q(c+b)}{2} = \frac{20(4+10)}{2} = \mathbf{140}\ \mathrm{kN/m}$$

$$\bar{x} = x + \frac{2c+b}{3} = 3 + \frac{2(4)+10}{3} = \mathbf{9}\ \mathrm{m} \qquad m = \frac{\bar{x}}{H} = 0.36$$

2 Resultante van de lijnbelasting (ψ = 2): de integraal van de integrand van de lijnbelasting over de diepte

$$P_H = \psi \frac{Q}{\pi} \frac{H^2}{\bar{x}^2 + H^2} = \frac{2Q}{\pi} \frac{1}{1+m^2} = \frac{2(140)}{\pi} \frac{1}{1+0.1296} = \mathbf{78.90}\ \mathrm{kN/m}$$

De equivalente lijnbelasting geeft **78.90 kN/m**; de resultante van de driehoeksbelasting is **78.41 kN/m** (verschil 0.6%). De grootste drukken zijn 6.43 en 6.63 kPa; z_R is 9.22 en 8.82 m. Wat de resultante betreft is het verschil klein; het drukkendiagram echter (de grootste druk en de diepte daarvan, z_R) wijkt af van dat van de lijnbelasting.

Controleer de oplossing in GeoTerva ↗

Samenvatting

Belangrijkste punten

$\sigma_H = \psi\,(2q/\pi)\,\{[B_2 - B_1 - x(A_2 - A_1)]/c + [s_3(A_3 - A_2) - (B_3 - B_2)]/b\}$; $A(s) = \tfrac{1}{2}[\tan^{-1}(s/z) - sz/R^2]$, $B(s) = (z/2)[\ln R^2 + z^2/R^2]$; $\psi = 2$ starre wand, $\psi = 1$ half-oneindig medium

Voorbeeld ($z = 5$ m): R_1 5.831, R_2 8.602, R_3 17.720 m; α 23.499°, β 19.148°; σ_H = 3.247 kPa ($\psi = 1$), **6.494 kPa** ($\psi = 2$)

Profiel: 0 aan het maaiveld; maximale druk **6.63 kPa** op $z = 4.14$ m; daarna neemt deze af

Resultante P_H = **78.41 kN/m**, z_R = **8.82 m** (vanaf het maaiveld); voor $\psi = 1$ is P_H = 39.21 kN/m, z_R gelijk

Vergelijking: de resultante neemt af naarmate de belasting zich van de muur verwijdert; de driehoeksbelasting geeft een resultante dicht bij de gelijkwaardige lijnbelasting in het zwaartepunt (78.41 en 78.90 kN/m)

Literatuur

Das, B.M. (2016). Principles of Foundation Engineering, 8th ed. Cengage Learning; deze pagina volgt deze methode.

OPMERKING

Alle rekenvoorbeelden zijn met de eigen berekeningsmotor van de module geproduceerd; de module geeft dezelfde waarden. Het openingsvoorbeeld van de module is de keermuur met H = 25 m, x = 3 m, c = 4 m, b = 10 m, q = 20 kPa.

GeoTerva

Online geotechnische berekeningen

Van theorie naar praktijk

Voer uw eigen driehoeksbelasting, de beginafstand, de armafstanden en de wandhoogte in GeoTerva in; de module levert het drukdiagram, de resultante en de aangrijpingsdiepte, de drie weergaven, de stapsgewijze oplossing en het rapport in samenhang.

Module openen → **Theoriepagina →**

Openen op de smartphone
Proefmodules vereisen geen registratie.