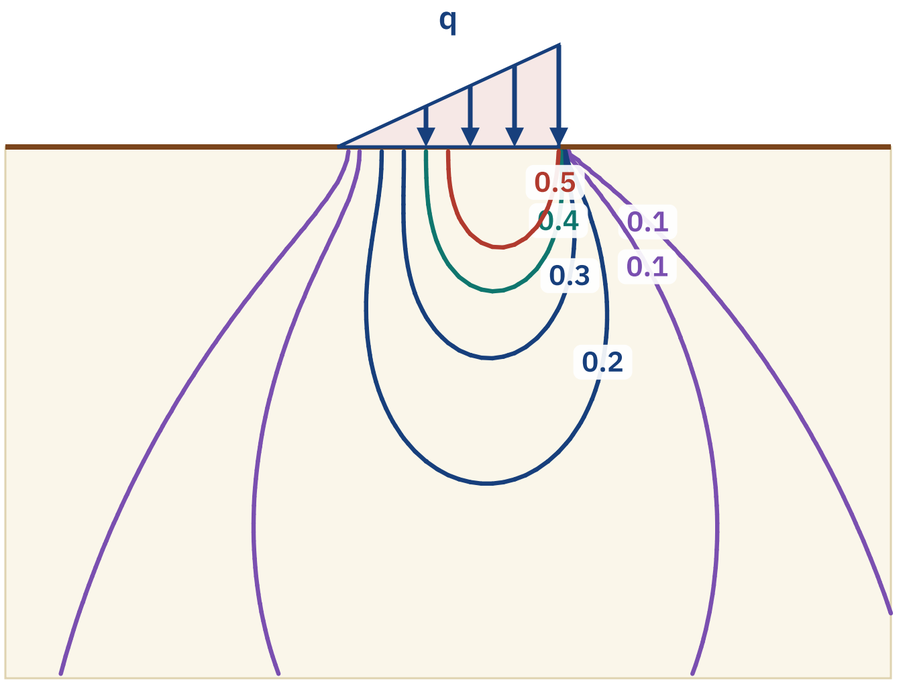
الإجهاد تحت حمل شريطي مثلثي

المحاضرة: حمل شريطي مثلثي متزايد من الصفر إلى q على طول حافة واحدة؛ وحمل نقطي يدوياً، والمقاطع، والمثلث المتماثل، والردم.

تكامل الحمل الخطي | الصيغة الزاوية | إزاحة القمة

الردم = منتظم + مثلثات | قابل للحل يدوياً



ماذا سنتعلم في هذه المحاضرة؟

زيادة الإجهاد الرأسي أسفل حمل شريطي **يتزايد خطياً** من الصفر عند حافة واحدة إلى q عند الأخرى (منحدر ردم، أو كومة مستندة إلى جدار، أو قدم ردم): تكامل حمل خطي شدته (q/B) r dr

صيغة الزاوية: $\Delta\sigma_z = (q/2\pi)[(2x/B)\alpha - \sin 2\delta]$؛ تعريف α و δ و**إشارة** δ

أن الإجهاد يتبع الحمل عند السطح، وأنه ينتشر في العمق فتنزاح **الذروة** نحو داخل الشريط؛ وحالة **المرآة** التي تقع فيها الحافة الصفرية إلى اليمين

حمل نقطي **من البداية إلى النهاية يدوياً**؛ بشريطين **مثلث متماثل**؛ بشريط منتظم + مثلثين حمل **ردم**

تسلسل المحاضرة

يعالج كل موضوع في **ثلاث خطوات**:

1 · **النظرية**: المعادلة ومبرراتها

2 · **المسألة**: المعطيات والمطلوب

3 · **الحل**: خطوة بخطوة، بالأرقام

مثال: $B = 2\ m$، $q = 100\ kN/m^2$، الحمل صفر عند $x = 0$ و q عند $x = B$؛ النقطة A عند $z = 1.5\ m$، $x = -1\ m$.

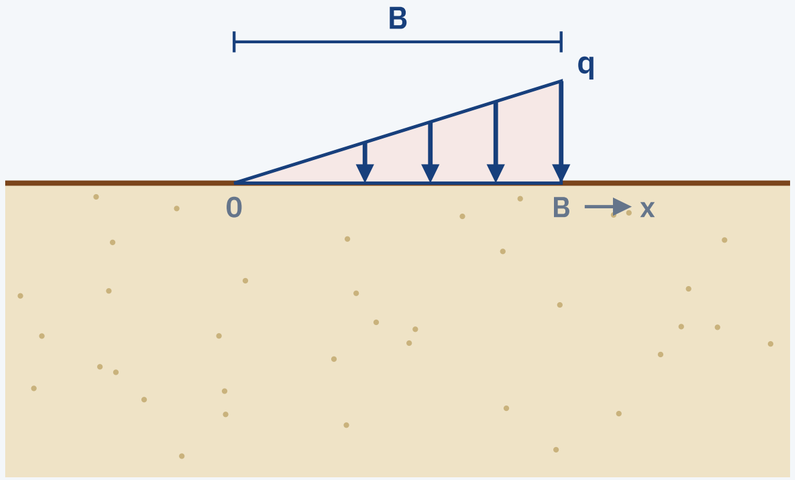
شريط مثلثي: من الصفر إلى q عند إحدى حافتيه

النظرية

منحدر ردم، أو كومة مستندة إلى جدار، أو قدم ردم: حمل شريطي تزداد شدته من الصفر عند حافة واحدة إلى القيمة **q** عند الحافة الأخرى. ويشكل مع الحمل الشريطي المنتظم **حمل الردم**

شريط مرن عرضه B وطوله لانهائي؛ والحمل يساوي **q·x/B** في المجال $0 \le x \le B$ وصفراً في ما عداه (انفعال مستوٍ)

التربة وسط شبه لانهائي متجانس وخواص متساوية في كل الاتجاهات ومرن خطي؛ و$\Delta\sigma_z$ هو زيادة الإجهاد الناتجة عن الحمل فقط



المقطع: الحمل صفر عند x = 0 و q عند x = B؛ والإجهاد نفسه في كل مقطع

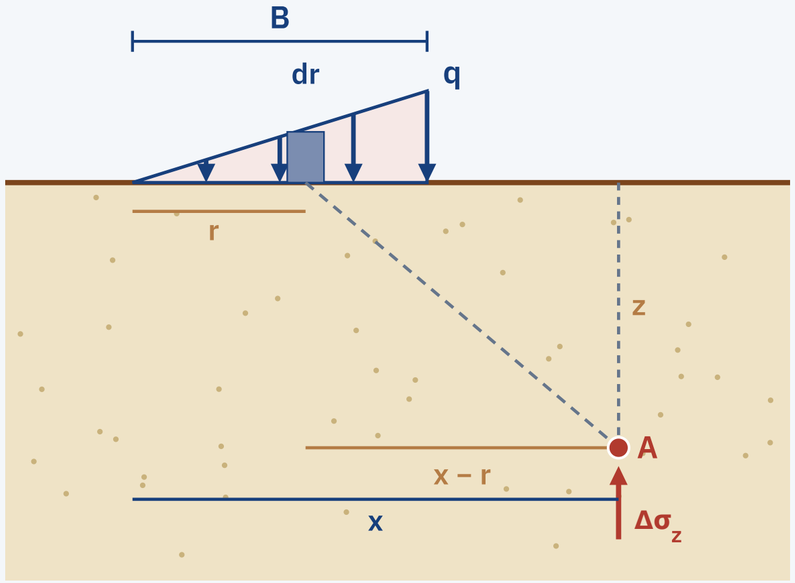
حمل خطي شدته r dr (q/B)

النظرية

يحمل الشريط التفاضلي عند الموضع r حملاً قدره **r dr (q/B)** لكل وحدة طول. ويعامل بوصفه **حملاً خطياً** على مسافة أفقية x − r من النقطة A ويجمع على امتداد العرض

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

يمكن حل التكامل **بدوال أولية**؛ وعند كتابته بدلالة الزوايا الواردة في الشكل تكون النتيجة في الشريحة التالية. تحقق عددي (q = 100، B = 2، x = −1، z = 1.5): قيمة التكامل بطريقة Simpson **4.4699 kPa**، والصيغة المغلقة **4.4699 kPa**



النظرية

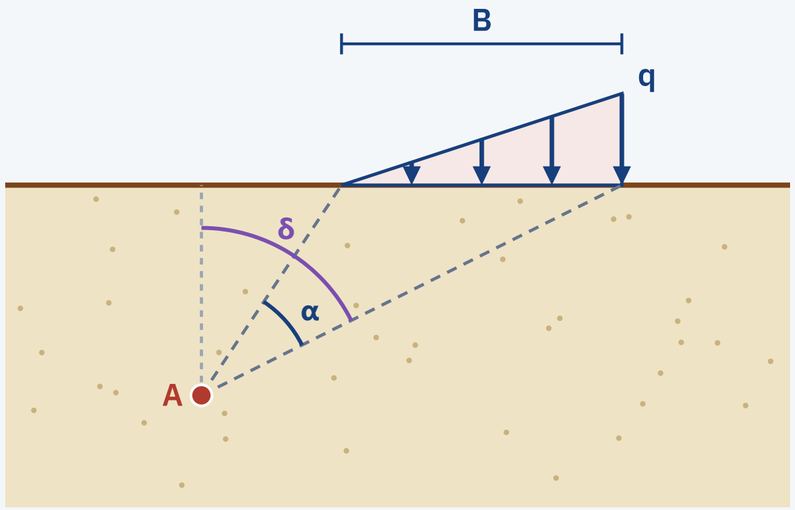
$\Delta\sigma_z = (q/2\pi)[(2x/B)\,\alpha - \sin 2\delta]$

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

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

α بالراديان. **δ** هي الزاوية بين الخط الرأسي المار بالنقطة A والخط المرسوم إلى **الحافة العليا**. وإشارتها مهمة: إذا كانت الحافة العليا في جهة +x من A فإن δ سالبة

تحدد الإشارة تلقائياً بواسطة دوال قوس الظل؛ والنتيجة صالحة **لكل قيمة x**: بجانب الشريط أو تحته أو بعده. ويقاس x من **الحافة الصفرية** نحو الحافة العليا



A (x = −1، z = 1.5): α و δ (قيمة δ سالبة)

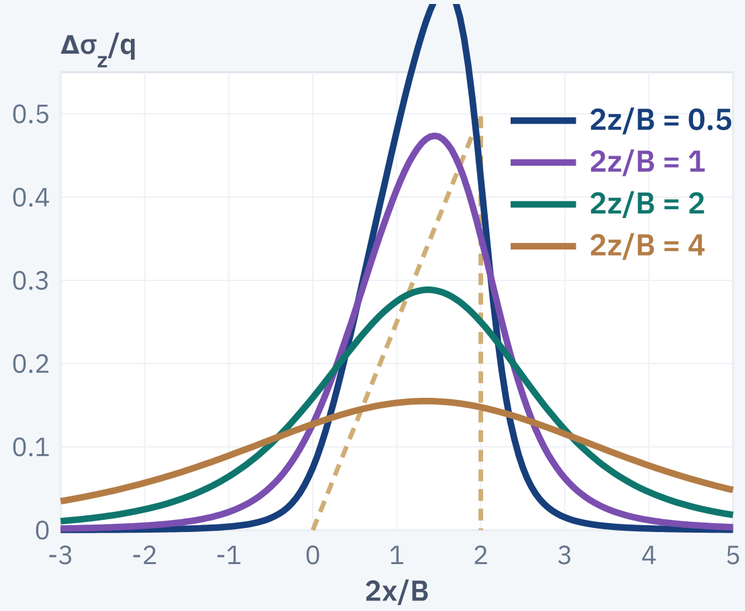
النظرية

يتابع الحمل عند السطح، وينتشر مع العمق

في المنطقة القريبة من السطح **يتبع الإجهاد الحمل نفسه**؛ وكلما زاد العمق **ينتشر** الإجهاد وتنتقل قيمته العظمى **نحو داخل الشريط**

تقع القمة عند 2x/B = 1.58 حين (0.65 q) 2z/B = 0.5، وعند 2x/B = 1.34 حين (0.15 q) 2z/B = 4: وعلى عمق كبير جداً تبقى تحت **مركز ثقل** الحمل (x = 2B/3، أي 2x/B = 1.33)

خارج الحافة الصفرية (x < 0) يكون الإجهاد صغيراً لكنه ليس صفراً؛ فلا حمل هناك لكن التربة تحمل إجهاداً



Δσz/q — 2x/B (الحمل هو المثلث الأصفر المتقطع)

قيم $\Delta\sigma_z/q$

النظرية

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

$q = \Delta\sigma_z$ · (قيمة الجدول). الخلية $2x/B = -1$ و $2z/B = 1.5$ قيمتها 0.0447: وهي المثال الابتدائي للوحدة. يقع الحمل في المدى $0 \le 2x/B \le 2$؛ والحافة ذات القيمة الأعلى هي $2x/B = 2$.

إذا كانت حافة الصفر على اليمين؛ أشرطة متعددة

النظرية

قد ينعدم الحمل الشريطي عند **حافته اليمنى** أيضاً: وهذه **صورة مرآتية** للشريط الوارد في المثال؛ تستخدم المعادلة نفسها ويقاس x من **الحافة الصفرية** نحو الحافة الأعلى (إذا كانت الحافة اليمنى صفرية فإن $x = x_L + B - x_A$)

ولأن التربة مرنة يُحسب إجهاد كل شريط على حدة ثم تُجمع الإجهادات. ولا يجوز أن تتداخل الأشرطة (ويجوز أن تلتقي عند حافة)؛ وتقبل الوحدة ثمانية أشرطة على الأكثر، ولكل منها q و B وحافته اليسرى واتجاهه

ينتج عن وضع المثلثين جنباً إلى جنب باتجاهين متعاكسين (كصورة المرآة) حمل **مثلثي متماثل**؛ ويكون الشريط المنتظم مع المثلثين حمل **الردم**

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

المسألة

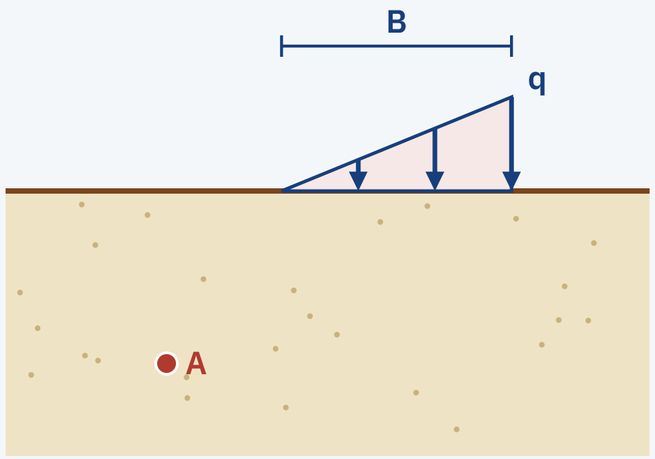
مثال

المعطيات

حمل شريطي	**حمل مرن، رأسي؛ يساوي صفراً عند $x = 0$ ويزداد خطياً حتى q عند $x = B$:** $q = 100$ **kN/m²،** $B = 2$ **m**
النقطة A	$x = -1$ **m (خارج حافة الصفر بمقدار 1 m)،** $z = 1.5$ **m**

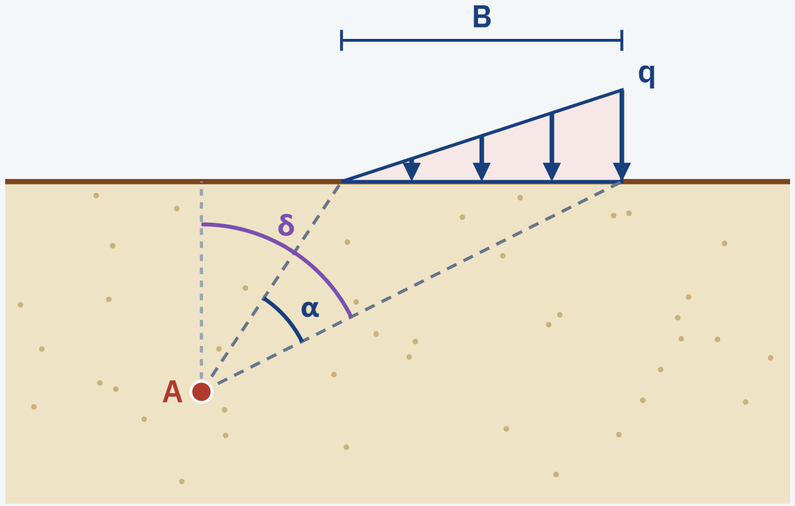
المطلوب

الزاويتان **α** و**δ** و**$\Delta\sigma_z/q$** و**$\Delta\sigma_z$**؛ المقارنة مع الشريط المرآتي الذي تقع حافته الصفرية على اليمين.



الحل (1/2)

الحل



1 الزوايا المقاسة من السطح (من A إلى الحافة العالية وإلى الحافة الصفرية)

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

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

2 نفس الزوايا من المعادلة (x = −1 m، B = 2 m، z = 1.5 m)

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

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

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

يعطي الطريقان الزاويتين **نفسيهما**: α = 29.74° (0.5191 rad)، δ = -63.43°. والزاوية δ **سالبة** لأن الحافة الأعلى (x = B = 2 m) تقع في جهة +x من النقطة A.

الحل (2/2)

الحل

3 قيمة التأثير والإجهاد

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

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

4 شريط المرآة: الحافة الصفرية على اليمين (الحافة اليسرى 0، B = 2 m)، النقطة A عند x = 3 m

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

لا يوجد حمل على بعد **1 m خارج** الحافة الصفرية، ومع ذلك يبلغ الإجهاد **4.47 kPa** (4.5% من q). وفي الشريط المرآتي يقابل النقطة A الموضع x = 3 m؛ وتعطي الوحدة النتيجة نفسها في الحالتين.

تحقق من الحل في GeoTerva ↗

المسألة

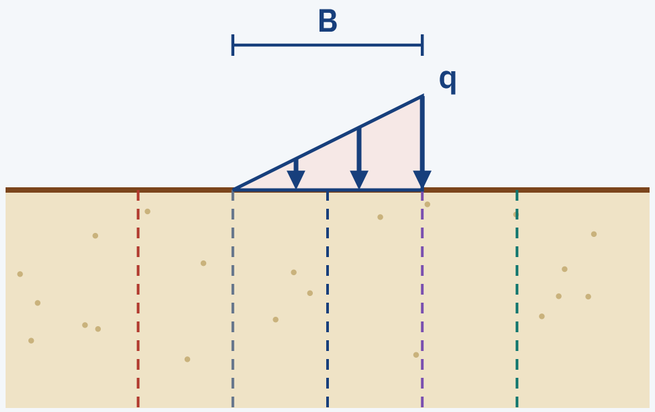
مثال

المعطيات

حمل شريطي	**الشريط في المثال 1:** $q = 100$ kN/m²، $B = 2$ m
الحساب اليدوي	**عند** $z = 1.5$ m**: أسفل الحافة العالية (**$x = B$**) وأسفل الحافة الصفرية (**$x = 0$**)**
القطاع	**الخطوط المستقيمة** $x = -1,\ 0,\ 1,\ 2,\ 3$ m؛ $z = 0.5 \ldots 8$ m

المطلوب

$\Delta\sigma_z$ عند نقطتي الحافة يدوياً؛ وتغير الإجهاد مع العمق على امتداد خمسة خطوط مستقيمة.



الحل (1/2)

الحل

1 أسفل الحافة العالية (x = B = 2 m، z = 1.5 m): δ = 0

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

$$\frac{\Delta\sigma_z}{q} = \frac{1}{2\pi}\left[(2)(0.9273) - 0\right] = 0.2952 \;\Rightarrow\; \Delta\sigma_z = \mathbf{29.52}\ \text{kPa}$$

2 أسفل الحافة الصفرية (x = 0، z = 1.5 m): 2x/B = 0

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

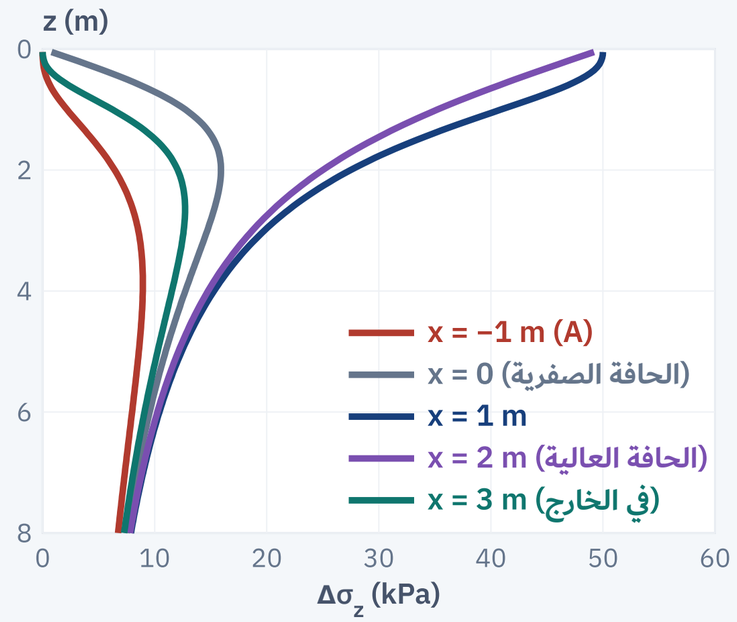
$$\frac{\Delta\sigma_z}{q} = \frac{1}{2\pi}\left[(0)(0.9273) - (-0.9600)\right] = 0.1528 \;\Rightarrow\; \Delta\sigma_z = \mathbf{15.28}\ \text{kPa}$$

تحت الحافة ذات الحمل الأكبر وعند العمق z = 1.5 m يبلغ الإجهاد **29.52 kPa** (30% من q)؛ وتحت الحافة ذات الحمل الصفري يوجد إجهاد قدره **15.28 kPa** رغم أن الحمل صفر هناك: فالإجهاد لا يوجد تحت الحمل فحسب، بل حوله أيضاً.

الحل (2/2)

الحل

z (m)	x = −1 m (A)	x = 0 (صفر)	x = 1 m	x = 2 m (مرتفع)	x = 3 m (في الخارج)
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



تحت الحافة العليا يبدأ الإجهاد عند السطح قريبا من **q/2 = 50 kPa** (42.2 kPa عند z = 0.5 m) ويتناقص مع العمق؛ و**تحت الحافة الصفرية** يزداد أولا ثم يبلغ ذروته 15.9 kPa عند z ≈ 2 m. وخارج الشريط (x = −1 m) تكون القيمة أكبر ما يمكن عند z ≈ 4 m تقريبا (8.9 kPa عند z = 4 m).

تحقق من الحل في GeoTerva ↗

المسألة

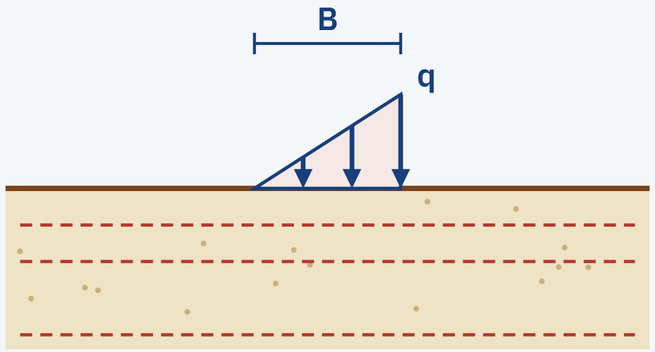
مثال

المعطيات

حمل شريطي	$B = 2$ m ,$q = 100$ kN/m² :$2x/B = x$ (m), $2z/B = z$ (m)
المستقيمات	**خطوط مستقيمة أفقية عند عمق** $z = 0.5,\ 1,\ 2,\ 4$ m؛ $x = -2$ ... 4 m
الحساب اليدوي	**عند** $z = 2$ m، $x = 2B/3 = 1.333$ m **(مركز ثقل الحمل)**

المطلوب

تغير $\Delta\sigma_z$ على امتداد x عند كل عمق، و **موضع الذروة وقيمتها**؛ وكيف تنزاح الذروة مع العمق.



الحل (1/3)

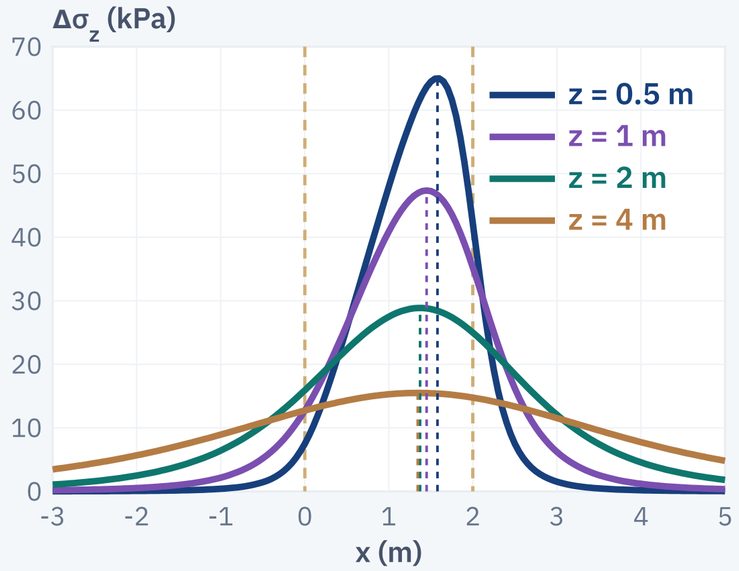
الحل

x = 4 m	x = 3 m	x = 2 m	x = 2 m	x = 1 m	x = 0.5 m	x = 0 m	x = -1 m	x = -2 m	z (m)
0.19	1.52	42.20	64.48	47.97	25.74	7.49	0.41	0.08	0.5
1.19	6.22	35.24	47.26	40.92	26.20	12.73	2.17	0.53	1
4.57	12.06	25.00	28.70	27.49	22.35	15.92	6.43	2.49	2
7.75	11.54	14.76	15.45	15.29	14.31	12.73	8.94	5.67	4

قرب السطح ($z = 0.5$ m) يتبع الإجهاد الحمل ويكون أكبر قرب الحافة ذات الحمل الأكبر (نحو 65 kPa)؛ ومع زيادة العمق **ينتشر** المنحنى و**تنخفض** القمة (15.5 kPa عند $z = 4$ m). وعلى يسار الشريط ($x < 0$) تكون القيم صغيرة لكنها ليست صفراً.

الحل (2/3)

الحل



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

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

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

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

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

عند z = 2 m تكون قمة المنحنى 28.87 kPa؛ والقيمة تحت مركز ثقل الحمل (28.85 kPa) قريبة جداً منها.

الحل (3/3)

الحل

z (m)	2z/B	x (m) :القيمة	2x/B :القيمة	$\Delta\sigma_z$ (kPa) :الذروة	$\Delta\sigma_z/q$:القيمة
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

تبدأ القمة قريباً من السطح داخل الحافة ذات الحمل الأكبر قليلاً ($2x/B \approx 1.58$) وتقترب مع زيادة العمق من **مركز ثقل الحمل** ($2x/B = 1.333$): 1.336 عند $z = 8$ m. و**تتناقص** القيمة العظمى مع العمق: من 65.0 kPa إلى 7.9 kPa.

تحقق من الحل في GeoTerva ↗

المسألة

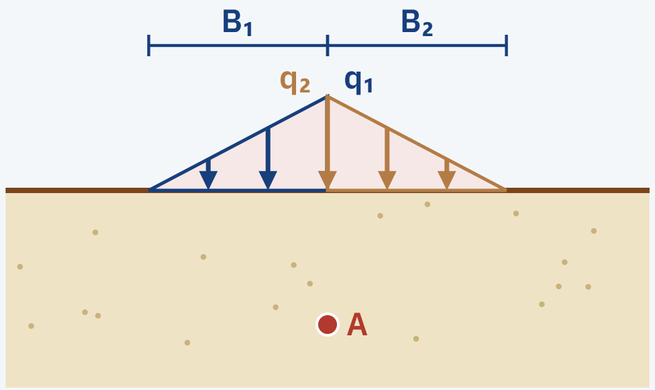
مثال

المعطيات

الشريحة 1	$q_1 = 100$ kN/m²، $B_1 = 2$ m، الحافة اليسرى $x_{L1} = 0$، الصفر على اليسار (0 ... 2 m)
الشريط 2	$q_2 = 100$ kN/m²، $B_2 = 2$ m، الحافة اليسرى $x_{L2} = 2$ m، الصفر على اليمين (2 ... 4 m)؛ يلتقي الشريطان عند $x = 2$
النقاط	$z = 1.5$ m عند $x = 2$ m (أسفل القمة) و$x = 0$ (الحافة الصفرية اليسرى)؛ $x = 0$ ... 5 m

المطلوب

مجموع $\Delta\sigma_z$ يدوياً عند نقطتين؛ وبيان أن إجهاد الحمل المتماثل **متماثل**.



الحل (1/2)

الحل

1 أسفل القمة (x = 2 m): كل من الشريطين عند حافته العالية

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

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

2 أسفل الحافة الصفرية اليسرى (x = 0)

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

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

تحت الذروة يبلغ الإجهاد **59.03 kPa**، وتحت الحافة اليسرى ذات القيمة الصفرية **18.13 kPa**. وتعطي الوحدة القيم نفسها لكلا الشريطين.

الحل (2/2)

الحل

x (m)	الشريط 1 (kPa)	الشريط 2 (kPa)	المجموع (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**

المجموع **متناظر** حول محور الجسر الترابي (x = 2 m): 18.13 kPa عند x = 0 و x = 4 m، و 43.50 kPa عند x = 1 و x = 3 m. وقيم الشريطين صورة مرآة لبعضهما: قيمة الشريط 1 عند x تساوي قيمة الشريط 2 عند 4 − x.

تحقق من الحل في GeoTerva ↗

المسألة

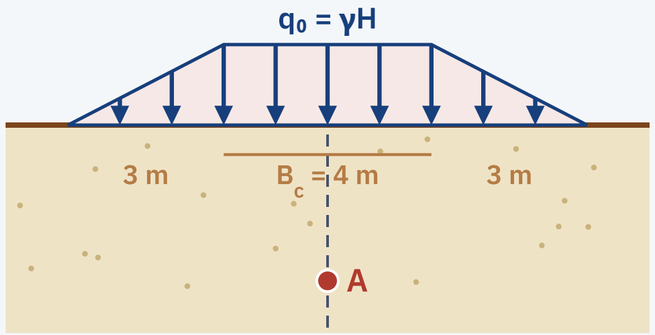
مثال

المعطيات

الردم	**عرض القمة** $B_c = 4$ m $(x = -2 \ldots 2)$**، منحدران جانبيان بعرض أفقي** 3 m + 3 m**؛** $q_0 = \gamma H = 100$ kN/m²
التجوية	**شريط منتظم** $B = 4$ m **(حل الشريط الرأسي) +** **شريطان مثلثان** $B = 3$ m **(صفر عند الحافة الخارجية)**
النقطة A	**أسفل المحور** $x = 0$**،** $z = 3$ m

المطلوب

حصة الأجزاء الثلاثة و**$\Delta\sigma_z$ الكلي**؛ ومنحنى التغير مع العمق، والمقارنة مع حساب الحمل نفسه بوصفه شريطاً منتظماً عريضاً واحداً.



الحل (1/3)

الحل

1 المقطع المنتظم (القمة): 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 المنحدر الأيسر: الحافة الصفرية x = −5 m، B = 3 m؛ وبالنسبة إلى A يكون x = 0 − (−5) = 5 m

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

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

لما كان المنحدر الأيمن صورة مرآة، فإنه يعطي القيمة نفسها عند النقطة A: $x = x_L + B - x_A = 2 + 3 - 0 = 5$ m.

المجموع: 66.82 + 2(8.78) = **84.37 kPa**؛ وتعطي حلول الوحدة للشريط المنتظم والمثلثي القيمة نفسها.

الحل

الحل (2/3)

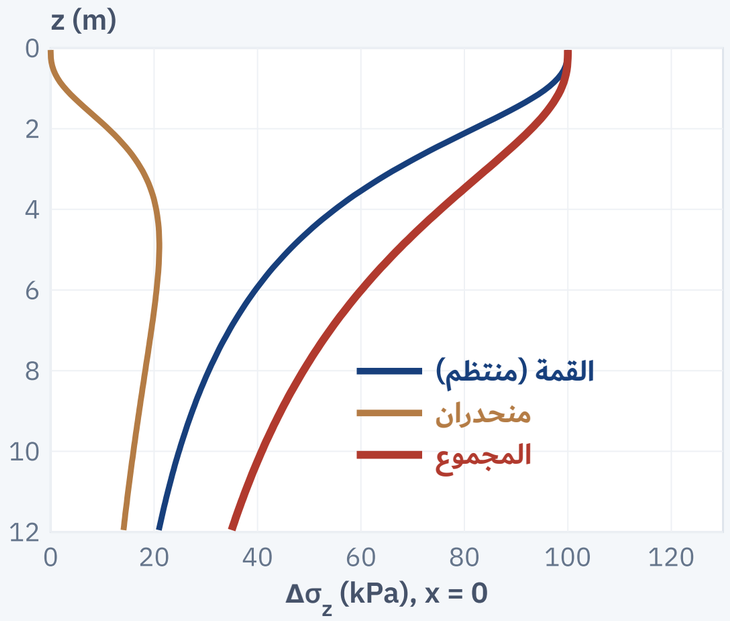
x (m)	القمة (kPa)	المنحدر الأيسر	المنحدر الأيمن	الإجمالي
0	66.82	8.78	8.78	**84.37**
1	60.71	4.57	16.15	**81.43**
2	44.80	2.44	25.00	**72.24**
5	7.72	0.51	15.92	**24.15**
8	1.51	0.16	2.49	**4.16**

عند العمق z = 3 m يبلغ الإجهاد تحت الردم **84.37 kPa** على المحور، و**24.15 kPa** عند قدم الميل (x = 5 m)، و**4.16 kPa** على بعد 3 m خارج القدم (x = 8 m). وفي النقاط الواقعة إلى اليمين (x > 0) يسود الميل الأيمن، وفي النقاط الواقعة إلى اليسار يسود الميل الأيسر؛ ويعد المجموع المحور (x = 0) محور **تناظر**.

الحل (3/3)

الحل

z (m)	القمة (منتظم)	منحدران	مجموع الردم	شريط منفرد (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



عند السطح يقترب الإجهاد من $q_0 = 100$ kPa؛ وبازدياد العمق تتناقص مساهمة القمة بينما تزداد **مساهمة الميول** (وتبلغ أقصاها عند $z = 4 - 6$ m، 20.5 kPa). ولو كان الحمل نفسه شريطا منتظما عريضا واحدا ($B =$ 10 m) لبلغ الإجهاد 75.5 kPa عند $z = 6$ m: إذ تحمل الميول المثلثية نصف الحمل.

تحقق من الحل في GeoTerva ↗

النقاط الرئيسية

الصيغة الزاوية: $\Delta\sigma_z = (q/2\pi)[(2x/B)\,\alpha - \sin 2\delta]$؛ $\alpha = \tan^{-1}(x/z) - \tan^{-1}[(x - B)/z]$، $\delta = \tan^{-1}[(x - B)/z]$؛ ويقاس x من الحافة الصفرية، وتكون δ سالبة إذا كانت الحافة الأعلى في جهة +x؛ والنتيجة صالحة لكل قيمة x

مثال (A: x = −1، z = 1.5 m؛ q = 100 kPa، B = 2 m): $\alpha = 29.74°$ (0.5191 rad)، $\delta = -63.43° \rightarrow \Delta\sigma_z/q =$ **0.0447**؛ والقيمة **$\Delta\sigma_z$ = 4.47 kPa** نفسها في الشريط المرآتي

الحافتان (z = 1.5 m): تحت الحافة العالية 29.52 kPa، وتحت الحافة الصفرية 15.28 kPa. وتنخفض **القمة** مع العمق وتنزاح نحو مركز ثقل الحمل (= x = 2B/3)

التراكب: يعطي شريطان متناظران بالمرآة مثلثا متماثلا (59.03 kPa تحت القمة)؛ ويشكل الشريط المنتظم مع مثلثين الردم (84.37 kPa تحت المحور عند z = 3 m)

المراجع

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

ملاحظة

جميع الأمثلة العددية أنتجت بمحرك الحساب الخاص بالوحدة؛ وتعطي الوحدة القيم نفسها. تفتح الوحدة بالقيم $q = 100\ \text{kN/m}^2$ و $B = 2\ \text{m}$ والنقطة A ($x = -1\ \text{m}$، $z = 1.5\ \text{m}$)؛ والشريط ذو الحافة الصفرية على اليمين هو صورة مرآة لهذا الشريط.

حسابات الجيوتكنيك عبر الإنترنت

من النظرية إلى التطبيق

أدخل الأشرطة المثلثية الخاصة بك (B ،q، الحافة اليسرى، الاتجاه) والنقطة A في GeoTerva؛ وتعطي الوحدة الإجهاد ومنحنيات تساوي الإجهاد ومخطط العمق والحل خطوة بخطوة والتقرير معاً.

افتح الوحدة ←

صفحة النظرية ←



افتح على الهاتف

لا تتطلب الوحدات التجريبية تسجيلاً.

إذا رغبت في استخدامها في محاضراتك: info@geoterva.com