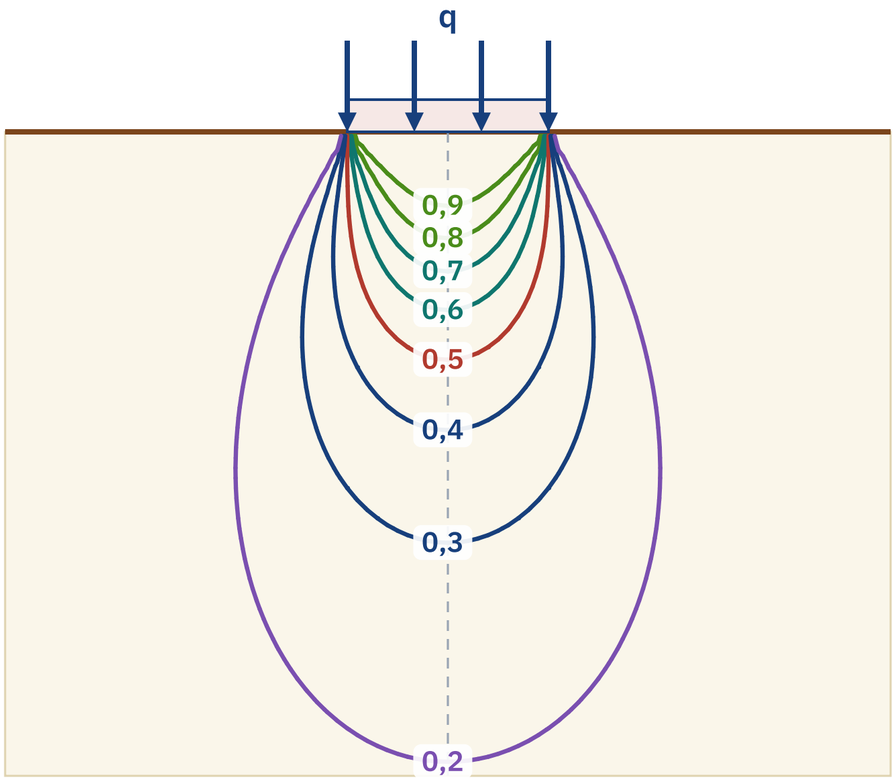
Geoteknik ders sunumu · Zemin kütlesinde gerilmeler

Düşey şerit yük altındaki gerilme

Ders anlatımı: esnek, sonsuz uzun düşey şerit yük; bir nokta elle, derinlik ve yatay profiller, süperpozisyon.

- Çizgisel yükün integrali
- Açı biçimi
- Gerilme soğanı
- Süperpozisyon
- Elle çözülebilir



Giriş

Bu derste neler öğreneceğiz?

Şerit yükün altındaki düşey gerilme artışını: B genişliğinde, sonsuz uzunlukta, düzgün q basıncı taşıyan esnek bant; **çizgisel yükün genişlik boyunca integrali**

Kapalı **arktanjant** biçimini ve **açı biçimini**; x < B/2 olduğunda birinci arktanjanta eklenen **π düzeltmesini**

Gerilmenin yalnız **x/B** ve **z/B**'ye bağlı olduğunu, q'yu hiçbir zaman aşmadığını; **gerilme soğanını** ve etki katsayısı tablosunu

Bir noktayı **uçtan uca elle**; derinlik ve yatay profilleri tablolarla; birden çok şeridi **süperpozisyonla**

DERS AKIŞI

Her konu **üç adımda** işlenir:

1 · **Kuram**: formül ve gerekçesi

2 · **Soru**: verilenler ve istenen

3 · **Çözüm**: adım adım, sayılarla

Örnek: q = 100 kN/m², B = 4 m; A noktası eksen çizgisinden x = 1 m yanda, z = 1 m derinlikte.

Şerit yük: sonlu genişlik, sonsuz uzunluk

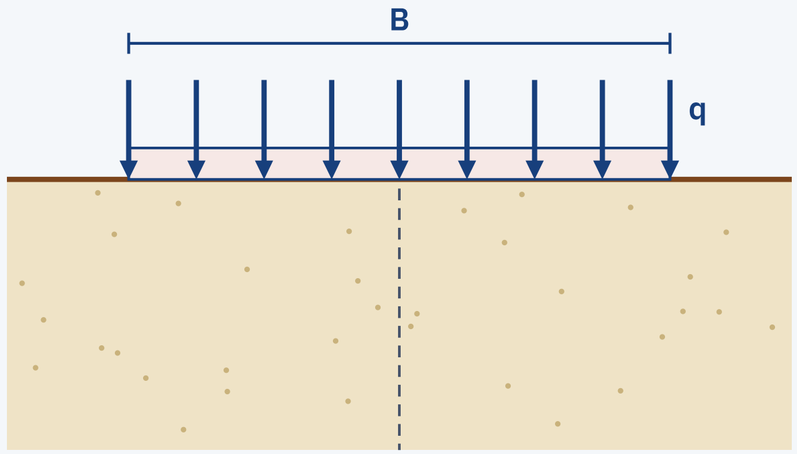
KURAM

Uzun bir temel, bir yol ya da dolgu üst yüzeyi, bir duvar tabanı: pek çok yük bir doğrultuda uzun, diğerinde sonlu genişliktedir. **Şerit yük** bunları modeller

Esnek şerit: B genişliğinde, sonsuz uzunlukta, düzgün düşey q basıncı. Gerilme her kesitte aynıdır; problem **düzlem şekil değiştirmedir** (iki boyutlu)

Oturma ne olursa olsun basınç genişlik boyunca q kalır; rijit bir temel bu basıncı yeniden dağıtırdı

Zemin **homojen, izotrop, doğrusal elastik** yarı sonsuz ortamdır. $\Delta\sigma_z$ yalnız yükün artışıdır; örtü yükü ayrıca eklenir



Kesit: şerit y doğrultusunda sonsuz uzanır; her kesitte aynı gerilme (düzlem şekil değiştirme)

Çizgisel yükten şeride

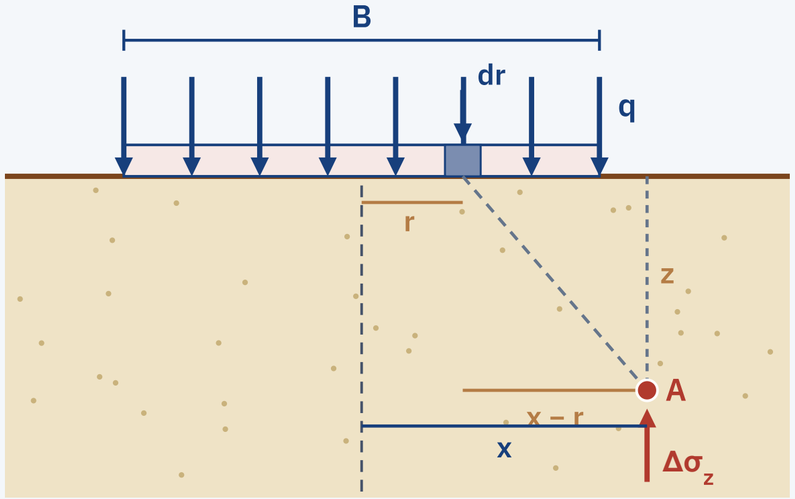
KURAM

dr genişliğindeki elemanter şerit birim uzunlukta **q dr** yük taşır ve bir **çizgisel yük** gibi etkir; A noktasına yatay uzaklığı x − r'dir

$$d\sigma_z = \frac{2\,(q\,dr)\,z^3}{\pi\,[(x-r)^2+z^2]^2}$$

Şeridin tamamı, r = −B/2 … +B/2 arasındaki bu çizgisel yüklerin toplamıdır

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



İntegralin kapalı biçimi

KURAM

u = x − r alınır; 1/(u² + z²)² için **ilkel fonksiyon** (q/π)[tan^{-1}(u/z) + z u/(u² + z²)]'dir. İntegral u = x − B/2 ile u = x + B/2 sınırlarında hesaplanınca **arktanjant biçimi** bulunur

$$\Delta\sigma_z = \frac{q}{\pi}\left\{\tan^{-1}\frac{z}{x-B/2} - \tan^{-1}\frac{z}{x+B/2} - \frac{B\,z\,[\,x^2 - z^2 - B^2/4\,]}{[\,x^2 + z^2 - B^2/4\,]^2 + B^2 z^2}\right\}$$

Arktanjantlar **radyan** cinsindendir; $\Delta\sigma_z$ +x ve −x konumlarında aynıdır (şerit eksen çizgisine göre simetrik)

Denklem yazıldığı gibi x ≥ B/2 için geçerlidir. 0 ≤ x < B/2 için birinci arktanjant negatif olur ve **π + tan^{-1}[z/(x − B/2)]** ile değiştirilir; tam x = B/2'de π/2'dir

Sayısal doğrulama (q = 100, B = 4, x = 1, z = 1): çizgisel yük çözümünün şerit genişliği boyunca sayısal integrali **90,2232 kPa**, kapalı biçim **90,2232 kPa**

Gerilme yalnızca açılara bağlıdır

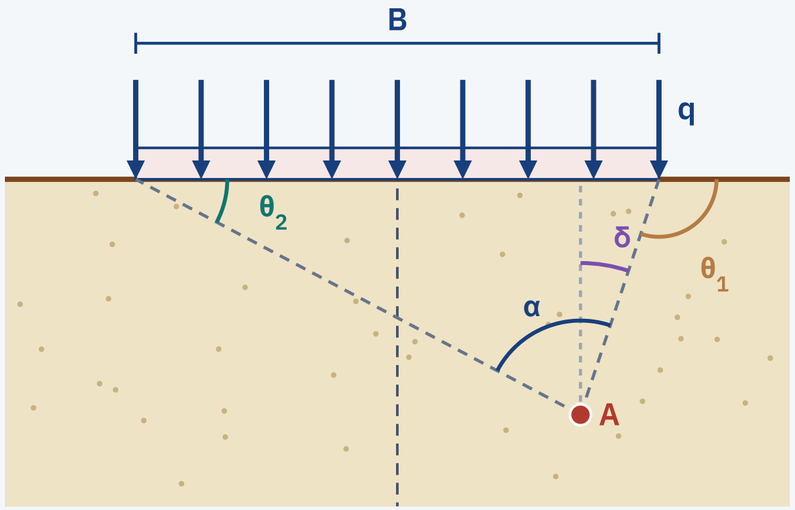
KURAM

Aynı sonuç şekildeki açılarla yazılır. θ yüzeyden ölçülür; α = θ_1 − θ_2 şeridin A'dan görüldüğü açıdır. **δ**, düşey ile A'dan +B/2 kenarına çizilen doğru arasındaki açıdır: δ = 90° − θ_1 (şeridin altında negatif)

$$\Delta\sigma_z = \frac{q}{\pi}\left[\alpha + \sin\alpha\,\cos(\alpha + 2\delta)\right]$$

$$F(u) = \tan^{-1}\frac{u}{z} + \frac{zu}{u^2+z^2} = \varphi + \tfrac{1}{2}\sin 2\varphi \quad (u = z\tan\varphi)$$

Gerilme yalnız **x/B ve z/B**'ye bağlıdır ve **q'yu aşmaz**: yüzeyde şeridin altında α = π ve $\Delta\sigma_z$ = q; şeridin yanında α = 0



Eksen altı ve kenar altı

KURAM

Eksen altında (x = 0; b = B/2) denklem tek terimli olur; **kenar altında** (x = b) birinci arktanjant π/2'dir ve yüzeyde $\Delta\sigma_z$ = q/2'dir

$$\left.\frac{\Delta\sigma_z}{q}\right|_{x=0} = \frac{2}{\pi}\left[\tan^{-1}\frac{b}{z} + \frac{bz}{b^2+z^2}\right]$$

$$\left.\frac{\Delta\sigma_z}{q}\right|_{x=b} = \frac{1}{\pi}\left[\frac{\pi}{2} - \tan^{-1}\frac{z}{B} + \frac{Bz}{B^2+z^2}\right]$$

2z/B	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	6,0
Eksen altı (2x/B = 0)	0,959	0,818	0,550	0,396	0,306	0,208
Kenar altı (2x/B = 1)	0,497	0,480	0,409	0,334	0,275	0,198

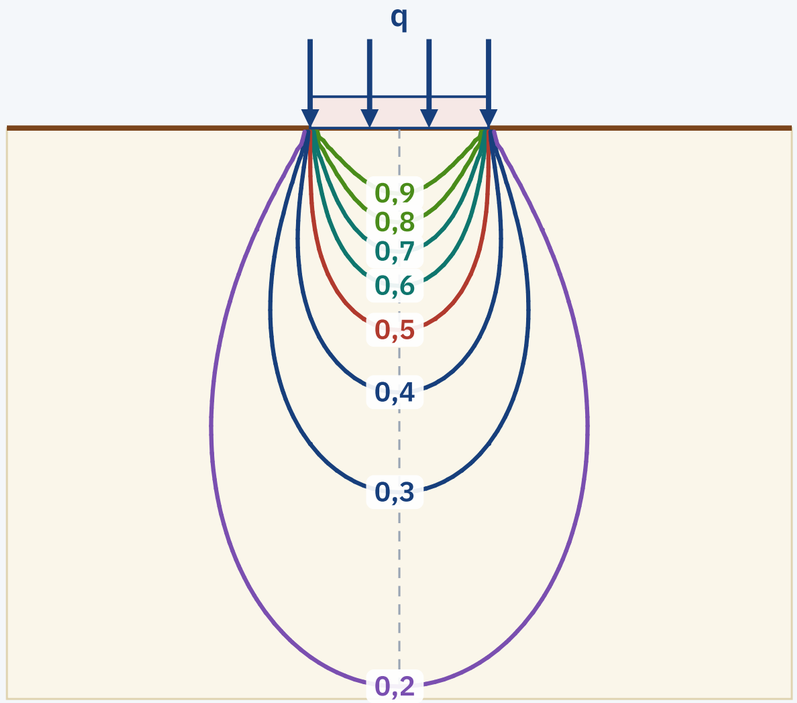
Eş değer eğrileri: $\Delta\sigma_z/q$

KURAM

Eksenin altında gerilme, yaklaşık **z = 1,1B** derinliğinde q'nun yarısına, **3,1B**'de beşte birine ve ancak **6,3B**'de onda birine düşer

0,6 – 0,9 değerli çizgiler yüzeye yakın bölgede şeridin altında sıklaşır: bilinen **basınç soğanı**

Uzaklıklar B'ye bölündüğünde çizgiler **her şerit için aynıdır**: x/B ve z/B ile çizilen tek diyagram, her q ve B için geçerlidir



$\Delta\sigma_z/q$ değerleri

KURAM

2z/B \ 2x/B	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
0,0	1,000	1,000	0,500	0,000	0,000	0,000	0,000
0,5	0,959	0,902	0,497	0,089	0,019	0,006	0,003
1,0	0,818	0,735	0,480	0,214	0,084	0,036	0,017
1,5	0,668	0,607	0,448	0,271	0,146	0,077	0,042
2,0	0,550	0,510	0,409	0,288	0,185	0,114	0,071
2,5	0,462	0,436	0,370	0,285	0,205	0,141	0,095
3,0	0,396	0,379	0,334	0,274	0,211	0,157	0,114
3,5	0,345	0,334	0,302	0,258	0,210	0,165	0,127
4,0	0,306	0,298	0,275	0,242	0,205	0,168	0,134
5,0	0,248	0,244	0,231	0,212	0,188	0,164	0,139
6,0	0,208	0,206	0,198	0,186	0,171	0,154	0,136

$\Delta\sigma_z = q \cdot$ (tablo değeri). Tablonun her değeri aynı denklemden gelir; z = 0 satırı yüzeydir (şeridin altında 1, kenarda 0,5, dışında 0).

Süperpozisyon

KURAM

Zemin **elastik** olduğundan her şeridin gerilmesi ayrı bulunur ve toplanır. Her şerit kendi q, B ve eksen çizgisiyle tanımlanır; modülde en çok sekiz şerit girilir

Şeritler **çakışamaz**: ikisi bir kenarda birleşebilir. Her şeridin gerilmesi, **kendi x değeriyle**, yani A noktasının o şeridin eksen çizgisine uzaklığıyla bulunur

$$\Delta\sigma_z = \sum_k \Delta\sigma_{z(k)} \qquad x_k = x_A - x_{c,k}$$

$\Delta\sigma_{z(k)}$ yukarıdaki denklemden (q_k, B_k, x_k, z) ile hesaplanır; simetriden dolayı yalnız $|x_k|$ gerekir

Soru

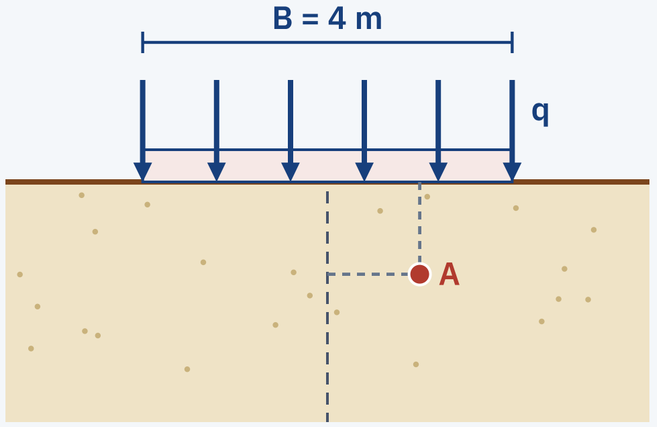
SORU

Verilenler

Şerit yük	**Esnek, düşey: $q = 100$ kN/m², $B = 4$ m ($b = B/2 = 2$ m); eksen çizgisi $x = 0$**
A noktası	**Eksen çizgisinden $x = 1$ m yanda, $z = 1$ m derinlikte (şeridin altında)**

İSTENEN

$\Delta\sigma_z$ ve **$\Delta\sigma_z/q$**: önce kapalı (arktanjant) biçimle, sonra **açı biçimiyle** doğrulama.



Çözüm (1/3)

ÇÖZÜM

1 Yarı genişlik ve A noktasının kenarlara uzaklığı

$$b = \frac{B}{2} = 2\ \text{m} \qquad x - b = 1 - 2 = -1\ \text{m} \qquad x + b = 1 + 2 = 3\ \text{m}$$

$$\frac{2x}{B} = 0{,}5 \qquad \frac{2z}{B} = 0{,}5$$

2 x < B/2 olduğundan birinci arktanjant negatiftir; π eklenir

$$\tan^{-1}\frac{z}{x-b} = \tan^{-1}\frac{1}{-1} = -0{,}7854 \;\Rightarrow\; A_1 = \pi + (-0{,}7854) = \mathbf{2{,}3562}$$

$$A_2 = \tan^{-1}\frac{z}{x+b} = \tan^{-1}\frac{1}{3} = \mathbf{0{,}3218}$$

A noktası şeridin **altındadır** (|x| = 1 m < B/2 = 2 m). Birinci arktanjantın π düzeltmesi bu yüzden gerekir; A_1 = 2,3562 ve A_2 = 0,3218 rad.

Çözüm (2/3)

ÇÖZÜM

3 Üçüncü (cebirsel) terim

$$T = \frac{B\,z\,(x^2 - z^2 - b^2)}{(x^2 + z^2 - b^2)^2 + B^2 z^2} = \frac{4(1)(1 - 1 - 4)}{(1 + 1 - 4)^2 + 16(1)} = \frac{-16}{20} = \mathbf{-0{,}8000}$$

4 Etki değeri ve gerilme

$$\frac{\Delta\sigma_z}{q} = \frac{1}{\pi}\left[A_1 - A_2 - T\right] = \frac{1}{\pi}\left[2{,}3562 - 0{,}3218 - (-0{,}8)\right] = \mathbf{0{,}9022}$$

$$\Delta\sigma_z = 0{,}9022\,(100) = \mathbf{90{,}22}\ \mathrm{kPa}$$

$\Delta\sigma_z$ = 90,22 kPa: A noktasında gerilme, yüzey basıncının yüzde **90,2**'i kadardır ($\Delta\sigma_z/q$ = 0,9022). Gerilme q = 100 kPa'yı aşmaz.

Çözüm (3/3)

ÇÖZÜM

5 Açılar: θ yüzeyden, δ düşeyden

$$\theta_1 = 135{,}00^\circ \quad (x - b < 0) \qquad \theta_2 = \tan^{-1}\frac{z}{x+b} = 18{,}43^\circ$$

$$\alpha = \theta_1 - \theta_2 = 116{,}57^\circ = 2{,}0344 \text{ rad}$$

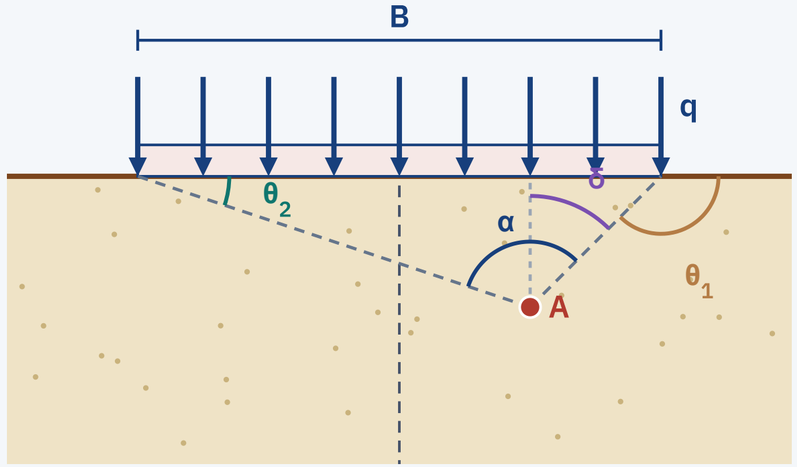
$$\delta = 90^\circ - \theta_1 = -\mathbf{45}^\circ$$

6 Açı biçimi

$$\Delta\sigma_z = \frac{q}{\pi}\left[\alpha + \sin\alpha\cos(\alpha + 2\delta)\right]$$

$$= \frac{100}{\pi}\left[2{,}0344 + (0{,}8944)\cos(26{,}57^\circ)\right]$$

$$= \frac{100}{\pi}(2{,}8344) = \mathbf{90{,}22}\ \text{kPa}$$



İki biçim **aynı sonucu** verir: $\Delta\sigma_z$ = 90,22 kPa. Modül aynı değeri verir; açı biçimi gerilmenin yalnız açılara, yani x/B ve z/B'ye bağlı olduğunu gösterir.

Çözümü GeoTerva'da kontrol edin ↗

Soru

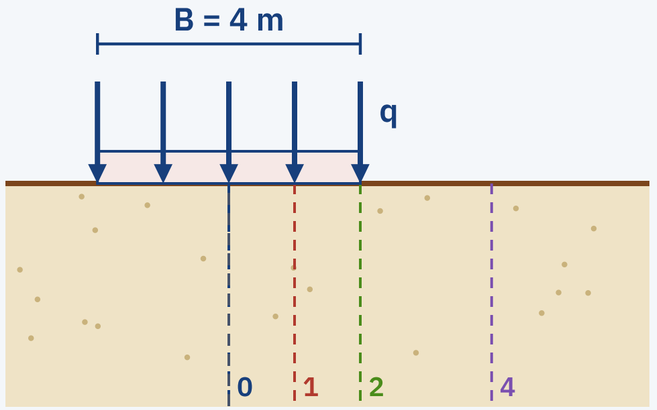
SORU

Verilenler

Şerit yük	$q = 100$ **kN/m²,** $B = 4$ **m, eksen çizgisi** $x = 0$ **(Örnek 1'deki şerit)**
Doğrular	$x = 0$ **(eksen),** $x = 1$ **m (A'nın doğrusu),** $x = 2$ **m (kenar),** $x = 4$ **m (kenarın 2 m dışı)**
Derinlik	$z = 0{,}5$ **...** 12 **m**

İSTENEN

Her doğru boyunca $\Delta\sigma_z$'nin derinlikle değişimi; eksen altında gerilmenin **q/2, q/5, q/10** olduğu derinlikler.

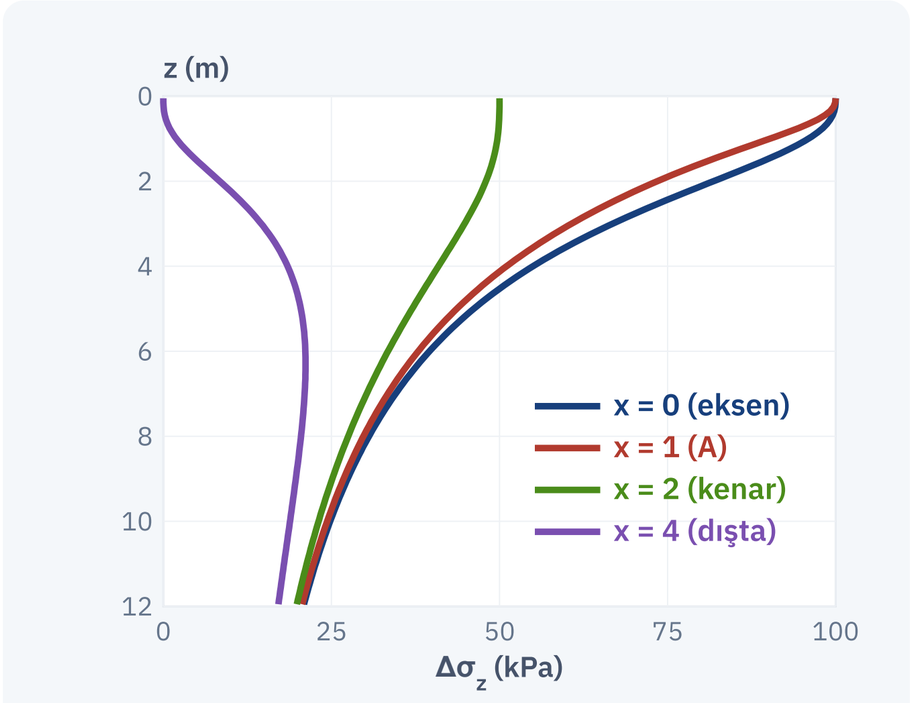


Çözüm (1/2)

ÇÖZÜM

z (m)	2z/B	x = 0 (eksen)	x = 1 m (A)	x = 2 m (kenar)	x = 4 m (dışta)
0,5	0,250	99,38	97,88	49,96	0,30
1,0	0,500	95,95	**90,22**	49,69	1,93
1,5	0,750	89,59	81,38	49,04	4,90
2,0	1,000	81,83	73,47	47,97	8,39
3,0	1,500	66,82	60,71	44,80	14,57
4,0	2,000	54,98	51,05	40,92	18,48
5,0	2,500	46,18	43,65	37,00	20,45
6,0	3,000	39,58	37,91	33,41	21,12
8,0	4,000	30,58	29,76	27,49	20,47
10,0	5,000	24,81	24,36	23,09	18,84
12,0	6,000	20,84	20,57	19,79	17,07

Eksen altında gerilme yüzeyden derine doğru yavaşça azalır (z = 12 m'de 20,8 kPa); **kenar altında** yüzeyde q/2'ye çok yakındır (50,0 kPa), sonra azalır; **dışarıdaki** doğruda gerilme önce artar, z ≈ 6 m'de en büyük olur (21,1 kPa) ve sonra azalır.



Çözüm (2/2)

ÇÖZÜM

1 Eksen altında denklem tek terimli olur (x = 0, b = B/2 = 2 m)

$$\frac{\Delta\sigma_z}{q} = \frac{2}{\pi}\left[\tan^{-1}\frac{b}{z} + \frac{bz}{b^2+z^2}\right] \qquad z = 1{,}132B = 4{,}53\ \text{m} \Rightarrow \frac{2}{\pi}[0{,}4159 + 0{,}3695] = \mathbf{0{,}500}$$

2 Üç derinlikte denklemin değerleri

Etki değeri	z/B	z (m)	$\tan^{-1}(b/z)$	$bz/(b^2+z^2)$	$\Delta\sigma_z/q$	$\Delta\sigma_z$ (kPa)
q/2	1,132	4,53	0,4159	0,3695	**0,500**	50,00
q/5	3,130	12,52	0,1584	0,1558	**0,200**	20,00
q/10	6,340	25,36	0,0787	0,0784	**0,100**	10,00

Eksenin altında gerilme **z = 1,13B = 4,5 m**'de q/2'ye, **3,13B = 12,5 m**'de q/5'e, **6,34B = 25,4 m**'de q/10'a düşer: şerit genişliğinin birkaç katı derinliğe kadar zemin hâlâ yük altındadır.

Çözümü GeoTerva'da kontrol edin ↗

Soru

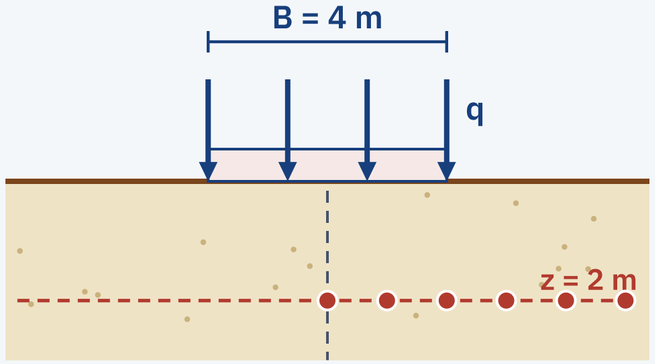
SORU

Verilenler

Şerit yük	$q = 100$ **kN/m²,** $B = 4$ **m,** $x = 0$ **(**$b = 2$ **m)**
Doğru	$z = 2$ **m derinlikte yatay doğru; noktalar** $x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8$ **m**
El hesabı	**kenarın altı** $x = b = 2$ **m ve şeridin dışı** $x = 3$ **m**

İSTENEN

Kenarın altında (x = B/2) ve **şeridin dışında** (x = 3 m) $\Delta\sigma_z$'yi elle; z = 2 m'de tüm yatay profil; x = −3 m ile x = +3 m karşılaştırması.



Çözüm (1/3)

ÇÖZÜM

1 x = b = 2 m, z = 2 m: birinci arktanjant tam π/2'dir

$$A_1 = \tan^{-1}\frac{z}{x-b} = \tan^{-1}\frac{2}{0} = \frac{\pi}{2} = 1{,}5708 \qquad A_2 = \tan^{-1}\frac{2}{4} = 0{,}4636$$

$$T = \frac{4(2)(4-4-4)}{(4+4-4)^2+16(4)} = \frac{-32}{80} = -0{,}4$$

2 Etki değeri ve gerilme

$$\frac{\Delta\sigma_z}{q} = \frac{1}{\pi}\left[1{,}5708 - 0{,}4636 - (-0{,}4)\right] = \mathbf{0{,}4797}$$

$$\Delta\sigma_z = 0{,}4797\,(100) = \mathbf{47{,}97}\ \mathrm{kPa}$$

Kenarın altında gerilme, yüzeyde q/2 olan değerden z = 2 m derinlikte **47,97 kPa**'ya (q'nun %48,0'sine) iner. Tam kenarda birinci arktanjant π/2 değerindedir; π düzeltmesi gerekmez.

Çözüm (2/3)

ÇÖZÜM

3 x = 3 m > b: iki arktanjant da doğrudan alınır (x − b = 1, x + b = 5)

$$A_1 = \tan^{-1}\frac{2}{1} = 1{,}1071 \qquad A_2 = \tan^{-1}\frac{2}{5} = 0{,}3805$$

$$T = \frac{4(2)(9-4-4)}{(9+4-4)^2+16(4)} = \frac{8}{145} = 0{,}0552$$

4 Etki değeri ve gerilme

$$\frac{\Delta\sigma_z}{q} = \frac{1}{\pi}\left[1{,}1071 - 0{,}3805 - 0{,}0552\right] = \mathbf{0{,}2137}$$

$$\Delta\sigma_z = 0{,}2137\,(100) = \mathbf{21{,}37}\ \mathrm{kPa}$$

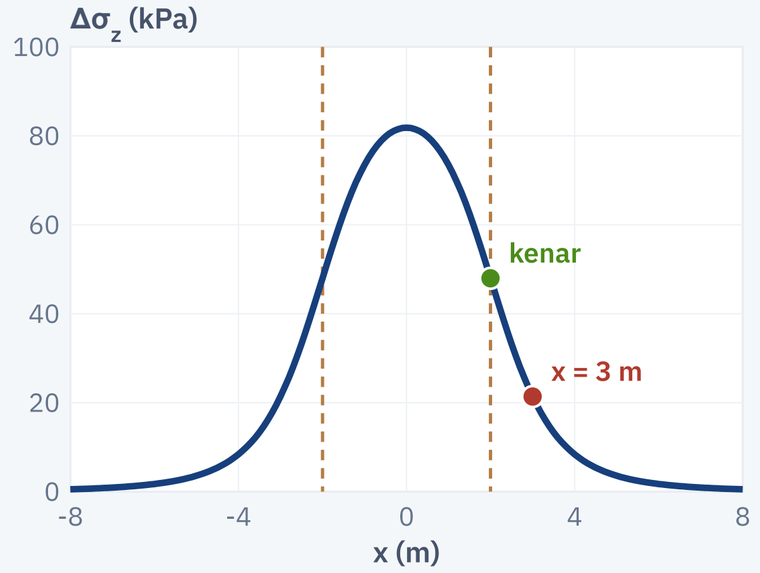
Şeridin **1 m dışında** (x = 3 m) gerilme 21,37 kPa'dır; yük bu noktada yoktur ama zemin gerilme taşır. Simetriden x = −3 m için de **21,37 kPa** bulunur (modül de aynı değeri verir).

Çözüm (3/3)

ÇÖZÜM

x (m)	2x/B	$\Delta\sigma_z$ (kPa)	$\Delta\sigma_z/q$	Konum
0	0,00	81,83	0,8183	eksen
1	0,50	73,47	0,7347	şeridin altında
2	1,00	47,97	0,4797	kenar
3	1,50	21,37	0,2137	dışta
4	2,00	8,39	0,0839	dışta
5	2,50	3,58	0,0358	dışta
6	3,00	1,72	0,0172	dışta
8	4,00	0,53	0,0053	dışta

Gerilme eksende en büyüktür (81,8 kPa), kenarda 48,0 kPa'a (q'nun yaklaşık yarısına) düşer ve şeridin dışında hızla söner: x = 8 m'de 0,53 kPa. Profil x = 0 eksenine göre **simetriktir**.



Çözümü GeoTerva'da kontrol edin ↗

Soru

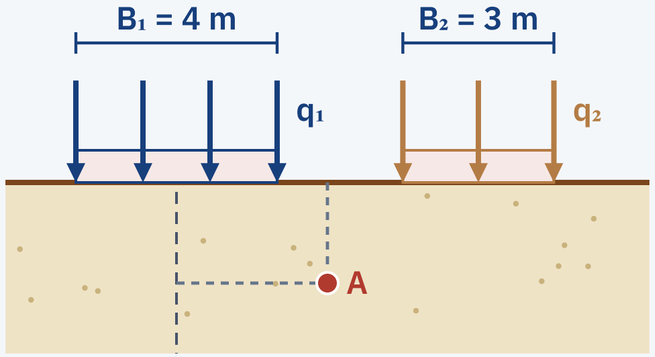
SORU

Verilenler

1. şerit	$q_1 = 100$ **kN/m²,** $B_1 = 4$ **m, eksen çizgisi** $x_{c1} = 0$ **(–2 … 2 m)**
2. şerit	$q_2 = 60$ **kN/m²,** $B_2 = 3$ **m, eksen çizgisi** $x_{c2} = 6$ **m (4,5 … 7,5 m)**
A noktası	$x = 3$ **m,** $z = 2$ **m (iki şeridin arasında)**

İSTENEN

Her şeridin A'daki gerilmesi ve **toplam** $\Delta\sigma_z$; A'nın altında gerilmenin derinlikle değişimi.



Çözüm (1/2)

ÇÖZÜM

1 1. şerit: $x_1 = 3 - 0 = 3$ m, $b = 2$ m ($x > b$)

$$A_1 = \tan^{-1}\frac{2}{1} = 1{,}1071 \quad A_2 = \tan^{-1}\frac{2}{5} = 0{,}3805 \quad T = \frac{4(2)(1)}{9^2+64} = 0{,}0552$$

$$\Delta\sigma_{z(1)} = \frac{100}{\pi}\left[A_1 - A_2 - T\right] = 0{,}2137\,(100) = \mathbf{21{,}37}\ \text{kPa}$$

2 2. şerit: $x_2 = 3 - 6 = -3$ m ($|x_2| = 3$ m), $b = 1{,}5$ m

$$A_1 = \tan^{-1}\frac{2}{1{,}5} = 0{,}9273 \quad A_2 = \tan^{-1}\frac{2}{4{,}5} = 0{,}4182 \quad T = \frac{3(2)(2{,}75)}{(10{,}75)^2+36} = 0{,}1089$$

$$\Delta\sigma_{z(2)} = \frac{60}{\pi}\left[A_1 - A_2 - T\right] = 0{,}1274\,(60) = \mathbf{7{,}64}\ \text{kPa}$$

3 Süperpozisyon

$$\Delta\sigma_z = \Delta\sigma_{z(1)} + \Delta\sigma_{z(2)} = 21{,}37 + 7{,}64 = \mathbf{29{,}02}\ \text{kPa}$$

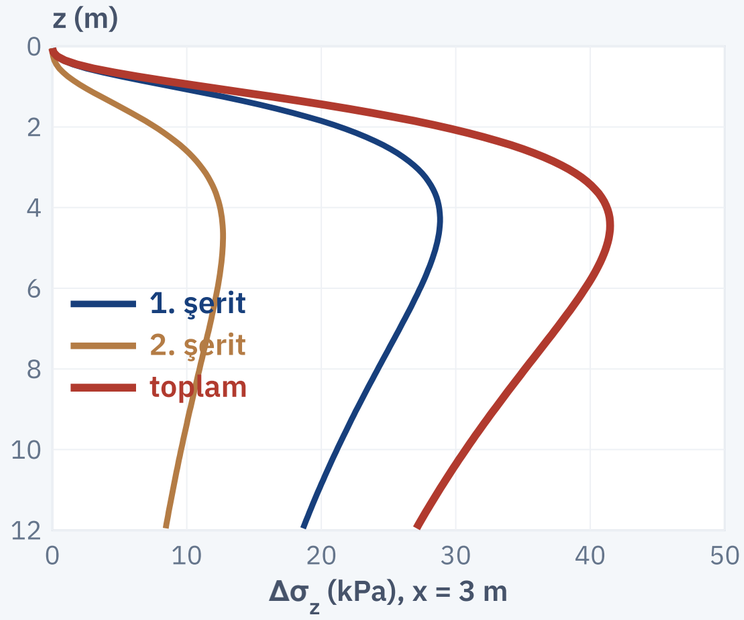
Toplam **$\Delta\sigma_z$ = 29,02 kPa**; modül aynı değeri verir. 2. şeridin payı toplamın %26'idir.

Çözüm (2/2)

ÇÖZÜM

z (m)	1. şerit (kPa)	2. şerit (kPa)	Toplam (kPa)	2. şeridin payı
1	8,92	2,28	**11,21**	20 %
2	21,37	7,64	**29,02**	26 %
3	27,05	11,09	**38,14**	29 %
4	28,76	12,47	**41,24**	30 %
6	27,35	12,28	**39,63**	31 %
8	24,21	10,95	**35,16**	31 %
12	18,59	8,41	**26,99**	31 %

A'nın altında toplam gerilme z ≈ 4,5 m'de en büyüktür (41,5 kPa) ve sonra azalır. Yüzeye yakın katmanda 1. şerit baskındır; derinde iki şeridin payı birbirine yaklaşır (z = 12 m'de 2. şeridin payı %31).



Çözümü GeoTerva'da kontrol edin ↗

Soru

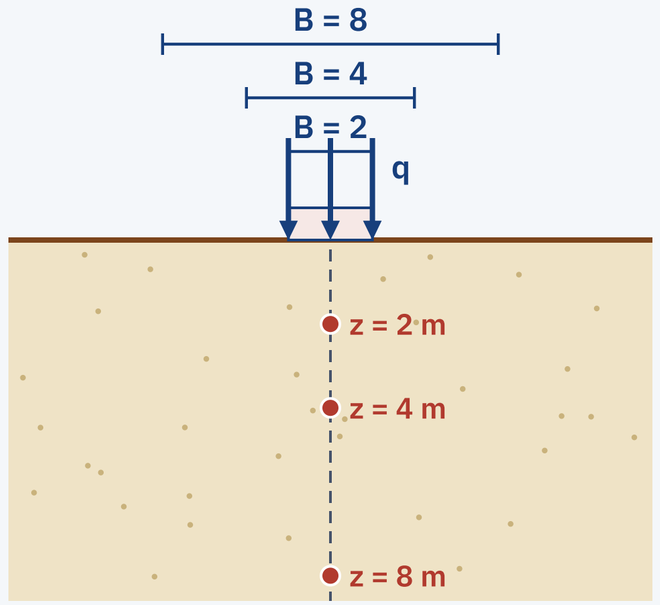
SORU

Verilenler

Genişlik etkisi	**aynı** $q = 100$ **kN/m²;** $B = 2,\ 4,\ 8$ **m; eksen altında** $z = 2,\ 4,\ 8$ **m**
Dar şerit	**yük şiddeti** $P = qB = 100$ **kN/m sabit;** $B = 2,\ 1,\ 0{,}5,\ 0{,}1$ **m; nokta** $x = 2$ **m,** $z = 2$ **m**
Karşılaştırma	**çizgisel yük:** $\Delta\sigma_z = 2Pz^3/[\pi(x^2+z^2)^2]$

İSTENEN

z/B aynı olduğunda gerilmenin aynı olduğunu göstermek; şerit daraldıkça sonucun **çizgisel yük** değerine yaklaşmasını görmek.



Çözüm (1/2)

ÇÖZÜM

1 Eksen altında, B = 2 m, z = 2 m (z/B = 1; b = 1 m)

$$\frac{\Delta\sigma_z}{q} = \frac{2}{\pi}\left[\tan^{-1}\frac{1}{2} + \frac{1(2)}{1+4}\right] = \frac{2}{\pi}\left[0{,}4636 + 0{,}4\right] = 0{,}5498 \;\Rightarrow\; \Delta\sigma_z = \mathbf{54{,}98}\ \text{kPa}$$

2 Üç genişlik, üç derinlik (eksen altı, kPa)

B (m)	z = 2 m	z = 4 m	z = 8 m
2	54,98 (z/B = 1,00)	30,58 (z/B = 2,00)	15,75 (z/B = 4,00)
4	81,83 (z/B = 0,50)	54,98 (z/B = 1,00)	30,58 (z/B = 2,00)
8	95,95 (z/B = 0,25)	81,83 (z/B = 0,50)	54,98 (z/B = 1,00)

Gerilme **yalnız z/B'ye** bağlıdır: B = 2 m, z = 2 m; B = 4 m, z = 4 m ve B = 8 m, z = 8 m hep **54,98 kPa** verir. Aynı q ile **geniş şerit daha derine** etki eder: z = 8 m'de B = 2 m için 15,8 kPa, B = 8 m için 55,0 kPa.

Çözüm (2/2)

ÇÖZÜM

3 Çizgisel yük çözümü (P = 100 kN/m; x = 2 m, z = 2 m)

$$\Delta\sigma_z = \frac{2Pz^3}{\pi(x^2+z^2)^2} = \frac{2(100)(2)^3}{\pi(4+4)^2} = \frac{1\,600}{201{,}06} = \mathbf{7{,}958}\ \text{kPa}$$

4 Aynı P = qB ile giderek daralan şeritler (kapalı biçim, aynı nokta)

B (m)	q = P/B (kPa)	$\Delta\sigma_z$ (şerit, kPa)	Çizgisel yükten fark
2,0	50	9,242	%16,1
1,0	100	8,287	%4,1
0,5	200	8,041	%1,0
0,1	1 000	7,961	%0,0
→ **0**	→ ∞	**7,958** (çizgisel yük)	0

B küçüldükçe şerit çözümü **9,24 kPa**'dan çizgisel yük değeri **7,96 kPa**'ya yaklaşır; B = 0,1 m için fark yalnız %0,04. Çizgisel yük, şerit yükün B → 0 sınırıdır.

Çözümü GeoTerva'da kontrol edin ↗

Özet

Akılda kalacak noktalar

Kapalı biçim: $\Delta\sigma_z = (q/\pi)\{\tan^{-1}[z/(x - B/2)] - \tan^{-1}[z/(x + B/2)] - Bz[x^2 - z^2 - B^2/4] / ([x^2 + z^2 - B^2/4]^2 + B^2z^2)\}$; $x < B/2$ için birinci arktanjanta π eklenir

Açı biçimi: $\Delta\sigma_z = (q/\pi)[\alpha + \sin\alpha \cos(\alpha + 2\delta)]$; $\alpha = \theta_1 - \theta_2$, $\delta = 90° - \theta_1$. Gerilme yalnız **x/B ve z/B**'ye bağlıdır, q'yu aşmaz; yüzeyde şerit altında q, kenarda q/2, dışında 0

Örnek ($q = 100$ kN/m², $B = 4$ m; A: $x = 1$, $z = 1$ m): A_1 2,3562, A_2 0,3218, T -0,8 → $\Delta\sigma_z/q$ = **0,9022**; **$\Delta\sigma_z$ = 90,22 kPa**; açı biçimi aynı

Gerilme soğanı: eksen altında q/2, q/5, q/10 derinlikleri 1,13B, 3,13B, 6,34B. **Süperpozisyon**: her şerit kendi x değeriyle; iki şerit örneğinde 21,37 + 7,64 = **29,02 kPa**

Sınırlar: aynı z/B aynı gerilmeyi verir; $B \to 0$ ve $P = qB$ sabit iken şerit, çizgisel yük çözümüne yaklaşır

Kaynaklar

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

NOT

Sayısal örneklerin tümü modülün kendi hesap motoruyla üretilmiştir; modül aynı değerleri verir. Modül, q = 100 kN/m², B = 4 m ve A (x = 1 m, z = 1 m) ile açılır.

GeoTerva

Çevrim içi geoteknik hesaplar

Teoriden uygulamaya

Kendi şeritlerinizi (q, B, eksen çizgisi) ve A noktasını GeoTerva'da girin; modül gerilmeyi, eş gerilme eğrilerini, derinlik profilini, adım adım çözümü ve raporu birlikte verir.

Modülü açın →

Teori sayfası →

Telefonla açın
Örnek modüller kayıt gerektirmez.