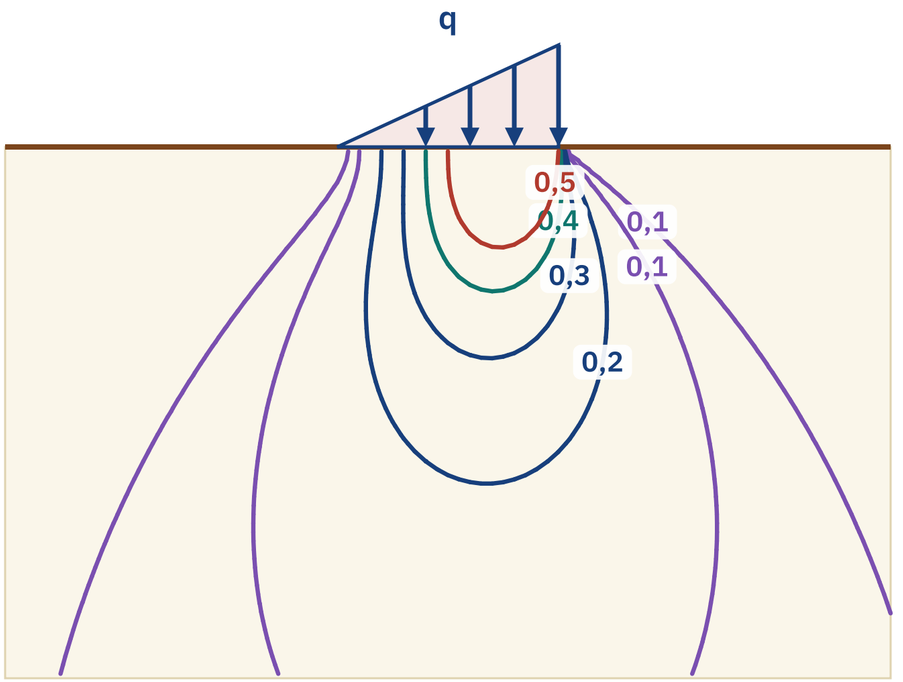
Geoteknik ders sunumu · Zemin kütlesinde gerilmeler

Üçgen şerit yük altındaki gerilme

Ders anlatımı: bir kenarda sıfırdan q'ya artan üçgen şerit yük; bir nokta elle, profiller, simetrik üçgen ve dolgu.

- Çizgisel yükün integrali
- Açı biçimi
- Tepenin kayması
- Dolgu = düzgün + üçgenler
- Elle çözülebilir



Giriş

Bu derste neler öğreneceğiz?

Bir kenarda sıfırdan diğer kenarda q'ya **doğrusal artan** şerit yükün (dolgu şevi, duvara dayalı yığın, dolgu ayağı) altındaki düşey gerilme artışını: (q/B) r dr şiddetindeki çizgisel yükün integrali

Açı biçimini: $\Delta\sigma_z = (q/2\pi)[(2x/B)\alpha - \sin 2\delta]$; α ve δ'nın tanımını ve δ'nın **işaretini**

Yüzeyde gerilmenin yükü izlediğini, derinde yayılıp **tepenin** şeridin içine doğru kaydığını; sıfır kenarın sağda olduğu **ayna** durumunu

Bir noktayı **uçtan uca elle**; iki şeritle **simetrik üçgen**; düzgün şerit + iki üçgenle **dolgu** yükü

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 = 2 m, yük x = 0'da sıfır, x = B'de q; A noktası x = −1 m, z = 1,5 m.

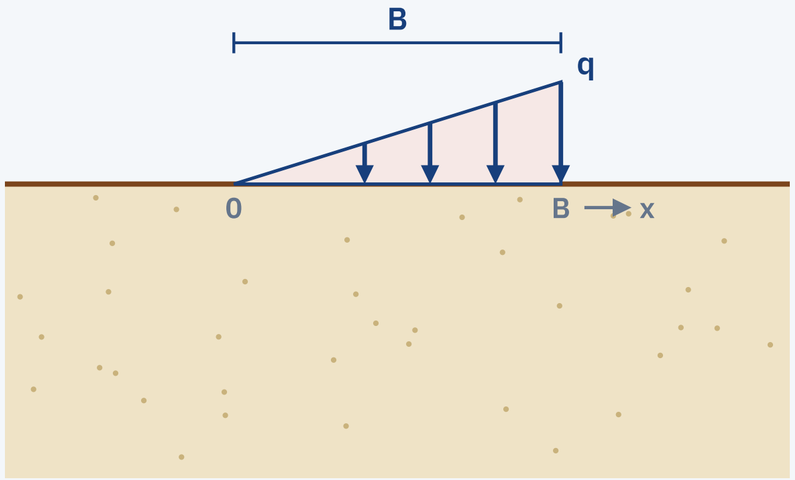
Üçgen şerit: bir kenarda sıfırdan q'ya

KURAM

Bir dolgunun şevi, duvara dayalı bir yığın, dolgunun ayağı: şiddeti bir kenarda sıfırdan diğer kenarda **q** değerine kadar artan şerit yük. Düzgün şerit yükle birlikte **dolgu yükünü** oluşturur

Esnek şerit, B genişliğinde, sonsuz uzunlukta; yük 0 ≤ x ≤ B aralığında **q·x/B**, diğer yerlerde sıfırdır (düzlem şekil değiştirme)

Zemin homojen, izotrop, doğrusal elastik yarı sonsuz ortamdır; $\Delta\sigma_z$ yalnız yükün oluşturduğu artıştır



Kesit: yük x = 0'da sıfır, x = B'de q; her kesitte aynı gerilme

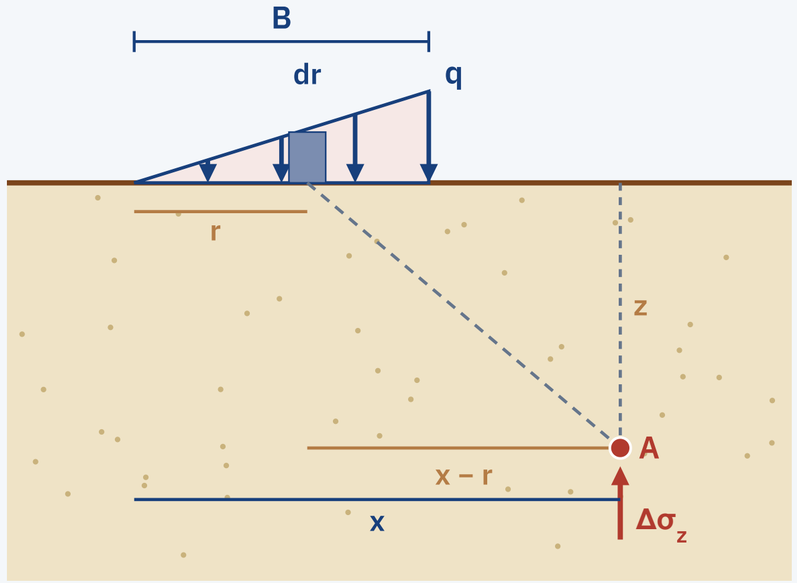
Şiddeti (q/B) r dr olan çizgisel yük

KURAM

r konumundaki elemanter şerit birim uzunlukta **(q/B) r dr** yük taşır. A noktasından yatay x – r uzaklığında bir **çizgisel yük** olarak ele alınıp genişlik boyunca toplanır

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

İntegral **elementerdir**; şekildeki açılarla yazıldığında sonuç bir sonraki slayttadır. Sayısal doğrulama (q = 100, B = 2, x = −1, z = 1,5): integralin Simpson değeri **4,4699 kPa**, kapalı biçim **4,4699 kPa**



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

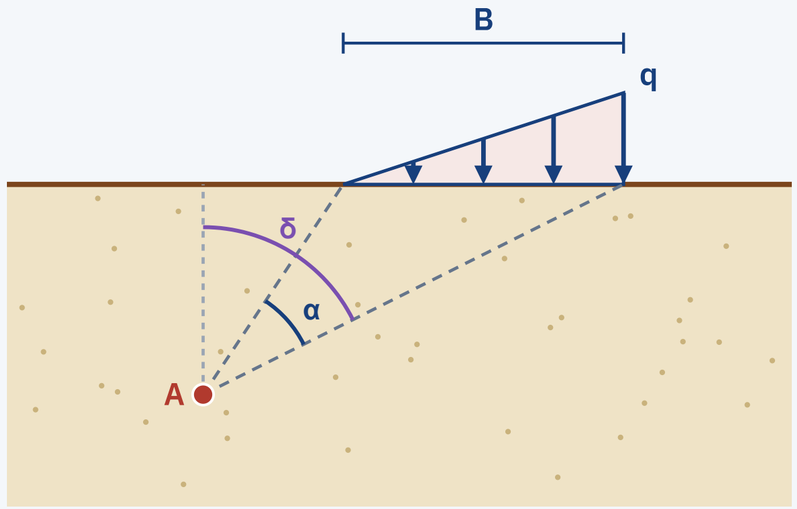
KURAM

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

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

α radyan cinsindendir. **δ**, A'dan geçen düşeyden **yüksek kenara** çizilen doğruya olan açıdır. İşareti önemlidir: yüksek kenar A'nın +x tarafında kalıyorsa δ negatiftir

Arktanjantlarla işaret kendiliğinden belirlenir; sonuç **her x için** geçerlidir: şeridin yanında, altında ya da ötesinde. x, **sıfır kenardan** yüksek kenara doğru ölçülür



A (x = −1, z = 1,5): α ve δ (δ negatif)

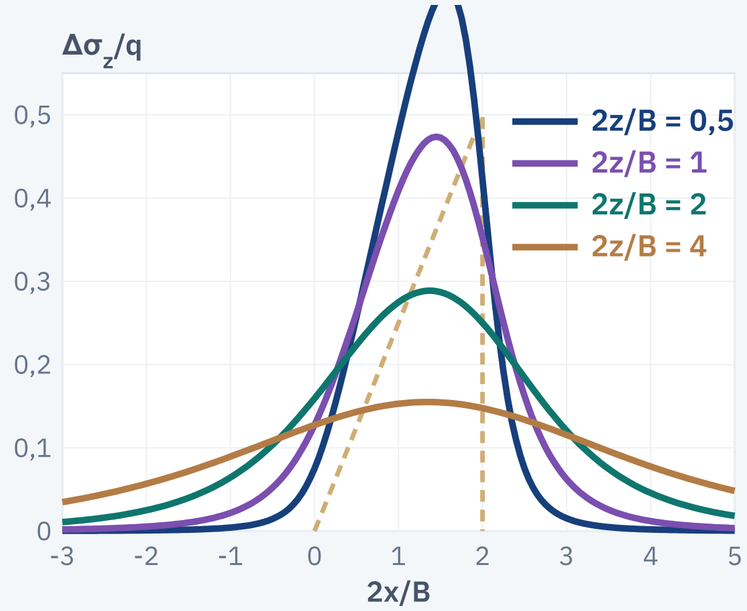
Yüzeyde yükü izler, derinde yayılır

KURAM

Yüzeye yakın bölgede gerilme **yükün kendisini** izler; derinlere inildikçe gerilme **yayılır** ve en büyük değeri **şeridin içine doğru kayar**

Tepe, 2z/B = 0,5 için 2x/B = 1,58'da (0,65 q); 2z/B = 4 için 2x/B = 1,34'te (0,15 q): çok derinde yükün **ağırlık merkezinin** (x = 2B/3, yani 2x/B = 1,33) altında kalır

Sıfır kenarın dışında (x < 0) gerilme küçüktür ama sıfır değildir; yük yoktur, zemin gerilme taşır



Δσz/q — 2x/B (yük sarı kesikli üçgen)

$\Delta\sigma_z/q$ değerleri

KURAM

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

$\Delta\sigma_z = q \cdot$ (tablo değeri). 2x/B = −1, 2z/B = 1,5 hücresi 0,0447: modülün açılış örneği. Yük $0 \le 2x/B \le 2$ aralığındadır; yüksek kenar 2x/B = 2'dir.

Sıfır kenar sağdaysa; birden çok şerit

KURAM

Bir şerit **sağ kenarında** da sıfır olabilir: bu, örnekteki şeridin **ayna görüntüsüdür**; aynı denklem kullanılır ve x, **sıfır kenardan** yüksek kenara doğru ölçülür (sağ kenar sıfırsa $x = x_L + B - x_A$)

Zemin elastik olduğundan her şeridin gerilmesi ayrı bulunur ve toplanır. Şeritler çakışamaz (kenarda birleşebilir); modülde en çok sekiz şerit girilir, her birinin q, B, sol kenarı ve yönü vardır

İki üçgenin ayna yönleriyle yan yana konması **simetrik üçgen** yük verir; düzgün şerit + iki üçgen **dolgu** yükünü oluşturur

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

Soru

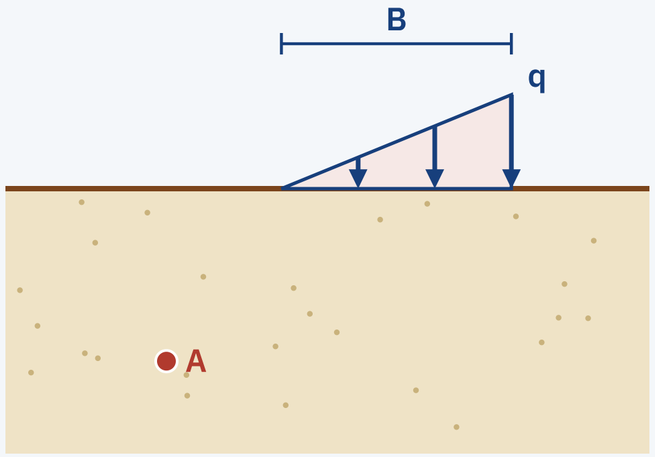
SORU

Verilenler

Şerit yük	**Esnek, düşey; $x = 0$'da sıfır, $x = B$'de q'ya doğrusal artar: $q = 100$ kN/m², $B = 2$ m**
A noktası	**$x = -1$ m (sıfır kenarın 1 m dışı), $z = 1{,}5$ m**

İSTENEN

α ve **δ** açıları, **$\Delta\sigma_z/q$** ve **$\Delta\sigma_z$**; sıfır kenarın sağda olduğu ayna şeridiyle karşılaştırma.



Çözüm (1/2)

ÇÖZÜM

1 Yüzeyden ölçülen açılar (A'dan yüksek kenara ve sıfır kenara)

$$\alpha_1 = \tan^{-1}\frac{1{,}5}{3} = 26{,}57^\circ \qquad \alpha_2 = \tan^{-1}\frac{1{,}5}{1} = 56{,}31^\circ$$

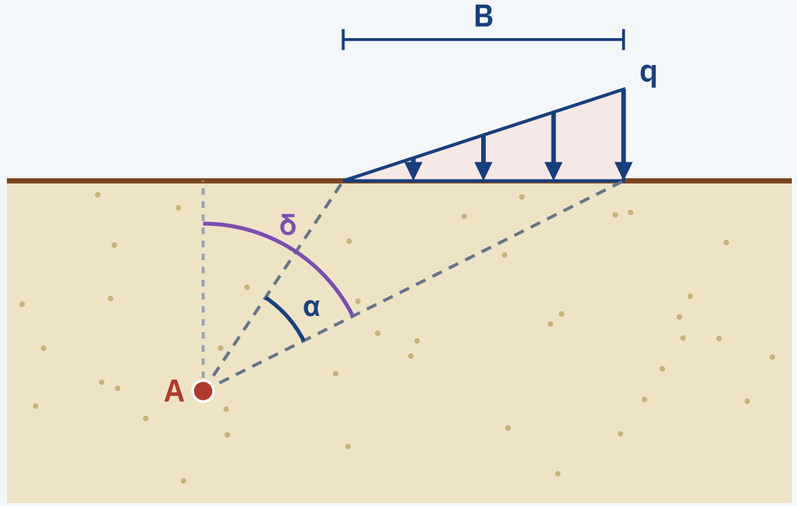
$$\alpha = \alpha_2 - \alpha_1 = 29{,}74^\circ \qquad \delta = -(90^\circ - \alpha_2 + \alpha) = \mathbf{-63{,}43}^\circ$$

2 Aynı açılar denklemden (x = −1 m, B = 2 m, z = 1,5 m)

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

$$= \tan^{-1}(-0{,}6667) - \tan^{-1}(-2) = 29{,}74^\circ = \mathbf{0{,}5191}\ \text{rad}$$

$$\delta = \tan^{-1}\frac{x-B}{z} = \tan^{-1}\frac{-3}{1{,}5} = \mathbf{-63{,}43}^\circ$$



İki yol **aynı** açıları verir: α = 29,74° (0,5191 rad), δ = -63,43°. δ **negatiftir**, çünkü yüksek kenar (x = B = 2 m) A'nın +x tarafındadır.

Çözüm (2/2)

ÇÖZÜM

3 Etki değeri ve gerilme

$$\frac{\Delta\sigma_z}{q} = \frac{1}{2\pi}\left[\frac{2x}{B}\,\alpha - \sin 2\delta\right] = \frac{1}{2\pi}\left[(-1)(0{,}5191) - \sin(-126{,}87^\circ)\right]$$

$$= \frac{1}{2\pi}\left[-0{,}5191 + 0{,}8000\right] = \mathbf{0{,}0447} \qquad \Delta\sigma_z = 0{,}0447\,(100) = \mathbf{4{,}47}\ \mathrm{kPa}$$

4 Ayna şerit: sıfır kenar sağda (sol kenar 0, B = 2 m), A noktası x = 3 m

$$x = x_L + B - x_A = 0 + 2 - 3 = -1\ \mathrm{m} \;\Rightarrow\; \text{aynı değer: } \Delta\sigma_z = \mathbf{4{,}47}\ \mathrm{kPa}$$

Sıfır kenarın **1 m dışında** yük yoktur, yine de gerilme **4,47 kPa**'dır (q'nun %4,5'i). Ayna şeritte A'nın karşılığı x = 3 m'dir; modül iki durumda aynı sonucu verir.

Çözümü GeoTerva'da kontrol edin ↗

Soru

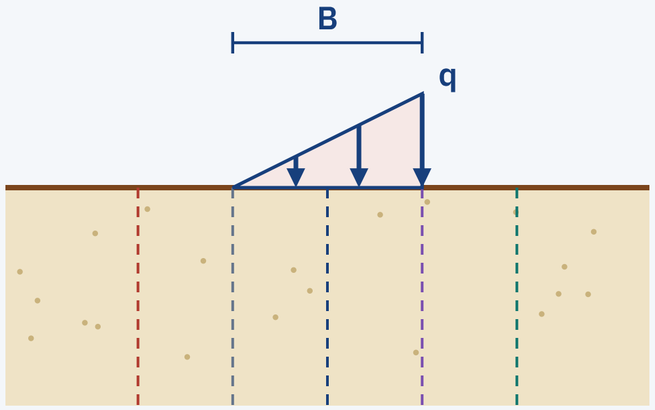
SORU

Verilenler

Şerit yük	**Örnek 1'deki şerit: $q = 100$ kN/m², $B = 2$ m ($x = 0$ sıfır, $x = 2$ yüksek kenar)**
El hesabı	**$z = 1{,}5$ m'de yüksek kenarın altı ($x = B$) ve sıfır kenarın altı ($x = 0$)**
Profil	**$x = -1,\ 0,\ 1,\ 2,\ 3$ m doğruları; $z = 0{,}5$ … 8 m**

İSTENEN

İki kenar noktasında **$\Delta\sigma_z$**'yi elle; beş doğru boyunca gerilmenin derinlikle değişimi.



Çözüm (1/2)

ÇÖZÜM

1 Yüksek kenarın altı (x = B = 2 m, z = 1,5 m): δ = 0

$$\alpha = \tan^{-1}\frac{2}{1{,}5} - \tan^{-1}(0) = \mathbf{0{,}9273} \qquad \delta = 0 \;\Rightarrow\; \sin 2\delta = 0$$

$$\frac{\Delta\sigma_z}{q} = \frac{1}{2\pi}\left[(2)(0{,}9273) - 0\right] = 0{,}2952 \;\Rightarrow\; \Delta\sigma_z = \mathbf{29{,}52}\ \mathrm{kPa}$$

2 Sıfır kenarın altı (x = 0, z = 1,5 m): 2x/B = 0

$$\alpha = \tan^{-1}(0) - \tan^{-1}\frac{-2}{1{,}5} = 0{,}9273 \qquad \delta = -0{,}9273 \;\Rightarrow\; \sin 2\delta = -0{,}9600$$

$$\frac{\Delta\sigma_z}{q} = \frac{1}{2\pi}\left[(0)(0{,}9273) - (-0{,}9600)\right] = 0{,}1528 \;\Rightarrow\; \Delta\sigma_z = \mathbf{15{,}28}\ \mathrm{kPa}$$

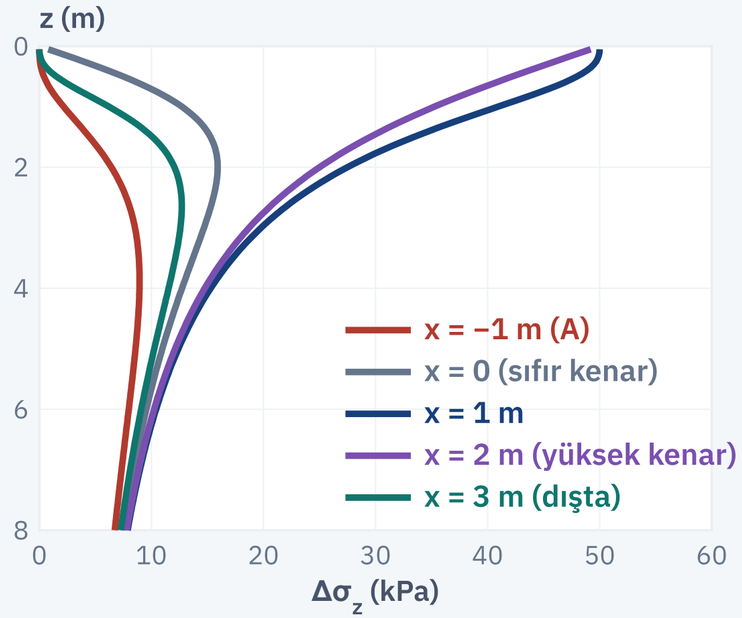
Yüksek kenarın altında z = 1,5 m derinlikte **29,52 kPa** (q'nun %30'u); sıfır kenarın altında yük sıfır olduğu halde **15,28 kPa** gerilme vardır: gerilme yalnız yükün altında değil, çevresinde de vardır.

Çözüm (2/2)

ÇÖZÜM

z (m)	x = −1 m (A)	x = 0 (sıfır)	x = 1 m	x = 2 m (yüksek)	x = 3 m (dışta)
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

Yüksek kenarın altında gerilme yüzeyde **q/2 = 50 kPa**'ya yakın başlar (z = 0,5 m'de 42,2 kPa) ve derinleştikçe azalır; **sıfır kenarın altında** önce artar, z ≈ 2 m'de 15,9 kPa ile tepe yapar. Şeridin dışında (x = −1 m) değer z ≈ 4 m civarında en büyüktür (z = 4 m'de 8,9 kPa).



Çözümü GeoTerva'da kontrol edin ↗

Soru

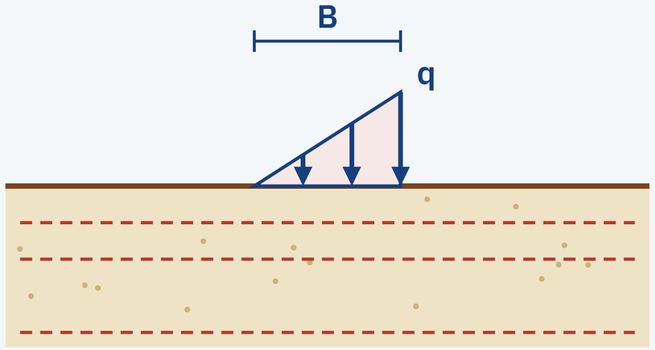
SORU

Verilenler

Şerit yük	$q = 100$ **kN/m², $B = 2$ m: $2x/B = x$ (m), $2z/B = z$ (m)**
Doğrular	$z = 0{,}5,\ 1,\ 2,\ 4$ **m derinlikte yatay doğrular; $x = -2$ … 4 m**
El hesabı	$z = 2$ **m'de $x = 2B/3 = 1{,}333$ m (yükün ağırlık merkezi)**

İSTENEN

Her derinlikte **$\Delta\sigma_z$**'nin x boyunca değişimi, **tepenin konumu ve değeri**; tepenin derinlikle nasıl kaydığı.



Çözüm (1/3)

ÇÖZÜM

z (m)	x = -2 m	x = -1 m	x = 0 m	x = 0,5 m	x = 1 m	x = 2 m	x = 2 m	x = 3 m	x = 4 m
0,5	0,08	0,41	7,49	25,74	47,97	64,48	42,20	1,52	0,19
1	0,53	2,17	12,73	26,20	40,92	47,26	35,24	6,22	1,19
2	2,49	6,43	15,92	22,35	27,49	28,70	25,00	12,06	4,57
4	5,67	8,94	12,73	14,31	15,29	15,45	14,76	11,54	7,75

Yüzeye yakın (z = 0,5 m) gerilme yükü izler ve yüksek kenara yakın büyüktür (65 kPa civarı); derinleştikçe eğri **yayılır**, tepe **azalır** (z = 4 m'de 15,5 kPa). Şeridin solunda (x < 0) değerler küçük ama sıfır değildir.

Çözüm (2/3)

ÇÖZÜM

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

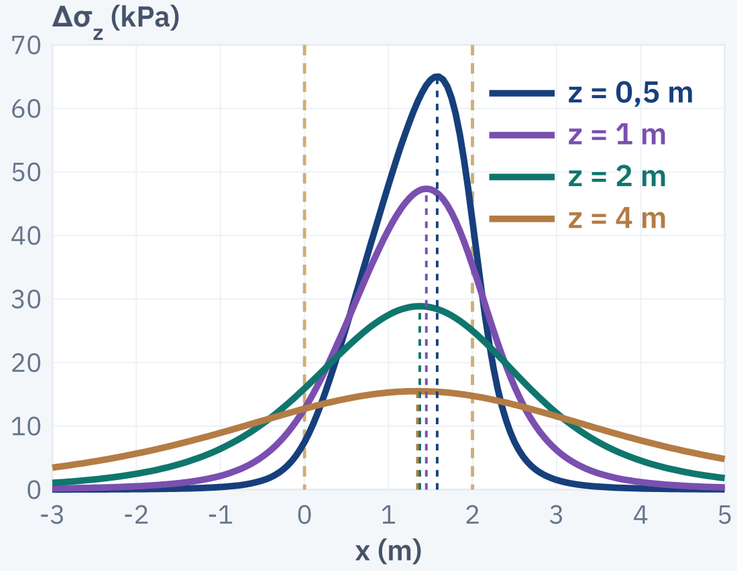
$$\alpha = \tan^{-1}\frac{1{,}333}{2} - \tan^{-1}\frac{-0{,}667}{2} = 0{,}9098$$

$$\delta = -0{,}3218 \;\Rightarrow\; \sin 2\delta = -0{,}6000$$

$$\frac{\Delta\sigma_z}{q} = \frac{1}{2\pi}\left[(1{,}333)(0{,}9098) - (-0{,}6000)\right] = 0{,}2885$$

$$\Delta\sigma_z = \mathbf{28{,}85}\ \text{kPa}$$

z = 2 m için eğrinin tepesi 28,87 kPa'dır; yükün ağırlık merkezinin altındaki değer (28,85 kPa) ona çok yakındır.



Çözüm (3/3)

ÇÖZÜM

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

Tepe, yüzeye yakın yüksek kenarın biraz içinde (2x/B ≈ 1,58) başlar ve derinleştikçe **yükün ağırlık merkezine** (2x/B = 1,333) yaklaşır: z = 8 m'de 1,336. Tepe değer derinlikle **azalır**: 65,0 kPa → 7,9 kPa.

Çözümü GeoTerva'da kontrol edin ↗

Soru

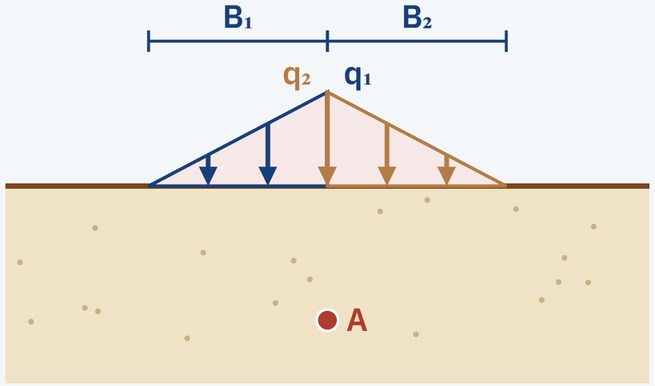
SORU

Verilenler

1. şerit	$q_1 = 100$ **kN/m², $B_1 = 2$ m, sol kenar $x_{L1} = 0$, sıfır solda (0 … 2 m)**
2. şerit	$q_2 = 100$ **kN/m², $B_2 = 2$ m, sol kenar $x_{L2} = 2$ m, sıfır sağda (2 … 4 m); iki şerit $x = 2$'de birleşir**
Noktalar	$z = 1{,}5$ **m'de $x = 2$ m (tepenin altı) ve $x = 0$ (sol sıfır kenar); $x = 0$ … 5 m**

İSTENEN

$\Delta\sigma_z$ toplamı iki noktada elle; simetrik yükün gerilmesinin **simetrik** olduğunu göstermek.



Çözüm (1/2)

ÇÖZÜM

1 Tepenin altı (x = 2 m): iki şerit de kendi yüksek kenarındadır

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

$$\Delta\sigma_{z(1)} = \Delta\sigma_{z(2)} = 29{,}52\ \mathrm{kPa}\ \ (\text{Örnek 2}) \ \Rightarrow\ \Delta\sigma_z = \mathbf{59{,}03}\ \mathrm{kPa}$$

2 Sol sıfır kenarın altı (x = 0)

$$x_1 = 0 - 0 = 0 \ \Rightarrow\ \Delta\sigma_{z(1)} = 15{,}28\ \mathrm{kPa}\ \ (\text{Örnek 2})$$

$$x_2 = 2 + 2 - 0 = 4\ \mathrm{m} \ \Rightarrow\ \Delta\sigma_{z(2)} = 2{,}85\ \mathrm{kPa}; \qquad \Delta\sigma_z = 15{,}28 + 2{,}85 = \mathbf{18{,}13}\ \mathrm{kPa}$$

Tepenin altında gerilme **59,03 kPa**, sol sıfır kenarın altında **18,13 kPa**. Modül iki şerit için aynı değerleri verir.

Çözüm (2/2)

ÇÖZÜM

x (m)	1. şerit (kPa)	2. şerit (kPa)	Toplam (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**

Toplam, tepenin eksenine (x = 2 m) göre **simetriktir**: x = 0 ve x = 4 m'de 18,13 kPa, x = 1 ve x = 3 m'de 43,50 kPa. İki şeridin değerleri birbirinin aynasıdır: 1. şeridin x'teki değeri, 2. şeridin 4 – x'teki değerine eşittir.

Çözümü GeoTerva'da kontrol edin ↗

Soru

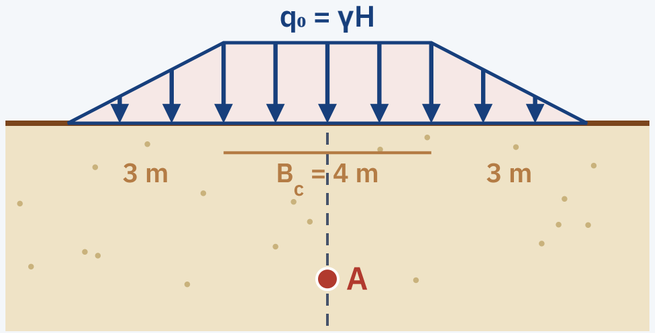
SORU

Verilenler

Dolgu	**Tepe genişliği $B_c = 4$ m ($x = -2 \ldots 2$), iki şev 3 m + 3 m yatay genişlikte; $q_0 = \gamma H = 100$ kN/m²**
Ayrışma	**düzgün şerit $B = 4$ m (düşey şerit çözümü) + iki üçgen şerit $B = 3$ m (zero dış kenarda)**
A noktası	**eksenin altında $x = 0$, $z = 3$ m**

İSTENEN

Üç parçanın payı ve **toplam $\Delta\sigma_z$**; derinlik profili ve aynı yükün tek geniş düzgün şerit olarak hesabıyla karşılaştırma.



Çözüm (1/3)

ÇÖZÜM

1 Düzgün (tepe) kısım: 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 Sol şev: sıfır kenar x = −5 m, B = 3 m; A için x = 0 − (−5) = 5 m

$$\alpha = \tan^{-1}\frac{5}{3} - \tan^{-1}\frac{5-3}{3} = 0{,}4424 \qquad \delta = 0{,}5880 \;\Rightarrow\; \sin 2\delta = 0{,}9231$$

$$\frac{\Delta\sigma_z}{q} = \frac{1}{2\pi}\left[(3{,}333)(0{,}4424) - (0{,}9231)\right] = 0{,}0878 \;\Rightarrow\; \Delta\sigma_{z,s} = \mathbf{8{,}78}\ \text{kPa}$$

Sağ şev ayna olduğundan A için aynı değeri verir: x = x_L + B − x_A = 2 + 3 − 0 = 5 m. Toplam: 66,82 + 2(8,78) = **84,37 kPa**; modülün düzgün şerit ve üçgen çözümleri aynı değeri verir.

Çözüm (2/3)

ÇÖZÜM

x (m)	Tepe (kPa)	Sol şev	Sağ şev	Toplam
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**

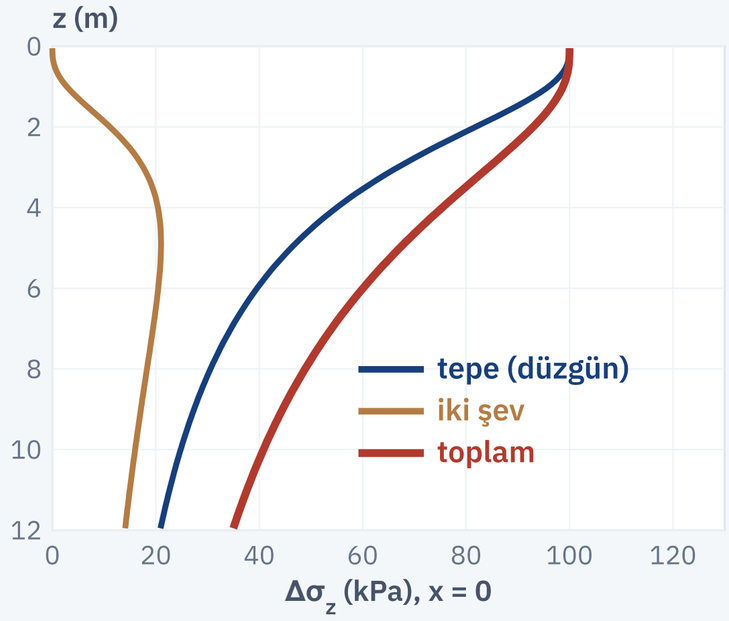
z = 3 m derinlikte dolgunun altındaki gerilme eksende **84,37 kPa**, şevin ayağında (x = 5 m) **24,15 kPa**, ayaktan 3 m dışında (x = 8 m) **4,16 kPa**. Sağdaki noktalarda (x > 0) sağ şev, soldakinde sol şev baskındır; toplam ekseni (x = 0) **simetri** ekseni sayar.

Çözüm (3/3)

ÇÖZÜM

z (m)	Tepe (düzgün)	İki şev	Dolgu toplamı	Tek şerit (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

Yüzeyde gerilme q_0 = 100 kPa'ya yakındır; derinleştikçe tepenin payı azalırken **şevlerin payı** artar (z = 4 – 6 m'de en büyük, 20,5 kPa). Aynı yük tek geniş düzgün şerit olsaydı (B = 10 m) z = 6 m'de 75,5 kPa bulunurdu: üçgen şevler yükün yarısını taşır.



Çözümü GeoTerva'da kontrol edin ↗

Özet

Akılda kalacak noktalar

Açı biçimi: $\Delta\sigma_z = (q/2\pi)[(2x/B)\,\alpha - \sin 2\delta]$; $\alpha = \tan^{-1}(x/z) - \tan^{-1}[(x - B)/z]$, $\delta = \tan^{-1}[(x - B)/z]$; x sıfır kenardan ölçülür, yüksek kenar +x tarafındaysa δ negatiftir; sonuç her x için geçerlidir

Örnek (q = 100 kPa, B = 2 m; A: x = −1, z = 1,5 m): α = 29,74° (0,5191 rad), δ = -63,43° → $\Delta\sigma_z/q$ = **0,0447**; **$\Delta\sigma_z$ = 4,47 kPa**; ayna şeritte aynı değer

Kenarlar (z = 1,5 m): yüksek kenarın altı 29,52 kPa, sıfır kenarın altı 15,28 kPa. **Tepe** derinleştikçe azalır ve yükün ağırlık merkezine (x = 2B/3) doğru kayar

Süperpozisyon: iki ayna şerit simetrik üçgen verir (tepenin altı 59,03 kPa); düzgün şerit + iki üçgen dolguyu oluşturur (eksen altında z = 3 m'de 84,37 kPa)

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 = 2 m ve A (x = −1 m, z = 1,5 m) ile açılır; sıfır kenarı sağda olan şerit bu şeridin ayna görüntüsüdür.

GeoTerva

Çevrim içi geoteknik hesaplar

Teoriden uygulamaya

Kendi üçgen şeritlerinizi (q, B, sol kenar, yön) 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.

Derslerinizde kullanmak isterseniz: info@geoterva.com