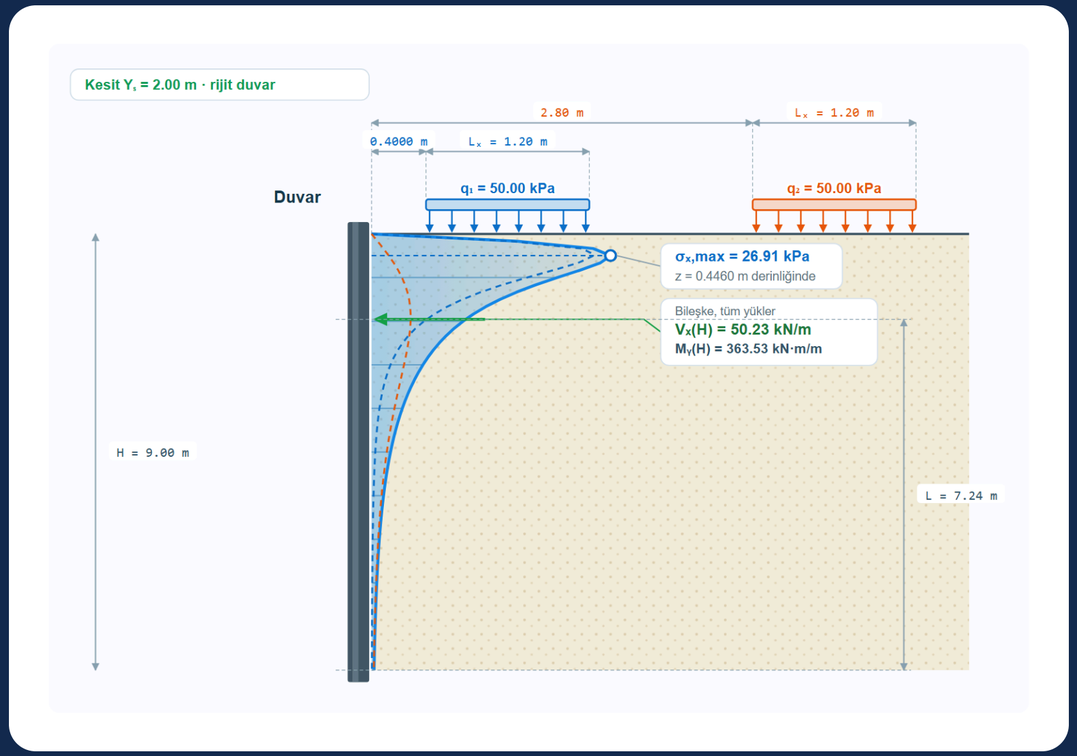
Geoteknik ders sunumu · Sürşarj yükleri

Alan sürşarj yükleri

Ders anlatımı: duvar yakınındaki dikdörtgen yüzey yükleri; açılış örneği en büyük basıncın derinliğinde elle çözülür, kalan konular tablolarla.

- Boussinesq σx
- Dikdörtgen integrasyonu
- Rijit duvar ψ = 2
- Kesme kuvveti ve moment
- Elle çözülebilir



Giriş

Bu derste neler öğreneceğiz?

- Dikdörtgen bir yüzey yükünün duvara yanal basıncını: yük, **dP = q·dA** tekil yüklerinin toplamıdır ve her birinin etkisi Boussinesq çözümüyle bulunur
- Planda konumu ve boyutu veren x_1, x_2, y_1, y_2 büyüklüklerini ve **duvar boyunca kesin, duvara dik yönde sayısal** integrasyonu
- **Rijit duvar** (ψ = 2) ile **yarı sonsuz ortam** (ψ = 1) arasındaki farkı
- Basınç profilinden **kesme kuvveti V_x** ve **eğilme momenti M_y** değerlerinin bulunmasını
- Kesit konumunun, yükün duvara uzaklığının ve **Poisson oranının** etkisini

DERS AKIŞI

Her konu **üç adımda** işlenir:

1 · **Kuram**: formül ve gerekçesi

2 · **Soru**: verilenler ve istenen

3 · **Çözüm**: adım adım, sayılarla

Örnek: H = 9 m, μ = 0,5, kesit Y_s = 2 m; 1,2 × 3,6 m boyutunda iki dikdörtgen, q = 50 kPa, X_0 = 1,0 ve 3,4 m; rijit duvar.

Duvara etkiyen dikdörtgen yükler

KURAM

Dikdörtgen bir yüzey sürşarjı, **dP = q·dA** düşey tekil yüklerinden oluşan sürekli bir alandır

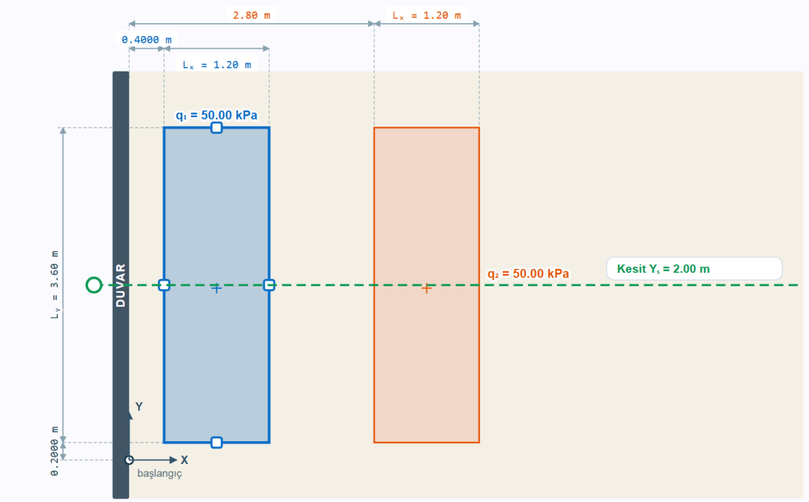
Her tekil yükün duvarın seçilen düşey kesitinde oluşturduğu **yatay gerilme** Boussinesq çözümünden bulunur ve her dikdörtgenin katkıları toplanır

Basınç profili duvar boyunca integre edilerek **kesme kuvveti** ve **eğilme momenti** elde edilir

$$A = L_x L_y \qquad P = qA$$

$$x_1 = X_0 - \frac{L_x}{2} \quad x_2 = X_0 + \frac{L_x}{2}$$

$$y_1 = Y_0 - \frac{L_y}{2} - Y_s \quad y_2 = Y_0 + \frac{L_y}{2} - Y_s$$



X_0, Y_0: ağırlık merkezinin duvara dik ve duvar boyunca koordinatı

L_x, L_y: kenarlar; **Y_s**: kesitin koordinatı

Dikdörtgen duvar yüzünün gerisindedir: $x_1 \geq 0$

Duvar düzleminde Boussinesq σ_x

KURAM

Kesitin z derinliğindeki bir noktasından plandaki **(x, y)** ötelemesinde bulunan dP elemanı için duvara dik **yatay normal gerilme** aşağıdadır

$r^2 = x^2 + y^2$ ve $R^2 = r^2 + z^2$; $dP = q \cdot dx \cdot dy$

Yatay gerilme **Poisson oranı μ**'ye bağlıdır; μ = 0,5 için (1 – 2μ) çarpanlı terim sıfırdır

$$\sigma_x = \frac{dP}{2\pi}\left[\frac{3x^2 z}{R^5} - (1-2\mu)\left(\frac{x^2-y^2}{r^2 R(R+z)} + \frac{y^2 z}{r^2 R^3}\right)\right]$$

$$r^2 = x^2 + y^2 \qquad R^2 = r^2 + z^2 \qquad dP = q\,dx\,dy$$

Duvar boyunca kapalı çözüm: G

KURAM

Dikdörtgeni sonlu bir tekil yük ağıyla değiştirmek, gerilmenin en hızlı değiştiği **duvar yakınında yavaş yakınsar**

Duvar boyunca (y yönünde) integralin **kapalı biçimi** vardır; duvara dik (x) yönde kalan integral sıkı bir toleransla **uyarlamalı** hesaplanır

$$G(x,y,z)=\frac{1}{2\pi}\left[\frac{x^2 z\,y\,(2y^2+3a^2)}{a^4R^3}-(1-2\mu)\frac{y\,(1-z/R)}{r^2}\right]\qquad a^2=x^2+z^2$$

$$\sigma_x(z)=\psi\sum_{\text{yükler}} q\int_{x_1}^{x_2}\left[G(x,y_2,z)-G(x,y_1,z)\right]dx$$

Çok uzun bir dikdörtgen, μ ne olursa olsun, **düzlem şekil değiştirme şerit yük** çözümünü verir; motor bu kontrolle sınanır

Duvarın etkisi: ψ

KURAM

Hareket etmeyen pürüzsüz bir duvar, her yükün duvar yüzüne göre **yansıtılmasıyla** temsil edilir: yansıma, o düzlemdeki duvara dik yerdeğiştirmeyi ve kayma gerilmesini sıfırlar

Bu nedenle duvara etkiyen basınç, μ ne olursa olsun yarı sonsuz ortam gerilmesinin **tam iki katıdır**

Zemini gevşetecek kadar sehim yapan bir duvar ise yarı sonsuz ortam değerine daha yakındır

$$\sigma_{duvar} = \psi\,\sigma_x \qquad \psi = 2\ (\text{rijit duvar, varsayılan}) \qquad \psi = 1\ (\text{yarı sonsuz ortam})$$

Profilin duvar boyunca integrasyonu

KURAM

Basınç profili, duvarın kesitteki **birim uzunluğu başına**, kesme kuvveti için bir kez, eğilme momenti için iki kez duvar boyunca integre edilir

Her ikisi de derinlik tablosunun satırları arasında **uyarlamalı** integre edilir; satır sayısı n_Z yalnızca profilin ne kadarının listeleneceğini belirler

$$V_x(z) = \int_0^z \sigma_x \, dt$$

$$M_y(z) = \int_0^z V_x \, dt = \int_0^z (z - t)\, \sigma_x \, dt$$

Altı adım ve açılış örneği

KURAM

1 · Duvar ve kesit: H, μ ve Y_s girilir

2 · Her dikdörtgen: q, X_0, Y_0, L_x, L_y; x_1, x_2, y_1, y_2 bulunur

3 · Tekil yük gerilmesi: dP = q·dx·dy için r, R ve σ_x

4 · Alanın integrasyonu: y yönünde G ile kesin, x yönünde sayısal

5 · Süperpozisyon ve ψ: her dikdörtgen z derinliğinde toplanır, rijit duvar için ikiyle çarpılır

6 · Duvar boyunca integrasyon: $\sigma_x(z)$, sonra $V_x(z)$ ve $M_y(z)$

$$A = 2 \times 1{,}2 \times 3{,}6 = 8{,}64\ \mathrm{m}^2 \qquad P = 432\ \mathrm{kN} \qquad \sigma_x = 24{,}98 + 1{,}93 = 26{,}91\ \mathrm{kPa}$$

$$V_x(H) = 50{,}23\ \mathrm{kN/m} \qquad M_y(H) = 363{,}53\ \mathrm{kN \cdot m/m}$$

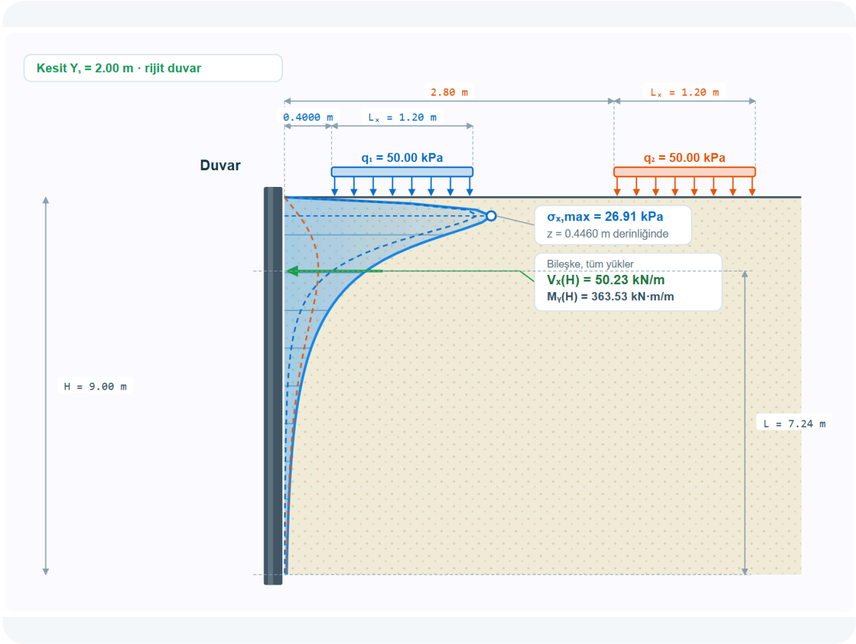
Konum, uzaklık ve Poisson oranı

KURAM

Yöntem her yükün **üç boyutlu konumunu ve boyutunu** korur: bir dikdörtgenin duvar boyunca ya da duvardan uzağa taşınması, boyutunun değişmesi, kesitin kaydırılması veya μ'nün değişmesi basınç profilini değiştirir

Basınç, bir yükün **önünden geçen kesitlerde** en büyük değerine ulaşır ve plandaki uzaklıkla hızla azalır; yükler duvara uzaklıklarına göre kısa olduğunda **birkaç kesit** kontrol edilir

μ, 0,5'in altında olduğunda yüzeye yakın bölgede **çekme ordinatları** ortaya çıkabilir; bunlar işaretleriyle verilir



Soru

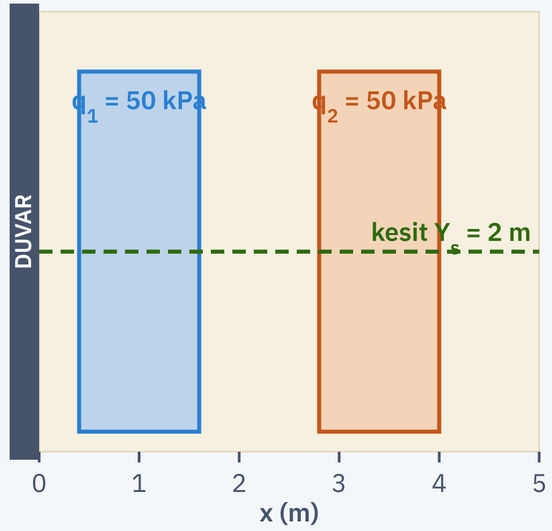
SORU

Verilenler

Duvar ve kesit	$H = 9{,}0$ **m;** $\mu = 0{,}5$**; kesit** $Y_s = 2{,}0$ **m; rijit duvar (**$\psi = 2$**)**
Dikdörtgen 1	$q = 50$ **kPa;** $L_x = 1{,}2$ **m,** $L_y = 3{,}6$ **m;** $X_0 = 1{,}0$ **m,** $Y_0 = 2{,}0$ **m**
Dikdörtgen 2	$q = 50$ **kPa;** $1{,}2 \times 3{,}6$ **m;** $X_0 = 3{,}4$ **m,** $Y_0 = 2{,}0$ **m**

İSTENEN

Her dikdörtgenin **z = 0,446 m** derinliğindeki σ_x katkısı (**Simpson** ile elle) ve toplam **σ_x**; modülün sonucuyla karşılaştırma. Bu derinlik, basıncın en büyük olduğu derinliktir.



Çözüm (1/4)

ÇÖZÜM

1 Dikdörtgenlerin kesite göre konumu (x duvardan, y kesitten ölçülür)

$$\text{Dikd. 1: } x_1 = 1{,}0 - 0{,}6 = 0{,}4\ \text{m} \quad x_2 = 1{,}0 + 0{,}6 = 1{,}6\ \text{m}$$

$$\text{Dikd. 2: } x_1 = 3{,}4 - 0{,}6 = 2{,}8\ \text{m} \quad x_2 = 3{,}4 + 0{,}6 = 4{,}0\ \text{m}$$

$$y_1 = 2{,}0 - 1{,}8 - 2{,}0 = -1{,}8\ \text{m} \quad y_2 = 2{,}0 + 1{,}8 - 2{,}0 = +1{,}8\ \text{m}$$

2 Alan ve toplam düşey yük (her biri için)

$$A = L_x L_y = 1{,}2 \times 3{,}6 = 4{,}32\ \text{m}^2 \qquad P = qA = 50 \times 4{,}32 = 216\ \text{kN} \qquad \Sigma P = 432\ \text{kN}$$

Kesit iki dikdörtgenin de tam ortasından geçer: $\mathbf{y_1 = -y_2}$. Dikdörtgen 1 duvardan 0,4 m, dikdörtgen 2 ise 2,8 m uzaktan başlar.

Çözüm (2/4)

ÇÖZÜM

3 μ = 0,5: (1 − 2μ) = 0, G'nin ikinci terimi düşer; $y_1 = -y_2$ olduğundan $G(x, y_2) - G(x, y_1) = 2G(x, y_2)$

$$f(x) = G(x, y_2, z) - G(x, y_1, z) = \frac{x^2\, z\, y_2\, (2y_2^2 + 3a^2)}{\pi\, a^4 R^3}$$

$$z\, y_2 = 0{,}8028 \qquad 2y_2^2 = 6{,}48 \qquad a^2 = x^2 + 0{,}1989 \qquad R^2 = x^2 + 3{,}4389$$

4 Duvara dik yönde Simpson kuralı (n çift aralık, $h = (x_2 - x_1)/n$); $\sigma_x = \psi\, q \int f\, dx$

$$\int_{x_1}^{x_2} f\, dx \approx \frac{h}{3}\left[f_0 + 4f_1 + 2f_2 + 4f_3 + \cdots + 4f_{n-1} + f_n\right]$$

$$\sigma_x = \psi\, q\, \frac{h}{3} \sum c_i\, f_i \qquad (c_i = 1, 4, 2, 4, \ldots, 4, 1)$$

Dikdörtgen 1 (x = 0,4 – 1,6 m) integrandın hızlı değiştiği duvar yakınındadır: **n = 8** aralık; dikdörtgen 2 (x = 2,8 – 4,0 m) için **n = 4** yeter.

Çözüm (3/4)

ÇÖZÜM

i	x (m)	a² (m²)	R (m)	f(x) (1/m)	c	c·f
0	0,400	0,3589	1,8971	0,35129	1	0,35129
1	0,550	0,5014	1,9343	0,33921	4	1,35683
2	0,700	0,6889	1,9821	0,28954	2	0,57909
3	0,850	0,9214	2,0400	0,23681	4	0,94723
4	1,000	1,1989	2,1069	0,19155	2	0,38310
5	1,150	1,5214	2,1821	0,15520	4	0,62080
6	1,300	1,8889	2,2647	0,12657	2	0,25315
7	1,450	2,3014	2,3540	0,10408	4	0,41632
8	1,600	2,7589	2,4493	0,08632	1	0,08632
				Σ c·f =		**4,99412**

5 Dikdörtgen 1 için σ_x (h = 0,15 m)

$$\sigma_{x,1} = \psi\, q\, \frac{h}{3} \sum c_i f_i = 2(50)\frac{0{,}15}{3}(4{,}99412) = \mathbf{24{,}97}\ \text{kPa}$$

Simpson (8 aralık): **24,97 kPa**. Modülün uyarlamalı integrasyonu 24,98 kPa verir; fark %0,03.

Çözüm (4/4)

ÇÖZÜM

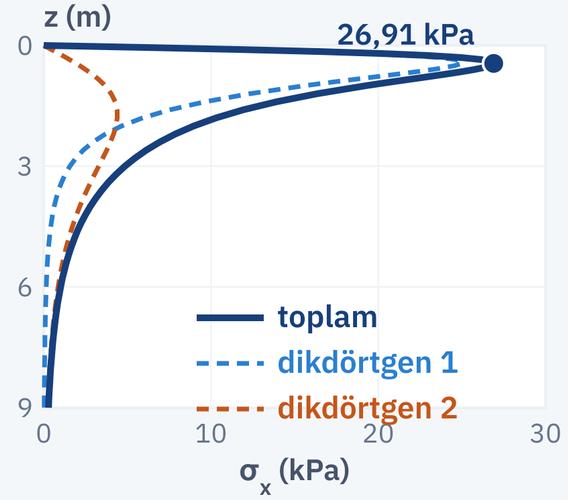
i	x (m)	a² (m²)	R (m)	f(x) (1/m)	c	c·f
0	2,800	8,0389	3,3584	0,02504	1	0,02504
1	3,100	9,8089	3,6123	0,01944	4	0,07777
2	3,400	11,7589	3,8728	0,01536	2	0,03071
3	3,700	13,8889	4,1387	0,01232	4	0,04927
4	4,000	16,1989	4,4090	0,01001	1	0,01001
				Σ c·f =		**0,19281**

6 Dikdörtgen 2 için σ_x (h = 0,30 m) ve süperpozisyon

$$\sigma_{x,2} = 2(50)\frac{0{,}30}{3}(0{,}19281) = 1{,}93\ \text{kPa}$$

$$\sigma_x = \sigma_{x,1} + \sigma_{x,2} = 24{,}97 + 1{,}93 = \mathbf{26{,}90}\ \text{kPa}$$

Elle: **24,97 + 1,93 = 26,90 kPa**. Modül: 24,98 + 1,93 = **26,91 kPa** (z = 0,446 m); sayfadaki örnekle aynıdır.



Çözümü GeoTerva'da kontrol edin ↗

Soru

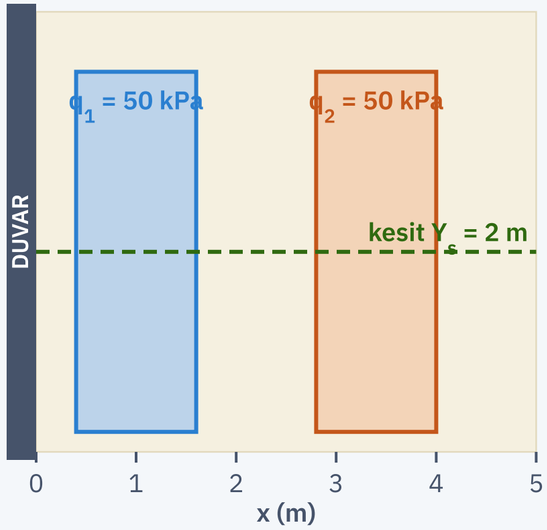
SORU

Verilenler

Model	**Örnek 1'deki iki dikdörtgen;** $H = 9{,}0$ **m;** $n_z = 20$ **(satır aralığı** $H/20 = 0{,}45$ **m)**
Yöntem	**rijit duvar (**$\psi = 2$**);** $V_x(z) = \int_0^z \sigma_x \, dt$**,** $M_y(z) = \int_0^z (z - t)\, \sigma_x \, dt$

İSTENEN

Her satırda **σ_x** (iki dikdörtgenin ayrı katkısı ve toplamı), **$V_x(z)$** ve **$M_y(z)$**; tabandaki **$V_x(H)$**, **$M_y(H)$** ve bileşkenin derinliği.



Çözüm (1/2)

ÇÖZÜM

z (m)	$\sigma_{x,1}$ (kPa)	$\sigma_{x,2}$ (kPa)	σ_x (kPa)	V_x (kN/m)	M_y (kN·m/m)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,45	**24,96**	**1,94**	**26,91**	**8,45**	**1,45**
0,90	17,46	3,43	20,89	19,44	7,84
1,35	10,24	4,23	14,47	27,30	18,46
1,80	5,91	4,39	10,31	32,80	32,06
2,25	3,49	4,13	7,62	36,80	47,76
2,70	2,13	3,65	5,78	39,79	65,02
3,15	1,35	3,10	4,45	42,08	83,47
3,60	0,89	2,58	3,46	43,85	102,82
4,05	0,60	2,11	2,71	45,23	122,87
4,50	0,42	1,71	2,13	46,31	143,48

z (m)	$\sigma_{x,1}$ (kPa)	$\sigma_{x,2}$ (kPa)	σ_x (kPa)	V_x (kN/m)	M_y (kN·m/m)
4,95	0,30	1,39	1,69	47,17	164,52
5,40	0,22	1,13	1,35	47,85	185,91
5,85	0,16	0,92	1,08	48,40	207,57
6,30	0,13	0,75	0,88	48,84	229,45
6,75	0,10	0,62	0,72	49,19	251,51
7,20	0,08	0,51	0,59	49,48	273,71
7,65	0,06	0,42	0,49	49,72	296,03
8,10	0,05	0,36	0,40	49,92	318,46
8,55	0,04	0,30	0,34	50,09	340,96
9,00	0,03	0,25	0,28	50,23	363,53

Çözüm (2/2)

ÇÖZÜM

1 Tabandaki kesme kuvveti ve moment (tablonun son satırı)

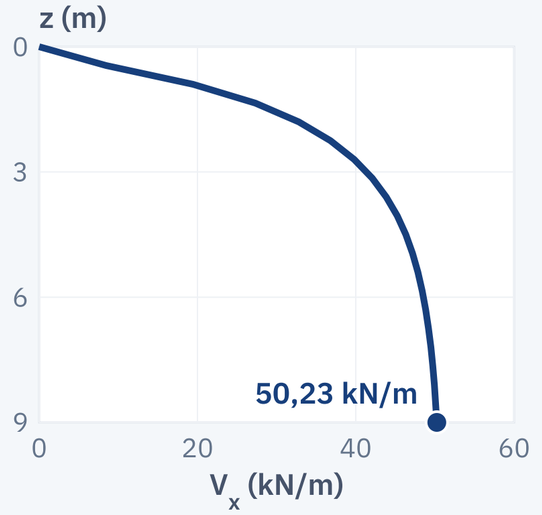
$$V_x(H) = \int_0^H \sigma_x \, dz = \mathbf{50{,}23}\ \mathrm{kN/m}$$

$$M_y(H) = \int_0^H (H - t)\, \sigma_x \, dt = \mathbf{363{,}53}\ \mathrm{kN \cdot m/m}$$

2 Bileşkenin etkime çizgisi: moment kolu ve derinliği

$$L = \frac{M_y(H)}{V_x(H)} = \frac{363{,}53}{50{,}23} = \mathbf{7{,}237}\ \mathrm{m}\ \ (\text{tabandan})$$

$$z_R = H - L = 9{,}0 - 7{,}237 = \mathbf{1{,}763}\ \mathrm{m}\ \ (\text{zeminden})$$



Bileşke **50,23 kN/m**, zemin yüzeyinin **1,76 m** altında etkir. Kuvvetin **%92**'i üst 4,5 m'den (duvar yüksekliğinin yarısı) gelir: $V_x(4{,}5)$ = 46,31 kN/m.

Çözümü GeoTerva'da kontrol edin ↗

Soru

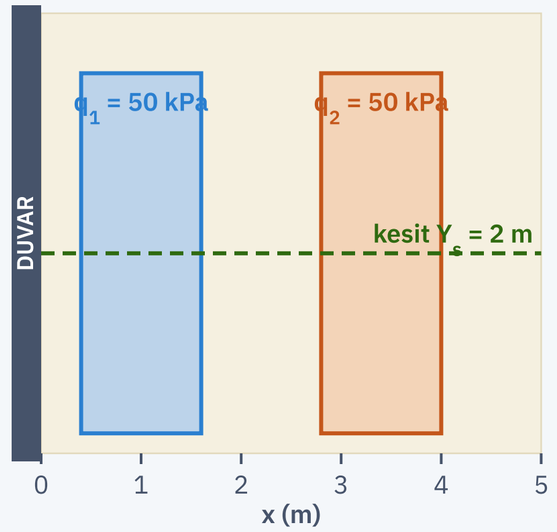
SORU

Verilenler

Model	**Örnek 1'deki dikdörtgenler; her biri tek başına, sonra ikisi birlikte**
Yöntemler	**rijit duvar ($\psi = 2$) ve yarı sonsuz ortam ($\psi = 1$)**

İSTENEN

Her dikdörtgenin **tek başına** ve birlikte **$\sigma_{x,max}$**, **$V_x(H)$**, **$M_y(H)$** ve **z_R**; yarı sonsuz ortamda aynı büyüklükler.



Çözüm

ÇÖZÜM

	$\sigma_{x,max}$ (kPa)	z (m)	$V_x(H)$ (kN/m)	$M_y(H)$ (kN·m/m)	z_R (m)	$V_x(H)$, ψ = 1	$M_y(H)$, ψ = 1
Dikdörtgen 1	25,03	0,419	33,14	260,49	1,140	16,57	130,25
Dikdörtgen 2	4,40	1,717	17,09	103,04	2,971	8,55	51,52
İkisi birlikte	26,91	0,446	50,23	363,53	1,763	25,12	181,77

1 V ve M toplanır; bileşkenin derinliği kuvvetlerle ağırlıklı ortalamadır

$$V_x = 33{,}14 + 17{,}09 = \mathbf{50{,}23}\ \mathrm{kN/m} \qquad M_y = 260{,}49 + 103{,}04 = \mathbf{363{,}53}\ \mathrm{kN \cdot m/m}$$

$$z_R = \frac{V_1 z_{R,1} + V_2 z_{R,2}}{V_1 + V_2} = \frac{33{,}14(1{,}140) + 17{,}09(2{,}971)}{50{,}23} = \mathbf{1{,}763}\ \mathrm{m}$$

Yarı sonsuz ortam değerleri rijit duvarın **tam yarısıdır** (V_x 25,12, M_y 181,77), z_R değişmez. Toplam en büyük basınç (26,91 kPa), iki ayrı en büyüğün toplamından (29,44) küçüktür: tepeler farklı derinliktedir (0,42 ve 1,72 m).

Çözümü GeoTerva'da kontrol edin ↗

Soru

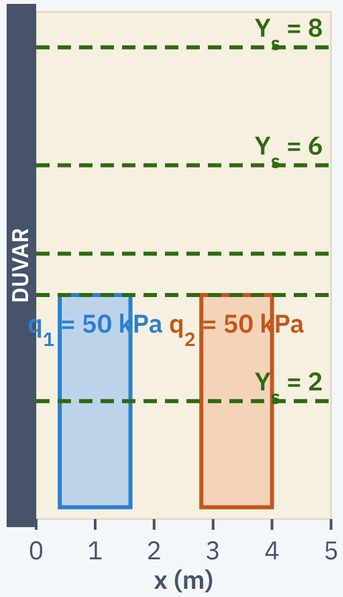
SORU

İSTENEN

Her kesit için $\sigma_{x,max}$ ve derinliği, $V_x(H)$, $M_y(H)$ ve z_R; kesitin yüke göre konumu.

Verilenler

Model	**Örnek 1'deki iki dikdörtgen ($Y_0 = 2{,}0$ m, $L_y = 3{,}6$ m: yükler $y = 0{,}2 – 3{,}8$ m arasındadır)**
Kesitler	$Y_s = 2{,}0;\ 3{,}0;\ 3{,}8;\ 4{,}5;\ 6{,}0;\ 8{,}0$ m



Çözüm

ÇÖZÜM

Kesit Y_s (m)	Yüke göre	$\sigma_{x,max}$ (kPa)	z (m)	$V_x(H)$ (kN/m)	$M_y(H)$ (kN·m/m)	z_R (m)
2,0	yükün ortasında	26,91	0,446	50,23	363,53	1,763
3,0	yükün içinde	25,04	0,428	45,78	330,75	1,775
3,8	yükün kenarında	14,13	0,467	31,31	217,96	2,038
4,5	dışında, 0,7 m	5,00	0,998	17,39	110,14	2,667
6,0	dışında, 2,2 m	1,39	2,112	6,77	36,89	3,549
8,0	dışında, 4,2 m	0,41	3,094	2,44	11,53	4,270

Basınç **yükün ortasındaki** kesitte en büyüktür (26,91 kPa) ve plandaki uzaklıkla hızla azalır: Y_s = 6 m'de V_x yaklaşık yedide bire, 8 m'de yaklaşık yirmide bire düşer. Y_s = 3,8 m kesiti, y = 0,2 m kesitiyle (Y_0 ± 1,8 m) **simetriktir**: sonuçlar aynıdır (V_x = 31,31 kN/m). Yükler duvara göre kısaysa birkaç kesit kontrol edilir.

Çözümü GeoTerva'da kontrol edin ↗

Soru

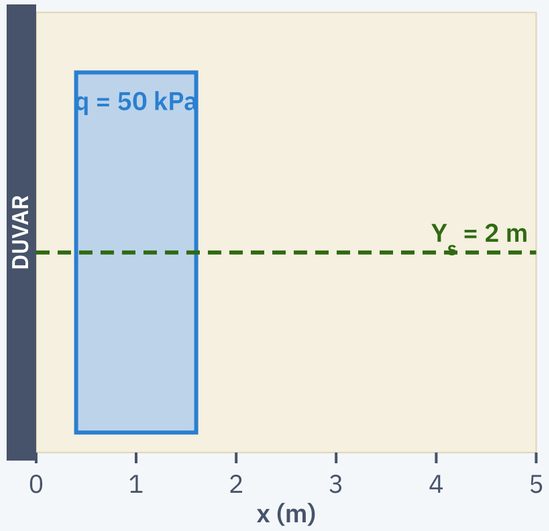
SORU

Verilenler

Model	**tek dikdörtgen:** $q = 50$ **kPa,** $1{,}2 \times 3{,}6$ **m,** $Y_0 = 2{,}0$ **m;** $\mu = 0{,}5$**;** $H = 9{,}0$ **m; rijit duvar**
Konum	$X_0 = 0{,}6$**;** $1{,}0$**;** $1{,}6$**;** $2{,}6$**;** $4{,}6$ **m, yani yakın kenar** $x_1 = 0$**;** $0{,}4$**;** $1{,}0$**;** $2{,}0$**;** $4{,}0$ **m**

İSTENEN

Her konum için $\sigma_{x,max}$ ve derinliği, $V_x(H)$, $M_y(H)$ ve z_R.



Çözüm

ÇÖZÜM

Yakın kenar x_1 (m)	X_0 (m)	$\sigma_{x,max}$ (kPa)	z (m)	$V_x(H)$ (kN/m)	$M_y(H)$ (kN·m/m)	z_R (m)
0,0	0,6	50,00	0,000	35,77	295,98	0,726
0,4	1,0	25,03	0,419	33,14	260,49	1,140
1,0	1,6	14,01	0,791	28,40	208,03	1,675
2,0	2,6	6,89	1,315	21,32	139,72	2,445
4,0	4,6	2,56	2,315	12,59	67,76	3,617

Yük duvardan uzaklaştıkça en büyük basınç **azalır ve derinleşir**: 50,00 kPa (yüzeyde) → 2,56 kPa (2,32 m). Duvara bitişik yükte (x_1 = 0) en büyük basınç yüzeydedir ve **q = 50 kPa**'ya eşittir. V_x ise daha yavaş düşer (35,77 → 12,59 kN/m); z_R derinleşir.

Çözümü GeoTerva'da kontrol edin ↗

Soru

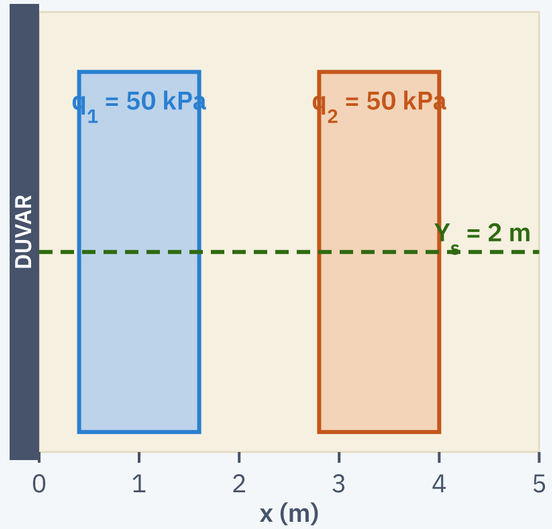
SORU

İSTENEN

Her μ için **$\sigma_{x,max}$**, **$V_x(H)$**, **$M_y(H)$**; zemin yüzeyindeki ordinat $\sigma_x(0)$ ve bu ordinatın **elle** bulunması.

Verilenler

Model	**Örnek 1'deki iki dikdörtgen; $H = 9{,}0$ m; $Y_s = 2{,}0$ m; rijit duvar**
Değişen	$\mu = 0{,}5;\ 0{,}4;\ 0{,}3;\ 0{,}2$



Çözüm (1/2)

ÇÖZÜM

μ	1 – 2μ	$\sigma_x(0)$ (kPa)	$\sigma_{x,max}$ (kPa)	z (m)	$V_x(H)$ (kN/m)	$M_y(H)$ (kN·m/m)
0,5	0,0	0,00	26,91	0,446	50,23	363,53
0,4	0,2	−4,18	23,54	0,459	41,47	303,91
0,3	0,4	−8,36	20,19	0,473	32,72	244,28
0,2	0,6	−12,54	16,88	0,489	23,96	184,66

μ azaldıkça basınç ve kuvvet **belirgin biçimde küçülür**: μ = 0,3 için V_x = 32,72 kN/m, μ = 0,5'e göre %35 eksik. Yüzeyde **negatif (çekme) ordinat** oluşur; V_x ve M_y işaretli profilden integre edilir.

Çözüm (2/2)

ÇÖZÜM

1 z = 0 için R = r, (1 − z/R) = 1: G'nin yalnız ikinci terimi kalır ve ∫ y/(x² + y²) dx = tan⁻¹(x/y) olur

$$\sigma_x(0) = -\psi\, q\, \frac{(1-2\mu)}{\pi}\left[\tan^{-1}\frac{x_2}{y_2} - \tan^{-1}\frac{x_1}{y_2}\right] \qquad (y_1 = -y_2)$$

2 Dikdörtgen 1 (x = 0,4 – 1,6 m), dikdörtgen 2 (x = 2,8 – 4,0 m); μ = 0,4 için 1 − 2μ = 0,2

$$\sigma_{x,1}(0) = -2(50)\frac{0{,}2}{\pi}\left[\tan^{-1}\frac{1{,}6}{1{,}8} - \tan^{-1}\frac{0{,}4}{1{,}8}\right] = -6{,}366(0{,}5080) = -3{,}234\ \text{kPa}$$

$$\sigma_{x,2}(0) = -6{,}366\left[\tan^{-1}\frac{4{,}0}{1{,}8} - \tan^{-1}\frac{2{,}8}{1{,}8}\right] = -6{,}366(0{,}1485) = -0{,}945\ \text{kPa}$$

$$\sigma_x(0) = -3{,}234 + -0{,}945 = \mathbf{-4{,}18}\ \text{kPa}$$

Elle −4,18 kPa; modül −4,18 kPa. Yüzey ordinatı **(1 – 2μ)** ile orantılıdır: μ = 0,5'te sıfır, μ = 0,2'de −12,54 kPa.

Çözümü GeoTerva'da kontrol edin ↗

Soru

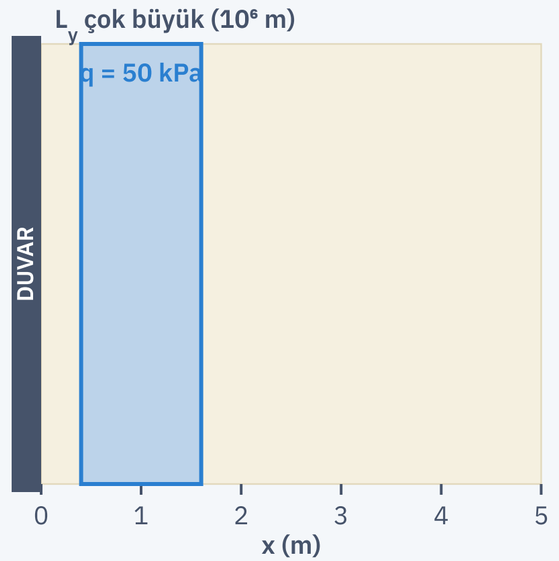
SORU

Verilenler

Model	**tek dikdörtgen:** $q = 50$ **kPa,** $x_1 = 0{,}4$ **m,** $x_2 = 1{,}6$ **m (**$L_x = 1{,}2$ **m),** $L_y = 10^6$ **m;** $H = 9{,}0$ **m; rijit duvar**
Poisson oranı	$\mu = 0{,}5$ **ve** $\mu = 0{,}2$

İSTENEN

Şerit yük formülüyle (elle) **σ_x**, z = 0,5; 1; 2; 4 m; alan modülüyle karşılaştırma; **V_x(H)**.



Çözüm (1/2)

ÇÖZÜM

1 Şerit yük (düzlem şekil değiştirme), rijit duvar: $\beta = \tan^{-1}(x_2/z) - \tan^{-1}(x_1/z)$, $\alpha = \tan^{-1}(x_1/z) + \beta/2$

$$\sigma_x = \psi \frac{q}{\pi} (\beta - \sin\beta \cos 2\alpha) \qquad z = 1{,}0 \text{ m}:$$

$$\beta = \tan^{-1} 1{,}6 - \tan^{-1} 0{,}4 = 0{,}6317 \quad \alpha = 0{,}3805 + \frac{0{,}6317}{2} = 0{,}6964$$

$$\sigma_x = 2\frac{50}{\pi} (0{,}6317 - \sin 0{,}6317 \cos 1{,}3927) = \mathbf{16{,}777}\ \text{kPa}$$

Şerit formülü **16,777 kPa** verir; alan modülü ($L_y = 10^6$ m) aynı değeri bulur: çok uzun dikdörtgen şerit yüke dönüşür. Dört derinlik için karşılaştırma sonraki sayfadadır.

Çözüm (2/2)

ÇÖZÜM

z (m)	β (rad)	α (rad)	σ_x, şerit formülü (kPa)	Alan modülü, μ = 0,5	Alan modülü, μ = 0,2
0,5	0,5932	0,9713	**25,346**	25,346	25,346
1,0	0,6317	0,6964	**16,777**	16,777	16,777
2,0	0,4773	0,4361	**5,788**	5,788	5,788
4,0	0,2808	0,2401	**1,115**	1,115	1,115

2 Kesme kuvveti: şerit için kapalı biçim; alan modülü aynı değeri verir

$$V_x(H) = \psi \frac{q}{\pi} H \left[\tan^{-1}\frac{x_2}{H} - \tan^{-1}\frac{x_1}{H}\right] = \mathbf{37{,}68}\ \mathrm{kN/m}$$

Şerit formülü ile alan modülü μ = 0,5'te **birebir**, μ = 0,2'de en çok 10^{-4} kPa farkla aynıdır: çok uzun dikdörtgen için sonuç μ'den bağımsızdır. $V_x(H)$ = 37,68 kN/m.

Çözümü GeoTerva'da kontrol edin ↗

Özet

Akılda kalacak noktalar

$\sigma_x(z) = \psi\ \Sigma\ q \int [G(x,y_2,z) - G(x,y_1,z)]\ dx$: duvar boyunca kapalı çözüm (G), duvara dik yönde uyarlamalı sayısal integrasyon; **$\psi = 2$** rijit duvar, **$\psi = 1$** yarı sonsuz ortam

$V_x(z) = \int \sigma_x\ dt$, **$M_y(z) = \int (z - t)\ \sigma_x\ dt$**; bileşkenin derinliği $z_R = H - M_y/V_x$

Açılış örneği (z = 0,446 m): σ_x = 24,98 + 1,93 = **26,91 kPa** (en büyük basınç); $V_x(H)$ = **50,23 kN/m**, $M_y(H)$ = **363,53 kN·m/m**, z_R = 1,76 m

Kesit yükün ortasından geçerken basınç en büyüktür; uzaklık ve **yükün duvara uzaklığı** basıncı hızla azaltır; duvara bitişik yükte yüzeyde $\sigma_x = q$

Poisson oranı sonucu çok değiştirir (μ = 0,3: V_x yaklaşık %35 eksik); μ < 0,5 için yüzeyde çekme ordinatı; çok uzun dikdörtgen şerit yükü verir

Kaynaklar

Das, B.M. (2016). Principles of Foundation Engineering, 8th ed. Cengage Learning; bu sayfa bu kaynağı izlemektedir.

Boussinesq, J. (1883). Application des Potentiels à l’Étude de l’Équilibre et du Mouvement des Solides Élastiques. Gauthier-Villars, Paris.

Mindlin, R.D. (1936). Discussion: Pressure distribution on retaining walls. Proc. 1st Int. Conf. on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Harvard, Vol. III, 155–156.

NOT

Sayısal örneklerin tümü modülün kendi hesap motoruyla üretilmiştir; modül aynı değerleri verir. Modülün açılış örneği iki dikdörtgenli duvardır (H = 9 m, μ = 0,5, Y_S = 2 m).

GeoTerva

Çevrim içi geoteknik hesaplar

Teoriden uygulamaya

Kendi dikdörtgen yüklerinizi, kesit konumunu, Poisson oranını ve duvar yüksekliğini GeoTerva'da girin; modül basınç profilini, kesme kuvvetini ve momenti, her yükün ayrı katkısını, üç görünüşü, adım adım çözümü ve raporu birlikte verir.

Modülü açın →

Teori sayfası →

Telefonla açın
Örnek modüller kayıt gerektirmez.

Derslerinizde kullanmak isterseniz: info@geoterva.com