Geoteknik ders sunumu · Sürşarj yükleri

Şerit sürşarj yükü

Ders anlatımı: duvara paralel, uzun bir şerit yükün duvarda oluşturduğu yanal basınç; basınç profili, bileşke ve etki çizgisi, çözümlü örnekler.

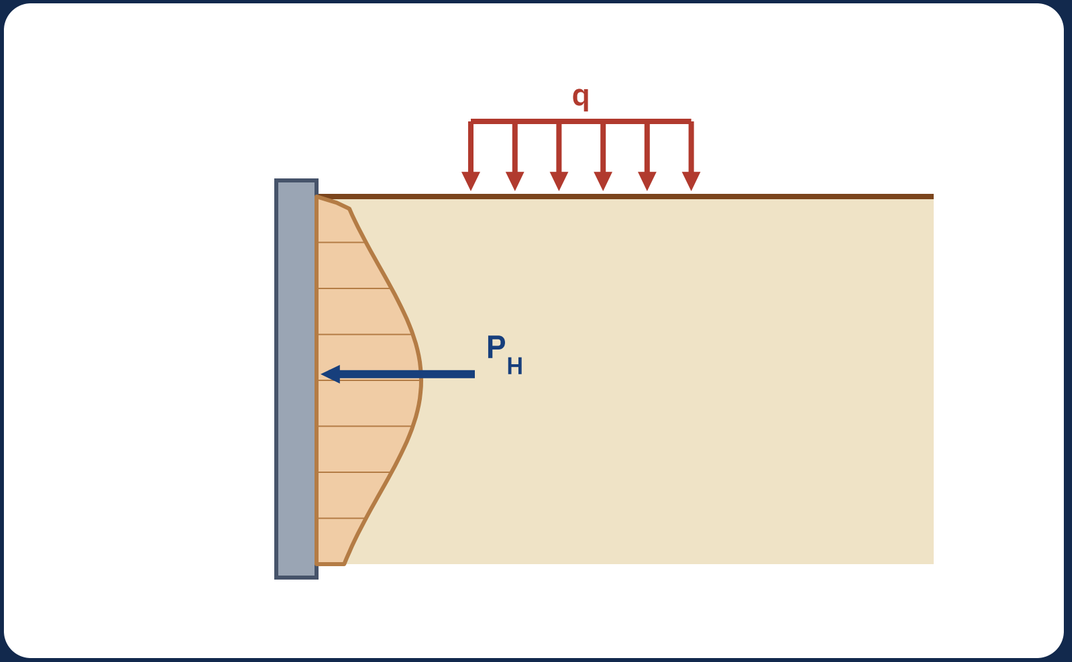
β · α

$\sigma_H = \psi\,(q/\pi)[\beta - \sin\beta\cos 2\alpha]$

Rijit duvar ψ = 2

P_H ve z_R

Basınç profili



Giriş

Bu derste neler öğreneceğiz?

- Şerit yükün geometrisini: x_1, x_2, $b = x_2 - x_1$ ve duvardaki bir noktadan şeridin iki kenarına giden **ışınlar**
- **β** ve **α** açılarından basıncın bulunuşunu: $\sigma_H = \psi\,(q/\pi)[\beta - \sin\beta\cos 2\alpha]$
- **Rijit duvar (ψ = 2)** ile **yarı sonsuz ortam (ψ = 1)** biçimini ve hangisinin ne zaman uygun olduğunu
- Basınç diyagramının alanı P_H ve birinci momentten z_R; en büyük basıncın derinliği
- Şeridin **konumu, genişliği** ve **duvar yüksekliği** sonuca nasıl işler

DERS AKIŞI

Her konu **üç adımda** işlenir:

1 · **Kuram**: formül ve gerekçesi

2 · **Soru**: verilenler ve istenen

3 · **Çözüm**: adım adım, sayılarla

Örnek duvar: H = 25 m, şerit x_1 = 4 m ile x_2 = 12 m arasında, q = 20 kPa. Kuvvetler duvarın birim uzunluğu başınadır (kN/m).

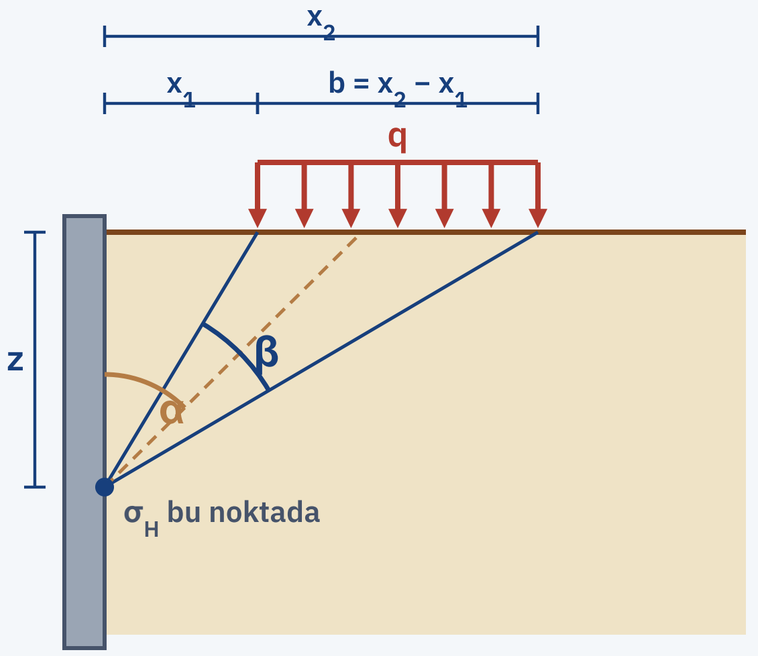
Duvara etkiyen şerit yük

KURAM

Duvardan x_1 ile x_2 uzaklıkları arasında, zemin yüzeyine etkiyen düzgün yayılı **q** şerit yükü duvara yatay bir basınç ekler

z derinliğindeki basınç, duvardaki o noktayı şeridin **yakın ve uzak kenarına** birleştiren iki ışının geometrisinden elde edilir

Şerit uzundur ve duvara paraleldir: tüm sonuçlar duvarın **birim uzunluğu başınadır**



H — duvar yüksekliği; **z** — yüzeyden itibaren derinlik

x_1, x_2 — duvardan şeridin yakın ve uzak kenarına yatay uzaklık

$b = x_2 - x_1$ — şerit genişliği; **q** — şerit üzerindeki düzgün yük

β, α ve σ_H

KURAM

z derinliğinde şerit, duvardaki noktada **β** açısını görür; bu açının **açıortayı** düşeyle **α** açısı yapar

Trigonometrik fonksiyonlar açıları **radyan** alır; derece yalnız okunabilirlik içindir. Oranlarda **z**'nin kendisi kullanılır

$$\beta = \tan^{-1}\left(\frac{x_2}{z}\right) - \tan^{-1}\left(\frac{x_1}{z}\right) \qquad \alpha = \tan^{-1}\left(\frac{x_1}{z}\right) + \frac{\beta}{2}$$

$$\sigma_H = \psi \frac{q}{\pi}\left[\beta - \sin\beta\ \cos 2\alpha\right]$$

Zemin yüzeyinde (z = 0): duvardan uzak şerit basınç vermez; $x_1 = 0$ ise β = 90°, α = 45° ve $\sigma_H = \psi q/2$

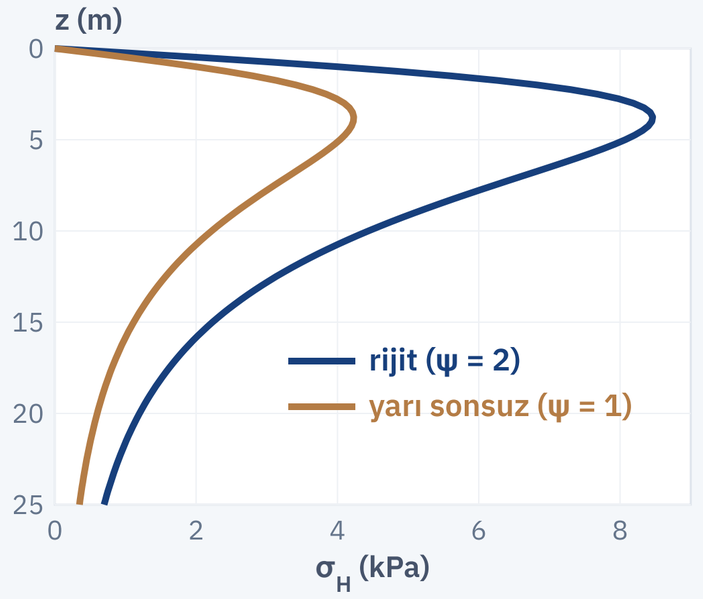
ψ = 2 ve ψ = 1: iki ifade biçimi

KURAM

ψ = 1 (yarı sonsuz ortam): duvar yokmuş gibi, şerit yükün elastik zeminde oluşturduğu yatay gerilme; zeminin gerilmesini boşaltacak kadar şekil değiştiren duvara uygundur

ψ = 2 (rijit duvar): yerdeğiştirmeyen duvar, yüzündeki zeminin hareketini engeller ve bu gerilmenin **iki katını** alır; tekil yükte olduğu gibi modülün varsayılanıdır

z (m)	β (°)	α (°)	σ_H ψ = 1 (kPa)	σ_H ψ = 2 (kPa)
0,00	0,000	90,000	0,00	0,00
2,50	20,237	68,113	3,84	7,68
5,00	28,720	53,020	4,04	8,07
7,50	29,922	43,034	3,11	6,21
10,00	28,393	35,998	2,22	4,44
15,00	23,728	26,796	1,12	2,23
20,00	19,654	21,137	0,5994	1,1988
25,00	16,551	17,366	0,3486	0,6971



Diyagramın alanı ve birinci momenti

KURAM

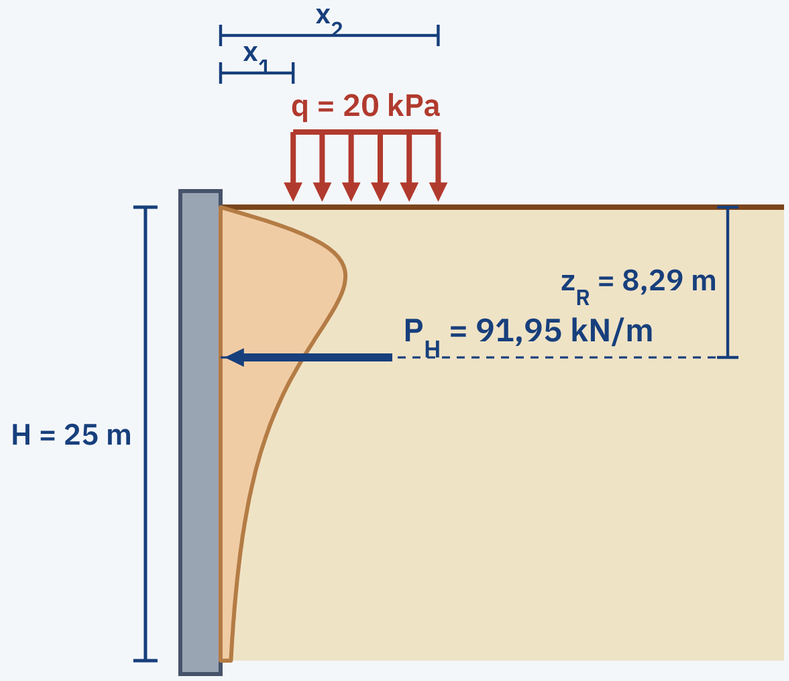
Duvarın birim uzunluğu başına **bileşke** basınç diyagramının altındaki **alandır**; **zemin yüzeyinden derinliği** diyagramın birinci momentinin dengelendiği noktadır

Modül iki integrali de tam hassasiyetle sayısal hesaplar; **alanın kapalı ifadesi** kontrol olarak verilir

Çok derin duvarda P_H, ψ·q·b/π değerine yaklaşır

$$P_H = \int_0^H \sigma_H \, dz = \psi \, \frac{q}{\pi} \, H \, (\theta_2 - \theta_1) \qquad \theta_i = \tan^{-1}\left(\frac{x_i}{H}\right)$$

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



Soru

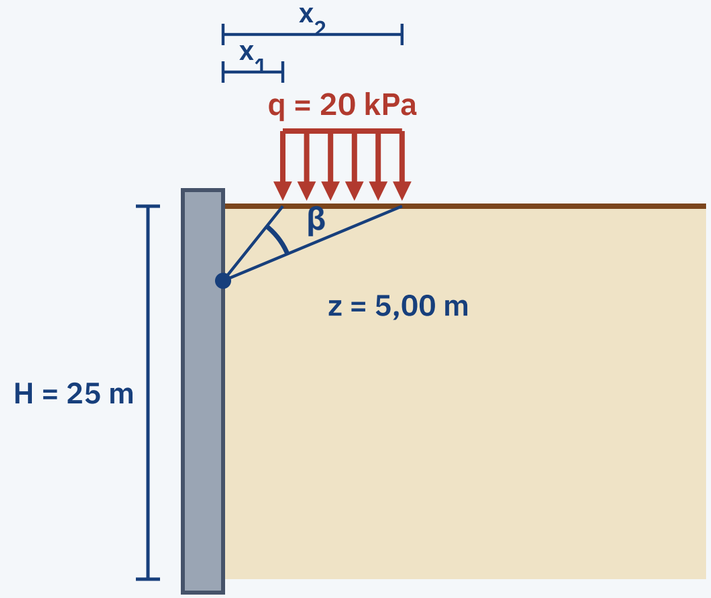
SORU

Verilenler

Duvar	$H = 25{,}00$ **m**
Şerit	$x_1 = 4{,}00$ **m,** $x_2 = 12{,}00$ **m,** $q = 20{,}00$ **kPa**
Derinlik	$z = 5{,}00$ **m**

İSTENEN

β, **α** ve **σ_H**: önce yarı sonsuz ortam (ψ = 1), sonra rijit duvar (ψ = 2).



Çözüm (1/2)

ÇÖZÜM

1 Şerit genişliği

$$b = x_2 - x_1 = 12{,}00 - 4{,}00 = \mathbf{8{,}00}\ \text{m}$$

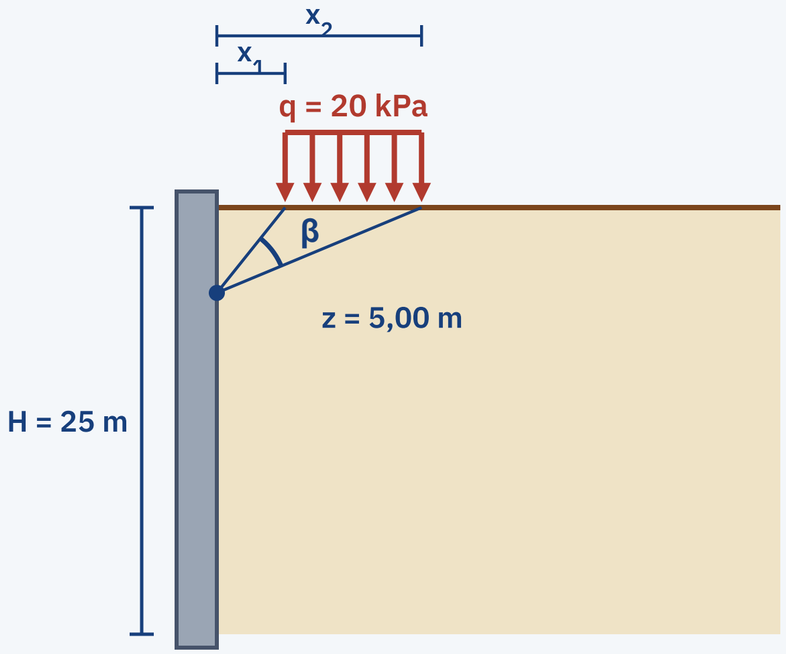
2 β: iki ışının arasındaki açı

$$\beta = \tan^{-1}\tfrac{12}{5} - \tan^{-1}\tfrac{4}{5} = 67{,}380^\circ - 38{,}660^\circ = \mathbf{28{,}720}^\circ$$

3 α: açıortayın düşeyle açısı

$$\alpha = \tan^{-1}\tfrac{4}{5} + \tfrac{\beta}{2} = 38{,}660^\circ + 14{,}3602^\circ = \mathbf{53{,}020}^\circ$$

Radyan cinsinden β = **0,50126** ve 2α = **1,85075** (sonraki sayfada σ_H için kullanılır).



Çözüm (2/2)

ÇÖZÜM

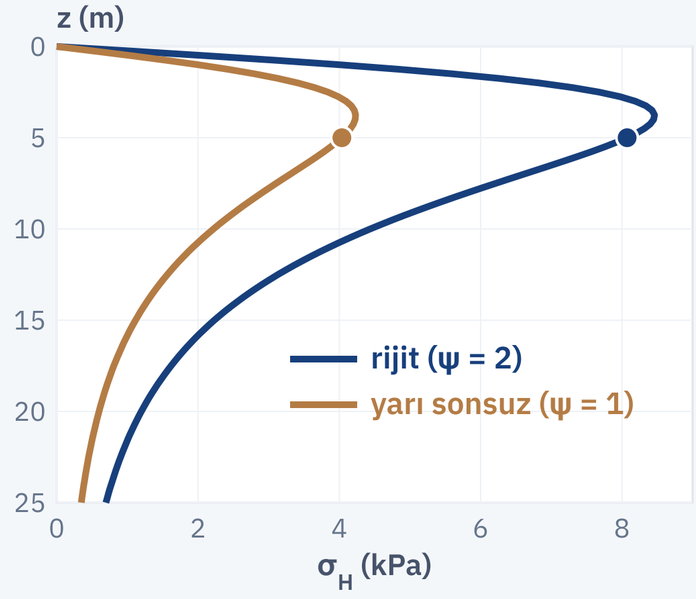
4 Yarı sonsuz ortam (ψ = 1)

$$\sigma_H = \frac{20}{\pi}\left[0{,}50126 - \sin(0{,}50126)\cos(1{,}85075)\right] = \mathbf{4{,}0364}\ \mathrm{kPa}$$

5 Rijit duvar (ψ = 2): iki katı

$$\sigma_H = 2 \times 4{,}0364 = \mathbf{8{,}0728}\ \mathrm{kPa}$$

z = 5 m'de yarı sonsuz ortam için **4,0364 kPa**, rijit duvar için **8,0728 kPa**. Aynı β ve α iki biçimde de kullanılır; ψ yalnız ölçektir.



Çözümü GeoTerva'da kontrol edin ↗

Soru

SORU

Verilenler

Duvar ve şerit	$H = 25{,}00$ **m,** $x_1 = 4{,}00$ **m,** $x_2 = 12{,}00$ **m,** $q = 20{,}00$ **kPa**
Derinlikler	$z = 0$ **–** 25 **m, her** $2{,}5$ **m**

İSTENEN

β, **α**, **σ_H** profili (iki biçim); **en büyük basınç** ve derinliği.

Çözüm (1/2)

ÇÖZÜM

z (m)	β (°)	α (°)	σ_H ψ = 1 (kPa)	σ_H ψ = 2 (kPa)
0,00	0,000	90,000	0,0000	0,0000
2,50	20,237	68,113	3,8387	7,6773
5,00	**28,720**	**53,020**	**4,0364**	**8,0728**
7,50	29,922	43,034	3,1069	6,2137
10,00	28,393	35,998	2,2191	4,4382
12,50	26,086	30,788	1,5660	3,1319
15,00	23,728	26,796	1,1160	2,2319
17,50	21,564	23,657	0,8096	1,6193
20,00	19,654	21,137	0,5994	1,1988
22,50	17,992	19,077	0,4528	0,9056
25,00	16,551	17,366	0,3486	0,6971

z = 0'da basınç yoktur (şerit duvardan uzak); basınç derinlikle artar, **z ≈ 3,81 m**'de zirve yapar ve sonra azalır. z = 5,00 m satırı Örnek 1'dir. Tabanda (z = 25 m) ψ = 2 için 0,6971 kPa kalır.

Çözüm (2/2)

ÇÖZÜM

1 Tepe derinliği: $d\sigma_H/dz = 0$ koşulu

$$\frac{x_1^3}{(x_1^2+z^2)^2} = \frac{x_2^3}{(x_2^2+z^2)^2} \;\Rightarrow\; z^2 = \frac{(x_1x_2)^{3/2}\left(\sqrt{x_2}-\sqrt{x_1}\right)}{x_2^{3/2}-x_1^{3/2}}$$

$$z^2 = 14{,}504 \;\Rightarrow\; z = \mathbf{3{,}8084}\ \mathrm{m}$$

2 Bu derinlikte açılar

$$\beta = \tan^{-1}\frac{12}{3{,}8084} - \tan^{-1}\frac{4}{3{,}8084} = \mathbf{25{,}99}^\circ \qquad \alpha = \tan^{-1}\frac{4}{3{,}8084} + \frac{\beta}{2} = \mathbf{59{,}40}^\circ$$

3 En büyük basınç

$$\sigma_{H,max} = \frac{20}{\pi}[0{,}45355 - \sin(0{,}45355)\cos(2{,}07341)] = \mathbf{4{,}23}\ (\psi=1);\ \ \mathbf{8{,}46}\ \mathrm{kPa}\ (\psi=2)$$

Zirve z = **3,81 m**'de: **8,46 kPa** (ψ = 2), **4,23 kPa** (ψ = 1); derinlik yalnız x_1, x_2'ye bağlıdır.

Çözümü GeoTerva'da kontrol edin ↗

Soru

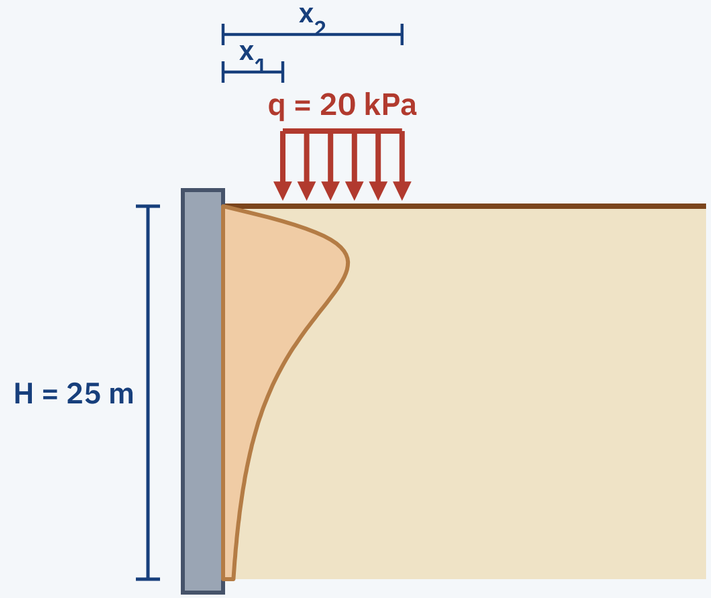
SORU

İSTENEN

P_H (alanın kapalı ifadesiyle), **z_R** ve tabandan yüksekliği.

Verilenler

Duvar ve şerit	$H = 25{,}00$ **m,** $x_1 = 4{,}00$ **m,** $x_2 = 12{,}00$ **m,** $q = 20{,}00$ **kPa**
Biçimler	**yarı sonsuz ortam ($\psi = 1$) ve rijit duvar ($\psi = 2$)**



Çözüm (1/2)

ÇÖZÜM

1 Açılar (H = 25 m derinliğinde)

$$\theta_1 = \tan^{-1}\frac{4}{25} = \mathbf{0{,}158655}\ \text{rad}$$

$$\theta_2 = \tan^{-1}\frac{12}{25} = \mathbf{0{,}447520}\ \text{rad}$$

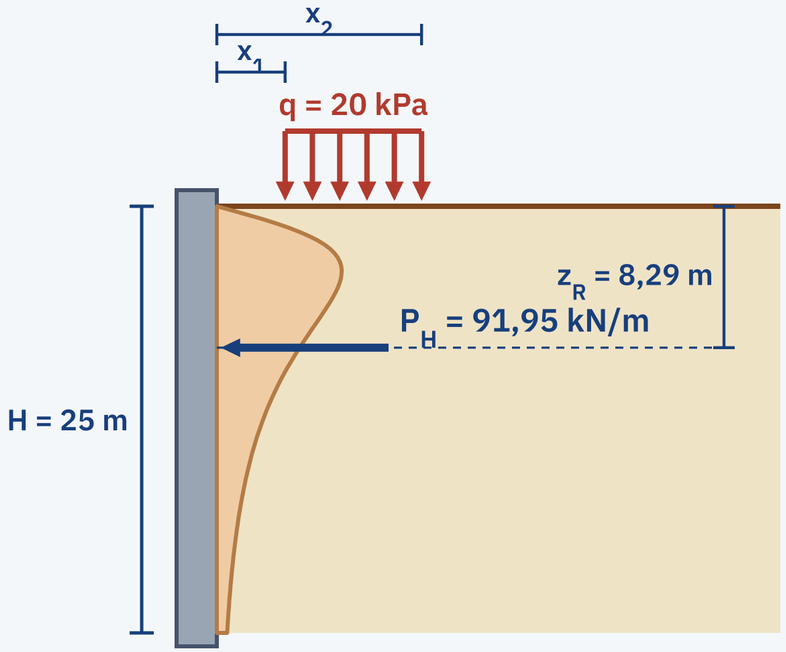
2 Yarı sonsuz ortam (ψ = 1)

$$P_H = \frac{20}{\pi} \times 25 \times (0{,}447520 - 0{,}158655) = \mathbf{45{,}97}\ \text{kN/m}$$

3 Rijit duvar (ψ = 2): iki katı

$$P_H = 2 \times 45{,}974 = \mathbf{91{,}95}\ \text{kN/m}$$

Bileşke yarı sonsuz ortam için **45,97 kN/m**, rijit duvar için **91,95 kN/m**; modülün sayısal integrali aynı değeri verir.



Çözüm (2/2)

ÇÖZÜM

1 Birinci moment (kapalı ifade; ψ = 1, [ ] içi x_2 için eksi x_1 için)

$$M = \int_0^H z\,\sigma_H\,dz = \frac{q}{\pi}\left[\frac{H^2}{2}\tan^{-1}\frac{x}{H} - \frac{x}{2}\left(H - x\tan^{-1}\frac{H}{x}\right)\right]_{x_1}^{x_2}$$

2 Sayılar (ψ = 1)

$$x_2: \quad 312{,}5(0{,}447520) - 6(25 - 12\cdot 1{,}12328) = 70{,}7259$$

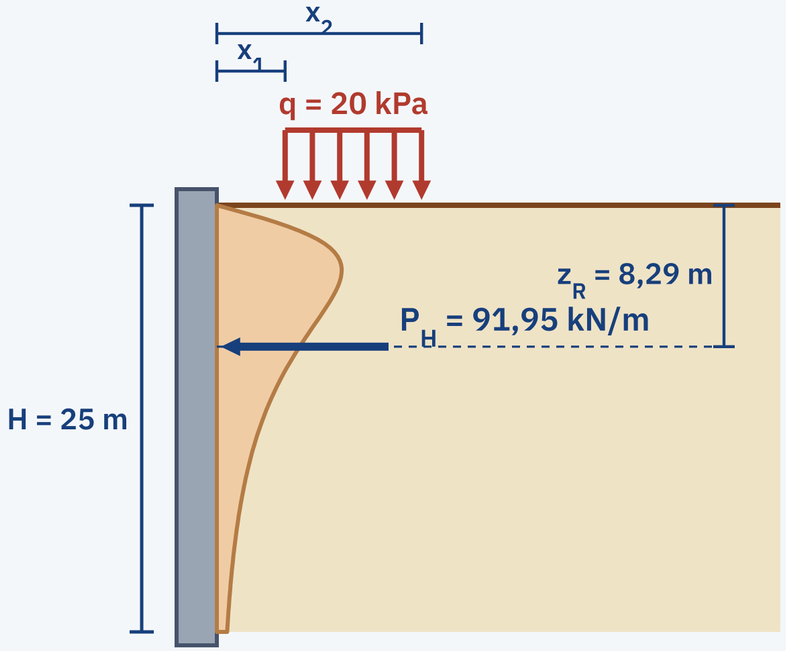
$$x_1: \quad 312{,}5(0{,}158655) - 2(25 - 4\cdot 1{,}41214) = 10{,}8769$$

$$M = \frac{20}{\pi}(70{,}7259 - 10{,}8769) = \mathbf{381{,}011}\ \text{kN}$$

3 Derinlik ve tabandan yükseklik

$$z_R = \frac{M}{P_H} = \frac{381{,}011}{45{,}974} = \mathbf{8{,}287}\ \text{m} \qquad H - z_R = \mathbf{16{,}71}\ \text{m}$$

Bileşke yüzeyin **8,29 m** altında, tabanın **16,71 m** üstündedir; derinlik iki biçimde de aynıdır.



Çözümü GeoTerva'da kontrol edin ↗

Soru

SORU

Verilenler

Duvar ve yük	$H = 25{,}00$ **m,** $q = 20{,}00$ **kPa, rijit duvar (** $\psi = 2$**)**
Şerit	**genişlik** $b = 8{,}00$ **m sabit;** $x_1 = 0,\ 2,\ 4,\ 8,\ 12,\ 20$ **m**

İSTENEN

P_H, z_R, en büyük basınç ve derinliği; $x_1 = 0$ için elle kontrol.

Çözüm (1/2)

ÇÖZÜM

x_1 (m)	x_2 (m)	P_H (kN/m)	z_R (m)	$\sigma_{H,max}$ (kPa)	z (m)
0	8	98,58	4,80	20,00	0,00
2	10	95,71	6,72	11,53	2,33
4	**12**	**91,95**	**8,29**	**8,46**	**3,81**
8	16	82,64	10,63	5,57	6,40
12	20	72,33	12,21	4,16	8,85
20	28	53,22	14,06	2,76	13,60

Şerit duvardan uzaklaştıkça **bileşke azalır** (98,58 → 53,22 kN/m), **etkime çizgisi derinleşir** (4,80 → 14,06 m) ve basıncın zirvesi aşağı iner; x_1 = 4 m satırı Örnek 1 ve 3'tür.

Çözüm (2/2)

ÇÖZÜM

1 Yüzeyde açılar limit değerini alır (z = 0)

$$\beta = 90^\circ, \quad \alpha = 45^\circ$$

$$\sigma_H = \psi \frac{q}{\pi}\left[\frac{\pi}{2} - \sin 90^\circ \cos 90^\circ\right] = \psi\frac{q}{2} = \frac{2 \times 20}{2} = \mathbf{20{,}00}\ \mathrm{kPa}$$

2 Bileşke ($\theta_1 = 0$, $\theta_2 = \tan^{-1}(8/25)$)

$$P_H = \frac{2 \times 20}{\pi} \times 25 \times (0{,}309703 - 0) = \mathbf{98{,}58}\ \mathrm{kN/m}$$

Duvar yüzünde başlayan şerit duvarın üst kısmını **doğrudan yükler**: zemin yüzeyinde basınç ψq/2 = **20,00 kPa**'dır (yarı sonsuz ortamda 10,00 kPa), bileşke **98,58 kN/m** ve z_R = 4,80 m.

Çözümü GeoTerva'da kontrol edin ↗

Soru

SORU

Verilenler

Duvar ve yük	$q = 20{,}00$ **kPa, rijit duvar (**$\psi = 2$**)**
Genişlik	$x_1 = 4{,}00$ **m sabit,** $b = 2,\ 4,\ 8,\ 16,\ 36$ **m (**$H = 25$ **m)**
Yükseklik	$x_1 = 4$**,** $x_2 = 12$ **m;** $H = 5,\ 10,\ 25,\ 50,\ 100,\ 250$ **m**

İSTENEN

P_H ve **z_R**; derin duvar sınırı **ψ q b / π** ile karşılaştırma.

Çözüm

ÇÖZÜM

b (m)	x_2 (m)	P_H (kN/m)	z_R (m)	$\sigma_{H,max}$ (kPa)
2	6	**24,47**	6,12	3,32
4	8	**48,08**	6,95	5,57
8	12	**91,95**	8,29	8,46
16	20	**164,28**	10,01	11,53
36	40	**271,69**	11,82	14,63

Geniş şerit daha çok yük taşır: P_H artar, z_R ve tepe derinleşir.

H (m)	P_H (kN/m)	$P_H / (\psi qb/\pi)$	z_R (m)	tabandan (m)
5	**31,91**	0,3133	3,00	2,00
10	**63,10**	0,6194	5,10	4,90
25	**91,95**	0,9027	8,29	16,71
50	**99,13**	0,9732	10,13	39,87
100	**101,16**	0,9931	11,27	88,73
250	**101,75**	0,9989	12,03	237,97

Derin duvarda P_H, $\psi qb/\pi$ = 101,86 kN/m değerine yaklaşır.

Basınç profili duvar yüksekliğine bağlı değildir ($\sigma_{H,max}$ = 8,46 kPa, z = 3,81 m her H için): yükseklik yalnız integralin üst sınırını değiştirir.

Çözümü GeoTerva'da kontrol edin ↗

Özet

Akılda kalacak noktalar

$\beta = \tan^{-1}(x_2/z) - \tan^{-1}(x_1/z)$, $\alpha = \tan^{-1}(x_1/z) + \beta/2$; $\sigma_H = \psi\,(q/\pi)[\beta - \sin\beta\cos 2\alpha]$; $\psi = 2$ rijit duvar, $\psi = 1$ yarı sonsuz ortam

Örnek ($H = 25$ m, $x_1 = 4$, $x_2 = 12$, $q = 20$): $z = 5$ m'de $\beta = 28{,}720°$, $\alpha = 53{,}020°$, $\sigma_H = 4{,}0364$ kPa ($\psi = 1$) ve 8,0728 kPa ($\psi = 2$)

En büyük basınç 8,46 kPa ($\psi = 2$) $z = 3{,}81$ m derinliğinde; yüzeyde sıfır, tabanda 0,6971 kPa

Bileşke $P_H = \psi\,(q/\pi)\,H\,(\theta_2 - \theta_1)$ = **91,95 kN/m** ($\psi = 2$), **$z_R = 8{,}29$ m** yüzeyin altında (tabandan 16,71 m)

Etkiler: şerit uzaklaştıkça P_H azalır, z_R derinleşir; $x_1 = 0$ ise yüzeyde $\psi q/2$; çok derin duvarda $P_H \to \psi q b/\pi$

Kaynaklar

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

California Department of Transportation. Trenching and Shoring Manual — şerit yük basıncının rijit duvar (iki katına çıkarılmış) biçimi.

NOT

Sayısal örneklerin tümü modülün kendi hesap motoruyla üretilmiştir; modül aynı değerleri verir. Modülün açılış duvarı H = 25 m, x_1 = 4 m, x_2 = 12 m ve q = 20 kPa'dır.

GeoTerva

Çevrim içi geoteknik hesaplar

Teoriden uygulamaya

Kendi duvarınızı, şerit yükünüzün konumunu ve genişliğini GeoTerva'da girin; modül her derinlikte β, α, σ_H değerlerini, basınç profilini, bileşkeyi ve etkime çizgisini, adım adım çözümü ve raporu birlikte verir.

Modülü açın → | **Teori sayfası →**

Telefonla açın
Örnek modüller kayıt gerektirmez.