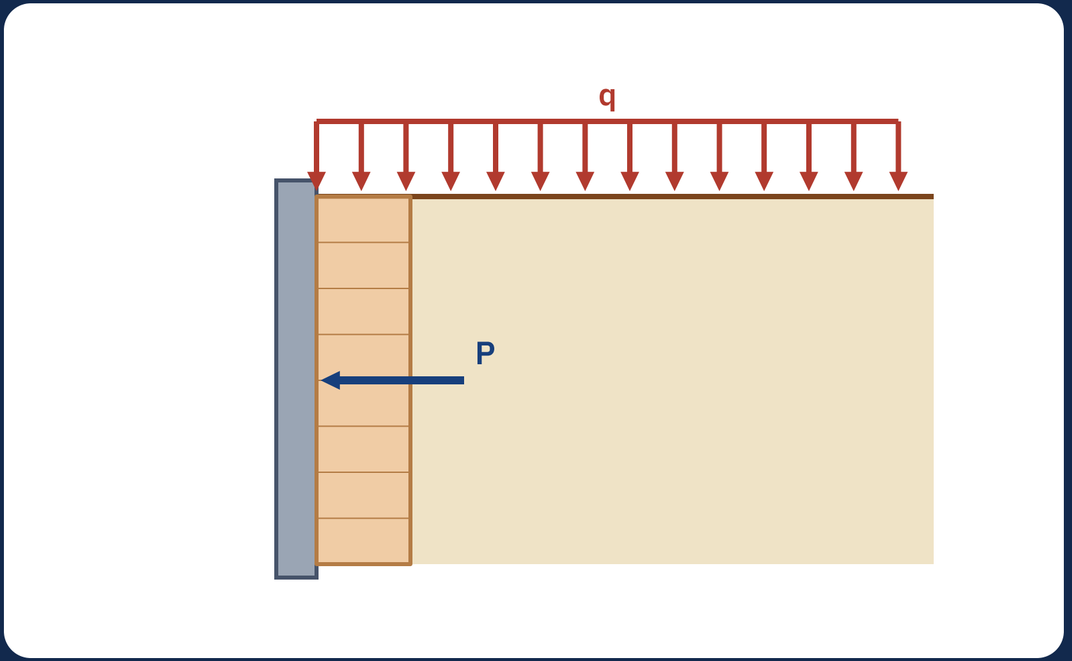
Geoteknik ders sunumu · Sürşarj yükleri

Üniform sürşarj yükü

Ders anlatımı: duvarın arkasındaki tüm yüzeye yayılan düzgün yük; derinlikle sabit yanal basınç, bileşke ve etki çizgisi, çözümlü örnekler.

$\sigma_H = K \cdot q$ $K_0 \cdot K_a$ $P = K\,q\,H$ $z_R = H/2$

Dikdörtgen diyagram



Giriş

Bu derste neler öğreneceğiz?

- Düzgün yayılı q yükünün duvara **yanal basınç** olarak nasıl yansıdığını: $\sigma_H = K \cdot q$, her derinlikte aynı
- **K katsayısının** duvarın davranışına göre seçimini: sükunet (K_0, Jaky), aktif (K_a, Rankine) ya da girilen değer
- Dikdörtgen diyagramın **bileşkesini** $P = K\,q\,H$ ve **etki çizgisini** $z_R = H/2$
- K_0 ve K_a'nın φ' ile değişimini; P'nin q ve H ile doğrusal artışını
- Sürşarjın zemin basıncı diyagramına **eklenişini** ve payını

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 = 6 m, q = 10 kPa, $\varphi' = 30°$. Kuvvetler duvarın birim uzunluğu başınadır (kN/m); basınçlar kPa.

Duvara etkiyen düzgün yayılı yük

KURAM

Duvarın arkasındaki **tüm zemin yüzeyine** yayılan düzgün **q** yükü, her derinlikte düşey gerilmeyi q kadar artırır

Duvar bunun yalnızca bir kısmını hisseder: bu kısım yanal toprak basıncı katsayısı **K** ile belirlenir

Eklenen basınç duvarın üstünden tabanına kadar **aynıdır**: basınç diyagramı bir dikdörtgendir

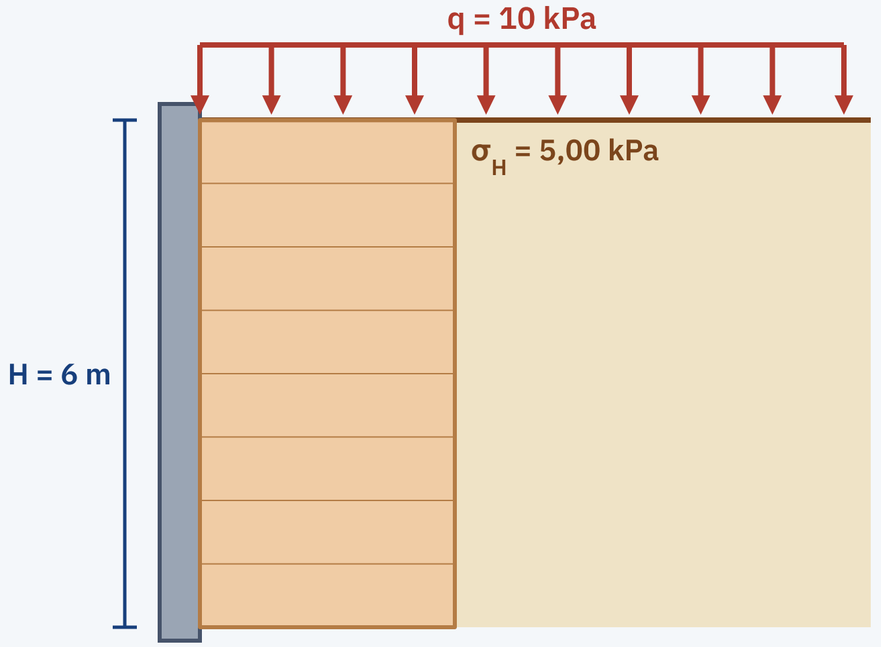
$$\sigma_H = K\,q$$

q — tutulan zemin yüzeyindeki düzgün sürşarj

φ′ — tutulan zeminin efektif içsel sürtünme açısı

K — yanal toprak basıncı katsayısı (K_0, K_a ya da girilen)

σ_H — eklenen yanal basınç, derinlikle sabit



Duvarın davranışı K'yı belirler

KURAM

Hareket edemeyen (desteklenmiş) duvar zemini sükunet durumunda tutar: normal konsolide zeminde varsayılan **Jaky** katsayısıdır

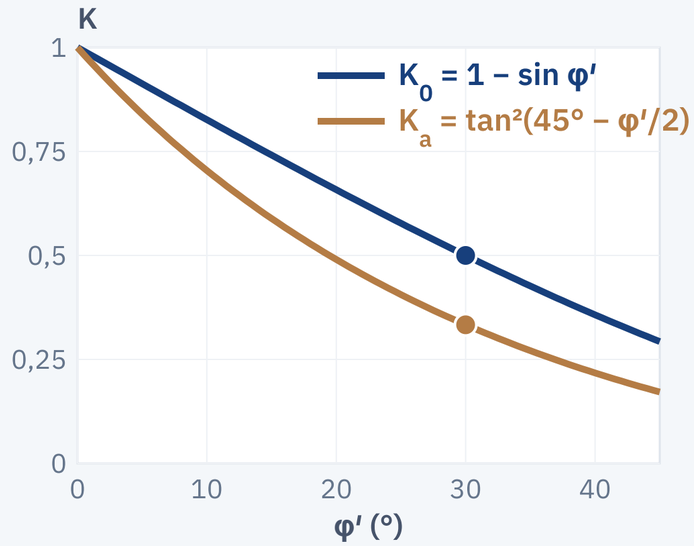
Şekil değiştiren duvar aktif durumu harekete geçirir: dikey duvar ve yatay yüzeyde **Rankine** katsayısı alınır

Başka kaynaktan gelen katsayı (aşırı konsolide K_0, eğik ya da pürüzlü duvar için Coulomb K_a) **doğrudan girilir**

$$K_0 = 1 - \sin\varphi' \qquad \text{(sükunet, Jaky)}$$

$$K_a = \tan^2\left(45^\circ - \frac{\varphi'}{2}\right) \qquad \text{(aktif, Rankine)}$$

K_0 ve K_a – φ′



İki katsayının içsel sürtünme açısıyla değişimi

KURAM

φ′ (°)	0	20	25	30	35	40
K_a	1,0000	0,4903	0,4059	0,3333	0,2710	0,2174
K_0	1,0000	0,6580	0,5774	0,5000	0,4264	0,3572

φ′ büyüdükçe **iki katsayı da azalır**: sağlam zeminde duvarın hissettiği pay küçülür

Aynı φ′'de **$K_0 > K_a$**: hareket edemeyen duvar, şekil değiştiren duvardan daha fazla yük alır

φ′ = 0 için $K_0 = K_a = 1$: yük duvara tümüyle, bir sıvıdaki gibi yansır

Bileşke P = K q H, yüksekliğin ortasında

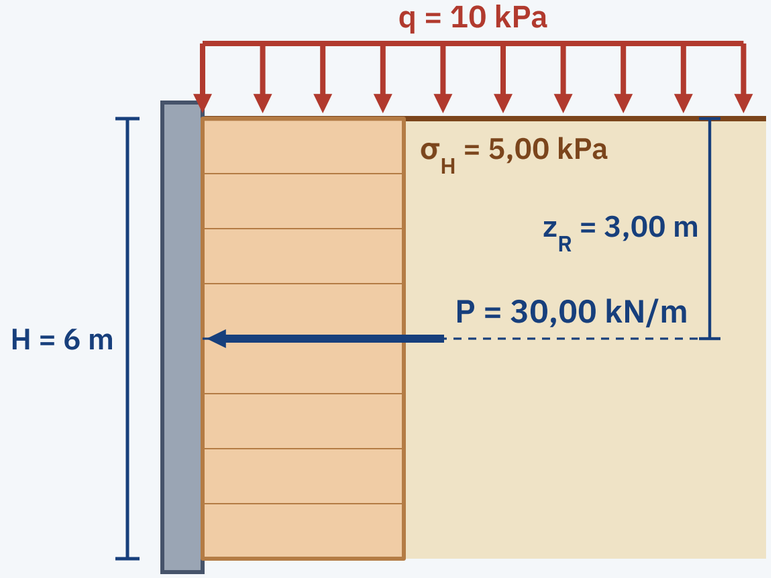
KURAM

Diyagram bir dikdörtgendir: duvarın **birim uzunluğu başına bileşke** alandır, **etki çizgisi** dikdörtgenin merkezinden geçer

Bileşke yüksekliğin **ortasında** etkir: zemin yüzeyinin H/2 altında (tabandan da H/2 yukarıda)

Bu yalnızca **sürşarj bileşenidir**: zemin ve su basıncı diyagramlarına eklenir

$$P = \sigma_H H = K q H \qquad z_R = \frac{H}{2}$$



P — duvarın birim uzunluğu başına bileşke kuvvet (kN/m)

z_R — bileşkenin zemin yüzeyinden derinliği

Soru

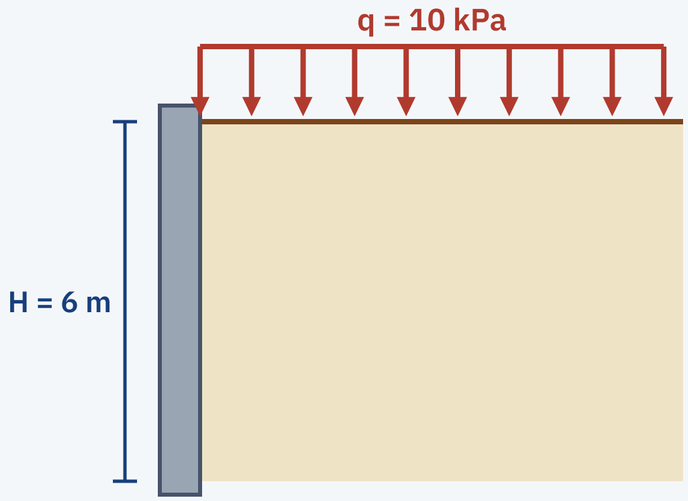
SORU

Verilenler

Duvar	$H = 6{,}00$ **m, rijit (hareket edemeyen) duvar**
Yük	**tüm yüzeyde** $q = 10{,}00$ **kPa**
Zemin	$\varphi' = 30^\circ$

İSTENEN

K, eklenen yanal basınç σ_H, bileşke **P** ve derinliği z_R.



Çözüm

ÇÖZÜM

1 Katsayı: duvar hareket edemez, sükunet durumu (Jaky)

$$K_0 = 1 - \sin\varphi' = 1 - \sin 30^\circ = 1 - 0{,}5 = \mathbf{0{,}5000}$$

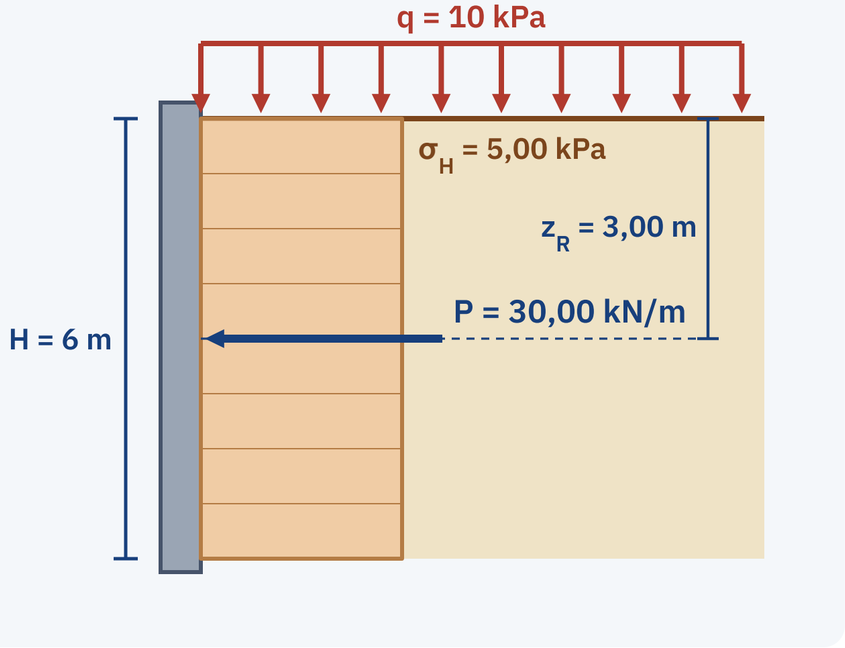
2 Eklenen yanal basınç: her derinlikte aynı

$$\sigma_H = K\,q = 0{,}5000 \times 10{,}00 = \mathbf{5{,}00}\ \mathrm{kPa}$$

3 Bileşke ve etki çizgisi

$$P = \sigma_H\,H = 5{,}00 \times 6{,}00 = \mathbf{30{,}00}\ \mathrm{kN/m}$$

$$z_R = \frac{H}{2} = \frac{6{,}00}{2} = \mathbf{3{,}00}\ \mathrm{m}$$



Duvar tüm yükseklikte **5,00 kPa** yanal basınç alır; bileşke **30,00 kN/m**, zemin yüzeyinin **3,00 m** altındadır (tabandan 3,00 m yukarıda).

Çözümü GeoTerva'da kontrol edin ↗

Soru

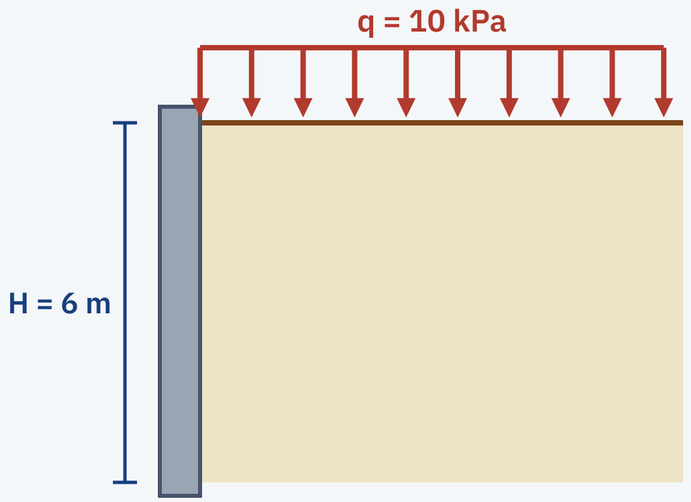
SORU

Verilenler

Duvar ve yük	**aynı duvar:** $H = 6{,}00$ **m,** $q = 10{,}00$ **kPa,** $\varphi' = 30^\circ$
Fark	**duvar, aktif durumu harekete geçirecek kadar şekil değiştirir (dikey duvar, yatay yüzey)**

İSTENEN

K_a, σ_H, P, z_R; sükunet durumuyla karşılaştırma.



Çözüm (1/2)

ÇÖZÜM

1 Katsayı: aktif durum (Rankine)

$$K_a = \tan^2\left(45^\circ - \frac{\varphi'}{2}\right) = \tan^2 30^\circ = 0{,}5774^2 = \mathbf{0{,}3333}$$

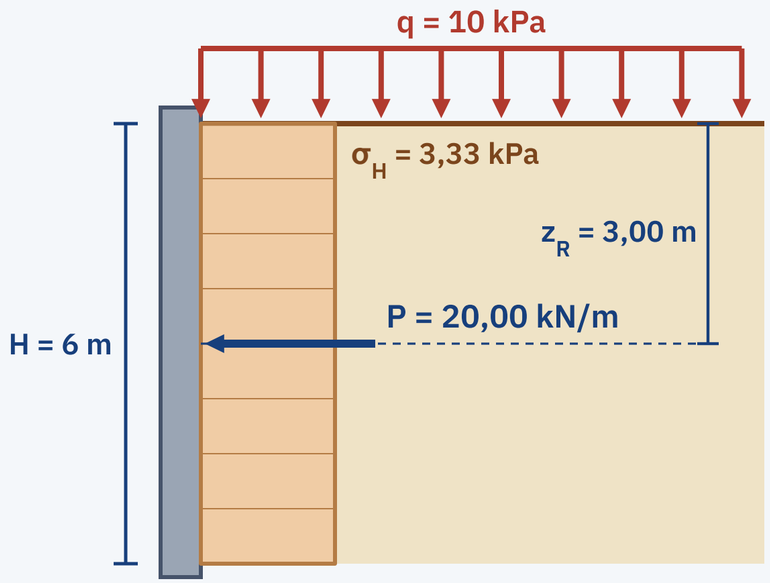
2 Eklenen yanal basınç

$$\sigma_H = K_a\, q = 0{,}3333 \times 10{,}00 = \mathbf{3{,}33}\ \mathrm{kPa}$$

3 Bileşke ve etki çizgisi

$$P = \sigma_H\, H = 3{,}333 \times 6{,}00 = \mathbf{20{,}00}\ \mathrm{kN/m}$$

$$z_R = \frac{H}{2} = \mathbf{3{,}00}\ \mathrm{m}$$



Aktif durumda basınç **3,333 kPa**, bileşke **20,00 kN/m**; etki çizgisi aynı yüksekliktedir (z_R = 3,00 m).

Çözüm (2/2)

ÇÖZÜM

Durum	K	σ_H (kPa)	P (kN/m)	z_R (m)
Sükunet (K_0)	0,5000	5,00	30,00	3,00
Aktif (K_a)	0,3333	3,33	20,00	3,00
Oran K_a / K_0	**0,6667**	**0,6667**	**0,6667**	1

$\varphi' = 30°$ için $K_a / K_0 = 2/3$: şekil değiştiren duvar, hareket edemeyen duvarın aldığı sürşarj basıncının **üçte ikisini** alır. İkisinde de diyagram dikdörtgendir ve bileşke yüksekliğin ortasındadır.

Duvarın gerçekten hareket edip etmeyeceği bu seçimin tek dayanağıdır: desteklenmiş ya da ankrajlı duvar aktif duruma ulaşmaz, K_0 alınır.

Çözümü GeoTerva'da kontrol edin ↗

Soru

SORU

Verilenler

Duvar ve yük	$H = 6{,}00$ **m,** $q = 10{,}00$ **kPa**
Zemin	$\varphi' = 0^\circ,\ 20^\circ,\ 25^\circ,\ 30^\circ,\ 35^\circ,\ 40^\circ$

İSTENEN

Her φ′ için **K_0**, **K_a**, **σ_H** ve **P** (iki durum için); φ′ = 40° için elle kontrol.

Çözüm (1/2)

ÇÖZÜM

φ′ (°)	K_0	K_a	σ_H sükunet (kPa)	σ_H aktif (kPa)	P sükunet (kN/m)	P aktif (kN/m)
0	1,0000	1,0000	10,00	10,00	60,00	60,00
20	0,6580	0,4903	6,58	4,90	39,48	29,42
25	0,5774	0,4059	5,77	4,06	34,64	24,35
30	**0,5000**	**0,3333**	**5,00**	**3,33**	**30,00**	**20,00**
35	0,4264	0,2710	4,26	2,71	25,59	16,26
40	0,3572	0,2174	3,57	2,17	21,43	13,05

φ′ = 30° satırı Örnek 1 ve 2'dir. φ′ arttıkça bileşke düşer: sükunette 60,00 kN/m'den (φ′ = 0°) 21,43 kN/m'ye (φ′ = 40°), aktifte 13,05 kN/m'ye iner.

Çözüm (2/2)

ÇÖZÜM

1 Katsayılar

$$K_0 = 1 - \sin 40^\circ = 1 - 0{,}6428 = \mathbf{0{,}3572}$$

$$K_a = \tan^2(45^\circ - 20^\circ) = \tan^2 25^\circ = 0{,}4663^2 = \mathbf{0{,}2174}$$

2 Basınç

$$\sigma_{H,0} = 0{,}3572 \times 10{,}00 = \mathbf{3{,}57}\ \mathrm{kPa}$$

$$\sigma_{H,a} = 0{,}2174 \times 10{,}00 = \mathbf{2{,}17}\ \mathrm{kPa}$$

3 Bileşke (z_R = 3,00 m, iki durumda da)

$$P_0 = 3{,}572 \times 6{,}00 = \mathbf{21{,}43} \qquad P_a = 2{,}174 \times 6{,}00 = \mathbf{13{,}05}\ \mathrm{kN/m}$$

Tablodaki φ′ = 40° satırı elle de çıkar: **21,43** ve **13,05 kN/m**.

Çözümü GeoTerva'da kontrol edin ↗

Soru

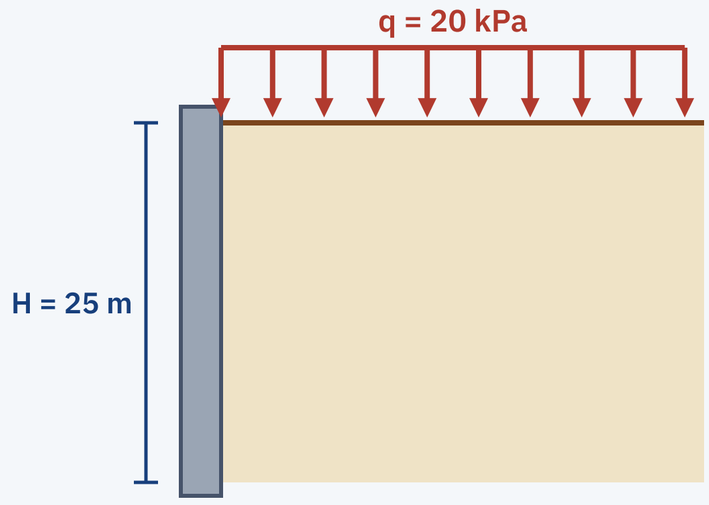
SORU

Verilenler

Duvar	$H = 25{,}00$ **m**
Yük	**tüm yüzeyde** $q = 20{,}00$ **kPa**
Katsayı	**başka bir kaynaktan alınan** $K = 0{,}30$ **(φ′ kullanılmaz)**

İSTENEN

σ_H, P, z_R ve basıncın derinlikle değişimi.



Çözüm

ÇÖZÜM

1 Basınç: girilen K doğrudan çarpılır

$$\sigma_H = K\,q = 0{,}30 \times 20{,}00 = \mathbf{6{,}00}\ \mathrm{kPa}$$

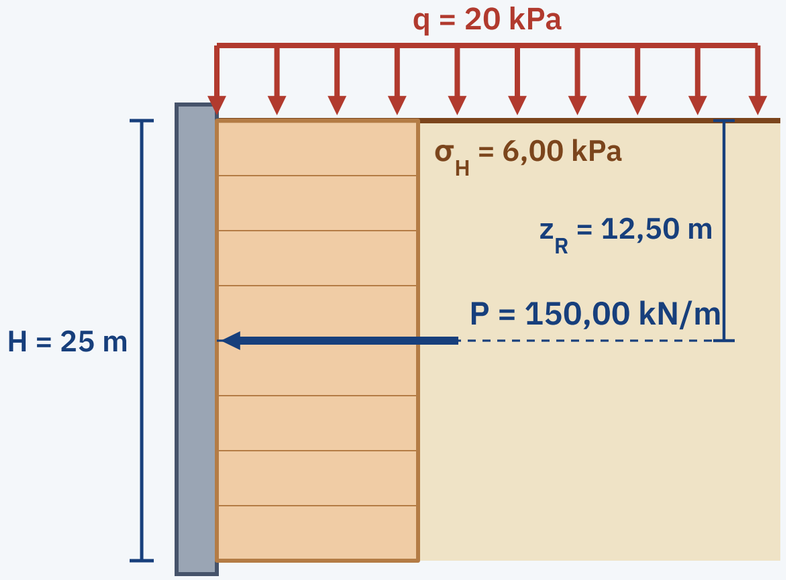
2 Bileşke ve etki çizgisi

$$P = \sigma_H\,H = 6{,}00 \times 25{,}00 = \mathbf{150{,}00}\ \mathrm{kN/m}$$

$$z_R = \frac{H}{2} = \frac{25{,}00}{2} = \mathbf{12{,}50}\ \mathrm{m}$$

3 Basıncın derinlikle değişimi

z (m)	0,0	5,0	10,0	15,0	20,0	25,0
σ_H (kPa)	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00



Basınç **her derinlikte 6,00 kPa**; bileşke **150,00 kN/m**, zeminin 12,50 m altında.

Çözümü GeoTerva'da kontrol edin ↗

Soru

SORU

Verilenler

Duvar ve zemin	$\varphi' = 30^\circ$**; sükunet ve aktif durum**
Değişen 1	$q = 0,\ 5,\ 10,\ 20,\ 30,\ 50$ **kPa (**$H = 6{,}00$ **m)**
Değişen 2	$H = 2,\ 4,\ 6,\ 8,\ 10$ **m (**$q = 10{,}00$ **kPa)**

İSTENEN

Bileşkenin **q** ve **H** ile değişimi; basınç ve etki çizgisi.

Çözüm

ÇÖZÜM

q (kPa)	σ_H sükunet (kPa)	P sükunet (kN/m)	P aktif (kN/m)
0	0,00	**0,00**	**0,00**
5	2,50	**15,00**	**10,00**
10	5,00	**30,00**	**20,00**
20	10,00	**60,00**	**40,00**
30	15,00	**90,00**	**60,00**
50	25,00	**150,00**	**100,00**

q iki katına çıkınca P da iki katına çıkar; q = 0'da sürşarj yoktur.

H (m)	σ_H sükunet (kPa)	P sükunet (kN/m)	P aktif (kN/m)	z_R (m)
2	5,00	**10,00**	**6,67**	1,00
4	5,00	**20,00**	**13,33**	2,00
6	5,00	**30,00**	**20,00**	3,00
8	5,00	**40,00**	**26,67**	4,00
10	5,00	**50,00**	**33,33**	5,00

H arttıkça P doğrusal artar; basınç aynı kalır, bileşke H/2 derinliğine iner.

P = K q H: q ve H'nin **çarpımıyla** doğru orantılıdır; K'nın etkisi ise ayrı bir çarpandır (aktif / sükunet = 2/3, her satırda).

Çözümü GeoTerva'da kontrol edin ↗

Soru

SORU

Verilenler

Duvar	$H = 6{,}00$ **m,** $\gamma = 18{,}0$ **kN/m³,** $\varphi' = 30^\circ$ **(kuru dolgu)**
Sürşarj	$q = 10{,}00$ **kPa tüm yüzeyde**
Durumlar	**sükunet (**K_0**) ve aktif (**K_a**)**

İSTENEN

Zemin üçgeninin bileşkesi, sürşarjın bileşkesi, **toplam kuvvet** ve toplam kuvvetin tabandan yüksekliği; sürşarjın payı.

Çözüm (1/2)

ÇÖZÜM

1 Zemin basıncı (üçgen diyagram), sükunet durumu

$$P_z = \tfrac{1}{2} K_0 \gamma H^2 = \tfrac{1}{2}(0{,}500)(18{,}0)(6{,}00)^2 = \mathbf{162{,}00}\ \mathrm{kN/m} \quad (\text{tabandan } 2{,}00\ \mathrm{m})$$

2 Sürşarj bileşeni (Örnek 1)

$$P_q = K_0\, q\, H = 0{,}500 \times 10{,}00 \times 6{,}00 = \mathbf{30{,}00}\ \mathrm{kN/m} \quad (\text{tabandan } 3{,}00\ \mathrm{m})$$

3 Toplam ve etki çizgisi (taban momenti)

$$P = 162{,}00 + 30{,}00 = \mathbf{192{,}00}\ \mathrm{kN/m}$$

$$L = \frac{162{,}00(2{,}00) + 30{,}00(3{,}00)}{192{,}00} = \frac{414{,}00}{192{,}00} = \mathbf{2{,}156}\ \mathrm{m}$$

Sükunette toplam **192,00 kN/m**, tabandan **2,156 m** yukarıda etkir; sürşarjın payı 30,00 kN/m (%15,6).

Çözüm (2/2)

ÇÖZÜM

1 Aktif durum için aynı adımlar ($K_a = 0{,}3333$)

$$P_z = \tfrac{1}{2}(0{,}3333)(18{,}0)(6{,}00)^2 = \mathbf{108{,}00}\ \mathrm{kN/m}$$

$$P_q = 0{,}3333(10{,}00)(6{,}00) = \mathbf{20{,}00}\ \mathrm{kN/m}$$

$$L = \frac{108{,}00(2{,}00) + 20{,}00(3{,}00)}{128{,}00} = \mathbf{2{,}156}\ \mathrm{m}$$

Durum	K	P_{zemin} (kN/m)	$P_{sürşarj}$ (kN/m)	P toplam (kN/m)	Sürşarj payı	L (m, tabandan)
Sükunet	0,5000	162,00	30,00	**192,00**	%15,62	2,156
Aktif	0,3333	108,00	20,00	**128,00**	%15,62	2,156

Her iki terimde de K çarpan olduğundan **sürşarjın payı ve etki çizgisi K'dan bağımsızdır**: pay 2q / (γH + 2q) = %15,62, L = 2,156 m. Yalnızca toplam kuvvet K ile ölçeklenir.

Çözümü GeoTerva'da kontrol edin ↗

Özet

Akılda kalacak noktalar

$\sigma_H = K \cdot q$: tüm yüzeye yayılan düzgün yük, duvara **her derinlikte aynı** yanal basıncı ekler; diyagram dikdörtgendir

K duvarın davranışına göre: sükunet **$K_0 = 1 - \sin \varphi'$** (Jaky), aktif **$K_a = \tan^2(45° - \varphi'/2)$** (Rankine) ya da girilen değer; $\varphi' = 30°$ için 0,5000 ve 0,3333

$P = K\,q\,H$ ve **$z_R = H/2$**: açılış duvarında (H = 6 m, q = 10 kPa) sükunette σ_H = 5,00 kPa, P = 30,00 kN/m; aktifte 3,33 kPa ve 20,00 kN/m

Doğrusal: P, q ve H ile orantılıdır; $K_a / K_0 = 2/3$ ($\varphi' = 30°$)

Toplama: sürşarj bileşeni zemin ve su basıncı diyagramlarına eklenir; sürşarjın payı $2q / (\gamma H + 2q)$ ve etki çizgisi K'dan bağımsızdır

Kaynaklar

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

Jaky, J. (1944). The coefficient of earth pressure at rest. Journal of the Society of Hungarian Architects and Engineers, 7, 355–358.

Rankine, W.M.J. (1857). On the stability of loose earth. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, 147, 9–27.

NOT

Sayısal örneklerin tümü modülün kendi hesap motoruyla üretilmiştir; modül aynı değerleri verir. Modülün açılış duvarı H = 6 m, q = 10 kPa, φ′ = 30° (sükunet) ve ikinci örneği H = 25 m, q = 20 kPa, K = 0,30'dur.

GeoTerva

Çevrim içi geoteknik hesaplar

Teoriden uygulamaya

Kendi duvarınızı, sürşarjınızı ve katsayı seçiminizi GeoTerva'da girin; modül K, σ_H, P ve z_R değerlerini, basınç diyagramını, adım adım çözümü ve raporu birlikte verir.

Modülü açın →

Teori sayfası →

Telefonla açın
Örnek modüller kayıt gerektirmez.