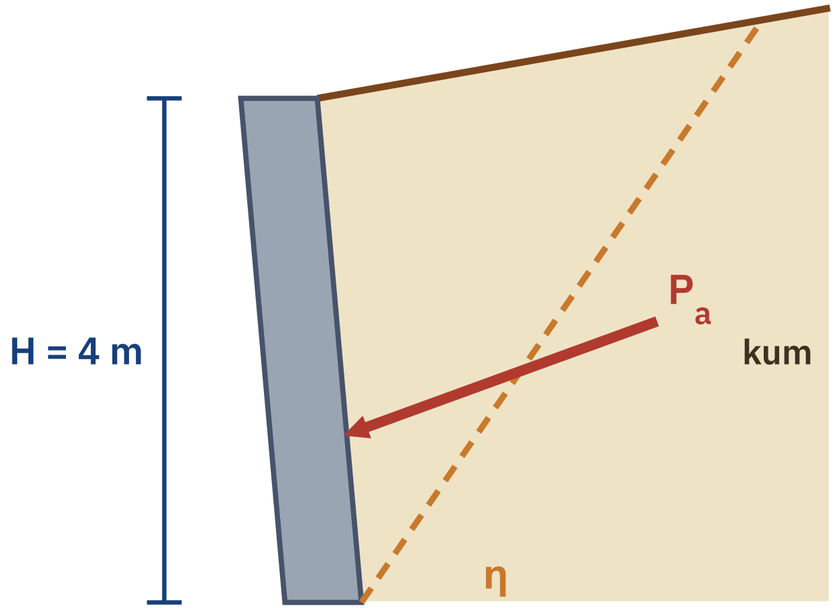
Geoteknik ders sunumu · Yanal toprak basıncı

Coulomb yanal toprak basıncı

Ders anlatımı: duvarın arkasında düzlemsel kayma kaması, duvar sürtünmesi, eğik duvar yüzü ve eğimli dolgu için Coulomb aktif ve pasif toprak basıncı; sürşarj, yeraltı suyu ve tabakalı dolgu; her konuda çözümlü örnek.

Deneme kaması · Duvar sürtünmesi δ′ · Aktif ve pasif · Sürşarj · su · tabaka · Kohezyonlu tabaka



Giriş

Bu derste neler öğreneceğiz?

- Coulomb'un **deneme kaması** fikrini: üç kuvvetin (W, F, P_a) dengesi ve en tehlikeli kama
- Duvar sürtünmesinin (δ′), duvar yüzü eğiminin (θ) ve dolgu eğiminin (α) **K_a ve K_p** katsayısını nasıl değiştirdiğini
- **Aktif** kuvvetin kamaların **en büyüğü**, **pasif** kuvvetin kamaların **en küçüğü** olduğunu
- Kuvvetin yerini (H/3), doğrultusunu (yüze normalden δ′) ve yatay – düşey bileşenlerini bulmayı
- **Sürşarj** ($q_e = q \cos\theta / \cos(\theta - \alpha)$), **yeraltı suyu** ve tabakalı dolguyu
- Pasifte Coulomb çözümünün ne zaman **güvensiz** olduğunu

DERS AKIŞI

Her konu **üç adımda** işlenir:

1 · **Kuram**: kural nedir, neden öyle?

2 · **Soru**: verilenler ve istenen

3 · **Çözüm**: adım adım, sayılarla

Kuvvetler duvarın birim uzunluğu başınadır (kN/m); açılar derece; θ duvar yüzünün düşeyle, α dolgunun yatayla açısıdır.

Coulomb'un düzlemsel kaması

KURAM

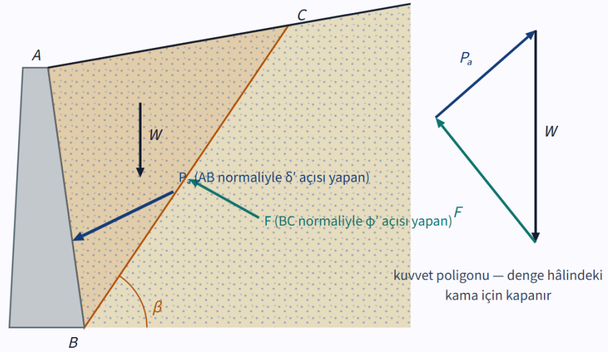
Coulomb (1776) duvarın arkasındaki zemini, topuktan geçen bir düzlem üzerinde kayan **rijit bir kama** sayar ve Rankine'den farklı olarak duvar ile zemin arasındaki **sürtünmeyi** hesaba katar. Kohezyonsuz dolguda deneme kamasına üç kuvvet etkir:

- **W**: kamanın ağırlığı
- **F**: kayma düzlemi BC üzerindeki bileşke, düzlemin normalinden φ′ eğimli
- **P_a**: duvarın kuvveti, duvar yüzünün normalinden δ′ eğimli

Düzlem yatayla β açısı yapıyorsa kuvvet çokgeninde sinüs teoremi:

$$\frac{W}{\sin(90^\circ + \theta + \delta' - \beta + \varphi')} = \frac{P_a}{\sin(\beta - \varphi')}$$

$$P_a = \tfrac{1}{2}\gamma H^2 \, \frac{\cos(\theta-\beta)\cos(\theta-\alpha)\sin(\beta-\varphi')}{\cos^2\theta \, \sin(\beta-\alpha) \, \sin(90^\circ+\theta+\delta'-\beta+\varphi')}$$



Soru

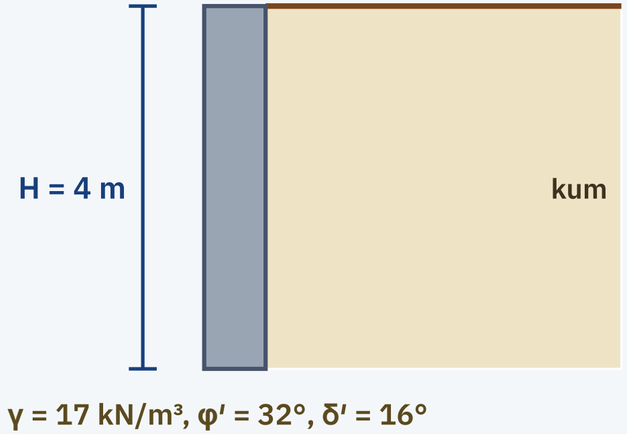
SORU

İSTENEN

Deneme düzlemi β = 45°, 60° ve 75° için **$P_a(\beta)$**; **en büyük** kuvvet ve onun β açısı.

Verilenler

Duvar	$H = 4$ **m, düşey (**$\theta = 0$**); dolgu yüzeyi yatay (**$\alpha = 0$**)**
Zemin	**kuru kum:** $\gamma = 17\ \mathrm{kN/m^3},\ \varphi' = 32^\circ$**; duvar sürtünmesi** $\delta' = 16^\circ = \varphi'/2$



Çözüm

ÇÖZÜM

1 Düşey duvar, yatay dolgu: θ = α = 0 ⇒ $P_a(\beta) = \tfrac{1}{2}\gamma H^2 \cdot \cos\beta \sin(\beta - \varphi') / [\sin\beta \cos(\beta - \varphi' - \delta')]$

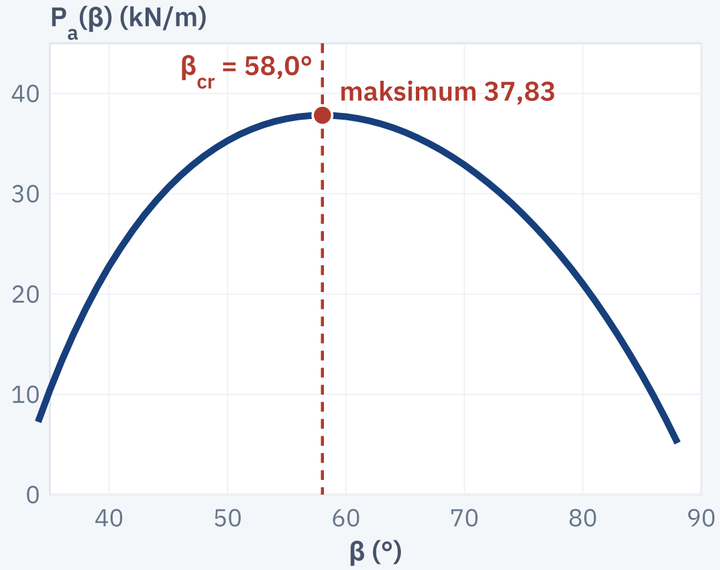
$$\beta = 45^\circ:\ P_a = \mathbf{30{,}64}\ \mathrm{kN/m} \qquad \beta = 60^\circ:\ P_a = \mathbf{37{,}69}\ \mathrm{kN/m}$$

$$\beta = 75^\circ:\ P_a = \mathbf{27{,}89}\ \mathrm{kN/m}$$

2 En büyük deneme kaması ($dP_a/d\beta = 0$)

$$\beta_{cr} = \mathbf{58{,}0^\circ} \qquad P_{a,max} = \mathbf{37{,}83}\ \mathrm{kN/m}$$

Deneme kamalarından **en büyüğü 37,83 kN/m** (β = 58,0°) Coulomb'un aktif kuvvetidir; daha dik ya da daha yatık kamalar daha küçük kuvvet ister. Duvar yalnızca en tehlikeli kamayı tutabilmelidir.



Çözümü GeoTerva'da kontrol edin ↗

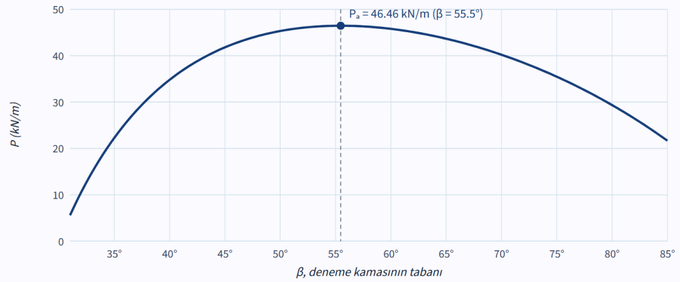
Coulomb aktif katsayısı K_a

KURAM

Yalnız β bilinmiyordu. Duvarın tutması gereken en tehlikeli kama, $P_a(\beta)$'nın en büyüğüdür ($dP_a/d\beta = 0$); çözümü:

$$K_a = \frac{\cos^2(\varphi' - \theta)}{\cos^2\theta\cos(\delta' + \theta)\left[1 + \sqrt{\dfrac{\sin(\delta' + \varphi')\sin(\varphi' - \alpha)}{\cos(\delta' + \theta)\cos(\theta - \alpha)}}\right]^2} \qquad P_a = \tfrac{1}{2}K_a\gamma H^2$$

φ′	δ′ = 0°	δ′ = 5°	δ′ = 10°	δ′ = 15°	δ′ = 20°	δ′ = 25°
28°	0,3610	0,3448	0,3330	0,3251	0,3203	0,3186
32°	0,3073	0,2945	0,2852	0,2791	0,2755	0,2745
36°	0,2596	0,2497	0,2426	0,2379	0,2354	0,2350
40°	0,2174	0,2098	0,2045	0,2011	0,1994	0,1995



Kuvvet tabandan **H/3** yukarıda, duvar yüzünün normalinden **δ′** eğimli etkir; yatayla θ + δ′ açısı yapar.

α = θ = δ′ = 0 için Rankine. Duvar sürtünmesi aktif kuvveti **azaltır**.

Soru

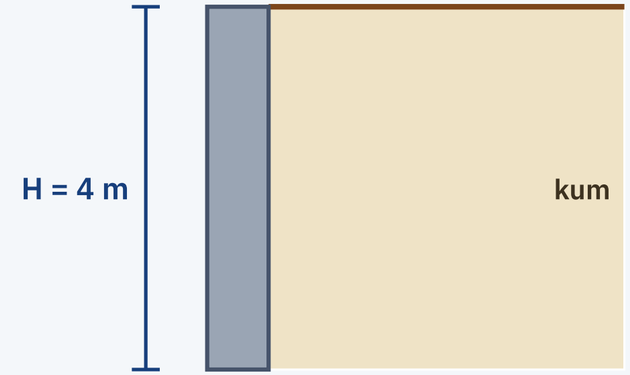
SORU

İSTENEN

K_a, **P_a**, etkime yüksekliği, yatay ve düşey bileşen; Rankine ile karşılaştırma.

Verilenler

Duvar ve zemin	**Örnek 1'deki duvar:** $H = 4$ **m,** $\theta = \alpha = 0$**;** $\gamma = 17\ \mathrm{kN/m^3}$, $\varphi' = 32^\circ$, $\delta' = 16^\circ$



Çözüm

ÇÖZÜM

1 Katsayı (θ = α = 0)

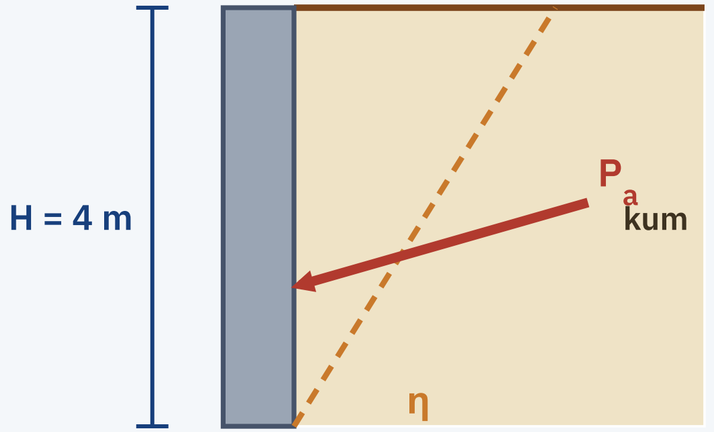
$$\sqrt{\frac{\sin 48^\circ \sin 32^\circ}{\cos 16^\circ}} = 0{,}6401$$

$$K_a = \frac{\cos^2 32^\circ}{\cos 16^\circ \,(1 + 0{,}6401)^2} = \frac{0{,}7192}{2{,}5856} = \mathbf{0{,}2782}$$

2 Kuvvet, yer ve bileşenler (yatayla δ′ = 16°)

$$P_a = \tfrac{1}{2}(0{,}2782)(17)(4)^2 = \mathbf{37{,}83}\ \mathrm{kN/m} \qquad \bar{z} = \tfrac{4}{3} = 1{,}33\ \mathrm{m}$$

$$P_h = P_a \cos 16^\circ = 36{,}36 \qquad P_v = P_a \sin 16^\circ = 10{,}43\ \mathrm{kN/m}$$



P_a = **37,83 kN/m**; deneme kamalarının en büyüğüyle (Örnek 1) aynı. Rankine (δ′ = 0, K_a = 0,3073) 41,79 kN/m verirdi: duvar sürtünmesi kuvveti %9 azalttı.

Çözümü GeoTerva'da kontrol edin ↗

Soru

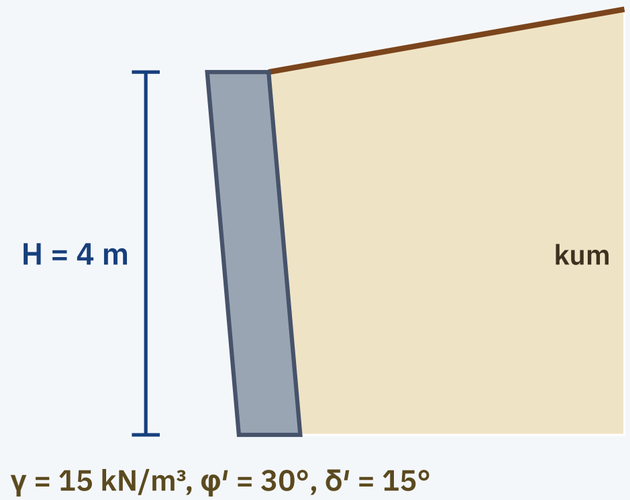
SORU

Verilenler

Duvar	$H = 4$ **m; yüzü düşeyden** $\theta = 5^\circ$ **eğik**
Dolgu	**yüzey eğimi** $\alpha = 10^\circ$**;** $\gamma = 15\ \mathrm{kN/m^3}$, $\varphi' = 30^\circ$
Duvar sürtünmesi	$\delta' = 15^\circ$ $(\delta'/\varphi' = \frac{1}{2})$

İSTENEN

K_a, P_a, doğrultusu ve yeri; kritik kama β. Modül bu duvarla açılır.



Çözüm (1/2)

ÇÖZÜM

1 Pay ve kök terimi

$$\cos^2(30^\circ - 5^\circ) = 0{,}8214 \qquad \cos^2 5^\circ \cos(15^\circ + 5^\circ) = 0{,}9326$$

$$\sqrt{\frac{\sin 45^\circ \sin 20^\circ}{\cos 20^\circ \cos(-5^\circ)}} = \sqrt{0{,}2583} = 0{,}5083$$

2 Katsayı

$$K_a = \frac{0{,}8214}{0{,}9326\,(1 + 0{,}5083)^2} = \mathbf{0{,}3872}$$

Çözüm (2/2)

ÇÖZÜM

3 Kuvvet ve yer

$$P_a = \tfrac{1}{2}\gamma H^2 K_a = \tfrac{1}{2}(15)(4)^2(0{,}3872) = \mathbf{46{,}46}\ \mathrm{kN/m}$$

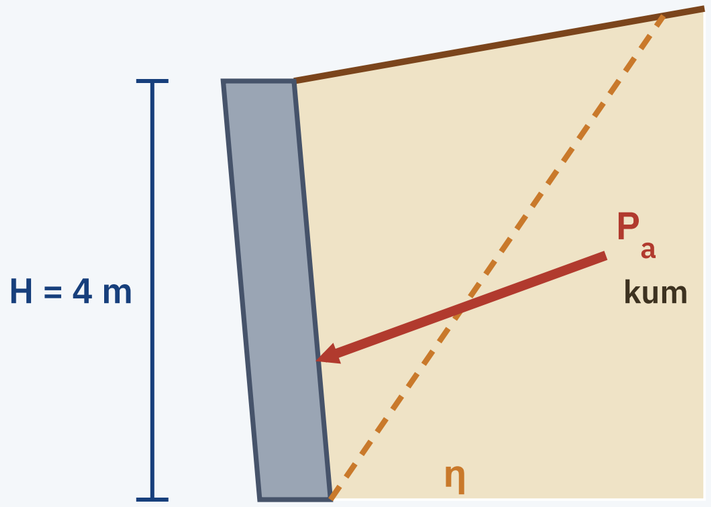
$$\bar{z} = \tfrac{H}{3} = \mathbf{1{,}33}\ \mathrm{m}$$

4 Doğrultu: normalden δ′ = 15°, yatayla θ + δ′ = 20°

$$P_h = P_a \cos 20^\circ = 43{,}66\ \mathrm{kN/m}$$

$$P_v = P_a \sin 20^\circ = 15{,}89\ \mathrm{kN/m}$$

P_a = **46,46 kN/m**, tabandan 1,33 m yukarıda. Kritik kama yatayla **β ≈ 55,5°** yapar (deneme kamalarının tepe noktası).



Çözümü GeoTerva'da kontrol edin ↗

Soru

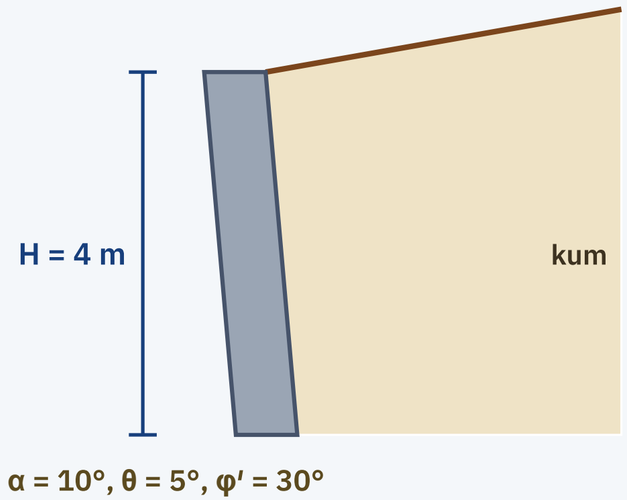
SORU

İSTENEN

Her δ′ için **K_a; en küçük** K_a hangi δ′′de? Önerilen δ′/φ′ aralığı.

Verilenler

Duvar ve dolgu	**Örnek 3'teki duvar: $\theta = 5^\circ,\ \alpha = 10^\circ,\ \varphi' = 30^\circ$; karşılaştırma için düşey duvar, yatay dolgu ($\theta = \alpha = 0$)**
Değişken	$\delta' = 0^\circ,\ 5^\circ,\ 10^\circ,\ 15^\circ,\ 20^\circ,\ 25^\circ,\ 30^\circ$



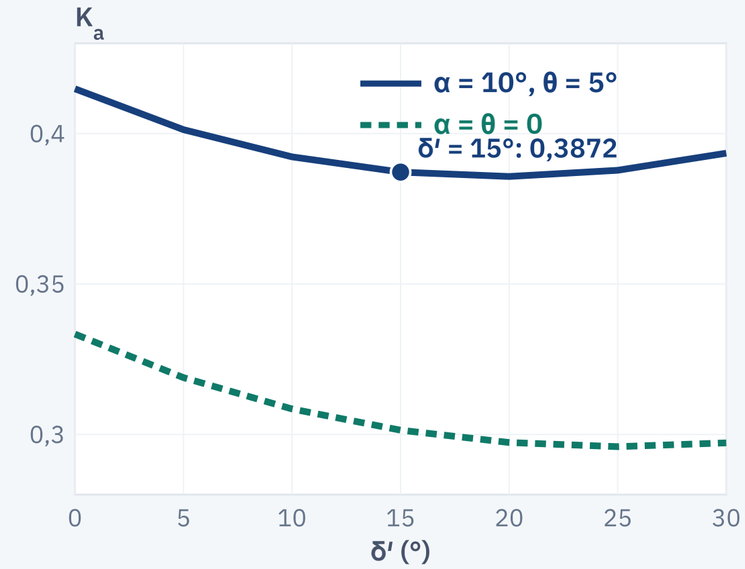
Çözüm

ÇÖZÜM

1 Aynı formülle yedi δ′ değeri

δ′	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°
K_a (θ = 5°, α = 10°)	0,4149	0,4013	0,3923	0,3872	0,3857	0,3878	0,3935
K_a (θ = α = 0)	0,3333	0,3189	0,3085	0,3014	0,2973	0,2959	0,2972

δ′ arttıkça K_a önce **azalır** (δ′ = 0 → 15°'de 0,415 → 0,387), δ′ ≈ 20–25°'de en küçük değere ulaşıp yeniden **artar**. Pratikte δ′ = (1/2 – 2/3)φ′ alınır; δ′ = φ′ almak, duvarın zemine göre aşağı kaymasına bağlı olduğundan güvenli taraf değildir.



Çözümü GeoTerva'da kontrol edin ↗

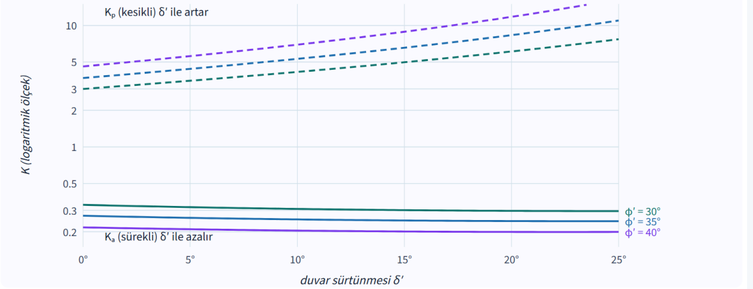
Coulomb pasif katsayısı K_p

KURAM

Duvar zemine itilince bileşke ve duvarın kuvveti normallerinin **öbür tarafına** döner; pasif kuvvet deneme kamalarının **en küçüğüdür**:

$$K_p = \frac{\cos^2(\varphi' + \theta)}{\cos^2\theta\cos(\delta' - \theta)\left[1 - \sqrt{\dfrac{\sin(\varphi' + \delta')\sin(\varphi' + \alpha)}{\cos(\delta' - \theta)\cos(\alpha - \theta)}}\right]^2} \qquad P_p = \tfrac{1}{2}K_p\gamma H^2$$

φ′	δ′ = 0°	δ′ = 5°	δ′ = 10°	δ′ = 15°	δ′ = 20°
15°	1,698	1,901	2,131	2,403	2,735
20°	2,040	2,313	2,635	3,029	3,525
25°	2,464	2,833	3,285	3,855	4,597
30°	3,000	3,505	4,143	4,977	6,105
35°	3,690	4,391	5,309	6,555	8,324
40°	4,599	5,593	6,946	8,872	11,771



Duvar sürtünmesi pasif kuvveti **hızla artırır** (φ′ = 30°: δ′ = 0 → 20° için K_p 3,00 → 6,11).

Büyük δ′ için düzlemsel kama pasif direnci **olduğundan fazla** verir (güvensiz): logaritmik spiral modülü.

Soru

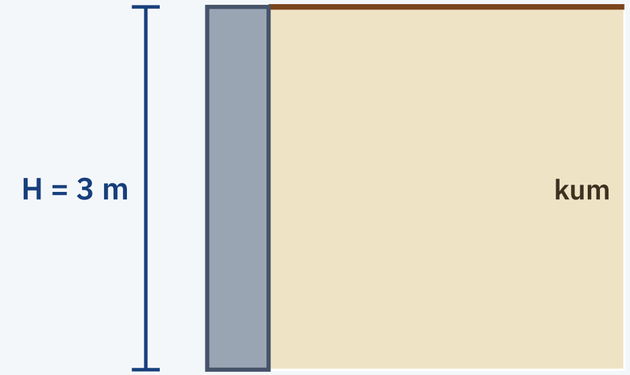
SORU

İSTENEN

Her δ′ için $\mathbf{K_p}$, $\mathbf{P_p}$ ve bileşenleri; δ′ = 15° için eğri yüzeyli çözümlerle (302–326 kN/m) karşılaştırma.

Verilenler

Duvar	$H = 3$ **m, düşey; yatay dolgu**
Zemin	**kuru kum:** $\gamma = 15{,}7\ \mathrm{kN/m^3},\ \varphi' = 30^\circ$
Duvar sürtünmesi	$\delta' = 0^\circ,\ 10^\circ,\ 15^\circ,\ 20^\circ$



γ = 15,7 kN/m³, φ′ = 30° (pasif)

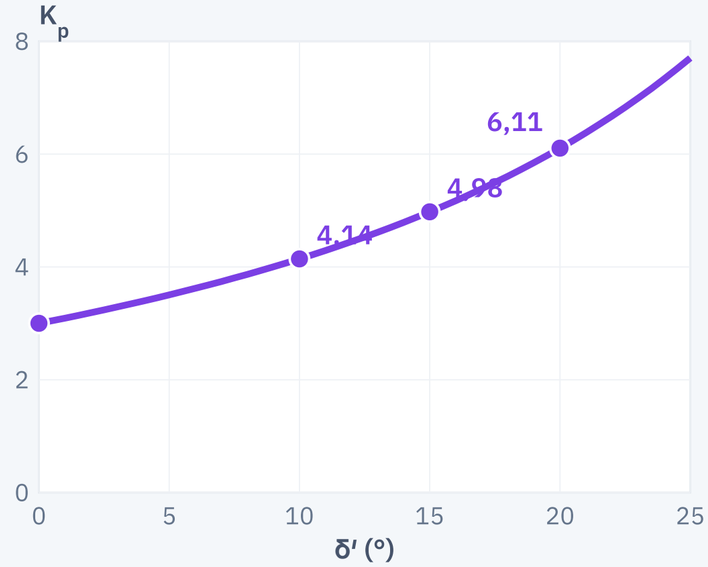
Çözüm

ÇÖZÜM

1 K_p formülü, $P_p = \frac{1}{2}K_p\gamma H^2 = \frac{1}{2}K_p(15{,}7)(9) = 70{,}65\ K_p$

δ′	K_p	P_p (kN/m)	P_h	P_v	β (kritik kama)
0°	3,000	212,0	212,0	0,0	30,0°
10°	4,143	292,7	288,3	50,8	23,4°
15°	4,977	351,6	339,6	91,0	20,7°
20°	6,105	431,3	405,3	147,5	18,1°

δ′ = 0'dan 20°'ye P_p 212,0 → 431,3 kN/m: **2,0 katına** çıkar. δ′ = 15°'de Coulomb 351,6 kN/m verir; eğri yüzeyli çözümler 302–326 kN/m aralığındadır, yani düzlemsel kama pasifi yaklaşık **%8 fazla** bulur (güvensiz).



Çözümü GeoTerva'da kontrol edin ↗

Coulomb çözümünün modül uzantısı

KURAM

Sürşarj q (eğimli yüzeyin birim alanına düşey) her deneme kamasının ağırlığına zeminle aynı oranda eklenir; kritik kama ve K_a değişmez. Düşey birim derinliğe düşen eşdeğer gerilme:

$$q_e = q\,\frac{\cos\theta}{\cos(\theta-\alpha)} \qquad P_a = \tfrac{1}{2}K_a\gamma H^2 + K_a q_e H$$

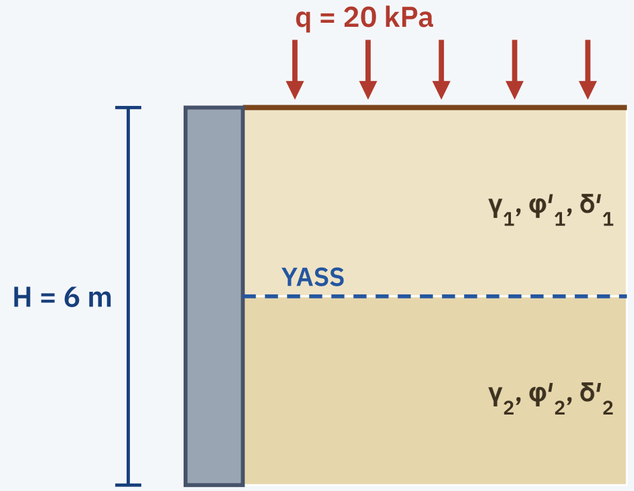
Birinci kısım tabandan H/3, ikinci kısım H/2 yukarıdadır. **Tabakalı dolguda** (sınırlar yatay, kalınlıklar duvar yüzünün tepesi A'dan düşey ölçülür) her tabaka kendi γ, φ′ ve δ′ ile kendi K_i katsayısını alır:

$$\sigma'_v = q_e + \sum \gamma_i h_i \qquad \sigma' = K_i\,\sigma'_v\cos\theta$$

σ′ duvar yüzünün birim uzunluğuna, tabakanın δ′ açısıyla normalden eğik etkir; K değişen sınırda basınç sıçrar.

Yeraltı suyu (yatay, z_w) altında $\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w$; $u = \gamma_w(z - z_w)$ duvara **dik** eklenir. Kuvvetler yüze dik (N) ve paralel (T) bileşenlere ayrılıp toplanır: $P = \sqrt{(N^2 + T^2)}$, $\beta = \tan^{-1}(T/N)$.

TABAKALI DOLGU VE SU



Soru

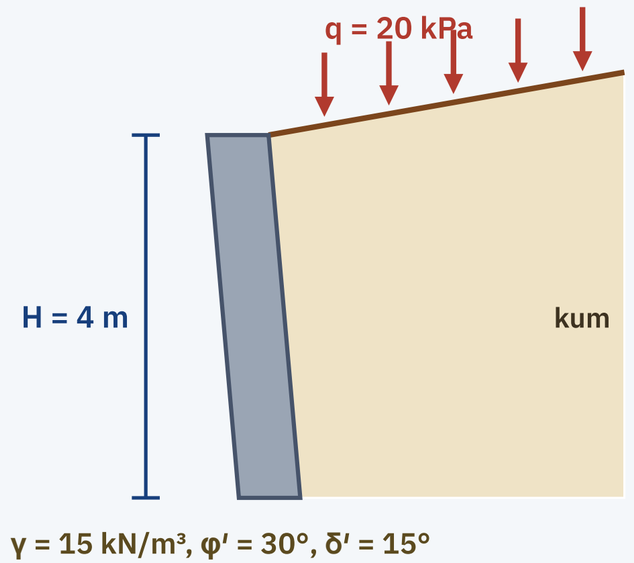
SORU

İSTENEN

q_e, toplam **P_a** ve etkime yüksekliği; sürşarjın payı.

Verilenler

Duvar ve zemin	**Örnek 3'teki duvar:** $H = 4$ **m,** $\theta = 5^\circ,\ \alpha = 10^\circ$**;** $\gamma = 15\ \mathrm{kN/m^3},\ \varphi' = 30^\circ,\ \delta' = 15^\circ$
Sürşarj	**eğimli yüzeyde düzgün yayılı** $q = 20$ **kPa (yüzeye düşey)**



Çözüm

ÇÖZÜM

1 Eşdeğer düşey gerilme

$$q_e = q\frac{\cos\theta}{\cos(\theta-\alpha)} = 20\frac{\cos 5^\circ}{\cos(-5^\circ)} = \mathbf{20{,}00}\ \text{kPa}$$

2 Zemin ve sürşarj kuvvetleri (K_a = 0,3872)

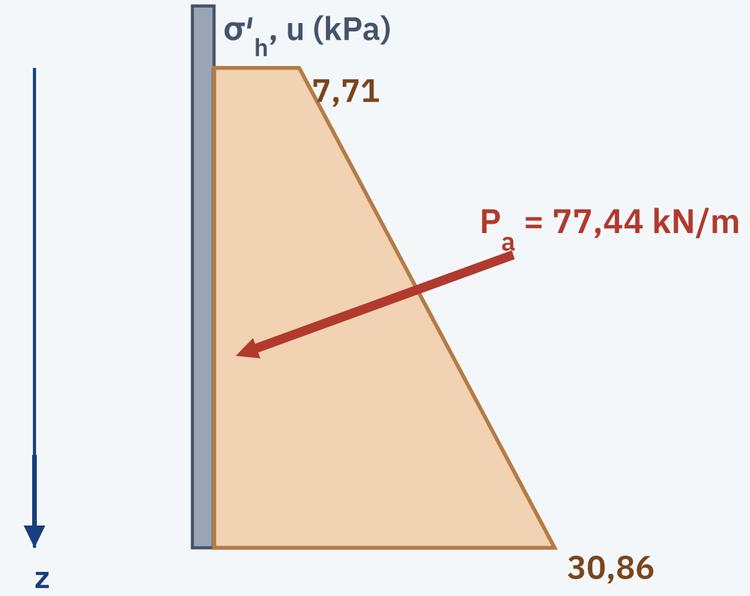
$$P_\gamma = \tfrac{1}{2}K_a\gamma H^2 = 46{,}46\ \text{kN/m}\ \ (H/3 = 1{,}33\ \text{m})$$

$$P_q = K_a q_e H = 0{,}3872(20)(4) = 30{,}97\ \text{kN/m}\ \ (H/2 = 2{,}00\ \text{m})$$

3 Toplam ve yer

$$P_a = 46{,}46 + 30{,}97 = \mathbf{77{,}44}\ \text{kN/m}$$

$$\bar{z} = \frac{46{,}46(1{,}33) + 30{,}97(2{,}00)}{77{,}44} = \mathbf{1{,}60}\ \text{m}$$



Sürşarj kuvveti %67 artırdı (P_a = 77,44 kN/m); etkime noktası 1,33 m'den **1,60 m**'ye çıktı.

Çözümü GeoTerva'da kontrol edin ↗

Soru

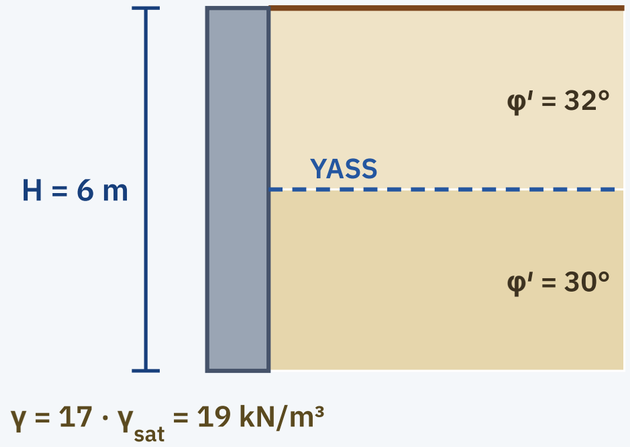
SORU

İSTENEN

Her tabakada basınçlar; zemin ve su kuvvetleri; **P**, β ve etkime yüksekliği.

Verilenler

Duvar	$H = 6$ **m, düşey; yatay dolgu; sürşarj yok**
Tabaka 1 (0–3 m)	$\gamma = 17\ \mathrm{kN/m^3},\ \varphi' = 32^\circ,\ \delta' = 16^\circ$
Tabaka 2 (3–6 m)	$\gamma_{sat} = 19\ \mathrm{kN/m^3},\ \varphi' = 30^\circ,\ \delta' = 15^\circ$
Yeraltı su seviyesi	**3 m derinlikte**



Çözüm (1/2)

ÇÖZÜM

1 Katsayılar

$$K_1(32^\circ, 16^\circ) = \mathbf{0{,}2782} \qquad K_2(30^\circ, 15^\circ) = \mathbf{0{,}3014}$$

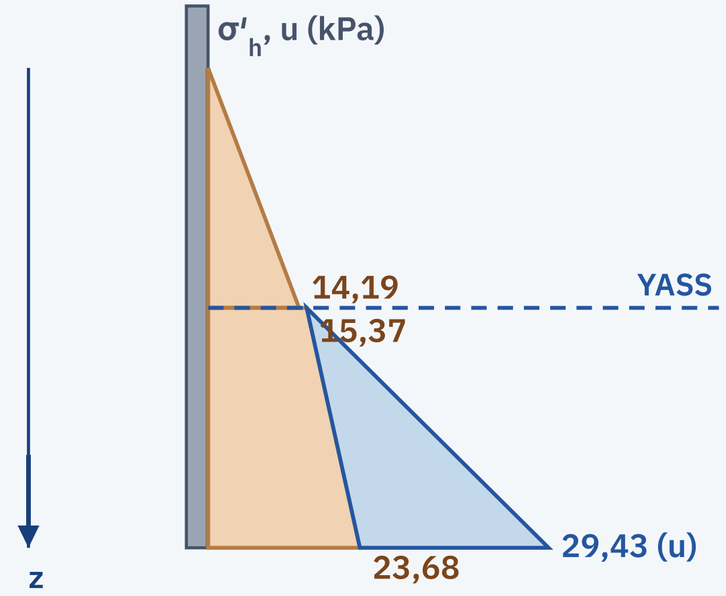
2 Gerilmeler: $\sigma'_v(3) = 17(3) = 51$; $\sigma'_v(6) = 51 + 3(19 - 9{,}81) = 78{,}57$ kPa

$$p_1 = 0{,}2782(51) = \mathbf{14{,}19}\ \text{kPa (üstte)}$$

$$p_2 = 0{,}3014(51) = \mathbf{15{,}37}\ \text{kPa (altta)}$$

$$p(6) = 0{,}3014(78{,}57) = \mathbf{23{,}68}\ \text{kPa}$$

$$u(6) = 9{,}81(3) = \mathbf{29{,}43}\ \text{kPa}$$



Çözüm (2/2)

ÇÖZÜM

3 Zemin kuvvetleri (yüze etkiyen, her tabaka kendi δ′ açısıyla): üçgen · dikdörtgen · üçgen

$$P_s = \tfrac{1}{2}(3)(14{,}19) + 3(15{,}37) + \tfrac{1}{2}(3)(8{,}31) = 21{,}28 + 46{,}12 + 12{,}47 = 79{,}86\ \text{kN/m}$$

$$P_w = \tfrac{1}{2}(29{,}43)(3) = 44{,}14\ \text{kN/m}\ (\text{duvara dik})$$

4 Bileşenler, bileşke ve yer

$$N = N_s + N_w = 77{,}04 + 44{,}14 = 121{,}18 \qquad T = 21{,}03\ \text{kN/m}$$

$$P = \sqrt{N^2 + T^2} = \mathbf{123{,}00}\ \text{kN/m} \qquad \beta = \tan^{-1}\frac{T}{N} = 9{,}84^\circ \qquad \bar{z} = \mathbf{1{,}69}\ \text{m}$$

Bileşke **123,00 kN/m** (zemin 79,86 + su 44,14), tabandan 1,69 m yukarıda. Suyun kuvveti zemininkinin %55'i kadardır; sınırda p 14,19 → 15,37 kPa sıçrar (K değişir).

Çözümü GeoTerva'da kontrol edin ↗

Soru

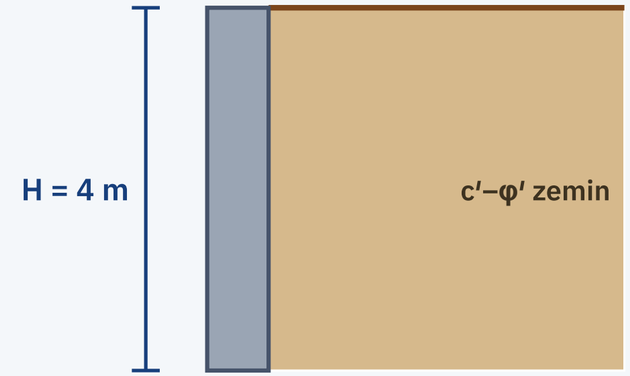
SORU

İSTENEN

K_a, çekme derinliği z_0, çatlaklı ve çatlaksız **P_a**; Rankine ile karşılaştırma.

Verilenler

Duvar	$H = 4$ **m, düşey; yatay dolgu**
Zemin	**c′–φ′:** $\gamma = 18\ \mathrm{kN/m^3},\ \varphi' = 25^\circ,\ c' = 10$ **kPa;** $\delta' = 12{,}5^\circ = \varphi'/2$



γ = 18, φ′ = 25°, c′ = 10 kPa, δ′ = 12,5°

Çözüm (1/2)

ÇÖZÜM

1 Coulomb katsayısı ve kohezyon terimi (yapışma yok sayılır)

$$K_a(25^\circ, 12{,}5^\circ) = \mathbf{0{,}3674} \qquad \sigma' = K_a\sigma'_v - 2c'\sqrt{K_a}$$

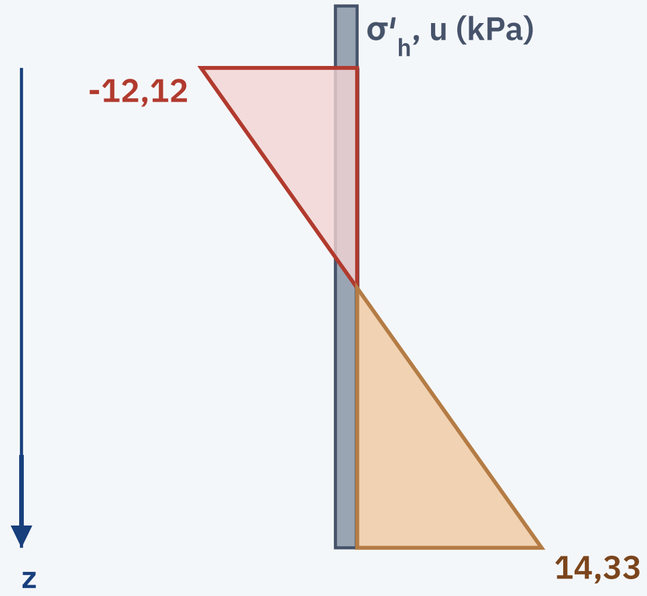
$$2c'\sqrt{K_a} = 2(10)(0{,}6061) = 12{,}12\ \text{kPa}$$

2 Üstte, tabanda ve çekme derinliği

$$\sigma'(0) = \mathbf{-12{,}12}\ \text{kPa (çekme)}$$

$$\sigma'(4) = 0{,}3674(18)(4) - 12{,}12 = \mathbf{14{,}33}\ \text{kPa}$$

$$z_0 = \frac{2c'}{\gamma\sqrt{K_a}} = \frac{20}{18(0{,}6061)} = \mathbf{1{,}83}\ \text{m}$$



Çözüm (2/2)

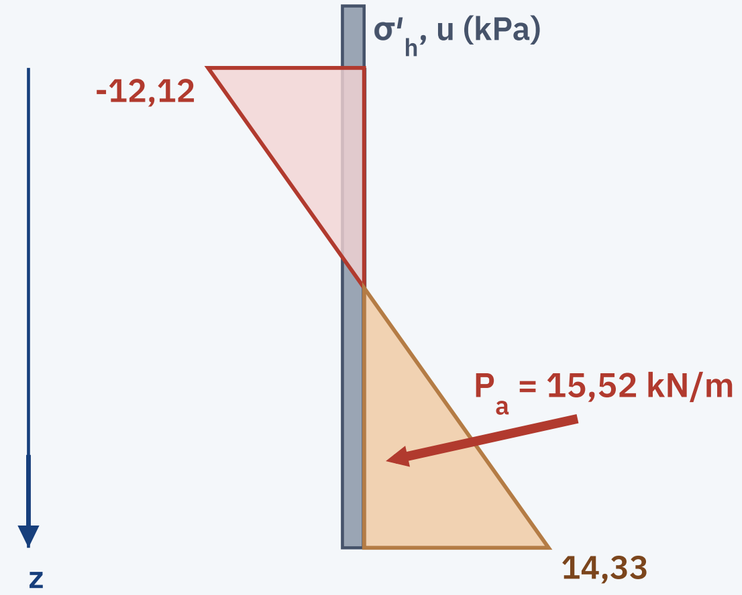
ÇÖZÜM

3 Çatlaklı kuvvet (yalnızca pozitif üçgen)

$$P_a = \tfrac{1}{2}(14{,}33)(4 - 1{,}83) = \mathbf{15{,}52}\ \mathrm{kN/m} \qquad \bar{z} = 0{,}72\ \mathrm{m}$$

$$\text{çatlaksız: } P_a = 4{,}41\ \mathrm{kN/m}$$

Çatlaklı P_a = **15,52 kN/m**; çatlaksız (negatif bölge dahil) 4,41 kN/m: çekme bölgesi sayılırsa kuvvet olduğundan çok küçük çıkar. Rankine (δ′ = 0) 18,59 kN/m verirdi.



Çözümü GeoTerva'da kontrol edin ↗

Coulomb çözümünün kapsamı

KURAM

Kayma yüzeyi düzlemdir. Aktifte bu, gerçek yüzeyin iyi bir yaklaşımıdır; pasifte büyük δ′ için eğri yüzeyden uzaklaşır ve direnç **olduğundan fazla** bulunur (δ′ > φ′/3 için dikkat; logaritmik spiral modülü).

Duvar sürtünmesi δ′ girdidir: duvar malzemesine ve zeminin duvara göre yaptığı harekete bağlıdır; kaba kabuller δ′ = (1/2 – 2/3)φ′ (beton–kum).

Kohezyonlu tabaka: kohezyon terimi Rankine biçiminde, tabakanın Coulomb K değeriyle alınır; duvar–zemin yapışması yok sayılır; çekme bölgesi çatlakla dışarıda bırakılır.

Tabakalı çözüm modülün mühendislik uzantısıdır (literatürde kapalı bir tabakalı Coulomb çözümü yoktur); tek tabakada kapalı çözüme, δ′ = 0 ve yatay dolguda Rankine'ye indirgenir.

Deprem Mononobe–Okabe modülündedir; Coulomb statik çözümdür.

Özet

Akılda kalacak noktalar

Kama: W, F (normalinden φ'), P (normalinden δ'); $P_a(\beta)$ sinüs teoremiyle; **aktif = en büyük** kama, **pasif = en küçük** kama

$\mathbf{K_a} = \cos^2(\varphi' - \theta) / \{\cos^2\theta \cos(\delta' + \theta)[1 + \sqrt{(...)}]^2\}$; kuvvet tabandan H/3, yatayla $\theta + \delta'$; $\delta' = 0$ ve düz geometride Rankine

Duvar sürtünmesi aktifi azaltır ($\delta' \approx 2\varphi'/3$'e kadar), pasifi hızla artırır; pasifte büyük δ' için düzlemsel kama güvensizdir

Sürşarj $q_e = q \cos\theta / \cos(\theta - \alpha)$: $P = \frac{1}{2}K\gamma H^2 (H/3) + K\, q_e\, H\, (H/2)$

Tabakalı + su: $\sigma' = K_i \sigma'_v \cos\theta$, sınırda sıçrama; u duvara dik; $P = \sqrt{(N^2 + T^2)}$, $\beta = \tan^{-1}(T/N)$

Kohezyonlu tabaka: $\sigma' = K\sigma'_v - 2c'\sqrt{K}$, çekme çatlağında negatif bölge atılır

Kaynaklar

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

Coulomb, C.A. (1776). Essai sur une application des règles de Maximis et Minimis à quelques problèmes de statique relatifs à l'architecture. Mémoires de Mathématique et de Physique, Académie Royale des Sciences, Paris, 7, 343–382.

Das, B.M. (2016). Principles of Foundation Engineering, 8th ed. Cengage Learning — eğimli dolgu üzerindeki sürşarj.

NOT

Sayısal örneklerin tümü modülün kendi hesap motoruyla üretilmiştir; modül aynı değerleri verir. Modül Örnek 3'teki duvarla ($\theta = 5°$, $\alpha = 10°$, $\delta' = 15°$) açılır.

GeoTerva

Çevrim içi geoteknik hesaplar

Teoriden uygulamaya

Kendi duvarınızın eğimini, dolgu eğimini, sürtünmesini, tabakalarını, sürşarjını ve yeraltı suyunu GeoTerva'da girin; modül kuvveti, doğrultusunu ve etkime yüksekliğini birlikte verir.

Modülü açın →

Teori sayfası →

Telefonla açın
Örnek modüller kayıt gerektirmez.

Derslerinizde kullanmak isterseniz: info@geoterva.com