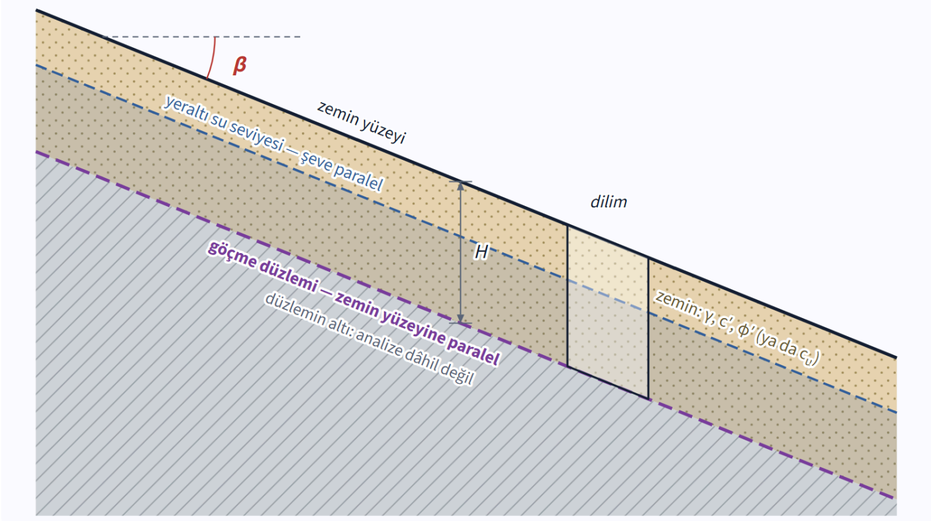
Geoteknik ders sunumu · Şev stabilitesi

Sonsuz şev stabilitesi

Ders anlatımı: sonsuz şev (kayma yüzeyi yüzeye paralel) modeli; gerilmeler, güvenlik sayısı, drenajsız kil, su, depremde akma katsayısı, kritik derinlik ve gerekli açı; her konuda çözümlü örnek.

Sonsuz şev | Kayma dayanımı ve FS | Su · deprem | Kritik derinlik · gerekli açı | Elle çözülebilir



Giriş

Bu derste neler öğreneceğiz?

- Yüzeysel kaymalarda neden **sonsuz şev** modelinin kullanıldığını: yüzeye paralel bir düzlemde kayan ince bir zemin tabakası
- Tek bir **şeritten** düzlemdeki gerilmeleri ($\sigma = \sigma_v \cos^2\beta$, $\tau = \sigma_v \sin\beta \cos\beta$) ve **$\tau/\sigma = \tan\beta$** bağıntısını
- **Mohr–Coulomb** ile güvenlik sayısını: $FS = c'/(\gamma H \cos^2\beta \tan\beta) + \tan\varphi'/\tan\beta$; kritik derinlik H_{cr}, gerekli derinlik H_{req}, gerekli açı β_{req}
- **Drenajsız kil** (c_u, $\varphi = 0$) ve **suyun** etkisini: su tablası (şevle paralel sızma), pore basıncı oranı r_u
- **Psödo-statik depremde** güvenlik sayısını ve **akma katsayısı k_y**'yi (kütlenin kaymaya başladığı yatay ivme)

DERS AKIŞI

Her konu **üç adımda** işlenir:

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

2 · **Soru**: verilenler ve istenen

3 · **Çözüm**: adım adım, sayılarla

Örnek şev: $\beta = 15°$, kayma düzlemi düşey 6 m derinde; zemin $\gamma = 17{,}8$ kN/m³ (doygun 19,5), $c' = 10$ kPa, $\varphi' = 20°$; başlangıçta pore basıncı yok. Gerilmeler yüzeye paralel düzlemin birim alanı içindir.

Kütleden bir şerit

KURAM

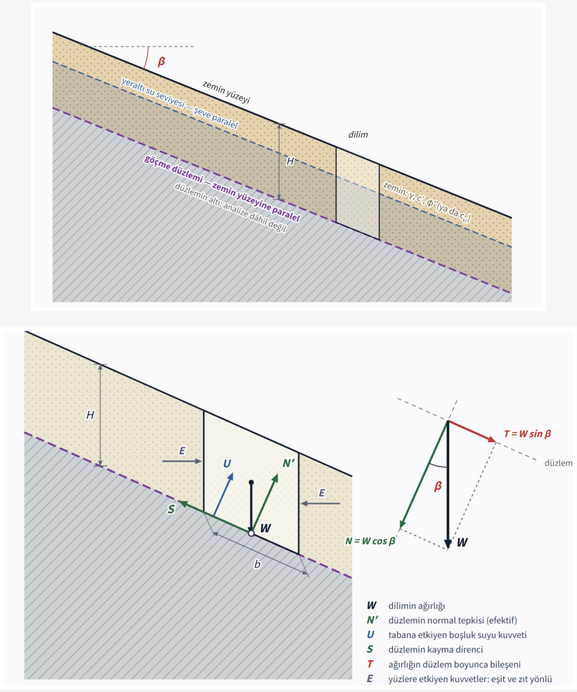
Birçok şev kayması yüzeyseldir: yüzeye paralel, birkaç metre derindeki bir yüzeyde ince bir zemin tabakası kayar; şev o kadar uzundur ki uçları pek önemli değildir (ıslak bir dönemden sonra kesim ya da dolgu şevi, doğal kil şevi). **Sonsuz şev** bu durum için yapılmış modeldir: kayma düzleminin her yeri aynı durumdadır, bu yüzden kütleden bir şerit hepsini temsil eder ve dengesi birkaç satırdır.

Şerit: kayma düzlemi boyunca uzunluğu b, şev boyunca 1 m genişlikte; düzlem yüzeyin H düşey derinliğindedir; yan yüzler düşeydir ve **birbirini götürür** (şev sonsuz uzun, zemin her yerde aynı).

$$W = \gamma H b \cos\beta \qquad N = W\cos\beta \quad T = W\sin\beta$$

$$\sigma = \frac{N}{b} = \sigma_v \cos^2\beta \qquad \tau = \frac{T}{b} = \sigma_v \sin\beta\cos\beta \qquad \frac{\tau}{\sigma} = \tan\beta$$

Yan yüzleri götürülen şeritte düzlem üzerindeki gerilmeler şev kadar eğiktir: τ/σ = tan β. Düzlemin üstünde iki birim ağırlık varsa (su tablası) $\sigma_v = \gamma(H - h_w) + \gamma_{sat} h_w$ olur; denklemler aynı kalır.



Soru

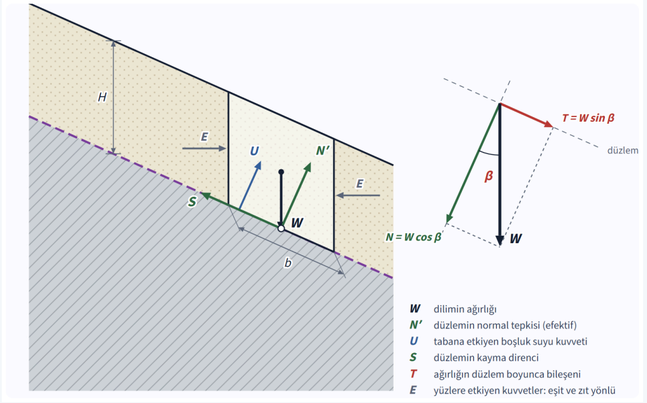
SORU

Verilenler

Şev	$\beta = 15^\circ$; **kayma düzlemi düşey** $H = 6$ **m derinde**
Zemin	$\gamma = 17{,}8$ **kN/m³; pore basıncı yok**

İSTENEN

Düşey gerilme σ_v, düzleme dik σ ve teğet τ.



Çözüm

ÇÖZÜM

1 Düşey gerilme

$$\sigma_v = \gamma H = 17{,}8 \times 6 = \mathbf{106{,}80}\ \mathrm{kPa}$$

2 Düzleme dik ve teğet gerilme

$$\sigma = \sigma_v \cos^2\beta = 106{,}80 \times 0{,}93301 = \mathbf{99{,}65}\ \mathrm{kPa}$$

$$\tau = \sigma_v \sin\beta\cos\beta = 106{,}80 \times 0{,}25000 = \mathbf{26{,}70}\ \mathrm{kPa} \qquad \frac{\tau}{\sigma} = 0{,}2679 = \tan 15^\circ\ \checkmark$$

Düzlemin birim alanına **σ = 99,65 kPa** dik, **τ = 26,70 kPa** teğet gerilme biner; oran τ/σ = 0,2679 = tan 15°, yani gerilme şev kadar eğiktir.

Çözümü GeoTerva'da kontrol edin ↗

Mohr–Coulomb, kapalı çözüm, kritik derinlik

KURAM

Düzlemdeki zemin τ_f kayma dayanımını taşır: drenajlı analizde efektif normal gerilmeye bağlı Mohr–Coulomb dayanımı ($\sigma' = \sigma - u$). Güvenlik sayısı dayanımın gerilmeye oranıdır: kohezyon ve sürtünme aynı sayıyla azaltılır, şerit tam tutulana kadar:

$$\tau_f = c' + \sigma' \tan\varphi' \qquad FS = \frac{\tau_f}{\tau} \qquad \sigma' = \sigma - u$$

Pore basıncı yokken $\sigma' = \sigma$ ve gerilmelerden **kapalı çözüm** çıkar:

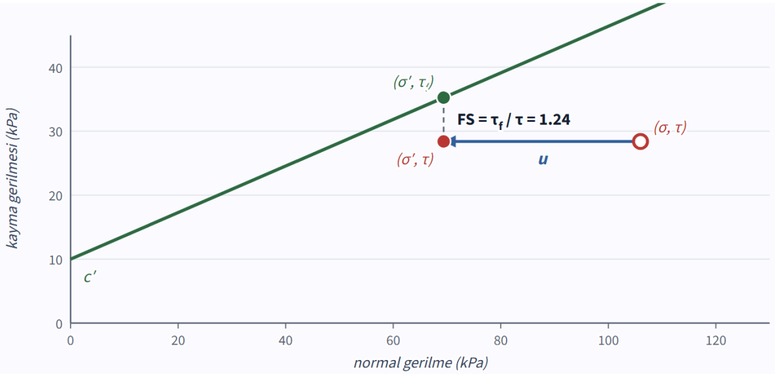
$$FS = \frac{c'}{\gamma H \cos^2\beta \, \tan\beta} + \frac{\tan\varphi'}{\tan\beta}$$

Kohezyonsuz zemin ($c' = 0$): FS = tan φ′/tan β; şev φ′'den yatıksa her derinlikte güvenlidir.

Kohezyonlu zemin: yüzeye yakın düzlemi kohezyon tutar (FS büyük), derinleştikçe FS düşer ve yalnız sürtünmeye iner.

$\beta > \varphi'$ ise FS = 1 olan **kritik derinlik** ve FS = FS_{req} olan **gerekli derinlik** vardır; kohezyonsuzda β_{req}: $\tan\beta_{req} = \tan\varphi'/FS_{req}$:

$$H_{cr} = \frac{c'}{\gamma} \frac{1}{\cos^2\beta(\tan\beta - \tan\varphi')} \qquad H_{req} = \frac{c'}{\gamma \cos^2\beta \, (FS_{req}\tan\beta - \tan\varphi')}$$



Soru

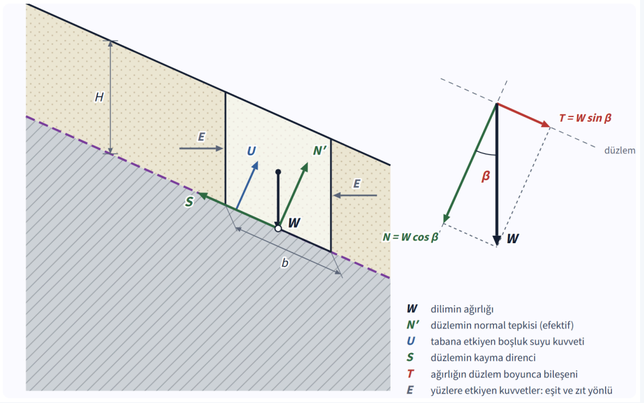
SORU

Verilenler

Şev ve zemin	**Örnek 1:** $\beta = 15^\circ$, $H = 6$ **m,** $\gamma = 17{,}8$ **kN/m³;** $c' = 10$ **kPa,** $\varphi' = 20^\circ$**; pore basıncı yok**

İSTENEN

Düzlemin τ_f ve **FS**; kapalı çözümle doğrulama.



Çözüm

ÇÖZÜM

1 Dayanım ve güvenlik sayısı (Örnek 1'deki gerilmelerle)

$$\tau_f = c' + \sigma \tan\varphi' = 10 + 99{,}65 \times 0{,}36397 = \mathbf{46{,}27}\ \text{kPa}$$

$$FS = \frac{\tau_f}{\tau} = \frac{46{,}27}{26{,}70} = \mathbf{1{,}733}$$

2 Kapalı çözüm (kontrol)

$$FS = \frac{10}{17{,}8(6)(0{,}93301)(0{,}26795)} + \frac{0{,}36397}{0{,}26795} = 0{,}3745 + 1{,}3584 = \mathbf{1{,}7329}$$

Güvenlik sayısı **1,733**. Kohezyon terimi 0,3745, sürtünme terimi tan 20°/tan 15° = 1,3584: toplam aynı sayıyı verir. Şev (15°) sürtünme açısından (20°) yatık olduğundan sürtünme tek başına tutar; kohezyon marjı artırır.

Çözümü GeoTerva'da kontrol edin ↗

Soru

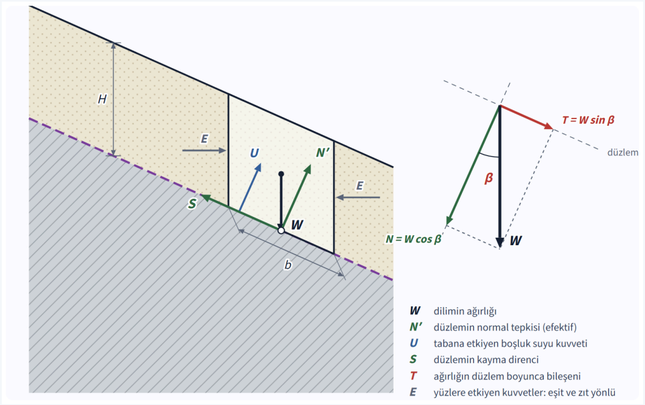
SORU

Verilenler

Zemin	**Örnek 2'deki zemin ($c' = 10$ kPa, $\varphi' = 20°$, $\gamma = 17{,}8$ kN/m³)**
İstenen	**gerekli güvenlik sayısı $FS_{req} = 2{,}0$; ayrıca daha dik şev $\beta = 25°$ için kritik derinlik**

İSTENEN

H_{req} ($\beta = 15°$); **β_{req}** ($H = 6$ m); $\beta = 25°$ için **H_{cr}**.



Çözüm

ÇÖZÜM

1 Gerekli derinlik (β = 15°; FS_{req} = 2)

$$H_{req} = \frac{c'}{\gamma \cos^2\beta (FS_{req}\tan\beta - \tan\varphi')} = \frac{10}{17{,}8(0{,}93301)(2(0{,}26795) - 0{,}36397)} = \mathbf{3{,}50\ \mathrm{m}}$$

2 Gerekli açı (H = 6 m): FS(β) = 2 denkleminin kökü; kritik derinlik (β = 25°)

$$FS(\beta) = \frac{10}{106{,}8\cos^2\beta\tan\beta} + \frac{0{,}36397}{\tan\beta} = 2 \Rightarrow \beta_{req} = \mathbf{13{,}02^\circ}$$

$$H_{cr}(25^\circ) = \frac{10}{17{,}8(0{,}8214)(0{,}4663 - 0{,}3640)} = \mathbf{6{,}68\ \mathrm{m}}$$

FS = 2 için düzlem en çok **3,50 m** derinde olabilir; 6 m'de aynı güvenlik için şev **13,0°**'den dik olmamalıdır. β = 25° > φ′ olduğundan FS = 1'e inen bir kritik derinlik vardır: **6,68 m**. Mevcut şevde (β < φ′) kritik derinlik yoktur.

Çözümü GeoTerva'da kontrol edin ↗

Toplam gerilme: c_u ve $\varphi = 0$

KURAM

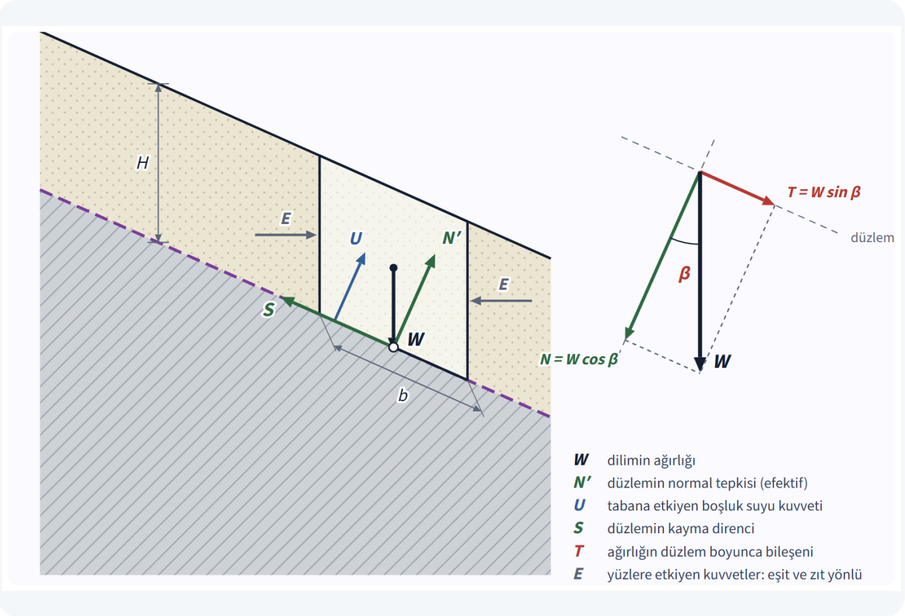
Drenaj olamayacak kadar hızlı yüklenen ya da kesilen doygun kil (yumuşak kilde kesimin kısa dönemi) **toplam gerilmede** c_u ve $\varphi = 0$ ile çözülür. Dayanım normal gerilmeye bağlı değildir; pore basıncı girilmez:

$$FS = \frac{c_u}{\tau} = \frac{c_u}{\gamma H \sin\beta \cos\beta} = \frac{2c_u}{\gamma H \sin 2\beta}$$

τ = (γH/2)sin 2β en çok 45°'lik şevde; FS derinlikle **ters orantılıdır**: iki kat derin düzlemin FS'si yarıdır.

Kısa dönemde drenajsız kararlı bir kil, drene olunca kararlı olmayabilir: uzun dönem, yeraltı suyunun pore basınçları ve drenajlı c′, φ′ ile **drenajlı analizdir**.

$H_{cr} = c_u/(\gamma \sin\beta \cos\beta)$; $H_{req} = c_u/(FS_{req}\, \gamma \sin\beta \cos\beta)$; $\sin 2\beta_{req} = 2c_u/(FS_{req}\, \gamma H)$.



Soru

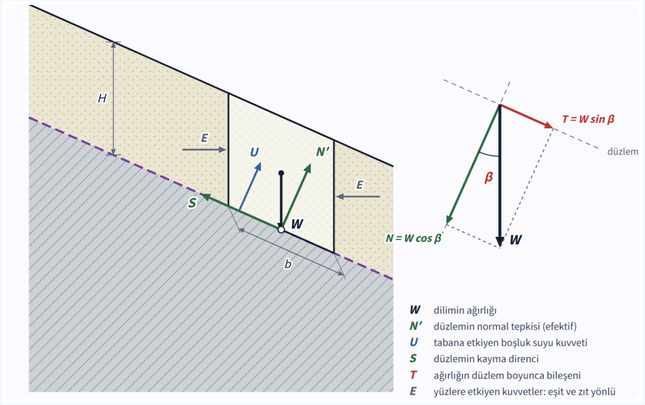
SORU

Verilenler

Şev	$\beta = 15^\circ$, $H = 6$ **m**, $\gamma = 17{,}8$ **kN/m³;** **drenajsız kil** $c_u = 40$ **kPa** ($\varphi = 0$)
İstenen	$FS_{req} = 2{,}0$

İSTENEN

FS, H_{cr}, H_{req}, β_{req}.



Çözüm

ÇÖZÜM

1 Güvenlik sayısı ve kritik derinlik

$$FS = \frac{c_u}{\gamma H \sin\beta \cos\beta} = \frac{40}{17{,}8(6)(0{,}2500)} = \frac{40}{26{,}70} = \mathbf{1{,}498}$$

$$H_{cr} = \frac{c_u}{\gamma \sin\beta \cos\beta} = \frac{40}{17{,}8(0{,}2500)} = \mathbf{8{,}99\ \text{m}}$$

2 Gerekli derinlik ve açı (FS_{req} = 2)

$$H_{req} = \frac{c_u}{FS_{req}\,\gamma \sin\beta \cos\beta} = \frac{8{,}99}{2} = \mathbf{4{,}49\ \text{m}}$$

$$\sin 2\beta_{req} = \frac{2c_u}{FS_{req}\gamma H} = \frac{80}{2(106{,}8)} = 0{,}3745 \;\Rightarrow\; \beta_{req} = \mathbf{11{,}00^\circ}$$

c_u = 40 kPa ile **FS = 1,50** (drenajlı hâlde 1,73). FS = 2 için şev en çok **11,0°**; H_{cr} = 8,99 m.

Çözümü GeoTerva'da kontrol edin ↗

Şevle paralel sızma; pore basıncı oranı r_u

KURAM

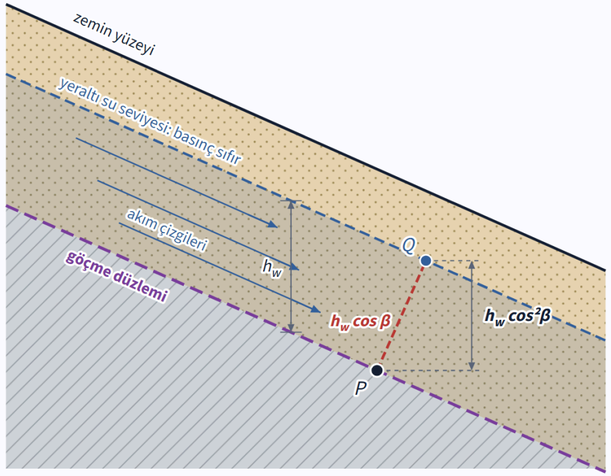
Su, pore basıncı u ile efektif gerilmeyi düşürerek dayanımı alır. Su tablası yüzeyin z_w altındaysa (düşey), üstündeki zemin γ, altındaki γ_{sat} ağırlığındadır; düzlem üstündeki su yüksekliği $h_w = H - z_w$. Su yüzeye paralel akarsa P noktasından geçen eş potansiyel çizgi şeve diktir; basınç yüksekliği $h_w\cos^2\beta$:

$$u = \gamma_w h_w \cos^2\beta \qquad \sigma' = \sigma - u \qquad FS = \frac{c' + \sigma' \tan\varphi'}{\tau}$$

su yüzeyde: $FS = \dfrac{c'}{\gamma_{sat} H \cos^2\beta \tan\beta} + \dfrac{\gamma'}{\gamma_{sat}} \dfrac{\tan\varphi'}{\tan\beta}$ $\qquad r_u = \dfrac{u}{\gamma H}$: $FS = \dfrac{c'}{\gamma H \cos^2\beta \tan\beta} + \left(1 - \dfrac{r_u}{\cos^2\beta}\right) \dfrac{\tan\varphi'}{\tan\beta}$

Kohezyonsuzda su yüzeydeyken FS = (γ′/γ_{sat}) tan φ′/tan β: γ′/γ_{sat} ≈ ½ olduğundan, kuru hâlde φ′′ye yakın duran kum şevi, sızma altında tanjantı yarıya inen şev ister.

Pore basıncı piyezometreden ya da akım ağından geliyorsa zeminin ağırlığının oranı r_u olarak verilir. σ′ ≤ 0 çıkarsa (su zemini düzlemden kaldırır) sürtünme sıfırlanır, yalnız kohezyon kalır ve söylenir.



Eşpotansiyel çizgisi
PQ üzerinde hidrolik yük
P ve Q noktalarında aynıdır.

Q noktasında basınç sıfırdır;
dolayısıyla P noktasındaki basınç
P'den Q'ya olan yükseklik farkıdır:

$u / \gamma_w = h_w \cos^2\beta$

Soru

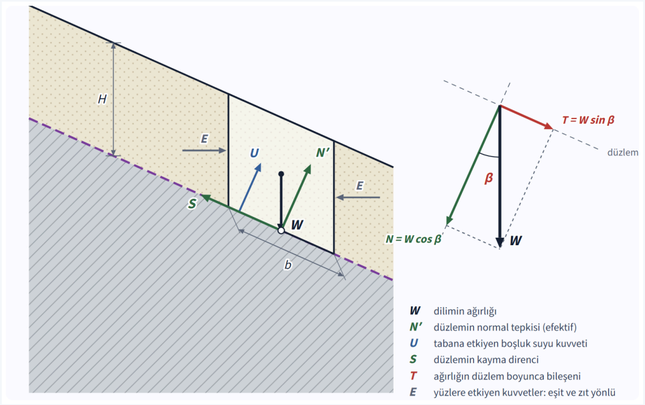
SORU

Verilenler

Şev ve zemin	**Örnek 2'deki şev; $\gamma = 17{,}8$ (kuru), $\gamma_{sat} = 19{,}5$ kN/m³**
Su durumları	**(a) su tablası $z_w = 2$ m'de, şevle paralel sızma; (b) su yüzeyde ($z_w = 0$); (c) $r_u = 0{,}25$**

İSTENEN

Her durumda **u**, **σ′**, **τ_f** ve **FS**; kuru FS ile karşılaştırma.



Çözüm (1/2)

ÇÖZÜM

1 (a) Su tablası 2 m'de: $h_W = 6 - 2 = 4$ m

$$\sigma_v = 17{,}8(2) + 19{,}5(4) = 113{,}6 \text{ kPa}$$

$$\sigma = \sigma_v \cos^2\beta = 105{,}99 \text{ kPa} \quad \tau = \sigma_v \sin\beta\cos\beta = 28{,}40 \text{ kPa}$$

$$u = \gamma_w h_w \cos^2\beta = 9{,}81(4)(0{,}9330) = 36{,}61 \text{ kPa} \quad \sigma' = \sigma - u = 69{,}38 \text{ kPa}$$

$$FS = \frac{10 + 69{,}38(0{,}36397)}{28{,}40} = \frac{35{,}25}{28{,}40} = \mathbf{1{,}241}$$

Su tablası 2 m'de FS kuru hâlin 1,73'inden **1,24**'e düşer: su hem zemin ağırlığını (σ_V) hem pore basıncını (36,6 kPa) artırır.

Çözüm (2/2)

ÇÖZÜM

2 Üç su durumunun özeti (aynı denklemler)

Durum	σ_v (kPa)	σ (kPa)	τ (kPa)	u (kPa)	σ' (kPa)	τ_f (kPa)	FS
Kuru	106,8	99,65	26,70	0,00	99,65	46,27	**1,733**
(a) z_w = 2 m	113,6	105,99	28,40	36,61	69,38	35,25	**1,241**
(b) su yüzeyde	117,0	109,16	29,25	54,92	54,25	29,74	**1,017**
(c) r_u = 0,25	106,8	99,65	26,70	26,70	72,95	36,55	**1,369**

Su yüzeydeyken FS = **1,02**, limitin neredeyse üstündedir; r_u = 0,25 için **1,37**. Kuru hâlde rahat güvenlikli şevin ıslak hâlde hiç marjı yoktur: modül sonucun yanında kuru ve su yüzeyde FS'yi birlikte gösterir.

Çözümü GeoTerva'da kontrol edin ↗

Yatay ve düşey kuvvet; akma katsayısı k_y

KURAM

Sarsıntı, düzlem üstündeki kütleye uygulanan sabit bir ivmeyle (g'nin bir kesri) değiştirilir. Şerit, W ağırlığına ek olarak şev aşağı $\mathbf{k_hW}$ yatay ve yukarı/aşağı $\mathbf{k_vW}$ düşey kuvvet taşır; k_h ve k_v mühendisin katsayılarıdır (modül yönetmelikten almaz). Birim alan başına W/A = $\sigma_v \cos\beta$:

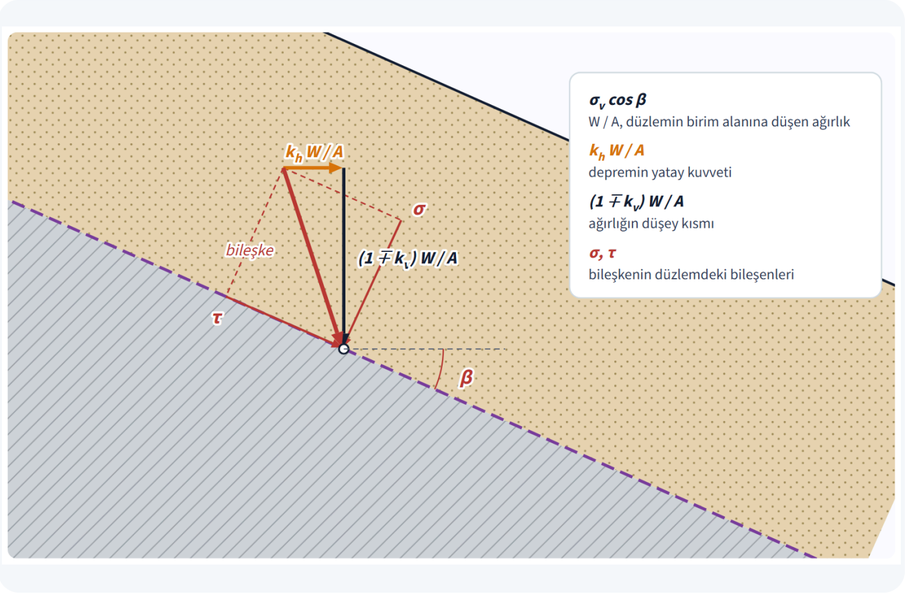
$$\sigma = \sigma_v \cos\beta\,[(1 \mp k_v)\cos\beta - k_h \sin\beta] \qquad \tau = \sigma_v \cos\beta\,[(1 \mp k_v)\sin\beta + k_h \cos\beta]$$

Pore basıncı statik değerdir (sarsıntı eklemez): σ′ = σ − u; $FS_{eq} = \tau_f/\tau$ yeni σ ve τ ile. Yatay kuvvet normal gerilmeyi düşürür, kayma gerilmesini artırır.

Düşey kuvvetin iki yönü denenir, **düşük FS** veren yön alınır: sürtünmeli zeminde genelde yukarı olan (kütleyi hafifletir, normal gerilmeyi azaltır); toplam gerilmedeki kilde c_u normal gerilmeye bağlı olmadığından kayma gerilmesini artıran aşağı yön.

Akma katsayısı k_y: $FS_{eq} = 1$ yapan yatay katsayı. Kuru, kohezyonsuz, $k_v = 0$: $k_y = \tan(\varphi' - \beta)$; diğer durumlarda k_h sıfırdan artırılarak bulunur. k_y'g'yi aşmayan sarsıntı kütleyi başlatmaz; aşan başlatır (ne kadar gittiği kayan blok analizidir, modülde yok).

$$k_y = \frac{\tan\varphi' - \tan\beta}{1 + \tan\varphi' \tan\beta} = \tan(\varphi' - \beta)$$



Soru

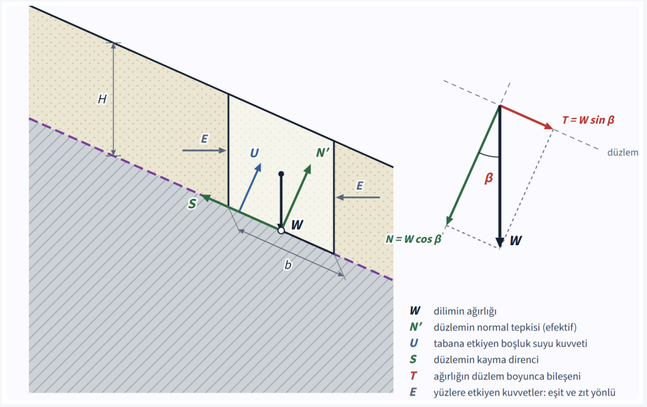
SORU

Verilenler

Şev ve zemin	**Örnek 2'deki kuru şev ($c' = 10$ kPa, $\varphi' = 20^\circ$, $\beta = 15^\circ$, $H = 6$ m)**
Deprem	**$k_h = 0{,}15$, $k_v = 0{,}05$ (iki yön denenir); ayrıca kuru kum için $\varphi' = 32^\circ$, $\beta = 25^\circ$**

İSTENEN

σ, **τ**, **FS_{eq}** (kritik yön); FS(k_h) tablosu ve **k_y**; kuru kumda k_y.



Çözüm (1/2)

ÇÖZÜM

1 Kritik yön: düşey kuvvet yukarı (k_v = +0,05 hafifletir)

$$\sigma = \sigma_v \cos\beta\,[0{,}95\cos\beta - 0{,}15\sin\beta] = 103{,}16\,[0{,}8788] = 90{,}66\ \text{kPa}$$

$$\tau = \sigma_v \cos\beta\,[0{,}95\sin\beta + 0{,}15\cos\beta] = 103{,}16\,[0{,}3908] = 40{,}31\ \text{kPa}$$

$$FS_{eq} = \frac{10 + 90{,}66(0{,}36397)}{40{,}31} = \frac{43{,}00}{40{,}31} = \mathbf{1{,}067} \qquad (k_v \text{ aşağı: } 1{,}085)$$

Yukarı düşey kuvvet belirleyicidir: FS_{eq} = **1,067** (aşağı yönde 1,085).

Çözüm (2/2)

ÇÖZÜM

2 FS(k_h) ve akma katsayısı (FS = 1 olduğu yer)

k_h	σ (kPa)	τ (kPa)	τ_f (kPa)	FS_{eq}
0,00	94,66	25,36	44,45	**1,753**
0,05	93,33	30,35	43,97	**1,449**
0,10	91,99	35,33	43,48	**1,231**
0,15	90,66	40,31	43,00	**1,067**
0,1746	90,00	42,76	42,76	**1,000**
0,20	89,32	45,29	42,51	**0,939**

Deprem FS'yi 1,73'ten **1,07**'ye indirir (yukarı düşey kuvvet belirleyici). **k_y = 0,175**: k_h bunu aşarsa kütle kaymaya başlar. Kuru kumda (φ′ = 32°, β = 25°) k_y = tan 7° = 0,1228.

Çözümü GeoTerva'da kontrol edin ↗

FS; H_{req}, β_{req}, H_{cr}

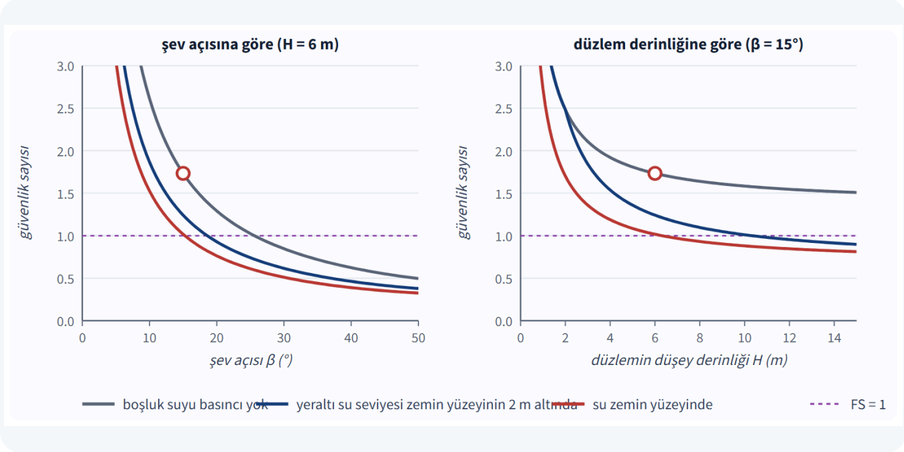
KURAM

Eğime karşı FS: FS β ile düzenli düşer; eğrilerin aralığı suyun marjdan ne kadarını götürdüğünü gösterir; eğrinin FS_{req}'yi kestiği açı β_{req}'dir.

Derinliğe karşı FS: kohezyonlu zeminin eğrisi yüzeydeki büyük değerden sürtünmenin belirlediği düzeye iner; FS = 1'i kestiği yer kritik derinliktir. Su tablası, suyun düzleme ilk eriştiği derinlikte iz bırakır; üstünde kuru eğri izlenir.

Suya karşı FS: su tablası derinleştikçe artar, r_u büyüdükçe düşer; drenajlı bir şevin bilinmesi zor pore basıncına ne kadar bağlı olduğunu gösterir.

Depremli durumda her grafik ikinci (turuncu) bir çizgi taşır; FS'nin k_h'ye karşı beşinci grafiği k_y'yi FS = 1'in kesiştiği yerde verir.



Sonuç sekmesi FS ve gerekli değerle karşılaştırmanın yanında şunları verir: **H_{req}** (FS_{req}'ye indiği ilk derinlik; inmiyorsa “sınır yok”), **β_{req}** (düz açıdan yukarı çıkarken FS_{req}'nin hâlâ sağlandığı en dik açı), **H_{cr}**, suyun iki ucu (pore basıncı yok / su yüzeyde) ve depremde FS_{eq}, k_y.

Soru

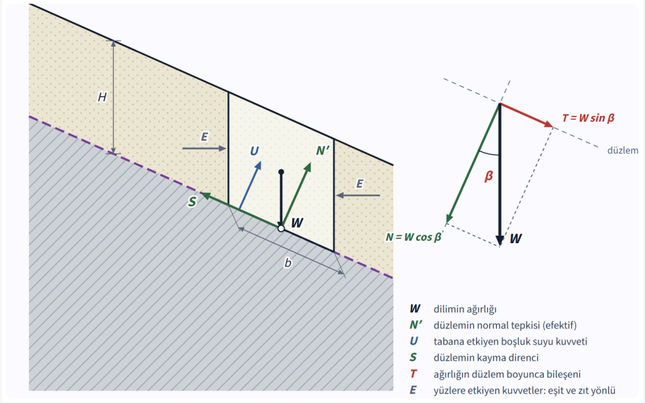
SORU

Verilenler

Zemin	**Örnek 2'deki zemin ($c' = 10$ kPa, $\varphi' = 20^\circ$, $\gamma = 17{,}8$, $\gamma_{sat} = 19{,}5$ kN/m³)**
Tablo	**FS'nin $\beta = 10,\ 15,\ 20,\ 25,\ 30^\circ$ ve $H = 2,\ 4,\ 6,\ 8$ m için kuru ve su tablası $z_w = 2$ m durumundaki değerleri (kapalı çözümle)**

İSTENEN

$FS_{kuru}(\beta, H)$ tablosu; su tablası H = 6 m için; hangi açıdan sonra FS < 1?



Çözüm

ÇÖZÜM

1 FS = c′/(γH cos²β tan β) + tan φ′/tan β (kuru); su tablası durumunda gerilmelerden (kalın: FS < 1)

β (°)	H = 2 m	H = 4 m	H = 6 m	H = 8 m	H = 6, su z_w = 2 m
10	3,707	2,885	2,612	2,475	1,866
15	2,482	1,920	1,733	1,639	1,241
20	1,874	1,437	1,291	1,219	**0,928**
25	1,514	1,147	1,025	**0,964**	**0,741**
30	1,279	**0,955**	**0,847**	**0,793**	**0,616**

FS açıyla düzenli düşer ve derinlikle azalır (kohezyon payı). β = 20° ve H = 8 m'den itibaren kuru şev bile limite yaklaşır; su tablası z_w = 2 m, H = 6 m'de 20°'den itibaren FS'yi **1'in altına** indirir (30°'de 0,62). Bu yüzden β_{req} ve H_{req} aranır.

Çözümü GeoTerva'da kontrol edin ↗

Modelin neyi kabul ettiği

KURAM

Model: sonsuz uzun şev: zemin düzlem, kayma yüzeyi ona paralel H düşey derinlikte; kütlenin uçları rol oynamaz; her yer aynı durumda; iki boyutlu, şev boyunca 1 m.

Zemin: düzlemin üstünde tek zemin (verilen dayanım ve birim ağırlık); tabakalar, şev boyunca ya da derinlikle değişen zemin, derinlikle artan dayanım bu modelde yoktur; zayıf tabaka teması için o tabakanın özellikleri kullanılabilir ya da Şev Stabilitesi modülü.

Su: şevle paralel akan su tablası ($u = \gamma_w h_w \cos^2\beta$) ya da r_u; yağıştan ya da geçirimlilikten pore basıncı hesaplanmaz. **Dayanım**: efektif gerilmede Mohr–Coulomb ya da c_u; $\sigma' \leq 0$ ise sürtünme sıfır. Artık dayanım, ilerleyen göçme ve kök etkisi yok.

Deprem: yalnız psödo-statik; sarsıntı pore basıncı eklemez; büyütme, süre, gevşek doygun zeminin artık pore basıncı ve kalıcı yer değiştirme analiz edilmez; katsayılar mühendisindir.

Yok: sürşarj, çekme çatlağı, donatı, ayak duvarı. FS tek düzlemin tek derinliğindeki değerdir; yüzeye paralel olmayan daha zayıf bir düzlem aranmaz. Şev derinliğe göre kısaysa ya da zemin/su şev boyunca değişiyorsa uçlar önemlidir: Şev Stabilitesi modülü kullanılır.

Özet

Akılda kalacak noktalar

Şerit: $\sigma = \sigma_v \cos^2\beta$, $\tau = \sigma_v \sin\beta \cos\beta$, $\tau/\sigma = \tan\beta$ (örnekte $\sigma = 99{,}65$, $\tau = 26{,}70$ kPa)

FS $= (c' + \sigma' \tan\varphi')/\tau = c'/(\gamma H \cos^2\beta \tan\beta) + \tan\varphi'/\tan\beta =$ **1,733**; $H_{req} = 3{,}50$ m ($FS_{req} = 2$), $\beta_{req} = 13{,}0°$; $\beta > \varphi'$ ise H_{cr}

Drenajsız kil: $FS = c_u/(\gamma H \sin\beta \cos\beta) = 1{,}50$; derinlikle ters orantılı

Su: $u = \gamma_w h_w \cos^2\beta$; FS 1,73 → 1,24 ($z_w = 2$ m) → 1,02 (yüzeyde); $r_u = 0{,}25$ → 1,37

Deprem: yatay $k_h W$ ve düşey $k_v W$; kritik yön alınır (yukarı); FS 1,73 → 1,07; **$k_y = 0{,}175$**; kuru kohezyonsuzda $\tan(\varphi' - \beta)$

Sınır: tek düzlem, sonsuz şev; uçlar ya da tabakalar önemliyse Şev Stabilitesi (dilimler) kullanılır

Kaynaklar

Das, B.M. (2018). Principles of Geotechnical Engineering, 9th ed. Cengage Learning, Boston. Bölüm 15, Slope Stability: sonsuz şev, Kısım 15.2–15.4.

Skempton, A.W. and DeLory, F.A. (1957). Stability of natural slopes in London Clay. Proceedings of the 4th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, London, 2, 378–381.

Bishop, A.W. and Morgenstern, N.R. (1960). Stability coefficients for earth slopes. Géotechnique, 10(4), 129–150.

Duncan, J.M., Wright, S.G. and Brandon, T.L. (2014). Soil Strength and Slope Stability, 2nd ed. Wiley, Hoboken.

Newmark, N.M. (1965). Effects of earthquakes on dams and embankments. Géotechnique, 15(2), 139–160.

NOT

Sayısal örneklerin tümü modülün kendi hesap motoruyla üretilmiştir; modül aynı değerleri verir. Modül sayfasındaki çözümlü örnek de bu şevdir (β = 15°, H = 6 m, γ = 17,8, c′ = 10 kPa, φ′ = 20°).

GeoTerva

Çevrim içi geoteknik hesaplar

Teoriden uygulamaya

Kendi şevinizin açısını, düzlem derinliğini, zemin dayanımını (drenajlı ya da drenajsız), suyunu ve deprem katsayılarını GeoTerva'da girin; modül gerilmeleri, güvenlik sayısını, kritik ve gerekli derinliği, gerekli açıyı, akma katsayısını ve grafikleri birlikte verir.

Modülü açın →

Teori sayfası →

Telefonla açın
Örnek modüller kayıt gerektirmez.