GeoTerva

Geoteknik ders sunumu · Temeller

Depremde şerit temel taşıma gücü

Ders anlatımı: Richards, Elms ve Budhu'nun iki Coulomb kamasından statik taşıma gücü katsayılarına, depremde Mononobe–Okabe katsayılarına ve depremin ne kadar azalttığına; her konuda çözümlü örnek.

İki Coulomb kamasını

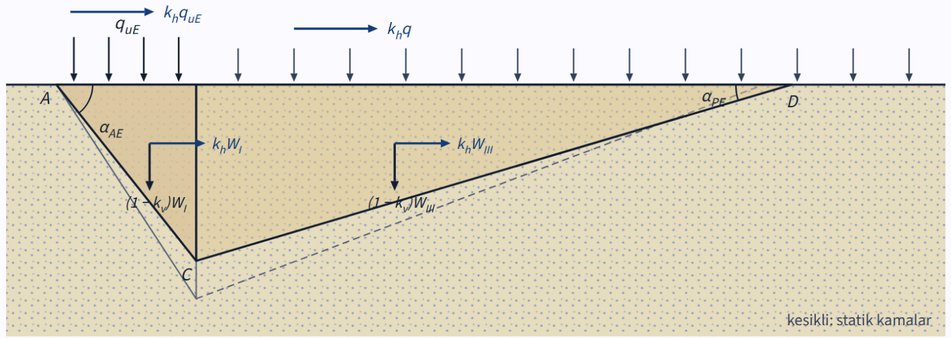
$K_A \cdot K_P \cdot \alpha_A$

Mononobe–Okabe

$\theta = \tan^{-1} k_h/(1-k_v)$

Depremin etkisi

Çözümlü örnekler



Giriş

Bu derste neler öğreneceğiz?

- Sürekli temelin **iki Coulomb kamasıyla** (aktif ABC, pasif BCD) taşıma gücü mekanizmasını kurmayı
- **K_A, K_P, α_A, α_P** değerlerini ve bunlardan **N_q, N_γ, N_c** katsayılarını kapalı formlarla bulmayı
- Depremi **yarı-statik** kuvvet olarak almayı: $\theta = \tan^{-1}[k_h/(1 - k_v)]$ ve **Mononobe–Okabe** katsayıları K_{AE}, K_{PE}
- **Deprem taşıma gücü q_{uE}**'yi ve statik değere oranını hesaplamayı
- k_h ve k_v duyarlılığını ve **$\theta \geq \varphi$ sınırını** yorumlamayı
- q_{uE}'den emniyetli basıncı almayı ve temeli **kontrol** etmeyi

DERS AKIŞI

Her konu **üç adımda** işlenir:

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

2 · **Soru**: verilenler ve istenen

3 · **Çözüm**: adım adım, sayılarla

Örnek temel, modülün açıldığı model: 1,5 m genişliğinde şerit temel, D_f = 1 m, c = 30 kPa, φ' = 25°, γ = 17 kN/m³, k_h = 0,25.

Log spiral yerine iki Coulomb kaması

KURAM

Richards, Elms ve Budhu (1993) sürekli bir temel için, **deprem yüklemesine de uygulanabilen** bir kuram önerdi. Terzaghi ya da Meyerhof'un log spiralinin yerine **iki Coulomb kamasından** oluşan basit bir göçme yüzeyi kullanır; bu yüzden her katsayı **kapalı biçimde** çıkar.

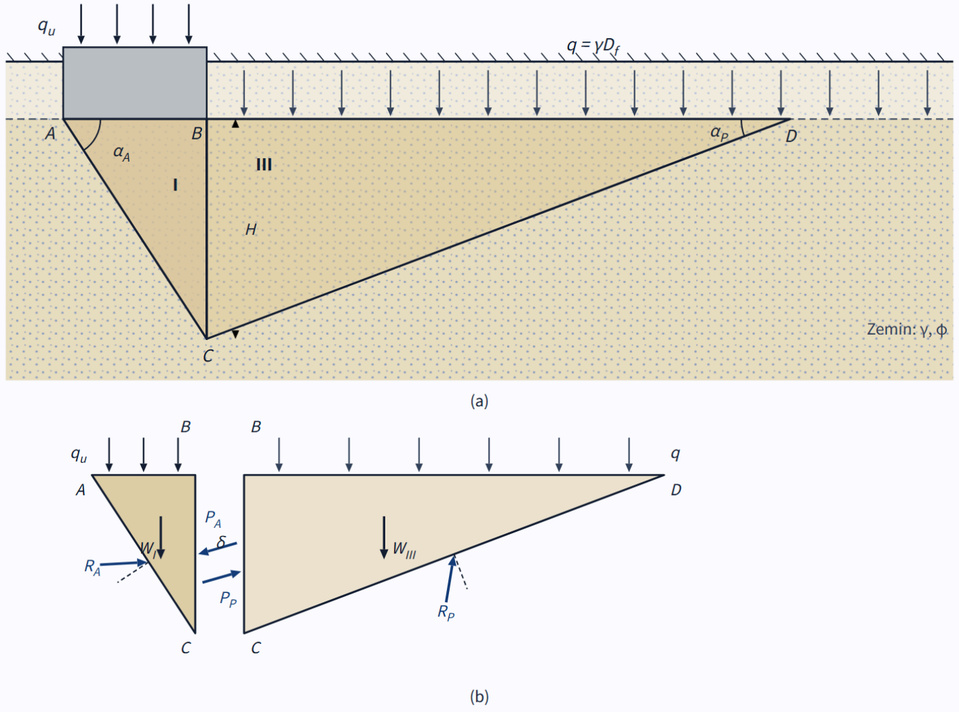
Sürekli temel, genişlik B, derinlik D_f; taban üstündeki zemin yalnızca sürşarj $q = \gamma D_f$.

c–φ zemin, $\varphi > 0$; göçme bölgesinde yeraltı suyu yok.

Deprem **yarı-statik kütle kuvveti**: yatay ve düşey katsayılar k_h, k_v kamalara ve yüklere etkir.

İki kama arasındaki düşey yüzde **duvar sürtünmesi δ = φ/2** (yazarların önerisi).

Temelin altındaki kama **aktif** (ABC), yanındaki **pasif** (BCD); ikisi BC yüzünde buluşur (yükseklik H).



Kama açıları ve Coulomb katsayıları

KURAM

Kama eğimleri αA ve αP, **kritik Coulomb kamalarının** açılarıdır (yataydan ölçülür):

$$\alpha_A = \varphi + \tan^{-1}\left\{\frac{[\tan\varphi(\tan\varphi+\cot\varphi)(1+\tan\delta\cot\varphi)]^{0,5}-\tan\varphi}{1+\tan\delta(\tan\varphi+\cot\varphi)}\right\}$$

$$\alpha_P = -\varphi + \tan^{-1}\left\{\frac{[\tan\varphi(\tan\varphi+\cot\varphi)(1+\tan\delta\cot\varphi)]^{0,5}+\tan\varphi}{1+\tan\delta(\tan\varphi+\cot\varphi)}\right\}$$

Coulomb kuvvetlerinin yatay bileşenleri şu katsayılarla yazılır:

$$K_A = \frac{\cos^2\varphi}{\cos\delta\left[1+\sqrt{\frac{\sin(\varphi+\delta)\sin\varphi}{\cos\delta}}\right]^2} \qquad K_P = \frac{\cos^2\varphi}{\cos\delta\left[1-\sqrt{\frac{\sin(\varphi+\delta)\sin\varphi}{\cos\delta}}\right]^2}$$

GÖSTERİMLER

δ = φ/2: kamalar arası duvar sürtünmesi

α_A: AC eğik düzleminin yatayla açısı

α_P: CD eğik düzleminin yatayla açısı

P_A, P_P: BC yüzündeki Coulomb kuvvetleri

R_A, R_P: eğik düzlemlerdeki bileşkeler

W_I, W_{III}: kama ağırlıkları

Soru

SORU

Verilenler

Zemin	$\varphi' = 25^\circ$ **(modülün açıldığı model)**
Duvar sürtünmesi	$\delta = \varphi/2 = 12{,}5^\circ$

İSTENEN

K_A, K_P katsayılarını ve **α_A, α_P** kama açılarını bulunuz.

Çözüm (1/2)

ÇÖZÜM

1 Ortak kök terim (sin 37,5° = 0,6088; sin 25° = 0,4226; cos 12,5° = 0,9763)

$$\sqrt{\frac{\sin(\varphi+\delta)\sin\varphi}{\cos\delta}} = \sqrt{\frac{0{,}6088\cdot 0{,}4226}{0{,}9763}} = \mathbf{0{,}5133}$$

2 K_A ve K_P ($\cos^2 25° = 0{,}8214$)

$$K_A = \frac{0{,}8214}{0{,}9763(1+0{,}5133)^2} = \mathbf{0{,}3674} \qquad K_P = \frac{0{,}8214}{0{,}9763(1-0{,}5133)^2} = \mathbf{3{,}5524}$$

Çözüm (2/2)

ÇÖZÜM

3 Kök ifade (tan φ = 0,4663; cot φ = 2,1445; tan δ = 0,2217)

$$[\tan\varphi(\tan\varphi+\cot\varphi)(1+\tan\delta\cot\varphi)]^{0,5}=[0{,}4663(2{,}6108)(1{,}4754)]^{0,5}=1{,}3402$$

$$1+\tan\delta(\tan\varphi+\cot\varphi)=1{,}5788$$

4 Kama açıları

$$\alpha_A=25^\circ+\tan^{-1}\frac{1{,}3402-0{,}4663}{1{,}5788}=25^\circ+28{,}97^\circ=\mathbf{53{,}97^\circ}$$

$$\alpha_P=-25^\circ+\tan^{-1}\frac{1{,}3402+0{,}4663}{1{,}5788}=-25^\circ+48{,}85^\circ=\mathbf{23{,}85^\circ}$$

Aktif kama dik (α_A = 53,97°), pasif kama yatık (α_P = 23,85°). Kama yüksekliği H = B tan α_A = 1,5 × 1,375 = **2,06 m**.

Çözümü GeoTerva'da kontrol edin ↗

BC yüzündeki yatay denge

KURAM

Yalnızca sürşarjı alalım (φ ≠ 0, γ = 0, q ≠ 0); temel basıncı q'_u olsun. BC yüzünde yatay kuvvetler dengededir:

$$P_A \cos\delta = P_P \cos\delta$$

Düzgün sürşarjla her kuvvet, basınç katsayısı × sürşarj × H'dir: aktif tarafta q'_u, pasif tarafta q:

$$P_A \cos\delta = q'_u K_A H \qquad P_P \cos\delta = q\, K_P H$$

İkisi eşitlenince H sadeleşir ve **N_q** iki Coulomb katsayısının oranı olur:

$$q'_u = q\,\frac{K_P}{K_A} = q\,N_q \qquad N_q = \frac{K_P}{K_A}$$

NEDEN ORAN?

Temelin altındaki aktif kama yanındaki pasif kamayı yana iter. İki taraf da aynı H yüksekliğinde, aynı δ ile birbirine dayanır; bu yüzden dengeyi yalnızca iki zemin direnci **oranı** belirler.

Kamaların ağırlığı H = B tan α_A ile girer

KURAM

Şimdi yalnızca ağırlığı alalım (φ ≠ 0, γ ≠ 0, q = 0); temel basıncı q''_u. Aktif tarafta ağırlığın üstüne bir sürşarj gibi biner, pasif tarafta yalnızca ağırlık etkir:

$$P_A \cos\delta = q''_u H K_A + \tfrac{1}{2}\gamma H^2 K_A \qquad P_P \cos\delta = \tfrac{1}{2}\gamma H^2 K_P$$

Eşitleyince:

$$q''_u = \tfrac{1}{2}\gamma H \left(\frac{K_P}{K_A} - 1\right)$$

Yüzün yüksekliği aktif kamadan gelir, H = B tan α_A; böylece **N_γ** çıkar:

$$q''_u = \tfrac{1}{2}\gamma B\, N_\gamma \qquad N_\gamma = \tan\alpha_A \left(\frac{K_P}{K_A} - 1\right)$$

YORUM

N_γ kama derinliğine bağlıdır: **tan α_A** çarpanı kamanın ne kadar dik olduğunu söyler. Dik kama (büyük α_A) daha derine iner ve öz ağırlık terimi büyür.

Süperpozisyon ve N_c

KURAM

Sürşarj ve ağırlık terimleri toplanır (süperpozisyon):

$$q_u = q'_u + q''_u = q\,N_q + \tfrac{1}{2}\gamma B\,N_\gamma$$

Kohezyon için φ = 0'da Coulomb kaması analizi $N_c = 6$ verir; yazarlar kısalık için bilinen ilişkiyi kullanır:

$$N_c = (N_q - 1)\cot\varphi \qquad q_u = c\,N_c + q\,N_q + \tfrac{1}{2}\gamma B\,N_\gamma$$

Bu **statik** değer, bu iki kamanın taşıma gücüdür; Terzaghi, Meyerhof, Hansen ya da Vesic'in Prandtl tipi katsayılarından **farklıdır** (φ = 25°: N_q = 9,67; Prandtl–Reissner 10,66).

Deprem taşıma gücü bu değerden **azaltılarak** bulunur; modül ikisini yan yana verir.

STATİK KATSAYILAR (δ = φ/2)

φ′	δ	α_A	N_q	N_γ	N_c
5	2,5	42,22	1,53	0,49	6,11
10	5,0	45,19	2,37	1,38	7,77
15	7,5	48,13	3,70	3,02	10,09
20	10,0	51,06	5,90	6,06	13,46
25	12,5	53,97	9,67	11,92	18,59
30	15,0	56,86	16,51	23,76	26,86
35	17,5	59,74	29,89	49,52	41,26
40	20,0	62,60	59,03	111,96	69,16
45	22,5	65,45	133,87	290,89	132,87

Soru

SORU

Verilenler

Temel	**şerit (sürekli), B = 1,5 m, taban derinliği D_f = 1,0 m**
Zemin	$c = 30\ \mathrm{kPa},\ \varphi' = 25^\circ$
Birim ağırlık	$\gamma = 17\ \mathrm{kN/m^3}$**; YASS göçme bölgesinde yok**
Önceki örnek	$K_A = 0{,}3674,\ K_P = 3{,}5524,\ \alpha_A = 53{,}97^\circ$

İSTENEN

N_q, N_γ, N_c ve statik **q_u** değerlerini bulunuz.

Çözüm

ÇÖZÜM

1 Taşıma gücü katsayıları (tan 53,97° = 1,3748)

$$N_q = \frac{K_P}{K_A} = \frac{3{,}5524}{0{,}3674} = \mathbf{9{,}67} \qquad N_c = \frac{9{,}67 - 1}{0{,}4663} = \mathbf{18{,}59}$$

$$N_\gamma = 1{,}3748(9{,}67 - 1) = \mathbf{11{,}92}$$

2 Statik taşıma gücü ($q = \gamma D_f$ = 17 kPa)

$$q_u = 30(18{,}59) + 17(9{,}67) + \tfrac{1}{2}(17)(1{,}5)(11{,}92)$$

$$= 557{,}8 + 164{,}4 + 152{,}0 = \mathbf{874{,}14}\ \mathrm{kPa}$$

Statik taşıma gücü **874,14 kPa**; kohezyon terimi %64, sürşarj %19, öz ağırlık %17. Deprem bu değeri azaltacak (sonraki bölüm).

Çözümü GeoTerva'da kontrol edin ↗

θ açısı ve Mononobe–Okabe katsayıları

KURAM

Deprem altında aynı iki kama **yarı-statik atalet kuvvetleriyle** çözülür. Ağırlık ve atalet kuvvetinin bileşkesi düşeyden θ kadar yatar; kamalar φ yerine α = φ − θ ile hesaplanır:

$$\theta = \tan^{-1}\frac{k_h}{1-k_v} \qquad \alpha = \varphi - \theta$$

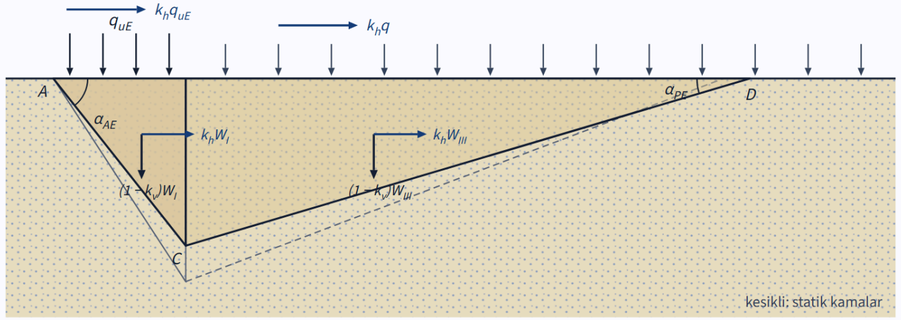
Coulomb katsayıları **Mononobe–Okabe** katsayıları olur:

$$K_{AE} = \frac{\cos^2(\varphi-\theta)}{\cos\theta\cos(\delta+\theta)\left[1+\sqrt{\dfrac{\sin(\varphi+\delta)\sin(\varphi-\theta)}{\cos(\delta+\theta)}}\right]^2}$$

$$K_{PE} = \frac{\cos^2(\varphi-\theta)}{\cos\theta\cos(\delta+\theta)\left[1-\sqrt{\dfrac{\sin(\varphi+\delta)\sin(\varphi-\theta)}{\cos(\delta+\theta)}}\right]^2}$$

θ = 0 iken her deprem ifadesi statik biçimine döner: $K_{AE} = K_A$, $K_{PE} = K_P$.

Yatay ivme arttıkça α azalır: kamalar yatıklaşır, mekanizma sığlaşır.



Soru

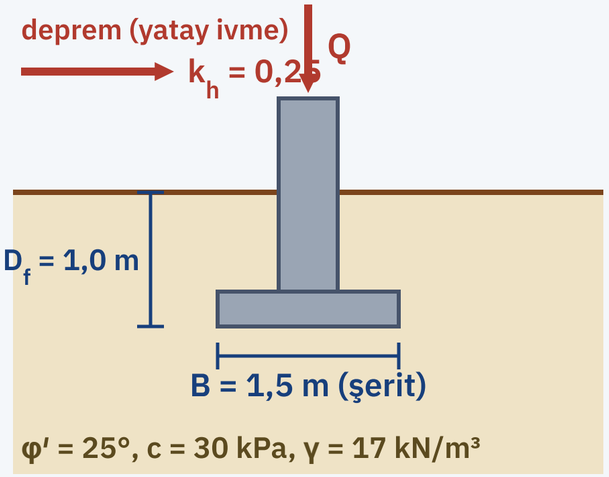
SORU

Verilenler

Temel	**şerit (sürekli), B = 1,5 m, taban derinliği D_f = 1,0 m**
Zemin	$c = 30\ \mathrm{kPa},\ \varphi' = 25^\circ$
Birim ağırlık	$\gamma = 17\ \mathrm{kN/m^3}$**; YASS göçme bölgesinde yok**
Deprem	**k_h = 0,25; k_v = 0**
Duvar sürtünmesi	$\delta = 12{,}5^\circ$

İSTENEN

θ, α = φ − θ ve **K_{AE}, K_{PE}** değerlerini bulunuz.



Çözüm

ÇÖZÜM

1 Eğiklik açısı ve kök terim (sin 37,5° = 0,6088; sin α = 0,1901; cos(δ + θ) = cos 26,54° = 0,8945)

$$\theta = \tan^{-1}\frac{0{,}25}{1-0} = \mathbf{14{,}04^\circ} \qquad \alpha = \varphi - \theta = 10{,}96^\circ$$

$$\sqrt{\frac{\sin(\varphi+\delta)\sin\alpha}{\cos(\delta+\theta)}} = \sqrt{\frac{0{,}6088\cdot 0{,}1902}{0{,}8947}} = \mathbf{0{,}3597}$$

2 K_{AE} ve K_{PE} ($\cos^2\alpha = 0{,}9638$; $\cos\theta = 0{,}9701$)

$$K_{AE} = \frac{0{,}9638}{0{,}9701(0{,}8947)(1+0{,}3597)^2} = \mathbf{0{,}6006}$$

$$K_{PE} = \frac{0{,}9638}{0{,}9701(0{,}8947)(1-0{,}3597)^2} = \mathbf{2{,}7089}$$

Deprem K_A'yı 0,367 → 0,601 **büyütür**, K_P'yi 3,552 → 2,709 **küçültür**.

Çözümü GeoTerva'da kontrol edin ↗

Kama açıları, katsayılar ve q_{uE}

KURAM

$$\alpha_{AE} = \alpha + \tan^{-1}\left\{\frac{\sqrt{(1+\tan^2\alpha)\,[1+\tan(\delta+\theta)\cot\alpha]} - \tan\alpha}{1+\tan(\delta+\theta)(\tan\alpha+\cot\alpha)}\right\}$$

$$\alpha_{PE} = -\alpha + \tan^{-1}\left\{\frac{\sqrt{(1+\tan^2\alpha)\,[1+\tan(\delta-\theta)\cot\alpha]} + \tan\alpha}{1+\tan(\delta+\theta)(\tan\alpha+\cot\alpha)}\right\}$$

Denge aynı olduğundan katsayılar aynı biçimi korur:

$$N_{qE} = \frac{K_{PE}}{K_{AE}} \qquad N_{\gamma E} = \tan\alpha_{AE}\left(\frac{K_{PE}}{K_{AE}} - 1\right) \qquad N_{cE} \approx (N_{qE}-1)\cot\varphi$$

$$q_{uE} = c\,N_{cE} + q\,N_{qE} + \tfrac{1}{2}\gamma B\,N_{\gamma E}$$

NOT

N_{cE} için statik ilişki deprem durumuna **taşınır** (yazarlar kuramı granüler zemin için yazar). c > 0 iken modül bunu bir varsayım olarak bildirir ve c = 0 için duyarlılığı verir.

Soru

SORU

Verilenler

Temel	**şerit (sürekli), B = 1,5 m, taban derinliği D_f = 1,0 m**
Zemin	$c = 30\ \mathrm{kPa},\ \varphi' = 25^\circ$
Birim ağırlık	$\gamma = 17\ \mathrm{kN/m^3}$**; YASS göçme bölgesinde yok**
Deprem	**k_h = 0,25; k_v = 0**
Önceki örnek	$\theta = 14{,}04^\circ,\ K_{AE} = 0{,}6006,\ K_{PE} = 2{,}7089$

İSTENEN

α_{AE}, N_{qE}, $N_{\gamma E}$, N_{cE} ve bunların statik katsayılara oranlarını bulunuz.

Çözüm (1/2)

ÇÖZÜM

1 α = 10,96°: tan α = 0,1937, cot α = 5,1620, tan(δ + θ) = tan 26,54° = 0,4994

$$\sqrt{(1+\tan^2\alpha)(1+\tan(\delta+\theta)\cot\alpha)} = \sqrt{1{,}0375(3{,}5777)} = 1{,}9267$$

$$1+\tan(\delta+\theta)(\tan\alpha+\cot\alpha) = 3{,}6745$$

2 Deprem kama açısı (statik α_A = 53,97°)

$$\alpha_{AE} = 10{,}96^\circ + \tan^{-1}\frac{1{,}9267-0{,}1937}{3{,}6745} = 10{,}96^\circ + 25{,}25^\circ = \mathbf{36{,}21}^\circ$$

Çözüm (2/2)

ÇÖZÜM

3 Deprem taşıma gücü katsayıları (tan α_{AE} = 0,7322)

$$N_{qE} = \frac{2{,}7089}{0{,}6006} = \mathbf{4{,}51} \qquad N_{\gamma E} = 0{,}7322(4{,}51 - 1) = \mathbf{2{,}57} \qquad N_{cE} = \frac{4{,}51 - 1}{0{,}4663} = \mathbf{7{,}53}$$

	N_q	N_γ	N_c
statik	9,67	11,92	18,59
deprem (k_h = 0,25)	4,51	2,57	7,53
oran	**0,466**	**0,216**	**0,405**

Deprem **öz ağırlık terimini en çok** azaltır ($N_{\gamma E}$ statiğin yalnızca %22'i); N_{qE} ve N_{cE} yaklaşık yarısını korur.

Çözümü GeoTerva'da kontrol edin ↗

Soru

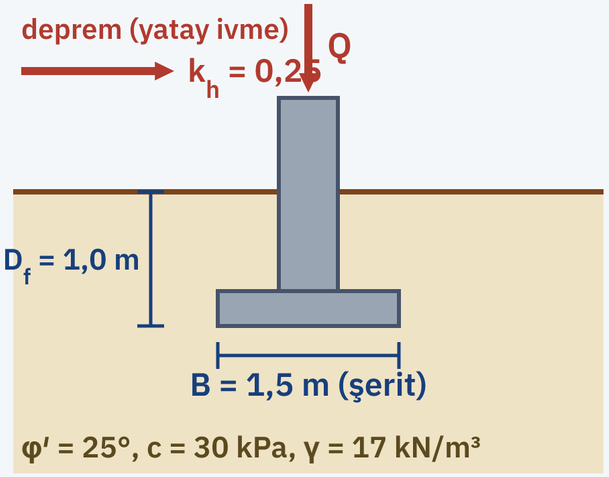
SORU

Verilenler

Temel	**şerit (sürekli), B = 1,5 m, taban derinliği D_f = 1,0 m**
Zemin	$c = 30\ \mathrm{kPa},\ \varphi' = 25^\circ$
Birim ağırlık	$\gamma = 17\ \mathrm{kN/m^3}$**; YASS göçme bölgesinde yok**
Deprem	**k_h = 0,25; k_v = 0**
Güvenlik	**FS = 3**

İSTENEN

q_{uE}, statik q_u'ya oranı, brüt ve net **q_{all}** ile emniyetli yük **Q_{all}** (birim uzunluk için).



Çözüm

ÇÖZÜM

1 Deprem taşıma gücü (q = 17 kPa)

$$q_{uE} = 30(7{,}53) + 17(4{,}51) + \tfrac{1}{2}(17)(1{,}5)(2{,}57)$$
$$= 225{,}83 + 76{,}67 + 32{,}77 = \mathbf{335{,}28}\ \text{kPa}$$

2 Emniyetli basınç ve yük

$$q_{all,g} = \frac{335{,}28}{3} = \mathbf{111{,}76}\ \text{kPa} \qquad q_{all,n} = \frac{335{,}28 - 17}{3} = 106{,}09\ \text{kPa}$$

$$Q_{all} = q_{all,g}\, B = 111{,}76(1{,}5) = \mathbf{167{,}6}\ \text{kN/m}$$

Deprem taşıma gücünü **874,14 kPa**'dan **335,28 kPa**'a, yani statik değerin **%38**'üne düşürür (modül statik q_u'yu yanında verir). Emniyetli basınçlar q_{uE}'den alınır.

Çözümü GeoTerva'da kontrol edin ↗

Deprem ne kadar azaltır, sınır nerede?

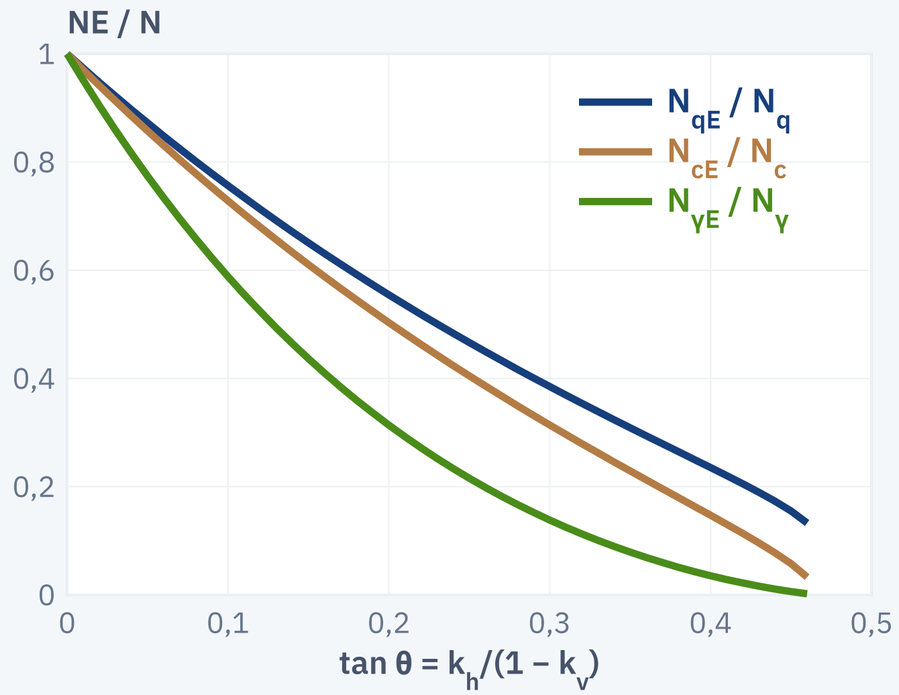
KURAM

Kaynak azalmaları Richards vd. (1993) grafikleriyle verir; sayfa onları kapalı ifadelerden çizer (yanda). **Öz ağırlık terimi en çok azalır**: tan θ = 0,2'de $N_{\gamma E}$ statiğin yaklaşık üçte biri; N_{qE} ve N_{cE} yaklaşık yarısı kalır.

θ → φ iken α = φ − θ → 0: aktif kama yatıklaşır ve üç katsayı da sıfıra gider; sürtünmeli zemin yatay ivmeye karşı direnç rezervi kalmaz.

Kuram yalnızca **$k_h/(1 - k_v) < \tan \varphi$** iken geçerlidir; modül θ ≥ φ olunca **durur**. Bu oran aynı zamanda kuramın sismik oturmanın başlayacağını öngördüğü orandır.

θ, φ'ye yaklaşınca (θ > 0,85φ) modül uyarır: bu bir tasarım kapasitesi değil, yöntemin sınırıdır.



φ′ = 25°, δ = φ/2 için kapalı ifadelerden çizilmiştir.

Soru

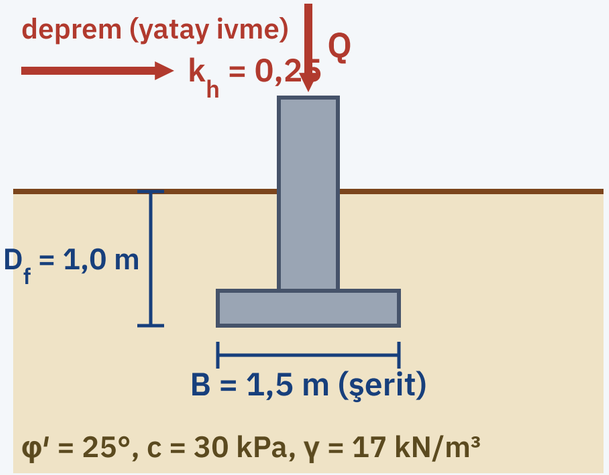
SORU

Verilenler

Temel	**şerit (sürekli), B = 1,5 m, taban derinliği D_f = 1,0 m**
Zemin	$c = 30\ \mathrm{kPa},\ \varphi' = 25^\circ$
Birim ağırlık	$\gamma = 17\ \mathrm{kN/m^3}$**; YASS göçme bölgesinde yok**
Deprem	**k_v = 0; k_h = 0, 0,05, … 0,45**

İSTENEN

Her k_h için **θ, N_{qE}, $N_{\gamma E}$, N_{cE}, q_{uE}** ve q_{uE}/q_u değerlerini bulunuz; modülün durduğu k_h sınırını hesaplayınız.



Çözüm (1/2)

ÇÖZÜM

k_h	θ (°)	N_{qE}	$N_{\gamma E}$	N_{cE}	q_{uE} (kPa)	q_{uE}/q_u
0,00	0,0	9,67	11,92	18,59	**874**	%100
0,05	2,9	8,44	9,23	15,94	**739**	%85
0,10	5,7	7,31	7,01	13,54	**620**	%71
0,15	8,5	6,29	5,20	11,35	**514**	%59
0,20	11,3	5,36	3,74	9,36	**420**	%48
0,25	14,0	4,51	2,57	7,53	**335**	%38
0,30	16,7	3,72	1,65	5,84	**260**	%30
0,35	19,3	2,99	0,94	4,26	**191**	%22
0,40	21,8	2,28	0,42	2,74	**126**	%14
0,45	24,2	1,50	0,07	1,07	**59**	%7

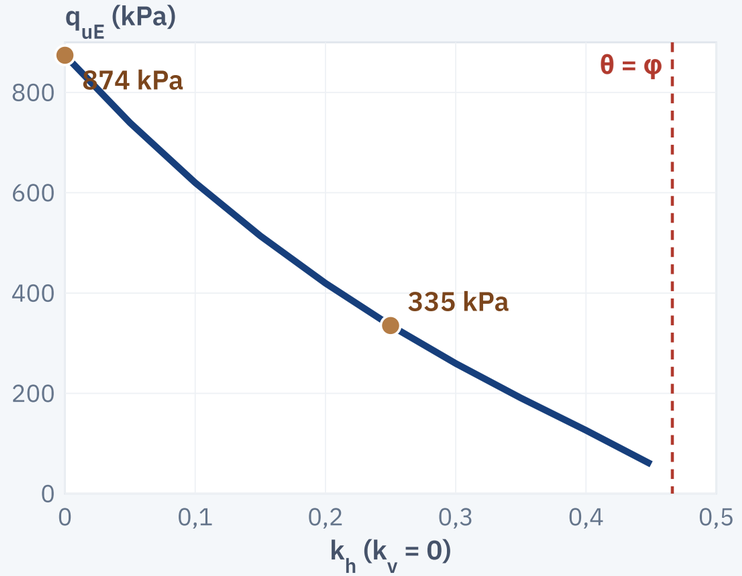
Çözüm (2/2)

ÇÖZÜM

1 Geçerlilik sınırı: θ < φ

$$\frac{k_h}{1-k_v} < \tan\varphi \;\Rightarrow\; k_{h,\max} = (1-k_v)\tan 25^\circ = \mathbf{0{,}4663}$$

k_h = 0,25'te q_{uE} statiğin %38'i; **k_h = 0,45'te yalnızca %7**. k_h = 0,47 girilirse modül durur (θ ≥ φ). Eğri başta dik düşer: **küçük ivmeler de** büyük kayıp yaratır (k_h = 0,05 → %85).



Çözümü GeoTerva'da kontrol edin ↗

Soru

SORU

Verilenler

Temel	**şerit (sürekli), B = 1,5 m, taban derinliği D_f = 1,0 m**
Zemin	$c = 30\ \mathrm{kPa},\ \varphi' = 25^\circ$
Birim ağırlık	$\gamma = 17\ \mathrm{kN/m^3}$**; YASS göçme bölgesinde yok**
Deprem	**k_h = 0,25; k_v = 0, 0,1, 0,2, 0,3**

İSTENEN

Her k_v için **θ** ve **q_{uE}** değerlerini bulunuz.

Çözüm

ÇÖZÜM

1 $\theta = \tan^{-1}[k_h/(1 - k_v)]$; örnek $k_v = 0{,}2$

$$\theta = \tan^{-1}\frac{0{,}25}{1 - 0{,}2} = \tan^{-1}(0{,}3125) = \mathbf{17{,}35}^\circ$$

k_v	θ (°)	N_{qE}	$N_{\gamma E}$	N_{cE}	q_{uE} (kPa)	q_{uE}/q_u
0,0	14,04	4,51	2,57	7,53	**335**	%38
0,1	15,52	4,07	2,03	6,57	**292**	%33
0,2	17,35	3,54	1,45	5,44	**242**	%28
0,3	19,65	2,88	0,86	4,04	**181**	%21

k_v arttıkça $(1 - k_v)$ küçülür, θ büyür ve q_{uE} azalır: $k_v = 0{,}2$ q_{uE}'yi 335 → 242 kPa'a (%28) indirir. Düşey ivmeyi ihmal etmek **güvensiz tarafta** kalır.

Çözümü GeoTerva'da kontrol edin ↗

Deprem taşıma gücünden emniyetli basınç

KURAM

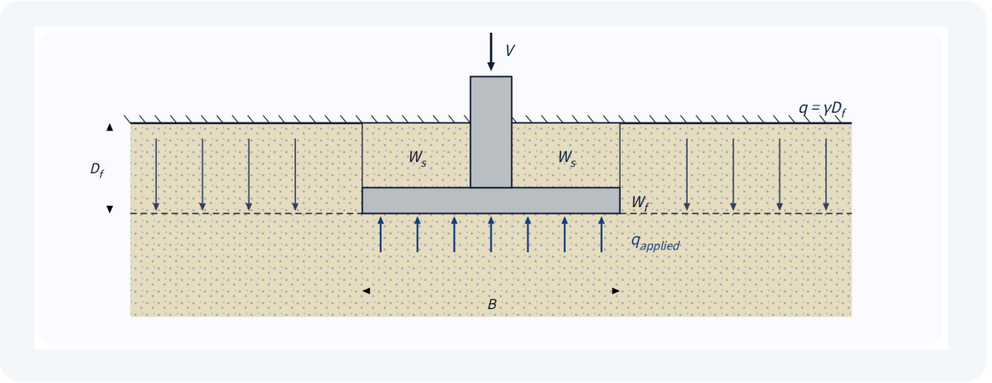
Modül emniyetli basınçları **deprem taşıma gücü q_{uE}**'den alır; brüt ve net basıncı ayrı tutar, statik q_u'yu yanında verir:

$$q_{u,net} = q_{uE} - q \qquad q_{all,g} = \frac{q_{uE}}{FS} \qquad q_{all,n} = \frac{q_{u,net}}{FS}$$

Uygulanan basınç q_{uyg}, deprem yük durumunda tabandaki **düşey brüt basınçtır** (V/B; kolon yükü + temel + zemin ağırlığı). Temel şu koşullarda geçer:

$$q_{uyg} \le q_{all,g} \quad (FS_{\text{gerçek}} = q_{uE}/q_{uyg}) \qquad q_{uyg} - q \le q_{all,n}$$

Emniyetli yük birim uzunluk için $Q_{all} = q_{all,g}\,B$. Deprem yatay ataleti k_h ile zaten hesaba girer; bağımsız bir yatay kuvvet, moment ya da dışmerkezlik bu hesabın **kapsamı dışındadır**.



Soru

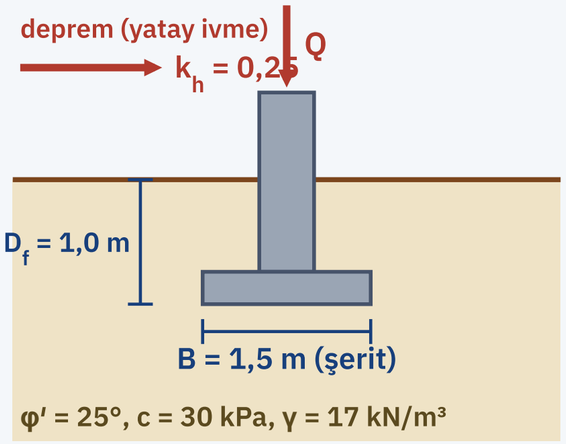
SORU

İSTENEN

Her durumda üç koşulu (brüt, $FS_{gerçek}$, net) kontrol ediniz.

Verilenler

Sonuç (Örnek 5)	**q_{uE} = 335,28 kPa; q = 17 kPa; FS = 3**
Uygulanan basınç	**deprem yük durumunda (a) q_{uyg} = 100 kPa · (b) q_{uyg} = 150 kPa**



Çözüm

ÇÖZÜM

1 (a) q_{uyg} = 100 kPa

$$100 \leq q_{all,g} = 111{,}76 \;\Rightarrow\; \textbf{geçer} \qquad FS_{\text{gerçek}} = \frac{335{,}28}{100} = \mathbf{3{,}35} \geq 3$$

$$100 - 17 = 83 \leq q_{all,n} = 106{,}09 \;\Rightarrow\; \textbf{geçer}$$

2 (b) q_{uyg} = 150 kPa

$$150 > q_{all,g} = 111{,}76 \;\Rightarrow\; \textbf{geçmez} \qquad FS_{\text{gerçek}} = \frac{335{,}28}{150} = \mathbf{2{,}24} < 3$$

$$150 - 17 = 133 > q_{all,n} = 106{,}09 \;\Rightarrow\; \textbf{geçmez}$$

Deprem yükü altında yalnızca **$q_{uyg} \leq$ 111,8 kPa** olan temel geçer. Aynı temel statik koşulda 291 kPa'a kadar yük taşırdı ($q_{all,g}$ = 291,4).

Çözümü GeoTerva'da kontrol edin ↗

Soru

SORU

Verilenler

Temel	**şerit (sürekli), B = 1,5 m, taban derinliği D_f = 1,0 m**
Zemin	$c = 30\ \mathrm{kPa},\ \varphi' = 25^\circ$
Birim ağırlık	$\gamma = 17\ \mathrm{kN/m^3}$**; YASS göçme bölgesinde yok**
Deprem	**k_h = 0,25; k_v = 0**
Karşılaştırma	**c = 30 kPa ve c = 0**

İSTENEN

Statik ve deprem taşıma gücünü c = 30 ve c = 0 için bulunuz; kohezyon terimlerinin payını yorumlayınız.

Çözüm

ÇÖZÜM

	$c\,N_c$	$q\,N_q$	$½\gamma B\,N_\gamma$	toplam
statik, c = 30	557,8	164,4	152,0	**874,1**
deprem, c = 30	225,8	76,7	32,8	**335,3**
statik, c = 0	0	164,4	152,0	**316,4**
deprem, c = 0	0	76,7	32,8	**109,4**

Depremde kohezyon terimi q_{uE}'nin **%67**'i; $N_{cE} = (N_{qE} - 1)\cot\varphi$ varsayımı sonucu belirgin etkiler. Muhafazakâr duyarlılık olarak c = 0 için q_{uE} = **109,4 kPa** (c = 30 ile 335,3 kPa).

Çözümü GeoTerva'da kontrol edin ↗

Özet

Akılda kalacak noktalar

İki Coulomb kaması (aktif ABC, pasif BCD), arada duvar sürtünmesi $\delta = \varphi/2$; $H = B \tan \alpha_A$; her katsayı kapalı biçimde

Statik: $N_q = K_P/K_A$, $N_\gamma = \tan \alpha_A(K_P/K_A - 1)$, $N_c = (N_q - 1) \cot \varphi$; $q_u = cN_c + qN_q + \tfrac{1}{2}\gamma B N_\gamma$ (örnek: 874,14 kPa)

Deprem: $\theta = \tan^{-1}[k_h/(1 - k_v)]$, $\alpha = \varphi - \theta$; K_{AE}, K_{PE} Mononobe–Okabe; N_{qE}, $N_{\gamma E}$, N_{cE} aynı biçimde; q_{uE} = 335,28 kPa (statiğin %38'i)

Öz ağırlık terimi en çok azalır ($N_{\gamma E}/N_\gamma = 0{,}22$); N_{qE} ve N_{cE} yaklaşık yarısını korur

Sınır: $k_h/(1 - k_v) < \tan \varphi$; $\theta \geq \varphi$ olunca modül durur, $\theta > 0{,}85\varphi$ uyarır; k_v ihmal edilirse sonuç güvensiz tarafta kalır

Kontrol: emniyetli basınç q_{uE}'den; $q_{uyg} \leq q_{all,g}$, $FS_{gerçek}$ ve net; $Q_{all} = q_{all,g} B$

Kaynaklar

Richards, R., Elms, D.G. and Budhu, M. (1993). Seismic bearing capacity and settlements of foundations. Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, 119(4), 662–674.

Das, B.M. (2017). Shallow Foundations: Bearing Capacity and Settlement, 3rd ed. CRC Press — Bölüm 6.3.1; bu sayfa, oradaki çıkarımın sırasını izlemektedir.

Mononobe, N. and Matsuo, H. (1929). On the determination of earth pressures during earthquakes. Proc. World Engineering Congress, Tokyo, 9, 177–185.

Okabe, S. (1926). General theory of earth pressure. Journal of the Japanese Society of Civil Engineers, 12(1).

Şekiller bu sayfadaki denklemlerden ölçekli olarak çizilmiştir.

NOT

Şekillerin bir kısmı GeoTerva Teori sayfasından alınmıştır; sayısal örneklerin tümü modülün kendi hesap kitaplığıyla üretilmiştir, modül aynı değerleri verir.

GeoTerva

Çevrim içi geoteknik hesaplar

Teoriden uygulamaya

Bu sunumdaki örnek temeli GeoTerva'da adım adım hesaplayın: modül bu modelle açılır.

Modülü açın →

Teori sayfası →

Telefonla açın
Örnek modüller kayıt gerektirmez.