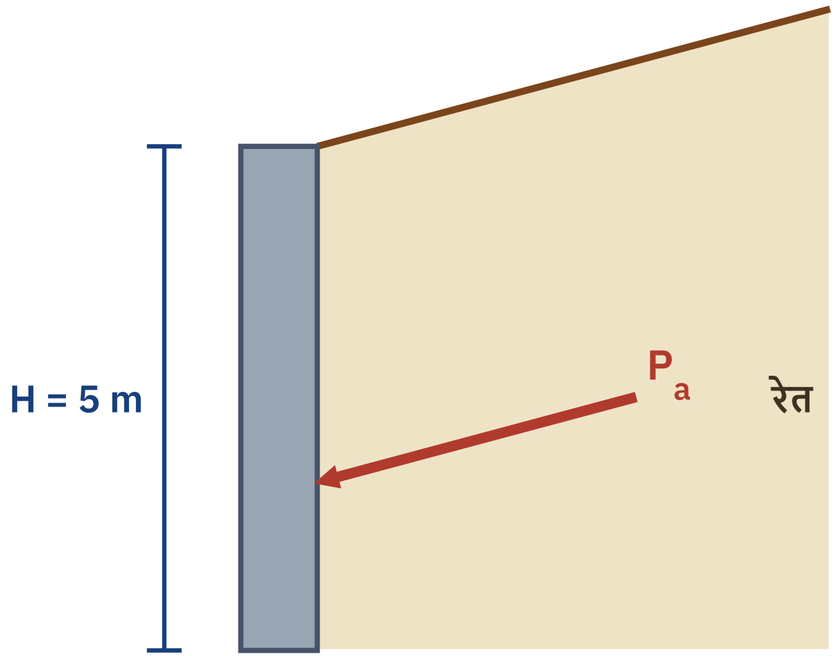
GeoTerva

भू-तकनीकी व्याख्यान स्लाइड · पार्श्व मृदा दाब

Rankine: झुका हुआ पश्चभराव और झुकी हुई दीवार

व्याख्यान: पश्चभराव की सतह झुकी हुई हो या दीवार का मुख झुका हो तब Rankine हल; दाब का सतह के समानांतर होना, K गुणांक, संसंजक और परतदार पश्चभराव; प्रत्येक विषय पर हल किया गया उदाहरण।

ढलानदार पश्चभराव | सक्रिय और निष्क्रिय | झुकी दीवार · Chu (1991) | संसंजक पश्चभराव | परतदार पश्चभराव



परिचय

इस व्याख्यान में हम क्या सीखेंगे?

- पश्चभराव की सतह ढलवाँ होने पर दाब **सतह के समांतर** क्यों होता है, और K_a, K_p α के साथ क्यों बदलते हैं
- $K_a K_p = \cos^2\alpha$ संबंध और **$\alpha \le \varphi'$** सीमा
- झुकी दीवार + ढलवाँ पश्चभराव के लिए **Chu (1991)** का हल: ψ, $K_{(R)}$, β और η
- बल का **परिमाण, दिशा (β) और स्थान** ज्ञात करना; उसके क्षैतिज और ऊर्ध्वाधर घटकों को अलग करना
- संसंजक भराव में वक्राकार दाब आरेख, तनन गहराई और **अनपवाहित मृत्तिका** में ढलान की स्थिरता की शर्त
- सतह के समानांतर परतों में प्रत्येक परत के अपने K का उपयोग करना

व्याख्यान प्रवाह

प्रत्येक विषय **तीन चरणों में** पढ़ाया जाता है:

1 · **सिद्धांत**: नियम क्या है, ऐसा क्यों है?

2 · **प्रश्न**: दिया गया है और ज्ञात करना है

3 · **हल**: चरण-दर-चरण, संख्याओं सहित

बल दीवार की प्रति इकाई लंबाई के हैं (kN/m); α और θ डिग्री में, दाब kPa में। दीवार घर्षणरहित है।

दाब सतह के समांतर होता है

सिद्धांत

दीवार के पीछे के संसंजनहीन पश्चभराव की सतह क्षैतिज से α कोण बनाती हो तो Rankine दाब अब क्षैतिज नहीं रहते: वे **सतह के समानांतर**, अर्थात् α झुकाव पर, कार्य करते हैं और पहले की तरह गहराई के साथ रैखिक रूप से बढ़ते हैं:

$$K_a = \cos\alpha \frac{\cos\alpha - \sqrt{\cos^2\alpha - \cos^2\varphi'}}{\cos\alpha + \sqrt{\cos^2\alpha - \cos^2\varphi'}} \qquad P_a = \tfrac{1}{2} K_a \gamma H^2$$

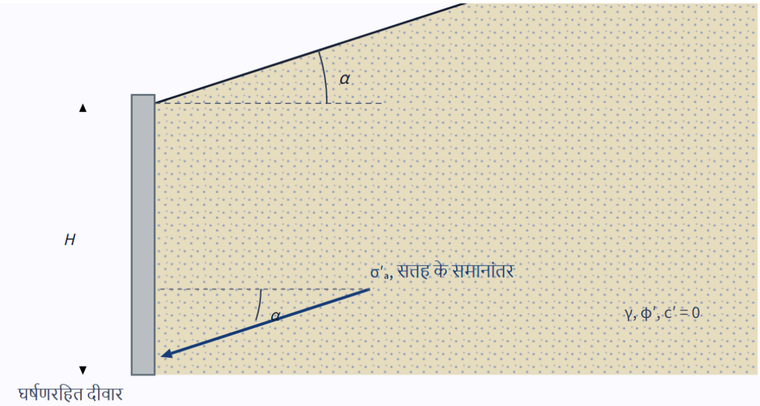
$$K_p = \cos\alpha \frac{\cos\alpha + \sqrt{\cos^2\alpha - \cos^2\varphi'}}{\cos\alpha - \sqrt{\cos^2\alpha - \cos^2\varphi'}} \qquad P_p = \tfrac{1}{2} K_p \gamma H^2$$

दोनों बल आधार से **H/3** ऊपर कार्य करते हैं और क्षैतिज के साथ कोण α बनाते हैं: $P_h = P\cos\alpha$, $P_v = P\sin\alpha$।

α = 0 के लिए समीकरण $\tan^2(45° \mp \varphi'/2)$ में परिवर्तित हो जाते हैं।

गुणनफल $\mathbf{K_a K_p = \cos^2\alpha}$ है; α = 0 पर यह 1 होता है।

ढालू भराव



K_a और K_p – α और φ'

सिद्धांत

सक्रिय K_a

α \ φ′	28°	30°	32°	34°	36°	38°	40°
0°	0.3610	0.3333	0.3073	0.2827	0.2596	0.2379	0.2174
5°	0.3656	0.3372	0.3105	0.2855	0.2620	0.2399	0.2192
10°	0.3802	0.3495	0.3210	0.2944	0.2696	0.2464	0.2247
15°	0.4086	0.3729	0.3405	0.3108	0.2834	0.2581	0.2346
20°	0.4605	0.4142	0.3739	0.3381	0.3060	0.2769	0.2504
25°	0.5727	0.4936	0.4336	0.3847	0.3431	0.3070	0.2750

निष्क्रिय K_p

α \ φ′	28°	30°	32°	34°	36°	38°	40°
0°	2.770	3.000	3.255	3.537	3.852	4.204	4.599
5°	2.715	2.943	3.196	3.476	3.788	4.136	4.527
10°	2.551	2.775	3.022	3.295	3.598	3.936	4.316
15°	2.284	2.502	2.740	3.002	3.293	3.615	3.977
20°	1.918	2.132	2.362	2.612	2.886	3.189	3.526
25°	1.434	1.664	1.894	2.135	2.394	2.676	2.987

प्रश्न

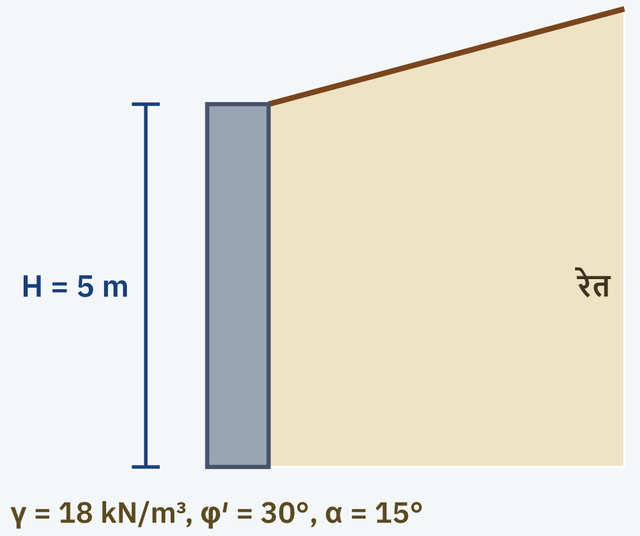
उदाहरण

ज्ञात करना है

K_a, P_a, क्रिया की ऊँचाई और दिशा; क्षैतिज और ऊर्ध्वाधर घटक; क्षैतिज पश्चभराव से तुलना।

दिया गया है

दीवार	$H = 5$ m, **ऊर्ध्वाधर, घर्षणरहित**
भराव	**शुष्क रेत:** $\gamma = 18$ kN/m^3, $\varphi' = 30^\circ$, **सतह का ढाल** $\alpha = 15^\circ$



हल

हल

1 गुणांक: cos 15° = 0.9659; √(cos²α − cos²φ′) = √(0.9330 − 0.75) = 0.4278

$$K_a = \cos\alpha\,\frac{\cos\alpha - r}{\cos\alpha + r} = 0.9659\,\frac{0.5381}{1.3937} = \mathbf{0.3729}$$

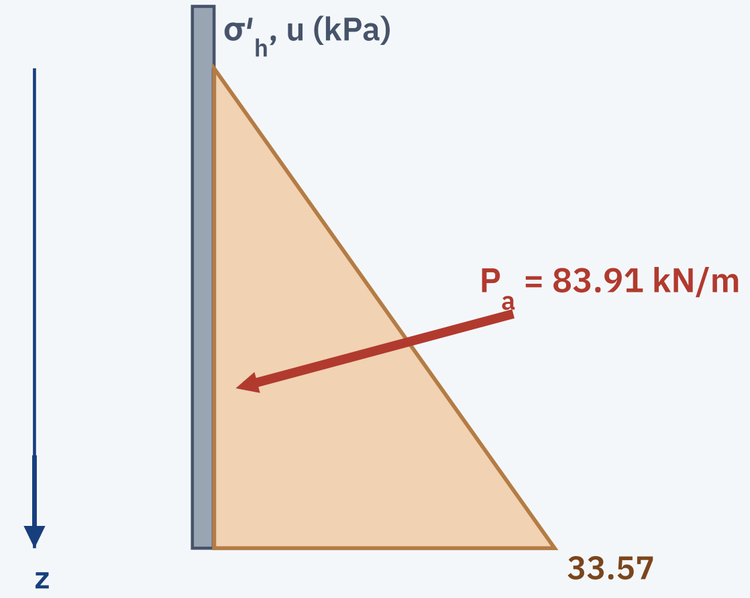
2 दाब आधार पर (सतह के समानांतर)

$$\sigma'_a(5) = K_a\gamma H = 0.3729(18)(5) = \mathbf{33.57}\ \text{kPa}$$

3 बल, स्थिति और घटक

$$P_a = \tfrac{1}{2}(33.57)(5) = \mathbf{83.91}\ \text{kN/m} \qquad \bar{z} = \tfrac{5}{3} = 1.67\ \text{m}$$

$$P_h = P_a\cos 15^\circ = 81.05 \qquad P_v = P_a\sin 15^\circ = 21.72\ \text{kN/m}$$



P_a = **83.91 kN/m**, क्षैतिज से 15° कोण पर, आधार से 1.67 m ऊपर। क्षैतिज भराव में P_a = 75.00 kN/m था: ढलान बल को 12% बढ़ाता है।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

प्रश्न

उदाहरण

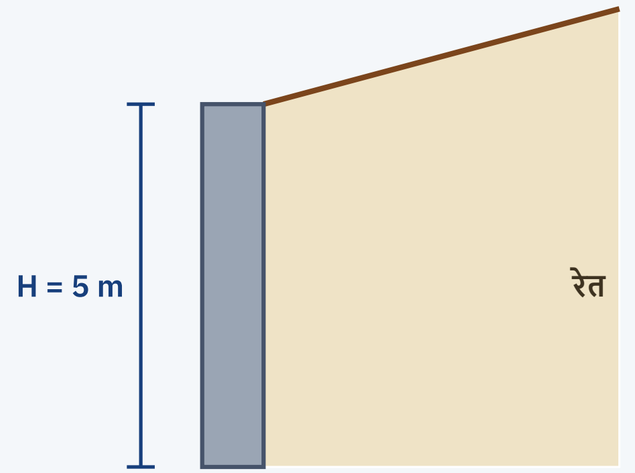
ज्ञात करना है

K_p, P_p और उनके घटक; क्षैतिज भराव में निष्क्रिय बल से तुलना।

दिया गया है

दीवार और भराव

उदाहरण 1 की दीवार और भराव: $H = 5$ m, $\gamma = 18$ kN/m^3, $\varphi' = 30^\circ$, $\alpha = 15^\circ$



हल

हल

1 गुणांक (r = 0.4278)

$$K_p = \cos\alpha\,\frac{\cos\alpha + r}{\cos\alpha - r} = 0.9659\,\frac{1.3937}{0.5381} = \mathbf{2.5017}$$

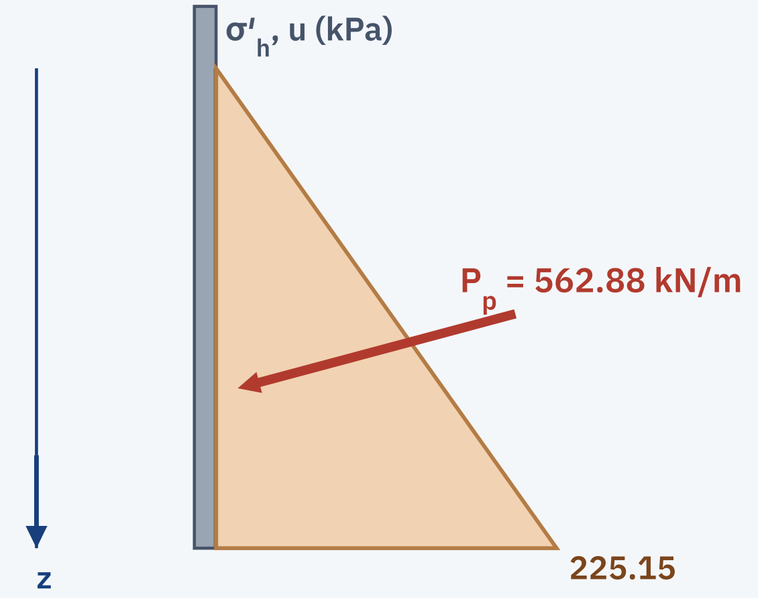
2 आधार पर दाब तथा बल

$$\sigma_p'(5) = K_p\gamma H = 2.5017(18)(5) = 225.15 \text{ kPa}$$

$$P_p = \tfrac{1}{2}(225.15)(5) = \mathbf{562.9} \text{ kN/m} \qquad \bar{z} = 1.67 \text{ m}$$

3 घटक (क्षैतिज से 15°)

$$P_h = P_p\cos 15^\circ = 543.7 \qquad P_v = P_p\sin 15^\circ = 145.7 \text{ kN/m}$$



P_p = **562.9 kN/m**। क्षैतिज पश्चभराव में यह 675.0 kN/m था: ढलान निष्क्रिय प्रतिरोध को 17% **घटा देती है** (जबकि सक्रिय बल बढ़ता है)। $K_aK_p = 0.9330 = \cos^2 15°$ जाँच संतुष्ट होती है।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

शर्त $\alpha \le \varphi'$

सिद्धांत

वर्गमूल वाला व्यंजक केवल तभी वास्तविक होता है जब **$\cos^2\alpha \ge \cos^2\varphi'$**, अर्थात $\alpha \le \varphi'$: φ' से अधिक तीव्र ढलान संसंजनहीन मृदा में स्वयं खड़ी नहीं रह सकती। सीमा पर मूल शून्य हो जाता है और दोनों गुणांक एक ही मान के निकट पहुँचते हैं:

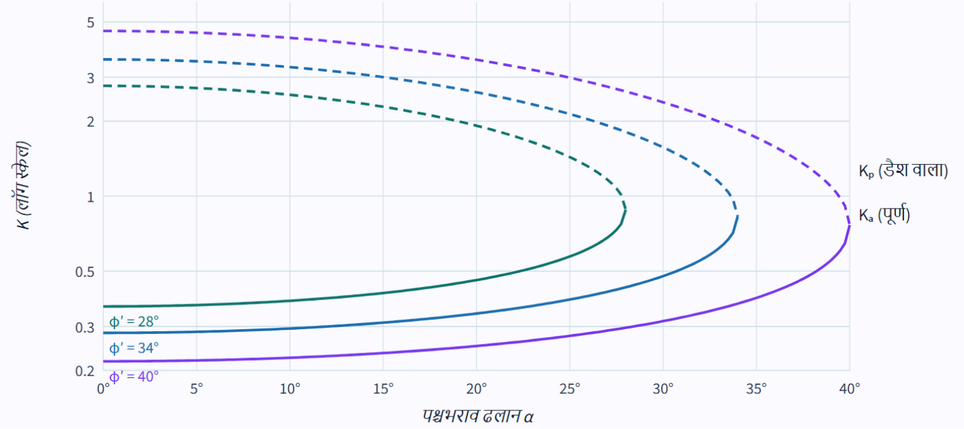
$$\alpha = \varphi' : \qquad K_a = K_p = \cos\varphi'$$

α बढ़ने पर K_a बढ़ता है और K_p घटता है; दोनों $\alpha = \varphi'$ पर मिल जाते हैं (सक्रिय और निष्क्रिय अवस्थाएँ एक-दूसरे से अलग नहीं की जा सकतीं)।

यह मृदा की प्राकृतिक ढलान के (विश्राम) कोण वाली अवस्था है: पश्चभराव पहले से ही विफलता की कगार पर है और दीवार की गति से दाब नहीं बदलता।

$\alpha > \varphi'$ के लिए कोई हल नहीं है; मॉड्यूल चेतावनी देता है।

K – α (लॉग स्केल; φ′ = 28°, 34°, 40°)



प्रश्न

उदाहरण

दिया गया है

मृदा	**संसंजनहीन रेत,** $\varphi' = 32^\circ$
ढलानें	$\alpha = 0^\circ,\ 10^\circ,\ 20^\circ,\ 30^\circ,\ 32^\circ$ **(और** 33°**)**

ज्ञात करना है

प्रत्येक ढलान के लिए K_a, K_p और उनके गुणनफल; सीमा पर मान; α = 33° के लिए परिणाम।

हल

हल

1 प्रत्येक ढलान के लिए समीकरण ($\varphi' = 32°$; $\cos 32° = 0.8480$)

α	K_a	K_p	K_aK_p	$\cos^2\alpha$
0°	0.3073	3.255	1.0000	1.0000
10°	0.3210	3.022	0.9698	0.9698
20°	0.3739	2.362	0.8830	0.8830
30°	0.5741	1.306	0.7500	0.7500
32°	0.8480	0.848	0.7192	0.7192

2 सीमा: $\alpha = \varphi' = 32°$ तथा $\alpha = 33°$

$$\alpha = 32^\circ : \sqrt{\cos^2\alpha - \cos^2\varphi'} = 0 \Rightarrow K_a = K_p = \cos 32^\circ = \mathbf{0.8480}$$

$$\alpha = 33^\circ : \cos^2 33^\circ - \cos^2 32^\circ < 0 \Rightarrow \text{कोई वास्तविक मूल नहीं}$$

α बढ़ने पर K_a 0.307 → 0.574 और K_p 3.25 → 1.306 होता है; प्रत्येक α पर $K_aK_p = \cos^2\alpha$। $\alpha = \varphi' = 32°$ पर दोनों $\cos\varphi' = 0.848$ के बराबर हो जाते हैं; $\alpha = 33°$ के लिए **कोई हल नहीं है** (ढलान अत्यधिक तीव्र)।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

झुकी हुई दीवार सतह और ढलवाँ पश्चभराव: सक्रिय

सिद्धांत

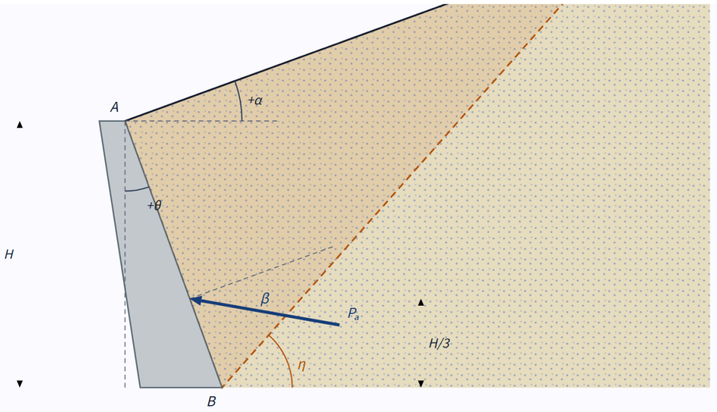
यदि दीवार का फलक ऊर्ध्वाधर से θ और पश्चभराव सतह क्षैतिज से α झुकी है (दोनों चित्र की तरह धनात्मक; दीवार घर्षणरहित), तो Chu (1991) के हल से बल का **परिमाण और दिशा** प्राप्त होती है:

$$\psi_a = \sin^{-1}\frac{\sin\alpha}{\sin\varphi'} - \alpha + 2\theta$$

$$K_{a(R)} = \frac{\cos(\alpha-\theta)\sqrt{1+\sin^2\varphi' - 2\sin\varphi'\cos\psi_a}}{\cos^2\theta\left(\cos\alpha + \sqrt{\sin^2\varphi' - \sin^2\alpha}\right)}$$

$$P_a = \tfrac{1}{2}\gamma H^2 K_{a(R)} \qquad \beta = \tan^{-1}\frac{\sin\varphi'\sin\psi_a}{1-\sin\varphi'\cos\psi_a}$$

$$\eta = \frac{\pi}{4} + \frac{\varphi'}{2} + \frac{\alpha}{2} - \frac{1}{2}\sin^{-1}\frac{\sin\alpha}{\sin\varphi'}$$



β: बल का दीवार तल के अभिलंब से कोण; बल आधार से **H/3** ऊपर क्रिया करता है। **η**: सर्पण वेज के आधार तल BC का क्षैतिज से कोण।

θ = 0 के लिए $K_{a(R)}$ झुके हुए पश्चभराव सूत्र (समी. 1) में बदल जाता है, और β घटकर α हो जाता है।

निष्क्रिय स्थिति में चिह्न बदल जाते हैं

सिद्धांत

निष्क्रिय अवस्था में समान ज्यामिति के लिए चिह्न बदल जाते हैं:

$$\psi_p = \sin^{-1}\frac{\sin\alpha}{\sin\varphi'} + \alpha - 2\theta \qquad \beta = \tan^{-1}\frac{\sin\varphi'\sin\psi_p}{1+\sin\varphi'\cos\psi_p}$$

$$K_{p(R)} = \frac{\cos(\alpha-\theta)\sqrt{1+\sin^2\varphi' + 2\sin\varphi'\cos\psi_p}}{\cos^2\theta\left(\cos\alpha - \sqrt{\sin^2\varphi' - \sin^2\alpha}\right)}$$

$$\eta = \frac{\pi}{4} - \frac{\varphi'}{2} + \frac{\alpha}{2} + \frac{1}{2}\sin^{-1}\frac{\sin\alpha}{\sin\varphi'} \qquad P_p = \tfrac{1}{2}\gamma H^2 K_{p(R)}$$

बल आधार से H/3 ऊपर कार्य करता है। दीवार का फलक और सतह 90° − |α − θ| कोण पर मिलते हैं; यदि यह कोण बंद हो जाए तो दीवार ढलान के अनुदिश फैल जाती है और फलक पर प्रभाव ऊपरी मृदा के भार का होता है; मॉड्यूल |α − θ| ≤ 75° वाली स्थिति को स्वीकार करता है।

प्रश्न

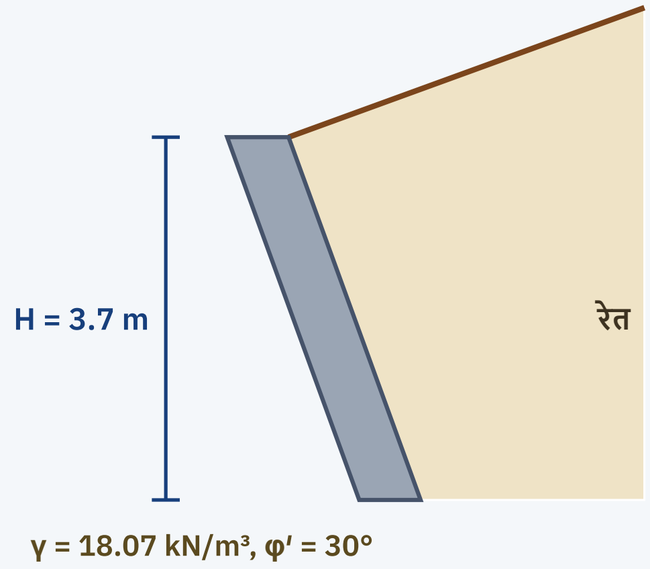
उदाहरण

ज्ञात करना है

Ψ_a, $K_{a(R)}$, P_a, β, η और क्रिया की ऊँचाई। मॉड्यूल इसी दीवार के साथ खुलता है।

दिया गया है

दीवार	**घर्षणरहित; सतह ऊर्ध्वाधर से $\theta = +20^\circ$ झुकी हुई; $H = 3.658$ m (12 ft)**
भराव	**शुष्क रेत:** $\gamma = 18.07$ kN/m^3 **(115 pcf),** $\varphi' = 30^\circ$**; सतह का ढाल** $\alpha = +20^\circ$



हल (1/2)

हल

1 सहायक कोण और ψ_a

$$\sin^{-1}\frac{\sin 20^\circ}{\sin 30^\circ} = 43.16^\circ$$

$$\psi_a = 43.16^\circ - 20^\circ + 2(20^\circ) = \mathbf{63.16^\circ}$$

2 गुणांक $K_{a(R)}$

$$\sqrt{1+\sin^2 30^\circ - 2\sin 30^\circ \cos 63.16^\circ} = 0.8936 \qquad \cos^2 20^\circ = 0.8830$$

$$\sqrt{\sin^2 30^\circ - \sin^2 20^\circ} = 0.3647$$

$$K_{a(R)} = \frac{\cos 0^\circ\,(0.8936)}{0.8830\,(0.9397+0.3647)} = \mathbf{0.776}$$

हल (2/2)

हल

3 बल और स्थान

$$P_a = \tfrac{1}{2}\gamma H^2 K_{a(R)} = \tfrac{1}{2}(18.07)(3.658)^2(0.7758) = \mathbf{93.79}\ \text{kN/m}$$

$$\bar{z} = \tfrac{H}{3} = \mathbf{1.219}\ \text{m}$$

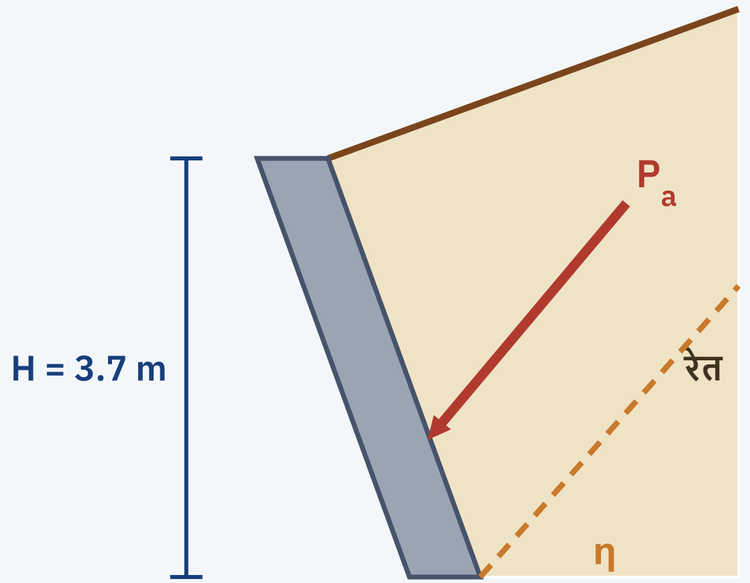
4 स्ट्राइक β और वेज कोण η

$$\beta = \tan^{-1}\frac{\sin 30^\circ \sin 63.16^\circ}{1 - \sin 30^\circ \cos 63.16^\circ} = \mathbf{29.95}^\circ\ (\approx 30^\circ)$$

$$\eta = 45^\circ + 15^\circ + 10^\circ - \tfrac{1}{2}(43.16^\circ) = \mathbf{48.42}^\circ$$

5 घटक (सतह के लंबवत और सतह के समानांतर)

$$N = P_a \cos\beta = 81.27 \qquad T = P_a \sin\beta = 46.83\ \text{kN/m}$$



P_a = **93.79 kN/m** (US इकाइयों में 6,424 lb/ft), दीवार की सतह के अभिलंब से **30.0°** पर, आधार से H/3 = 1.22 m ऊपर।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

प्रश्न

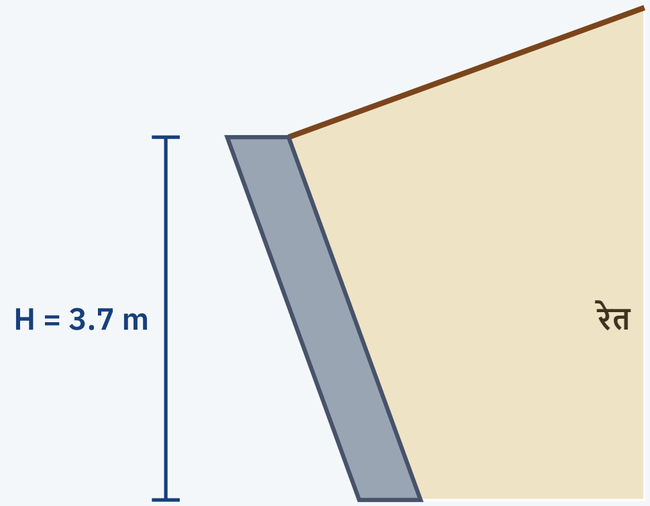
उदाहरण

ज्ञात करना है

Ψ_p, $K_{p(R)}$, P_p, β और η; सक्रिय अवस्था से तुलना।

दिया गया है

दीवार और भराव	**उदाहरण 4 की दीवार और पश्चभराव:** $\theta = +20^\circ$, $\alpha = +20^\circ$, $\varphi' = 30^\circ$, $\gamma = 18.07\ \text{kN/m}^3$, $H = 3.658\ \text{m}$



हल

हल

1 ψ_p और $K_{p(R)}$

$$\psi_p = 43.16^\circ + 20^\circ - 2(20^\circ) = \mathbf{23.16^\circ}$$

$$K_{p(R)} = \frac{\cos 0^\circ \sqrt{1 + \sin^2 30^\circ + 2 \sin 30^\circ \cos 23.16^\circ}}{\cos^2 20^\circ \left(\cos 20^\circ - \sqrt{\sin^2 30^\circ - \sin^2 20^\circ}\right)} = \mathbf{2.901}$$

2 बल, दिशा और वेज कोण

$$P_p = \tfrac{1}{2}(18.07)(3.658)^2(2.9010) = \mathbf{350.7}\ \text{kN/m}$$

$$\beta = \tan^{-1} \frac{\sin 30^\circ \sin 23.16^\circ}{1 + \sin 30^\circ \cos 23.16^\circ} = \mathbf{7.67^\circ} \qquad \eta = \mathbf{61.58^\circ}$$

P_p = **350.7 kN/m**, β = 7.7°; उसी दीवार का सक्रिय बल 93.79 kN/m था (अनुपात 3.7)। निष्क्रिय स्थिति में बल फलक के लगभग लंबवत होता है (β छोटा), जबकि सक्रिय स्थिति में यह ~30° झुका होता है।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

दीवार की सतह का झुकाव θ बल को कैसे बदलता है?

सिद्धांत

यदि भराव ढलान को स्थिर रखा जाए (α = 20°, φ′ = 30°) और केवल दीवार की सतह को घुमाया जाए, तो $K_{a(R)}$ और β बदलते हैं:

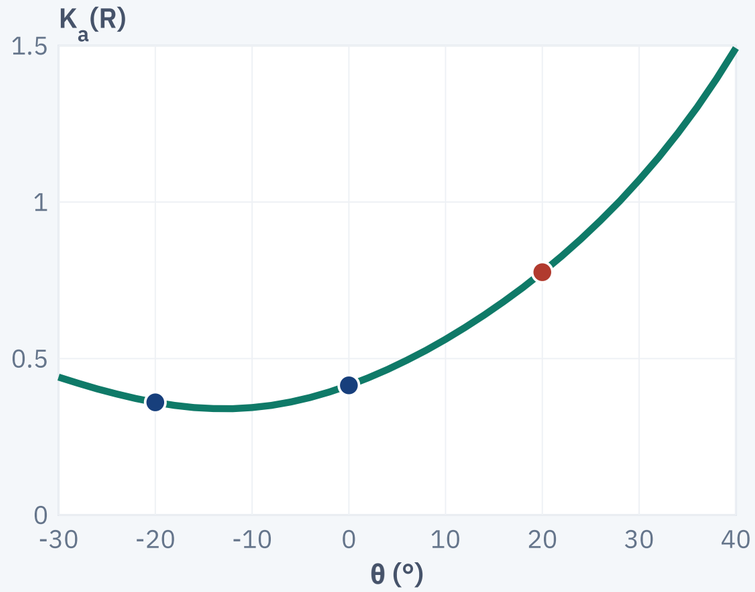
θ	$K_{a(R)}$	β
−20°	0.360	-15.5°
0°	0.414	20.0°
+20°	0.776	30.0°

यदि θ धनात्मक है (सतह भराव के ऊपर झुकी होती है), तो भराव दीवार की सतह के ऊपर टिका होता है और बल बढ़ता है; ऋणात्मक होने पर घटता है।

θ = 0 और α = 20° के लिए β = α = 20°: बल सतह के समानांतर होता है।

$K_{(R)}$ में बल के दीवार की सतह के **समांतर और लंबवत** दोनों घटक एक साथ सम्मिलित हैं; केवल क्षैतिज घटक के लिए P cos(β + θ) लिया जाता है।

$K_{a(R)}$ – θ (α = 20°, φ′ = 30°)



Mazindrani और Ganjali (1997)

सिद्धांत

ऊर्ध्वाधर, घर्षणरहित दीवार के पीछे, सतह के α पर झुकी c′–φ′ मृदा के लिए, गहराई पर सक्रिय दाब:

$$\sigma'_a = \gamma z\, K'_a \cos\alpha \qquad r = \frac{c'}{\gamma z}$$

$$K'_a = \frac{2\cos^2\alpha + 2r\cos\varphi'\sin\varphi' - \sqrt{D}}{\cos^2\varphi'} - 1$$

$$D = 4\cos^2\alpha\left(\cos^2\alpha - \cos^2\varphi'\right) + 4r^2\cos^2\varphi' + 8r\cos^2\alpha\sin\varphi'\cos\varphi'$$

$$z_c = \frac{2c'}{\gamma}\sqrt{\frac{1+\sin\varphi'}{1-\sin\varphi'}}$$

K'_a गहराई से $c'/\gamma z$ के माध्यम से जुड़ा है: दाब **रैखिक नहीं** है; भूमि की सतह के ऊपर यह ऋणात्मक है, तनन दरार की गहराई z_c झुकाव से स्वतंत्र है।

निष्क्रिय स्थिति में वर्गमूल के सामने का चिह्न + हो जाता है। α = 0 → Rankine ($\sigma'_a = K_a\gamma z - 2c'\sqrt{K_a}$); c′ = 0 → समी. 1।

दरार वाली गणना में z_c के नीचे का भाग, बिना दरार वाली गणना में पूरी ऊँचाई का समाकलन किया जाता है; यह केवल θ = 0 के लिए मान्य है।

सतह के समानांतर दाब

संसंजनहीन मृदा की भाँति दाब सतह के **समांतर** कार्य करता है, अर्थात् क्षैतिज से α कोण पर; बल का दीवार की सतह पर लंबवत घटक P cos α है।

प्रश्न

उदाहरण

दिया गया है

दीवार	$H = 5$ m, **ऊर्ध्वाधर, घर्षणरहित**
भराव	$\gamma = 18$ kN/m^3, $\varphi' = 25^\circ$, $c' = 10$ **kPa; सतह का ढलान** $\alpha = 10^\circ$

ज्ञात करना है

z_c, आधार पर दाब, दरार सहित और दरार रहित P_a तथा क्रिया की ऊँचाई; क्षैतिज पश्चभराव से तुलना।

हल (1/2)

हल

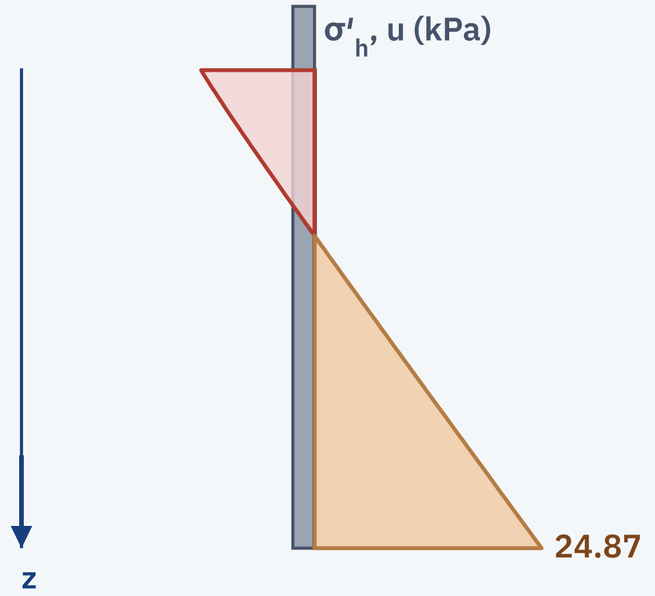
1 तनन गहराई (ढलान से स्वतंत्र)

$$z_c = \frac{2(10)}{18}\sqrt{\frac{1+\sin 25^\circ}{1-\sin 25^\circ}} = 1.111(1.5697) = \mathbf{1.744}\ \text{m}$$

2 आधार पर (z = 5 m): r = c′/γz = 10/(18·5) = 0.1111

$$D = 0.9467 \qquad K_a' = 0.2806$$

$$\sigma_a'(5) = \gamma z K_a' \cos\alpha = 18(5)(0.2806)\cos 10^\circ = \mathbf{24.87}\ \text{kPa}$$



हल (2/2)

हल

3 दरार सहित बल (z_c से H तक वक्र आरेख का क्षेत्रफल, संख्यात्मक समाकलन)

$$P_a = \int_{z_c}^{H} \sigma'_a \, dz = \mathbf{40.33} \text{ kN/m (सतह के समानांतर, 10°)}$$

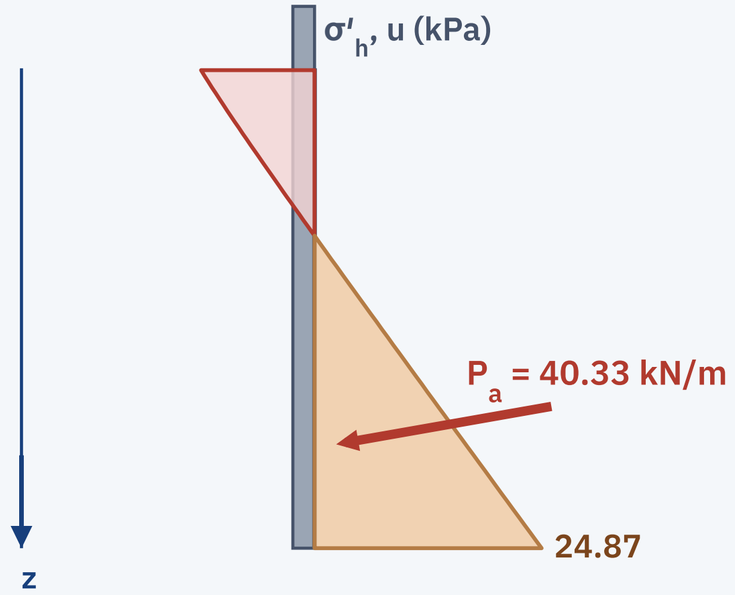
$$\bar{z} = 1.08 \text{ m (आधार से)}$$

4 तुलना

दरार रहित: $P_a = 29.16$ kN/m

क्षैतिज भराव: $P_a = \frac{1}{2}(23.79)(3.256) = 38.72$ kN/m

दरार सहित बल **40.33 kN/m** है, दरार रहित से 38% अधिक; क्षैतिज पश्चभराव (38.72 kN/m) की तुलना में ढलान ने बल को 4% बढ़ाया। दरार सहित मान डिज़ाइन मान है।



हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

सतह के समांतर परतें

सिद्धांत

यदि भराव **सतह के समानांतर** परतों से बना है (दीवार के पीछे का ऊर्ध्वाधर बोरहोल हर जगह समान मोटाइयाँ काटता है), तो प्रत्येक परत का मूल्यांकन अपने γ, φ′ और c′ मानों से, अपने ऊपर की मृदा के भार $\sigma'_v = \Sigma \gamma_i h_i$ के अंतर्गत किया जाता है:

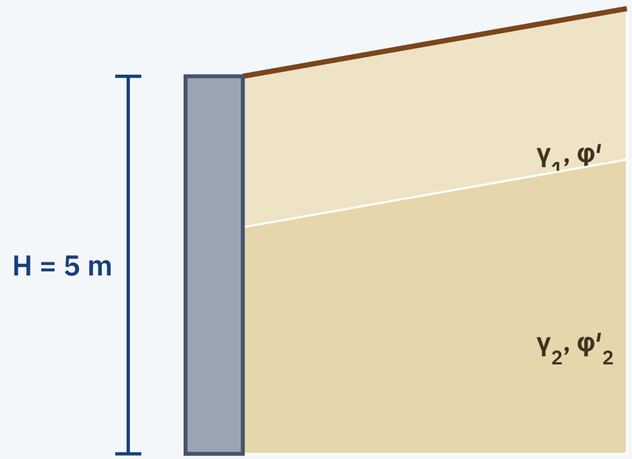
$$\sigma' = \sigma'_v \frac{K_{(R)} \cos\theta}{1 + \tan\theta \tan\alpha} \qquad \theta = 0 : \ \sigma' = \sigma'_v K_{(R)}$$

परत की सीमा पर K बदलने के कारण दाब में **छलांग** आती है; प्रत्येक परत का बल दीवार के मुख के अभिलंब N_i और समानांतर T_i घटकों में वियोजित किया जाता है; $P = \sqrt{(N^2 + T^2)}$, $\beta = \tan^{-1}(T/N)$।

अधिभार q को सतह पर q/cos α भार वाली परत की तरह σ'_v में जोड़ा जाता है; **जल** स्तर के नीचे γ′ का उपयोग किया जाता है, और u दीवार के लंबवत कार्य करता है।

यह मॉड्यूल द्वारा Chu और Mazindrani–Ganjali हलों का परतों तक विस्तार है (साहित्य में कोई संवृत परतदार हल नहीं है); एकल परत में संवृत हल 10^{-8} के भीतर देता है।

सतह के समांतर परतें



प्रश्न

उदाहरण

दिया गया है

दीवार	$H = 5$ m, **ऊर्ध्वाधर, घर्षणरहित**
भराव	**भूमि सतह का ढलान $\alpha = 10^\circ$; सतह के समानांतर दो परतें (ऊर्ध्वाधर मोटाई)**
परत 1 (2 m)	$\gamma = 17$ kN/m^3, $\varphi' = 30^\circ$
परत 2 (3 m)	$\gamma = 19$ kN/m^3, $\varphi' = 35^\circ$

ज्ञात करना है

प्रत्येक परत में दाब, **P**, **N**, **T** और क्रिया की ऊँचाई।

हल (1/2)

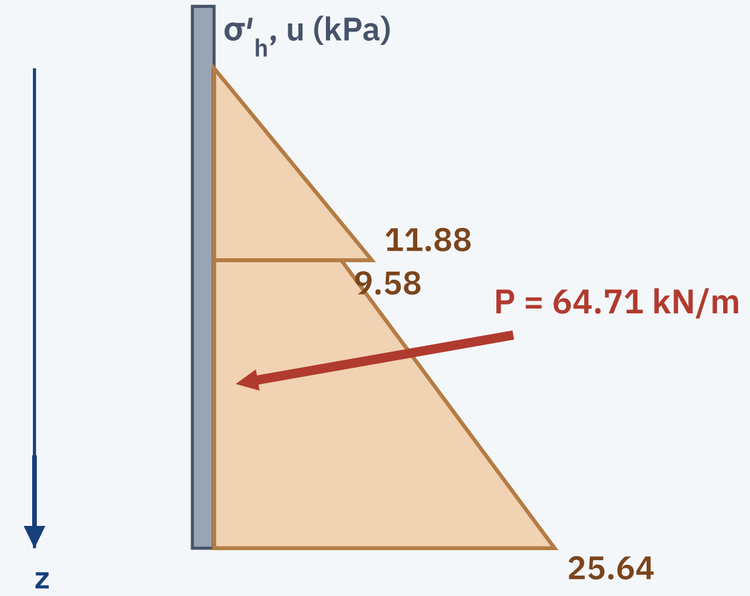
हल

1 गुणांक (α = 10°)

$$K_1(30^\circ) = \mathbf{0.3495}$$
$$K_2(35^\circ) = \mathbf{0.2818}$$

2 ऊर्ध्वाधर प्रतिबल: सीमा पर 17(2) = 34; तल पर 34 + 19(3) = 91 kPa

$$\sigma_1' = 0.3495(34) = \mathbf{11.88}\ \text{kPa (शीर्ष)}$$
$$\sigma_2' = 0.2818(34) = \mathbf{9.58}\ \text{kPa (तल)}$$
$$\sigma'(5) = 0.2818(91) = \mathbf{25.64}\ \text{kPa}$$



हल (2/2)

हल

3 बल (सतह के समानांतर): ऊपरी त्रिभुज · निचला आयत · निचला त्रिभुज

$$P = \tfrac{1}{2}(2)(11.88) + 3(9.58) + \tfrac{1}{2}(3)(16.06) = 11.88 + 28.74 + 24.09 = \mathbf{64.71}\ \text{kN/m}$$

4 घटक और क्रिया की ऊँचाई

$$N = P\cos 10^\circ = 63.73 \qquad T = P\sin 10^\circ = 11.24\ \text{kN/m}$$

$$\beta = \tan^{-1}(T/N) = 10^\circ \qquad \bar{z} = \mathbf{1.71}\ \text{m}$$

P = **64.71 kN/m**, दीवार के फलक के लंबवत N = 63.73 kN/m; आधार से 1.71 m ऊपर। सीमा पर दाब 11.88 → 9.58 kPa **घट जाता है**, क्योंकि नीचे की परत का φ′ मान अधिक है; जबकि σ'_v सतत है।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

ढलान की स्थिरता की शर्त

सिद्धांत

अनपवाहित मृत्तिका ($\varphi_u = 0$, c_u, कुल प्रतिबल) में वही संबंध लागू होता है; $\varphi' = 0$ और $c' = c_u$ लिया जाता है:

$$K'_a = 2\cos^2\alpha - 2\sqrt{r^2 - \sin^2\alpha\cos^2\alpha} - 1 \qquad r = \frac{c_u}{\gamma z}$$

हल केवल तब तक अस्तित्व में है **जब तक ढलान खड़ी रहती है**: सतह के समांतर तलों पर अपरूपण प्रतिबल संसंजन से अधिक नहीं हो सकता:

$$\tau = \gamma z \sin\alpha\cos\alpha \le c_u \;\Rightarrow\; z_{max} = \frac{c_u}{\gamma \sin\alpha\cos\alpha} \qquad z_c = \frac{2c_u}{\gamma}$$

मॉड्यूल इस शर्त की जाँच दीवार के आधार तक करता है; यदि दीवार z_{max} से ऊँची हो, तो गणना रुक जाती है।

$\alpha = 0$ के लिए $\sigma_a = \gamma z - 2c_u$, तनन दरार की गहराई $2c_u/\gamma$।

सीमा क्यों है?

झुकी हुई सतह के नीचे, सतह के समानांतर प्रत्येक तल पर अपरूपण प्रतिबल गहराई के साथ बढ़ता है; मृत्तिका इस प्रतिबल को केवल c_u तक ही वहन कर सकती है। अधिक गहराई पर ढलान अपने ही भार से सरक जाता है।

प्रश्न

उदाहरण

दिया गया है

भराव	**संतृप्त मृत्तिका, अनपवाहित:** $\gamma = 18$ kN/m^3, $c_u = 20$ **kPa; सतह का ढाल** $\alpha = 15^\circ$
दीवार	$H = 4$ **m (और 5 m), ऊर्ध्वाधर, घर्षणरहित**

ज्ञात करना है

z_{max}, z_c, आधार पर दाब और दरार वाला P_a; H = 5 m पर क्या होता है?

हल (1/2)

हल

1 स्थिरता सीमा और तनन गहराई

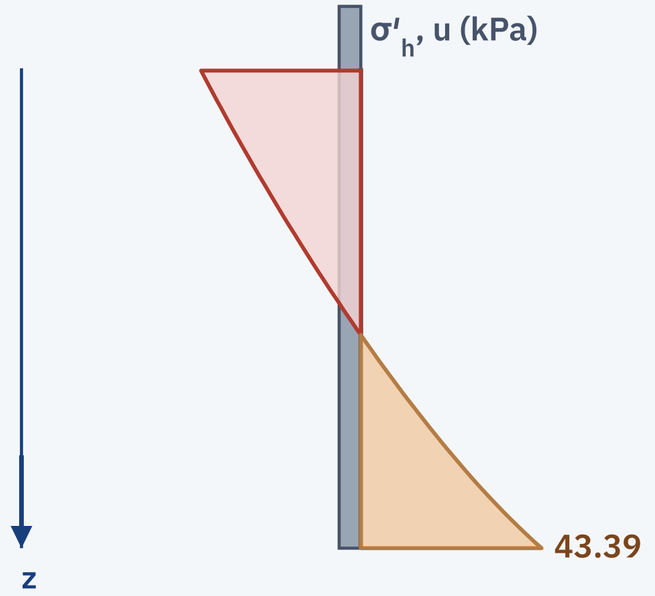
$$z_{max} = \frac{20}{18 \sin 15^\circ \cos 15^\circ} = \mathbf{4.44}\ \text{m}$$

$$z_c = \frac{2c_u}{\gamma} = \frac{40}{18} = \mathbf{2.22}\ \text{m}$$

2 H = 4 m: τ(4) = 18(4) sin15° cos15° = 18.0 ≤ 20 kPa: ढलान खड़ी रहती है; आधार पर r = 20/(18·4) = 0.2778

$$K'_a = 2\cos^2 15^\circ - 2\sqrt{r^2 - \sin^2 15^\circ \cos^2 15^\circ} - 1 = 0.6239$$

$$\sigma_a(4) = \gamma z K'_a \cos\alpha = 18(4)(0.6239)\cos 15^\circ = \mathbf{43.39}\ \text{kPa}$$



हल (2/2)

हल

3 दरार सहित बल (z_c से 4 m तक)

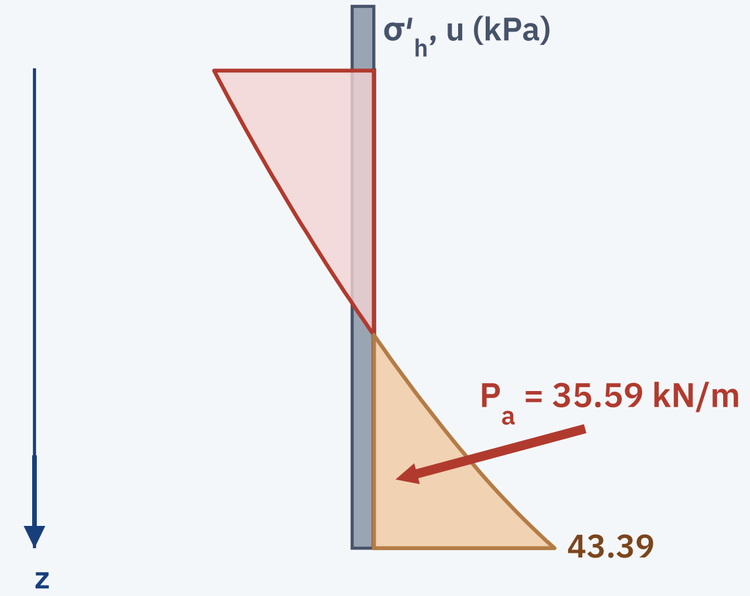
$$P_a = \int_{z_c}^{H} \sigma_a \, dz = \mathbf{35.59}\ \text{kN/m (क्षैतिज से 15°)}$$

$\bar{z} = 0.57$ m दरार रहित: $P_a = -9.37$ kN/m

4 H = 5 m: τ(5) = 22.5 kPa > c_u = 20 kPa

$$\tau(5) = 18(5)\sin 15^\circ \cos 15^\circ = 22.5 > c_u \ \Rightarrow$$ ढलान विफल होती है

H = 4 m के लिए दरार सहित P_a = **35.59 kN/m**; दरार रहित बल ऋणात्मक है (−9.37 kN/m), अर्थात् दरार की मान्यता निर्णायक है। z_{max} = 4.44 m होने के कारण 5 m की दीवार के लिए कोई हल नहीं है।



हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

हल का दायरा

सिद्धांत

दीवार घर्षणरहित है; Chu हल में दाब दीवार के अभिलंब से β कोण पर दिया जाता है (β केवल मृदा की अपनी प्रतिबल अवस्था से आता है, दीवार–मृदा घर्षण से नहीं)। घर्षणयुक्त दीवार के लिए Coulomb मॉड्यूल देखें।

भराव एक ही ढलान वाली समतल सतह है; परतें सतह के समानांतर हैं। सतह के ढलान में परिवर्तन, बेंच या टूटी हुई सतह इस हल में नहीं हैं।

संसंजक भराव केवल ऊर्ध्वाधर दीवार ($\theta = 0$) के लिए Mazindrani–Ganjali द्वारा दिया गया है; तनन दरार z_c तक मानी जाती है, जल से भरी दरार पर अलग से विचार किया जाना चाहिए।

ज्यामिति: दीवार का फलक और सतह कम से कम 15° पर प्रतिच्छेद करें ($|\alpha - \theta| \le 75°$); अन्यथा फलक पर कार्य करने वाला दाब पार्श्व मृदा दाब नहीं, ऊपर की मृदा का भार होता है।

भूकंप और **घर्षणयुक्त दीवार** इस मॉड्यूल के दायरे से बाहर हैं (Mononobe–Okabe, Coulomb)।

सारांश

याद रखने योग्य बिंदु

ढलानदार पश्चभराव ($\alpha \le \varphi'$): दाब सतह के **समानांतर** होता है, $K_a = \cos\alpha\,(\cos\alpha - r)/(\cos\alpha + r)$, K_p विपरीत चिह्न के साथ; $P = \tfrac{1}{2}K\gamma H^2$ आधार से $H/3$ पर, क्षैतिज से α कोण पर

$K_aK_p = \cos^2\alpha$; α बढ़ने पर K_a बढ़ता है, K_p घटता है; $\alpha = \varphi'$ पर दोनों $\cos\varphi'$ हो जाते हैं, $\alpha > \varphi'$ के लिए कोई हल नहीं है

Chu (1991): $\psi_a = \sin^{-1}(\sin\alpha/\sin\varphi') - \alpha + 2\theta$; $K_{a(R)}$, β और η बंद रूप में; बल सतह के अभिलंब से β कोण पर झुका है

दीवार का झुकाव θ धनात्मक हो तो बल बढ़ता है, ऋणात्मक हो तो घटता है; निष्क्रिय में $\psi_p = \sin^{-1}(\ldots) + \alpha - 2\theta$

संसंजक पश्चभराव में K'_a गहराई पर निर्भर करता है, आरेख वक्र होता है; $z_c = (2c'/\gamma)\sqrt{((1+\sin\varphi')/(1-\sin\varphi'))}$ ढलान कोण से स्वतंत्र है; दरार सहित बल ही मुख्य है

परतदार भराव: $\sigma' = \sigma'_v K_{(R)}$; सीमा पर आकस्मिक परिवर्तन, $P = \sqrt{(N^2 + T^2)}$

अनपवाहित मृत्तिका: यदि $z_{max} = c_u/(\gamma \sin\alpha \cos\alpha)$ का मान पार हो जाए तो ढलान अपने ही भार से सरक जाती है, कोई हल नहीं है

संदर्भ

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

Chu, S.C. (1991). Rankine analysis of active and passive pressures on dry sands. Soils and Foundations, 31(4), 115–120.

Das, B.M. (2016). Principles of Foundation Engineering, 8th ed. Cengage Learning.

Mazindrani, Z.H. and Ganjali, M.H. (1997). Lateral earth pressure problem of cohesive backfill with inclined surface. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, ASCE, 123(2), 110–112.

टिप्पणी

सभी संख्यात्मक उदाहरण मॉड्यूल के अपने गणना इंजन से तैयार किए गए हैं; मॉड्यूल वही मान देता है। मॉड्यूल उदाहरण 4 की दीवार ($H = 3.658$ m, $\gamma = 18.07$ kN/m³) के साथ खुलता है।

GeoTerva

ऑनलाइन भू-तकनीकी गणनाएँ

सिद्धांत से अनुप्रयोग तक

अपनी दीवार का झुकाव, पश्चभराव का ढलान, परतें और भूजल GeoTerva में दर्ज करें; मॉड्यूल बल, उसकी दिशा और क्रिया ऊँचाई एक साथ देता है।

मॉड्यूल खोलें →

सिद्धांत पृष्ठ →

फ़ोन पर खोलें

नमूना मॉड्यूल के लिए पंजीकरण आवश्यक नहीं है।