GeoTerva

भू-तकनीकी व्याख्यान स्लाइड · पार्श्व मृदा दाब

Mononobe–Okabe भूकंपीय मृदा दाब

व्याख्यान: भूकंप के दौरान दीवार के पीछे के वेज पर छद्म-स्थैतिक क्षैतिज और ऊर्ध्वाधर बल, Mononobe–Okabe सक्रिय गुणांक, संतुलन सीमा, कार्य रेखा; अधिभार और भूजल; प्रत्येक विषय पर हल किया गया उदाहरण।

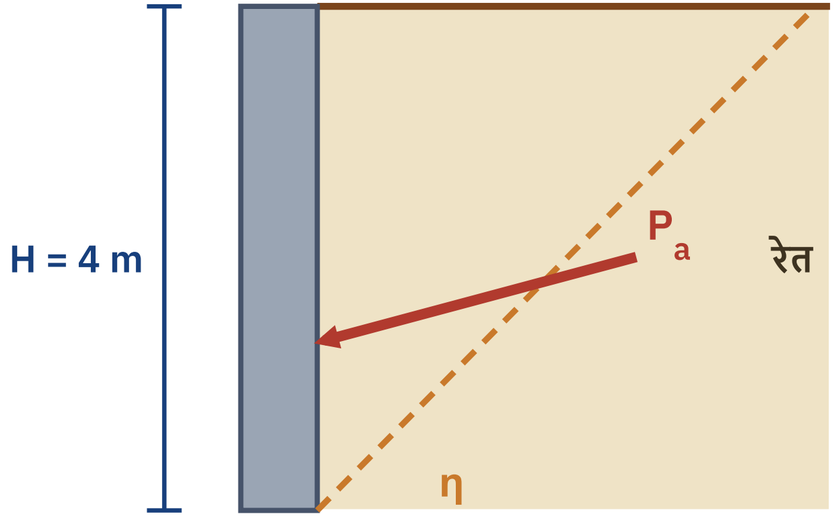
छद्म-स्थैतिक वेज

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

Seed – Whitman

अधिभार · जल

संतुलन सीमा



परिचय

इस व्याख्यान में हम क्या सीखेंगे?

- भूकंप को **छद्म-स्थैतिक** क्षैतिज ($k_h W$) और ऊर्ध्वाधर ($k_v W$) बलों द्वारा निरूपित करना
- **भूकंपीय कोण** ψ और Mononobe–Okabe गुणांक K'_a; $P_{ae} = \frac{1}{2}\gamma H^2(1 - k_v)K'_a$
- **संतुलन सीमा**: यदि $k_{h,cr} = (1 - k_v)\tan\varphi'$ पार हो जाए तो कोई भी वेज संतुलन में नहीं रहता
- बल की **स्थिति** Seed–Whitman विधि से ज्ञात करना: $P_{ae} = P_a + \Delta P_{ae}$, जहाँ ΔP_{ae} 0.6H पर कार्य करता है
- अधिभार और **भूजल** (मृदा के साथ चलने वाला या न चलने वाला) को गणना में लेना
- k_h, k_v और ज्यामिति बदलने पर बल कैसे बदलता है, यह देखना

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 लिए हैं (kN/m); k_h, k_v त्वरण का g से अनुपात हैं; k_v ऊपर की ओर धनात्मक है।

Okabe (1926) और Mononobe–Matsuo (1929)

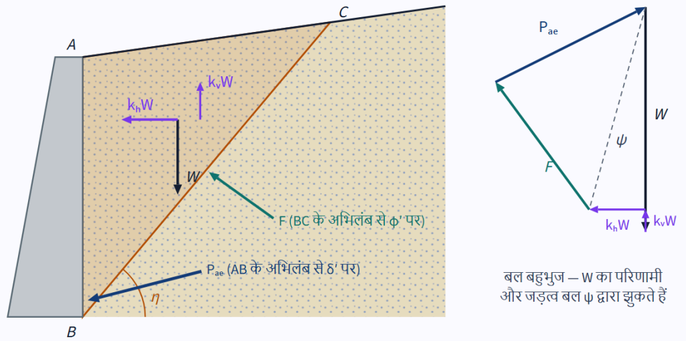
सिद्धांत

भूकंप में दीवार के पीछे का वेज त्वरित होता है। छद्म-स्थैतिक विधि कंपन को Coulomb वेज पर कार्य करने वाले दो **दृढ़-पिंड बलों** से निरूपित करती है:

$k_h W$: क्षैतिज, दीवार की ओर (k_h = क्षैतिज त्वरण / g)

$k_v W$: ऊर्ध्वाधर (यहाँ ऊपर की ओर; भार को घटाता है)

W, F (φ′ झुका हुआ) और P_{ae} (δ′ झुका हुआ) Coulomb की तरह ही हैं।



W, $k_h W$ और $k_v W$ का योग ऊर्ध्वाधर से भूकंपीय कोण **ψ** जितना घूमा हुआ बल है; अर्थात् भूकंपीय वेज, गुरुत्व ψ जितना घूमा हुआ Coulomb वेज है (दीवार का फलक θ + ψ, पश्चभराव α + ψ):

$$\psi = \tan^{-1}\frac{k_h}{1-k_v} \qquad W' = \frac{W(1-k_v)}{\cos\psi}$$

सक्रिय बल पुनः परीक्षण वेजों में से **सबसे बड़ा** है।

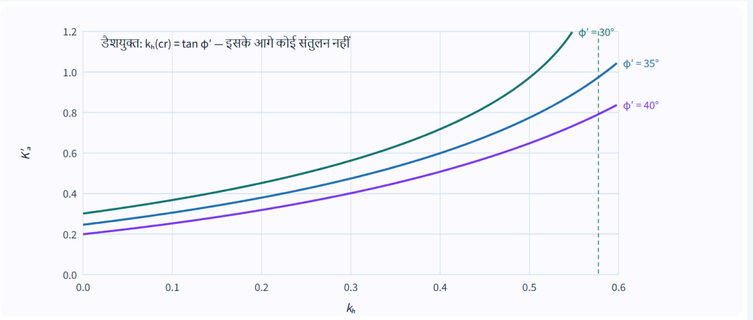
गतिक सक्रिय बल

सिद्धांत

$$P_{ae} = \tfrac{1}{2}\gamma H^2 (1 - k_v) K'_a$$

$$K'_a = \frac{\cos^2(\varphi' - \theta - \psi)}{\cos\psi \cos^2\theta \cos(\delta' + \theta + \psi)\left[1 + \sqrt{\dfrac{\sin(\varphi' + \delta')\sin(\varphi' - \alpha - \psi)}{\cos(\delta' + \theta + \psi)\cos(\theta - \alpha)}}\right]^2}$$

k_h	φ′ = 28°	30°	35°	40°	45°
0.1	0.396	0.368	0.306	0.253	0.207
0.2	0.485	0.452	0.380	0.319	0.267
0.3	0.604	0.563	0.474	0.402	0.340
0.4	0.778	0.718	0.599	0.508	0.433
0.5	1.115	0.972	0.774	0.648	0.552



$k_h = k_v = 0$ के लिए ψ = 0 और K'_a Coulomb के K_a के बराबर है। तालिका: θ = α = 0, δ′ = φ′/2।

K'_a, k_h के साथ तेज़ी से बढ़ता है; सीमा के निकट पहुँचने पर वह असीमित रूप से बढ़ता है।

प्रश्न

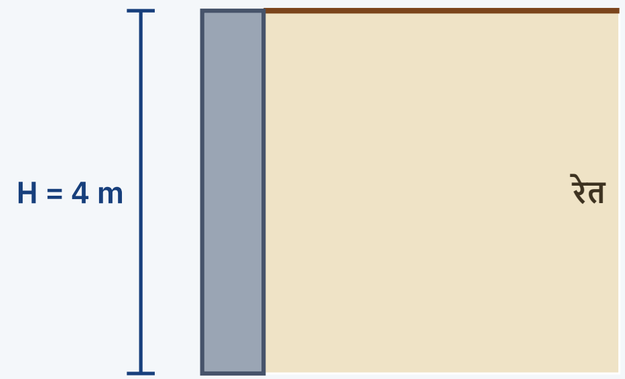
उदाहरण

ज्ञात करना है

ψ, **K'_a**, **P_{ae}** और क्रांतिक वेज; स्थैतिक Coulomb से तुलना। मॉड्यूल इसी दीवार के साथ खुलता है।

दिया गया है

दीवार	$H = 4$ m, **ऊर्ध्वाधर; क्षैतिज भराव; अधिभार नहीं**
मृदा	**शुष्क रेत:** $\gamma = 15.5$ kN/m^3, $\varphi' = 30^\circ$, $\delta' = 15^\circ$
भूकंप	$k_h = 0.2$, $k_v = 0$



γ = 15.5 kN/m³, φ′ = 30°, δ′ = 15°, k_h = 0.2

हल (1/2)

हल

1 भूकंपीय कोण

$$\psi = \tan^{-1}\frac{0.2}{1-0} = \mathbf{11.31^\circ}$$

2 Mononobe–Okabe गुणांक (θ = α = 0)

$$\cos^2(30^\circ - 11.31^\circ) = 0.8973 \qquad \cos\psi = 0.9806 \qquad \cos(15^\circ + 11.31^\circ) = 0.8964$$

$$\sqrt{\frac{\sin 45^\circ \sin(30^\circ - 11.31^\circ)}{\cos(15^\circ + 11.31^\circ)}} = \sqrt{0.2528} = 0.5028$$

$$K'_a = \frac{0.8973}{0.9806(0.8964)(1+0.5028)^2} = \mathbf{0.4520}$$

हल (2/2)

हल

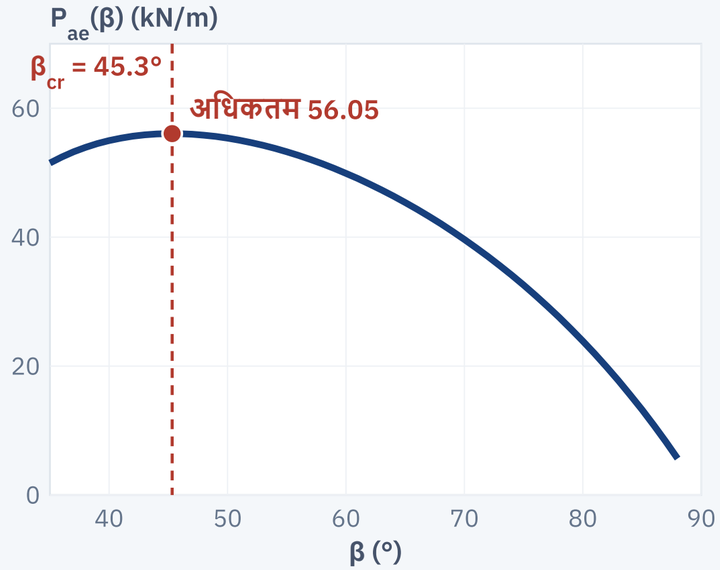
3 गतिक बल

$$P_{ae} = \tfrac{1}{2}\gamma H^2(1-k_v)K'_a$$
$$= \tfrac{1}{2}(15.5)(4)^2(1-0)(0.4520) = \mathbf{56.05}\ \text{kN/m}$$

4 क्रांतिक वेज (परीक्षण वेजों का शीर्ष)

$$\beta_{cr} = \mathbf{45.3}^\circ \text{ (क्षैतिज के साथ)}$$

P_{ae} = **56.05 kN/m**; स्थैतिक Coulomb बल (K_a = 0.3014) 37.38 kN/m था: भूकंप ने बल को **50% बढ़ा दिया**। क्रांतिक वेज क्षैतिज के साथ 45.3° का कोण बनाता है।



हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

क्रांतिक क्षैतिज त्वरण

सिद्धांत

वर्गमूल के नीचे $\sin(\varphi' - \alpha - \psi)$, $\varphi' - \alpha - \psi < 0$ होने पर वास्तविक नहीं रहता: दीवार के व्यवहार से स्वतंत्र रूप से, **कोई भी वेज साम्य में नहीं हो सकता**। भराव केवल इस शर्त पर स्थिर है:

$$\alpha \leq \varphi' - \psi$$

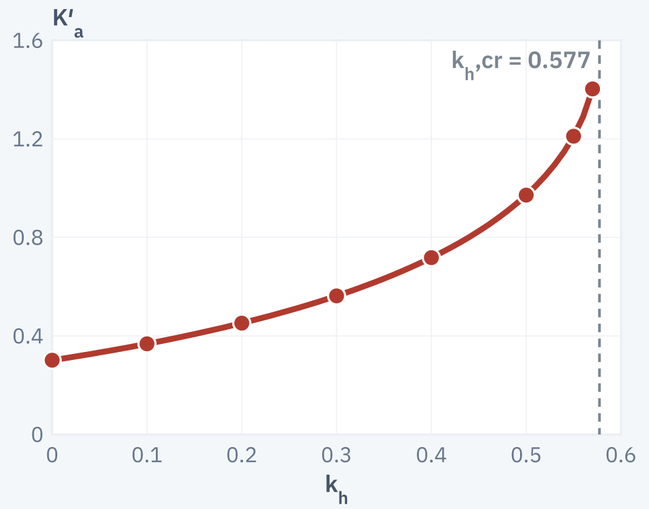
क्षैतिज भराव के लिए इसकी शर्त $\psi \leq \varphi'$ है, अर्थात् क्षैतिज त्वरण इस मान से अधिक नहीं हो सकता:

$$k_{h(cr)} = (1 - k_v)\tan\varphi' \qquad (\alpha \neq 0:\ \tan(\varphi' - \alpha))$$

सीमा के निकट पहुँचने पर K'_a बहुत तेज़ी से बढ़ता है ($\varphi' = 30°$ के लिए $k_{h,cr} = 0.577$)।

यदि k_h सीमा से ऊपर है, तो मॉड्यूल संदेश देकर गणना रोक देता है।

$K'_a - k_h$ ($\varphi' = 30°$, $\delta' = 15°$)



प्रश्न

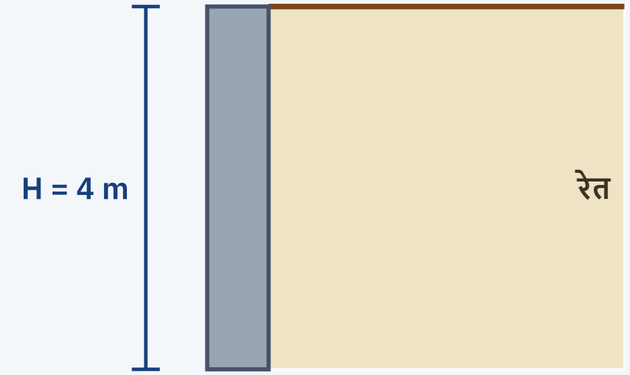
उदाहरण

ज्ञात करना है

प्रत्येक k_h के लिए **ψ**, K'_a और P_{ae}; क्रांतिक k_h; $k_h = 0.6$ के लिए परिणाम।

दिया गया है

दीवार और मृदा	**उदाहरण 1 की दीवार:** $H = 4$ m, $\gamma = 15.5$ kN/m^3, $\varphi' = 30^\circ$, $\delta' = 15^\circ$, $k_v = 0$
चर	$k_h = 0;\ 0.1;\ 0.2;\ 0.3;\ 0.4;\ 0.5;\ 0.55;\ 0.57$



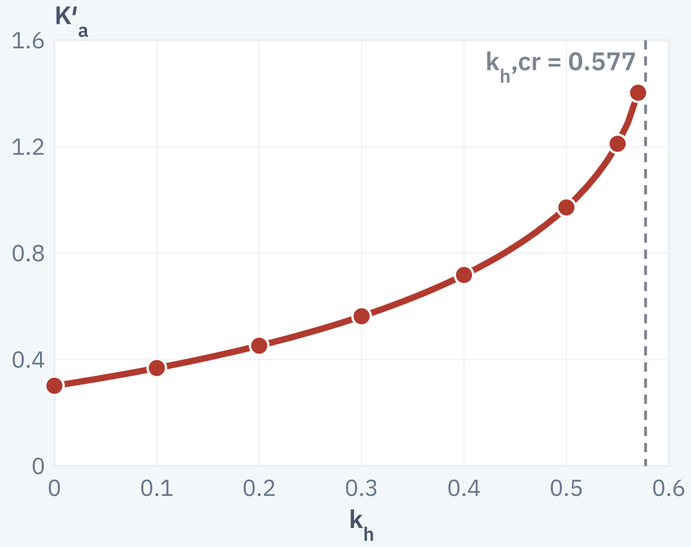
γ = 15.5 kN/m³, φ′ = 30°, δ′ = 15°

हल

हल

1 $\psi = \tan^{-1} k_h$; $k_{h,cr} = \tan 30° = 0.577$

k_h	ψ (°)	K'_a	P_{ae} (kN/m)
0.00	0.0	0.301	37.4
0.10	5.7	0.368	45.6
0.20	11.3	0.452	56.1
0.30	16.7	0.563	69.8
0.40	21.8	0.718	89.0
0.50	26.6	0.972	120.5
0.55	28.8	1.211	150.1
0.57	29.7	1.403	174.0



k_h = 0 से 0.2 तक P_{ae} 37.4 → 56.1 kN/m (50%) हो जाता है, 0.5 पर 120.5 kN/m (3.2 गुना); k_h के 0.57 के निकट पहुँचने पर K'_a असीमित रूप से बढ़ता है। **k_h = 0.6 > 0.577**: वर्गमूल वास्तविक नहीं है, कोई वेज संतुलन में नहीं है: मॉड्यूल गणना रोक देता है।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

प्रश्न

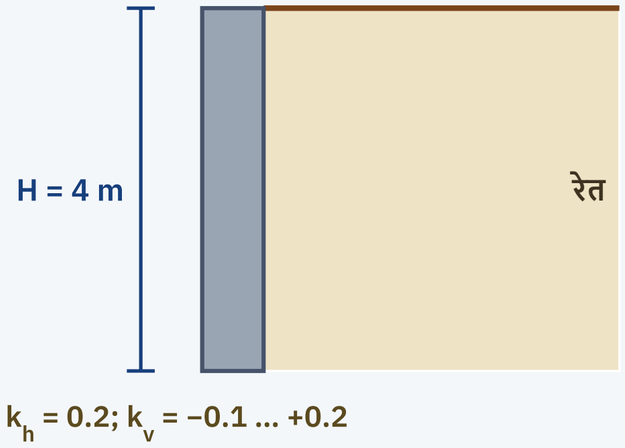
उदाहरण

ज्ञात करना है

प्रत्येक k_v के लिए **ψ**, **K'_{ae}**, **$(1 - k_v)$** और **P_{ae}**; कौन-सी दिशा अधिक प्रतिकूल है?

दिया गया है

दीवार और मृदा	**उदाहरण 1 की दीवार और मृदा; $k_h = 0.2$**
चर	$k_v = -0.1$ **(नीचे की ओर)**, 0, $+0.1$, $+0.2$ **(ऊपर की ओर)**



हल

हल

1 $\psi = \tan^{-1}[k_h/(1 - k_v)]$; $P_{ae} = \tfrac{1}{2}\gamma H^2(1 - k_v)K'_a = 124\,(1 - k_v)\,K'_a$

k_v	ψ (°)	K'_a	$1 - k_v$	P_{ae} (kN/m)
-0.1	10.30	0.4351	1.1	59.35
0.0	11.31	0.4520	1.0	56.05
0.1	12.53	0.4739	0.9	52.89
0.2	14.04	0.5032	0.8	49.92

नीचे की ओर k_v (−0.1) बल को बढ़ाकर 59.3 kN/m कर देता है (+6%), जबकि ऊपर की ओर k_v = 0.2 इसे घटाकर 49.9 kN/m कर देता है। यद्यपि ऊपर की ओर k_v के साथ ψ बढ़ता है, फिर भी $(1 - k_v)$ गुणक प्रभावी रहता है। व्यवहार में $k_v = \pm 0.5\,k_h$ लेकर वह दिशा चुनी जाती है जो बल को अधिक देती है।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

Seed और Whitman (1970)

सिद्धांत

Mononobe–Okabe विश्लेषण बल का परिमाण और दिशा देता है, **यह नहीं बताता कि वह कहाँ कार्य करता है**। Seed और Whitman बल को स्थैतिक Coulomb बल और भूकंपीय वृद्धि में विभाजित करते हैं:

$$P_{ae} = P_a + \Delta P_{ae}$$

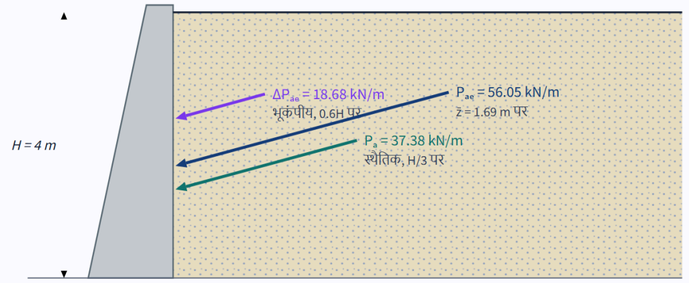
$$\bar{z} = \frac{P_a \dfrac{H}{3} + \Delta P_{ae}\,(0.6H)}{P_{ae}}$$

P_a (वही δ′, θ, α के साथ ½K_aγH^2) आधार से **H/3** ऊपर क्रिया करता है; ΔP_{ae} **0.6H** पर (त्रिभुजाकार आरेख आधार की ओर सँकरा होता उलटा त्रिभुज है)।

परिणामी बल पुनः दीवार की सतह के अभिलंब से δ′ झुका हुआ है।

वृद्धि को कभी-कभी आधी ऊँचाई पर लिया जाता है; 0.6H अधिक उलटाव आघूर्ण देता है और यही आधार माना जाता है।

स्थैतिक + भूकंपीय वृद्धि



प्रश्न

उदाहरण

दिया गया है

दीवार और भूकंप

उदाहरण 1 की दीवार: $H = 4$ m, $\gamma = 15.5$ kN/m^3, $\varphi' = 30^\circ$, $\delta' = 15^\circ$, $k_h = 0.2$

ज्ञात करना है

$\mathbf{P_a}$, $\mathbf{\Delta P_{ae}}$ और $\bar{\mathbf{z}}$; यदि ΔP_{ae} को आधी ऊँचाई पर लिया जाए तो $\bar{z}$।

हल

हल

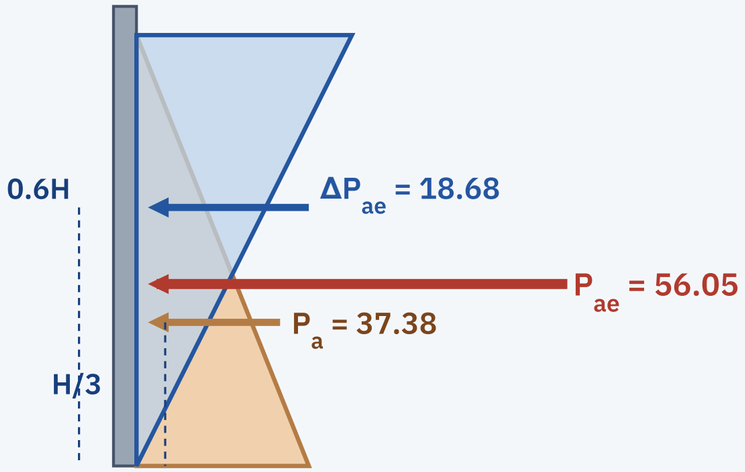
1 स्थैतिक बल ($K_a = 0.3014$) और भूकंपीय वृद्धि

$$P_a = \tfrac{1}{2}(15.5)(4)^2(0.3014) = 37.38 \text{ kN/m}$$

$$\Delta P_{ae} = P_{ae} - P_a = 56.05 - 37.38 = \mathbf{18.68} \text{ kN/m}$$

2 अनुप्रयोग की ऊँचाई (आधार से)

$$\bar{z} = \frac{37.38(4/3) + 18.68(2.4)}{56.05} = \mathbf{1.69} \text{ m}$$



$\bar{z}$ = **1.69 m** (स्थैतिक स्थिति में 1.33 m था)। यदि वृद्धि को आधी ऊँचाई (2.0 m) पर लिया जाता, तो $\bar{z}$ = 1.56 m आता: 0.6H की मान्यता बल को ऊपर ले जाती है और **उलटाव आघूर्ण को बढ़ाती है**।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

प्रश्न

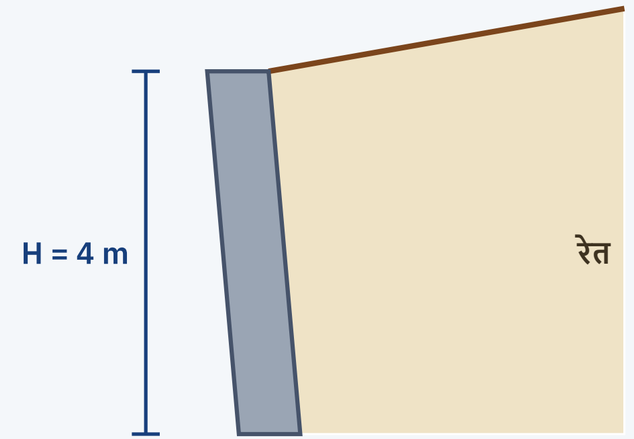
उदाहरण

ज्ञात करना है

ψ, **K′a**, **Pae**, ΔP_{ae}, **z̄**; संतुलन-सीमा जाँच।

दिया गया है

दीवार	$H = 4$ m; **सतह ऊर्ध्वाधर से** $\theta = 5^\circ$ **झुकी हुई**
भराव	**सतह का ढलान** $\alpha = 10^\circ$; $\gamma = 15$ kN/m^3, $\varphi' = 30^\circ$, $\delta' = 15^\circ$
भूकंप	$k_h = 0.15$, $k_v = 0$



γ = 15, φ′ = 30°, δ′ = 15°, k_h = 0.15

हल

हल

1 भूकंपीय कोण और संतुलन सीमा

$$\psi = \tan^{-1} 0.15 = \mathbf{8.53}^\circ \qquad k_{h(cr)} = \tan 20^\circ = 0.364 > 0.15$$

2 गुणांक और बल (स्थैतिक $K_a = 0.3872$)

$$K'_a(\theta = 5^\circ, \alpha = 10^\circ, \psi = 8.53^\circ) = \mathbf{0.5435}$$

$$P_{ae} = \tfrac{1}{2}(15)(4)^2(0.5435) = \mathbf{65.22}\ \text{kN/m} \qquad P_a = 46.46\ \text{kN/m}$$

3 भार लगने की ऊँचाई

$$\Delta P_{ae} = 18.76\ \text{kN/m} \qquad \bar{z} = \frac{46.46(1.33) + 18.76(2.4)}{65.22} = \mathbf{1.64}\ \text{m}$$

P_{ae} = **65.22 kN/m**, आधार से 1.64 m ऊपर; क्रांतिक वेज 44.2°; भूकंप बल ने इसे 40% बढ़ा दिया।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

मॉड्यूल विस्तार

सिद्धांत

अधिभार q को प्रत्येक वेज के भार के साथ-साथ उसके जड़त्व में भी जोड़ा जाता है; क्रांतिक वेज नहीं बदलता:

$$q_e = q\frac{\cos\theta}{\cos(\theta-\alpha)} \qquad P_{ae} = (1-k_v)K'_a\left(\tfrac{1}{2}\gamma H^2 + q_e H\right)$$

भूजल में रंध्र जल मृदा के साथ गति करता है (**प्रतिबंधित**, महीन कणों वाला भराव) या गति नहीं करता (**मुक्त**, $k > 5\cdot10^{-4}$ m/s)। जड़त्व संतृप्त या शुष्क द्रव्यमान द्वारा, प्रतिबल निमज्जित भार द्वारा वहन किया जाता है; जल के नीचे भूकंपीय कोण बढ़ जाता है:

$$\tan\psi_w = \frac{\gamma_{sat}}{\gamma_{sat}-\gamma_w}\frac{k_h}{1-k_v}\ \text{(प्रतिबंधित)} \qquad \tan\psi_w = \frac{\gamma_d}{\gamma_{sat}-\gamma_w}\frac{k_h}{1-k_v}\ \text{(मुक्त)}$$

$$p_{wd} = \tfrac{7}{8}k_h\gamma_w\sqrt{d_w z'} \qquad P_{wd} = \tfrac{7}{12}k_h\gamma_w d_w^2\ (0{,}4\,d_w \text{ ऊँचाई पर, Westergaard})$$

मुक्त जल में Westergaard हाइड्रोडायनामिक दाब जोड़ा जाता है। परतदार पश्चभराव में प्रत्येक परत अपने K'_a के साथ $\sigma' = (1-k_v)K'_{a,i}\sigma'_v\cos\theta$ लेती है; स्थैतिक भाग और ΔP_{ae} (0.6H) अलग-अलग जोड़े जाते हैं।

जल क्यों महत्वपूर्ण है?

जल भूकंपीय कोण को बढ़ाता है ($\psi_w > \psi$) और जलस्थैतिक दाब के अतिरिक्त **(मुक्त अवस्था में) जलगतिक दाब** उत्पन्न करता है।

प्रश्न

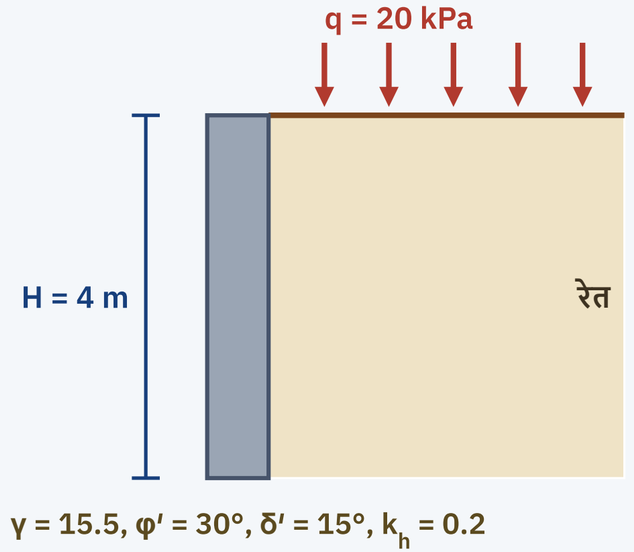
उदाहरण

ज्ञात करना है

कुल P_{ae}, स्थैतिक भाग, भूकंपीय वृद्धि और $\bar{z}$।

दिया गया है

दीवार और मृदा	**उदाहरण 1 की दीवार और मृदा ($k_h = 0.2$)**
अधिभार	**$q = 20$ kPa (क्षैतिज सतह पर)**



हल

हल

1 समतुल्य प्रतिबल और बल ($K'_a = 0.4520$)

$$q_e = q\cos 0^\circ / \cos 0^\circ = 20 \text{ kPa}$$

$$P_{ae} = K'_a\left(\tfrac{1}{2}\gamma H^2 + q_e H\right) = 0.4520(124 + 80) = 0.4520(204) = \mathbf{92.21} \text{ kN/m}$$

2 स्थैतिक भाग (Coulomb $K_a = 0.3014$) और वृद्धि

$$P_a = K_a(204) = 61.49 \text{ kN/m} \qquad \Delta P_{ae} = 30.73 \text{ kN/m}$$

$$\bar{z} = \frac{(37.38)(1.33) + (24.11)(2.0) + (30.73)(2.4)}{92.21} = \mathbf{1.86} \text{ m}$$

P_{ae} = **92.21 kN/m** (अधिभार के बिना 56.05); $\bar{z}$ = **1.86 m**। अधिभार का स्थैतिक अंश H/2 पर तथा उसकी भूकंपीय वृद्धि 0.6H पर कार्य करती है।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

प्रश्न

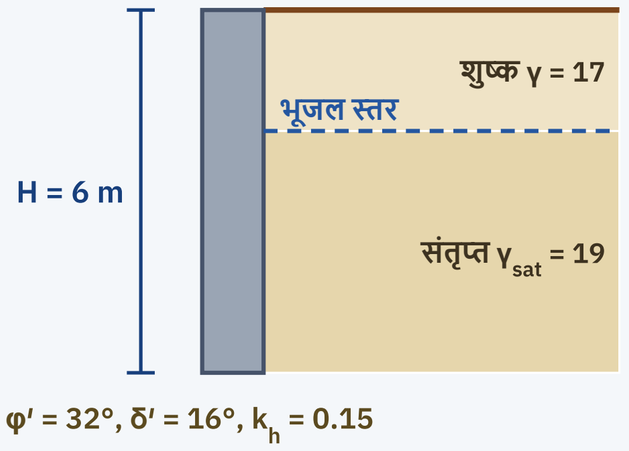
उदाहरण

ज्ञात करना है

जल के मृदा के साथ गति करने (**प्रतिबंधित**) और न करने (**मुक्त**) की स्थिति में कुल **P** और **z̄**; स्थैतिक मान से तुलना।

दिया गया है

दीवार	$H = 6$ **m, ऊर्ध्वाधर; क्षैतिज भराव; अधिभार नहीं**
मृदा	$\gamma = 17$ kN/m^3 **(शुष्क, 0–2 m),** $\gamma_{sat} = 19$ kN/m^3 **(2–6 m);** $\varphi' = 32^\circ,\ \delta' = 16^\circ$
भूकंप	$k_h = 0.15,\ k_v = 0$**; भूजल स्तर 2 m (dw = 4 m)**



हल (1/2)

हल

1 जल के नीचे समतुल्य k_h और ψ_w

$$\text{प्रतिबंधित: } k_{h,w} = \frac{19}{19-9.81}(0.15) = 0.3101 \;\Rightarrow\; \psi_w = 17.23^\circ$$

$$\text{मुक्त: } k_{h,w} = \frac{17}{19-9.81}(0.15) = 0.2775 \;\Rightarrow\; \psi_w = 15.51^\circ$$

2 गुणांक (शुष्क क्षेत्र $\psi = 8.53^\circ$)

$$K'_a(\text{शुष्क}) = 0.3792 \qquad K'_a(\text{परिबद्ध, निमज्जित}) = 0.5372 \qquad K'_a(\text{मुक्त, निमज्जित}) = 0.4991$$

हल (2/2)

हल

3 बल (kN/m); $P_{wd} = (7/12)(0.15)(9.81)(4)^2 = 13.73$ kN/m, $0.4 \cdot d_w = 1.6$ m ऊपर

	मृदा P_{ae}	जलस्थैतिक जल	हाइड्रोडायनामिक (Westergaard)	कुल P	$\bar{z}$ (m)
स्थैतिक ($k_h = 0$)	67.74	78.48	–	144.80	1.71
प्रतिबंधित जल	125.46	78.48	–	202.06	2.24
मुक्त जल	117.47	78.48	13.73	207.67	2.15

भूकंप ने कुल बल को स्थैतिक की तुलना में **40%** (प्रतिबंधित) और **43%** (मुक्त) बढ़ाया; $\bar{z}$ 1.71 → 2.24 m ऊपर उठ गया। प्रतिबंधित स्थिति में मृदा बल अधिक है (ψ_w बड़ा), मुक्त में हाइड्रोडायनामिक दाब जुड़ता है; कुल बहुत निकट हैं (202.1 और 207.7 kN/m)।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

हल का दायरा

सिद्धांत

छद्म-स्थैतिक: भूकंप को स्थिर k_h, k_v से निरूपित किया जाता है; त्वरण की समय पर और दीवार की गति पर निर्भरता (Newmark सर्पण, गतिक विश्लेषण) नहीं है।

समतलीय वेज, संसंजनहीन शुष्क पश्चभराव (Mononobe–Okabe); परतदार स्थिति मॉड्यूल का विस्तार है (संवृत परतदार हल नहीं है), एकल परत में यह संवृत हल में और $k_h = k_v = 0$ पर परतदार Coulomb में समाहित हो जाता है।

जल: प्रतिबंधित (महीन दानेदार) या मुक्त ($k > 5 \cdot 10^{-4}$ m/s); मुक्त जल में Westergaard हाइड्रोडायनामिक दाब जोड़ा जाता है।

क्रिया का स्थान Seed–Whitman: P_a H/3 पर, ΔP_{ae} 0.6H पर; जल अपनी भुजा के साथ।

निष्क्रिय दाब के लिए भूकंप में निष्क्रिय (Subba Rao–Choudhury) मॉड्यूल देखें।

सारांश

याद रखने योग्य बिंदु

छद्म-स्थैतिक: $k_h W$, $k_v W$; $\psi = \tan^{-1}[k_h/(1 - k_v)]$; भूकंपीय वेज ψ कोण से घुमाया गया Coulomb वेज है

$P_{ae} = \frac{1}{2}\gamma H^2(1 - k_v)K'_a$; K'_a, k_h के साथ तेज़ी से बढ़ता है; $k_h = k_v = 0$ पर Coulomb

संतुलन सीमा: $k_{h,cr} = (1 - k_v)\tan\varphi'$ (ढलान पर $\tan(\varphi' - \alpha)$); पार होने पर हल नहीं है

k_v: नीचे की ओर के बल को बढ़ाता है; व्यवहार में $\pm 0.5 k_h$ में से प्रतिकूल मान चुना जाता है

स्थान: $P_{ae} = P_a + \Delta P_{ae}$; P_a H/3 पर, ΔP_{ae} 0.6H पर; $\bar{z} = [P_a(H/3) + \Delta P_{ae}(0.6H)]/P_{ae}$

अधिभार $q_e = q\cos\theta/\cos(\theta - \alpha)$ के साथ जोड़ा जाता है; **जल** के नीचे ψ_w बढ़ता है (परिबद्ध: γ_{sat}/γ', मुक्त: γ_d/γ') और मुक्त जल में जल-गतिक दाब $(7/12)k_h\gamma_w d_w^2$ जोड़ा जाता है

संदर्भ

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

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

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

Seed, H.B. and Whitman, R.V. (1970). Design of earth retaining structures for dynamic loads. Specialty Conference on Lateral Stresses in the Ground and Design of Earth Retaining Structures, ASCE, 103–147.

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

Westergaard, H.M. (1933). Water pressures on dams during earthquakes. Transactions ASCE, 98, 418–433.

टिप्पणी

सभी संख्यात्मक उदाहरण मॉड्यूल के अपने गणना इंजन से तैयार किए गए हैं; मॉड्यूल वही मान देता है। मॉड्यूल उदाहरण 1 की दीवार (k_h = 0.2, δ' = 15°) के साथ खुलता है।

GeoTerva

ऑनलाइन भू-तकनीकी गणनाएँ

सिद्धांत से अनुप्रयोग तक

अपनी दीवार, भूकंप गुणांक k_h, k_v, अधिभार, परतें और भूजल GeoTerva में दर्ज करें; मॉड्यूल P_{ae}, कार्य-बिंदु की ऊँचाई और क्रांतिक वेज एक साथ देता है।

मॉड्यूल खोलें →

सिद्धांत पृष्ठ →

फ़ोन पर खोलें
नमूना मॉड्यूल के लिए पंजीकरण आवश्यक नहीं है।