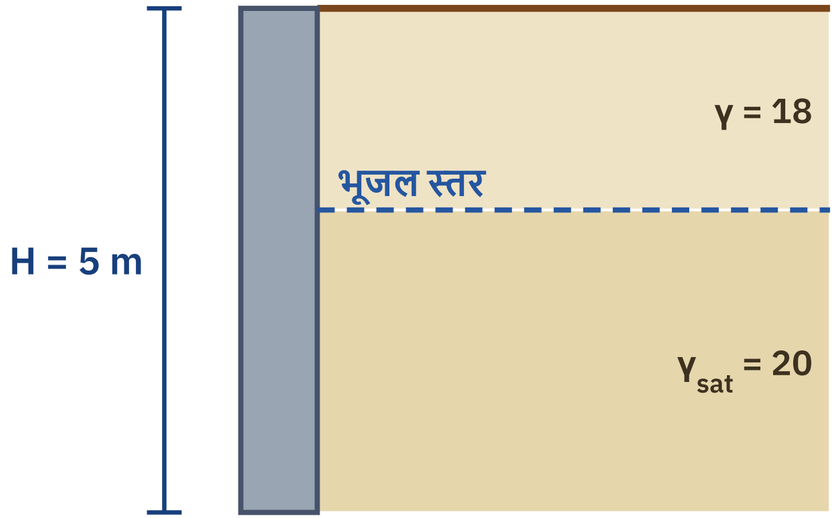
GeoTerva

भू-तकनीकी व्याख्यान स्लाइड · पार्श्व मृदा दाब

विरामावस्था मृदा दाब

व्याख्यान: न हिल सकने वाली दीवार (बेसमेंट दीवार, आर्च का आलंब, कलवर्ट) के पीछे विराम दाब; K_0 गुणांक के संबंध, शुष्क और जल के नीचे का भराव, परतदार मृदा; प्रत्येक विषय पर हल किया गया उदाहरण।

$K_0 = \sigma'_h / \sigma'_o$ · Jaky · Mayne–Kulhawy · Massarsch · Sherif · परतदार भराव · भूजल



परिचय

इस व्याख्यान में हम क्या सीखेंगे?

- **विराम दाब** कब उत्पन्न होता है और सक्रिय / निष्क्रिय स्थिति से उसका संबंध
- **K_0 गुणांक** की गणना रेत में (Jaky, Sherif), अति-समेकित मृदा में (Mayne–Kulhawy) और मृत्तिका में (Massarsch) करना
- शुष्क पश्चभराव में बल $P_0 = \frac{1}{2}K_0\gamma H^2$ और H/3 पर उसकी क्रिया की ऊँचाई
- **भूजल** दाब को कैसे जोड़ता है; परतदार भराव में परत की सीमा पर K_0 की छलाँग
- सक्रिय – विराम – निष्क्रिय अवस्थाओं और आवश्यक दीवार गति की तुलना 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); दाब kPa में हैं, प्रतिबल प्रभावी हैं।

न हिल सकने वाली दीवार

सिद्धांत

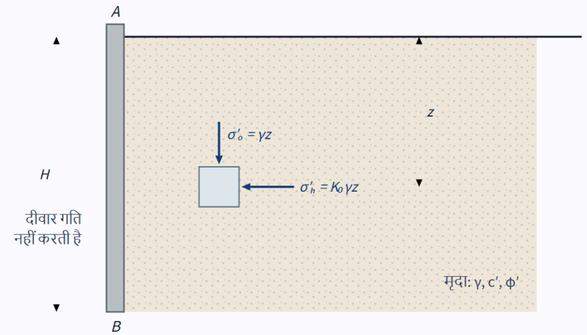
बेसमेंट तलों से बँधी दीवार, पाइलों पर टिका आर्च का आधार या कल्वर्ट की दीवार **खिसक नहीं सकती**; उसके पीछे की मृदा अपनी यथास्थान प्रतिबल अवस्था बनाए रखती है। क्षैतिज प्रभावी प्रतिबल और ऊर्ध्वाधर प्रभावी प्रतिबल का अनुपात **विराम मृदा दाब गुणांक** है:

$$K_0 = \frac{\sigma'_h}{\sigma'_o} \qquad \sigma'_o = \gamma z \qquad \sigma'_h = K_0 \gamma z$$

दीवार मृदा से दूर हटे तो दाब सक्रिय मान तक **गिरता** है, मृदा की ओर धकेली जाए तो निष्क्रिय मान तक **चढ़ता** है; $K_a < K_0 < K_p$।

आवश्यक गतियाँ सक्रिय स्थिति में छोटी और निष्क्रिय स्थिति में बड़ी होती हैं (सिद्धांत: आवश्यक गति)।

K_0 परीक्षण (प्रेशरमीटर, डाइलेटोमीटर) से या सहसंबंध से लिया जाता है; मॉड्यूल प्रत्येक परत के लिए इनमें से एक का उपयोग करता है।



रेत, अति-समेकित मृदा और मृत्तिका

सिद्धांत

$$K_0 = 1 - \sin\varphi' \qquad \text{(Jaky 1944, रेत, NC)}$$

$$K_0 = (1 - \sin\varphi') + \left(\frac{\gamma_d}{\gamma_{d(min)}} - 1\right) 5.5 \qquad \text{(Sherif आदि 1984, संहत रेत)}$$

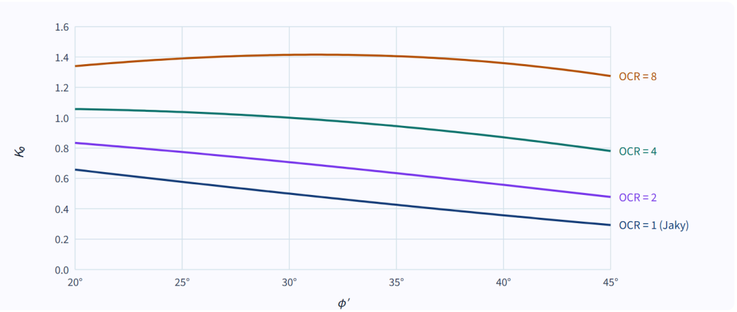
$$K_0 = (1 - \sin\varphi')\, OCR^{\sin\varphi'} \qquad \text{(Mayne–Kulhawy 1982)}$$

$$K_{0(NC)} = 0.44 + 0.42\frac{PI(\%)}{100} \qquad K_{0(OC)} = K_{0(NC)}\sqrt{OCR} \qquad \text{(Massarsch 1979, मृत्तिका)}$$

Jaky संघनित रेत में दाब **कम** देता है: संघनन भराव को अति-समेकित बना देता है; Sherif इसे $\gamma_d/\gamma_{d,min}$ से सुधारता है।

OCR = अतीत के सबसे बड़े प्रभावी प्रतिबल का वर्तमान प्रभावी प्रतिबल से अनुपात। OCR = 4, φ′ = 30° के लिए K_0 = 1: क्षैतिज और ऊर्ध्वाधर प्रतिबल बराबर हैं।

K_0 – φ′ (OCR वक्र)



प्रश्न

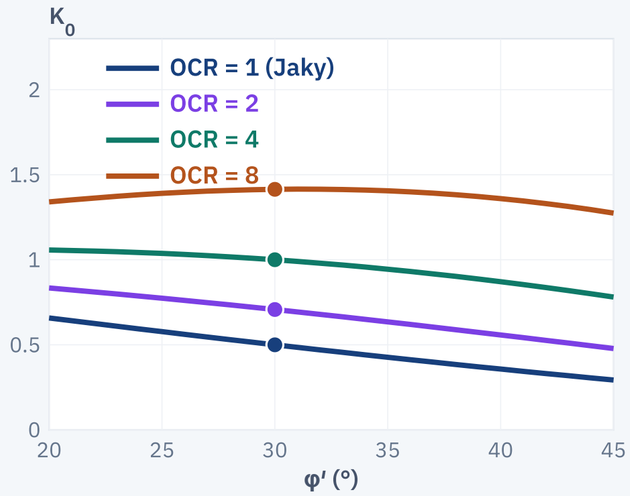
उदाहरण

दिया गया है

मृदा	**संसंजनहीन रेत,** $\varphi' = 30^\circ$
स्थितियाँ	$OCR = 1,\ 2,\ 4,\ 8$ **(**$OCR = 1$ **के लिए** $\varphi' = 25^\circ,\ 35^\circ,\ 40^\circ$ **भी)**

ज्ञात करना है

प्रत्येक स्थिति के लिए K_0; वह OCR जिस पर $K_0 = 1$ होता है; Rankine K_a, K_p से तुलना।



हल

हल

1 NC रेत (Jaky)

$$\varphi' = 30^\circ:\ K_0 = 1 - \sin 30^\circ = \mathbf{0.5000}$$

$$\varphi' = 25^\circ:\ 0.577 \qquad 35^\circ:\ 0.426 \qquad 40^\circ:\ 0.357$$

2 अति-समेकित (OCR घातांक sin φ′ = 0.5)

OCR	1	2	4	8
$K_0 = 0.5 \cdot OCR^{0.5}$	0.500	0.707	1.000	1.414

OCR बढ़ने के साथ K_0 बढ़ता है: OCR = 4 पर **$K_0 = 1$** (द्रवस्थैतिक प्रतिबल), OCR = 8 पर 1.41। Rankine के $K_a = 0.333$ और $K_p = 3.0$ सभी OCR मानों के परास से बाहर रहते हैं: $K_a < K_0 < K_p$ सदैव संतुष्ट होता है।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

प्रश्न

उदाहरण

दिया गया है

मृदा	**संहत रेत भराव: $\varphi' = 34^\circ$, शुष्क इकाई भार $\gamma_d = 16.0$ kN/m^3; सबसे ढीली अवस्था में $\gamma_{d(min)} = 14.5$ kN/m^3**

ज्ञात करना है

K_0 (Sherif) और Jaky से तुलना।

हल

हल

1 Jaky (संघनन-रहित)

$$K_0 = 1 - \sin 34^\circ = \mathbf{0.4408}$$

2 Sherif: संपीडन भत्ता

$$\frac{\gamma_d}{\gamma_{d(min)}} - 1 = \frac{16.0}{14.5} - 1 = 0.1034$$

$$K_0 = 0.4408 + (0.1034)(5.5) = \mathbf{1.010}$$

संहनन ने K_0 को 0.44 से **1.01** तक बढ़ा दिया (2.3 गुना): संहत भराव के पीछे की दीवार को सामान्य समेकित गणना की तुलना में कहीं अधिक दाब सहना चाहिए।

प्रश्न

उदाहरण

दिया गया है

मृदा	**मृत्तिका: सुघट्यता सूचकांक** $PI = 25\%$
स्थितियाँ	$OCR = 1$ **और** $OCR = 2$**; साथ ही** $PI = 10,\ 40,\ 60\%$

ज्ञात करना है

सामान्य समेकित और अति-समेकित मृत्तिका के लिए K_0।

हल

हल

1 PI = 25 %

$$K_{0(NC)} = 0.44 + 0.42\frac{25}{100} = \mathbf{0.5450}$$

$$K_{0(OC)} = K_{0(NC)}\sqrt{OCR} = 0.5450\sqrt{2} = \mathbf{0.7707}$$

2 प्लास्टिसिटी के साथ वृद्धि

PI (%)	$K_{0(NC)}$	OCR = 2	OCR = 4
10	0.482	0.682	0.964
25	0.545	0.771	1.090
40	0.608	0.860	1.216
60	0.692	0.979	1.384

मृत्तिका में K_0 सुघट्यता के साथ बढ़ता है; OCR = 2 और PI = 25 % के लिए यह **0.771** है। अति-समेकित मृत्तिका में K_0 को √OCR से गुणा किया जाता है (यह गुणक Massarsch संबंध का भाग नहीं, बल्कि एक प्रचलित सन्निकटन है)।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

दाब त्रिभुज और बल

सिद्धांत

इकाई भार γ वाले शुष्क भराव में क्षैतिज प्रभावी प्रतिबल गहराई के साथ रैखिक रूप से बढ़ता है; दीवार की प्रति इकाई लंबाई पर बल त्रिभुज का क्षेत्रफल होता है और आधार से H/3 ऊपर कार्य करता है:

$$\sigma'_h = K_0 \gamma z \qquad P_0 = \tfrac{1}{2} K_0 \gamma H^2 \qquad \bar{z} = \tfrac{H}{3}$$

परतदार भराव में σ'_o परत-दर-परत जोड़ा जाता है और प्रत्येक परत अपना K_0 मान लेती है: K_0 बदलने वाली प्रत्येक सीमा पर **σ'_h में छलांग आती है, σ'_o में नहीं**।

बल H^2 के साथ बढ़ता है; OCR और संघनन K_0 के समानुपात में बल को बढ़ाते हैं।

प्रश्न

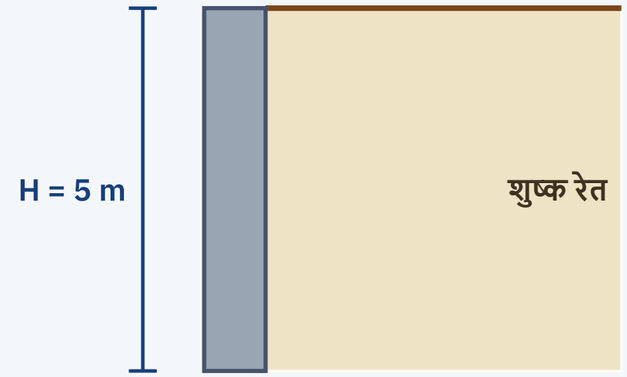
उदाहरण

ज्ञात करना है

प्रत्येक स्थिति के लिए $\sigma'_h(H)$, P_0 और क्रिया की ऊँचाई।

दिया गया है

दीवार	$H = 5$ m, **हिल नहीं सकती**
मृदा	**शुष्क रेत:** $\gamma = 18$ kN/m^3, $\varphi' = 30^\circ$
स्थितियाँ	$OCR = 1$ **और** $OCR = 2$



हल

हल

1 OCR = 1 (Jaky: $K_0 = 0.5$)

$$\sigma'_h(5) = K_0\gamma H = 0.5(18)(5) = \mathbf{45.00}\ \text{kPa}$$

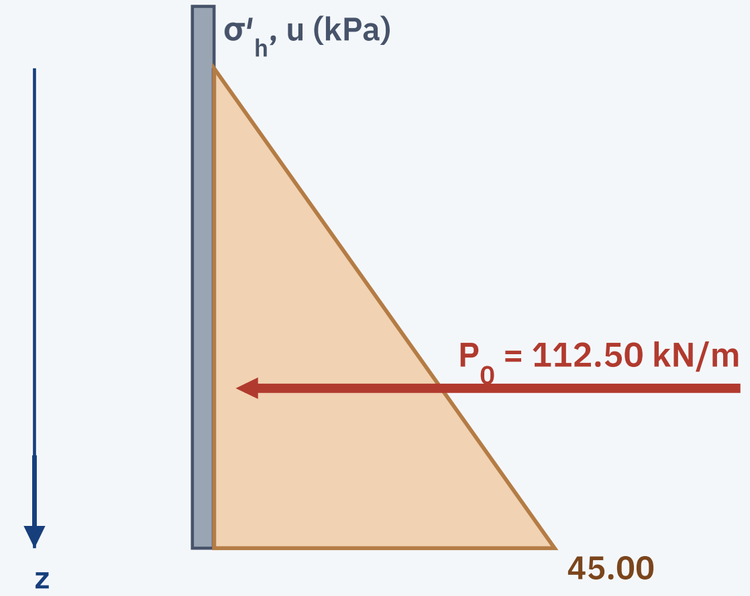
$$P_0 = \tfrac{1}{2}(45.00)(5) = \mathbf{112.50}\ \text{kN/m} \qquad \bar{z} = \tfrac{5}{3} = 1.67\ \text{m}$$

2 OCR = 2 (Mayne–Kulhawy: $K_0 = 0.7071$)

$$\sigma'_h(5) = 0.7071(18)(5) = \mathbf{63.64}\ \text{kPa}$$

$$P_0 = \tfrac{1}{2}(63.64)(5) = \mathbf{159.10}\ \text{kN/m}$$

P_0 = **112.50 kN/m** (OCR = 1) और **159.10 kN/m** (OCR = 2), दोनों आधार से 1.67 m ऊपर; अति-समेकन ने बल को 41% बढ़ाया।



हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

प्रभावी दाब + जल दाब

सिद्धांत

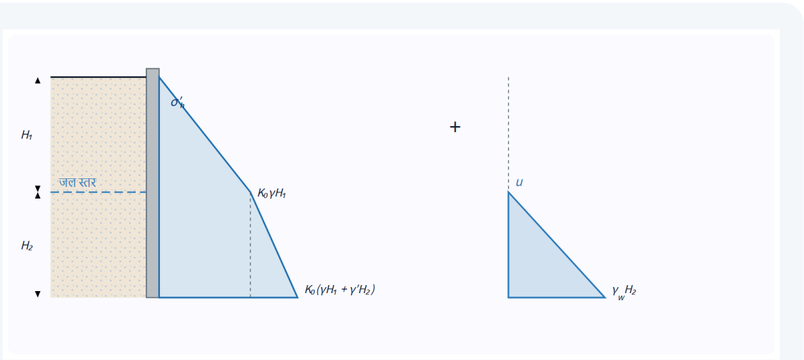
यदि भूजल H_1 गहराई पर हो (दीवार के सामने जल नहीं), तो उसके ऊपर $\sigma'_h = K_0\gamma z$ होता है; उसके नीचे प्रभावी प्रतिबल $\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w$ से ज्ञात किया जाता है और जल दाब K_0 से **स्वतंत्र** रूप से पूर्ण मात्रा में जोड़ा जाता है:

$$\sigma'_h = K_0\left[\gamma H_1 + \gamma'(z - H_1)\right] \qquad u = \gamma_w(z - H_1) \qquad \sigma_h = \sigma'_h + u$$

$$P_0 = \tfrac{1}{2}K_0\gamma H_1^2 + K_0\gamma H_1 H_2 + \tfrac{1}{2}\left(K_0\gamma' + \gamma_w\right)H_2^2$$

क्रिया की ऊँचाई क्षेत्रफलों के आधार बिंदु के परितः आघूर्ण से ज्ञात की जाती है।

$\gamma_w = 9.81$, $K_0\gamma' \approx 0.5\cdot10 = 5$: **जल का अंश प्रायः मृदा के अंश से बड़ा होता है**।



प्रश्न

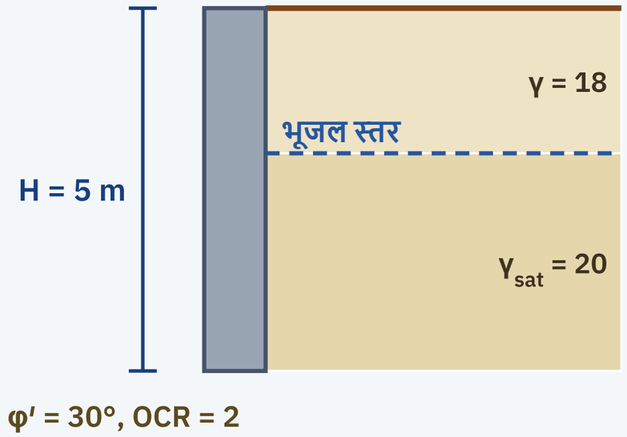
उदाहरण

ज्ञात करना है

दाब आरेख, कुल P_0 (मृदा + जल) और क्रिया की ऊँचाई। मॉड्यूल इसी दीवार के साथ खुलता है।

दिया गया है

दीवार	$H = 5$ m, **हिल नहीं सकती**
मृदा	**रेत:** $c' = 0,\ \varphi' = 30^\circ,\ OCR = 2;\ \gamma =$ 18 kN/m^3 **(ऊपर),** $\gamma_{sat} = 20$ kN/m^3 **(नीचे)**
भूजल	**2 m गहराई पर; दीवार के सामने जल नहीं**



हल (1/2)

हल

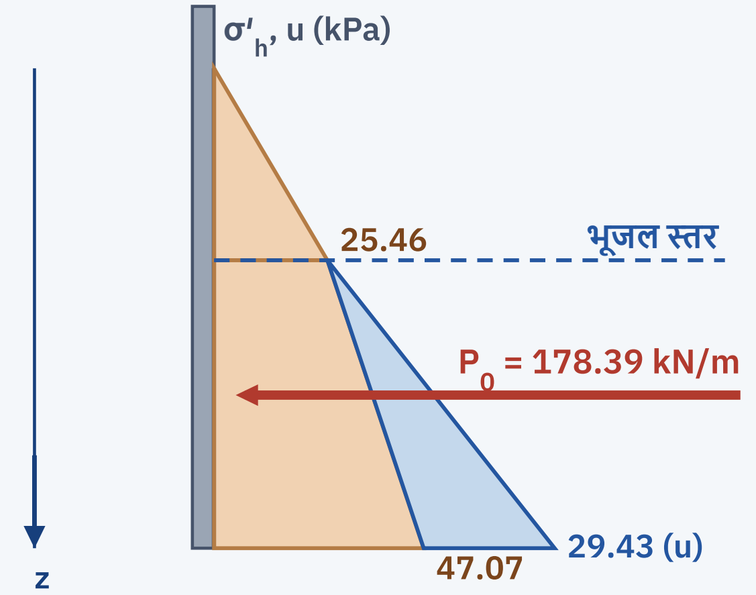
1 K_0 और प्रतिबल

$$K_0 = (1 - \sin 30^\circ)\, 2^{\sin 30^\circ} = \mathbf{0.7071}$$

$$z = 2: \ \sigma'_o = 36 \ \rightarrow \ \sigma'_h = 0.7071(36) = 25.46 \text{ kPa}$$

$$z = 5: \ \sigma'_o = 36 + 3(20 - 9.81) = 66.57 \ \rightarrow \ \sigma'_h = \mathbf{47.07} \text{ kPa}$$

$$u = 9.81(3) = \mathbf{29.43} \text{ kPa}$$



हल (2/2)

हल

2 क्षेत्रफल: ऊपरी त्रिभुज · निचला आयत · निचला त्रिभुज · जल त्रिभुज

$$P_0 = \tfrac{1}{2}(2)(25.46) + 3(25.46) + \tfrac{1}{2}(3)(21.62) + \tfrac{1}{2}(3)(29.43)$$
$$= 25.46 + 76.37 + 32.42 + 44.14 = \mathbf{178.39}\ \text{kN/m}$$

3 क्रिया की ऊँचाई (आघूर्ण भुजाएँ 3.67; 1.50; 1.00; 1.00 m)

$$\bar{z} = \frac{25.46(3.67) + 76.37(1.50) + 32.42(1.00) + 44.14(1.00)}{178.39} = \mathbf{1.59}\ \text{m}$$

P_0 = **178.39 kN/m**, आधार से **1.59 m** ऊपर; मृदा 134.25, जल 44.14 kN/m (जल का हिस्सा 25%)।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

प्रश्न

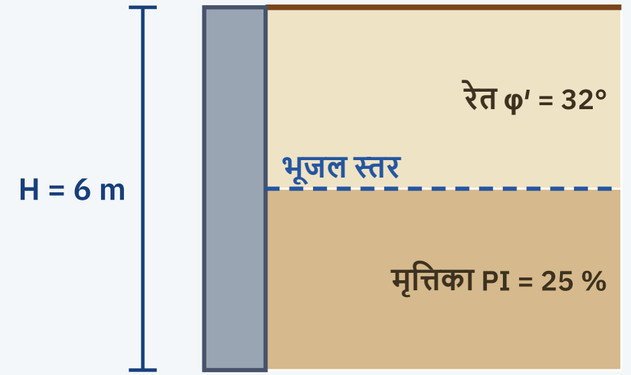
उदाहरण

दिया गया है

दीवार	$H = 6$ m, **हिल नहीं सकती**
ऊपरी परत (0–3 m)	**रेत:** $\gamma = 18$ kN/m^3, $\varphi' = 32°$, $OCR = 1$
निचली परत (3–6 m)	**मृत्तिका:** $\gamma_{sat} = 19$ kN/m^3, $PI = 25\%$, $OCR = 2$
भूजल	**मृत्तिका के ऊपर (3 m)**

ज्ञात करना है

सीमा पर दाब में उछाल, P_0 और $\bar{z}$।



हल (1/2)

हल

1 K_0 के मान: रेत के लिए Jaky, मृत्तिका के लिए Massarsch

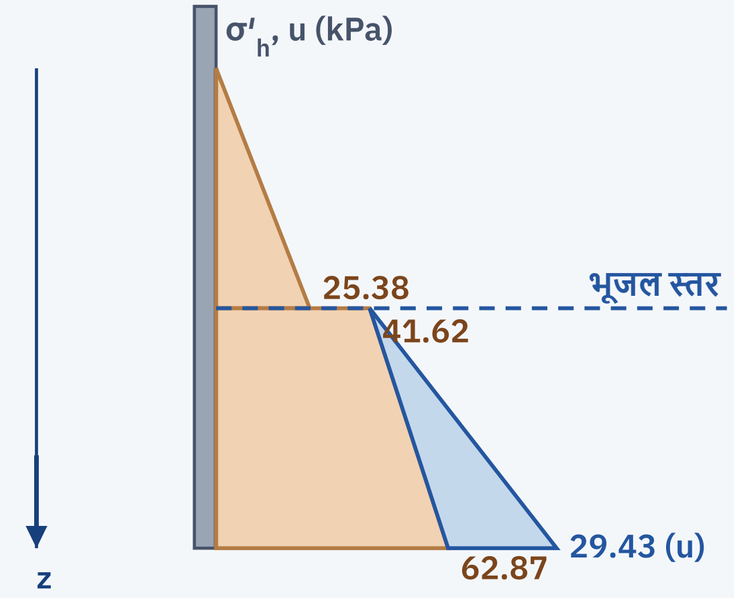
$$K_{0(kum)} = 1 - \sin 32^\circ = \mathbf{0.4701}$$

$$K_{0(kil)} = \left[0.44 + 0.42\frac{25}{100}\right]\sqrt{2} = 0.5450\sqrt{2} = \mathbf{0.7707}$$

2 प्रतिबल ($\sigma'_o(3) = 54$; $\sigma'_o(6) = 54 + 3(19 - 9.81) = 81.57$)

$$z = 3:\ \sigma'_h = 0.4701(54) = 25.38 \text{ (रेत)};\ \ 0.7707(54) = 41.62 \text{ (मृत्तिका)}$$

$$z = 6:\ \sigma'_h = 0.7707(81.57) = \mathbf{62.87} \text{ kPa};\ \ u = \mathbf{29.43} \text{ kPa}$$



हल (2/2)

हल

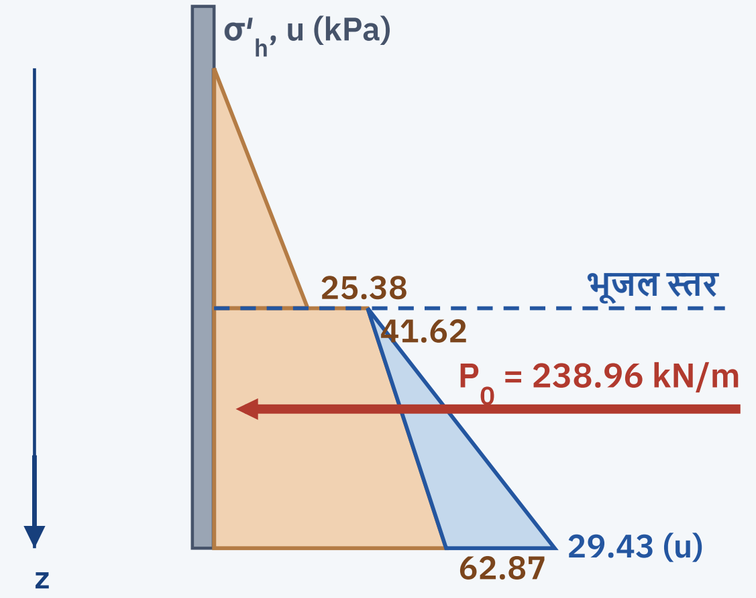
3 बल

$$P_0 = \tfrac{1}{2}(3)(25.38) + 3(41.62) + \tfrac{1}{2}(3)(21.25) + \tfrac{1}{2}(3)(29.43)$$
$$= 38.08 + 124.86 + 31.87 + 44.14 = \mathbf{238.96}\ \text{kN/m}$$

4 क्रिया की ऊँचाई (आघूर्ण भुजाएँ 4.00; 1.50; 1.00; 1.00 m)

$$\bar{z} = \frac{38.08(4) + 124.86(1.5) + 31.87(1) + 44.14(1)}{238.96} = \mathbf{1.74}\ \text{m}$$

P_0 = **238.96 kN/m**, $\bar{z}$ = **1.74 m**। σ'_h मृत्तिका परत के शीर्ष पर 25.38 → 41.62 kPa उछलता है (K_0 बदलता है); σ'_o = 54 kPa दोनों ओर समान है।



हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

सक्रिय और निष्क्रिय अवस्था तक पहुँचने वाली गतियाँ

सिद्धांत

यदि दीवार हिल नहीं सकती, तो विरामावस्था दाब उत्पन्न होता है। यदि दीवार मृदा से दूर हटती है, तो दाब K_0 से घटकर K_a हो जाता है; मृदा की ओर बढ़ने पर यह K_p तक बढ़ जाता है; ऊँचाई की तुलना में आवश्यक गति (सक्रिय में बहुत कम, निष्क्रिय में दस गुना अधिक):

मृदा	सक्रिय $\Delta L_a/H$	निष्क्रिय $\Delta L_p/H$
शिथिल रेत	0.001–0.002	0.01
सघन रेत	0.0005–0.001	0.005
कोमल मृत्तिका	0.02	0.04
दृढ़ मृत्तिका	0.01	0.02

यह क्यों महत्वपूर्ण है?

तहखाने की दीवार, पाइल कैप से जुड़ा मेहराब का आधार या पुलिया की दीवार हिल नहीं सकती: डिज़ाइन दाब **सक्रिय नहीं, विरामावस्था** का मान है और केवल K_0 संबंध पर निर्भर करता है।

प्रश्न

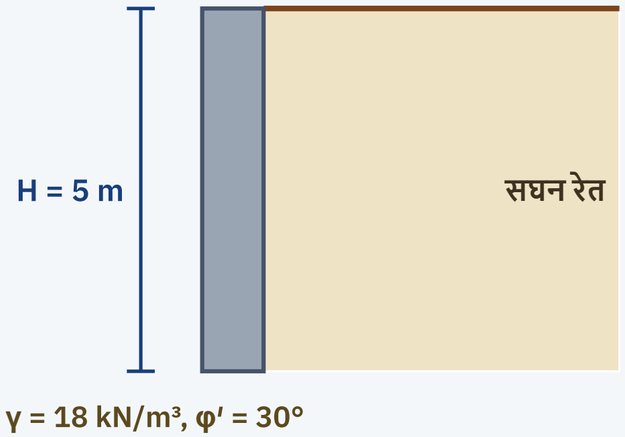
उदाहरण

ज्ञात करना है

सक्रिय, विराम और निष्क्रिय **बल**; प्रत्येक के लिए दीवार की आवश्यक गति (सघन रेत)।

दिया गया है

दीवार	$H = 5$ **m, सघन रेत भराव**
मृदा	**शुष्क:** $\gamma = 18$ kN/m^3, $\varphi' = 30^\circ$**, NC (Jaky)**



हल

हल

1 $P = \frac{1}{2}K\gamma H^2 = \frac{1}{2}K(18)(25) = 225\ K$

स्थिति	K	P (kN/m)	गति (सघन रेत, H = 5 m)
सक्रिय	0.3333	75.0	0.0005–0.001·5 = 2.5–5 mm
विराम	0.50	112.5	0 (दीवार गति नहीं करती)
निष्क्रिय	3.00	675.0	0.005·5 = 25 mm

सक्रिय **75.0** < विरामावस्था **112.5** < निष्क्रिय **675.0 kN/m**; विरामावस्था बल सक्रिय का 1.5 गुना है। यदि दीवार 2.5–5 mm खिसक सकती है तो सक्रिय दाब, यदि बिल्कुल नहीं खिसक सकती तो विरामावस्था दाब आधार माना जाता है; निष्क्रिय प्रतिरोध के लिए कम से कम 25 mm गति आवश्यक है।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

हल का दायरा

सिद्धांत

दीवार को घर्षणरहित और ऊर्ध्वाधर माना जाता है; विराम दाब क्षैतिज रूप से कार्य करता है (δ′ = 0)।

सतह क्षैतिज; ढलवां सतह और झुकी दीवार के लिए Rankine (ढलवां पश्चभराव) और Coulomb मॉड्यूल देखें।

K_0 प्रत्येक परत के लिए अलग और स्थिर होता है: Jaky, Sherif, Mayne–Kulhawy, Massarsch या परीक्षण से दर्ज किया गया मान।

जल द्रवस्थैतिक है, दीवार के सामने जल नहीं है; जल दाब K_0 पर निर्भर नहीं करता।

अधिभार, संहनन प्रतिबल और भूकंप इस मॉड्यूल में नहीं हैं; संहनन का प्रभाव K_0 के मान (Sherif) या OCR में दर्शाया जाता है।

सारांश

याद रखने योग्य बिंदु

विराम दाब: न हिल सकने वाली दीवार में $\sigma'_h = K_0\sigma'_o$; $K_a < K_0 < K_p$

K_0: Jaky $1 - \sin\varphi'$; Mayne–Kulhawy $\times$ OCR$^{\sin\varphi'}$; Massarsch $0.44 + 0.42$ PI/100 (अति-समेकित के लिए $\times \sqrt{\text{OCR}}$); Sherif संघनित रेत के लिए + $(\gamma_d/\gamma_{d,min} - 1)\cdot 5.5$

शुष्क भराव: $P_0 = \tfrac{1}{2}K_0\gamma H^2$, तल से $H/3$ पर

जल: γ' से प्रभावी प्रतिबल; $u = \gamma_w(z - H_1)$ पूरा जोड़ा जाता है; जल का हिस्सा प्रायः बड़ा होता है

परतदार भराव में σ'_o सतत होता है, जबकि σ'_h उस सीमा पर छलाँग लगाता है जहाँ K_0 बदलता है; $\bar{z}$ क्षेत्रफलों के आघूर्ण से ज्ञात किया जाता है

गति: सक्रिय के लिए $\Delta L/H \sim 0.001$; निष्क्रिय के लिए ~ 0.01 (सघन रेत में इसका आधा); यदि दीवार गति नहीं कर सकती तो विराम स्थिति ही आधार होती है

संदर्भ

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

Jaky, J. (1944). The coefficient of earth pressure at rest. Journal of the Society of Hungarian Architects and Engineers, 7, 355–358.

Mayne, P.W. and Kulhawy, F.H. (1982). K_o–OCR relationships in soil. J. Geotech. Eng. Div., ASCE, 108(GT6), 851–872.

Massarsch, K.R. (1979). Lateral earth pressure in normally consolidated clay. Proc. 7th European Conf. SMFE, Brighton, 2, 245–250.

Sherif, M.A., Fang, Y.S. and Sherif, R.I. (1984). KA and K0 behind rotating and non-yielding walls. J. Geotech. Eng., ASCE, 110(GT1), 41–56.

टिप्पणी

सभी संख्यात्मक उदाहरण मॉड्यूल के अपने गणना इंजन से तैयार किए गए हैं; मॉड्यूल वही मान देता है। मॉड्यूल उदाहरण 5 की दीवार के साथ खुलता है (एकल परत; दो परतों के लिए उदाहरण 6)।

GeoTerva

ऑनलाइन भू-तकनीकी गणनाएँ

सिद्धांत से अनुप्रयोग तक

अपनी दीवार की परतें, K_0 विधि, OCR मान और भूजल GeoTerva में दर्ज करें; मॉड्यूल दाब आरेख, बल और क्रिया-ऊँचाई एक साथ देता है।

मॉड्यूल खोलें →

सिद्धांत पृष्ठ →

फ़ोन पर खोलें

नमूना मॉड्यूल के लिए पंजीकरण आवश्यक नहीं है।

यदि आप इन्हें अपने व्याख्यानों में उपयोग करना चाहें: info@geoterva.com