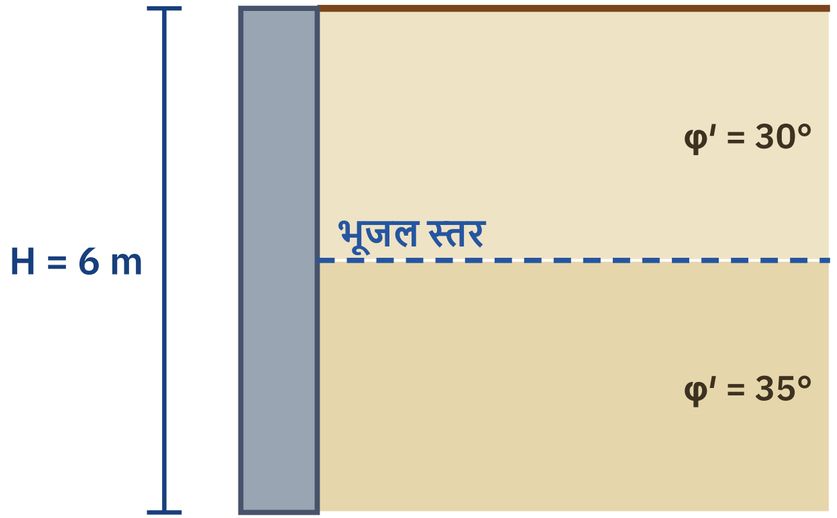
भू-तकनीकी व्याख्यान स्लाइड · पार्श्व मृदा दाब

Rankine पार्श्व मृदा दाब

व्याख्यान: घर्षणरहित ऊर्ध्वाधर दीवार पर कार्यरत सक्रिय और निष्क्रिय मृदा दाब; संसंजनहीन और संसंजक भराव, अधिभार, भूजल और स्तरित मृदा; प्रत्येक विषय पर हल किया गया उदाहरण।

- सक्रिय और निष्क्रिय अवस्थाएँ
- $K_a = \tan^2(45° - \varphi'/2)$
- अधिभार और भूजल
- परतदार पश्चभराव
- तनन दरार



परिचय

इस व्याख्यान में हम क्या सीखेंगे?

- सक्रिय और निष्क्रिय अवस्थाओं के Mohr वृत्त से यह समझना कि $\sigma'_a = K_a\sigma'_o - 2c'\sqrt{K_a}$ **क्यों** होता है
- φ' से K_a और K_p गुणांकों की गणना करना; विराम गुणांक K_0 से उनकी तुलना करना
- संसंजनहीन भराव में दाब त्रिभुज से **बल** और **क्रिया की ऊँचाई** ज्ञात करना
- अधिभार, भूजल और परत सीमाएँ आरेख को कैसे बदलते हैं, यह देखना
- c'–φ' और $\varphi = 0$ मृदा में **तनन क्षेत्र** तथा दरार सहित / दरार रहित बल को अलग करना
- निष्क्रिय प्रतिरोध की गणना करना और यह जानना कि दीवार को कितनी गति करनी चाहिए

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); दाब kPa में हैं, सभी प्रतिबल प्रभावी हैं।

प्लास्टिक साम्य और Mohr वृत्त

सिद्धांत

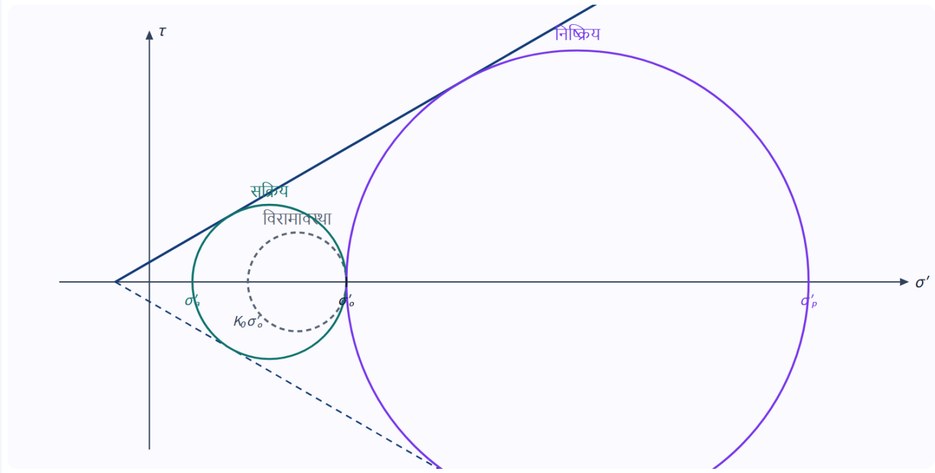
Rankine (1857) ने एक ऐसे मृदा पिंड का अध्ययन किया जिसका प्रत्येक बिंदु विफलता की कगार पर है। यदि कोई ऊर्ध्वाधर, घर्षणरहित दीवार **मृदा से दूर हटती है**, तो क्षैतिज प्रतिबल विरामावस्था के मान $K_0\sigma'_o$ से घट जाता है और Mohr वृत्त विफलता एनवेलप को स्पर्श करता है: **सक्रिय अवस्था**। यदि दीवार **मृदा की ओर धकेली जाती है**, तो क्षैतिज प्रतिबल σ'_o से ऊपर बढ़ जाता है: **निष्क्रिय अवस्था**।

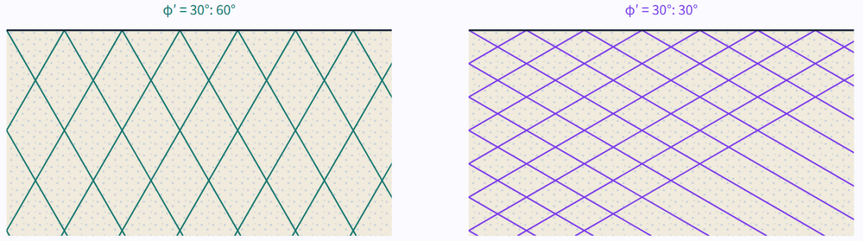
$$\sigma'_a = \sigma'_o \tan^2\left(45^\circ - \frac{\varphi'}{2}\right) - 2c' \tan\left(45^\circ - \frac{\varphi'}{2}\right)$$

$$\sigma'_p = \sigma'_o \tan^2\left(45^\circ + \frac{\varphi'}{2}\right) + 2c' \tan\left(45^\circ + \frac{\varphi'}{2}\right)$$

σ'_o ऊर्ध्वाधर प्रभावी प्रतिबल है (परिबंधी दाब); दीवार के पीछे अधिकतम मुख्य प्रतिबल ऊर्ध्वाधर होता है (सक्रिय अवस्था में) या क्षैतिज होता है (निष्क्रिय अवस्था में)।

सर्पण समतल सक्रिय स्थिति में क्षैतिज से 45° + φ′/2 तथा निष्क्रिय स्थिति में 45° − φ′/2 कोण बनाते हैं।





सक्रिय: क्षैतिज से 45° + ϕ′/2 पर सर्पण तल

निष्क्रिय: 45° − ϕ′/2 पर सर्पण तल

K_a और K_p गुणांक

सिद्धांत

Mohr वृत्त की ज्यामिति से दो गुणांक परिभाषित होते हैं; वे एक-दूसरे के व्युत्क्रम हैं:

$$K_a = \tan^2\left(45^\circ - \frac{\varphi'}{2}\right) = \frac{1-\sin\varphi'}{1+\sin\varphi'} \qquad K_p = \tan^2\left(45^\circ + \frac{\varphi'}{2}\right) = \frac{1}{K_a}$$

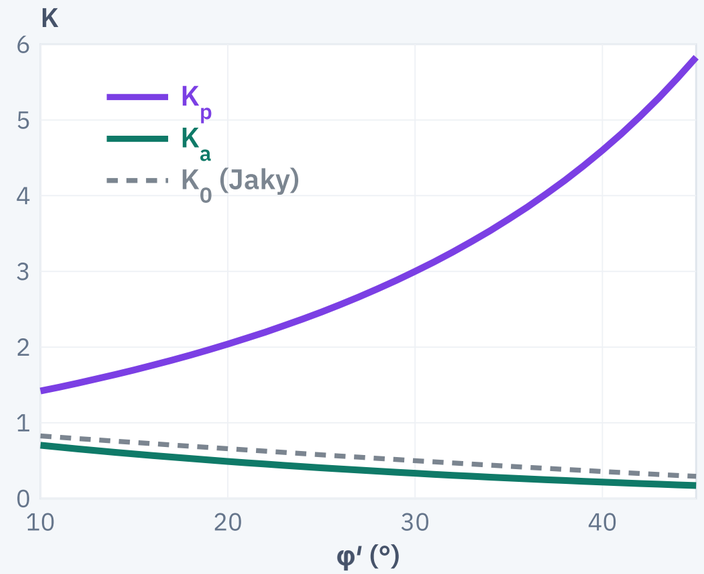
$$\sigma'_a = K_a\sigma'_o - 2c'\sqrt{K_a} \qquad \sigma'_p = K_p\sigma'_o + 2c'\sqrt{K_p}$$

φ′	25°	30°	35°	40°
K_a	0.406	0.333	0.271	0.217
K_p	2.464	3.000	3.690	4.599
K_0 (Jaky)	0.577	0.500	0.426	0.357

$K_a < K_0 < K_p$: दीवार के गति करने से पहले का विराम दाब दोनों सीमाओं के बीच होता है।

K_p, φ′ के साथ तेज़ी से बढ़ता है: φ′ = 40° पर निष्क्रिय मान सक्रिय मान के 20 गुना से अधिक है।

K_a, K_p और K_0 – φ′



प्रश्न

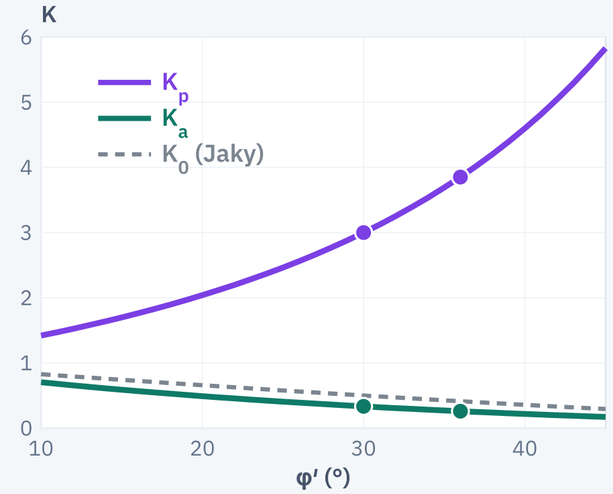
उदाहरण

ज्ञात करना है

K_a, K_p और Jaky के अनुसार K_0; तीनों के क्रम की जाँच कीजिए।

दिया गया है

मृदा	**संसंजनहीन रेत, $c' = 0$; दो स्थितियाँ: $\varphi' = 36^\circ$ और $\varphi' = 30^\circ$**
दीवार	**ऊर्ध्वाधर, घर्षणरहित; पश्चभराव सतह क्षैतिज**



हल

हल

1 φ′ = 36°

$$K_a = \tan^2(45^\circ - 18^\circ) = \tan^2 27^\circ = \mathbf{0.2596} \qquad K_p = \tan^2 63^\circ = \frac{1}{K_a} = \mathbf{3.852}$$

2 φ′ = 30°

$$K_a = \frac{1 - \sin 30^\circ}{1 + \sin 30^\circ} = \frac{0.5}{1.5} = \mathbf{0.3333} \qquad K_p = \frac{1 + \sin 30^\circ}{1 - \sin 30^\circ} = \mathbf{3}$$

3 विराम गुणांक (Jaky): $K_0 = 1 - \sin \varphi'$

$$\varphi' = 36^\circ : \; K_0 = 1 - 0.5878 = \mathbf{0.4122} \qquad \varphi' = 30^\circ : \; K_0 = 1 - 0.5 = \mathbf{0.50}$$

दोनों मृदाओं में **$K_a < K_0 < K_p$**; $K_a \cdot K_p = 1$। φ′ के 30° से 36° होने पर K_a 0.333 → 0.260 और K_p 3.00 → 3.85 हो जाता है।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

दाब त्रिभुज, बल और उसकी क्रिया की ऊँचाई

सिद्धांत

c′ = 0 और क्षैतिज सतह वाले पश्चभराव में दाब गहराई के साथ **रैखिक** रूप से बढ़ता है; आरेख त्रिभुजाकार है। दीवार की प्रति इकाई लंबाई पर आने वाला बल त्रिभुज का क्षेत्रफल है, उसका कार्य-बिंदु केंद्रक है (आधार से H/3 ऊपर):

$$\sigma'_a = K_a \gamma z \qquad P_a = \tfrac{1}{2} K_a \gamma H^2 \qquad \bar{z} = \tfrac{H}{3}$$

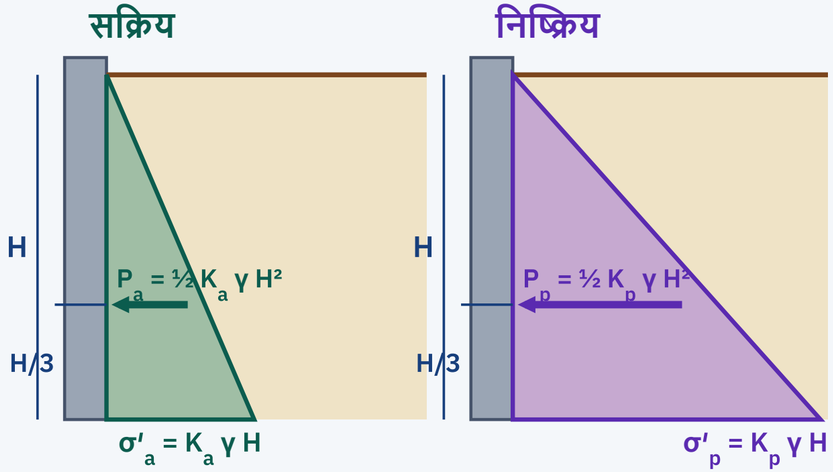
$$\sigma'_p = K_p \gamma z \qquad P_p = \tfrac{1}{2} K_p \gamma H^2 \qquad \bar{z} = \tfrac{H}{3}$$

बल **H²** के साथ बढ़ता है: दीवार की ऊँचाई दोगुनी करने पर बल चार गुना हो जाता है।

बल दीवार के लंबवत और क्षैतिज है (घर्षणरहित दीवार, δ′ = 0)।

इकाई: γ kN/m³ तथा H m में होने पर P kN/m में प्राप्त होता है।

दो सीमा अवस्थाएँ



प्रश्न

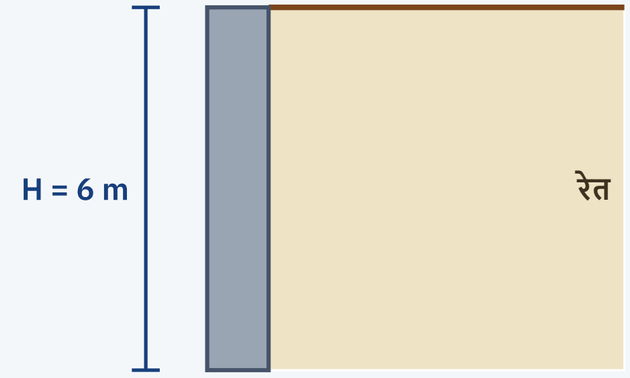
उदाहरण

ज्ञात करना है

सक्रिय और **निष्क्रिय** बल P_a, P_p तथा उनकी क्रिया की ऊँचाई; साथ ही विराम अवस्था का बल P_0 I

दिया गया है

दीवार	$H = 6$ m, **ऊर्ध्वाधर, घर्षणरहित; भराव की सतह क्षैतिज**
मृदा	**शुष्क रेत:** $\gamma = 16$ kN/m^3, $\varphi' = 36^\circ$, $c' = 0$



हल

हल

1 गुणांक (उदाहरण 1): $K_a = 0.2596$, $K_p = 3.852$

$$\sigma'_a(6) = K_a \gamma H = 0.2596(16)(6) = \mathbf{24.92}\ \text{kPa}$$

2 सक्रिय बल (त्रिभुज का क्षेत्रफल)

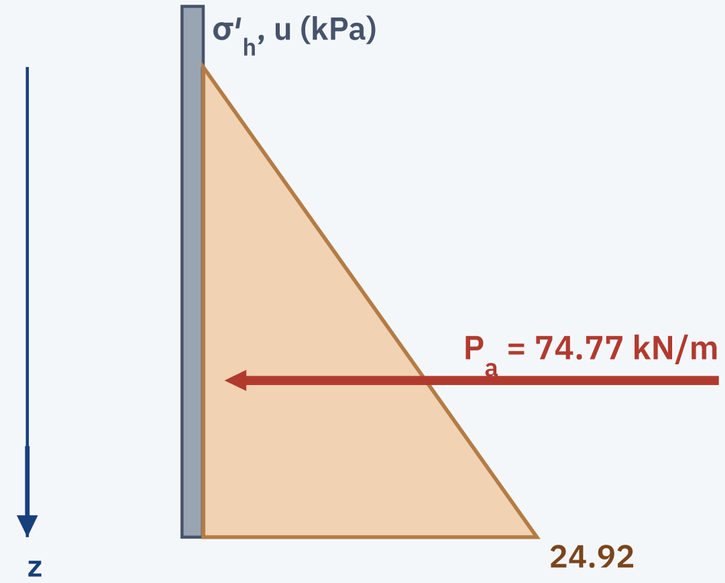
$$P_a = \tfrac{1}{2}\sigma'_a(6)\,H = \tfrac{1}{2}(24.92)(6) = \mathbf{74.77}\ \text{kN/m}$$

$$\bar{z} = \tfrac{6}{3} = \mathbf{2.0\ m}$$

3 निष्क्रिय बल

$$P_p = \tfrac{1}{2}K_p \gamma H^2 = \tfrac{1}{2}(3.852)(16)(36) = \mathbf{1{,}109.3}\ \text{kN/m}$$

$$\bar{z} = \tfrac{6}{3} = \mathbf{2.0\ m}$$



P_a = **74.77 kN/m**, P_p = **1,109.3 kN/m**, दोनों आधार से 2.0 m ऊपर। निष्क्रिय प्रतिरोध सक्रिय थ्रस्ट का **14.8 गुना** है; विराम अवस्था का P_0 = 118.72 kN/m इन दोनों के बीच रहता है।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

आरेख को बदलने वाले दो प्रभाव

सिद्धांत

एकसमान अधिभार q प्रत्येक गहराई पर समान दाब जोड़ता है: एक आयत जुड़ता है। **भूजल स्तर** के नीचे प्रभावी प्रतिबल $\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w$ से परिकलित किया जाता है, और इसके अतिरिक्त जल दाब $u = \gamma_w(z - H_1)$ **पूर्ण मान में** जोड़ा जाता है:

$$P_a = K_a q H + \tfrac{1}{2} K_a \gamma H_1^2 + K_a \gamma H_1 H_2 + \tfrac{1}{2}\left(K_a \gamma' + \gamma_w\right) H_2^2$$

घटक	बल	भुजा (आधार से)
अधिभार (आयताकार)	$K_a\, q\, H$	$H/2$
ऊपरी त्रिभुज	$\tfrac{1}{2} K_a \gamma H_1^2$	$H_2 + H_1/3$
निचला आयत	$K_a \gamma H_1 H_2$	$H_2/2$
निचला त्रिभुज (प्रभावी)	$\tfrac{1}{2} K_a \gamma' H_2^2$	$H_2/3$
जल दाब	$\tfrac{1}{2} \gamma_w H_2^2$	$H_2/3$

घटकों का आघूर्ण आधार बिंदु के परितः लेने पर क्रिया की ऊँचाई प्राप्त होती है: $\bar{z} = \Sigma P_i z_i \,/\, \Sigma P_i$।

निष्क्रिय बल उन्हीं घटकों के साथ K_p का उपयोग करके ज्ञात किया जाता है; जल दाब वही रहता है।

जल का प्रभाव इतना अधिक क्यों है?

जल का दाब **घर्षण कोण पर निर्भर नहीं करता**: उसे K_a के स्थान पर 1 से गुणा किया जाता है। निमज्जित क्षेत्र में $\gamma' \approx \gamma_{sat}/2$ होने से प्रभावी मृदा दाब घटता है, परंतु जल दाब उसकी कहीं अधिक क्षतिपूर्ति कर देता है।

प्रश्न

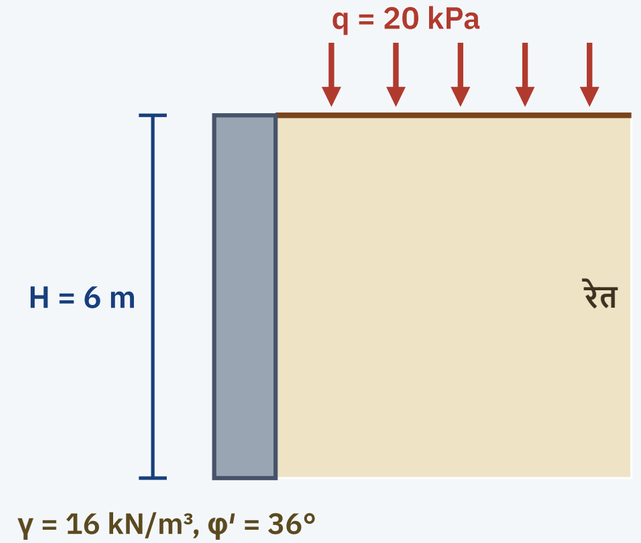
उदाहरण

ज्ञात करना है

P_a और $\bar{z}$; अधिभार का प्रभाव।

दिया गया है

दीवार और मृदा	**उदाहरण 2 की दीवार:** $H = 6$ m, $\gamma = 16$ kN/m^3, $\varphi' = 36^\circ$, **शुष्क**
अधिभार	**पश्चभराव सतह पर एकसमान वितरित** $q = 20$ **kPa**



हल

हल

1 दाब: सतह पर $K_a q$, आधार पर $K_a q + K_a \gamma H$

$$\sigma'_a(0) = 0.2596(20) = 5.19 \text{ kPa}$$

$$\sigma'_a(6) = 5.19 + 24.92 = \mathbf{30.12} \text{ kPa}$$

2 बल: आयत (भुजा 3.0 m) + त्रिभुज (भुजा 2.0 m)

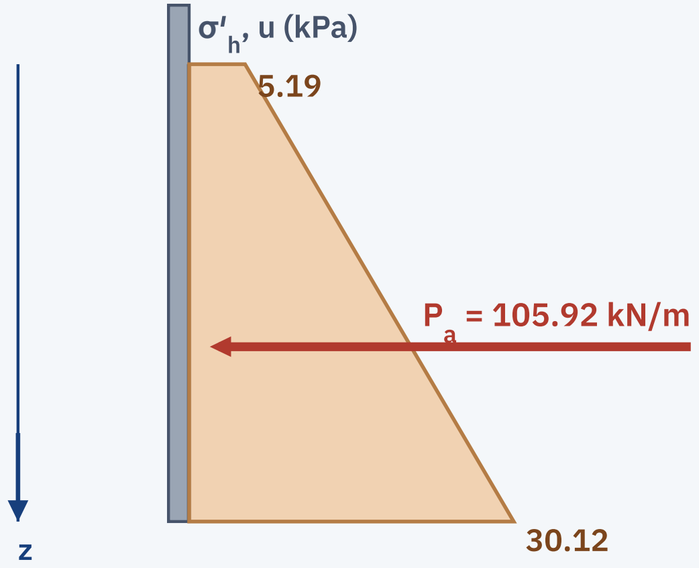
$$P_q = K_a q H = 5.19(6) = 31.15 \text{ kN/m}$$

$$P_\gamma = \tfrac{1}{2} K_a \gamma H^2 = 74.77 \text{ kN/m}$$

3 कुल बल और उसके कार्य करने की ऊँचाई

$$P_a = 31.15 + 74.77 = \mathbf{105.92} \text{ kN/m}$$

$$\bar{z} = \frac{31.15(3) + 74.77(2)}{105.92} = \mathbf{2.29} \text{ m}$$



अधिभार बल ने इसे 31.15 kN/m (42%) बढ़ा दिया; क्रिया बिंदु **2.00 m से 2.29 m** तक ऊपर उठ गया (आयत की भुजा H/2 है)।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

प्रश्न

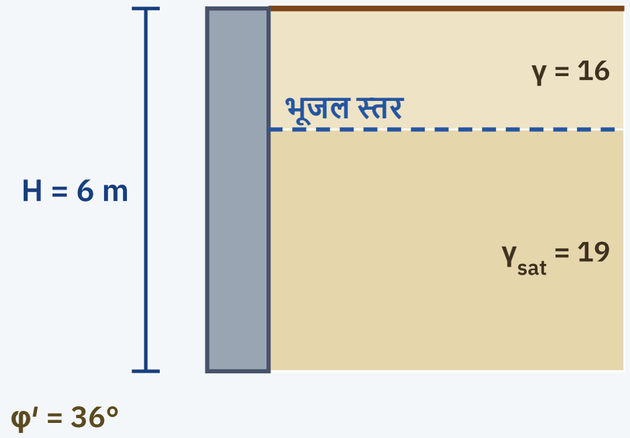
उदाहरण

ज्ञात करना है

प्रभावी मृदा दाब और जल दाब से **कुल बल** तथा क्रिया की ऊँचाई; जल का प्रभाव।

दिया गया है

दीवार	$H = 6$ m, **ऊर्ध्वाधर; क्षैतिज सतह वाला रेत का भराव, कोई अधिभार नहीं**
मृदा	**ऊपर** $\gamma = 16$ kN/m^3 **(शुष्क); भूजल स्तर 2 m गहराई पर; नीचे** $\gamma_{sat} = 19$ kN/m^3**;** $\varphi' = 36°$



हल

हल

1 प्रभावी प्रतिबल (z = 2 और 6 m)

$$\sigma'_o(2) = 16(2) = 32 \text{ kPa}$$

$$\sigma'_o(6) = 32 + 4(19 - 9.81) = 68.76 \text{ kPa}$$

$$\sigma'_a(6) = K_a \sigma'_o(6) = \mathbf{17.85} \text{ kPa}$$

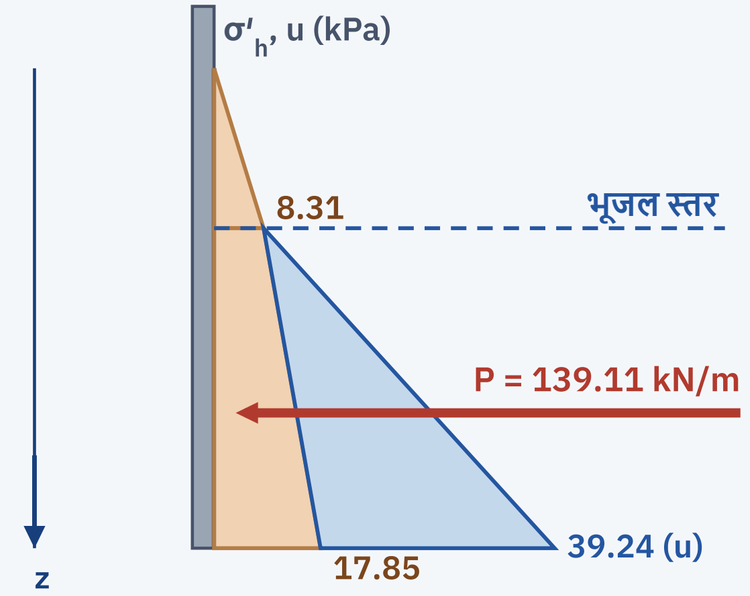
2 आधार पर जल दाब: $u = \gamma_w(6 - 2)$

$$u(6) = 9.81(4) = \mathbf{39.24} \text{ kPa}$$

3 बल: ऊपरी त्रिभुज · निचला आयत · निचला त्रिभुज · जल

$$P_a = 8.31 + 33.23 + 19.09 = 60.63 \text{ kN/m (मृदा)}$$

$$P_w = \tfrac{1}{2}(39.24)(4) = 78.48 \text{ kN/m}$$



कुल = 60.63 + 78.48 = **139.11 kN/m, z̄ = 1.69 m**। शुष्क दीवार का बल 74.77 kN/m था: जल बल ने इसे **1.9 गुना** कर दिया।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

प्रत्येक परत अपने K मान का उपयोग करती है

सिद्धांत

यदि पश्चभराव एक से अधिक परतों से बना हो, तो **ऊर्ध्वाधर प्रभावी प्रतिबल σ'_o सतत रहता है** (परत की सीमा पर उसमें छलांग नहीं आती); परंतु क्षैतिज प्रतिबल $\sigma'_a = K_i \sigma'_o$ में प्रत्येक परत अपना K_i मान प्रयोग करती है, इसलिए **जिस सीमा पर φ′ बदलता है वहाँ आरेख में छलांग आती है**:

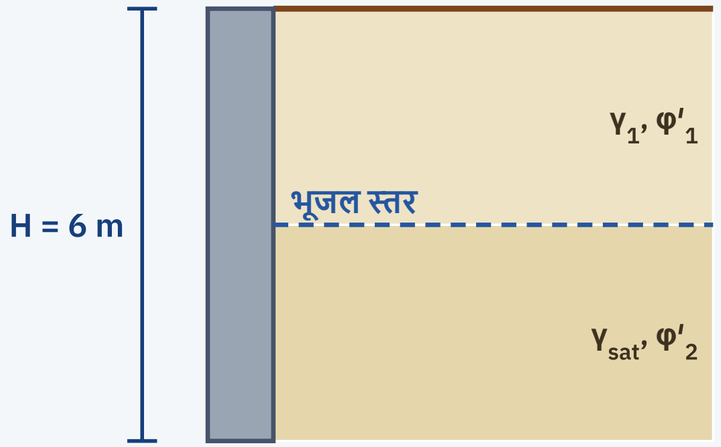
$$\sigma'_a = K_{a,i}\,\sigma'_o(z) \qquad \sigma'_o(z) = q + \sum \gamma_i h_i \;\; (\gamma' \text{ जलमग्न क्षेत्र में})$$

सीमा पर दो मान पढ़े जाते हैं: ऊपरी परत का $K_{a,1}\sigma'_o$ मान और निचली परत का $K_{a,2}\sigma'_o$ मान। यदि निचली परत का φ′ मान बड़ा है, तो दाब नीचे की ओर **घट जाता है**।

भूजल स्तर को परत की सीमा की तरह माना जाता है: γ′ आरंभ होता है, u जोड़ा जाता है।

बल प्रत्येक भाग (त्रिभुज / आयत) के क्षेत्रफल को जोड़कर प्राप्त किया जाता है, और क्रिया की ऊँचाई आघूर्ण लेकर ज्ञात की जाती है।

परतदार भराव और जल



प्रश्न

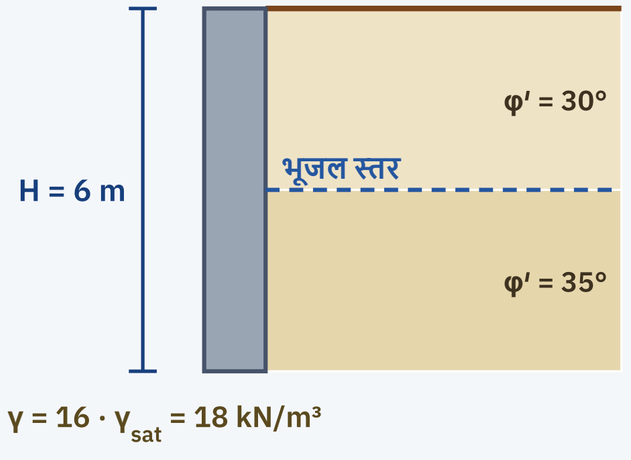
उदाहरण

दिया गया है

दीवार	$H = 6$ m, **ऊर्ध्वाधर, घर्षणरहित; क्षैतिज सतह; कोई अधिभार नहीं**
ऊपरी परत (0–3 m)	**रेत:** $\gamma = 16$ kN/m^3, $\varphi' = 30^\circ$
निचली परत (3–6 m)	**रेत:** $\gamma_{sat} = 18$ kN/m^3, $\varphi' = 35^\circ$
भूजल स्तर	**3 m गहराई पर (परत की सीमा पर)**

ज्ञात करना है

कुल **बल** (मृदा + जल) और **क्रिया की ऊँचाई**।
मॉड्यूल का प्रारंभिक उदाहरण यही दीवार है।



हल (1/2)

हल

1 गुणांक

$$K_{a,1} = \tfrac{1}{3} = \mathbf{0.3333} \qquad K_{a,2} = \tan^2 27.5^\circ = \mathbf{0.2710}$$

2 3 m गहराई पर (सीमा): $\sigma'_o = 16(3) = 48$ kPa

$$\sigma'_a = 0.3333(48) = \mathbf{16.00}\ \text{kPa (शीर्ष)}$$

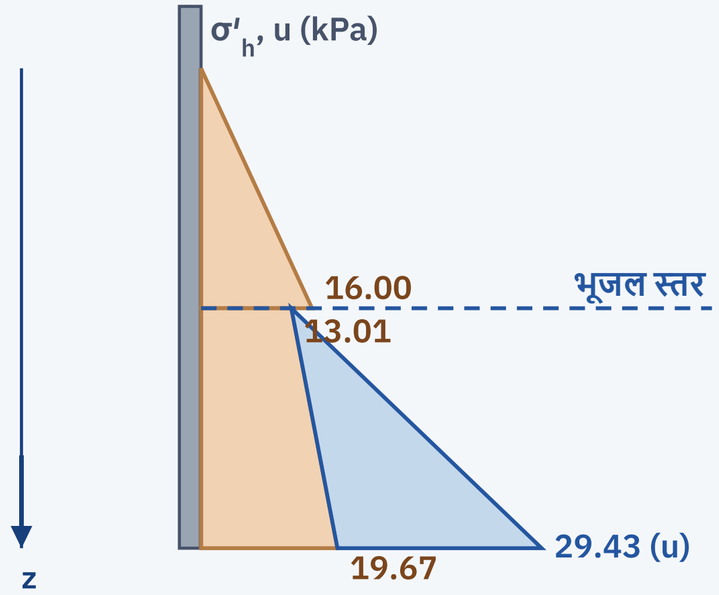
$$\sigma'_a = 0.2710(48) = \mathbf{13.01}\ \text{kPa (तल)}$$

3 6 m गहराई पर (आधार)

$$\sigma'_o = 48 + 3(18 - 9.81) = 72.57\ \text{kPa} \qquad u = 9.81(3) = \mathbf{29.43}$$

$$\sigma'_a = 0.2710(72.57) = \mathbf{19.67}\ \text{kPa}$$

आरेख सीमा पर 16.00 → 13.01 kPa पर अचानक बदल जाता है (φ′ में परिवर्तन); σ'_o सतत रहता है।



हल (2/2)

हल

4 बल: ऊपरी त्रिभुज · निचला आयत · निचला त्रिभुज · जल

$$P = \tfrac{1}{2}(3)(16.00) + 3(13.01) + \tfrac{1}{2}(3)(6.66) + \tfrac{1}{2}(3)(29.43)$$
$$= 24.00 + 39.02 + 9.99 + 44.14 = \mathbf{117.15}\ \text{kN/m}$$

5 क्रिया की ऊँचाई: आधार बिंदु के परितः आघूर्ण (भुजाएँ 4; 1.5; 1; 1 m)

$$\bar{z} = \frac{24.00(4) + 39.02(1.5) + 9.99(1) + 44.14(1)}{117.15} = \mathbf{1.78}\ \text{m}$$

कुल बल **117.15 kN/m** है, आधार से **1.78 m** ऊपर; मृदा 73.01 kN/m और जल 44.14 kN/m का योगदान देता है। जल लगभग 38% के साथ बल का सबसे बड़ा घटक है।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

तनन क्षेत्र और तनन दरारें

सिद्धांत

c′–φ′ मृदा में सक्रिय दाब शीर्ष पर **ऋणात्मक** होता है (मृदा दीवार को खींचने का प्रयास करती है); जिस गहराई पर दाब शून्य होता है:

$$z_0 = \frac{2c'}{\gamma\sqrt{K_a}} - \frac{q}{\gamma} \qquad \varphi = 0 :\ z_0 = \frac{2c_u}{\gamma}$$

मृदा तनन सहन नहीं कर सकती: समय के साथ गहराई z_0 तक **तनन दरारें** खुल जाती हैं। बल केवल आरेख का धनात्मक भाग है:

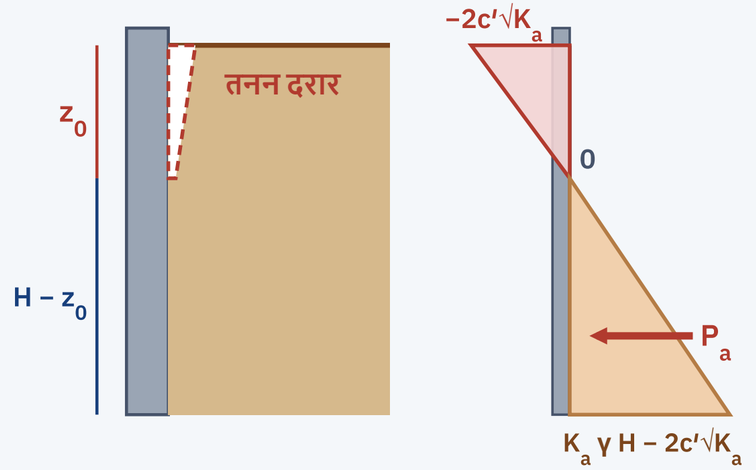
$$P_a = \tfrac{1}{2}\left[K_a(q+\gamma H) - 2c'\sqrt{K_a}\right](H - z_0)$$

दरार पड़ने से पहले आरेख का पूरा भाग गिना जाता है (अपेक्षाकृत छोटा बल): $P_a = ½K_a\gamma H^2 - 2c'\sqrt{K_a}\,H + K_a q H$।

> डिज़ाइन में दरार सहित (अधिक) बल को आधार माना जाता है; यदि दरार में पानी भर जाए तो इसमें $\gamma_w z_0^2/2$ जलस्थैतिक बल भी जोड़ा जाता है।

> क्रिया की ऊँचाई धनात्मक त्रिभुज का केंद्रक है: $(H - z_0)/3$।

तनन क्षेत्र



ऋणात्मक दाब: ऊपर से z_0 गहराई तक दीवार से संपर्क नहीं होता।

प्रश्न

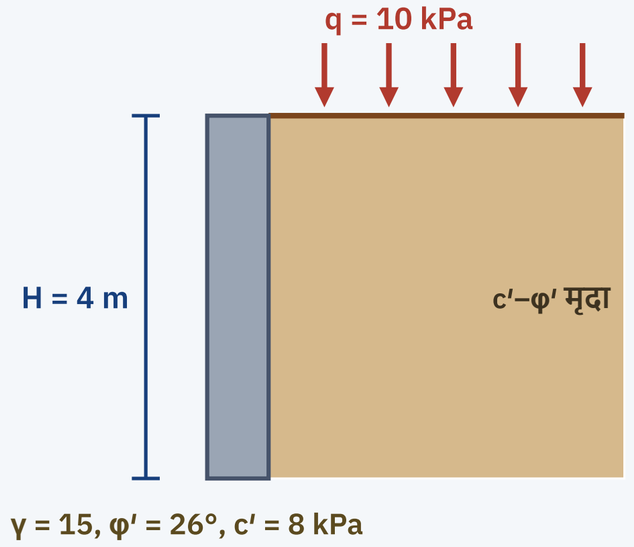
उदाहरण

ज्ञात करना है

तनन गहराई z_0, दरार वाला सक्रिय बल और उसकी कार्य-ऊँचाई; बिना दरार वाले बल से तुलना।

दिया गया है

दीवार	$H = 4$ **m, ऊर्ध्वाधर, घर्षणरहित; क्षैतिज सतह**
मृदा	$\gamma = 15$ kN/m^3, $\varphi' = 26^\circ$, $c' = 8$ **kPa**
अधिभार	$q = 10$ **kPa**



हल (1/2)

हल

1 गुणांक: $K_a = \tan^2(45° - 13°)$

$$K_a = \tan^2 32° = \mathbf{0.3905} \qquad \sqrt{K_a} = 0.6249$$

$$2c'\sqrt{K_a} = 2(8)(0.6249) = 10.00 \text{ kPa}$$

2 शीर्ष और आधार पर दाब

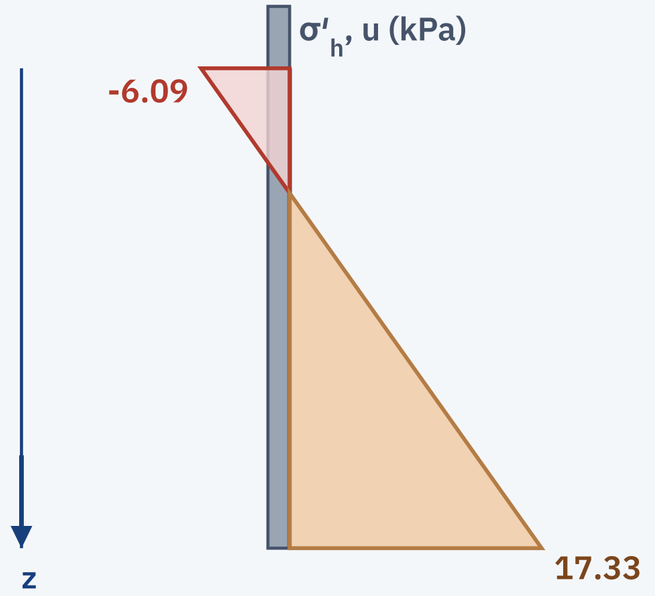
$$\sigma'_a(0) = 0.3905(10) - 10.00 = -\mathbf{6.09} \text{ kPa (तनन)}$$

$$\sigma'_a(4) = 0.3905(10 + 15 \cdot 4) - 10.00 = \mathbf{17.33} \text{ kPa}$$

3 तनन गहराई (जहाँ दाब शून्य होता है)

$$z_0 = \frac{2(8)}{15(0.6249)} - \frac{10}{15}$$

$$= 1.707 - 0.667 = \mathbf{1.04} \text{ m}$$



हल (2/2)

हल

4 दरार सहित बल (केवल धनात्मक त्रिभुज)

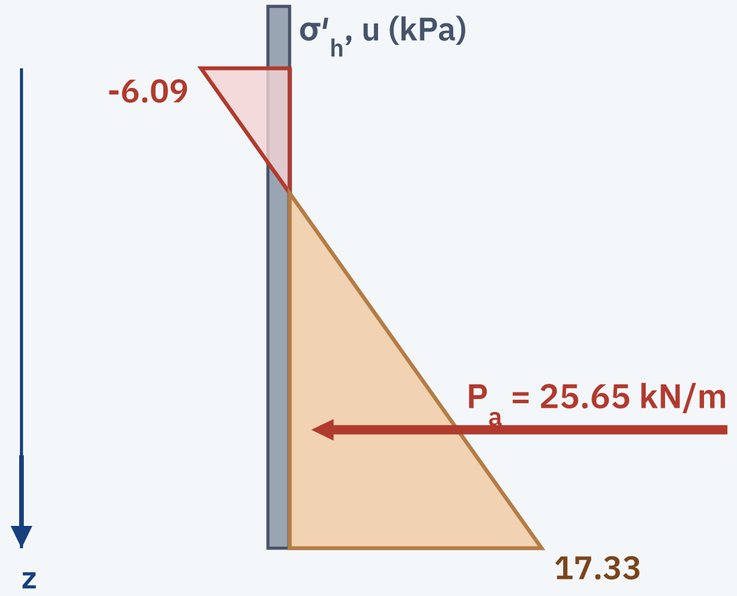
$$P_a = \tfrac{1}{2}(17.33)(4 - 1.04) = \mathbf{25.65}\ \text{kN/m}$$

$$\bar{z} = \frac{4 - 1.04}{3} = \mathbf{0.99}\ \text{m}$$

5 तुलना: दरार-रहित (ऋणात्मक क्षेत्र सहित)

$$P_a = \tfrac{1}{2}(-6.09 + 17.33)(4) = 22.48\ \text{kN/m}$$

दरार सहित बल **25.65 kN/m** है, जो दरार रहित बल से 14% अधिक है; सुरक्षित पक्ष दरार वाला मान है।



हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

प्रश्न

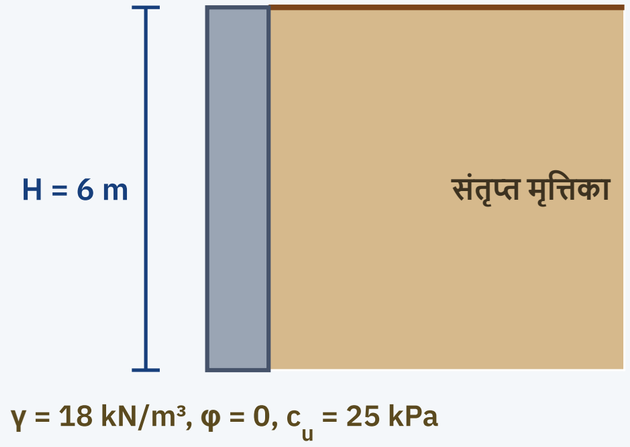
उदाहरण

ज्ञात करना है

z_0, दरार सहित और दरार रहित सक्रिय बल; निष्क्रिय बल; दीवार के बिना ऊर्ध्वाधर काटी जा सकने वाली ऊँचाई H_c।

दिया गया है

दीवार	$H = 6$ m, **ऊर्ध्वाधर; क्षैतिज सतह; अधिभार नहीं**
मृदा	**संतृप्त मृत्तिका, अनपवाहित:** $\gamma = 18$ kN/m^3, $\varphi = 0$, $c_u = 25$ **kPa**



हल (1/2)

हल

1 φ = 0 के लिए $K_a = K_p = 1$: तनन गहराई और आधार दाब

$$\sigma_a = \gamma z - 2c_u = 18z - 50 \text{ kPa}$$

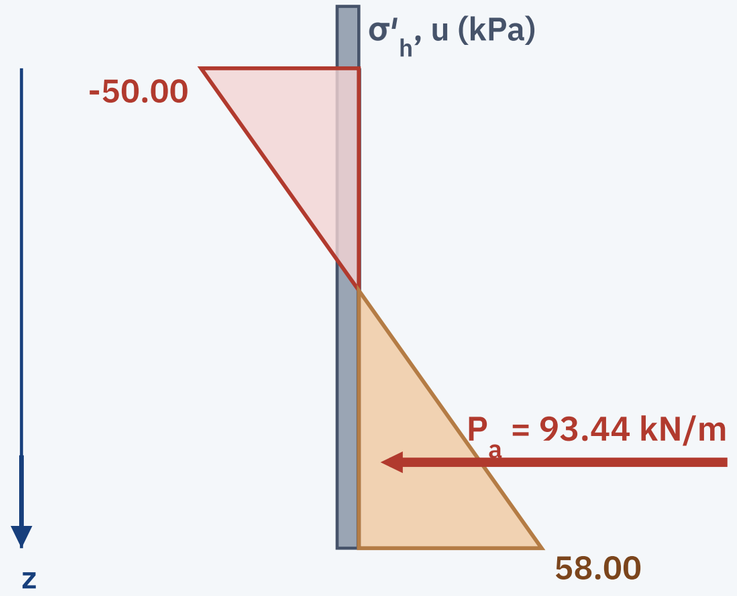
$$z_0 = \frac{2c_u}{\gamma} = \frac{50}{18} = \mathbf{2.78} \text{ m}$$

$$\sigma_a(6) = 108 - 50 = \mathbf{58} \text{ kPa}$$

2 दरार सहित सक्रिय बल

$$P_a = \tfrac{1}{2}(58)(6 - 2.78) = \mathbf{93.44} \text{ kN/m}$$

$$\bar{z} = \frac{6 - 2.78}{3} = 1.07 \text{ m}$$



हल (2/2)

हल

3 बिना दरार के सक्रिय बल और निष्क्रिय बल

$$P_a = \tfrac{1}{2}\gamma H^2 - 2c_u H = 324 - 300 = \mathbf{24}\ \text{kN/m}$$

$$P_p = \tfrac{1}{2}\gamma H^2 + 2c_u H = 324 + 300 = \mathbf{624}\ \text{kN/m}$$

4 दीवार के बिना ऊर्ध्वाधर काटी जा सकने वाली ऊँचाई (दरार रहित $P_a = 0$)

$$\tfrac{1}{2}\gamma H_c^2 - 2c_u H_c = 0 \;\Rightarrow\; H_c = \frac{4c_u}{\gamma} = \frac{4(25)}{18} = \mathbf{5.56}\ \text{m}$$

दरार सहित बल (93.44 kN/m), दरार रहित बल (24 kN/m) का **3.9 गुना** है: संसंजक मृदा में दरार की मान्यता परिणाम निर्धारित करती है। H = 6 m, H_c = 5.56 m से अधिक होने के कारण दरार रहित बल भी धनात्मक है।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

संसंजन निष्क्रिय प्रतिरोध को बढ़ाता है

सिद्धांत

निष्क्रिय स्थिति में संसंजन **प्रत्येक गहराई पर** प्रतिरोध जोड़ता है; कोई तनन क्षेत्र या दरार नहीं होती। शीर्ष पर दाब शून्य नहीं होता:

$$\sigma'_p(z) = K_p\,(q + \gamma z) + 2c'\sqrt{K_p}$$

$$P_p = \tfrac{1}{2}K_p\gamma H^2 + K_p q H + 2c'\sqrt{K_p}\,H \qquad \varphi = 0:\ P_p = \tfrac{1}{2}\gamma H^2 + 2c_u H$$

दाब आरेख **समलंब** है: संसंजन और अधिभार आयत जोड़ते हैं, γz त्रिभुज जोड़ता है।

क्रिया की ऊँचाई आघूर्ण लेकर ज्ञात की जाती है (संसंजन का अंश H/2 पर)।

निष्क्रिय प्रतिरोध इस पर निर्भर करता है कि दीवार पर्याप्त रूप से गति करे; डिज़ाइन में इसका पूरा मान उपयोग नहीं किया जाता, इसे एक गुणांक से घटाया जाता है।

सक्रिय – निष्क्रिय तुलना

	सक्रिय	निष्क्रिय
गुणांक	$K_a < 1$	$K_p > 1$
संसंजन	दाब को **घटाता है** ($-2c'\sqrt{K_a}$)	प्रतिरोध को **बढ़ाता है** ($+2c'\sqrt{K_p}$)
तनन क्षेत्र	विद्यमान है (z_0)	कोई नहीं
सर्पण तल	45° + φ′/2	45° − φ′/2
आवश्यक विस्थापन	छोटा	बड़ा

प्रश्न

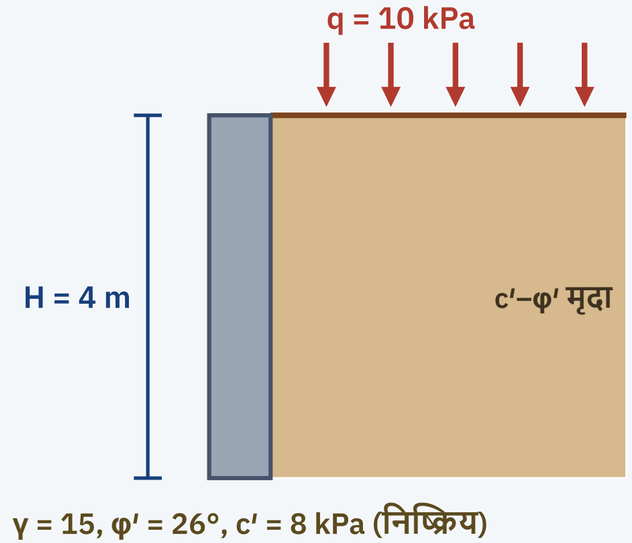
उदाहरण

ज्ञात करना है

निष्क्रिय बल P_p और उसकी क्रिया ऊँचाई।

दिया गया है

दीवार और मृदा	**उदाहरण 6 की दीवार और मृदा:** $H = 4$ **m,** $\gamma = 15$ kN/m^3, $\varphi' = 26°$, $c' = 8$ **kPa**
अधिभार	$q = 10$ **kPa (निष्क्रिय पक्ष पर)**



हल

हल

1 गुणांक: $K_p = \tan^2(45° + 13°)$

$$K_p = \tan^2 58° = \mathbf{2.561} \qquad 2c'\sqrt{K_p} = 2(8)(1.600) = 25.61 \text{ kPa}$$

2 शीर्ष और आधार पर दाब

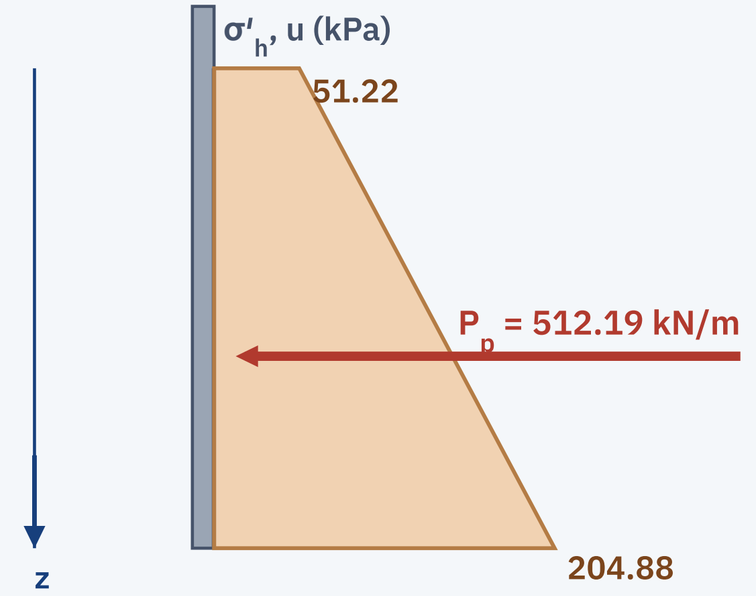
$$\sigma'_p(0) = 2.561(10) + 25.61 = \mathbf{51.22} \text{ kPa}$$

$$\sigma'_p(4) = 2.561(10 + 60) + 25.61 = \mathbf{204.88} \text{ kPa}$$

3 समलंब का क्षेत्रफल और गुरुत्व केंद्र

$$P_p = \tfrac{1}{2}(51.22 + 204.88)(4) = \mathbf{512.2} \text{ kN/m}$$

$$\bar{z} = \frac{51.22(4)(2) + \tfrac{1}{2}(153.66)(4)(\tfrac{4}{3})}{512.2} = \mathbf{1.60} \text{ m}$$



निष्क्रिय प्रतिरोध **512.2 kN/m**, आधार से 1.60 m ऊपर; उसी दीवार के दरार वाले सक्रिय बल का लगभग **20 गुना**।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

सक्रिय और निष्क्रिय अवस्था कितनी गति पर विकसित होती है?

सिद्धांत

Rankine अवस्थाओं तक पहुँचने के लिए दीवार को मृदा से दूर हटना (सक्रिय) या मृदा की ओर बढ़ना (निष्क्रिय) पड़ता है। **निष्क्रिय के लिए आवश्यक गति सक्रिय की गति से बहुत अधिक होती है**; ऊँचाई H के अनुपात में:

मृदा	सक्रिय $\Delta L_a/H$	निष्क्रिय $\Delta L_p/H$	H = 6 m के लिए सक्रिय	H = 6 m के लिए निष्क्रिय
शिथिल रेत	0.001–0.002	0.01	6–12 mm	60 mm
सघन रेत	0.0005–0.001	0.005	3–6 mm	30 mm
कोमल मृत्तिका	0.02	0.04	120 mm	240 mm
दृढ़ मृत्तिका	0.01	0.02	60 mm	120 mm

यदि गति इन मानों तक नहीं पहुँचती, तो दाब K_a से अधिक और K_p से कम रहता है; यदि दीवार पूरी तरह अवरुद्ध है, तो विरामावस्था दाब K_0 उत्पन्न होता है।

अपने आधार के चारों ओर घूमने वाली दीवार के लिए ये अनुपात शीर्ष की गति पर लागू होते हैं।

Rankine हल का दायरा

सिद्धांत

दीवार: ऊर्ध्वाधर और चिकनी (δ′ = 0); दाब क्षैतिज है और दीवार पर अभिलंब है। वास्तव में दीवार घर्षण सक्रिय बल को घटाता है और निष्क्रिय बल को बढ़ाता है; Rankine सक्रिय में कुछ हद तक सुरक्षित पक्ष में है, निष्क्रिय में रूढ़िवादी (सुरक्षित) पक्ष में।

भराव: सतह क्षैतिज, प्रत्येक परत समांग; सर्पण सतहें समतल हैं। ढलानयुक्त भराव और झुकी हुई दीवार के लिए Rankine (ढलानयुक्त भराव) मॉड्यूल देखें।

प्रतिबल: प्रभावी प्रतिबल मूल आधार है; जल दाब अलग से जोड़ा जाता है, और मृत्तिका के लिए अनपवाहित (φ = 0) हल कुल प्रतिबल के साथ भी प्रयुक्त किया जा सकता है।

अधिभार: एकसमान वितरित भार है; स्ट्रिप, बिंदु और रेखा भार मॉड्यूल अलग से लिए जाते हैं।

भूकंप: Rankine स्थैतिक हल है; भूकंप के लिए Mononobe–Okabe और भूकंप में निष्क्रिय मॉड्यूल उपयोग किए जाते हैं।

सारांश

याद रखने योग्य बिंदु

अवस्थाएँ: सक्रिय (दीवार दूर हटती है) $\sigma'_a = K_a\sigma'_o - 2c'\sqrt{K_a}$; निष्क्रिय (दीवार को धकेला जाता है) $\sigma'_p = K_p\sigma'_o + 2c'\sqrt{K_p}$

गुणांक: $K_a = \tan^2(45° - \varphi'/2)$, $K_p = 1/K_a$; $K_a < K_0 = 1 - \sin\varphi' < K_p$

संसंजनहीन भराव: $P = \tfrac{1}{2}K\gamma H^2$, आधार से $H/3$ पर; बल H^2 के साथ बढ़ता है

अधिभार आयताकार खंड ($K\,q\,H$, भुजा $H/2$) जोड़ता है; **जल** φ' से स्वतंत्र पूर्ण $u = \gamma_w(z - H_1)$ जोड़ता है और बल को कई गुना बढ़ा देता है

परतों में σ'_o सतत होता है, σ'_a उस सीमा पर छलाँग लगाता है जहाँ φ' बदलता है; बल को भागों में बाँटकर, $\bar{z}$ को आघूर्ण लेकर ज्ञात किया जाता है

c'–φ' मृदा में $z_0 = 2c'/(\gamma\sqrt{K_a}) - q/\gamma$; तनन दरार की स्थिति में बल केवल धनात्मक त्रिभुज है, जो दरार-रहित बल से बड़ा होता है

निष्क्रिय दाब संसंजन के साथ बढ़ता है और इसमें तनन क्षेत्र नहीं होता; परंतु दीवार को सक्रिय की तुलना में **बहुत अधिक** गति करनी पड़ती है

संदर्भ

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

Rankine, W.M.J. (1857). On the stability of loose earth. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, 147, 9–27.

टिप्पणी

सभी संख्यात्मक उदाहरण मॉड्यूल के अपने गणना इंजन से तैयार किए गए हैं; मॉड्यूल वही मान देता है। मॉड्यूल उदाहरण 5 की दो परतों वाली दीवार के साथ खुलता है।

GeoTerva

ऑनलाइन भू-तकनीकी गणनाएँ

सिद्धांत से अनुप्रयोग तक

अपनी दीवार की परतें, अधिभार और भूजल स्तर 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।