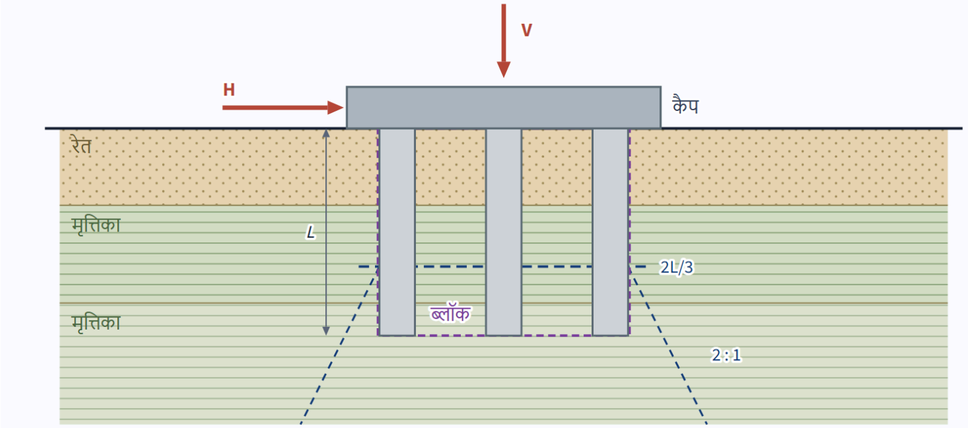
GeoTerva

भू-तकनीकी व्याख्यान स्लाइड · पाइल

पाइल समूह का विश्लेषण

व्याख्यान: एक कैप के नीचे पाइल समूह की प्रत्येक पाइल पर आने वाला भार, उसकी क्षमता, सेटलमेंट और पार्श्व भार के अंतर्गत व्यवहार; प्रत्येक विषय में हल किया गया उदाहरण।

दृढ़ कैप | समूह दक्षता · ब्लॉक | सेटलमेंट | पार्श्व भार: p-गुणक | हल किए गए उदाहरण



परिचय

इस व्याख्यान में हम क्या सीखेंगे?

- दृढ़ पाइल कैप के नीचे **प्रत्येक पाइल पर आने वाला भार** ज्ञात करना और तनन में कार्य करने वाली पाइल को पहचानना
- **एकल पाइल** की क्षमता को, समूह की क्षमता के आधार के रूप में, परत-दर-परत निर्मित करना
- **समूह दक्षता** (Converse–Labarre, Los Angeles, Seiler–Keeney; रेत में चालित और बोर की गई पाइल के नियम) को परत-दर-परत लागू करना
- समूह की **ब्लॉक विफलता** की जाँच करना और **छोटे मान** वाले को चुनना
- प्रत्यास्थ (Vesic) और **समेकन** सेटलमेंट (2:1 प्रसार) की गणना करना
- **पार्श्व भार** के अंतर्गत p-गुणकों और पंक्तियों के असमान हिस्सों की व्याख्या करना

व्याख्यान प्रवाह

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

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

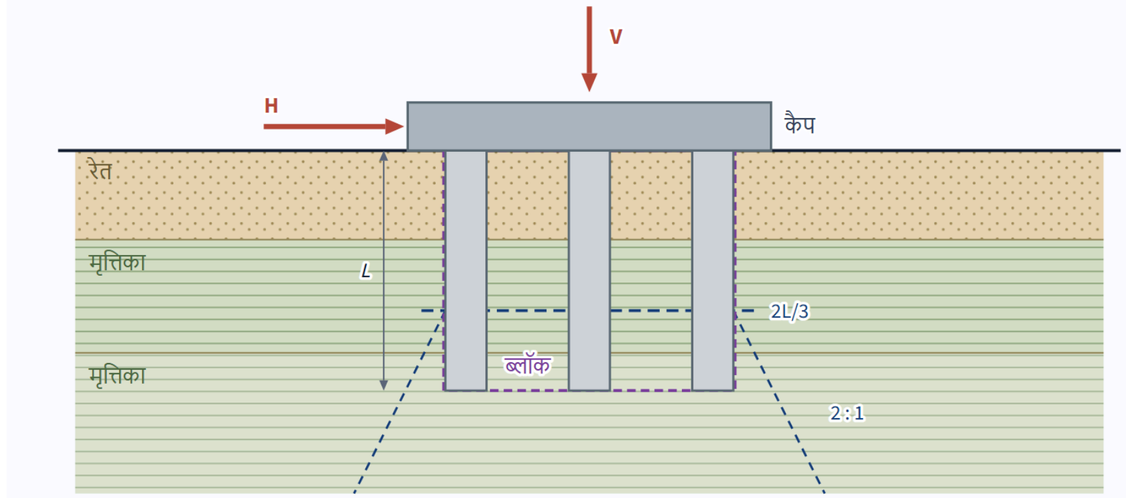
2 · **प्रश्न**: दिया गया है और ज्ञात करना है

3 · **हल**: चरण-दर-चरण, संख्याओं सहित

यह प्रस्तुति **स्तरित मृदा में पाइल** प्रस्तुति पर आधारित है: एकल पाइल की परत-दर-परत गणना वहाँ बताई गई थी, यहाँ हम समूह के भीतर उसकी स्थिति देखते हैं।

पाइल एक साथ कार्य करने पर क्या बदलता है?

सिद्धांत



पाइलें एक **कैप** के नीचे पंक्तियों में व्यवस्थित होती हैं; पास-पास होने पर बीच की और आसपास की मृदा को सभी की एक साथ सेवा करनी पड़ती है। तीन बातें बदलती हैं और मॉड्यूल प्रत्येक को अलग जाँच के रूप में लेता है:

क्षमता: बीच की मृदा प्रत्येक पाइल के शाफ्ट से प्रतिबलित होती है; प्रत्येक पाइल अकेले होने की तुलना में कम भार वहन करता है (दक्षता $\eta < 1$)। यदि मृदा कमज़ोर हो और पाइल पास-पास हों तो समूह और उनके बीच की मृदा एकल **ब्लॉक** के रूप में भी विफल हो सकती है।

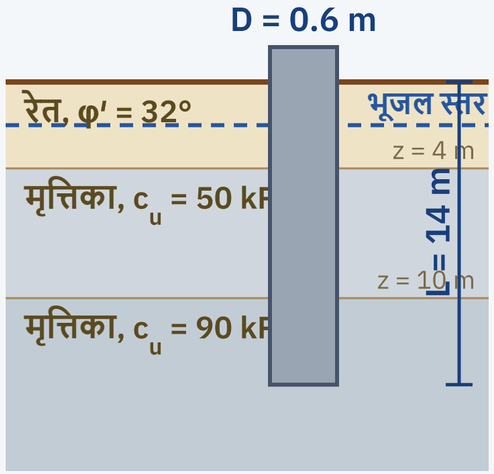
सेटलमेंट: समूह का भार एकल पाइल के नहीं, बल्कि **पूरे समूह के क्षेत्रफल** पर फैलता है और सिरों से बहुत नीचे की मृत्तिका परतों तक पहुँचता है; समूह का सेटलमेंट एकल पाइल से कहीं अधिक होता है।

पार्श्व भार: पिछली पंक्तियाँ उस मृदा में कार्य करती हैं जिसे पहले की पाइलों ने धकेला और विकृत किया है; अग्र पंक्ति अधिक भार लेती है और शेष पंक्तियाँ कम।

पूरे व्याख्यान में उपयोग किया जाने वाला समूह

उदाहरण समूह (वह मॉडल जिसके साथ मॉड्यूल खुलता है)

पाइल	**9 बोर की गई पाइल (व्यास D = 0.60 m, लंबाई L = 14 m), 3 पंक्तियाँ × 3 पाइल, कैप का तल मृदा में**
अंतराल	$s_x = s_y = 1.80\ \text{m}\ (3.0\,D)$
मृदा	**रेत 0–4 m (φ′ = 32°), मृत्तिका 4–10 m (c_u = 50), मृत्तिका 10–18 m (c_u = 90 kPa); γ = 18, γ_{sat} = 19 kN/m³**
भूजल	**2.0 m गहराई पर**
भार	$V = 1\,600\ \text{kN},\ H = 900\ \text{kN},\ M_y = 900\ \text{kN·m}$
सामग्री, सुरक्षा	$E_p = 30\,000\ \text{MPa},\ E_s = 30\ \text{MPa},\ \nu_s = 0.30;\ FS = 3$



अधिकांश उदाहरण इसी समूह से किए गए हैं; परिणाम मॉड्यूल के **मॉडल** टैब की संख्याओं के समान हैं।

दृढ़ कैप: पाइल समरूप स्प्रिंग हैं

सिद्धांत

पाइल कैप को दृढ़ और पाइलों को एक समान ऊर्ध्वाधर स्प्रिंग माना जाता है। दृढ़ कैप एक **समतल** की तरह गति करता है: उसका सेटलमेंट और घूर्णन ही एकमात्र अज्ञात हैं। इसलिए प्रत्येक पाइल पर आने वाला भार उसकी स्थिति का एक **रैखिक** फलन है (बोल्ट समूह नियम):

$$P_i = \frac{V}{n} + B\,x_i + C\,y_i$$

$$B = \frac{M_y}{\sum x^2} \qquad C = \frac{M_x}{\sum y^2} \qquad \left(\sum xy = 0\right)$$

$$\sum x^2 = n_y s_x^2 \,\frac{n_x(n_x^2 - 1)}{12}$$

M_y धनात्मक हो तो वह **+x** पक्ष (पार्श्व भार द्वारा धकेला गया, सामने का पक्ष) पर दाब जोड़ता है। आघूर्ण **कैप के तल पर** लिए जाते हैं: तल से h ऊँचाई पर भार H, $M_y = H\,h$ देता है।

यदि पाइलें स्टैगर्ड (त्रिकोणीय) विन्यास में लगी हों तो Σxy शून्य नहीं होता; मॉड्यूल योगों को पाइलों की स्थितियों से लेकर दोनों समीकरणों को एक साथ हल करता है।

सबसे बड़ा भार आगे की पाइलों पर और सबसे छोटा पीछे की पाइलों पर आता है; **यदि आघूर्ण बड़ा हो** तो पीछे की पाइल तनन में जाने की प्रवृत्ति दिखा सकती है।

प्रश्न

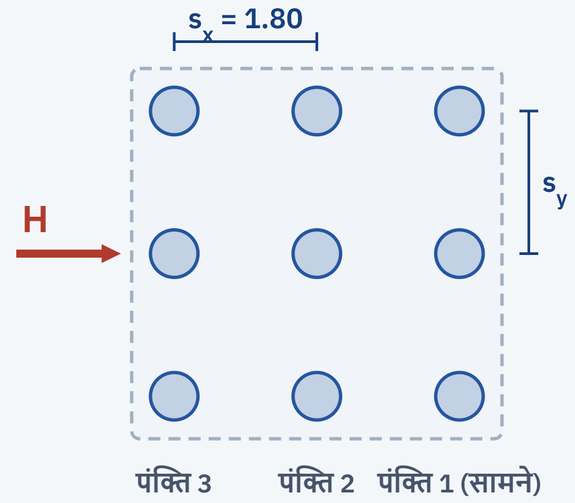
उदाहरण

दिया गया है

समूह	**9 बोर की गई पाइल, 3 पंक्ति × 3 पाइल, D = 0.60 m, L = 14 m, s = 1.80 m**
मृदा	**रेत 0–4 m (φ′ = 32°) · मृत्तिका 4–10 m (c_u = 50) · मृत्तिका 10–18 m (c_u = 90 kPa)**
भार	$V = 1\,600$ kN, $M_y = 900$ kN·m **(शीर्षक के आधार पर)**
शीर्षक	**दृढ़; सभी पाइल एक समान**

ज्ञात करना है

प्रत्येक पाइल पर आने वाला भार ज्ञात कीजिए। पंक्तियों को **आगे से** क्रमांकित किया जाता है (आगे = वह ओर जिसे पार्श्व भार धकेलता है, +x)।



हल (1/2)

हल

1 समान अंतराल

$$\frac{V}{n} = \frac{1\,600}{9} = \mathbf{177.8}\ \text{kN}$$

2 Σx^2 (सममित समूह, संवृत रूप)

$$\sum x^2 = n_y s_x^2\,\frac{n_x(n_x^2-1)}{12} = 3(1.8)^2\,\frac{3(9-1)}{12} = \mathbf{19.44}\ \text{m}^2$$

3 आघूर्ण गुणांक (चूँकि $M_x = 0$, अतः $C = 0$)

$$B = \frac{M_y}{\sum x^2} = \frac{900}{19.44} = \mathbf{46.30}\ \text{kN/m}$$

हल (2/2)

हल

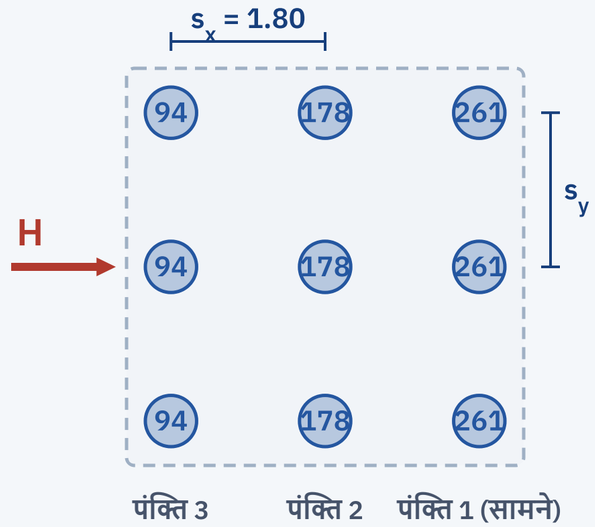
4 पंक्ति भार: P = V/n + B x (x = +1.8; 0; −1.8 m)

$$P_1 = 177.8 + 46.30(1.8) = \mathbf{261.1}\ \text{kN (अग्र)}$$

$$P_2 = \mathbf{177.8}\ \text{kN}$$

$$P_3 = 177.8 - 46.30(1.8) = \mathbf{94.4}\ \text{kN (पीछे)}$$

कुल: 3(261.1 + 177.8 + 94.4) = **1,600 kN** = V। सबसे बड़ा भार आगे की पाइलों पर (261.1 kN), सबसे छोटा पीछे वालों पर (94.4 kN) है; **कोई भी पाइल तनन में नहीं है**।



हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

यदि आघूर्ण अधिक है तो पिछले पाइल तनन में रहते हैं

सिद्धांत

यदि आघूर्ण ऊर्ध्वाधर भार की तुलना में बड़ा हो, तो आघूर्ण की विपरीत दिशा वाली पाइलें **भारमुक्त हो जाती हैं** और उन पर तनन आ सकता है। तनन को पाइल **केवल अपने शाफ्ट से** सहन करती है: मृत्तिका परत अपने पूर्ण मान से, रेत परत अपने संपीडन प्रतिरोध के **तीन-चौथाई** से; आधार कोई योगदान नहीं देता।

$$T_u = \sum_i \chi_i \, Q_{s,i} \qquad \chi = 1 \text{ (मृत्तिका)},\ \chi = 0.75 \text{ (रेत)}$$

$$T_g = \min(T_{ind},\, T_{block}) \quad T_{ind} = n_T \sum_i \eta_i \chi_i Q_{s,i}$$

एकल पाइल तनन में: $T_{max} \le T_u/FS$। तनन वाली पाइलें **एक साथ**: $\Sigma T \le T_g/FS$; ब्लॉक अपने भार और पार्श्व फलकों पर अपरूपण द्वारा टिका रहता है।

संपीडन में जाँच

$$P_{max} \le \frac{Q_u}{FS}$$

सबसे बड़ा पाइल भार **एकल पाइल** के अनुमेय भार से तुलना किया जाता है; समूह प्रभाव यहाँ नहीं है। आघूर्ण के अंतर्गत सबसे अधिक भारित पाइल V/n से अधिक भार लेता है और **समूह अपनी क्षमता के भीतर होने पर भी** यह पाइल अपने हिस्से को पार कर सकता है।

प्रश्न

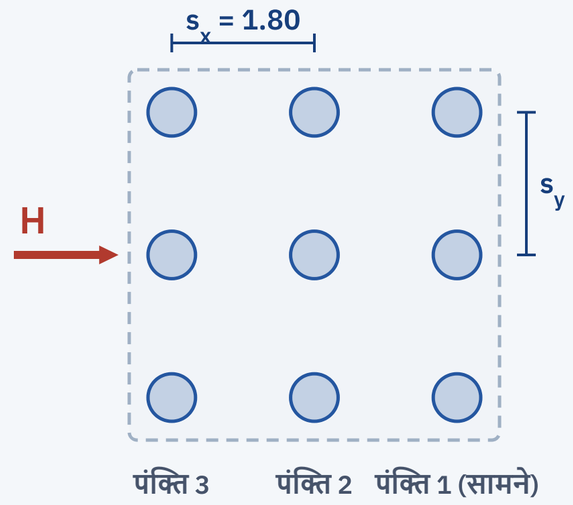
उदाहरण

दिया गया है

समूह	**9 बोर की गई पाइल, 3 पंक्ति × 3 पाइल, D = 0.60 m, L = 14 m, s = 1.80 m**
मृदा	**रेत 0–4 m (φ′ = 32°) · मृत्तिका 4–10 m (c_u = 50) · मृत्तिका 10–18 m (c_u = 90 kPa)**
भार	$V = 1\,600$ kN, **आघूर्ण बढ़ाया गया:** $M_y = 2\,400$ kN·m
एकल पाइल	**Q_s योगदान (उदाहरण 3): रेत 49.8, मृत्तिका 311.0, मृत्तिका 317.2 kN**
दक्षता	**रेत 0.767, मृत्तिका 0.727 (उदाहरण 5–6)**

ज्ञात करना है

भार ज्ञात कीजिए; तनन में पाइल की और तनन में पाइलों की **संयुक्त** क्षमता की FS = 3 के साथ जाँच कीजिए।



हल (1/2)

हल

1 भार ($B = M_y/\Sigma x^2$)

$$B = \frac{2\,400}{19.44} = 123.46 \text{ kN/m}$$

$$P_{front} = 177.8 + 123.46(1.8) = \mathbf{400.0} \text{ kN}$$

$$P_{rear} = 177.8 - 123.46(1.8) = \mathbf{-44.4} \text{ kN (तनाव)}$$

2 तनन में एकल पाइल की क्षमता (रेत × 0.75, मृत्तिका × 1)

$$T_u = 0.75(49.8) + 311.0 + 317.2 = \mathbf{665.6} \text{ kN} \quad \Rightarrow \quad \frac{T_u}{FS} = 221.9 \text{ kN}$$

तनन में पाइल: T_{max} = **44.4 kN** ≤ T_u/FS = 221.9 kN → **पर्याप्त**। तनन में पाइलों की संख्या 3 (पिछली पंक्ति) है, कुल तनन ΣT = 133.3 kN; समूह की जाँच अगले चरण में की जाती है।

हल (2/2)

हल

3 तनन में 3 पाइलों की संयुक्त क्षमता: प्रभावी शाफ्टों का योग × 3

$$T_{ind} = 3\left[\eta_s \chi_s Q_{s1} + \eta_c Q_{s2} + \eta_c Q_{s3}\right] = \mathbf{1{,}456}\ \text{kN}$$

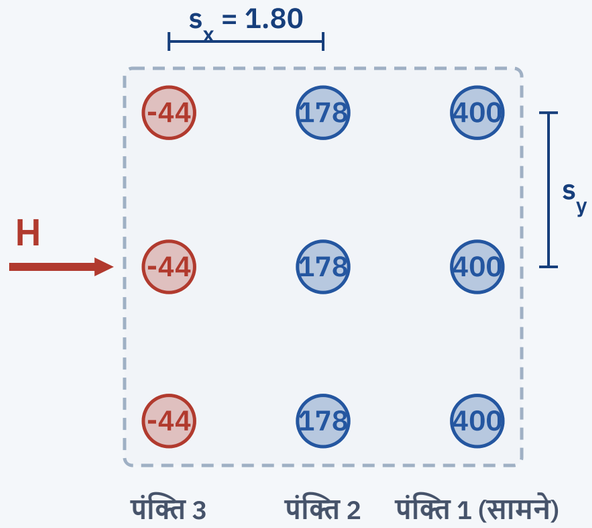
4 तनन ब्लॉक (3 पाइल, L_t = D = 0.6 m, B_t = 4.2 m): पार्श्व अपरूपण + ब्लॉक का भार

$$T_{block} = \sum \tau_i P_t \Delta L_i + W = 6{,}692 + 369 = \mathbf{7{,}061}\ \text{kN}$$

5 जाँच: न्यूनतम और FS

$$T_g = \min(1{,}456;\ 7{,}061) = 1{,}456\ \text{kN}$$

$$\sum T = 133.3 \le \frac{T_g}{3} = 485\ \text{kN} \ \Rightarrow\ \text{पर्याप्त}$$



हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

समूह क्षमता एकल पाइल की क्षमता पर आधारित होती है

सिद्धांत

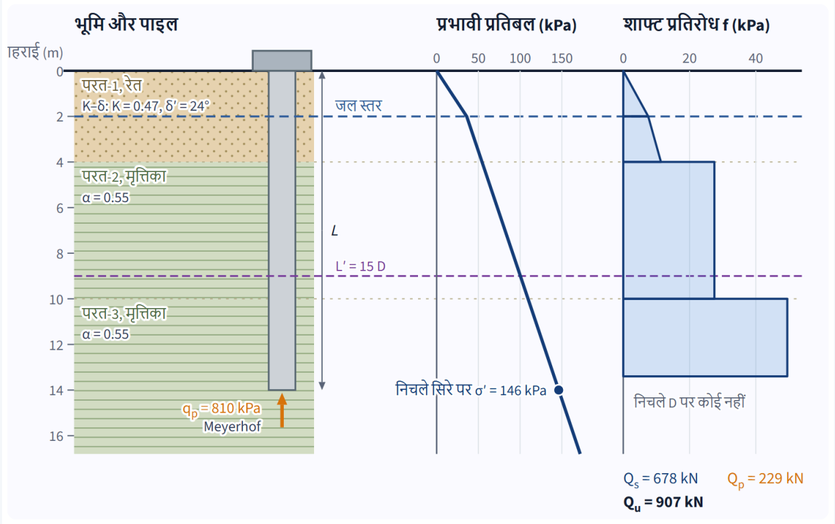
सबसे पहले समूह की एक पाइल का **अकेले** प्रतिरोध निकाला जाता है: प्रत्येक परत अपनी सामग्री के नियम से, **कोई प्रतिरोध इनपुट के रूप में नहीं दिया गया है**। नियम *परतदार मृदा में पाइल* प्रस्तुति के समान हैं:

$$Q_u = Q_s + Q_p \qquad Q_s = p\sum_i f_i\,\Delta L_i \qquad Q_p = A_b\,q_p$$

रेत: f = Kσ′tanδ′ (क्रांतिक गहराई L′ = 15D)। बोर की गई पाइल में **K = K₀ = 1 − sinφ′**, δ′ = 0.75φ′; चालित पाइल में K = 1.4K₀।

मृत्तिका: α, λ या β। बोर की गई पाइल में **α* = 0.55** ($c_u/p_a \le 1.5$) और **ऊपरी 1.5 m तथा निचली 1D** के अनुदिश α* = 0।

सिरा: सिरे जिस परत में स्थित है उसका नियम: रेत में $q'N^*_q \le q_l$, मृत्तिका में $9c_u$ (बोर की गई पाइल में Reese–O'Neill चुना जा सकता है)।



प्रश्न

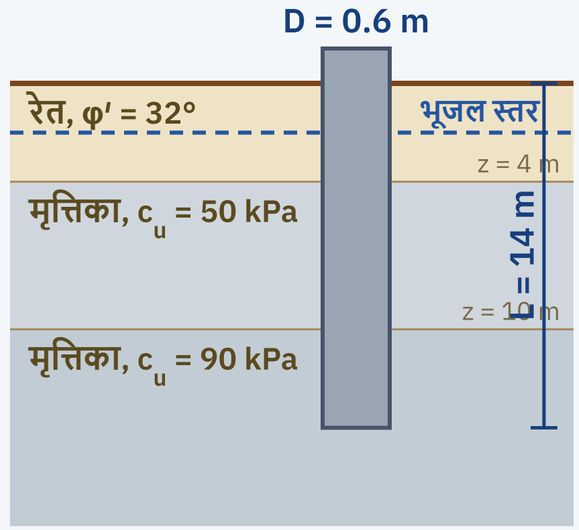
उदाहरण

दिया गया है

समूह	**9 बोर की गई पाइल, 3 पंक्ति × 3 पाइल, D = 0.60 m, L = 14 m, s = 1.80 m**
मृदा	**रेत 0–4 m ($\varphi' = 32°$) · मृत्तिका 4–10 m ($c_u = 50$) · मृत्तिका 10–18 m ($c_u = 90$ kPa)**
स्थापना	**बोर की गई पाइल: $K = K_0 = 0.47$, $\delta' = 0.75\varphi' = 24°$, $\alpha^* = 0.55$; सिरा: Meyerhof**
भूजल	**2.0 m**
इकाई भार	$\gamma = 18,\ \gamma_{sat} = 19$ kN/m^3

ज्ञात करना है

एकल पाइल के **शाफ्ट** प्रतिरोध को परत-दर-परत, **सिरा** प्रतिरोध को और Q_u के मान को ज्ञात कीजिए; $P_{max} \le Q_u/FS$ की जाँच कीजिए।



हल (1/3)

हल

1 रेत (0–4 m): L′ = 15D = 9 m > 4 m, कैप लागू नहीं; σ′(2) = 18(2) = 36.0 और σ′(4) = 36.0 + (19 − 9.81)(2) = 54.4 kPa

$$\bar{\sigma}' = \frac{126.4}{4} = 31.6 \text{ kPa}$$

$$f = K \tan\delta' \, \bar{\sigma}' = 0.47(0.4452)(31.6) = 6.61 \text{ kPa}$$

$$Q_{s1} = p \, f \, H = 1.885(6.61)(4) = \mathbf{49.8} \text{ kN}$$

हल (2/3)

हल

2 मृत्तिका (4–10 m): α* = 0.55 (c_u/p_a = 0.5 ≤ 1.5); विंडो 1.5 → L − D = 13.4 m परत को पूरी तरह आच्छादित करती है

$$f = 0.55(50) = 27.5 \text{ kPa} \qquad Q_{s2} = 1.885(27.5)(6) = \mathbf{311.0} \text{ kN}$$

3 मृत्तिका (10–14 m): विंडो 13.4 m पर समाप्त होती है → नीचे का 1D = 0.6 m छोड़ दिया जाता है, प्रभावी लंबाई 13.4 − 10 = 3.4 m

$$f = 0.55(90) = 49.5 \text{ kPa} \qquad Q_{s3} = 1.885(49.5)(3.4) = \mathbf{317.2} \text{ kN}$$

हल (3/3)

हल

4 शाफ्ट का योग और सिरा (सिरे की परत: मृत्तिका, c_u = 90 kPa, Meyerhof N^*_c = 9)

$$Q_s = 49.8 + 311.0 + 317.2 \approx \mathbf{678.1}\ \text{kN}$$

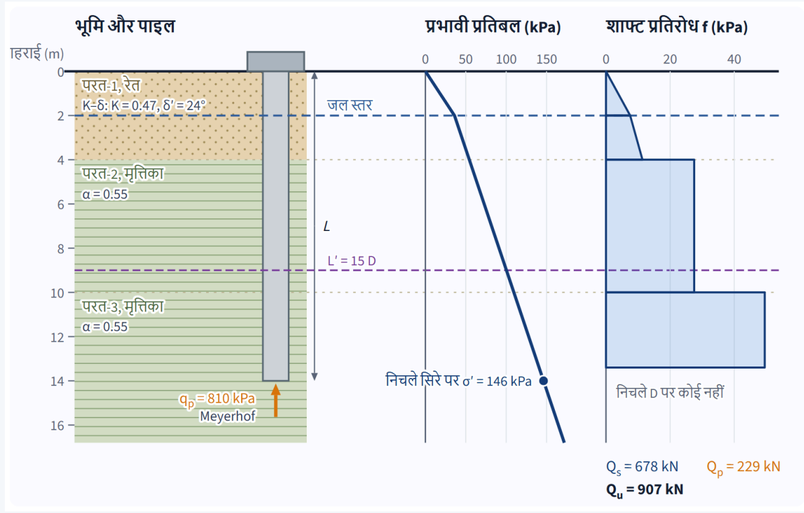
$$q_p = 9(90) = 810\ \text{kPa}$$

$$Q_p = A_b q_p = 0.2827(810) = \mathbf{229.0}\ \text{kN}$$

5 एकल पाइल की क्षमता और जाँच

$$Q_u = 678.1 + 229.0 = \mathbf{907.1}\ \text{kN}$$

$$\frac{Q_u}{FS} = 302.4\ \text{kN} \geq P_{max} = 261.1\ \text{kN} \Rightarrow \text{पर्याप्त}$$



हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

पास-पास की पाइलें अकेली होने की तुलना में कम भार वहन करती हैं

सिद्धांत

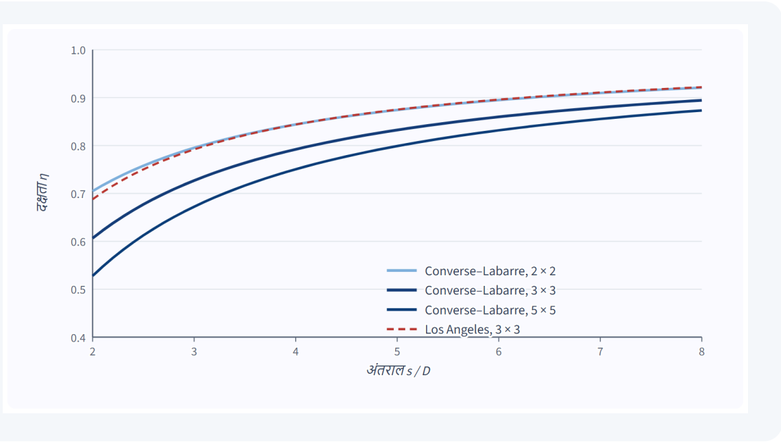
पाइल जैसे-जैसे पास आती हैं, प्रत्येक पाइल द्वारा अपरूपित और विकृत होने वाली मृदाएँ एक-दूसरे पर चढ़ जाती हैं। **समूह दक्षता** समूह की क्षमता का अलग-अलग पाइलों की क्षमताओं के योग से अनुपात है। स्रोत $n_1 \times n_2$ पाइलों वाले, D व्यास और d अंतराल के समूह के लिए तीन आनुभविक समीकरण देता है:

$$\eta = \frac{Q_{g(u)}}{\sum Q_u}$$

$$\eta_{CL} = 1 - \frac{\theta}{90}\,\frac{(n_1-1)n_2 + (n_2-1)n_1}{n_1 n_2}, \quad \theta = \tan^{-1}\frac{D}{d}\ \text{(डिग्री)}$$

Converse–Labarre **सटे हुए पाइल युग्मों** की गणना करता है: पंक्ति में आगे-पीछे $(n_1 - 1)n_2$ युग्म, अगल-बगल $(n_2 - 1)n_1$ युग्म; प्रत्येक अपनी दूरी के कोण $\theta = \tan^{-1}(D/d)$ के साथ।

मॉड्यूल मृत्तिका में इस समीकरण का उपयोग करता है; मृत्तिका परतों के शाफ्ट और जिस पाइल का सिरा मृत्तिका में है उसके आधार को इसके द्वारा घटाता है।



अंतराल बढ़ने पर दक्षता 1 के निकट पहुँचती है; 3 × 3 समूह में लगभग 3D पर 0.7 – 0.8।

अन्य दो समीकरण और सीमाएँ

सिद्धांत

संदर्भ स्रोत के अन्य दो समीकरण भी आयताकार समूह के लिए हैं। **Los Angeles** समीकरण और **Seiler–Keeney** समीकरण (d **ft** में):

$$\eta_{LA} = 1 - \frac{D}{\pi d\, n_1 n_2}\left[n_1(n_2-1) + n_2(n_1-1) + \sqrt{2}(n_1-1)(n_2-1)\right]$$

$$\eta_{SK} = \left[1 - \frac{11d}{7(d^2-1)}\,\frac{n_1+n_2-2}{n_1+n_2-1}\right] + \frac{0.3}{n_1+n_2}$$

Seiler–Keeney का 1 ft पर पोल है और 2 ft से नीचे यह अर्थहीन है; मॉड्यूल इसे **2 ft** से आगे देता है।

2.5D से छोटा अंतराल **चिह्नित किया जाता है**: घर्षण पाइलों के लिए स्रोत द्वारा दिया गया सबसे छोटा अंतराल यही है; समीकरण अधिक चौड़े अंतरालों के लिए लिखे गए हैं।

त्रिभुजाकार विन्यास में Converse–Labarre को आसन्न युग्मों की गणना करके लिखा जाता है; यह **मॉड्यूल का विस्तार** है और समान अंतराल वाले ग्रिड की तुलना में कम दक्षता देता है।

प्रश्न

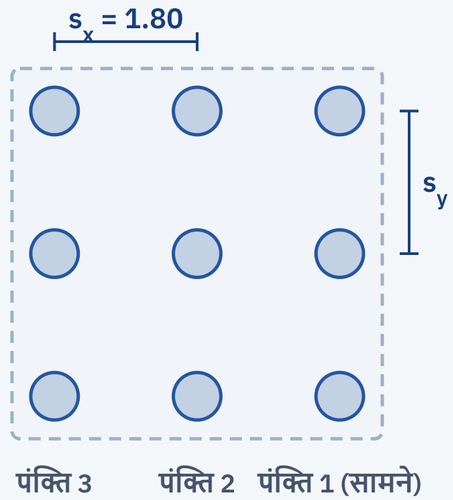
उदाहरण

ज्ञात करना है

समूह दक्षता **Converse–Labarre**, **Los Angeles** और **Seiler–Keeney** समीकरणों से ज्ञात कीजिए।

दिया गया है

समूह	**3 × 3 पाइल, D = 0.60 m, अंतराल d = 1.80 m (दोनों दिशाओं में)**
Seiler–Keeney	**d फ़ीट में: 1.80 m = 5.906 ft**



हल

हल

1 Converse–Labarre: θ = tan⁻¹(D/d); आसन्न युग्म: (2)(3) + (2)(3) = 12

$$\theta = \tan^{-1}\frac{0.6}{1.8} = 18.43^\circ\ ;\quad \eta_{CL} = 1 - \frac{18.43}{90}\cdot\frac{12}{9} = \mathbf{0.727}$$

2 Los Angeles

$$\eta_{LA} = 1 - \frac{0.6}{\pi(1.8)(9)}\left[3(2) + 3(2) + \sqrt{2}(2)(2)\right] = \mathbf{0.792}$$

3 Seiler–Keeney (d = 5,906 ft)

$$\eta_{SK} = \left[1 - \frac{11(5.906)}{7(5.906^2 - 1)}\cdot\frac{4}{5}\right] + \frac{0.3}{6} = \mathbf{0.831}$$

तीनों समीकरण 0.727 – 0.831 की सीमा में हैं। मॉड्यूल मृत्तिका में **Converse–Labarre** (0.727) का उपयोग करता है।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

रेत में दक्षता: समीकरण नहीं, नियम

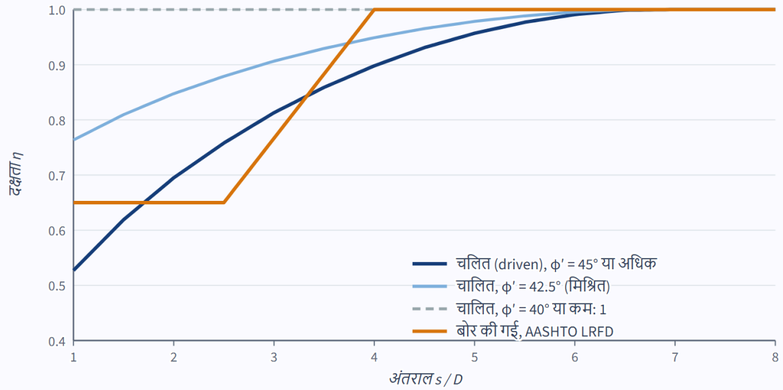
सिद्धांत

चालित पाइल ढीली या मध्यम सघन रेत को **संहत करती है**; ऐसी रेत में समूह पाइलों के योग जितना भार वहन करता है (प्रयोगों में उससे भी अधिक)। केवल सघन रेत में (φ′ > लगभग 40°) पाइलों के बीच निकट अंतराल क्षमता को घटाता है। चालित पाइल के लिए मॉड्यूल स्रोत का चार्ट लेता है और दक्षता को **कभी भी 1 से अधिक नहीं होने देता**:

- φ′ ≤ 40°: **η = 1**
- 40° < φ′ < 45°: 1 और 45° वक्र के बीच **रैखिक अंतर्वेशन**
- φ′ ≥ 45°: 45° वक्र (s/D = 7 पर 1.0; s/D = 1 पर 0.53)

बोर की गई पाइल मृदा को संपीडित नहीं करती, बल्कि ढीला भी कर सकती है। AASHTO LRFD समूह में प्रत्येक बोर की गई पाइल के प्रतिरोध को s/D = 2.5 पर **0.65** से और 4 पर **1.0** से गुणा करता है:

$$\eta = 0.65 + 0.35\,\frac{s/D - 2.5}{1.5} \qquad 2.5 \le s/D \le 4$$



रेत परत की दक्षता उस परत के शाफ्ट पर और उस पाइल के सिरा धारण पर लागू होती है जिसका आधार रेत में है। अंतराल: **दो पाइलों के बीच की न्यूनतम दूरी**।

प्रश्न

उदाहरण

दिया गया है

अंतराल	**s = 1.80 m, D = 0.60 m: s/D = 3.0**
बोर की गई पाइल	**रेत में AASHTO नियम**
चालित पाइल	**रेत, $\varphi' = 42^\circ$ (s/D = 3 पर 45° वक्र: $\eta_{45} = 0.813$)**

ज्ञात करना है

रेत की परत की दक्षता **बोर की गई** पाइल के लिए और φ′ = 42° वाली रेत में **चालित** पाइल के लिए ज्ञात कीजिए; φ′ = 35° के लिए क्या होता है?

हल

हल

1 बोर की गई पाइल (AASHTO): s/D = 3.0

$$\eta = 0.65 + 0.35\,\frac{3.0 - 2.5}{1.5} = \mathbf{0.767}$$

2 चालित पाइल, φ′ = 42°: भारांक w = (φ′ − 40)/5 और 45° वक्र

$$w = \frac{42 - 40}{5} = 0.4 \qquad \eta = 1 - w(1 - \eta_{45}) = 1 - 0.4(1 - 0.813) = \mathbf{0.925}$$

3 चालित पाइल, φ′ = 35°

$$\varphi' \le 40^\circ \;\Rightarrow\; \eta = \mathbf{1.000}$$

समान परास में **बोर की गई** पाइल रेत में 0.767 मान लेती है, जबकि **चालित** पाइल (ढीली–मध्यम रेत में) 1.00 मान लेती है: चालन संहनन करता है, बोरिंग संहनन नहीं करती।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

प्रत्येक परत का मापांक उसी मृदा का मापांक होता है

सिद्धांत

पाइल का शाफ्ट परत सीमाओं पर काट दिया जाता है और प्रत्येक खंड की गणना उसकी अपनी विधि से की जाती है। मृदा से संबंधित समूह प्रभाव भी **खंड-दर-खंड** लागू किया जाना चाहिए: किसी परत की दक्षता उस मृदा की दक्षता होती है, जबकि **आधार** उस मृदा की दक्षता लेता है जिस पर वह टिका है:

$$Q_{ind} = n \left(\sum_i \eta_i \, Q_{s,i} + \eta_b \, Q_p \right)$$

$$\eta_{group} = \frac{Q_{ind}}{\sum Q_u}$$

मृत्तिका परतें और जिस पाइल का सिरा मृत्तिका में है उसका आधार: Converse–Labarre।

रेत परत: चालित पाइल के लिए चार्ट, बोर की गई पाइल के लिए AASHTO नियम।

समूह की दक्षता कोई **इनपुट मान नहीं** है, बल्कि परतों के योगदानों का **भारित औसत** है: जो पाइल अपने भार का अधिकांश रेत से लेती है वह उस रेत का समूह प्रभाव दर्शाती है, जबकि मृत्तिका में लटकी हुई पाइल मृत्तिका का समूह प्रभाव दर्शाती है।

प्रश्न

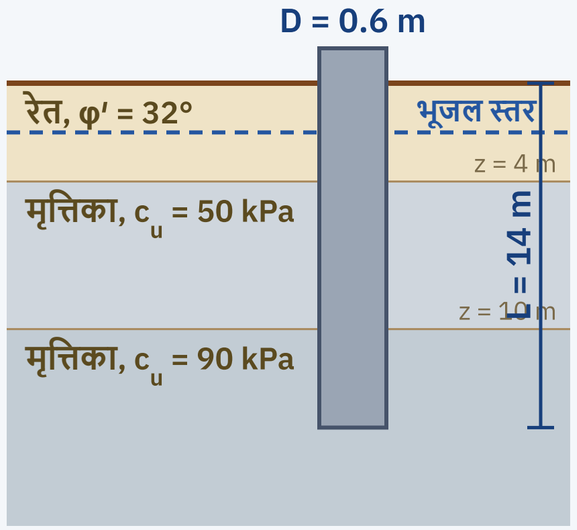
उदाहरण

दिया गया है

एकल पाइल (उदाहरण 3)	**Q_{s1} = 49.8 (रेत), Q_{s2} = 311.0, Q_{s3} = 317.2 (मृत्तिका), Q_p = 229.0 kN**
दक्षताएँ	**रेत (बोर की गई, s/D = 3): 0.767; मृत्तिका: 0.727; आधार (मृत्तिका): 0.727**
समूह	**9 पाइल**

ज्ञात करना है

Q_{ind} और **समूह दक्षता** $\eta = Q_{ind}/\Sigma Q_u$ क्या हैं?



हल

हल

1 प्रत्येक भाग का दक्ष योगदान (η Q): रेत शाफ्ट, मृत्तिका शाफ्ट 1, मृत्तिका शाफ्ट 2, आधार

$$0.767(49.8) = 38.2\ ; \quad 0.727(311.0) = 226.1$$
$$0.727(317.2) = 230.6\ ; \quad 0.727(229.0) = 166.5$$

2 एक पाइल की प्रभावी क्षमता और समूह

$$\sum \eta Q = 38.2 + 226.1 + 230.6 + 166.5 = \mathbf{661.4}\ \text{kN}$$
$$Q_{ind} = 9(661.4) \approx \mathbf{5{,}952}\ \text{kN}$$

3 समूह दक्षता

$$\eta = \frac{Q_{ind}}{n\,Q_u} = \frac{5{,}952}{9(907.1)} = \mathbf{0.729}$$

समूह, पाइलों के अलग-अलग कार्य करने पर प्राप्त योग का **73%** वहन करता है (रेत η = 0.767, मृत्तिका η = 0.727)।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

समूह गहरी नींव की तरह विफल हो सकता है

सिद्धांत

पाइल पास-पास हों तो समूह और उनके बीच की मृदा **साथ-साथ** नीचे जा सकती है: L_g × B_g माप और L गहराई वाली एक गहरी नींव। इसकी क्षमता चारों पार्श्वों पर **अपरूपण** और आधार के नीचे की **धारण** का योग है:

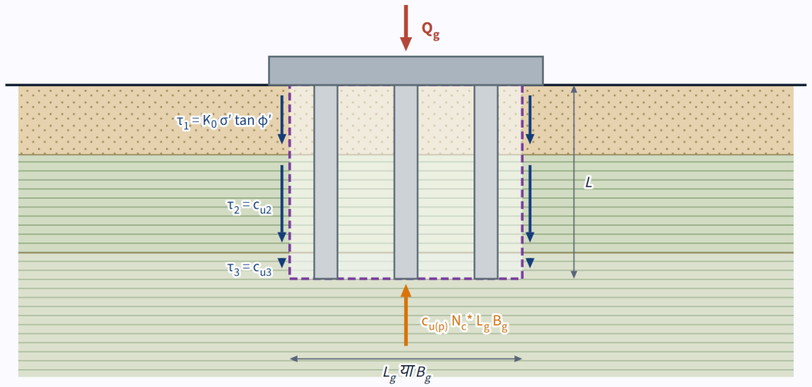
$$Q_{block} = \sum_i \tau_i \, P_b \, \Delta L_i + q_b \, L_g B_g \qquad P_b = 2(L_g + B_g)$$

मृत्तिका का पार्श्व फलक: τ = c_u (मृदा मृदा पर फिसलती है, α से घटाया नहीं जाता)।

रेत का पार्श्व फलक (मॉड्यूल द्वारा स्रोत से किया गया विस्तार): τ = $K_0 \sigma' \tan\varphi'$, $K_0 = 1 - \sin\varphi'$।

मृत्तिका आधार: $q_b = c_u N^*_c$; N^*_c चार्ट से, L/B_g और L_g/B_g के अनुसार। **रेत आधार**: nQ_p।

$$Q_{g(u)} = \min(Q_{ind},\, Q_{block}) \qquad Q_{all} = \frac{Q_{g(u)}}{FS}$$



प्रश्न

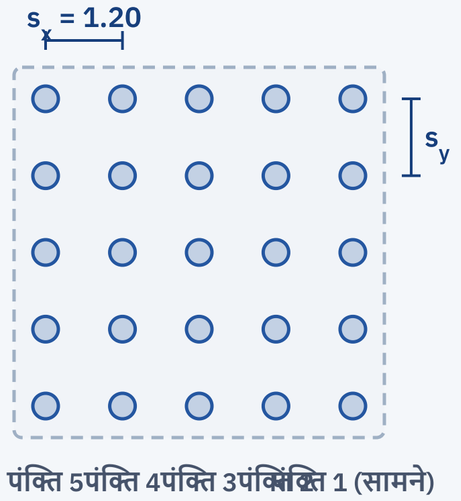
उदाहरण

दिया गया है

समूह	9 बोर की गई पाइल, 3 पंक्ति × 3 पाइल, D = 0.60 m, L = 14 m, s = 1.80 m
मृदा	रेत 0–4 m (φ′ = 32°) · मृत्तिका 4–10 m (c_u = 50) · मृत्तिका 10–18 m (c_u = 90 kPa)
ब्लॉक	$L_g = B_g = (3 - 1)(1.8) + 0.6$
पार्श्व फलक	रेत: $\tau = K_0 \sigma'_v \tan\varphi'$ (σ'_v = 31.6 kPa); मृत्तिका: $\tau = c_u$
आधार	मृत्तिका, c_u = 90 kPa; N^*_c चार्ट से (L_g/B_g = 1)
व्यक्तिगत	Q_{ind} = 5,952 kN (उदाहरण 6); V = 1,600 kN, FS = 3

ज्ञात करना है

Q_{block} का मान, समूह की क्षमता और उसका अनुमेय भार ज्ञात कीजिए।



हल (1/2)

हल

1 ब्लॉक के आयाम और परिमाप

$$L_g = B_g = 4.2 \text{ m} \qquad P_b = 2(L_g + B_g) = \mathbf{16.8} \text{ m}$$

2 पार्श्व फलकों पर अपरूपण (τ P_b ΔL)

$$\text{रेत} : \tau = K_0 \bar{\sigma}' \tan\varphi' = 0.470(31.6)(0.6249) = 9.28 \;\Rightarrow\; 624 \text{ kN}$$

$$\text{मृत्तिका } 1 : \tau = 50 \;\Rightarrow\; 50(16.8)(6) = 5{,}040 \text{ kN}$$

$$\text{मृत्तिका } 2 : \tau = 90 \;\Rightarrow\; 90(16.8)(4) = 6{,}048 \text{ kN}$$

हल (2/2)

हल

3 तल: $L/B_g = 14/4.2 = 3.33$ और $L_g/B_g = 1$ के लिए चार्ट से N^*_c

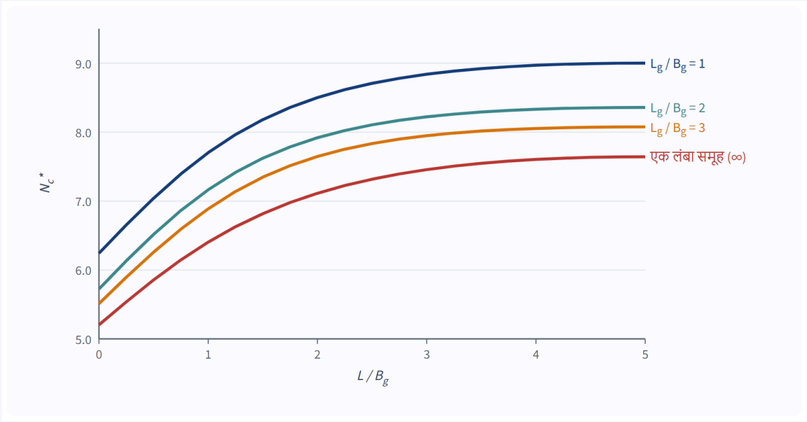
$$q_b L_g B_g = c_u N_c^* \, L_g B_g = 90(8.90)(17.64) = \mathbf{14{,}126}\ \text{kN}$$

4 ब्लॉक क्षमता, समूह की क्षमता और अनुमेय भार

$$Q_{block} = 11{,}712 + 14{,}126 = 25{,}838\ \text{kN}$$

$$Q_{g(u)} = \min(5{,}952;\ 25{,}838) = \mathbf{5{,}952}\ \text{kN}$$

$$Q_{all} = \frac{5{,}952}{3} = 1{,}984\ \text{kN} \geq V = 1\,600\ \text{kN}$$



ब्लॉक क्षमता व्यक्तिगत योग की **4 गुना से अधिक** है: इस समूह में **व्यक्तिगत पाइल निर्णायक** हैं (व्यक्तिगत)। ब्लॉक पास-पास अंतराल वाले और अनेक पाइल वाले समूहों में प्रभावी होता है; चार्ट बगल में दिया गया है।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

प्रश्न

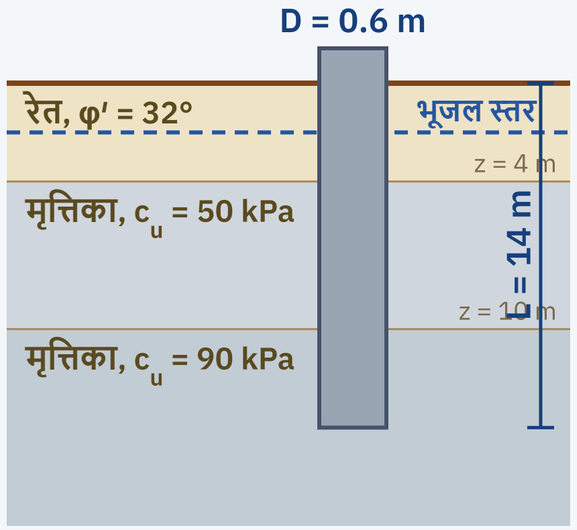
उदाहरण

दिया गया है

समूह	**5 × 5 चालित पाइल, D = 0.40 m, s = 1.20 m (3D), L = 12 m**
मृदा	**एकल रेत, φ′ = 32°, γ = 18, γ_{sat} = 19 kN/m³, भूजल 3 m पर**
एकल पाइल	**Q_s = 285.7, Q_p = 318.0 kN (चालित पाइल, K–δ और Meyerhof)**
दक्षता	**चालित पाइल, φ′ < 40° वाली रेत में: η = 1**

ज्ञात करना है

Q_{ind} और Q_{block} मानों की तुलना करके समूह की क्षमता ज्ञात कीजिए।



हल (1/2)

हल

1 व्यक्तिगत पाइल (η = 1)

$$Q_{ind} = n\,Q_u = 25(603.7) = \mathbf{15{,}094}\ \text{kN}$$

2 ब्लॉक: $L_g = B_g = 4(1.2) + 0.4 = 5.2$ m; σ′(3) = 54.0, σ′(12) = 136.7 kPa

$$P_b = 2(5.2 + 5.2) = 20.8\ \text{m} \qquad \bar{\sigma}' = \frac{939.2}{12} = 78.3\ \text{kPa}$$

$$\tau = K_0 \bar{\sigma}' \tan\varphi' = 0.470(78.3)(0.6249) = 22.99\ \text{kPa}$$

$$\text{पार्श्व सर्पण} = 22.99(20.8)(12) = \mathbf{5{,}738}\ \text{kN}$$

हल (2/2)

हल

3 ब्लॉक का तल रेत में: तल पाइलों के सिरा प्रतिरोधों का योग है

$$\text{आधार} = nQ_p = 25(318.0) = \mathbf{7{,}950}\ \text{kN} \qquad Q_{block} = 5{,}738 + 7{,}950 = \mathbf{13{,}689}\ \text{kN}$$

4 समूह की क्षमता और दक्षता

$$Q_{block} = 13{,}689 \ < \ Q_{ind} = 15{,}094$$

$$Q_{g(u)} = \mathbf{13{,}689}\ \text{kN} \qquad \eta_{group} = \frac{13{,}689}{15{,}094} = \mathbf{0.907}$$

यहाँ **ब्लॉक निर्णायक है**: बड़े समूह में पाइलों के शाफ्ट प्रतिरोध का योग समूह की बाहरी परिधि की सर्पण क्षमता से अधिक होता है। यद्यपि पाइलें अलग-अलग η = 1.00 दिखाती हैं, समूह की क्षमता व्यक्तिगत योग की **91%** है।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

Vesic: तीन भाग, फिर समूह

सिद्धांत

एकल पाइल अपनी लंबाई के छोटा होने से, आधार के नीचे की मृदा और शाफ्ट से भारित मृदा के संपीडन से सेटल होता है। Vesic (1969) इन तीनों भागों को कार्य भार Q_w के लिए जोड़ता है (Q_{ws} शाफ्ट का, Q_{wp} आधार का हिस्सा है):

$$s_e = s_{e1} + s_{e2} + s_{e3}$$

$$s_{e1} = \frac{(Q_{wp} + \xi Q_{ws})L}{A_p E_p} \qquad s_{e2} = \frac{q_{wp} D}{E_s}(1 - \mu_s^2) I_{wp}$$

$$s_{e3} = \frac{Q_{ws}}{pL}\frac{D}{E_s}(1 - \mu_s^2) I_{ws} \qquad I_{ws} = 2 + 0.35\sqrt{L/D}$$

$$S_{g(e)} = \sqrt{\frac{B_g}{D}}\, s_e$$

कार्य भार Q_w = V/n; मॉड्यूल इसे शाफ्ट और आधार के बीच **Q_s : Q_p** के अनुपात में बाँटता है।

समान पाइल भार के अंतर्गत समूह एकल पाइल की तुलना में **$\sqrt{B_g/D}$** गुना अधिक बैठता है (रेत में पाइलों के लिए Vesic का आनुभविक संबंध)।

ξ: शाफ्ट प्रतिरोध का वितरण, 0.5 (एकसमान) और 0.67 (गहराई के साथ बढ़ता) के बीच; I_{wp} = 0.85।

प्रश्न

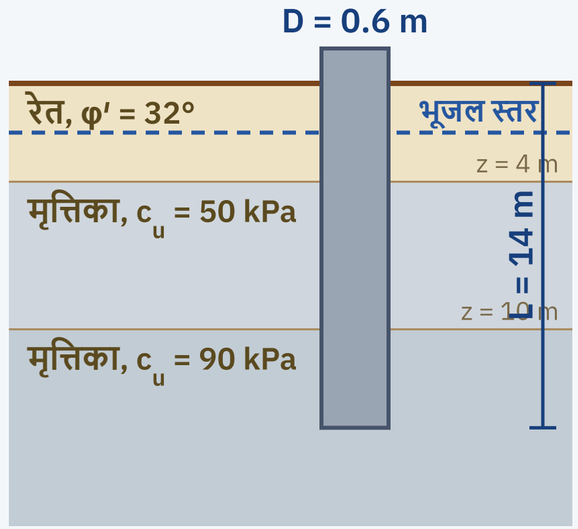
उदाहरण

दिया गया है

समूह	**9 बोर की गई पाइल, 3 पंक्ति × 3 पाइल, D = 0.60 m, L = 14 m, s = 1.80 m**
मृदा	**रेत 0–4 m (φ′ = 32°) · मृत्तिका 4–10 m (c_u = 50) · मृत्तिका 10–18 m (c_u = 90 kPa)**
कार्य भार	**Q_w = V/n = 177.8 kN; Q_s : Q_p = 678.1 : 229.0 (उदाहरण 3)**
सामग्री	$E_p = 30\,000$ MPa, $E_s = 30$ MPa, $\nu_s = 0.30$, $\xi = 0.6$, $I_{wp} = 0.85$

ज्ञात करना है

एकल पाइल का प्रत्यास्थ सेटलमेंट तीन भागों में तथा **समूह** का प्रत्यास्थ सेटलमेंट ज्ञात कीजिए।



हल (1/2)

हल

1 कार्यकारी भार का वितरण

$$Q_{ws} = Q_w \frac{Q_s}{Q_u} = 177.8 \frac{678.1}{907.1} = 132.9 \text{ kN} \qquad Q_{wp} = 177.8 - 132.9 = 44.9 \text{ kN}$$

2 पाइल का संकुचन

$$s_{e1} = \frac{(44.9 + 0.6(132.9))(14)}{(0.2827)(30\,000\,000)} = 0.21 \text{ mm}$$

3 आधार

$$q_{wp} = \frac{Q_{wp}}{A_b} = 158.7 \text{ kPa} \quad s_{e2} = \frac{158.7(0.6)}{30\,000}(1 - 0.3^2)(0.85) = 2.46 \text{ mm}$$

हल (2/2)

हल

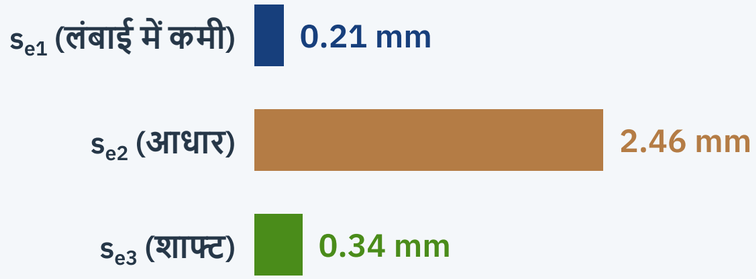
4 शाफ्ट: $I_{ws} = 2 + 0.35\sqrt{(14/0.6)} = 3.69$

$$s_{e3} = \frac{132.9}{(1.885)(14)} \cdot \frac{0.6}{30\,000}(0.91)(3.69) = 0.34 \text{ mm}$$

5 एकल पाइल और समूह

$$s_e = 0.21 + 2.46 + 0.34 \approx 3.00 \text{ mm}$$

$$S_{g(e)} = \sqrt{\frac{B_g}{D}}\, s_e = \sqrt{\frac{4.2}{0.6}}(3.00) = \mathbf{7.9} \text{ mm}$$



सेटलमेंट का **82%** आधार घटक (s_{e2}) से आता है; कुल प्रत्यास्थ सेटलमेंट **7.9 mm** है। मृत्तिका परतों का मुख्य सेटलमेंट अगले चरण में: समेकन।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

मृत्तिका परतों का धीमा और बड़ा सेटलमेंट

सिद्धांत

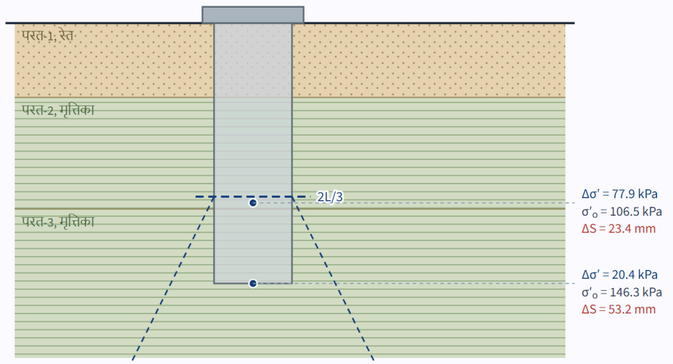
कैप के नीचे की मृत्तिका परतों में सेटलमेंट धीरे-धीरे और अधिकांशतः **समेकन (कंसोलिडेशन)** द्वारा होता है। स्रोत समूह का भार कैप स्तर से **2L/3 नीचे** स्थित एक समतुल्य फ़ुटिंग पर लगाता है (पाइलों ने भार का एक भाग ऊपर की मृदा को स्थानांतरित कर दिया है) और उसके नीचे उसे **2 ऊर्ध्वाधर : 1 क्षैतिज** के अनुपात में फैलाता है। किसी मृत्तिका परत के मध्य में, 2L/3 स्तर से z नीचे, जुड़ने वाला प्रतिबल:

$$\Delta\sigma'_i = \frac{Q_g}{(B_g + z_i)(L_g + z_i)}$$

$$\Delta S_i = \frac{C_c H_i}{1 + e_0} \log \frac{\sigma'_o + \Delta\sigma'_i}{\sigma'_o} \quad \text{(NC)}$$

अति-समेकित मृत्तिका में पूर्व-समेकन प्रतिबल तक C_s (न दिए जाने पर $C_c/5$) और उससे आगे C_c प्रयुक्त होता है।

मृत्तिका परत के 2L/3 **के नीचे** का भाग गणना में लिया जाता है; σ'_o इस भाग के मध्य में, परत और जल स्तर के अनुसार लिया जाता है। $S_c = \Sigma \Delta S_i$।



प्रश्न

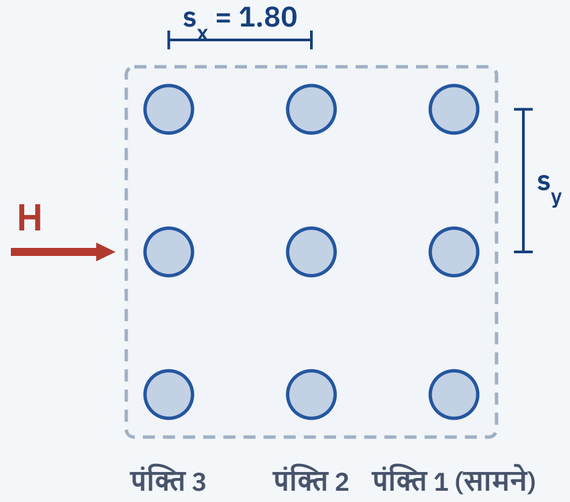
उदाहरण

दिया गया है

समूह	**9 बोर की गई पाइल, 3 पंक्ति × 3 पाइल, D = 0.60 m, L = 14 m, s = 1.80 m**
मृदा	**रेत 0–4 m (φ′ = 32°) · मृत्तिका 4–10 m (c_u = 50) · मृत्तिका 10–18 m (c_u = 90 kPa)**
भार	$Q_g = V = 1\,600$ kN; **ब्लॉक** $L_g = B_g = 4.2$ m
मृत्तिका 1 (4–10 m)	$e_0 = 0.90,\ C_c = 0.28$ **(NC)**
मृत्तिका 2 (10–18 m)	$e_0 = 0.70,\ C_c = 0.20$ **(NC)**

ज्ञात करना है

2L/3 स्तर ज्ञात करके **प्रत्येक मृत्तिका परत** (2L/3 के नीचे के भाग) का सेटलमेंट तथा कुल समेकन सेटलमेंट की गणना कीजिए।



हल (1/2)

हल

1 2L/3 स्तर (कैप के आधार से)

$$z_0 = \frac{2L}{3} = \frac{2(14)}{3} = \mathbf{9.33}\ \text{m} \Rightarrow$$ मृत्तिका 1 का 9.33–10 m भाग और मृत्तिका 2 पूरी गणना में आती है

2 मृत्तिका 1 (4–10 m): 9.33–10 m, H = 0.67 m; मध्य बिंदु 9.67 m, z = 0.33 m

$$\Delta\sigma' = \frac{1\,600}{(4.2+0.33)(4.2+0.33)} = 77.9\ \text{kPa} \qquad \sigma'_o = 106.5\ \text{kPa}$$

$$\Delta S = \frac{0.28(0.67)}{1+0.90}\log\frac{106.5+77.9}{106.5} = \mathbf{23.4}\ \text{mm}$$

हल (2/2)

हल

3 मृत्तिका 2 (10–18 m): 10.00–18 m, H = 8.00 m; मध्य बिंदु 14.00 m, z = 4.67 m

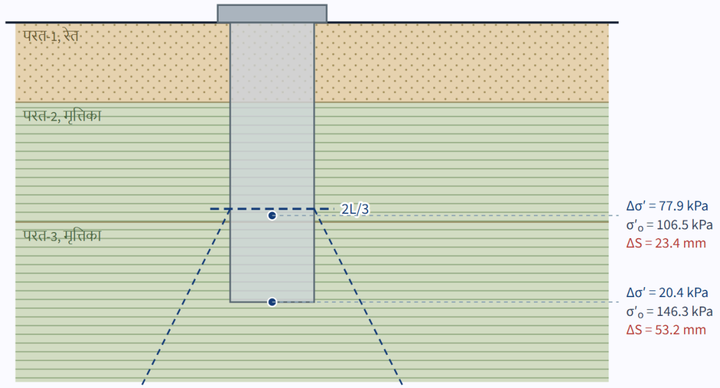
$$\Delta\sigma' = \frac{1\,600}{(4.2+4.67)(4.2+4.67)} = 20.4 \text{ kPa} \qquad \sigma'_o = 146.3 \text{ kPa}$$

$$\Delta S = \frac{0.20(8.00)}{1+0.70}\log\frac{146.3+20.4}{146.3} = \mathbf{53.2} \text{ mm}$$

4 कुल समेकन सेटलमेंट और प्रत्यास्थ अंश के साथ उसका संयोजन

$$S_c = 23.4 + 53.2 = \mathbf{76.7} \text{ mm}$$

$$S = S_{g(e)} + S_c = 7.9 + 76.7 = \mathbf{84.6} \text{ mm}$$



सेटलमेंट का **91%** समेकन से आता है, और उसका 69% 10–18 m की मृत्तिकाओं से: समूह के सेटलमेंट को सिरों से **बहुत नीचे** की मोटी मृत्तिका निर्धारित करती है; एकल पाइल का सेटलमेंट यह नहीं दर्शाता।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

पीछे की पंक्तियाँ आगे की पंक्तियों की छाया में रहती हैं

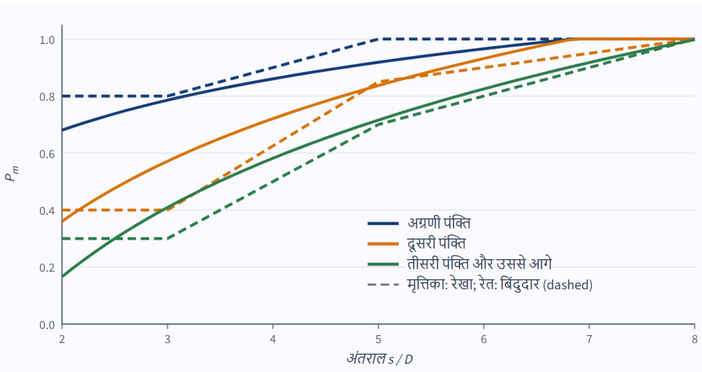
सिद्धांत

पार्श्व भार में पाइल मृदा को धकेलती है और मृदा पाइल की लंबाई के अनुदिश प्रतिक्रिया देती है (पार्श्व मॉड्यूल में p–y वक्र)। जब पाइलें भार की दिशा में **एक के पीछे एक** खड़ी होती हैं, तो प्रत्येक उस मृदा में कार्य करती है जो अपने सामने की पाइल द्वारा प्रतिबलित कर दी गई और धकेली गई है। परीक्षण (Brown et al. 1988; McVay et al. 1995; Rollins et al. 2006) दर्शाते हैं कि समूह में p–y वक्र अपना आकार बनाए रखता है, किंतु एक **p-गुणक P_m** द्वारा छोटा हो जाता है; यह गुणक पंक्ति और अंतराल पर निर्भर करता है:

$$p_{group}(y) = P_m \; p_{single}(y)$$

मृत्तिका (Rollins):

$$P_{m1} = 0.26 \ln \frac{s}{D} + 0.5$$
$$P_{m2} = 0.52 \ln \frac{s}{D}$$
$$P_{m3} = 0.60 \ln \frac{s}{D} - 0.25$$



रेत: AASHTO LRFD गुणक (3D और 5D पर: 0.8·0.4·0.3 और 1.0·0.85·0.7; बीच में रैखिक)।

स्तरित मृदा में **प्रत्येक परत** का p–y वक्र उस परत के मृदा प्रकार के गुणक से स्केल किया जाता है। यदि भार **उत्क्रमित** होता है, तो प्रत्येक पंक्ति समूह के पंक्ति गुणकों का औसत लेती है।

प्रश्न

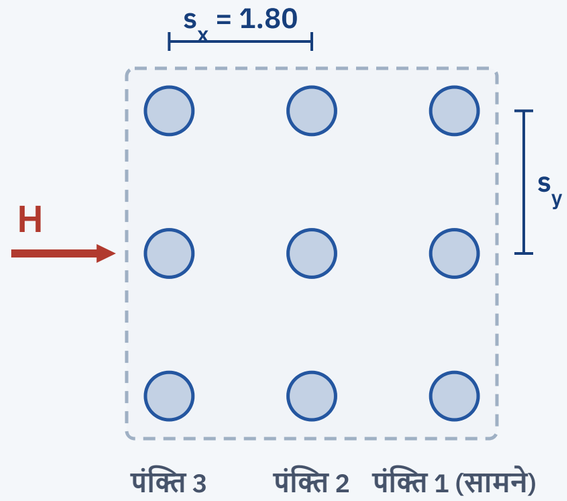
उदाहरण

ज्ञात करना है

मृत्तिका परत के लिए तीनों पंक्तियों के **p-गुणक** ज्ञात कीजिए; यदि भार **उत्क्रमित** हो तो मृत्तिका और रेत के लिए पंक्तियों का औसत गुणक क्या होगा?

दिया गया है

अंतराल (भार की दिशा में)	**s_x = 1.80 m, D = 0.60 m: s/D = 3**
मृत्तिका	**Rollins और सहयोगी (2006) के समीकरण**
रेत	**AASHTO LRFD: 3D में $P_m = 0.8 \cdot 0.4 \cdot 0.3$**



हल

हल

1 मृत्तिका: ln(s/D) = ln 3 = 1.099

$$P_{m1} = 0.26(1.099) + 0.5 = \mathbf{0.786}$$

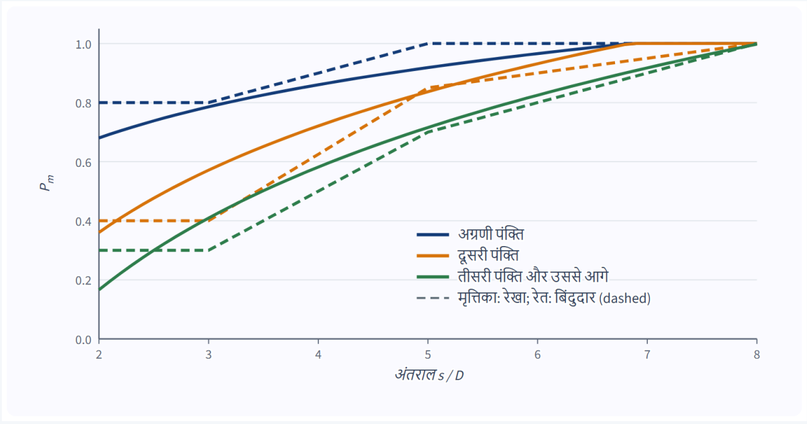
$$P_{m2} = 0.52(1.099) = \mathbf{0.571}$$

$$P_{m3} = 0.60(1.099) - 0.25 = \mathbf{0.409}$$

2 उत्क्रमणीय भार: पंक्तियों का औसत

$$\bar{P}_{m,clay} = \frac{0.786 + 0.571 + 0.409}{3} = \mathbf{0.589}$$

$$\bar{P}_{m,sand} = \frac{0.8 + 0.4 + 0.3}{3} = \mathbf{0.500}$$



अग्र पंक्ति वक्र का लगभग 79% बनाए रखती है, तीसरी और आगे की पंक्तियाँ केवल 41% (मृत्तिका में); रेत में 80% और 30%। जैसे-जैसे अंतराल बढ़ता है, गुणक 1 के निकट आते जाते हैं (5D पर रेत 1.0 · 0.85 · 0.7)।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

पाइल कैप एक ही विस्थापन करता है

सिद्धांत

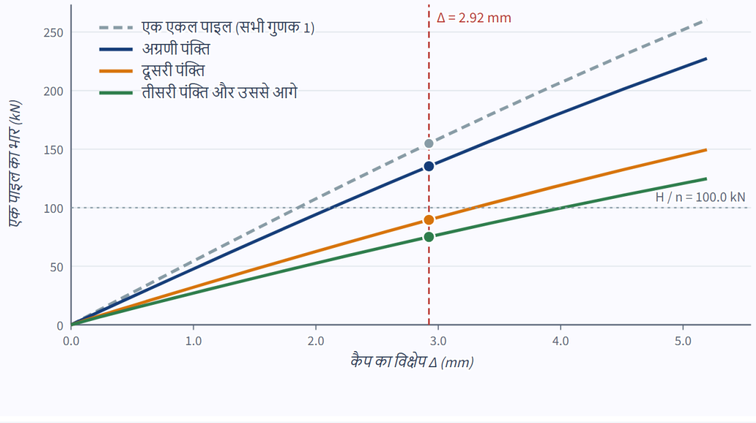
कैप दृढ़ है और उसका घूर्णन रोका गया है: **प्रत्येक पाइल शीर्ष समान Δ** से विस्थापित होता है; किंतु p–y वक्र भिन्न-भिन्न स्केल किए जाने के कारण पंक्तियाँ भिन्न भार वहन करती हैं। मॉड्यूल वह Δ ज्ञात करता है जिस पर पंक्तियों के भारों का योग कैप पर लगे भार के बराबर हो जाता है:

$$\sum_{k=1}^{n_x} n_y \, H_k(\Delta) = H$$

k-वीं पंक्ति की पाइल **पार्श्व पाइल मॉड्यूल** की एकल पाइल है (परिमित अवयव + Newton); इसके वक्र उस पंक्ति के गुणकों से स्केल किए जाते हैं।

विस्थापन **नियंत्रित** है: पाइल शीर्ष को Δ पर रोका जाता है और उसकी प्रतिक्रिया पढ़ी जाती है; इस प्रकार नरम होने वाले (चक्रीय मृत्तिका) वक्र का शिखर बिंदु भी देखा जा सकता है।

समूह जितना अधिकतम भार वहन कर सकता है, वह पंक्ति-योग का **प्रथम शिखर** है; यदि अपेक्षित भार इससे अधिक है तो मॉड्यूल इसकी सूचना देता है।



प्रश्न

उदाहरण

दिया गया है

हल (मॉड्यूल)	**Δ = 2.92 mm; प्रति पाइल भार: पहली पंक्ति 135.3, दूसरी पंक्ति 89.6, तीसरी पंक्ति 75.1 kN**
एकल पाइल	**Δ पर 154.8 kN वहन करता है; 100 kN के अंतर्गत 1.85 mm विस्थापित होता है**
भार	**H = 900 kN, n = 9: समान हिस्सा H/n = 100 kN**

ज्ञात करना है

संतुलन की जाँच कीजिए; पाइल कैप के विस्थापन का एकल पाइल के विस्थापन से अनुपात और **पार्श्व भार के अंतर्गत समूह दक्षता** ज्ञात कीजिए।

हल

हल

1 संतुलन: $\Sigma n_\gamma H_k = H$

$$3(135.3 + 89.6 + 75.1) = \mathbf{900}\ \text{kN} = H\ \checkmark$$

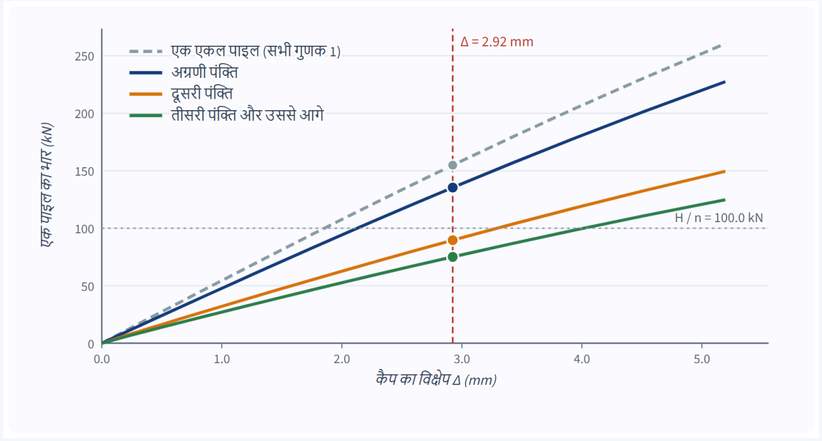
2 कैप विस्थापन का एकल पाइल के विस्थापन से अनुपात

$$\frac{\Delta}{y_{single}} = \frac{2.92}{1.85} = \mathbf{1.58}$$

3 पार्श्व भार के अंतर्गत समूह दक्षता: औसत पाइल भार / उसी Δ पर एकल पाइल का भार

$$\eta_{lateral} = \frac{H/n}{H_{single}(\Delta)} = \frac{100.0}{154.8} = \mathbf{0.65}$$

अग्र पंक्ति समान अंश का **1.35 गुना** वहन करती है, तीसरी पंक्ति 0.75 गुना; कैप एकल पाइल की तुलना में **1.58 गुना** अधिक विस्थापित होता है। अधिकतम बंकन आघूर्ण पाइल शीर्ष पर है: 207 kN·m।



हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

कौन-सा मान किस जाँच में जाता है?

सिद्धांत

पाइल भार: $P_{max} \le Q_u/FS$ (एकल पाइल, समूह प्रभाव नहीं); तनन में पाइल $T_{max} \le T_u/FS$, तनन वाली पाइलें एक साथ $\Sigma T \le T_g/FS$

समूह क्षमता: $V \le Q_{all} = Q_{g(u)}/FS$; इनमें से कौन-सा (व्यक्तिगत या ब्लॉक) निर्णायक है

सेटलमेंट: प्रत्यास्थ + समेकन, दर्ज किए गए अनुमेय मान से तुलना की जाती है

पार्श्व: कैप का विस्थापन, अग्र पंक्ति का भार, अधिकतम बंकन आघूर्ण और पार्श्व दक्षता; अनुमेय विस्थापन से तुलना की जाती है

प्रति पाइल भार और बंकन आघूर्ण पाइल काट के **संरचनात्मक डिज़ाइन** के भार हैं

उदाहरण समूह: जाँचें

जाँच	परिणाम
$P_{max} \le Q_u/FS$	261 ≤ 302 kN ✓
$V \le Q_{all}$	1 600 ≤ 1,984 kN ✓
सेटलमेंट	84.6 mm
Δ (पार्श्व)	2.92 mm

प्रश्न

उदाहरण

दिया गया है

समूह	**9 बोर की गई पाइल, 3 पंक्ति × 3 पाइल, D = 0.60 m, L = 14 m, s = 1.80 m**
मृदा	**रेत 0–4 m (φ′ = 32°) · मृत्तिका 4–10 m (c_u = 50) · मृत्तिका 10–18 m (c_u = 90 kPa)**
परिवर्ती	**पाइल अंतराल s = 2.5D · 3D · 4D · 5D · 6D (दोनों दिशाओं में)**
भार	**V = 1 600, H = 900 kN, M_y = 900 kN·m**

ज्ञात करना है

अंतराल बढ़ने पर समूह की क्षमता, दक्षता और कैप का विस्थापन कैसे बदलता है?

हल (1/2)

हल

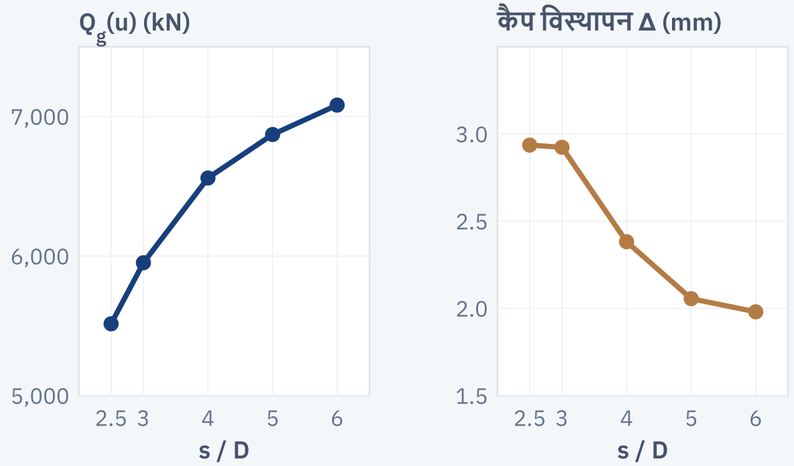
s / D	s (m)	η रेत	η मृत्तिका	$Q_{g(u)}$ (kN)	η समूह	Δ (mm)
2.5	1.50	0.65	0.677	5,515	**0.676**	2.94
3.0	1.80	0.77	0.727	5,952	**0.729**	2.92
4.0	2.40	1.00	0.792	6,560	**0.803**	2.38
5.0	3.00	1.00	0.832	6,871	**0.842**	2.06
6.0	3.60	1.00	0.860	7,083	**0.868**	1.98

s = 2.5D → 6D: क्षमता **5,515 → 7,083 kN**, समूह दक्षता 0.68 → 0.87, कैप विस्थापन **2.94 → 1.98 mm**। अंतराल बढ़ने पर दक्षता और p-गुणक दोनों 1 के निकट पहुँचते हैं; 2.5D स्रोत द्वारा दिया गया सबसे छोटा अंतराल है।

हल (2/2)

हल

टिप्पणी। अंतराल को 2.5D से 6D करने पर क्षमता 28% बढ़ती है और कैप का विस्थापन 33% घटता है; परंतु कैप बड़ा हो जाता है और पाइल दूर-दूर फैल जाती हैं। व्यवहार में 3D – 3.5D और 5D के बीच का मान एक समझौता है। आलेख में बाईं ओर $Q_{g(u)}$ और दाईं ओर Δ है।



हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

संख्याओं के पीछे की मान्यताएं

सिद्धांत

समूह: आयताकार जाल या त्रिभुजाकार व्यवस्था में, एक ही अनुप्रस्थ काट और लंबाई की, दृढ़ कैप के नीचे ऊर्ध्वाधर पाइलें। कैप भार स्थानांतरित करता है, परंतु प्रतिरोध नहीं जोड़ता (निष्क्रिय दाब, उसके नीचे का घर्षण और धारण क्षमता सुरक्षित पक्ष में छोड़ दिए जाते हैं)।

एकल पाइल: स्तरित मृदा के नियम, कोई प्रतिरोध दर्ज नहीं किया जाता।

दक्षता: मृत्तिका में चालित पाइलों के लिए आनुभविक समीकरण; रेत में एकल अंतराल (न्यूनतम दूरी)। त्रिभुजाकार विन्यास में Converse–Labarre एक **विस्तार** है।

ब्लॉक: मृत्तिका में स्रोत की नींव; रेत में सर्पण और रेत का आधार **मॉड्यूल का विस्तार** है।

भार: V में कैप का भार सम्मिलित है; पार्श्व भार और आघूर्ण कैप के तल पर हैं। तनन में केवल शाफ्ट, रेत ¾।

सेटलमेंट: एक विकल्प है; प्रत्यास्थ भाग एकल E_s और ν_s से, समेकन 2:1 प्रसार से, प्रत्येक परत के मध्य में।

पार्श्व: p-गुणक विशिष्ट मृदाओं और अंतरालों पर किए गए परीक्षणों से आते हैं; 3D से कम वाले चिह्नित किए जाते हैं।

सारांश

याद रखने योग्य बिंदु

कठोर कैप: **P = V/n + Bx + Cy**; सबसे बड़ा भार अगली पाइल में, सबसे छोटा पिछली पाइल में; आघूर्ण बड़ा होने पर पिछली पाइल **तनन** में कार्य करती है

एकल पाइल की गणना परत-दर-परत की जाती है; समूह क्षमता उसी पर आधारित है

दक्षता परत-दर-परत लागू की जाती है: मृत्तिका में Converse–Labarre, रेत में चालित पाइल के लिए चार्ट ($\eta \leq 1$) और बोर की गई पाइल के लिए AASHTO नियम

क्षमता = **min(व्यक्तिगत, ब्लॉक)**; ब्लॉक निकट अंतराल और अनेक पाइलों वाले समूहों में प्रभावी होता है

सेटलमेंट: प्रत्यास्थ (Vesic, $\sqrt{(B_g/D)}$ के साथ) + समेकन (2L/3 से 2:1 प्रसार); समूह सेटलमेंट को मोटी मृत्तिका निर्धारित करती है

पार्श्व: p-गुणक अगली पंक्ति से पिछली पंक्ति की ओर घटते हैं; कैप एक ही Δ बनाता है, पंक्तियाँ असमान भार वहन करती हैं

संदर्भ

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

Meyerhof, G.G. (1976). Bearing capacity and settlement of pile foundations. Journal of the Geotechnical Engineering Division, ASCE, 102(GT3), 197–228.

Vesic, A.S. (1977). Design of Pile Foundations. NCHRP Synthesis of Highway Practice 42, Transportation Research Board, Washington.

Coyle, H.M. and Castello, R.R. (1981). New design correlations for piles in sand. Journal of the Geotechnical Engineering Division, ASCE, 107(GT7), 965–986.

Mansur, C.I. and Hunter, A.H. (1970). Pile tests, Arkansas River project. Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE, 96(SM5), 1545–1582.

Terzaghi, K., Peck, R.B. and Mesri, G. (1996). Soil Mechanics in Engineering Practice, 3rd ed. John Wiley & Sons, New York.

Vijayvergiya, V.N. and Focht, J.A. (1972). A new way to predict capacity of piles in clay. Proceedings of the 4th Offshore Technology Conference, Houston, Paper OTC 1718.

Burland, J.B. (1973). Shaft friction of piles in clay — a simple fundamental approach. Ground Engineering, 6(3), 30–42.

O'Neill, M.W. and Reese, L.C. (1999). Drilled Shafts: Construction Procedures and Design Methods. FHWA-IF-99-025, Federal Highway Administration, Washington.

Reese, L.C. and O'Neill, M.W. (1989). Drilled Shafts: Construction Procedures and Design Methods. FHWA-HI-88-042, Federal Highway Administration, Washington; मृत्तिका में बोर की गई पाइल का आधार।

Terzaghi, K. and Peck, R.B. (1967). Soil Mechanics in Engineering Practice, 2nd ed. John Wiley & Sons, New York.

Kishida, H. and Meyerhof, G.G. (1965). Bearing capacity of pile groups under eccentric loads in sand. Proceedings of the 6th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Montreal, 2, 270–274.

Vesic, A.S. (1969). Experiments with instrumented pile groups in sand. Performance of Deep Foundations, ASTM STP 444, 177–222.

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

American Association of State Highway and Transportation Officials (2012). AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, 6th ed.: संसंजनहीन मृदा में पाइल समूहों के p-गुणक और शाफ्ट समूहों का प्रतिरोध।

Washington State Department of Transportation (2010). Bridge Design Memorandum No. 07-2010, Bearing resistance of shaft groups.

Brown, D.A., Morrison, C. and Reese, L.C. (1988). Lateral load behavior of pile group in sand. Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, 114(11), 1261–1276.

McVay, M., Casper, R. and Shang, T.-I. (1995). Lateral response of three-row groups in loose to dense sands at 3D and 5D pile spacing. Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, 121(5), 436–441.

Rollins, K.M., Olsen, R.J., Egbert, J.J., Jensen, D.H., Olsen, K.G. and Garrett, B.H. (2006). Pile spacing effects on lateral pile group behavior: analysis. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, ASCE, 132(10), 1272–1283.

Matlock, H. (1970). Correlations for design of laterally loaded piles in soft clay. Proceedings of the 2nd Offshore Technology Conference, Houston, Paper OTC 1204, 577–594.

Reese, L.C., Cox, W.R. and Koop, F.D. (1974). Analysis of laterally loaded piles in sand. Proceedings of the 6th Offshore Technology Conference, Houston, Paper OTC 2080, 473–485.

American Petroleum Institute (2000). Recommended Practice for Planning, Designing and Constructing Fixed Offshore Platforms — Working Stress Design, API RP 2A-WSD, 21st ed.

GeoTerva

ऑनलाइन भू-तकनीकी गणनाएँ

सिद्धांत से अनुप्रयोग तक

इस प्रस्तुति के उदाहरण समूह की गणना GeoTerva में चरण दर चरण करें: संख्याएँ वही हैं।

मॉड्यूल खोलें →

सिद्धांत पृष्ठ →

फ़ोन पर खोलें

नमूना मॉड्यूल के लिए पंजीकरण आवश्यक नहीं है।