GeoTerva

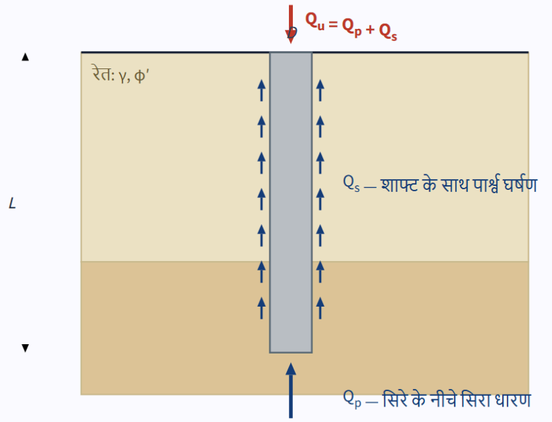
भू-तकनीकी व्याख्यान स्लाइड · पाइल

रेत में पाइल की धारण क्षमता

व्याख्यान: सिरा धारण, पार्श्व घर्षण और क्रांतिक गहराई। प्रत्येक विधि का सिद्धांत, उसके बाद एक हल किया गया उदाहरण।

Meyerhof (1976) | Vesic (1977) | Coyle और Castello (1981)

हल किए गए उदाहरण



परिचय

इस व्याख्यान में हम क्या सीखेंगे?

यह स्पष्ट कर सकना कि पाइल अपना भार **सिरा धारण** और **पार्श्व घर्षण** के रूप में कैसे वहन करती है

रेत में जल स्तर सहित **प्रभावी प्रतिबल** प्रोफ़ाइल निकाल सकना

सिरा धारण की गणना तीन विधियों से कर पाना: **Meyerhof, Vesic, Coyle और Castello**

पार्श्व घर्षण और **क्रांतिक गहराई** (L′) की भूमिका की व्याख्या कर सकना

अनुमेय धारण क्षमता तक पहुँचना और विधियों के परिणामों का साथ-साथ मूल्यांकन कर पाना

व्याख्यान प्रवाह

प्रत्येक विधि **तीन चरणों** में प्रस्तुत की जाती है:

1 · **सिद्धांत**: विधि कैसे कार्य करती है, ऐसा क्यों?

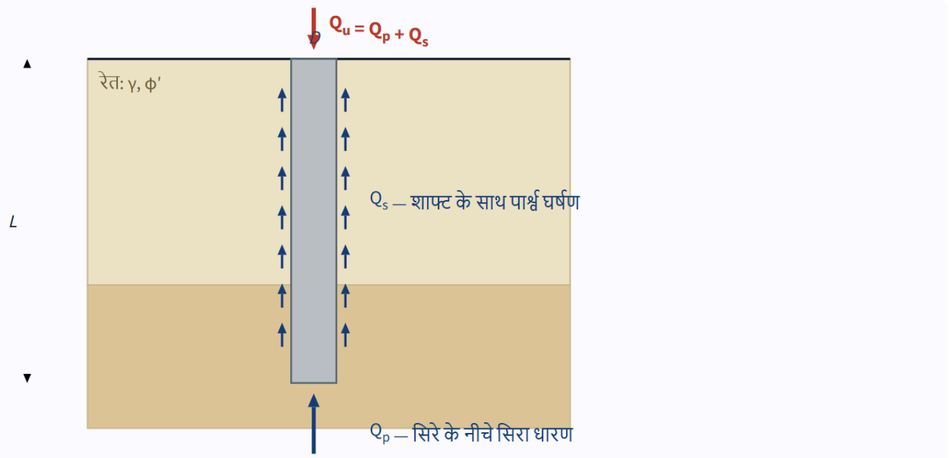
2 · **प्रश्न**: दिया गया है और ज्ञात करना है

3 · **हल**: चरण-दर-चरण, संख्याओं सहित

सभी उदाहरण एक ही पाइल के साथ किए गए हैं: इस प्रकार विधियों की तुलना साथ-साथ की जाती है।

भार दो प्रकार से स्थानांतरित होता है

सिद्धांत



पाइल अपना भार मृदा को **एक ही समय में दो मार्गों से** देती है: सिरे के नीचे की मृदा **सिरा धारण** (Q_p) से, और शाफ्ट के अनुदिश रेत **पार्श्व घर्षण** (Q_s) से प्रतिरोध करती है।

$$Q_u = Q_p + Q_s \qquad Q_{all} = \frac{Q_u}{FS}$$

पार्श्व घर्षण **छोटे** विस्थापन पर और सिरा धारण **कहीं अधिक बड़े** विस्थापन पर अपने पूर्ण मान तक पहुँचता है; दोनों घटक एक ही समय पर शिखर पर नहीं पहुँचते।

इस व्याख्यान में: **एकल पाइल**, **रेत** ($c' = 0$), चालित या बोर की गई, स्थिर अनुप्रस्थ काट वाली।

रेत में सब कुछ प्रभावी प्रतिबल के समानुपाती होता है

सिद्धांत

रेत में **सिरा धारण** और **इकाई पार्श्व घर्षण** दोनों प्रभावी ऊर्ध्वाधर प्रतिबल के समानुपाती होते हैं। गणना प्रोफ़ाइल में σ'_v मानों को सही ढंग से ज्ञात करने से आरंभ होती है।

$$\sigma'_v = \underbrace{\sum \gamma_i h_i}_{\text{भूजल स्तर के ऊपर}} + \underbrace{\sum (\gamma_{sat,i} - \gamma_w)\, h_i}_{\text{भूजल स्तर के नीचे}}$$

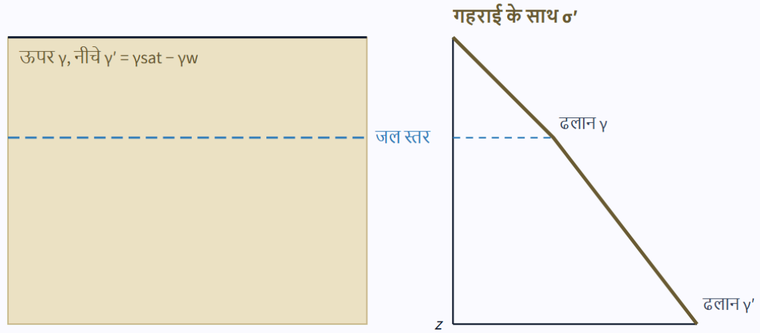
γ : नम इकाई भार (GWT के ऊपर)

γ_{sat} : संतृप्त इकाई भार (GWT के नीचे)

$\gamma_w = 9.81\ kN/m^3$: जल का इकाई भार

GWT: भूजल स्तर

> भूजल स्तर के नीचे प्रतिबल प्रवणता **घट जाती है**: $\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w$



प्रश्न

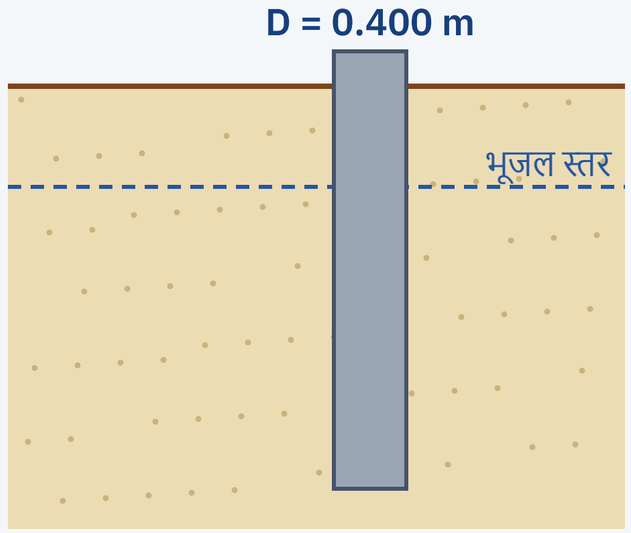
उदाहरण

दिया गया है

रेत, भूजल स्तर के ऊपर	$\gamma = 17\ \text{kN/m}^3$
रेत, भूजल स्तर के नीचे	$\gamma_{sat} = 19.5\ \text{kN/m}^3$
भूजल स्तर की गहराई	**2.0 m**
जल का इकाई भार	$\gamma_w = 9.81\ \text{kN/m}^3$

ज्ञात करना है

8 m गहराई पर कुल ऊर्ध्वाधर प्रतिबल, रंध्र जल दाब और **प्रभावी ऊर्ध्वाधर प्रतिबल** ज्ञात कीजिए।



हल

हल

1 कुल ऊर्ध्वाधर प्रतिबल (भूजल स्तर के ऊपर नम, नीचे संतृप्त इकाई भार)

$$\sigma_v = 17(2) + 19.5(6) = 34 + 117 = \mathbf{151.0}\ \text{kPa}$$

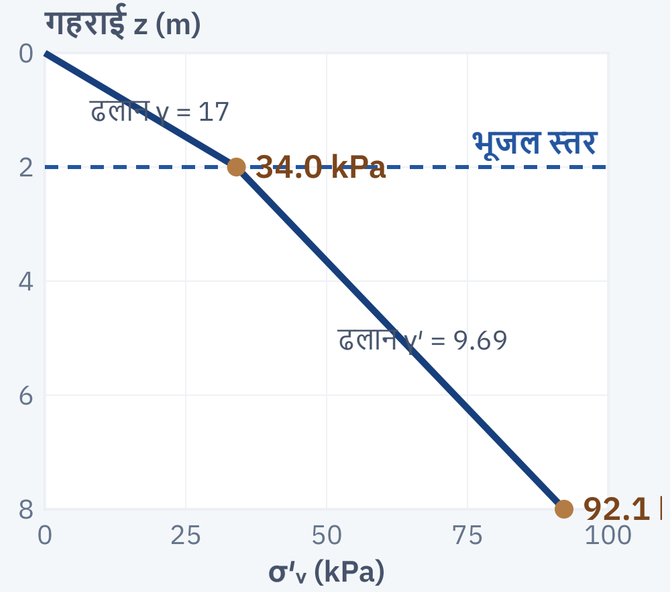
2 रंध्र जल दाब (भूजल स्तर के नीचे 6 m जल-शीर्ष)

$$u = \gamma_w\, h_w = 9.81\,(6) = \mathbf{58.9}\ \text{kPa}$$

3 प्रभावी ऊर्ध्वाधर प्रतिबल

$$\sigma'_v = \sigma_v - u = 151.0 - 58.9 = \mathbf{92.1}\ \text{kPa}$$

वही परिणाम: $\sigma'_v = 17(2) + (19.5 - 9.81)(6) = \mathbf{92.1\ kPa}$।
भूजल स्तर के नीचे प्रभावी इकाई भार 9.69 kN/m³ है।



हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

सिरा धारण: सामान्य व्यंजक

सिद्धांत

सिरे के नीचे रेत फ़ुटिंग के नीचे की तरह **धारण क्षमता विफलता** से विफल होती है; किंतु सिरे की गहराई पर **ओवरबर्डन प्रतिबल** रेत को कसकर घेरे रखता है।

रेत में $c' = 0$ होने के कारण केवल गहराई (ओवरबर्डन) पद शेष रहता है। पाइल का व्यास छोटा होने के कारण चौड़ाई पद ($0.5\gamma' D N_\gamma$) उपेक्षित कर दिया जाता है:

$$q_p = \sigma'_v \, N^*_q \qquad Q_p = A_p \, q_p$$

σ'_v : सिरे की गहराई पर प्रभावी ऊर्ध्वाधर प्रतिबल

N^*_q : पाइल समस्या का धारण क्षमता गुणांक

A_p : पाइल के सिरे का क्षेत्रफल

N^*_q कहाँ से आता है? तीन दृष्टिकोण

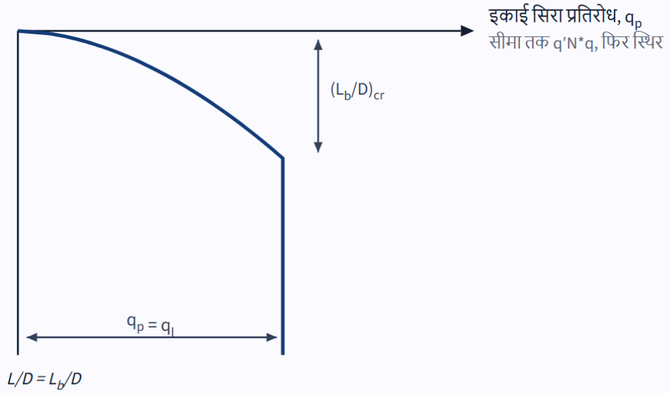
Meyerhof (1976): N^*_q केवल φ' से; q_p एक **सीमा मान** द्वारा सीमित किया जाता है

Vesic (1977): गुहा प्रसरण सिद्धांत; रेत की **दृढ़ता** भी गणना में शामिल होती है

Coyle और Castello (1981): 24 पूर्ण-पैमाने के भार परीक्षणों के अनुरूप ढाला गया; N^*_q L/D पर भी निर्भर है

सिरा धारण अनंत तक नहीं बढ़ता

सिद्धांत



समरूप रेत में इकाई सिरा धारण गहराई अनुपात के साथ बढ़ता है और $\mathbf{(L_b/D)_{cr}}$ मान पर **शिखर** पर पहुँचता है; इसके बाद स्थिर रहता है (q_l)।

VESIC (1970) · OGEECHEE नदी पाइल भार परीक्षण (D = 0.457 m)

L (m)	L/D	q_p (kN/m²)
3.02	6.61	3 304
6.12	13.39	9 365
8.87	19.40	11 472
12.00	26.26	11 587
15.00	32.82	13 971

q_p का अधिकतम मान लगभग **12 000 kN/m²** है

$(L/D)_{cr}$ लगभग **16 – 18**

औसत $N_{60} \approx 30$ के लिए $4p_aN_{60} = 4(100)(30) = 12\,000$ kN/m²: **मापे गए पठार से सहसंबंध मेल खाता है**

Meyerhof: φ′ से N*q, एक सीमा के साथ

सिद्धांत

Meyerhof, N^*_q को केवल **आंतरिक घर्षण कोण** से लेता है (उसका अपना चार्ट, नीचे)। परिकलित q_p किसी **सीमा मान** से अधिक नहीं हो सकता:

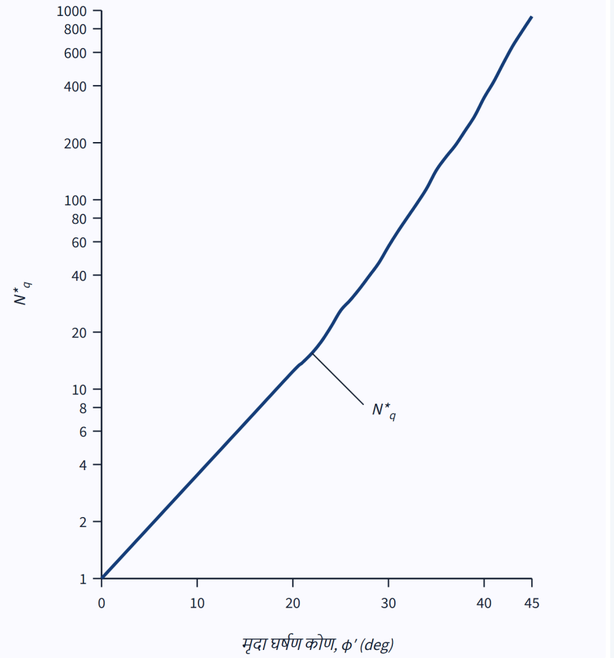
$$q_p = \sigma'_v N^*_q \;\le\; q_l \qquad q_l = 0.5\, p_a\, N^*_q \tan\varphi'$$

p_a = 100 kN/m² : वायुमंडलीय दाब

φ′ : सिरे के स्तर पर रेत का प्रभावी घर्षण कोण

N^*_q के मान (Meyerhof चार्ट; मॉड्यूल द्वारा पढ़ी जाने वाली श्रृंखला)

φ′ (°)	20	25	30	32	34	35	36	38	40	42	45
N^*_q	12.4	26.0	56.7	81.0	115.0	143.0	168.0	231.0	346.0	525.0	930.0



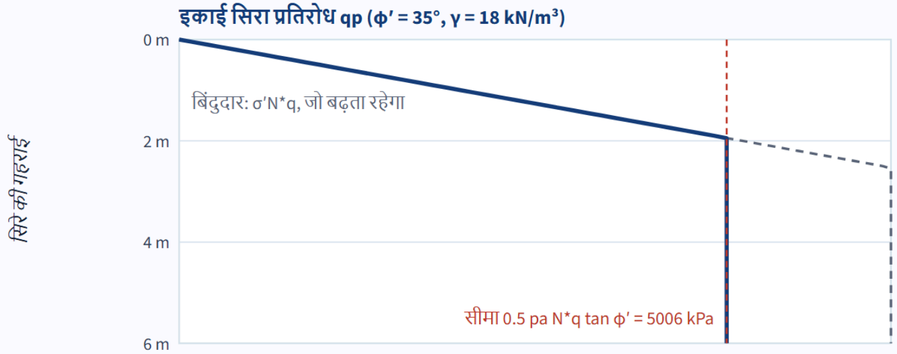
φ′ = 35° के लिए N^*_q = 143.0 और q_l = 5,006 kPa; γ = 18 kN/m³ वाली रेत में यह सीमा लगभग **1.9 m** गहराई पर पहुँच जाती है

Meyerhof: चरण-दर-चरण और सीमा का अर्थ

सिद्धांत

गणना के चरण

1. सिरे के स्तर पर σ'_v ज्ञात करें
2. φ' के लिए N^*_q का मान चार्ट/सारणी से पढ़ें
3. $q_p = \sigma'_v N^*_q$
4. $q_l = 0.5\, p_a\, N^*_q \tan\varphi'$
5. q_p = न्यूनतम($\sigma'_v N^*_q$, q_l) और $Q_p = A_p q_p$



वक्र **सीमा मान के निर्धारक होने तक** $\sigma' N^*_q$ रेखा का अनुसरण करता है; उसके बाद क्षैतिज रहता है। सीमा न होती तो q_p गहराई के साथ अनंत तक बढ़ता, जबकि क्षेत्र परीक्षण ऐसा नहीं दिखाते।

प्रश्न

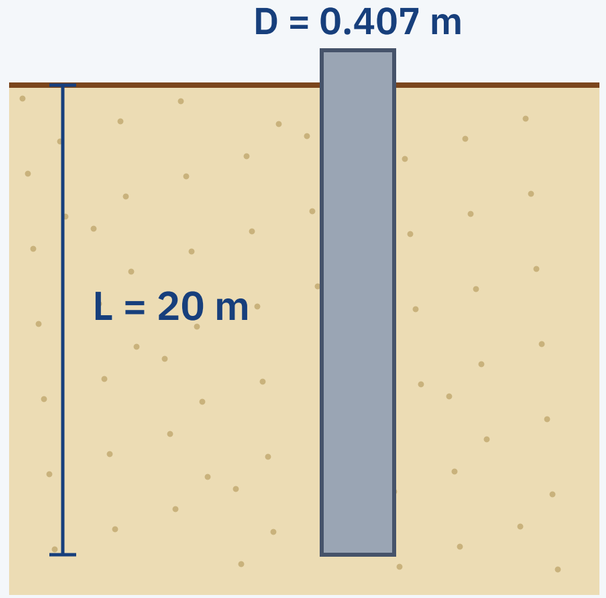
उदाहरण

दिया गया है

पाइल	**प्रबलित कंक्रीट, चालित, वर्गाकार काट**
काट का आकार	**D = 0.407 m**
लंबाई	**L = 20 m**
रेत (समरूप)	$\gamma = 18$ kN/m^3, $\varphi' = 35^\circ$
भूजल	**कोई नहीं**

ज्ञात करना है

Meyerhof (1976) विधि से पाइल का **सिरा धारण प्रतिरोध** Q_p ज्ञात कीजिए।



हल

हल

1 अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल और सिरे पर प्रभावी प्रतिबल

$$A_p = 0.407^2 = 0.1656 \text{ m}^2 \qquad \sigma'_v = \gamma L = 18(20) = 360 \text{ kPa}$$

2 N*q का मान (φ′ = 35°, Meyerhof सारणी) और σ′N*q

$$N_q^* = 143.0 \qquad \sigma'_v N_q^* = 360(143.0) = 51{,}480 \text{ kPa}$$

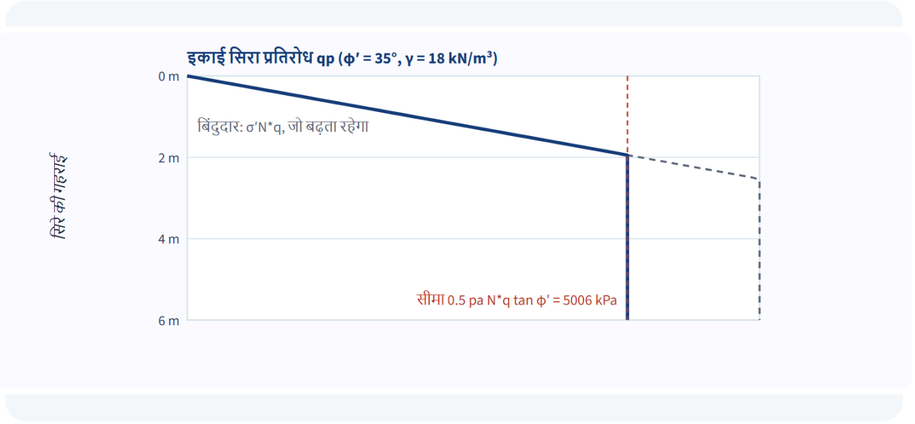
3 सीमा मान

$$q_l = 0.5\, p_a N_q^* \tan\varphi' = 0.5(100)(143.0)\tan 35^\circ = 5{,}006 \text{ kPa}$$

4 इकाई सिरा धारण प्रतिरोध: दोनों में से छोटा मान; सीमा मान नियंत्रक है

$$q_p = \min(51{,}480;\ 5{,}006) = \mathbf{5{,}006} \text{ kPa}$$

$Q_p = A_p\, q_p = 0.1656 \times 5{,}006 =$ **829 kN**। यदि सीमा न होती तो लगभग 8,528 kN आता।



हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

Vesic: सिरे के नीचे की रेत एक गुहा की भाँति फैलती है

सिद्धांत

Vesic सिरा धारण को **गुहा प्रसरण सिद्धांत** से व्युत्पन्न करता है: सिरा अपने आसपास की मृदा में एक गुहा का विस्तार करता है; इसलिए उत्तर में रेत की केवल **सामर्थ्य** ही नहीं, उसकी **कठोरता** भी सम्मिलित होती है।

$$Q_p = A_p \, \bar{\sigma}'_o \, N^*_\sigma$$

यहाँ σ'_o **ऊर्ध्वाधर** नहीं, बल्कि सिरे के स्तर पर **औसत प्रभावी अभिलंब प्रतिबल** है:

$$\bar{\sigma}'_o = \frac{1 + 2K_o}{3} \, q' \qquad K_o = 1 - \sin\varphi'$$

K_o: विरामावस्था में पार्श्व मृदा दाब गुणांक

q': सिरे के स्तर पर प्रभावी ऊर्ध्वाधर प्रतिबल ($= \sigma'_v$)

MEYERHOF के साथ संबंध

$$N^*_\sigma = \frac{3 \, N^*_q}{1 + 2K_o}$$

रूप Meyerhof के रूप के समान है; दोनों विधियाँ इसमें भिन्न हैं कि **गुणांक किस आधार से निकाला गया है**, समीकरण के आकार में नहीं।

Vesic: घटाया गया दृढ़ता सूचकांक

सिद्धांत

N^*_σ रेत के **न्यूनीकृत दृढ़ता सूचकांक** I_{rr} और φ' पर निर्भर करता है; I_{rr} प्लास्टिक क्षेत्र में आयतन परिवर्तन को भी ध्यान में रखता है:

$$I_{rr} = \frac{I_r}{1 + I_r\,\Delta} \qquad I_r = \frac{E_s}{2(1+\mu_s)\,q'\tan\varphi'} = \frac{G_s}{q'\tan\varphi'}$$

E_s : मृदा का प्रत्यास्थता मापांक, μ_s : पॉइसन अनुपात, G_s : अपरूपण मापांक

Δ : सिरे के नीचे के प्लास्टिक क्षेत्र में औसत आयतनिक विकृति

व्यावहारिक दृष्टिकोण (CHEN और KULHAWY, 1994; 25° ≤ φ′ ≤ 45°)

$$\frac{E_s}{p_a} = m \qquad \mu_s = 0.1 + 0.3\,\frac{\varphi' - 25}{20} \qquad \Delta = 0.005\left(1 - \frac{\varphi' - 25}{20}\right)$$

एकमात्र इनपुट: $m = E_s / p_a$

रेत	m
ढीला	100 – 200
मध्यम घनत्व	200 – 500
सघन	500 – 1000

दृढ़ता सूचकांक सामान्यतः **75 – 150** (आपेक्षिक घनत्व 50 – 80% वाली रेत)

यदि CPT उपलब्ध हो: $I_r = 300/F_r(\%)$ (यांत्रिक), $170/F_r(\%)$ (इलेक्ट्रिक कोन)

Vesic: चरण-दर-चरण

सिद्धांत

गणना के चरण

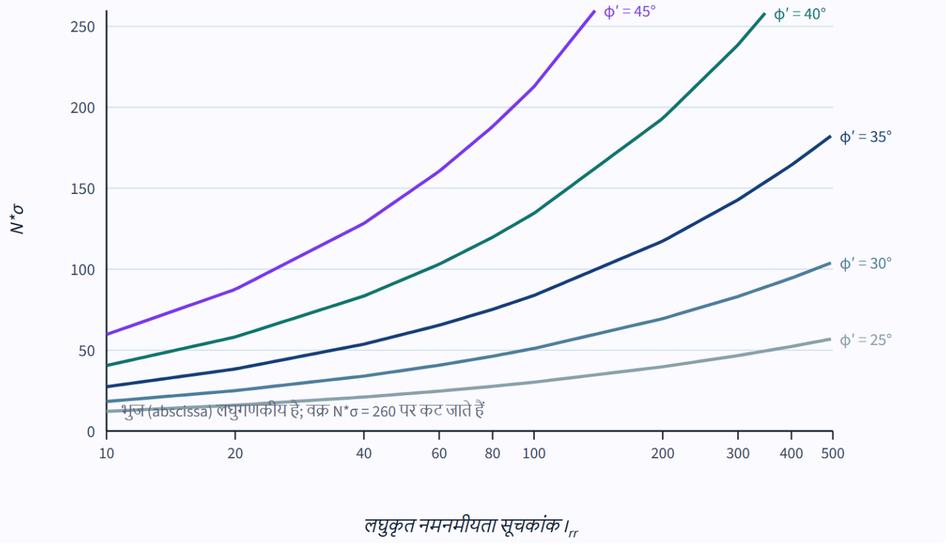
1. $K_o = 1 - \sin\varphi'$ और $\bar{\sigma}'_o = (1 + 2K_o)q'/3$

2. $E_s = m \cdot p_a$, μ_s, I_r

3. Δ और $I_{rr} = I_r/(1 + I_r\Delta)$

4. φ' और I_{rr} से N^*_σ (तालिका से, लघुगणकीय अंतर्वेशन)

5. $q_p = \bar{\sigma}'_o N^*_\sigma$ और $Q_p = A_p q_p$



प्रत्येक φ' के लिए एक वक्र: **कठोरता बढ़ने पर N^*_σ बढ़ता है**; सघन और कठोर रेत ढीली रेत की तुलना में कहीं अधिक सिरा धारण देती है।

प्रश्न

उदाहरण

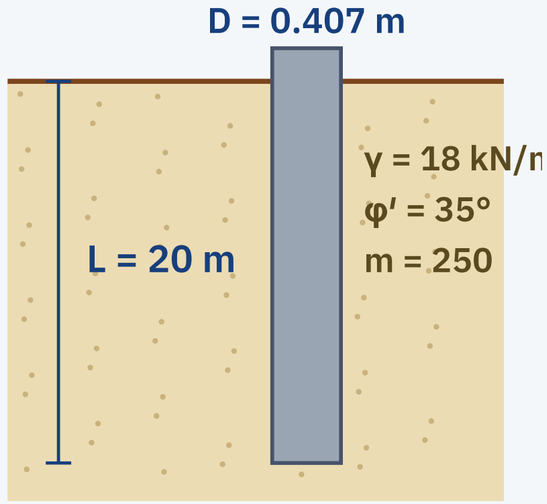
दिया गया है

पाइल	**उदाहरण 2 के समान: D = 0.407 m, L = 20 m**
रेत	$\gamma = 18$ kN/m^3, $\varphi' = 35^\circ$
भूजल	**कोई नहीं**
प्रत्यास्थता मापांक अनुपात	$m = E_s/p_a = 250$ **(मध्यम सघन – सघन)**
वायुमंडलीय दाब	$p_a = 100$ kPa

ज्ञात करना है

Vesic (1977) विधि से पाइल का **सिरा धारण प्रतिरोध** Q_p ज्ञात कीजिए।

सिरे पर प्रभावी प्रतिबल: q′ = 18(20) = 360 kPa



हल (1/3)

हल

1 विराम गुणांक और औसत प्रभावी अभिलंब प्रतिबल

$$K_o = 1 - \sin 35^\circ = 0.426 \qquad \bar{\sigma}'_o = \frac{1 + 2(0.426)}{3}(360) = \mathbf{222.3}\ \text{kPa}$$

2 मृदा के गुण

$$E_s = m\,p_a = 250(100) = 25{,}000\ \text{kPa} \quad \mu_s = 0.1 + 0.3\frac{35 - 25}{20} = 0.25$$

3 दृढ़ता सूचकांक और आयतनिक विकृति

$$I_r = \frac{25{,}000}{2(1 + 0.25)(360)\tan 35^\circ} = \mathbf{39.7} \qquad \Delta = 0.005\left(1 - \frac{35 - 25}{20}\right)\frac{360}{100} = 0.0090$$

हल (2/3)

हल

4 न्यूनीकृत दृढ़ता सूचकांक

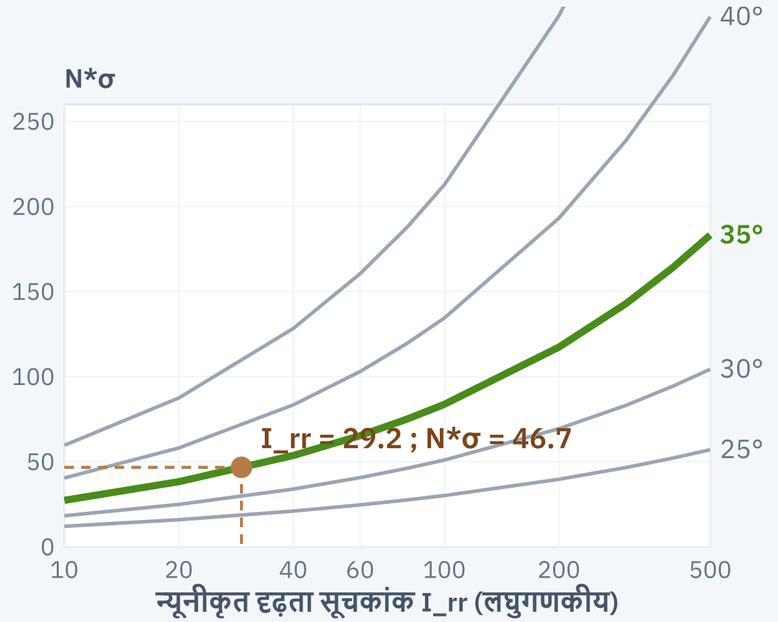
$$I_{rr} = \frac{I_r}{1 + I_r \Delta} = \frac{39.7}{1 + (39.7)(0.0090)} = \mathbf{29.2}$$

5 N*σ: तालिका में φ′ = 35° की पंक्ति और I_{rr} = 29.2 के लिए 20 और 40 के बीच लघुगणकीय अंतर्वेशन

$$N_\sigma^* = 38.32 + \frac{\log 29.2 - \log 20}{\log 40 - \log 20}(53.67 - 38.32)$$

$$= \mathbf{46.7}$$

ग्राफ़ में हरा वक्र φ′ = 35° का है: I_{rr} = 29.2 की ऊर्ध्वाधर रेखा से इसके कटान बिंदु पर **$N^*_\sigma \approx 46.7$**।



हल (3/3)

हल

6 इकाई सिरा धारण

$$q_p = \bar{\sigma}'_o N^*_\sigma = 222.3(46.7) = \mathbf{10{,}389}\ \text{kPa}$$

7 सिरा धारण

$$Q_p = A_p\, q_p = 0.1656(10{,}389) = \mathbf{1{,}721}\ \text{kN}$$

उसी पाइल के लिए **Meyerhof: 829 kN**, **Vesic: 1,721 kN**। Vesic रेत की कठोरता (m = 250) को ध्यान में रखता है, इसलिए वह Meyerhof के सीमित मान का लगभग 2.1 गुना देता है।

Coyle और Castello: प्रयोगाश्रित N*q

सिद्धांत

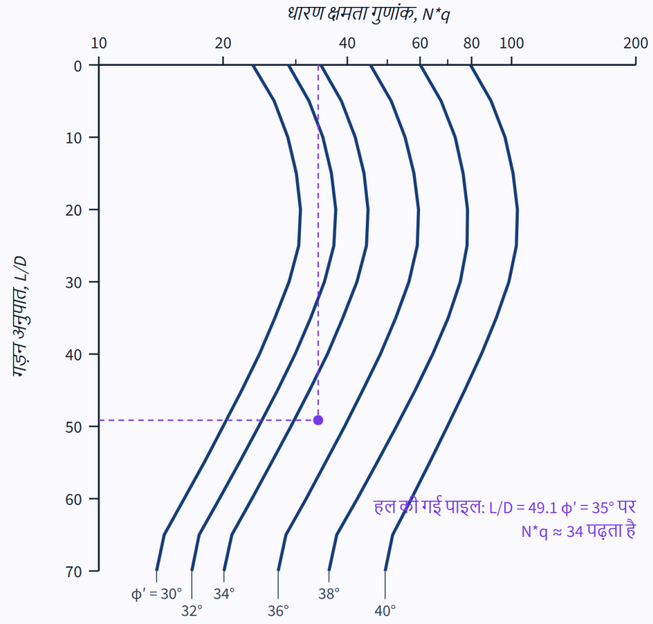
Coyle और Castello ने **चालित पाइलों पर किए गए 24 बड़े पैमाने के क्षेत्र भार परीक्षणों** का अध्ययन किया और रेत के लिए निम्नलिखित संबंध प्रस्तावित किया:

$$Q_p = q' \, N_q^* \, A_p$$

q′ सिरे पर प्रभावी ऊर्ध्वाधर प्रतिबल है; N^*_q φ′ के अतिरिक्त **अंतःस्थापन अनुपात L/D** पर भी निर्भर करता है (चार्ट, बगल में)।

गुणांक Meyerhof के गुणांक से **बहुत छोटा** है: φ′ = 35° और गहरी पाइल के लिए लगभग **34**, जबकि Meyerhof में **143**। इसका कारण यह है कि इसे किसी विफलता क्रियाविधि के अनुसार नहीं, बल्कि **मापी गई क्षमताओं** के अनुरूप समंजित किया गया है।

जब अंतःस्थापन अनुपात लगभग 20 से अधिक हो जाता है, तो गुणांक **घटता है**: समान व्यास की अधिक लंबी पाइल को छोटा N^*_q मिलता है।



प्रश्न

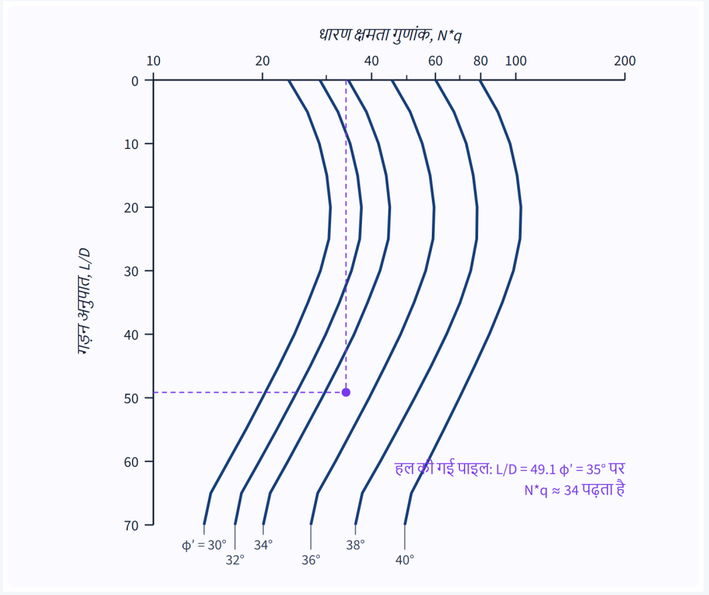
उदाहरण

दिया गया है

पाइल और रेत	**उदाहरण 2 के समान: L = 20 m, D = 0.407 m, φ′ = 35°, γ = 18 kN/m³**
धंसाव अनुपात	$L/D = 20/0.407 = 49.1$
चार्ट से पढ़ा गया गुणांक	$N_q^* \approx 34$ **(चित्र 7; φ′ = 35°, L/D ≈ 49)**

ज्ञात करना है

Coyle और Castello (1981) विधि से पाइल का **सिरा धारण** Q_p ज्ञात कीजिए।



हल

हल

1 सिरे पर प्रभावी प्रतिबल और गुणांक (चार्ट से, अनुमानित पाठ्यांक)

$$q' = \gamma L = 18(20) = 360 \text{ kPa} \qquad N_q^* \approx 34$$

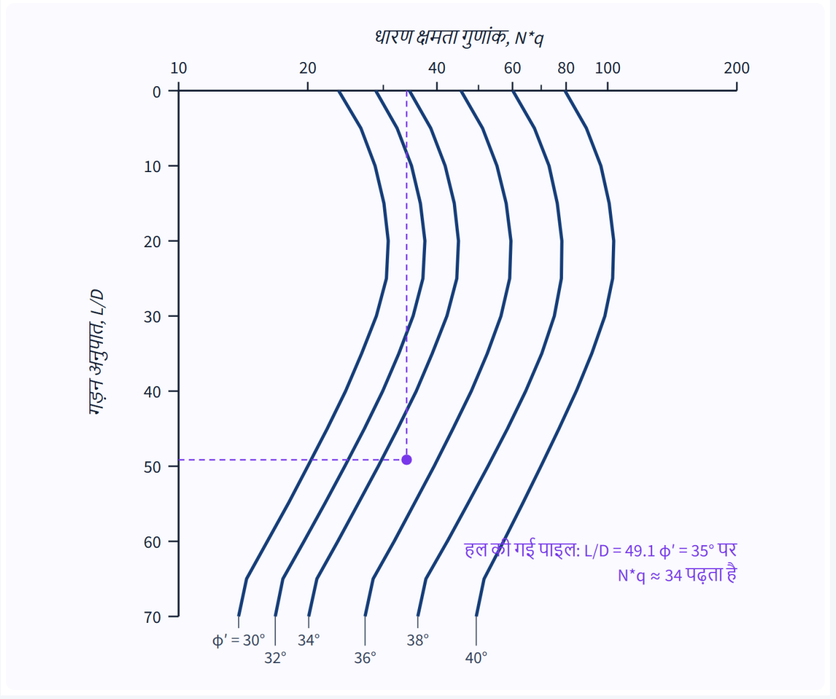
2 इकाई सिरा धारण

$$q_p = q' N_q^* = 360(34) = 12{,}240 \text{ kPa}$$

3 सिरा धारण

$$Q_p = A_p q_p = 0.1656(12{,}240) = \mathbf{2{,}028} \text{ kN}$$

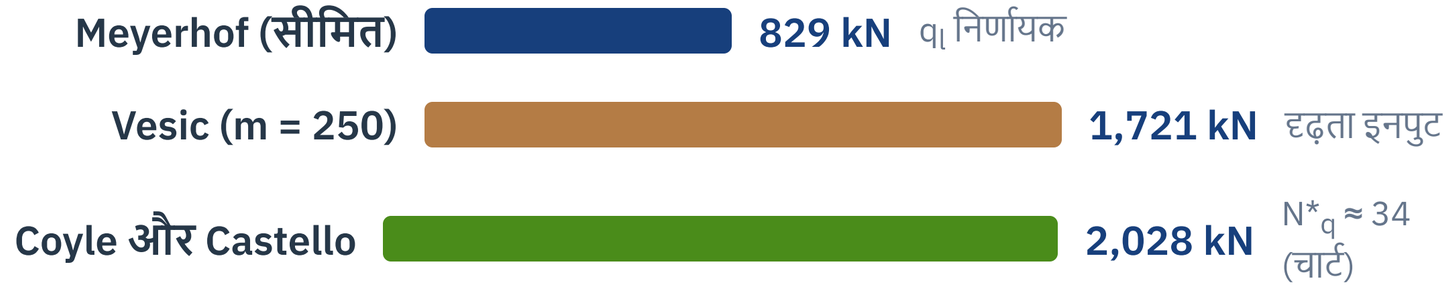
चार्ट से पढ़ा गया N^*_q एक अनुमानित मान है; φ′ और L/D के अनुसार यह ±1 – 2 इकाई तक बदल सकता है। परिणाम तीनों विधियों में सबसे बड़ा है: **2,028 kN**।



हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

तीन विधियाँ, एक ही पाइल

सिद्धांत



चूँकि विधियाँ **भिन्न-भिन्न मान्यताओं** पर आधारित हैं, इसलिए परिणाम भी भिन्न आते हैं। यह परास इस बात का ईमानदार संकेतक है कि सिरा धारण को कितनी सटीकता से जाना जा सकता है।

Meyerhof: सीमा मान के कारण **रूढ़िवादी**

Vesic: रेत की सघनता को **m** द्वारा स्पष्ट रूप से इनपुट के रूप में लेता है

Coyle–Castello: मापित चालित पाइलों पर आधारित; चार्ट रीडिंग लगभग है

व्यवहार में: कम-से-कम दो विधियों से गणना की जाती है, परास का अवलोकन किया जाता है, और **भार परीक्षण** या स्थानीय अनुभव के अभाव में सतर्क छोर के निकट का मान चुना जाता है।

पार्श्व घर्षण: f = K σ′ tanδ′

सिद्धांत

पार्श्व घर्षण, इकाई घर्षण का शाफ्ट सतह पर योग है:

$$Q_s = \sum p\,\Delta L\,f$$

इकाई घर्षण f गहराई के फलन के रूप में इस प्रकार लिखा जाता है (L′: क्रांतिक गहराई):

$$f = K\,\sigma'_o \tan\delta' \quad (0 \le z \le L')$$
$$f = f_{z=L'} \quad (L' \le z \le L)$$

p : पाइल काट की परिधि, ΔL : वह लंबाई जिसमें p और f स्थिर लिए गए हैं
K : प्रभावी पार्श्व मृदा दाब गुणांक, σ′$_o$: उस गहराई पर प्रभावी ऊर्ध्वाधर प्रतिबल
δ′ : मृदा–पाइल घर्षण कोण (सामान्यतः 0.5φ′ – 0.8φ′)

K के मान (पाइल के प्रकार के अनुसार)

पाइल का प्रकार	K
बोर की गई या जेट की गई	≈ Ko = 1 – sin φ′
कम-विस्थापन वाली चालित	≈ Ko से 1.4Ko = 1.4(1 – sin φ′)
उच्च-विस्थापन वाली चालित	≈ Ko से 1.8Ko = 1.8(1 – sin φ′)

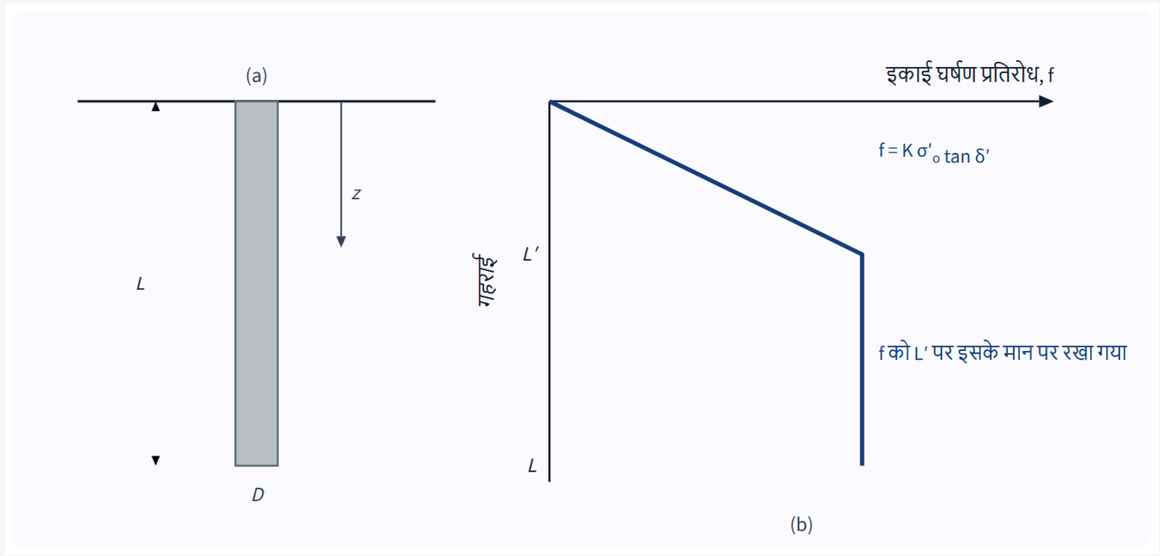
चालन रेत को अपने चारों ओर संघनित करता है (लगभग 2.5D तक)

अधिक विस्थापन वाली पाइल कम विस्थापन वाली पाइल की तुलना में अधिक घर्षण ग्रहण करती है

बोर/जेट पाइल चालित पाइल की तुलना में कम घर्षण देती है

क्रांतिक गहराई: घर्षण क्यों नहीं बढ़ता?

सिद्धांत



मापा गया घर्षण प्रभावी प्रतिबल की तरह गहराई के साथ **असीम रूप से नहीं बढ़ता**; यह लगभग एक **क्रांतिक गहराई** तक बढ़ता है, फिर स्थिर रहता है।

$$L' \approx 15\,D$$

सामान्य व्याख्या **आर्चिंग** है: रेत शाफ्ट के चारों ओर के पूरे ओवरबर्डन प्रतिबल को पाइल तक स्थानांतरित नहीं करती। मॉड्यूल L′ से नीचे प्रभावी प्रतिबल को **गहराई L′ पर उसके मान पर ही स्थिर रखता है**; इकाई घर्षण पाइल के सिरे तक स्थिर रहता है।

> स्रोत L′ के लिए 15D – 20D देता है; रूढ़िवादी मान **15D** है

प्रश्न

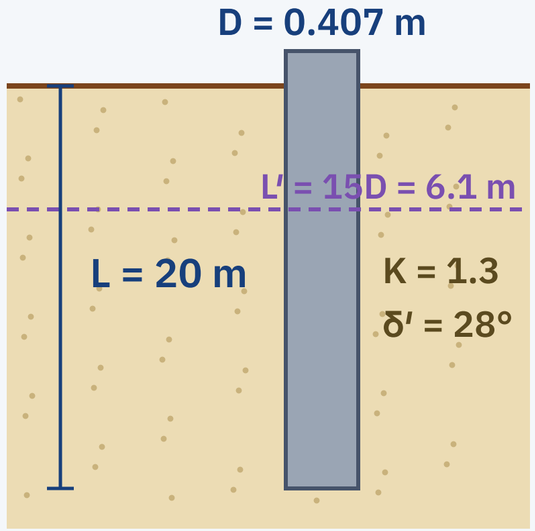
उदाहरण

दिया गया है

पाइल और रेत	**उदाहरण 2 के समान: L = 20 m, D = 0.407 m, γ = 18 kN/m³**
परिमाप	$p = 4D = 4(0.407) = 1.628$ m
गुणांक	$K = 1.3$ **(उच्च-विस्थापन चालित पाइल),** $\delta' = 28^\circ$ **(**$\approx 0.8\varphi'$**)**

ज्ञात करना है

क्रांतिक गहराई (L′ = 15D) को ध्यान में रखते हुए पाइल का **पार्श्व घर्षण** Q_s ज्ञात कीजिए।



हल

हल

1 क्रांतिक गहराई और उस गहराई पर प्रतिबल

$$L' = 15D = 15(0.407) = \mathbf{6.105}\ \text{m} \qquad \sigma'(L') = 18(6.105) = 109.9\ \text{kPa}$$

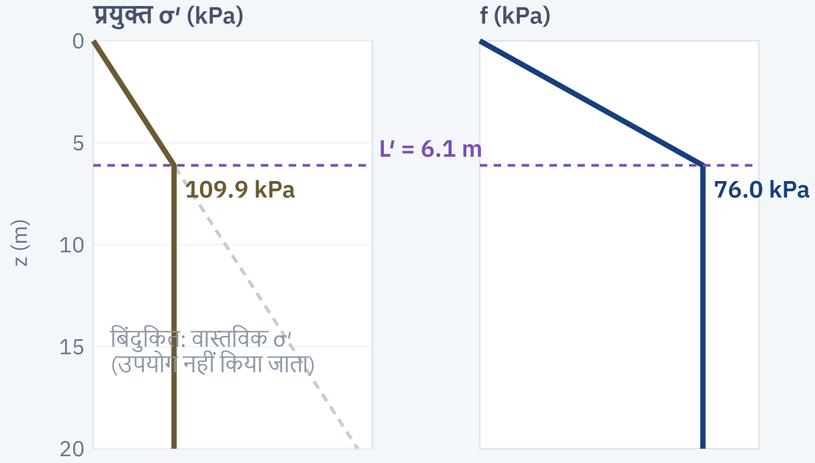
2 L′ और सिरे पर इकाई घर्षण (L′ के नीचे स्थिर)

$$f_{L'} = K\,\sigma'(L')\tan\delta' = 1.3(109.9)\tan 28^\circ = \mathbf{76.0}\ \text{kPa}$$

3 Q_s: त्रिभुज (0 – L′) + आयत (L′ – L) का क्षेत्रफल × परिमाप

$$Q_s = p\left[\tfrac{1}{2} f_{L'} L' + f_{L'}(L - L')\right]$$
$$= 1.628\left[\tfrac{1}{2}(76.0)(6.10) + (76.0)(13.89)\right]$$

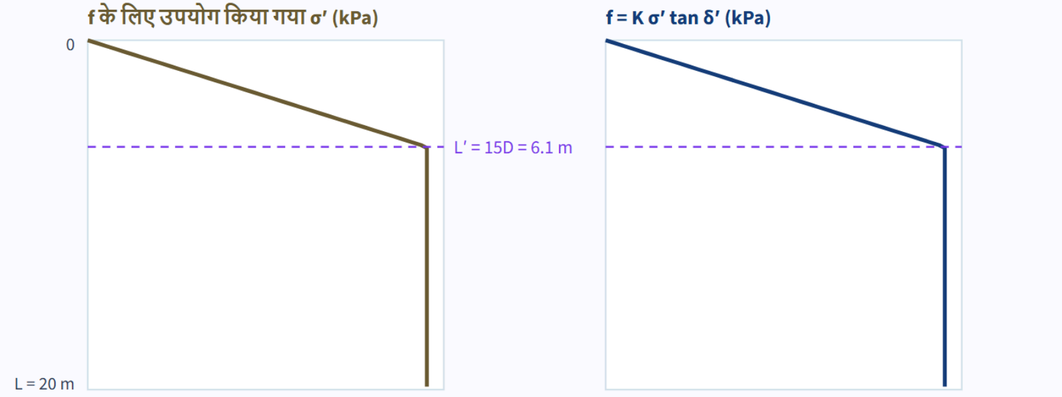
Q_S = 1,628 [231.9 + 1,055.4] = **2,096 kN**.



हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

यदि हम क्रांतिक गहराई भूल जाएँ तो क्या होगा?

सिद्धांत



L′ के नीचे घर्षण के लिए उपयोग किया जाने वाला प्रतिबल L′ पर इसके मान पर स्थिर रहता है, इसलिए f बढ़ना बंद हो जाता है (K = 1.3, δ′ = 28°)।

आइए उसी पाइल की गणना **L′ पर विचार किए बिना** करें, मानो प्रतिबल सिरे तक रैखिक रूप से बढ़ता है:

$$f_L = 1.3(360)\tan 28^\circ = 248.8 \text{ kPa}$$
$$Q_s = p\,\tfrac{1}{2} f_L L = 4{,}051 \text{ kN}$$

4,051 kN के स्थान पर **2,096 kN**: लगभग **93% अधिक**। लंबी पाइल में क्रांतिक गहराई की उपेक्षा करने से असुरक्षित पक्ष में बड़ी त्रुटि होती है।

Coyle और Castello: एकल औसत प्रतिबल से

सिद्धांत

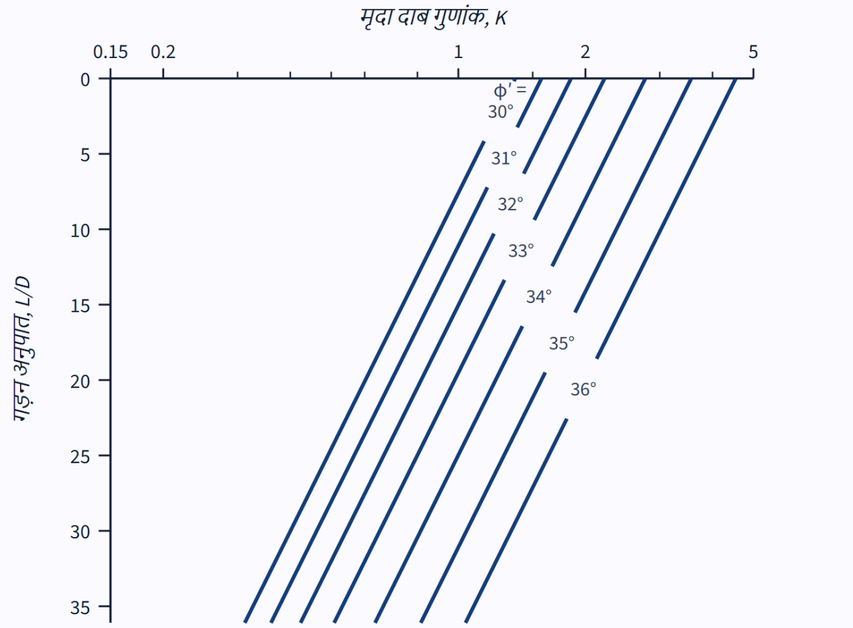
Coyle और Castello ने शाफ्ट घर्षण की गणना **अंतःस्थापित लंबाई पर औसत प्रभावी प्रतिबल से एक ही चरण में** करने का प्रस्ताव रखा:

$$Q_s = f_{av}\, p\, L = (K\, \bar{\sigma}'_o \tan\delta')\, p\, L$$
$$\delta' = 0.8\varphi'$$

K प्रयोगों से निर्धारित किया गया है और **L/D** तथा φ′ के अनुसार चार्ट से पढ़ा जाता है (बगल में)।

कोई पृथक क्रांतिक गहराई नहीं होती: औसत लेने से यह कार्य हो जाता है

इसलिए दोनों परिधि विधियाँ **लंबी पाइल में बड़े अंतर** दे सकती हैं



प्रश्न

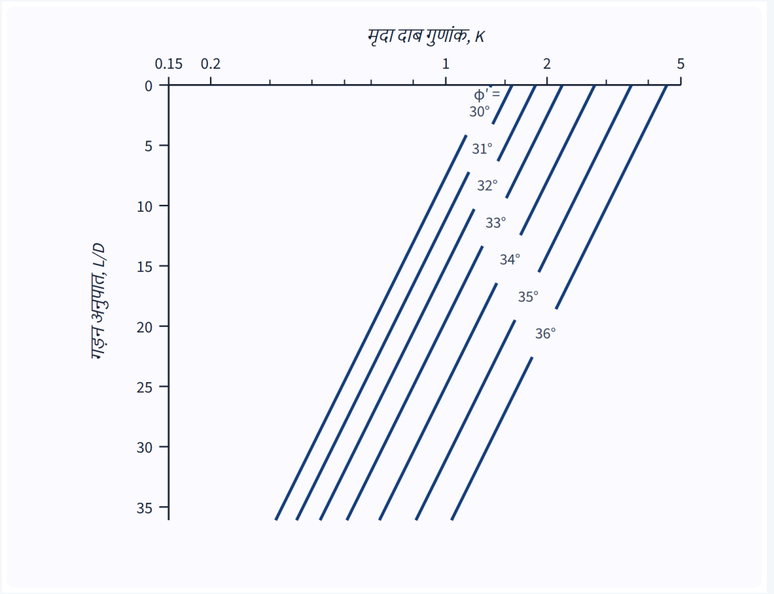
उदाहरण

दिया गया है

पाइल और रेत	**उदाहरण 2 के समान: L = 20 m, D = 0.407 m, φ′ = 35°, γ = 18 kN/m³**
गुणांक	$K \approx 0.41$ **(आकृति 10; चार्ट L/D = 36 मान तक खींचा गया है, L/D ≈ 49 के लिए वक्र को बढ़ाकर पढ़ा जाता है; मॉड्यूल में यह मान K बॉक्स में लिखें, मॉड्यूल अपने चार्ट पठन से 0.48 भर देता है)**
घर्षण कोण	$\delta' = 0.8\varphi' = 0.8(35^\circ) = 28^\circ$

ज्ञात करना है

Coyle और Castello (1981) विधि से पाइल का **पार्श्व घर्षण** Q_s ज्ञात कीजिए।



हल

हल

1 लंबाई के अनुदिश औसत प्रभावी प्रतिबल (समरूप रेत, भूजल स्तर नहीं)

$$\bar{\sigma}'_o = \frac{\gamma L}{2} = \frac{18(20)}{2} = \mathbf{180}\ \text{kPa}$$

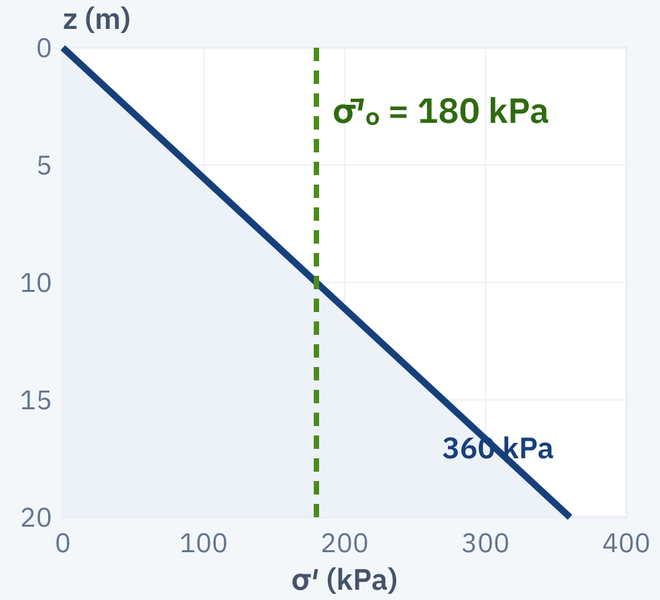
2 औसत इकाई पार्श्व घर्षण

$$f_{av} = K\,\bar{\sigma}'_o \tan\delta' = 0.41(180)\tan 28^\circ = \mathbf{39.2}\ \text{kPa}$$

3 पार्श्व घर्षण

$$Q_s = f_{av}\,p\,L = 39.2(1.628)(20) = \mathbf{1{,}278}\ \text{kN}$$

K–δ′ विधि (L′ के साथ) **2,096 kN** देती है, Coyle–Castello **1,278 kN**: इस लंबी पाइल में दोनों के बीच लगभग 64% का अंतर है।



हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

एकल सुरक्षा गुणांक के साथ कुल

सिद्धांत

चरम क्षमता दोनों घटकों का योग है; अनुमेय क्षमता इस योग के **पूरे पर एक ही सुरक्षा गुणांक** लगाकर ज्ञात की जाती है:

$$Q_{all} = \frac{Q_p + Q_s}{FS}$$

एकल पाइल के लिए सामान्य **FS = 2.5 – 4**

यदि मृदा केवल कुछ बोरहोल से ज्ञात है या क्षमता मुख्यतः **सिरे** पर निर्भर है, तो ऊपरी छोर चुना जाता है

सिरा धारण और शाफ्ट की विधियाँ एक-दूसरे से **स्वतंत्र** रूप से चुनी जा सकती हैं; परिणामों की व्याख्या एक साथ की जाती है

प्रश्न

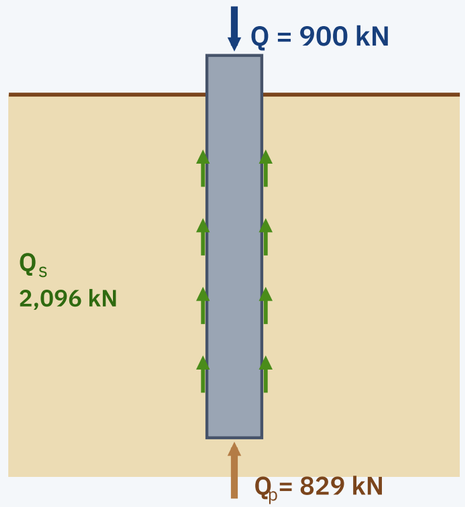
उदाहरण

दिया गया है

सिरा धारण	Q_p = 829 kN (Meyerhof, उदाहरण 2)
पार्श्व घर्षण	Q_s = 2,096 kN (K–δ′, उदाहरण 5)
सुरक्षा गुणांक	FS = 3
पाइल पर कार्यकारी भार	Q = 900 kN

ज्ञात करना है

पाइल की **अनुमेय धारण क्षमता** Q_{all} क्या है? क्या कार्य भार **पर्याप्त** है?



हल

हल

1 चरम धारण क्षमता

$$Q_u = Q_p + Q_s = 829 + 2{,}096 = \mathbf{2{,}925}\ \text{kN}$$

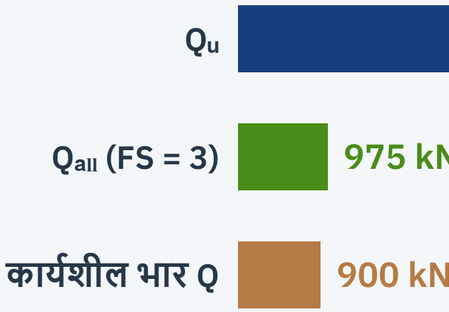
2 अनुमेय धारण क्षमता

$$Q_{all} = \frac{Q_u}{FS} = \frac{2{,}925}{3} = \mathbf{975}\ \text{kN}$$

3 जाँच

$$Q = 900\ \text{kN} \ \leq\ Q_{all} = 975\ \text{kN} \quad \Rightarrow \quad \text{पर्याप्त}$$

उपयोग अनुपात Q / Q_{all} = 900 / 975 = **0.92**।



हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

वही पाइल: Q_u और Q_{all} (FS = 3)

सिद्धांत

Q_u · Q_{all} (kN)

	Q_s: K–δ′ (L′ के साथ) **2,096 kN**	Q_s: Coyle–Castello **1,278 kN**
Q_p: **Meyerhof** 829 kN	2,925 · **975**	2,107 · **702**
Q_p: **Vesic** 1,721 kN	3,817 · **1,272**	2,999 · **1,000**
Q_p: **Coyle–Castello** 2,028 kN	4,123 · **1,374**	3,305 · **1,102**

बीस मीटर की पाइल के लिए दो पार्श्व घर्षण और तीन सिरा धारण विधियाँ छह भिन्न Q_u मान देती हैं: **2,107 – 4,123 kN**। कौन-सा संयोजन चुना जाए, यह **इंजीनियरी निर्णय** है।

परास की **व्याख्या करें**, एक ही संख्या पर भरोसा न करें

पार्श्व घर्षण कुल का बड़ा भाग है: **क्रांतिक गहराई** का निर्णय निर्णायक है

यदि संभव हो तो **पाइल भार परीक्षण** से सत्यापित करें

सारांश

याद रखने योग्य बिंदु

$Q_u = Q_p + Q_s$; रेत में दोनों घटक **प्रभावी प्रतिबल** पर निर्भर करते हैं

Meyerhof: N^*_q φ' से, q_p सीमित ($q_l = 0.5 p_a N^*_q \tan\varphi'$)

Vesic: $\sigma'_o N^*_\sigma$; रेत की कठोरता (m, I_{rr}) गणना में शामिल होती है

Coyle और Castello: मापी गई क्षमताओं पर फ़िट किए गए $N^*_q(\varphi', L/D)$ और $K(\varphi', L/D)$

पार्श्व घर्षण: $f = K\sigma'\tan\delta'$, **$L' \approx 15D$** के नीचे स्थिर

$Q_{all} = (Q_p + Q_s)/FS$, FS = 2.5 – 4

संदर्भ

Das, B.M. (2016). Principles of Foundation Engineering, 8th ed. Cengage Learning; यह पृष्ठ इसका अनुसरण करता है।

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.

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.

टिप्पणी

इस प्रस्तुति के चित्र GeoTerva के सिद्धांत पृष्ठ से लिए गए हैं; सभी संख्यात्मक उदाहरण मॉड्यूल की अपनी गणना लाइब्रेरी से तैयार किए गए हैं, मॉड्यूल वही मान देता है।

GeoTerva

ऑनलाइन भू-तकनीकी गणनाएँ

सिद्धांत से अनुप्रयोग तक

इस प्रस्तुति के उदाहरण पाइल 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।