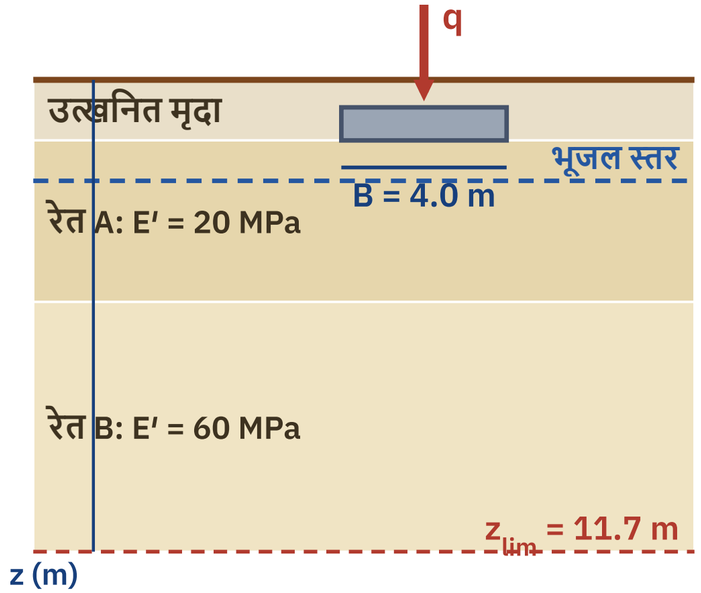
GeoTerva

भू-तकनीकी व्याख्यान स्लाइड · सेटलमेंट

प्रत्यास्थ सेटलमेंट: कणिकीय मृदा

व्याख्यान: प्रत्यास्थता सिद्धांत से Steinbrenner गुणांकों तक, स्तरित प्रोफ़ाइल से लचीली और कठोर फ़ुटिंग तक; रेत और बजरी की परतें अपवाहित (E′, ν′) व्यवहार करती हैं; प्रत्येक विषय पर हल किया गया उदाहरण।

Hooke का नियम | Steinbrenner गुणांक | परतदार प्रोफ़ाइल | शुद्ध दाब | लचीली और दृढ़ फ़ुटिंग | हल किए गए उदाहरण



परिचय

इस व्याख्यान में हम क्या सीखेंगे?

- **Hooke के नियम से** सेटलमेंट समाकल तक: $\varepsilon_z = [\Delta\sigma_z - \nu(\Delta\sigma_x + \Delta\sigma_y)]/E$ और $S = \int \varepsilon_z \, dz$
- **Steinbrenner गुणांकों** (F_1, F_2, I_s) की गणना करना और आयताकार फ़ुटिंग का **केंद्र** तथा **कोने** का सेटलमेंट ज्ञात करना
- कणिकीय परतों को **अपवाहित** रूप में लेना: $E'/p_a = \alpha\, N_{60}$, $\nu' \approx 0.25–0.35$
- **परतदार प्रोफ़ाइल** को $I_s(z_{lower}) - I_s(z_{upper})$ अंतर से जोड़ना
- **शुद्ध दाब** (उत्खनन का प्रभाव) और **गणना गहराई** (प्रभाव गहराई) निर्धारित करना
- **लचीली** और **दृढ़** फ़ुटिंग के सेटलमेंट में अंतर करना (दृढ़ ≈ 0.93 × लचीली का केंद्र)

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

उदाहरण फ़ुटिंग: 4 m × 6 m आयताकार लचीली फ़ुटिंग, q = 180 kPa, उत्खनन गहराई 1.5 m, भूजल स्तर 2.5 m; रेत परत। सेटलमेंट mm में हैं।

यह मॉड्यूल क्या गणना करता है?

सिद्धांत

यह मॉड्यूल **केवल कणिकीय** (रेत, बजरी) परतों पर विचार करता है और **प्रत्यास्थ सेटलमेंट** की गणना करता है: रेत अपना जल तुरंत छोड़ देती है, इसलिए उसका संपूर्ण सेटलमेंट प्रत्यास्थ होता है।

भार के अधीन मृदा के **Boussinesq** प्रतिबलों से **Hooke के नियम द्वारा** विकृति ज्ञात की जाती है, और विकृति का समाकल ही सेटलमेंट है।

मृत्तिका परतों का तात्कालिक सेटलमेंट “प्रत्यास्थ सेटलमेंट: संसंजक मृदा” मॉड्यूल में, समेकन “समेकन” मॉड्यूल में, और सबका योग “कुल सेटलमेंट” मॉड्यूल में है।

हल **विश्लेषणात्मक** है: संवृत प्रभाव गुणांक और परत-दर-परत योग; इसमें परिमित अवयव नहीं हैं।

दायरे से बाहर: Schmertmann विधि, SPT/CPT चार्ट, गहराई के साथ बढ़ने वाला मापांक (Mayne–Poulos), फ़ुटिंग की कठोरता और मृदा–संरचना अन्योन्यक्रिया।

परत का प्रकार

	कणिकीय
व्यवहार	अपवाहित
E	E′ (उदा. α N_{60})
ν	0.25 – 0.35

Hooke का नियम और सेटलमेंट समाकल

सिद्धांत

शुद्ध दाब q_{net} वहन करने वाली **पूर्णतः लचीली** फ़ुटिंग के नीचे मृदा एक अर्ध-अनंत समांगी प्रत्यास्थ माध्यम होती है (Boussinesq प्रतिबल)। Hooke का नियम ऊर्ध्वाधर विकृति देता है, उसका समाकल सेटलमेंट देता है:

$$S = \int \varepsilon_z \, dz = \int \frac{\Delta\sigma_z - \nu\,(\Delta\sigma_x + \Delta\sigma_y)}{E}\, dz$$

पार्श्व प्रतिबल ν पर निर्भर करते हैं; इसलिए विरूपण और सेटलमेंट **E और ν दोनों** के साथ बदलते हैं।

ν बढ़ने पर पार्श्व प्रतिबल ऊर्ध्वाधर विकृति को **घटाते** हैं: समान E पर ν = 0.5 वाली मृदा का सेटलमेंट ν = 0.3 वाली मृदा से कम होता है।

सेटलमेंट E के **व्युत्क्रमानुपाती** है: मापांक को दोगुना करने से सेटलमेंट आधा हो जाता है।

संकेतन

q_{net}: शुद्ध दाब (उत्खनन के बाद जोड़ा गया)

$\Delta\sigma_z$, $\Delta\sigma_x$, $\Delta\sigma_y$: प्रतिबल वृद्धियाँ

E, ν: परत के प्रत्यास्थ स्थिरांक

ε_z: ऊर्ध्वाधर विकृति (संपीडन +)

प्रश्न

उदाहरण

दिया गया है

प्रतिबल वृद्धि	$\Delta\sigma_z = 100$ kPa, $\Delta\sigma_x = \Delta\sigma_y = 40$ kPa
मृदा	$E' = 20$ MPa, $\nu' = 0.30$
स्लाइस	**मोटाई 1.0 m**

ज्ञात करना है

ऊर्ध्वाधर विकृति और स्लाइस का संपीडन ज्ञात कीजिए; v = 0 (एकविमीय) धारणा से तुलना कीजिए।

हल

हल

1 ऊर्ध्वाधर विकृति

$$\varepsilon_z = \frac{\Delta\sigma_z - \nu(\Delta\sigma_x + \Delta\sigma_y)}{E} = \frac{100 - 0.30(40 + 40)}{20{,}000} = \frac{76.0}{20{,}000} = \mathbf{0.00380}$$

2 स्लाइस का संपीडन (H = 1.0 m)

$$\Delta S = \varepsilon_z H = 0.00380(1.0) = \mathbf{3.80}\ \text{mm}$$

3 तुलना: v = 0

$$\varepsilon_z = \frac{100}{20{,}000} = 0.00500 \ \Rightarrow\ \Delta S = 5.00\ \text{mm}$$

पार्श्व प्रतिबल (v = 0.30) विकृति को **24%** घटा देते हैं: 3.80 mm, जबकि एकआयामी स्थिति में 5.00 mm।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

कोने के लिए संवृत रूप हल

सिद्धांत

एकसमान भारित आयत के **कोने** के लिए समाकल का संवृत हल उपलब्ध है (Steinbrenner):

$$S = q_{net}\,\alpha\,B'\,\frac{1-\nu^2}{E}\,I_s \qquad I_s = F_1 + \frac{1-2\nu}{1-\nu}\,F_2$$

$$F_1 = \frac{A_0 + A_1}{\pi} \qquad F_2 = \frac{n'}{2\pi}\tan^{-1} A_2$$

m′ = L′/B′ और n′ = z/B′ (B′ कोने के आयत की छोटी भुजा है)। **केंद्र** चार (B/2 × L/2) आयतों का कोना है: α = 4, B′ = B/2। **कोना** पूरे आयत का कोना है: α = 1, B′ = B। कोई अन्य बिंदु उन चार आयतों का बीजगणितीय योग है जिनका कोना उसी बिंदु पर हो।

> v = 0.5 के लिए (1 − 2v) = 0: **$I_s = F_1$** और (1 − v²) = 0.75।

संकेतन

α: कोने के आयतों की संख्या (केंद्र पर 4, कोने पर 1)

B′: कोने के आयत की छोटी भुजा

m′ = L′/B′, n′ = z/B′

z: फ़ुटिंग तल से गहराई

I_s: आकृति गुणांक

A_0, A_1, A_2 और स्ट्रिप की सीमा

सिद्धांत

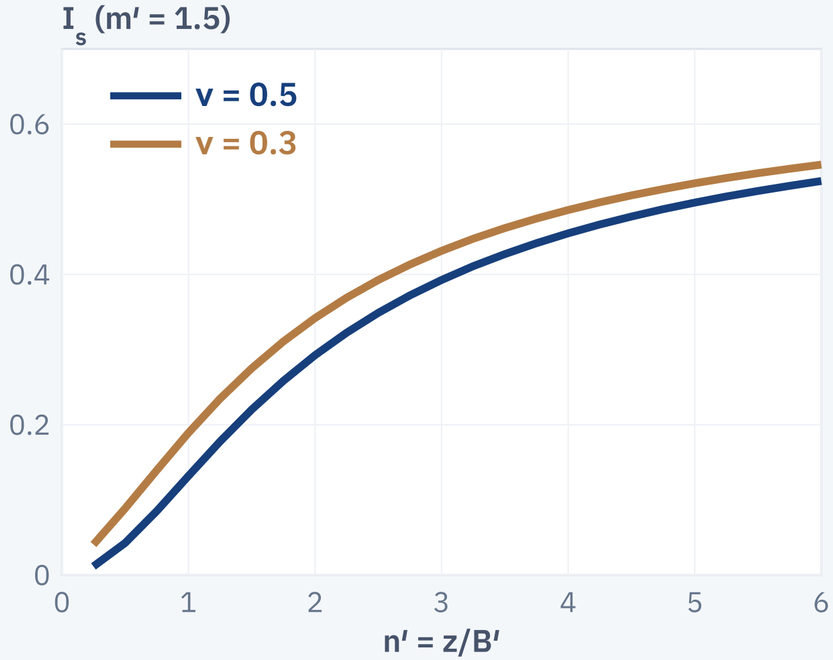
$$A_0 = m' \ln \frac{\left(1+\sqrt{m'^2+1}\right)\sqrt{m'^2+n'^2}}{m'\left(1+\sqrt{m'^2+n'^2+1}\right)}$$

$$A_1 = \ln \frac{\left(m'+\sqrt{m'^2+1}\right)\sqrt{1+n'^2}}{m'+\sqrt{m'^2+n'^2+1}} \qquad A_2 = \frac{m'}{n'\sqrt{m'^2+n'^2+1}}$$

स्ट्रिप ($m' \to \infty$): $F_1 = \ln(1+n'^2)/2\pi$ और $F_2 = (n'/2\pi)\tan^{-1}(1/n')$; इसके किनारे पर $\alpha = 2$, $B' = B$।

इंजन सूत्रों की सीधे गणना करता है; चार्टों या पूर्णांकित तालिकाओं की आवश्यकता नहीं है।

I_s गहराई के साथ बढ़ता है और **धीरे-धीरे स्थिर हो जाता है**: गहरी परतों का योगदान सीमित है (बगल में $m' = 1.5$)।



प्रश्न

उदाहरण

दिया गया है

नींव	**B × L = 4 × 6 m, केंद्र के नीचे z′ = 4 m गहराई पर (नींव स्तर से)**
कोने का आयत	**B/2 × L/2 = 2 × 3 m ⇒ B′ = 2 m, m′ = 1.5, n′ = z′/B′ = 2.0**
मृदा	$\nu' = 0.30$

ज्ञात करना है

A_0, A_1, A_2, F_1, F_2 और I_s के मान ज्ञात कीजिए।

हल

हल

1 A_0, A_1, A_2 (वर्गमूल: $\sqrt{(m'^2+1)} = 1.8028$; $\sqrt{(m'^2+n'^2)} = 2.5000$; $\sqrt{(m'^2+n'^2+1)} = 2.6926$)

$$A_0 = 1.5 \ln \frac{(1+1.8028)(2.5000)}{1.5(1+2.6926)} = \mathbf{0.3527} \qquad A_1 = \ln \frac{(1.5+1.8028)\sqrt{5}}{1.5+2.6926} = \mathbf{0.5662}$$

$$A_2 = \frac{1.5}{2(2.6926)} = \mathbf{0.2785}$$

2 F_1, F_2 और I_s

$$F_1 = \frac{0.3527+0.5662}{\pi} = \mathbf{0.2925} \qquad F_2 = \frac{2}{2\pi}\tan^{-1}(0.2785) = \mathbf{0.0865}$$

$$I_s = F_1 + \frac{1-2(0.30)}{1-0.30}F_2 = \mathbf{0.3419}$$

$I_s = F_1 + 0.5714\,F_2 = \mathbf{0.3419}$; यदि $\nu' = 0.5$ होता तो $F_1 = 0.2925$ रह जाता (14% कम)।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

अपवाहित मापांक E′ और ν′

सिद्धांत

रेत जल को तुरंत छोड़ देती है, इसलिए अपवाहित व्यवहार करती है; इसका संपूर्ण सेटलमेंट प्रत्यास्थ होता है। स्रोत (Das) में रेत का मापांक SPT से **$E'/p_a = \alpha\, N_{60}$** द्वारा लिया जाता है ($p_a \approx 100$ kPa):

$$\frac{E'}{p_a} = \alpha\, N_{60} \qquad \alpha = 5 \text{ (महीन कण वाली रेत)}\ \ 10 \text{ (स्वच्छ NC)}\ \ 15 \text{ (स्वच्छ OC)}$$

रेत का मापांक गहराई के साथ **बढ़ता है**: मोटी परत को बढ़ते E′ मान वाली कई परतों में विभाजित करें।

ν′ सामान्यतः 0.25–0.35 होता है; ν′ < 0.5 होना चाहिए (कणिकीय परत में ν′ ≥ 0.5 दर्ज नहीं किया जा सकता)।

प्रत्यास्थ सेटलमेंट ν′ के साथ भी बदलता है: ν′ बढ़ने पर घटता है।

रेत के लिए α

α	E′ (N_{60} = 20)
5	10 MPa
10	20 MPa
15	30 MPa

प्रश्न

उदाहरण

दिया गया है

रेत	$N_{60} = 20$, $p_a = 100$ kPa; $\alpha = 5,\ 10,\ 15$
पॉइसन अनुपात	$\nu' = 0.25;\ 0.30;\ 0.35$ **(E′ = 20 MPa)**
संदर्भ	**α = 10, ν′ = 0.30 के लिए एकल-परत सेटलमेंट S = 29.0 mm (उदाहरण 6)**

ज्ञात करना है

प्रत्येक α के लिए **E′**; ν′ = 0.25, 0.30, 0.35 और 0.5 के लिए सेटलमेंट।

हल

हल

1 $E' = \alpha N_{60} p_a$ ($N_{60} = 20$; $p_a = 100$ kPa)

$$E' = \alpha\, N_{60}\, p_a: \quad 5(20)(0.1) = \mathbf{10}\ \text{MPa},\ \ 10(20)(0.1) = \mathbf{20},\ \ 15(20)(0.1) = \mathbf{30}\ \text{MPa}$$

ν′	0.25	0.30	0.35	0.50
S (mm)	30.1	29.0	27.7	22.8
$S / S_{\nu'=0.30}$	1.038	1.000	0.955	0.786

E′ के 10 → 30 MPa बदलने पर सेटलमेंट 58 → 19 mm हो जाता है (व्युत्क्रमानुपाती)। ν′ का 0.25 → 0.35 होना सेटलमेंट को केवल 8% बदलता है; यदि ν′ = 0.5 होता तो यह 21% कम होता।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

उत्खनन पहले भार हटाता है

सिद्धांत

उत्खनन आधार स्तर पर **प्रभावी ओवरबर्डन प्रतिबल** को हटा देता है (भूजल स्तर अपरिवर्तित रहता है)। जब अनलोडिंग और पुनः लोडिंग, दोनों के लिए एक ही मापांक का उपयोग किया जाता है, तो उत्खनन का प्रत्यास्थ उत्थान पुनः लोडिंग में वापस मिल जाता है; तात्कालिक सेटलमेंट **नेट दाब** से निर्धारित होता है:

$$q_{net} = q_{gross} - \sigma'_{v0}(D_{exc})$$

$\sigma'_{v0}(D_{exc})$: उत्खनन तल पर प्रारंभिक प्रभावी प्रतिबल (भूजल स्तर के ऊपर γ, नीचे $\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w$)।

$q_{net} \leq 0$ होने पर सेटलमेंट नहीं होता (ऋणात्मक मान प्रत्यास्थ उत्थान है)।

यदि उत्खनन नहीं है, तो $q_{net} = q_{gross}$ (दाब भूमि की सतह पर लगाया जाता है)।

NEDEN NET?

उत्खनन के दौरान हटाई गई मृदा के भार के बराबर भार, फ़ुटिंग बनने पर **लौटा दिया जाता है**। मृदा का सेटलमेंट केवल इस भार के **ऊपर जुड़े** दाब से उत्पन्न होता है।

प्रश्न

उदाहरण

दिया गया है

भार	$q_{gross} = 180$ kPa; **उत्खनन गहराई** $D_{exc} = 1.5$ m
मृदा	$\gamma = 18.5$ kN/m^3, $\gamma_{sat} = 19.5$ kN/m^3
भूजल स्तर	**(a) 2.5 m (उत्खनन तल के नीचे) · (b) 1.0 m (उत्खनन तल के ऊपर)**

ज्ञात करना है

प्रत्येक स्थिति में $\sigma'_{v0}(D_{exc})$ और q_{net} के मान ज्ञात कीजिए।

हल

हल

1 (a) भूजल स्तर 2.5 m > 1.5 m: उत्खनन तल पर जल नहीं है

$$\sigma'_{v0} = \gamma D_{exc} = 18.5(1.5) = 27.75 \text{ kPa} \Rightarrow q_{net} = 180 - 27.75 = \mathbf{152.25} \text{ kPa}$$

2 (b) भूजल स्तर 1.0 m: उत्खनन तल जल से 0.5 m नीचे (γ′ = 19.5 − 9.81 = 9.69 kN/m³)

$$\sigma'_{v0} = 18.5(1.0) + 9.69(0.5) = 23.345 \text{ kPa} \Rightarrow q_{net} = 180 - 23.345 = \mathbf{156.66} \text{ kPa}$$

यदि जल उत्खनन तल के ऊपर है, तो हटाया गया प्रभावी प्रतिबल घटता है और शुद्ध दाब 152.2 → 156.7 kPa तक **बढ़ जाता है**: ऊँचा भूजल स्तर तात्कालिक सेटलमेंट को बढ़ाता है।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

प्रभाव गहराई: $\Delta\sigma = p \cdot q$

सिद्धांत

भार के अंतर्गत प्रतिबल वृद्धि गहराई के साथ घटती है, परंतु शून्य नहीं होती; योग के लिए एक निचली सीमा आवश्यक है: **गणना गहराई z_{lim}**। मॉड्यूल दो नियम प्रस्तुत करता है:

प्रभाव गहराई: केंद्र के नीचे वह गहराई जहाँ Boussinesq प्रतिबल वृद्धि लगाए गए दाब के **p** अंश तक घट जाती है (सामान्यतः p = 10%): $I(z') = p$ और $z_{lim} = D_f + z'$।

प्रोफ़ाइल का आधार: गणना अंतिम परत पर समाप्त होती है (चट्टान या सघन बजरी जैसा कठोर आधार; Steinbrenner की कठोर आधार वाली परत)।

यदि प्रोफ़ाइल z_{lim} के ऊपर समाप्त हो जाती है, तो अंतिम परत समान गुणों के साथ z_{lim} तक जारी रहती है।

$$I = \frac{\Delta\sigma_z}{q} = 4\, I_{corner}(m, n) \qquad m = \frac{B}{2z'},\ n = \frac{L}{2z'}$$

z′/B (p = %10 | %20)

L/B	p = %10	p = %20
1.0	2.09 B	1.40 B
1.5	2.55 B	1.70 B
2.0	2.92 B	1.94 B
5.0	4.33 B	2.68 B
स्ट्रिप	6.34 B	3.13 B

प्रश्न

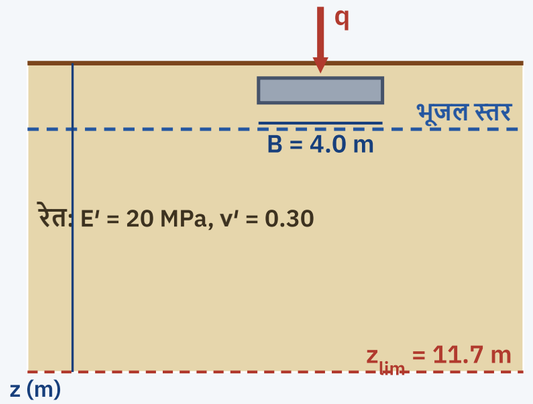
उदाहरण

दिया गया है

नींव	**B × L = 4 × 6 m (L/B = 1.5), उत्खनन तल पर; D_f = 1.5 m**
नियम	**प्रभाव गहराई, p = 10% (I = 0.10)**
सूत्र	$I = 4\,I_{corner}(m, n),\ m = B/2z',\ n = L/2z'$

ज्ञात करना है

z′ और **z_{lim}**; z′ = 4 m और 10.19 m के लिए I का मान।



हल

हल

1 z′ = 4 m: m = 2/4 = 0.5; n = 3/4 = 0.75

$$I = 4\,I_{corner}(0.5;\ 0.75) = 4(0.1071) = \mathbf{0.4283}$$

2 शर्त I = 0.10: द्विभाजन विधि से

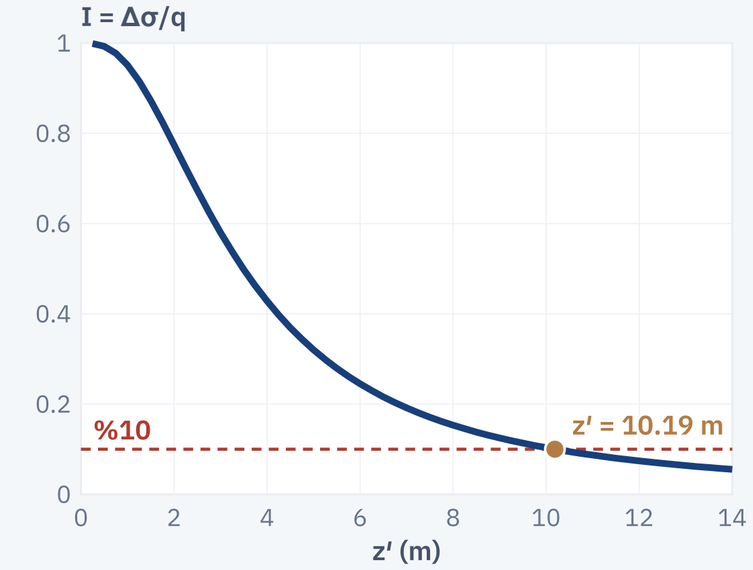
$$z' = \mathbf{10.19}\ \text{m} \quad (= 2.55\,B)$$

$$z_{lim} = D_f + z' = 1.5 + 10.19 = \mathbf{11.69}\ \text{m}$$

3 जाँच: z′ = 10.19 m ⇒ m = 2/z′, n = 3/z′

$$m = 0.1963,\ n = 0.2945$$

$$I = 4(0.0250) = \mathbf{0.1000}$$



10.19 m (2.55 B) गहराई तक योग किया जाता है; उसके आगे दाब के 10% से कम वाला क्षेत्र है। वर्गाकार फ़ुटिंग में 2.09 B, स्ट्रिप में 6.34 B: **चौड़ी फ़ुटिंग अधिक गहराई तक प्रभाव डालती है**।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

परत का योगदान: I_s का अंतर

सिद्धांत

z_{top} और z_{bottom} के बीच की (नींव स्तर से) एक परत अर्ध-अनंत माध्यम हल का **दो गहराइयों के बीच का अंतर** योगदान करती है, अपने E और ν के साथ:

$$\Delta S = q_{net}\,\alpha\,B'\,\frac{1-\nu^2}{E}\,\left[I_s(z_{bottom}) - I_s(z_{üst})\right]$$

यह Hooke विकृति का परत पर समाकल है (समांगी अर्ध-अंतरिक्ष प्रतिबलों के साथ): इस मान्यता के लिए यह **यथार्थ** है; परिणाम स्लाइस मोटाई Δz पर निर्भर नहीं करता (स्लाइस केवल सारणियों और रंग-क्षेत्रों की सेवा करते हैं)।

एकल-परत सूत्र में **भारित औसत मापांक** का स्थान लेता है।

जिस परत की कठोरता गहराई के साथ बढ़ती है, उसे कई परतों में विभाजित किया जाना चाहिए।

कुल

प्रोफ़ाइल का सेटलमेंट z_{lim} तक परतों के योगदानों का **योग** है: $S = \Sigma\,\Delta S_i$। प्रत्येक परत का केवल नींव तल और z_{lim} के बीच का भाग गिना जाता है।

प्रश्न

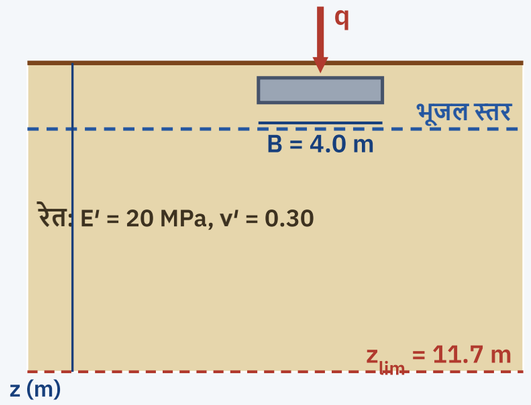
उदाहरण

दिया गया है

नींव	**आयताकार, B × L = 4 × 6 m, आधार की गहराई D_f = 1.5 m (उत्खनन का तल)**
भार	$q_{gross} = 180$ kPa **(लचीली फ़ुटिंग, एकसमान दाब)**
मृदा	**एकल परत रेत:** $E' = 20$ MPa, $\nu' = 0.30$, $\gamma = 18.5$ kN/m^3**; भूजल स्तर 2.5 m**
गणना की गहराई	**प्रभाव गहराई, p = 10% (उदाहरण 5): z′ = 10.19 m, z_{lim} = 11.69 m; परत इस गहराई तक जारी रहती है**

ज्ञात करना है

लचीली नींव का **केंद्र** सेटलमेंट **s**।



हल (1/2)

हल

1 शुद्ध दाब (उदाहरण 4a) और गुणांक $k = q_{net}(1 - \nu^2)/E$

$$q_{net} = 152.25 \text{ kPa} \qquad k = \frac{q_{net}(1-\nu^2)}{E} = \frac{152.25(0.91)}{20{,}000} = 0.006927 \text{ (विमारहित)}$$

2 केंद्र: $\alpha = 4$, $B' = B/2 = 2$ m, $m' = 1.5$; $z' = 10.19$ m $\Rightarrow n' = z'/B' = 5.094$

$$A_0 = 0.6569,\ A_1 = 0.9097,\ A_2 = 0.0545$$

$$F_1 = 0.4986,\ F_2 = 0.0441 \ \Rightarrow\ I_s = \mathbf{0.5239}$$

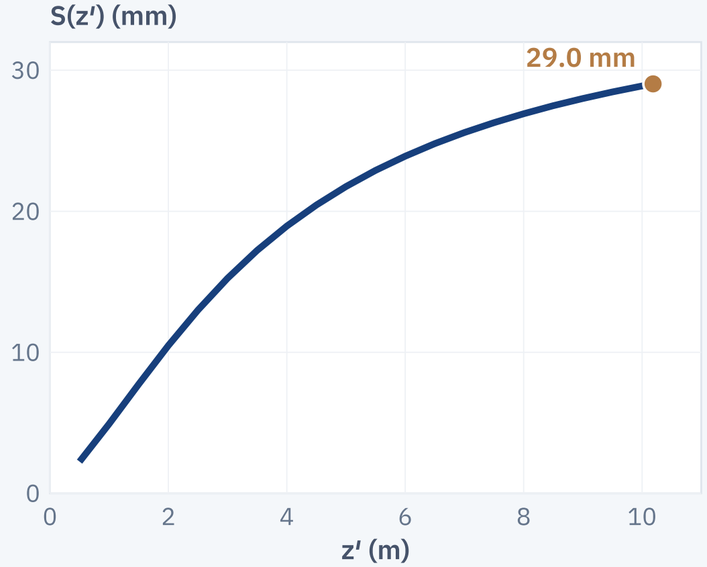
हल (2/2)

हल

3 सेटलमेंट: $S = k \cdot \alpha B' \cdot I_s$

$$S = 0.006927\,(4)(2)(0.5239) = 0.006927(4.1909)$$
$$= 0.02903\ \text{m} = \mathbf{29.0\ mm}$$

केंद्र सेटलमेंट **29.0 mm**। ग्राफ़ S(z′) में: सेटलमेंट का अधिकांश भाग ऊपरी 2B (8 m) के भीतर होता है; गहरी परतों का योगदान कम है।



हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

प्रश्न

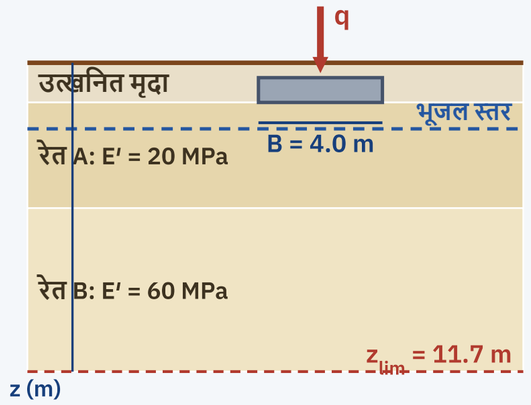
उदाहरण

दिया गया है

नींव, भार	**$B \times L = 4 \times 6$ m, $q_{gross} = 180$ kPa, $D_f = 1.5$ m $\Rightarrow q_{net} = 152.25$ kPa**
परत A	**नींव स्तर से 4 m मोटाई:** $E' = 20$ MPa
परत B	**नीचे, z_{lim} तक:** $E' = 60$ MPa
गणना की गहराई	**$z'_{lim} = 10.19$ m**

ज्ञात करना है

प्रत्येक परत का **केंद्र** सेटलमेंट और कुल योग ज्ञात कीजिए; एकल परत से तुलना कीजिए।



हल (1/2)

हल

1 परत गुणांक $k = q_{net}(1 - \nu^2)/E$ और $\alpha\, B'\, I_s$ (केंद्र; उदाहरण 2 और 6)

$$k_A = \frac{152.25(0.91)}{20{,}000} = 0.006927 \qquad k_B = \frac{152.25(0.91)}{60{,}000} = 0.002309$$

$$8\,I_s(z' = 4) = 8(0.3419) = 2.7351 \qquad 8\,I_s(z'_{lim}) = 4.1909$$

प्रोफ़ाइल को दो परतों में विभाजित करने पर प्रत्येक परत का योगदान उसके **अपने मापांक** के साथ, I_s की उसकी अपनी सीमा में वृद्धि के आधार पर जोड़ा जाता है।

हल (2/2)

हल

2 परतों के सेटलमेंट और कुल

$$\Delta S_A = k_A (8I_s)_4 = 0.006927(2.7351) = 18.9 \text{ mm}$$

$$\Delta S_B = k_B \left[(8I_s)_{lim} - (8I_s)_4\right] = 0.002309(4.1909 - 2.7351) = 3.4 \text{ mm}$$

$$S = \Delta S_A + \Delta S_B = \mathbf{22.3 \text{ mm}}$$

कुल केंद्र सेटलमेंट **22.3 mm** है (इंजन: 22.3 mm)। एकल परत (E = 20 MPa) 29.0 mm देती थी: निचली परत **अधिक कठोर** होने के कारण सेटलमेंट **23%** घट गया; परत A कुल का 85% वहन करती है।

केंद्र, कोना और दृढ़ सेटलमेंट

सिद्धांत

सूत्र **पूर्णतः लचीली** फ़ुटिंग का सेटलमेंट देते हैं: **केंद्र में अधिकतम**, कोने में न्यूनतम; इनका अंतर लचीली फ़ुटिंग का **विभेदक सेटलमेंट** है। दृढ़ फ़ुटिंग **समान रूप से** सेटल होती है: लचीले केंद्र का लगभग 0.93 गुना:

$$S_{rigid} \approx 0.93\, S_{center} \qquad S_{diff} = S_{center} - S_{köşe}$$

केंद्र: α = 4, B′ = B/2। कोना: α = 1, B′ = B (पूरे आयत का कोना)।

एम्बेडमेंट: Fox गहराई गुणांक I_f (D_f/B, B/L और ν पर निर्भर) गहराई पर स्थित नींव के सेटलमेंट को घटाता है। मॉड्यूल I_f = 1 लेता है: कोई सुधार नहीं, **सुरक्षित पक्ष में**।

टिप्पणी

वास्तविक फ़ुटिंग नम्य और कठोर के बीच की होती है। मॉड्यूल दोनों चरम मान देता है; मध्यवर्ती कठोरता और मृदा–संरचना अन्योन्यक्रिया दायरे से बाहर हैं।

प्रश्न

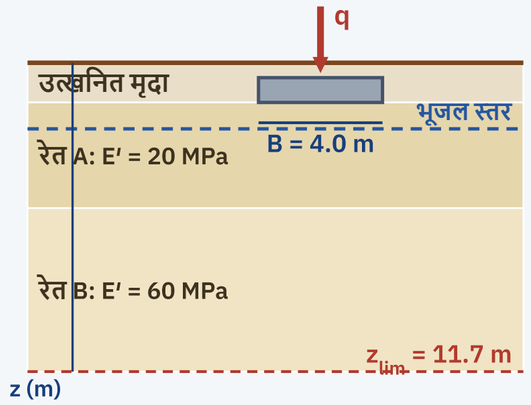
उदाहरण

दिया गया है

प्रोफ़ाइल	**उदाहरण 7: परत A (4 m) और परत B; z'_{lim} = 10.19 m**
नींव	**लचीला, 4 × 6 m**
कोना	**α = 1, B′ = B = 4 m ⇒ m′ = L/B = 1.5; n′ = z′/4**

ज्ञात करना है

कोने का सेटलमेंट, **दृढ़** फ़ुटिंग का सेटलमेंट और लचीली फ़ुटिंग का **विभेदक** सेटलमेंट।



हल

हल

1 कोने के लिए $4 \cdot I_s$ के मान ($n' = z'/4$)

$$z' = 4\ (n' = 1):\ 4\,I_s = 0.7565$$

$$z'_{lim} = 10.19\ (n' = 2.547):\ 4\,I_s = 1.5865$$

2 कोने का सेटलमेंट

$$S_{köşe} = k_A(0.7565) + k_B(1.5865 - 0.7565) = 5.2 + 1.9 = \mathbf{7.2\ mm}$$

3 दृढ़ और अंतरीय

$$S_{rigid} = 0.93(22.3) = \mathbf{20.7\ mm} \qquad S_{diff} = 22.3 - 7.2 = \mathbf{15.2\ mm}$$

केंद्र 22.3, कोना 7.2, कठोर 20.7 mm; लचीली फ़ुटिंग का विभेदक सेटलमेंट **15.2 mm** है। कोना केंद्र के केवल 32% के बराबर बैठता है।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

प्रश्न

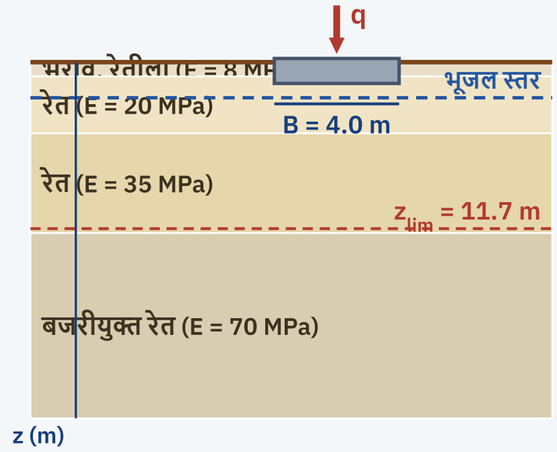
उदाहरण

दिया गया है

नींव	**B × L = 4 × 6 m, q_{gross} = 180 kPa, उत्खनन गहराई 1.5 m, भूजल स्तर 2.5 m**
प्रोफ़ाइल	**भराव, रेतीला 0–1 m: E′ = 8 MPa; रेत 1–5 m: E′ = 20 MPa; रेत 5–12 m: E′ = 35 MPa; बजरीयुक्त रेत 12–25 m: E′ = 70 MPa**
गणना की गहराई	**प्रभाव गहराई, p = 10%**

ज्ञात करना है

परत-दर-परत **केंद्र** और **कोना** सेटलमेंट; लचीला केंद्र, कोना, दृढ़ और विभेदी सेटलमेंट।



हल (1/2)

हल

1 शुद्ध दाब (उत्खनन तल 1.5 m)

$$\sigma'_{v0}(1.5) = 27.25 \text{ kPa} \quad \Rightarrow \quad q_{net} = 180 - 27.25 = \mathbf{152.75} \text{ kPa}$$

2 गणना गहराई और परतें

$$z_{lim} = 1.5 + 10.19 = \mathbf{11.69} \text{ m}$$

उत्खनन तल के ऊपर की परत हटाई जाती है

उत्खनन तल (1.5 m) रेत परत के भीतर है: परतों का केवल 1.5 m से नीचे वाला भाग गिना जाता है। z_{lim} = 11.69 m रेत परत के भीतर रहता है, इसलिए वह परत काट दी जाती है।

हल (2/2)

हल

परत	z (m)	H (m)	E (MPa)	k (×10⁻³)	ΔS केंद्र (mm)	ΔS कोना (mm)
रेत (SM, ढीली–मध्यम सघन)	1.50 – 5.00	3.50	20	6.950	17.3	4.6
रेत (SM, मध्यम घनत्व)	5.00 – 11.69	6.69	35	3.972	6.8	3.7
कुल					**24.1**	**8.3**

केंद्र **24.1 mm**, कोना 8.3 mm, दृढ़ 22.4 mm, विभेदी 15.8 mm। मॉड्यूल वही मान देता है।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

परिणाम पढ़ते समय याद रखने योग्य बातें

सिद्धांत

मान्यताएं:

- फ़ुटिंग का स्तर = उत्खनन तल; पूर्णतः लचीली फ़ुटिंग पर एकसमान दाब।
- प्रत्येक परत में **समांगी अर्ध-समष्टि** के प्रतिबल (उस परत के ν के साथ)।
- प्रत्येक परत कणिकीय है और **अपवाहित** रूप से सेटल होती है (E′, ν′)।
- कोई अंतःस्थापन सुधार नहीं; दृढ़ फ़ुटिंग ≈ 0.93 × लचीली फ़ुटिंग के केंद्र का मान।
- चिह्न: सेटलमेंट **धनात्मक** है; शीर्ष पट्टी में दिया गया चयनकर्ता उस परिपाटी पर स्विच करता है जिसमें ऊपर की ओर सेटलमेंट धनात्मक होता है।

दायरे से बाहर: मृत्तिका परतें; Schmertmann, SPT/CPT चार्ट, गहराई के साथ बढ़ता मापांक, फ़ुटिंग की दृढ़ता और मृदा–संरचना अन्योन्यक्रिया, परिमित तत्व।

रंग क्षेत्र

काट दृश्य प्रतिबल वृद्धि, मापांक, विकृति और S(z) सेटलमेंट को रंग पट्टियों से दर्शाते हैं; फ़ुटिंग स्तर पर केंद्र का मान परिणामी सेटलमेंट है।

सारांश

याद रखने योग्य बिंदु

Hooke: $\varepsilon_z = [\Delta\sigma_z - \nu(\Delta\sigma_x + \Delta\sigma_y)]/E$; $\mathbf{S = \int \varepsilon_z\, dz}$; E के व्युत्क्रमानुपाती

Steinbrenner: $S = q_{net}\, \alpha\, B'\, (1 - \nu^2)/E \cdot I_s$; $I_s = F_1 + (1 - 2\nu)/(1 - \nu)\, F_2$; केंद्र $\alpha = 4$, $B' = B/2$; कोना $\alpha = 1$, $B' = B$

रेत: $E'/p_a = \alpha\, N_{60}$ ($\alpha = 5, 10, 15$), $\nu' \approx 0.25$–0.35; ν' बढ़ने पर सेटलमेंट घटता है

परतदार: $\Delta S = q_{net}\, \alpha\, B'\, (1 - \nu^2)/E \cdot [I_s(z_{bottom}) - I_s(z_{top})]$; स्लाइस की मोटाई पर निर्भर नहीं

शुद्ध दाब $q_{net} = q_{gross} - \sigma'_{v0}(D_{exc})$; **गणना गहराई** $I(z') = p$ (वर्ग 2.09 B, L = 1.5 B के लिए 2.55 B, स्ट्रिप 6.34 B)

नम्य: केंद्र > कोना (विभेदी सेटलमेंट); **कठोर** ≈ 0.93 × केंद्र; अंतःस्थापन सुधार नहीं ($I_f = 1$)

संदर्भ

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

Steinbrenner, W. (1934). Tafeln zur Setzungsberechnung. Die Strasse, 1, 121–124.

Fox, E.N. (1948). The mean elastic settlement of a uniformly loaded area at a depth below the ground surface. Proc. 2nd ICSMFE, Rotterdam, 1, 129–132.

Bowles, J.E. (1996). Foundation Analysis and Design, 5th ed. McGraw-Hill.

Duncan, J.M. & Buchignani, A.L. (1976). An engineering manual for settlement studies. University of California, Berkeley.

Kulhawy, F.H. & Mayne, P.W. (1990). Manual on Estimating Soil Properties for Foundation Design. EPRI EL-6800.

टिप्पणी

सभी संख्यात्मक उदाहरण मॉड्यूल के अपने गणना इंजन से तैयार किए गए हैं; मॉड्यूल वही मान देता है।

GeoTerva

ऑनलाइन भू-तकनीकी गणनाएँ

सिद्धांत से अनुप्रयोग तक

इस व्याख्यान की उदाहरण परियोजना की गणना GeoTerva में चरण-दर-चरण करें: मॉड्यूल इसी मॉडल के साथ खुलता है।

मॉड्यूल खोलें →

सिद्धांत पृष्ठ →

फ़ोन पर खोलें

नमूना मॉड्यूल के लिए पंजीकरण आवश्यक नहीं है।