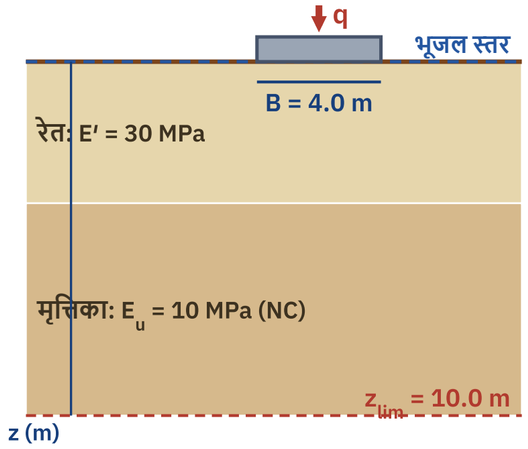
भू-तकनीकी व्याख्यान स्लाइड · सेटलमेंट

कुल सेटलमेंट: मृत्तिका और रेत परतें

व्याख्यान: मृत्तिका और रेत की परतों से बनी प्रोफ़ाइल में तात्कालिक (प्रत्यास्थ) सेटलमेंट और मृत्तिका के समेकन का जोड़, केंद्र, कोना और दृढ़ फ़ुटिंग, समय पर निर्भर कुल सेटलमेंट; प्रत्येक विषय पर हल किया गया उदाहरण।

$S = S_e + S_c$ · मृत्तिका और रेत की परतें · Steinbrenner · प्रतिबल पथ · केंद्र · कोना · दृढ़ · सेटलमेंट–समय वक्र



परिचय

इस व्याख्यान में हम क्या सीखेंगे?

- परत के प्रकार के अनुसार सेटलमेंट का पृथक्करण: **संसंजक** परत = तात्कालिक सेटलमेंट + समेकन, **कणिकीय** परत = केवल प्रत्यास्थ सेटलमेंट
- उन्हीं स्लाइसों पर **Steinbrenner** (तात्कालिक) और **प्रतिबल पथ** (कंसोलिडेशन) की गणनाओं को संयोजित करना
- उत्खनन का प्रभाव देखना: **नेट दाब** तात्कालिक सेटलमेंट को, **उत्थान और पुनःसंपीडन** समेकन को निर्धारित करते हैं
- कुल सेटलमेंट से लचीली फ़ुटिंग का **केंद्र** और **कोना** सेटलमेंट, दृढ़ फ़ुटिंग और विभेदक सेटलमेंट ज्ञात करना
- $S(t) = S_e + \Sigma\, U_i(t)\, S_{c,i}$ द्वारा सेटलमेंट–समय वक्र बनाना
- मॉड्यूल का परिणाम एकल-प्रकार के मॉड्यूलों (प्रत्यास्थ + कंसोलिडेशन) के योग के बराबर है, इसकी पुष्टि 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

उदाहरण प्रोफ़ाइल: 4 m रेत के ऊपर 6 m सामान्य समेकित मृत्तिका; 4 × 6 m फ़ुटिंग, q = 150 kPa। सेटलमेंट mm में हैं।

कुल सेटलमेंट = तात्कालिक सेटलमेंट + समेकन

सिद्धांत

$S = S_e + S_c$ संसंजक परत: S_e(अनपवाहित) + S_c कणिकीय परत: S_e(अपवाहित)

दोनों घटकों की गणना **एक ही स्लाइस में**, उसी Boussinesq प्रतिबल वृद्धि, उसी उत्खनन और उसी गणना गहराई के साथ की जाती है। हल **विश्लेषणात्मक** है: संवृत-रूप प्रभाव गुणांक, स्लाइस-दर-स्लाइस प्रतिबल पथ और Terzaghi का सिद्धांत; इसमें परिमित अवयव विधि का प्रयोग नहीं होता।

संतृप्त मृत्तिका भार लगाए जाने के दौरान आयतन नहीं बदलती (ν = 0.5): यह उसका तात्कालिक सेटलमेंट है। जल धीरे-धीरे निकलता है और मृत्तिका प्रतिबल पथ के अनुदिश संपीडित होती है: यह समेकन है। रेत अपना जल तुरंत छोड़ देती है, इसलिए उसका संपूर्ण सेटलमेंट प्रत्यास्थ होता है।

> एकल-प्रकार की प्रोफ़ाइल में मॉड्यूल, प्रत्यास्थ सेटलमेंट या कंसोलिडेशन मॉड्यूल के **समान परिणाम** देता है (उदाहरण 6)।

> प्रत्येक परत का प्रकार मृदा प्रोफ़ाइल तालिका में चुना जाता है और यह निर्धारित करता है कि परत को किन पैरामीटरों की आवश्यकता होगी।

परत का प्रकार

परत	तात्कालिक सेटलमेंट	समेकन
संसंजक	अनपवाहित E_u, ν = 0.5	उपलब्ध: C_c, C_r, C_s, e_0, σ'_p (या m_v), C_v
कणिकीय	अपवाहित E', ν'	कोई नहीं

Hooke का नियम और Steinbrenner गुणांक

सिद्धांत

शुद्ध दाब q_{net} वहन करने वाली पूर्णतः लचीली फ़ुटिंग के नीचे सेटलमेंट ऊर्ध्वाधर विकृति का समाकल होता है (Boussinesq प्रतिबल, समांगी अर्ध-समष्टि):

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

आयत के कोने के लिए संवृत-रूप हल (Steinbrenner):

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

m′ = L′/B′, n′ = z/B′ । **केंद्र**: α = 4, B′ = B/2; **कोना**: α = 1, B′ = B ।

संसंजक परत में ν = 0.5 होने के कारण $I_s = F_1$ और $(1 - \nu^2) = 0.75$ है।

प्रत्यास्थ सेटलमेंट मापांक

F_1, F_2, A_0, A_1, A_2 के सूत्र और विस्तृत उदाहरण प्रत्यास्थ सेटलमेंट प्रस्तुतियों में हैं; यहाँ केवल उनके परिणाम योग के लिए प्रयुक्त होते हैं।

स्तरित प्रोफ़ाइल और शुद्ध दाब

सिद्धांत

नींव स्तर की z_{top} और z_{bottom} गहराइयों के बीच की एक परत अपने E और ν के साथ I_s का अंतर जोड़ती है:

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

उत्खनन आधार स्तर पर प्रभावी ओवरबर्डन प्रतिबल को हटा देता है; एकल मापांक वाली प्रत्यास्थ मृदा में अभारण की भरपाई पुनः भारण पर हो जाती है, और तात्कालिक सेटलमेंट **शुद्ध दाब** से निर्धारित होता है:

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

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

परिणाम स्लाइस की मोटाई पर निर्भर नहीं करता; स्लाइस केवल तालिकाओं और रंग-क्षेत्रों के काम आते हैं।

NEDEN FARKLI?

तात्कालिक सेटलमेंट **शुद्ध दाब** से और समेकन (कंसोलिडेशन) प्रतिबल पथ पर **प्रभावी प्रतिबल वृद्धि** से निकाला जाता है; उत्खनन दोनों को भिन्न-भिन्न रूप से प्रभावित करता है।

प्रतिबल पथ और स्लाइस संपीडन

सिद्धांत

संसंजक स्लाइसों में समेकन (कंसोलिडेशन) की गणना प्रारंभिक से अंतिम प्रतिबल तक एक ही चरण में नहीं, बल्कि **प्रतिबल पथ** के अनुदिश की जाती है: उत्खनन से स्फीति (C_s), पुनः भारण में पहले उत्थान का पूर्ववत होना, C_r के साथ σ'_p तक पुनःसंपीडन, और उसके आगे C_c के साथ वर्जिन संपीडन:

$$\sigma'_{v0} \xrightarrow{C_s} \sigma'_{exc} \xrightarrow{C_s} \sigma'_{v0} \xrightarrow{C_r} \sigma'_p \xrightarrow{C_c} \sigma'_{final} \qquad \sigma'_p = OCR \cdot \sigma'_{v0}$$

$$S_c = \sum (S_b + S_r + S_v)\,, \quad f = \frac{\Delta H}{1 + e_0} \qquad \Delta\sigma_{load} = q\, I_z(z') \qquad \sigma'_{final} = \sigma'_{exc} + \Delta\sigma_{load}$$

NC मृत्तिका में (OCR = 1): $S = C_c\, f \log(\sigma'_{final}/\sigma'_{v0})$ (उत्खनन रहित)।

उत्थान ऋणात्मक लिया जाता है; $S_{net} = S_c + S_{heave}$। **संरक्षित** विकल्प में सेटलमेंट मूल भूमि से, **शून्य पर रीसेट** विकल्प में उत्थित आधार से मापा जाता है।

गणना गहराई: $I_z(z') = p$ (सामान्यतः 10%) या प्रोफ़ाइल का आधार; m_v विधि एक रैखिक विकल्प है।

विवरण

प्रतिबल पथ, व्यवस्थाओं, उत्खनन और समय वक्र का पूर्ण विवरण समेकन प्रस्तुति में दिया गया है।

प्रश्न

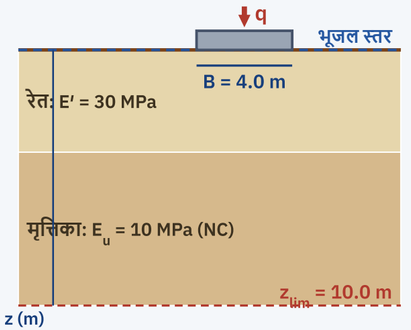
उदाहरण

दिया गया है

प्रोफ़ाइल	**रेत 0–4 m:** $E' = 30$ MPa, $\nu' = 0.30$, $\gamma_{sat} = 19$ · **मृत्तिका 4–10 m (NC):** $E_u = 10$ MPa, $\nu = 0.5$, $e_0 = 1.0$, $C_c = 0.30$, $C_v = 2$ m^2/वर्ष, $\gamma_{sat} = 18$
नींव	**4 × 6 m लचीला आयत, $q = 150$ kPa, भूमि की सतह पर; भूजल स्तर सतह पर; गणना गहराई 10 m (प्रोफ़ाइल का तल)**
उत्खनन	**कोई नहीं (q_{net} = 150 kPa)**

ज्ञात करना है

प्रत्येक परत का **केंद्र** और **कोना** तात्कालिक सेटलमेंट S_e।



हल

हल

1 रेत (0–4 m): k = q(1 − ν′²)/E′ = 150(0.91)/30 000 = 0.004550; 8 I_s(4) = 2.7351

$$\Delta S_e = k\,[(\alpha B' I_s)_4 - 0] = 0.004550(2.7351) = \mathbf{12.4\ mm}$$

2 मृत्तिका (4–10 m): k = 150(0.75)/10,000 = 0.011250; 8 I_s(4) = 2.3398; 8 I_s(10) = 3.9643

$$\Delta S_e = 0.011250(3.9643 - 2.3398) = \mathbf{18.3\ mm}$$

केंद्र पर S_e = 12.4 + 18.3 = **30.7 mm**; कोने पर 3.4 + 9.8 = **13.2 mm** (कोने पर α = 1, B′ = B)।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

Boussinesq, प्रभाव गहराई और m_v विधि

सिद्धांत

फ़ुटिंग के केंद्र के नीचे आयत B × L के लिए Newmark कोना गुणांक से, तथा स्ट्रिप के लिए α के संवृत हल से:

$$\Delta\sigma = q\, I_z(z') \qquad I_z = 4\, I_{köşe}(m, n)\ \ (m = \tfrac{B}{2z'},\ n = \tfrac{L}{2z'}) \qquad I_{z,\text{स्ट्रिप}} = \frac{\alpha + \sin\alpha}{\pi}$$

प्रभाव गहराई: $I_z(z')$ = p (प्रचलित 10%); वर्गाकार 2.09 B, L = 1.5 B के लिए 2.55 B, स्ट्रिप 6.34 B। प्रोफ़ाइल का तल चुने जाने पर गणना अंतिम परत पर समाप्त होती है (चट्टान या सघन बजरी में)।

यदि प्रोफ़ाइल z_{lim} से ऊपर समाप्त हो जाए, तो अंतिम परत z_{lim} तक जारी मानी जाती है।

m_v विधि: $\Delta H = m_v\, \Delta\sigma'\, H$; रैखिक, $C_c/C_r/C_s$ का मिश्रण नहीं होता।

इस प्रोफ़ाइल में

गणना गहराई प्रोफ़ाइल का आधार (10 m) है; कठोर आधार माना जाता है। मृत्तिका परत z = 7 m पर, $I_z(z' = 7) = 0.1916$।

प्रश्न

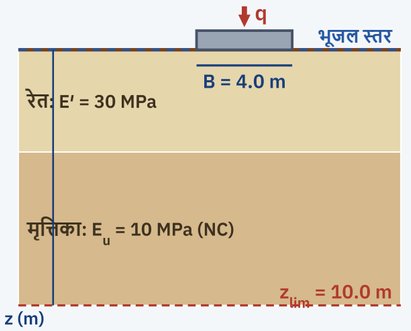
उदाहरण

दिया गया है

प्रोफ़ाइल	**रेत 0–4 m:** $E' = 30$ MPa, $\nu' = 0.30$, $\gamma_{sat} = 19$ · **मृत्तिका 4–10 m (NC):** $E_u = 10$ MPa, $\nu = 0.5$, $e_0 = 1.0$, $C_c = 0.30$, $C_v = 2$ m²/वर्ष, $\gamma_{sat} = 18$
नींव	**4 × 6 m लचीला आयत,** $q = 150$ kPa, **भूमि की सतह पर; भूजल स्तर सतह पर; गणना गहराई 10 m (प्रोफ़ाइल का तल)**
स्लाइस	**मृत्तिका एकल स्लाइस,** $H = 6$ **m, मध्य बिंदु** $z = 7$ **m;** $f = H/(1+e_0) = 3$ **m**
प्रतिबल	$\sigma'_{v0} = 9.19(4) + 8.19(3) = 61.33$ kPa

ज्ञात करना है

I_z, $\Delta\sigma$, σ'_{final} और S_c।



हल

हल

1 Boussinesq (z′ = 7 m): m = 2/7 = 0.2857; n = 3/7 = 0.4286

$$I_z = 4\,I_{köşe}(0.2857;\,0.4286) = 4(0.0479) = \mathbf{0.1916} \qquad \Delta\sigma = 150(0.1916) = 28.75 \text{ kPa}$$

2 अंतिम प्रतिबल और संपीडन (NC: $\sigma'_p = \sigma'_{v0}$)

$$\sigma'_{final} = 61.33 + 28.75 = 90.08 \text{ kPa}$$

$$S_c = C_c f \log\frac{\sigma'_{final}}{\sigma'_{v0}} = 0.30(3)\log\frac{90.08}{61.33} = \mathbf{150.2\ mm}$$

मृत्तिका का समेकन सेटलमेंट **150.2 mm** है: तात्कालिक सेटलमेंट (30.7 mm) का लगभग **4.9 गुना**। मुलायम NC मृत्तिका में मुख्य सेटलमेंट समेकन से आता है।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

केंद्र, कोना और दृढ़ फ़ुटिंग

सिद्धांत

प्रत्येक स्लाइस के लिए तात्कालिक और (संसंजक परत में) समेकन घटक जोड़े जाते हैं; परतों पर z_{lim} तक का योग लचीली फ़ुटिंग का **केंद्र** सेटलमेंट देता है:

$$S = \sum \Delta S_e + \sum (\Delta S_b + \Delta S_r + \Delta S_v) \quad [+ S_{heave}]$$

$$S_{köşe} = S_{e,köşe} + S_c \qquad S_{rigid} = 0.93\, S_e + S_c \qquad S_{diff} = S_e - S_{e,köşe}$$

कोने के लिए **केवल तात्कालिक सेटलमेंट** कोने के आयत का अपना मान लेता है; समेकन केंद्र रेखा के प्रतिबल पथ से आता है और कोने पर भी वही मान लिया जाता है।

दृढ़ फ़ुटिंग समान रूप से बैठती है: तात्कालिक भाग लचीली फ़ुटिंग के केंद्र का लगभग 0.93 गुना है, समेकन भाग केंद्र के बराबर है।

उत्खनन: तात्कालिक भाग q_{net} से, मृत्तिका का उत्थान और पुनःसंपीडन भी उसी प्रकार निकाले जाते हैं; “संरक्षित” विकल्प में $S = S_e + S_c + S_{heave}$।

यदि मृत्तिका प्रधान हो

चूँकि समेकन केंद्र और कोने पर समान होता है, मृत्तिका-प्रधान प्रोफ़ाइलों में **विभेदक सेटलमेंट** केवल तात्कालिक घटक का अंतर होता है।

प्रश्न

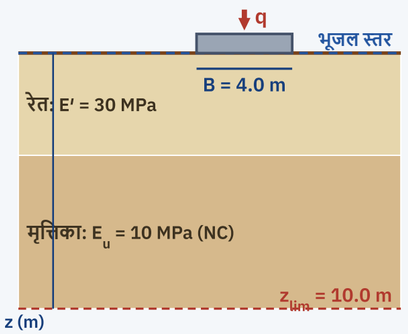
उदाहरण

दिया गया है

प्रोफ़ाइल	**रेत 0–4 m:** $E' = 30$ MPa, $\nu' = 0.30$, $\gamma_{sat} = 19$ · **मृत्तिका 4–10 m (NC):** $E_u = 10$ MPa, $\nu = 0.5$, $e_0 = 1.0$, $C_c = 0.30$, $C_v = 2$ m^2/वर्ष, $\gamma_{sat} = 18$
नींव	**4 × 6 m लचीला आयत,** $q = 150$ kPa**, भूमि की सतह पर; भूजल स्तर सतह पर; गणना गहराई 10 m (प्रोफ़ाइल का तल)**
पिछले उदाहरण	S_e**: केंद्र 30.7, कोना 13.2 mm;** S_c **= 150.2 mm (उदाहरण 1 और 2)**

ज्ञात करना है

केंद्र, कोना, दृढ़ कुल सेटलमेंट; विभेदक सेटलमेंट; तात्कालिक घटक का अंश।



हल

हल

1 कुल योग

$$S_{center} = 30.7 + 150.2 = \mathbf{181.0\ mm} \qquad S_{köşe} = 13.2 + 150.2 = \mathbf{163.4\ mm}$$

$$S_{rigid} = 0.93(30.7) + 150.2 = \mathbf{178.8\ mm} \qquad S_{diff} = 30.7 - 13.2 = \mathbf{17.5\ mm}$$

	S_e (mm)	S_c (mm)	कुल (mm)
केंद्र (लचीला)	30.7	150.2	**181.0**
कोना (नम्य)	13.2	150.2	**163.4**
दृढ़	28.6	150.2	**178.8**

तात्कालिक सेटलमेंट कुल का केवल **17%** है; विभेदक सेटलमेंट 17.5 mm है। मृत्तिका का समेकन केंद्र और कोने पर समान होने के कारण कोना केंद्र के 90% के बराबर बैठता है।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

प्रश्न

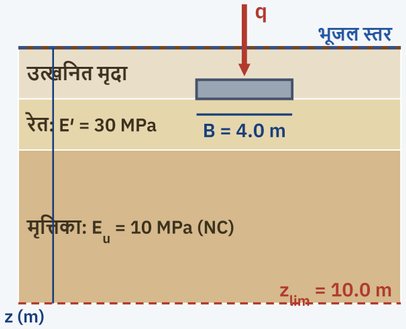
उदाहरण

दिया गया है

प्रोफ़ाइल	**रेत 0–4 m ($E' = 30,\ \nu' = 0.30,\ \gamma_{sat} = 19$) · मृत्तिका 4–10 m (NC; $E_u = 10,\ e_0 = 1.0,\ C_c = 0.30,\ C_s = C_r = 0.06,\ \gamma_{sat} = 18$); भूजल स्तर सतह पर**
उत्खनन	**चौड़ा उत्खनन (I_{exc} = 1), गहराई 2 m; फ़ुटिंग उत्खनन तल पर**
नींव	**4 × 6 m, $q_{gross} = 150$ kPa; गणना गहराई 10 m**
स्लाइस	**रेत 2–4 m (H = 2 m), मृत्तिका 4–10 m (z = 7 m, f = 3 m)**

ज्ञात करना है

q_{net}, S_e; मृत्तिका की स्फीति और S_c; कुल सेटलमेंट (सुरक्षित रखा जाता है और शून्य किया जाता है)।



हल (1/3)

हल

1 शुद्ध दाब: $q_{uplift} = \sigma'_{v0}(2\text{ m}) = 9.19(2) = 18.38$ kPa

$$q_{net} = 150 - 18.38 = \mathbf{131.62}\ \text{kPa}$$

2 तात्कालिक सेटलमेंट: रेत (z′ 0–2 m) k = 0.003992; मृत्तिका (z′ 2–8 m) k = 0.009872 ($k = q_{net}(1 - \nu^2)/E$)

$$\text{रेत}: \Delta S_e = 0.003992(1.5131 - 0) = 6.0\ \text{mm}$$

$$\text{मृत्तिका}: \Delta S_e = 0.009872(3.6370 - 1.0554) = 25.5\ \text{mm}$$

उत्खनन ने शुद्ध दाब को 150 → 131.6 kPa कर दिया; तात्कालिक सेटलमेंट 30.7 → **31.5 mm** (रेत का ऊपरी 2 m खोदा गया, मृत्तिका पर भार कम पड़ा)।

हल (2/3)

हल

3 मृत्तिका: प्रतिबल पथ ($z' = 5$ m: $I_z = 0.3204$)

$$\sigma'_{exc} = 61.33 - 18.38 = 42.95 \text{ kPa} \qquad \Delta\sigma = 150(0.3204) = 48.05 \text{ kPa}$$

$$\text{उत्थान} = -0.06(3)\log\frac{61.33}{42.95} = -27.8 \text{ mm} \qquad \sigma'_{final} = 42.95 + 48.05 = 91.00 \text{ kPa}$$

4 NC मृत्तिका ($\sigma'_p = \sigma'_{v0}$): S_b स्फीति को पुनः प्राप्त करता है, S_v वर्जिन संपीडन है

$$S_b = 0.06(3)\log\frac{61.33}{42.95} = 27.8 \text{ mm} \qquad S_v = 0.30(3)\log\frac{91.00}{61.33} = 154.2 \text{ mm}$$

$$S_c = S_b + S_v = \mathbf{182.1\ mm}$$

हल (3/3)

हल

	S_e (mm)	S_c (mm)	उत्थान (mm)	कुल (mm)
उत्खनन के बिना (उदाहरण 3)	30.7	150.2	0	**181.0**
उत्खनित, **संरक्षित रहता है** (मूल भूमि से)	31.5	182.1	-27.8	**185.8**
उत्खनित, **शून्य कर दिया जाता है** (उभरे हुए आधार से)	31.5	182.1	—	**213.6**

मूल भूमि से मापा गया कुल सेटलमेंट **185.8 mm** है (S_e + S_c + उत्थान); उत्थित आधार से मापने पर **213.6 mm** है। अंतर उत्थान के बराबर है (27.8 mm)।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

तात्कालिक सेटलमेंट तुरंत, समेकन समय के साथ

सिद्धांत

$$T_v = \frac{C_v\, t}{H_{dr}^2} \qquad U(T_v) = 1 - \sum_{m=0}^{\infty} \frac{2}{M^2} e^{-M^2 T_v} \qquad M = \frac{\pi(2m+1)}{2}$$

$$S(t) = S_e + \sum_i U_i(t)\, S_{c,i} \;\; [+ S_{heave}] \qquad t = \frac{T_v\, H_{dr}^2}{C_v}$$

S_e **तुरंत** उपस्थित होता है ($t = 0^+$); समेकन प्रत्येक संसंजक परत में उसके अपने C_v और H_{dr} के साथ आगे बढ़ता है: $H_{dr} = H$ (एक-दिशीय) या $H/2$ (द्वि-दिशीय)।

$T_{v,50} = 0.197$; $T_{v,90} = 0.848$; $T_v < 0.05$'te $U = 2\sqrt{(T_v/\pi)}$.

वक्र परत-वक्रों का योग है; निकाय के t_{50} और t_{90} मान इसी योग से पढ़े जाते हैं। जिस प्रोफ़ाइल में कोई संसंजक परत नहीं है, उसमें समय वक्र नहीं होता: संपूर्ण सेटलमेंट तात्कालिक है।

“संरक्षित” विकल्प में वक्र शून्य उत्थान से आरंभ होता है और शुद्ध विरूपण पर समाप्त होता है।

रेत + मृत्तिका

रेत का सेटलमेंट तुरंत हो जाता है; **समय वक्र का आकार मृत्तिका निर्धारित करती है**।

प्रश्न

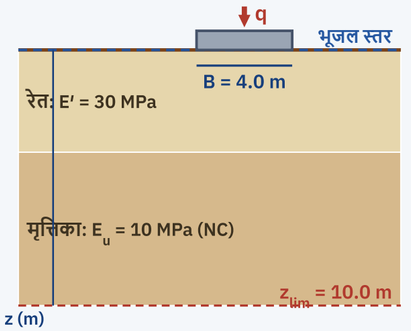
उदाहरण

दिया गया है

प्रोफ़ाइल	**रेत 0–4 m:** $E' = 30$ MPa, $\nu' = 0.30$, $\gamma_{sat} = 19$ · **मृत्तिका 4–10 m (NC):** $E_u = 10$ MPa, $\nu = 0.5$, $e_0 = 1.0$, $C_c = 0.30$, $C_v = 2$ m²/वर्ष, $\gamma_{sat} = 18$
नींव	**4 × 6 m लचीला आयत, $q = 150$ kPa, भूमि की सतह पर; भूजल स्तर सतह पर; गणना गहराई 10 m (प्रोफ़ाइल का तल)**
पिछले उदाहरण	**S_e = 30.7 mm (उदाहरण 1); S_c = 150.2 mm (उदाहरण 2); उत्खनन नहीं**
अपवाह	**मृत्तिका ऊपर (रेत) और नीचे (कठोर आधार) दोनों ओर से अपवाहित होती है: द्विदिश अपवाह, H = 6 m**
समय	**t = 0.25; 0.5; 1; 2; 4; 8 वर्ष**

ज्ञात करना है

H_{dr}, t_{50}, t_{90} और S(t); t = 0^+ पर सेटलमेंट।



हल (1/2)

हल

1 अपवाह पथ और अवधि (C_v = 2 m²/वर्ष)

$$H_{dr} = \frac{H}{2} = 3 \text{ m} \qquad t_{50} = \frac{0.197(3^2)}{2} = \mathbf{0.89} \text{ वर्ष} \qquad t_{90} = \frac{0.848(3^2)}{2} = \mathbf{3.82} \text{ वर्ष}$$

2 प्रारंभिक और अंतिम सेटलमेंट

$$S(0^+) = S_e = 30.7 \text{ mm} \qquad S(\infty) = S_e + S_c = 30.7 + 150.2 = \mathbf{181.0 \text{ mm}}$$

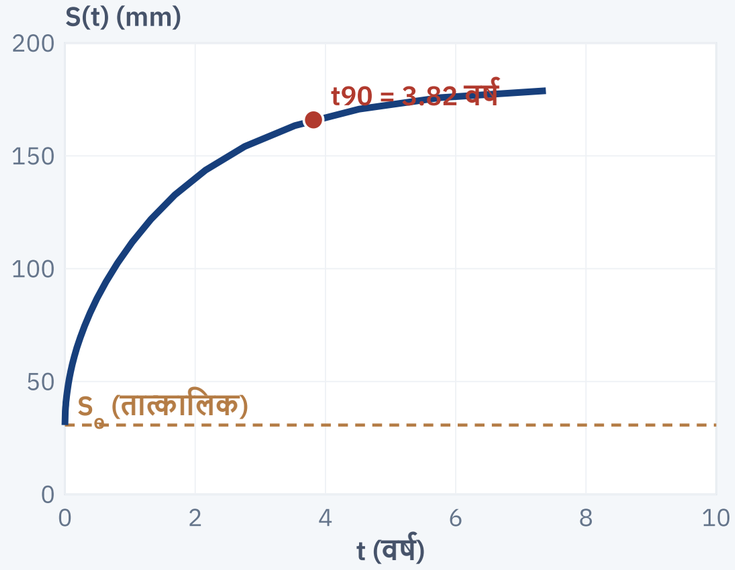
भार लगाते ही सेटलमेंट 30.7 mm होता है (कुल का 17%); मृत्तिका समेकन का 90% **3.82 वर्षों में** पूरा हो जाता है।

हल (2/2)

हल

t (वर्ष)	U	$S_c(t)$ (mm)	$S(t) = S_e + S_c(t)$ (mm)
0.25	0.266	40.0	**71**
0.50	0.376	56.5	**87**
1.00	0.531	79.8	**110**
2.00	0.729	109.6	**140**
4.00	0.910	136.7	**167**
8.00	0.990	148.7	**179**

1 वर्ष में कुल सेटलमेंट 110 mm (अंतिम मान का 61%) और 4 वर्ष में 167 mm (92%) है। वक्र तात्कालिक सेटलमेंट से आरंभ होकर मृत्तिका के समेकन के साथ ऊपर उठता है।



हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

प्रश्न

उदाहरण

दिया गया है

प्रोफ़ाइल	**केवल मृत्तिका, 0–6 m (NC):** $E_u = 10$ MPa, $e_0 = 1.0$, $C_c = 0.30$, $\gamma_{sat} = 18$; **भूजल स्तर सतह पर**
नींव	**4 × 6 m,** $q = 150$ kPa, **उत्खनन नहीं; गणना गहराई 6 m (प्रोफ़ाइल का तल)**
तुलना	**प्रत्यास्थ सेटलमेंट (संसंजक) + समेकन (कंसोलिडेशन) मॉड्यूल**

ज्ञात करना है

कुल सेटलमेंट मॉड्यूल के S_e, S_c और योग की तुलना दो एकल-प्रकार वाले मॉड्यूलों के परिणामों से कीजिए।

हल

हल

मॉड्यूल	S_e (mm)	S_c (mm)	कुल (mm)
प्रत्यास्थ सेटलमेंट: संसंजक मृदा	35.3	—	—
समेकन	—	591.6	—
दोनों मापांकों का योग	35.3	591.6	**626.9**
कुल सेटलमेंट (2D)	35.3	591.6	**626.9**

कुल सेटलमेंट मॉड्यूल, एक ही प्रकार की मृदा वाली प्रोफ़ाइल में दो मॉड्यूलों के योग के **बिल्कुल समान** है (626.9 mm)। कोने का योग 601.5 mm है ($S_{e,corner}$ = 9.9 + S_c), दृढ़ फ़ुटिंग का 624.4 mm।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

प्रश्न

उदाहरण

दिया गया है

प्रोफ़ाइल	**भराव, रेतीला 0–2 m (E = 12 MPa) · मृत्तिका-1 2–7 m (E_u = 8 MPa; C_c = 0.25; OCR = 1.6) · रेत 7–11 m (E = 35 MPa) · मृत्तिका-2 11–20 m (E_u = 15 MPa; C_c = 0.30; OCR = 1.3) · बजरीयुक्त रेत 20–30 m (E = 70 MPa)**
फ़ुटिंग, उत्खनन	**10 × 15 m, q_{gross} = 120 kPa; उत्खनन की गहराई 2 m (उत्खनन का प्लान = फ़ुटिंग); भूजल स्तर 2 m**
गणना की गहराई	**प्रभाव गहराई, p = 10%**
परिणाम	**कुल सेटलमेंट मॉड्यूल की उदाहरण परियोजना**

ज्ञात करना है

परत-दर-परत s_e और s_c, उत्थान; केंद्र, कोना, दृढ़ कुल; t_{50} और t_{90}।

हल (1/2)

हल

1 उत्खनन और गणना की गहराई

$$q_{lift} = \sigma'_{v0}(2) = 18(2) = 36.0 \text{ kPa} \qquad q_{net} = 120 - 36.0 = \mathbf{84.0} \text{ kPa}$$

$$z_{lim} = D_f + z' = 2 + 25.47 = \mathbf{27.47} \text{ m}$$

भराव (0–2 m) उत्खनन द्वारा हटा दिया जाता है; गणना 2 m से z_{lim} = 27.5 m तक चार परतों को समाहित करती है। अंतिम परत (बजरीयुक्त रेत) z_{lim} द्वारा कटी हुई है; गहरी परतों का योगदान छोटा है।

हल (2/2)

हल

परत	z (m)	S_e (mm)	S_c (mm)	उत्थान (mm)	कुल = S_e + S_c + उत्थान (mm)
मृत्तिका-1 (CL, मृदु)	2.0 – 7.0	20.8	198.4	-62.6	156.6
रेत (SM, मध्यम घनत्व)	7.0 – 11.0	5.6	—	—	5.6
मृत्तिका-2 (CH, कठोर)	11.0 – 20.0	14.1	27.0	-6.5	34.6
बजरीयुक्त रेत (सघन)	20.0 – 27.5	1.2	—	—	1.2
कुल (केंद्र)		**41.7**	**225.4**	**-69.1**	**198.0**

केंद्र **198.0 mm** = S_e 41.7 + S_c 225.4 − उभार 69.1 (रखा गया); कोना 168.7 mm, दृढ़ 195.1 mm। समय: t_{50} = 0.72 वर्ष, t_{90} = 3.71 वर्ष। मॉड्यूल वही मान देता है।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

परिणाम पढ़ते समय याद रखने योग्य बातें

सिद्धांत

नींव-तल = उत्खनन का तल; पूर्णतः लचीली फ़ुटिंग के नीचे एकसमान दाब; दृढ़ फ़ुटिंग तात्कालिक भाग में ≈ 0.93 × लचीली फ़ुटिंग का केंद्र।

तात्कालिक सेटलमेंट: प्रत्येक परत में समांगी अर्ध-अनंत माध्यम के प्रतिबल (परत के अपने ν के साथ); संसंजक परत अनपवाहित (ν = 0.5), कणिकीय परत अपवाहित; एम्बेडमेंट सुधार नहीं ($I_f = 1$)।

समेकन: एक-विमीय Terzaghi; द्रवस्थैतिक रंध्र जल दाब, भूजल स्तर उत्खनन से अप्रभावित रहता है; σ'_p अतीत का अधिकतम प्रतिबल है, उत्खनन से घटता नहीं; प्रतिबल वृद्धि केंद्र के नीचे की ऊर्ध्वाधर रेखा पर ली जाती है।

सेटलमेंट धनात्मक, उत्थान (हीव) ऋणात्मक; शीर्षक में दिया गया चयनकर्ता चिह्न पलट देता है (इंजन परंपरागत ही रहता है)।

दायरे से बाहर: द्वितीयक संपीडन, कणिकीय परतों का समेकन, Schmertmann और SPT/CPT चार्ट, परत के भीतर गहराई के साथ बढ़ने वाला मापांक (परत को उप-विभाजित करें), नींव की दृढ़ता और मृदा–संरचना अंतःक्रिया, 2D/3D समेकन, परिमित अवयव, धारण क्षमता, द्रवीकरण।

सारांश

याद रखने योग्य बिंदु

$S = S_e + S_c$: संसंजक परत = अनपवाहित तात्कालिक सेटलमेंट + समेकन; कणिकीय परत = केवल अपवाहित प्रत्यास्थ सेटलमेंट

तात्कालिक सेटलमेंट (Steinbrenner): $\Delta S_e = q_{net}\,\alpha\,B'\,(1-\nu^2)/E \cdot [I_s(z_{bottom}) - I_s(z_{top})]$; $q_{net} = q_{gross} - \sigma'_{v0}(D_{exc})$

समेकन: प्रतिबल पथ $\sigma'_{v0} \rightarrow \sigma'_{exc} \rightarrow \sigma'_{v0} \rightarrow \sigma'_{p} \rightarrow \sigma'_{final}$ (C_s, C_r, C_c); NC मृत्तिका में $S_c = C_c\,f\,\log(\sigma'_{final}/\sigma'_{v0})$

केंद्र $S_e + S_c$; **कोना** $S_{e,corner} + S_c$; **दृढ़** $0.93\,S_e + S_c$; विभेदी सेटलमेंट = तात्कालिक घटकों का अंतर

उत्खनन: तात्कालिक भाग q_{net} के साथ, मृत्तिका स्फीति + पुनःसंपीडन के साथ; “संरक्षित” $S = S_e + S_c + S_{swelling}$, “शून्य पर रीसेट” $S_e + S_c$

समय: $S(t) = S_e + \Sigma\,U_i(t)\,S_{c,i}$; $T_{v,50} = 0.197$, $T_{v,90} = 0.848$; $H_{dr} = H$ (एकतरफ़ा) या $H/2$ (दोतरफ़ा)

एक ही प्रकार की मृदा प्रोफ़ाइल में परिणाम, प्रत्यास्थ सेटलमेंट या समेकन मॉड्यूल के साथ **बिल्कुल समान** है

संदर्भ

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

Das, B.M. (2018). Principles of Geotechnical Engineering, 9th ed. Cengage — Ch. 10–11 (stress increase, consolidation settlement, time rate).

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

Terzaghi, K. (1943). Theoretical Soil Mechanics. Wiley.

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 यही मान देता है (उदाहरण स्लाइस: dz = परत की मोटाई)।

GeoTerva

ऑनलाइन भू-तकनीकी गणनाएँ

सिद्धांत से अनुप्रयोग तक

मृत्तिका और रेत की परतों वाली अपनी प्रोफ़ाइल GeoTerva में बनाएँ; मॉड्यूल सेटलमेंट और समय वक्र एक साथ देता है।

मॉड्यूल खोलें →

सिद्धांत पृष्ठ →

फ़ोन पर खोलें

नमूना मॉड्यूल के लिए पंजीकरण आवश्यक नहीं है।

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