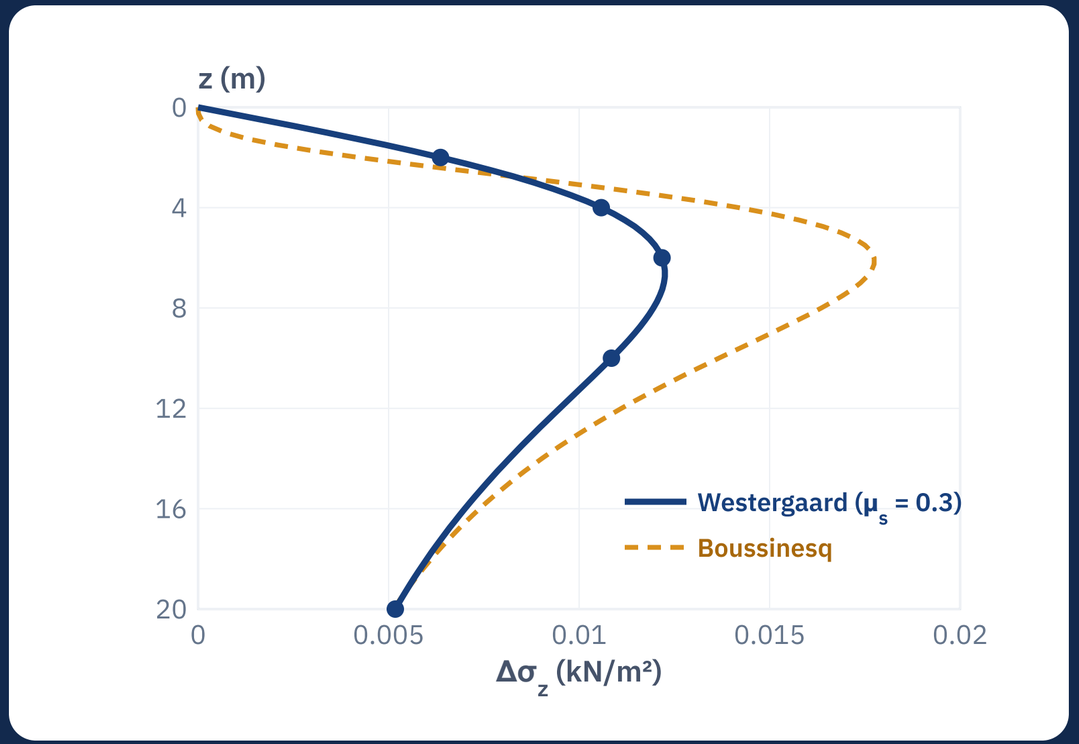
GeoTerva

भू-तकनीकी व्याख्यान स्लाइड · मृदा पिंड में प्रतिबल

Westergaard: बिंदु भार के नीचे प्रतिबल

व्याख्यान: पार्श्व विकृति कठोर प्लेटों द्वारा सीमित परतदार मृदा में बिंदु भार के नीचे प्रतिबल; एक बिंदु को शुरू से अंत तक हाथ से हल किया गया है।

- Westergaard माध्यम
- η और I_5
- μ_s का प्रभाव
- Boussinesq से तुलना
- अध्यारोपण



परिचय

इस व्याख्यान में हम क्या सीखेंगे?

- **Westergaard माध्यम**: पार्श्व विकृति की अनुमति न देने वाली पतली, कठोर क्षैतिज पट्टिकाओं वाली प्रत्यास्थ मृदा का आदर्शीकरण
- बिंदु भार के नीचे ऊर्ध्वाधर प्रतिबल वृद्धि: **η**, **प्रभाव मान I_5** और $\Delta\sigma_z = (P/z^2)\, I_5$
- Westergaard प्रतिबल **Boussinesq** प्रतिबल से कहाँ छोटा और कहाँ बड़ा होता है; पॉइसन अनुपात μ_s की भूमिका
- गहराई और क्षैतिज दूरी के साथ परिवर्तन, अधिकतम प्रतिबल की गहराई
- **अनेक बिंदु भारों का** अध्यारोपण

व्याख्यान प्रवाह

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

1 · **सिद्धांत**: सूत्र और उसका औचित्य

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

3 · **हल**: चरण-दर-चरण, संख्याओं सहित

उदाहरण: P = 5 kN, बिंदु A भार से r = 5 m दूर और z = 4 m गहराई पर है; प्लेटों के बीच की मृदा में $\mu_s = 0.3$।

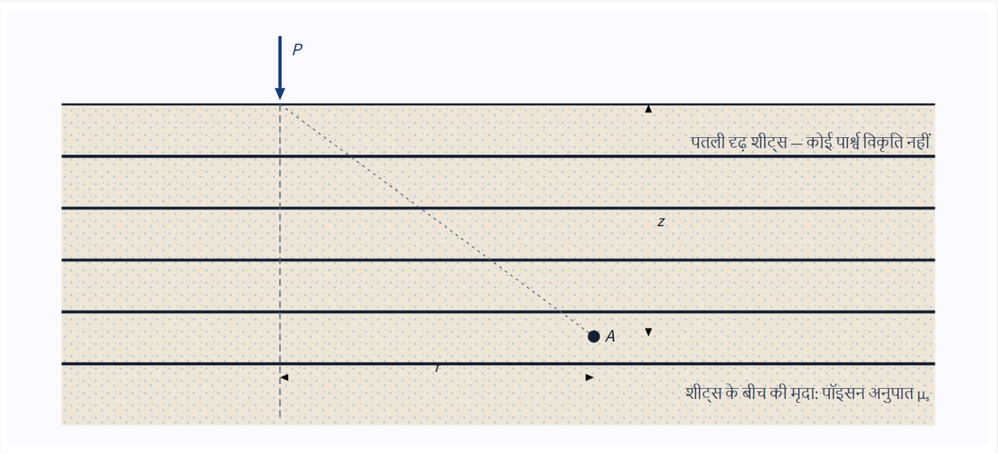
दृढ़ क्षैतिज प्लेट वाली मृदा

सिद्धांत

Boussinesq-आधारित हल **समांगी और समदैशिक** अर्ध-अनंत माध्यम के लिए बिंदु भार हल के समाकलन पर आधारित हैं। परंतु अनेक मृदाएँ **परतदार** होती हैं

उदाहरण: महीन रेत की धारियों वाली मृत्तिका, जिसका क्षैतिज विरूपण अधिक दृढ़ परतों द्वारा सीमित है

Westergaard (1938) ने इस मृदा को इस प्रकार आदर्शीकृत किया: पार्श्व विकृति की अनुमति न देने वाली अनेक **पतली, दृढ़ क्षैतिज पट्टिकाओं** से युक्त प्रत्यास्थ माध्यम



ऊर्ध्वाधर प्रतिबल वृद्धि और η

सिद्धांत

सतह पर लगे बिंदु भार **P** के कारण बिंदु A पर, जो क्षैतिज दूरी **r** और गहराई **z** पर है, उत्पन्न ऊर्ध्वाधर प्रतिबल वृद्धि; **μ_s** दृढ़ प्लेटों के बीच की मृदा का पॉइसन अनुपात है, $r = \sqrt{(x^2 + y^2)}$

हल को, Boussinesq I_1 की तरह, एक **प्रभाव मान** के रूप में पुनः लिखा जाता है

$$\Delta\sigma_z = \frac{P\,\eta}{2\pi z^2}\left[\frac{1}{\eta^2 + (r/z)^2}\right]^{3/2}$$

$$\eta = \sqrt{\frac{1 - 2\mu_s}{2 - 2\mu_s}}$$

$\Delta\sigma_z = (P/z^2)\, I_5$

सिद्धांत

Westergaard हल Boussinesq की तरह **$\Delta\sigma_z = (P/z^2)\, I_5$** रूप में लिखा जाता है; I_5 केवल **r/(ηz)** और **η** पर निर्भर करता है

तुलना के लिए Boussinesq हल: $\Delta\sigma_z = (P/z^2)\, I_1$, I_1 केवल r/z पर निर्भर करता है (ऊर्ध्वाधर प्रतिबल पॉइसन अनुपात से स्वतंत्र है)

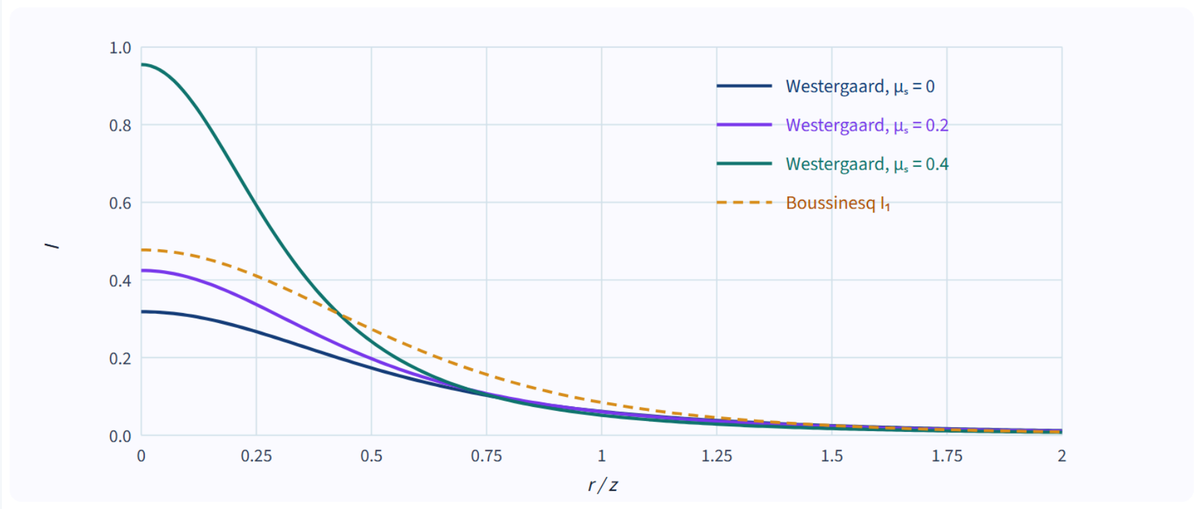
$$\Delta\sigma_z = \left(\frac{P}{z^2}\right) I_5 \qquad I_5 = \frac{1}{2\pi\eta^2}\left[\left(\frac{r}{\eta z}\right)^2 + 1\right]^{-3/2}$$

Boussinesq: $$I_1 = \frac{3}{2\pi}\left[\left(\frac{r}{z}\right)^2 + 1\right]^{-5/2}$$

प्रभाव मान का r/z के साथ परिवर्तन

सिद्धांत

r/z	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	1	1.5	2	3	5
$\mu_s = 0$	0.3183	0.3090	0.2836	0.2483	0.2099	0.1733	0.1411	0.0925	0.0613	0.0247	0.0118	0.0038	0.0009
$\mu_s = 0.2$	0.4244	0.4080	0.3646	0.3074	0.2491	0.1972	0.1547	0.0953	0.0604	0.0229	0.0107	0.0034	0.0008
$\mu_s = 0.4$	0.9549	0.8750	0.6916	0.4997	0.3480	0.2416	0.1700	0.0897	0.0516	0.0173	0.0076	0.0023	0.0005
Boussinesq I_1	0.4775	0.4657	0.4329	0.3849	0.3295	0.2733	0.2214	0.1386	0.0844	0.0251	0.0085	0.0015	0.0001



भार के नीचे Westergaard और Boussinesq

सिद्धांत

भार के ठीक नीचे (r = 0) **$\mu_s = 0$** के लिए Westergaard प्रतिबल, Boussinesq प्रतिबल से **कम** है: $I_5 = 1/\pi = 0.3183$; Boussinesq के लिए $I_1 = 3/2\pi = 0.4775$। दृढ़ प्लेटें भार को पार्श्वों में फैला देती हैं

भार के नीचे प्रतिबल **μ_s बढ़ने पर बढ़ता है**; **$\mu_s = 0.5$** पर $\eta = 0$ हो जाता है और हल **अपनी वैधता खो देता है**। मॉड्यूल μ_s को 0 से 0.49 के बीच स्वीकार करता है

μ_s	0.00	0.10	0.20	0.25	0.30	0.40	0.45	0.49
η	0.7071	0.6667	0.6124	0.5774	0.5345	0.4082	0.3015	0.1400
η^2	0.5000	0.4444	0.3750	0.3333	0.2857	0.1667	0.0909	0.0196
I_5 (r = 0) = $1/(2\pi\eta^2)$	0.3183	0.3581	0.4244	0.4775	0.5570	0.9549	1.7507	8.1169

अध्यारोपण

सिद्धांत

चूँकि Westergaard माध्यम **प्रत्यास्थ** है, प्रत्येक भार का प्रतिबल बिंदु A से उसकी **अपनी दूरी r** द्वारा निकाला जाता है और प्रतिबलों को **जोड़ा जाता है**

भार भूमि पर अपनी-अपनी स्थिति में होते हैं; अधिकतम आठ भार दर्ज किए जा सकते हैं और कोई भी दो भार एक ही स्थिति में नहीं हो सकते

Boussinesq का तुलना मान भी इसी प्रकार जोड़ा जाता है

$$\Delta\sigma_z = \sum_k \frac{P_k}{z^2}\, I_{5,k} \qquad r_k = \sqrt{(x - x_k)^2 + (y - y_k)^2} \qquad I_{5,k} = I_5\left(\frac{r_k}{\eta z}\right)$$

प्रश्न

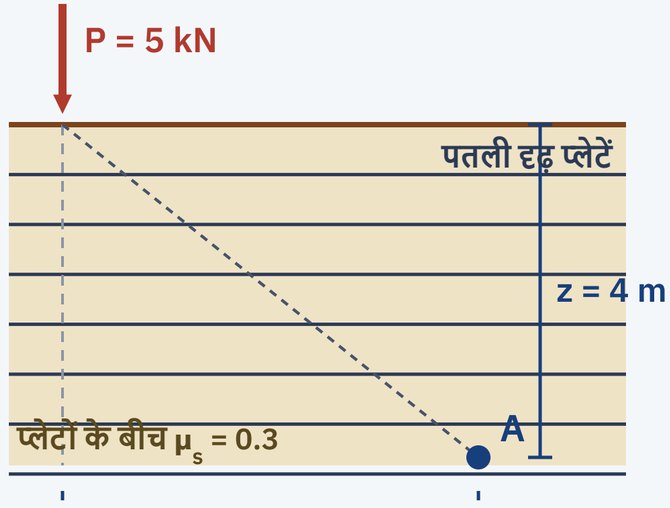
उदाहरण

ज्ञात करना है

η, **r/(ηz)**, प्रभाव मान $\mathbf{I_5}$, $\mathbf{\Delta\sigma_z}$ और Boussinesq प्रतिबल से तुलना।

दिया गया है

भार	**सतह पर** $P = 5$ **kN,** $(x_L;\, y_L) = (0;\, 0)$
बिंदु A	$x = 3$ **m,** $y = 4$ **m,** $z = 4$ **m**
मृदा	**प्लेटों के बीच** $\mu_s = 0.3$



हल (1/3)

हल

1 Westergaard स्थिरांक η

$$\eta = \sqrt{\frac{1-2\mu_s}{2-2\mu_s}} = \sqrt{\frac{1-0.6}{2-0.6}} = \sqrt{0.2857} = \mathbf{0.5345}$$

2 क्षैतिज दूरी और r/(ηz)

$$r = \sqrt{x^2+y^2} = \sqrt{3^2+4^2} = \mathbf{5.00}\ \text{m}$$

$$\frac{r}{\eta z} = \frac{5}{0.5345\,(4)} = \mathbf{2.3385}$$

η = **0.5345** (η² = 0.2857)। बिंदु A भार से **r = 5 m** दूरी पर है; Boussinesq में यह दूरी r/z = 1.25 के रूप में आती, Westergaard में r/(ηz) = **2.3385** के रूप में आती है।

हल (2/3)

हल

3 प्रभाव मान I_5

$$I_5 = \frac{1}{2\pi\eta^2}\left[\left(\frac{r}{\eta z}\right)^2 + 1\right]^{-3/2} = \frac{1}{2\pi\,(0.2857)}\left[2.3385^2 + 1\right]^{-3/2}$$

$$= 0.5570 \times [6.4687]^{-3/2} = 0.5570 \times 0.06078 = \mathbf{0.03386}$$

4 ऊर्ध्वाधर प्रतिबल वृद्धि

$$\Delta\sigma_z = \frac{P}{z^2}\,I_5 = \frac{5}{4^2}\,(0.03386) = 0.3125 \times 0.03386 = \mathbf{0.01058}\ \text{kN/m}^2$$

सतह पर स्थित 5 kN का बिंदु भार, बिंदु A पर Westergaard माध्यम में **$\Delta\sigma_z$ = 0.01058 kN/m²** की वृद्धि उत्पन्न करता है (I_5 = 0.03386)।

हल (3/3)

हल

5 समीकरण के प्रथम रूप से जाँच

$$\Delta\sigma_z = \frac{P\eta}{2\pi z^2}\left[\frac{1}{\eta^2 + (r/z)^2}\right]^{3/2} = \frac{5\,(0.5345)}{2\pi\,(16)}\left[\frac{1}{0.2857 + 1.5625}\right]^{3/2} = \mathbf{0.01058}$$

6 Boussinesq (तुलना)

$$I_1 = \frac{3}{2\pi}\left[\left(\frac{r}{z}\right)^2 + 1\right]^{-5/2} = \frac{3}{2\pi}\,[2.5625]^{-5/2} = \mathbf{0.04542}$$

$$\Delta\sigma_{z,B} = \frac{5}{4^2}\,(0.04542) = \mathbf{0.01419}\ \text{kN/m}^2 \qquad \frac{\Delta\sigma_z}{\Delta\sigma_{z,B}} = 0.745$$

दोनों रूप एक ही परिणाम देते हैं। इस बिंदु पर Westergaard प्रतिबल Boussinesq के प्रतिबल का लगभग **74.5%** है: दृढ़ प्लेटें भार को पार्श्व में फैला देती हैं, इसलिए मध्यम गहराई पर प्रतिबल कम होता है।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

प्रश्न

उदाहरण

दिया गया है

भार और बिंदु	$P = 5$ **kN; बिंदु A भार से** $r = 5$ **m दूर है;** $\mu_s = 0.3$
गहराइयाँ	$z = 2,\ 4,\ 6 \ldots 20$ **m (मॉड्यूल की प्रोफ़ाइल तालिका)**

ज्ञात करना है

प्रत्येक गहराई पर **r/(ηz)**, $\mathbf{I_5}$, Westergaard और Boussinesq प्रतिबल; **अधिकतम प्रतिबल की गहराई**।

हल (1/2)

हल

z (m)	r/(ηz)	I_5	$\Delta\sigma_z$ Westergaard	$\Delta\sigma_z$ Boussinesq	अनुपात W/B
2	4.677	0.0051	**0.00636**	0.00422	1.509
4	2.339	0.0339	**0.01058**	0.01419	0.745
6	1.559	0.0877	**0.01218**	0.01774	0.686
8	1.169	0.1529	**0.01195**	0.01636	0.731
10	0.935	0.2170	**0.01085**	0.01367	0.794
12	0.780	0.2733	**0.00949**	0.01111	0.854
14	0.668	0.3202	**0.00817**	0.00902	0.905
16	0.585	0.3584	**0.00700**	0.00739	0.948
18	0.520	0.3892	**0.00601**	0.00612	0.982
20	0.468	0.4140	**0.00518**	0.00513	1.009

z = 2 m पर Westergaard प्रतिबल अधिक है (0.00636 और 0.00422); **मध्यम गहराइयों पर कम है** (z = 6 m: 0.01218 और 0.01774); **z = 20 m** पर दोनों हल एक-दूसरे के निकट आ जाते हैं (0.00518 और 0.00513)।

हल (2/2)

हल

1 z = 10 m के लिए हस्तगणना द्वारा

$$\frac{r}{\eta z} = \frac{5}{0.5345\,(10)} = 0.9354$$

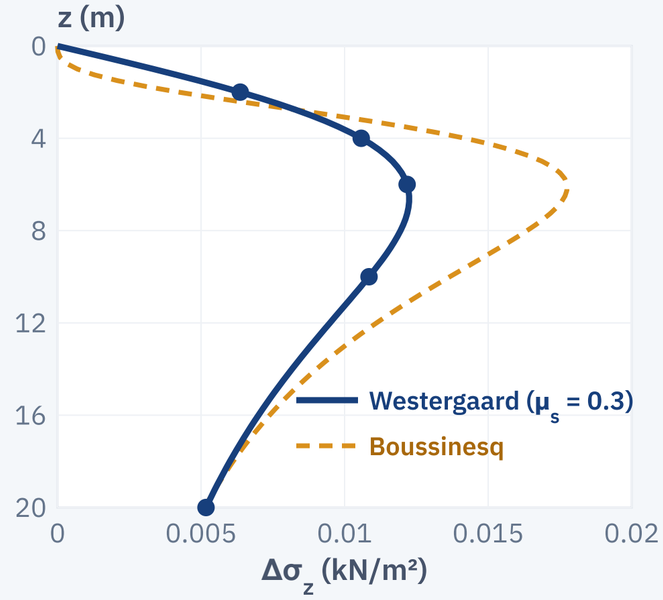
$$I_5 = 0.5570\,[1.8750]^{-3/2} = 0.2170$$

$$\Delta\sigma_z = \frac{5}{10^2}\,(0.2170) = \mathbf{0.01085}\ \text{kN/m}^2$$

2 अधिकतम प्रतिबल की गहराई ($d\Delta\sigma_z/dz = 0$)

$$\Delta\sigma_z = \frac{P\eta}{2\pi}\,z\,(r^2 + \eta^2 z^2)^{-3/2}$$

$$z^* = \frac{r}{\sqrt{2}\,\eta} = \frac{5}{1.4142\,(0.5345)} = \mathbf{6.61}\ \text{m}$$



अधिकतम प्रतिबल: Westergaard में **z = 6.61 m** पर (0.01225), Boussinesq में ($z^* = r\sqrt{1.5}$) **z = 6.12 m** पर (0.01775 kN/m²) l

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

प्रश्न

उदाहरण

दिया गया है

भार और बिंदु	$P = 5$ **kN,** $r = 5$ **m,** $z = 4$ **m (उदाहरण 1 का बिंदु)**
परिवर्ती	$\mu_s = 0;\ 0.1;\ 0.2;\ 0.3;\ 0.4;\ 0.45;\ 0.49$

ज्ञात करना है

प्रत्येक μ_s के लिए **η**, **r/(ηz)**, $\mathbf{I_5}$, $\mathbf{\Delta\sigma_z}$ और Boussinesq से अनुपात।

हल (1/3)

हल

μ_s	η	$r/(\eta z)$	I_5	$\Delta\sigma_z$ (kN/m²)	$\Delta\sigma_z$ / Boussinesq
0.00	0.7071	1.768	0.03799	**0.01187**	0.836
0.10	0.6667	1.875	0.03732	**0.01166**	0.822
0.20	0.6124	2.041	0.03614	**0.01129**	0.796
0.30	0.5345	2.339	0.03386	**0.01058**	0.745
0.40	0.4082	3.062	0.02858	**0.00893**	0.629
0.45	0.3015	4.146	0.02257	**0.00705**	0.497
0.49	0.1400	8.927	0.01120	**0.00350**	0.247

इस बिंदु पर (r/z = 1.25) **μ_s बढ़ने पर Westergaard प्रतिबल घटता है**: μ_s = 0 पर 0.01187 तथा μ_s = 0.49 पर 0.00350 kN/m²। भार अक्ष पर इसका उलटा होता है (उदाहरण 4): प्रभाव की दिशा बिंदु की स्थिति पर निर्भर करती है।

हल (2/3)

हल

1 $\mu_s = 0$

$$\eta^2 = \frac{1}{2} = 0.5000\,, \quad \eta = 0.7071\,, \quad \frac{r}{\eta z} = \frac{5}{0.7071(4)} = 1.7678$$

$$I_5 = \frac{1}{\pi}\left[4.1250\right]^{-3/2} = 0.3183 \times 0.11936 = 0.03799$$

$$\Delta\sigma_z = \frac{5}{16}\,(0.03799) = \mathbf{0.01187}$$

पॉइसन अनुपात शून्य होने पर $\eta = 1/\sqrt{2} = 0.7071$ होता है; इस बिंदु पर $\mathbf{\Delta\sigma_z = 0.01187\ kN/m^2}$ प्राप्त होता है (Boussinesq के मान का 83.6%)।

हल (3/3)

हल

2 $\mu_s = 0.4$

$$\eta^2 = \frac{1 - 0.8}{2 - 0.8} = 0.1667\,, \quad \eta = 0.4082\,, \quad \frac{r}{\eta z} = \frac{5}{0.4082(4)} = 3.0619$$

$$I_5 = 0.9549\,[10.3750]^{-3/2} = 0.9549 \times 0.02992 = 0.02858$$

$$\Delta\sigma_z = \frac{5}{16}\,(0.02858) = \mathbf{0.00893}$$

पट्टिकाओं के बीच की मृदा का पॉइसन अनुपात बढ़ने पर η घटता है; r/(ηz) बढ़ता है और इस बिंदु पर I_5 घटता है: **0.01187 → 0.00893 kN/m²** (μ_s = 0 → 0.4)।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

प्रश्न

उदाहरण

दिया गया है

भार	$P = 5$ **kN,** $\mu_s = 0.3$
गहराई	$z = 4$ **m; क्षैतिज दूरी** $r = 0,\ 1,\ 2 \ldots 10$ **m**
प्रश्न	**भार अक्ष पर Westergaard और Boussinesq प्रतिबलों की तुलना कैसे होती है;** μ_s **का मान कितना होने पर दोनों हल बराबर हो जाते हैं?**

ज्ञात करना है

भार के नीचे $\Delta\sigma_z$ (r = 0), $\mu_s = 0$ के लिए वही मान और **क्षैतिज प्रोफ़ाइल तालिका**।

हल (1/3)

हल

1 $\mu_s = 0.3$ के लिए r = 0

$$I_5(0) = \frac{1}{2\pi\eta^2} = \frac{1}{2\pi\,(0.2857)} = 0.5570 \qquad \Delta\sigma_z = \frac{5}{16}\,(0.5570) = \mathbf{0.1741}$$

$$\text{Boussinesq: } I_1(0) = \frac{3}{2\pi} = 0.4775 \;\Rightarrow\; \Delta\sigma_{z,B} = \frac{5}{16}\,(0.4775) = \mathbf{0.1492}$$

2 $\mu_s = 0$ के लिए r = 0

$$I_5(0) = \frac{1}{\pi} = 0.3183 \;\Rightarrow\; \Delta\sigma_z = \frac{5}{16}\,(0.3183) = \mathbf{0.0995} \qquad \frac{\Delta\sigma_z}{\Delta\sigma_{z,B}} = \frac{1/\pi}{3/2\pi} = \frac{2}{3}$$

$\mu_s = 0$: Westergaard, Boussinesq का **2/3** है (0.0995 और 0.1492); **$\mu_s = 0.3$**: वह उससे बड़ा है (0.1741); दोनों हल **$\mu_s = 0.25$** पर बराबर हो जाते हैं।

हल (2/3)

हल

3 वह μ_s जिस पर अक्ष पर दोनों हल बराबर होते हैं

$$\frac{1}{2\pi\eta^2} = \frac{3}{2\pi} \Rightarrow \eta^2 = \frac{1}{3} = \frac{1-2\mu_s}{2-2\mu_s} \Rightarrow \mu_s = \mathbf{0.25}$$

4 अक्ष पर अनुपात: Westergaard / Boussinesq = $(1/2\pi\eta^2) / (3/2\pi) = 1/(3\eta^2)$

μ_s	0.00	0.10	0.20	0.25	0.30	0.40	0.45	0.49
η^2	0.5000	0.4444	0.3750	0.3333	0.2857	0.1667	0.0909	0.0196
$\Delta\sigma_z$ Westergaard / Boussinesq	0.667	0.750	0.889	1.000	1.167	2.000	3.667	17.000

भार अक्ष पर अनुपात μ_s के साथ तेज़ी से बढ़ता है: $\mu_s = 0$ पर 2/3, $\mu_s = 0.25$ पर 1, $\mu_s = 0.45$ पर 3.67; μ_s के 0.5 के निकट पहुँचने पर $\eta \to 0$ और अनुपात असीमित रूप से बढ़ता है।

हल (3/3)

हल

r (m)	r/z	r/(ηz)	I_5	$\Delta\sigma_z$ Westergaard	$\Delta\sigma_z$ Boussinesq	अनुपात W/B
0	0.00	0.000	0.5570	**0.17408**	0.14921	1.167
1	0.25	0.468	0.4140	**0.12938**	0.12822	1.009
2	0.50	0.935	0.2170	**0.06780**	0.08541	0.794
3	0.75	1.403	0.1089	**0.03403**	0.04889	0.696
4	1.00	1.871	0.0584	**0.01824**	0.02638	0.691
5	1.25	2.339	0.0339	**0.01058**	0.01419	0.745
6	1.50	2.806	0.0211	**0.00658**	0.00784	0.840
8	2.00	3.742	0.0096	**0.00300**	0.00267	1.123
10	2.50	4.677	0.0051	**0.00159**	0.00105	1.509

अक्ष पर Westergaard प्रतिबल Boussinesq के प्रतिबल से अधिक होता है; **r/z ≈ 0.26** के बाद यह Boussinesq से नीचे आ जाता है (r = 2 m पर: 0.06780 और 0.08541) और **r/z ≈ 1.81** (r ≈ 7.2 m) के बाद पुनः उससे ऊपर हो जाता है (r = 10 m पर: 0.00159 और 0.00105): दूर जाने पर Westergaard प्रतिबल अधिक धीरे घटता है।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

प्रश्न

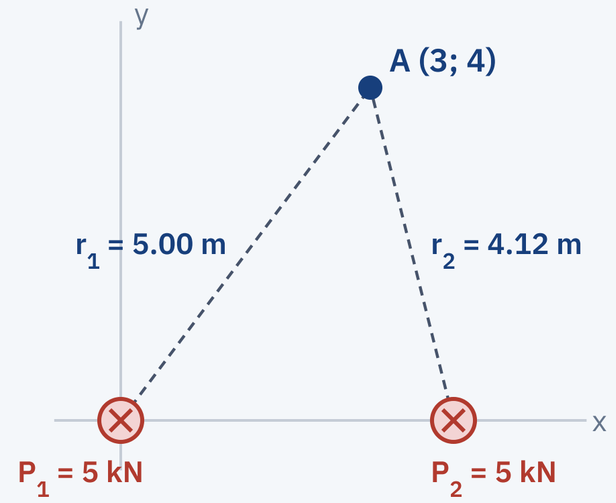
उदाहरण

ज्ञात करना है

प्रत्येक भार के **r**, $\mathbf{I_5}$, $\mathbf{\Delta\sigma_z}$ मान; कुल प्रतिबल और Boussinesq योग।

दिया गया है

भार	$P_1 = 5$ **kN,** $(0;\ 0)$ **तथा** $P_2 = 5$ **kN,** $(4;\ 0)$
बिंदु A	$x = 3$ **m,** $y = 4$ **m,** $z = 4$ **m**
मृदा	$\mu_s = 0.3$



हल (1/2)

हल

1 P_1 (0; 0)

$$r_1 = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5.000 \text{ m}$$

$$\frac{r_1}{\eta z} = \frac{5.000}{0.5345(4)} = 2.3385\,, \quad I_5 = 0.03386$$

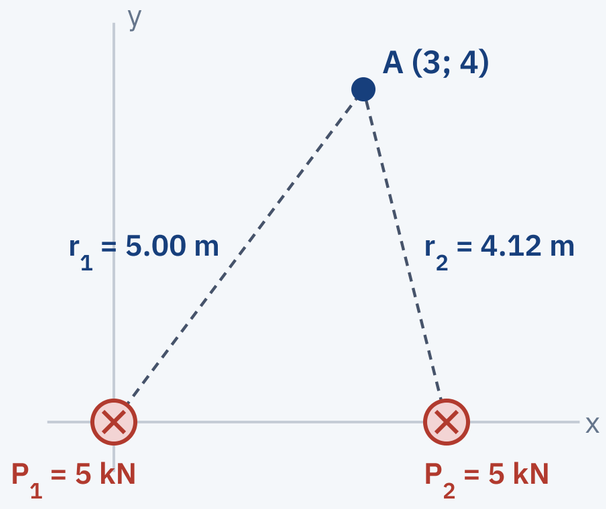
$$\Delta\sigma_{z(1)} = \frac{5}{16}\,(0.03386) = \mathbf{0.01058} \text{ kN/m}^2$$

2 P_2 (4; 0)

$$r_2 = \sqrt{(3-4)^2 + 4^2} = 4.123 \text{ m}$$

$$\frac{r_2}{\eta z} = \frac{4.123}{0.5345(4)} = 1.9284\,, \quad I_5 = 0.05434$$

$$\Delta\sigma_{z(2)} = \frac{5}{16}\,(0.05434) = \mathbf{0.01698} \text{ kN/m}^2$$



भार 2 अधिक निकट है: **0.01698**; भार 1: **0.01058 kN/m²**।

हल (2/2)

हल

1 प्रतिबलों का योग किया जाता है

$$\Delta\sigma_z = \Delta\sigma_{z(1)} + \Delta\sigma_{z(2)} = 0.01058 + 0.01698 = \mathbf{0.02756}\ \text{kN/m}^2$$

$$\Delta\sigma_{z,B} = 0.01419 + 0.02442 = 0.03862\ \text{kN/m}^2$$

2 उसी बिंदु के नीचे गहराई प्रोफ़ाइल (दोनों भारों का योग)

z (m)	2	4	6	8	10	12	16	20
$\Delta\sigma_z$ Westergaard	0.0174	0.0276	0.0301	0.0282	0.0247	0.0210	0.0150	0.0108
$\Delta\sigma_z$ Boussinesq	0.0137	0.0386	0.0430	0.0371	0.0298	0.0237	0.0153	0.0105

बिंदु A पर (z = 4 m) दोनों भार मिलकर **$\Delta\sigma_z$ = 0.02756 kN/m²** उत्पन्न करते हैं; Boussinesq योग 0.03862 kN/m² है। कुल मान प्रत्येक भार के अलग-अलग निकाले गए मानों का योग है; एकल भार का मान (उदाहरण 1) इस योग का एक भाग है।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

सारांश

याद रखने योग्य बिंदु

Westergaard माध्यम: पतली दृढ़ क्षैतिज प्लेटें पार्श्व विकृति को रोकती हैं; $\Delta\sigma_z = (P/z^2)\, I_5$, $I_5 = [1/(2\pi\eta^2)]\,[(r/\eta z)^2 + 1]^{-3/2}$, $\eta = \sqrt{[(1 - 2\mu_s)/(2 - 2\mu_s)]}$

उदाहरण (P = 5 kN, r = 5 m, z = 4 m, μ_s = 0.3): η 0.5345; r/(ηz) 2.339; I_5 0.03386 → $\Delta\sigma_z$ = 0.01058 kN/m²; Boussinesq 0.01419

भार अक्ष पर $I_5 = 1/(2\pi\eta^2)$: $\mu_s = 0$ के लिए $1/\pi = 0.3183$ (Boussinesq $3/2\pi = 0.4775$); प्रतिबल μ_s के साथ बढ़ता है, $\mu_s = 0.5$ पर हल अपनी वैधता खो देता है

गहराई: मध्यवर्ती गहराइयों पर Westergaard प्रतिबल कम होता है, बहुत अधिक गहराई पर दोनों हल निकट आ जाते हैं; अधिकतम प्रतिबल $z = r/(\sqrt{2}\,\eta) = 6.61$ m पर होता है (Boussinesq: $r\sqrt{1.5} = 6.12$ m)

अध्यारोपण: प्रत्येक भार को उसकी अपनी दूरी r के साथ लिया जाता है और प्रतिबल जोड़े जाते हैं (उदाहरण में दो भार: 0.02756 kN/m²)

संदर्भ

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

Westergaard, H.M. (1938). A problem of elasticity suggested by a problem in soil mechanics: soft material reinforced by numerous strong horizontal sheets. In Contributions to the Mechanics of Solids, Stephen Timoshenko 60th Anniversary Volume. Macmillan, New York, 268–277.

टिप्पणी

सभी संख्यात्मक उदाहरण मॉड्यूल के अपने गणना इंजन से तैयार किए गए हैं; मॉड्यूल वही मान देता है। मॉड्यूल का प्रारंभिक उदाहरण P = 5 kN, r = 5 m, μ_s = 0.3 और z = 4 m है।

GeoTerva

ऑनलाइन भू-तकनीकी गणनाएँ

सिद्धांत से अनुप्रयोग तक

अपने बिंदु भार, बिंदु A और μ_s का मान GeoTerva में दर्ज करें; मॉड्यूल η, प्रभाव मान I_5, प्रत्येक भार का योगदान, Boussinesq से तुलना, गहराई प्रोफ़ाइल, चरण-दर-चरण हल और रिपोर्ट 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