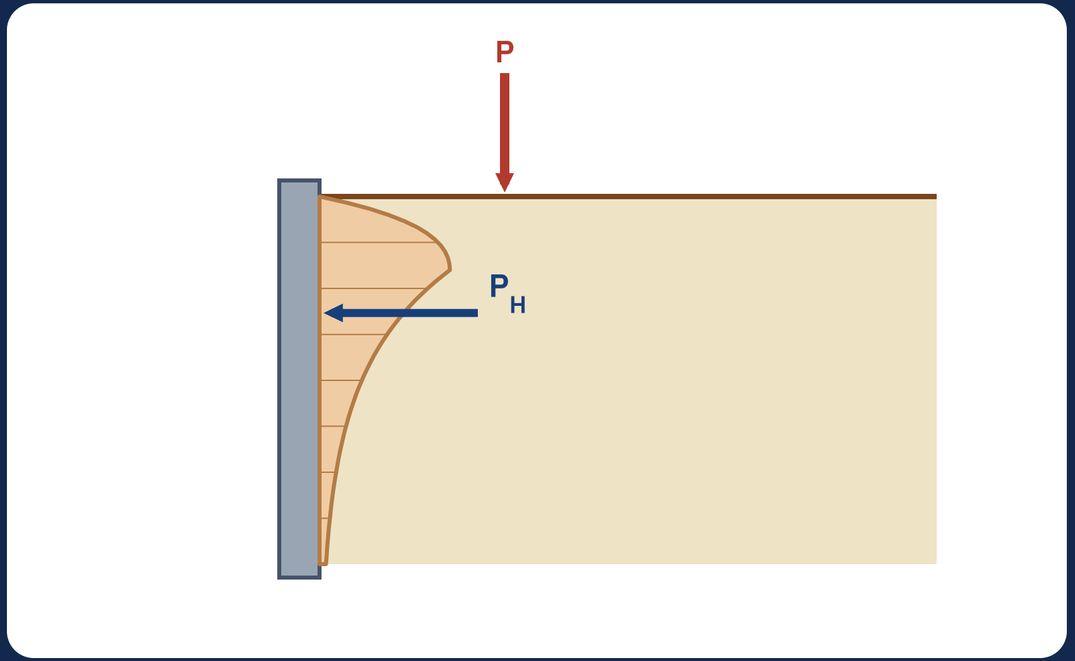
GeoTerva

भू-तकनीकी व्याख्यान स्लाइड · अधिभार (Surcharge Loads)

रेखा अधिभार भार

व्याख्यान: दीवार के समांतर रेखा भार द्वारा दीवार पर उत्पन्न पार्श्व दाब; दो विधियाँ, परिणामी बल और क्रिया रेखा, हल किए गए उदाहरण।

m = x/H · n = z/H | प्रत्यास्थ दृढ़ दीवार | Terzaghi–NAVFAC चार्ट | I_0 · I_1 | P_H और z_R



परिचय

इस व्याख्यान में हम क्या सीखेंगे?

- रेखा भार की **विमाहीन** ज्यामिति: भार की दूरी **m = x/H** और गहराई **n = z/H**
- **प्रत्यास्थ (कठोर दीवार)** हल: अर्ध-अनंत माध्यम के प्रतिबल का दोगुना; x_{min} **= 0.30 m** नियम
- **Terzaghi–NAVFAC चार्ट**: m > 0.4 और m ≤ 0.4 की स्थितियाँ; 0.4H के भीतर दूरी का प्रभावहीन होना
- परिणामी को $P_H = P \cdot I_0$ और क्रिया रेखा को $z_R = H \cdot I_1/I_0$ संवृत-रूप व्यंजकों से
- दोनों विधियों की दूरी, दीवार की ऊँचाई और भार के सापेक्ष तुलना

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 दीवार: H = 25 m, रेखा भार P = 100 kN/m दीवार से x = 5 m की दूरी पर। बल दीवार की प्रति इकाई लंबाई के लिए हैं (kN/m)।

दीवार पर कार्य करने वाला रेखा भार

सिद्धांत

दीवार के समांतर, प्रति इकाई लंबाई बल के रूप में दिया गया एक सतही रेखा भार **P** दीवार से क्षैतिज दूरी **x** पर स्थित है

पार्श्व अधिभार दाब, विमाहीन भार दूरी **m = x/H** और विमाहीन दीवार गहराई **n = z/H** के मानों पर निर्भर करता है

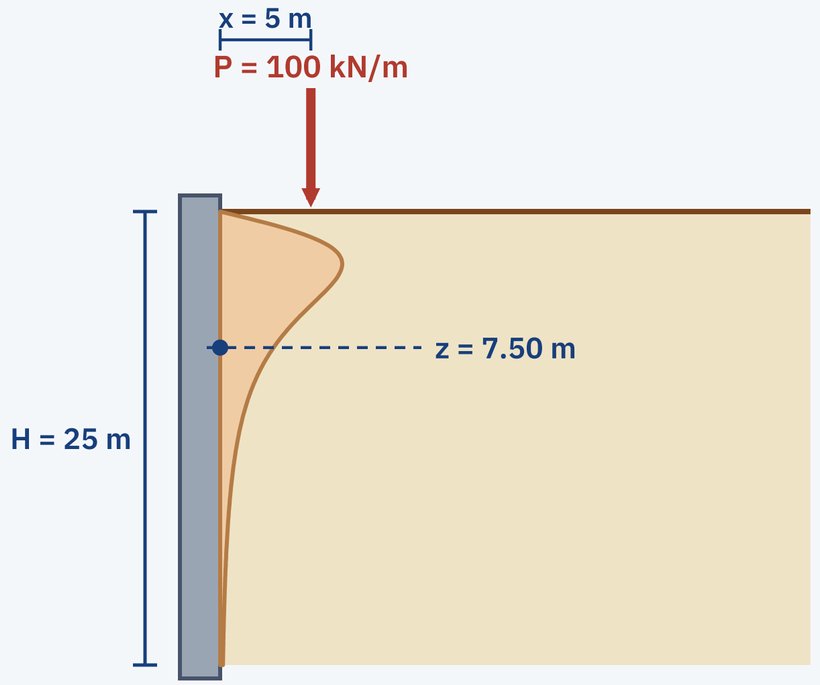
मॉड्यूल दो विधियाँ प्रदान करता है: **प्रत्यास्थ (दृढ़ दीवार)** हल और **Terzaghi–NAVFAC चार्ट**

$$m = \frac{x}{H}, \qquad n = \frac{z}{H}$$

P — दीवार के समानांतर, प्रति इकाई लंबाई सतही रेखा भार

x = mH — दीवार से भार तक की क्षैतिज दूरी; **z = nH** — सतह से गहराई

σ_H, P_H, z_R — पार्श्व दाब, परिणामी बल, सतह से परिणामी की गहराई



दृढ़ दीवार: प्रत्यास्थ प्रतिबल का दोगुना

सिद्धांत

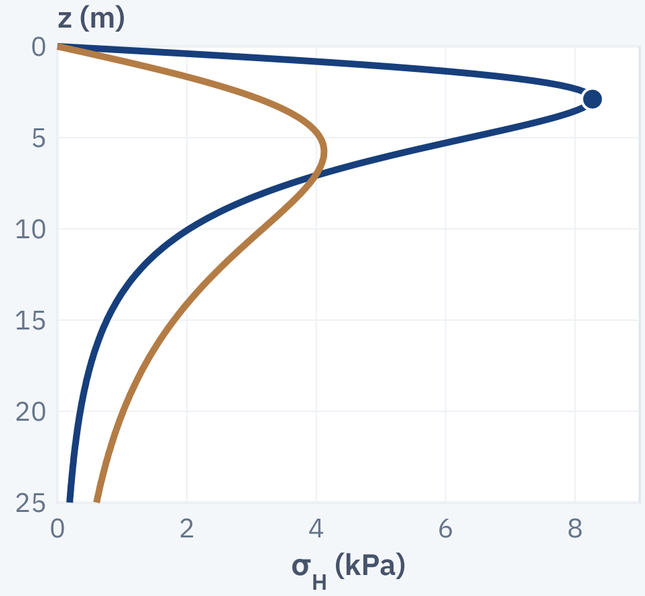
यह प्रत्यास्थ अर्ध-अनंत माध्यम में रेखा भार से उत्पन्न क्षैतिज प्रतिबल (Flamant, Boussinesq) का **दुगुना** है: विस्थापित न होने वाली दीवार अपने फलक पर मृदा की गति को रोकती है

यह प्रत्येक दूरी के लिए मान्य है; अधिकतम दाब **n = m/√3** गहराई पर होता है

x_{min} = 0.30 m से निकट स्थित भार की गणना इसी दूरी पर की जाती है: भार के दीवार के निकट आने पर अधिकतम दाब असीमित रूप से बढ़ता है (परिणामी सीमित रहता है)

$$\sigma_H = \frac{4P}{\pi H} \cdot \frac{m^2 n}{(m^2 + n^2)^2}$$

प्रत्यास्थ प्रोफ़ाइल (m = 0.2)



स्थिति 1 ($m \leq 0.4$) और स्थिति 2 ($m > 0.4$)

सिद्धांत

m > 0.4 के लिए प्रत्यास्थ हल वाला **वही समीकरण**; **m ≤ 0.4** के लिए आरेख m = 0.4 पर **स्थिर रखा जाता है** (m रहित स्थिति 1)

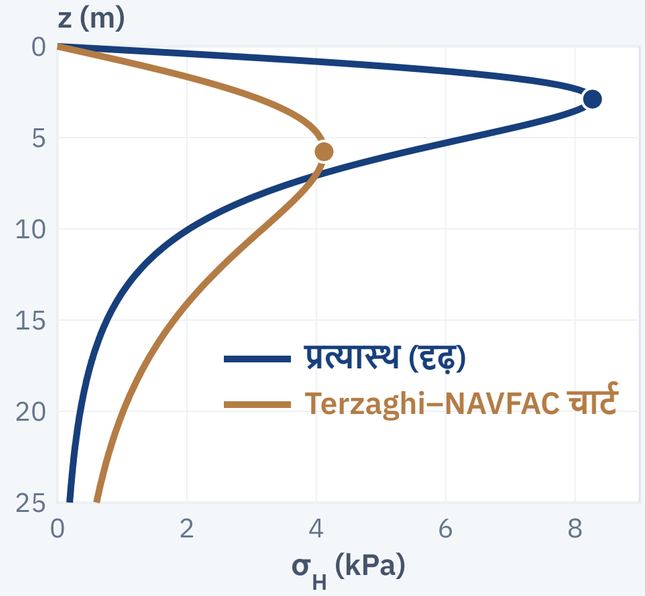
गुणांक 0.203, 4 × 0.16/π मान का पूर्णांकित रूप है; इसलिए **0.4H के भीतर दूरी का कोई प्रभाव नहीं होता**

किसी दिए गए मॉडल के लिए m नियत रहता है; n गहराई के साथ बदलता है

$$\sigma_H = \frac{P}{H} \cdot \frac{0.203\, n}{(0.16 + n^2)^2} \qquad m \leq 0.4 \text{ (स्थिति 1)}$$

$$\sigma_H = \frac{4P}{\pi H} \cdot \frac{m^2\, n}{(m^2 + n^2)^2} \qquad m > 0.4 \text{ (स्थिति 2)}$$

दोनों विधियों का प्रोफ़ाइल (m = 0.2)



क्षेत्रफल, प्रथम आघूर्ण तथा I_0, I_1

सिद्धांत

दोनों विधियों में **परिणामी आरेख का क्षेत्रफल** है, और सतह से गहराई **वह बिंदु है जहाँ प्रथम आघूर्ण संतुलित होता है**; σ_H को n के फलन के रूप में लिखने पर भार और ऊँचाई समाकल से बाहर आ जाते हैं

प्रत्यास्थ और चार्ट में **m > 0.4** के लिए संवृत व्यंजक; चार्ट का परिणामी बल ≈ 0.64P/(1 + m²) l **m ≤ 0.4** चार्ट: I_0 = 0.5469 (चार्ट का 0.55P मान)

$$P_H = \int_0^H \sigma_H \, dz = P\, I_0 \qquad z_R = \frac{\int_0^H z\, \sigma_H \, dz}{P_H} = H\, \frac{I_1}{I_0}$$

$$I_0 = \frac{2/\pi}{1+m^2} \qquad I_1 = \frac{2}{\pi}\left[m \tan^{-1}\frac{1}{m} - \frac{m^2}{1+m^2}\right]$$

$$I_0 = 0.1015\left(\tfrac{1}{0.16} - \tfrac{1}{1.16}\right) = 0.5469 \qquad I_1 = 0.203\left[\frac{\tan^{-1} 2.5}{0.8} - \frac{1}{2.32}\right] \quad (m \le 0.4)$$

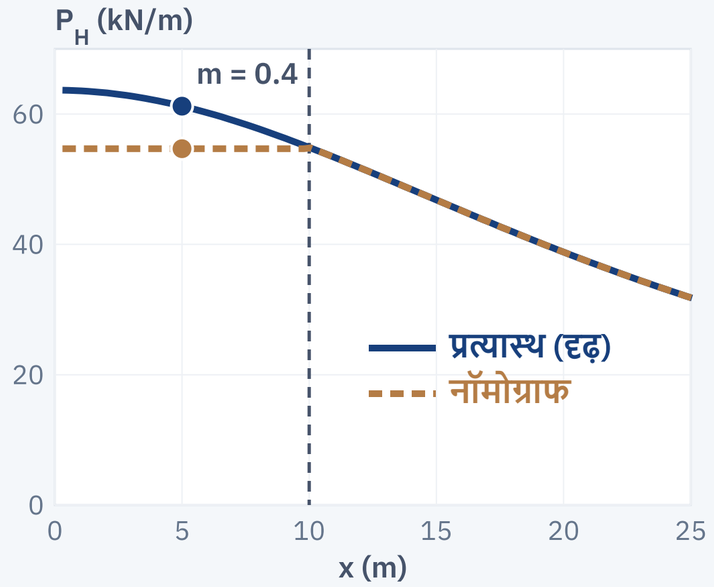
परिणामी बल और क्रिया रेखा, भार की दूरी के साथ

सिद्धांत

x (m)	m	P_H प्रत्यास्थ	z_R प्रत्यास्थ	P_H चार्ट	z_R चार्ट	स्थिति
0.50	0.020	63.64	0.77	54.69	9.81	स्थिति 1
1.00	0.040	63.56	1.49	54.69	9.81	स्थिति 1
2.00	0.080	63.26	2.84	54.69	9.81	स्थिति 1
5.00	0.200	61.21	6.14	54.69	9.81	स्थिति 1
8.00	0.320	57.75	8.56	54.69	9.81	स्थिति 1
10.00	0.400	54.88	9.81	54.69	9.81	स्थिति 1
12.50	0.500	50.93	11.05	50.93	11.05	स्थिति 2
15.00	0.600	46.81	12.02	46.81	12.02	स्थिति 2
25.00	1.000	31.83	14.27	31.83	14.27	स्थिति 2

$m \leq 0.4$: चार्ट वही P_H और z_R देता है; भार के निकट आने पर प्रत्यास्थ हल P_H का मान बढ़ाता है और z_R को ऊपर खींचता है

$m > 0.4$: दोनों विधियाँ एक ही परिणाम देती हैं



प्रश्न

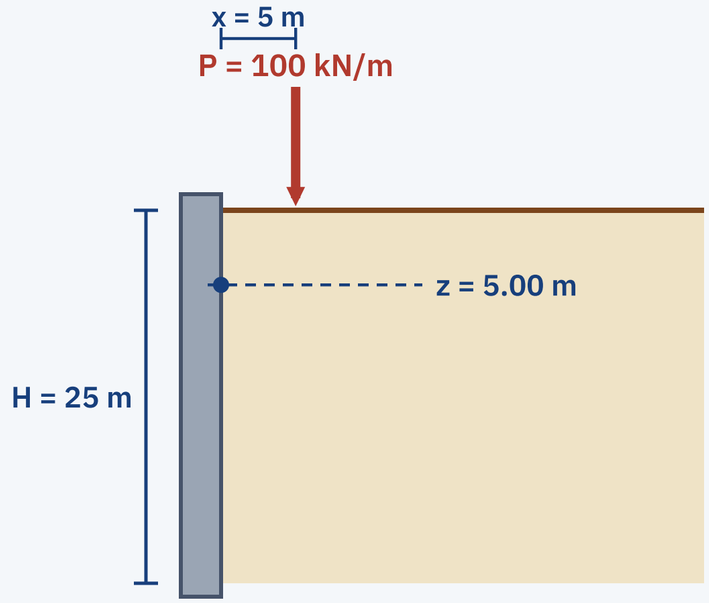
उदाहरण

ज्ञात करना है

m, **n** और σ_H: पहले प्रत्यास्थ (दृढ़ दीवार), फिर Terzaghi–NAVFAC चार्ट।

दिया गया है

दीवार और भार	$H = 25.00$ **m; रेखा भार** $P = 100.0$ **kN/m,** $x = 5.00$ **m**
गहराई	$z = 5.00$ **m**



हल (1/2)

हल

1 अनुपात

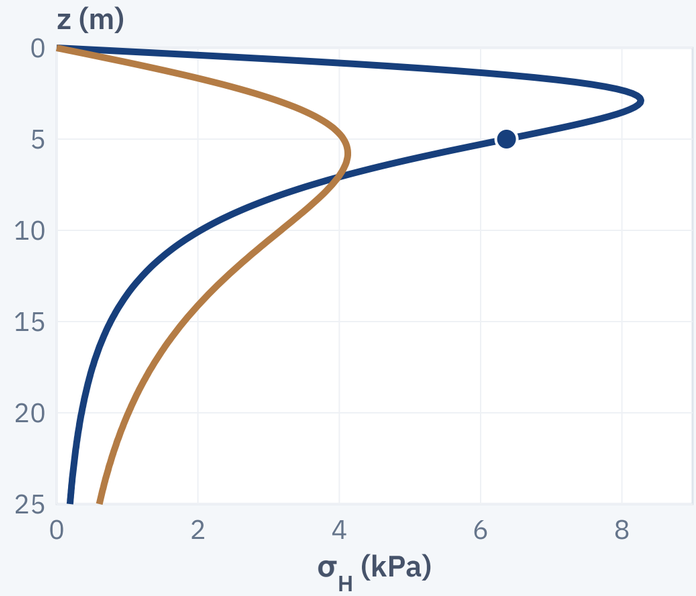
$$m = \frac{x}{H} = \frac{5}{25} = \mathbf{0.20} \qquad n = \frac{z}{H} = \frac{5}{25} = \mathbf{0.20}$$

2 प्रत्यास्थ (दृढ़ दीवार) दाब

$$\sigma_H = \frac{4 \times 100}{\pi \times 25}\left[\frac{0.20^2 \times 0.20}{(0.20^2 + 0.20^2)^2}\right]$$

$$\sigma_H = 5.0930 \times 1.25 = \mathbf{6.37}\ \text{kPa}$$

z = 5 m पर प्रत्यास्थ हल से **6.37 kPa**। यह गहराई अधिकतम दाब (8.27 kPa, z = 2.89 m) के नीचे है; प्रोफ़ाइल गहराई के साथ तेज़ी से घटती है।



हल (2/2)

हल

3 स्थिति का चयन

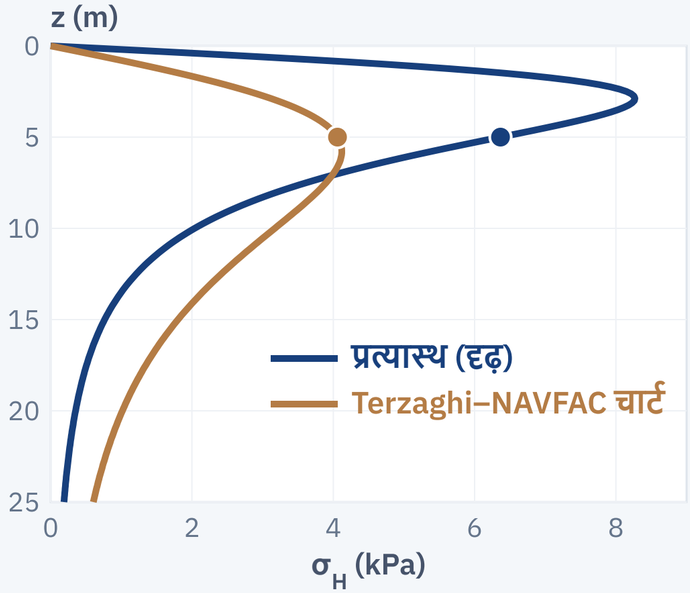
$$m = 0.20 \leq 0.4 \;\Rightarrow\; \text{स्थिति 1 (आरेख } m = 0.4 \text{पर स्थिर)}$$

4 चार्ट दाब

$$\sigma_H = \frac{100}{25}\left[\frac{0.203 \times 0.20}{(0.16 + 0.20^2)^2}\right]$$

$$\sigma_H = 4.00 \times 1.015 = \mathbf{4.06}\ \text{kPa}$$

चार्ट **4.06 kPa** देता है, प्रत्यास्थ हल **6.37 kPa**: इस गहराई पर चार्ट का मान प्रत्यास्थ मान का 64% है। चार्ट निकट के भार में दाब को गहराई तक फैला देता है।



हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

प्रश्न

उदाहरण

दिया गया है

दीवार और भार	$H = 25.00$ **m,** $P = 100.0$ **kN/m,** $x = 5.00$ **m** $(m = 0.20)$
गहराइयाँ	$z = 0$ **–** 25 **m, प्रत्येक** 2.5 **m**

ज्ञात करना है

σ_H प्रोफ़ाइल (दो विधियाँ); **अधिकतम दाब** और उसकी गहराई।

हल (1/2)

हल

z (m)	n = z/H	σ_H प्रत्यास्थ (kPa)	σ_H चार्ट (kPa)
0.00	0.00	0.000	0.000
2.50	0.10	8.149	2.810
5.00	**0.20**	**6.366**	**4.060**
7.50	0.30	3.616	3.898
10.00	0.40	2.037	3.172
12.50	0.50	1.211	2.415
15.00	0.60	0.764	1.802
17.50	0.70	0.508	1.345
20.00	0.80	0.352	1.015
22.50	0.90	0.254	0.777
25.00	1.00	0.188	0.603

प्रत्यास्थ दाब सतह के ठीक नीचे अपने अधिकतम मान पर पहुँचता है और गहराई के साथ घटता है; चार्ट अधिक समतल प्रोफ़ाइल देता है और अधिक गहराई पर शिखर बनाता है। z = 5.00 m वाली पंक्ति उदाहरण 1 है।

हल (2/2)

हल

1 प्रत्यास्थ: शीर्ष n = m/√3

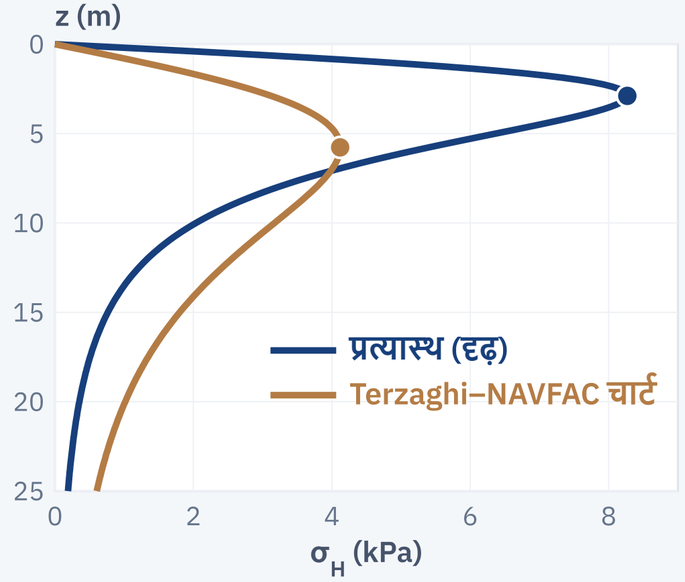
$$n = \frac{m}{\sqrt{3}} = \frac{0.20}{1.7321} = 0.11547 \;\Rightarrow\; z = nH = \mathbf{2.887}\ \text{m}$$

$$\sigma_{H,max} = \frac{9P}{4\sqrt{3}\,\pi\, x} = \frac{9 \times 100}{4(1.7321)\pi(5)} = \mathbf{8.270}\ \text{kPa}$$

2 चार्ट (प्रकरण 1): शीर्ष n = 0.4/√3

$$n = \frac{0.4}{\sqrt{3}} = 0.23094 \;\Rightarrow\; z = \mathbf{5.774}\ \text{m}$$

$$\sigma_{H,max} = 4\left[\frac{0.203 \times 0.23094}{(0.16 + 0.05333)^2}\right] = \mathbf{4.120}\ \text{kPa}$$



प्रत्यास्थ शिखर **8.27 kPa** (z = 2.89 m), चार्ट शिखर **4.12 kPa** (z = 5.77 m): प्रत्यास्थ हल दीवार के ऊपरी भाग में केंद्रित होता है, चार्ट नीचे की ओर और आधे आकार का शिखर देता है।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

प्रश्न

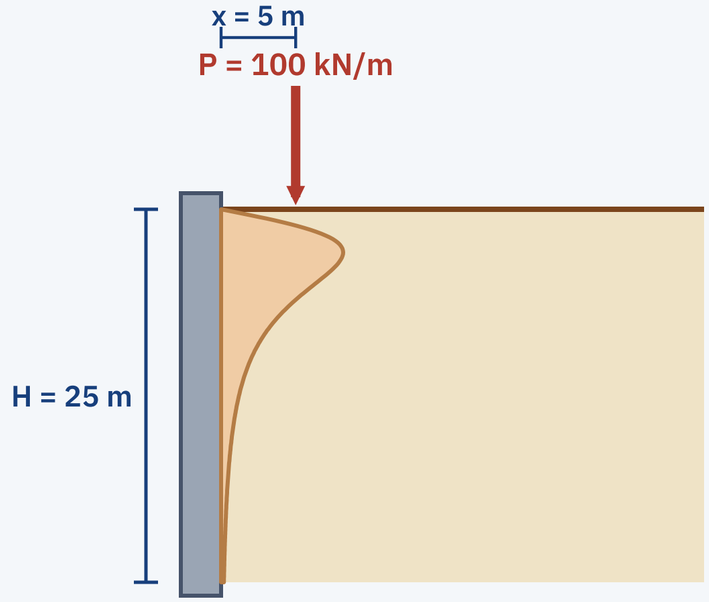
उदाहरण

ज्ञात करना है

I_0, I_1, परिणामी P_H, z_R और आधार से उसकी ऊँचाई (दोनों विधियों के लिए)।

दिया गया है

दीवार और भार	$H = 25.00$ m, $P = 100.0$ kN/m, $x = 5.00$ m
विधियाँ	**प्रत्यास्थ (दृढ़ दीवार) और Terzaghi–NAVFAC चार्ट**



हल (1/2)

हल

1 I_0 (क्षेत्र)

$$I_0 = \frac{2/\pi}{1+m^2} = \frac{0.63662}{1+0.20^2} = \mathbf{0.61213}$$

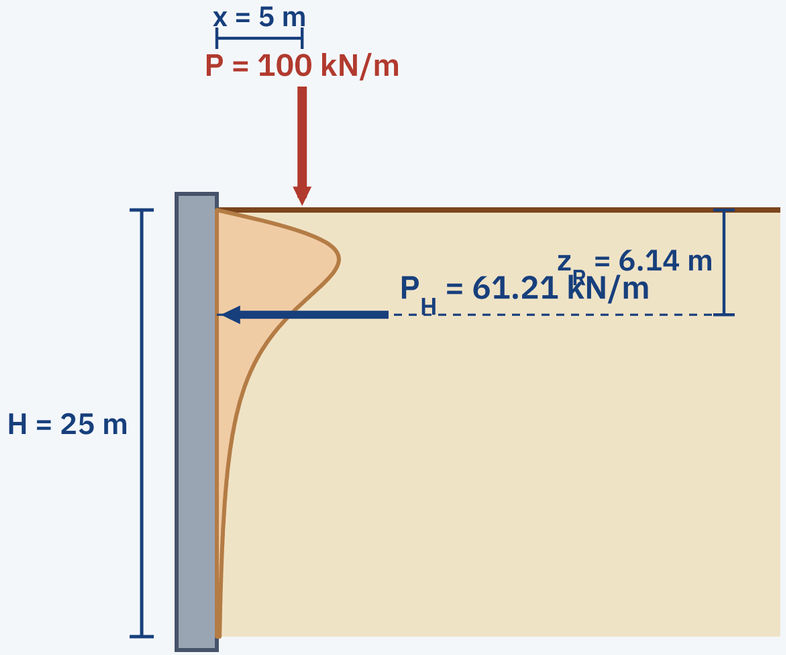
2 I_1 (आघूर्ण): $(2/\pi)[m\tan^{-1}(1/m) - m^2/(1+m^2)]$

$$I_1 = 0.63662\,[0.20(1.37340) - 0.03846] = \mathbf{0.15038}$$

3 परिणामी और क्रिया रेखा

$$P_H = P\,I_0 = 100 \times 0.61213 = \mathbf{61.21}\ \text{kN/m}$$

$$z_R = H\frac{I_1}{I_0} = 25 \times \frac{0.15038}{0.61213} = \mathbf{6.14}\ \text{m}$$



प्रत्यास्थ: $\mathbf{P_H = 61.21\ kN/m}$, सतह से **6.14 m** नीचे (आधार से 18.86 m ऊपर)।

हल (2/2)

हल

4 I_0 और I_1 (m ≤ 0.4, स्थिति 1)

$$I_0 = 0.1015\left(\frac{1}{0.16} - \frac{1}{1.16}\right) = \mathbf{0.5469}$$

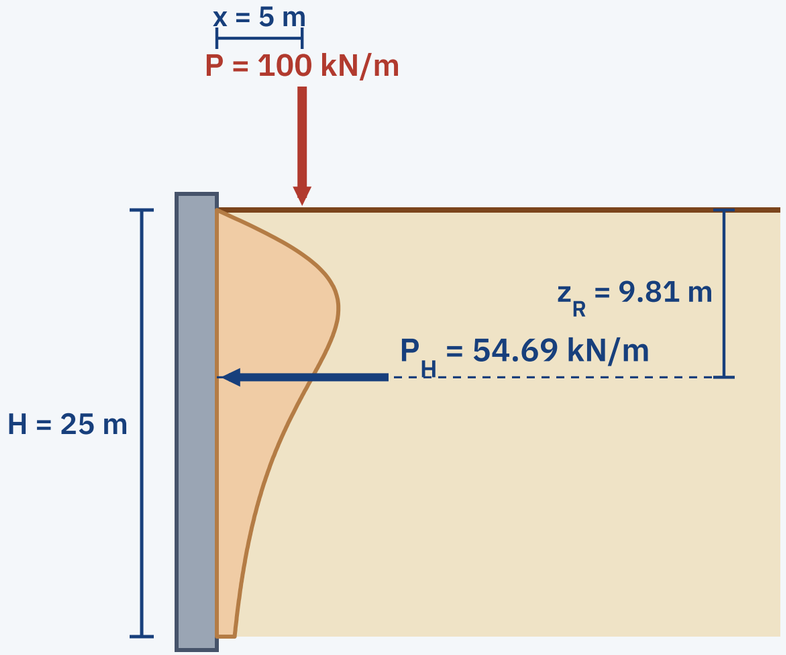
$$I_1 = 0.203\left[\frac{\tan^{-1} 2.5}{0.8} - \frac{1}{2.32}\right]$$

$$I_1 = 0.203\,[1.48786 - 0.43103] = \mathbf{0.21454}$$

5 परिणामी और क्रिया रेखा

$$P_H = 100 \times 0.5469 = \mathbf{54.69}\ \text{kN/m}$$

$$z_R = 25 \times \frac{0.21454}{0.5469} = \mathbf{9.81}\ \text{m}$$



चार्ट: **P_H = 54.69 kN/m, z_R = 9.81 m**। प्रत्यास्थ हल की तुलना में परिणामी बल 10.7% छोटा है और क्रिया रेखा 3.67 m नीचे है।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

प्रश्न

उदाहरण

दिया गया है

दीवार और भार	$H = 25.00$ **m,** $P = 100.0$ **kN/m**
दूरियाँ	$x = 0.5;\ 1;\ 2;\ 5;\ 8;\ 10;\ 12.5;\ 15;\ 25$ **m**

ज्ञात करना है

दोनों विधियों के लिए P_H और z_R; **x = 12.5 m** के लिए हाथ से जाँच।

हल (1/2)

हल

x (m)	m	P_H प्रत्यास्थ (kN/m)	z_R प्रत्यास्थ (m)	P_H चार्ट (kN/m)	z_R चार्ट (m)	स्थिति
0.50	0.020	63.64	0.77	54.69	9.81	स्थिति 1
1.00	0.040	63.56	1.49	54.69	9.81	स्थिति 1
2.00	0.080	63.26	2.84	54.69	9.81	स्थिति 1
5.00	**0.200**	**61.21**	**6.14**	**54.69**	**9.81**	**स्थिति 1**
8.00	0.320	57.75	8.56	54.69	9.81	स्थिति 1
10.00	0.400	54.88	9.81	54.69	9.81	स्थिति 1
12.50	0.500	50.93	11.05	50.93	11.05	स्थिति 2
15.00	0.600	46.81	12.02	46.81	12.02	स्थिति 2
25.00	1.000	31.83	14.27	31.83	14.27	स्थिति 2

x ≤ 10 m (m ≤ 0.4): चार्ट 54.69 kN/m और 9.81 m देता है, दूरी का कोई प्रभाव नहीं है; प्रत्यास्थ परिणामी बल भार के दूर जाने पर धीरे-धीरे घटता है (63.64 → 54.88 kN/m) और कार्य रेखा गहरी होती जाती है। **m > 0.4**: दोनों विधियाँ समान हैं।

हल (2/2)

हल

1 अनुपात और स्थिति

$$m = \frac{12.5}{25} = \mathbf{0.50} > 0.4 \;\Rightarrow\; \text{चार्ट स्थिति 2: प्रत्यास्थ हल के समान समीकरण}$$

2 I_0 और I_1

$$I_0 = \frac{2/\pi}{1 + 0.50^2} = \frac{0.63662}{1.25} = \mathbf{0.50930}$$

$$I_1 = 0.63662\,[0.50(1.10715) - 0.2] = \mathbf{0.22509}$$

3 परिणामी और क्रिया रेखा

$$P_H = 100 \times 0.50930 = \mathbf{50.93}\ \text{kN/m} \qquad z_R = 25 \times \frac{0.22509}{0.50930} = \mathbf{11.05}\ \text{m}$$

x = 12.5 m के लिए दोनों विधियाँ **50.93 kN/m** और **11.05 m** देती हैं।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

प्रश्न

उदाहरण

दिया गया है

दीवार और भार	$H = 25.00$ m, $P = 100.0$ kN/m
निकटवर्ती भार	$x = 0.05;\ 0.1;\ 0.2;\ 0.3;\ 0.5;\ 1$ m
सीमा	**चार्ट:** $x = 9.99;\ 10;\ 10.01$ m ($0.4H = 10$ m)

ज्ञात करना है

x_{min} नियम का प्रभाव; प्रत्यास्थ अधिकतम दाब; चार्ट का सीमा m = 0.4 पर व्यवहार।

हल (1/2)

हल

x (m)	गणना x (m)	P_H प्रत्यास्थ (kN/m)	z_R प्रत्यास्थ (m)	$\sigma_{H,max}$ प्रत्यास्थ (kPa)	z (m)	P_H चार्ट (kN/m)
0.05	**0.30**	63.65	0.46	137.8	0.17	54.69
0.10	**0.30**	63.65	0.46	137.8	0.17	54.69
0.20	**0.30**	63.65	0.46	137.8	0.17	54.69
0.30	0.30	63.65	0.46	137.8	0.17	54.69
0.50	0.50	63.64	0.77	82.7	0.29	54.69
1.00	1.00	63.56	1.49	41.3	0.58	54.69

x < 0.30 m वाले भार की गणना 0.30 m पर की जाती है: परिणामी बल, क्रिया रेखा और अधिकतम दाब 0.30 m के मानों के समान होते हैं; प्रत्यास्थ शिखर इस दूरी पर **137.8 kPa** (z = 0.17 m) तक पहुँचता है। चार्ट हर दूरी पर 54.69 kN/m देता है।

हल (2/2)

हल

1 0.203 और 4 × 0.16/π

$$\frac{4 \times 0.16}{\pi} = 0.2037 \approx 0.203 \Rightarrow \frac{I_0(m = 0.4^+)}{I_0(\text{स्थिति 1})} = \frac{0.63662/1.16}{0.5469} = \mathbf{1.0033}$$

2 नोमोग्राम का परिणाम सीमा के दोनों ओर

x (m)	m	स्थिति	P_H चार्ट (kN/m)	z_R चार्ट (m)
9.99	0.3996	स्थिति 1	54.6875	9.8074
10.00	0.4000	स्थिति 1	54.6875	9.8074
10.01	0.4004	स्थिति 2	54.8659	9.8130

पूर्णांकन के कारण परिणामी बल m = 0.4 सीमा को पार करते समय लगभग **0.33%** उछलता है (54.69 → 54.87 kN/m); क्रिया रेखा 9.807 → 9.813 m हो जाती है। उछाल छोटा है; चार्ट का प्रकाशित गुणांक यथावत रखा जाता है।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

प्रश्न

उदाहरण

दिया गया है

भार	$P = 100.0$ **kN/m,** $x = 5.00$ **m**
ऊँचाई	$H = 5,\ 10,\ 25,\ 50,\ 100$ **m**
भार तीव्रता	$P = 50,\ 100,\ 200$ **kN/m** ($H = 25$ **m**)

ज्ञात करना है

दोनों विधियों के लिए P_H और z_R; P और H का प्रभाव।

हल

हल

H (m)	m	P_H प्रत्यास्थ	z_R प्रत्यास्थ	P_H चार्ट	z_R चार्ट	स्थिति
5	1.000	31.83	2.85	31.83	2.85	स्थिति 2
10	0.500	50.93	4.42	50.93	4.42	स्थिति 2
25	0.200	61.21	6.14	54.69	9.81	स्थिति 1
50	0.100	63.03	6.93	54.69	19.61	स्थिति 1
100	0.050	63.50	7.37	54.69	39.23	स्थिति 1

ऊँची दीवार में m घटता है: प्रत्यास्थ P_H, 0.64P के निकट पहुँचता है; चार्ट का P_H नहीं बदलता (0.5469P), जबकि z_R H के साथ बढ़ता है।

P (kN/m)	P_H प्रत्यास्थ	P_H चार्ट	z_R प्रत्यास्थ	z_R चार्ट
50	30.61	27.34	6.14	9.81
100	61.21	54.69	6.14	9.81
200	122.43	109.38	6.14	9.81

P के साथ परिणामी बल **रैखिक रूप से** बढ़ता है; z_R, P से स्वतंत्र है (प्रत्यास्थ · चार्ट)।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

सारांश

याद रखने योग्य बिंदु

m = x/H, **n = z/H**; प्रत्यास्थ (दृढ़ दीवार): $\boldsymbol{\sigma_H = (4P/\pi H)\, m^2 n/(m^2 + n^2)^2}$, शिखर n = m/√3 पर; $\boldsymbol{x_{min} = 0.30\ m}$

चार्ट: m > 0.4 के लिए वही समीकरण; **m ≤ 0.4** के लिए $\sigma_H = (P/H)\ 0.203\ n/(0.16 + n^2)^2$, दूरी का कोई प्रभाव नहीं

उदाहरण (H = 25 m, x = 5 m, P = 100 kN/m): z = 5 m पर प्रत्यास्थ 6.37, चार्ट 4.06 kPa; अधिकतम दाब 8.27 kPa (z = 2.89 m) और 4.12 kPa (z = 5.77 m)

परिणामी बल $P_H = P \cdot I_0$, $\boldsymbol{z_R = H \cdot I_1/I_0}$: प्रत्यास्थ 61.21 kN/m और 6.14 m; चार्ट 54.69 kN/m और 9.81 m

तुलना: 0.4H से आगे दोनों विधियाँ समान हैं; उसके भीतर प्रत्यास्थ परिणामी भार, भार के निकट आने के साथ बढ़ता है, जबकि चार्ट का मान स्थिर रहता है

संदर्भ

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

Terzaghi, K. (1954). Anchored bulkheads. Transactions of the ASCE, 119, 1243–1280.

NAVFAC DM-7.02 (1986). Foundations and Earth Structures. Naval Facilities Engineering Command.

टिप्पणी

सभी संख्यात्मक उदाहरण मॉड्यूल के अपने गणना इंजन से तैयार किए गए हैं; मॉड्यूल वही मान देता है। मॉड्यूल की प्रारंभिक दीवार H = 25 m, x = 5 m और P = 100 kN/m है (प्रत्यास्थ विधि)।

GeoTerva

ऑनलाइन भू-तकनीकी गणनाएँ

सिद्धांत से अनुप्रयोग तक

अपनी दीवार, रेखा भार की तीव्रता और दूरी GeoTerva में दर्ज करें; मॉड्यूल दाब प्रोफ़ाइल, परिणामी बल और क्रिया रेखा को दो विधियों से, चरण-दर-चरण हल और रिपोर्ट के साथ 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