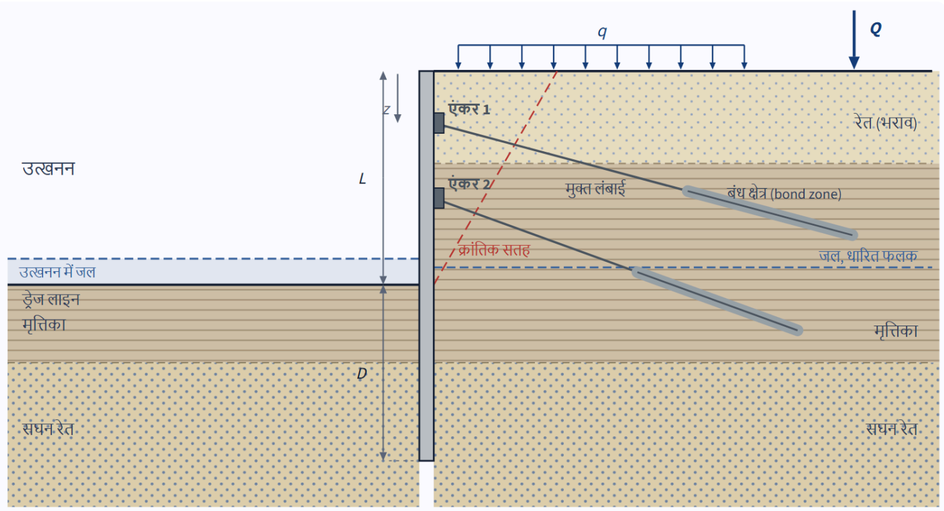
भू-तकनीकी व्याख्यान स्लाइड · शीट-पाइल दीवारें और ब्रेस किए गए उत्खनन

# एंकरित शीट-पाइल दीवार (स्तरित मृदा)

व्याख्यान: रेत और मृत्तिका की परतदार मृदा में कैंटिलीवर तथा एंकरित शीट-पाइल दीवार; दोनों फलकों पर प्रतिबल, अल्पकालिक और दीर्घकालिक स्थितियाँ, भेदन गहराई, एंकर बल, आघूर्ण, काट, भूकंप; प्रत्येक विषय पर हल किया गया उदाहरण।

परतदार मृदा | अल्पकालिक और दीर्घकालिक | मुक्त मृदा आलंब · हिंज | एंकर · EN 1993 · AISC 360 | भूकंप · आधार उत्थान



परिचय

# इस व्याख्यान में हम क्या सीखेंगे?

छह परतों तक की **रेत (अपवाहित: c′, φ′) और मृत्तिका (अल्पकालिक $c_u$, दीर्घकालिक c′, φ′)** प्रोफ़ाइल में दीवार के दोनों तलों के प्रतिबल और दाब

अनपवाहित मृत्तिका में $\sigma_v \mp 2c_u$, **तनन दरार** (जल से भरी) और **अल्पकालिक/दीर्घकालिक** परिदृश्यों में “प्रत्येक परिणाम का बड़ा मान” वाला नियम

**नेट दाब आरेख** और सुरक्षा मार्जिन (गहराई पर लागू f, निष्क्रिय के लिए $FS_p$, दी गई गहराई)

**कैंटिलीवर**, **एकल पंक्ति एंकरित (मुक्त मृदा आलंब)** और **बहु-पंक्ति एंकरित (हिंज विधि)** दीवारों की स्थैतिकी; आघूर्ण, एंकर बल और ग्राउट बंध

शीट-पाइल का **EN 1993-1-1 / AISC 360-22** से सत्यापन करना; **भूकंप**, **आधार उत्थान** और **विस्थापन** जाँचें

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 दीवार: 7.5 m उत्खनन ऊँचाई; ऊपर 3 m रेत, 6 m मृत्तिका, नीचे सघन रेत; जल दोनों फलकों पर 8.5 m गहराई पर; q = 10 kPa अधिभार; एंकर की दो पंक्तियाँ (1.5 m और 4.5 m, s = 2.5 m, 15° और 20°)। बल प्रति मीटर दीवार लंबाई के लिए हैं।

# दीवार को कैसे थामा जाता है?

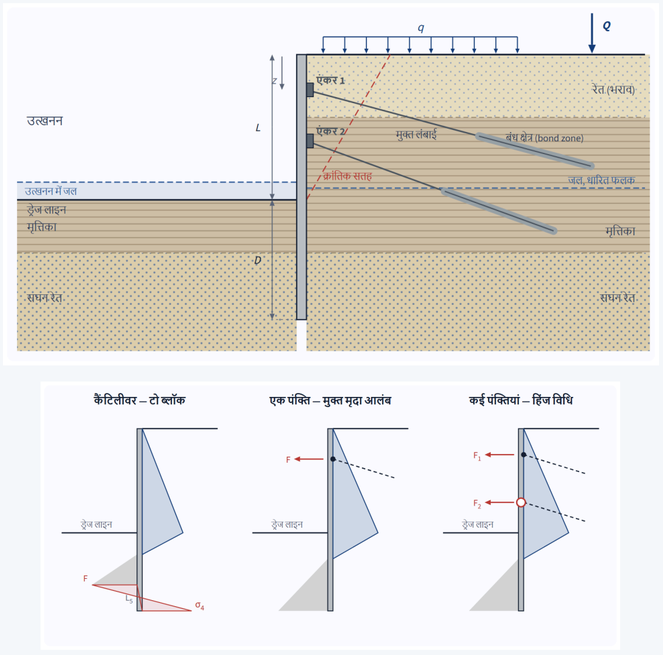
सिद्धांत

शीट-पाइल उत्खनन तल के नीचे अपनी भेदन गहराई से और, जब प्रतिधारित ऊँचाई के लिए यह पर्याप्त न हो, तब **ग्राउंड एंकर** से टिकी रहती है। वास्तविक भूमि में शायद ही कभी एक ही परत होती है: रेत अपने घर्षण से और मृत्तिका अपनी सामर्थ्य से धक्का देती है तथा प्रतिरोध करती है; मृत्तिका की सामर्थ्य उत्खनन के तुरंत बाद और वर्षों बाद एक जैसी नहीं रहती। मॉड्यूल प्रोफ़ाइल को जैसा है वैसा ही लेता है: **छह परतों तक**, जो उत्खनन तल के नीचे दोनों फलकों पर जारी रहती हैं।

**कैंटिलीवर**: केवल मृदा द्वारा धारित; यह सिरे के निकट के एक बिंदु के परितः घूमता है (उत्खनन तल के ऊपर सक्रिय, नीचे दोनों पक्ष अदला-बदली करते हैं)। धारित ऊँचाई लगभग 5–6 m तक किफ़ायती है।

**एकल पंक्ति एंकर**: दीवार दो आलंबों पर टिकी बीम है (एंकर और भेदन का निष्क्रिय प्रतिरोध); सिरा मुक्त माना जाता है: **मुक्त मृदा आलंब**, भेदन एंकर के सापेक्ष एकल आघूर्ण समीकरण से प्राप्त होता है।

**बहु-पंक्ति एंकर**: दीवार स्थैतिक रूप से अनिर्धार्य है; **हिंज विधि** सबसे ऊपरी एंकर को छोड़कर प्रत्येक एंकर पर हिंज रखती है, स्पैन सरल आलंबित बीम बन जाते हैं, और सबसे निचले एंकर के नीचे के भाग को मुक्त मृदा आलंब के साथ डिज़ाइन किया जाता है।




z दीवार के शीर्ष से नीचे की ओर मापा जाता है; L उत्खनन तल की गहराई है, D अंतःस्थापन गहराई। शुद्ध दाब उत्खनन की ओर धनात्मक है; एंकर दीवार को F (प्रति मीटर) से पीछे खींचता है। विधि **सीमा संतुलन** पर आधारित है: मृदा को सीमांत सक्रिय और निष्क्रिय अवस्थाओं में लिया जाता है।

# $\sigma_v$, u, $\sigma'_v$; Rankine c′–φ′

सिद्धांत

दीवार के प्रत्येक फलक पर तीन प्रतिबल क्षेत्र रखे जाते हैं: कुल ऊर्ध्वाधर प्रतिबल $\sigma_v$, रंध्र जल दाब u तथा प्रभावी प्रतिबल $\sigma'_v = \sigma_v - u$। अनपवाहित मृत्तिका को पहले से, तथा अपवाहित परत को दूसरे और तीसरे से परिभाषित किया जाता है। प्रतिधारित स्तंभ अपना संपूर्ण ओवरबर्डन उत्खनन तल के नीचे भी वहन करता है; उत्खनित पक्ष का स्तंभ उत्खनन तल पर पुनः आरंभ होता है: भेदन गहराई को जो अंतर संतुलित करना होता है, वह यही है।

$$\sigma_{v,b}(z) = q + \sum \gamma_i \Delta z_i \quad u_b = \gamma_w \max(0, z - D_w) \quad \sigma'_{v,b} = \sigma_{v,b} - u_b$$

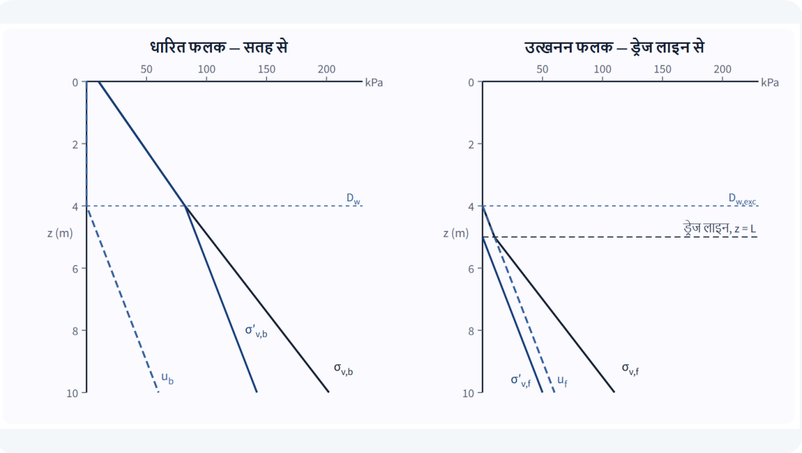
**अपवाहित परत** (रेत या दीर्घकाल में मृत्तिका): Rankine, ऊर्ध्वाधर दीवार, समतल सतह, दीवार घर्षण नहीं:

$$K_a = \tan^2\left(45^\circ - \frac{\varphi'}{2}\right) \quad K_p = \tan^2\left(45^\circ + \frac{\varphi'}{2}\right) \quad p_a = \max\left(0,\ K_a\sigma'_v - 2c'\sqrt{K_a}\right) + u \quad p_p = \eta_p\left(K_p\sigma'_v + 2c'\sqrt{K_p}\right) + u$$

प्रत्येक परत का अपना $K_a$, $K_p$ मान होता है: $\sigma'_v$ सतत है परंतु **परत की सीमा पर दाब में छलांग आती है**; ये छलांगें आरेख की वास्तविक विशेषता हैं, इन्हें चिकना नहीं किया जाता।

c′ > 0 होने पर सक्रिय व्यंजक परत के ऊपर ऋणात्मक हो जाता है: मृदा दीवार को खींच नहीं सकती, इसलिए मृदा वाला भाग शून्य पर **काट दिया जाता है** (जल वाला भाग नहीं काटा जाता)।

एकसमान अधिभार q प्रत्येक गहराई पर $\sigma_{v,b}$ में जोड़ा जाता है; तनन कट-ऑफ उसे ध्यान में लेता है।



# प्रश्न

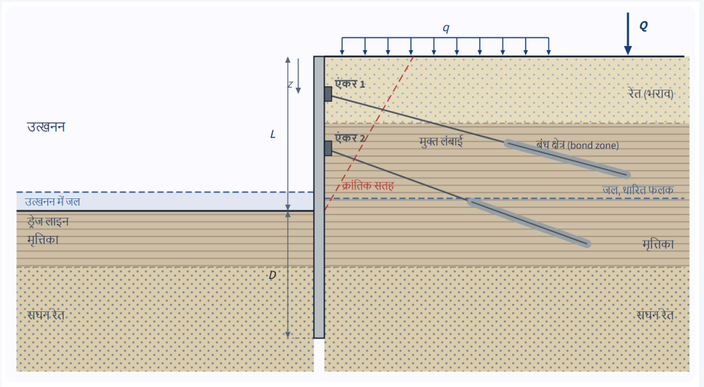
उदाहरण

## दिया गया है

| | |
|---|---|
| प्रोफ़ाइल | **ऊपर 3.0 m रेत** ($\gamma = 18$, $\varphi' = 30^\circ$), **6.0 m मृत्तिका** ($\gamma = 19$, $c' = 5$ **kPa**, $\varphi' = 24^\circ$, $c_u = 45$ **kPa**), **उसके नीचे सघन रेत** ($\gamma = 19$, $\varphi' = 36^\circ$); $L = 7.5$ **m; जल दोनों ओर 8.5 m पर;** $q = 10$ **kPa** |
| प्रश्न | **प्रतिधारित पक्ष पर** $z = 3.0$ **m (रेत–मृत्तिका सीमा) और उत्खनन तल** $z = L = 7.5$ **m** |

## ज्ञात करना है

$\sigma'_v$; रेत, मृत्तिका (अपवाहित, दीर्घकालिक) के लिए $\mathbf{p_a}$; रेत–मृत्तिका सीमा पर छलांग।



# हल

हल

**1** रेत–मृत्तिका सीमा पर (z = 3.0 m; जल 8.5 m पर, u = 0)

$$\sigma'_v(3.0) = q + \gamma z = 10 + 18(3.0) = 64.0 \text{ kPa}$$

रेत: $p_a = K_a \sigma'_v = 0.3333(64.0) = \mathbf{21.33}$ kPa

मृत्तिका ($\varphi' = 24^\circ$): $p_a = K_a \sigma'_v - 2c'\sqrt{K_a} = 0.4217(64.0) - 2(5)\sqrt{0.4217} = \mathbf{20.50}$ kPa

**2** उत्खनन तल पर (z = L = 7.5 m): धारित स्तंभ मृत्तिका में 4.5 m और आगे बढ़ गया

$$\sigma'_v(L) = 64.0 + 19(4.5) = 149.5 \text{ kPa}$$

$$p_a = 0.4217(149.5) - 2(5)\sqrt{0.4217} = \mathbf{56.55} \text{ kPa}$$

σ′$_v$ सतत है (64 kPa), परंतु सीमा पर दाब में **21.33 से 20.50 kPa** तक अचानक परिवर्तन होता है (रेत $K_a$ = 1/3, मृत्तिका $K_a$ = 0.4217 और c′ का योगदान −6.49 kPa)। उत्खनन तल पर सक्रिय दाब 56.55 kPa है।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

# $\sigma_v \mp 2c_u$; “प्रत्येक परिणाम का बड़ा मान”

सिद्धांत

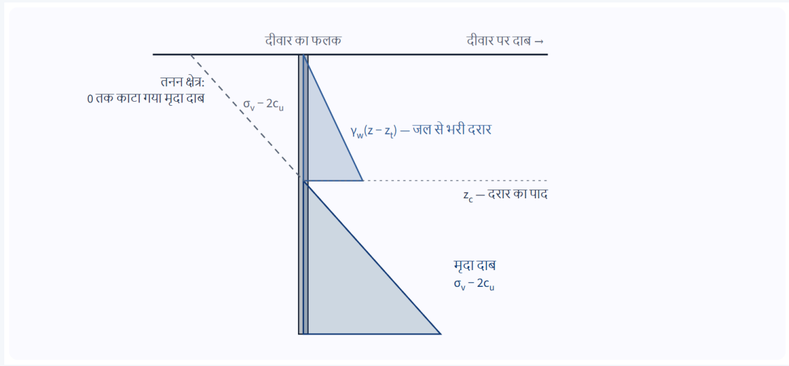
तेज़ी से भारित संतृप्त मृत्तिका (उत्खनन उसके सामने किया जाता है) में अपवाहन नहीं हो सकता: सामर्थ्य $c_u$, $\varphi = 0$, **कुल प्रतिबल** के पदों में परिभाषित होती है (जल $\sigma_v$ के भीतर है):

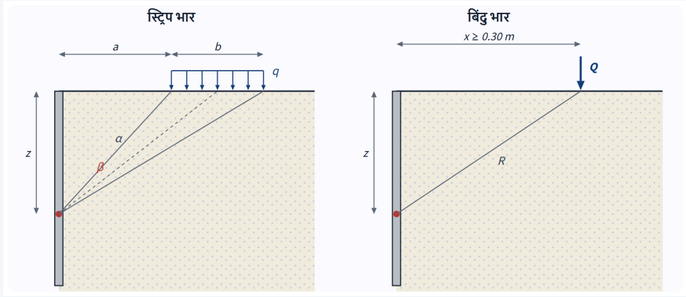
$$p_a = \max(\sigma_v - 2c_u,\ u) \qquad p_p = \eta_p(\sigma_v + 2c_u) \qquad p_{crack} = \gamma_w(z - z_t)\ \ (z_t \le z \le z_c)$$

प्रतिधारित मृत्तिका के ऊपरी भाग में $\sigma_v - 2c_u$ ऋणात्मक होता है: मृत्तिका में दरार पड़ती है; $z_t$ तनन क्षेत्र का ऊपरी छोर है, तथा $\mathbf{z_c}$ उसका निचला छोर है जहाँ $\sigma_v = 2c_u$ होता है। सतह पर खुली दरार वर्षा या भूजल से भर जाती है और अपने जलस्थैतिक दाब से धक्का देती है: **डिफ़ॉल्ट रूप से जल से भरी** (सुरक्षित); उसे सूखी घोषित किया जा सकता है (चेतावनी के साथ), और दूसरी स्थिति का परिणाम सदैव दर्ज किया जाता है।

**अल्पकालिक** स्थिति में मृत्तिका अनपवाहित मानी जाती है; **दीर्घकालिक** स्थिति में प्रत्येक परत अपवाहित मानी जाती है। कौन-सी स्थिति अधिक प्रतिकूल है, यह पहले से ज्ञात नहीं होता; मॉड्यूल **दोनों को चलाता है** और भेदन गहराई, प्रत्येक एंकर बल तथा आघूर्ण को **दोनों परिदृश्यों में से बड़े** मान के रूप में लेता है (उनका एक ही परिदृश्य से आना आवश्यक नहीं है)। जिस परिदृश्य में एंकर तनन वहन नहीं करता, वह दीवार का निर्धारक नहीं होता; उस पर टिप्पणी की जाती है।

अधिभार: एकसमान q को $\sigma_{v,b}$ में जोड़ा जाता है; स्ट्रिप भार (a, b, q) और बिंदु भार (Q, x) दृढ़ दीवार के लिए प्रत्यास्थ हल हैं, $K_a$ से **गुणा नहीं** किए जाते; भूकंप में $\psi_2$ के साथ आते हैं।



# प्रश्न

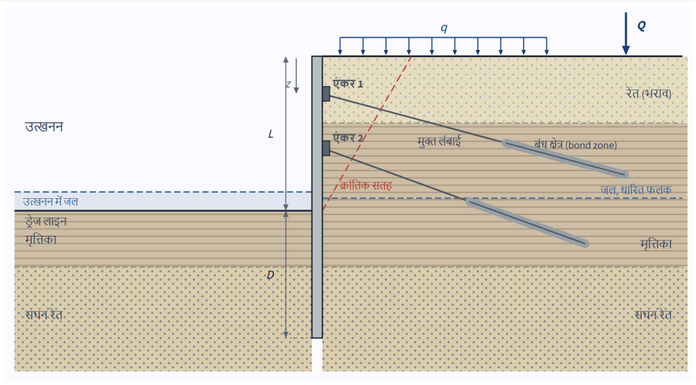
उदाहरण

## दिया गया है

| | |
|---|---|
| प्रोफ़ाइल | **ऊपर 3.0 m रेत** ($\gamma = 18$, $\varphi' = 30^\circ$), **6.0 m मृत्तिका** ($\gamma = 19$, $c' = 5$ **kPa**, $\varphi' = 24^\circ$, $c_u = 45$ **kPa**), **उसके नीचे सघन रेत** ($\gamma = 19$, $\varphi' = 36^\circ$); $L = 7.5$ **m; जल दोनों ओर 8.5 m पर;** $q = 10$ **kPa** |
| प्रश्न | **अल्पकाल में मृत्तिका के ऊपर** $\sigma_v - 2c_u$ **और दरार के निचले सिरे पर** $z_c$**; दोनों परिदृश्यों के परिणाम** |

## ज्ञात करना है

$\sigma_v - 2c_u$ (मृत्तिका के ऊपर), $z_c$ और दरार में जल दाब; अल्पकालिक और दीर्घकालिक के D, F, M मान तथा कौन-सा निर्णायक है।



# हल

हल

**1** अल्पकाल: मृत्तिका के ऊपर ($z = 3.0$ m, $\sigma_v = 64.0$ kPa, $c_u = 45$ kPa)

$$\sigma_v - 2c_u = 64.0 - 2(45) = -\mathbf{26.0}\ \text{kPa} < 0 \Rightarrow \text{कटता है; दरार खुलती है}$$

$$\sigma_v(z_c) = 2c_u: \quad 64.0 + 19(z_c - 3) = 90 \Rightarrow z_c = \mathbf{4.37}\ \text{m}$$

$$p_{crack}(z_c) = \gamma_w(z_c - z_t) = 9.81(1.37) = 13.4\ \text{kPa}$$

**2** दोनों परिदृश्य चलाए जाते हैं (मॉड्यूल का इंजन); दीवार का डिज़ाइन दोनों में से बड़े मान के अनुसार किया जाता है

| परिदृश्य | $D_{theoretical}$ (m) | $D_{required}$ (f = 1.3) | $F_1$, $F_2$ (kN/m) | $M_{max}$ (kN·m/m) | $z_M$ (m) |
|---|---|---|---|---|---|
| अल्पकालिक (मृत्तिका अनपवाहित) | 1.549 | 2.014 | 34.30 ; 56.94 | 59.49 | 6.55 |
| दीर्घकालिक (सभी अपवाहित) | 2.403 | 3.124 | 41.69 ; 132.32 | 121.43 | 6.82 |

जल से भरी दरार मृत्तिका के ऊपर **1.37 m** की लंबाई में (3.0 → 4.37 m) जलस्थैतिक दाब उत्पन्न करती है। दीर्घकालिक स्थिति **प्रत्येक परिणाम में निर्णायक** है (D, $F_1$, $F_2$, M): दीवार का डिज़ाइन दीर्घकालिक परिदृश्य से किया जाता है; अल्पकालिक आघूर्ण आधे से भी कम है।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

# अंतर आरेख; गहराई के साथ f अथवा निष्क्रिय के लिए $FS_p$

सिद्धांत

दीवार दोनों फलकों के **अंतर** को अनुभव करती है: $p_{net} = p_b - p_f$ (प्रतिधारित – उत्खनन)। संतुलन इसी आरेख पर लिखा जाता है: उत्खनन तल के ऊपर प्रतिधारित मृदा का सक्रिय दाब और जल; उसके नीचे भेदन गहराई का निष्क्रिय दाब सक्रिय दाब की तुलना में तेज़ी से बढ़ता है और शुद्ध दाब बिंदु E पर शून्य होकर प्रतिधारित पक्ष की ओर पलट जाता है। शीर्ष, एंकर, उत्खनन तल, प्रत्येक परत की सीमा, जल स्तर, दरारों के सिरे, भार के किनारे और कटे हुए दाबों के शून्य बिंदु दीवार को **खंडों** में बाँटते हैं; प्रत्येक खंड में घटक रैखिक होता है, तथा बल और आघूर्ण का सटीक समाकलन किया जाता है:

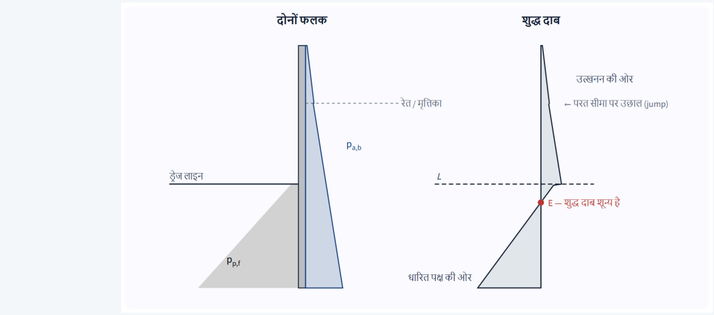
$$F_{seg} = \tfrac{1}{2}(p_0 + p_1)h \qquad M_{seg}(z_r) = \frac{h\,[p_0(2z_0 + z_1) + p_1(z_0 + 2z_1)]}{6} - z_r F_{seg}$$

सैद्धांतिक गहराई $D_{theoretical}$ में कोई अतिरिक्त मान नहीं है; दो मार्ग (आकृति):

**गहराई गुणक f**: $D_{required} = f \cdot D_{theoretical}$ (f = 1.2–1.3 रेत, 1.4–1.6 मृत्तिका); दाब और आघूर्ण सैद्धांतिक दीवार के हैं।

**निष्क्रिय पक्ष पर $FS_p$**: $\eta_p = 1/FS_p$ निष्क्रिय **मृदा** दाब को गुणा करता है (जल दाब को कभी नहीं); घटाए गए आरेख की गहराई $D_{required}$ होती है। दूसरे तरीके का $D_{required}$ मान सदैव इसके बगल में लिखा जाता है।

**दी गई गहराई**: $UR_D = D_{required}/D_{given} \le 1$ से सत्यापित की जाती है; वह $FS_{p,mob}$ ज्ञात किया जाता है जिससे निष्क्रिय प्रतिरोध को विभाजित किया जा सकता है। आघूर्ण और एंकर बल डिज़ाइन तथा दी गई गहराई की स्थितियों में से **बड़े** के अनुसार लिए जाते हैं।



# प्रश्न

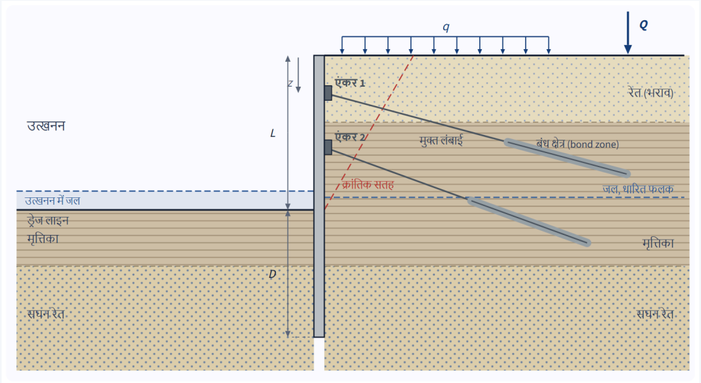
उदाहरण

## दिया गया है

| | |
|---|---|
| दीवार | **ऊपर 3.0 m रेत** ($\gamma = 18$, $\varphi' = 30^\circ$), **6.0 m मृत्तिका** ($\gamma = 19$, $c' = 5$ **kPa**, $\varphi' = 24^\circ$, $c_u = 45$ **kPa**), **उसके नीचे सघन रेत** ($\gamma = 19$, $\varphi' = 36^\circ$); $L = 7.5$ **m**; **जल दोनों पार्श्वों पर 8.5 m पर**; $q = 10$ **kPa**; **एंकर की दो पंक्तियाँ**: $z = 1.5$ **m (**$15^\circ$**) और** $4.5$ **m** ($20^\circ$), $s = 2.5$ **m**; $f = 1.3$; **S275**, $W_{el} = 1\,400$ **cm³/m** |
| सड़कें | $f = 1.3$; $FS_p = 1.5$; **दिए गए** $D = 3.5$ **m और** $6.0$ **m** |

## ज्ञात करना है

प्रत्येक पथ के लिए $D_{required}$, $M_{max}$, $T_2$ और $FS_{bond,2}$; दी गई गहराई पर $UR_D$, $FS_{p,mob}$।



# हल

हल

**1** गहराई पर गुणांक f लागू करने पर: $D_{required} = 1.3 \times D_{theoretical} = 1.3 \times 2.403 = 3.124$ m (आघूर्ण और बल सैद्धांतिक दीवार के ही हैं)

| सड़क | $D_{required}$ / दिया गया (m) | $UR_D$ | $FS_{p,mob}$ | $M_{max}$ (kN·m/m) | $T_2$ (kN) | $FS_{bond,2}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| f = 1.3 (प्रारंभिक) | 3.124 | — | — | 121.4 | 352.0 | 2.14 |
| $FS_p$ = 1.5 (निष्क्रिय / 1.5) | 3.273 | — | — | 153.3 | 386.6 | **1.95** |
| दिया गया है D = 3.5 m | 3.500 | 0.893 | 1.63 | 161.6 | 395.1 | **1.91** |
| दिया गया है D = 6.0 m | 6.000 | 0.521 | 2.94 | 255.5 | 480.4 | **1.57** |

निष्क्रिय दाब पर $FS_p = 1.5$ वाला मार्ग अधिक गहरी दीवार (3.27 m) और **बड़ा आघूर्ण** (153.3) देता है। **यदि दी गई गहराई अपेक्षित से अधिक हो तो आघूर्ण और एंकर बल बढ़ जाते हैं**: D = 6.0 m के लिए M = 255.5 kN·m/m (प्रारंभिक उदाहरण का 2.1 गुना) और $T_2$ = 480 kN, $FS_{bond,2} = 1.57 < 2$: बंध अपर्याप्त है। दीवार को आवश्यकता से अधिक लंबा बनाने से सुरक्षा नहीं बढ़ती।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

# टो ब्लॉक; मुक्त मृदा आलंब

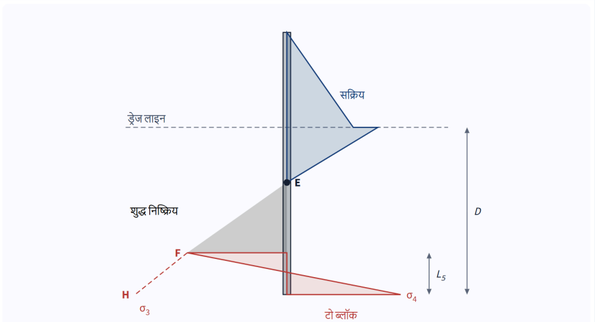
सिद्धांत

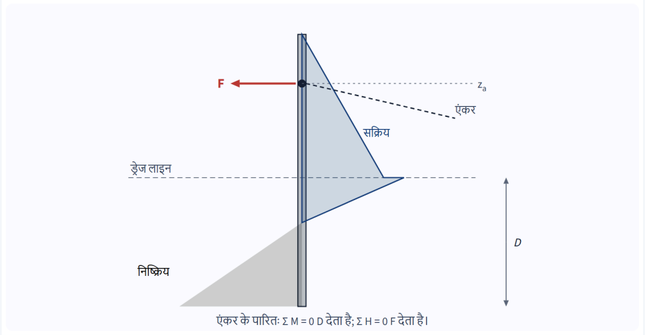
**कैंटिलीवर**: उत्खनन तल के नीचे शुद्ध सरल रेखा E से F तक, और F से सिरे के खंड ($L_5$) पर उलटी कोटि $\sigma_4$ तक: $\Sigma H = 0$ और सिरे के परितः $\Sigma M = 0$। एकल रेत में यह $L_4$ के लिए चतुर्थ घात के समीकरण में बदल जाता है; परतदार प्रोफ़ाइल में उसी आरेख पर संख्यात्मक रूप से हल किया जाता है। खंड E के नीचे होना चाहिए ($0 < L_5 < L_4$)।

**एकल पंक्ति एंकर**: मुक्त सिरे को स्थानांतरित होता हुआ माना जाता है; गहराई **एंकर के सापेक्ष आघूर्ण से** और एंकर बल क्षैतिज संतुलन से ज्ञात किया जाता है:

$$\int_0^{L+D} p_{net}(z)(z - z_a)\,dz = 0 \qquad F = \int_0^{L+D} p_{net}(z)\,dz$$

मुक्त मृदा आलंब **सबसे छोटी दीवार और पारंपरिक विधियों का सबसे बड़ा आघूर्ण** देता है; नम्य दीवार के लिए Rowe की आघूर्ण कमी लागू नहीं की जाती।



# हिंज विधि; अपरूपण बल और आघूर्ण

सिद्धांत

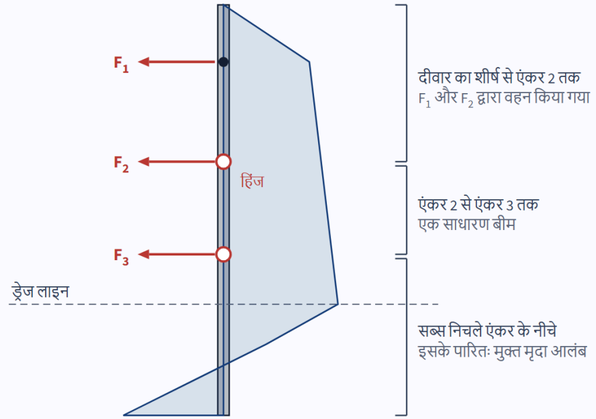
तीन या अधिक आलंबों पर दीवार एक सतत बीम होती है और स्थैतिक रूप से अनिर्धार्य होती है। **हिंज विधि** सबसे ऊपरी को छोड़कर प्रत्येक एंकर पर हिंज (शून्य आघूर्ण) मानकर इसे निर्धार्य बना देती है: ऊपरी स्पैन पहले दो एंकरों पर टिकी बीम है, बीच के स्पैन सरल आलंबित बीम हैं, और सबसे निचले एंकर के नीचे का भाग उस एंकर के सापेक्ष मुक्त मृदा आलंब है।

$$\int_{z_n}^{L+D} p_{net}(z)(z - z_n)\,dz = 0$$

एक पंक्ति का बल उसके दोनों ओर के स्पैनों की प्रतिक्रियाओं का योग है; सबसे निचली पंक्ति अपने नीचे के भाग का क्षैतिज बल भी लेती है। प्रत्येक हिंज पर आघूर्ण शून्य है (मॉड्यूल इसकी जाँच क्लोज़र के रूप में करता है); जो पंक्ति संपीडन में रह जाती है उसे चेतावनी के साथ चिह्नित किया जाता है।

$$V(z) = \int_0^z p_{net}dz - \sum_{z_a<z} F_i \qquad M(z) = \int_0^z V\,dz$$

V और M का तत्वों पर समाकलन किया जाता है; **अधिकतम आघूर्ण वहाँ मिलता है जहाँ V = 0** (तत्व के भीतर), इसे नोडों से नहीं चुना जाता।



# प्रश्न

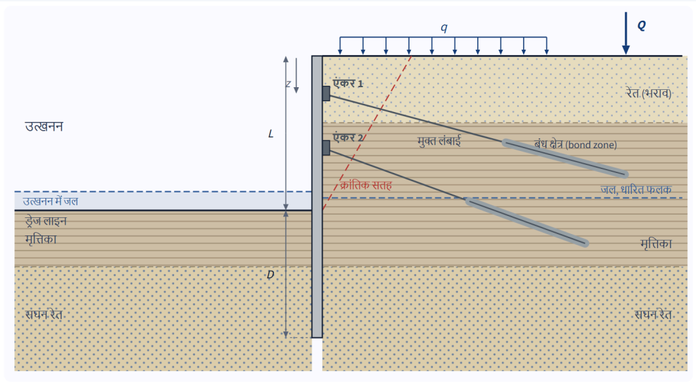
उदाहरण

## दिया गया है

| | |
|---|---|
| प्रोफ़ाइल और भार | **ऊपर 3.0 m रेत** ($\gamma = 18$, $\varphi' = 30^\circ$), **6.0 m मृत्तिका** ($\gamma = 19$, $c' = 5$ **kPa**, $\varphi' = 24^\circ$, $c_u = 45$ **kPa**), **उसके नीचे सघन रेत** ($\gamma = 19$, $\varphi' = 36^\circ$); $L = 7.5$ **m; जल दोनों ओर 8.5 m पर;** $q = 10$ **kPa** |
| प्रणालियाँ | **(a) एंकर-रहित कैंटिलीवर; (b) एकल पंक्ति** ($z = 1.5$ **m,** $15^\circ$); **(c) दो पंक्तियाँ (प्रारंभिक); सभी में** $f = 1.3$, **S275** $W_{el} = 1\,400$ **cm³/m** |

## ज्ञात करना है

प्रत्येक प्रणाली के लिए $D_{theoretical}$, $D_{required}$, $M_{max}$, एंकर बल और शीट-पाइल **η**; कौन-सी उपयुक्त है?



# हल

हल

**1** वही प्रोफ़ाइल, तीन प्रणालियाँ (मॉड्यूल का इंजन; सभी में दो परिदृश्यों में से अधिक वाला)

| प्रणाली | विधि | $D_{theoretical}$ (m) | $D_{required}$ (m) | $M_{max}$ (kN·m/m) | एंकर (kN/m) | η (EN 1993) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| (a) कैंटिलीवर | सिरा ब्लॉक | 8.033 | 10.443 | 1,210.1 | — | **4.243** |
| (b) एकल पंक्ति | मुक्त मृदा आलंब | 2.896 | 3.765 | 295.9 | 128.2 | **1.037** |
| (c) दो पंक्तियाँ | हिंज | 2.403 | 3.124 | 121.4 | 41.7 ; 132.3 | 0.426 |

7.5 m की प्रतिधारित ऊँचाई के लिए **कैंटिलीवर** दीवार में 10.4 m भेदन गहराई और 1,210 kN·m/m की आवश्यकता होती है: शीट-पाइल अपर्याप्त है (η = 4.24)। **एक पंक्ति** भेदन गहराई को घटाकर 3.76 m कर देती है, परंतु M = 296 kN·m/m के साथ η = 1.037 > 1 बना रहता है। **दो पंक्तियाँ** आघूर्ण को घटाकर 121.4 kN·m/m कर देती हैं और शीट-पाइल पर्याप्त हो जाता है (η = 0.426): पंक्तियों की संख्या आघूर्ण और भेदन गहराई को निर्धारित करती है।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

# प्रश्न

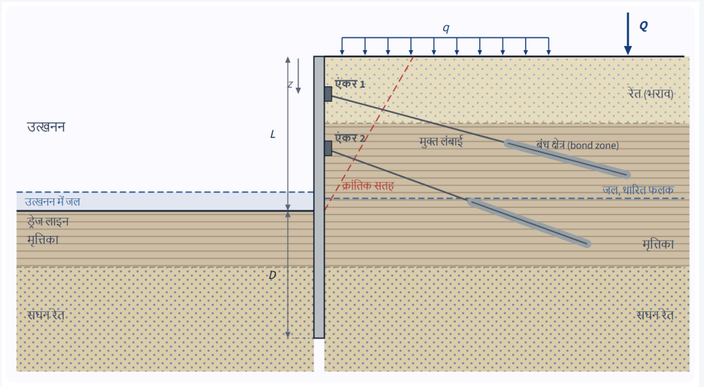
उदाहरण

## दिया गया है

| | |
|---|---|
| दीवार | **ऊपर 3.0 m रेत** ($\gamma = 18$, $\varphi' = 30^\circ$), **6.0 m मृत्तिका** ($\gamma = 19$, $c' = 5$ **kPa**, $\varphi' = 24^\circ$, $c_u = 45$ **kPa**), **उसके नीचे सघन रेत** ($\gamma = 19$, $\varphi' = 36^\circ$); $L = 7.5$ **m**; **जल दोनों पार्श्वों पर 8.5 m पर;** $q = 10$ **kPa**; **एंकर की दो पंक्तियाँ:** $z = 1.5$ **m (**$15^\circ$**) और** $4.5$ **m** ($20^\circ$), $s = 2.5$ **m**; $f = 1.3$; **S275**, $W_{el} = 1\,400$ **cm³/m** |
| परिणाम का प्रकार | **दीर्घकालिक परिदृश्य (नियंत्रक); हिंज** $z = 4.5$ **m पर** |

## ज्ञात करना है

एंकर बल $\mathbf{F_1}$, $\mathbf{F_2}$ और उनका योग; क्लोज़र; $\mathbf{M_{max}}$ और उसका स्थान; V = 0 के बिंदु।



# हल (1/2)

हल

**1** एंकर पंक्तियाँ (प्रति मीटर) और क्षैतिज संतुलन

$$F_1 = 41.69 \text{ kN/m} \ \ (z = 1.5 \text{ m}) \qquad F_2 = 132.32 \text{ kN/m} \ \ (z = 4.5 \text{ m})$$

$$F_1 + F_2 = 41.69 + 132.32 = 174.00 \text{ kN/m} = \Sigma H_{net} \ \ \text{(कुल क्षैतिज बल)}$$

**2** हिंज पर आघूर्ण शून्य है; अधिकतम आघूर्ण वहाँ है जहाँ V = 0

$$M(z = 4.5) = 0 \approx 0 \ \checkmark \ \ \text{(संवरण)}$$

$$V = 0: \quad z = 3.22 \text{ m} \ \text{और} \ z_M = 6.82 \text{ m} \qquad M_{max} = \mathbf{121.43} \text{ kN·m/m}$$

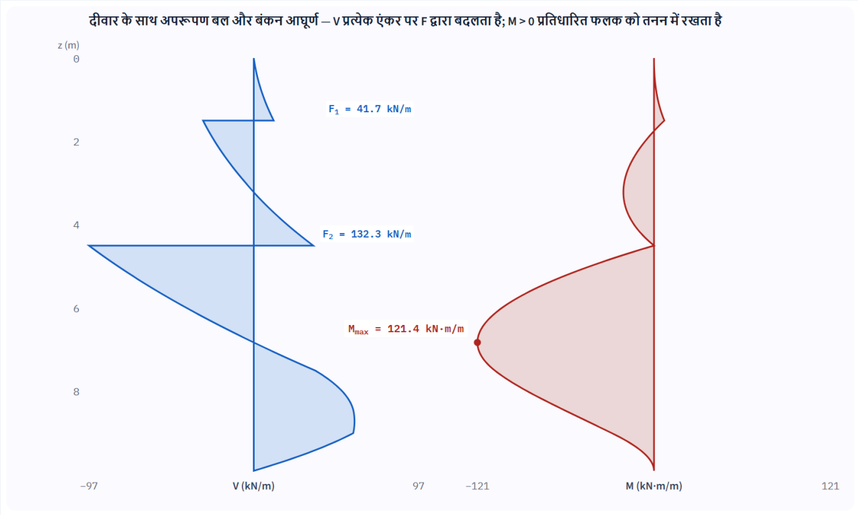
एंकर बल **$F_1$ = 41.69** और **$F_2$ = 132.32 kN/m** हैं; इन दोनों का योग नेट आरेख का क्षैतिज परिणामी है (मुक्त सिरा)। **$M_{max}$ = 121.43 kN·m/m**, उत्खनन तल के नीचे z = 6.82 m पर (V = 0)।

# हल (2/2)

हल

**3** अपरूपण बल और आघूर्ण आरेख (प्रत्येक एंकर पर V में F के बराबर उछाल आता है) $V(z) = \int p_{net} dz - \Sigma F_i$; $M(z) = \int V\,dz$। अधिकतम आघूर्ण 121.4 kN·m/m है और 6.82 m गहराई पर है; V = 0 के दो बिंदु (3.22 m और 6.82 m) स्थानीय आघूर्ण शिखर हैं।

समापन जाँचें संतुष्ट होती हैं: हिंज आघूर्ण ≈ 0, सिरे पर अपरूपण बल और आघूर्ण शून्य, खंड का परिणामी बल परिष्कृत समाकल के बराबर है (174.0 kN/m)। आघूर्ण आरेख ऊपरी कैंटिलीवर भाग में एक स्थानीय शिखर और उत्खनन तल के नीचे अपना सबसे बड़ा शिखर देता है।




हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

# बल, मुक्त लंबाई, बंध और लॉक-ऑफ बल

सिद्धांत

एक पंक्ति की प्रतिक्रिया F प्रति मीटर है। एंकर s अंतराल पर हैं और क्षैतिज से α झुके हुए हैं:

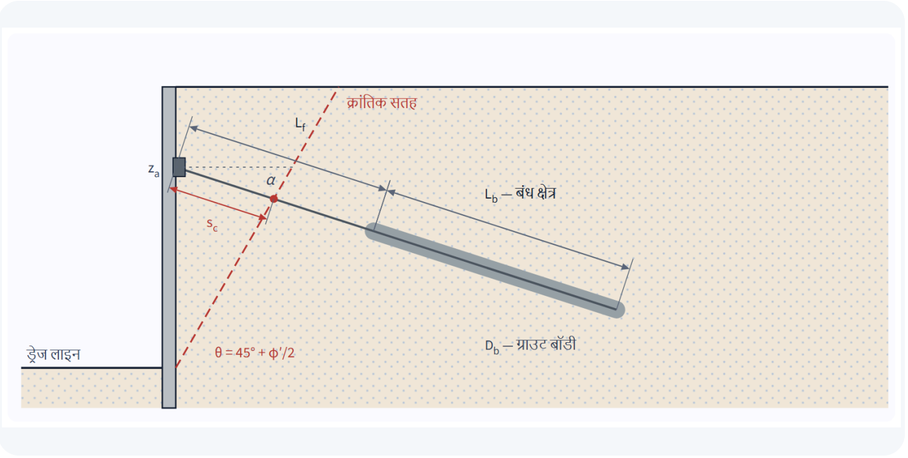
$$T = \frac{F\,s}{\cos\alpha} \qquad T_v = T\sin\alpha$$

इंजेक्शन (बंध) क्षेत्र दीवार के साथ गतिमान वेज के **पीछे** रहना चाहिए। क्रांतिक सतह उत्खनन के कोने से आरंभ होती है और θ = 45° + φ′/2 पर ऊपर उठती है; टेंडन के अनुदिश वह यहाँ कटती है:

$$s_c = \frac{L - z_a}{\cos\alpha\tan\theta + \sin\alpha} \qquad L_f \geq s_c + \max(1.5\ \text{m},\ L/5)$$

सतह, यदि पूरी धारित ऊँचाई एक ही रेत से बनी है तो स्वतः निर्धारित होती है; परतदार या मृत्तिकामय प्रोफ़ाइल में एकल तल सुदृढ़ आदर्शीकरण नहीं है: सतह किसी अलग विश्लेषण से दी जाती है, अन्यथा जाँच “नहीं की गई” बताई जाती है।

बंध: $T_{ult} = \pi\, D_b\, L_b\, \tau_{ult}$; $FS_{bond} = T_{ult}/\max(T, P_0) \geq FS_{required}$। एंकर को $P_0$ लॉक-ऑफ बल पर लॉक किया जाता है और बंध आरंभ से ही वह भार वहन करता है: मांग T और $P_0$ में से बड़ी होती है। $P_0/T_{ult} \leq 1$ को इनपुट की जाँच के रूप में अलग से देखा जाता है।



# प्रश्न

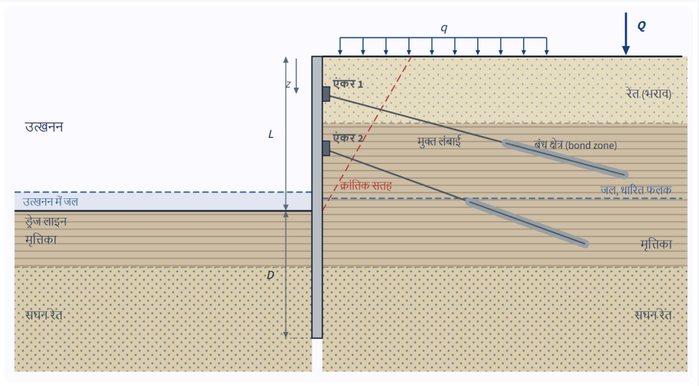
उदाहरण

### दिया गया है

| | |
|---|---|
| एंकर | **पंक्ति 1:** $z = 1.5$ **m,** $s = 2.5$ **m,** $\alpha = 15^\circ$, $F_1 = 41.69$ **kN/m; पंक्ति 2:** $z = 4.5$ **m,** $\alpha = 20^\circ$, $F_2 = 132.32$ **kN/m** |
| टाई | $D_b = 0.20$ **m,** $L_b = 8$ **m,** $\tau_{ult} = 150$ **kPa;** **लॉक-ऑफ बल** $P_0 = 250$ **kN;** $FS_{bond,required} = 2.0$ |

### ज्ञात करना है

प्रत्येक एंकर के लिए **T**, $T_V$; $\mathbf{T_{ult}}$, $\mathbf{FS_{bond}}$ और $P_0/T_{ult}$।



# हल (1/2)

हल

**1** एंकर बल (प्रत्येक टेंडन अक्ष के अनुदिश)

$$T_1 = \frac{F_1 s}{\cos 15^\circ} = \frac{41.69(2.5)}{0.9659} = \mathbf{107.9}\ \text{kN}$$

$$T_2 = \frac{F_2 s}{\cos 20^\circ} = \frac{132.32(2.5)}{0.9397} = \mathbf{352.0}\ \text{kN}$$

एंकर बल टेंडन अक्ष के अनुदिश हैं; ऊर्ध्वाधर घटक $T_{v,1}$ = 27.9 और $T_{v,2}$ = 120.4 kN रिपोर्ट किए जाते हैं (शीट-पाइल सत्यापन में नहीं ले जाए जाते)।

# हल (2/2)

हल

**2** बंध: $T_{ult} = \pi D_b L_b \tau_{ult} = \pi(0.20)(8)(150) = 754.0$ kN

$$FS_{bond,1} = \frac{T_{ult}}{\max(T_1, P_0)} = \frac{754.0}{\max(107.9, 250)} = \mathbf{3.016} \ \geq 2 \ \checkmark$$

$$FS_{bond,2} = \frac{754.0}{\max(352.0, 250)} = \mathbf{2.142} \ \geq 2 \ \checkmark$$

पहले एंकर में टाई **लॉक-ऑफ बल** ($P_0 > T_1$) से, दूसरे में **सेवा बल** से निर्धारित होती है (FS 3.02 और 2.14); $P_0/T_{ult} = 0.332 \leq 1$.

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

# EN 1993-1-1 या AISC 360-22

सिद्धांत

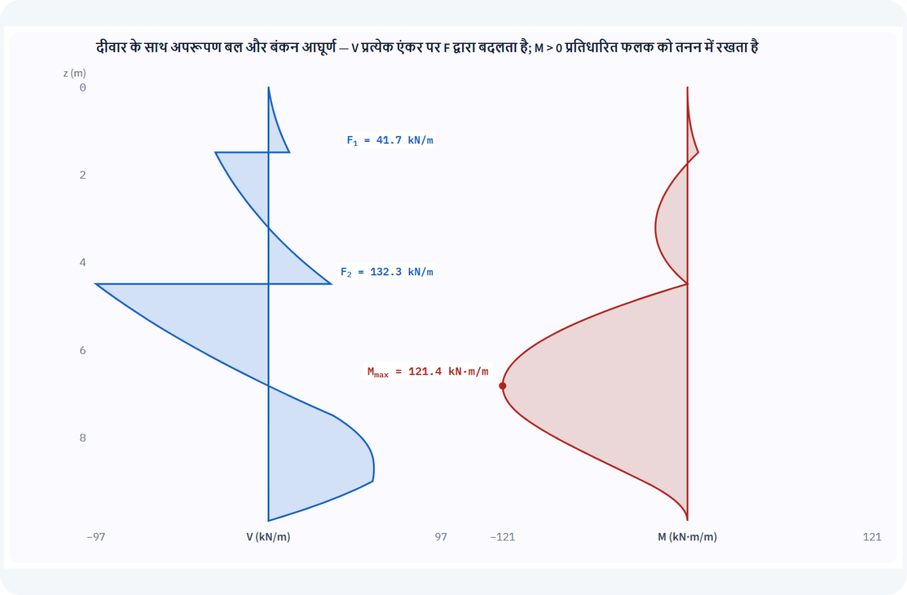
स्टील काट का सत्यापन डिज़ाइन के अधिकतम आघूर्ण के अंतर्गत बंकन में किया जाता है। दीवार के प्रति मीटर काट मापांक W (शीट-पाइल तालिका से; क्लास के अनुसार प्रत्यास्थ या प्लास्टिक) प्रयोग किया जाता है; आवश्यक $W_{req}$ सदैव लिखा जाता है, ताकि काट को सूची से चुना जा सके:

$$M_{Ed} = \gamma_F M_{max} \le M_{c,Rd} = \frac{W f_y}{\gamma_{M0}} \qquad W_{req} = \frac{M_{Ed}\gamma_{M0}}{f_y}$$

LRFD: $\gamma_H M_{max} \le \phi_b M_n$ $(\phi_b = 0.90)$ ASD: $M_{max} \le \frac{M_n}{\Omega_b}$ $(\Omega_b = 1.67)$

EN 1993-1-1: $\gamma_F$ = 1.35, $\gamma_{M0}$ = 1.00। AISC: $\gamma_H$ = 1.6 (पार्श्व मृदा दाब H), $M_n = F_y Z$ (संहत) या $F_y S$ (प्रथम पराभव)।

दीवार का अपरूपण, उसके अवयवों का स्थानीय बकलन और संक्षारण से हानि सत्यापन के दायरे से बाहर हैं और रिपोर्ट में बताए जाते हैं। एंकर बल और आघूर्ण, डिज़ाइन और दी गई गहराई की स्थितियों में से बड़े के अनुसार लिए जाते हैं।



# प्रश्न

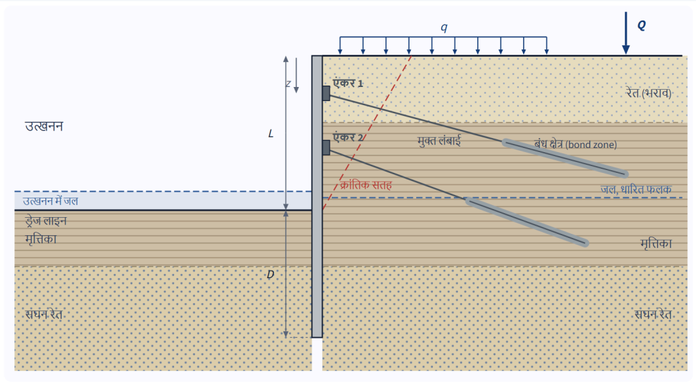
उदाहरण

## दिया गया है

| | |
|---|---|
| आघूर्ण | **उदाहरण 5:** $M_{max} = 121.43$ **kN·m/m** |
| काट | **S275 (**$f_y = 275$ **MPa),** $W_{el} = 1\,400$ **cm³/m; EN:** $\gamma_F = 1.35$, $\gamma_{M0} = 1.0$; **AISC:** $\gamma_H = 1.6$, $\Omega_b = 1.67$ $(M_n = F_y S)$ |

## ज्ञात करना है

$\mathbf{M_{Ed}}$, $\mathbf{W_{req}}$, $M_{c,Rd}$, $\boldsymbol{\eta}$ (EN); LRFD और ASD के लिए η।



# हल

हल

**1** EN 1993-1-1

$$M_{Ed} = 1.35(121.43) = \mathbf{163.92}\ \text{kN·m/m} \qquad W_{req} = \frac{M_{Ed}\gamma_{M0}}{f_y} = \frac{163.92}{275\,000} = \mathbf{596}\ \text{cm}^3\text{/m}$$

$$M_{c,Rd} = 1\,400 \cdot 10^{-6}(275\,000) = 385.0\ \text{kN·m/m} \qquad \eta = \frac{163.92}{385.0} = \mathbf{0.426} \le 1\ \checkmark$$

**2** AISC 360-22 ($M_n = F_y S = 385.0$ kN·m/m)

$$\text{LRFD: } 1.6(121.43) = 194.28 \le 0.90(385.0) = 346.5 \quad \eta = \mathbf{0.561}$$

$$\text{ASD: } 121.43 \le \frac{385.0}{1.67} = 230.5 \quad \eta = \mathbf{0.527}$$

शीट-पाइल पर्याप्त है: EN 1993-1-1 η = **0.426** (आवश्यक W = 596 cm³/m < 1 400), AISC LRFD **0.561**, ASD **0.527**।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

# स्तरित छद्म-स्थैतिक: रेत में Mononobe–Okabe, मृत्तिका में अनपवाहित वेज

सिद्धांत

प्रत्येक स्थैतिक गुणांक को उसकी अपनी परत के छद्म-स्थैतिक समतुल्य से प्रतिस्थापित किया जाता है। भूकंपीय कोण क्षैतिज और ऊर्ध्वाधर गुणांकों से प्राप्त होता है:

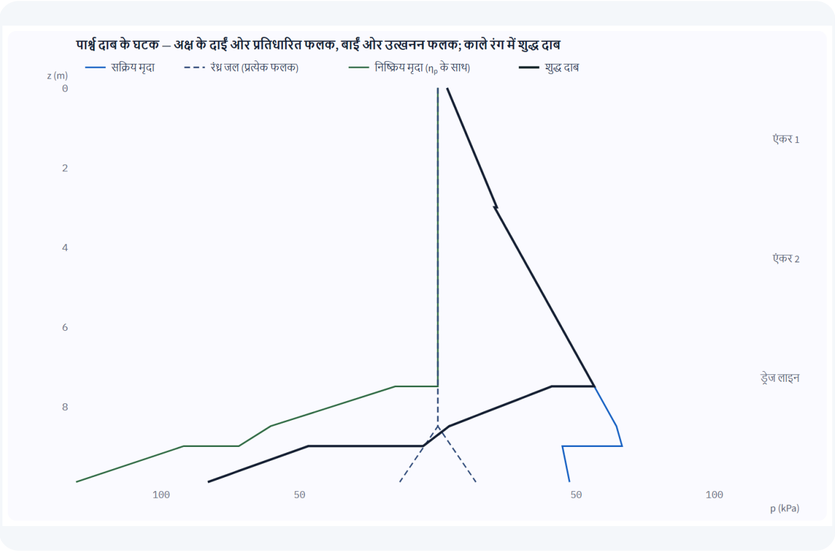
$$\tan\theta = \frac{k_h}{1 \mp k_v} \qquad \sigma_{AE} = (1 \mp k_v) K_{AE} \sigma'_v \qquad \sigma_{PE} = (1 \mp k_v) K_{PE} \sigma'_v$$

मृत्तिका: $\sigma_{AE} = (1 \mp k_v)(1 + \tan\theta)\sigma_v - 2c_u \qquad \sigma_{PE} = (1 \mp k_v)(1 - \tan\theta)\sigma_v + 2c_u$

स्थैतिक डिज़ाइन के **दोनों परिदृश्य** $k_v$ की दोनों दिशाओं के साथ चलाए जाते हैं; सबसे बड़ी भेदन गहराई, आघूर्ण और एंकर बल निर्धारक होते हैं।

एंकरित दीवार निचले सिरे के परितः घूर्णन नहीं कर सकती: सक्रिय थ्रस्ट की गतिक वृद्धि **धारित ऊँचाई के अनुदिश एकसमान** वितरित की जाती है: $\Delta P_{AE} = \int (p_{AE} - p_A) dz$। उत्खनन में मुक्त जल Westergaard दाब ($7/8\, k_h \gamma_w \sqrt{(h z')}$) जोड़ता है।

भूकंप एक आकस्मिक स्थिति है: निष्क्रिय मृदा पर **गुणांक नहीं लगाया जाता**; भूकंपीय आरेख को संतुलित करने वाली $D_E$ गहराई दीवार की गहराई ($D_{design}$) से अधिक नहीं होनी चाहिए। यदि दीवार $D_E$ से लंबी है तो प्रत्येक स्थिति दी गई गहराई पर भी संतुलित की जाती है और बड़ा आघूर्ण तथा बल लिया जाता है। एंकर और बंध की जाँच $T_E$ के लिए भी की जाती है ($FS_{required,E} \approx 1.5$)।



# प्रश्न

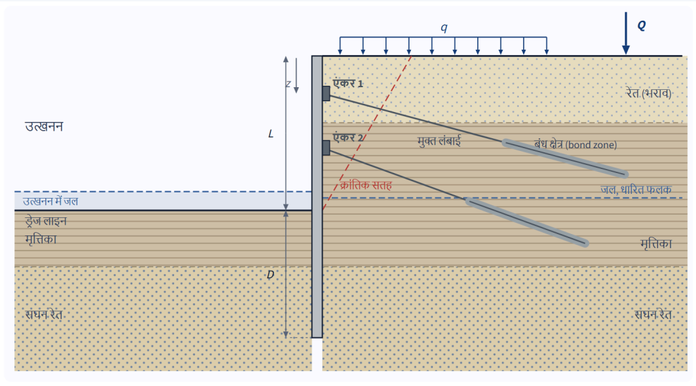
उदाहरण

## दिया गया है

| | |
|---|---|
| दीवार | **ऊपर 3.0 m रेत** ($\gamma = 18$, $\varphi' = 30^\circ$), **6.0 m मृत्तिका** ($\gamma = 19$, $c' = 5$ **kPa**, $\varphi' = 24^\circ$, $c_u = 45$ **kPa**), **उसके नीचे सघन रेत** ($\gamma = 19$, $\varphi' = 36^\circ$); $L = 7.5$ **m**; **जल दोनों पार्श्वों पर 8.5 m पर;** $q = 10$ **kPa**; **एंकर की दो पंक्तियाँ:** $z = 1.5$ **m (**$15^\circ$**) और** $4.5$ **m** $(20^\circ)$, $s = 2.5$ **m**; $f = 1.3$; **S275,** $W_{el} = 1\,400$ **cm³/m** |
| भूकंप | $k_h = 0.15$, $k_v = \pm 0.075$; **रंध्र जल परिबद्ध है;** **टाई:** $T_{ult} = 754$ **kN, आवश्यक** $FS_{bond,E} \approx 1.5$ |

## ज्ञात करना है

चारों स्थितियों (दो परिदृश्य × दो $k_V$) के D, M, F मान; $D_E$, $M_{max,E}$, एंकर बल और बंध; क्या दीवार इस भूकंप को सह सकती है?



# हल (1/2)

हल

**1** चार स्थितियाँ (स्थैतिक डिज़ाइन के दो परिदृश्य, $k_v$ दो दिशाओं में)

| परिदृश्य | $k_v$ | D (m) | M (kN·m/m) | F (kN/m) | $F_1$ ; $F_2$ |
|---|---|---|---|---|---|
| छोटा | +0.075 | 2.900 | 87.4 | 132.3 | 51.2 ; 81.0 |
| छोटा | −0.075 | 3.110 | 134.9 | 205.0 | 82.4 ; 122.6 |
| लंबा | +0.075 | 4.348 | 277.0 | 288.5 | 66.1 ; 222.4 |
| लंबा | −0.075 | 3.958 | 277.2 | 315.8 | 81.5 ; 234.3 |

निर्णायक भेदन गहराई **$D_E$ = 4.35 m** (दीर्घकालिक, $k_v$ = +0.075); अधिकतम आघूर्ण **277.2 kN·m/m** (दीर्घकालिक, $k_v$ = −0.075) । $\Delta P_{AE}$ = 48.9 kN/m ।

# हल (2/2)

हल

**2** जाँचें

$$D_E = 4.35\ \text{m} \;>\; D_{design} = 3.12\ \text{m}\ \ \text{✗} \qquad \eta_E = \frac{M_{Ed,E}}{M_{c,Rd}} = \frac{277.2}{385.0} = 0.720 \;\leq 1\ \text{✓}$$

$$T_{E,1} = 213.3\ \text{kN}: \quad FS_{bond,E} = \frac{753.98}{\max(213.3,\,250)} = 3.02 \;\geq 1.50\ \text{✓}$$

$$T_{E,2} = 623.3\ \text{kN}: \quad FS_{bond,E} = \frac{753.98}{623.3} = \mathbf{1.21} \;< 1.50\ \ \text{✗}$$

प्रारंभिक दीवार इस भूकंप को **सहन नहीं कर पाती**: भूकंपीय संतुलन के लिए 4.35 m भेदन गहराई चाहिए (डिज़ाइन 3.12 m) और दूसरे एंकर का बंध अपर्याप्त है ($FS_{bond,E}$ = 1.21 < 1.50, $T_{E,2}$ = 623 kN)। शीट-पाइल की काट पर्याप्त है ($\eta_E$ = 0.72): भेदन लंबाई और ग्राउट बंध (लंबाई या व्यास) बढ़ाए जाने चाहिए।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

# मृत्तिका में आधार पर उत्थान ब्लॉक; स्प्रिंग-आधारित मृदा पर बीम

सिद्धांत

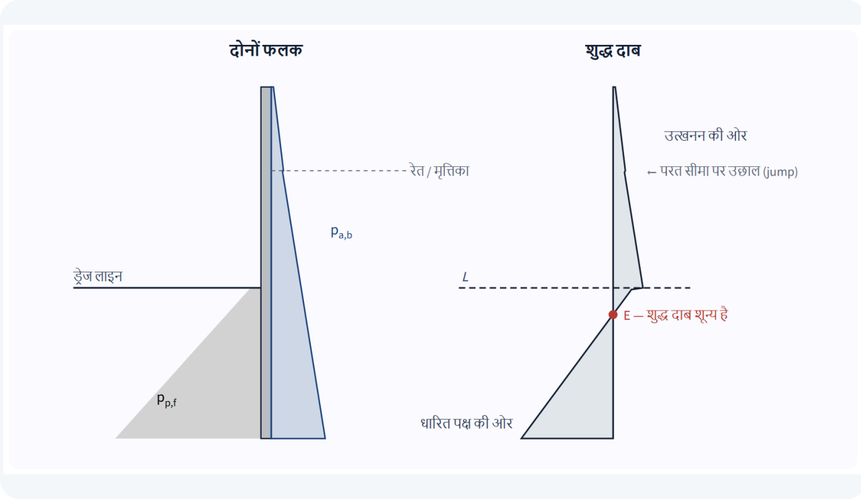
**आधार उत्थान**: यदि उत्खनन का आधार मृदु मृत्तिका हो, तो धारित मृदा का भार मृत्तिका को उत्खनन की ओर दबा सकता है। मृत्तिका मॉड्यूल की तरह, इसकी जाँच दीवार के निचले सिरे (टो) पर धारण क्षमता ब्लॉक से की जाती है (B′ = B/√2 या कठोर परत तक T, जो भी छोटा हो; B″ = √2 B′):

$$FS = \frac{5.14\, c_u \left(1 + 0.2\frac{B''}{L_{exc}}\right) + \frac{c_{side} H}{B'}}{\sigma_v(H) + q}$$

स्ट्रिप और बिंदु भार B′ के भीतर समतुल्य अधिभार में बदल दिए जाते हैं; यदि तल की मृदा मृत्तिका नहीं है तो जाँच लागू नहीं की जाती। **विस्थापन**: दीवार एक प्रत्यास्थ बीम (EI) है, प्रत्येक फलक पर प्रत्यास्थ-सुघट्य स्प्रिंग लगे हैं (सबग्रेड प्रतिक्रिया गुणांक $k_h$); प्रत्येक एंकर एक पूर्व-प्रतिबलित स्प्रिंग है ($k = E A_t \cos^2\alpha/(L_f s)$, $P_0 \cos\alpha/s$ से आरंभ), जो केवल तनन वहन करता है:

स्प्रिंग विराम दाब से आरंभ होते हैं (अपवाहित परत में $K_0\sigma'_v$, अनपवाहित मृत्तिका में $\sigma'_v$) और सीमा को पार नहीं करते। $k_h$ एक मॉडल पैरामीटर है; परिणाम **अभिलाक्षणिक और संकेतात्मक** है, बिना सीमा के दिया जाता है; जब स्प्रिंग कोमल होते हैं तब परिणाम $k_h$ पर अधिक निर्भर करता है और सीमाओं तक पहुँचने पर बहुत कम।

विस्थापन मॉडल का आघूर्ण सीमा संतुलन आघूर्ण के निकट आ सकता है, परंतु डिज़ाइन आघूर्ण सदैव सीमा संतुलन वाला ही होता है।



# प्रश्न

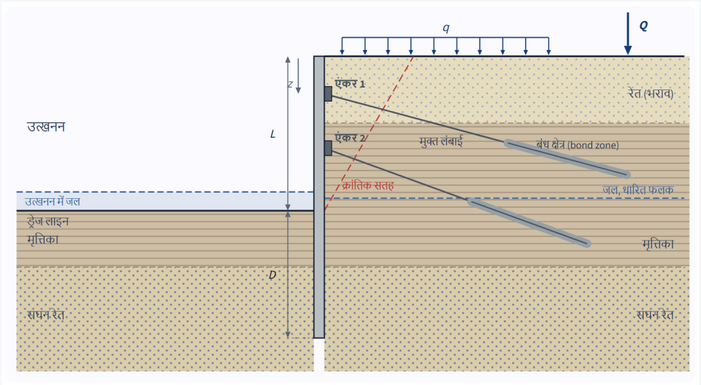
उदाहरण

## दिया गया है

| | |
|---|---|
| दीवार | **ऊपर 3.0 m रेत** ($\gamma = 18$, $\varphi' = 30^\circ$), **6.0 m मृत्तिका** ($\gamma = 19$, $c' = 5$ **kPa**, $\varphi' = 24^\circ$, $c_u = 45$ **kPa**), **उसके नीचे सघन रेत** ($\gamma = 19$, $\varphi' = 36^\circ$); $L = 7.5$ **m**; **जल दोनों पार्श्वों पर 8.5 m पर**; $q = 10$ **kPa**; **एंकर की दो पंक्तियाँ**: $z = 1.5$ **m (**$15^\circ$**) और** $4.5$ **m (**$20^\circ$**)**, $s = 2.5$ **m**; $f = 1.3$; **S275**, $W_{el} = 1\,400$ **cm³/m** |
| उत्खनन और दीवार | **उत्खनन चौड़ाई** $B = 10$ **m (लंबा, कठोर परत नहीं); तल के नीचे मृत्तिका (**$c_u = 45$ **kPa)**; $EI = 44\,100$ **kN·m²/m**; $k_h = 20/15/40$ **MN/m³ (रेत/मृत्तिका/रेत)**; $P_0 = 250$ **kN** |

## ज्ञात करना है

$\mathbf{FS_{heave}}$ (≥ 1.5?); दीवार के शीर्ष, उत्खनन तल और निचले सिरे का **विस्थापन**; विस्थापन मॉडल का अधिकतम आघूर्ण।



# हल

हल

**1** आधार उत्थान (B′ = B/√2 = 7.07 m; $L_{exc}$ दर्ज नहीं किया गया: आकृति पद नहीं है)

$$c_{side} = \frac{45(4.5)}{7.5} = 27.0 \text{ kPa} \quad \text{(रेत शून्य)} \qquad \sigma_v(H) = 18(3) + 19(4.5) = 139.5 \text{ kPa}$$

$$FS = \frac{5.14(45) + 27.0(7.5)/7.07}{139.5 + 10} = \frac{231.3 + 28.6}{149.5} = \mathbf{1.739} \;\geq 1.5 \;\checkmark$$

**2** विस्थापन (सबग्रेड प्रतिक्रिया गुणांक विधि; पूर्व-प्रतिबलित एंकर)

$$y_{crest} = -2.6 \text{ mm} \quad \text{(वापस, धारित पक्ष की ओर)} \qquad y_{excavation\ base} = 11.2 \text{ mm} \qquad y_{tip} = -0.5 \text{ mm}$$

$$M_{max}^{model} = 108.6 \text{ kN·m/m} \quad (z = 6.86 \text{ m}) \qquad M_{max}^{limit\ equilibrium} = 121.4$$

आधार उत्थान के विरुद्ध सुरक्षा **1.74** है (≥ 1.5)। दीवार का शीर्ष पूर्व-प्रतिबलित एंकरों द्वारा **2.6 mm पीछे** खिंच जाता है; उत्खनन तल पर **11.2 mm** उत्खनन की ओर विस्थापित होता है (संकेतात्मक, सीमा से तुलना नहीं की जाती)। मॉडल का आघूर्ण (108.6) सीमा संतुलन आघूर्ण (121.4) के निकट है।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

# मॉड्यूल की मान्यताएं और जो यह नहीं करता

सिद्धांत

**उल्लिखित मान्यताएं**: दीवार घर्षण नहीं (δ = 0); मुक्त लंबाई का भत्ता टेंडन के अनुदिश मापा जाता है; बिंदु भार सबसे अधिक भारित काट पर लिया जाता है; भूकंपीय गुणांक परत-दर-परत। **दो रूपों में दर्शाए गए पक्ष**: अल्पकालिक और दीर्घकालिक (दोनों चलाए जाते हैं), दरार जल से भरी या शुष्क (दूसरी स्थिति का उल्लेख किया जाता है), भत्ता गहराई में या निष्क्रिय दाब में (दूसरे का उल्लेख किया जाता है)।

**रोकने वाली स्थितियाँ**: दीवार के बाहर कोई एंकर; परिदृश्य द्वारा अपेक्षित सामर्थ्य से रहित परत; स्वीकार्य भेदन गहराई न मिलना; प्रत्येक परिदृश्य में एंकरों का संपीडन में बने रहना; साम्य-संवृत्ति (क्लोज़र) का भंग होना; बंध क्षेत्र का क्रांतिक वेज के भीतर होना।

**कार्यक्षेत्र से बाहर**: Rowe आघूर्ण न्यूनीकरण (लचीली दीवार), गहरी स्थिरता और समग्र स्थिरता (प्रत्येक एंकरित रन में “जाँच नहीं की गई” कहा जाता है), रिसाव (भिन्न जल स्तर जलस्थैतिक माने जाते हैं), ढलानयुक्त धारित सतह, रेखा भार और निर्माण चरण।

यह गणना **सीमा संतुलन पर आधारित प्रारंभिक डिज़ाइन** है; स्क्रीन यह सुझा सकती है कि क्या किया जाए, जबकि रिपोर्ट केवल यह बताती है कि क्या मान लिया गया और क्या प्राप्त हुआ।

सारांश

# याद रखने योग्य बिंदु

**प्रतिबल**: दोनों फलकों पर $\sigma_v$, u, $\sigma'_v$; अपवाहित परत में Rankine c′–φ′ (परत सीमा पर **दाब में छलांग** आती है), अनपवाहित मृत्तिका में $\sigma_v \mp 2c_u$; सतह पर **जल से भरी तनन दरार** (उदाहरण में $z_c$ = 4.37 m)

**अल्पकालिक और दीर्घकालिक** दोनों की गणना की जाती है; भेदन गहराई, एंकर बल और आघूर्ण **दोनों परिदृश्यों में से बड़े** मान के आधार पर लिए जाते हैं (उदाहरण में सभी में दीर्घकालिक)

**शुद्ध दाब** = धारित पक्ष – उत्खनन फलक; बिंदु E; भत्ता: $D = f \cdot D_{theoretical}$ (2.403 → 3.124 m) या निष्क्रिय पक्ष पर $FS_p$; दी गई गहराई पर **आघूर्ण और एंकर बल बढ़ जाते हैं** (D = 6 m: M = 255 kN·m/m)

**प्रणाली**: कैंटिलीवर (D = 10.4 m, η = 4.2), एकल पंक्ति मुक्त मृदा आलंब (M = 296, η = 1.04), द्वि-पंक्ति हिंज विधि ($F_1$ = 41.7, $F_2$ = 132.3 kN/m; M = 121.4; η = 0.43)

**एंकर**: T = Fs/cos α (107.9 और 352.0 kN); बंध FS = $T_{ult}/\max(T, P_0)$ = 3.02 और 2.14; **भूकंपीय**: $D_E$ = 4.35 > 3.12 m और $FS_{bond,E}$ = 1.21 < 1.5: प्रारंभिक दीवार भूकंप को सहन नहीं करती

**काट**: EN 1993-1-1 η = 0.426; AISC LRFD 0.561, ASD 0.527। **आधार उत्थान** FS = 1.74; **विस्थापन** शीर्ष –2.6 mm, उत्खनन तल 11.2 mm (सूचक)

# संदर्भ


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

Rankine, W.J.M. (1857). On the stability of loose earth. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, 147, 9–27.

Mononobe, N. and Matsuo, H. (1929). On the determination of earth pressure during earthquakes. World Engineering Congress, Tokyo. Okabe, S. (1926). General theory of earth pressure. Journal of the Japan Society of Civil Engineering, 12(1).

Westergaard, H.M. (1933). Water pressures on dams during earthquakes. Transactions of the American Society of Civil Engineers, 98, 418–433.

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

Brent, R.P. (1973). Algorithms for Minimization without Derivatives. Prentice-Hall.

EN 1993-1-1:2005 — Design of steel structures, general rules.

ANSI/AISC 360-22 — Specification for Structural Steel Buildings.


### टिप्पणी

सभी संख्यात्मक उदाहरण मॉड्यूल के अपने गणना इंजन से तैयार किए गए हैं; मॉड्यूल वही मान देता है। मॉड्यूल पृष्ठ का प्रारंभिक मॉडल भी यही दीवार है (7.5 m रेत–मृत्तिका–रेत, जल 8.5 m पर, q = 10 kPa, एंकरों की दो पंक्तियाँ)।

GeoTerva

ऑनलाइन भू-तकनीकी गणनाएँ

# सिद्धांत से अनुप्रयोग तक

अपनी दीवार की परतदार प्रोफ़ाइल (रेत और मृत्तिका), जल, अधिभार, एंकर पंक्तियाँ और उनके अवयव GeoTerva में दर्ज करें; मॉड्यूल दीवार के दोनों ओर के दाब, अल्पकालिक और दीर्घकालिक स्थितियाँ, भेदन गहराई, एंकर बल, आघूर्ण तथा काट, बंध, भूकंप, आधार उत्थान और विस्थापन की जाँचें एक साथ देता है।

मॉड्यूल खोलें →

सिद्धांत पृष्ठ →

**फ़ोन पर खोलें**
नमूना मॉड्यूल के लिए पंजीकरण आवश्यक नहीं है।