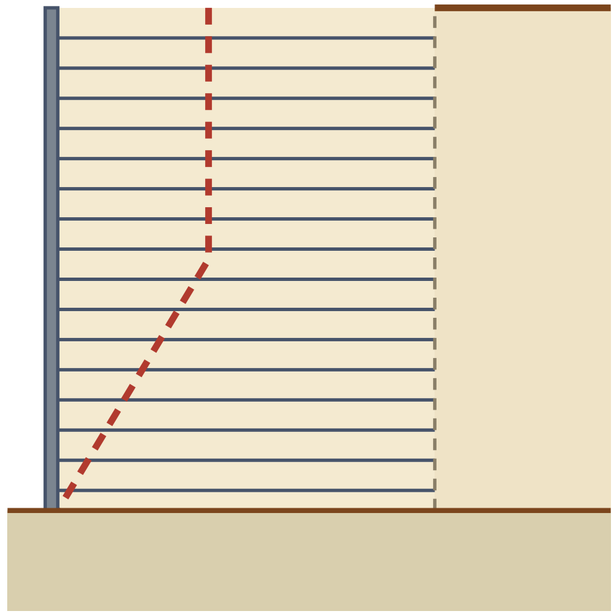
GeoTerva

भू-तकनीकी व्याख्यान स्लाइड · प्रतिधारक दीवारें

यांत्रिक रूप से स्थिरीकृत मृदा (MSE) दीवार

व्याख्यान: सुदृढ़ीकृत मृदा दीवार की आंतरिक स्थिरता (विदारण, पुलआउट), बाह्य स्थिरता (उलटाव, सर्पण, धारण क्षमता) और भूकंप जाँच; प्रत्येक विषय पर हल किया गया उदाहरण।

सुदृढ़ीकृत मृदा | विदारण · पुलआउट | उलटाव · सर्पण · धारण क्षमता | भूकंप



परिचय

इस व्याख्यान में हम क्या सीखेंगे?

सुदृढ़ीकृत मृदा का तर्क: मृदा दाब सुदृढ़ीकरण में तनन उत्पन्न करता है, उनके बीच का घर्षण दोनों को एक साथ बाँधे रखता है; फ़ेसिंग केवल मृदा को रोकती है

आंतरिक स्थिरता: प्रत्येक स्तर पर तनन बल $T = \sigma'_h S_V S_H$, **विदारण** (संक्षारण भत्ता सहित), **पुलआउट** (विफलता सतह के पीछे प्रभावी लंबाई)

विफलता सतह (द्विरेखीय या Rankine वेज) और K_r/K_a अनुपात: कठोर सुदृढ़ीकरण में ऊपर पार्श्व प्रतिबल Rankine से अधिक होता है

बाह्य स्थिरता: सुदृढ़ीकृत ब्लॉक L × H एक गुरुत्वीय दीवार की तरह कार्य करता है; उलटाव, उत्केंद्रता (L/6), सर्पण और धारण क्षमता (Meyerhof प्रभावी चौड़ाई)

चल अधिभार केवल भार ही क्यों डालता है, **भूकंप** का ब्लॉक, प्रणोद और सुदृढ़ीकरण स्तरों पर प्रभाव

किसी अपर्याप्त डिज़ाइन को **कैसे सुधारा जाए**: सुदृढ़ीकरण की लंबाई, सुदृढ़ीकरण का प्रकार

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: H = 10 m, गैल्वनाइज़्ड स्टील पट्टियाँ 75 × 6 mm (f_y = 240 MPa), L = 7.5 m, S_V = 0.6 m, S_H = 1.0 m; भराव γ = 16.5 kN/m³, φ' = 36°; नींव φ' = 28°, c' = 50 kPa। बल दीवार की प्रति मीटर लंबाई (प्रति पट्टी) के लिए हैं।

यह क्या करता है, क्या-क्या जाँचा जाता है?

सिद्धांत

मृदा की दीवार अकेले केवल विश्राम कोण पर ही खड़ी रह सकती है। भराव करते समय यदि पतले **तनन अवयव** (गैल्वनाइज़्ड इस्पात की पट्टियाँ, जियोटेक्सटाइल, जियोग्रिड) रखे जाएँ, तो मृदा संपीडन वहन करती है, सुदृढ़ीकरण तनन वहन करता है, और दोनों को **घर्षण** एक साथ बाँधे रखता है। फ़ेसिंग (कंक्रीट पैनल, ब्लॉक या सुदृढ़ीकरण को लपेटना) मृदा को भीतर रोके रखती है, अन्य कोई भार वहन नहीं करती।

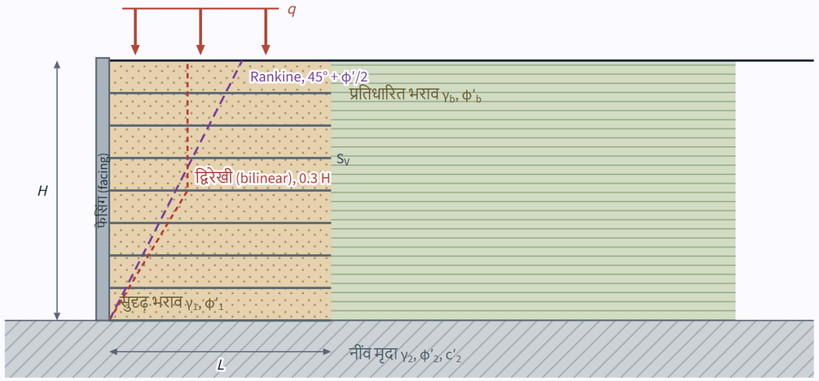
आंतरिक स्थिरता: प्रत्येक स्तर को तनन बल (1) **विदारण** के बिना, (2) विफलता सतह के पीछे से **पुलआउट** के बिना, (3) फेसिंग पर **विदारण** के बिना (कनेक्शन) वहन करना चाहिए।

बाह्य स्थिरता: L चौड़ाई और H ऊँचाई का सुदृढ़ित ब्लॉक एक **गुरुत्वीय दीवार** है: उसे पीछे के भराव के प्रणोद से उलटना नहीं चाहिए, आधार पर सरकना नहीं चाहिए, और नींव की मृदा को उसे वहन करना चाहिए।

भूकंप: जाँचों के दोनों समूह पुनः, गतिक प्रणोद + ब्लॉक और प्रभावी क्षेत्र की जड़ता के साथ (आवश्यक सुरक्षा गुणांक स्थैतिक मानों के 75%)।

भराव स्वतंत्र रूप से अपवाहित होने वाला कणिकीय होना चाहिए; **समग्र स्थिरता** (नींव से गुजरने वाली या मिश्रित सर्पण सतह) इस मॉड्यूल के दायरे से बाहर है।

दो विधियाँ: स्रोत का **Rankine** दृष्टिकोण और अनुप्रयोग (FHWA/AASHTO) की **सरलीकृत विधि** (मॉड्यूल की प्रारंभिक विधि)।



ऊर्ध्वाधर और पार्श्व प्रतिबल, K_r/K_a अनुपात

सिद्धांत

z दीवार के शीर्ष से गहराई है, γ_1, φ'_1 सुदृढ़ीकृत भराव का इकाई भार और घर्षण कोण हैं। भराव सक्रिय अवस्था में है:

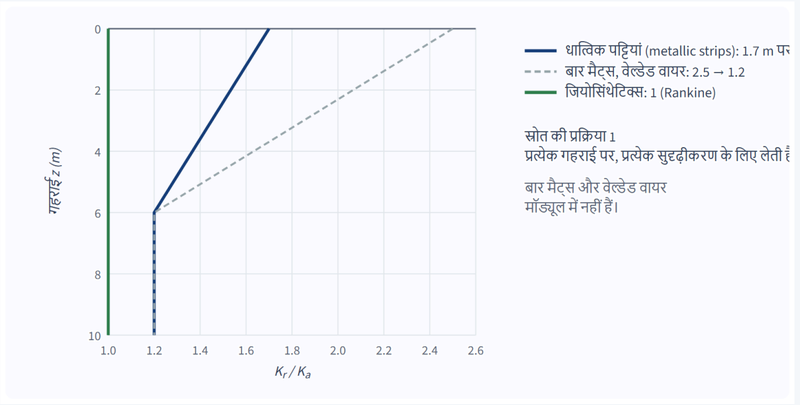
$$\sigma'_v = \gamma_1 z + q_D + q_L \qquad \sigma'_h = K_r\,(\gamma_1 z + q_D + q_L) \qquad K_a = \tan^2\!\left(45^\circ - \frac{\varphi'_1}{2}\right)$$

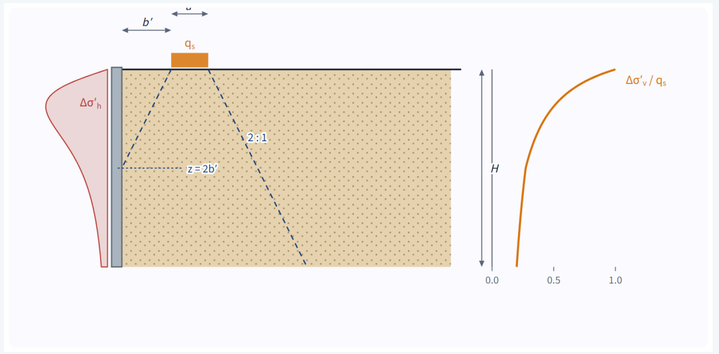
कठोर (अवितान्य) सुदृढ़ीकरण — इस्पात की पट्टियाँ — भराव को ऊपरी भाग में Rankine स्थिति की तुलना में **अधिक कठोर** रखता है; सरलीकृत विधि में K_r/K_a सुदृढ़ीकरण के प्रकार के अनुसार लिया जाता है:

स्लाइस: $\dfrac{K_r}{K_a} = 1.7 - 0.5\dfrac{z}{6}$ $(z \le 6\ \text{m})$, 1.2 के अधीन जियोसिंथेटिक: $\dfrac{K_r}{K_a} = 1$

एकसमान अधिभार प्रत्येक गहराई पर ऊर्ध्वाधर प्रतिबल को q के बराबर बढ़ाता है, और K_r के माध्यम से पार्श्व प्रतिबल को भी बढ़ाता है। **चल** अधिभार (q_L) भार डालता है किंतु **थामता नहीं**: वह उलटाव/सर्पण के भार में तथा पुलआउट को रोकने वाले ऊर्ध्वाधर प्रतिबल में सम्मिलित नहीं किया जाता (सुरक्षित पक्ष)।

स्ट्रिप भार (Laba–Kennedy): ऊर्ध्वाधर प्रतिबल 2:1 के अनुपात में फैलता है, पार्श्व दाब दृढ़ दीवार के लिए प्रत्यास्थ हल है (M = 1.4 → 1)।





प्रश्न

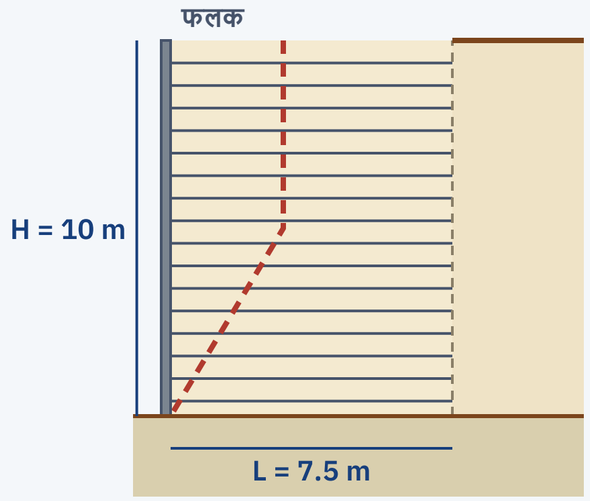
उदाहरण

ज्ञात करना है

प्रत्येक गहराई पर K_a, K_r/K_a, σ'_v और σ'_h; सबसे बड़ा पार्श्व प्रतिबल कहाँ है?

दिया गया है

भराव	$\gamma_1 = 16.5$ kN/m^3, $\varphi'_1 = 36°$; **स्टील स्ट्रिप; सरलीकृत विधि; कोई अधिभार नहीं**
गहराइयाँ	$z = 0.6;\ 3.0;\ 6.0$ **और** 10.0 **m (आधार)**



हल

हल

1 सक्रिय गुणांक

$$K_a = \tan^2(45^\circ - 18^\circ) = \mathbf{0.2596}$$

2 प्रत्येक गहराई पर ($K_r/K_a = 1.7 - 0.5z/6$, $z \le 6$ m; 6 m के बाद 1.2)

z (m)	$\sigma'_v = 16.5z$ (kPa)	K_r/K_a	K_r	$\sigma'_h = K_r\sigma'_v$ (kPa)
0.6	9.9	1.65	0.4284	4.24
3.0	49.5	1.45	0.3764	18.63
6.0	99.0	1.20	0.3115	30.84
10.0	165.0	1.20	0.3115	51.40

आधार: σ'_v = **165 kPa**, $K_r = 1.2K_a = 0.3115$, σ'_h = **51.4 kPa**। ऊपरी स्तर पर (z = 0.6 m) K_r/K_a = 1.65: Rankine का 1.65 गुना। σ'_h गहराई के साथ बढ़ता है; सबसे बड़ा पार्श्व प्रतिबल (और तनन) आधार पर है।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

प्रभावी लंबाई $L_e = L - L_a$

सिद्धांत

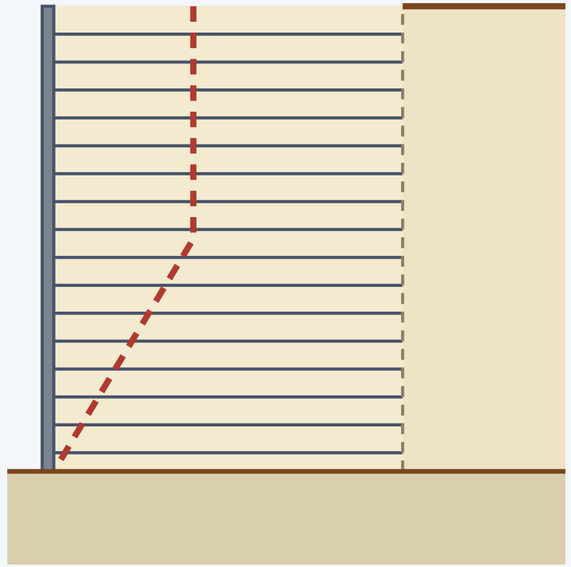
सुदृढ़ीकरण वहीं कार्य करता है जहाँ भराव अन्यथा विफल हो जाता। प्रत्येक स्तर का **विफलता क्षेत्र के भीतर का भाग** (फ़ेसिंग और विफलता सतह के बीच) खिसकती मृदा के साथ चला जाता है, पकड़ नहीं देता; केवल सतह के **पीछे का भाग** उस स्तर को एंकर करता है: सक्रिय लंबाई L_a और प्रभावी लंबाई $L_e = L - L_a$।

Rankine: $L_a = \dfrac{H - z}{\tan(45^\circ + \varphi'_1/2)}$ द्विरैखिक: $L_a = 0.3H\ (z \le H/2),\ \ L_a = 0.6(H - z)\ (z > H/2)$

स्रोत प्रत्येक सुदृढ़ीकरण के लिए अग्र सिरे से आरंभ होने वाला Rankine वेज (क्षैतिज से 45° + φ′$_1$/2) लेता है: φ′ = 36° पर 10 m की दीवार के शीर्ष पर फलक से 5.1 m।

कठोर (स्टील स्ट्रिप) सुदृढ़ीकरण में मापन अधिकतम तनन सतह को फ़ेसिंग के बहुत निकट दर्शाते हैं: व्यवहार में **द्विरेखीय** सतह ली जाती है — ऊपरी आधे भाग में फ़ेसिंग से 0.3H पर ऊर्ध्वाधर, फिर वहाँ से हील तक सीधी। जियोसिंथेटिक में Rankine सतह ही रखी जाती है।

मॉड्यूल की सरलीकृत विधि में स्टील स्ट्रिप के लिए द्विरेखीय सतह और जियोसिंथेटिक के लिए Rankine सतह ली जाती है; स्रोत की विधि दोनों में Rankine है।



लाल डैश रेखा: द्विरेखीय विफलता सतह (स्ट्रिप)। Rankine वेज दीवार के फ़ेस से 5.1 m दूर से प्रारंभ होता है।

प्रश्न

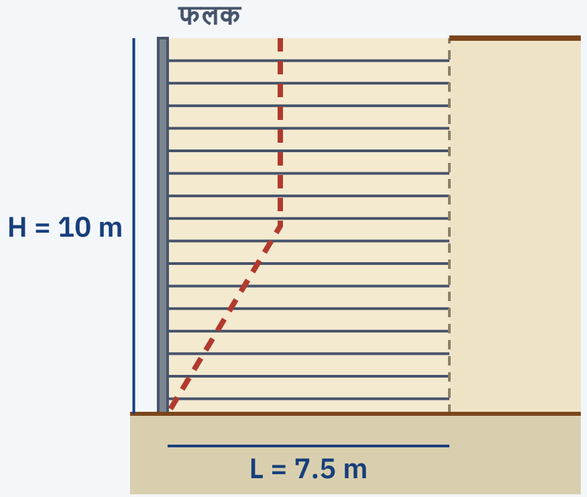
उदाहरण

ज्ञात करना है

प्रत्येक गहराई पर $\mathbf{L_a}$ (द्विरेखीय और Rankine) तथा द्विरेखीय सतह के साथ $\mathbf{L_e}$।

दिया गया है

दीवार	$H = 10$ **m,** $L = 7.5$ **m, इस्पात पट्टियाँ;** $\varphi_1' = 36^\circ$
गहराइयाँ	$z = 0;\ 0.6;\ 3;\ 5;\ 6;\ 9.4$ **m**



हल

हल

1 द्विरेखीय: $z \le 5$ m के लिए $0.3H = 3.00$ m; $z > 5$ m के लिए $0.6(H - z)$। Rankine: $(H - z)/\tan 63° = (H - z)/1.963$

z (m)	L_a द्विरेखीय (m)	$L_e = 7.5 - L_a$ (m)	L_a Rankine (m)	L_e Rankine (m)
0.0	3.00	4.50	5.10	2.40
0.6	3.00	4.50	4.79	2.71
3.0	3.00	4.50	3.57	3.93
5.0	3.00	4.50	2.55	4.95
6.0	2.40	5.10	2.04	5.46
9.4	0.36	7.14	0.31	7.19

द्विरैखिक सतह ऊपरी स्तरों पर मुख के Rankine से अधिक निकट है ($z = 0.6$ m: $L_a = 3.00$ m, Rankine 4.79 m); इसलिए **प्रभावी लंबाई अधिक है** (4.50 m, Rankine 2.71 m)। ऊपरी स्तर, बदले में, K_r/K_a गुना अधिक तनन वहन करते हैं (उदाहरण 4)।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

स्तर का तन्य बल और सुदृढ़ीकरण की धारण क्षमता

सिद्धांत

प्रत्येक स्तर, पड़ोसी स्तरों के साथ उनकी मध्य ऊँचाइयों पर सीमित **योगदान ऊँचाई** (S_V) वाले भराव का पार्श्व प्रतिबल वहन करता है। पट्टी क्षैतिज अंतराल S_H के बराबर चौड़ाई के भराव को थामती है; परत और ग्रिड सतत होने के कारण तनन बल दीवार की प्रति मीटर लंबाई के लिए है:

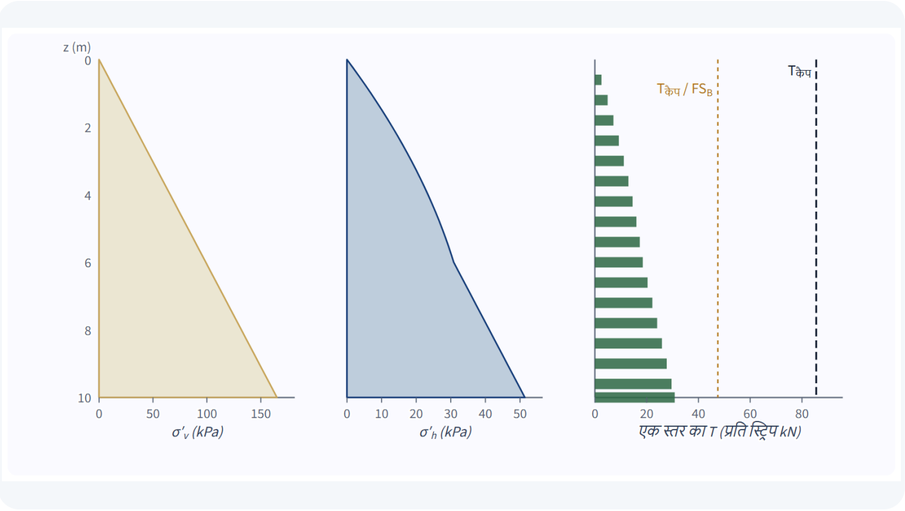
$$T = \sigma'_h S_V S_H \ \text{(प्रति स्ट्रिप)} \qquad T = \sigma'_h S_V \ \text{(दीवार के प्रति मीटर)}$$

स्ट्रिप (चौड़ाई w, मोटाई t, पराभव सामर्थ्य f_y): भराव में गैल्वनीकृत स्टील प्रति वर्ष 0.025–0.050 mm संक्षारित होता है; n डिज़ाइन आयु के लिए मोटाई r n घट जाती है:

$$t_{eff} = t - rn \qquad T_{diameter} = w\, t_{eff}\, f_y \qquad FS_B = \frac{T_{diameter}}{T} \qquad t_{req} = \frac{FS_B T_{max}}{w\, f_y} + rn$$

जियोसिंथेटिक: दीर्घकालिक सामर्थ्य, चरम तनन सामर्थ्य को क्षति, क्रीप और निम्नीकरण गुणांकों से भाग देने पर प्राप्त होती है; ग्रिड सदैव पूरे प्लान को नहीं ढकता (C_r):

$$T_{all} = \frac{T_{ult}}{RF_{id}\, RF_{cr}\, RF_{cbd}} \qquad FS_B = \frac{T_{all} C_r}{T} \qquad S_{V,req} = \frac{T_{all} C_r}{\sigma'_h(H)\, FS_B}$$



प्रश्न

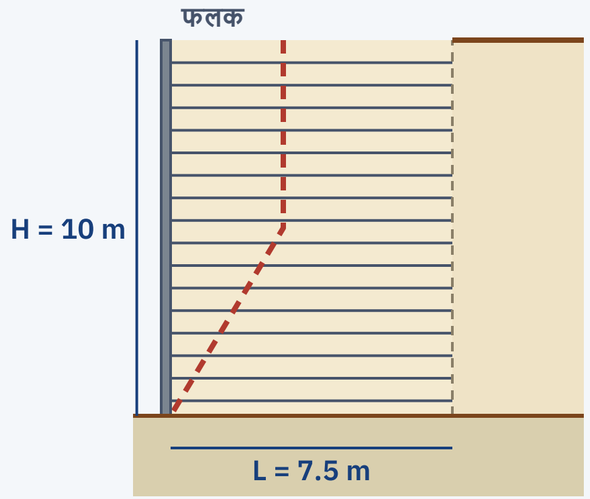
उदाहरण

ज्ञात करना है

अधिकतम तनन T_{max} (प्रति स्ट्रिप); T_{cap}, FS_B; आवश्यक मोटाई t_{req}।

दिया गया है

स्ट्रिप	**75 × 6 mm स्थापित; $f_y = 240$ MPa; संक्षारण 0.025 mm/वर्ष, डिज़ाइन आयु 50 वर्ष; $S_V = 0.6$ m, $S_H = 1.0$ m**
आवश्यक	$FS_B \geq 1.8$ **(अनुप्रयोग: संक्षारित काट में 0.55 f_y)**



हल

हल

1 सबसे अधिक तनन आधार स्तर पर है (z = 10 m; σ'_h = 51.40 kPa)

$$T_{max} = \sigma'_h S_V S_H = 51.40(0.6)(1.0) = \mathbf{30.84}\ \text{kN/स्ट्रिप}$$

2 संक्षारित काट और धारण क्षमता

$$t_{eff} = 6 - 0.025(50) = 4.75\ \text{mm} \quad (1.25\ \text{mm हानि})$$

$$T_{diameter} = w\, t_{eff}\, f_y = 0.075(0.00475)(240\,000) = \mathbf{85.5}\ \text{kN}$$

$$FS_B = 85.5/30.84 = \mathbf{2.772} \ \geq 1.80\ \checkmark$$

3 आवश्यक मोटाई (संक्षारण भत्ता पुनः जोड़कर)

$$t_{req} = \frac{1.8(30.84)}{0.075(240\,000)} + rn = 3.084 + 1.25 = \mathbf{4.33}\ \text{mm}$$

FS_B = **2.77** ≥ 1.80: 6 mm की स्ट्रिप पर्याप्त है; आवश्यक मोटाई **4.33 mm** है। क्रांतिक स्तर आधार (k = 17) है।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

विफलता सतह के पीछे घर्षण

सिद्धांत

जिस स्तर में विदारण नहीं होता, वह फिर भी भराव से **पुलआउट हो सकता है**। विफलता सतह के पीछे भराव सुदृढ़ीकरण को उसके दोनों फलकों पर घर्षण से थामे रखता है; घर्षण स्तर के ऊपर के ऊर्ध्वाधर प्रतिबल और सुदृढ़ीकरण द्वारा जुटाए गए गुणांक का गुणनफल है:

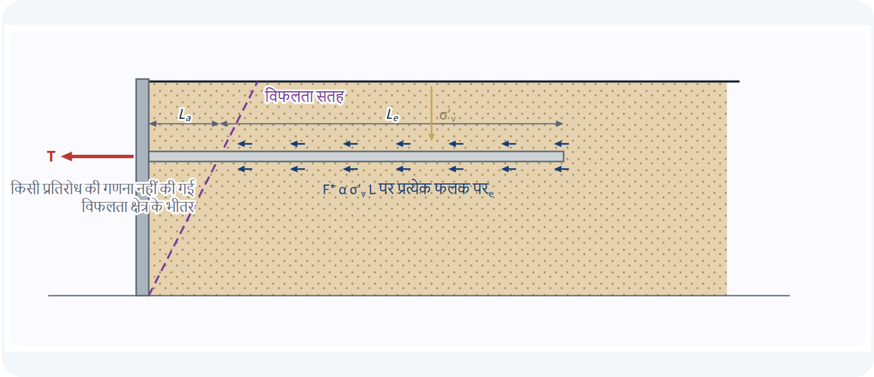
$$P_r = 2R_c\, F^*\alpha\, \sigma'_v\, L_e \qquad FS_P = \frac{P_r}{T} \qquad L_{req} = L_a + \frac{FS_P\, T}{2R_c F^*\alpha\, \sigma'_v}$$

F* पुलआउट प्रतिरोध गुणांक: स्ट्रिप के लिए tan φ′ (निम्न सीमा), जियोसिंथेटिक के लिए ⅔ tan φ′ (मॉड्यूल की निम्न सीमा; पुलआउट परीक्षण से निर्धारित)। **α** मापनी प्रभाव: स्ट्रिप के लिए 1.0, जियोग्रिड के लिए 0.8, जियोटेक्सटाइल के लिए 0.6।

R_c आच्छादन: पट्टी में पट्टी की चौड़ाई w (प्रति पट्टी), जियोग्रिड में C_r (दीवार की प्रति मीटर लंबाई), आवरण में 1। **σ'_v** प्रतिरोधी क्षेत्र में ऊर्ध्वाधर प्रतिबल है: $\gamma_1 z$ + स्थायी अधिभार; **चल भार सम्मिलित नहीं होता** (वह थामता नहीं)।

स्ट्रिप में T और P_r गहराई के साथ बढ़ते हैं: स्रोत की विधि में आवश्यक प्रभावी लंबाई प्रत्येक स्तर पर समान है; सरलीकृत विधि में ऊपरी स्तर K_r/K_a गुना अधिक तनन वहन करते हैं, प्रभावी लंबाई उसी अनुपात में बढ़ती है।

संयोजन: तनन T_{max} फ़ेसिंग को स्थानांतरित होता है; सामर्थ्य संयोजन परीक्षणों से दर्ज की जाती है और विदारण गुणांक से जाँची जाती है।



प्रश्न

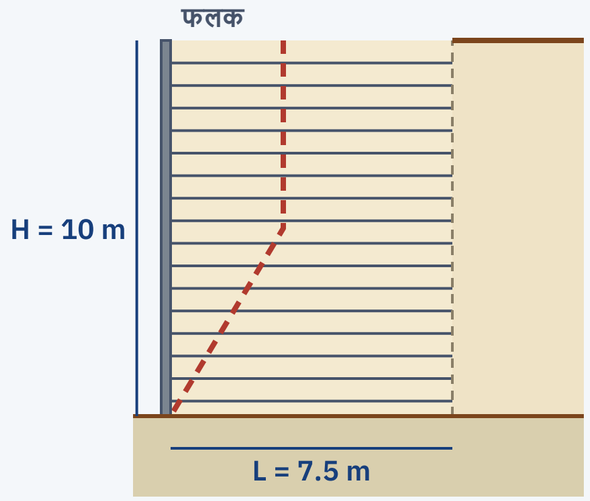
उदाहरण

ज्ञात करना है

स्तर 1 पर P_r, FS_P, आवश्यक लंबाई L_{req}; सभी स्तरों का सारांश।

दिया गया है

स्ट्रिप और मृदा	**उदाहरण 1–3 की दीवार;** $F^* = \tan 36^\circ = 0.727$, $\alpha = 1$; $FS_P \geq 1.5$
स्तर	**z = 0.6 m (पहला स्तर) और अन्य स्तर**



हल (1/2)

हल

1 स्तर 1 (z = 0.6 m): $K_r/K_a = 1.65$; $\sigma'_h = 4.24$ kPa

$$T = \sigma'_h S_V S_H = 4.24(0.6) = 2.54 \text{ kN} \qquad L_a = 0.3H = 3.00, \quad L_e = 4.50 \text{ m}$$

$$P_r = 2(0.075)(0.727)(1.0)(9.9)(4.50) = \mathbf{4.86} \text{ kN}$$

$$FS_P = \frac{4.86}{2.54} = \mathbf{1.908} \geq 1.5 \checkmark$$

2 आवश्यक लंबाई: $L_{req} = L_a + FS_P T/(F^* \alpha \sigma'_v \cdot 2w)$

$$L_{req} = 3.00 + \frac{1.5(2.54)}{0.727(1)(9.9)(2)(0.075)} = 3.00 + 3.54 = \mathbf{6.54} \text{ m}$$

हल (2/2)

हल

3 सभी स्तरों का सारांश

स्तर	z (m)	T (kN)	L_a	L_e	P_r (kN)	FS_P	L_{req} (m)
1	0.6	2.54	3.00	4.50	4.86	1.91	6.54
2	1.2	4.93	3.00	4.50	9.71	1.97	6.43
5	3.0	11.18	3.00	4.50	24.28	2.17	6.11
10	6.0	18.51	2.40	5.10	55.02	2.97	4.97
17	10.0	30.84	0.00	7.50	134.86	4.37	2.57

सबसे कम पुलआउट सुरक्षा **स्तर 1 पर FS_P = 1.91** है (1.5 आवश्यक); सबसे अधिक आवश्यक लंबाई **6.54 m** है (L = 7.5 m पर्याप्त है)। ऊपरी स्तर पर तनन छोटा है, परंतु σ'_v भी छोटा होने के कारण पुलआउट वहाँ सबसे कमज़ोर है।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

ब्लॉक एक गुरुत्वीय दीवार है

सिद्धांत

आंतरिक स्थिरता सुनिश्चित करने वाला सुदृढ़ीकृत ब्लॉक, अपने पीछे के भराव को थामने वाला **L × H माप का मृदा ब्लॉक** है। थामा गया भराव (γ_b, φ'_b) ब्लॉक की ऊर्ध्वाधर पिछली सतह पर Rankine सक्रिय प्रणोद से दबाव डालता है; अधिभार अतिरिक्त प्रणोद जोड़ता है:

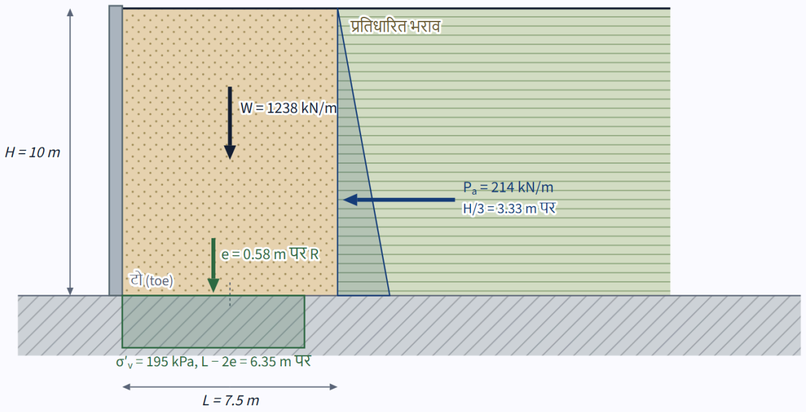
$$P_a = \tfrac{1}{2} K_a \gamma_b H^2 \;\; (H/3) \qquad P_q = K_a\, q\, H \;\; (H/2) \qquad W = \gamma_1 H L \;\; (L/2)$$

$$FS_{ot} = \frac{M_R}{M_o} = \frac{W\, L/2}{P_a H/3 + P_q H/2} \qquad x_R = \frac{M_R - M_o}{\Sigma V} \qquad e = \frac{L}{2} - x_R$$

प्रतिरोधी: ब्लॉक का भार और **स्थायी** अधिभार। प्रणोद के कार्य करते समय अनुपस्थित हो सकने वाला **चल भार प्रतिरोध नहीं करता** (केवल भार)।

एक ही जाँच दो रूपों में पढ़ी जाती है: **आघूर्ण अनुपात** ($FS_{ot} \geq 2$) और परिणामी बल का स्थान: आधार पूरी तरह संपीडन में रहे, इसके लिए **e ≤ L/6** (भूकंप में L/3)।

फ़ेसिंग और उसके सामने का भूमि में धँसा हुआ भाग प्रतिरोधी भार में शामिल नहीं किया जाता (सुरक्षित पक्ष)।



प्रश्न

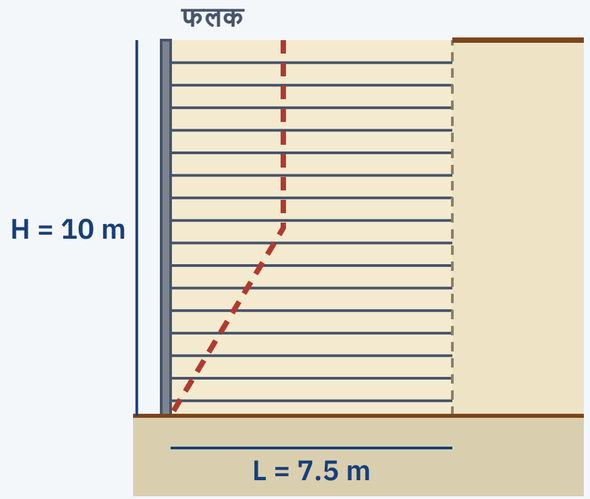
उदाहरण

दिया गया है

ब्लॉक	$H = 10$ m, $L = 7.5$ m; **सुदृढ़ित भराव** $\gamma_1 = 16.5$ **kN/m³**
प्रतिधारित पश्चभराव	**समान मृदा** ($\gamma_b = 16.5$, $\varphi'_b = 36°$)**; कोई अधिभार नहीं**

ज्ञात करना है

$\mathbf{P_a}$ और M_o; **W** और M_R; $\mathbf{FS_{ot}}$; परिणामी का स्थान x_R और **e** (सीमा L/6)।



हल (1/2)

हल

1 सक्रिय प्रणोद (K_a = 0.2596) और उलटाव आघूर्ण

$$P_a = \tfrac{1}{2} K_a \gamma_b H^2 = \tfrac{1}{2}(0.2596)(16.5)(10)^2 = \mathbf{214.18}\ \text{kN/m}$$

$$M_o = P_a\, H/3 = 214.18(3.333) = \mathbf{713.9}\ \text{kN·m/m}$$

2 ब्लॉक का भार और प्रतिरोधी आघूर्ण

$$W = \gamma_1 H L = 16.5(10)(7.5) = \mathbf{1{,}237.5}\ \text{kN/m}$$

$$M_R = W\, L/2 = 1{,}237.5(3.75) = \mathbf{4{,}640.6}\ \text{kN·m/m}$$

हल (2/2)

हल

3 उलटाव और परिणामी की स्थिति

$$FS_{ot} = M_R / M_o = 4{,}640.6 / 713.9 = \mathbf{6.50} \;\geq 2.0 \;\checkmark$$

$$x_R = (M_R - M_o)/\Sigma V = (4{,}640.6 - 713.9)/1{,}237.5 = 3.173 \text{ m}$$

$$e = L/2 - x_R = 3.75 - 3.173 = \mathbf{0.577} \text{ m} \;\leq L/6 = 1.25 \;\checkmark$$

उलटाव सुरक्षा **6.50** (≥ 2.0); परिणामी आधार के मध्य से केवल **0.58 m** टो की ओर खिसका है: आधार पूर्णतः संपीडन में है (e ≤ L/6 = 1.25 m)।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

आधार घर्षण

सिद्धांत

यदि थ्रस्ट आधार घर्षण से अधिक हो जाए, तो ब्लॉक अपने आधार पर सर्पण कर जाता है। **स्रोत** घर्षण को, मृदा पर टिकी कंक्रीट दीवार की भाँति, k ≈ ⅔ के साथ लेता है; किंतु सुदृढ़ित ब्लॉक के आधार पर **मृदा मृदा पर** टिकी होती है: व्यवहार में सुदृढ़ित भराव और नींव मृदा में से **कमज़ोर** मृदा के घर्षण कोण को आधार माना जाता है। मॉड्यूल ⅔ गुणांक को बनाए रखता है, अधिक कमज़ोर मृदा का चयन करता है और नींव मृदा के संसंजन को गणना में नहीं लेता:

$$FS_{sl} = \frac{\Sigma V \, \tan\left(\frac{2}{3}\varphi'_{min}\right)}{\Sigma H} \qquad \varphi'_{min} = \min\left(\varphi'_1, \varphi'_2\right)$$

ΣH: धारित भराव का प्रणोद और (यदि हो तो) अधिभार का प्रणोद; ΣV: ब्लॉक का भार और स्थायी अधिभार। **चल भार प्रणोद में शामिल होता है, ΣV में नहीं।**

संदर्भ स्रोत की विधि (केवल भराव, φ'_1) की भी गणना की जाती है; यदि नींव की मृदा कमज़ोर है, तो मॉड्यूल का मान कम होता है और वही **निर्णायक** होता है।

सर्पण की समस्या ब्लॉक को चौड़ा करके (ΣV, L के साथ रैखिक रूप से बढ़ता है) हल होती है; लंबाई पुलआउट और उत्केंद्रता को भी सुधारती है।

आवश्यक सुरक्षा गुणांक

जाँच	स्थैतिक (आवश्यक)	भूकंप (आवश्यक, 75%)
विदारण FS_B	1.80	1.35
पुलआउट FS_P	1.50	1,125
उलटाव FS_{ot}	2.00	1.50
उत्केंद्रता e	≤ L/6	≤ L/3
सर्पण FS_{sl}	1.50	1,125
धारण क्षमता FS_{bc}	2.50	1,875

भूकंप मान स्थैतिक मानों के 75% हैं (उत्केंद्रता में L/6 → L/3)। चल भार दोनों स्थितियों में बना रहता है।

प्रश्न

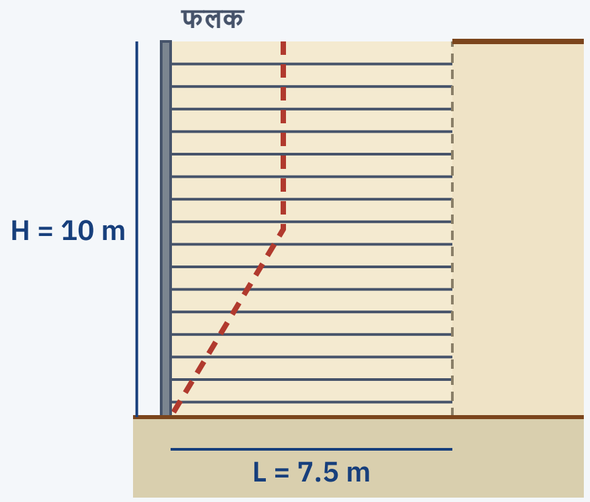
उदाहरण

ज्ञात करना है

आधार घर्षण से $\mathbf{FS_{sl}}$; स्रोत की विधि (केवल भराव) से तुलना।

दिया गया है

ब्लॉक	**उदाहरण 5 का ब्लॉक** ($\Sigma V = 1\,237.5$ **kN/m,** $\Sigma H = P_a = 214.18$ **kN/m)**
मृदाएँ	**सुदृढ़ित भराव** $\varphi'_1 = 36^\circ$**; नींव की मृदा** $\varphi'_2 = 28^\circ$ **(**$c'_2 = 50$ **kPa, संसंजन नहीं गिना जाता)**



हल

हल

1 दुर्बल मृदा: φ'_{min} = min(36°, 28°) = 28° (नींव की मृदा)

$$\tan\left(\tfrac{2}{3}\cdot 28^\circ\right) = \tan 18.67^\circ = 0.3378$$

$$R = \Sigma V \tan(\ldots) = 1{,}237.5(0.3378) = 418.1 \text{ kN/m}$$

$$FS_{sl} = \frac{R}{\Sigma H} = \frac{418.1}{214.18} = \mathbf{1.952} \;\geq 1.5 \;\checkmark$$

2 स्रोत का मार्ग (केवल भराव, φ'_1 = 36°)

$$\tan\left(\tfrac{2}{3}\cdot 36^\circ\right) = \tan 24^\circ = 0.4452$$

$$FS_{sl} = \frac{1{,}237.5(0.4452)}{214.18} = \mathbf{2.572}$$

नींव की मृदा अधिक दुर्बल होने के कारण सर्पण सुरक्षा **1.95** है (स्रोत की विधि से 2.57): मॉड्यूल **छोटे** मान को निर्धारक लेता है; यह आवश्यक 1.5 से अधिक है।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

नींव मृदा का ब्लॉक स्ट्रिप फ़ुटिंग की भाँति भार वहन करता है

सिद्धांत

स्रोत भूमि सतह पर चौड़ाई L वाली फ़ुटिंग की धारण क्षमता की तुलना, गहराई पद के बिना, तल पर ऊर्ध्वाधर प्रतिबल से करता है। सामान्य धारण क्षमता गुणांक (Vesic): $N_q = e^{\pi \tan \varphi'} \tan^2(45° + \varphi'/2)$, $N_c = (N_q - 1)\cot \varphi'$, $N_\gamma = 2(N_q + 1)\tan \varphi'$:

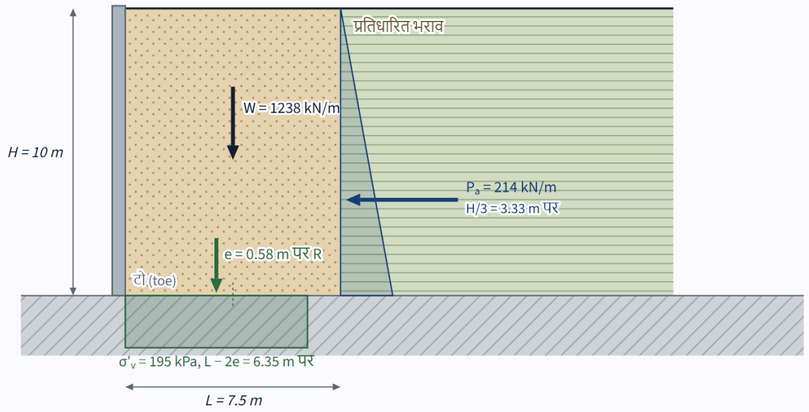
$$q_u = c_2' N_c + \tfrac{1}{2}\gamma_2 L N_\gamma \qquad FS_{bc} = \frac{q_u}{\sigma_o'},\ \ \sigma_o' = \gamma_1 H + q_D$$

अनुप्रयोग (FHWA/AASHTO): परिणामी केंद्र पर नहीं होता (e), और अग्र सिरे (टो) पर दाब औसत से अधिक होता है; इसलिए संपूर्ण ऊर्ध्वाधर भार **Meyerhof प्रभावी चौड़ाई** $L' = L - 2e$ पर एकसमान रूप से वितरित किया जाता है और इतनी चौड़ाई वाली फ़ुटिंग की धारण क्षमता की गणना की जाती है:

$$L' = L - 2e \qquad \sigma_v' = \frac{\Sigma V}{L'} \qquad q_u = c_2' N_c + \tfrac{1}{2}\gamma_2 L' N_\gamma \qquad FS_{bc} = \frac{q_u}{\sigma_v'}$$

दाब अधिक है और फ़ुटिंग संकरी: Meyerhof का सुरक्षा गुणांक कम आता है; मॉड्यूल **दोनों की गणना करता है और छोटे मान को** निर्णायक मानता है।

यह पृष्ठ अल्पकालिक (रंध्र जल दाब नहीं) जाँच है; समग्र स्थिरता और सेटलमेंट मॉड्यूल के दायरे से बाहर हैं।



प्रश्न

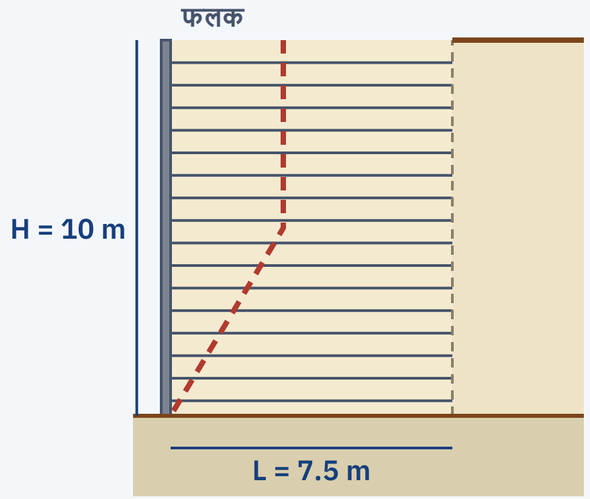
उदाहरण

ज्ञात करना है

स्रोत की विधि से $\mathbf{FS_{bc}}$, Meyerhof प्रभावी चौड़ाई से $\mathbf{FS_{bc}}$; कौन-सा निर्णायक है।

दिया गया है

ब्लॉक	**उदाहरण 5 का ब्लॉक:** $\Sigma V = 1\,237.5$ **kN/m,** $e = 0.577$ **m**
नींव की मृदा	$\varphi'_2 = 28^\circ$, $c'_2 = 50$ **kPa,** $\gamma_2 = 17.3$ **kN/m³**



हल

हल

1 गुणांक (Vesic, $\varphi'_2 = 28°$): $N_q = e^{\pi \tan \varphi'} \tan^2(45° + \varphi'/2)$, $N_c = (N_q - 1)\cot \varphi'$, $N_\gamma = 2(N_q + 1)\tan \varphi'$

$$N_q = 14.72 \qquad N_c = 25.80 \qquad N_\gamma = 16.72$$

2 स्रोत का मार्ग (चौड़ाई $L = 7.5$ m, $\sigma'_o = \gamma_1 H = 165$ kPa)

$$q_u = 50(25.80) + \tfrac{1}{2}(17.3)(7.5)(16.72) = 2{,}375 \text{ kPa} \qquad FS_{bc} = 2{,}375/165 = \mathbf{14.39}$$

3 Meyerhof प्रभावी चौड़ाई ($e = 0.577$ m)

$$L' = 7.5 - 2(0.577) = 6.346 \text{ m} \qquad \sigma'_v = \Sigma V / L' = 1{,}237.5/6.346 = 195 \text{ kPa}$$

$$q_u = 50(25.80) + \tfrac{1}{2}(17.3)(6.346)(16.72) = 2{,}208 \text{ kPa}$$

$$FS_{bc} = 2{,}208/195 = \mathbf{11.32} \;\geq 2.5 \;\checkmark$$

स्रोत की विधि से **14.39**, प्रभावी चौड़ाई से **11.32**: उत्केंद्रता दाब बढ़ाती है और फ़ुटिंग को संकरा करती है, इसलिए **Meyerhof का मान निर्णायक है**; दोनों 2.5 से बहुत ऊपर हैं।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

प्रश्न

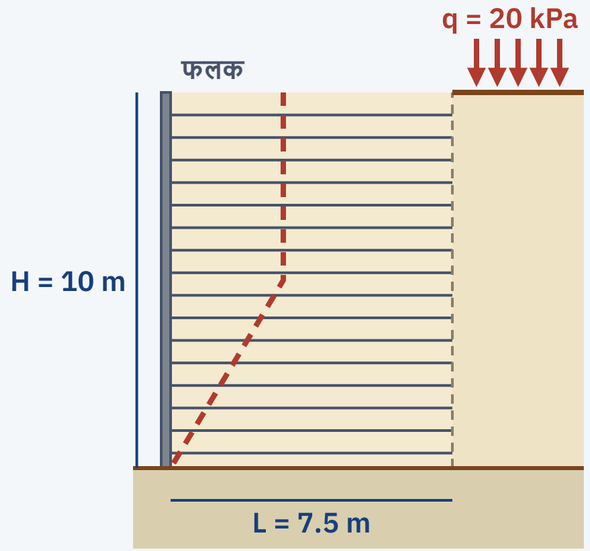
उदाहरण

ज्ञात करना है

स्तर 1 पर **FS_P**; आधार पर **T_{max}**, FS_B; बाह्य जाँचें (प्रणोद, उलटाव, सर्पण, धारण क्षमता)।

दिया गया है

दीवार	**उदाहरण 1–7 की दीवार (H = 10 m, L = 7.5 m, स्ट्रिप)**
भार	**दीवार के ऊपर चल वितरित अधिभार $q_L = 20$ kPa (ब्लॉक के ऊपर और पीछे)**



हल (1/2)

हल

1 स्तर 1 (z = 0.6 m): अधिभार पार्श्व प्रतिबल बढ़ाता है, पुलआउट प्रतिरोध नहीं बढ़ाता

$$\sigma'_h = K_r\,(\gamma_1 z + q_L) = 0.4284(9.9 + 20) = 12.81 \text{ kPa} \quad T = 12.81(0.6) = 7.68 \text{ kN}$$

$$P_r = 4.86 \text{ kN} \quad (\sigma'_v = \gamma_1 z = 9.9 \text{ kPa; चल भार को नहीं गिना जाता})$$

$$FS_P = \frac{4.86}{7.68} = \mathbf{0.632} \;<\; 1.5 \;\; ✗$$

2 आधार: अधिकतम तनन और विदारण

$$\sigma'_h = 0.3115(165 + 20) = 57.63 \text{ kPa} \quad T_{max} = 57.63(0.6) = 34.58 \text{ kN}$$

$$FS_B = \frac{85.5}{34.58} = \mathbf{2.47} \;\geq\; 1.8 \;\; ✓ \qquad L_{req} = 13.68 \text{ m} \;>\; 7.5 \;\; ✗$$

स्तर 1 पर तन्य बल 2.54 से बढ़कर **7.68 kN** हो जाने पर पुलआउट प्रतिरोध **वही रहता है**: FS_P 1.91 → **0.63**। विदारण पर्याप्त है (2.47), परंतु आवश्यक लंबाई 13.68 m हो जाती है: चल भार **भार डालता है, थामता नहीं**।

हल (2/2)

हल

3 बाह्य जाँचें: प्रणोद बढ़ता है; भार में सम्मिलित नहीं होता

$$P_q = K_a q_L H = 0.2596(20)(10) = 51.92 \text{ kN/m} \ \ (H/2) \qquad P_a = 266.11 \text{ kN/m}$$

$$M_o = 713.9 + 51.92(5) = 973.6 \text{ kN·m/m} \qquad W = 1{,}237.5 \text{ kN/m (कोई चल भार नहीं)}$$

$$FS_{ot} = 4{,}640.6/973.6 = \mathbf{4.77} \qquad e = \mathbf{0.787} \text{ m} \ \le 1.25 \ \checkmark$$

4 सर्पण और धारण क्षमता (धारण क्षमता में चल भार भी तल पर भार डालता है)

$$FS_{sl} = 1{,}237.5(0.3378)/266.11 = \mathbf{1.57} \ \ge 1.5 \ \checkmark$$

$$V = 1\,237.5 + 20(7.5) = 1{,}387.5 \ \Rightarrow \ e_b = 0.702, \ \ L' = 6.10 \text{ m}, \ \ \sigma'_v = 227.6 \text{ kPa}$$

$$q_u = 2{,}172 \text{ kPa} \qquad FS_{bc} = \mathbf{9.54} \ \ge 2.5 \ \checkmark$$

बाह्य स्थिरता पर्याप्त है (उलटाव 4.77, सर्पण 1.57, धारण क्षमता 9.54), परंतु **पुलआउट विफल** है (FS_P = 0.63): चल भार वाली दीवार में ऊपरी स्तरों की लंबाई निर्णायक होती है।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

गतिक प्रणोद, ब्लॉक का जड़त्व और सक्रिय क्षेत्र का जड़त्व

सिद्धांत

भूकंप (छद्म-स्थैतिक, k_h; $k_v = 0$) तीन बल जोड़ता है: धारित भराव का गतिक प्रणोद (Mononobe–Okabe), सुदृढ़ित ब्लॉक का जड़त्व, और सुदृढ़ीकरण द्वारा धारित **सक्रिय क्षेत्र का जड़त्व**:

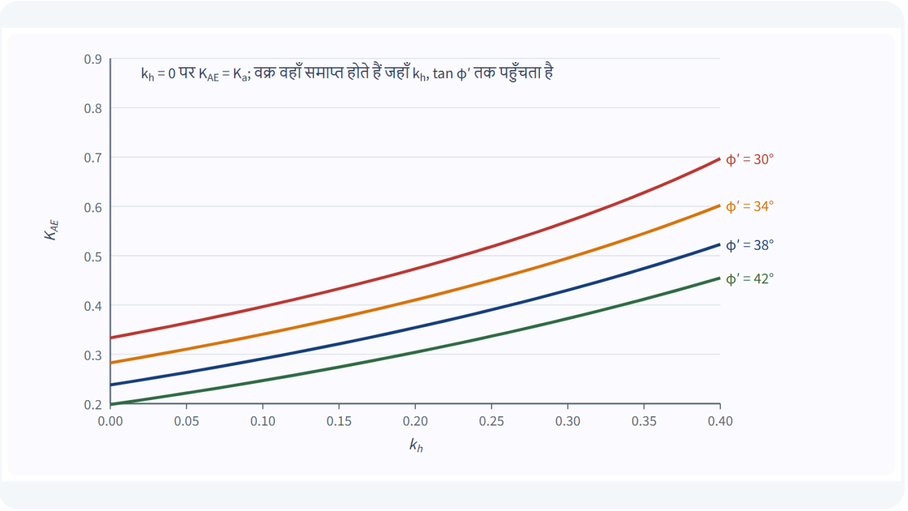
$$\psi = \tan^{-1} k_h \qquad K_{AE} = \frac{\cos^2(\varphi'_b - \psi)}{\cos^2\psi \left[1 + \sqrt{\dfrac{\sin\varphi'_b \sin(\varphi'_b - \psi)}{\cos\psi}}\right]^2}$$

$$\Delta P_{AE} = \tfrac{1}{2}\gamma_b H^2 (K_{AE} - K_a) \;\; (0.6H) \qquad P_{IR} = \tfrac{1}{2} k_h \gamma_1 H^2 \;\; (H/2) \qquad P_i = k_h W_a \;\Rightarrow\; T_{md} = P_i \frac{L_e}{\Sigma L_e}$$

ΔP_{AE} का **आधा** लिया जाता है (प्रणोद और जड़त्व अपने अधिकतम मानों तक एक ही समय नहीं पहुँचते); P_{IR} केवल फ़ेसिंग के पीछे 0.5H चौड़ाई वाले ब्लॉक के लिए। अधिभार से जड़त्व बल उत्पन्न नहीं होता।

बाह्य जाँचें: $\Sigma H = P_a + \tfrac{1}{2}\Delta P_{AE} + P_{IR}$; $e \le L/3$; सुरक्षा गुणांक स्थैतिक के 75% हैं।

आंतरिक जाँचें: प्रत्येक स्तर की $T + T_{md}$ के साथ विदारण के विरुद्ध और F^* के **80%** के साथ पुलआउट के विरुद्ध पुनः जाँच की जाती है; चल भार स्थैतिक स्थिति की भाँति बनाए रखा जाता है।



प्रश्न

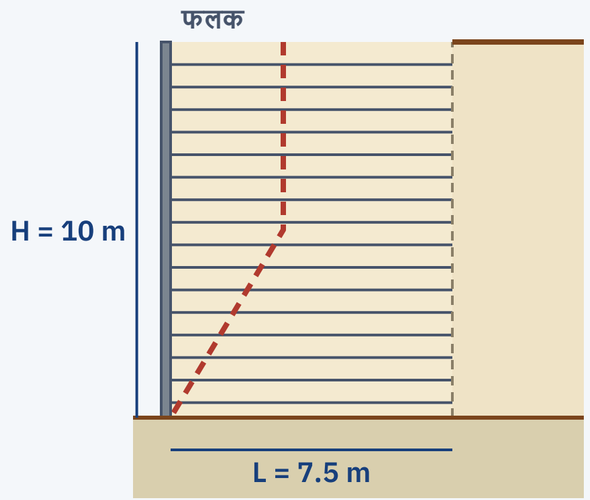
उदाहरण

दिया गया है

दीवार	**उदाहरण 1–7 की दीवार; कोई अधिभार नहीं**
भूकंप	$k_h = 0.15$ ($k_v = 0$); **आवश्यक FS स्थैतिक मान का 75% है;** $e \leq L/3$; **पुलआउट में** F^* **स्थैतिक मान का 80% है**

ज्ञात करना है

K_{AE}, ΔP_{AE}, P_{IR}; बाह्य जाँचें; सक्रिय क्षेत्र का जड़त्व और प्रत्येक स्तर की $T + T_{md}$ के साथ विदारण तथा पुलआउट जाँच।



हल (1/4)

हल

1 भूकंपीय कोण और गुणांक

$$\psi = \tan^{-1} 0.15 = 8.53^\circ \qquad \sqrt{\sin 36^\circ \sin(27.47^\circ)/\cos 8.53^\circ} = 0.5236$$

$$K_{AE} = \cos^2(27.47^\circ)/\left[\cos^2 8.53^\circ (1+0.5236)^2\right] = \mathbf{0.3468} \quad (K_a = 0.2596)$$

2 गतिक प्रणोद वृद्धि, ब्लॉक का जड़त्व और कुल क्षैतिज बल

$$\Delta P_{AE} = \tfrac{1}{2}(16.5)(10)^2(0.3468 - 0.2596) = \mathbf{71.89}\ \text{kN/m} \ \ (6.0\ \text{m})$$

$$P_{IR} = \tfrac{1}{2}(0.15)(16.5)(10)^2 = \mathbf{123.75}\ \text{kN/m} \ \ (5.0\ \text{m})$$

$$P_s = 214.18 + \tfrac{1}{2}(71.89) + 123.75 = \mathbf{373.88}\ \text{kN/m}$$

3 उलटाव आघूर्ण

$$M_{o,E} = 214.18(3.333) + 35.94(6.0) + 123.75(5.0)$$

$$= 713.9 + 215.7 + 618.8 = \mathbf{1{,}548.4}\ \text{kN}\cdot\text{m/m}$$

हल (2/4)

हल

4 उलटाव और उत्केंद्रता (सीमा L/3 = 2.50 m)

$$FS_{ot,E} = 4{,}640.6/1{,}548.4 = \mathbf{3.00} \ \geq 1.5 \ \checkmark$$

$$x_R = (4{,}640.6 - 1{,}548.4)/1{,}237.5 = 2.499 \text{ m} \qquad e = 3.75 - 2.499 = \mathbf{1.251} \text{ m} \ \leq 2.50 \ \checkmark$$

5 सर्पण (सामने का प्रतिरोध नहीं)

$$FS_{sl,E} = 1{,}237.5(0.3378)/373.88 = 418.1/373.88 = \mathbf{1.118} \ < 1.125 \ \ \text{✗}$$

6 धारण क्षमता (Meyerhof)

$$L' = 7.5 - 2(1.251) = 4.998 \text{ m} \qquad \sigma'_v = 1{,}237.5/4.998 = 247.6 \text{ kPa}$$

$$q_u = 50(25.80) + \tfrac{1}{2}(17.3)(4.998)(16.72) = 2{,}013 \text{ kPa} \quad FS_{bc,E} = \mathbf{8.13} \ \geq 1.875 \ \checkmark$$

हल (3/4)

हल

7 सक्रिय क्षेत्र का जड़त्व और स्तरों में वितरण

$$W_a = \gamma_1 A_a = 16.5(22.50) = 371.25 \text{ kN/m} \qquad P_i = 0.15(371.25) = 55.69 \text{ kN/m}$$

$$T_{md} = P_i L_e / \Sigma L_e \qquad \Sigma L_e = 91.5 \text{ m} \quad (17 \text{ स्तर})$$

8 स्तर 1 (z = 0.6 m, L_e = 4.50 m): विदारण बल और पुलआउट

$$T_{md} = 55.69(4.50)/91.5 = 2.739 \text{ kN} \qquad T + T_{md} = 2.54 + 2.739 = 5.283 \text{ kN}$$

$$P_{r,E} = 0.8(4.855) = 3.884 \text{ kN} \quad (F^* \text{ स्थैतिक का } \%80)$$

$$FS_{P,E} = 3.884/5.283 = \mathbf{0.735} \; < 1.125 \quad ✗$$

9 स्तर 17 (आधार, L_e = 7.50 m): विदारण

$$T_{md} = 55.69(7.50)/91.5 = 4.565 \text{ kN} \qquad FS_{B,E} = 85.5/(30.84 + 4.565) = \mathbf{2.415} \; \geq 1.35 \; ✓$$

हल (4/4)

हल

10 परिणामों का सारांश ($k_h = 0.15$)

जाँच	स्थैतिक	भूकंप	आवश्यक (स्थैतिक / भूकंप)	निर्णय (भूकंप)
विदारण FS_B (सबसे कम)	2.77	2.41	1.80 / 1.35	संतुष्ट होता है
पुलआउट FS_P (न्यूनतम)	1.91	**0.74**	1.50 / 1,125	**शर्त पूरी नहीं होती** (स्तर 1)
उलटाव FS_{ot}	6.50	3.00	2.00 / 1.50	संतुष्ट होता है
उत्केंद्रता e (m)	0.58	1.25	≤ 1.25 / ≤ 2.50	संतुष्ट होता है
सर्पण FS_{sl}	1.95	**1.118**	1.50 / 1,125	**शर्त पूरी नहीं होती** (सीमा पर)
धारण क्षमता FS_{bc}	11.32	8.13	2.50 / 1,875	संतुष्ट होता है

भूकंप **पुलआउट ($FS_{P,E} = 0.74$) और सर्पण ($FS_{sl,E} = 1.12$)** को अपेक्षित मान से नीचे ले आता है; उलटाव, उत्केंद्रता, धारण क्षमता और विदारण की शर्तें पूरी होती हैं। ऊपरी स्तरों पर तनन कम होता है, परंतु σ'_v भी कम होने के कारण **पुलआउट सबसे कमज़ोर कड़ी है**: सुदृढ़ीकरण की लंबाई बढ़ाई जानी चाहिए (उदाहरण 10)।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

प्रश्न

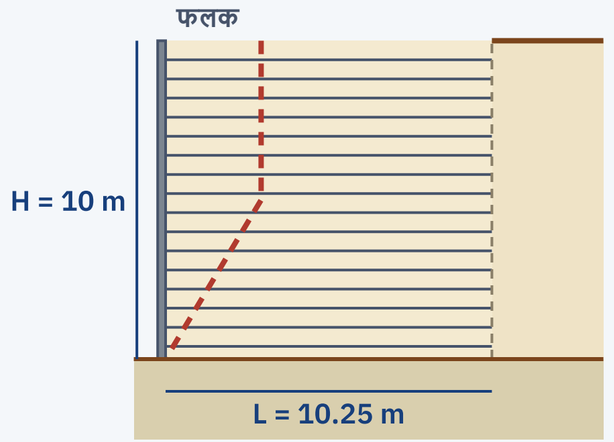
उदाहरण

दिया गया है

प्रारंभिक	**उदाहरण 9: पुलआउट ($FS_{P,E} = 0.74$) और सर्पण ($FS_{sl,E} = 1.12$) भूकंप के लिए अपर्याप्त**
चर	**स्ट्रिप की लंबाई L (0.25 m के चरणों में बढ़ाई जाती है); S_V, S_H, स्ट्रिप की काट और भराव समान रहते हैं**

ज्ञात करना है

न्यूनतम L: भूकंप जाँचें ($FS_{P,E} \geq 1.125$; $FS_{sl,E} \geq 1.125$; $e \leq L/3$) पूरी होनी चाहिए; **L तालिका**।



हल (1/2)

हल

1 लंबाई बढ़ने के साथ सुरक्षा गुणांक (मोटे अक्षर: आवश्यक मान से कम)

L (m)	$FS_{P,E}$ (≥ 1,125)	$FS_{sl,E}$ (≥ 1,125)	e_E / (L/3) (m)	FS_P स्थैतिक	FS_{sl} स्थैतिक	FS_{bc} स्थैतिक
7.5	**0.735**	**1.118**	1.25 / 2.50	1.91	1.95	11.32
8.5	**0.884**	1.267	1.10 / 2.83	2.33	2.21	12.65
9.5	**1.033**	1.416	0.99 / 3.17	2.76	2.47	13.87
10.5	1.182	1.565	0.89 / 3.50	3.18	2.73	15.02
11.5	1.331	1.715	0.82 / 3.83	3.60	2.99	16.11
12.5	1.480	1.864	0.75 / 4.17	4.03	3.25	17.16

L = 7.5 m पर पुलआउट (0.74) और सर्पण (1.12) अपर्याप्त हैं; **पुलआउट निर्णायक है**: L = 9.5 m पर भी 1.03 < 1.125। लंबाई बढ़ने पर प्रभावी लंबाई L_e (पुलआउट) और ब्लॉक का भार (सर्पण, उत्केंद्रता) दोनों बढ़ते हैं।

हल (2/2)

हल

2 0.25 m के चरणों में न्यूनतम लंबाई: L = 10.25 m

$$FS_{P,E} = 1.145 \geq 1.125 \checkmark \qquad FS_{sl,E} = 1.528 \geq 1.125 \checkmark$$

$$e_E = 0.916 \leq \frac{L}{3} = 3.42\ \text{m} \checkmark \qquad FS_{ot,E} = 5.60 \quad FS_{bc,E} = 12.48$$

3 इस लंबाई के साथ स्थैतिक स्थिति (जाँच)

$$FS_P = 3.07 \quad FS_{sl} = 2.67 \quad FS_{ot} = 12.14 \quad e = 0.422\ \text{m} \quad FS_{bc} = 14.74$$

भूकंप के लिए **L = 10.25 m** (≈ 1.02 H) आवश्यक है; इस लंबाई के साथ स्थैतिक सुरक्षा गुणांक बहुत अधिक हैं। यही परिणाम सुदृढ़ीकरण को सघन करके (S_V, S_H) अथवा अधिक चौड़ी स्ट्रिप / लेपित सुदृढ़ीकरण से भी खोजा जा सकता है; लंबाई सबसे प्रत्यक्ष कारक है।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

प्रश्न

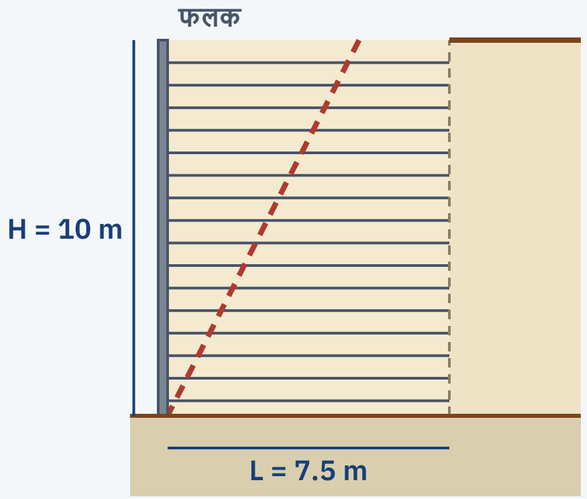
उदाहरण

ज्ञात करना है

T_{all}, T_{cap}, T_{max} (दीवार के प्रति मीटर), **FS_B**, आवश्यक S_V; स्तर 1 पर **FS_P** और L_{req}।

दिया गया है

जियोग्रिड	$T_{ult} = 150$ **kN/m;** $RF_{id} = 1.2$, $RF_{cr} = 2.5$, $RF_{cbd} = 1.25$; **सतही आवरण** $C_r = 0.8$; $S_V = 0.6$ **m**
पुलआउट	$F^* = \frac{2}{3}\tan 36^\circ$, $\alpha = 0.8$; **Rankine विफलता सतह** ($K_r = K_a$); $FS_B \geq 1.8$, $FS_P \geq 1.5$



हल (1/2)

हल

1 दीर्घकालिक सामर्थ्य और क्षमता

$$RF = 1.2(2.5)(1.25) = 3.75 \qquad T_{all} = \frac{T_{ult}}{RF} = \frac{150}{3.75} = 40.0 \text{ kN/m}$$

$$T_{diameter} = T_{all} C_r = 40.0(0.8) = 32.0 \text{ kN/m}$$

2 तनन और विदारण ($K_r = K_a$)

$$\sigma'_h(H) = K_a(165) = 42.84 \text{ kPa} \qquad T_{max} = 42.84(0.6) = 25.70 \text{ kN/m}$$

$$FS_B = \frac{32.0}{25.70} = \mathbf{1.245} < 1.8 \ \text{✗} \qquad S_{V,req} = \frac{T_{all} C_r}{\sigma'_h FS_B} = \frac{32.0}{42.84(1.8)} = \mathbf{0.415} \text{ m}$$

लगाया गया अंतराल (0.6 m) अधिक है: विदारण सुरक्षा गुणांक 1.25 < 1.8; आवश्यक अंतराल **$S_V \le 0.415$ m** (या अधिक मज़बूत जियोग्रिड)।

हल (2/2)

हल

3 स्तर 1 (z = 0.6 m): Rankine सतह

$$L_a = (H - z)/\tan 63^\circ = 4.79 \text{ m} \qquad L_e = 7.5 - 4.79 = 2.71 \text{ m}$$

$$\sigma'_h = K_a(9.9) = 2.57 \text{ kPa} \qquad T = 2.57(0.6) = 1.542 \text{ kN/m}$$

4 पुलआउट (दीवार की प्रति मीटर लंबाई, $R_c = C_r = 0.8$)

$$F^* = \tfrac{2}{3}\tan 36^\circ = 0.4844$$

$$P_r = 2C_r F^* \alpha \sigma'_v L_e = 2(0.8)(0.4844)(0.8)(9.9)(2.71) = 16.64 \text{ kN/m}$$

$$FS_P = 16.64/1.542 = \mathbf{10.79} \ \geq 1.5 \ \checkmark \qquad L_{req} = L_a + \frac{1.5\,T}{2C_r F^* \alpha \sigma'_v} = \mathbf{5.17} \text{ m}$$

जियोसिंथेटिक में पुलआउट पर्याप्त रूप से सुनिश्चित है (FS_P = 10.79), आवश्यक लंबाई Rankine वेज का अनुसरण करती है: **L_{req} = 5.17 m** (< 7.5 m)। निर्णायक विफलता **विदारण** है: इसे डिज़ाइन सामर्थ्य और अंतराल से समायोजित किया जाता है।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

प्रश्न

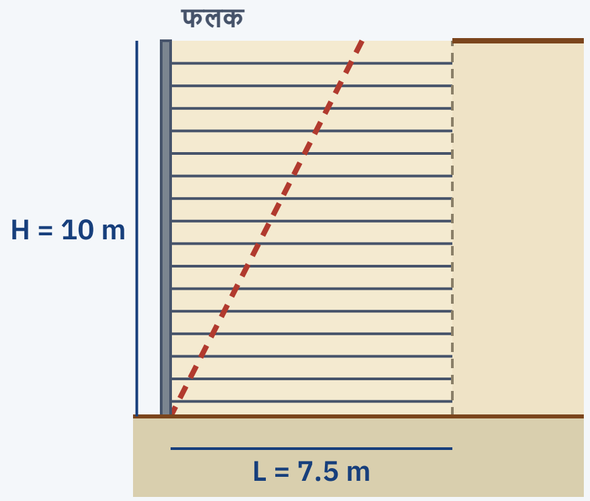
उदाहरण

दिया गया है

दीवार	**H = 10 m, L = 7.5 m, $S_V = 0.6$ m; भराव $\varphi_1' = 36^\circ$; वही नींव की मृदा**
स्थितियाँ	**सरलीकृत विधि, स्रोत का Rankine सन्निकटन, चल भार, स्ट्रिप भार, जियोग्रिड, छोटा सुदृढ़ीकरण**

ज्ञात करना है

सातों स्थितियों के **सुरक्षा गुणांक** साथ-साथ लिखें और अंतरों की व्याख्या करें।



हल

हल

1 वही दीवार, सात स्थितियाँ (स्थैतिक)

स्थिति	FS_B	FS_P	L_{req} (m)	FS_{ot}	e (m)	FS_{sl}	FS_{bc}
प्रारंभिक: सरलीकृत, स्लाइस, L = 7.5 m	2.77	1.91	6.54	6.50	0.58	1.95	11.32
स्रोत का Rankine दृष्टिकोण (वही स्ट्रिप)	3.33	1.90	6.93	6.50	0.58	1.95	11.32
Rankine उपागम, L = 13.5 m	3.33	6.09	6.93	21.06	0.32	3.51	18.18
चल अधिभार q_L = 20 kPa	2.47	0.63	13.68	4.77	0.79	1.57	9.54
स्ट्रिप भार 60 kPa (a′ = 2 m, b′ = 1 m)	2.74	1.32	8.13	3.66	1.14	1.55	7.87
जियोग्रिड 150 kN/m (Rankine, α = 0.8)	1.25	10.79	5.17	6.50	0.58	1.95	11.32
स्ट्रिप L = 7 m (0.7H)	2.77	1.70	6.54	5.66	0.62	1.82	10.60

Rankine दृष्टिकोण आधार पर K_a का उपयोग करता है: तनन कम है (T_{max} 25.7 kN), विदारण उच्च है (3.33), किंतु ऊपर आवश्यक लंबाई 6.93 m है। **चल भार** प्रत्येक सुरक्षा गुणांक को घटा देता है (FS_P 0.63: भार के साथ यह टिक नहीं पाता); **स्ट्रिप भार** कम घटाता है (FS_P 1.32), क्योंकि वह ब्लॉक के ऊपर भार के रूप में प्रतिरोध करता है। जियोग्रिड में पुलआउट पर्याप्त है, **विदारण सीमित करने वाला कारक है** (FS_B 1.25)। L = 7 m पर स्ट्रिप अब भी पर्याप्त हैं (FS_P 1.70, e = 0.62 m)।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

हल का दायरा

सिद्धांत

भराव मुक्त रूप से अपवाहित कणिकीय है (रंध्र जल दाब नहीं); दीवार के भीतर या पीछे भूजल और दीवार के ऊपर ढलानयुक्त पश्चभराव **नहीं** है।

स्तर S_V, $2S_V$, ... गहराइयों पर हैं; एकल सुदृढ़ीकरण लंबाई, समलंबाकार काट और भिन्न लंबाई वाले स्तर मॉडल नहीं किए जाते। छड़/तार जालियाँ ($K_r/K_a \geq 2.5$) और पसलीदार पट्टियों का गहराई के साथ बदलने वाला F* मान दायरे से बाहर हैं।

भार: वितरित अधिभार (स्थायी/चल) और स्ट्रिप भार (Laba–Kennedy; एक-दूसरे पर अध्यारोपित किए जाते हैं)। बिंदु और रेखा भार का मॉडल नहीं बनाया जाता।

फ़ेसिंग भार वहन नहीं करती; कनेक्शन की जाँच केवल तब विदारण सुरक्षा गुणांक से की जाती है जब सामर्थ्य दर्ज की गई हो; उसके सामने का अंतःस्थापित भाग गिना नहीं जाता।

जिनकी जाँच नहीं की गई: समग्र तथा संयुक्त स्थिरता (ढलान स्थिरता विश्लेषण), सेटलमेंट और विभेदी सेटलमेंट, जल निकास, फ़ेसिंग, निर्माण चरण।

जाँचें **अनुमेय प्रतिबल** रूप में हैं (समग्र सुरक्षा गुणांक); AASHTO LRFD/GEC 11 के भार और प्रतिरोध गुणांक प्रयोग नहीं किए जाते। किसी महत्वपूर्ण दीवार के लिए उत्पाद आँकड़े, समग्र स्थिरता और सेटलमेंट की जाँच अलग से की जानी चाहिए।

याद रखने योग्य बिंदु

सुदृढ़ीकृत मृदा: मृदा दाब को सुदृढ़ीकरण का तनन वहन करता है और घर्षण उसे जोड़ता है। आंतरिक स्थिरता: विदारण, पुलआउट, (कनेक्शन); बाह्य स्थिरता: L × H ब्लॉक के लिए उलटाव, सर्पण, धारण क्षमता

प्रतिबल: $\sigma'_h = K_r\sigma'_v$; स्ट्रिप में $K_r/K_a = 1.7 \rightarrow 1.2$ (6 m तक), जियोसिंथेटिक में 1। **तनन** $T = \sigma'_h S_V S_H$; सबसे अधिक तनन आधार पर होता है

विदारण: $T_{cap} = w(t - rn)f_y$ (स्ट्रिप) अथवा $T_{all}C_r$ (जियोसिंथेटिक); **पुलआउट**: $P_r = 2R_cF^*\alpha\sigma'_vL_e$, जहाँ L_e विफलता सतह (द्विरेखीय / Rankine) के पीछे है

बाह्य जाँचें: FS_{ot}, $e \le L/6$, $FS_{sl} = \Sigma V \tan(\frac{2}{3}\varphi'_{min})/\Sigma H$, धारण क्षमता (स्रोत और Meyerhof $L' = L - 2e$, छोटा मान)

चल भार भार बढ़ाता है, प्रतिरोध नहीं देता: यह तनन और थ्रस्ट को बढ़ाता है, पुलआउट और भार में शामिल नहीं होता; उदाहरण में FS_P 1.91 → 0.63

भूकंप: ΔP_{AE} (उसका आधा, 0.6H पर), P_{IR}, $P_i \rightarrow T_{md}$; आवश्यक FS स्थैतिक का 75% है; उदाहरण की दीवार **पुलआउट (0.74) और सर्पण (1.12)** में विफल रहती है, L = 10.25 m से शर्त पूरी होती है

जियोग्रिड: $T_{all} = T_{ult}/(RF_{id}RF_{cr}RF_{cbd})$; विदारण निर्णायक है ($S_{V,req}$ = 0.415 m), पुलआउट प्रचुर है

संदर्भ

Das, B.M. (2016). Principles of Foundation Engineering, 8th ed. Cengage Learning, Boston. Chapter 13, Sections 13.10 to 13.17: soil reinforcement, the design of walls with metallic strips, geotextiles and geogrids; Table 4.2 for the bearing capacity factors.

Berg, R.R., Christopher, B.R. and Samtani, N.C. (2009). Design of Mechanically Stabilized Earth Walls and Reinforced Soil Slopes, Vol. I, FHWA-NHI-10-024. Federal Highway Administration, Washington, D.C.

American Association of State Highway and Transportation Officials (2012). AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, 6th ed., Section 11.10, Mechanically stabilized earth walls.

Vidal, H. (1966). La terre armée. Annales de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics, Paris, July–August, 888–938.

Laba, J.T. and Kennedy, J.B. (1986). Reinforced earth retaining wall analysis and design. Canadian Geotechnical Journal, 23(3), 317–326.

Koerner, R.M. (2005). Designing with Geosynthetics, 5th ed. Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J.

Binquet, J. and Lee, K.L. (1975). Bearing capacity analysis of reinforced earth slabs. Journal of the Geotechnical Engineering Division, ASCE, 101(GT12), 1257–1276.

Martin, J.P., Koerner, R.M. and Whitty, J.E. (1984). Experimental friction evaluation of slippage between geomembranes, geotextiles and soils. Proceedings, International Conference on Geomembranes, Denver, 191–196.

Mononobe, N. and Matsuo, H. (1929). On the determination of earth pressures during earthquakes. Proceedings, World Engineering Congress, Tokyo, 9, 177–185.

Okabe, S. (1926). General theory of earth pressure. Journal of the Japanese Society of Civil Engineers, 12(1).

Vesic, A.S. (1973). Analysis of ultimate loads of shallow foundations. Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE, 99(SM1), 45–73.

टिप्पणी

सभी संख्यात्मक उदाहरण मॉड्यूल के अपने गणना इंजन से तैयार किए गए हैं; मॉड्यूल वही मान देता है। मॉड्यूल पृष्ठ का चरण-दर-चरण उदाहरण भी यही दीवार है (H = 10 m, गैल्वनाइज़्ड स्ट्रिप 75 × 6 mm, L = 7.5 m, S_V = 0.6 m, S_H = 1.0 m)।

GeoTerva

ऑनलाइन भू-तकनीकी गणनाएँ

सिद्धांत से अनुप्रयोग तक

अपनी दीवार की ऊँचाई, सुदृढ़ीकरण (स्ट्रिप, जियोग्रिड, जियोटेक्सटाइल), भराव, अधिभार और भूकंप गुणांक GeoTerva में दर्ज करें; मॉड्यूल प्रत्येक स्तर की विदारण और पुलआउट सुरक्षा, ब्लॉक की बाह्य जाँच और आवश्यक लंबाई एक साथ देता है।

मॉड्यूल खोलें →

सिद्धांत पृष्ठ →

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