GeoTerva

भू-तकनीकी व्याख्यान स्लाइड · प्रतिधारक दीवारें

कैंटिलीवर प्रतिधारक दीवार

व्याख्यान: प्रबलित कंक्रीट की कैंटिलीवर प्रतिधारक दीवार की बाह्य स्थिरता (सर्पण, उलटाव, धारण क्षमता) और स्टेम, टो तथा हील स्लैबों के काट बल; हील ब्लॉक, मृदा दाब, जल, भूकंप, शीयर की और रिलीफ शेल्फ; प्रत्येक विषय पर हल किया गया उदाहरण।

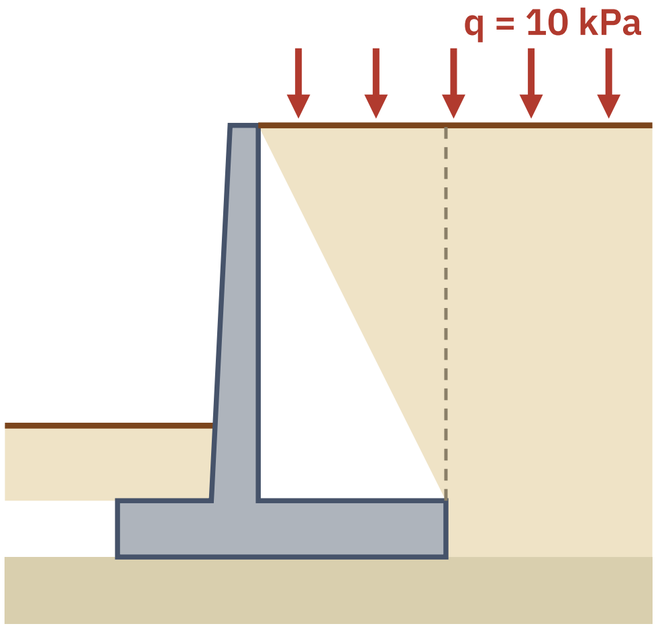
स्टेम + आधार स्लैब

सर्पण · उलटाव · धारण क्षमता

स्टेम, टो और हील के काट बल

शीयर की · रिलीफ शेल्फ

जल और भूकंप



परिचय

इस व्याख्यान में हम क्या सीखेंगे?

- कैंटिलीवर दीवार: **स्टेम + आधार स्लैब** (टो L_t, हील L_h), इसका भार और गुरुत्व केंद्र घटक भागों से ज्ञात करना
- हील के ऊपर के **मृदा ब्लॉक** और फ़ुटिंग के पिछले किनारे पर **ऊर्ध्वाधर दाब तल**; सक्रिय प्रणोद, अधिभार और अग्र निष्क्रिय प्रतिरोध
- **सर्पण, उलटाव, उत्केंद्रता और धारण क्षमता** की जाँचों तथा भूकंप स्थिति (Mononobe–Okabe + जड़त्व) को पढ़ना
- **आधार दाब** से टो और हील स्लैब के, और थ्रस्ट से **स्टेम** के अपरूपण तथा आघूर्ण प्रभाव
- **शीयर की** और **रिलीफ शेल्फ** सुरक्षा को कैसे बढ़ाते हैं; जल और उत्थापन का प्रभाव
- विफल काट को **कैसे संशोधित किया जाए**, यह देखना (भूकंप में सर्पण और उत्केंद्रता)

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

सभी मान दीवार की 1.00 m लंबाई के लिए हैं। उदाहरण: H = 4.0 m स्टेम, आधार स्लैब 0.60 m, B = 3.5 m प्रबलित कंक्रीट दीवार (24 kN/m³), q = 10 kPa।

स्टेम, आधार स्लैब और टो की संरचना

सिद्धांत

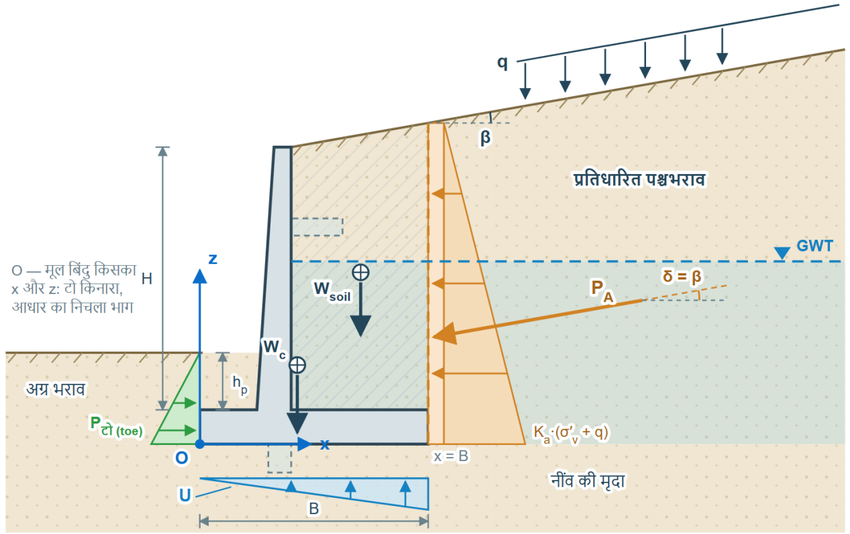
कैंटिलीवर प्रतिधारक दीवार सर्पण और उलटाव का प्रतिरोध **आधार स्लैब के ऊपर की मृदा के भार से** भी करती है: केवल दीवार का अपना भार ही नहीं, हील के ऊपर का मृदा-खंड भी प्रतिरोधी है। मॉड्यूल:

$$B = L_t + t_b + L_h \qquad z_T = t_f + H$$

स्टेम: ऊँचाई H; शीर्ष पर मोटाई t_t, तल पर t_b (पीछे का फलक ऊर्ध्वाधर, सामने का फलक ढलवाँ); **आधार स्लैब**: मोटाई t_f, टो L_t, हील L_h; कंक्रीट 24 kN/m³।

मृदा: संसंजनहीन भराव (c′ = 0), समतल या ढालू सतह, अधिभार q, भूजल, और सामने आधार स्लैब पर h_p ऊँचाई का भराव।

विकल्प: शीयर की, रिलीफ शेल्फ; **जाँचें**: सर्पण, उलटाव, उत्केंद्रता, धारण क्षमता; **काट के आंतरिक बल**: स्टेम, टो, हील, शेल्फ, की।



आधार स्लैब + स्टेम आयत + स्टेम त्रिभुज

सिद्धांत

दीवार का भार तीन सरल आकृतियों में बाँटा जाता है (क्षेत्रफल, गुरुत्व केंद्र ज्ञात); टो के सापेक्ष इसका आघूर्ण प्रतिरोधी है:

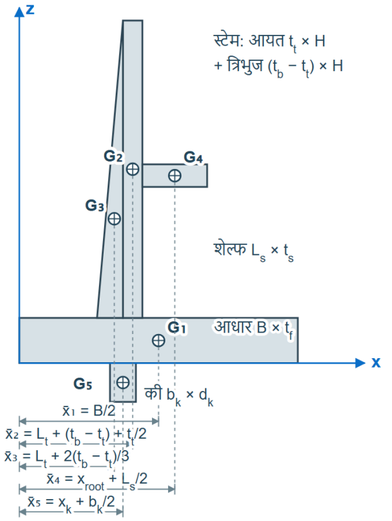
$$W_i = \gamma_c A_i \qquad W_c = \sum W_i \qquad \bar{x}_c = \frac{\sum W_i \bar{x}_i}{W_c} \qquad \bar{z}_c = \frac{\sum W_i \bar{z}_i}{W_c}$$

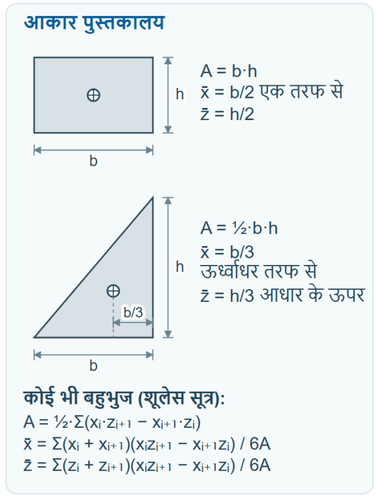
आधार प्लेट: A = B t_f, $\bar{x}$ = B/2, $\bar{z}$ = t_f/2 I

स्टेम आयत (दीवार की पीठ से सटा): A = t_tH, $\bar{x}$ = L_t + (t_b − t_t) + t_t/2, $\bar{z}$ = t_f + H/2 I

स्टेम त्रिभुज (सामने की ओर का ढलान): A = ½(t_b − t_t)H, $\bar{x}$ = L_t + 2(t_b − t_t)/3, $\bar{z}$ = t_f + H/3 I

बल तालिका में दीवार एकल प्रविष्टि है: F_z = −W_c, $\bar{x}_c$ पर; $\bar{z}_c$ केवल क्षैतिज जड़त्व (भूकंप) के लिए उपयोग होता है।





प्रश्न

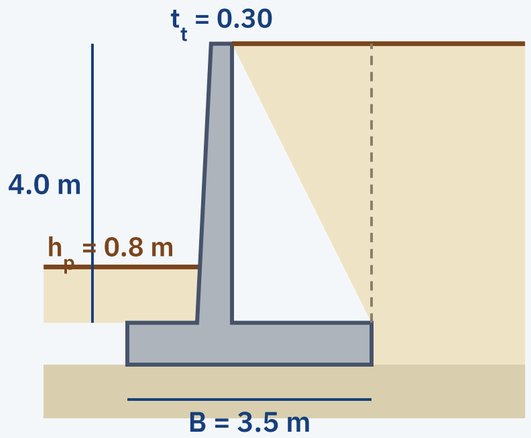
उदाहरण

ज्ञात करना है

तीन भागों का क्षेत्रफल, भार और स्थान; W_c, $\bar{x}_c$, $\bar{z}_c$।

दिया गया है

काट	$H = 4.0$ m; $t_t = 0.30$, $t_b = 0.50$ m; $L_t = 1.00$, $L_h = 2.00$ m; $t_f = 0.60$ m (B = 3.5 m)
सामग्री	**प्रबलित कंक्रीट:** $\gamma_c = 24$ kN/m^3



हल

हल

1 भाग (उदा. त्रिभुज: A = ½(0.50 − 0.30)(4.0) = 0.40; $\bar{x}$ = 1.00 + 2(0.20)/3 = 1.133; $\bar{z}$ = 0.60 + 4.0/3 = 1.933)

खंड	A (m²)	$\bar{x}$ (m)	$\bar{z}$ (m)	W = 24A (kN/m)	W·$\bar{x}$	W·$\bar{z}$
आधार स्लैब	2.100	1.750	0.300	50.40	88.20	15.12
शाफ्ट आयत	1.200	1.350	2.600	28.80	38.88	74.88
शाफ्ट त्रिभुज	0.400	1.133	1.933	9.60	10.88	18.56
कुल				**88.80**	**137.96**	**108.56**

2 गुरुत्व केंद्र

$$\bar{x}_c = \frac{137.96}{88.80} = \mathbf{1.554}\ \text{m} \qquad \bar{z}_c = \frac{108.56}{88.80} = \mathbf{1.223}\ \text{m}$$

दीवार का भार **W_c = 88.80 kN/m** है; यह टो से $\bar{x}_c$ = 1.55 m और आधार से $\bar{z}_c$ = 1.22 m पर है; इसका आघूर्ण M = −137.96 kN·m/m है (प्रतिरोधी)।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

दीवार के साथ गति करने वाली मृदा और दाब तल

सिद्धांत

आधार स्लैब की हील के ऊपर की मृदा स्लैब के सापेक्ष नहीं खिसक सकती: यदि दीवार गति करती है तो वह **उसी के साथ** चलती है। विफलता तल स्टेम के पृष्ठ से नहीं, बल्कि **हील के पिछले किनारे से** आरंभ होते हैं। मुक्त पिंड = दीवार + हील ब्लॉक; इसका बाहरी फलक $x = B$ पर **ऊर्ध्वाधर दाब तल** है (मृदा के विरुद्ध मृदा: दीवार घर्षण नहीं, प्रणोद $\delta = \beta$):

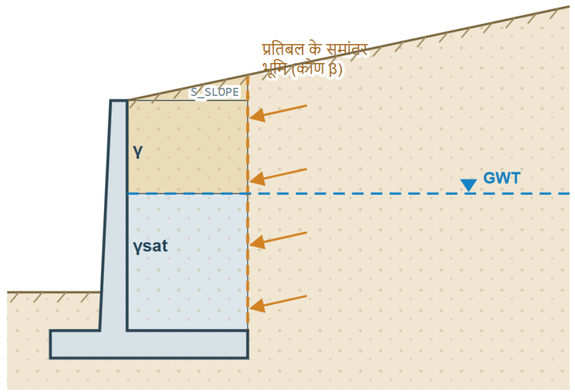
हील ब्लॉक का भार $W_s = \gamma\, L_h\, H$ (नम/संतृप्त क्षेत्रों में बाँटा जाता है; कुल प्रतिबल से कार्य करने के कारण जल के नीचे γ_{sat} लिया जाता है, और जल का प्रणोद अलग मद के रूप में रखा जाता है)।

टो पर आधार स्लैब के ऊपर का भराव (h_p) स्लैब के साथ गति करता है: ऊर्ध्वाधर भार W_{toe}।

हील के ऊपर का अधिभार $\mathbf{Q_{heel} = qL_h}$ अनुकूल है, परंतु वह ऐसा भार है जो न भी हो सकता है, इसलिए **किसी जाँच में नहीं लिया जाता**; इसका पार्श्व प्रभाव सदैव गिना जाता है।

दाब समतल की ऊँचाई $h = t_f + H$ (सतह के उठाव सहित)।

हील किनारे पर ऊर्ध्वाधर समतल (सभी विधियाँ)



प्रश्न

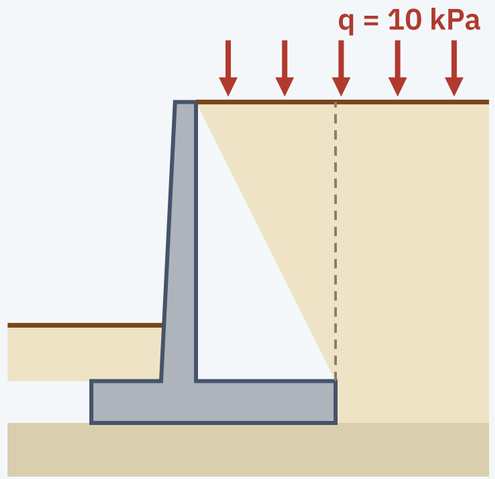
उदाहरण

ज्ञात करना है

हील ब्लॉक का **भार और स्थान**; **टो भराव**; Q_{heel}; कुल ऊर्ध्वाधर भार N।

दिया गया है

दीवार	**उदाहरण 1 का काट; सामने के भराव की ऊँचाई** $h_p = 0.80$ **m (आधार स्लैब के ऊपर)**
मृदा	**शुष्क भराव:** $\gamma = 18$ kN/m^3, $\varphi' = 30^\circ$**; क्षैतिज सतह**
अधिभार	$q = 10$ **kPa**



हल

हल

1 हील ब्लॉक ($L_h \times H$ आयत, स्टेम के पीछे)

$$A_s = L_h H = 2.00(4.0) = 8.0\ \text{m}^2 \qquad W_s = 18(8.0) = \mathbf{144.0}\ \text{kN/m}$$

$$\bar{x}_s = L_t + t_b + \frac{L_h}{2} = 2.50\ \text{m} \qquad \bar{z}_s = t_f + \frac{H}{2} = 2.60\ \text{m}$$

2 टो भराव (समलंब: तल पर $L_t = 1.00$, ऊपर $x_{toe}(h_p) = 1.04$) और अधिभार

$$A_{toe} = \tfrac{1}{2}(1.00 + 1.04)(0.80) = 0.816\ \text{m}^2 \quad W_{toe} = 18(0.816) = \mathbf{14.69}\ \text{kN/m}\ (\bar{x} = 0.510)$$

$$Q_{heel} = qL_h = 10(2.00) = \mathbf{20.0}\ \text{kN/m}\ \text{(किसी भी जाँच में शामिल नहीं)}$$

$N = W_c + W_s + W_{toe} = 88.80 + 144.00 + 14.69 =$ **247.49 kN/m**; $Q_{heel} = 20.00$ kN/m तालिका में "अप्रयुक्त" मद है।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

ऊर्ध्वाधर तल में प्रणोद, अधिभार और मिश्रित निष्क्रिय

सिद्धांत

दाब तल h = t_f + H ऊँचाई पर है। भराव क्षैतिज है और δ = β = 0 है, इसलिए Rankine = Coulomb:

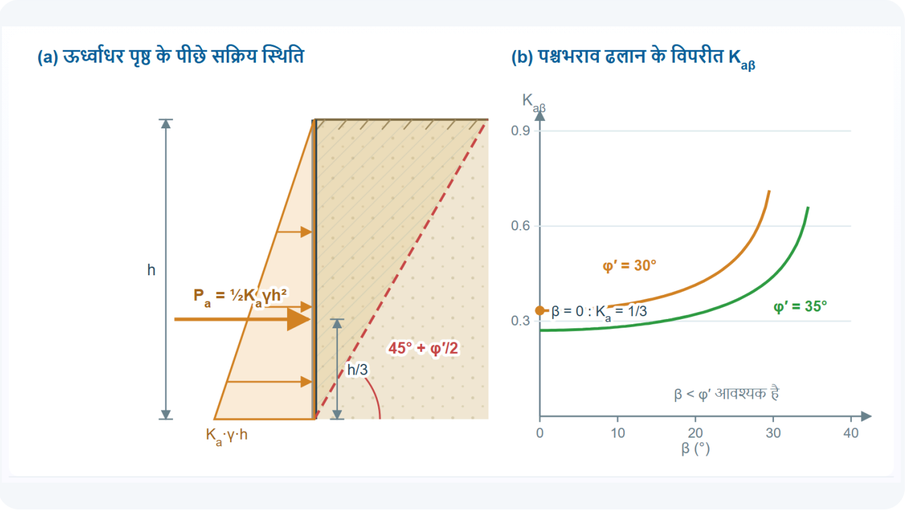
$$K_a = \frac{1-\sin\varphi'}{1+\sin\varphi'} \qquad P_A = \tfrac{1}{2}K_a\gamma h^2\ (h/3) \qquad P_Q = K_a q h\ (h/2)$$

ढलवाँ पश्चभराव में तल पर प्रतिबल सतह के समांतर होता है ($K_{a\beta}$), और प्रणोद का ऊर्ध्वाधर घटक प्रतिरोधी होता है। अग्र प्रतिरोध (केवल सर्पण में):

$$K_{mob} = wK_p + (1-w)K_0 \qquad P_P = \tfrac{1}{2}K_{mob}\gamma D_p^2\ (D_p/3) \qquad D_p = t_f + h_p$$

w = 1/3 डिफ़ॉल्ट है; यदि सामने की मृदा हटाई जा सकती हो तो h_p = 0 या h_{ignore} से सामने के प्रतिरोध का योगदान घटाया जाता है; **उलटाव और धारण क्षमता में सामने का प्रतिरोध नहीं लिया जाता**।

विवरण (Rankine/Coulomb समतुल्यता, K_{mob}, h_{ignore}) गुरुत्वीय प्रतिधारक दीवार की प्रस्तुति में हैं।



प्रश्न

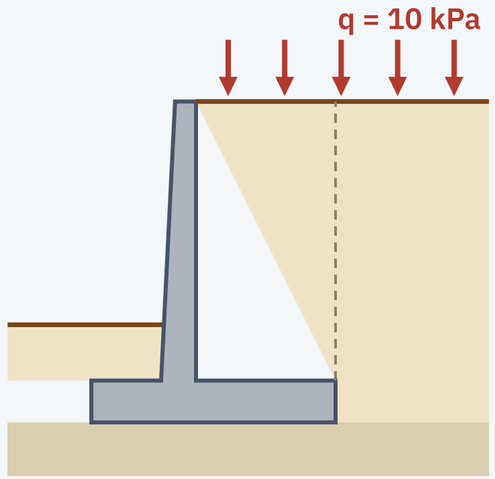
उदाहरण

ज्ञात करना है

P_A, P_Q, P_P और टो के सापेक्ष उलटाव आघूर्ण।

दिया गया है

दीवार और मृदा	**उदाहरण 1–2 की दीवार:** $h = t_f + H = 4.60$ **m;** $\gamma = 18$ kN/m^3, $\varphi' = 30°$**; क्षैतिज सतह;** $q = 10$ **kPa**
अग्र भूमि	$D_p = t_f + h_p = 1.40$ **m; w = 1/3**



हल

हल

1 K_a = 0.3333; प्रणोद (h = 4.60 m)

$$P_A = \tfrac{1}{2}K_a\gamma h^2 = \tfrac{1}{2}(0.3333)(18)(21.16) = \mathbf{63.48}\ \text{kN/m} \quad (z = 1.533\ \text{m})$$

$$P_Q = K_a q h = 0.3333(10)(4.6) = \mathbf{15.33}\ \text{kN/m} \quad (z = 2.30\ \text{m})$$

2 सामने का प्रतिरोध: K_{mob} = ⅓(3.00) + ⅔(0.50) = 1.333

$$P_P = \tfrac{1}{2}(1.333)(18)(1.40)^2 = \mathbf{23.52}\ \text{kN/m} \quad (z = D_p/3 = 0.467\ \text{m})$$

3 क्षैतिज प्रणोद और उलटाव आघूर्ण (टो के सापेक्ष)

$$\Sigma H_{drive} = 63.48 + 15.33 = \mathbf{78.81}\ \text{kN/m}$$

$$M_o = 63.48(1.533) + 15.33(2.30) = 97.34 + 35.27 = \mathbf{132.60}\ \text{kN·m/m}$$

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

उसी बल तालिका से चार जाँच

सिद्धांत

$$FS_s = \frac{\mu_b N + P_{toe}}{\Sigma H_{drive}} \qquad FS_o = \frac{\Sigma M_{res}}{\Sigma M_{ov}} \qquad x_R = -\frac{\Sigma M}{V} \qquad e = \frac{B}{2} - x_R$$

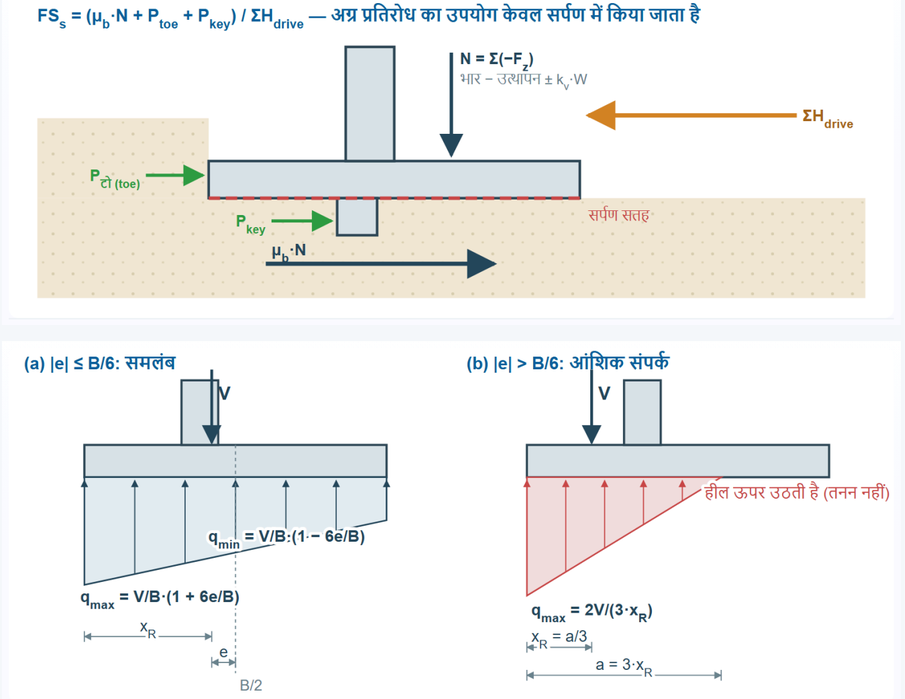
$$|e| \le \frac{B}{6}: \quad q_{max,min} = \frac{V}{B}\left(1 \pm \frac{6e}{B}\right) \qquad |e| > \frac{B}{6}: \quad q_{max} = \frac{2V}{3x_R}$$

सर्पण: N प्रभावी अभिलंब बल है (Q_{heel} को छोड़कर, उत्थापन घटाया जाता है); $\mu_b = \tan \delta_b$; आसंजन नहीं है।

उलटाव: टो (आधार स्लैब का आगे का निचला कोना) के परितः; प्रत्येक मद के $-zF_x$ और xF_z भाग अपने-अपने चिह्न के अनुसार गिने जाते हैं; सामने का प्रतिरोध नहीं लिया जाता।

धारण क्षमता: यदि परिणामी बल आधार के मध्य एक-तिहाई ($|e| \le B/6$) में है, तो आधार पूरी तरह संपर्क में रहता है; अन्यथा मृदा तनन ग्रहण नहीं कर सकती और केवल $a = 3x_R$ लंबाई ही संपर्क में रहती है।

आवश्यक: स्थैतिक स्थिति में $FS_s \ge 1.5$, $FS_o \ge 2.0$; भूकंप में ≥ 1.1; $q_{max} \le q_{all}$।



प्रश्न

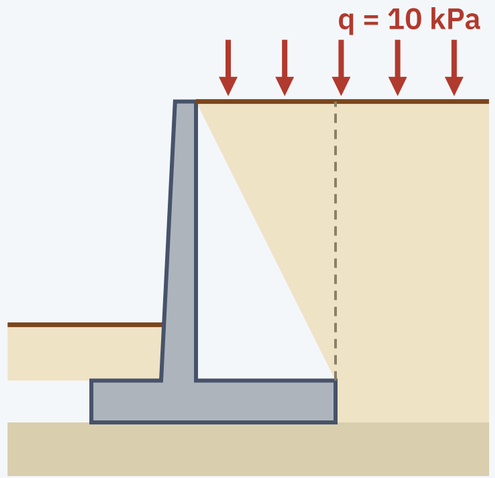
उदाहरण

दिया गया है

दीवार और भार	**उदाहरण 1–3 की दीवार:** $B = 3.5$ **m;** $W_c = 88.8,\ W_s = 144.0,\ W_{toe} = 14.69$ kN/m; $P_A = 63.48,\ P_Q = 15.33$ kN/m
प्रतिरोध	$\mu_b = 0.55$**;** $P_P = 23.52$ **kN/m;** $q_{all} = 200$ **kPa**
आवश्यक	$FS_s \geq 1.5,\ \ FS_o \geq 2.0$**; आधार पूर्ण संपर्क में**

ज्ञात करना है

FS_s, FS_o, x_R, e, q_{max}, q_{min} और परिणाम।



हल (1/3)

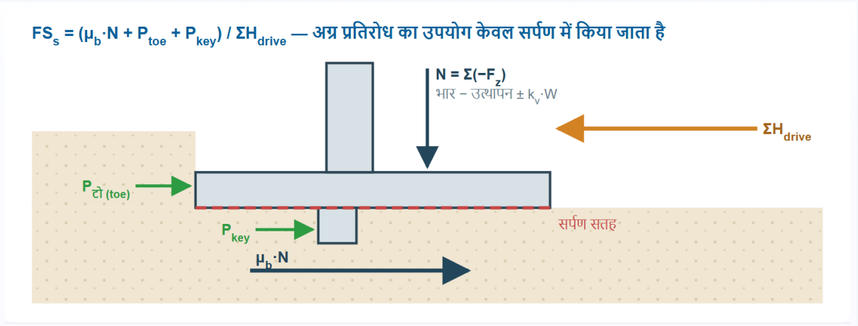
हल

1 आधार घर्षण ($N = W_c + W_s + W_{toe}$)

$$N = 88.8 + 144.0 + 14.69 = \mathbf{247.49}\ \text{kN/m}$$

$$\mu_b N = 0.55(247.49) = 136.12\ \text{kN/m}$$

$$FS_s = \frac{136.12 + 23.52}{78.81} = \mathbf{2.026}\ \geq 1.5\ \checkmark$$



हल (2/3)

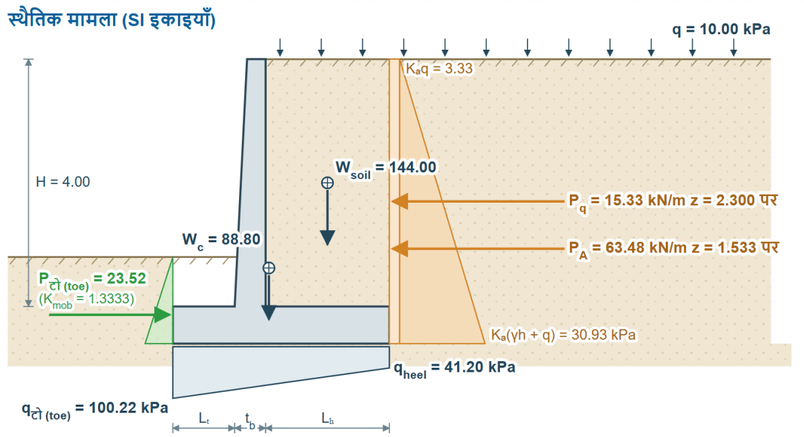
हल

2 उलटाव आघूर्ण (प्रणोद) और प्रतिरोधी आघूर्ण (दीवार, हील ब्लॉक, सामने का भराव)

$$M_o = 97.34 + 35.27 = \mathbf{132.60}$$

$$M_r = 137.96 + 360.00 + 7.49 = \mathbf{505.45}\ \text{kN·m/m}$$

$$FS_o = \frac{505.45}{132.60} = \mathbf{3.812}\ \geq 2.0\ \checkmark$$



हल (3/3)

हल

3 परिणामी बल की स्थिति और उत्केंद्रता

$$\Sigma M = M_o - M_r = -372.85$$

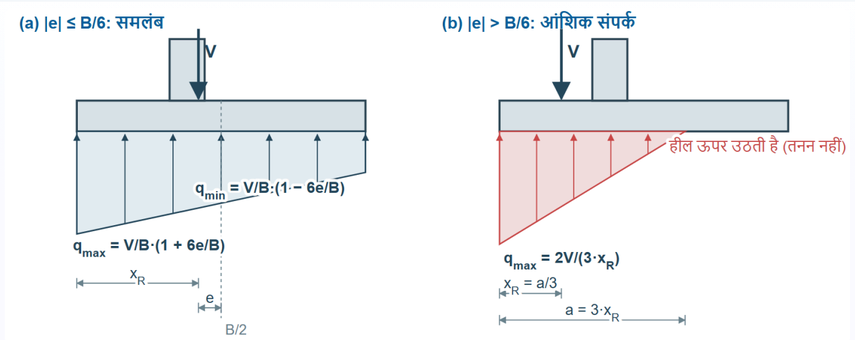
$$x_R = -\frac{\Sigma M}{V} = \frac{372.85}{247.49} = \mathbf{1.5065}\ \text{m}$$

$$e = \frac{B}{2} - x_R = \mathbf{0.2435}\ \text{m} \ \le\ \frac{B}{6} = 0.583\ \checkmark$$

4 आधार प्रतिबल (पूर्ण संपर्क)

$$q_{max} = \frac{247.49}{3.5}\left(1 + \frac{6(0.2435)}{3.5}\right) = \mathbf{100.22}\ \text{kPa}$$

$$q_{min} = \mathbf{41.20}\ \text{kPa}$$



FS_s = **2.03**, FS_o = **3.81**, e = 0.243 m, q_{max} = **100.2 kPa** ≤ 200, q_{min} = 41.2 kPa > 0: **स्थैतिक स्थिति में सभी जाँचें संतुष्ट होती हैं।**

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

Mononobe–Okabe प्रणोद और जड़त्व का समावेश

सिद्धांत

भूकंप की स्थिति में स्थैतिक प्रणोद $P_A + P_Q$ के स्थान पर **Mononobe–Okabe** प्रणोद P_{AE} लिया जाता है; दीवार, हील ब्लॉक और सामने के भराव का जड़त्व बल $k_h W$ भी उनके गुरुत्व केंद्रों पर आगे की ओर धकेलता है ($k_v > 0$ होने पर दोनों दिशाओं के लिए गणना की जाती है)। ऊर्ध्वाधर तल में, क्षैतिज पश्चभराव के लिए:

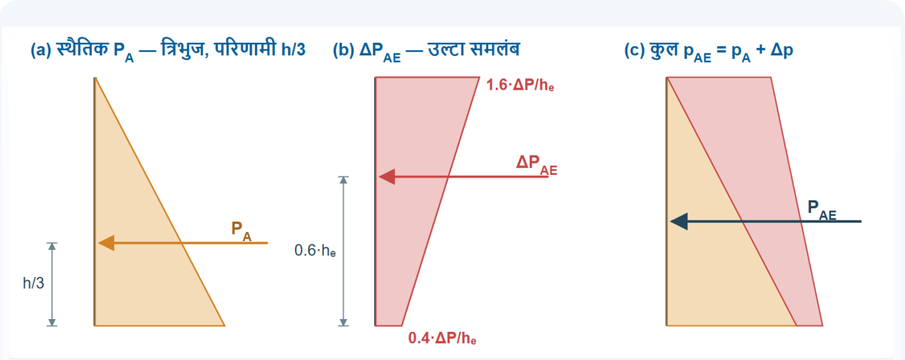
$$\theta = \tan^{-1}\frac{k_h}{1-k_v} \qquad K_{AE} = \frac{\cos^2(\varphi' - \theta)}{\cos^2\theta\left[1+\sqrt{\dfrac{\sin\varphi'\sin(\varphi'-\theta)}{\cos\theta}}\right]^2}$$

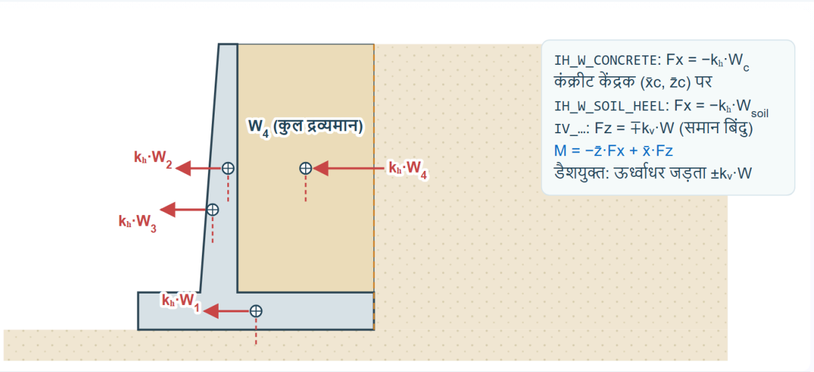
$$P_{AE} = \left(\tfrac{1}{2}\gamma h^2 + qh\right) K_{AE} \qquad \Delta P_{AE} = P_{AE} - (P_A + P_Q) \quad (0.6h)$$

ΔP_{AE} उलटे समलंब के रूप में वितरित होता है (ऊपर $1.6\Delta P/h$, नीचे $0.4\Delta P/h$); स्थैतिक भाग अपना आकार बनाए रखता है। यदि जल हो तो जलगतिक दाब $(7/12)k_h\gamma_w h_w^2$ जोड़ा जाता है।

सामने का निष्क्रिय क्रेडिट $\eta_{p,E}$ से गुणा किया जाता है; **डिफ़ॉल्ट 0** (सर्पण सुरक्षा केवल आधार घर्षण से आती है)।

यदि परिणामी बल तल के मध्य तिहाई से बाहर निकलता है तो **आंशिक संपर्क** होता है ($q_{max} = 2V/(3x_R)$)।





प्रश्न

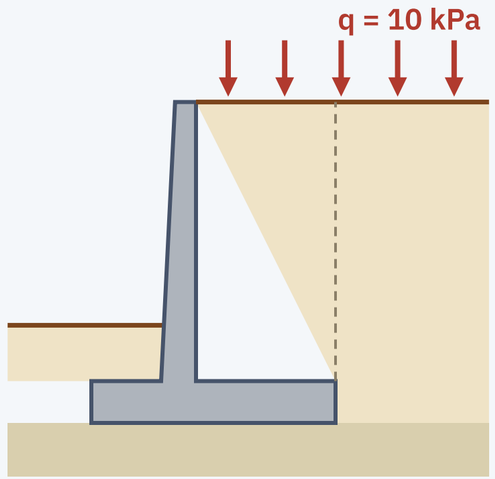
उदाहरण

दिया गया है

दीवार और मृदा	**उदाहरण 1–4 की दीवार (स्थैतिक $FS_s = 2.03$; $FS_o = 3.81$)**
भूकंप	$k_h = 0.15$, $k_v = 0$; $\eta_{p,E} = 0$; **आवश्यक** $FS_s,\ FS_o \geq 1.1$; **आधार का पूर्ण संपर्क होना चाहिए (|e| ≤ B/6)**

ज्ञात करना है

K_{AE}, P_{AE}, $\bar{z}$, जड़त्व बल; FS_s, FS_o, e, q_{max} और प्रत्येक जाँच का परिणाम।



हल (1/4)

हल

1 भूकंपीय कोण और गुणांक

$$\theta = \tan^{-1} 0.15 = 8.53^\circ$$

$$\sqrt{\sin 30^\circ \sin(30^\circ - 8.53^\circ)/\cos 8.53^\circ} = 0.4302$$

$$K_{AE} = \frac{\cos^2(21.47^\circ)}{\cos^2 8.53^\circ (1 + 0.4302)^2} = \mathbf{0.4329}$$

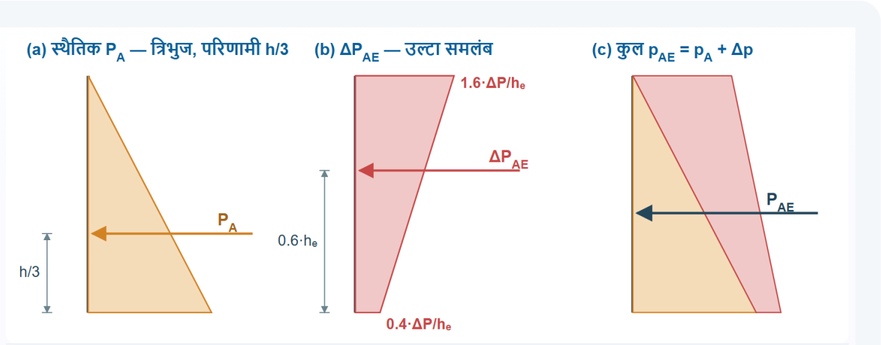
2 गतिक प्रणोद (स्थैतिक P_A + P_Q = 78.81 kN/m) और उसका स्थान

$$P_{AE} = (190.44 + 46.0)(0.4329) = \mathbf{102.36}\ \text{kN/m}$$

$$\Delta P_{AE} = 102.36 - 78.81 = 23.55\ \text{kN/m}\ \ (0.6h)$$

$$\bar{z}_{AE} = [63.48(1.533) + 15.33(2.30) + 23.55(2.76)]/102.36$$

$$= \mathbf{1.930}\ \text{m}$$



हल (2/4)

हल

3 जड़त्व बल $k_h W$ और सर्पण (सामने के निष्क्रिय प्रतिरोध को गणना में नहीं लिया जाता)

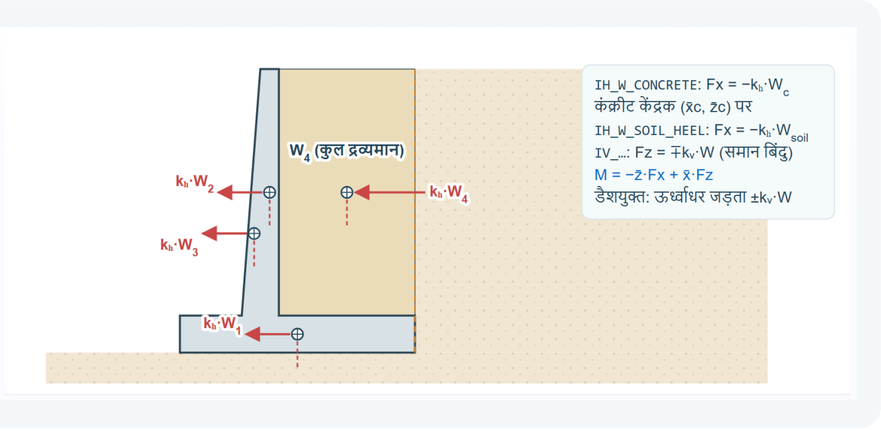
$$IH_c = 0.15(88.8) = 13.32 \;\; (z = 1.223 \text{ m})$$

$$IH_s = 0.15(144.0) = 21.60 \;\; (z = 2.60 \text{ m})$$

$$IH_{toe} = 0.15(14.69) = 2.20 \text{ kN/m}$$

$$\Sigma H_{drive} = 102.36 + 13.32 + 21.60 + 2.20 = 139.49$$

$$FS_{s,E} = \frac{\mu_b N}{\Sigma H_{drive}} = \frac{136.12}{139.49} = \mathbf{0.976} \; < 1.1 \;\; ✗$$



हल (3/4)

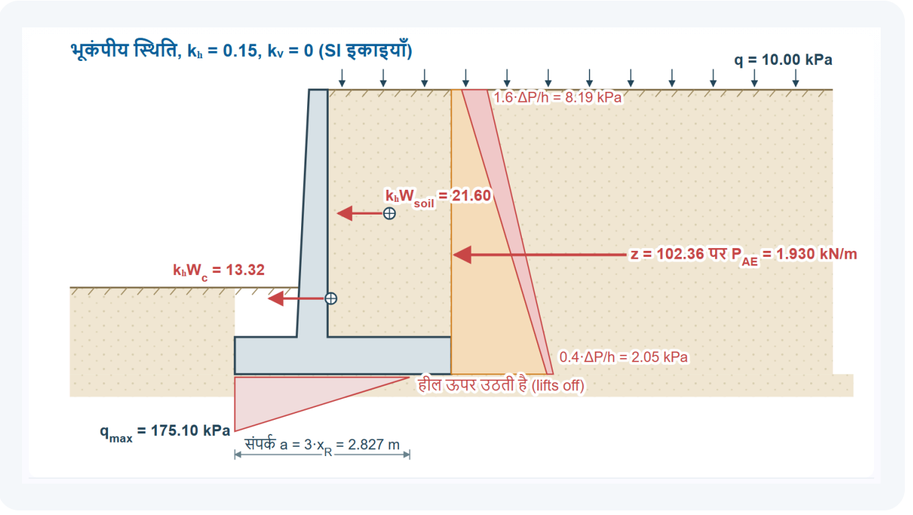
हल

4 उलटाव (आघूर्ण भुजाएँ: $\bar{z}_{AE}$ = 1.930; z_c = 1.223; 2.60; 1.003 m)

$$M_{o,E} = 197.60 + 16.28 + 56.16 + 2.21 = 272.26$$

$$FS_{o,E} = \frac{505.45}{272.26} = \mathbf{1.857} \;\geq 1.1 \;\checkmark$$

$$x_R = \frac{505.45 - 272.26}{247.5} = 0.942 \text{ m}$$



हल (4/4)

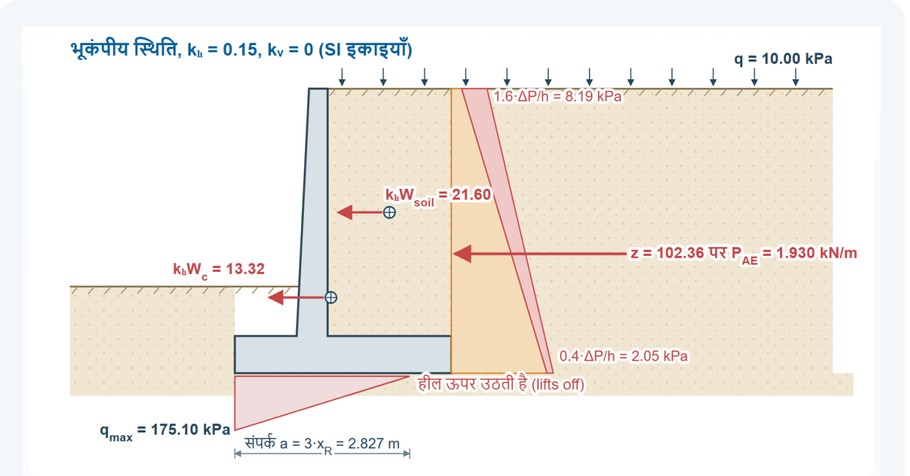
हल

5 उत्केंद्रता और आंशिक संपर्क

$$e = \frac{B}{2} - x_R = 1.750 - 0.942 = \mathbf{0.808}\ \text{m} \ > \ \frac{B}{6} = 0.583 \quad \text{✗}$$

$$a = 3x_R = 2.827\ \text{m} \quad \text{(केवल यह लंबाई संपर्क में)}$$

$$q_{max} = \frac{2V}{a} = \frac{2(247.5)}{2.827} = \mathbf{175.1}\ \text{kPa} \qquad q_{min} = 0$$



भूकंप में **सर्पण (FS_s = 0.98 < 1.1)** और **उत्केंद्रता (e = 0.81 m > B/6)** संतुष्ट नहीं होते; उलटाव (FS_o = 1.86) और q_{max} = 175.1 kPa पर्याप्त हैं। अनुप्रस्थ काट **संशोधित किया जाना चाहिए** (उदाहरण 6)।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

प्रश्न

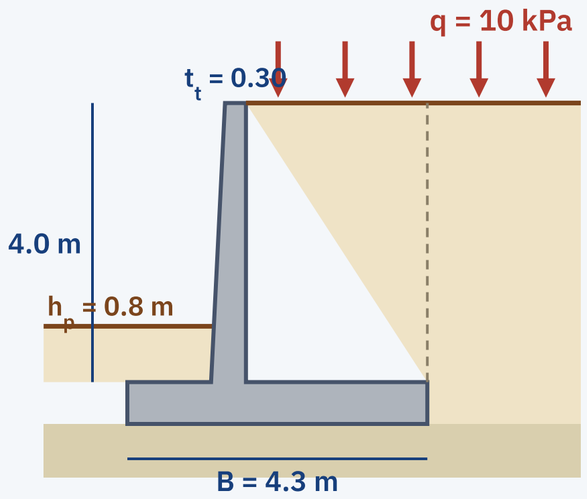
उदाहरण

ज्ञात करना है

नए अनुभाग के साथ स्थैतिक और भूकंप स्थितियों में FS_s, FS_o, e, q_{max}; क्या अनुभाग पर्याप्त है?

दिया गया है

समस्या	**उदाहरण 5 में भूकंप के समय $FS_s = 0.98 < 1.1$ और e = 0.81 m > B/6 = 0.58 m**
प्रस्तावित संशोधन	**टो और हील बढ़ाए जाते हैं: $L_t = 1.20$ m, $L_h = 2.60$ m (B = 4.30 m); अन्य माप और मृदा वही**



हल

हल

1 वही भारण, नई ज्यामिति (मॉड्यूल; B = 4.30 m, W_c = 100.3 kN/m, N = 305.1 kN/m)

	वर्तमान (B = 3.5 m)	संशोधित (B = 4.3 m)	आवश्यक
स्थैतिक FS_s	2.026	2.427	≥ 1.5
स्थैतिक FS_o	3.812	5.753	≥ 2.0
स्थैतिक e (m) / q_{max} (kPa)	0.243 / 100.2	0.084 / 79.3	|e| ≤ B/6
भूकंप FS_s	0.976 ✗	1.133 ✓	≥ 1.1
भूकंप FS_o	1.857	2.630	≥ 1.1
भूकंप e (m) / संपर्क	0.808 / आंशिक ✗	0.600 / पूर्ण ✓ (B/6 = 0.717)	|e| ≤ B/6
भूकंप q_{max} (kPa)	175.1	130.4	≤ 200

टो और हील को बढ़ाने से N 247 → 305 kN/m हो गया और घर्षण बढ़ा: भूकंप में **FS_s = 1.13 ≥ 1.1**, परिणामी मध्य तिहाई के भीतर आ गई (e = 0.60 ≤ B/6 = 0.717): **सभी जाँचें पूरी होती हैं**। विकल्प: शीयर की + $\eta_{p,E}$ (उदाहरण 9), अधिक चौड़ी हील।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

स्टेम, टो और हील: क्रांतिक काट

सिद्धांत

बाह्य स्थिरता संतुष्ट होने के बाद अवयवों के **काट के आंतरिक बल** ज्ञात किए जाते हैं। **स्टेम** पृष्ठ दाब से भारित और अपने आधार पर (आधार स्लैब के ऊपर) फ़िक्स्ड एक कैंटिलीवर है:

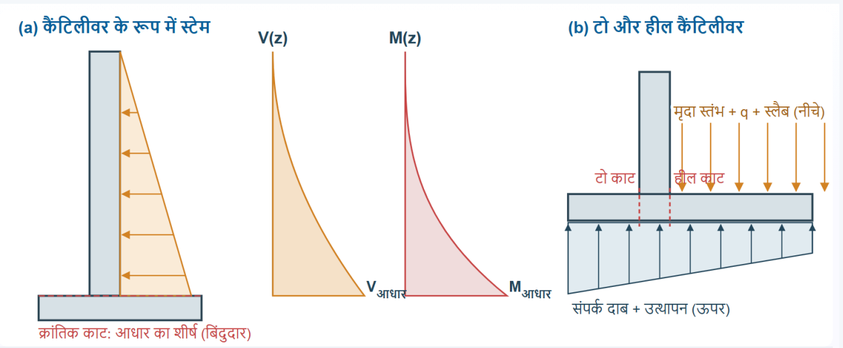
$$V_{st} = K_a\left(\tfrac{1}{2}\gamma H^2 + qH\right) \qquad M_{st} = K_a\left(\frac{\gamma H^3}{6} + \frac{qH^2}{2}\right)$$

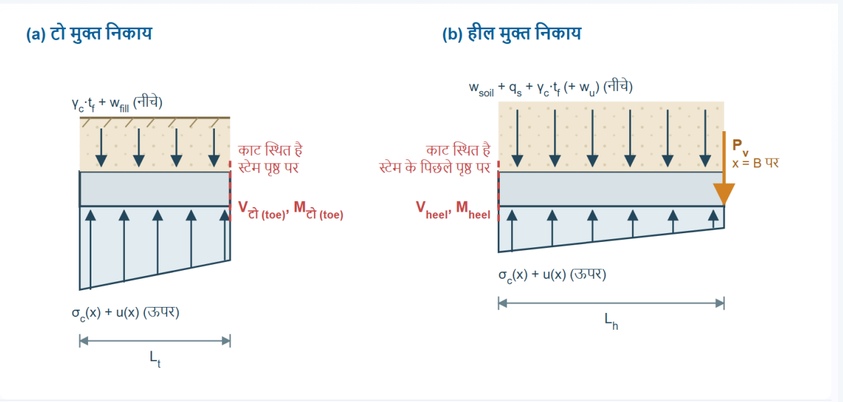
भूकंप में: $V_E = V + \Delta P_{AE,st} + k_h W_{body}$, $M_E = M + \Delta P_{AE,st}(0.6H) + k_h W_{body}\bar{z}$ ($\Delta P_{AE,st} = K_{AE}(\tfrac{1}{2}\gamma H^2 + qH) - V_{st}$)। **टो और हील** स्टेम के फलकों पर आबद्ध (फ़िक्स्ड) स्लैब हैं; भार = आधार प्रतिबल – स्लैब और उसके ऊपर की मृदा का भार:

$$V_{toe} = L_t\frac{q_0 + q_L}{2} - w_{toe}L_t \qquad M_{toe} = \frac{L_t^2(2q_0 + q_L)}{6} - \frac{w_{toe}L_t^2}{2}$$

$$V_{heel} = w_h L_h - L_h\frac{q_a + q_b}{2} \qquad M_{heel} = \frac{w_h L_h^2}{2} - \frac{L_h^2(q_a + 2q_b)}{6}$$

$w_{toe} = \gamma_c t_f + \gamma h_p$; $w_h = \gamma H + q + \gamma_c t_f$; q_0, q_L, q_a, q_b क्रांतिक काटों पर आधार प्रतिबल हैं (रैखिक वितरण)।





प्रश्न

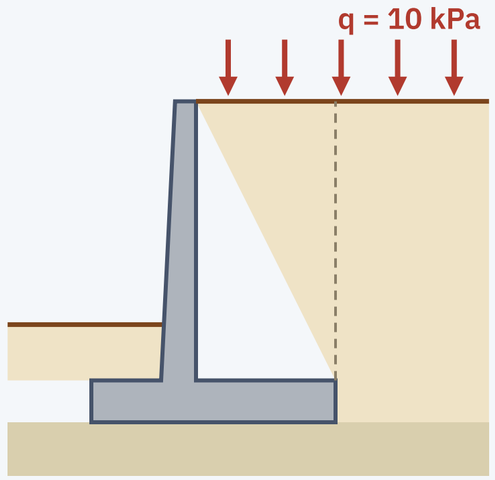
उदाहरण

ज्ञात करना है

स्टेम के तल पर **V** और **M**: स्थैतिक और भूकंप की स्थिति में।

दिया गया है

दीवार और मृदा	**उदाहरण 1–5 की दीवार:** $H = 4.0$ **m;** $\gamma = 18$ kN/m^3, $\varphi' = 30^\circ$**;** $q = 10$ **kPa; स्टेम:** $t_t = 0.30$, $t_b = 0.50$ **m**
भूकंप	$k_h = 0.15$ $(K_{AE} = 0.4329)$



हल (1/2)

हल

1 स्थैतिक (स्टेम के आधार पर, H = 4.0 m)

$$V_{st} = K_a\left(\tfrac{1}{2}\gamma H^2 + qH\right) = 0.3333(144 + 40) = \mathbf{61.33}\ \text{kN/m}$$

$$M_{st} = K_a\left(\frac{\gamma H^3}{6} + \frac{qH^2}{2}\right) = 0.3333(192 + 80) = \mathbf{90.67}\ \text{kN·m/m}$$

हल (2/2)

हल

2 भूकंप: भूकंपीय वृद्धि और दीवार की जड़ता

$$\Delta P_{AE,st} = K_{AE}(184) - V_{st} = 79.66 - 61.33 = 18.33 \text{ kN/m} \quad (0.6H = 2.40 \text{ m})$$

$$k_h W_{st} = 0.15(24)(1.2 + 0.4) = 5.76 \text{ kN/m}; \quad M_i = 10.56 \text{ kN·m/m}$$

3 कुल भूकंप प्रभाव

$$V_E = 61.33 + 18.33 + 5.76 = \mathbf{85.42} \text{ kN/m}$$

$$M_E = 90.67 + 18.33(2.40) + 10.56 = \mathbf{145.21} \text{ kN·m/m}$$

स्टेम के तल पर स्थैतिक **V = 61.33 kN/m, M = 90.67 kN·m/m**; भूकंप **V_E = 85.42, M_E = 145.21** (आघूर्ण में 60% वृद्धि)। प्रबलित कंक्रीट का आकार निर्धारण इन प्रभावों से किया जाता है।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

प्रश्न

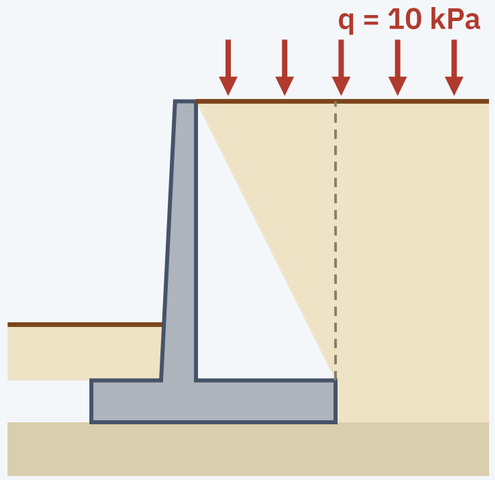
उदाहरण

ज्ञात करना है

टो और हील स्लैब के स्टेम फलक पर **V** और **M** मान (स्थैतिक); भूकंप मान।

दिया गया है

आधार प्रतिबल (उदाहरण 4)	$q_{max} = 100.22$ **(टो),** $q_{min} = 41.20$ **kPa (हील का सिरा);** $B = 3.5$ **m**
स्लैब भार	$L_t = 1.00$, $L_h = 2.00$ **m,** $t_b = 0.50$ **m,** $t_f = 0.60$ **m;** $\gamma_c = 24$**; सामने का भराव** $h_p = 0.8$ **m**



हल (1/2)

हल

1 क्रांतिक काटों पर आधार प्रतिबल (रैखिक): टो पर q_0, स्टेम के मुख पर q_L और q_a, हील के सिरे पर q_b

$$q_0 = 100.22 \qquad q_L = q_0 + (q_{min} - q_0)\frac{L_t}{B} = 83.36$$

$$q_a = q_0 + (q_{min} - q_0)\frac{L_t + t_b}{B} = 74.93 \qquad q_b = 41.20 \text{ kPa}$$

2 टो (w_{toe} = 24(0.60) + 18(0.80) = 28.8 kPa)

$$V_{toe} = 1.00\frac{100.22 + 83.36}{2} - 28.8(1.00) = \mathbf{62.99} \text{ kN/m}$$

$$M_{toe} = \frac{1^2(2\cdot 100.22 + 83.36)}{6} - \frac{28.8(1)^2}{2} = \mathbf{32.90} \text{ kN·m/m}$$

हल (2/2)

हल

3 हील (w_h = 18(4.0) + 10 + 24(0.60) = 96.4 kPa; भार नीचे की ओर, आधार प्रतिबल ऊपर की ओर)

$$V_{heel} = 96.4(2.00) - 2.00\frac{74.93+41.20}{2} = \mathbf{76.67}\ \text{kN/m}$$

$$M_{heel} = \frac{96.4(2)^2}{2} - \frac{2^2(74.93+2\cdot 41.20)}{6} = \mathbf{87.92}\ \text{kN·m/m}$$

टो: **V = 62.99, M = 32.90**; हील: **V = 76.67, M = 87.92** (टो ऊपर की ओर मुड़ता है, हील नीचे की ओर मुड़ती है)। भूकंप में (आंशिक संपर्क, मॉड्यूल): टो V = 115.33, M = 62.83; हील V = 138.28, M = 168.69: **हील आघूर्ण 1.9 गुना बढ़ जाता है**।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

सरलीकृत शीयर की विधि

सिद्धांत

आधार का घर्षण अपर्याप्त होने पर आधार के नीचे अविक्षुब्ध मृदा में एक **शीयर की** ढाली जाती है; शीयर की का अगला फलक अपने सामने की मृदा का निष्क्रिय प्रतिरोध सर्पण सतह में जोड़ता है। विधि जान-बूझकर सरल रखी गई है: शीयर की के फलक पर **मोबिलाइज़्ड** दाब $K_{mob}\sigma'_v$ माना जाता है और सर्पण में उसे पूरा गिना जाता है; शीयर की के **आंतरिक बल** (काट पर प्रभाव) **सकल पूर्ण निष्क्रिय** आरेख से ज्ञात किए जाते हैं:

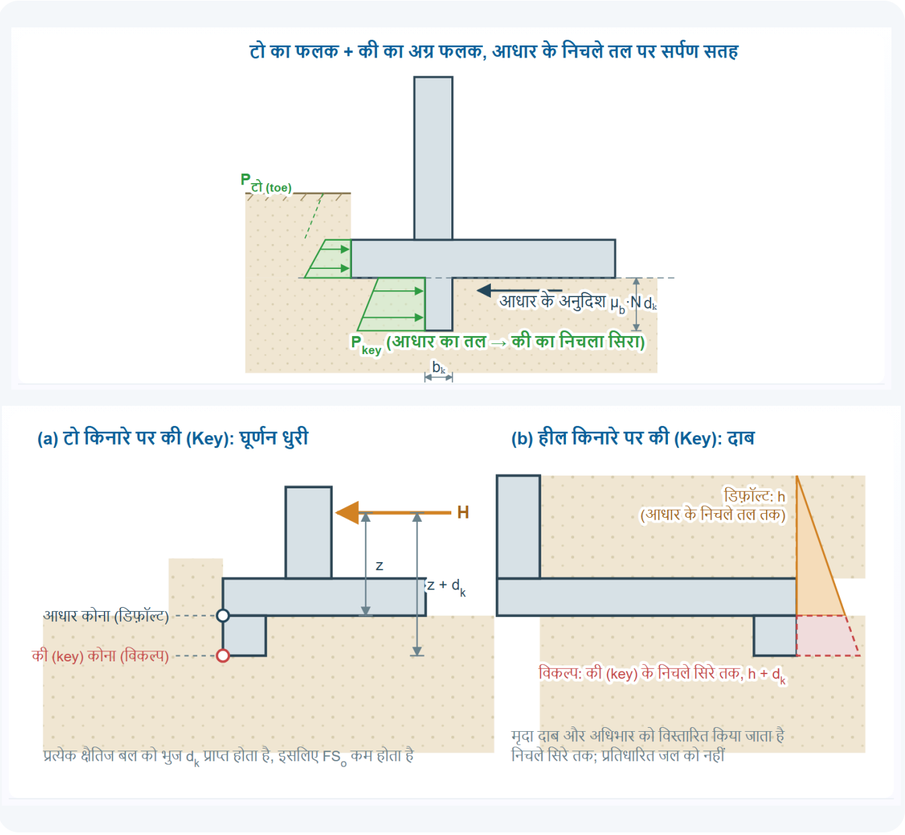
$$P_{key} = \tfrac{1}{2}\,(p_{top} + p_{bot})\,d_k \quad (p = K_{mob}\sigma'_v) \qquad V_{key} = \tfrac{1}{2}\,(p^g_{top} + p^g_{bot})\,d_k \quad (p^g = K_p\sigma'_v)$$

$$M_{key} = p^g_{top}\frac{d_k^2}{2} + (p^g_{bot} - p^g_{top})\,\frac{d_k^2}{3}$$

शीयर की का भार (N_{eff} में) स्थैतिक और भूकंप दोनों स्थितियों में सम्मिलित है। निष्क्रिय प्रतिरोध **केवल सर्पण में** प्रयुक्त होते हैं; भूकंप में दोनों को $\eta_{p,E}$ से गुणा किया जाता है (डिफ़ॉल्ट 0, अर्थात् कोई क्रेडिट नहीं)।

घूर्णन केंद्र: टो किनारे पर स्थित शीयर की की स्थिति में उलटाव की धुरी के रूप में आधार स्लैब का सामने का निचला कोना (डिफ़ॉल्ट) या की का सामने का निचला कोना चुना जा सकता है; हील किनारे पर स्थित की की स्थिति में सक्रिय दाब को की के सिरे तक बढ़ाया जा सकता है।

$\Delta FS = P_{key}/\Sigma H_{drive}$ प्रत्येक स्थिति में रिपोर्ट किया जाता है।



प्रश्न

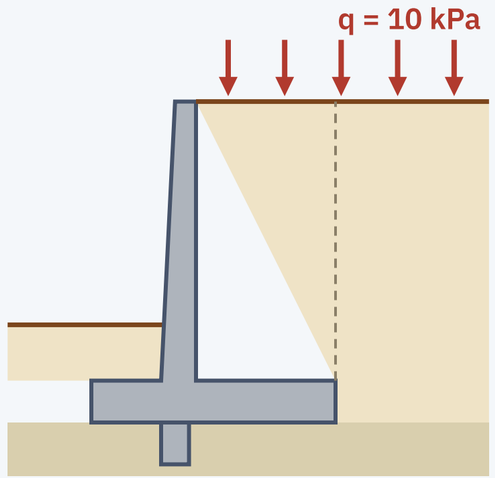
उदाहरण

दिया गया है

दीवार	**उदाहरण 1–5 की दीवार; टो के किनारे के निकट शीयर की:** $x_k = 1.0$ **m,** $b_k = 0.40$ **m,** $d_k = 0.60$ **m (आधार के नीचे)**
मृदा	$\gamma = 18$ kN/m^3, $\varphi' = 30°$**; सामने की मृदा** $D_f = 1.4$ **m (आधार के नीचे 2.0 m);** $w = 1/3$ **(**$K_{mob} = 1.333$**)**
भूकंप	$\eta_{p,E} = 0$ **(डिफ़ॉल्ट) और** $\eta_{p,E} = 0.5$

ज्ञात करना है

शीयर की प्रतिरोध P_{key}, स्थैतिक FS_s; शीयर की के आंतरिक बल V_{key}, M_{key}; भूकंप में $\eta_{p,E}$ का प्रभाव।



हल (1/2)

हल

1 शीयर की के फलक पर संयुक्त दाब ($\sigma'_v = 18\,z$; $z = 1.4 \to 2.0$ m)

$$p_{top} = K_{mob}(25.2) = 33.6 \qquad p_{bot} = K_{mob}(36.0) = 48.0 \text{ kPa}$$

$$P_{key} = \tfrac{1}{2}(33.6 + 48.0)(0.60) = \mathbf{24.48} \text{ kN/m}$$

2 स्थैतिक सर्पण (शीयर की का भार 5.76 kN/m, N में सम्मिलित है; टो निष्क्रिय 23.52 को श्रेय दिया गया है)

$$N_{eff} = 253.25 \qquad \mu_b N = 139.29 \text{ kN/m}$$

$$FS_s = \frac{139.29 + 23.52 + 24.48}{78.81} = \mathbf{2.376} \quad (\text{बिना शीयर की } 2.066)$$

हल (2/2)

हल

3 शीयर की (दाँत) के काट-बल: सकल पूर्ण निष्क्रिय (K_p = 3.00): p^g_{top} = 75.6; p^g_{bot} = 108.0 kPa

$$V_{key} = \tfrac{1}{2}(75.6 + 108.0)(0.60) = \mathbf{55.08}\ \text{kN/m}$$

$$M_{key} = 45.36(0.30) + 9.72(0.40) = \mathbf{17.50}\ \text{kN·m/m}$$

शीयर की के कारण स्थैतिक सर्पण सुरक्षा 2.07 से बढ़कर **2.38** हो गई (ΔFS = 0.31)। भूकंप में $\eta_{p,E}$ = 0 होने पर शीयर की का **कोई योगदान नहीं गिना जाता**; $\eta_{p,E}$ = 0.5 के साथ $FS_{s,E}$ 0.98 → **1.16** हो जाता है (≥ 1.1 पूरा होता है), परंतु उत्केंद्रता (0.80 m > B/6) बनी रहती है: इसीलिए उदाहरण 6 का ज्यामितीय परिवर्तन अधिक प्रभावी है।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

दोनों ओर द्रवस्थैतिक जल, आधार पर रैखिक उत्थापन

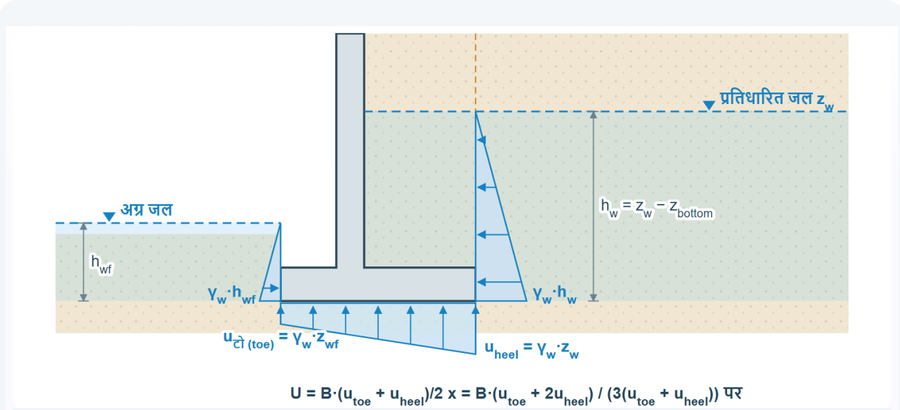
सिद्धांत

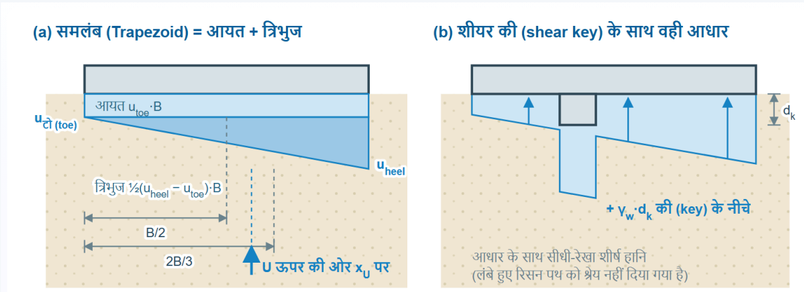
जल दाब समदैशिक होता है और प्रत्येक सतह पर लंबवत कार्य करता है। मुक्त पिंड अपनी तीन सीमाओं पर जल से घिरा होता है: पश्च दाब तल, दीवार की सामने की सतह और आधार के नीचे का तल। इनमें से प्रत्येक बल तालिका में अलग मद है; मृदा का भार कुल प्रतिबल के आधार पर लिया जाता है (γ_{sat}):

$$U_{rear} = \tfrac{1}{2}\gamma_w h_w^2 \;\; (h_w/3) \qquad U = \frac{B(u_{toe} + u_{heel})}{2} \qquad x_U = \frac{B(u_{toe} + 2u_{heel})}{3(u_{toe} + u_{heel})}$$

उत्थापन ऊपर की ओर कार्य करता है: यह N (और घर्षण) को घटाता है, उलटाव आघूर्ण जोड़ता है। आधार के नीचे का दाब टो और हील पर जल भारों के बीच रैखिक रूप से बदलता है।

भूकंप की स्थिति में मुक्त रंध्र जल का द्रवगतिक दाब $(7/12)k_h\gamma_w h_w^2$ $(0.4h_w)$ अलग से जोड़ा जाता है।





प्रश्न

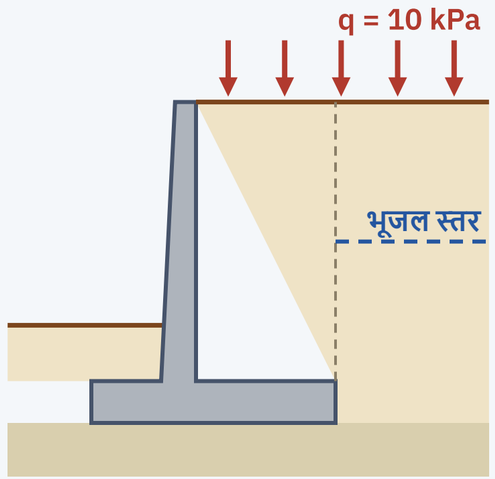
उदाहरण

ज्ञात करना है

बल तालिका; FS_s, FS_o, e, q_{max}; जल का प्रभाव।

दिया गया है

दीवार और मृदा	**उदाहरण 1–4 की दीवार और भराव** ($\gamma = 18$, $\gamma_{sat} = 20$ kN/m^3)**; स्थैतिक स्थिति**
जल	**भराव में भूजल स्तर दीवार के शीर्ष से 2.0 m नीचे है; आधार के नीचे रैखिक उत्थापन**



हल (1/2)

हल

1 बल तालिका (मॉड्यूल; $M = xF_z - zF_x$, उलटाव +)

मद	F_x (kN/m)	F_z (kN/m)	x (m)	z (m)	M (kN·m/m)
दीवार	0.00	−88.80	1.55	1.22	−137.96
हील ब्लॉक (γ_{sat} के साथ)	0.00	−152.00	2.50	2.55	−380.00
Q_{heel} (उपयोग नहीं किया जाता)	0.00	−20.00	2.50	4.60	−50.00
अग्र भराव	0.00	−14.69	0.51	1.00	−7.49
मृदा प्रणोद P_A	−54.68	0.00	3.50	1.64	89.71
अधिभार प्रणोद P_Q	−15.33	0.00	3.50	2.30	35.27
पश्च जल प्रणोद	−33.16	0.00	3.50	0.87	28.74
उत्थापन	0.00	44.64	2.33	0.00	104.15
अग्र प्रतिरोध	23.52	0.00	0.00	0.47	−10.98

हल (2/2)

हल

2 जाँचें

$$N = 210.85 \text{ kN/m} \quad FS_s = \frac{116.0 + 23.5}{103.2} = \mathbf{1.352} \quad FS_o = \frac{525.5}{257.9} = \mathbf{2.038}$$

$$e = 0.481 \text{ m } (\leq B/6 = 0.583) \qquad q_{max} = 109.9 \text{ kPa} \qquad q_{min} = 10.6 \text{ kPa}$$

जल ने सर्पण सुरक्षा को 2.03 → **1.35** (< 1.5 ✗), उलटाव सुरक्षा को 3.81 → **2.04** और e को 0.243 → 0.481 m में बदल दिया; उत्थापन ने N को 44.6 kN/m घटा दिया। **स्थैतिक सर्पण की शर्त पूरी नहीं होती**: जल निकास (ड्रेनेज), शीयर की या अधिक चौड़ा आधार आवश्यक है।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

स्टेम पर भार घटाने वाला कैंटिलीवर स्लैब

सिद्धांत

रिलीफ शेल्फ स्टेम के पृष्ठ से पश्चभराव में फैला हुआ प्रबलित कंक्रीट का स्लैब है; इसका उपयोग ऊँची दीवारों में (स्टेम का आघूर्ण H^3 के साथ बढ़ता है) या अपर्याप्त दीवार को सुदृढ़ करने के लिए किया जाता है। इसके तीन प्रभाव हैं: (1) यह अपने ऊपर की मृदा का भार वहन करती है; (2) यह अपने नीचे के स्टेम को **राहत पहुँचाती है**: शेल्फ के नीचे स्वयं के भार का दाब नए सिरे से आरंभ होता है; (3) यह दीवार पर भार जोड़ती है।

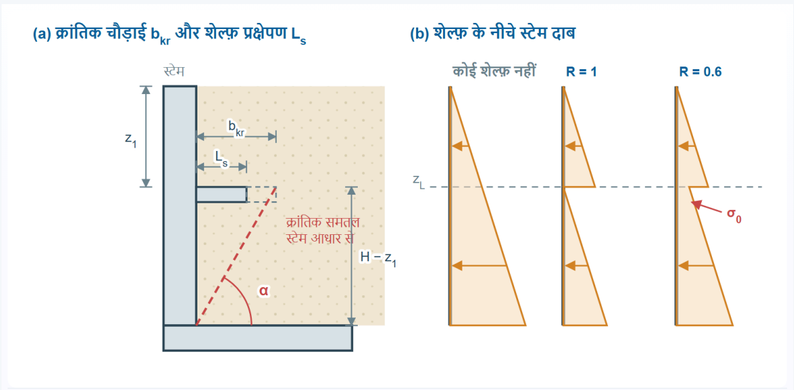
रिलीफ शेल्फ तभी पूर्ण रूप से प्रभावी होती है जब उसका सिरा स्टेम की पीठ के नीचे से ऊपर उठने वाले **क्रांतिक सर्पण तल** तक पहुँचे (Rankine, क्षैतिज पश्चभराव: $\alpha = 45° + \varphi'/2$)। शेल्फ की आवश्यक क्रांतिक चौड़ाई और रिलीफ अनुपात:

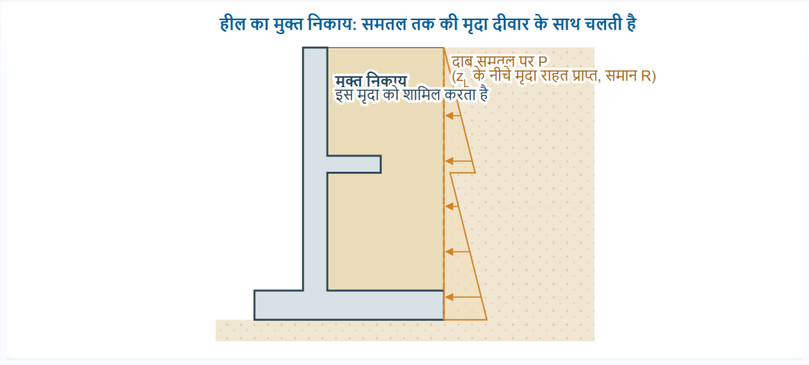
$$b_{kr} = (H - z_1)\,(\cot\alpha - \tan\beta_w) \qquad R = \min\left(\frac{L_s}{b_{kr}}, 1\right)$$

$$p(z) = K\,[\sigma'_v(z) - R\,\sigma'_v(z_L)] \qquad z > z_L \;\text{ (कैंटिलीवर के नीचे)}$$

R = 1: दो अलग त्रिभुज (पूर्ण राहत); R < 1: आंशिक राहत, रिलीफ शेल्फ रहित दीवार और पूर्ण राहत वाली दीवार के बीच रैखिक अंतर्वेशन। केवल स्थैतिक **मृदा भार** दाब में राहत मिलती है; अधिभार, जल और भूकंप वृद्धि में राहत नहीं मिलती।

कैंटिलीवर के भार का स्टेम के सापेक्ष आघूर्ण स्टेम के पक्ष में नहीं गिना जाता (सुरक्षित पक्ष में); कैंटिलीवर अपने भार के अंतर्गत एक पृथक कैंटिलीवर है (M_{root})।





प्रश्न

उदाहरण

दिया गया है

दीवार और मृदा	**उदाहरण 1–4 की दीवार (H = 4.0 m; स्थैतिक); क्षैतिज भराव,** $\varphi' = 30^\circ$
कैंटिलीवर	**रिलीफ शेल्फ के तल की गहराई** $z_1 = 2.15$ **m (दीवार के शीर्ष से), प्रक्षेपण** $L_s = 1.00$ **m, मोटाई** $t_s = 0.30$ **m**

ज्ञात करना है

क्रांतिक कोण α, क्रांतिक चौड़ाई b_{kr}, **R**; स्टेम के आधार पर V, M का परिवर्तन; बाह्य स्थिरता।

हल (1/2)

हल

1 क्रांतिक तल और चौड़ाई (ऊर्ध्वाधर पृष्ठ: $\beta_w = 0$)

$$\alpha = 45^\circ + \frac{\varphi'}{2} = 60.0^\circ \qquad b_{kr} = (4.0 - 2.15)\cot 60^\circ = 1.068 \text{ m}$$

$$R = \min(1.00/1.068,\ 1) = \mathbf{0.9362} \ \ (\text{आंशिक राहत})$$

2 स्टेम के आधार पर प्रभाव (रिलीफ शेल्फ के बिना → रिलीफ शेल्फ सहित)

$$V:\ 61.33 \rightarrow 38.99 \text{ kN/m} \ \ (-\%36.4)$$

$$M:\ 90.67 \rightarrow 70.00 \text{ kN·m/m} \ \ (-\%22.8)$$

हल (2/2)

हल

3 कैंटिलीवर भार और बाह्य स्थिरता (दाब तल में समान रिलीफ़)

$$W_{soil} = 43.3 \text{ kN/m}, \quad W_{self} = 7.2 \text{ kN/m}, \quad M_{root} = 25.25 \text{ kN·m/m}$$

$$FS_s: \ 2.03 \rightarrow 3.26 \qquad FS_o: \ 3.81 \rightarrow 5.28 \qquad e: \ 0.243 \rightarrow 0.094 \text{ m}$$

रिलीफ शेल्फ (L_s = 1.00 m < b_{cr} = 1.07 m: R = 0.94) स्टेम के आधार पर अपरूपण बल को 36% और आघूर्ण को 23% घटाता है; शेल्फ पर आने वाला भार और उसका स्वयं का भार दीवार में जुड़ जाते हैं: सर्पण FS 2.03 → 3.26, उत्केंद्रता 0.243 → 0.094 m। रिलीफ शेल्फ को अपनी जड़ पर M_{root} = 25.3 kN·m/m के लिए भी डिज़ाइन किया जाता है।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

हल का दायरा

सिद्धांत

बाह्य स्थिरता दीवार को एक ही दृढ़ खंड मानती है; **काट पर आंतरिक बल** (स्टेम, टो, हील, रिलीफ शेल्फ, शीयर की) इस मॉड्यूल द्वारा दिए गए प्रभावों से प्राप्त किए जाते हैं; प्रबलित कंक्रीट डिज़ाइन (इस्पात सुदृढ़ीकरण, अपरूपण) इस प्रस्तुति के दायरे से बाहर है।

संसंजनहीन भराव ($c' = 0$); एक परत, समतल या एकल ढलान वाली सतह; जल स्तर समतल और जलस्थैतिक; अधिभार एकसमान वितरित (स्ट्रिप और बिंदु पार्श्व दाब Boussinesq द्वारा जोड़े जाते हैं)।

आधार घर्षण $\mu_b = \tan \delta_b$; आसंजन नहीं। सामने का निष्क्रिय प्रतिरोध केवल सर्पण में प्रयुक्त होता है, उलटाव और धारण क्षमता में नहीं; भूकंप में $\eta_{p,E}$ के साथ (डिफ़ॉल्ट 0)।

छद्म-स्थैतिक भूकंप: Mononobe–Okabe + जड़त्व + हाइड्रोडायनामिक जल; यदि $k_v > 0$ है तो दोनों दिशाओं का विश्लेषण किया जाता है।

रिलीफ शेल्फ और शीयर की सरलीकृत विधियों से मॉडल किए जाते हैं (शेल्फ: आंशिक/पूर्ण राहत, की: संयुक्त निष्क्रिय); समग्र स्थिरता और सेटलमेंट कार्यक्षेत्र से बाहर हैं।

सारांश

याद रखने योग्य बिंदु

दीवार: आधार स्लैब + स्टेम; $W_c = \Sigma \gamma_c A_i$; **हील ब्लॉक** और सामने का भराव दीवार के साथ गति करते हैं; दाब नींव के पिछले किनारे के ऊर्ध्वाधर तल पर कार्य करता है ($h = t_f + H$); Q_{heel} किसी भी जाँच में शामिल नहीं होता

जाँच उसी बल तालिका से: $FS_s = (\mu_b N + P_P)/\Sigma H$, $FS_o = \Sigma M_{res}/\Sigma M_{ov}$, x_R, e, $q = V/B(1 \pm 6e/B)$; यदि $|e| > B/6$ हो तो $q_{max} = 2V/(3x_R)$

भूकंप: P_{AE} (Mononobe–Okabe) + ΔP_{AE} 0.6h पर + $k_h W$ जड़त्व बल; उदाहरण की दीवार भूकंप में **सर्पण और उत्केंद्रता में विफल** रहती है, चौड़े टो/हील के साथ संशोधित करने पर शर्त पूरी होती है

काट के आंतरिक बल: स्टेम $V = K_a(\frac{1}{2}\gamma H^2 + qH)$, $M = K_a(\gamma H^3/6 + qH^2/2)$; टो और हील, स्टेम फलक पर फ़िक्स्ड: आधार प्रतिबल – स्लैब और मृदा का भार

शीयर की: P_{key} संयुक्त निष्क्रिय दाब से (सर्पण में), V, M सकल K_p से; भूकंप में $\eta_{p,E}$ के साथ

रिलीफ शेल्फ: $b_{kr} = (H - z_1)(\cot \alpha - \tan \beta_w)$, $R = \min(L_s/b_{kr}, 1)$; शेल्फ के नीचे मृदा भार का दाब पुनः आरंभ हो जाता है; जल और अधिभार में कमी नहीं होती

जल: γ_{sat} के साथ भार + पृथक पश्च जल प्रणोद; उत्थापन N को घटाता है और उलटाव जोड़ता है (उदाहरण में स्थैतिक सर्पण की शर्त पूरी नहीं होती)

संदर्भ

टूल के तीन सिद्धांत और स्रोत जिनके बंद रूपों (Ka, Kp, KAE) की प्रस्तुति का मैनुअल पालन करता है। जो कुछ भी उनसे व्युत्पन्न नहीं है, वह इस मॉड्यूल की एक मान्यता है और पाठ में इस रूप में चिह्नित है।

Coulomb C.A. (1776) Essai sur une application des règles de maximis et minimis à quelques problèmes de statique relatifs à l'architecture. Mémoires de l'Académie Royale des Sciences 7, Paris.

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

Mononobe N., Matsuo H. (1929) On the determination of earth pressures during earthquakes. Proceedings of the 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).

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

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 = 4 m, q = 10 kPa, k_h = 0.15)।

GeoTerva

ऑनलाइन भू-तकनीकी गणनाएँ

सिद्धांत से अनुप्रयोग तक

अपनी दीवार का स्टेम, आधार स्लैब, पश्चभराव, जल, भूकंपीय गुणांक, शीयर की और रिलीफ शेल्फ GeoTerva में दर्ज करें; मॉड्यूल बल तालिका, जाँचें और काट पर आंतरिक बल एक साथ देता है।

मॉड्यूल खोलें →

सिद्धांत पृष्ठ →

फ़ोन पर खोलें

नमूना मॉड्यूल के लिए पंजीकरण आवश्यक नहीं है।