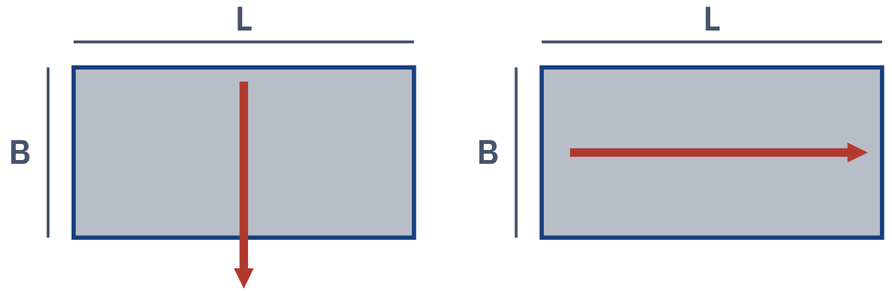
GeoTerva

भू-तकनीकी व्याख्यान स्लाइड · नींव

Vesic धारण क्षमता समीकरण

व्याख्यान: Vesic द्वारा अपनाए गए गुणांक और उनका अपना योगदान: फ़ुटिंग के आकार और भार की दिशा को ध्यान में रखने वाला झुकाव घातांक, आधार झुकाव और भूमि ढलान; प्रत्येक विषय पर हल किया गया उदाहरण।

- झुकाव घातांक m
- झुका हुआ भार
- आधार-झुकाव
- भूमि का ढलान
- Meyerhof से संपात
- हल किए गए उदाहरण



भार B के समानांतर
$m = m_B = 1{,}667$

भार L के समानांतर
$m = m_L = 1{,}333$

परिचय

इस व्याख्यान में हम क्या सीखेंगे?

Vesic समीकरण कौन-से गुणांक अपनाता है और कौन-से **उसके अपने** हैं, इसमें अंतर करना

झुकाव गुणांकों में **घातांक m** की गणना फ़ुटिंग के B/L अनुपात और भार की दिशा के अनुसार करना

वास्तविक भार h और v से **झुकाव गुणांक** ज्ञात करना और सर्पण सीमाओं की जाँच करना

आधार झुकाव और **भूमि ढलान** गुणांकों (Vesic रूप) को लागू करना; Hansen के गुणांकों से उनकी तुलना करना

अनपवाहित ($\varphi = 0$) रूप और भूजल स्थितियों को संभालना

भार-झुकाव, आधार-झुकाव और भूमि ढलान के अभाव में समीकरण **Meyerhof के सामान्य समीकरण** में बदल जाता है, यह देखना

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 फ़ुटिंग, मॉड्यूल का प्रारंभिक मॉडल: रेत में 1.2 m × 1.2 m वर्गाकार फ़ुटिंग, D_f = 1 m, भूजल स्तर 0.5 m, c = 0, φ' = 32° l

अपनाए गए और स्वयं के गुणांक

सिद्धांत

Vesic समीकरण की संरचना Hansen समीकरण के **समान** है: प्रत्येक पद में आकृति, गहराई, भार-झुकाव, आधार-झुकाव और ढलान संशोधन:

$$q_u = c\,N_c\,F_{cs}F_{cd}\,i_c b_c g_c + q\,N_q\,F_{qs}F_{qd}\,i_q b_q g_q + \tfrac{1}{2}\gamma B\,N_\gamma\,F_{\gamma s}F_{\gamma d}\,i_\gamma b_\gamma g_\gamma$$

Vesic ने **सब कुछ पुनः व्युत्पन्न नहीं किया**: उन्होंने **De Beer के आकृति** और **Hansen के गहराई** गुणांकों को जस का तस ले लिया; N_γ भी उनका संवृत रूप है: $N_\gamma = 2(N_q + 1)\tan\varphi$।

स्वयं का योगदान: भार-झुकाव गुणांक (जिनका घातांक फ़ुटिंग के आकार और भार की दिशा पर निर्भर है) तथा आधार-झुकाव और ढलान गुणांक।

भार के झुकाव, आधार के झुकाव और भूमि के ढलान के न होने पर (मॉड्यूल के डिफ़ॉल्ट) i = b = g = 1 होता है और समीकरण **Meyerhof के सामान्य समीकरण से हू-ब-हू समान** है।

गुणांकों का स्रोत

गुणांक	स्रोत
N_c, N_q	Prandtl, Reissner
N_γ	Vesic
F_s (आकृति)	De Beer
F_d (गहराई)	Hansen
i (ढलान)	**Vesic**
b (आधार का झुकाव)	**Vesic**
g (भूमि का ढलान)	**Vesic**

प्रश्न

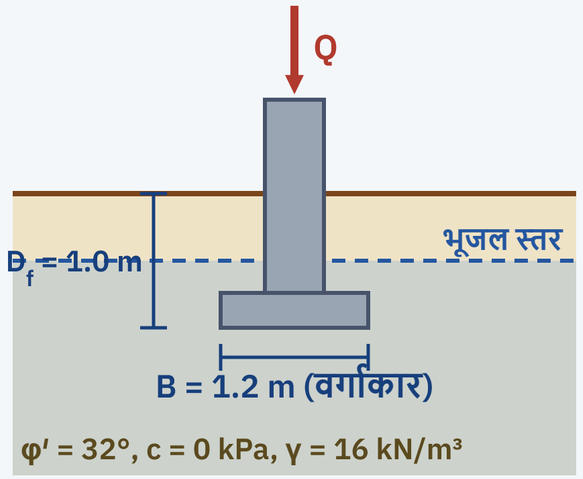
उदाहरण

दिया गया है

नींव	**वर्गाकार, B = L = 1.2 m, आधार की गहराई D_f = 1.0 m**
मृदा	**रेत:** $\varphi' = 32^\circ,\ c = 0$
इकाई भार	$\gamma = 16$ kN/m^3 **(ऊपर),** $\gamma_{sat} = 19.5$ kN/m^3 **(भूजल स्तर के नीचे)**
भार	**ऊर्ध्वाधर, केंद्रीय**

ज्ञात करना है

N_c, N_q, N_γ के साथ F_{cs}, F_{qs}, $F_{\gamma s}$ और F_{qd}, F_{cd} के मान ज्ञात कीजिए।



हल

हल

1 धारण क्षमता गुणांक ($\varphi' = 32°$, $\tan 32° = 0.6249$)

$$N_q = e^{\pi \tan 32^\circ} \tan^2(61^\circ) = 23.18 \qquad N_c = \frac{23.18 - 1}{0.6249} = 35.49$$

$$N_\gamma = 2(23.18 + 1)(0.6249) = \mathbf{30.21}$$

2 आकृति गुणांक (De Beer; B/L = 1)

$$F_{cs} = 1 + \frac{23.18}{35.49} = \mathbf{1.653} \qquad F_{qs} = 1 + \tan 32^\circ = \mathbf{1.625} \qquad F_{\gamma s} = 1 - 0.4 = \mathbf{0.600}$$

3 गहराई गुणांक (Hansen; $D_f/B = 1.0/1.2 = 0.833 \le 1$)

$$F_{qd} = 1 + 2(0.6249)(0.2210)(0.833) = \mathbf{1.230} \qquad F_{cd} = F_{qd} - \frac{1 - F_{qd}}{N_c \tan \varphi} = \mathbf{1.241}$$

Meyerhof की प्रस्तुति के गुणांकों के **समान** हैं: Vesic ने इन्हें नहीं बदला।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

फ़ुटिंग की आकृति और भार की दिशा को ध्यान में रखने वाला घातांक

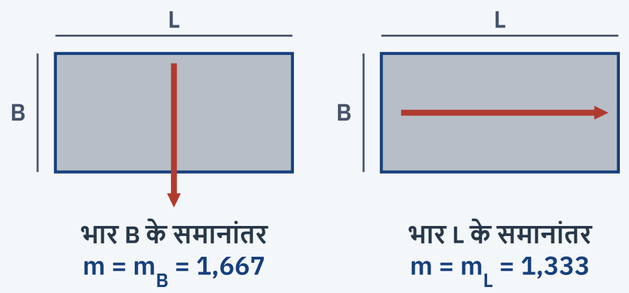
सिद्धांत

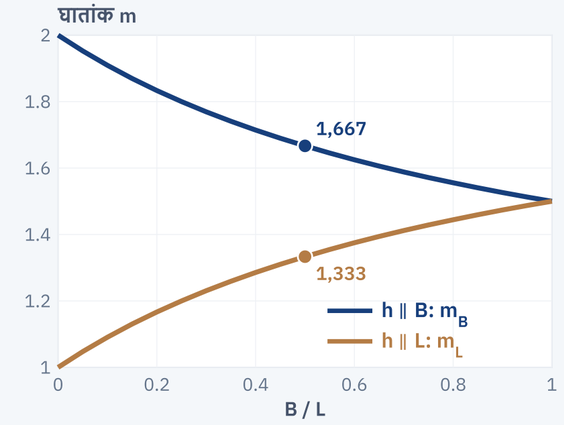
Meyerhof के झुकाव गुणांकों में घातांक स्थिर है (2), Hansen के गुणांकों में भी (5)। Vesic का घातांक फ़ुटिंग के **B/L अनुपात** पर और इस पर निर्भर करता है कि क्षैतिज भार **किस किनारे के समानांतर** है:

$$m_B = \frac{2 + B/L}{1 + B/L} \quad (h \parallel B) \qquad m_L = \frac{2 + L/B}{1 + L/B} \quad (h \parallel L)$$

स्ट्रिप फ़ुटिंग (B/L → 0): $\mathbf{m_B = 2}$, $\mathbf{m_L = 1}$। वर्गाकार फ़ुटिंग में दोनों दिशाएँ समान हैं: m = 1.5।

एक ही आयताकार फ़ुटिंग को दो दिशाओं में भारित करने पर m भिन्न होता है: **छोटी भुजा के समानांतर भार में घातांक बड़ा होता है**, गुणांक अधिक तेज़ी से घटते हैं। इस अनुभाग की अन्य विधियों में से कोई भी यह भेद नहीं करती।





प्रश्न

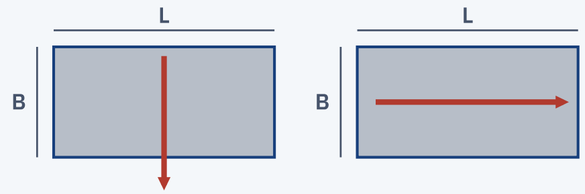
उदाहरण

दिया गया है

नींव	**(a) वर्ग 1.2 × 1.2 m · (b) स्ट्रिप · (c) आयत 1.2 × 2.4 m (B/L = 0.5)**
भार	**क्षैतिज घटक B के समानांतर और L के समानांतर**

ज्ञात करना है

प्रत्येक फ़ुटिंग और प्रत्येक दिशा के लिए **m** का मान ज्ञात कीजिए।



भार B के समानांतर
$m = m_B = 1{,}667$

भार L के समानांतर
$m = m_L = 1{,}333$

हल

हल

1 (a) वर्ग (B/L = 1) और (b) स्ट्रिप (B/L → 0)

$$\text{(a)}: \; m = \frac{2+1}{1+1} = \mathbf{1.500} \;\; \text{(दो दिशाओं में)}$$

$$\text{(b)}: \; m_B = \frac{2+0}{1+0} = \mathbf{2.000}, \quad m_L = \mathbf{1.000}$$

2 (c) आयत 1.2 × 2.4 m (B/L = 0.5; L/B = 2)

$$m_B = \frac{2+0.5}{1+0.5} = \mathbf{1.667} \qquad m_L = \frac{2+2}{1+2} = \mathbf{1.333}$$

उसी आयताकार फ़ुटिंग में भार छोटी भुजा के समानांतर हो तो m = 1.667, लंबी भुजा के समानांतर हो तो 1.333। भार छोटी भुजा की दिशा में हो तो झुकाव गुणांक $(1 - x)^m$ अधिक तेज़ी से घटता है: यह दिशा **अधिक प्रतिकूल** है।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

Vesic: $(1 - h/(v + c\cot\varphi))^{m}$

सिद्धांत

h = H/A और v = V/A, Hansen की तरह ही, **उसी भार स्थिति** के दाब हैं (v = q_{app}; h > 0 होने पर q_{app} आवश्यक है):

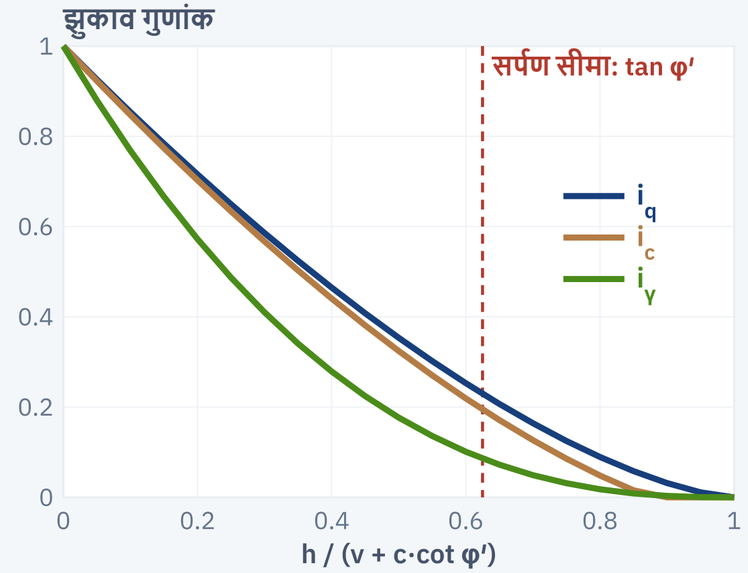
$$i_q = \left(1 - \frac{h}{v + c\cot\varphi}\right)^{m} \qquad i_\gamma = \left(1 - \frac{h}{v + c\cot\varphi}\right)^{m+1}$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}\ (\geq 0)$$

$$\varphi = 0: \quad i_c = 1 - \frac{m\,h}{c\,N_c}, \qquad i_q = i_\gamma = 1$$

h > v tan φ + c: आधार सर्पण करता है; मॉड्यूल चेतावनी देता है (सर्पण की अलग से जाँच की जाती है)। **h ≥ v + c cot φ** (φ = 0 पर **h ≥ c**): मॉड्यूल रुक जाता है।

i_c ऋणात्मक नहीं होता, उसे शून्य पर रोक दिया जाता है। ग्राफ़ में सर्पण सीमा रेखा h/(v + c cot φ) = tan φ है।



प्रश्न

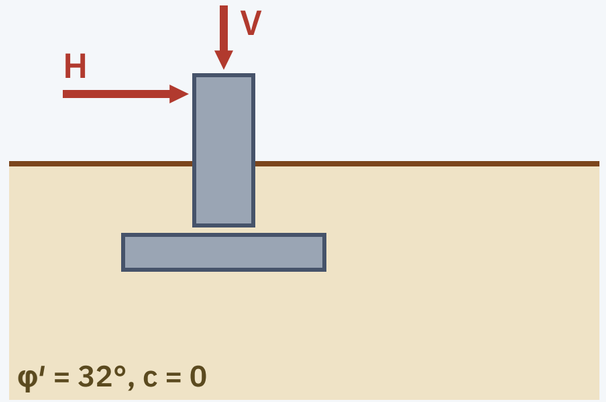
उदाहरण

दिया गया है

फ़ुटिंग, मृदा	**वर्गाकार 1.2 × 1.2 m,** $\varphi' = 32^\circ,\ c = 0$ **(मॉड्यूल का मॉडल);** $N_q = 23.18$
भार स्थिति	$v = q_{apply} = 150$ kPa, $h = 30$ kPa **(ek: 60, 90, 120)**
भार की दिशा	**वर्गाकार फ़ुटिंग: m = 1.5**

ज्ञात करना है

i_q, i_c, i_γ गुणांक ज्ञात कीजिए और सर्पण सीमा की जाँच कीजिए।



हल (1/2)

हल

1 अनुपात (c = 0: v + c cot φ = v = 150 kPa)

$$x = \frac{h}{v + c\cot\varphi} = \frac{30}{150} = \mathbf{0.200} \qquad m = 1.5$$

2 गुणांक

$$i_q = (1 - 0.2)^{1.5} = \mathbf{0.716} \qquad i_\gamma = (1 - 0.2)^{2.5} = \mathbf{0.572}$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1} = 0.716 - \frac{0.284}{22.18} = \mathbf{0.703}$$

3 सर्पण सीमा

$$v\tan\varphi + c = 150(0.6249) = \mathbf{93.7}\ \text{kPa} \geq h = 30 \Rightarrow \text{सर्पण नहीं}$$

($h \geq v = 150$ होने पर स्थिर रहता है)

हल (2/2)

हल

h (kPa)	h/(v + c cot φ)	i_c	i_q	i_γ	सर्पण जाँच
0	0.00	1.000	1.000	1.000	गुज़रता है
30	0.20	0.703	0.716	0.572	गुज़रता है
60	0.40	0.441	0.465	0.279	गुज़रता है
90	0.60	0.219	0.253	0.101	गुज़रता है
120	0.80	0.048	0.089	0.018	**चेतावनी: h > 93.7**

h = 30 kPa (v का 20%) q पद को **28%** और स्व-भार पद को **43%** घटा देता है। चूँकि घातांक m + 1 है, इसलिए **स्व-भार पद सदैव अधिक** प्रभावित होता है। यदि c = 5 kPa होता, तो v + c cot φ = 158.0 kPa और i_q = 0.729 होता।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

प्रश्न

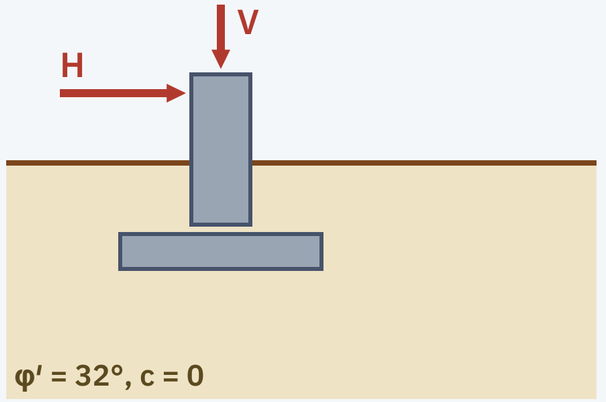
उदाहरण

दिया गया है

फ़ुटिंग, मृदा	**वर्गाकार 1.2 m,** $\varphi' = 32^\circ,\ c = 0$
भार स्थिति	$v = 150$ kPa, $h = 30$ kPa: **ऊर्ध्वाधर से** $\beta = \tan^{-1}(30/150) = 11.31^\circ$

ज्ञात करना है

Meyerhof, Hansen और Vesic विधियों से i_q और i_γ के मान ज्ञात कीजिए और उनकी तुलना कीजिए।



हल

हल

1 Meyerhof (कोण β के साथ), Hansen (x = h/v = 0.2) और Vesic (m = 1.5)

$$\text{Meyerhof}: F_{qi} = \left(1 - \frac{11.31}{90}\right)^2 = \mathbf{0.764}, \quad F_{\gamma i} = \left(1 - \frac{11.31}{32}\right)^2 = \mathbf{0.418}$$

$$\text{Hansen}: i_q = (1 - 0.5x)^5 = \mathbf{0.590}, \quad i_\gamma = (1 - 0.7x)^5 = \mathbf{0.470}$$

$$\text{Vesic}: i_q = (1 - 0.2)^{1.5} = \mathbf{0.716}, \quad i_\gamma = (1 - 0.2)^{2.5} = \mathbf{0.572}$$

	i_q	i_γ
Meyerhof	0.764	0.418
Hansen	0.590	0.470
Vesic	**0.716**	**0.572**

प्रत्येक गुणांक का प्रयोग उसके अपने N_γ और आकृति गुणांकों के साथ ही किया जाना चाहिए। Vesic का i_q मान Meyerhof के मान के निकट है, और i_γ मान तीनों में सबसे अधिक है।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

Vesic के अपने गुणांक

सिद्धांत

Vesic (1975) ने आधार झुकाव और भूमि झुकाव के लिए भी अपने गुणांक प्रस्तावित किए। φ > 0 के लिए संसंजन गुणांक अधिभार गुणांक से व्युत्पन्न किया जाता है (η और ω घातांक में रेडियन में):

$$b_q = b_\gamma = (1 - \eta \tan\varphi)^2 \qquad g_q = g_\gamma = (1 - \tan\omega)^2$$

$$\varphi > 0: \quad b_c = b_q - \frac{1 - b_q}{N_q - 1} \qquad g_c = g_q - \frac{1 - g_q}{N_q - 1}$$

$$\varphi = 0: \quad b_c = 1 - \frac{2\eta}{\pi + 2} \quad g_c = 1 - \frac{2\omega}{\pi + 2} \quad b_q = b_\gamma = 1$$

Hansen के b_q, b_γ गुणांक घातांकीय हैं ($e^{-2\eta \tan\varphi}$) और $g_q = (1 - 0.5 \tan\omega)^5$ है; छोटे कोणों पर ये निकट होते हैं, ω बढ़ने पर अलग होते जाते हैं (आलेख)।

यदि ω > φ है तो ढलान स्वयं संतुलन में नहीं है: मॉड्यूल रुक जाता है। η और ω अधिकतम 45° दर्ज किए जाते हैं ($(1 - \tan\omega)^2$ वहाँ शून्य हो जाता है)।



प्रश्न

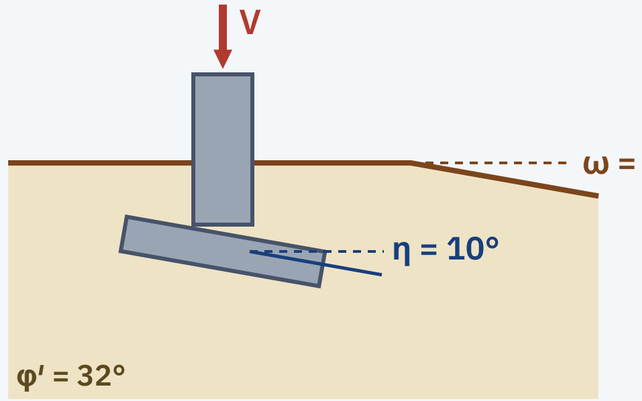
उदाहरण

दिया गया है

मृदा	$\varphi' = 32^\circ,\ \tan\varphi = 0.6249,\ N_q = 23.18$
आधार झुकाव	**η = 10° (0.1745 rad)**
भूमि ढलान	**ω = 10°**
तुलना	**Hansen गुणांक**

ज्ञात करना है

Vesic के b_c, b_q, b_γ और g_c, g_q, g_γ मान ज्ञात कीजिए; उनकी तुलना Hansen के मानों से कीजिए; φ = 0 के रूप लिखिए।



हल (1/2)

हल

1 आधार झुकाव η = 10° (Vesic)

$$b_q = b_\gamma = (1 - 0.1745 \cdot 0.6249)^2 = \mathbf{0.7938} \qquad b_c = 0.7938 - \frac{1 - 0.7938}{23.18 - 1} = \mathbf{0.7845}$$

2 भूमि ढलान ω = 10° (tan 10° = 0.1763)

$$g_q = g_\gamma = (1 - 0.1763)^2 = \mathbf{0.6784} \qquad g_c = 0.6784 - \frac{1 - 0.6784}{23.18 - 1} = \mathbf{0.6639}$$

3 φ = 0 के रूप (10° के लिए)

$$b_c = 1 - \frac{2(0.1745)}{\pi + 2} = \mathbf{0.932} \qquad g_c = 1 - \frac{2(0.1745)}{\pi + 2} = \mathbf{0.932} \qquad b_q = b_\gamma = 1$$

हल (2/2)

हल

	b_c	b_q	b_γ	g_c	$g_q = g_\gamma$
Vesic	0.784	0.794	0.794	0.664	0.678
Hansen	0.932	0.804	0.745	0.932	0.630

b_q और g_q दोनों विधियों में **निकट** हैं (0.794 और 0.804; 0.678 और 0.630), परंतु **संसंजन गुणांक बहुत भिन्न हैं**: Vesic के b_c, g_c मान अधिभार गुणांक से व्युत्पन्न होते हैं (0.784 और 0.664), जबकि Hansen के 1 – कोण/147° (0.932) से प्राप्त होते हैं। c = 0 वाली रेत में यह अंतर परिणाम को प्रभावित नहीं करता।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

समीकरण को संयोजित करना और जाँच

सिद्धांत

यद्यपि छह सुधार भयावह लग सकते हैं, **सामान्य स्थिति में वे सभी 1 होते हैं**: मॉड्यूल के डिफ़ॉल्ट में (h = 0, η = 0, ω = 0) i = b = g = 1 होता है और समीकरण Meyerhof के सामान्य समीकरण के समान है। q_u विफलता के क्षण पर ऊर्ध्वाधर दाब है; मॉड्यूल सकल और शुद्ध दाब को अलग रखता है:

$$q_{u,net} = q_u - q \qquad q_{all,g} = \frac{q_u}{FS} \qquad q_{all,n} = \frac{q_{u,net}}{FS}$$

प्रयुक्त दाब $q_{applied}$ उसी भार स्थिति का आधार पर **ऊर्ध्वाधर सकल दाब** है (V/A)। फ़ुटिंग निम्न शर्तों पर जाँच में उत्तीर्ण होती है:

$$q_{apply} \le q_{all,g} \qquad FS_{\text{वास्तविक}} = \frac{q_u}{q_{apply}} \qquad q_{apply} - q \le q_{all,n}$$

अनुमेय ऊर्ध्वाधर भार $Q_{all} = q_{all,g} \cdot A$। h > 0 होने पर $q_{applied}$ दर्ज करना आवश्यक है।

गुणांक कब 1 होता है?

गुणांक	वह स्थिति जिसमें यह 1 है
F_s	स्ट्रिप फ़ुटिंग (B/L = 0)
F_d	D_f = 0 (आधार सतह पर)
i	h = 0 (ऊर्ध्वाधर भार)
b	η = 0 (समतल आधार)
g	ω = 0 (समतल भूमि)

गुणांक अपरिवर्तित रहते हैं; q और γ बदलते हैं

सिद्धांत

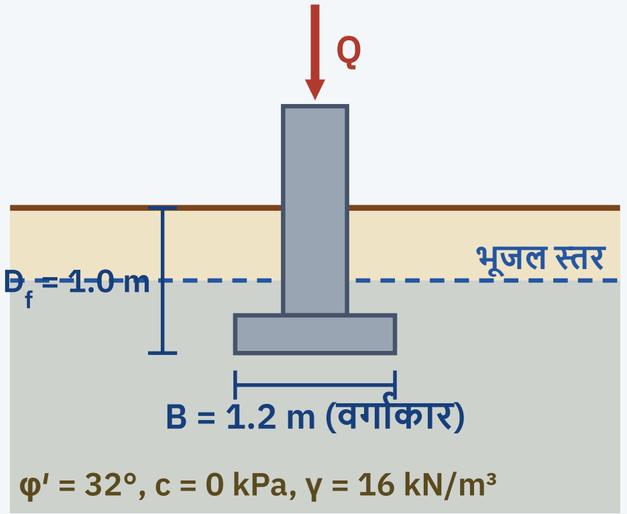
भूजल का इस अनुभाग के अन्य मॉड्यूलों की तरह **उन्हीं दो स्थितियों** के साथ उपचार किया जाता है। भूजल स्तर के नीचे प्रभावी इकाई भार $\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w$ ($\gamma_w = 9.81$)। D_w सतह से भूजल की गहराई है:

I ($D_w \le D_f$): $q = \gamma D_w + \gamma'(D_f - D_w)$, $\gamma \to \gamma'$ (तीसरा पद)

III ($D_f < D_w \le D_f + B$): $q = \gamma D_f$, $\bar{\gamma} = \frac{1}{B}\left[\gamma D + \gamma'(B - D)\right]$, $D = D_w - D_f$

$D_w = D_f$ की स्थिति में $q = \gamma D_f$ होता है और तीसरे पद में γ' का उपयोग किया जाता है।

आधार से B से अधिक गहराई पर स्थित जल **प्रभावहीन** होता है। जल केवल **q और γ** के माध्यम से प्रवेश करता है; F, i, b, g वही रहते हैं।



प्रश्न

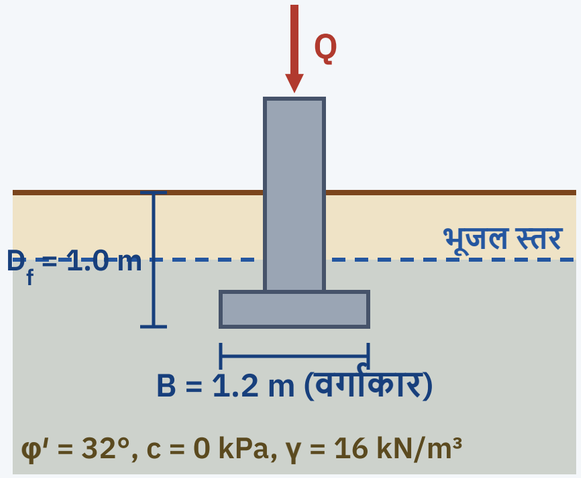
उदाहरण

दिया गया है

नींव	**वर्गाकार, B = L = 1.2 m, आधार की गहराई D_f = 1.0 m**
मृदा	**रेत:** $\varphi' = 32^\circ,\ c = 0$
इकाई भार	$\gamma = 16$ kN/m^3 **(ऊपर),** $\gamma_{sat} = 19.5$ kN/m^3 **(भूजल स्तर के नीचे)**
भूजल	**D_W = 0.5 m (स्थिति I)**
भार	**ऊर्ध्वाधर, केंद्रीय**
सुरक्षा	**FS = 3**

ज्ञात करना है

q_u, सकल और शुद्ध **q_{all}** तथा अनुमेय भार **Q_{all}**; फिर c = 5 kPa के लिए q_u।



हल (1/2)

हल

1 गुणांक (उदाहरण 1: φ′ = 32°; B/L = 1; D_f/B = 0.833; h = η = ω = 0)

$$N_q = 23.18,\ N_\gamma = 30.21 \qquad F_{qs} = 1.625,\ F_{\gamma s} = 0.6,\ F_{qd} = 1.230 \qquad i = b = g = 1$$

2 स्थिति I: q = 16(0.5) + (19.5 − 9.81)(0.5); γ′ = 9.69 kN/m³ (तीसरे पद में)

$$q = \mathbf{12.845}\ \text{kPa} \qquad \gamma' = \mathbf{9.69}\ \text{kN/m}^3$$

हल (2/2)

हल

3 धारण क्षमता (c = 0: संसंजन पद नहीं)

$$q_u = (12.845)(23.18)(1.625)(1.230) + \tfrac{1}{2}(9.69)(1.2)(30.21)(0.6)$$
$$= 595.1 + 105.4 = \mathbf{700.46}\ \text{kPa}$$

4 अनुमेय दाब और भार (A = 1.2² = 1.44 m²)

$$q_{all,g} = \frac{700.46}{3} = \mathbf{233.49}\ \text{kPa} \qquad q_{all,n} = \frac{700.46 - 12.845}{3} = 229.20\ \text{kPa}$$

$$Q_{all} = 233.49(1.44) = \mathbf{336.2}\ \text{kN}$$

Meyerhof के सामान्य समीकरण में समान इनपुट (β = 0) लेने पर प्राप्त q_u = **700.46 kPa** है: दोनों समीकरण **पूर्णतः समान** हैं। यदि c = 5 kPa होता, तो संसंजन पद 363.9 kPa जोड़ता और q_u = 1,064.3 kPa हो जाता।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

प्रश्न

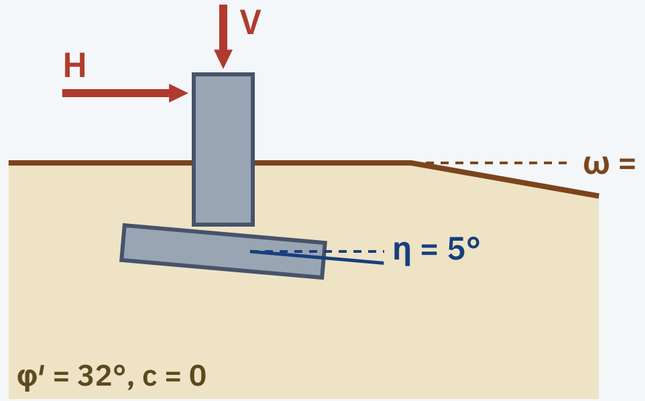
उदाहरण

दिया गया है

नींव	**वर्गाकार, B = L = 1.2 m, आधार की गहराई D_f = 1.0 m**
मृदा	**रेत:** $\varphi' = 32^\circ,\ c = 0$
इकाई भार	$\gamma = 16$ kN/m^3 **(ऊपर),** $\gamma_{sat} = 19.5$ kN/m^3 **(भूजल स्तर के नीचे)**
भूजल	D_w **= 0.5 m**
भार स्थिति	$v = q_{apply} = 90$ kPa, $h = 18$ kPa **(h ∥ B)**
आधार, मृदा	**η = 5°, ω = 10°**
सुरक्षा	**FS = 3**

ज्ञात करना है

q_u और q_{all} मान ज्ञात कीजिए; जाँच कीजिए कि फ़ुटिंग q_{app} = 90 kPa के लिए सुरक्षित है या नहीं, और सर्पण की भी जाँच कीजिए।



हल (1/3)

हल

1 ढाल गुणांक (x = h/v = 18/90 = 0.2; m = 1.5)

$$i_q = (1 - 0.2)^{1.5} = \mathbf{0.716} \qquad i_\gamma = (1 - 0.2)^{2.5} = \mathbf{0.572} \qquad i_c = 0.703$$

2 आधार और भूमि ढलान गुणांक (η = 5° = 0.0873 rad; ω = 10°)

$$b_q = b_\gamma = (1 - 0.0873 \cdot 0.6249)^2 = \mathbf{0.894} \qquad b_c = 0.889$$

$$g_q = g_\gamma = (1 - \tan 10^\circ)^2 = \mathbf{0.678} \qquad g_c = 0.664$$

हल (2/3)

हल

3 तीन पद (c = 0; F गुणांक उदाहरण 6 के अनुसार)

$$q \text{ पद} = (12.845)(23.18)(1.625)(1.230)(0.716)(0.894)(0.678) = 258.2$$

$$\gamma \text{ पद} = \tfrac{1}{2}(9.69)(1.2)(30.21)(0.6)(0.572)(0.894)(0.678) = 36.6$$

4 धारण क्षमता और अनुमेय दाब

$$q_u = 258.2 + 36.6 = \mathbf{294.8}\ \text{kPa} \qquad q_{all,g} = \frac{294.8}{3} = \mathbf{98.3}\ \text{kPa}$$

हल (3/3)

हल

5 जाँच (q_{appl} = 90 kPa)

$$q_{apply} = 90 \le q_{all,g} = 98.3 \;\Rightarrow\; \textbf{मान्य}$$

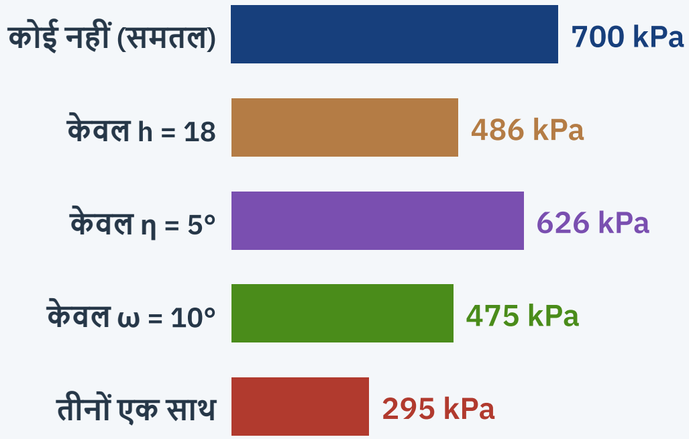
$$FS_{\text{वास्तविक}} = \frac{294.8}{90} = \mathbf{3.28} \ge 3$$

$$q_{apply} - q = 77.2 \le q_{all,n} = 94.0 \;\Rightarrow\; \textbf{मान्य}$$

6 सर्पण सीमा

$$h = 18 \le v \tan\varphi = 56.2 \text{ kPa} \;\Rightarrow\; \text{सर्पण नहीं}$$

समतल मॉडल में 700 kPa वाला q_u इस भार स्थिति में घटकर **295 kPa** रह जाता है (58% की कमी)। अलग-अलग: भूमि का ढलान −32%, क्षैतिज भार −31%, आधार-झुकाव −11%। फ़ुटिंग तीनों स्थितियों में शर्त पूरी करती है (FS = 3.28)।



हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

φ = 0: संसंजन गुणांकों के अपने रूप

सिद्धांत

φ = 0 पर $N_c = 5.14$, $N_q = 1$, $N_\gamma = 0$ होता है; स्व-भार पद समाप्त हो जाता है और अधिभार पद केवल $q\, g_q$ रह जाता है। इस मॉड्यूल में संसंजन पद **गुणनात्मक** ही रहता है (Hansen के योगात्मक रूप से भिन्न):

$$q_u = c\, N_c\, F_{cs} F_{cd}\, i_c\, b_c\, g_c + q\, g_q$$

संसंजन गुणांकों के φ = 0 रूप सारणी में हैं: झुकाव के लिए $\mathbf{i_c = 1 - m\,h/(c\,N_c)}$, आधार और भूमि के झुकाव के लिए **1 − 2·कोण/(π + 2)** (कोण रेडियन में)।

यदि **h ≥ c** हो, तो आधार सर्पण करता है और मॉड्यूल रुक जाता है। φ = 0 पर $F_{cs} = 1 + (B/L)/5.14$ ($N_q/N_c = 1/5.14$) और $F_{cd} = 1 + 0.4\,k$।

φ = 0 की स्थितियाँ

गुणांक	मान
N_c	5.14
F_{cs}	1 + (B/L)/5.14
F_{cd}	1 + 0.4 k
i_c	1 − m h/(c N_c)
b_c	1 − 2η/(π + 2)
g_c	1 − 2ω/(π + 2)
g_q	(1 − tan ω)²

प्रश्न

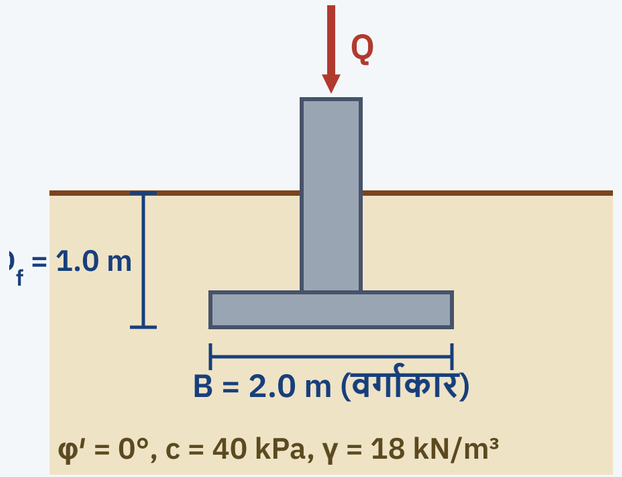
उदाहरण

दिया गया है

नींव	**वर्गाकार B = L = 2 m, D_f = 1 m**
मृदा	**मृत्तिका:** $\varphi = 0,\ c_u = 40$ kPa, $\gamma = 18$ kN/m^3**; भूजल नहीं**
स्थितियाँ	**(a) ऊर्ध्वाधर भार · (b)** $v = 100,\ h = 10$ kPa **· (c)** $h = 10$ **और** $\eta = \omega = 10^\circ$

ज्ञात करना है

प्रत्येक स्थिति के लिए q_u का मान ज्ञात कीजिए।



हल (1/2)

हल

1 (a) ऊर्ध्वाधर भार: $F_{cs} = 1 + 1/5.14$; $F_{cd} = 1 + 0.4(0.5)$; $q = 18$ kPa

$$q_u = 40(5.14)(1.195)(1.200) + 18 = 294.72 + 18 = \mathbf{312.72}\ \text{kPa}$$

2 (b) h = 10 kPa, c = 40 (m = 1.5)

$$i_c = 1 - \frac{1.5(10)}{40(5.14)} = \mathbf{0.927} \Rightarrow q_u = 273.22 + 18 = \mathbf{291.22}\ \text{kPa}$$

हल (2/2)

हल

3 (c) h = 10, η = ω = 10°: $b_c = g_c = 1 - 2(0.1745)/(\pi + 2) = 0.932$; $g_q = (1 - \tan 10°)^2$

$$q_u = 40(5.14)(1.195)(1.200)(0.927)(0.932)(0.932) + 18(0.678) = 237.4 + 12.2 = \mathbf{249.6}\ \text{kPa}$$

स्थिति	$c\,N_c F_{cs} F_{cd} \cdot (i\,b\,g)$	$q\,g_q$	q_u (kPa)
(a) ऊर्ध्वाधर	294.7	18.0	**312.7**
(b) h = 10	273.2	18.0	**291.2**
(c) h, η, ω	237.4	12.2	**249.6**

केवल h = 10 kPa का भार धारण क्षमता को 7% घटाता है, और h के साथ आधार तथा भूमि का झुकाव उसे 20% घटाते हैं। Hansen का योगात्मक रूप उसी ऊर्ध्वाधर स्थिति के लिए 305.84 kPa देता है (Hansen प्रस्तुति): दोनों विधियाँ 2% के भीतर सहमत हैं।

हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

प्रश्न

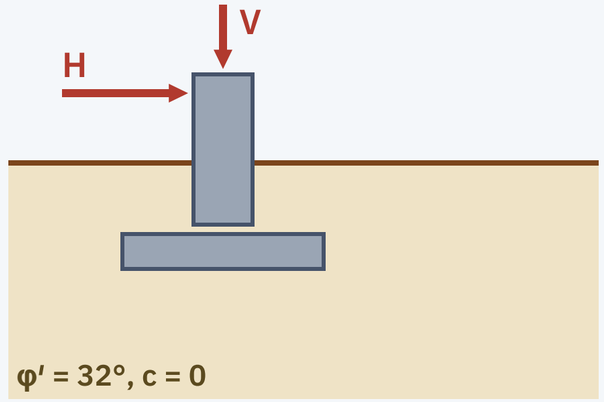
उदाहरण

दिया गया है

नींव	**वर्गाकार, B = L = 1.2 m, आधार की गहराई D_f = 1.0 m**
मृदा	**रेत:** $\varphi' = 32^\circ,\ c = 0$
इकाई भार	$\gamma = 16$ kN/m^3 **(ऊपर),** $\gamma_{sat} = 19.5$ kN/m^3 **(भूजल स्तर के नीचे)**
भूजल	D_w **= 0.5 m**
भार स्थिति	$v = 150$ kPa, $h = 30$ kPa**; Meyerhof के लिए** $\beta = 11.31^\circ$

ज्ञात करना है

ऊर्ध्वाधर भार और इस झुके भार के लिए दोनों समीकरणों के q_u मानों की पद-दर-पद तुलना कीजिए।



हल (1/2)

हल

ऊर्ध्वाधर भार	Vesic	Meyerhof
q पद	595.1	595.1
γ पद	105.4	105.4
q_u (kPa)	**700.46**	**700.46**

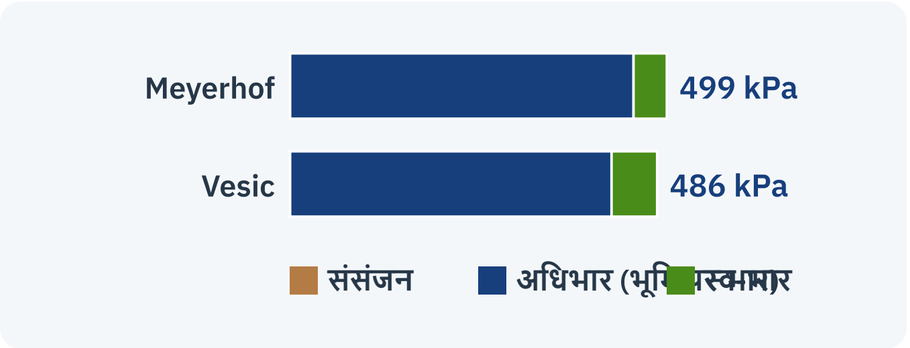
भार का झुकाव, आधार और भूमि का ढलान न होने पर Vesic समीकरण Meyerhof के सामान्य समीकरण से **बिल्कुल वही** है (700.46 kPa): Vesic का अलग होना केवल झुकी हुई स्थितियों में आरंभ होता है। यह मॉड्यूल का अपना सत्यापन मार्ग है।

हल (2/2)

हल

झुका हुआ भार	Vesic (m = 1.5)	Meyerhof (β = 11.31°)
i_q / F_{qi}	0.716	0.764
i_γ / $F_{\gamma i}$	0.572	0.418
q पद	425.8	454.9
γ पद	60.3	44.1
q_u (kPa)	**486.1**	**499.0**

झुके हुए भार में अंतर छोटा है: **2.6%** (Vesic कम है)। Meyerhof का $F_{\gamma i}$ अधिक घटाता है, F_{qi} कम; q पद प्रबल होने के कारण परिणाम निकट हैं।



हल की जाँच GeoTerva में करें ↗

सारांश

याद रखने योग्य बिंदु

Vesic समीकरण की संरचना Hansen समीकरण जैसी ही है; यह **De Beer आकृति** और **Hansen गहराई** गुणांकों को तथा $N_\gamma = 2(N_q + 1)\tan\varphi$ को जैसा है वैसा ही लेता है

उसका अपना योगदान: झुकाव घातांक m, आधार-झुकाव b और भूमि-ढलान g गुणांक

भार-झुकाव: $i_q = (1 - h/(v + c\cot\varphi))^m$, $i_\gamma = (\ldots)^{m+1}$; $m = (2 + B/L)/(1 + B/L)$ $(h \parallel B)$ या $(2 + L/B)/(1 + L/B)$ $(h \parallel L)$; स्ट्रिप में $m_B = 2$, $m_L = 1$

आधार झुकाव $b_q = b_\gamma = (1 - \eta\tan\varphi)^2$; **भूमि झुकाव** $g_q = g_\gamma = (1 - \tan\omega)^2$; $\varphi > 0$ में b_c, g_c अधिभार गुणांक से, $\varphi = 0$ में $1 - 2\cdot$कोण$/(\pi + 2)$

सीमाएँ: $h > v\tan\varphi + c$ पर सर्पण चेतावनी; $h \geq v + c\cot\varphi$ ($\varphi = 0$ में $h \geq c$) पर मॉड्यूल रुक जाता है; $\omega > \varphi$ पर भी रुक जाता है

$i = b = g = 1$ होने पर समीकरण **Meyerhof का सामान्य समीकरण** है; **भूजल** केवल q और γ को बदलता है

जाँच: $q_{app} \leq q_{all,g}$, FS_{actual} और शुद्ध; प्रत्येक विधि के गुणांक उसके अपने N_γ के साथ प्रयोग किए जाते हैं

संदर्भ

Vesic का संपूर्ण धारण-क्षमता समीकरण — B/L-निर्भर झुकाव घातांक और उनके अपने आधार-झुकाव गुणांक — Vesic, A.S., "Analysis of Ultimate Loads of Shallow Foundations," Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE, 1973 का अनुसरण करता है, जैसा कि मानक भू-तकनीकी संदर्भों में सुसंगत रूप से दोहराया गया है (Hansen के निकटता से संबंधित समीकरण के साथ — इस अनुभाग में Hansen टूल देखें)। इस पूरे अनुभाग में प्रयुक्त N_γ बंद रूप Vesic का है, जैसा कि Das, B.M., Principles of Geotechnical Engineering, 9th ed., Cengage Learning, 2018 (अध्याय 16) में निर्धारित किया गया है; गहराई गुणांक Hansen के हैं, जैसा कि Das, B.M., Principles of Foundation Engineering, 8th ed., Cengage Learning, 2016 (तालिका 4.3) में दोहराया गया है। इस पृष्ठ के पाठ में "स्रोत" इन दो पुस्तकों में से पहली है और "दूसरा स्रोत" दूसरी है।

टिप्पणी

सभी संख्यात्मक उदाहरण मॉड्यूल की अपनी गणना लाइब्रेरी से तैयार किए गए हैं; मॉड्यूल वही मान देता है।

GeoTerva

ऑनलाइन भू-तकनीकी गणनाएँ

सिद्धांत से अनुप्रयोग तक

इस व्याख्यान के उदाहरण फ़ुटिंग की गणना GeoTerva में चरण-दर-चरण करें: मॉड्यूल इसी मॉडल के साथ खुलता है।

मॉड्यूल खोलें →

सिद्धांत पृष्ठ →

फ़ोन पर खोलें

नमूना मॉड्यूल के लिए पंजीकरण आवश्यक नहीं है।