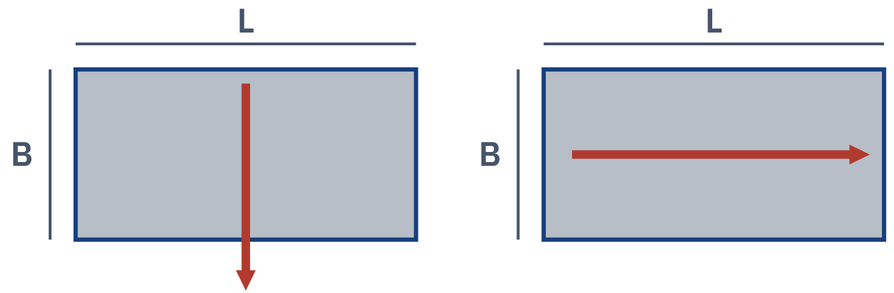
地盤工学の講義資料 ・ 基礎

Vesicの支持力式

講義：Vesicが採用した係数と独自の寄与：基礎の形状と荷重の方向を考慮した傾斜指数、底面傾斜および地盤傾斜。各項目に計算例を付す。

勾配指数 m
傾斜荷重
基礎底面の傾斜
地盤勾配
Meyerhofとの重複
計算例



はじめに

この講義で学ぶこと

Vesicの式がどの係数を採用し、どれが**独自の**係数であるかを区別することを

傾斜係数における**指数m**を基礎のB/L比と荷重の方向に応じて計算すること

荷重傾斜係数を実際の荷重hとvで求め、すべり限界を照査すること

基礎の傾斜および**地表面の傾斜**係数（Vesicの形式）を適用すること、およびHansenのものと比較すること

非排水（$\phi = 0$）形式と地下水位の状態を扱うこと

傾斜、底面傾斜および地盤傾斜がない場合、式が**Meyerhofの一般式**に帰着することを確認する

講義の流れ

各項目は**3つの手順**で扱う：

1 · **理論**：規則は何か、なぜそうなるのか

2 · **問題**：与条件と求めるもの

3 · **解答**：数値を用いて手順ごとに

例題基礎（モジュールを開いたときのモデル）：砂中の1.2 m × 1.2 m正方形基礎、$D_f = 1$ m、地下水位0.5 m、$c = 0$、$\phi' = 32°$。

採用した係数と独自の係数

理論

Vesicの式はHansenの式と**同じ構造**である：各項に形状、根入れ深さ、荷重傾斜、底面傾斜および地盤傾斜の補正を含む：

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

Vesicは**すべてを再導出したわけではない。De Beerの形状**係数と**Hansenの根入れ深さ**係数をそのまま用いた。N_γも彼の閉形式であり、$N_\gamma = 2(N_q + 1)\tan\phi$である。

自身の寄与：勾配係数（指数は基礎の形状と荷重の方向に依存）および底版傾斜・地盤勾配の係数。

斜面、基礎底面の傾斜、地表面の傾斜がない場合（モジュールの初期設定）はi = b = g = 1となり、式は**Meyerhofの一般式と完全に一致する**。

係数の出典

係数	出典
N_c, N_q	Prandtl, Reissner
N_γ	Vesic
F_s（図）	De Beer
F_d（根入れ深さ）	Hansen
i（勾配）	**Vesic**
b（基礎底面の傾斜）	**Vesic**
g（地表面の傾斜）	**Vesic**

問題

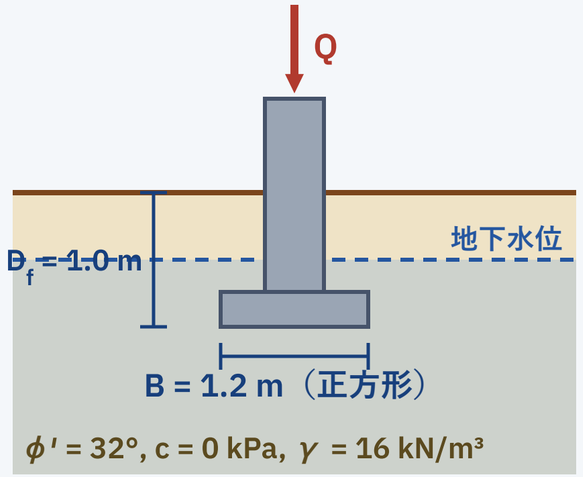
例題

与条件

基礎	**正方形、B = L = 1.2 m、根入れ深さ D_f = 1.0 m**
地盤	**砂：$\varphi' = 32^\circ,\ c = 0$**
単位体積重量	$\gamma = 16$ kN/m^3（**上部**）、$\gamma_{sat} = 19.5$ kN/m^3（**地下水位以深**）
荷重	**鉛直・中央**

求めるもの

N_c、N_q、N_γならびにF_{cs}、F_{qs}、$F_{\gamma s}$およびF_{qd}、F_{cd}の値を求めよ。



解答

解答

1 支持力係数（$\phi' = 32°$、$\tan 32° = 0.6249$）

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

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

2 形状係数（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 根入れ深さ係数（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の提示における係数と**同一**である：Vesicはこれらを変えていない。

GeoTervaで解答を確認する ↗

基礎の形状と荷重の方向を考慮する指数

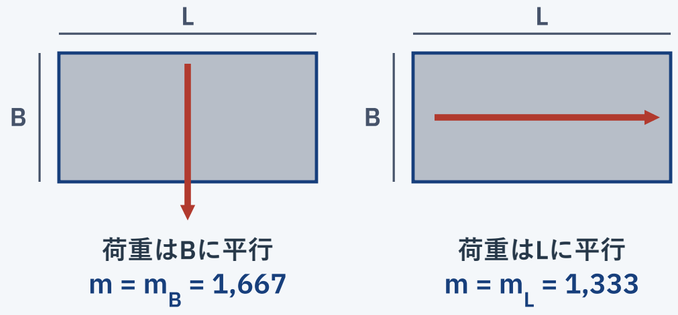
理論

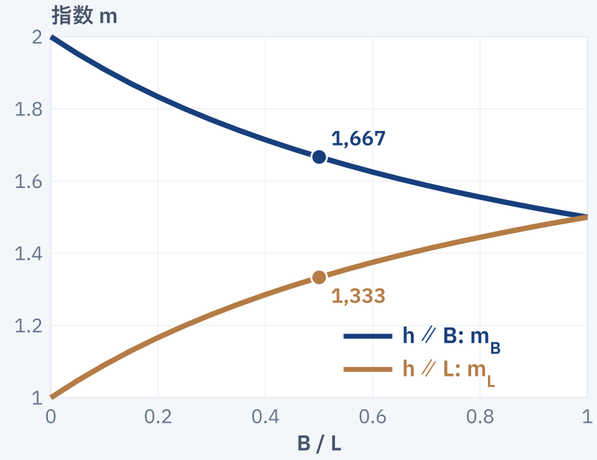
Meyerhofの荷重傾斜係数では指数が一定（2）であり、Hansenの係数でも一定（5）である。Vesicの係数は基礎の**B/L比**と、水平荷重が**どちらの辺に平行**かによって異なる：

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

帯状基礎（B/L → 0）：**m_B = 2**、**m_L = 1**。正方形基礎では両方向が同一である：m = 1.5。

同じ長方形基礎が2方向に載荷されるときmは異なる：**短辺に平行な載荷では指数が大きくなり**、係数はより速く減少する。この節の他のどの方法もこの区別を行わない。





問題

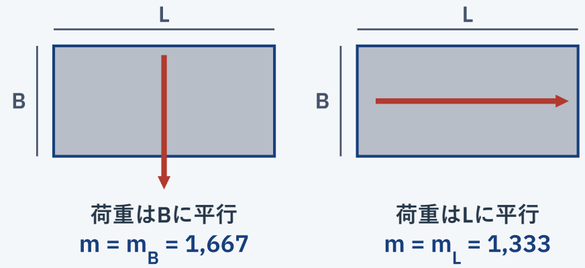
例題

与条件

基礎	**(a) 正方形1.2 × 1.2 m・(b) 帯状・(c) 長方形1.2 × 2.4 m（B/L = 0.5）**
荷重	**水平成分はBに平行かつLに平行**

求めるもの

各基礎および各方向について**m**の値を求めよ。



解答

解答

1 (a) 正方形（B/L = 1）と (b) 帯状（B/L → 0）

$$\text{(a)}:\ m = \frac{2+1}{1+1} = \mathbf{1.500}\ \text{(2方向に)}$$

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

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

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

同じ長方形基礎において、荷重が短辺に平行ならm = 1.667、長辺に平行なら1.333である。荷重が短辺方向の場合、荷重傾斜係数$(1-x)^m$はより速く減少する。この方向が**より不利である**。

GeoTervaで解答を確認する ↗

Vesic：$(1 - h/(v + c\cot\phi))^m$

理論

h = H/Aおよびv = V/Aは、Hansenの場合と同じ形で、**同じ荷重状態**の圧力である（v = q_{app}；h > 0のときq_{app}が必要）：

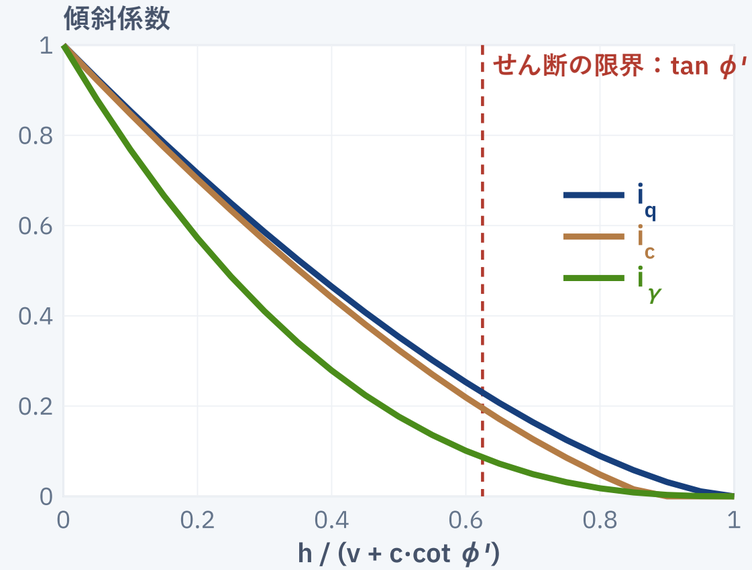
$$i_q = \left(1 - \frac{h}{v + c\cot\varphi}\right)^m \qquad i_\gamma = \left(1 - \frac{h}{v + c\cot\varphi}\right)^{m+1}$$

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

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

h > v tan ϕ + c：底面が滑動する。モジュールが警告する（滑動は別途照査する）。**h ≥ v + c cot ϕ**（ϕ = 0では**h ≥ c**）：モジュールは停止する。

i_cは負にはならず、0に保たれる。図中のすべり限界はh/(v + c cot ϕ) = tan ϕ の直線である。



問題

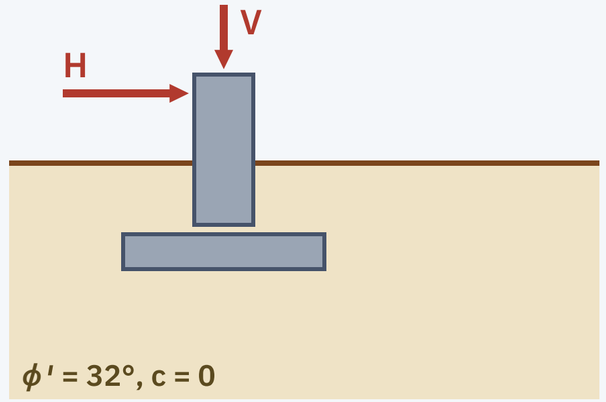
例題

与条件

基礎、地盤	**正方形1.2 × 1.2 m、$\varphi' = 32^\circ,\ c = 0$（モジュールモデル）；$N_q = 23.18$**
荷重ケース	$v = q_{app} = 150$ kPa, $h = 30$ kPa **(ek: 60, 90, 120)**
荷重方向	**正方形基礎：m = 1.5**

求めるもの

i_q、i_c、i_γ係数を求め、せん断限界を照査する。



解答 (1/2)

解答

1 比（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 係数

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

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

3 すべり境界

$$v\tan\varphi + c = 150(0.6249) = \mathbf{93.7}\ \text{kPa} \geq h = 30 \ \Rightarrow\ \text{すべりなし}$$

$$(h \geq v = 150 \ldots \text{ならば成立する})$$

解答 (2/2)

解答

h (kPa)	h/(v + c cot ϕ)	i_c	i_q	i_γ	滑動の照査
0	0.00	1.000	1.000	1.000	通過する
30	0.20	0.703	0.716	0.572	通過する
60	0.40	0.441	0.465	0.279	通過する
90	0.60	0.219	0.253	0.101	通過する
120	0.80	0.048	0.089	0.018	**警告：h > 93.7**

h = 30 kPa（vの20%）はq項を**28%**、自重項を**43%**低下させる。指数がm + 1であるため、**自重項のほうが常に大きく**影響を受ける。c = 5 kPaであれば、v + c cot ϕ = 158.0 kPa、i_q = 0.729となる。

GeoTervaで解答を確認する ↗

問題

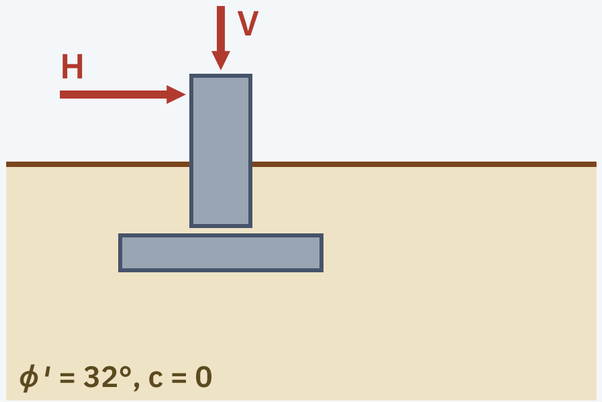
例題

与条件

基礎、地盤	**正方形1.2 m、**$\varphi' = 32°,\ c = 0$
荷重ケース	$v = 150$ kPa, $h = 30$ kPa：**鉛直方向に対して**$\beta = \tan^{-1}(30/150) = 11.31°$

求めるもの

i_qおよびi_γの値をMeyerhof、Hansen、Vesicの方法で求め、比較せよ。



解答

解答

1 Meyerhof（角度βによる）、Hansen（x = h/v = 0.2）、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**

各係数はそれぞれ固有のN_γおよび形状係数と組み合わせて用いなければならない。Vesicのi_qはMeyerhofのものに近く、i_γは三者の中で最も大きい。

GeoTervaで解答を確認する ↗

Vesic自身の係数

理論

Vesic（1975）は基礎底面の傾斜および地表面の傾斜についても独自の係数を提案した。$\phi > 0$の場合、粘着力係数は上載荷重係数から導出される（ηおよびωは指数部でラジアン）：

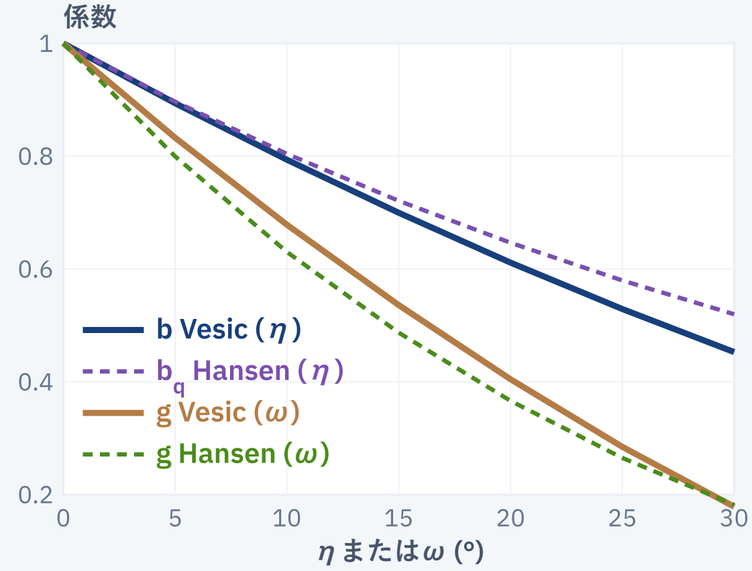
$$b_q = b_\gamma = (1 - \eta \tan\varphi)^2 \qquad g_q = g_\gamma = (1 - \tan\omega)^2$$

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

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

Hansenのb_q, b_γ係数は指数関数（$e^{-2\eta \tan\phi}$）であり、$g_q = (1 - 0.5 \tan\omega)^5$である。小さい角度では両者は近いが、$\omega$が大きくなるにつれて乖離する（図）。

$\omega > \phi$ なら斜面はそれ自体では釣り合わない：モジュールは停止する。ηおよびωは最大45°まで入力する（そこでは$(1 - \tan\omega)^2$がゼロになる）。



問題

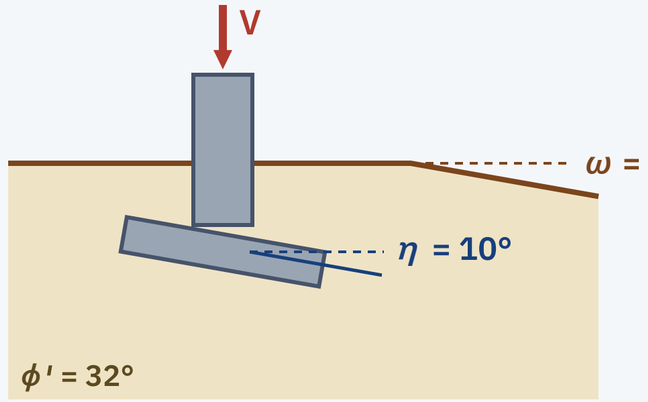
例題

与条件

地盤	$\varphi' = 32^\circ,\ \tan\varphi = 0.6249,\ N_q = 23.18$
底面勾配	η = 10° (0.1745 rad)
地表面勾配	ω = 10°
比較	Hansenの係数

求めるもの

Vesicのb_c、b_q、b_γおよびg_c、g_q、g_γの値を求めよ；Hansenの値と比較せよ；ϕ = 0の形式を記せ。



解答 (1/2)

解答

1 底面勾配 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 地盤勾配 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の形式（10°の場合）

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

解答 (2/2)

解答

	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とg_qは両手法で**近い**（0.794と0.804、0.678と0.630）が、**粘着力係数は大きく異なる**。Vesicのb_c、g_cは上載荷重係数から導かれ（0.784と0.664）、Hansenの値は1 – 角度/147°（0.932）である。c = 0の砂ではこの差は結果に影響しない。

GeoTervaで解答を確認する ↗

式の統合と照査

理論

6つの補正係数は威圧的に見えるが、**通常のケースではすべて1となる**：モジュールの既定値（h = 0、η = 0、ω = 0）ではi = b = g = 1となり、式はMeyerhofの一般式と同一である。q_uは破壊時の鉛直圧力であり、モジュールは全圧力と純圧力を別々に扱う：

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

作用する圧力 q_{app} は、同じ荷重状態における基礎底面の**鉛直全応力**である（V/A）。基礎は次の条件を満たす場合に妥当である：

$$q_{app} \le q_{all,g} \qquad FS_{\text{実際の}} = \frac{q_u}{q_{app}} \qquad q_{app} - q \le q_{all,n}$$

> 許容鉛直荷重$Q_{all} = q_{all,g} \cdot A$。h > 0のときは$q_{app}$を入力する。

係数が1となるのはいつか

係数	1となる場合
F_s	帯状基礎（B/L = 0）
F_d	D_f = 0（底面が地表面にある）
i	h = 0（鉛直荷重）
b	η = 0（平滑な底面）
g	ω = 0（水平な地盤）

係数は不変；qと γ が変化する

理論

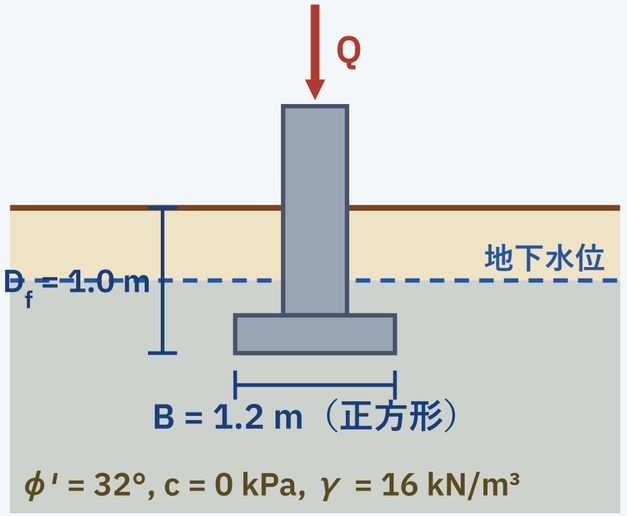
地下水位はこの節の他のモジュールと**同じ2つのケース**で扱う。地下水位以下では有効単位体積重量 $\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w$（$\gamma_w = 9.81$）とする。$D_w$は地表面からの地下水深さである：

$$\text{I } (D_w \le D_f):\ q = \gamma D_w + \gamma'(D_f - D_w),\ \gamma \to \gamma' \text{ (第3項)}$$

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

$D_w = D_f$の場合、$q = \gamma\ D_f$とし、第三項にはγ'を用いる。

基礎底面からB以深の水は**影響しない**。水は**qと γ** を通じてのみ関与し、F、i、b、gは変わらない。



問題

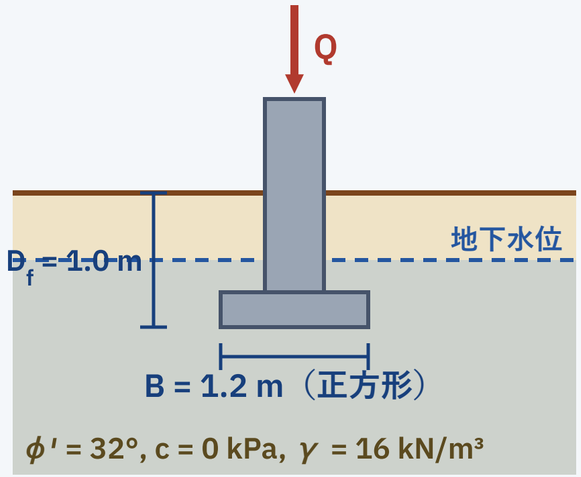
例題

与条件

基礎	**正方形、B = L = 1.2 m、根入れ深さ D_f = 1.0 m**
地盤	**砂：$\varphi' = 32°,\ c = 0$**
単位体積重量	$\gamma = 16$ kN/m^3（上部）、$\gamma_{sat} = 19.5$ kN/m^3（地下水位以深）
地下水	**D_W = 0.5 m（ケースI）**
荷重	**鉛直・中央**
安全	**FS = 3**

求めるもの

q_u、全応力と純のq_{all}および許容荷重Q_{all}；次にc = 5 kPaの場合のq_u。



解答 (1/2)

解答

1 係数（例題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 ケースI：q = 16(0.5) + (19.5 − 9.81)(0.5)；γ' = 9.69 kN/m³（第3項において）

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

解答 (2/2)

解答

3 支持力（c = 0：粘着力の項なし）

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

4 許容圧力と荷重（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の一般式で同じ入力（β = 0）により求めたq_u = **700.46 kPa**：両式は**完全に同一**である。c = 5 kPaであれば、粘着力の項が363.9 kPa加算され、q_u = 1,064.3 kPaとなる。

GeoTervaで解答を確認する ↗

問題

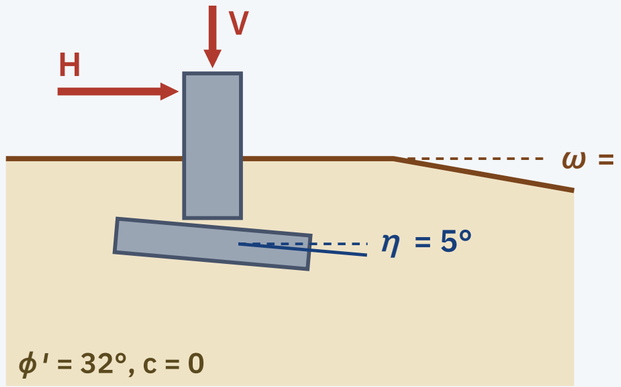
例題

与条件

基礎	**正方形、B = L = 1.2 m、根入れ深さ D_f = 1.0 m**
地盤	**砂：$\varphi' = 32°,\ c = 0$**
単位体積重量	$\gamma = 16$ kN/m^3（**上部**）、$\gamma_{sat} = 19.5$ kN/m^3（**地下水位以深**）
地下水	**D_w = 0.5 m**
荷重ケース	$v = q_{app} = 90$ kPa, $h = 18$ kPa **(h ⁄⁄ B)**
底面、地盤	**η = 5°, ω = 10°**
安全	**FS = 3**

求めるもの

q_uおよび**q_{all}**の値を求めよ；基礎がq_{app} = 90 kPaに対して合格するかどうか、および滑動を照査せよ。



解答 (1/3)

解答

1 傾斜係数（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 基礎底面および地盤面の傾斜係数（η = 5° = 0.0873 rad；ω = 10°）

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

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

解答 (2/3)

解答

3 3項（c = 0；F係数は例題6と同様）

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

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

4 支持力と許容圧力

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

解答 (3/3)

解答

5 照査（q_{app} = 90 kPa）

$$q_{app} = 90 \leq q_{all,g} = 98.3 \;\Rightarrow\; \textbf{成立する}$$

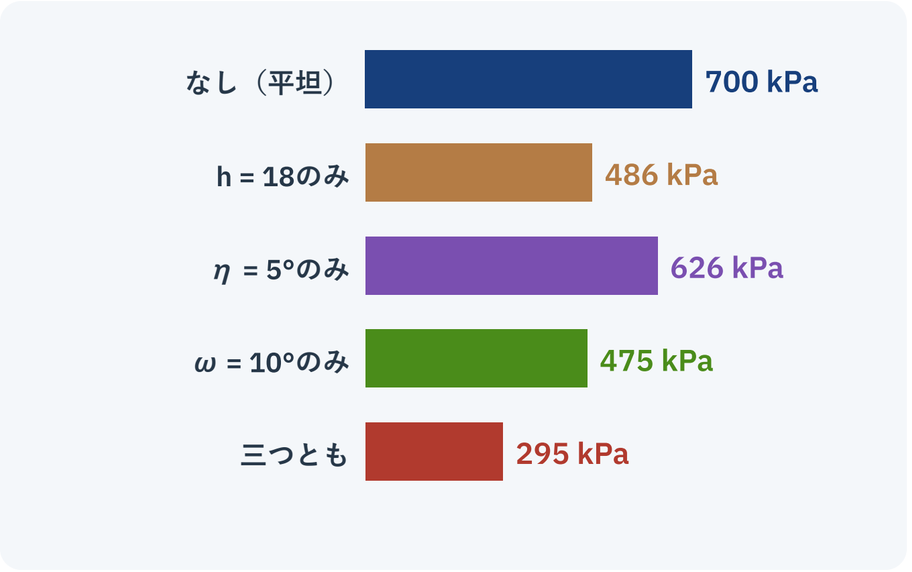
$$FS_{\text{実際の}} = \frac{294.8}{90} = \mathbf{3.28} \geq 3$$

$$q_{app} - q = 77.2 \leq q_{all,n} = 94.0 \;\Rightarrow\; \textbf{成立する}$$

6 すべり境界

$$h = 18 \leq v \tan\varphi = 56.2\ \text{kPa} \;\Rightarrow\; \text{すべりなし}$$

平坦モデルで700 kPaであったq_uは、この荷重条件では**295 kPa**（58%）に低下する。個別には、地盤勾配−32%、水平荷重−31%、基礎底面の傾斜−11%である。基礎は3条件すべてで安全である（FS = 3.28）。



GeoTervaで解答を確認する ↗

$\phi = 0$：粘着力係数自身の形

理論

$\phi = 0$では$N_c = 5.14$、$N_q = 1$、$N_\gamma = 0$となり、自重項は消え、上載荷重項は$q\,g_q$のみとなる。本モジュールでは粘着力項は**乗法的**のままである（Hansenの加法的形式とは異なる）：

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

粘着力係数の$\phi = 0$の形を表に示す。傾斜については**$i_c = 1 - m\,h/(c\,N_c)$**、基礎底面および地盤面の傾斜については**$1 - 2\cdot$角度$/(\pi + 2)$**（角度はラジアン）である。

$h \geq c$となると底面が滑動し、モジュールは停止する。$\phi = 0$では$F_{cs} = 1 + (B/L)/5.14$（$N_q/N_c = 1/5.14$）、$F_{cd} = 1 + 0.4\,k$である。

$\phi = 0$ の場合

係数	値
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	$1 - 2\eta/(\pi + 2)$
g_c	$1 - 2\omega/(\pi + 2)$
g_q	$(1 - \tan\omega)^2$

問題

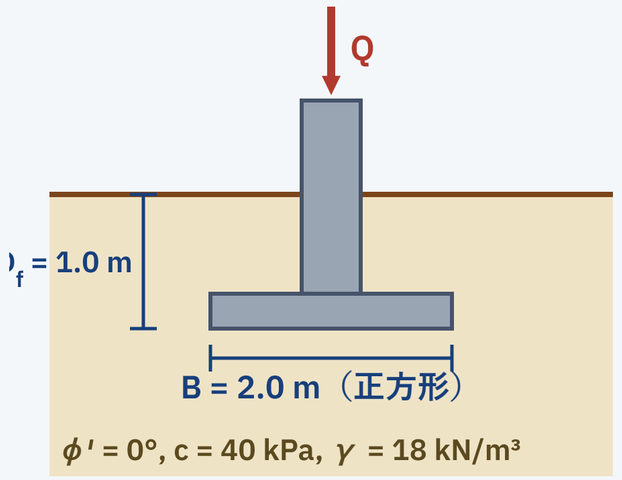
例題

与条件

基礎	**正方形 B = L = 2 m、D_f = 1 m**
地盤	**粘土：** $\varphi = 0,\ c_u = 40$ kPa, $\gamma = 18$ kN/m^3 **；地下水なし**
ケース	**(a) 鉛直荷重・(b)** $v = 100,\ h = 10$ kPa **・(c)** $h = 10$ **と** $\eta = \omega = 10^\circ$

求めるもの

各ケースについてq_uの値を求めよ。



解答 (1/2)

解答

1 (a) 鉛直荷重：$F_{cs} = 1 + 1/5.14$；$F_{cd} = 1 + 0.4(0.5)$；$q = 18$ 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)

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

解答 (2/2)

解答

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

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

条件	$c\,N_c F_{cs} F_{cd} \cdot (i\,b\,g)$	$q\,g_q$	q_u (kPa)
(a) 鉛直	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**

h = 10 kPaのみで支持力は7%低下し、hとともに基礎底面および地盤の傾斜により20%低下する。Hansenの加算形式では同じ鉛直条件で305.84 kPaとなる（Hansenの表現）。両手法は2%以内で一致する。

GeoTervaで解答を確認する ↗

問題

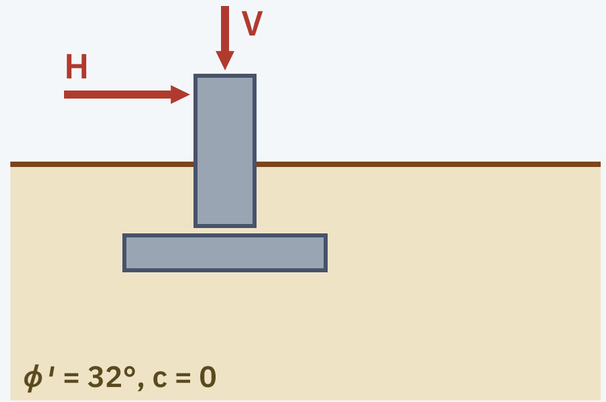
例題

与条件

基礎	**正方形、B = L = 1.2 m、根入れ深さ D_f = 1.0 m**
地盤	**砂：** $\varphi' = 32^\circ,\ c = 0$
単位体積重量	$\gamma = 16$ kN/m^3（**上部**）、$\gamma_{sat} = 19.5$ kN/m^3（**地下水位以深**）
地下水	**D_w = 0.5 m**
荷重ケース	$v = 150$ kPa, $h = 30$ kPa；**Meyerhofの場合は** $\beta = 11.31^\circ$

求めるもの

鉛直荷重時およびこの傾斜荷重時について、2つの式のq_u値を項ごとに比較する。



解答 (1/2)

解答

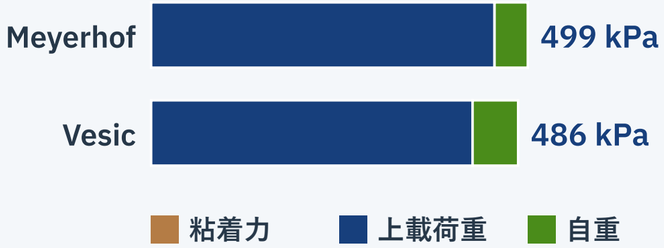
鉛直荷重	Vesic	Meyerhof
q項	595.1	595.1
γ 項	105.4	105.4
q_u (kPa)	**700.46**	**700.46**

斜面・基礎・地盤の傾斜がない場合、Vesicの式はMeyerhofの一般式と**完全に一致する**（700.46 kPa）。Vesicの相違は傾斜がある場合にのみ生じる。これはモジュール自身の検証手段である。

解答 (2/2)

解答

傾斜荷重	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項	425.8	454.9
γ 項	60.3	44.1
q_u (kPa)	**486.1**	**499.0**



傾斜載荷では差は小さい：**2.6%**（Vesicが低い）。MeyerhofのF$_{\gamma i}$はより大きく低減し、F_{qi}はより小さく低減する。q項が支配的であるため結果は近い。

GeoTervaで解答を確認する ↗

まとめ

ポイントのまとめ

Vesic式はHansen式と同じ構造である；**De Beer形状**係数と**Hansen根入れ深さ**係数をそのまま、$N_\gamma = 2(N_q + 1)\tan\phi$をそのまま用いる

自身の寄与：傾斜指数m、底面傾斜bおよび地盤傾斜gの係数

傾斜：$i_q = (1 - h/(v + c\cot\phi))^m$、$i_\gamma = (\ldots)^{m+1}$；$m = (2 + B/L)/(1 + B/L)$（$h \parallel B$）または$(2 + L/B)/(1 + L/B)$（$h \parallel L$）；帯状基礎では$m_B = 2$、$m_L = 1$

基礎底面の傾斜$b_q = b_\gamma = (1 - \eta\tan\phi)^2$；**地盤面の傾斜**$g_q = g_\gamma = (1 - \tan\omega)^2$；$\phi > 0$では$b_c$、$g_c$は上載荷重係数から、$\phi = 0$では$1 - 2\cdot$角度$/(\pi + 2)$

限界：$h > v\tan\phi + c$でせん断の警告、$h \geq v + c\cot\phi$（$\phi = 0$では$h \geq c$）で静止、$\omega > \phi$で静止

$i = b = g = 1$のとき、式は**Meyerhofの一般式**である；**地下水位**はqとγのみを変える

照査：$q_{app} \leq q_{all,g}$、実際のFS_{actual}および純支持力。各手法の係数はそれぞれ固有のN_γとともに用いる。

参考文献

Vesicの完全な支持力式、すなわちB/Lに依存する傾斜指数と彼独自の基礎底面傾斜係数は、Vesic, A.S., "Analysis of Ultimate Loads of Shallow Foundations," Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE, 1973に従い、標準的な地盤工学の文献で一貫して再掲されているとおりである（関連の深いHansenの式と並べて示す。このグループのHansenモジュールを参照）。このグループ全体で用いるN_γの閉形式はVesicのものであり、Das, B.M., Principles of Geotechnical Engineering, 9th ed., Cengage Learning, 2018 (Chapter 16)に示されている。根入れ深さ係数はHansenのものであり、Das, B.M., Principles of Foundation Engineering, 8th ed., Cengage Learning, 2016 (Table 4.3)に再掲されている。本ページの本文で「出典」は上記2冊のうち前者を、「第二の出典」は後者を指す。

注記

数値例はすべてモジュール自身の計算ライブラリで作成されており、モジュールは同じ値を与える。

GeoTerva

オンライン地盤工学計算

理論から実務へ

本講義の例題基礎をGeoTervaで手順ごとに計算する：モジュールはこのモデルで開く。

モジュールを開く →

理論ページ →

スマートフォンで開く

お試しモジュールは登録不要です。

講義で使用したい場合：info@geoterva.com