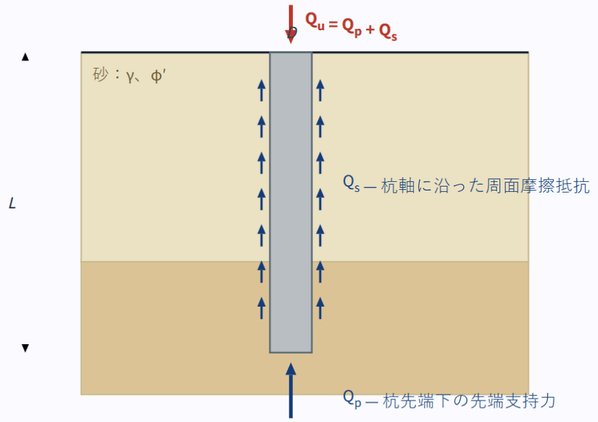
GeoTerva

地盤工学の講義スライド・杭

砂中の杭の支持力

講義：先端支持力、周面摩擦抵抗および限界深さ。各手法の理論に続いて計算例を示す。

Meyerhof (1976)　Vesic (1977)　CoyleとCastello (1981)　計算例



この講義で学ぶこと

杭がその荷重を**先端支持力**および**周面摩擦抵抗**としてどのように支持するかを説明できること

砂中の**有効応力**分布を、水位を含めて作成できること

先端支持力を3つの手法で計算できること：**Meyerhof**、**Vesic**、**CoyleとCastello**

周面摩擦抵抗と**臨界深さ**（L′）の役割を解釈できること

許容支持力に到達し、各手法の結果を併せて評価できるようにすること

講義の流れ

各手法は**3つの手順**で扱う：

1 · **理論**：手法の仕組みとその理由

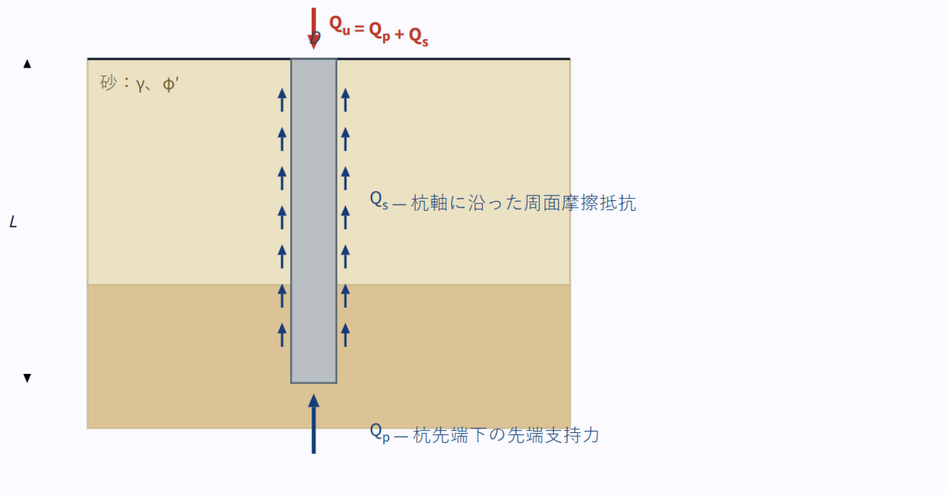
2 · **問題**：与条件と求めるもの

3 · **解答**：数値を用いて手順ごとに

例題はすべて同じ杭で行う。これにより各手法を並べて比較できる。

荷重は2つの経路で伝達される

理論



杭は荷重を**同時に二つの経路で**地盤に伝える：先端下部の地盤は**先端支持力**（Q_p）で、杭周面に沿う砂は**周面摩擦抵抗**（Q_s）で抵抗する。

$$Q_u = Q_p + Q_s \qquad Q_{all} = \frac{Q_u}{FS}$$

周面摩擦抵抗は**小さな**変位で、先端支持力は**はるかに大きな**変位でそれぞれ最大値に達する。両成分は同時にピークにはならない。

この講義では**単杭**、**砂**（$c' = 0$）、打込み杭または場所打ち杭、一定断面を扱う。

砂ではすべてが有効応力に比例する

理論

砂では**先端支持力**も**単位周面摩擦抵抗**も有効鉛直応力に比例する。計算は、土層構成における σ'_v の値を正しく求めることから始まる。

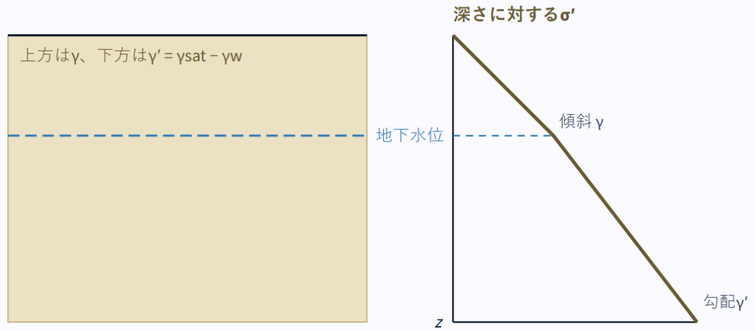
$$\sigma'_v = \underbrace{\sum \gamma_i h_i}_{\text{地下水位以浅}} + \underbrace{\sum (\gamma_{sat,i} - \gamma_w)\, h_i}_{\text{地下水位以深}}$$

γ ：湿潤単位体積重量（地下水位より上）

γ_{sat} ：飽和単位体積重量（地下水位より下）

$\gamma_w = 9.81\ \text{kN/m}^3$ ：水の単位体積重量

地下水位



> 地下水位以深では応力勾配が**小さくなる**：$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w$

問題

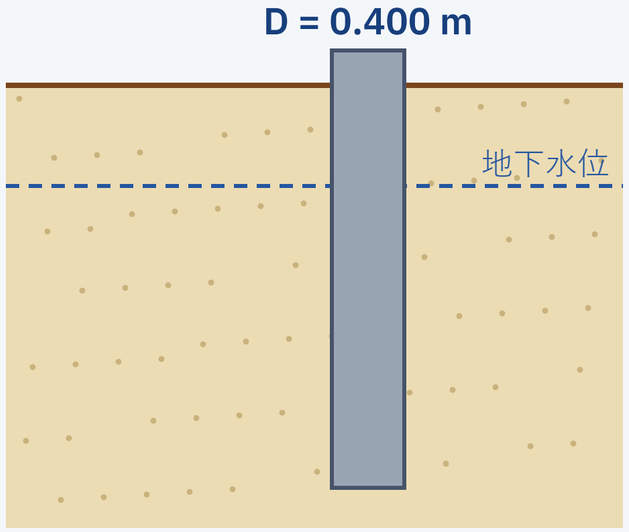
例題

与条件

砂、地下水位より上方	$\gamma = 17\ \mathrm{kN/m^3}$
砂、地下水位より下方	$\gamma_{sat} = 19.5\ \mathrm{kN/m^3}$
地下水位の深さ	**2.0 m**
水の単位体積重量	$\gamma_w = 9.81\ \mathrm{kN/m^3}$

求めるもの

深さ8 mにおける全鉛直応力、間隙水圧および**有効鉛直応力**を求めよ。



解答

解答

1 全鉛直応力（地下水位以浅は湿潤単位体積重量、以深は飽和単位体積重量）

$$\sigma_v = 17(2) + 19.5(6) = 34 + 117 = \mathbf{151.0}\ \text{kPa}$$

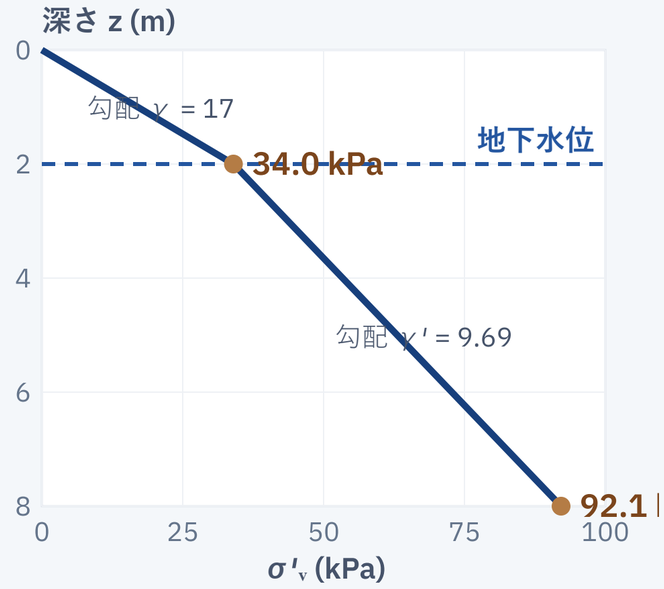
2 間隙水圧（地下水位下の水頭6 m）

$$u = \gamma_w\, h_w = 9.81\,(6) = \mathbf{58.9}\ \text{kPa}$$

3 有効鉛直応力

$$\sigma'_v = \sigma_v - u = 151.0 - 58.9 = \mathbf{92.1}\ \text{kPa}$$

同じ結果：$\sigma'_v = 17(2) + (19.5 - 9.81)(6) = \mathbf{92.1\ kPa}$。地下水位以下の有効単位体積重量は9.69 kN/m³である。



GeoTervaで解答を確認する ↗

先端支持力：一般式

理論

先端下方の砂は基礎下と同様に**支持力破壊**によって崩壊する；しかし先端の存在する深さでは**上載圧**が砂を強く拘束する。

砂ではc′ = 0であるため、根入れ深さ（上載土被り）の項のみが残る。杭径が小さいため、幅の項（$0.5\,\gamma'DN_\gamma$）は無視する：

$$q_p = \sigma'_v\, N^*_q \qquad Q_p = A_p\, q_p$$

σ'_v：先端が位置する深さにおける有効鉛直応力

N^*_q：杭問題に対する支持力係数

A_p：杭先端の面積

N^*_qはどこから来るか？3つのアプローチ

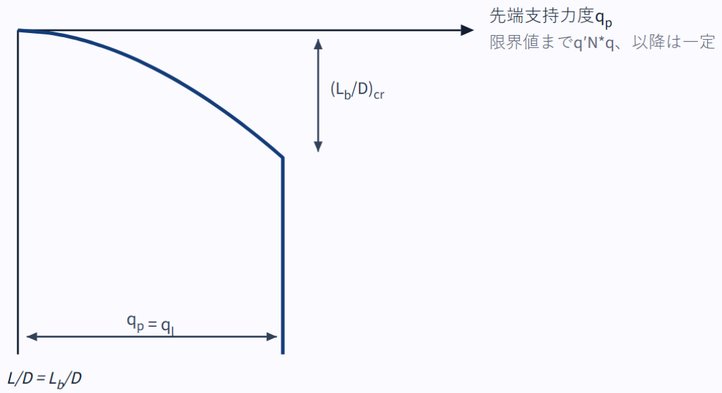
Meyerhof（1976）：N^*_qはϕ'のみに依存する。q_pは**限界値**で頭打ちにする

Vesic (1977)：空洞膨張理論。砂の**剛性**も考慮される

CoyleとCastello（1981）：24の実大載荷試験に適合させたもの。N^*_qはL/Dにも依存する

先端支持力は無限には増加しない

理論



均質な砂では単位先端支持力は根入れ比とともに増加し、**$(L_b/D)_{cr}$でピーク**に達する；それ以降は一定に保たれる（q_l）。

VESIC（1970）・OGEECHEE川杭載荷試験（D = 0.457 m）

L (m)	L/D	q_p (kN/m²)
3.02	6.61	3 304
6.12	13.39	9 365
8.87	19.40	11 472
12.00	26.26	11 587
15.00	32.82	13 971

q_pの最大値は約**12 000 kN/m²**

$(L/D)_{cr}$はおよそ**16 – 18**

平均$N_{60} \approx 30$に対して$4p_aN_{60} = 4(100)(30) = 12\,000$ kN/m²：**実測のプラトーと相関式は一致する**

Meyerhof：N*qはϕ'から、上限値を設ける

理論

MeyerhofはN*$_q$を**せん断抵抗角のみ**から求める（独自の図表、以下）。計算されたq$_p$は**限界値**を超えることはできない：

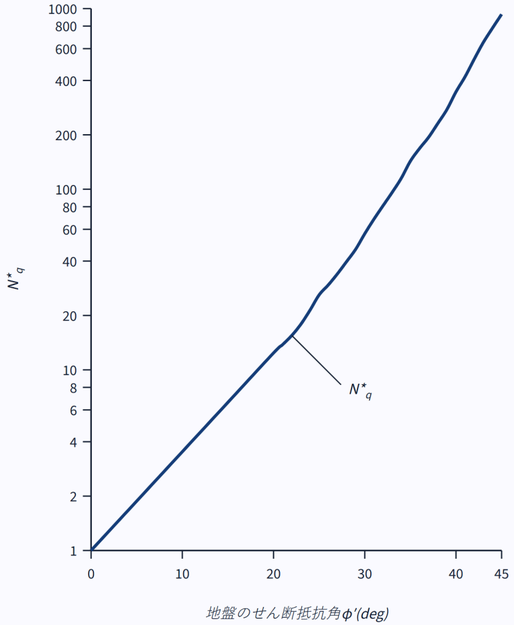
$$q_p = \sigma'_v N^*_q \;\le\; q_l \qquad q_l = 0.5\, p_a\, N^*_q \tan\varphi'$$

p$_a$ = 100 kN/m²：大気圧

ϕ'：先端位置の砂の有効せん断抵抗角

N*$_q$の値（Meyerhofの図表；モジュールが読み込む系列）

ϕ' (°)	20	25	30	32	34	35	36	38	40	42	45
N*$_q$	12.4	26.0	56.7	81.0	115.0	143.0	168.0	231.0	346.0	525.0	930.0



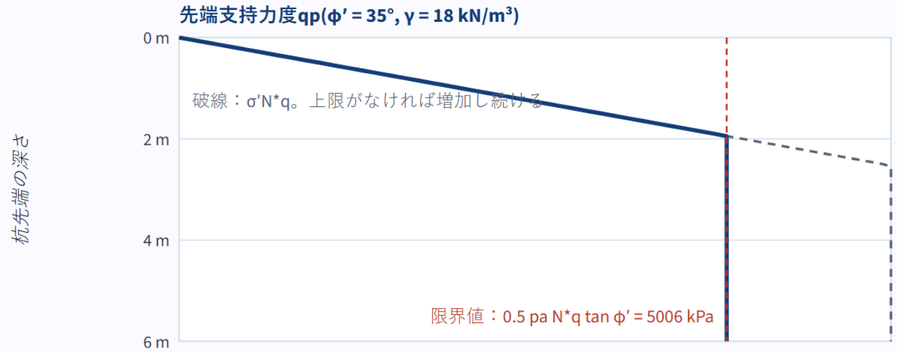
ϕ' = 35°の場合、N*$_q$ = 143.0、q$_l$ = 5,006 kPaとなり、γ = 18 kN/m³の砂ではこの限界に約**1.9 m**の深さで達する

Meyerhof：手順を追って、および限界値の意味

理論

計算手順

1. 先端レベルで σ'_v を計算する
2. ϕ' に対する N^*_q の値を図表から読み取る
3. $q_p = \sigma'_v N^*_q$
4. $q_l = 0.5\, p_a\, N^*_q \tan\phi'$
5. $q_p = \min(\sigma'_v N^*_q, q_l)$ および $Q_p = A_p q_p$



曲線は**限界値が支配的になるまで** $\sigma' N^*_q$ の直線に従い、その後は水平を保つ。限界がなければ q_p は深さとともに無限に増大するが、原位置試験はそれを示さない。

問題

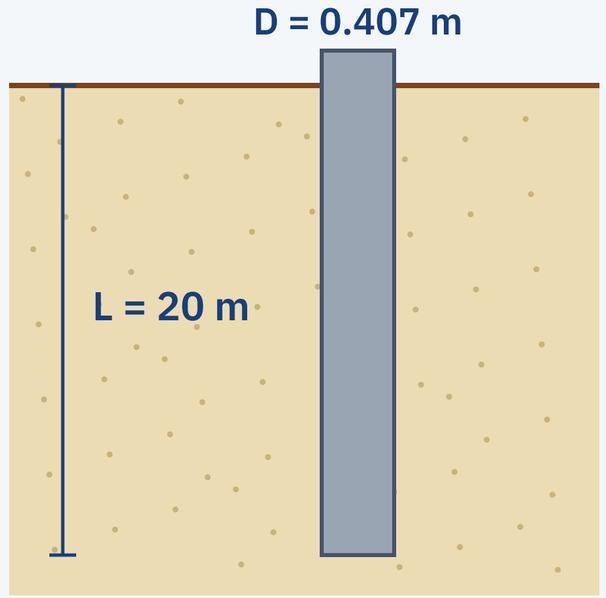
例題

与条件

杭	**鉄筋コンクリート、打込み、正方形断面**
断面寸法	**D = 0.407 m**
長さ	**L = 20 m**
砂（均質）	$\gamma = 18$ kN/m^3, $\varphi' = 35^\circ$
地下水	**なし**

求めるもの

Meyerhof (1976)法により杭の**先端支持力**Q_pを求める。



解答

解答

1 断面積と先端の有効応力

$$A_p = 0.407^2 = 0.1656\ \text{m}^2 \qquad \sigma'_v = \gamma L = 18(20) = 360\ \text{kPa}$$

2 N*q の値（$\phi' = 35°$、Meyerhofの表）と σ'N*q

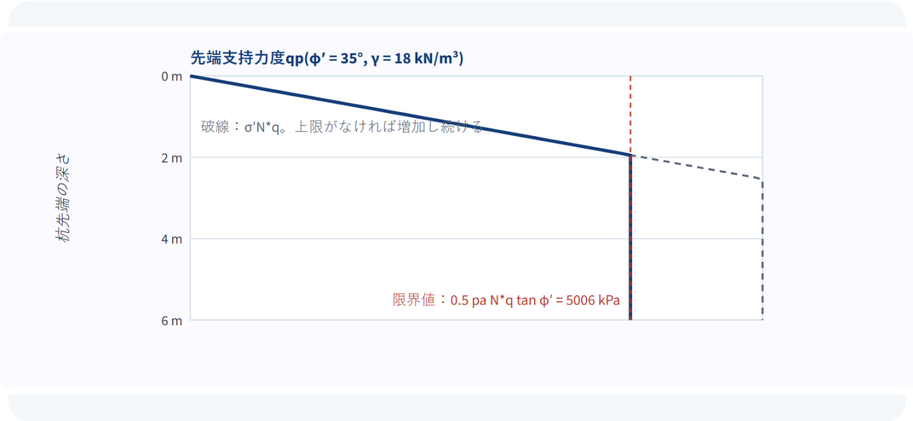
$$N_q^* = 143.0 \qquad \sigma'_v N_q^* = 360(143.0) = 51{,}480\ \text{kPa}$$

3 限界値

$$q_l = 0.5\, p_a N_q^* \tan\varphi' = 0.5(100)(143.0)\tan 35° = 5{,}006\ \text{kPa}$$

4 単位先端支持力：2つのうち小さい方；限界値が支配する

$$q_p = \min(51{,}480;\ 5{,}006) = \mathbf{5{,}006}\ \text{kPa}$$



$Q_p = A_p\, q_p = 0.1656 \times 5{,}006 =$ **829 kN**。上限がなければ約8,528 kNとなった。

GeoTervaで解答を確認する ↗

Vesic：砂は先端下方で空洞のように膨張する

理論

Vesicは先端支持力を**空洞膨張理論から**導く。先端は周囲の地盤中で空洞を膨張させるため、解には砂の**強度**だけでなく**剛性**も含まれる。

$$Q_p = A_p \, \bar{\sigma}'_o \, N^*_\sigma$$

ここで$\bar{\sigma}'_o$は**鉛直**ではなく、先端レベルにおける**平均有効垂直応力**である：

$$\bar{\sigma}'_o = \frac{1 + 2K_o}{3} \, q' \qquad K_o = 1 - \sin\varphi'$$

K_o：静止土圧係数

q'：先端位置における有効鉛直応力（$= \sigma'_v$）

MEYERHOFとの関係

$$N^*_\sigma = \frac{3 \, N^*_q}{1 + 2K_o}$$

形式はMeyerhofのものと同じである。両手法は**係数が何から導かれるか**で異なり、式の形では異ならない。

Vesic：低減剛性指数

理論

N^*_σは砂の**低減剛性指数**I_{rr}とϕ'に依存する；I_{rr}は塑性域での体積変化も考慮する：

$$I_{rr} = \frac{I_r}{1 + I_r\,\Delta} \qquad I_r = \frac{E_s}{2(1+\mu_s)\,q'\tan\varphi'} = \frac{G_s}{q'\tan\varphi'}$$

E_s：地盤の弾性係数、μ_s：ポアソン比、G_s：せん断弾性係数

Δ：先端下の塑性域における平均体積ひずみ

実用的な近似手法（Chen and Kulhawy, 1994; 25° ≤ ϕ' ≤ 45°）

$$\frac{E_s}{p_a} = m \quad \mu_s = 0.1 + 0.3\,\frac{\varphi' - 25}{20} \quad \Delta = 0.005\left(1 - \frac{\varphi' - 25}{20}\right)$$

唯一の入力：$m = E_s / p_a$

砂	m
ゆるい	100 – 200
中密	200 – 500
密	500 – 1000

剛性指数は一般に**75 – 150**（相対密度50 – 80%の砂）

CPTがある場合：$I_r = 300/F_r(\%)$（機械式）、$170/F_r(\%)$（電気式コーン）

Vesic：手順

理論

計算手順

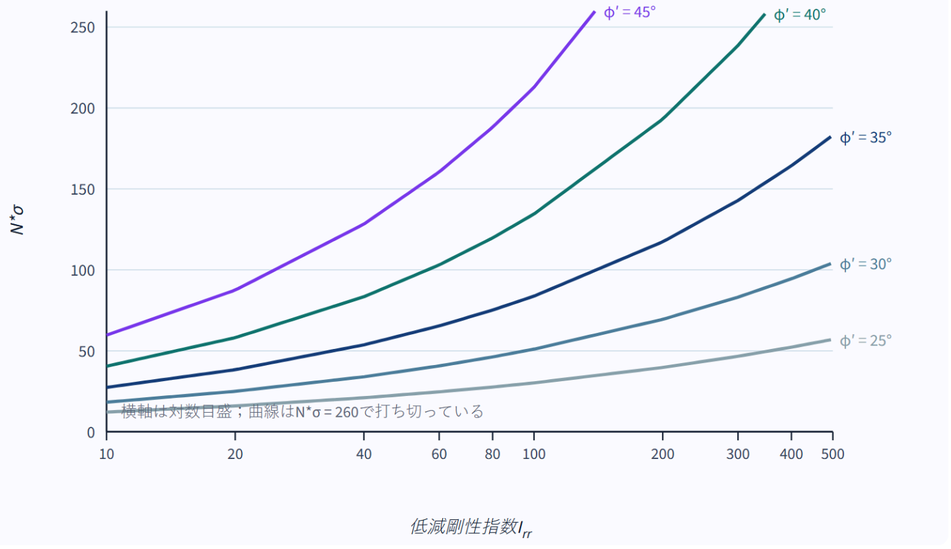
1. $K_o = 1 - \sin\phi'$ および $\bar{\sigma}'_o = (1 + 2K_o)q'/3$

2. $E_s = m \cdot p_a$, μ_s, I_r

3. Δ および $I_{rr} = I_r/(1 + I_r\Delta)$

4. ϕ' と I_{rr} から N^*_σ を求める（表より、対数補間）

5. $q_p = \bar{\sigma}'_o N^*_\sigma$ および $Q_p = A_p q_p$



各 ϕ' に対して1本の曲線：**剛性が増すと N^*_σ は増加する**；密で剛な砂は緩い砂よりはるかに大きな先端支持力を与える。

問題

例題

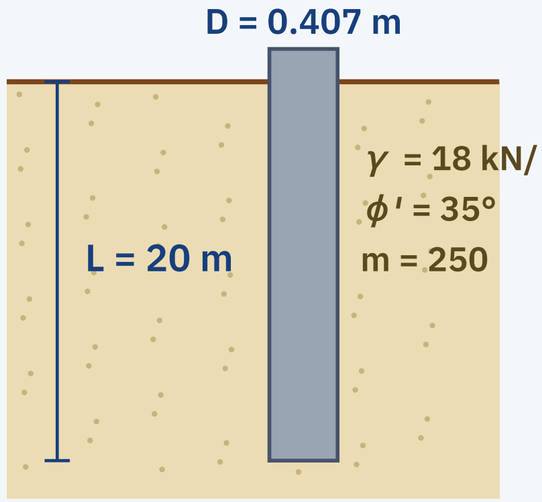
与条件

杭	**例題2と同じ：D = 0.407 m、L = 20 m**
砂	$\gamma = 18$ kN/m^3, $\varphi' = 35^\circ$
地下水	**なし**
弾性係数比	$m = E_s/p_a = 250$（**中密〜密**）
大気圧	$p_a = 100$ kPa

求めるもの

Vesic (1977)の方法により、杭の**先端支持力**Q_pを求めよ。

先端の有効応力：q′ = 18(20) = 360 kPa



解答 (1/3)

解答

1 静止土圧係数と平均有効鉛直応力

$$K_o = 1 - \sin 35^\circ = 0.426 \qquad \bar{\sigma}'_o = \frac{1 + 2(0.426)}{3}(360) = \mathbf{222.3}\ \text{kPa}$$

2 地盤の特性

$$E_s = m\, p_a = 250(100) = 25{,}000\ \text{kPa} \quad \mu_s = 0.1 + 0.3\frac{35 - 25}{20} = 0.25$$

3 剛性指数と体積ひずみ

$$I_r = \frac{25{,}000}{2(1 + 0.25)(360)\tan 35^\circ} = \mathbf{39.7} \qquad \Delta = 0.005\left(1 - \frac{35 - 25}{20}\right)\frac{360}{100} = 0.0090$$

解答 (2/3)

解答

4 低減した剛性指数

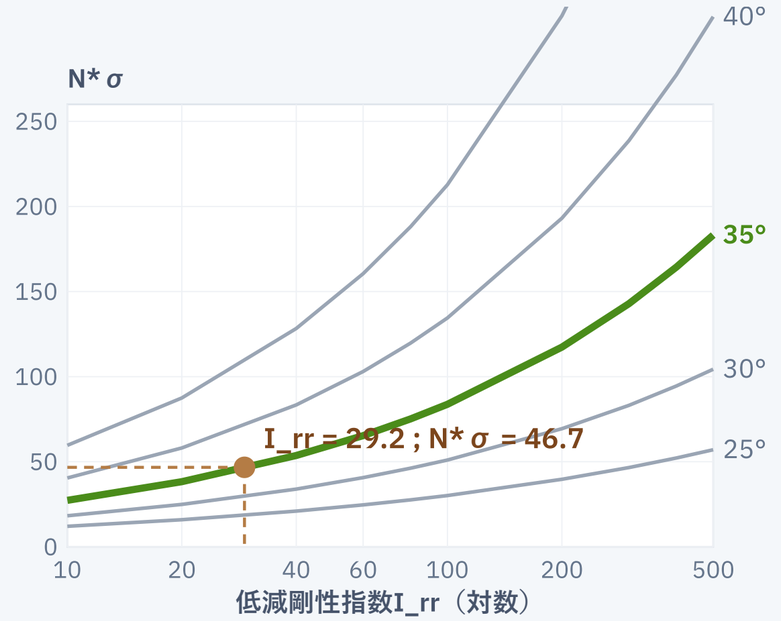
$$I_{rr} = \frac{I_r}{1 + I_r \Delta} = \frac{39.7}{1 + (39.7)(0.0090)} = \mathbf{29.2}$$

5 $N^*\sigma$：表の $\phi' = 35°$ の行で、$I_{rr} = 29.2$ に対する20と40の間の対数補間

$$N^*_\sigma = 38.32 + \frac{\log 29.2 - \log 20}{\log 40 - \log 20}(53.67 - 38.32)$$

$$= \mathbf{46.7}$$

グラフ中の緑の曲線 $\phi' = 35°$：$I_{rr} = 29.2$ の鉛直線との交点で**$N^*_\sigma \approx 46.7$**。



解答 (3/3)

解答

6 単位先端支持力

$$q_p = \bar{\sigma}'_o N^*_\sigma = 222.3(46.7) = \mathbf{10{,}389}\ \text{kPa}$$

7 先端支持力

$$Q_p = A_p\, q_p = 0.1656(10{,}389) = \mathbf{1{,}721}\ \text{kN}$$

同じ杭について**Meyerhof：829 kN**、**Vesic：1,721 kN**。Vesicは砂の剛性（m = 250）を考慮するため、Meyerhofの制限値の約2.1倍を与える。

GeoTervaで解答を確認する ↗

CoyleとCastello：実験に基づくN*q

理論

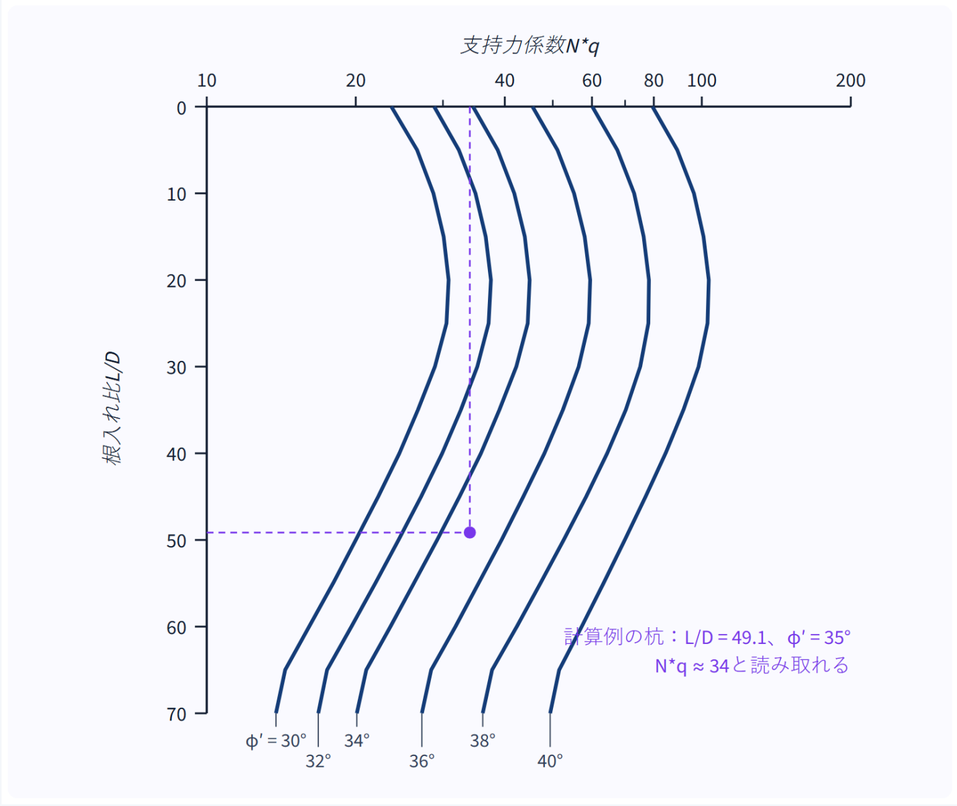
CoyleとCastelloは**打込み杭による24件の大規模現位置載荷試験**を検討し、砂について次の関係式を提案した：

$$Q_p = q' \, N_q^* \, A_p$$

q′は先端における有効鉛直応力であり、N*qはϕ'のほかに**根入れ比L/D**にも依存する（図表は右側）。

係数はMeyerhofのものより**はるかに小さい**：$\phi' = 35°$の深い杭で約**34**、Meyerhofでは**143**。これは破壊機構ではなく**実測支持力**に適合させたためである。

根入れ比が約20を超えると係数は**減少する**：同じ直径でより長い杭はより小さなN*qとなる。



問題

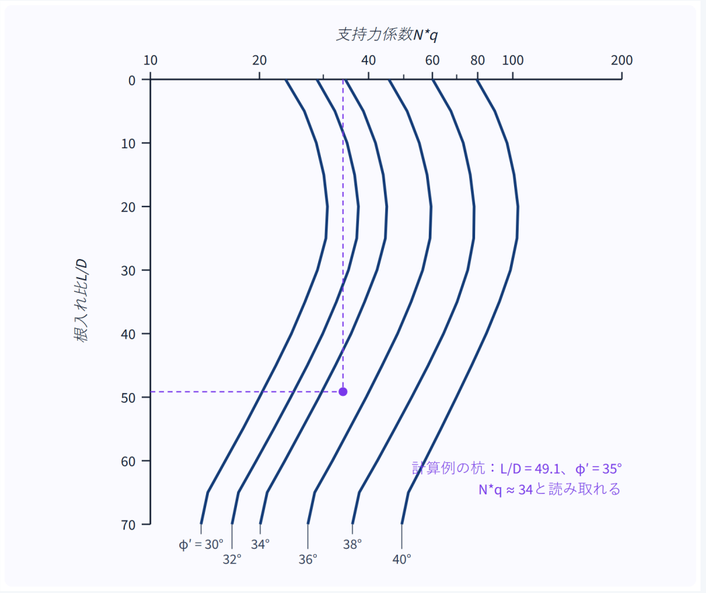
例題

与条件

杭と砂	**例題2と同じ：L = 20 m、D = 0.407 m、$\phi' = 35°$、$\gamma = 18$ kN/m³**
根入れ比	$L/D = 20/0.407 = 49.1$
図表から読み取る係数	$N_q^* \approx 34$（**図7；$\phi' = 35°$、L/D ≈ 49**）

求めるもの

CoyleとCastello (1981)法により杭の**先端支持力**Q_pを求めよ。



解答

解答

1 先端における有効応力と係数（図表による概算読み取り）

$$q' = \gamma L = 18(20) = 360 \text{ kPa} \qquad N_q^* \approx 34$$

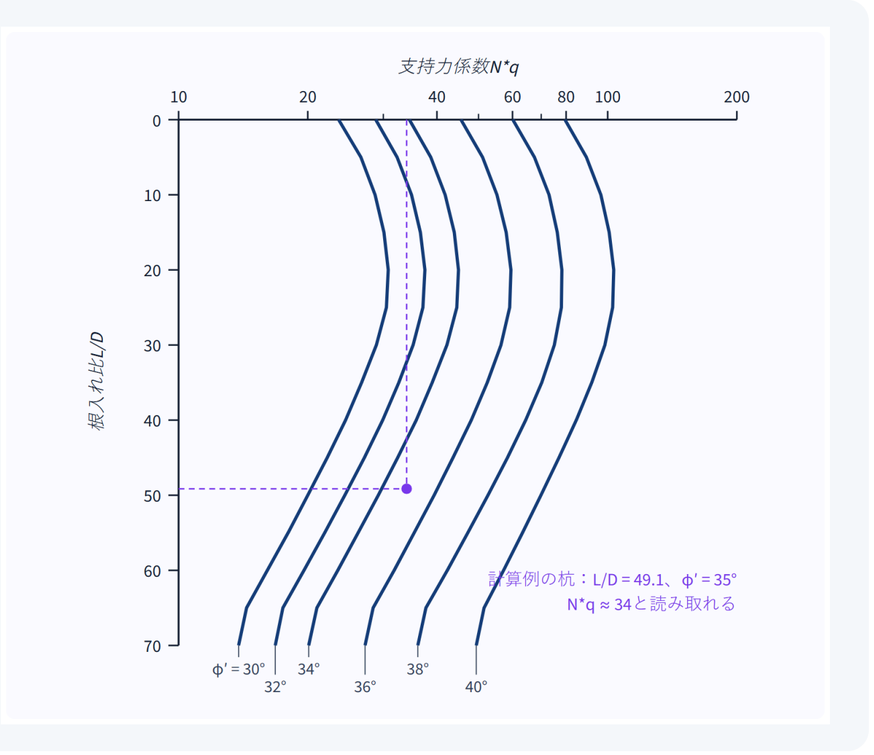
2 単位先端支持力

$$q_p = q' N_q^* = 360(34) = 12{,}240 \text{ kPa}$$

3 先端支持力

$$Q_p = A_p q_p = 0.1656(12{,}240) = \mathbf{2{,}028} \text{ kN}$$

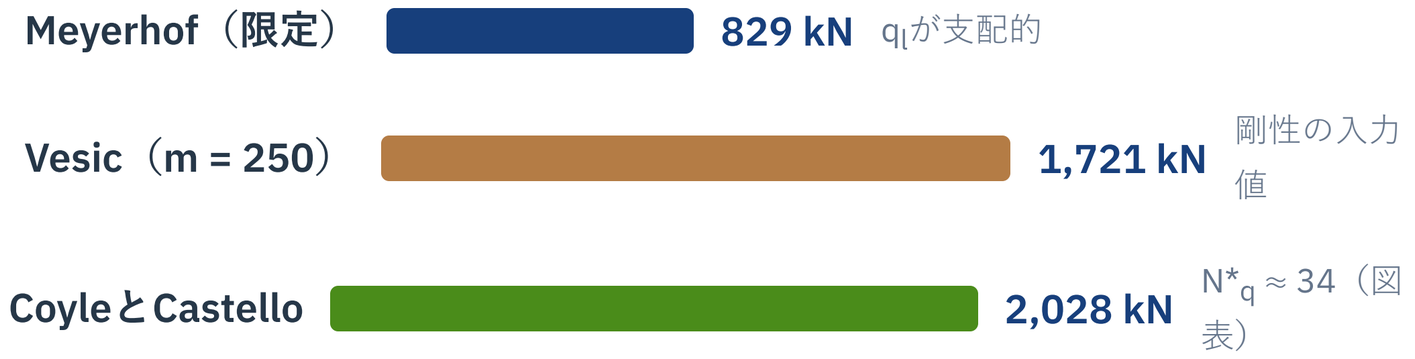
図表から読み取るN*qは近似値であり、ϕ'とL/Dに応じて±1 – 2程度変動しうる。結果は3手法のうち最大の**2,028 kN**である。



GeoTervaで解答を確認する ↗

3つの方法、同一の杭

理論



各手法は**互いに異なる仮定**に基づくため、結果も分かれる。その範囲は、先端支持力をどの程度まで把握できるかの正直な指標である。

Meyerhof：限界値のため**安全側**

Vesic：砂の密程度を**m**で明示的に入力する

Coyle–Castello：実測された打込み杭に基づく。図表の読み取りは近似である。

実務では：少なくとも2つの方法で計算し、その範囲を確認したうえで、**載荷試験**や地域の経験がない場合は安全側の端に近い値を選定する。

周面摩擦抵抗：$f = K\ \sigma' \tan\delta'$

理論

周面摩擦抵抗は、単位摩擦抵抗を杭周面に沿って合計したものである：

$$Q_s = \sum p\,\Delta L\,f$$

単位周面摩擦力fは深さの関数として次のように表される（L′：臨界深さ）：

$$f = K\,\sigma'_o \tan\delta' \quad (0 \le z \le L')$$
$$f = f_{z=L'} \quad (L' \le z \le L)$$

p：杭断面の周長、 ΔL：pとfを一定とみなす長さ
K：有効水平土圧係数、 σ'_o：その深さでの有効鉛直応力
δ'：地盤–杭間の摩擦角（通常0.5 ϕ' – 0.8 ϕ'）

K値（杭種別）

杭種	K
場所打ちまたはジェッティング	≈ Ko = 1 – sin ϕ'
低変位打込み	≈ Ko〜1.4Ko = 1.4(1 – sin ϕ')
高変位打込み	≈ Ko〜1.8Ko = 1.8(1 – sin ϕ')

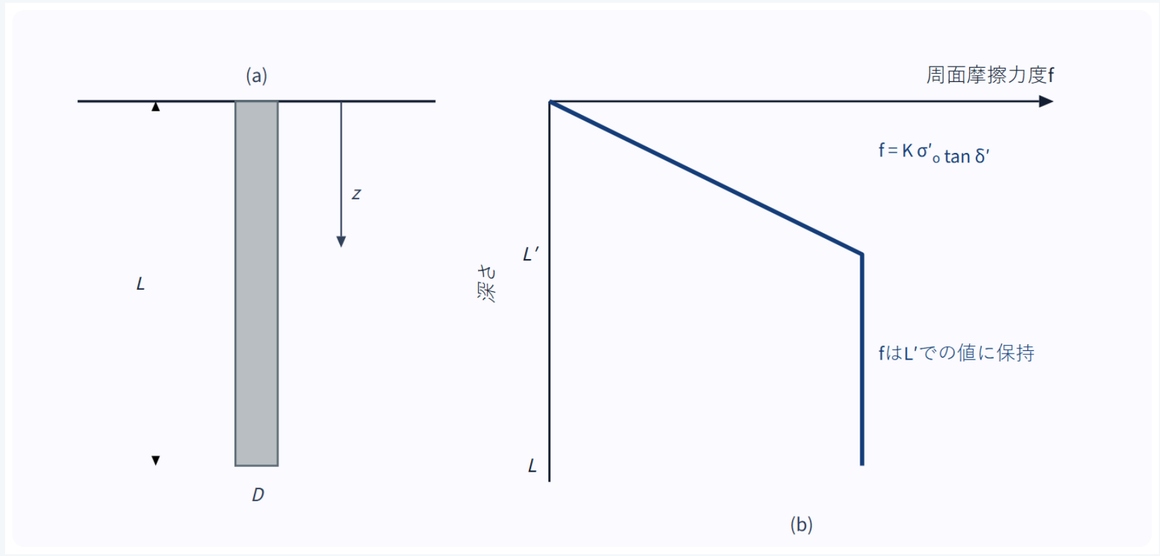
打込みは周囲の砂を締め固める（約2.5Dまで）

高変位杭は低変位杭より大きな周面摩擦抵抗を負担する

場所打ち/ジェット杭は打込み杭より低い周面摩擦抵抗を与える

臨界深さ：摩擦抵抗が増加しないのはなぜか

理論



実測の周面摩擦は有効応力のように深さとともに**無限に増加しない**。ほぼ**臨界深さ**までは増加し、その後は一定となる。

$$L' \approx 15\,D$$

通常の説明は**アーチ作用**である：砂は杭体周囲の上載応力のすべてを杭に伝達しない。本モジュールはL′以深の有効応力を**深さL′における値に保持する**；単位周面摩擦は先端まで一定に保たれる。

> L′については文献は15D – 20Dを与える。安全側の値は**15D**である。

問題

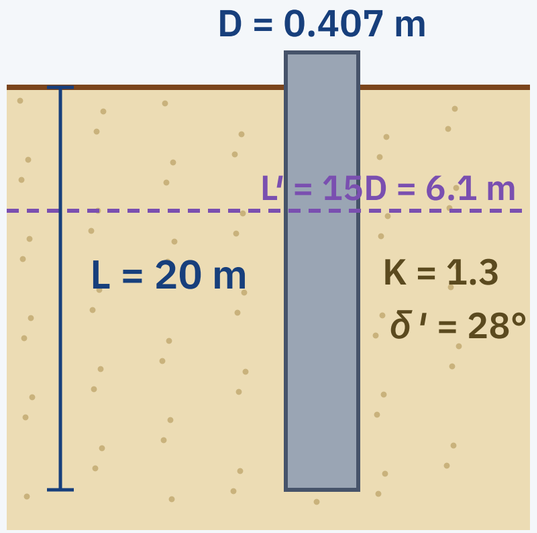
例題

与条件

杭と砂	**例題2と同じ：L = 20 m、D = 0.407 m、γ = 18 kN/m³**
周面	$p = 4D = 4(0.407) = 1.628$ m
係数	$K = 1.3$（**高変位打込み杭**）、$\delta' = 28°$（$\approx 0.8\varphi'$）

求めるもの

臨界深さ（L′ = 15D）を考慮して、杭の**周面摩擦抵抗**Q_sを求めよ。



解答

解答

1 限界深さとその深さにおける応力

$$L' = 15D = 15(0.407) = \mathbf{6.105}\ \text{m} \qquad \sigma'(L') = 18(6.105) = 109.9\ \text{kPa}$$

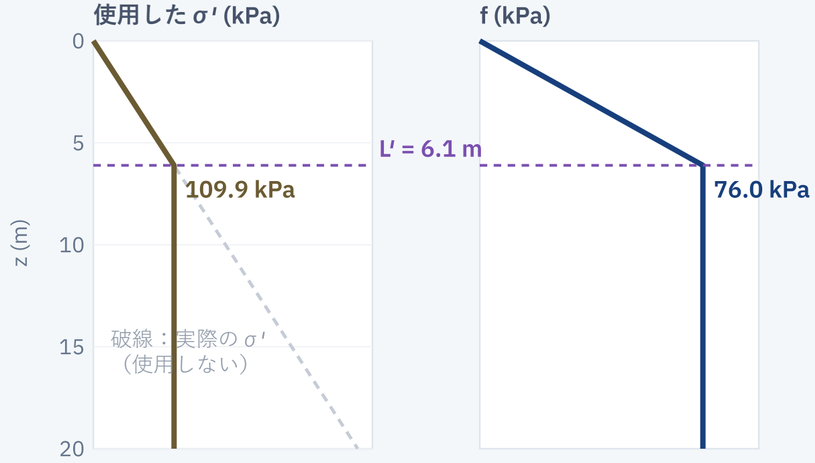
2 L′および先端の単位周面摩擦（L′以深では一定）

$$f_{L'} = K\,\sigma'(L')\tan\delta' = 1.3(109.9)\tan 28^\circ = \mathbf{76.0}\ \text{kPa}$$

3 Q_S：三角形（0 – L′）+ 長方形（L′ – L）の面積 × 周長

$$Q_s = p\left[\tfrac{1}{2} f_{L'} L' + f_{L'}(L - L')\right]$$
$$= 1.628\left[\tfrac{1}{2}(76.0)(6.10) + (76.0)(13.89)\right]$$

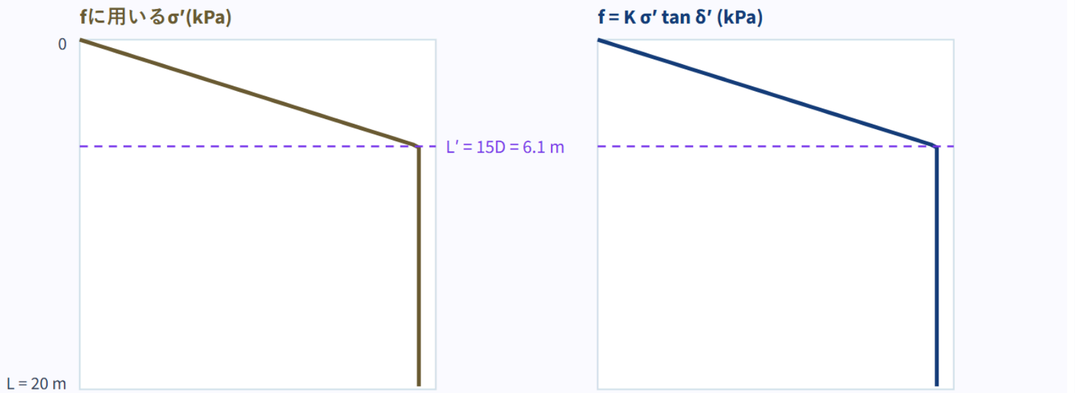
Q_S = 1,628 [231.9 + 1,055.4] = **2,096 kN**.



GeoTervaで解答を確認する ↗

限界深さを忘れるとどうなるか

理論



L′より下方では、摩擦に用いる応力をL′での値に保つため、fは増加しなくなる(K = 1.3, δ′ = 28°)。

同じ杭を**L′を考慮せず**、応力が先端まで線形に増加するものとして計算しよう：

$$f_L = 1.3(360)\tan 28^\circ = 248.8 \text{ kPa}$$
$$Q_s = p\,\tfrac{1}{2} f_L L = 4{,}051 \text{ kN}$$

4,051 kNではなく**2,096 kN**：約**93%過大**となる。長尺杭で臨界深さを無視すると、安全側を外れる大きな誤差を生じる。

CoyleとCastello：単一の平均応力による

理論

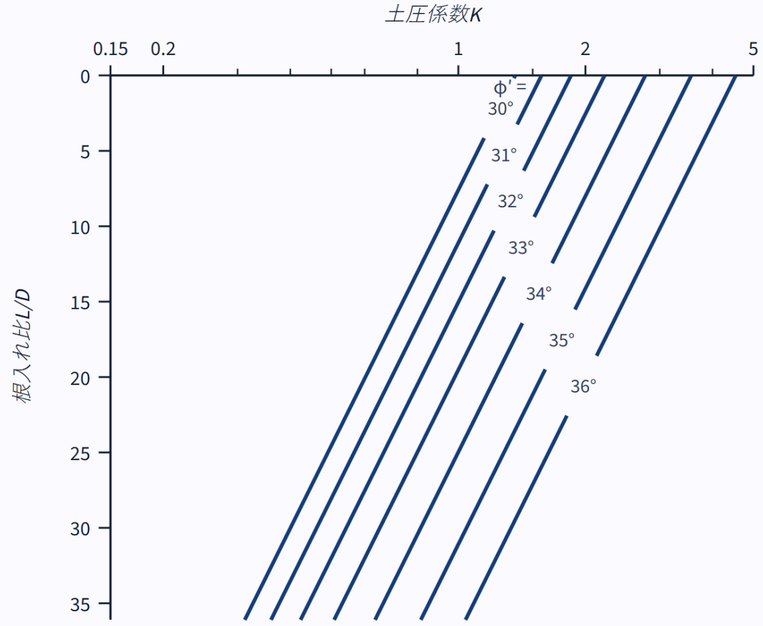
Coyle と Castello は、周面摩擦抵抗を**根入れ長にわたる平均有効応力を用いて一度に**計算することを提案した：

$$Q_s = f_{av}\, p\, L = \left(K\, \bar{\sigma}'_o \tan\delta'\right) p\, L$$
$$\delta' = 0.8\varphi'$$

Kは実験から求められ、**L/D**とϕ'に応じて（右の）図表から読み取る。

独立した臨界深さは存在しない：平均化がその役割を果たす

したがって2つの周面摩擦算定法は、**長い杭では大きな差**を生じうる



問題

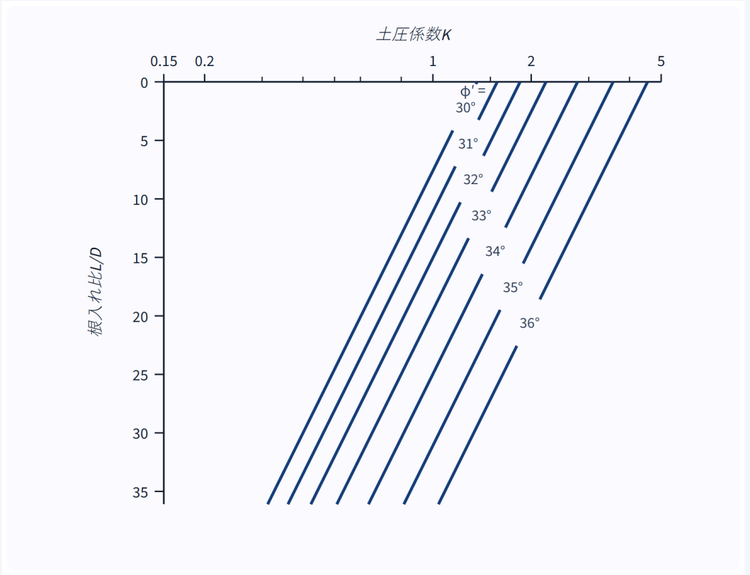
例題

与条件

杭と砂	**例題2と同じ：L = 20 m、D = 0.407 m、ϕ' = 35°、γ = 18 kN/m³**
係数	$K \approx 0.41$（**図10。図表はL/D = 36まで描かれており、L/D ≈ 49については曲線を外挿して読む。モジュールではこの値をKの欄に入力する。モジュールは自身の図表の読み取りにより0.48を入力する**）
摩擦角	$\delta' = 0.8\varphi' = 0.8(35^\circ) = 28^\circ$

求めるもの

CoyleとCastello (1981)の方法により、杭の**周面摩擦抵抗Q_s**を求めよ。



解答

解答

1 杭周に沿った平均有効応力（均質な砂、地下水位なし）

$$\bar{\sigma}'_o = \frac{\gamma L}{2} = \frac{18(20)}{2} = \mathbf{180}\ \text{kPa}$$

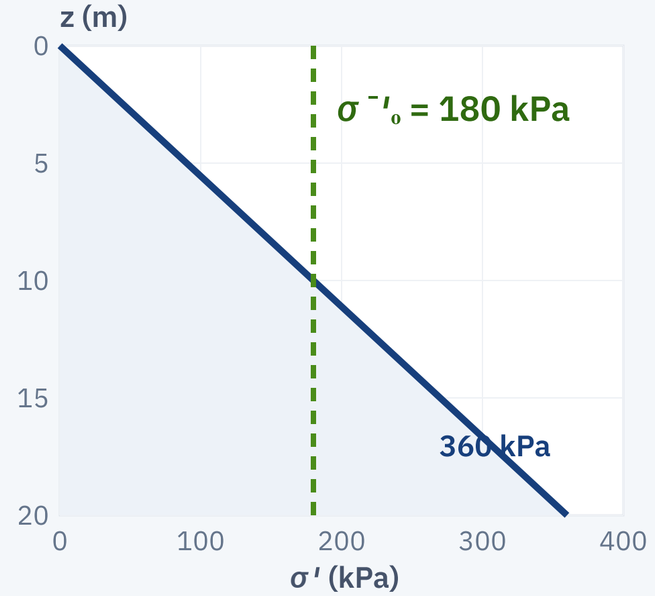
2 平均周面摩擦力度

$$f_{av} = K\,\bar{\sigma}'_o \tan\delta' = 0.41(180)\tan 28^\circ = \mathbf{39.2}\ \text{kPa}$$

3 周面摩擦抵抗

$$Q_s = f_{av}\,p\,L = 39.2(1.628)(20) = \mathbf{1{,}278}\ \text{kN}$$

K–δ′法（L′を用いる）では**2,096 kN**、Coyle–Castello法では**1,278 kN**となり、この長い杭では両者の間に約64%の差がある。



GeoTervaで解答を確認する ↗

単一安全率による合計

理論

極限支持力は2つの成分の和である；許容支持力はこの和の**全体に単一の安全率**を適用して求める：

$$Q_{all} = \frac{Q_p + Q_s}{FS}$$

単杭の通常の**FS = 2.5 – 4**

地盤が少数のボーリングでしか把握されていない場合、または支持力が主として**先端**で発揮される場合は上側の値を選ぶ

先端支持力法と周面摩擦力法は互いに**独立**に選べる；結果は併せて解釈する

問題

例題

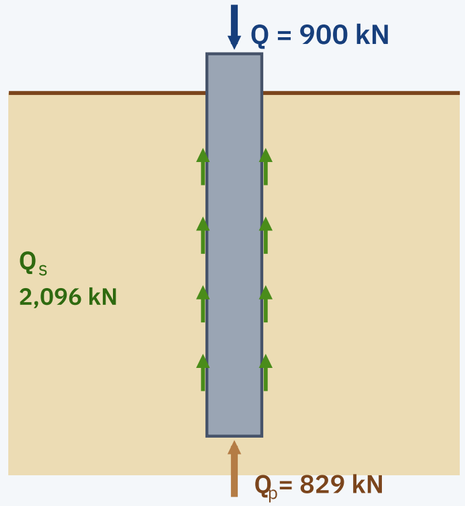
与条件

先端支持力	Q_p = 829 kN（Meyerhof、例題2）
周面摩擦抵抗	Q_s = 2,096 kN（K–δ'、例題5）
安全率	FS = 3
杭に作用する使用荷重	Q = 900 kN

求めるもの

杭の**許容支持力**Q_{all}はいくらか。

供用荷重は**十分**か。



解答

解答

1 極限支持力

$$Q_u = Q_p + Q_s = 829 + 2{,}096 = \mathbf{2{,}925}\ \text{kN}$$

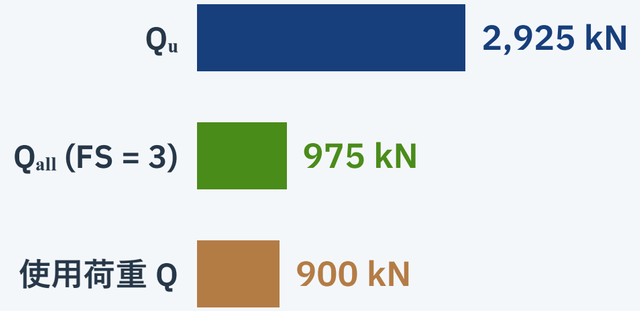
2 許容支持力

$$Q_{all} = \frac{Q_u}{FS} = \frac{2{,}925}{3} = \mathbf{975}\ \text{kN}$$

3 照査

$$Q = 900\ \text{kN} \ \le \ Q_{all} = 975\ \text{kN} \quad \Rightarrow \quad \text{十分}$$

利用率Q / Q_{all} = 900 / 975 = **0.92**。



GeoTervaで解答を確認する ↗

同じ杭：Q_uとQ_{all}（FS = 3）

理論

Q_u ・ Q_{all}（kN）

	Q_s：K–δ′（L′を用いる） 2,096 kN	Q_s：Coyle–Castello 1,278 kN
Q_p：Meyerhof 829 kN	2,925 ・ **975**	2,107 ・ **702**
Q_p: Vesic 1,721 kN	3,817 ・ **1,272**	2,999 ・ **1,000**
Q_p：Coyle–Castello 2,028 kN	4,123 ・ **1,374**	3,305 ・ **1,102**

20 mの杭に対して、周面摩擦抵抗の2手法と先端支持力の3手法の組合せにより6通りの異なるQ_uが得られる：**2,107 – 4,123 kN**。どの組合せを選ぶかは**工学的判断**である。

範囲を**解釈**し、単一の値に依存しない

周面摩擦抵抗が全体の大部分を占める：**臨界深さ**の判断が決定的である

可能であれば**杭載荷試験**で確認する

まとめ

ポイントのまとめ

$Q_u = Q_p + Q_s$；砂では両成分とも**有効応力**に依存する

Meyerhof：N^*_qはϕ'から、q_pは制限あり（$q_l = 0.5 p_a N^*_q \tan\phi'$）

Vesic：$\sigma'_o N^*_\sigma$；砂の剛性（m、I_{rr}）が考慮される

CoyleとCastello：実測支持力に適合させた$N^*_q(\phi', L/D)$と$K(\phi', L/D)$

周面摩擦抵抗：$f = K \sigma' \tan\delta'$、**$L' \approx 15D$**以深では一定

$Q_{all} = (Q_p + Q_s)/FS$、FS = 2.5 – 4

参考文献

Das, B.M. (2016). Principles of Foundation Engineering, 8th ed. Cengage Learning。本ページはこの文献に従っています。

Meyerhof, G.G. (1976). Bearing capacity and settlement of pile foundations. Journal of the Geotechnical Engineering Division, ASCE, 102(GT3), 197–228.

Vesic, A.S. (1977). Design of Pile Foundations. NCHRP Synthesis of Highway Practice 42, Transportation Research Board.

Coyle, H.M. and Castello, R.R. (1981). New design correlations for piles in sand. Journal of the Geotechnical Engineering Division, ASCE, 107(GT7), 965–986.

注記

本スライドの図はGeoTervaの理論ページから引用したものである。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しており、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

この発表資料の例題杭をGeoTervaで手順ごとに計算する。数値は同一である。

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