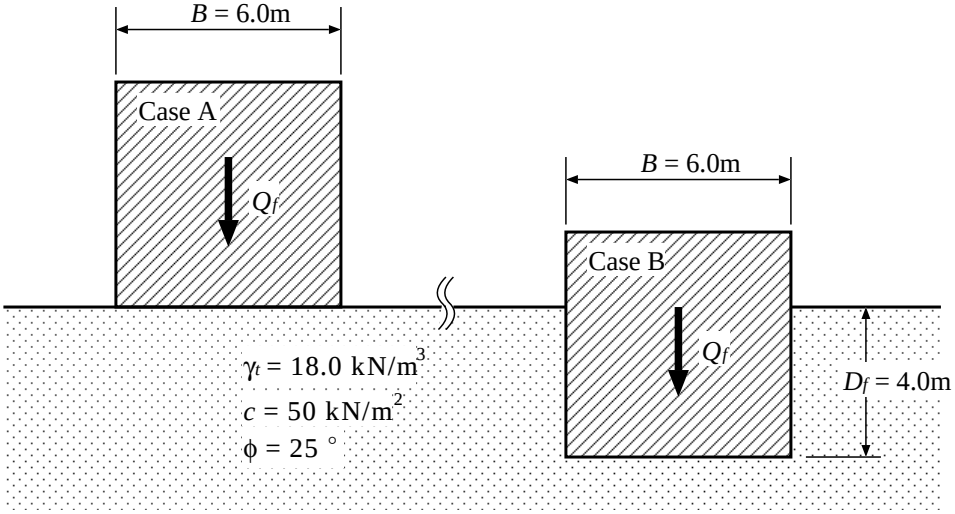
2007年度 地盤工学基礎演習課題　　[2008.1.7 出題]

問題

同じ断面を持った帯状基礎 (連続基礎) の単位奥行きあたりの極限支持力 $q_f = \frac{Q_f}{B}$ を，根入れが無い場合 (Case A) と根入れがある場合 (Case B)，それぞれについて求めよ。なお，支持力係数は底面が粗な場合の Terzaghi の式 (10.25) を用いること。地盤は，図中のパラメータを持った一様な不飽和土として計算せよ。



解答例

$\phi = 25°$ の条件より支持力係数を求める。

$$
\begin{aligned}
N_q &= K_p \cdot e^{\pi \tan\phi} \\
&= \tan^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}\right) \cdot e^{\pi \tan\phi} \\
&= \tan^2\left(45 + \frac{25}{2}\right) \cdot e^{\pi \tan 25} \\
&= 10.66 \approx 10.7
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
N_c &= (N_q - 1) \cdot \cot\phi \\
&= (10.66 - 1) \times \cot 25 \\
&= 20.7
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
N_\gamma &= 2(N_q + 1) \cdot \tan\phi \\
&= 2 \times (10.66 + 1) \times \tan 25 \\
&= 10.9
\end{aligned}
$$

Case A: $B = 6.0\text{m}$，$\gamma_t = 18.0\ \text{kN/m}^3$，$c = 50\text{kN/m}^2$，および，$D_f = 0\ \text{m}$ の条件を踏まえて極限支持力を求める。

$$
\begin{aligned}
q_f = \frac{Q_f}{B} &= \frac{\gamma_t}{2} B N_q + c N_c + \gamma_t D_f N_\gamma \\
&= \frac{18.0}{2} \times 6.0 \times 10.9 + 50 \times 20.7 + 18.0 \times 0 \times 10.7 \\
&= 588.6 + 1035 + 0 \\
&= 1624 \quad (\text{kN/m}^2) = 1.62 \quad (\text{MN/m}^2)
\end{aligned}
$$

Case B: 地盤定数と基礎の幅は変わらないので，Case A に対して，$D_f = 4.0\ \text{m}$ の条件のみを変えて極限支持力を求める。

$$
\begin{aligned}
q_f = \frac{Q_f}{B} &= \frac{\gamma_t}{2} B N_q + c N_c + \gamma_t D_f N_\gamma \\
&= \frac{18.0}{2} \times 6.0 \times 10.9 + 50 \times 20.7 + 18.0 \times 4.0 \times 10.7 \\
&= 588.6 + 1035 + 770.4 \\
&= 2394 \quad (\text{kN/m}^2) = 2.39 \quad (\text{MN/m}^2)
\end{aligned}
$$

補足 1

Case A と Case B を比較すると，基礎の根入れ効果は決して小さくないことがわかる。
それでは，極限支持力を大きくするもう一つの方法として，基礎幅を広げる効果について考えてみよう。Case A の根入れ条件において，たとえば基礎幅を 5 割増の $B = 9.0\mathrm{m}$ とした場合，極限支持力は，

$$
\begin{aligned}
q_f = \frac{Q_f}{B} &= \frac{\gamma_t}{2} B N_q + c N_c + \gamma_t D_f N_\gamma \\
&= \frac{18.0}{2} \times 9.0 \times 10.9 + 50 \times 20.7 + 18.0 \times 0 \times 10.7 \\
&= 882.9 + 1035 + 0 \\
&= 1918 \quad (\mathrm{kN/m^2}) = 1.92 \quad (\mathrm{MN/m^2})
\end{aligned}
$$

となる。q_f は $B = 6.0\mathrm{m}$ の時に比べて，$1.92/1.62 = 1.19$ と 2 割増程度である。

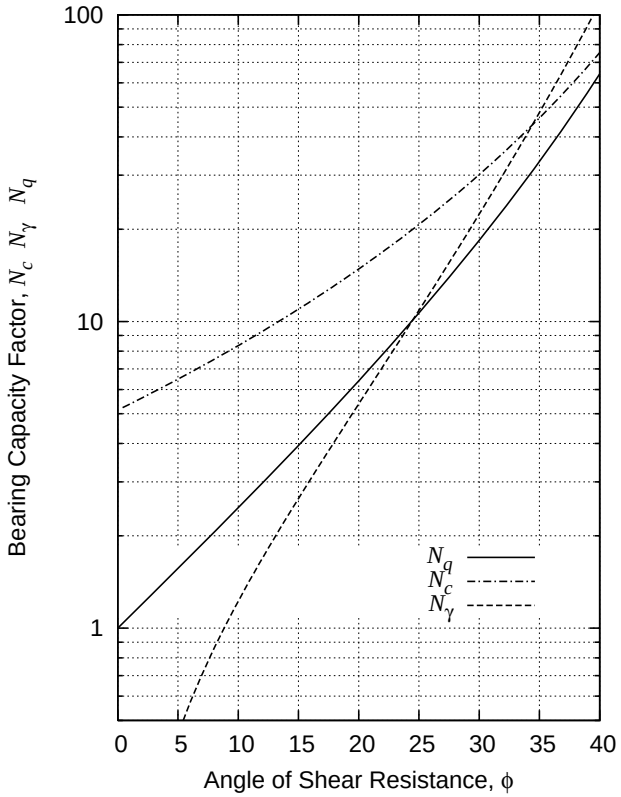
しかし，これは単位面積当たりの支持力の話であり，支えうる総重量 Q_f で比較すると，その比率は，

$$
\frac{Q_{f(B=9.0)}}{Q_{f(B=6.0)}} = \frac{1.92 \times 9.0}{1.62 \times 6.0} = \frac{17.28(\mathrm{MN/m})}{9.72(\mathrm{MN/m})} = 1.78
$$

となり，幅の増加分以上の効果が得られることがわかる．

Case B では $Q_f = 2.39 \times 6.0 = 14.34(\mathrm{MN/m})$ であるので，今回の事例の場合は幅を広げた方が良いという設計判断になるかもしれない．ただし，設計では鉛直支持力だけでは決まらない。地震などさまざまな荷重の影響や沈下の検討などを総合的に判断して基礎形状を決める必要がある。

補足 2

Terzaghi の支持力係数 (Bearing Capacity Factor)N_c, N_γ, N_q の値は，せん断抵抗角 (Angle of Shear Resistance)ϕ に対して下図のグラフのようになる．かつてはこのような図表を読み取って設計に用いていた。関数電卓を使うことができる現在では容易に正確に算出できるが，計算ミスがないかチェックするために，この図を参照すると良い．

$$
\begin{aligned}
N_q &= K_p e^{\pi \tan\phi} \\
N_c &= (N_q - 1)\cot\phi \\
N_\gamma &\doteq 2(N_q + 1)\tan\phi
\end{aligned}
$$