

Ⅲ-24

薄層地盤における鉛直支持力

東北大学工学部（学） ○渡辺 智浩
東北大学工学部（正） 柳沢 栄司

1.はじめに

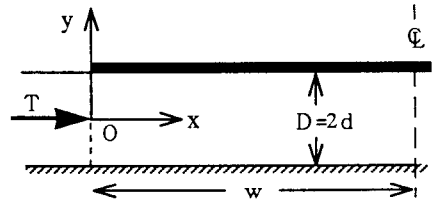
大型構造物で特別な基礎工によらないものでは、地盤内の土層が載荷幅に比べて相対的に薄くなり、いわゆる絞り出し破壊が生ずる場合がある。載荷重が増すにつれ載荷端から外向き横方向の変位が起こって破壊に近づく、側方流動と呼ばれる大きな変位、変形に移っていく。従来のTerzaghiの公式では半無限層をモデルとして扱っている、考えられているすべり線は下部岩盤に入ってしまうために使うことは出来ない。

絞り出し破壊は非排水変形と考えられ、 $\phi=0$ とするのが一般的である。しかし本研究ではそれにとらわれず $\phi \neq 0$ 材を考える。そして下部岩盤がすべり線や支持力に影響を与えうようなモデルを想定して、弾性公式を使うことができない高い載荷レベルの時の支持力について解析し、考察する。

2.解析

2.1 解析モデル

自重を無視したC, ϕ 材を考え座標は右の図のようにする。フーチングと土層、また土層と下部岩盤との付着力・摩擦角はそれぞれ土層の物性値と同じくC, ϕ とする。Tは塑性域の抵抗土圧である。



2.2 解析方法

釣り合い方程式と降伏条件から静的可容応力解を求める。降伏条件についてモール・クーロンの破壊規準式を採用すると（1）式を満たさなければならない。

$$\begin{cases} \frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} = 0, & \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} = 0 \\ \tau_{xy} = c + \sigma_{xy} \tan \phi \end{cases} \quad (1)$$

$y = \pm d$ における境界条件を考慮にいれて（1）式を解くと（2）式ようになる。

$$P = \frac{1}{w} \cot \phi \left(\left(\frac{T}{2} + cd \cot \phi \right) \left(\exp \left(\frac{w \tan \phi}{d} \left(1 + \left(\frac{\pi}{2} + \phi \right) \tan \phi \right) \right) - 1 \right) - wc \right) \quad (2)$$

（2）式では載荷端にかかる塑性域の抵抗土圧Tはまだ求まっていない。そこで実験から求めたすべり線を仮定してやり、Tを求めることにする。

3.実験

3.1 実験方法

本実験では、ベントナイトと豊浦標準砂を重量比で1：1に混合したものを用いた。その物理諸量は右の表に示す。

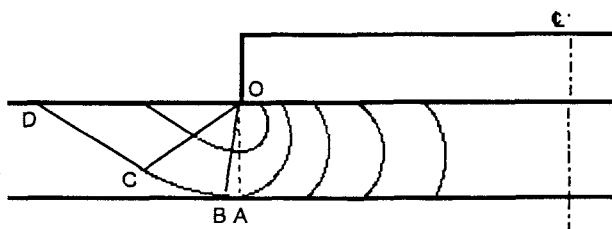
約1cmおきに黒く着色した砂をマーカーとして水平に敷いた厚さ約5cmの混合土層を1辺10cmの正方形載荷盤ですべり線が出るまで載荷した。なお底部には摩擦角を出すためにサンドペーパーを貼った。

c	0.05kgf/cm ²
ϕ	40°
含水比	4.17%
湿潤密度	1.937 g/cm ³

3.2 実験結果

出現したすべり線の概形を次の図に示す。

底部岩盤は1本のすべり線であると考えられるので、底部岩盤と土との摩擦角を ϕ' とするとすべり線は底で $\pi/4 - \phi'/2$ で交っていると考えられる。領域OCDは受動領域であるから $\angle ODC$ は $\pi/4 - \phi'/2$ であると考えられる。また半無限層の場合、過渡領域のすべり線は対数らせん線であるのでこの場合もBCは対数らせん線だと思われる。



したがってすべり線ABCDを下部岩盤である直線部AB、対数らせん部BC、ODと $\pi/4 - \phi/2$ の角度をなす直線部CDで仮定することにした。

4. 結果

3での仮定を用いると、TはO点まわりのモーメントの釣り合いより(3)式のようにになる。

$$T = \frac{4cd}{\cos^2 \phi} \sin^2 \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\phi}{2} \right) \sqrt{\frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi}} \exp \left(\left(\frac{\pi}{2} - \phi \right) \tan \phi \right) + 4cd \tan^2 \phi + \frac{2cd}{\sin \phi \cos \phi} \left(\exp \left(\left(\frac{\pi}{2} - \phi \right) \tan \phi \right) - 1 \right) \quad (3)$$

したがって(2)式に(3)式を代入することで支持力Pは完全に求まる。ここで注意したいことはフーチング端部OAにおいて水平平均応力が等しいとして求めていることである。

また一般的に絞り出し破壊は非排水変形で考えるので、 $\phi=0$ とすると支持力Pは(4)式のようにになる。

$$\lim_{\phi \rightarrow 0} P = c \left(\pi + \frac{w}{2d} + 1 \right) \quad (4)$$

5. まとめ

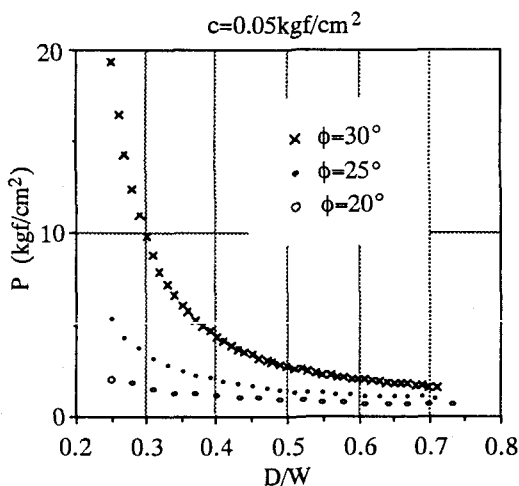
3種類の摩擦角についてPのグラフを書くこととなる。横軸のD/Wは土層の深さとフーチング幅との比である。D/Wが(5)式を満たすようになると、破壊形態はPrandtl型となり、この式を適用するべきではない。その場合、PはD/Wに依存せず、 ϕ のみで決まるようになる。

$$D/W \geq \frac{\cos \phi \exp \left(\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2} \right) \tan \phi \right)}{2 \cos \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2} \right)} \quad (5)$$

よって右の3本グラフはD/Wに関係しないそれぞれの固有の値に漸近していくと思われる。

また、Pを求める過程でHillの仮定を用いているので $W \gg D$ であるほど得た解は正解に近くなる。

今後の課題としては、求めたPは性質が下界値に近いめかなり安全側である。良い可容速度場を見い出して、上界値を求める必要がある。



※参考文献

- 1) 土の強さと地盤の破壊入門編集委員会：土の強さと地盤の破壊入門、PP.312～331、土質工学会
- 2) 土木工学大系編集委員会：土木工学大系 8 土質力学、PP.135～179、彰国社