

模型改良地盤の支持力式

九州共立大学 学 ○田中 伯和 九州共立大学 正 前田 良刀
大分県土木事務所 正 横田 康行

1.はじめに

本研究は、改良地盤上の直接基礎の支持力問題を検討するために、塑性論の上界定理に基礎をおく速度場法を適用し、改良地盤における破壊メカニズムを想定した、支持力評価式を提案する。また、室内での支持力試験と提案する支持力式との相互比較を行い、支持力に与える影響について考察する。

2.支持力式で仮定する可容速度場

(1)破壊メカニズムと連続条件

支持力試験と FEM 解析¹⁾から得られた破壊メカニズムをもとに、図-1に示すような可容速度場を考える。図中の ob 間は直線、bc 間是对数らせんとし、側方改良部の外での地盤についてはすべり線が発現しにくいことより地盤との境界面(cd 間)には静止土圧が作用していると仮定している²⁾。これにより、 Δoab を主働くさび領域、 Δabc を遷移領域、 Δacd を受働領域とし、これらの領域とすべり面に対して内部消散エネルギーと外力仕事を等値と考え、速度場法により支持力式を求める。

図-1において傾斜荷重と主働くさび oab の関係は、傾斜外力と外力作用方向変位ベクトル V_0 により外力仕事が行なわれるものの、基礎の変位方向の作用方向地盤の支配されないため、任意の V_δ の方向に変位可能である。ここで、 V_0 と V_δ の関係は式(1)で表せる。なお、図-1における各変位速度および地盤の強度定数は以下に示すとおりである。

V_0 : 外力作用方向の変位速度

V_δ : 基礎の変位速度

V_1 : I 領域における変位領域

V : II 領域における変位領域

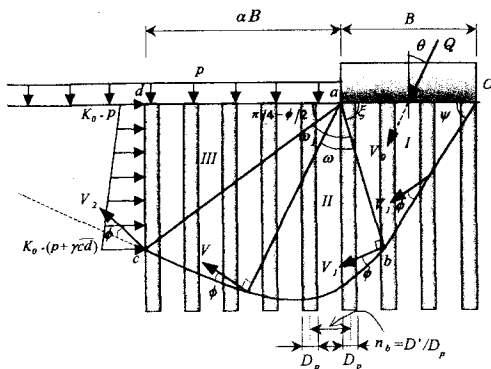
V_2 : III 領域における変位領域

c_0, ϕ_0, γ_0 : 原地盤の強度定数

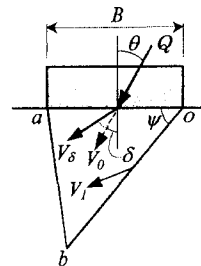
c_i, ϕ_i, γ_i : 改良地盤の強度定数

$$V_0 = V_\delta \cos(\delta - \theta) \quad (1)$$

ここで、基礎底面と oa 面は重ならず常に接し、かつ基礎が滑動せず地盤と一体的に挙動すると仮定すると、次式により、主働くさび角 ψ の時の基礎の変



(a) 破壊メカニズム



(b) 傾斜外力と主働くさび角 oab の関係

図-1 破壊メカニズム

位方向ベクトル V_δ と I 領域の速度ベクトルの関係は次式のように表される。

$$V_1 = V_\delta \frac{\cos \delta}{\sin(\psi - \phi_1)} \quad (2)$$

また、遷移領域(II 領域)および受働領域(III 領域)における連続条件は図-1 より以下ようになる。

$$V = V_\delta \frac{\cos \delta \exp(\omega \tan \phi)}{\sin(\psi - \phi)} \quad (3)$$

$$V_2 = V_\delta \frac{\cos \delta \exp(\omega_1 \tan \phi)}{\sin(\psi - \phi)} \quad (4)$$

支持力式は内部消散エネルギーと外力仕事を等値として得られる。ここで、内部消散エネルギーは直線部(ob 間)については粘着力に速度の不連続量に乗じて、また、対数らせん部(bc 間)についてはさらに内部領域での消散エネルギーを加える。また、外力仕事は傾斜荷重 Q 、サーチャージ p 、cd 面に作用する静止土圧および I, II, III 領域の地盤自重による

仕事の総和となる。両者を等値として得られる支持力の上界値を与える支持力式を式(5)に示す。

$$Q = c_i \mu_\theta N_{ci} + q \mu_\theta N_q + \gamma_i \mu_\theta N_\gamma \quad (5)$$

$$\mu_\theta = \frac{\cos \delta}{\cos (\delta - \theta)} \quad \text{荷重傾斜係数} \quad (6)$$

$$N_{ci} = \frac{\cos \phi_i}{\sin (\psi - \phi_i)} \left[\frac{\{x_b - (n_{ob} - 1) D_p (n_b - 1)\}}{\cos \psi} + \frac{\ell_{bci}}{\sin \phi_i} \right] + \mu_c \frac{\cos \phi_o}{\sin (\psi - \phi_i)} \left[\frac{(n_{ob} - 1) D_p (n_b - 1)}{\cos (\phi_o - \phi_i + \psi)} + \frac{\ell_{bcc}}{\sin \phi_o} \right] \quad (7) \quad \mu_c = \frac{c_o}{c_i} \quad (8)$$

ここに、 x_b : o 点から b 点までの水平距離、 n_{ob} : ob 間に含まれる改良体の本数、

ℓ_{bci} : bc 間において改良体が横切る長さ、 ℓ_{bcc} : bc 間において原地盤が横切る長さ

$$N_q = \frac{1}{\sin (\psi - \phi_i)} \left[\exp (\omega_1 \tan \phi_i) \left\{ \frac{\alpha B}{n_b} \cos \left(\frac{\pi - \phi_i}{4} - \frac{\phi_i}{2} \right) + \frac{K_o \bar{c} d}{2} \sin \left(\frac{\pi - \phi_i}{4} - \frac{\phi_i}{2} \right) \right\} + \frac{\alpha B (n_b - 1)}{n_b} \exp (\omega_1 \tan \phi_o) \cos \left(\frac{\pi - \phi_o}{4} - \frac{\phi_o}{2} \right) \right] \quad (9)$$

$$N_\gamma = -S_{II} + \frac{1}{\sin (\psi - \phi_i)} \left\{ S_{III} + S_{III} \cos \left(\frac{\pi - \phi_i}{4} - \frac{\phi_i}{2} \right) \exp (\omega_1 \tan \phi_i) \right\} + \mu_\gamma \left\{ -S_{Io} + \frac{1}{\sin (\psi - \phi_i)} \left\{ S_{IIo} + S_{IIo} \cos \left(\frac{\pi - \phi_o}{4} - \frac{\phi_o}{2} \right) \exp (\omega_1 \tan \phi_o) + \frac{K_o \bar{c} d^2}{2} \sin \left(\frac{\pi - \phi_i}{4} - \frac{\phi_i}{2} \right) \exp (\omega_1 \tan \phi_i) \right\} \right\} \quad (10)$$

$$\mu_\gamma = \frac{\gamma_o}{\gamma_i} \quad (11)$$

ここに、 S_{II} 、 S_{III} 、 S_{III} : それぞれ I、II、III 領域における改良体部分の面積

S_{Io} 、 S_{IIo} 、 S_{IIIo} : それぞれ I、II、III 領域における原地盤部分の面積

3. 支持力計算結果と試験値・解析値との比較

3.1 支持力比と側方改良幅比の関係

図-2 は、側方改良幅比 α と支持力比 q_n/q_0 に関して、支持力試験と今回の支持力式を比較したものである。これから、試験結果は $\alpha=1$ 以上になると支持力比の増加が見られなくなるが、計算結果は α の増加に伴い、支持力比も増加しており、両者で異なる結果が得られている。これは、支持力試験では地盤材料(プラスチック棒積層体と EPS)のそれぞれの応力・ひずみ関係を反映した荷重・変位曲線が得られるものの、支持力式で用いた速度場法は地盤を剛塑性体として地盤変位を無視していることによるものと考えられる。

3.2 支持力比と改良密度の関係

図-3 は、改良密度 n_b と支持力比 q_n/q_0 に関して、支持力試験と今回の解析式を比較したものである。支持力式と試験結果は同様の低減傾向を示し、よい対応をしている。 n_b は改良材に挟まれた効果を表現するものと考えられるため、上述のフーチング端部の側方改良幅 α の場合に比較して、支持力式と試験値の差はあまりない。

参考文献 1) 西園崇志, 前田良刀, 横田康行, 田中伯和 : 土木学会西部支部研究発表会講演概要集, 2004.3

2) 横田康行, 前田良刀, 落合英俊, 大嶺 聖 : プラスチック片を混合したソイルセメント改良地盤の支持力特性, 土木学会論文集 No.701, III-58, pp.87-97, 2002.3.

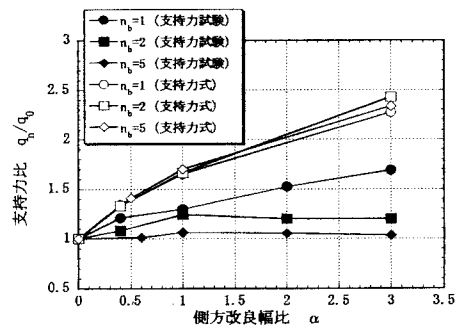


図-2 側方改良幅比 α が支持力に与える影響 ($\theta=0^\circ$, $\sigma_{v0}=0\text{kN/m}^2$ の例)

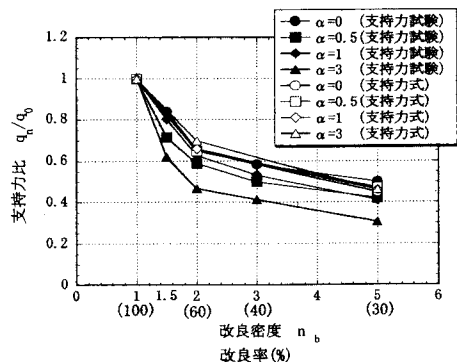


図-3 改良密度 n_b が支持力に与える影響 ($\theta=0^\circ$, $\sigma_{v0}=0\text{kN/m}^2$ の例)