

フローティング方式置換え基礎の支持力算定法

(株) 第一コンサルタンツ	正員	右城 猛
"	正員	矢野光明
"	正員	○山岡幸弘
"	正員	瀧石 純

1. まえがき

擁壁や函渠等の道路構造物を軟弱地盤上に建造する際の対策工の1つにフローティング方式置換え基礎(以後、フロー基礎と呼ぶ)がある。これは、構造物下の軟弱地盤の一部を砕石等の良質材で置換えることにより、基礎に作用する荷重の分散効果と基礎の根入れ効果を高めて支持力の増加を図る工法である。

フロー基礎の支持力評価法としては確立されたものがなく、実務上はPrandtl式¹⁾等の浅い基礎の支持力式を適用しているのが一般的である。

本論文は、粘性土地盤($\phi=0$)を対象として、榎らの提案するGLEM^{2), 3)}を用いて根入れを有する基礎の地盤の破壊モードを明らかにし、上界定理⁴⁾による支持力評価の定式化を行なうとともに、それによる解析値と従来式との比較検討を試みたものである。

2. 根入れを有する直接基礎の地盤の破壊モード

GLEMを用いて、根入れ深さ D_f を変化させた場合の地盤の極限支持力度と破壊面を求めた。その結果を図-2に示す。ただし、基礎幅 $B=4.7\text{m}$ 、 $C_u=1.0\text{tf/m}^2$ 、 $\gamma=1.8\text{tf/m}^3$ としている。これより、基礎直下に発生する主働塑性場は D_f に殆ど影響されないが、基礎端を極とする扇形の遷移場は D_f の増加とともに扇の内角が拡大していくものと考えられる。

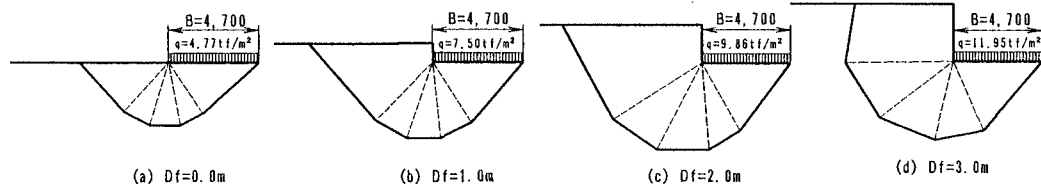


図-2 基礎の根入れ深さと地盤の破壊モード

3. 極限支持力度の上界定理による定式化

GLEMによる検討から、フロー基礎の可容速度場を図-3のように設定すると、極限状態における外力仕事率及び内部消散エネルギー率はそれぞれ(1)、(2)式で表される。

外力仕事率

$$W=[q+1/2 \cdot \gamma \cdot B \{1/2 \cdot \sqrt{2} \sin \beta - (m^2+0.5) \tan \beta - \sqrt{2} m \sec \beta\}] B \cdot V_0 \quad \dots (1)$$

内部消散エネルギー率

$$E=(1+2 \theta + \sqrt{2} m \sec \beta + \tan \beta) C_u \cdot B \cdot V_0 \quad \dots (2)$$

外力仕事率と内部消散エネルギー率が等しいとおいて整理すると

(3)式が得られる。

$$q=C_u \cdot N_c + 1/2 \gamma \cdot B \cdot N \gamma \quad \dots (3)$$

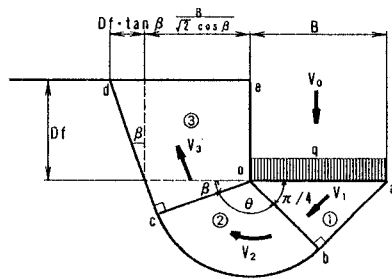


図-3 可容速度場

ただし, $N_c = 1 + 2\theta + \sqrt{2}m \cdot \sec \beta + \tan \beta$, $N_\gamma = (m^2 + 0.5) \tan \beta - \sqrt{2}m \sec \beta - 1/2 \cdot \sqrt{2} \sin \beta$

$$\beta = 3/4 \cdot \pi - \theta \quad (\because \pi/2 \leq \theta \leq \pi), \quad m = Df/B$$

β は q の極小値の条件 ($\partial q / \partial \theta = 0$) から決定することができ, 次式のように表される.

$$4Cu(2m \cdot \sin \beta + \sqrt{2}) + \gamma \cdot B \{ \sqrt{2}(1+2m^2) + 4m \cdot \sin \beta \} - 8\sqrt{2}Cu \cdot \cos \beta^2 - 2\gamma \cdot B \cdot \cos \beta^3 = 0 \quad \dots\dots\dots (4)$$

4. 提案式による解析値と従来式との比較

GLEMの解析に用いたものと同じ $B = 4.7m$, $\gamma = 1.8tf/m^3$ の場合について計算した結果を図-4~6に示す.

図-4は, (4)式から求められた θ の値を示したものである. 根入れ比 m の増加に伴い θ の値も大きくなっており, GLEMの解析結果と同様の傾向が認められる. また, θ の値は Cu の大きさによっても異なった値を示す.

図-5は支持力係数を示したものである. N_c, N_γ は, 根入れ比 m の増加に伴い大きくなる. また, Cu の値によっても異なる. 支持地盤の自重及び根入れ地盤のせん断強度を無視したPrandtlの解では, $N_c = 5.14, N_\gamma = 0$ であるが, 提案式では $m=0$ の場合, $N_c > 5.14, N_\gamma < 0$ となる. ただし, $m=0, \gamma=0$ とすればPrandtlの支持力係数と一致する.

図-6は, 根入れ比 m と極限支持力度の関係を示したものである. Prandtlの式は(5)式で, 山口の式⁵⁾は(6)式で表される. 山口の式は, 根入れ地盤の粘着力によるせん断抵抗をサーチャージ荷重に換算したものである.

$$q = 5.14Cu + Df \cdot \gamma \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$q = 5.14(1 + 0.2m)Cu + Df \cdot \gamma \quad \dots\dots\dots (6)$$

Prandtl式は根入れ地盤をサーチャージ効果としてのみ考慮し, せん断強度を無視しているため支持力は常に小さく評価される. 一方, 山口の式は支持力係数に支持地盤の自重及び根入れ地盤のせん断強度を無視して得られたPrandtlの値を用いているため, 粘着力が小さいと支持力を過大に, 粘着力が大きいと逆に過少に評価される. GLEMによる解析は $Cu = 1.0tf/m^2$ の場合のみ行なっているが, 根入れ比が大きいと他の解析値より大きな値を示す. すべり面の初期値の設定, 分割ブロック数などが十分適切でなかったものと考えられる.

5. あとがき

今回は, $\phi = 0, Cu = \text{const}$ の粘性土について上界定理による支持力の定式化を試みたが, 一般に支持力が問題となる沖積地盤では Cu が深さ方向に増加する傾向がある. したがって, 今後は Cu が深さ方向に線形的に増加する場合にも適用可能な支持力式に拡張していく予定である.

本研究にあたり, 愛媛大学の榎明潔氏より貴重なご助言を賜わるとともに, GLEMの解析プログラムを使用させていただきました. ここに感謝の意を表します.

【参考文献】

- 1) 土質工学会: 土と基礎実用数式・図表の解説, 第一回改定版, 1987年11月.
- 2) Enoki et al.: Generalized Limit Equilibrium and Its Relation with Slip Line Method, S&F, Vol. 31, No. 2, 1991.
- 3) Enoki et al.: Relation of Limit Equilibrium Method to Limit Analysis Method, S&F, Vol. 31, No. 4, 1991.
- 4) 土質工学会: 土の強さと地盤の破壊入門, 1987年7月.
- 5) 山口柏樹: 改定土質力学, 技報堂, 1984年.

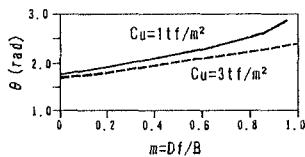


図-4 θ 値

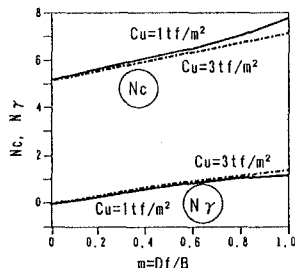


図-5 支持力係数

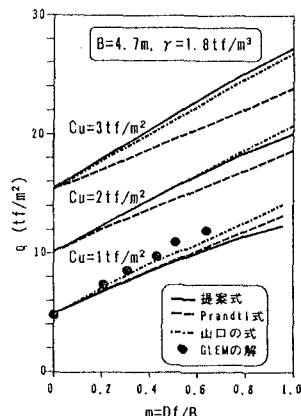


図-6 根入れ比と極限支持力度の関係