

超軟弱地盤のトラフィカビリティー確保に用いるジオテキスタイルの支持力特性

九州大学大学院 学 深江 良輔 正 善 功企
 同上 正 陳 光斉 正 笠間 清伸

1. 目的

浚渫工事から排出される浚渫粘土を用いて埋立てられた地盤は、高含水比となり泥水のような超軟弱地盤となる。この超軟弱地盤のトラフィカビリティーを確保するための地盤改良工法のひとつとして、ジオテキスタイルを用いた強制置換工法がある。この工法の設計では、従来の軟弱地盤に対する設計法が用いられているが、対象となる地盤強度の適用範囲が明確でなく、特に泥水のような超軟弱地盤には十分な検討が必要である。

本研究では、有限要素解析(GeoFem¹⁾)を用いて超軟弱地盤に対するジオテキスタイルを用いた強制置換工法の数値シミュレーションを行った。この結果をもとに、山内らによって提案されたジオテキスタイルの実用支持力公式²⁾の適用性について考察した。

2. 解析概要

本解析では、超軟弱地盤にジオテキスタイルを敷設し、その上に盛土を築造する状況をシミュレートした。地盤材料は Mohr-Coulmb の弾塑性モデルとし、各地盤には均一な粘着力 c と変形係数 E を与えた。詳しい解析手法については参考文献 3)を参照下さい。

本解析では、地盤粘着力 $c=0.2, 2.0, 5.0, 8.0$ (kN/m²)の4ケースの地盤モデルについて検討した。解析に用いる変形係数 E は、既往の研究¹⁾をもとに軟弱埋立層は $E=28c$ (kN/m²)、沖積粘土層は $E=210c$ (kN/m²)とした。粘土地盤の粘着力に起因する極限支持力 $q_1=(+2)c$ をもとに上載荷重 P は、 $P=1.0c, 2.0c, 3.0c, 4.0c, 5.0c$ (kN/m²)に分けて与えた。得られた盛土中央部における荷重～沈下曲線をもとに極限支持力を算出した。次に変形図の解析結果をもとにジオテキスタイルの変形を表すパラメータを求め、既往の支持力式より理論的な支持力を算出する。また、荷重～沈下曲線から得た支持力と理論値による支持力の比較を行う。

3. 結果と考察

山内らが Terzaghi の支持力理論にもとづき提案したジオテキスタイルの実用支持力公式(1)をもとに理論的支持力を算定する。この式は、式の簡便さから実務ではよく用いられる。

$$q_d = \underbrace{q_1}_{\text{地盤の粘着力に起因した効果}} + \underbrace{q_2}_{\text{敷設効果}} + \underbrace{q_3}_{\text{根入れ効果}}$$

$$= \alpha N_c + T \left(\frac{2 \sin \theta}{B} + \frac{N_q}{r} \right) + \gamma_i D_f N_q \quad (1)$$

ここに、 q_d :極限支持力、 α :形状係数、 c :粘土地盤の粘着力、 N_c, N_q :支持力係数、 T :ジオテキスタイルの引張り強度、 γ_i :地盤の単位堆積重量、 D_f :ジオテキスタイルのめり込み量、 r : 載荷重領域近傍の地盤の変状を近似的に円とみなした時の仮想半径および θ :ジオテキスタイルとの傾斜角は、図-1 に示すジオテキスタイルの変形状態を表す定数である。

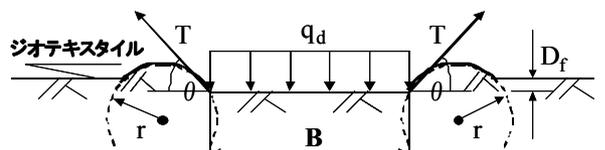


図-1 ジオテキスタイルの変形概念図

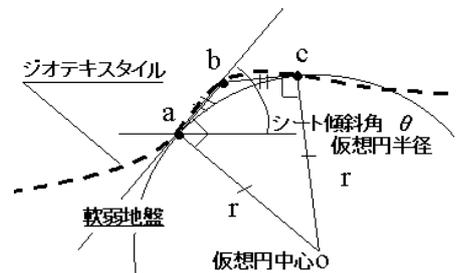


図-2 変形状態 r の求め方

図-2 に r と θ の取り方について説明する。分布荷重を与えた載荷重域の端部 a におけるジオテキスタイルの傾斜角を θ とする。この点 a とシートの変状が最も大きい点 b を結びこの ab と等距離を有する点 c をその先に取り、ac 点を通る円を描きこの仮想円半径を r とする。これらを式(1)に代入し、理論的な支持力を算定した。ここでは、 $\alpha=1.0, N_c=5.14, N_q=1.0$ とした。また、 T は荷重載荷領域の端部 a に働くせん断力とした。 D_f は、盛土中央部の沈下量とした。

キーワード：超軟弱地盤、ジオテキスタイル、強制置換工法、支持力

連絡先：〒812-8581 福岡市東区箱崎 6-10-1 九州大学大学院防災地盤工学研究室、TEL092-642-4399

図-3に図-2をもとに得た r および β と沈下量 D_f を載荷幅 B で正規化した D_f/B の関係を示す。ここで実線は $D_f/B - r$ 、破線は $D_f/B - \beta$ である。図-3より沈下が大きくなると共に r は小さくなり β は大きくなる。特に r の減少傾向は地盤の粘着力が大きいほど大きい。また、地盤の粘着力の大きさに関わらず沈下量が増えると $r=0.7$ 前後の一定値に近づく。

式(1)中の第一項で表される地盤の粘着力に起因する効果の発現の程度を知るために図-4に解析結果の沈下量 D_f を載荷幅 B で正規化した D_f/B に対する上載荷重 P の関係を示す。ただし、縦軸は P を地盤の粘着力に起因する効果 q_1 で正規化した。図-4より地盤の支持力が発揮されるには大きな沈下量が必要で、これは地盤の粘着力が小さいほど顕著である。

図-5に地盤の粘着力 c に対する解析結果による支持力 q_a (解析結果の荷重～沈下曲線の変曲点より得られた支持力)、式(1)による支持力 q_d 、地盤の粘着力に起因した効果 q_1 および敷設効果 q_2 の関係を示す。図-5より式(1)による支持力 q_d は、解析結果による支持力 q_a より大きい。これは荷重～沈下曲線の変曲点より得られた支持力 q_a が地盤の極限支持力の50%程度であるためである。また、式(1)による支持力 q_d に対して敷設効果 q_2 は非常に小さいものとなっている。

地盤の粘着力と支持力および敷設効果に与える影響を知るために、図-6では地盤の粘着力 c に対する解析結果による支持力 q_a および式(1)における理論的な敷設効果の関係を示す。ただし、左縦軸は q_a を式(1)による支持力 q_d で正規化した支持力比、右縦軸は式(1)による支持力 q_d を地盤の粘着力に起因する効果 q_1 で正規化した支持力比である。 $c - q_a/q_d$ より、地盤の粘着力が大きいほど解析による支持力は式(1)による支持力に近づく。 $c - q_d/q_1$ より、式(1)では地盤の粘着力が小さいほど敷設効果の割合が大きい。

以上より、山内らの式をもとにジオテキスタイルを用いた強制置換工法の支持力を算定する時には、地盤の粘着力に起因した効果 q_1 が過大になる。従って、地盤の粘着力に対応した係数 a を式(1)の第一項 q_1 に掛けた式(2)を提案する。係数に関する具体的な考察については今後の課題とする。

$$q_d = \frac{a(\alpha c N_c)}{B} + T \left(\frac{2 \sin \theta}{B} + \frac{N_q}{r} \right) + \gamma_i D_f N_q \quad (2)$$

4. 結論

1. 超軟弱地盤では、地盤の粘着力が小さい程にジオテキスタイルの敷設効果が大きいことがわかった。
2. 超軟弱地盤では、荷重～沈下曲線の変曲点から得られる極限支持力は、式(1)から得られる支持力よりも小さくなる。
3. 山内らの式(1)による支持力に対して式(2)のように地盤の粘着力に対応した係数を与えることで解析に合う支持力を提案できる。

参考文献

- 1) 財団法人沿岸技術研究センター：GeoFem マニュアル、財団法人沿岸技術研究センター、1997.
- 2) 山内豊聡ら：敷網工の実用支持力公式の一提案、九大工学集報、第52巻、第3号、pp.201-207、1979.
- 3) 善 功企ら：超軟弱埋立地盤の強制置換による中仕切堤の築造事例、粘土地盤における最新の研究と実際シンポジウム論文集、2002.(投稿中)

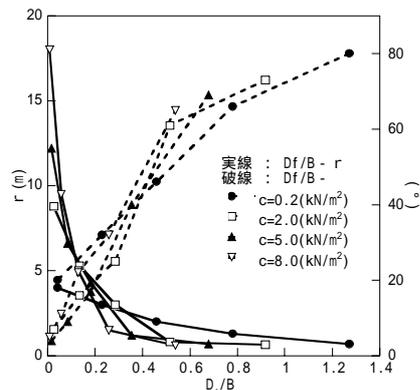


図-3 $D_f/B - c, \beta$ の関係

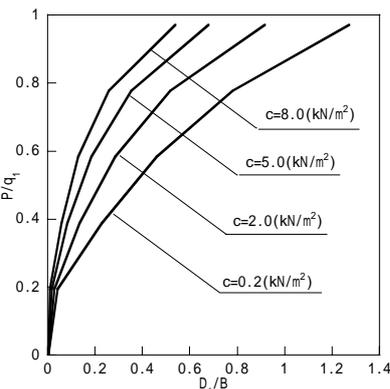


図-4 $D_f/B - P/q_1$ の関係

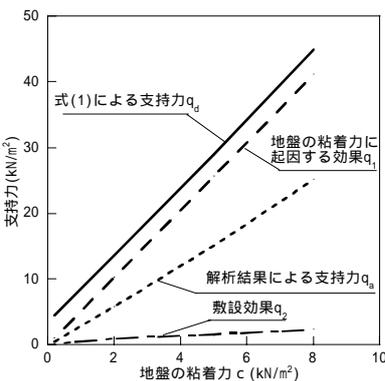


図-5 支持力算定法の評価

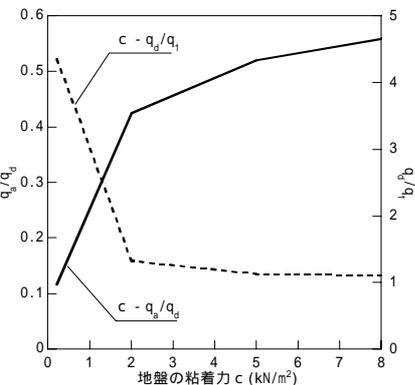


図-6 支持力比