

敷設材工法の数値シミュレーションと設計への指針

長崎大学工学部 学○林田 岳士
同上 学 小澤 元彦
西日本工業大学 正 平尾 和年

長崎大学工学部 正 棚橋 由彦
三井石化産資(株) 正 高岡 恭三

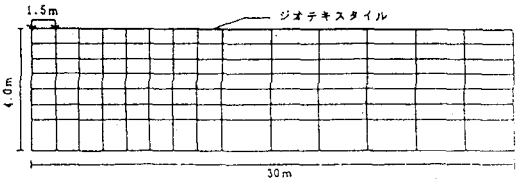
1. まえがき

ジオテキスタイルを用いた敷設材工法の合理的な設計法は、いまだ確立されていない。本研究は最終的に新たな設計法の指針を提案するために、地盤(苅田粘土)、ジオテキスタイルおよびそれらの相互のインタラクションのモデルとして、それぞれ最良と思われるモデルを組合わせた有限要素解析手法¹⁾を用いて、数値シミュレーションを行い、設計への指針を示す。

2. シミュレーションモデルと解析条件

(1)解析方法 文献1)に詳述されているので、ここでは省略する。

(2)解析モデル 一例として、粘土層厚 $D=4\text{m}$ (粘土層厚載荷幅比 $D/B=1.33$)の解析モデルを図-1に示す。ジオテキスタイルのモデル(ジオグリットSS2)としてビーム要素を採用した。変位境界条件は、底面を完全拘束、側面は水平変位のみ拘束している。水理境界条件は地表面、底面を排水、側方は非排水としている。

図-1 解析モデル($D=4\text{m}$, $D/B=1.33$)

(3)解析条件

i) 載荷方法 載荷幅 $B=3\text{m}$ 、等分布荷重強度増分 $\Delta p=0.1\text{tf/m}^2$ を1日載荷、 $p=0.6\text{tf/m}^2$ まで載荷した。

ii) 粘土層厚 $D=4, 6, 8, 10, 12\text{m}$ (粘土層厚載荷幅比 $D/B=1.33, 2.00, 2.66, 3.33, 4.00$)の5ケース

3. シミュレーション結果及び考察

(1)未知パラメーター r, θ, D_r, T

山内、後藤²⁾は敷設材工法の支持力式(1)をTerzaghiの支持力理論に基づき提案している。

$$q_d = q_1 + q_2 + q_3 + q_4$$

$$= \alpha c_u N_c + \frac{2 T_i \cdot \sin \theta}{B} + \frac{T_i}{r} N_q + \gamma_t D_r N_q(1)$$

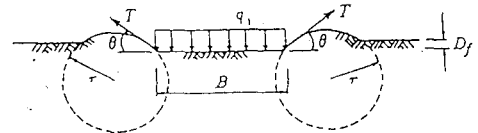


図-2 現象時の設計過程

ここで q_1 は地盤支持力、 q_2 はジオテキスタイルの引張力の鉛直成分、 q_3 は補強材周辺の押さえ効果、 q_4 はジオテキスタイルのめり込み量 D_r による根入れ効果である。また、 c_u, γ_t はそれぞれ、粘土の粘着力と単位体積重量、 N_c, N_q はTerzaghiの支持力係数である。式(1)に導入する未知パラメーターは、仮想半径 r 、補強材との傾斜角 θ 、補強材の引張力 T 、盛土中心のめり込み量 D_r である。

(2) r, θ, D_r, T と $p, D/B$ の相関

シミュレーション計算結果に基づき、式(1)の未知パラメーター、 r, θ, D_r, T と荷重強度 p 、粘土層厚載荷幅比 D/B との相関を吟味する。

i) $D_r-p, D/B$ の相関(図-3)

図-2から $p-D_r$ 関係の非線形性、補強材による補強効果(15%の沈下抑制)が読み取れる。1.33から2.66までは D/B の増加の伴い、 D_r が大きくなるが、 D/B が2.66以上では、 D_r は D/B に影響を余り受けていない。このことは応力の減衰(圧力球根)からも説明できる。

ii) D_r-r, θ の相関(図-4, 5)

図-4、図-5に盛土のめり込み量/限界盛土高さ D_r/H_o と r, θ の関係を示す。図-4は解析結果で

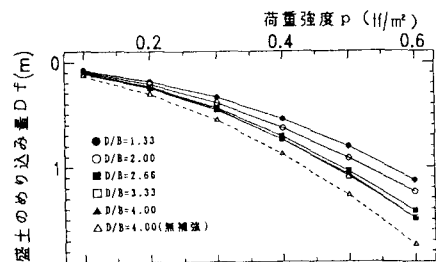
図-3 荷重強度 p と D_r の関係

図-5は解析と同じ苅田粘土を用いた模型実験(1/75)の結果である。解析値と実験値では補強材に違いはあるものの、 r 、 θ の傾向はオーダーともに等しく、シミュレーション結果の有用性が認められる。

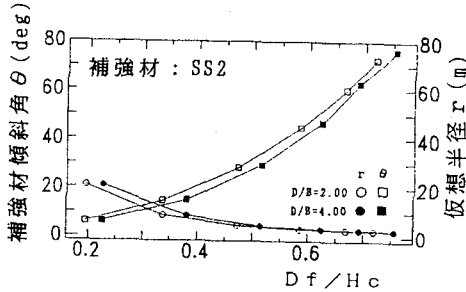


図-4 D_f と r 、 θ の関係
(解析値)

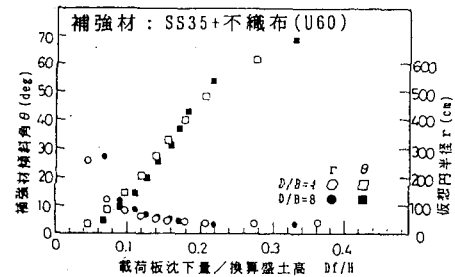


図-5 D_f と r 、 θ の関係
(実験値)

iii) r 、 θ 、 T 、 p 、 D/B の相関(図省略)

数値シミュレーション結果から、 r 、 θ 、 T と p 、 D/B の相関をまとめると、次のようである。

- ① r は荷重強度 p の増加に伴い、初期は顕著に減少し、 $p > 0.4 \text{ tf/m}^2$ で $r=2\text{m}$ に収束している。
- ② θ は p の増加に伴い顕著に増加する。
- ③ T は p の増加に伴い線形的に増加する。
- ④ どの未知パラメータも、 $D/B > 2$ になると、 D/B の影響がなくなる。

4. 限界支持力の算定および考察

数値シミュレーションよりから得られた未知パラメータと p および D/B の相関は、いずれも、二次式でよく近似できた。 $\alpha=1.3$ 、 $N_a=5.14$ 、 $N_q=1.00$ 、 $\gamma_t=1.7 \text{ tf/m}^2$ として、粘土の粘着力 c_u 、載荷幅 B 、粘土層厚載荷幅比 D/B 、荷重強度 p を変動させ式(1)を用いて限界支持力の算定を行った。 q_a-D/B の関係(図-6)では、 q_2 、 q_3 の q_a への寄与度が極めて小さく、 q_1 による支持力増が大きいことを示す。また、 q_a-p の関係(図-7)から、 p の増加に伴い q_a は顕著に増加するのが認められ、 D/B の増加に伴い緩やかに増加するが、 $D/B > 2.66$ で q_a は一定になる。このことより、 q_a は D/B にさほど依存していないのが認められる。この事実は平尾³⁾の、模型実験などからも認められている。また、 $q_a=\gamma_t H_c$ の関係を用いて限界盛土高さ H_c の算定を行った結果、この地盤では $p=0.6 \text{ tf/m}^2$ のとき、 D/B に関係せず 2.0m の盛土が可能となるという結果が得られた。

5. まとめ

今回の解析で、支持力算定においてジオテキスタイルの引張力による支持力増が認められなかった。実際の現場においては、ジオテキスタイルにかなり大きい引張力が作用していると思われ、引張力 T の算出法に再考の余地がある。また、支持力式には摩擦力の導入が不可欠である。現在、土中でのジオテキスタイルの摩擦特性の実験が行われており、この結果の導入が最終的な設計法へと繋がると思われる。

参考文献 1) 棚橋・平尾・安原・高岡(1992):第7回ジオテキスタイルシンポジウム論文集, pp10-20.

2) 山内・後藤(1979):九大工学集報, 第52巻, 第3号 pp201-207.

3) 平尾・安原・棚橋・高岡・西村(1992):第7回ジオテキスタイルシンポジウム論文集, pp2-9.

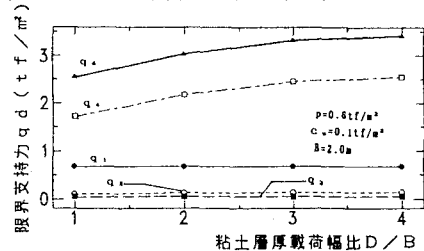


図-6 限界支持力 q_a と D/B の関係

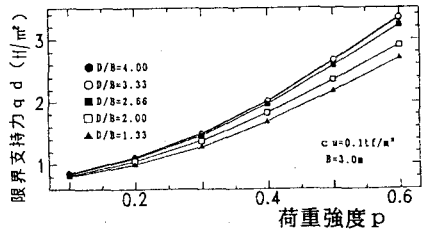


図-7 限界支持力 q_a と p の関係