

Ⅲ-154 FRP系ジオテキスタイルによる補強盛土実大実験の解析

—— 柔なり面工型（タイプA）の挙動解析について ——

清水建設(株) 正会員 ○ 川崎廣貴 正会員 平井孝典
同 正会員 佐藤正義 古川 治

1. はじめに

のり面が急勾配化された補強盛土において、その安定性を高めるにはのり面の変形をできるだけ抑え、土のひずみレベルを応力～ひずみ関係の直線領域に留めた方が良く考えられる。このような観点から、筆者らは従来のジオテキスタイルに比べ、高剛性・高引張強度という力学特性を持つFRP系の新しいジオテキスタイルを開発し、それに関する研究を進めている¹⁾。既報では、FRP系ジオテキスタイルを使用した実大規模の補強盛土(高さ5m・のり面勾配1:0.3)を構築し、施工時および載荷時の実測挙動からその安定性が良好であることを示している^{2) 3)}。ここでは、実大実験のうちで柔なり面工を用いた補強盛土(タイプA)に対して有限要素解析を実施し実測挙動と比較したので、その結果について報告する。

2. 解析方法

解析対象である柔なり面工型(タイプA)の盛土構造を図-1に示す。図-2にはその解析モデルを示す。施工時挙動は解析上から盛土高さを50cmごとの段階施工と設定し、計10段階の逐次解析とした。載荷時挙動の解析は施工挙動解析後の要素応力を初期応力として、載荷板とその直下にジョイント要素を追加し、載荷板上に荷重を増分的に作用させることで行った。

なお、解析は平面ひずみ問題の有限ひずみ弾塑性解析とし、非線形解析法はフルニュートン法を使用した。

表-1には解析に使用した材料特性を示す。盛土材の材料特性は施工後に盛土天端よりボーリングを行ってトリプルチューブサンプラーにより採取した不攪乱試料の三軸圧縮試験(CD条件)に基づいて求められたものである。構成式は単純化のため弾完全塑性体とし、降伏基準はMohr-Coulomb則を使用し、塑性ひずみはnon-associated flowに従うとした。

補強材は棒要素でモデル化し、その構成式は弾塑性体を仮定して、補強材破断時には保持していた引張力が解放されるものとした。

載荷板直下および背面の仕切板部のジョイント要素の材料特性は垂直剛性 $k_n=10^6 \text{ tf/m}^3$ 、せん断剛性 $k_s=0.0 \text{ tf/m}^3$ と設定し、その垂直方向の引張力に対しては抵抗しない材料とした。

なお、実大実験に使用した補強材は格子状であり、砂質土等の盛土材では摩擦抵抗を十分期待できるということから、本解析のモデル化においては補強材と盛土要素との境界に不連続面を表すジョイント要素を特別使用していない。

3. 解析結果

図-3に載荷時ののり面の水平変位分布を示す。GL+2.0以上において、解析値は実測値の分布形を良く近似しており、また、GL+2.0付近のすべり破壊の進展状況も促えている。GL+1.5以下において、解析ではのり先部に小さいすべり変位が発生しているため、その付近では実測値と若干異なっているが、変位勾配はおおむね一致している。

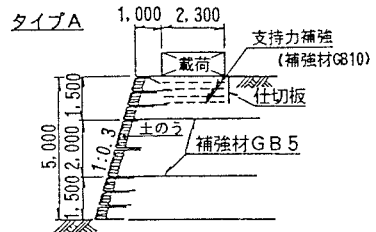


図-1 盛土構造

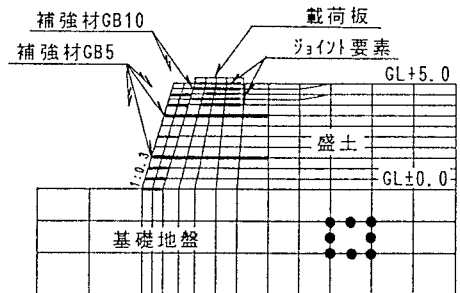


図-2 解析モデル

表-1 材料特性

a) 地盤材料

項目	盛土材	基礎地盤
単位体積重量 γ (tf/m^3)	1.79	—
変形係数 E_{so} (tf/m^2)	$100+170\sigma_m$	2000
ポアソン比 ν	0.3	0.3
粘着力 c (tf/m^2)	0.7	—
内部摩擦角 ϕ ($^\circ$)	35	—
ダイレタンシー角 ϕ ($^\circ$)	12	—

b) 補強材

項目	GB5	GB10
引張剛性 EA (tf/m)	230	460
引張強度 Tf (tf/m)	5.0	10.0

図-4は載荷重とのり面水平変位の関係を示したものであり、GL+1.5、GL+2.5、GL+3.5の位置で実測値と比較している。前述の理由からGL+1.5では実測値と異なるが、GL+2.5、GL+3.5の水平変位においてはかなり良い適合性が得られている。

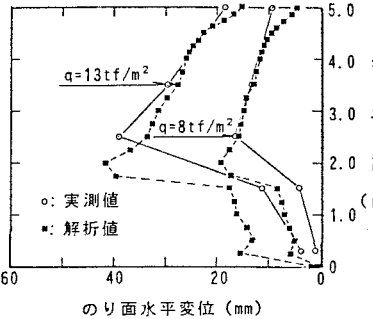


図-3 載荷時ののり面水平変位分布

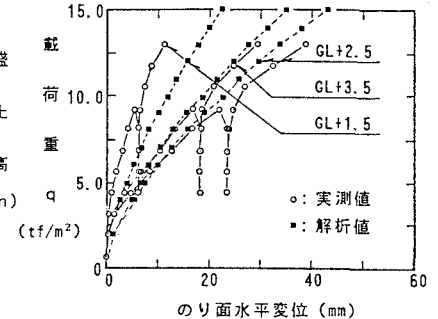


図-4 載荷重～のり面水平変位関係

図-5には施工時と最大荷重積載時の補強材に発生する引張力分布を示す。施工時の引張力はのり先および定着部を除いた中央部において良い一致を示している。最大荷重積載時の引張力はGL+3.5の補強材では極めて良く一致している。GL+1.5の補強材はのり面の水平変位が異なっているためその影響を受けて異なるが、ピーク値の発生位置はほぼ同じようである。

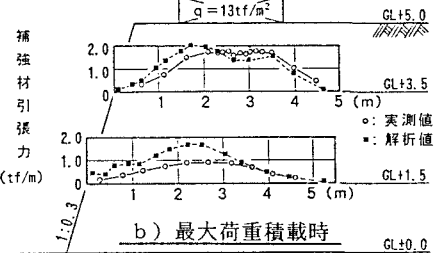
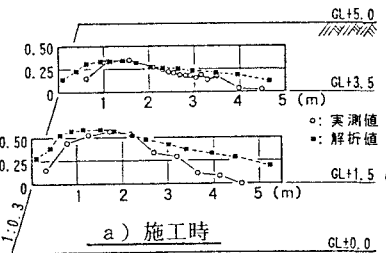


図-5 補強材の引張力分布

る。GL+1.5の補強材はのり面の水平変位が異なっているためその影響を受けて異なるが、ピーク値の発生位置はほぼ同じようである。

図-6に施工時の盛土構築高さとのり面引張力の関係を示しているが、盛土高さの増加にともなう引張力の増加勾配の状況が良く促えられている。

図-7に載荷重と補強材引張力の関係を示している。 $q = 7 \text{ tf/m}^2$ までの初期段階の引張力の増加傾向はあまり一致していないが、それ以上については良く一致しており、載荷にともなって補強材に伝達される引張力の増加傾向を評価できていると考える。

なお、図-5～図-7の補強材引張力の実測値との適合性から、実験に用いた格子状の補強材による補強盛土解析に際しては、補強材と盛土材の境界部にジョイント要素を設けなくても実用上十分な精度を有する解析結果が得られるようである。

4. あとがき

補強盛土から直接サンプリングした試料の三軸圧縮試験に基づいた盛土材の構成式を用いて弾塑性有限要素法による解析を行い、実測値と比較した。その結果、両者の一致度が極めて良好で、ここで使用した解析方法は十分な精度をもって補強盛土の挙動を推定可能であることを確認した。今後は剛なりのり面工の補強盛土(タイプB)に対しても解析を計画しており、それらを通じて補強盛土の安定性のメカニズムを明らかにして行きたいと考えている。

【参考文献】

1. 佐藤、川崎、関島、平井：ファイバグリッドを用いた補強盛土の試験施工、土木学会第44回年次学術講演会、第3部、1989
2. 川崎、平井、古川、佐藤、関島、河辺：FRP系ジオテキスタイルによる補強盛土の実大実験——施工時および載荷時挙動について——、第25回土質工学研究発表会、1990
3. 佐藤、川崎、平井、古川、関島、河辺：FRP系ジオテキスタイルによる補強盛土の実大実験——補強材引張力について——、土木学会第45回年次学術講演会、第3部、1990

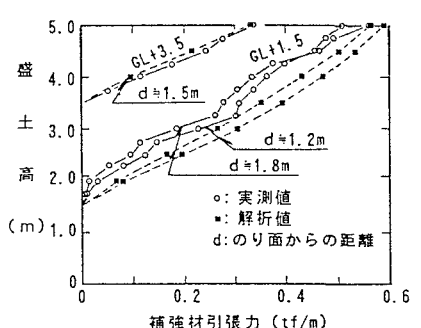


図-6 盛土構築高さ～補強材引張力関係

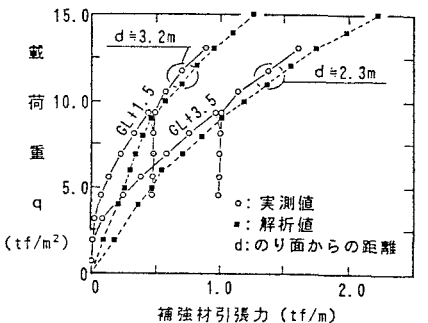


図-7 載荷重～補強材引張力関係