

ジオシンセティックス補強盛土の遠心模型実験とその浸透・安定解析

長崎大学 工学部 フェロー会員 棚橋 由彦 長崎大学 工学部 正会員 蔣 宇静
 長崎大学 大学院 学生員 日高 公大 長崎大学 工学部 学生員 河東 立

1. 研究の背景と目的

近年、ジオグリッドと同等の高剛性・高強度を有する織布を不織布で挟んだ構造の排水・補強両機能を有するジオシンセティックス（ジオコンポジット）が開発され、従来盛土材として用いられることのなかった高含水比粘性土でさえ、補強土工法を採用することにより、急勾配盛土の築造が可能になってきた。しかしその排水・補強両機能を分離評価するまでには至っていない。また、従来の有限要素法による浸透解析は飽和領域内の地下水の挙動を対象とした解析が多く、自由水面より、上部の不飽和領域は考慮されていない。

本研究の目的はジオコンポジット敷設盛土の排水・補強両機能の遠心模型実験による把握と内部に浸潤面を有する実盛土の安定性について、不飽和浸透流解析・局部破壊解析により得た浸透力と飽和度上昇による土の強度低下を考慮した分割法による盛土安定解析手法を提案し、安定性評価への適用を図るものである。

2. 遠心模型実験

無補強盛土では、遠心加速度約 35G で崩壊がに及び、限界盛土高は約 7.7m と換算できる。一方、ジオコンポジット敷設盛土では遠心加速度 100G(換算盛土高 22m) 載荷後も盛土は崩壊に至らず、安定という結果になった。実験により、補強材の排水効果は十分確認できたといえる。紙面の制約上、詳細は割愛する。

3. 解析概要

3.1 飽和-不飽和浸透流解析

本解析は、飽和-不飽和浸透流解析を行い、時間経過に伴う、浸潤面の挙動を把握しようとするものである。その結果を利用し、浸透力を詳細に評価した。結果の一部を紙面に紹介する。解析では、ジオコンポジットの排水・補強材としての有効性を検証するために、ジオコンポジット敷設盛土、無補強盛土の 2 通りを想定した。解析モデル図を図-1 のように作成し、 $b:h=10:0.7$ に設定した。以上のことは遠心模型実験の盛土形状に準じている。入力パラメータは表-1 に示す。

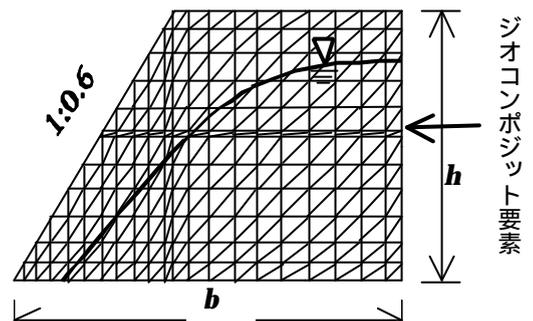


図-1 要素分割した解析モデル図

表-1 解析入力パラメータ

関東ローム	
飽和透水係数 k_{sat} (m/s)	1.0×10^{-7}
体積含水率 (%)	69.90
比貯留係数 S_s	1.0×10^{-6}
ジオコンポジット	
透水係数(水平) k_x^* (m/s)	1.0×10^{-1}
(鉛直) k_y^* (m/s)	9.0×10^{-3}

3.2 盛土安定計算法

提案する盛土安定計算法は、従来の分割法に飽和度上昇に伴う粘着力の低下、さらに浸潤面の移動に伴う浸透力を付与した分割法である。浸透力計算手法を用いることによって、解析モデルの各要素に働く浸透力が得られ、浸透力に起因する滑動モーメントと抵抗モーメントを考慮することができる。土塊重量による滑動モーメントと抵抗モーメントは従来の分割法に基づき計算でき、提案する粘着力の低下と浸透力を考慮した分割法における安全率 F_s は次式で表すことができる。

$$F_s = \frac{\{ c'_k L_k + (W_k \cos \alpha_k - P X_k \sin \alpha_k + P Y_k \cos \alpha_k - u_k L_k) \cdot \tan \phi'_k \} \cdot R}{W_k \sin \alpha_k \cdot R + (P X_m \cdot y_m + P Y_m \cdot x_m)}$$

ここで、
 $P X_m \cdot y_m + P Y_m \cdot x_m$: 各 m 番目の要素に働く浸透力による滑動モーメント
 $(P X_k \sin \alpha_k + P Y_k \cos \alpha_k) \cdot \tan \phi'_k \cdot R$: 各土塊に働く浸透力による抵抗モーメント

4. 解析結果

4.1 時間経過に伴う浸潤面と浸透力の変化

本解析では、遠心加速度 40G での換算盛土高 8.8m に設定し、計算を行った。計算結果において、水平方向

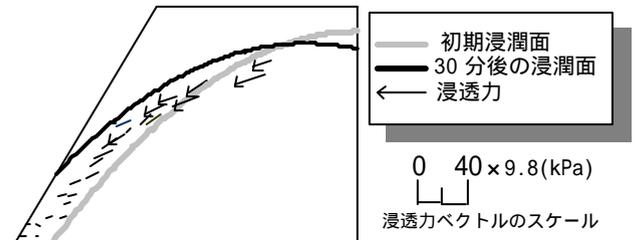
キーワード 関東ローム, 補強盛土, ジオシンセティックス, 分割法, 有限要素法, 浸透力

連絡先 〒852-8131 長崎県長崎市文教町 1-14 長崎大学工学部社会開発工学科 TEL 095-819-2626

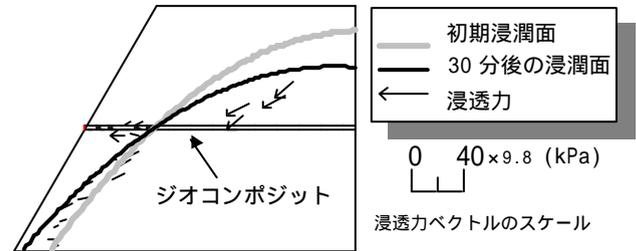
成分を持つ浸透力ベクトルのみを描いている。図-2 に 30 分時間経過に伴う浸潤面の移動と浸透力ベクトルを示す。

無補強盛土の場合、30 分後には浸潤面は法面に到達し、盛土高の 1/3 にまで達している。浸透力を計算すると、盛土下部に比べて盛土上部に働く浸透力のほうが大きく、浸透力ベクトルの向きが水平方向に漸近するのが確認できる。

ジオコンポジット敷設盛土の場合、時間経過に伴い盛土上部の浸潤面が低下しており、盛土中央部に敷設したジオコンポジットの排水効果の表れと考えられる。また、時間経過とともに盛土内部に働く浸透力の大きさ、作用している要素の数ともに減少する傾向にある。それに伴いジオコンポジットに働く浸透力が増大することが確認できる。これは排水機能が有効に働いていることを示唆しており、排水材としての有効性を確認することが出来た。



(a)無補強盛土



(b)ジオコンポジット補強盛土

図-2 時間経過に伴う浸潤面と浸透力(30分後)

4.2 盛土安定計算

従来分割法と提案する分割法プログラムを用いて、無補強盛土、ジオコンポジット敷設盛土の安定計算の比較を行った。盛土高は 8.8m に設定した。また、浸潤面の位置と浸透力の大きさは 30 分経過の解析値を用いた。計算に必要な諸数値を表-2 に、安定計算結果を表-3 に示す。無補強盛土の安定計算結果より、粘着力の低下が浸透力の影響に比べ、安全率に大きく影響することが確認できた。ジオコンポジット敷設盛土は提案する分割法での安全率も $F_s=0.989$ となり、すべての条件において無補強盛土の安全率より高い値を示している。これは 30 分時間経過後、ジオコンポジットの排水機能による浸潤面の低下と浸透力の減少によるものであると考えられる。しかし、今回の安定計算ではジオコンポジットの補強機能(せん断抵抗力)は考慮されておらず、実際には更に安定性が増し、粘着力の低下と浸透力を考慮しても安全率が 1.0 を超えることが推測できる。

表-2 提案分割法に用いるパラメータ

項目	値
湿潤密度 ρ_t (g/cm ³)	1.28
初期粘着力 c'_0 (kPa)	43.90
飽和時の粘着力 c'_{sat} (kPa)	10.98
せん断抵抗角 ϕ' (°)	16.28

表-3 各分割法の計算結果

	浸潤面なし	浸潤面有り			
		従来分割法 粘着力の低下を無視 浸透力を無視	浸透力のみ考慮	粘着力の低下のみ考慮	提案する分割法 粘着力の低下を考慮 浸透力を考慮
無補強盛土	$F_s = 2.592$	$F_s = 2.226$	$F_s = 2.030$	$F_s = 0.782 < 1.00$	$F_s = 0.703 < 1.00$
ジオコンポジット補強盛土		$F_s = 2.360$	$F_s = 2.201$	$F_s = 1.055 > 1.00$	$F_s = 0.989 < 1.00$

5 . 結論

遠心模型実験により、ジオコンポジットの排水・補強両機能が十分に確認できた。次に、飽和-不飽和浸透流解析結果の全水頭から浸透力を求め、提案する分割法に基づく安定計算を行った。その結果、無補強盛土では、安全率が 1.0 を下回り、盛土が崩壊することが予測でき、実験結果ともほぼ一致している。ジオコンポジット敷設盛土では、安全率は 1.0 に近づき、無補強盛土より安定するという結果になった。浸透力と粘着力の変化を考慮して提案した盛土安定計算法が浸潤面をもつ実現場での盛土の安全率を適切に評価するのに有用であることが実証された。提案手法を用いることにより、排水機能による盛土の安定性を明らかにすることが出来たが、今後は、補強機能も同時に考慮した分割法プログラムの開発を進めていく必要がある。

【参考文献】1) 赤井浩一・大西有三・西垣誠：有限要素法による飽和 不飽和浸透流の解析，土木学論文報告集、第 264 号，pp.87-96，1977。