

排水材を有する斜面の飽和・不飽和浸透流解析

九州大学工学部 学生会員 ○中村 大樹 九州大学大学院 正会員 笠間 清伸
九州大学大学院 正会員 陳 光斉

1. 目的

地盤内に鋼材やジオテキスタイルなどの補強材を敷設あるいは挿入して土構造物全体を安定させる補強土工法がある。合成高分子材料を使用するジオテキスタイルを用いた補強土工法では織布・不織布・ネット類・ジオグリッド・ジオメンブレンなどが使用されてきた。本研究では排水機能を有する補強材を地盤に敷設することで、降雨時における地盤への浸透水を素早く排水するとともに補強材による補強効果により、地盤の不安定化の防止を試みる。本文では、降雨時における斜面の安定性を確保するための排水性補強材の最適な打設間隔および打設長を飽和・不飽和浸透流解析を用いて数値解析的に検討した。

2. 解析概要

解析地盤の一例（補強材の長さ 5m，補強材の間隔が 1m の場合）を図-1 に示す。地盤の土質は均質であり、初期地下水位は、低い側の地表面（法尻の高さ）に一致するとした。地盤の材料定数を表-1，補強材の材料定数を表-2 に示す。降雨強度は 50mm/hr，補強材の厚さは 5cm とした。表-3 には Van Genuchten モデルを用いて不飽和浸透流解析を行う際の土の透水特性を表すパラメータを示す。境界条件は、地盤の両端と底面を不透水境界とし、斜面と上面に降雨を面流量として与えた。補強材となる要素の透水係数を大きくし、さらに補強材の斜面と接する節点の圧力水頭を 0m とすることにより、補強材の排水性を表現した⁽²⁾。今回は図-1 に示す。上下の補強材には含まれた点 A，そして点 A と同じ深度でより内部の点 B の 2 点で解析は、(1)補強材の長さや間隔の違いが斜面内の圧力水頭の変化に与える影響を調べること、(2)(1)斜面に進入する降雨を適切に排水するための有効な補強材の間隔と打設長を提案することを目的とした。

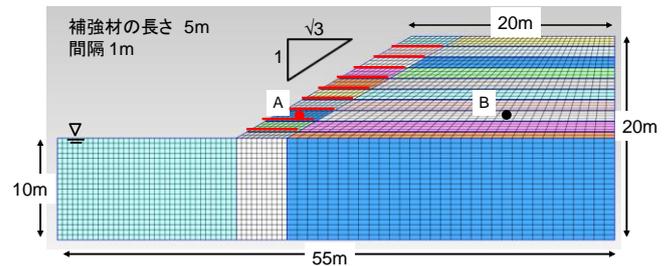


図-1 解析対象の斜面とメッシュ分割

表-1 地盤の解析条件

斜面の角度	30°	
斜面の高さ	5m, 10m, 15m	
斜面の透水係数	10 ⁻⁵ , 10 ⁻⁶ , 10 ⁻⁷ m/sec	
斜面の強度	粘着力	10, 30, 50kN/m ²
	内部摩擦角	25°
土のヤング係数	10MN/m ²	
土のポアソン比	0.3	
単位体積重量γ t	17kN/m ³	
単位体積重量γ sat	18kN/m ³	

表-2 補強材の解析条件

補強材の透水係数	10 ⁻³ m/sec
補強材の長さ	3m, 5m, 7m
補強材の間隔	1.0, 1.5, 2.0m
補強材のヤング係数	10000MN/m ²
補強材のポアソン比	0.2
単位体積重量γ	25kN/m ³

表-3 土の透水特性

θ _r	0.3
θ _s	0.6
a	0.1
n	2
m	2

3. 解析結果と考察

打設間隔が 1.5m のときの図-1 の点 A における圧力水頭の時系列変化を図-2 に示す。圧力水頭の時間的な変化は、見られなかった。補強材がない場合に比べ補強材を敷設した場合では圧力水頭が 91.7% 低減した。これは補強材の排水効果により、地盤内の浸透水を排水できたためと考えられる。また、補強材の長さによる圧力水頭の違いは見られないことから、補強材では含まれた点では、適切な降雨の排水が可能であり、その程度は補強材の間隔によって一義的に決定するといえる。

同様に打設間隔 1.5m のときの点 B における圧力水頭の時系列変化を図-3 に示す。こちらでも解析初期における圧力水頭の時間的な変化は見られなかった。補強材がない条件に対して補強材がある条件では、圧力水頭が 35%~75% 低減した。特に 7m 補強材を敷設した条件では 5m の補強材を敷設した場合と比べて 35% ほどに

なっており大きな効果が確認できた。以上のように、補強材の背後の地盤において、補強材の長さによって、降雨の排水効果が大きく異なるため、補強材による安全率の向上と補強材のコストの両面からの最適な補強材の長さを検討する必要がある。

補強材の有効な間隔や打設長を評価するために、**図-4** に点 A における圧力水頭を示す。補強材の長さによる違いはあまり見られなかった。全ての補強材の長さに対して打設間隔が 1.5m の場合は約 0.25m、打設間隔 2m では 1.0m~1.5m となった。補強材の打設長が 3m の場合が最も間隔による圧力水頭の変化が大きく、間隔 1.5m の場合は間隔が 2m のときに比べて 12% になった。

図-5 に点 B における圧力水頭の変化を示す。補強材の長さ 3m および 5m では、補強材の長さ、間隔に対して圧力水頭の変化はあまり見られなかった。しかし、補強材の打設間隔 7m に対して圧力水頭は、打設間隔 1.5m では 2.0m、打設間隔 2m では 5.7m となり、補強材の間隔による圧力水頭の変化が確認できた。打設間隔 2m に対して、打設間隔 1.5m では 65% 低減しており、間隔が 1m の場合と 3m の場合では圧力水頭がほぼ変わらない点から補強材の打設間隔は 1.5m が最適であると考えられる。補強材がない場合に比べて圧力水頭の低下が最も期待できるのは打設間隔 1m、打設長が 7m である条件であると思われる。この条件では補強材が敷設されていない場合と補強材が敷設された場合を比較すると 23.8% まで圧力水頭を低下させることができる。

4. まとめ

今回の解析で得られた知見を、以下にまとめる。

- (1) 補強材で挟まれた地盤では補強材の長さによらず補強材間隔によって排水効果は決定できる。
- (2) 今回の解析条件では、補強材を敷設することで、地盤内に発生する圧力水頭を最大で 91.7%、最低でも 9.2% 低減することができた。

今後は、補強材の材料費と補強材による補強斜面の安全性の向上の面から補強材の配置を検討する。

<<参考文献>>

- (1) 鶴飼恵三・祭飛・坂上最一・若井明彦：斜面安定性の全体安全率による評価，地すべり，Vol35，No.1，pp19-23，1998
- (2) 祭飛：FEM による地すべり解析の基礎理論，地すべり，Vol40，No.5，2004

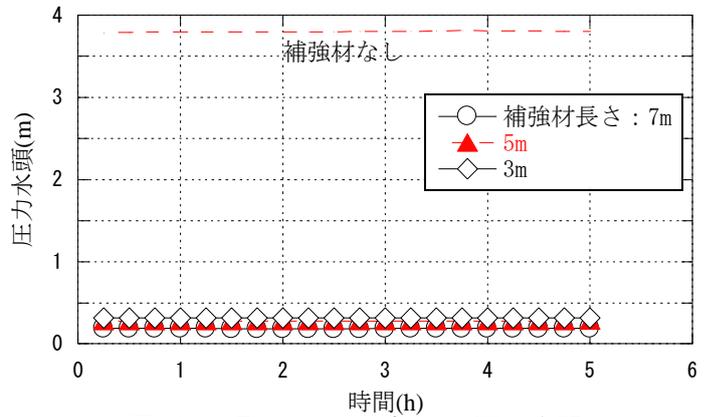


図-2 間隔 1.5m での点 A の圧力水頭

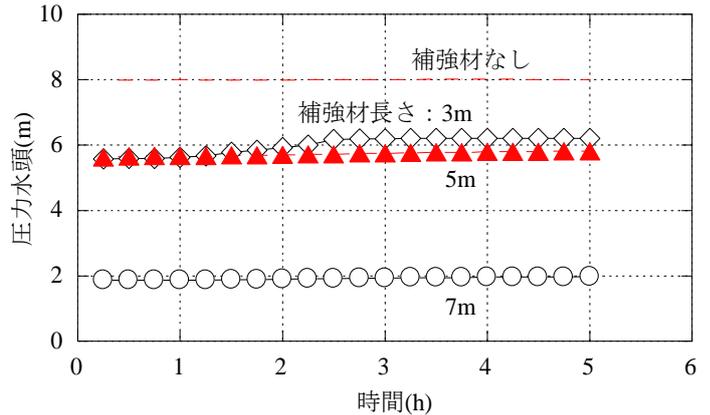


図-3 間隔 1.5m での点 B の圧力水頭

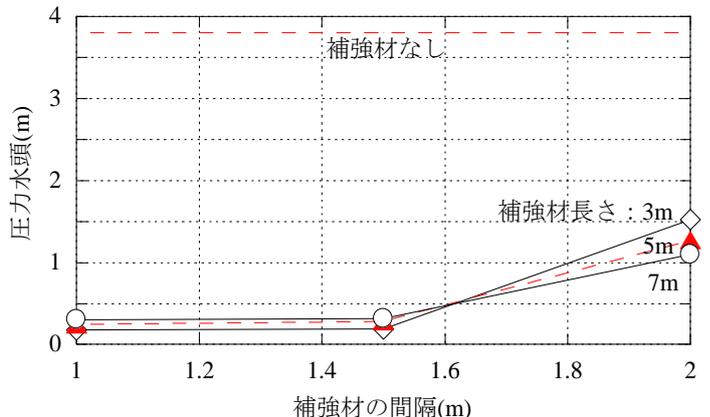


図-4 点 A での圧力水頭

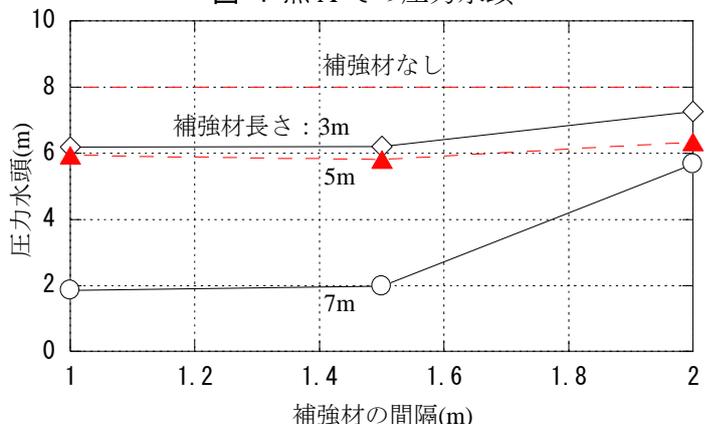


図-5 点 B での圧力水頭