

不織布フィルターにより表層の浸透性を高めた 模型斜面における降雨浸透と地下水上昇

広島大学大学院工学研究科 学生会員 ○丸田 亮
 広島大学大学院工学研究院 正会員 土田 孝
 香川県庁 非会員 細川大吉

1. はじめに

近年、局所的な豪雨の増加に伴い、土砂災害も増加傾向にある。大規模な土砂災害は、多くの場合斜面崩壊により生産された土砂が土石流となって災害を引き起こしている。自然斜面崩壊発生の要因の一つとして降雨による地下水位の上昇が地盤の重量増加や間隙水圧の上昇を引き起こすことが挙げられる。そのため地下水位の上昇過程を把握することは斜面崩壊対策を検討するうえで重要な要素である。本研究では、裸地斜面および表面に不織布フィルター（以下、フィルター）を敷設した模型斜面のそれぞれにおいて非常に強い降雨条件下での実験を計5ケース行い、斜面地盤内への降雨浸透と地下水上昇の測定からそれぞれの実験の比較を行った。

2. 実験方法

本研究における模型実験の土試料はホームセンターで購入した園芸用のまさ土を使用した。土試料の物性値を表-1に示す。また、図-1に本実験で使用した模型の寸法と人工降雨装置の設置状況を示す。斜面の傾斜は30°、土層厚は10cmとし、不透水層基盤面は油粘土を敷き詰めて作成した。なお、土層最深部と油粘土の境界には地下水位を測定するためのピエゾメータを図-2のように等間隔で16本（ケース1のみ19本）配置している。

地下水位の変動は30秒ごとに各ピエゾメータ横に設置した目盛りを読み取り、確認した。なお、本実験では斜面の土砂が移動し、動きが止まらない状態となることを崩壊の定義とした。また、斜面下端には斜面内の水が排水されるよう106μmの網（外枠が縦12cm、横48cmの矩形）を設置し、斜面内から流れる水量をコンテナとはかりを用いて計測した。

3. 実験結果

実験ケースを表-2に示す。ケース1, 2, 3における実験では裸地斜面の条件で、ケース4, 5における実験では斜面表面にフィルターを敷設した条件でそれぞれ行った。なお、本実験におけるフィルターは地盤よりも非常に高い透水性を有しており、1m³あたり45g、厚さ約7mmのものを用いた。またフィルターを敷設して実験を行ったケースにおける実験開始時のフィルターの状態は、ケース4では自然乾燥状態、ケース5では水を含ませた状態（水分の重さをフィルターの乾燥時の重さで除した値で333.5%）でそれぞれ実験を行った。表-2からわかるように裸地斜面の条件で行った実験よりも斜面表面にフィルターを敷設する条件で行った実験の方が地下水位上昇開始までの経過時間、崩壊までの経過時間が大幅に短縮され、地下水位上昇速度も大幅に上昇している。初期飽和度、

表-1 土試料の物性値

基本的な特性	値
土粒子密度, ρ_s (g/cm ³)	2.67
最大間隙比, e_{max}	0.98
最小間隙比, e_{min}	0.58
透水係数, k (cm/s)	6.04×10^{-3}

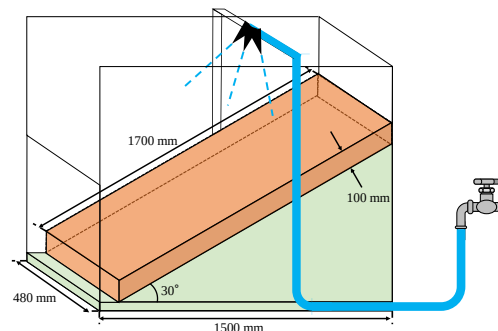


図-1 模型の概要

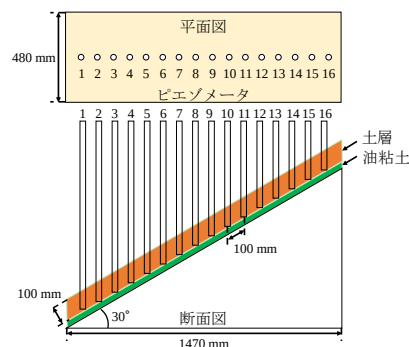


図-2 ピエゾメータの配置図

キーワード：斜面、浸透・透水

連絡先 〒739-8527 東広島市鏡山 1-4-1 広島大学大学院工学研究科 社会基盤環境工学専攻 事務室

TEL : 082-424-7819・7828

表-2 実験ケース

実験ケース	間隙比 e	初期飽和度 S_r (%)	降雨強度 r (mm/hr)	フィルターの有無	地下水位上昇開始までの経過時間 (min)	地下水位上昇速度 (cm/min)	崩壊までの経過時間 (min)
1	0.90	30	85	無	61.3	0.19	76.5
2		30	140	無	28.1	0.32	42.7
3		50	140	無	7.3	0.51	43.1
4		50	140	有	5.4	1.11	9.9
5		30	140	有	10.7	1.17	13.3

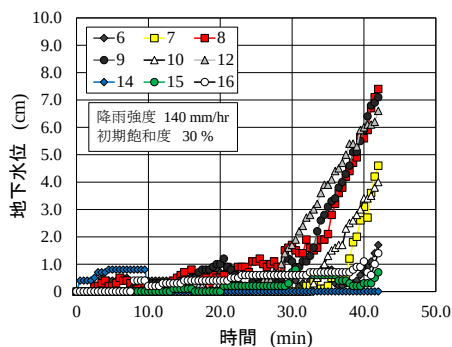


図-3 ケース 2 における地下水位の経時変化

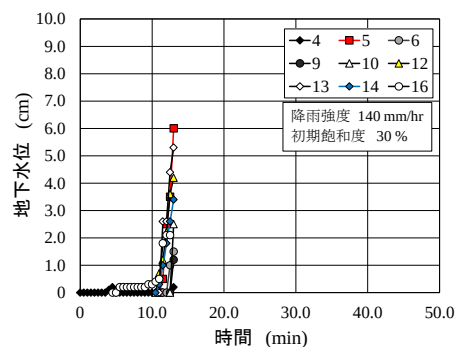


図-4 ケース 5 における地下水位の経時変化

降雨強度が等しくフィルターの有無のみが異なるケース 2 と 5, ケース 3 と 4 ではフィルターを敷設したことにより地下水位上昇までの経過時間がそれぞれ約 17 分, 約 2 分の短縮, 崩壊までの経過時間もそれぞれ約 30 分, 約 33 分の短縮, 地下水位上昇速度はそれぞれ 0.6cm/s, 0.8cm/s の上昇となった.

実験ケースの内, 初期飽和度 50%, 降雨強度 140mm/hr の条件で実験を行ったケース 2 およびケース 5 における地下水位の経時変化を図-3 および図-4 にそれぞれ示す. なお, 終始上昇しなかったものや異常な反応を示したピエゾメータのデータについては除外している. 各ピエゾメータにおける地下水位は全体的にほぼ同様の挙動を示しており, 上記で述べたようにフィルターを敷設したケース 5 では地下水位上昇の勾配がケース 2 よりも急になっている. またコンテナを用いた, 斜面下端から流出する降雨の水量測定や実験中の観察によりケース 2 では斜面における降雨の表面流が観測されたのに対し, ケース 5 では表面流はほぼ観測されなかった. これらのことからフィルターが地盤表面への水分の浸透を促進させたといえる. これはフィルターが実際の森林斜面における下層植生やリターが地盤表面の雨滴衝撃を緩和し地表面付近数 cm の難透水層 (クラスト) の形成抑制^{1), 2)}に似た役割を果たしたことやフィルター内が飽和状態とならず斜面流下方向へ水の流れが形成されなかったということが考えられる. しかし丸田ら³⁾による地盤内の地下水位の解析では本実験結果と同様の地下水位の上昇速度を示しており, 今後は裸地斜面またはフィルターを敷設した斜面のどちらが実斜面に近いかを検討する必要がある.

4. 結論

裸地斜面および表面にフィルターを敷設した斜面のそれぞれにおいて非常に強い降雨条件下での模型実験を行い, 斜面地盤内への降雨浸透と地下水上昇の測定からそれぞれの実験の比較を行った. 斜面表面にフィルターを敷設して行った実験では裸地斜面での実験よりも地下水が形成されるまでの経過時間や崩壊までの経過時間が短縮され, 地下水位上昇速度も上昇する結果となり, 実斜面における下層植生やリターなどのように, フィルターが地盤内への雨水浸透促進効果を有することを確認した.

参考文献

- 1) 田中樹: 土壌クラストの形成操作とそれに影響を及ぼす諸条件, 土壌の物理性 Vol.71, pp.17-21, 1995.
- 2) 湯川典子, 恩田裕一: ヒノキ林において下層植生が土壌の浸透能に及ぼす影響 (I) —散水型浸透計による野外実験—, 日本森林学会誌, Vol.77, pp.224-231, 1995.
- 3) 丸田亮, 土田孝, アタパツツ A.M.R.G.: 公表雨量データを用いた自然斜面における簡易浸透流解析手法の開発, 地盤と建設, Vol.34, No.1, pp.63-70, 2016.