

広島大学大学院工学研究科 学生会員 ○矢葺 健太郎
 広島大学大学院工学研究院 正会員 土田 孝
 広島大学大学院工学研究科 学生会員 花岡 尚
 広島大学大学院工学研究科 学生会員 川端 昇一

1. 背景・目的

近年、豪雨時における自然斜面の土砂災害が多発している。自然斜面が豪雨により崩壊する要因は、地盤の強度低下と重量の増加、間隙水圧の上昇などがあるが、特に降雨に伴う地下水位の上昇が重要と考えられる。地下水位の上昇は、先行降雨の有無によっても大きく左右されることも知られている。

本研究では、自然まき土斜面で人工降雨実験を行い、地盤の不均一性が考えられる自然斜面における降雨浸透過程を調べた。また、浅層地下水を速やかに排除する斜面崩壊対策工法である排水パイプ工法¹⁾を自然斜面に設置した場合の降雨浸透過程への影響について検討を行った。

2. 実験概要

自然斜面で人工降雨実験を行うにあたり、広島大学構内ががら山の自然斜面を選定した。図-1は実験場所の地形図²⁾である。地質はまさ土であり、斜面の層厚は約2m、平均斜面勾配は20°であった。図-2に示す鳥瞰図および断面図の位置にテンシオメータと土壌水分計を設置し、幅1.3m×縦3.0mの範囲で人工降雨実験を行った。テンシオメータでサクシオン、土壌水分計で体積含水率 θ を計測した。図-2に示すように土壌水分計を3本設置し、斜面上方から水分計1、水分計2、水分計3とした。また、排水パイプに関しては、東海道新幹線の鉄道盛土で多くの施工実績のある恒久排水補強パイプ工¹⁾を参考にし、図-3に示すように、長さ1.0m、外形4.8cmの塩化ビニルパイプに幅0.5cm、長さ5.0cmの長方形孔を千鳥配置で開け、図-2の位置に水平上向き3°で設置した。

次に、人工降雨について説明する。図-4に人工降雨実験の概要図、写真-1に降雨装置の設置状況を示す。降雨は貯水池から送水ポンプを用いて実験場所まで送水し、ポリバケツなどで作製した給水タンクに貯留させ、そこから定水位供水タンクに水を供給し、タンクから水をあふれさせることで水位を一定に保ち、降雨装置に安定的に送水する。降雨強度は降雨装置に取り付けたバルブで調整した。また、タンクや降雨装置から排水される余剰水は、ホースを用いて実験場所に影響の及ばない場所に排水させた。



図-1 実験場所の地形図²⁾

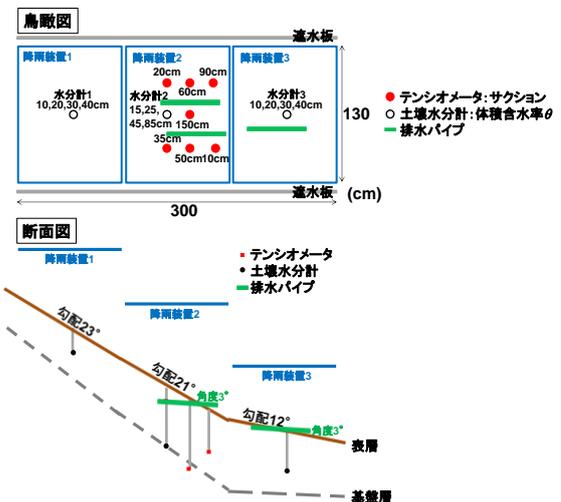


図-2 実験場所の鳥瞰図及び断面図

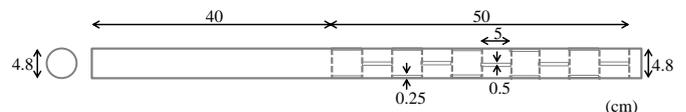


図-3 排水パイプの規格

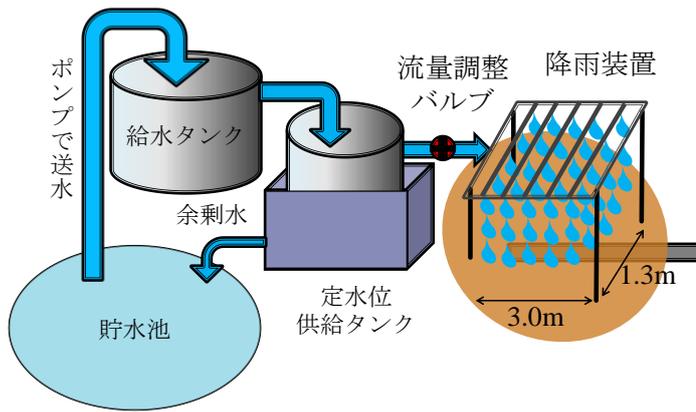


図-4 人工降雨実験の概要図



写真-1 降雨装置の設置状況

3.実験結果

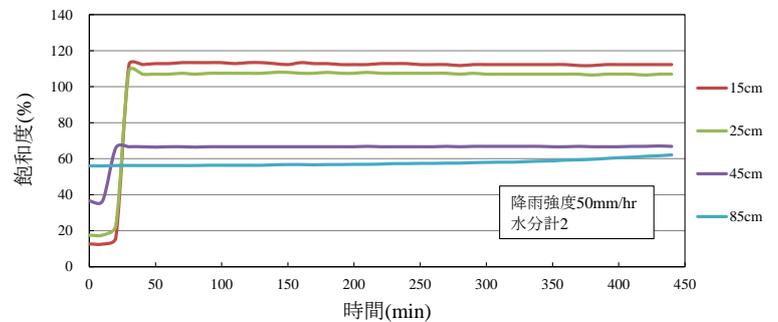
実験ケースは表-1 に示す計 7 ケース行った。今回は紙面の都合上、降雨浸透過程について検討を行った Case1 および排水パイプの有効性について検討を行った Case2 と Case7 の実験結果について説明する。

図-5 は Case1 における土壌水分計 2, 3 で観測された体積含水率 θ を飽和度に換算したものである。土壌水分計 2 では上層から飽和度が上昇しているのに対して、土壌水分計 3 では深い深度から飽和度が上昇していく結果を得た。既往の研究では、図-6 の基盤面から地下水が形成される過程(以下、地下水形成過程 A³⁾とする)および図-7 の表層付近の飽和度が上昇し地下水が形成される過程(以下、地下水形成過程 B⁴⁾とする)が示されている。Case1 の結果から、土壌水分計 2 では地下水形成過程 B、土壌水分計 3 では地下水形成過程 A であったと考えられる。このような相違が生じた一要因として、土壌水分計 2 の斜面勾配は 22°、土壌水分計 3 の斜面勾配は 12° であり、斜面勾配が影響していることが考えられる。斜面勾配が降雨浸透過程に与える影響については、今後、模型実験などで検討を行う必要がある。

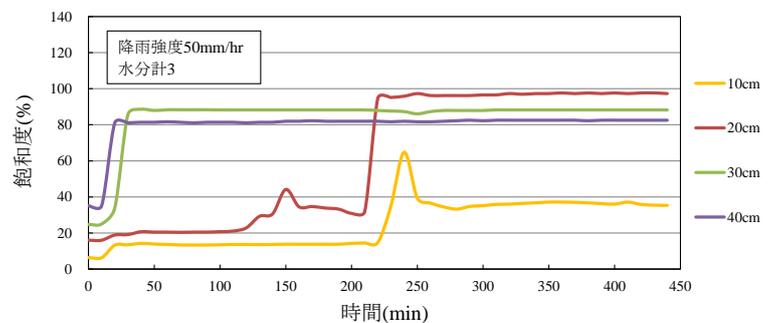
次に、排水パイプの有効性(Case2 と Case7 の比較)について説明する。排水パイプを設置することにより、排水パイプ 1 では降雨開始 15min 後、排水パイプ 2 では降雨開始 96min 後に排水が開始されたが、排水パイプ 3 からの排水はなかった。図-8 はサクシオンおよび土壌水分計 2 で観測された体積含水率 θ を飽和度に換算したものの経時変化である。なお、実線は排水パイプ無(Case2)、点線は排水パイプ有(Case7)の実験結果を示している。排水パイプ 1, 2(斜面勾配 22°)からはそれぞれ降雨

表-1 実験ケース

実験ケース	降雨強度(mm/hr)	降雨時間(hr)	ねらい
Case1	50	7	降雨浸透過程の検討
Case2	100	7	
Case3	20(3hr)→100(4hr)	7	
Case4	50(2hr)→降雨停止	2	排水過程の検討
Case5	100(2hr)→降雨停止	2	
Case6	50(排水パイプ有)	7	排水パイプの有効性の検討
Case7	100(排水パイプ有)	7	



(a) 土壌水分計 2



(b)土壌水分計 3

図-5 飽和度の経時変化(Case1)

開始 15, 96min 後に排水が開始されたが、排水パイプ 3(斜面勾配 12°)からは排水がなかった。また、深度 45cm より浅い層でのサクシオン、飽和度が明確に低下していることがわかる。この実験結果から、排水パイプを表層付近(深さ 10cm)に打設することで、地下水形成過程 B で形成された地下水を排除し、深度約 50cm までの浅層のサクシオンと飽和度の上昇を抑制する効果が示された。しかし、今回の実験結果は層厚約 0.6m と薄い層厚の斜面におけるものであり、基盤までの層厚が 0.5~5m の範囲に分布する広島県のまさ土斜面に適用できるかどうかについては、今後、他の条件においてさらになる検討を行う必要がある。

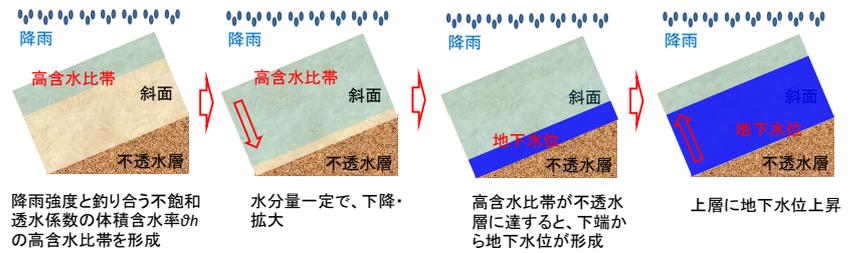


図-6 地下水形成過程 A³⁾

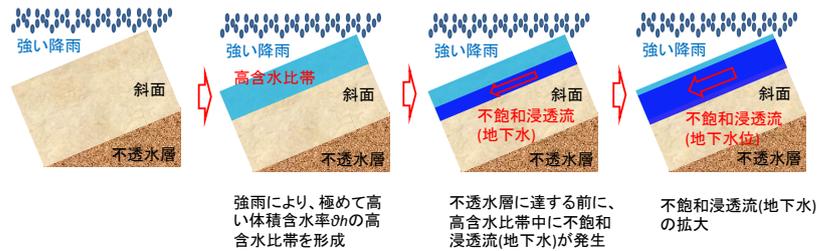
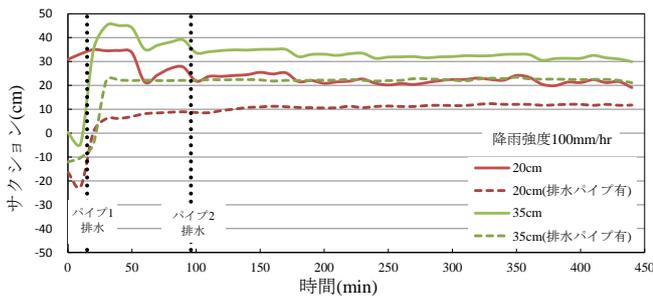
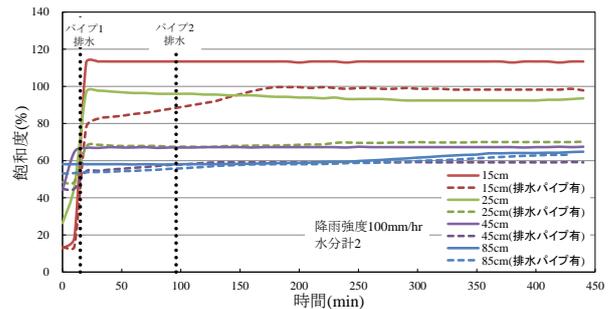


図-7 地下水形成過程 B⁴⁾



(a)サクシオン



(b)飽和度(土壌水分計 2)

図-8 サクシオンと飽和度の経時変化(排水パイプの有無による比較)

4. 結論

自然斜面で人工降雨実験を行い、斜面勾配が 12° と比較的の水平に近い自然斜面では基盤から地下水が上昇していく地下水形成過程 A, 斜面勾配 22° の自然斜面では上層から地下水が形成される地下水形成過程 B が観測され、自然斜面の降雨浸透過程は、一要因として斜面勾配に影響される可能性が示された。また、排水パイプを自然斜面に打設することで、表層付近で形成された地下水を排水し、サクシオンと飽和度の上昇を抑制する効果が示された。今後は、斜面勾配がどのように降雨浸透過程に影響を与えるのか、排水パイプの有効性に関しては、層厚が大きい斜面などの他の条件においてさらに検討を行っていく必要がある。

参考文献

- 1) 千代田器材株式会社：恒久排水補強パイプ技術資料，pp.1-5，2005.
- 2) 電子国土ポータル：国土地理院，<http://portal.cyberjapan.jp/portalsite/map/roadrireki.htm>，(確認年月日 2013 年 2 月 1 日)
- 3) 由利厚樹，加納誠二，土田孝：まさ土の土中水分変動に及ぼす降雨特性と地盤条件の影響，第 45 回地盤

工学会研究発表会発表講演集, pp.165-166, 2010.

- 4) Thi Ha, 加納誠二, 土田孝, 菅和暁, 木村洋介, 土伊豆聡之: 自然斜面におけるとく表層付近の土中水分変動の原位置観測, 広島大学大学院工学研究科研究報告, pp.1-9, 2007.