

広島まさ土斜面における鉛直降雨浸透の高密度観測および人工降雨実験

復建調査設計(株) ○渡邊聡 中井真司 中瀬有祐
高知大学教育研究部 笹原克夫
中電技術コンサルタント(株) 阿賀俊彦
(株)荒谷建設コンサルタント 片山弘憲
(株)エイト日本技術開発 梅本佳伸
(株)建設技術研究所 梶山敦司
国土交通省中国地方整備局太田川河川事務所 藤原 寛

1. はじめに

広島地域のまさ土（強風化花崗岩）分布域では、斜面崩壊やこれに起因する土石流が発生しやすいことが知られており、これまでも幾度もの災害が発生している。まさ土斜面では崩積土～強風化帯からなる表層部分が崩壊することが多く、1999年6月29日に発生した豪雨災害のときにも、大部分の崩壊が深さ0.5～2.0mの表層崩壊であったことが報告されている¹⁾。降雨による表層崩壊の発生には斜面の降雨浸透特性が大きく影響している。「斜面動態モニタリングに基づく斜面崩壊発生予知手法に関する研究会（代表：笹原、以下「研究会」と呼ぶ）では、現地観測データを用いた実用的な斜面崩壊予知手法構築を目指し、鉛直降雨浸透特性の把握のため、現位置での高密度観測を行っている。研究会の成果については別編にて発表する。ここでは、高密度観測および人工降雨実験の実施状況を報告する。

2. 観測箇所の概要

高密度観測および人工降雨実験を行ったのは、広島県廿日市市の溪流沿いの自然斜面で、前述の1999年の災害時には、周辺地域で土石流災害が多発している。対象斜面は1次谷右岸側にあたる勾配40°程度の平面的な北東向き急斜面である（図-1）。斜面下部の溪流に表流水はないが、降雨時には斜面下部より湧水があり、これを起源とした表流水が発生する。

斜面の地層は広島花崗岩起源のまさ土により構成され、観測機器設置に先立って実施したトレンチ調査では、上位より表層5cmのA0層、GL-5～40cmのA層、GL-40～120cmのB層、120cm以深のC層に区分されている²⁾。

3. 観測機器の種類および配置

現位置斜面において鉛直降雨浸透特性を把握するために、トレンチ側部において土壌水分計（Decagon社10HS型）、テンシオメーター（大起理化DIK-3024型）、および埋設型傾斜計（ジオテクサーサービス社GIC-45S型）を設置した（図-3）。設置にあたっては、観測データを基に土壌水分特性曲線が作成できるよう、土壌水分計とテンシオメーターの設置深度を合わせた。また、土中の側方流量を推定するために、トレンチ壁面からの湧水を各層の境目に設けた樋で集め、転倒ます式雨量計で観測した。

隣接斜面には、国土交通省中国地方整備局太田川河川事務所により観測機器が設置されており、降雨量の観測もなされているため、このデータを利用することで、対象斜面における降雨と土壌水分、地中変位の関係を把握することが可能である。

4. 人工降雨実験の方法と結果

人工降雨実験装置の設置モデルを図-3に示す。溪流からポンプアップした水は、定水位供給タンクで定常流となり、さらに流量調節バルブを用いること

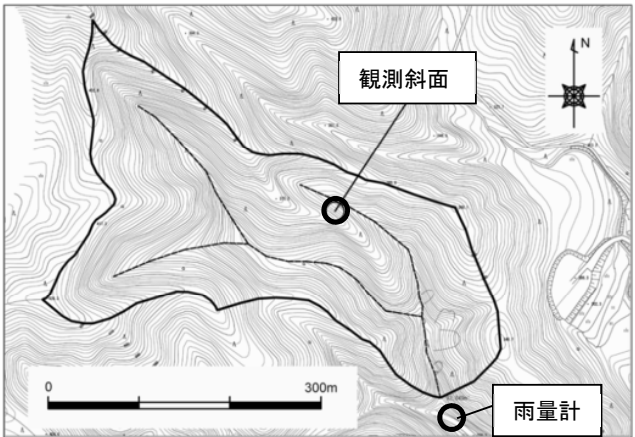


図-1 観測斜面の位置

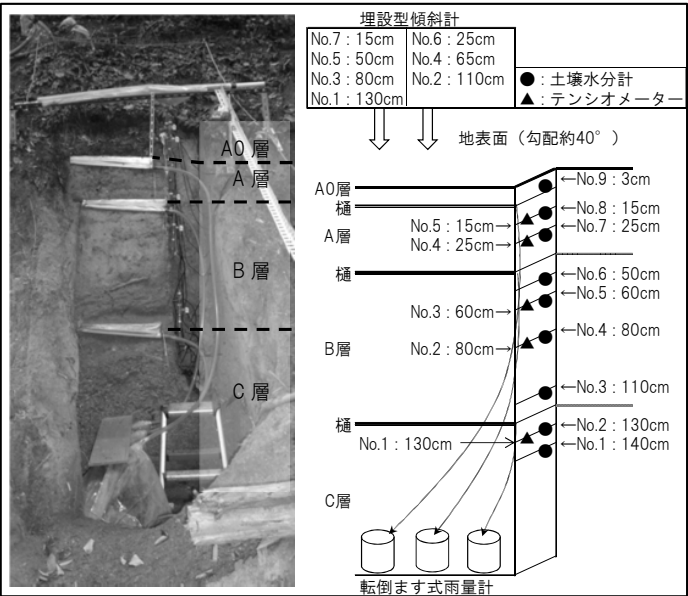


図-2 観測機器の配置図

によって、設定された流量になるよう調整される。

実験は土壌水分条件の異なる 2 時期（乾燥条件、湿潤条件）に、同一の降雨条件（定常状態 50mm/hr）で実施した。人工降雨実験結果を図-4、図-5 に示す。この図は土壌水分計とテンシオメーター両方の計器が設置されている GL-15cm, 25cm, 60cm, 80cm, 130cm のみを図化したものである。

(1) 実験前の地盤条件

第 1 回実験は 8/9 に、第 2 回実験は 8/22 に実施した。8/9 は実験までの 8 日間雨が降っておらず乾燥条件であった。一方 8/22 は 1 日前に最大時間雨量 28mm 総雨量 75mm の雨が降っており湿潤条件であった。土壌水分吸引水頭は、第 2 回実験時（湿潤条件）は深くなるにつれて値が小さくなるが、第 1 回実験時（乾燥条件）は、15cm と 25cm で逆転している。

(2) 体積含水率および土壌水分吸引水頭

体積含水率は、A 層に設置している GL-15cm, GL-25cm は、乾燥・湿潤条件とも降り始めから数分で急激に変化する（図-4、図-5 内 A 層参照）。一方、B 層に設置している GL-60cm, GL-80cm は、乾燥条件ではそれぞれ 60 分、110 分から変化するのに対して、湿潤状態ではそれぞれ 35 分、60 分で変化が生じている（図-4、図-5 内 B 層参照）。また、C 層に設置している GL-130cm は、乾燥条件では 240 分経過（実験終了）時点で明瞭な変化がなかったのに対して、湿潤条件では 130 分以降に変化が生じている（図-4、図-5 内 C 層参照）。

土壌水分吸引水頭は、各深度とも湿潤条件では体積含水率と似た傾向を示し、比較的短時間で変化しているのに対して、乾燥条件では体積含水率に比べて変化の開始が遅く、収束にかかる時間が長い傾向が読み取れる。

(3) 側方流

乾燥条件では A0 層からの流出を確認し累積流出量は 400mm に達したが、A 層、B 層からの流出はなかった。一方、湿潤条件では A 層からの流出を確認したが累積流出量は 3mm 程度であり、A0 層、B 層からの流出はなかった。

5. 現段階での考察と今後の課題

人工降雨実験結果より、降雨の鉛直浸透が初期含水条件の影響を受けていることがわかる。このことは、初期含水条件を左右する先行降雨が鉛直浸透に影響を与えることを示しているが、降雨強度は地表面に対する境界条件であり、斜面内部の水の挙動は吸水速度が影響していると考えられる。乾燥・湿潤条件と層ごとの変化の違いも、斜面内の吸水速度の差が、深部ほど明瞭に現れていることを示していると推定される。今後は高密度観測で得られるデータ数を増やし、体積含水率、土壌水分吸引水頭及び吸水速度の 3 つの要因に対する重相関的な関係を検討し、鉛直浸透特性の解明に繋げていきたい。

謝辞：本研究の実施にあたり、貴重な資料およびご助言をいただいた国土交通省中国地方整備局太田川河川事務所の担当各位に深く御礼申し上げます。

参考文献：1) 平成 11 年の広島県豪雨災害調査報告書，平成 12 年，（社）地盤工学会・調査部，中国支部

2) 笹原ら：広島西部山系花崗岩風化土斜面の土層構造についての一考察，平成 22 年度砂防学会研究発表概要集，pp110-111，2010

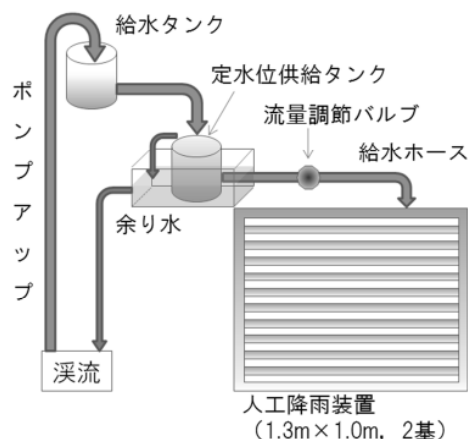


図-3 人工降雨実験装置設置モデル

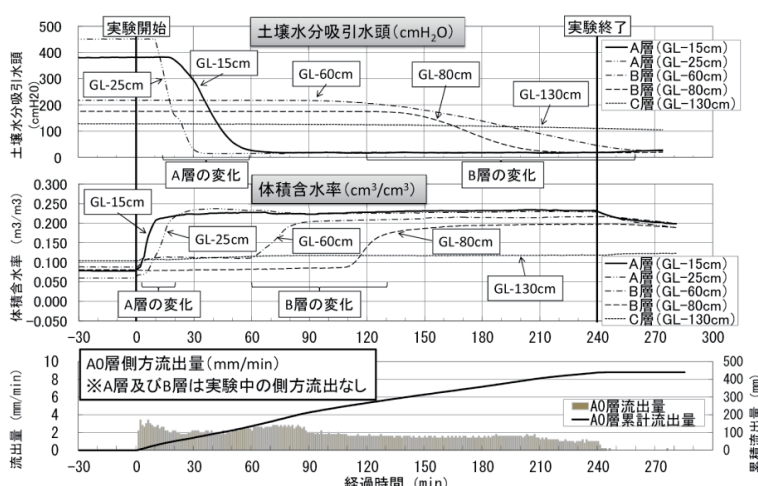


図-4 人工降雨実験 1 回目（乾燥条件）

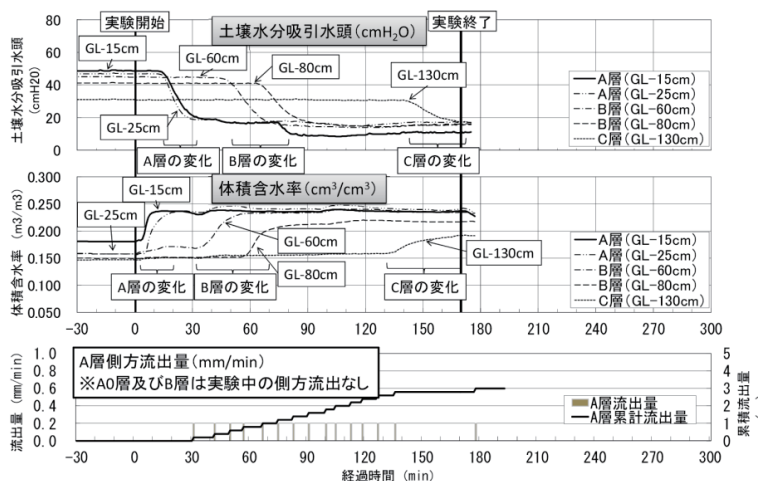


図-5 人工降雨実験 2 回目（湿潤条件）