

第Ⅲ部門

盛土斜面における雨水流出浸透特性に関する研究

京都大学工学部地球工学科 学生会員 ○塚田 靖崇
 京都大学大学院工学研究科 正会員 大津 宏康

1. はじめに

近年、地球温暖化などの環境変化に伴って異常気象が頻発している。これにより、局所的な短期間集中豪雨、いわゆるゲリラ豪雨が日本において増加し、それに起因する土砂災害が多発している。また、日本の国土の大部分が急峻な地形から成り、土砂災害が起こる危険度が高く、加えて斜面に沿って道路・線路及び家屋などが形成されている場合が多く、斜面災害が発生した際の被害が大きくなりやすいと考えられる。そのため、短期間集中豪雨時の斜面崩壊のメカニズムを明らかにすることが求められる。

変動降雨に対する斜面の降雨流出浸透に関する研究は少なく、近年増加する短期間集中豪雨を対象とした斜面の降雨流出浸透を把握することが求められている。そこで本研究では、タイ・ナコンナヨックの風化火山岩残積土を用いた盛土斜面において原位置計測を行い、その計測結果を考察した。また、一次元タンクモデルを適用し、その解析結果を用いて、風化火山岩残積土を用いた盛土斜面における降雨流出浸透特性について考察した。

2. 原位置計測の概要

短期間集中豪雨時の斜面における降雨流出浸透特性を把握することを目的として、タイ・ナコンナヨックにおいて原位置計測(降雨量・表面流出量・体積含水率・間隙圧)を実施している。これは、日本において短期間集中豪雨は頻度が少なく、局所的であること、短期間集中豪雨とスコールは、降雨特性に類似性がみられることに着目したためである。¹⁾

当該斜面は、過去に崩壊した後、その崩壊土砂を埋め戻して造られた盛土斜面であり、その地質は、中生代ジュラ紀から白亜紀の流紋岩の風化帯からなり、熱帯性気候特有の高温多湿の条件下で表層部は激しい風化によって粘土化している。室内試験の結果より、細粒分が多く存在しており、斜面表層部の飽和浸透係数は 1.0×10^{-7} (m/s)程度であるので、当該斜面は透水性の低い盛土斜面といえる。

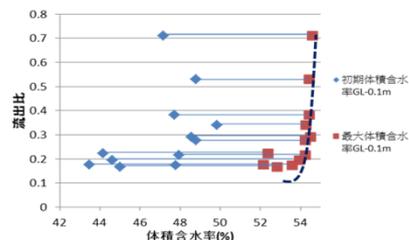


図-1 流出比と体積含水率の最小値から最大値への変化の関係

3. 原位置計測結果の考察

原位置計測によって得られた流出比と体積含水率の関係について検討する。降雨に対する流出量の割合を流出比と定義する。また、体積含水率とは、全体の体積に対する水の体積の割合のことであり、斜面の土壌内の水分指数として検討できる値として期待される。

2010年5月から6月に観測された流出比とGL-0.1mにおける体積含水率の初期値から最大値への変化の関係を図-1に示す。初期体積含水率にはばらつきが大きい、最大値は54%程度のほぼ一定値をとっている。ここから、体積含水率の上限が存在し、流出が大きい降雨では、その上限に達していると考えられる。これは、降雨の浸透のうち、土壌水分に消費される雨水には限界があり、その限界値に達したためと推察する。

図-2に2010年5月から6月における初期体積含水率と流出比の関係を示す。この関係には正の相関がみられる。したがって、初期体積含水率が高いときは流出比が大きくなると考えられる。これは、体積含水率の初期値が小さいときは、最大値まで到達するために必要な雨水が多く、浸透が大きくなるためと考える。

次に、GL-0.6mの斜面深くにおける体積含水率と流出

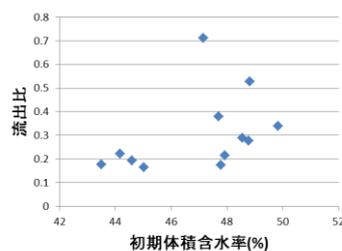


図-2 初期体積含水率と流出比の関係

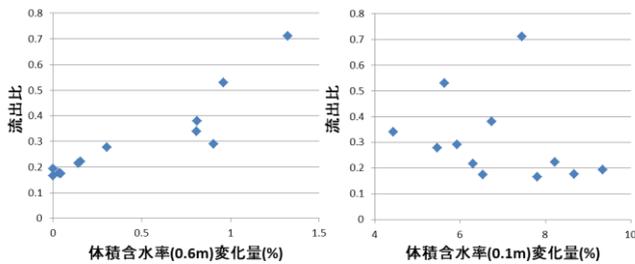


図-3 流出比と体積含水率の変化量の関係

比の関係を検討する。図-3にGL-0.6m, GL-0.1mの両地点における流出比と体積含水率の変化量の関係を示す。

GL-0.1mでは、体積含水率の変化量は4から10%であるのに対し、GL-0.6mでは、大きくても1.5%程であり、変化がみられないものも存在した。これは、当該斜面は、難透水性地盤であり、深度が深い地点まで雨水が浸透することが難しいためと考える。また、透水性が小さいため、鉛直浸透ではなく、斜面水平方向の流れが卓越しているためと考える。GL-0.6mにおいて、流出比が大きくなると、体積含水率の変化量が大きくなる関係がみられる。体積含水率の変化が生じているということは、雨水が浸透していることを示しており、流出比が大きくなると斜面深くまで雨水が浸透していくと推察される。

これより、流出比が大きくなるような降雨では、斜面深くまで雨水が浸透していて、斜面安定性が損なわれる可能性が示唆される。また、体積含水率と流出には大きな関係があり、流出が地盤内の雨水の浸透状態を大きく反映していると考えられ、流出量の観測が斜面の安定性評価に利用できると考える。

4. 一次元タンクモデルを用いた検証

斜面表層の水収の分析を行うために、斜面表層部をひとつのタンクに想定する一次元タンクモデルを用いた。その概念図を図-4に示す。これにより、降雨を流出量・浸透量・表面貯留量に分離することができる。表面貯留量とは、地表面の凹凸や植生に一時的に蓄えられ、やがて流出や浸透に変わっていく雨水と本研究では定義する。ここで、降雨に対する表面貯留量の割合を表面貯留比と

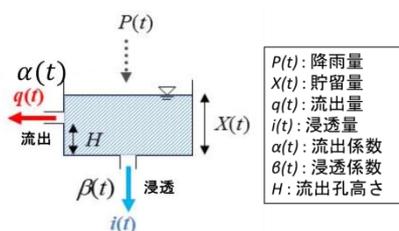


図-4 一次元タンクモデルの概念図

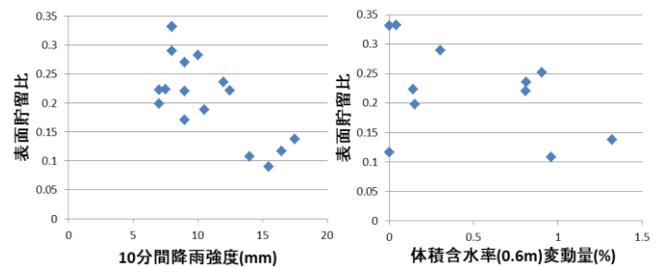


図-5 表面貯留比と原位置計測結果の関係

定義して、変動降雨に対して、表面貯留比がどのような挙動を示すか検討していく。

表面貯留比と原位置計測結果の関係を図-5に示す。図-5の左の図は、10分間降雨強度との関係であり、強度が大きい降雨ほど表面貯留比が小さくなるのが分かる。高降雨強度の雨では、斜面表層に貯留される雨水は小さく、大部分が流出と浸透に分かれることが分かる。

図-5の右の図は、GL-0.6mにおける体積含水率の変化量との関係であり、表面貯留比が小さいとGL-0.6mでの体積含水率の変化量が大きい傾向がみられる。このことから、雨水が表面に貯留される割合が少ないほうが、斜面深くへの浸透がみられることが考えられる。

斜面の崩壊に寄与するような降雨は、10分間降雨強度も大きいものと考えられるので、短期集中豪雨に対しては、表面貯留の割合が少なく、降雨の大部分が流出・浸透に分かれ、斜面ごく表層だけではなく、より深い深度まで雨水が浸透していくと考えられる。

5. まとめ

本研究では、原位置計測結果を検討することにより、流出比は体積含水率の挙動と関係しており、流出比が大きい降雨では、斜面より深い深度への雨水の浸透がみられた。このことから流出量を計測することが斜面安定性評価に利用できることを示唆した。また、一次元タンクモデルを用いて、表面貯留比が降雨強度に依存することを示し、規模の大きな短期集中豪雨では、表面貯留の影響が小さくなることを示した。

参考文献

- 1) 大津宏康, 堀田洋平, 高橋健二, 中村一樹, 新村知也: 熱帯性豪雨(スコール)に起因する斜面降雨浸透に関する原位置モニタリング, 地盤の環境・計測技術に関するシンポジウム 2009 論文集, pp1-6, 2009.