

現地調査と解析による個別溪流のリアルタイム危険度評価に関する研究

広島大学大学院工学研究科 ○花岡 尚, 土田 孝, 川端 昇一, 中川 翔太

1 はじめに

近年、降雨量の増加や集中豪雨の発生回数の増加などによって土石流などの土砂災害が増加している。現在、このような土砂災害に対する避難警戒基準は雨量情報のみから判断されており、個別ごとの斜面の地盤情報は考慮されておらず、精度の高い危険度評価を行うには地盤情報の反映が不可欠である。本研究は、現地調査により収集した土砂災害危険箇所の現地地盤情報およびリアルタイムで配信される雨量情報に基づいて土砂災害の危険度を予測するシステムを構築し、そのシステムの妥当性を土石流が発生した溪流のモデルと発生当時の降雨データを用いて検証することを目的とする。

2 現地調査と溪流のモデル

現地調査は、主として溪流の谷部に堆積した表土層および側方斜面の表土層の層厚、勾配を計測と試料採取を行う。これらの地盤情報を効率よく得るために、地盤調査を専門としない方々でも行うことのできる調査方法を提案した。軽量動的コーン貫入試験により層厚を調査し¹⁾、土質試験を行うための試料を採取する。本研究では、提案した調査方法を実際に地盤調査の専門技術者でない住民の方々に実践していただき、調査後アンケートに回答してもらい調査方法の適用性を検討した。調査を実践していただいたのは広島県東広島市河内町の住民9名で、広島大学の学生3名が同行した。調査は用意した試料を基に原則として地元住民の方だけで作業していただいた。図-1に調査の様子を示す。アンケート調査の結果、作業の安全性および調査の意義について肯定的な評価をいただいた。



図-1 調査の様子（貫入試験）

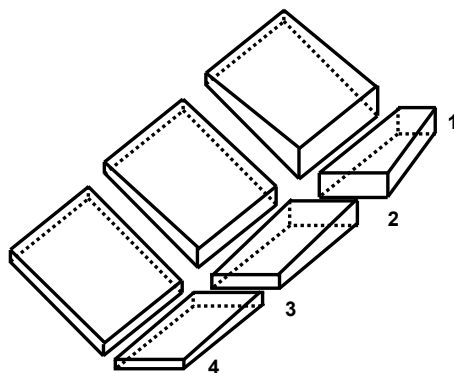


図-2 溪流のモデル

現地調査により得られた情報を基に図-2のようなモデルを作成する。谷地形の底部に堆積している表土層を層厚、幅、奥行き、勾配を有したブロック状にモデル化する。

3 地盤内の水分計算

図-3に本研究における地盤内の水分移動の過程を示す。乾燥した地盤に降雨があると表層より高い含水状態の層（以下、高含水比帯）が形成され、下層へ浸透し、高含水比帯が基盤に到達すると、基盤より地下水位が上昇するというメカニズムである。高含水比帯が基盤に到達するまでを高含水比帯浸透過程、その後を地下水位形成過程と定義する。また、無降雨状態のときは、地下水位が低下し、表層より飽和度が低下していく排水過程となる。

高含水比帯浸透過程では、鉛直方向のみに水分が浸透すると仮定し、Richardsの式を支配方程式とする一次元浸透流解析を行った。飽和透水係数 k_{sat} は粒度分布より得られる有効径 D_{10} から推定する Hazen の式により算出されるものを用いた。図-4に一次元浸透流解

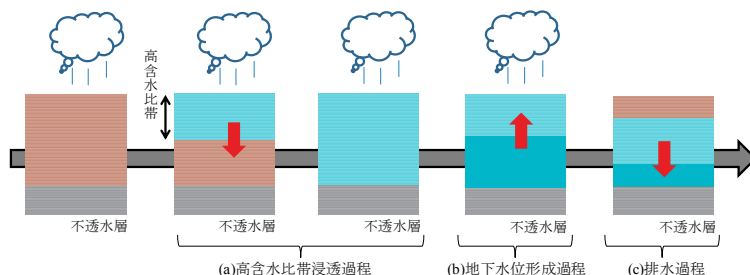


図-3 地盤内の水分移動の過程

析の結果により得られる深度と体積含水率の関係の一例を示す($\theta_s = 0.435$, $\theta_r = 0.152$, $\alpha = 0.04$, $n = 3.1$, $k_{sat} = 2.03 \times 10^{-3} \text{cm/s}$)。表層より体積含水率が約 0.3 の高含水比帯が形成され、下層へ浸透している様子がわかる。64hr のとき、全層で一様の高含水比帯の体積含水率となり、その後下層より飽和に達している。本研究では、全層で一様の高含水比帯の体積含水率となるまでに斜面が受けた降雨量(地下水位が上昇し始めるまでの雨量)を高含水比帯浸透限界雨量と定義し、累積雨量がこの限界雨量を超過すると地下水位形成過程へ移行するとした。この限界雨量は降雨強度ごとに異なるため、リアルタイム解析を行うにあたっては、その時間と 4 時間前までの降雨強度に対応する限界雨量を平均したものを用いることにした。

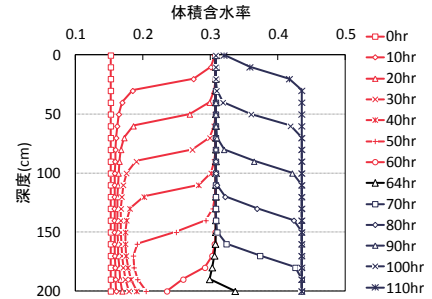


図-4 深度と体積含水率の関係(5mm/hr)

地下水位形成過程では、地下水位の上昇量または低下量を計算する。計算方法は、図-2 に示すそれぞれのブロックにおいて、外部から供給される水分量はブロック内に貯留する水分量とブロックから流出する水分量に釣り合うという条件で行う。外部から供給される水分量は降雨による流入、上流斜面、右岸および左岸斜面からの地下水流入である。地下水の流れはダルシー則に従い、地位水の流出量を計算する。また、排水過程では、仮想的に飽和透水係数の 1/5 の大きさを表層より排水させている。

4 土石流が発生した溪流への適用による妥当性の検討

以上の水分計算方法と斜面安定解析を含めた一連のリアルタイム危険度評価システムの妥当性を、2010 年 7 月 14 日に広島県東広島市福富町で発生した土石流に適用して検討した。斜面安定計算は Janbu 法を適用し、計算に用いるせん断強度定数 c , ϕ は土田ら²⁾が示した軽量動的コーン貫入試験の結果から推定するものを使用している。降雨データは被災した場所から最も近い雨量計のデータを用いている。図-5 に安全率の経時変化を示す。降雨があるときは安全率が低下し、無降雨期間は安全率が回復することが表現できている。安全率の大きさを見ても、土石流を引き起こした降雨時に最も低下し、この間で 1.0 以下となっており、斜面崩壊の発生が十分に起こりうることを説明している。以上より、本研究で提案したリアルタイム危険度評価手法が豪雨に対する土砂災害の危険度評価に適用できる可能性が示された。

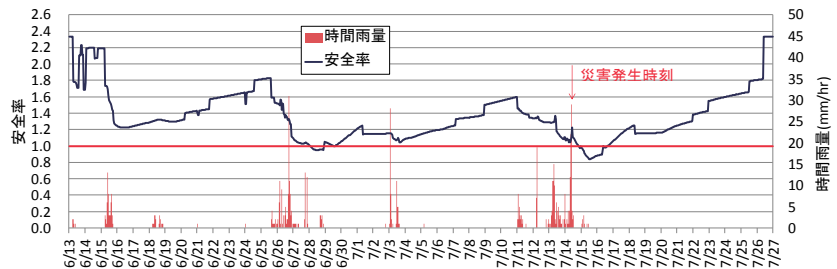


図-5 安全率の経時変化 (土石流発生溪流)

5 結論

(1) 本研究で提案した現地調査を地元住民の方々に実践していただき、アンケート調査を行った結果、作業の安全性および調査の意義について肯定的な評価を得た。

(2) 本研究で提案した危険度評価手法を過去の災害に適用した結果、災害が発生した降雨時に斜面崩壊の発生が十分に起こりうることを説明でき、本研究で提案したリアルタイム危険度評価手法が豪雨に対する土砂災害の危険度評価に適用できる可能性が示された。

参考文献

- 1) 川端昇一, 土田孝, 中川翔太, 花岡尚: 現場貫入試験による個別溪流・斜面の調査に関する研究, 地盤工学研究発表会講演集, Vol.48, No.998, 2011.
- 2) Tsuchida, T., Athapaththu A.M.R.G., Kano, S., Suga, K.: Estimation of in-situ shear strength parameters of weathered granitic (Masado) slopes using lightweight dynamic cone penetrometer, Soils and Foundations, Vol. 51, No. 3, pp.497-512, 2011.