

短時間大雨によるリアルタイム土砂災害警戒システムに関する研究

山梨大学大学院 学生会員 伊藤 巧

山梨大学大学院 フェロー 鈴木 猛康

1. はじめに

山地では少し場所が異なるだけで降雨量が大きく異なる場合がある。また、地形や地質条件等も異なると流出解析のパラメータも場所毎で変わる。したがって、市町村は現状の土砂災害警戒情報のみに基づいた土砂災害警戒区域の個別集落に対する警戒避難の判断はできず、消防団等による現地の状況把握が不可欠となっている。

そこで筆者らは、土砂災害警戒区域内にリアルタイム雨量センサーを設置し、積算雨量とリアルタイム雨量強度より土砂災害発生危険度を市町村へ提供するウェブシステムを開発している¹⁾。本研究では、さらに斜面への降雨の浸透による斜面の安定解析を加え、このウェブシステムが土石流発生の切迫度を住民に伝え、地区住民の自主避難を促進することを目的とする。

本稿では、山梨県西桂町下暮地地区を実証サイトとし、斜面の現地調査と現地でサンプリングした土の土質試験の結果を用いて、地区内の代表的な斜面において、リアルタイム雨量を入力として、降雨の浸透に伴う斜面の安定を時々刻々と解析する数値解析モデルを構築し、上記ウェブシステム上でリアルタイム土砂災害危険度評価を行うことを試みたので報告する。

2. リアルタイム土砂災害発生機構の構築

本研究では、川端ら²⁾の提案手法に基づいて、降雨浸透・地下水位形成過程を図1のように設定した。川端らは一次元不飽和浸透流解析を行い、一定の降雨強度に対する高含水比帯の体積含水率を求めている。しかし本研究では、時々刻々変動する降雨強度に対する高含水比帯の値を用いる必要があるため、川端らが求めた降雨強度5, 20, 50 mm/hrの高含水比帯の体積含水率より、式(1)に示す近似曲線を求め、川端らの結果の内挿ならびに外挿が可能と仮定し、(1)式によって変動する降雨強度に応じた高含水比帯の体積含水率を求めることとした。

$$\theta_h = 0.0388 \ln r + 0.2064 \quad (1)$$

ここで、 θ_h : 高含水比帯の体積含水率, r : 降雨強度(mm/hr)

である。ただし、 r は変動するので、過去10分間の降雨強度の平均値を用いることとした。また、地下水位の計算についても、川端らの研究を参考にしてアルゴリズムを構築した。

以上の結果、リアルタイム雨量観測情報を入力として、斜面における土砂災害の発生危険度を1分毎に(リアルタイムで)解析する図2に示す解析アルゴリズムを構築した。以下に、解析のステップを示す。ただし、タンクモデル法による1段目貯留量(s_1)と2段目貯留量(s_2)の和が、表層へと浸透すると仮定している。

- 1) リアルタイム雨量観測を入力としてタンクモデルによる流出解析を行う。
- 2) タンクモデル解析による貯留量 $s_1 + s_2$ がある閾値に達した時、高含水比帯が基盤に到達したと考え、地下水位を発生させる。
- 3) 地下水位が発生後、 $s_1 + s_2$ の入力と斜面上の地下水の浸透を逐次解析し、地下水位の変動を解析する。
- 4) 変動する地下水位に基づいて、斜面安定解析をリアルタイムで行う。
- 5) 斜面安定解析の結果、すべり安全度が1を下回った時、斜面が不安定となって崩壊すると判定する。

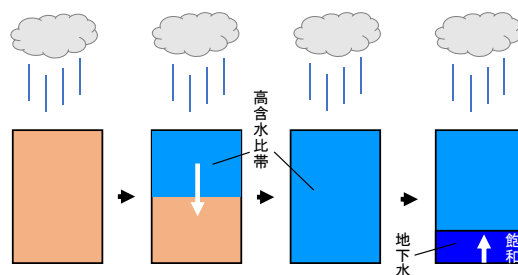


図1 降雨浸透と地下水位形成の考え方

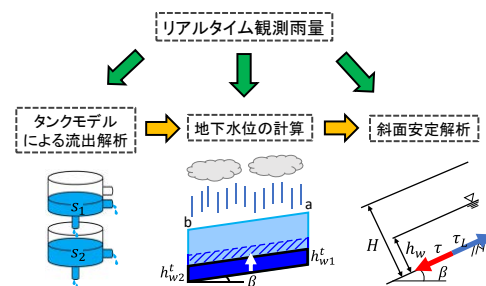


図2 土砂災害の発生危険度評価手法

キーワード：土砂災害、リアルタイム雨量観測、土砂災害警戒システム、斜面安定解析

連絡先：山梨県甲府市武田 4-3-11 山梨大学工学部土木環境工学科 防災研究室 TEL：055-220-8531

3. 西桂町下暮地地区における土砂災害警戒システム

本研究の実証サイトとした西桂町下暮地地区の斜面は、図6に✕印のある地点である。下暮地地区はほぼ全域が土砂災害警戒区域に指定されている。選定した斜面の現地調査を2回実施し、簡易貫入試験ならびに土質実験に用いる不攪乱試料のサンプリングを行った。現地調査より対象斜面の表層を図3のようにモデル化することができた。

対象とする斜面における表層の傾斜角や層厚、土の物性値、土の強度定数、透水係数を用いて、前述した数値解析モデルを構築した。また、2019年台風19号により下暮地地区で観測されたリアルタイム雨量情報を入力として、シミュレーションを実施した。この台風によって下暮地地区では累積雨量500mmに達し、日雨量で450mm程度の雨量を観測した。その台風によって土砂災害は発生しなかったが、土砂災害発生の兆候はいくつか見られたことが報告されている。図4には、尾根側から順に F_s1 、 F_s2 、 F_s3 として、斜面安定解析を行った安全率の結果を示している。これを見ると F_s2 では安全率1を下回り、斜面の崩壊が発生しても不思議ではない結果を示した。

数値シミュレーションによって求まる安全率を避難スイッチとして住民に伝えるため、式(2)に示す土砂災害発生危険度を崩壊地下水位に対する現地下水位の比率を求め、この地下水比に応じて図5に示すように、警戒レベル4に相当する地下水位によって、逼迫度を提示するように工夫したチャートで表現することを提案する。

$$h_{wr} = hw / hwc \quad (2)$$

ここで、 h_{wr} ：土砂災害の発生危険度、 hw ：地下水位 (m)、 hwc ：崩壊地下水位 (m) である。

ウェブサイトには、この数値シミュレーションのモジュールを組み込んだウェブサイトを図6に示す。雨量観測データを用いて時々刻々とタンクモデルによる雨水の浸透から地下水位比まで計算し、西桂町のリアルタイム雨量観測情報とともに、土砂災害の発生危険度をチャートによって表示している。

4. まとめ

土砂災害の発生危険度評価手法を提案し、山梨県西桂町下暮地地区におけるリアルタイム土砂災害警戒システムを構築した。今後は雨量予測を本提案モデルに組み込み、30分から1時間程度の土砂災害の発生危険度を予測するシステムの構築を目指したい。

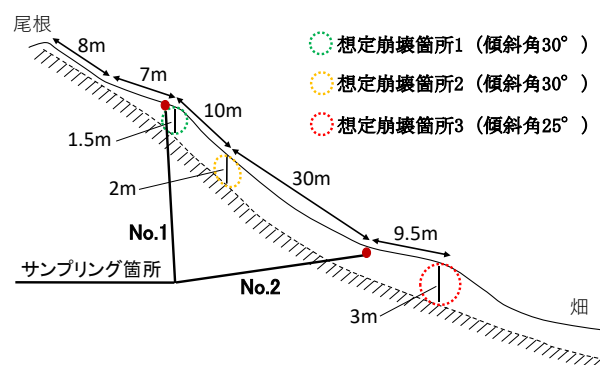


図3 対象斜面の表層構造のモデル化

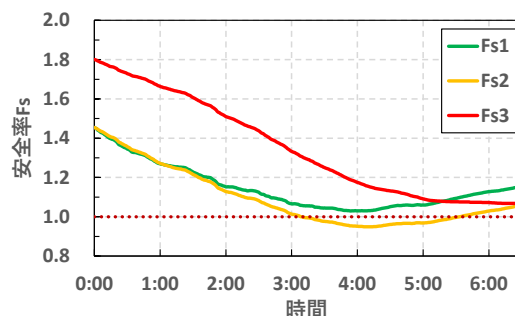


図4 安全率に関するシミュレーションの結果

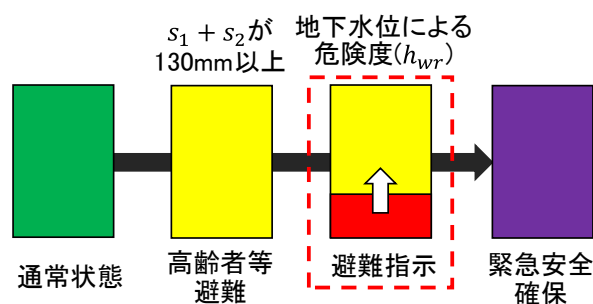


図5 土砂災害発生危険度情報

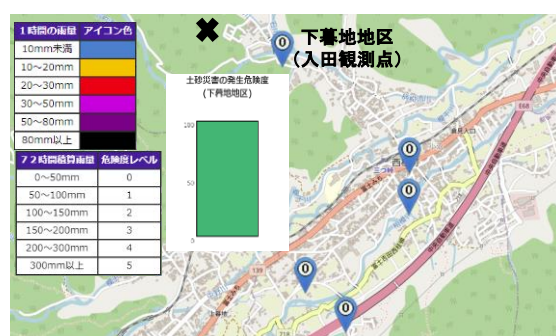


図6 土砂災害警戒システム

参考文献

- 1) Takeyasu Suzuki and Takumi Ito: Prediction of Sediment Disasters due to Short-duration Heavy Rain based on Real-time Rainfall Observation, WIT Transaction on The Built Environment, Vol. 189, Safety and Security Engineering VII, pp. 91-99, 2019.
- 2) 川端昇一, 土田孝, 加納誠二, 由利厚樹, 花岡尚, 中川翔太: 地盤調査と斜面安定解析に基づく土砂災害危険渓流の豪雨時危険度評価, 地盤工学ジャーナル, Vol.8, No.1, pp.119-131, 2013.