

レーダ雨量を活用した土石流発生危険度評価手法に関する検討

東海旅客鉄道株式会社 正会員 ○林 宏樹 正会員 新海 英昌
東海旅客鉄道株式会社 正会員 大木 基裕 正会員 五百旗頭 弘憲

1. はじめに

在来線のうち特に山間線区は、自然斜面に隣接する箇所や溪流の谷出口を横断する箇所に線路が敷設されている場合がある。これらの箇所では、降雨時に土石流が発生して線路内に土砂が流入するなど列車の安全輸送を脅かす恐れがある。降雨に伴う土石流に対しては、鉄道雨量計による降雨運転規制、土砂止め擁壁や砂防えん堤の新設、線路際への溪流検知線の設置などの対策を行ってきている。しかし、線路直上と線路から離れた場所での雨の降り方には相違がみられる場合があり、雨を起因とする土石流災害リスクは未だ残っている。このような背景のもと、線路から離れた渓流域における土石流発生危険度評価手法を検討した。検討は長雨による斜面崩壊が起因となる崩壊型土石流及び短時間降雨による表面水集中が起因となる溪床流動型土石流のそれぞれについて検討した。

2. 崩壊型土石流評価手法

崩壊型土石流は、集中豪雨等により斜面崩壊が発生し、崩積土が表流水等の影響により流動化する現象である。そこで降雨時における斜面表層部の安定性に着目した。評価手法の構築にあたって、降雨時に時間的かつ空間的に表層崩壊に対する安定性を評価できる沖村・市川¹⁾による手法を参考とした。この手法は、数値標高モデルを用い、メッシュごとに表土層厚や土質パラメータ（透水係数、粘着力等）を定義し、雨水が表土層に浸透、流下することによる地下水位を集水モデルにより求め、この地下水位を用いた無限長斜面安定計算により崩壊の危険性を安全率によって評価するものである。表土層厚は、沖村ら²⁾の手法をベースとし、現地調査結果や土石流災害事例をふまえて独自の関係式を設定した。発生判定基準を設定するために、土石流非発生の既往最大降雨、土石流発生とみなす仮想土石流降雨における崩壊面積率（安全率1以下のメッシュ面積率）を算出した。既往最大降雨は溪流近傍の鉄道雨量計観測による2007年～2016年の最大土壌雨量指数を記録した降雨イベントとし、仮想土石流降雨は日雨量400mm、最大時雨量120mmの後方集中型降雨とした。また沖村らが設定した兵庫県の判定基準を参考として、崩壊面積率と山腹斜面面積（斜面崩壊の発生源となり得る斜面勾配20度以上の斜面）の関係から発生判定基準を仮設定した（図1）。災害捕捉性検証として沿線溪流における崩壊型土石流時の崩壊面積率を分析した。図2に崩壊面積率の時間推移を示す。分析の結果、仮設定した発生判定基準により発災前に発生判定可能であることがわかった。

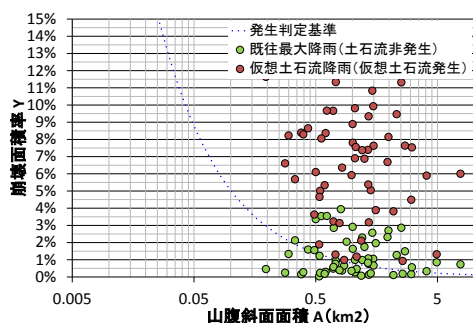


図1 既往最大降雨と仮想土石流降雨による崩壊面積率

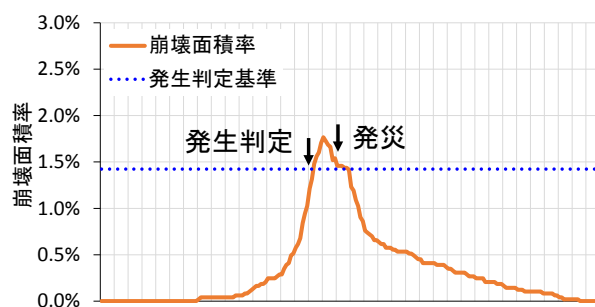


図2 土石流発生溪流における崩壊面積率

3. 溪床流動型土石流評価手法

溪床流動型土石流は、降雨に伴って溪床堆積層に飽和浸透流及び表面流が生じることによって発生する現象である。そこで、リアルタイムの降雨量を用いて溪床部の任意地点における表面水流量を求め、土石流発生に関係する因子（溪床勾配、集水面積等）を考慮し危険度を評価する方法を検討した。具体的には数値標高データを活用し、

キーワード
連絡先

土石流, レーダ雨量, 表層崩壊
〒485-0801 愛知県小牧市大山 1545 番 33 総合技術本部技術開発部 Tel.(0568)47-5375

渓流域を 10m メッシュに区切ってモデル化し、評価点となる河道メッシュを設定した (図 3)。ここで芦田ら³⁾が提案した土石流発生限界表面流量 Q_{0c} を算出し、 Q_{0c} と時々刻々と変化する表面水流量 Q の比から土石流発生危険度 X (式 1) を評価することとした。

$$\text{土石流発生危険度} : X = Q / Q_{0c} \quad (1)$$

$$\text{土石流発生限界表面流量} \quad Q_{0c} = \left(\frac{8 \sin I}{f \kappa^3} g d^3 B^2 \right)^{1/2} \quad (2)$$

$$\text{流水幅} \quad B = \eta \sqrt{\frac{A}{I}} \quad (3) \quad \text{表面水流量} \quad Q = \frac{1}{3.6} r_e A \quad (4)$$

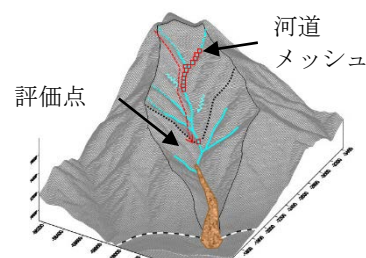


図 3 評価のイメージ

土石流発生限界表面流量 Q_{0c} の算出式を (式 2) に示す。ここで、 Q_{0c} : 勾配 I 地点での土石流発生限界表面流量、 I : 溪床勾配、 g : 重力加速度、 d : 粒径、 B : 河道幅、 f : 摩擦損失係数 ($1.12 \sin I$)、 κ : 係数 (0.7) である。溪床勾配は、10m メッシュごとに上流 200m の平均勾配を算出して設定した。粒径は溪流調査結果を参考とし、一律で 5cm と設定した。河道幅 B は、原田ら⁴⁾が提案した山地河川における河道幅の推定方法に基づき、式 (3) によって求めた。ここで、 B : 河道幅 (m)、 A : メッシュごとの集水面積 (km^2)、 I : 溪床勾配、 η : 係数 (=2.4) である。

表面水流量 Q の算出式を (式 4) に示す。ここで、 Q : 表面水流量、 r_e : 洪水到達時間内の降雨強度、 A : メッシュごとの集水面積である。表面水流量計算のため、メッシュごとに集水面積や洪水到達時間を事前に設定した。洪水到達時間の算出はクラーヘン式を用いた。これらを設定したのち、10m メッシュごとに洪水到達時間内の降雨強度を入力し、時々刻々と変化する表面水流量を算出する。なお、表面水流量の計算は、渓流域の堆積層の厚さや透水係数は溪流ごとに大きく異なるため、浸透流量を考慮せずに算出することとした。

発生判定基準を設定するために、土石流非発生の既往最大降雨、土石流発生とみなす仮想土石流降雨における土石流発生危険度を算出した。既往最大降雨は溪流近傍の鉄道雨量計観測による 2007 年～2016 年の最大 3 時間雨量を記録した降雨イベントとし、仮想土石流降雨は東海三県における観測史上最大の雨量値 (アメダス尾鷲 315mm/3h) とした。図 4 に既往最大降雨と仮想土石流降雨による土石流発生危険度を示す。分析の結果、仮想土石流降雨はすべての事例において土石流発生危険度 X が 10 を上回っていたため、発生判定基準を $X=10$ に仮設定した。災害捕捉性検証として沿線溪流における溪床流動型土石流時の土石流発生危険度を分析した。図 5 に土石流発生危険度の時間推移を示す。分析の結果、仮設定した発生判定基準により発災前に発生判定可能であることがわかった。

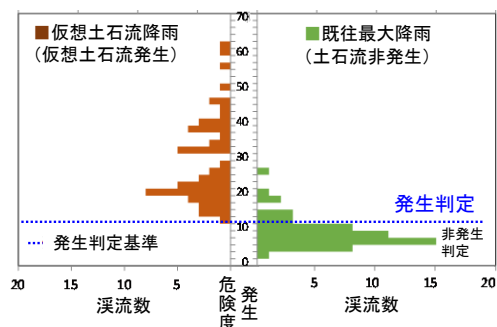


図 4 渓流域でのレーダ雨量推移

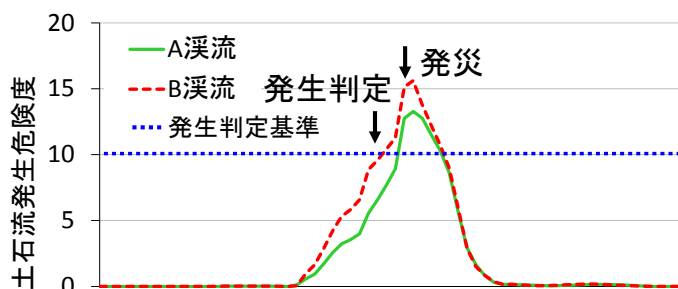


図 5 土石流発生危険度の推移

5. まとめ

レーダ雨量を活用した土石流発生危険度評価手法により、線路から離れた場所を発生源とする土石流災害の事例分析を行い、今回分析した事例では発災前に発生判定可能であることを確認した。今後、他事例含めて、様々な溪流条件における災害事例の検証計算を実施し、災害捕捉性の分析を進めていく。

参考文献

- 1) 沖村孝, 市川龍平: 数値地形モデルを用いた表層崩壊危険度の予測法, 土木学会論文集第 358 号/Ⅲ-3, PP.69-75, 1985 年 6 月
- 2) 沖村孝, 鳥居宜之, 尾崎幸忠, 南部光広, 原口勝則: 豪雨による土砂災害を対象としたリアルタイムハザードシステムの構築, 砂防学会誌, Vol.63, No.6, PP.4-12, 2011
- 3) 芦田和男, 高橋 保, 澤井健二: 土石流危険度の評価法に関する研究, 京都大学防災研究所年報第 21 号 B-2, 1978
- 4) 原田, 中谷, 里深: 山地河川における河道幅の推定方法に関する提案: 砂防学会研究発表会概要集 P.B-396-397, 2014