

災害分析に基づいた斜面对策箇所の優先順位決定手法の提案

西日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○岩本 真由子

正会員 森 泰樹 正会員 荒巻 智

京都大学 フェロー会員 杉山 友康

1. はじめに

降雨による斜面崩壊等から生じる被害を防ぐためには、災害が発生しやすい、かつ災害発生時のリスクが高い箇所への優先的な対策が必要である。しかし、災害発生要因として考えられる地形等の各項目の影響度合が明確でないことや、災害発生時のリスクの大きさが不明であることなどから、斜面防災対策箇所の優先順位付けが困難であるのが現状である。本研究では、JR 西日本の管理する一部のエリア（以下、検討エリアという）における過去の降雨災害を統計的に分析し、今後の斜面防災対策箇所の優先順位を決定する手法の提案を試みた。なお、本研究では前提条件として、リスクの指標は災害発生時の応急復旧費用、および輸送人数とした。防災対策箇所の優先順位を検討する斜面は、最も不安定性が高いと判断した A ランク¹⁾の斜面とし、これらの斜面の降雨強度はどれも同じであると仮定した。

2. 切土崩壊土量予測式の構築

2. 1. 使用データと適用手法

検討エリアにおいて、S62 年から H24 年の間に発生した災害のうち、割合が最も高い切土崩壊を分析の対象とした。切土崩壊事例のうち、分析に必要な情報が欠落している事例、および切土斜面とは崩壊のメカニズムが異なると考えられる自然斜面や、のり面工などの構造物の崩壊を含む事例を除いた 63 件について、データの集計を行った。切土崩壊土量の頻度分布を図 1 に示す。図 1 より、事例の約 90%が 50m³ 以下であることがわかる。したがって、発生頻度が低い 50m³ を超えるもの、および発生時の被害が小さいと考えられる 2m³ 以下を除いた中規模災害の事例に着目することとした。また、近年集中豪雨の発生等で、雨の降り方が変化してきていると考えられることから、平成元年以降に発生した事例に着目し、上述した 63 件のうち、31 件を分析対象として、まず崩壊土量の予測を試みる。分析手法としては、切土条件に含まれる土質等の質的変数を扱うことのできる多変量回帰分析を適用した。このとき、切土崩壊予測土量 (m³) V は式 (1) で表される。

$$V(\mathbf{x}) = \sum_{i=1}^5 (s(x_i)) + a$$

(1)

ここで、 $\mathbf{x}$: 切土条件ベクトル、 s : 切土条件ごとの点数 (切土崩壊土量へ与える影響度合である)、 a : 定数とした。なお、今回は現場技術者も容易にデータが得られる、 x_1 : 切土高さ、 x_2 のり面勾配、 x_3 : 土質、 x_4 : 地質、 x_5 : 上部地形を説明変数として、それらの全組合せについて推定を行った。なお、布川ら²⁾によって、既に本研究と同様の方法で切土崩壊土量の予測式が提案されている。ただし、検討エリアの特性を考慮するため、同エリアのデータを用いて切土崩壊土量の予測式を構築した。

2. 2. 推定結果

2. 1. で述べた多変量回帰分析による切土崩壊土量の予測精度が最も高い説明変数の組合せは、 x_1 : 切土高さ ~ x_5 : 上部地形のうち、 x_4 : 地質を除いた 4 変数であった。この場合の推定結果から得られた切土崩壊土量の予測

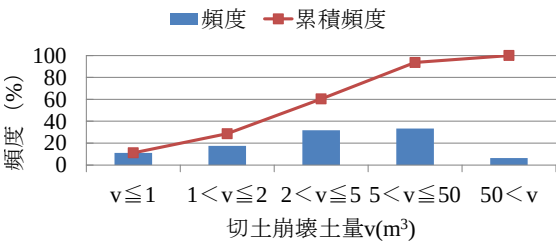


図 1 切土崩壊土量の分布 (サンプル数 : 63)

表 1 切土崩壊土量の予測表

項目	カテゴリー分類	点数 s	点数 s の範囲
切土高さ h (m)	$1 \leq h < 5$	-0.9	24.4
	$5 \leq h < 10$	-1.7	
	$10 \leq h < 15$	22.4	
	$15 \leq h$	-2.0	
のり面勾配 θ (°)	$1 \leq \theta < 45$	-7.5	1.3
	$45 \leq \theta < 60$	0.9	
	$60 \leq \theta$	2.2	
土質	岩	1.8	6.3
	礫	-4.5	
	砂	2.3	
上部地形	集水地形	5.4	11.2
	非集水地形	-5.8	
定数		9.8	
		決定係数	0.6
		サンプル数	31

キーワード 降雨, 斜面崩壊, リスク, 防災対策

連絡先 〒732-0057 広島市東区二葉の里 3-8-21 西日本旅客鉄道(株) 広島土木技術センター TEL 082-261-2147

表を表 1 に示す。また、切土崩壊土量の予測値と実際の切土崩壊土量（実測値）の関係を図 2 に示す。表 1 より、点数の大きさから、切土高さが 10m 以上 15m 未満である場合や、土質が砂、切土上部が集水地形である場合に切土崩壊土量が大きくなることがわかった。これは、切土崩壊に関して得られている一般的な知見と合致する。また、点数の範囲から、切土崩壊土量に影響を及ぼす項目としては、最も大きい項目が切土高さであり、次に上部地形であることがわかった。なお、予測精度を示す決定係数が 0.6 となっているが、今後、新しい事例を含めてサンプル数を増やすことで、予測精度の向上が期待できる。

3. 応急復旧費用予測式の構築

3. 1. 使用データと適用手法

第 2 章で述べた、自然斜面や構造物の崩壊を除いた切土崩壊事例 63 件のうち、応急復旧費用の情報が明確に存在する 12 件を分析の対象として応急復旧費用の予測を試みる。なお、分析手法としては、単回帰分析を適用した。このとき、応急復旧費用（千円） R は、式（2）で表される。

$$R(v)=b \times v+c \tag{2}$$

ここで、 b ：回帰係数、 v ：切土崩壊土量、 c ：切片とした。応急復旧予測費用は、式（1）の切土崩壊予測土量から、式（2）で与えられる。

3. 2. 推定結果

応急復旧費用予測式の推定結果を図 3 に示す。図 3 より、決定係数は 0.8 であり、比較的高い精度で応急復旧費用の予測が可能であるという結果が得られた。

4. 斜面防災対策箇所の優先順位の提案例

斜面防災対策箇所の優先順位を決定するための判断指標として、表 2 に示すような、式（2）で得られる①応急復旧予測費用 R と②影響の程度を示す輸送人数 t の 2 つの値を用いて、3 つ（Ⅰ，Ⅱ，Ⅲ）に区分する方法を提案した。今回は、A ランク判定の切土斜面を主要線区、ローカル線区でそれぞれ 4 箇所（計 8 箇所）選定し、表 2 の判断指標を元に、3 年間で対策を行うという条件で優先順位の検討を行った。なお、応急復旧費用 R は切土崩壊事例の頻度分布から、輸送人数 t については検討エリア内の主要、ローカル線区の輸送人数の頻度分布を参考に、それぞれのカテゴリーを決定した。表 2 より、対策箇所の優先順位は、輸送人数のみならず、応急復旧予測費用に応じて策定することができた。また、表 3 は、斜面防災対策を行う切土斜面を 3 年間の各年度ではほぼ同数となるように設定した実施計画例である。このように、今回のケーススタディでは、リスク指標とした応急復旧予測費用 R と輸送人数 t を定量的に評価することで、主要線区、ローカル線区に関わらず対策箇所の優先順位付けができたといえる。

5. まとめ

本稿では、従来、斜面の健全度や線区の特情等から経験的、定性的に決定されてきた斜面防災対策箇所の優先順位を過去の災害事例に基づいて定量的に決定する手法について提案した。今後は、リスクに影響を与える因子の更なる検討や、今回検討を行った検討エリアにおいて、引き続き第 4 章で扱った 8 箇所の切土斜面以外の A ランク斜面を含めた斜面防災対策箇所の検討を行うことを考えている。

参考文献

1) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等維持管理標準・同解説（構造物編）土構造物（盛土・切土），2007。
2) 布川修，杉山友康，森泰樹，太田直之，岡田勝也：統計的手法による鉄道盛土と切土の降雨による崩壊土量の概略予測手法，土木学会論文集 C，Vol.65，No.3，pp.728-744，2009。

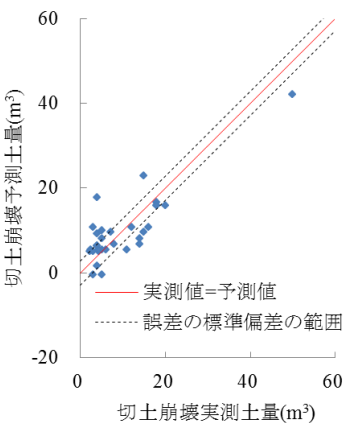


図 2 切土崩壊土量の予測値と実測値

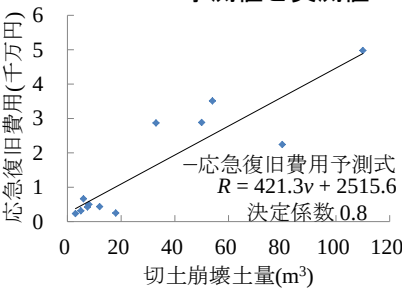


図 3 応急復旧費用予測式の推定結果

表 2 応急復旧予測費用，輸送人数別切土斜面

応急復旧予測費用 R (万円)	輸送人数* t (千人/日)		
	$10 \leq t$	$1 \leq t < 10$	$t < 1$
大	主要-3【Ⅰ】	ローカル-2【Ⅰ】	ローカル-3【Ⅱ】
中	主要-2【Ⅰ】	—【Ⅱ】	ローカル-4【Ⅲ】
小	主要-1，主要-4【Ⅱ】	ローカル-1【Ⅲ】	—【Ⅲ】

*上下線の合計
【】内は優先順位を示し，高い順にⅠ，Ⅱ，Ⅲ

表 3 斜面防災対策の実施計画例

年度	切土斜面数	切土斜面		
n	3【Ⅰ】	主要-2	主要-3	ローカル-2
$n+1$	3【Ⅱ】	主要-1	主要-4	ローカル-3
$n+2$	2【Ⅲ】	ローカル-1	ローカル-4	