

鉄道盛土を対象とした定量的斜面危険度評価手法の検討

東日本旅客鉄道株式会社 正○中渕 遥平 正 佐藤 大輔
 (公財) 鉄道総合技術研究所 正 大谷 礼央 正 長谷川 淳 布川 修

1. はじめに

鉄道では、線路沿線の盛土や切土斜面の中から降雨時に被災が懸念される箇所（以下、降雨時弱点箇所）を事前に抽出し、降雨時の警備箇所の指定や必要に応じて対策工の施工を行う。降雨時弱点箇所の抽出は現地調査により各斜面の構造や集水条件等を勘案して行うが、机上で得られる情報から降雨時弱点箇所の候補地を事前に抽出できれば、効率的に現地調査を実施することが可能となる。本検討では盛土を対象に統計分析から作成した斜面危険度の定量的評価式¹⁾（以下、評価式）について、これまで災害の履歴がない盛土（以下、災害未発生盛土）の情報を用いた検証を行い、降雨時弱点箇所抽出への活用可能性を評価した。

2. 斜面危険度の定量的評価式の概要

本検討で用いた評価式は、災害履歴のある盛土（以下、災害発生盛土）の情報を用いて、構造や立地条件から判断される不安定要因と災害発生時における雨量の再現期間との関係を数量化 I 類による統計分析から数式化したものである¹⁾。評価式の作成過程で、統計分析に用いる災害を短時間の高強度の降雨による災害と継続時間の長い降雨による災害に分け、短指標型災害型と長指標型災害の2種類の評価式を作成している¹⁾。本評価式は各盛土の不安定要因を入力情報として当該盛土において災害が発生すると考えられる降雨量の再現期間（以下、限界再現期間）を推定する。図1、2に各評価式で考慮される不安定要因とそれらの限界再現期間への寄与量を示す。対象とする盛土が各不安定要因に該当するか否かで寄与量が決まり、それらと定数項の和が限界再現期間として推定される。図1、2より、例えば集水条件である「谷との交差」に該当していれば限界再現期間が小さくなるように推定されるなど経験則と整合した評価式となっていることが分かる。

3. 評価式の性能評価方法

本研究で用いた評価式は災害発生盛土の情報を用いて不安定要因と限界再現期間との関係を統計分析して作成している¹⁾。そこで、評価式の作成に使用していない災害未発生盛土の情報を使用して性能の評価を行った。具体的には、災害未発生盛土の限界再現期間を算出して災害発生盛土の限界再現期間と明瞭に判別できるかを検証した。災害未発生盛土はJR 東日本管内で近年（2006年～2018年）盛土の災害履歴のある6区間を選定し、その区間内のすべての災害未発生盛土を検証対象とした。表1に選定した6区間を示す。

4. 評価式の性能評価結果

評価式の性能評価結果を図3、4に示す。図3、4には、災害発生盛土および各区間の災害未発生盛土の推定される限界再現期間の頻度分布を相対度数で示している。なお、災害発生盛土は各評価式の作成に使用したJR 東日本管内全域の事例を対象とした頻度分布を記載した。図3より短指標型災害の評価式では災害発生盛土は限界再現期間が15年から20年の範囲にピークを持つ分布、災害未発生盛土はどの線区も概ね25年から35年の範囲にピークを

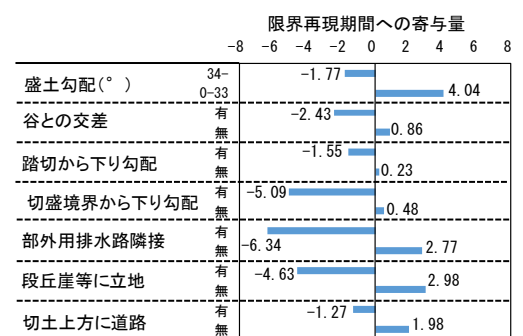


図1 各不安定要因の限界再現期間への寄与量（短指標型災害の評価式）

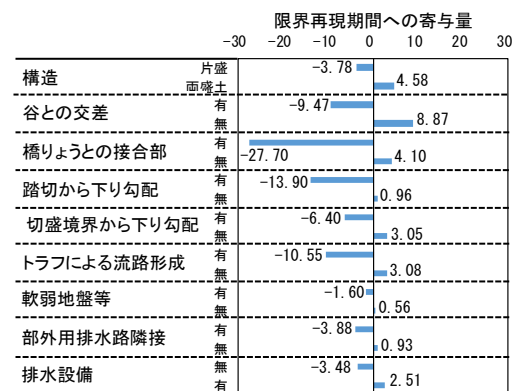


図2 各不安定要因の限界再現期間への寄与量（長指標型災害の評価式）

表1 検証の対象区間と災害未発生盛土の数

線区	区間	災害未発生盛土数
上越線	越後湯沢～五日町	97
花輪線	柴平～十二所	63
山田線	箱石～茂市	81
田沢湖線	盛岡～大地沢信号所	80
飯山線	信濃浅野～飯山、足滝～十日町	119
只見線	会津塩沢～大白川	111
	計	551

キーワード 盛土崩壊、評価手法、降雨時弱点箇所、抽出、統計解析

連絡先 埼玉県さいたま市北区日進町2丁目479番地 JR 東日本研究開発センター 防災研究所 TEL048-651-2693

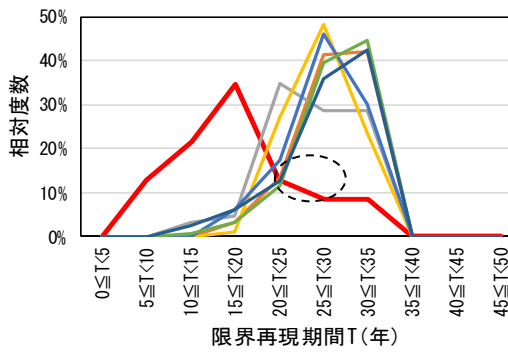


図3 短指標型災害の評価式による
限界再現期間の推定結果

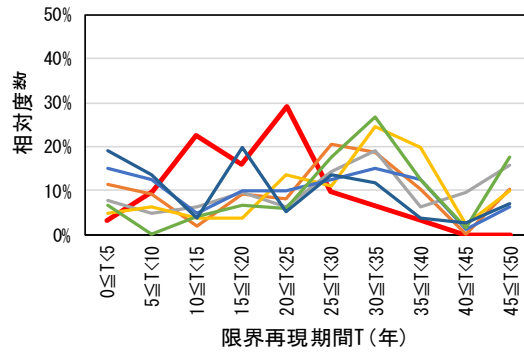


図4 長指標型災害の評価式による
限界再現期間の推定結果

上越線 (97)
花輪線 (63)
山田線 (81)
田沢湖線 (80)
飯山線 (119)
只見線 (111)

持つ分布となっており、両者の分布が明瞭に分かれていることが分かる。ただし、図3中に点線で示したように、一部の災害発生盛土は限界再現期間が災害未発生盛土と変わらない値となっており、限界再現期間を過大に評価している可能性が考えられた。一方図4より、長指標型災害の評価式では傾向としては災害発生盛土のほうが災害未発生盛土よりも限界再現期間が小さくなる割合が多いが、短指標型災害の評価式よりも全体的にばらつきが大きい。また、どの線区も限界再現期間が5年までと推定されている盛土が一定数存在し、これらの盛土は限界再現期間を過少評価している可能性がある。

5. 考察

本評価式を用いて降雨時弱点箇所を抽出を行う場合、降雨災害が発生する可能性の高い盛土の限界再現期間を過大推定して抽出対象から外してしまうと、安全を確保する上で問題がある。そこで短指標型の評価式について、限界再現期間を過大に評価している可能性がある図3中の点線で囲んだ盛土について詳細を確認した。4つの盛土がこれに該当する。各盛土で発生した災害の発生時における降雨量の再現期間と推定された限界再現期間を表2に示す。盛土a～cは災害発生時雨量の再現期間よりも限界再現期間が小さい。これらは限界再現期間を超える大雨によって災害が発生したと判定でき、限界再現期間が適切に推定されていると考えられる。

一方盛土dは、限界再現期間に対して災害発生時雨量の再現期間が顕著に小さく、危険側の推定結果となっている。各盛土の不安定要因を確認すると、盛土dは盛土a～cとは異なり、長指標型災害の評価式の不安定要因である「橋りょうとの接合部」および「トラフによる流路形成」に該当していた(図5)。評価式の作成過程では盛土dの災害は発生前の短時間雨量の大きさから短指標型災害に分類した。しかし災害発生日の4日前から時間雨量10～15mm程度の断続的な先行降雨があり、崩壊の発生メカニズムとしては周辺の降雨がトラフによる流路を通して架道橋の橋台背面に集中した長期的な降雨の影響による災害と考えられる。確認のため盛土dの限界再現期間を長指標型災害の評価式を用いて推定すると1年未満となり、図4から、災害未発生盛土と比較しても相対的に小さな限界再現期間となった。以上は、短指標型災害の評価式と長指標型災害の評価式を併用することで、降雨時弱点箇所の抽出漏れを防げる可能性があることを示唆している。

6. まとめと今後の検討

本検討では、統計分析から作成した斜面危険度の定量的評価式¹⁾について、災害非発生盛土の情報を用いた検証から弱点箇所抽出への活用可能性を評価した。その結果、全体的な傾向として災害発生盛土の限界再現期間が相対的に小さく評価されること、短指標型災害と長指標型災害の評価式を併用することで災害発生盛土の抽出漏れを防げる可能性があることから、活用の可能性があることが示唆された。今後は限界再現期間を評価した区間の現地調査も行い、本評価式による推定結果と各盛土の実際の状況を照合して本評価式の評価結果の妥当性についてさらに検証を行う。

参考文献

- 1) 大谷ら：鉄道盛土の不安定要因が災害発生時の再現期間に与える影響の統計分析，土木学会第77回年次学術講演会，2022(投稿中)

表2 対象盛土の災害発生時雨量の再現期間と限界再現期間

	災害発生時雨量の再現期間	限界再現期間
盛土a	27年	26年
盛土b	49年	25年
盛土c	33年	31年
盛土d	1.3年	31年



図5 盛土dの災害発生状況