

## 鉄道盛土の簡易的な被災危険度推定手法の提案

九州旅客鉄道株式会社 正会員 ○黒木 悠輔  
九州旅客鉄道株式会社 森 勇樹

### 1. はじめに

鉄道盛土構造物は、建設費が安価であることや補修が容易であることから多数造られてきたが、現行の技術基準<sup>1)</sup>が定める性能を有していないものもあり、近年の豪雨により多数の被害が発生し、運転保安を度々脅かしてきた。これまでは、盛土が被害を受けてから原因の解明と対策工の実施を行ってきたが、事前に危険箇所を抽出し対策することが可能となれば、より運転保安の向上が図られる。危険箇所の抽出手法は、鉄道分野において岡田らの手法<sup>2)</sup>が実用化されているが、簡易的な地盤調査を必要とするなど広範囲に及ぶ盛土を対象とした一次調査には不向きである。そこで、本稿では、過去の鉄道盛土の被害事例を分析し、危険箇所となり得る盛土構造物を簡易に推定する手法を提案する。

### 2. 検討対象

近年、「平成24年7月九州北部豪雨」や「平成30年7月豪雨」のような集中豪雨に起因して、JR九州でも複数の区間が長期間にわたり列車の運行を見合わせざるをえない状況が発生している。被災形態の多くは切取斜面の崩壊に伴う土砂流入と盛土崩壊による線路設備の流出であり、特に盛土崩壊は軌道および電気設備にも被害を及ぼすケースが多く、復旧までに多大な時間を要している。JR九州では、平成元年から平成30年にかけて594件の盛土災害が発生しており、近年は特にその発生件数も増加傾向にある(図1)。そこで本稿では、平成21年度以降の盛土災害事例に着目し、線区毎の発生頻度を考慮して抽出した107件を対象に検討を行った。検討項目は、将来的な一次調査への活用を目指し、机上調査および簡易的な現地調査のみで比較的容易に得られる「不安定性」、「盛土高さ」、「排水設備の有無」、「線路等級」、「経験雨量」の5つの情報とした。なお、経験雨量は年間平均雨量に盛土の経過年数を乗じて算出している。

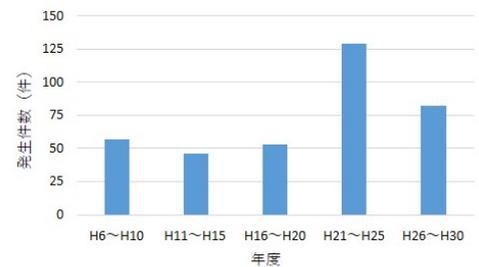


図1 盛土災害の発生件数推移

### 3. 評価方法と事例の検証

上記の項目について、九州各地から抽出した107件の被災盛土を対象に、定性的なデータを説明変数および目的変数として扱える数量化Ⅱ類により評価を実施した。評価にあたり、被災時の災害規模を大規模崩壊で運休が必要なレベル(3点)、中規模崩壊で徐行運転が必要なレベル(2点)、表層崩壊等の運転規制の伴わないレベル(1点)、無被害(0点)と区分して目的変数とした。表1に検討結果から得られた各盛土の基礎点および各状態の得点を示す。盛土の危険度の評価は下記の式で算出される得点の総和(以下「評価点」という。)に比例する。

$$\text{盛土の評価点} = \text{基礎点} + \text{A(不安定性の得点)} + \text{B(排水設備の得点)} \\ + \text{C(盛土高さの得点)} + \text{D(線路等級の得点)} + \text{E(経験雨量の得点)}$$

評価点の構成から、当該盛土が線路勾配の変更点に位置するなど「不安定性」が存在する場合や「盛土高さ」が10m以上となる場合、「線路等級」が4級線の場合に危険度が増すことがわかる。特に「不安定性」と「盛土高さ」については得点が高く、危険性に大きく影響する結果となった。「排水設備の有無」については設備がある場所を集水しやすい箇所と判定し、得点が高くなる結果となっている。最後に「経験雨量」

表1 - 評価点の構成

基礎点		1.35
A.不安定性	有	0.61
	無	0
B.排水設備有無	有	0.14
	無	0
C.盛土高さ	10m未満	0
	10m以上	0.8
D.線路等級	1~3級線	0
	4級線	0.2
E.経験雨量	1.5×10 <sup>5</sup> m <sup>3</sup> 未満	0
	1.5~2.0×10 <sup>5</sup> m <sup>3</sup>	-0.14
	2.0×10 <sup>5</sup> m <sup>3</sup> 以上	-0.24

キーワード：鉄道盛土、盛土崩壊

連絡先：九州旅客鉄道(株) 筑豊篠栗鉄道事業部〒822-0034 福岡県直方市大字山部 301 番地 1 TEL:0949-22-0520

については既往の研究と同様に、経験した雨量が多いほど危険性が低下する結果となった。

なお、「平成30年7月豪雨」にて実際に大規模被災し、長期の運休を余儀なくされた箇所に対し、評価点を算出したところ、評価点は2.96点となり、本評価式が被災規模を評価できていることが確認された。

#### 4. 評価式の有用性の検証と活用

##### 4.1 線区や駅間に対する評価

大規模な災害が発生した場合、運転休止の判断は駅間や線区別に実施されることが多い。そのため、安定輸送の確保を進めていくためには単一の盛土ではなく駅間や線区単位での盛土の安全性を評価する必要がある。そこで本評価式を用いて駅間や線区別に盛土の危険度について評価を実施した。評価した線区は九州北部の輸送密度の異なる4線区である。まず、各駅間において危険と思われる盛土を複数抽出し、評価点を算出した。各駅間の評価点の平均値（以下「判定値」という。）の分布を示したものを図2に示す。評価の結果、比較的都市部や平野部を通過している駅間については、判定値は低い値を示す一方で、山間部を通る箇所については、判定値が高くなる傾向となる。また、各駅間の判定値を基にした線区ごとの平均点と線区の平均通過人員を比較したものが表2である。表から、山間部を通り、通過人員の比較的少ない筑豊本線（桂川～原田）が最も危険度が高く、平野部を通り、通過人員の多い篠栗線（吉塚～篠栗）の危険度が低いことがわかる。これまで、線区の重要度等を考慮して防災強度の向上を図ってきた結果が判定値に表れているものと考えられ、本評価式が、比較的得やすい情報により鉄道盛土の危険性を定量的に判定する一つの手法になる可能性があることを確認できた。

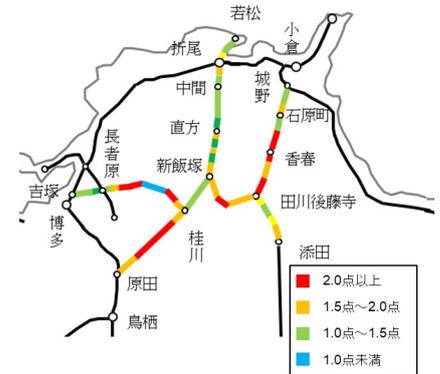


図2 各駅間の判定値分布図

表2 線区毎の判定値と通過人員

線区	判定値	平均通過人員 (人/日) 2018年度
篠栗線 (吉塚駅～篠栗駅)	1.41	32,975
筑豊本線 (若松駅～桂川駅)	1.43	14,445
日田彦山線 (田川後藤寺駅～添田駅)	1.52	2,471
後藤寺線 (新飯塚駅～田川後藤寺駅)	1.57	1,315
日田彦山線 (城野駅～田川後藤寺駅)	1.63	1,103*
篠栗線 (篠栗駅～桂川駅)	1.82	14,445
筑豊本線 (桂川駅～原田駅)	1.85	2,981*

※2018年度不通区間につき、1987年度データを記載

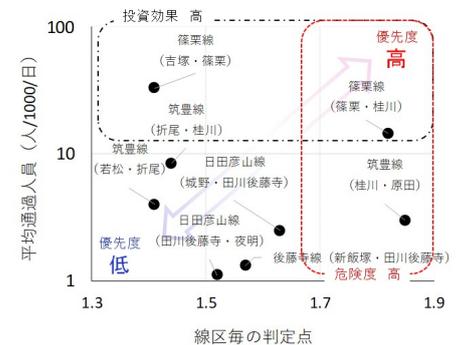


図3 優先順位・工法の選択例

##### 4.2 評価式の活用

以下に本評価式の活用方法案について述べる。本評価式を用いて、算出される駅間や線区の評価点とその線区の通過人員や線路等級等の特性を組み合わせ整理することで、投資の優先順位の決定等の一つの目安として活用できる可能性がある。例えば、表2で示した線区ごとの判定値と平均通過人員の関係を、図3のように図示すれば、図の上部に位置するほど補強を実施した場合の効果が高く、右に位置するほどその線区の危険度が高くなることがわかる。そのため、相対的に右上に位置する線区が投資の優先度が高いと判断できる。実施の際の補強工法選定では、図の上部に位置するほど高い効果が期待できる工法を採用するなど、縦軸の位置により判断することも可能となる。ただし、本評価式はあくまで簡易的な1次調査として少ない情報から盛土の危険性を判断することを目的とした手法である。そのため、最終的な判断については別途詳細な調査を実施することが望ましい。

また、評価点を一つの指標として、重点的に警備すべき箇所の設定や降雨時の点検順序の設定等に利用が期待できる。今後、算出された評価点と連続雨量等の雨量データを組み合わせ検討することで、発生雨量による盛土の危険性の評価や点検箇所の絞り込み等が実施できる可能性があり、より効率的な点検につながることも可能となると考える。

#### 5. おわりに

本稿では、これまで定性的であった盛土の危険性を、簡易な手法で定量的に評価できる評価式を示すとともに、その活用方法を提案した。今後、本評価式のさらなる精度の向上と妥当性の検証を進めていき、盛土の被災危険性の評価手法の1つとして広く活用できるものにしていきたい。

##### 参考文献

- 国土交通省鉄道局監修, (財)鉄道総合技術研究所編: 鉄道構造物等設計標準・同解説(土構造物), 丸善, 2013. 2 丸善, 2007. 3
- 岡田勝也, 杉山友康, 村石尚, 野口達雄: 統計的手法による鉄道盛土の降雨災害危険度の評価手法, 土木学会論文報告集, No. 448, 1992