降雨による鉄道盛土の簡易的な被災箇所推定手法の提案について

九州旅客鉄道(株)　正会員　○上村　寿志
九州旅客鉄道(株)　正会員　佐藤　武斗
九州旅客鉄道(株)　森　勇樹

1.　はじめに

かつて,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たが,現行の技術基準[1]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を受けている.これまでは,対症療法的に盛土が被害を受けてから被災原因の解明や対策が検討されていたが,事前に危険個所を抽出し対策することが可能となれば,防災強度の向上を図る上で望ましいものとなる.危険箇所を抽出する手法は,鉄道分野において岡田らの手法[2]が実用化されているが,簡易的な地盤調査が必要であるため,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,本検討では,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

JR 九州では平成元年より平成 29 年にかけて 661 件の盛土被害が発生している.近年の降雨作用が増加している傾向を踏まえて,**図 1** に平成 21 年度以降の盛土崩壊の発生件数を示す.災害発生件数は,年々増加しておりなかでも平成 24 年には「平成 24 年度 7 月九州北部豪雨」に伴い,年平均 22.8 件を大きく上回った.本検討では,「平成 29 度年 7 月九州北部豪雨」および「平成 30 年度 7 月西日本豪雨」により大きな被害を受けた筑豊篠栗鉄道事業部管内を対象とし,被災盛土の条件整理を行った.着目した条件は,降雨量,盛土高さ,排水設備の有無,線路横断方向および縦断方向の立地条件である.これらは,一般的に盛土の安定性に影響を与える素因と考えられており,机上調査により比較的容易に得られる情報である.

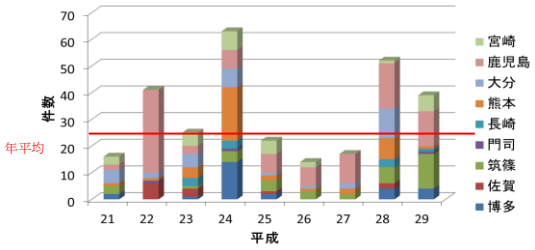


図 1 盛土崩壊発生件数(平成 21 年～)

3.　現状の分析と被災盛土の条件

これらの素因を評価項目として適切に区分するために,平成元年から平成 29 年まで筑豊篠栗鉄道事業部管内にて被災した盛土の各条件の割合を整理する.

3-1. 盛土高さ

図 2 は,平成元年から平成 29 年まで筑豊篠栗鉄道事業部管内にて被災した盛土の件数を高さ毎に区分したものである.高さの低い 0m～5m の盛土が被災した件数が多く,被害事例の約半数を占めている.この結果を踏まえて,高さによらず「高さ 0～5m の盛土」,「高さ 5m 以上の盛土」に区分して評価することとした.

3-2. 盛土高さと連続雨量および排水設備の有無の関係の比較

図 3 は,被災した盛土高さと連続雨量の関係を排水設備の有無に着目してまとめたものである.排水設備の無い箇所では 24 時間連続雨量 250㎜ を超過すると被災件数が増加する傾向にあることがわかる.排水設備の有る箇所は,連続雨量によらずばらつきが大きい.これは,排水設備に起因せず崩壊が発生したことや排水設備の老朽化や土砂堆積に伴う滞水や溢水が発生して被害を受けたことが考えられる.一方で,盛土高さに関する特徴は見られなかった.そこで,排水設備を,「排水設備がない」,「排水設備に変状が認められる」,「排水設備が健全な状態で存在する」に区分して評価することとした.

キーワード：　鉄道盛土, 盛土崩壊, 盛土高さ
連絡先：九州旅客鉄道(株)施設部工事課　〒812-8566 福岡県福岡市博多区博多駅前 3-25-21　TEL092-474-2452

© Japan Society of Civil Engineers

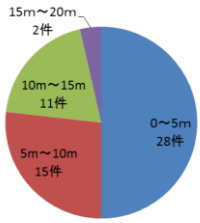


図 2 盛土高さの区分

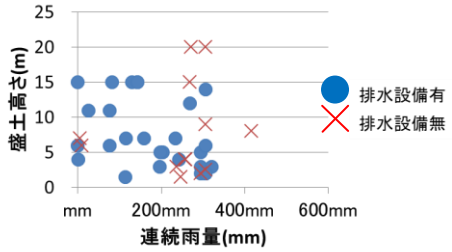
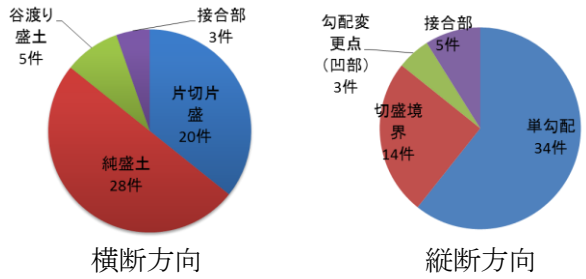


図 3 盛土高さと連続雨量の関係



横断方向　　縦断方向

図 4　立地条件の区分

3-3.　線路横断方向および縦断方向の立地条件

被災した盛土の線路横断方向および縦断方向の立地条件を**図 4** に示す. 本検討においては, 横断方向では片切片盛が, 縦断方向では単勾配に位置する盛土の被災事例が多く, 次いで, 一般的に危険箇所とされる切盛境界での被災事例が多く見られた. 本分析では, 各条件の母数に違いがあり, 被害を受けやすい条件の序列を客観的に評価することは難しいと考えられる. 比較的影響度が大きい「切盛境界・片切片盛」, 「単勾配」, 「それ以外の条件」に区分して評価することとした.

表 1 評価項目一覧

評価項目	状態	評価点
基礎点		1.34点
(a)　排水設備	排水設備が健全な状態で存在する	-1.34点
	排水設備がない	-0.88点
	排水設備に変状が認められる	0点
(b)　盛土高さ	5m以上の盛土	0点
	高さ1～5mの盛土	-0.07点
(c)　地形	下記の条件以外	0点
	単勾配	0.10点
	切盛境界、片切片盛	0.20点
(d)　過去の災害歴	災害歴　有	0.52点
	災害歴　無	0点

4.　評価方法と事例の検証

被害事例の分析を踏まえて, (a)排水設備, (b)盛土高さ, (c)地形および(d)過去の災害歴の 4 つの条件に着目して評価を行った. これらの条件を, 「平成 30 年度 7 月西日本豪雨」により大きな被害を受けた筑豊本線桂川～原田間の延長約 20km の区間に位置する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類により評価した. 評価にあたっては, 「平成 30 年度 7 月西日本豪雨」の災害規模を目的変数として, 大規模(3 点), 中規模(2 点), 小規模(1 点), 無被害(0 点)に区分した. **表 1** に各盛土の基礎点および各状態の評価点を示す. 得点の総和が高いほど, 危険度が高い箇所であることを示す. 評価点は, (a)では排水設備に変状が見られる箇所, (b)では 5m 以上の盛土, (c)では切盛境界・片切片盛の箇所(d)は災害歴のある箇所で高く, 一般的な知見と整合する. 「平成 30 年度 7 月西日本豪雨」における実被害と提案手法による評価結果の比較を**図 5** に示す. 盛土が崩壊した箇所については, 比較的評価点が高くなるという傾向を捉えることができている. 上記の線区以外にも平成 30 年度に中規模程度(2 点)の盛土崩壊の有った事例にて検証したところ評価点が 1.66 点となり, 被害規模は過小評価しているものの, 比較的良好な結果が得られた. 一方で被害の無い箇所を高い評価点として評価している箇所もみられた. 例えば, **図 5** 中に○で示す 60km 付近では過去に災害歴があり排水設備を投入している. しかし, 経年とともに軽微な土砂堆積がみられたが, 今回は災害が発生しなかったため評価点を過大評価する結果となった. これは, 排水設備の項目に評価が依存しているためと推測される. 本検討では, 検討データ数が少なく精度向上の余地があると考えられるものの, 選定した評価項目と被害規模に関連があり, 一次調査手法としては有用であることが確認できた.

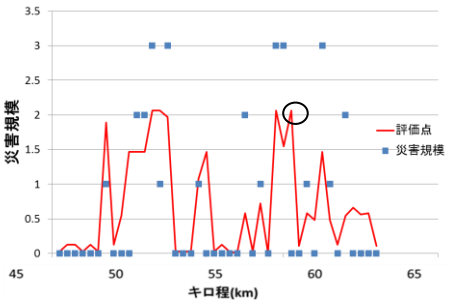


図 5 評価点と災害規模の比較

5.　おわりに

本検討では, 机上調査により得られる盛土の基本情報を基に, 盛土の被災箇所を簡易に推定する手法を提案した. 検討したデータ数が限定的であり, 被災箇所の評価点が排水設備の状態に大きく依存しているなど改善の余地が残るものの, 比較的良好な結果を得た. 今後は, 各状態の各区分を細分化することや対策工の有無および盛土材料などを考慮することで本評価手法の精度を高め今後の維持管理に努めたい.

参考文献

1)　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

2)　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

© Japan Society of Civil Engineers