

関東地震における鉄道盛土の被害要因の検証

東日本旅客鉄道(株) 構造技術センター

正会員 ○中村 貴志

東日本旅客鉄道(株) 構造技術センター

正会員 藤原 寅士良

東日本旅客鉄道(株) フロンティアサービス研究所

正会員 谷口 善則

東日本旅客鉄道(株) フロンティアサービス研究所

正会員 池本 宏文

1. はじめに

1923年に発生した関東地震において、鉄道盛土は千葉県から神奈川県にかけて被害が発生した。過去の被害報告書に記述がある鉄道盛土の被害をまとめると、被害は約80箇所発生していた。本論では、関東地震で被害が発生した鉄道盛土の盛土高さや地盤条件等を調査し、既往の研究¹⁾で検討された既設鉄道盛土の簡易耐震性評価手法の検証を行った。

2. 既往の研究成果の検証方法

本論では文献¹⁾と同様の手法で関東地震において被害が発生した鉄道盛土の耐震性を評価し、文献¹⁾の評価結果と比較することで既往の研究で示されている簡易耐震性評価手法の検証を行うこととした。被害が発生した盛土の耐震性は、図-1に示すように盛土の高さや地盤条件等を調査し、各調査項目において表-1に示すようにカテゴリー毎に設定した仮設配点から盛土毎の総和点を算出し評価した。以下に簡易耐震性評価手法の概要について述べる。

(1) 調査項目

調査項目は、盛土高さ、盛土勾配、周辺環境、支持地盤の微地形区分、災害歴の有無、降雨時弱点箇所の該当有無および計測震度とした。なお、関東地震の計測震度は不明であるため、本論の計測震度は既往の研究²⁾で算出された加速度から換算した値とした。計測震度の換算は以下の手順で行った。

①文献³⁾の住家全潰率から推定した関東地震の震度分布で震度7のエリアを抽出、②①のエリアで被災した線路において、既往の研究²⁾で算出された最大加速度が最も小さい箇所を抽出、③②の加速度を震度7の下限值として設定、④気象庁震度階級(1949)の加速度の参考値から各震度の加速度の比率を算出し、表-2に示すように各震度の加速度の下限値を補正、⑤④の補正值と気象庁震度階級(1996)の計測震度から調査箇所の計測震度を算出。調査箇所の加速度が600galである場合を例に計測震度を求めると、計測震度は $((600-476)/(762-476))+5.5=5.9$ となる。調査対象箇所は、関東地震で被害が発生した箇所の中で、おおよその被害位置が特定できた15箇所とした。また、検証を行うにあたって、仮設配点の総和点は被害規模で差が生じると考え、被害規模についても調査を行った。被害規模は、文献¹⁾と同様に大、中、小の3つに区分することとした。

(2) 調査方法

調査方法は、文献¹⁾と同様の机上調査による方法とし、上記で述べた調査項目を整理した。なお、文献¹⁾では、被害を受けた盛土を一区間20mに分割し、データベース化を図ったが、被害延長が不明な箇所が存在することから、本論では分割せずに調査を行った。また、盛土高さ、盛土勾配、周辺環境および排水設備については、被災当時の状況が不明であることから、盛土高さや盛土勾配は現況について調査し、周辺環境は迅速測図⁴⁾を用いて調査を行い、排水設備は一律に設置されていないものとして分析を行った。

キーワード 関東地震、東北地方太平洋沖地震、鉄道盛土、耐震性評価

連絡先 〒151-8512 東京都渋谷区代々木2-2-6 東日本旅客鉄道(株) 構造技術センター TEL03-6276-1251

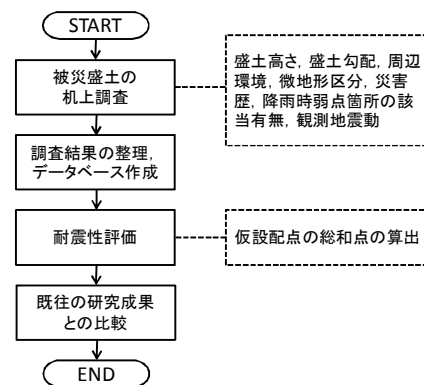


図-1 既往の研究成果の検証フロー

表-1 仮設配点の一例

調査項目	評価区分	配点
盛土高さ(H) [m]	$H < 2$	0
	$2 \leq H < 4$	2
	$4 \leq H < 6$	10
	$6 \leq H < 8$	15
	$8 \leq H$	20

表-2 震度と加速度、計測震度の関係

震度	気象庁震度階級(1949)による加速度の参考値	既往の研究成果を基にした加速度の補正值	気象庁震度階級(1996)による計測震度
7	400	762	6.5
6	250	476	5.5
5	80	152	4.5
4	25	48	3.5
3	0	0	2.5

(3) 耐震性の評価方法

既設盛土の耐震性は、文献¹⁾と同一に設定した仮設配点に基づき、被害箇所毎の総和点を算出して評価した。仮設配点は、被害が発生する影響度が強い項目程、点数が高く設定されており、仮設配点の総和点が高い盛土は耐震性が低い盛土と評価される。

3. 既往の研究成果による仮設配点と閾値の検証結果

既往の研究による仮設配点と被害規模を判定する閾値の検証は、被災した盛土の仮設配点の総和点の分布を比較することで行った。図-2に被害規模と仮設配点の総和点の関係を示す。なお、過去の被害報告書によると、被害規模小に該当する被害の詳細な記述が無かったため、図-2に関東地震の被害規模小はプロットしていない。既往の研究結果では、総和点が高いと被害規模が大きくなる傾向が見られたが、本検証においては、被害規模中と大で総和点の顕著な差は確認できなかった。文献¹⁾で設定した総和点の閾値を用いた場合は、閾値 80 点以上で被害規模大を把握できたのは 12 被害中 5 被害、閾値 58 点以上で被害規模中を把握できたのは 3 被害中 3 被害であった。文献¹⁾では被害規模大を 80%以上、被害規模中を 60%以上把握できるように閾値を設定しているが、本検証においては、被害規模大については 42%の被害把握に留まった。しかし、東北地方太平洋沖地震の被害規模小の平均値と関東地震の被害規模大の平均値を比較すると、総和点が高いほど大規模な被害を受ける傾向にあることは確認できた。

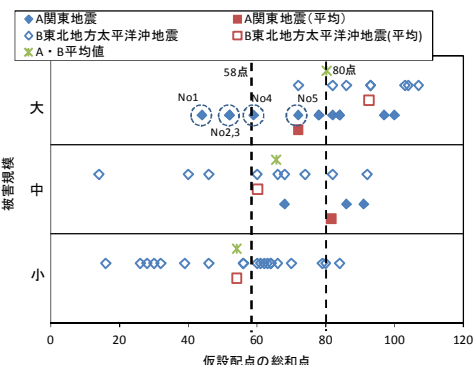


図-2 被害規模と仮設配点の総和点

表-3 周辺環境と被害箇所数の関係

周辺環境	被害箇所数			仮設配点
	被害規模小	被害規模中	被害規模大	
水田	0	2	6	30
草地	0	0	1	30
畑	0	0	1	30
山林・森林	0	0	2	0
民家・住宅街	0	1	1	0
工場	0	0	0	0
河川	0	0	0	0
道路	0	0	0	0
その他	0	0	1	0

4. 検証結果の考察

既設鉄道盛土の簡易耐震性評価手法の検証を行った結果、文献¹⁾と比較すると関東地震では、設定した閾値で被害規模大を把握する精度が低下した。精度が低下した要因に関して以下に考察する。

表-3は関東地震における被害箇所数と周辺環境の関係および文献¹⁾による仮設配点を示している。周辺環境は、線路に隣接する土地の土地利用状況から分類されており、仮設配点は東北地方太平洋沖地震で被害を受けた属性が高くなるよう設定されている。関東地震では、仮設配点が 0 点に設定されている「山林・森林」、「民家・住宅街」、「その他」に分類された箇所被害が発生したため、図-2の No.1, 2, 4, 5 のように総和点が高くならず被害規模大を把握する精度が低下する結果となった。仮設配点が 0 点に設定された箇所を詳細に見ていくと、周辺環境が「山林・森林」に分類された箇所は、谷を渡る盛土や片切片盛箇所であり、集水地形であった。「その他」については、迅速測図によると海岸沿いに線路が敷設されており集水箇所ではないが、地下水が高いと想定される、海や湖・沼に面した箇所は被害を受けやすい環境にある可能性がある。

一方、図-2の No.3 の周辺環境は「水田」に属されているが、盛土高さや支持地盤の配点が低かったために総和点が高くならなかった箇所も存在する。No.3 は、既往の研究成果²⁾によると、PGA が 4910gal と算出されており、非常に強い地震動を受けたことが被害要因の一つとして想定される。

5. おわりに

既往の東北地方太平洋沖地震における鉄道盛土の被害要因分析で検討された既設鉄道盛土の簡易耐震性評価手法の検証を関東地震で被災した盛土のデータを用いて行った結果、全体的には総和点が高いと大規模な被害を受けており、既往の研究と調和的であったが、総和点が低い箇所においても大規模な被害が発生している箇所が見られた。今後は、他地震による被災データについても同様の検討を行い、検討を深度化する予定である。

謝辞：本論を作成するにあたり(株)CRC ソリューションズと東京大学の共同研究による 1923 年関東地震を対象とした強震動シミュレーションのデータを利用させていただきました。関係各位に感謝申し上げます。

参考文献：1)藤原寅士良，中村貴志，谷口善則，高崎秀明，金田淳：東北地方太平洋沖地震における鉄道盛土の被害要因に関する考察，土木学会論文集 A1，2015（投稿中） 2)秋山伸一，池上泰史，アフニマル，額綱一起：関東地方の地下構造のモデル化と強震動シミュレーション，土木学会第 60 回年次学術講演会，I -639，pp.1275-1276，2005 年 9 月 3)中央防災会議，災害教訓の継承に関する専門調査会：1923 関東大震災報告書，第 1 編，2006 年 7 月 4)独立行政法人農業環境技術研究所：歴史的農業環境システム(<http://habs.dc.affrc.go.jp/>)，2015 年 4 月現在