

鉄道盛土の震災被害と最大地表面速度との関係

JR 東日本 (正)谷口 善則 (正)白崎 広和 (正)池本 宏文

1. はじめに

1968年5月16日に発生した十勝沖地震(マグニチュード7.8, 最大震度5*, 以下「十勝沖地震」という)および2004年(平成16年)10月23日に発生した新潟県中越地震(マグニチュード6.5, 最大震度7, 以下「中越地震」という), では鉄道盛土に大きな被害を受けた。

本検討においては, 大規模な崩壊被害を受けた盛土について, 工学的基盤面の地震動と地盤データから求められた最大地表面速度(以下「PGV」という)との相関関係について比較検討した内容と結果について述べる。

*気象庁震度階級は当時のもの(1996年10月1日改訂)

2. 盛土の崩壊要因

(1) 盛土の崩壊形態

池原¹⁾は, 1968年に発生した十勝沖地震における鉄道盛土の被害に関する研究において, その被害形態別に, 「のり面流出」, 「本体の崩壊」, 「縦割れ」, および「沈下」に分類している。中越地震では, 写真1に示すような「本体の崩壊」に分類される被害が多くみられた。

(2) 崩壊箇所と地表面速度との関係(中越地震)

過去の被災事例から, 地震による盛土の被害は, PGVとの相関性が高いとされている。

図1に中越地震で被災を受けた上越線の盛土の位置と地点毎に算出したPGVの関係を示す。なお, PGVは公開データ²⁾を使用して線路キロ程に対応したグラフに表している。被災した盛土は高さ約10~20mの高盛土である。越後川口・小千谷間は, 集水地形となる谷渡り盛土や, 線路直角方向の断面において片切片盛形状となっている傾斜地盤上の盛土での被災が多く, PGVの値も120cm/secを超える非常に大きな数値となっている。写真1に示した崩壊箇所も, 傾斜地盤上の礫混じり砂質土による谷渡り盛土であった。支持地盤条件のほか, 被災直前の降雨による影響等が複雑に関与して, 内的安定のすべり面の降伏震度が非常に小さく, 僅かな作用により生じたのり尻付近の小崩壊に誘引され崩壊に至る条件下にあったことが後の検証解析³⁾により判明している。

小千谷・越後滝谷間の盛土は, 微地形区分で谷底低地に位置し, 支持地盤が比較的軟弱であることが想定される。こちらもPGVが約100cm/secと非常に大きな値となっており, PGVが大きい箇所の盛土は大規模な崩壊を受けやすいことが判る。図2に信越線の盛土の位置と地点毎に算出したPGVの関係を示す。長島・塚山間ではPGVが約60cm/secと大きな値の地点で写真2に示すような, 大規模な盛土崩壊が発生した。上り線側は線増工事に伴



写真1 上越線における盛土の崩壊

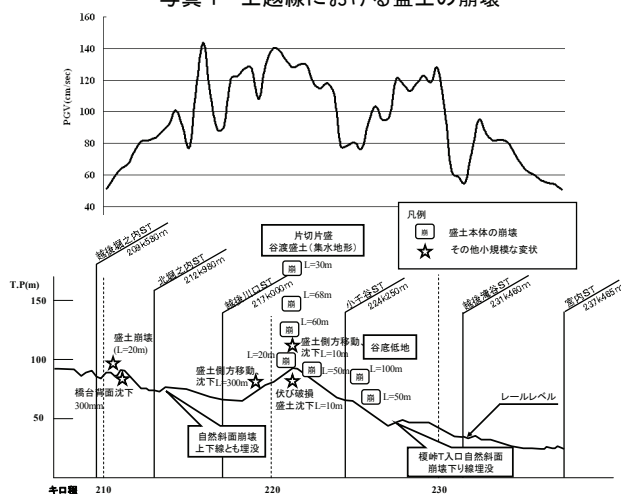


図1 盛土の被災位置とPGVとの関係(上越線)

キーワード 十勝沖地震 新潟県中越地震 地表面速度 盛土

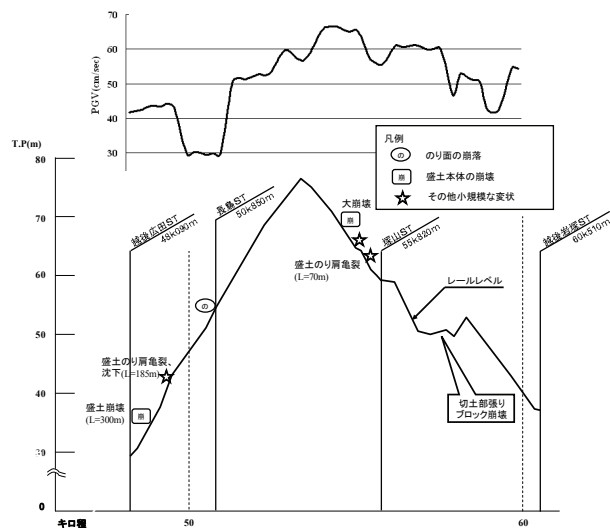
連絡先 JR 東日本 建設工事事部 構造技術センター 基礎・土構造グループ 〒151-8578 東京都渋谷区代々木 2-2-2 TEL03-5334-1288

い施工された腹付盛土で、その高さは約 11m であった。支持地盤となる小国層は下り線から上り線に向かって傾斜しており、盛土付近に水が介在していた。また、のり尻付近の N 値が小さく軟弱であることも要因となり、盛土と腹付盛土の境界面からすべり崩壊が起きたものと推測される。

(3) 盛土高さと PGV との関係 (十勝沖地震)

十勝沖地震の際には盛土の崩壊形態の記録が詳細に残されている¹⁾。「盛土本体の崩壊」に着目し、公開データ⁴⁾を活用して、被災した盛土の高さと PGV との相関関係について検討した。盛土の高さレベルについては3m未満を「1」、3m～7m 未満を「2」、7m 以上を「3」と区分した。

その結果、図 3 に示す通り、線増工事に伴う施工直後の腹付盛土を含む新設盛土を対象にした場合、PGV の大きさと盛土高さに関連関係はみられなかった。従来から存在した盛土のみを対象にした場合(図 4)については、母数は少ないものの、盛土の高さレベルが「3」の場合は PGV が約 30cm/sec、盛土の高さレベルが「2」の場合は、約 50cm/sec で大きな被害を受けたことが判る。また、十勝沖地震の場合、被災前にまとまった降雨があり、盛土本体の間隙水圧が高くなっていたことで被災が多くなったひとつの要因とも言われている。



(km)
図2 盛土の被災位置とPGVとの関係(信越線)

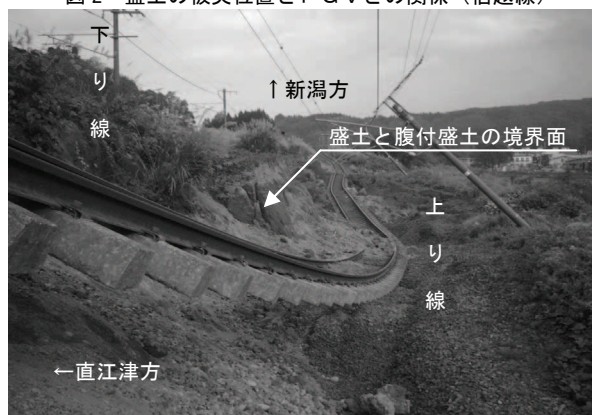


写真2 信越線における盛土の崩壊

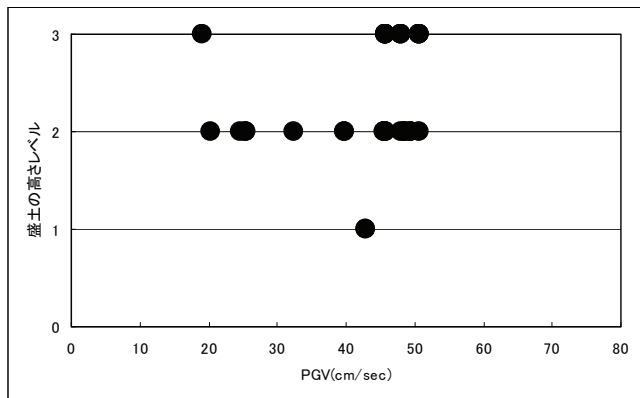


図3 盛土の高さレベルとPGVとの関係(新設盛土)

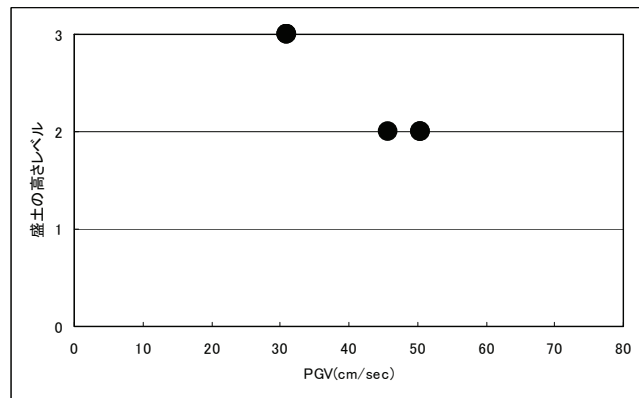


図4 盛土の高さレベルとPGVとの関係(従来の盛土)

3. まとめ

盛土の被害と PGV の関係をもとに比較検討した結果については、以下のことが言える。

- (1) PGV が大きい箇所の腹付盛土や傾斜地盤上の盛土は大規模な崩壊を受けやすい。
- (2) 支持地盤周辺や盛土本体に水が存在する盛土は地震による大きな崩壊被害を受けやすい。
- (3) 新設盛土は PGV の大小にかかわらず「盛土本体の崩壊」を受けやすい(図 3)。
- (4) 既に供用されていた従来の盛土について、1968 年の十勝沖地震では盛土高さが 3~7m の場合は PGV が約 30cm/sec、7m 以上の場合は約 50cm/sec で「盛土本体の崩壊」を受けた(図 4)。

【参考文献】

- 1) 池原武一郎：十勝沖地震による鉄道盛土の被害に関する研究 鉄道技術研究報告 No. 791 1972 年 1 月
- 2) 末富岩雄 石田栄介 福島康宏 磯山隆二 澤田純男：2004 年新潟県中越地震における最大地動分布評価（更新版）公開データ
- 3) 館山勝 丸松貴樹 篠田昌弘 小島謙一 堀井克己 新潟県中越地震での降雨の影響を考慮した被災盛土の検証解析 鉄道総研報告 vol. 22 No. 1 jan. 2008
- 4) 地震調査研究推進本部 地震調査委員会：三陸沖北部の地震を想定した強振動評価について（公開データ）平成 16 年 5 月 21 日