

2004 年新潟県中越地震による鉄道構造物被害と計測震度の関係

正会員 他谷 周一^{1),3)} 高浜 勉²⁾ 翠川 三郎¹⁾

1) 東京工業大学総合理工学研究科 2)(株)構造計画研究所 3) 東海旅客鉄道(株)

1. はじめに

鉄道では地震時の列車安全確保のため、地震発生時に速やかに列車を停止させ、地震強度に応じた運転規制・安全確認を行う仕組みが取り入れられている。運転規制判断指標には、最大加速度がよく用いられるが、最近ではSI 値や計測震度を用いる鉄道事業者も増えている。鉄道構造物の地震被害とSI 値や計測震度との関係についての研究事例はいくつかあるが、構造種別や被災内容を詳細に分類した事例は少ない。

本稿は、構造種別や被災内容ごとに地震被害発生と計測震度の関係を明らかにすることを目的とし、2004 年新潟県中越地震時の JR 在来線土構造物の地震被害事例を整理した結果を示すものである。

2. 検討概要

2.1. 鉄道構造物データの整理

検討対象は図 1 に示す 6 線区・377.3km で、震度 5 弱以上で揺れた範囲をほぼ網羅する。鉄道構造物の位置データとして、キロ程 100m ごとに「100m 点」を設け、100m 点の緯度経度と構造種別を国土地理院の電子国土 Web システムを使用して求めた。構造種別は、電子国土上の地図記号をもとに「駅構内」「トンネル」「橋梁」「高架橋」「盛土」「切土」に、記号がない箇所は「素地・低盛土」と分類した。検討単位(100m)については、後述の面的な計測震度分布の推計単位が 250m メッシュであること等から妥当な検討単位であると考えた。構造種別の構成比を図 1 に示す。なお、ここでの延長は 100m 点の数を 10 で除したものであり、実際の延長とは異なる。

2.2. 面的な計測震度分布の推計

各地点での震度の値を推計するために、観測点での計測震度を表層地盤増幅率で除して基盤上の計測震度を求め、それを基盤上で補間計算した後、再び表層地盤増幅率を乗じて 250m メッシュの面的な計測震度分布を求めた。

観測点データは、気象庁震度計・K-NET 観測点データ・KiK-NET 観測点データ・JR 東日本の沿線地震計データ・日本道路公団(現 NEXCO 東日本)の地震計データを使用した。各メッシュの表層地盤増幅率データは、J-SHIS で公開されている AVS30 データをもとに、藤本・翠川(2006)による AVS30 と最大速度の増幅度(Af)との関係式を利用することで求めた。基盤上での補間計算には、単純型クリギング法(大都市大震災軽減化特別プロジェクト(2006))を用い、平均値を与えるための距離減衰式には 司・翠川(1999)を使用した。震源断層パラメータは(独)産業技術総合研究所の HP で公開されているものを使用した。計測震度と最大速度の換算には藤本・翠川(2010)を用いた。メッシュの推計計測震度をもとに、その

表 1 検討対象線区

線区	区間	延長(km)
上越線	越後中里～宮内	74.2
信越本線	直江津～矢代田	114.8
越後線	柏崎～新潟大学前	72.4
弥彦線	弥彦～東三条	17.4
飯山線	森宮野原～越後川口	47
只見線	会津蒲生～小出	51.4
	計	377.2

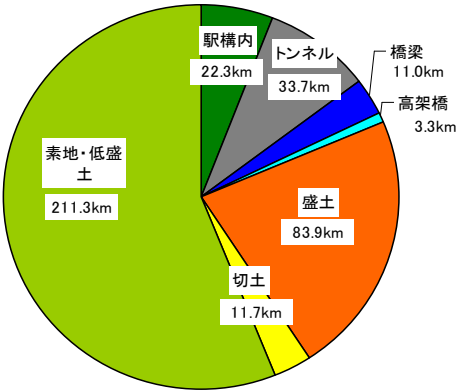


図 1 対象線区の構造種別内訳

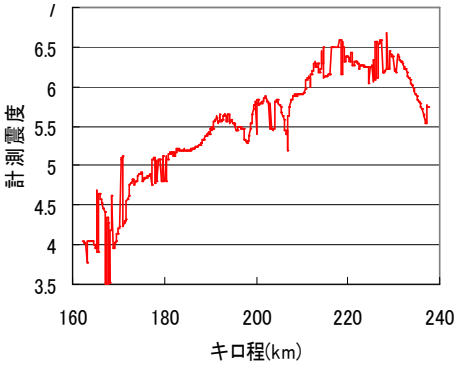


図 2 100m 点の計測震度推計例

表 2 被害形態分類

No	被害形態	No	被害形態
1	橋台被害	7	切土亀裂
2	落石・土砂流入	8	切土崩壊
3	軌道変状	9	土留亀裂
4	盛土亀裂・はらみ	10	土留傾斜
5	盛土沈下・陥没	11	土留崩壊
6	盛土崩壊		

キーワード：新潟県中越地震、鉄道、地震、被害率

連絡先：〒226-8502 横浜市緑区長津田町 4259／〒100-0005 東京都千代田区丸の内 1-9-1

メッシュに属する 100m 点の推計計測震度を適用させることとした。推計の一例を図 2 に示す。

2. 3. 構造物被害状況の整理

被害形態は表 2 に示す 11 分類を定義した。橋台被害は橋梁の被害に分類されることもあるが、橋台の裏にある盛土の被害と関連付けられるので今回は橋台被害も土構造被害と分類した。被害の内容・発生日点のキロ程については、JR 東日本による 2 つの資料^{1),2)}をもとに整理した。被害の単位は件数とし、亀裂長や崩壊延長の長短にかかわらず 1 件の被害とみなせるものを 1 件とした。構造物被害位置の緯度経度は、100m 点を基準にキロ程の差を取って把握した。なお、上記資料に被害として記録されていても、列車運行に明らかに影響を及ぼさないと思われる被害は除外した。

2. 4. 計測震度と土構造物の被害の関係

構造別・震度階別被害件数を構造別・震度別線路延長で除し、被害率 (件/km) を求めた (図 3 及び表 3)。素地・低盛土よりも盛土の方が被害率が高いことが分かる。切土の被害率をもっとも高くなっているが、件数自体少ない。

被害形態別・震度階別の被害件数を表 4 に整理した。盛土被害のうち最も件数が多かったのは橋台被害であり、過去の経験と調和的である。また、盛土の亀裂・はらみ・沈下は、盛土が崩壊する初期の段階において発生する比較的軽微な被害であるが、これらは震度 5 弱 (推計計測震度 4.8) から発生していることが分かる。震度 5 弱で被害が発生した 4 箇所はすべて上越線の盛土で、複線化工事の際に単線の旧盛土に腹付盛土がなされた構造であり、さらに、地図上で被害発生位置を見ると傾斜地盤上の盛土あるいは谷埋め盛土とも推測される。比較的低い震度で被害が発生するのは、盛土の不安定要因が複合していることが関係しているように推測される。引き続き、他の地震でも同様の分析を行い、低い震度で被害が発生する際の構造物の特徴について明らかにし、最優先で安全確認すべきポイントを選定する際に役立てたい。また、トンネルや橋梁についても同様の分析を行い、鉄道構造物全般について計測震度と被害の関係を明らかにしたい。

3. まとめ

新潟県中越地震の被害事例を検討した結果、1)鉄道土構造物の地震被害率は、素地・低盛土と比べて盛土の方が高いこと、2)被害件数が最も多いのは橋台被害で、経験的な知見と調和的であること、3)被害発生下限計測震度は 4.8 であったが、低い震度での盛土被害の原因は盛土の不安定要因の複合が関与していると推測されること、が指摘できる。

【参考文献】1)東日本旅客鉄道株式会社:SED 第 24 号 特集「新潟県中越地震と鉄道」,STRUCTUAL ENGINEERING DATA,第 24 号,2005. 2)東日本旅客鉄道株式会社:新潟県中越地震震災復旧記録誌,2005

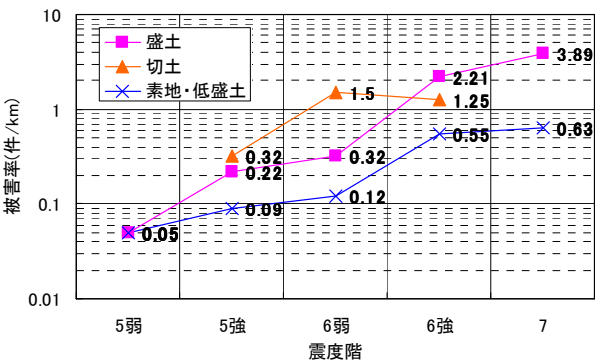


図 3 構造別・震度階別被害率

表 3 構造別震度階別被害率(件/km)

構造種別	5弱	5強	6弱	6強	7
盛土	1/18.8	5/22.8	7/21.8	25/13.3	7/ 1.6
切土	0/ 1.2	1/ 3.1	3/ 2.0	2/1.25	0/ 0.4
素地 低盛土	3/64.3	5/58.6	6/49.8	7/12.8	1/ 1.6

表 4 被害形態別・震度階別被害件数 (単位: 件)

被害 形態 震度	橋台被害	落石・土砂流入	軌道変状	盛土亀裂・はらみ	盛土沈下・陥没	盛土崩壊	土留亀裂	土留傾斜	土留崩壊	切土亀裂	切土崩壊	合計
5	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	4
5	3	0	0	1	2	2	0	0	1	0	1	10
	5	0	1	2	1	2	1	0	0	2	1	15
	7	3	0		4	7	1	1	2	0	2	27
7		0	0	1	1	2	0	1	0	0	0	11
計	21	3	1	12	10	13	2	2	3	2	4	73