地震による盛土崩壊の要因究明と弱点箇所の抽出に関する研究

東日本旅客鉄道株式会社　　正会員　○細井　学
株式会社複合技術研究所　　正会員　　三平　信吾

1．はじめに

東北地方太平洋沖地震により多数の盛土が被害を受け、大規模な崩壊が発生した。一部では崩壊要因がわかっていない盛土が存在し、要因を究明する必要がある。また、首都圏直下地震に備えた対策として、高さ 8m 以上の盛土を最優先に対策を行っているが、高さ以外にも弱点となる条件を抽出する必要がある。

そこで本報告では東北地方太平洋沖地震の実被害から盛土の崩壊要因を究明することで、弱点箇所を抽出する方法を検討した結果を報告する。

2．弱点箇所の抽出方法

崩壊要因を究明するために、崩壊した盛土と近傍の高さが同程度で、崩壊していない盛土の条件の違いを比較した。2 つの方法により崩壊要因を検討した。1 つは崩壊要因の傾向を幅広く把握するために、25 箇所の盛土を対象に既存の資料を整理した。2 つは崩壊要因を詳細に把握するために、既存の資料整理から耐震性が低いと判断した盛土を選定した。その盛土から試料を採取し、土質試験と地震時解析を実施した。既存の資料整理でわかった結果から抽出した盛土に対し、詳細に崩壊要因を検討した。

3．既存資料の整理結果

崩壊規模の大きい 25 箇所の崩壊した盛土と、崩壊しなかった盛土について、支持地盤と盛土本体に関する資料を整理して分析した。活用した資料は、一般公開されている微地形区分図、当社土木構造物管理システムなどを用いた。整理した項目を以下に示す。

・支持地盤･･･基礎地盤、集水地形、地下水位高さ、地山勾配
・盛土本体･･･盛土高さ、のり面勾配、施工年代、防護･排水設備の有無、線路勾配、災害･保守履歴

被災度を判定するために整理した項目に重み付けを行い、崩壊した盛土と崩壊しなかった盛土に評価点を付けた。評価点が高いほど耐震性が低く、低いほど耐震性は高いことになる。評価点は道路震災対策便覧（震前対策編）[1)] を使用した。例えば基礎地盤に関する評価は、集水地形や地下水位高さなどの条件よりも配点が大きい評価となる（表-1）。

表-1　評価方法の参考例

基礎地盤	区分	地形	配点
	かなり軟弱	湿地・河道・谷底平野	6
	やや軟弱	上記以外の沖積平野	3
	良好	洪積台地・段丘等	0

集水地形	区分	配点
	沢部横断箇所	2
	集水地形	1
	良好	0

地下水位	区分		配点
	高い	地表面～地下1m未満	2
	中位	地下1m～3m	1
	低い	地下3m程度以深	0

本研究では以下の傾向を把握することができた。

①評価点と沈下量の関係から沈下量 50cm 以上となる評価点は 12 点以上に集中する（図-1）。なお現在の耐震補強設計では、既設土構造物一般部の残留変形量は 20cm 以上 50cm 未満で規定されている。

②崩壊盛土は未崩壊盛土に比べて以下 3 項目の特徴がある。

・集水地形
・微地形区分図の境界部分
・災害履歴がある箇所

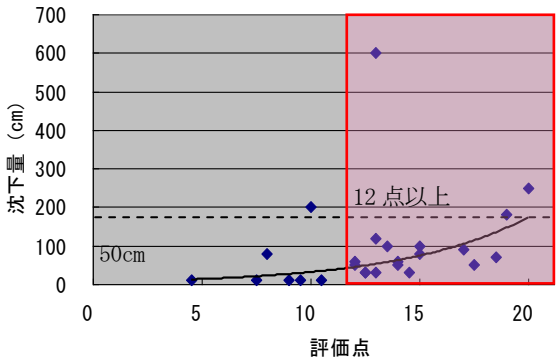

図-1　評価点と沈下量（cm）の関係

これら弱点箇所は、既存の資料を整理することで簡易に抽出することができると考える。

キーワード：東北地方太平洋沖地震，鉄道盛土，変形量解析
連絡先　〒330-9555　埼玉県さいたま市大宮区錦町 434 番地 4　東日本旅客鉄道（株）大宮支社設備部　TEL（048）642-7406

4．土質試験および解析結果

既存の資料整理の結果から評価点が27点中19点と高い東北本線　新田～石越間420k800mの崩壊断面と近傍の未崩壊断面から試料を採取した。当該箇所は高さ5.3mの盛土が約40mにわたり1,600m³崩壊し、単線時代から存在した上り線側が崩壊した盛土である。未崩壊箇所と比べて、下り勾配の橋台背面に位置するため集水地形であり、災害履歴がある箇所に該当する。盛土本体が弱点となり崩壊したため、盛土強度と盛土内の地下水位に着目して崩壊要因を検討した。

①現場密度試験結果

RI計器による密度試験の結果、昭和30年に複線開業した新盛土はDc（締固め度）=83.0%であり、明治23年に単線開業した旧盛土はDc=75.5%であった。この差は施工時期の違いによる施工方法や使用機械が影響していると考えられる。

②粒度試験結果

粒径加積曲線から採取した4箇所とも砂分が90%以上を占め、砂質細粒土に分類される。崩壊断面と未崩壊断面の新旧材料は、ほぼ同一であることが確認できた。

③三軸圧縮試験（CD試験）

密度試験結果から得た締固め度を用いて供試体を作成し、圧密排水条件で三軸圧縮試験を行った。試験結果は表-2 に示す通り、締固め度が低い旧盛土のほうが強度が低い結果となった。

表-2　新旧盛土の三軸圧縮試験結果

	土の粘着力C (kN/m²)	内部摩擦角φ (°)
旧盛土	2.997	33.6
新盛土	4.588	36.0

④地震時解析

三軸圧縮試験結果をもとに解析を行った。解析はニューマーク法により降伏震度と変形量の算出を行った。解析は崩壊断面と未崩壊断面の左右（新旧盛土）で実施した。解析結果より、崩壊断面の旧盛土よりも、未崩壊断面の旧盛土の降伏震度が小さくなり、地震による被害を受けやすい結果となった（表-3）。これは復旧工事の際に確認されているが、崩壊断面は湧水が多く、盛土内の地下水位が高いことが影響していると考えられる。そこで、崩壊断面のみ盛土内の地下水位高さを変えて解析を行った。崩壊断面の旧盛土の地下水位高さ 0.4mで、未崩壊断面の旧盛土より降伏震度が小さくなり、被害を受けやすい結果となる（図-2）。盛土内の地下水位が高くなることで、沈下量が大きくなり大規模な崩壊が発生することがわかった。

表-3　崩壊・未崩壊断面の解析結果

対象	左右別	崩壊有無	降伏震度	変形量（mm）	備考
崩壊断面 (420k800m)	左：新盛土	崩壊なし	0.363	454.24	地下水位 地表面
	右：旧盛土	崩壊あり	0.287	715.27	
未崩壊断面 (420k840m)	左：新盛土	崩壊なし	0.290	696.30	地下水位 地表面
	右：旧盛土	崩壊なし	0.267	827.11	

※崩壊断面降伏震度 0.263＜未崩壊断面降伏震度 0.267

（地下水位：地表面+0.4m）　　（地下水位：地表面）

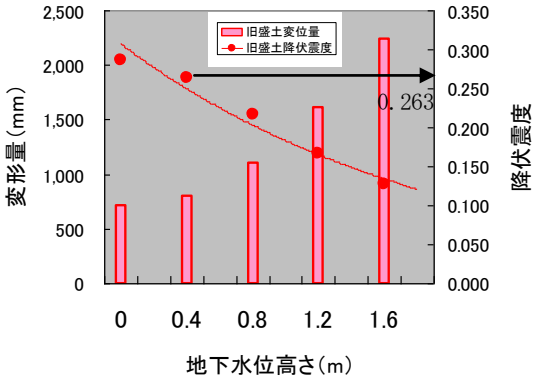

図-2　崩壊断面の地下水位上昇による影響

5．まとめ

既存の資料を整理し、25箇所の盛土に評価点を付けて傾向を分析した。その結果、沈下量が50cmを超える盛土の評価点は12点以上に集中し、弱点となる盛土は、集水地形、微地形区分の境界、災害履歴がある箇所に該当する傾向を把握した。またこの方法から弱点となる盛土を抽出し、崩壊要因の影響を定量的に検討した。その結果、締固め度の違いが盛土強度を低下させ、盛土内の水位が崩壊要因に大きく影響することを確認した。

【参考文献】

1)　道路震災対策便覧（震前対策編）平成18年度改訂版，社団法人　日本道路協会