

地山補強土工法による盛土の耐震補強

東海旅客鉄道株式会社 正会員 大木 基裕

1. はじめに

東海道新幹線の盛土はこれまでに、基底円弧すべりや液状化など変形レベル4の盛土の耐震補強工事を実施し、概ね完了する段階となっている。

しかし、平成16年の新潟県中越地震では、構造物に大きな損傷はないものの、新幹線が脱線するという事象が発生した。これを受け、地震時の脱線・逸脱防止に有効で保守面でも支障のない脱線防止ガードを敷設し、その機能を地震時、地震後にも発揮できるように構造物も併せて強化を図ることとした¹⁾。

本報告では、盛土区間の脱線・逸脱防止対策として、盛土の耐震性能を示し、盛土の地震時変形レベル3に応じた対策工の目的と工法について報告する。

2. 鉄道盛土の耐震性能

新設鉄道盛土の耐震性能は表1のように地震時の盛土の沈下量を指標として分類されている。また、地震時の盛土の沈下量は図1のように地盤の沈下量と盛土の変形量に大別できる。円弧すべり(図1左)の場合は3つの成分(S_s :盛土の滑動沈下, S_e :盛土本体の揺すり込み沈下, S_g :地盤の揺すり込み沈下)、液状化(図1右)の場合も3つの成分(盛土のストレッチング S_1 , 液状化地盤の側方流動 S_2 , 液状化地盤の体積圧縮 S_3)で表すことができる。

従って、盛土の耐震補強を行う場合は、地震時に最も沈下・変形する場所(地盤、盛土)を強化する適切な工法を選択することが重要である。

表1 被害程度と沈下量の目安³⁾

変形レベル	被害程度	沈下量の目安
1	無被害	無被害
2	軽微な被害	沈下量20cm未満
3	応急処置で復旧が可能な被害	沈下量20cm以上～50cm未満
4	復旧に長時間を有する被害	沈下量50cm以上

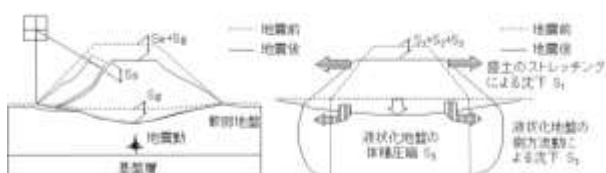


図1 盛土の沈下成分(左:円弧滑り, 右:液状化)

3. 盛土区間の耐震補強の目的

地震時における列車の脱線の要因として、地震時の左右動および構造物や軌道の不等沈下が挙げられる¹⁾。ここで、図2に模型実験における盛土底部と盛土天端の応答加速度比と地盤の強度(N値)関係を示す。概ね1前後を推移し、盛土は高架橋ほど増幅しないことが分かる。一方で、実台車を搭載した振動台実験により、レベル2地震動規模の左右動に対しても脱線防止ガードにより脱線を防止できることを検証している¹⁾。

従って、盛土区間の脱線・逸脱防止対策の目的は軌道狂いを生じさせないことが主となる。

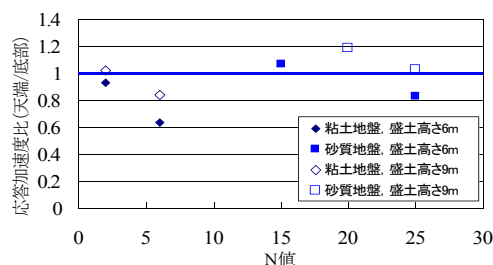


図2 応答加速度比～地盤N値関係

具体的には、盛土の不等沈下を抑制すること、バラスト肩部を補強し軌道変位を抑制すること、橋台裏等の構造物境界の段差を解消することの3点である。

ここでは、開発した盛土の補強工法について述べる。

4. 地震時の盛土の形状と有効な対策工法

無補強時の盛土の変形レベルと破壊形態を検証するために、支持地盤の強度、盛土の高さ、地震動をパラメータとした動的遠心模型実験(40G場, 1/40スケール)を実施した。図3に脱線・逸脱防止対策の対象となる変形レベル3の盛土の地震後の残留状況を示す。

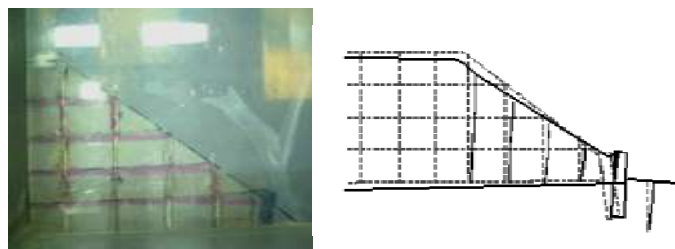


図3 地震後の盛土の残留状況

(粘土地盤 N値=6, 盛土高6m, 想定東海地震動) 模型のメッシュの変位より、地盤の沈下は軽微で、主に盛土が変形していることがわかる。これより盛土

そのものを補強する工法が有効なことから、地山補強土工法に着目し工法の開発を進めた。

5. 開発した地山補強土工法の概要

地山補強土工法は杭の太さに応じ多様な工法が存在するが、図4に示す共通する4つの点に着目した。

- ①大規模な設備とグラウトの大量使用・大量産廃
- ②芯材を挿入する際の不確実性
- ③足場工などの付帯工事
- ④頭部防錆処理

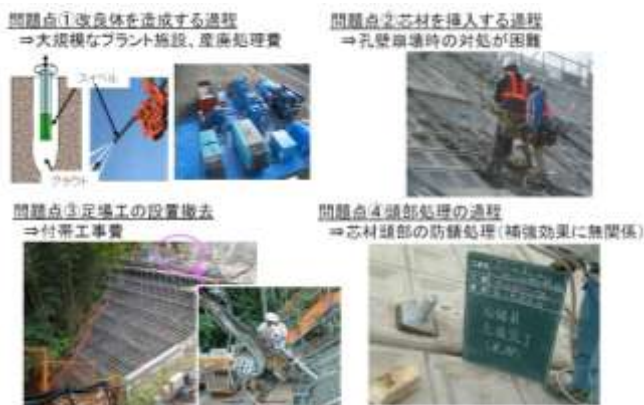


図4 従来の地山補強土工法の着目点

図5は開発した地山補強工法の特徴を示している。従来の排水パイプ工を参考に有孔鋼管（径 60.5mm）をのり面に打設し、鋼管口元よりグラウトを注入する工法である。また、のり面と打設鋼管頭部を固定する頭部処理はのり面張りコンクリート工の技術が基本となっており、これらの簡便な既往の工法を融合させたものと言える。上記の着目点は次のように改善された。

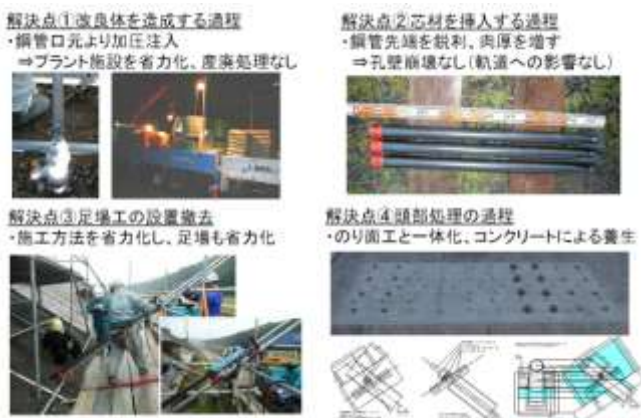


図5 開発した新しい地山補強土工法の特徴

- ①注入方法を改善し使用するグラウト量を減少させ、発生汚泥はない。プラント設備が縮小した。
- ②③芯材の鋼管を打撃挿入させるため、孔壁の崩壊はない。コンクリートブレーカを改良した打設機

械を考案し、人力施工が可能となり操作性が向上した。これにより、足場工も簡素化した。

- ④のり面工と一体化する頭部処理工法を考案し、簡易な頭部養生となった。

6. 効果の検証

(1) 試験施工

試験施工では開発した地山補強土工の引抜試験を行った。図6に試験結果を示す。周面付着面積より想定される設計強度を超える結果となった。

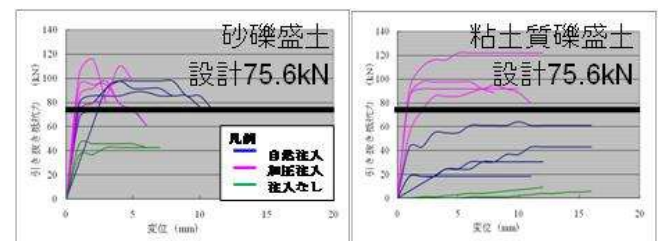


図6 引抜試験結果(左:砂礫盛土、右粘土質礫盛土)

(2) 遠心模型実験

この強度に基づき安定計算で定めた対策仕様を施した盛土の遠心模型実験の結果を図7に示す。盛土形状は保持され盛土の沈下量は20cm未満に抑えられた。

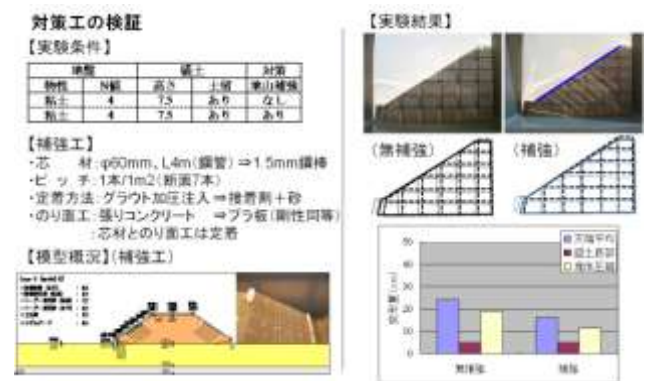


図7 補強した盛土の遠心模型実験の結果

【参考文献】

- 1) 荒鹿 忠義, 吉田 幸司, 庄司 朋宏, 村松 浩成: 軌道強化と土木構造物変位抑制工法による東海道新幹線の脱線・逸脱防止対策, 第16回鉄道技術連合シンポジウム 2009,12
- 2) 関 雅樹, 大木 基裕, 庄司 朋宏, 永尾 拓洋, 荒鹿 忠義: 地震時における盛土の破壊と対策の有効性に関する実験的検証, 第21回中部地盤工学シンポジウム.2009.8
- 3) 鉄道構造物等設計標準・同解説(耐震設計), 鉄道総合技術研究所, 1999.10