

有効応力解析法を用いた鋼矢板締切工法による幅広盛土の液状化対策の検討

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○小林 武史
東京大学 フェロー会員 古関 潤一
東京大学 正会員 松丸 貴樹

1 背景と目的

現在、首都圏では鉄道盛土の耐震工事が精力的に実施されている。また、地盤内に液状化層が確認された際には、側方流動対策が実施されており、鋼矢板による締切工法がとられることが多い。首都圏地域の鉄道盛土は複数の線路が平行して敷設されており、広いものでは盛土天端幅が 30m に及ぶ箇所もある。液状化地盤上における盛土の地震時挙動の研究においては、天端幅 5m~10m 程度である線路 1 線及び 2 線程度の盛土（以下、1 線の盛土は単線盛土と呼ぶ）は多数の研究が実施されている。しかし、幅が広い盛土（以下、幅広盛土）においては、研究されている事例は稀有であり、幅の違いによって盛土の地震時の挙動がどのように変化するかについて不明である点も多い。

本報告では、有効応力解析法を用いて、単線盛土と幅広盛土の仮想実大モデルを作成し、各盛土の液状化地盤上における地震時挙動および矢板等対策工法の効果を比較する。

2 研究方法

解析には有効応力解析コード、LIQCA2D15¹⁾を用いた。

想定した単線盛土、幅広盛土のモデル寸法諸元を表 1 に示す。なお、各盛土及び地盤の解析に用いる土質パラメータは既往の研究論文より、兵庫県南部地震で被災した河川堤防被災事例で用いられているパラメータ²⁾を引用した。モデルの液状化層の厚さは 10m とした。

盛土モデルは、盛土の種別（単線盛土・幅広盛土）及び、液状化地盤の対策種別により 10 ケース作成した(表 2、図 1)。流動対策としては、無対策、盛土のり面中腹に矢板(Ⅳ型・Ⅴ型、支持層に 7m 根入れ)、タイワイヤー (F100T・縦断方向設置間隔 1m) をそれぞれ導入した場合の挙動について解析を実施した。鋼矢板およびタイワイヤーは線形はり要素にてモデル化しており、地盤とのすべりや剥離を記述するためのジョイント要素は本解析では考慮していない。入力地震動は鉄道構造物設計標準・同解説（耐震設計）より L2 地震動のスペクトルⅡに対応する波形（最大加速度 944gal）³⁾を用いて解析を行った（図 2）。

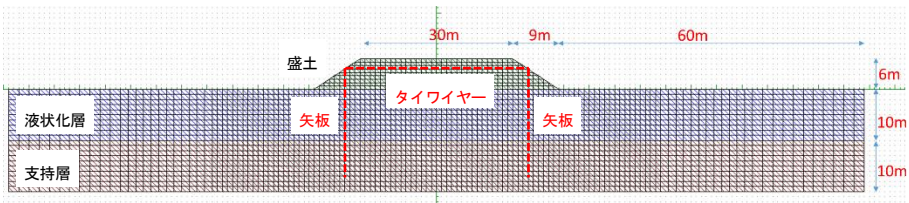


図 1 盛土モデルの例（幅広盛土）

3 解析結果

3-1 各ケースによる盛土の挙動について

解析の結果、幅広盛土と単線盛土の盛土天端中央における解析終了時の沈下量を比較すると、本モデルでは単線盛土の方が沈下量大きい結果となった(表 3)。盛土天端の応答加速度を比較すると幅広盛土の方が小さい値となり、比較的揺さぶられにくいと考える。また、液状化層厚が一定であるため、幅広盛土の方が特に中央位置では相対的に沈下しにくいことも伺える。

矢板等による側方流動対策については、矢板のみでは盛土沈下量の低減効果は 1 割程度であったが、タイワイヤーを

キーワード：有効応力解析、幅広盛土、液状化

連絡先：〒950-8641 新潟市中央区花園 1 丁目 1 番 1 号 東日本旅客鉄道株式会社新潟支社 TEL 025-248-5176 FAX 025-248-5178

表 1 盛土等の寸法諸元

	単線盛土	幅広盛土
天端幅	6m	30m
高さ	6m	6m
のり面勾配	1:1.5	1:1.6
液状化地盤厚さ	10m	10m
支持地盤厚さ	10m	10m

表 2 解析の実施ケース区分

Case No.	盛土幅	対策
Case1-1	幅広	無対策
Case1-2	単線	無対策
Case2-1-1	幅広	矢板Ⅳ型
Case2-1-2	幅広	矢板Ⅴ型
Case2-2-1	単線	矢板Ⅳ型
Case2-2-2	単線	矢板Ⅴ型
Case3-1-1	幅広	矢板Ⅳ型+タイワイヤー
Case3-1-2	幅広	矢板Ⅴ型+タイワイヤー
Case3-2-1	単線	矢板Ⅳ型+タイワイヤー
Case3-2-2	単線	矢板Ⅴ型+タイワイヤー

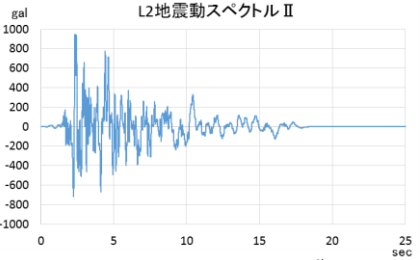


図 2 入力地震動³⁾

表 3 各対策での法面天端中央沈下量

対策種別	単線盛土	幅広盛土
無対策	1.274m	0.844m
矢板Ⅳ型	1.015m	0.819m
矢板Ⅴ型	1.028m	0.767m
矢板Ⅳ+タイ材	0.707m	0.345m
矢板Ⅴ+タイ材	0.561m	0.307m

併用することで、沈下量は大きく低減することができる(無対策よりも単線盛土で5割、幅広盛土で6割程度低減)(図3、図4)。これは、盛土の水平方向への側方流動に伴う鋼矢板の傾倒をタイワイヤーが抑制している為であり、この結果からもタイワイヤーの設置が効果的であることが伺える。

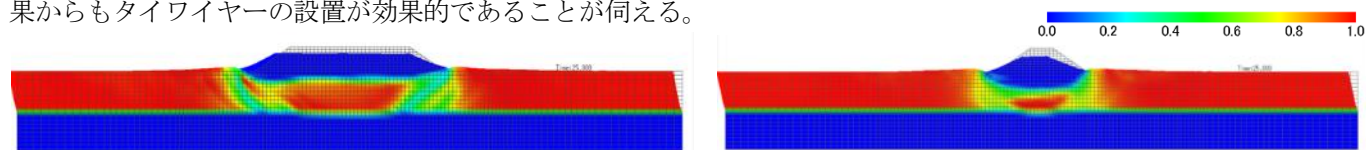


図3 幅広盛土と単線盛土の地震時挙動比較(無対策時、過剰間隙水圧比)

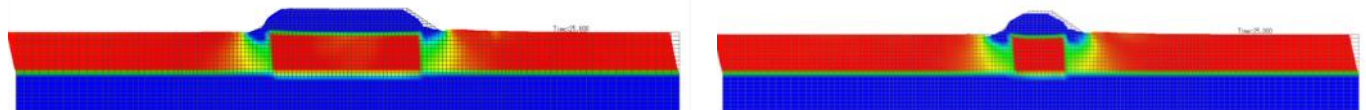


図4 幅広盛土と単線盛土の地震時挙動比較(矢板V型+タイワイヤー、過剰間隙水圧比)

3-2 矢板の曲げモーメントとタイワイヤーの軸力について

各ケースにおける、矢板に加わる曲げモーメントの鉛直方向分布を経過時間毎(6秒、10秒および25秒)で比較した(図5、図6)。

曲げモーメントの最大値は、矢板剛性が高い鋼材ほど大きく、タイワイヤーを設置すると、さらに大きな値となった。また、幅広盛土の方が単線盛土より大きい。今回のモデルでは曲げモーメント最大値が、矢板の許容曲げ応力度から求められる数値(矢板IV型: 885.3kN・m、シ矢板V型: 1228.5kN・m)を超過する結果となった。

次にタイワイヤーにかかる軸力を比較した(図7)。今回、タイワイヤーは縦断方向に1.0mピッチでの設置を想定しているが、今回の結果ではタイワイヤーの破断強度(F100T:743.4kN)を超過する結果となった。単線盛土の場合と比べると、幅広盛土では生じる軸力が増加しており、設置するタイワイヤーのピッチの変更や、強度の高い材料への変更等による検討が必要である。また、補強材や地盤改良による強化等、土質条件を改善することも有効であると考ええる。

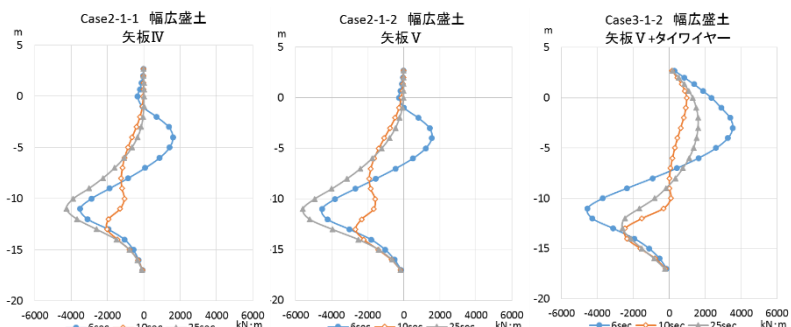


図5 矢板に加わる曲げモーメント(幅広盛土・左側)

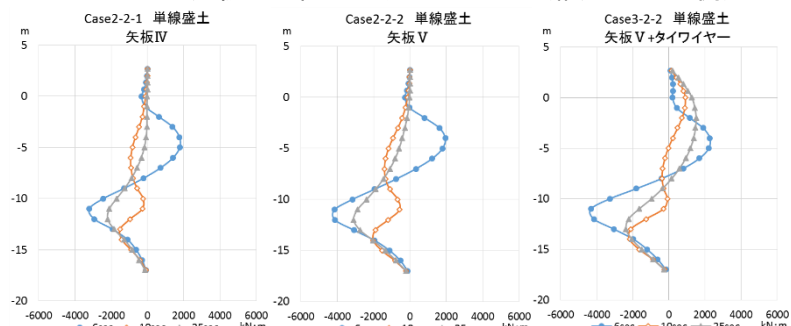


図6 矢板に加わる曲げモーメント(単線盛土・左側)

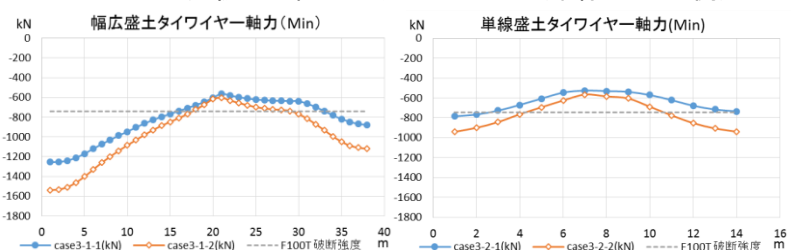


図7 タイワイヤーの軸力の比較

4 まとめ

本研究では幅広盛土等の単純モデルを作成し、寸法の違いや対策工法別に変状等の比較を行った。その結果、幅広盛土の変状は、単線盛土よりも比較的小さいと結果を得た。天端沈下等の変状抑制にはタイワイヤーの設置が非常に効果的であることが確認されたが、幅が広がると盛土から矢板に加わる曲げモーメントやタイワイヤーへかかる軸力が増大する。各補強材の剛性や打設ピッチ、補強材の設置や地盤の改良等も検討しながら、対策を決定していくことが重要であると考ええる。

参考文献

- 1) 液状化解析手法 LIQCA 開発研究グループ: LIQCA2D15 (2015 年公開版) 資料, 2015
- 2) 渦岡良介: 地盤の液状化発生から流動までを予測対象とする解析手法に関する研究, 岐阜大学博士学位論文, 2000
- 3) 鉄道総合技術研究所: 鉄道構造物等設計標準・同解説(耐震設計), 丸善, 2012