

橋台の耐震対策工に関する解析

東海旅客鉄道 正会員 長縄 卓夫
大林組 正会員 ○伊藤 浩二
同 上 正会員 松田 隆

1. 目的

橋台等の構造物を含む既設土構造物では、地震後の復旧性を考えた場合には、構造物と背面盛土との段差や不同沈下を低減する耐震対策が必要となる場合がある。このような対策工では、合理的かつ経済的な対策が必要となるため、橋台の耐震対策効果の把握を目的とした模型振動実験と解析が行われている^{1), 2)}。本研究では、高地震力に対する橋台の対策工として、前面のシートパイル締切り工による支持地盤対策、背面の小口径補強材を用いたネイリング工による橋台前傾対策、支持地盤および橋台前傾の併用対策を想定した2次元FEMによる地震応答解析を行い、対策工がない場合との比較から、復旧性の指標と考えられる橋台の移動、背面盛土の残留沈下に基づく各対策工の効果、およびその評価方法を検討する。

2. 地震応答解析

図1に併用対策の解析モデルを示す。解析では実物の対策工の橋台部モデルを想定し、奥行き2m、側方を粘性境界、底面を固定境界、杭、桁、シートパイルをはり要素、4段の補強材および補強材の周面摩擦を非線形ばね要素、橋台およびシートパイルと周辺地盤との境界をジョイント要素とし、入力波はスペクトルⅡ適合波とした。表1に対策工諸元³⁾と地盤定数を示す。解析では、支持地盤対策、併用対策でシートパイルをフーチングと一体化し、対策なし、支持地盤対策でシートパイル長($s=5$, 7.5, 10m)、橋台前傾対策で補強材長($t=5$, 10, 15m)、併用対策でシートパイル長($s=5$, 7.5, 10m)と補強材長($t=5$, 10, 15m)の場合を行った。

3. 対策効果

図2に各対策工($s=10$ m, $t=10$ m)で得られた橋台上端の水平変位の時刻歴を示す。橋台の移動は、対策なしと比較して、併用、支持地盤、橋台前傾対策の順で小さく抑えられるが、橋台前傾対策による低減効果は小さい。

図3に各対策工($s=10$ m, $t=10$ m)で得られた残留変形を示す。対策なしでは、橋台の移動により橋台背面で段差、後フーチングの仮想背面前で隆起、仮想背面後で広範囲に大きな沈下が生じる。一方で、支持地盤対策では橋台背面の段差が大きいが、橋台の移動、仮想背面後の沈下が低減される。橋台前傾、併用対策では橋台背面の段差が低減されるが、橋台前傾対策では、橋台の移動、仮想背面後の沈下の低減効果が小さい。

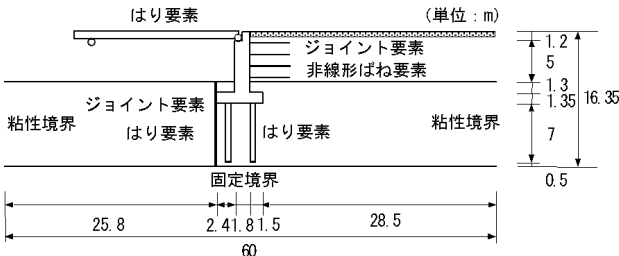


図1 解析モデル（併用対策 $s=10$ m, $t=5$ m）

表1 対策工諸元と地盤定数

対策方法	仕様
支持地盤 (シートパイル)	FSP-IV型
橋台前傾 (小口径補強材)	打設ピッチ:鉛直方向@1.5m×水平方向@2.0m 打設長:L=5, 10, 15m 削孔径:d 150 周囲のせん断地盤反力係数: $k_{sv}=0.03E \cdot d^{-3/4}$ kgf/cm ³ 周囲の最大摩擦力: $F_{max}=\pi dL(\sigma_v \cdot \tan \phi + C)$ kN
背面盛土	単位体積重量: $\gamma=15.2$ kN/m ³ S波速度: $V_s=100$ m/s 有効内部摩擦角: $\phi=31^\circ$ 粘着力: $C=0$ kPa
支持地盤	単位体積重量: $\gamma=13.3$ kN/m ³ S波速度: $V_s=200$ m/s 有効内部摩擦角: $\phi=32^\circ$ 粘着力: $C=0$ kPa
桁、軌道	125ton/奥行き2m、 $q=14.7$ kN/m ²

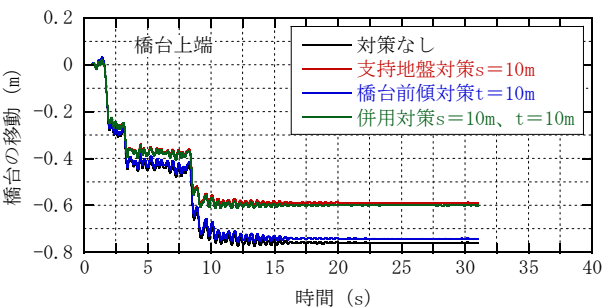


図2 橋台の移動の時刻歴

キーワード：擁壁，地震応答，数値解析

連絡先：〒204-8558 東京都清瀬市下清戸 4-640 (株)大林組技術研究所 TEL：0424-95-1103 FAX：0424-95-0903

図4に各対策工の橋台背面の残留変位から得られた橋台の移動（橋台上端，フーチング下端，上端と下端の相対変位，橋台上端の1/2の水平変位）を示す。橋台の移動は，対策なしと比較して，支持地盤対策 $s=10\text{m}$ ，併用対策 $s=10\text{m}$ において低減効果は大きい，シートパイルを根入れしない $s=5, 7.5\text{m}$ では橋台の移動の低減効果は小さい。橋台前傾対策では補強材の長さに応じて橋台の移動，傾斜は小さくなるが，支持地盤対策 $s=10\text{m}$ ほど大きな効果を期待できない。併用対策では，支持地盤対策と橋台前傾対策を重合した効果を概ね期待できるが，支持地盤対策による低減効果が支配的である。この理由としては，スペクトルⅡ適合波では橋台の移動が大きく，橋台前傾対策，併用対策における補強材による橋台の移動の低減効果が相対的に小さくなったためと考えられる。

図5に仮想背面後における地表の残留沈下分布から得られた背面盛土の最大沈下を示す。各対策工で生じる背面盛土の沈下は，対策なしと比較して，支持地盤対策 $s=10\text{m}$ で約70%，橋台前傾対策で約90%，併用対策 $s=10\text{m}$ で約65%に低減される。

図6に橋台前傾対策，併用対策で得られた全段の補強材端部軸力の総和で評価した補強材力と橋台の傾斜（橋台前傾対策で橋台上端と対策なしのフーチング下端との相対変位，併用対策で橋台上端と支持地盤対策のフーチング下端との相対変位）の関係を示す。補強材力は橋台の傾斜が小さくなるに伴い大きくなり，補強材諸元，背面盛土の地盤定数に応じた勾配である。したがって，図6の関係をを用いることにより，補強材を用いる橋台前傾対策，併用対策において，橋台の復旧性の指標に応じた合理的な補強材力の設定が可能である。

4. まとめ

橋台の耐震対策工では，残留時の橋台の移動，橋台の背面盛土の沈下より評価した対策効果は，シートパイル締切り工とネイリング工による併用対策，支持地盤対策，橋台前傾対策の順で効果を期待できること，橋台前傾対策，併用対策では，補強材力と復旧性の指標との関係により合理的な必要抑止力を設定できることを確認した。

参考文献

- 1) 長縄卓夫，伊藤浩二，松田隆：橋台の地震時挙動に関する遠心力模型振動実験，土木学会第59回年次学術講演会講演概要集，pp. 401-402，2004.
- 2) 長縄卓夫，伊藤浩二，松田隆：橋台の耐震対策効果に関する解析，第40回地盤工学研究発表会（投稿中），2005.
- 3) RRR工法協会：盛土のり面急勾配化工法 設計・施工マニュアル，pp. 39-40，1998.

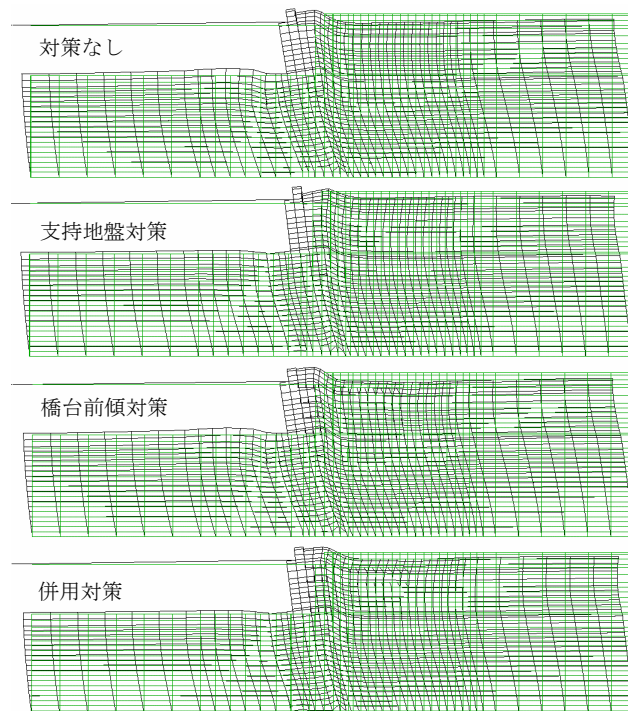


図3 残留変形（変位スケール5倍）

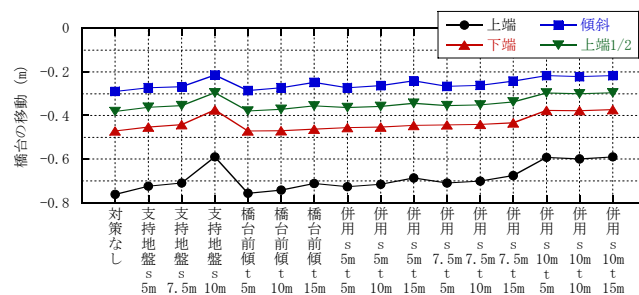


図4 橋台の移動

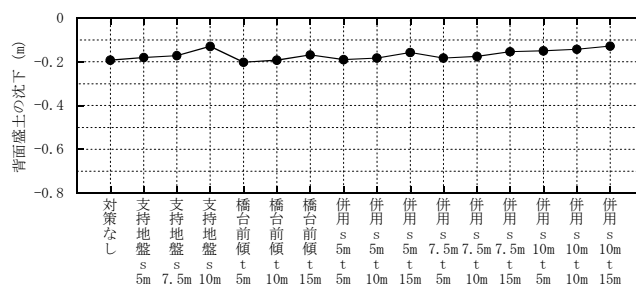


図5 背面盛土の沈下

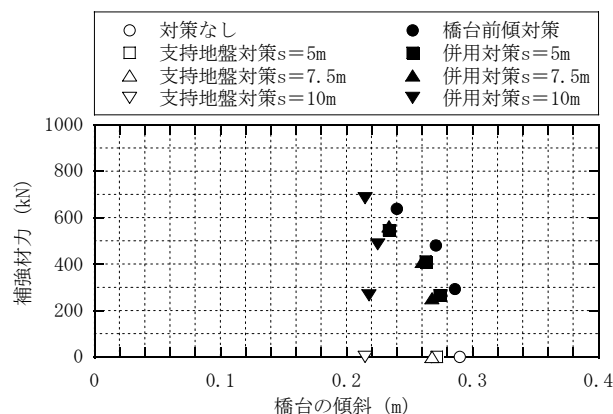


図6 補強材力