

# 構造物・軌道一体型模型を用いた大型振動台試験による地震時軌道座屈安定性の評価

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○中村 貴久 吉川 秀平 桃谷 尚嗣  
(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 木次谷一平 伊地知卓也

## 1. はじめに

これまでに、鉄道バラスト軌道の耐震性能を評価する研究の一環として、盛土と橋梁の構造物境界部におけるバラスト軌道の地震時における座屈安定性を検討するため、実スケール換算で45mとなる1/9スケールの小型軌道模型を構築し、レールを加熱させて軸力を生じさせた状態で加振試験を行った<sup>1)</sup>。既往の研究では、試験土槽に地震による橋台背面の盛土沈下を想定した機構を設け、盛土側に沈下分布を与えた条件で加振した。その結果、構造物境界部の盛土区間において加振中に著大な水平方向の残留変位が生じることが明らかになった。また、座屈対策工として、バラスト止め壁、座屈防止板およびその両者を組み合わせた3種類の工法を検討し、バラスト止め壁と座屈防止板を組みわせることで、高い座屈対策効果が得られることがわかっている。本研究では、橋梁と盛土からなる構造物とバラスト軌道の一体模型を用いた加振試験により、地震時における構造物と軌道の連成挙動を検討するとともに、軌道座屈対策工の効果を検討した。

## 2. 試験方法

構造物・軌道一体模型の条件を図1に示す。試験ケースは無対策の場合と、バラスト止め壁と座屈防止板を組み合わせた軌道の座屈対策の場合の2ケースであり、模型延長は5m(実スケール45m)である。橋りょう区間の延長は2mとし、アルミフレームを用いて作製し、表面(路盤面)にはコンクリートに近い摩擦係数となるようにサンドペーパー(120番)を貼り付けた。橋台模型底面・背面には、地盤材料との摩擦を確保するために、サンドペーパー(80番)を貼り付けた。

盛土区間の延長は3mとし、路床と路盤から構成した。路床模型は、珪砂6号をまき出して相対密度60%(乾燥密度 $1.56\text{t/m}^3$ )となるように締め固めて構築した。路盤模型は、層厚30mmとなるように5.6mm以下のふるいを通したクラッシュランをまき出し、乾燥密度 $1.97\text{t/m}^3$ (締め固め度93%)で締め固めて構築した。

軌道模型は、道床厚33mm、道床肩幅56mmとなるように7号碎石をまき出し、道床密度 $1.50\text{t/m}^3$ <sup>2)</sup>となるように締め固めた。道床上にまくらぎ間隔65mmでまくらぎ76本の軌きょうを設置し、まくらぎ周辺にまき出したバラストをつき棒でまくらぎ下につき固めて軌道を整正した。その後、まくらぎ天端までバラストをまき出して締め固め、所定の道床形状となるように整形した。バラスト軌道模型の中央部には2mmの通り変位を与えた。模型まくらぎは、モルタルを用いて製作し、新幹線で一般的に用いられている

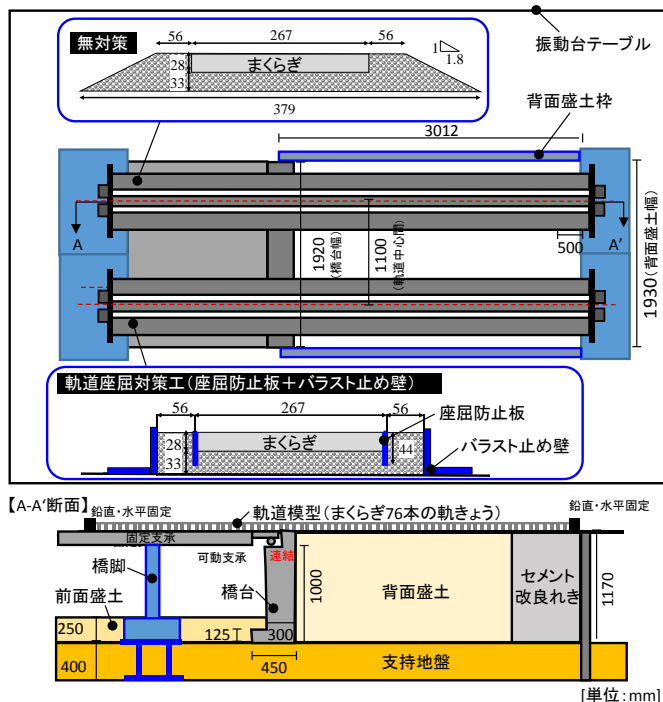


図1 構造物・軌道一体模型の条件



図2 加振状況

キーワード バラスト軌道、構造物境界部、軌道座屈対策工、背面盛土沈下、加振試験

連絡先 〒185-00034 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財) 鉄道総合技術研究所 TEL 042-573-7276

PC まくらぎ 3H を想定した形状とした。レール模型は鉄製の 5 インチゲージを用いた。両レールに電熱線を接着させて加熱し、40℃上昇させて軸力を与えた。レール模型の両端には、加熱によるレールの伸長を拘束するための拘束治具を設置し、盛土側の軌道模型端部から 500mm の範囲はセメント改良れき区間を設けて沈下対策を行った。また、橋脚模型を固定支承とし、橋台模型上はローラー構造の可動支承とした。計測項目はまくらぎ水平変位とした。

加振条件は、文献 3 と同条件であり、以下の試験結果は兵庫県南部地震の神戸観測点の応答波（以下、神戸波）および正弦波 400gal 加振後の値を示している。加振方法は実地震波を加振した後に正弦波の加振を行うステップ加振とした。

3. 試験結果

図 3 に、加振後のまくらぎ水平変位と位置の関係を示す。また、文献 1 の加振試験結果を合わせて示す。まくらぎ水平変位は構造物境界部付近で最大変位が生じ、神戸波加振後は、無対策が最大 6.0mm に対して、座屈対策工では最大 2.3mm に半減した。正弦波 400gal 加振後は、無対策が最大 3.1mm に対して、座屈対策工では最大 2.9mm であった。また、神戸波の無対策に関して、本試験と文献 1 の加振後のまくらぎ水平変位が概ね同程度になった。これは、文献 1 の試験土槽の盛土沈下機構で設定した盛土沈下分布と、本試験の神戸波加振前の盛土沈下分布<sup>4)</sup>が概ね同程度であったためと考えられる。一方、文献 1 では正弦波 400gal の無対策の場合に、神戸波よりもさらにまくらぎ変位が増加したが本試験では減少した。これは、正弦波 400gal の加振により盛土沈下が神戸波の 2 倍程度に増加したため、軌きょうの沈下量が増大し、軸力が抜けて水平変位が減少したことによるものと考えられる(図 4)。また、軌道座屈対策工の効果に関して、文献 1 では正弦波 400gal でもまくらぎ水平変位がほとんど発生しなかったが、本試験では 2mm 程度の水平変位が生じた。これは、文献 1 では盛土を沈下させた条件でバラスト止め壁を試験土槽に剛に設置したことで高い対策効果が発揮されたのに対して、本試験では盛土の沈下によってバラスト止め壁が転倒したことで、道床肩部が崩れて道床横抵抗力が低下したためと考えられる。

4. まとめ

構造物と軌道の一体模型を用いた加振試験を行ったところ、構造物境界部においてまくらぎ水平変位が生じることがわかった。また、盛土が沈下することでバラスト止め壁が転倒し、座屈対策効果が十分に発揮されない恐れがあることがわかった。

参考文献

- 1) 木次谷一平、中村貴久、桃谷尚嗣、伊地知卓也：構造物境界部におけるバラスト軌道の小型模型を用いた座屈試験、第 72 回土木学会年次学術講演会、2017
- 2) 伊地知卓也、中村貴久、桃谷尚嗣：小型バラスト軌道模型の道床横抵抗力のスケール効果に関する研究、第 72 回土木学会年次学術講演会、2017
- 3) 中村貴久、吉川秀平、桃谷尚嗣、伊地知卓也、木次谷一平：補強した構造物・軌道一体型模型を用いた大型振動台試験による軌道座屈安定性の評価、第 73 回土木学会年次講演会、2018(投稿中)
- 4) 西岡英俊、牛田貴士、佐名川太亮、中村 貴久、桃谷尚嗣：耐震補強した橋台・背面盛土・軌道一体模型の大型振動台実験(その 2：実験結果) 第 53 回地盤工学研究発表会、2018(投稿中)

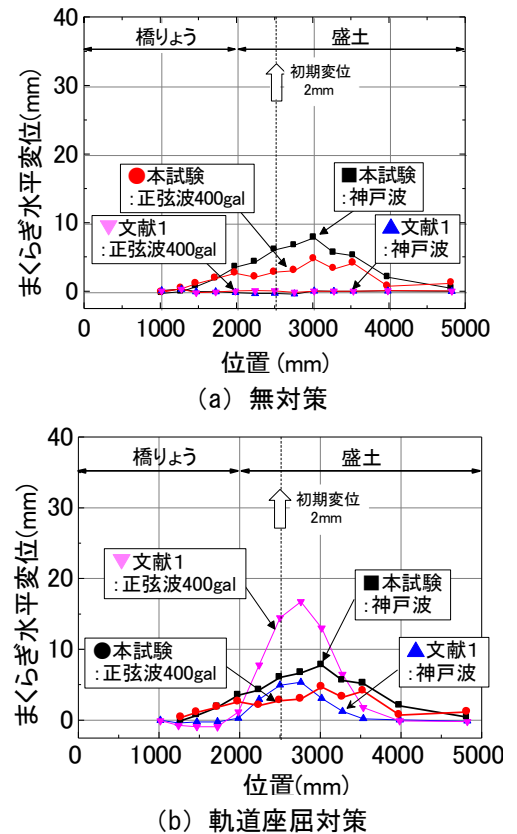


図 3 まくらぎ水平変位と位置の関係

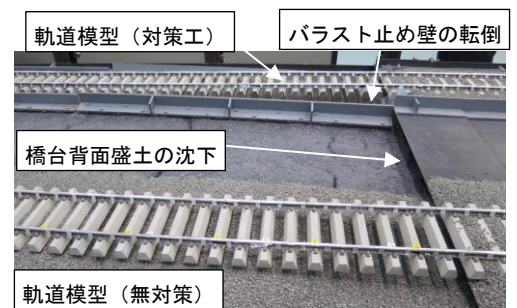


図 4 加振後の軌道模型状況 (正弦波 400gal)