

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

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○中村 貴久 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、地震時における道床横抵抗力を検討するため、バラスト軌道模型を用いた大型振動台試験を行っており、レールの温度上昇で生じる軸力によりバラスト軌道を横方向に変位させようとする荷重が大きいほど、加振中の残留変位が増加することがわかった¹⁾。一方、橋台と盛土の接続部のような構造物境界部では、地震時において橋台の変位とともに盛土が沈下し、一般部よりもバラスト軌道の座屈安定性が低下しやすいと考えられる。そこで本研究では、加振試験²⁾のための事前検討として、高架橋と盛土の構造物境界部におけるバラスト軌道を想定した小型模型を用いて、橋台背面の盛土が沈下した条件を設定し、レールを加熱して軸力を与える静的な座屈試験を行った。

2. 小型模型を用いた座屈試験

2.1 試験方法

小型模型の条件を図1に示す。模型のスケールは1/9とした。模型延長は5m(実スケール換算45m)であり、高架橋と盛土の構造物境界部において、地震により盛土が沈下した場合を想定した条件とした。高架橋区間の延長は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を張りつけた。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、層厚70mmとなるように硅砂をまき出して相対密度60%(乾燥密度 1.56t/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、締め固め試験結果(最大乾燥密度 2.12t/m^3)を考慮して、乾燥密度 1.97t/m^3 (締め固め度93%)で締め固めて構築した。バラスト道床は、道床厚33mm、道床肩幅56mmとなるように7号碎石をまき出し、道床密度は文献3)を参考に、 1.50t/m^3 となるように締め固めた。締め固めたバラスト上にまくらぎ間隔65mmでまくらぎ77本の軌きょうを設置し、まくらぎ周辺にバラストをまき出し、つき棒でまくらぎ下のバラストをつき固めて軌道整正を行った。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レール長手方向に直角な方向に2mmの初期変位を与えた。模型まくらぎは、モルタルを用いて製作し、PCまくらぎ3H

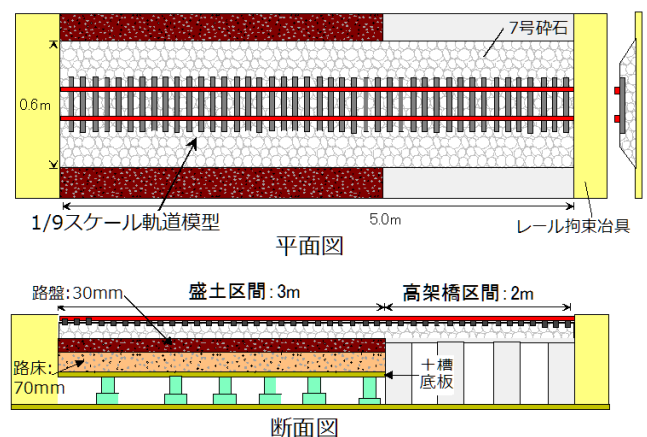


図1 1/9スケールの小型模型の条件

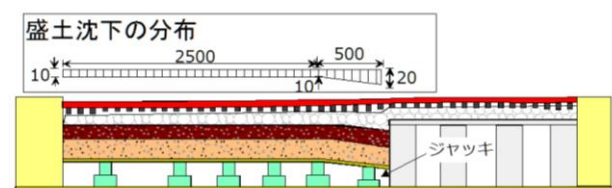


図2 盛土区間の沈下の分布

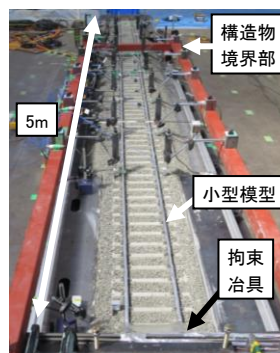


図3 小型模型の全景

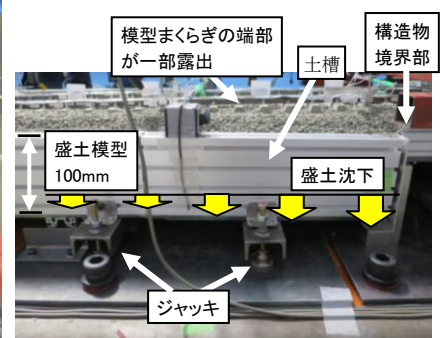


図4 土槽の沈下機構

キーワード 小型模型、座屈試験、レール温度、構造物境界部

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 Tel 042-573-7276 Fax 042-573-7413

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。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、レールに軸力が作用する構造とした。土槽の沈下機構を図3に示す。盛土側の底板が水平な状態で上記のとおり盛土模型および軌道模型を構築し、その後、図2の沈下分布となるようにジャッキを用いて盛土模型を沈下させた。

座屈試験はレールの頭頂面に電熱線をアルミテープで接着させ、1℃刻みで温度制御可能な加熱装置を用いて温度を徐々に上昇させて実施した。事前にサーモグラフィで電熱線を用いて加熱させたレールの温度を確認したところ、概ね全体的に均一な温度分布であった。計測項目はまくらぎの水平変位および鉛直変位とした。

2. 2 試験結果

図5にまくらぎ水平変位の分布を示す。ここで、まくらぎ水平変位の初期値は初期変位 2mm を与えた後とした。模型構築時(レール温度 24℃)からのレール温度の上昇量(以下、 Δt)が 80℃程度に到達すると、著大な水平変位(以下、座屈)が生じた。座屈は、構造物境界部付近および高架橋側の2箇所で発生した。構造物境界部付近では、温度上昇とともに水平変位が徐々に増加して $\Delta t = 40^\circ\text{C}$ 時に 0.3mm、 $\Delta t = 80^\circ\text{C}$ 時に 1.0mm の水平変位が生じ、その後、瞬時に軌道が座屈して 3mm を超える水平変位が生じた。一方、高架橋側では、 $\Delta t = 80^\circ\text{C}$ 時では水平変位にほとんど変化がなかったが、その後水平変位が急増した。

図6にまくらぎ鉛直変位の分布を示す。ここで、まくらぎ鉛直変位の初期値は盛土の沈下機構を作動させた後とし、まくらぎ両端部の平均値をとっている。レール温度の上昇とともに構造物境界部の盛土側でまくらぎがわずかに沈下し、高架橋側では反対にアップリフトにより局所的に上昇した。その後、座屈の発生とともに高架橋側で軌きょうが大きく浮き上がった。

以上より、静的には $\Delta t = 40^\circ\text{C}$ までレール温度を上昇させても座屈しなかった。その後、さらに温度を上昇させると構造物境界部付近において水平方向だけでなく鉛直方向の残留変位も増加する傾向を示し、 $\Delta t = 80^\circ\text{C}$ 時に構造物境界部付近および高架橋側で水平方向よりもアップリフト方向に著大な残留変位が生じて座屈した。

3. おわりに

本試験では、構造物境界部の盛土が沈下した条件を設定しても、レール温度を 80℃まで上昇させて、ようやく座屈が生じた。今後は本試験結果を踏まえ、地震時における軌道座屈と盛土沈下を連成させて評価するため、橋台背面盛土の沈下を再現する小型模型を用いた加振試験を行う。

参考文献 1) 中村貴久、桃谷尚嗣、早野公敏、小川隆太：地震時におけるバラスト軌道の道床横抵抗力特性、土木学会論文集 E1(舗装工学)、Vol.70、No.3、2014。

2) 木次谷一平、中村貴久、桃谷尚嗣、伊地知卓也：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71回土木学会年次学術講演会、土木学会、投稿中

3) 伊地知卓也、中村貴久、桃谷尚嗣：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加振試験、第71回土木学会年次学術講演会、土木学会、投稿中

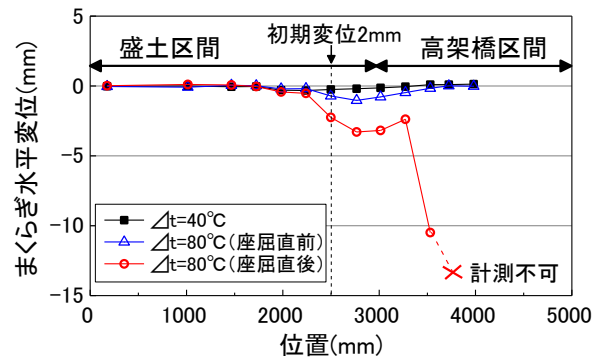


図5 まくらぎ水平変位の分布

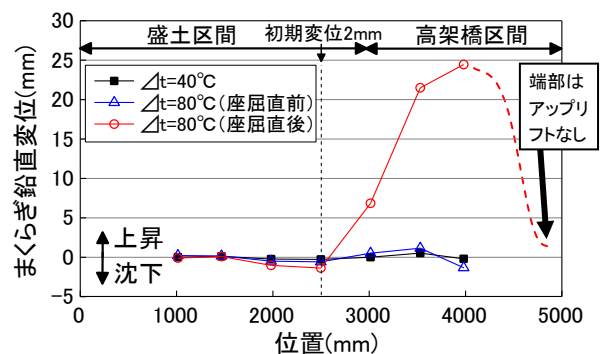


図6 まくらぎ鉛直変位の分布



図7 高架橋区間の座屈状況