

路盤改良を適用した既設線省力化軌道の変形特性に関する研究

公益財団法人鉄道総合技術研究所 正会員 ○伊藤孝記 桃谷尚嗣 木次谷一平

1. はじめに

軟弱路盤上に敷設された一部の既設線省力化軌道（以下、省力化軌道）において、供用後数年で修繕が必要な状態となり、保守に苦慮している¹⁾。そこで筆者らは、軟弱路盤上で新たに敷設する省力化軌道を対象に、省力化軌道の施工と同時に施工可能な路盤改良工法（グラウト充填路盤改良工法（あと充填方式））を開発している^{2), 3)}（図1）。

本研究の目的は、グラウト充填路盤改良工法（あと充填方式）を適用した省力化軌道の変形特性を定量的に評価するものである。本報では、路盤改良を適用した省力化軌道の実物大軌道模型に対して、繰返し载荷試験を行った結果について報告する。

2. 実物大軌道模型の寸法の決定方法

本実物大軌道模型は、 K_{30} 値が 40MN/m^3 の軟弱路盤（粘土層）上に、グラウト充填路盤改良工法（あと充填方式）を厚さ 200mm 適用した省力化軌道を設定することとした。

実物大軌道模型の省力化軌道および路盤改良層の軌道長手方向の寸法は、FEM解析より決定した。列車荷重（衝撃荷重を考慮した輪重 $100\text{kN} \times 2$ ）作用時の既設線省力化軌道の実軌道モデル（図2）における路盤改良層直下の路床に生じる鉛直応力と、実物大軌道模型の解析モデル（図3）における路盤改良層直下の路床（粘土層）に生じる鉛直応力が同程度となるように決定した。表1に解析で用いた物性値を示す。

図4に解析結果を示す。軌道長手方向の寸法は、てん充填道床が 1200mm 、路盤改良層が 1250mm とすることで、荷重作用時における路盤改良層直下の路床に作用する鉛直応力と概ね同程度となった。

3. 実物大軌道模型の構築

実物大軌道模型の寸法を図5に示す。試験で用いた土槽は幅 3500mm ×長さ 7000mm ×深さ 2500mm であり、底部から高さ 1850mm まで礫質砂を締め固め、その上にEPS（D-20）ブロックを設置して、粒度調整碎石層を 300mm 締め固めた。粘土層を構築する範囲の粒度調整碎石層を 100mm 掘削し、その上に粘土層を 400mm 構築した。粘土層は荒木田粘土を用いて含水比 21% 、締め固め密度 1.6g/cm^3 となるように 100mm 毎の層厚で締め固めた。小型FWD測定より、構築した粘土層表面（高さ 400mm ）位置における K_{30} 値は 40MN/m^3 程度であることを確認した。

粘土層上の路盤改良層を構築する範囲（幅 1250mm ×長さ 3000mm ×深さ 200mm ）上に骨材となる新品バラストを密度 1.6g/cm^3 となるように締め固めた。また、路盤改良層以外の部分は、粘土層とした。その上にまくらぎ一本のバラスト軌道（幅 1200mm ×長さ 2300mm ×道床厚 200mm ）を構築した。バラスト軌道の状態で予備载荷（载荷周波数 5Hz 、荷

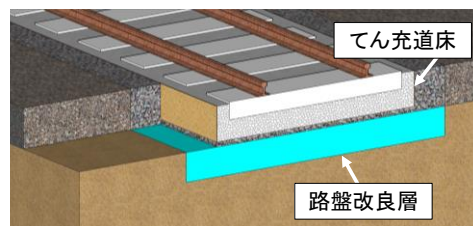


図1 既設線省力化軌道における路盤改良層のイメージ

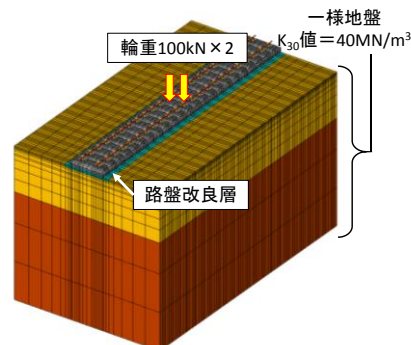


図2 既設線省力化軌道の実軌道モデル

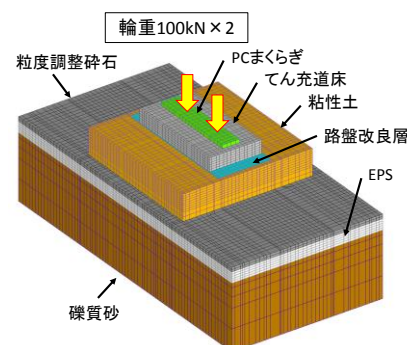


図3 実物大軌道模型の解析モデル

表1 解析に用いた物性値

部材	弾性係数 (N/mm^2)	ポアソン比
PCまくらぎ	35000	0.17
てん充填道床	12000	0.2
路盤改良層	1000	0.3
粘土層	24.4	0.3
粒度調整碎石層	180	0.3
EPS	9	0.1
礫質砂	70	0.3
一様地盤	深さ0-3m 24.4 深さ3-10m 48.8	0.3

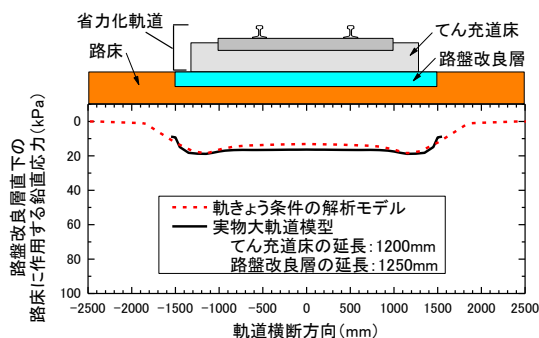


図4 解析結果

キーワード：既設線省力化軌道、路盤改良、グラウト充填路盤改良工法（あと充填方式）

連絡先：〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 （公財）鉄道総合技術研究所 軌道・路盤 tel 042-573-7276

重振幅100kN、載荷回数1万回)を行った。予備載荷後、タイタンパによる軌道整備を行った。

路盤改良層および省力化軌道の構築は、まず路盤改良範囲に表1に示した2液式のグラウト材を充てんし、次にバラスト道床に表2に示したグラウト材を充てんした。充てん7日後にて、繰返し試験を行った。

4. 繰返し載荷試験

載荷条件は、載荷荷重10kN～110kN(荷重振幅100kN)、載荷周波数5Hz、載荷回数100万回とした。実物大軌道模型の変位は、図5に示した位置で測定した。

図6にまくらぎおよび路盤改良層表面(てん充道床側面付近)における載荷時および除荷時における載荷回数と変位の関係を示す。なお、まくらぎおよび路盤改良層表面の変位は、左右の平均値を用いた。同図より、100万回時のまくらぎ変位は載荷時が2.13mm、除荷時が1.22mm(変位振幅0.91mm)であった。一方、路盤改良層表面の変位は載荷時が0.98mm、除荷時が0.53mm(変位振幅0.45mm)であった。

5. FEM解析

FEM解析により、試験結果を評価した。解析モデルおよび解析に用いた物性値は、図3および表1を用いた。荷重条件は、まくらぎのレール位置にそれぞれ50kN(計100kN)とした。

図7に試験結果と解析結果を示す。試験結果は、100万回時の各測定箇所の変位振幅を用いた。同図より、列車荷重作用時の路盤改良層の動的変位は、試験結果よりも解析結果の方が大きくなったものの、まくらぎ、てん充道床および粒度調整碎石の動的変位は概ね同程度となった。

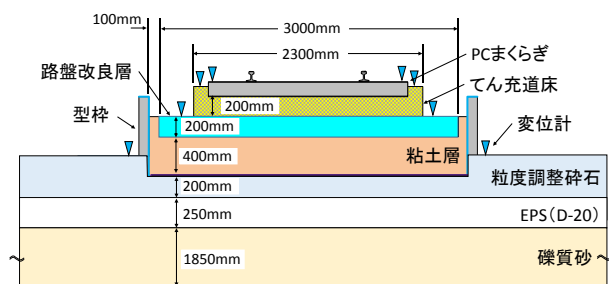
6. おわりに

本試験にて、 K_{30} 値が40MN/m³の粘土層上に、路盤改良を適用した省力化軌道の変形特性を把握することができた。また、試験結果とFEM解析との比較より、てん充道床側面付近での路盤改良層の動的変位は試験結果よりも解析結果の方が大きくなったものの、概ね省力化軌道の変形を再現できた。

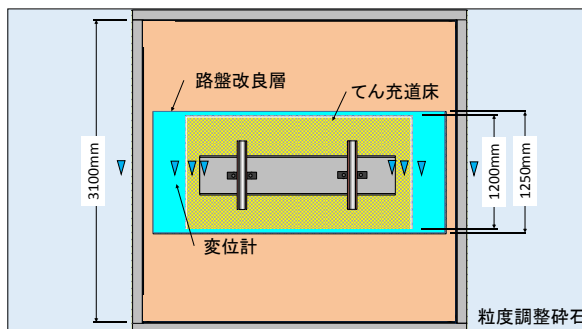
今後は、本試験結果を基に粘土層(路床部)の塑性沈下を評価し、路床部の塑性沈下を考慮した省力化軌道用の路盤改良層の設計方法を提案する予定である。

【参考文献】

- 1)熊倉孝雄、堀雄一郎、小関昌信：各種軌道条件に適応したTC型省力化軌道の開発、JR EAST Technical Review、No.39、2012。
- 2)伊藤竜記、桃谷尚嗣、木次谷一平：道床・路盤条件が異なる実物大軌道模型に対する繰返し載荷試験、第53回地盤工学研究発表回、2018.7
- 3)伊藤竜記、桃谷尚嗣、木次谷一平、神津大輔、栗原巧：営業線における既設線省力化軌道用路盤改良工法の試験施工、第73回土木学会年次学術講演会、2018.9



(a) 断面図



(b) 平面図

図5 実物大軌道模型の寸法

表2 路盤改良層に用いたグラウト材

A液(40L作製)			B液(40L作製)		
高炉セメント B種	促進剤	混練水	硬化剤	混練水	調整剤
25kg	2.4kg	30.8kg	4.8kg	39.2kg	0.3kg

表3 てん充道床に用いたグラウト材

40L作製			
ファルコン SB-Q	混練水	減水剤	調整剤
47.5kg	23.8kg	0.13kg	0.05kg

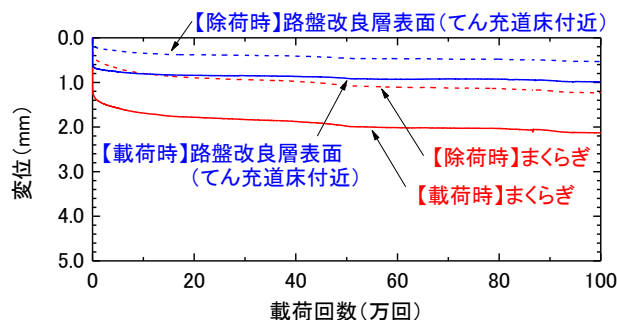


図6 まくらぎおよび路盤改良層表面の変位

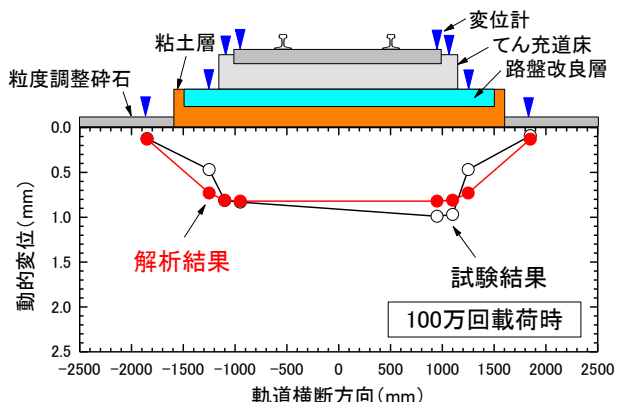


図7 試験結果と解析結果との比較