

## 既設土路盤上省力化軌道下における路盤状況の把握に関する一考察

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○島田 和則  
 東日本旅客鉄道株式会社 川村 孝太郎  
 東日本旅客鉄道株式会社 兒玉 礼毅

## 1. はじめに

JR 東日本（以下、当社）で開発・導入した既設土路盤上に敷設する省力化軌道（以下、TC 型省力化軌道）は、高い剛性とその省メンテナンス性により、首都圏における軌道状態の良化に大きく貢献している。一方で、局所において軌道変状が繰り返し発生する現状にある。その変状は「軟弱路盤」が要因<sup>1)</sup>とされていることが分かっており、現在では軌道修繕と併せた路盤改良工法<sup>2)</sup>が導入されている。

しかしながら、現状では既設線路下の路盤状況等を効率的に把握する手段がなく、修繕範囲や工法の選定等にあたっての課題となっている。

そこで、当社管内における駅改良工事において廃止線となった省力化軌道にて、非破壊試験および土質試験等を実施し、得られた結果から既設線路下の路盤状況を効率的に把握する方法について検討した。

## 2. 試験実施箇所

図1に試験実施箇所を示す。廃止線となる区間の内、直近の軌道変位状況および過去の修繕履歴等を勘案して、3箇所（健全：1箇所、不良：2か所）を調査することとした。なお、過去に繰り返し修繕を実施した箇所を「不良」として定義している。

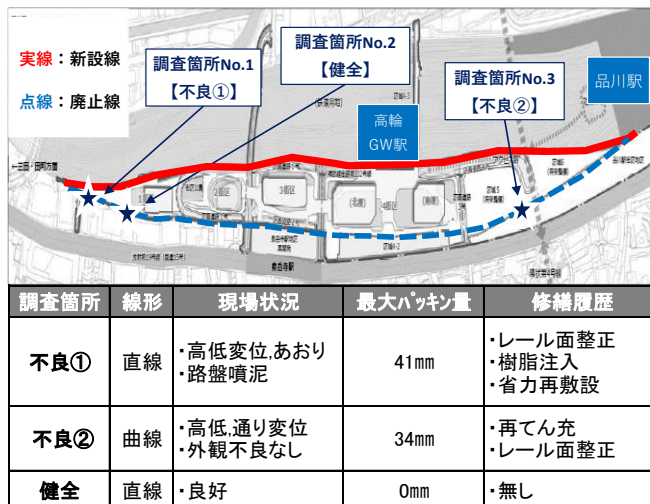


図1 試験実施箇所 概略図

## 3. 試験実施内容および結果

## 3.1 試験実施内容

表1に試験実施内容を示す。線路上からの非破壊試験および省力化軌道撤去による現地試験において、線路下の路盤状況の把握を行った。

表1 試験実施内容

分類	項目	目的
非破壊試験	・軌道支持剛性測定装置(RFWD) ・3次元地中レーダー(3DLレーダー)	線路下の空隙有無 線路上から路盤状況の推定
土質試験	・地盤の平板載荷試験 ・土の1軸圧縮試験 ・土粒子の密度、粒度試験 ・土の含水比試験 ・土の液性塑性限界試験、透水試験	現地の地盤特性 非破壊試験との比較
外観状況	・まくらぎ下及びてん充層下の滞水状況 ・線路直角方向(断面)の不良状況	滞水状況の確認 断面と修繕内容との関係

## 3.2 試験結果

## (1) 非破壊試験

## ① 軌道支持剛性測定装置（以下、RFWD）

既往の知見<sup>3)</sup>によると、バラスト軌道において浮きまくらぎが生じている場合、「軌道ばね係数」が低下し、「応答変位遅延時間」が増加する傾向にあることが分かっており、その知見を元に、RFWD測定で得られる各測定値から、TC型省力化軌道の支持状態の評価について検討した。

図2に測定結果の一例を示す。RFWDで得られた軌道ばね係数および応答変位遅延時間に対して、まくらぎ5本分の移動平均処理を行うことで高低変位に比較的近い波形が得られたが、てん充道床の剛性が高かったため、バラスト軌道と同様の関係性は見られなかった。

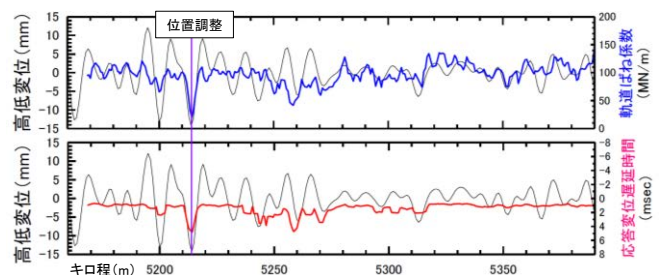


図2 RFWD測定結果（不良①）

キーワード TC型省力化軌道, 軟弱路盤, 3次元地中レーダー, 含水比

連絡先 〒151-8578 東京都渋谷区代々木二丁目2番2号 TEL03-5334-1244

## ② 3次元地中レーダー（以下、3Dレーダー）

3Dレーダーは、電磁波の地下物体からの反射を利用した地下計測法であり、地層中の水分率に変化があるような土壌の地層境界面が判別できるほか、電磁波の伝播速度の変化から含水状態の変化も推定することができる<sup>4)</sup>。それらの特性を活用し、測定を行った結果、以下のことが分かった（図3）。

- a. てん充層下に発生する空隙は些少であることから、空隙を把握することは難しいと考える。
- b. 図3に3Dレーダー測定波形を示す。図中の点線部のように、深さ0.4m程度の路盤面を推定することが出来た。また、図中の矢印のように縦断勾配を把握することにより、勾配の最下点位置における滞水状況を推定することが出来るものと考えられる。
- c. 測定結果から含水比を推定した結果、約35%であり後述の土質試験結果との差が約5%程度であった。

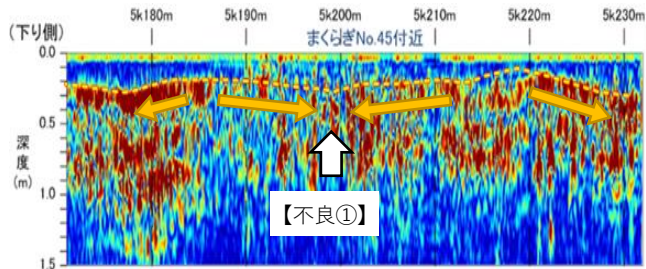


図3 3Dレーダー測定波形（不良①）

## (2) 土質試験および外観状態

表2にRFWD測定による軌道ばね係数、土質試験結果および外観状態を示す。これらの試験結果より、以下のことが分かった。

- ① 平板載荷試験における $K_{30}$ 値は、不良①および健全箇所で $40\text{MN/m}^3$ 程度であり、不良②では $18.4\text{MN/m}^3$ であった。これは既設線に対して敷設を行うTC型省力化軌道における設計思想である $70\text{MN/m}^3$ <sup>5)</sup>を下回る結果であった。
- ② RFWDで得られた軌道ばね係数と $K_{30}$ 値の間に明確な関係は見られなかった。
- ③ 透水係数は一般的に不透水層とされる $1.0 \times 10^8\text{m/s}$ より小さかった。なお、てん充層下はいずれも粘性土であった。
- ④  $K_{30}$ 値は軌道状態の良否に関わらず、低い傾向であったが、軌道状態が不良箇所においては、いずれも路盤面に滞水がみられた（図4）。

表2 RFWD測定結果、土質試験結果および外観状態

調査箇所	軌道ばね係数 (MN/m)	地盤材料	$K_{30}$ 値 (MN/m <sup>3</sup> )	透水係数 (m/s)	含水比 (%)	てん充層下滞水状況	てん充層下碎石厚さ
不良①	左 : 88.3 右 : 97.1 平均 : 92.7	礫まじり砂質粘土	43.0	$2.7 \times 10^{-9}$	40.8	有り	泥土0mm
不良②	左 : 93.4 右 : 97.0 平均 : 95.2	礫まじりシルト	18.4	$7.5 \times 10^{-10}$	86.8	有り	碎石200mm
健全	左 : 89.8 右 : 100.0 平均 : 94.9	礫まじり砂質粘土	44.5	$1.3 \times 10^{-9}$	34.1	無し	泥まじり碎石100mm



図4 TC型省力化軌道不良箇所の滞水状況（左写真：不良①，右写真：不良②）

## 4. 試験結果のまとめ

- (1) RFWD測定結果より、RFWDでTC型省力化軌道下の路盤剛性の評価は難しいと考えられる。
- (2) 3Dレーダー測定結果より、路盤面および縦断勾配の把握が可能であることから、滞水状況を推定できる可能性がある。また、電磁波の伝播速度の変化により、線路上から含水比を推定できる可能性がある。ただし、含水比の推定にあたっては、測定手法の更なる検討が必要である。
- (3) 土質試験結果等より、 $K_{30}$ 値が同等の場合、路盤面の滞水により軌道状態が不良になることが考えられる。

## 5. まとめ

TC型省力化軌道において、局所的に発生する軌道変状に対して、軌道修繕に併せた路盤改良工法の実施に向けて、既設線路下の路盤状態を把握する方法について検討した。その結果、3Dレーダーを用いることで、路盤面の滞水状況を把握できる可能性があることが分かった。

引き続き、測定データの蓄積を行い、実用化を図りたいと考えている。

### 【参考文献】

- 1) 村本勝巳，関根悦夫：鉄道営業線用省力化軌道下の粘性土路盤変状メカニズムとその防止対策，土木学会論文集 F, Vol.62, No.3, 519-530, 2006.8
- 2) 柏木将幸ほか：インターバル式圧力注入工法本線施工箇所の軌道状態について，土木学会第72回学術講演会，2017.9
- 3) 伊藤孝記ほか：FWDを用いた軌道支持剛性に関する基礎的検討，第48回地盤工学会研究発表会，2013.7
- 4) 佐藤源之：地中レーダによる地下イメージング，電子情報通信学会論文誌 C, Vol.J85-C, No.7, 520-530, 2002
- 5) 塙光雄：営業線土路盤上に適用する省力化軌道の研究，東京大学学位論文，2001