

## 道床交換後の徐行速度向上の検討



浅野 航平\*1



江本 学\*2



稲本 耕介\*3

### Study of increasing the operation train speed after the ballast renewal

Kohei ASANO\*1, Manabu EMOTO\*2, and Kosuke INAMOTO\*3

\*1 Researcher, Technical Center, Research and Development Center of JR EAST Group

\*2 Chief Researcher, Technical Center, Research and Development Center of JR EAST Group

\*3 Principal Researcher, Technical Center, Research and Development Center of JR EAST Group

#### Abstract

In the ballasted segments on JR East Shinkansen track, after the ballast renewal work, the operation train speed has been reduced the purpose of preventing for an excess vertical vibration. In this paper, we studied the effect of stabilizing function of tamping machine (UNIMA), and the possibility of increasing the speed limitation.

●**Keywords:** Ballast renewal, Stabilizing the track, UNIMA, Vertical vibration, DEMCS-track

\*1 JR東日本研究開発センター テクニカルセンター 研究員

\*2 JR東日本研究開発センター テクニカルセンター 主幹研究員

\*3 JR東日本研究開発センター テクニカルセンター 上席研究員

## 1. 緒言

JR東日本では、新幹線軌道の道床交換作業後は、初期沈下による列車動揺の発生防止を目的に、翌日の営業速度を160km/h以下に設定している。

当社の新幹線軌道のほとんどは、スラブ軌道や直結軌道であり、道床区間は駅構内や断層横断箇所など限定的で本線延長の約7%程度ではあるものの、更なる高速化や大規模補修などのニーズの高まりから、徐行速度向上による総遅延時分の削減や作業箇所制限の緩和の検討が求められている。そこで、道床交換時に施工後の道床安定化を行うことで、翌日の徐行速度向上を目的に取り組むこととした。

今回は、現行の道床交換作業の改良と、加振機能付き小型MTT（以下：UNIMA）を活用した道床安定化を行い、速度向上に向けての検討を行った取り組みについて紹介する。

## 2. 道床安定化に向けた新施工方法の検討

現在、当社では道床掘削機やバックホーによる道床交換作業後、4頭タイタンパー（以下、4頭TT）によるつき固め作業を行った後に、ランマーによる締固めを行って沈下を促進させることで道床安定化を行っている。しかし、現状どの工程が道床安定化に影響しているかが明確化されておらず、標準化に向けた改良施工には検討の余地がある。

そこで、現行の施工方法の把握・改良を行った上で、UNIMAを活用した更なる道床安定化について検証を行った。

### (1) 現行施工方法の改良検討

施工方法の改良を検討するため、現行の施工工程の中で改善効果が期待できる内容について施工を行い沈下量の測定により改善率を比較した。確認した工法は以下の3工法である（図1）。

#### ① 締固め積層の細分化

道床を2回に分けて投入、投入の都度、マクラギ下面の道床を直接締固めマクラギ支持部の剛性を高くする。

②道床低層域へのつき固め強化

4頭TTのツール長を伸ばし(ロングツールの使用)、つき固め範囲を深くする。

③ランマー締固め範囲の拡大

ランマーによる締固め範囲を軌間外のみから軌間内も行い、道床全体の沈下促進を期待する。

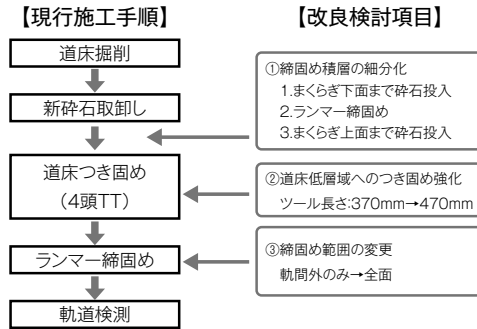


図1 現行施工手順と改良検討項目

測定は、定量的に評価するため、コンクリート路盤に設置したアームに接触式の変位計を設置し、マクラギ端部の変位量を道床交換翌日までの24時間計測した(図2)。

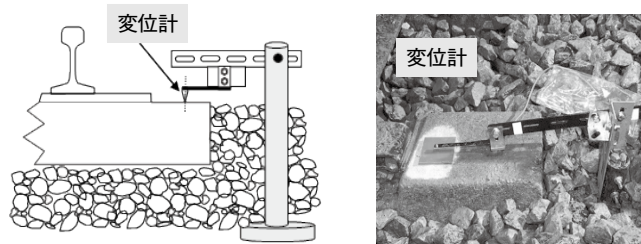


図2 変位計取付方法

3工法の沈下量の改善率を表1に比較する。全ての工法で最終沈下量の結果比較から改善を確認した。しかし、①締固め積層の細分化は、施工労力増の割に効果が小さく、施工効率の面でも課題があるため、「②ロングツールの使用+③全面の締固め」を4頭TT使用時の標準的な改良施工と定めることとした。最も改善率に効果が見られたロングツールの使用については、図3で示すように、路盤付近までつき固め範囲が拡大され十分に沈下を促進することが出来たことが、改善率の向上に繋がったと推定される。

表1 改良施工による改善率

	現行施工方法	改良施工方法	施工翌日沈下量の改善率
	の標準条件	の条件	
①締固め積層の細分化	1層施工 全面締固め、ロングツール	2層施工 全面締固め、ロングツール	5.4%改善
②道床低層域へのつき固め強化	ノーマルツール 1層施工、全面締固め	ロングツール 1層施工、全面締固め	41.5%改善
③ランマー締固め範囲の拡大	軌間外締固め 1層施工、ノーマルツール	全面締固め 1層施工、ノーマルツール	24.8%改善
現行施工-改良施工比較	ノーマルツール 軌間外締固め、1層施工	ロングツール 全面締固め、1層締固め	49.1%改善

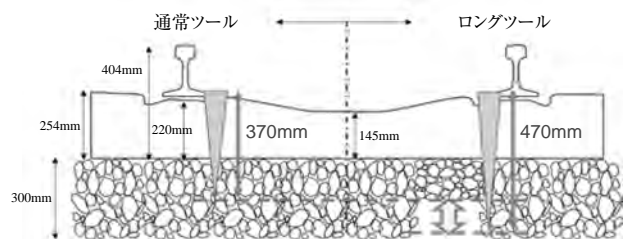


図3 ツール長の差概略図

(2) UNIMA加振による沈下促進

(1)の4頭TT改良工法に加えて、2020年度より運用を開始したUNIMA(図4)による更なる道床安定化についても検証を行った。

UNIMAは、コンパクトタイプの小型MTTであり、タンピング関係の機能に加え、軌きょう加振装置(スタビライザー)が備っており、加振機能を活用した沈下促進について効果を確認する。

UNIMAによる沈下促進工法を検討するために、基地線にて4頭TT改良施工による道床交換を実施後、UNIMAの加振装置のプレロード圧と通過回数を変化させて、通過ごとの沈下量測定を行った(図5)。その結果、加振プレロード圧5MPaでは、2回通過で沈下が収束した。一方、3.4MPaの場合では、3~4回の施工で沈下収束したように見えるが、更に5MPaで加振したところ、

沈下が進んだ。これは、バラスト深部に加振力が届かず、十分な沈下促進が行えていなかったことが要因と考える。また、大きい圧力での加振時に道床交換範囲内の不等沈下が懸念されたが、全区間で一定の沈下量であり問題が無いことを確認できたため、プレロード圧は5MPaとした。通過回数については2回程度で十分に収束が見られたため、5MPaで2回の通過を標準とした。



図4 UNIMA全景

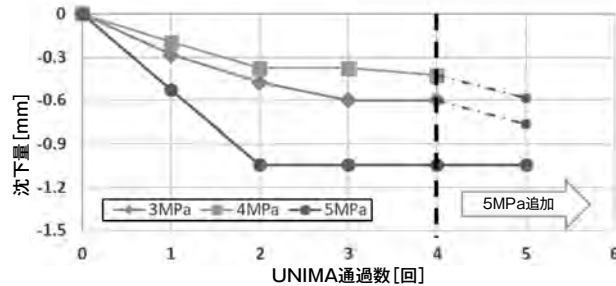


図5 UNIMAプレロード圧毎の沈下量

### (3) 4頭TT改良施工+UNIMA加振の本線試験

これらの結果を踏まえ、従来の施工と「4頭TT改良+UNIMA加振」を活用した施工について、沈下量の推移を確認した(図6)。その結果、加振を行った工法での沈下量は1.0mm程度で概ね収束しており、加振を行うことで十分に道床が安定化していることを確認した。

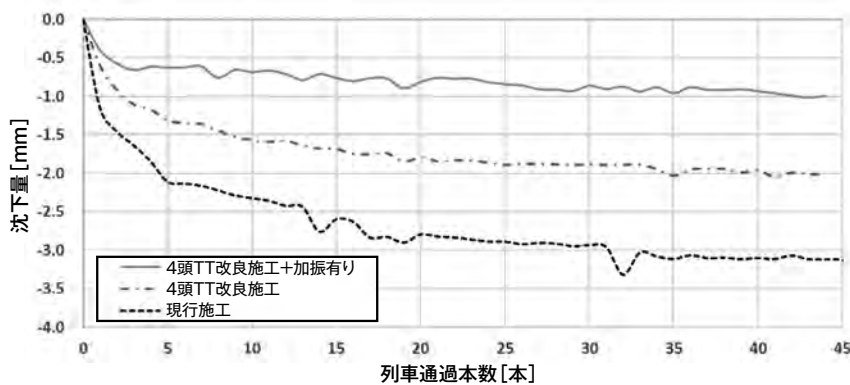


図6 施工方法毎の沈下量推移

## 3. 徐行速度向上の検討

### (1) シミュレーションによる沈下進み解析

速度向上の可否を検討するにあたり、現行の取扱いルールを超えた速度での沈下の挙動を事前に把握するために、シミュレーションを用いて検証することとした。今回は道床交換直後を検討対象としているため、解析モデルは、初期の締固め度や初期沈下過程における間隙の圧縮の再現が求められることから、現象を最も表せると判断した個別要素法による離散体シミュレーション「DEMCS-track」<sup>1)</sup>を用いることとし、鉄道総研によりシミュレーションを実施した(図7)。解析モデルの作成には、道床密度を用いることで施工に準じた道床状態の評価を行うこととした。締固めにおける密度は、既往の研究<sup>2)</sup>により十分締固められた道床バラスト層の道床密度は1.67g/cm<sup>3</sup>、緩い締固め状態で1.50g/cm<sup>3</sup>とされており、モデル A (道床密度 1.67g/cm<sup>3</sup>) モデル B (道床密度 1.60g/cm<sup>3</sup>) モデル C (道床密度 1.50g/cm<sup>3</sup>) の3パターンを作成し、列車走行時の沈下推移を算出した。



図7 離散体モデルの概観

(2) シミュレーションと実測値の沈下量推移

2項の施工方法による道床密度を確認するため、シミュレーションと実測値の沈下量比較を行った(図8)。「4頭TT改良施工+UNIMA加振」は、シミュレーション上の十分に締め固まった状態と同等の沈下量であり、「4頭改良施工でUNIMA加振無し」においても、狙いとしていたシミュレーションとの相関が見られ、改良施工によって道床が十分に締め固まっていることを確認した。また、シミュレーションは実測の沈下曲線と同様の挙動を示しており、シミュレーションが実際の現象をよく表していることを確認した。

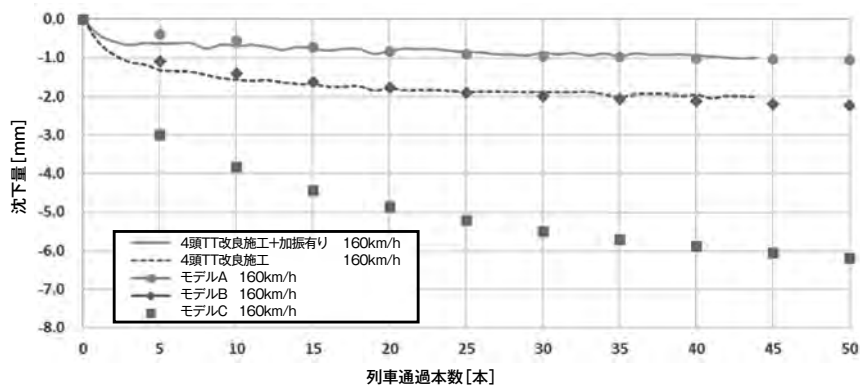


図8 シミュレーションー実測比較

(3) 走行速度差による沈下進みの差(シミュレーション)

今後の速度向上に向けて、走行速度の差が初期沈下に与える影響を検証した。シミュレーションは、十分に締固めた状態を模擬したモデルA(密度1.67g/cm<sup>3</sup>)では走行速度による沈下進みの影響がほとんど表れなかったのに対して、密度が小さくなるほど、走行速度による沈下進みの差が大きくなることを確認した(図9)。実測においても、現行ルール内で110,160km/h走行と、速度差をつけて道床密度の違いによる沈下進みについても、シミュレーションと同様に、密度が高くなるほど沈下量に差が出ないことが分かった(図10)。これによりシミュレーションと実測値には道床密度をパラメータにすることで一定の相関があることを確認し、今後任意の速度をシミュレーションにより検討することが可能になったと考える。

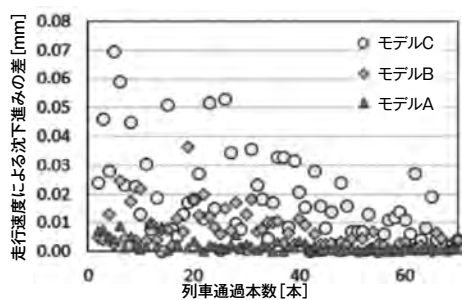


図9 走行速度差によるの沈下進みの差(シミュレーション)

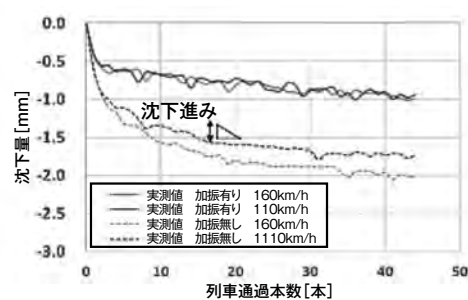


図10 走行速度差によるの沈下量(実測値)

## 4. 結言

改良施工の提案と、今後の徐行速度の速度向上の検討を行えた。徐行速度を向上しての実験が行えない中、シミュレーションを活用して提案が出来る可能性を見出した。今後更なるデータの取得・解析を行い、実測出来ない数値への信頼性を高めていきたい。

### 参考文献

- 1) 河野昭子、松島亘志: 離散体モデルを用いた道床バラスト層の変形挙動解析、鉄道総研報告、第28巻、第12号、pp.41-46、2014.12
- 2) 須長誠、榎本秀明: ラジオアイソトープを用いた道床バラストの密度測定、鉄道総研報告、Vol.6, No.10, 1992