

在来線における高頻度動揺測定を活用した軌道工事の動的検収手法の提案

西日本旅客鉄道（株） 正会員 ○松本 麻美
西日本旅客鉄道（株） 正会員 原田 祐樹
鉄道総合技術研究所 正会員 田中 博文
鉄道総合技術研究所 正会員 西島 悠太

1. はじめに

新幹線における軌道整備後の軌道状態確認は、施工当日の静的な当日検査に加えて、約 10 日に 1 回の頻度で走行している軌道検測車の検測データを用いて動的検収を行っている。一方、在来線における軌道整備後の軌道状態確認は、軌道検測車の検測頻度が年 2～6 回と低いため、施工当日の当日検査と、整備から約 2 週間後に実施する引継ぎ検査で行われている。これらはいずれも人力による静的検測であり、今後の労働力不足のリスク低減、及び保安度向上の観点から、省力化が求められる。そこで本研究では、在来線の営業車で高頻度に測定した列車動揺を用いた軌道整備後の動的検収手法を提案すると共に、その実現可能性について実データを用いて検証した。また、列車動揺を活用した動的検収の実現に向けて、異なる位置情報を持つ軌道検測データ（高低狂い）と営業車による列車動揺データ（上下動揺）を位置合わせし、推移等を定量的に評価可能な状態監視データ分析支援システムを開発した。

2. 動的検収手法の提案

図 1 に、現状の在来線における軌道整備後の軌道状態確認手順を示す。まず、作業当日に当日検査が行われる。これは主として、軌道整備直後の列車の走行安全性を確認するためのものである。その後、約 2 週間経過後に引継ぎ検査が行われる。これは主として、軌道整備後の初期沈下が終了した状態での軌道状態の維持を確認するためのものである。なお、当日検査、引継ぎ検査ともに、基準値を超過すれば再施工となる。

図 2 に、今回提案する列車動揺を活用した動的検収手順を示す。まず、前提として、施工当日の仕上り検

査は、列車の走行安全性を確認するためのものであり、かつ施工と同日に測定可能なため省略しない。次に、軌道整備前後を通じて、高頻度に測定されている列車動揺の推移を分析し、条件付きで引継ぎ検査を実施する。具体的には、当日検査から一定期間内に複数回実施された列車動揺の値が一定の範囲内で推移していれば、軌道状態は維持されていると見なし、これをもって引継ぎ検査の完了とする。一方で、列車動揺の値が、一定の範囲を超えて変化した場合は軌道状態が悪化している可能性があるため、従来通りの人力による引継ぎ検査を実施する。なお、何らかの理由で必要な数量の列車動揺が測定できなかった場合にも、軌道整備後の軌道状態の推移を把握できないため、従来通りの人力による引継ぎ検査が必要となる。

3. 実データによる動的検収手法の検証

図 2 に示した手法の実現可能性を検証するため、表 1 に示す線区において実施された複数の軌道整備の前後に、営業列車で高頻度に列車動揺を測定して各種データの推移を分析した。

表 1 検討した線区の概要

年間通トン	2100 万～2600 万トン		
最高速度	120km/h	単線/複線	複線
貨物列車	走行無し	特急列車	走行有り
平均 P 値	17mm	平均 σ 値	2.4mm

図 3 に、直線区間における軌道整備（むら直し）箇所のデータの推移の例を示す。同図には、軌道整備前後の当日検査および引継ぎ検査時の静的検測の値、列車動揺と営業列車の走行速度、軌道検測車による動的検測の値とその推移を示している。

図 3(a) の場合、軌道整備後の上下動揺は良好に推移している。また、静的検測、動的検測の何れにおいても高低狂いの悪化は見られず、軌道状態が良好に維持されていることがわかる。したがって、このような列車動揺の推移を示す場合は、図 2 に示した動的検収手順が成立すると考えられる。

図 3(b) の場合、上下動揺は、軌道整備の直後から徐々に悪化傾向にある。一方、約 8 週間後に実施された引継ぎ検査、3 ヶ月後に実施された動的検測の結果からも、軌道整備直後に良好化した軌道状態が再び悪化していることがわかる。したがって、このような列車動揺の推移を示す場合は、列車動揺の確認だけでは正確な軌道状態を把握できないため、図 2 に示した動的検収手順

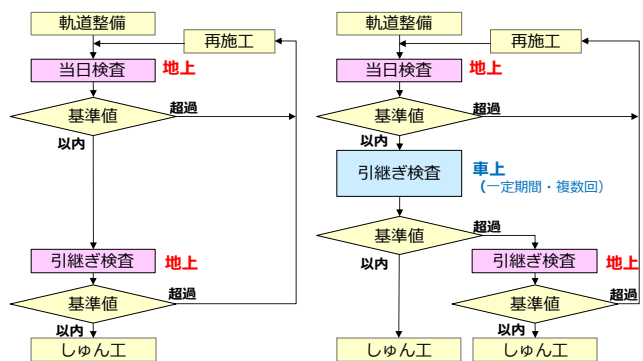


図 1 現状の軌道整備後の軌道状態確認手順

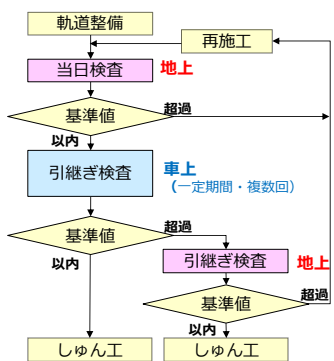


図 2 提案する列車動揺を活用した軌道状態確認手順

キーワード：高頻度、動揺測定、営業列車、軌道工事、引継ぎ検査、動的検収、省力化

連絡先：〒530-8341 大阪市北区芝田 2-4-24 西日本旅客鉄道株式会社 施設部 施設技術室 TEL06-6375-2156

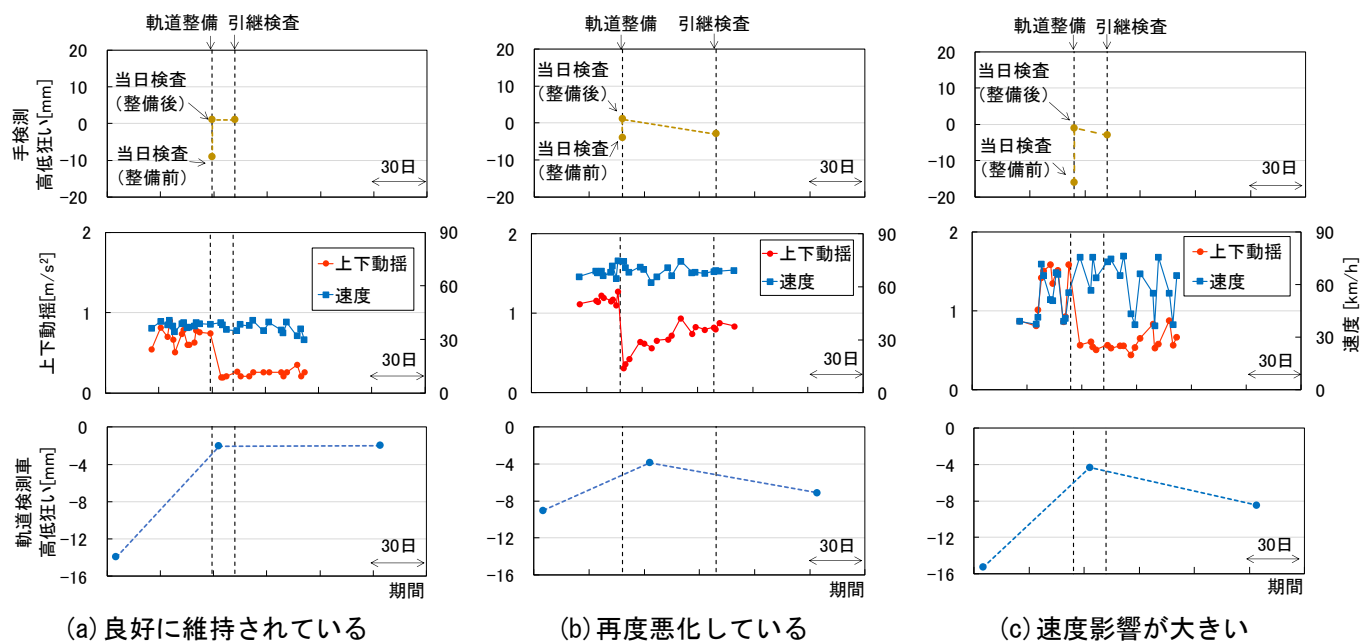


図3 軌道整備（むら直し）箇所データの推移の例

において、従来通りの静的検測による引継検査の実施が必要となる。

図3(c)の場合、軌道整備後の40日間程度の上下動揺は良好に推移しているが、その後の上下動揺に変動がみられる。これは、列車動揺を測定する営業列車の走行速度の影響を受けていると考えられることから、走行速度がばらつく場合は軌道状態の推移を判断しにくいことがわかる。このような列車動揺の推移を示す場合も、列車動揺の確認だけでは正確な軌道状態を把握できないため、従来通りの静的検測による引継検査の実施が必要となる。したがって、図2に示した動的検収手順を実施するには、一定の速度で測定された列車動揺を用いる必要がある。

4. 状態監視データ分析支援システム

動的検収の実用化には、適用条件を満足するだけでなく、異なる位置情報を持つ軌道検測データと列車動揺データを扱うためのシステムの構築が必要である。そこで、高低狂いおよび上下動揺にフィルタ処理を行い、高低狂いを基準波形として、相互相関法を用いた高精度位置補正¹⁾により上下動揺の位置合わせを高精度に行うシステムを開発した。本システムの主要画面を図4に示す。本システムには、上下動揺の推移を定

量的に評価するため、位置合わせを行った軌道検測データおよび列車動揺データの区間統計量が出力可能な機能を付加した。また、データ出力の際は測定速度も出力することで、通常と異なる速度で走行した区間等のデータを分析対象外とすることも可能である。

5. まとめ

本研究で、得られた知見は以下のとおりである。

- (1) 在来線における軌道整備後の軌道状態確認を省力化するために、高頻度に測定された列車動揺を活用した動的検収手法を提案した。本手法は、人力による引継検査の条件付き省略を目指すものである。
- (2) 提案手法の実現可能性を検証するために、在来線で施工された複数の軌道整備の前後において、営業列車で高頻度に列車動揺を測定し、その推移を分析した。その結果、列車動揺の測定速度が概ね一定であり、その条件下で上下動揺が一定範囲内で推移していれば、軌道整備後の軌道状態は良好に推移していると考えられ、提案手法が適用できる可能性があることを確認した。
- (3) 異なる位置情報を持つ軌道検測データ（高低狂い）と営業列車による列車動揺データ（上下動揺）を位置補正し、推移等を定量的に評価可能な状態監視データ分析支援システムを開発した。

なお、今回の検討では、直線区間の高低狂いに係る軌道整備のデータのみを分析した。今後はさらにデータを蓄積し、曲線区間や高低狂い以外に係る軌道整備においてもデータを分析し、列車動揺による動的検収手法の実現性について検証を進めていく予定である。

参考文献

- 1) 田中博文, 他: 高頻度検測データに対応した軌道変位の局所的な急進箇所抽出・予測法, 鉄道総研報告, Vol.31, No.12, pp.41-46, 2017.12

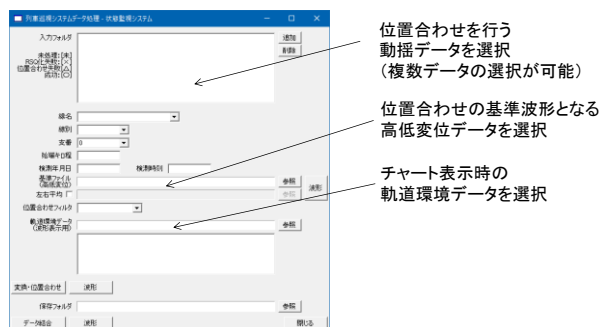


図4 状態監視データ分析支援システム