

# 在来線における MTT 保守とレール削正の組み合わせ施工による 高低変位進み抑制効果の検証

鉄道総合技術研究所 正会員 ○昆野 修平 田中 博文  
三和 雅史 松本 麻美  
四国旅客鉄道株式会社 非会員 森 健矢

## 1. はじめに

MTT 保守とレール削正を同時期に組み合わせることで、保守後の高低変位進みが抑制される効果があることが既往の研究よりわかっている。これは、MTT 保守による高低変位の改善と、レール削正によるレール凹凸の除去に伴って、列車通過時の輪重変動が低減される結果、高低変位進みが減少するものと考えられている。一般に、MTT とレール削正車の運用は独立して計画することが多いが、このような組み合わせ保守による高低変位進みの抑制効果を考慮して削正車と MTT の運用を計画することで、MTT による高低変位保守の周期が延伸され、軌道保守コストを削減することが期待できる。

一方で、組み合わせ保守を扱う既往の研究 [1] は、新幹線を対象としており、在来線における組み合わせ保守の効果は明らかにされていない。そこで、在来線において組み合わせ保守を試験施工し、高低変位進みの抑制効果を検証した。

## 2. 組み合わせ保守の試験施工区間の選定

高低変位の抑制効果を検証するため、組み合わせ保守の効果の発現が期待できる区間を試験施工した。試験施工にあたって、新幹線向けに構築された組み合わせ保守箇所の選定モデル [1] を参考に、在来線向けに選定条件を検討した。表 1 に、在来線向けの選定条件例を示す。

表 2 に、試験施工区間の概要を示す。これらの区間は、同一の線区から、表 1 に示す条件と MTT や削正車の稼

表 1. 在来線向けの組み合わせ保守候補箇所の選定条件例

条件	内容	項目	閾値
1	有道床、分岐器 非介入区間	—	—
2	MTT 投入目安	10m 弦高低変位 標準偏差 (計画期間末予測値)	整備目標値 以上
3	レール削正目安	軸箱加速度(レール凹凸BPF) 標準偏差 (計画期間末予測値)	25 m/s <sup>2</sup> 以上
4	道床等状態 良好区間	5m 弦高低変位 標準偏差	4.0 mm 以下
		5m 弦高低検測差 標準偏差	0.6 mm 以下
		5m 弦高低変位 最大値	7.0 mm 以下

表 2. 試験施工区間の概要

試験区間	レール凹凸 測定の有無	年間通トン	単線/複線	最高速度	施工延長	うち半径600m以下の 円曲線延長	曲線半径	組み合わせ 保守間隔
A	有	630万トン	単線	130 km/h	880 m	345 m	300 m	113 日
225 m					220 m	400 m	124 日	
134 m					64 m	500 m	92 日	
D	無	630万トン	単線		400 m	215 m	300 m	93 日

キーワード： 高低変位進み, レール削正, MTT, 軸箱加速度, 組み合わせ保守

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 軌道管理 TEL 042-573-7277

働状況を考慮して選定した。なお、いずれの区間も、定尺レール区間であり、MTT 保守がレール削正よりも先に行われた。

## 3. レール凹凸の発生状況の調査

表 2 に示した試験施工区間にて、レール削正前後のレール凹凸の発生状況を調査した。レール凹凸の測定では、鉄道総研が開発した「レール凹凸連続測定装置 [2]」を活用した。図 1 に、区間 C におけるレール削正前後のレール凹凸波形を示す。同図に示す波形は、内軌波状摩耗の波長成分を抽出するのに適したバンドパスフィルタ処理（以下、「BPF 処理」という。）を施した。同図より、削正区間において、削正後のレール凹凸振幅が小さくなっていることを確認できる。また、区間 C を含む各試験施工区間においては、大小の程度の差はあるものの、一般的な内軌波状摩耗の波長帯域である 0.16~0.20m 程度のレール凹凸が発生していることを確認した。

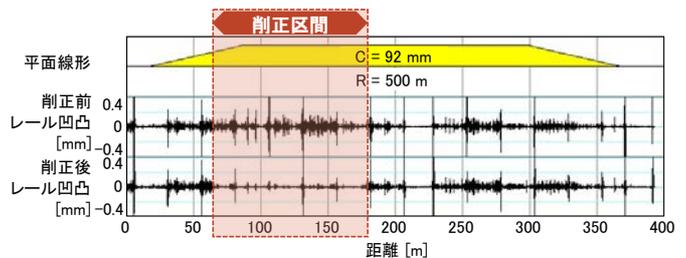


図 1. 削正前後のレール凹凸波形 (区間 C)

## 4. 高低変位進みの抑制効果の検証

図 2 に、区間 D の或る 25m ロットにおける、高低変位および軸箱加速度の  $\sigma$  値の推移を表す。なお、軸箱加速度は、内軌波状摩耗の波長成分を抽出するため、波長 0.035~0.2m で BPF 処理をした。同図より、MTT 保守により高低変位が、レール削正により軸箱加速度が改善されている。MTT 保守のみを施工した場合には、施工前後で高低変位の進みに大きな変化は見られないが、MTT 保守とレール削正を同時期に組み合わせることで施工した場合には、施工後の高低変位進みが施工前と比較して抑制されている。さら

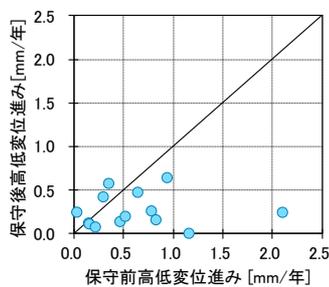


図 3. 組み合わせ保守前後の  
高低変位進みの比較

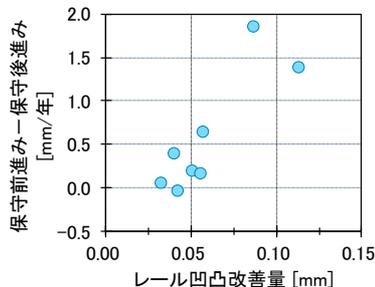


図 4. レール削正の凹凸改善量  
と組み合わせ保守効果の関係

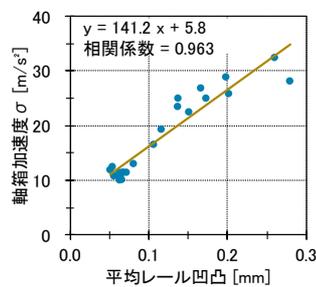


図 5. レール凹凸と軸箱  
加速度の関係

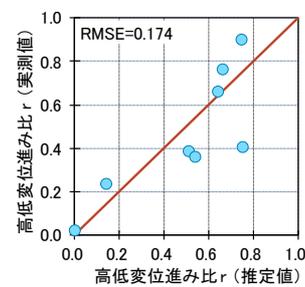


図 6. 高低変位進み  $r$  の  
推定値と実測値の関係

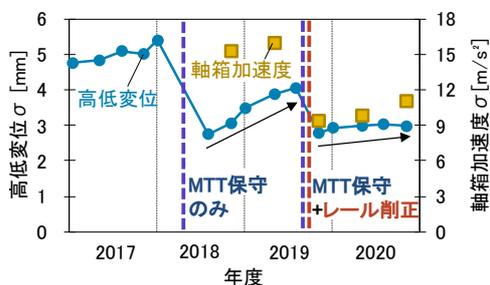


図 2. 区間 D における高低変位と軸箱加速度の推移例

に、このロットでは、組み合わせ保守による高低変位進みの抑制効果は、少なくとも 1 年以上持続している。

図 3 に、試験施工区間における組み合わせ保守前後の高低変位進みを示す。本分析では、高低変位進みにおいて遊間等に伴う継目部の落ち込みの影響が支配的であるようなロットを分析から除くため、5m 弦高低変位の波形を確認し、継目位置に 7mm 以上の落ち込みが発生しているロットを分析から外した。

試験施工区間において、保守前の高低変位進みの平均は 0.62mm/年、保守後の平均は 0.26mm/年であり、組み合わせ保守を施工した区間において高低変位進みが減少する傾向があった。図 3 より、組み合わせ保守前の高低変位進みは最大で 2.0mm/年以上であるが、組み合わせ保守後には最大でも 0.7mm/年以下であり、大きく減少している。これは、組み合わせ保守によってレール凹凸や高低変位に伴う輪重変動が解消されたことで、保守後の高低変位進みを抑制できたものと考えられる。

また、図 4 に、区間 A~C におけるレール削正による凹凸改善量と、組み合わせ保守効果（保守前の高低変位進みと保守後の高低変位進みの差）の関係を示す。同図より、レール削正による凹凸改善量が大きいほど、組み合わせ保守効果が大きくなる傾向がある。このことから、組み合わせ保守により高低変位進みの抑制効果を発揮するには、レール削正による凹凸改善量を大きくすることが重要であると考えられる。

## 5. 軸箱加速度を用いた高低変位進み抑制効果の推定

### 5.1. レール凹凸と軸箱加速度の関係

既往の研究 [3] より、レール凹凸の効率的な把握手法として、軸箱加速度の活用が知られている。本分析の対象線区のレール凹凸を軸箱加速度から推定するため、レール凹凸と軸箱加速度の関係について検証した。

図 5 に、区間 A~C における、レール削正前の平均レール凹凸（レール凹凸波形の標準偏差の  $2\sqrt{2}$  倍）と軸箱加速度  $\sigma$  の関係を示す。軸箱加速度は、レール凹凸の推定に適した台車前軸での測定データを用いた。また、軸箱加速度  $\sigma$  および平均レール凹凸は、内軌波状摩耗を抽出するのに適した波長 0.035~0.2m で BPF 処理し、25m を 1 つのロットとして算出した。同図より、平均レール凹凸と軸箱加速度  $\sigma$  は、相関係数 0.963 と高い相関を示しており、軸箱加速度を用いて平均レール凹凸を推定できることが確認できる。

### 5.2. 組み合わせ保守効果の推定モデル

4 章の分析結果から、組み合わせ保守による高低変位進みの抑制効果には、「レール削正による軸箱加速度の改善量  $\Delta\alpha$ 」と「保守前の高低変位進み  $\Delta\sigma_{\text{before}}$ 」が影響すると仮定し、組み合わせ保守前後の高低変位進み比  $r$ （保守後の高低変位進み / 保守前の高低変位進み）の推定モデルを、回帰分析により、次式の通りに設定した。

$$r = 1 - 0.0205 \Delta\alpha - 0.2682 \Delta\sigma_{\text{before}}, \quad 0 \leq r \leq 1. \quad (1)$$

図 6 に、式 (1) による高低変位進み比  $r$  の推定値と実測値の関係を確認した結果を示す。本モデルの平均平方二乗誤差 (RMSE) は 0.174 であり、本モデルにより、今回分析した線区の高低変位進み比  $r$  は、実用上十分な精度で推定できるものと考えられる。

## 6. まとめ

在来線で組み合わせ保守を試験施工し、新幹線で確認されていた高低変位進みの抑制効果を、在来線でも得られることを確認した。さらに、試験線区における組み合わせ保守による高低変位進み抑制効果の推定モデルを構築した。組み合わせ保守による高低変位進みの抑制効果を考慮して、削正車や MTT を運用することで、軌道変位の保守周期が延伸され、軌道保守コストの削減に効果的と考えられる。

### 参考文献

- [1] 松本麻美, 三和雅史, 吉田尚史, 矢坂健太, 桶谷栄一, 原田祐樹, “レール削正と軌道変位保守の同時期実施を考慮した軌道保守計画,” 鉄道総研報告, Vol.30, No.10, pp. 41-46, 2016.
- [2] 田中博文, 清水惇, “波状摩耗管理のための可搬型レール凹凸連続測定装置の実用化,” 鉄道総研報告, Vol.29, No.8, pp.35-40, 2015.
- [3] 田中博文, 松本麻美, “軌道検測車で測定される軸箱加速度を活用したレール波状摩耗の状態評価と管理手法に関する研究,” 構造工学論文集, Vol.63A, pp.541-549, 2017.