

左右レールを同時測定可能なレール凹凸連続測定装置の開発

鉄道総合技術研究所 正会員 ○梶原 和博 田中 博文
清水 惇 川崎 恭平

1. はじめに

レール波状摩耗（以下、波状摩耗）は、車両の走行に伴いレール頭頂面に生じる規則的な凹凸であり、車両走行時の騒音・振動を助長するため、適切な管理が求められる。著者らは、波状摩耗を片側レールずつ連続測定可能な「レール凹凸連続測定装置¹⁾」（以下、従来型装置）を開発しており、同装置を用いた定期測定により、波状摩耗の進展過程におけるレール凹凸振幅の増加傾向を把握できるようになった²⁾。一方、波状摩耗の発生・進展機構の解明に資すると考えられるレール凹凸の位相の把握手法については、軌道部材の位置を利用した手法³⁾が提案されているが、その適用範囲は限定的であった。

本研究では、レール凹凸測定の効率化および波状摩耗の現象把握の深度化を目的として、左右レールを同時測定可能なレール凹凸連続測定装置（以下、開発装置）を開発した。以下に、開発装置の概要と営業線における測定事例を紹介する。

2. 開発装置の概要

図1に開発装置の概要を示す。開発装置は、左右に測定部を有する可搬型のトロリーであり、従来型装置¹⁾と比較して測定作業の効率化が期待できる。

開発装置の測定機構は、従来型装置¹⁾と同様であり、測定部に不等間隔で配置した4台のレーザー変位センサで偏心矢を構成し、波長27～700mm程度のレール凹凸をレール長手方向に1mmピッチで連続測定する。

開発装置の各測定部は、ロータリーエンコーダーを内蔵した小径車輪をそれぞれ有しており、等距離パルスを用いて左右レール毎に測定距離を算出する。しかし、小径車輪の滑走等により左右レールの測定波形に位置ずれが生じると、波状摩耗の発生位置を把握する上では実用上問題とならないが、左右レールの凹凸の位相関係を把握することが困難となる。

上記の課題に対し、開発装置は軌道部材の位置を検知する基準センサを用いて、レール上の凹凸の位置を同定する機能³⁾を有している。しかし、同機能はまくらぎ直角変位が小さい直結系軌道でのみ有効であった。そこで、本研究では、以降に述べるデータ処理フローにより、左右レールの凹凸波形を距離軸上で同期し、多様な線区で左右レールの凹凸の位相関係を把握する

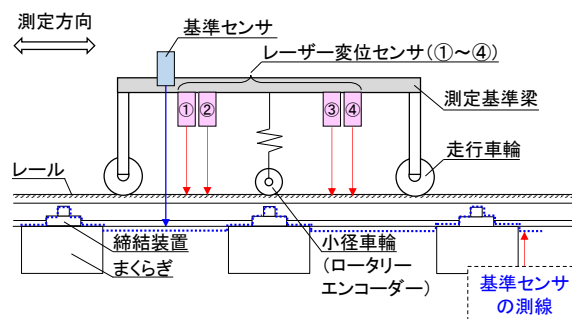
ことを可能とした。

3. 測定データの処理フロー

図2に、測定データの処理フローを示す。同図に示すように、本研究では時間軸データを距離軸データへ変換する際に、一方の測定部の等距離パルスを用いて両測定部の時間軸データを距離化することで、左右レールの凹凸波形を距離軸上で同期させた。その後、距離化されたデータに対して偏心矢演算、復元波形処理、周波数分析処理を行い、レール凹凸波形を算出した。



(a) 外観



(b) 測定部のセンサ配置

図1 開発装置の概要

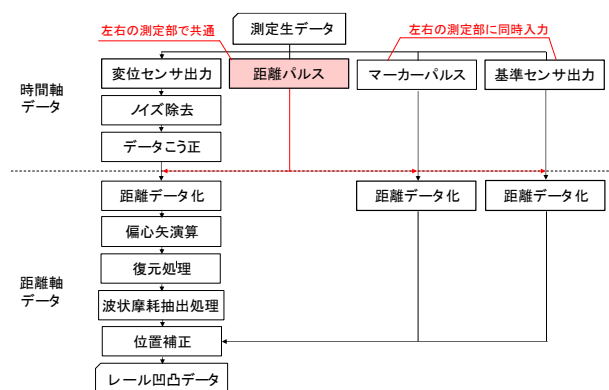


図2 測定データの処理フロー

キーワード：波状摩耗，レール凹凸，測定装置，左右レール，直線，位相関係

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 TEL042-573-7277

4. 営業線における測定事例

本研究では、直線で波状摩耗が生じている営業線において、開発装置を用いてレール凹凸測定を実施した。

測定区間は、年間通トンが約 330 万トンの単線であり、走行車両は 1 種類のみである。軌道構造はバラスト軌道であり、一部に半径 800m の曲線が介在している。

図 3 に、レール凹凸測定結果の例を示す。同図(a)のレール凹凸のパワースペクトル密度(以下、PSD)では、空間周波数 $1.5 \sim 3[1/m]$ (波長 $0.33 \sim 0.67m$) 程度の帯域で明瞭なパワーの増大が見られた。そこで、同図(b)に波長 $200 \sim 700mm$ (以下、長波長) の凹凸を抽出するバンドパスフィルタ処理を行ったレール凹凸波形を示す。同図より、測定区間の直線部では、平均振幅 $0.7mm$ 程度(標準偏差の $2\sqrt{2}$ 倍で算出)の波状摩耗が顕在化していることがわかる。

図 4 および図 5 に、図 3 に示したレール凹凸振幅が異なる 2 区間(区間 A, 区間 B)におけるレール凹凸波形、およびスペクトル解析結果の例を示す。各図に示すように、両区間では、PSD のピークに対応する空間周波数帯域で、左右レールの凹凸のコヒーレンスが 0.8 以上と高くなり、両者に関連性があることが示された。なお、両区間の左右レールの凹凸の位相関係は、空間周波数 $2[1/m]$ 付近で逆位相($\pm \pi \text{ rad}$)に近い関係であった。

5. まとめ

本研究では、左右レールを同時測定可能なレール凹凸連続測定装置を開発した。これにより、レール凹凸測定が効率化されるとともに、多様な軌道構造における左右レールの波状摩耗の位相関係を把握することが可能となった。開発装置を用いて営業線で測定を行っ

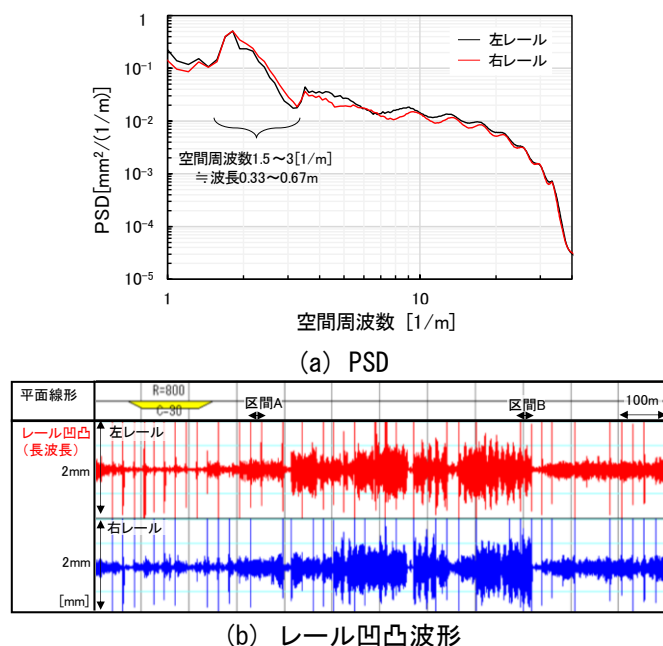


図 3 レール凹凸測定結果の例

た結果、直線の左右レールに生じた波状摩耗に位相関係があることが示唆された。今後は、開発装置を実用化するとともに、多様な線区において左右レールの凹凸の位相関係を調査し、波状摩耗の発生・進展機構の要因を検討する予定である。

参考文献

- 1) 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.
- 2) 田中博文, 三和雅史: レール波状摩耗の定期測定による凹凸進みモデルの検証, 日本機械学会 2017 年度年次大会, No. G1800204, 2017.
- 3) 梶原和博, 田中博文: レール凹凸連続測定装置への位置同定機能の追加, 第 25 回鉄道技術連合シンポジウム (J-RAIL2018), No. 3205, 2018.

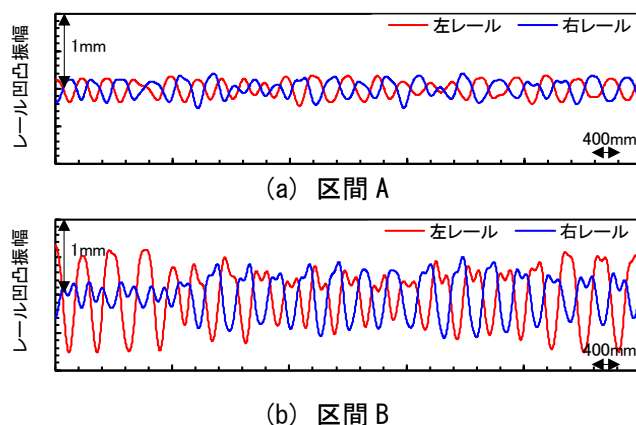


図 4 レール凹凸波形

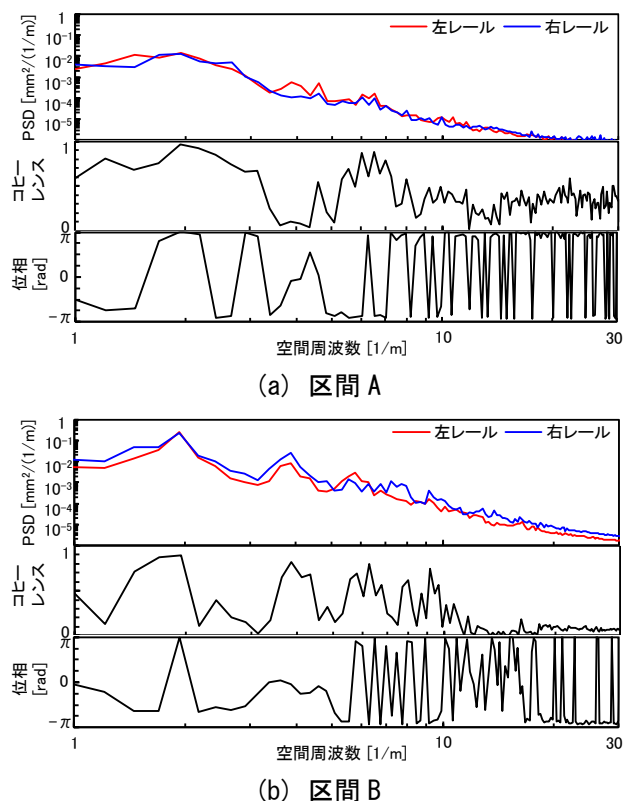


図 5 スペクトル解析結果