

軌道検測車で測定された軸箱加速度によるレール凹凸評価の適用条件に関する検討

鉄道総合技術研究所 正会員 ○松本 麻美 田中 博文
西日本旅客鉄道株式会社 正会員 原田 祐樹 桶谷 栄一

1. はじめに

軸箱加速度による軌道状態モニタリングは、既往の研究で適用可能性が示されており、新幹線ではレール凹凸評価に活用されている。しかし、在来線では、レール凹凸評価や道床状態の評価等への適用が検討されているものの、通常の軌道保守に有効活用されるには至っていない。そこで本研究では、軌道検測車で定期的に測定されている軸箱加速度を用いたレール凹凸評価への適用条件を明確化することを目的として、軸箱加速度の測定軸および測定速度の影響について分析した。

2. 調査概要と分析方法

軸箱加速度とレール凹凸の関係を検証するため、年間通トン約 400 万トンの単線区間で現地調査を実施した。調査延長は 6km で、そのうち半径 600m 以下の曲線（左 6 曲線、右 6 曲線）を分析対象とした。また、分析対象における軌道検測車の走行速度は 40km/h から 70km/h の範囲内であった。表 1 に調査項目および分析内容を、表 2 にレール凹凸を評価するためのレール凹凸連続測定装置¹⁾および軸箱加速度を処理した際のバンドパスフィルタ（以下「BPF」という。）帯域の一覧を示す。BPF 帯域は、現地で確認したレール状態および一般的な波状摩耗の波長から設定した。区間統計量を算定する際のロット長は 25m とした。また平均レール凹凸は、波状摩耗のレール凹凸を正弦波と仮定し、25m ロットの標準偏差に $2\sqrt{2}$ を乗じて算出した。

表 1 調査項目および分析内容

調査項目	分析内容
レール凹凸連続測定装置	レール凹凸
目視	レール凹凸等の確認
軌道検測車	上り検測（軸箱後軸） 下り検測（軸箱前軸）

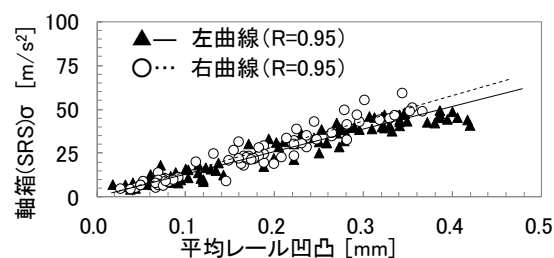
表 2 軸箱加速度の BPF 帯域一覧

評価項目	主な評価項目（略名）	BPF 帯域
レール凹凸	内軌波状摩耗（SRS）	0.035-0.20m
	外軌・直線波状摩耗（SRL）	0.20-0.45m

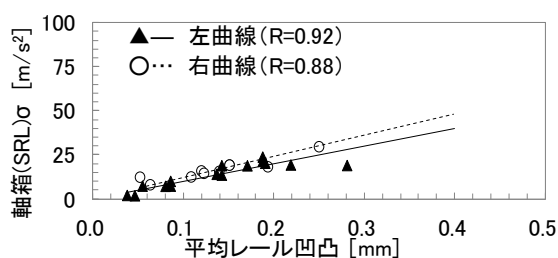
3. レール凹凸評価

(1) 内軌波状摩耗と外軌波状摩耗の検出

レール凹凸については、波状摩耗が発生する場所を考慮して、内軌波状摩耗はレール頭頂面中央を測定し、外軌波状摩耗が発生している一部区間についてはゲージコーナ部を測定した。図 2 に、曲線区間の内軌および外軌の平均レール凹凸と、それぞれの波状摩耗の波長に応じた BPF 処理を行った軸箱加速度（前軸）との関係を示す。図 2(a)においては左右曲線ともに内軌側の測定結果を抽出し、図 2(b)においては外軌側の測定結果を抽出した。同図より、波状摩耗に起因するレール凹凸は軸箱加速度との相関が高く、軸箱加速度によって内外軌ともに波状摩耗の大きさ（波高）を評価できることを確認した。



(a) 内軌・前軸測定



(b) 外軌・前軸測定

図 2 軸箱加速度と平均レール凹凸の関係

(2) 軸箱加速度の前軸測定と後軸測定の相違

図 3 に、軌道検測車の軸箱加速度センサの設置位置を示す。今回調査した線区においては、軌道検測車が上り検測の場合は後軸、下り検測の場合は前軸で軸箱加速度が測定されている。

図 4 に、内軌波状摩耗が発生している半径 300m

キーワード 軸箱加速度、レール凹凸、波状摩耗、軌道検測車、測定軸

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 軌道技術研究部 TEL042-573-7278

の曲線における軸箱加速度のパワースペクトル (PSD) の例を示す。前軸、後軸ともに空間周波数 6 [1/m] 程度 (波長 0.17m 程度) の帯域にピークが見られるが、後軸と比べて前軸のほうがパワーが大きい。また図 5 に、後軸で測定した軸箱加速度と平均レール凹凸の関係を示す。図 2(a)と同様に左右曲線とともに内軌側の測定結果を抽出した。同図より、後軸で測定した結果は、前軸で測定した結果と比較して、ばらつきは大きかった。これは、レールと車輪の接触位置が前軸と後軸で異なっており、前軸に比べて後軸は内軌波状摩耗が発生しているレール頭頂面中央から少し外れた位置で接触しているためであると考えられる。これらの結果より、レール凹凸評価には前軸で測定した軸箱加速度を用いた方が検出精度は高くなると考えられる。

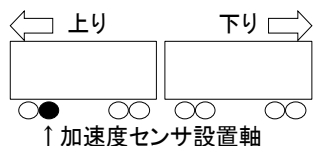


図3 軌道検測車の軸箱加速度センサ設置位置

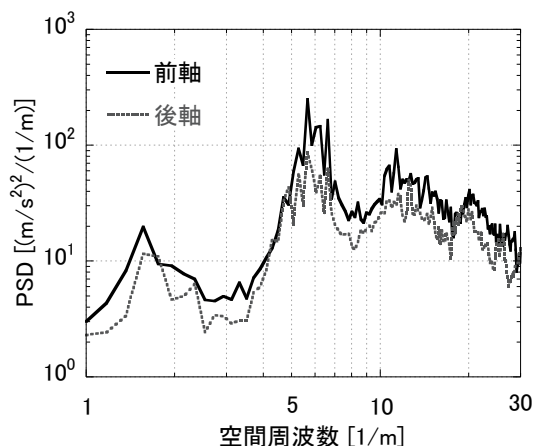
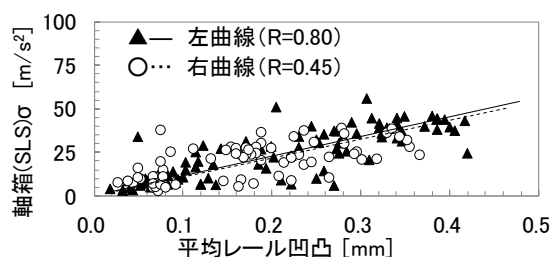


図4 軸箱加速度のパワースペクトルの例



(内軌・後軸測定)

図5 軸箱加速度と平均レール凹凸の関係

(3) 軸箱加速度の測定速度による検出精度

図 6 に、軌道検測車の走行速度別に分類した軸箱加速度と平均レール凹凸の関係を示す。同図より、曲線部を 40km/h から 70km/h の範囲内で走行して

いる場合、両者の関係には大きな差はないことがわかった。また、図 7 に、軸箱加速度をレール凹凸で正規化した値と測定速度の関係を、レール凹凸の大小別に示す。この結果からも、曲線部を上述の速度で走行している場合、両者の関係に軸箱加速度の測定速度による顕著な差は確認されず、またレール凹凸が大きいほど検出誤差が小さくなることがわかった。

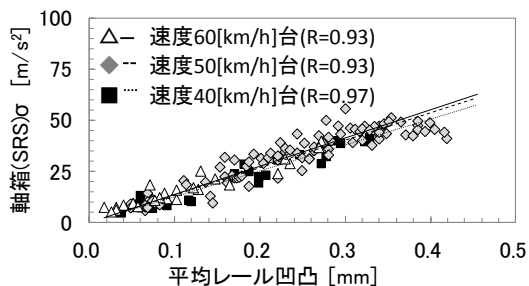
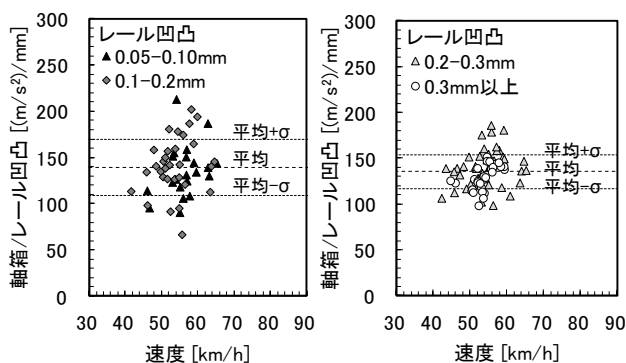


図6 速度別軸箱加速度と平均レール凹凸の関係



(a) レール凹凸小

(b) レール凹凸大

図7 速度と軸箱加速度/レール凹凸との比較

4. まとめ

軌道検測車で測定された軸箱加速度にレール凹凸の波長に応じた BPF 処理をすることでレール波状摩耗を把握できることを確認した。なお、軸箱加速度を後軸で測定した時は、前軸で測定した時と比べてデータのばらつきが大きくなることから、レール凹凸評価には前軸で測定した軸箱加速度を用いた方が検出精度は高くなると考えられる。また、軸箱加速度の測定速度による顕著な差は確認されず、レール凹凸が大きいほど検出誤差が小さくなった。

今後は、現地確認の結果や床下画像を用いて検討を進め、道床状態の評価等を含めて軸箱加速度を活用できる範囲を明確にする予定である。

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.