

山陽新幹線における軸箱加速度・レール凹凸一元管理システムの開発

西日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○原田 祐樹
西日本旅客鉄道株式会社 正会員 片岡 武

1. はじめに

山陽新幹線では、レール探傷車に搭載した新型レール凹凸測定器（以下、凹凸測定器）を平成23年に導入し、全線におけるレール頭頂面凹凸（以下、レール凹凸）の測定データが入手可能となった。このレール凹凸と上下軸箱振動加速度（以下、軸箱加速度）の処理システムをLABOCSにより開発し、一元管理を可能にすることで、軸箱加速度とレール凹凸との関連性を把握し、効率的なレール頭頂面管理に活用することを目指す。

2. 一元管理システムの概要

軸箱加速度とレール凹凸の一元管理を行うシステム（以下、一元管理システム）に必要な機能を次の3点とした。この機能を実現するために、軸箱加速度とレール凹凸の各処理システムを開発したうえで、一元管理システムの開発を行った。

- 1) 軸箱加速度とレール凹凸の著大値を抽出できる
- 2) 軸箱加速度とレール凹凸の区間代表値を同時にグラフ表示できる（一覧表示）
- 3) 任意の位置の波形が確認できる（詳細表示）

3. 軸箱加速度処理システムの開発

電気・軌道総合試験車4号車で採取した軸箱加速度データについて処理を行う。300Hzローパスフィルタ（以下、LPF）、30HzLPFの2種類のフィルタ処理に加え、レール溶接部の落込みに多いとされる10cm程度の短い波長成分¹⁾を検出できるよう900HzLPF処理についても実施することとした。

4. レール凹凸処理システムの開発

(1) 凹凸測定の復元波形

凹凸測定器は、レール探傷車の測定台車に搭載した左右・前後の4箇所のレール凹凸センサー部（図-1）から成り、センサー部の中にある2個のレーザー変位計により、25mm間隔の差分値を1mm間隔で測定している²⁾。

測定データからレール頭頂面形状を復元するために、逆フーリエ変換を用いている。復元波形を作成するう

えで、20cm弦の精度や計算速度などを考慮して基本波長は1024mmとし、軸箱加速度で検出できる波長を考慮し、管理上必要な波長帯域を30mm以上とした。



図-1 レール凹凸測定装置

(2) 出力データ

出力データとしては、当社の標準に定められた20cm弦の凹量（以下、20cm弦凹量）とする。20cm弦凹量は復元波形に対して20cm弦を引き、復元波形と20cm弦との差の最大値を1mm間隔で算出している。

(3) 整合性の確認

20cm弦凹量の出力データと実測値との整合性を確認するために、現場で測定した1mストレッチ20cm弦凹量の最大値との比較を行った。実測値との乖離は0.04mm以内に収まっており、同程度の検測値であった。

5. 一元管理システムによる検証

走行安全性や材料保守の観点から、輪重変動をできる限り抑制することが望ましい。輪重変動は軸箱加速度と相関があり、軸箱加速度はレール凹凸の影響を受ける³⁾。そこで輪重変動抑制を目的として効率的にレール凹凸を整備するため、作成した一元管理システムを使用してレール凹凸と軸箱加速度の関係を調べた。

(1) レール凹凸とLPF軸箱加速度の関係

バラスト軌道区間（延長26km）におけるレール凹凸と300HzLPFの軸箱加速度の関係を調べた。調査方法は、軸箱加速度が4g以上の箇所を抽出し、その軸箱加速度値と前後5m区間における20cm弦凹量の最大値との関係を調べることにした。結果を図-2に示す。

全体としては、はっきりとした相関が見られなかったため、図-2の分布をレール凹凸と軸箱加速度に相関が見られる箇所（図-2緑点線内、以下パターン1）、軸箱

キーワード レール頭頂面凹凸、軸箱加速度

連絡先 〒530-8341 大阪府大阪市芝田2-4-24 西日本旅客鉄道株式会社 鉄道本部 施設部 TEL 06-6375-2296

加速度が大きく、レール凹凸が小さな箇所(図-2紫点線内、以下パターン2)、及びレール凹凸が大きく、軸箱加速度が小さな箇所(図-2黄点線内、以下パターン3)の3つに分類して波形の確認を行った。

パターン1該当箇所ではレール凹凸が大きく検出されている箇所において、300HzLPFの軸箱加速度も大きな値が検出されており、レール凹凸によって軸箱加速度が発生していることが確認できた(図-3)。

次にパターン2該当箇所では高低5m弦や30HzLPFの軸箱加速度が大きく検出されていた。このことから、レール凹凸と比較して波長の長い軌道狂いの影響を大きく受け、300HzLPFの軸箱加速度が大きくなっていると考えられる。

パターン3該当箇所ではレール頭頂面の復元波形を確認すると波長30mm程度の短い波長帯域の狂いが大きくなっていた。このことから、300HzLPFの軸箱加速度では、この短波長のレール凹凸を検出できなかった可能性が考えられる。

軸箱加速度を900HzLPFにした場合においても、傾向に大きな変化はなかった。

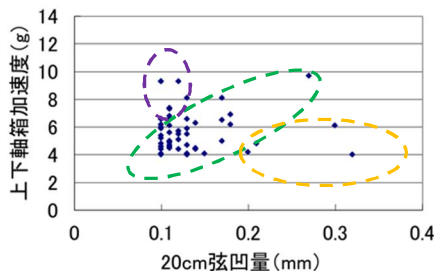


図-2 レール凹凸と300HzLPF軸箱加速度の関係

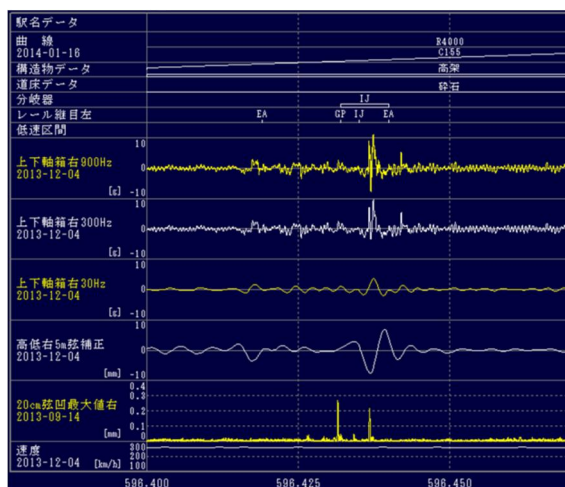


図-3 パターン1該当箇所における波形の例
(2) レール凹凸とBPF軸箱加速度の関係

LPF処理の軸箱加速度を使用した場合、レール凹凸と軸箱加速度のはっきりとした相関は得られなかった。そこで軌道狂いの波長の長い領域の影響を取り除く

ため、200Hz-900Hzバンドパスフィルタ(以下、BPF)軸箱加速度と、レール凹凸との関係を調べた。

5.(1)と同じ区間から軸箱加速度が2g以上の箇所を抽出し、その軸箱加速度値と前後5m区間における20cm弦凹量の最大値との関係を調べた。結果を図-4に示す。

LPF処理の結果と比較して、レール凹凸と軸箱加速度の間に高い相関が見られる。20cm弦凹量がある程度大きな範囲では、レール凹凸は高周波成分の軸箱加速度に対して大きく影響を与えていることが確認できた。

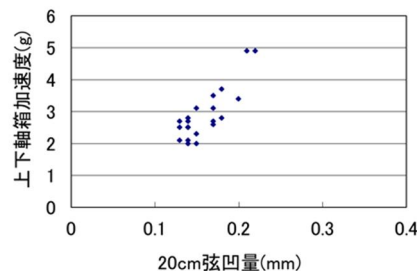


図-4 レール凹凸と200Hz-900HzBPF軸箱加速度の関係
(3) 適用する軸箱加速度の周波数帯域

BPF処理の軸箱加速度については、レール凹凸と軸箱加速度の間に高い相関がみられたため、レール凹凸と軸箱加速度の関係を導く必要がある場合には活用できると考えられる。

ただし、輪重変動と軸箱加速度の関係を考えた場合、輪重変動と相関が高いのはLPF処理の軸箱加速度であると考えられる。また300HzLPFと900HzLPFでは大きな差がない結果となったことから、輪重変動の管理の観点からは300HzLPFの軸箱加速度で管理を行えば実用上問題ないと考えられる。

6. まとめ

レール凹凸と軸箱加速度の一元管理システムをLABOCSにより作成し、両者の関係を調べた。その結果、輪重変動の把握には300HzLPF軸箱加速度が、レール凹凸との関係の把握には200Hz-900Hz程度のBPFが良いことを確認した。

今後はシステムの詳細部を完成させた後、レール頭頂面管理のツールとして役立てながら、得られたデータを基にレール凹凸と軸箱加速度の分析を進めたい。

参考文献

- 1) 須永陽一他：高速新幹線における短波長軌道狂いの検出法，鉄道総研報告，1999.5
- 2) 重永三郎他：山陽新幹線における新型レール凹凸測定器導入について，土木学会第67回年次学術講演会，2012.9
- 3) 須永陽一他：軸箱加速度を活用した短波長軌道狂いの管理手法，鉄道総研報告，1995.2