

## 列車通過時にレール開口部に発生する軸箱振動加速度の特徴

鉄道総合技術研究所 正会員 ○相澤宏行  
 鉄道総合技術研究所 正会員 細田充  
 鉄道総合技術研究所 正会員 山本隆一

## 1. はじめに

列車の位置検知のための軌道回路はインピーダンスボンド等の地上設備のメンテナンスに高いコストを必要とするため、コスト削減のために無線式列車制御 (CBTC) による軌道回路を用いない信号システムの導入が進んでいる。一方、軌道回路はレール破断検知にも利用されており、CBTC の導入のためには軌道回路に依らないレール破断検知手法が求められる。このような中、車両や軌道の挙動の変化からレール破断を検知できないか検討を進めている。本稿では、車両の軸箱振動加速度 (上下方向成分) を対象に、車両がレール開口部を通過する際に発生する特徴を調査した結果について述べる。

2. レール開口部列車走行試験<sup>1)</sup>

試験は鉄道総合技術研究所内の構内試験線にて行われた。曲率半径 160m の曲線部にて、外軌側 25m の区間に 12.5m レール 2 本をそれぞれ片側継目締結し、レールの間に図 1 に示すように、レール破断部の模擬箇所として開口部を設けた。開口量は図 2 の通り 70mm, 100mm, 130mm に設定した。まくらぎ間隔は 658mm である。試験車両は継目部および開口部の上を 10km/h, 20km/h, 30km/h と 3 種類の速度で走行した。試験車両の第 1 軸の外軌軸箱に加速度計を設置してあり、この加速度計で得られた上下方向の軸箱振動加速度について周波数解析を実施する。サンプリングレートは 10000Hz である。

## 3. 周波数解析と結果

まず、得られた軸箱振動加速度波形に対して離散フーリエ変換を施し、その振幅スペクトルを得た。次に、レール継目部、中間部、開口部それぞれの振幅スペクトルを比較し、開口部にのみ含まれる周波数成分を探索した。さらに、振動波形を、開口部にのみ含まれる周波数成分を含む周波数帯のバンドパスフィルターで濾波した。

振幅スペクトルの比較から、継目部および中間部と異なり、開口部通過時の軸箱振動加速度には 0.001 ~ 30Hz の周波数成分が含まれていることが分かった。また、この周波数帯を帯域とするバンドパスフィルターを振動波形に適用すると、開口部のみでピークが現れた。用いたのは有限インパルス応答 (FIR) フィルターである。フィルターの周波数特性を図 3 に示す。なお、0.001Hz の振動は力学的に意味を持たないため、遮断周波数 30Hz のローパスフィルターを作用させていることと等価である。例として走行速度 20km/h および 30km/h, 開口量 130mm の場合の軸箱振動加速度波形と帯域 0.001 ~ 30Hz のバンドパスフィルターで濾波した後の軸箱振動加速度波形を図 4, 走行速度 20km/h および 30km/h, 開口量 130mm の時の継目部、開口部の振幅スペクトルの比較を図 5 に示す。

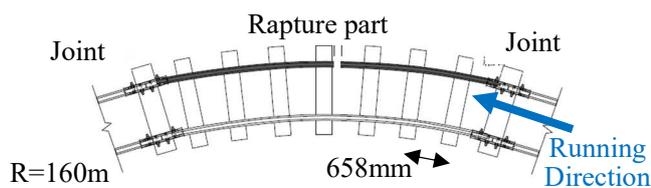


図 1 レール開口部の設置箇所

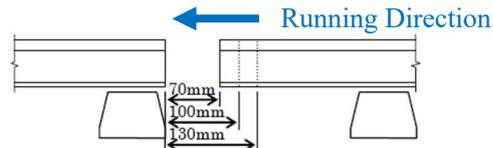


図 2 レール開口部の状況

キーワード レール破断検知、軸箱振動加速度、周波数解析

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 TEL 042-573-7272

4. 考察

0.001 ~ 30Hz のバンドパスフィルターを作用させた時、継目部や中間部と異なり開口部においてのみ顕著なピークが立つことは、列車が開口部を走行した際に軸箱振動加速度が応答する特有のモードが 30Hz より低い周波数帯に存在することを意味する。この理由について、レールの力学的な支持状態の観点から考察する。レール中間部においてレールは連続梁のようにまくらぎで連続的に支持されている。一方、開口部においてはレールが不連続になることでレールが片持ち梁のように支持されることになる。

その結果、開口部ではレールと路盤が受け持つ車輪の支持剛性が小さくなると考えられる。継目部も開口部と同様にレール自体は不連続であるが、継目板でレール同士が結合されているため、局所的な車輪の支持剛性は開口部に比べて大きい。開口部通過時に特有な振動モードが励起されるイメージを図 6 に示す。このような励起源から発生する振動により、軌道と車両の連成振動が生じ、図 5 のような振幅スペクトルが得られると推測される。なお、この振動モードは通常の軌道を走行する際に現れる振動に重畳すると考えられる。

ただし、走行速度が高くなったときにも同様の結果が得られるか今後検討する必要がある。また、実際の営業線では、レール傷や凹凸または浮きまくらぎや継目落ち等があり、それら箇所を列車が走行した場合に今回対象とした周波数帯域と近い応答特性が得られる可能性がある。今後、営業線のデータを利用し、そういった箇所をレール開口部と区別できるか検討する予定である。

5. まとめ

列車がレール破断部を想定した開口部を通過した際の軸箱振動加速度（上下方向成分）の周波数分析を行った。結果、継目部や中間部には見られない 30Hz 以下の振動成分が含まれる可能性があることが分かった。

参考文献

1) 西宮裕騎, 平出壮司, 片岡宏夫 (2014) 「試験線におけるレール開口部走行試験」, 第 21 回鉄道技術・政策連合シンポジウム (J-RAIL2014), S2-1-3.

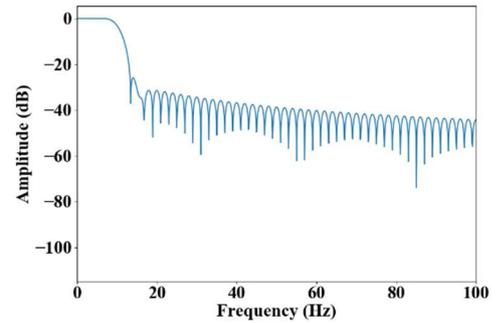
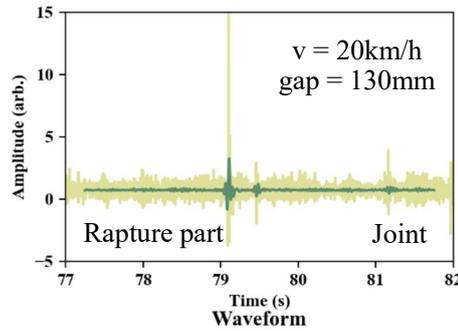
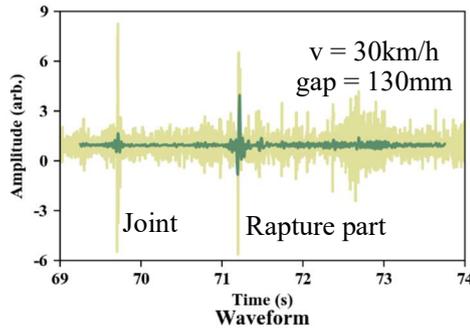


図 3 フィルターの特性

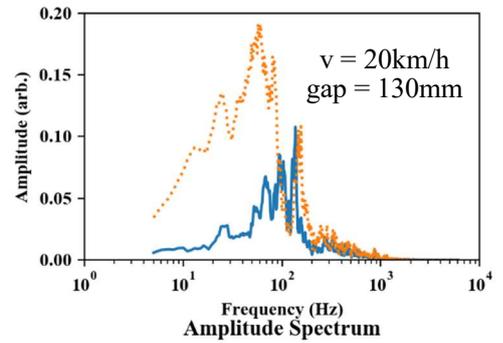


(a) 速度 20km/h, 開口量 130mm

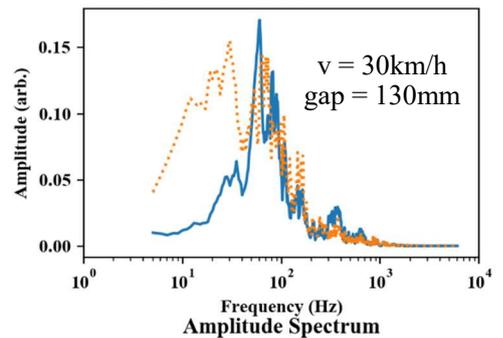


(b) 速度 30km/h, 開口量 130mm

図 4 振動波形と濾波後波形



(a) 速度 20km/h, 開口量 130mm



(b) 速度 30km/h, 開口量 130mm

図 5 振幅スペクトル (実線:継目部, 破線:開口部)

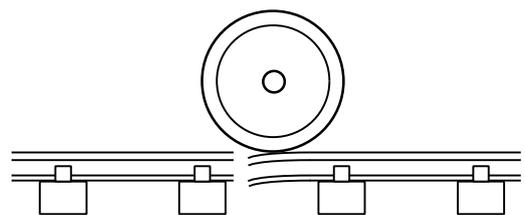


図 6 開口部通過時に特有な振動モードが励起されるイメージ