

軸箱上下加速度によるローカル線の軌道状態評価法の検討

(公財)鉄道総合技術研究所 正会員 ○坪川 洋友

(公財)鉄道総合技術研究所 正会員 水野 真敏

北海道旅客鉄道(株) 中 祐介

1. はじめに

在来線ローカル線の線路検査に要する労力の軽減を目的として、軸箱上下加速度を用いたレール頭頂面の凹凸や道床の状態監視法が提案されている¹⁾。しかしながら、ローカル線は単線であることが多く、また列車組成の変化が多いため、進行方向、編成両数、連結位置によって測定台車位置が変わる影響を把握する必要がある。本稿では、軸箱上下加速度を用いたローカル線の軌道状態評価法について、実測データにより検討した結果を報告する。

2. 測定概要および軌道条件

測定には一般型気動車の営業列車を用い、1つの台車の前後軸箱に加速度センサを設置して、軸箱上下加速度データをサンプリング周波数2kHzでデータレコーダに収録した。また、列車の走行速度および位置情報を補完するために、GPS速度、車体ヨー角速度を同時に収録した。測定試験は、非電化単線で年間通過トン数が約100万トンの線区で行った。試験線区の主たる軌道構造は50kgNレール、普通継目、木まくらぎ(37~41本/25m)で、道床は採石、道床厚は200~250mm、締結装置はF形タイププレートもしくは犬くぎである。

加速度センサを1台車のみに設置した測定であるため、進行方向に応じて加速度センサを設置した台車の編成内の位置関係が変化する。そこで、この位置の変化が軸箱上下加速度および前軸と後軸の測定値の差(以下、「軸差」という。)に与える影響について、同日に直線区間の継目部で測定された上りと下りの加速度データを用いて検証を行った。本測定での加速度センサおよび設置台車の位置を表1に示す。表中の「2両(A)」は共に列車編成の端部台車にセンサを設置した場合、「2両(B)」は編成中間の台車にセンサを設置した場合である。本稿での軸の名称は、下り方向の前軸を①軸、後軸を②軸とする。

3. 軌道状態と軸箱上下加速度の関係

(1)道床劣化・浮きまくらぎ

道床劣化・浮きまくらぎを検出するため、軸差のデータに対して、軸距(2.1m)と浮きまくらぎが1本の場合を考慮して通過帯域0.5m~2.5mのバンドパスフィルタ(以下、「BPF」という)処理を行った¹⁾。

まず、進行方向によって生じる差異について、上下走行時において同一箇所でも測定された、2両(A)と2両(B)における軸差の比較を図1に示す。いずれの編成の場合にも、上下走行時のデータ間にばらつきが見られるが、相関係数は2両(A)が0.364、2両(B)が0.416とその差は小さい。次に、図2に下りと上りのデータで最も大きな乖離がみられた箇所の波形を示す。下り測定では後軸の②軸は上り測定で前軸だった①軸と挙動が似ており、また、前軸である①軸が一侧に大きな振幅を示しているため軸差が一侧に大きな振幅となり、上り測定時の軸差と大きく異なる結果となった。この箇所は近傍に踏切が

表1 加速度センサの位置に応じた測定値比較の組み合わせ

編成	上り	下り	番号
2両(A)			A-1-1
			A-2-2
			A-1-2
			A-2-1
2両(B)			B-1-1
			B-2-2
			B-1-2
			B-2-1

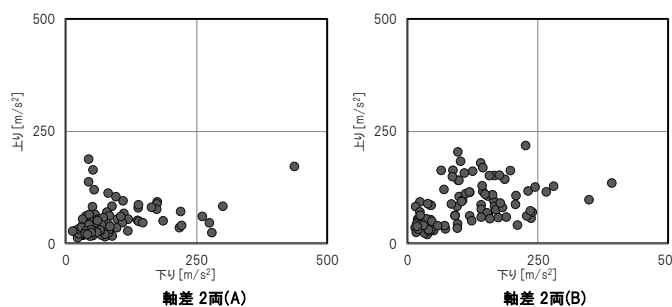


図1 進行方向による軸差の関係

キーワード 軸箱上下加速度、軸差、道床劣化・浮きまくらぎ、バッテリー、継目落ち

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 軌道管理研究室 TEL(042)573-7278

あったことから、踏切で励起された変動(振動)の過渡応答が軸箱上下加速度の波形に大きく影響したと考えられる。

以上のことから、軸差による道床不良・浮きまくらぎ箇所の検出法は有効であると考えられるが、特に構造物等が近傍に介在する場合、上下走行時の軸差データ間において差異が生じる可能性がある点に留意する必要がある。

(2) バッター

バッテリーの波長は数十 cm 以下であることから、軸箱上下加速度に波長 0.2m のハイパスフィル処理を行って分析した。バッテリーが確認された箇所の軸箱上下加速度の波形を図3に示す。前軸、後軸ともバッテリーの付近において最大で 300m/s^2 程度の値であった。次に、表2を見ると、進行方向、台車位置の違いによる影響については、どの組み合わせにおいても上りと下りの相関が強い。これは、短い波長に起因する軸箱の振動は、走行方向に関わらず同じ箇所では同程度の値が発生するためであり、進行方向や台車位置の違いによる影響は小さいことが分かる。よって、バッテリーについては、台車位置や進行方向に関わらず、どの軸で軸箱上下加速度を測定しても検出可能と考えられる。なお、今回は遊間の影響を考えていないため、今後検討していく必要がある。

(3) 継目落ち

継目落ちについては、「道床劣化・浮きまくらぎ」および「バッテリー」と区別することを意図し、BPF 帯域を 0.2m ~ 0.5m として処理して分析した。継目落ち箇所における軸箱上下加速度の波形例を図4に示す。継目落ち箇所では、前軸、後軸とも大きな値であったが、同一箇所を進行方向や台車の測定位置を変えて走行した際に生じる測定値間のばらつきが大きく、これらの間の相関係数も表3に示すように、特に2両(A)の編成条件の場合に低い結果となった。また、今回想定した波長帯域の軌道形状に対しては、前軸と後軸はほぼ同位相での挙動を示すことが多いことから、軸差による検出は困難である。したがって、継目落ちについては、台車の前軸、後軸の双方で測定を行い、いずれかで大きな加速度が生じた場合については、前回値との比較を行うなどの管理方法が考えられる。

4. まとめ

軸箱上下加速度を用いた軌道状態評価法として、道床劣化・浮きまくらぎは軸差に通過帯域 0.5m ~ 2.5m で BPF 処理を行い、バッテリー、継目落ち、波状摩耗については前軸または後軸の軸箱上下加速度に対し、検出項目別にフィルタ処理を行うことでこれらの軌道変状を一定の精度により把握できると考えられる。ただし、道床劣化・浮きまくらぎ、継目落ちについては、構造物等による軌道の上下支持状態の不連続性等により車両の進行方向や編成中の測定台車位置の影響を受ける場合があるため、各軸の位置等を考慮して管理する必要がある。

参考文献

- 1) 水野真敏, 坪川洋友, 芳賀昭弘, 板東茂己, 須田正規: 軸箱および台車枠上下加速度による軌道状態の評価, 第18回鉄道技術・政策連合シンポジウム, 2011.12
- 2) 石田誠, 水野真敏: 台車前・後軸挙動の違いに着目した軌道状態監視, 土木学会第67回年次学術講演会, (投稿中)

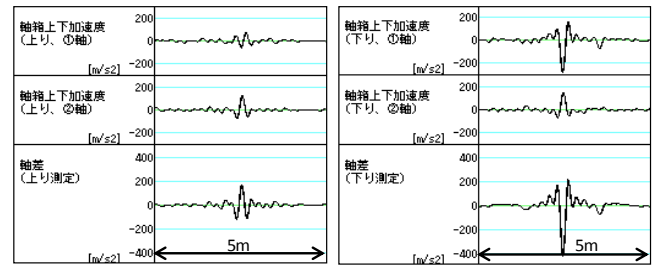


図2 上り測定と下り測定で最大の乖離が見られた箇所の波形
(噴泥箇所, 2両(A), 走行速度: V=90km/h)

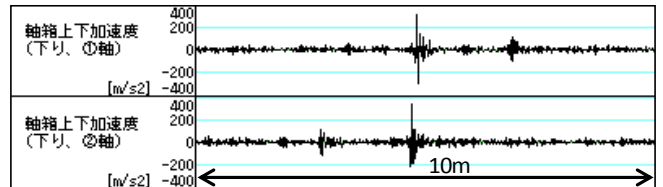


図3 バッター箇所の波形(2両(A), 走行速度: V=90km/h)

表2 上りと下りの相関係数(バッテリー)

編成	番号	上りと下りの相関係数	編成	番号	上りと下りの相関係数
2両(A)	A-1-1	0.790	2両(B)	B-1-1	0.807
	A-2-2	0.689		B-2-2	0.798
	A-1-2	0.660		B-1-2	0.765
	A-2-1	0.771		B-2-1	0.754

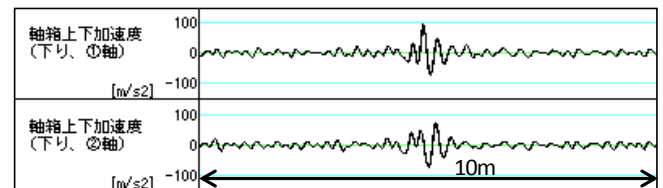


図4 継目落ち箇所の波形(2両(A), 走行速度: V=90km/h)

表3 上りと下りの相関係数(継目落ち)

編成	番号	上りと下りの相関係数	編成	番号	上りと下りの相関係数
2両(A)	A-1-1	0.404	2両(B)	B-1-1	0.498
	A-2-2	0.210		B-2-2	0.476
	A-1-2	0.256		B-1-2	0.433
	A-2-1	0.265		B-2-1	0.476