

IV-312 転動音の立場から見た軸箱加速度の活用法

財鉄道総合技術研究所 正会員 須永陽一

1. まえがき

車輪／レール間騒音(以下、「転動音」という。)の主たる発生原因となるレール頭頂面凹凸の適正な維持管理のために、新幹線電気軌道総合試験車(以下、「マヤ車」という。)の床下騒音による定期的な検測が行われている。しかし、レール頭頂面凹凸の管理指標としてマヤ車の床下騒音を用いる場合、左右レール個々に関する評価が不可能になる。また 300km/h程度までの速度向上の検討に際し、現在 200km/h運行されているマヤ車の 270km/h程度までの高速化の計画があるが、このような高速域になると現行の床下騒音では空力の影響が大きく、床下騒音の使用に困難をきたす可能性がある。このため、マヤ車で同時に測定され十分に活用されているといえない軸箱加速度に着目し、レール頭頂面凹凸の管理指標に適用することの可否について、有道床軌道のレール溶接部におけるデータをもとに基礎的な検討を行った。以下その結果について報告する。

2. マヤ車の軸箱加速度測定のための留意点

現在マヤ車の軸箱加速度は2系統の測定が行われている。圧電型加速度計を用いてマヤチャート上にレベル出力する手法と、半導体ゲージ型加速度計を用いて東北・上越新幹線ではハイシステムに、東海道・山陽新幹線ではカトリックに生の波形で出力する手法である。

マヤチャート上の軸箱加速度のレベル波形は、レール頭頂面凹凸の大まかな状態を認識するため用いられているが、図1に示したスベノ車によるレール削正前後の例で見られるように、削正後において床下騒音では5 dB(A)程度の低減効果が得られるのに対し、軸箱加速度は逆に削正後において50m/s²(5g)程度大きい結果が生じることもある。この原因は圧電型加速度計の周波数領域が5 Hz～10kHzと広範囲にわたり、数千Hz以上の高周波帯域のビビリ等の現象が出力波形に影響し、スベノ車の削正跡等のごく微小な凹凸にも感応しているためと考えられる。ただしこの現象は床下騒音には見られず、騒音への影響はないとしてよい。現行のマヤチャート上の軸箱加速度のレベル出力の方法は、転動音の評価には参考にならないといえる。ここで、床下騒音の評価手法と対応させるためには、図2に示すように軸箱加速度を積分し振動速度のA特性レベルに変換して検討することができる。この演算結果を軸箱振動速度レベルとすれば、床下騒音との間には図3に示すような良い比例関係が得られる。従って、軸箱加速度を騒音の評価に利用するためには、高周波成分の除去が可能な図2に示した演算方法を用いれば良い。ただし、左右レール個々の評価を行う場合は、パワー平均の過程を除くことになる。

つぎにカトリックおよびハイシステムにおいて、生波形のピーク値によりレール溶接部の位置の確認等のため用いられている半導体ゲージ型加速度計の軸箱加速度は周波数範囲が0～2kHz程度と圧電型加速度計より

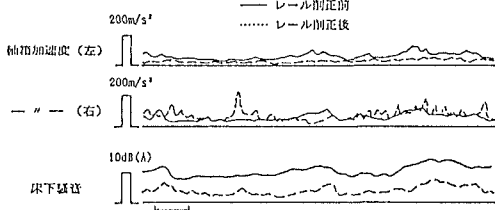


図1 レール削正前後における軸箱加速度(圧電型)と床下騒音の波形例

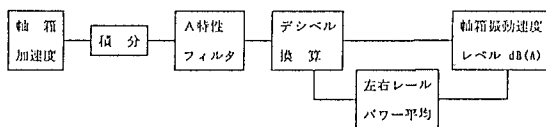


図2 軸箱振動速度レベルの算出ブロック図

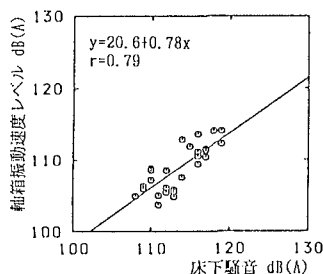


図3 床下騒音と軸箱振動速度レベルの関係

狭くなっている。図4はカトリックの軸箱加速度の周波数分析（A特性、時定数：約0.125s）を行った結果である。この図は溶接継目15箇所の平均レベルであり、軸箱加速度は160Hz付近に全体のレベルを支配するような顕著な山を持ち、それ以上の周波数では200Hz付近から漸減し、300～800Hz付近が谷となる。これらの傾向から、カットオフ300Hzで24dB/octのローパスフィルターを通すと図5に示すような波形が得られる。このフィルターを通した波形で見ても生の波形と同様に溶接継目の位置は判別しやすい。またフィルターのカットオフ周波数を固定すれば、加速度計の種類や周波数特性に関係なく、軸箱加速度のピーク値の再現性および精度はほとんどフィルターの精度によって決定できる。よって、レール溶接部の状態の判別等に供する加速度計は特に種類を限定せずに、周波数帯域が0～300Hzを満足すれば良い。

3. レール頭頂面凹凸と軸箱加速度の関係

有道床軌道のレール溶接部を例に軸箱加速度とレール頭頂面凹凸（20cm弦正矢の最大凹凸値）の関係を求めれば、図6に示すように得られる。軸箱加速度はマヤ車の速度が200km/h付近のカトリックの半導体型加速度計のピーク値を用いている。この図の関係から、ギヤ側および反ギヤ側とも比較的良好な相関関係にあるといえる。ここで転動音を沿線騒音に寄与しない理想的な状態で維持するためには、レール頭頂面凹凸は20cm弦正矢の最大値で50μm以下程度とするのが望ましいので、有道床軌道のレール溶接部における軸箱加速度のピーク値はギヤ側で60m/s² (6g)、反ギヤ側で50m/s² (5g)以下程度とする必要がある。

4. まとめ

- (1) 軸箱加速度を転動音の評価に用いるためには、図2に示した演算手法か、300Hzのカットオフによるピーク値を用いるべきである。振動加速度計の種類は特に限定しなくとも良い。
- (2) 有道床軌道のレール溶接部を理想的な状態で維持するためには、軸箱加速度のピーク値ではギヤ側で60m/s² (6g)、反ギヤ側で50m/s² (5g)以下程度とする必要がある。

5. あとがき

以上の軸箱加速度に関する検討の結果、ほぼ転動音との基礎的な関係は把握できたと考えられる。今後の実用化のためにはスラブ軌道についての関係解析を行う必要がある。さらに270 km/h級の高速度における関係を把握するため、軸箱加速度の速度依存性を求める必要がある。また同時に低速域における関係も明らかにできれば、現在毎日運行されている確認車に搭載し、レール削正およびレールきょう正の作業後における仕上がり検査等に利用することも可能である。

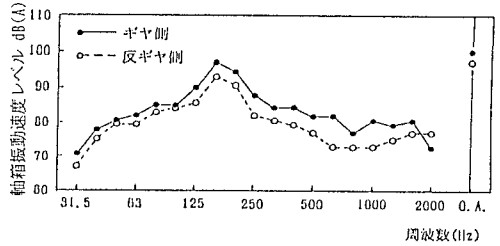


図4 周波数分析結果（15箇目の平均）

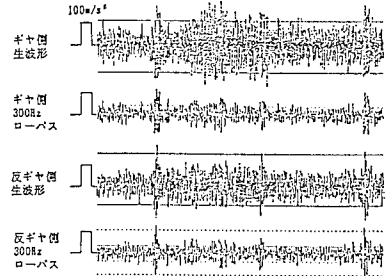
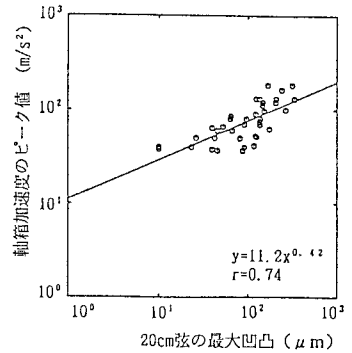
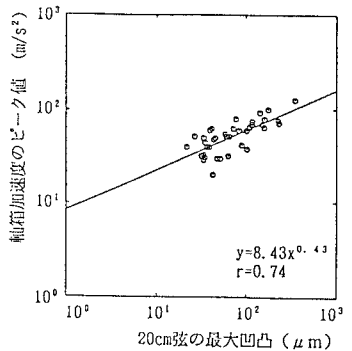


図5 軸箱加速度（半導体型）の波形例



(1) ギヤ側



(2) 反ギヤ側

図6 レール頭頂面凹凸と軸箱加速度の関係