

軸箱加速度と高低狂いを用いた接着絶縁レールの状態監視(その2)

J R 東海 正会員 ○三輪 昌弘

J R 東海 正会員 中川 正樹

J R 東海 正会員 渡邊 康人

J R 東海 正会員 安達 修一

1. はじめに

接着絶縁レール(IJ)の折損防止のために考案した、保守管理手法の全体構成について、別報¹⁾で報告した。本稿はこれの中で、車両の軸箱加速度情報とIJの継目板に発生する応力を定量的に関連付けることを目的に、試験設備を用いて実施したIJへの動的载荷試験結果を報告する。

2. 試験概要

試験は、東海道新幹線の有道床軌道と同一仕様の実験線にIJを敷設し、移動式载荷試験車²⁾で衝撃成分を含む動的荷重を载荷する方法で行なった。移動式载荷試験車には、700系新幹線電車の台車を改造して構成した起振装置があり、軌道と車両の相互作用を再現した状態での試験が可能である。

起振入力は、本線上のIJ区間前後を実車が走行した際の上下方向の軸箱加速度を積分し、高低狂いに相当する変位波形を求め、変位制御で与えた。入力変位波形には、通常の軌道検測車では得られない短波長成分の軌道狂いを含ませる必要がある理由から、軸箱加速度の積分データを用いた。入力波形の種類として、比較的大きな軸箱加速度が発生している6箇所のIJの狂い波形を用いた。軸箱加速度の値を変化させる方法は、各々の入力変位波形の振幅倍率を調整することで実施した。

3. 監視すべき周波数帯域

試験で得られた、軸箱加速度に対するIJ継目板応力の周波数応答は図1に示すとおりであり、100Hz程度より高い周波数での応答倍率が低いことが分った。この理由は、荷重の高周波成分がIJの絶縁材の層で減衰して継目板に伝達するためと推察される。

軸箱加速度は、一般に100Hzを大きく上回る周波数成分も含み、むしろ100Hz以上の周波数域が卓越することが珍しくはない。したがって、軸箱加速度データを基にIJ継目板応力を精度良く推定するため、軸箱加速度に100Hzのローパスフィルター処理を行なうことに決定した。

4. 軸箱加速度とIJ継目板応力の関係

IJ継目板応力は、図2に示すとおり、入力として与えたIJ部付近の軌道狂い波形の違いの影響をほとんど受けず、軸箱加速度と非常に相関の高い1次回帰の関係が成り立つことがわかった。ただし、この関係が成立するのはIJ部の静止輪重による軌道沈下量が一定の場合であるが、詳しくは次項で述べる。

5. 軌道沈下量の影響

IJ継目板応力に影響を与える要因として、浮きまくらぎ等による軌道沈下量を考慮する必要がある。静止輪重を载荷した際の、軌道沈下量と継目板応力の関係を図

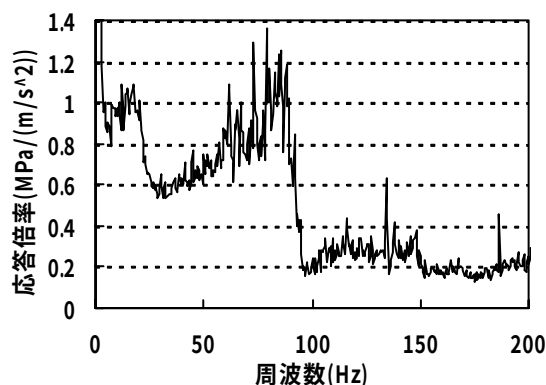


図1 軸箱加速度とIJ継目板応力の周波数応答

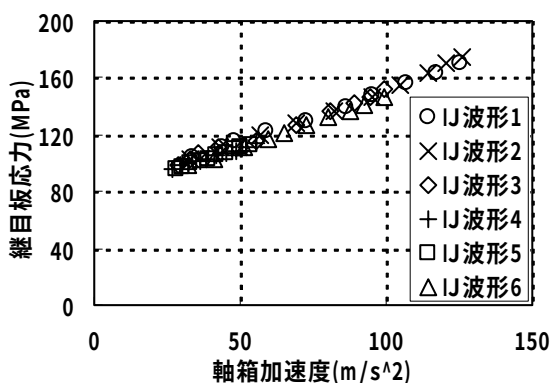


図2 軸箱加速度とIJ継目板応力の関係

キーワード 状態監視, 軸箱加速度, 接着絶縁レール, IJ, 軌道と車両の相互作用

連絡先 〒485-0801 愛知県小牧市大山 1545-33 J R 東海 総合技術本部技術開発部 T E L 0568-47-5371

3に示す。興味深い現象として、軌道沈下量が1mm程度以下の範囲で継目板応力の不感帯が認められる。この原因は、レールと継目板の間の絶縁層のヤング率が鋼のそれに比べてはるかに小さいため、絶縁層の変形が弾性域のときには継目板にほとんど応力が発生せず、絶縁層が塑性域に入った荷重域から継目板に応力が伝達されるためと推察される。

図2では、軸箱加速度とIJ 継目板応力に良好な1次回帰の関係が成立しているが、静止輪重、つまり軸箱加速度が0の時の軌道沈下量によって切片の値が変化する。言い換えれば、IJ 継目板応力の推定は、軸箱加速度と軌道沈下量の2つの指標を組み合わせて行なう必要がある。この切片の値は、図3の軌道沈下量に対応するIJ 継目板応力を用いる。図2の試験は、静止輪重を載荷したときの軌道沈下量が図3の3.7mmのプロットの状態で行なった場合の一例である。

6. 列車速度による軸箱加速度の補正

軸箱加速度の値は、同一の軌道不整等に対してであっても、これを測定する時の列車速度によって変化する。軌道の状態監視に軸箱加速度情報を活用する場合、最も重要な課題は、列車速度の影響をいかに小さな誤差で補正するかである。

これを考察するために行なった試験結果を図4に示す。IJ 付近の6種類の軌道狂い波形に対して、これらの距離軸を変化させることで、試験装置の入力波を軌道狂いと見なした時の見掛けの通過速度(時間軸)を変化させ、発生した軸箱加速度をプロットした。図中の3本の曲線は、原点を通る2次曲線の2次の項の係数を適当に選んだものである。各々の入力波形に対し、軸箱加速度が列車速度の2乗に比例するものとして補正することが可能と考えられるが、IJ 付近の軌道不整の形状等によって誤差が比較的大きくなることがある。

7. まとめ

IJ 上を通過した時の車両の軸箱加速度は、100Hz程度のローパスフィルター処理を行なうことで、その継目板に発生する応力と1次回帰の非常に良好な相関があり、状態監視のための情報として適している。ただし、IJ 継目板応力は軌道沈下量の影響も受けるため、これら2つの情報を組み合わせて状態監視を行なうことになる。この組み合わせによる具体的な判定の方法は別報¹⁾で報告する。また、紙面の関係で詳細の記述を省略するが、軌道沈下量は実際の現地測定で得る必要はなく、軌道検測車で得られる高低狂いを代用することができる。

一方で、軸箱加速度は測定時の列車速度の影響を大きく受ける。したがって、対照とするIJでの一般の営業列車通過速度の頻度分布等との関係において、軸箱加速度を測定した列車の通過速度との差異による補正が必要となる。現時点では、この補正には無視できない程度の誤差を伴うことがあり、留意が必要である。

参考文献

- 1) 安達ほか; 軸箱加速度と高低狂いを用いた接着絶縁レールの状態監視(その1), 第62回年次学術講演会講演概要集, 第IV部門, 土木学会, 2007.09(掲載予定)
- 2) Miwa, M. & Nakamura, S., High speed running test and the new testing equipment for wheel/rail dynamic interaction, STECH'03, JSME, pp.489-493, 2003.

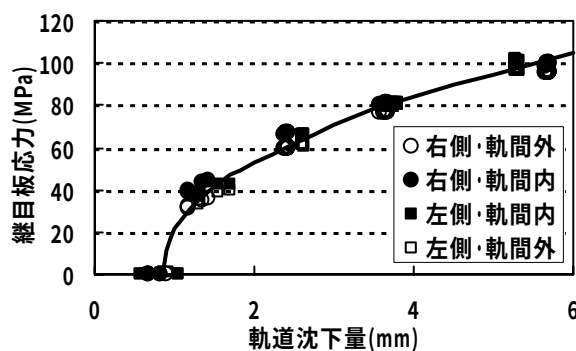


図3 軌道沈下量とIJ 継目板応力の関係

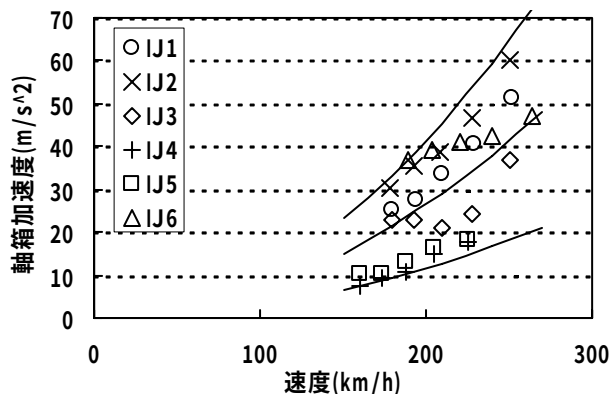


図4 列車速度と軸箱加速度の関係