

IV-258

新幹線における輪重変動の特性と対策工効果

西日本旅客鉄道 正員 金岡裕之
西日本旅客鉄道 石倉克之
鉄道総合技術研究所 正員 須永陽一

1. はじめに

新幹線の高速化に伴い、レール頭頂面の凹凸に関する管理、すなわち短波長軌道管理が従前以上に注目を集めるようになった。短波長管理は環境対策・走行安定性確保・軌道材料保全を目的としている。これまでに、転動音とレール頭頂面凹凸の関係、輪重変動と軸箱加速度の関係が指摘され¹⁾²⁾、J R 西日本に於いても軸箱加速度による定常的管理、レールアラサ指数を用いた頭頂面状態評価の体制が確立されつつある。

山陽新幹線では、特にスラブ軌道に於いて連続的な輪重変動が認められ、走行安定性確保・材料保全上、何らかの対策が必要となるものとする。

本研究では、スラブ区間に特異な輪重変動について、その特性と対処作業の効果を軸箱加速度・頭頂面波形から分析・確認する。

表1. 軸箱標準偏差による輪重変動率の推定(300系)

$\frac{\sigma_p}{P_0} = \frac{\kappa_2 M}{\kappa_1 P_0} \sigma_a = A \sigma_a$			
κ_1	1.0	M	0.91 [t]
κ_2	0.80	P_0	5.5 [t]
$\therefore A = 1.3$			

2. スラブ軌道の軸箱上下加速度の変動特性

(1) 卓越波長帯

既往の研究³⁾により、一定区間の輪重変動については軸箱加速度の標準偏差を用いた推定が可能である。山陽新幹線の場合、300系270km/h走行での区間標準偏差が 10m/s^2 を越える区間が過半であり、軸箱加速度から推定した輪重変動率は表1のとおり平均的に1.3以上あり、良い状態とはいえない。

軸箱加速度の変動成分を調べるために、図1に区間標準偏差が10程度の区間のパワースペクトルを示す。際だつピークが28~34、58~62、85、118、128Hzに存在する。270km/hでは各々2.7~2.2、1.3~1.2、0.63、0.58mの波長に相当する。60Hz付近のピークはバネ下質量に起因する成分である。ピークのうち118、128~62Hz付近は、それぞれ波長が締結間隔及びその約倍長になっており、これらの周波数帯に着目して軌道状態との関わりを確認する。

(2) 58~62Hz付近の卓越要素

先述の通り、一般にこの帯域はピークを形成する。しかし、複数のピークを生じる場合があることや、区間によって波高に差異があることから、因子が軌道側にもあると予想される。

頭頂面凹凸波形を見ても、線路上の1.2~1.5m付近の波長の卓越が見受けられる。また、頭頂面の凹凸と軸箱加速度の変動が小さい区間において、軌道パッドとレールの間に1締結おきに1mm厚FRP製調整板を挿入し、軸箱加速度の変動を見た。図2のとおり、軸箱加速度には明確に波長1.25mの変動が出現した。

以上より、60Hz付近の軸箱加速度変動を高める軌道側の因子として、レール頭頂面の1.2~1.5m波長の凹凸と支持状態の不均一性の影響が確認できた。

(3) 118Hz、128Hz付近の卓越要素

この周波数はスラブ軌道では締結装置間隔に相当し、軌道支持バネ、特に軌道パッドに因子があることが予想される。該当区間では、調査した区間すべてに薄手の軌道パッドが用いられていた。これらの薄手の軌道パッドのバネ定数を調べると、表2の通り通常の3~5倍程度の硬さであることがわかった。通常の軌道パッドに更换すると、図3

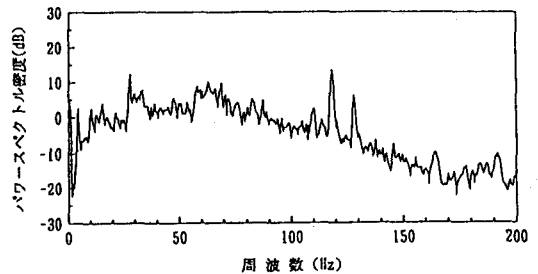


図1. 標準的な軸箱加速度パワースペクトル

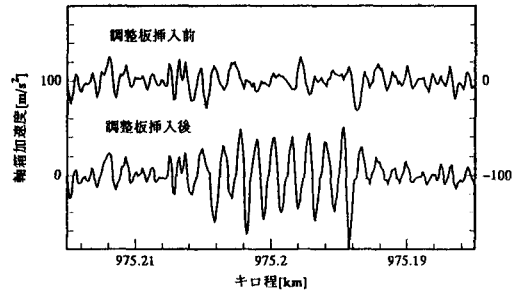


図2 調整板挿入前後の軸箱加速度波形

表2. パッドのバネ定数

120Hz卓越区間	No.	その他区間
432.8	1	89.7
288.1	2	78.4
420.8	3	84.7
441.8	4	75.6
385.8	5	94.1
393.9	平均	84.5

に見られるように変動の減少が明らかであり、120Hz帯の変動の大きさと支持パネの硬さには有為な関係が存在すると確認できた。

3. 対処作業の効果

軸箱加速度変動の大小に強く影響する要素として、レール頭頂面凹凸と軌道支持パネの状態が挙げられるので、軸箱加速度変動の解消策として、①レール削正、②レール更换、③パッド更换について、検討した。

表3に各々の軸箱加速度変動の標準偏差を示す。

①スベノによるレール削正は、変動低減への若干の効果認められるものの、スベノ長波チャートから見たレール頭頂面波形の変化量は削正量に比して小さい。

しかし図4のとおり、ロングレール更换直後に削正を行った場合には削正の効果が大きく、6カ月経過時点でも同時期更换非削正区間と有為な差がある。従って、新レール時点からの定期的な削正の必要性が検討されるべきである。

②ロングレール更换は、変動の減少に対する効果がある。また、更换前後での軸箱加速度波形には再現性が見受けられない。軸箱加速度を波長帯域別に見ると、図5のとおりピークの高さの減少が認められるものの、50～120Hz領域での効果は小さかった。

③軌道パッド更换は、図6に示すように変動の減少に対する効果が大きく、帯域別に見ても60Hz以上の広い領域で有効であることがわかった。これはパネを柔らかくすることによって、荷重分散範囲が広がることによる低減効果だと考えられ、ロングレール更换と軌道パッド更换を同時に施工することにより、十分な効果が発揮されるものと考ええる。

4. まとめ

以上のように、輪重変動を軸箱上下加速度を用いて評価することにより、区間の変動に差異を生じさせる因子として、①レール頭頂面の1.2～1.5[m]波長の凹凸狂い、②硬化した軌道パッド、③不均一な支持状態を確認することが出来た。

また変動解消の作業として、①新レール削正、②ロングレール更换、③軌道パッド更换の有効性を確認するとともに、一様削正が輪重変動対策には効果が小さいことがわかった。

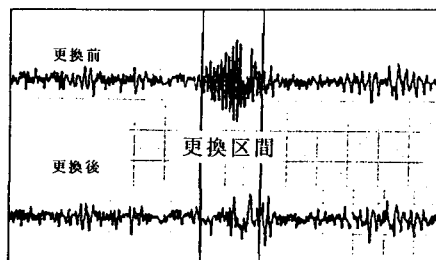


図3. 120Hz卓越区間での軌道パッド更换

表3. 作業毎の軸箱加速度標準偏差

単位: m/s^2	施工前	施工後
レール削正	7.32	6.19
新レール削正	13.72	10.34
ロングレール更换	10.16	6.54
軌道パッド更换	19.21	11.91

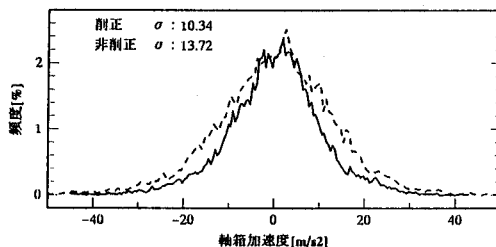


図4. 新レール削正効果

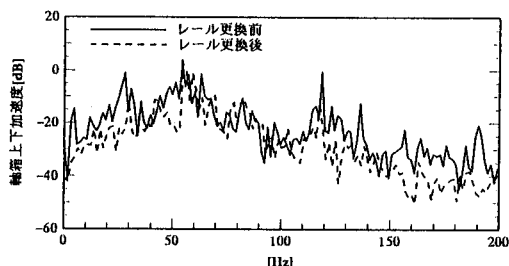


図5. ロングレール更换の効果

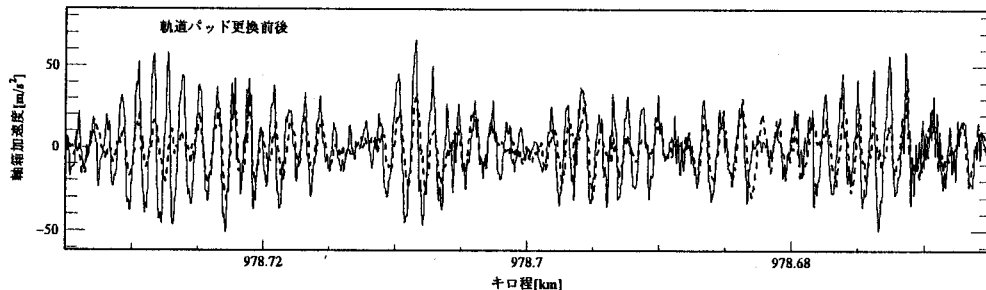


図6. 軌道パッド更换の効果

<参考文献>

- 1) 須永、内田：「輪重変動の立場から見たレール頭頂面凹凸の管理手法」鉄研報告 6-11、1992.11
- 2) 椎名、須永：「転動音の立場から見たレール頭頂面凹凸の管理手法」鉄研報告 4-11、1990.11
- 3) 須永、金尾：「輪重変動の分布特性に関する一考察」第48回年次講演会概要集、IV-224、1993.9