

IV-317

直線波状摩耗区間におけるレール凹凸と転動音の関係解析

鉄道総研 正会員 須永 陽一

鉄道総研 正会員 井手寅三郎

JR東日本 小野 重亮

1. はじめに

新幹線等における転動音の主要な発生原因は、レール凹凸に比例してレールが強制加振され、レールから放射される音とされている¹⁾²⁾。転動音の低減策としては、レール凹凸の平滑化が重要となる。そこで、在来線において、ごく稀に存在する直線中の波状摩耗箇所に着目し、レール削正による騒音振動の低減効果確認試験を行ったところ、必ずしもレール凹凸の波長特性と転動音の周波数特性は一致しない結果が得られた。以下には、直線波状摩耗区間におけるレール削正効果と、レール凹凸と転動音に関する解析結果について報告する。

2. 直線波状摩耗区間のレール削正効果

騒音測定を行った直線波状摩耗区間のレール凹凸の波形例を図1に示す。図はレール削正前後における凹凸波形を示しており、全振幅で最大約0.2mmの連続した凹凸が、削正後にはほぼ平滑化されたことがわかる。また、この凹凸のパワースペクトルを算出した結果を図2に示す。図のスペクトルは50cmスパンの凹凸を連続5波形、計2.5m間についてアンサンブル平均したものであり、平均的な凹凸の波長特性がわかる。図では、レール削正前の空間周波数0.016（波長；6.3cm）にピークがあり、削正後はこの波長域を中心に約2桁（20dB；1/10）小さくなった。

一方、レールから2m離れの近傍騒音の1/3オクターブ周波数分析結果は、図3に示す通りとなった。図は走行速度127 km/hの車両のレール削正前後を示しており、図にはレール振動速度³⁾の分析結果も併せて示した。この結果から、レール近傍騒音とレール振動速度はレール削正前の800Hzに鋭意なピークを生じ、削正後はこの周波数を中心に約20dBの低減となった。さらに、両者の周波数特性はほぼ同一なので、レール振動に起因した転動音は800Hzで20dBの低減を示すといえる。ただし、127km/h走行時における800Hzを凹凸の波長に換算すれば、これは4.4cmとなり、図2に示した凹凸のピーク波長6.3cmとは、30%程度の波長のずれを生じた。

3. レール凹凸の波長特性と転動音の周波数特性

図2に示したレール凹凸のスペクトルは50cm間隔の5波形を平均した結果であり、各々のスペクトルは図4に示す通りである。図は、波長10cm付近のピークとなっている波長域を拡大したものであり、図には各々のピークの波長を併せて示した。図で、騒音測定点直上の凹凸のピークは波長5～5.6cmに生じている。その他測定点のピークはこれより長波長側の6.3cm～7.1cmと12.5cmに生じ、最もスペクトルが大きいのは波長6.3cmと12.5cmとなった。このように、直線波状摩耗には一定波長の凹凸が連続するわけではなく、種々の波長成分が重畳されていることがわかる。

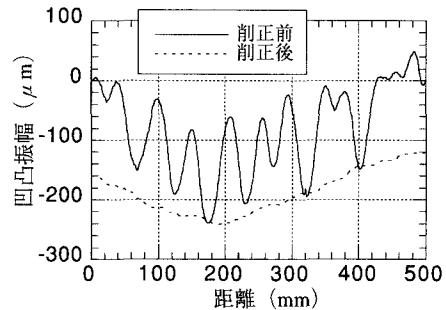


図1 波状摩耗の波形例

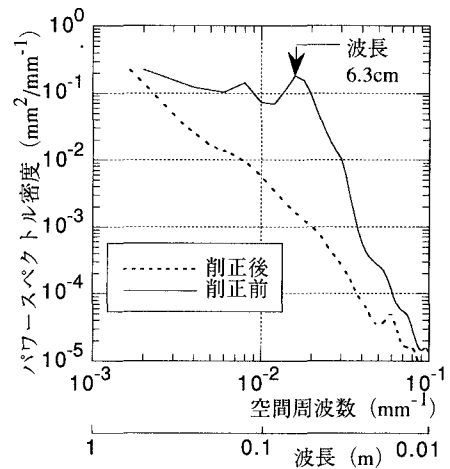


図2 レール凹凸のパワースペクトル（平均）

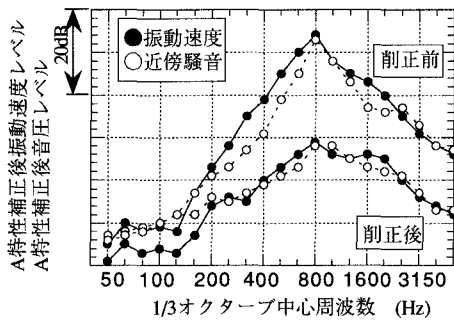


図3 周波数分析結果

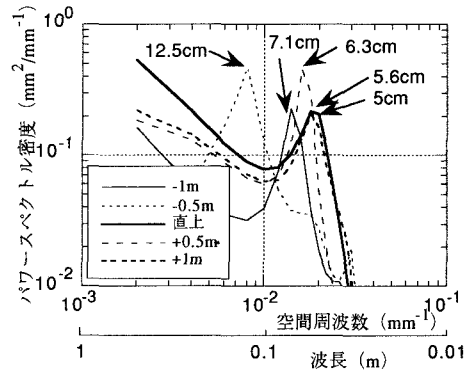


図4 凹凸のパワースペクトル（測定波形別）

また、レールから10cm離れの直近の騒音のパワースペクトルを図5に、レール底部の上下振動加速度のパワースペクトルを図6に示す。両図とも周波数分解能は6.25Hzとし、車両が測点上を通過する間を50回平均した。図5と6の結果から、127km/h走行の車両のスペクトルは769～875Hzが大きく、その中でも769Hzがピークとなった。さらに、76, 92, 117km/hの3速度の車両の解析結果を用い、ピーク周波数と走行速度との関係とを求めると図7の結果となる。この図から、ピーク周波数と走行速度はほぼ一次比例の関係にあるといえ、両者の回帰係数を用いてピーク周波数を波長に換算すれば、図に示した4.8cmが得られる。この結果と騒音測定点直上におけるレール凹凸の波長5～5.6cmとを比較すれば、直近騒音のピーク周波数は、10%前後短波長側にずれた結果となった。これには、走行車両による加振はレール凹凸の波長成分ばかりでなく、車輪の振動モード等の影響を受けることや、レール表面の凹凸による加振がレール底部まで伝播する間の経路内における周波数依存性等も影響すると考えられる。しかし、現状では明確ではなく、今後の課題と考えられる。

4. まとめ

- 1) 波長5～12.5cm、全振幅約0.2mmの直線波状摩耗は、レール削正後約1/10に平滑化され、レール近傍騒音は約20dB(A)の低減となった。
- 2) 直線波状摩耗は、平均的に波長約6cmが卓越するが、5～12.5cm程度の数種類の波長成分が重畳する場合がある。
- 3) レール振動に起因したレール直近騒音のピーク周波数は、レール凹凸の波長より約10%短波長側にずれる結果が得られた。

参考文献

- 1) 佐藤吉彦，鉄道技術研究報告，No.1013，1976.8
- 2) P.J.Remington, J. of Sound and Vibration 120(2), 1985
- 3) 須永陽一，金尾稔，鉄道総研報告，8-6，1994.11

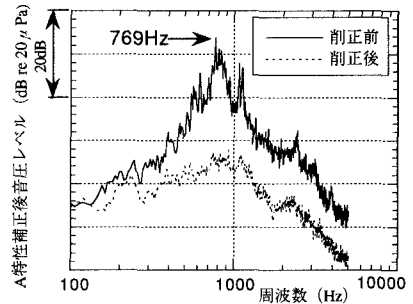


図5 レール直近騒音のパワースペクトル

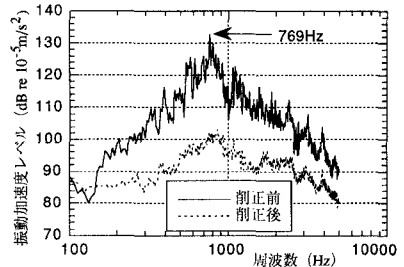


図6 レール底部振動加速度スペクトル

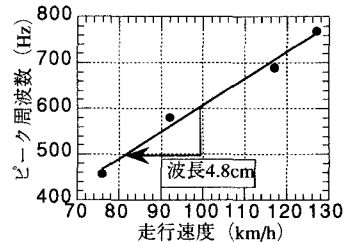


図7 ピーク周波数と走行速度の関係