

新幹線における長波長波状摩耗の影響および処置方法の検討

東日本旅客鉄道株式会社
(公財)鉄道総合技術研究所

正会員 ○大和田雅仁、細田 充、田村 大輔
正会員 田中 博文、山口 剛志

1. はじめに

新幹線の高速区間の波状摩耗は、急勾配において1m程度の波長で発生すると言われているが、勾配別の発生傾向・特徴や輪重変動の増大の程度については明確にされていない。本研究では様々な勾配区間における軸箱加速度、輪重変動等の分析を行った後、波状摩耗発生箇所ですれ頭頂面の凹凸量を把握し、さらには削正および処置方法について検討した。

2. 勾配別の軸箱加速度の分析

勾配別の波状摩耗の発生状況を把握するために、まず、電気軌道総合検測車で測定した軸箱加速度に50~100Hz(速度260km/hで0.7~1.4mの波長)のバンドパスフィルタ(以下、波状摩耗フィルタと称す。)を適用した後にレベル化処理を行った(以下、軸箱加速度は、全てこの処理を適応した。)。次に当社の閾値として定めている130dBを超過した箇所数に対し、勾配別の延長で割った値を発生頻度(箇所数/勾配別の延長km)として分析した。図1にその結果を示す。勾配が大きくなるに従って、発生頻度が高くなるのがわかる。また、急勾配以外で、閾値を超過している箇所は、トンネル出入口や勾配変化点、曲線等の出入口等となっていた。なお、上り・下り勾配による発生頻度の差異はみられなかった。レール削正履歴や軌道変位等で軸箱加速度の値は変化するものの、急勾配では130dB超過箇所の発生頻度が高くなり、波状摩耗が発生していると考えられる。

次に、勾配3、12、30‰のある1kmの区間(表1に軌道条件を示す。)において、軸箱加速度の値と位置の関係を図2に示す。ばらつきは位置によって大きいものの、勾配30‰の区間は総じて値が大きい。図3にこの値の頻度分布を、同様に図4に輪重の頻度分布を、表2に平均値、標準偏差を示す。なお、輪重については間欠法での測定であるため、ピーク値を集計して頻度分布を求めた。軸箱加速度および輪重を頻度分布にすると、勾配30‰の区間は標準偏差が大きい。すなわち当該の急勾配区間では、波状摩耗が発生し、その影響により、輪重変動が大きくなっていると考えられる。

3. 波状摩耗箇所の凹凸量の把握

勾配30‰の区間において、レール頭頂面の凹凸量を鉄道総研で開発した²⁾レール連続凹凸測定装置を用いて把握した。図5にある区間における凹凸量の周波数分析結果を、図6に位置と凹凸量の関係を示す(なお、後で記載する削正後の結果につい

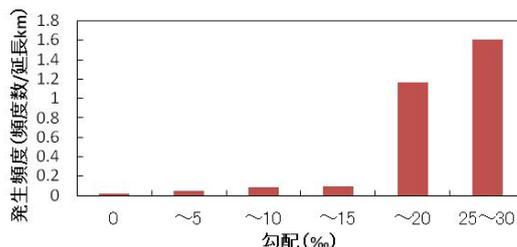


図1 勾配別の軸箱加速度(波状摩耗フィルタ)130dB超過発生頻度数

表1 検討した軌道条件

勾配(上り)	3‰	12‰	30‰
直線・曲線	直線		
走行速度	245~260km/h		
軌道構造	トンネル、スラブ、直結4形		

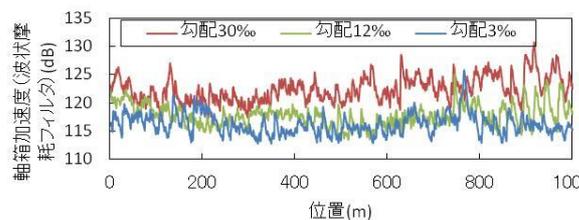


図2 軸箱加速度(波状摩耗フィルタ)と位置との関係

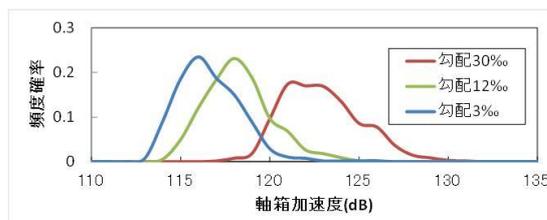


図3 軸箱加速度(波状摩耗フィルタ)の頻度分布

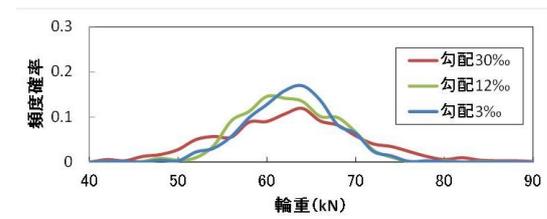


図4 輪重の頻度分布

キーワード 新幹線, 長波長波状摩耗, 急勾配, 軸箱加速度, ブロック削正

連絡先 〒370-0846 群馬県高崎市下和田町5-4-3 TEL027-325-6069 FAX027-324-1813

でも同図に記載した。)。3つのレーザー変位計を用いた偏心矢による測定で、凹凸量の卓越する空間周波数を分析したところ、1m程度でピークとみられる値がみられた。この結果から、0.3~1m程度の波長帯域で復元して凹凸量を把握したところ、凹凸量は最大で0.5mm程度の値がみられた。この位置を中心に、1mストレッチで計測したところ、周囲と比較大きな値がみられた。以上の結果から当該区間で波長1m程度の波状摩耗が発生し、輪重変動に影響していることが推察される。

4. 削正効果の検証

これらの長波長波状摩耗を除去するために、16頭式の削正車でレール削正を実施した。表3に削正方法の詳細を示す。主に累積通過トン数によるレール交換の周期延長のために実施されているアンブロック削正のみではなく、長波長の波状摩耗に有効とされているブロック削正を実施した。騒音低減の仕上げの削正はトンネル区間のため実施していない。その結果、削正前の凹凸量が大きい箇所に対し、図6のように最大で0.3mm程度の凹凸量の除去がみられ、標準偏差も削正前0.12mmであったのが0.07mmと低減した。図7に削正前後の軸箱加速度的結果を示す。軸箱加速度も低減がみられ削正効果が大きいことがわかる。

5. 長波長波状摩耗の凹凸量と軸箱加速度の関係

凹凸量の最大値および標準偏差が、軸箱加速度の値と密接に関係すると考えられるため、その相関について検討した。図8に100mロットの軸箱加速度の最大値と、凹凸量の最大値・標準偏差の関係を示す。相関係数 ρ は両関係とも0.5以上を示し、一定の相関があることがわかる。車両や軌道条件によって、上記の関係は変化すると考えられるが、当該区間はこの関係が適応できるものと推定される。このことから、今回、詳細に波状摩耗の凹凸量や分布状況を把握し、効率的な削正を実施することができたが、通常は定期的に走行している電気軌道総合検測車の軸箱加速度で評価して削正を行うことで十分な管理が行うことができると考えている。また通常100m単位で削正を実施するため、上記した100mロットにおける軸箱加速度の最大値を目安としたい。但し、より詳細に凹凸量や、その分布状況等を検討するには、レール連続凹凸測定装置を用いる等して、把握することが望ましいと考えられる。

6. まとめ

新幹線の長波長波状摩耗について、勾配別に軸箱加速度、輪重変動の分析を行い、勾配30‰の波状摩耗発生箇所の凹凸量を把握して削正を行った。また、当該区間の長波長波状摩耗の処置方法の提案を行った。

参考文献

- 1) 大越正裕他：新幹線における波状摩耗除去を目的としたレール削正について、J-RAIL2003、187-188 (2014)
- 2) 田中博文他：効率的な波状摩耗管理のための可搬型レール凹凸連続測定装置の開発と活用法、鉄道工学シンポジウム論文集、第17巻、19-26 (2013)

表2 軸箱加速度と輪重の平均値と標準偏差

勾配(上り)‰		3	12	30
軸箱加速度	平均値(dB)	116.1	117.8	122.4
	標準偏差(dB)	1.81	1.88	2.21
輪重	平均値(kN)	63.0	62.6	63.0
	標準偏差(kN)	5.11	5.59	8.11

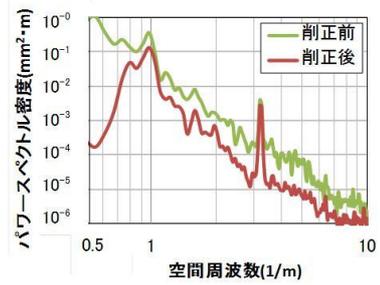


図5 凹凸量の周波数分析

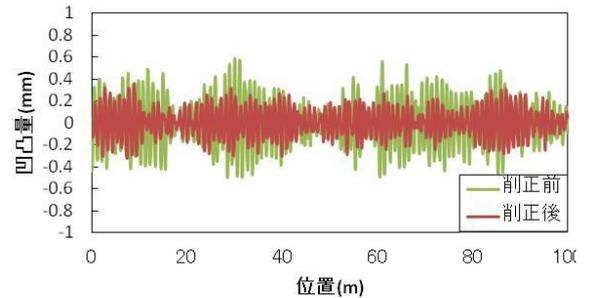


図6 凹凸量と位置の関係

表3 削正方法の詳細

砥石制御		アンブロック	ブロック
パス数		8	12
目的		形状削正 (凹凸除去効率の向上)	長波長 凹凸除去
最大 砥石角度	Nユニット	-2.5	-2.5
	SPユニット	-37.5	-4.5
最大 砥石圧力	Nユニット	19A	19A
	SPユニット	17A	17A

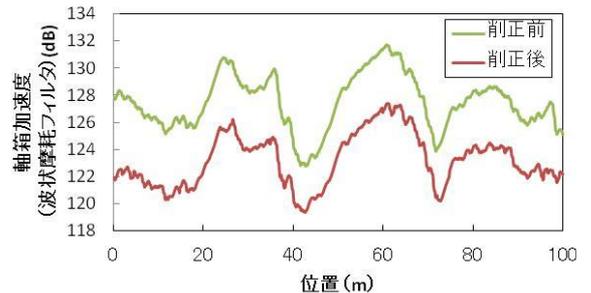


図7 削正前後の軸箱加速度(波状摩耗フィルタ)の比較

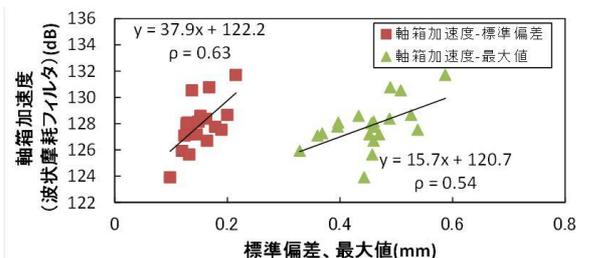


図8 軸箱加速度(波状摩耗フィルタ)と凹凸量の関係