

IV-261

高速運転線区における短波長レール頭頂面凹凸管理

J R北海道 正会員 高坂 清和
奥芝 義人

1. はじめに

J R北海道では、在来線としては最高の140km/h運転を行っている海峡線を筆頭に130km/h以上の高速運転線区が約540kmある。高速運転に伴い、レール頭頂面の短波長の微小な凹凸に起因する輪重変動や車輪・レール間騒音も一層増大するものと予想され、この軽減対策として、加振源となるレール頭頂面凹凸の管理が重要となる。J R北海道ではレール頭頂面凹凸の効率的な管理体系の確立を目指し、高速軌道検測車(マヤ車)に軸箱加速度計(上下方向)を設置し、高速運転線区での測定を実施している。今回、レール溶接部および波状摩耗発生箇所の軸箱加速度とレール頭頂面凹凸等の関係を調査したので、以下に報告する。

2. 軸箱加速度計の設置

レール頭頂面の凹凸を管理するためには、凹凸量を連続的に測定することが直接的な方法ではあるが、凹凸測定器を地上に持ち込むという非効率な作業を伴い、全線監視は困難である。そこで、輪重変動と良い相関のある軸箱加速度に着目し、マヤ車に軸箱加速度計を設置した。加速度センサーは周波数帯域が0~2000Hz、測定範囲が1000m/s²の抵抗線型加速度計を用い、新幹線における既往の測定結果を参考にして300Hz カットオフのローパスフィルターを掛けた。記録器は感熱式のサーマルレコーダを用いた。センサーの配置位置は展望前側先頭台車の第2軸とした。測定ブロックダイアグラムを図1に示す。

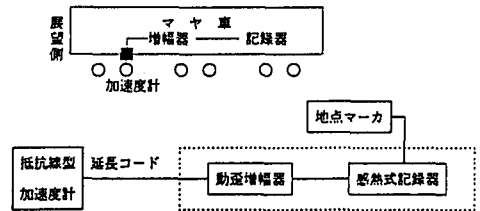


図1 軸箱加速度の測定ブロックダイアグラム

3. レール溶接部の凹凸管理

3.1 マヤ車の軸箱加速度と485系電車の輪重との関係

スラブ区間における485系電車の軸箱加速度と輪重との関係を図2に示す。この結果から極大輪重と軸箱加速度との関係は、次式のように表すことができる。

$$P = 71.0 + 0.55\alpha \quad \text{----- (1)}$$

ここで、P: 輪重の極大値(kN) α : 軸箱加速度(m/s²)

次に、マヤ車と485系の軸箱加速度の関係は図3のように得られており、(1)式と図3より、485系の極大輪重はマヤ車の軸箱加速度を用いて次式のように表すことができる

$$P = 70.0 + 0.90\alpha_M \quad \text{----- (2)}$$

ここで、 α_M : マヤ車の軸箱加速度(m/s²)

(2)式より、485系電車の最大輪重を150kN以下に抑えることを管理目標とすれば、マヤ車の軸箱加速度は100m/s²(10g)以下とすれば良いことになる。

3.2 マヤ車の軸箱加速度とレール頭頂面凹凸の関係

レール頭頂面凹凸の程度を示す指標としては、従来から1m弦正矢量(V_{100})と10cm弦正矢量(V_{10})が提案されている。今回調査したマヤ車の軸箱加速度とレール頭頂面凹凸との関係を図4(1)(2)に示す。(1)(2)は軸箱加速度のピーク値とレール頭頂面凹凸の V_{10} 、 V_{100} との関係を示しており、いずれも非常に良い相関が得られた。この結果から、3.1で示した管理目標値に対するレール頭頂面の凹凸量は、 V_{10} で0.1mm、 V_{100} で1mm

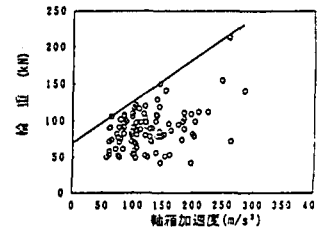


図2 485系の軸箱加速度と輪重との関係

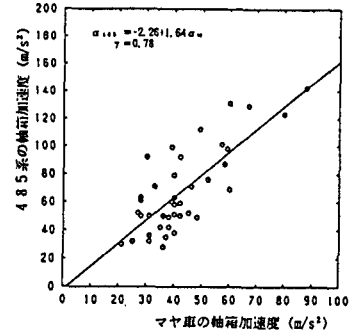


図3 マヤ車と485系の軸箱加速度の関係

程度となる。

4. 波状摩耗発生箇所の凹凸管理

4.1 レール削正前後における軸箱加速度と頭頂面凹凸の比較

在来線のレール波状摩耗については様々な報告例があるが、J R 北海道においてもスラブ区間や無道床橋梁区間などで波状摩耗の発生がみられる。特に高速運転に伴い、この波状摩耗に起因する軌道材料の劣化や騒音・振動は無視できないものとなる。今回、無道床橋梁上に発生した波状摩耗について、削正前後のマヤ車の軸箱加速度とレールの頭頂面凹凸量について調査を行った。波状摩耗の波長は5~6cm、凹凸量は V_{10} で0.1mm、 V_{100} で0.3mm程度であった。調査区間は130km/h運転区間であるので、この波状摩耗による振動の周波数は約600~700Hzとなる。一般に転動音に影響する周波数は、在来線では400~1000Hzの領域が主体となることから、この波状摩耗については騒音に対する影響が無視できないと思われる。図5は削正前後のレール頭頂面の凹凸形状の代表的な例、図6は削正前後の橋梁上のマヤ車の軸箱加速度の比較である。レール頭頂面の凹凸形状はあらさ測定器により行い、レール削正はガイスマー社製の一頭式レール削正器により行った。図7に削正前後におけるあらさ指数（ $R10=1000 \cdot V_{10}$ ）と軸箱加速度との関係を示す。図7より、あらさ指数は削正前後において軸箱加速度ともに一定の傾向をもって低減するといえる。

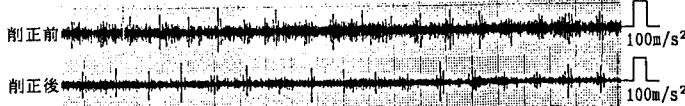


図6 レール削正前後の軸箱加速度の比較

4.2 波状摩耗に対する管理目標値

図7に示したマヤ車の軸箱加速度とあらさ指数との関係より、今回調査した区間では次式が得られる。

$$\alpha_m = 16.35 + 0.11 \cdot R10 \quad \text{----- (3)}$$

今回の削正作業では、1行程（約10パス）の削正量が0.2~0.3mmであったが、1行程の削正量としてはこの程度が限界と考えられる。波状摩耗は経年とともに進行すると考えられ、仮に削正量の上限を200 μ m(0.2mm)とすると、あらさ指数でその半分の100程度を管理目標とすることが望ましいと思われる。したがって、(3)式よりマヤ車の軸箱加速度は30m/s²(3g)程度以下とすれば良いことになる。

5. あとがき

レール頭頂面凹凸管理について、マヤ車に設置した軸箱加速度計を活用することにより、効率的な管理が可能となることがわかった。今後は、効率的な削正作業のために、削正車導入の検討、頭頂面凹凸の進行度合い、削正量、削正周期などの調査が必要である。

最後に、本稿をまとめるにあたりご指導頂いた鉄道総研内田研究室の皆様に感謝いたします。

参考文献

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”鉄道総研報告、6-11、1992.11

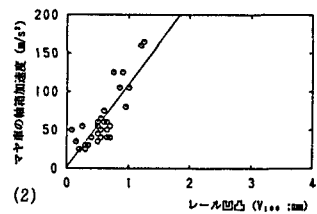
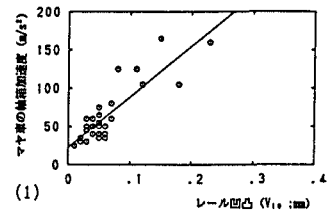


図4 マヤ車の軸箱加速度と
レール頭頂面凹凸の関係

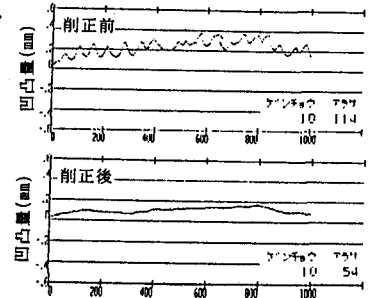


図5 レール頭頂面凹凸形状

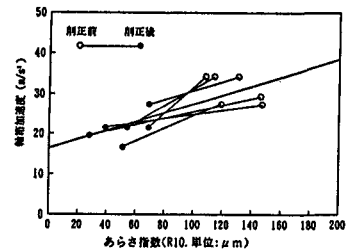


図7 あらさ指数と軸箱加速度の関係