

IV-281

急曲線外軌側のレール波状摩耗の実態調査

四国旅客鉄道 正会員 西本 正人
 四国旅客鉄道 正会員 東矢 英二
 鉄道総合技術研究所 正会員 長戸 正二
 鉄道総合技術研究所 小倉 英章

1. はじめに

JR四国において平成4年度に実施された8000系振子電車の性能確認試験の車上の測定結果から、2000系振子気動車導入後に発生したと推定される急曲線の外軌側レール頭頂面の波状摩耗に起因した著大横圧が一部の曲線で発生する傾向を示し、8000系車両導入後の軌道に与える影響（通り狂い進みの増大等）が懸念された¹⁾。そこで、2000系車両が導入されている予讃線及び土讃線の曲線部の外軌側レールについて摩耗調査を行った結果、継目部を中心としたレール頭頂面の波状摩耗が数十箇所で見られることが明らかとなった。ここでは、波状摩耗発生箇所のレール頭頂面凹凸形状等の測定結果をもとに波状摩耗の発生要因について検討した結果について述べる。

2. 外軌側レールに発生した波状摩耗の実態調査

2000系車両の導入されている予讃線及び土讃線において、現場巡回により目視でレール波状摩耗発生箇所の実態調査を行った結果を整理したものを表1に示す。これより、波状摩耗の発生は予讃線及び土讃線ともにレールの材質（普通レール、端焼レール、焼レール）に関わらず波状摩耗が発生しており、摩耗発生状況を見ると波状摩耗の発生箇所は主に単線区間の継目部付近を中心として発生していることが分かった。このことを受けてレール波状摩耗の詳細な形状を把握するために、予讃線及び土讃線の曲線半径600m以下の一部の曲線の外軌側レールについてレール頭頂面凹凸形状及び断面形状の測定を行った。

3. 測定結果及び考察

(1) レール頭頂面凹凸の測定形状

各曲線別に測定されたレール頭頂面凹凸波形チャートを重ね合わせトレースしたものを図1に示す。図よりレール頭頂面での周期的な波状摩耗の形態が顕著に確認でき、曲線通過速度に比例して波長が長くなる傾向が認められる。また、曲線半径600mの外軌側レールについて基準板式レール断面測定器により測定したレール断面形状測定結果（図2）から、レール頭頂面凹凸の山部と谷部でレール頭部の水平摩耗量及び側摩耗量の差異が認められる結果となった。このことから、継目部付近ではレール凹凸による輪重変動だけでなく横圧変動もあることが確認できた。

表1 波状摩耗発生箇所の調査結果

調査対象	線名	予讃線		土讃線
	線別	復線	単線	単線
	曲線数	8曲線	48曲線	54曲線
調査結果	発生箇所数	0箇所	32箇所	41箇所
	発生位置		主に継目部を中心として発生	主に継目部を中心として発生
	発生レールの材質		普通レール (10) 端焼レール (21) 焼レール (1)	普通レール (30) 端焼レール (3) 焼レール (8)
	発生曲線の半径		R=200m~500m	R=200m~800m

※注 表中の()の内の数字は、発生箇所数を表す。

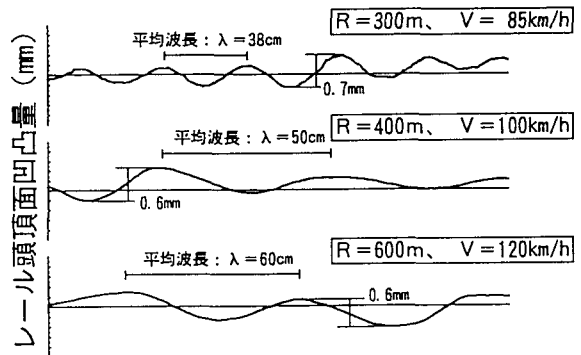


図1 各曲線別のレール頭頂面凹凸の測定波形例

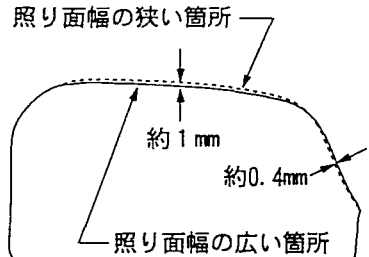


図2 レール頭部断面形状の測定例

（2）波状摩耗の波長と速度との関係

各曲線毎に測定されたレール頭頂面凹凸波形チャートをもとに、各凹凸の波長を読み取り曲線通過速度との関係を図3に示した。図3では波状摩耗の波長の速度依存性が顕著に認められ、図中点線で示した60Hz（ $\div$ 曲線通過速度(m/s) $\div$ 波長(m)）の傾向線と概ね対応する結果となった。ここで、継目部を車輪が通過する際に継目の不整（継目落ち、目違い等）や軌道支持ばねが不均一な状態にあると、車輪は大きな衝撃を受け加振をはじめ減衰するまでの間に輪重が変動することになる。特に、レール支持ばね及び車両ばね下重量が大きい場合や車軸上下支持ばねが固い場合にはその傾向が顕著になる。この場合の卓越周期はレール支持ばねと〔ばね下質量+レール有効振動質量〕で構成される振動モデル（図3中に示した。）により求めることができ、レール支持ばねを60MN/m $\sim$ 120MN/mと仮定した計算値は概ね50 $\sim$ 70Hzの範囲となるため、前述の60Hzともオーダー的に合致することが確認できる。

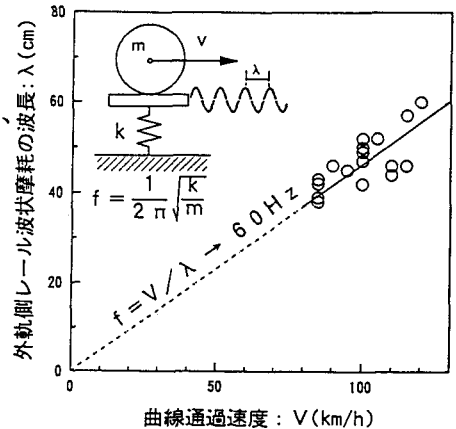


図3 波状摩耗の波長と速度との関係

（3）レール頭頂面凹凸波形と横圧波形との対応例

8000系振子電車の走行試験時に著大横圧の発生には継目部付近を中心としたレール頭頂面の凹凸の影響が大きいと考えられたが、そのことを確認するために曲線半径600mについてレール頭頂面凹凸波形と軸箱振動加速度及び横圧波形を対応させた例（ただし、車上の輪重・横圧チャートの軸箱振動加速度の測定波形から継目位置を合わせたもので、レール頭頂面凹凸測定波形との位置関係については多少の誤差を含んでいる）を図4に示す。これより、レール頭頂面凹凸に起因した軸箱振動加速度及び外軌側横圧の変動が認められる結果となり、著大横圧の発生を抑えるためには波状摩耗の進行した箇所については速やかにレール交換を実施する必要があると判断した。しかし、レール交換後に同様の波状摩耗の発生が起こる可能性があるため、抜本的な対策が重要である。

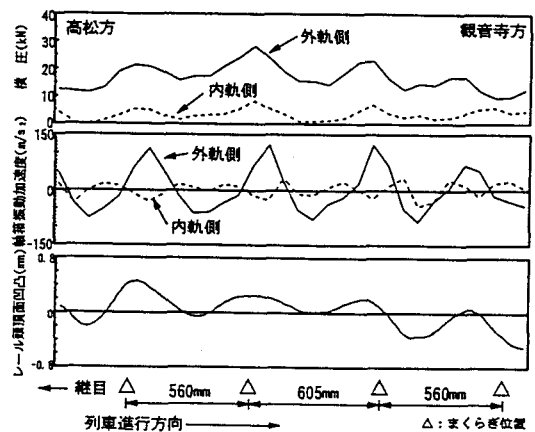


図4 各測定波形の対応例

4. まとめ

- （1）2000系振子気動車導入後に発生したと推定される外軌側レール頭頂面の波状摩耗の実態調査を行った結果、波状摩耗の発生は主に単線区間の急曲線部（R600m以下）で発生しており、継目部を中心として波状摩耗が進行していることが判明した。
- （2）波状摩耗発生箇所の継目部付近のレール頭頂面凹凸を測定した結果から、波状摩耗の波長は曲線通過速度（曲線半径）に依存することが確認され、その比から得られる振動数は概ね60Hzである。これは、レール支持ばねと〔車両ばね下質量+レール有効振動質量〕で構成される振動系の固有振動数に概ね一致するものと推定される。

〔参考文献〕

- 1) 長戸、南、小倉：8000系振子車両の発生横圧及び乗心地に関する一考察、土木学会第48回年次学術講演会、1993.9