

IV-322

在来線における波状摩耗の分析結果

J R 西日本 正会員 山口 義信
J R 西日本 山下 兼一
鉄道総研 石田 誠

1. はじめに

現在、J R 西日本では在来線の高速線区においてレール波状摩耗が発生しその処置に努めている。レール波状摩耗の発生は、著しい転動音と連続した輪重変動が生じ、急速な軌道破壊や材料劣化の原因ともなっている。

そこで、発生状況の実態を分析し、その評価手法について検討した内容を以下に示す。

2. J R 西日本におけるレール波状摩耗の実態

平成6年度に、列車速度が100km/h以上で、年間通トンが1500万トン以上の箇所を対象に波状摩耗の発生実態を調査した結果、発生延長は約120kmであり山陽本線が全体の67%を示し、さらにその殆どが曲線区間での発生となっていた。

3. レール波状摩耗の実態分析

(1) 実態分析

前2のデータを分析した結果、次のような傾向にあった。図-1、2に波長と波高の関係及び凹凸勾配別の発生数量を示す。

(波状摩耗の発生傾向)

- ① 線形 発生比率は曲線が高く、殆どが急曲線（ $R \leq 600$ ）である。 $R \leq 600$ では、全て内軌側レールに発生している
- ② 輸送環境 累積通トン1～4億tonの範囲が多く相関は明確ではない。（削正の関係は不明）
- ③ 波長 比較的多い発生分布の範囲は、50～150mm（最大800mm）である。
- ④ 波高(P-P) 比較的多い発生分布の範囲は、0.1～0.4mm（上限0.6mm未満）である。
- ⑤ 凹凸勾配 比較的多い発生分布の範囲は、0.003～0.006（上限0.01未満）である。

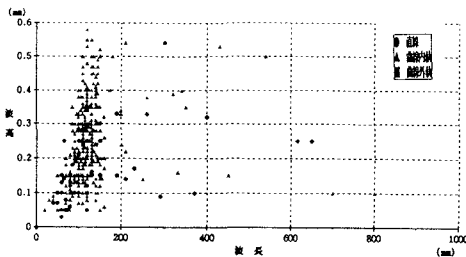


図-1 波長と波高の関係

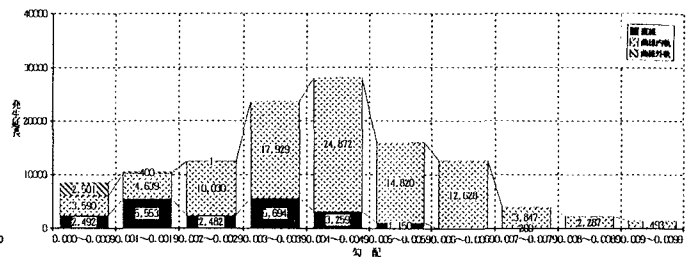


図-2 凹凸勾配と発生数量

(2) 評価する指標

波状摩耗を正弦波と仮定すると、波形は $Z(x) = a \sin 2\pi \frac{x}{L}$ と表わされ

$x = Vt$ V : 列車の速度、 t : 時間、 a : 振幅、 L : 波長

とおくと、車軸が受ける力は加速度に比例する、その加速度（2階微分）は

$$\frac{\delta^2 Z}{\delta t^2} = -a \frac{2\pi V}{L}^2 \cdot \sin \frac{2\pi}{L} Vt \quad \text{となる。}$$

この式から、車軸が軌道に与える力は、 a （振幅）に比例し、 V （列車の速度）の2乗に比例し、 L （波長）

の2乗に反比例することになる。そこで、波状摩耗の簡便な評価方法としては、 V を一定にすると $\frac{a}{L^2}$ が考えられるが、S N C F¹⁾の採用事例を参考に波形の勾配を表わす $\frac{2a}{\frac{L}{2}} = \frac{4a}{L}$ の評価指標を提案する。

この $\frac{4a}{L}$ を“凹凸勾配”と呼称することにした。

4. 波状摩耗と保守量

当社において、平成2年、3年に波状摩耗と軌道保守量の関係を調査した。その結果、調査条件の課題もあり明確な所見まで至らなかったが、次の見解が得られた。

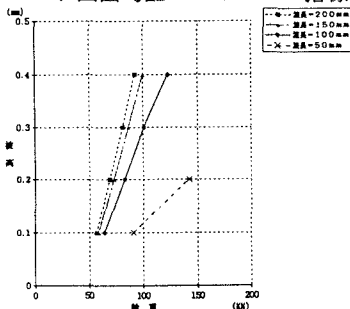
- ① 波状摩耗の有無と締結装置の緩みの関係は明確にされなかった。
- ② 一部のデータ（表－1）によれば、波状摩耗の発生区間では、つき固め量が約50%増加した。

表－1 波状摩耗発生区間の軌道保守量

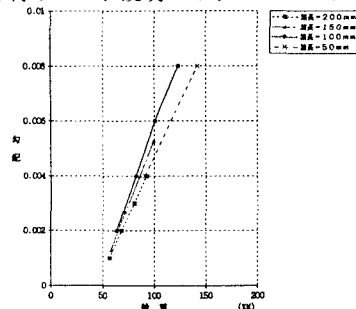
箇所	位置 K M	波状摩耗の形状			軸箱振動加速度の相対値		MTT投入回数 (回/年)
		波長 mm	波高 mm	凹凸勾配	非波状区間	波状区間	
10	279.640 285.300	100~150	0.15~0.3	0.0023~0.005	1	4~8	1~2
					(マヤ車の計測値)		平均1.5

5. 波状摩耗と輪重変動

前3の実態を踏まえ波状摩耗（正弦波と仮定）により軌道が受ける輪重値を連続梁モデルのシュミレーションにより求めた。図－3、4に波高、凹凸勾配の指標で表わした輪重値の関係を示す。（注：機関車と電車では輪重値を変更し計算）これによれば、波長と波高の組合せと輪重値の関係、凹凸勾配のそれとの関係を対比すると、凹凸勾配による1つの指標で概ね輪重値と関係付けたが、説明しやすいことがわかる。



図－3 波高と輪重の関係（電車130km/h）



図－4 凹凸勾配と輪重の関係（電車130km/h）

6. 波状摩耗の管理値（提案）

速度100km/hにおける電車の輪重が静止輪重の2倍（90kN）となるような状態では軌道破壊や転動音が著しいと考えられることから、これを規制する凹凸勾配は0.004程度となる。また、表－1の実態が概ね、0.003~0.005となっていること等を総合すると、凹凸勾配を0.003程度が良いのではと考えられる。同様に130km/hにおいては、0.002と考える。

7. 今後の課題

波状摩耗の保守管理についても、レール削正基準の見直し等が必要となる。削正基準の見直しに必要な発生時からの波長・波高の進み量、軌道狂いと的相关性、軌道材料の保守費の削減等を把握する必要があると考えられる。さらに、東海道本線・湖西線・北陸線の130km/Hで走行による超高速線区の波状摩耗についても更に検討を進めていく必要がある。今回提案した管理値による保守・環境への強度及び波状摩耗再発の保守周期等についても、さらに調査していきたい。

参考文献

- 1) F u n k e ; レール削正