

IV-365

レール頭頂面凹凸波形の復元法

（財）鉄道総合技術研究所 正会員 竹下邦夫

1. はじめに

新幹線のような高速鉄道では数cm～数m波長のレール頭頂面凹凸が輪重変動や騒音の発生に影響する。このような短波長のレール頭頂面凹凸を管理するために、走行しながらレール頭頂面凹凸を能率的に測定するレール頭頂面凹凸連続測定装置を開発した。この装置は慣性測定法を使用しており、測定法の違いから従来用いられている1mや2mスパンのレール踏面測定器とは出力波形が異なる。ここではレール頭頂面凹凸連続測定装置の出力からレール踏面測定器と同様なレール頭頂面の絶対形状を求める方法について検討した結果を報告する。

2. レール頭頂面凹凸連続測定装置の原理と特性

レール頭頂面凹凸連続測定装置は図1に示すようなゴムタイヤ走行の測定台車にレール頭頂面凹凸を検出するための検出部を左右レール用に2個取り付けた構造であり、モーターカー等で牽引して測定を行う。この装置の検出部はサーボ型加速度計と静電容量形の非接触変位計を組み合わせたもので、加速度計の出力を2回積分し、センサホルダの慣性空間に対する変位を求め、一方センサホルダに取り付けた静電容量型変位計によりレール頭頂面とセンサホルダまでの相対変位を検出し、この両者の変位を加算することによりレール頭頂面凹凸を求めることが基本原理となっている。このような測定法を慣性測定法と呼んでいる。この慣性測定法では連続測定を行う場合、完全な2回積分を行うことは安定性の面から不可能であり、この装置でも波長2m以上の成分をカットする特性を持たせ、積分回路の安定性を確保している。この装置の総合特性は入力を変位であるレール頭頂面絶対形状、出力を同じく変位としての測定波形とした場合、式(1)で表される。

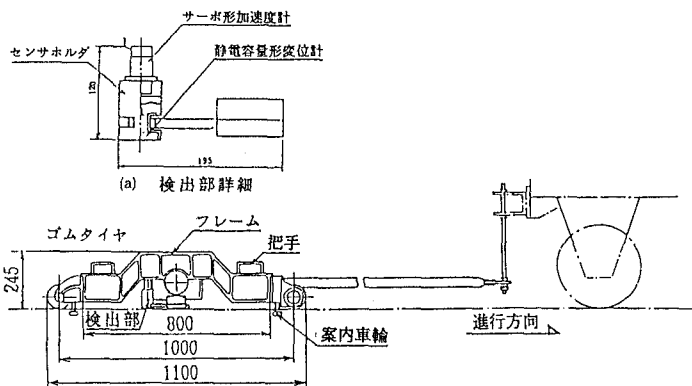


図1 レール頭頂面凹凸連続測定装置の構成

$$G_{101}(s) = \frac{s^2}{s^2 + 2\zeta_1 \omega_1 s + \omega_1^2} \quad \text{----- (1)}$$

但し $G_{101}(s)$: レール頭頂面凹凸連続測定装置の伝達関数

s : 距離パラメータに対するラプラス演算子

ζ_1 : 減衰係数

ω_1 : カットオフ周波数

3. 復元法の検討

レール頭頂面凹凸連続測定装置の出力からレール頭頂面絶対形状を求めるためには式(1)の伝達関数の逆

関数を通せばよいことになる。逆関数は式(2)となる。

$$\frac{1}{G_{101}(s)} = \frac{s^2 + 2\zeta_1 \omega_1 s + \omega_1^2}{s^2} = 1 + 2\zeta_1 \omega_1 \frac{1}{s} + \omega_1^2 \frac{1}{s^2} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式の安定性は根の値により決定される。この式の根の値は実数部、虚数部共に0であり安定と不安定の境界にある。したがって完全に安定ではない。これは慣性測定法で完全な2回積分を実行できないことから自明のことである。実際に式(2)の演算を実行した結果では出力が発散する傾向にあり、連続して長距離の復元は不可能であった。しかし数m程度の延長であれば発散の程度もあまり大きくなく、復元の可能性があると感触を得た。

4. 復元処理と処理結果

復元の処理には式(2)の演算を行う必要がある。ここでは式(2)を微分方程式と見なしRunge-Kutta-Gill法により復元を試みた。前処理として発散をできるかぎり抑えるため、平均値が0となるようにオフセット量を調整した。また延長が長くなると発散量も大きくなるので復元を行う延長を短くした。今回はレール溶接継目部分のみの復元とし2mスパンのレール踏面測定器と比較するため、4mの延長で復元を行ない、復元結果の中央部2mを最終的な出力とした。復元した結果の一例を図3に示す。この結果から復元波形とレール踏面測定器の波形は比較的良く一致することが認められ、この方法が有効なことが明らかになった。

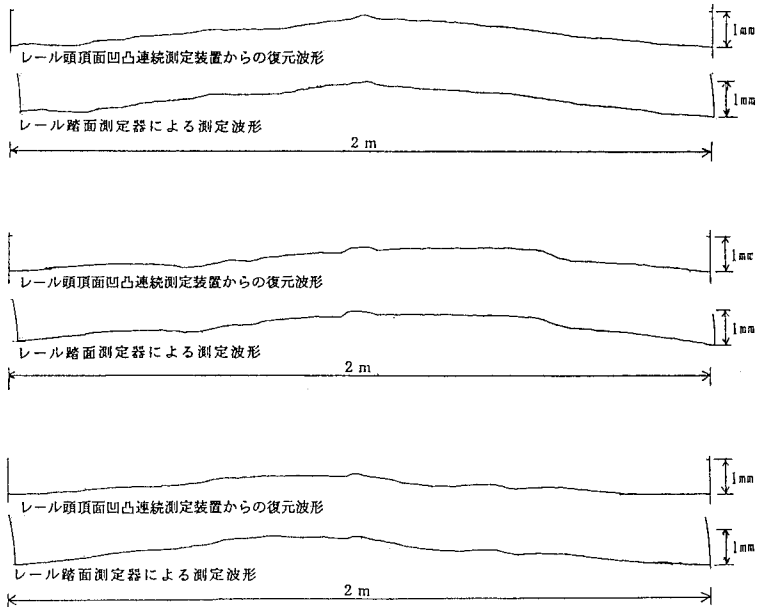


図2 復元波形とレール踏面測定器測定波形の比較

5. あとがき

レール頭頂面凹凸連続測定装置は昭和57年度に最初

の実用化試験を開始し、昭和62年度に実用装置を製作した。現在、定期的にレール頭頂面凹凸の測定に使用されている。このような装置によるレール頭頂面凹凸の管理は輪重変動や騒音に影響する波長成分を的確に抽出し、評価することが必要である。その意味からはこのような装置の特性もレール頭頂面凹凸の管理に適した特性とする必要がある。ここではその様な観点とは別にレール削正作業等で有用と思われる実際のレール頭頂面の絶対形状を得る方法の可能性について検討を行ったものである。

参考文献

- 1) 佐藤吉彦, 藤森聡二, 竹下邦夫, 服部登, 須永陽一: レール頭頂面凹凸連続測定装置の開発と実用化への提案, 鉄道技術研究報告, No. 1285, 1985. 2