

IV-389

慣性正矢法による軌道狂いの検出手法

鉄道総合技術研究所 正会員 竹下邦夫

鉄道総合技術研究所 正会員 矢澤英治

1. はじめに

現在、軌道検測車では3台車を必要とする正矢法が一般に用いられている。加速度の2回積分を基本原理とする慣性測定法は1台車のみで検測が可能であり、低コストでシンプルに製作できる可能性がある。しかし慣性測定法は2回積分の安定化のために行うハイパスフィルタ処理のため、得られた軌道狂い波形に歪みを生じるという欠点があった。ここでは、この欠点を生じない方法として慣性測定法に正矢法の特徴を取り入れた軌道狂い検出方法（慣性正矢法と呼ぶことにする）について、その理論と実現可能性を明らかにするために行った走行試験について述べる。

2. 慣性正矢法の理論検討

慣性正矢法は慣性測定法に正矢法の特徴を取り入れることにより安定化を図ると共に正矢狂いを得ようとする方法であり、図1に示した構成となる。慣性測定法における2回積分の伝達関数は式(1)で表され、図2(a)に示したものとなる。この特性から、この伝達関数は周波数0でゲインが無大となり、これが2回積分の不安定性の原因である。正矢法の伝達関数は式(2)および図2(b)で示したものである。また2回積分と正矢法を合成した伝達関数は式(3)および図2(c)で示したものとなり、周波数0でゲインは有限の値で不安定性を示さない。したがって式(3)の伝達関数を実現できれば安定に正矢狂いが得られ、これが慣性正矢法の基本的な原理となる。

$$G_2(s) = \frac{1}{s^2} \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$G_1(s) = \exp\left(-\frac{s}{2\omega_1}\right) - \frac{1}{2}\left\{1 + \exp\left(-\frac{s}{\omega_1}\right)\right\} \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$G_2(s) \cdot G_1(s) = \frac{1}{s^2} \left[\exp\left(-\frac{s}{2\omega_1}\right) - \frac{1}{2}\left\{1 + \exp\left(-\frac{s}{\omega_1}\right)\right\} \right] \quad (3)$$

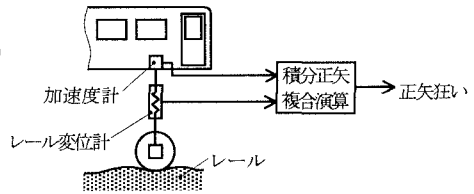


図1 慣性正矢法の基本原理

ここに、

$$\omega_1 = \frac{v}{l_1}$$

v : 検測車の走行速度 [m/s]

l_1 : 正矢法の弦長 [m]

$G_2(s)$: 2回積分の伝達関数

$G_1(s)$: 時間パラメータに対する正矢法の伝達関数

s : ラプラス演算子

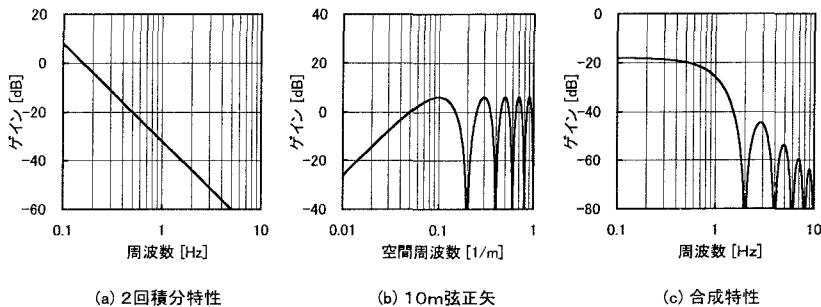


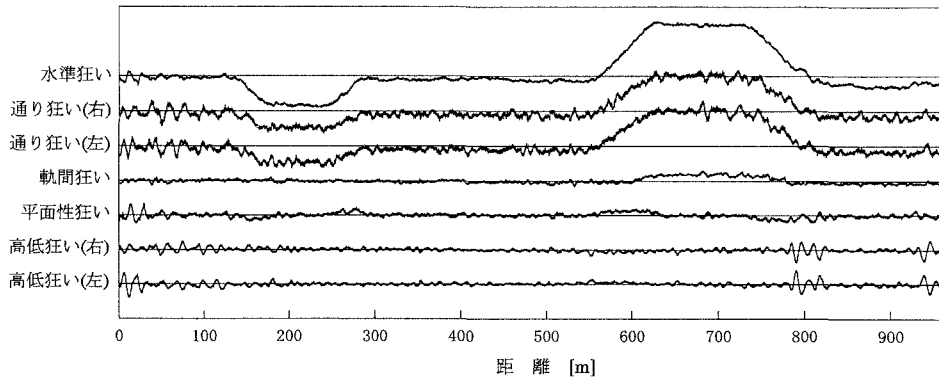
図2 各伝達関数の周波数特性

キーワード : 軌道検測, 慣性測定法, 正矢法,

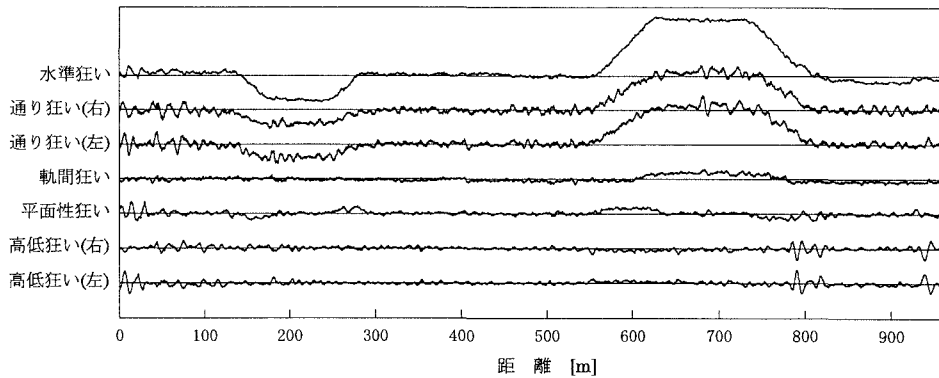
連絡先 : 〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38 TEL 042-573-7342 FAX 042-573-7342

3. 現車走行試験による検証

慣性正矢法による軌道狂い検測の実現可能性を明らかにするため現車走行試験を実施した。式(3)に示した演算をアナログ、デジタル併用方式で実現することとし、試験は在来線マヤ車に加速度計およびアナログ処理回路、ジャイロ装置を仮設し、レール変位にはマヤ車の変換器出力を利用して行った。走行試験の結果、得られた軌道狂いを図3(a)に示した。また比較のためにマヤ車の3台車方式による軌道狂いを図3(b)に示した。この結果から慣性正矢法を用いた軌道狂い検測法で得られ軌道狂いと従来の3台車方式による軌道狂いは一致し、この慣性正矢法の有用性が明らかとなった。



(a) 慣性正矢法による軌道狂い



(b) 従来の3台車方式による軌道狂い

図3 現車走行試験結果

4. おわりに

慣性正矢法により軌道狂いが得られることを理論および現車試験により示した。この慣性正矢法では加速度計とジャイロ装置を併用することにより、加速度計の傾斜による誤差も発生せず、正しい曲線中の正矢も得られる。今後、低速走行時の特性やジャイロ装置の誤差が与える影響等の試験を通じて、慣性正矢法の実用時における性能を明らかにしたいと考えている。なお、今回の現車試験ではJ R 東日本の協力を頂いた。J R 東日本の関係の方々に感謝の意を表する次第である。

参考文献

- 1) 竹下邦夫：軌道狂い検測手法に関する研究，鉄道総研報告，特別第25号，1998.10
- 2) 竹下邦夫，山田 一：鉄道軌道に生ずる狂いの加速度による検測法と検証試験，電気学会論文誌，Vol18-E，No.11，1998.11