

小型・軽量の軌道検測装置の開発

JR 東海 正会員 永沼 泰州

1. はじめに

近年、各社において保線作業の機械化や装置化が積極的に推進されているが、作業後の軌道状態確認は依然として糸張りによる手検測で行われることが多い。手検測は簡便であるものの、精度が低く個人差も大きいため、最近の高精度な軌道整備に対応できなくなりつつあり、以前から作業後の仕上がり状態を高精度に確認できる装置が熱望されていた。しかし、人力による「むら直し」のように、機動力が要求される簡易整備にまでその使用を義務付けたい場合、外国製品を含む入手可能な数種類の軌道検測装置は、重量・価格・操作性において満足できるものでなかった。以上を背景に、「安価」・「軽量」・「小型」・「高精度」・「堅牢」・「容易」をコンセプトとした可搬型軌道検測装置の開発を平成13年から開始した。本稿では、試作装置に採用された新しい軌道検測手法、開発試作機の検測性能、および特徴について紹介する。

2. 新しい軌道検測手法

物体の形状を測定する方法として「3点法」、「角度2点法」、「混合法」の3種類が知られている。このうち「3点法」と「混合法（1角度2変位）」はそれぞれ2次差分法、1次差分法として軌道検測に利用されている。残る「角度2点法」は測定基準に設置した2組の角度計信号の差動出力（差分演算）により形状計測を行うものであるが、軌道検測への適用例は見当たらない。これは、レール面がレーザ角度計による傾斜角計測に適さないためであるが、2点のみで計測でき、しかもジャイロによる絶対角計測が不要など、「角度2点法」は軌道検測にとって非常に魅力的な測定法である。

そこで、「角度2点法」の構成を若干変更し、角度計のみで軌道検測可能な方法を考案した（図1）。角度計の出力 θ は、軌道形状成分のみを含む信号であり、a, b間の傾き（1次差分）とb, c間の傾き（ θ ）との差動出力（差分演算）となるから、軌道形状に対しては「2次差分」となる。 L_1 , L_2 をそれぞれ前後アームの長さとする、 θ は次式により偏心矢量（V）に換算できる。前後のアーム長が等しい（ $L_1 = L_2$ ）場合、Vの値は正矢量になる。

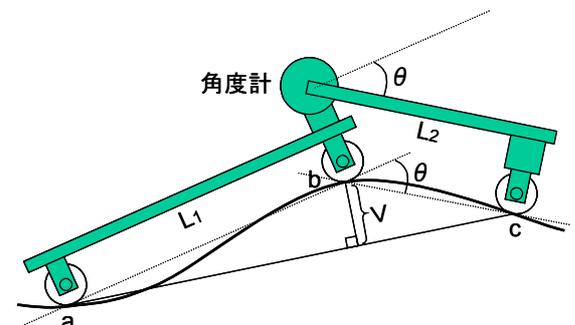


図1 角度検出による軌道検測法

$$V = \frac{2 \cdot L_1 \cdot L_2}{(L_1 + L_2)} \cdot \sin \frac{\theta}{2}$$

図1から容易に想像されるとおり、この方式は、軌道狂いが大きくなるに従って測定弦長が短くなるという欠点を持つ。しかし、仮に2.5m弦正矢（ $L_1 = L_2 = 1,250\text{mm}$ ）で30mmの軌道狂いを検出した場合でも、弦長の変化量は僅か0.7mmであるから、この影響は無視することができる。

3. 試作装置の概要

前述の測定法が検測装置として実用可能か否かを見極めるため、まず開発試作機を製作した。主な仕様を表1に、外観写真を図2に示す。中間の角度検出部はユニバーサルジョイント（自在継手）構造で、鉛直、水平の2軸角度が同時検出可能である。各アーム長は1,250mm（2.5m弦正矢）とし、測定データは4倍長演算によって10m弦正矢に変換される。

キーワード 軌道検測, 角度二点法, エンコーダ

連絡先 〒454-0815 名古屋市中川区長良町1-1 東海旅客鉄道(株) 技術開発センター TEL052-363-7924

測定項目	2.5m弦高低 2.5m弦通り 軌間 水準 平面性	対側・倍長演算可 " " 水準から演算
収録データ間隔	25cm	1次処理：1cm
連続稼働時間	5h	充電：3h
測定範囲	高低	±217mm
	通り	±217mm
	水準	±260mm
	軌間	-20mm, +40mm
分解能	高低	0.12mm
	通り	0.12mm
	水準	0.027mm
	軌間	0.008mm
最大長さ	1,600mm	折畳時・新幹線用
総重量	25kg	処理部・表示部含む



図2 試作した軌道検測装置

新しい検測手法を採用したことにより、試作装置は以下の優れた特徴を持つことになった。

- ・ 角度検出には、処理が容易で安価なエンコーダを利用できるため、装置のコストダウンに有利。
- ・ 従来、高剛性を要した基準梁（水系）が不要。更に、測定アームには僅かな力しか作用しないので、スレンダーな部材使用により大幅な軽量化が可能。
- ・ 2本の測定アームを中央で折り畳めるため、運搬時の全長を弦長の半分程度にできる。



図3 運搬時（折り畳み状態）

4. 測定精度

試作装置の測定精度を確認するため、新幹線保守基地において現地試験を行った。その結果、10m 弦における繰り返し誤差は開発目標であった 0.3mm（差の標準偏差）を下回り、相対角検出による軌道検測の有効性を確認することができた。しかし、通り狂い測定機構には若干の改善が必要であることも明らかになった。同一区間において 10m 弦通り狂いを 3 回測定した結果を図 4 に示す。一部で最大 1.0mm 弱の容認できない誤差が生じている。調査した結果、この誤差は、継目部の衝撃で生じる測定アームの揺動により両端検出点がレールから離れてしまうことが原因であると判明した。今後、水平方向のアーム押付け機構に対策を施す予定である。

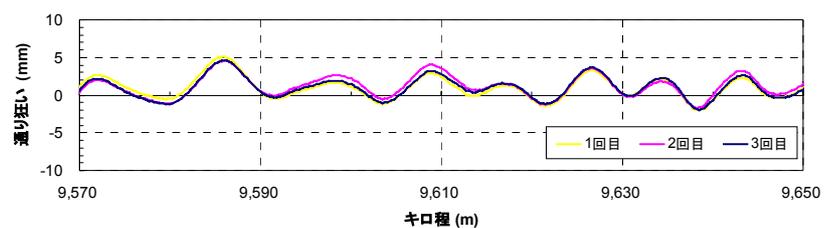


図4 10m 弦通り狂いの繰り返し誤差

5. おわりに

「角度 2 点法」に基づく新しい軌道検測手法の採用により、既存装置と比較して大幅に小型化、軽量化された軌道検測装置を試作することができた。前述のニーズに応え、コンセプトに合致する魅力ある検測装置は現実のものになりつつある。今後は精度向上のみならず、更なる軽量化、操作性向上等、実用化に向けた開発を加速する計画である。

参考文献

- ・ 清野ほか、「差動レーザオートコリメーションに関する研究（第 2 報）」、精密工学会誌，57，4(1991) pp652-657