

## リンク型軌道変位計測システムの信頼性向上

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○戸塚 淳也  
 東日本旅客鉄道株式会社 正会員 桑原 清  
 鉄建建設株式会社 正会員 竹田 茂嗣  
 鉄建建設株式会社 正会員 長尾 達児  
 株式会社東京計測 正会員 大田中 達志

### 1.はじめに

鉄道営業線に近接した場所での掘削工事などにおいては、軌道に与える影響を最小限に抑え、列車運行の安全性を確保するために高度な施工管理が求められる。そのため、軌道変位の自動計測が多く行われている。しかし、自動計測の問題点として、機器の異常により欠測や警報の誤作動が生じた場合に列車運行に影響を与えてしまう恐れがあることが挙げられる。そこで、JR 東日本で多く使用されているリンク型軌道変位計測システムについて、装置の特徴を利用することにより信頼性を向上させる方法を考案したので報告する。

### 2.リンク型軌道変位計測システムの概要

リンク型軌道変位計測システムは、図-1 及び図-2 に示すように、剛な棒と測角センサーを交互に連結させたものを連続して軌道に敷設し、測角センサー間の距離と測角センサーの折れ角から高低と通りの 10m 弦正矢値を計測するものである。なお、10m 弦正矢値とは、在来線の軌道整備基準値として用いられる値である。

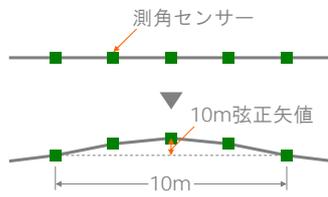


図-1 計測装置の概要



図-2 計測装置の設置状況

### 3.信頼性向上策の概要

自動計測では、機器の異常により計測値が管理値を超える場合が考えられるが、この現象を機器の異常と断定することは困難である。従って、アルゴリズムにより計測異常と考えられる計測値を自動的に除外するのは危険である。そのため、現状では実変

キーワード リンク 軌道監視 軌道計測 信頼性

連絡先 東日本旅客鉄道株式会社 東京工事事務所 工事管理室 〒152-8512 東京都渋谷区代々木 2-2-6 TEL03-3379-4353

位か誤動作かを判別するために、現場の状況を目視などの他の方法で確認する必要がある。そこで、1線中で1測点のみに計測異常と考えられる現象が現れた場合に、計測区間両端が不動点として設置されている

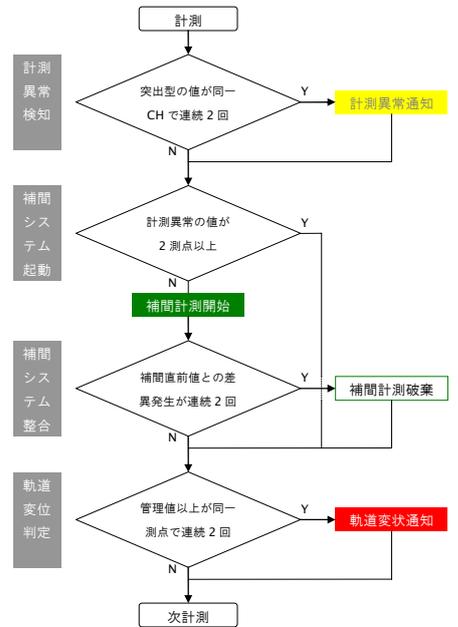


図-3 計測の流れ

ことを利用して計測異常測点の折れ角を計算で推算して計測を継続する「補間システム」を考えた。

計測の流れを図-3 に示す。まず、計測異常と考えられる値を検知し、検知箇所が1線中で1測点であった場合に補間システムを起動する。次に、補間した値が直前の計測値と同等な場合には補間を継続し、差異がある場合には補間を中止して計測を継続するようにしている。なお、検知や判定は異常値が2回連続で発生した場合に行い、状況は常時画面に表示されるようになっている。

### 4.計測異常の検知方法について

リンク型軌道変位計測システムでは測角センサーを連続して敷設しているため、1測点で変位が発生すると、通常は隣接する測点にも変位(折れ角)が現れる。従って、図-4のように1点だけが突出するような計測値が現れた場合は計測異常が発生している可能性が高い。そこで、図-5のように1測点のみが

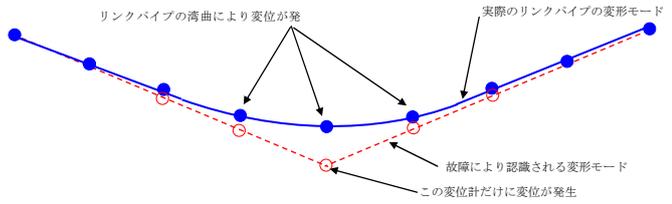


図-4 計測装置の変形モード

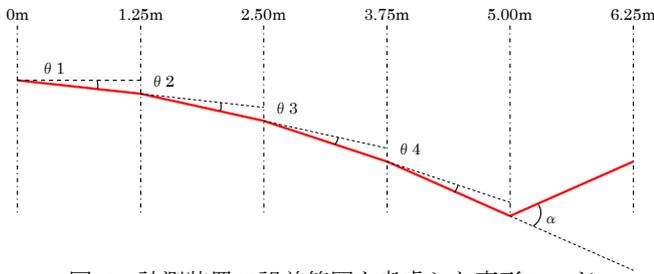


図-5 計測装置の誤差範囲を考慮した変形モード

突出し、その他の測点では変位変化量が誤差範囲(≒分解能)未満に収まっている状態を計測異常と判定することとした。この時、計測装置を収納する角鋼管(リンクパイプ)の変形形状を考慮すると、補間システム作動時の最大計測誤差は10m弦正矢値で2.26mmとなる。

上記について、計測異常の検知方法の妥当性を検証するため、図-6のように2分割したH型鋼に4種類の配置パターンで測点と取り付け治具を配置し、H型鋼の分割部を隆起させた(1測点のみが突出した値となるような変形を再現した)場合のH型鋼の変位量と計測値を比較した。

図-7にパターンBで1測点が計測異常を判定する閾値を超えた時点の結果を示す。図-7の他、どのパターンにおいても、最も突出した測点での実変形と計測値の差は0.5mm程度に収まることが分かった。

5.異常箇所の補間方法について

リンク型軌道変位計測システムでは、前述したように、測点間の距離と測点の折れ角の変化から測点の変位を求める仕組みとなっている。従って、図-8に示すように、計測区間両端が不動点の場合は変位変化量の総和が0となり、計測異常測点以外の変位

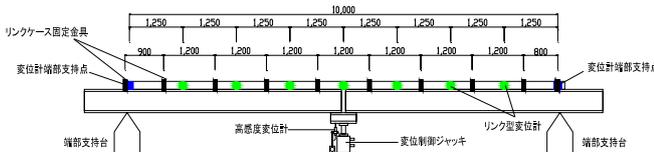


図-6 計測異常検知方法の検証試験概要(パターンB)

表-1 計測異常検知方法の検証試験パターン

試験パターン	リンク型変位計位置	角鋼管定着位置
A	変曲点であるH鋼の不連続面に設置	変曲点である不連続面が左右に均等割
B	同上	不連続面から600mm離れから均等割
C	不連続面から625mm離れから均等割	変曲点である不連続面が左右に均等割
D	不連続面から625mm離れから均等割	不連続面から600mm離れから均等割

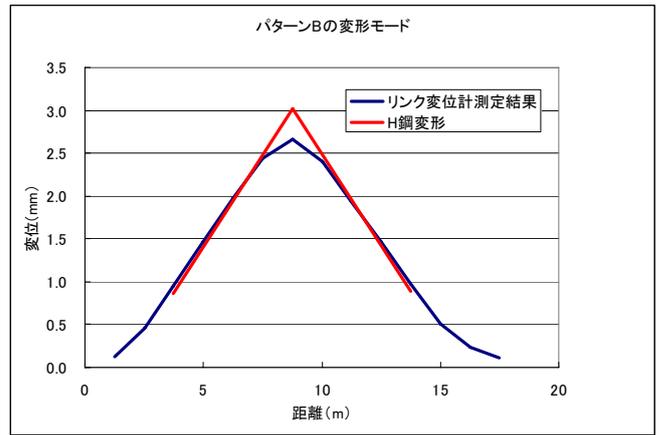


図-7 計測異常検知方法の検証試験結果(パターンB)

変化量の総和から計測異常測点の変位量を推定できる。なお、補間した計測値が補間直前の計測値と異なる場合は補間システムによる計測を行わないこととし、列車運行の安全性を確保することとした。

図-9に実現場での計測結果とそのデータを利用して補間システムの適用シミュレーションを行った結果を示す。図-9の他、複数のシミュレーションを行った結果、補間システムを用いても通常1mm程度以下の誤差に収まることが分かった。

6.まとめ

今回考案した軌道変位計測の信頼性向上策により、工事に関する列車運行の安全性と安定性を向上させることができた。今後はこのシステムをより簡便で使いやすくし、より幅広い活用方法を探っていきたい。

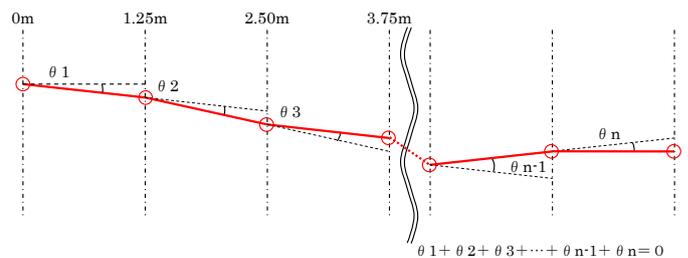


図-8 リンク型軌道変位計測システムでの計算方法

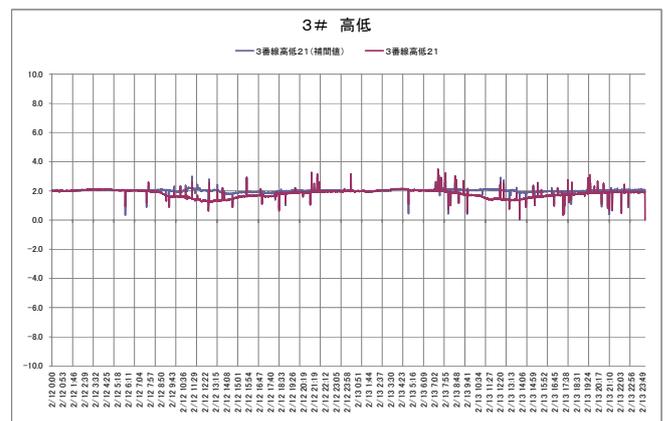


図-9 補間システムの適用シミュレーション結果