

VI-153

鉄道の営業線近接工事に伴う軌道計測方法の省力化について

東鉄工業（株） 小山 和彦 東鉄工業（株） 浦野 正人
同 上 原口 和夫 同 上 高木和 洋
同 上 正会員 ○ 塚田 靖夫

1. はじめに

営業線近接工事に伴う待避遅延事故や触車事故は、近代化が進み安全性を重視する現在でもなくなるしない現状にある。その理由には列車の運行体制（運行間隔の短縮・列車のスピード化）や軌道工事に関わる監督・作業員数の減少、熟練工不足による不慣れた作業員の不安全行動等が挙げられる。軌道工事（営業線近接工事）は、古くから人海戦術による作業が大半をしめ、その作業環境は現在でもあまり変わっていない。

そこで当社は、作業環境の改善を目標とし特に安全性と時間の省力化に重点を置き検討を重ねた結果、3次元計測システムを用いた軌道計測方法を採用し、平成6年8月より試験計測を実施した。

今回はこの試験計測（3次元軌道計測管理システム、以下文章中は3次元計測とする）について報告する。

2. 軌道計測の方法

軌道計測とは、軌道上を列車が安全に通過できるよう、通り・高低・水準・軌間・平面性の5項目を定期的に測定するもので、事故防止には欠かせない作業である。また、軌道計測は独自の計測方法と管理値を持ち、線路内で計測を行う際には軌道工事管理者の資格を有する者とされている。

2-1. 従来の計測方法と3次元軌道計測管理システムの方法

従来の計測方法は、編成された計測チームによる線路内での手動式計測で、計測方法は以下の通りである。

- ① 計測範囲とセンターを決め、上り下り側に等間隔で管理点をレール上に定める。（現場は@=5mとした）
- ② 管理点上を、高低・通り^{*1}・水準・軌間・平面性^{*2}の5項目について測定する。
- ③ 計測結果を計算し、測定記録用紙に書き出す。

※1 通り・高低は、10mの水糸の両端を管理点の上に合わせ管理点と水糸に一定の隙間が出来るようにレールピースを挟み、10m区間の中間点の水糸とレールの離れを折尺等を使用して測定する。

（管理点は片側方向のレールみとし、レール上面の離れを高低、レール側面の離れは通りとする）

※2 水準・軌間は、レール定規という軌道計測用の計器を使用し、レール定規を左右の管理点に寄せ幅と水準を測定する。（平面性は水準の測定により割り出す）

この様に計測自体は極めて簡単であるが、計測結果は高精度でこの正確さゆえに現在でも使用している。しかし、計測にかかる時間が長く作業の危険性が非常に高いという大きなリスクも同時に抱えている。そこで、このリスクを改善すべく「3次元軌道計測管理システム」の考案・試験計測に至った。

3次元計測システムとは、表ー1 従来計測と3次元軌道計測の構成

	従 来 計 測	3 次 元 軌 道 計 測
人 員	軌道工事管理者 1名(計測・記帳担当) 軌道工 2名(計測補佐業務) 列車見張員 3名以上 (曲・直線区間の見通しにより異なる)	計測担当者 1名 (計測台から機械により視準)
使用機器	レール定規(水準・軌間計測用) 水糸、折尺、計測用レールピース (高低・通り計測用)	(1)現場(測点)計測 ^{*3} 光波セオドライト、ミニコンピュータ電子野帳 反射板(プリズムシールターゲット25mm×25mm) (2)データ処理 パソコン、ソフトウェア ^{*4} 、プリンター

光波セオドライトとプリズムシールターゲットと呼ばれる反射板を使用して測点を計測し、データがミニコンピュータ電子野帳によって3次元座標(X・Y・Z座標値)解析されるシステム(機械総称をMONMOSと言う)で実際に構造物の簡易計測やその他の動的解析にも応用されている。

※3 (1)を総称してMONMOS ※4 ファイル変換ソフト(LINK NET2)及び表計算ソフト

今回はこの計測方法を軌道計測に応用し、データをよりわかり易くまた従来の計測方法と計測管理値に互換性を持たせるよう計算をプログラム化したものである。使用方法は特に難しい点はなく光波セオドライトで座標測量をしたような感覚である。以下に実際に行った試験計測方法について説明する。

- ① 計測範囲とセンターを決め、上り下り側に等間隔の管理点をレール上に定める。（現場は@=5mとした）
- ② 管理点にプリズムシールターゲットを取り付け、現場内に線路と平行になるような基準点を2点設ける。
- ③ 決められた計測場所より基準点を視準し、その後設定した管理点を1線分ずつ視準する。
- ④ 計測結果をミニコンピュータ電子野帳に保存し、パソコンと接続したのちプログラム計算処理を行う。

⑤ 計算結果は自動的に測定記録用紙に書き出され、プリントアウトされる。

以上の①から⑤の手順で計測を行うが、従来の方法と比べても特別難しい測定ではないことがわかる。

※5 従来の計測と3次元軌道計測の編成人員と計測機器を表-1に示す。

3. 試験現場の概要と実施状況

試験計測を行った現場は鉄道下に公道橋を新設する工事で、発進・到達立坑を挟み在来線6線と引込線1線の計7線が通っており、営業線近接工事の中でも比較的線間の長い工事条件（4線並列以上の区間）である。また、現場の前を通る1日当たりの電車の総本数は1000本以上になり、しかも現場範囲の終点（片側）が $R=1400$ の曲線区間になっているため非常に見通しが悪い等の悪条件が重なっている。この悪条件での線路内の作業（特に日中）は、かなりの危険を伴うことは言うまでもない。

3-1. 試験現場の実施前検討事項と実施状況

試験計測の実施は、まず線路内に管理点を設定することから始めた。作業は従来の計測と同じであるが、3次元計測の場合プリズムシールターゲットを取付ける作業が加わる。このターゲットはレール上面より下側に取付けるが取付け位置はコンピューターのプログラムを組む関係上、レール上面より一定の高さ・幅で設定することにより、取り付けに十分な配慮を配った。

続いて計測架台の設置を行った。設置については幾つか条件があり、少なくとも工事の邪魔にならない箇所では振動を出来るだけ避け、測点が全て見通せる場所を確保しなければならない。現場条件より検討した結果、地上より2m以上の高さに架台を設定することで幾つかの条件が満たされた。また、光波セオドライトで視準した場合、光波とターゲットの関係により架台とレールの角度が 45° 以上つけられないため、 45° を越えるものについては角度調整ピース※6を取り付けた。

※6 鋼製の3角柱で調整角度 30° レール面からターゲットセンターまでの距離が13mmのもの

計測実施当初は、慣れない作業と線路上の陽炎、現場の若干の振動の影響等の問題が挙げられた。その対処法として計測時間をなるべく上記の影響を受けない時間帯にするなどの対策を検討し実施した。

上記の現場の詳細を図-1に示す。

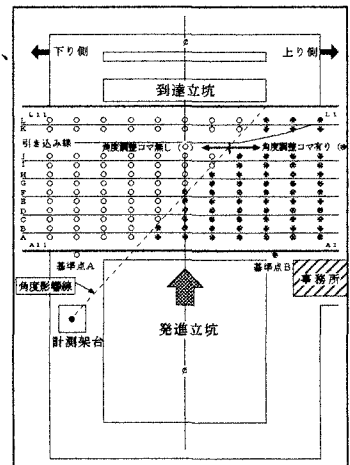


図-1 計測現場・計測点詳細図

4. 計測結果

試験計測を6ヶ月にわたり行った結果、以下のようなメリットが確認された。

- ① 従来計測に比べ計測時間が1/4に短縮
- ② 計測人員数が以前の約1/6に減少
- ③ 以前に比べ計測・データ処理時間の短縮
- ④ 線路内での危険作業の大幅な減少

また、従来計測と3次元計測の精度比較を行った結果、以下のように確認された。

- ① 従来計測の結果を基準値とし3次元計測と比較した場合、平均で ± 2 mm程度の範囲で測定差が生じた。
- ② 従来計測は目視であり3次元計測は機械計測であるので、視準誤差（個人誤差）を調査した結果、前日のデータと比べると、従来計測より3次元計測は結果にばらつきがみられた。

しかし、今まで目視で測定していたものを、15mから50m離れた位置から測定を行い ± 2 mm程度の誤差で測定できることを考慮すると、3次元軌道計測が当初の目的を十分果たしたものと考えられる。

5. おわりに

従来の軌道計測の安全性・作業効率の改善という名目で3次元軌道計測管理システムを採用したことにより、人海戦術を主とした軌道工事（営業線近接工事）に機械計測といった新しい分野を見いだすことができ、軌道計測の最もネックとされていた安全性についても大きく飛躍されたと考える。しかし、この軌道計測方法も研究途中で、計測台（機械の設置位置）が限定されてしまうことや60m以上離れた位置は誤差の範囲が大きいため計測に影響が出る等の改善の余地が残されているのが現状である。また、精度に関しても自動追尾測定器の使用で視準誤差の解消も図れるのでは、と検討している。以上のことをふまえ今後は更に改良を加えより簡単により使い易いものへ、また、より高度なものにできるよう研究を重ねていきたいと考える。

最後に、試験計測の実施に際し鉄道管理関係者や現場関係者等様々な技術者のご指導ご尽力を戴いたことに対し、この場を借りて厚く感謝を申し上げたい。