2403 デジタルカメラを用いたふく進検測

Creeping measurement nsing of digital camera

正［土］　○海老田　佳孝　(JR 西日本)　　正［土］　山田　裕一　(JR 西日本)

正［土］　塩見　環　(JR 西日本)　　正［土］　片岡　武　(JR 西日本)

正［土］　小川　哲夫　(株式会社　カネコ)

Yoshitaka Ebita,　West Japan Railway Company
Yuichi Yamada,　West Japan Railway Company
Tamaki Shiomi,　West Japan Railway Company
Takeshi Kataoka,　West Japan Railway Company
Tetsuo Ogawa,　Kaneko Corporation

Usually, we perform creeping measurement by about 4 persons. Creeping measurement is inspection for judging safe condition to rail overhang.

This paper reports creeping measurement using of digital camera. This is the measurement of processing the picture of installing a target in a standard stake and a rail with the digital camera.

Keyword: creeping measurement, digital camera, target in a standard stake and a rail

1．はじめに

ＪＲ西日本では、ロングレールの座屈に対する安全度を判定するため、ロングレールふく進量を２回／年（２～３月、９～１０月）以上検測している。ロングレールふく進量とは、不動区間内に設置した左右基準杭の基準線とレールのポンチマークとの離れ（伸縮量）のことであり、これを用いてロングレールにかかる軸力を管理している。実際にはFig.1のように、線路左右に設置されている検測杭に検測糸を張り、糸とレールのポンチマークの離れを検測者が直角定規を用いて検測している。そのため、検測者により測定値にばらつきが生じたり、検測人数が多く必要であるという問題点を抱えている。

今回、検査精度の向上及び作業効率の改善を図るため、基準杭・レールに設置したターゲットを市販のデジタルカメラで撮影し、画像処理することでふく進量を求める手法を検討したので、その概要について報告する。

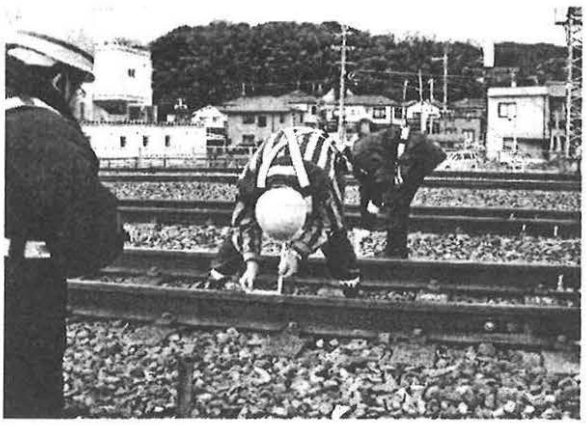

Fig.1　Creeping measurement situation

2．デジタルカメラを使用したふく進測定方法の概要

2.1 ふく進量算出方法

本手法は、Fig.2 のように３つの丸印のついたターゲットを左右ぞれぞれ測定杭・レールに設置し、Fig.3 のようにそれを施工基面から市販のデジタルカメラで４枚のターゲットをすべて１つの画像内に撮影する。撮影した写真画像を Fig.4 に示す専用ソフトで画像処理することで、ふく進量を算出する方法である。デジタルカメラでの撮影条件としては、２００万画素程度で、４個のターゲットが同時に納まって撮影できる位置関係で、基準杭に目測で正対した状態でできるだけ大きく写るように撮影すれば、精度良くふく進量が算出できる。

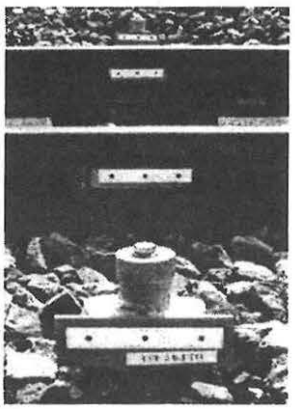

Fig.2 Target in a standard stake and a rail

Fig.3 Photography situation

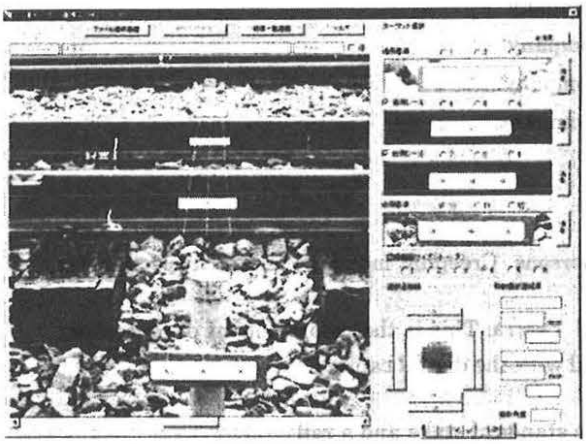

Fig.4 Image-processing software

2.2 画像処理方法

デジタルカメラで撮影した写真画像から、専用ソフトを使用してふく進量を算出する方法について説明する。

表示した写真画像を縦横の長さを点（ドット）で表現するX-Y座標系とし、縦横の中点を結んで交差した中心点を(0,0)とする。Fig.5のように示されている写真画像中の4箇所のターゲット中にある各3点の指標（①～⑫）全12点を写真上から探し、写っている各指標点のなるべく中心に位置するドットを各指標点の座標位置として登録する。この登録した指標点の座標を用いて検測値を算出する。

各指標点の座標位置の内、基準線（ふく進量0mm）となる基準杭側の指標点座標①と⑩を結んだ直線La、②と⑪を結んだ直線Lb、③と⑫を結んだ直線式Lcを求める。

さらに、Fig.6に示すように、以下の順で検測値を算出する。

- レール上の指標点座標④、⑤、⑥から最小自乗法により近似直線Raを求める。
- 直線La、Lb、Lcと直線Raの交点の座標を求め、交点座標をA1、A2、A3とする。
- 指標点座標④、⑤、⑥と直線Raの最短距離の座標を④'、⑤'、⑥'とする。
- 直線Ra上にある座標A1-④'間、A2-⑤'間、A3-⑥'間の座標間距離を求め、それぞれf1、f2、f3とする。
- 交点A1-A2間、A2-A3間の座標間距離をそれぞれda、dbとする。
- 実際の指標点間距離をD（50mm）とし、f1、f2、f3の実際の距離c1、c2、c3を次のように求める。

$$c1 = f1 \times (D / da)$$
$$c2 = f2 \times ((D / da) + (D / db))/2$$
$$c3 = f3 \times (D / db)$$

最後にこれらの平均値を検測値Cとする。

$$C=(c1+c2+c3)/3$$

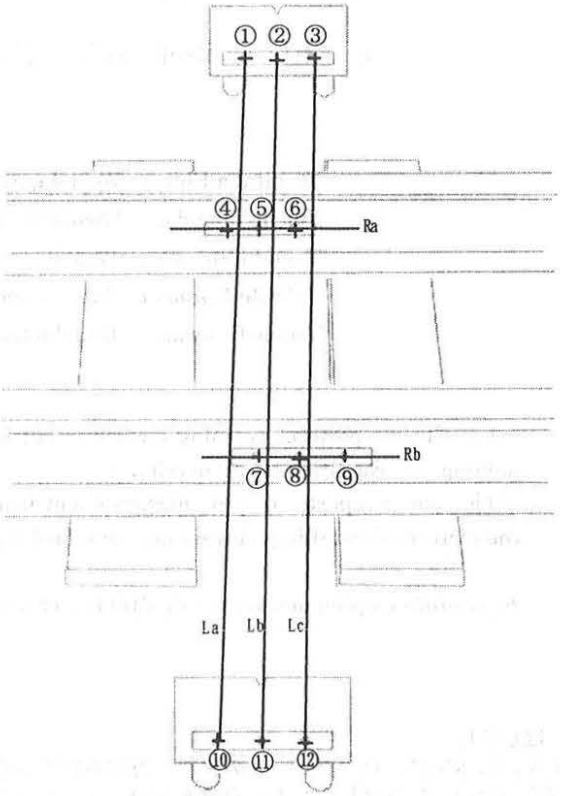

Fig.5 Coordinates point and straight line

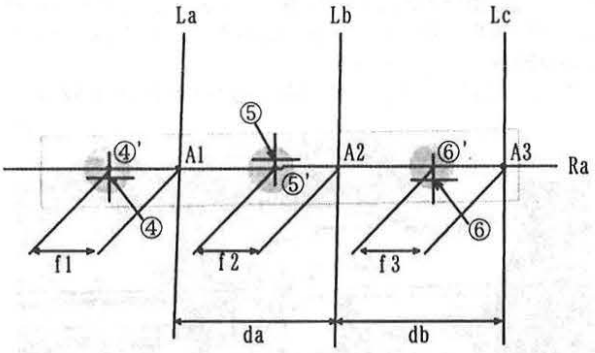

Fig.6 Target details

3．営業線における検証試験

本手法を適用していく上での検測精度について検証を行うために、営業線での試験施工を行っている。試験施工では、本手法と現行の糸張りのふく進量との比較検証を行えるように、現行の基準杭に隣接する箇所に本手法に用いる基準杭を建植して、現行の糸張りによるふく進量と同じになるように基準杭及びレールにターゲットを設置している。検証箇所は、東海道本線の三ノ宮－元町の高架区間及び山陽本線の神戸－塩屋間の土工区間であり、隣接する道路からの測定及びホーム上からの測定も行い検測精度を確認している。ホーム上では撮影側のターゲットが標準のものであると、ターゲットの認識が困難である。従って撮影側の基準杭には、ホーム用ターゲット台を設置する（Fig.7）。

検証項目は、測定の繰返し精度（再現性）と現行の人間による検測値との比較であり、検測精度を確認すると同時に、ターゲットの汚れ・耐久性、撮影角度の変化による検測値への影響も検証中である。

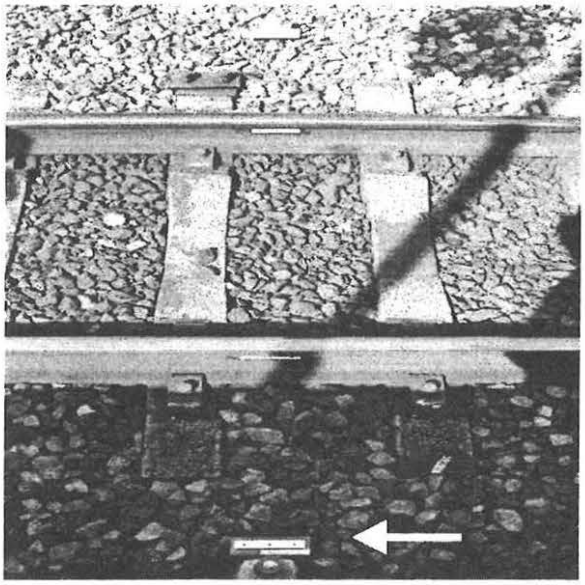

Fig. 7　The target for platform

4．試験結果

試験導入してから現在まで、計２回の検測を行い、ふく進量の精度確認を行っている。

4.1 再現性の検証結果

１つの測定箇所では、３回検測してその再現性を確認している。３回の検測の際、１回は検測者を代えて検測値に誤差が出ないことも確認している。結果の一例を Table.1 に示す。値は撮影した写真画像から画像処理を行った後の検測値を表しており、１検測点における３回の検測値のばらつき（再現性）を標準偏差で表すと、左レールで０．３mm、右レールで０．２mmであったことを示している。またその標準偏差を、検測点毎に表したのが Table.2 である。１検測点における３回の検測値のばらつきは、標準偏差で０．２mm～０．８mmであった。

また、検測点 No１～No５についてはホーム上からの検測結果を、No１１～No１３については隣接する道路からの検測結果を表している。ホーム上から撮影する場合は、広角レンズを取付け４枚のターゲットが出来るだけ縦一直線にすべて写るようにする。そうすればふく進量は精度高く算出できる。道路からの検測については、ズーム機能を活用し、４枚のターゲットが写真の縦方向いっぱいに写るよう撮影できれば、ふく進量は精度高く算出できる。

4.2 現行検測との比較結果

現行の人間による検測値（糸張りによる検測値）と本手法による検測値の比較結果の一例を Fig.8 に示す。この図に表す値は、３月検測値と６月検測値の差であるレールのふく進量である。また本手法による検測値は３回測定しているため、その平均値でふく進量を評価している。図－８では現行検測でのふく進量が３．０mm、本手法によるふく進量は１．９mmであり、その検測差が１．１mmであることを示している。現行検測による検測値においては、レール頭頂面と検測糸の離れを小さくして、現行検測値自体の誤差を極力なくすようにしている。

Table.3 は各検測点における３月から６月までの、現行検測によるふく進量と本手法によるふく進量の差を表している。ふく進量の差は０．１mm～３．２mmであった。この差には、現行の人間による検測誤差が含まれる可能性がある。この検測誤差については現在検証中である。

試験により、本手法によるレールふく進量の検測精度を確認した結果、以下のことが分かった。

・再現性標準偏差（同条件での検測結果のばらつき）
　０．２mm～０．８mm
・現行検測と本手法から算出したふく進量の差
　０．１mm～３．２mm
・ホーム上、隣接道路からの検測が可能
　広角レンズ、ズーム機能使用

Table.1　The test result in a certain creeping measurement point
(example：point No.8)　(mm)

	１回目	２回目	３回目	平均値	標準偏差
左レール	3.4	3.5	3.9	3.6	0.3
右レール	10.5	10.1	10.2	10.3	0.2

Table2.　Variation in every creeping measurement point
(mm)

検測点	*No1*	*No2*	*No3*	*No4*	*No5*	*No6*	*No7*	*No8*
左レール	0.4	0.5	0.4	0.2	0.7	0.2	0.5	0.3
右レール	0.8	0.2	0.6	0.7	0.5	0.2	0.4	0.2
検測点	*No9*	*No10*	*No11*	*No12*	*No13*			
左レール	0.3	0.5	0.7	0.2	0.5			
右レール	0.2	0.4	0.8	0.4	0.5			

(example：point No.13　Right rail)

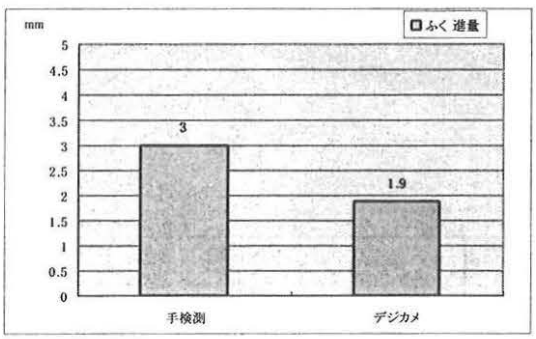

Fig.8　The test result by person and digital camera

Table.3 The difference of test result by person and digital camera

(mm)

検測点	*No1*	*No2*	*No3*	*No4*	*No5*	*No6*	*No7*	*No8*
左レール	2.3	0.8	1.4	0.5	0.1	2.5	1.6	0.5
右レール	2.1	0.1	2.1	0.1	1.4	1.5	1.1	2.2
検測点	*No9*	*No10*	*No11*	*No12*	*No13*			
左レール	3.1	0.7	0.8	1.9	1.2			
右レール	2.9	3.2	1.4	1.3	1.1			

5．おわりに

本手法の現在までの検測精度を考慮すれば、現行のふく進検査方法に代わる手法として期待が持てる。検査人数が現行の検査に比べて少なくなることからも、当手法の有効性が言える。時間が経過し、ターゲットが汚れた状況での検測誤差、及びターゲットの接着状況を見極めるため、今後も引き続き実用化に向けた検測を行い、その精度及びターゲット耐久性を検証していく。

参考文献

1）西日本旅客鉄道株式会社鉄道本部施設部：在来線線路検査の手引き