

配筋検査への画像認識技術の活用に向けた基礎的検討（その2）

J R 東日本コンサルタンツ株式会社 正会員 ○石間 計夫

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 田原 孝

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 森 圭太郎

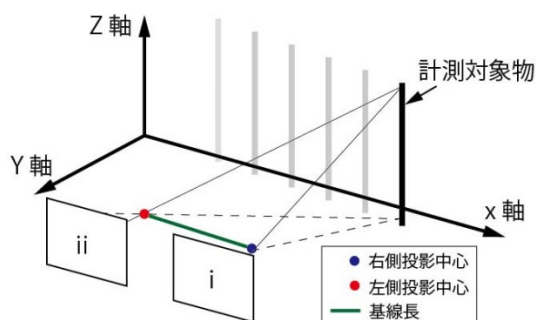
1. 概要

本稿では「基礎的検討(その1)」(以下「その1」)で行った調査・検討結果を基に検査装置を試作し、現場試験を通してその精度や課題抽出を実施した。

2. 検査装置の仕様検討・試作

(1)概要

「その1」で選定した、カメラによる配筋検査は、同一の被写体を2ヶ所の異なる位置から重なるように撮影する立体写真測量(ステレオ法)による3次元計測を行う必要がある。ステレオ法では、図1に示すように2枚の画像(i, ii)取得と画像投影中心(座標)、基線長を求める必要がある。

図1 立体写真測量(ステレオ法)イメージ¹⁾

(2)検査装置の仕様検討、及び試作

検査装置は、写真1(左)に示す鉄筋間(約70mm角)にカメラを搭載したレールを挿入し、カメラをレールに沿って移動させながら連続的に画像とステレオ処理に必要なデータを取得する仕様とした。

試作した検査装置を図2に示す。断面寸法が写真1(右)形状のレールにカメラを設置し15FPSで画像取得する。なお、レールの延長が2mと長いため

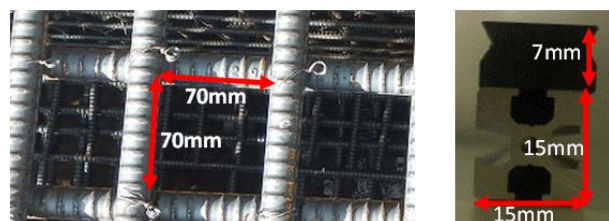


写真1 鉄筋間イメージ(左)、使用したレールの断面(右)

中央部分がたわむ。このため、カメラに加速度センサを設置し、カメラと同じレートでデータを取得して、カメラの姿勢を補正する機能を加えた。また、基線長の取得は0.1mm単位でデータ取得可能なワイヤーエンコーダーを採用した。試作機に使用した機材の概要一覧を表1に示す。



図2 試作した検査装置

表1 使用機材及び特徴一覧

機材名称	設置位置	特徴
カメラ	レール上	小型(28×28×50)
加速度センサ		カメラと同サンプリングレートで取得可能
ワイヤーエンコーダー		高精度(0.1mm)
カウンターコントローラ	USB (10m以内)	計測状況可視化
P C		小型・軽量

3. 現場試験

(1)試験内容

現場試験は、橋脚の上部工桁の桁配筋(側面)を対象とした。なお、鉄筋間へのレール挿入は、カメラが床板下に落下する可能性があることから本試験では行わなかった。図3に示すように、鉄筋とカメラの離隔量を3パターン変化させた上で手前から2段目までの鉄筋径、鉄筋間隔を計測した。試験装置の配置状況を写真2に示す。

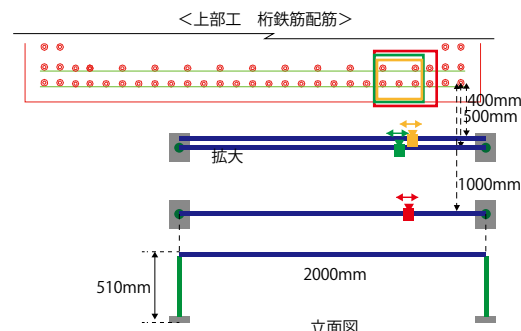


図3 試験概要図

キーワード 画像認識技術、立体写真測量、配筋検査、検査の効率化

連絡先 〒151-0053 東京都渋谷区代々木2-1-1 新宿マインズタワー5F JR 東日本コンサルタンツ ICT 事業本部 TEL03-3373-6007



写真2 試験装置の配置状況

(2)画像解析

検査装置を用いた計測手順を図4に示す。本試験では、基線長を50mmに固定して、レール方向に連続して画像解析を行った。図4の“b)”～“e)”に示す処理内容は、立体写真測量と同じ処理過程である。“f)”の処理イメージを図5に示す。図内(青丸)で示した1本の鉄筋について、各フレームで計測された点群の平均値A、B、Cとして、それらを結ぶ線分の中点をM1、M2とする。鉄筋の中心O(O_x, O_y)は、図5に示す式で求めた。

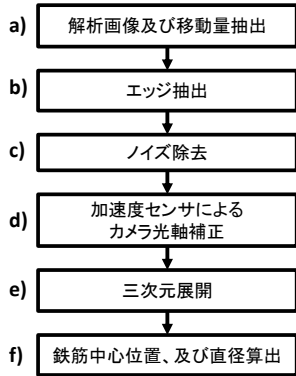


図4 画像解析手順

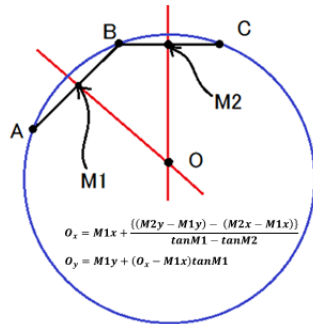


図5 鉄筋中心の算出図

4. 結果

現場試験の結果から、図6の1断面鉄筋(①～④)と2段目鉄筋(⑤～⑦)の計測結果を示す。

＜上部工 桁鉄筋配筋＞



図6 計測対象鉄筋

(1)鉄筋径

鉄筋径は、表2の2-⑤鉄筋(離隔500mm)を除き計測できた。誤差量は、離隔400mmでは2mm程度であったが、離隔量500mm、1000mmにおいては、最大で4mm程度の誤差量も見られた。

表2 計測結果(鉄筋径)一覧

計測対象	計測結果	実測値	誤差
1-①	25.7	25	-0.7
1-②	26.1	25	-1.1
1-③	24.1	25	0.9
2-①	29.1	25	-4.1
2-②	32	25	-7
2-③	29.6	25	-4.6
3-①	26.1	25	-1.1
3-②	28.5	25	-3.5
3-③	29.1	25	-4.1
3-④	28.5	25	-3.5

計測対象	計測結果	実測値	誤差
1-⑤	27.3	25	-2.3
1-⑥	24.2	25	0.8
2-⑤	計測不可	25	-
2-⑥	28.4	25	-1.4
3-⑤	27.1	25	-2.1
3-⑥	22.4	25	2.6
3-⑦	27.4	25	-2.4

※表中の計測対象について
“1-”は、鉄筋との離隔400mm
“2-”は、鉄筋との離隔500mm
“3-”は、鉄筋との離隔1000mmを示す

(2)鉄筋間隔

鉄筋間隔は、表3の①-④鉄筋間(離隔500mm)を除き計測できた。誤差量は、離隔1000mmにおいて異常値(-13.1mm)が発生したが、その他は1段目では±3.5mm、2段目では±8.8mmの誤差量であった。

表3 計測結果(鉄筋間隔)一覧

計測対象	計測結果	実測値	誤差
①-②	97.2	95	-2.2
②-③	82.7	84	1.3
①-②	68.6	72	3.4
②-③	65.2	63	-2.2
①-②	90.5	88	-2.5
②-③	92.1	79	-13.1
③-④	96.5	100	3.5

計測対象	計測結果	実測値	誤差
①-④	103.2	112	8.8
③-⑤	119.7	112	-7.7
①-④	計測不可	112	-
③-⑤	107.8	112	4.2
①-⑤	118.3	112	-6.3
③-⑥	120.5	112	-8.5
④-⑦	117.7	112	-5.7

4. 考察

現場試験を通して、表4に示す課題点を抽出した。課題No.1は、図7(右上)に示す偏光フィルタをレンズに設置し、受光量を下げることでレンズフレアの発生を防いだ。No.5は、画像解析の処理過程に鉄筋のエッジ成分を直線で抽出するHough(ハフ)変換処理を加えた。この対策を施して第2回現場試験を行った結果、鉄筋径の最大誤差が±2.8mm、鉄筋間隔の最大誤差が±2.6mmと第1回試験よりも精度が向上した。

表4 課題一覧(現場試験後)

No.	分類	課題	対策
1		レンズフレア発生によるエッジの未検出	○
2	ハード	カメラスライド時の画像ブレ	×
3		装置の可搬性	×
4		カメラ分解能に対して誤差量が多い	×
5	ソフト	画像のエッジズレによる誤差	○

○:対策済、×:未対策

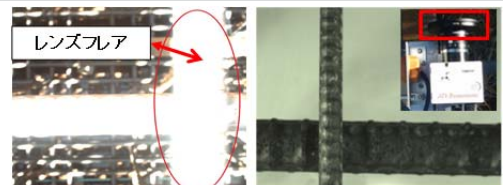


図7 フレア発生画像(左)、偏光フィルタ画像(右)

5. まとめ

本件では、カメラによる配筋検査装置を試作して現場試験を行った。その結果、約±3mmの精度で鉄筋径と鉄筋間隔が抽出できた。しかし、今回使用したカメラの解像度では、離隔1000mmにおいて0.28mmの分解能で得られる計算となる。このことから、さらに解析過程等を見直すことにより高精度に計測できる可能性が高い。また、現場試験で課題となった「可搬性」に対する対策として、レール不要の検査装置を検討したい。

参考文献

- 1) 村木, 田中, 古田著: デジタル測量入門 P.21