

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1）

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
 JR 東日本コンサルタンツ株式会社 正会員 石間 計夫

1. はじめに

建設工事現場における品質管理業務として、発注者側の監督者は、日々現場を巡回して現場の施工状況の確認を行っている。そのうち、鉄筋コンクリート構造物の構築工事では、鉄筋が組み上がった段階で、設計どおりであるか確認するための立会い確認検査を行っているが、検査対象が多いため、その検査に時間がかかることは課題のひとつである。

本研究は、画像認識技術を用いた新たな配筋確認検査手法を検討し、立会い検査の時間短縮を目指すことを目標とし、本編では、画像認識技術の調査を中心に述べる。

2. 配筋確認検査

鉄筋の組立状況の確認検査は、鉄筋の径と数量、間隔が設計図どおりに施工されているかを請負者と監督者が各々確認する。検査では、図1に示すように鉄筋に標尺や巻尺をあて、数値を目視で読み取り、検査記録簿に手書きで検査値を記入する。そして、執務箇所に戻ってから、計測値が基準値内であるか確認する作業を行う。検査をする箇所数が多いために時間がかかること、読み取りや書き込みの際にミスをする恐れがあることが課題となっている。

3. 既往の研究

配筋確認検査にICTを用いて、効率化をする試みは従来から行われており、画像認識技術に関する研究も多数存在している。デジタルカメラ等で撮影した配筋の写真に画像処理を施し、配筋状態を自動的に判定するシステムの研究事例として、池田ら¹⁾は、デジタルカメラを用



図1 配筋確認検査の例

いて画像を2値化することにより、鉄筋を抽出するシステムを開発している。この手法では、背景を分離するため、鉄筋の背後に背景器具を挿入する点に課題がある。蔡ら²⁾は、全周囲カメラを用いることにより、鉄筋籠の内部から鉄筋を認識する手法を開発している。この手法では、撮影対象の鉄筋に色マーカを張り付けることに課題がある。また、これらの手法は一段の鉄筋を対象にしており、多段の鉄筋の抽出は行っていない。

鉄筋コンクリート構造物は、外方から内方に何段かに重ねて鉄筋が組まれていることが多い。従来の検査技術は、最外縁（または最内縁）の鉄筋を対象としたものであり、外方から二段目以降の鉄筋を計測する手法は、まだ確立されていない。

4. 3次元画像計測法の分類

本研究では、二段目以降も含めた鉄筋の認識と測定を行うことを目的としている。そのために、鉄筋の組立状況を3次元で計測できる技術を用いる必要がある。

3次元画像計測法は、接触型計測方式と非接触型計測方式の2つに分類される。

接触型計測方式は、マイクロメータや変位計等を用いて、対象物と接触した状態で計測する方式、非接触型計測方式は、映像やレーザセンサなどを用いて、非接触状態で計測する方式である。本研究では、カメラ等での鉄筋認識を前提としているため、非接触型計測方式について調査を行った。

非接触型計測方式は、更に受動的計測法と能動的計測法に分類することができる。受動的計測法は、対象物から得られる光などの情報を基にして位置や形状を計測する方式である。主な計測法としては、レンズ焦点法や単眼視法、ステレオ法などが挙げられる。

レンズ焦点法は、焦点位置を少しずつずらしながら撮影した写真から、焦点の合っている部分を合成して1枚の写真にすることで3次元での計測が可能となる。

単眼視法は、カメラからの離れにより、物体の大きさが変化して表示される特徴を用いた計測方式で、既知の面積を持ったマーカ等を検出し、マーカが占める画素数が離れ量により変化することを用いて、計測物の大きさや距離を算出する。

キーワード 画像認識技術, 配筋確認検査, 検査の効率化

連絡先 〒331-8513 さいたま市北区日進町2-479 JR 東日本研究開発センターフロンティアサービス研究所 TEL048-651-2552

ステレオ法は、対象物を視点の異なる2台のカメラで撮影し、得られた画像から対象物の同一点を決定することにより、三角測量により対象点までの距離を算出する。

能動的計測法は、対象物に光や電波、音波などを照射し、その反応から位置や形状を計測する。主な計測法としては、TOF（タイムオブフライト）法や光切断（スリット光投影）法、スポット光投影法などが挙げられる。

TOF法は、測定機器から対象物に照射した光が物体に反射して戻ってくるまでの時間により距離を測定する。

光切断法は、計測対象にレーザ光などの輝度の高いスリット光を投影して、その投影したスリット光を別の方向からカメラで撮影し、カメラの設置位置とレーザ光の照射位置、撮影画像内のスリットの位置を基に、三角測量の原理で奥行方向を算出する。

スポット光投影法は、カメラとスポット光を照射するプロジェクタの角度を決定し、カメラから映されたスポット光の位置により三角測量で計測点の位置を算出する。

5. 撮影媒体の調査

非接触型計測方式のうち、市販されている製品を対象に調査を行った。

(1) レーザスキャナ

レーザスキャナは、能動的計測方式のTOF法により対象物までの距離を測定する。レーザ光を回転するプリズムを介して照射することにより270°範囲の距離測定を連続的に実行する。

(2) 3次元画像認識カメラ+レーザ光源

能動的計測法の光切断法により対象物までの距離を測定する。可視映像の取得もできる。ただし、認識可能な対象物までの距離は数10cm程度である。

(3) カメラ(全天球カメラ含む)

小型・軽量で高精細な映像が得られるカメラを用いて、レンズ焦点法や単眼視法、あるいは、基線長を明らかにすればステレオ法による計測が可能である。カメラレンズの視野角を広くした全天球型カメラを用いることにより、より広範囲を一度に撮影・計測することも可能。

(4) フレキシブルアーム+小型レーザ・カメラ

フレキシブルアームとは、有線ケーブルの先端にカメラやレーザ距離計を搭載し、ケーブルの根元のコントローラーを用いて撮影方向を自由に变化させて計測や撮影ができるものであり、主に、体内の内視鏡カメラなどで活用されている。計測は微小な範囲に限り可能である。

6. 配筋確認手法の選定

前章までの検討結果をもとに、配筋確認に適用するための手法を表1に整理した。本研究では、図2に示すように柱の鉄筋籠の鉄筋間にカメラを挿入し、主筋及び配力筋の径、本数などを把握することを目標としたため、センサが小さいステレオ法を用いた配筋確認を手法として選定した。

計測の手順は、レール形状の治具にカメラと位置センサを配置し、レールを計測する断面に挿入し、カメラをレール上でスライド移動させる。これにより、連続的に画像とカメラの移動量を取り込む。

鉄筋の抽出は、取得した画像を2枚抽出し、位置センサの数値から画像間の距離（基線長）を算出する。画像処理により鉄筋抽出した後、基線長を基にステレオ法を適用して、鉄筋までの距離を3次元で抽出する。

計測結果は、点群（PLYフォーマット等）で表示し、3次元で鉄筋籠全体の状況を閲覧でき、取得したデータを基に、鉄筋径・間隔・本数を割り出しする。

7. まとめ

配筋確認検査の効率化を目的として、画像認識技術を用いた検査手法を開発するために、画像認識技術についての調査を行い、現場条件をもとに、検査手法の案を選定した。基礎的検討（その2）では、この案をもとに作成した試作品の試験結果について述べる。

参考文献

- 1) 池田、坂上、鈴木、浜田：配筋自動判定システムの開発と現場検証実験、大林組技術研究所報、No.78、2014。
- 2) 蔡、中村：配筋検査への全周囲カメラ画像の応用、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.1279-1280、2015。

表1 撮影媒体の比較

名称	形状	方式	取得可能な情報		センササイズ	特徴	結果
			一段目鉄筋	二段目鉄筋			
レーザスキャナ		能動的	鉄筋径・間隔	描写の可能性	60×60×79mm	・データを繋ぎ合わせて3次的に表示	○
3D画像認識カメラ+レーザ光源		能動的	鉄筋径・間隔	描写の可能性	125×52×52mm	・センサが大きい ・カメラと光源の組み合わせが必要	×
カメラ		受動的	鉄筋径・間隔	描写の可能性	26×26×8mm	・センサが小さい ・画像処理により3次元的な位置関係を表示	◎
フレキシブルアームレーザ&カメラ		レーザ：能動的 カメラ：受動的	不可	不可	Φ4mm×10m	・視野が狭い	×

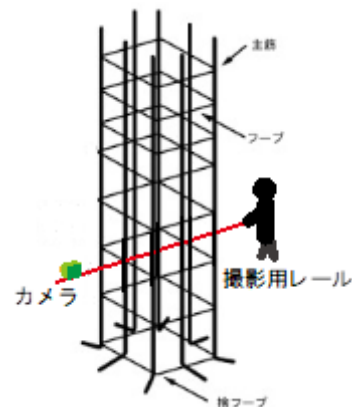


図2 計測方法のイメージ