

小型カメラによる配筋確認手法の検討

JR 東日本コンサルタンツ株式会社 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. 研究の背景、目的

鉄筋コンクリート構造物の建設工事において、監督者は鉄筋の組立（これを配筋と言う）状況を確認するため、目視確認を行っている。確認項目は、鉄筋の径、本数、間隔などである。この確認およびその準備に多くの時間を要しているため、効率化が求められている。そこで、目視の代わりに、カメラなどを用いて配筋を確認する手法が開発されつつある^{1) 2)}。その手法は、カメラやスキャナを用いて、鉄筋の3次元の点群を測定し、それらを3次元モデル化したものの座標値を読み取ることで、鉄筋の径や間隔を測定するものである。

鉄道構造物は、配筋が密であり、何段にも重なって鉄筋が組まれている。これらの技術では、表面側の鉄筋を認識することは可能であるが、2段、3段と重なって組まれている鉄筋は隠れてしまうため、認識することが難しい。そこで内方の鉄筋も認識が可能な手法の開発を行う。

2. 開発概要

これまでの開発手法は、カメラの筐体が大きく、また、カメラと鉄筋の間に距離が必要なため、撮影可能な構造物に制限があるという課題があった。そこで、本研究では、ICカード乗車券の半分程度のサイズのステレオカメラ（図-1）を採用することで、組まれた鉄筋の間へカメラの挿入を可能にし、これにより構造物の内外の撮影を可能とする。併せて、撮影した鉄筋を自動認識するアプリケーションソフトウェアを開発する。

3. 配筋確認の手法

(1) システム構成

システムは、10mm～41mmの各径の鉄筋を空間的にスキャン可能なステレオカメラ①と検出した鉄筋の径を推定するプログラムを内蔵したハンディ端末②により構成し、これらをUSBケーブルで接続して使用する（図-2）。カメラは、鉄筋の間に挿入して撮影が可能な大きさであり、かつ鉄筋の前後関係を把握するため、深度情報の取得が可能なスキャナ機能を有することが求められるため、アクティブステレオ法を用いたデブスカメラである Intel RealSense D435i を選定した。ハンディ端末には、Microsoft Surface を用いた。

(2) 鉄筋認識アプリケーション

鉄筋の径を推定する手順は以下のとおりである。

- ① カラー画像で鉄筋を撮影
- ② デプス画像により背景を削除
- ③ 画像処理（Canny法）によりエッジを抽出
- ④ 画像処理（モルフォロジー変換）によりエッジを平滑化



図-1 小型ステレオカメラ

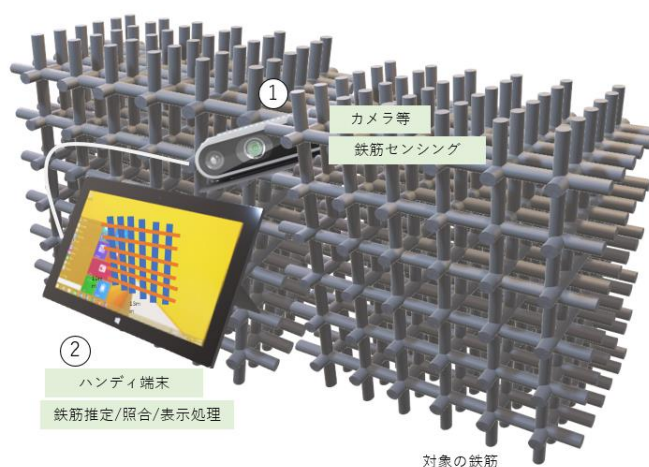


図-2 システム構成

キーワード 配筋確認, デブスカメラ, 画像認識, 画像処理, アプリケーションソフトウェア

連絡先 〒141-0033 東京都品川区西品川 1-1-1 JR 東日本コンサルタンツ (株) TEL 03-5435-7614

- ⑤ 画像処理（確率的 Hough 変換）により輪郭線を形成
- ⑥ 画像処理（findContours）により外接矩形を形成
- ⑦ 矩形の短手方向の長さ 3 点の中央値により、鉄筋径を算出

また、鉄筋の立体的な位置関係の認識手法は、カメラを用いて鉄筋の周囲をスキャンし、カメラに内蔵された慣性計測装置 IMU (Inertial Measurement Unit) により 3 軸の角度と加速度を検出し、カメラの自己位置を推定する。続いて、アクティブステレオ法により、カメラとそれぞれの鉄筋の位置関係を検出する。最後に、取得した情報に SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) を用いることにより、自己位置推定と地図作成を行うことで、カメラおよび各鉄筋の位置関係を 3 次元的に表示する。

4. 確認試験とその結果

高架橋柱試験体に開発したシステムを用いて、鉄筋の径と間隔の測定試験を行った。試験体は、D10、D13、D16、D19、D22、D25、D29、D32、D35、D38、D41 の各鉄筋で構成され、拳が入る程度の間隔を保持して鉄筋が組まれている。躯体の大きさは、約 1.3m×1.7m×2.1m である。測定の方法は、カメラを手に持ち、図-3 のように鉄筋とほぼ平行する方向に構え、少しずつ水平移動させながら動画で撮影する。何段にも組まれた鉄筋の部分については、図-4 のように鉄筋間にカメラを挿入し、鉄筋と相対する方向を撮影した。インタフェース上での鉄筋の認識状況の一例を図-5 に示す。図中の緑色の線は、認識済みの鉄筋を表し、線上に表示されている数値は、鉄筋径の測定値である。直交する赤緑青の線は、座標系を表す。

試験結果の一部を図-6 に示す。ここで真値とは、鉄筋の呼び径ではなく、鉄筋の節と腹の部分をデジタルノギスで計測した実測値である。グラフ上の数値は、鉄筋径の真値と測定値の差を示し、2mm 程度の誤差がある。また、測定値は真値よりも大きく算出されるものが多い見られた。なお、試験体の表面の鉄筋を測定した場合と試験体の内方の鉄筋を測定した場合の測定値に大きな違いは見られなかった。

5. まとめと今後について

何段にも組まれた鉄筋の内方の鉄筋を測定することを目的として、小型デブスカメラを用いて、鉄筋を自動認識するシステムの開発を試みた。試験体を用いた測定試験の結果、2mm 程度の誤差精度で鉄筋径を測定できることを示した。今後は、測定精度の更なる向上、操作性の向上と測定時間の短縮、測定結果のより見やすいインタフェースの開発を進めていきたい。

参考文献

- 1) 森本ら：ステレオカメラを活用した自動配筋検査システムの実証，土木学会第 74 回年次学術講演会，p.VI-1102，2019.
- 2) 大林組／オープンイノベーションで技術開発推進，日刊建設工業新聞，2018.7.23，p3.



図-3 鉄筋の測定状況

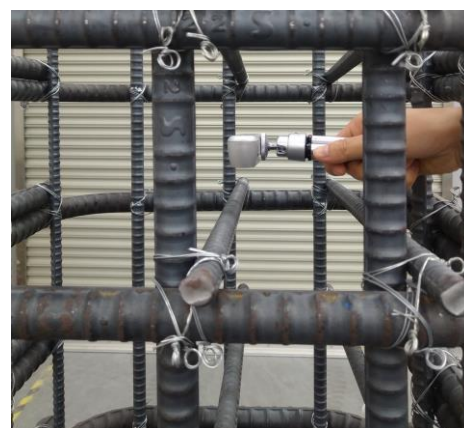


図-4 内方鉄筋の測定状況

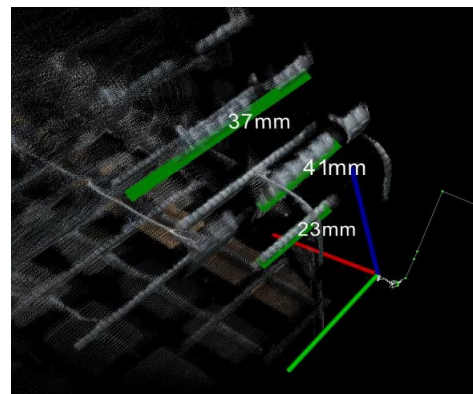


図-5 鉄筋認識状況の一例

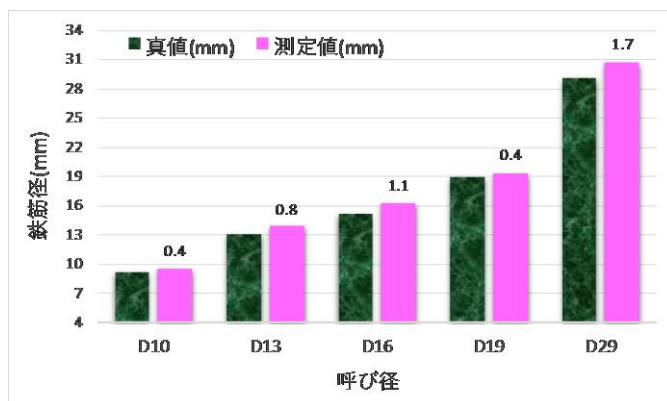


図-6 鉄筋径の測定結果