

### 3 眼カメラによる配筋検査システムの計測精度と機能の高度化

清水建設株式会社 正会員 ○吉武 謙二 小木曾 淳弥 中川 真帆 黒澤 真一  
シャープ株式会社 徳井 圭 北浦 竜二 有田 真一 岩内 謙一

#### 1. はじめに

建設業界の長年の課題である配筋検査の生産性向上のため、国土交通省の PRISM<sup>1)</sup>を中心に積極的な技術開発が行われている。筆者らも施工者と監督員の生産性・安全性向上を目的として、3 眼カメラ配筋システムを開発し<sup>2)</sup>、PRISM で2 期、A と高い評価を受け発注者の段階確認に採用された(図 1)。その後も、日射や天候、配筋仕様などの異なる 30 現場以上の撮影画像を用いて、計測精度向上のためアルゴリズムを改善した。本報では「デジタルデータを活用した鉄筋出来形計測」に関する現場試行<sup>3)</sup>の対象である新4号下平出国道横断函渠設置工事などを中心に今回新たに実施した床版工のための鉄筋の個別間隔検討結果、現状の平均間隔計測や鉄筋径判別精度とシステム機能について記載する。

#### 2. システムの機能

システム外観を写真 1 に示す。幅 300mm 程度で足場昇降にも支障がなく、防水機能や照明があるため雨天時や暗所、寒冷地でも使用可能である。1 人で撮影するだけで、インターネット環境のない場所でも鉄筋径、本数、間隔などが記載された検査帳票をリアルタイムに現場で確認できる(写真 2)。広範囲検査のための複数結果統合、重ね継手長さやかぶり計測、スパーサーやせん断補強筋数算定、電子黒板や電子検尺ロッド表示、改ざん検知、鉄筋の種類確認のためのロールマーク照合の機能(写真 3)も有する。なお、鉄筋径や間隔に誤りがある場合は現場でのみ修正できる。遠隔臨場はシステムのカメラと Web 会議システムを利用して対応可能である。

撮影距離は配筋面に対して 0.8~1.7m 程度とし、写真 4 のように 45 度以内の角度であれば正対する必要はない。撮影距離の 1.3m の場合の計測範囲は、約 1.1m 四方である。撮影ソフトを起動後、カメラを稼働させた状態において 3 時間 20 分程度動作する。長時間使用する場合は、モバイルバッテリーを交換することで対応可能である。



写真1 システム外観



写真2 帳票の例



写真3 ロールマーク照合機能



写真4 撮影状況

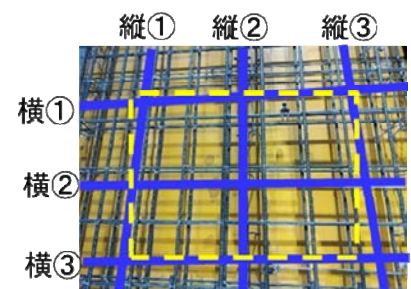


写真5 スケール計測位置



図1 システム概要

キーワード：配筋検査, ステレオカメラ, 画像処理, PRISM

連絡先：〒135-8530 東京都江東区越中島 3-4-17 Email: yoshitake@shimz.co.jp

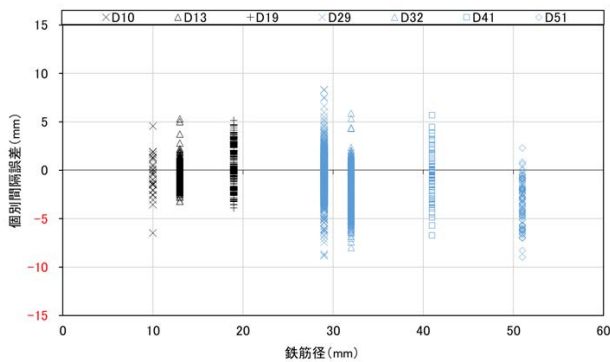


図2 鉄筋径毎の個別間隔誤差

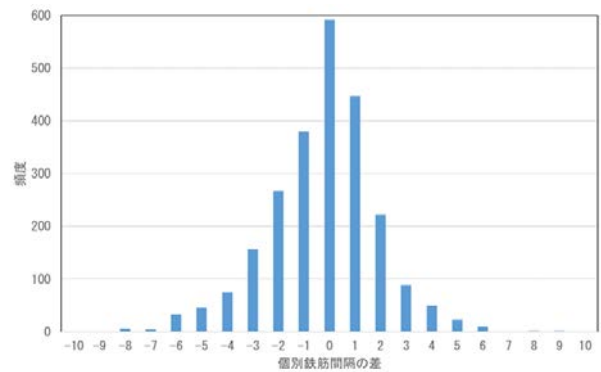


図3 個別間隔誤差のヒストグラム

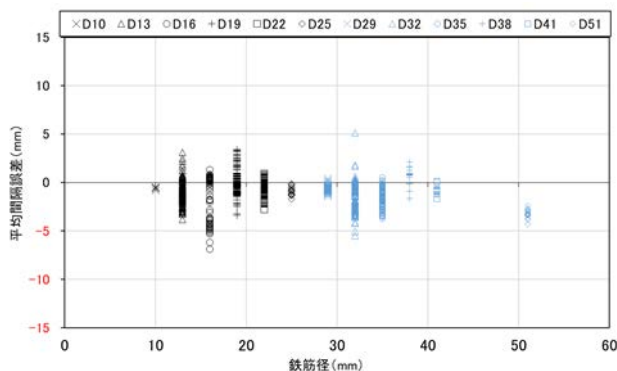


図4 鉄筋径毎の平均間隔誤差

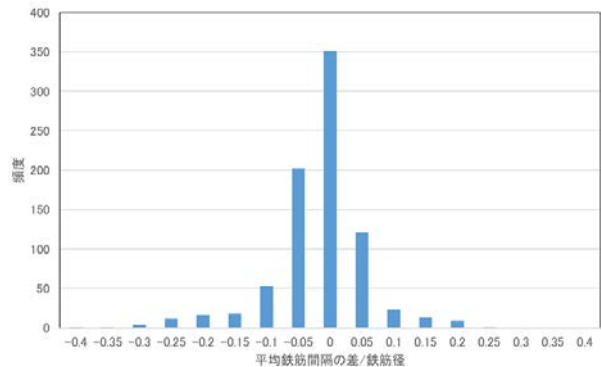


図5 正規化した平均間隔誤差のヒストグラム

### 3. システムの平均および個別鉄筋間隔, 鉄筋径判別精度

スケールとシステムを用いた個別間隔の誤差と鉄筋径の関係を図2に、個別間隔の誤差と頻度の関係を図3に示す。データはスラブやボックスカルバートなどの面状部材や柱やはり部材から構成されており、サンプル数は2,402個である。鉄筋が曲がりや隣接する鉄筋が平行に配置されていない場合、システムで正確に計測されていてもスケール計測との比較位置のずれで個別間隔に数ミリの誤差が生じる。このため、縦横3測線ずつ計測するなどして、両者で同じ計測位置の比較となるようにして計測精度を評価した(写真5)。逆光などの影響によるD29以外では、鉄筋径によらず個別間隔誤差のばらつきに大きな差異は見られなかった。個別間隔誤差の値は、 $\pm 5\text{mm}$ 以内に98%入っており、個別間隔の規格値10mmを計測可能であることが確認できる。

平均間隔の誤差と鉄筋径との関係を図4に、鉄筋径で正規化した平均間隔の誤差と頻度の関係を図5に示す。データは橋梁上部工や橋梁下部工、トンネル、ダム、鉄道高架橋などのたて壁、擁壁、底版、ボックスカルバートなどの面状部材や柱やはり部材から構成されており、サンプル数は825個である。逆光時や背景が明るい場合、雨天時のデータも含まれている。鉄筋径によらず平均間隔誤差のばらつきに大きな差異は見られず、平均間隔誤差の鉄筋径で正規化した値は、 $\pm 0.15$ 以内に95%入っており、規格値 $\pm \Phi$ を計測可能であることが確認できる。鉄筋径に関しては、鉄筋検出率99.9%、鉄筋径判定正解率は87%であり実用上問題がないことが確認できた。

### 4. まとめ

配筋検査の生産性向上のため開発した3眼カメラ配筋システムの計測アルゴリズム改善を行い、床版工のための鉄筋個別間隔や一般構造物のための鉄筋平均間隔の実証を実施した。その結果、以下の知見を得た。

①個別間隔誤差の値は、 $\pm 5\text{mm}$ 以内に98%入っており、個別間隔の規格値10mmを計測可能であること、②平均間隔誤差の鉄筋径で正規化した値は、 $\pm 0.15$ 以内に95%入っており、平均間隔の規格値 $\pm \Phi$ を計測可能であること、③鉄筋径に関しては、鉄筋検出率99.9%、鉄筋径判定正解率は87%であり実用上問題がないこと、が明らかになった。

【参考文献】1) [https://www.mlit.go.jp/tec/tec\\_tk\\_000062.html](https://www.mlit.go.jp/tec/tec_tk_000062.html) 2) 吉武謙二, 坂本貴嗣, 川勝雄介, 森田圭一, 有田真一: 社会実装を通じた3眼カメラによる配筋検査システムの機能高度化, 土木情報学シンポジウム講演集, vol. 46, pp. 345-348, 2021. 3) [https://www.mlit.go.jp/report/press/kanbo08\\_hh\\_000815.html](https://www.mlit.go.jp/report/press/kanbo08_hh_000815.html)