

### 3 眼カメラによる配筋検査システムの概要

清水建設株式会社 正会員 ○吉武 謙二 山田 一宏 中野 貴公 藤井 彰 井手 章人  
 シャープ株式会社 有田 真一 北浦 竜二 徳井 圭 岩内 謙一

#### 1. はじめに

配筋検査基準は発注者毎に定められ、国土交通省では土木工事施工管理基準及び規格値（案）<sup>1)</sup>により、測定項目を平均間隔とかぶりとし、規格値をそれぞれ $\pm\phi$ （ $\phi$ は鉄筋径）、 $\pm\phi$ かつ最小かぶり以上と規定している。また、写真の撮影項目、撮影・提出頻度などの管理基準を写真管理基準（案）<sup>2)</sup>に、段階確認について土木工事共通仕様書（案）<sup>3)</sup>に定め、受注者は鉄筋組立完了時に監督職員による段階確認を受ける必要がある。配筋検査は、検査帳票作成や検査用具準備、自主検査および段階確認など複数人で多くの時間を要するため、検査の精度維持と省人化・省力化の両立が課題となっている（写真1、写真2）。筆者らは、課題解決のため、3眼カメラ配筋検査システムを開発し、「建設現場の生産性を飛躍的に向上するための革新的技術の導入・活用に関するプロジェクト」を含む複数の現場で試行した。試行を通じ技術的課題の抽出・改善を重ね自主検査に適用し、システムによる生産性や安全性の向上効果を確認した。本報では、システムの原理と機能について記す。

#### 2. システム原理

撮影モデルを図1に示す。平行配置された2台のカメラで同一の被写体を撮影した場合、画像内における被写体の位置が異なる。このずれ量を視差  $D$  (m) と呼び、カメラ間距離である基線長  $b$  (m) と、被写体の距離  $Z$  (m) と、カメラの焦点距離  $f$  (m) には式(1)の関係があり、点  $P(X, Y, Z)$  が画像上の点  $p(x, y)$ ,  $p'(x', y')$  として撮影される。2つのカメラの焦点距離  $f$  は共通であるため、撮影された画像から視差  $D$  を算出することで、三次元座標を算出することができる。視差は2台のカメラの画像を用いたステレオマッチングにより算定する。この原理を応用し、鉄筋の輪郭および位置を検出することで、鉄筋径、間隔、本数が算定可能となる。

$$D = f \frac{b}{Z} \quad \dots \text{式(1)}$$



写真1 配筋検査比較（左：システム利用，右：従来）



写真2 段階確認状況

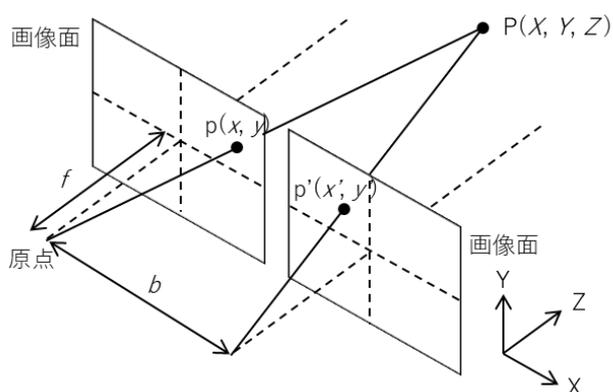


図1 ステレオカメラの撮影モデル

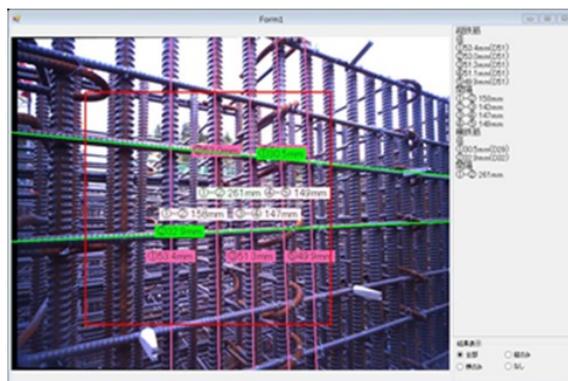


写真3 結果表示例

キーワード：配筋検査，ステレオカメラ，画像処理，情報共有，PRISM

連絡先：〒104-8370 東京都中央区京橋二丁目16-1 TEL 03-3561-1260

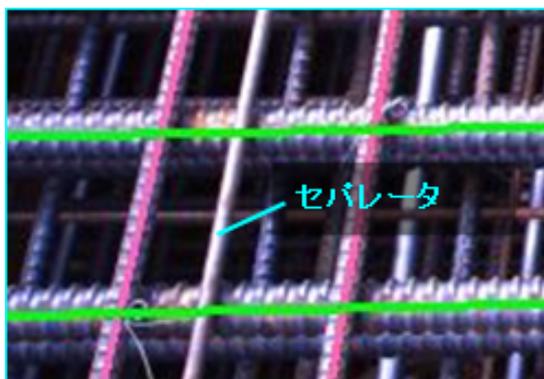
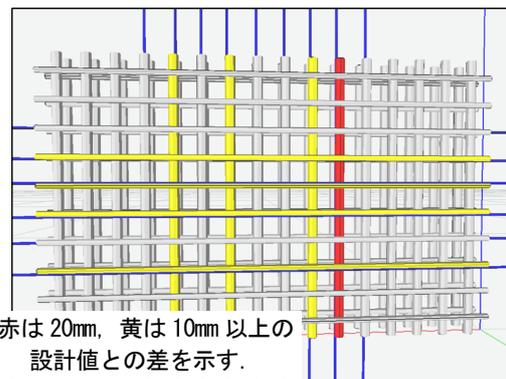


写真4 セパレータ除去状況



赤は20mm、黄は10mm以上の設計値との差を示す。

図2 CIM比較状況



写真5 重ね継手長さ計測状況

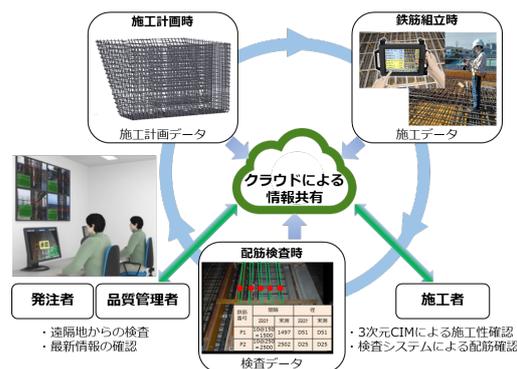


図3 クラウドによる情報共有

### 3. システムの機能と効果

試行の結果、写真3、写真4のようにセパレータや足場のブレースなどの鉄筋以外の異物を自動除去し、鉄筋径や間隔、本数が7秒程度で算出可能であった。計測精度は鉄筋径で $\pm 1\text{mm}$ 、平均鉄筋間隔で $\pm 5\text{mm}$ 程度であった<sup>4)</sup>。上下2段の縦・横方向配筋、合計4段の同時計測やかぶり、複数の検査結果を自動で重ね合わせた広域な面の配筋検査や、図2のように鉄筋のCIMとの比較も可能であることを確認した。画像内の任意の2点間距離が計測可能なため、重ね継手長の計測が可能である(写真5)。この機能を応用して圧接形状把握も可能と考えられる。検査結果は施工計画時の情報とともにクラウドサーバーに保存可能であるため、遠隔地にいる発注者や品質管理者が情報を確認することができ、担当者の負担を軽減することができる(図3)。また、3枚の画像を用いた再計算が可能のため、改ざん防止が図れ、高い信憑性も有している。

施工性に関しては、マグネットや検尺ロッドや黒板の準備・設置、スケールによる鉄筋間隔や鉄筋径の計測が不要となり、写真2のように複数人で実施している配筋検査を1人で実施可能になり、橋脚下部工である妙高大橋架替下部その4工事で70%、川崎港臨港道路東扇島水江町線主橋梁部(MP5・6)橋梁下部工事で64%の作業時間短縮に繋がるとの試算を得た。また、配筋から離れた足場など安全な場所からの検査が可能のため安全性の向上に寄与することも確認した<sup>4)</sup>。

### 4. まとめ

配筋検査の生産性向上のため、3眼カメラによる配筋検査システムを開発し、日射・天候条件、配筋仕様などの異なる様々な現場で試行した。その結果、①鉄筋径や間隔、本数が7秒程度で、計測精度は鉄筋径で $\pm 1\text{mm}$ 、平均鉄筋径で $\pm 5\text{mm}$ 程度で算出可能なこと、②現状複数人で実施している配筋検査を1人で実施可能になり、65～70%の作業時間短縮につながること、③安全性の向上に寄与できること、が明らかになった。

【参考文献】1) 国土交通省：土木工事施工管理基準及び規格値(案)，2018.3，2) 国土交通省：写真管理基準(案)，2018.3，3) 国土交通省：土木工事共通仕様書(案)，2018.3，4) 中野貴公，吉武謙二他：3眼カメラによる配筋検査システムの計測精度および効果検証，土木学会第75回年次学術講演会講演概要集，2020。