

画像計測による鉄筋配置に関する 検査手法の確立に向けた取り組み

近藤 隆行¹・市村 靖光²・長谷川 雄一³

¹非会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所（〒305-0804 茨城県つくば市旭町1番地）
E-mail:kondou-t8312@mlit.go.jp

²E-mail:ichimura-y92pi@mlit.go.jp

³国土交通省 大臣官房技術調査課（〒100-8918 東京都千代田区霞が関2-1-3）
E-mail:hasegawa-y2js@mlit.go.jp

土木工事のコンクリート工の生産性向上を目的として、鉄筋コンクリート構造物の施工時に行う段階確認を画像計測で代替する技術が複数の民間企業により開発されつつある。本稿は、この技術の運用に向け、有用性や課題等を整理するため、16の実工事を対象に、画像計測と従来手法との計測誤差、画像計測による生産性向上の効果及び画像計測技術の運用上の課題等について調査を行った結果を報告する。

Key Words : reinforcement inspection, image measurement, productivity improvement

1. はじめに

国土交通省では産学官連携によるi-Constructionの取り組みを進め、2025年度までに建設現場の生産性を2割向上させることを目指しており、土木工事のコンクリート工においても、設計・施工等に係る様々な段階での生産性向上策が検討されている。

この一環として、鉄筋組み立てが仕様どおりに行われているか、具体的には配筋間隔、鉄筋径、かぶり厚、継ぎ手長等が設計通りの仕様になっているかを受発注者で確認する段階確認での活用を想定して、画像計測により鉄筋配置等を計測する技術（以下、「画像計測技術」という。）（写真）が複数の民間企業により開発されており、それぞれ建設業者、計測機器メーカー等でコンソーシアムを構成し、研究開発を進めている。段階確認については、工事受注者から「配筋検査での事前準備（発注者が計測するための鉄筋へのマーカー設置、調書作成等）や発注者が計測している状況の写真撮影等で多大な手間と時間を要している」という意見が根強く、これらの効率化が求められている。このため、国土交通省の直轄工事で、画像計測技術を従来手法の代替として使用できるように、実施方法等を定めたガイドラインを作成することを目的に調査・検討を行っており、本報では、令和3年度に実施した試行工事の結果について報告する。

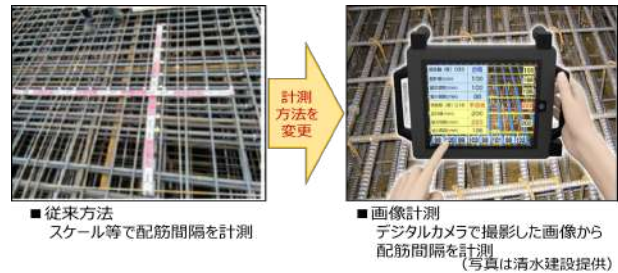


写真 従来方法と画像計測の比較

2. 試行工事の概要

試行工事は、図-1に工種別内訳を示す全国の16の国土交通省発注工事で実施した。いずれも、鉄筋コンクリート構造物（場所打ち）の鉄筋工の施工途中段階において、段階確認、立会又は技術検査を行う工種であり、いわゆる遠隔臨場が可能な通信環境を有する工事である。

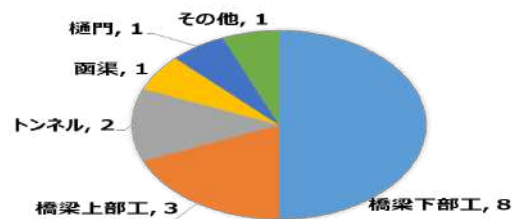


図-1 試行工事の工種別内訳

試行に先立ち、「デジタルデータを活用した鉄筋出来形計測に関する試行要領(案)」を作成し、計測方法等の統一を図り、以下a)~d)の調査を行った。

- a) 配筋間隔の試験計測：画像計測とスケール等による実測を行い、較差を評価した。なお、国土交通省出来形管理基準及び規格値(案)では、設計値との施工誤差の許容値について、一般構造物は10スパン程度の平均値で鉄筋径以内、床版工は20mm以内と定めており、本試行での目標値としてそれぞれ、鉄筋径の30%以内、5mmと設定した。
- b) 鉄筋径：画像判定と実確認を行った。なお、各研究コンソーシアムが開発した技術では、かぶり厚等の計測についても開発が行われているが、本試行では、これまでの実験等で一定の精度が確認できている配筋間隔を必須計測項目とし、鉄筋径等は任意計測項目としている。
- c) 生産性向上効果：従来計測と画像計測それぞれに要した時間と人工を計測し、比較した。
- d) アンケート調査：試行工事の発注者、受注者、画像計測技術開発者を対象に本技術の有用性や課題を把握した。

3. 試行工事での計測結果

試行工事の結果について、以下、項目別に示す。

a) 計測較差及び施工誤差

従来計測を真値とみなし画像計測との較差について、図-2に一般構造物分(許容値±鉄筋径φ)を、図-3に床版工分(許容値±20mm)を、それぞれの許容値の単位に整理して示す。いずれもおおよそ正規分布形をしているが、標準偏差については、一般構造物では直径の10%(基準上の許容施工誤差の10%)、床版は2mm(基準上の許容施工誤差の10%)であったが、分布としてはそれぞれ計測目標値範囲いっぱい広がっている。

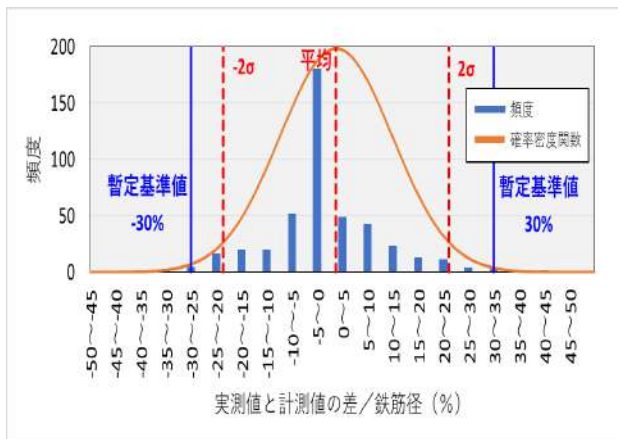


図-2 配筋間隔の計測較差(一般構造物)

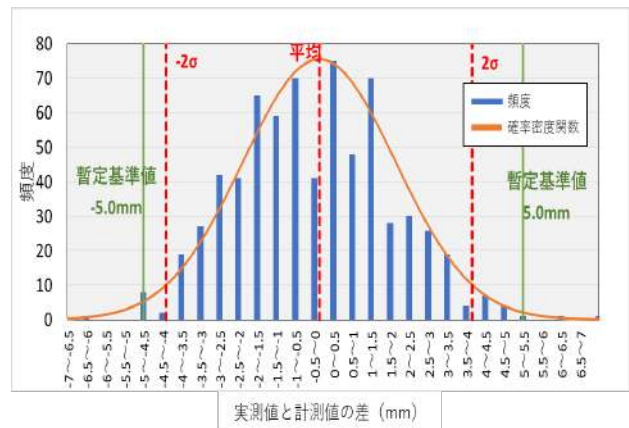


図-3 配筋間隔の計測較差(床版工)

計測較差が大きくなっている計測の要因を考察するため、①鉄筋径別(図-4)、②使用技術別(図-5)、③計測時の光の状態別(図-6)に分けて、箱ひげ図として整理した。いずれも、ばらつきが際だって大きい要因は見当たらない。鉄筋径別では比較的太めの鉄筋で分布が集中している傾向に、使用技術によりばらつきに若干差がある傾向に、光の状態としては日差しが強い場合にばらつきが小さくなる傾向にあることが確認できる。ただし、サンプル数に違いがあることから、引き続き検証が必要であるものと思われる。

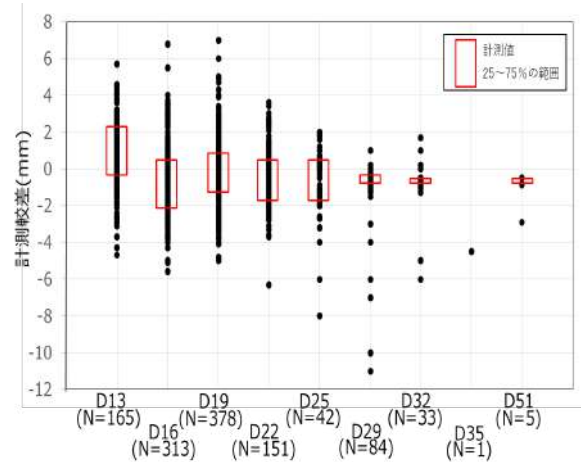


図-4 鉄筋径別の計測較差

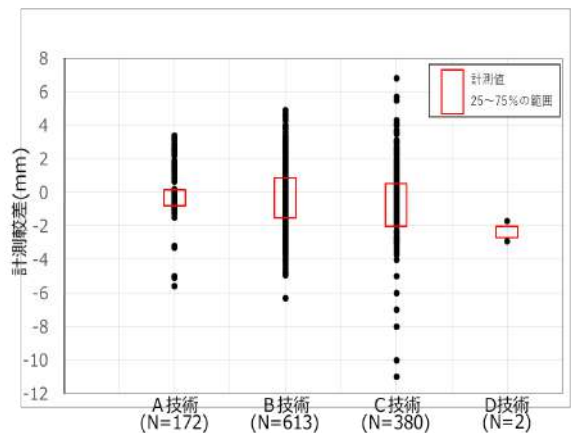


図-5 使用技術別の計測較差

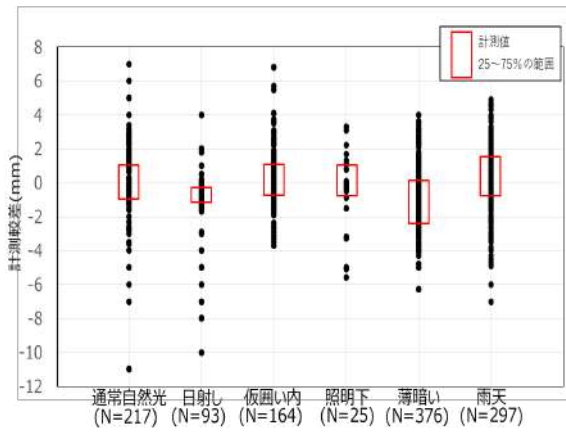


図-6 光の状態別の計測較差

次に、これらの計測較差について、従来のスケール計測を真値と仮定して計測誤差であると見なした場合、計測誤差が許容値の判断にどのように影響を与えるかについて考察する。

設計値とスケールによる計測値の差を「施工誤差」と定義し、一般構造物を図-7に、床版を図-8に整理して示す。本試行工事においては、一般構造物の標準偏差は11%であり許容値である鉄筋直径の±100%よりはるかに狭い±15%の範囲におよそ分布している。また、床版については、標準偏差は7.6mmで分布は許容値である±20mmより狭い±15mmの範囲におおよそ収まっている。なお、床版についての一部の計測については、許容値を超えるものが存在するが、重ね継手の配置の都合上、設計値との差が生じてしまうため、受発注者間で確認・協議して品質への影響がないことを確認した旨の但し書きが記載されていた。仮に、前述した標準偏差の計測誤差が生じると仮定すると、本試行工事に関しては、一般構造物については許容値の判定に全く影響はないが、許容値が厳しい床版については、わずかではあるが判定がかわる可能性がある。今後、検証データを増やし、現計測技術との生起確率も考慮して検討を重ねる必要がある。

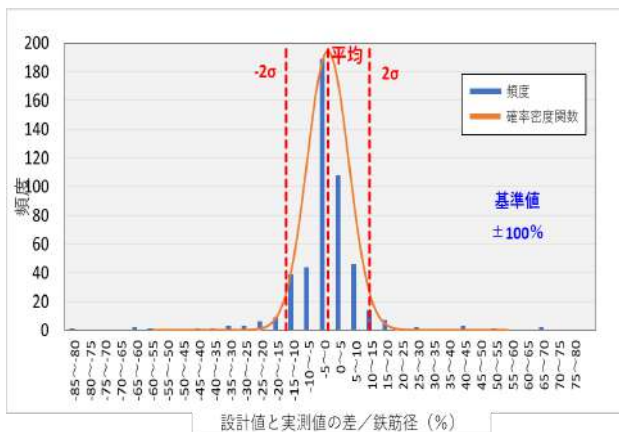


図-7 配筋間隔の施工誤差（一般構造物）

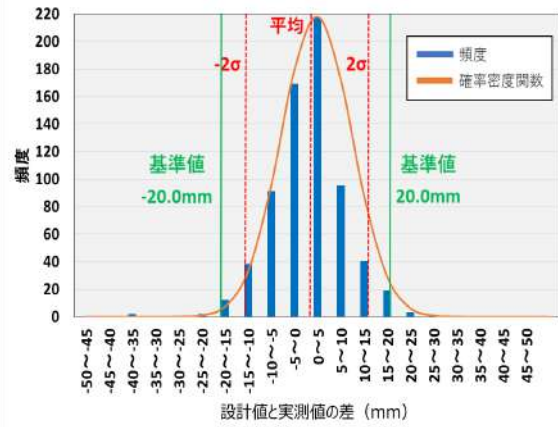


図-8 配筋間隔の施工誤差（床版工）

なお、計測較差と施工誤差の相関関係については、図-9に示すとおり、両者に相関関係はなく、独立して発生することを確認している。

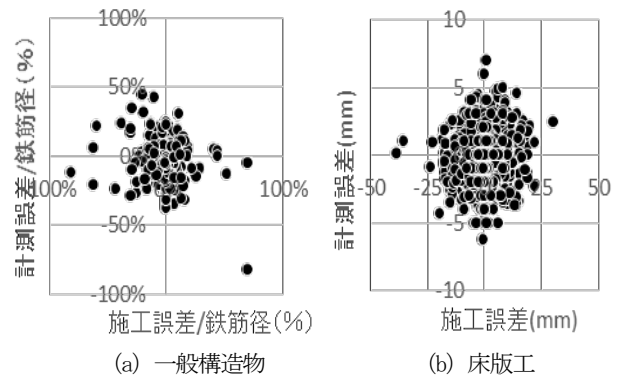


図-9 計測較差と施工誤差の関係

b) 鉄筋径の判定結果

鉄筋径の判定正解率を使用技術別に図-10に示す。こちらについては、使用技術により判定正解率に差があることがわかった。ただし、サンプル数に差があることや計測対象とした鉄筋径に偏りがあることから、引き続き検証が必要である。

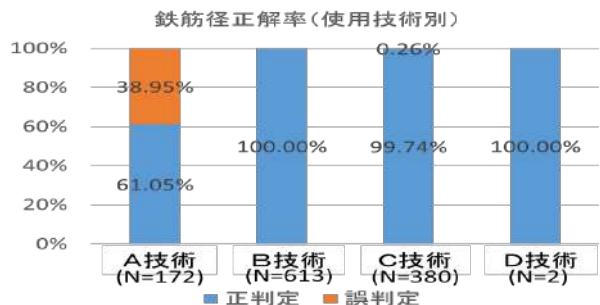


図-10 鉄筋径判定正解率（使用技術別）

c) 生産性向上効果

従来方法と画像計測のそれぞれの計測作業に要した延べ人工を比較し、生産性向上効果の程度を確認した。

試行工事全16工事で、従来方法に比べて作業量が削減できており、生産性が向上していることが確認できた。構造物別に結果の一例を図-11に示す。樋門新設等工事では36%の削減となったほか、橋梁下部工事とトンネル工事では効果が大きく、従来方法の約1/3の作業量で計測できる結果となった。例示した以外の試行工事についても概ね同程度の削減結果となっていた。

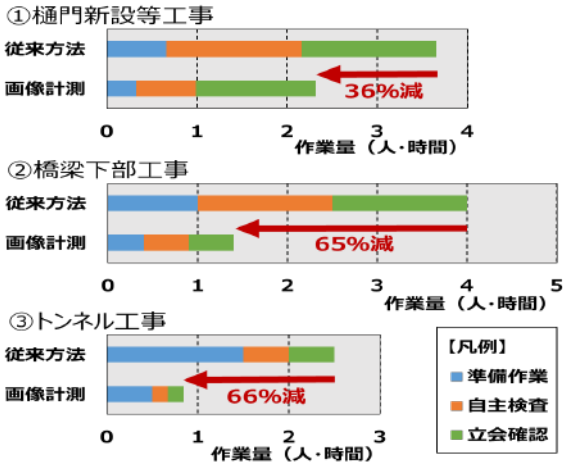


図-11 生産性向上評価 (作業量の比較)

d) アンケート調査結果

主な意見等について、表-1に示す。

表-1 アンケート調査結果

機能面の課題	計測範囲が狭い
	強い順光により鉄筋の認識に不具合
配筋間隔以外の状況	ラップ長等は画像上で手動読み取りが必要
	かぶり計測は狭い箇所が多く画像撮影が困難 かぶり計測では計測治具の工夫が必要
データの信頼性	データ改ざん防止方法・基準が必要
	データ取り間違い防止の対応が必要
遠隔臨場	信憑性証明のため目盛り付きスケールで表示など工夫が必要
生産性向上	省人化・省力化が図れる
	1人での計測作業が可能
波及効果	計測作業軽減により安全性が向上
	人工、時間の削減により休暇取得が増加

アンケート結果から、本技術により生産性向上や働き方改革につながるということが確認できた一方で、ユーザーからの期待が大きいかぶり厚の計測については、現手法では困難や計測治具の工夫が必要という意見、計測データの取り違いや改ざん防止が必要であるとの課題が把握できた。

4. まとめ

今回の試行工事により、計測作業の大幅削減による生産性向上効果は十分に得られることが確認できた。一方で、現場条件により配筋間隔の計測誤差が大きくなっていくこと、許容値の範囲が厳しい床版工の配筋間隔や鉄筋径では一定の誤判定リスクが存在すること、かぶり厚等の項目は現状では計測が難しい状況であることがわかった。

試行工事で把握した課題の解決や計測項目の追加について更なる検証を行うため、引き続き試行工事による検証を予定しており、配筋間隔以外の計測項目（鉄筋径、かぶり厚等）について、重点的に検証を行う予定である。

謝辞：試行工事でのデータ取得、並びにアンケート調査に御協力頂いた各地方整備局等、事務所、並びに各建設会社及び技術開発者の皆さまに、心より謝意を表します。

参考文献

- 国土交通省：デジタルデータを活用した鉄筋出来形計測の試行要領（案），令和3年7月
- 市村靖光，鈴木宏幸，関健太郎：画像による配筋間隔計測技術の現場実装の試み，土木技術資料 Vol. 63 No. 6, 2021年6月
- 吉武謙二，藤井彰，吉田直樹，有田真一：三眼カメラによる配筋の確認，土木技術資料 Vol. 63 No. 6, 2021年6月

(2022. 5. 27 受付)

REINFORCING BAR PLACEMENT BY DIAGNOSTIC IMAGING EFFORTS TO ESTABLISH INSPECTION METHODS

Takayuki KONDOU, Yasumitsu ICHIMURA and Yuuichi HASEGAWA

For the purpose of improving the productivity of civil engineering concrete workers, a technique is being developed by several private companies to replace the stage confirmation performed at the time of construction of reinforced concrete structures with image measurement. In this paper, in order to sort out the usefulness and issues for the operation of this technology, the measurement error between image measurement and the conventional method, the effect of improving productivity by image measurement, and the image measurement technology are targeted for 16 actual works. We report the results of the investigation on the operational issues of.