

配筋段階確認における 画像計測技術の適用に関する検討

櫻井 真¹・近藤 隆行²・市村 靖光³・内田 悠介⁴

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1番地）
E-mail:sakurai-m8312@mlit.go.jp

³E-mail:ichimura-y92pi@mlit.go.jp

²非会員 国土交通省 常陸河川国道事務所（〒310-0851 茨城県水戸市千波町1962-2）
（前国土交通省 国土技術政策総合研究所）

E-mail: kondou-t8312@mlit.go.jp

⁴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: uchida-y23v@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に伴い実施する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、これらの技術の現場実装に向け、直轄工事において試行し、適用に向けた検討を行った結果を報告する。

Key Words : reinforcement inspection, image measurement

1. はじめに

公共工事においては、会計法に基づき、契約の適正な履行を確認するために必要な監督をしなければならず、工事の進捗に応じて発注者立ち会いによる段階確認が行われているが、工事受注者の準備作業に多くの時間と手間を要している等の課題がある。特に段階確認については、工事受注者から「配筋検査時の事前準備（発注者が計測するためのマーカー等設置や調書作成）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」との意見が多くあり、これらの効率化が求められている。

国土交通省では、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。

鉄筋コンクリート構造物における配筋間隔、鉄筋径、かぶり厚等が設計通りに施工されているかを受発注者間で確認する段階確認についても、画像計測により鉄筋の配置等を計測する技術（以下、「画像計測技術」という。）（写真）が民間企業により開発されており、建設業者、計測機器メーカー等で複数のコンソーシアムを構

成し研究開発を進められている。

そのため、国総研では国土交通省の直轄工事において、画像計測技術を従来手法の代替として使用できるよう、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、調査検討を行ってきた。本稿では、令和3～4年度において実施した試行状況の結果及び適用に関する検討について報告する。

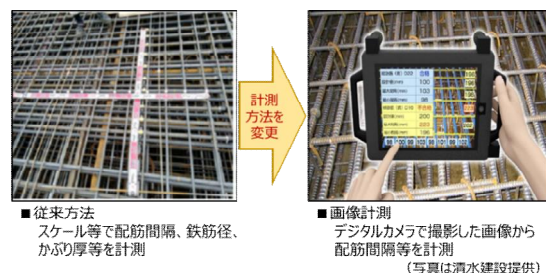


写真 従来計測方法と画像計測技術

2. 試行工事の概要と出来形管理基準及び規格値

試行工事は、直轄工事の中から表-1の工種を対象とした。

表-1 試行工事

工種	R3年度	R4年度	計
橋梁下部工	8	15	23
橋梁上部工	3	5	8
函渠工	1	2	3
トンネル工	2	1	3
樋門工	1	0	1
その他	1	1	2
	16	24	40

鉄筋コンクリート構造物における配筋の出来形管理基準及び規格値は表-2及び3の通りである（一部抜粋）。

表-2 一般構造物

工種	測定項目	規格値	測定基準
鉄筋組立て	平均間隔 d	±φ	$d = \frac{D}{n-1}$ (D : n本間の延長 n : 10本程度とする φ : 鉄筋径)
	かぶり t	±φ かつ 最小かぶり以上	

表-2 床板工

工種	測定項目	規格値	測定基準
床板工	鉄筋かぶり	設計値以上	1径間あたり3断面（両端及び中央）測定。 1断面の測定箇所は断面変化毎1カ所とする。
	鉄筋の有効高さ	±10	
	鉄筋間隔	±20	
	上記、鉄筋の有効高さがマイナスの場合	±10	1径間あたり3ヶ所（両端及び中央）測定。 1ヶ所の測定は、橋軸方向の鉄筋は全数、橋軸直角方向の鉄筋は加工形状毎に2mの範囲を測定。

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、研究開発が進められている4つの技術を対象とした。

計測の項目は、(1)配筋間隔、(2)鉄筋径、(3)かぶり厚とした。また、(4)生産性向上の効果を確認するため、従来計測と画像計測に要した時間を計測して比較について作業時間の縮減状況を確認した。

さらに、その他の課題を抽出するために試行工事の発注者、受注者、画像計測技術開発者を対象にアンケート調査を実施した。

3. 計測結果の整理

① 計測較差

鉄筋間隔の計測結果は、従来計測を真値として画像計

測との較差を整理した。なお、国土交通省出来形管理基準及び規格値（案）で、設計値との施工誤差の許容値は、一般構造物では10スパン程度の平均値で鉄筋径以内、床板は20mmと定めているため、それぞれ下記のように整理した。

- 一般構造物（床板工以外）
計測較差(%) = (画像計測値 - 従来計測値) / 鉄筋径
- 床板工
計測較差(mm) = 画像計測値 - 従来計測値

計測交差について、一般構造物を図-1に床板工を図-2に整理した。

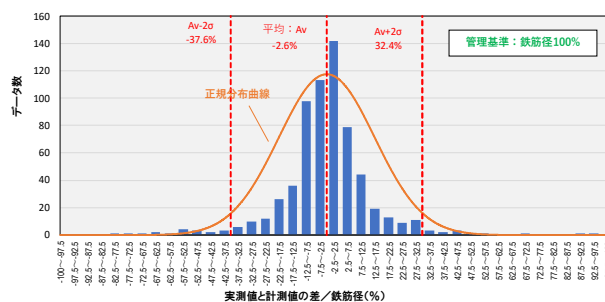


図-1 計測較差（一般構造物）

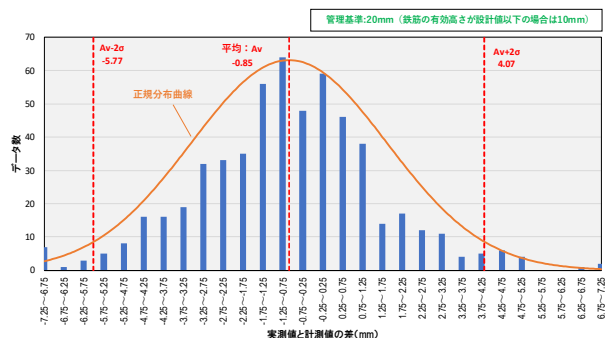


図-2 計測較差（床板工）

標準偏差は、一般構造物ではばらつきは小さく、一方で床板工はばらつきが大きい結果となった。

② 施工誤差

次に、設計値と従来計測値の差を施工誤差と定義して整理すると、一般構造物（図-3）の標準偏差は22.1%であり、許容値である鉄筋直径の±100%の範囲に収まっている。

床板工（図-4）は、標準偏差が8.74mmで許容値の±20mmの範囲に収まっているが、一般構造物と比較してばらつきが大きい。

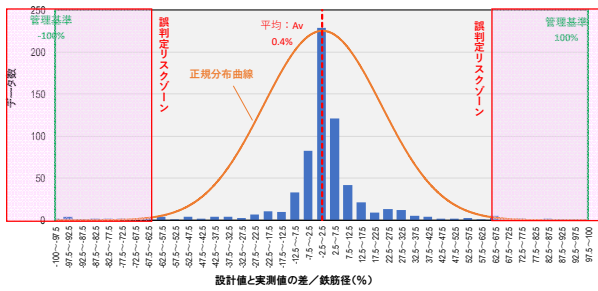


図-3 施工誤差（一般構造物）

(3) かぶり厚

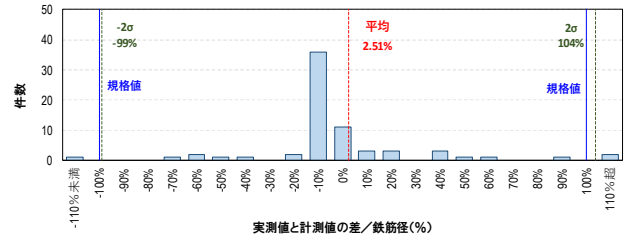


図-6 かぶり厚（一般構造物）

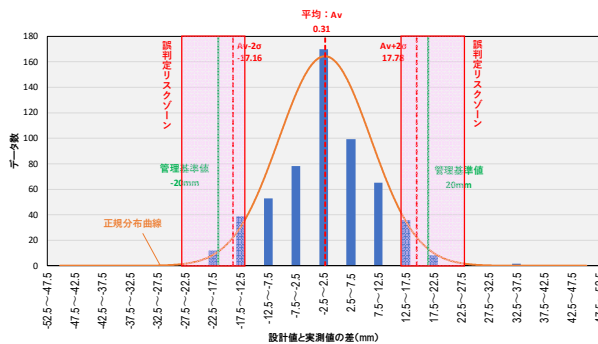


図-4 施工誤差（床板工）

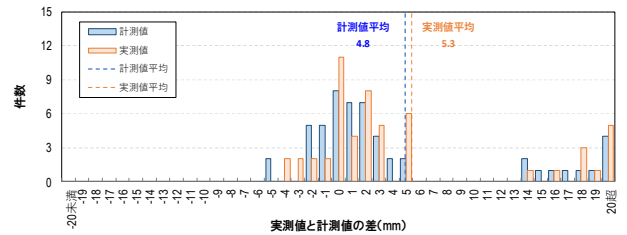


図-7 かぶり厚（床板）

配筋間隔の計測較差と施工誤差の整理結果から、一般構造物については、画像計測による誤判定のリスクは小さいと考えられるが、床板工ではばらつきが大きいため、規格値に近い範囲の誤判定に注意が必要であると考えられる。

(2) 鉄筋径

鉄筋径の計測結果を構造物別に整理した。

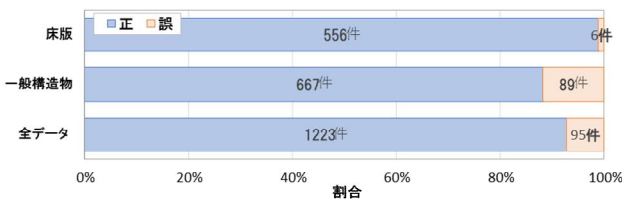


図-5 鉄筋径（構造物別）

一般構造物で88%、床板工で99%正しく認識をしたが、一般構造物においては、約1割が誤認識となった。誤認識の原因は、明るさや他の鉄筋を誤認識したケースが見受けられた。鉄筋径は正しく認識される必要があることから、別途目視によるロールマークの確認をすることで補完する必要があると考えられる。

一般構造物・床板のいずれにおいても概ね規格値の範囲に収まった。データ数が少ないことから、データ数を蓄積して検証が必要であると考えられる。

(4) 生産性向上効果

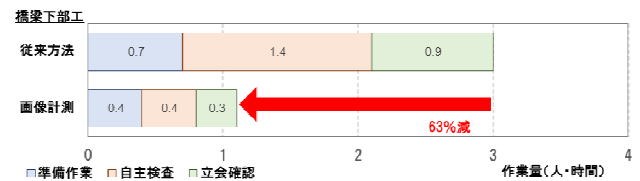


図-8 作業量の比較（橋梁下部工）

配筋間隔の確認に伴う作業時間を従来方法と比べて削減が出来たかを確認した。確認は、準備作業・自主検査・立会確認に分類し、それぞれに要する作業時間で整理した。試行件数が多い橋梁下部工（図-8）においては、いずれの作業においても作業時間の削減効果が確認でき、延べ時間で約63%の削減効果が確認できた。そのほかの試行工事についても概ね作業時間の短縮が図れていた。

しかしながら、複雑な配筋状態においては画像撮影時に鉄筋を認識しなかったことなどが原因で時間を要してしまったケースもあった（アンケート調査結果）。

6. アンケート及びヒアリング調査結果

今後、現場実装に向けて技術的な課題を把握するため、試行工事の発注者（事務所職員、出張所職員）及び受注者（現場代理人、検査担当者、検査責任者）、使用した画像計測技術の開発者に対してアンケート調査を実施し、

アンケート調査結果を踏まえて、さらに5工事を抽出してヒアリングを実施した。

表-3 アンケート調査項目

調査項目	発注者	受注者	開発者
画像計測技術に係る人工・時間		○	
従来計測と比較した場合の画像計測技術の優位性	鉄筋本数, 鉄筋径, かぶり厚を計測する際の課題等 工程の前倒し, 工期短縮等の他工程や全体工程への波及効果 従来計測と比較した場合の画像計測の優位性, 生産性向上効果等に関する意見	○	○
画像計測だけでは完結できない事項	画像計測とは別計測になる計測項目 画像計測とは別計測になる計測項目に係る人工・時間		○
データの取り違いの防止や改ざん防止策	データの取り違いを防止する手法, 改ざん防止策 統一的なデータの改ざん防止策の必要性と内容 データの取違いや改ざん, データの信頼性に関する不安や課題	○	○

アンケート調査の結果、計測する上での課題の有無（施工者）について、計測機器の機能面と現場条件に対して、下記のような課題や意見があった。

(1) 計測機器の機能面の課題

- ・ 撮影角度が鉄筋に対して正対できない部位においては計測精度が低下する。
- ・ 撮影距離の規定から配筋間隔が広い場合は分割撮影をする必要があり、逆に手間がかかった。
- ・ 鉄筋の重ね継手部や2列配筋の内側などは画像計測だけでは対応が困難。

(2) 現場条件に対する意見

- ・ 鉄筋間隔が狭い箇所や重なっている箇所（重ね継手箇所）は正しく認識されない場合がある。

- ・ 背景に型枠がないと精度が落ちる。
- ・ 湾曲面で撮影距離が2m以上取れない箇所や一定の撮影距離を確保できない箇所には向いていない。
- ・ 奥行き方向に配筋がなされている場合は、奥側の鉄筋が正しく認識されない場合がある。

7. まとめ

令和3年度から4年度にかけて実施した試行工事を実施して得たデータから、画像計測技術を用いて配筋間隔等の管理を行う場合は、従来手法との計測較差などのばらつきが少ない技術を採用することで作業効率の向上が図れるものと考えられる。

また、鉄筋径の計測については、目視確認による補完をすることで適用することが出来ると考えられる。

謝辞：試行工事におけるデータ取得並びにアンケート調査にご協力を頂いた地方整備局・事務所、建設会社及び技術開発者の皆様に心より御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 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
- 2) 近藤隆行，市村靖光，長谷川雄一：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，第4回「i-construction の推進に関するシンポジウム」令和4年7月

(2023.5.19 受付)

IN BAR ARRANGEMENT STAGE CONFIRMATIONSTUDY ON APPLICATION OF IMAGE MEASUREMENT TECHNOLOGY

Makoto SAKURAI, Takayuki KONNDOU, Yasumitsu ICHIMURA and Yusuke UCHIDA

For the purpose of improving the productivity of concrete construction in civil engineering, several private companies are developing technology that replaces the stage confirmation that is performed with the construction of reinforced concrete structures with image measurement. This paper reports the results of a trial run of these technologies in a construction project under our direct control and a review of their application.