

デジタルデータを活用した 配筋検査の省力化

国土交通省 大臣官房 技術調査課 工事監視官 あら い みつる
は せ が わ 荒井 満
 技術管理係長 長谷川 雄一 ゆういち

1. はじめに

人口減少社会を迎えた現在、建設産業は働き手の減少を上回る生産性の向上や、建設業就業者の高齢化の進行など、多くの課題を抱えている。

このような現状を打破するために、国土交通省では、平成28年より「建設現場の生産性革命」に向け i-Construction を推進し、ICTの活用やコンクリート工の規格の標準化、施工時期の平準化をトップランナー施策として取組みを進めてきている。また、令和元年6月に改正された公共工事の品質確保の促進に関する法律（改正品確法）では、より良い品質のインフラを国民に提供するため、監督・検査内容の充実と生産性向上を目的に「情報通信技術の活用を図る」ことが盛り込まれた。さらに、令和2年には新型コロナウイルス感染症拡大防止を目的とし、建設現場においても人と人が密になる環境を避けるための非接触・リモート化が推進されてきている。

こうした背景の中、平成30年度から内閣府の官民研究開発投資拡大プログラム（通称「PRISM」）を活用し、3次元データをインデックスとして建設プロセスの高度化を図る研究開発を加速していく施策の一環として、「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」を実施している。

同プロジェクトは、生産性向上に資する革新的技術を公募、現場実証し、技術の導入効果等を検証、現場への導入・活用を促進する取組みで、特に技術公募に当たり「建設業者」と「建設業者以外の者（IoT関連企業、大学等）」がコンソーシアムという形式でチームを組むことを条件付け、民間企業等が保有する有用な技術を発掘することを狙いのひとつとしている。

「デジタルデータを活用した鉄筋出来形計測技術」（配筋検査）も本プロジェクトで開発と試行を行い、計測技術の精度、汎用性、有効性などを評価し、出来形・品質管理の高度化等を図り、さらに非接触・リモート化の促進が期待される技術として、働き方改革の推進と生産性向上が図られるよう取組みを進めてきているところである。

2. 監督・検査における情報通信技術活用の検討

改正品確法では、公共工事においては、受発注者ともに、情報通信技術の活用を図ることとしている。以下に情報通信技術に関する条文を示す。

〈基本理念〉第3条第11項

公共工事の品質確保に当たっては、調査等、施工及び維持管理の各段階における情報通信技

術の活用等を通じて、その生産性の向上が図られるように配慮されなければならない。

〈発注者等の責務〉第7条第1項第8号

公共工事等の監督及び検査並びに施工状況等の確認及び評価に当たっては、情報通信技術の活用を図るとともに、必要に応じて、発注者及び受注者以外の者であって専門的な知識又は技術を有するものによる、工事等が適正に実施されているかどうかの確認の結果の活用を図るよう努めること。

〈受注者の責務〉第8条第3項

受注者（受注者となろうとする者を含む。）は、契約された又は将来実施することとなる公共工事等の適正な実施のために必要な技術能力の向上、情報通信技術を活用した公共工事等の実施の効率化等による生産性の向上並びに技術者、技能労働者等の育成及び確保並びにこれらにに係る賃金、労働時間その他の労働条件、安全衛生その他の労働環境の改善に努めなければならない。

また、監督及び検査業務の効率化という観点では、AI機能を搭載したカメラ等で撮影した画像や映像の解析技術などを用いて施工データを自動計測し、出来形管理に活用することや、ICT（IoT）を導入し、施工状況の映像記録・保存、クラウド管理等を行うことにより「不可視部分の把握の充実」、「不正行為の抑制」、「確認作業の効率化」、「工事書類の削減」等が図られている。

3. カメラ等による撮影データを活用した配筋検査等の省力化

直轄の土木工事では、段階確認の一環として配筋検査を実施しており、例えば、土木工事監督技術基準（案）では、表-1のとおり鉄筋組み立て

完了時の確認項目、確認頻度が定められている。

配筋検査としての設計図書と現場の対比については、鉄筋径、間隔、かぶり、重ね継手長等の計測が必要であり、工事受注者からは、段階確認のための準備（発注者が計測するための鉄筋へのマーカー設置、帳票作成等）や、対象物をスケールで計測しながら同時に発注者が計測している状況写真の撮影及び整理等で多大な手間と時間を要しているとの意見があった。これらは動画と音声で Web 通信により確認する「遠隔臨場」のシステム活用だけでは、解消できない課題であった。

この課題に対し、受注者が行う鉄筋へのマーカーやロッド設置等の準備作業、帳票作成業務の効率化への寄与が期待できる技術が「デジタルデータを活用した鉄筋出来形計測技術」である。

本技術は、対象物を撮影するだけで配筋間隔や鉄筋径、本数を自動計測することが可能であり、撮影後の計測結果はシステムの画面上にリアルタイムで表示され、計測から結果の確認まで一連の作業を撮影者単独で行うことができるようになる。実際の試行現場では、計測に必要な人員が3人から1人に減少し、計測時間が約1/3に削減されるなど、本技術が計測作業の省人化や省力化につながることを確認した（図-1）。

さらに、予め構造物の3次元設計BIM/CIMデータをクラウドに保存しておくことで、前述の撮影データとBIM/CIMデータを照合し、リアルタイムで合否判定を行うことが可能となる。この判定結果は、図-2のとおり、Web通信を活用することで現場事務所や発注事務所から確認を行うことができるため、監督職員や検査待ち時間がなくなることや、検査書類の作成の簡素化にもつながるなど、建設業の働き方改革に資することが期待される。

PRISMを活用して鉄筋計測に関する技術開発を実施したコンソーシアムは5者あり、それぞれ

表-1 土木工事監督技術基準（案）における段階確認項目

確認時期	確認項目	確認の程度
鉄筋組み立て完了時	使用材料、設計図書との対比	一般監督：30% /1 構造物 重点監督：60% /1 構造物

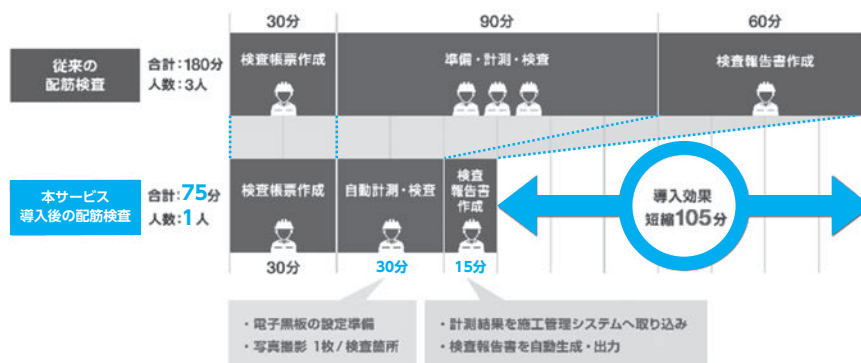


図-1 PRISM 試行による時間縮減の効果

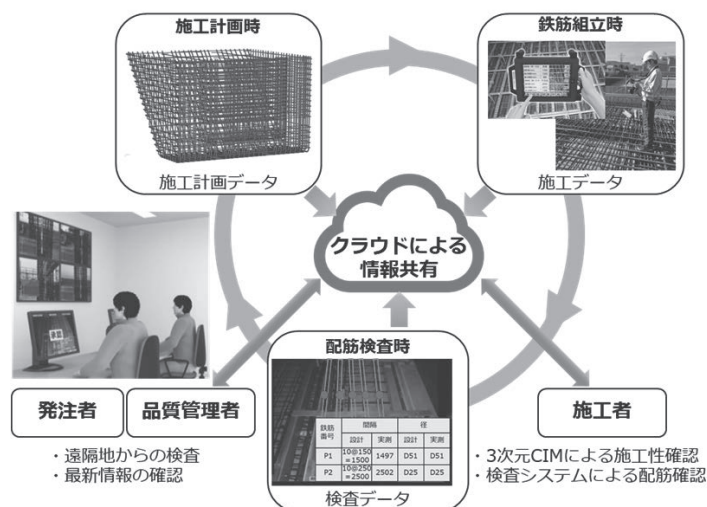


図-2 クラウドによる情報共有

現場での配筋検査に特化した技術が開発されている。各々の特長を示すと、

- タブレット端末とステレオカメラを連動させ、撮影した画像を AI 解析し、瞬時に鉄筋径や配筋間隔を測定し、タブレット画面に各配筋測定値とデジタル小黒板でデータを表示するとともに検査帳票まで出力するシステム (図-3, 写真-1)
 - 3眼カメラにより配筋撮影画像を解析し、縦・横方向の鉄筋径や間隔、本数を計測し、結果をクラウド上で共有することで品質検査業務の効率化を図るもの
 - 奥行き方向を計測できるカメラ(デプスカメラ)を搭載したタブレット等で鉄筋を撮影し画像を解析し、リアルタイムで結果をタブレットへ表示するもの
- などである。

各者、同様な成果が得られており、ICT 導入による生産性向上の狙いに合致した技術といえる。コンソーシアム 5 者の計測手法と計測可能な項目を表-2 に示す。

試行における計測値や計測精度に対するの確認は、実現場等において、発注者の段階確認時に従来方法と新技術を併用し、両者のデータから統計的に精度検証が十分だと判断できるデータの整理と、計測誤差の視点では、全データが規格値内 ($\pm 100\%$) に入っていることが必要であることを条件としており、図-4 のような統計により精度を確認している。

試行した技術には、橋梁の鉄筋コンクリート床版に対する配筋検査の技術もあり、門型クレーンにカメラを取り付けて配筋状況を撮影するものや、ドローンにより画像取得し、AI ソフト解析により広範囲の配筋間隔を算出する技術もある。

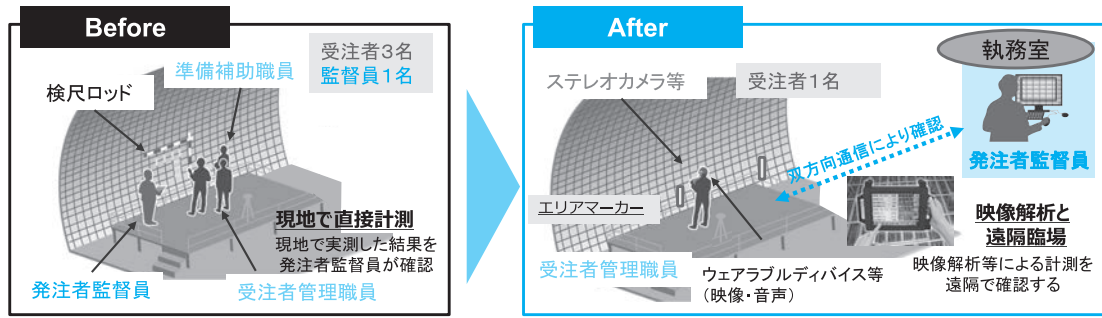


図-3 カメラ撮影データを活用した配筋検査イメージ

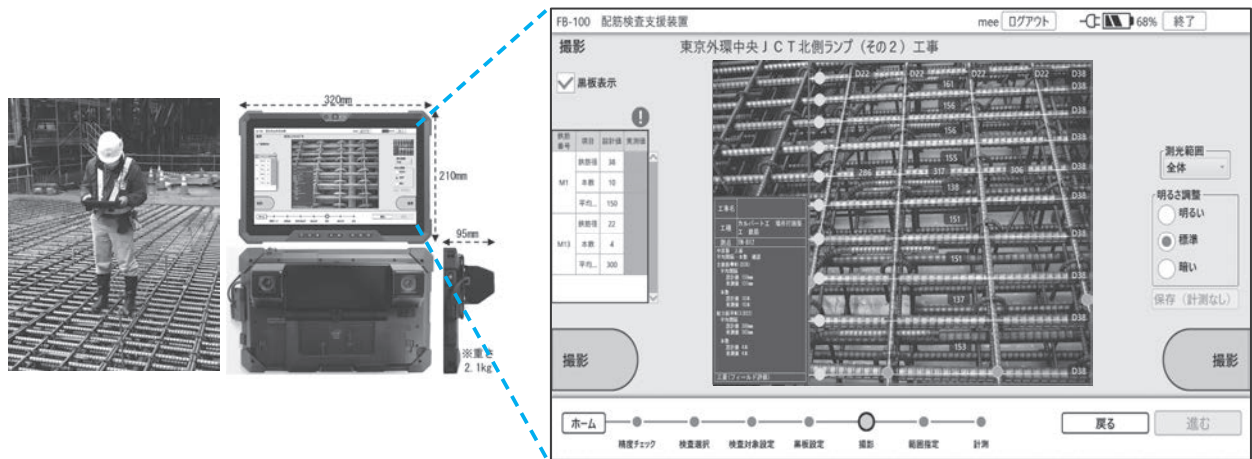


写真-1 撮影状況とタブレット画面のデータ表示例

表-2 PRISM 試行により精度が確認された技術

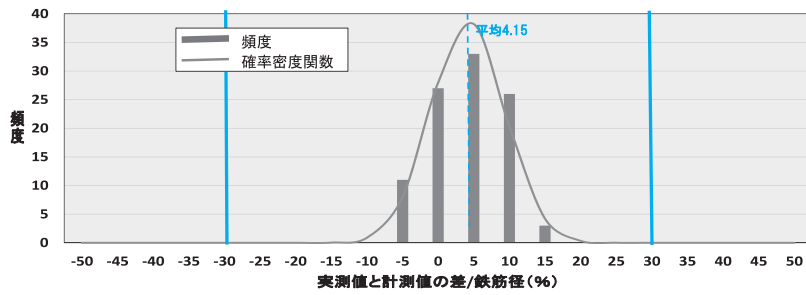
コンソーシアム代表	共同開発者	カメラの種別	計測機器の構成	計測項目				
				鉄筋本数	鉄筋径	鉄筋間隔	重ね継手(位置と長さ)	かぶり厚(スパーサ個数と寸法)
1 清水建設(株)	シャープ(株)	3眼カメラ	本機のみ	○	○	○	△	△個数
2 (株)IHIインフラ建設	オフィスケイワン(株) (株)アイティーティー 千代田測器(株) (株)インフォマティクス	デジタルカメラ	基準マーカプレート 校正プレート 解析ソフトウェア	○	○	○	△	△寸法
3 鹿島建設(株)	三菱電機(株) 三菱電機エンジニアリング(株) (株)建設システム	ステレオカメラ	本機のみ	○	○	○	△	△個数・寸法
4 三井住友建設(株)	(株)日立ソリューションズ	デブスカメラ RGBカメラ	タブレット	○	○	○	△	△個数・寸法
5 JFEエンジニアリング(株)	(株)ACES	デジタルカメラ	自動追尾トータルステーション マーカ・計測システム	○	△	○	○	×

この場合は、解析に時間を要するものの精度では規格値内にあり、活用可能な技術であると考えます。

また、本プロジェクトにかかわらず、民間会社独自で開発をしている既存の技術についても、デジタルカメラ等により撮影した画像データから、

鉄筋径、間隔、本数などの情報を解析する仕組みなどは複数存在しているため、それらも含めた技術が建設現場において活用できるような環境を整える予定である。

鉄筋間隔の規格値は、±φ（鉄筋径）であるため、
 $\text{計測誤差(\%)} = (\text{計測値} - \text{実測値}) / \text{鉄筋径}$ で表すと、
 全データが規格値内(±100%)に入っていることが必要



参考:土木工事施工管理基準及び規格値(案)(床版工以外の一般構造物の場合)

測定項目	規格値	測定基準	
平均間隔d	±φ(鉄筋径)	d=D/(n-1)	D:n本間の延長、n:10本程度とする

図-4 データ統計の一例

4. 令和3年度における試行の結果

本技術は、前章で説明した類似技術などにより現場での試行が可能となるよう、令和3年7月に「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)」を策定し、全国の直轄土木工事29現場(実施できたのは17現場)において同技術の導入に向けた試行を実施している。以下に試行により得られた意見や課題等を示す(図-5~8)。

試行の結果からは、具体的な意見として、「計測時間や調書作成等の時間が削減される」等の前向きな意見もある一方で、「気象(日照)条件により影で計測値が若干ずれる」や「奥行き方向に施工されている配筋が計測できない」等の機能面の課題や、「計測箇所が多くなった場合にデータの取り違いが生じる」等のデータの取り違いや改

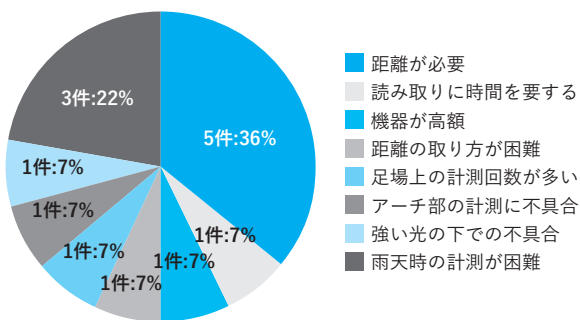


図-5 計測機器等の機能面での不安、不満、課題

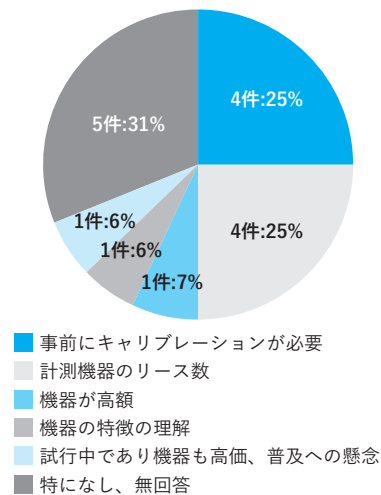


図-6 機材等の調達上の不安、不満、課題

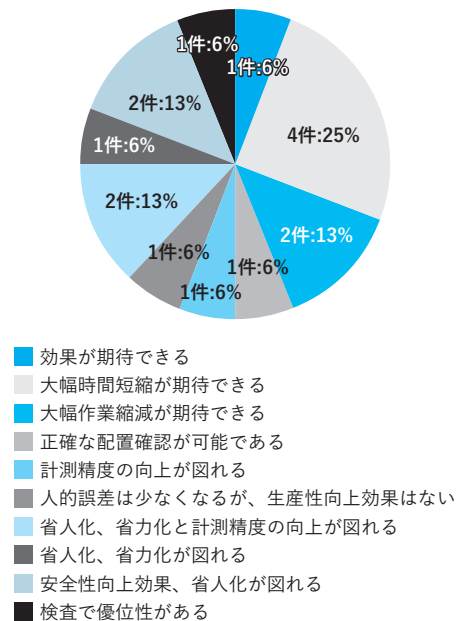


図-7 画像計測の優位性、生産性向上効果等に関する意見

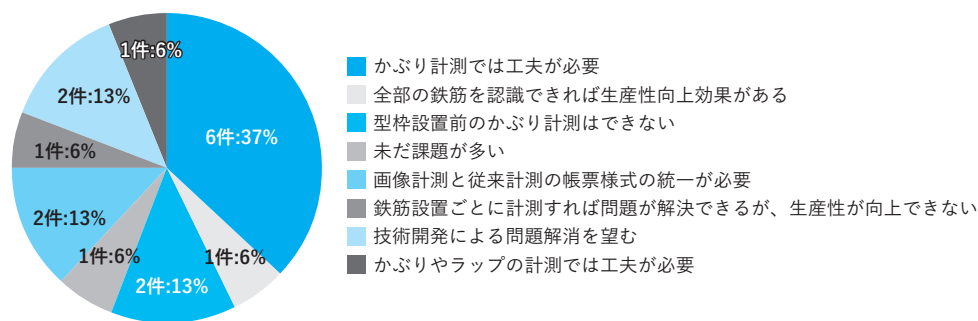


図-8 かぶりや鉄筋径が別計測となる場合、画像計測だけでは完結しない状況に対する意見

表-3 画像計測と従来計測の作業量の比較（床版）

工種	部位	従来手法 (施工者の作業量(人・時間)):分			画像計測 (施工者の作業量(人・時間)):分			画像 / 従来 (合計時間)
		準備作業	自主検査	立会確認	準備作業	自主検査	立会確認	
床版	側径間(A1側)上床版 上筋		81			55		0.68
	PC片持箱桁製作工 3BL		156			98		0.63

表-4 画像計測と従来計測の作業量の比較（一般構造物）

工種	部位	従来手法 (施工者の作業量(人・時間)):分			画像計測 (施工者の作業量(人・時間)):分			画像 / 従来 (合計時間)
		準備作業	自主検査	立会確認	準備作業	自主検査	立会確認	
一般 構造物	P6 橋脚 台座コンクリート		66			41		0.62
	A1 橋台 床版	60	90	90	24	30	30	0.35
	A1 橋台 側壁		91			55		0.60
	A1 橋台 胸壁		74			48		0.65
	底版	40	90	120	20	40	120	0.72
	覆工	30	40	30	25	20	10	0.55
	A2 橋台フーチング	30	45	30	20	20	20	0.57
	A2 橋台パラペット	45	60	40	30	30	20	0.55
	P10 橋脚 柱部	15	10	10	5	5	5	0.43
	橋脚		74			32		0.43

ざんといった信憑性に関する意見も挙がっている。

このように、現場での活用に関する課題が浮き彫りとなったことから、令和4年度の試行では、これらに留意することとする。

また、画像計測と従来計測の作業量の比較（表-3, 4）では、従来の計測作業を1とした際の縮減率として、30～70%と確実に縮減されていることが確認できている。

5. 今後の展望

令和3年度の試行における計測項目は「配筋間隔」のみとしていたが、前述のとおり、配筋間隔

の計測精度についてはおおむね問題がないことから、令和4年度は「鉄筋本数」、「鉄筋径」、「かぶり厚」等、計測項目の拡大を図りながら試行を継続する予定である。これにより、一度の撮影・計測によりあらゆる情報を処理することが可能となり、現場における生産性が飛躍的に向上すると考える。

最後に、本技術を含めた建設現場における省力化・省人化に資する技術を直轄土木工事だけでなく、幅広く工事で活用できるよう普及・拡大し、同時に建設プロセスにおける働き方を変革し、生産性を向上させ、建設分野におけるDXを推進してまいりたい。