

# 革新的建設技術の導入促進に向けた取組の進捗と展望



技術・調達政策グループ  
主席研究員

浪岡 真則



技術・調達政策グループ  
副総括（首席研究員）

佐藤 重孝



技術・調達政策グループ  
上席主任研究員

高橋 千明



技術・調達政策グループ  
研究員

野田 祥

## 1 はじめに

### 1.1 インフラを巡る日本の課題と建設業の課題

我が国には高度成長期を支え、産業全体の生産性向上に寄与してきた社会資本ストックが数多くあり、それらは今日も国民生活と社会経済活動を支え続けているが現在、次々と建設後50年以上が経過し、更新時期を迎えている。しかしながら、昨今の社会・経済情勢の変化等により、維持管理や更新の費用の十分な確保が難しい状況にあり、インフラの維持管理水準が低下することで国民の生活水準と産業全体の生産性を大きく低下させることが懸念されている。現在の老朽化したインフラを、限られた予算で如何に効率的に維持管理し更新した上で、産業全体の生産性向上に必要なインフラを整備するかは、人口減少と激しい国際競争の中で大きな課題となっている。

また、建設業は2022年時点の就業者の約36%が55歳以上<sup>1)</sup>であり高齢化が進行している。他産業と比べ若年層の就業者数の減少が顕著であることから、少子高齢化に伴う生産年齢人口の減少や過去の労働条件の及ぼす影響等がその原因と考えられる。特に、地域インフラを支え災害発生時に活躍が期待される地域の守り手である地域建設業は深刻な担い手不足にある。

### 1.2 日本の建設業の生産性と可能性

現在の日本の建設業は労働生産性が高い業種とは言えない。「産業別労働生産性の国際比較：水準とダイナミクス<sup>2)</sup>」によると2015年の日本の建設業の労働生産性水準は、米国を100とすると73.0、英国を100とすると68.2である。米英に対して7割程度しかない日本の労働生産性は、取組により3割程度、向上させられる可能性を秘めていると言える。

### 1.3 i-Constructionの推進

上記の課題等を受け、国土交通省はi-ConstructionにおいてICTの全面的な活用と全体最適の導入及び施工時期の平準化を進めている。

また、最新の技術が考慮されていない従来の基準や規制等を改定することで、建設業のイノベーションを促進するとともに、建設現場の生産性向上に努めている。さらにi-Constructionの取組を通じ、ICTを活用した魅力ある建設現場を実現し、労働条件を改善することで、新3K（給与・休暇・希望）を建設現場に作り出し、担い手の確保に繋げることに力を注いでいる。

## 2 PRISM 試行工事と5年間の成果

### 2.1 PRISM 試行工事の概要

国土交通省はi-Constructionの一環として、官民研究開発投資拡大プログラム（以下、PRISM）の枠組みを活用し、2018年度から2022年度までの間、ICT新技術の単なる活用促進ではなく、その導入に必要な基準類整備に向けた課題や取得したデータの活用を目的とする試行工事を推進してきた。国土技術研究センター（以下、JICE）では、その初年度から国土交通省からの受託業務の中でデータ活用による施工の労働生産性の向上及び品質管理の高度化等に関する検討に携わり、建設現場の生産性向上等に資する革新的技術の導入・活用を促進するプロジェクトの一端を担ってきた。

そこで今回、PRISMの5年間の試行工事全体を振り返り、基準類の導入に至った技術の概要、基準類策定時の留意事項及び新技術の開発や実装に向けての着眼点について報告する。

### 2.2 基準類導入に至った技術とその効果

#### (1) 基準類等の整備や試行が開始された技術

PRISMの試行工事により新技術の効果が認められ、試行要領や基準類等が策定された新技術と、基準の改定を見込み直轄土木工事において試行が始まった新技術を以下に記載するとともに、その内の3つの技術の内容や効果について概要を紹介する。

- ・地上移動体搭載型レーザースキャナを用いた出来形管理要領（土工編）（案）

- ・空中写真測量(無人航空機)を用いた出来形管理要領(土工編)
- ・建設現場の遠隔臨場に関する実施要領(案)
- ・3次元計測技術を用いた出来形管理の監督・検査要領(土工(1,000m<sup>3</sup>未満)・床掘工・小規模土工・法面整形工編)(案)
- ・加速度応答法を用いた路盤の締固め管理試行要領(試行案)
- ・3次元計測技術を用いた出来形管理の監督・検査要領(構造物工(橋脚・橋台)編)(案)
- ・3次元計測技術を用いた出来形管理の監督・検査要領(構造物工(橋梁上部工)編)(試行案)
- ・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)
- ・センサとカメラによる出来形とひびわれの同時計測技術
- ・生コン情報の電子化(JIS改正)

(2) 遠隔臨場

現在、国土交通省の直轄土木工事では、段階確認や材料確認、立会いについて、近年目覚ましい発展を遂げた情報通信技術を活用することとし、Web会議システム等を利用する遠隔臨場によって監督職員が現地に出向かずに実施されている(図1)。



図1 遠隔臨場イメージ<sup>3)</sup>

遠隔臨場は、現場への移動時間や立会いに伴う受注者の待ち時間の削減、交通事故の削減のほか、コロナ禍等における感染予防といった効果が期待され、その実施件数は2020年度に760件、2021年度に約2700件となり、2022年度には実施要領が策定され4月1日以降の発注及び4月1日時点で遠隔臨場の対象工種がある工事は原則、全ての工事に適用となったことで約3800件となるなど、順次普及が進んだ。

ここで、2022年度の監督職員の移動時間の削減量を試算する。まず、『「遠隔臨場」と「デジタルデータを活用した配筋検査」の試行の取組み<sup>4)</sup>』によれば、監督員の現場までの平均移動時間は約32分であるが、遠隔臨場によりこの移動時間が省略される。一つの工事にて材料確認・段階確認・立会いの最低3回遠隔臨場を実施したと仮定すると、移動時間の削減だけで最低でも約6,100時間(32分×3回×3800件=364,800分)の効果がある。通常、材料確認、段階確認や立会いは複数回実施されることが多く、実際の削減時間はこの数倍になることが推測され、また受注者の待ち時間の削減効果もあることを考慮すれば受発注者の両者の業務効率化に多大な貢献があると考えられる。

そのため、対面での実施が標準であった工事検査への適用も

検討することとなり、汎用的なウェアラブルカメラとWeb会議システム等による映像と音声のみで検査を実施できるかを確認するため、2023年度から全国64件で遠隔検査も試行予定となっている。その結果を踏まえた効率的な監督・検査の在り方の検討により一層の活用が期待される。

(3) デジタルデータを活用した鉄筋出来形計測

従来の鉄筋出来形計測では、鉄筋径やかぶり厚はスケールで計測し、鉄筋本数や鉄筋間隔はマグネット等で鉄筋に印を付けて検尺ロッドを設置して確認していた。本技術は、鉄筋への印や検尺ロッドの設置等の事前準備を必要とせず、デジタルカメラ等で配筋を撮影し、画像・映像解析技術を用いて鉄筋出来形である鉄筋径・かぶり厚・鉄筋本数・鉄筋間隔と重ね継手の長さを判定するものである。

この技術は、撮影結果と解析データをクラウド上に格納することで、監督員が遠隔でも計測結果を随時判定可能であり、計測結果を所定の帳票に自動作成可能であるため施工管理時間の大幅な短縮も達成できることもあり、実施要領が策定された(図2)。

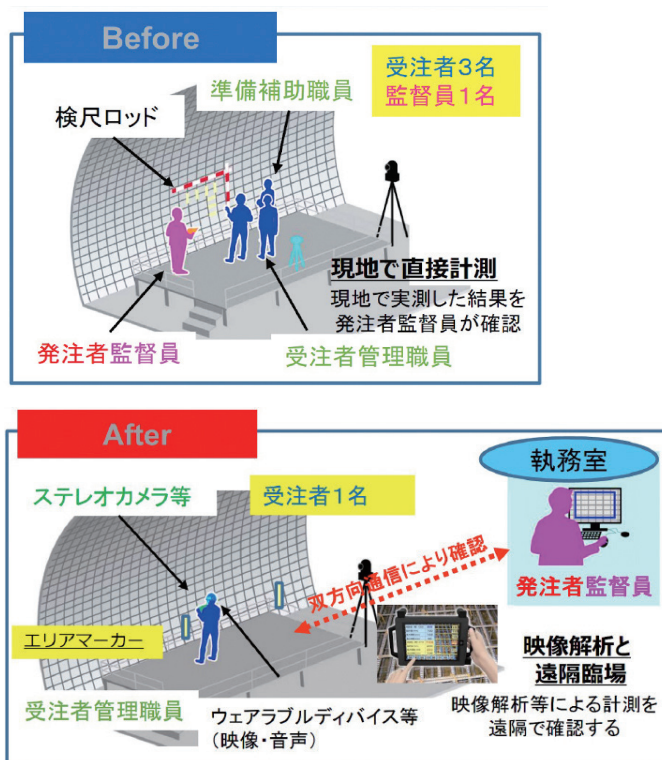


図2 デジタルデータを活用した配筋検査イメージ<sup>4)</sup>

施工管理時間の短縮の一例として、試行工事時の省人化及び省力化の結果を紹介する。従来の配筋検査業務では事前準備から報告書作成まで最大3人で合計180分が必要だったが、当該技術を用いることで全行程を1人が合計75分で処理することが可能となり、必要な時間が半分以下に短縮された(図3)。

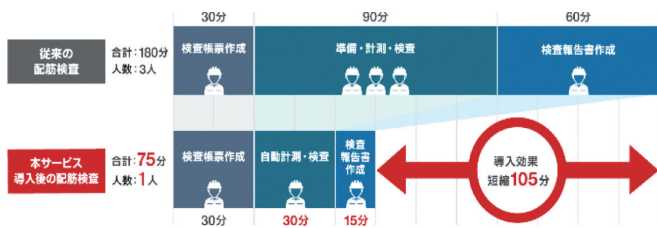


図3 デジタル配筋検査の省力化・省人化効果<sup>4)</sup>

この技術は PRISM 試行工事において複数のコンソーシアムが試行したが、使用機器および計測原理等はコンソーシアムごとに異なった。そのため、実施要領においては、使用機器や計測原理を規定せず、計測上の要求精度と要求精度を満足することを証明するデータのみを規定した。つまり、段階確認時に従来からのメジャーによる計測と新技術であるデジタルカメラによる計測をともに実施し、その結果から統計的に精度の検証を行い、十分だと判断できれば、新技術のシステムを使用できるとされた。

#### (4) 生コン情報の電子化

現在、生コン工場で製造されたレディーミクストコンクリートの練り混ぜ開始から現場到着までの時間や納入容量・配合等の品質データは、紙の出荷伝票に記載されてレディーミクストコンクリートとともに建設現場に持ち込まれ、施工者が行う受入試験の結果とともに品質管理データとしてファイリングされる管理がなされている。

本技術は、レディーミクストコンクリートの品質データを、生コン工場における製造から納品、打込みまで電子化しクラウド上で共有することで、製造者は現場受入時の品質情報を、購入者は製造時の品質情報をリアルタイムで確認することを可能とし、コンクリート工全般の生産性向上と品質管理の高度化を図るものである (図4)。



図4 生コン情報電子化のクラウド共有<sup>5)</sup>

現行の JIS A 5308 レディーミクストコンクリートにおいては、配合計画書や納入書 (通称: 生コン伝票) 等の電子化は想定されていない。しかし、PRISM の試行工事においてこれら情報の電子化と共有化による生産性向上と品質管理の高度化の効果が示されたことから、国土交通省が設置したコンクリート

生産性向上検討協議会にて検討と議論を重ね生コン帳票の電子化を可能とする JIS の改正が進められることとなった。PRISM の試行工事により基準改正が進むことになった事例と言え、現在、直轄土木工事にて試行が始まっている。

## 3 今後、基準類の整備が期待される技術

### 3.1 基準類の整備が期待される技術の概要

#### (1) 試行要領や基準類の整備が期待される技術

次に PRISM の試行工事により精度や信頼性が検証され、そのキャリブレーション方法等も大方確立し、生産性向上や品質管理の高度化の効果が確認されたことから、今後、試行要領や基準類等の整備が期待される新技術を以下に記載するとともに、その内の4つの技術の内容について概要を紹介する。

- ・画像解析と AI を利用した生コンスランプ連続管理システム
- ・レーザー等を用いた光切断法で取得した3次元座標でトンネル覆工の断面形状計測技術
- ・画像粒度解析技術を用いた CSG 材粒度管理システム
- ・路盤を施工しながらの転圧等の品質管理 (RI 計器等)
- ・施工機械の稼働と3次元による出来形等を組合せた施工管理
- ・画像解析・MR 技術・TS 技術を活用した PC ケーブルの施工管理
- ・施工 (舗装工 (維持修繕含む)) と同時に舗装の品質管理

#### (2) 画像解析と AI を利用した生コンスランプ連続管理システム

本技術は、アジテータトラックのシュートを流下するフレッシュコンクリートの画像を解析し AI によってスランプを判定するシステムである。これまでのスランプ試験はフレッシュコンクリート 20m<sup>3</sup>~150m<sup>3</sup>、アジテータトラック 5~35 台に1回程度の割合での採取試験であったが、本技術は、少人数でのスランプの全数計測の実施を、省力化・省力化と同時に実現可能とするものであり、先に紹介した生コン情報の電子化とともに、試行要領 (案) が策定され 2023 年度より直轄土木工事にて試行が予定されている。

#### (3) レーザー等を用いた光切断法で取得した3次元座標でトンネル覆工の断面形状計測技術

現在の NATM トンネルの覆工コンクリート工の出来形管理では基準高・幅・高さ等が定められているが、天端部や下端部に比べ、覆工コンクリートが建築限界に最も接近する肩部については測定項目として定められていない。本技術は、リングレーザーと広視野カメラを活用して二次覆工断面全体を計測し、建築限界と比較することを可能にするものである。

2023 年 2 月時点で、精度と誤差及びキャリブレーション方法が完全ではないためコンソーシアムにて検証中であるが、それらが確認され次第、新しい出来形管理基準が策定され直轄土木工事における活用が進むことが期待される。

#### (4) 画像粒度解析技術を用いた CSG 材粒度管理システム

CSG (Cemented Sand and Gravel) 材料のうちの現地調達材である石や砂礫は、品質のばらつきが大きいため通常 1 時間に 1 回、人手と時間をかけて品質確認試験を実施している。

本技術は、画像粒度解析技術を用い、全自動計測により短時間で粒度判定し、省力化と綿密な品質の変動傾向モニタリングを可能とするものである。

本技術は複数のコンソーシアムが試行したが、中には独自に管理要領 (案) を策定したコンソーシアムもあり、今後の台形 CSG ダム施工時の利用に向け、展開されることが期待される。

#### (5) 締固め機械搭載型の輪転型 RI 計器

現在の「RI 計器を用いた盛土の締固め管理要領 (案)」は礫系材料へ適用が認められていない。本技術は、ロードローラーに「輪転型 RI 計器」を搭載することで路盤とアスファルト舗装の転圧作業後、連続的に礫系材料とアスファルト混合物の締固め度計測も行うことで、従来の「点」での人力計測に代えて「面」での自動計測を可能とするものである。本技術は路床から各路盤、基盤、表層までの締固め度管理にも適用できる可能性があり、それにより大幅な省力化と省人化を実現するとともに、抜取検査から全数検査への移行も可能となる。

2023 年 2 月時点で、過小評価値であるエラー値の除去方法についての取り扱いが確定せず、試行要領の策定には至っていないが、自動運転振動ローラーへの搭載も見込むことが可能であり、将来の建設現場の生産性向上に大きく寄与すると考えられる。

は一つずつ着実に開発していくことが早期の開発に繋がるとともに、コンソーシアム外の専門家や発注者から意見交換等を通し積極的なアドバイスを受けることが必要であると考え。

隘路となっている基準類の改定を常に念頭において試行していた技術はより実装に近づいていた傾向にあった。直轄土木工事での活用に必要な試行要領 (案) を作成している技術は精度や信頼性等の課題が明確で、結果的に早期の導入に繋がっていた。

## 5 おわりに

2023 年度より PRISM が見直され、研究開発の成果を社会課題解決等に橋渡しするためのプログラムとして BRIDGE (programs for Bridging the gap between R&d and the Ideal society (society 5.0) and Generating Economic and social value) がスタートした。また、スタートアップ等による研究開発とその成果の事業化を支援し、それによって我が国のイノベーション創出を促進することを目的とした、SBIR (Small Business Innovation Research) 制度も始まった。

国土交通省は今後も新技術の社会実装への施策を着実に進め、建設現場の生産性向上を推し進めることとしており、JICE としてはこれまでの業務で得た知見を活かし、PRISM 試行工事において確認された基準類等の整備が期待される技術について、その後の開発や制度的なボトルネックの検討状況をフォローしつつ、引き続きその支援に取り組んで参る。また、このような建設現場への新技術の導入に向けた調査・研究を続けていくことで、我が国の建設現場における社会課題への対応に貢献する所存である。

## 4 基準類等策定の留意事項と新技術の開発や実装に向けての着眼点

### 4.1 基準類等策定時の留意事項

新技術の中には、抜取検査から全数検査に転換するため、従来は見過ごされていたエラーが検出されてしまうものがある。新技術の基準類等の策定時は、このエラーの取り扱いについて留意が必要である一方で、それにより基準類等の策定が遅滞する本末転倒な事態とならないようにする必要がある。

近年の ICT を活用した新技術は使用機器や計測原理等が多様であり、試行要領にてそれらを一つに定めることが難しい事態が想定される。今後は機器や原理を規定するのではなく、計測上の要求精度とそれを満足することを証明するデータのみを規定するといった工夫が一層必要となる。

過去に制定された基準や帳票の中には、新技術による計測や電子媒体でのデータ記録等を想定していない場合がある。新技術を十二分に活用するためにも、データの二次利用も考慮しながら基準類や帳票等を改定していくことも肝要である。

### 4.2 新技術の開発や実装に向けての着眼点

コンソーシアムの中には複数の技術開発を目指した結果、着地点を見失い、開発行為が目的化したものも見られた。新技術

### 参考文献

- 1) 総務省：労働力調査、2022 年
- 2) 滝澤美帆、宮川大介：産業別労働生産性の国際比較：水準とダイナミクス：独立行政法人経済産業研究所、2018 年 4 月
- 3) 国土交通省：建設現場における遠隔臨場に関する実施要領 (案)、2022.3
- 4) 栗原和彦：「遠隔臨場」と「デジタルデータを活用した配筋検査」の試行の取組み：令和 3 年度 JACIC セミナー：2021.11.12
- 5) 国土交通省：第 8 回コンクリート生産性向上検討協議会資料、「生コン情報の電子化」試行工事 経過報告、2019.3.14