

生産性向上等に資する革新的技術の導入・活用のための課題と方策



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
技術参事役
川崎 浩之



技術・調達政策
グループ
上席主任研究員
福田 健



元 技術・調達政策
グループ
主席研究員
我有 一也

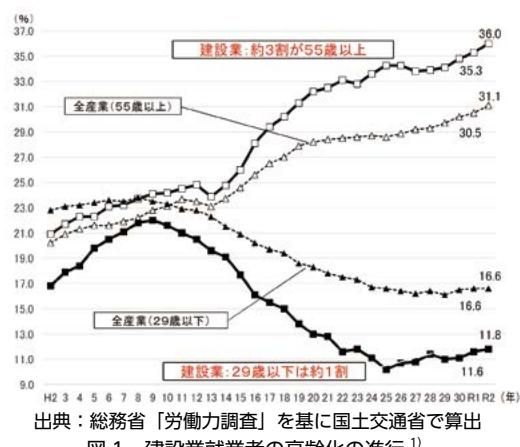


元 技術・調達政策
グループ
主席研究員
杉村 元

1 はじめに

国、地方公共団体等の職員数が減少を続けているにも拘わらず、災害対応や維持管理業務、入札契約手続き、住民との合意形成手続き等の業務量は増大しており、良質な社会資本の品質確保等が困難となっていくと考えられる。

建設業に従事する技術者ならびに技能労働者不足が進む中、建設現場での人材確保に加えて、施工の労働生産性向上や品質管理の高度化等を図ることが喫緊の課題となっている。



そのため、国土交通省では、建設生産プロセスのあらゆる段階において、3次元データやICTの活用等により建設現場の生産性を2025年度までに2割向上させることを目指し、2016年度よりi-Constructionに関する各種取組を推進している。

このうち、昨今のIoTやAIによるビッグデータ分析等に関する技術の進歩は著しく、産業界の仕組みや国民の日々の生活を大きく変えつつあり、公共工事においても、さまざまな分野の知見を結集することで建設現場の生産性向上や品質管理の高度化に資する取組みが継続的に進められている。

国土技術研究センター（以下、JICE）では、2018年度より国土交通省からの受託業務として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業務に携わり、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いる。

本稿では、建設現場の生産性の向上及び品質管理の高度化等を図るために、5G通信、IoT、AI、ロボットを始めとする革新的技術の現場への導入・活用に向けた課題を整理するとともに、定着・普及拡大に向けた方策を提案する。

2 革新的技術の導入・活用に向けたこれまでの取組

2.1 「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（国土交通省、2018年～）」について

国土交通省では、PRISM²⁾を活用して「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」（以下、国交省PRISMプロジェクト）を進めている。

2018年度より、国交省PRISMプロジェクトにおいて「AI、IoTを始めとした新技術等を活用して土木又は建築工事における施工の労働生産性の向上を図る技術」（技術Ⅰ）及び「データを活用して土木工事における品質管理の高度化等を図る技術」（技術Ⅱ）の公募を実施し、採択された技術について直轄工事で試行し、適用性の効果検証とともに実現性、適格性、有用性等の考察を行っている。

技術Ⅰでは毎年テーマを設定し、2020年度では、①作業員や建設機械・車両の位置・動きの分析等を通じた作業支援、②周辺の交通状況等の認知・判断等を通じた交通誘導の支援、③新型コロナウイルス等の感染リスクのある対面・書面による接觸機会のデジタル化によって労働生産性向上に資する技術の提案を求めた。技術Ⅱでは、国交省が規定する各種基準が隘路に

なっている技術の中で、現場で取得したデータの活用により現行の品質管理手法を高度化できる技術の提案を求めていた。

また、これらの新技術の活用において、クラウドシステムを利用して発注者と試行者の間でデータを共有することが必須条件となっている（図2）。



図2 国交省 PRISM プロジェクトのイメージ³⁾

2.2 代表的な技術の紹介

2020年度の公募の採択数は、技術Iで応募21件中11件、技術IIで応募15件中11件であった。それぞれの技術の一例として、「接触機会のデジタル化による生産性向上技術」及び「施工管理及び出来形計測等の効率化に資する技術」を紹介する。

なお、生産性向上の主な指標として労働投入量が挙げられるが、労働者保護や契約不適合の削減も間接的に生産性向上に寄与することから、ここでは紹介する技術の特徴を踏まえ、「作業員の省人化」、「作業時間の短縮」、「安全性の向上等の効果」、「品質の向上等の効果」に着目して生産性向上効果を整理した。

(1) 接触機会のデジタル化技術（技術I）

1) 技術の概要

無理・無駄を削ぎ落すリーンマネジメントの視点を取り入れ、AI・IoTを効果的に適用して、全体工程（リードタイム）の短縮により中小建設業の生産性向上に繋げる。

また、中小建設業のIT化導入障壁を下げるために、汎用化、低コスト化、簡易化した主に使い慣れているスマートフォンや計測機器などAI・IoTを活用する（図3）。

コンソーシアム：阿部建設、環境風土テクノ、北海道大学大学院、北海道産官研究フォーラム、堀口組、建設IoT研究所

試行場所：仁木町道2番地通橋

- スマートフォンで撮影した画像データを解析し、現場稼働状況の把握や現場の3次元再現により、施工管理支援や書類作成の軽減を図る。

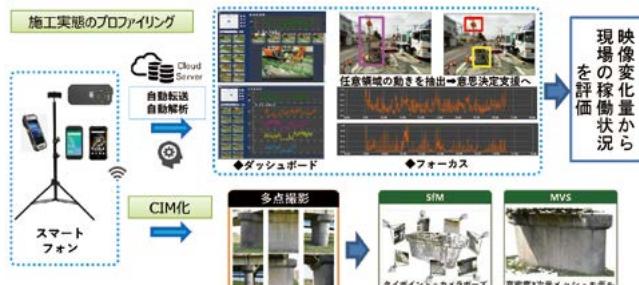


図3 接触機会のデジタル化による生産性向上技術の例⁴⁾

2) 効果

遠隔臨場により、立会いや協議の移動時間及び待ち時間の大削減が可能となった。また、CIMモデル等のデータ共有による協議時間の削減、移動時の交通災害リスクや接触感染リスク低減等の生産性向上効果が得られる結果となった。

① 作業員の省人化、作業時間の短縮

- 遠隔臨場により、本社管理者を含めた複数人の現場管理が可能となり、現場監督員の負担軽減、複数現場の管理に繋がった。
- CIMモデルを用いて情報共有することで、発注者への説明回数と資料作成時間が半減した。
- 遠隔協議、遠隔臨場を実施した結果、移動時間の大削減に繋がった。

② 安全性の向上

- 遠隔臨場により移動が不要となり、関係者の移動時における交通災害のリスクが低減した。
- リモートコミュニケーションの高度化により完全非対面協議を実施し、COVID-19等の感染症対策を実現した。
- 本支店や発注者が定常的に現場状況を把握することができ、危険要因への速やかな指摘と改善に繋がった。

(2) 施工管理及び出来形計測等の効率化に資する技術（技術II）

1) 技術の概要

写真計測により施工プロセスの4次元モデル（時系列3次元点群モデル）を構築し、4次元モデル上で出来形・出来高・出来映えを評価する。また、評価結果を施工実績数値として、デジタルな施工管理を可能とする（図4）。

コンソーシアム：可児建設、環境風土テクノ、応用技術、立命館大学、宮城大学

試行場所：庄内川万場上地区低水護岸

- 現場の3次元再構築により出来形・出来高・出来映えを遠隔地から計測。
- 現場の建設機械を対象に安価かつ高精度なRTK-GNSSにより稼働計測することで施工実績を把握し、工程管理に活用する。



図4 施工管理及び出来形計測等の効率化に資する技術の例⁴⁾

2) 効果

出来形計測の省力化だけでなく、現場作業の削減による安全性向上や計測精度向上による品質管理の向上等の生産性向上効果が得られる結果となった。

① 作業員の省人化、作業時間の短縮

- 4次元モデルの活用により、様々な現場作業をPC上の作業に置き換えることができ、出来形計測等の現場作業時間及び作業人員を大幅に削減することが可能となった。

- ② 安全性の向上
 - ・現場作業の削減により、労働災害リスクが低減した。
 - ・現場作業員の密度が下がることで COVID-19 等の感染症対策にも繋がった。
- ③ 品質の向上
 - ・4 次元モデルで出来形確認をすることにより、確認ポイントを数点から対象面全体に拡大するとともに時空間的なチェックポイントを充実させることにより、品質管理レベルが向上した。

3 革新的技術の導入・活用に向けた課題

3.1 試行関係者以外の外部評価の不足

国交省 PRISM プロジェクトでは、既に 3 次元データや ICT を活用する出来形管理要領（案）等の基準書が整備済みの技術や要領（案）作成に着手している技術、及び新技術情報提供システム（NETIS）に登録済みの技術については提案の対象外としている。そのため、開発された技術は、各試行者が個別に保有、活用しており、特定条件下での実証となっているのが現状である。国交省 HP で各試行の成果を評価し結果を公表しているが、主に試行関係者の間での評価となっており、全国の受発注者が幅広く採用するには至っていない。

3.2 生産性向上に寄与する効果の確認

2018 年度～2021 年度までの国交省 PRISM プロジェクトの試行技術は、生産性向上への取り組みが多種・多様で、その取り組み方法や期待される効果が比較的容易に定量化できる技術と困難な技術が混在しており、更に各技術で定量化の対象項目が異なっている。技術のカテゴリ毎に定量化されていないため、試行関係者以外の受発注者が技術の内容を把握し、選定することが困難となっている。

ここで、生産性向上に寄与する効果を定量化するうえで、経済性等の直接数値化が可能な項目と数値化できない項目に分類し、それぞれの定量化手法を示すことが課題となる。主な課題を以下①～③に示す。

- ① 効果を分かり易く示すために、客観的な指標等によって、従来の方法等に比べどの程度向性が向上したのかをできる限り定量的に示す。
- ② 効果を取りまとめる上で、生産性向上に寄与すると考えられる効果について検討する。これまで試行してきた技術において、それらの効果が得られた試行技術を抽出し、生産性向上に係わる効果を客観的かつできる限り定量的に表示することを念頭に各類似技術等における効果を明示する。
- ③ 建設業界における生産性向上に寄与した効果について把握するため、これまで各社が試行してきた技術によって得られた、試行各社における生産性向上効果や類似技術による各工種における生産性向上効果、さらに建設業界として得られた生産性向上効果について、建設業界へ確認する。

3.3 活用、普及拡大させる上での情報公開

各試行技術の現場で取得されたデータは個別のクラウドシステムに保存され、それぞれのシステムに各試行者と監督・検査員がアクセスする状況であり、監督・検査員の内容確認に多くの労力が必要となっているだけでなく、専門工事会社や建設コンサルタント等の開発した技術を利用しようと考えている受注者のアクセスやデータの利活用を困難にしている。

今後、国交省 PRISM プロジェクトで開発した技術が広く世の中に認知されることにより他現場での実装を促進するとともに、現場で取得したデータを計画・設計から維持管理まで広く利活用するためのシステムの構築が望まれる。

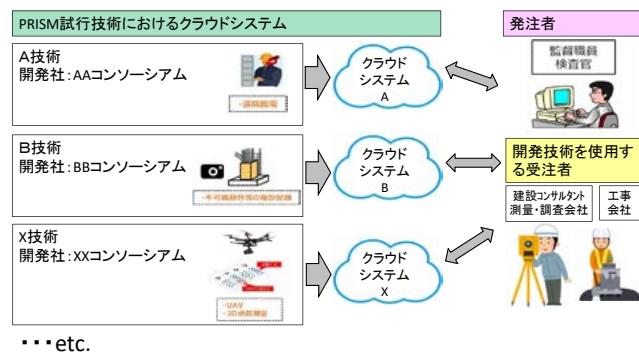


図 5 試行技術及び現場で取得したデータの共有状況（現在）⁵⁾

4 革新的技術の定着・普及拡大に向けた方策の提案

4.1 革新的技術の類型化、及び「技術集」による情報提供の強化

(1) 試行技術の類型化

国交省 PRISM プロジェクトの試行技術では、各年度でそれぞれ研究開発のテーマが設定されており、2018 年度～2021 年度までに試行した技術について分類が一元化されていないのが現状である。分かりやすく情報を提供するために、これら複数年度の試行技術を集約し類型化する必要がある。

例として、2019 年度では、技術 I 、 II 共通で①遠隔地で確認、②施工の生産性向上、③出来形管理の効率化、④品質管理の高度化、⑤その他に分類し、2021 年度では、①非接触下における施工管理の効率化技術、②施工管理の安全性向上に資する技術、③交通状況を的確に認知した交通誘導技術、④トンネル掘削の作業進捗を自動的に把握する技術に分類している。これらから分かるとおり、技術内容が多種・多様であり、取り扱うデータが多岐に渡ることから、単独のカテゴリで類型化することは困難となっている。したがって、①試行目的、②工種、③取得データの種類等の多面的かつ合理的な観点から類型化する必要がある。

(2) 「技術集」による革新的新技術の広報

試行関係者以外の工事発注者や受注者が、開発された革新的技術を現場実装していくためには、各技術の優位性や生産性向上効果について、外部評価を含めた知見を蓄積し公表する仕組みを構築することが必要である。

各試行技術について、技術概要、特徴、試行での現場条件、生産性向上効果等を示した「技術集」をホームページで取り扱い易くするとともにパンフレット等を作成して広報し、(1)の類型化にしたがってデータベース化することにより、情報の検索と閲覧、評価の確認が可能な仕組みを構築する必要がある。

4.2 革新的技術の生産性向上効果（省人化、工期縮減、品質向上等）の定量化

開発された技術の現場実装を促進するためには、生産性向上に寄与する効果の客観的かつ定量的な評価が必要となる。

試行により検証された技術による効果を分かり易くするため、評価指標を設定したうえで生産性向上への寄与度を可能な限り定量化し、明示することで見える化を図る。具体的な定量化の方針を①～②に示す。

① 数値化が可能な項目の定量的な効果のとりまとめ

作業員の省力化、作業時間の短縮等の得られた効果について、従来技術との比較によりどの程度の費用削減効果が得られたか、また同様な工事・工種等において導入された場合、どの程度の効果が期待できるかを数値化して検討し、効果のとりまとめを行う。作業時間縮減効果より算出した生産性向上比率を用いて生産性を計測することも有効である（表1）。

② 数値化が困難な定性的項目の定量的な効果のとりまとめ

安全性の向上、品質の向上等の効果は、概ね定性的であり定量化が難しい面があるが、その効果をランク付けし、点数化等の評価指標とすることにより、どの程度の効果が期待できるかを検討し、効果のとりまとめを定量化する（表1）。

表1 技術の効果に関する評価項目イメージ

| 技術・工法 | | 技術A | 技術B | 技術C |
|---|-------|-------|-------|-------|
| 指標 定量的 | 経済性 | 3 | 2 | 5 |
| | 工程・工期 | 3 | 2 | 5 |
| | 施工性 | 3 | 4 | 5 |
| 指標 定性的 | 安全性 | 3 | 2 | 4 |
| | 非接触性 | 4 | 2 | 5 |
| | 疲労度 | 3 | 5 | 2 |
| 評価点（平均点） | | 3.17 | 2.83 | 4.33 |
| 判定 | | ※レベル2 | ※レベル3 | ※レベル1 |
| 判定指標： 定量的効果 判定指標 定性的効果 判定指標 評定点（平均） 判定 20%以上 5 飛躍的に向上 5 4以上 レベル1 10%以上 4 大幅に向上 4 3以上 レベル2 5%以上 3 向上 3 2以上 レベル3 従来と同等 2 従来と同等 2 2未満 レベル4 0%以下 1 減少 1 | | | | |

4.3 他現場での導入・活用に向けた認証制度の導入、及びNETIS等との連携

国土交通省PRISMプロジェクトにおける試行技術では、新しく開発される技術であることが条件となるが、試行を通じて成熟した技術については基準化や制度化を行うとともにNETIS等の新技術情報提供システムとの連携を図り、広く情報を公開し汎用化に結びつける。

また、現場実装により他現場で生じた課題や効果をフィードバックし、客観的な評価結果を蓄積することにより普及拡大を図ることが必要である。

「建設技術審査証明事業」⁶⁾を活用し、開発した技術の優位性を客観的に証明し、普及、拡大していくことも有用である。

4.4 情報を一元管理するためのデータ連携基盤（クラウドシステム）の構築

開発された技術を拡張、普及拡大するためには、各技術の内容を情報公開するとともに、現場で取得したデータを試行者以外の受発注者が取得し使用できるシステムが必要である。

試行各社が個別に保有、活用している技術や現場で取得したデータを一元化し、監督・検査員と試行者だけでなく、各受注者が広く試行技術にアクセスできる情報共有システムを構築する。これにより、国土交通省PRISMプロジェクトにおける開発技術の利用促進と確立、ならびに取得したデータを計画・設計から維持管理まで広く有効活用することが可能となる（図6）。

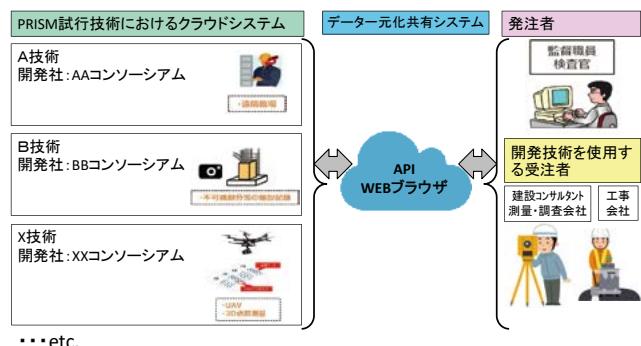


図6 試行技術及び現場で取得したデータの共有状況（将来）⁵⁾

5 おわりに

国土交通省PRISMプロジェクトは、これまで「インフラDX等の推進による労働生産性向上・品質向上に寄与する技術開発」を目的として進められてきた。一方で、デジタル化はエネルギー変革を伴う脱炭素化の実現に密接に関わっており、持続可能な社会の実現に向けてDXの推進とともに2050年CN達成への取り組みが重要な課題となっている。

今後は「インフラLCA手法の検討」や「環境負荷低減に係る技術開発」等を取り入れた革新的技術の導入・活用に向けたプロジェクトの促進が必要であり、JICEは、引き続きその一端を担って行く所存である。

参考文献

- 一般財団法人建設業振興基金：CCAシンポジウム：『働き方改革は地域建設業から』、2021.11
- 内閣府：官民研究開発投資拡大プログラム（Public/Private R&D Investment Strategic Expansion Program: PRISM（プリズム））、<https://www8.cao.go.jp/cstp/prism/index.html>
- 国土交通省：公募資料（記者発表資料）、2019.4.26
- 国土交通省：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 試行内容（概要）の紹介、2020。<https://www.mlit.go.jp/tec/content/001447205.pdf>
- 国土交通省：更なる生産性向上に向けて、2021.11を基にJICEで作成 <https://www.mlit.go.jp/common/001397718.pdf>
- 建設技術審査証明協議会：建設技術審査証明事業、<https://www.jacic.or.jp/sinsa/>