

建設現場の生産性向上

1. 研究・活動のアウトライン

出来事	課題	研究内容	研究成果の反映
◇1996 建設 CALS 整備基本構想、1997 建設 CALS/EC アクションプログラム (行政内部の電子化の推進) ◇2002 国土交通省 CALS/EC アクションプログラム ◇2005 同アクションプログラム 2005	- 情報の電子化、組織間、事業段階間で公共事業に関する情報の交換、共有、連携によるコスト縮減、品質確保、事業執行の効率化 - 土木施工における危険・苦渋作業の解消	- 計測機器や施工機械を利用した効率的施工管理・監督検査手法の検討 - TS(トータルステーション)による出来形管理の現場試行・検証 【総プロ 2003-2005】ロボット等による IT 施工システムの開発	- 施工管理情報を搭載できる TS を用いた出来形管理要領(試行案)(道路土工編)、同監督・検査マニュアル(案) 2008 年度から直轄工事における情報化施工の試行を開始
◇2008.7 情報化施工推進戦略 ◇2009.3 CALS/EC アクションプログラム 2008(～2010)	- 電子データの流通が進む一方、紙資料の電子化に留まり、電子成果品の作成労力が増大 - 高齢化等で建設機械の熟練オペレータが不足しつつある	- 衛星測位技術を用いた 3 次元測量機器による出来形管理手法の検討 - TS を用いた出来形管理の工種拡大の検討 - 道路中心線形及び道路横断形状データの交換標準の検討	- TS を用いた出来形管理要領(土工編)(舗装工事編)、同監督・検査要領(河川土工編)(道路土工編)(舗装工事編) 2013 年度から直轄工事で TS による出来形管理技術を使用原則化
◇2013.3 情報化施工推進戦略	- 情報化施工に必要となるデータ作成で施工者の負担が増大 - 情報化施工の特性を活かした技術基準類や入札・契約制度などのルールの見直し	- 情報化施工用データの効率的な作成方法の検討 - ICT 土工のための 3 次元データの新基準の検討 - CIM 導入に向けた 3 次元データの利活用調査	- TS による出来形管理に用いる施工管理データ交換標準(案)Ver.4.0 - 無人航空機/レーザースキャナーを用いた出来形管理要領(土工編) - LandXML1.2 に準じた 3 次元設計データ交換標準(案)Ver.1.0
◇2016 生産性革命元年と位置付け「i-Construction」を推進 ◇2021 インフラ分野の DX 施策の公表	- 人口減少時代を迎え、これまで成長を支えてきた労働者が減少 - 調査・測量から設計、施工、検査、維持管理・更新までの全ての建設生産プロセスで ICT 等を活用して大幅に生産性を向上 - 施工の効率化・機械化等の検討に現場の施工データのデジタル化が必要	【総プロ 2017-2020】ICT の全面的な活用による建設生産性向上 【総プロ 2018-2020】AI を活用した建設生産システムの高度化 【PRISM】「i-Construction の推進」による建設現場の革新 - 技能労働者・現場内運搬作業の把握・施工データのデジタル化	- i-Construction に必要な 3 次元データによる設計、施工、検査の新基準 - CIM 導入ガイドライン等の BIM/CIM 関係基準類 3 次元計測技術を用いた出来形管理要領(案)の作成

1) 背景となる出来事、社会の変化等

人口減少時代を迎え、少子高齢化がこれまで以上に深刻化し、建設業は他産業に比べ労働者の減少が大きな問題となっている（図－1）。また、機械化により生産性が向上した工種がある一方で、土工やコンクリート工では生産性がほとんど変わっておらず改善の余地が大きい（図－2）。

こうした背景の下、国土交通省では、2016 年を『生産性革命元年』と位置づけ、労働者の減少を上回る生産性向上を図ることにより、経済成長の実現を図る生産性革命プロジェクトをスタートした。i-Construction は、生産性革命の取り組みの主要プロジェクトの一つであり、インフラの整備に関して、調査・設計から施工・検査、維持管理までプロセス全体の最適化を図ることにより、建設現場における生産性を向上させ、魅力ある建設現場の実現を目指す取り組みである。

国総研では、2016 年 3 月に i-Construction 推進本部を立ち上げ、ICT や 3 次元データの活用等による建設現場の生産性向上に関する研究・開発及び普及に取り組んでいる。

2) 研究開発課題・活動の概要

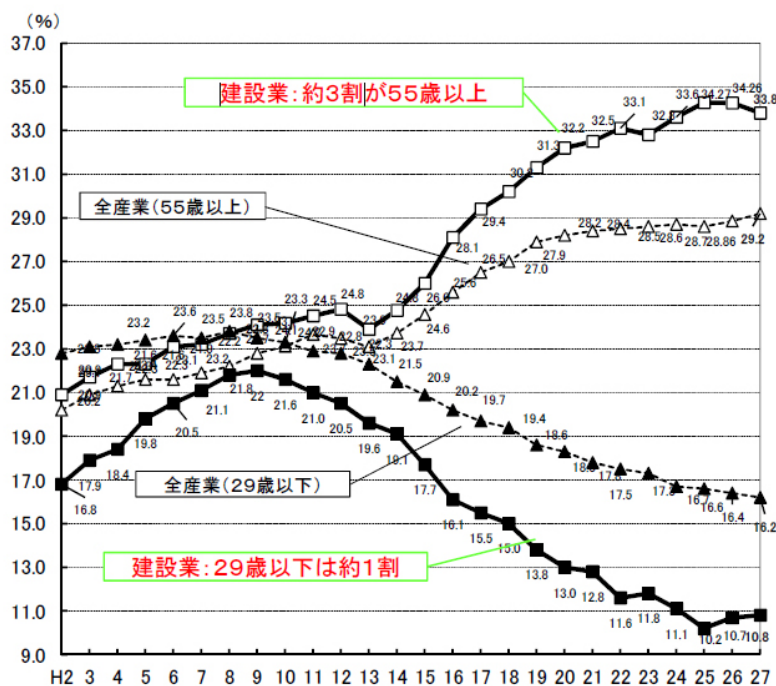
(1) 情報化施工 (ICT 施工)

国総研では、情報の電子化による公共事業のコスト縮減・品質確保・事業執行の効率化、土木施工における危険・苦渋作業の解消等の社会課題に対応するため、計測機器や施工機械を利用した効率的施工管理・監督手法の検討、TS（トータルステーション）による出来形の現場試行・検証、ロボット等による IT 施工システム

の開発などの研究開発課題に取り組んできた。その後も i-Construction のトップランナー施策として、『ICT の全面的な活用 (ICT 土工)』が位置づけられた以降、ICT 土工に関する活用ルールや基準類の作成等を行っているほか、ICT 施工の工種拡大、民間等の要望を踏まえた基準の策定・改定に向けた研究を行っている。

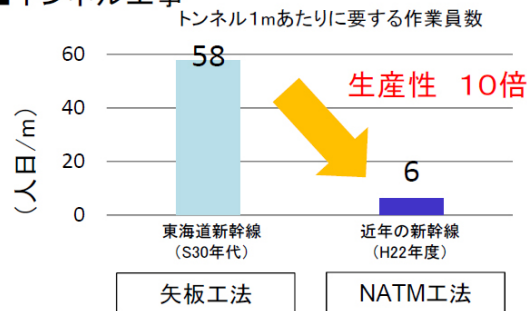
(2) 建設 CALS/EC、BIM/CIM

建設生産プロセスの各段階で発生する各種情報の電子化と、関係者間の効率的な情報の交換・共有・連携の環境を創出する公共事業支援統合情報システム（建設 CALS/EC）の推進を図るため、調査設計業務や工事成果品の電子化、図面の CAD 化等、電子データによる情報交換や共有、保管、データの再利用を図るた



図－1 建設業就業者の高齢化の進行

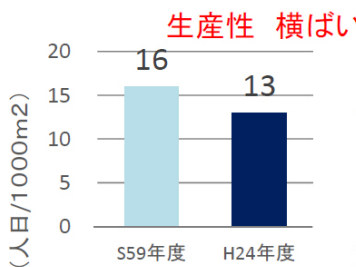
■ トンネル工事



出典：日本建設業連合会 建設イノベーション

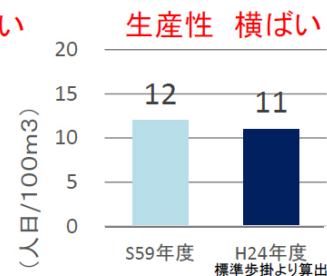
■ 土工

1000m²あたりに要する作業員数



■ コンクリート工

100m³あたりに要する作業員数



標準歩掛より算出

図－2 直轄工事における代表工種の生産性の推移

めの研究を実施するとともに、設計・施工・維持管理における業務の効率化を目的として、3次元CADによる設計、施工データの円滑な流通手法及び維持管理での利活用技術について検討・開発を行ってきた。

その後、建築分野で導入の進むBIM（Building Information Modeling）の要素を建設分野に取り入れたCIM（Construction Information Modeling/Management）として、建設生産プロセス全体で3次元モデルを円滑に流通、利活用するための技術開発及び標準化検討を実施している。

（3）技能労働者の動きのデジタル化に関する研究

担い手確保、技能労働者の労働条件・労働環境の向上、効率的な施工方法の開発・普及・継承等の課題解決するため、公共土木工事で主要な工種であるコンクリート躯体工を対象に、施工の効率化・機械化等に向け技能労働者の作業時間・作業内容等を計測・デジタル化し、物的労働生産性を分析する研究を行っている。

2. 主な研究成果

（1）情報化施工（ICT 施工）

◆情報化施工に関する研究（2001～2007）

- ・「トータルステーションを用いた出来形管理技術」を開発し、現場での試行を通じて効果や課題について検証し、2007年度までに施工管理要領（案）や監督検査要領（案）、技術基準類（ハードウェア及びソフトウェアに備えるべき機能要件、データのフォーマット等）を策定することで、実現場において運用するための環境整備を行い、全国の直轄工事に導入されてきた。
- ・本要領等によって、使用する測定機器に従来の巻尺・レベルに代わって施工管理情報を搭載したトータルステーション（以下、TSという。）を採用し、出来形を3次元座標値で計測して施工管理・監督検査に用いることが可能となった。
- ・これにより、現場においてTS画面上で計測対象物の出来形形状と設計形状との差異を把握することが可能になるとともに、出来形帳票や出来形図のパソコンによる自動作成が実現できた。
- ・2008年7月に国土交通省にて策定した「情報化施工推進戦略」を受け、実際の工事現場における出来形管理、監督検査にICT技術をダイレクトに活用できるよう、3次元設計データを用いた出来形管理要領、監督・検査要領の素案を2011年度までに作成した。

◆i-Construction（ICT 施工）に関する研究（2016～）

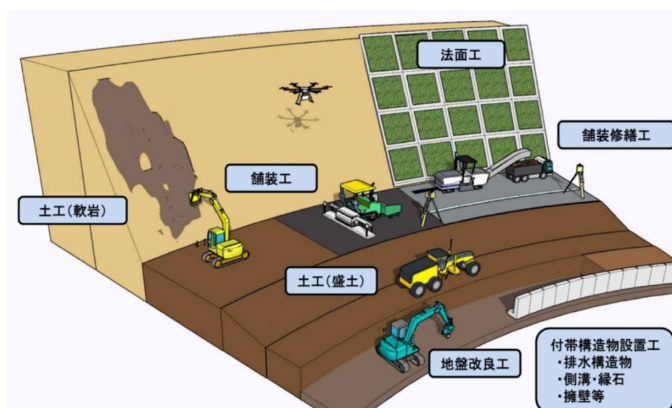
- ・2016年度から始まったi-Construction施策の推進としてICT活用工事が本格的にスタートを切った。ICT活用工事により施工ノウハウ、ニーズ等が蓄積され、対応する建機メーカ、計測器メーカ等を中心に様々な計測技術の開発が加速された。これと歩調をあわせ、実現場や試験フィールドでの計測検証、データ解析を進めつつ、受発注者からのヒアリング等から整理した生産性向上のためのノウハウなどを加味しながら、適用工種を順次拡大し、出来形管理基準を始めとした各種の基準類の作成、反映を行ってきており、延べ10工種、27の基準に上る。（図-34、表-1）
- ・基準類作成においては、ICTを活用した計測技術であるレーザースキャナー等により取得した点群データやICT建設機械の施工履歴（刃先位置）、面的に取得した

平成28年度	平成29年度	平成30年度	令和元年度	令和2年度	令和3年度	令和4年度 (予定)
ICT土工						
	ICT舗装工（平成29年度：アスファルト舗装、平成30年度：コンクリート舗装）					
	ICT浚渫工（港湾）					
		ICT浚渫工（河川）				
			ICT地盤改良工（令和元年度：浅層・中層混合処理、令和2年度：深層混合処理）			
			ICT法面工（令和元年度：吹付工、令和2年度：吹付法枠工）			
			ICT付帯構造物設置工			
				ICT舗装工（修繕工）		
				ICT基礎工・ブロック据付工（港湾）		
					ICT構造物工（橋脚・橋台）	
					ICT路盤工	
						ICT構造物工（橋梁上部、基礎工）
					民間等の要望も踏まえ更なる工種拡大	

図-3 ICT活用工事の工種拡大の経緯

データを出来形管理・施工管理に活用できるよう、3次元起工測量、3次元設計データ作成、ICT施工、3次元出来形測量、出来形管理・検査のそれぞれのプロセスにおいて具体的な方法を要領として整理している。

- ・適用する基準類数が多くなり、初めて活用する施工者等からの利便性の向上を求める声もあることから、各要領を「3次元計測技術を用いた出来形管理要領（案）」として一つの要領にとりまとめ、必要な工種、使用するICT技術、適用される基準値が索引しやすいように工夫するなど、実際の適用工事の事例に基づく基準類の改善を進めている。（表－1）



ICTの全面的活用を実現する工種拡大イメージ（道路工事の例）

図－4 ICTの全面的活用を実現する工種拡大イメージ（道路工事の例）

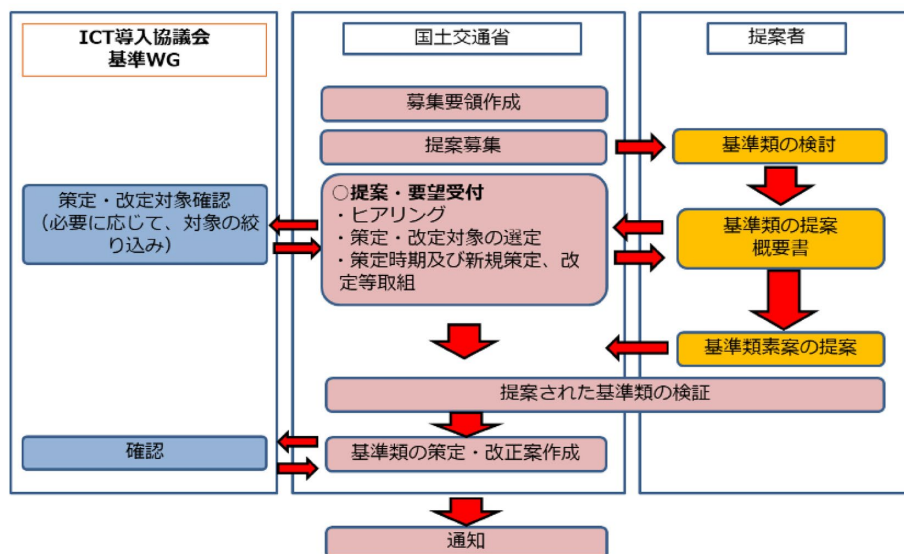
表－1 ICT施工に関連する出来形管理基準類

基準要領名	最新版の発出時期
3次元計測技術を用いた出来形管理要領（案）※	2021. 3
3次元計測技術を用いた出来形管理要領（案）（橋脚・橋台編）（試行）	2021. 3
加速度応答法を用いた路盤の締固め管理試行要領（案）	2021. 3
地上写真測量（動画撮影型）を用いた土工の出来高算出要領（案）	2020. 3
施工履歴データによる土工の出来高算出要領（案）	2019. 3
ステレオ写真測量（地上移動体）を用いた土工の出来高算出要領（案）	2020. 3
T S ・ G N S Sを用いた盛土の締固め管理要領	2020. 3

※ 2016年以降に整備した各種3次元データ計測技術を用いた出来形管理に関する17基準の総括版

- ・ICT活用工事の普及進展と相まって、民間の開発メーカーの努力により、民間レベルを中心に、ICTを活用した計測技術の開発や施工ノウハウの蓄積が急速に進められている。これにより、移動体搭載型レーザー

スキャナー、レーザースキャナー搭載 UAV、ノンプリズム TS を始めとして毎年新たな計測機器が市場にでてきており、生産性向上につながるこれらの機器を活用した施工方法については、最新の計測技術や施工ノウハウなどを公共工事の基準類へ適時適切に反映できるよう、2019年度より、新たにICTの活用に関する「民間等の要望を踏



図－5 「民間等の要望を踏まえた基準の策定・改定」の基本的枠組み

まえた基準の策定・改定」として、開発メーカ、施工者、研究者などからの提案を受けながら、要求される精度確保の検証を行い、新たな基準の作成や既存の基準類の改定を進めている。(図-5)

これらの取り組みに当たっては、実際の工事現場等における検証やフォローアップを随時進めているとともに、国や地方公共団体、施工者への技術的サポートを継続的に行っている。

(2) CALS/EC、BIM/CIM

◆ 3次元CADデータに関する検討(2007～2013)

- ・業務の効率化、高度化をもたらす3次元データの交換、連携のための環境整備が必要となってきたため、3次元CADによる設計、施工データの円滑な流通手法等について検討と開発を行い、道路事業や河川事業に関する3次元設計データを流通するためのデータモデルを作成し、道路事業や河川事業に関する3次元設計データを流通するためのデータモデルとして「3次元設計データ交換標準(案)」を作成した。(図-6)
- ・更に、これを国内外の多数のソフトウェアで対応しているLandXML方式で記述した「LandXMLに準じた3次元設計データ交換標準(案)」を作成・公表し、データ標準として活用されている。

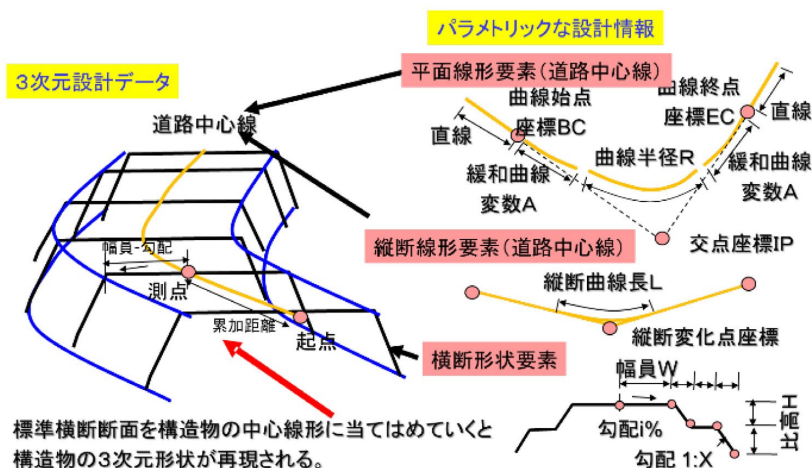


図-6 3次元設計データモデルの概要

◆ BIM/CIMの導入・展開に向けた調査(2014～)

- ・建設生産プロセス全体で3次元モデルを円滑に流通、利活用するための技術開発及び標準化に関する研究の成果は、3次元モデルの作成、設計成果品の照査・検査、モデルを用いた数量算出、モデルの電子納品及びアプリケーションの機能要件等、各分野のBIM/CIM関連基準・要領等へ反映されている。(図-7)
- ・2012年度の試行開始以降、BIM/CIMを活用した業務・工事は着実に増加している。国土交通省では、2023年度までに小規模を除く全ての公共工事におけるBIM/CIM原則適用を目標に掲げ、順次適用拡大が進められている。

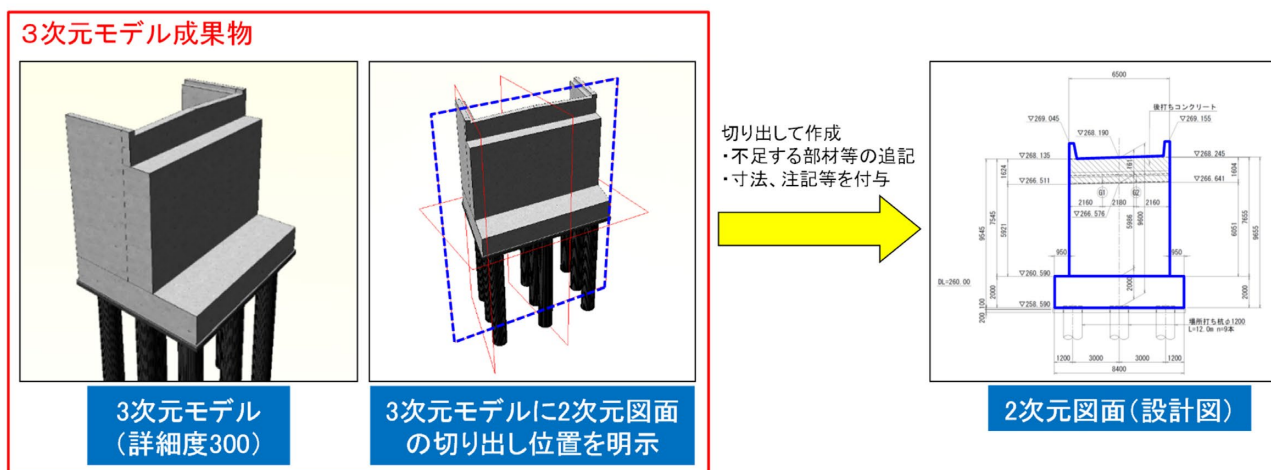


図-7 3次元モデル成果物作成要領(案)に基づく契約図書の作成例

3. 関係する報告書・技術資料一覧

国総研資料 No.483 トータルステーションを用いた出来形管理に関する資料

<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryounn/tnn0483.htm>

国総研資料 No.371 道路中心線形データ交換標準（案）基本道路中心線計編 Ver.1.0

<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryounn/tnn0371.htm>

国総研資料 No.505 土工におけるトータルステーションを用いた出来形管理の検討

<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryounn/tnn0505.htm>

国総研プロジェクト研究報告 No.43 3次元データを用いた設計、施工、維持管理の高度化に関する研究

<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryounn/kpr/prn0043.htm>

国総研資料 No.903 LandXML1.2 に準じた3次元設計データ交換標準（案）Ver.1.0

<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryounn/tnn0903.htm>

4. 今後の展望

ICT 土工を活用した工事や BIM/CIM 活用業務・工事は、年々増加しつつあるものの、未だ全面的な普及には至っていない。特に、地方の中小の建設会社にとっては、初期投資費用がかかること、技術の習得が困難なこと等の理由により、普及が進みにくいのが現状である。今後、国土交通省職員だけでなく地方公共団体の職員や、中小の建設会社を含む民間企業に対して、i-Construction に関する技術構築を図るとともに、BIM/CIM 等の3次元データを簡単に活用できる環境の整備が必要である。

また、新型コロナウイルス感染症発生を契機とし、公共工事の現場において非接触・リモート型の働き方に転換するなど、感染症リスクにおいても強靱な経済構造の構築を加速することが喫緊の課題であり、国土交通省では、2020年7月にインフラ分野のDX推進本部を立ち上げ、社会経済状況の激しい変化に対応し、インフラ分野においてもデータとデジタル技術を活用して、国民のニーズを基に社会資本や公共サービスを変革すると共に、業務そのものや、組織、プロセス、建設業や国土交通省の文化・風土や働き方を変革し、インフラへの国民理解を促進すると共に、安全・安心で豊かな生活を実現すべく、省横断的に取組みを推進することとされた。

国総研では、この取り組みの一環として、2020年度より直轄事業の各段階で収集・作成されたBIM/CIM等の3次元デジタルデータを保存管理し、さらに、BIM/CIMを活用するために必要となる最低限の表示機能や3次元データを共有表示することができるWEB会議機能を備えたDXデータセンターの構築を進めている。さらに、インフラDXの推進を支える技術の研究開発の拠点として、5G通信を活用した建設機械の自律施工技術や、3次元データによる構造物の出来形の計測、検査技術の開発、検証を行うための建設DX実験フィールドの整備を進めている。

DXデータセンターの運用が開始され、インターネットを経由して外部からのアクセスが可能になれば、受発注者間でのデータのやりとりや共有が容易にできるようになり、3次元表示での設計の確認や現場状況の確認、リモート会議による立会や検査へ活用される。また、建設DX実験フィールドを活用したリモートでの建設機械による施工技術や出来形確認・検査技術の開発が実用化すれば、建設現場における作業の軽減・効率化に繋がる。これらの取り組みにより、受発注者ともに生産性の向上と働き方改革の実現が図られることが期待できると考えている。