

3 次元情報と ICT を複合した施工管理ソリューション

国土交通省	中国地方整備局	松江国道事務所	鈴木 祥弘
国土交通省	中国地方整備局	松江国道事務所	奥山 敏幸
国土交通省	中国地方整備局	松江国道事務所	丸山 篤
国土交通省	中国地方整備局	松江国道事務所	○井上 悟

1. はじめに

国土交通省では、全ての建設生産プロセスで ICT（情報通信技術）を活用する i-Construction を推進し、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ている。

この中で、一連の建設生産・管理システムにおいて、設計・施工・維持管理の各段階における情報を充実しつつ有効活用し、事業全体にわたる共有により受発注者双方の業務効率化・高度化に資する BIM/CIM モデルの導入を図っており、普及フェーズから運用フェーズへと展開している。

ここで紹介する取組は、コンクリート構造物の施工管理において、3 次元情報の有用性を追求し、現行管理手法の改善の可能性を見出せる ICT を推進、新たな手法を試行することにより、高効率、高精度な施工管理業務を実現しようとするものである。

この取組では、新たな管理手法について、現行管理との比較を行う他、3 次元情報の活用についての多様な試行錯誤により、今後の新たな展開の導出にも努めるものである。

2. 取組概要

一般国道 9 号大田・静間道路は、島根県大田市久手町刺鹿から静間町に至る延長 5.0km の自動車専用道路であり、緊急輸送道路の確保及び第 3 次医療施設への速達性の向上等を目的に鋭意事業を進めている。（図-1）

本取組は、大田静間道路鳥井地区改良第 5 工事をフィールドに、場所打ち涵渠工（内空 W6.3m×H5.6m, L=63.4m）の施工管理（段階確認、出来形確認・管理）について、作業の安全性向上も視野に、高効率化・高精度化を試行するものであり、3 次元モデルをベースに、データの有用性を活かす ICT 機器・アプリケーションを効果的に組合せ、受発注者間及び各作業間の連携・連動性を高めることにより、施工現場における課題（ミス・ロス・リスクの解消、軽減）の解決を目指している。なお、当該現場では、涵渠工の関連土工（路体盛土工 15,000 m³等）において ICT 土工も予定している。（写真-1）



図-1 現場位置図

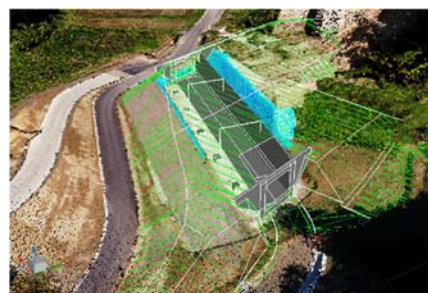


写真-1 施工現場（涵渠工の配置）

3. 試行の内容

本取組では、発注者である国土交通省松江国道事務所と受注者であるカナツ技建工業㈱との連携協力のもと、段階確認作業にはウェアラブル端末と MR（複合現実）、出来形データ取得には TLS（地上レーザースキャナー）、データ処理には 3 次元点群処理システムを使用し、そして、出来形管理業務における現地作業を最少化するため Web ミーティングによる遠隔確認及び 3 次元データ上での出来形計測を採用している。これらの技術・精度・効率各面の実証の他、汎用性確保の検討も試行している。本取組の手順は以下の通りとする。

キーワード：i-Construction, MR, TLS, Web ミーティング

連絡先 〒690-0017 島根県松江市西津田 2 丁目 6 番 28 号 松江国道事務所 工務課 TEL:0852-60-1344

(1) 本取組のベースとなる構造物の3次元設計モデルの作成。

鉄筋配置等の設計照査を兼ねるとともに、作成した3次元モデルは、着手前の施工シミュレーションや位置出し、各作業前のイメージ情報確認・共有にも活用する。(図-2)

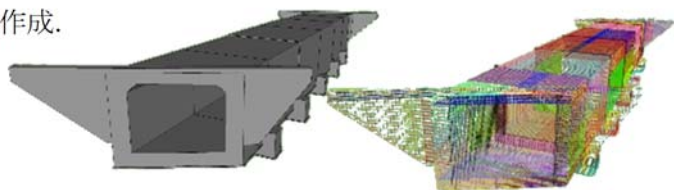


図-2 3次元設計モデル(場所打ち函渠)

(2) 均しコンクリートの打設後、3次元出来形データ(点群データ)の取得

TLS搭載型TS(地上レーザースキャナー搭載型トータルステーション)を使用し、取得データは本体工底版下面の出来形データとして管理する。

(3) 段落防止用枕工、本体工の施工後において点群データの取得

内空断面の点群取得と点群取得上の死角防止への対応及び作業時間短縮のため、全方位計測可能な360°全方向型TLSと特定の箇所を計測可能なTLS搭載型TSを、それぞれの性能・能力・特徴を考慮し効果的に使い分けている。(写真-2, 写真-3)



写真-2 360°全方向型 TLS (RTC360)



写真-3 TLS搭載型 TS (MS-60)

(4) 出来形寸法を取得した点群データ上で測定・管理

従来は現地での直接アナログ測定であるが、本取組では、取得後3次元データ生成及び間引き処理を行った点群データ上でデジタル測定し管理する手法を適用しており、発注者による出来形確認においても同様の測定方法としている。(図-3, 図-4, 写真-4)

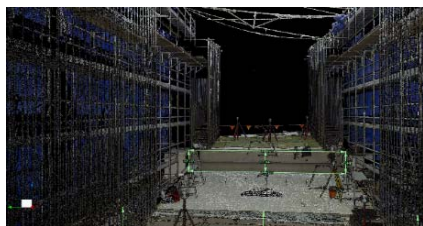


図-3 本体底版妻部の出来形点群データ (RTC360 使用)

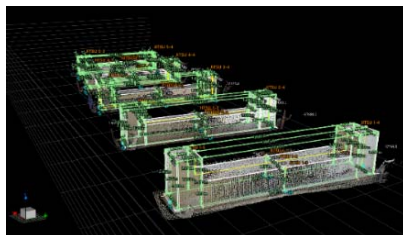


図-4 段落防止枕工の出来形点群データ (MC-60 使用)

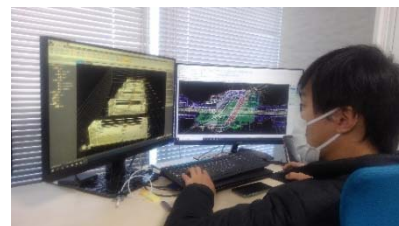


写真-4 管理データ計測状況

(5) ウェアラブル端末を用いてMRによる3次元設計モデルとの対比により出来形確認

点群データ取得前に、3次元設計モデルと重ね合わせたMR映像により構造物の出来形を視覚的に確認すると、足場解体等次工程の判断根拠になるとともに出来形寸法確認の測定頻度を少なくすることができる。

また、施工ブロック毎、部位毎の鉄筋組立完了時においても同様の出来形確認を行っている。(写真-5, 写真-6)

(6) 前述(5)を発注者による出来形確認にも適用

併せてWebミーティングを導入することにより、3次元設計モデル・現地映像・MRによる重ね合わせデータについて、現場臨場を伴わない環境において共有・確認している。(写真-7)



写真-5 ウェアラブル端末

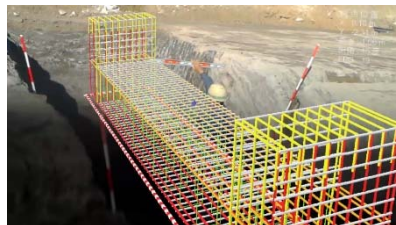


写真-6 MR映像(枕工の鉄筋配置)



写真-7 Webミーティングによる確認状況

4. 取組の結果

(1) コンクリート打設完了後の出来形計測(測定)

点群データ取得においては、取得範囲、計測速度、データ処理時間を考慮して2機種を使い分けているが、今のところ施工工程に影響を及ぼすことなく、現地計測ができています。

現地での点群データ取得後は、データ処理及び処理後の3次元出来形データ上での出来形管理基準に則した管理値測定について、1人での作業が可能となっている。（写真-4）

3次元出来形データ上での測定値の管理値としての精度は十分確保できており、このデータが常に確認可能な状態であるため出来形管理写真が不要となり、省力化に繋がる。

現在まで（令和2年3月時点）に確認できている作業効率に関しては、段落防止用枕工、本体底版妻部において、作業工数（人数×時間）が約30%の低減、現行で最大3人だった必要人員が最大2人に低減できている。（図-5）

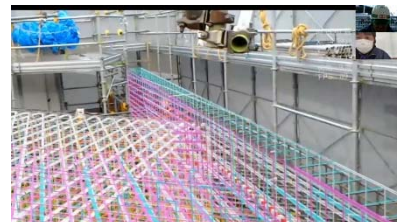


写真-8 MR映像（底版の鉄筋配置）

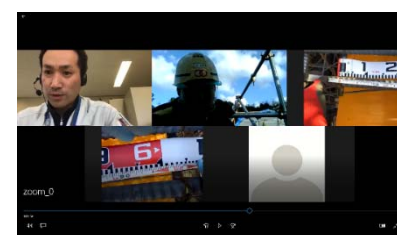


写真-9 Webミーティングによる出来形確認（鉄筋出来形）

(2) ウェアラブル端末とMRを活用した出来形確認

鉄筋組立完了後の試行について、MRによる3次元設計モデルと出来形映像（現実）の重なり具合による所要鉄筋配置の客観的な確認は、十分可能であり、補完ツールとして有効である。（写真-8）

発注者による出来形確認は、全てWebミーティングを活用したライブ配信による映像共有により実施しており、MR映像及び3次元出来形データを含め、臨場を伴わない遠隔での確認手法は、出来形確認として十分可能なレベルである。（写真-9）

現在までに、段落防止用枕工、本体底版・側壁・頂版・翼壁の施工完了部分において約30%の作業工数の低減効果を確認している。（図-5）

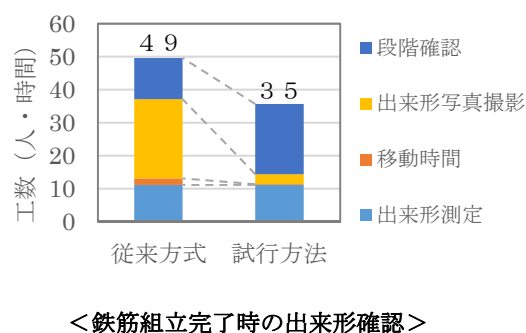
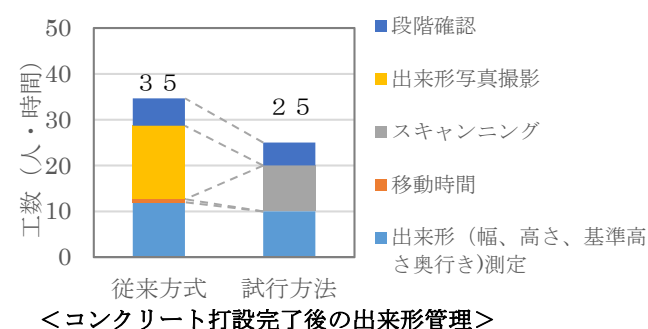


図-5 工数比較

本取組の現場は、発注者現場詰所からの移動時間が10分程度と近く1回あたりの工数低減が僅かとなるが、回数を重ねると一定以上の低減効果が期待できることから、材料確認やコンクリート強度試験等において、同手法を適用している。

(3) Webミーティングの有効活用

本取組では、点群データの解析処理、出来形管理値測定を受注者本社が担い、結果をWebミーティングにより現場に提供するなど、同時最大4人の情報共有が可能となり（写真-10）、受発注者のコミュニケーションがスムーズになることから、省力化に繋がる。

また、既済部分検査においても、このWebミーティングを活用したWeb検査を実施した。（写真-11）

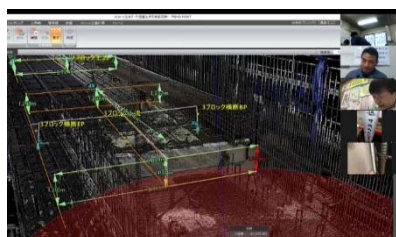


写真-10 3次元データによる出来形確認



写真-11 Web検査体制

5. 考察及び今後の展開

本取組は途中段階ではあるものの、一定の効果が確認できていることから、今後の施工過程において見込めるものを含め、以下のとおり考察する。

(1) ウェアラブル端末と MR

ウェアラブル端末を用いた MR による 3 次元設計モデルとの重ね合わせ確認は、段階確認の高効率化に有効な手法であると評価できる。一方、設計モデルが映像として重なることで実像が見えにくくなるため、端末の操作方法やアプリケーションの工夫（透過視認、レイヤー表示切替等の機能）が求められる。

また、下請け検査時に活用しているが、鉄筋工の専門業者の立場でも非常に有効なツールであるとの印象であり、施工途中の確認手段としてはもとより、技術習得の補助ツールとしても有効であり、技術向上に伴う構造物の品質向上に寄与すると考えられる。（写真-12）



写真-12 MRによる下請け検査

(2) 3 次元出来形データ

2m以上の高さをもつコンクリート構造物の施工後の出来形確認について、従来は解体前の足場を使つての実測作業であったが、本取組では、地上レーザースキャナーによる足場不要の 3 次元出来形データ取得作業となることから、足場解体時期が従来より 3 日程度早まると考えている。

また、点群データ取得には、それぞれの特徴を活かして TLS（360° 全方向型）と TLS 搭載 TS を併用しているが、より効果的な組合せ利用により、機器特性上トレードオフの関係ではありながら、データ取得の迅速化とデータ処理の省力化は共に実現できると考えている。

また、点群データ上での測定により、これまで測定困難であった壁厚の出来形寸法が容易に測定可能となる。（図-6）

ここまでの取組では、不可視部分となる部位のデータ取得が大半であり、管理上は有用だと評価できるが、作業の効率化の面では比較的小規模であることから効果がそれほど大きくはない。今後、施工が完成形状に近づくにつれ、その効果も顕著になると考えられる。

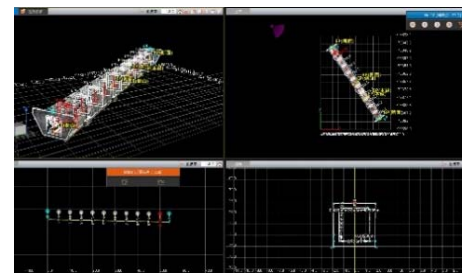


図-6 断面形状抽出による出来形測定

(3) Web ミーティング

Web ミーティングの適用は、現地立会が当たり前だった業務において、3 次元データと映像の遠隔共有が可能となるため、非生産的とも言える移動時間や待ち時間を確実に削減することができる。

一方、Web ミーティングで確認ができる情報は、ウェアラブル端末やカメラが捉えた映像とマイクが拾った音声及び 3 次元データであり、現場臨場により得られる「肌で感じる」感覚や肉眼で捉えた広い視野から入ってくる情報に比べると、範囲が狭く情報量は少なくなる。

Web ミーティングの現場普及には、通信環境やツールの性能・機能の向上及び受発注者双方の慣熟に期待することになるが、ツールの操作だけではなく共有情報を補うカメラワークや現地状況を伝える術を養うなど、現場臨場の減少による品質低下等を招かないよう、現地作業の本質を踏まえた現場運営が必要となる。

6. おわりに

本取組の試行技術は、計測対象が大きく複雑な構造物ほど、大きな効果となって表れるものと期待されるが、「効率化」がもたらす時間や利益の創出においては、より良い施工・品質を目指す取組姿勢が大切である。

3 次元情報の有用性と ICT の積極活用は、業務方法に新たな選択肢を生み出すことに繋がる。その新たな手法により、1 つ 1 つの施工プロセスが連動し、熟練者から若い技術者まで広範囲にノウハウが浸透することで、建設現場の生産性向上と「働き方の変革」へと繋がっていくものと期待される。