

ICT 技術の活用成果から見たものと今後について

— 道央圏連絡道路 南幌町 南 13 線道路改良工事の ICT 施工報告 —

札幌開発建設部 札幌道路事務所 第 1 工務課 ○大場 北斗
札幌開発建設部 札幌道路事務所 第 1 工務課 宮原 大和
札幌開発建設部 札幌道路事務所 第 1 工務課 佐々木 晴生

インフラDX・i-Construction先導事務所として当課が担当する改良工事では、その一環として ICT 技術を取り入れており、現在、当該技術を用いて作成した 3 次元データを基に載荷盛土や構造物を施工している。

本論文では、ICT 技術の活用成果を基に ICT 技術の有効性や効率性を考察するとともに、若手職員等の ICT 技術の理解度を調査し、ICT 技術の更なる普及と促進に必要なものを報告する。

キーワード：i-Construction、ICT 施工、道路土工

1. はじめに

生産性革命プロジェクトの i-Construction の発足から 5 年が経ち、建設業界では ICT 技術を活用した働き方改革が推進されてきた。昨今の建設現場では担い手不足に対する技能者の確保と、生産性向上の課題を解決すべく、ICT 施工を積極的に取り入れて様々な成果を上げている（図-1）。

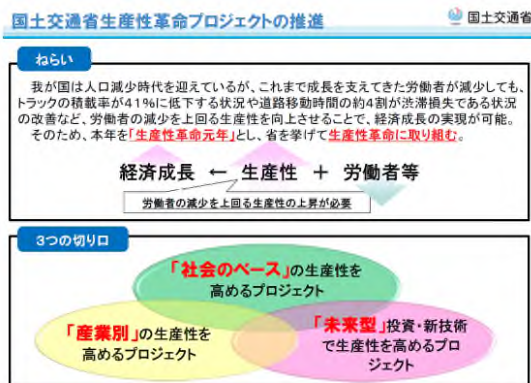


図-1 i-Construction の概要

本論文では、札幌道路事務所内の多くの事業で ICT 施工が普及する中、ICT 技術を活用して載荷盛土を施工した工事について、その取組内容を報告するとともに、従来施工と比較した際の定量的な効果を検証する。また、ICT 技術の活用によるメリットや課題のアンケート調査を受発注者に対して行い、ICT 技術の更なる普及と促進に必要なものを報告するものである。

2. 対象工事の事業概要

対象工事の事業概要と ICT 施工の取組を以下にまとめる。

- 工事名
道央圏連絡道路 南幌町 南 13 線道路改良工事
- 工期
令和 4 年 3 月 25 日～令和 5 年 3 月 20 日
- 施工業者
宮坂建設工業株式会社
- 工事延長
L= 3,650.00 m
- 工事内容
道路土工、地盤改良工、カルバート工、舗装工等

本工事の発注方式は、受注者からの希望により受発注者間で協議の上、ICT 活用工事とした事後設定である。載荷盛土を施工するに当たり、掘削工及び盛土工において、下記の建設プロセス①～⑤の全ての段階で ICT 技術を使用した。

- ① 3 次元起工測量
- ② 3 次元設計データ作成
- ③ ICT 建設機械による施工
- ④ 3 次元出来形管理等の施工管理
- ⑤ 3 次元データの納品

本工事の盛土工は、工事延長 3.65km において 5 工区に分けて実施しており、軟弱地盤地域における施工となる。前述のうち、1～3 工区 (L=299.9m、約 80,000m³) の盛土工の ICT 技術の活用に注目し、効果をまとめる。(図-2)

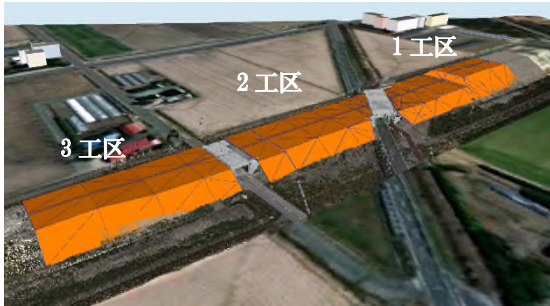


図-2 点群データと盛土完成形状

3. ICT 技術活用の効果やメリット

起工測量は、計測エリアが広大であるため、UAV による起工測量を採用し、高密度な3次元測量を取得した。工事内容や現場状況によって数値は変動するが、これにより起工測量の作業時間が、従来と比較して4倍以上省力化することができた(表-1)。

表-1 起工測量 従来と ICT の差

【起工測量】	日数(日)	人員(人日)
従来施工	13	26
ICT 施工	3	6
差	10	20

ICT 建機は、MC ブルドーザー、MC バックホウ、GNSS 締固めローラーを採用し、丁張ゼロ、手元作業労務者の削減、仕上り品質向上など様々な面で効果を発揮し、40 人/日の削減となった(表-2)。

表-2 建機による施工 従来と ICT の差

【建機による施工】	日数(日)	人員(人日)
従来施工	138	190
ICT 施工	109	150
差	21	40

出来形等の施工管理は、地上型レーザースキャナーによる点群計測を行った。降雪時期での出来形計測は除雪の手間が生じるため、可能な限り仕上がり直後に計測し、冬期間は従来方法での管理と併用することで ICT との使い分けによる効率化を図った(表-3)。

表-3 出来形等の施工管理 従来と ICT の差

【出来形等の施工管理】	日数(日)	人員(人日)
従来施工	27	18
ICT 施工	12	6
差	15	12

どの工程に関しても ICT 技術を駆使し、更に現場状況に応じた活用方法を選択することで、ICT 技術のメリットを最大限に発揮させることができた。

また、具体的な数値化は難しいが、確実なメリット Ooba Hokuto, MIYAHARA Yamato, SASAKI Haruo

トとして効果を上げた点として、工事関係者間での意思疎通のスムーズ化、工事内容の理解度の向上、手元作業員の削減による安全性の向上、施工日数の短縮による環境影響の低減等が挙げられる。

理解度の向上では、地物を再現する点群データと、これから建設する計画の3次元データを合わせ、可視化することで、経験の浅い若手技術者にも工事全体を瞬時に把握することができ、老若男女問わず分かりやすい情報共有が可能となった(図-3)。

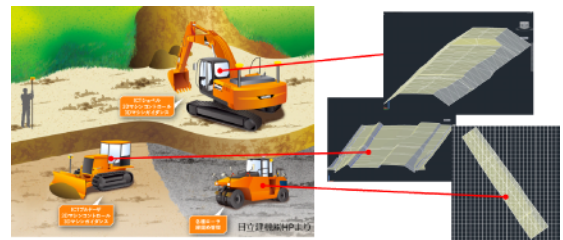


図-3 重機に搭載された設計データ

さらに、本工事では、実際に本工事で取り入れた ICT 技術の現場見学会を開催し、高等学校の保護者に対して ICT 施工の取組内容やメリット等を説明し、参加者からは、建設現場の印象が変わった、ICT 技術がこんなに活用されていると思わなかったなどの声が寄せられ、業界のイメージアップに繋がった。(図-4)。



図-4 高等学校の保護者向け ICT 現場見学会

ICT 技術の活用では、3次元設計データが幅広く活躍する。これまで丁張を用いて表現していた完成形状を、3次元 CAD で作図することで、様々な活用に展開することが可能となる。作工物の工事であれば、3D プリンターで模型を作成して複雑な形状のイメージを共有できる。

道路土工がメインの本工事では、盛土の施工に合わせてダンプの登坂用斜路を作成する必要があり、適切な勾配やダンプの旋回箇所、盛土の施工手順を事前にシミュレーションすることで、手戻りのない施工を実現させた。施工前にあたくも3次元 CAD 上で試験施工を行うように、現実に近い検討を重ねることで、トラブルを未然に防ぐフロントローディングを実現した。受発注者、また場合によっては地権

者と共にこの検討を行うことで、施工性の向上だけではなく、適切な工期での施工達成にも寄与する(図-5)。

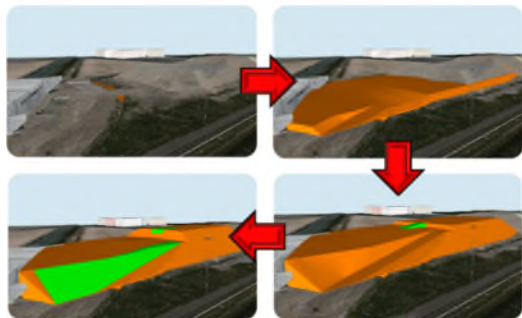


図-5 盛土施工ステップ (フロントローディング)

軟弱地盤地域での ICT 技術の活用は、沈下量に応じて 3 次元設計データを修正・編集する必要がある。現場状況に応じた迅速な対応をすることで、効率を下げずに対応することが可能となった。

4. ICT 活用の課題

ICT 活用のメリットや効果を最大限に発揮するには、ICT に精通した技術者が必要不可欠である。測量からデータ作成・納品まで、内製化することにより迅速な対応が可能となるが、データ作成を下請け又は外注対応にすると、内容の確認や編集にタイムラグが生じたり、コスト面が増加したりと大きな負担となる。

また、測量機や 3 次元 CAD のソフトウェア、それを稼働させる PC 機器等の機材の準備も必要である。ICT 技術者の育成には多くの時間が費やされるが、各メーカーのソフトウェアも毎年向上しており、現場技術者のニーズに沿ったアップデート・対応が望まれる。

さらに、ICT 施工の課題として、現在は 3 次元設計データの作成者と現場施工者が異なることによる、意思疎通の確保が挙げられる。初期データの作成時と、現場が進むに連れて生じる設計変更時に、現場とデータ作成者の間で情報伝達の差が生じてしまうと、誤ったデータで施工してしまう恐れがある。

その他にも、全ての作業において ICT 建機を投入することで、更に大きな効果が期待できる場合もあるが、ICT 建機のコストが高いため、現状、複数台投入することが難しいという課題もある。ICT 建機の標準化が望まれるが、現段階では ICT 施工と従来施工のバランスを取りながら、最大限の効果を発揮できるように現場運営を行う必要がある。

データ作成については、各メーカーそれぞれ標準フォーマット (LandXML 形式等) への対応が進んでいるが、施工用の面データのみの受け渡しだと、道路線形の情報が含まれていないため、データの編集・修正には労力が必要とされるが (図-6)、道路線形情報を持つデータを引き継ぐことで、設計変更等に

よる 3 次元設計データ変更にもスムーズに対応することが可能である (図-7)。

しかし、各ソフトウェアのオリジナルファイルでの編集・修正が最も容易であるため、データの汎用性や互換性は完全なシームレスではない。

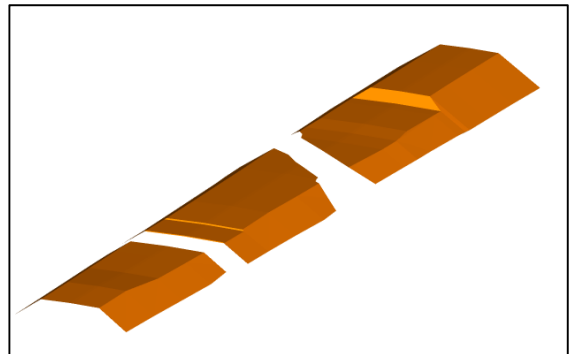


図-6 面データのみの 3 次元設計データ

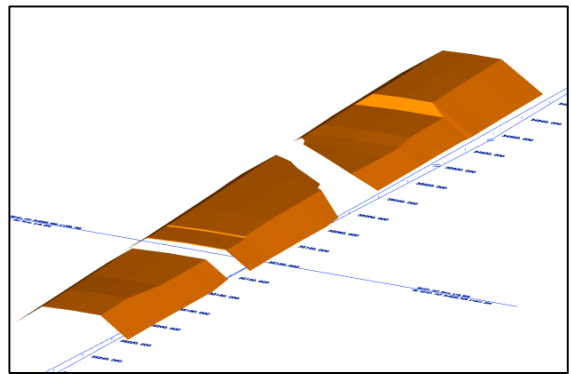


図-7 面と線形データを含んだ 3 次元設計データ

3 次元設計データの連携は、令和 5 年度から一般化となる BIM/CIM の取組みと同様に、設計段階での課題、設計から施工への受け渡しの課題にも注目する必要がある。

既に、施工手順に時間軸を入れて表現した 4D シミュレーションや、構造物の鉄筋干渉 (図-8)、3 次元データ内に出来形や品質管理の情報を付与し、その後の維持管理業務へと引き継ぐ属性情報等 (図-9)、施工段階では現場毎に様々な取組が事例として挙げられている。次の展開として ICT に関する準備は必要不可欠である。

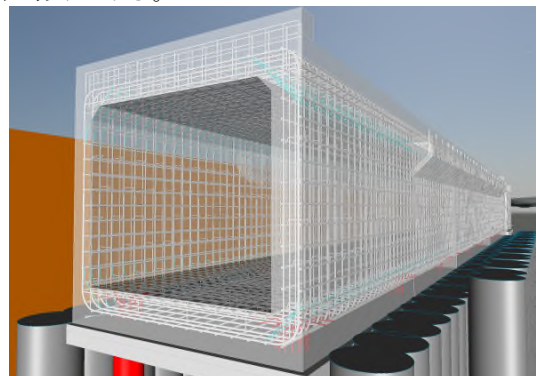


図-8 BIM/CIM モデルによる鉄筋の干渉確認



図-9 BIM/CIMモデルによる属性情報付与

5. ICT 技術活用に係るアンケート調査

ICT 技術を活用することにより、発注者がどれだけの作業時間の削減効果があると認識しているかなどを把握するために、発注者側として札幌道路事務所第1工務課員10名に対してアンケートを実施したところ、以下のような結果となった。

【ICT 施工による作業日数の削減効果】

■起工測量の作業日数

従来施工：13日
ICT 施工：3日
発注者回答：6日

■建機による施工の作業日数

従来施工：138日
ICT 施工：109日
発注者回答：107日

■出来形等の施工管理の作業日数

従来施工：27日
ICT 施工：12日
発注者回答：16日

(注) 発注者の回答については、回答者10名の平均値を記載

また、ICT 技術の活用について、受発注者がそれぞれどのような点をメリット又は課題として考えているか、受発注者で認識に違いがあるのかについても、令和4年度中樹林道路事業で ICT 技術を活用した受注者7名及び上記発注者に対して調査したところ、以下のような結果となった。

【ICT 技術活用のメリット】

■受注者

1位：作業効率向上（施工日数の短縮）
2位：安全性の向上
3位：熟練者不足への対応

■発注者

1位：作業効率向上（施工日数の短縮）
2位：施工精度（品質）の向上
3位：安全性の向上

【ICT 技術活用の課題】

■受注者

1位：現場施工者の技能が向上しない
2位：3次元設計データ作成者と現場施工者が異なることによる設計条件等のミスマッチ
3位：現場で完成形のイメージがしづらい

■発注者

1位：ICT 技術に係るコストが高額
2位：ICT 人材の不足
3位：通信環境がない現場で使用できない

(注) 本項目の調査は、予め発注者にヒアリングを行うなどして複数の回答項目を想定して用意し、回答者にはその中から上位3つの項目を選択してもらい、選択した項目をポイント化、集計して最もポイントが高かった項目を上記に列挙している。

ICT 技術を活用することによる作業日数の削減効果については、ICT 施工による作業実績と発注者側の回答ではほぼ一致した。

ICT 技術活用によるメリットについては、受発注者ともに作業効率や安全性が向上することを挙げていた点で一致した。

一方、ICT 技術活用の課題については、受注者側は現場施工者の技能が向上しないことや、3次元設計データ作成者と現場施工者が異なることによる設計条件等のミスマッチで誤った施工をする恐れがあることなど現場技術や品質に関連する点を多く挙げているが、発注者側は ICT 技術を活用することによるコスト面や ICT 人材不足等の ICT 技術を導入するに至るまでの課題を多く挙げていて、認識に違いが見受けられた。これは、ICT 技術に係る機械、機器の導入及び ICT 施工に対する補助金制度が拡充されたり、ICT 技術に係る機械等の初期投資が浸透されたりなどしてきている背景もあるのではないかと考える。

6. 遠隔臨場による施工管理

近年は、ICT 施工以外にも、建設現場の働き方改革の一環として、遠隔臨場による施工管理が拡大し、盛んに取り組まれている。

本工事では、現場内に web カメラ等を設置し、PC や事務所内に設置したモニターで現場の様子をリアルタイムに共有することで、遠隔地であっても現場の様子を瞬時に確認できる体制を整えた。その結果、現場職員の巡回の省力化と、安全・品質の管理体制を強化させることができた。また、工期中の立会及び段階確認についても、当該遠隔臨場を13回（全体の52%）採用し、発注者にも現場に向かうまでの移動時間の短縮や CO2 の排出抑制等で効果を発揮した。

さらに、本工事では、一人一台と身近な物となっ

たスマートフォンと通信環境を活用することで、段取りや作業の確認等に際し、円滑な工事の進捗に大きく寄与させた。例えば、写真撮影時の黑板への書き込みや、写真取り込み時のフォルダ分類作業等において電子黑板ソフトを用いて実施し、現地にスマートフォンで撮影し、クラウドを通じてフォルダを選択することで、黑板の作成とデータ格納を自動で行うことができ、これにより労働時間の短縮が図られた(図-10)。



図-10 遠隔臨場用のカメラ

このようなクラウド技術の進歩により、現場の状況や紙書類をデータ化して共有することで、離れた場所からも業務を行える体制を構築することが可能となり、生産性向上に大きく貢献している。

一方で、遠隔臨場にも課題が残っている。例えば、ネットワーク環境が構築しにくい山間部等での通信環境、ICT 機器の操作方法の習得、従来方法との違いや特徴(マイク音声の不備や通信エラー時の対応等)を正しく理解する必要がある。また、立会や段階確認における遠隔臨場の普及に関しては、遠隔臨場を主流にしてしまうと、発注者側が現場全体の進捗・問題点を理解、把握しづらくなってしまふ恐れがあるため、実施内容や繁忙期等を踏まえて、遠隔臨場を効果的に活用することが重要である。

7. まとめ

生産性革命プロジェクトの i-Construction の発足から5年が経ち、道路土工の現場では ICT に係る各技術の特徴や効率性もノウハウとして蓄積され始めているところである。今回の ICT 施工の結果、生産性向上の効果も十分に確認された。

しかし、ICT 技術は今後も必要不可欠であると思う一方で、現場施工者からは現場技術者の技術力衰退、3次元設計データ作成者と現場施工者間における設計条件等のミスマッチ、現場施工者と発注者間の情報共有、連携不足といった発注者側が考えていた課題とは異なる懸念が多数見受けられた。

今後は、ICT 技術の導入段階から定着段階へと転換していくことになると思われるが、ICT 技術の更なる普及、拡大のためにも、受発注者で ICT 技術の課題を整理、共有し、ICT 施工と従来施工を効果的

に使い分けて活用していくことも重要であると考え。さらに、令和5年度から義務化される BIM/CIM の活用により、ICT 技術を活用するに当たっての課題が一つ一つ改善されることを期待し、準備を進めたい。



図-11 載荷盛土施工中の空撮写真

謝辞：本論文を執筆するに当たり、ご協力いただきました受注者、札幌道路事務所の関係者の皆様、助言を下さいました方々に感謝申し上げます。