

倶知安余市道路におけるi-Constructionの取組み について

—ICT技術活用・PCa導入により 生産性向上を図った事例紹介—

小樽開発建設部 小樽道路事務所 第1工務課 ○山下 昇真
高野 進
池田 志樹

国土交通省では建設現場の生産性を向上させ、魅力ある建設現場を目指すi-Constructionを推進している。小樽開発建設部は2019年3月にi-Constructionモデル事務所に指定され、3次元情報活用モデル事業である倶知安余市道路において、ICTを活用した生産性向上の取組みを推進してきた。本論文では、これまでに当該事業で実施してきた生産性向上の取組みについて、その効果や課題を報告する。

キーワード：i-Construction、生産性向上、3次元モデル

1. はじめに

(1) 倶知安余市道路について

北海道開発局小樽開発建設部は、後志地域の1市13町6村において、北海道総合開発計画¹⁾の推進に向けた道路・河川・港湾・農業等の各種事業を実施している。道路事業の一つである「倶知安余市道路」においては、倶知安町から余市町に至る延長39.1kmの高規格道路の建設が進められており、令和6年度に仁木IC(仮称)から余市IC間(3.3km)の供用開始を予定している(図-1)。事業の主な目的は、①世界水準の観光地形成の支援、②多種多様な食の生産空間の維持・発展の支援、③高次医療施設への緊急搬送ルートの確保、④災害時のリダンダンシーの確保、の計4点である。

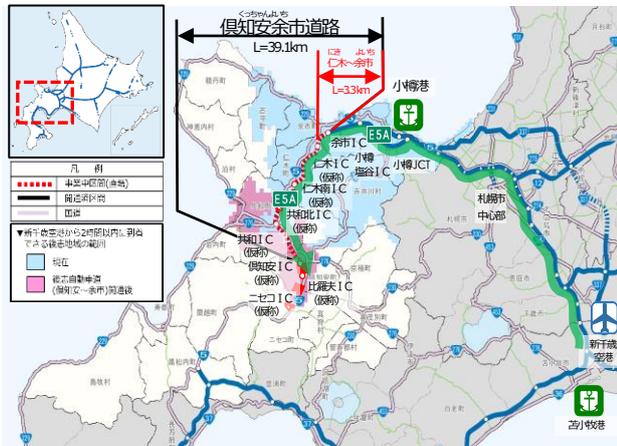


図-1 倶知安余市道路

(2) 倶知安余市道路におけるi-Constructionの取組み

小樽開発建設部はi-Constructionの取組みを推進する全国10か所の「i-Constructionモデル事務所」の一つとして選定されている²⁾。倶知安余市道路はモデル事務所が実施する「3次元情報活用モデル事業」として位置付けられており、小樽道路事務所では、BIM/CIMの活用、ICT等の新技術の導入に積極的に取り組んでいる。

倶知安余市道路における令和元年度から令和6年度のICT活用工事、BIM/CIM活用工事、遠隔臨場の実施件数は、年度によって工事内容が異なることから実施件数に変動があるものの、全体的には増加傾向にあり、今後も積極的な活用が期待される(表-1)。

本論文では、倶知安余市道路事業において、これまでに実施してきたi-Constructionの取組みとして、ICT技術活用やPCa導入により生産性向上を図った事例を紹介する。

表-1 倶知安余市道路における実施件数

	ICT	BIM/CIM	遠隔臨場
令和元年度	3(38%)	4(50%)	1(13%)
令和2年度	7(39%)	13(72%)	1(6%)
令和3年度	19(61%)	16(52%)	11(35%)
令和4年度	15(47%)	14(44%)	17(53%)
令和5年度	15(44%)	14(41%)	11(32%)
令和6年度	19(66%)	10(34%)	19(66%)

※令和6年度は9月時点、括弧書きは工事総数に占める実施件数の割合を示す

2. 箱式橋台へのプレキャスト導入事例

(1) 現場概要

俱知安余市道路のうち余市川橋（橋長308.1m、4径間）において、箱式橋台を施工した。橋台躯体高はランプ付加車線による橋梁幅員変化に伴い大型であり、25mに及ぶものであった。過年度に高さ16.5mまでを施工済みであり、本工事において残りの高さ8.36m分の躯体を施工した。壁部3ロット・台座・蓋版の5工程を施工し、蓋版は最後の工程であった（図-2）。箱式橋台の蓋版を従来工法で施工するためには、場所打ちコンクリートを打設するための支保工および型枠が必要となる。本工事で施工する箱式橋台は中空部の高さが約20mと非常に高いため、蓋版設置のために3,159空^mの支保工の設置撤去作業が必要となった。蓋版打設後には、全ての型枠・支保工を人力で解体し、1つの点検口から搬出することとなるため、作業員の確保や安全性を考慮した施工計画の検討が求められる状況であった。また施工時期が冬期となるため、コンクリートの防寒対策が求められた。

(2) プレキャスト導入の概要

先述の状況を踏まえ、支保工と型枠を省略するために、厚さ700mmの蓋版のうち下半分の350mmについて、プレキャスト化したスラブ版18個を壁上部に直接クレーンで配置し、隣合うスラブ版ジョイント部の鉄筋連結を行った後に、残り上半分の350mmの配筋・コンクリート打設を行うハーフプレキャストの蓋版施工方法を採用した（図-3）。

プレキャスト蓋版の採用から施工に至るまでの各段階において、BIM/CIMモデルを効果的に活用した。工法の検討段階においては、BIM/CIMモデルによって完成予想図を作成したほか、属性情報を活用して数量の確認を実施した。施工計画作成時には、プレキャスト蓋版の架設順序や鉄筋組立順序等を3Dモデルを活用して視覚的に表現することによって、施工業者との意思疎通を図ったほか、施工ステップごとのBIM/CIMモデルをTOREND-COREで作成し、架設時のクレーン配置や移動足場・吊り金具・人員配置など施工手順を可視化した。施工段階においては、建設機械の配置位置を公共測量座標に設定し、スマートフォン画面からMR画像（複合現実）を確認しながらクレーン配置の検討を行った（図-4）。

(3) 導入による効果

a) 作業時間の短縮による生産性の向上

橋台蓋版ハーフプレキャストの導入により、支保工3,159空^m、型枠257 m²の組立および点検口からオール人力作業による撤去・搬出作業を削減することができた。従来施工の標準施工日数は支保工および型枠設置・解体に合計73日要したが、蓋版のハーフプレキャスト化によ

り施工日数は合計39日（プレキャスト部のクレーン組立解体・蓋版架設に5日、ハーフプレキャスト残り上面の鉄筋組立・打設・養生に34日）となり、大幅な作業時間短縮・省人化・安全化を達成し、生産性向上に寄与した。

なお、接続部以外を全てプレキャスト化した場合には、道外工場での製作が必要となり、輸送費が割高となるため採用には至らなかった。

また、工場製作のため安定した品質管理が可能となり、冬期の防寒対策を簡易なものとすることができた。

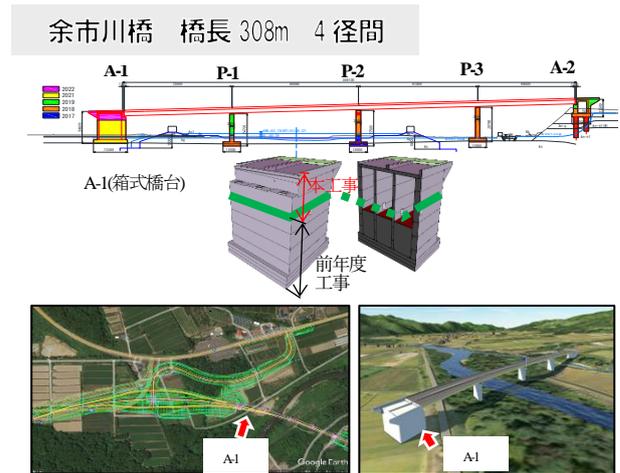


図-2 余市川橋A1橋台の概要

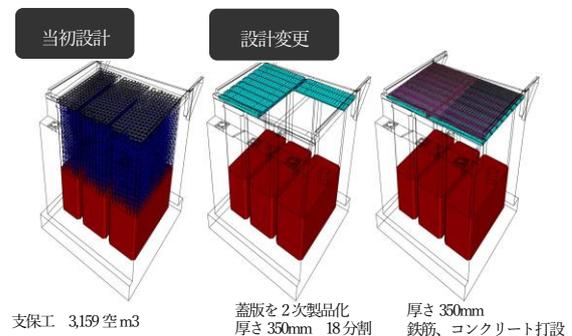


図-3 蓋版のハーフプレキャスト化



図-4 MR画像によるクレーンの配置検討

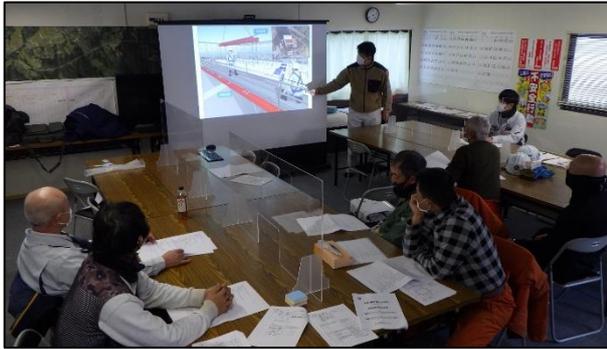


図-5 プレキャスト蓋版架設方法と安全対策の打合せ

b) BIM/CIMモデル活用による効果

工法の検討から施工に至るまでの各段階において BIM/CIMモデルを活用することにより、受発注者間や施工者間での円滑な合意形成が図られた。工法検討時には、従来工法とプレキャスト工法の両方のBIM/CIMモデルを作成して工法の比較を行うことによって、施工性や安全性を十分に考慮することが可能となった。また、施工段階においてはBIM/CIMモデルを用いて打合せを行うことによって、作業員と施工イメージを共有することができ、より一層の安全対策に寄与した(図-5)。



図-6 余市IC付近の工区

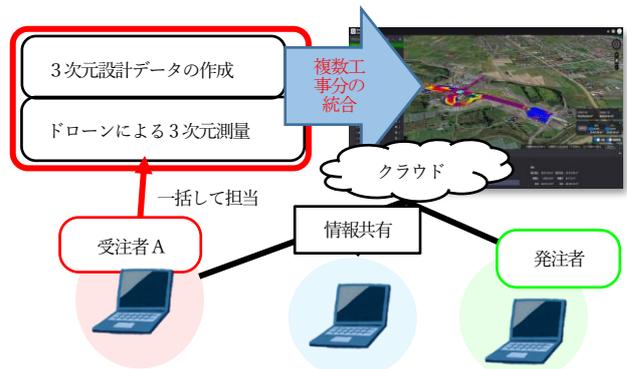


図-7 3次元出来高管理システムの活用

3. 土工工事の施工進捗管理・共有の取組事例

(1) 現場概要

「ICTの全面的な活用」に資する取組として、3次元起工測量データを用いた出来高管理システムにより、複数の土工工事において円滑な進捗管理を行った事例³⁾を紹介する。

令和5年度に、倶知安余市道路の余市IC付近では、改良工事5本と舗装工事1本を発注し、ボックスカルバートや道路土工(切土・盛土の合計20万m³以上)等を実施するものであったが、掘削による発生土を別工事の盛土現場へ運搬するという、工事を跨いだ土砂流用が多く発生する現場であることから、土配計画が複雑になることが予想され、円滑な工事実施のために様々な調整が必要とされた(図-6)。

(2) 当現場におけるICT活用の取組

先述の状況を踏まえ、施工進捗管理や情報共有の円滑化を目的として、株式会社EARTHBRAINが提供する Smart Construction Dashboard (以下、SCダッシュボード) という3次元測量データを用いた出来高管理システムを試行的に導入した。

このシステムは、3次元点群データをクラウド型のプラットフォームに登録することで、設計データとの比較や進捗状況の数値化、可視化等ができるものである。ブ

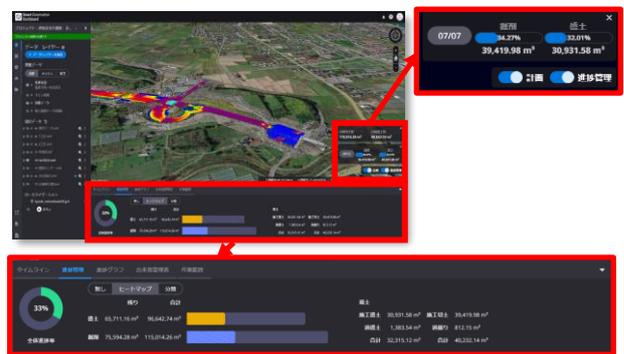


図-8 進捗率の色分け表示例

ラウザ上で表示や編集を行うことが可能であるため、処理能力の高いPCを導入したり、専用ソフトを個別にインストールしたりする必要がなく、比較的容易に導入をすることができる。

当現場では、同工区における工事の代表1社が余市IC周辺地域の3次元測量やデータ整備を一括して行い、そのデータを発注者や他の受注者に共有することで道路土工の施工速度や土砂の搬入、搬出などの調整に活用した。測量は空中写真測量(UAV)を用い、週一回定期的にドローンを飛行させ、空撮画像をSfM処理することにより3次元点群データを取得した。取得したデータはSCダッシュボード上で蓄積され、発注者および各受注者は、各工事の1週間の作業進捗や、全体進捗率などを見ることができるようになった(図-7)。

(3) 導入による効果

a) 工程管理の効率化

進捗管理では、空中写真測量システムとクラウド型プラットフォームを利用した土工の出来高出来形管理システムを活用することで、計測時点までの施工量および残施工量、進捗率などを自動で算出、表示するほか、地点ごとの進捗率を色分けして可視化でき、工事関係者の合意形成と工程管理に有効であった。出来高(進捗)管理において、従来手法での掘削深・盛土高の計測といった出来高計算が不要となり、作業時間は1/3(60分/回→20分/回)に短縮された。また発注者においては、現場に行かずとも日々の進捗を具体的にイメージしやすくなり、工事監督業務の円滑化に繋がった(図-8)。

b) 空中写真測量の効率化

同工区内における3次元測量(UAV)やデータ整備を一括して行い、そのデータを各受注業者へ共有することにより精度の高いICT施工を行った。

従来、UAV-SiM技術においては、パソコンで多様な操作を行っていたが、当システムでは写真をクラウドシステムにアップロードする操作により自動で点群とオルソ画像が生成され、土量・進捗率が算出される。その結果、空中写真測量にかかる作業時間は、データ処理に要する作業時間が削減されたことにより、従来の空中写真測量と比較して1/6(195分/回→30分/回)に短縮された。

4. ICT地盤改良工の取組事例

(1) 現場概要

「ICTの全面的な活用」に資する取組として、ICT地盤改良工の取組事例を紹介する。俱知安余市道路が造成される地盤は軟弱地盤であり、本施工現場においては、深層混合処理(RMP-MST工法)による軟弱地盤対策を行った。1,500m²の施工面積に対し、施工本数428本、打設長11mに及び、従来工法では、全ての杭芯を紙面の設計図に基づき、事前及び施工中に測量を行い杭芯目印を設置することとなる。また施工段階においては、地盤改良基機と攪拌翼を移動しながら杭芯をセットし順次施工するものであり、改良位置への正確なマシン誘導を行うものであった。

(2) ICT地盤改良工導入の概要

先述の状況を踏まえ、深層混合処理をGNSSステアリングシステムを用いたRMP-MST工法で実施した(図-9)。GNSSステアリングシステムとは、地盤改良機を施工位置へ高精度に誘導できるマシンガイダンス機能と、従来からの施工管理情報に施工位置情報を組み合わせることのできる管理システムであり、これにより杭芯位置の管理やマシン誘導を効率的に行うことができた。また

GNSSステアリングシステムの機能により、施工の進捗状況をリアルタイムで把握することができ、外部モニターにより正確な位置情報を重機運転手と施工管理者が同時に共有することが可能となった。モニターでは改良深度やセメントスラリー注入量等に加え、未施工箇所や切羽回数など様々な情報を表示することができ、施工ミスの発生を防止するとともに、施工データの一元管理によって施工の効率化が図られた。

加えて当現場においては、地盤改良の品質及び出来形を収集し、3次元で可視化することのできる「3D-Vimaシステム」を併用した。この機能によって、施工後の出来形計測が省略され、生産性が向上した。

(3) 導入による効果

a) 作業員削減による生産性の向上

RMP-MST工法へICTを導入したことにより、人力による杭芯位置の目印設置やマシンの誘導作業が不要となり、作業員の削減が図られた。また、マシンガイダンス機能により高精度なマシン誘導が実現され、出来形精度の向上に寄与した。加えて安全面においては、誘導員が地盤改良機に近寄ることがなくなり、接触事故の危険を低減することができた。

b) データの取得による出来形計測及び書類作成の効率化

先述のとおり、本工事においては「3D-Vimaシステム」を用いて施工と同時に地盤改良の品質及び出来形データの収集を行うことにより、従来の出来形計測が不要となった。また施工履歴データから杭芯位置管理表や施工管理チャートなどの帳票を自動で作成する機能を有し、書類作成の作業が軽減された。これらによって、従来工法では出来形計測から帳票等の作成に約8日間の作業を要すると想定されたが、本システムの導入によりデータ整理及び帳票作成を1日で行うことができ、作業時間の短縮が図られた。

また、本工事では将来的な維持管理への活用を見据え、3D-Vimaシステムで取得したデータのうち座標値や杭径、深度、スラリー量等の14項目の属性を取得し、BIM/CIMデータの作成を行った(図-10)。



図-9 ICT地盤改良工の施工状況

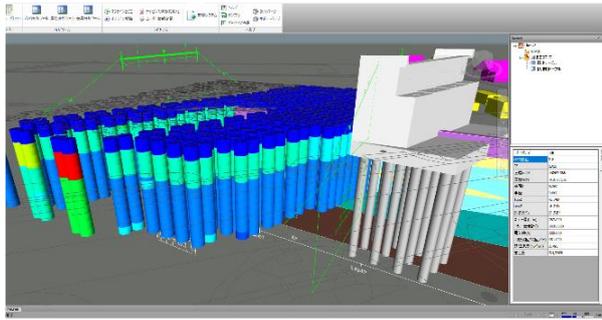


図-10 BIM/CIMデータの作成

5. おわりに

本論文で紹介した事例は、ICTやPCaの導入によって施工現場の生産性向上につながるものであった。

小樽開発建設部ではi-Constructionモデル事務所としてBIM/CIM等のデータの利活用に向けての取組を牽引する役割を担っており、「道路維持管理の効率化とプラットフォームの利活用」に向けて、データの収集・利活用の検討を実施している。R6年度に倶知安余市道路の仁木IC(仮称)から余市IC間を供用開始予定であり、今後は道路維持管理を行う中で、どのようなデータを取得していくことが効率的かつ高度な維持管理につながるかを検討し、引き続き整備区間においてi-Constructionの推進を図っていくことが重要であると考えます。

また、「施工のオートメーション化」、「データ連携のオートメーション化」、「施工管理のオートメーション化」を3本の柱とするi-Construction2.0の実現を目指し、引き続きICT等の新技術を活用することにより建設現場の生産性向上に努める所存である。

謝辞：この論文を執筆するにあたり、協成建設工業株式会社の下澤様には、技術的なご指導、データの提供、質問事項への回答など、多くの力添えをいただきました。この場をお借りして厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 国土交通省北海道開発局：北海道総合開発計画について、2024年11月8日、<https://www.hkd.mlit.go.jp/ky/ki/keikaku/u23dsn0000000fqs.html>
- 2) 国土交通省：i-Constructionの取組をリードする事務所を決定！～i-Constructionの「貫徹」に向け、3次元データやICT等の導入を加速化～、平成31年3月
- 3) 徳谷祐輝、鎌田将慶、池田志樹：倶知安余市道路におけるi-Constructionの取組みについて—3次元データを活用した建設現場の生産性向上—、第67回北海道開発技術研究発表会論文
- 4) 国土交通省：i-Construction2.0～建設現場のオートメーション化～、令和6年4月、<https://www.mlit.go.jp/tec/constplan/content/001738240.pdf>