

# 倶知安余市道路におけるi-Constructionに関する取り組み

## —ICT施工、BIM/CIMの全面的活用に向けて—

小樽開発建設部 小樽道路事務所 第1工務課 ○西垣 裕樹  
小樽開発建設部 小樽道路事務所 第1工務課 久保田 良司  
小樽開発建設部 小樽道路事務所 第1工務課 桑原 隆宏

人口減少の社会において高齢化・担い手不足が課題となっており、国土交通省では「生産性革命プロジェクト」を策定し、働き手の減少を上回る生産性向上を目的としてi-Constructionによるインフラ整備の高度化に取り組んでいる。小樽開発建設部は平成31年3月にi-Constructionモデル事務所に指定されており、本稿では3次元情報活用モデル事業に指定された倶知安余市道路におけるICT施工、BIM/CIMについての取り組みを報告する。

キーワード：生産性向上、i-Construction、省力化施工、BIM/CIM

### 1. はじめに

モデル事業である倶知安余市道路は、後志自動車道のうち倶知安町から余市町を結ぶ延長39.1kmの一般国道の自動車専用道路であり、以下の3つの目的のために工事が進められている。

1. 新千歳空港から国際的観光リゾートニセコへの到達性を確保し、宿泊施設新設等の民間投資増加により、地域経済の発展に寄与
2. 災害時の代替路確保や国際コンテナの通行支障箇所を解消し、物流を効率化
3. 高次医療施設へのアクセス向上により、救急搬送など医療活動を支援

小樽開発建設部はi-Constructionの取り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。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、工事、業務におけるBIM/CIMの活用、ICT等の新技術の導入の普及に取り組んでいる。

本稿では、小樽道路事務所が担当する倶知安余市道路の工事における取組を中心に、本年度のi-Constructionに関する取り組みを紹介する。

### 2. ICT活用工事等の実施件数

倶知安余市道路における令和元年度～今年度のICT活用工事、BIM/CIM活用工事、遠隔臨場の実施件数を表1に示す。

表-1 ICT活用工事、BIM/CIM活用工事

	ICT施工	BIM/CIM	遠隔臨場
R元年度	3	4	1
R2年度	7	13	1
R3年度	18	16	11

昨年度と比較して、ICT施工の取り組み事例が増加している。これは、本格的に盛土や切土工事が始まった事に加え、軟弱地盤対策として地盤改良が多くの工事で行われており、ICT施工を活用可能な現場が増加したためである。対象工事19工事中、18工事でICT施工を行っており、ICT技術が普及してきていると言える。BIM/CIMの活用は、令和5年までに小規模工事を除くすべての公共事業に原則適用するという方針に基づき、活用事例も増えてきており、今年度施工された35工事中、16の工事でBIM/CIMの活用が行われた。BIM/CIMの活用事例は増加傾向であるものの、5割程度にとどまっている。昨年度、試行が行われた遠隔臨場に関して、今年度は11の現場で行われた。検査のために現地に行く必要が無いため、移動時間を有効活用でき、また、非接触であるため、新型コロナウイルス対策としても大いに効果を

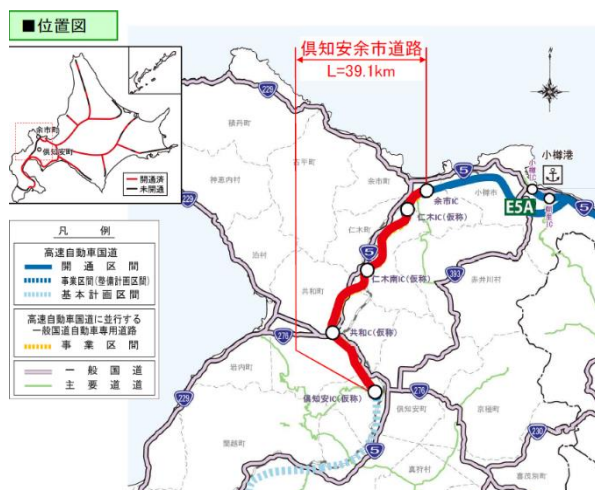


図-1 倶知安余市道路 位置図

発揮した。

### 3. ICT技術・BIM/CIMの活用状況

平成28年度より順次追加されているICT活用・BIM/CIM活用に関する各種基準や積算要領により、後志地域の建設業界にも基礎的な分野から新技術の導入が始まっており、本章では、倶知安余市道路の今年度の工事現場における、特徴的な新技術の活用事例を紹介する。

#### (1) トンネル掘削工事におけるBIM/CIM等の活用

現在進行中のトンネル掘削現場において、BIM/CIMモデルの活用が多方面において進められている。その取り組み例について以下に示す。

山岳トンネルの施工管理の1つである切羽観察記録の作成の効率化を目指し、AIを導入して切羽写真から切羽評価点を算出する技術開発に取り組んでいる。(図-2)従来の切羽観察は、熟練の作業員が目視により切羽の状態や、割れ目の状態等を4段階で評価している。従来の評価方法では、作業員の主観や経験に頼る部分が多く、担い手不足や、客観的な評価を行えないという問題点が発生しており、将来的にAIによる客観的な評価を行えるよう、従来の要領での切羽観察記録から、教師データの蓄積、AIの学習(判定精度の向上)等を進めている。AIでの評価は、技術者の力量に依存しない評価、観察時間の短縮、評価の偏りの低減等が期待され、生産性向上につながると考えられる。現状、トンネル現場から教師データを蓄積して判定精度を上げている段階(図-3)であり、同一工事における切羽断面ごとの正答率を90%前後に上げる事を目標に取り組みを行っている。

当該取り組みを行っているトンネルは上下線セパレートタイプのトンネルとなっており、正答率が上がれば、地質構造が類似していると考えられる同一トンネルの未施工部分の評価に活用出来ると考えられる。

#### (2) ドローンを用いた土量管理

倶知安余市道路では、大規模な土砂掘削、盛土、それらに伴う運搬作業を行っており、工程管理のために土量管理を行う必要がある。従来の土量管理の方法としては、運搬したダンプの台数による管理、定期的に行う平均断面法による管理がある。ダンプ台数の管理では簡易的に把握出来る一方、概略的な管理となり、平均断面法による管理では、ダンプ台数による管理と比較して、正確に把握できるが、測量の手間がかかってしまう。そこで土量管理の手間を最小限にかつ正確に管理するためドローンを活用した土量管理を行った。具体的には、工事着手前の現地盤をドローンによるレーザー測量を行い3次元データを取得、施工中に適宜、同様のデータ取得を行い、システムによってデータ取得時点での土量を算出するものである。(図-4)これにより、ダンプ台数や平均断面

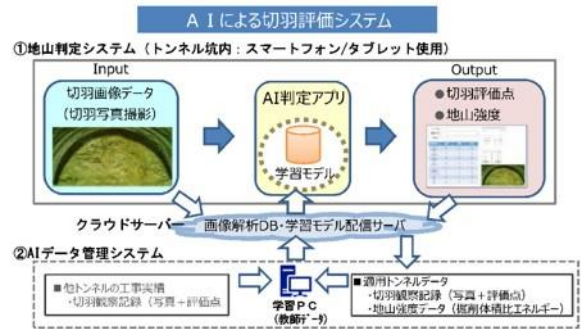


図-2 AIによる切り羽評価システム

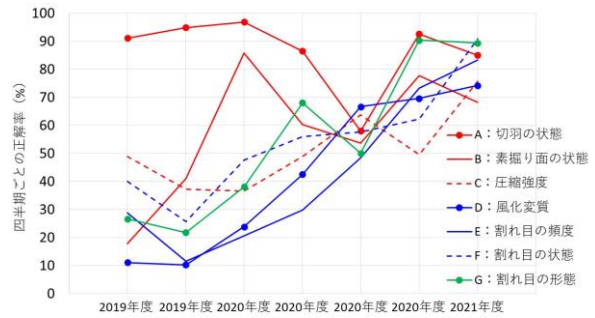


図-3 四半期ごとの正解率



図-4 ドローンを用いた土量算出

法と比較して、簡易かつ正確に土量を管理できる。また、ドローンの操縦は一度飛行ルートメモリすると、自動飛行、自動計測を行うため、操縦者の技量によって、誤差が大きくなることもメリットとしてあげられる。今回は、工事単位での活用であったが、当該事業は今後も大規模な盛土、切土が予定されており、事業全体の進捗管理としての活用も考えられる。

#### (3) ICT地盤改良工

##### a) 深層混合処理工

昨年度に新規策定された、ICT地盤改良工の深層混合処理工のうち、今年度からICT施工を行っているMITS工法についての取り組みを以下に示す。

これまでの深層混合処理工は、1つの工事で最大1000本程度の施工本数に対して、すべての杭芯を紙面の設計図に基づき、事前および施工中に測量して杭芯目印を設置し、地盤改良機と攪拌翼を移動しながら杭芯セットし、順次施工するものである。図-5は測量による杭芯位置出し作業状況であり、施工本数が多い場合、多大な作業時

間や作業員数を必要としていた。MITS工法CMS-ICTシステム（NETIS登録No.QS-210009-A）は、20tクラスの小型機で大深度へ適用できるだけでなく、バックホウベースマシンによる機動性やセメントスラリーの中圧噴射を機械攪拌に併用することで、高品質かつ高速施工を可能としている。これにより、1日当たりの施工量を多くし、工期を短縮できる一方で、1日当たりの杭芯セット回数が多く、作業員の負担となっていた。杭芯セットは、地盤改良機の近くで誘導員が地盤改良機の運転手に合図しながら杭芯まで地盤改良機を誘導する。そのため、重機付近での危険作業を伴うほか、作業効率が良いとはいえない。また出来形確認に関して、地表面から改良体頭部までの土を撤去する掘り出し作業にも時間を要していた。

ICT施工機械はオペレータがICT施工管理画面を確認しながら地盤改良機を施工位置へ誘導する機能を有して



図-5 杭芯位置出し作業(MITS 工法協会提供)



図-6 ICT 施工状況(MITS 工法協会提供)

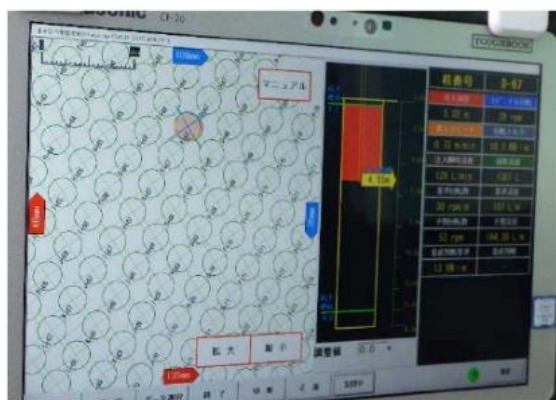


図-7 ICT 施工管理画面(MITS 工法協会提供)

おり、車載画面上には地盤改良機の現在位置と目標位置が表示される。画面には拡大縮小機能を有しており、地盤改良機のオペレータにとって視覚的に分かり易い機能となっている。また、GNSSを用いた（図-6）地表面杭中心位置の標高データの取得も可能である。施工履歴データ（図-7）から杭芯位置管理表や施工管理チャートなどの帳票を作成する機能も有していることから、上述した問題点を解決し、生産性向上につながっている。

#### b) ペーパードレーン工

俱知安余市道路が造成される地盤は軟弱地盤であり、盛土工事を行う前に、軟弱地盤対策を行う必要がある。今年度の工事では、サンドマットを敷設した後に、ペーパードレーンを打ち込むことで、圧密を促進させる軟弱地盤対策を行った。ペーパードレーンのICT施工に関しては、標準歩掛のみならず、積算要領も存在していないが、今後を見据えて事前の位置出し測量が不要である簡易的なICT施工が行われた。

同じ地盤改良工の一つである固結工の令和2年3月に新規策定された「施工履歴データを用いた出来形管理要領（固結工（スラリー攪拌工）編）」<sup>2)</sup>に沿う形で、試験的な施工を行った。具体的には、図-8に示す3Dモデルを作成後、GNSSによる高精度なマシンガイダンス、オペレータの手元での施工状況の可視化を行うことで、ペーパードレーンの打ち込み位置を人力による打ち出しを行うことなく施工を行った。これにより、打ち出しに必要な人員を削減することができ、省力化施工につながると考えられる。また、出来形管理についても、施工管理データを用いた出来形管理を行えるようになれば、工事仕様書に規定される頻度での段階確認を行う必要がなくなり、作業の効率化にもつながると考えられる。現状、ペーパードレーン工はICT施工の基準類に網羅されていないが、類似した工種に関して、試行していくことは重要な取り組みであると考えられる。

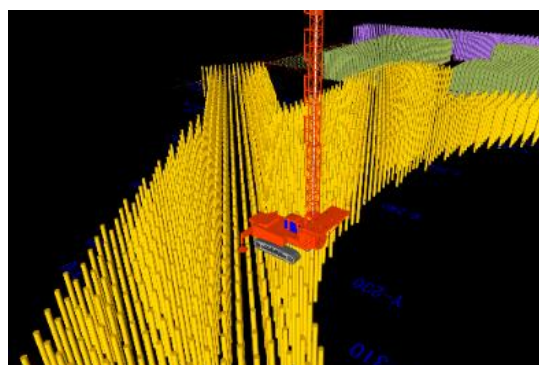


図-8 3Dモデルの配置

#### (4) VRを活用した安全教育

昨今、建設現場における事故への安全対策が重要となっている<sup>3)</sup>。現状の安全教育は、紙面や口頭で行う方法が主流であり、イメージしにくいという課題がある。こ

れに対する解決策として、俱知安余市道路の現場で、VRを用いた安全教育が行われた。その例を図-9、図-10に示す。これは、橋台の高所での作業中、バランスを崩したことで橋台の外側に落下する様子を示している。紙面や口頭では無く、視覚的に指導できるため、安全対策として効果的と考えられる。



図-9 足場から下を覗いた様子



図-10 落下の様子

#### 4. 設計業務等におけるBIM/CIMの活用状況

##### (1) 設計におけるBIM/CIM

俱知安余市道路における橋梁は59橋計画されており、構造物に関する設計段階のBIM/CIMの活用促進として、令和2年度までに11橋のBIM/CIMモデルを作成し、令和3年度は17橋の作成を進めている。令和4年度からは全ての詳細設計が原則BIM/CIM適用となることから、BIM/CIMモデルの効率的な作成や活用効果の高い取り組みが求められている。

令和2年度および令和3年度のBIM/CIM活用業務の受注者各社のリクワイヤメントの実施状況や課題などの情報共有を図り、今後のBIM/CIMの推進や効率的な活用を図ることを目的にBIM/CIM活用業務合同会議を実施している。この会議においては、設計業務で作成したBIM/CIMモデルが施工段階において有効活用される事

が課題であるため、施工段階における施工者の取組状況、設計業務時作成のBIM/CIMモデル活用上の課題、要望を吸い上げて設計業務時のモデル作成にフィードバックしていく事が重要である。なお、設計業務における課題を把握し、後工程において3次元モデルの有効な利活用を図れるよう、BIM/CIM活用における設計者と施工者とのBIM/CIMデータ工事引継連携会議を実施し、ボタンタッチゾーンを明確にする取り組みも行っている。

令和3年3月には3次元モデル成果物作成要領(案)<sup>4</sup>が制定され、後工程において契約図書に準じて3次元モデルを活用できるよう、詳細設計業務における3次元モデル成果物の作成方法及び要件が示されている。これによると、3次元モデル成果物の詳細度300を基本とし、寸法線、注記等の付与が必須ではなくなるなど、現状の3次元設計ソフトウェアの機能やモデル作成の実情に合わせた運用へと変わっている。

こうした方針に対して、どのようなことが先進的に取り組むことができるのかをモデル事務所として管内の設計者と施工者と意見交換を行うことで、課題の抽出や課題解決に向けた対応方策検討を実施している。

##### (2) 事業全体のデータプラットフォーム

モデル事業で求められている事業全体の統合モデルの作成に向けた検討として、路線全体を俯瞰するデータプラットフォームの構築の構想に関して、今年度の具体的な検討内容について以下に示す。

###### a) ツールの整備に向けた検討

ツールの整備については、情報量の肥大化を防ぎながらBIM/CIMモデルを紐づけることが可能なツールを検討している。プラットフォームによるデータの収集、蓄積、活用は、維持管理を含めて長期間に渡り、調査業務成果や設計業務成果、用地取得情報、工事出来形、関係機関等協議情報などを登録・更新していくことになるため、円滑にデータ登録・更新を実施するための補助機能などを考慮して検討を進める必要がある。また、Webアプリの活用など、より多くの利用者が活用しやすい環境構築に向けて、段階的な機能向上が行われていくと考えている。

###### b) データ連携ルールの整備に向けた検討

データ連携ルールの整備については、BIM/CIMモデルなどのデータを単にプラットフォーム上に保管するだけでなく、データの収集、蓄積、活用などのサイクルを回していくことを検討している。例えば、部材までのオブジェクトと属性情報を登録する場合、個別の部材、部品等などの最小単位から業務・工事単位など幅広い活用が期待される一方で、詳細な階層までオブジェクトと属性情報を登録する必要があるため、構築に係る作業量も非常に大きいものとなる。そのため、プラットフォーム構築段階においては、業務名や施行年度、受注業者などの最小限の属性情報と3次元モデルの外形状から生成

した2次元ポリゴンから構成する「GISデータ」をプラットフォームに登録することとして、早期の段階でデータの可視化を実現し、データサイクルを回していくことが有効であると考えられる。(図-11)

### c)通信環境の課題解消を見据えた試行

通信環境の課題解消については、国土交通データプラットフォームの整備自体がクラウド活用による連携を構想しているが、現在の通信環境では、サーバー負荷やセキュリティ等に課題が多い状況であるため、これらの解消を見据えた試行を検討するものである。サーバー負荷については、抜本的な環境整備が必要となり短期的な課題解消は難しいため、北海道開発局サーバーから独立した仮想環境を構築し、情報共有を試行することが有効であると考えられる。また、セキュリティについては、令和3年3月の情報共有システム機能要件の改正によって「国内クラウドサーバ」の適用が外れた<sup>9)</sup>ため、今後は幅広い選択肢の中からクラウドサービスの利用を検討していくことが考えられる。

## 5. むすび

以上のように、小樽開発建設部では、工事、業務においてICT施工やBIM/CIMの普及に取り組んでおり、受注者独自の取り組みも行われるなど、多くの受注者がICT施工やBIM/CIMを活用した施工を行っている。しかし、課題も依然として残っている。以下に、発注者として課題解決に向けて取り組むべきことについて述べる。

### a)電波不感地帯への対応

倶知安余市道路は、長さ4kmにわたるトンネルを作る必要があるなど、山岳地帯を通過している。そのため電波が届かず遠隔臨場を行いにくい現場も存在する。そのための解決策として、無線や有線を用いて4Gエリアとつなぐ、光ファイバーを現場の近くまで引く等の解決

策が考えられる。今年度、トンネル付近の工事では、受注者自ら電波を中継するための基地を整備することで、電波が届く環境を整備した現場も見受けられた。今後の工事においても、電波不感地帯となる山岳地域における施工も多いため、最低限、遠隔臨場が行える程度の電波が得られるよう対策していく必要がある。

### b)さらなるi-Constructionの推進

北海道開発局では、i-Constructionの推進を目的に令和3年8月にモデル事務所の取り組みを全道的に展開するため、全道に14の先導事務所が設置された<sup>9)</sup>。定期的なweb会議やweb現場見学が開催され、モデル事務所、先導事務所の取り組み内容の共有やi-Constructionに関する講習が実施されている。これらの取り組みが普及していくことで、今後さらなるi-ConstructionやインフラDXの推進が図られると考えられる。

謝辞：この論文を執筆するにあたって、阿部建設(株)、協成建設工業(株)、(株)スガワラ、西松・草別特定JV、MITS工法協会の皆様には貴重なお話や資料のご提供をいただき、大変お世話になりました。この場を借りて厚く御礼申し上げます。

### 参考文献

- 1)平成28年度新規事業候補箇所説明資料【高規格幹線道路】：<https://www.mlit.go.jp/common/001122665.pdf>
- 2)国土交通省：施工履歴データを用いた出来形管理要領(固結工(スラリー攪拌工)編)(案) 令和2年3月
- 3)国土交通省：建設施工・建設機械・安全対策 [https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/constplan/sosei\\_constplan\\_tk\\_000009.html](https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/constplan/sosei_constplan_tk_000009.html)
- 4)国土交通省：3次元モデル成果物作成要領(案) 令和3年3月
- 5)国土交通省：工事施工中における受発注者間の情報共有システム機能要件 (Rev.5.3)【要件編】 令和3年3月
- 6)国土交通省：北海道開発局インフラDX・i-Construction先導事務所を設置し取組を全道で推進します！ 令和3年8月

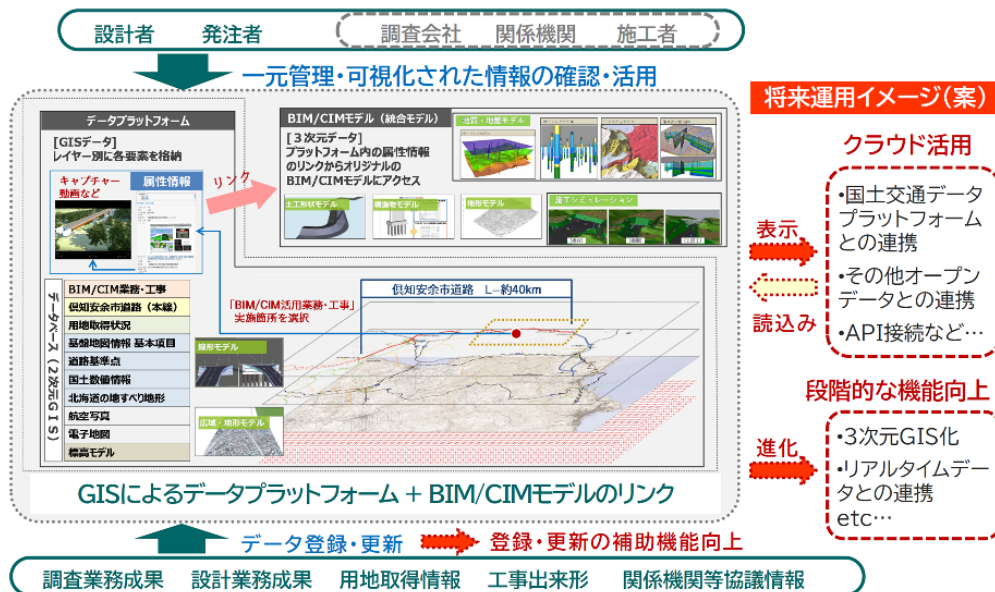


図-11 プラットフォームのイメージ