

(63) 山岳トンネル工事を対象とした クラウド BIM/CIM による関係者間連携

石田 仁¹・矢吹 信喜²・前田 智之³・藤田 真司⁴・森屋 陽一⁵

¹正会員 五洋建設株式会社 ICT推進室 (〒112-8576 東京都文京区後楽2-2-8)

E-mail: Hitoshi.Ishida@mail.penta-ocean.co.jp

²フェロー会員 大阪大学教授 大学院工学研究科 環境エネルギー工学専攻

(〒565-0871 大阪府吹田市山田丘2-1)

E-mail: yabuki@sec.eng.osaka-u.ac.jp

³正会員 五洋建設株式会社 東北支店 (〒980-8605 仙台市青葉区二日町16-20)

⁴正会員 五洋建設株式会社 ICT推進室 (〒112-8576 東京都文京区後楽 2-2-8)

⁵正会員 五洋建設株式会社 技術研究所 (〒329-2746 栃木県那須塩原市四区町 1534-1)

建設業の労働者不足に対し、国土交通省の推進する BIM/CIM や i-Construction を背景に、BIM/CIM ツールをはじめとして多くの ICT ツールが建設現場に導入され、実証されつつある。しかしながら、それらのツールは個別のタスクに関しては効率化を実現しているものの、ツール間の連携やそれらを用いる関係者間の連携についてはまだ改善すべき点、あるいはさらなる効率化の余地がある。著者らは、以前より自社 BIM/CIM クラウドと ICT ツール間の円滑な連携についての研究を行っているが、本研究では、山岳トンネル施工における関係者間の連携業務を対象に、BIM/CIM クラウドを用いた新しいコミュニケーション手法を開発、実工事において検証を行い、省力化や信頼性向上の効果があることを示した。

Key Words: BIM/CIM, cloud computing, tunnel, social collaboration, common data environment

1. はじめに

建設業は社会の少子高齢化が進む中で、深刻な労働者不足となっており、生産性の向上や、熟練者の退職によって失われるノウハウの補間は喫緊の課題である。これに対し、国土交通省は 2012 年より BIM/CIM を推進しており、3 次元モデルの活用を中心に、調査・設計から施工、維持管理までの建設生産プロセスの一連の流れを合理化することを目指している。また、2015 年 11 月に同じく国土交通省により発表された i-Construction により、施工現場において 3 次元データの利活用による生産性向上の取り組みが急速に拡大しつつある。ICT 土工をはじめ、ICT 舗装工、ICT 浚渫工など、適用工種を拡大しながら、ICT を活用した生産性向上や、管理の高度化を実現するための新基準が次々と打ち出されている状況である。一方、著者らは、以前より自社クラウドと、他社のアプリケーションやクラウドサービスを含めた ICT ツールとの連携を行い、現場の管理業務の効率化を進めてきた¹⁾⁷⁾。

本研究では山岳トンネル工事を対象とし、Web 上で利

用可能な BIM/CIM 機能や、これをベースとした関係者間連携機能を実装し、実工事に適用、これらによる省力化や信頼性の向上の効果を確認した。

2. 既往の研究や取り組み

山岳トンネル分野における施工段階の BIM/CIM は、比較的早期に実用化され、その有効性が実証されている⁸⁾⁹⁾。畑ら⁸⁾はそれらの取り組みの中で、山岳トンネル工事における BIM/CIM の理想形は発注者、施工者、協力会社間の相互のコミュニケーションを実現することであると指摘している。一方、BIM/CIM によるコミュニケーションが受発注者間で円滑になされるためには、発注者側も BIM/CIM ソフトウェアの操作を行う必要がある。そこで国土交通省では、発注者においても BIM/CIM を有効に活用するため、発注者向け教育を実施しており、その受講者アンケートでは、自ら BIM/CIM ソフトウェアを用い、3次元モデルを活用して施工管理を行いたいという声が多く、また BIM/CIM は発注者の管理業務においても有効

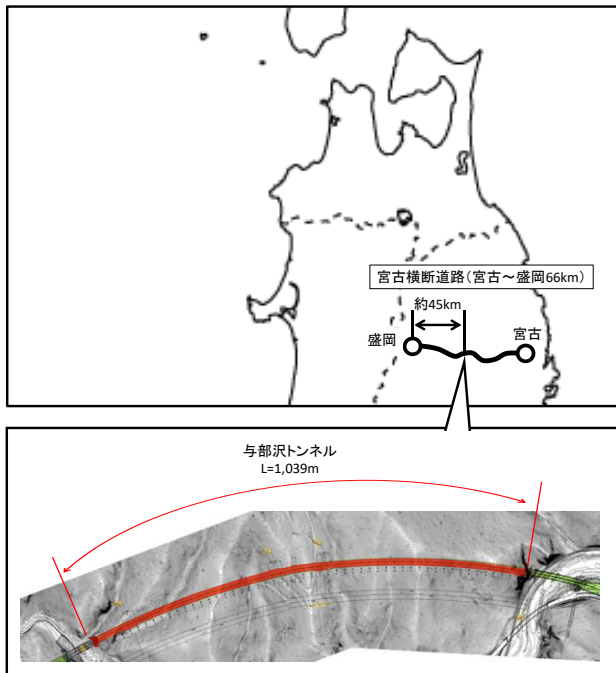


図-1 対象とした与部沢トンネル工事の位置

であるとの認識がある¹⁰⁾。BIM/CIMによる組織間の連携について、Oraceら¹¹⁾は、既往のBIMプロジェクトについて調査し、知識的な相乗効果が十分に発揮できていないことを指摘している。Ibrahimら¹²⁾は、業務プロセス自体が孤立していることやBIMソフトウェアの連携技術が乏しいことを課題と考え、共通データ環境 (CDE: common data environment)、メッセージベースのプラットフォーム、クラウドベースの情報共有、BIMへのIoT,AR等の新しい技術の統合を連携の要件として挙げている。Merschbrockら¹³⁾も、大規模なBIMプロジェクトのケーススタディから、同様に共同ワークスペース、クラウドプラットフォームの必要性を指摘している。

一方、山岳トンネルのBIM/CIMの適用状況について、一般社団法人日本建設業連合会がまとめている施工CIM事例集¹⁴⁾¹⁵⁾によると、山岳トンネル工事では、他工種に比べ多種の専用ソフトウェアが利用されているのが実状であり、発注者がBIM/CIMモデルを閲覧するためには、それぞれの専用ソフトウェアを用意するか、データ変換を行い、汎用的な3DCADで読めるようにする必要があり、施工者が使用しているBIM/CIMモデルを直接利用することは難しい。

以上より、Webで利用可能な統一されたBIM/CIM環境をベースに、関係者全体が容易に利用可能な、簡易なコミュニケーション手段を構築し、プロジェクト全体に適用することは、関係者間の連携を円滑にし、内容を深め、その相乗効果により業務全体の品質を高める上で有効であると考えられる。

表-1 与部沢トンネル工事の概要

工事名称	国道 106 号与部沢トンネル工事
発注者	国土交通省 東北地方整備局
施工場所	岩手県宮古市平津戸地内
工期	自) 平成 30 年 1 月 24 日 至) 令和 2 年 6 月 30 日
工事内容	工事延長 1054. 5m トンネル (NATM)=1039. 0m

3. 適用工事

適用した工事は、震災復興支援道路である宮古盛岡横断道路の「国道106号 与部沢トンネル工事」である。施工場所を図-1に、工事概要を表-1に示す。

盛岡にある発注者事務所から施工場所までは、片道約45km程度の距離があり、移動には往復で2.5時間を要する。このため、発注者や本支店の技術担当者にとっては、現地確認の際の移動に、現場の担当者にとっては発注者説明のための移動に時間を要するため、日常の施工管理業務や技術支援にあたっては大きな負担となっていた。

本研究にあたり、当工事の BIM/CIM モデルを、クラウドによって遠隔地の発注者や本支店の技術部門、協力業者間で共有した。

4. クラウドBIM/CIMによる関係者間連携

本研究では、クラウド対応の BIM/CIM ソフトウェアとして、自社開発の「i-PentaCOL/3D」(読み: アイ・ペンタコル・スリーディー)を用いた。本システムの概要を図-2に示す。施工会社(本例では五洋建設)の施工現場と現場事務所、現場詰所、本社、支店と発注者事務所から利用が可能であり、3D モデルや属性情報の閲覧、コメントの記入等が可能である。施工現場からは、変位計測結果、切羽写真、前方探査結果などの電子データが随時登録されるため、全ての関係者が最新の情報を参照しながら、遠隔地間で議論を行うことが可能である。なお、インターネット経由で、標準的なブラウザで利用可能であるため、モバイル PC やタブレット等によって、施工現場や外出先など、インターネットが利用可能な環境であれば、どこにいても容易に利用可能である。

また、本システムでは、遠隔地とのコミュニケーションを容易に行う方法として、メール等を併用することを考えており、BIM/CIMモデルを閲覧する際の視点情報や登録データの表示/非表示の情報をテキストの URL リンクに変換する機能を備えている(図-3 参照)。この機能によって、説明者は遠隔地の相手に BIM/CIM を利用した説明を容易に行うことが可能である。

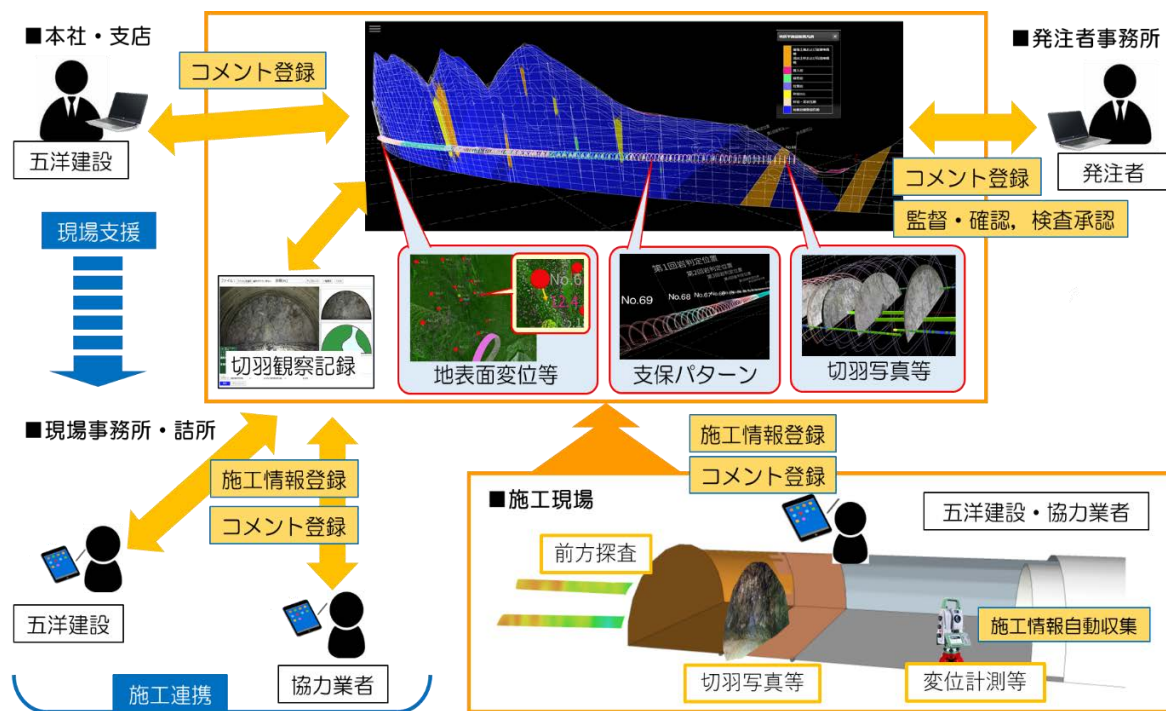


図-2 BIM/CIM 対応クラウド i-PentaCOL/3D の概要

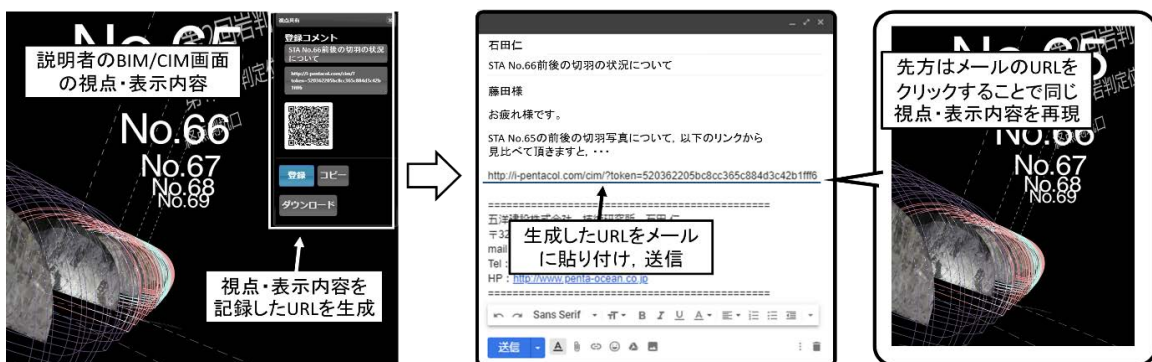


図-3 視点や表示内容を URL に変換し共有（ビュー共有機能）

この機能にさらに視点の移動、表示している 3D モデルやコメントの表示切替を設定することによって、BIM/CIM モデルを動画のように動かし、遠隔地の相手に自動的にプレゼンテーションを行うことも可能である。本研究の中で、施工者が発注者に説明している岩判定資料を BIM/CIM モデルで表現し、遠隔地から自動説明を実施した例を図-4 に示す。

本システムにより、関係者間連携を実施、適用性ならびに効果を確認したところ、以下の効果が認められた。

(1) 切羽観察簿の作成

BIM/CIM に切羽写真をはじめ、必要なデータを集約し、WEB 共有しコメント機能やビュー共有機能（図-3）を活用したところ、若手の現場職員と本社技術部門間で円滑に切羽観察記録の作成（毎日）を行うことができ、日々の業務、また岩判定の準備作業を効率化することが

できた。

(2) 岩判定資料の作成

岩判定資料の作成（2 ヶ月に 1 回程度）にあたっては、図-2 に示すように地質縦断図、支保パターン、切羽写真、切羽観察記録、関係者のコメント（議論の内容）が一元管理されていることから、効率的に作成することができた。

(3) 岩判定資料の説明

従来の岩判定資料と同様の内容を自動プレゼンテーション（図-4）により実施したところ、遠隔地からも発注者に十分理解を得られた。このため、説明のための移動を省略することができた。なお、従来であれば A3 用紙 10 枚ほどの資料を BIM/CIM モデルに集約することにより、より直感的に理解しやすい説明が可能となった。

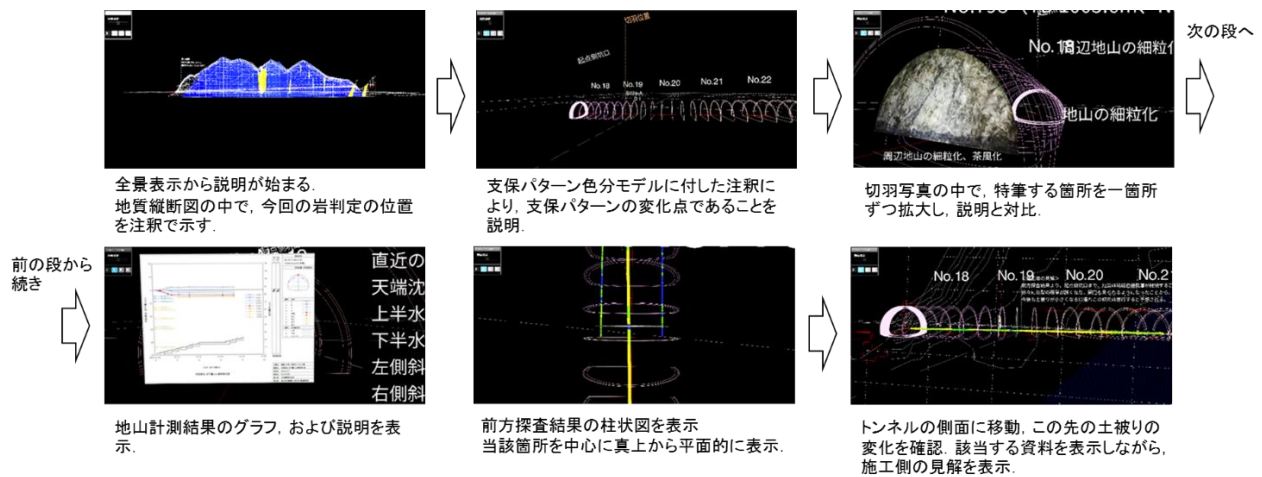


図-4 視点移動・表示切替による自動プレゼンテーションの例（岩判定）

5. おわりに

BIM/CIMモデルによって一元化した施工記録や検査データを関係者に Web 共有し、日々の業務において 3D モデルへのコメント付与や視点共有、自動プレゼンテーション機能による関係者間連携を促すことにより、遠隔地間においても円滑なコミュニケーションが可能となり、書類作成や説明の効率化を実現することができた。また、従来の紙の書類では把握しにくい 3D の視覚情報により、直感的な理解が可能となり、伝達内容の正確性も向上した。これらの効果は、今回適用した山岳トンネルに限らず、他の工種においても得られると考えられる。今後、本システムを他の工種に拡大し、受発注者をはじめ関係者全体の施工管理業務の効率化に取り組む所存である。

謝辞：本取り組みは2018-2019年度にわたり、国土交通省「建設現場の生産性を飛躍的に向上するための革新的技術の導入・活用に関するプロジェクト」の助成を受けた。また、本取り組み実施するにあたり、発注者である国土交通省 東北地方整備局 岩手河川国道事務所には、全般にわたり、多大な協力を頂いた。ここに深く謝意を表する。

参考文献

- 1) 石田仁，矢吹信喜，前田智之，藤田真司，森屋陽一：山岳トンネルを対象としたクラウド BIM/CIM による管理業務効率化の試み，第 44 回土木情報学シンポジウム講演集 Vol.44，pp.265-268，2019。
- 2) 藤田真司，石田仁，前田智之，森屋陽一：覆工コンクリート初期ひび割れ点検への自律飛行ドローンの適用，第 44 回土木情報学シンポジウム講演集 Vol.44，pp.153-156，2019。
- 3) 石田仁，森屋陽一，藤田真司，前田智之：CIM クラウドを利用した受発注者連携の試行，第 74 回土木学会年次学術講演会，CS11-07，2019。
- 4) 前田智之，石田仁，藤田真司，脇坂剛：3D レーザス

- キャナを用いた覆工コンクリートの出来形測量自動化，第 74 回土木学会年次学術講演会，VI-104，2019。
- 5) 森屋 陽一，三國 貴一，石田 仁，前田 智之：スマートグラスを用いた山岳トンネル工事における遠隔検査，第 74 回土木学会年次学術講演会，VI-386，2019。
- 6) 石田仁，矢吹信喜：WebGL の土木構造物の維持管理への応用，土木学会論文集 F3，Vol.71，No.2，pp. II _58-II _65，2015。
- 7) 石田仁：リアルタイム 3D ビュワーを用いた施工管理システムの開発，第 69 回土木学会年次学術講演会，VI，pp. 465-466，2014。
- 8) 畑浩二，杉浦伸哉，後藤直美，藤岡大輔：山岳トンネルにおける ICT を活用した予測型 CIM の開発，土木学会論文集 F3，Vol.71，No.2，pp. II _78-II _85，2015。
- 9) 宇津木慎司，中谷匡志，佐々木照夫：地質情報 CIM 管理システムの構築，土木学会論文集 F3，Vol.72，No.1，pp. 24-31，2016。
- 10) 国土交通省：第 2 回 BIM/CIM 推進委員会 参考資料 4 受発注者向け BIM/CIM 教育の実施状況，2019。
- 11) Mehran Orace, M. Reza Hosseini, Eleni Papadonikolaki, Roshani Palliyaguru, Mehrdad Arashpour : Collaboration in BIM-based construction networks : A bibliometric-qualitative literature review, *International Journal of Project Management*, Vol.35, pp.1288-1301, 2017.
- 12) Che Khairi Izam Che Ibrahim, Sheila Belayutham : Towards Successful Social Collaboration in BIM-based Construction, *MATEC Web of Conferences*, IConBEE2018, Vol.266, No.03007, 2019.
- 13) Christoph Merschbrock, Bjorn Erik munkvold : Effective digital Collaboration in the construction industry – A case study of BIM deployment in a hospital construction project, *Computer in Industry*, Vol.73, pp.1-7, 2015.
- 14) 一般社団法人 日本建設業連合会：2019 施工 CIM 事例集，2019。
- 15) 一般社団法人 日本建設業連合会：2018 施工 CIM 事例集，2018。
- 16) 一般社団法人 日本建設業連合会：2017 施工 CIM 事例集～施工 CIM の解説～，2017。
- 17) 一般社団法人 日本建設業連合会：2016 施工 CIM 事例集，2016。
- 18) 一般社団法人 日本建設業連合会：施工 CIM 事例集 (2015)，2015。