

(67) 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

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 技術研究所 (〒329-2746 栃木県那須塩原市四区町1534-1)
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@see.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 技術研究所 (〒329-2746 栃木県那須塩原市四区町1534-1)

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、国土交通省は内閣府の官民研究開発投資拡大プログラム(PRISM)の枠組みの中で「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」の公募を実施している。この取り組みの一環として、生産性向上に資するICT技術として、山岳トンネル工事に独自開発のBIM/CIM対応クラウドとMR(Mixed Reality)システム等を連携し、受発注者双方における管理業務の効率化を試み、その有効性を検証、検査の省力化や信頼性の向上効果を確認した。

Key Words : BIM/CIM, tunnel, WebGL, AR, MR, inspection

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。このような中、内閣府では、官民の研究開発投資拡大を目標として、2018年度より官民研究開発投資拡大プログラム(PRISM)を創設¹⁾、2018年度のターゲット領域として、「革新的サイバー空間基盤技術」、「革新的フィジカル空間基盤技術」、「革新的建設・インフラ維持管理技術」の3領域を設定した。国土交通省は、「革新的建設・インフラ維持管理技術」領域において、「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」の公募を実施²⁾、当社は「国道106号与部沢トンネル工事」においてこの公募に採択され、生産性向上に資するICT技術を工事現場に導入した。本研究では、「与部沢トンネル工事」におけるPRISMの取り組みのうち、BIM/CIMを活用した発注者との連携について、独自開発のBIM/CIM対応クラウド“i-PentaCOL”(読み:アイ・ペンタ・コル)を導入し、その機能の一つである山岳トンネル用BIM/CIMシステムの有効性を検証した。

2. 既往の研究や事例

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³⁾、その有効性が実証されている。畑ら³⁾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。BIM/CIMによるコミュニケーションが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。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

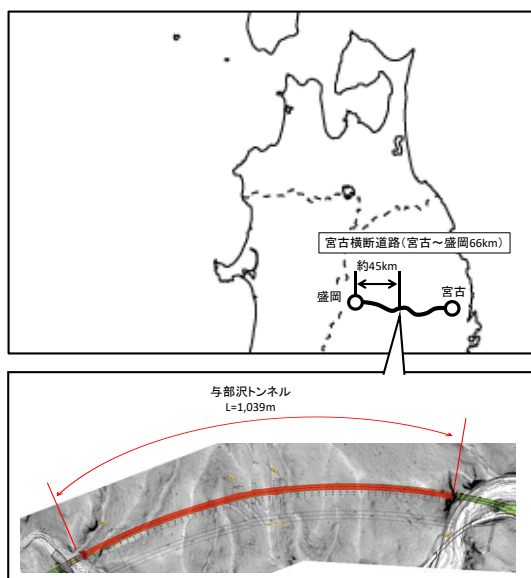


図-1 施工場所

表-1 工事概要

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) 平成32年 2月19日
工 事 内 容	工事延長=1054.5m
	トンネル(NATM)=1039.0m 他



図-2 i-PentaCOLのメニュー画面

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であるとの認識が得られている。⁹⁾

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⁹⁾¹⁰⁾¹¹⁾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情であり、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る。施工管理で使用しているBIM/CIMモデルを直接共有することは難しい。

BIM/CIMモデルをWEBで共有している事例はあるが、電子ファイルをWEB掲示板にアップロードする方式であり、閲覧する際には、ファイルをダウンロードし、利用者のパソコン等にインストールされた汎用的な3DCADで閲覧する必要がある。

筆者ら¹¹⁾¹²⁾はこれまで、建設現場におけるBIM/CIMの取組みの一環として、標準的なブラウザで3Dグラフィックスを表現することが可能なWebGL¹³⁾を適用することにより、高価なソフトウェアやハードウェアを必要としない3Dモデルの利活用方法を検討してきた。WebGLは、標準的なブラウザで動作するため、高性能なパソコンや高速な通信回線を必要とせず、このため発注者のパソコンやネットワーク環境でも利用が可能であり、受発注者間のコミュニケーションにおいても有効であると考えられる。

一方、BIM/CIMモデルの施工現場における活用方法のひとつとして、AR(Augmented Reality)やMR(Mixed Reality)技術が普及¹⁴⁾¹⁵⁾¹⁶⁾¹⁷⁾¹⁸⁾しつつある。AR/MRは設計情報と現実空間の対比が容易であり、直感的に認識することができ

ることから、その有効性が認識されつつあり、状況や目的に応じ様々な手法がある。しかしながら、発注者の検査にAR/MRを利用した場合の生産性向上の効果については、まだ十分な議論はなされていない。

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。本取り組みでは、トンネル部のBIM/CIMモデルを後述のi-PentaCOL上でWebGLによって描画、関係者間で共有した。

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、現地確認の際の移動に、現場の担当者にとって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では負担となっていた。

4. i-PentaCOLの概要

当社では、現場で発生する様々なデータを一元化し、それらを扱う現場担当者の施工管理上の負担を低減することを目的としてi-PentaCOL というBIM/CIM対応クラウドを運用している。本システムのメニュー画面を図-2に示す。ここに示すように、各工事に合わせ必要な機能を表示するものとしている。今回の公募については前述のように生産性向上を目的として技術や管理手法の導入を行ったため、この目的に適合する項目を選定した。

が i-PentCOL に保管されるため、検査書類の作成を効率化することが可能である。

5. AR/MR検査

AR/MR 検査のソフトウェアには、インフォマティクス社の Gyro-eye holo、および独自開発の MR ソフトを併用した。いずれの場合も MR グラスは、Microsoft 社の HoloLens を用いた。AR/MR 検査の実施状況を写真-1 に示す。右の写真は監督官の映像を、現場担当者のタブレットに表示し、監督官と同時に確認、詳細の説明を行っている様子である。AR/MR 検査時の監督官の視界の映像を写真-2 に示す。左の写真は、前方探査結果と支保パターンの対比を示す。左右の色分け柱状図が前方探査による岩種の色分けを示している。右の写真は、実物大の高解像度切羽写真を表示した例である。トンネル実物と計測データを AR/MR で重畳することにより、効率的に状態を把握することができた。また、過去の切羽写真を連続的に表示することにより、岩種の変化の様子を実寸で、かつ、現実の岩種を見ながら傾向を俯瞰することができ、より信頼度の高い検査が可能となった。

6. 結論

本研究では、山岳トンネル工事における受発注者双方の施工管理の効率化を目的とし、BIM/CIM 対応クラウド i-PentaCOL を適用した。WEB 対応の BIM/CIM モデルは、受発注者間で施工情報を 3 次元的に視覚化、共有し、より円滑な遠隔コミュニケーションを実現した。検査用に作成する BIM/CIM モデルと検査記録の一元化は、事後の検査書類の作成を省力化した。AR/MR 検査では、i-PentaCOL に集約した施工記録や BIM/CIM モデルを用いて検査データを出力することにより、検査書類の作成作業を省略し、かつ、従来の検査書類では把握できない内容を体感することができ、信頼性の向上を実現した。以上、今回実証した管理手法を他の工種にも拡大することにより、受発注者双方の施工管理業務の効率化を実現できると考えられる。

謝辞：本取り組みは国土交通省「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、この中で受発注者が課題を共有し、ICT を活用した新しい現場管理手法、検査手法の試行を行うことができた。また、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、取り組み全般にわたり、多大なご協力を賜った。ここに

深く謝意を表する。

参考文献

- 1) 内閣府：官民研究開発投資拡大プログラムについて、<<https://www.cao.go.jp/cstp/prism/aboutprism.pdf>>，(入手 2018.7.11)。
- 2) 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公募実施の公示，<<https://www.mlit.go.jp/common/001243777.pdf>>，(入手 2018.7.11)。
- 3) 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。
- 4) 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。
- 5) 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。
- 6) 一般社団法人 日本建設業連合会：施工 CIM 事例集 (2015)，2015。
- 7) 一般社団法人 日本建設業連合会：2016 施工 CIM 事例集，2016。
- 8) 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。
- 9) 一般社団法人 日本建設業連合会：2018 施工 CIM 事例集，2018。
- 10) 一般社団法人 日本建設業連合会：2019 施工 CIM 事例集，2019。
- 11) 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。
- 12) 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。
- 13) Khronos Group：WebGL，<[https:// www. khronos. org/ webgl/](https://www.khronos.org/webgl/)>，(入手 2014.10.27)。
- 14) 羽鳥文雄，矢吹信喜，小森絵未，福田知弘：複数マーカーを用いた拡張現実感技術の施工現場への応用，土木学会論文集 F3，Vol.69，No.2，pp. I_24- I_33，2013。
- 15) 田原孝：3 次元モデルを活用したネットワークカメラでの建設構造物の可視化手法に関する研究，土木学会論文集 F3，Vol.69，No.2，pp. I_121- I_129，2013。
- 16) 田原孝，矢吹信喜：3 次元モデルを用いた AR システムの工事施工計画への活用の検討，土木学会論文集 F3，Vol.71，No.2，pp. I_123- I_133，2015。
- 17) 山中哲志，西彰一，山中孝文，杉浦伸哉：AR を活用した施工の生産性向上事例，第 73 回土木学会年次学術講演会，VI，pp. 1445-1446，2018。
- 18) 池田直旺，樫山和男，吉永崇，石田仁，宮地英生：SLAM 技術に基づく AR 可視化システムの屋外における重畳精度の検証，第 73 回土木学会年次学術講演会，CS5-018，pp.35-36，2018。