(13) 山岳トンネル工事におけるBIM/CIMクラウドシステムを用いた施工情報の一元管理と効率化

北村　圭佑[1]・前田　智之[2]・石田　仁[3]

[1]正会員　五洋建設株式会社　土木部土木本部土木技術部（〒112-8576 東京都文京区後楽 2-2-8）
E-mail: keisuke.kitamura@mail.penta-ocean.co.jp

[2]非会員　五洋建設株式会社　土木部土木本部土木技術部（〒112-8576 東京都文京区後楽 2-2-8）
E-mail: tomoyuki.maeda@mail.penta-ocean.co.jp

[3]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

建設業界では労働者不足や慢性的な時間外労働の問題に対して，業務の効率化や省力化が求められている．このため国土交通省ではi-Constructionの取り組みの一環としてBIM/CIMの導入による受注者双方の業務の効率化と高度化を推進している．現在では，BIM/CIMの利活用は一般的ではあるが，施工管理において施工情報をリアルタイムに活用している事例はあまり多くないのが実情である．当社では，国土交通省管轄工事でのBIM/CIM活用工事（発注者指定型）への対応として，独自開発したBIM/CIM対応クラウドシステム（i-PentaCOL）を導入した．本システムは，坑内計測や切羽観察記録の施工情報をリアルタイムで自動取得，CIMへの自動反映が可能で，現場管理の省力化と情報共有の簡略化した．本稿では，上記の対応内容に関する事例を紹介する．

Key Words: *BIM/CIM, Information sharing, underground measurement, tnnnel face check, real time*

1. はじめに

現在，我が国の建設業界は深刻な就業者不足に直面しているとともに，慢性的な時間外労働が多いことも課題である．このため，「きつい，危険，きたない」いわゆる３K のイメージが根強く残っており，若い担い手不足にも繋がっている．これらの問題に対して，業務の効率化や省力化が建設業界にも求められている．国土交通省では，建設業の生産性向上を目的として 2015 年から i-Constracsion を推進してきた．具体的な取り組みとしては，3 次元データを活用した測量や設計図書の作成，ICT 建機による施工の自動化等がある．

当社においても，ICT を積極的に活用し業務の効率化と省力化を目指す取り組みを行っている．本稿では，国土交通省管轄工事のうち，BIM/CIM 活用工事（発注者指定型）の対応として，当社が独自開発した「BIM/CIM 対応クラウドシステム i-PentaCOL/3D」（通称，i-PentaCOL）を導入して，現場の施工情報を共有し，生産性向上を目指している[1)]．

2. 従来の技術

近年，多くの建設現場で BIM/CIM が導入されている．BIM/CIM での情報共有は専用のソフト等を使用したり，最近では web を介することで現場以外の関係者間とも共有できるシステムも増えてきており，情報共有の効率化が進んでいる．しかし，各施工情報のデータがローカルやクラウド上のなどのファイル内で個別管理されることも多く，BIM/CIM 上に処理したデータを集約し，反映されるまでにタイムラグが生じて，リアルタイムに情報共有ができていない場合も多い．このため，施工の区切りごとで CIM 上に反映し，検査等での活用はされるが，施工中のリアルタイムな情報共有という面での CIM の利活用が進んでいないのが現状である．

近年では，専用ソフトを不要とし，ブラウザ上で BIM/CIM 内の情報を，いつでもどこでも関係者間で共有ができる webBIM/CIM の仕組みの活用が見受けられるようになった．しかし，先述したように各データがローカルやクラウド上などで管理されているため，データの管

理先が複雑化することや webBIM/CIM 上に処理・作成したデータをアップロードする必要があり，リアルタイムな情報を関係者間で共有しずらいことが課題であるといえる．とくにトンネル工事においては，日々移り変わる切羽の性状や坑内計測などの情報をリアルタイムに共有することは，トンネル工事を円滑に進めるために重要である．

3. BIM/CIM 対応クラウドシステムの概要

この課題に対して，当社では BIM/CIM 対応クラウドシステム（i-PentaCOL）を開発した．本システムは，専用ソフトが不要で web を介して閲覧や相互編集が可能であるため，遠隔地にいる関係者にも迅速な情報共有が可能となる．また，本システムと汎用的な計測管理ソフトおよび当社が開発した切羽観察簿アプリを連携させることでができ，最新データを BIM/CIM に即時反映することができる．加えて複数のユーザー間で相互にデータ作成と編集ができる新規性を有するのも特徴となっている．最近ではトンネル坑内に Wi-Fi が開通している現場も多く，タブレット端末等を用いることでトンネル坑内にいながら BIM/CIM クラウドシステムの閲覧や編集が可能な仕様となっている（**図-1** 参照）．

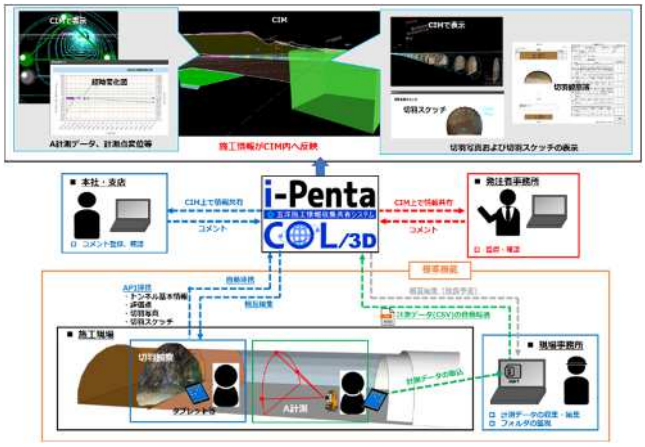


図-1 システム概要図

4. 適用事例

(1) 適用工事概要

本システムの適用工事は，「国道１０３号 青ぶな山トンネル（避難坑）工事」である．本工事は，青森県の十和田湖付近に位置しており，奥入瀬バイパス事業の一環として，延長 L=624mの青ぶな山トンネルの避難坑を NATMにより構築する工事である（**図-2** 参照）．本工事は，BIM/CIM 活用工事（発注者指定型）に指定されている．

以下に，本工事から新たに導入した施工中の切羽観察記録と計測データの情報共有について，設計照査で活用した事例について示す．



図-2 青ぶな山トンネル施工位置図

(2) 各機能の概要と効果

a) 切羽観察記録

トンネル支保の規模を決定する際，計測のみでは把握できない地山情報を評価するために切羽観察を実施し，切羽の地質の状態と地質の変化状況を目視観察し記録することで，現在の支保パターンの妥当性や補助工法の要否を評価する[2)]．従来，切羽観察記録の作成は野帳に記録した観察結果を事務所に持ち帰り，計測会社などによる汎用ソフトなどを用いて作成する必要があった．

これに対して本工事では本システムと当社が独自開発したタブレット等を使用して切羽観察簿を作成できる切羽観察簿アプリ（**写真-1**参照）と連携させることで，現地で作成した切羽観察簿のデータが即時にクラウドシステム内に集約され，現場事務所など現場から離れた場所からでもリアルタイムにデータの確認も可能となる．また，切羽写真や切羽スケッチは，CIM上の同一測点上に自動的に反映され，地質の移り変わりが直感的に把握できるようにした．さらに地質縦断図と重ねて表示することで，設計との対比や次施工区間の地質の予測も容易にした（**写真-2** 参照）．

従来手法は作成から事務所内回覧まで 2 時間程度要していたが，本システムと切羽観察簿アプリの使用で 45 分にまで短縮できた．また，切羽写真やスケッチは，切羽前で撮影またはスケッチ作成後に即時反映されるため，帳票が完成していない状態でも切羽にいない関係者が i-PentaCOL 上で切羽の状況を確認できる．これにより，切羽への移動を省略できることもメリットのひとつである．



写真-1　切羽観察簿アプリ使用状況

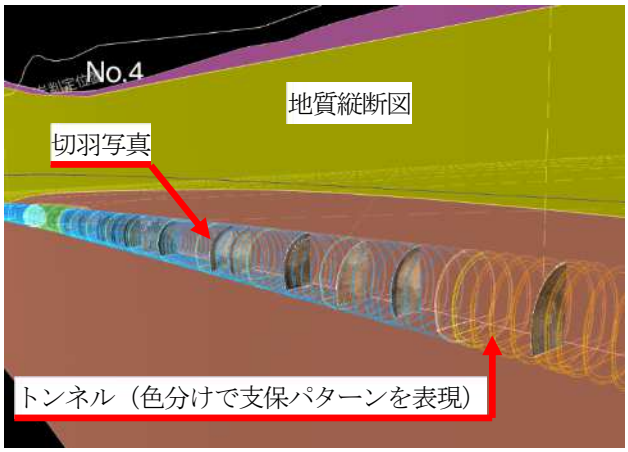


写真-2　CIM上での切羽写真・地質縦断図の表示

b)　坑内計測

山岳トンネル工事における地山計測は，トンネル掘削に伴う地山の変位を把握し，トンネルの安定性を評価するための重要な管理項目のひとつである．従来，計測データは計測会社の汎用的なソフトを使用して，データを個別に管理することが一般的である．

BIM/CIM対応クラウドを用いた本システムは，計測管理ソフトと連携させることで計測データを自動でクラウド上に集約する．さらに取得データは本システム内で自動処理され，BIM/CIM上に即時反映させることを可能とした（**写真-2**参照）．表示されるデータは各測定断面におけるトンネルの変位量と変形量で，管理レベル毎に色分けして表示することで，直感的にトンネルの安定性を把握できるようにした．また，測定断面の経時変化図もBIM/CIM上で確認可能とした（**図-3**参照）．

従来の手法は，測定データの処理，グラフや資料作成には1時間程度の時間を要したが，本システムにより，データの処理が不要となり，３０分程度の短縮が可能となった．

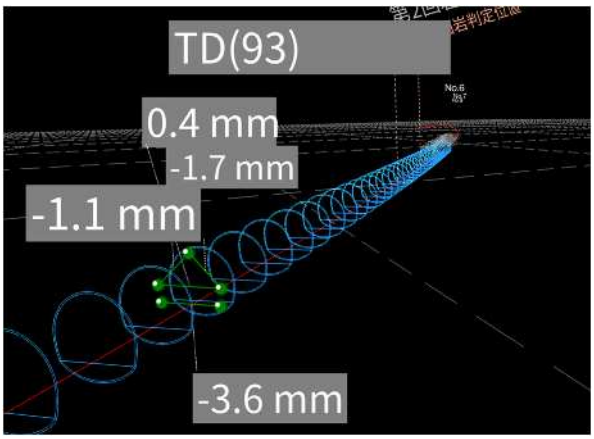


写真-3　地山計測結果の表示



図-3　経時変化図

c)　設計照査

本システムは，現場で必要な施工情報を適宜追加表示できる機能を有している．青ぶな山トンネルで，i-PentaCOL を活用して施工検討を行った事例を以下に示す．

本工事では，掘削補助工（長尺鋼管先受け工）の事前検討を実施した．当初設計では，標準部から拡幅部にかけてのすりつけ区間において，鋼管が掘削断面内に干渉することを3次元的に確認した（**図-4** 参照）．この対策として，鋼管の打設角度を検討し，掘削断面内に干渉しない角度となる様に変更したことでスムーズな施工が行えるようになった（**図-5** 参照）．また，CIM 上にコメントや必要に応じてデータ等を自由に貼り付ける相互編集機能を設けたことで，遠隔地にいる関係者とも変更協議に係る合意形成を容易にできるなどのメリットが得られた．

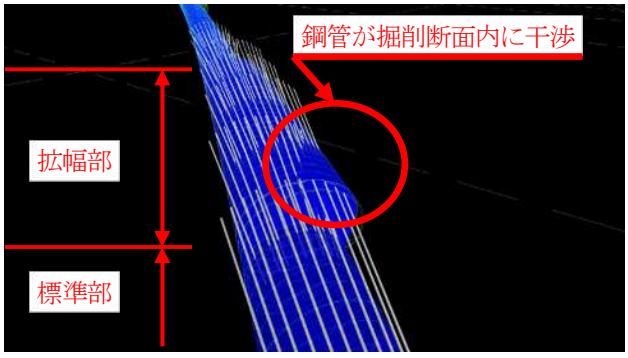


図-4　掘削補助工の干渉確認

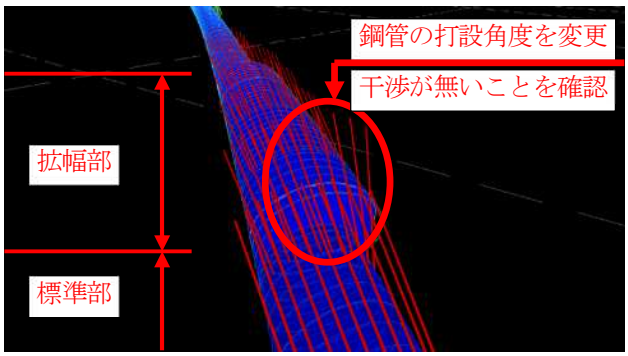


図-5　掘削補助工の変更後

5.　考察

これまで開発した「BIM/CIM 対応クラウドシステム i-PentaCOL/3D」の機能や適用事例について報告した．適用の結果，現場以外の関係者との情報共有や施工検討にメリットがあることを確認できた．

切羽観察記録は，写真データや評価点データを本システム内で一元管理ができているため，集約したデータを他システムと連携することで利活用ができると考える．

地山計測は，A 計測データを他社の計測システムと自動連係し，データの自動集約が可能となった。しかし，B 計測などの他の計測への対応や施工の一連を考慮した時に，帳票の出力を可能とすることで，本システムで全てを完結し，管理が容易になると考えられる．

設計照査は，現場の課題に対して，3 次元的に確認できた．この点については，従来の CIM と変わりはなく，3 次元モデルを専用ソフトで作成し，反映させる必要があるため，簡易な検討であっても CIM 上に反映し，共有するまでに時間を要する課題がある．本システム上で簡単な操作で施工の検討ができるシステムに改良することで，現場で起きた課題に対して，即座に検討可能となり，システムの汎用性が上がると考える．

6.　今後の取り組み

今後の取り組みとして，まず i-PentaCOL の適用現場を拡大していく予定である．様々な状況の現場における施工データを i-PentaCOL 内のクラウドシステム内に蓄積していくことで，トンネル現場のノウハウ蓄積と他工事への水平展開しすることで，類似する工事への活用が期待できる．さらに，当社独自で開発している点から現場のニーズに応じて柔軟な開発ができるため，現場へのニーズを把握し，現場にあった使いやすいシステムの構築やさらなる開発を進めていくこととしている．

具体的な取り組みとして切羽観察記録は，蓄積した写真データを切羽 AI 評価の学習データとして活用することで，切羽自動判定システムの確立を目指している．

地山計測は，A 計測以外の支保工の応力測定などの B 計測のデータをリアルタイムに取得して CIM 上への反映が可能とし，複数の計測データからトンネルの挙動を総合的に把握できる仕組みを構築する予定である．さらに，計測データの帳票の出力機能の強化をし，データの管理から結果の報告までの施工の一連の作業を完結できるように改良していく．

設計照査は，今後は CIM 上で簡易なモデルの変更が可能な機能や重機を配置するなどして施工検討が可能となる機能をもたせる．

さらに，VR を使用した遠隔臨場現場との連携による立会業務の省力化を進めるとともに通常の BIM/CIM だけでなく，IoT 機器と連携させたり遠隔マシンコントロールの機能を追加し，現場に配置した機器の遠隔操作などが i-PentaCOL 上で実現できるシステムへと拡張していく計画である．

参考文献

1)　前田ら：WebCIM を活用したトンネル坑口部の 3 次元可視化モデルによる地山挙動管理，土木学会全国大会第 75 回年次学術講演会，VI-29，2020.
2)　日本道路協会：道路トンネル観察・記録指針，pp.21-30，2009.