

山岳トンネル CIM 総合管理システムの開発と現場適用

西松建設(株) 土木部 正会員 ○原 久純 西松建設(株) 土木設計部 諏訪 至
 西松建設(株) 土木部 川口 幸治 西松建設(株) 九州支社 内田 裕二
 西松建設(株) 技術研究所 正会員 田中 勉 西松建設(株) 北日本支社 吉平 安生

1. はじめに

国土交通省が推進している BIM/CIM(Building/Construction Information Modeling,Management)により、各分野で3次元モデル活用の取組みが行われている¹⁾。山岳トンネル工事では、地質構造等の事前に得られる情報から詳細な「3次元地質モデル」を基に CIM を構築し、断層の出現予測等に活用した事例がある²⁾。一方では、掘削中に得られた削孔データ等を基に切羽前方や周辺地山の地山性状を3次元評価するシステム³⁾や変位を予測解析するシステム⁴⁾が開発されているが、CIMとは独立した運用に留まっている。そこで、これら独自開発した前方探査・変位計測及び数値解析結果を3次元モデルで一元管理でき、簡便な操作性により高精度な地質・変位予測結果を共有可能な「山岳トンネル CIM 総合管理システム」を開発した。本稿では、開発したシステムの概要及び適用事例について報告する。

2. 山岳トンネル CIM 総合管理システム

山岳トンネル工事において、3次元地質モデルと削孔検層等を基に予測・解析した結果等を統合管理する「山岳トンネル CIM 総合管理システム」を開発した。図-1の概要図の通り、事前調査等の予測・解析結果、進捗等の施工情報で構成し、必要な情報を各施工段階において一元的に管理できるシステムである。

(1) システム構成

本システムは、既存の3次元ビューワーソフト

「E-G Modeling」を基幹に、図-2のように、地質・計

測・探査結果等の多様な施工情報の表示に必要なインポート機能、3次元モデルの表示切替や属性情報の表示が簡便なツール、動作遅延が少ないビューワー画面を付与してカスタマイズしたものである。

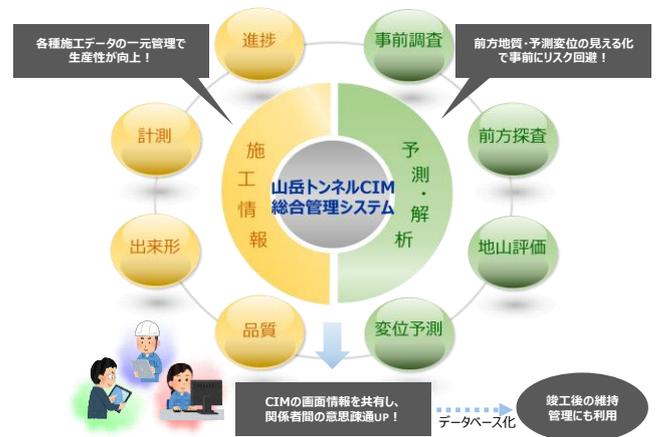


図-1 システム概要図

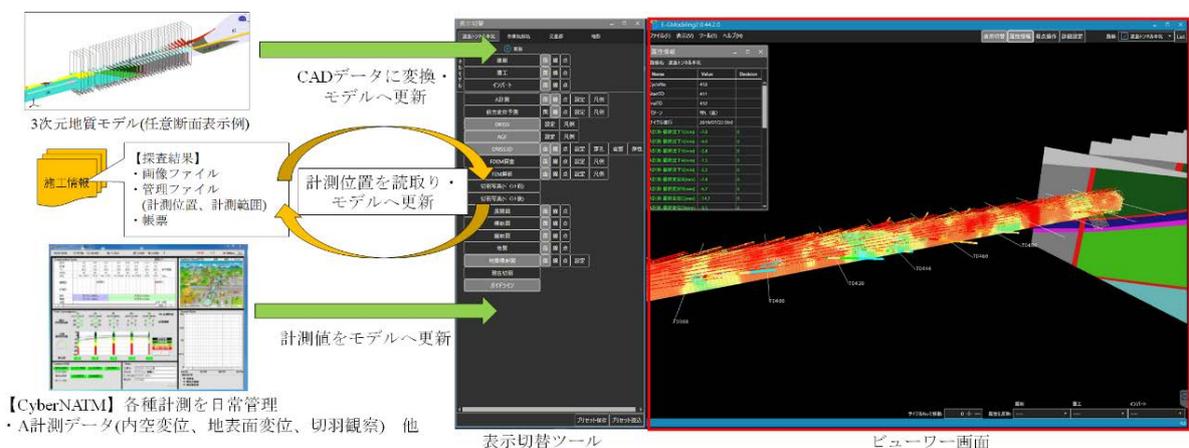


図-2 山岳トンネル CIM 総合管理システム 構成

キーワード CIM, 山岳トンネル, 地質予測, 効率化, 簡便性

連絡先 〒105-6407 東京都港区虎ノ門 1-17-1 虎ノ門ヒルズビジネスタワー6F 西松建設株式会社 土木部 CIM 推進室

T E L 03-3502-7648

(2) 保有機能

当社独自で追加した保有機能には次のものがある。

a) 自動インポート機能

FDEM探査(電磁探査)結果のインポート例を図-3に示す。

図-3のように、各探査結果の「画像ファイル」、計測位置及び範囲をリスト化した「管理ファイル」を指定したフォルダへ格納することで、ビューワー画面へ探査結果を自動更新する。これにより、3D-CAD上で行っていた探査結果の画像貼付等の編集操作が不要となる。

b) 表示切替ツール

表示切替ツールの操作によるビューワーへの3次元モデル更新例を図-4に示す。図-4のように、削孔検層やFDEM探査等の「探査・解析結果」や「地質情報」を管理項目に追加し、ボタンのON/OFFで表示切替が簡単に行え、常に更新されている各種の探査・解析結果のデータを直ぐに閲覧できる。

c) 帳票出力機能

本システムは、トンネルの各種計測・日常管理する掘進管理システム「CyberNATM」と連携し、A計測等のデータと3次元モデルを自動で紐付けする機能を有している。

また、図-5のように内空変位の経時変化を閲覧したい場合は、閲覧したい3次元モデル要素をダブルクリックすると、紐付いた帳票が容易に出力できる。

3. 現場導入事例

現場導入として、本システムを北海道新幹線、渡島トンネル(台場山)工事に適用した事例について報告する。

(1) 工事概要

渡島トンネル(台場山)は、北海道新幹線新青森起点155km160m~158km660m(延長3,500m)間の台場山工区(3,500m)及び台場山横坑(447.9m)の工事である。

トンネル掘削は、台場山横坑~本坑をNATMにより施工する。掘削は全線機械掘削方式で、ずり運搬は台場山横坑がタイヤ方式で、本坑はベルトコンベア方式(一部タイヤ方式)で行う。工事概要を表-1に示す。

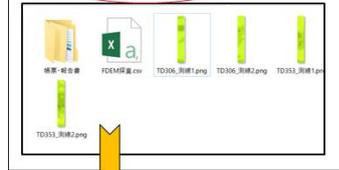
表-1 渡島トンネル 工事概要

工事件名	北海道新幹線、渡島トンネル(台場山)
工事場所	北海道北斗市地内
発注者	(独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構
請負者	西松・植木・中山・戸沼岩崎 北海道新幹線、渡島トンネル(台場山) 特定建設工事共同企業体
工期	2017年3月30日~2025年7月29日(88ヶ月)

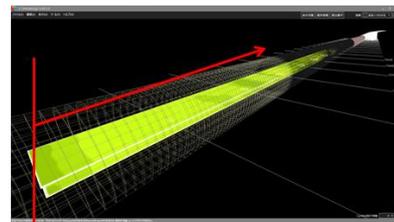
【探査・解析結果】

- 例)FDEM探査
- ・画像ファイル(png形式)
 - ・帳票、報告書(pdf形式)
 - ・管理ファイル(csv形式)

- ①画像ファイル名
- ②計測開始位置(TD)
- ③計測範囲、標高



指定フォルダの管理ファイルを自動で読取り



計測位置(TD)を始点とし、平面・縦横断に配置

図-3 FDEM 探査結果のインポート例

解析結果・地質情報を追加

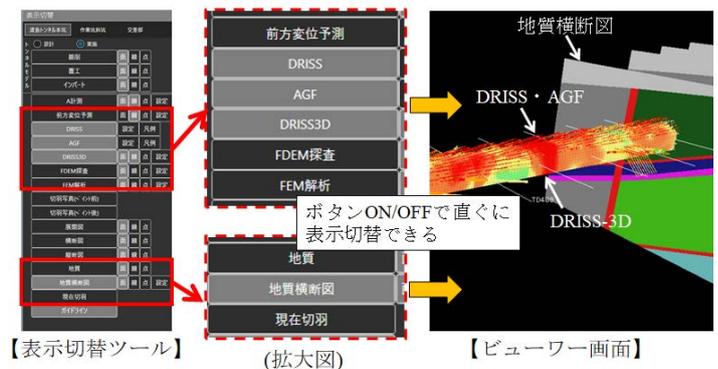


図-4 表示切替ツールによるビューワー反映例

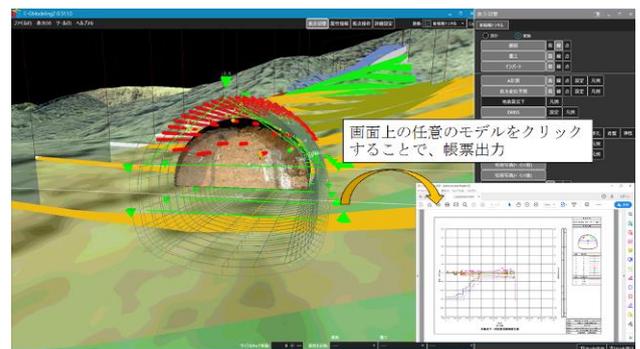


図-5 内空変位の帳票出力例

(2) CIM の運用手順

渡島トンネル工事における各段階での CIM 活用フローを図-6 に示す。施工計画から竣工までの各段階で下記のように活用することで、施工中の安全性向上や管理業務の効率化が期待できる。

a) 施工計画時

事前調査による地質情報（地質断面図、ボーリング情報等）から作成した詳細な 3 次元モデルより、断層等の出現位置や地質の変化点を事前に 3 次元的に把握することで、事前準備や事前協議に利用できる。

b) 掘削中

各種前方探査・予測解析データを一元管理することで、地質分布や掘削変位の 3 次元的な予測・把握をより高精度に行え、また、既掘削区間のデータを予測にフィードバックできる。

c) 竣工後

各種データを一元管理しているため、施工情報のトレーサビリティが確保でき、また、画像等の詳細な記録を残すことで、維持管理に活用できる。

(3) 現場導入による効果

本システムを導入した結果、次の効果が期待できた。

a) 各種施工記録の更新、編集を簡略化

FDEM探査結果を例とし、従来CIM機能と本システムのインポート機能の手順を比較した結果を図-7に示す。図-7の作業時間は画像データ50ファイル分として換算している。

図-7(a)の従来機能の場合、手順①として画像貼付に必要な「面モデル」をCADで計測範囲に合わせて作成し、手順②で計測位置に対応した画像ファイル及び配置する面の向き等を指定する必要がある、再編集・修正する場合はCAD操作等の手順を手作業で繰り返す手間がある。

一方、図-7(b)のインポート機能の場合は、手順②の管理ファイルから計測位置、計測範囲を入力するだけでその後は自動で修正可能なため、修正時の作業時間・手順を大幅に簡略化できた。今後、このインポート機能を活用し、電磁探査等の表示項目を拡張することで、施工段階で必要な情報を蓄積・閲覧から維持管理までの迅速なトレーサビリティに活用できる。

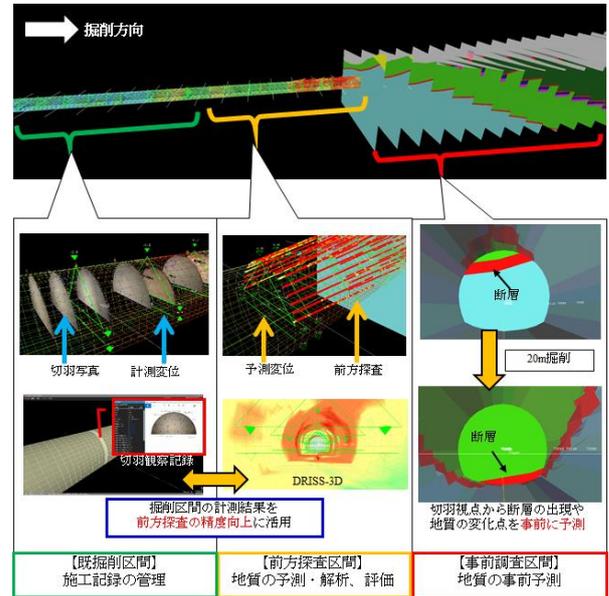
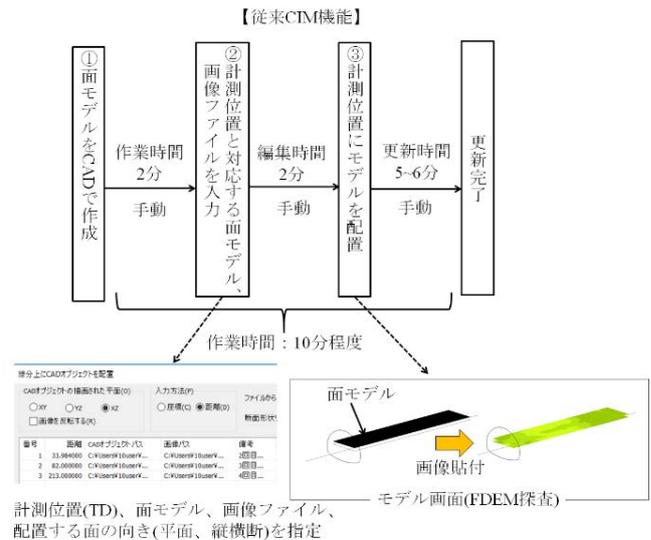
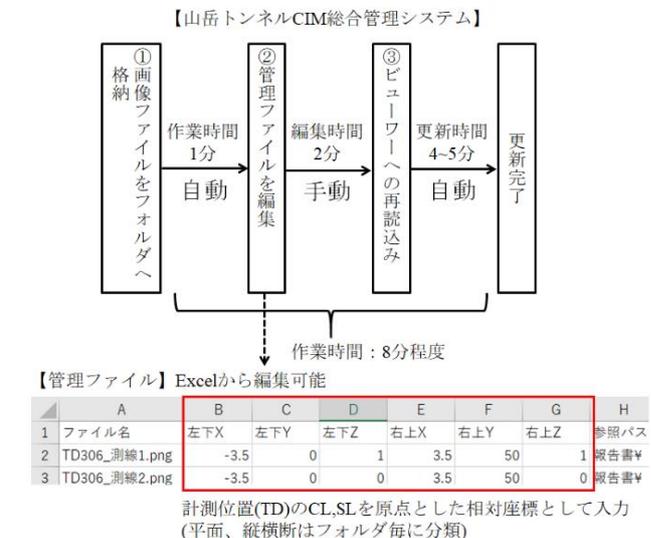


図-6 各段階における CIM 活用例



(a) 従来 CIM 機能



(b) インポート機能

図-7 施工記録の更新手順比較

b) 岩盤強度の評価・判断を迅速化

前地質情報より、予想された F1 断層を通過する区間について、削孔検層を基に 3 次元評価システム「DRISS-3D」で解析した岩盤強度分布と切羽観察写真を比較した結果を図-8 に示す。図-8 より、F1 断層区間において、トンネル左肩で岩盤強度が低いと予測されたが、切羽観察写真からその様な地質変化が概ね一致していることが確認された。このことから、今後予想される断層区間を事前に評価し、補助工法の検討等、施工上のリスク回避への寄与に活用できることが分かった。

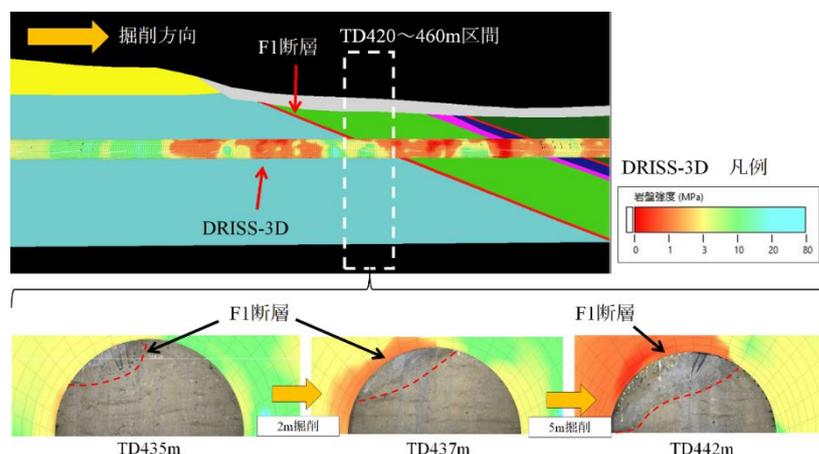


図-8 F1 断層区間の岩盤強度分布と切羽写真の比較結果

4. まとめ

本稿では、簡便な操作性と西松独自の予測解析結果を一元管理・共有可能な「山岳トンネル CIM 総合管理システム」を開発し、北海道新幹線、渡島トンネル(台場山)工事に導入した。本システムの導入に当たり、以下に示す効果を確認できた。

- ① 各施工データのファイル形式及びフォルダを統一し、3次元モデルへの更新を自動化することで、従来の更新手順を簡略化できた。
- ② トンネル計測管理システムと連携し、3次元モデルに帳票を直接リンクすることで、計測点の現在値と経時変化を直ぐに把握でき、管理業務の効率化が図れた。
- ③ DRISS-3D による岩盤強度の変化は切羽観察記録と整合した。地質変化を高精度に検出できるため、掘削前の安全性検討に期待できる。

今後は、掘削後に得られた地質情報から地質モデルを修正する場合、モデルの新規作成と同等の時間を要するため、修正手間を省力化し、当初地質との差異を詳細に把握することで、地質予測の高精度化を進めていく。

謝辞：渡島トンネルにおける CIM の適用、実施にあたり、独立行政法人鉄道建設・運輸施設設備支援機構北海道新幹線建設局、北日本支社新幹線渡島出張所及び株式会社演算工房の関係各位にご協力を頂いた。ここに深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) BIM/CIMポータルサイト【試行版】 HP : <http://www.nilim.go.jp/lab/qbg/bimcim/bimcimindex.html>
- 2) 原久純・田中勉・鬼頭夏樹：3次元地質モデルを活用した山岳トンネルCIMの現場適用事例，土木学会第72回年次学術講演会概要集，第6部門，pp.1595-1596，2017.
- 3) 山下雅之・山本悟・三井善孝・塚田純一：トンネル掘削時の削孔データを使用した3次元地山評価システムの開発，トンネル工学報告集，Vol.28，I-32，pp.1-6，2018.
- 4) 山下雅之・竹村いずみ：トンネル変形予測システム「PAS-Def」一切羽前方探査技術と数値解析を組み合わせるトンネル切羽前方の変形挙動を迅速に予測，建設機械，pp.43-47，2015.