

トンネル工事における BIM/CIM の活用について

国土交通省 北海道開発局 函館開発建設部 函館道路事務所 正会員 成田 勇太 正会員 中村 夢季
(株)大林組 札幌支店 大沼トンネル JV 工事事務所 正会員○高橋 佳孝

1. まえがき

北海道縦貫自動車道 七飯町 大沼トンネル避難坑 西大沼工区工事は、避難坑全長 7,041.8m のうち、終点側（札幌側）2,827.0m を新設する工事である（表-1）。本トンネル（避難坑）は、本坑とは別発注になっており、先行して避難坑の掘削を行うことで、①地質情報の把握、②水抜き効果、③本坑施工の補助（補助工法、作業坑）といった、本坑掘削のためのパイロットトンネルとしての役割を担っている。

西大沼工区では先進ボーリング等の地質調査結果を CIM に取り込むことで、切羽前方を含めたトンネル周辺の地質構造を一元的に管理し、3次元モデルで情報を確認できるようにしている。本技術は、パイロットトンネルとしての情報整理の他、施工予定区間の安全性向上や、経済的な支保パターン選定等への利用を目的としている。本稿では当現場での CIM の活用状況について紹介する。

2. 山岳トンネル CIM（西大沼工区）の概要

当現場における西大沼工区山岳トンネル CIM（以下、CIM）の作成・利用・更新の流れの例を図-1 に示す。着手前に避難坑 3 次元モデル（トンネル基本モデル・地質モデル）を作成し、施工中に取得した地質情報をもとに 3 次元モデルを更新して、支保パターンや補助工法の協議などに活用している。主なシステム構成を以下に示す。

① トンネル施工情報一元管理システム

（CyberNATM、演算工房社製）

トンネル工事の測量・計測データの収集・管理を一元的に行うシステムで、線形、出来形、計測、進捗管理等を包括的に行える。

② 3 次元地質解析システム（GEO-CRE、応用地質社製）

地表踏査、各種ボーリング、物理探査、地形等のデータをもとに、3 次元地質モデルを作成するシステムである。構築した地質モデルを用い、構造物への影響分析や各種シミュレーションへの利用、CAD 図面の作成、CG アニメーション作成等が可能となっている。

③ 3 次元描画システム（E-G Modeling、演算工房社製）

従来の 3 次元 CAD ソフトを用いずに、CyberNATM で入力した線形、断面、支保パターン情報から自動的にトンネル構造の 3 次元モデルが構築できるシステムである。CyberNATM により収集した施工情報は E-G Modeling 内に自動反映されるとともに、各種地質調査結果をもとに GEO-CRE で解析した 3 次元地質モデルや、CyberNATM 以外の施工情報（地質調査、火薬量、排水材設置箇所等の施工実績）も取り込める。また、CG アニメーション機能を有しており、トンネル施工情報を管理用 PC で 3 次元的にリアルタイムに確認できる。

キーワード: トンネル, BIM/CIM, 生産性向上

連絡先: 〒041-1354 北海道亀田郡七飯町字大沼町 184-5 大林・岩田地崎・森川 JV TEL:0138-85-6335

表-1 工事概要

工事名称	北海道縦貫自動車道 七飯町 大沼トンネル避難坑 西大沼工区工事
発注者	国土交通省 北海道開発局 函館開発建設部
施工者	大林・岩田地崎・森川JV
施工場所	北海道亀田郡七飯町
工期	1期：2018年1月24日～2021年4月30日 2期：2021年4月24日～2025年3月19日（予定）
工事内容	道路トンネル（避難坑）
主要工種	トンネル工（小断面NATM）
数量	掘削延長 L=2,827.0m(2021.1現在の契約延長) 掘削断面積 標準部：20m ² 連絡坑取合部：40m ²

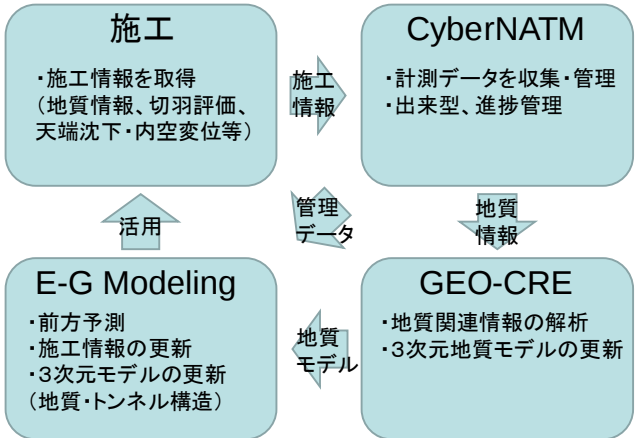


図-1 CIM 作成・利用・更新

3. CIM への付与情報

CIM に付与する情報は以下のとおりである。

① 施工前の情報

露頭調査結果・鉛直ボーリング結果・地表情報（地形、地質、国土地理院地図）・3次元地質モデル・3次元比抵抗モデル・トンネル構造モデル（設計支保パターン）

② 施工中の情報

CyberNATM 情報（切羽観察記録、切羽画像およびスケッチ、A 計測結果、支保パターン情報、追加補助工法などの設計および実施情報）・B 計測結果・坑内および地表鉛直コアボーリング結果（実施箇所、コアの地質区分および地山等級、コア写真、湧水状況写真）・地表電気探査結果・ノンコア削孔切羽前方探査結果（実施箇所、地山等級、湧水状況写真）・坑内弾性波探査結果・掘削時の火薬使用量・吹付表面堅排水材設置箇所

4. CIM の活用成果

計画当初から TD=1,320m 地点に断層破碎帯が位置することが予想されていたが、その傾斜や厚さに関しては明確ではなかった。このため、地表からの鉛直ボーリングおよび比抵抗2次元探査（電気探査）を実施した。この調査結果をもとに GEO-CRE で3次元地質解析を実施し E-G Modeling のトンネル構造モデルに反映させたところ、断層破碎帯は当初想定よりも約 220m 工事終点側となる TD=1,540m 付近に位置していることが判明した。厚さについては既往調査で想定された 10m 程度で分布するのではなく、50m 程度の範囲で小断層や割れ目の多い幅広い破碎ゾーンを形成していると推定された（図-2）¹⁾。

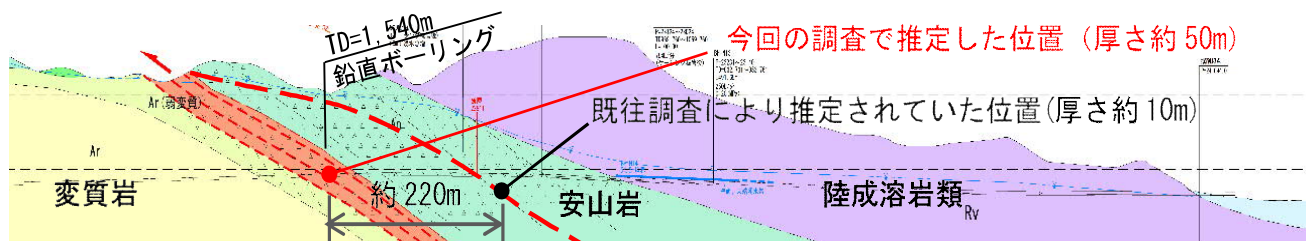


図-2 断層破碎帯解析結果

掘削を進めたところ、切羽に出現した断層破碎帯は、解析により推定した位置から約 10m 坑口側の位置に厚さ 55m の範囲で出現した。解析結果が概ね現地と整合していたこととなる。また、坑内地質調査や施工情報をもとにモデルを更新すると、断層破碎帯を含む3次元地質モデルは図-3の通りとなる。更新した地質情報は本坑設計で活用が可能である。

5. まとめ

BIM/CIM を活用することで、施工済区間の地質情報を一元的に管理でき、3次元化モデルで地質情報等を本坑設計へフィードバックする事が可能である。

また、先進ボーリングや切羽観察記録など、既知情報を元に地質情報を更新することにより、切羽前方の脆弱部や硬岩の位置の推定が可能となることから、安全性向上のほか、適切な支保パターンや補助工法の選定に利用することができる。

BIM/CIM によりトンネルを一元的に管理するためには、引き続き工事完了まで本システムを活用する必要があるため、システム改良等により利便性を向上させつつ今後も活用していきたい。

参考文献

- 1) 鹿嶋辰紀，古市圭典，岡崎雄一：大沼トンネル避難坑の施工状況報告について，第 63 回（2019 年度）北海道開発技術研究発表会論文

3次元地質モデル（避難坑周辺）

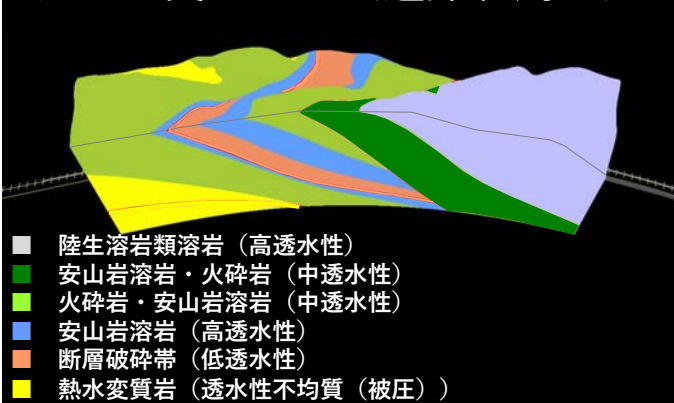


図-3 3次元地質モデル（避難坑周辺）