

国道8号敦賀防災事業における トンネル3D設計について

渡辺 朝晴

福井河川国道事務所 工務第二課（〒918-8015福井県福井市花堂南2-14-7）

本発表は、敦賀防災トンネル詳細設計において、CIMモデルの作成・活用により主構造のトンネルを重点的にモデル化し、敦賀防災 BIM/CIM における独自の取り組みとして、坑口間の土工を含めた路線全体の統合モデル作成を行い留意すべき区間を可視化するなどの工夫を行うことによりCIMモデルを施工段階でも活用することが可能となった。地質縦断面図をモデル化に加えたことにより変状発生時等にフィードバックや原因究明に活用が可能である。

キーワード BIM/CIM、トンネル、CIM モデル

1. はじめに

国土交通省では、建設生産システムの効率化・高度化を目的として、CIM（Construction Information Modeling/Management）の導入を推進している。令和4年4月現在、福井河川国道事務所では、一般国道8号敦賀防災（図1）の建設が進められており、事業目的を達成するための企画のひとつとしてBIM/CIM活用目的を設定している。ガイドラインでは、CIMモデルの活用例は紹介しているものの、事務所作業における動作環境や使用方法まで言及していない。また、設計の次の段階である工事発注において、ソフトウェアの互換性の問題等により、発注者および工事受発注者がCIMモデルを十分に活用できない場合がある。そこで本稿では、4つあるトンネル詳細設計を対象にCIMモデルの作成を行い、主構造のトンネルを重点的にモデル化し事業全体の統合モデルの作成を行った。当詳細設計業務におけるCIMモデルの活用状況を整理し、日常業務や施工中・供用後の安全管理でより一層活用されるために必要な活用方法を考察する。

2. 敦賀防災の概要

一般国道8号敦賀防災は福井県敦賀市拳野～同市田結との間を結ぶ延長3.8kmの道路であり2018（平成30）年度に事業化された。国道8号の福井県越前市～福井県敦賀市間においては、急峻な地形であるため、道路幅員が狭く、急カーブや急勾配が続く区間である。特に冬期には、多量の降雪・積雪及び厳冬による路面凍結のため、通行止めや交通渋滞が発生し、円滑な交通の妨げとなっている。また、福井県南越前町大谷～福井県敦賀市赤崎間は、異常気象時における通行規制区間となっている。

そのため、敦賀防災では災害時の代替性の確保、安全で快適な走行の確保、積雪時の円滑な交通の確保を目的に整備が行われている。



図1 敦賀防災の概要¹⁾

3. BIM/CIMの活用状況

敦賀防災では、以下の7項目についてモデル化を行ったのでそれぞれの活用方法を述べる。

1) 路線全体の統合モデル作成

トンネル単体でモデル化を行っても連続性がなく、トンネルが連続して地形も複雑であり、また、毎年降雪もあり雪害対応にも力を入れているため、第一トンネル～第四トンネルの4トンネル、およびトンネル坑口間の土工区間を含めた路線全体をモデル化（図2）。設計段階から施工、維持管理に至るまで活用可能なBIM/CIMモデルを構築することにより、各事業段階における生産性向上が期待できる。



図2 路線全体の統合モデル

2) 支保構造のモデル化と属性情報付与

支保パターン毎に外形をモデル化・着色を行い(図3)、支保構造・補助工法を属性情報として付与した。これらにより、施工段階において留意すべき区間(剛な支保構造や補助工法が必要となる区間)等を可視化する事が可能となった。本土工(図4)・支保構造・補助工法等に留意すべき区間を一見で確認可能で、設計段階と大きく異なる地山性状が確認された区間の抽出が容易になる。維持管理段階において施工時に施工段階の属性を付与することで維持管理段階でも変状発生時のフィードバックや原因究明に活用可能である。

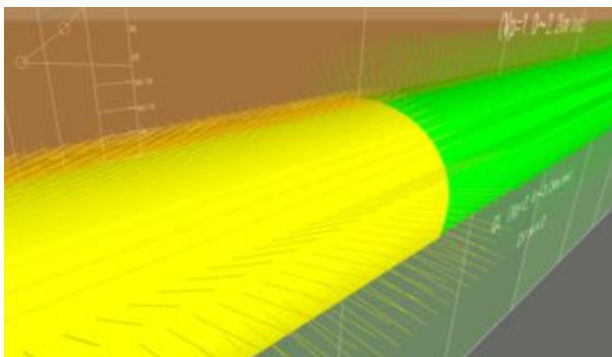


図3 構造物(支保・補助工法)モデル

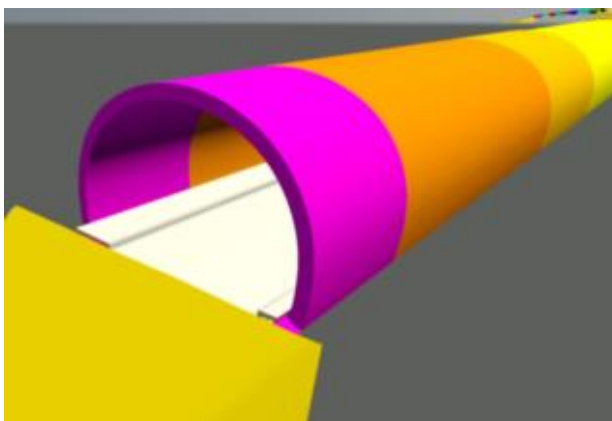


図4 構造物(本土工)モデル

3) 地質縦断図のモデル化

トンネル線形を境界面として地質縦断図を用いた準三次元モデルとして地質をモデル化(図5)。また、地質縦断図に補助工法範囲を明示し分かりやすく整理した。

施工段階では本モデルに切羽観察モデルを統合することにより最終的な地質情報を三次元的に捉えることが可能となり、その後の維持管理段階においても活用可能となる。また、施工時前方探査結果との相違により補助工法の妥当性検証(図6)や要否判定に活用可能である。

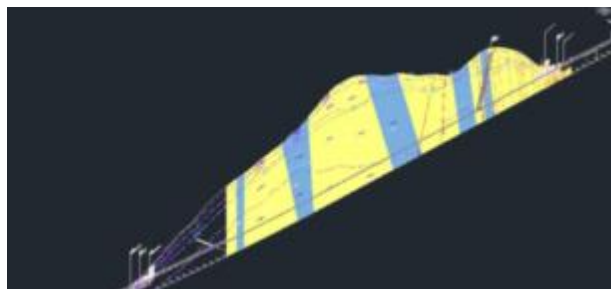


図5 地質・土工モデル(準三次元)

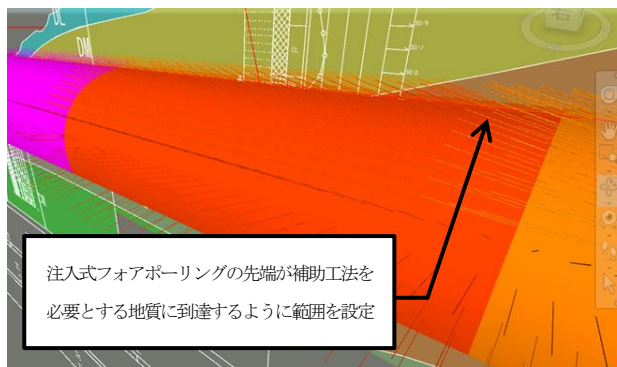


図6 補助工法範囲の妥当性検証

4) 用地幅杭のモデル化

土工部や坑口付近の用地範囲をモデル化。路線全体の用地範囲をモデル化することにより、重要な施工条件を可視化し、手戻りを防止することができる(図7)。

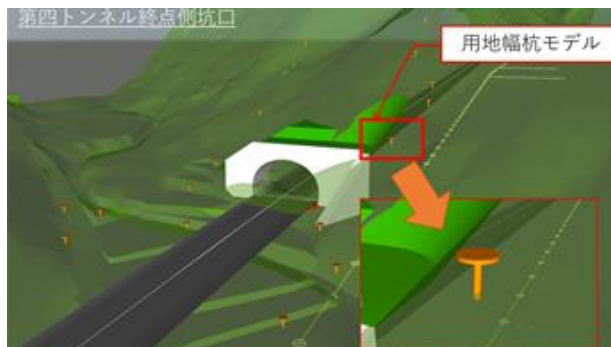


図7 用地幅杭のモデル

5) 坑口近傍のモデル化

各トンネル坑口部について支持部(置換基礎や地盤改良)も含めてモデル化(図8)。

トンネルの坑口は何れの坑口も支持層が深く比較的規模の大きい置換基礎や地盤改良が必要となる。本箇所を三次元化することにより、深度、必要範囲等を可視化。施工段階において、地形図と実際の地形とのズレ、設計時想定支持層線とのズレなど坑門工形状の精査に活用可能である(図9)。

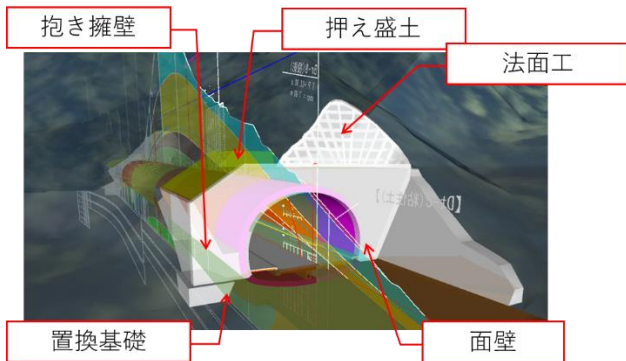


図8 坑口近傍のモデル1)

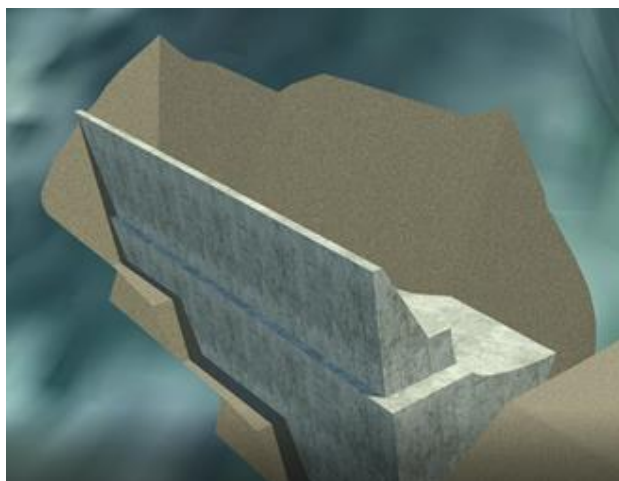


図9 坑口近傍のモデル2)

6) 小土被り部のモデル化

小土被り部地形とトンネルとの三次元的な位置関係を可視化(図10)。三次元モデルを構築することで、小土被り部の確認が必要となる箇所の抽出や、本モデルから二次元切り取りによる図面作成や確認が可能である(図11)。

7) 全体工事工程を BIM/CIM モデルにより表現

事業工程を踏まえた路線全体の事業ステップをモデル化。路線全体の事業ステップをモデルで表現し、設計条件(前提とする施工条件等)や設計意図(周辺環境への影響、施工時の留意点等)を施工者に伝達し、関係者協議等の後工程で活用を図る(図12)。

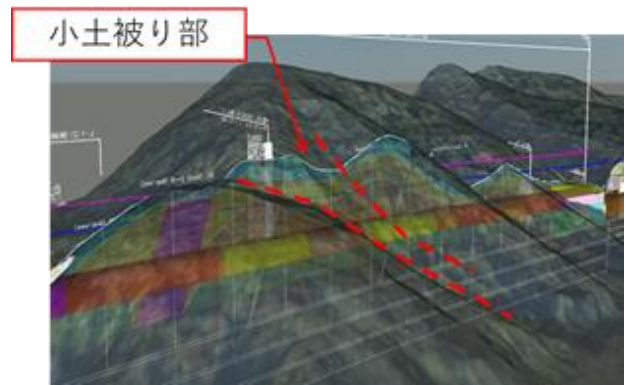


図10 少土被り部のモデル1)

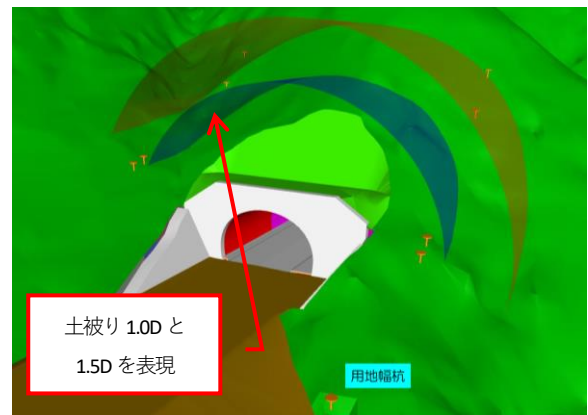


図11 少土被り部のモデル2)

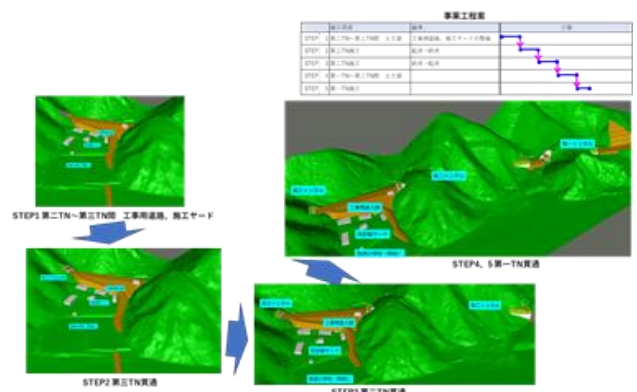


図12 全体工事工程

8) 走行シミュレート動画の作成

国道8号敦賀防災全線を走行するシミュレート動画を作成し、完成時のイメージを施工者に伝達可能である。また、PR動画としての活用を図る(図13)。

9) 敦賀防災における独自の取り組み

今回独自の取り組みをおこなったのは、1) 路線全体の統合モデル作成、5) 用地幅杭のモデル化、6) 小土被り部のモデル化の3項目である。特に用地境界については、施工時に民地境界を侵さないよう細心の注意

が必要となることを踏まえ、モデル化を行い一目で分かるように配慮した。設計担当者だけではなく、設計から施工、維持管理まで一連で情報を共有できるものとなった。

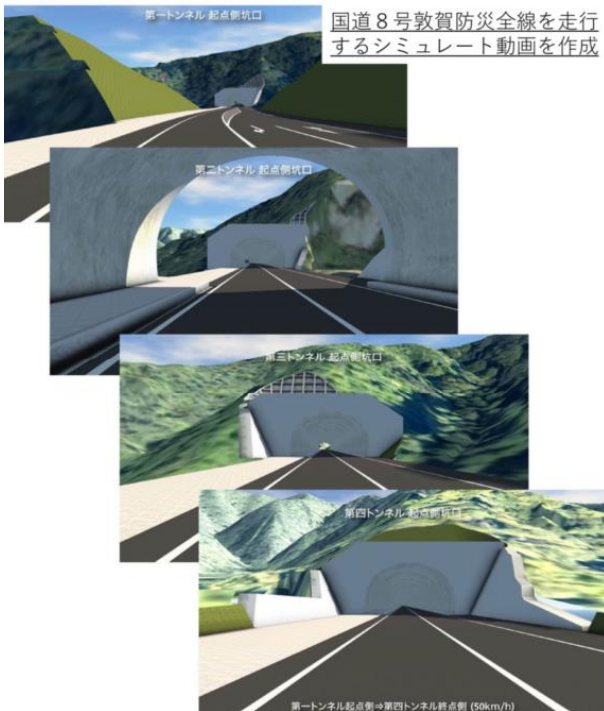


図13 走行シミュレート

4. BIM/CIM 活用の課題

今回の詳細設計では詳細度(表1) 300~400としモデル化を行った(表2)。CIMを用いた鉄筋干渉照査には、詳細度400以上のCIMモデルが必要であり、CIMモデルの作成に多大な労力を要する。

敦賀防災ではトンネル詳細設計を対象にCIMモデル対応としていることから、トンネル線形を境界面として地質縦断図を用いた準三次モデルとして地質をモデル化し反映させ、明かり部の土工区間のみを反映させて路線全体の統合モデルの作成を行っている。

地元説明会用のCG作成や景観検討時には少ない労力で資料作成が行える一方、明かり区間では施工に必要なCIMモデル化まではされていないのが現状である。

施工時のCIMモデルの活用としては、支保構造のモデル化と属性情報付与や坑口近傍のモデル化を行っており、CIMを活かした調査や検討・施工がスムーズに行われることを期待するが、一連で活用できるように工夫が必要である。コンクリート打設日のような属性情報を書き込んでいくのは可能であるが、CIMモデルの特徴である付与された属性データに関して更なる活用の余地があると考えられる。

表2 敦賀防災CIMモデルの詳細度

実施内容	詳細度
1)路線全体の統合モデル作成	300
2)支保構造のモデル化と属性情報付与	300~400
3)地質縦断図のモデル化	300
4)坑口近傍のモデル化	300~400
5)用地幅杭のモデル化	300
6)小土被り部のモデル化	300
7)全体工事工程をBIM/CIMモデルにより表現	300

5. 今後の有効活用方策

BIM/CIMモデルの今後の更なる有効活用方策として、施工時における出来方管理への活用、施工情報の一元管理、維持管理段階におけるプラットフォームとしての活用が考えられる。

施工管理としては、レーザースキャナーを用いた出来方管理への活用である。面的な管理や任意断面の出来方確認が可能となることや、トンネル切羽などの高さ計測に必要な高所作業車等が不要となり、計測作業が効率化、安全性も向上すると考えられる。施工情報の一元管理では、設計時の地質情報やトンネル掘削部の切羽状況、および計測結果を三次元的に可視化し、一元管理することで、トンネル施工状況を見える化が出来ると考えられる。

また維持管理においては、プラットフォームとしての活用が考えられ、三次元モデルに紐付けてデータ管理(一元管理)することでデータを探す負担を軽減(効率化)。日常管理、災害対応、雪害対応、清掃・植栽、道路の点検・修繕などのあらゆる分野で今後活用が可能であると考えられる。

6. まとめ

5章までを総括すると、CIMを日常業務や施工中・供用後の維持管理で一層活用するためには、常にデータ更新、情報の共有が必要であると考えられる。また、絶えず変化するデジタル技術をしっかりと捉えて情報の収集・分析することが必要であると考えられる。

謝辞: 本稿の執筆に本論文を作成するにあたり、多大なるご協力をいただきました関係者の方々に深くお礼申し上げます。

参考文献

- 1)敦賀防災事業パンフレット【事業の概要】