

山岳トンネルにおけるCIMシステムの開発と適用

浅野 文典¹・永見 晃之²・杉浦 伸哉³・岩本 俊一⁴・柏原 宏輔⁵

^{1,4,5}正会員 株式会社大林組 見草トンネル工事事務所（〒649-2326 和歌山県西牟婁郡白浜町椿 1061-8）
E-mail: asano.fuminori@obayashi.co.jp, iwamoto.shunichi@obayashi.co.jp, kashihara.kosuke@obayashi.co.jp,

²国土交通省 近畿地方整備局（〒649-2104 和歌山県西牟婁郡上富田町岩崎字蓮ヶ池245-12）
E-mail: nagami-t87kf@kkr.mlit.go.jp

³正会員 株式会社大林組 土木本部（〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティーB棟）
E-mail: sugiura.shinya@obayashi.co.jp

CIM（Construction Information Modeling）は「建設分野において，3次元モデルを共有・活用させることにより，建設に関わるトータルコストを削減すること」を目的とし，国土交通省を中心に，平成24年度から本格的な取り組みが行われている．見草トンネルは工事着手時から施工CIMを採用した全国初のプロジェクトである．見草トンネルでは，地形・地質データを再現した3次元モデルに切羽観察・覆工品質管理データなどの施工情報を組み込み，一元管理できる統合モデルを作成した．

Key Words : Construction Information Model, 3-dimensional model, Information on face observation and measurement, Quality management, Maintenance in service

1. はじめに

国土交通省では，「建設分野において，3次元モデルを共有・活用させることにより，建設に関わるトータルコストを削減すること」を目的としてCIM（Construction Information Modeling）の取り組みを本格化している．

平成24年4月に開催されたJACICセミナーにおいて，国土交通省の佐藤直良技監（当時）が「CIMノススメ」と題した基調講演を行い，建設産業の生産性向上のためにはCIMの活用が不可欠であると提唱された．これは，建築分野ですでに広まっているBIM（Building Information Modeling）を土木分野でも積極的に活用し，3次元モデルを共有しながら，さまざまなICT技術を利用して計画，設計，施工，維持管理を進めていく方法を推奨したものである（図-1）．この講演を契機として，土木工事における3次元モデルの本格的な活用が検討されはじめた．

CIMは，平成24年7月に国土交通省主導による第1回検討会が開催されて以降，日本建設業連合会をはじめとする建設業に関わる11の関係団体がそれぞれワーキンググループを開催し，今後に向けた技術的な検討方針，具体の技術開発項目，今後のモデル事業や採用基準に関する提案について取りまとめている．平成24年度下期には，モデル工事において設計段階および施工段階での試行が

開始された．平成25年度からは，新設工事の入札における技術提案課題にCIMの活用が盛り込まれる案件も出始めており，CIMは土木部門において，急速に発展している分野である．

見草トンネルは，工事着手段階から当社が提案し，CIMを施工に導入したトンネル工事として，全国初のプロジェクトである．本文では，当工事での取組内容および今後の展望を述べる．

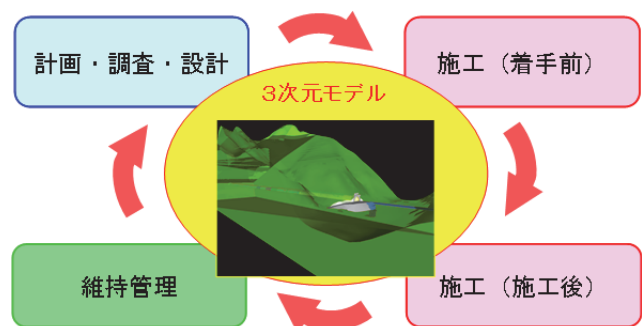


図-1 CIMの概念

表-1 工事概要

項目	内容
工事名称	近畿自動車道紀勢線見草トンネル工事
発注者	国土交通省近畿地方整備局
施工場所	和歌山県西牟婁郡白浜町富田地先～樁地先
工期	平成24年3月～平成27年2月
工事内容	道路トンネル
主要工種	トンネル工（発破工法）、残土処理、 橋台下部工
数量	トンネル延長L=2380m、残土処理 179,900m3、 橋台工 1基



図-2 現場位置図

2. 工事概要

工事概要、現場位置図をそれぞれ表-1、図-2に示す。
見草トンネルは近畿自動車道紀勢線工事で建設される紀伊田辺～すさみ間のトンネル工事の中で、4番目に長い長大トンネルである。

3. トンネル工事における課題とCIMの導入

(1) トンネル工事における特徴と課題

トンネル工事では、一般的な構造物とは異なり、地中深くの線状構造物であるという特徴から、事前の調査だけで、最適な設計を行うことは技術的、経済的に限界がある。そのため、必ずしも発注時の設計が最適であるとは限らず、実際の施工により得られる情報を、迅速に設計、施工方法に反映させることが重要となる。

従来よりトンネル工事では、地質平面図、縦断図、標準断面図、支保パターン図などの2次元図面や、内空変位等の計測データ、切羽の岩質、亀裂面の間隔・頻度などを記録した切羽観察などの情報を元に施工を進めている。この際には、前方の切羽状況を適切に予測し、発注

表-2 使用ソフト一覧

製品名	内容	備考
① AutoCAD Civil 3D	土木向けの設計機能が付与された3次元モデルを作成するソフトウェア	
② 3次元土木地質CAD GEORAMA	既存の地質平面図・断面図などの断片的なデータを基に3次元地盤モデルを作成するためのソフトウェア	①にアドオン
③ Autodesk Navisworks	複数の異なるCADで作成された3次元モデルを統合し、見るためのソフトウェア	
④ Navis+	Excel等で作成された属性を関連づけて、Navisworks上で属性管理をするためのソフトウェア	③にアドオン

3次元モデル構築フロー

STEP1 地形、地質情報のモデル化



STEP2 トンネル線形・断面形状のモデル化



STEP3 モデルへの施工情報の取り込み

- 切羽觀察情報
- 計測管理情報
- 覆工品質管理情報

図-3 3次元モデル構築フロー

者の同意を得た上で補助工法の採用や支保パターンの変更を行うことが特に重要であるが、切羽状況の予測は、現場技術者の技量に大きく左右されること、発注者と立体的なイメージを上手く共有できないことなどがあり、手待ち、手戻りとなるケースがあった。なお、切羽状況の予測が現場技術者の技量に左右される一因には、トンネル掘削のための調査において、データ評価の手法や表現が大きく異なり、統一して判断するためのツールがなかったことが挙げられる。

さらにトンネル供用開始後にトラブルが発生した場合は、膨大な施工記録の中から、原因を特定するための資料を探し出すことが必要となるが、施工時の情報を維持管理業務に引き継げておらず、資料の探索が困難場合も多かった。

このように発注者と施工者、管理者で情報の共有や連携に関して問題があった。

(2) CIMの導入

以上の課題を解決し、効率的にトンネル工事を施工するため、CIMを導入し、地質情報や施工情報等を一元管理するモデルを構築した。図-3に3次元モデル構築のフローを示す。STEP1、STEP2で施工前データから3次元



図-4 坑口部の3次元化

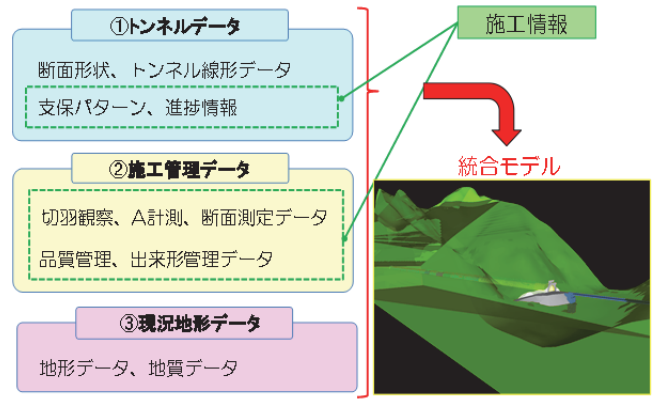


図-6 統合モデルの概要

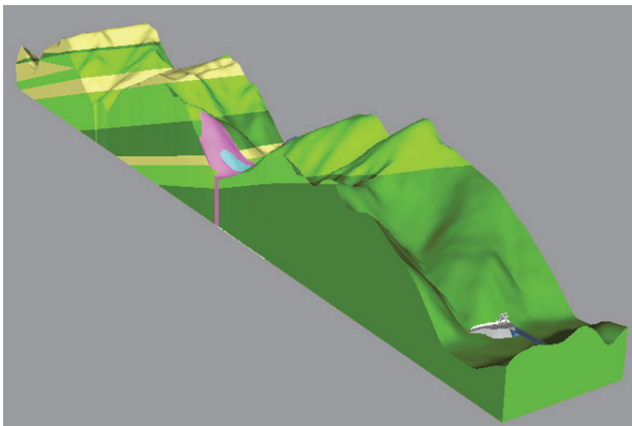


図-5 地形・地質データ，設計データのモデル化



図-7 施工情報の取込み（切羽観察）

モデルを作成し，STEP3で施工中に得られるデータをモデルに取込む。

4. 当工事におけるCIMの取組み

(1) CIMに用いるCADソフト，解析ソフト

CIMの導入にあたって，建築用BIMソフトに導入され，最も汎用的な表-2のソフトウェアを利用した。

(2) 地形・地質データ，設計データのモデル化（施工前データ）

今回，設計段階では3次元データがなかったため，地形・地質データの作成から進める必要があった。そこでまず，周辺地形のモデル化を行った。3次元土木地質CADソフトであるGEORAMAを使用し，国土地理院から公開されている5mメッシュの標高データを用いることで，省力化を図った。また，坑口部付近は，盛土，橋台等の取合い部となる。そのため，より詳細なデータを得るため，現況測量として3次元スキャナにより坑口の形状を計測し，盛土図面と重ね合わせることで，坑口部のモデル化を行った（図-4）。

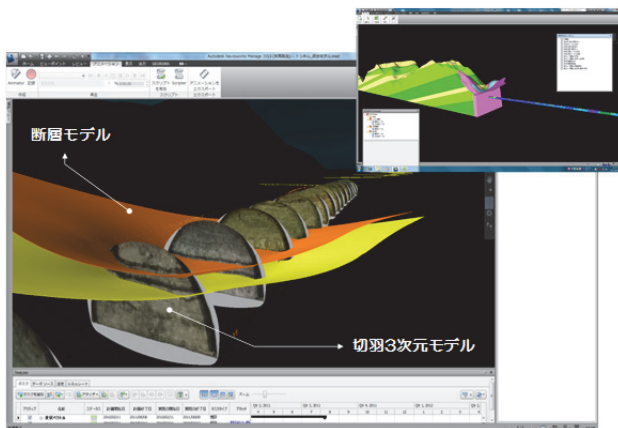
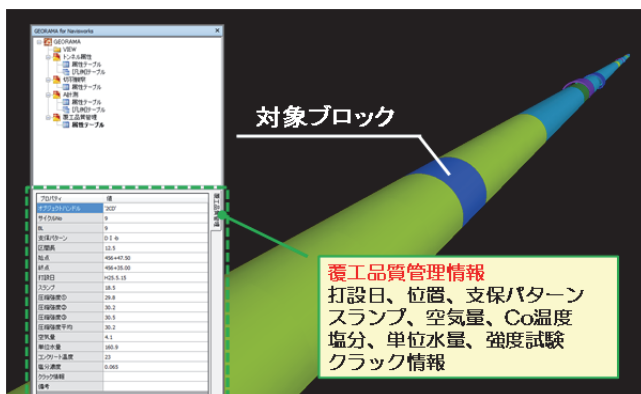
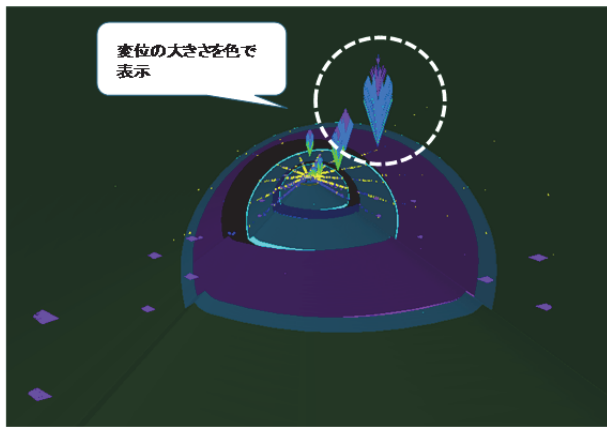
次にトンネル線形，断面形状といった設計データを

AutoCAD Civil 3Dを使用し，地形・地質データに取り込み，工事着手前のトンネル3次元モデルを作成した（図-5）。これにより，従来縦断面図，平面図，標準断面図等で表現される設計情報を3次元モデルの中で一元化することで，近接構造物の懸念がある部分や低土かぶり部，偏圧が生じる部分の関係性がわかりやすく，より具体的な計画ができる。

(3) 3次元モデルへの施工情報の取込み

統合モデルの概要を図-6に示す。施工情報として，実際に掘削した時の切羽観察の記録や施工した支保パターン，施工後の計測データがあり，これらを次サイクル以降の施工に反映させることで，最適な施工を行う。これらの施工情報を3次元モデルに取込むことで，設計情報と併せて，一つのモデル上で管理する。

切羽観察は，画像データを統合モデルで閲覧可能にし，観察記録（日時，測点，切羽評価点，湧水などのデータ）をCSVファイルに入力するだけで，画像データに紐付けして表現可能とした（図-7）。連続した切羽画像により，前方の断層などの予測・評価につながり，施工後には地山不良箇所や，湧水が多かった場所などが判断しやすくなった。



計測データは、管理レベルにより色分けすることで、地山の挙動を可視化した(図-8)。また、切羽観察と同様に、通常行われる計測結果をCSV出力し、モデルに組み込んでいるため、運用に伴う負担は大きくない。

次に覆工コンクリートの品質管理データの一例を示す(図-9)。各ブロックの打設管理状況と上述した地質状況を1つのモデル上で管理することで、供用開始後の維持管理に向けた運用も可能になると考えられる。

計測・覆工品質管理モデルは、施工情報を迅速・簡単に閲覧可能になるよう、CSVデータを直接読込むシステ

ムとし、業務の効率化、生産性向上に寄与できた。これは、当社が使用したソフト「Navis+」の大きな特徴である。

5. CIM活用の成果と今後の取組み

今回取り組んだCIM活用の成果と今後の課題，取組みを以下に述べる．

- ・地形・地質データ，設計データのモデル化により，地表面の低土被り部とトンネル位置との関係がわかりやすくなった．また，一般公開データを用いることで，モデル化を省力化できた．
- ・切羽状態，計測データ，品質管理データのモデル化により，断層，亀裂面の方向が表現でき，次サイクル以降の地山の状況が判断しやすい（図-10）．
- ・計測データに関して，管理レベルを色分けすることで，地山の挙動を可視化した（図-8）．
- ・覆工品質管理データをモデルに組み込むことで今後の維持管理へ向けた連携強化に繋がる．

施工段階においては、CIMにより情報を可視化し、イメージを共有化することで、実際の岩判定などの設計変更協議にも役立ち、支保パターンの選定や補助工法の可否等を迅速に決定することができた。

他工種におけるCIMは、施工時や施工後の状況を机上で検討するために活用されるが、トンネル工事のCIMは、施工時の情報を取込み、モデルが成長していく特徴がある。今後の取組みとして、前方探査、設計時のボーリングデータなど、施工情報を選定、追加を検討している。

6. 維持管理に向けた取組み

国土交通省ではCIMの取組みの中で、施工と維持管理との連携は、今後のストック型社会への転換に向けた社会資本整備（アセットマネジメント）において、非常に

重要になってくる。従来の工事では、供用開始後にトラブルが発生した場合、膨大な施工記録の中から、原因を特定するための資料を探し出すことが必要となるが、施工時の情報を維持管理業務に引き継げておらず、資料の探索が困難な場合も多かった。当工事において構築した統合モデルは、切羽観察情報、覆工品質管理情報を組込んでおり、劣化予測、評価が行いやすく、より計画的な維持管理が行えると考えられる。

上記の具体的な取組みの一例として、工事完了後に作成する通常の日視によるクラック台帳に替わり、覆工面の画像を高精度な3次元スキャナで取得できる走行型3次元レーザースキャナを活用したひびわれの計測を計画している（写真-1）。得られたひびわれデータを統合モデルに組み込むことで、維持管理の効率化、高度化が可能になる（図-11）。

また、当工事付近において、隣接工事が計画されており、今回のモデルは、地山情報、計測情報、支保パターンなどの記録を一元管理しているため、新規工事の計画・調査、設計、施工、維持管理に向けて非常に有効な情報となる。

7. おわりに

今回のCIMの取組みはトンネル工事についてはまだ前例がなく、ゼロからのスタートで手探りの状態であったが、試行錯誤を繰り返した結果、トンネルの統合モデルを構築し、業務の効率化に繋げることができた。今後は維持管理のためのデータの取込み、引継ぎなどについて

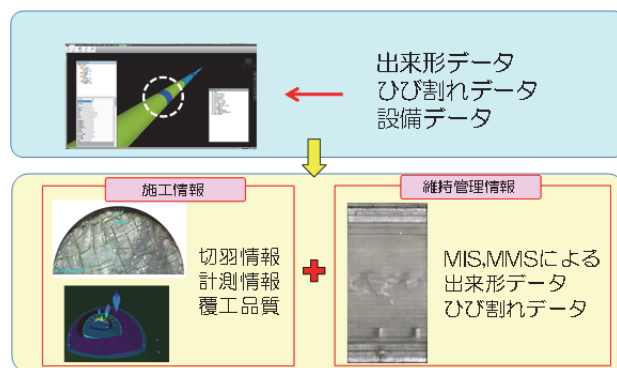


図-11 維持管理への統合モデルの組み込み（案）

検討を行い、維持管理時のCIMの活用方法を検討していきたい。

また、CIMの導入は、追加の費用が発生するため、

(1) 設計、施工時の合意形成の迅速化

(2) 効率的、計画的な維持管理

などの効果を数値化することで、経済性を検討し、CIMの導入を判断することが重要である。

国土交通省がCIMを提唱してから2年以上が経過し、計画・調査、設計、施工、維持管理の各段階で各社が独自の取組みを行っている。今後、CIMの取組みが本格化することは明らかであり、CIMモデルを有効活用するためにも、組織、立場間で単に情報を受け渡しするのではなく、組織、立場を超えた情報共有が大切である。本論文が、今後のCIMの取組みの参考になれば幸いである。

(2014. 9. 15 受付)

DEVELOPMENT AND APPLICATION OF CIM TO TUNNEL CONSTRUCTION

Fuminori ASANO, Teruyuki NAGAMI, Shinya SUGIURA,
Shunichi IWAMOTO and Kosuke KASHIHARA

In Japan, with a goal of “reduction of total cost on construction by sharing and utilizing 3-dimensional model in construction industry”, introduction of CIM (Construction Information Modeling) to construction field proceeds at a rapid pace. Mikusa Tunnel is a road tunnel of 2,380m length in Kinki Expressway Kisei-Route. In Mikusa Tunnel, CIM model building in tunnel construction has been addressed first in Japan. In this paper, specific case examples of efforts during CIM model building will be discussed.