

見草トンネルにおけるCIMの取組みについて

柏原 宏輔¹・岩本 俊一²

¹㈱大林組大阪本店 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)

²㈱大林組大阪本店 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)

CIM (Constraction 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縮減すること」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。

キーワード 施工CIM、情報共有、維持管理

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縮減すること」を目的として CIM (Construction Information Modeling) の取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。

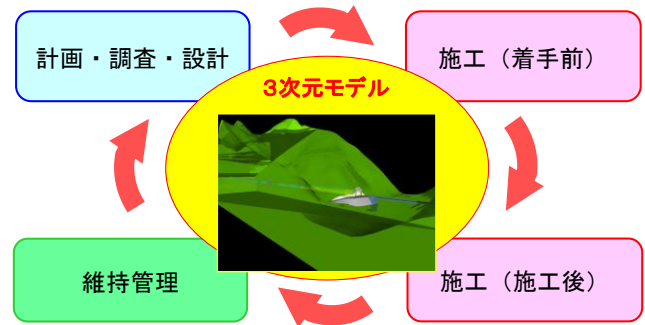


図-1 CIM の概念

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。

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 179,900m ³ 、橋台工 1基

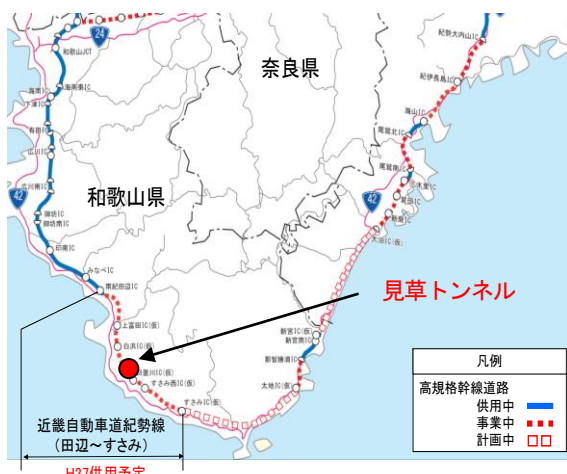


図-2 現場位置図

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課題

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・傾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いでおらず、資料の探索が困難な場合

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、以下に示す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。

- ① 地形・地質データ、設計データ(トンネル線形・断面形状)のモデル化(施工前データ) 【4.(2)】
- ② 3次元モデルへの属性情報の取込み(施工中データ) 【4.(3)】
- ③ 供用後の維持管理に向けたひび割れデータ等のモデル化(施工後データ) 【5】

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の導入に当たって、建築用BIMソフトに採用され、最も汎用的な表-2のソフトウェアを利用した。

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上で属性管理するためのソフトウェア	③にアドオン

(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、設計段階では設計者によりCIMが導入されていなかったため、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、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-3)。また、周辺地形のモデル化は、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。

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-4)。



図3 坑口部の3次元化

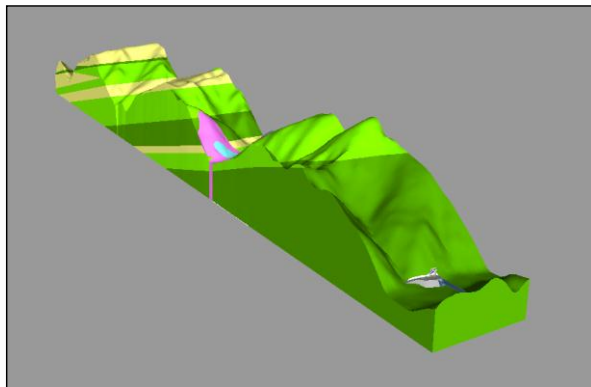


図4 地形・地質データ、設計データのモデル化

(3) 3次元モデルへの施工情報の取込み (施工中データ)

統合モデルの概要を図5に示す。施工情報のうち、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、ひとつのモデル上で表現可能とした(図6)。また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。

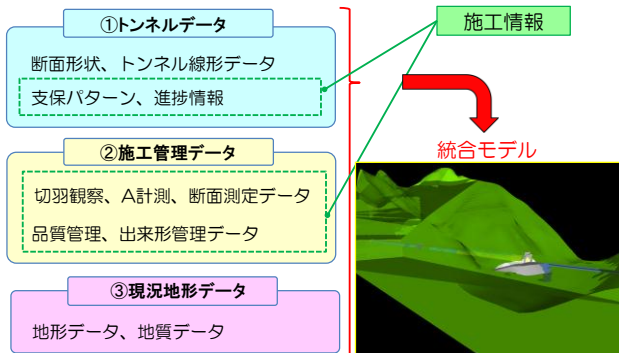


図5 統合モデルの概要



図6 施工情報の取込み (切羽観察)

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7)。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。

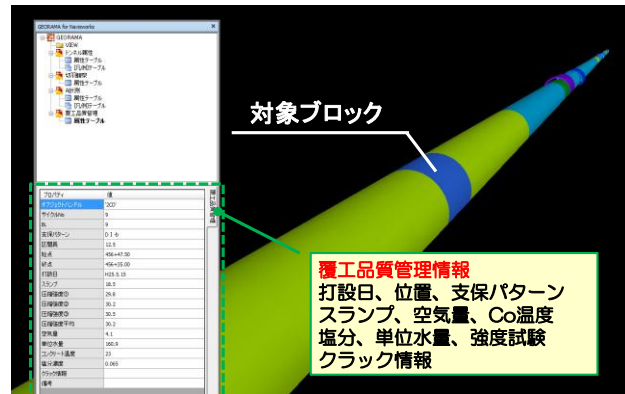


図7 施工情報の取込み (覆工コンクリート)

(4) CIM活用の成果と今後の課題

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。

CIMによる成果

- ①地形・地質データ、設計データのモデル化
 - ・ 地表面の低土被り部とトンネル位置との関係が明確になり、分かりやすい
 - ・ 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
- ②切羽状態、計測データ、品質管理データのモデル化
 - ・ 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8)
 - ・ 計測データに関して、管理レベルを色分けすることで、異常・変状などが判断しやすい(図9)
 - ・ 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

今後の課題、取組み

- ・ 追加する施工情報の選定
→前方探査（トンネルナビ）、設計時のボーリングデータなどを検討している
- ・ 3次元スキャナによる覆工巻厚のモデル化
- ・ グラフィック表現の高度化

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、支保パターンを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。

当工事では表-2に記載したNavis+というアドオンソフトを利用したが、本ソフトは施工情報をCSVファイルとして取り込む際に、非常に有効であった。

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計測システムから自動で取り込めるシステムとし、業務の効率化、生産性向上に寄与できた。

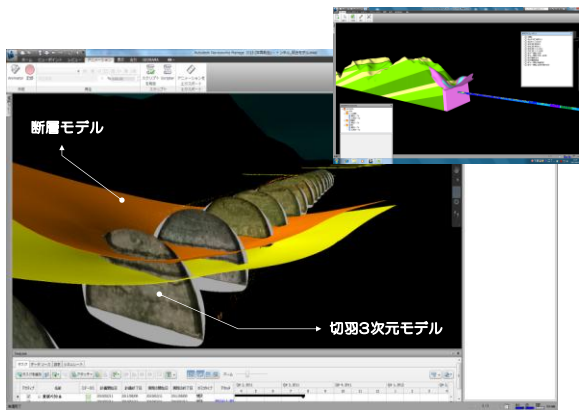


図-8 切羽情報

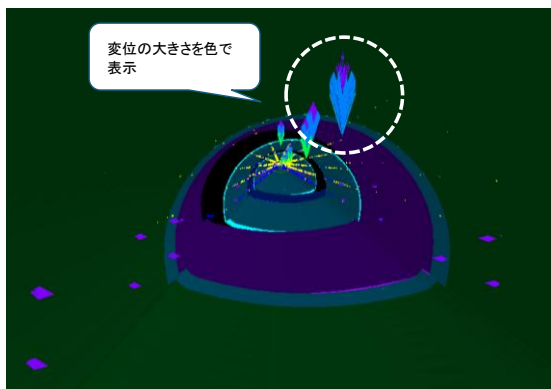


図-9 内空変位情報

5. 維持管理へ向けた取組み

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いでおらず、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割れの計測を計画している（写真-1）。得られたひび割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-10）。

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。



写真-1 MIMMによる計測状況（参考）

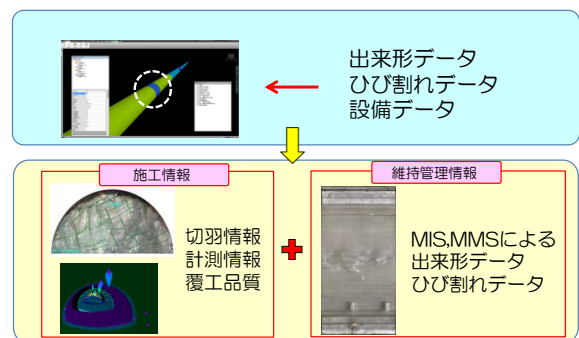


図-10 維持管理への統合モデルの組み込み（案）

6. iPadを用いた新たな取組み

当工事ではCIM活用に関して、モバイル端末であるiPadを利用し3次元モデルの運用を行っている。iPadを利用した主な取組み内容を以下に述べる。

(1) 3次元モデルの閲覧・管理

iPad内のアプリでトンネルの3次元モデルを閲覧可能にした(写真-2)。これにより、例えばトンネル断面と地表面の取合いを正確に把握することができ、現場での施工計画・施工管理、また発注機関との協議などに有効活用できた。この運用には一般公開されているBIM360というアプリを利用した。

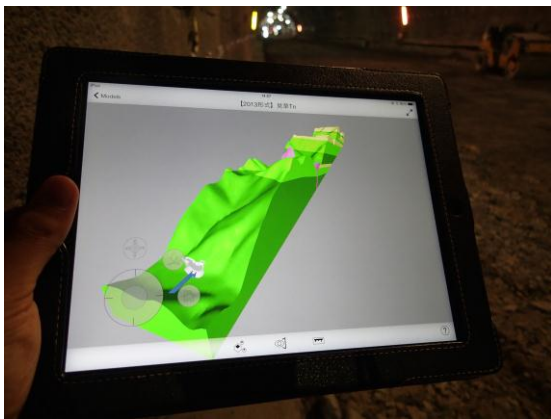


写真-2 iPadによる操作画面

(2) 山岳トンネルモニタリングシステム

㈱大林組ではトンネル工事において、地山の挙動を把握するための計測データ、進捗状況をiPadにて監視できるシステムを独自に開発した。現場での計測結果、進捗状況をインターネット回線を利用して、リアルタイムに把握することで、適切な支保パターンの選定などを迅速、タイムリーに進めることができた。

また、坑内の状況はWEBカメラと連携して、iPad内でいつでも閲覧可能である(写真-3)。



写真-3 モニタリングシステム画面

(3) デマンド監視システム

トンネル工事では、大型機械や仮設備の稼働により電気使用量が大きくなる。そこで、トンネル内に現場全体の使用電力量を「見える化」できるデマンド表示計を設置した(写真-4)。また設定した使用電力量を超過すると、担当者にアラートメールを受信する設定とした。これにより契約値を超える前に、電気使用量を抑制することが可能である。

さらにiPad上で閲覧可能となるアプリを開発し、日々刻々と変化する電力需要を把握することができるシステムとした(写真-5)。

使用電力を「見える化」することで、専門知識がなくても現場の電気使用状況が確認でき、電気使用量削減による環境負荷の低減にも貢献できる。



写真-4 デマンド表示計設置状況



写真-5 デマンド表示画面 (iPad)

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。

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事は明らかであり、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。本報文が、今後のCIMの取組みの参考になれば幸いである。