

トンネルCIM活用による施工情報の一元管理について

北村 勇人

近畿地方整備局 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)

トンネルCIMを取り巻く環境を踏まえ、現在運用中のトンネルCIMの一例について、荒島第1トンネル下唯野地区工事における、現場での活用状況を紹介します。今回活用するシステムは山岳トンネル版「地質情報CIM管理システム」である。その活用状況から、3次元モデル化への課題やトンネルCIMの今後の展望について述べるものである。

キーワード トンネルCIM, 3次元モデル, 山岳トンネル

1. トンネルCIMの概要

国土交通省では、建設現場の生産性向上を図るi-Constructionの取組において、これまで3次元モデルを活用し社会資本の整備、管理を行うCIMを導入することで受発注者双方の業務効率化・高度化を推進してきた。

このような動向のなか、CIMについては、2016年8月の「CIM導入ガイドライン(素案)」発出以降、2017年3月、2018年3月の改訂を経て、2019年5月にさらなる改訂が加えられたところである。本ガイドラインにおいては、「CIMの導入・実施状況を通じて、更なるCIMの効果的な活用方策の検討を行うとともに、実運用上の課題に対して、必要な取り組み・対策検討や、その対応策を踏まえた内容改訂を随時行っていく」とされており、今後も実情に応じて内容の拡充が図られているところである。

本ガイドラインにおいて、トンネルCIMについては、

「山岳トンネル構造物を対象にCIMの考え方をを用いて調査・設計段階でCIMモデルを作成すること、作成されたCIMモデルを施工時に活用すること、更には調査・設計・施工のCIMモデルを維持管理に活用する際に適用する。」と記載されている。しかし、現時点では、調査・設計においてCIMモデルの作成が導入され始められているものの、現在稼働中の工事において、調査・設計段階で作成されたモデルを施工時に活用するには至っておらず、現存するCIMモデルは、施工会社が技術提案内容等に基づき、各社の仕様に応じた様々なシステムにて運用されている状況である。

本稿では、このような状況にあるトンネルCIMの一例について述べる。

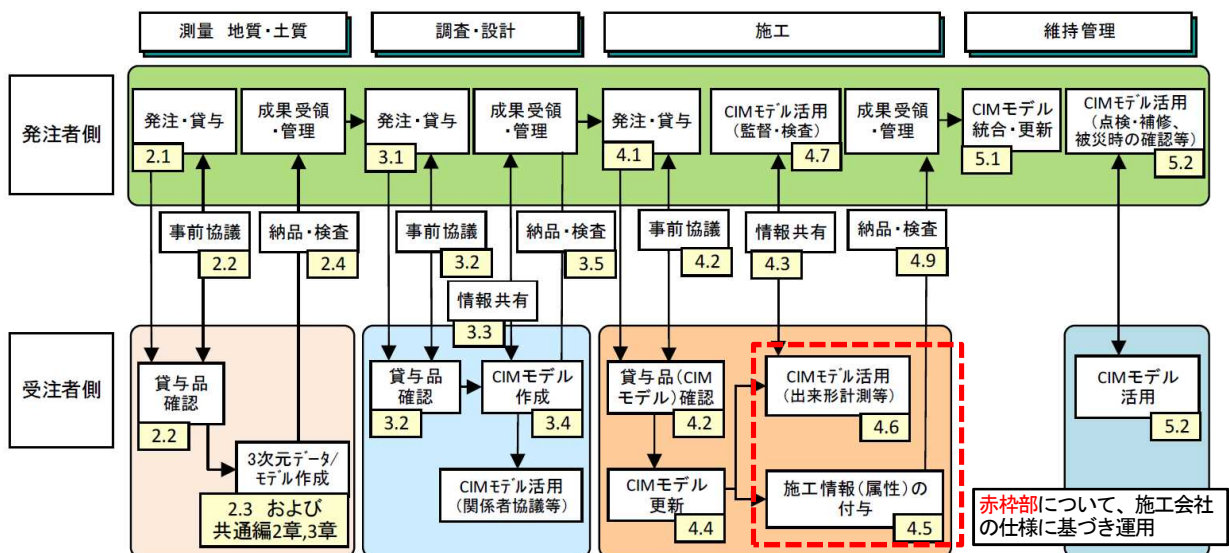


図-1 CIMモデルの作成・活用の流れ「CIMの導入ガイドライン(案) 令和元年5月」に一部加筆

2. トンネル現場におけるCIMの有用性

トンネルの建設に際しては、計画地点における地質状況を詳細に把握し、その状況に応じて最適な設計および施工を実施することが重要となる。これに対して、調査・設計段階において、地質調査や物理探査などを実施することにより、計画地点を構成する地質の分布状況や工学的特性を評価し、その結果をもとにトンネル支保などの設計が行われる。しかし、この調査・設計段階において、種々の検討にかかる費用に限度があると同時に、上述した地質調査や物理探査の精度自体に限界があるため、この段階で広範にわたり詳細な地質状況を把握することは困難となる。これに対して、施工段階においては、実際のトンネル切羽において、地質状況を直接、詳細に確認し、事前に想定されていた状況と実際の状況との差異を評価する。そして、その状況によっては、逐次、追加対策工の検討など、施工計画や設計を見直すことが重要となる。このような状況のなか、トンネルCIMは以下のような状況で有用と考えられる。

- ・調査・設計段階時に、事前調査で想定された地質状況を3次元モデル上に表現し、地山不良箇所などの分布状況を詳細に確認したうえで施工計画に反映するとともに、施工状況に応じた具体的な対策工が検討できる。
- ・トンネル切羽の観察記録などを3次元モデル内に取り込むことにより、施工実績整理の高度化を図るとともに、事前調査と実際の状況との差異の確認、その状況に応じた施工計画や設計の変更などの検討ができる。

3. 施工現場での活用事例

(1) 荒島第1トンネル下唯野地区工事 工事概要

当工事は、大野油坂道路のうち、大野東・和泉区間(延長 14.0km)内、大野市下唯野地先から西勝原地先に計画された荒島第1トンネル(延長 2,561m)の、起点側1,569mにおける山岳トンネルを構築するものである。2019年5月末時点で、坑口から1,196mの掘削が完了している。

【工事名】 荒島第1トンネル下唯野地区工事

【工期】 2016年10月～2020年3月

【施工者】 株式会社 安藤・間 大阪支店

【工事内容】

トンネル掘削工 L=1,569m

(NAIM工法, 発破掘削, 代表断面積 A=94 m²)

覆工コンクリート・防水工 L=1,568.1m

残土処理工, 坑門工, 法面工 各1式

(2) 技術提案内容

当工事の技術提案「トンネル中間部の破砕帯の位置及び性状把握のための工夫」に基づき、以下の内容にて、

トンネルCIMの取り組みが行われている。



図-2 工事位置図

【提案タイトル】

山岳トンネル版「地質情報 CIM 管理システム」による施工情報の一元管理

【提案の目的】

掘削時、および前方探査等の実施時に得られる各種の情報を一元管理することにより、地質変化の傾向を把握し、破砕帯部の施工にフィードバックする。

【提案の目的】

山岳トンネル版「地質情報 CIM 管理システム」(NETIS:KK-110010-A)により、施工開始前に、地形、既往の地質データ、トンネル線形・構造データをもとに3次元モデルを構築する。掘削時には、切羽観察記録、実績支保パターン、坑内変位計測結果、前方探査等の結果で得られる各種計測・探査結果等の情報を一元管理する。3次元モデルは、本社の技術部門とリアルタイムに共有する。竣工時には、構築した3次元モデルをビューア形式で監督職員に提出する。

(3) システムの概要

当システムは、既往の3次元地質描画ソフト(ジーエスアイ社製)をベースに改良を加え、施工開始前に3次元モデルを構築したうえで、施工時に上述の切羽観察記録、前方探査結果や覆工コンクリートの品質記録などを一元管理できるように開発した。

(4) 3次元モデルの構築

3次元モデルの構築は、施工開始前に、既往の2次元CAD図面からトンネル線形の座標を拾って、3次元モデ

ルとして表現するとともに、既往の2次元地質縦断図と地形を所定の位置に3次元表示した。地表面の凹凸は、地形のコンターのデータをもとに構築した。構築した3次元モデルを図-3に示す。

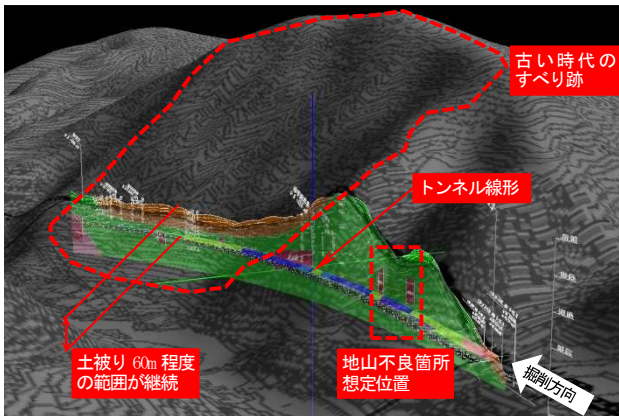


図-3 荒島第1トンネル下唯野地区工事 3次元モデル

線形が曲線を呈している当トンネルにおいては、3次元化することにより、断層などの地山不良部や低土被り部等の地形とトンネル掘削部との関係を詳細に把握することが出来、以下のような点が明らかとなった。これらを施工の際の留意事項として施工計画に反映した。

- ・トンネル直上の地表は、スプーンでえぐりといったような地形である。これは、古い時代のすべり跡(今は動いていない)と考えられ、トンネルはこの地形に沿った形で計画されている。
- ・2次元の平面図、縦断図でも、計画路線が荒島岳外輪山の山裾に位置することは、ある程度把握することができるが、3次元モデルで見ることによって、土被りがおおむね60m程度と比較的低位被りで、掘削が進行しても一向に大きくなることはないことが容易に把握できる。低位被り部では風化の影響を受けやすい。そのため、風化の影響範囲が長く続くものと考えられる。

(4)切羽写真および観察記録

a)切羽写真

トンネル切羽の位置情報に応じて、切羽写真を3次元モデル内に配置することで、既掘削部の地質状況を俯瞰できるため、トンネル掘削の進捗に伴う地質状況の変化を連続的に把握することができる(図-4)。

b)切羽観察記録

EXCEL など既往のファイル形式で作成した切羽観察記録を、所要のフォルダに保存し、当該フォルダを本システム内の位置情報に紐付けすることで、本システム内から直接閲覧することができる(図-5)。

c)切羽評価点

連続的な推移の把握が必要な切羽評価点は、3次元モデルのトンネル線形下に表示している(図-6)。

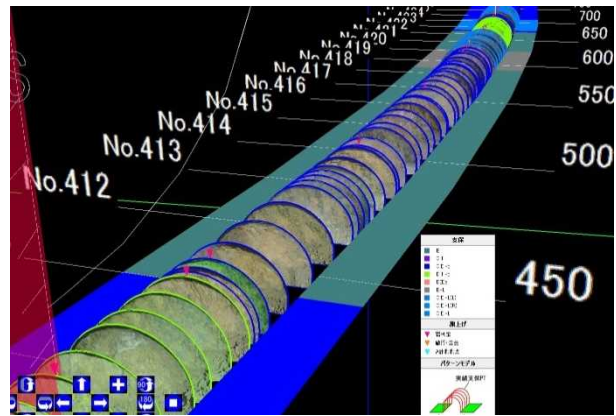


図-4 切羽写真の3次元モデル内配置状況

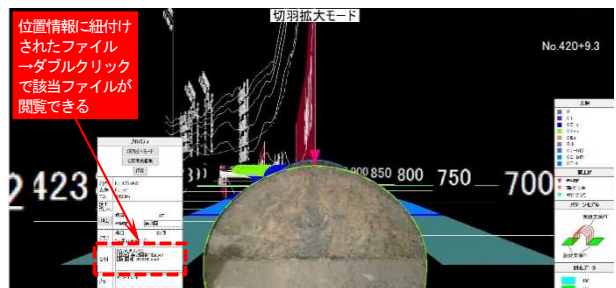


図-5 切羽観察記録のシステム内直接閲覧状況

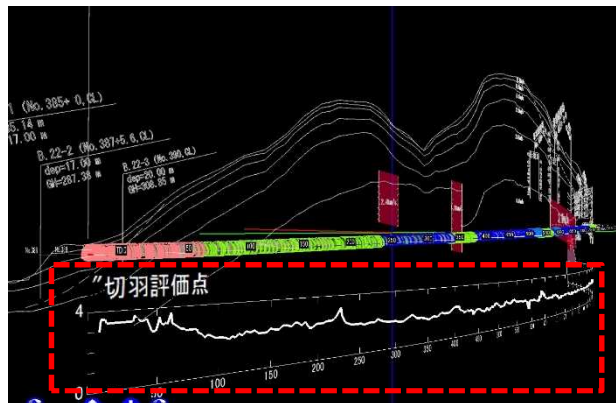


図-6 切羽評価点の描画状況

d)切羽前方予測

既掘削部の切羽観察等により得られた切羽脆弱部等の情報を3次元的に図示することで、今後掘削する箇所における脆弱部の発生状況を予測することが2次元図よりも詳細に実施できる(図-7)。

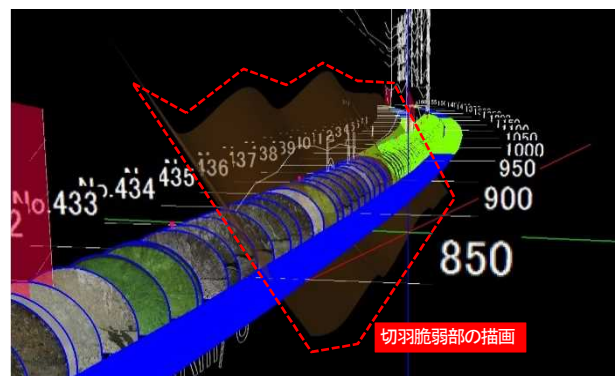


図-7 切羽脆弱部の描画状況

(5)実績支保パターン

トンネルにおいては事前の調査で得られる地質情報の量や精度に限界があるため、設計時に設定された支保パターンと実績とが異なる事例が多い。

当システムでは、切羽写真3次元モデル上に支保パターンの設計と実績を同時に示すことにより、設計と実績が異なる箇所において、当該箇所の地質状況を3次的に俯瞰して確認することで、竣工検査時等にその妥当性を検証できる(図-8)。

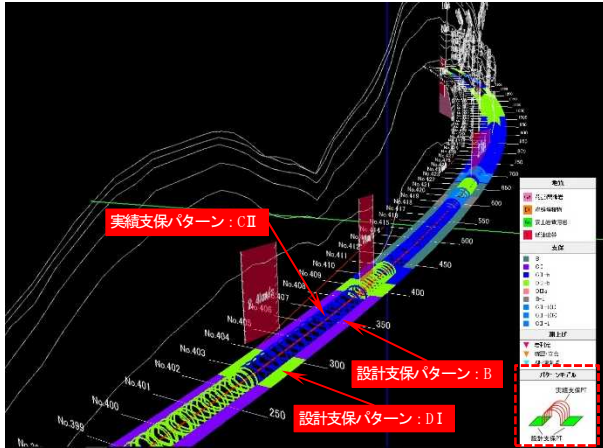


図-8 設計・実績支保パターン比較

(6)坑内変位計測結果

切羽観察記録と同様、既往のファイル形式で作成した坑内変位計測結果を、所要のフォルダに保存し、当該フォルダを本システム内の位置情報に紐付けすることで、本システム内から直接閲覧することができる。

(7)前方探査結果

前方探査結果は、切羽観察等と同様、既往のファイル形式で作成した結果を、所要のフォルダに保存し、当該フォルダを本システム内の位置情報に紐付けすることで、システムのオプション画面から閲覧することができる(図-9)。

(8)覆工コンクリートの品質記録

覆工コンクリートの品質記録は、打設ブロック毎にモ

デルを区間割りし、モデルの3次的な位置をクリックすることで、本システム内から直接閲覧できる(図-10)。

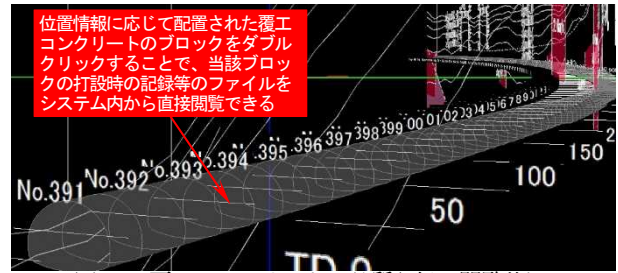


図-10 覆工コンクリートの品質記録の閲覧状況

(9) 3次元モデルの提出

竣工時、前述の当工事の施工情報を網羅した3次元モデルをビューア形式で監督職員に提出することとしている。これにより、竣工後、工事時の施工情報を位置情報に応じて迅速に、維持管理に活用することができる。

4. 当工事の3次元モデル化の課題

今回使用したシステムは、施工現場において、種々ある施工情報を容易にシステムに組み込めることを前提に開発しているため、既存ファイル形式の施工記録を位置情報により紐付けするという手法をとっている。それゆえ、3次元モデル内に視覚的に表示されないことから、思考支援のツールとしてはやや不足している。今後は、前方探査の位置、弾性波探査等の情報を様々な方法でモデル化し、容易に3次元モデルに組み込めるシステム開発が必要と考えられる。

5. 今後の展望

トンネルCIMは、トンネル工事における多岐にわたる情報を統合し、思考支援に資する重要なプラットフォームとして、様々なシステム開発が可能である。また、今回使用したシステムを始め、様々なトンネル工事の現場でトンネルCIMを活用することによって、CIMの開発が進み、維持管理の効率化が進んでいくと思われる。今後は、生産性の向上や品質確保に向けたCIMの導入を推進して

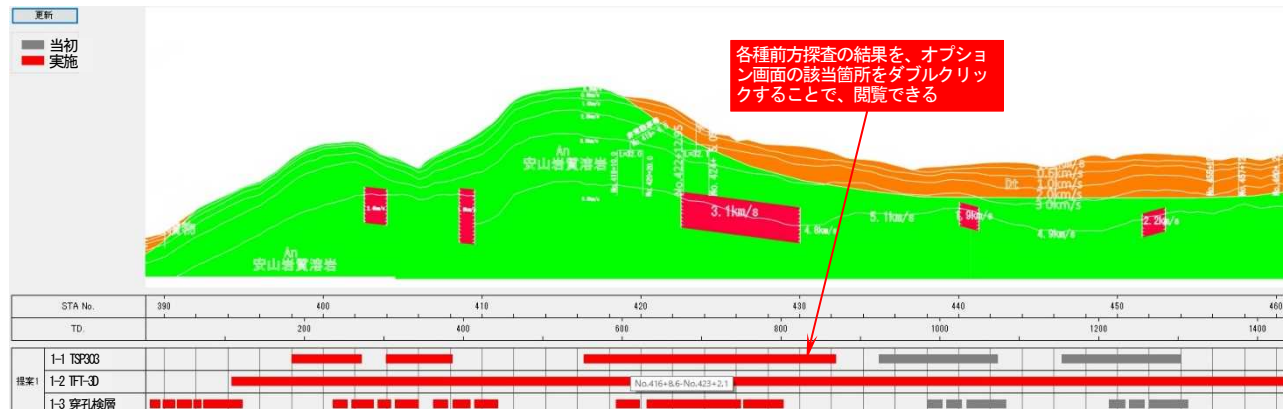


図-9 前方探査結果閲覧画面

いく上で、デジタル測量による測量結果の3次元化やAIによる切羽評価等との融合による、あらゆる情報の一元化が望まれる。

謝辞：論文を作成するにあたり、ご協力いただきました株式会社 安藤・間のご担当者様、また、関係各位に感謝いたします。

参考文献 1) 安藤ハザマ：土木学会論文集F3 Vol.72「地質情報CIM管理システムの構築および施工現場への定期用」-2016.-