

維持管理を考えた電気通信・機械設備における CIMの活用について

原 裕貴¹・先原 勲²

¹近畿地方整備局 琵琶湖河川事務所 管理課 (〒520-2279 大津市黒津4-5-1)

²近畿地方整備局 福井河川国道事務所 防災課 (〒918-8015 福井市花堂南2-14-7)

本報告は、CIM推進委員会で検討されている電気通信設備、機械設備におけるCIM整備の方向性を踏まえたうえで、現場における両設備の維持管理状況と、両設備特有の維持管理上の留意点を踏まえて試行的に作成したCIMモデルを紹介するとともに、本取り組みを通じて明らかとなった課題とその対策方針について、今後の両設備の維持管理におけるCIM推進の一助となるよう、整理したものである。

キーワード 電気通信設備、機械設備、維持管理、CIM、効率化、新技術

1. はじめに

国土交通省においては、建設現場の生産性向上を図るi-Constructionのトップランナー施策として「ICTの全面的な活用」を推進し、3次元モデルを活用した社会資本の整備、管理の効率化・高度化を図るCIM (Construction Information Modeling/Management) を本格導入するため、CIM導入推進委員会を設置し、検討を行っている。

H30年度から、橋梁、トンネル、河川構造物、ダムなどの大規模構造物の詳細設計においては、「新技術導入促進調査経費」等を活用し、CIMの実施が原則対象となる。一方、電気通信設備では、CIM導入ガイドライン(案)の拡充として、トンネル本体工のCIMモデル(坑口周辺の電気室等を含む)に排水管、電路、通信線の管路を描画し、建築分野におけるBIM (Building Information Modeling) に倣った属性情報の付与について検討される段階にあり、機械設備においても、水門設備に加え、揚排水ポンプ設備、トンネル機械設備のCIMモデルについて内容を拡充するとともに、水門設備に関して試行事業を実施していく段階にある。また、土木施設の維持管理段階のCIMについても導入について検討が始まった段階にある。

本報告は、上記のCIM推進委員会の方向性を踏まえたうえで、電気通信設備、機械設備特有の維持管理上の留意点とその対策について福井河川国道事務所防災課において意見交換した結果を基に試行作成したCIMモデルを紹介するとともに、今後の電気通信設備、機械設備におけるCIM推進の一助となるよう、本取り組みを通じて明

らかとなった新たな課題とその対策方針について整理したものである。

なお、対象とした大谷トンネルの計画諸元、概要は表-1及び図-1のとおりである。

表-1 大谷トンネル諸元

| | |
|--------|--|
| 計画路線 | 中部縦貫自動車道 大野油坂道路 |
| トンネル延長 | 2,853m |
| 道路規格 | 第1種第4級 |
| 設計速度 | 60km/h |
| 日交通量 | 7,900台/日 |
| 車線数 | 対面交通2車線(片側分離1車線) |
| 平面線形 | R=∞~A=350~R=1000~A=350~R=1000 |
| 縦断勾配 | 1.400% |
| 横断勾配 | 拌み2.0%~右下り2.0%~左下り2.0% |
| トンネル等級 | A等級 |
| 電気通信設備 | 高圧受変電設備・照明設備・ 防災設備(押し紐式通報装置、非常電話、火点検出装置、誘導表示板、消火器、監視設備、ラジオ再放送設備、無線通信補助設備)・情報BOX |
| 機械設備 | 防災設備(消火栓・給水栓、排煙設備)・ 換気設備 |

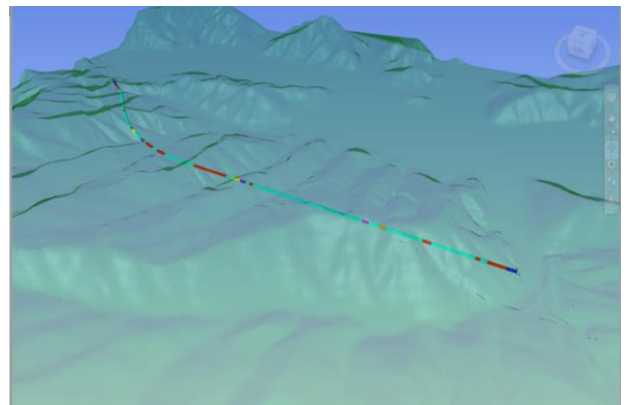


図-1 大谷トンネル CIM (総合モデル図 俯瞰図)

2. 電気通信分野・機械設備分野における維持管理の合理化をはかるCIMの工夫

(1) 設備のCIM活用における課題

電気通信設備、機械設備のCIM活用にあたっては、土木構造物におけるCIMモデルとの共通課題の他、設備特有の主な課題として以下があげられる。

- a) 管理が電気通信設備と機械設備で分かれる
- b) 土木構造物に比して内部が小さく、機能仕様が多様
- c) 同一の仕様のものが数多く設置される
- d) 更新サイクルが早い（10～15年）
- e) 製品個体の寿命の差、破損等による修繕のため、同一箇所（トンネル等）で整備年次の異なる複数の設備を管理する必要がある
- f) 地中埋設物（配管、配線）においては、土木構造物等との干渉にも注意を要する
- g) 更新時に寸法、仕様のみでなく、配置が変わるものがある（照明設備等）

(2) 設備の3次元モデル化における工夫

各設備の3次元モデル化にあたっては、維持管理の効率化と、設備更新時における変更作業の省力化の両立に配慮した。

a) 詳細度の設定

電気通信設備、機械設備は、配管、配線等を除き、主に工場製作された同一仕様の機器が多数設置される。さらに、土木構造物に比べ更新時期が早く（10～15年）、機器の個体差や設置環境に伴う寿命差、あるいは損傷等により、製作年次の異なる複数の設備を管理する必要がある。

上記を踏まえ、個々の機器内部の3次元モデル化は、新設時には対応できたとしても、更新を踏まえた上では膨大な作業量が生じる一方で、管理上の必要性が低いと判断し、実施しないものとした。

さらに、機器外形の詳細度についても、覆工コンクリート壁面に取り付け金具等で設置され、機器外面と建築限界、あるいは土木構造物や他設備に対する干渉や所定の離れ程度が求められる設備（照明設備、ジェットファン等）については図-2に示すように100～200レベルとし、詳細仕様については、外部属性で確認する形式とした。

一方で、覆工コンクリートの箱抜き内に設置され、コンクリート壁面や、配管、配線との取り合いがあるもの（主に非常用設備）については図-3に示すように400レベルとした。また、監視員通路や地中に埋設される配管、配線については、供用後に確認し難く、更新設計において問題となることが多いため、300レベルとし、条数、径を再現した。なお、設備収納のために設けられた覆工コンクリートの箱抜きについては、設備更新に伴い変更されることが少ないため、400レベルとした。

b) 配色の設定

機械設備・電気通信設備のメンテナンスサイクル、実務的な担当者は異なる。また、維持管理段階では、不具合が発生した設備に対して現場と事務所で迅速に相互確認が求められる。このため、モデル化にあたっては、管理区分がひと目で判断できるように、図-4及び図-5に示すように機器のみでなく、配線、配管に至るまで、電気通信設備を緑色、機械設備を赤色、共通するハンドホール等は黄色に分け、配色した。なお、土木構造物については、グレー系とした。

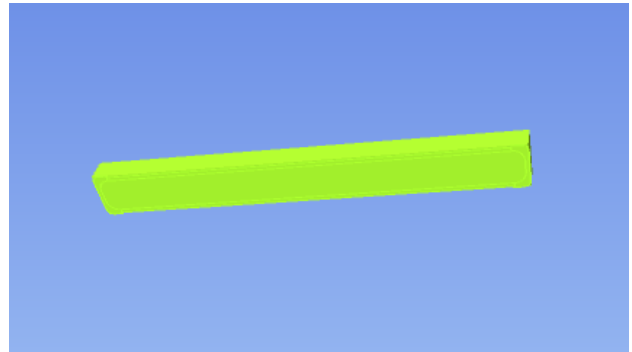


図-2 照明設備（詳細度100）

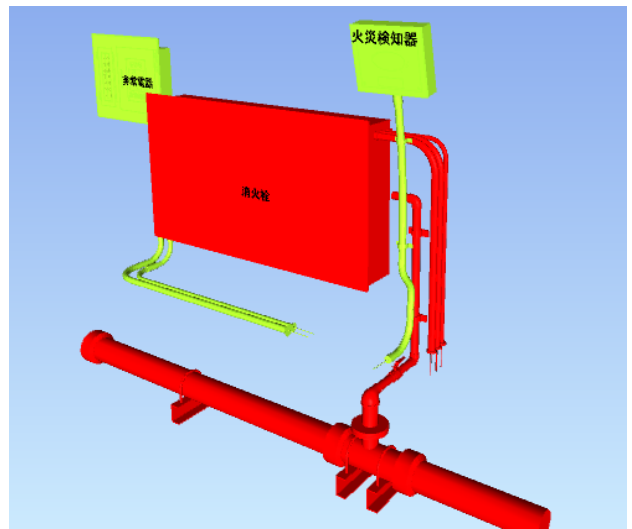


図-3 消火栓・押し釦式通報装置（詳細度400）

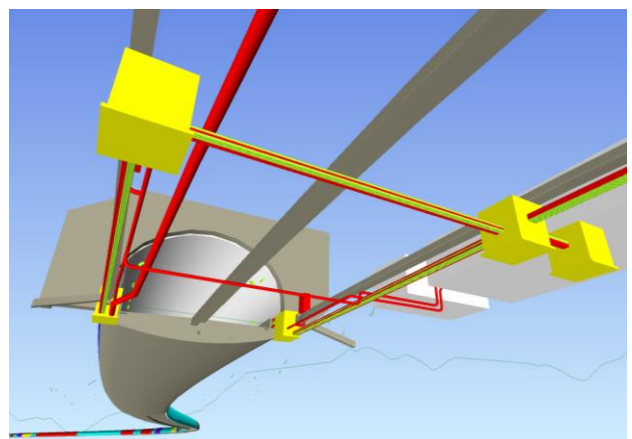


図-4 設備の管理区分を考慮した配色（明かり部）

(3) 設備の管理情報付与に対する工夫

維持管理の段階では、CIM モデルが実物を模倣した書庫の役割を成し、そこに測量・調査・設計・施工・維持管理のための情報が集約され、必要な情報に応じて取り出せる状態に整理されているのが理想と考える。本モデルでは、電気通信・機械設備の維持管理現場における活用をイメージしたうえで、属性付与に要する作業の省力化も踏まえたうえで、内部属性、外部属性を設定した。

a) 内部属性

トンネルを一例とした場合、維持管理時に不具合を発見した現場点検者は速やかに維持出張所、事務所と情報を共有する必要がある。CIMを活用する場合、該当するトンネルのモデルを立ち上げ、モデル内でいち早く該当機器を確認し、外部属性に保管された詳細な情報を確認することが求められる。内部属性に機器の位置や仕様等の基本情報を入力しておけば、モデル内で容易に基本情報が閲覧可能となるため、維持管理上非常に有効である。一方、内部(外部)属性で更新した属性情報が外部(内部)属性に自動反映されないため2重入力が必要となる。機器数、及び更新頻度を踏まえると現時点では、更新対応が難しいと判断された。このため、本モデルでは、個々の機器モデルに管理番号と同じ番号を振り、選択ツリーで該当番号を選択すれば、該当機器のモデルが表示されるようにした。あわせて、外部リンクのラベルにマウスポイントを載せると図-6に示すように「機器の管理番号」、「機器のトンネル起点からの距離

(TD=Tunnel Destination)」、「機器が設置されている覆工コンクリートのスパン番号(S000)」が確認できるようにした。なお、位置表示を「トンネル起点からの距離」としたのは、トンネル施工時は同位置で記録しており、「覆工コンクリートのスパン番号」としたのは、トンネル本体内点検においては同位置で管理するため、トンネル施工記録や点検との関係を確認できるようにするためである。トンネル内における位置確認では、道路のキロポストは採用されないため、構造物に応じた位置表示とした。

b) 外部属性

外部属性の付与については、将来的にはIFC形式にCIMモデルの外部参照を直接付与する方法があるが、本モデルでは、直接各機器にリンクラベルを設定し、外部参照する方法とした。また、外部参照先は、大きく2つに分類した。1つは管内全トンネルの電気通信、及び機械設備を一括管理する維持管理データベースの記入項目を確認したうえで、CIMでモデル化される各設備の機器1台毎の基本諸元、管理諸元一覧表とした。

もう一つは、各設備の維持管理において必要と思われる各機器の製品写真、図面(2次元)、取り付け図(2次元)、製品仕様書、取り扱い説明書等を一括保管されるフォルダとした。これらの情報は各機器毎に共通のため、共通参照とするフォルダを設けてデータ容量を削減した。将来的に、新設時と仕様の異なる機器で更新する場合には、同フォルダに追加新規機器の情報を追加しリンクすることを想定した。

なお、供用後の点検、補修、更新履歴については、基

本諸元、管理諸元一覧表に、「点検・補修の更新年月日、更新会社名、連絡先」を欄を追加するとともに、点検記録等を保管していくフォルダを設けた。

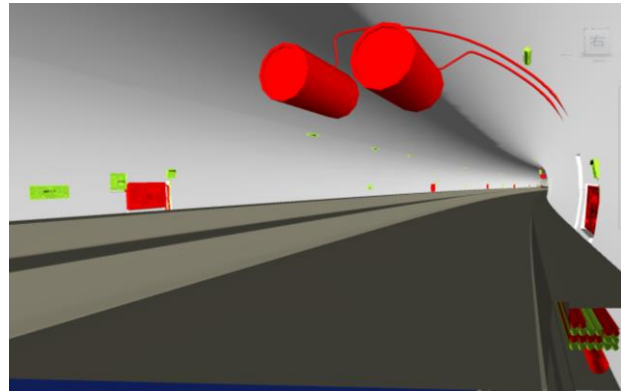


図-5 設備の管理区分を考慮した配色 (TN坑内)

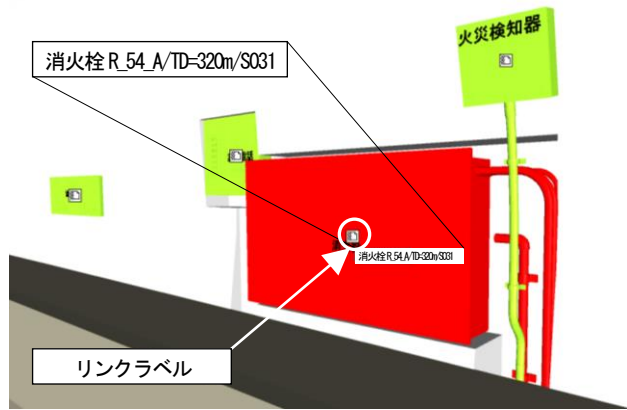


図-6 リンクラベルを利用した機器番号、位置情報の確認

| 管理No. | 品名 | 設置場所 | 設備(一覧) | 規格等 | 台数 | 管理番号 | TD (次口距離) | スパン番号 | 設置年月(現) | 更新月 | 更新会社 | 連絡先 | 工事会社 | 機器製品番号 | 機器製品外部参照 | 点検年月日 | 補修年月日 | 点検・補修外部参照 | | | | | |
|-------|----|--------|--------|----------|---------------|----------|-----------|-----------|---------|-----|------|-----|------|--------|----------|-------|-------|-----------|--|--|--|--|--|
| R0505 | 大倉 | R0505m | 電気室 | 制御盤(主) | 壁内自立型 | 1 | 坑外 30.0m | - | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | 火点位置検出装置 | 壁内自立型 | 1 | 坑外 30.0m | - | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | 坑外 | 警報表示板(TSC)指板側 | 1 | 坑外 280.0m | - | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | 坑外補助警報表示 | 壁掛式(LED)、大形 | 1 | 坑外 60m | - | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | 坑内 | 坑内補助警報表示 | 壁掛式(LED) | 6 | L側 601.5m | 151 | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

図-7 外部属性 (基本諸元、管理諸元一覧表)

3. CIMモデルの有効活用

(1) 維持管理・更新しやすい構造の確保

トンネルの電気室側の坑口付近では、電気通信設備、機械設備の配線、配管、ハンドホール等と土木の排水、暗渠、柵などの多くの埋設物・構造物が複雑に交差する。

本来これらの取り合いは、トンネル本体設計時、又は道路設計時に、電気通信・機械設計と調整を行い、トータルとして最適な配置とすべきである。しかし、設計時期が異なることに加え、立体的に地中で交差する多くの配線、配管、排水工の施工状況が的確に把握できていないことから、後施工側で既施工側に干渉しないよう屈曲させたり、深さを変更するなどして対応することが実情として多くみられる。これらは設計や施工時における問題だけでなく、維持管理や更新の合理性に欠ける構造となる原因にも繋がっている。

本トンネル事業では、電気通信設備、機械設備詳細設計と並行して実施されたトンネル本体内工詳細設計、道路詳細設計において、土木構造物のCIMモデルが構築されていなかった。このため、本モデルにおいて、電気通信設備、機械設備のCIMモデルを構築する上で、覆工コンクリート（箱抜きを含む）、舗装、排水工、監視員通路等、最小限のモデル化をはかった。その上で、電気通信、機械設備の配管、配線との干渉を踏まえ、最終計画を行い、各設計へフィードバックした。

なお、作成した3次元モデルについては、土木排水工と設備配管、配線のための掘削、設置、埋め戻しを同時にすることで工事の合理化や手戻り防止をはかる計画にも役立てた。

(2) 内部属性を用いたトンネル本体内工、電気通信・機械設備工事への重要事項の引継ぎ

土木構造物をモデル化したのは、上述した設備のCIMモデルを構築する上で、土木構造物のCIMモデルが必要不可欠であったこと、さらには、トンネル本体内工時に電気通信・機械設備の新設、または維持更新工事に向け、残してもらいたい情報を申し送りする媒体としての活用が期待できると考えたことにある。

例えば、ジェットファンを取り付ける位置については、図-11の例に示すように施工時に断層等があり供用後の地震発生等を考えた場合、崩落した位置や内空変位が管理値近くに達したり、変位の収束が遅く、覆工コンクリートの打設を遅らせたような位置への設置は望ましくない。このため、トンネル本体内工への申し送り事項として、覆工コンクリートモデルの内部属性に上記のような特殊事項を属性情報に記載してもらうことを内部属性に記載することとした。また、機械設備への申し送り事項として、ジェットファンモデルの内部属性に上記のような特殊事項がある場合には、設置スパンの変更を検討する必要がある旨を記載した。

これら内部属性に記載した申し送り事項は、工事段階で書き換えられることが想定されるが、CIMの目的の一つである全事業工程でCIMモデルを活用し、合理化をは

かる点において有効な手段と考える。



図-8 外部属性（製品関連情報）

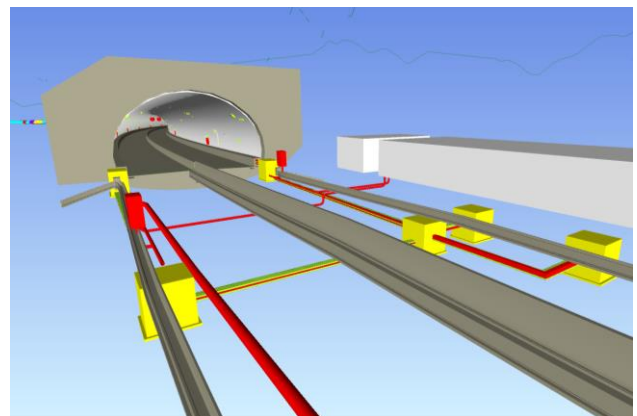


図-9 設備配管・配線と土木排水工系統最適化

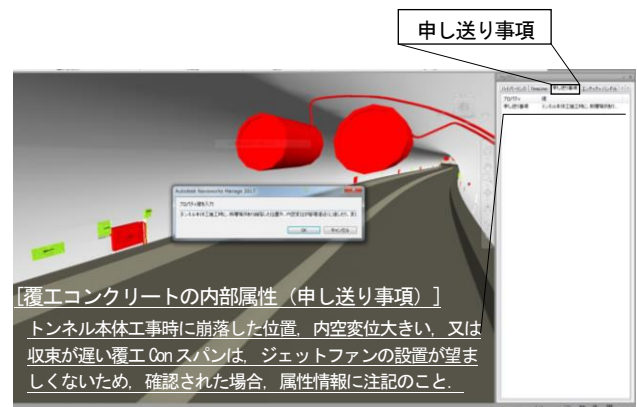


図-10 内部属性を利用した以降事業への申し送り付与

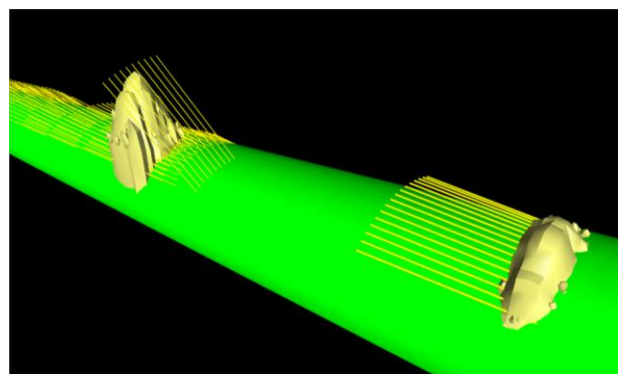


図-11 トンネル崩壊箇所のCIM化の例

4. おわりに ～課題と提言～

本取り組みを通じて明らかとなった課題とその対策方針について、今後の両設備のCIM推進の一助となるよう整理をおこなった。

なお、本トンネルは、現在、トンネル本體工設計の工事発注前の段階である。今後、作成したCIMモデルが、CIM推進委員会での方向性を踏まえブラッシュアップされ、土木工事、設備工事活用、維持管理に向けた情報が追加され、維持管理で活用されていくことを期待したい。

(1) 維持管理システムとCIMの連携

CIMモデルに紐づけられる属性情報は、測量、調査、設計、施工段階では、一度入力すれば、更新する必要はない。一方、維持管理段階では、点検、補修、更新の結果に基づき逐次更新が求められる。

また、トンネル内で事故等により破損が発生した事などにより、緊急点検等を行う事案が発生した場合、管内において同一の条件（設置後経過年数等）を有する設備がどのトンネルのどの箇所に設置されているかを迅速に把握する必要がある。

現在、福井河川国道事務所においても、近畿地方整備局管内の設備を一元管理するシステムとして、電気通信設備系については「電気通信施設DB」、機械設備系については「トンネル非常用設備台帳システム」、「トンネル換気設備台帳システム」を利用している。

これらの維持管理システムを外部属性の一つとして管内で管理する全トンネルのCIMモデルと紐づけし、さらに、これらの維持管理システムにより情報を更新した際、各トンネルCIMモデルの内部属性、外部属性が一括で更新される状況が構築できれば、上記の対応が可能になると考えられる。ただし、現状では、これらのシステムは、CIMでモデル化される個々の機器レベルでの管理台帳となっていないことから、CIMモデルとの連動を踏まえた更新が必要である。

また、高速道路会社などでは、維持管理物に貼り付けられたQRコードを読み込むことで、対象となる維持管理物の情報が保管されたフォルダへアクセスし、モバイル上（現場）で台帳（障害履歴等）を確認する試みもされている。これらを新設設備にも取り入れ、QRコードのリンク先を維持管理システムと紐づけることにより、現場と事務所との情報共有を円滑化することが期待できる。

(2) CIM属性情報のAI等への活用

既存の電気通信設備、機械設備のデータベースにおいては、単体の機器レベルまで情報を蓄積していない。一方、CIMにより単体の機器をモデル化し、属性情報を付与して管理する場合、新たな情報として各機器の寿命や機能の劣化速度等の情報が多量に蓄積される。こうしたデータはAIを活用したアセットマネジメントの教師デ

ータとして利用できる。これにより、AIによって更新時期の予測が行えることが期待できる。

(3) VR (virtual reality-仮想現実) との連動

土木分野においては、施工の各段階における課題把握や確認、地元説明の効率化を目的として、CIMモデルを基に施工ステップ図や、VR (virtual reality-仮想現実) を作成し、利用する例が増えている。本モデルにおいては、S字曲線トンネルにおけるCCTVの視認範囲、及び剛性中央分離帯が設置された場合のトンネル照明の見え方についてVRを作成し、より現実に近い確認を行うため、CCTVについては可動範囲や視野範囲、照明については照度分布や構造物による反射等の忠実な再現を試みた。結果として、採用した3次元CADソフトでの再現は難しく、専用のVRソフトを用いて再現した。元々の用途は異なるが、CIMを用いた生産性向上の一つには、情報共有による事業の円滑化があり、VR等の活用は非常に有効であるため、CIMソフトのVR処理能力向上を期待したい。

なお、今回のCIMモデルでは、維持管理段階での管理区分を明確にするため、土木構造物をグレー系、電気通信設備を緑系、機械設備を赤色系とした。VRでは、実施の現場の再現性が求められるため、土木構造物や各設備は実際の色で再現する必要がある。用途によって、複数の配色を切り替えられるようにすることも考えていく必要がある。

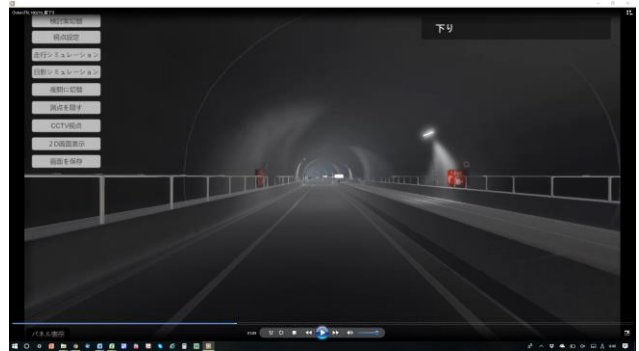


図-12 VRによる照度分布、壁面反射等を考慮した坑内状況

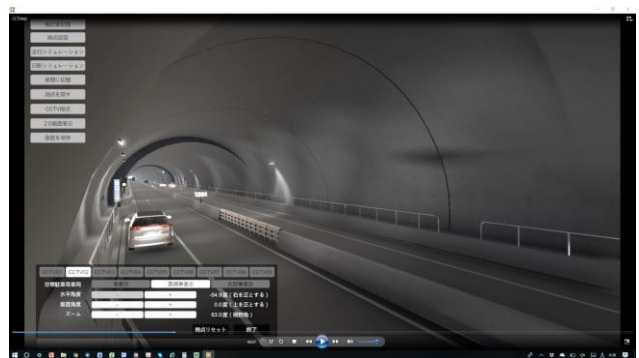


図-13 VRによるCCTV撮影範囲の確認

(4) 地中埋設配管、配線の現地把握

設備の維持管理や更新時における問題の一つに、各設備の位置に加え、特に外部から目視出来ない地中埋設配管、配線等の現場確認や、施工時の認識不足による破損等がある。現場における確認作業では、ハンドホール等を頼りに図面と対比し配管系統等を確認することとなるが、供用開始後の現場においては、トンネル坑口付近のように電気通信設備、機械設備の配管・配線と土木の排水工・暗渠枿、ガードレールの基礎等が入り組んだ状況下における配管状況等の把握には、時間を要する。本内容については、「i-Construction推進コンソーシアム技術開発・導入WG 新技術のニーズ・シーズマッチング決定会議」において、現場からのニーズとして出されている内容でもある。配管、配線を3次元でモデル化することにより、2次元図面に比べ、飛躍的に状況を把握する精度が高まることが期待できる。また、さらにCIMモデルをもとに地下の様子を可視化できるAR（拡張現実）技術の活用が進めば、地下埋設物の位置確認はさらに容易、確実になることが期待できる。

管理や属性情報を基にした維持管理データベースの管理を進めていくこととなる。このため、CIMモデルを基にプロジェクト関係者の意見をとりまとめていくCIMマネージャーの役割が重要と考える。

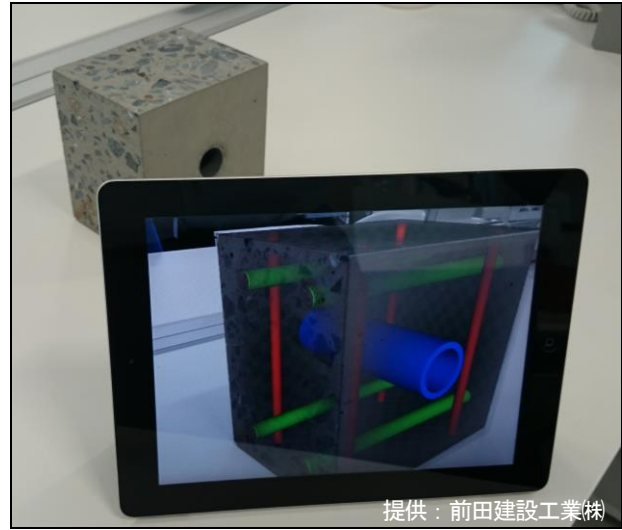


図-14 ARによるCIM地下埋設モデルの可視化

(5) 既存の設備への対応

既存設備の維持管理においては土木図面や設備図面が無い場合が多い。このため、周辺の土木構造物を含めて位置情報を把握できるMMS（モバイルマッピングシステム）で取得した点群データを活用することが有効と考える。ただし、点群からサーフェスモデルを構築し、属性情報を付与するには多大な労力を要する。一方、設備を維持管理するうえでは、詳細をモデル化する必要性は低いため、点群データに属性データを付与するという手段は、構築の為の費用、迅速性を考えると有効と考える。

参考文献

- 1) 第5回 CIM 導入推進委員会（平成30年3月6日）
- 2) CIM 導入ガイドライン（案）第6編トンネル編 平成29年3月 国土交通省 CIM 導入推進委員会
- 3) CIM 導入ガイドライン（案）第7編機械設備編（素案）平成30年3月 国土交通省 CIM 導入推進委員会

(6) MMS（モバイルマッピングシステム）の新設設備への活用

特にトンネルにおいては、施工時の出来形確保からトンネル断面は設計断面より大きく作られる。

供用前にMMSにより点群データを取得し、サーフェスモデルを構築した場合、施工段階までに活用したCIMモデルとずれが生じる。より現実に近い寸法は、MMSを活用したものとなるが、施工まで情報を再度、MMSを活用したモデルに落とし込むには多大な労力を要する一方で、維持管理上、再作成を要する精度は求められないとも考えられる。MMSによる画像撮影、点群データ取得自体は土木本体、設備の管理において有用であると考えられるが、CIMモデルの再作成への利用については今後十分な議論が必要と考える。

(7) CIM マネージャーの育成

CIM活用の最終段階である維持管理においては、電気設備、機械設備だけでなく、土木の関係者も含め、多くの関係者がCIMモデルを確認しながら意見交換し、維持