

CIM を活用した建設生産性の革新に向けて

前田建設工業(株)	正会員	○工藤 敏邦
同 上	正会員	三輪 俊彦
同 上	正会員	平澤 江梨
同 上	正会員	松尾 健二

1. はじめに

2012 年に国土交通省により 3D モデリングとインフラのライフサイクル全般にわたる情報を結びつけた C I M (Construction Information Modeling/Management) と呼ばれる新しい概念が提唱され、現在、設計や施工を中心に様々な案件で試行が進められている。ここでは、当社が実施している C I M 試行工事を通して、C I M 導入の効果を紹介するとともに、建設生産性の革新に向けた課題について考察する。

2. 前田建設の C I M に関する取組み方針

今後、インフラの本格的な維持更新時代を迎えるにあたり、施設の計画・設計・施工から維持管理に至るライフサイクル全般における「生産性の革新」が不可欠であり、その鍵を握るのが日々進歩し続ける「I C T」である。当社では 2006 年から 3D C A D の全社導入を進め、計画、設計や施工業務において活用を進めてきた。さらに、C I M に関しては国土交通省による提唱直後から取組みをスタートさせ、国土交通省の C I M 試行工事のみならず、民間工事においても C I M 試行を拡大させている。

当社は「生産性の革新」に寄与する C I M の実現に向けて、① 3D モデルによる可視化、② 属性付与によるデータ一元化、③ 最先端 I C T 技術とのデータ連携の 3 つの方針に沿って検証・研究を進めている。

3. 3D モデルによる可視化の取組み

3D モデルによる可視化は、工事関係者間のコミュニケーションを飛躍的に向上させるため、プロジェクトの推進に不可欠なツールとなっている。3D モデルを活用した『施工 C I M』の更なる高度化・普及を目指し、実現場において C I M を導入した事例を 2 件紹介する。

3.1 矢切函渠その 9 工事(国土交通省 関東地方整備局)

(1) 工事概要

当工事は、東京外かく環状道路建設工事の一環であり、延長約 240 m の掘割スリット構造ボックスカルバートを築造する工事である。一般道に囲まれた狭隘な現場で、躯体の施工を進めながら国道 298 号線を支える既設仮橋の撤去・設置および工事用道路の切回しなどの複雑な施工が求められていた。躯体構築状況を写真-1 に示す。なお、当工事は国土交通省より平成 25 年度 C I M 試行工事（希望型）に指定された。

(2) 既設仮橋上の国道を確保しながらの躯体構築

外回り側の躯体の延長 240m のうち約 120m を、残置する既設仮橋の直下、支柱・水平継材・斜材が多数存在する中で施工する計画で

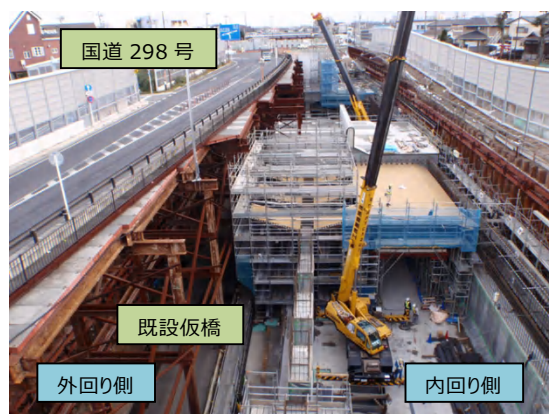


写真-1 矢切函渠その 9 工事施工状況
(内回り側施工時)

キーワード CIM, 可視化, データ一元化, データ連携, 生産性向上, 大容量データ処理技術

連絡先 〒102-8151 東京都千代田区富士見 2-10-2 TEL 03-5276-5166

あった。しかし、現状の設計では鉄筋・型枠組立、コンクリート打設等の躯体構築作業が困難なことが判明した(図-1)。

既設仮橋と新設躯体の干渉対策の検討にあたっては、両者の正確な位置関係を把握する必要がある。しかし、発注図の既設仮橋の情報は不足しており、既設仮橋の部材の正確な位置が把握できない状況にあった。

(3) 3Dモデルを活用した既設仮橋の盛替え計画

当現場では、現地測量を実施した結果を基に、現地を正確に再現した詳細な3Dモデルを作成した(図-1)。複数の2D図面で表現されていた躯体と仮設構造物の位置関係を3Dで正確に可視化することで、外回り側施工時に既設仮橋の部材の盛替えが必要であることが明らかになった。そして、発注者との打合せにタブレット端末を持ち込み、3Dモデルを双方で確認しながら部材1本1本について盛替え・補強の方法を検討した。

複雑な構造であったが、3Dモデルを活用することで、関係者の理解度が向上し、効率的に対策を立案することができた。当現場においては、3Dモデルの活用により、施工開始前に問題点を解決するフロントローディングが可能となり、手戻りのない施工を実施することができた。

(4) 3Dプリンターを活用した可視化

作成した3Dデータを使用して、3Dプリンタで1/150の模型を作成した。ディスプレイを介して確認するパソコンやタブレット端末での3Dモデルの可視化と比較して、3Dプリンタで作成した模型は、より直感的であり、理解度が向上することを確認した(写真-2)。

3.2 揖斐川右岸下部工事(国土交通省 中部地方整備局)¹⁾

(1) 工事概要

一級河川揖斐川を跨ぐ高架橋のうち、右岸側の下部工(堤外地に5基、堤内地に2基のRC橋脚)を施工する工事であり、国土交通省よりCIM試行工事(希望型)に指定されている。当工事は河川内の工事であり、工程に厳しい制約があるだけでなく、河川内の限定された施工ヤードの上空に特別高圧線が存在するなど、施工エリアに制約があることが課題となっていた(写真-4)。

(2) 4Dモデルの構築

本設躯体と河川を含めた周辺地形、施工ヤード、上空を通る特別高圧線などの3Dモデルを作成した。そして本設躯体には鉄筋組立～コンクリート打設～ケーソン沈設の工程を、周辺地形には施工ヤードの整備工程を付与し、現場全体の4Dモデルを作成した。4Dモデルは着工から竣工までのアニメーションを閲覧できるほか、指定した日付の現場状況を確認することもできる(図-2)。

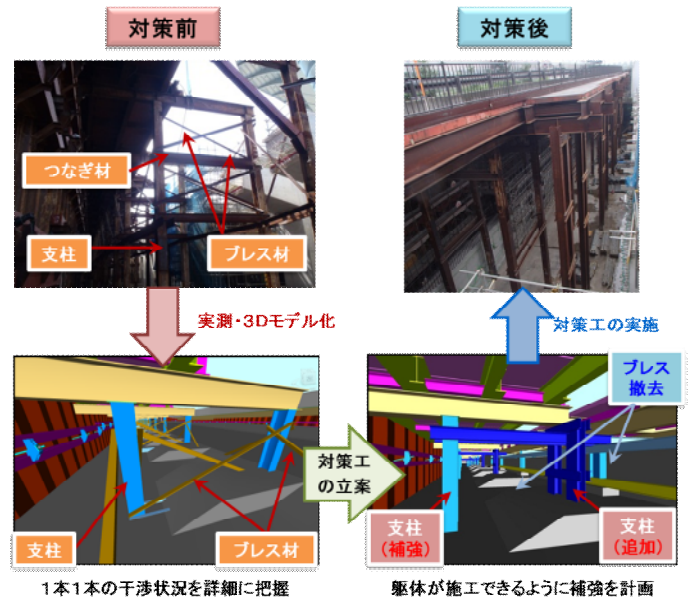


図-1 3Dモデルを活用した
既設仮橋の干渉対策の立案

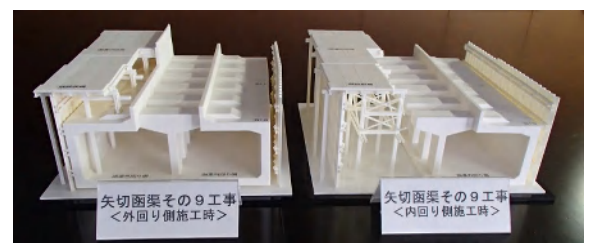


写真-2 3Dプリンタで作成した模型

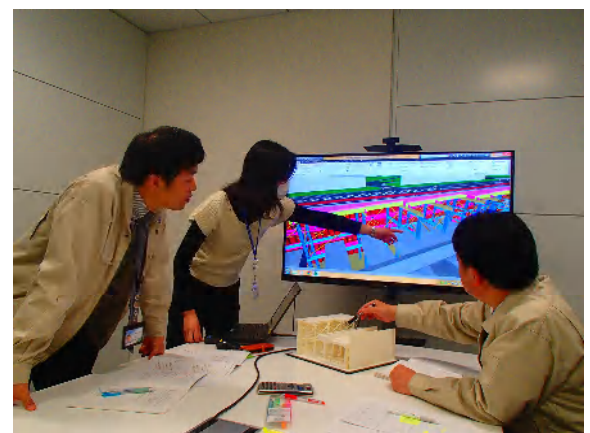


写真-3 3Dモデルを活用した検討状況



写真-4 揖斐川右岸下部工事施工状況

(3) 4 Dモデルを活用した施工シミュレーション

4 Dモデルによる施工シミュレーションを月間及び週間工程会議等で実施した。その結果、関係者同士が施工イメージを正しく共有することができ、手回りのない施工と確実な工程管理を実現できた。

また、P2橋脚及びP3橋脚の施工においては、平面図、断面図のみでは特別高圧線と本設躯体の位置関係把握するのが困難であった。そこで、クレーンと特別高圧警戒範囲を再現した3Dモデルを活用し、元請け職員と協力会社の職長でクレーンの作業計画を立案した(図-3)。その結果、クレーンのブーム長の変更やマテリアルロックとマンロックの入替え等の対策を事前に実施することが可能となり、施工時の手戻り防止と安全性の向上を図ることができた。また、3Dモデルは新規入場者教育にも使用され、現場で安全に施工を進めるためのツールとして活用されている。



図-2 4 Dモデル

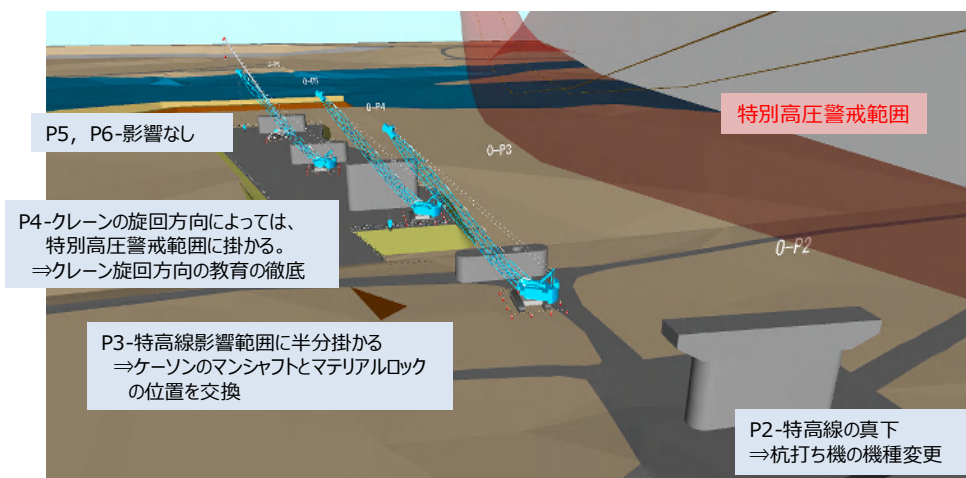
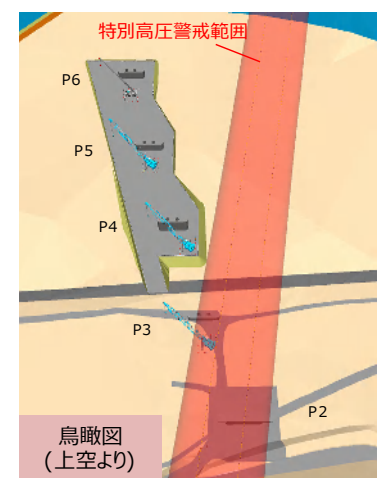


図-3 特別高圧線に対する安全対策



4. 属性付与によるデータ一元化

インフラのライフサイクル全般にわたる多くの情報を一元化したC I Mモデルを構築し、それをどのように施工や維持管理の効率化に繋げるかが、建設生産性の革新を実現するための大きな課題となっている。ここではC I Mモデルによるデータ一元化に関する試行事例を紹介する。

4.1 矢切函渠その9工事における維持管理初期モデルの構築²⁾

(1)維持管理初期モデルの概要

当工事の竣工に際し、施工時の情報を格納した「維持管理初期モデル」としてのC I Mモデルを構築した(図-4)。C I Mモデルに付与する属性はコンクリートに関する情報の中から、維持管理業務において有効と考えられる情報に限定し、C S Vファイルを介して3 Dモデルとの紐付けを実施した。また、当モデルは付与した情報を指定したレンジに応じて色分けして可視化することも可能である。

(2)維持管理効率化に向けたC I Mモデルの活用

維持管理業務においては、点検時に発見された様々な事象に対して、施工時の情報を収集して原因を明確にし、適切に対処することが求められる。作成したC I Mモデルは設計・施工時の情報が一元化されており、ビジュアルに可視化することも可能であるため、必要な情報を迅速に確認することが可能である。

例えば、打設時の気温をC I Mモデルで色分けすることで、気温が低い寒中コンクリートとして施工した打設箇所が明確になり、その打設箇所を選択することで、打設時のコンクリート温度が規定値を下回っておらず、適切な材

料を使用していることを確認できる。さらに、リンクされた写真を閲覧することで、打設後の保温養生の実施状況を把握でき、クラック調査結果を閲覧することで完成後の躯体が健全なことを確認できるなど、一連の施工プロセスを通した確認が容易となった（図-4）。

4.2 筑豊烏尾トンネル(糸田工区)工事における

「トンネルC I M」(国土交通省 九州地方整備局)³⁾

(1)工事概要

4車線化を進めている国道201号飯塚庄内田川バイパス筑豊烏尾トンネルは、供用中の既設トンネル(上り線)に併行して新設トンネル(下り線)を施工する工事である。C I M試行業務として詳細設計が実施された案件であり、C I M試行工事(指定型)に指定されている。

(2)トンネル施工情報をC I Mモデルに一元化

トンネル工事は設計、施工時に得られる計測情報、地質情報等の様々な情報を元に、技術者が経験をもとに逐次適切な施工方法を選定して進められる。そのため、様々なデータを一元化し、可視化する「トンネルC I M」は技術者の判断を支援するツールとして有効である。

当工事では、工事開始前に地形・地質情報のほか、既設トンネルの施工時の情報や新設トンネルの設計情報などを付与したC I Mモデルを構築した(図-5)。既設トンネルの施工時の情報を、施工担当者が3Dモデルを介して事前に確認することで、実施工での注意すべきポイントの整理が可能となった。

施工時には切羽観察写真、支保パターン、切羽評価値や計測結果(A計測)などの情報、さらに水平ボーリングから得られた切羽前方の地質や風化度合などのデータをC I Mモデルに統合した。これらの様々な施工情報をC I Mモデルで視覚的に俯瞰して確認することが可能となり、施工時の判断の効率化に有効であった。

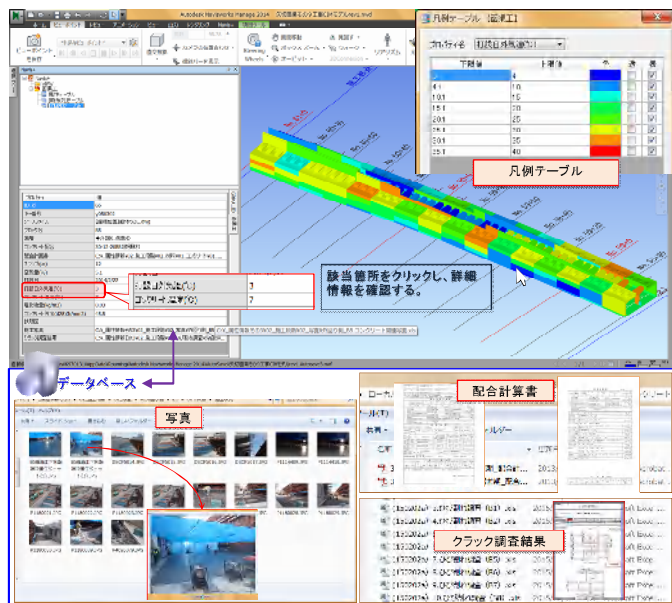
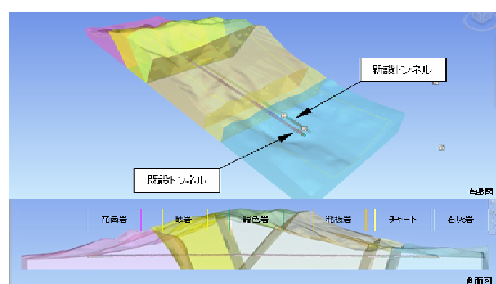
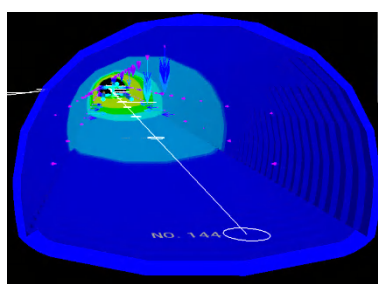


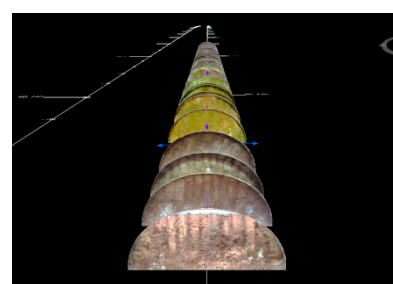
図-4 維持管理におけるC I Mモデルの活用



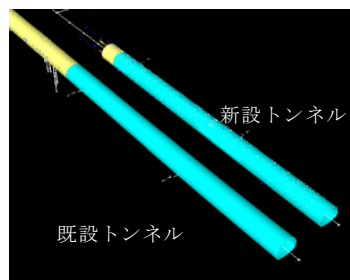
CIMモデル全景



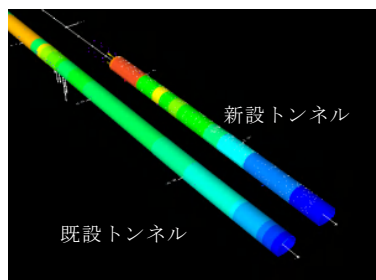
A計測結果の表示



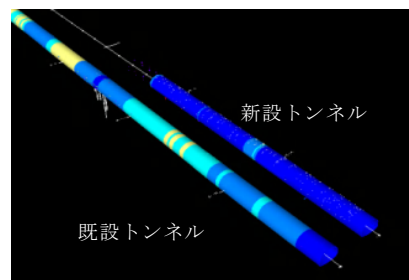
切羽観察写真の表示



地質情報の表示



支保パターンの表示



切羽評価値の表示

図-5 トンネル工事でのC I Mモデルの活用例

5. 最先端 I C T 技術とのデータ連携

インフラの管理業務をより高度化させるためには、C I Mモデルに様々な最先端 I C T 技術を連携させることが不可欠である。最先端 I C T 技術を導入した事例を紹介する。

5.1 I C タグを活用したC I Mデータの現場閲覧

C I Mモデルから情報を取得する 1 つの方法として、供用後の構造物に設置した I C タグやQ Rコードをリーダーで読み取ることにより、構造物の情報を参照できるシステムを開発した(図-6)。本技術の導入により、現場にタブレットP C等を持ち込むことで、実際に構造物の点検をしながら属性情報を容易に確認することが可能になる。



図-6 ICタグを活用した実構造物とC I Mモデルの連携イメージ

5.2 構造物の出来形計測と可視化への取組み

RC 構造物の補強において躯体の削孔を伴う場合は、内部鉄筋の位置情報が必要となるが、実測値としては代表的な位置における検測データしか残されていない場合がほとんどである。このような現状を改善するため、施工段階において簡便に鉄筋実測位置を把握する方法として写真計測に着目し、鉄筋の 3 Dモデルの作成に取り組んだ。

写真計測にとって支障物となる足場、ネットや資材等の支障物の存在や、作業と撮影時間の調整は必要であるが、比較的短時間で精度のある鉄筋の 3 Dモデルの作成が可能であることを検証した(図-7)。また、作成した 3 DモデルをP C上で確認するだけでなく、現場で直接確認可能な技術として、3 Dモデルのデータをタブレット端末等を介して、現実の映像に合せて可視化するA R技術の応用が考えられる。データ容量などの問題も残されるが、今後の I C T 技術の進歩に伴い、いずれは構造物全体の鉄筋をA R技術で可視化することも期待できる。

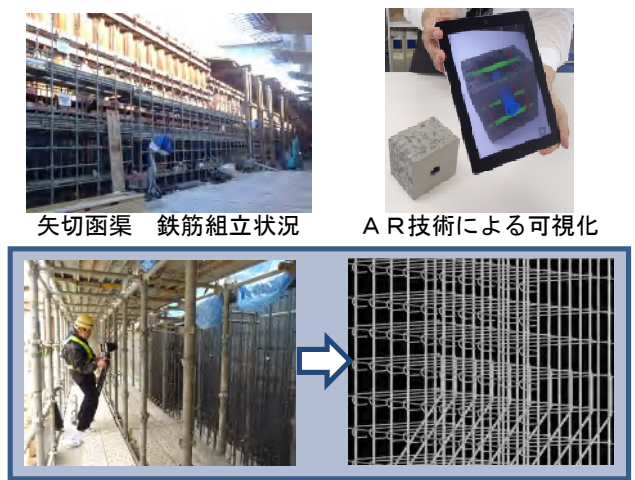


図-7 写真計測による鉄筋のモデル化とA Rによる可視化の試行

5.3 水力発電所新設工事におけるW e b ベースの

4 Dモデルビューワの活用(北海道電力(株))⁴⁾

施工段階における 4 Dモデルによる可視化は、特に構造物の形状や施工手順が複雑な工事で大きな効果を生むと思われる。一方、C I M試行が進められる中で、C I M専用ソフトウェアを購入できない、もしくは無償のビューワでさえもインストールが許可されない発注者や企業が多数存在することが報告されている。これらの理由から、W e b ブラウザのみで 4 Dモデルを閲覧できるビューワを開発し、「新岩松発電所新設工事のうち土木本工事」にて試行を行った(図-8)。

工事関係者が多い水力発電所新設工事において、全ての関係者が 4 Dモデルを閲覧できるようになり、このビューワを活用することにより、構造、工程への理解度が向上するため、施工計画や日々の作業調整が効率化された。また、4 Dモデル上にクレーンを配置して作業計画を実施する機能もあるため、元請け職員および協力会社からは、図面やクレーンカタログを使用せずに直感的にクレーンの作業計画が実施できると非常に好評であった。

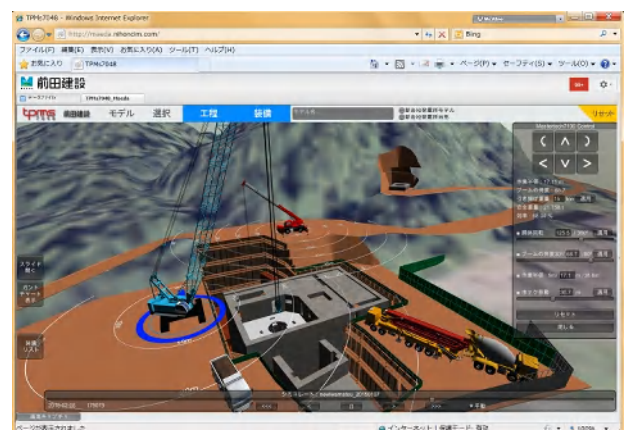


図-8 Virtual Constructionによるクレーン施工計画

5.4 大容量データ処理技術と連携したC I Mモデルの構築²⁾

当社で開発した大容量データ処理技術 CDS (Cellular Data System) を CIM モデルに適用することで、データの入力手間が掛かる、種類が限定されるなどの従来の CIM モデルの弱点を補う新たなシステムが実現するものと期待できる。この CIM モデルは、3次元モデルとデータベースを検索システムで連携させたものであり、該当する構造部材のモデルをクリックして、キーワードを入力することで必要な情報をクラウド上のデータベースから検索し、新たに開発したインターフェース「InfraMark」で閲覧できるシステムである。

現場の施工管理データが格納されたハードディスクの内容を、そのままクラウド上にアップするだけで、通常書類作成業務とは別作業となる CIM モデルへのデータ入力や紐付け作業などが不要となるため、大量のデータを付与した CIM モデルの構築が容易になる。



図-9 大容量データ処理技術と連携したC I Mモデル

6. 建設生産性の革新に向けて

6.1 C I M活用による効果と課題

現状でのC I M活用の最も大きな効果は3 D・4 Dモデルによる可視化である。目的物の構造的な理解度が飛躍的に向上するだけでなく、任意の日付の施工状況を瞬時に表示できるなど、試行した現場からは、特に施工面で大きなメリットがあるとの意見を聞くことができた。また、計画～設計～施工～維持管理までのインフラのライフサイクル全般のデータをC I Mモデルに一元化することで、維持管理時の情報収集は容易になり、さらに、付与されたデータを3 Dモデル上で可視化する技術は、維持管理時の計画策定の高度化・効率化をもたらすものと期待される。その一方、C I M専用のソフトウェアが高価かつ操作が難しいことや操作リテラシーの不足は、工事関係者全員のC I M活用を妨げる大きな課題となっている。

6.2 C I Mを活用した建設生産性の革新に向けて

現状では、C I Mの導入はメリットよりもコストや手間といったデメリットが大きく、建設業全体へ普及するまでには至っていない。現在はC I M導入の黎明期であり、C I M活用の効果をすぐに実感するのは困難であろう。このような中、操作性が容易で安価なソフトウェアの開発、操作技術の向上といった手間の削減と合せて、各種業務ツールとの連携の強化、C I Mを有効に活用させるための業務体系の変革等によるメリットの増加を一步一步積み重ねていくことが、C I M普及のカギになると思われる。

今後、わが国において建設業従事者が減少する中、インフラの本格的な維持更新時代を迎えることが予想され、建設生産システム的大幅な効率化が求められている。そのためにも、全ての関係者がC I Mを通して連携することでインフラに関わる業務全体を高度化し、建設生産性の革新に向けてチャレンジしていくことが重要と考えられる。

謝辞: 国土交通省関東地方整備局、中部地方整備局、九州地方整備局ならびに北海道電力(株)の関係者の皆様には、本研究の実施に当たり多大なるご理解とご協力を頂きました。ここに記して、感謝の意を表します。

参考文献: 1) 中川博之ほか: 橋梁下部工事における4次元モデルの施工計画への活用, 土木学会第70回年次学術講演会概要集, pp. 477-478, 2015 2) 工藤敏邦ほか: 「維持管理初期モデル」としてのC I Mモデルの構築に向けて, 土木学会第70回年次学術講演会概要集, pp. 483-484, 2015 3) 松尾健二ほか: 筑豊烏尾トンネルにおける施工C I Mの取組み, 土木学会第70回年次学術講演会概要集, pp. 449-450, 2015 4) 平澤江梨ほか: 水力発電所新設工事における4次元モデルの活用, 土木学会第70回年次学術講演会概要集, pp. 461-462, 2015