

CIMを活用した 建設生産性の革新に向けて

前田建設工業株式会社 土木事業本部 土木設計部
くどう としくに
工藤 敏邦

1. はじめに

近年、ICT技術は飛躍的に発展し続けている。このような中、建設業においてもCAD、CG等の3D関連技術の活用は不可欠なものとなってきており、複雑な構造物の干渉チェックや施工の可視化の部分において特に効果を発揮してきた。そして、平成24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CIM（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CIM試行工事を通して、CIM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CIMに関する 取り組み方針

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」が求められており、その鍵を握るのが日々進歩し続ける「ICT技術」である。当社では2006

年から3D-CADの全社導入を進め、計画、設計や施工業務において3Dモデルの活用を進めてきた。CIMに関しては2012年の国土交通省による提唱直後から取り組みをスタートさせ、国土交通省のCIM試行工事のみならず、民間工事においてもCIM試行を拡大させている。

当社は「生産性の革新」に寄与するCIMの実現に向けて、以下に示す3つの方針に沿って検証・研究を進めている。

- 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ICT技術とのデータ連携

以下では上記方針に沿って当社のCIMに関する取り組みを紹介する。

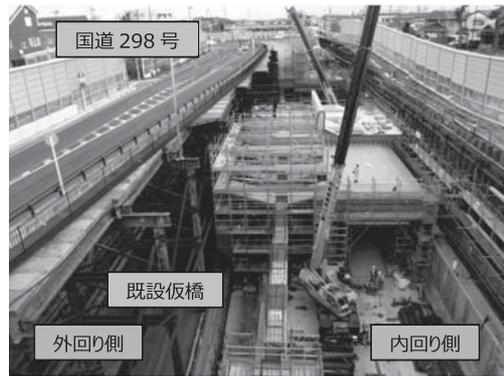
3. 3Dモデルによる可視化への 取り組み

3Dモデルによる可視化は、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CIM』の更なる高度化・普及を目指し、実現場においてCIMを導入した事例を2件紹介する。

(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240m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既設仮橋の撤去・設置及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一1に示す。なお、当工事は国土交通省より平成25年度CIM試行工事（希望型）に指定された。



写真一1 矢切函渠その9工事施工状況（内回り側施工時）

② 仮橋上の国道を確保しながらの躯体構築

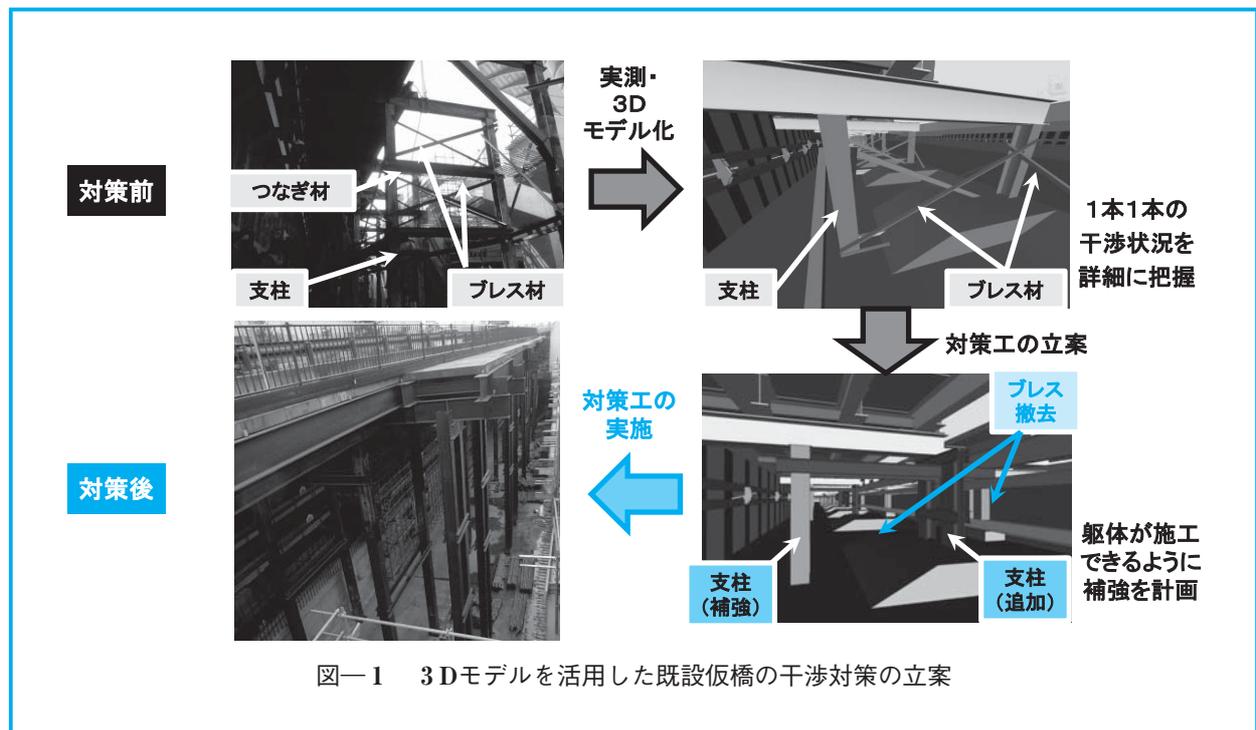
外回り側の躯体の延長240mのうち約120mを、既設仮橋の直下、支柱・水平継材・斜材が多数存在する中で施工する計画であった。しかし、現状のままでは鉄筋・型枠組立、コンクリート打設等の躯体構築作業が困難なことが判明した(図一1)。

今回の現場では、発注図を参考に現地測量を実施し、その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(図一1)。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。

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、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。

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、効率的な対策立案が可能となった。当現場においては、3Dモ

③ 3Dモデルを活用した既設仮橋の盛替え計画

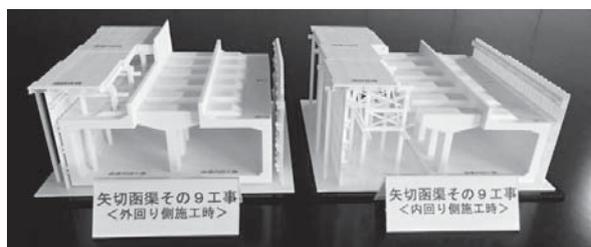


図一1 3Dモデルを活用した既設仮橋の干渉対策の立案

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。2Dの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、既設仮橋の盛替え・補強の計画において有効であった（写真—2）。



写真—2 3Dプリンタで作成した模型

(2) 揖斐川右岸下部工事（国土交通省 中部地方整備局）

① 工事概要

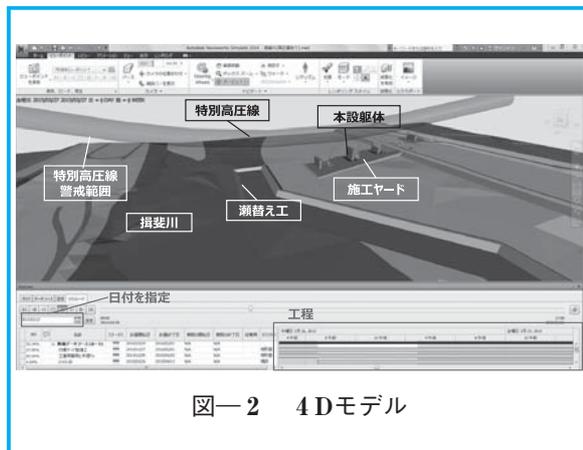
一級河川揖斐川を跨ぐ高架橋のうち、右岸側の下部工（堤外地に5基、堤内地に2基のRC橋脚）を施工する工事であり、国土交通省よりCIM試行工事（希望型）に指定されている。当工事は河川内の工事であるため工程に厳しい制約があるだけでなく、河川内の限定されたヤードの現場上空に特別高圧線が存在するなど、施工エリアに制約があることが課題となっていた（写真—3）。



写真—3 揖斐川右岸下部工事施工状況

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、現場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—2 4Dモデル

③ 4Dモデルを活用した施工シミュレーション

4D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、手戻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を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で、施工時の手戻り防止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でき、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。

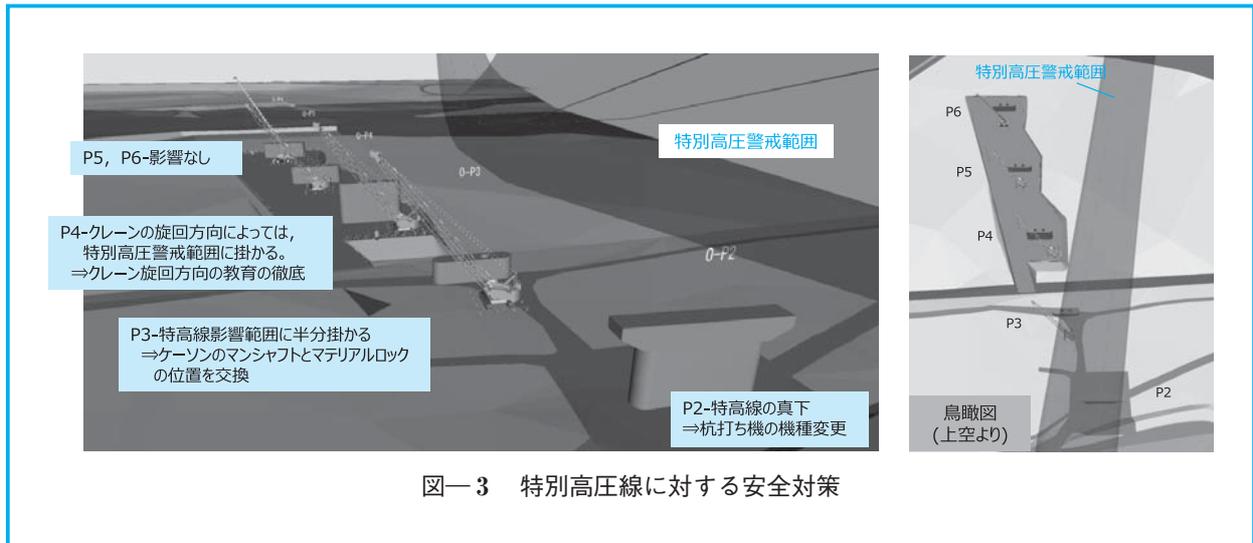


図-3 特別高圧線に対する安全対策

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CIM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CIM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。

(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

① 維持管理初期モデルの概要

当工事の竣工に際し、市販のソフトウェアを活用して、施工時の情報を格納した「維持管理初期モデル」としてのCIMモデルを構築した(図-4)。CIM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、CSVファイルを介して3Dモデルとの紐付けを実施した。また、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CIM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CIMモデルは設計・施工時の情報が

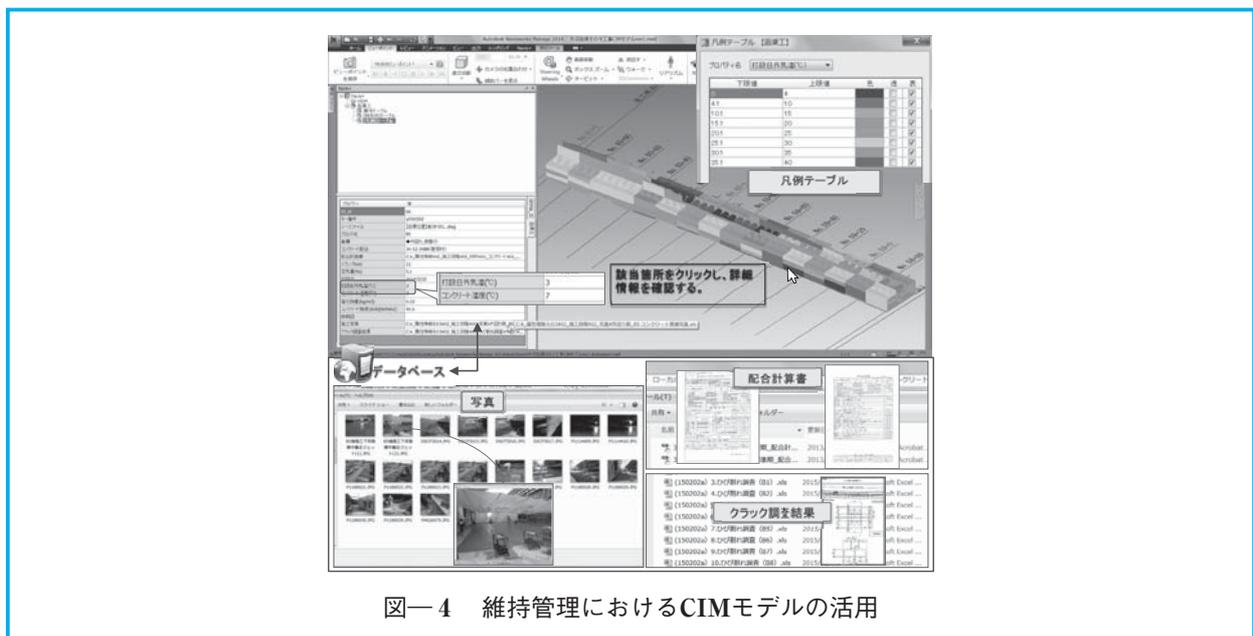


図-4 維持管理におけるCIMモデルの活用

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CIM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リフトが明確になり、その打設リフトを選択することで、打設時のコンクリート温度が規定値を下回っていないことなどを確認できる。さらにリンクされた写真を閲覧することで保温養生が確実に行われたこと、クラック調査結果を閲覧することで完成後の躯体に問題がないことなど、施工プロセスを通じた確認を容易とした（図一4）。

(2) 筑豊烏尾トンネル（糸田工区）工事における「トンネルCIM」

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。CIM試行業務として詳細設計が実施された案件であり、CIM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CIM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

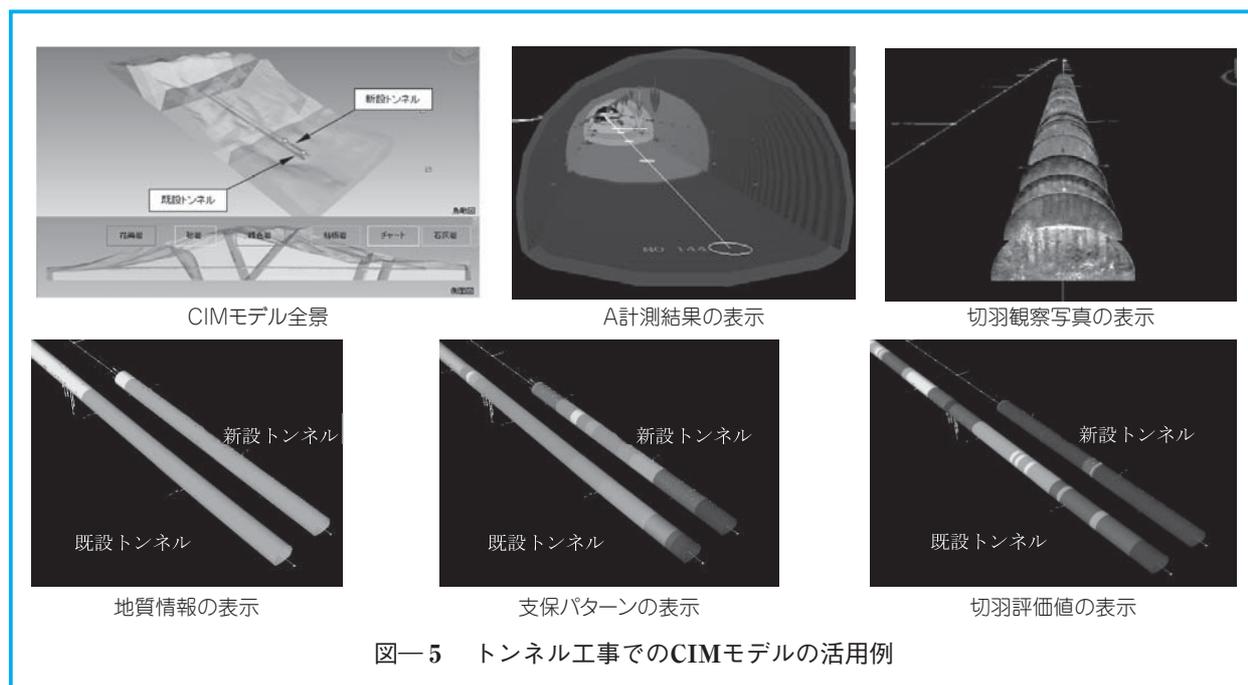
報、地質情報等の様々な情報を基に、技術者が経験により逐次適切な施工方法を選定して進められる。そのため、様々なデータを一元化し、可視化する「トンネルCIM」は技術者の判断を支援するツールとして有効であると思われる。

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CIMモデルを構築した（図一5）。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CIMモデルに統合した。これらの様々な施工情報をCIM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。

5. 最先端ICT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、CIMモデルに様々な最先端ICT技術を連携さ



図一5 トンネル工事でのCIMモデルの活用例

せることが不可欠である。最先端ICT技術を導入した事例を紹介する。

(1) ICタグを活用したCIMデータの現場閲覧

構造物のライフサイクルの中で最も多くの情報を扱う維持管理段階においては、CIMを活用することにより、情報を短時間で効率的に収集することが可能となる。そこで、CIM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ICタグやQR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(図一6)。本技術の導入により、現場にタブレット端末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。

(2) 構造物の出来形計測と可視化への取り組み

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3Dモデルの作成に取り組んだ。

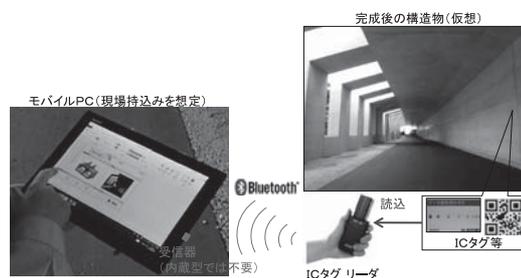
構造物の建設現場では、写真計測にとって支障物となる足場、ネットや資材等が多く存在する。さらに、作業中に写真計測を実施するのは困難であるため、作業の合間を見計らって撮影する必要がある。このように写真計測の障害となる事項の調整は必要であるが、比較的短時間で精度のある鉄筋の3Dモデルの作成が可能であることを検証した(図一7)。

また、作成した3DモデルをPC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AR技術の応用が考えられる。AR技術は3D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技術である。データ容量などの問題も残されるが、今後のICT技術の進歩

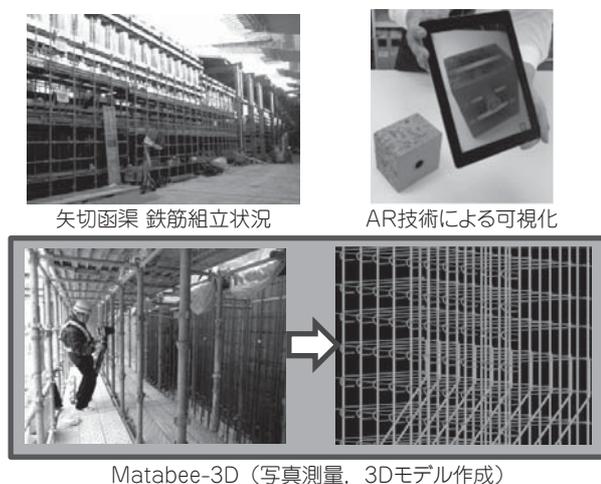
に伴い、いずれは構造物全体の鉄筋をAR技術で可視化することも期待できる。

(3) Webベースの4Dモデルビューワの活用

施工段階における4D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は大きな効果を生むと思われる。一方、CIM試行が進められる中で、CIM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、Webブラウザのみで4Dモデルを閲覧できるビューワを開発し、水力発電所新設工事にて試行を実施した(図一8)。



図一6 ICタグを活用した実構造物とCIMモデルの連携イメージ



図一7 写真計測による鉄筋のモデル化とARによる可視化の試行



図一八 Virtual Constructionによるクレーン施工計画

このビューワを活用することにより、全ての工事関係者が4Dモデルを閲覧できるようになり、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、4D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、職員及び協力会社からは、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。

6. 建設生産性の革新に向けて

(1) CIM活用による効果と課題

現状でのCIM活用の最も大きな効果は3D・4D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・施工から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CIM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3D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、CIM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CIM活用を妨げる大きな課題となっている。

(2) CIMを活用した建設生産性の革新に向けて

現状では、CIM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。しかし、このような新技術を導入するとき、このような障壁にぶつかることは特別なことではない。2D-CADの導入初期においても、操作リテラシーの不足等の理由から、建設業での普及は比較的ゆっくりとしたものであったが、実務に携わる人が図面作成、施工計画での効率化を実感し始めると、2D-CADは急速に普及し、今ではあらゆる業務に不可欠なツールとなっている。

現在はCIM導入の黎明期であり、CIM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、操作リテラシー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、CIM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、CIM普及の鍵になると思われる。

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、建設生産システムの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CIM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。