

## 多伎PC上部工事におけるCIMの活用について

|                |     |     |    |
|----------------|-----|-----|----|
| (株) IHI インフラ建設 | 正会員 | ○畑中 | 大地 |
| 国土交通省 中国地方整備局  |     | 新枝  | 秀樹 |
| (株) IHI インフラ建設 |     | 若林  | 良幸 |
| (株) IHI インフラ建設 |     | 渡辺  | 誠  |

キーワード：4DCIM, MR技術, 生産性向上, 工程管理

## 1. はじめに

多伎PC上部工事は、湖陵・多伎道路の出雲市多伎町久村に位置し、架設桁架設工法により施工するPC3径間連結コンポ橋である。本橋は県道340号および後谷川が交差しており、施工中はこれらを利用する第三者の安全確保が要求された（図-1）。このため、架設桁・門形架設機の移動や主桁の架設などの架設作業は、安全確保のため交通量が減少する時間帯に行う計画とし、交通規制を行った。また、県道上は夜間作業となることから、工事を進めるにはCIMの活用が有効であると考え、地元や関係機関との工程や作業間の調整を行った。現在、CIMは施工現場における労働生産性の向上や品質管理の高度化などを目的として導入が推進されている。さらなる、施工現場の生産性向上にはCIMにプラスの要素が必要であり、本工事では時間軸を入れた工程管理や複合現実技術と連携させた。また、品質管理を高度化するための取組みとしてトータルステーション（以下、TS）測量技術と連携させた。本稿では、これらの内容について報告する。

## 2. 工事概要

本工事の工事概要を表-1に示す。また、橋梁側面図および断面図を図-2, 3に示す。

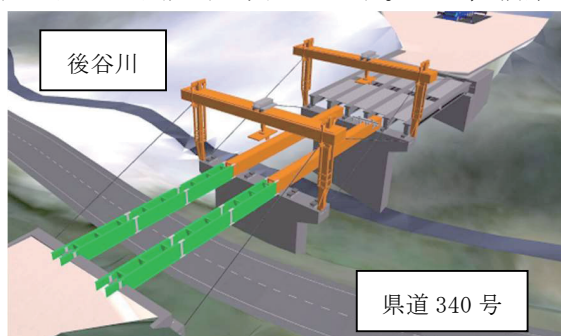


図-1 架設イメージ

表1-工事概要

|       |                         |
|-------|-------------------------|
| 工 事 名 | 湖陵多伎道路多伎PC上部工事          |
| 工事場所  | 島根県出雲市多伎町久村地内           |
| 構造形式  | PC3径間連結コンポ橋             |
| 工 期   | 平成30年1月12日～平成31年1月31日   |
| 橋 長   | 76.000m                 |
| 支 間   | 25.700m+25.000m+24.700m |
| 有効幅員  | 19.510m                 |

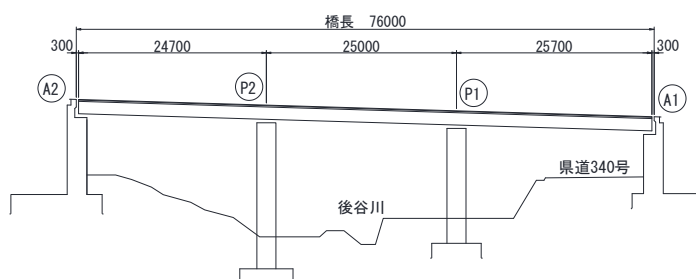


図-2 橋梁側面図

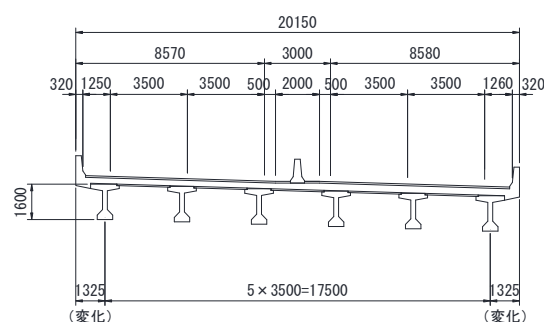


図-3 橋梁断面図

### 3. CIMの概要

CIM（Construction Information Modeling / Management）とは、対象とする構造物などの形状を3次元で表現した「3次元モデル」と「属性情報」を組み合わせたものを指し、作成されたモデルはCIMモデルと呼ばれる。本稿では、CIMモデルに施工工程などの時間軸を付加したものを4次元CIMモデル（以下、4DCIMモデル）と定義する。CIMは、2012年から国土交通省での試行が開始されている。PC上部工においても適用事例が増えてきている。CIMの導入により、施工工程の短縮化や安全性の向上といった効果が期待される。図-4にCIMモデルの相互運用システムの例を示す。

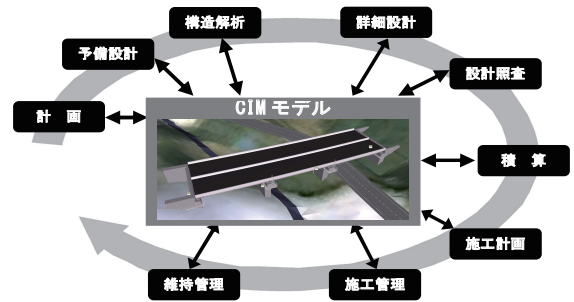


図-4 CIMモデル相互運用システムの例

### 4. CIMを用いたフロントローディング

#### 4. 1 4DCIMモデルの作成および干渉チェック

CIMの専用ソフトウェアを利用して、発注時の2次元図面から3次元（以下、3D）の構造物モデルに変換した。この3Dモデルに施工工程、橋体および付属物の属性情報を付与して、4DCIMモデルを作成した。このモデルを使って、橋体および付属物モデル干渉チェックを実施した。図-5は排水管と検査路が干渉している事例を示したものである。このように、設計照査時での図面間の不整合を確認することができ、設計の見直しなどによる時間的・経済的ロスの発生を防止でき、現場作業の中断もなく施工の効率化が図れた。なお、CIMモデルは視覚的にわかりやすくイメージが理解できるため、協議、打合せ時間の短縮も可能となった。

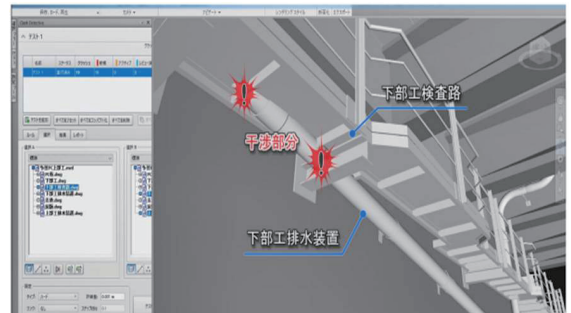


図-5 付属物の干渉チェック

#### 4. 2 4DCIMモデルを使った施工計画

CIMモデルは、橋体の構造物モデルと周辺地形モデルを重ね合わせて作成した。また、架設工程をシミュレーションするため、揚重機や架設機材の3Dモデルを別途作成し、このモデルに施工工程を付与して、4DCIMモデルとした。この4DCIMモデルは工事関係者や現場作業員との打合せに使用し、事前に作業内容を可視化することで、作業の効率化につながった（図-6）。また、揚重機スペースの確保、架設桁と車道の離隔確認などにも活用し、安全性を確保することができた。さらに、周辺住民の工事説明会に使用することで、参加者の工事への理解度を深める効果が確認された。



図-6 現場作業打合せ

#### 4. 3 4DCIMモデルによる進捗管理

施工管理では、日々の作業時間短縮が課題であり、現場での手戻りは工程遅れの要因となる。とくに、夜間作



図-7 現場での4DCIMによる工程管理



業の遅れは周辺住民や関係者に大きな影響を与えることから、確実な施工が重要である。そこで、工程作業に対する機能を持たせ進捗状況をグラフ化し、工事の進捗を管理した。これにより、計画工程と実工程のずれを把握し、進捗が遅れている項目は作業員や機械などリソースを再配置することで、作業の遅れを取り戻すことができた（図-7）。

## 5. CIMとMR技術の活用

CIMモデルと複合現実技術を連携させることで、生産性向上に取り組んだ。複合現実（Mixed Reality：以下MR）技術とは、バーチャルモデルと現実空間などを重ね合わせ、現実世界と仮想モデルを同一空間上に表現する技術である。この試行にあたっては、省人化や作業時間短縮による効率化がどこまでできるか課題であった。また、現場での3Dモデルと作業空間を重畳させる方法、段階（配筋）検査時の遠隔管理方法について、現場で試行を行った。

MR技術の活用にあたっては、MRデバイスを使用した。この機器はWindowsで動くCPUを搭載しているホログラフィックコンピュータである。場所の位置や視野の向きは、MRデバイスに搭載された「デプスセンサー」という赤外線を利用し、作業場所をリアルタイムに3Dスキャナで割り出す仕組みである。また、専用のソフトウェアを使い、CIMのモデルデータを位置や縮尺を合わせて現実空間に投影した。遠隔での3Dデータを共有するため、クラウド上で管理できるコンテンツマネジメントシステムを利用した。これらは、以下の手順により試行した。

- ① MRデバイス画面に投影される情報を計画する。
- ② 3Dモデルを作成し、専用ソフトウェアを使ってクラウド経由でMRデバイスに取込む。
- ③ 監督職員や作業を行う技能労働者に、MRデバイスの装着、操作方法を指導する。
- ④ 現地にて、原点（ARマーカー）を用いて現場で3Dモデルの位置を合わせる。
- ⑤ MRデバイスに、3Dモデル画面を投影させ配筋や排水装置、検査路の位置出し作業をサポートする。
- ⑥ 段階検査時、MRデバイスと工事事務所のパソコンを遠隔通信でつなげ、リアルタイムに品質検査を行う。

写真-1～3にMRデバイスの試行状況を示す。現地での作業時間を計測した結果、従来のマーキングする作業と比較して、配筋、橋梁付属物のアンカーの位置だしの作業時間を約20%短縮できた。また、段階検査時に図面の配筋間隔や本数を可視化させ、デバイスを通して現地の状況をリアルタイムに工事事務所と共有することで、監督職員、品質証明員による検査時間の短縮ができた（写真-4）。

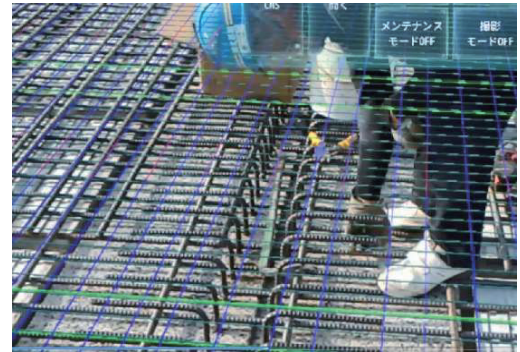


写真-1 配筋のサポート



写真-2 アンカー位置出し(施工前)

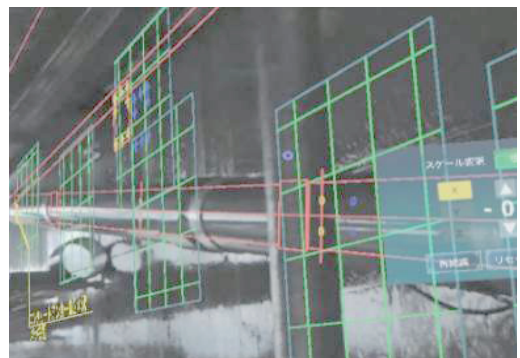


写真-3 アンカー位置出し(施工後)



写真-4 現場と事務所の遠隔管理

## 6. CIMとTS測量技術の活用による品質確保

コンクリート構造物の品質確保のためには、打重ね部は所定の時間内に打込みを行う必要がある。また、橋梁は床版出来形の良否によって、将来の耐久性に大きく影響を受けることがある。今回の工事では、4DCIMモデルと打設時の測量データを連携させることで、これらの課題への対策を試みた（写真-5）。具体的に以下の管理を行った。

- ① ノンプリズムの自動追尾 TS により、打設中の床版出来形は線形ラインごと、打重ね時間は定めた区画ごとに計測し記録する。
- ② リアルタイムに床版面の高さや打重ね時間の結果を、計測技術者がもつタブレット端末に送信する。
- ③ 打設時から完了までの計画値と実測値との差を確認しながら、コンクリート打設作業を進める。なお、仕上がり高さが計測中に大きく外れる箇所は、作業員に再仕上げを指示する。



写真-5 TSによる品質管理

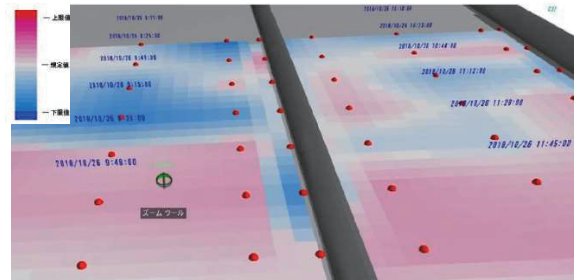


図-8 床版出来形コンター

図-8に、床版の仕上がり高さや計画値との差および打設時間を CIM モデル上に表示させた結果を示す。床版の設計高さに対して、+側の差を赤色で、-側を青色のコンターで示し、床版の打重ね時間を表示した。打設中に、床版の出来形および打重ね間隔（時間）をリアルタイムで管理することにより、これらの規格値を確実に満足することができた。

## 7. MR技術の課題と対策

今回、現場で確認された MR 技術の課題を以下に示す。遠隔管理では、検査している場所がわかりづらく、また MR デバイスは、精密機械のため炎天下などの過酷な作業環境下での連続使用ができないことが判明した。この課題の解決策として、遠隔管理は事務所のパソコンと現場を共有することから、現場検査箇所の位置取得が必要であると考え、測点情報を MR デバイスに表示した。また、作業者の MR デバイス使用は長時間の連続作業を避ける計画とした。

## 8. おわりに

本橋は、2019年1月に完成することができた（写真-6）。CIMの活用は、少子高齢化社会を迎える熟練土木技術者の減少という課題に対し、生産性向上および品質確保の観点から大いに期待されている。CIMの試行事例は未だ少なく、CIMを使いこなす技術者の不足など課題も残されている。本研究は国土交通省「建設現場の生産性を飛躍的に向上するための革新的技術の導入・活用に関するプロジェクト」の助成を受けたものがある。今後、現場で得られた結果を活用し、より使いやすく効率的なCIMシステムの構築が期待される。



写真-6 完成写真

## 参考文献

- 1) 新枝・山下・渡辺・若林 橋梁上部工事の 4DCIM 活用、品質管理への取り組み、土木施工 2019.5 Vol.60 No.5