

(39) BIM/CIM モデルを用いた施工管理の見える化、VR 活用による情報共有

前川 浩章¹・伊藤 一宏²・中村 泰広³・関原 真之介⁴・吉本 響貴⁵

¹正会員 鹿島建設株式会社 土木管理本部 (〒107-8348 東京都港区赤坂 6-5-11)

E-mail: maegawah@kajima.com

²鹿島建設株式会社 土木管理本部 (〒107-8348 東京都港区赤坂 6-5-11)

E-mail: kazuhiko-i@kajima.com

³正会員 鹿島建設株式会社 土木管理本部 (〒107-8348 東京都港区赤坂 6-5-11)

E-mail: nakay@kajima.com

⁴鹿島建設株式会社 大河津分水路新第二床固改築 JV 工事事務所 (〒940-2501 新潟県長岡市寺泊野積 107-23)

E-mail: sekihara@kajima.com.

⁵正会員 鹿島建設株式会社 土木管理本部 (〒107-8348 東京都港区赤坂 6-5-11)

E-mail: yoshimoto@kajima.com

設計・施工・維持管理の各フェーズで BIM/CIM モデルの利活用は一般的になりつつあり、施工フェーズでは、モデル作成とそのデータの統合による閲覧や干渉チェックが頻繁に実施されるようになってきた。しかし、施工管理において BIM/CIM モデルをリアルタイムに活用し施工を進める事例はまだ多くない。

一方、VR においては、VR 空間を体験する機会は増えているものの、施工管理での活用があまり見受けられない状況である。本論文では、鋼殻函体の沈設工事において BIM/CIM モデルを使い、計測値をリアルタイムに見える化するシステムを開発し施工管理に反映した事例と、同工事で最新の VR 技術を用いて遠隔地との情報共有を行い工事関係者間の合意形成の迅速化を試みた事例を紹介する。

Key Words: BIM/CIM model, visualization, Information sharing, Consensus building, Navisworks, plugin

1. はじめに

施工管理では、現場で発生する事象を作業指揮者から作業班までが速やかに把握し、作業に反映することが重要である。また、工事を進める上で、工事関係者が速やかに情報を共有することで合意形成が促進し、工事の進捗が向上する。

次章以降で、BIM/CIM モデルをベースに計画値に見える化して生産性を向上した事例、最新の VR 技術を用いて遠隔地との速やかな合意形成を試みた事例について紹介する。

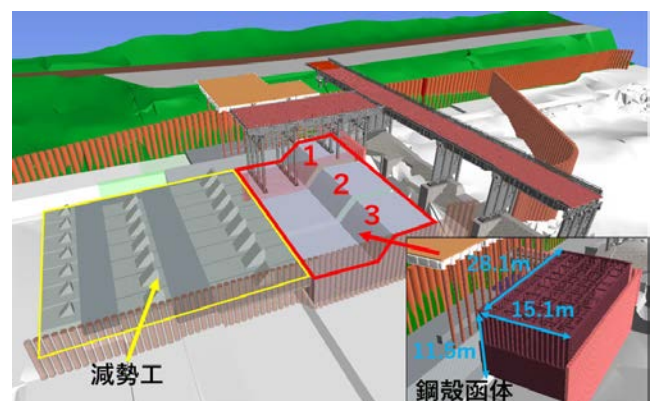


図-1 全体配置図

2. 事例 1 (施工情報を付与した BIM/CIM モデルの施工管理での活用)

(1) 工事概要と施工管理での課題

本工事は、大河津分水路新第二床固改築 I 期工事

(発注者：国土交通省 北陸地方整備局信濃川河川事務所、元請施工者：鹿島・五洋・福田特定建設工事共同企業体)で、床固工構築のための鋼製函体を河川水中内に正確に沈設する作業である(図-1)。当工法は、鋼製函体内部に打設するコンクリート重量および注水(バラス

ト水)を沈設荷重として重心バランスを取りながら沈設していく。施工管理項目は、主に、傾き・相対沈設量および水平変位である。沈設時に鋼製函体が回転・傾斜・移動など自由な挙動を示すため、リアルタイムに厳密な3次元的管理が必要となる。従来は、測量班が計測した値を作業指揮者だけが数値で確認し、注水やコンクリート打設の作業班に指示のみを送り施工を実施しており、作業班は鋼製函体の挙動を把握できなかった。本工事では、BIM/CIMモデルを活用した見える化を行い、関係者間で同時に同じ情報を見ることで施工連携をスムーズでき、施工段階における生産性向上を図ることができた。

昨年度、1函目の沈設を完了し、今年度は、2、3函目の沈設を行った。今回は、計測値の取り込み間隔の変更(45秒→15秒)、経時変化グラフのプラグインを新たに加えるなどシステムの改良を行い施工にあたった。以降で2、3函目の沈設状況を報告する。



図-2 鋼製函体3 函目沈設

(2) 施工管理での取り組み

a) 計測方法、計測項目と見える化システム

鋼製函体の四隅にターゲットを設置して1台のトータルステーション(以下、TS)で連続的に座標値を取得した。TSで取得した座標値を基に相対沈設量、水平変位量、着底距離の動態観測計測値に変換し、Navisworks

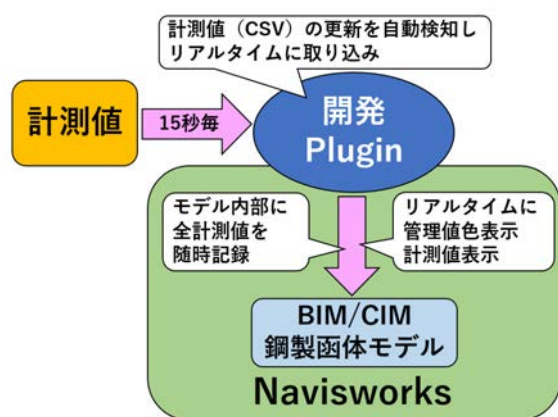


図-3 計測の見える化システムの流れ

に取り込んで BIM/CIM モデル上で見える化した。BIM/CIM のモデル上での見える化にあたっては、Navisworks プラグイン機能を自社開発した。図-3 に計測値取得から Navisworks での見える化までの流れを示す。

b) システム導入による施工管理と効果

Navisworks での計測値表示状況を図-4 に示す。鋼製函体の計測値で特に重要な相対沈設量については、直感的な把握を可能とするために管理値毎に3段階で表示色を変化させ、確認できる仕組みとした。さらに、鋼製函体沈設中の経時的な傾き傾向を捉えられるよう相対沈設量の経時変化グラフ図-5 をリアルタイム表示できる機能を新たに加えた。これらの機能を活用して、鋼製函体内のコンクリート打設作業では、鋼製函体の傾きをリアルタイムに確認しながら打設箇所を変更して傾きを補正した。以上の結果、沈設水平変位規格値 $\pm 300\text{mm}$ に対し1函目、合成変位 19mm 、2函目 71mm 、3函目 46mm という高い精度で沈設することができた。

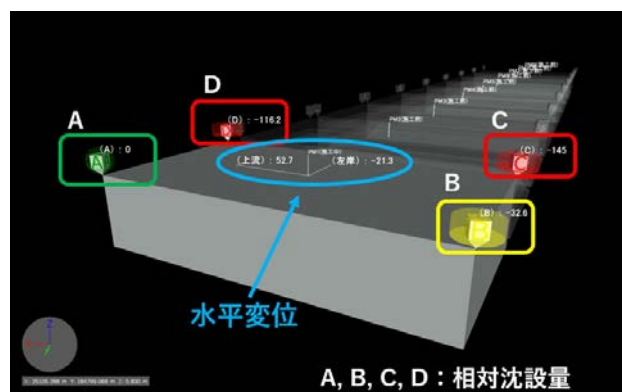


図-4 計測結果の表示例

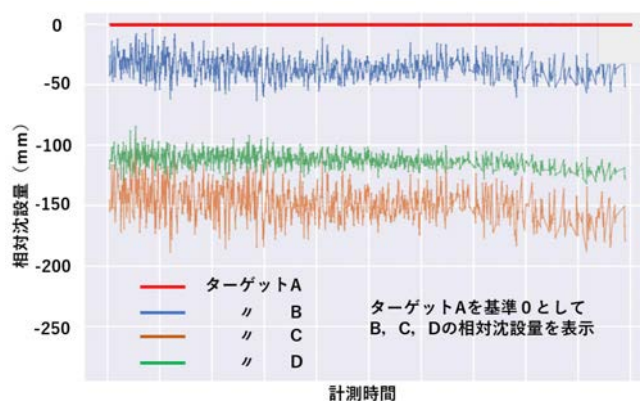


図-5 経時変化グラフの例(抜粋)

(3) 成果

今回の取り組みでは、BIM/CIMモデルを活用し、計測値の見える化を実現できた。その結果、リアルタイムな鋼製函体の挙動を直感的に作業指揮者と各作業班で共有でき、迅速に施工へ反映できた。さらに、施工記録が

BIM/CIM モデルに直接保存されているため、施工時の挙動履歴を何度でも再現できることから、次の鋼製函体沈設に向けても有効活用できる。今後、鋼殻函体の下流側に設置する減勢工についてもこのシステムに改良を加え、さらなる生産性の向上を目指している。

3. 事例2 (VR 技術を利用した現場の遠隔管理)

(1) 導入の背景

施工現場では、発注者、受注者、協力会社といった多くの関係者がコミュニケーションを取りながら意思決定を行う場面が頻繁に発生するが、その際は、関係者全員が多くの資料を共有しながら、施工ステップや完成形のイメージを一致させることが必要かつ重要である。しかし、関係者間の情報共有のための資料作成や、日程調整、移動時間の確保は関係者の大きな負担となっており、特に施工現場が発注者拠点から遠隔に位置する場合に、この課題は顕著である。

建設業界では近年、上記課題の解決手段の一つである VR 技術の活用が注目されている。VR 空間上に BIM/CIM モデルを配置し、そこに VR ヘッドセットを用いて入り込むことで、あたかも現場にいるような没入感で具体的な作業を確認したり、関係者間でイメージの共有を視覚的に行えるため、意思決定の高度化、迅速化に繋がるといったメリットがある。

そこで本工事では、多拠点から複数人が VR 空間へ入り込むことのできる最新 VR 技術である、リコーパチャルワークプレイス（以降、VWP）を導入することで上記課題を解決し、遠隔現場管理の更なる進展、効率化が期待できると考え、試行した。本稿ではこの結果を報告する。（図-1）

(2) システムの概要

VWP は、ネットワークに繋がった高性能 GPU 搭載パソコンと VR ゴーグル、専用アプリケーションを使うことで、遠隔から多人数で同時に同じ VR 空間に入り、各人が自由な視点でコミュニケーションできるシステムである。メモや電子資料の取り込み、VR 空間内での動画の再生、会議録画といった一般的な Web 会議機能に加えて、音声のアバターの方向から聞こえてくる、アバターの VR 空間内距離によって音声の強弱が変化するという高い空間再現性によって、あたかも同じ空間にいるかのように自然なコミュニケーションが可能な VR 技術である。

(3) 現場での運用

a) VR 空間内での遠隔現場管理

VWP では、VR 空間内へ BIM/CIM モデル、360° 写真、現場 Web カメラ映像、3D スキャナで計測した点群データ等

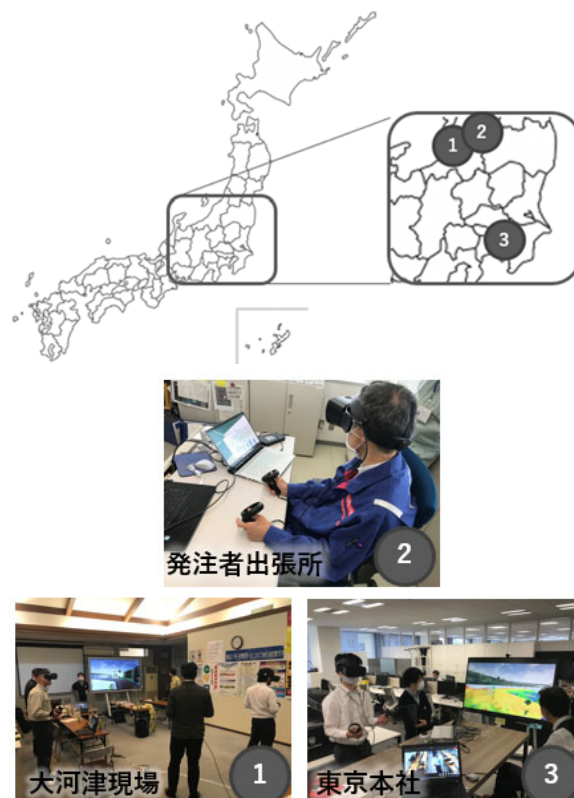


図-1 遠隔地から VR 空間に参加する様子



図-2 360° 天球内の様子

を反映できるため、遠隔地からでも VR 空間を介して現場の状況を確認することができる。加えて、3D スキャナで計測した構造物の点群に対して、VR 空間内で大きさを計測したり、電子書類の確認、コメントやメモ等の記録ができるので、遠隔臨場での迅速な合意形成が可能となる。（図-2）

特に、現場に設置した Web カメラ映像を VR 空間内から確認することによって、BIM/CIM モデルと現況の比較を一挙に行うことができる。これによって、現場の進捗を視覚的に確認することができ、仮想空間と現実空間を融合させたシームレスな現場管理が実現できる。（図-3）

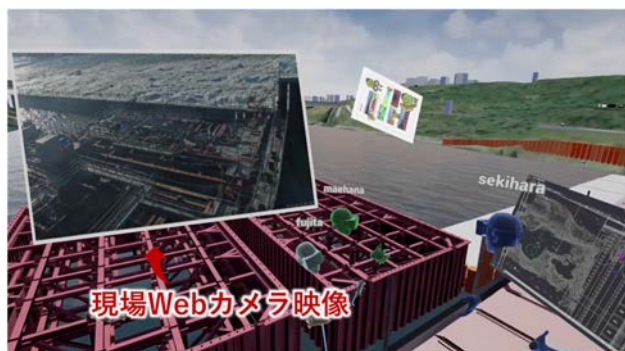


図-3 360° 現場 Web カメラ映像確認の様子

b) VR 空間内での河床検査

VR 空間で河床部へ降り立ち、河床状況を確認した。河床モデルは、ソナーで測量し作成した河床の 3D モデルに 1m 間隔のコンターを入れて表現し、標高を分かりやすく明示した。河床部では遠隔地から参加した発注者と共に河床状況を確認し、VR 空間内の検尺スタッフで河床深度の確認を行った。通常は立ち入ることのできない河床部へ降り立ち、より現実に近い映像で確認し関係者間で共通認識を得ることができた。（図-4）

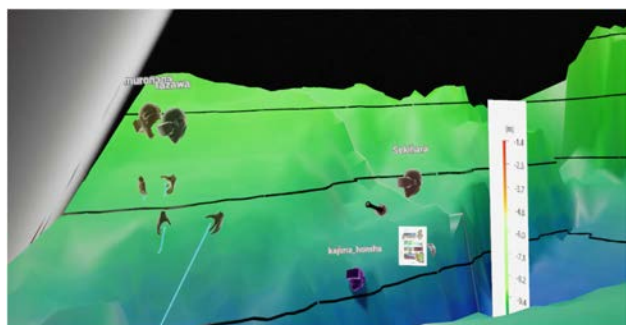


図-4 河床部で状況を確認の様子

c) VR 空間内での岩盤検査結果確認

本工事の岩盤検査は、潜水士が水中で加速度計付きのハンマーを用いて岩盤を叩き、ケーソン着底部岩盤の種類や健全度を確認する検査である。発注者を含めた関係者が、VR 空間で検査結果の確認を行った。VR 空間における検査方法は、検査箇所に検査岩盤の水中写真と事前に実施した検査結果を合わせて配置し関係者が同時にここに集まり確認するものである。臨場感のある VR 空間で検査結果を確認することで納得感を持って共通認識を得ることができ、意思決定の迅速化に繋がった。（図-5）

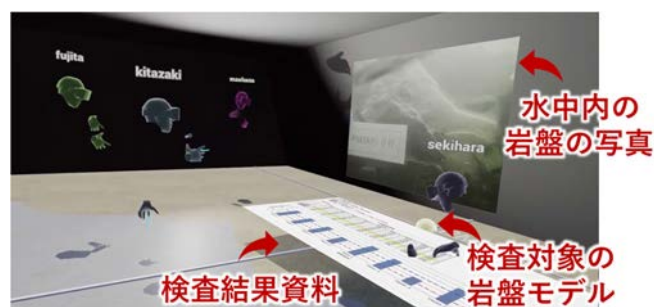


図-5 岩盤検査結果の確認と報告の様子

(4) 成果

VWP は、VR と現実空間が融合され、遠隔地からでも、あたかも建設現場にいるような感覚で情報共有し、コミュニケーションや意思決定ができることを確認した。これにより、本来集合するために必要な移動時間の大幅な削減を可能にした。また、①複数人参加型の VR、②見えない場所の可視化、③仮想と現実の融合の 3 つを実現することで、将来的な現場管理の完全遠隔化に向けた一歩を踏み出すことができた。

今後、VR 空間内への 360° ライブ配信映像の組込みを視野に入れた更なるシステムの高度化や他のデジタル技術との連携など、建設現場での利用に向けた最適化を進めることで、デジタル時代に相応しい新たな現場管理のスタイルを提案していく予定である。

4. おわりに

大河津分水路の改修事業においては、原則遠隔臨場による受・発注者とのやりとりを試行している。さらに、本工事では、今年度から発注者と協働で BIM/CIM 工事に対応した監督検査要領（案）の作成を行う予定としている。

BIM/CIM モデルを土台に VR など新技术を効果的に取り入れ、現場の生産性向上を推進できる手法は i-Construction の目指す取組みに沿ったものであるといえる。本報告が i-Construction 推進の一助になれば幸いである。

謝辞：事例やデータの収集にあたり、下記の法人及び関係者の方々にご協力いただいた。ここに深く感謝申し上げます。

1. 株式会社リコーTRIBUS推進室 R&R チーム
2. 国土交通省北陸地方整備局 信濃川河川事務所