⁽⁴⁾ BIM/CIM モデルを用いた施工管理の 高度見える化事例

石黒 真聖¹·伊藤 一宏²·福田 一郎³·関原 真之介⁴

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: ishigurm@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: kazuhiro-i@kajima.com

³正会員 鹿島建設株式会社 日立LNG基地2期タンク工事事務所(〒319-1231 茨城県日立市留町 2985-5 日立第5埠頭内)

E-mail: fukuda16@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.

i-Construction が提唱されて4年が経過した.設計・施工・維持管理の各フェーズでBIM/CIMモデルの 利活用は進みつつあるが、施工フェーズではモデルの作成とそのデータ統合による閲覧や干渉チェックに 留まっているのが現状であり、施工管理においては、得られた施工記録をデータとして蓄積してはいるも のの、リアルタイムでの施工時の利活用や次の維持管理フェーズへの引継ぎは事例はまだ多くない.本論 文ではBIM/CIMモデルを使い施工情報を施工中に見える化するとともに、維持管理フェーズでの積極的 な利活用が期待できる仕組みを開発したので、2現場における適用事例を紹介する.

Key Words: BIM/CIM model, visualization, attribute assignment, maintenance, Navisworks, plugin, CSV

1. はじめに

施工管理における施工記録は、施工中に取りまとめて はいるもののデータの見える化まで行うケースは稀であ る.一方、複数の施工箇所で連携して施工を行うために は、施工情報を一元化し見える化することが関係者間の 速やかな合意形成に繋がり生産性向上に大きく寄与する と考えられる.次章以下では、BIM/CIMモデルを利用し 施工情報を一元化・見える化することで、個々の現場が 抱える問題の解決に繋げた事例を紹介する.

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

日立LNG 基地II 期工事(発注者:東京ガス(株),元請施工者:東京ガスエンジニアリングソリューションズ(株),一次下請施工者:鹿島建設(株)・(株)IHI プラント

JV) における PC 防液堤工事での事例を紹介する.当工 事は工期短縮と品質向上を図るため PC 防液堤をパネル 状に分割するプレキャスト工法を採用した.プレキャス トパネルは図-1 のように PC 防液堤の高さ方向に 19 分 割,円周方向に40分割(標準パネル寸法:長さ6.30m×





高さ2.39m×幅0.65m,約240kN/枚)とし、工場製作後に 陸上輸送を経て現場の大型クレーンにより設置した¹⁾.

施工管理上の課題は、740 枚ものプレキャストパネル の工程管理、工場製作記録と施工記録のトレーサビリテ ィ体系の構築、ならびにこれら品質記録の短時間での確 認方法の構築であった.そこで、これらの課題の解決策 として BIM/CIM モデル内に属性として工程や品質記録 を直接付与することや関連付けることで一元管理できる システムを構築した.

(2) 施工管理での取り組み

a) 施工記録を BIM/CIM モデルに属性として一括付与す るシステムの構築

プレキャストパネル設置時の施工情報として計画・実 績工程および出来形記録がある.これらはMicrosoftExcel 等で個別に管理されており、モデリングソフトウェアを 使って BIM/CIM モデルへ属性として直接付与すること は煩雑で労力を要する.このため今回は図-2の左側に 示すように Autodesk 社製の Navisworks Manage 2018(以下 Navisworks) に自社開発したPluginプログラムを実装し, CSV データへ変換した工程や出来形を取り込み, Navisworks 内の BIM/CIM モデルに属性として一括付与す ることとした.この結果,図-3に示すようにプレキャ



図-2 データの取り込みと一括付与・リンクのイメージ



図-3 施工情報の属性一括付与後の見える化の例 (プレキャス トパネルの出来形情報)

ストパネルの設置精度をパラメータとする着色設定により、出来形傾向の早期把握ができるようになった. 関連 工事との工程調整では施工中に発生した工程変更条件に 対して、図-4 のように Navisworks 内で計画工程を BIM/CIM モデルと関連付けて見える化したシミュレーシ ョンを行うことで、工事遅延を防止する工程管理の一助 とすることができた.

b) 品質記録を BIM/CIM モデルと関連づけるシステムの 構築

一方、工場製作の品質資料はプレキャストパネル毎に 詳細な検査が行われており、検査資料として検査表・図 面などの品質管理記録を保管する必要があった.これら を BIM/CIM モデルへ属性として直接付与することは困 難なため、BIM/CIM モデルにリンク機能を持たせ、図-5 に示すように Navisworks 内で BIM/CIM モデルを選択する とそれに該当するパソコン内のエクスプローラーのフォ ルダが開き、保存されているデータを閲覧できる仕組み とした.このリンク機能のイメージを図-2 の右側に示 す.このシステムはデータの種類・数・容量に制限なく 管理できるため汎用性が高い.以上により、BIM/CIM モ デルを介して工場製作から施工管理までの施工情報をす べて関連付けするシステムを開発することができた.



図-4 見える化した工程シミュレーションの例(工程に連動した BIM/CIM モデルでの施工可否の確認)



図-5 品質管理記録とのリンク付けの例(プレキャストパネル 毎の品質記録を閲覧)

(3) 成果

今回のシステムでは、BIM/CIMモデルを利用して施工 中に工程と品質を見える化することができ、かつトレー サビリティ体系を一元化することができた.このシステ ムは次の維持管理フェーズにおいて、効率的かつ効果的 に利活用されるものと考える.本システムはAutodesk社 製のソフトを採用しているが、施工記録データは汎用性 のある CSV データへ変換して使用しており、またリン ク先のエクスプローラーのフォルダ内のデータにもデー タ仕様の制約はないため、他の三次元ソフトでも同様の システムの構築ができ汎用性が高いと考える.

3. 事例 2 (BIM/CIM モデルを用いた施工データの リアルタイムでの見える化活用)^{2,3}

(1) 工事概要と施工管理での課題

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)における床 固本体工事での事例を紹介する.発注時の床固工は9基 の鋼殻ケーソン(標準寸法:長さ28.1m×幅15.1m×高 さ11.5m)を陸上製作の後,河川を曳航して所定の位置 に設置し着底後,ニューマチックケーソン工法で沈設す る計画となっていたが,設計変更により設置ケーソン工 法へ変更することとなった. 当工事の設置ケーソン工法は、鋼殻内部に打設するコ 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工法である.ニ ューマチックケーソン工法と設置ケーソン工法のいずれ も施工管理項目は主に傾斜,沈設深度および水平変位で あるが、設置ケーソン工法では沈設時に鋼殻ケーソンが 回転・傾斜・移動など自由な挙動を示すため、リアルタ イムな三次元的な管理が必要となる.管理無く無秩序な 沈設を行った場合、制御不能となった鋼殻ケーソンによ りガイド鋼管杭の倒壊や沈設そのものが施工不能になる 可能性の高いことが施工管理上の課題であった.図-6 に現場全景写真、図-7 に設置ケーソン工法の施工手順 図、図-8に設置ケーソンの沈設前後の写真を示す.

今回,この課題の解決策として,沈設中の鋼殻ケーソンの挙動把握方法を従来のモニター内の数値表示だけでなく,それらを BIM/CIM モデルへ組み込み見える化するシステムを開発した.

(2) 施工管理での取り組み

ニューマチックケーソン工法ではレーザー距離計とケ ーソン本体に設置した傾斜計を併用して位置や姿勢を計 測するが,設置ケーソン工法では三次元の動体観測が必 要となるため,鋼殻ケーソン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で自動追尾する計測方 式とした.







図-7 設置ケーソン工法の施工手順図



図-8 設置ケーソン工法の写真(上段:沈設前、下段:着底後)

表-1 設置ケーソン沈設時の計測項目

-		
名称	内容	計測機器
傾斜	ケーソン四隅のターゲットを視 準.最高点を 0 としその Z 座標の 差を表示	トータルステー ション
水平位置	ケーソン四隅のターゲットを視 準.ケーソン中心位置の設計との 差を上流と左岸の2方向で表示	トータルステー ション



図-10 Navisworks Simulate での見える化の流れ



図-9 トータルステーションでの計測イメージ

設置ケーソン沈設時の計測項目を表-1 に、図-9 にト ータルステーションでの計測イメージを示す.計測デー タは45 秒毎に CSV として出力し、自社開発した追加機 能の Plugin で Navisworks Simulate 2019 (以下 Navisworks Simulate) へ取り込み、鋼殻ケーソンのモデル上で表示 を行った.図-10 に計測から Navisworks Simulate での表示 までの流れを示す. Navisworks Simulate の画面は図-11 に 示すように、鋼殻ケーソンの挙動を直感的に把握できる ように3段階ある閾値で色を変化させ、同時に表示され る計測値と合わせて総合的に判断できる仕組みとした.

この画面で傾斜を確認しながら鋼殻ケーソン内のコン クリート打設作業を行い、傾斜を修正できる打設箇所を リアルタイムに選定しながら作業を進めることができた. また、着底時にも着底距離と傾斜を確認することで、注 水量の調整に活用できた.

(3) 成果

Navisworks Simulate で見える化することにより協力会社 を含めた施工担当者間で鋼殻ケーソンの挙動をリアルタ イムにかつ直感的に共有することができ、速やかに施工 へ反映することができた.この結果,沈設規格値± 300mm に対し、水平変位は上流側へ 16.2mm、左岸側へ 9.4mm、合成変位18.7mmの精度で設置を完了することが できた.



図-11 Navisworks Simulateの画面(中央がケーソンモデル)

4. おわりに

今回の取り組みは、施工中のデータをBIM/CIMモデル へ属性情報として付与しリアルタイムに見える化するこ とで施工管理での生産性向上に貢献しただけでなく,合 理的なデータ整理の手法を示すことができた事例といえ る.また,BIM/CIMモデルを次の維持管理フェーズへ引 き継ぐ道筋を示した点は i-Construction の目指す取り組み に沿ったものであるともいえる.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 げる. (順不同) 1.東京ガス株式会社 2.東京ガスエンジニアリングソリューションズ株式会社

3.国土交通省北陸地方整備局 信濃川河川事務所

参考文献

- 岩本直樹、山崎大介、金子賢太郎、外内和輝:プレ キャスト工法を採用した LNG タンク PC 防液堤の設 計・施工、プレストレストコンクリート、Vol.61 No.5、pp.25-30、2019.
- 一般社団法人日本建設業連合会:ACe 建設業界, Vol.109, pp.7-19, 2020.
- 3) 公益社団法人日本河川協会:河川, No.882, pp.49-54, 2020.