

雨水ポンプ場建設工事における BIM/CIM の活用

前田建設工業（株） 正会員 ○稲生 秀 落合 秀和
正会員 工藤 敏邦 緒方 晶星
地方共同法人 日本下水道事業団 馬場 省伍

1. はじめに

国土交通省の生産性革命プロジェクト i-Construction の一環として、国土交通省下水道局は平成 28 年度に「i-Gesuido」という取組みを打ち出し、その 4 本柱の 1 つとして BIM/CIM の活用を盛り込んでいる。また、日本下水道事業団は平成 26 年度より BIM/CIM に関する研究を開始し、発注工事にて BIM/CIM の試行に取り組んでいる。今回、雨水ポンプ場建設工事において、下水道施設特有の複雑な構造物及び仮設物の 3D モデルに、工程を加味した 4D モデルを作成し、施工検討に活用した事例および出来形計測に試行した事例を報告する。また実際の建設工事に BIM/CIM を導入した際の効果の検証及び課題の抽出を行う。

2. 工事概要と背景

『木更津市金田西雨水ポンプ場建設工事』は、多機能複合型都市”かずさアクアシティ”計画の中で金田西地区の雨水排除を目的としている。その工事規模は、計画雨水量 $7.7\text{m}^3/\text{s}$ に対応する RC 造の地下 1 階(最大深さ約 12m)、地上 4 階(高さ約 20m)建の沈砂池ポンプ棟と貯水量 $11,200\text{m}^3$ の雨水調整池及びそれに付随する総延長約 400m の函渠である。

ポンプ場の上流側では上記計画のための大規模な造成が行われており、開業日も決定していた。そのため、本工事では開業に合わせて雨水を処理できるようにポンプ場を建設する必要がある、工程厳守が至上命題となっていた。後工程である建築工事及び機械設備工事、電気設備工事については工期の短縮が困難であるため、複雑な構造の土木構造物を短期間で竣工させることが工事全体の工程短縮の要であった。

3. 4次元モデルの活用

(1) 3D・4Dモデル概要

複雑な躯体と仮設構造物の取り合い、周辺環境との関係を可視化するため、現場全体の 3D モデルを作成した。周辺地形や近接構造物の 3D モデル化は、詳細な計画立案や数量把握を目的としていないため LOD（詳細度）=100 程度とした。一方、関係者間の施工イメージ統一や施工計画立案のために作成した躯体構造物および仮設構造物の 3D モデルは、ある程度の正確さが要求されるため LOD=300 程度とした。作成した 3D モデルを図・2,3 に示す。また、施工予定の工程を付与することで 4D モデルを作成し、施工手順に沿ったシミュレーションが可能となった。



図-1 アクアシティ¹⁾



写真-1 現場状況写真

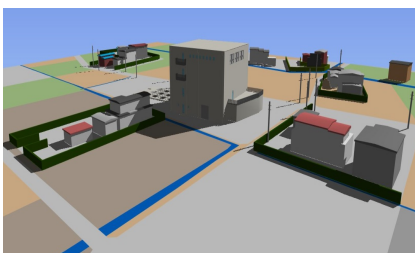


図-2 周辺地形と近接構造物 (LOD=100)

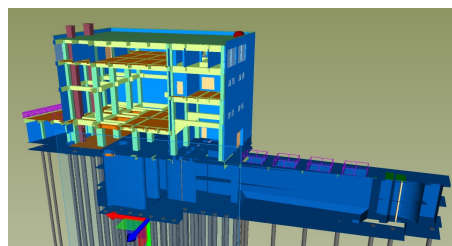


図-3 雨水ポンプ施設 (LOD=300)

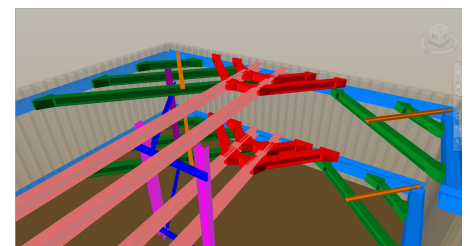


図-4 仮設構造物 (LOD=300)

キーワード 下水道 C I M, 3D モデル, 4D モデル, i-Gesuido, 生産性向上, 施工シミュレーション
連絡先 〒102-8151 東京都千代田区富士見 2-10-2 前田建設工業(株) TEL 03-5276-5166

(2) 関係者の理解度向上

雨水ポンプ場は、多くの梁・柱・中壁が存在し、各階ごとの形状は一樣でなく、非常に複雑な構造となっている。そのため、経験の浅い技術者や職人は、一般的な平面図や断面図から構造物の形状を理解しようとすると、多くの時間を要してしまう。

そこで、躯体及び山留材の 3D モデルとそれに工程情報を紐付けた 4D モデルを作成し、新規入場者教育・若手職員教育・施工手順周知会で使用し、その効果を検証した。3D/4D モデル使用前と比較すると、躯体の形状や施工手順の理解度が飛躍的に向上した。その結果、誰もがやるべき作業を容易に把握できるようになったため、躯体構築における手戻り・手直しが減少した。

また、今回建設する雨水ポンプ場には近接する民家があるため、雨水ポンプ場の建設が日照条件に与える影響を確認する必要があった。そこで、3D モデルを活用し、太陽光源による日照条件のシミュレーションを作成し、住民説明会等において周辺住民に工事への理解を深めるツールとして活用した。

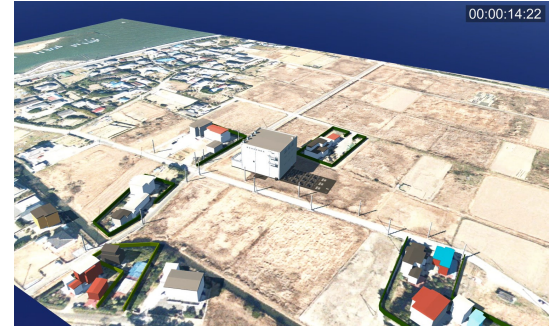


図-5 日照条件シミュレーション

(3) 仮設計画の変更

当初発注図データを用いて作成した 4D モデルの導入により、工程ロスは山留めの構造に原因があり、特に沈砂池とポンプ井を縦断する通し梁構造が影響していることが明確になった。そこで、沈砂池とポンプ井の山留支保工を通し梁不要の大火打ち構造に変更した。その結果、沈砂池側とポンプ井側で分割して山留支保工を施工できるようになり、掘削や躯体の構築において待ち時間が減少するだけでなく、沈砂池の躯体と絡ませずに 3 段目の山留支保工を架設できるようになったため、沈砂池の構築を待ちによる工程遅延を防止できるようになった。図-6 は当初発注図と山留め構造の変更を反映した変更設計について、同日の 4D モデルにて比較した図である。当初発注図では、沈砂池のコンクリート打設が 2 リフト目（打設量全体の約 20%）までしか完了していない状態であるのに対し、変更設計では、沈砂池側で 4 リフト、ポンプ井側で 1 リフト分（打設量全体の約 40%）のコンクリート打設が完了可能となることが確認できた。

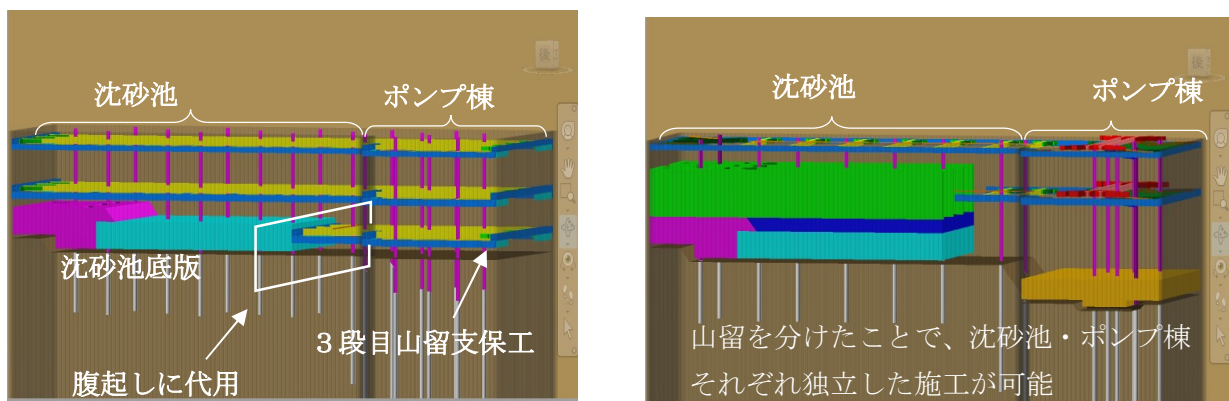


図-6 4D モデルによる工程の比較（左—3 段目山留設置状況 右—躯体構築中の山留状況）

4. コンクリートの品質管理技術と CIM モデルの連携効果

コンクリート打設リフトごとの品質管理情報を 3D モデルに属性として付与し、CIM モデルを構築した。属性の付与には Navisworks のアドオンソフトである「Navis+（伊藤忠テクノソリューションズ）」を使用した。3D モデルの部材をクリックすると該当箇所のコンクリート強度、打設時の気温等の属性情報が表示される。施工時の様々な情報が 1 ケ所にまとまっているため、施工中も過去の打設

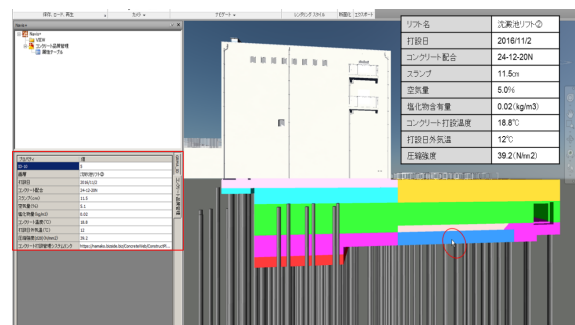


図-7 CIM モデルに付与されたコンクリート属性

状況を振返る際に活用できた。

また、コンクリートの品質確保を目的とし、生コンクリートの出荷から打設までの時間管理を行うシステムを導入した。生コン工場出荷時、現場到着時、荷卸完了時に、トラックミキサにICカードを配布し、通過時刻を記録できるシステムである。記録された時刻と車番はPCやタブレット端末から随時確認できる。打設時はExcelファイルに出力することができるため、打設後のデータ整理も省力化することができた。

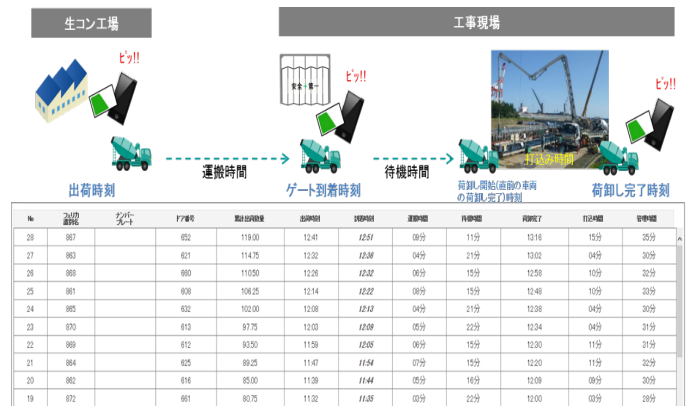


図-8 コンクリート品質管理システム

CIM モデルにはコンクリート打設システムへのリ

ンクが設定されており、対象ソフトのリフトをクリックすることで、打設時の時間管理情報が閲覧可能である。

5. レーザースキャナと写真計測による出来形計測の試行

雨水ポンプ場は、躯体施工後にポンプ・配管などの機械や管路設備が配置される。配管計画を正確に立案するためには、柱や開口部、箱抜きなどの細部に至るまで高精度かつ迅速な躯体形状（出来形）の把握が必要であるが、複雑な形状のポンプ場の出来形計測には非常に手間が掛かる。そこで、雨水ポンプ場内のポンプ室と電動機室は、レーザースキャナ計測と写真計測を試行し、精度面と所要時間の観点から将来的な導入の可能性を検討した。

（1）計測方法

3次元レーザースキャナは、計測対象にレーザーを放射状に照射することで、表面形状の3次元座標を取得することができる計測機器である。毎秒数万点以上の速度により非接触で計測し、高密度で面的な点群データが取得できる。今回対象のポンプ室と電動機室は、複雑な躯体のため機器を盛替し、全体のデータを取得した。写真測量は写真から3次元点群データを取得する技術であり、SfM手法により実施される。SfMでは計測対象を様々な位置や角度から撮影した画像を大量に用意し、写真同士の対応関係をソフトウェア解析することで、計測対象物の三次元点群データを取得する。

（2）精度の検証

レーザースキャナ計測と実測との誤差は、ポンプ室では+3.0 mm、原動機室では+4.0 mmとなった。レーザー計測結果とコンベックスを使用した計測結果の差異は小さいため、レーザー計測はある程度信頼できる精度を確保しているといえる。一方、写真計測は一定のラップ率を確保しながら計測を実施したものの、うまく点群が作成できない箇所があり計測不可となった。

（3）所要時間の比較

レーザースキャナ計測・写真計測に掛かった時間を従来方法で計測した時間と比較した結果を図-9に示す。ここで、従来方法とはTSで通り芯を出し、コンベックスにより箱抜き等の位置を計測する方法である。レーザースキャナ計測は従来の方法と比較して計測時間が各段に短くなるため、出来形計測の効率化に大きく寄与すると考えられる。

特にレーザースキャナによる計測では信頼できる精度を得られることができた。しかし、計測対象物の材質によってはレーザーが反射してしまいうまく計測できない物もあり、より精度を高めるために、計測時の天候



写真-2 計測状況。



写真-3 計測状況

や照明の考慮などが必要と考えられる。一方、写真計測は死角をなるべく少なくするなどピント調整・手ブレ補正など撮影方法に工夫が必要なが分かった。複雑な躯体の出来形寸法をある程度の精度で、短時間で取得できることが分かったため、将来的には現状の出来形計測にとって代わる可能性もあると思われる。

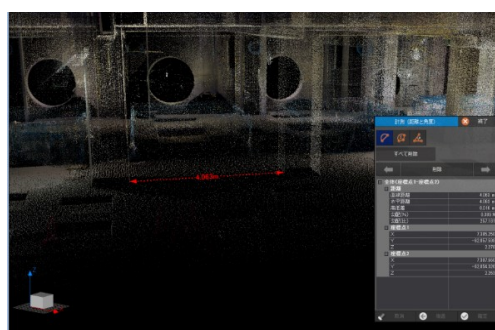


写真-4 ポンプ室計測結果 (左—従来計測、右—レーザースキャナ)

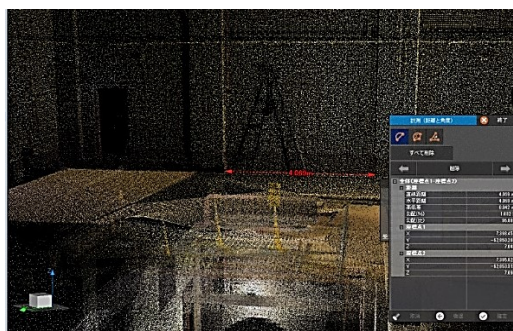


写真-5 原動機室計測結果 (左—従来計測、右—レーザースキャナ計測)

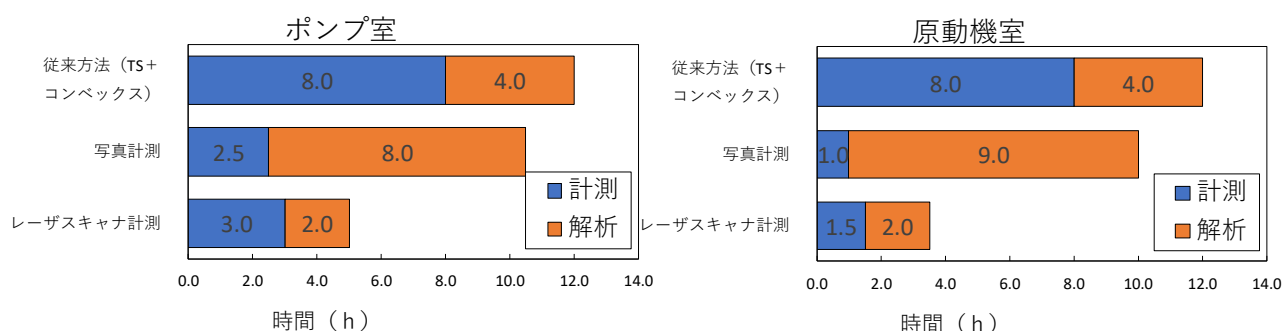


図-9 従来方法と各種計測時間の比較

6. おわりに

4D モデルにより工程を可視化することで、より合理的な仮設構造への変更が実現し、地下躯体の全体工程を実質2か月短縮することができた。さらに、施工手順の可視化により、工事関係者間のコミュニケーション向上にも一定の効果を得られた。また、当現場では3D スキャナや写真計測による出来形計測も試行した。その結果、課題は残ったものの、複雑な躯体の出来形寸法をある程度の精度で、短時間で取得できることが分かったため、将来的には現状の出来形計測にとって代わる可能性もあると思われる。

近年の ICT の進歩はめざましく、活用することで従来の業務の大幅な効率化が実現する技術も続々と開発されている。将来の下水道施設の管理を効率化するためには、これらの最新技術と BM/CIM とを連携させることが必須であるため、今後も実案件を通して検証を続けていきたい。

本稿は JS との共同研究「下水道 BIM/CIM の有効性に関する調査研究」の成果の一部である。

参考文献：1) 木更津市公式 HP, <http://www.city.kisarazu.lg.jp/sp/12,68166,23.html>