

垂坂配水池におけるCIM活用への取り組み

(株)安部日鋼工業

○古川 正悟

(株)安部日鋼工業

正会員

安藤 健

(株)安部日鋼工業

坂口 拓太

(株)安部日鋼工業

北瀬 昭平

キーワード：PCタンク，CIM，3次元モデル，点群測量

1. はじめに

垂坂配水池築造工事は、内径36.6mと内径25.4mからなる容量15,000m³の2重PCタンク築造と延長約220mにわたる流入管、流出管および排水管の布設が主たる工事である。本工事は、運用開始時期の制約により、配水池築造と場内配管布設を重複して進めることが課題であった。

そこで、施工上の問題点を事前に把握し、対策を講じた入念な施工計画を立案するためにCIMの活用を試みた。本稿では、その取り組みについて報告する。

2. 工事概要

配水池概要を図-1に、工事全体概要を図-2に示す。

工 事 名：垂坂配水池築造工事

構造形式：同心円二槽式

有効水量：V=15,000m³

有効水深：H=15m

内 径：内槽 Di=25.4m

外槽 Do=36.6m

基礎形式：直接基礎

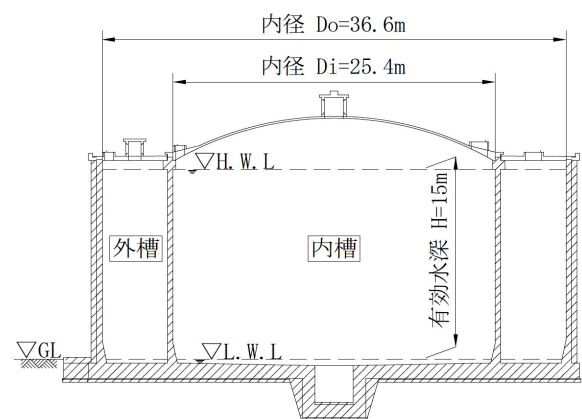


図-1 垂坂配水池概要

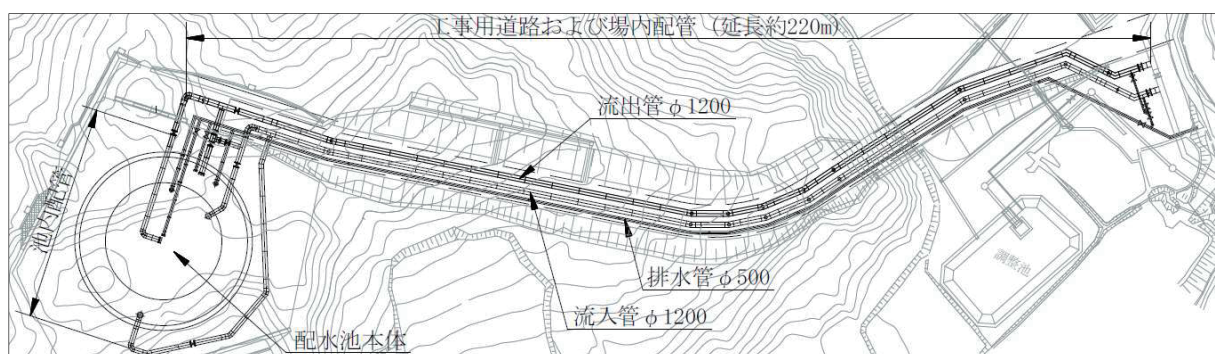


図-2 工事全体概要

3. CIM活用の着目点

本工事の施工上配慮すべき特徴としては、①配水池本体の2重側壁と配管保護の鉄筋が底版部で交錯する、②配水池築造の施工ヤードが狭く重機配置に制約を受ける、③配管が工事用道路直下に配置されるため一部ずつ掘削して布設しなければならない、ことが挙げられる。

さまざまな問題点を事前に洗い出し、入念な施工計画を立てるため、①設計配筋図の鉄筋干渉チェック、②コンクリートの充填性検証、③重機配置計画、④配管作業計画、⑤小規模土工への点群測量の活用、の5つの項目についてCIMを活用した検討を行った。詳細内容について次項より記述する。

4. CIM活用 の 取組 み

4.1 設計配筋図の鉄筋干渉チェック

鉄筋組立作業時における手戻りを防止するため、底版・側壁・配管防護・ピット部の設計配筋図を3次元モデル化(図-3)し、配筋の照査および鉄筋干渉チェックを行った。

(1) 鋼材同士の干渉チェックと対策

2次元図面では反映されていないPC鋼材の曲上げなどを考慮し、実際の鋼材配置形状で干渉部を確認した(図-4)。事前検討で鉄筋の配置を見直し、円滑な組立作業に向けた対策を実施した。

(2) 突出鉄筋の対策

施工にあたり、ピット内配筋はすべて格子状に組むことを検討していたが、一部の鉄筋の躯体外への突出が検出された(図-5)。配筋作業中に発覚した場合、組替え作業が発生していた可能性も考えられる。突出する鉄筋の位置・本数を把握し、鉄筋形状を見直すことで、手戻りを未然に防止した。

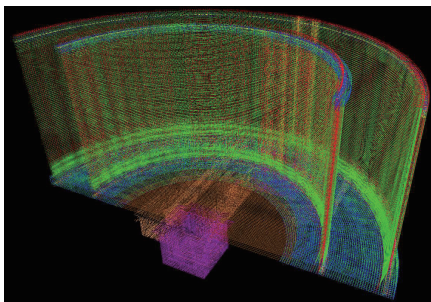


図-3 3次元配筋モデル

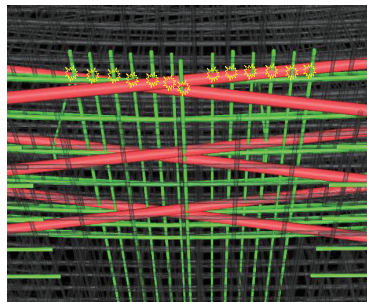


図-4 干渉検出状況

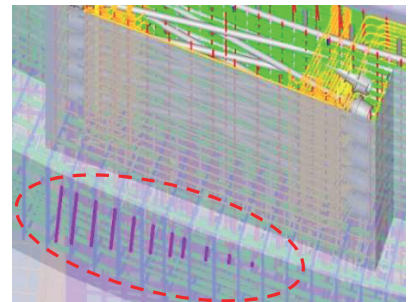


図-5 突出鉄筋の検出

4.2 コンクリートの充填性検証

配筋モデルから、コンクリート充填に注意が必要な箇所として、①ピラスター部、②底版と側壁の結合部、③側壁1層目を洗い出した。鉄筋のあき確認に加え、配筋モデル内にバイブレータモデルを挿入し、適切な間隔で締固めが行えるかを検証した(図-6)。結果と対策を以下に記述する。

(1) 鉄筋のあき確認

鉄筋のあきを確認した結果、「①ピラスター部」は、補強筋が何段にも重なることにより、鉄筋のあきが確保できなくなり、充填性に影響を与えることが判明した。

対策として、補強筋定着フックの「曲げ方向の変更：水平方向→鉛直方向」と「形状の変更：直角フック→鋭角フック」を講じた(図-7)。その結果、定着長を確保するために発生していた補強筋の重なりを解消することができ、十分なあきが確保された(図-8)。

2次元図面では表現されていない鉄筋径を反映し、視覚的に確認することで、いち早く充填不足のリスクを発見することが可能となった。もし、2次元図面で気が付かないまま施工進めていたら、充填不足により豆板を発生させていた可能性が考えられる。豆板を発生させることは品質低下だけでなく補修作業の発生も伴う。品質を守りつつ、生産性低下となり得るひとつのリスクを排除することができた。

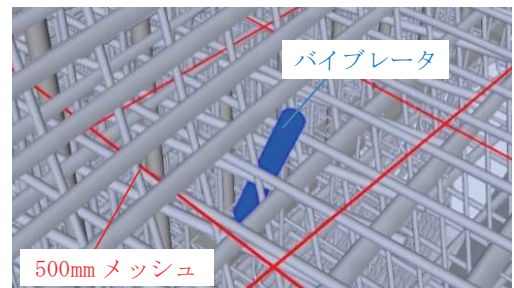


図-6 バイブレータ挿入確認

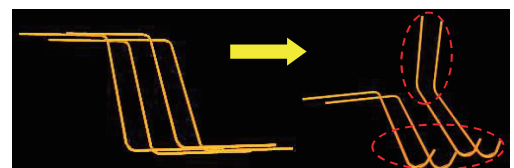


図-7 ピラスター配筋の形状変更

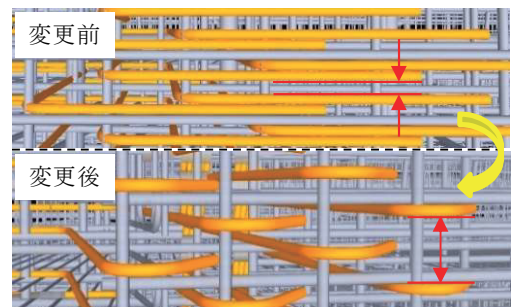


図-8 形状変更によるあきの確保

(2) バイブレータモデル挿入確認

バイブレータモデル挿入確認の結果、「①ピラスター部」、
「②底版と側壁の結合部」は適切な間隔で締固め作業ができることを確認した。一方、「③側壁1層目」では、標準使用されるφ50のバイブレータのハンチ部への挿入が物理的に困難であることが判明した。

対策として、コンクリート打継高さを変更し、ハンチ部にバイブレータを挿入することを検討したが、横締めPC鋼材とコンクリート打継目が重なることや工程の遅れが懸念された。そのため、小径強力バイブレータ(φ28)のかぶり内への挿入と型枠バイブレータを併用して、締固めを行うものとした(図-9)。

これらのシミュレーション結果は作業周知会で活用して、円滑な施工と充填性向上を図った。

4.3 重機配置計画

狭い施工ヤード内では、適切な重機配置計画を行うことで円滑な作業が実現できる。また、地形形状を考慮することで、手戻り作業の防止効果がさらに高まると期待された。

そのため、シミュレーションモデルへ地形データを反映した。地形データは、UAV(写真-1)による点群測量で取得して3次元モデル化し、構造物および重機の3次元モデルと重ね合わせた(図-10)。UAVによる点群測量の相対精度は、30mm程度であり、重機配置計画には問題ないと判断した。なお、30分×2回程度の飛行で広範囲(52,000m²)の地形データを取得することができた。

容器構造物では、施工の進捗により側壁が立ち上っていくため、クレーンの平面的な配置だけではなくブームが可動できる範囲を入念に確認しておく必要がある。現場の進捗状況を考慮して、クレーン配置位置・ブーム作業範囲のシミュレーションを行うことで、円滑な施工に向けた施工計画を立案した。

4.4 配管作業計画

本工事では、約220mの工事用道路直下に配管3本を並列に布設しなければならない。さらに、工程上、配水池築造工事と同時に施工する必要があった。2次元図面だけでは平面図、縦断図、横断図など複数の図面を同時に読み取る必要があり、多種多様となる配管材の配置を3次的にイメージすることが困難であった。

そのため、配管を3次元モデル化し、地形モデルに重ね合わせた。配管工事全体を視覚化することで、複雑な配管形状の把握が容易となった(図-11)。また、配水池築造工事との相互作業が円滑となるように施工計画を立案した。

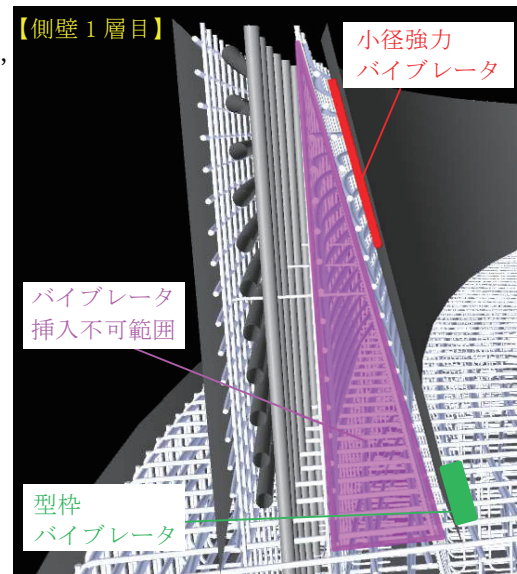


図-9 側壁1層目充填性向上対策



写真-1 使用 UAV

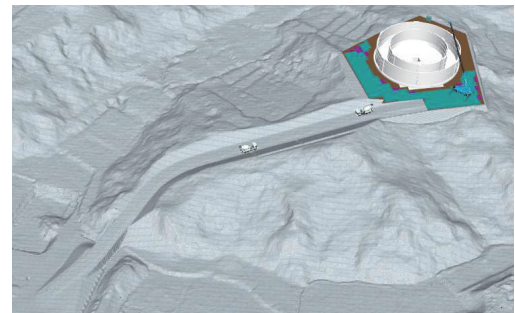


図-10 重機シミュレーションモデル

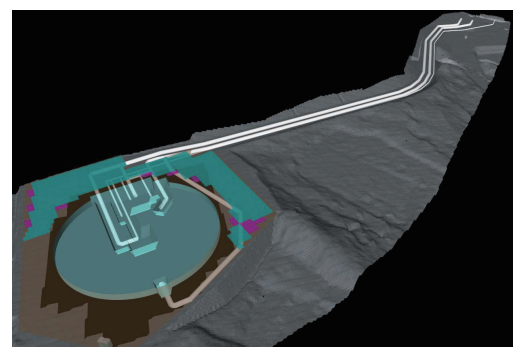


図-11 3次元配管モデル

4.5 小規模土工への点群測量の活用

掘削後の地形データを点群測量で取得し、掘削形状の設計との整合性確認および変化量から土量の算出を試みた。掘削範囲は配水池の範囲に限定されるため、掘削後の地形データは、ハンディタイプのレーザースキャナを用いて測量した(写真-2)。UAV測量は測量日の天候(雨・風)に左右されることに加え、操作オペレーターを必要とするのに対し、ハンディタイプレーザースキャナは、掘削の進捗に合わせて都度計測でき、計測者の技量に影響を受けずに点群測量が可能である。機械を持って歩くことで計測できるため、3分程度の歩行計測で掘削範囲(約550m²)のデータが得られた(図-12)。

掘削形状の整合性は、測量データをもとに作成した掘削形状3次元モデルを設計掘削形状の3次元モデルと重ね合わせることで、簡易的に確認した。3次元モデルによる掘削土量算出結果は、2510m³となり、計画土量2588m³に対して誤差3%程度であることを確認した。

本計測機の相対精度はUAV測量と同様に10～30mm程度であるため、ミリ単位の精度を要求される工種の出来形計測への適用は難しいが、日々変化する現場状況や掘削土量の把握には有効な手法であると考えられる。



写真-2 ハンディタイプ
レーザースキャナ

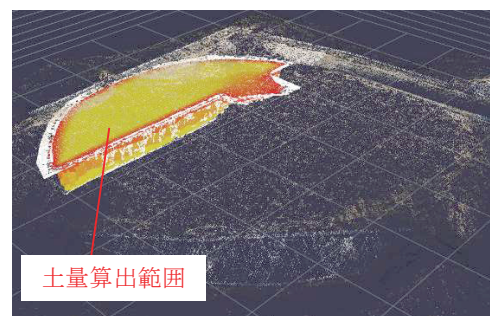


図-12 掘削範囲計測データ

5. 今後の課題

5.1 3次元モデリング技術者の育成

CIMソフトでの3次元モデリング作業は操作コマンドが多くあり、工事関係者全員が同じレベルまで操作技術を習得することは大変難しい。「人材育成できる環境づくり」や「3次元モデルを取り扱う立場(設計・施工)に応じた操作技能習得レベルの明確化」をする必要がある。

5.2 ソフトの選定

CIM活用では、多くのデータ形式を取り扱うことが必要とされる。点群測量に限った場合でも、測量方法(UAV・ハンディタイプレーザースキャナ)によって、出力データ形式に違いがあり、専用ソフトでないと保有するCIMソフトに合わせたデータへ変換できない。活用内容に応じたソフト選定を事前に行っておく必要がある。

5.3 グラフィック処理の環境整備

周知会や合意形成の場でのCIM活用は、視認性の高い3次元モデルそのものを使用することで、より効果的な理解促進や意思疎通を実現することが可能となる。しかし、データ容量が大きくなる場合、一般的なタブレット端末ではグラフィック処理能力が追いつかず、3次元モデルを正常に表示できないことがある。そのため、ハードの整備やグラフィック性能に大きく左右されない3次元データの表示方法や形式を検証・確立する必要がある。

6. おわりに

本工事では、容器構造物へのCIM活用を試みた。ソフトやハードの環境整備に課題があるものの、設計照査、施工計画、周知会において有効に活用することができた。施工着手後においても、引き続きCIMを活用し、効果を確認する予定である。本稿が今後のCIM普及への一助となれば幸いである。