

(58) 小石原川ダム建設事業における CIM 活用事例について

宮崎 智也¹・有馬 慎一郎²・齋藤 康宏³・片山 善郎⁴・宮下 嘉人⁵
吉田 武司⁶

¹正会員 独立行政法人水資源機構 朝倉総合事業所（〒838-0019 福岡県朝倉市上秋月 1373-1）
E-mail: tomoya_miyazaki@water.go.jp

²正会員 国土交通省 水管理・国土保全局 水資源部（〒110-8918 東京都千代田区霞が関 2-1-3）
（前 独立行政法人水資源機構 朝倉総合事業所）

³正会員 八千代エンジニアリング株式会社 情報技術部（〒111-8648 東京都台東区浅草橋 5-20-8）

⁴正会員 八千代エンジニアリング株式会社 九州支店 河川・水工部（〒810-0062 福岡県福岡市中央区荒戸 2-1-5）

⁵正会員 八千代エンジニアリング株式会社 情報技術部（〒111-8648 東京都台東区浅草橋 5-20-8）

⁶正会員 八千代エンジニアリング株式会社 情報技術部（〒111-8648 東京都台東区浅草橋 5-20-8）
E-mail: t-yoshida@yachiyo-eng.co.jp

本稿では、ダム建設事業における施工段階のCIMの活用事例、維持管理段階でのCIMの活用方針について報告するものである。施工段階と維持管理段階では、更新する情報の内容や更新頻度が異なることから、施工CIMと維持管理CIMに区分してCIMシステムを構築した。施工CIMでは、モデルに属性情報を直接付与する事により検索機能を利用してモデルの抽出を容易にした。CIM上で調査設計時点の想定と、施工時に得られた情報とを組み合わせる事で水理地質構造のより正確な理解・評価に資する事ができ、施工の信頼性向上に寄与した。

Key Words: CIM, system, rock fill dam, construction, maintenance management system

1. はじめに

小石原川ダムは、筑後川水系小石原川の上流の福岡県朝倉市において建設中であり、洪水調節、流水の正常な機能の維持、新規利水を目的とした多目的ダムである。

平成27年度から本体工事発注手続きと並行して、ダムの設計・施工・維持管理の一貫したCIMの構築と活用方法の検討を開始し、建設生産システムの効率化・高度化を図るため、各段階において得られる各種情報を一元管理するCIMシステムを構築した。

現在は、ダム本体建設工事等の施工管理・品質管理・出来形管理等の情報をCIMに集積し、工事監督の現場等で活用を進めている。

本稿では、ロックフィルダムの施工段階及び維持管理段階におけるCIMの考え方、活用事例について報告するものである。

2. CIMの構築と実施体制

(1) CIMの構築

施工段階におけるCIMは、2次元図面及び本体建設工事発注図面を基に地形、堤体、各種構造物等を3次元にモデル化し、種々の施工記録を集積し、その後の施工・工事監督に活用される。

維持管理段階におけるCIMは、主に竣工後のモデルに、巡視・点検・計測結果を時系列的に集積し、ダムの安全性や機能性を確保することに活用される。

施工段階と維持管理段階では、更新する情報の内容や更新頻度が異なることから、本CIMシステムは、施工CIMと維持管理CIMに区分して構築した。

小石原川ダムのCIMシステムでは、ダムサイトおよび貯水池周辺の地形、地質情報（地質図・岩級区分図・ルジオンマップ）、ダム堤体および堤内設備（埋設計器、排水設備等）、各種構造物（洪水吐き、取水放流施設等）をモデル化した。図-1に示すモデルには、属性情報を外部参照として関連付けるリンクを構築し、加えて基

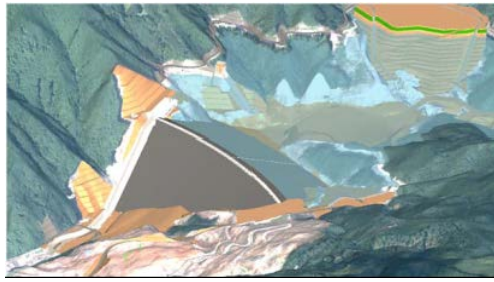


図-1 CIMでモデル化した小石原川ダム

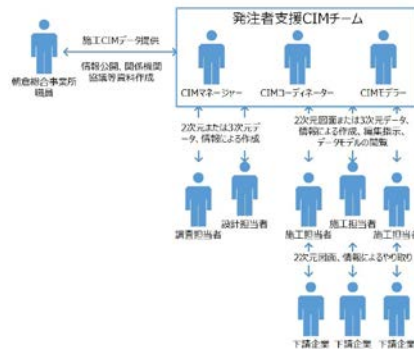


図-2 CIMチームのイメージ



図-3 維持管理CIMシステム

礎処理工及び盛立工においては一部、属性情報を直接付与することにより、モデル上での検索、4Dシミュレーションといった機能を実装している。

(2) 実施体制

施工CIMは、種々の図面、施工記録等の資料を加工し、施工CIMシステムに集積する必要がある。そこで、CIMシステムの円滑なデータ更新・集積の実現の為、CIMデータの運用管理を行う「CIMチーム」の体制を整備した。図-2に体制のイメージ図を示す。

CIMチームは、発注者である水資源機構と設計業務受注者、ダム本体建設工事受注者の関係者間でのCIMデータ管理体制を支援し、2次元図面や施工記録からの3次元モデル作成、属性情報付与を担当する。

3. CIM システム

(1) 施工 CIM システム

道路、堤体等の土木構造物は現地形の影響を受ける等、それぞれ特性を持つ形状である。1つの3D-CADでは全ての土木構造物のモデル化は困難であり、複数の3D-CADから土木構造物の特性に合わせて3D-CADを選定し、モデル化する必要がある。しかし、複数の3D-CADによってモデル化したデータ形式は、それぞれ互換性がない事が常である。そこで、複数のデータ形式の読み込み、モデルの軽量化、属性情報の付与が可能なAutodesk社の製品であるNavisworksを用いて、CIMモデルを統合管理する施工CIMシステムを構築する事とした。

また、Navisworksの関連ツールを用いて施工・品質記録を属性情報としてモデルに直接付与し、CIMに関連するデータを、クラウドストレージサービスを利用し、発注者、設計業務受注者及び工事受注者の関係者間で一貫して同期された情報共有基盤を構築した。

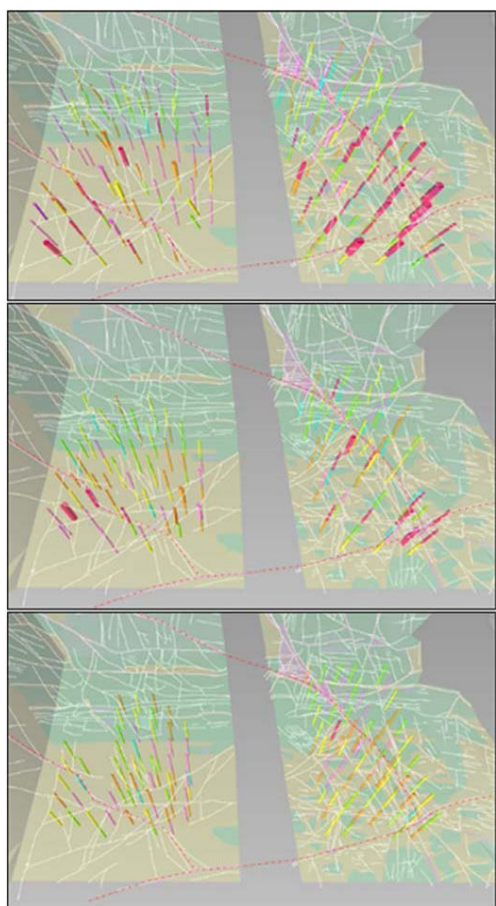
(2) 維持管理CIMシステム

維持管理段階では、施工で得られた情報を損失なく引き継ぎ、維持管理で実施される各種モニタリング情報を時空間的に利活用し、ダムの安全性及び施設・設備の現況を正しく評価したうえで、問題がある場合には適切に措置することが求められる。

維持管理CIMシステムは計測装置など各種モニタリングシステムとの連携を視野に入れ、図-3に示すWebベースのシステムを構築した。3次元モデルは、WebGL (Web Graphics Library) の「Three.js」を利用し、施工CIMシステムと同様に設計・施工で作成されたCIMモデルを統合管理できるビューワー機能を構築した。ただし、維持管理計画が未確定であったため、あくまで維持管理CIMの方針を検討するためのプロトタイプシステムとした。

具体には、施工CIMシステムで構築されたCIMモデルや外部参照された属性情報を損失なく引き継ぐ為、外部参照されたフォルダ構成をそのまま再現する「台帳管理」機能を検討した。次に、巡視・点検・検査記録はタブレット等で記録された情報をCIMモデルと関連付けて記録し、時間と空間で管理する「履歴管理」機能を検討した。さらに、各種モニタリングシステムから自動取得される計測・観測値をCIMモデルと関連付けてグラフ化する「グラフ」機能を検討した。

以上の検討結果より、将来的には自動で取得される貯水位や漏水量、変位情報等と、3次元空間上で管理される巡視・点検・手動計測結果を合わせて、各施設の状況把握や異常時の迅速な対応が可能になると考えられる。



凡例 柱状図 岩級区分 50 < Lu 20 < Lu ≤ 50 10 < Lu ≤ 20 5 < Lu ≤ 10 2 < Lu ≤ 5 Lu ≤ 2 CH級 CM級 CL級 D級

図-4 ブランケットグラウチングの結果（回数別）

4. CIMの活用

(1) 基礎処理工

図-4は、ブランケットグラウチングの結果を基にモデル化した一例である。グラウチングを円柱として表示し、表-1に示す色でルジオン値を、表-2に示す径でセメント単位注入量を区分した。なお、モデル化にはグラウチング日報よりBL、列名、孔番、回数、ステージ、セメント単位注入量、ルジオン値を抽出し、Excelを使用して3D-CADの操作コマンドを自動生成する事で省力化を図っている。

属性情報として表-3に示す各孔の回数やルジオン値等を直接付与しており、図-4に示すように全体から1次孔、2次孔、3次孔を検索、抽出することがCIM上で容易に可能で、遮水性の改良が進んでいることが一見して確認できる。

また、外部参照の属性情報としてグラウチング日報を関連付けており、注入チャート等の詳細情報へアクセスすることもCIMから素早く実施できる。

また、CIMでは、任意の視点や断面を表示し、図-5に

表-1 ルジオン値による着色

ルジオン値	RGB
50 < Lu	255, 0, 122
20 < Lu ≤ 50	225, 122, 255
10 < Lu ≤ 20	255, 142, 30
5 < Lu ≤ 10	255, 255, 0
2 < Lu ≤ 5	127, 255, 255
Lu ≤ 2	0, 255, 255

表-2 セメント単位注入量と円柱の直径

セメント単位注入量 (kg/m)	円柱の直径 (m)
400 ≤	2.4
300 < ~ ≤ 400	2.0
200 < ~ ≤ 300	1.6
100 < ~ ≤ 200	1.2
50 < ~ ≤ 100	0.8
< 50	0.4

表-3 グ라우チングにおける直接付与した属性情報の例

項目	内容
施行日	2017/4/1
BL	B15
列名	U0
孔番	2250
回数	1
ステージ	1
回目	1
区間長	m
区間長	5
水押し	hmin
水押し	0.27
透水試験	hmin
透水試験	0.00
注入	hmin
注入	3.31
注入圧力	MPa
注入圧力	0.01
開始	W/C
開始	4
終了	W/C
終了	0.75
注入ミルク量	L
注入ミルク量	1627.9
混合量	kg
混合量	1072.5
注入量	kg
注入量	914.4
廃棄量	kg
廃棄量	15.8
単位注入量	kg/m
単位注入量	182.8
ルジオン値	101.98
終了状況	リーク中断

示すように別途モデル化しているルジオンマップや断層の情報を組み合わせることができる。これによりグラウチングの結果をより3次的に理解することが可能となる。

図-6は、ブランケットグラウチング結果をダム軸方向に切り取った図であり、調査設計時の岩級区分断面図を重ねている。調査設計時の想定として、ブロック内の左岸側には断層が通っており、岩級も右岸側にCH級が分布するのに対して左岸側はCM級が主体であった。グラウチングの結果においても実際に左岸側の透水性が高い傾向にあることが確認できる。

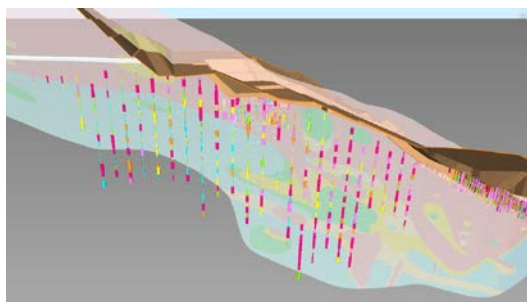


図-5 カーテングラウチング結果とルジオンマップ

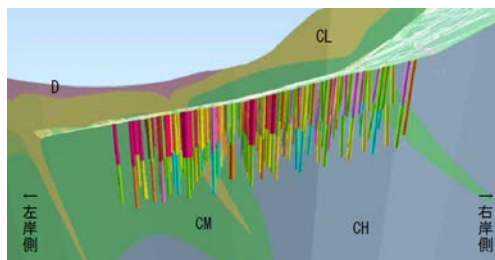


図-6 ブランケットグラウチング結果と岩級区分図

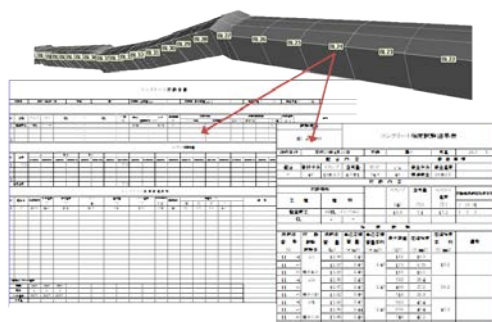


図-7 属性情報の外部参照（構造物）

断層や岩級等の一連の地質情報は、調査設計時の想定に対しても大きな相違はなく整合がとれることから、遮水性の改良が適切に行われていると説明できる。

このように、CIM上で調査設計時点の想定と、施工時に得られた情報（掘削面スケッチ、グラウチング）とを組み合わせ、考察する事で水理地質構造のより正確な理解・評価に資する事ができ、施工の信頼性向上に寄与している。

カーテングラウチングの施工では、新たに得られるボーリングコアやボアホールスキャナ画像の施工時情報を取り込み、断層等の分布を含めた水理地質構造の検証を行いつつ確実な遮水性改良を進めているところである。

(2) 盛立工

盛立工では、品質管理記録（密度、含水比、粒度、突き固め曲線、透水係数）、施工管理記録（転圧回数、施

工位置（座標、標高、施工日）が属性情報として整理される。

ダム本体建設工事受注者が作成する転圧管理記録から盛立出来形をモデル化し、属性情報を直接付与することによって基礎処理工と同様に条件検索等を可能とした。これにより、CIM上において属性情報項目の分布や履歴の確認ができ、今後のデータの集積によって、堤体品質をより正確に把握することを目指している。

(3) 構造物施工

構造物施工では、施工時の状況（打設日、天候、打設時の雨量、気温、コンクリート品質管理試験結果）が属性情報として整理される。

図-7に示すように2次元図面、施工記録からモデル化し、施工ブロック単位でダム本体建設工事受注者が作成するコンクリート打設日報を外部参照とした。今後、維持管理段階における経年変化等の情報とあわせてCIMモデルに集積することで、例えばクラック等の事象を3次元的に把握、整理するための情報基盤とする事を目指している。

5. まとめ

本稿では、ダム建設事業における施工段階のCIMの活用事例と維持管理段階のCIMの活用方針を報告した。

ダム建設事業でのCIM活用により得られた成果、課題、今後の展望を以下にまとめる。

施工CIMでは、日々の施工進捗に応じた円滑なデータ更新が重要であり、各工種の工事着手前に施工記録の種類、頻度、データ共有等について関係者間との綿密な事前打合せがCIMの導入効果を発揮するには重要であることが明らかとなった。

基礎処理工では、モデルに属性情報を直接付与する事で検索機能が有効になり、1次孔、2次孔といった条件で抽出する事が容易になった。また、調査設計時の想定と、施工時に得た情報を組み合わせる事で水理地質構造の正確な理解・評価が可能になり施工の信頼性向上に寄与した。

今後は、設計時・施工時の膨大な情報を集積・利活用し、CIMによる情報の3次元的あるいは時系列的な把握が素早く行えることによる工事監督の効率化及び維持管理への効率的な継承を進めるべく、ICT技術を活用しつつ、設計、工事監督、施設管理等あらゆる視点から、CIMの構成や運用方法を検証・改訂し、より良い施設の維持管理を目指していきたい。