

ダム建設事業における施工から維持管理を見据えたC I Mの適用事例 ー小石原川ダムにおけるC I Mシステムの開発ー

八千代エンジニアリング (株) 正会員 ○齋藤 康宏 片山 善郎 吉田 武司
同上 宮下 嘉人

1. はじめに

現在、独立行政法人水資源機構の小石原川ダム建設事業は、施工段階にある。その事業において、i-Constructionの一環として設計、施工、管理と各段階において、継続して各種情報を一元管理しながら、一連の建設生産システムの効率化・高度化を図るため、各段階におけるC I M導入に取り組んでおり、設計・施工段階から維持管理を見据えたC I Mシステムが検討されている。

施工段階におけるC I Mは、設計段階、または、本体建設工事発注図面をもとに3次元化した形状に様々な施工記録を蓄積し、その後の施工に活用される。一方、維持管理段階におけるC I Mは、主に完成形の3次元形状に巡視・点検・計測結果を時系列的に蓄積し、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、更新するデータの内容や更新頻度が異なることから、本C I Mシステムは、施工C I Mと維持管理C I Mに区分して構築した。

本論文は、施工段階から維持管理段階においてC I Mを活用するために開発したシステムを通して、施工C I Mと維持管理C I Mの考え方ならびに取り組み事例について報告するものである。

2. 施工C I Mシステム

施工段階では日々進捗する施工状況に伴い、図面の修正・更新および施工・品質記録の作成が行われる。小石原川ダム事業では、C I Mの導入が推進されているものの、関連施工業者は各社特有のi-Construction推進方針に従い、ICTによる各施工の効率化を進めるため、施工記録も各社様々な仕様であった。

このことから、施工業者から随時提供される様々な図面データや施工記録から3次元モデルを作成し、C I Mに統合するため、Autodesk社の製品である

「Navisworks」を用いて、3次元モデルを統合管理する施工C I Mシステムを構築することとした。また、関連ツールを用いて、施工・品質記録を属性情報として付与することとした。さらに、3次元モデルに属性情報が付与されたC I Mデータを、クラウドストレージサービスを利用し、発注者、施工者と一貫して同期された共有基盤を構築した。

施工C I Mは、上述した通り、様々な図面データや施工記録を取り扱うこととなり、施工C I Mシステムに統合するためにはデータの加工が必要である。そこで、施工C I Mシステムの円滑なデータ更新と蓄積を実現するため、C I Mデータの運用管理を行う「発注者支援C I Mチーム」の体制を整備し、施工C I Mの運用をサポートすることとした(図1)。C I Mチームは、発注者、設計者、施工者等の関係者間でのデータ管理体制をサポートし、2次元図面や施工記録帳票からの3次元モデル作成、属性情報付与を担当する。

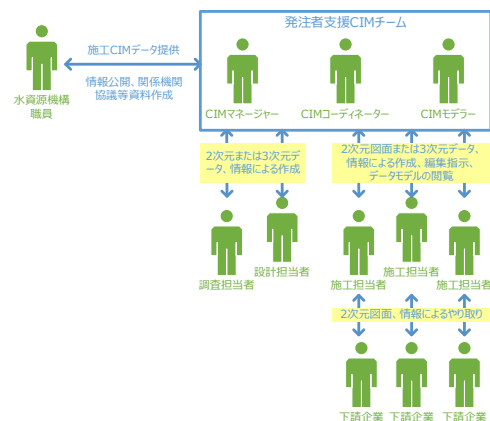


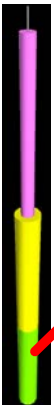
図1 発注者支援C I Mチーム

施工C I Mでは、属性情報に基づいた検索、表示を行うため、Navisworksをオリジナルファイルとし、施工・品質記録を直接付与した。例えば、グラウト実績であれば、単位セメント注入量およびルジオン値をステージごとに円柱形の径と着色で表現したうえで、施工日報を属性情報として記録するため、施工日

キーワード ダム, C I M, システム, 施工, 維持管理

連絡先 〒111-8648 東京都台東区浅草橋 5-20-8 八千代エンジニアリング (株) TEL 03-5822-6638

や施工時間、注入圧力、注入配合（開始、終了）などを付与した（図 2）。なお、直接付与した属性情報は、情報の引き継ぎが行えるよう Excel 等で整理したうえで、外部参照データとして保存することとし、属性情報の損失に配慮した。



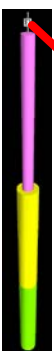
属性情報の項目		例
施行日		2017/12/6
BL		B17
列名		UA
孔番		1050
次数		2
ステージ		3
回目		1
区間長		m 5
施工時間	水押し	h:min 0:32
	透水試験	h:min 0:00
	注入	h:min 4:32
注入圧力		MPa 0.44
注入配合	開始	W/C 8
	終了	W/C 1.5
注入ミルグ量		L 1661.8
セメント	混合量	kg 483
	注入量	kg 407.7
	廃棄量	kg 75.1
	単位注入量	kg/m 81.5
ルジオン値		3.45
終了状況		注入完了

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

ルジオン値	RGB
Lu ≤ 2.0	(0, 255, 255)
2.00 < Lu ≤ 5.00	(127, 255, 255)
5.00 < Lu ≤ 10.00	(255, 255, 0)
10.00 < Lu ≤ 20.00	(255, 142, 30)
20.00 < Lu ≤ 50.00	(225, 122, 255)
50.00 < Lu	(255, 0, 122)

図 2 施工記録の 3 次元化と属性情報

そのほか、施工記録の真正性を確保するために PDF データで提供される情報は、外部参照として、予め設計されたフォルダ構成に格納した（図 3）。



外部参照フォルダイメージ	
06.基礎処理工	
01.孔配置	
01.当初	
02.実績	
BLOO—ボーリング日報 (BL, 列, 孔番, yyyyymmdd)	
コア写真 (BL, 列, 孔番)	
柱状図 (BL, 列, 孔番)	
02.プランケットグラウチング	
01.注入日報	
BLOO—グラウト管理日報 (BL, 列, 孔番, ステージ, yyyyymmdd)	
02.改良判定資料	
03.カーテングラウチング	
01.注入日報	
BLOO—グラウト管理日報 (BL, 列, 孔番, ステージ, yyyyymmdd)	
02.改良判定資料	
04.コンソリデーショングラウチング	
01.注入日報	
BLOO—グラウト管理日報 (BL, 列, 孔番, ステージ, yyyyymmdd)	
02.改良判定資料	
05.計測値管理	
01.岩盤変位計—岩盤変位管理日報 (yyyyymmdd)	

図 3 外部参照のイメージ

設計段階であり、かつ、維持管理計画も策定されていないため、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て構築した。

具体には、施工 CIM システムで構築された 3 次元モデルや外部参照された属性情報を漏れなく引き継ぐため、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などで記録された情報を 3 次元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 3 次元モデルと関連付けて挙動解析図化する「グラフ」機能を検討した。以上の検討結果により、将来的には自動で取得される貯水位や漏水量、変位情報などと、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（図 4）。



図 4 維持管理 CIM システム

3. 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、維持管理で得られる各種モニタリング情報を時空間的に活用し、ダム安全性及び施設・設備の状態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 システムはダムコンや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、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 3 次元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、現状ではダムコンや計測装置は

4. まとめ

これまで、ダム事業における CIM データの詳細な管理基準が明確でなかったことから、今回の CIM システム構築は、施工から維持管理までを見据えたダム CIM データ管理の一例になったと考える。なお、検討の結果、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、データ交換手法などについて関係者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。

今後は、ICT 活用、並びに CIM との連携によるダム管理のさらなる効率化に向けた維持管理 CIM の方策を検討していく予定である。