

小石原川ダムにおける CIM を活用したダム管理の検討

○宮崎 智也¹・林 幹男²・伊藤 祐美³

概要：

小石原川ダムでは、施工 CIM 及び維持管理 CIM の 2 段階でシステムを開発し、これまでは施工 CIM の 3 次元モデル、属性情報を工事監督の場面で活用することに取り組んできた。

現在は、試験湛水の開始が間近に迫り、施工時データの整理引継とともに、維持管理 CIM による計測データの蓄積と表示方法、巡視等履歴の管理といった具体的な操作のシステム整備を進めているところである。

本稿は、小石原川ダムにおける管理設備の配置等を踏まえて検討した、維持管理 CIM の運用方法について報告するものである。

キーワード：CIM、フィルダム、維持管理、堤体観測、斜面観測

1. はじめに

近年、建設現場の生産性向上を課題とし、国土交通省が主導して i-Construction や CIM の導入が推進されている。

このような状況の中で、水資源機構では平成 28 年に i-Construction&Management 推進委員会を設置し、建設から維持管理・更新、改築までのあらゆる建設生産プロセスの現場において、生産性の向上、効率化及び高度化を図ることに取り組んでいる。

小石原川ダムにおける CIM 導入の取組は、この枠組みに先行して、平成 27 年度の本体工事発注に並行して 3 次元モデルを構築するところから着手し、設計・施工と維持管理の 2 段階で CIM システムを開発した。現在、建設事業は最終盤を迎えており、試験湛水開始から管理段階で利用する維持管理 CIM システムの内容について報告する。

2. 維持管理 CIM システムの概要

2.1 維持管理 CIM のモデル

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捉えてダムの安全性及び施設・設備の現況を

正しく把握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実現するものとして、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ている。

2.2 主な機能

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」機能を有し、施工 CIM に蓄積したデータにアクセス、確認することを可能としている。施工 CIM については既報^{1,2,3)}によるところであり本稿では割愛する。

次に、巡視・点検・検査記録について、タブレット等で記録された情報を CIM モデルに取り込み、時間と空間で管理する「履歴管理」機能を構築した。この機能については「3.」に記述する。

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」機能があり、これは「4.」にて記述する。

これらの機能により、3 次元モデル上で時間的・空間的な情報を管理集約することが可能となり、ダム管理の

1. 朝倉総合事業所 調査設計課 主幹

2. 朝倉総合事業所 調査設計課 課長

3. 朝倉総合事業所 調査設計課

効率化に寄与するものと考えている。



台帳管理 (外部参照データ)

点検日	位置情報(大項目)	位置情報(小項目)	名称	状態	記事
2016-06-01	取水設備	取水口	異常な漏水、流出しはなし	異常なし	
2016-06-01	取水設備	取水口	湧き水のコンクリートに剥離はなし	異常なし	
2016-06-01	取水設備	取水口	その他異常はなし	異常なし	



履歴管理 / 巡視記録

(巡視記録の一覧)

点検日	位置情報(大項目)	位置情報(小項目)	名称	状態	記事	操作
2016-06-01	ダム維持(ダムの基礎)	ダム基礎	確認に異常、陥没及びクラックの発生はなし	異常なし		△ 印刷 / ● 削除
2016-06-01	ダム維持(ダムの基礎)	堤防岸	シフトが確認され、陥没・陥没等が見あたらず	異常なし		△ 印刷 / ● 削除
2016-06-01	ダム維持(ダムの基礎)	ダム基礎	その他異常はなし	異常なし		△ 印刷 / ● 削除
2016-06-01	取水設備	取水口	異常な漏水、流出しはなし	異常なし		△ 印刷 / ● 削除
2016-06-01	取水設備	取水口	湧き水のコンクリートに剥離はなし	異常なし		△ 印刷 / ● 削除

図-1 維持管理 CIM システム (メニュー画面と各機能の表示 (ダミーデータ表示))

3. 履歴管理

3.1 タブレットを利用した入力システム

「履歴管理」として、貯水池巡視等の情報を効率的に管理していくため、携帯性に優れたタブレットを使用したシステムを構築するものとした。

基本情報の入力フォーマットを作成し、現場において簡易に操作できるようにするほか、GPS 機能等によりカメラで撮影した画像記録を効率的に CIM モデル内の該当位置に関連付けするものとして、現在もシステムの調整を続けているところである。また、記録した内容は帳票として日報出力が可能なものとしている。

なお、監査廊内の位置測位については平成 30 年度報告³⁾のとおりであり、実験レベルでは実現の可能性を確認しているものの現地実装は検討中である。



図-2 タブレット端末による入力

3.2 法令協議等の管理

「履歴管理」の一環では、維持管理 CIM システム内に各種法令協議等を記録するデータベースを作成し、管理スケジュールの補助を行う機能の構築も進めている。

具体的には、対象とする用地や構造物に関連付けて「占用許可」や「許可期限」の項目を登録フォーマットに入力することにより、維持管理 CIM のトップページ等で手続きが必要となる期限をお知らせとして表示するものである。表示には、例えば期限までの残り日数により色を区分する等の工夫をし、必要な手続き行為等の認識・実行を促すものにした。

小石原川ダム堤体監視日報		記録	監視	確認
記録年月日	平成29年3月16日	時刻	17:42	
天候	曇り	野水位	EL. 179.19	
記入者	観音二部、観音三部			
測定区分	測定内容			
A	事前に指定された位置が必要であるが記録された場合			
B	指定された位置があり、当該位置にて記録する必要があるが記録されない場合			
C	特に問題ないが記録される場合			
記録できます	事前に指定された位置でなかった場合、同じ位置より連続して記録する場合は			
点検項目	点検項目の 記録項目	監視区分	測定区分	記録区分
堤体 監視	1) 堤体面(中央部)の割れ、亀裂の有無	0	0	0
	2) 堤体面(中央部)の陥没の有無	0	0	0
	3) 堤体面(中央部)の隆起の有無	0	0	0
	4) 堤体面(中央部)の凹凸の有無	0	0	0
	5) 堤体面(中央部)の傾斜の有無	0	0	0
	6) 堤体面(中央部)の土質の有無	0	0	0
	7) 堤体面(中央部)の植生の有無	0	0	0
	8) 堤体面(中央部)の排水の有無	0	0	0
	9) 堤体面(中央部)のその他	0	0	0
	10) 堤体面(中央部)のその他	0	0	0
基礎 監視	1) 基礎面(中央部)の割れ、亀裂の有無	0	0	0
	2) 基礎面(中央部)の陥没の有無	0	0	0
	3) 基礎面(中央部)の隆起の有無	0	0	0
	4) 基礎面(中央部)の凹凸の有無	0	0	0
	5) 基礎面(中央部)の傾斜の有無	0	0	0
	6) 基礎面(中央部)の土質の有無	0	0	0
	7) 基礎面(中央部)の植生の有無	0	0	0
	8) 基礎面(中央部)の排水の有無	0	0	0
	9) 基礎面(中央部)のその他	0	0	0
	10) 基礎面(中央部)のその他	0	0	0

図-3 日報出力のイメージ

地下水水位計等が配置されている。

これらの設備は、それぞれに自動計測機器及び通信設備を設置し、WEB による常時監視が可能な体制としている。維持管理 CIM システムでは、ここからデータを自動ダウンロードし、3 次元モデル上でこれらのデータをグラフ化、閲覧可能なものとしている。

4.2 3次元化による効果と他機能との連携

3次元モデル上で地形、法面上に設置した各設備の位置を確認することができれば、各設備のグラフが示す挙動の意味合いや関係性を捉えやすくなる。

維持管理 CIM の中では履歴管理の情報があわせて得られるため、巡視記録等との比較も容易である。また、施工 CIM に蓄積した情報へのアクセスが可能であり、例えば法面の挙動が気になる場合に、ボーリングデータを速やかに確認することができる。このように、それぞれの機能を活用して、計測監視データから得られる事象の全体像を効率的に評価することが期待できる。



図-4 許可期限等の表示イメージ

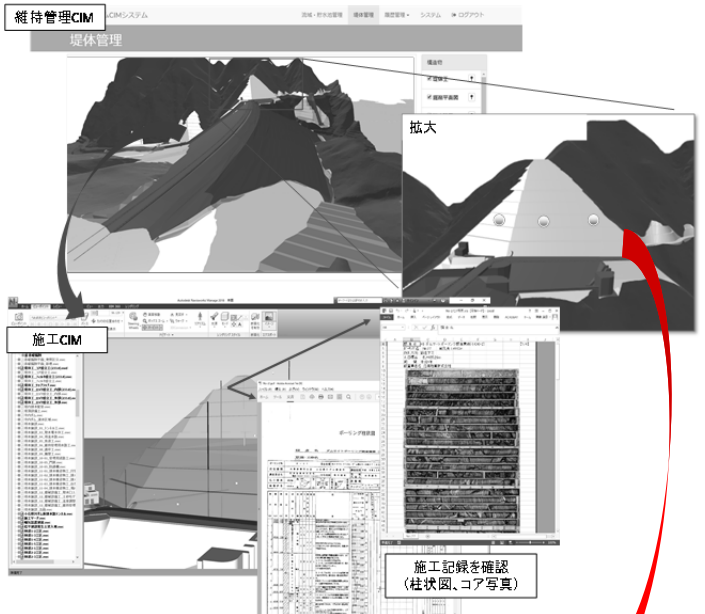


図-5 3次元モデルを起点にした計測監視グラフ及び施工情報へアクセス

また、登録情報として対象構造物を設定し、3次元モデル上にリンクさせることで、位置や周辺状況も速やかに確認が可能であり、観測設備であればそこから観測データへと情報をつなげていくことができることになる。

4. 計測監視データのグラフ化

4.1 計測監視の体制

小石原川ダムの計測監視には、堤体変形を計測するGPS、地すべり挙動を計測する孔内傾斜計、地盤伸縮計、

5. UAV の利用（貯水池等画像の取得）

水池等の管理において、現地状況確認等に UAV を活用していくことは、i-Management として有効で分かり易い手段であると考えられる。

維持管理 CIM の活用の中では、巡視等の「履歴管理」において UAV で撮影した画像を座標によりモデルと同期させることで、対象範囲の位置を速やかに且つ精度よく把握し共有することを目指している。

5.1 寺内ダムにおける試験

貯水池の UAV 撮影において、高度による画像品質の違いを確認するとともに、小石原川ダム貯水池に適用した場合の湖面あるいは湖岸撮影にかかる飛行時間、バッテリー消費を推測することを目的とし、寺内ダムで試験を実施した。

飛行条件は、予め設定されたルートで GPS センサーにより自律飛行するものとし、高度による可視性を確認するため、高度条件を 50m と 100m の 2 パターンで飛行した。どちらの高度条件においても、飛行速度は 5m/s、サイドラップ率は 20% とした。

撮影画像を確認した結果、両者とも鮮明ではあるものの、高度 100m では湖面漂流物の状況は認識し難くなる。また、高度 100m では撮影面積が広く飛行時間が短くなるが、消費バッテリーは多い結果となった。これは上空の気流制御による影響と推測され、この結果から、高度 50m の方が望ましいと考えられる。

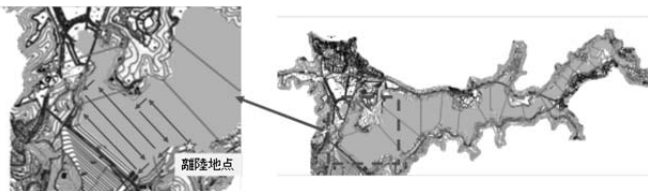


図-6 寺内ダム貯水池での飛行試験

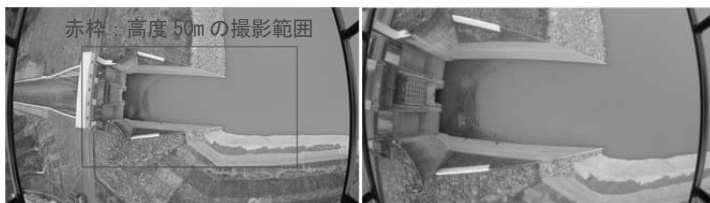


図-7 高度 100m (左) 50m (右) の撮影画像

表-1 寺内ダム貯水池の試験飛行ログ

飛行条件	開始/終了	時刻	飛行時間	バッテリー残量	使用バッテリー
高度50m	飛行開始	2018/9/26 10:59	15分53秒	96.12%	38.96%
	飛行終了	2018/9/26 11:15		57.16%	
高度100m	飛行開始	2018/9/26 11:24	12分22秒	98.00%	44.13%
	飛行終了	2018/9/26 11:36		53.87%	

5.2 小石原川ダムへの適用

寺内ダム貯水池における試験結果を小石原川ダムの貯水池面積等に照らし合わせて、飛行面積及び距離の試算を行った。湖面全体を撮影し、画像を取得しようとするならば、必要バッテリーが 289% となり、1 回の飛行で全体の撮影はできないが、概ね 1/3 程度はカバーできることが推測できる。例えば出水や地震があった後、相応の面積内で飛行ルートを設定しておけば、速やかに現地確認が可能であり、取得した画像の場所は CIM モデルから特定できるようになる。

ただし、UAV の自律飛行には目視確認の範囲内等の法律に基づく飛行ルールがあり、環境影響や墜落等のリスクも考慮して、実施可能な範囲を限定する措置が必要である。

表-2 小石原川ダム貯水池の飛行時間等（試算）

No.	項目	値	備考
①	貯水池面積 (m ²)	998,601	平常時最高貯水位 (EL.349.1m)
②	1 秒当りの飛行面積 (m ²)	141.2	高度 50m で換算
③	時間 (分)	118	①/② (7072 秒)
④	バッテリー 1% 当りの飛行面積 (m ²)	3,451	
⑤	必要バッテリー (%)	289	①/④

6. おわりに

維持管理 CIM システムは、現時点では、専用端末による利用を想定したものである。しかし、継続的にシステムを利用していくには利便性の向上を常に考える必要がある。例えば、業務用のタブレットやスマートフォンの端末を使って情報アップデートの通知を行い、職員への情報共有を図るといったことが今後の検討課題になると思われる。

また、維持管理のシステムとして、実際に使ってみると不具合が分かってくるが多々あると思われる。

試験湛水の開始が間近となっているが、この期間中に運用経験を蓄積し、有効なツールとして機能するようできる限りの対応に努めてまいりたい。

参考文献

- 平成 28 年度水資源機構技術研究発表会. 2016. 小石原川ダムにおける CIM の導入と活用策の検討
- 平成 29 年度水資源機構技術研究発表会. 2017. 小石原川ダム建設工事における CIM の活用状況
- 平成 30 年度水資源機構技術研究発表会. 2018. 小石原川ダムにおける CIM の運用と維持管理への適用について