

第Ⅱ部門

川上ダムにおける管理の効率化に向けた CIMの構築について

北爪 皓¹・大高 英澄²

¹独立行政法人水資源機構 木津川ダム総合管理所 川上ダム管理所

(〒518-0298三重県伊賀市阿保2171番地12)

²独立行政法人水資源機構 木津川ダム総合管理所 川上ダム管理所長

(〒518-0298三重県伊賀市阿保2171番地12)

川上ダムではDX推進の一環として、設計、施工、維持管理の一貫したCIMの構築を行った。建設時は、地形、地質及び構造物を3次元モデル化し、これに建設工事の施工管理データを付与したCIM（施工CIM）を構築、運用しつつ、管理移行を見据えてダム維持管理の効率化・高度化を目的としたCIM（管理CIM）を構築した。管理CIMでは、施工CIMのモデル及びデータ等を継承し、加えてダム諸量、各種観測・巡視記録等を一元管理しており、蓄積したデータを種々の方法で可視化している。現在は管理CIMを運用し、試験湛水及び維持管理データの管理を行っている。

キーワード DX, CIM, ダム維持管理, 効率化, 高度化

1. はじめに

CIM(Construction Information Modeling/Management)とは、測量・調査、設計、施工、維持管理・更新の各段階で、情報を拡充しながらモデルを連携・発展させ、事業全体にわたる関係者間の情報共有を容易にし、一連の建設生産・管理システム全体の効率化・高度化を図ることを目的としている¹⁾。川上ダムにおいては、DX推進の一環として、2017年より設計、施工、維持管理の一貫したCIMの構築に取り組んできた。

施工CIMにおいては、地形、地質及び構造物を3次元モデル化し、施工管理データ等を付与して施工管理支援ツールとして活用してきた。また、ダム建設中より、ダム維持管理の効率化・高度化を目的とした管理CIMの構築に着手し、現在は管理CIMを運用して試験湛水及び維持管理段階のデータを蓄積・管理している。

本稿では、川上ダムで構築・運用している管理CIMについて、概要を報告するものである。

2. 管理CIMのシステム構成

管理CIMのシステム全体構成は図-1のとおりである。また、管理CIMには各構造物等のモデルと建設時の施工

管理データに加え、表-1のダム維持管理において得られるダム諸量、各種観測・巡視等のデータを取り込んでいく。ダム管理用制御処理設備（ダムコン）をはじめ、各種観測装置に収録するデータはクラウド上の管理CIMサーバに自動集約され、一元管理可能なシステムを構築している。これにより、従来、各種観測データ収録装置か

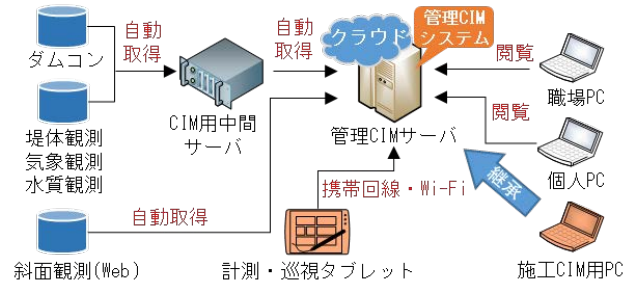


図-1 管理CIMのシステム構成図

表-1 管理CIM取り込みデータ

場所	データ
堤体	漏水量、変位量、温度、ひずみ、応力、地震動、堤体巡視、クラックマップ 等
貯水池	貯水位、流入量、放流量、水温、水質、雨量、気象、斜面挙動、地下水、斜面巡視、堆砂 等
河川	取水堰水位、水位、流量、水温、水質 等
その他	法令協議、使用承認 等

ら個別にUSB等によりデータ収集していた作業を効率化した。また、クラウドサーバ上にシステムを構築することで、管理CIM内で一元管理している上記データを、職場や個人のPCなどのインターネット接続された端末より閲覧でき、各データのリアルタイム監視が可能である。通信環境が整えば遠隔地からもデータ確認ができるため、地震発生時の堤体挙動の変化の確認など、防災面でも迅速に状況把握ができる。また、試験湛水中の日々の監視が効率的に行える。

加えて、計測・巡視タブレット上で揚圧力等の堤体計測結果及び堤体、貯水池等の巡視結果を記録し、携帯回線や監査廊内のWi-Fiを利用してデータを管理CIMサーバへアップロードすることで、管理CIMシステム上でデータを自動整理できる。これにより、従来の野帳等で記録した後に電子化、保存する作業の効率化を図った。

クラウド上での3次元モデルの使用にあたっては、操作性を考慮し、位置の判読性を保ちつつモデルの簡略化・軽量化を行った。施工CIMで用いた高精細なモデルは専用PCで管理し、必要に応じ細部構造を把握する。

3. 計測・巡視タブレットシステムの概要

前述のとおり、管理CIMでは堤体の計測、堤体及び貯水池等の巡視にタブレットシステムを導入し、日々の計

測・巡視記録の即時共有及び蓄積を実施している。タブレットシステムは、Microsoft Office等汎用ソフトとの親和性、アプリケーション開発及び維持の容易さ、システムの動作保証の観点から、Windowsで動作するものを構築した。タブレットシステムには、計測結果及び巡視結果の記録、日報出力を行う機能を備えている。

(1) 計測記録

手動計測している基礎排水孔漏水量、継目漏水量及び揚圧力の計測結果は、図-2のとおりタブレットの計測記録機能を使用して記録する。これら手動計測のデータについては、野帳に記録した数値をPC等で再整理して報告することが一般的であるが、本システムではタブレットに計測結果を直接入力し、アップロードすれば作業を完了するため、従来に比べてデータ入力ミスが少なく、数値換算や保存等のデータ整理も自動的に行われる。また、データ入力時に、現地において経時データを確認できる機能を備えており、現地で計測値の判定、再測の判断等ができ業務の効率化に寄与している。

(2) 巡視記録

堤体内外や貯水池等の変状情報、定点観測情報などの巡視記録は、図-3のとおり位置情報と変状の段階評価を記録するとともに写真と文章を記録できる。記録を位置情報とリンクさせることで、変状や定点観測情報の時系列変化を確認することができる。位置情報は図面上で当



図-2 計測記録

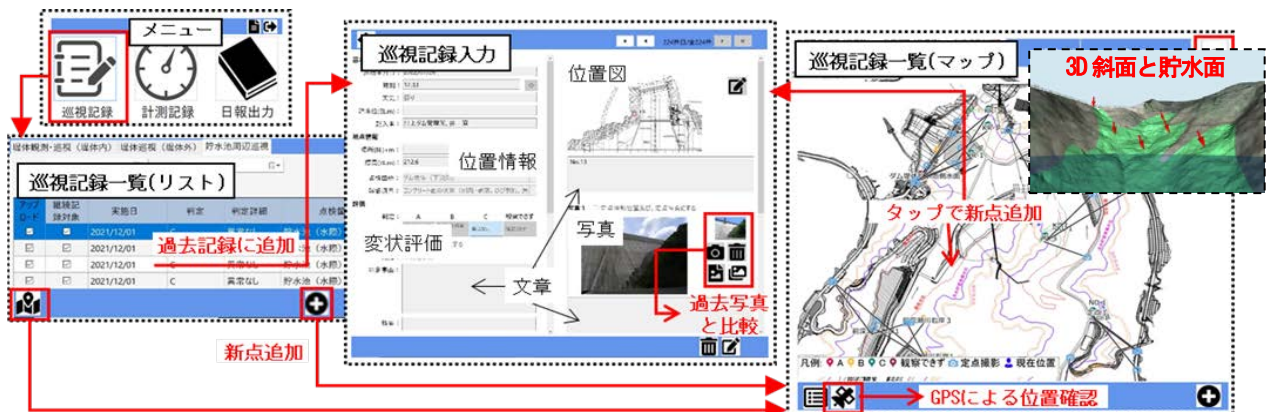


図-3 巡視記録

該場所をタップすることで自動挿入される。適切な巡視を支援する機能として、現在地の把握が難しい貯水池等屋外では、GPS機能を利用した位置取得が可能である。また、監視対象となっている斜面においては、当該斜面の3次元モデルと任意の貯水位の水面を合わせて表示し、注視範囲を明示する機能を備えている。

(3) 日報出力

(1)及び(2)の機能で記録された計測及び巡視結果は、自動的に日報形式へ整理される。タブレットシステムからはこの日報を、期間を指定して出力することができる。日報は2次利用等の汎用性を考慮してExcel形式とした。

4. 管理CIMシステムの概要

クラウド上の管理CIMシステムは、建設時の施工管理データ等の保存に加え、ダムコン、各種観測装置及び計測・巡視タブレットと連携して、データの自動取得、3次元モデル等を活用した位置情報との関連付けを行う。また、任意のデータを位置情報を付与して登録することもできる。システムで保存、位置情報とリンクした各種データは、モデル/データ管理、ファイル管理、データ管理の機能により管理している。

(1) モデル/データ管理

モデル/データ管理機能の概要を図4に示す。当該機能は、各種データを3次元モデルと紐付け位置情報と併せて管理するものであり、選択したモデルに関連する施工管理データ、巡視記録、任意で記録可能なその他記録の確認及びダウンロードができる。この機能により、特定個所に関するデータが必要な場合に、データの迅速な収集が可能となる。

また、巡視記録には前述のとおり位置情報が記録されており、その位置情報を基に、モデル上に球を表示することで巡視地点を自動付与する。巡視地点を選択することで、当該地点の巡視結果の詳細情報を時系列で確認・

ダウンロードすることが可能である。3次元モデルを活用した巡視結果の管理は、変状の偏在状況の視覚的把握に寄与する。

モデルをレイヤ管理及びビューポイント管理することで、モデルの表示/非表示及び特定モデルへのワンタッチアクセスが可能となり、資料収集作業をさらに効率化している。

(2) ファイル管理

ファイル管理は、モデル/データ管理が3次元モデルと連携したデータ管理手法であるのに対し、モデルと紐づけずにリストで施工管理データの管理を行う機能である。データの位置が判明している場合に、モデルを介さず直接データを検索するものである。

(3) データ管理

データ管理機能では、タブレットにより登録した計測及び巡視記録、ダムコンや各種観測装置から取得した観測値、任意で記録したデータを管理している。

巡視記録は図5のとおり、リストで管理しており、巡視日、巡視箇所、変状評価の判定等で検索が可能であり、例えば、斜面に関する重大な変状（判定A）にフォーカスして巡視記録を検索することができる。

タブレットにより入力した計測記録、ダムコン、各種観測装置より集約した観測値は、日報、月報、年報に整理して管理している。図6は雨量、気温や貯水位と堤体



図-5 巡視記録の管理



図-4 モデル/データ管理

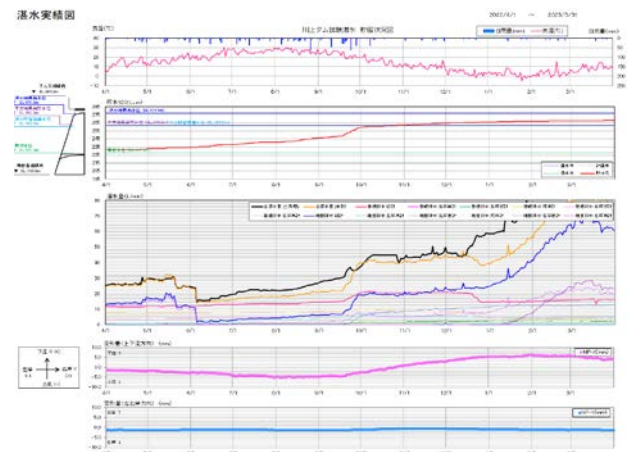


図-6 湛水実績図の例

漏水量、変形量の関係に着目して年報整理した湛水実績図の例である。図-6のようにダム定期報告様式を基に各データを整理することで、データの関連性を複合的に考察できるように工夫した。また、ダム定期報告の作成には、観測データを個別の収録装置から長期間のデータを収集し、手で報告様式へ整理する労力を必要とする作業であるが、管理CIMは自動的にデータ整理を行うため、この作業が効率化されている。本システムは、前記の定期報告に基づくデータ整理の他、数値データや単純な時系列変化のグラフのみでの傾向把握が難しい観測データについて可視化を実施している。図-7に貯水池水質データ（水温）の整理事例を示す。貯水池水質は、時系列変化に加えて鉛直分布するデータであり、変化傾向の把握が難しい。そこで、管理CIMでは図-7のように横軸に時間を、縦軸に貯水位をとり、水質の数値を色で可視化することで、水質の変化傾向の把握が容易となるように整理を行っている。図-7からは、10月から12月にかけて表層水温が低下し、温度躍層が消失している様子が視覚的に把握できる。上記は、集約したデータを特定の形式で整理する機能であるが、今後のデータ利用の柔軟性を考慮し、集約したデータをCSV形式で出力する機能も備えている。

ダム維持管理において管理すべきデータには、上記のような観測や巡視のデータの他に、他の官地の占用等に関する法的許認可情報、民地の借地情報や川上ダム管理施設等の使用承認情報など多岐にわたる。そこで、管理

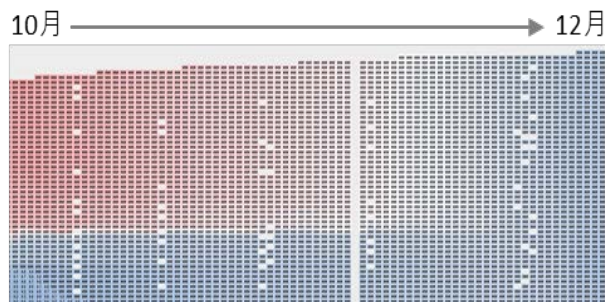


図-7 貯水池水質（水温）変化図の例

図-8 その他記録・お知らせ機能

CIMに任意の情報を登録できる機能を整備した。登録は図-8に示すとおり、許可申請、ダム総合点検やその他の登録項目、名称、情報の期限、関連する3次元モデル、平面位置、備考を入力して行う。対象モデルを選択した場合、4章(1)節で触れたその他記録に表示されるようになる。対象となるモデルがない場合は、平面図上より位置を選択して登録することが可能であり、人員を変更した場合でも対象物の把握を適切に行える。また、登録情報に期限を設定しておけば、期限到来前にトップページのお知らせ欄にてテロップが表示され、期限間近の案件を明示する。この機能は、例えば土地の占用等許認可申請の期限忘失の防止や、更新申請手続きのスケジュール管理に寄与するものである。

5. おわりに

本稿では、ダム維持管理の効率化・高度化を目的として構築した川上ダム管理CIMの機能等の内容について報告した。川上ダムの管理CIMは、各種観測装置からの自動データ集約、手動計測項目へのタブレット採用や定期報告形式でのデータ自動整理等による業務の効率化と、3次元モデルと連携したデータ記録・管理、集約したデータの可視化と複合的整理による維持管理の高度化を重視して構築した。また、地震時における緊急のデータ確認や試験湛水中における日々の監視の効率化の観点から、システムをクラウド上に構築し、インターネット上の任意端末からのデータ確認を可能とした。

ダム維持管理での3次元モデルを活用したデータ管理は、視覚的な状況の把握が容易となり、維持管理業務の効率化・高度化につながるものと考えられる。ただし、3次元モデルの活用はそのデータ量の大きさや特徴的な操作性により、操作性を損なう場合がある。特にクラウドの使用においては、インターネットの回線速度や安定性の影響を受ける。そこで、今回実施したようなモデルの簡略化・軽量化や、モデルを用いた3次元でのデータ管理とグラフ等による2次元でのデータ管理を適切に使い分けていくことが、長期的に維持管理に活用される管理CIMシステムの構築において重要であると考えられる。

上記のとおり、3次元モデルの作成方法や適切なデータ管理方法に留意したうえで、ダム維持管理でのCIM活用は非常に有効な手段であると考えられる。

今後は、他ダムへの普及や管理CIM構築の標準化に向け、川上ダム管理CIMの構築で得られた成果を広く共有していきたいと考える。

参考文献

- 1) 国土交通省：BIM/CIM 活用ガイドライン(案)