

5.2. BIM/CIM モデルの維持管理移管時の作業

維持管理用のBIM/CIMモデルは、基本的に施工時（竣工時）に更新して引き継がれるものとし、維持管理への移管にあたって、以下の点に留意して運用することが望ましい。

- 発注者は、供用開始に当たり、設計業務やダム施工時に判明した情報等を反映したBIM/CIMモデルを統合の上、共有サーバに格納し、維持管理段階で土地改良調査管理事務所・施設管理事務所等が共有・活用できるようにする。
- 維持管理段階においては、ダム施設の安全性及び機能を長期にわたり保持することが求められる。このため、ダム完成までに判明しているコンクリート構造物のひび割れ幅等のダム技術検討委員会（安全性評価委員会）で議論された管理すべき情報や留意点、課題、日々の点検・計測結果等を効率的に蓄積・更新できるモデルとすることにより、日常管理の効率化や安全管理の質的向上に活用可能である。
- ダム工事は多岐にわたるため施工時のデータは膨大であり、完成後の維持管理では必要のないデータも多い。そのため、統合に当たっては、ダム工事で作成されたBIM/CIMモデルの中から必要なものを選別する必要がある。
- また、維持管理に必要な情報（例えば、試験湛水中の観測記録（漏水に関する情報（漏水箇所、漏水量、実施済みの対策・補修等））、湛水池内の地形情報）をBIM/CIMモデルに反映する。
- 維持管理段階のBIM/CIMの活用は途に就いたばかりであり、目的に応じてダム施設を構成する土木構造物、機械設備、電気通信設備の中からモデル化を行う対象を選定してよい。

5.3. 供用中ダムにおける BIM/CIM モデル作成

現在供用中のダムにおいて新たにBIM/CIMモデルを作成する場合には、NNガイドライン（ダム編）を参考に、ダム施設の外形形状をモデル化するとともに、使用目的に応じてモデル化する対象を選定して構築する。BIM/CIMモデルは、設計、施工時の記録（実施設計図、竣工図、施工出来形図等）から作成する。また、必要に応じて測量を実施して作成する。

5.3.1. 維持管理段階に BIM/CIM モデルを導入する目的と効果

ダムの日常管理を担う国、県、市町村、土地改良区等の職員はダムの形状、観測機器の名称や位置関係を記憶していること、通常時は計測データや点検結果の蓄積が主たる作業であることからBIM/CIMや3次元表示の必要性は低い状況である。しかし、BIM/CIMは形状の3次元化による把握と情報の蓄積という機能があるため、BIM/CIMモデルを活用することで以下のような効果が期待できる。そのため、維持管理段階でも有効に活用することが望ましい。

①視覚化による効果

ダム管理者や土地改良調査管理事務所等の職員が人事異動により交代した初期段階で構造や配置を理解する場合や年次報告などを受け取る側、ダム委員会の委員、機能診断実施時の業務受注者などはBIM/CIMモデルによる位置関係の確認が効果的である。

②データ蓄積による効果

通常時のデータ蓄積は、関係機関等への情報公開や定期報告時の作業が効率化する。この効果はそれほど大きくないが、地震発生等により漏水量や変位等の異常が起きた場合は各種データの傾向を整理し、安全性を確認する必要があるため、日常からの情報蓄積と一元化が重要である。

③管理の効率化

毎年のダムの堆砂量状況調査は、ダムの管理における重要な事項の一つである。現在は横断測量（深浅測量）により変化を把握しているが、マルチビーム等の計測機器を用いた3次元的な堆砂把握方法も増えてきていることから、BIM/CIMモデルへの統合により堆砂状況把握の効率化が可能である。

また、管理要員の高齢化が進んでおり、熟練した管理要員の退職などによる支障が生じないよう、操作のポイントマニュアル等により管理上留意すべき事項を整理し、経験知を次世代へと引き継ぐ配慮が必要である。少人数による管理体制の場合は、IT機器等を活用した計測データの自動収集、UAV（無人航空機）等を活用した安全かつ効率的な管理技術の導入も重要である。

④管理の高度化

BIM/CIMモデルの作成により、耐震対策や被災調査、設計、施工段階での活用が期待される。具体的には、施設造成者がBIM/CIMモデルを用いて、地震時の挙動シミュレーションや被災時の影響評価を行い、設計の妥当性検証に活用することも可能となる可能性が考えられる。

また、ダム技術検討委員会（安全性評価委員会を含む）での議論は、ダムの設計・施工時の技術的特徴やダムのウィークポイントに関する議論が行われている場合が多く、非常に重要かつ有意義な情報である。特に、豪雨や大規模地震などの非常時における注意監視ポイントとしての役割が強調されることが多い。これらの情報（議事録等）をBIM/CIMモデルに統合し、ダム施設ごとに属性情報として管理することや普段管理しない基礎地盤や遮水ゾーン等を含めたモデル化、さらにセンサー等の情報も含めた蓄積によるデジタルツインへの移行により、ダム管理上の安全性向上につなげることが重要である。具体的には、非常時のリスク評価や監視ポイントの可視化を行うことで、迅速な対応が可能となり、ダムの安全性を確保するための基盤を築くことが期待される。

5.3.2. BIM/CIM モデル導入の手順

操作・運用を含む維持管理に必要な管理項目は、次の手順で抽出する。

- ① 気象・水象の観測、洪水時等の対応、地震時等の対応、利水管理等の各管理区分の業務内容を整理する。
- ② ダム管理者へのヒアリングを通じて、従来の作業手順と各操作手順に関する意見を把握する。
- ③ ヒアリング結果に基づき BIM/CIM 活用によって効率化が期待できる作業を抽出する。

以上により効率化が期待できる管理項目の例としては、堤体、貯水池内法面等の点検（日常、臨時）、堤体変位計測、定期検査報告書作成、堆砂測量、巡視ルート説明等があげられる。

目視点検を行う項目については、点検箇所、点検基準を統一し点検実施者によるブレを防止することが重要となる。点検箇所へ適切に誘導するための点群等を用いた点検位置表示と、点検・評価内容を現地で確認できるシステムの構築が有効となる。

5.3.3. データ集約・蓄積システム構築

ダムの管理においては、各種計測結果がダムコンに集約されるが、データ記録に留まり、報告用の様式に転記や加工が必要となることがある。また、施設造成に関する資料が大量にあり、効率的な検索が難しいこと、日々蓄積されるデータや点検記録が増え続けて過去との対比が困難になるなどの課題がある。

これらを解決する手法として、3次元モデルに限らず、各種データを一元管理する BIM/CIM 維持管理システムの構築が有効と考えられる。

BIM/CIM 維持管理システム構築に関する着眼点とその概要を以下に示す。なお、堤体変位のような 3 次元的な状況把握が必要な項目と、漏水量のようなデータでの把握で十分な項目とを分類し、3 次元的な状況把握が必要な項目については詳細な表示を、量的な管理のみで良いものについては BIM/CIM モデル上の表示を簡単な位置だけにし、2 次元図面の表示などでメリハリのついたモデル化が有効である。

表 5.2 データ集約・蓄積システム構築の着眼点

着眼点	概 要
①データストック	主要な作業・業務において利活用している各種データを一元管理する。
②情報検索	管理行為、管理施設、地図から各種ファイルを検索可能とする。
③資料作成の効率化	①と②により資料作成の効率化を図る。将来、既設ダムコンと連携し、データから表・グラフなど定型資料を自動作成することにより資料作成の効率化を目指す。
④業務引継ぎ	①と②により人事異動等による引継ぎの省力化を図る。また、管理行為を分かりやすく解説する 3D による位置情報表示機能等を検討する。
⑤視認性確保	3次元モデルによる施設・設備の把握により、2次元の図面での状況把握に増して視認性を確保する。

【水資源機構におけるダム維持管理 CIM システム導入事例】

[仕様]

布目ダム CIM システム「CIMfam-I(Construction Information Modeling for advanced dam management version-I)」(以降、布目 CIM と呼ぶ)は布目ダムにサーバ機器を設置し、システムを構築するオンプレミス型を採用している。

布目ダム職員は水資源機構で使用しているネットワーク回線、「アクアネット」を介してそれぞれのパソコンから布目 CIM にアクセスすることができる。

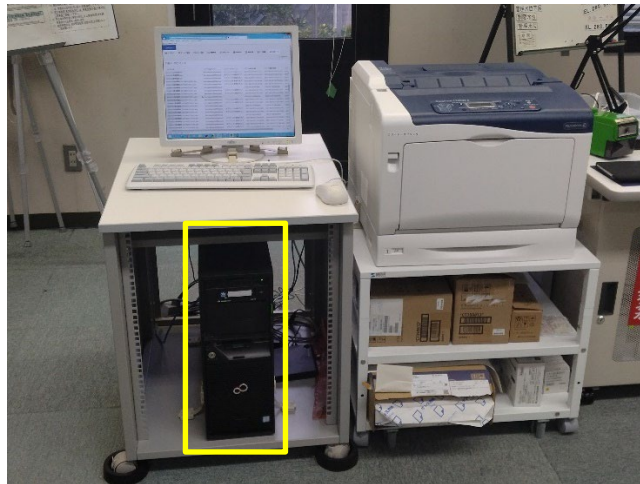


図 5.5 布目CIMを構築したサーバ

[機能]

a)データストック機能

布目 CIM では様々なデータを CIM のサーバへ集約している。

ダム諸量、堤体計測、水質等の自動観測データは、布目 CIM のサーバへ直接取り込まれ、コンクリートダムの揚圧力やロックフィルダムの外部標的といった手動で観測するデータは、計測結果を定期的に手動でサーバに登録している。また、試験湛水時データのように紙媒体で保存されている過去のデータについても、業務の中で電子化し、システムに登録している。

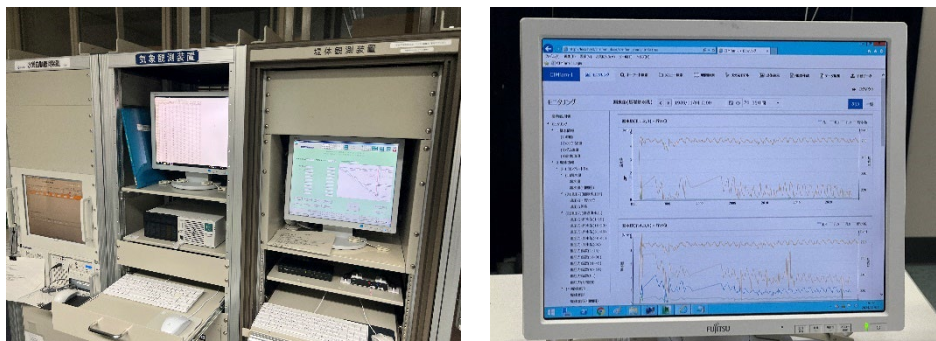


図 5.6 各種観測装置 (左) と布目CIMに取込まれたデータ (右)

b) 構造物の立体視化機能

2次元の図面を立体化した3次元モデルや監査廊のストリートビューを見ることができる。

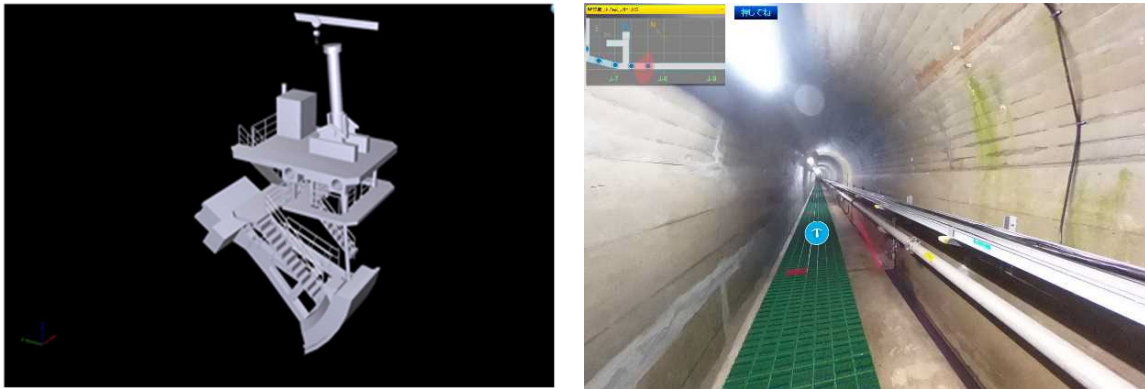


図 5.7 3Dモデル（左）と監査廊のストリートビュー（右）

出典：布目ダム管理CIMの活用報告、令和5年度近畿地方整備局研究発表会 論文集

c) リアルタイムモニタリング機能

ストックしたデータを一覧表で表示するとともにグラフ化を行う機能である。

コンクリートダムの漏水量や変形、ロックフィル部の浸透量などのデータをもとに経時変化図や貯水位、気温等との関係性についてのグラフを自動で作成し、リアルタイムで表示している。

d) 帳票作成機能

関係機関に提供する資料や日々の管理で使用する資料など決められた様式に従い、帳票を自動で作成できる機能である。

水質データやダム諸量データなど布目 CIM に集約されるデータを基に作成しており、期間指定を行うことで任意の期間の帳票を作ることができる。

布目 CIM において最も利用している機能であり、これにより業務の効率化が図られている。

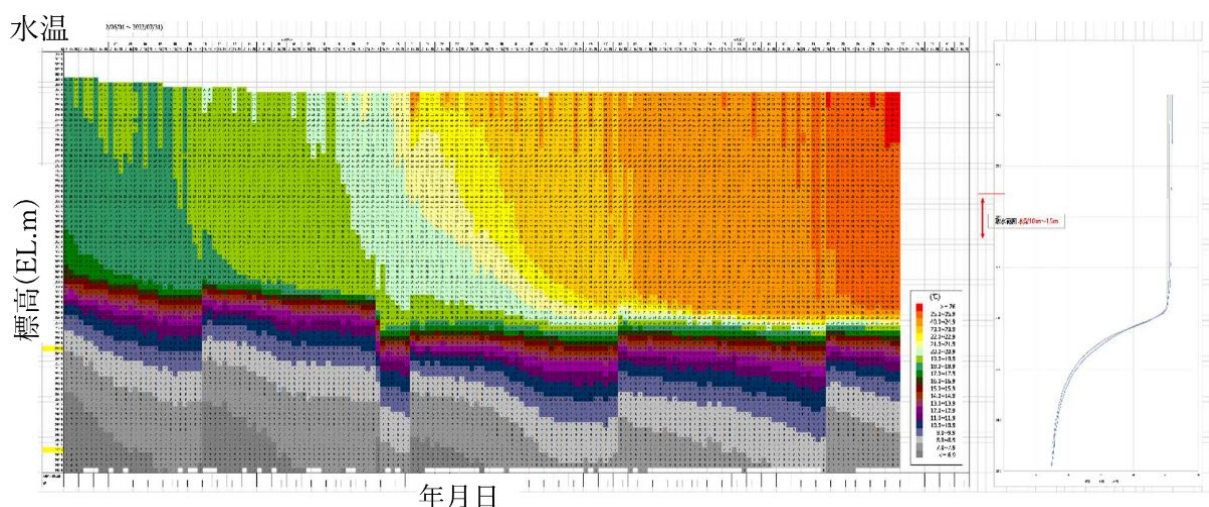


図 5.8 水温可視化グラフ

出典：布目ダム管理CIMの活用報告、令和5年度近畿地方整備局研究発表会 論文集

【国交省におけるダム維持管理 CIM システム導入検討例】

維持管理段階においてBIM/CIMモデルを作成する場合の検討例を示す。

本事例は、維持管理段階でBIM/CIMモデルを構築した事例（胆沢ダム）と、維持管理段階でのBIM/CIM活用検討例（国土技術政策総合研究所CIMモデル作成仕様）からまとめたもので、NNガイドライン（ダム編）が標準としている調査・設計、施工段階の既存BIM/CIMモデルを活用して作成したものではない。今後の管理ダムにおける維持管理でのBIM/CIMの運用をイメージできるものとして掲載した。その際、点検・計測データ等の更新作業の容易さに留意する必要がある。

〔概要〕

本モデルの概要は以下のとおりである。

- 設計・施工段階で作成された報告書、図面、工事記録等を「表 5.3 維持管理段階でのBIM/CIMモデル活用例（通常時）」「表 5.4 維持管理段階でのBIM/CIMモデル活用例（異常時）」を参考にして、BIM/CIMモデルに紐付け、情報の集約・統合を図る。
- 日常点検（漏水量、変形量等）、補修・補強記録を上記と同様にBIM/CIMモデルに紐付け、履歴の可視化を図り、ダムの最新状態を把握しやすくする。
- ダムコン（ダム管理用制御処理設備）のデータを上記と同様にBIM/CIMモデルに紐付け、過去の記録と現状が一元的に評価できる環境を作る。

〔本モデル運用による効果〕

- ダム単位で設計、施工、維持管理等の各段階の成果を一元管理し、通常時及び異常時に活用できる。対象部材の関連情報を、3次元モデル上の各部材に付与しておくことで、維持管理の検討に必要な資料が容易に閲覧・入手可能となる。
- 通常時においては、過年度点検時からの変状の進行状況を迅速に把握できるため、補修の必要性や補強方法の検討等の効率化に繋がる。また、異常時には当初の周辺状況の確認や、原因究明・応急復旧のために必要な情報を素早く入手可能となる。
- 3次元モデルによって部材・付属物が輻輳する様な箇所の状況をわかりやすく確認することができ、効率的な点検の実施や手戻り防止に寄与する。
- 点検記録等はExcel形式、CSV形式等で3次元モデルに紐付けすることで、BIM/CIMモデルを参照する環境を有していなくても情報が更新可能となる。
- 点検結果の損傷度や変状種類を色分け表示し、周辺環境と併せて3次元モデル上で確認することによって原因究明に寄与するとともに、補修範囲や補修方法の適切な選定が可能となる。

[必要な作業]

本モデルを運用するためには、次の作業が必要となる。

- ダム建設時に課題となった点や日常点検、臨時点検、ダム総合点検及び定期検査で把握した着目すべきポイント（クラック、漏水箇所、目地の開き等）を抽出し、その点検箇所の位置情報を3次元モデルの中に、（例えば、球体）として表現し、検査結果の度合いにより色分けし、更に点検情報をリンクさせて管理する。
- 3次元モデルと点検記録、補修履歴の関連情報を紐付け、局内の情報共有サーバ（ファイル）等に格納し、関係者がBIM/CIMモデルにアクセス・共有可能になるようにする。点検記録等はExcel形式で紐付けし点検業者に提供する。点検業者が更新した記録（Excelファイル）を、サーバ内に戻す。

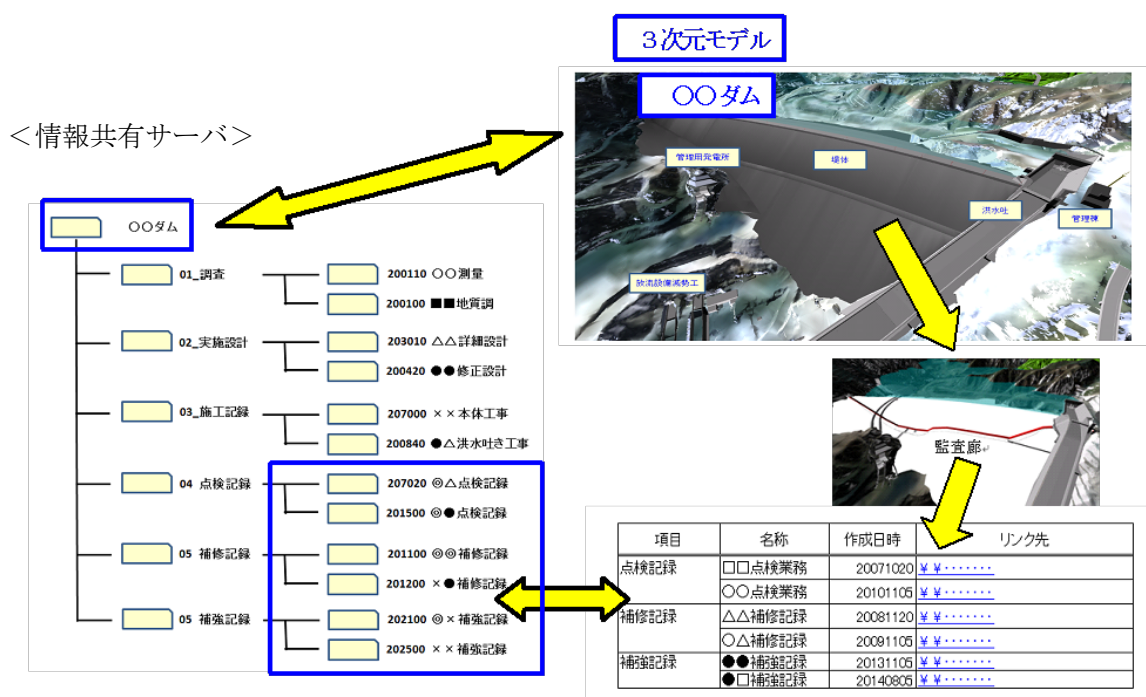


図59 事例BIM/CIMモデル作成指針（データ構造）（検討案）

＜注＞3次元モデルは胆沢ダムモデルで、他は、国土技術政策総合研究所CIMモデル作成仕様【検討案】＜橋梁編＞を参考に作成

出典：BIM/CIM活用ガイドライン（案）第4編 ダム編 5.維持管理（令和4年3月 国土交通省）

5.4. 維持管理段階での活用

5.4.1. ダム管理 BIM/CIM の活用フロー（案）

以下に、ダム管理BIM/CIM の活用フロー（案）を示す。

維持管理で得られる各種データが管理基準値を超え、これまでの傾向と異なる挙動を示した場合など、総合的に異常の有無を評価・判断する。仮に、異常ありとして諸問題（異常事態等）が認められた場合、3次元モデルや属性情報等を含むデータベース、地震・気象等のデータ等をもとに原因究明に活用するとともに、対策工の検討等においてBIM/CIMを活用する。

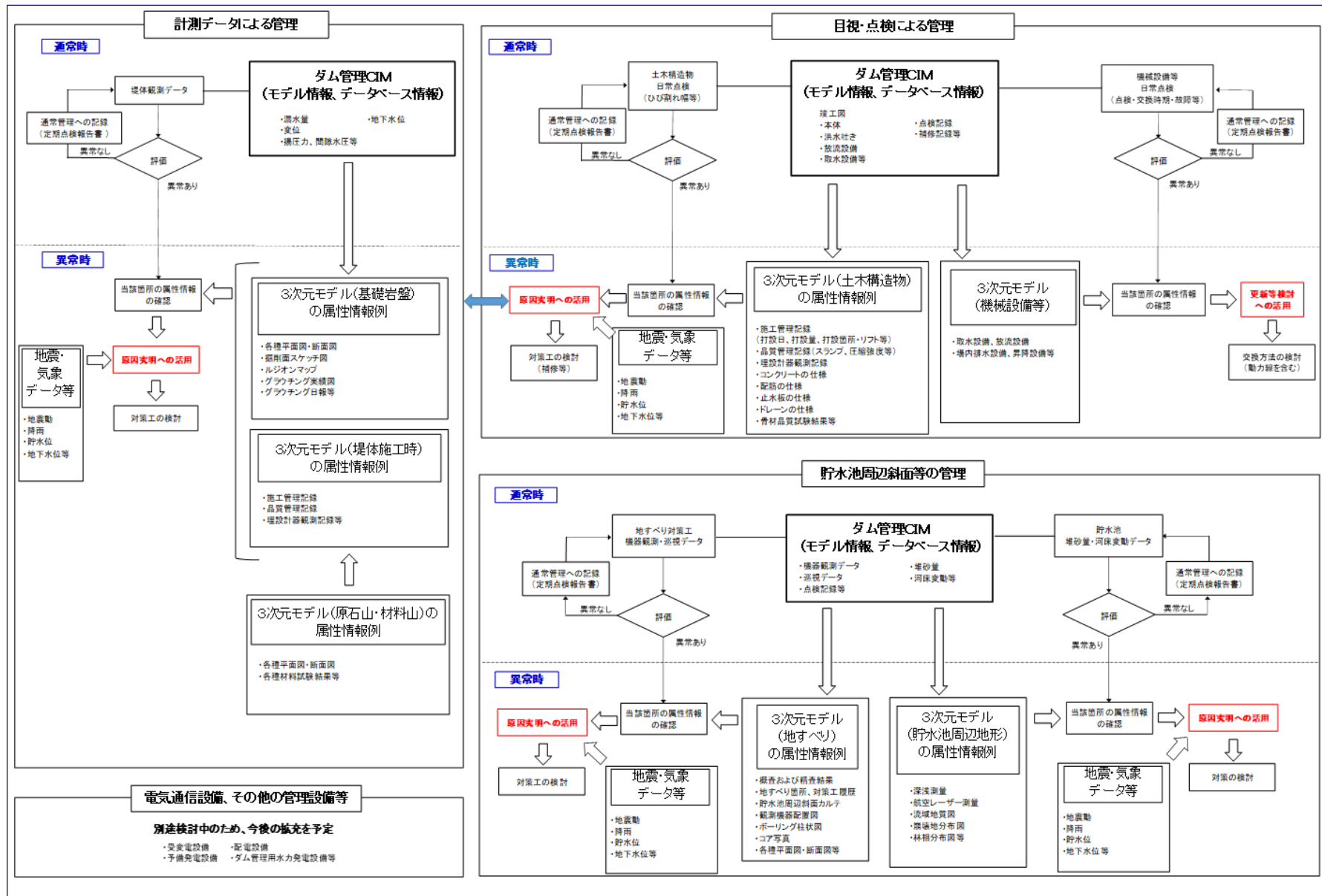


図 5.10 ダム管理BIM/CIMの活用フロー (案)

出典：BIM/CIM活用ガイドライン (案) 第4編 ダム編 5.維持管理 (令和4年3月 国土交通省)

5.4.2. 通常時での BIM/CIM モデル活用例

発注者及び施設管理者等の関係者は、5.2、5.3で整備したBIM/CIMモデルを、維持管理で活用する。

表 5.3に、維持管理段階でのBIM/CIMモデルの通常時の活用例を示す。活用場面によっては、必要な属性情報等を設計又は施工段階のBIM/CIMモデルで付与しておくか、維持管理段階移管時に設計、工事の電子成果品等からBIM/CIMモデルに紐付ける必要があることから、発注者は維持管理段階に必要な属性情報等について設計・施工段階であらかじめ協議して整理しておくものとする。

表 5.3 維持管理段階でのBIM/CIMモデル活用例（通常時）

活用場面 (ユースケース)	概要	活用する属性情報等 () 内は属性を付与する段階
資料検索の効率化	発注者及び施設管理者等が日常的に維持管理に必要な各種情報がBIM/CIMモデルに紐付くことで、3次元モデルから簡単に必要な情報を検索することができ、検索性が向上する。	・地質情報・設計情報（設計段階） ・地質情報・竣工図（施工段階） ・管理台帳（維持管理段階） ・点検記録（維持管理段階） ・補修記録（維持管理段階） ・施工時（竣工時）の出来形管理記録及び品質管理記録 ・調査・設計・施工時の留意点
点検結果の可視化	発注者及び施設管理者等が点検調書からでは対象位置を把握するのに手間が掛かっていたものが、漏水量、クラックの程度、対策区分、補修箇所といった属性情報等を基に3次元モデルの要素ごとに色分け表示することで、詳細調査箇所や追加調査箇所の把握、補修対象範囲等の確認に寄与する。また、点検結果が集約されるため、日常点検の報告書作成の自動化も可能となり、省力化に寄与する。	・漏水、クラック、継ぎ目の開き、劣化に関する度合い（施工段階、維持管理段階） ・点検日（維持管理段階） ・補修方法・補修日（維持管理段階） ・維持・修繕等の記録 ・建設時の記録 ・施工時（竣工時）の出来形管理記録及び品質管理記録
各種計測機器の位置及び機器情報の可視化と履歴情報の連携	異常発見時に対策を講じる際には、各種計測機器の位置・機器情報と過去の対策履歴、各機器の更新予定日や更新履歴をBIM/CIMモデル上に紐付くことで、迅速で適切な対策の立案に寄与する。	・計測機器の情報 ・計測機器の配置図（平面図、断面図） ・管理台帳（維持管理段階） ・点検記録（維持管理段階） ・補修記録（維持管理段階） ・施工時（竣工時）の出来形管理記録及び品質管理記録
引き継ぎ業務の円滑化	長期にわたる維持管理期間において、担当者間で引き継ぎを行う場合、点検箇所及びそれに関係する属性情報等や点検機器に関する情報を3次元モデルに紐づけることによって引き継ぎ業務の効果化が図れる。	・過年度の点検方法（維持管理段階） ・管理台帳（維持管理段階） ・点検記録（維持管理段階） ・補修記録（維持管理段階） ・施工時（竣工時）の出来形管理記録及び品質管理記録 ・調査・設計・施工時の留意点

5.4.3. 異常時での BIM/CIM モデル活用例

表 5.4に、維持管理段階でのBIM/CIMモデルの異常時の活用例を示す。

表 5.4 維持管理段階での BIM/CIM モデル活用例（異常時）

活用場面 (ユースケース)	概要	活用する属性情報等 () 内は属性を付与する段階
コンクリートクラックの延長や開き、堤体変位や外部標的の測量・GPS装置による被災後の健全度確認	発注者及び施設管理者等が、地震等の被災後のダムの健全度について検討を行う際には、事象前後で計測したコンクリートクラックの延長や開き、プラムライン等による変位、外部標的の測量、GPSの座標情報等を比較し、BIM/CIMモデル上に変位と変位方法を表示することで、視覚的に確認することができる。	・コンクリートクラックマップ等・変位計データ、外部標的の測量やGPS観測点座標（施工段階、維持管理段階） ・機器情報（施工段階、維持管理段階）
損傷を受けたダムの調査における情報確認	発注者及び施設管理者等が、地震等で損傷したダムの健全度を検証する際には必要となる構造計算データ、材料データ等が容易に収集できる。また、受けた損傷の原因究明を行う際には、直近の点検結果や周辺状況を確認することで効率化が図れる。	・設計計算書（設計段階） ・使用材料（施工段階） ・点検結果（維持管理段階） ・周辺地形データ（施工段階） ・施工時（竣工時）の出来形管理記録及び品質管理記録 ・調査・設計・施工時の留意点
損傷箇所と類似の箇所・対応策に関する事例検索の効率化	発注者及び施設管理者等は、地震等で損傷箇所に関する対応策を策定する際、他のダムの類似箇所に関する対応策等の情報を検索する際には、BIM/CIMモデルに関連情報を付与しておけば、容易に検索することができる。	・地質情報・設計情報（設計段階） ・地質情報・竣工図（施工段階） ・管理台帳（維持管理段階） ・点検記録（維持管理段階） ・補修記録（維持管理段階） ・他ダムの異常時の対応策情報 ・施工時（竣工時）の出来形管理記録及び品質管理記録 ・調査・設計・施工時の留意点