

[クラス ID]

## [クラスのタイトル]

山田憲治  
日本工営株式会社

### 学習の目的

- CIM 活用による設計作業の効率化方法
- 複雑な 3 次元形状を有した施設の大量の平面図・横断面図を作成する作業に対し、Vba を用いて断面図作成・数量計算を自動化する方法
- 4D モデルを活用した、複数工種間の施工計画調整方法
- 作成したモデルの VR・景観検討への活用事例

### 説明

設計業務において、BIM/CIM の原則適用が目前に迫っているが、設計業務に普及・定着させるためには実際に業務が効率化されることが必要であり、作業の増加になってはいけない。

そこで、ダム事業について業務分析を行った上で効率化が可能な部分を抽出、BIM/CIM 技術を適用することにより、業務の効率化を図った。

足羽川ダムの場合、ダムの堤体コンクリートは、左右岸方向 15m 毎に 24 ブロック、鉛直方向に 1m ピッチ約 100 リフトに分割され、配合区分別の分割を加えると 2 万個をこえるブロックに分割される。それぞれ打設する日を設定するとともに、1m 毎の平面図(約 200 枚)を作成し平均断面法により数量を算定する必要があった。

配合区分や堤体の形状は設計の進捗に伴い頻繁に変更されることから修正作業に時間がかかること、複雑な形状を 2 次元に落とし込む作業でのミスや修正もれ、大量の数値の転記が必要となることから、転記ミス等が多発することなどが課題であることから図面作成・数量計算の自動化を図った。

施工計画においても、3 次元的に設置される施設をコンクリート打設スケジュールにあわせて設置する必要があるが、土台となるコンクリート打設スケジュールが頻繁に変更される。よって、機械設備と土木設備の干渉防止や実現不可能な施工計画とならないよう、4D モデルを活用した施工計画検討を行った。

### スピーカーについて

徳島大学工学部土木工学科卒

日本工営株式会社入社

○水力発電設備の維持管理

○ダム制御装置の自動・半自動ルールを検討 →ソフト設計の重要性を感じる

○ダム管理設備設計、ダム試験湛水に関する検討→河川管理・ダム設計の概念・運用方法等を習得

○ダム・水力発電施設設計 →3 次元的な形状をもつ施設設計の困難さを痛感

○CIM 推進センターに着任、新入社員研修を担当するとともに、業務の効率化方法の検討を実施中

## CIM 活用による設計作業の効率化方法

ダム設計業務の業務分析を行い、BIM/CIM 適用による設計作業の効率化が可能となる作業の抽出を行った。

ダム設計時に大量に作成する必要がある図面作成と、数量計算の自動化と、並行して実施される機械設備設計との干渉チェック、施工計画のチェックを BIM/CIM モデルを用いて実施することとした。

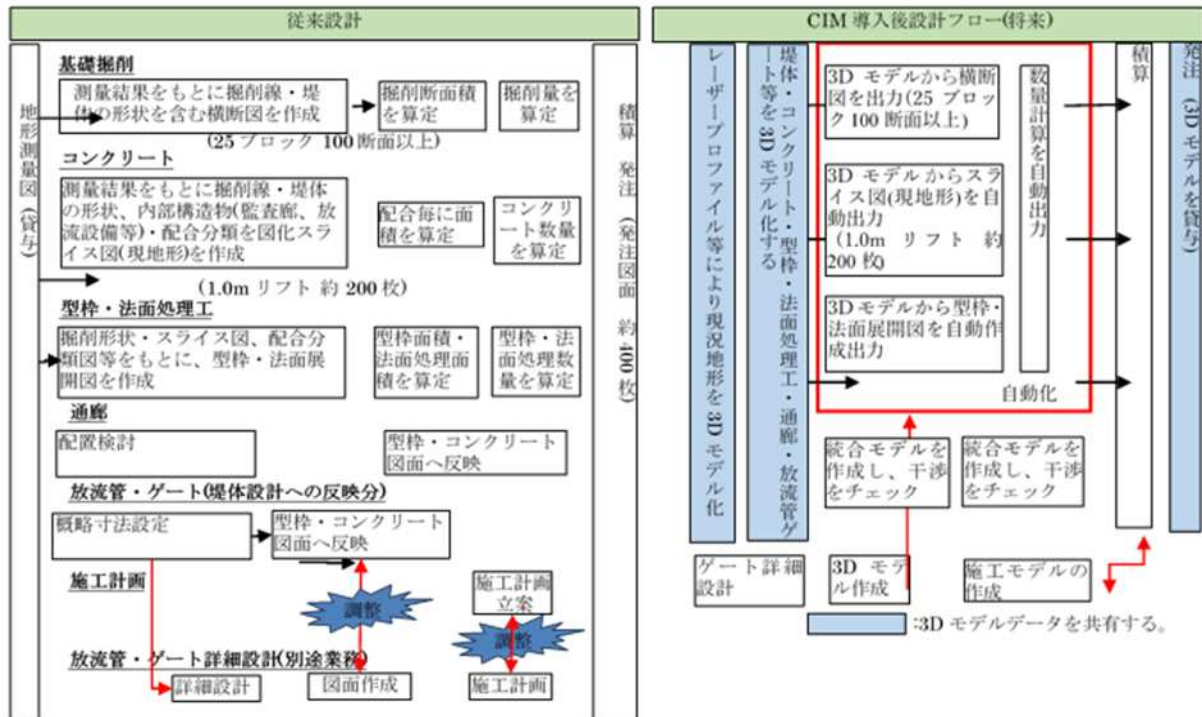


図-1 業務分析結果と CIM 適用による自動化範囲

## 複雑な 3 次元形状を有した施設の大量の平面図・横断面図を作成する作業に対し、Vba を用いて断面図作成・数量計算を自動化する方法

ダム設計では、コンクリート打設ごとに配合区分別の平面図を作成し、コンクリートの配合区分別の面積、平均断面法により体積を算定します。

コンクリート打設の標高ごとに 2 枚の平面図を作成する必要があり、ダム高を 100m、リフト高を 1m とすると、200 枚近い平面図を作成することになります。堤体内には複雑な 3D 形状の様々な構造物が設置されることから、熟練技術者が時間をかけて平面図を作成する必要があります。

また、平面図から面積を抽出し数量表に取りまとめる作業では、転記ミス等が発生する可能性があります。このように図面作成、数量計算で煩雑な作業を伴うことから、BIM/CIM モデルを活用して、作業の自動化を行うことを目指しました。

### Vba を用いたモデル分割

開発を開始した当時に適用可能と考えられる各種方法についてテストを行った結果、Vba を用いてモデルを分割する方法を選定いたしました。

配合区分別のソリッドモデルを一旦作成し、リフト毎(標高毎)、ブロック毎(河川左右方向分割)、配合区分毎に分割を行いました。足羽川ダムの場合で 2 万をこえるソリッドに分割されます。

各ソリッドには、ブロック名や標高などの情報を属性として付与しています。

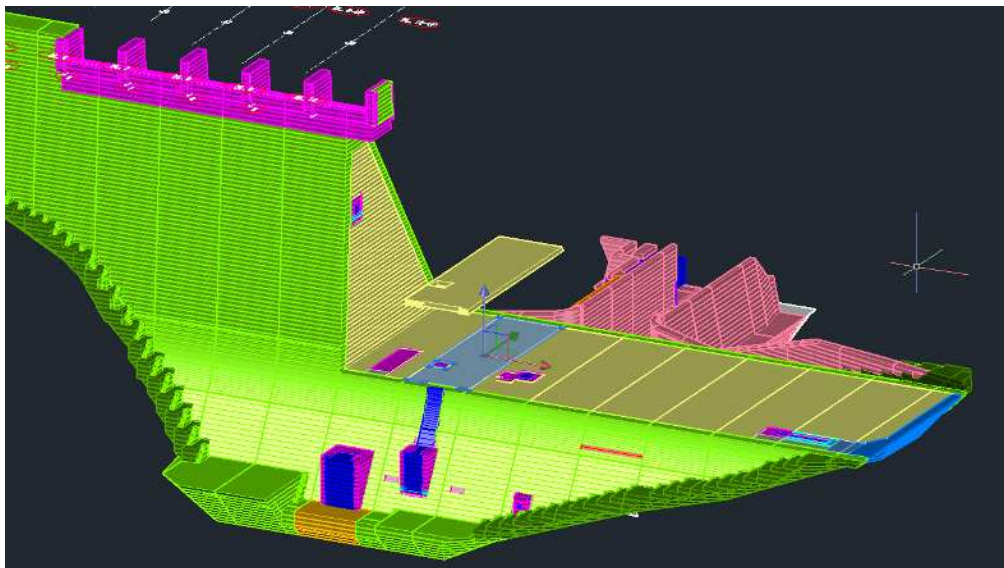


図 2 分割後のダムソリッドモデル(一部透過して表示)



### 図面作成の自動化

分割した図面を移動、さらにソリッドを分解してサーフェスを作成し、適切に移動することにより、200枚を超える平面図、75枚の断面図を各図面間の整合がとれた形で作成することができました。こちらでもVbaでプログラミングを行い、実現しています(図-3)。分割と同時に、配合区分や体積、位置、該当ブロックなどの情報をcsv形式で出力します。図-4に示す行が20,000行以上生成されることとなります。

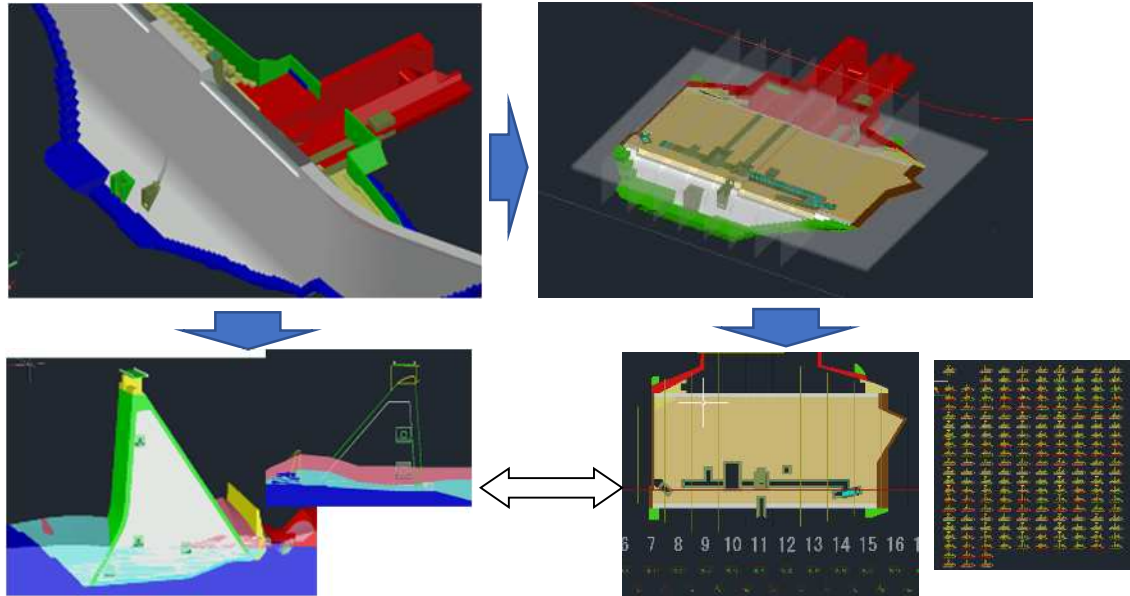


図-3 図面作成イメージ

レイヤー	体積	最高標高	最低標高	重心X	重心Y	重心Z	Handle
★3D構造用コンクリート(上)	0.164665	181	180	180.2088	93.17523	180.5	303E6A0
0-teitai外部コンクリート	74.58356	271	270.337	82.5	3.25	270.6685	303E69F
0-teitai外部コンクリート	74.58356	271	270.337	97.5	3.25	270.6685	303E69E
0-teitai外部コンクリート	74.58356	271	270.337	112.5	3.25	270.6685	303E69D
0-teitai外部コンクリート	74.58356	271	270.337	127.5	3.25	270.6685	303E69C
0-teitai外部コンクリート	24.86119	271	270.337	137.5	3.25	270.6685	303E69B
0-teitai外部コンクリート	74.58356	271	270.337	187.5	3.25	270.6685	303E69A
0-teitai外部コンクリート	74.58356	271	270.337	202.5	3.25	270.6685	303E699

図-4 属性出カイメージ

## 数量計算自動化

前述の出力結果を集計し、各種の数量計算資料を作成しています。

図-5 ①に示すとおり、ある配合のブロック別、標高別のコンクリート数量表や、②に示すブロック・標高毎の配合を示した図面、数量をまとめた表、③に示す Cad 上でブロック名、標高、配合を設定することにより、該当するソリッドを選択して表示する機能等を準備しています。

これらの出力を利用することにより、集計された数量の算出根拠を追えるようになっており、数量計算のブラックボックス化を防いでいます。

なお、②③については足羽川ダムでは作成しておらず、開発中の画面となります。

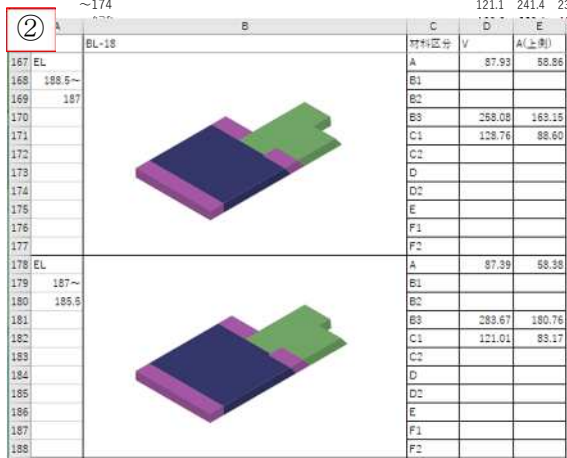
①

ブロック	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
~254	35.6	109.3	113.1	113.1	113.1	113.1	113.1	113.1	113.1	113.1	110.5	113.1	113.1	113.1	113.1	113.1	113.1	101.8	102.4	102.2	112.8	84.1	28.8
~253	33.3	115.2	124.5	124.5	124.5	124.5	124.5	124.5	124.5	124.5	117.9	124.5	124.5	124.5	124.5	124.5	124.5	111.6	112.3	112.1	124.2	89.7	28.0
~252	28.4	120.9	135.9	135.9	135.9	135.9	135.9	135.9	135.9	135.9	125.4	135.9	135.9	135.9	135.9	135.9	135.9	121.4	122.1	121.9	135.6	97.0	23.7
~251	21.1	126.5	147.3	147.3	147.3	147.3	147.3	147.3	147.3	147.3	132.8	147.3	147.3	147.3	147.3	147.3	147.3	131.1	131.9	131.7	146.9	107.8	14.0
~250	14.2	131.4	158.7	158.7	158.7	158.7	158.7	158.7	158.7	158.7	140.2	158.7	158.7	158.7	158.7	158.7	158.7	140.7	141.6	141.3	158.3	118.1	3.0
~249	11.0	131.5	170.1	170.1	170.1	170.1	170.1	170.1	170.1	170.1	147.6	170.1	170.1	170.1	170.1	170.1	170.1	157.7	151.2	150.9	169.6	109.1	

ブロック

	20	21	22	23	24
20	102.4	102.2	112.8	84.1	28.8
21	112.3	112.1	124.2	89.7	28.0
22	122.1	121.9	135.6	97.0	23.7
23	131.9	131.7	146.9	107.8	14.0
24	141.6	141.3	158.3	118.1	3.0

②



③

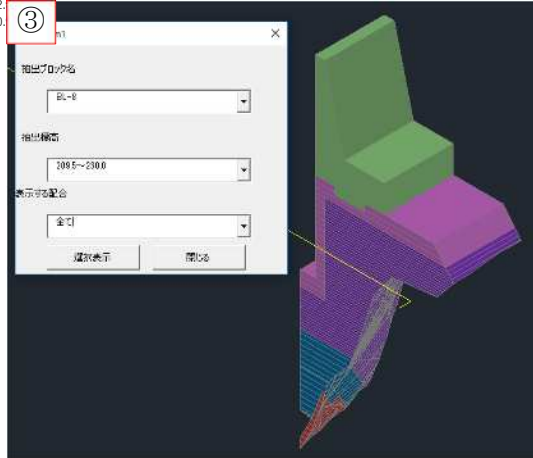


図-5 数量計算出カイメージ

## 数量計算自動化の評価

本業務では、既往の手法による数量計算も実施しており、CIM による数量計算と比較を行っています。両者の差異は 0.35% と 1% を切る結果となっています。また、その差についても平均断面法との違いによるものであることが確認されています。

自動化の効果としては、当該作業に必要となる作業時間が約 50% 削減することができました。

## 4D モデルを活用した、複数工種間の施工計画調整方法

ダム事業は複数の工種が隣接して実施されるため施工計画の調整が重要となります。そこで4Dモデルを用いた施工計画の確認、および確認結果の反映を行い、施工計画立案作業の効率化、および精度向上を図りました。

### 4D モデルの作成

ダムのコンクリート打設計画は、各ブロック、リフト毎に打設日を設定したリフトスケジュール(図-6右)の形で作成されます。このリフトスケジュールは設計の進捗に従い頻繁に変更になることから、表の値を自動で4Dモデルに反映できるようモデルを作成しました。

また、並行して実施される鋼構造物の設置についてもモデル作成の基準を標準化することにより容易に統合することを可能としました。

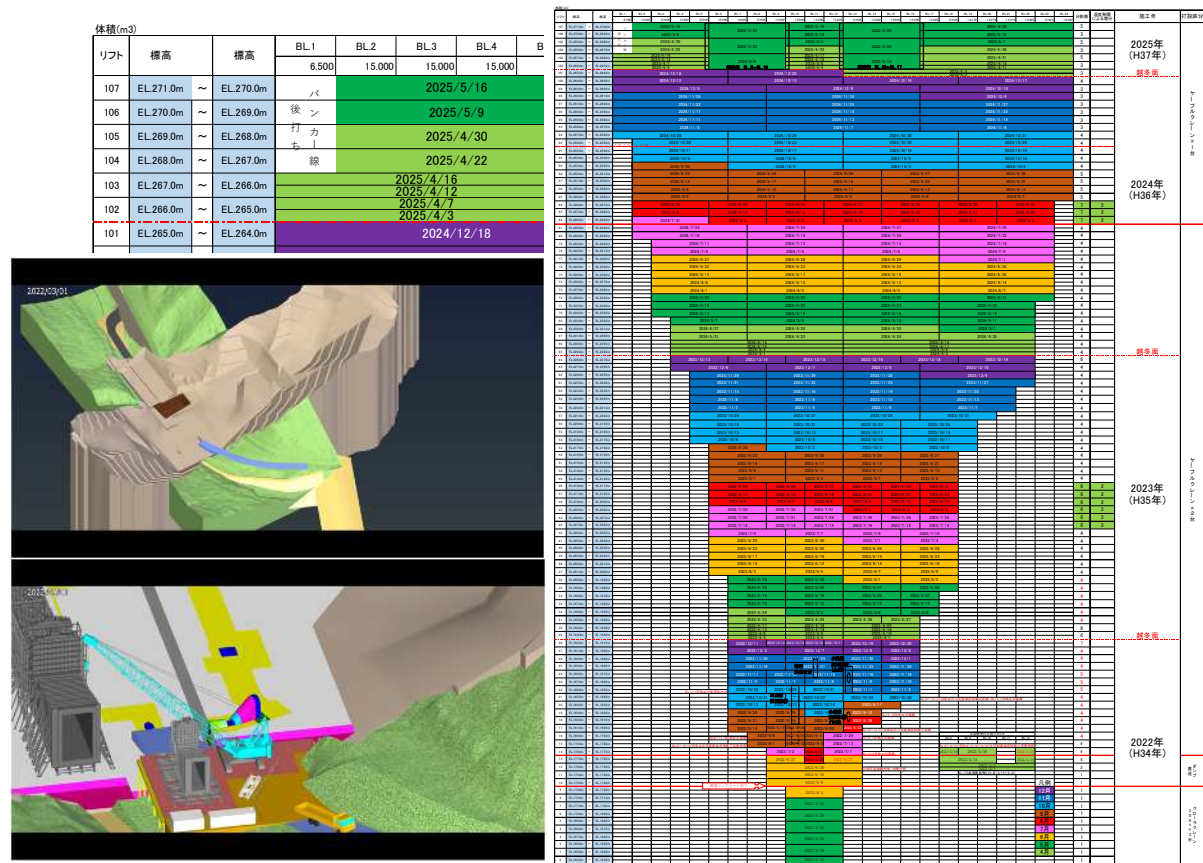


図-6 4Dモデルの作成イメージ。



#### 4D モデルを用いた施工計画検討

概略の 4D モデルを作成し統合、関係者で確認することにより課題を抽出、4D モデルを修正するという作業を繰り返し、適切な施工計画の立案を行いました。

作業についても、従来の紙ベースの施工ステップ図を見比べて確認する作業に対し、非常に短時間で作業状況を確認することができました。

図-7 上は確認の結果、配管を設置する支台が浮いてしまっています。これは打設スケジュールの変更が鋼構造物の施工計画に反映できていなかったために発生したもので、この結果をもって施工計画の修正を行いました。

図-7 下は、4D モデルを確認中に「狭い」ことが確認された地点について、重機の移動が可能か確認したものととなります。

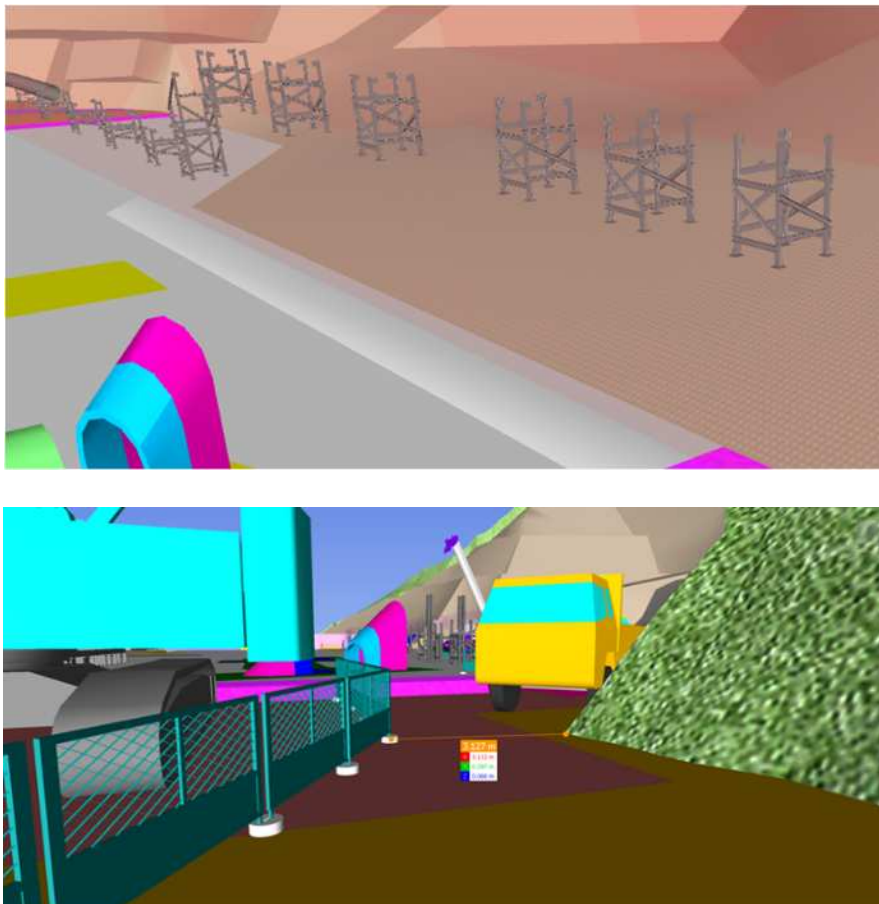


図-7 施工計画確認イメージ

## 作成したモデルの VR・景観検討への活用事例

設計に作成したモデルを VR・景観検討のさまざまな場面へ活用しています。活用事例を紹介いたします。

### 施設設計時の景観検討

作成したモデルを用い、各種施設の比較検討時に容易にパース図を作成することが可能となります。図-8 は、非常用洪水吐の設置位置が景観に与える影響を比較したものとなります。3D モデルの場合、一旦作成したモデルの修正は容易に実施することができ、本比較イメージは数時間で作成しています。

下図は、景観配慮して設定した形状について抽出した図となります。

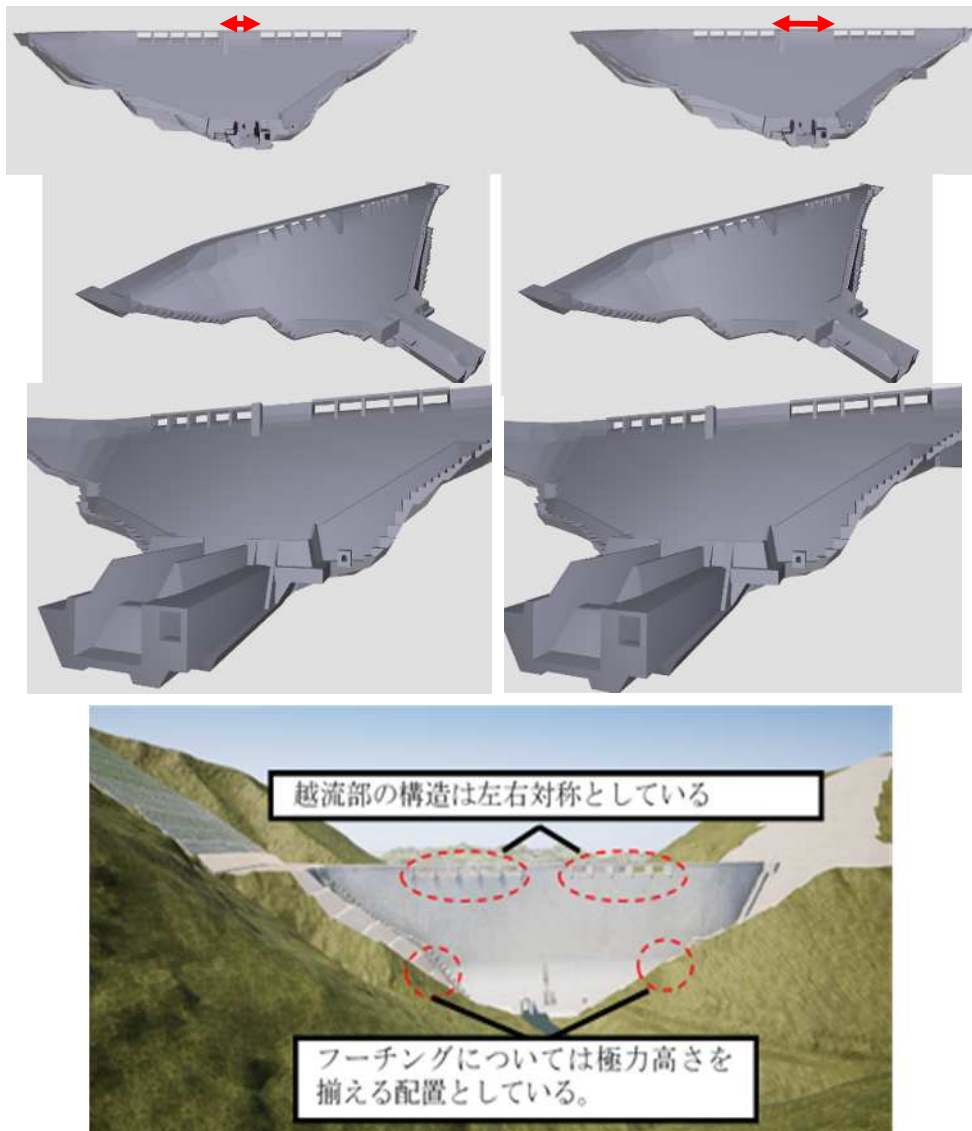


図-8 洪水吐配置比較イメージ



### VR モデルを活用した景観検討

VR モデルを作成することにより、自由な視点、気象状況、時間での状況を表示することが可能となります。図-9 では、堤体周辺の植生も表現した VR モデルを作成することにより、自由な視点でのパース図作成が可能となっています。

同モデルについて照明施設を設置し、夜間どのように見えるかについても表現が可能です(図-10)。(TwinMotion を使用)



図-9 堤体状況



図-10 ライトアップ状況

### VR モデル・動画の作成

作成した VR モデルについては、地元住民への事業説明資料及び、広報資料へ活用可能となります。本モデル(図-11)は、切土部から河川へ土砂が流入しないかという地元の疑問に対し、のり面の保護状況を説明するために作成されました。

図-12 は維持管理上引き抜く必要があるシャフトが引き抜けるかどうかを確認するための動画となります。

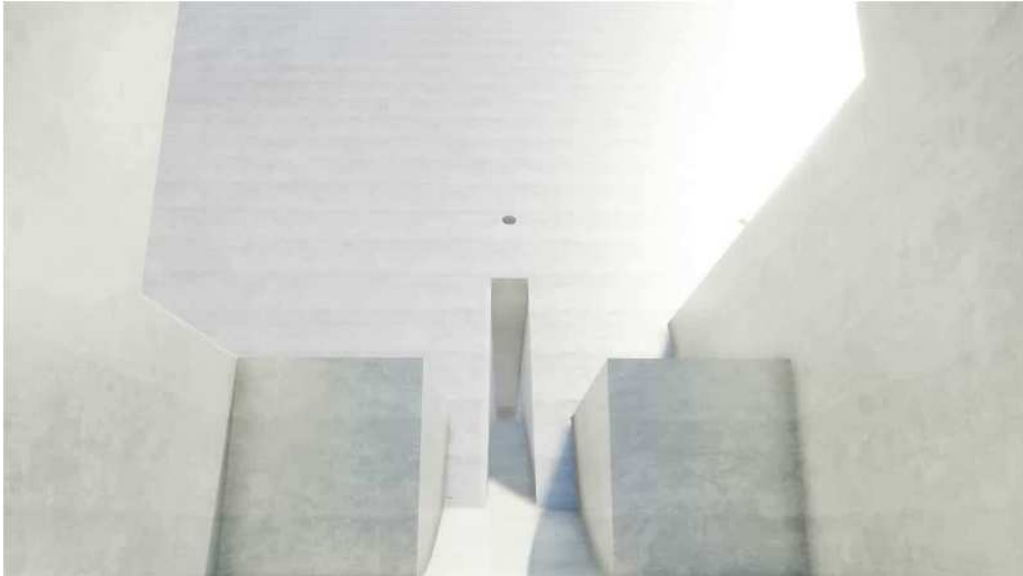


図-11 VR モデル(VRゴーグルから見た画面を録画したもの)

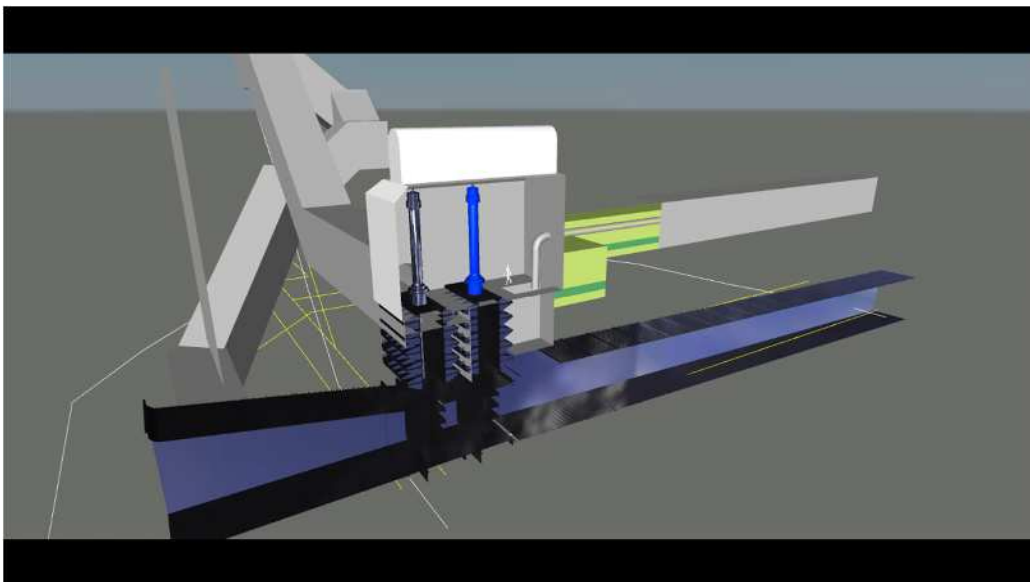


図-12 シャフト取替シミュレーション動画

### まとめ

BIM/CIM モデルは調査・設計・施工・維持管理を 1つのモデルを利用することにより、管理の効率化を図るものです。今回発表した内容は設計段階の技術となります。今後ダムが施工段階に入ることから、施工に向けた精算等も視野に入れた施工段階への適用を検討いたします。

また、ダム分野においては、今後のダム設計や再開発を見越したダム DB の開発を目指してまいります。

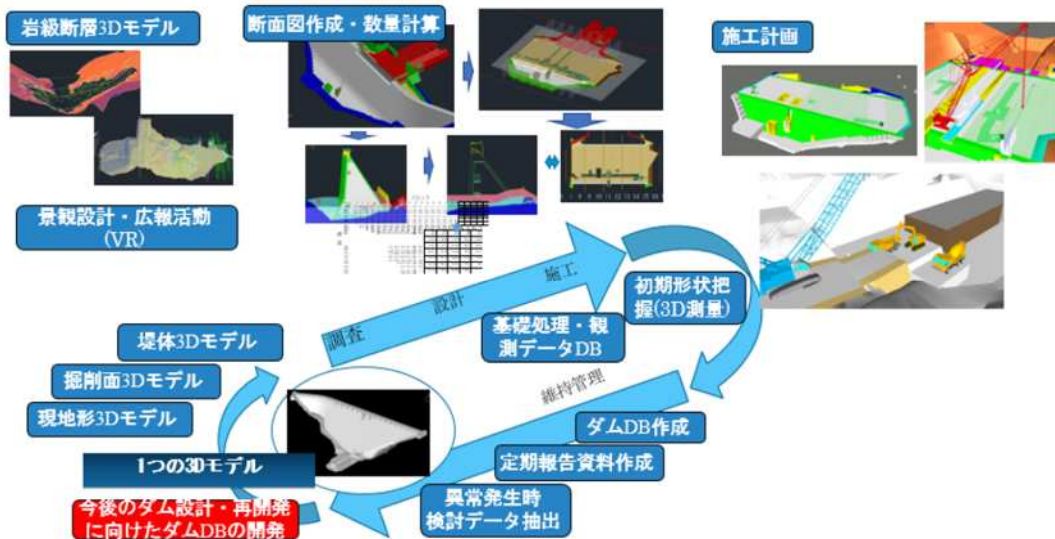


図-13BIM/CIM モデル活用イメージ