

## 点群データのみを用いたアーチダムのリバーズエンジニアリング手法

株式会社キタック 正会員 ○池田 真彦  
株式会社キタック 非会員 王 純祥  
株式会社キタック 正会員 門口 健吾

### 1. はじめに

BIM/CIM(Building/Construction Information Modeling, Management)は建設生産マネジメントサイクルの各フェーズを繋ぐハブとしての役割があり、維持管理分野での活用方法確立が課題となっている。維持管理対象の既設土木インフラは高度経済成長期に建設された竣工後 50 年を越えるものが多く、竣工図書等の情報はデジタル化されていないケースが多い。昨今は、レーザ測量での点群取得による既設施設のデジタル化（施設点検記録等）が増加している。しかし点群のままではデータが有する不確実性<sup>1)</sup>や大容量ゆえの操作性の悪さ等、維持管理 BIM/CIM の運用データに適していないという問題点がある。

本稿では、UAV レーザ測量にて取得された既設アーチ型コンクリートダムの点群データのみから維持管理 BIM/CIM 運用に適する 3D モデル（サーフェスモデル）を抽出し、デジタル化する手法を試みた結果を述べる。

### 2. モデリング手法

#### 2-1. ワークフローの検討

点群データから 3D モデルを作成する場合、通常は点群処理ソフトで 3D TIN メッシュを作成するが、本稿では維持管理での問題解決及び高度活用を図るため、建設時の構造を復元しながらモデル作成するワークフローとした。フローは、広範囲な堤体壁面及びより緻密な非常用洪水吐の 2 段階とした。

#### 2-2. 上下流堤体壁面サーフェスモデル作成

今回の対象は水平のアーチ要素と片持梁要素の組合せで形状が決まるアーチ型コンクリートダムである。このダムは片持梁に不等厚変半径、アーチ形状に非対称放物線が採用されており<sup>2)</sup>、鉛直方向にアーチ形状が複雑に変化している。そこで、点群から任意断面線を抽出する点群処理を施すことで堤体を水平に輪切りにして 1m 間隔の断面を抽出した。各断面

線は折れ点を同数になるよう調整して三次元的な格子状にし、3D CAD のロフト機能により複数の断面形状を連続的に繋ぐことでサーフェスを生成した。

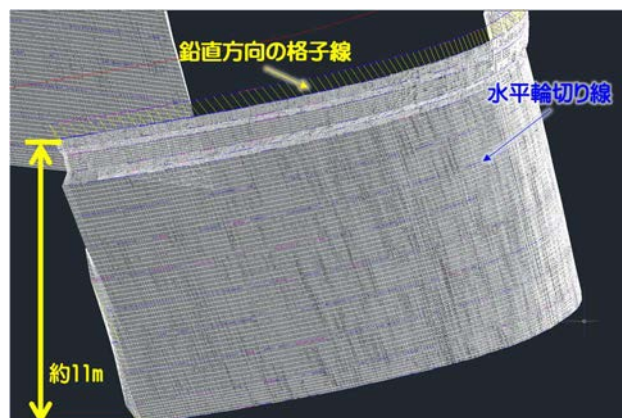


図-1 堤体サーフェス(上流側)の作成

#### 2-3. 非常用洪水吐のソリッドモデル作成

非常用洪水吐は、越流頂がダム軸線形(以後「線形」と呼称)を基線とする標準横断から、門柱が平面形からそれぞれ形作られている。モデリングはこの構造特性を再現する手順を取った。線形は先に作成した堤体サーフェスから上下流両側の天端壁高欄の外壁ラインを抽出し、その中心線を採用した。越流頂のモデリングでは、まず標準横断を復元した。具体的な手順は次の流れとした。(1)数十カ所の横断面を設定、(2)各横断面に点群を重ね、断面近傍にある点を断面構成点として投影(図-2)。

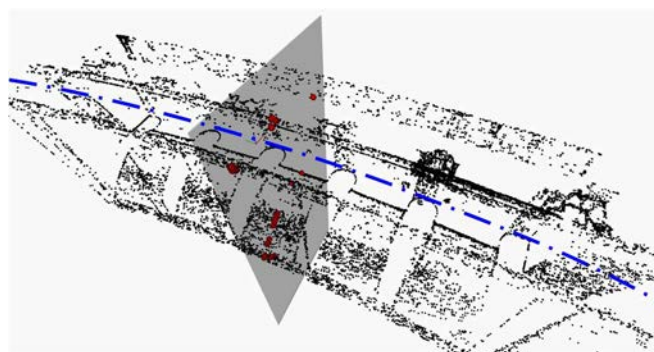


図-2 線形(青線)に沿った断面構成点(赤球)抽出

キーワード：BIM/CIM, 点群データ, 維持管理, 3次元モデル, 既設施設, リバーズエンジニアリング

連絡先：〒950-0965 新潟県新潟市中央区新光町 10-2 技術士センタービル I (株)キタック TEL:025-281-1111

(3)各断面に対して平面が XY 面，原点が座標(0,0,0)となるように座標を変換，(4)変換後の点群をトレースして標準横断を作成。

越流頂上下流の曲線形については，更なる試みとして当時の文献等をもとに採用形状を Randolph と Harrold 標準形から設定する．設定は各曲線を変換後点群の上に重ね合わせる確認手法とし，適合性の高い Harrold 標準形を標準断面とした(図-3)。

ここまでで確定した復元線形と復元標準横断から越流頂部分のソリッドを生成した。

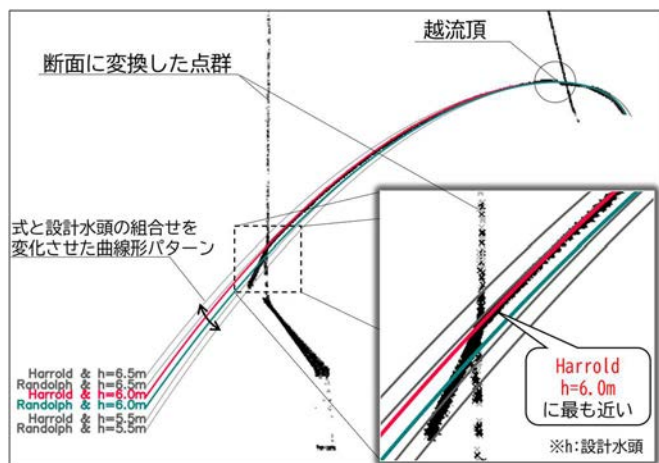


図-3 点群に各設計曲線を重ねた越流頂断面

門柱のモデリングでは点群のオルソ画像をトレースすることにより輪郭線を抽出し，鉛直方向に押し出して柱状のソリッドを生成した。

最後に越流頂ソリッドと門柱ソリッドを組合せ，非常用洪水吐ソリッドモデルを生成した(図-4)。

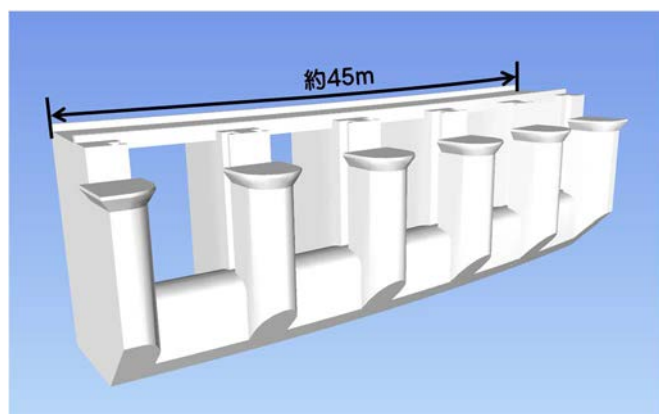


図-4 非常用洪水吐のソリッドモデル

## 2-4. 各モデルの連結

非常用洪水吐ソリッドをサーフェスに変換して堤体サーフェスと結合し，1つのサーフェスモデルとした。

## 3. 結果と精度の検証

今回の試みにより点群データのみから 3D モデルを抽出することができた．モデル検証は別途入手した建設当時の図面<sup>3)</sup>との比較とし，形状の一致が確認されたことで復元されたと考えられる．また，今回作成したサーフェス(図-5 赤色)と，通常の手法である点群の 3D TIN 化によって作成したサーフェス(図-5 緑色)を重ね，任意の断面における差分を確認した．結果，両者の差分は概ね 2-3cm を示した。

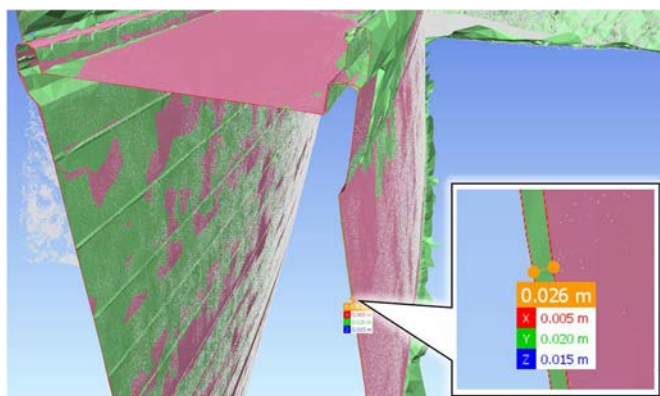


図-5 2つのモデリング手法の差分比較

## 4. 考察

今回の手法は線形と標準横断面を骨格としており，BIM/CIM モデルとしては詳細度レベル 200 以上と定義できる．また，データ量は元の点群の 1%以下に圧縮され，運用上の利便性が向上した。

新たな問題は，堤体と非常用洪水吐で異なる基線を用いたことで結合の際にギャップが生じる点，点群の欠落に対して補間が難しい点などが挙げられる。

## 5. まとめ

この手法は，他の既設土木インフラにも適用できる可能性が高く，維持管理 BIM/CIM のリバーズエンジニアリングによるデジタル化手法の1つとして有効である．今後は，ワークフロー最適化及び抽出モデルの精度確保に向けた更なる研究が必要である。

## 参考文献

- 1) 大木ほか，鋼製橋梁の保全工事における点群データ活用に向けた検討，AI・データサイエンス論文集 3 巻 J2 号 pp.668-674, 2022
- 2) 橋本ほか，豊平峡アーチダム及び基礎の構造設計に関する一考察，北海道開発局昭和 43 年度技術研究発表会 pp.545-553
- 3) 星野，豊平峡ダム水理模型実験報告書，北海道開発局昭和 44 年度技術研究発表会 pp.603-608