

## BIM/CIM モデル活用による砂防堰堤 3 次元設計手法の提案

協和設計(株) ○足羽創太、南部啓太、西岡孝尚、細江勇介、梶原弘樹

### 1. はじめに

土木事業において、令和5年度より原則全ての詳細設計・工事にBIM/CIM適用が必要となり、これから更に3次元化が推進されていくと考えられる<sup>1)</sup>。しかし、BIM/CIMモデルはあくまで2次元設計に対する参考資料として扱われ、設計成果の中で主たる役割を担えていないことが現状である。一方で、BIM/CIMモデルを活用することにより、従来の2次元設計では見えてこなかった課題の抽出や、設計段階での施工状況の再現と影響の確認など、3次元設計の有効性は様々な部分で発揮される。

砂防堰堤は山岳地に計画する特性上、岩盤等の地質の不陸や切土による地形改変など、地形地質条件に起因する課題が多く、また砂防堰堤や管理用道路などの計画施設に加えて、施工ヤード、転流管などの仮設施設も必要であり、狭隘空間で施設が輻輳する。そこで本論文では、このような現状と背景を照らし合わせて、地質モデルや掘削モデルの精度向上を目指した砂防堰堤のBIM/CIMモデルを有効活用した3次元の設計手法を提案した。BIM/CIMモデル作成については川田テクノシステムのV-nas Clairを使用した。

### 2. BIM/CIMモデル作成方法と設計における有効性

#### 1) 地形・地質モデル

地形モデルは2次元設計と乖離が発生しないよう既往設計と同じくトータルステーション(TS)による実測図ベースで作成を行った。なおTS測量は高さ情報が付与されていないため単点標高を再現し、不足箇所をLP測量での高さ情報で補完することにより、実測図と整合の取れた地形モデルを作成した。

地質モデルはBIM/CIM活用ガイドライン<sup>2)</sup>にてボーリング調査結果より作成することが明記されており、ボーリングモデル及び砂礫と岩盤の境界を表すサーフェスモデルを作成した。ただし、調査ボーリングの間隔が広い場合、それらボーリング位置を結ぶなめらかなサーフェスが作成され、尾根や沢などの大きな地形の起伏を捉えることができていない地質モデルとなり、設計に適用できない事例が多数認められる。

本提案では、図-1に示すように地質モデルの精度を向上させるため、本副堤縦横断の地質断面図や地形情報から地質モデル(サーフェス)作成用のボーリングモデルを新たに作成し、尾根や沢部の形状を補完させて地質モデルの精度向上を図った。

精度の高い地質モデルを作成することにより、堰堤の着底の確認や根入れの照査など、2次元では確認が困難な3次元的な配置確認を正確に行うことを可能とした。

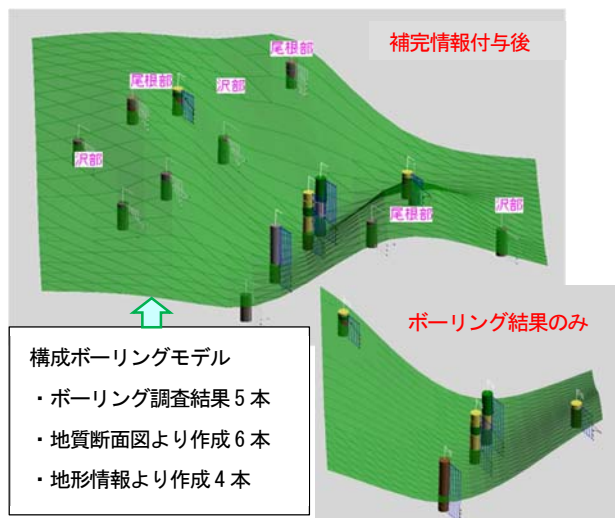


図-1 地質モデル(岩盤境界面)

#### 2) 掘削モデル

堰堤の掘削面は複雑な3次元形状を有しているため、BIM/CIMモデル化も複雑である一方、ICT施工が主流になってきている中で、施工におけるBIM/CIMモデルの重要度が高く、さらに用地境界の根拠にもなる重要な項目である。

堰堤掘削面は所定の安定勾配を確保する形状で設定されており、BIM/CIMモデルにおいても安定勾配を表現する必要がある。図-2に2次元設計に基づき、安定勾配を表現した掘削モデルを示す。2次元設計の土工横断面図では、断面ごとの掘削底面から小段位置が設定されているため、地形や地質の変化を捉えておらず、2次元設計図面に基づいたモデル化を行った場合、小段に勾配や不均一性が発生する。そのため、施工時の対応に委ねられることが多いなど課題があった。



図-2 2次元設計に基づく掘削モデル

この結果を踏まえ、今回は2次元設計で表現がされていない縦横断方向以外のすべての掘削面に対しても安定勾配を確保した掘削モデルを作成した。図-3に3次元設計における掘削モデルを示す。この掘削モデルでは2次元設計では反映されていなかった縦横断方向の勾配の擦り付け箇所の急勾配化による斜面の不安定化リスクなどを評価することができ、施工時の安定性向上に寄与することを確認できた。

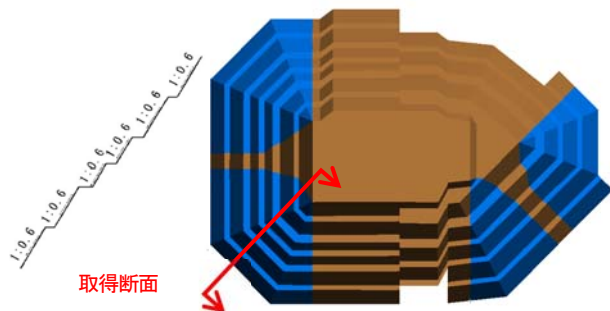


図-3 3次元設計における掘削モデル

### 3) 管理用道路モデル

砂防堰堤の管理用道路は堰堤の上流側に堆積した土砂の撤去を主たる目的としており、急峻な山岳地形に加えて山麓部の狭隘で支障物件の多い現道からの取り付けが必要となることが多い。2次元設計では、これらの輻輳する計画を網羅することは難しく、立体的な離隔を認識しにくい。

そこで、図-4に示すとおりBIM/CIMモデルを活用した狭隘区間での管理用道路設計を実施した。それにより、支障物件との離隔などを明瞭化することができる。BIM/CIMモデルで道路ルートを計画することにより、計画の課題を視覚化した検討が可能であり、周辺構造物との取り合いによる手戻りが発生しにくい。また2次元図面では網羅の難しい輻輳する計画を、BIM/CIMモデルにより明瞭化することによって計画内容の表現・把握がし易くなり、関係機関協議や地元説明時にも活用できる。

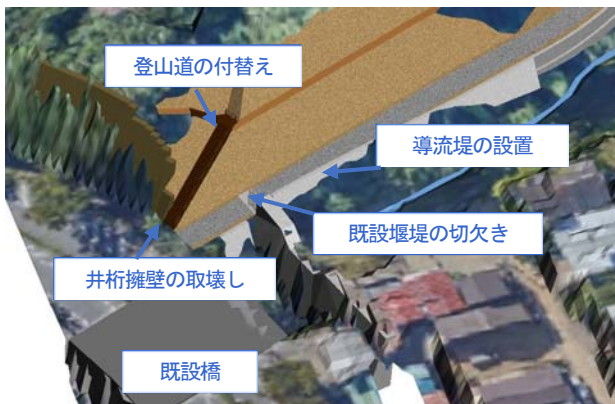


図-4 狭隘空間での管理用道路設計

### 4) 施工ステップモデル

2次元設計における施工計画はあくまで机上計画であり、

現場等での調整が必須となる。図-5にBIM/CIMモデルを有効活用した3次元施工ステップ図を示す。BIM/CIMモデルを活用し、施工時の状況をより詳細に確認・調整しておくことにより、計画と実施工の誤差を縮小できる。また施工時に必ず必要となる対外説明(関係者、住民説明、広報等)ではBIM/CIMモデルを併用することにより、事業計画をより分かりやすく説明でき、円滑に合意形成を得ることに繋がる。

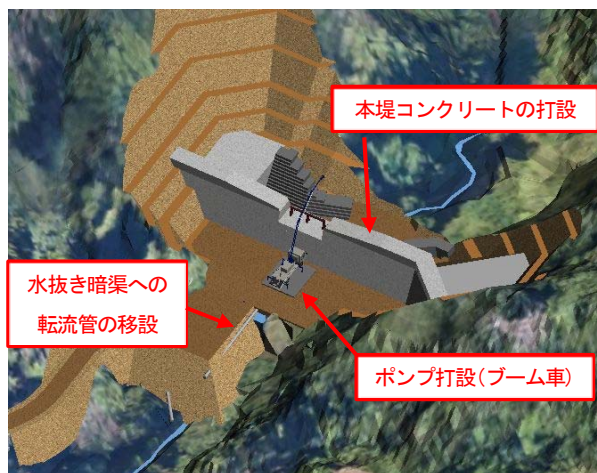


図-5 3次元施工ステップ図(本堤施工時)

## 3. まとめ

従来の平面的な2次元設計に加えて、空間軸が追加された3次元設計は、より実現象に基づいた設計であると考えられる。新しい視点での検討を行うことにより、従来ではスポットの当たらない新たな課題の抽出や照査を行うことが可能であり、事業全体がより正確・高度な設計へと進歩する。

そこで、本論文では、地質サーフェスモデルの補完用ボーリングモデル作成による地質モデルの精度向上や、端部の擦り付け勾配を考慮した掘削モデルの作成による掘削法面の安定化など、マニュアルには記載されていない新たな手法を提案した。これらの検討は、砂防堰堤だけでなく一般構造物等にも適用できるものであり、有効性を評価できた。

BIM/CIMモデルを活用した3次元設計は従来の2次元設計と比べ歴史は浅い。設計基準書等も少なく、モデル化、検討手法もまだまだ模索段階である。これからさらに3次元設計の特徴、優位性を見つけ出し、2次元、3次元それぞれの視点・強みを生かした設計を行うことが、今後の土木業界で目指す地点であると考えられる。

## 参考文献

- 1)国土交通省:「直轄土木業務・工事におけるBIM/CIM適用に関する実施方針」の解説, 令和5年3月
- 2)国土交通省: BIM/CIM活用ガイドライン(案), 令和4年3月