

袖折れ形状の砂防堰堤設計におけるパラメトリックモデルの活用と今後の展望

日本工営都市空間株式会社 ○杉田貫志, 中居暁, 望月浩自, 司城叶, 増井莉子

1. はじめに

国土交通省が提唱する「i-Construction2.0」の取り組みには、建設生産プロセスにおいて、BIM/CIMで使用する3次元モデルデータ等により、情報共有の効率化を図ることが挙げられており、2040年までに建設事業全体の生産性を1.5倍に向上させることを目標としている¹⁾。このことから、砂防堰堤の設計段階においても3次元設計の利活用がより必要となる。しかし、砂防堰堤の3次元設計の現状としては、3次元モデルの作成に手間と時間を要するうえに、2次元図面を作成した後に3次元モデルを作成する必要があることが課題である。また、施設配置検討段階での3次元設計の活用については、複数案の3次元モデルを作成する必要があり、非効率的な作業となる。その課題を解決する方法として「パラメトリックモデルの活用」が挙げられる。パラメトリックモデルとは、あらかじめ設定した基本事項(パラメータ)を入力することで半自動的に作成される3次元モデルであり、作成したモデルの自動修正も容易である。²⁾パラメトリックモデルの活用により早期段階で3次元モデルを用いたイメージの共有が可能となる。

本稿では、砂防堰堤の概略・予備設計を対象に開発したパラメトリックモデル作成システムについて報告する。なお、本システムは3次元モデルの作成に手間を要する袖折れ形状の砂防堰堤に対応するものであり、その概要とともに、実業務における活用事例を示す。

2. 設計システムの開発

砂防堰堤の設計については、土砂流出形態の原因となる地質、渓床勾配、降雨強度、林相等、現地状況に依存するため、パラメータの設定が複雑で多様な条件が発生する。そのため、パラメータ設定の自動化は、設定根拠が煩雑になり、手戻りの原因となる恐れがあることから困難である。一方、堰堤型式や堰堤高等の基本事項が決定すれば砂防堰堤形状の自動設定は比較的容易であるため、パラメータの設定から3次元モデルの作成までを対象とした工程の自動化を検討する。

本システムの開発には、Autodesk社の「Revit」や「Civil 3D」に標準搭載されている「Dynamo」を採用した。

2.1. 設計システムの概要

設計システムは、設計技術者が入力したパラメータから堰堤形状を3次元モデルで自動出力するものである。出力する3次元モデルは通常の砂防堰堤形状のみでなく、作成に手間を要する袖折れ部の形状や袖勾配の設定にも対応可能なパラメトリックモデルを構築した。また、3次元モデルの作成と同時に概略数量(コンクリート、型枠)を自動算出できるよう

構築した。自動計算については、各種基準やマニュアルを基本に設定し、任意でも数値を変更できるように設定している。本設計システムの特徴を2.1.1および2.1.2にて説明する。

2.1.1. 袖折れ部の形状決定

袖折れ部の形状は、地形や袖部を嵌入させる斜面の地質条件を踏まえ設定する。また、折れ部より袖端部までの袖勾配は、堰堤計画地点の土石流形態に合わせて設定する。袖折れ部の設定は、袖折れ時の堰堤軸を平面上で設定し、設定した軸に対してソリッドを作成した後、交差部を抽出するよう構築した。また、袖折れ後の袖天端勾配は、計画堆砂勾配をデフォルト値とし、任意で設定可能とした。(図-1)

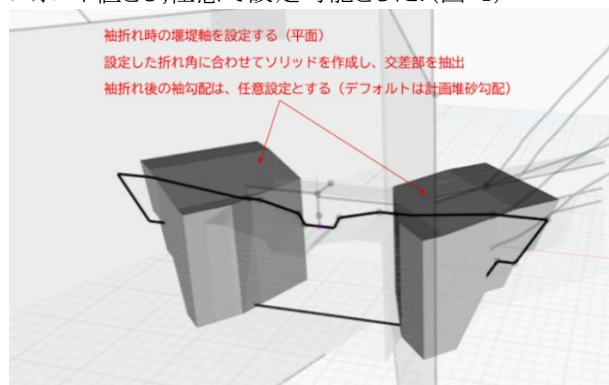


図-1 袖折れ部の設定方法

2.1.2. 段切り勾配の設定

段切りの形状は、地形形状を踏まえ設定するものであり、検討ケース毎に設定するのは非効率的である。そのため、本設計システムでは、設定した堰堤位置の地形形状に応じて、自動的に経済断面となるよう段切りを設定するよう構築した。

段切りの設定は、横断面の地表面のオフセット線まで必要な根入れ長を確保し、オフセット線に沿うように設定する。(図-2)ここで、段切り勾配は任意で設定可能としており、デフォルト値として最急勾配を1:0.6としている。

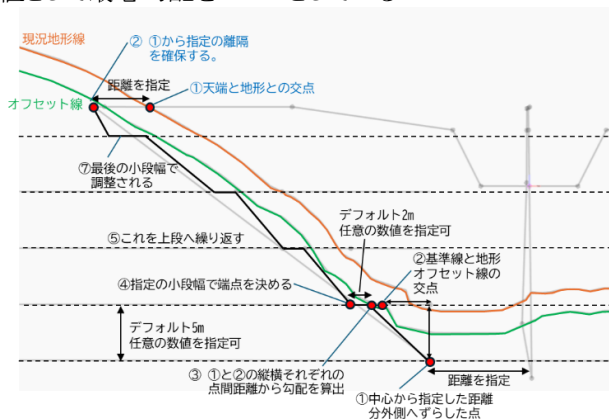


図-2 段切り勾配の自動設定方法

3. 活用事例

従来の概略・予備設計では、2次元図面から作成した3次元モデルを活用することにより受発注者間でイメージの共有を図ることが一般的である。(図-3)活用事例では、本設計システムの効果について検証した。

本事例は、袖折れ形状を含む複数の砂防堰堤における概略・予備設計となる。設計では、設計の初期段階で現地踏査等により基本事項(パラメータ)を設定した上で、本設計システムによりパラメトリックモデルを作成した。(図-4)その効果として、業務の早い段階で作図や概算数量算出等の作業効率化を図ることができた。概算数量の自動算出について、2次元図面から算出した結果との比率は約0.95であり、パラメトリックモデルから算出した概算数量が比較的高い精度であることから経済性の比較検討で使用した。さらに、パラメトリックモデルから作成したARで、堰堤位置や堰堤規模等のイメージを合同現地踏査時に現地にて共有した。(図-5)これにより、受発注者間で計画堰堤のイメージ共有を早期に行うことが可能になり、円滑な業務遂行と理解の促進につなげることができた。

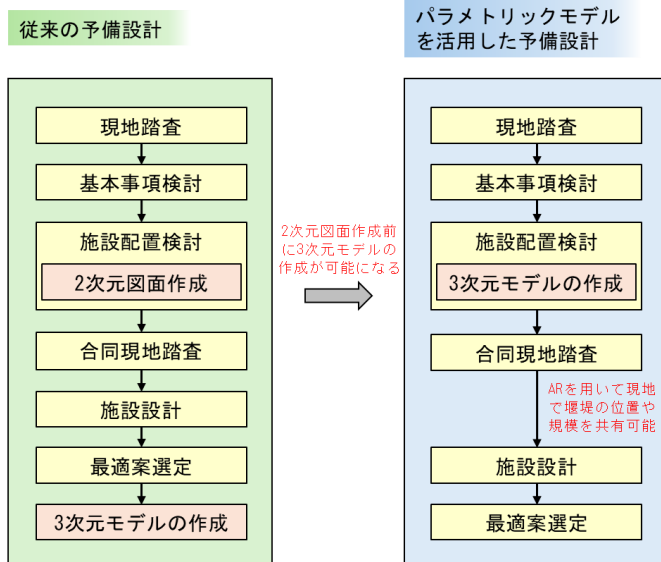


図-3 3次元モデル作成までのフロー比較

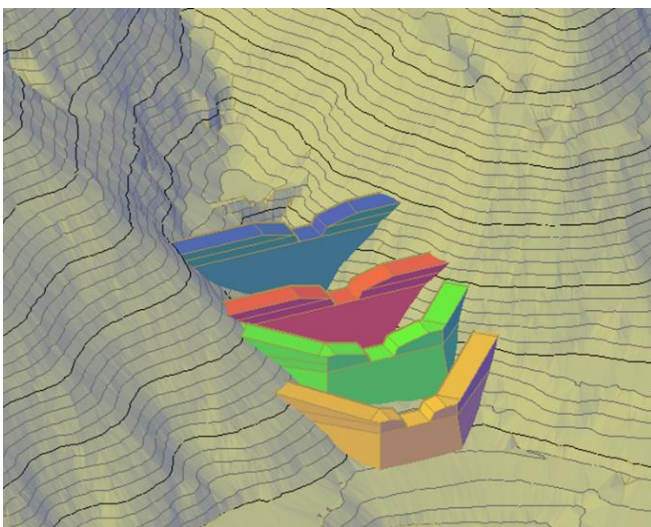


図-4 施設配置検討時に作成したパラメトリックモデル



図-5 ARを用いた3次元モデルのイメージ共有

4. 作業効率化の検証

本設計システムを活用した場合と従来の2次元図面から3次元モデルを作成する方法について、作業時間で比較した。(表-1)

表-1 作業効率化の検証結果

項目	従来方法	パラメトリックモデルを活用した方法
作業方法	作成した2次元図面をもとに3次元モデルを作成する 数量については、2次元図面から算出を行う	パラメータ(堰堤諸元)を入力することで3次元モデルを自動作成する 数量については、3次元モデル作成と同時に算出される
修正作業	2次元図面を修正する度に3次元図面を作成する必要がある	パラメーターの入力値を変更するだけで3次元モデルの修正が可能
作業時間(3案)	6時間 (修正回数により増)	2時間 (修正は容易)

5. おわりに

本稿では、袖折れ形状の砂防堰堤に対応したパラメトリックモデル作成システムの開発と実業務での活用による作業効率化の検証を実施した。検証結果より、本システムの活用により作業効率化が図れることを確認した。また、袖折れ形状の砂防堰堤に対応したシステムの開発により、パラメトリックモデル活用の幅を広げることが可能となる。

今後は、前庭保護工を一連のシステムに組み込んだパラメトリックモデルの開発と掘削・埋戻形状を表現できるように改良する予定である。

また、国土交通省が提唱する3次元モデルと2次元図面の連動³⁾を目標に、3次元モデルから2次元図面の作成を実現する必要がある。しかし、掘削形状など3次元モデルと2次元図面で整合が取れない等の課題があることから、3次元モデル及び2次元図面作成時の手順や表示方法等のルールを検討する必要がある。

【参考文献】

- 1) i-Construction2.0 ～建設現場のオートメーション化～ (国土交通省, 2024年, 4月)
- 2) データ交換を目的としたパラメトリックモデルの考え方(素案) (国土技術政策総合研究所, 2022年, 3月)
- 3) 第12回 BIM/CIM推進委員会 資料1(国土交通省, 2024年, 7月) https://www.mlit.go.jp/tec/tec_tk_000138.html