

パラメトリックモデルを活用した3次元設計技術の開発 ～砂防堰堤予備設計への適用事例～

パシフィックコンサルタンツ (株) ○菊池 将人・堂ノ脇 将光・上葛 健太・飛岡 啓之
(株) ラグロフ設計工房 山本 貴裕・石澤 好則・金重 稔
ダッソー・システムズ (株) 和泉 弘龍

1. はじめに

国土交通省が公表した i-Construction2.0 は、建設現場のあらゆる生産プロセスのオートメーション化に取り組み、具体的には2040年度までに建設現場の省人化を少なくとも3割にすることを目標している¹⁾。この中で、設計の効率化を目指すには、BIM/CIM(Building/Construction Information Modeling, Management)の更なる活用が重要である。しかし、第12回 BIM/CIM 推進委員会²⁾において、BIM/CIM の作成に手間(時間、費用、人)がかかることなどの非効率面が報告されている。これは、現状では2次元図面を作成した後にBIM/CIM を作成することがほとんどで、設計プロセスからBIM/CIM が外れていることが原因として考えられる。このため、今後BIM/CIM を推進していくためには、設計プロセス内にBIM/CIM を取り入れていくことが重要である(図-1)。これを解決する手法の一つとして、パラメトリックモデルを活用した設計とBIM/CIM の作成が挙げられ、国土交通省でも将来的にパラメトリックモデルを用いた半自動設計が目標として掲げている³⁾。著者は過去に砂防堰堤や溪流保全工を対象にしたパラメトリックモデルの活用を報告している⁴⁾。

本稿では、砂防堰堤の予備設計を対象に、パラメトリックモデルを活用し開発した設計システム(以下、設計システム)の概要と設計の効率性を報告する。

2. パラメトリックモデルの定義

パラメトリックモデリングは「あらかじめ定義されたテンプレートに対応する寸法値等のパラメータを入力するだけで、簡易に作成及び修正が可能な3次元モデルのこと」とされている⁴⁾。本稿ではこれを踏まえ、パラメトリックモデルの定義を「あらかじめ定義されたテンプレートに対

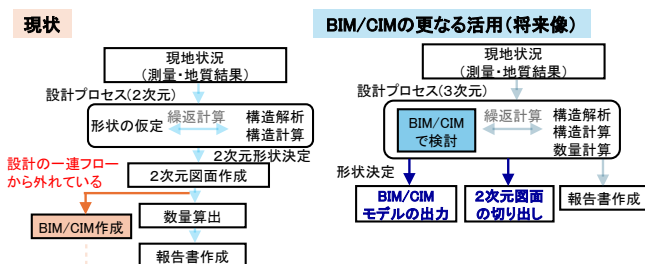


図-1 BIM/CIM の現状と将来像のイメージ図

応する寸法値等にパラメータ入力やプログラムで制御した数値を反映することで、作成及び修正が可能なBIM/CIM のこと」とした。BIM/CIM は数量の自動的な計算が可能である。またプログラムは、設計基準に基づいた計算やアルゴリズムの構築が可能である。

3. 設計システムの開発概要

3.1. 設計システムの概要

設計システムは、図2に示すように、設計技術者が入力したパラメータをもとに、設計基準に準拠した設計計算、BIM/CIM、数量計算を自動的に行い、設計結果を3次元的に確認できるようパラメトリックモデルを活用し構築した。これにより、設計結果の3次元的な視覚化やヒューマンエラーの防止による品質の向上、設計計算の自動化による作業の効率化を期待することができる。なお、本開発には、3D-CAD ソフトウェアとしてダッソー・システムズの「3DEXPERIENCE CATIA」を採用した。

3.2. 設計システムの概要

設計システムにおいて、各設計計算は基本的に基準・マニュアルに明記されている数式を用いて、これを自

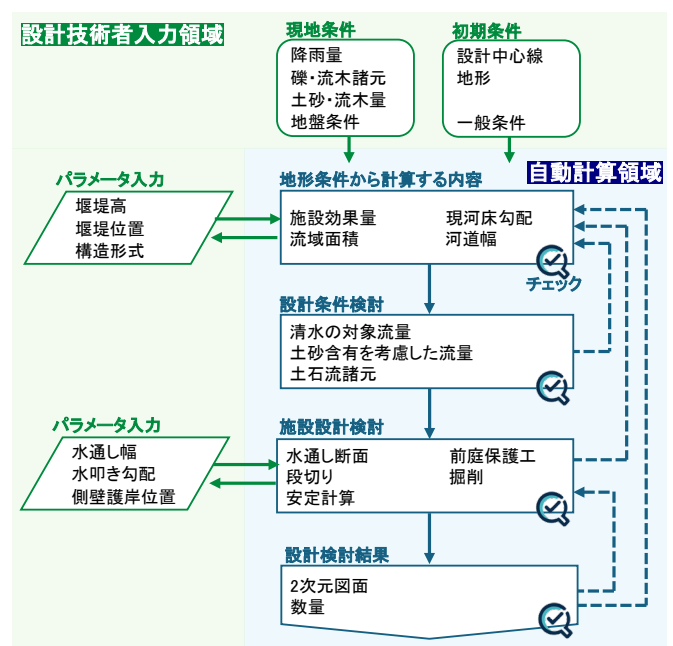


図-2 設計システムの開発概要図

動計算した数値がパラメトリックモデルに反映されるよう構築している。ここでは、前述の方法のみでは設計できなかった代表的な内容について説明する。

3.2.1 施設効果量の計算

施設効果量は縦横断面図を描いたのち平均断面法で計算することが一般的である。従来法は目標とする施設効果量より過大・過少であった場合には再度縦横断面図を描き平均断面法で施設効果量を再計算する必要があるため、設計作業としては非効率である。このため、本開発では縦横断面図の描画をせず施設効果量を計算できる仕組みを図-3に示すように構築した。まず、ダム軸から水通し天端幅分上流に位置する堆砂横断線と、計算した堆砂勾配なりに描画される3次元的な設計中

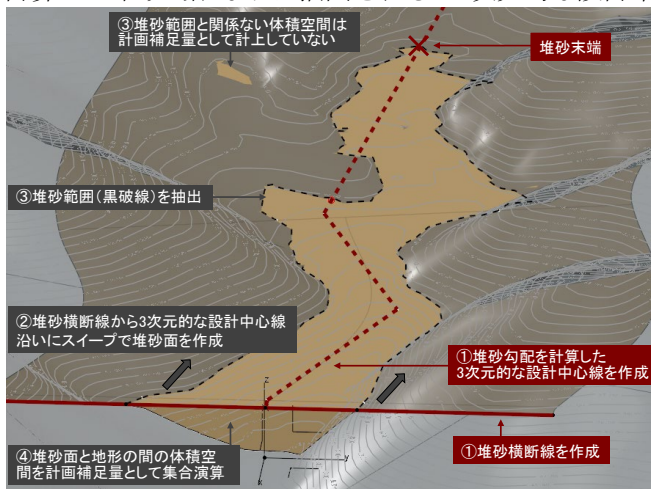


図-3 三次元的な施設効果量の算出方法

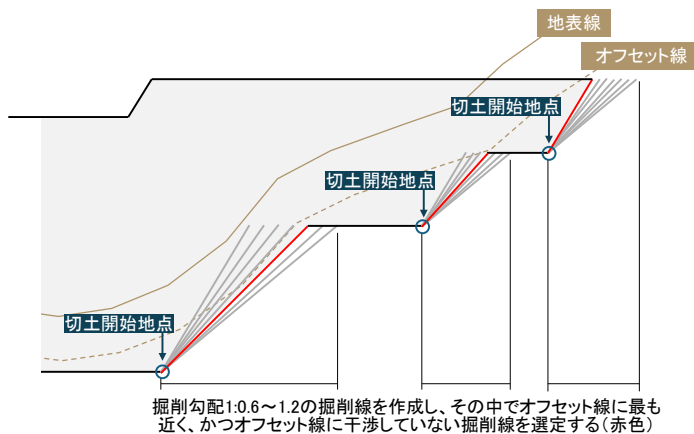


図-4 段切りの自動計算方法

表-1 設計システムの作業時間(砂防堰堤予備設計)

設計作業項目	設計作業時間(min)		
	Plan1	Plan2	Plan3
データ準備	51	—	—
施設規模検討	4	4	4
施設設計検討	8	10	11
土工計算	4	2	2
数量計算	1	1	1
合計	68	17	18

合計:103min

心線を作成した。次に堆砂横断線を3次元的な設計中心線に沿ってスイープ（平面に描かれた図形をある基準線に沿って延長させて3次元化する技法のこと）させ堆砂面を作成し、堆砂範囲を抽出する。最後に、堆砂面と地形の間にある体積空間を計画捕捉量とし、その数値は集合演算で算出している。

3.2.2 段切りの形状決定

段切りは地形形状を踏まえ設定されるものである。施設位置や堤高が変更するたび手動で設定するのは非効率であるため、地形に応じ自動計算する仕組みを構築した。例えば、段切りの最急勾配を0.6、最緩勾配を1.2としたとき、図-4に示すように、各切土の開始地点において、掘削勾配 1:0.6～1.2 の掘削線を作成し、その中でオフセット線に最も近く、かつオフセット線に干渉していない掘削線を選定させるように構築した。

4. パラメトリックモデルの効率性検証

透過型砂防堰堤の予備設計を想定し、開発した設計システムで設計した作業時間を表-1に示す。表-1に示すように、地形や現地条件、初期条件の設定を含めた「データ準備」に比較的時間を要するものの、これ以降の設計作業は数分程度で完了した。これは、設計システム内で設計計算が自動的に実施され、設計技術者が施設効果量や安定計算結果等をリアルタイムで確認できた効果と考えられる。

5. おわりに

本稿では、パラメトリックモデルを活用し開発した設計システムで予備設計を行い、設計作業の効率性について評価した。この結果、従来設計と比較し大幅に生産性を向上できることを確認した。

今後は設計技術者の生産性向上だけではなく、例えば、従来ダム軸を10m刻みで設計していた内容を1m刻み設計し、今まで以上に最適な構造を検討するなど、パラメトリックモデルを活用した品質の向上についても検証していきたい。

【参考資料】

- 1) 国土交通省（2024）：i-Construction2.0 ～建設現場のオートメーション化、20pp.
- 2) 国土交通省 大臣官房（2024）：第12回 BIM/CIM 推進委員会, https://www.mlit.go.jp/tec/tec_tk_000138.html, 資料1 p8-15
- 3) 菊池将人・堂ノ脇将光・飛岡啓之・金重稔・山本貴裕・石澤好則・三宅翔太・荻野薫平・和泉弘龍（2024）, 溪流保全工を対象とした3次元設計システムの開発, 令和6年度砂防学会研究発表会
- 4) 国土技術政策総合研究所（2021）：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）