

砂防堰堤の3次元設計に向けたツール等の開発

日本工営(株) ○萱島 洋子・河合 政岐・山田 憲治
林 聖也・田淵 陽介・宮本 祐成

1. はじめに

近年、国土交通省の主導のもと、土木分野におけるBIM/CIM活用は急速に拡大しており、砂防分野でも更なる活用が進められている。

一方で、実務においては2次元図面から3次元モデルを作成する二重作業の負担や3次元モデルの修正の煩雑さなどの課題も明らかとなっており、BIM/CIMの更なる活用に向けては、従来の設計から3次元データを活用した設計（以下、3次元設計）に移行しつつ、設計検討の効率化・高度化を進めていく必要がある。

本報告では、砂防堰堤の3次元設計の効率化・高度化に向けたツールの開発とその概要について報告する。

2. 砂防堰堤3次元設計に向けたツール等の開発

2.1 開発するツールの目標

開発するツールは、砂防堰堤3次元設計に向けた実務での検討・設計の効率化・高度化を目的としている。ここで、砂防堰堤の詳細図面作成及び数量算出では、地質や施工計画など現場条件に応じた細部設計が必要となるほか、各地方整備局や自治体のローカルルール等もあり、いきなり実務に活用できるレベルでのツールの開発は困難である。一方で、砂防堰堤の配置検討段階（基本条件算出、効果量試算など）では試行錯誤が多く、作業時間も多くなることから、施設配置検討におけるツール等の活用性は高いと考えられる。そのため、開発するツールは施設配置検討（概略設計・予備設計レベル）の効率化・高度化を目標と設定している（図1）。なお、これらツールでは、設計検討に必要な作業をすべて自動化することを想定しない。単純作業となる作業内容を自動化し、結果の妥当性確認、使用値の選択などは現地状況等を踏まえ技術者が判断すべきものと考えている。

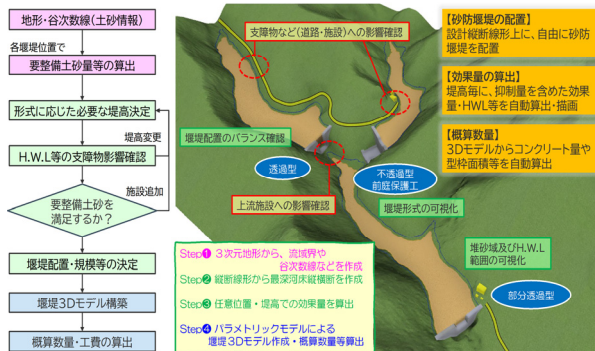


図1 3次元設計に向けたツール開発の目標イメージ

2.2 ツールの構成と要件の整理

(1) ツール構成と使用するアプリケーション

施設配置検討の効率化・高度化に向けて開発するツールは、大きく①要整備土砂量などの基本条件等の算出、②抑制量なども含めた施設効果量等の算出、③砂防堰堤の形状・概算数量等を算出するパラメトリックモデルの3つに区分している。なお、これらのツールを1つのアプリケーションで開発・構築することが理想ではあるが、ここでは各算出項目の内容を踏まえ、「ArcGIS Pro」及び「Civil 3D・Dynamo」、「Rhinoceros・Grasshopper」を用いて開発を進めている。

(2) 各種ツールの要件

設計検討においては、現地状況を踏まえた技術者判断が重要である。そのため、各ツールにて作成されるデータは技術者の判断により、適宜確認・修正し、その後の検討に活用できることを考慮して構築を進めている。各項目における代表的なツールの要件を以下に示す。

1) 基本条件等の算出

要整備土砂量などの基本条件等の算出では、算出方法は比較的明確で、ある程度統一されたものとなっている。そのため、3次元設計に向けて特に明確な要件はないと考えられる。なお、計画堰堤地点における要整備土砂量の算出では、尾根頭部までの0次谷は作成される必要があるほか、谷次数毎の土砂量・流木分布幅などの現地調査結果は別途、調査・整理しておく必要がある。

2) 施設効果量等の算出

新たに配置する砂防堰堤等の施設効果量の算出では、3次元地形データと想定する堰堤高・勾配に対応した堆砂面を作成し、差分解析により施設効果量を算出することとなる。ここで、実務への活用を考慮すると、堆砂面の作成方法によって、堆砂範囲や施設効果量が大きくは異ならないようにする必要がある。特に、砂防溪流では河道が大きく屈曲している場合も多く、作成手法によっては堆砂面形状が大きく湾曲したり、歪な形状となるなど、効果量等に相違がでることが想定される。従来設計でも地形データや縦断線形の変更などを含め段階により堰堤高が変わるが、施設配置検討や予備設計で検討・決定した堰堤高が、詳細設計を実施する業者や手法などにより大きく変更となることは非効率である。

3) 安定計算

安定計算は堰堤形式・堤高などに応じた計算条件が明確となっており、新設する砂防堰堤等で従来の2次元安

定計算のままであれば、3次元設計に向けて特に明確な要件はない。一方で、近年は既設砂防堰堤の改築・補強などの設計も多く、特殊形状となる改築・補強、新旧堤体の材料変更に伴う単位体積重量の相違など、複雑な安定計算を行う場合も増えており、設計の効率化・高度化及びミス防止などに向けて、それらに対応した安定計算ソフトの開発は必要と考えられる。

4) 砂防堰堤パラメトリックモデル

パラメトリックモデルは、「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」¹⁾であり、砂防堰堤の各部位の高さや延長、勾配などの数値パラメータ等を入力・設定することで、任意位置での3次元モデルを作成する(図2)。

砂防堰堤パラメトリックモデルにおけるパラメータは、水通し断面形状や本体の上下流勾配など固定した数値で表現できる項目と、基礎根入れや袖嵌入長など所定の条件と地形などに応じて形状が決定される項目などがある。施設配置検討や予備設計では、複数堰堤に対して堰堤高・位置で形状を検討するため、検討設計の効率化・高度化に向けては、①砂防堰堤の段切り形状等が所定の条件に応じて自動で作成されること、②コンクリート量や型枠面積などの概算数量が算出できることが必要となる。また、高度化という観点からは、多少概略であっても前庭保護工の形状も作成されることが望ましい。もちろん、堰堤配置に伴う掘削土量や範囲も重要な要素であり、掘削凹化方法の検討やツール等の開発も必要である。

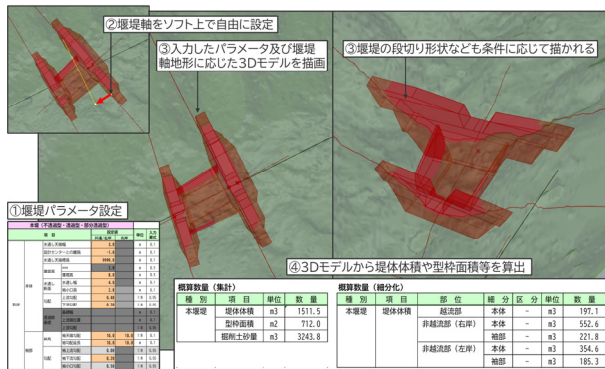


図2 砂防堰堤パラメトリックモデルのイメージ

3. 開発したツールの概要

上記の要件を踏まえ、開発したツールの概要について、代表として施設効果量等の算出部分を以下に示す。

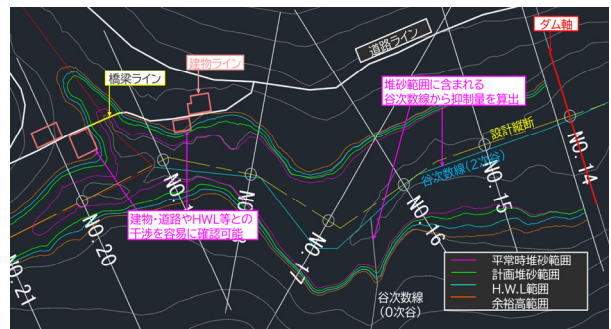
3.1 施設効果量等の算出ツールの概要

本ツールでは、任意の横断位置・堰堤高(範囲・ピッチ指定も可能)を指定することで、堆砂面サーフェス(平常時堆砂範囲、計画堆砂範囲)を作成し、施設効果量を算出・出力する。事前に基本条件として、要整備土砂量や谷次数線の SHP データ(土砂断面積など含む)などを別ツールで算出しておくことで、堆砂範囲内の谷次数線

に基づく抑制量を含めた施設効果量なども算出され、効率的で高度な堰堤高決定が可能となる。また、設計水深等を条件として設定すれば H.W.L 範囲や余裕高範囲も作成され、隣接する道路や家屋などの支障物との干渉を簡易的に確認することが可能である(図3)。

3.2 堆砂面サーフェスの作成方法(案)

堆砂面サーフェスの作成では、できるだけ設計縦断における堆砂標高と合致するよう、単純なスイープではなく、各測線の堆砂標高をベースに測線間をつなぐことで作成することとした。この際、課題となる河道屈曲に伴う横断測線の交差部については、交差する測線の左右岸の部分を除いた上でサーフェスを作成する(図3・図4)。これにより、ある程度堆砂標高との整合を確保し、スムーズな堆砂面の構築が可能となっている。



測点No.	堰堤高(m)	水深(m)	現況(元)河床勾配(1/n)	平常時堆砂範囲					計画堆砂範囲			不発流量			判定	
				堆砂標高(m)	貯留量(m ³)	堆砂延長(m)	堆砂勾配(1/n)	貯留量(m ³)	堆砂延長(m)	貯留量(m ³)	計画貯留土砂量	計画貯留土砂量	計画貯留土砂量	計画貯留土砂量	計画貯留土砂量	計画貯留土砂量
No.14上	6.0	291.5	16.40	33.20	2,927	92.5	24.90	3,972	165.7	1249.2 m ³	23.0 m ³	1044.9 m ³	2317.0 m ³	X	O	X
No.14中	6.5	292.4	16.40	33.20	3,835	129.7	24.90	5,265	209.4	1432.9 m ³	25.9 m ³	1458.4 m ³	2899.9 m ³	X	O	X
No.14下	7.0	292.3	16.40	33.20	4,920	131.7	24.90	6,792	227.1	1506.7 m ³	27.5 m ³	1871.4 m ³	3405.4 m ³	O	O	O

図3 堆砂面サーフェスなどの作成・効果量算出(例)

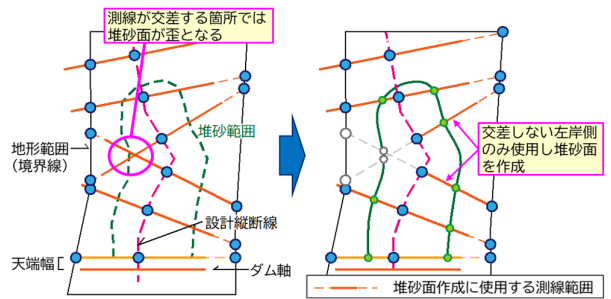


図4 堆砂サーフェスの作成手法(例)

4. おわりに

本報告では、施設配置検討や概略～予備設計を効率化・高度化するために、3次元設計に向けたツール等の要件や概要などを示した。これらのツール等を活用した3次元設計によるフロントローディングにより、詳細設計での手戻りの抑制などの効果も期待できるものと思われる。今後も開発を継続し、更なる効率化・高度化につなげていきたいと考えている。

【参考文献】

1) 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)