

創造的設計を支援する DX 型砂防設計システムの開発

川田テクノシステム株式会社 開発本部 開発本部長 とよだ よしのり
豊田 純教

1. はじめに

国土交通省直轄の公共工事に対して、2023（令和5）年度から BIM/CIM の原則適用が開始されました。そこで当社、川田テクノシステム株式会社では DX 型砂防設計システム、V-nasClair シリーズ『SABO_Kit』¹⁾を開発し、3次元モデルの作成だけではなくシミュレーションや3次元設計など、さらに高度な次元での BIM/CIM 活用に取り組んでいます。その状況下、近年の災害の激甚化による土砂災害の増加などもあり、砂防堰堤の重要度が一段と増しています。

そこで当社では、“3次元オリエンテッド”を重点テーマとし、2次元から3次元に展開するのではなく、3次元を起点とした設計手法の構築に取り組んでいます。現在、砂防堰堤関連の製品として2次元 V-nas 専用シリーズや SUCCES シリーズを展開していますが、これを3次元ベースの新たなシステムとして再構築し、3次元ならではの利点を最大限に活かした配置計画・設計・モデリングおよびシミュレーションを可能にする本システムを開発しました。

2. 2次元設計業務の大幅な省力化を実現

従来の2次元をベースとしたシステムでは、例えば砂防堰堤の配置計画で使用する流域の指定や谷溪流の抽出は、2次元等高線を設計者が判別して手動で操作しています。

2次元の等高線図面からの判断は熟知した設計者でも戸惑うことがあり、設計者により異なる結果になる場合もあります。さらに経験の少ない設計者にとっては、非常に困難な作業となります。

その他の作業においても、2次元ベースでは実際の地形の状態や堰堤を配置した場合の堆砂の範囲などがイメージしづらくなっています。従来のシステムでは、これらも2次元等高線を設計者が判別して手動で操作していました（図-1）。

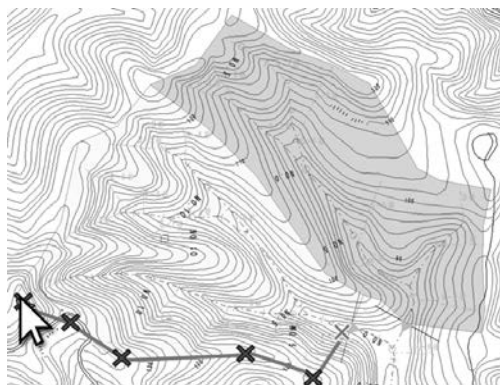


図-1 2次元システムによる流域・溪流の手動作成のイメージ

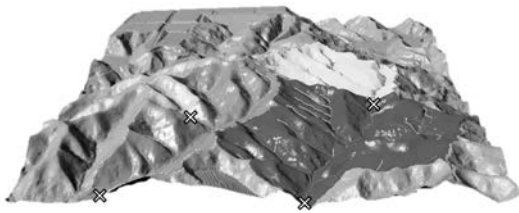


図-2 3次元地形解析による流域抽出

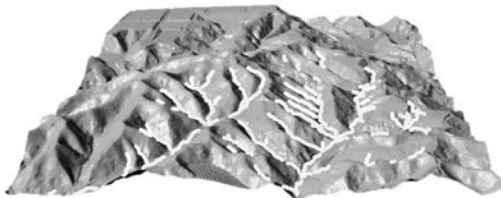


図-3 溪流の自動抽出

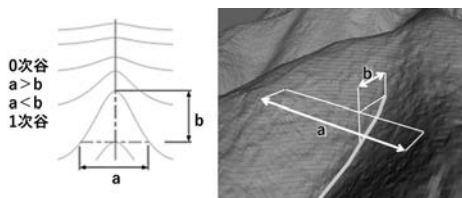


図-4 土石流発生源となる0次谷の抽出

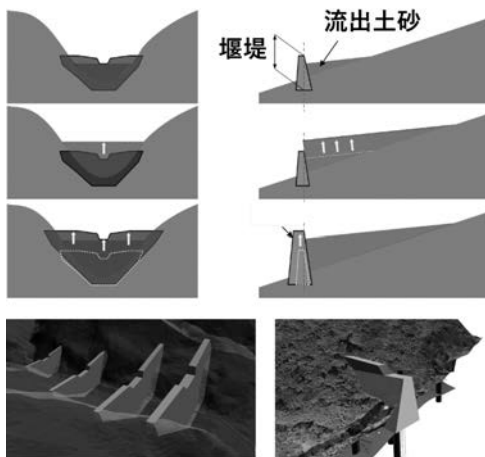


図-5 3次元地形・地層を考慮した砂防堰堤形状の調整 ※開発中

本システムでは、砂防堰堤の配置計画で使用する流域の指定(図-2)、溪流線(図-3)、土石流の発生源となる0次谷(図-4)、3次元地形・地層を考慮した砂防堰堤形状の調整(図-5)といった3次元データを活用することにより、従来の2次元設計業務の自動化と大幅な省力化を実現しました。

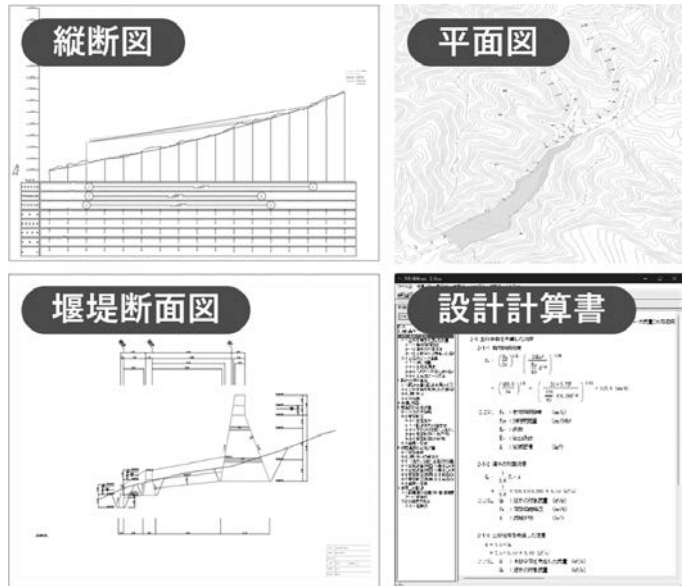


図-6 自動生成される2次元成果品(抜粋)

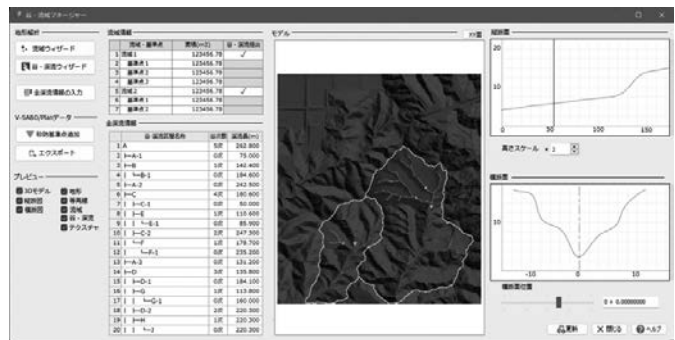


図-7 流域・溪流・谷の統括管理画面

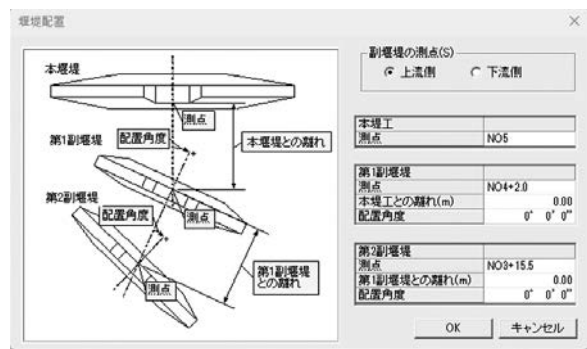


図-8 堰堤形状の入力画面

また、前述した各種の自動化で得られた設計情報から、従来の2次元成果品(3面図、安定計算結果、数量表)を自動出力するため、3次元モデルと各種の2次元成果品が完全整合しています(図-6)。

なお、本システムの入力は、流域・溪流・谷の状況を統括管理する専用画面(図-7)や、堰堤

形状を手動で調整する場合は、2次元断面の入力画面（図-8）で行うため、従来の2次元設計を行う感覚で使用できます。

3. 3次元技術の活用による意思決定支援

前述の3次元データを活用した各種の自動化により、設計条件の設定や2次元成果品の作成にかかる作業時間を大幅に削減できます。その結果、設計者は本来注力すべき検討業務や、受発注者間の協議・意思決定に必要な時間を確保できるようになります。

本システムで構築した3次元データを情報表現技術に活用することで、従来の2次元設計では難しかった3次元空間での検討が可能になりました。さらに、科学的根拠に基づいた高度な解析技術を用いることで、解析結果を3次元情報として視覚的に表現できるようになり、実際の現象に近い形での再現が実現しました。

次に主な特長を紹介します。

(1) 堰堤配置パターン検討

複数の配置検討パターンの3次元モデルデータを一括管理し、比較検討案の照査結果一覧と3次元地形上の配置状況が即時に視認できますので、配置計画業務が円滑に行えます（図-9）。



図-9 堰堤配置の比較検討案の照査結果とモデル表示

(2) 土砂の堆砂領域の3次元的可視化

砂防堰堤の高さに合わせて堆砂領域が変化する様子が視認できるため、複雑な地形の堆砂領域をすぐに把握でき、用地境界の検討が容易に行えます（図-10）。

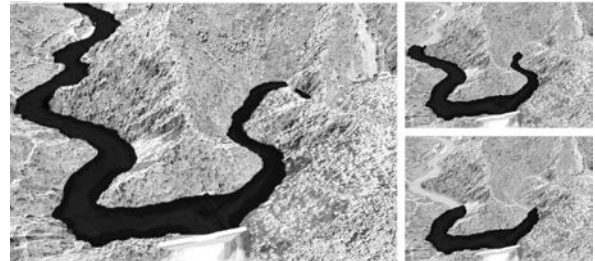


図-10 砂防堰堤高による土砂堆砂領域の変動

(3) 土石流解析シミュレーションの情報表現（開発中）

土木設計業務における土砂災害のシミュレーション技術の活用は、単なる災害予測を超えて、安全性・効率性・説得力のある設計判断を可能にし、砂防堰堤の設置位置・規模をシミュレーションで検証することで、過剰設計や過小設計を防止する効果が期待できます。

現在、京都大学防災研究所の竹林洋史准教授が開発した土石流・泥流の数値解析モジュール「iRIC²⁾-Morpho2DH³⁾」(以下、「M2DH」という)と、本システムを連携するプリ・ポストプロセッサを開発しています。

次に、M2DHで得られた解析結果を3次元情報表現技術を活用し、数値結果を視覚化した主な特長を紹介します（図-11～13）。

本システムに数値解析と解析結果の3次元情報表現技術を組み込み、より高度で簡単に高精度な設計を身近にできるよう、設計業務環境の改善を目指して開発を進めています。



図-11 時間変化する速度ベクトル場の表現

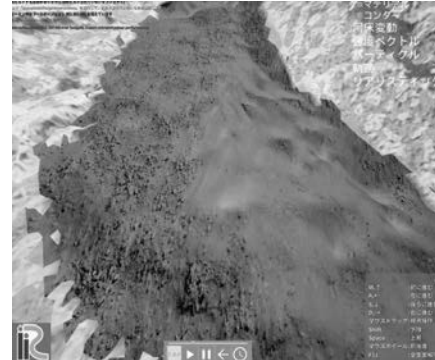


図-12 土石流・泥流のマテリアル表現

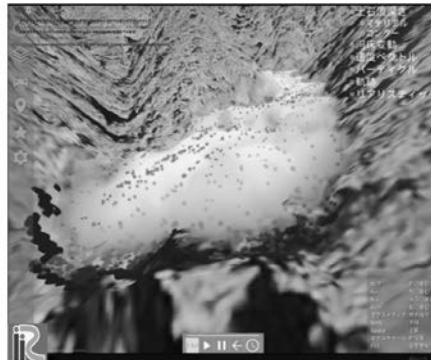


図-13 流線のパーティクル（粒子）表現

【出典】

- 1) 3D/2D-CAD V-nasClair シリーズ『SABO_Kit』
https://www.kts.co.jp/service/product/v_3dsabo
- 2) iRIC (International River Interface Cooperative)
<https://i-ric.org/about/>
- 3) Morpho2DH の参考文献
<https://i-ric.org/solvers/morpho2dh/>

4. DX ルームによる“体験型”設計検討

当社では、砂防設計をさらに発展させるため、実物大のデータを体験できる「DX ルーム」を導入しています。3面スクリーンに映し出された広大な空間で、設計モデルの中を歩き回ることによって、谷の形状や堰堤の規模感、流域の広がりなどを直感的に把握することが可能です。従来の2次元図面やPC画面上の3D表示だけではつかみにくかった距離感やスケール感を、まるで現地に立っているかのような臨場感で確認できます。



DX ルームでは、3Dメガネを着用するだけで、堰堤や溪流の状況、地形の起伏などをリアルに体験でき、図面や画面では推測しにくい砂防計画の課題や検討事項の発見が期待できます（図-14）。また災害現場の再現も可能で、ドローンで取得した現場の点群データをそのまま視覚化できるため、関係者間で複雑な災害状況をスピーディーに共有できます。発注者や関係機関との打合せでも、同じ空間を体感しながら議論できるので、

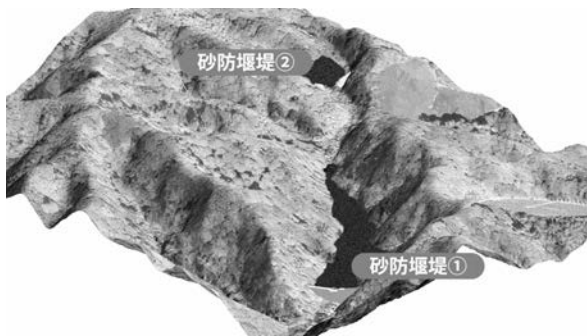


図-14 砂防堰堤の3次元データ

意思決定のスピードと精度の大幅な向上が期待できます。

さらに、DX ルームは単に「見せる」だけでなく、設計検討をより高精度に行うためのツールとしても機能します。例えば、比較検討案の配置状況や解析結果を空間内に投影することで、関係者間で効果的な協議が行えます。砂防堰堤配置位置の最適化、用地や工事計画の検討などにも効果を発揮し、合理的かつ説得力のある情報と体験を共有することで、砂防設計における意思決定と関係者間の合意形成をサポートします。

このように、DX ルームは、設計者の創造力を広げ、発注者・施工者・研究機関など多様な関係者との「共通言語」となる場です。当社が目指す“3次元オリエンテッド”な設計思想を体感しながら共有できる、国内有数の先進技術を体験できる空間として、多くのお客さまから高い評価をいただいています。



5. おわりに

現在のデジタル技術は、日進月歩ではなく“秒進分歩”の速いスピードで進化しています。

生産性の向上には技術の進歩が必要不可欠であり、それを運用・活用する人が実践的に考え方を適合させていくことが重要と考えます。

歴史に鑑みると、自動車技術の草創期に自動車の車輪の幅を馬車の轍に合わせていた時代がありましたが、技術の進歩に合わせて道路をアスファルト舗装に変えたことで、社会インフラの在り方やさまざまなルールが抜本的に変わりました。

既存の業務の流れやルールに最新技術を導入するのではなく、最新技術に適合させるように業務環境やルールを改良する方向性が必要と考えます。

当社は、DXを「不可能を可能にする」、「劇的な変化を生む」、「新しい体験を提供する」と定義しています。

本稿では、砂防分野におけるDXへの取り組みを紹介しましたが、道路・地下埋設物や河川分野へとDXの適用を拡大しています。

現業務における煩雑な作業を解放し、劇的な省力化、高精度な設計の両立と先進技術の実体験を実現することで、設計者が本来持っている創造力を高めることができる製品・サービスの提供を目指していきます。



情報サービスコンサルタント

KTS

私たちのつくる未来は、 この社会の未来だ。

気候変動のこと、労働人口や労働環境のこと、

そもそも社会基盤そのものを、

もっともっと強くしていかなければならないということ。

公共インフラ分野は、解決しなければならない問題で溢れています。

私たちは、デジタルテクノロジーと、ナレッジを掛け合わせ、

コンサルティングとシステムの両面から、答えを出していきます。

公共インフラづくりは、この社会をつくることに他ならないから。

公共インフラの問題を、 DXでなんとかする。