

砂防堰堤の詳細検討における土石流数値シミュレーションの適用

いであ株式会社 ○木村 啓祐, 増田 賢人, 西島 大雅, 樋田 祥久, 森 克味

1 はじめに

土石流数値シミュレーションでは、時刻毎の各メッシュの流動深、堆積深などの計算結果を地形図に表現し、その変化の状況から様々な事項を推定する。近年、土石流発生時の氾濫状況の把握だけでなく、砂防施設の計画段階における施設の位置・向きについての妥当性検証等に使用されるようになってきた。一方で土石流危険渓流など、規模の小さい渓流の微地形を考慮した解析においては、砂防LPデータが整備されていない場合、砂防基盤図や5mDEMデータを使用する必要がある。微地形が表現されず、解析結果を適切に評価することができないことがある。本検討では、汎用プログラムであるHyperKANAKOシステム²⁾を用いて地形データの地図情報レベルの違いによる解析結果を比較するとともに、現地測量により作成された測量平面図からメッシュデータを作成する方法や計画施設を容易に反映できるシステムについて検討したものである。

2 土石流数値シミュレーションに用いる主な地形データ(計算地形メッシュデータ)

2.1 レーザプロファイルデータ(砂防LPデータ)

国土交通省砂防部においては平成20年以降、全国統一の砂防LPデータ規格(1mメッシュ)を策定し、直轄砂防事務所において航空レーザ測量が行われ、データの整備が順次行われている。

砂防LPデータは地図情報レベル1000であり、土石流数値シミュレーションの実施においても、精度良い解析結果を確認することが可能である。

表-1 主な地形データ

項目	砂防LPデータ	砂防基盤図	5mDEMデータ	測量平面図
地図情報レベル	1,000	2,500	5,000	500
整備状況	直轄管内	基礎調査箇所	全国	必要箇所
管理者	直轄	都道府県	国土地理院	発注者
精度	○	△	△	◎
入手	非公開	非公開	公開	非公開
解析への適用	○	○	○	×(変換必要)

2.2 TINデータ(砂防基盤図)

近年、土砂災害防止法に基づく基礎調査が行われており、土砂災害特別警戒区域や土砂災害警戒区域の設定に使用されている地図情報レベル2500のTIN(triangulated irregular network)データがあり、基礎調査が実施されている箇所においてはデータが整備済みである。

2.3 基盤地図情報 数値標高モデル(5mDEMデータ)

国土地理院においては航空レーザ測量による全国の数値標高モデル(5mメッシュ地形データ)が2万5千分の1地形図の図郭単位で基盤地図情報ダウンロードサービス³⁾において公開されており、全国どこの箇所でも自由に入手することが可能である。但し、地図情報レベル5000であり他のデータに比べやや精度が劣る。

2.4 測量平面図

測量平面図は現地測量結果を基に等高線、単点、現況地物線等から地図情報レベル500で作成されているが、CADデータであり、メッシュデータ化されていない。また、砂防堰堤の計画段階では作成されていることが多い。このため、測量平面図を活用してメッシュデータ化し、精度の高い土石流数値シミュレーションの実施について検討を行った。

3 土石流数値シミュレーションの地形データ作成・編集システム

地形作成・編集システムは測量平面図などのCADデータ(DXF形式)を用いて、メッシュデータ化した地形データを作成するとともに、砂防堰堤等の計画構造物を現況地形へ配置し、砂防堰堤を地形データに反映して堰堤整備後の土石流動態を解析できる地形データを編集できるシステムとした。(図-1)地形データの作成は現況地物線や等高線等から構成される測量平面図から等高線のためのCADデータ(DXF形式)を作成する。作成したDXF形式の等高線図を入力データとし、図面に対して水平垂直のスキャンラインと等高線の交差から特定座標の標高を推定し、標高グリッドを生成することでメッシュデータを作成する。また、計画堰堤を反映した地形データの編集は堰堤形状(天端幅、上下流法勾配、水通し断面、水通し標高)をパラメータ入力し、堰堤位置を指定することで容易に編集できる方法とした。(図-2)

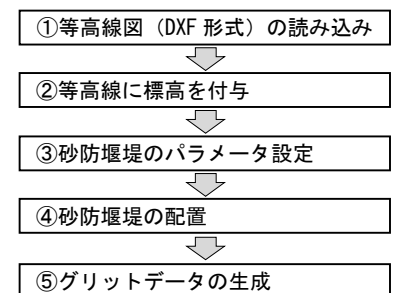


図-1 地形モデル作成・編集フロー

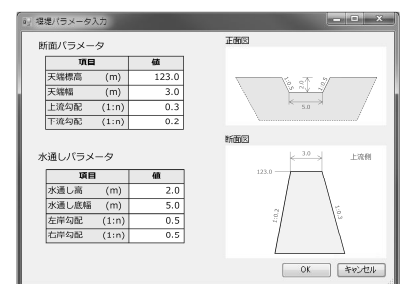


図-2 砂防堰堤のパラメータ設定

4 各地形データによる土石流数値シミュレーションの適用

土石流数値シミュレーションに用いるデータは種類によって精度が異なり、溪流内の微地形を考慮する解析においては精度の高い地形データを使用することが望ましい。しかし、精度が高い砂防LPデータは直轄砂防事務所管内など限られた範囲のみ整備されている。このため、砂防LPデータが入手できない場合、砂防基盤図や5mDEMデータを使用して土石流数値シミュレーションを実施する必要がある。同じ溪流においても地形データの精度により解析結果が異なることが想定される。

これらを検証するため、同一溪流において砂防LPデータ、砂防基盤図及び地形データ作成・編集システムから作成した測量平面図の地形データを使用した土石流数値シミュレーションを実施し、その違いについて検証した。

対象としたA溪流は土石流危険溪流で規模の小さい溪流であり、流路と宅地の比高差が小さいため、地形データの精度による宅地（平坦地）への土石流流下状況の違いについて確認した。（表-2）

解析の結果、砂防LPデータは微地形が詳細に表現されており、土石流は流路を通過し、下流へ土砂が流出する結果となった。（図-4）

砂防基盤図は宅地と流路の比高差が適切に表現されていないことから、土石流は一部宅地へ流下する結果となった。（図-5）

測量平面図は高さの情報が等高線と単点であることから、砂防LPデータほど微地形を表現されていないものの、宅地と流路の比高差は正確に表現されていることから、砂防LPデータと同様に土石流は流路を通過して下流へ土砂が流出する結果となった。（図-6）

以上から、地形データの精度によって解析結果が異なることがあるため、使用する地形データや解析結果の適用については十分留意する必要がある。このため、今回の様な不明瞭な谷地形の越流状況などは等流計算などで土石流の流下能力を確認する等、他の検証方法を併用し、解析結果の妥当性を確認する必要がある。

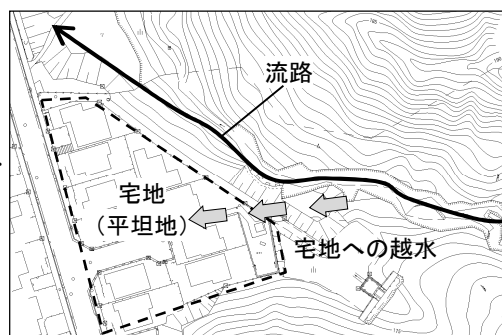


図-3 測量平面図

表-2 溪流及び解析諸元

項目	A溪流
計画流出土砂量	3,700m ³
土石流ピーク流量	45.1m ³ /s
土砂濃度	0.3
計算時間	546sec
メッシュサイズ	2.0m

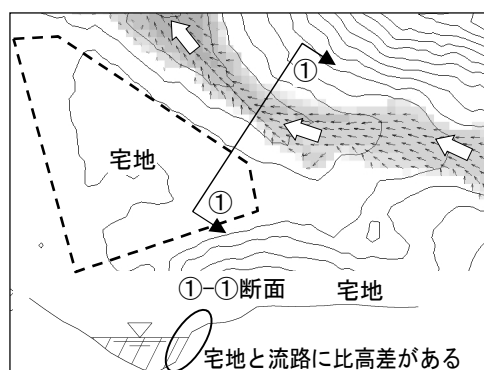


図-4 砂防LPデータによる解析結果

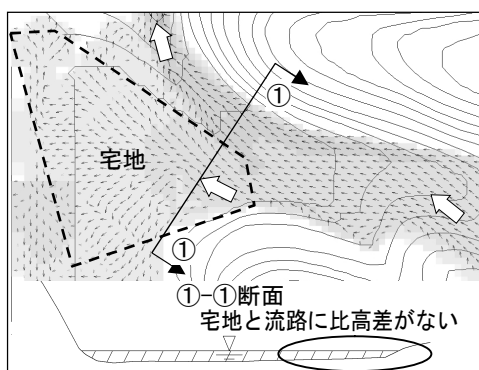


図-5 砂防基盤図による解析結果

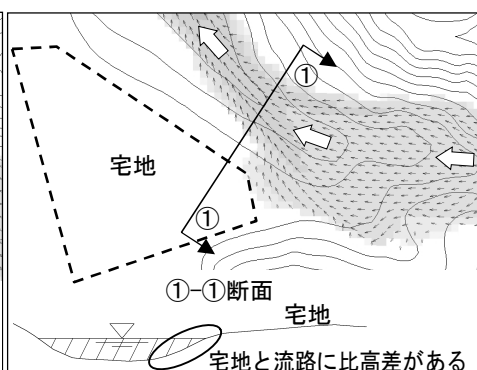


図-6 測量平面図による解析結果

5 今後の展望

地形データ作成・編集システムを使用することで砂防LPデータが整備されていない溪流においても十分注意する必要があるが、土石流数値シミュレーションの実施が可能になった。また、3次元化表示システム⁴⁾を組み合わせることで、一連で詳細な解析や結果表示を行うことが可能となった。（図-7）

今後、地形データ編集システムは土石流堆積工や土石流導流工などにも対応できるよう検討し、将来的には汎用性ソフトとして公開する予定である。

【参考文献】

- 1) 砂防堰堤設計における土石流数値シミュレーションの適用事例：平成26年度 砂防学会研究発表会概要集 p. B-250-251
- 2) LPデータを活用した土石流シミュレーションシステム「Hyper KANAKO」の開発：砂防学会誌, Vol. 64, No. 6, p. 25-31, 2012
- 3) 基盤地図情報ダウンロードサービス (<https://fgd.gsi.go.jp/download/menu.php>)
- 4) 土石流数値シミュレーションの3次元化表示による砂防堰堤設計の適用事例：平成28年度 砂防学会研究発表会概要集 p. B-212-213

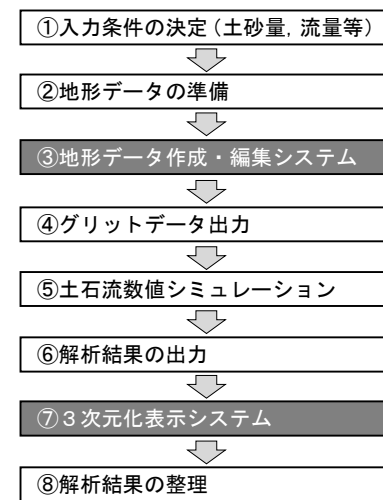


図-7 土石流数値シミュレーションフロー