

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

いであ株式会社 ○木村 啓祐, 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平面図に表現し、その変化の状況から様々な事項を推定する。土石流数値シミュレーションは高度な解析技術と、その結果を有効に利用できる表現技術も併せて高めていく必要があると考える。

本検討では、汎用プログラムである HyperKANAKO システム¹⁾を用いて、現在の結果表示の課題を整理するとともに、新たな表現や用途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の用途及び表現方法

2. 1. 土石流数値シミュレーションの用途

LPデータから山地の微地形を計算メッシュに反映でき、土石流の堆積や流況を確認できる土石流2次元氾濫シミュレーション(HyperKANAKO)は土石流発生時の氾濫範囲や災害規模の予測等に使用され、災害実績等からその妥当性が検証されている。

砂防施設の配置計画や砂防堰堤の設計においてもこの技術が活用され、(1)湾曲部における計画堰堤向きの妥当性の検証²⁾(図-1)、(2)不明瞭な谷地形における隣接溪流への流出の可能性の検証(図-2)、(3)堰堤袖折れ部への土石流の影響の検証等に使用されている。

2. 2. 土石流数値シミュレーション結果の表現方法

土石流数値シミュレーションの結果は時刻毎の各メッシュにおける土石流流動深や堆積深を色の違いによって表現されており、土石流の氾濫範囲や災害規模を把握することは十分可能である。

しかし、3次元的な土石流の流下状況や土石流の流向・流速が表現されていないことから、直感的に土石流の流下状況を把握し難い表現となっている。

3. 砂防堰堤設計への適用における結果表示の課題

砂防堰堤設計において土石流数値シミュレーションを適用することで、湾曲部の下流に配置する砂防堰堤について、袖部に土石流が回り込む流れがあるか、袖折れ堰堤に対して袖折れ部に土石流が直撃しないか等、堰堤に対して土石流がどのような方向から流下し、袖部に直撃するかを把握することが重要である。

現状の土石流数値シミュレーションの結果表示からは時刻毎の土石流流動深や堆積深のメッシュ表示を時系列に追うことで流向を確認し、全体的な土石流の流下形態を把握できるものの、計画堰堤に対して局所的な土石流がどのような方向で流下しているかを確認できない等、砂防堰堤設計へ適用する際の結果表示については課題がある。

以上から、土石流数値シミュレーションの砂防堰堤設計への適用やそれ以外の用途を含め、新たな結果表示(3次元化表示)や用途について検討を行った。

4. 土石流数値シミュレーションの3次元化表示システム

4. 1. システム概要

3次元化表示システムは土石流数値シミュレーションの2次元領域における解析結果データ(土石流流動深、堆積深、土石流濃度、土石流流速・流向)を用いて様々な視点から3次元的に確認できる表現方法とした。

解析結果について土石流流動深、堆積深及び土石流濃度は標高・球体・タイルで表現し、土石流流速・流向はベクトル表示による結果表示とした。土石流の流下形態がイメージしやすいよう解析結果はアニメーション化(動画出力)し、リアルタイムで堆積状況(縦断図・横断図)を表示できるシステムとした。

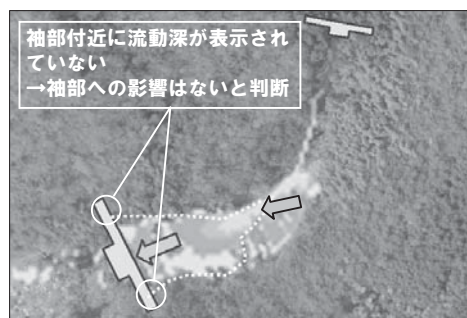


図-1 計画堰堤向きの妥当性検証

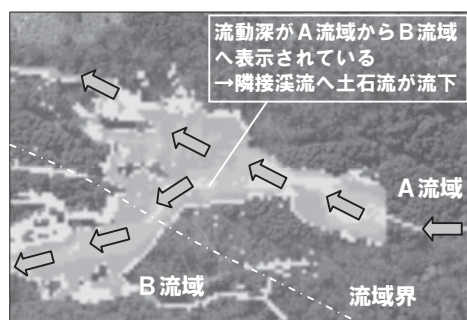


図-2 隣接溪流への流出検証

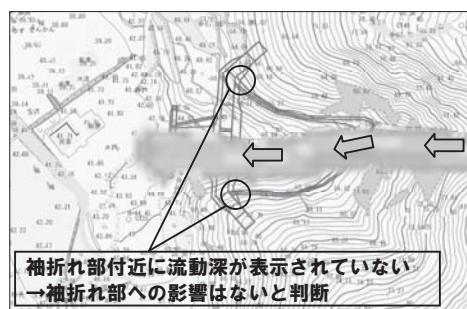


図-3 堰堤袖折れ部への影響検証

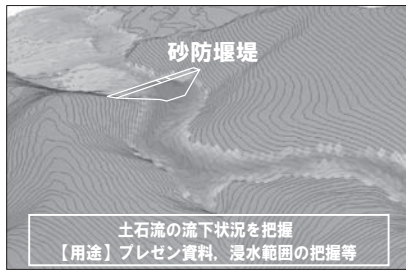


図-4 3次元表示システム (例)
(土石流動深: 標高表示)

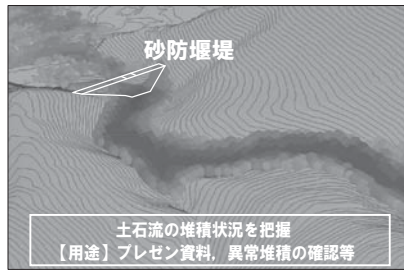


図-5 3次元表示システム (例)
(堆積深: 球体表示)

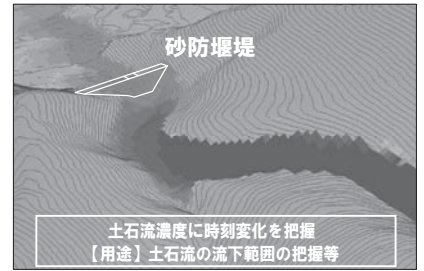


図-6 3次元表示システム (例)
(土石流濃度: タイル表示)

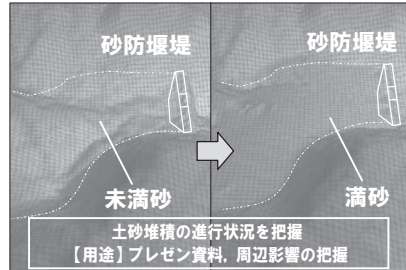


図-7 3次元表示システム (例)
(地表面標高)

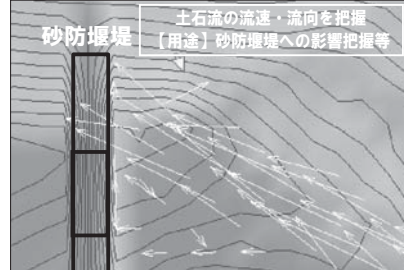


図-8 3次元表示システム (例)
(流速・流向: ベクトル)

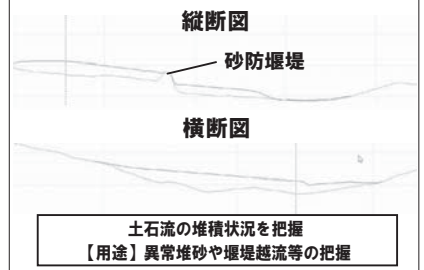


図-9 3次元表示システム (例)
(堆積深: 断面図)

4. 2. 砂防堰堤設計における3次元表示システムの適用事例

(1) 支流入における既設砂防堰堤への影響検討

本川と支溪の合流点下流に既設砂防堰堤が整備されている場合において、支溪から流入する土石流が砂防堰堤の袖部に衝突するかどうかを確認するため、土石流数値シミュレーションを行った。

現状の結果表示からは堰堤袖部への影響は確認することができなかったが、3次元表示システムを用いた土石流の流速・流向ベクトル表示 (図-11) や堆積状況の断面図表示 (図-12) から、袖部へ土石流の流下形態が明確となった。

土石流は内湾部において堆積し、外湾部である左岸側を流下して袖端部に直撃するが、ベクトル図化することにより土石流が袖部を回り込む流れが無いことを確認できた。また、内湾部で土砂が堆積して土石流が越流することから、右岸側の袖高を高くする必要があることを確認した。

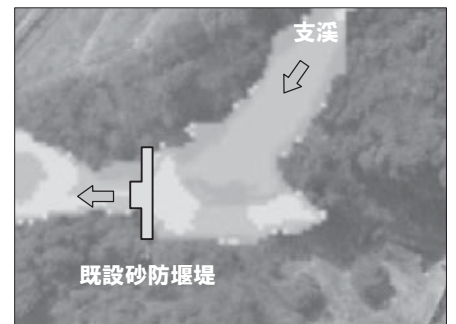


図-10 土石流数値シミュレーション結果
(土石流動深)

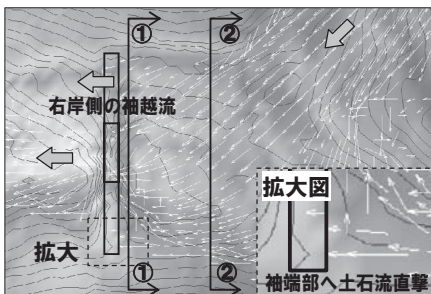


図-11 3次元表示システム
(流速・流向: ベクトル)

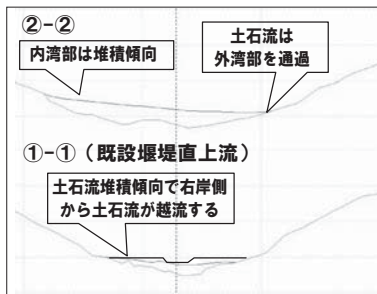


図-12 3次元表示システム
(堆積深: 横断面図)

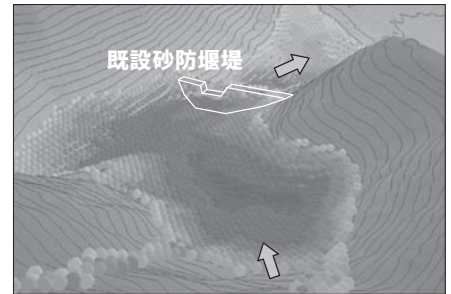


図-13 3次元表示システム
(堆積深: 球体)

5. 今後の展望

3次元表示システムの開発により、土石流数値シミュレーションの結果がより明確となり、砂防堰堤設計時における土石流の流下形態を詳細に把握することができた。また、3次元表示することで、これまでの結果表示では示されなかった情報を基に解析条件や解析結果の不具合を確認できる。

今後、3次元表示システムは土石流の流下形態を視覚的に把握できることから地元説明会のツールとして利用するなど幅広い活用が望まれ、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), 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
- 2), 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