

土砂の供給条件が土石流の再現性に及ぼす影響に関する考察

パシフィックコンサルタンツ株式会社：○新子 晃生，飛岡 啓之，松田 尚郎，江川 千洋
国土交通省近畿地方整備局 大規模土砂災害対策技術センター：小杉 恵， 竹下 航，北本 楽

1 はじめに

土石流災害において、氾濫・堆積範囲を再現・予測するために数値シミュレーションが広く活用されている。

数値シミュレーションは、山地の地形や降雨等の気象条件に基づいて、土砂や岩石の崩壊・流動挙動を計算・視覚化することで、災害の被害予測や発生確率等を分析することができる。しかしながら、数値シミュレーションにより得られた結果の妥当性や精度は、計算モデルやパラメータ、データの品質に大きく依存するため、不確実性が伴うものである。また、設定するパラメータの中でも、特に供給ハイドロや土砂投入開始点、後続流の有無等の土砂供給条件が及ぼす影響は大きく、災害調査等から正確に条件を設定することが土石流実態を把握する上で重要である。

本報告では、2011年9月の紀伊半島大水害で土石流の発生した和歌山県那智川支川、金山谷川をモデルケースとして再現計算を行い、その結果を用いてピーク流量や後続流の有無など、土砂供給条件を変えることで土石流氾濫範囲や流動挙動等計算結果に及ぼす影響を検討した結果の一部を報告する。

2 土石流災害調査の概要

平成23年9月3日から4日にかけて台風第12号により金山谷川からは最大101,200m³の土砂が移動し、下流の井関地区に氾濫が発生、人的・物的被害が発生した¹⁾。本災害に関して断面調査や礫径調査等の災害調査²⁾が実施されており、土砂収支や平均粒径(0.1m)が整理されている。また、災害後のオルソ画像により氾濫範囲が示されている。一方で、土石流や後続流の継続時間等の時系列的情報は住民ヒアリング程度であった。

3 再現計算

3.1 概要

再現計算は、汎用土石流シミュレータ HyperKANAKO を用いた。災害当時の崩壊箇所をハイドロの投入点とし、崩壊箇所から金山橋までを一次元領域、金山橋下流を二次元領域として計算した。(図-1)

3.2 入力条件

3.2.1 計算に用いたパラメータ

計算に用いたパラメータを表-1に示す。金山谷川固有の値である溪床堆積土砂厚は、災害実態調査と断面調査の結果から災害前の地形を復元することで設定した。

二次元領域は災害前のDEMデータを用い、計算点間隔(x)、計算点間隔(y)を5mとした。

表-1 数値計算に用いたパラメータ

パラメータ	単位	数値
計算時間	s	2100
タイムステップ	s	0.01
砂礫の密度	kg/m ³	2600
流体層の密度	kg/m ³	1200
砂の内部摩擦角	°	35
河床の容積濃度		0.6
マニングの粗度係数		0.03
重力加速度	m/s ²	9.8
浸食速度係数		0.0007
堆積速度係数		0.05
土石流供給時間	s	300
土石流の平均粒径	m	0.1
土石流流下時の平均川幅	m	10
溪床堆積土砂厚	m	5

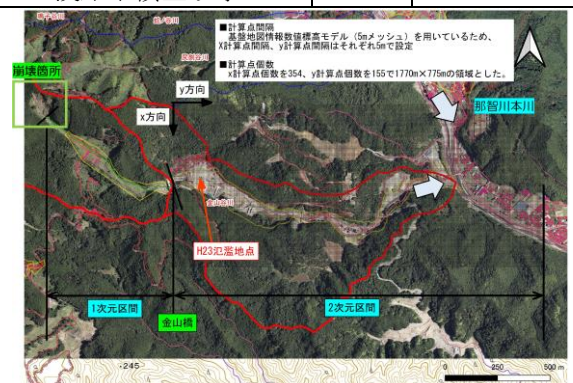


図-1 計算範囲

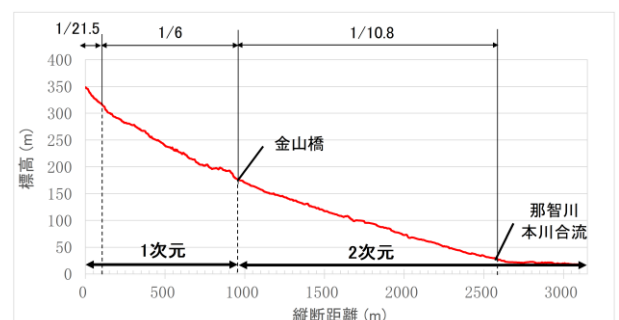


図-2 溪流縦断面図

3.2.2 供給ハイドロの設定及び計算ケース

供給ハイドログラフは、土石流の総流出量から算出する経験式と雨量と流域面積から算出する理論式、それぞれの流量と土石流痕跡による推定流量をピークとして三角ハイドロを設定した。

土石流は、災害時の住民ヒアリング結果を踏まえ、5分間供給するものとし、後続流を考慮したケースについても、同様のヒアリング結果から、土石流供給後に災害時の最大 24 時間雨量から算定した清水流量 38.8m³/s を 30 分間与えることとした。

計算ケースは、一波の土石流を想定した Case1～3、一波の土石流供給後の後続流による堆積土砂の二次移動を考慮した Case4 の計 4 ケースを実施した。(表-2)

表-2 ピーク流量一覧表

計算ケース	算定手法	数値 (m ³ /s)	供給時間 (s)
Case1	経験式	365.4	300
Case2	理論式	50.7	300
Case3	痕跡水位	272.0	300
Case4	経験式	365.4	300+1800※

※) 後続流供給時間

3.3 計算結果

3.3.1 Case1～3

氾濫範囲は Case1 について概ね災害実績と一致したものの、流出土砂量については災害実態よりも少ない傾向を示した。これは、本計算が一波の土石流を想定しており、土石流発生後の後続流による堆積土砂の二次移動が考慮されていないことが要因であると考えられる。

このため、Case1～3 のうち、災害実態と氾濫範囲が概ね整合している Case1 について、後続流を考慮した計算 (Case4) を行い、後続流による土砂の二次移動による流出土砂量の変化を確認した。

3.3.2 Case4

Case4 の計算結果を図-4 に示す。

1 次元区間からの流出土砂量に着目すると、後続流を与えない場合 (Case1) では、土石流堆積区間で土砂の堆積が顕著となった。一方で、後続流を与えた場合は、土石流供給時 (0～300s) に堆積した土砂が二次移動し、下流への流出土砂量が災害時の実績流出土砂量と概ね一致する結果となり、流出土砂量と氾濫範囲ともに災害実績と整合することが確認できた。

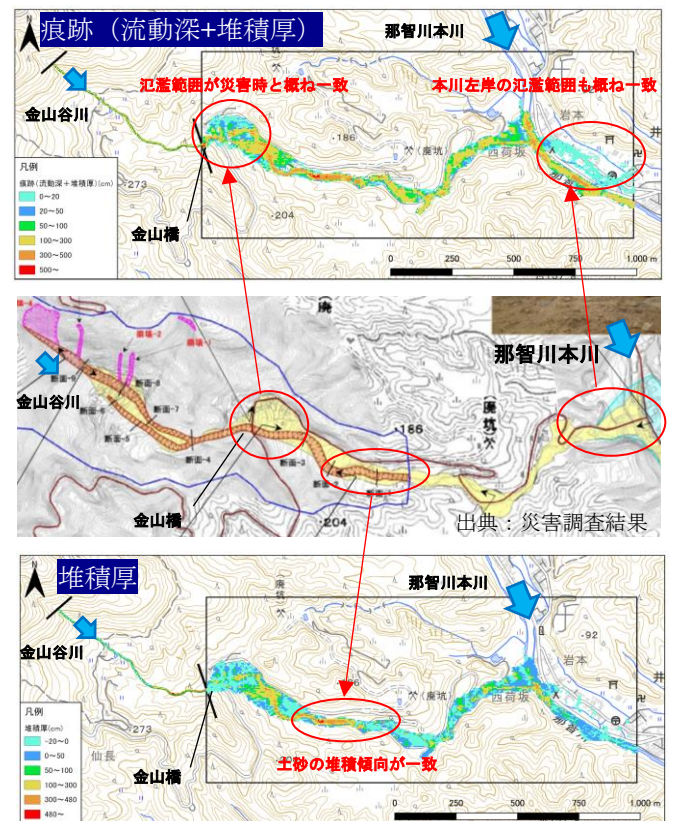


図-3 計算結果(Case4)と災害時の比較

4 おわりに

本検討により、土石流発生地点からの供給ハイドロや後続流の有無等の土砂供給条件がシミュレーション結果に大きく影響することが確認された。

再現計算の実施に際して土砂供給条件の設定は、災害時の土石流継続時間や後続流による土砂の二次移動等の時系列変化を正確に把握する必要がある。一方で、災害時は緊急性が高く、時系列変化等も含めた詳細な調査が実施できない可能性も想定される。

近年では、時系列的に災害実態が把握できる UAV や人工衛星、IoT センサー等の最新技術が普及しつつある。これら最新技術を活用し、災害時の土石流の発達過程やその後の後続流などの時系列的な情報を収集・蓄積することで、より正確な土石流実態の把握や災害予測が可能となり、土石流災害による被害の最小化に寄与すると考えられる。

5 参考文献

- 1) 中谷加奈ら (2013) : 那智川の土石流の市街地への氾濫・堆積シミュレーション, 土木学会第 68 回年次学術講演会
- 2) 那智川流域他砂防対策工調査設計業務 (2012)