

令和元年台風19号により宮城県丸森町で発生した土砂災害における家屋被害の分析

国土技術政策総合研究所 ○坂井佑介 山越隆雄
国際航業株式会社 久保毅 宮田直樹 澤村朱美 島田徹

1. はじめに

近年、気候変動の影響の顕在化により豪雨が激化・頻発化し、甚大な土砂災害が多発している。特に、上流域で大量に生産された土砂が河道に供給され、下流域に流下して土砂や泥水が氾濫する土砂・洪水氾濫は、広域に亘って甚大な被害を及ぼす。また、河道が埋塞された場合は、大量の土砂を含む泥水が河道外を流下することから、多数の家屋被害が生じるとともに、多くの人命が失われている。

これまで国土技術政策総合研究所では、平成29年7月九州北部豪雨、平成30年7月豪雨、令和元年台風19号で発生した土砂・洪水氾濫による土砂災害について調査し、家屋被害の程度と地形指標の関係をとりまとめている。

本研究では、土砂・洪水氾濫による土砂災害の発生要因をより詳細に把握することを目的として、土砂・洪水氾濫発生事例の再現計算を実施した上で、既往研究で提案された家屋の被災度を推定する指標と土砂・洪水氾濫による家屋被害程度との関係について分析するものである。

2. 調査概要

2.1 調査対象地と被害概要

調査対象地は、令和元年台風19号で土砂・洪水氾濫による土砂災害が発生し、多くの家屋被害が生じた宮城県伊具郡丸森町に位置する阿武隈川水系内川支川五福谷川流域とした。五福谷川は流域面積23.8 km²を有し、内川合流点まで全川に渡ってほぼ南西から北東方向に流下している。土砂災害を引き起こした降雨として、2019年10月10～13日で最大1時間雨量74.5 mm、累積雨量594.5 mm (AMcDAS 筆甫)を記録した。

土砂災害の発生状況について、五福谷川と県道45号が交差する周辺(内川合流点から約0.7 km)から谷出口(内川合流点から約2.3 km)までの谷底平野や平野部で土砂が河道を埋塞し、広範囲に土砂や泥水が氾濫した。

2.2 河床変動計算モデル

本研究では家屋被害の発生地点における水・土砂流出状況を把握するため、2次元河床変動計算による再現計算を実施した。計算モデルについて、保存式、運動方程式、河床変動の式、侵食・堆積速度は高橋²⁾に基づくモデルを2次元に拡張した和田ら³⁾を参考とした。河床面せん断力及び平衡濃度は鈴木ら⁴⁾を参考に連続的に取り扱った。浮遊砂は、掃流状集合流動及び掃流砂の場合において、浮上量、沈降量、鉛直濃度分布を評価するものとし、浮上量は芦田・道上式⁵⁾、沈降量は基準点濃度×Rubeyの沈降速度により評価した。

2.3 地形データ

地形データには、災害発生前に国土交通省東北地方整備局・林野庁・宮城県により取得されたLPデータを用いた。計算範囲は図-1に示す五福谷川の谷出口から県道45号と交差する周辺を包含する範囲とし、計算範囲に存在する河道が2メッシュ程度

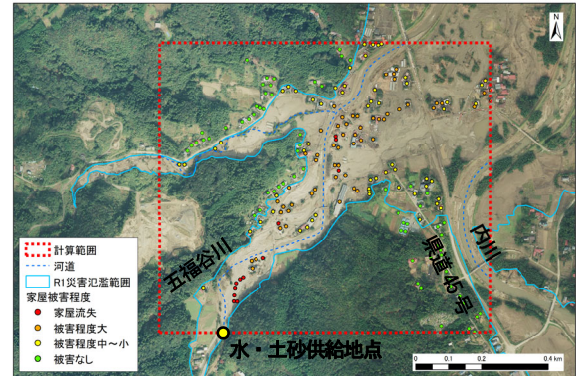


図-1 計算範囲と水・土砂供給地点の位置

以上で設定されるようメッシュサイズは5mとした。

2.4 水・土砂供給条件

水および土砂を供給する地点は図-1に示す計算範囲の河道の上流端とした。ハイドログラフは、国土交通省東北地方整備局より貸与された五福谷川のハイドログラフを、水・土砂供給地点より上流の面積で按分したものを用いた。供給土砂量は、水・土砂供給地点の上流域における災害前後のLPデータの差分解析から算出された土砂量とした。そして、土砂供給の開始時間を五福谷川の上流域の筆甫地区で土石流が発生した時刻として、この時刻以降の流量と供給地点の地形条件から算出される平衡流砂量を算出し、計算終了時に供給土砂量と一致するよう平衡流砂量を一定の倍率で低減して供給した。供給土砂の粒径分布は、国土交通省東北地方整備局が災害後に五福谷川の崩壊地で採取したデータを用いている。

2.5 分析方法

家屋の被災度を推定する指標として、水山・石川⁶⁾は流下時の土石流がもつ単位幅・毎秒当りのエネルギーの考え方からエネルギー指標 $d^3 I^{1.5}$ (d :土砂堆積厚(m)、 I :河床勾配)を提案している。本研究では、この考え方を参考に、土石流とより勾配の緩い区間での土砂・洪水氾濫との流れの違いを考慮して $h^3 I^{1.5}$ 、 $h v^3$ を指標として用いることとした。ここで h :水深+土砂堆積厚(m)、 v :流速(m/s)である。水深+土砂堆積厚および流速は計算時間内における最大水深+土砂堆積厚と最大流速を用いている。河床勾配と土砂・洪水氾濫による家屋被害程度については坂井ら⁷⁾の結果を用いた。その上で、家屋の被災度を推定する指標と家屋被害程度との関係を分析した。

3. 計算結果と考察

3.1 再現計算の妥当性の確認

再現計算の計算結果を図-2に示す。図-2に示す赤点線枠の範囲内における堆積土砂量は15.7万m³となっており、災害前後のLPデータの差分解析では、赤点線枠の範囲内は16.3万m³であったことから、土砂流出・堆積状況は概ね整合していると考えられる。また、図-2に示す黒線の断面における再現計算結果と災害後のLPデータとを比較すると、災害直後の土砂撤去による

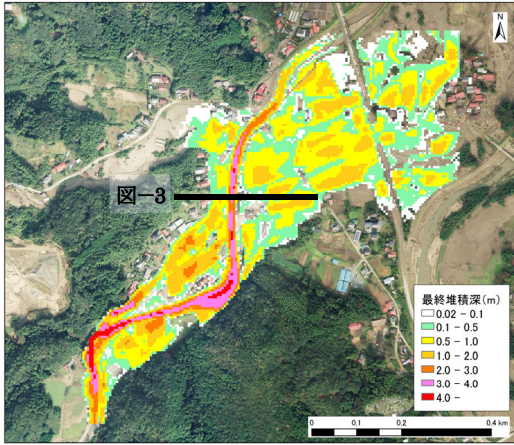


図-2 再現計算結果（最終土砂堆積深）

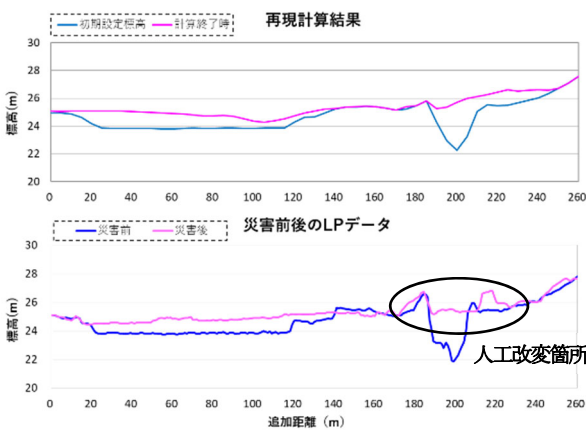


図-3 再現計算結果と災害後のLPデータの比較

人工改変箇所を除いて、堆積地形が概ね再現できていることが確認できる（図-3）。このことから、この再現計算結果は当時の水・土砂流出状況を一定の精度で再現できているものと考えた。

3. 2 水・土砂流出状況と家屋被害程度の比較・分析

再現計算について、家屋被害程度と $h^3 I^{1.5}$ 、 $h v^3$ の関係について整理したものを図-4に示す。この結果から、 $h^3 I^{1.5}$ 、 $h v^3$ が大きくなるほど、被害程度大や家屋流失の割合が高くなるのがわかる。以上の結果から、家屋の被災度を推定する指標を用いることで、一定の精度で甚大な家屋被害が生じる範囲を把握することが可能になるものと考えられる。

一方で本検討において、水山・石川⁶⁾が調査した $d^3 I^{1.5}$ に対応する $h^3 I^{1.5}$ は全体的に2オーダー程度小さい指標値となっているが、それでも甚大な家屋被害が多く発生している。これは水山・石川⁶⁾では土石流による被災を評価しているのに対し、本検討ではより勾配が緩い区間の土砂・洪水氾濫を対象としているため、例えば、外力が家屋に影響する継続時間等の違いにより、指標値が小さくとも家屋被害が生じていた可能性が考えられる。

4. まとめと課題

本研究では、2次元河床変動計算により、令和元年台風19号により宮城県丸森町で発生した土砂災害の発生状況を一定の精度で再現することができた。また、家屋被害が発生した要因について、既往の家屋の被災度を推定する指標から実際の家屋被害程度の概ねの傾向を把握することができた。

一方で、既往研究よりも指標値が小さくとも家屋被害程度が

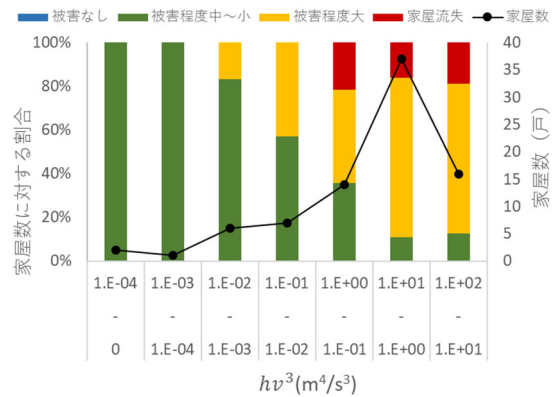
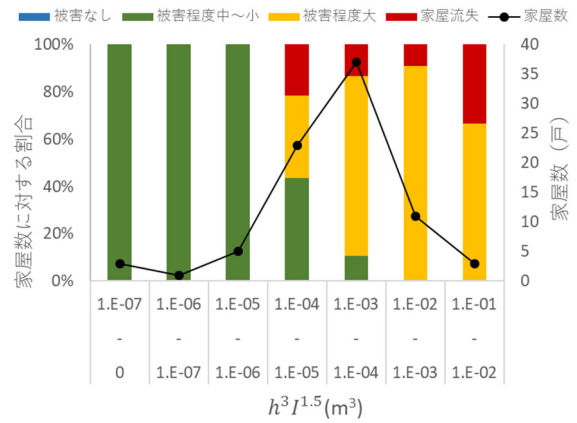


図-4 家屋被害程度と家屋の被災度を推定する指標

大きくなる要因の分析、洪水氾濫と家屋流失の既往研究²⁾との比較、計算結果に影響を与える詳細な計算条件（家屋が位置する微地形、移動床の考慮、堤防決壊の箇所等）、家屋の構造などにも着目して分析を進めて行く予定である。

謝辞

本検討に際し、災害前後のLPデータについては、国土交通省東北地方整備局、林野庁、宮城県にデータを提供頂きました。また、ハイドログラフ、粒径分布データについては国土交通省東北地方整備局にデータを提供頂きました。ここに記して、感謝申し上げます。

参考文献

- 1)坂井佑介ら：土砂・洪水氾濫による家屋被害の実態把握と地形分析、土木技術資料、Vol.63、No.1、p.30-35、2021
- 2)高橋保：土砂流出現象と土砂害対策、近未来社、p.178-184、2006
- 3)和田孝志ら：土石流計算における1次元・2次元シミュレーションモデルの結合、砂防学会誌、Vol.61、No.2、p.36-40、2008
- 4)鈴木拓郎ら：土砂移動シミュレーション手法における輸送形態の遷移に伴う不連続性の解消に関する研究、砂防学会誌、Vol.66、No.2、p.21-30、2013
- 5)芦田和男・道上正規：浮遊砂に関する研究(1)―河床付近の濃度―、京都大学防災研究所年報第13号B、p.233-242、1970
- 6)水山高久・石川芳治：土石流による家屋の被災度、新砂防、Vol.42、No.1、p.22-25、1989