

土石流の土砂災害警戒区域を対象とした相対的な危険度評価に関する検討

国土防災技術株式会社 ○丹羽諭・高橋洋介・ウィンティリマウン・赤松哲也・中根一誠・寺田秀樹
 国土技術政策総合研究所 赤澤史顕・大槻聡志・鈴木啓介・瀧口茂隆

1. はじめに

平成30年7月豪雨における土砂災害防止対策の課題に関して、「社会資本整備審議会 河川分科会 土砂災害防止対策小委員会」が設置され、令和2年3月に「近年の土砂災害における課題等を踏まえた土砂災害対策のあり方について 答申」¹⁾がまとめられた。この答申では、土砂災害警戒区域内での避難時の改善の策として、比較的危険度の低い避難場所の確保等が課題として挙げられ、土砂災害警戒区域内の相対的な土砂災害の被害リスクを評価できるよう、数値計算による土石流等のシミュレーション等も含めて検討を深めるべきであるとまとめられている。相対的な危険度評価の結果は、一時的な避難場所を検討するための情報として活用が期待される(図-1)。

土石流シミュレーションを利用した被害推定に関する事例^{2), 3), 4)}はあるが、相対的な危険度を評価するための適切な条件設定が示された事例は少ない。よって、本検討では複数渓流を対象に相対的な危険度の評価手法の検討を試み、評価結果と実際に発生した家屋被害を比較した事例を報告する。

2. 相対的な危険度の評価方法

2.1 評価方法の概要

相対的な危険度として、家屋に対する相対的な危険度と避難経路に対する相対的な危険度を評価するものとした。将来発生する土石流の規模の予測は難しいこと、数値計算にも仮定が含まれることなどの不確実性を踏まえ、振れ幅を与えた複数の計算ケースを設定して計算を行うとともに、米田ら(2018)²⁾と同じく危険度に影響する閾値を決定した。本検討では、複数ケースの計算結果から閾値を超えるケース数をカウントして危険度を評価した(図-2)。ただし、評価に必要なケース数は渓流によって異なる場合があるため、閾値を超えるケース数を計算ケース数で除した値(本検討ではスコアと呼ぶ)で表現した。

2.2 家屋の相対的な危険度の閾値

中本ら(2018)³⁾に倣い流体力と土石流静圧の合力を土石流外力として評価、家屋の耐力を土砂法の告示式⁵⁾に準じて評価し、土石流外力>家屋の耐力で危険と判定した。

2.3 避難経路の相対的な危険度の閾値

大坂・水山(1994)⁶⁾による性別・年齢に応じた水深・歩行限界勾配の関係から、水深25mmで10歳未満または60歳以上で、歩行できない可能性があると判断し、水深>25mmで危険と判定した。また、土石流発生後の条件では、水深+土砂堆積深>25mmで危険と判定した。

3. 評価事例

3.1 計算条件

過年度に被災した渓流を対象にここではHyperKanakoを利用して相対的な危険度を評価した。なお、表-1に示す土石流の氾濫範囲に影響する要素が含まれるように複数の渓流を選定した。計算グリッドの設定では、分割幅を2mとし、一般的な木造家屋をイメージして家屋に該当する計算点では地盤高に6mを加えた。土石流の規模については、基礎調査の1波の想定流出土砂量を規模中として3段階を設定した。1波の想定流出土砂量よりも小さい規模で危険と判定される箇所はより危険度が高くなると考えられる。規模小と規模大の土



図-1 相対的な危険度評価の活用イメージ



図-2 本検討における各計算点における相対的な危険度の評価イメージ

表-1 対象渓流の選定条件

No.	対象渓流の選定条件
1	家屋流失が発生した渓流を含める
2	流路工の埋塞が生じた渓流を含める
3	橋梁の閉塞が生じた渓流を含める
4	盛土等の道路構造物が流れを規制した渓流を含める
5	土砂災害警戒区域が直線的な渓流、湾曲している渓流を含める
6	土砂に加え流木の流出を伴う渓流を含める
7	巨礫が流出・堆積した渓流を含める
8	流域面積の大小が異なる渓流を含める
9	家屋の密集状況が異なる渓流を含める

砂量については災害時の流出土砂量と基礎調査の想定流出土砂量を比較しここでは0.5倍と5倍とした。間隙流体密度や堆積速度係数等のパラメータは、ここでは指針^{7), 8)}やHyperKanakoの計算事例^{例4)}に記載された値を参考とした値(指針等参考条件と呼称)を用いるケース、別途本検討で抽出した土石流実績の再現性が高かった同定値(同定条件と呼称)を用いたケースの2パターンを設定した。なお本検討では、既往検討事例⁹⁾を参考に、全家屋を考慮した計算により100kN/m以上の土石流外力を受けた家屋を流失と判定し、流失と判定された家屋の計算点の標高を地盤高に設定して、再度土石流シミュレーションを実施することで家屋流失の影響を考慮した。また、土石流発生後の条件では、土石流による堆積土砂を考慮した。

表-2に本検討における主な計算ケースと相対的な危険度評価を行う際に用いた計算ケースの関係を示す。相対的な危険度評価を行う際に用いる計算ケースの組合せを検討するため、評価試行①、評価試行②、評価試行③の3パターンを実

表-2 計算ケースと相対的な危険度評価の関係

本検討では土石流発生時とその後の後続流の計算に分割して計算を実施した。土石流発生後は土石流による堆積土砂を考慮した。

数値が入力されたケースの結果を利用して評価する。家屋の評価試行①では、土石流の規模3パターンと計算パラメータ2パターンの組合せで合計6ケースで評価した。

数値が入った計算ケース結果を利用して作成する。避難経路の評価では、土石流発生前後の豪雨時、土石流発生前を想定したケースから評価した。

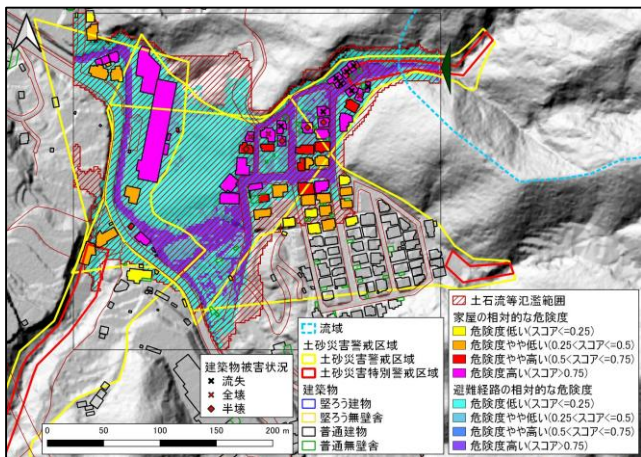
No.は計算ケースを意味する

No.	パラメータ	土石流の規模	計算ケースの目的と条件		家屋の相対的な危険度の作成ケース			避難経路の相対的な危険度の作成ケース	
			評価する危険度	供給条件	評価試行①	評価試行②	評価試行③	評価試行①	評価試行②
1	指針等参考条件 指針・既往事例で記載された値を参考 ただし土石流発生後は清水条件	規模小	土石流による家屋破壊被害	土石流ハイドログラフ	1	1			
			土石流発生後の避難可否	記録的短時間大雨情報の条件				1	
		規模中	土石流による家屋破壊被害	土石流ハイドログラフ	1	1			
土石流発生後の避難可否			記録的短時間大雨情報の条件				1		
規模大		土石流による家屋破壊被害	土石流ハイドログラフ	1	1				
		土石流発生後の避難可否	記録的短時間大雨情報の条件				1		
4	同定条件 土石流実績の再現性が高かった同定値 ただし土石流発生後は清水条件	規模小	土石流による家屋破壊被害	土石流ハイドログラフ	1		1		
土石流発生後の避難可否			記録的短時間大雨情報の条件				1		
規模中		土石流による家屋破壊被害	土石流ハイドログラフ	1		1			
		土石流発生後の避難可否	記録的短時間大雨情報の条件				1		
規模大		土石流による家屋破壊被害	土石流ハイドログラフ	1		1			
		土石流発生後の避難可否	記録的短時間大雨情報の条件				1		
7	清水条件	土石流を供給しない	土石流発生前の避難可否	記録的短時間大雨情報の条件				6	1
				R=80mm/h					1
				R=50mm/h					1
				R=30mm/h					1
計算ケース数					6	3	3	12	4

パラメータの感度分析

相対的な危険度を、閾値を上回った計算ケース数/全計算ケース数で評価した（0～1の範囲）。例えば、家屋の評価①では全6ケースのうちケースNo.3、5、6で破壊被害が生じると判定された家屋は、該当した3ケース/全6ケースで危険度のスコアは0.5となる。

相対的な危険度を、閾値を上回った計算ケース数/全計算ケース数で評価した（0～1の範囲）。例えば、家屋の評価①では全6ケースのうちケースNo.3、5、6で破壊被害が生じると判定された家屋は、該当した3ケース/全6ケースで危険度のスコアは0.5となる。



※土石流等氾濫範囲は土石流以外の氾濫も含まれる

図-3 相対的な危険度の評価例

施し、実際の被害と比較することで、被害をカバーできる計算ケースの組合せを検討した。避難経路に対しては、土石流発生前後の違いや、土石流発生前の降雨条件の違いによる危険度の変化を確認した。

図-3にA地区を対象に、家屋の相対的な危険度を評価試行①、避難経路の相対的な危険度を評価試行①とした評価例を示す。

3.2 計算結果

家屋の評価試行①によるケースの組み合わせであれば、流域面積が2.0 km²以上の1渓流を除き、危険度がやや高い以上（スコア0.5より大きな値）が全壊家屋の75%をカバーした。評価試行①のケースの組み合わせを基本として、計算条件を変化させることで、土石流の規模が土砂災害警戒区域内の全体の危険度に及ぼす影響が大きいこと、家屋流失の評価により局所的に家屋の危険度が変化すること、指針等参考条件のみの計算ケースでは全壊家屋のカバー率が低下すること

が把握された。一方、巨礫により全壊となった家屋をカバーすることは難しかった。避難経路の相対的な危険度の評価については、道路に流水が集中し避難が困難となると判断された。

4. おわりに

本検討では、土石流被害が発生した複数の渓流を対象に家屋と避難経路に対する相対的な危険度の評価を試みた。その結果、計算条件の設定および相対的な危険度の評価方法等により、一定程度の全壊家屋をカバー出来る計算ケースの組合せの例を示した。

本検討で示した相対的な危険度の評価方法は検討の途中段階であり、今後の課題として、計算条件の設定方法、相対的な危険度の評価結果の示し方等が挙げられる。

参考文献

- 1) 社会資本整備審議会（2020）：近年の土砂災害における課題等を踏まえた土砂災害対策のあり方について 答申, https://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/mizukokudo03_sg_000159.html, 参照 2025-03-10
- 2) 米田光佑・竹林洋史・藤田正治（2018）：土石流氾濫域におけるまちづくりのための土石流シミュレーションの活用, 平成30年度砂防学会研究発表会概要集, p.425-426
- 3) 中本英利・竹林洋史・宮田英樹・藤田正治（2018）：家屋の破壊過程を考慮した土石流の数値シミュレーション, 土木学会論文誌 B1（水工学）, Vol.74, No.4, 1 919-1 924
- 4) 中谷加奈・小杉恵・里深好文・水山高久（2017）：家屋や道路が土石流の氾濫・堆積に及ぼす影響—2014年8月に発生した広島土砂災害を対象として—, 砂防学会誌, Vol.69, No.5, p.3-13
- 5) 国土交通省（2001）：土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律施行令第2章第2号の規定に基づき国土交通大臣が定める方法を定める告示, 国土交通省告示第332号
- 6) 大坂剛・水山高久（1994）：流れのある斜面上の歩行に関する実験的研究, 新砂防, Vol.46, No.6, p.18-20
- 7) 国土交通省国土技術政策総合研究所（2016a）：砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）及び同解説, 国総研資料, 第904号, p.25
- 8) 国土交通省国土技術政策総合研究所（2016b）：土石流・流木対策設計技術指針 解説, 国総研資料, 第905号, p.7
- 9) 山田孝（2018）：土石流による木造家屋の破壊限界評価, 平成30年度砂防学会研究発表会概要集, p.633-634