

土石流後続流域における家屋の被災特性

三重大学大学院生物資源学研究科 ○半田理恵, 山田孝

1. はじめに

土石流後続流による家屋被害は土石流本体部による家屋の全壊や半壊と比べて軽微なものと扱われがちであるが、人命損失の危険のみならず、住民個人にとって損壊家屋の補修費用は大きな負担となる。公共によるハード対策の砂防施設の整備率は約2割といまだに低く、住民側の対策は警戒避難などのソフト対策のみである。公助や住民の警戒避難のみでは個人の生命や財産を保護できない場合があり、自助・共助としてこれからは住民も積極的に自衛による対策を担う必要があると考えられる。半壊未満の被害家屋が多くを占める土石流後続流域では、住民の自衛工法による被害軽減が期待できるが、家屋被害実態についての研究は少なく(水山ら, 1989, 山田ら, 2000, 寺田ら, 2003), 後続流による被害を詳細に調べた研究は報告されていない。本研究では、土石流後続流域での家屋への損害実態解明と被災形態分類及び、被災形態の多くを占める開口部破壊限界性を明らかにすることを目的とする。

2. 研究方法

土石流後続流による被害程度を明らかにするために、平成20年9月の豪雨により土石流が発生した岐阜県揖斐郡揖斐川町上野地区で、被害家屋33戸の住民を対象に土石流災害による家屋の構造(開口部、壁、柱など)への被害とそれに伴う損害についてアンケートを行った。さらに、土石流後続流による家屋被害実態を明らかにするために、それぞれ平成22年7月15日、9月8日、7月16日に土石流が集中発生した岐阜県加茂郡八百津町野上地区、静岡県駿東郡小山町小山湯舟川・野沢川支流小野畑沢・中島川流域、広島県庄原市先大戸・篠堂・大津恵・川西地区を調査した。調査日はそれぞれ平成22年9月18日・10月10日・11月7～9日、調査家屋数は3戸・3戸・19戸である。家屋構造の被害と土砂流入経路を目視や微地形観察により調査した。各家屋について実測値及び撮影画像及び航空写真から、地盤勾配、開口部の破損の有無、ガラスの種類・厚さ・縦及び横方向の長さ、地盤からガラス面までの高さ、被害程度、堆積深、流動深(壁面等の痕跡から判断)を計測した。続いて、これらの実態をもとに、特に多い被災形態である開口部破壊について、後続流の流体力とガラス窓の耐力などから窓ガラスの破壊限界を求める指標を作成し、調査した被災家屋への適用性を検討した。

3. 結果と考察

揖斐川町上野地区でのアンケートでは、22戸の住民から回答を得た。①家の設備(風呂・トイレなど)への土砂流入により居住不能、②床板・畳・壁のトタンの張替、③床下の泥の除去にボランティア15人ほどで半月ほど要した、④床下に泥が溜まり、1年半後にシロアリ被害、⑤PCの浸水、⑥工場の設備・製品の浸水、⑦工場が1ヶ月営業不能になり、収入がなかった、という損害が明らかになった。軽微とされる半壊未満の被害でも個々の住民にとっては大きな経済的損害であることが明らかにされた。

土石流後続流による被災家屋調査より、後続流域での被災形態は、①開口部のガラス・フレームの破壊と破壊開口部からの土砂流入、②壁の凹み・傷、③玄関底の化粧柱の破壊、④基礎の破壊、⑤基礎通気口からの土砂流入、⑥土砂流入による床板・畳・壁紙・建具の汚損の6つに分類される。これら被災形態が1戸の家屋に複合的に生じ、①の形態のうちガラスが破壊される事例が顕著であった。

本研究の調査家屋は全て矩形平面形状を呈した木造である。微地形及び流動痕跡から、後続流は家屋壁面に対して30～45°で、上流側の隅角部に衝突したと推定される。また、衝突付近とその近傍の側面での流動痕跡高にはそれほど大きな違いはないので、顕著な堰上げは生じなかったと仮定し、流動痕跡高を流動深として扱う。各家屋の上流側隅角部流動深が0.7～2.3 mであるのに対して、下流側隅角部流動深は0.1～1.0 mであり、4～8割減少している。開口部破壊は後続流が衝突した付近に集中しており、地盤から破壊ガラス面までの高さは0.5～1.5 m、流動深は0.8～2.0 mである(図-1)。

後続流堆積物はほとんどが砂成分であることから、礫による衝撃力は考慮せず、家屋に作用する後続流の力は、家屋周囲の流動深分布の偏りから、後続流の衝突時に瞬時に作用する流体力のみとする。(図-2)。後続流は家屋壁面に対して $30\sim 45^\circ$ で衝突したと推定されることから、壁面に作用する後続流の流速の垂直成分は、流速の 0.7 倍と仮定した。断面平均流速 V (m/s, マニング則を適用), 建築基準法に基づく建設省告示 109 号を考慮したガラスの耐力に相当する流速を u (m/s) とすると, $u < 0.7V$ つまり $1 < 0.7V/u$ の時, ガラスが破壊すると考えられる。以後, $0.7V/u$ を開口部破壊限界指標と定義する。

$$0.7V/u = 0.7 \sqrt{\left\{ 9.8h^{4/3} I \rho C a (h-D) \right\} / \left\{ 75n^2 t_g (4+t_g) \right\}} \quad ; (D < h \leq D+b) \quad \cdots (1)$$

$$0.7V/u = 0.7 \sqrt{\left\{ 9.8h^{4/3} I \rho C a b \right\} / \left\{ 75n^2 t_g (4+t_g) \right\}} \quad ; (D+b < h) \quad \cdots (2)$$

ここに, h : 流動深 (m), I : 家屋直上流の地盤勾配 ($\sin \theta$), ρ : 後続流の密度 (kg/m^3), C : 抗力係数 ($=1.0$), a, b : ガラスの短辺, 長辺の長さ (m), D : 地盤からガラス面までの高さ (m), n : マニングの粗度係数 ($=0.06$, 土石流後続流), t_g : ガラスの厚さ (mm), $t_g=3.5$ (mm), ρ : 泥水の密度 $=1,200$ (kg/m^3)

開口部破壊限界指標値を求めると, 破壊されたガラスでは 1 を上回り, 装飾用の特殊な形状のガラスや壁面の凹凸の多い家屋のガラスなど一部の例外を除いて, 非破壊のガラスでは $0.6 \sim 2.8$ となった, 上記のモデルで開口部の破壊限界をある程度示すことができた(図-3, 4)。非破壊のガラスについて, 開口部破壊限界指標が若干大きめに算出されたのは, 窓枠の強度や家屋の密集による流速や抗力係数の低減効果を考慮していないためと思われる。

4. 結論

- ①後続流による被害は, 住民に大きな経済的損害をもたらす場合がある。
- ②後続流域での最も顕著な家屋被災形態は, 開口部のガラス破壊である。
- ③開口部の破壊・非破壊は, 「開口部破壊限界指標」によりある程度表すことができる。

破壊開口部が土砂流入経路となる事例が多く, 開口部は弱部と言える。窓ガラスのみでは破壊されてしまう場合は, 開口部の外側に後続流の流体力に耐えることのできるシャッター等を設置して補強すること, 窓ガラスの厚さ, 設置高さ, 面積を変更することや家屋の周辺にコンクリート壁などを設置することにより, 開口部及び家屋構造全体を保護できると考えられる。これらの対策は住民自らで行える工法であり, 土石流後続流に対する住民による自衛手法を構築することが, 今後の課題である。

参考文献

- 1) 水山 高久・石川 芳治(1989): 土石流による家屋の被災度, 新砂防 Vol. 42, p22-25
- 2) 山田 孝・南 哲行(2000): 土石流による鉄骨造、コンクリートブロック造の家屋破壊(土砂災害特集), 土木技術資料, p41-8, 2~4
- 3) 寺田 秀雄・水野 秀明(2003): 土石流による家屋被災範囲の設定方法に関する研究, 国総研資料第 70 号

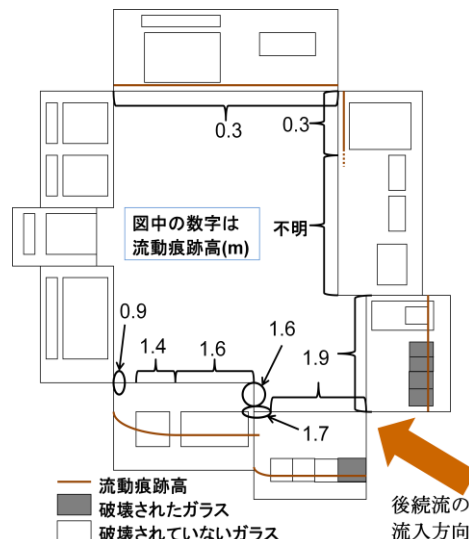


図-1 被災家屋の開口部破壊箇所と流動深分布の事例 (静岡県駿東郡小山町)

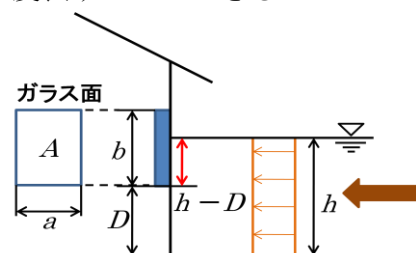


図-2 開口部に作用する後続流の流体力

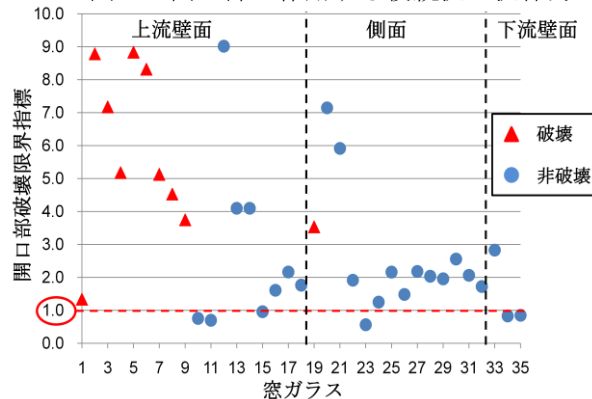


図-3 窓ガラスの開口部破壊限界指標値