

国土交通省国土技術政策総合研究所 ○水野秀明、寺田秀樹、中野泰雄

1. はじめに

土石流災害を防止・軽減するために対策を講じることは緊急の課題である。そのような対策には、砂防えん堤等の構造物を建設するハードな対策や警戒避難などのソフトな対策がある。本研究は平成13年4月1日に施行された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(以後、「土砂法」と呼ぶ)¹⁾に見られるように、土石流災害の発生が想定される危険な土地、すなわち土石流によって家屋が被災する土地の範囲(以後、「家屋被災範囲」と呼ぶ)を設定する方法に着目したものである。

家屋被災範囲を設定する方法には、土石流氾濫計算²⁾等が挙げられる。しかし、日本全国には約18万溪流もの土石流危険渓流等(平成15年時点)が存在する。それらについて短時間で家屋被災範囲を設定するためには簡便な方法が望まれる。そこで、本研究では土砂法に関する国土交通省告示¹⁾に示された手法を基に既往の土石流災害から得られた流下幅の設定手法を加え、土石流危険渓流カルテなどの既存資料を用いて、過去の土石流災害に適用し被災家屋包含率を検証するとともに、基準地点や土石流により流出する土石等の量が設定結果に与える影響を整理することを目的とする。ここでは土石流の流下幅の設定方法と過去の土石流災害に適用した結果を主に報告する。

2. 家屋被災範囲の設定手法

家屋被災範囲は土石流の流体力が建築物の耐力を上回る土地の範囲とする。予め設定した土石流の流下経路の地点(以後、計算地点と呼ぶ)において、土石流の流体力と建築物の耐力を算出する。

土石流の流体力は式(2)と式(3)から求めた土石流の流速を式(1)に代入して算出する。図-1はある計算地点における横断面である。土石流の流速は等流計算を行なって式(2)と式(3)が満たされるように算出する。但し、その際、流下断面の面積は地盤と土石流の表面で囲まれた領域の面積の値とするが、流下断面の形状は図-1の点線のように矩形で近似する。つまり、土石流の波高はその断面積を土石流の表面の幅で除した値とする。

$$F_d = \rho_d U^2 \cdots (1) \quad U = \frac{1}{n} \cdot h^{2/3} \cdot (\sin \theta)^{1/2} \cdots (2) \quad Q_{SP} = BUh \cdots (3)$$

$$B_{max} = 4\sqrt{Q_{SP}} \cdots (4)$$

ここで、U:土石流の流速[m/s]、n:粗度係数、h:土石流の波高[m]、θ:土地の勾配[度]、Q_{SP}:土石流のピーク流量[m³/s]、B:土石流の流下幅[m]である。なお、θは当該計算地点とその上流側に所定の水平距離だけ離れた、流下経路上の地点の2地点間で計測する。また、Bは土石流の表面の幅とし、土石流の表面は水平であると想定する。

過去に発生した土石流災害を見ると、土石流の流下幅が扇状地上で横断方向に全幅で広がっていない。しかし、前述の方法でBを算出すると、扇状地等ではBの値が扇状地の全幅と同じになる場合や設定できない場合が考えられる。そこで、Bについては上限値(B_{MAX})を設定する。図-2は過去に発生した土石流災害に関する記録から推定した土石流のピーク流量と流下幅をプロットしたものである。レジーム型の式を適用できると仮定すると、土石流の流下幅は平均的に式(4)で表わされる。この式(4)をB_{MAX}とし、等流計算は土石流の表面の幅がB_{MAX}を超えないようにする。

建築物の耐力(P[kN/m²])は式(5)¹⁾から算出する。

$$P = \frac{35.3}{h(5.6-h)} \cdots (5)$$

本研究では、F_dがPを上回った地点で、土石流の流下幅の範囲内を家屋被災範囲とする。なお、土石流のピーク流量等の算出方法等本報告で記載していない事項は文献¹⁾を参考にしていただきたい。

3. 過去の土石流災害への適用

適用結果の評価に際して、「被災家屋包含率」と「無被災家屋率」という2つの新しい指標を定義する。被災家屋包含率は、実際の被災家屋(全数)のうち今回設定した家屋被災範囲に含まれた被災家屋の戸数の割合とする。被災家屋は土石流等により被災した建築物のうち、全壊あるいは半壊の状態になった家屋(人家)とする。また、無被災家屋率は家屋被災範囲に含まれた無被災家屋の戸数を、家屋被災範囲に含まれた人家の戸数(被災家屋と無被

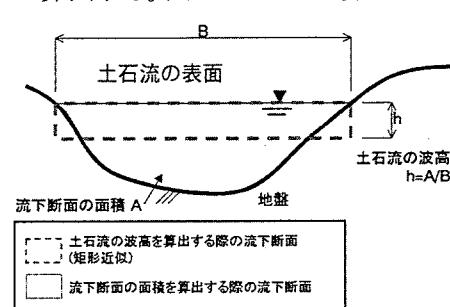


図-1 土石流の流下断面

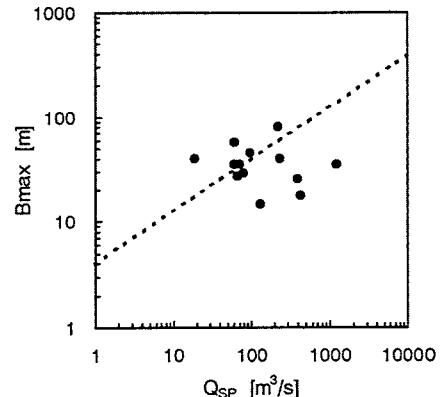


図-2 土石流の流下幅

災家屋の合計)で除した値とする。無被災家屋は実際には被災しなかった家屋(人家)とする。被災家屋包含率が高く、無被災家屋率が低くなるほど、精度の高い手法と判断する。

過去の土石流災害のうち、被災家屋に関する資料といった今回の適用に必要な情報が残っていた16事例について、2.で整理した手法を適用した。その際、 θ を計測する際の2地点間の水平距離が被災家屋包含率と無被災家屋率に及ぼす影響を把握するために、3種類(10m、100m、200m)の計測距離を設定し比較検証した。計算に必要なパラメータは土石流危険渓流カルテといった既存資料から推定した。また、基準地点は地形図上における谷の出口とした。

図-3は適用結果の一例である。実際の被災家屋は3戸あり、そのうち家屋被災範囲の中に入った被災家屋は1戸(10mの場合)、3戸(100mの場合)、3戸(200mの場合)であったので、被災家屋包含率は33.3%(10mの場合)、100.0%(100mの場合及び200mの場合)となった。また、無被災家屋は2戸(10mの場合)、1戸(100mの場合及び200mの場合)であったので、無被災家屋率は66.7%(10mの場合)、25.0%(100mの場合及び200mの場合)となった。この事例では、被災家屋包含率は3つのケースのうち100mと200mの場合で最も高く、無被災家屋率は3つのケースのうち100mと200mの場合で最も低いことになる。

表-1は16事例の被災家屋と無被災家屋を合計し、被災家屋包含率と無被災家屋率を算出した結果である。表中の「全数」とは実際の被災家屋の総数、または、家屋被災範囲に含まれた被災家屋と無被災家屋の合計である。「該当数」とは家屋被災範囲に含まれた被災家屋の総数、または、家屋被災範囲に含まれた無被災家屋の戸数である。被災家屋包含率(全半壊)は高い順に70.0%(200mの場合)、66.7%(100mの場合)、56.7%(10mの場合)の順になった。無被災家屋率は低い順に78.0%(100mの場合)、79.6%(200mの場合)、87.4%(10mの場合)となった。以上のように、 θ を計測する2地点間の水平距離を100~200m程度にすれば、無被災家屋率は80%程度となるものの、被災家屋包含率は70%程度と高いことが分かった。また、 θ を計測する2地点間の水平距離を200m程度とすれば、家屋被災範囲は分断せず一連の土地の区域となることが分かった。

表-1 被災家屋包含率と無被災家屋包含率

		土地の勾配を計測する際の水平距離[m]											
		10m				100m				200m			
		①/②	内訳			③/④	内訳			⑤/⑥	内訳		
被災家屋包含率	無被災家屋率		該当数①	全数②	該当数③		全数④	該当数⑤	全数⑥				
	全壊・半壊合計	0.567	17 戸	30 戸	0.667	20 戸	30 戸	0.700	21 戸	30 戸			
	全壊	0.400	4 戸	10 戸	0.500	5 戸	10 戸	0.600	6 戸	10 戸			
	半壊	0.650	13 戸	20 戸	0.750	15 戸	20 戸	0.750	15 戸	20 戸			
		無被災家屋率	0.874	118 戸	135 戸	0.780	71 戸	91 戸	0.796	82 戸	103 戸		

4. おわりに

土地の勾配を計測する2地点間の水平距離を200m程度とすると、2.で示した方法で設定した家屋被災範囲は過去の被災家屋の約7割以上を包含したことがわかった。また、紙面の都合上検討結果を示していないが、基準地点における土石流により流下する土石等の量の値を一渓流での流出土砂量の最大値と土石流災害での実際の流出土砂量の値を比較して大きい値とした場合、被災家屋包含率が高くなるが、無被災家屋率も高くなることも分かった。また、基準地点を実際の土石流の氾濫開始点とした場合の被災家屋包含率と無被災家屋率の変化を検討したところ、基準地点が地形図上の谷の出口より下流側に位置した場合、被災家屋包含率が高くなり、無被災家屋率が低くなる傾向が見られた。逆に、上流側に位置した場合、被災家屋包含率は低くなり、無被災家屋率も低くなる傾向が見られた。

今後は、本報告で示したように、無被災家屋率は7割から8割程度と高いことから、無被災家屋率を低減させる手法を検討していきたい。過去の土石流災害に関する資料等の既存資料を快く提供していただいた関係各位に深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1)国土交通省(2001):国土交通省告示第332号
- 2)例えば、高濱淳一郎(2000):土石流による河床変動、山地河川における河床変動の数値計算、(社)砂防学会編、p.118-133
- 3)建設省河川局砂防部砂防課(2000):土石流対策技術指針(案)第I編計画編、p.3-5

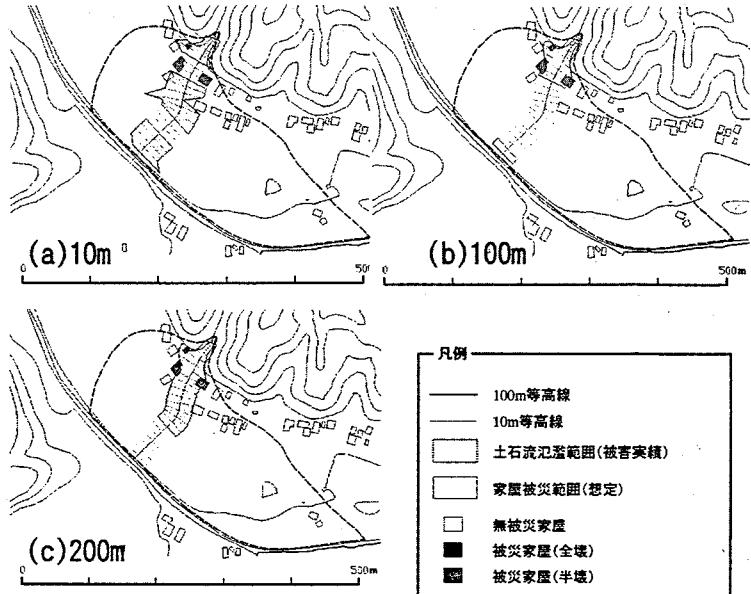


図-3 家屋被災範囲の推定結果事例