

5 昭和63年広島県加計町を中心として発生した土石流による家屋の被害

建設省土木研究所

○石川芳治 水山高久

栗原淳一 福澤 誠

1 はじめに

土石流災害による家屋の被災度を予測することは防災マップの作成、警戒避難体制の整備、防災事業の効果評価、災害に強い住宅の設計にとって極めて重要である。そこで昭和63年7月に広島県加計町を中心として発生した土石流災害について土石流の氾濫に係わる数種のパラメータと家屋の被災度の関係を調査した。その結果土石流のもつ流体力により家屋の被災度を比較的精度良く推定する方法を得た。

2 家屋の被災度調査方法

昭和63年7月20日から21日にかけて広島県山県郡加計町を中心とする地域は梅雨前線による豪雨に見舞われ大きな土石流災害が発生した¹⁾。加計町及び筒賀町において約20の溪流で土石流が発生した(図-1)が、このうち家屋に被害が生じたのは10溪流であり、11名の貴い命が失われた。

災害後、家屋に被害の発生した10溪流について現地調査、空中写真判読、地形図等により土石流の流下及び氾濫区域内の土石流、土砂流の流下痕跡、土砂堆積厚、地盤勾配、土石流による家屋の被災度等を調査した。家屋の被災度の判定に当たっては以下のような判定基準に従い5区分とした。

- ① 全 壊：完全に倒壊したもの、あるいは倒壊には至っていないが改築することが不可能と考えられるもの。
 - ② 半 壊：大きな損傷が生じているもので、大規模な改築をしなければ使用不可能なもの。
 - ③ 損 壊：柱や梁は破壊されておらず外壁や間仕切り壁の亀裂や破壊、窓ガラスの破壊等軽微な被害を受けているもの。
 - ④ 浸 水：外壁等には物理的な損傷はないが、床下等に濁水が進入したもの
 - ⑤ 無被害：建物には特に被害が発生しなかったもの。
- なお、今回の調査に当たっては家屋は住家、非住家を問わず1棟と数えている。

3 調査結果

3.1 家屋の被災度と構造

今回調査した各溪流の土石流氾濫区域内にあった家屋の被災度を溪流別に表-1に示す。調査対象となった

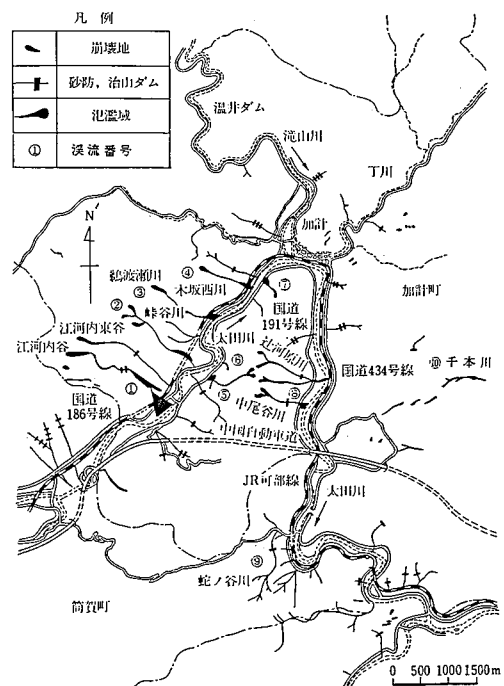


図-1 土石流により家屋への被害が発生した溪流位置図

107棟のうち約半数は①の江河内谷で起こった土石流の氾濫区域内にあった家屋であり、この谷では10名の方が土石流により命を奪われている。

次に、対象とした家屋の構造区分毎の内訳を表-2に示す。ほとんどが木造であるが、非木造のうち鉄筋コンクリートの3棟は江河内谷の土石流氾濫末端にあったこともあり被害は無かった。鉄骨構造の家屋の内、鵜渡瀬沢にある1棟は土石流氾濫域の末端にあったため被害はなかったが、中西平谷にあった1棟は土石流の直撃にあって倒壊した。ここでいうプレハブ構造の家屋とは木坂西川の土石流氾濫域末端にあった工事用の仮設住宅であり全壊した。このように今回の調査対象家屋はほとんどが木造であり構造の違いによる被災度の差異については明確な結論を得ることはできなかったが、仮設住宅は土石流に対して極めて弱いと言えるそうである。

3.2 土砂堆積厚と家屋の被災度

土砂堆積厚から家屋の被災度を推定しようとする試みはこれまでいくつか成されてきている。土砂の衝突や侵入により家屋が被災することを考えると極めて妥当な考えといえる。今回の調査対象家屋の被災度区分毎の家屋数と土砂堆積厚の関係を図-2に、また家屋数を百分率で表したものを図-3に示す。これらの図より土砂堆積厚と家屋の被災度にはある程度の相関関係があることが分かる。

土砂堆積厚と家屋の被災度にはある程度の相関関係があることを示した。しかしながら江河内谷の場合においては、上流氾濫域の谷の出口付近は土砂の堆積厚は薄く、場所によっては侵食域となっており、それにもかかわらずこの付近での家屋の被災形態は全壊が圧倒的に多かった。このようなことより家屋の被災度を土砂の堆積厚のみから推定するには限界があると言える。

3.3 家屋の持つ水平耐力

土石流が家屋に衝突することにより流体力及び衝撃力が家屋に働き、これらの力により家屋が倒壊や損傷等の被害を受けることは容易に想像できる。土石流による流体力、衝撃力の働く方向は河床と平行、すなわちほぼ水平と考えることができるから、家屋の被災度を推定するためには家屋の持つ水

表-1 溪流別の家屋被災度内訳書

(単位: 棟)

番号・溪流名	全壊	半壊	損壊	浸水	被害なし	計
① 江河内谷	19	4	12	1	14	52
② 野谷川	1	0	1	0	2	4
③ 鵜渡瀬川	1	1	0	1	2	5
④ 木坂西川	1	1	2	0	0	4
⑤ 中西平谷川	9	2	1	0	0	12
⑥ 山城川	0	1	0	0	0	1
⑦ 上原谷川	1	1	1	0	6	9
⑧ 中尾谷	1	1	1	0	0	3
⑨ 蛇の谷川	2	1	2	0	5	10
⑩ 千本川	4	3	0	0	0	7
計	59	15	20	2	21	107

表-2 土石流氾濫域にあった家屋の構造

家屋の構造	棟数	割合 (%)	備 考
木 造	101	94	
鉄筋コンクリート	3	3	被害なし
鉄骨造り	2	2	全壊と被害なし
プレハブ	1	1	全壊
合 計	107	100	

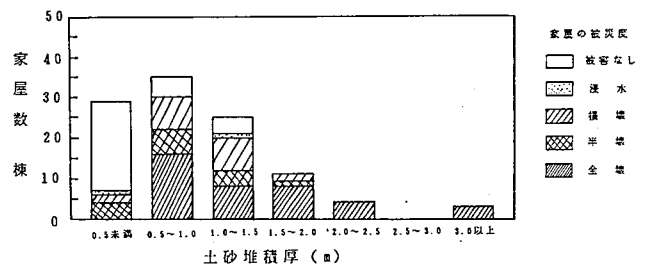


図-2 土砂堆積厚と被災家屋数

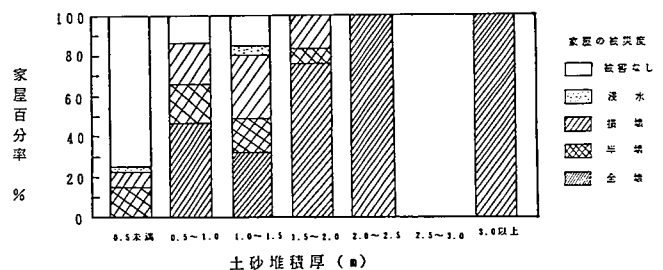


図-3 土砂堆積厚と被災度割合

平耐力を知ることが重要と言える。

これまで、主として木造建築物の耐震性能の検討のための基礎資料の収集を目的として実大建築物の静的水平加力試験がいくつか行われて来ている²⁾。これらの試験により得られた木造家屋の持つ最大水平耐力 P_0 と家屋の変形角が $1/200\text{rad}$ の時の耐力 $P_{1/200}$ を表-3に示す。これらの結果より土石流の持つ流体力による木造家屋の被災度判定に用いる基準としては単位幅当たり 0.5tf 及び 1.0tf が損壊、半壊の一応の目安となる。

3.4 土石流により家屋に働く流体力

流下、氾濫中の土石流が家屋に衝突した場合に家屋に作用する幅 1m 当りの流体力は以下の式で表される。

$$F = \frac{w}{g} h v^2 \quad \text{-----} \quad (1)$$

ここで、 F ：単位幅当りの流体力 (tf/m)、 w ：土石流の単位体積重量 (tf/m^3)、 g ：重力加速度 (m/s^2)
 h ：土石流の流動深 (m) 及び v ：土石流の流速 (m/s) である。

土石流の流速をマニング式を用いて表し、上式を変計すると次式が得られる。

$$F = \frac{w}{n^2 g} h^{7/3} I \quad \text{-----} \quad (2)$$

ここで、 n ：マニングの粗度係数、 I ：河床（地盤）勾配である。

(2) 式に、 $w=2.0$ (tf/m)、 $n=0.04$ 及び $g=9.8$ (m/s^2) を代入すると次式が得られる。

$$F = 127.5 h^{7/3} I \quad \text{----} \quad (3)$$

(3) 式を用いて、江河内容の氾濫域における流体力 F の分布を計算した結果を図-4に示す。ここで、土石流の流動深は現地の流下痕跡、氾濫シミュレーション計算結果を基に推定して求めた。同様にして、家屋に被害の発生した他の9溪流についても単位幅当りの流体力 F の分布を求めた。これら10溪流における単位幅当りの流体力 F の大きさ区分毎の被災家屋数と被災度区分を図-5に、また家屋数を百分率で表したものを図-6に示す。

これらの図より、土石流流体力の値が増加するにつれて家屋の全壊及び半壊の割合も増加しており、土石流の流体力と家屋の被災度には正の相関があることが分かる。また、土石流流体力が 0.5tf/m 未満の範囲では損壊以上の被害を受けた家屋は無く、 1.0tf/m 未満の範囲では半壊以上の被害を受けた家屋は無い。従って、これらの値が土石流による木造家屋の被災度を判定する際の目安になると考えられる。

表-3 木造住宅の水平耐力（既往の実物実験結果より）

(a)

住宅名	載荷方向	最大耐力 P_{max} (kgf)	幅 (m)	単位幅当り 耐力(kgf/m)	階数	経過年数
三鷹台都宮住宅	けた行 はり間	3,000 3,450	4.55 7.28	659 497	平屋	22年
静岡双宮住宅	はり間	2,600	7.735	336	平屋	25年
南砂町 A 棟	はり間	14,000	10.01	1,399	2階建	建設後
南砂町 B 棟	はり間	29,000	10.01	2,897	2階建	
総2階建試験住宅	はり間	8,100	7.28	1,112	2階建	
片2階建試験住宅	はり間	8,000	7.28	1,099	2階建	
平屋建平均				489		
2階建平均				1,527		
平均				1,139		

(b)

住宅名	載荷方向	変形耐力 $P_{1/200}$ (kgf)	幅 (m)	単位幅当り 耐力(kgf/m)	階数	経過年数
三鷹台都宮住宅	けた行 はり間	1,350 1,580	4.55 7.28	297 217	平屋	22年
静岡双宮住宅	はり間	1,280	7.735	165	平屋	25年
南砂町 A 棟	はり間	7,200	10.01	719	2階建	建設後
南砂町 B 棟	はり間	15,800	10.01	1,578	2階建	
総2階建試験住宅	はり間	5,390	7.28	740	2階建	
片2階建試験住宅	はり間	4,450	7.28	613	2階建	
建研実験住宅 (1)	けた行	1,100	5.46	201	2階建	
" (2)	けた行	1,200	5.46	220	2階建	
" (3)	けた行	2,100	5.46	385	2階建	
平屋建平均				226		
2階建平均				637		
平均				514		

4 まとめ

昭和63年7月に広島県加計町を中心として発生した土石流氾濫区域内にあった家屋の被災度と土石流流体力との関係を調査した。その結果、家屋の被災度は土石流のもつ流体力の大きさと強い相関があることが明かとなった。さらに、土石流のもつ流体力が0.5tf/m未満では損壊以上の被害は発生してお

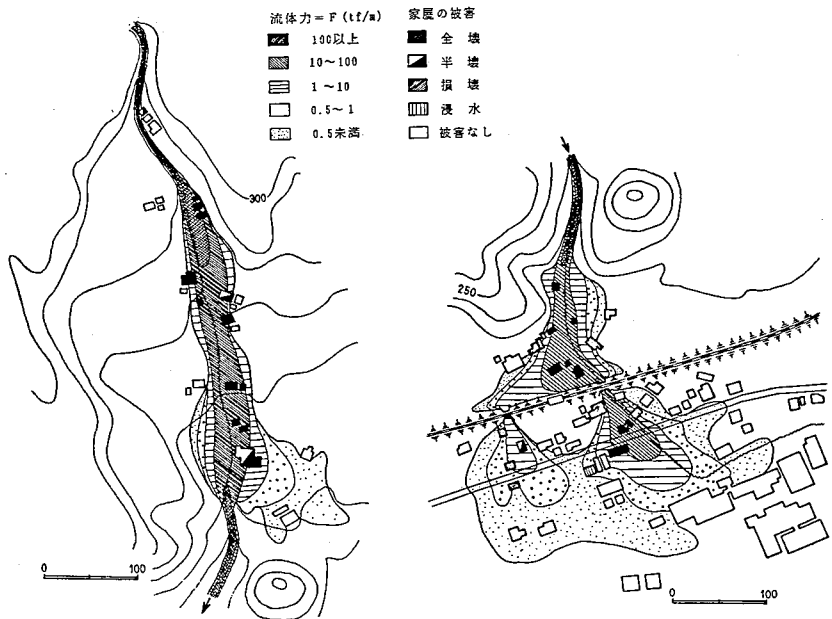


図-4 江河内谷江河内地区における土石流・堆積調査結果による土石流流体力分布と家屋の被災度

らず、1.0tf/m未満では半壊及び全壊と言った人命の危険に直接係わるような被害は発生していないと言う結果が得られた。このことから、土石流危険区域内にある家屋の被災度を精度よく推定するには土石流による流体力を指標として用いることが有効であり、すでに実用的に使われ始めている土石流氾濫シミュレーション計算により土石流氾濫域内の流速分布及び流動深分布を得ることにより、土石流氾濫区域内の家屋の被災度の推定に役立つものと期待される。

最後に、災害復旧の多忙な中、中国地方建設局河川計画課、温井ダム工事事務所、広島県土木建築部砂防課及び加計町役場の方々には資料提供及び現地調査に当り多くの御支援を賜りました。ここに感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 水山高久、石川芳治、栗原淳一：昭和63年7月広島県加計町に発生した土石流災害、新砂防、第41巻、第3号、1988
- 2) 日本建築学会：建築耐震設計における保有耐力と変形性能、1981

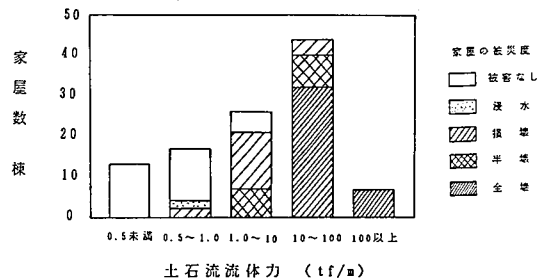


図-5 土石流の流体力と被災家屋数

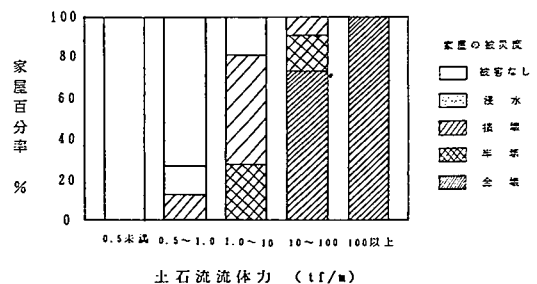


図-6 土石流流体力と被災度割合