

土石流の氾濫・堆積過程に関する研究 (I)

— 平成2年阿蘇黒川災害における土石流解析 —

森林総合研究所九州支所 小川 泰浩・清水 晃
宮緑 育夫・竹下 幸

1. はじめに

平成2年7月2日、九州中北部地方において前日からの梅雨前線の活発な活動によって、集中豪雨が発生した。この豪雨により阿蘇山根子岳北斜面で多数の崩壊が起これ、これら崩壊による土砂が土石流となり黒川源流部を流下した。土石流の石礫の大半は治山・砂防ダム群により捕捉されたが、この土石流に含まれた細粒土砂や流木の大部分は河床に堆積せず流木を含んだ土石流となり国道57号線の橋梁である松原橋に達した。この橋梁で流木が捕捉されたため、後続の流木を含んだ土石流が松原橋で2つの方向に分かれて流下した。この土石流の氾濫によって、橋から下流の住宅地や田畑が被災し、死者が発生した。

本災害については、土石流シミュレーションを適用して氾濫・堆積形状を検討した報告がある^{1,2)}。しかし、これらは松原橋直上の河川の左岸の護岸決壊が考慮されず、大きな被災を受けた松原橋付近の土石流の氾濫が時系列的に検討されていない。

本論では、過去に報告された平成2年阿蘇災害の資料を整理し、松原橋左岸の護岸決壊を考慮した上でシミュレーションを行い、土石流氾濫の時系列的な変動とシミュレーションの再現性について検討した結果を報告する。

2. 解析方法

今回のシミュレーションに採用したモデルは、水山ら³⁾の方法による。ただし、流体の摩擦抵抗力は以下の式を用いた。

$$F_x = \rho_0 \cdot g \cdot n^2 \cdot u \cdot \sqrt{(u^2 + v^2)} / h^{1/3}$$

$$F_y = \rho_0 \cdot g \cdot n^2 \cdot v \cdot \sqrt{(u^2 + v^2)} / h^{1/3}$$

ここに、 F_x 、 F_y ：それぞれx、y方向の流体の摩擦抵抗力、 ρ_0 ：土石流の密度、 g ：重力加速度、 n ：マニ

ングの粗度係数、 u 、 v ：それぞれx、y方向の流速、 h ：土石流の流動深である。この方法に従って、水と土砂の連続式とx、y方向の運動方程式をそれぞれ差分化し、各式の解を求めた。

実際の氾濫計算の対象にした地域を図-1に示す。この地域を25mのメッシュに分割し、1/5000、1/10000地形図により各メッシュの標高を読みとった。なお、松原橋、河川の堤防、土石流で流出しなかった家屋等は、標高を補正することで評価した。

次に、平成2年の阿蘇における土石流災害の報告から今回の計算に必要な水と土砂の性質に関するデータ^{4,5)}を整理すると表-1のようになる。

黒川の土石流は、6月28日～7月1日の4日間の先行降雨に加えて、短時間の強雨によって発生したと考えられるので、9時から9時30分の降雨強度42mmが土石流の発生に関与していると仮定し、図-2のように供給流量を決定した。

本計算の計算条件は、刻み時間1秒とし、土石流先頭部の停止判定水深は、平均粒径程度(0.001m)より小さくなった時点とした。また、対象時間は氾濫推定時間を考慮して3時間⁶⁾とし、供給土砂は36万 m^3 とした⁷⁾。土砂濃度は、0.40を与えた⁷⁾。この初期条件を満足するために土砂濃度計算式は、以下の式とした。

$$C_s = 28.0 \frac{11.85 \tan^2 \theta}{1 + 11.85 \tan^2 \theta}$$

C_s ：土石流土砂濃度、 θ ：河床勾配である。計算メッシュもx、y方向に対し上式を採用し、土砂濃度の上限値を0.90 C_s とした。ここで、 C_s は堆積層の砂礫の容積濃度である。

3. 解析結果と考察

まず、氾濫形態について検討を行う。計算開始15分後の氾濫水深分布図を図-3に示す。土石流が松原橋で2つの方向に氾濫している状況が再現された。この時間の実際の氾濫水深は人間の腰以上あり⁷⁾、図-3から水

Yasuhiro OGAWA, Akira SHIMIZU, Yasuo MIYABUCHI and Miyuki TAKESHITA (Kyushu Res. Ctr., For. and Forest Prod. Res. Inst., Kumamoto 860)

Study on mechanism of debris flows flooding and their sedimentation (I)

— Numerical simulation of debris flow of Aso disaster on 1990 —

深は1m前後となり、松原橋付近の氾濫直後の水深が良く再現された。

この土石流は計算開始10分後に松原橋に到達しており、実際の土石流が松原橋に到達した時刻は午前9時36分頃⁴⁾なので計算開始10分後を9時36分と仮定する。数値計算では、図-4に示すように松原橋の左岸から氾濫した土石流が一の宮中学校に到達した時刻は、計算開始35分後の午前10時11分である。この結果は、実際の到達時刻である午前10時5分頃⁴⁾とほぼ一致する。

次に堆積形態について検討する。最終的な氾濫堆積図を図-5に示した。この図と実際の氾濫の主流図⁴⁾との比較を行ったところ、以下の結果となった。計算による堆積深は、上流左岸側を除く地域と松原橋下流域で10cmから50cmの範囲の堆積が中心となり、高い堆積の再現性が得られた。

また、松原橋下流域での氾濫後の調査では左岸側は右岸側に比べ土砂

表-2 土砂堆積厚と流動深の計算結果(m)

土砂		流水	
* 非計算メッシュ	* 非計算メッシュ	+ 0	~0.1以下
+ 0	~0.001以下	+ 0	~0.1以下
1 0.001~0.01	1 0.1~0.2	2 0.01~0.1	2 0.2~0.3
2 0.01~0.1	2 0.2~0.3	3 0.1~0.2	3 0.3~0.4
3 0.1~0.2	3 0.3~0.4	4 0.2~0.3	4 0.4~0.5
4 0.2~0.3	4 0.4~0.5	5 0.3~0.5	5 0.5~0.7
5 0.3~0.5	5 0.5~0.7	6 0.5~0.7	6 0.7~1.0
6 0.5~0.7	6 0.7~1.0	7 0.7~1.0	7 1.0~1.5
7 0.7~1.0	7 1.0~1.5	8 1.0~1.5	8 1.5~2.0
8 1.0~1.5	8 1.5~2.0	9 1.5~2.0	9 2.0~3.0
9 1.5~2.0	9 2.0~3.0	0 2.0 ~	

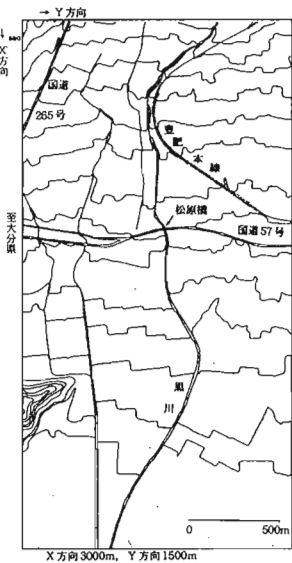


図-1 解析対象地の地形図

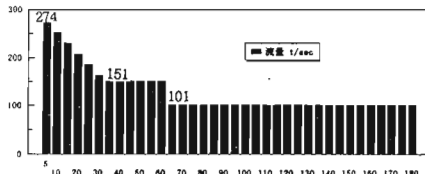


図-2 供給水のハイドログラフ

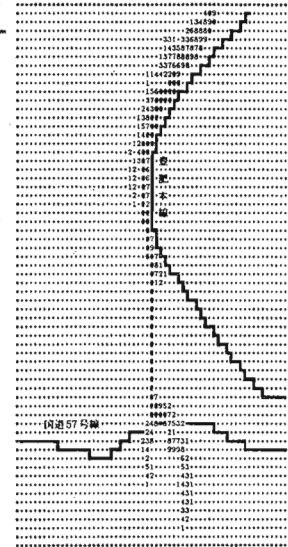


図-3 計算開始15分後の氾濫水深分布



図-4 計算開始35分後の氾濫水深分布

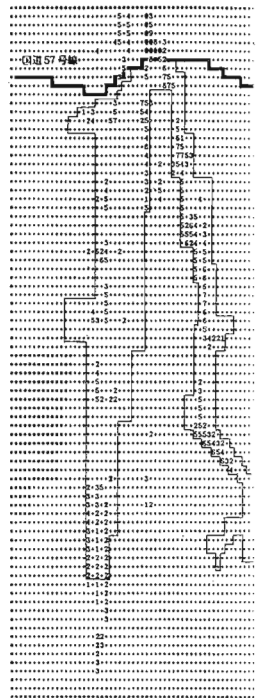


図-5 計算開始3時間の土砂の堆積分布

注) 枠内は実際の土砂流の堆積範囲

の堆積が多い結果が得られており、この実態も今回の数値計算で良く再現された。この結果は、数値計算で松原橋左岸側の護岸決壊を考慮したことにより土石流が右岸側に比べ多く流下したためであると考えられる。

引用文献

- (1) 大倉陽一ほか：砂防学会研究発表会概要集, 102~103, 1991
- (2) 石川芳治ほか：砂防学会研究発表会概要集, 94~97, 1991
- (3) 水山高久ほか：土木技術資料 27 (8), 3~9, 1985
- (4) 平野宗男ほか：文部省科研費1990年7月九州中部豪雨による災害の調査研究, 51~132, 1991
- (5) 福田寿ほか：調査試験報告 No.20, 72~76, (財) 林業土木コンサルタンツ付属研究所, 1991
- (6) (社) 砂防学会監修：砂防学講座第4巻, p.261, 山海堂, 東京, 1991
- (7) 朝日新聞 1990年7月3日朝刊

表-1 土質工学的諸量

n	σ (t/m ²)	ρ (t/m ³)	d (m)	ϕ (度)	C	運動量補正係数	無次元限界掃流力
0.04	2.60	1.64	0.001	6.5	0.65	1.10	0.034

σ : 砂礫の密度 d: 砂礫の代表粒径 ϕ : 内部摩擦角 C*: 堆積層の砂礫の容積濃度
n: マニング粗度係数 ρ : 土石流中の微細土砂の影響で増加する水の見かけの密度
注) 無次元限界掃流力は岩垣式より決定した。