

25 熊本県一の宮町の泥流・流木災害 —泥流・流木の氾濫・堆積特性と家屋の被害—

建設省土木研究所 ○石川芳治
〃 草野慎一
〃 福澤 誠
八千代エンジニアリング(株) 井戸清雄

1. はじめに

平成2年7月1～2日にかけて、九州中北部では梅雨前線の活発化により集中豪雨が発生し、各地で土石流、がけ崩れ、地すべり等が発生して多くの人命、財産に被害を与えた。このような土砂災害の中でも最大の人命、家屋に対する被害が生じたのは、熊本県一の宮町の古恵川で発生した泥流及び流木による災害である。この泥流・流木による災害の発生機構を解明して、今後の泥流・流木対策検討の基礎資料を得る事を目的として、泥流・流木の氾濫・堆積特性と家屋の被災機構を現地調査及び土石流氾濫シミュレーション計算により検討したので報告する。

2. 一の宮町古恵川流域における泥流+流木災害の概要

7月2日9時から10時にかけて、阿蘇山周辺では最大時間雨量67mm(アメダス阿蘇乙姫観測所)が発生しており、ほぼこの時刻に、古恵川上流で山腹斜面崩壊とそれに伴う土石流が発生したと考えられる。上流域で発生した土石流は、直徑3m前後の巨石を含んで古恵川を流下し、上・中流部の渓岸崩壊、渓岸侵食により土砂と多量の流木(主として20～30年生の杉)を発生させた。巨石の大部分は中流部にあった砂防ダム群により捕捉されたが、土石流に含まれていた火山灰を主とする細粒土砂及び流木の大部分は河床に堆積することなく泥流+流木の形で流下を続けた。この泥流+流木の流れは古恵川を渡る国道57号の橋梁(長さ約10m、幅約7m)に達した時、流木は橋梁により捕捉されて橋梁の通水断面を完全に閉塞した。河道の閉塞に伴い、流れのせき上げが生じて後続の泥流+流木は周辺の国道及び住宅地上へ氾濫した。この泥流+流木の流れは国道橋の左右に2つに分かれて突き進み、流木及び泥流の衝突により死者8名、全壊家屋約70戸、半壊家屋約70戸に上る甚大な被害を発生させた。この泥流+流木の到達範囲は東西約1km、南北約2kmにも達しており、この氾濫・堆積地内では流木の堆積が目立つ反面巨石(直徑0.5m以上)はほとんどなく、平均粒径1mm程度の火山灰がほとんどである。

3. 古恵川における土砂及び流木の収支

災害前後の空中写真を用いて古恵川流域における崩壊地面積を測定して、それに現地調査結果に基づく平均崩壊深1.3m、崩壊地からの流出率0.73を掛けて概略の山地崩壊部からの生産土砂量約63万4千m³を求めた。このうち本川に流出したのは約29万1千m³と推定され、河岸及び河床侵食による河道からの流出土砂量約2千3百m³及び河道への堆積土砂量約4万5千m³を考慮すると国道橋付近への流出

土砂量は約24万9千m³と推定される。このうち約16万4千m³が一の宮町市街地等の河道の外へ氾濫・堆積し、約8万5千m³が古恵川に沿って黒川に流入したと推定される。

流木については空中写真判読により針葉樹林と広葉樹林の崩壊及び侵食面積を測定した。次に代表的な針葉樹林と広葉樹林計9地点の現地サンプリング調査より樹木密度及び幹材積を得た（それぞれ針葉樹林で22本／100m²、0.233m³／本、広葉樹林で11本／100m²、0.022m³／本）。流木堆積率を考慮すると、古恵川上・中流域からの流木流出本数及び幹材積はそれぞれ針葉樹で約5万1千本、約1万2千m³、広葉樹で約3万7千本、約1千m³の計8万8千本、1万3千m³と推定される。針葉樹（主として杉）は本数では約58%を、幹材積では約91%を占めており、さらに発生時の長さも針葉樹で平均約14m、広葉樹で平均約4mであることを考慮すると流木の主体は針葉樹であったことが分かる。また、渓岸侵食により発生・流下した流木は針葉樹の本数で全体の55%、幹材積合計でも53%に達しており、渓岸侵食により多量の流木が流出していることが分かる。これらの流木のうち約1万9千本（約4千4百m³）は河道外の一の宮町市街地へ氾濫・堆積し、残りの約6万9千本（約8千m³）が古恵川に沿って黒川に流入したと推定される。

4. 泥流氾濫シミュレーション計算

4.1 計算目的及び方法

流木による河道閉塞が泥流の氾濫区域に与える影響及び泥流・流木の氾濫が家屋の被害に与える影響を調べるために、家屋の被害・流木の堆積分布の推定手法を検討するために二次元の土石流氾濫シミュレーションモデルを用いて泥流の氾濫の計算を行った。

計算は、1)土砂を含む水流の運動方程式、2)その連続式、3)流砂量式、4)その連続式 を連立して差分化することにより解いた。なお、流砂量式は、粗粒分については高橋の土石流濃度式を、細粒分については便宜的に浮遊砂量式の芦田・道上式を用いて解いた。なお、流砂量の連続式は、流動深中の土砂濃度を考慮し、粗粒、細粒の土砂各々について連続式を立てた。

4.2 計算条件

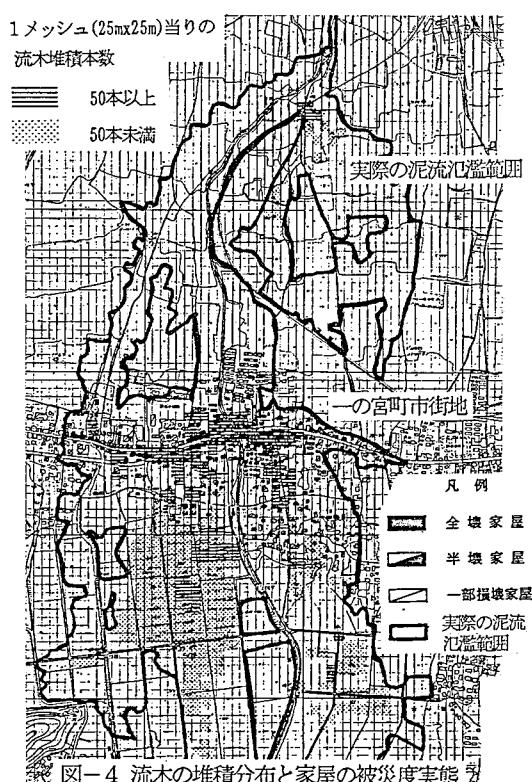
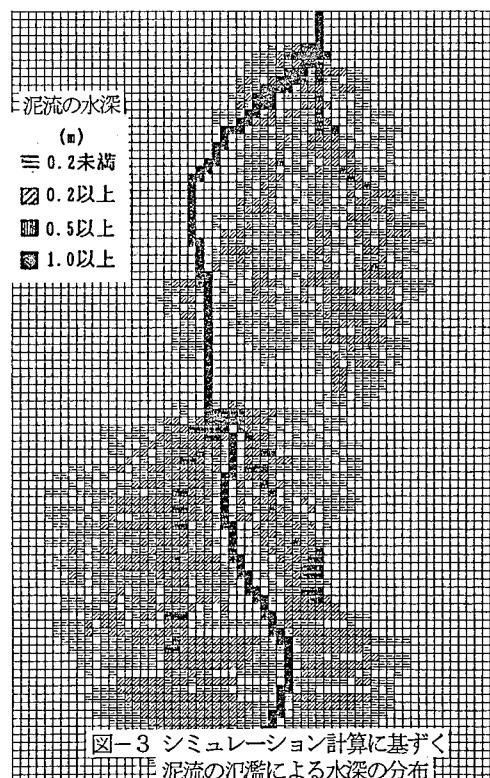
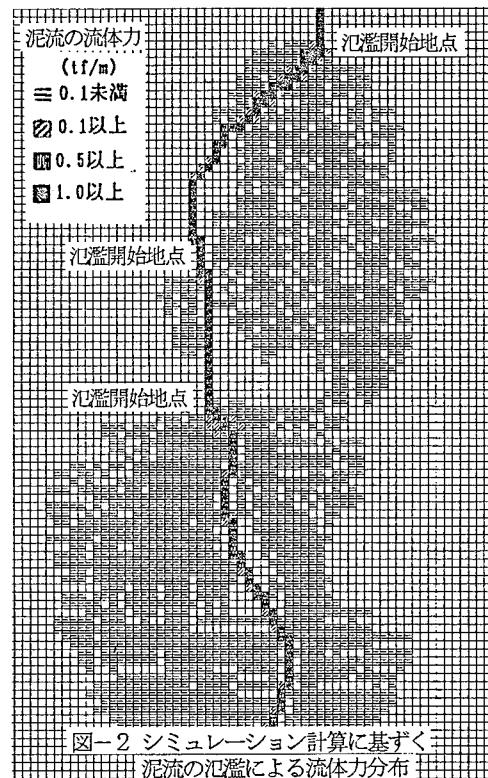
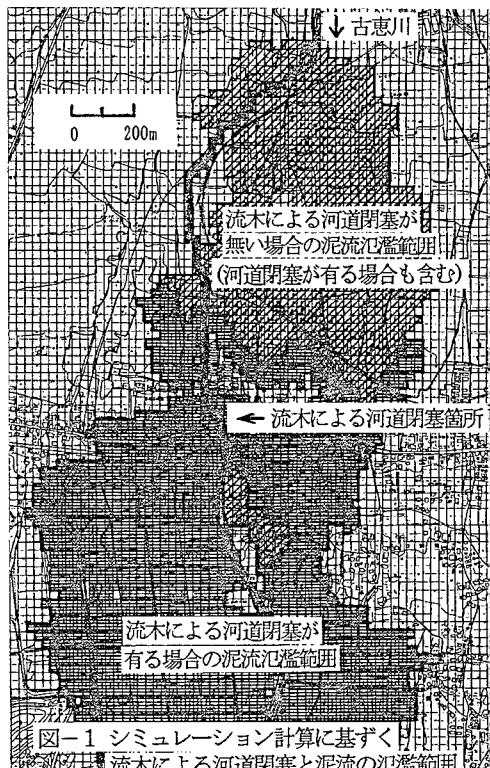
計算範囲は、南北2.5km東西2.0kmで、メッシュ間隔を25mとして、計100×80=8,000メッシュとした。計算に用いた流量は雨量データ、古恵川中流部における泥流通過痕跡調査結果をもとに清水で209m³/s、土砂で56m³/s、計265m³/sとした。なお、流砂量のうち半分は粗粒砂で、半分は細粒砂とし、それらの代表粒径は、1mm、0.05mmとした。また、運動量補正係数β=1.1、粗度係数n=0.10、計算刻みは0.1秒とした。なお、泥流中の流木については計算上は考慮していない。

4.3 計算結果

(1) 流木による河道閉塞と泥流の氾濫範囲

流木による河道閉塞が生じない場合と、実際の災害のように国道橋で流木が閉塞した場合の2つのシミュレーション計算ケース結果を図-1に示す。図-1より流木による閉塞が生じない場合には国道橋付近における泥流の氾濫範囲は極めて狭く、国道橋より下流の泥流氾濫は主として流木の閉塞により引き起こされていることが分かる。

(2) 流体力分布及び流木の衝突と家屋の被災度



今回の災害を再現したケースにおける泥流の流体力の分布を図-2に示す。図-2より泥流の氾濫区域において、流体力が $0.1\text{tf}/\text{m}$ を越えている箇所はほとんどなく、木造家屋の全壊、半壊には流体力にして $1\text{tf}/\text{m}$ 以上必要である¹⁾ことを考慮すると、泥流のみでは今回のような全・半壊家屋が約140戸にも上る災害は発生しなかったと考えられる。一方、流木の衝突による衝撃力は同じ質量の石礫とほぼ同一である²⁾ことから今回の災害では泥流中に含まれていた約1万9千本に上る流木の家屋への衝突が被害拡大の大きな原因となったと考えられる。

(3) 流木の堆積分布と泥流の水深分布および家屋の被災度

流木の堆積を支配するパラメーターとしては、流木の直径・長さ・密度の他に流水の密度・水深・流速、地盤の勾配・粗度、障害物の有無等が考えられるが、今回の泥流・流木の氾濫・堆積範囲は地盤勾配も緩く、流木に作用する流体力も小さいため、流木の氾濫・堆積は水深及び障害物の存在により大きく影響されたと考えられる。図-3にシミュレーション計算による泥流の水深分布を、また図-4に実際の流木の堆積分布を示す。堆積した流木の平均直径は約20cmであることから流木の堆積範囲は、泥流の水深20cmの範囲とほぼ一致する。なお、国道橋付近において流木堆積が特に多いのは、付近の家屋の存在による流木の捕捉効果が大きく作用しているものと考えられる。また、図-4より流木の堆積密度が高い(50本/メッシュ以上)区域は家屋の全壊・半壊区域とほぼ一致している。

5. あとがき

土石流・土砂流とともに発生、流下する流木による災害は、これまで昭和13年、42年の阪神・六甲災害、昭和57年の長崎災害、昭和58年の島根災害、昭和61年の京都府南部災害、昭和62年の熊本県中北部災害等で、くり返し報告されており、流木の発生・流下機構³⁾、対策工²⁾の検討もなされてきている。しかしながら今回の災害のように、巨石を含まない泥流と流木により、人命と家屋に大きな被害が発生したのは近年ではまれであり、特筆に値するものと言える。特に土石流中の巨石が上流の砂防ダム等で捕捉されているにもかかわらず下流部で泥流+流木の氾濫・堆積により甚大な人命・家屋への被害が発生していることから、今後とも流木発生抑止工により渓岸侵食等による流木の発生防止を図るとともに、透過型砂防ダム等の流木捕捉工の設置により流木対策を積極的に進める必要がある。

最後に、今回の現地調査にあたり災害発生直後の多忙な中、御指導と御支援を賜った建設省河川局砂防部砂防課ならびに熊本県土木部砂防課、一の宮土木事務所の皆様方に心より感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 石川芳治、水山高久、栗原淳一、福澤 誠：昭和63年広島県加古町を中心とした土石流による家の被害、平成元年度砂防学会研究発表会概要集、1989
- 2) 例えば、石川芳治、水山高久、浅井信秀：流木の衝突による鋼材の変形に関する実験的研究、砂防学会誌、第42巻、第5号、1990
- 3) 例えば、石川芳治、水山高久、福澤 誠：土石流に伴う流木の発生および流下機構、砂防学会誌、第42巻、第3号、1989