

51 1999年6月豪雨による広島県古野川土石流の氾濫解析

○ 大阪府立工業高等専門学校 本田 尚正 立命館大学理工学部 江頭 進治 筑波大学農林工学系 伊藤 隆郭

1. はじめに 1999年6月の広島豪雨により、広島市・呉市を中心として、山・崖崩れ、土石流および河川氾濫により24人の尊い人命が奪われるとともに、家屋、各種公共施設、農地・林地等が甚大な被害を受けたことは、2年近くが経過した今もなお記憶に新しい。本研究では、土砂災害に対するハザードマップ作成のための有用な情報を得ることを目的として、古野川(広島市佐伯区五日市町)を対象に土石流の一次元流動解析および二次元氾濫解析を行い、土砂移動現象の再現を試みる。

2. 河川および被災の概要 古野川は八幡川の支流で、今回の土石流によって被災した五日市町上小深川地区では、図-1に示すように、古野川本川に対して計3本の右支川が合流している。そのいずれの支川においても、本川と同様に今回土石流が発生している。図-2に、本川の流動幅を示す。なお、これらの図では、航空写真判読により溪流内に土石流の流下痕跡が確認された最上流地点を $x=0\text{m}$ としている。

当地区では、八幡川合流点までの古野川に面した約1kmの延長にわたって多数の家屋が損壊し、2名の死者を出した。各溪流とも源頭部は未確認であるが、いずれの溪流部にも過去の崩落によるマサ土を主体とした砂礫が厚さ2.0m程度堆積しており、溪流部にはスギやヒノキ等の植生があった。土石流はこれらの溪流堆積物や樹木を取り込んで大規模化し、流木を発生させながら流下した。なお、土石流の氾濫域となった八幡川手前の下流部では、厚さ1.0m程度の土砂堆積はみられるものの、それらには直径1.0m規模の巨石は含まれていない。一方、それらと同じ区域で家屋等の損壊が発生した箇所では、流木が多数確認されている。これらの情報と住民の証言から、今回の災害発生による家屋損壊の主原因は、土石よりもむしろ水流と流木であったと推定される¹⁾。

3. 土石流の再現計算の方法および計算条件 ここでは江頭らの方法^{2,3)}により、古野川本川の河道に沿った土石流の流動過程を一次元数値解析で、土石流の面的な氾濫・堆積過程を、一次元解析で得られた谷出口の流出ハイドログラフを入力条件として二次元数値解析で、それぞれ再現する。数値解析にあたり、土石流の支配方程式の差分法は leap-frog 法により、差分条件は $\Delta x = 1.0\text{m}$ および $\Delta t = 0.02\text{sec}$ である。

計算条件として、まず、計算対象区間、初期河床縦断形状および流動幅は、図-1および図-2のとおりである。次に、元河床の侵食条件であるが、現状では、斜面崩壊や土石流の材料となる風化層の厚さおよび河床材料の厚さを推定するための十分なデータがないので、ここでは、非粘着性材料の飽和時の安定限界勾配に着目して、 22.0° よりも急な領域では限界侵食深を1.0mとし、これよりも緩い領域では2.0mと仮定する。次に、供給水量は、Talbotの式³⁾を用いて時間最大雨量63mm/hr(魚切ダム雨量観測所)から継続時間5分間降雨強度を推定し、これと古野川本川の最上流端における集水面積(約0.86ha)から見積もると0.30 m^3/sec 程度となる。計算ではこれを供給流量 Q_{in} として定常的に与え、そのときの土砂濃度は便宜上5%とする。その他、数値計算に必要な物理定数は、それぞれ、泥水の密度 $\rho = 1.33\text{g}/\text{cm}^3$ (微細砂濃度20%)、砂礫粒子密度 $\sigma = 2.65\text{g}/\text{cm}^3$ 、静止堆積濃度 $c_s = 0.50$ 、砂礫粒子の内部摩擦角 $\phi_s = 33.0^\circ$ 、砂礫の代表粒径 $d = 5.0\text{cm}$ である。

4. 計算結果および考察 図-3(a)~(c)には、一次元流動解析の結果の一例(水深、流量および土砂濃度)を示している。この図によれば、土石流の先端部に水深および流量の最大値があり、先端が段波状に流下している様子が再現されている。これらの土石流の流下過程における発達・大規模化には、侵食による河床材料の取り込みが大きく寄与している。 $x = 1,000\text{m}$ 地点が谷出口に相当し、それより下流では流動幅が拡大するため、土石流特性値は急激に減少している。とくに $x = 1,200\text{m}$ より下流では、土砂濃度は20%前後もしくはそれ以下であり、流れの形態は、土石流からいわゆる土砂流へと変化していることがわかる。

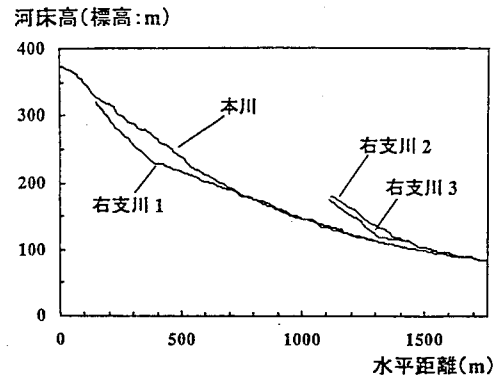


図-1 河床縦断形状(古野川)

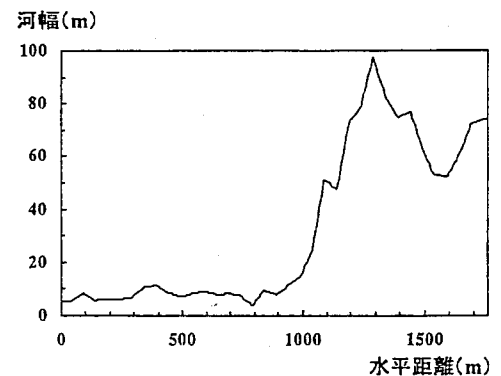


図-2 流動幅(古野川本川)

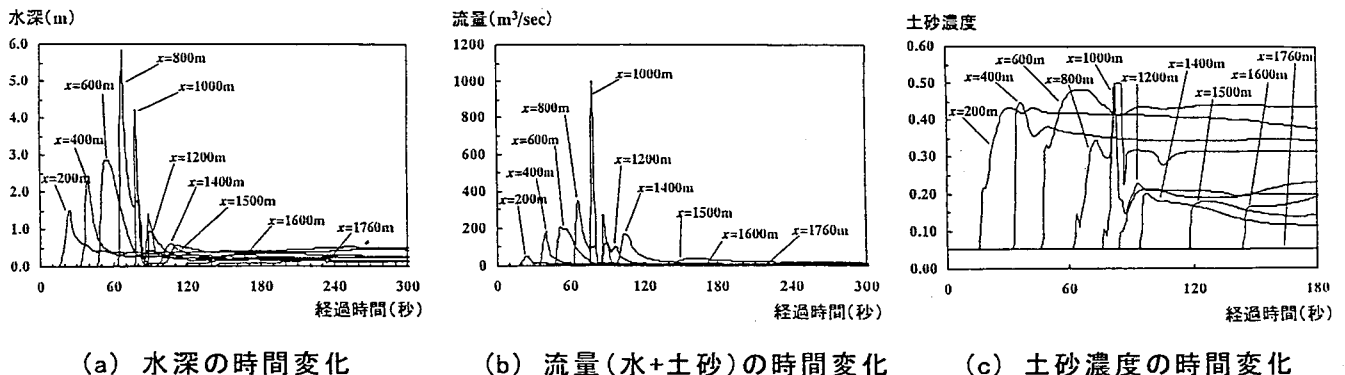
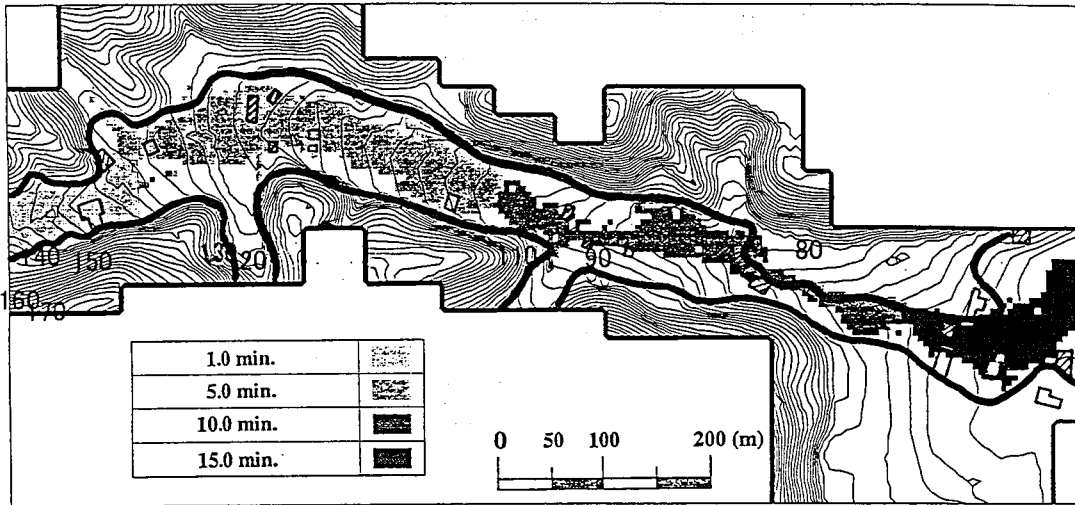
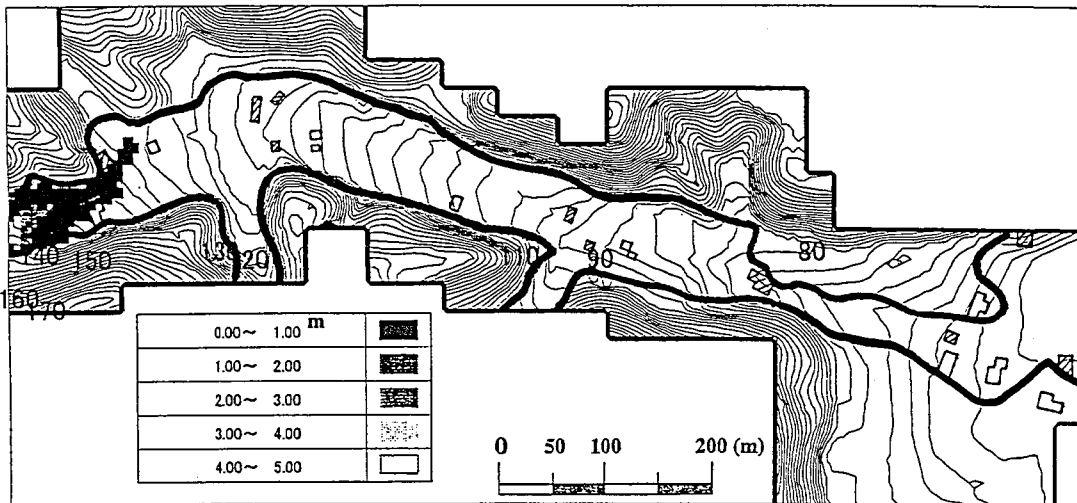


図-3 一次元流動解析結果の一例



(a) 土石流の氾濫範囲の経時変化(流動厚 5.0cm 以上)



(b) 土砂の最大堆積厚分布

図-4 二次元氾濫解析結果の一例(古野川本川)

図-4には、 $x=1,000\text{m}$ 地点を計算上流端とし、一次元流動解析結果を入力条件とした二次元氾濫解析の結果の一例を示している。まず、図-4(a)は、土石流の流動厚が5.0cm以上の氾濫範囲の経時変化を示している。なお、同図には比較のため、航空写真判読による氾濫域を実線で示している。また、 \boxtimes 印は家屋全壊、 \square 印は家屋半壊の領域を示している。同図によれば、延長975mを通過するのに10分以上を要している。計算による氾濫範囲は、実際のそれよりも若干小さく見積もられているものの、対象領域の微地形の影響や流木の流れに及ぼす影響等を考慮していないことを念頭におけば、概ね氾濫範囲を再現していると考えられる。

次に、図-4(b)は、土石流通過後の土砂の最大堆積厚分布を示している。同図によれば、土砂は上流端から150mの間にほとんど堆積しており、堆積土砂量は約 $1,200\text{m}^3$ で、一次元解析より得られた源頭部から $1,000\text{m}$ 地点の流出土砂量約 $1,000\text{m}^3$ にほぼ等しい。それより下流側には、砂礫の濃度が数%程度の泥水が段波状に流下している。この泥水による浮力の増大により、下流部の土石流氾濫域では、比較的勾配が緩いにもかかわらず、流木等が流れやすい状態であったと推察される。

5. おわりに 本研究では、実流域において発生した土石流を対象に、一次元流動解析と二次元氾濫解析との組合せによる土石流の再現計算の一例を示した。本方法によれば、ここで示した計算結果のほか、最大水深や流量フラックスの分布等についても容易に算定でき、ハザードマップを作成する際の有用な情報を提供することができる。なお、今後の課題としては、差分スキーム等の工夫による計算精度の向上、数値計算条件(とくに元河床の侵食条件および水の供給条件)の合理的な設定方法の確立等が挙げられる。

最後に、本研究を遂行するにあたり、広島大学水工学研究室(福岡 捷二教授)には、雨量データを快くご提供いただくなど、種々ご協力をいただいた。ここに記して深謝いたします。

参考文献 1) 福岡捷二・渡邊明英:6月29日集中豪雨による広島県土砂災害, 土木学会誌第84巻第10号, pp.54-58, 1999. 2) 江頭進治:土石流の流動機構と氾濫・堆積域の解析—基礎理論からハザードマップまで—, 1999年度(第35回)水工学に関する夏季研修会講義集Aコース, (社)土木学会水理委員会・海岸工学委員会, pp.A-6-1-18, 1999. 3) 江頭進治・宮本邦明・伊藤隆郭:掃流砂量に関する力学的解釈, 水工学論文集, 第41巻, pp.789-794, 1997.