

2003 年 7 月福岡県宇美川上流域で発生した土石流の流出解析に関する研究

(株)八千代エンジニアリング
九州大学大学院工学府
九州大学大学院工学研究院
九州大学大学院工学府
九州大学大学院工学研究院

○永野博之
高岡広樹
橋本晴行, 朴埼臻
城戸正一郎
江崎哲郎

1. はじめに

7 月 19 日の集中豪雨により, 福岡県の 2 級河川多々良川水系宇美川流域(図-1)において上流域で数十カ所に上る地点で崩壊・土石流が発生し, 大量の流木と土砂が下流に流下して, 流域の宇美町, 志免町, 福岡市東区において, 流木による橋梁の閉塞や河床上昇による氾濫が発生し, 田畑や住宅街などの浸水被害を発生させた。

著者らは, 宇美川流域について, 災害直後より現地調査や市民からの聞き取り調査を行うとともに, 関係機関において資料収集を行ってきた。本研究は, 宇美川流域の水害の原因となった上流域での崩壊・土石流に焦点を当て, その流出特性について調べたものである。

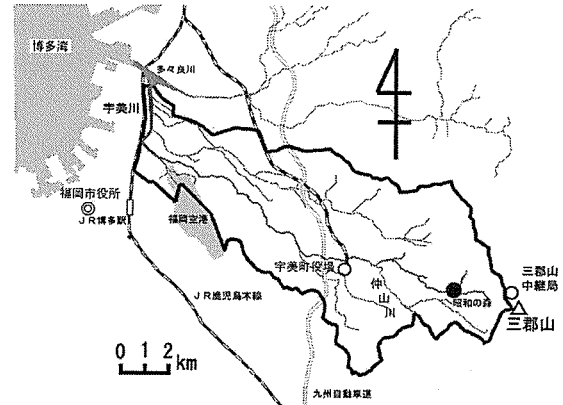


図-1 福岡県宇美川流域

2. 土石流の流出解析¹⁾

対象流域を斜面部と河道部とに分け, 斜面部では kinematic wave 法を用いて雨水と土砂の流出計算を行った。河道部では dynamic wave 法を用いて 1 次元河床変動計算を行った。対象流域は仲山川との合流点より上流であり, 流域を図-2 のように斜面部と河道部とに分割した。図中の矢印は斜面崩壊の発生場所を示す。計算対象時間は 7 月 18 日 21 時から翌 19 日 9 時までである。以下, 斜面部と河道部における流出計算法について述べる。

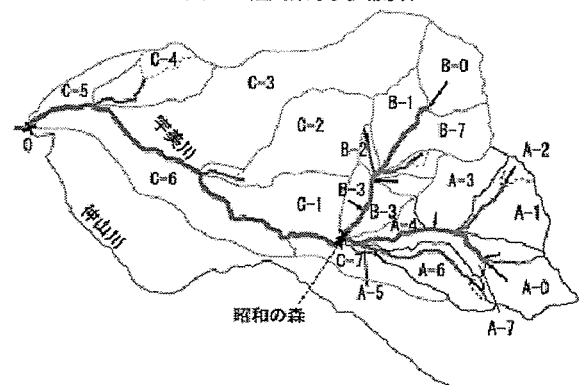


図-2 河道と斜面とに分割された流域

2.1 斜面部

運動方程式は擬等流として取り扱い, 斜面における河床変動は, 土砂の連続式は用いず侵食速度式を用いた。用いた基礎式を以下に示す。

$$\frac{\partial(z \cos \theta_s + h)}{\partial t} + \frac{\partial q_{in}}{\partial x} \cos \theta_s = r(t) \cos \theta_s \quad (1)$$

$$q_{in} = \frac{1}{n_s} \sqrt{\sin \theta_s} h^{5/3} \quad (2)$$

$$\frac{\partial z}{\partial t} = -k_c C_{in}^2 v \quad (3)$$

ここに, θ_s : 斜面勾配, h : 水深, z : 標高, q_{in} : 泥水の流出流量, $r(t)$: 有効雨量強度であり, 三郡山中継局における 10 分間雨量を用いた, n_s : マニングの粗度係数($=0.6$), k_c : 補正係数, $v=q_{in}/h$: 断面平均流速, C_{in} : 斜面からの流出土砂濃度であり, 斜面全体に様に与える。崩壊斜面では雨量強度が最大となる時間に崩壊が発生するとし²⁾, 実測の崩壊土量から崩壊継続時間を算出した。

計算は式(3)の流出土砂濃度 C_{in} を変え, 4 ケース行った。Case 1 では土砂流出を考慮せず, 雨水のみの流出 $C_{in}=0$ とした。Case 2 ではすべての斜面において $C_{in}=0.1$ とした。Case 3 では崩壊斜面において崩壊継続時間のみ $C_{in}=0.5$ とし, それ以外は雨水のみの流出 $C_{in}=0$ とする。Case 4 の場合, 全斜面において $C_{in}=0.1$ とし, 崩壊斜面では崩壊継続時間のみ $C_{in}=0.5$ とした。すなわち斜面から河道への土砂流出は Case 1, 2, 3, 4 の順に多くなる。表-1 に斜面からの土砂流出条件を示す。

計算は式(3)の流出土砂濃度 C_{in} を変え, 4 ケース行った。Case 1 では土砂流出を考慮せず, 雨水のみの流出 $C_{in}=0$ とした。Case 2 ではすべての斜面において $C_{in}=0.1$ とした。Case 3 では崩壊斜面において崩壊継続時間のみ $C_{in}=0.5$ とし, それ以外は雨水のみの流出 $C_{in}=0$ とする。Case 4 の場合, 全斜面において $C_{in}=0.1$ とし, 崩壊斜面では崩壊継続時間のみ $C_{in}=0.5$ とした。すなわち斜面から河道への土砂流出は Case 1, 2, 3, 4 の順に多くなる。表-1 に斜面からの土砂流出条件を示す。

2.2 河道部

運動方程式, 全相連続式, 固相連続式はそれぞれ以下のようになる。

表-1 斜面からの土砂流出条件

	全斜面	崩壊時の崩壊斜面	斜面崩壊の有無
Case 1	$C_{in}=0$	$C_{in}=0$	無
Case 2	$C_{in}=0.1$	$C_{in}=0.1$	無
Case 3	$C_{in}=0$	$C_{in}=0.5$	有
Case 4	$C_{in}=0.1$	$C_{in}=0.5$	有

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial vQ}{\partial x} \cos \theta = gBh \cos \theta \left[\frac{\partial(h \cos \theta + z)}{\partial x} \right] - (B + 2h) \frac{v^2}{\varphi^2} \quad (4)$$

$$B \frac{\partial(h + z \cos \theta)}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} \cos \theta = q_{in} \quad (5)$$

$$B \frac{\partial(C_* z \cos \theta)}{\partial t} + \frac{\partial Q_s}{\partial x} \cos \theta = C_{in} q_{in} \quad (6)$$

ここに、 Q ：全流量、 h ：水深、 z ：河床高、 B ：流路幅、 C_* ：最密充填濃度、 v ：流れの x 方向流速、 q_{in} は側方からの流入流量であり、2.1節で述べた各斜面での計算結果を用いた。また、 x 軸は上流端から水平にとった距離、 z は基準水平面から垂直上向きに測った河床高である。初期条件はドライベッドとした。上流端における境界条件はそれに接する斜面からの流出量とし、水深は等流水深、河床勾配は初期河床勾配を一定とした。

流砂量式としては、広範な流砂形態に適用可能な式を用いた³⁾。河床材料の平均粒径として $d=0.2\text{m}$ 、 0.1m 、 0.05m とした。計算では堆積層厚を考慮し、初期河床から2m下に岩盤が存在するとし、それ以上河床低下は起こらないとした。

2.3 計算結果

図-3はCase 4における仲山川合流点での流量と流砂濃度の計算結果である。流量のピーク時間は19日4時50分頃であり、現地調査による聞き取り結果とほぼ一致する。また、粒径の違いによるピーク流量の違いはみられないが、流砂濃度は粒径が小さいほど大きくなっていることが分かる。

表-2に各ケースにおけるピーク流量、流砂濃度の値を示す。Case 1, 2, 3, 4の順にピーク流量は増加していくが、粒径による違いはほとんどない。また、流砂濃度は粒径により異なるが、各ケースほとんど同じ値である。従って、斜面からの土砂流出が多いほどピーク流量は増加するが、流砂濃度には崩壊土砂量の影響がないことが分かる。

図-4は昭和の森付近における計算終了時の初期河床高からの変動量(Δz)を示す。いずれも上流で土砂が堆積しているのが分かる。この結果は現地調査結果とほぼ一致している。各ケースによる変動量の違いはほとんどない。

3. おわりに

本研究では、2003年7月福岡県宇美川で発生した土石流を対象とし、斜面からの土砂流出条件の異なる4ケースについて流出解析を行った。その結果、斜面からの流出土砂量が多いほど下流域でのピーク流量は増加するが、流出土砂量による流砂濃度への影響は見られなかった。しかしながら、ピーク時間や昭和の森付近の堆積状況などについては概ね現地調査結果を表していることが分かった。

謝辞

崩壊資料については応用地質学会九州支部土砂災害ワーキンググループより提供をいただいた。また本研究は、一部、文部科学省科学研究費補助金特別研究促進費「2003年7月九州豪雨災害に関する調査研究」(研究代表者九州大学 橋本晴行)の補助のもとに行われたものである。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 橋本・朴・高岡・荒渡, 水工学論文集, 第47巻, 2003.
- 2) 高橋・中川・里深・鈴木, 河川技術に関する論文集, 第5巻, 1999.
- 3) 橋本・朴・池松・田崎, 水工学論文集, 第47巻, 2003.

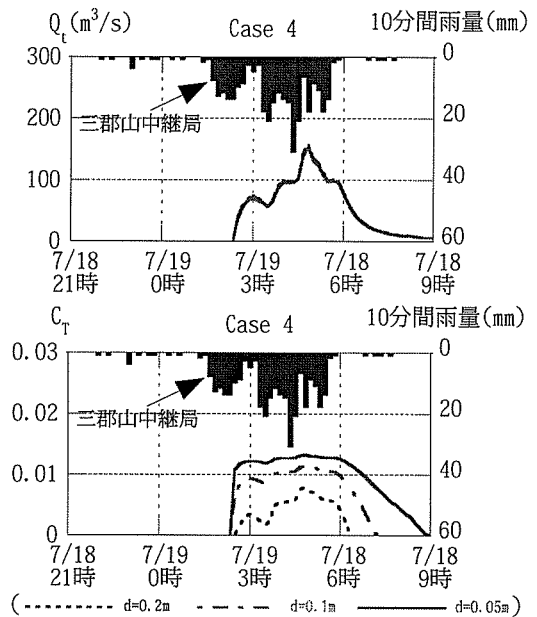


図-3 仲山川合流点における流量、流砂濃度

表-2 仲山川合流点におけるピーク流量、流砂濃度

	ピーク流量(m³/s)			ピーク流砂濃度		
	d=0.2m	d=0.1	d=0.05m	d=0.2m	d=0.1m	d=0.05m
Case 1	135	136	138	0.007	0.011	0.013
Case 2	143	144	145	0.008	0.011	0.013
Case 3	146	149	149	0.008	0.011	0.013
Case 4	156	157	153	0.008	0.011	0.013

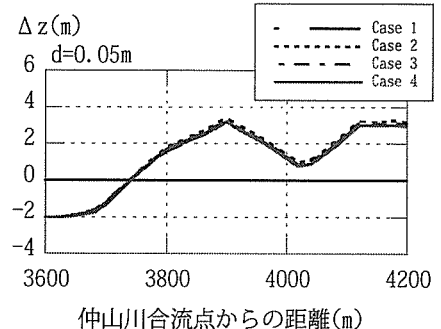
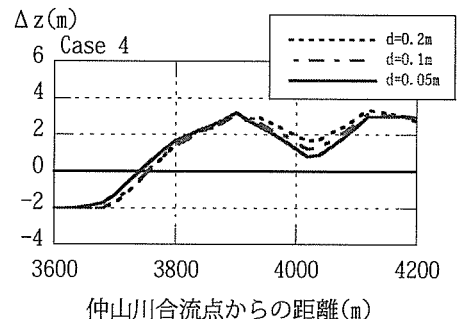


図-4 昭和の森付近における初期河床高からの変動量