

雲仙水無川における土石流の観測結果

アジア航測株式会社 ○武石久佳, 平川泰之, 岡野和行, 染谷哲久, 田中利昌
 国土交通省 九州地方整備局 雲仙復興事務所 植野利康, 光武久修

1. はじめに

雲仙普賢岳南東面に位置する水無川流域の炭酸谷において、平成27年度6月11日に土石流が発生した（最大60分雨量51mm、連続雨量247mm）。このとき、土石流の監視を目的として炭酸谷のガリ区間内に設置していたインターバルカメラによって、土石流の発生から終息までの状況を観測することが出来た。さらに、既設の監視カメラや水位計などの観測機器によって、下流での土石流の観測成果も同時に得ることが出来た（図-1、図-2）。これにより、上下流での縦断的かつ時系列的な土石流の流下状況の推移を把握することが出来たので、その結果を報告する。合わせて、土石流発生直後に実施した土砂堆積状況および堆積土砂量調査の結果を加えた検討結果についても報告する。



図-1 6月11日の土石流発生状況

2. 調査検討内容

2.1 観測場所と方法

対象溪流は、水無川流域の右支川である赤松谷川流域及びその支渓とした。対象箇所的位置及び観測機器の概要を図-3に示す。

2.2 土石流流量の算出

撮影された画像を元に土石流の流量の算出を試みた。流量算出に当たって、まずは土石流発生時の水深を算出した。AB地点では、撮影された写真上に目印の不動点を設けることで、そこからの水面及び河床の変動高を計測し、それをもとに水深を算出した。C地点では既設の水位計により水深を計測した。

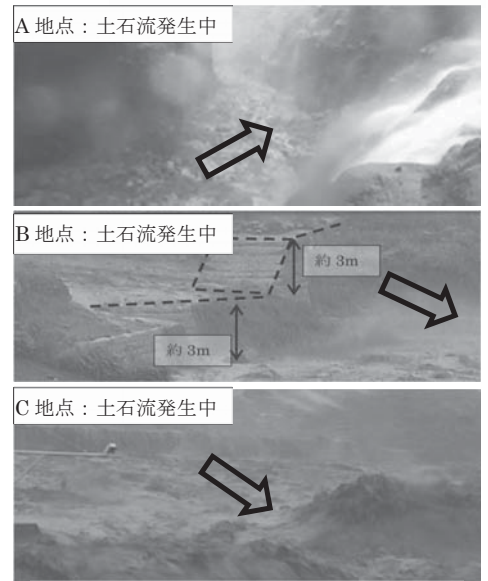


図-2 地点ごとの土石の流下状況

水深を計測するためには、河床の高さと水面の高さが必要であり、土石流流下中は河床高を計測することはできない。A地点については、土石流の発生前後で著しい河床の低下が確認されたが、上記の理由により河床の変動傾向を時系列に把握することが出来なかった。そのため、河床の変動パターンを図-4に示す3パターンで仮定することとした（最終的に中間値である②を採用した）。同じくA地点では、水面の上昇後にレンズに飛沫が付着し、土石流終息後まで観測が困難となった。そのため、観測可能な最大の水面高をピークとして、その後水面高は低下すると仮定した（図-4）。

BC地点では、構造物の水通し部での計測であるため、河床を固定して水深を算出した（図-5）。

次に、各地点でレーザ計測データを用いて想定する縦横断面図を作成した。ここから、断面図と水位を用いてマンニングの等流公式により流量を算出した。算出した流量を図-6に示す。

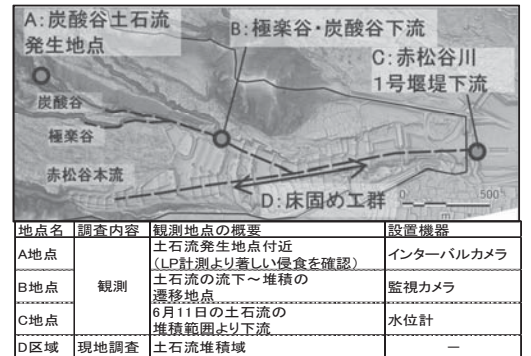


図-3 観測および調査地点概要

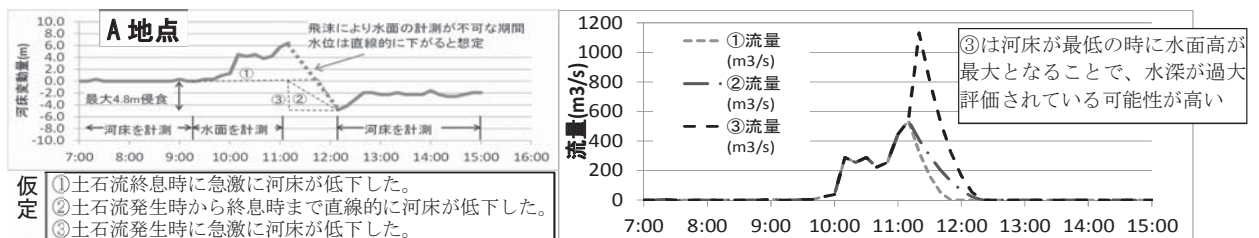


図-4 地点Aで仮定した水深の算出方法および各仮定で算出した流量

図-6より、上流から、A-B-Cと流域面積が大きくなるのに反してピーク流量は小さくなる傾向がみられ、特にBC地点間でのピーク流量の変化が著しい。谷出口付近で勾配が緩やかになり広く流下するようになったことや、床固め工群を通過する間に多くが地下に浸透したことが理由として考えられる。

なお、A地点のピーク流量の発生時刻については、カメラに映る最大水深を示す時刻としているため、実際は11時20分以降となる。

2.3 ピークの平均移動速度

BC地点間については土石流のピーク発生時刻が特定できたことから、BC地点間でピーク部分の平均移動速度を算出したところ、 $1.5\text{km}/12\text{分}=2.1\text{m/s}$ となる。この値はピーク部分の移動速度であり、土石流の流速とは直結しない。このように小さな値を示すのは、土石流発生時の堆積・侵食による土砂の再移動が繰り返されることで、全体の移動速度が遅くなったためと考えられる。

2.4 土石流の堆積状況調査

土石流発生4日後に、D区間で堆積土砂量調査及び、土砂堆積状況調査を実施した。堆積土砂量調査は横断測量により地形を取得し(図-7)、その結果と平成26年11月に撮影されたレーザ計測データとの差分結果を元に、平均断面法にて堆積土砂量を算出した。その結果、6月11日の土石流では、床固め工群におよそ $32,000\text{m}^3$ の土砂が堆積したことが分かった。

堆積状況調査結果の概要を図-8に示す。新鮮な土砂堆積が確認できたのはB地点から300m程度の8号床固工堆砂域まで(最大粒径50cm程度)であり、特に巨礫等の堆積が顕著に確認できたのはB地点から150m程度の10号床固工堆砂域まで(最大粒径1m以上)であった。

この時、B地点において、監視カメラによる撮影期間には見られなかった土砂の堆積が確認された(図-9)。B地点で監視カメラが土石流を撮影した時間は11時32分~34分であることから、ここで見られる土砂はそれより後に堆積した土砂であると考えられる。

2.5 ピーク流量と堆積土砂の関係

ここでは、「砂防基本計画策定指針(土石流・流木対策編)」に示される手法(ピーク流量 = $0.01 \times$ 土石流総流量)によって、堆積土砂量からピーク流量を算出し、前述の算出結果と比較した。氾濫開始点であるB地点(渓床勾配 8.5°)でピーク流量を算出した結果、ピーク流量 $Q_{sp}=640\text{m}^3/\text{s}$ となり、今回の算出結果($325\text{m}^3/\text{s}$)のおよそ2倍の値となった。計測した流量と計算結果が大きくなった理由として、実際の流量の波形は降雨に対応して大きく2波あるのに対して(図-6)、算出式は1波の土石流を対象としているためであり、この程度のかい離は不自然ではない。

3. まとめ

今回は、ガリ区間における土石流の観測や炭酸谷・極楽谷の谷出口での観測、赤松谷川下流の観測を実施したところ、縦断的かつ時系列な流量の観測を実施することが出来た。それにより図-6や表-1に示す、時系列の流量や土石流の発生時間、ピークの発生時間を観測することができた。今後もこのようなデータを取得しデータを蓄積することにより、定量的な土流の流下特性を把握し、土砂管理に活用していきたい。

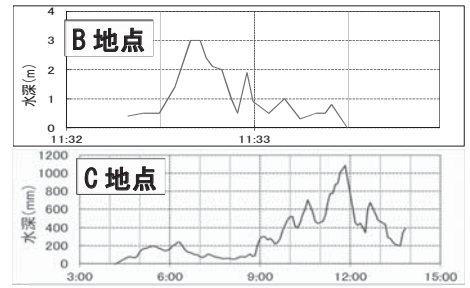


図-5 BC地点の水深の算出結果

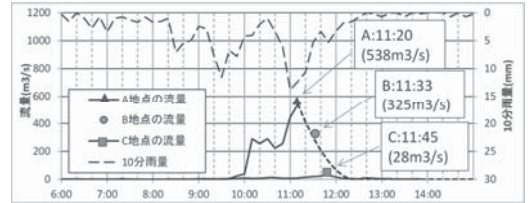


図-6 土石流発生時の雨量と地点ごとの流量

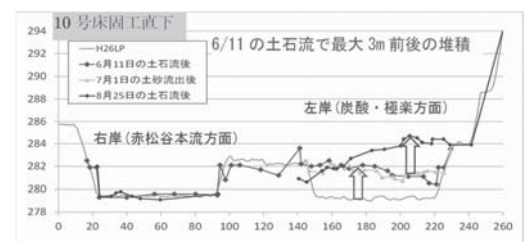


図-7 堆砂量調査の実施結果 例



図-8 土石流による土砂の堆積状況

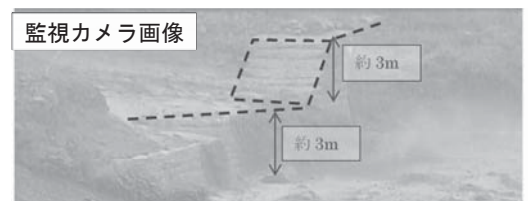


図-9 B地点における土石流終息時とその後の現地状況

表-1 計算結果一覧

	A地点	B地点	C地点	D区間
a 総雨量(mm)		247		—
b 最大60分雨量(mm)		51		—
c 降雨のピーク時刻		11:00 ~ 11:10		—
d 流域面積(km ²)	0.31	0.48	5.97	—
e ピーク流量(m ³ /s)	537.5	325.3	27.8	—
f ピーク流量の発生時刻	11:20以降	11:33	11:45	—
g 総流量(m ³)	—	—	150,000	—
h 流出率(g÷a÷d)(%)	—	—	10	—
i 堆砂量(m ³)	—	—	—	32,000

※B地点の流域面積は、土石流が発生した炭酸谷のみの流域面積