

## 1. はじめに

土石流対策施設の設計にあたっては、設計外力の算出のために必要な土石流の水理量を算出する。この推定方法には実際の土石流の水理量を精度よく再現できることが求められる。既往研究をみると、水山・上原（1984）による焼岳上々堀沢、桜島野尻川、木曽川支川滑川で発生した土石流を観測してとりまとめた事例や、水野ら（2003）による水俣市集川、太宰府市太宰府原川の流速の推定事例等があるが、こうした水理量の蓄積はいまだ十分とはいえず、今後も蓄積が必要であると考え。本稿では、平成 24 年 7 月九州北部豪雨で発生した土石流を事例として、流下痕跡より土石流の流速の推定をおこなった。

## 2. 対象とした土石流の調査

### 2.1 土石流発生時の水文状況

対象とする溪流として阿蘇市一の宮町に位置する土井川（流域面積  $0.3\text{km}^2$ ）をとりあげる（図. 1）。土石流発生時の降雨についてみると、本溪流に近接する雨量観測所である阿蘇乙姫観測所で、最大 1 時間雨量は 2012 年 7 月 12 日に  $108.0\text{mm}$ 、最大 24 時間雨量は、12 日 9 時から 12 日 14 時まで 5 時間にわたって  $507.5\text{mm}$  を観測した。1979 から 2011 年の降雨データより一般化極値分布（GEV 分布）で計算したところ、100 年超過確率の最大 1 時間雨量は  $107.1\text{mm}$ 、最大 24 時間雨量は  $510.5\text{mm}$  となり、今回の降雨は最大 1 時間雨量で 106 年確率、最大 24 時間雨量で 95 年確率となった。なお、今回の降雨期間中の連続雨量は  $816.5\text{mm}$  であった。



図.1 位置図

### 2.2 流下痕跡

土井川における土石流の流下、堆積域の状況を示す（図. 2）。崩壊は標高 710m 付近に位置する右支溪の上流で発生しその崩土が下流へ移動し土石流へと発達した。土石流は手野地区の住宅地に流れ込んで被害をもたらした。現地調査をおこなった 2012 年 12 月時点では、堆積域に 1.5m 程度の礫が多く、最大で 3.0m 程度の礫も確認された。図. 2 中の断面 1 と断面 2 の 2 カ所の湾曲部で流下痕跡を測定した。



図.2 流下堆積の状況



写真.1 断面 1 を下流より撮影



写真.2 断面 2 を下流より撮影

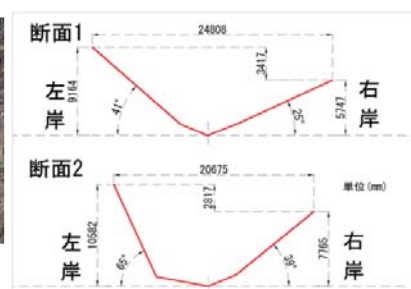


図.3 横断形状

写真.1、写真.2は、断面1と断面2の現地状況である。縦断勾配は10°程度であった。横断形状は図.3に示すとおりである。側岸勾配は、外湾側で急で、内湾側で緩やかであった。流木が両岸に堆積しており、最高水位の痕跡は推定しにくかったため、流木の表面の高さを最高水位とした（写真中の▽）。その結果、左右岸での流下痕跡の最高水位の差（水位差）は断面1で3.4m、断面2で2.8mであった。流下幅は断面1で24.8m、断面2で20.6mであった。

3. 考察

本報告では、土石流の流速は偏流の水位差から推定する方法と、等流状態と想定してマンニング型の式の流速式から推定する方法により算出した。式(1)は偏流の水位差から流速を推定する式である。表.1は現地で計測した水位差（Δh）と流下幅（b）、地形図上から計測した

曲率半径（rc）を示したものである。

$$\Delta h = \alpha \frac{U^2 b}{g r_c} \quad \cdots \text{式(1)}$$

表.1 偏流高より推定した流速

	流下幅(m)	水位差(m)	曲率半径(m)	流速(m/s)	
	b	Δh	rc	α=3	α=1
断面1	24.8	3.4	89.2	6.3	11.0
断面2	20.6	2.8	47.9	4.6	8.0

ここで、Uは速度、gは重力加速度、αは係数である。係数の値は既往文献によれば1～10程度の値（水山・上原、1981、水野、2004）であるが、断面1、2ともに外湾側の側岸の勾配が41度と65度と直角でないことを考慮して、1から3とした。その結果、流速は断面1で6.3m/sから11.0m/s、断面2で4.6m/sから8.0m/sとなった。

式(2)はマンニング型の流速式である。

$$U = \frac{1}{n} R^{2/3} (\sin \theta)^{1/2} \quad \cdots \text{式(2)}$$

表.2 マンニング式より推定した流速

	径深(m)	断面積(m²)	流下幅(m)	渓床勾配(°)	流速(m/s)	
	R	A	b	θ	n=0.2	n=0.1
断面1	4.0	100	24.8	10	5.3	10.6
断面2	6.0	123	20.6	10	6.9	13.7

ここで、nは粗度係数、Rは径深、θ

は渓床勾配である。粗度係数は既往文

献（水山・上原、1984）と同様に0.1から0.2程度とする。径深は流下断面積を流下幅で割った値とし、流下断面積は左右岸の流下痕跡の最高水位の地点を直線で結んで計測した。表.2は計算に用いた変数の値を示したものである。その結果、流速は断面1で5.3 m/sから10.6m/s、断面2で6.9 m/sから13.7m/sとなった。

2つの方法で推定した流速の重複する範囲を求めると、断面1で、6.3 m/sから10.6 m/s、断面2で、6.9 m/sから8.0 m/sの範囲となった。断面1と断面2の距離は100m程度と近接することから、2つの断面での推定値の重複範囲をとれば、土石流の流速は6.9 m/sから8.0 m/sと推定することができた。過去の土石流の事例では、水山・上原(1984)による観測結果を読み取ると、焼岳上々堀沢で0.7 m/sから3.9m/s、桜島野尻川で2.4 m/sから8.1 m/s、木曾川支川滑川で4.5 m/sから12.0 m/sであった。水野ら（2003）による推定結果によれば、水俣市集川で2.9 m/sから23.5m/s、太宰府市太宰府原川で4.2 m/sから14.3 m/sであった。これらの事例において土石流の規模がきわめて大きい水俣市集川が流速の最大値が突出していたが、本稿で推定した土井川の流速は、他の事例とほぼ同じ範囲内にあることがわかった。

4. おわりに

水理量の推定事例を蓄積するため、平成24年7月九州北部豪雨における土石流流下痕跡から、偏流高の推定式と、マンニング式により流速の推定をおこなった結果、土井川で発生した土石流の流速は6.9 m/sから8.0 m/sと推定した。今回湾曲部における左右岸の水位を把握する際、内湾側に堆積した流木の扱いが問題となった。今後は、水路実験や計測事例を蓄積して水位差の測定方法について検討をおこなってゆきたい。

引用文献

水野秀明ら（2003）：2003年7月の梅雨前線豪雨によって発生した九州地方の土石流災害(速報), 砂防学会誌, Vol. 56, No. 3, pp. 36-43  
水野秀明（2004）：S字型湾曲部の流下痕跡から土石流の流速を推定する方法に関する実験的研究, 砂防学会誌, Vol. 57, No. 4, pp. 56-59  
水山高久・上原信司（1981）：湾曲水路における土石流の挙動, 土木技術資料, 23巻5号, pp. 243-248  
水山高久・上原信司（1984）：土石流の水深と流速の観測結果の検討, 砂防学会誌, Vol. 37, No. 4, pp. 23-26