

宮崎大学工学部 正員 ○吉高益男 正員 高野重利
 渋谷恒晴 志橋泰 天本晋司

はじめに 土石流の研究ではBagnoldの粒子流かBinghamの塑性流として解析することが多い。孔井吉高¹⁾もシラス土石流をBingham流とし先端速度を無次元化してみているが、より正しい結果をうけるには流速分布を測定する必要があると考えてきた。最初は流速分布の同時記録を狙ったが成功せず、現象の再現性を確保にするため部分的に試料を数回実験にした。そして、射出流による土堆崩壊を同じ条件で繰り返して、サーミスタをセンサーとして内部流速を測定した。その結果と著者の解析をここに報告する。

1 実験方法 15cm巾水路(15°勾配、分岐水路付)の上流部に1m長・2.5cm厚の土堆を作り、1%の水量を切り替え板により急に流入させ、数土下流端から50cmの断面で流速を測定した。数土材料は標準砂・2~5mmの小砂利・5~10mmのメサライトである。流速測定には温度計用サーミスタを用い、熱線流速計(日本科学工業製)により直線化した。あるサーミスタの検定曲線を図-1(X-Yレコーダーにより自動記録)に示す。低流速から1%以上の範囲の直線化は困難であった。また、当熱水温には敏感であった。そして、砂利が当たると劣化するように、ついに交換する。なお、段波先端速度は電気ポイントゲージとモータードライバカメラの記録により整理した。

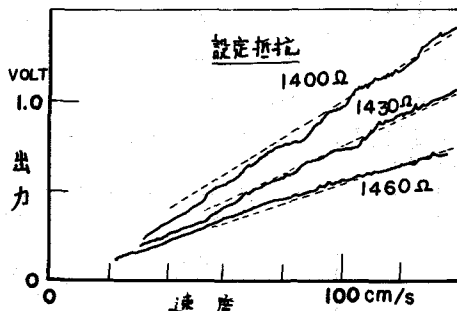


Fig-1 サーミスタの検定曲線

2 段波先端速度 図-2に先端速度の変化を示す。水のみ段波はほぼ一様速度で流下する。土堆があるとその上端で土石流が発生し、土堆での速度は遅い。土堆が崩壊しはじめると加速される。標準砂は標準型で、砂は水路床付近に集中し水段波に近い。小砂利・メサライトは集合運動型であるが、重い小砂利では表面に水のみ部分もあり、軽いメサライトはよく混合し、より強く加速される。

3 各点流速の変動 水路床からymmの高さの流速変動を図-3に示す。図には水深変動も示した。最初に水が主であるブローフがあり、その後より速い土石流が通過する。メサライトはブローフにだけである。標準砂で最大水深時の流速は遅いが、小砂利などでは水深と流速のブローフは大体一致している。また、水路床付近は乱れが弱く、表面近くが乱れが強い。

4 同時流速分布 同じ時刻の値を用いて画いた流速分布が図-4である。標準砂では水のみ流速分布に似てくるが、水路床付近の速度勾配は大きい。小砂利では上部が押し出すように流下している。たゞし水路床付近の逆流はみられる。メサライトでは水路床付近にのみ速度勾配が降り上部は一様流速に近いようで、Bingham流のような分布である。

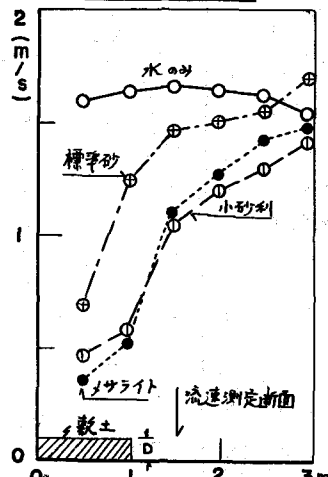


Fig-2 段波先端速度

試料	球相当径 d: cm	粒子密度 G	粘土濃度 C*	土石流容積 濃度 C _m	土流密度 ρ'	水深 h: cm	水路床から 高さ y: cm	速度勾配 du/dy	(1) 式 k	崩壊底層厚 a: cm	(2) 式 1/ε + ε
標準砂	0.02	2.62	0.33	0.17	1.28	0.6	0.15	370	6.0	0.2	0.034
小砂利	0.30	2.51	0.40	0.34	1.52	1.7	0.2	105	0.68	0.3	0.24
メサライト	0.77	1.66	0.47	0.45	1.30	2.7	0.2	115	0.14	0.3	0.22

Bagnold流の剪断力では(1)式、Bingham流では(2)式で与えられる。

$$\tau = k C_m \delta d^2 (dy/dy)^2 \dots \dots (1) \quad \tau = \tau_c + \rho' (V_b + E) dy/dy \dots \dots (2) \quad (V_b: \text{塑性的粘性係数}, E: \text{振散係数})$$

Bingham流の剪断降伏値 τ_c は水路床から速度勾配が0になる所までの高さ a (剪断底層厚)を用いて、

$$\tau_c = (1 - a/h) \tau_0 \text{ で示される。一層、求めると } \tau = \rho' g (h - y) \sin \theta \text{ である。} (\theta: \text{水路勾配})$$

(1)式の k としてBagnoldは(3)式、河村⁵⁾は(4)式(D : 敷土厚)を与えている。

$$k = f(C_m) = 0.013 / \{ (C_m/C_m)^{1/3} - 1 \}^2 C_m \dots \dots (3) \quad k = f(D/d) = 0.04 (D/d)^{3.75} \dots \dots (4)$$

図-4から水路床付近の速度勾配と y および a を読みとり、 k および a ($V_b + E$)を計算すると前頁下段の表がえられる。横軸は C_m および $a/D/d$ とし k を図示すると図-5となる。図-5に示す式は3つの測定値からえられたものにすぎないが、それゆえ(3),(4)式の係数とは同じオーダーである。しかし、指数は全く違う値である。図-5の式は非定常でのある時刻の値であり、(3)式などは定常流として求められたもので、土石流流路の挙動には解析できないと考えられる。

また、小砂利などの($V_b + E$)は 0.2 cm/s であり、現地土石流に對して室内実験に相似性があるかという問題点を示しているようだ。

おわりに サーマシタの破壊が多く、僅かの実験しかできなかったが、土石流の流速を一応測定しえたので、今後改良していただきたい。この実験は自然災害特別研究(1)「九州の火山地域における地盤災害の評価と対策」(代表者山崎運雄教授)の補助を受けたものであることを併記する。

〔参考文献〕
1) 河村三郎: 土砂流の流動特性と土砂流の発生機構, 土木学会論文報告書, 1978, 2
2) 河村三郎: 土砂流の流速と流砂量について, 14回自然災害シンポジウム, 1977, 8

