

II-111

泥流の特性に関する実験的研究

九州大学工学部	正 員	平野宗夫
九州大学工学部	正 員	〇橋本晴行
洋 林 建 設 ㈱	正 員	田崎武詞
電 源 開 発 ㈱	正 員	峯 敏雄
北 九 州 市	正 員	高尾直徳
九州経済調査協会	正 員	八尋和郎

1. はじめに

泥流は一般に、微細粒子から成る高濃度の流れをさし、土石流は粗粒な粒子から成る高濃度の流れを言うが、後者については豪雨災害の面から活発な研究がなされ、かなり明らかになってきているのに対して、前者については新井らの研究¹⁾があるだけでまだ十分に解明されたとはいえない。そのためそれらの定義や相互の関連性などは明確ではない。本研究は、泥流の特性、特に濃度と抵抗則について土石流のそれと比較しながら検討したものである。

2. 実験方法

実験には3種類の水路を使用した。比較的水深が大きくなる実験では幅20cm、長さ7mの水路を用い、比較的水深が小さくなる実験では偏流を防ぐため幅10cm、長さ10mの水路を用いた。また河床材料として微細砂を用いた場合には河床の判別が困難となる。その場合には幅12.5cm、全長12mで、長さ5mの固定床部をもつ水路を使用した。固定床部の底面にはベニヤ板を張り、滑面とした。用いた河床材料は表-1の通りである。ここに、 d は平均粒径、 σ/ρ は砂の比重、 q_w は単位幅当りの供給水量、 θ は水路勾配である。

まず、これらの河床材料を水路に厚さ10cmで敷き詰め、水路を所定の勾配 θ に設定する。次に、河床を浸透水で飽和状態にした後、水路上流端から単位幅流量 q_w の水を急激に供給して泥流を発生させた。下流端付近においては、16mm高速度カメラやVTRカラーカメラを用いて水路側方から流れの状況を撮影し、水深や流速分布を測定した。また下流端では泥流を採取し、単位幅当りの全流量 q_t や土砂の輸送濃度 C_T を求めた。実験は水路勾配や供給水量 q_w を広範囲に変化させて行った（表-1）。

3. 実験結果と考察

図-1は土砂の輸送濃度と水路勾配との関係を示したものである。図中の実線は従来の土石流の理論²⁾³⁾から求められた計算曲線であるが、粒径 $d \geq 1.24\text{mm}$ の礫が理論曲線をほぼ満足しているのに対して、 $d \leq 0.8\text{mm}$ の材料はこの曲線からはずれている。特に粒径 $d \leq 0.29\text{mm}$ の微細砂は 4° などの緩勾配においても高濃度の土砂が流れ、土石流の理論曲線から大きくはずれている。これらの微細砂の輸送濃度は水路勾配に対しては図中の破線のようにゆるやかに増加している。

図-2は流速係数 $\bar{u}/u_*$ と相対水深 h/d との関係を示

表-1 河床材料特性と実験条件

d (mm)	σ/ρ	q_w (cm^2/s)	θ	Bed Condition
0.09	2.60	100 - 460	$4^\circ - 18^\circ$	Fixed Bed
0.17	2.65	50 - 670	$4^\circ - 18^\circ$	Movable Bed
0.29	2.62	50 - 730	$4^\circ - 18^\circ$	Movable Bed
0.55	2.65	200 - 660	$4^\circ - 18^\circ$	Movable Bed
0.80	2.64	50 - 660	$2^\circ - 20^\circ$	Movable Bed
1.24	2.65	100 - 660	$6^\circ - 18^\circ$	Movable Bed
1.90	2.61	100 - 660	$6^\circ - 18^\circ$	Movable Bed
4.40	2.59	190 - 1120	$2^\circ - 14^\circ$	Movable Bed
5.30	1.59	90 - 200	$0.65^\circ - 10^\circ$	Movable Bed

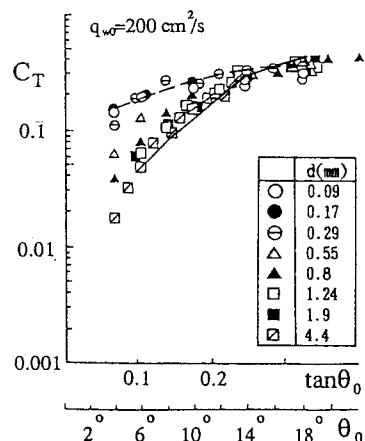


図-1 輸送濃度と水路勾配との関係

したものである。従来の土石流の理論によれば、流速係数と相対水深、水路勾配、粒子比重との間には

$$\bar{u}/u_* = h/d \cdot F(\sigma/\rho, \theta_0)$$

の関係がある。 $h/d \leq 30$ においてこの関係がほぼ満足されているのに対して、 $h/d \geq 100$ では $\bar{u}/u_*$ は h/d に依存しなくなることが分かる。同様な傾向は他の水路勾配についても示される。

図-3は $h/d \geq 100$ の領域において、 $\bar{u}/u_*$ と輸送濃度 C_T との関係を調べたものである。 $C_T > 0.1$ において、 $\bar{u}/u_* \propto C_T^{-1/2}$ となっていることが分かる。

図-4は、供給水量 $q_{w0} \approx 200 \text{ cm}^2/\text{s}$ 、水路勾配 $\theta_0 = 14^\circ$ の場合における泥流の流速分布を河床材料毎に示したものである。図中には相対水深 h/d の値も同時に示している。粒径 $d \geq 1.24 \text{ mm}$ 即ち $h/d < 30$ においては、流速分布はせん断流的であり、従来の土石流の理論曲線にほぼ近い分布を示している。一方、 $d \leq 0.8 \text{ mm}$ 即ち $h/d \geq 30$ においては、流速分布は h/d が大きいほど一様な傾向を示している。

以上のようなことから相対水深 $h/d \leq 30$ においては、輸送濃度は勾配に対して急激に増加する。また流速係数 $\bar{u}/u_*$ は相対水深にほぼ比例し、流速分布は急な速度勾配をもつ。このような特性は従来の土石流の理論によってほぼ説明されるものである。従ってこの領域の流れを土石流と呼ぶことにする。一方、 $h/d \geq 100$ においては、輸送濃度は、 4° などの緩勾配においても高くなり、水路勾配と共に緩やかに増加する。流速係数は相対水深にほぼ無関係となり、輸送濃度によって決定される。流速分布は一様な分布を示す。このような特性を持つ流れを泥流と定義することができよう。従って $30 \leq h/d \leq 100$ の領域は土石流と泥流との遷移形態とみなすことができる。

4. 結語

泥流の輸送濃度や抵抗則を実験的に明らかにしてきたが、今後理論的な検討を加えていく予定である。最後に、本研究を遂行するに当たり多大の助力を受けた九州大学の松岡雅博氏に深甚なる謝意を表します。

参考文献

- 1) 新井・高橋, 土木学会論文報告集, 第375号/II-6, 1986.
- 2) 椿・橋本・末次, 土木学会論文報告集, 第317号, 1982.
- 3) 橋本・椿・平野, 第30回水理講演会論文集, 1986.

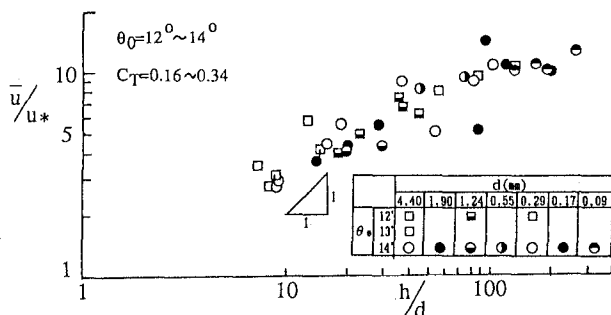


図-2 流速係数と相対水深との関係

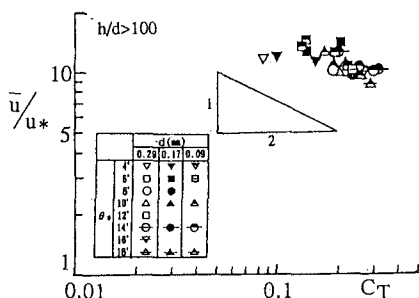


図-3 流速係数と濃度との関係

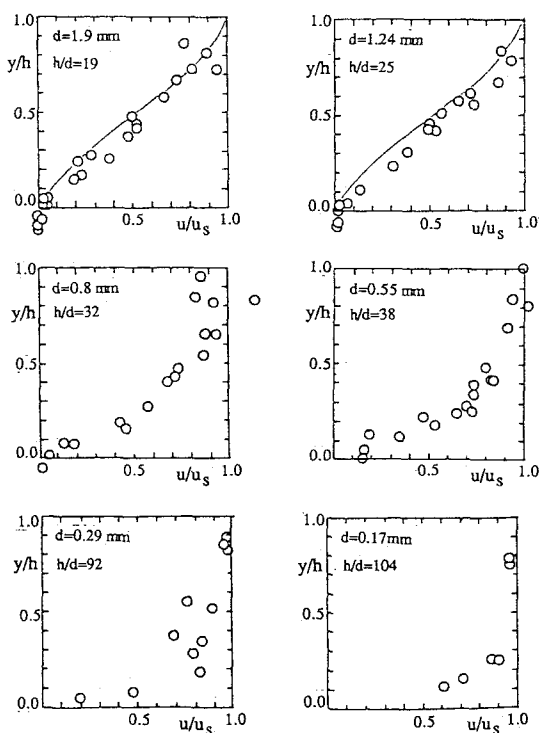


図-4 流速分布