

泥流の流動特性に関する実験的研究

九州大学工学部 学生員〇八尋和郎
 九州大学工学部 正 員 平野宗夫 橋本晴行
 九州大学大学院 学生員 田崎武詞 峯 敏雄
 北 九 州 市 高尾直徳

1. まえがき

土石流には、粗い粒子を高濃度に含む砂れき型と比較的細かな粒子からなる泥流型があり、それぞれ異なった特性を示す。従来、砂れき型土石流については多くの研究がなされ、その流動特性はかなり明らかにされてきた。しかし、泥流の流動特性についての研究は少なく、その特性は不明な点が多く残されている。本研究は、泥流の特性、特に濃度と抵抗則を砂れき型土石流の特性と比較しながら検討しようとするものである。

2. 実験方法

実験水路は、長さ7m、幅20cm、及び長さ10m、幅10cmの2種類で、いずれも片側側面がアクリル張りになっている。水路勾配は自由に調整できる。まず、泥流を発生させるため平均粒径0.17mm~1.9mmの比較的細かな砂粒を、水路に厚さ10cmで一様に敷きつめた。次に、水路を所定の勾配に設定し、あらかじめ堆積層を飽和させておき、上流端から急激に給水し泥流を発生させた。給水と同時に16mm高速度カメラを用いて、水位、河床高を撮影した。また、トレーサーとして発泡スチロールを泥流の表面に投入しVTRカメラで表面流速を測定した。下流端において容器で泥流を採取し、流量及び輸送濃度を求めた。実験は、流量及び勾配を広範囲に変化させて行った。また、流速分布を測定するための実験も行った。その際、トレーサーとして蛍光着色した実験材料を堆積層に混入し、16mm高速度カメラを用いて撮影した。この他に比較的粗い砂について大きな相対水深 h/d をとる土石流を発生させ、従来の実験の追加的な実験も行った。表-1はこれらの実験も合わせてその条件を掲載したものである。

d (mm)	σ (g/cm ³)	C _#	q _{wo} (cm ² /s)
0.17	2.65	0.6	49 - 670
0.29	2.62	0.6	49 - 737
0.55	2.65	0.61	200 - 667
0.8	2.64	0.59	48 - 664
1.24	2.65	0.6	208
1.9	2.61	0.55	212
4.4	2.59	0.6	192 - 1121
5.3	1.59	0.63	88 - 208

表-1

3. 実験結果

解析に際しては、総流量 q_t 、輸送濃度 C_T がほぼ定常で河床侵食の影響が少ない時点のデータを採用した。

(1) 濃度

輸送濃度 C_T と水路勾配 θ_0 の関係を図-1に示す。図中の曲線は従来から示されている砂れき型土石流に関する理論¹⁾の計算結果である。粒径が細かい材料を使用した場合、 θ_0 が14°より小さい領域では実験値は理論値よりも大きくなっているが、勾配が増加するに従って理論値に漸近し、 θ_0 が14°より大きい領域では理論値とほぼ一致するような傾向があることが分かる。また、粒径が大きくなるに従い、理論値に一致する傾向があることが分かる。

次に、濃度と粒径の関係を図-2に示す。 θ_0 が14°より大きい領域では d による C_T の変化は小さい。 θ_0 が14°より小さい領域では d が大きくなるに従って C_T は減少しており、低い勾配であっても細かな粒径からなる泥流は高濃度な流れであることが分かる。

(2) 流速分布

$\theta_0=14^\circ$ における流速分布を図-3、4に示す。 $d=1.24\text{mm}$ の流速分布型は、従来示されている土石流の流

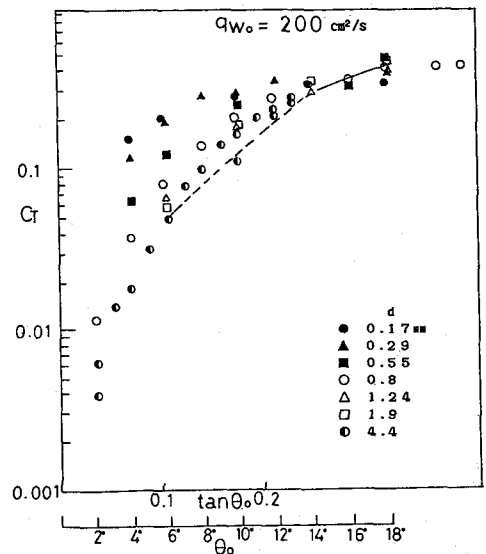


図-1

速分布型¹⁾とほぼ一致しているが、 $d=0.17\text{mm}$ の流速分布型は、土石流のそれとは一致していない。尚、図-4には、泥流型土石流の理論値²⁾も示してある。他の θ_0 についても同様の結果が得られた。

(3) 抵抗則

従来、砂れき型土石流では、流速係数 $\bar{u}/u_*$ を θ_0 と σ/ρ の関数²⁾として、

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

$\bar{u}$: 断面平均流速 d : 粒径 u_* : 摩擦速度

h : 水深 σ : 粒子の密度 θ_0 : 水路勾配

ρ : 水の密度

と表されることが知られている。また、輸送濃度 C_T は勾配 θ_0 の関数として与えられることから、流速係数 $\bar{u}/u_*$ は輸送濃度 C_T の関数と見なすこともできる。泥流の抵抗則が、砂れき型

土石流と同じか否かを見るために、無次元量 $\bar{u}/u_* \cdot h/d$ を C_T に対してプロットしたものが図-5である。図中の曲線は砂れき型土石流の理論値¹⁾である。粒径 5.3mm 及び 4.4mm の材料を使用した実験値は理論値と一致しているが、粒径が細かな材料を使用した場合の実験値はそれより小さな値を示している。

次に、流速係数と相対水深 h/d との関係を輸送濃度 $C_T \approx 0.2$ ($0.15 \leq C_T \leq 0.25$)についてプロットしたものが図-6である。泥流の流速係数は $h/d=80$ 付近までは h/d に比例して増加し、 $h/d > 80$ では約10程度の値となり一定となる傾向があるようである。尚、図中の曲線は泥流型土石流の理論値²⁾である。

4. あとがき

泥流の流動特性を調べるために多くの実験を行いデータの解析を行なった。粒径が粗い場合には土石流の流動特性を示し、粒径が細かくなると泥流特有の流動特性を示すことが分かったが、その複雑な現象を定量化するには至らなかった。今後、更に細かな粒径の材料について、様々な条件のもとで実験を行い泥流の流動機構を明らかにしていくことが重要な課題である。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工学部の松岡雅博氏に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 椿・橋本・末次, 土木学会論文報告集, 1982.
- 2) 新井・高橋, 土木学会論文報告集, 1986.

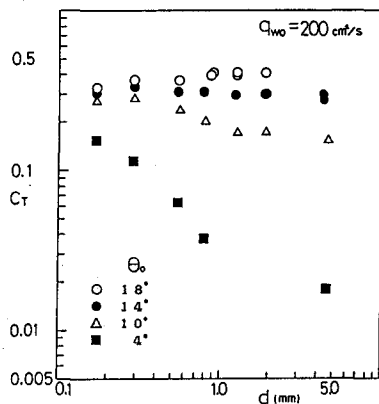


図-2

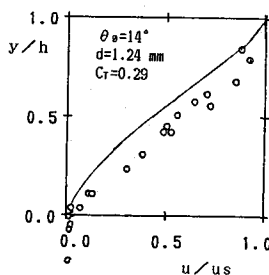


図-3

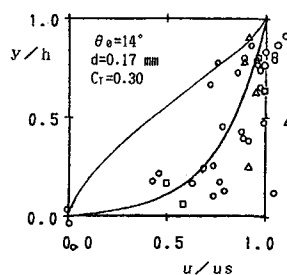


図-4

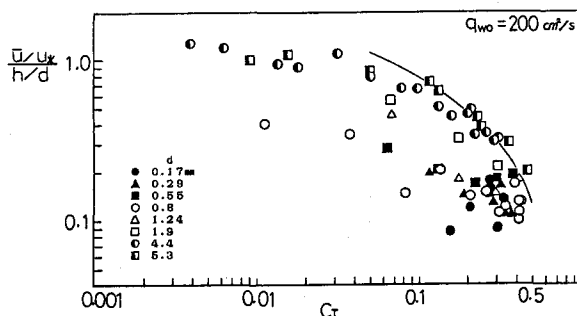


図-5

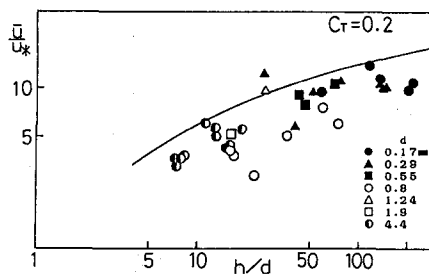


図-6