

粘性の大きな間隙流体の土石流

京都大学防災研究所 正 員 高橋 保
鴻 池 組 正 員 ○藤井 由之
京 都 大 学 大 学 院 学 生 員 原 田 達 夫

1・はじめに 土石流の流動は、粒子の濃度、相対水深、間隙流体の粘性、その他種々のパラメータの影響によって、慣性、粘性、乱流等の効果が複雑に関係して、種々の流動形態をとる。そして、その挙動の予測を行おうとする場合には、その領域区分を定量的に明確にし、それぞれの領域について抵抗則や平衡濃度等の値を知ることが必要不可欠である。ここではその一環として、間隙流体の粘性が卓越する領域での粒子流に関する実験結果について考察を加え、その流動機構の評価を行う。

2・実験概要 まず、実験の方法について説明する。実験水路は図1に示す通りであるが、幅10cmに固定され片岸をガラス張りにしてある。また、水路床には粒径2.4mmの粗度を貼りつけてある。勾配は35°程度以下で自由に設定することができる。また、上流側に堰を設け、堰の上流3mの間に土砂を敷いておく。土砂を使用する流体で十分に飽和させた後、流体を上流から供給して粒子流を発生させる。側面からビデオカメラで撮影することによって流速分布ならびに流動深等を読み取るとともに、下流端で採取することにより濃度の測定を行う。なお、使用した土砂は、粒径が1.15mm～5.23mmの一樣砂であり、高粘性流体としては、水にサンウェット（商品名）という増粘材を混合したものをを用いた。

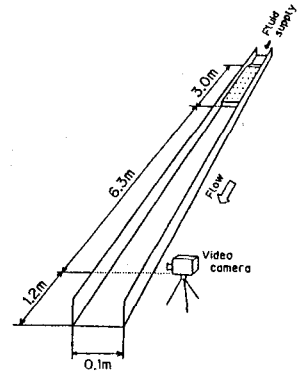


図1 実験装置

3・流速分布 実験の結果得られた流速分布を図2に示す。図中には、Bagnold¹⁾による粒子衝突の効果のみを考慮した構成式、

$$\tau = a_i \sin \alpha \cdot \sigma \lambda^2 d^2 \left(\frac{du}{dz} \right)^2 \quad (1)$$

(τ : 剪断応力、 a_i : 定数、 α : 動摩擦角、 u : 流速、 λ : 線濃度、 σ : 粒子密度、 d : 平均粒径) から計算された流速分布、および、間隙流体の粘性の効果のみを考慮した構成式、

$$\tau = \mu_t \frac{du}{dz} \quad (2)$$

(μ_t : 間隙流体の粘性係数) から計算された流速分布も同時に示しているが、この流速分布は構成式、

$$\tau = (\mu_t + \mu_b) \frac{du}{dz} \quad (3)$$

(μ_b : 粒子の接触に伴う粘性係数) として与えた場合にもっともよく現象を説明でき

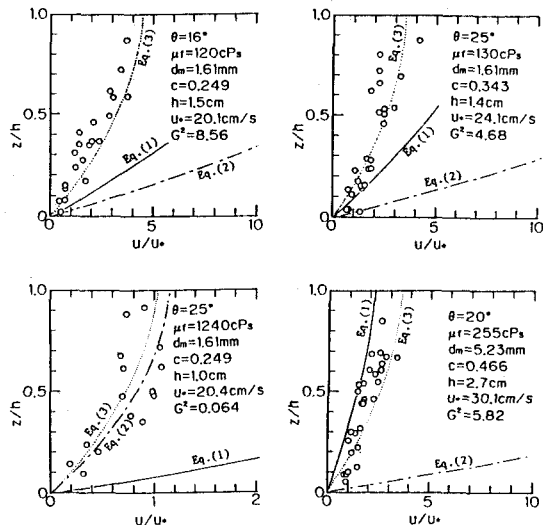


図2 流速分布

Tamotsu TAKAHASHI, Yoshiyuki FUJII, Tatsuo HARADA

るようである。ただし、 μ_s については、

$$\mu_s = f(c) \cdot \mu_c \quad (4)$$

(c : 濃度、 μ_c : 粘性係数次元の定数($\approx 500 \text{ cP}_s$)) のように与えた。また、 $f(c)$ は仮に、

$$f(c) = \frac{1}{1/c - 1/c_s} \quad (5)$$

(c_s : 最密濃度) のように与えた。この様な関数形を仮定することにより実験で得られた流速分布はほぼ説明できる。しかしながら、式(4)における $f(c)$ および μ_s の評価法などは、再検討の必要があろう。

4・平衡濃度 濃度の測定結果を図3に示す。図中にひかれた曲線は、高橋²⁾によって得られた慣性領域の土石流についての平衡濃度の式を示したものである。この結果によれば、粘性領域の粒子流では侵食によって発生させる粒子流の実験のみでは平衡に達しているか否か定かではないため、高濃度で飽和状態の混合物を堰の下流の水路上に敷いて、粒子流を発生させる実験も行った。その実験においては、下流端に達するまでに等流状態の得られない場合が多かったが、ここで行った実験条件では堆積が卓越しており、ほぼ侵食実験で行った濃度に漸近するようであり、この濃度が平衡濃度であると考えても差し支えないものと思われる。

5・抵抗則 次に、抵抗則について考える。式(3)から直接導くことは可能であるが、式(4)、(5)の関数形が確定されていないため、以下のように取り扱うものとする。すなわち、流速係数(U/u_*)は、

$$U/u_* = f(h/d, ((\sigma - \rho_w)/\rho_w), G^2) \quad (6)$$

(h/d : 相対水深、 $(\sigma - \rho_w)/\rho_w$: 水中比重、 G^2 : Bagnoldのパラメーター($= \sigma d^2 \tau / \lambda \mu_i^2$))

のような各パラメーターの関数で表されるものとする。水中比重や相対水深の変化の範囲が小さいため不十分ではあるが、これを整理すれば図4のように表すことができる。この図からは、Bagnoldのパラメーターと流速係数の間にかなり高い相関関係が読み取れ、この様な考え方がほぼ妥当であることを示すものと思われる。

6・おわりに 以上、粘性領域の粒子流に関する考察を行ったが、Bagnold¹⁾のいう遷移領域の実験結果がなく、また、高粘性の間隙流体として使用した材料が均質なNewton流体であったかどうか疑問である等十分な点は多く、更に検討をすすめていく必要性は残された。また、慣性領域、乱流領域についての実験も行っており、冒頭に述べた領域区分の問題についても検討を重ねているところである。

参考文献 1) R.A. Bagnold: Experiments on a gravity-free dispersion of large solid spheres in a Newtonian fluid under shear, Proc.R.S.London, A-225, 1954, pp.49-63.

2) 高橋保: 土石流の発生と流動に関する研究, 京都大学防災研究所年報, 第20号, B-2, pp.405-435.

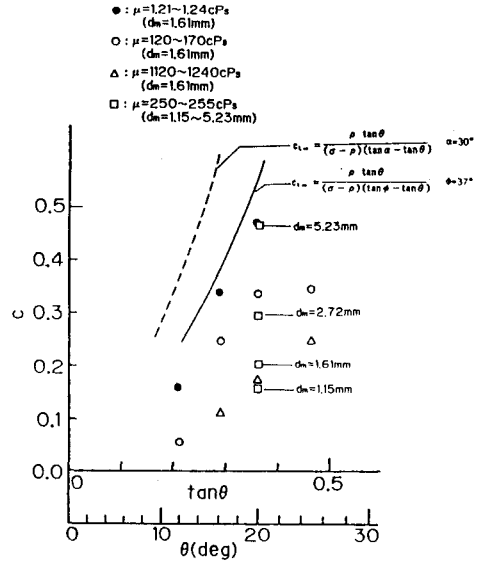


図3 平衡濃度

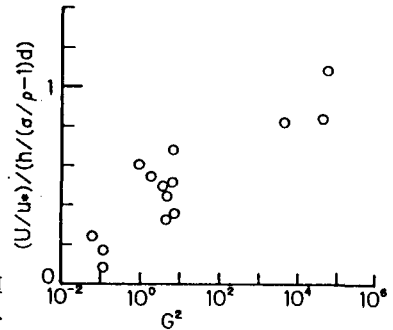


図4 抵抗則