

II-103 流下過程における土石流の変形・変質について

京都大学大学院 学生員 藤井 由之
 京都大学防災研究所 正員 高橋 保
 京都大学大学院 学生員 原田 達夫

1. はじめに

従来、土石流の流動機構に関する研究は、主に均一粒径の粒子からなる土石流について行われてきており、その流動のメカニズムはかなり明確になってきている。しかし、実際の土石流中においては、様々な濃度、粒度分布を持った粒子群が流動しており、流下に伴いその濃度や粒度分布などの性質が変化している。これらの性質は、抵抗則などに大きな影響を与えるため、到達範囲などを予測するための重要な情報となる。ここでは、その土石流の性質の変化を予測するための第一段階として、ある程度広い粒度分布を持った粒子材料を用いて土石流の性質の変化に関する実験を行い、その変化を再現するためのシミュレーションを行うものとする。

2. 実験概要

実験は、幅5cm、高さ10cm、長さ4mの矩形断面水路を勾配8°に設定して行った。また、粒子材料としては、粒径毎に色分けして粒度変化を視認しやすくした軽量骨材（メサライト）を用いた。軽量骨材で、図-1に示すような土塊を水路中に置き、上流から水を供給することにより土石流を発生させる。上流からの水の供給は、土石流の流動中も継続させる。下流端で採取して流量及び流砂量のハイドログラフを読み取り、粒度分布を測定する。また、ビデオ撮影により、流動深および流速の変化を読み取る。流下距離の変化は、土塊堆積点から下流端までの距離を変化させることによる。

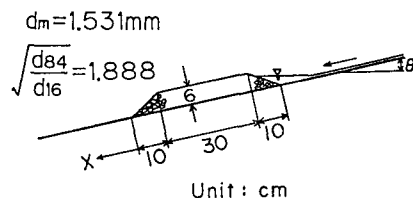


図-1 実験概要

3. ハイドログラフの変形計算

(1) 計算方法

計算の基礎式は、以下に示す運動量式とバルクおよび砂の連続式である。

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \beta \frac{\partial u M}{\partial x} = g h \sin \theta - g h \cos \theta \frac{\partial h}{\partial x} - \frac{\tau_a}{r_m} \quad \text{..... (1)}$$

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} = 0 \quad \text{..... (2)}$$

$$\frac{\partial c_d h}{\partial t} + \frac{\partial c_d M}{\partial x} = 0 \quad \text{..... (3)}$$

ここに、 u ：流速、 h ：流動深、 $M = u h$ ：単位幅流量、 β ：運動量補正係数、 r_m ：バルクの密度、 c_d ：体積濃度である。

τ_a は底面剪断応力であるが、これは、固体粒子による抵抗 τ_d と流体抵抗 τ_f の和として次式のように表されるものとする。

$$\tau_a = \tau_d + \tau_f \quad \text{..... (4)}$$

$$\tau_d = (\sigma - \rho) g h c_d \cos \theta \tan \alpha \quad \text{..... (5)}$$

$$\tau_f = \frac{\gamma_m g n^2 u |u|}{h^{1/3}} \quad \text{..... (6)}$$

ここに、 σ ：粒子密度、 ρ ：水の密度、 g ：重力加速度、 θ ：水路勾配、 n ：Manningの粗度係数、 α ：粒

子の動摩擦角である。実際の計算は、 $\Delta x = 10\text{cm}$ 、 $\Delta t = 0.002\text{sec}$ 、 $n = 0.01$ とし、境界条件に土塊堆積点直下流の流量および濃度を与えて行った。

（2）実験結果との比較 図-2に土石流先端部の到達時間を示す。図-3～5には、この計算の結果得られた流動深、流量、濃度の時間変化を示す。先端部の到達時間はよく一致しているが、計算値の流量および水深が実験値に比べて発達しすぎてしまうという傾向がみられる。これは、後続部の濃度が過小評価されていることの影響が大きいと考えられる。しかし、定性的には、徐々に薄まりながら発達して行く土石流の性質をよく説明していると考えられる。

4. 粒径選別の計算

（1）計算方法 また、粒径の選別作用に関するシミュレーションには、簡単のため輸送の効果による選別のみを考慮して、①メッシュ内の粒度分布は対数正規分布に従う。②水深方向の分級はごく短時間のうちに完了する。③水深方向の濃度分布は一樣である。④流速分布は平均粒径を用いたゲイラント流体として表現される。という仮定を用いて、メッシュ間を輸送される粒子の平均粒径及び粒度の分散を求めることにより計算を行った。

これらの仮定は、実際の土石流においては必ずしも成り立つものではないが、今回の実験の再現のためには、さほど無理な仮定ではないと思われる。

（2）実験結果との比較 この計算の結果得られた平均粒径の変化を図-6に示す。ほぼ、現象を説明できているように思われる。上記のような仮定が適用できないような場合について考えていく必要がある。

5. おわりに

以上、流下過程における土石流の変質について述べてきたわけであるが、実際の土石流に適用するためには、勾配等の変化に伴う変質、あるいは、濃度や粒度分布の変化に伴う抵抗則の変化を考慮する必要がある。また、微細粒子を高濃度に含む場合のReynolds応力の表示式、あるいは、そのReynolds応力を考慮しなければならない限界、緩勾配地での粗粒成分の堆積機構等々、他にも解明されなければならない問題は多い。今後、そのような問題を解決し、実際の土石流をよりよく説明しうるモデルへと改良していかなければならない。

＜参考文献＞

- 1) 高橋・藤井・原田：昭62年関西支部講演概要
- 2) 山路・高橋・中川：第41回年次講演会概要

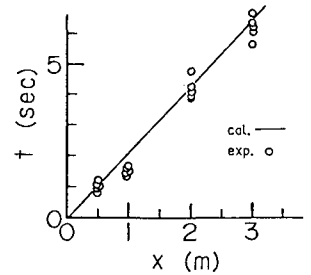


図-2 先端到達時間

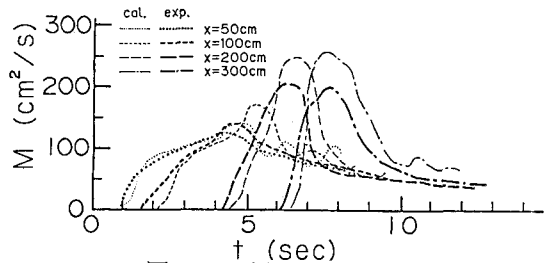


図-3 流量の変化

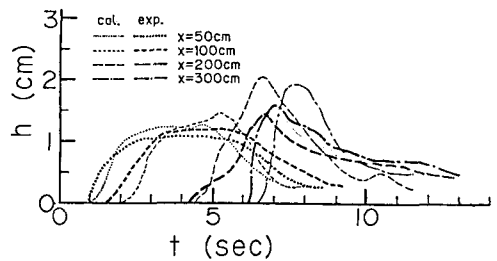


図-4 水深の変化

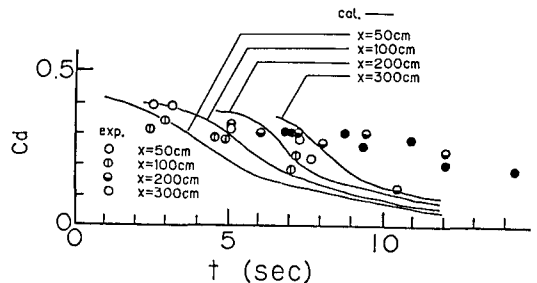


図-5 濃度の変化

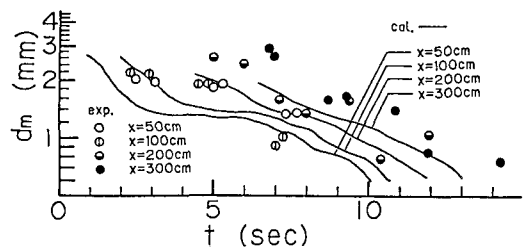


図-6 平均粒径の変化