

土石流の貯水池流入における堆積過程に関する研究

名城大学理工学部 正 員 新井宗之
 京都大学防災研究所 正 員 高橋 保
 名城大学理工学部 学生員 〇辻 重樹

1. はじめに：土石流災害の多くはその堆積域で生じており、このため土石流の堆積過程に関する研究が進められ、多くの成果が得られている。しかしながら土石流が湛水した貯水池などに流入した場合の影響については不明な点が多くまだ十分明らかにされていない。しかもわが国のように貯水池の多い国にとっては防災上の面からも重要な課題であると思われる。また、貯水池を土石流の制御用の構造物として積極的に利用しようという考えもあるが、いずれにしても土石流の貯水池流入における機構を明らかにする必要がある。ここでは湛水した砂防ダムなどのような小規模貯水池へ土石流が流入した場合の堆積について実験を行ない考察した。

2. 実験条件・実験方法：実験は、幅15cm、長さ6.0m、水路末端部に模型ダムを設置した両側アクリル製の可変勾配水路を用いて行なった。実験条件として、実験砂の粒径が $d_{50}=0.097\sim0.98\text{mm}$ 、流下流量 $Q_f=800, 1200\text{cm}^3/\text{s}$ 、土砂濃度 $C=0.3, 0.35, 0.40$ で実験を行なった。実験砂の密度は $\sigma=2.65\sim2.69\text{g}/\text{cm}^3$ である。

3. 考察：土石流の流動において、比較的粒径の大きな粒子を高濃度に含む流れと、粒子径が水深に対して相対的に小さな粒径を高濃度に含む流れの流動機構が異なることを前者らは明らかにしてきたが、それによると前者は粒子相互の衝突の効果が大きくて後者は粒子と流体が一体となった流体塊の水深方向の混合の効果が大きい。それから後者は粒子が流体間に浮遊した状態になっていることが示唆される。そこで粒径の変化による貯水池内での土石流の挙動を比較することにする。図-1、図-2は濃度が $C=0.35$ で土石流の流下流量 $Q_f=800\text{cm}^3/\text{s}$ であり、粒子径がそれぞれ $d_{50}=0.59\text{mm}$ 、 $d_{50}=0.15\text{mm}$ の貯水池内での形状である。図-1の粒径が $d_{50}=0.59\text{mm}$ と比較的大きな粒径の場合には貯水池に流入した土石流先端部分が停止堆積したのち、後続する土石流がそれを乗り越えるようにして堆積する。そして堆積した土砂を乗り越えられなくなるとジャンプできる堆積高になるまで堆積は上流側へ遡上するようになる。粒子径が $d_{50}=0.17\text{mm}$ と比較的小さい粒子の場合には図-2のようになり、図-1の場合と大変違った形態を示している。この場合、流入した土石流は一種の密度流のように流動し、先端部はほぼ一定の速度で流下する。そしてこの実験の場合、先端部は模型の堰まで到達するとその壁面に沿って上昇し水面にまで到ることが示されている。

以上の先端の位置と時間との関係を図-3に示す。RUN-B3の粗粒径の場合は先端の位置に流入した土砂量と堆積形状の関係で定まるが、RUN-D3の場合、土砂先端位置はそのような流入土砂量と堆積形状とは別の条件で定まることが示唆される。

次に図-1におけるような粗粒径の場合、貯水池に流入した土石流は停止・堆積した後、後続の土石流に乗り越えられて堆積する過程が観察される。そこで貯水池に流入した土石流に関する連続式と運動量保存式を流入部と先端部をコントロールボリュームにとれば、微小項を省略すれば、流下方向に x 軸をとり、

$$\frac{d}{dt} \left[\frac{1}{2} (h_1 + h_2) \cdot x \right] = q_T (=v_0 \cdot h_0) \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\frac{d}{dt} \left[\frac{1}{2} (h_1 + h_2) \cdot x \cdot (\rho_m - 1) \cdot v \right] = \frac{1}{2} (h_1 + h_2) \cdot x \cdot (\rho_m - 1) \cdot g \cdot \sin \theta_d + \rho_m \cdot q_T \cdot v_0 \cdot w_0 \cdot (\theta_u - \theta_d) - \tau_1 - \tau_2 \quad (2)$$

とする。ここに h_1, h_2 ：先端部、流入部での流動深、 v_0, h_0 ：沈水地に流入した土石流の流速および流動厚、 $\rho_m = \rho_0 + (1-C) \cdot \rho_s$ ：土石流の平均密度、 θ_u, θ_d ：流入部より上、下流の水路勾配、 τ_1 ：底面摩擦、 τ_2 ：流体中での抗力。ここで、底面摩擦力として¹⁾、

$$\tau_1 = (\rho_s - \rho_0) \cdot g \cdot C_d \cdot (h_1 + h_2) \cdot \cos \theta \cdot \tan \alpha / 2 \quad \dots (3)$$

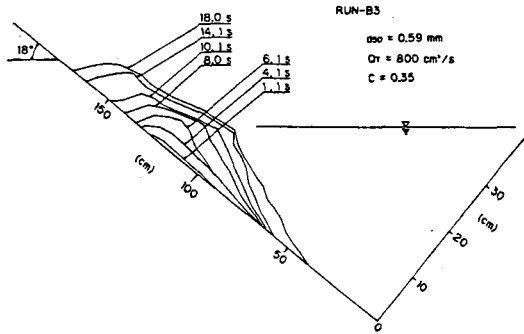


図-1 堆積状況

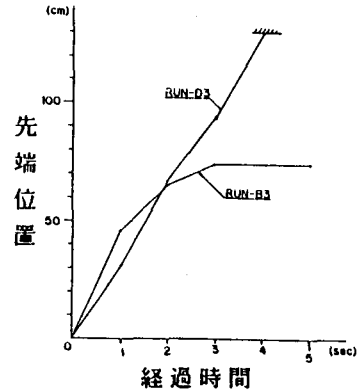


図-3 先端位置

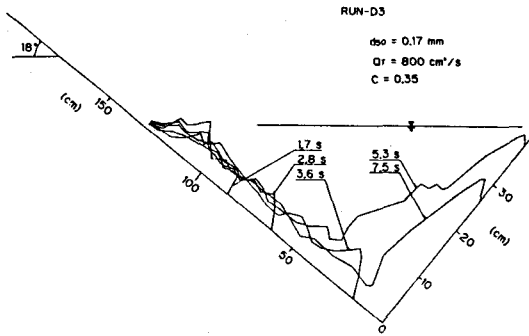


図-2 流入形状

表-1 実験条件

NO.	粒径 d_{50} (mm)	流量 cm^3/s	濃度
A1 ~ A12	0.98	800, 1200 1800	0.20 ~ 0.40
B1 ~ B12	0.59	800, 1200 1800	0.20 ~ 0.40
C1 ~ C12	0.34	800, 1200 1800	0.20 ~ 0.40
D1 ~ D11	0.17	800, 1200 1800	0.20 ~ 0.40

とし、流体中の抗力としては、 $\tau_2 = C_D \cdot \rho \cdot v^2 \cdot A/2 \dots (4)$ を用いる。ここに、 C_D :土砂濃度、 α :土砂の安息角、 C_D :抗力係数、 A :投影面積。

上式の関係より

$$\frac{du}{dt} + \frac{v}{t} = G + \frac{V_1}{t} - \frac{v^2}{V_2} \cdot \frac{1}{t} \dots (5)$$

ここに、 $G = g \cdot \sin \theta_d \cdot [1 - \{(\rho_s/\rho - 1)/(\rho_m/\rho - 1)\} \cdot C_d \cdot \tan \alpha / \tan \theta_d]$

$$V_1 = v_0 \cdot \cos(\theta_u - \theta_d) \cdot \rho_m / (\rho_m - 1)$$

$$V_2 = [C_D \cdot A/2 / \{(\rho_m/\rho - 1)/q_r\}]^{-1}$$

である。これらより、速度が0($v=0$)となる先端の位置を求めると図-1の条件場合、土石流の流入部から距離 x_L に $x_L=45\text{cm}$ 、時間 t は $t=1.1\text{sec}$ であり、図-1における $t=1$ の先端部の位置とほぼ一致している。

4. おわりに:土石流が小規模な貯水池に流入した場合の貯水池中での堆積形態は含有粒子の粒径によって異なることを示した。

謝辞:この研究を遂行するにあたり名城大学学生、細江信章君、服部佳人君、ならびにゼミ生の協力を得た。ここに記して謝意します。

参考文献

- 1) 高橋、吉田:土石流の停止・堆積機構に関する研究(1)、京大防災研究所年報、第22号B-2、(昭和54.1), pp315-328.
- 2) 桑山:土石流の小規模貯水池流入に関する基礎的研究、名城大学卒業論文、1988,1