

土石流の小規模貯水池への流入に関する研究

名城大学工学部 正員 新井宗之
 名城大学工学部 ○学生員 桑山幹根
 名城大学工学部 学生員 沢田篤宏

1. はじめに：土石流災害の多くはその堆積域で生じている。これは人家や資産が土石災害危険地域に接するようになったためである。このため土石流の発生に関する研究や堆積過程に関する研究が進められて来ておりそれぞれ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に研究されていない。1980年米国のセントヘレンズ火山が噴火し多くの災害をもたらした。その中で一部土石流が貯水池に流入したが、その貯水池の水位をあらかじめ下げておいたので事なきを得たという報告もされている。しかしながら、今後の土石流災害対策の一つとしてもそれらを明かにすることは我国のように貯水池の多い地域にとっては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特性と造波特性について実験を行ない考察した。

2. 実験条件・実験方法：実験水路は幅15cm、長さ6.0m、その水路末端部分に砂防ダムの模型を設置した両側面アクリル製の可変勾配水路である。実験砂は粒径が $d_{50}=0.097\text{mm}\sim 0.98\text{mm}$ 、 $\sigma=2.62\sim 2.64\text{g/cm}^3$ である。実験条件として、単位幅流量 $qt=53.3\text{cm}^2/\text{s}\sim 113.8\text{cm}^2/\text{s}$ 、土石流の流下体積濃度 $C=0.35$ を水路勾配 $\theta=18^\circ$ で上流より流し、模型貯水池内に発生する波の形状と土砂の堆積過程をビデオカメラ及び35mmモータードライブカメラを使用して記録、解析した。

3. 石礫型土石流の先端到達距離：水路勾配が上流側 (θ_u) から下流側 (θ_d) に変化しておりその変化点で水が湛水しているものとする。水に流入した土石流は先端の高さが h_1 、流入部で h_2 としコントロールボリュームを図のように先端部と流入部でとると連続式は微小項を省略して、

$$d[1/2(h_1+h_2)x]/dt=qt(=v_0h_0) \quad (1)$$

となる。また流入した部分が一体となって速度 v で移動していると考えれば断面Iと断面IIにおける運動量保存式は、

$$d[(h_1+h_2)x(\rho_n-1)v/2]/dt=(h_1+h_2)x(\rho_n-1)g\sin\theta/2+\rho_nqtv_0\cos(\theta_u-\theta_d)-\tau_1-\tau_2 \quad (2)$$

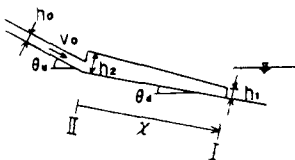


図-1 定義図

実験砂		砂		容積濃度	単位幅流量	河床勾配
粒径 $D_{50}(\text{mm})$	密度 $\sigma(\text{g/cm}^3)$	堆積濃度 C'	容積濃度 C	単位幅流量 $q(\text{cm}^2/\text{s})$	河床勾配 $\theta_u(^\circ)$	
0.097	2.62	0.53	0.35	53.3	18	
0.98	2.64	0.58		113.8		

表-1 実験条件

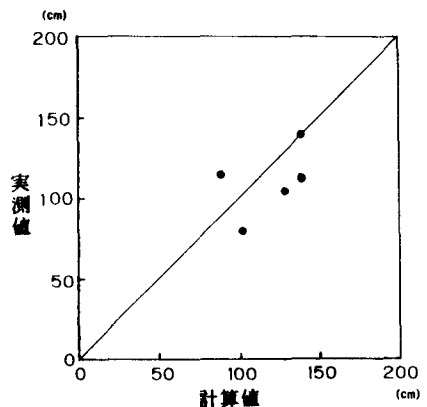


図-2 先端到達距離

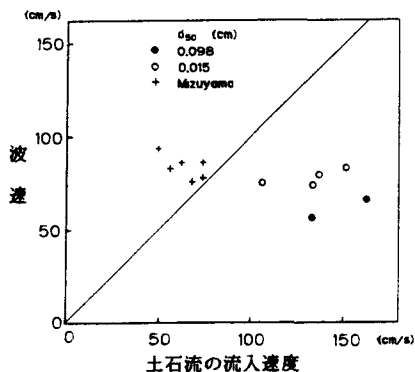


図-3 土石流流入速度と波速

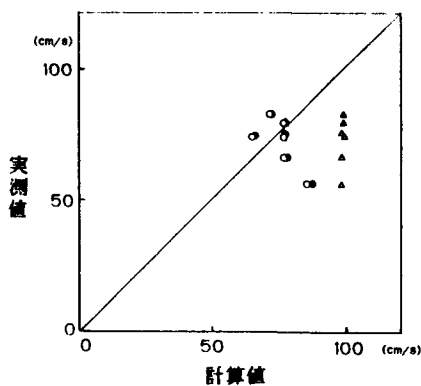


図-4 速度

となる。ここに g : 重力加速度、 ρ_m : 土石流の単位体積重量、 σ : 砂礫密度、 ρ : 水の密度、 v_0 , h_0 : 上流側の土石流の流速、水深、 τ_1 : 底面摩擦力、 τ_2 : 流体中の抗力。これ以外に流入部における土圧に相当する項などいくつか考えられるが微小項として省略している。ところで底面摩擦力としては石礫型土石流の堆積の研究からCoulomb摩擦に相当する応力を考えて¹⁾

$$\tau_1 = (\sigma - \rho)gC_d(h_1 + h_2)x \cos \theta_d \tan \alpha / 2 \tag{3}$$

とする。ここに C_d : 容積濃度、 α : 砂礫の衝突条件による角度。また流体中の抗力としては

$$\tau_2 = C_D \rho v^2 A / 2 \tag{4}$$

とする。ここに C_D : 抗力係数、 A : 投影面積。

4. 考察 : 1) 先端到達距離 土石流の流動機構による研究や本実験結果からも明かなように、土石流の流動深に対して相対的な粒子径の大きさによって流動機構が異なり、停止・堆積過程も異なっている。ここでは粒子間の衝突効果の大きい石礫型土石流の停止距離について考察する。図-1の定義図において $t=0$ で $x=0$ の初期条件のもとに式 (1) を解き、式 (3), (4) を式 (2) に代入すれば、

$$dv/dt + v/t = G + V_1/t - v^2/V_2/t \tag{5}$$

$$\text{ただし、 } G = g \sin \theta_d [1 - \{(\sigma/\rho - 1)/(\rho_m/\rho - 1)\} C_d \tan \alpha / \tan \theta_d] \tag{6}$$

$$V_1 = v_0 \cos(\theta_u - \theta_d) \rho_m / (\rho_m - 1) \tag{7}$$

$$V_2 = [C_D A / 2 / \{(\rho_m/\rho) - 1\} / qt]^{-1} \tag{8}$$

となる。上式を解析的に解くことが困難であるので数値計算を行なって v を求め、 $v=0$ となるまでの距離を、 v をさらに積分して先端到達距離を求めた。ただしここでは水に流入した土石流濃度は上流側と変わらないものと仮定し、抗力係数を $C_D=0.5$ とし、投影面積も $A=h$ とした。図-2は上式による計算結果と実験値を示したものである。これによると比較的よい一致を示しており上式の妥当性を示唆している。

2) 造波特性 土石流が貯水池に流入する実験において湛水面に発生する波速、波高、波長等を測定した。図-3は土石流の流入速度と波速の関係を示しており、波速について水山ら²⁾の実験結果と本実験値との関係を示した。図-4は微小振幅浅水波、有限振幅浅水波、微小振幅長波理論による波速の計算値と実験値との関係が示しており、浅水波における微小振幅波と有限振幅波の理論が比較的よく適応することが示されている。ただし計算値における水深として堰の平均水深を用いている。

参考文献

- 1) 高橋、他 ; 土石流の停止・堆積機構に関する研究 (1)、京都大学防災研究所年報、第22号、B-2、(昭54.1)、pp.315-328
- 2) 水山、他 ; 湛水した砂防ダムに流入する土石流の影響、第29回水講演文集、1985.2、pp.639-644