

流路幅の拡大と土石流の流速変化に関する実験

北海道大学農学部 馬場仁志 新谷 融

1. はじめに ——— 土石流の流動状態は溪流の地形に左右され、勾配の変化点や流路幅の変化点で大きな影響をうける。とくに谷の出口や溪流内の拡幅部は土石流が停滞・堆積する場として存在し、また、土石流が拡幅部を通過することにより、流速やピーク流量などの規模が軽減されて流下する。土石流災害を防止・軽減するためには、このような土石流の流動状態の変化について知る必要がある。

2. 実験の概要 ——— 実験装置は全長370cm、上流側水路幅8cm、高さ6cm、下流側100cmの部分は水路幅が8~24cmまで可変の両側面スチロール製の水路底面に、粒径約1mmの砂を接着したものである($\eta \approx 0.015$)。下流側の水路幅可変区間に、木路上からひすみゲージを利用して衝撃力測定センサーを6カ所設置し、土石流の衝撃力、流速を動的に記録できるようにした。実験は表-1に示す組合せによって、A, B 2種の材料(図-2)を数種の濃度に攪拌したものを、木路上流端より投入し、その流下過程をビデオテレビカメラで記録し、同時に衝撃力、流速、水深、フロントの上砂容積濃度などを測定した。

3. 土石流の衝撃力 ——— 図-3は、流路幅拡大比 $T=3.0$ 、 $\theta=16^\circ$ 、材料Bの場合の衝撃力測定例である。最上流側のLine 1では、ピークで約280 kg/m²を記録した後、漸次減少し、約1.5秒で終息している。下流へ行くにつれてピーク衝撃力は流路幅拡大の影響をうけて小さくなり、同時に段波の継続時間は長くなっている。すなわち、鋭い山型のピークが減殺されて、最下流のLine 6では段波継続時間が約4秒であった。図-3において各Lineにおけるピークの位置あるいは立ち上がり時刻の差から、Line間の流速が求められ、縦断方向の位置による流速の変化を測定した(後述、図-5)。

4. 土砂濃度と流速 ——— $T=1.0$ の場合について、測定区間内の平均流速を求め、 $U/\sqrt{ghT}$ を縦軸に、 C_d と横軸にとって実験別に表わすと、図-4のように、 C_d が C^* に近くなるにつれて、流速係数が急激に減少している関係が認められ

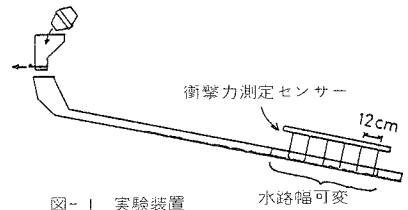


図-1 実験装置

材料	T: 水路幅拡大比	勾配 θ	含水比 w
A	1.0	8	20~100%の間に約5回
	1.5	12	
B	2.0	16	
	3.0		

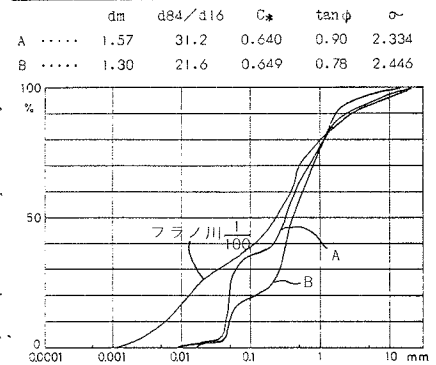


図-2 実験材料の粒度分布

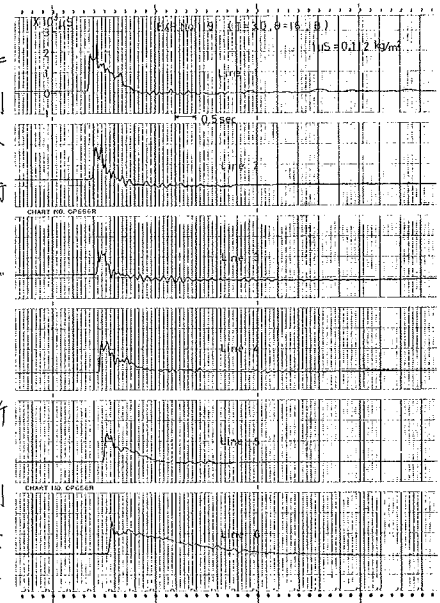


図-3 衝撃力変化の測定例

る。高橋によれば、ゲイラント流体の平均流速式から、

$$U/\sqrt{ghI} = \frac{2}{5} \left[\frac{1}{Q_i \sin \alpha} \left\{ C_d + (1 - C_d) \frac{\rho_w}{\rho} \right\} \right]^{\frac{1}{2}} \cdot \left\{ \left(\frac{C_d}{C_d^*} \right)^{\frac{1}{3}} - 1 \right\} \frac{h}{d} \quad (1)$$

d : 粒径 C_d^* : 最充てん容積濃度 ρ_w : 水の密度

Q_i : 定数 $\alpha \equiv \phi_r$: 内部摩擦角

が導かれる。いま、 d に d_m を用い、 h/d_m を適宜選べ、(1)式を図中に示すと、実線および点線のようになる。 h の測定精度によるばらつきがあるにしても、実験値が(1)式とよく一致している。しかも、高橋の実験においては、 $d_{84}/d_{16} = 1.67 \sim 5.52$ という材料を用いているが、今実験では $d_{84}/d_{16} = 21.6 \sim 31.2$ という幅の大きい混合粒径材料を用いている。このような流れが、平均粒径 d_m によって表現しうることは、極めて重要な事からである。

(1)式のカーブに屈折点があるのは、 Q_i について、

$$\begin{cases} Q_i = 0.042 & \left(\frac{C_d}{C_d^*} < 0.81 \right) \\ Q_i = \left[1 / \left\{ \left(\frac{C_d}{C_d^*} \right)^{\frac{1}{3}} - 1 \right\} - 13.7 \right] \times 0.066 + 0.042 & \left(\frac{C_d}{C_d^*} \geq 0.81 \right) \end{cases}$$

というBagnoldの実験からの仮定を採用しているからであり、この妥当性については、今後の検討材料であろう。 Q_i は、粒子の衝突回数に起因する値で、粒子が占める最粗密度において $Q_i \rightarrow \infty$ となるような濃度の関数となるものと思われる。

5. 流路幅の拡大と流速変化

流路幅の拡大によるフロントの流速の減少を、拡大比 T ごとに示すと(図-5)、 T の増加にともない、縦断方向の距離に対する減速の1かたが急になっていることが認められる。とくに $T=1.0$ から1.5にかけて、著しく曲線の傾きが急になっており、 $T=2.0 \sim 3.0$ にかけては差が小さい。

図-5の流速変化から、

$$\lambda_* = \frac{d(u^2)}{dx} \cdot \frac{dm}{(g \cdot D)^2} \quad x: \text{縦断距離}, D: \text{上流側流路幅}$$

というパラメータを考えて、縦断方向での減速の強さを実験別に表わしたのが図-6($Q=0.6$ の場合)である。実験ごとのばらつきは大きいが、概略の傾向は、実線に示すように、流路幅が1.5倍から2.0倍に拡大することによってフロントの流速減少の強度は著しく高まり、 T がそれ以上では一定値に近くなるとと思われる。

参考文献 高橋 保: 土石流の発生と流動に関する研究, 京大防災研年報 No. 20-B, 1977

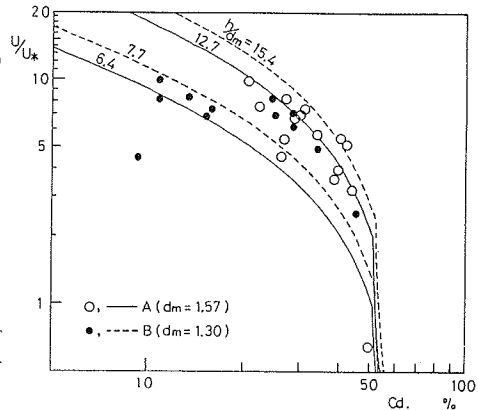


図-4 土砂濃度と流速

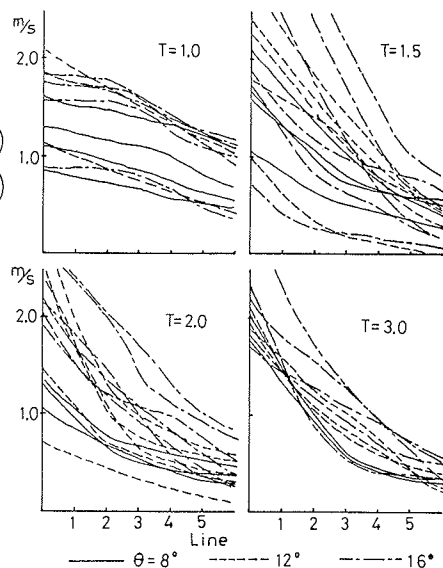


図-5 フロントの速度変化

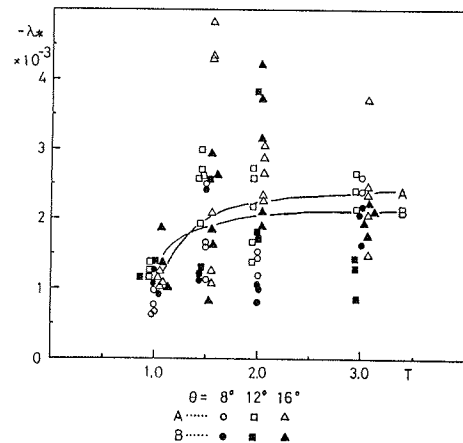


図-6 流路幅拡大比 T と λ_*