

(31) 土石流の流下過程に関する実験的研究

九州大学工学部 ○岩 光 賢
 " 平野 宗夫
 " 猿渡 裕明

土石流の発生、流下過程における運動機構については、これまでに数多くの報告がなされている。著者らはこのような土石流が溪流の上流部（低次数の河川）で逐次、合流して流下する場合を考え、その際の土石流の流下過程における流動特性を実験的に調べたのでここに報告する。

I 実験装置および方法

図-1に示すような2段式可変勾配水路（A: 20×10×250cm、B: 20×10×140cm）において、水だけ流して生ずる段波が合流する場合と、玉石（ $d_{50} = 0.74\text{cm}$ ）と砂（ $d_{50} = 0.80\text{mm}$ ）を容積比1:1で混だした混合砂礫を敷いた水路床で上流からの給水によって発生させた段波がそれぞれ合流して流下する場合の、移動速度 U_1 、伝播速度 w 、段波形状、統砂量および土石流中の礫の運動等の流動特性をVTR、16mm撮影機によって測定した。なお、本実験における各諸元は表-1に示すとおりである。

II 実験結果とその考察

- (1) 段波形状（図-3、4）
- (2) 先端部の移動速度（図-3、4）
- (3) 土石流の伝播速度

(1)(2)より土石流による段波は衝撃性の急激な波であり、理論的には小さな波高が無数に重なったものと解釈できる。そして、合流部の不連続面が比較的小さいので、これを理想段波として取り扱えることを、図-5における連続および運動方程式から得られる伝播速度式

$$W = U_1 + \sqrt{gH_1} \left[\frac{1}{2} \frac{H_2}{H_1} \left(\frac{H_2}{H_1} + 1 \right) \right]^{\frac{1}{2}} \text{より検討した。} \quad (\text{図-5、6})$$

(4)礫の先端物への集中化と流砂量に関する考察土石流の先端部には石礫が集中して流下することは、これまでに定性的ではあるが、観測等によって確認されている。これに関して著者らは流速分布に関する実験結果から次のような解析を行ない検討を加えた。すなわち図-7に示すように、段波内の流速分布は河床近傍を除けばほぼ一定で、その圧力分布は静水圧分布であれば、Navier-Stokesの運動方程式

$$\frac{DU}{Dt} = X - \frac{1}{\rho} \frac{\alpha p}{\alpha x} + \frac{\alpha \tau}{\alpha y} \quad (1)$$

$$\frac{DU}{Dt} = Y - \frac{1}{\rho} \frac{\alpha p}{\alpha y} \quad (2)$$

において、その座標軸系が段波と等速運動するものと考えれば、これらの相対速度は0となるので $\frac{DU}{Dt} = 0$ 、 $\frac{DU}{Dt} = 0$ となる。また、水の流動は重力の場で行なわれるので上式の解を $y = h$ で $p = 0$ として x で微分すると次式が成り立つ。

$$\frac{\alpha p}{\alpha x} = \alpha g \cos \theta \frac{\alpha h}{\alpha x} \quad (3)$$

さらに、これを(1)に代入して積分し、摩擦損失係数 f と流速 U が一定ならば τ_0 も一定となる。そこで $\tau_0 = \rho g h_0 \sin \theta$ とすれば次式が得られ、図-8に示すような段波形状が理論的に決定される。 $\ln(1-\eta) + \eta = \tan \theta$ — (4)ここに $\eta = \frac{h}{h_0}$ 、 $\frac{\alpha x}{\alpha h_0}$

また、段波中に礫が存在する場合、その礫の前後における圧力 P_1 、 P_2 の間には近似的に $\Delta p = P_1 - P_2 \propto A \frac{\alpha p}{\alpha x} dx \propto V \frac{\alpha p}{\alpha x}$ なる関係式が成り立ち、さらに(3)より

$$\Delta p \propto V \rho g \frac{\alpha h}{\alpha x} \cos \theta \text{ 又は } \frac{\Delta p}{\rho g} \propto V \sin \theta \left(1 - \frac{h_0}{h} \right)$$

となるので、 $\sin \theta$ が増大するにつれて Δp も増大することがわかる。このことは本実験における流砂量の玉石と砂の混合割合の変化を示した図-9からもうかがえる。

ゆえに、定性的ではあるが、勾配が大きくなるにつれて、礫が土石流先端部へと集中化することが説明できるのではなからうか。

参考文献

- (1) 椿、平野、内村：溪谷堆積土砂の流動（第2報）第27回、土木年報 1972 10
- (2) 平野：岩元、原田：人工降雨による土石流の実験 土木西部支部 1976 2
- (3) 椿、中山、羽田野他：土石流の流動について 土木西部支部 1977 2

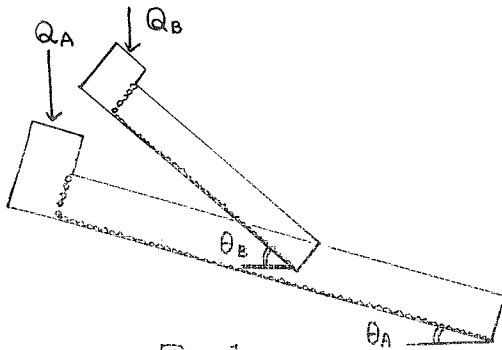


図-1

表-1. 実験諸元

水だけによる段波			玉石+砂による段波				
RUN	I	II	III	RUN	I'	II'	III'
$\tan \theta_A$	0.219	0.144	0.060	$\tan \theta_A$	0.219	0.144	0.060
$\tan \theta_B$	0.406	0.323	0.235	$\tan \theta_B$	0.387	0.305	0.216
記号	●	■	▲	記号	○	□	△

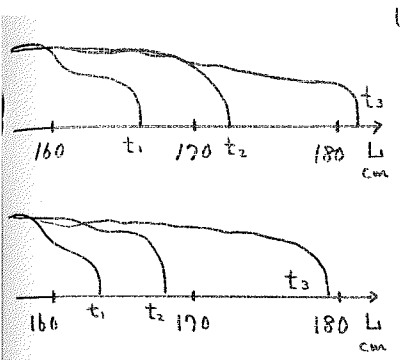


図-2

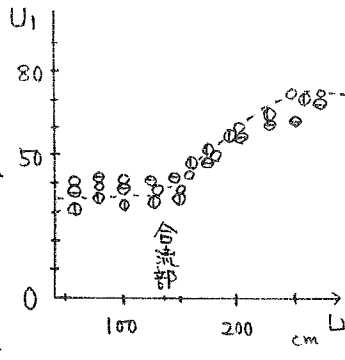


図-3

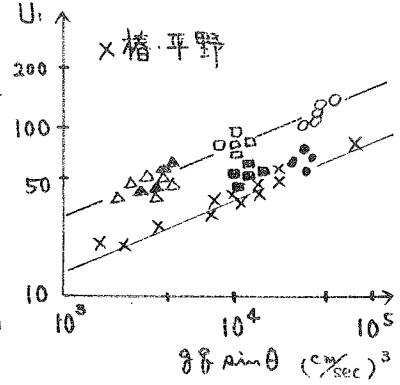


図-4

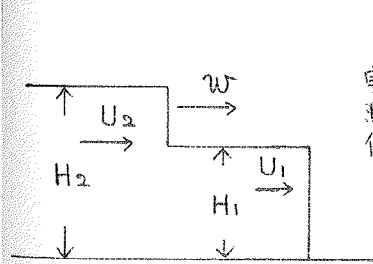


図-5

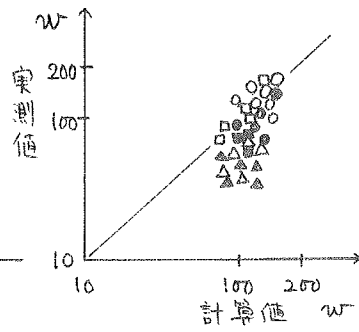


図-6

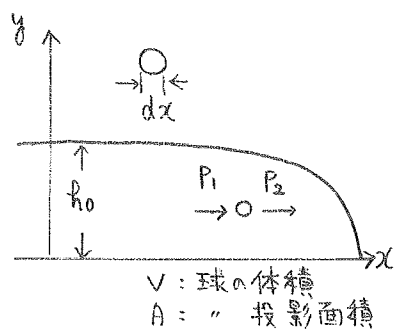


図-7

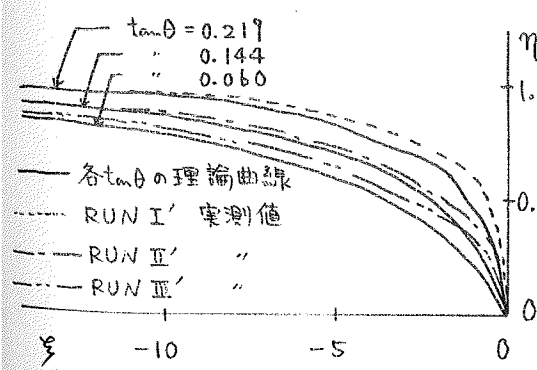


図-8

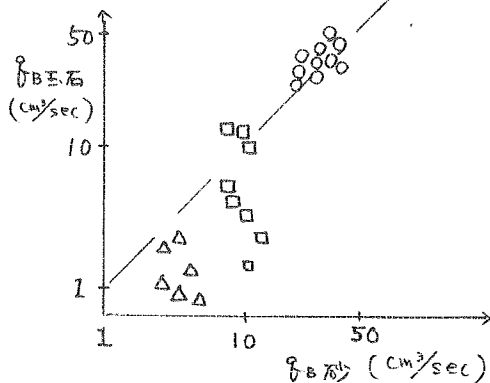


図-9