

九州大学 工学部 正員 平野 宗夫
 “ “ “ 岩元 賢
 “ “ 学生員 〇 猿渡 裕明

I. まえがき

山地河川における急激な土砂流出すなわち土石流について、その運動機構に関し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）で逐次合流する場合を考え、そ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。

II. 実験装置および方法

実験に用いた水路は、図-1に示すような2段式の可変勾配水路（A: $20 \times 10 \times 250 \text{ cm}$, B: $20 \times 10 \times 140 \text{ cm}$ ）で、水路床には玉石（ $d_{50} = 0.74 \text{ cm}$ ）を張り付け、粗度とした。実験は、水だけを流した段波の場合と、水路全体に粗度要素と同じ材料の玉石と砂（ $d_{50} = 0.80 \text{ mm}$ ）を容積比1:1で混ぜた混合砂礫を4cmに一樣に敷き、上流からの給水によって発生させる段波の場合の2種類について行ない、これらの段波がそれぞれ合流し流下する時の移動速度、伝播速度、段波形状、流砂量等の流動特性を、V.T.Rおよび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に示す通りである。

III. 実験結果および考察

1) 段波の形状

段波の合流による流下形状の変化は、水利条件によって変化するがその基本的な形状は図-2に示す通りである。

i) $w < U_1$ （水だけを流した場合）

伝播速度が先端速度に追いつけずに合流した場合、その段波は、先行している段波に吸収され、次第に偏平化していくようである。

ii) $w > U_1$ （水だけを流した場合）

段波が下部流れを巻き込む。その際、波高の変動は一般に大きい。その後次第に段波の先端部は、垂直に近くなり、その形状は短時間に一定となり、定常状態を流下するようである。

iii) $w > U_1$ （土砂を敷いた場合）

この場合も、ii)の場合と同じような傾向を示すが、土石流の場合は水路床面における摩擦効果が、前者よりも顕著であるため、相対速度は一般に小さくなるので、それに従い波高は、ii)の場合よりも大きくなる傾向が認められた。

2) 先端部の移動速度

上記の土石流における先端部の移動速度 U_1 の変化を図-3に示す。これによると、定常運動を有する2個の流れは、合流点（ $L =$

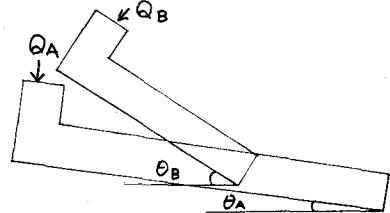


図-1 実験装置

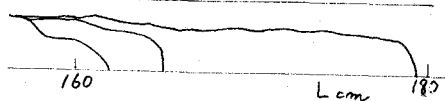
表-1 実験諸元

	水だけ流した場合			土砂を敷いた場合		
Run	I	II	III	I'	II'	III'
$\tan \theta_A$	0.219	0.144	0.06	0.219	0.144	0.06
$\tan \theta_B$	0.406	0.323	0.235	0.387	0.305	0.216
記号	●	■	▲	○	□	△

i) $w < U_1$ $\tan \theta_A = 0.144$
 $Q_A = 0.99 \text{ l/sec}$ $Q_B = 0.87 \text{ l/sec}$



ii) $w > U_1$ $\tan \theta_A = 0.219$
 $Q_A = 1.43 \text{ l/sec}$ $Q_B = 1.06 \text{ l/sec}$



iii) $w > U_1$ $\tan \theta_A = 0.219$
 $Q_A = 1.45 \text{ l/sec}$ $Q_B = 1.14 \text{ l/sec}$

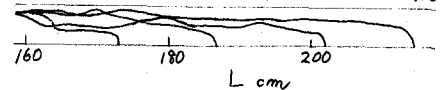


図-2 段波の形状

= 137 cm) 付近すなわち、水路急変部においてエネルギーロスが生じるために、一時的若干小さくなるが直ちに回復した後、図-3のii)とiii)のように段波状に発達しながら流下し、その速度は初期のものとは比べて50~60%程度、増大するようである。しかし、本実験においては図からもわかるように、水路長さが十分長くないために、水路末端部のUは定常になりえなかったが、従来の洪水のような段波状流れに比べると、急勾配の水流および土石流は合流に至るまでの距離および時間的な面からみれば、かなり早い時期に合流し、定常な流れを呈するものと思われた。

また、水路末端部の土石流の流速Uに關し、その波高を η とすると、従来の土石流に關する次式

$U = \sqrt{g \eta \sin \theta}$, $g = U \eta$ より η を消去した式 $U = \sqrt[3]{g \eta \sin \theta}$ について、調べた結果が、図-4である。図より、本実験における土石流も、従来の土石流の結果と同傾向にあることがわかった。なお、水だけの場合は、本実験において顕著な相関は認められなかった。

3) 伝播速度 w

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。そして段波の伝播に際してはその前後において、エネルギーは不連続となり、不連続帯を形成するが、本実験のような流れにおいては、この不連続部分を0と考え、図-5に示すようないわゆる理想段波として取扱うことにした。水の鉛直方向の加速度や水路の底勾配および摩擦は無視し得るものとし、又、段波の前後断面における水压分布に水の鉛直方向加速度を無視して得られる静水压分布を仮定する。

次に、段波の相対速度 C は、次式のようになる。

$$C = w - U_1 \quad (1)$$

ここで、 C , w および他の任意の量(たとえば U_2)を未知量として解けば、次式のような段波の速度に關する式が得られることになる。

$$C = \sqrt{g H_1 \left[\frac{1}{2} \frac{H_2}{H_1} \left(\frac{H_2}{H_1} + 1 \right) \right]} \quad (2)$$

$$U_2 = w - C H_1 / H_2 \quad (3)$$

又、 w は (1)式に (2)式を代入すれば得られる。

そこで、本実験における各種段波の伝播速度の計算値と実測値の結果を表わしたものが図-6である。勾配が、比較的急なRUN I, II, I' II'は、理想段波による式が適用されることが判る。しかし、緩勾配のRUN III, III'は、むしろ本実験においては土石流とはいえないゆるい掃流形式による流れとみなした方が、妥当と思われた。以上により、土石流の合流に際しては理想段波として、その運動を取扱えるものと思われた。

(1) 椿, 平野, 内村; 渓谷堆積土砂の流動 第2報

(2) 本向; 応用水理学(上) P132~P133

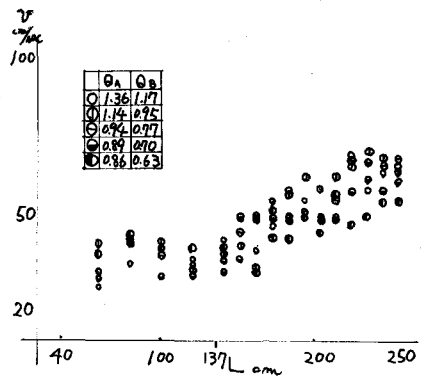


図-3 速度変化

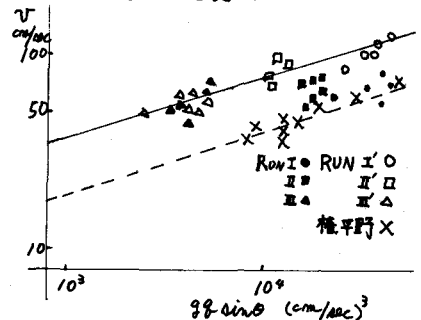


図-4 伝播速度と流量の關係

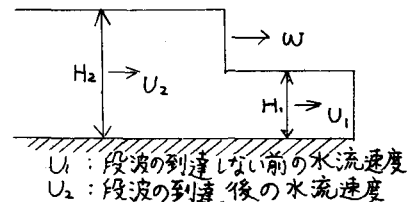


図-5 理想段波

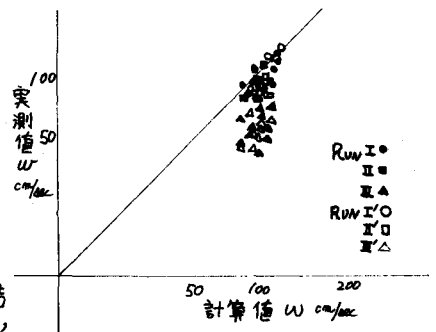


図-6 伝播速度の系結果