

九州大学 工学部 正員 橋 東一郎

" " " 平野 宗夫

" " 学生員○内村 好

まえがき

土石流は、峡谷などに堆積した土砂が多量の水ととも一挙に流動する現象で、古くから山津波と称して恐れられてきたが、現象の複雑さと実際の観測の困難さなどのため、あまり研究は進んでいない。昨年、川崎市で現地実験中に起きた悲惨な事故は、土石流の恐ろしさと、予測の困難さをみせつけられたものとして、記憶に新しいところである。我々は、前報において、透水性の大きい材料を用いて土石流の実験を行ない、表面に水流が存在しない場合について解析したが、本報では、玉砂利に等量の砂を混入して透水係数を小さくし、主として表面流によって流動する実験を行なったので、その結果について報告する。

1. 実験装置および方法

実験に用いた水路は、巾20cm、長さ4mの亚克力製可変勾配水路で、水路床に実験に用いたのと同じ玉砂利がはりつけられている。中央粒径8mmの玉砂利と中央粒径0.32mmの砂を、容積比1:1(重量比0.54:0.46)で混合したものを用いている。

上記水路に土砂を一樣厚さにしき、上流端から急救に一定量の流水を補給することにより土石流を発生させ、その先端の移動速度、高さおよび先端における土石流の流動土砂量を測定した。先端の移動速度は、図-1に示すように、プルーブに土石流が当たるとマイクロスイッチが作動するようにした装置を0.5mおきに水路に設置し、それをペン書きオシロに連結して測定した。先端の流動土砂量は、下流端で1~3秒間容器で土砂を受けとり測定し、土石流の高さは、水路側面からの写真撮影により測定した。また、比較のため、土砂を数かず、水だけ流した場合についても実験を行なった。

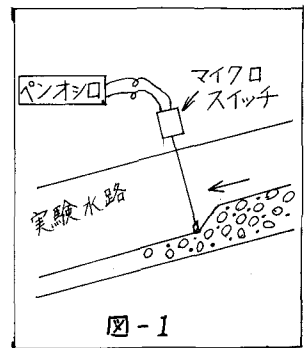


図-1

2. 実験結果およびその考察

(1) 土石流先端の移動速度

水路勾配 $\sin\theta = 0.383$ 、土砂の敷厚を3cmおよび6cmとし、上流端からの供給水量を種々変えて実験を行なった。先端の移動速度 v と単位巾当り供給水量 q との関係を図示すると図-2の△印および□印のようになり、 v は q につれて若干増大する。図には水だけを流した場合の段波の速度も記入されているが、それによると、同じ供給水量に対して、水だけの場合より土石流の方が速度が大きいことがわかる。また両者の傾向はかなりよく似かよっている。

次に、水だけを流した場合について考えてみよう。実験によると、段波の先端は垂直に近く、その形状は時間的に変化しないので、その速度は、上流の等流部の流速と同じであると考えられる。そこで、流速係数を φ 、水深を h とし、 $v = \varphi \sqrt{gh \sin\theta}$ および $q = v h$

より ρ を消去した次式が得られる。

$$V = \varphi^{\frac{1}{3}} (g g \sin \theta)^{\frac{1}{3}}$$

V と $(g g \sin \theta)$ の関係をプロットすると図-2のようであり、データは $\varphi = 2.5$ ($\varphi^{\frac{1}{3}} = 1.84$)とした線にはほぼ一致する。また、土石流に対して、土石流の単位中容積流量 B_T (cm^3/s)を用い、 V と $(B_T g \sin \theta)$ を図-2上にプロットすると、描点はほぼ上記の線上に集まり、水だけの場合と同じという興味深い結果になる。

(2) 土石流先端の流動土砂量

土石流の総流量 Q_T (%)と供給流量 Q (%)との関係を図示すると図-3のようになる。それによると Q_T は重量で Q の5~6倍程度(体積で2倍程度)となっている。このように、土石流は、水だけの場合に比べると、その速度も流量も増大し、破壊力が非常に大きくなることがわかる。

先端で採取した流動土砂の粒度をしらべてみると、玉砂利と砂の割合が各データとも重量比でほぼ2:1となっており、初期河床における重量比0.54:0.46に比し、玉砂利の割合が、かなり、増大している。これは、土石流が盛り上って移動する際に細かい粒径の砂は水とともに流動し、下方の空隙へ移行するためであると思われる。

次に、この流動土砂量を既存の流砂量式と比較してみよう。データより g_0/U_{*d} と U_{*d}^2/sgd をプロットすると図-4のようになる。ここに、 g_0 は単位中当り容積流砂量、 U_{*d} は摩擦速度、($U_{*d} = \varphi V$ とし、 $\varphi = 2.5$ 、 V は実測値を用いて計算)、 s は土砂の水中比重、 d は平均粒径 $= 0.42 \text{ mm}$ とする。それによると、ばらつきはかなりあるが、オーダー的には、Brown公式 $g_0/U_{*d} = 10 (U_{*d}^2/sgd)^2$ と一致し、佐藤・吉川・芦田公式 $g_0/U_{*d} = 0.62 (U_{*d}^2/sgd)$ より1オーダー大きい程度である。従って、この流砂量は、流砂量式により推定される範囲内にあるということができる。しかし、流動土砂中に玉砂利の占める割合が多いことなど、集合運搬の特徴を示し、流砂理論では説明しにくい点もあるので、今後、集合運搬と流体力による流送との関係を明らかにする必要があると考えられる。

参考文献

1) 椿・平野・田中：溪谷堆積土砂の流動について、オ8回災害科学総合シンポジウム，1971.10

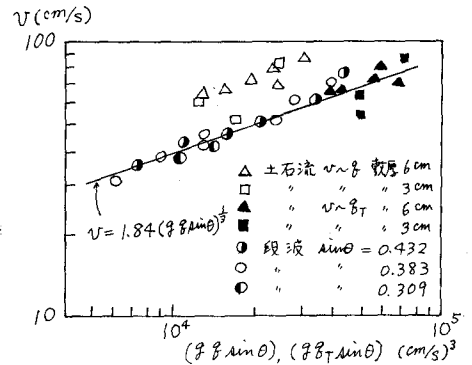


図-2 移動速度と流量の関係

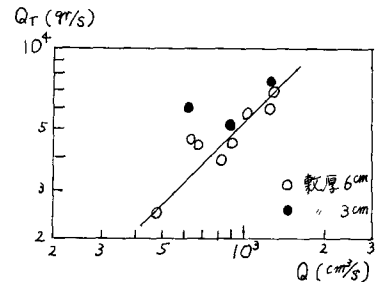


図-3 流動土砂量と供給流量の関係

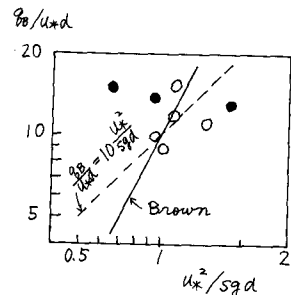


図-4 流動土砂量と掃流力の関係