

## 土石流における微細砂の役割

九州大学工学部 正 員 平野宗夫

九州大学工学部 正 員 橋本晴行

九州大学工学部 学生員 福富 章

九州大学大学院 学生員 バルー・ムハマド・サレー

九州大学工学部 学生員 宮島正悟

### 1. はじめに

実際現象の土石流は砂礫のみから成るのではなく、その間隙に微細土砂を多く含有している。そのような流れは、従来、水と微細土砂があたかも高密度の単一流体として挙動するため、比較的多くの砂礫を輸送することができると言われてきた。しかしながら、その検証はまだなされておらず、そのメカニズムについても解明されていないのが現状である。本研究は高濃度の泥水を砂礫床の上に流入させて土石流を発生させ、純水により発生した土石流と比較しながら、その特性を検討したものである。

### 2. 実験方法

実験に使用した水路は長さ12m、幅12.5cmの可変勾配水路である(図-1)。この水路の上流側5.9mの部分には泥水発生のための微細砂を、下流側6.0mの部分には土石流発生のための河床材料として平均粒径 $d_{0.5}=1.9\text{ mm}$ 、比重 $\sigma/\rho=2.61$ の砂礫をそれぞれ厚さ10cmに敷き詰めた。実験は、水路勾配 $\theta_0$ 、微細砂材料を種々変えて行った。この水路を所定の勾配に設定した後、あらかじめ河床材料を水で飽和状態にするため、浸透性のよい砂礫層には下流から6m地点において水路真上から単位幅流量 $q_g \approx 1.6 \sim 5.5\text{ cm}^2/\text{s}$ の水を供給する一方で、微細砂層には上流端から若干量の浸透水を供給した。上流端から単位幅流量 $q_p=100\text{ cm}^2/\text{s}$ の水を急激に供給すると、まず泥水流が発生して流下し、下流側砂礫床部の上を流れる。その際、泥水は砂礫を取り込みながら流下し、土石流に変化していく。下流端ではその土石流を採取して、土砂と水を合わせた全流量 $q_t$ 、微細砂及び砂礫の流砂量 $q_{rs}$ 、 $q_{os}$ などをそれぞれ計測した。

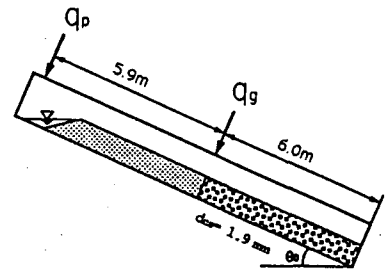


図-1 実験水路

なお、以下においては、純水による土石流に関する諸量に添字 $w$ 、泥水による土石流に関する諸量に添字 $m$ 、砂礫床部に流入する泥水に関する諸量に添字 $in$ をそれぞれ付けて区別することにする。

### 3. 実験結果と考察

図-2は、砂礫床部に流入した泥水とそれにより発生した土石流とを比較したものである。流出全流量と流入全流量との比 $[q_t]_m/[q_t]_{in}$ 、流出水量と流入水量の比 $[q_w]_m/[q_w]_{in}$ は砂礫と砂礫床内の間隙水がpick upされて流出するため1.0以上となっているが、泥水により発生した土石流における微細砂の流砂量と砂礫床部に流入した泥水の流砂量との比 $[q_{rs}]_m/[q_{rs}]_{in}$ は1.0以下となり、流出する微細砂の流砂量が減少していることが分かる。即ち、微細砂は砂礫床上を流下するに伴い、その一部は砂礫層間隙内に沈積している。これは砂礫がpick upされた結果、間隙水の乱れが減衰したためと考えられる。

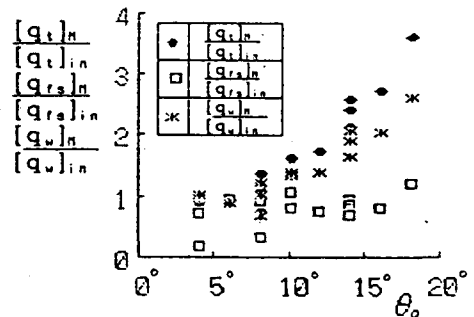


図-2 土砂及び水の流出流量と流入流量との比

図-3は、泥水により形成された土石流と純水によ

り形成された土石流との比較を行ったものである。

8°以上の水路勾配においては、泥水による砂礫の流砂量 $[q_{cs}]_n$ は純水による砂礫の流砂量 $[q_{cs}]_w$ よりも平均的に1.4倍程度大きくなっている。他方、泥水による土石流中の純水量 $[q_w]_n$ は純水による土石流の純水量 $[q_w]_w$ よりも少なく、平均的には約0.8である。また、泥水による土石流中の泥水量 $[q_t']_n=[q_w+q_{cs}]_n$ は純水による土石流の純水量 $[q_w]_w$ とほぼ同程度の量である。

このように、泥水により形成された土石流は、純水によるものと比べて純水量が少なく、またその水量は純水による土石流中の純水量と同程度であるにもかかわらず砂礫の輸送能力が大きくなっていることがわかる。

次に、どの程度の大きさの微細砂までが砂礫の輸送量の増大に寄与するかを調べるため、上流側河床材料を種々変えて検討したのが図-4である。微細砂の粒径が大きくなるに従い、砂礫の輸送量が減少することがわかる。特に、約0.3mm以上の微細砂は純水の場合に比較して砂礫の輸送量を増大させることができない。

図-5は、泥水により形成された土石流における微細砂と砂礫とを合わせた全流砂濃度 $[C_t]_n$ 、砂礫濃度 $[C_{cs}]_n$ 、及び純水により形成された土石流における砂礫の濃度 $[C_{cs}]_w$ を水路勾配に対して示したものである。泥水による土石流中の砂礫の濃度は純粋による土石流中の砂礫の濃度よりも大きくなっている。また、全流砂濃度はさらに大きく、土石流限界勾配と言われる約14°よりも低い水路勾配においても高濃度の土砂が流れ得ることが分かる。しかしながら、図は省略するが、微細砂の粒径が大きくなると流砂濃度は減少している。

従来、流出流量の予測式として近似式

$$q_t/q_w = 1 / (1 - C/C_x) \quad \dots (1)$$

が使われてきた。図-6は、このような土石流における式(1)の適合性を検討したものである。いずれのプロットも上式を満足していることが分かる。

#### 4. 結語

微細土砂を含有した土石流は砂礫はもちろんのこと多くの土砂を輸送し得ることが分かった。今後はそのメカニズムについて検討を行う予定である。

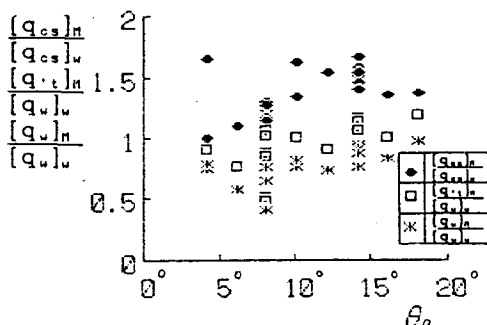


図-3 泥水による土石流と純水による土石流との比較

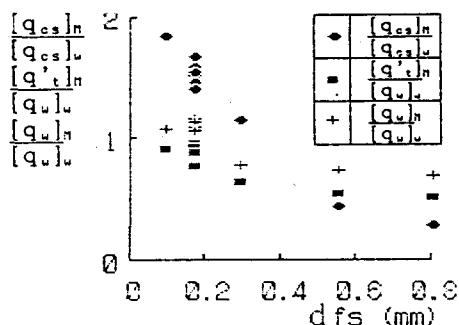


図-4 土砂及び水の流出流量と微細砂粒径との関係

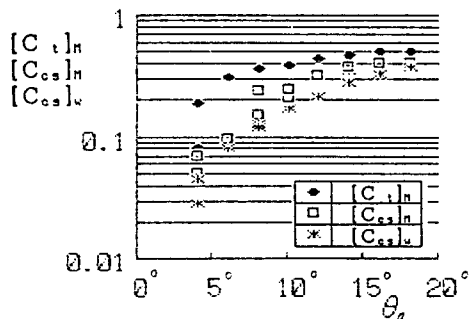


図-5 流砂濃度と水路勾配との関係

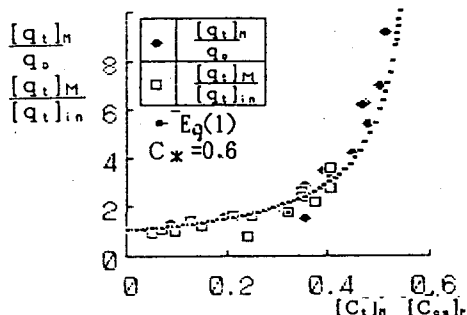


図-6  $[q_t]_n/q_w$ と $[C_t]_n$ 、及び $[q_t]_n/[q_t]_w$ と $[C_{cs}]_n$ との関係