

泥流によって形成された土石流の特性

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

九州大学大学院 学生員○峯 敏雄

九州大学工学部 学生員 吉松浩二

1. はじめに

実際現象の泥流は微細砂だけから成るのではなく、砂礫など種々の粒径の土砂を取り込みながら流動している。その混入量によっては泥流の性質を変化させ、泥流から土石流へと変化していくことも考えられる。本研究は泥流を砂礫床に流入させて土石流を発生させ、純水により形成された土石流と比較しながら、その流動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の部分には泥流発生のための河床材料として平均粒径 $d=0.17\text{mm}$ 、比重 $\sigma/\rho=2.61$ 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 $d=1.9\text{mm}$ 、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 $\theta_0=4^\circ\sim 16^\circ$ の範囲でおこなった。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地点の水

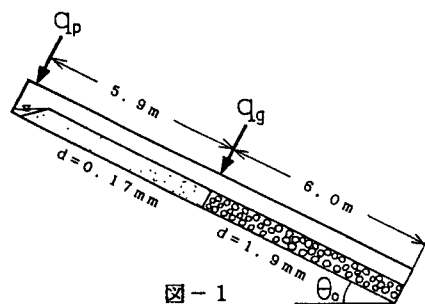


図-1

路真上から単位幅流量 $q_p=1.6\sim 5.5\text{cm}^2/\text{s}$ 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 $q_e=100\text{cm}^2/\text{s}$ の水を急激に供給すると、まず泥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、泥流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、微細砂及び砂礫の流砂量などをそれぞれ計測した。

次に、砂礫床部に流入する泥流の特性を知るため、同一水路の下流側に同じ微細砂のみを5.9mの長さにとり替えて敷き詰め、 $q_p=100\text{cm}^2/\text{s}$ の水を上流から供給して泥流を発生させた。下流端でその泥流を採取して、土砂と水を合わせた全流量、微細砂の流砂量などをそれぞれ計測した。

最後に、泥水により形成された土石流を純水により形成された土石流と比較するため、水路下流側6.0mの部分に平均粒径 $d=1.9\text{mm}$ の砂礫だけを敷き詰め、泥流の定常部の流量と同じ流量の水を上流より供給して、純水による土石流を発生させた。下流端ではその土石流の流砂量、及び全流量をそれぞれ計測した。

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、泥流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流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流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、泥流により発生した土

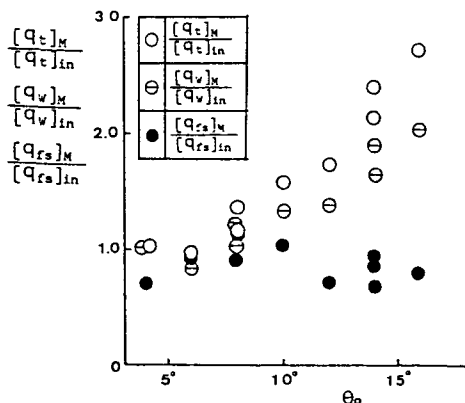


図-2

石流中の微細砂の流砂量と砂礫床部に流入した泥流の流砂量との比 $[q_{rs}]_n / [q_{rs}]_w$ 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わかる。すなわち、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とになる。

図-3は、泥流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、泥流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、泥流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、泥流による土石流中の泥水量 $[q_t']_n = [q_w + q_{rs}]_n$ は純水による土石流中の純水量 $[q_w]_w$ とほぼ同程度の量である。

このように、泥流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小さく、またその泥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。

図-4は、泥流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。泥流による土石流中の砂礫の濃度は純水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。

従来より、泥水が砂礫粒子に対して見かけ上単一流体として作用し、砂礫に対して相対的に比重を増加させた泥水が高濃度の砂礫を低い水路勾配においても輸送すると仮定されてきた。土石流中の土砂に対する簡便な次式

$$C_r = \frac{\tan \theta_0}{\{(\sigma - \rho') / \rho'\} (\alpha - \tan \theta_0)} \quad \alpha = 0.83$$

を用いて泥水比重 ρ' / ρ の効果を調べたものが図-4の曲線である。約10°以上において、上式の計算値と泥流による土石流の砂礫濃度とが $\rho' / \rho = 1.2$ の場合に、概ね適合していることがわかる。実験においては、下流端に流出した砂礫間隙中の泥水比重 $[\rho' / \rho]_n$ は平均で約1.3であり、従来の仮定がほぼ妥当であると考えられる。

4. 結語

高濃度の泥水が比較的多くの砂礫を輸送しうることが実験的に明らかにされたが、砂礫粒子に対する泥水の効果のメカニズムが今後の問題として残った。

最後に、本研究を遂行するに当たり多大の助力を受けた九州大学の松岡雅博氏に深甚なる謝意を表します。

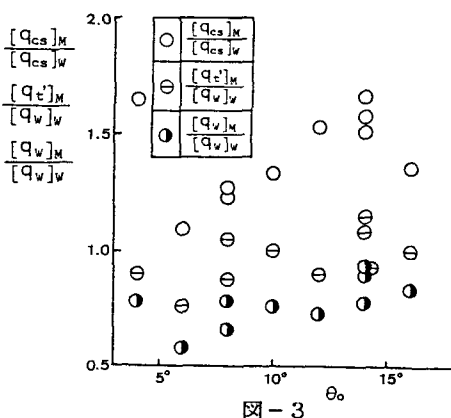


図-3

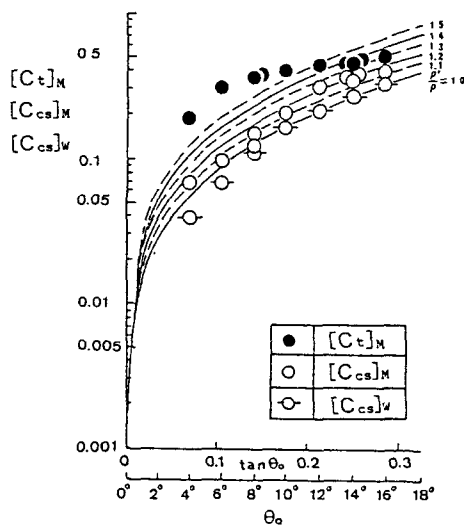


図-4