

細粒土砂を含む土石流平衡濃度の算出方法

(一財) 砂防・地すべり技術センター ○嶋 大尚, 鈴木拓郎, 黒田章雄
 筑波大学 大学院 生命環境科学研究科 長谷川祐治
 関東地方整備局 富士川砂防事務所 光永健男, 守谷武史, 大浦二郎 (現日光砂防事務所)
 国土技術政策総合研究所 内田太郎

1. はじめに

土石流による被害範囲や流出する土砂の量は地質(粒度分布)によって異なる場合があることは知られているが、未だ土石流に含まれる土砂の粒度分布と土石流平衡濃度の関係に関する研究は十分なされていない。

また、一般的な土石流の流出土砂量や被害範囲の推定には石礫型の土石流を対象とした高橋の土石流平衡濃度式が用いられているが、この式は土石流を構成する土砂の粒度分布の違いによる影響を評価できない。

そのため、本研究では粒度分布の異なる4種類の土石流平衡濃度を計測し、平衡濃度に影響を与える土砂の粒径とそれらを用いた土石流平衡濃度の算出方法を整理した。

2. 水理模型実験条件と土石流平衡濃度の計測方法

実験水路(図1)で、4種類の粒度分布(図2)から構成される様々な土石流(流量・供給土砂量は既知)を一定時間流下させ、水路下流端の堆砂勾配を超音波センサで測定した。このとき計測した堆砂勾配における土石流平衡濃度は、供給した土石流の濃度に等しいと考えた。

【実験に用いた土砂の粒度分布】

これまでの研究によると、細粒土砂が多く含まれた土石流の平衡濃度は、通常の石礫型の土石流の平衡濃度よりも高くなると思われるため、実験に用いた土石流を構成する4種類の土砂の粒度分布は細粒土砂の割合が異なるものとした。

図2に示したように、実験砂aは0.48mm以下の粒径の細粒土砂がの割合が5.6%、は実験砂bおよびcは、0.48mm以下の粒径の細粒土砂がの割合31.6%、実験砂dは、0.48mm以下の粒径の細粒土砂がの割合が55.5%含まれる。

【土石流平衡濃度の計測方法】

水路下流端の堆砂勾配の計測には超音波センサを3台使用し、堆砂勾配を時系列的に計測した。(センサ1は下流から15cmの位置、センサ2は30cmの位置、センサ3は45cmの位置である。)

堆砂勾配の計測のタイミングは、それぞれのセンサの電圧値が一定になった時間内での平均を取った(図3の破線)。また、堆砂勾配は、各センサの電圧平均値の差分から求めた。

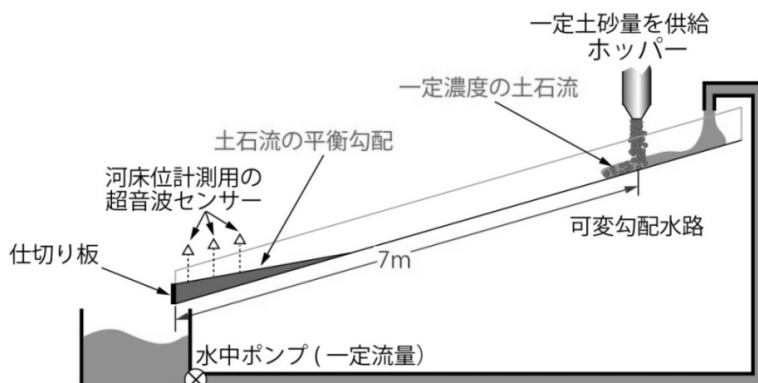


図1 水理模型実験水路図

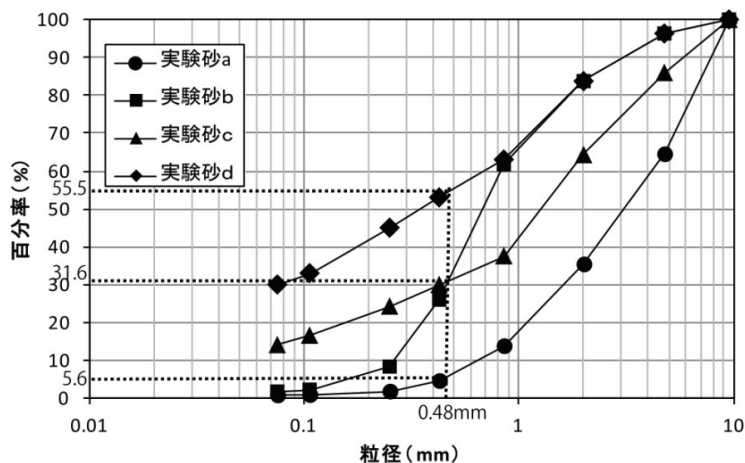


図2 実験砂の粒度分布

3. 実験結果とまとめ

実験砂 a~d と土石流平衡濃度の関係を図 4 に示す。

図 4 に示す $\rho=1$ の曲線は、石礫型の高橋の土石流平衡濃度式を示したものであり、実験砂 a の平衡濃度と整合している。

これは実験砂 a の土石流は細粒土砂の影響が少ない石礫型の土石流であるといえる。

つぎに、実験砂 b~d の土石流は、いずれも高橋の土石流平衡濃度式よりも土石流平衡濃度が 1.3~2 倍程度になっていることから、実験砂 b~d の土石流は、細粒土砂の影響が大きい土石流であると考えられる。

そこで、実験砂 a とその他の土石流平衡濃度に差が生じる原因を調べるために、図 5 に各実験砂における「土石流の摩擦速度 u_* 」と「流体として挙動する土砂の最大粒径の沈降速度 W_0 」の比 (u_*/W_0) を示す。

このことから (u_*/W_0) が 4 以上で、徐々に石礫型の土石流平衡濃度式より高濃度な土石流が発生する可能性があることが分かる。

さらに、実験砂 b と c の土石流は粒度分布が異なるにもかかわらず、河床勾配に応じた土石流平衡濃度がほぼ同一の範囲内に分布していることから、実験砂 b・c ともに含有率が同じ 0.48mm 以下の粒径の細粒土砂の割合が土石流平衡濃度に影響を及ぼしている可能性がある。

そのため、各実験砂における 0.48mm 以下の粒径の細粒土砂の割合と図 4 に示す間隙流体の密度の関係を図 6 に示す。

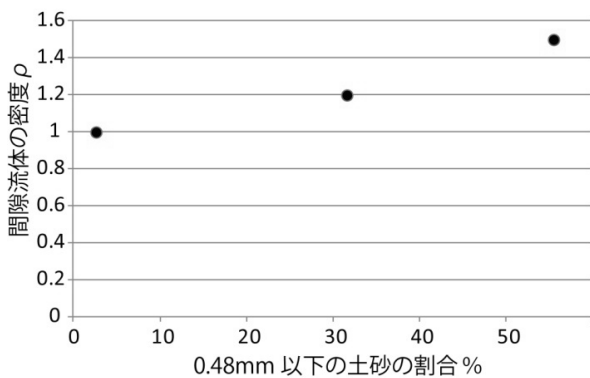


図 6 細粒土砂の割合と間隙流体の密度

図 6 から 0.48mm 以下の粒径の細粒土砂の割合が増えれば、間隙流体の見かけの密度が高くなっていることが分かる。ただし、今回の実験はすべてのケースで乱れの強さを示す土石流の摩擦速度 u_* の分布範囲が 1.1~1.7 に限定されているため、流れのスケールが異なれば、土石流の平衡濃度に影響を与える細粒土砂の粒径が異なる可能性が高い。今後は、摩擦速度の異なる土石流の実験を追加し、土石流の平衡濃度に影響を与える細粒土砂の粒径について調査する必要がある。

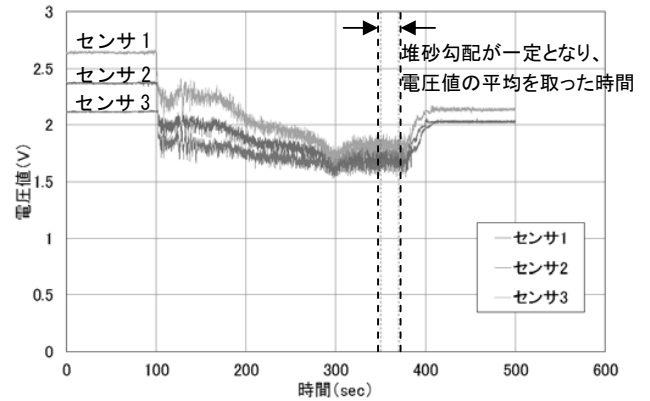


図 3 各センサで計測される電圧値の時間変化

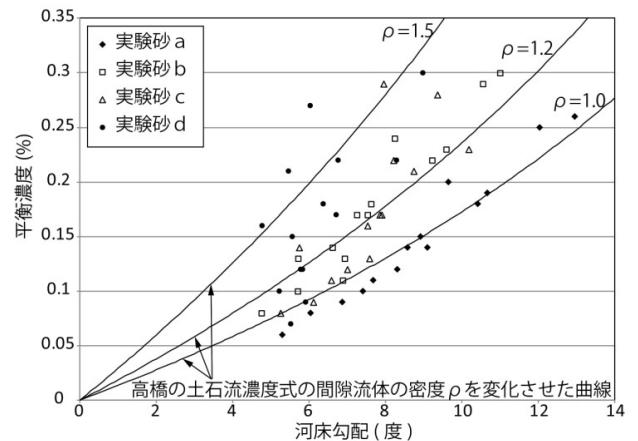


図 4 粒度分布の異なる土砂から構成される土石流の平衡濃度

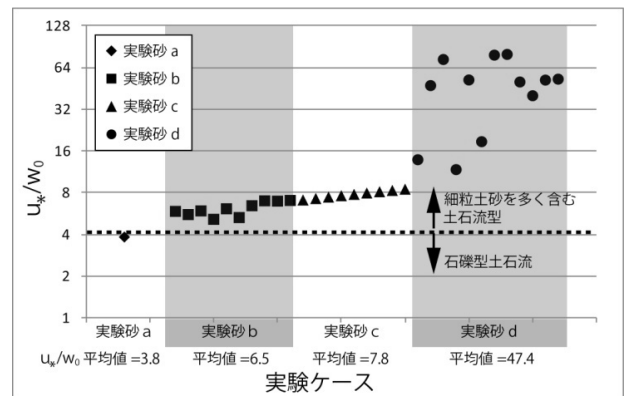


図 5 各実験ケースにおける u_*/W_0 (ただし、石礫型の土石流の実験ケースは除く)