

広い粒度分布からなる溪床堆積物の侵食による土石流化に関する研究

建設技術研究所 正会員 岸上 直之
 京都大学防災研究所 フェロー 高橋 保
 京都大学防災研究所 正会員 中川 一
 京都大学防災研究所 正会員 里深 好文

1.はじめに 土石流の発生限界や土石流の流動特性に関しては、主として一様粒径材料を対象とした理論的検討がされており、実験には比較的均一な材料を用いる場合がほとんどである。実際の土石流発生源では幅広い粒度分布を持った材料が堆積しており、たとえ土石流が発生しても土石流中に巻き込まれないような巨礫も存在する。発生する土石流の特性を明らかにするためには、土石流に取り込まれるであろう限界の粒径を明らかにする必要がある。また、広い粒度分布を持った土石流では流下途上で粒径選別作用が生じ、先端部に最大級の粒径が集中し、その内部にはほとんど水が含まれていない状態にまで発達すると言われている。そのような現象がどのように生じ、そのことが土石流の流動にどのような影響を及ぼすか明確にしなければいけない。そこで、本研究では図1に示す実験装置(水路長5m、幅10cm、堆積層厚さ6cm)、実験には図2に示す幅広い粒度分布を持つ混合砂を用いている。水路勾配は 20° とし、流量は最大径が動く大流量と最大径がほとんど動かない小流量に設定し、移動床の長さは208cm、240cm、270cmの3種類で行った。

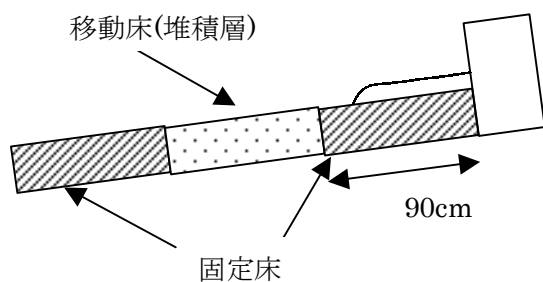


図1

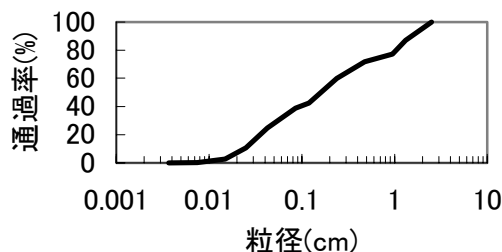


図2

2.土石流先端部と後続部の土砂濃度と粒度分布 流出土砂の体積は水路下流端で採取した土砂の重量をもとに算定した。このときの砂粒子の密度を $2.60(\text{g}/\text{cm}^3)$ としている。土石流先端部の土砂濃度と後続部の土砂濃度との比較が図3に示されている。縦軸は土砂濃度、横軸は実験のケースナンバーを示している。土石流先端部の土砂濃度は後続部の土砂濃度に比べて、高い値を示しているケースが多い。流量の大きい条件での土石流先端部と後続部の粒度分布を図4.1に、流量の小さい条件での土石流先端部と後続部の粒度分布を図4.2に示す。流量の大きい条件では全粒子の移動が認められる。流量の小さい条件では粒径 0.5cm 以上の粒子の存在割合が初期に用意した実験材料に比べて顕著に少なくなっている。流量が大きい条件での土石流後続部の粒度分布に関しては、堆積層の初期の粒度分布とさほど変わらない結果が得られたが、流量の小さい条件では粒径 0.5cm 以上の粒子の存在割合が大幅に少なくなっている。このことは先端部と後続部に問わず、河床に存在していた粒径 0.5cm 以上の粒子がほとんど侵食されずに河床に残っていることを意味している。流量の小さい条件で実験した場合には後続部に粒径 0.06cm の砂が非常に多く含まれていた。また、流量の小さい条件では先端部での60%粒径が $0.2\sim 0.3\text{cm}$ となっているが、後続部では60%粒径が 0.1cm 程度となっており、先端部での粗粒化が顕著に見受けられる。

キーワード 土石流先端部、土石流後続部

京都府宇治市五ヶ庄京都大学防災研究所 Tel 0774-38-4124 Fax 0774-32-6039

3.土石流の平均流速式と実験値との比較 土石流の断面平均流速式として、以下の式が提案されている¹⁾。

$$u = \frac{2}{5d_{mL}} \left\{ \frac{g}{0.02} \frac{\sigma C_L + (1 - C_L)\rho_m}{\sigma} \right\}^{\frac{1}{2}} \left\{ \left(\frac{C_{*L}}{C_L} \right)^{\frac{1}{3}} - 1 \right\} h^{\frac{3}{2}} \tan^{\frac{1}{2}} \theta \quad (1)$$

ここに、 d_{mL} ：粗粒分の平均粒径、 g ：重力加速度、 σ ：砂の密度、 C_L ：粗粒分の容積濃度、 ρ_m ：液相の密度、 C_{*L} ：河床表層の粗粒分の容積濃度、 h ：水深、 θ ：河床勾配である。ここで、粗粒分とは水の挙動とは異なる動きをする粒子であり、細粒分とはほとんど水と一体となって挙動する粒子である。粗粒分と細粒分との境界は明確に定めがたいが、粒径 0.01cm あるいは 0.02cm 程度以下を細粒分とする研究者が多いので²⁾、本実験では粒径 0.02cm 以下を細粒分とした。式(1)において C_{*L} は 0.65、 C_L は実験において得られた土石流先端部の土砂濃度、 h は移動床下流部において土石流先端部の流動状況をビデオ撮影したものから土石流先端部の水深を 2、3 箇所計測して、平均化したものである。実験値と計算値を比較したものの図 5 に示す。土石流流速の実験値は、下流側の固定床下流部に設置した高速度ビデオカメラから求めた。実験値のほうが計算値より大きくなるケースが多かった。ここでは先端部に含まれる粗粒分の平均粒径をはじめ式(1)のパラメーターについて再考する必要がある。

4. 結論 土石流先端部は先端部以外に比べると、土砂濃度が高く、粗い粒径が集中するといった現象が見られ、後続流と大きく異なった流れであることが言える。最大径が動かない流量での実験において土石流先端部と先端部以外の 60%粒径を比較することで先端部は粗粒化していることがわかった。土石流の流速について、実験値と計算値を比較してみたが、実験値のほうが計算値より大きくなるケースが多く見られた。計算式について見直す必要がある。

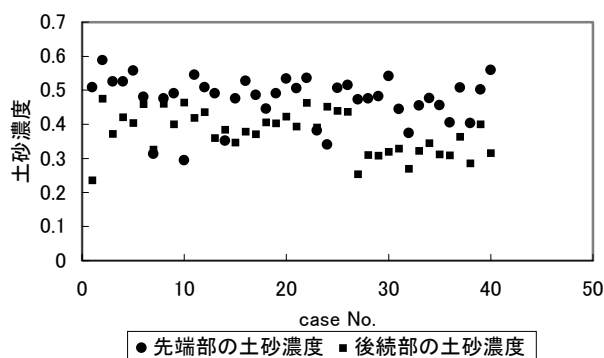


図 3

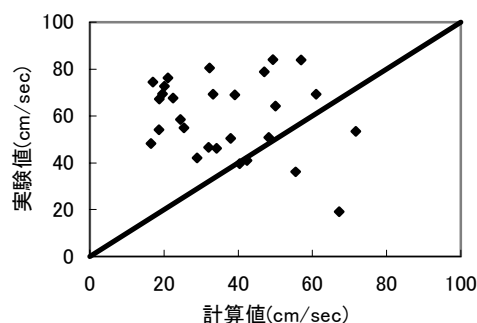


図 5

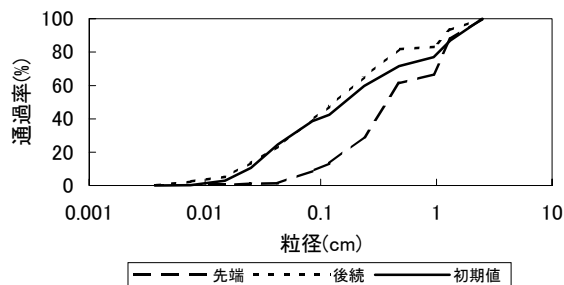


図 4.1

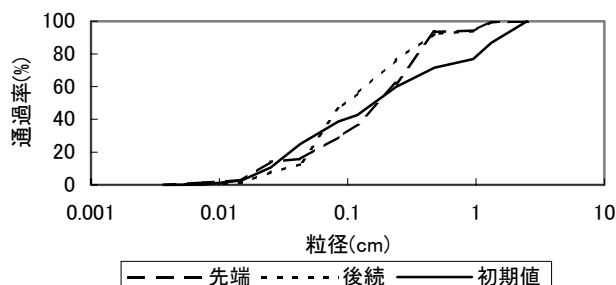


図 4.2

- 参考文献** 1)防災研究協会：貯水池への流入土砂の予測に関する基礎研究、pp.34-40、平成 11 年 3 月
2)砂防学会：溪流の土砂移動現象、pp.64-72、平成 3 年 1 月