

筑後川水系赤谷川流域のまさ土を主体とした土砂流出現象に対する砂防施設効果の検証

株式会社 建設技術研究所 ○高橋 佑弥, 長井 斎, 奥山 遼佑, 吉村 真, 松原 智生
国土交通省九州地方整備局筑後川河川事務所 川合 康之, 梅本 武史, 福岡 薫*

*: 現 長崎県土木部砂防課

1. はじめに

筑後川水系赤谷川流域において平成 29 年 7 月九州北部豪雨に起因する土砂流出では花崗岩が風化したまさ土を主体とする土砂の流出が多く発生した。一般に、まさ土主体の河床材料は小さい粒径の占める割合が大きく、砂防施設における堆砂勾配は緩くなることが特徴として挙げられている¹⁾。赤谷川流域における発災後の航空レーザー測定の解析によると、砂防施設背後に捕捉された土砂の堆砂勾配は元河床勾配の $2/3 \sim 1/4$ 程度と幅を持った状況であることが示された²⁾。しかし、赤谷川流域内で土砂流出時から平常時にかけての砂防施設背後の堆砂勾配がどのように変化するかは定量的に把握されていない。そこで、本研究では赤谷川流域における地形・地質・流量等の状況を踏まえた条件で水理模型実験を実施し、出水時から平常時までの堆砂勾配の変化を計測し、砂防施設効果について検証を行った。

2. 実験条件

2.1 実験水路

実験水路は水路幅 10 cm、水路長 7 m、水路勾配は最大 20° 程度まで可変である矩形直線水路を用いた。実験水路に取り付けられたポンプの吐出し量は 21.7 L/s で全揚程は 10 m である。水路形状や給水能力の関係から、想定する縮尺は $1/40$ とした。水路勾配は砂防施設設計画が実施される範囲を想定し、 15° (土石流発生区間)、 10° (土石流流下区間)、 6° (土石流堆積区間) の 3 段階を設定した。

2.2 実験砂

発災後の調査で流域内にはまさ土主体で玉石がほとんど含まれない細粒土砂により構成された河床や直径 1.0 m 級の巨石を含み表面が石礫でおおわれている河床、およびその中間的な粒度分布を持つ河床が確認された。このため、実験では既往の河床材料調査 (平成 30 年 7 月) の粒度分布の範囲で上記の河床材料を想定する 3 種類の粒度分布を想定し、小粒径から順に A 砂、B 砂、C 砂とした。ただし、既往調査では粒度分布に巨礫を含まないため、調査箇所を対象に追加で線格子法による粒径調査を実施し、既往調査結果に合成することにより粒径加積曲線を想定した。また、実験では細粒砂は浮遊状態となり河床変動に寄与しないことから 0.1 mm 以下の粒径を含まない配合とした。使用する実験砂の粒度分布を図-1 に示す。

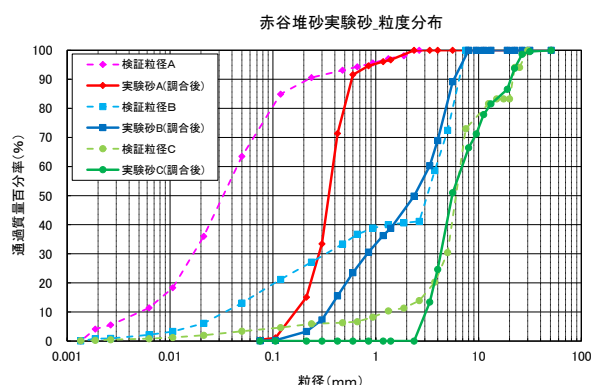


図-1 配合した実験砂の粒径加積曲線

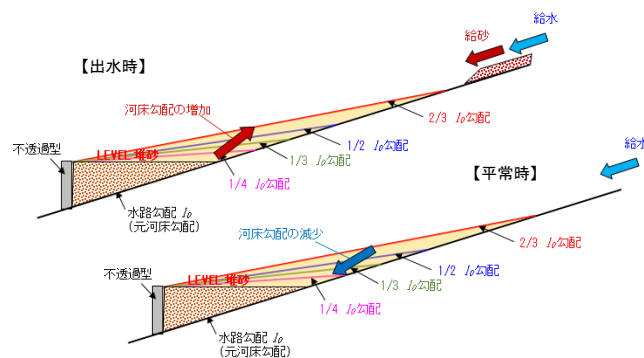


図-2 実験方法模式図

2.3 実験方法

実験の初期条件は水路末端に砂防堰堤に見立てた高さ 0.2 m (8.0 m 相当) の板を設置し、砂防堰堤上流側を水平堆砂で埋め戻した状態とした。まず、この状態より平衡土砂濃度で土砂供給を行い堆砂勾配が最も急勾配になる時点まで給水し、この状態を出水時の最大堆積勾配と想定して計測した。その後、清水のみを十分小さい流量で供給し、河床勾配の低下、あるいは河床表面のアーモアコート化により土砂移動が生じなくなるまで通水した。この状態を平常時の堆砂勾配と想定して計測した。流量は定流にて供給し、水路最上流部に設置 (置き土) した実験砂の上面を通過させることにより平衡給砂濃度で土砂を供給した。供給流量は実験砂粒径での静的平衡勾配の変化が良く表れる範囲を想定し、土砂供給時は 0.20 L/s (実スケール $0.5 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$)、 0.40 L/s (同、 $1.0 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$)、 0.80 L/s (同、 $2.0 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$)、清水供給時は 0.10 L/s と設定した。供給土砂量は堰堤上流側を水路勾配の $2/3$ 勾配で埋設可能な土砂量の 2 倍の量とした。実験中は実験水路側面からビデオ撮影を行い、堆砂勾配の時系列変化を計測した。実施した実験の模式図を図-2 に示す。

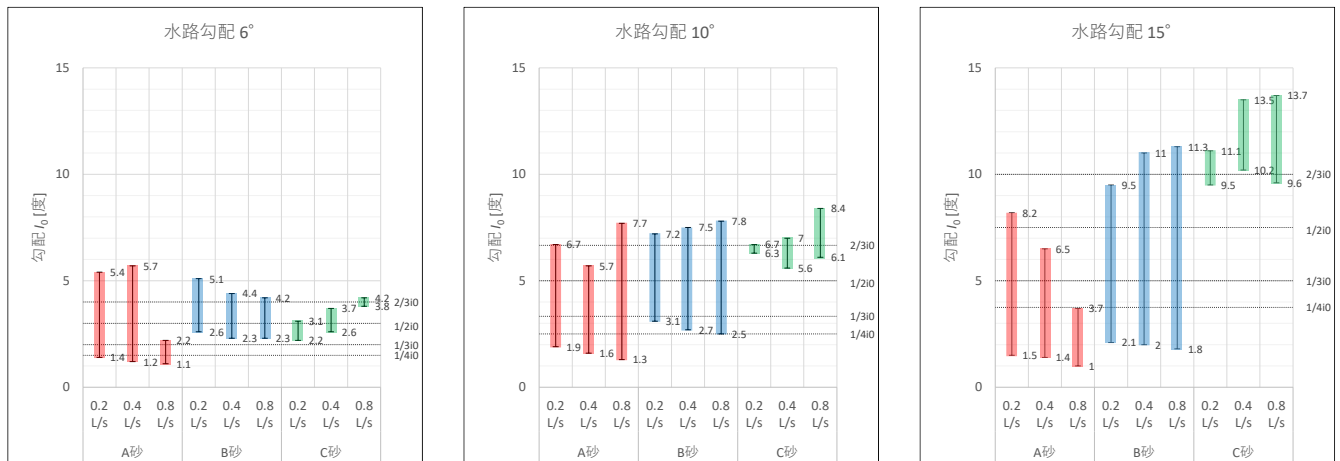


図-3 出水時から平常時までの河床勾配変動範囲

2.4 実験ケース

実験ケースは、実験砂 3 条件（A 砂、B 砂、C 砂）、水路勾配 3 条件（6 度、10 度、15 度）、供給流量 3 条件（0.20 L/s、0.40 L/s、0.80 L/s）を組み合わせた 27 ケースを実施した。

3. 実験結果

各実験ケースで得られた出水時から平常時までを想定した河床勾配の変化範囲を実験水路勾配毎に整理し、図-3 に示す。なお、細粒土砂を主体とした実験砂 A の実験では、実験中河床が安定せず、周期的に河床形状が変動するような状況であった。このような状況で瞬間的かつ局所的な最大堆砂勾配を計測すると過大評価となるため、実験砂 A のケースでは、比較的直線的な堆砂形状を示す、給砂・給水を終了した時点の河床勾配を計測した。各実験砂について堆砂状況の特性を示す。

① 実験砂 A（まさ土を想定した土砂）

粒径の小さい A 砂の平常時堆砂勾配は水路勾配によらず 2 度以下（平均で 1.4 度）で安定した。堆砂過程において河床波が形成されて堆砂形状が波打つため、土砂移動が不連続になり出水時の最大堆砂勾配を測定することは難しい。

② 実験砂 B（石礫混じりを想定した土砂）

A 砂と同様に、平常時堆砂勾配は水路勾配によらず 3 度以下（平均で 2.4 度）で安定した。粒度分布の幅が広いため、出水時堆砂勾配と平常時堆砂勾配の変動幅が大きい。このため、土砂調節効果が大きい河床材料と言える。

③ 実験砂 C（巨礫混じりを想定した土砂）

水路勾配 6 度の条件では単位幅流量が 0.80 L/s 以上の規模でないと土砂が堰堤模型まで十分に到達せず途中で停止していた。言い換えれば、巨石混じりの C 砂は勾配が 10 度以上の土石流下区間で評価すべき条件と考えられる。水路勾配 10 度以上の条

件では、単位幅流量が大きくなると出水時堆砂勾配が急勾配になるが、平常時堆砂勾配は水路勾配(I)の $2/3I$ 勾配で安定した。

砂防施設の効果量や施設配置計画を検討する際には、元河床勾配(I)を基準に $2/3 I$ 、 $1/2 I$ 、 $1/3 I$ などの勾配を設定している。しかし、河床材料の粒度分布によっては既往の概念が適用できないことがあることが確認された。特に、まさ土を想定した A 砂による実験では平常時堆砂勾配が河床勾配によらず平均で 1.4 度と緩く、既往の概念が適用できない。しかし、現地で安定した河床を形成している河床材料を対象とするならば、例えば勾配 15 度区間は C 砂、勾配 10 度と 6 度区間は B 砂と考えると $2/3 I \sim 1/3 I$ の範囲に該当すると考えられる。

4. おわりに

本研究では直線水路を用いて筑後川水系赤谷川流域を想定した実験条件により、砂防施設上流に形成される堆砂勾配が出水時から平常時にかけてどのように変動し、土砂の調節効果を発揮するか検証を行った。実験結果から流量、粒径、勾配などの条件により、堆砂勾配は出水時と平常時の間で変動することが確認された。ただし、出水時堆砂勾配と平常時堆砂勾配は、砂防計画上で一般的に述べられている $2/3 I \sim 1/3 I$ よりも変動幅が大きいことが示された。このことから、計画堆砂勾配は計画堰堤を配置する河床勾配と河床材料を主な指標として、各流域の特徴に合わせて設定することが有効であると考えられる。

参考文献

- 1) 例えば、伊藤ら (2015): 0 次谷からの土砂流出に対する砂防堰堤効果検証に関する水理模型実験, 砂防学会誌, Vol. 64, No. 6, p. 64–70
- 2) 株式会社建設技術研究所 (2019): 筑後川水系赤谷川流域砂防計画及び土砂動態観測手法検討業務報告書