

水流による砂防施設からの土砂流出量に関する基礎的研究

株式会社日水コン 正会員 ○田丸 雄大
株式会社建設技術研究所 正会員 中島 奈桜

広島大学 正会員 内田 龍彦
広島大学 フェロー会員 河原 能久

1. 序論

H30年7月豪雨災害では、大きな粒径を含む土石流が砂防施設に堆砂し、堆砂した土砂を越流する流れによって河道に多量に土砂が供給され土砂・洪水氾濫が生じた。このため、砂防施設からの流れによる土砂流出量を適切に評価し、対策をする必要がある。河床変動解析では流れの方程式と流砂に関する連続式・流砂量式が解かれるが、溪流において適用し得る流砂量式は確立されていない¹⁾。本研究は水流による砂防施設からの流出土砂量を実験により明らかにし、その解析法を確立することを目的とする。

2. 実験方法

実験では、一様粒径と混合粒径の土砂を用いて土砂流出過程における挙動などを調べた。実験には、幅0.2m、高さ0.6mの側面がアクリル板のコンクリート素材の直線水路を用いた。水路に不透過型の砂防堰堤模型を配置し砂防堰堤上流に土砂を計画堆砂勾配(一様粒径では0.06, 混合粒径では0.17)で堆砂させ一定流量(一様粒径では7.0 l/s, 混合粒径では9.0 l/s)で通水を行った。一様粒径実験は砂防堰堤が設置されてある一般的な計画堆砂勾配であるという条件のもと、1.2mmの粒径の砂を用いて通水を行なった。混合粒径実験は水理条件としてH30年度7月豪雨災害で被害にあった広島県呉市大屋大川のデータ²⁾を参考にした。混合粒径の粒度分布は大屋大川同様に被害にあった野呂川の上流部の斜面崩壊箇所の粒度分布を適用した。実験では5粒径の混合粒径実験を行った(図-1)。下流端の砂防堰堤直下で流砂量を計測した。河床高の測定は、側面からの撮影による画像判定と通水前後にポイントゲージを用いて計測をした。粒度分布の測定は篩分けと表層の画像判定から行った。

3. 解析方法

一様粒径実験を行う際、等流仮定のもと河床変動を芦田・道上³⁾の式(1)を用いて一次元的に計算する。混合粒径実験には式(1)を混合粒径に適用したものをを用いた。

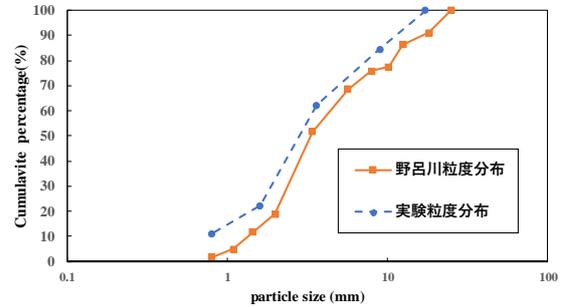


図-1 粒度分布

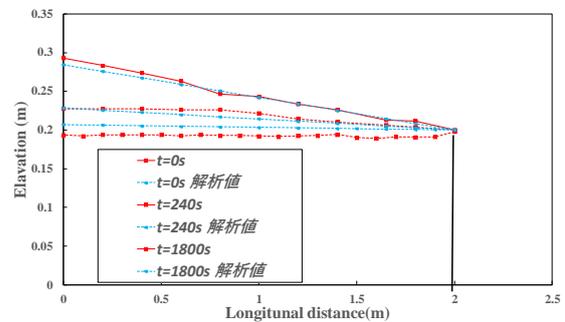


図-2 一様粒径実験における河床高の比較

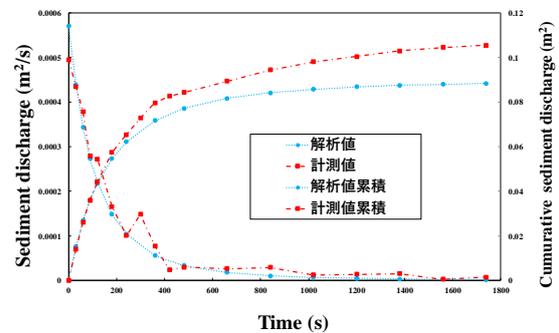


図-3 一様粒径実験における流砂量の比較

また、粒度分布の変化を考慮するため平野ら⁴⁾の交換層式(2)を用いた。今回交換層厚さ a は最大粒径 d_{max} の関数と定義した。

$$q_{Be*} = 17\tau_*^{\frac{3}{2}} \left(1 - \frac{\tau_{*c}}{\tau_*}\right) \left(1 - \sqrt{\frac{\tau_{*c}}{\tau_*}}\right) \quad (1)$$

$$\frac{\partial i_b}{\partial t} = \frac{1}{a} (i_B - i_{b0}) \frac{\partial z}{\partial t} \quad (2)$$

ここに、 q_{Be*} :平衡掃流砂量、 τ_{*c} :限界掃流力、 τ_* :無次元掃流力、 i_b : i 粒子の交換層内の存在率、 a :交換層厚さ、 i_B : i 粒子の単位時間当たりの流砂量に占める存在率、 i_{b0} : i 粒子の交換層直下の原河床における存在率である。

4. 一様粒径実験結果

河床の時間変化では縦断方向にほぼ直線形を維持した(図-2)。また、実験の河床形状の時間変化については一次元等流計算結果で概ね再現できた。また、時間あたりの流砂量についても、実験と計算のグラフの概形が概ね一致したといえる(図-3)。また、累積流砂量が合わない点は砂防堰堤近傍の急変流などの影響が考えられる。このため砂防堰堤からの流れによる土砂流砂量の推定には等流仮定を用いた本手法が適用できるといえる。

5. 混合粒径実験結果

最終形状である180s後の河床形状は概ね一致したものの途中30sでの河床形状は2つの交換層厚さの計算値は計測値より大きくなっている(図-4)。流砂量に関しても同様で交換層厚さを大きくすることで計測値にと近づいたが、計測結果に比べるとかなり少ない(図-5)。図-6は流砂量の平均粒度の時間変化について、実験値と2つの交換層厚さの計算値を比較したものである。流出土砂量の粒度分布の変化は解析では交換層厚さを大きくすれば粒度分布が小さくなった。また、表面の粒度分布の変化は計測値で縦断方向に一様でなく、上流に行くほど粗粒化しており、一様粒径の場合と異なり、縦断方向変化を考慮する必要があることを示した(図-7)。

6. 結論・今後の課題

一様粒径実験は実験データが上流の堆砂形状を等流仮定で導出した一次元等流計算を用いた解析法の結果と概ね一致した。しかし、混合粒径実験では交換層厚さ a を調整しても計測値を再現できないことが明らかとなった。

参考文献

- 1) 国土交通省河川砂防技術基準(案)設計編, 1997年
- 2) 国土交通省中国地方整備局太田川河川事務所: 広島西部山系豪雨災害緊急調査(その1)業務報告書 2019
- 3) 芦田和男, 道上正規: 移動床流れの抵抗と掃流砂に関する基礎的研究, 土木学会論文報告集, 第206号, pp59-69, 1972
- 4) 平野宗夫: Amoringをともなう河床低下について, 土木学会論文報告集, 第195号, pp55-65, 1971

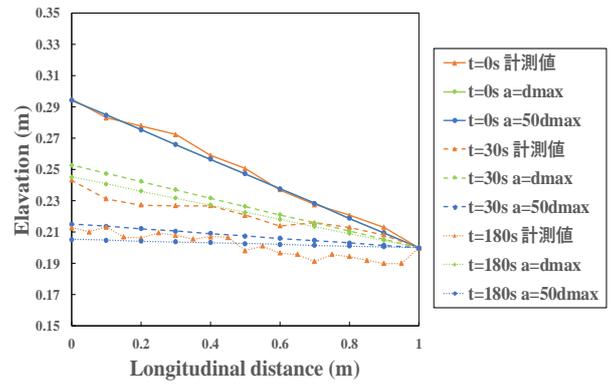


図-4 混合粒径実験における河床高の比較

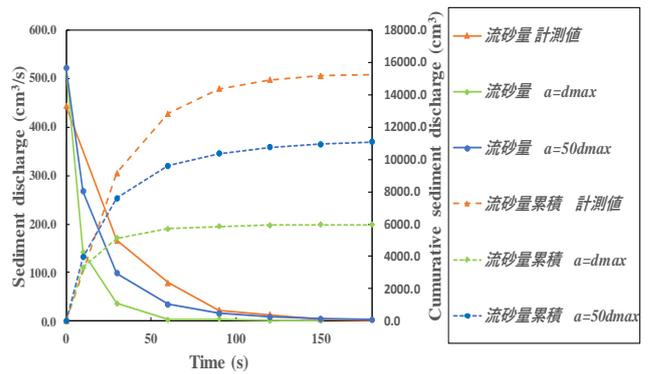


図-5 混合粒径実験における流砂量の比較

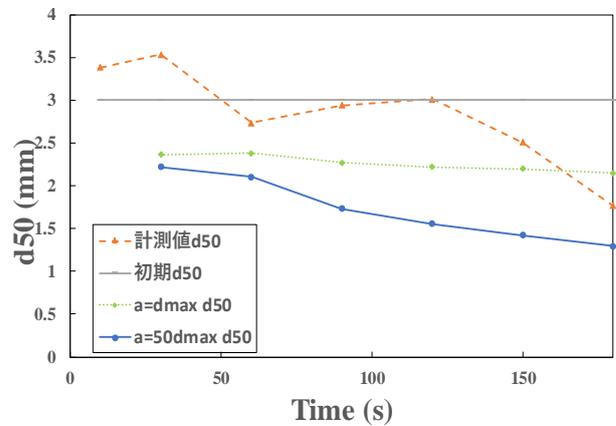


図-6 流砂量の平均粒度の時間変化

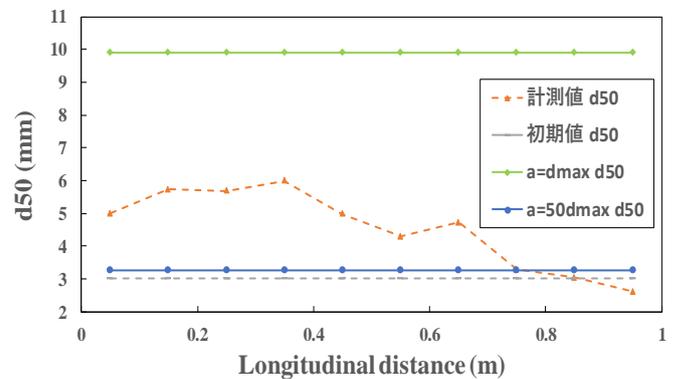


図-7 通水後の表面の粒度分布