

水流による砂防堰堤からの土石流堆積土砂流出量の評価法

株式会社建設技術研究所

学生会員 ○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

2018 年に発生した西日本豪雨により、大屋大川では土砂洪水氾濫により甚大な被害が発生した。大屋大川上流の砂防堰堤に堆積した土石流堆積土砂が後続流の作用により流出したため、土砂洪水氾濫が発生したと考えられる。土砂流出量の評価法には混合粒径による、粒度分布や堆積土の空隙率の変化を考慮しなければならない。しかし、従来の混合粒径の河床変動解析法¹⁾は空隙率の変化と交換層の厚さの評価に課題がある。本研究では、砂防堰堤からの土砂流出量と、多量の土砂が流入した場合の河床変動の評価手法を検討する事としている。砂防堰堤からの流出量の評価法において、著者らが開発したオイラー型堆積モデル²⁾を侵食過程に拡張し、掃流力から算出した流砂量式を組み合わせ河床変動解析法を開発し、混合粒径を用いた砂防堰堤流出実験を対象にモデルの検証を行った。

2. 砂防堰堤から流出する土砂量の評価法²⁾

混合粒径の検討に先立ち、一様砂の流出量を検討したところ、等流仮定により算出した掃流力を用いた流砂量式の計算結果は実験結果を評価できたため、本研究の混合粒径を用いた場合も同様の方法で掃流力を評価することとした。掃流力の評価式を以下に示す。

$$\tau = \rho g h I \quad (1)$$

ここで、 τ : 掃流力、 h : 水深、 I : 河床勾配である。流砂量式には芦田・道上の粒径別流砂量式³⁾、限界掃流力には修正 Egiazaroff の式³⁾を用いた。

本研究で用いたオイラー型堆積モデル²⁾では、各層の高さを最大粒径で定義し、解析層に分けて計算を行う(図-1)。全体の解析層はある粒子よりも大きな粒子が侵入可能な空隙を表わす表層と、各粒子の存在割合が計算される任意の数の堆積層で表される。全体の解析層の粒子存在率を計算するために、各粒径粒子で解析層を考え、粒子 N よりも大きな粒子のデ

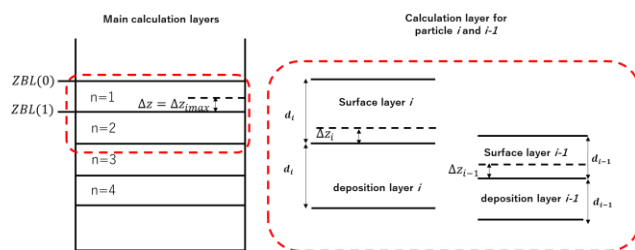


図-1 オイラー型堆積モデルの解析層

ータをもとに侵入可能な空隙を評価し、表面、堆積層の粒子 N の占有率を計算している。侵食過程において、小さい粒子の侵食に伴い侵食量がない大きな粒子の河床高が変化する現象が考えられる。小さい粒子が侵食した高さ分、大きい粒子が最密に堆積すると考え、以下の式(2)を用いて評価した。

$$\delta z_{bi+1} = \delta z_{bi} - \delta z_{bi} \times (P_{i+1})_{\text{deposition layer}} / (\lambda_{i+1}(1 - \lambda_0)) \quad (2)$$

ここで i 粒子 $< i+1$ 粒子、 $(P_{i+1})_{\text{deposition layer}}$ は $i+1$ 粒子の堆積層の存在率である。

3. 実験への適用

(1) 実験概要と解析条件

実験水路概要図を図-2に示す。下流に0.2 mの砂防堰堤を設置し図のように混合粒径土砂を一様に堆積させた。実験条件は西日本豪雨で被害にあった大屋大川の水利条件・砂防堰堤の計画堆砂勾配を用いて実験水路にフルード相似則を用いて適用した。実験に用いた混合粒径土砂の粒度分布は大屋大川と同様の被害があった野呂川上流部の斜面崩壊箇所の粒度分布を参考に作成した。(図-2)。実験水路に設置した砂防堰堤の上流部に土砂を堆積させた状態で30分間通水を行った。解析条件を表-1に示す。相当粗度は平均粒径の2倍とした。オイラー型堆積モデルの初期の各粒径の存在率は実験値より初期の空隙率と粒度分布を用いて決定した。また、比較のため、従来のモデルで交換層厚さを最大粒径と定義し計算を行った。

キーワード 河床変動解析, 空隙率, 混合粒径土砂, 粒子充填モデル

連絡先 〒739-8527 広島県東広島市鏡山 1-4-1 広島大学大学院工学系研究科 社会基盤環境工学 専攻事務室

TEL: 082-424-7194

表-1 解析条件

単位幅流量	m ² /s	0.046
初期勾配	-	0.17
dx	m	0.05
刻み時間	s	0.001

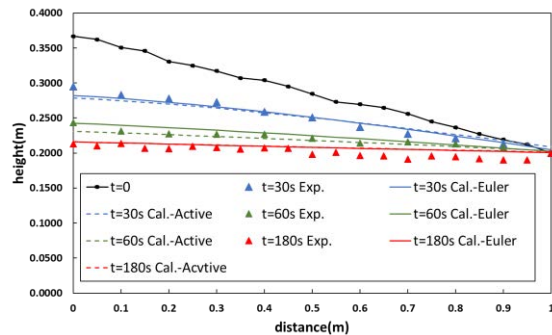
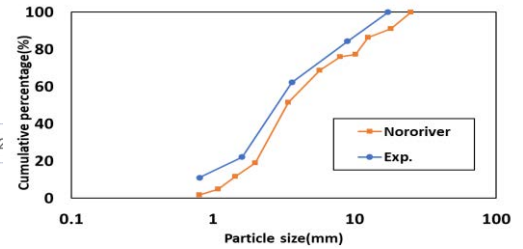
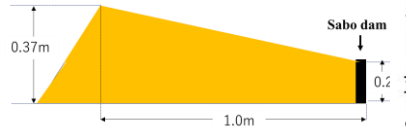


図-3 河床高の時間変化

図-2 実験概要図と実験で使った粒度分布

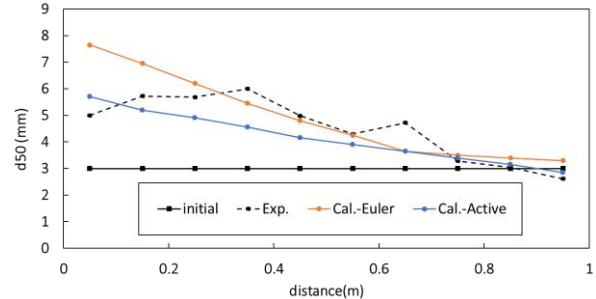


図-4 表層のd50の縦断分布

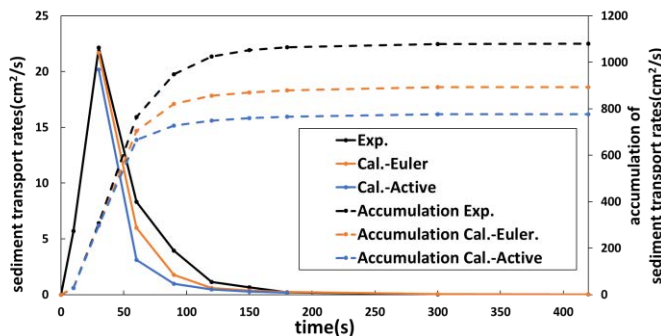


図-5 単位時間当たりの流砂量

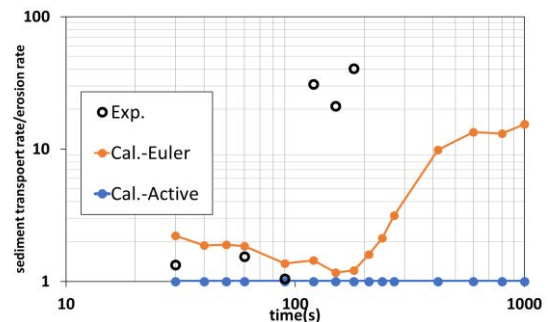


図-6 流出土砂量と侵食量の時間変化

(2) 結果

図-3 に河床形状の時間変化，図-4 に表層の d_{50} 粒径の縦断分布，図-5 に単位時間当たりの流砂量，図-6 に流出土砂量と侵食量の比の時間変化を示す。河床形状の時間変化では，全体的に解析値と実験値で概ね一致していた。表層の d_{50} 粒径の縦断分布においては，いずれの解析値は実験値の傾向を捉えることができた。流砂量の時間変化量を比較すると，いずれの解析値は実験値の傾向を捉えることが出来た。しかし，累計値を比較すると解析値の方が実験値より低い値を示した。実験では，最大粒径の下に存在する小さい粒子の流出に伴う乱れの影響により大きい粒径が流出する現象が発生していた。本研究で用いた流砂量式では，この現象による流砂が考慮できないため，流砂量を適切に評価できなかつたと考えられる。

土砂流出量と侵食量の変化においても，初期では解析値と実験値で一致が見られるが，120 秒後から実験値では，土砂流出量が侵食量の 20 倍以上となっている。時間が経過すると，オイラー型堆積モデルの解析値でも侵食量に対する土砂流出量が 10 倍以上となった。本解析では流砂量を適切に評価できなかった。

め，土砂流出量と侵食量の時間変化を捉えることが出来なかつたが，空隙率の時間変化による見かけの侵食量と土砂流出量の特徴を捉えることが出来た。

4. 結論

本研究では砂防堰堤からの土砂流出量の評価法において，混合粒径による空隙率の時間的変化が考慮できるオイラー型堆積モデルを考慮した河床変動計算法を用いて実験を対象に検証を行った。河床変動，流砂量の時間的変化を概ね再現できた。しかし，河床が安定状態になるまでの時間は解析値と実験値で異なつたため，土砂流出量と侵食量の比の時間的を再現することが出来なかつた。

参考文献

- 1) 平野宗夫, "Armoring をともなう河床低下について, 土木学会論文報告集 1971.195, 55-65.1971.
- 2) 林勇輔, 内田龍彦, 河原能久: 分級作用に伴う混合粒径土砂の空隙率と堆積変化に関する基礎的研究, 水工学論文集, 第 75 巻, 2019.
- 3) 芦田和男, 道上正規: 移動床流れの抵抗と掃流砂量に関する基礎的研究, 土木学会論文報告集, 第 206 号, pp.59-69, 1972.