

急勾配水路における置土の先端侵食量に関する水理模型実験

いであ株式会社 正会員 ○ 佐々木 崇憲
 (独)土木研究所 正会員 櫻井 寿之
 (独)土木研究所 正会員 福島 雅紀
 (独)土木研究所 正会員 箱石 憲昭

1. はじめに

近年、総合土砂管理、下流河川の環境改善および堆砂対策の観点から、既設ダムにおいて、貯水池内に堆積した土砂を下流河道に供給する試みが各地で行われている。その方法の1つとして挙げられる「置土」は、汎用性の高さやコストの点で採用するダムが増加傾向にある。一方、置土による下流河川への影響は、未解明な部分も多く試験的に実施しているのが現状である。

このため、置土の侵食、流送形態を把握し、適正な土砂量、質、形状を設定するためには、現在のところ平面2次元河床変動解析等のシミュレーションモデルが有用なツールのひとつと考えられる。しかし、モデル計算を行うにあたっては、かなりの労力が必要となることから、ある程度の精度で簡易に予測できるモデル(以下、簡易侵食モデル)の開発が求められている。

簡易侵食モデルとしては、非粘着性材料を対象とした非越水条件における置土の侵食挙動の模型実験結果¹⁾をもとに、侵食メカニズムの違いから置土の先端および側方侵食量に分けた推定式が提案されている²⁾。しかしながら、先端の侵食量推定式に関しては、当時流量および粒径が一定の実験結果しか得られず、流れが射流であったことから、置土幅によらず先端付近の掃流力が一定となり、重要なパラメータである掃流力の影響が評価されなかった。本稿では、その後侵食量推定式の精度向上を目的として行った水理模型実験の結果を報告する。

2. 水理模型実験

(1) 模型概要

模型水路は、長さ11m、幅1m、勾配1/100の直線水路で、底面および左岸側の導流壁は塗装を施した木製であり、右岸側は透明なアクリル製である。模型水路上流部には、流量をコントロール可能な給水管および整流水槽、下流部には、沈砂池および帰還水路が設置されている。

水路の上流端には、等流範囲が広くとれるようシルを設置し、30L/s以下の水のみを通水時において、上流端より1m以降では、ほぼ等流状態となっていることを予め確認している。図-1に模型水路の平面

形状を示す。なお、実験は、先端部および側方部の侵食状況を明らかにする目的で実施されているため、下流端からの侵食が生じないように、置土下流端から水路末端まで木製の置土模型を設置している。

(2) 実験ケース

表-1に実験条件を示す。模型実験は、非粘着性材料を対象とした非越水条件における侵食を対象とした。今回新たに実施した実験はCase-9~20である。

(3) 実験結果

図-2は、各ケースの置土先端の侵食長さ(初期位置からの侵食長さ)の経時変化を流量別、長さ別、粒径別に示したものである。これによると、先端の侵食速度は、流量の増加、粒径の減少に伴い増加する傾向が確認されるが、置土の長さには影響されることが確認できる。また、置土幅を変化させた結果(流量別、粒径別グラフの●▲■)に着目すると、置土長の侵食速度は、置土幅が小さいほど侵食速度が大きい傾向が確認でき、置土先端の侵食速度は置土幅と関係があると考えられる。なお、置土先端が水路下流端へ近づくに従い、水路下流端に設置した木製置土模型の影響で侵食速度は緩やかとなり、その影響は初期置土幅が大きいほどより顕著に表れている。



図-1 模型水路平面図

表-1 実験条件

実験名	初期の置土形状			平均粒径 d (mm)	流量 Q (l/s)
	B ₀ (m)	L ₀ (m)	H ₀ (m)		
Case-1	0.2	8.0	0.1	1.12	20
Case-2	0.2	6.0	0.1		
Case-3	0.2	4.0	0.1		
Case-4	0.2	2.0	0.1		
Case-5	0.4	8.0	0.1		
Case-6	0.4	6.5	0.1		
Case-7	0.1	8.0	0.1		
Case-8	0.2	8.0	0.2		
Case-9	0.2	8.0	0.1		
Case-10	0.2	5.0	0.1		
Case-11	0.4	6.0	0.1		
Case-12	0.1	8.0	0.1		
Case-13	0.2	8.0	0.2	0.362	15
Case-14	0.1	8.0	0.1		
Case-15	0.2	8.0	0.1		
Case-16	0.4	8.0	0.1		
Case-17	0.1	8.0	0.1		
Case-18	0.2	8.0	0.1		
Case-19	0.4	8.0	0.1		
Case-20	0.2	8.0	0.1		
				0.362	30

キーワード 置土, 水理模型実験, 先端侵食, ダム堆砂, 土砂供給

連絡先 〒105-0004 東京都港区新橋6-17-19 いであ株式会社 建設技術事業本部 ダム部 TEL:03-5405-8141

図-3は、表-1に示した実験結果より得られた全ケースの置土先端侵食速度(置土先端の移動速度)と B/h_{wF} (置土幅/置土上流の水深)との関係を流量および粒径別に示したものである。いずれのケースも既往の知見²⁾と同様に B/h_{wF} の減少に伴い置土先端侵食速度が増加している傾向が確認できる。このことから、置土先端部の侵食は、置土上流部の水理量および置土の粒径に加え、置土幅、置土上流の水深にも支配されると推察される。

図-4は、無次元先端侵食量 q_{BF*} (図-5(1)式参照)と無次元先端掃流力 τ_{F*} (図-5(2)式参照)との関係を B/h_{wF} 別に示したものである。ここで、図-5(1)式に用いられている先端侵食量 Q_{BF} は、実験の観測時間ごとの先端侵食長さ²⁾と置土幅の変化量から算出した。 B/h_{wF} の値が小さくなるに従って、掃流力の増加率に対する侵食量の増加率が大きくなる傾向が認められる。今後、実験データを蓄積することで、急勾配水路の置土の先端侵食量を掃流力と B/h_{wF} を用いて推定できる可能性があると考えられる。

3. おわりに

本稿では、非粘着性材料を用いた非越水条件における水理量を考慮した簡易侵食推定式の提案に向けた水理模型実験の中間報告を行った。今後は、水路勾配、粒径を変化させた実験を数多く行い、異なった条件下での侵食メカニズムを解明するとともに、その結果を推定式の提案につなげていく必要がある。さらに、現地スケールでの検証を行うことで再現性の確認を行い、実際の置土計画に反映させていきたい。

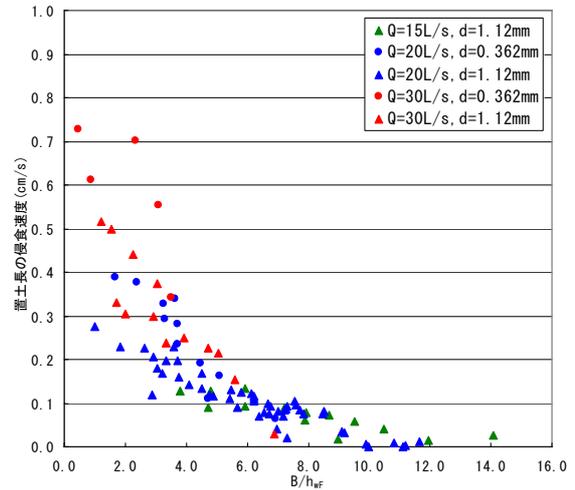


図-3 置土長の侵食速度と B/h_{wF} の関係

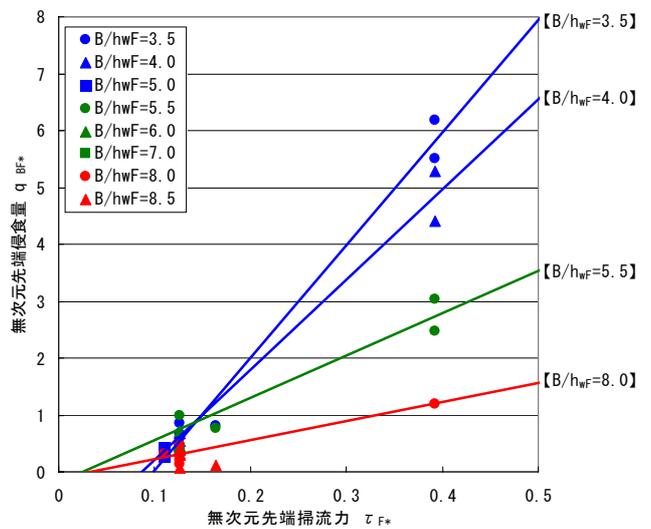


図-4 無次元先端侵食量と無次元先端掃流力

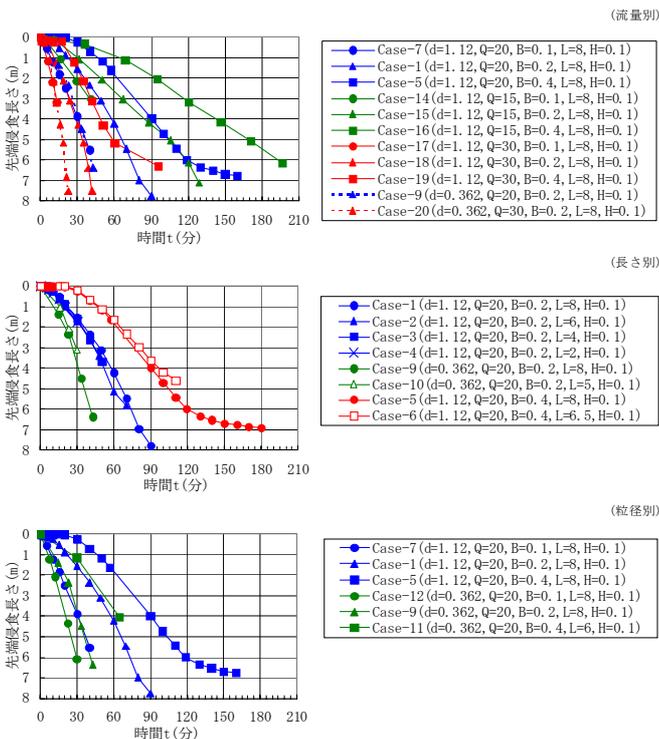


図-2 置土先端の侵食速度の経時変化

$$q_{BF*} = \frac{Q_{BF}}{B(t)+B(t+\Delta t)} \times \sqrt{(\sigma/\rho-1)gd^3} \quad \dots (1)$$

$$\tau_{F*} = \frac{u_{F*}^2}{(\sigma/\rho-1)gd} \quad \dots (2)$$

$$Q_{BF} = \Delta L \cdot \frac{B(t)+B(t+\Delta t)}{2} \cdot H_0 \cdot (1-\lambda) \quad \dots (3)$$

$$u_{F*} = \sqrt{g \cdot h_{wF} \cdot I} \quad \dots (4)$$

ここに、 q_{BF*} は無次元先端侵食量、 Q_{BF} は先端侵食量、 $B(t)$ は置土幅、 σ は土粒子の密度、 ρ は水の密度、 g は重力加速度、 d は置土の粒径、 τ_{F*} は無次元先端掃流力、 u_{F*} は置土上流の摩擦速度、 ΔL は置土先端侵食長さ、 λ は置土の空隙率、 h_{wF} は置土上流の水深、 I は水路勾配

図-5 無次元先端侵食量と無次元先端掃流力の算定式

参考文献

- 井上清敬・柏井条介：「ダム下流河道仮置き土砂の侵食・流送挙動に関する基礎的研究解析」, 土木学会第 60 回年次学術講演会講演概要集 第 2 部, pp.193-194, 2005
- 星野公秀・泉倫光・櫻井寿之・箱石憲昭：「置土侵食実験における先端および側方侵食量推定式の提案」, 土木学会第 62 回年次学術講演会講演概要集 第 2 部, pp.407-408, 2007