

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

(独) 土木研究所 正会員 星野 公秀
 (株) 建設技術研究所 正会員 泉 倫光
 (独) 土木研究所 正会員 櫻井 寿之
 (独) 土木研究所 正会員 箱石 憲昭

1. はじめに

近年、ダム下流の河川環境保全やダムの堆砂管理の観点から既設ダムにおいて、ダム下流河道に貯水池堆積土砂を供給する試み(以下、「置土」)がなされている。置土は、ダム下流の河川管理者や利害関係者との調整がなければ比較的安価で順応的に実施可能な土砂供給手法である。

しかしながら、置土量、置土形状および置土粒径が水理学的知見から得られたものではなく、地形条件や経済的・社会的要因が支配している事例も散見される。そこで、土砂の侵食、流送挙動を体系的に把握するとともに適正な置土量や置土形状等の計画を土砂水理学的なアプローチから行う必要がある。

現状では、ダムの下流河道に沿って常時は越水しない状態で置土が設置される場合が多く、濁水発生懸念から砂礫など非粘着性材料が用いられている。これらの状況を踏まえた条件で、置土の侵食挙動について模型実験による検討が実施されている¹⁾。実験の侵食状況から、越水しない場合の侵食は、先端からの侵食と側方からの侵食の合成によって進展することが予察される。そこで、本研究では、置土侵食現象を簡易にモデル化することを念頭に置いて、水理模型実験により置土の先端と側方の侵食量推定式の作成を試みた。

2. 水理模型実験概要

実験水路は、勾配 1/100、幅 1m、長さ 11m の直線水路を用い、左岸側は塗装を施した木製とし、右岸側は透明アクリル製とした。

図 1 に置土実験模型平面図、表 1 に実験条件を示す。なお、置土に越水が生じない条件を設定している。実験は、簡易モデルを作成するため先端侵食量を把握する実験(case1)と側方侵食量を把握する実験(case2)に分けて実施した。実験では、置土の時間的な平面・横断形状の変化を計測した。

case1 については、先端侵食量を精度良く把握するために置土下流部に固定置土模型を設置し、末端からの土砂の流出を防止した。

また、case2 については側方侵食量を精度良く把握するために置土区間の上下流に固定置土模型を設置し、先

端や末端からの土砂の流出を防止した。また、平衡状態での側方侵食量を確認するため、置土区間沿いを常に移動床とする必要があり、水路の上流側から給砂を行った。

写真 1 に各ケースの代表的な置土流送状況を示す。流況観察から、case1-2 の先頭部の侵食は、置土左岸側から始まり先鋭部の角度を保持しながら後退して進展する。

表 1 実験条件

実験ケース	置土幅B (m)	置土長L (m)	置土高H (m)	粒径 (mm)	流量 (l/s)	給砂量 (cm ³ /s)
case1-1	0.2	8	0.1	1.2	20	0
case1-2	0.2	6				
case1-3	0.2	4				
case1-4	0.4	8				
case1-5	0.4	6.5				
case1-6	0.1	8				
case2-1	0.1	3	0.1		20	15.7
case2-2					30	33.6
case2-3					25	22.4
case2-4					30	49.3
case2-5	0.2	3	0.1	25	29.1	
case2-6				20	20.2	
case2-7				15	11.2	
case2-8				20	26.9	
case2-9	0.4	3	0.1	15	17.9	
case2-10				10	9.0	

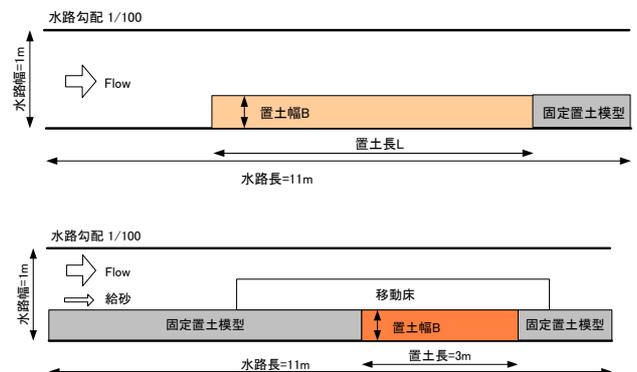


図 1 置土実験模型平面図(上 case1, 下 case2)

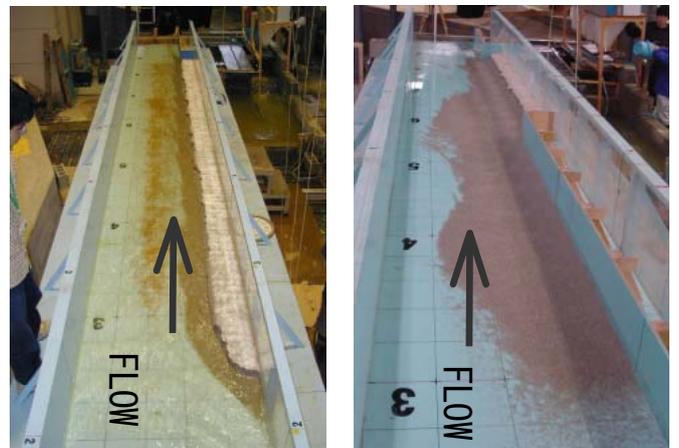


写真 1 置土侵食状況(左: case1-2, 右: case2-1)

キーワード 置土、水理模型実験、先端侵食量、側方侵食量、侵食量推定式

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 TEL:029-879-6783 E-mail: hoshino@pwri.go.jp

3. 先端侵食量および側方侵食量

図2に先端侵食量および側方侵食量の説明図を示す。

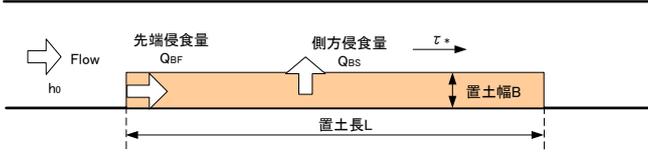


図2 侵食量説明図(平面図)

(1) 先端侵食量

実験の case1 の結果を用いて先端侵食量の算定式を導いた。

先端侵食量は、上流の流れが置土に衝突して生じているため、置土上流の水深、掃流力および置土幅に支配されると考えられる。そこで、置土上流の水深、置土幅と無次元先端侵食量の関係を図3に示す。

置土上流の水深は、置土上流で計測した等流水深とし、無次元先端侵食量は各ケースの計測時間ステップ毎に先端部の侵食量を置土長 l と置土幅 B の変化量から算出し、式(1)を用いて無次元化した。なお、case1-4と1-5については、置土幅が大きい場合通水から10分程度経過しても置土長(右岸側)は初期状態の値であるため、当該時刻までは平面形状の計測結果から先端侵食量を求めた。

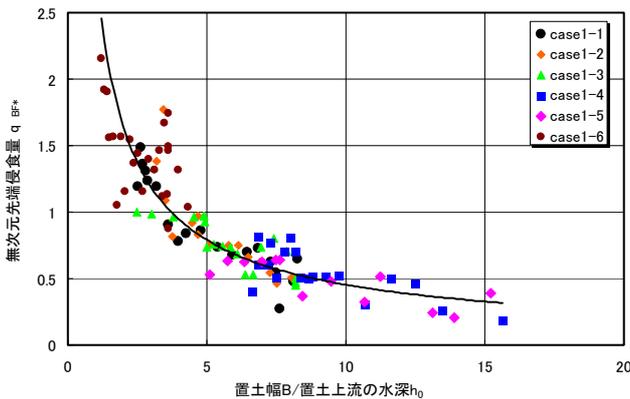


図3 無次元先端侵食量 q_{BF^*} と B/h_0 の関係

$$q_{BF^*} = \frac{Q_{BF}}{B \cdot \sqrt{(\sigma/\rho - 1) \cdot g \cdot d^3}} \quad \dots \dots (1)$$

ここに、 q_{BF^*} は無次元先端侵食量、 Q_{BF} は先端侵食量、 σ は土粒子の密度、 ρ は水の密度、 g は重力加速度、 d は置土の粒径を示す。

図より、 B/h_0 が大きいほど無次元先端侵食量が少ない傾向を有している。それは、 B/h_0 が大きい場合は侵食ならびに横断方向への移動に時間を要するためであると推察される。

実験結果から(2)式を導いた。実験ケースの流量は一定であり、流れが射流となっているため、置土上流の水深および掃流力は一定となるため(2)式に掃流力の影響が表現できなかった。このため、(2)式の適用はここで示し

た実験条件に限定されるが、今後流量を変えた実験を実施するなどして適用範囲を拡大していきたい。

$$q_{BF^*} = 3.3 \times (B/h_0)^{-0.8} \quad \dots \dots (2)$$

(2) 側方侵食量

実験の case2 の結果を用いて側方侵食量の算定式を導いた。

側方侵食量は、置土を設置した断面の水量に支配されると考えて置土が存在する区間の無次元掃流力((3)式)と無次元側方侵食量((5)式参照)の関係を図4に示す。

$$\tau_* = \frac{u_*^2}{(\sigma/\rho - 1) \cdot g \cdot d} \quad \dots \dots (3)$$

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

ここに、 τ_* は無次元掃流力、 u_* は摩擦速度、 h は置土側岸の水深、 I は水路勾配を示す。

$$q_{BS^*} = \frac{Q_{BS}}{L \cdot \sqrt{(\sigma/\rho - 1) \cdot g \cdot d^3}} \quad \dots \dots (5)$$

ここに、 q_{BS^*} は無次元側方侵食量、 Q_{BS} は側方侵食量、 L は置土長を示す。

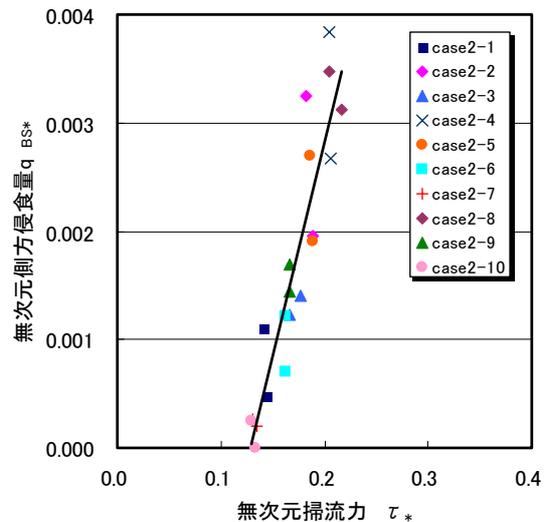


図4 無次元側方侵食量 q_{BS^*} と τ_* の関係

図より、側方侵食量が掃流力と線形関係を有すると仮定し、(6)式を導いた。

$$q_{BS^*} = 0.05(\tau_* - 0.1) \quad \dots \dots (6)$$

4. おわりに

本研究では、置土の水理模型実験から得られた知見をもとに侵食メカニズムの違いから先端部と側方部に分けて非粘着性材料、非越水条件における侵食量の推定式を提案した。

参考文献

1) 井上清敬・柏井条介：ダム下流河道仮置土砂の侵食・流送挙動に関する基礎的研究，土木学会第60回年次学術講演論文集，pp.193-194, 2005