

## ダム下流置土の簡易侵食モデルの構築

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

貯水池内に堆積した土砂をダム下流河道に還元する試み(以下、「置土」)がなされている既設ダムが10数例ある(写真1参照)。現時点では、置土がもたらす物理環境および生物環境への効果や影響面において不明確な部分が多く、置土の流送メカニズムを把握するため、試験的に実施される場合が多い。そのため、置土量、置土形状、粒径等を変化させて現地データの蓄積が進められている。

今後、置土を土砂供給量や土砂の質(粒径)を考慮して、計画的に実施するためには、その侵食挙動を予測する必要がある。複雑な地形条件にも適用可能で、物理的な合理性のあるシミュレーションモデルが有用であるが、計算にはそれなりの労力も必要となるため、概略の侵食挙動がある程度の精度で簡易に予測できるモデルのニーズも高いと考える。そこで、本研究では置土の形状、粒径及び下流河道の水理量に分かれれば概略の侵食過程が予測できるモデルの構築を試みた。

現地への適用も視野に入れ、水理模型実験から得られた置土の先端部及び側方部の侵食量に着目して簡易侵食モデルを構築し、模型実験の結果の再現により検証を行った。

## 2. 簡易侵食モデル

## (1) モデルの概要

図1に簡易侵食モデルの説明模式図を示す。

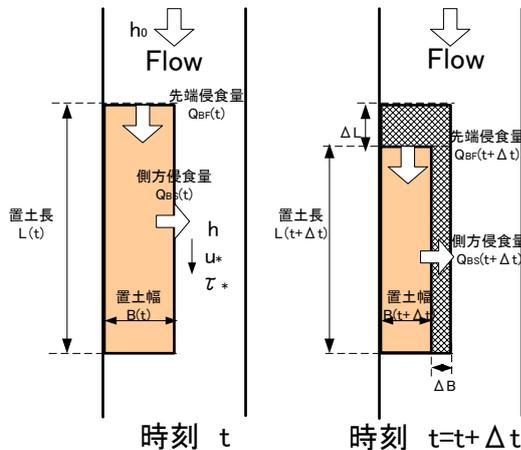


図1 簡易侵食モデル説明模式図(平面図)

モデルは非粘着性の土砂からなる置土が非越水状態で侵食される現象を対象としている。実験結果の侵食状況を参考に、図1に示すように先端部と側方部の2方向から侵食が進展し、高さ方向に一樣に侵食するモデルとした。なお、実験では先端部は鋭角に侵食するが、この影響はモデルに考慮していない。

## (2) モデルの計算手順

簡易侵食モデルを用いた計算手順は以下のとおりである。なお、以下の(1)式、(5)式は実験結果から得られた推定式である<sup>1)</sup>。

- ① 初期の堆砂形状(高さ、幅、長さ)及び土砂の粒径を設定し、置土をする河道の条件(幅、勾配)と流量を設定する(時間的に変化しても良い)。また、計算時間間隔 $\Delta t$ を設定する。

- ② 先端の侵食量を以下の式で算定する(時刻 $t$ とする)。

$$q_{BF^*}(t) = 3.3 \times (B(t)/h_0(t))^{-0.8} \quad (1)$$

$$Q_{BF}(t) = q_{BF^*}(t)B(t)\sqrt{(\sigma/\rho - 1)gd^3} \quad (2)$$

ここで、 $q_{BF^*}(t)$ :無次元先端侵食量(以降 $t$ がつかう場合は時刻 $t$ の値を表す)、 $B(t)$ :置土幅、 $h_0(t)$ :置土上流の水深、 $Q_{BF}(t)$ :先端侵食量、 $\sigma$ :置土の土粒子密度、 $\rho$ :水の密度、 $g$ :重力加速度、 $d$ :置土の粒径を表す。

- ③ 側方侵食量を以下の式で算定する。

$$u_*(t) = \sqrt{gR(t)I} \quad (3)$$

$$\tau_*(t) = u_*^2(t)/\{(\sigma/\rho - 1)gd\} \quad (4)$$

$$q_{BS^*}(t) = 0.05(\tau_*(t) - 0.1) \quad (5)$$

$$Q_{BS}(t) = q_{BS^*}(t)L(t)\sqrt{(\sigma/\rho - 1)gd^3} \quad (6)$$

ここで、 $u_*(t)$ :置土設置断面の摩擦速度、 $R(t)$ :置土設置断面の径深、 $I$ :置土設置河道の縦断勾配、 $\tau_*(t)$ :置土設置断面の無次元掃流力、 $q_{BS^*}(t)$ :無次元側方侵食量、 $Q_{BS}(t)$ :側方侵食量、 $L(t)$ :置土長を表す。

- ④  $\Delta t$ の間の置土長と置土幅の変化量を以下の式で算定する。

$$\Delta L = Q_{BF}(t)\Delta t/(B(t)H) \quad (7)$$

$$\Delta B = Q_{BS}(t)\Delta t/(L(t)H) \quad (8)$$

ここで、 $H$ :置土高さを表す。

キーワード ダム堆砂、置土、簡易侵食モデル、水理模型実験、土砂供給

連絡先 〒330-0071 埼玉県さいたま市浦和区上木崎 1-14-6 (株)建設技術研究所 ダム部 TEL:048-835-3700 E-Mail:n-izumi@ctie.co.jp

⑤  $\Delta t$  後の置土長と置土幅を計算する.

$$L(t + \Delta t) = L(t) - \Delta L \quad (9)$$

$$B(t + \Delta t) = B(t) - \Delta B \quad (10)$$

⑥  $L(t+\Delta t)$  または  $B(t+\Delta t)$  が 0 以下になれば計算終了, 両方も 0 より大きければ,  $t+\Delta t$  を新しい  $t$  として②の手順に戻る.

### 3. モデルの検証

簡易侵食モデルの再現性は, 表 2 に示す 3 つの実験結果を用いて検証する. 実験は図 2 に示す水路を用いて実施した. 実験では, 置土の流下時間を計測し, 平面・横断形状の変化を写真およびビデオ撮影により記録した. また, 置土の法勾配が 1:2 と緩勾配であるため, 置土幅の侵食長の算定に当たっては, 側方侵食が生じている区間の初期状態からの差分として求めた.

表 2 検証ケース

検証ケース	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 <sup>3</sup> /s)
RUN1	0.1	8				
RUN2	0.2	4	0.1	1.2	20	0
RUN3	0.4	2				

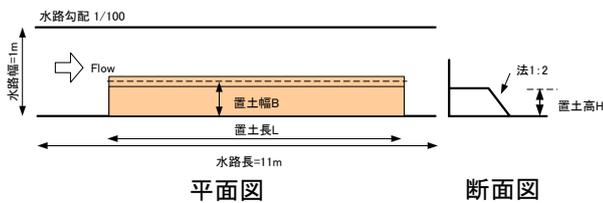


図 2 置土実験模型概要図 (検証ケース)

写真 2 に RUN2 の置土流下状況を示す. 先端部は通水 1 分後には先鋭部を形成し横断方向に広がり移動床となり流下する. また, 通水 15 分後においても先鋭部の形状を維持しながら先端部が後退している.

側方部は通水 1 分後には, ほぼ一様に侵食されているが, 衝撃波の影響のため通水 15 分後には下流側の侵食が進行している.

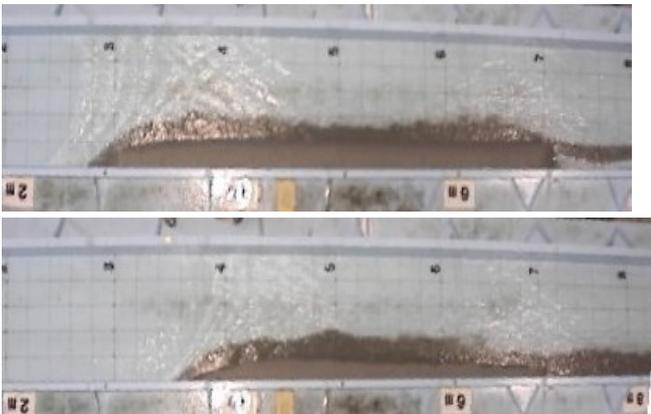


写真 2 置土流下状況 (RUN2) <上: 通水 1 分後, 下: 通水 15 分後>

図 3 に置土長と置土幅の経時変化を計算結果と実験結果を比較して示す. なお, 実験の再現計算では  $\Delta t = 1 \text{ sec}$  として, 逐次計算を実施している. 図 3 より, 計算結果は, 3

ケースとも置土長が置土幅よりも先に流失する傾向を呈しており, 実験結果と整合する.

置土長の変化過程は, RUN1 と RUN3 は実験結果と比較して計算結果の方が侵食は早い傾向が認められるものの RUN2 についてはほぼ一致している.

置土幅の変化過程では, 実験結果と計算結果に有意な差は認められず再現性は概ね良好である.

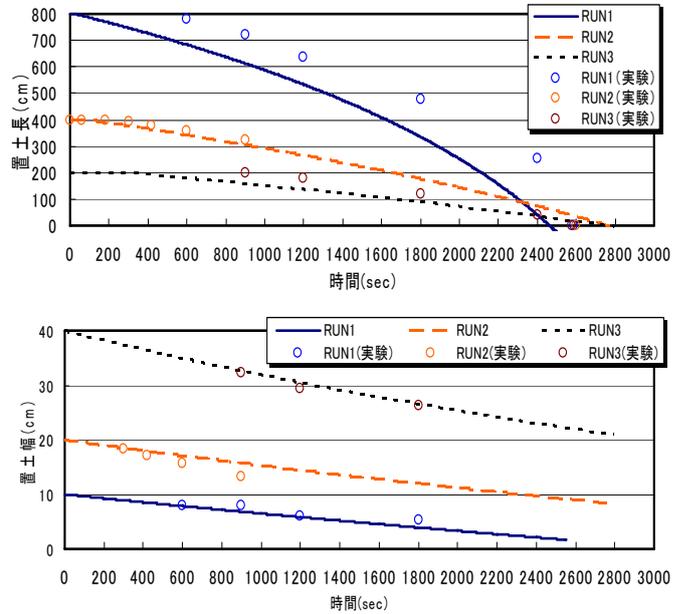


図 3 置土長と置土幅の経時変化

図 4 に置土の流失に要した時間を計算結果と実験結果を比較して示す.

これより, 置土の完全流失時間の再現性は若干のバラツキはあるものの最大 3 分程度の誤差であるため, 概略把握の目安としての適用が可能であると考えられる.

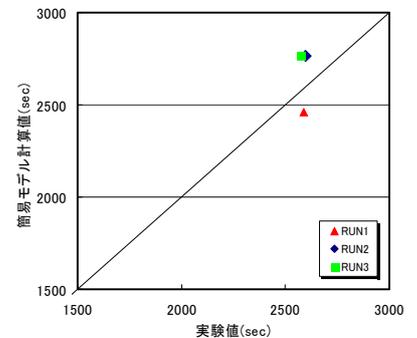


図 4 実験値と簡易侵食モデル計算値の比較

### 4. おわりに

本研究では, 非粘着性材料, 非越水条件における置土の簡易侵食モデルを構築し, 実験結果を用いた検証によって, 簡便に置土長と置土幅の時間的変化の概略推定が可能であることを示した. ただし, 先端の侵食量推定式には, 置土上流の掃流力のパラメータが入っておらず, 式の適用が今回の実験結果に限定されるため, 今後, 実験データ及び現地のデータを蓄積し, 適用範囲の広いモデルに発展させていきたい.

#### 参考文献

- 1) 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 回年次学術講演論文集, 2007 (投稿中)