

微細粒子を考慮した貯水内における二次元河床変動解析

電源開発(株) 正会員 矢田 崇恭  
(株)JP ビジネスサービス 正会員 小林 英次

1. はじめに

近年貯水池の堆砂対策として、積極的に土砂を流下させる試みが広がっている。このため下流に貯水池等がある場合、大量の土砂が流入することとなり、湖全体の堆砂の進行や局所的な堆積・洗掘等による被害が懸念される。これを河床変動解析等で事前に予測するためには、微細粒子が大きな割合を占める貯水池の堆砂性状を考慮した解析手法が必要である。

2. 目的・実施事項

天竜川においても、佐久間貯水池の堆砂を下流へ流す対策(排砂)が検討されている。佐久間ダムの下流約24kmには、秋葉ダム・調整池があり、佐久間貯水池から排砂された場合、従来よりも大量の土砂が秋葉調整池へ流入することになる。この排砂による秋葉調整池への影響を予測することを目的とする。

今年度は、貯水池の堆砂で大きな割合を持つ微細粒子(ここでは0.075mm以下とする)を解析に取り入れることとした。

3. 解析方法

3-1. 解析モデル

解析は、北海道大学大学院工学研究科の清水康行教授が開発した二次元河床変動解析ソフト「RIC-Nays」を、混合粒径モデル(11階層)に改良して実施した。

貯水池の堆砂を考える場合、通常の河川と異なり、中・下流部の湖底表層部ではウォッシュロードが沈降し微細粒子が大量に堆積する。従来0.1mm以下の土砂を一括して扱っていたが、これを考慮するため、新たに0.075mm以下の階層を設定することとした。

取り扱いは移流拡散方程式によるが、本来、シルト・粘土に分類される微細粒子は粘着性を有している。このため、粘着性を考慮して取り扱うこととした。具体的には、板倉・岸の式<sup>2)</sup>中で河床からの浮上量を定める(1)式中の係数Kを、二風谷ダムでの微粒子の沈降・浮上速度を検討した島田・渡邊ら<sup>1)</sup>にならひ、0.008から0.00015とした。

$$q_{wu} = p_i K (\alpha_s \frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_s} \frac{g d_i}{u_*} \Omega_i - w_{wf}) \dots (1)$$

ここで、 $q_{wu}$ : 粒径別単位面積単位時間あたりの河床からの浮上量、 $p_i$ : 粒径  $d_i$  の粒子の存在割合、 $\rho_s$ : 浮遊砂粒子の密度、 $\rho_w$ : 水の密度、 $g$ : 重力加速度、 $u_*$ : 摩擦速度、 $w_{wf}$ : 微細粒子の沈降速度、 $\Omega_i$  は以下の(2)式で表される。

$$\Omega_i = \frac{\tau_{*i}}{B_{*i}} \frac{\int_{\alpha'}^{\infty} \xi_i \frac{1}{\sqrt{\pi}} \exp(-\xi_i^2) d\xi}{\int_{\alpha'}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{\pi}} \exp(-\xi_i^2) d\xi} + \frac{\tau_{*i}}{B_{*i} \eta_0} - 1 \dots (2)$$

ここで、 $\tau_{*i}$ : 粒径別限界無次元掃流力、 $B_{*i}$ : 揚力算定の際に摩擦速度を適用するための換算係数 ( $B_{*i} = \tau_{*i} B_{*0}$ 、 $\tau_{*i} = \tau_{*ci} / \tau_{*ci0}$ 、 $\tau_{*ci}$ : 粒径別無次元掃流力、 $\tau_{*ci0}$ : 単一粒径に対する無次元掃流力、 $B_{*0} = 0.143$  )、 $\eta_0 = B_{*i} / \tau_{*i} - 1 / \tau_{*0}$ 、 $\tau_{*0} = 0.5$ 、 $\tau_{*ci} = 0.14$  である。

なお、掃流砂量式には、芦田・道上(1972)の混合粒径式を用いている。

3-2. 解析条件

解析対象領域は、秋葉調整池内の堆砂測量測線 No.20 ~ 23 (ダムから約 8.2 ~ 9.7km) における湾曲を含む約 1,500m 区間である。この区間を流下方向に 45 メッシュ、川幅方向に 20 メッシュに分割し、河床モデルを作成した。河床高は、2005 年秋に実施した超音波測量結果を利用した(図1参照)。

解析期間は、2006 年 7 月 17 日 ~ 31 日(最大流入量 4,417m<sup>3</sup>/s、出水期間のうち 500m<sup>3</sup>/s 以上の流入量がある

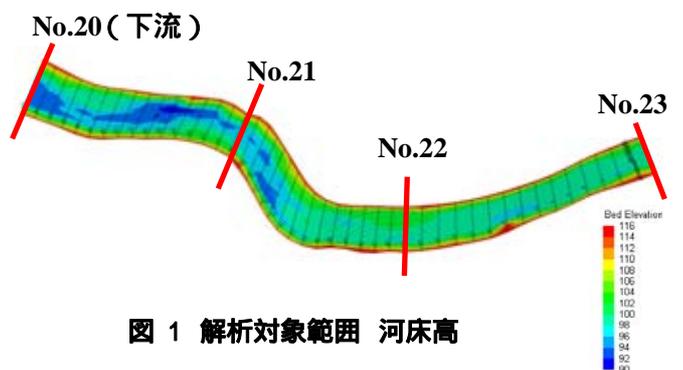


図1 解析対象範囲 河床高

キーワード 貯水池、堆砂、ウォッシュロード、二次元河床変動解析

連絡先 〒253-0041 神奈川県茅ヶ崎市茅ヶ崎 1-9-88 電源開発(株)技術開発センター茅ヶ崎研究所 TEL0467-87-1211

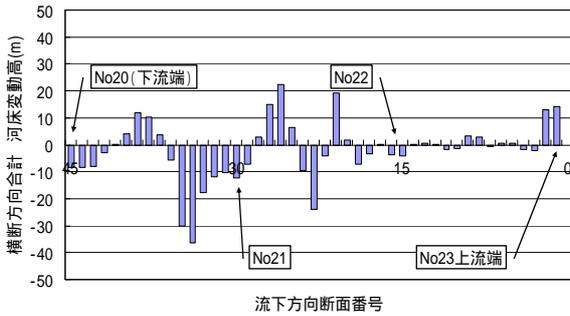


図 2 最終河床高の比較(Case2-Case1)

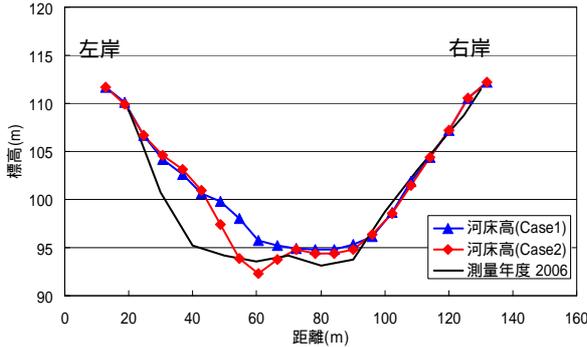


図 3 最終河床形状(No.21) 実測値との比較

期間を解析対象とした)とし、出水時の時間ごとの流入量と、ダム水位から換算した No.20 地点での水位を境界条件として与えた。初期粒度分布は、計算時点でのデータがないため過去のボーリングデータをもとに一次元河床変動解析を実施し、定常状態となった粒度分布を用いた。過動粘性係数は一定とし、差分方法は風上差分とした。

計算ケースは、0.1mm 以下の土砂を一括して扱う Case1 と、0.075mm 以下の微細粒子の扱いを別途考慮する Case2 である。

3-3 . 解析結果

図 2 に計算終了時における両ケースの河床高の差を示す。縦軸は各メッシュの河床高の差 (Case2-Case1) を横断方向に合計したものの、横軸は流下方向の断面番号である。これより微細粒子の取扱いを考慮した Case2 の方が河床の侵食が多い結果となった。特に No.21 より下流で侵食が進んでいることがわかる。

また、図 3 に 2006 年 11 月に測量された実測値と解析値との比較を示す。Case1 では実測値と比較して河床は全般的に堆積傾向にある。Case2 では、左岸に堆積箇所があるが、河川中央部で一部侵食が再現されている。これを、出水中の平均粒度分布の変化と併せて見ると、出水ピーク時 (図 4) には、両ケースとも分布にさほど違いは見られないが、出水末期 (図 5) には、Case1 で

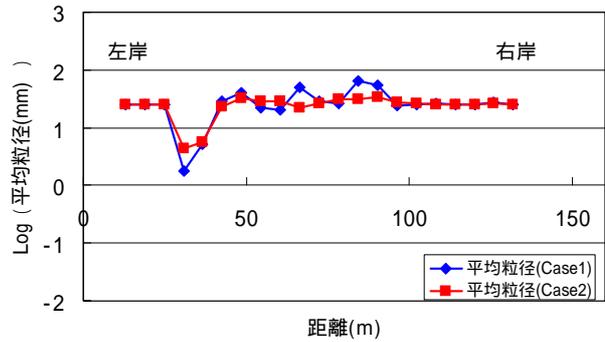


図 4 平均粒径横断分布(No.21) ピーク時 Q=4,417m³/s

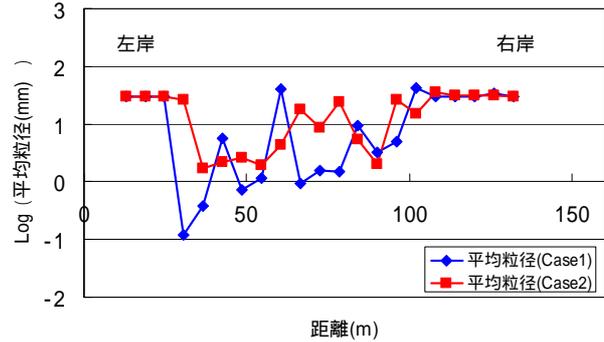


図 5 平均粒径横断分布(No.21) 出水末期 Q=500m³/s

は小粒径の土砂の沈降が卓越し流出がないため、河床が細粒化するとともに堆積が起こっていると考えられる。一方、Case2 では、沈降がありながらも、微細粒子を設定しているため河床からの土砂流出が継続し、河床の細粒化が抑制されるとともに、侵食状況が再現されたと考えられる。

4 . まとめ

貯水池の堆砂を対象とした河床変動解析の精度を向上するために、微細粒子考慮した解析を実施した。この結果、流入量が減少し始めると徐々に微細粒子の存在による相違が出始め、最終形状に影響を及ぼしていることが確認された。

今後は、今回設定した係数の妥当性を確認するとともに、貯水池の水深の大きな部分での土砂動態の解明を行っていきたいと考えている。

謝辞 本研究にあたり、北海道大学大学院工学研究科の清水康行教授にご指導をいただいた。記して謝意を示します。

参考文献

- 1) 島田友典・渡邊康玄：2003 年 8 月洪水において二風谷ダム湖に堆積した微細粒子の沈降・浮上速度 土木学会北海道支部論文報告集 2004
- 2) 板倉忠興：河川における乱流拡散現象に関する研究、北海道開発局土木試験所報告、第 83 号、1984.