宇奈月ダム排砂時の貯水池非定常準二次元解析法による河床変動の検討

株式会社建設技術研究所　正会員　○岩谷　直貴
中央大学研究開発機構　フェロー　福岡　捷二
国土交通省北陸地方整備局黒部川河川事務所　正会員　藤田　士郎
国土交通省北陸地方整備局黒部川河川事務所　正会員　谷口　繁一

1．序論

黒部川の宇奈月・出し平ダムでは，ダム機能維持確保等を目的に連携排砂が行われている．しかし現状では，貯水池内の粒径集団の移動機構や下流河川への排砂量及び質について十分に明らかにされておらず，ダム下流河川では河床低下や河床材料の粗粒化が進行しており，適切な排砂が求められている．

図-1　自然流下状態時の貯水池内の様子(H28.6 排砂時撮影)

排砂時の貯水池内における土砂移動について現地観測，解析的検討が行われてきた[例えば 1)2)3)]．一次元河床変動解析は土砂移動や排砂量を把握する上で実用上有効である．しかし**図-1** に示すように排砂時には水位が大きく低下し，自然流下時には流れが澪筋に集中しており，横断面内における水理量，土砂移動量の変化は無視できず，一次元解析には限界がある．本研究では，準二次元洪水流河床変動解析を構築し，掃流砂のみによる排砂時のダム貯水内の河床変動について検討する．

図-2 検討対象区間（出典：国土地理院）

2．検討対象区間

対象区間は**図-2** に示す 27.4km の出し平ダム直下流から 20.6km の宇奈月ダム堤体までとし，25km 上流で支川黒薙川が合流している．

3．宇奈月・出し平ダムによる連携排砂の概要

宇奈月・出し平ダムの連携排砂期間は，出水期，漁業・農業等の影響を踏まえ，6/1 から 8/31 までとしている．連携排砂は当年度最初の一定規模以上の洪水時に実施し，出し平ダム・宇奈月ダムにおいて排砂期間外で両ダムに堆積した土砂を排出すること，そして下流河川への土砂供給を目的とする．

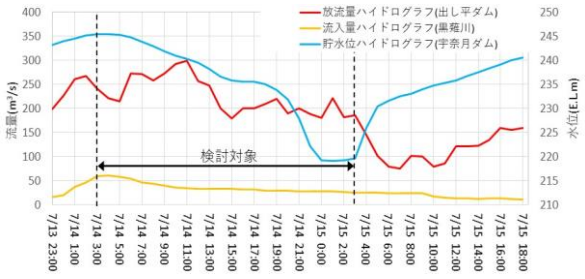

図-3 貯水位（宇奈月ダム）・放流量（出し平ダム）・流入量（黒薙川）ハイドログラフ

4．対象洪水

図-3 に対象とした H26.7 排砂の宇奈月ダム貯水池の貯水位，黒薙川の流入量及び出し平ダムの放流量ハイドログラフを示す．本解析の検討では水位低下時から自然流下時までの時間帯を対象とした．**図-4** に宇奈月ダム貯水池における H26.7 排砂前後の河床高コンター図を示す．河床高コンターは排砂前の平均河床高を差し引いて作成した．**図-4** より，排砂後では，川幅が縦断的に広くなる 21.6k～22.4k で堆積が生じており，澪筋位置が変化しているように見える．27.4km より上流，ダム堤体付近（20.7k 付近）では，澪筋が固定され局所洗掘が生じている．

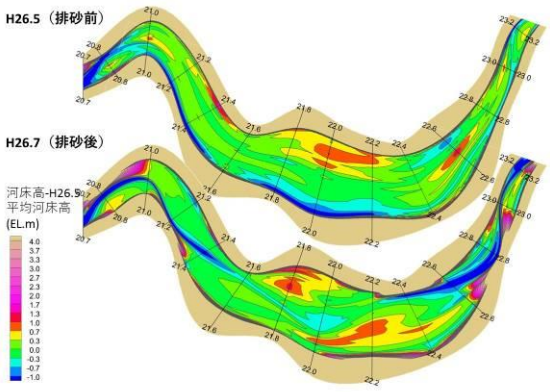

図-4 H26.7 排砂前後の河床高コンター

キーワード　排砂，宇奈月ダム，準二次元非定常解析，河床変動解析，澪筋
連絡先　〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27　中央大学研究開発機構　TEL 03-3817-1615

５．準二次元洪水流河床変動解析

図-5 に準二次元洪水流河床変動解析の計算フローを示し，表-1 に計算条件を示す．流れの計算は準二次元非定常流とし，本検討では，各断面の横断形状に合わせ 2～5 分割に設定した．ここで，分割面に作用するせん断力は分割断面の各高さの差は大きくなく，また縦横断的に粗度一定とすることから考慮していない．(2)式よりエネルギー勾配を求め，分割断面ごとの流速を解き，求めた流速横断分布より分割断面ごとの流砂量を解く．これより断面通過土砂量を求め，各断面の河床変動量を計算する．横断方向に流れが集中する箇所では，河床変動量が大きいことから，算出した河床変動量を各分割断面の単位幅流量の大きさで案分し，分割断面ごとに河床高を更新する．

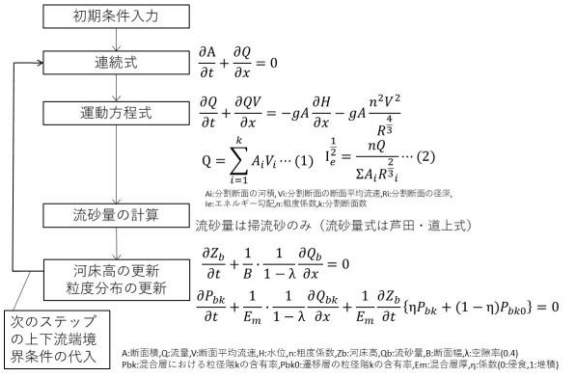

図-5 計算フロー

表-1 計算条件

初期河床高	排砂前の河床形状（H26.5河床）
粗度係数	n=0.040
河床材料	H24河床材料調査結果(宇奈月ダム下流河道の調査結果) 7粒径階(0.16mm,0.55mm,5.18mm,18mm,39,.75mm,76.5mm,300mm)
上流端条件	出し平ダム放流量ハイドログラフ
下流端条件	宇奈月ダム貯水位ハイドログラフ
給砂条件	上流端：実績の河床高に合うように流砂量を設定 支川：等流計算により水理量を算定し、流砂量を計算
流砂	掃流砂のみ（芦田・道上式）
支川	流入量あり（黒薙川流入量ハイドログラフ） 流砂量あり

６．解析結果

図-6 に各時間の計算水面形，変動量及び川幅を示し，図-7 に粒径別累計通過土砂量を示す．ここで準二次元解析との比較のため，同計算条件で解いた一次元河床変動解析の結果についても示す．図-6 より，河床変動において一次元，準二次元モデルでは，出し平ダム直下流付近を除き，貯水池上流部(23.6k 上流)や宇奈月ダム付近(20.7k)では実測の河床変動の傾向を概ね捉えている．この時の二つのモデルによる通過土砂量の違いは以下の通りである．変動量は概ね同じであるが，21.2k 付近や 22.6k 上流部において，一次元解析に比べ準二次元解析の通過土砂量の方が縦断的に多い．これは流速の横断分布を考慮することで澪筋に集中的に流れる土砂移動を評価できることから一次元解析よりも通過土砂量が多くなる．しかし川幅が広い 21.2k～23.0k 区間では断面分割法で限界掃流力以下となり，変動傾向は再現できていない．その理由として，川幅が広い区間では図-4 より平面的な土砂移動が顕著に生じ，自然流下時では図-1 に示すように澪筋に流れが集中している．したがって，流砂幅は澪筋幅となる．本検討の準二次元モデルでは，水面幅を流砂幅としており，特に川幅が広い区間では単位幅流砂量を過小評価していること，また流路の変動を考慮していないこと等のため，再現性に問題があると考えられる．

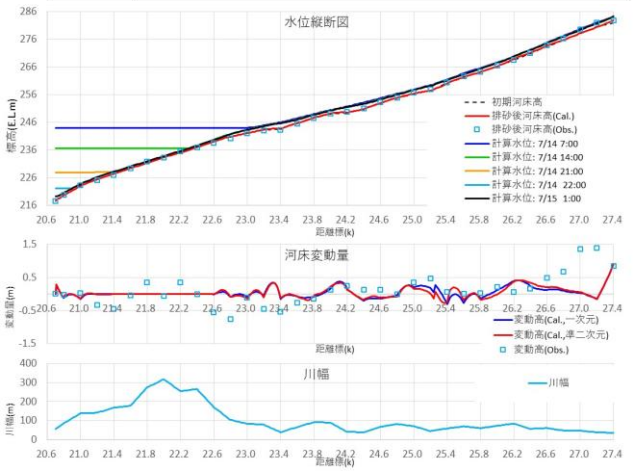

図-6 水位・河床変動・川幅縦断図

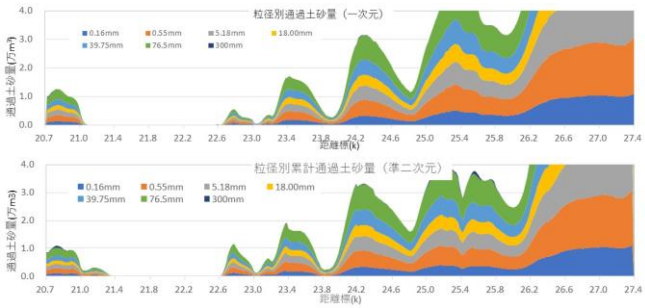

図-7 粒径別累計通過土砂量縦断図

７．結論

準二次元洪水流河床変動解析法を構築し，排砂時における宇奈月ダム貯水池及び上流河川の河床変動について検討した．断面内の流速横断分布を考慮した本解析手法では一次元河床変動解析に比べ，排砂時における土砂移動量を改善できることを示した．しかし，川幅が縦断的に広い貯水池区間では再現性が低く，澪筋幅に着目した流砂幅を考慮した準二次元洪水流河床変動解析法の検討が必要である．

参考文献 1)角哲也ら：フラッシング排砂時における貯水池堆砂の侵食・堆積過程計測に関する研究（その 2），水工学論文集，第 49 巻，pp.1033-1038，2005 年 2 月 2)Jian Liu et al. (2004b):Prediction of concerned sediment flushing,Journal of Hydraulic Engineering,ASCE,Vol.130,No.11,pp.1089-1096 3) Taymaz ESMAEILI et al.：3D Numerical Modeling of Flow Field and Flushing Channel Formation in Reservoirs,京都大学防災研究所年報, 第 57 号 B,2014.6