

エアバルブ放流設備を利用した排砂設備の排砂基本特性

(独) 土木研究所 正会員 ○泉谷 隆志 正会員 櫻井 寿之 正会員 箱石 憲昭
 国土交通省 国土技術政策総合研究所 正会員 柏井 条介
 八千代エンジニアリング (株) 正会員 田中 郁臣

1. はじめに

ダムの堆砂は、ダム本来の機能である洪水調節や利水等のために確保すべき貯水容量を減少させていることや、下流河川へ流下する土砂の一部を捕捉していることから、程度の差はあるものの、河床低下や河床材料の粗粒化等の河川環境の変化といった問題を生じている。このような問題を解決すべく、近年、貯水池内の土砂を下流へ供給する技術¹⁾が求められている。土砂供給手法としては、①貯水池の運用を変更しない手法、②土砂供給量、供給時期、土砂の粒径について制御できる手法、③施設規模が比較的小さく経済的な手法が望ましいと考える。②の項目は自然の状態に近い土砂供給を行うことを想定した場合に求められる。

本検討では、ダム堤体直上流部等の位置に固定したエアバルブ式放流設備を利用した排砂設備（以下、エアバルブ式排砂設備）を用いて、貯水位を低下することなくダム上下流の水位差のエネルギーを利用して排砂を行うことを想定した排砂実験を行い、排砂の基本特性を把握することを目的とした。

2. 排砂設備及び実験の概要

エアバルブ式排砂設備とは、逆V字形のサイフォン管を深度方向に連続して配置し、逆V字管の頂部から空気を出し入れすることで通水と止水（開閉）を行い、任意の標高から通水を可能とするエアバルブ式放流設備（連続サイフォン式放流設備²⁾）を利用した排砂設備である（図-1）。排砂設備の特徴として、サイフォン管を連続して配置することにより、排砂に伴う堆砂面の低下に追従した呑口部の選択が可能となり、堆砂面に対して常に放流による吸引力を効率良く作用させられる点が挙げられる。また、設備の止水は空気で行うため、呑口施設にゲートを有さず、ゲート操作に伴う土砂の噛み込みによる機能不能等の問題が生じず、排砂設備への適用性が高いことが利点である。排砂手順としては、堆砂面の低下に追従するように、エアバルブの開閉操作により通水するサイフォン管を上段から下段へ順次切り替えて排砂することとなり、排砂後の堆砂形状は呑口部を頂点とした概ね半円錐形状となる（図-1）。仮に一連の操作で1万 m³程度の土砂を排砂する場合には、土砂の水中安息角度を30°と仮定すると、高さ18.6m、半径32.2m程度の半円錐形状を形成することになる。

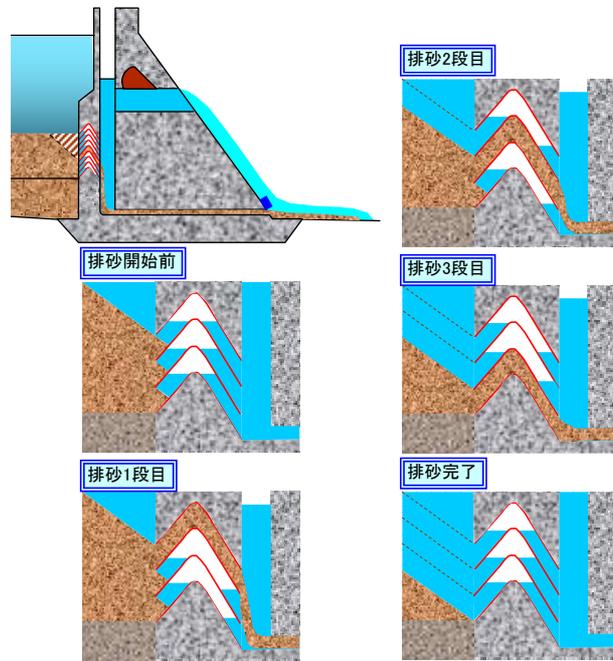


図-1 エアバルブ式排砂設備と排砂操作手順のイメージ

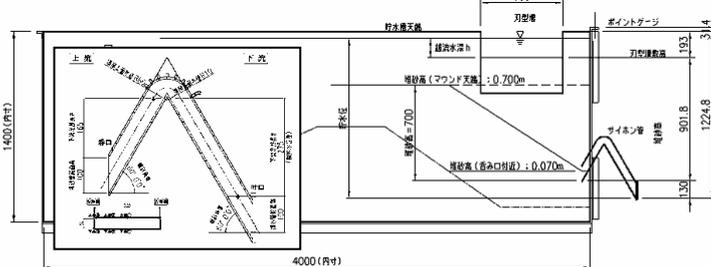


図-2 排砂実験模型（模型縮尺1/20を想定）

本実験では、貯水槽（幅3m、長さ4m、高さ1.4m）の下端部にサイフォン管（管軸直角断面で幅0.33m、高さ0.05m）を設置し（図-2）、貯水槽内に呑口部を中心に半円錐形状で整形した土砂を初期堆砂形状として排砂を行う非常実験と貯水槽内の初期堆砂形状に、放流量に応じた一定量の土砂を供給しながら排砂を行う定常実験を実施した。なお、排砂設備としては、サイフォン管下流部に取水塔、放流管、流量調節ゲートの設置を想定しているが、サイフォン管からの排砂量を直接計測することとし、取水塔、放流管は設けず、サイフォン管の吐口に流量調整ゲートを設置した。

3. 排砂実験結果

(1) 排砂非常実験の結果

非常実験は、ゲート開度により放流量の異なる3ケース（清水時放流量15, 20, 25L/s程度）、堆砂材料

キーワード ダム貯水池、排砂設備、エアバルブ式放流設備、排砂特性、排砂実験

連絡先 〒305-8561 茨城県つくば市南原1番地6 TEL:029-879-0867 E-Mail:izumiya44@pwri.go.jp

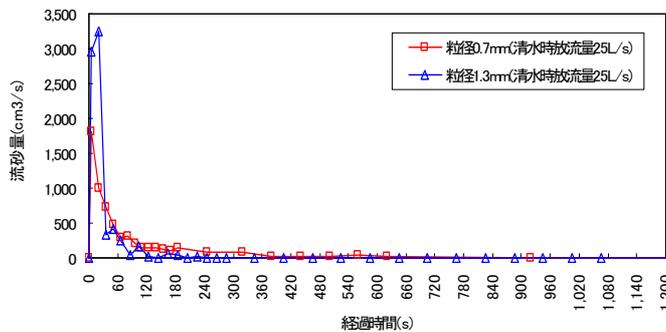


図-3 流砂量の時系列変化図

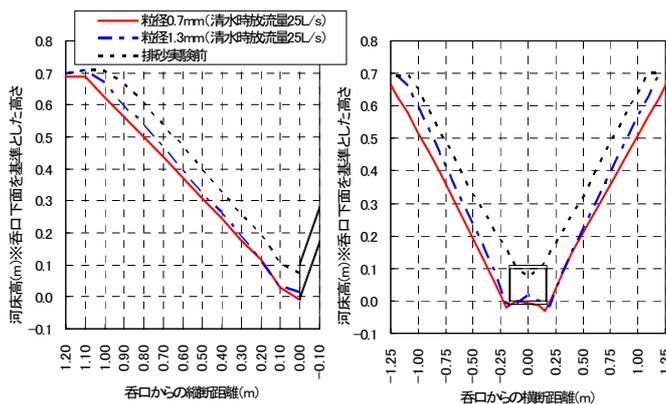


図-4 排砂前後の堆砂縦横断面形状

の粒径が異なる2ケース(0.7, 1.3mm)で実施した。

流砂量の結果より、排砂開始直後に大きな流砂量が発生し、そのピークは概ね1分以内に現れている。その後、流砂量は急激に減少しており、実験開始から3分(1.3mm)~5分(0.7mm)程度で落ち着く傾向が確認された(図-3)。それ以降は、呑口付近の堆砂が僅かに排砂される程度であるが、ある時に堆砂面が崩れ一時的に流砂量が増加する現象を繰り返し、最終的に排砂が完了している。流砂量のピーク量は、粒径の大きい方が多くなる傾向が見られ、粒径1.3mmのピーク流砂量は0.7mmと比較し、概ね1.6~1.8倍となっている。また、流砂量の変化が顕著な実験開始1分間では、総排砂量のうち45~50%(0.7mm)、70~80%(1.3mm)と大部分の土砂が排出されており、粒径の小さい方が排砂時間の長い傾向が確認された。排砂終了時の堆砂形状をみると、排砂前の半円錐形状が一回り大きくなった形状で安定しており、堆砂面の平均的な水中安息角度は34(0.7mm)、35(1.3mm)程度であった(図-5)。呑口付近の堆砂形状をみると、排砂終了時の堆砂面が呑口下面付近まで低下しており、呑口中央部と比較して両端部では、局所流による洗掘の影響でやや堆砂面が低下している(図-4)。

(2) 排砂定常実験の結果

定常実験は、貯水槽への給砂量が異なる4ケース(1.02~8.30kg/s)を非定常実験の各ケースについて実施した。なお、各ケースの最大給砂量は、非定常実験から得られたピーク流砂量以上とした。流砂量の結

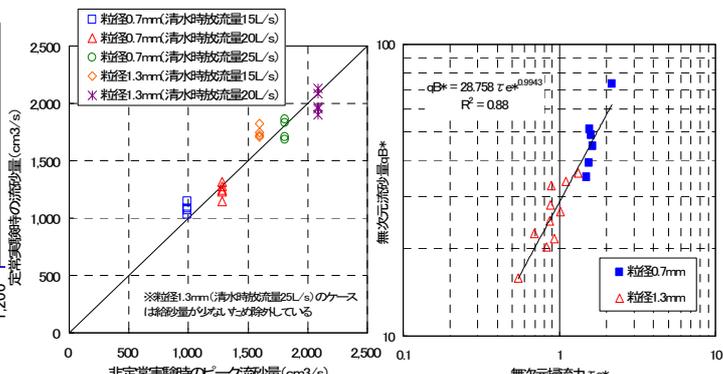


図-5 非定常実験のピーク流砂量と定常実験の流砂量との関係

図-6 無次元掃流力と無次元流砂量との関係

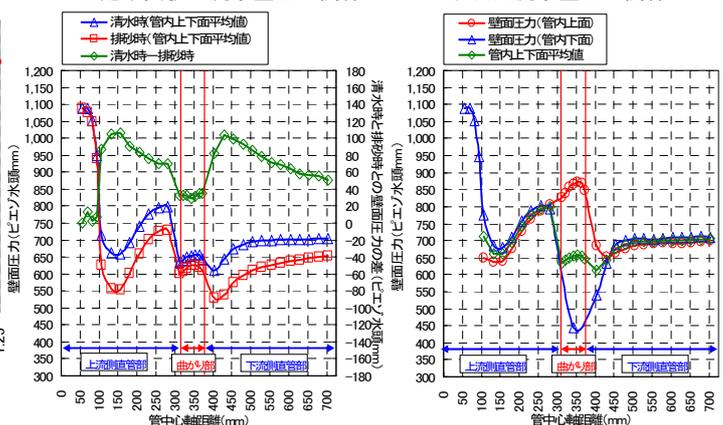


図-7 サイフォン管内の壁面圧力(清水時放流量 25L/s, 粒径 1.3mm)

果より、流砂量は給砂開始から概ね1分程度で安定し、非定常実験のピーク流砂量程度は安定して流下できることを確認した(図-5)。また、給砂量が多いケース(2kg/s以上)について土砂による掃流力と流砂量との関係を整理すると、両者に概ね相関が認められ(図-6)、排砂時のサイフォン管の水理設計への適用が可能と考えられる。サイフォン管の管内壁面圧力の結果より、呑口流入部で流入部形状及び壁面摩擦により急激な圧力低下を生じている。管内の上下面の壁面圧力は、サイフォン管曲がり部で差異が顕著となるが、直線部では概ね同じであった。流砂時と清水時の壁面圧力を比較すると、流入部及び曲がり部下流付近で差異が顕著にみられた(図-7)。

4. おわりに

エアバルブ式排砂設備のサイフォン管一要素を用いた排砂実験から、非粘着性の材料については排砂が可能であることがわかった。また、排砂量の推移や排砂後の堆砂形状、サイフォン管内の壁面圧力等の排砂の基本特性に関する知見が得られた。今後、実用化に向けた課題を抽出するため、取水塔及び放流管を加えた排砂設備について、サイフォン管を複数要素にした場合の排砂実験等による検討を行ってみたい。

参考文献

- 1) 箱石憲昭, 櫻井寿之, 泉谷隆志, 久保康夫: 新しい排砂技術の開発, 取水と制水, No. 52, pp. 132-144, 2008. 3
- 2) 津村信昌, 重政博史: 尾原ダム選択取水設備における連続サイフォン式の採用, ダム技術, No. 240, pp. 93-96, 2006. 9