

エアバルブ排砂設備の運用に向けた排砂特性に関する研究

八千代エンジニアリング(株) 正会員 ○泉谷 隆志
(独) 土木研究所 正会員 櫻井 寿之
(独) 土木研究所 正会員 箱石 恵昭

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が求められており、土砂供給手法の一つとして、筆者らはダム堤体直上流部等の位置に固定したエアバルブ放流設備を利用した排砂設備(以下、エアバルブ排砂設備)に関する研究¹⁾を行っている。エアバルブ排砂設備は、逆V字形状のサイフォン管を水深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排砂と遮断が可能な設備である。

既往研究成果では、サイフォン管複数要素(上下2段に配置)を用いて、管内流速や土砂の粒径および管断面のアスペクト比を変化させた排砂実験を実施しており、サイフォン管の切り替えに伴う排砂状況や排砂特性についての知見が得られており、排砂によるエネルギー損失を考慮したサイフォン管の水理設計がある程度可能であることが示されている。

本検討では、サイフォン管呑口下面(下段管)を基準として堆砂高を変化させた排砂実験を行い、排砂設備の運用に向けた排砂時のピーク排砂量と堆砂高または排砂時間との関係を把握することを目的とした。

2.排砂実験の概要

エアバルブ排砂設備の概念図と排砂実験で用いた模型を図-1,2に示す。模型は、貯水槽、サイフォン管、取水槽、流量調節ゲートを有する放流管から構成されている。模型縮尺は、実機でサイフォン管の最大放流量を40m³/s、排砂時の管内流速を6.0m/s(断面寸法:幅6.6m、高さ2m(呑口鉛直高))と想定した場合、1/20に相当する。

実験手順としては、呑口中心部を頂点とした半円錐形で所定の高さになるよう堆砂形状を整形し、サイフォン上段管からの排砂を実施する。排砂終了後、上・下段管の通水を切り替え、下段管からの排砂を実施し、排砂量や貯水・取水槽内水位および堆砂形状などを計測した。

排砂実験条件を表-1に示す。サイフォン管呑口下面

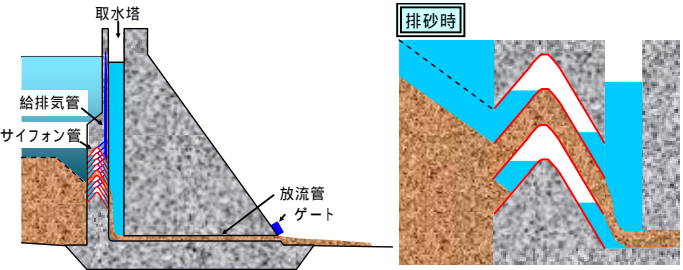


図-1 エアバルブ排砂設備の概念図

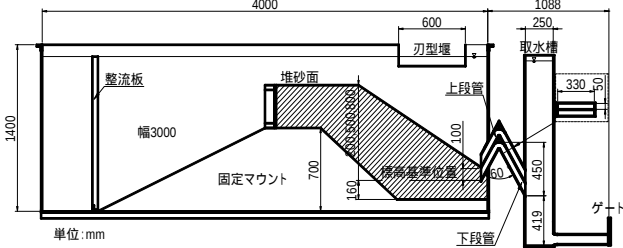


図-2 エアバルブ排砂設備の実験模型

表-1 排砂実験条件

ケース名	堆砂高 (m)	粒径 (mm)	下段管 放流量 (L/s)	下段管内 断面平均流速 (m/s)
A-1-1	0.20	0.36	5.5	0.33
A-1-2			11.9	0.72
A-1-3			18.9	1.15
A-3-1		1.56	5.5	0.33
A-3-2			11.9	0.72
A-3-3			18.9	1.15
B-1-1	0.50	0.36	5.5	0.33
B-1-2			11.9	0.72
B-1-3			18.9	1.15
B-3-1		1.56	5.5	0.33
B-3-2			11.9	0.72
B-3-3			18.9	1.15
C-1-1	0.80	0.36	5.5	0.33
C-1-3			18.9	1.15
C-2-1		0.89	5.5	0.33
C-2-2			11.9	0.72
C-2-3			18.9	1.15
C-3-1		1.56	5.5	0.33
C-3-2			11.9	0.72
C-3-3			18.9	1.15

放流量および断面平均流速は清水放流時の値を示している。
ケースCシリーズは既往成果。

からの堆砂高を3ケース(0.20,0.50,0.80m)設定し排砂実験を実施した。上段管からの排砂は、すべての実験ケースで管内断面平均流速1.15m/s程度(これは清水時の値であり他のケースも同様の表記)とした。下段管からの排砂は、管内断面平均流速(0.33,0.72,1.15m/s程度)や堆砂材料の平均粒径(一様粒径珪砂0.36,0.89,1.56mm)を変化させて実施した。なお、サイフォン管(管呑口高0.10m)を水深方向に連続して配置することを想定すると、堆砂高を0.20,0.50,0.80mと設定した場合、最上段から2,5,8段目に配置された管から排砂していることに相当する。

3. 排砂実験結果

(1) 排砂状況

ケース A,B,C の 1-3 および 3-3 (堆砂高 0.20, 0.50, 0.80m, 粒径 0.36, 1.56mm, 管内断面平均流速 1.15m/s 程度) の実験条件における排砂量の結果を図-3 に示す。堆砂高が低いほど、ピーク排砂量は小さく、ピークの発生時刻も早くなる傾向が見られた。ピーク排砂量は粒径の違いによらず、堆砂高 0.80m の排砂量と比較して、0.20m で 30%, 0.50m で 60% 程度となった。

(2) ピーク排砂量

無次元ピーク排砂量と無次元清水時掃流力との関係について整理した結果を図-4 に示す。堆砂高 0.20, 0.50, 0.80m の実験結果は管呑口高を 0.10m とした場合、排砂管 2, 5, 8 段目の排砂状況を表している。管各段について、両者の関係に概ね相関が得られたため、他の段にも適用できるように推定式を作成した。なお、排砂管 8 段目より上の範囲では、排砂実験を実施していないため、今後、実験データの蓄積により精度を高める必要がある。

(3) 排砂時間

実験ケースで放流量が最大(管内断面平均流速 1.15 m/s 程度)となるケースについて、排砂時間と総排砂量を仮にピーク排砂量で排砂した時間との関係を整理した(図-5)。なお、排砂時間の定義は総排砂量の概ね 90% が排出された時間とした。両者の関係には概ね相関が得られ、排砂時間は総排砂量を仮にピーク排砂量で排砂した時間の 5 倍程度長くなる傾向が見られた。

(4) 実運用に向けた排砂実験結果の適用

排砂設備の検討フロー概念図を図-6 に示す。流入量や放流量および堆砂量などの貯水池条件や社会的・環境的な要因を考慮して、排砂目標量(砂礫を想定)を設定する。この目標値に近づくように、排砂設備の運用を考慮した上で、排砂の検討をすることになる。排砂後の堆砂形状を半円錐形と仮定すると、サイフォン管各段の排砂可能量は既知となる。また、排砂実験結果から得られた、清水時掃流力とピーク排砂量および排砂時間との関係を用いると、設備の水理条件からピーク排砂量、ピーク排砂量から排砂時間が推定でき、サイフォン管の切り替え時期など排砂設備の運用状況について検討が可能となる。

4. おわりに

エアバルブ排砂設備のサイフォン管呑口下面を基準として堆砂高を変化させた排砂実験を行った結果、排砂時のピーク排砂量と堆砂高または排砂時間にある程度高い相関が得られ、排砂設備の実運用を検討するために有用な知見が得られた。

参考文献

1) 櫻井寿之, 泉谷隆志, 箱石憲昭: エアバルブ排砂設備の排砂特性, ダム技術, No. 263, pp. 64-76, 2008.8

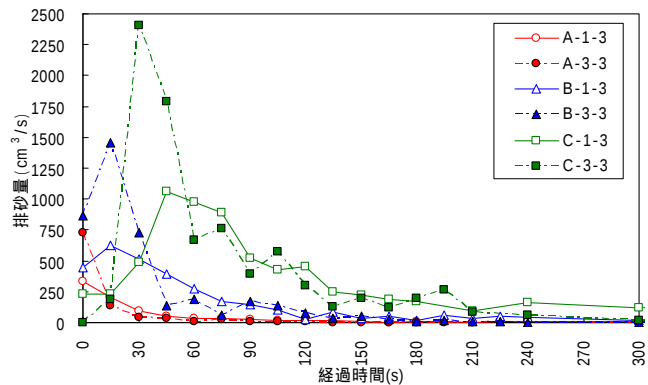


図-3 排砂量の推移

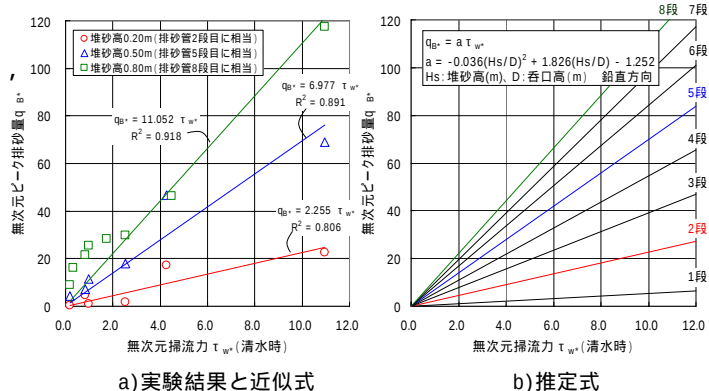


図-4 無次元ピーク排砂量と無次元清水時掃流力との関係

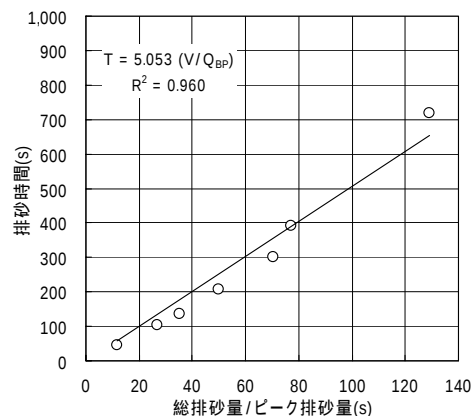


図-5 排砂時間とピーク排砂量で排砂した時間との関係

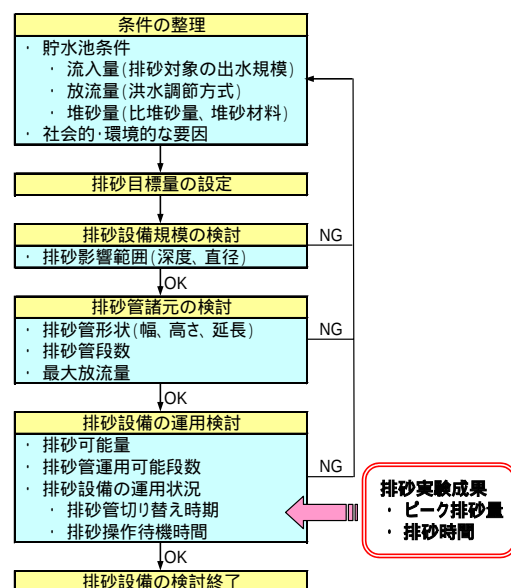


図-6 排砂設備の検討フロー概念図