

管径 300mm 潜行吸引式排砂管を用いた水位差 12m の現地排砂実験

国立研究開発法人土木研究所 正会員 宮川仁、○高田翔也、宮脇千晴、石神孝之

1. はじめに

ダム貯水池の堆砂対策は、持続可能な貯水池運用や良好な下流河川環境の保全の観点で重要なテーマであり、これまで様々な対策手法が提案されている。筆者らは、上下流の水位差によるエネルギーを活用した排砂装置である「潜行吸引式排砂管（以下、排砂管）（図1）」を開発し、その排砂特性に関する研究を行ってきた。排砂管は、水位差のエネルギーを用いるため低コストであり、貯水池の水位低下を必要としないため、貯水池運用の制約を受けない点に優位性がある。本稿では、排砂管を用いたこれまでで最大規模の現地実験を通じて、現場実装に向けて得られた知見を報告する。



図1 潜行吸引式排砂管（設置面）

2. 実験概要

(1) 潜行吸引式排砂管

潜行吸引式排砂管は、鉄製の吸引部と汎用のサクシオンホースで構成される。運用方法は、吸引部を堆砂面上に設置し、下流のバルブを開けてサイフォンを形成する。そして、吸引部及び管部に設けた吸引口に生じる負圧により土砂を吸引し、吸引部が潜行しながら下流へ排砂する仕組みである。本実験では、管径 300mm、吸引口径 150mm、吸引部重量約 700kg の排砂管を採用した。

(2) 実験条件および計測項目

現地排砂実験は、天竜川水系松川の長野県片桐ダム上流の松川砂防堰堤において実施した。対象土砂は、塵芥等を除去した $d_{50}=0.53\text{mm}\sim 1.7\text{mm}$ の3条件としている(図2)。図3に示すとおり、堰堤の上流側に吸引部を設置し、堰堤下流側の沈砂地へ排砂するように排砂管を設置した。排砂管の設置については、堰堤上流側と下流側排出口までの落差 $H_a=12\text{m}$ 、上流側管長 $L_1=38\text{m}$ 、堰堤部管長 $L_2=10.3\text{m}$ 、下流側管長 $L_3=20.5\text{m}$ とし、堰堤上流側の吸引部は水深 0.5m の位置から 2m 潜行するものとして施設設計を行った。また、特筆すべき点として、堰堤部直上流から管径を 200mm とすることで、堰堤上流側の動水勾配を小さくし、最大負圧発生位置での負圧を抑制する工夫を行った。

計測項目としては、電磁流量計により流量、ピエゾ管により圧力を計測した。さらに、筆者らが開発した土砂濃度計測装置²⁾により、堰堤上下流において土砂濃度をリアルタイムで計測し、排出土砂量を算出するとともに、実験後の下流側沈砂池に堆積した形状の変化からも排出土砂量を算出した。

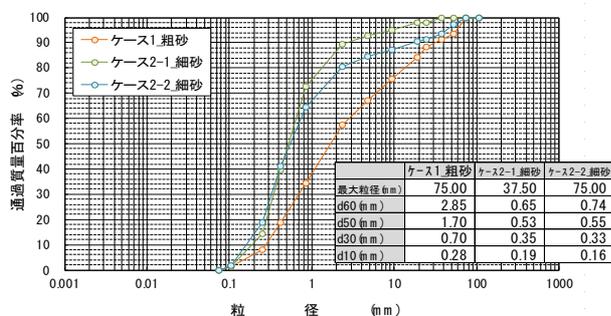


図2 実験対象土砂



図2 排砂管の配置

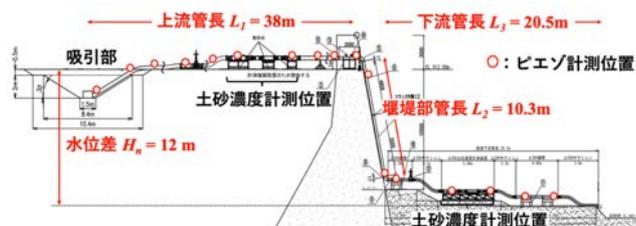


図3 排砂管設置縦断面図

キーワード ダム堆砂, 潜行吸引式排砂管, 吸引工法

連絡先

〒305-8516 茨城県つくば市南原 国立研究開発法人土木研究所 TEL 029-879-6783

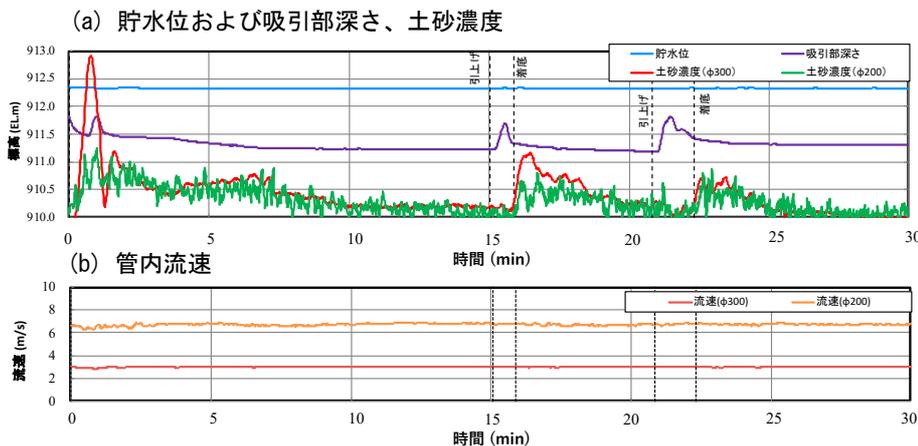


図4 実験結果 (代表粒径 0.53mm)

図5 堆積層の形成 ($\phi 300$)
(実験開始後 2分および 17分頃)

図6 沈砂池排出土砂

3. 実験結果および考察

図4に土砂の $d_{50}=0.53\text{mm}$ の条件で、4度の潜行(着底-クレーンで引き揚げ)操作を行った30分間の実験結果を示す。ここで、実験中の吸引部位置の水位はおよそ一定で、管内流速は上流側($\phi 300$)で約 3m/s 、下流側($\phi 200$)で約 6.7m/s となり、高落差におい

ても安定したサイフォンが形成できる配置であることを確認した。また、排砂特性としては、潜行初期に高い土砂濃度を示しながら潜行し、吸引部の潜行速度が低下するにつれ土砂濃度が低下していることが分かる。これは、吸引部に集まる土砂量が少なくなるるとともに現場の吸引できない粒径の土砂も集まり、吸引しにくくなったためであった。このため、引き揚げて吸引部位置をやや移動して次の実験を行っている。

本ケースにおける累積排砂量については、流量と土砂濃度の計測値よりおよそ 7.4m^3 が得られた。潜行時(図4の経過時間2分、17分頃)には、管内流速が小さい上流側において、土砂濃度の上昇に伴い堆積層の形成が生じたため(図5)、荷重計測に基づく $\phi 300$ の土砂濃度計測値は大きくなっているが、補正を行い堆積の生じていない下流側($\phi 200$)計測値と同様の土砂濃度となることは確認している。また、沈砂池に排出され堆積した土砂(図6)より、最大長径 200mm の土砂を排出できたことを確認した。

図7は、土砂濃度3%の際の管内の各水頭を事前に机上検討したものと、同じく土砂濃度3%の際の圧力水頭の実験値を示したものである。これらは概ね一致しており、負圧発生位置での評価を安全側に行うことで、事前の施設設計が可能であることが分かった。また、図7には管径 300mm で全施設配置を行った場合の動水勾配および圧力水頭も付記しているが、この場合堰堤上流側での圧力損失が大きく、サイフォンの条件を満たすことができていない。これより本設計のとおり、堰堤部直上流から堰堤下流側での管径縮小が負圧抑制に有効であることを確認した。本ケースにおける配置事例は、今後の実運用に際し有用になるものと考えられる。

4. まとめ

本稿では、管径 300mm を用いた水位差 12m の現地実験を通じて、事前の施設設計通りの排砂能力を確認し、負圧の発生を抑制できる施設配置等有用な知見が得られた。今後本技術の粒径に関する適用範囲等精査を行い、実運用に向けた検討を進めてまいりたい。

謝辞： 実験の準備・実施においては、長野県飯田建設事務所松川ダム管理事務所ならびに国土交通省中部地方整備局天竜川上流河川事務所の皆様に多大なご協力をいただきました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 櫻井寿之,箱石憲昭:潜行吸引式排砂管の現地排砂実験,土木学会論文集 B1(水工学)Vol.69,No.4,I_1075-I_1080,2013.
- 2) 宮川仁,岩田幸治,石神孝之:管径 100mm 潜行吸引式排砂管における土砂濃度計測と吸引排砂特性,河川技術論文集,第25巻,pp.753-758,2019.

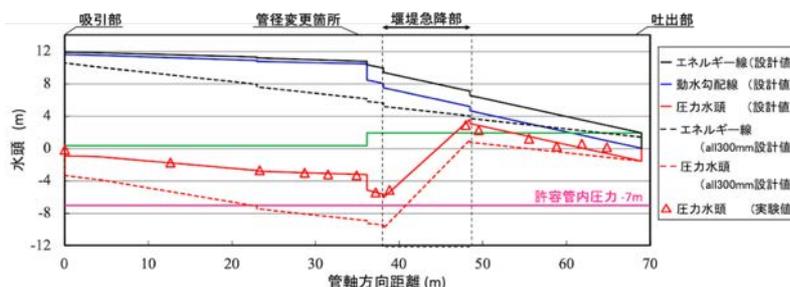


図7 各水頭の事前設計値および実験値