

ダム湖における効率的な堆砂対策のための分別吸引アタッチメントの開発

大成建設(株) 正会員 ○佐野和幸、正会員 新井博之

1. はじめに

ダムにおける堆砂対策技術の開発は、貯水容量を長期に亘って確保し、ダムの長寿命化を図るために重要な課題となっている。筆者らは、これまでにダム湖内の土砂を潜行吸引式排砂管によって出水時に排砂する手法を検討してきた。そして、シャフト式水中作業機(T-iROBO UW)等を使って貯水池内に土砂ピットを構築し、沈木・巨石・塵芥等を取り除いた土砂をピットに集積して一時ストックする前処理技術の開発を行ってきた¹⁾²⁾。本稿では、上記の前処理作業を効率的に行うために新たに開発した分別吸引アタッチメントについて報告する。なお、本論文は、(国研)土木研究所と大成建設(株)で行う吸引工法によるダムからの土砂供給(排砂)技術に関する共同研究の成果である。

2. 分別吸引アタッチメント検討手順と開発要件

分別吸引アタッチメントの開発・検討期間は2年間とした。1年目は、小型サイズのプロトタイプモデルで設計と試作を行い、現場実験等により仕様・構造・性能を確認するとともに機械仕様や構造面での課題を抽出した。2年目は、実装モデルでの改良設計と改良アタッチメントの製作及び性能試験を行い、課題の改善状況と実用ベースの作業能力を確認した。なお、アタッチメントの検討においては、潜行吸引式排砂管で排砂可能な土砂粒径を分別できるスクリーン機構を有し、水深50mからでも浚渫揚砂可能なポンプ性能を有しかつ水中作業機に搭載可能な重量(2.5t以内)に収めることを開発要件とした。

3. プロトタイプモデルによる現場実験

(1)プロトタイプモデルの仕様

プロトタイプモデルは、汎用リース品である口径150mm、出力26kW、吐出量2.0m³/分のボルテックス型水中サンドポンプをベースとし、吸引先端にケーシング回転式スクリーン(最大開口幅100mm)と掻き寄せビットを有する構造とした。 (図-1)



図-1 プロトタイプモデルアタッチメント

(2)現場実験概要

試作したプロトタイプモデルにおけるスクリーンの有効性及び連続運転による土砂濃度(体積濃度)を確認するため、長野県片桐ダム貯水池内の堆積土砂をポンプ吸引して上流沈砂池まで輸送(輸送距離100m)する実験を行った。なお現場実験では、水中作業機の代用機として0.8m³級水陸両用バックホウを使用した(図-2左)。また土木研究所が試作した流量・土砂濃度計測装置³⁾を使用してリアルタイムで管内の流量と圧力、土砂濃度の計測確認を行った。

(3)実験結果と課題

水中カメラ映像及び沈砂池の揚砂土の粒度分布から、ポンプ先端のスクリーンにより概ね60mm以上の礫と木材を除去しながら高濃度の土砂を分別吸引できることを確認し、スクリーンの有効性を確認できた。また良好な連続運転時の土砂濃度は10%程度で、吸引能力25m³/h(プロトタイプモデルでの目標性能の80%)を確認できた。しかし、揚砂時の土砂濃度急増による流速低下や礫の噛み込みによる配管閉塞が発生(図-2右)し、①吸引粒径と配管径のバランス、②流速低下に対するポンプ能力、③揚砂時の土砂濃度管理が課題として抽出された。



図-2 片桐ダム現場実験

4. アタッチメントの改良検討

プロトタイプモデルの現場実験における課題を踏まえ、実装モデルでは以下の3項目の変更・改良を行った。

(1)スクリーン最大開口幅とポンプ口径の見直し

ポンプ口径150mmに対して最大スクリーン幅を100mm(65%)としていたことが礫噛み込み閉塞の原因と考えられ、口径を200mm、スクリーン開口幅を60mmに変更した。

(2)サンドポンプ能力の増強

揚砂時の土砂濃度増加に伴う配管抵抗増により流速が低下し、限界沈殿流速を下回ると配管閉塞を起こす。このため、サンドポンプ出力を増強して流速低下要因を減らすこととし、口径200mm、出力55kW、吐出量6.0m³/分の水中攪乱型サンドポンプに機械仕様を変更した。

キーワード：ダム貯水池、堆砂、潜行吸引式排砂管、水中施工技术、T-iROBO UW、ポンプ浚渫

連絡先：〒163-0606 東京都新宿区西新宿1-25-1 新宿センタービル 大成建設(株) 土木技術部 ダム技術室 TEL 03-5381-5282

(3) 土砂濃度抑制機構の追加

実験では、オペレータから水中の土砂吸引状況が見えないため、砂の吸引過多による配管閉塞を防止するために土砂濃度計測値を確認しながらアタッチメントを上下させていた。このため土砂濃度が安定せず吸引効率が下がること、土砂濃度急増による配管閉塞を完全に排除できない問題があった。これを解決するため、二重管方式による清水吸引構造とし(図-3)、吸引管先端の開口度とスクリーンの掻込み回転数により土砂吸引量を制御するものとした。

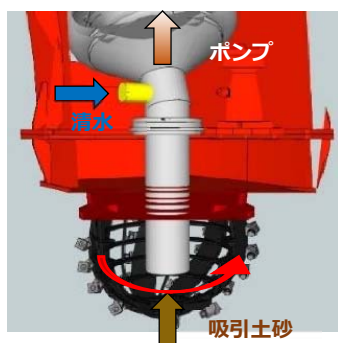


図-3 清水吸引構造

5. 改良アタッチメントの性能確認実験

(1) 実験概要

アタッチメント製作工場内の試験水槽を使用し、ポンプ吸引した土砂スラリーを配管輸送(配管延長 150m)後に水槽へ戻して循環させる方法で性能確認実験を行い、土砂濃度の制御状況と土砂吸引能力の確認を行った。(図-4)

実験ケースは、先端開口度を 3 水準(46,62,80%)、スクリーン回転数を 3 水準(20,40,60rpm)とし、プロトタイプモデル時と同様にポンプ吐出時の流量と圧力、土砂濃度を計測した。

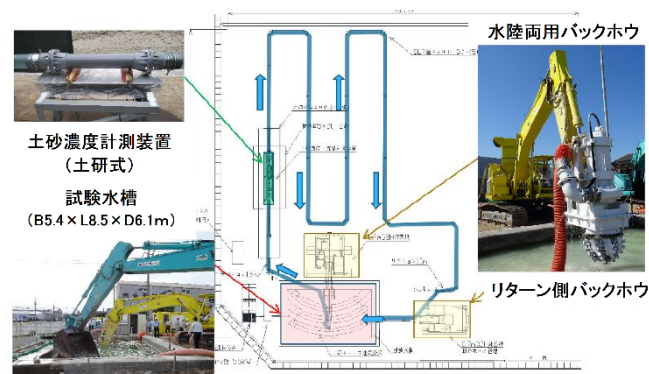


図-4 改良モデルの確認実験平面配置図

(2) 実験結果

清水のみと土砂吸引した場合の実験結果を表-1 に示す。

① ポンプ出力と口径変更による流速低下の抑制

プロトタイプモデルの現場実験では土砂濃度 10 %時、流量が清水時と比べて 2 割以上低下していたが、ポンプを変更したことで流量低下を 1 割に抑えることができた。これより配管閉塞に繋がる流速低下を抑制できることが確認できた。

② 吸引管先端の開口度の違いによる土砂濃度の影響

先端開口度を絞れば、吸引流速が上がり土砂濃度が増加すると想定していたが、結果は同一回転数で比較すると

開口度を絞ることで土砂濃度にわずかな上昇は見られるが、その影響は小さいことがわかった。

③ スクリーン回転数の違いによる土砂濃度の影響

スクリーン回転数を上げれば、土砂の掻き込み量が増加して土砂濃度が比例的に上昇すると想定していたが、40 回転以上では遠心力で掻き込み量が減少し、濃度が逆に小さくなる傾向となった。

④ 流量・土砂濃度の経時変化

図-5 は先端開口度 80%,回転数 20rpm の測定結果である。土砂濃度は 10%程度で安定していることを示しており、土砂濃度抑制機構の効果が表れた結果となった。

表-1 改良モデルの性能確認実験結果

先端開口度(%)			46%			62%			80%		
スクリーン回転数(rpm)			20	40	60	20	40	60	20	40	60
吸引流体	清水のみ	流量(m ³ /分)	9.55	9.59	9.53	9.44	9.44	9.48	9.57	9.54	9.57
		圧力(MPa)	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
	土砂	流量(m ³ /分)	9.13	8.92	8.69	8.38	8.27	8.55	8.71	8.59	8.39
		土砂濃度(%)	6.8	7.6	9.0	10.3	10.7	8.5	10.7	11.4	11.0
		圧力(MPa)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.11	0.10	0.11	0.11	0.11

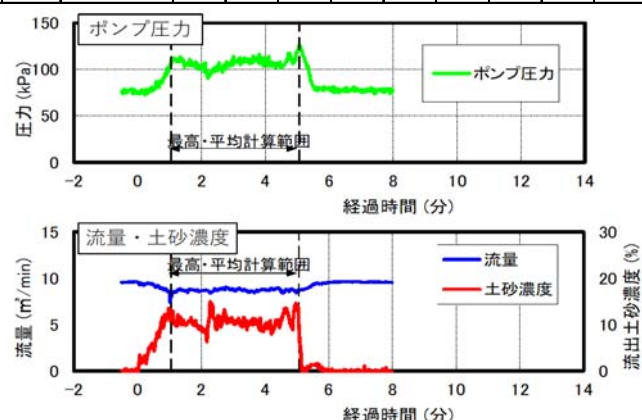


図-5 各測定値の経時変化(先端開口度 80%,20rpm)

6. まとめ

巨礫等を含む土砂から細粒土砂を分別吸引し、先端開口度とスクリーン回転数の組合せにより濃度調整可能なドレッジアタッチメントが完成した。これにより最大水深 50m 時のポンプ揚水能力(6.9m³/分)から換算すれば、土砂濃度を 8%程度に制御して浚渫能力 50m³/h を実現できると考えている。今後は実ダム堆砂を使用した性能の検証と湖内輸送方法の検討が必要と考える。

謝辞: 現場実験に際して、長野県飯田建設事務所松川ダム管理事務所、(株)アクティオから多大なる協力をいただいた。謝意を表す。

参考文献

- 宮川仁, 本山健士ら: 吸引工法(潜行吸引式排砂管)の現場適用に向けた塵芥等の前処理手法に関する一検討, 土木学会第72回年次学術講演会, VI, pp.1703-1704, 2017
- 佐野和幸, 木村政俊ら: 水中作業機の沈木切削アタッチメントの開発, 土木学会第73回年次学術講演会, II, pp.153-154, 2018
- 宮川仁ら: スラリー輸送における土砂濃度計測の自動化の試みと潜行吸引式排砂管の排砂特性, 土木学会第73回年次学術講演会, II, pp.149-150, 2018