

環境に配慮したダムからの土砂供給施設の開発及び運用に関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 23～平 27

担当チーム：水工研究グループ（水理）

研究担当者：箱石憲昭、宮脇千晴、海野仁、櫻井寿之

【要旨】

ダムが土砂を捕捉することにより、下流の河床の粗粒化・露岩化など河床環境の悪化が懸念されており、出水中にできるだけ自然に近い状態でダムから土砂供給することが求められている。また、想定を超える堆砂の進行により、恒久的堆砂対策が必要なダムがあるが、実用化されている排砂設備や土砂バイパスは適用条件が厳しく、貯水池運用を変更せずに排砂する技術が求められている。さらに、堆砂対策は現在問題となっていないダムにおいても将来必ず直面する課題である。

そこで、本研究では、これまでに実用化されていない貯水位を低下させずにダム堆積土砂を適切な量と質に制御しつつ下流へ供給可能な施設を開発すること及び開発した施設により、ダム下流河川の環境を回復させるための運用方法を提案することを目的としている。

23年度は、前年度までの重点プロジェクト研究で検討を行ってきた潜行吸引式排砂管について、既往の実験より規模の大きい管径 200mm の排砂管を用いた実験により排砂特性の検討を行った。

キーワード：ダム貯水池、堆砂対策、潜行吸引式排砂管、水理実験

1. はじめに

ダムが土砂を捕捉することにより、下流の河床の粗粒化・露岩化など河床環境の悪化が懸念されており、出水中にできるだけ自然に近い状態でダムから土砂供給することが求められている。また、想定を超える堆砂の進行により、恒久的堆砂対策が必要なダムがあるが、実用化されている排砂設備や土砂バイパスは適用条件が厳しく、貯水池運用を変更せずに排砂する技術が求められている。さらに、堆砂対策は現在問題となっていないダムにおいても将来必ず直面する課題である。

そこで、本研究では、これまでに実用化されていない貯水位を低下させずにダム堆積土砂を適切な量と質（粒径）に制御しつつ下流へ供給可能な土砂供給施設を開発すること及び開発した土砂供給施設により、ダム下流河川の環境を回復させるための運用方法を提案することを目的としている。

前年度までの重点プロジェクト研究において、貯水池の上下流水位差によるエネルギーを活用したフレキシブル管を用いた排砂手法の開発を試みている。これまでの検討により、「潜行吸引式排砂管」と称する装置を提案している¹⁾。「潜行吸引式排砂管」とは、フレキ

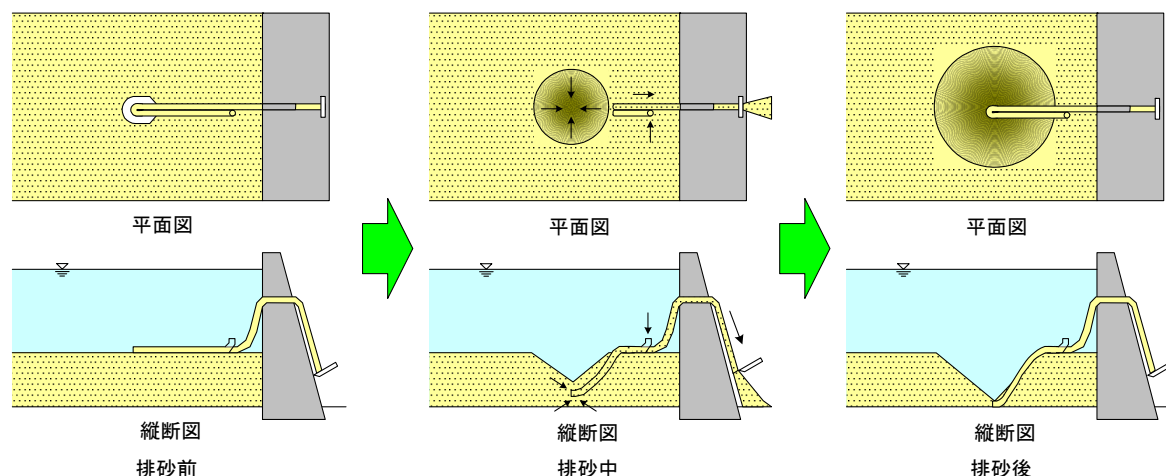


図-1 潜行吸引式排砂管の排砂イメージ

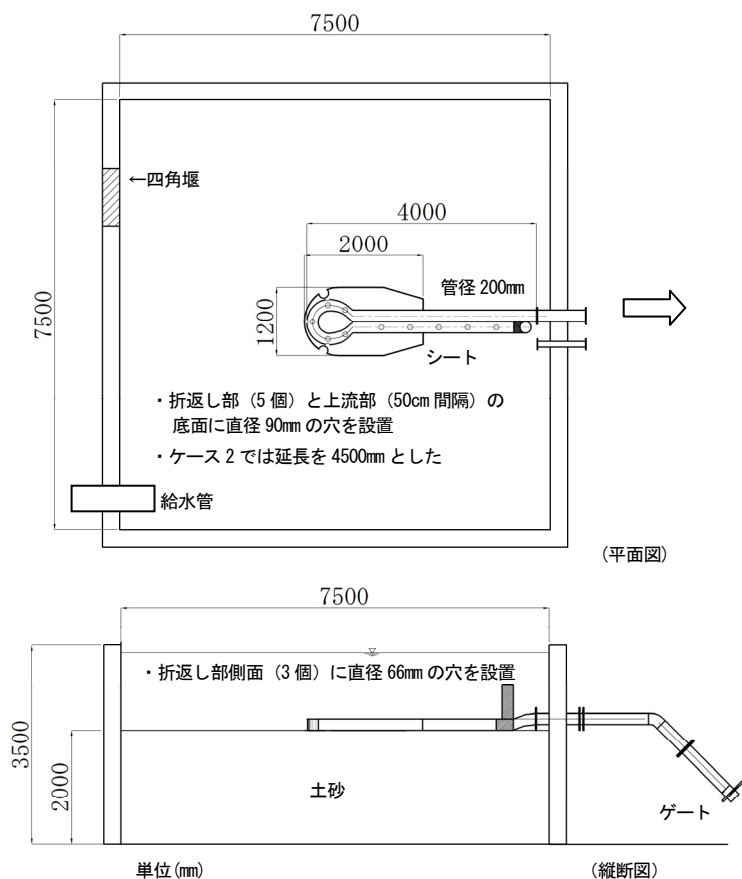


図-2 実験装置概要

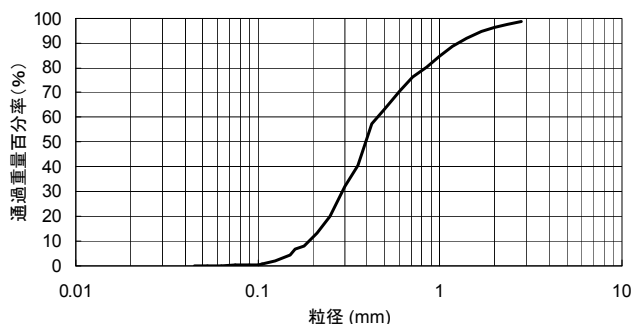


図-3 実験に用いた土砂の粒度分布

表-1 排砂管の管材

ケース	材質	質量 (g/m)	許容圧力 (MPa)	許容減圧力 (kPa)	許容曲げ半径 (mm)
ケース1	透明のポリ塩化ビニル樹脂	2,205	0.01	-6.0	200
ケース2	繊維補強ポリ塩化ビニル樹脂	2,740	0.02	-11.0	200

シブル管をU字形状として一方を取水口として管折返し部の底面にシートを貼り、折返し部と上流部の管底面に穴を設けて土砂の吸引口としたものである (図-1 参照)。既往の研究では、管径 60mm と 100mm の排砂管を用いた実験^{1,2)}により検討を行ってきたが、23年度は、より実際の装置に近い規模の排砂特性を把握する

ために管径 200mm の排砂管を用いた実験による検討を実施した。

2. 実験方法

実験に用いた装置の概要を図-2に示す。水槽は長さ 7.5m、幅 7.5m、深さ 3.5m であり、水位を維持するための余水吐きおよび排砂を行うための管 (内径 200mm) を設置している。水槽外の管の先端には流量調整が可能なゲートを設けている。実際に用いる管径を 0.5~0.8m と想定した場合、模型の縮尺は 1/4~1/2.5 程度に相当する。実験の手順は、始めに水槽内に土砂を厚さ 2m に整形した初期河床の上に排砂管を設置して、一定流量 (70.6L/s) を給水し、余水吐きからの越流によって水位を保つ。その後、排砂管の下流端のゲートを開けて排砂を実施して、水槽内の水位、排砂管内の圧力、流砂量、流況等の調査を行った。実験の土砂材料には、図-3に示すような粒度分布で、0.1mm~2mm の砂で構成される 50% 粒径が 0.39mm の混合粒径砂を用いた。排砂管に用いた管材としては、堆砂面の変形に追随するための柔軟性を重視して表-1に示す2つを選定した。

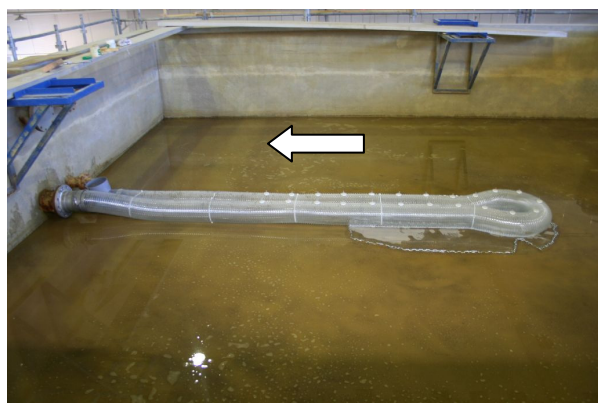
3. 実験結果

ケース1の排砂管の設置状況と排砂後 (排水後) の状況を図-4に、ケース2の排砂後の状況を図-5に、ケース2の排砂後の河床縦横断形状を図-6に、流量と土砂濃度の時系列の実験結果を図-7に示す。ここで、土砂濃度は、採取した水と土砂について「土砂体積 / (水体積 + 土砂体積)」から算定した体積濃度であり、土砂体積に空隙は含んでいない。

ケース1では、排砂開始後、土砂を排出しながら管が潜行し約10分弱で管が水槽底面に到達した。その後、実験開始後約30分で、水のみが放流されるようになった。通水を止めて排水をしたところ、図-4のように、排砂管と水槽出口管との接合部で管が切断されていた。排砂が進行する過程で、排砂管の折返し部よりも下流の部分が徐々に土中に潜行し、接合部に引張力が作用したことが切断の原因と考えられる。

そこで、ケース2では、繊維補強された管材を用いるとともに、排砂管の下流部分が潜行しないように、管長の約1/3と約2/3の位置の2箇所をロープで吊って実験を行った。その結果、排砂開始後約18分で管が水槽底面に到達し、約120分で排砂がほぼ終了した。

図-6で確認できるように当初に想定したすり鉢型の堆砂形状が形成され、約23m³の土砂が排出された。図-7に示した時系列では、既往の管径60mmと100mmの実



a) 排砂管の設置状況



b) 排砂後（排水後）の状況

図-4 ケース1の排砂管設置と排砂後の状況



図-5 ケース2の排砂後の状況

験で確認されたのと同様な、管折返し部埋没後に土砂濃度が上昇し、着底すると濃度が低減していく傾向が認められた。

今回のケース2と既往の管径60mmと100mmの代表的なケースの実験結果の概要を表-2に示す。表中には、比較のために、各実験結果をFroudeの相似則を用いて

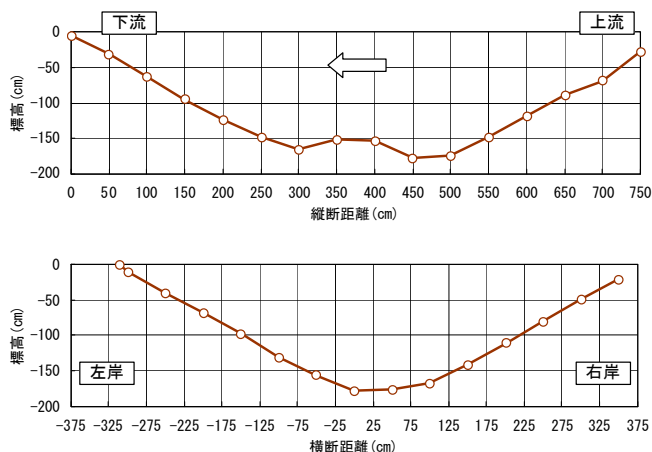
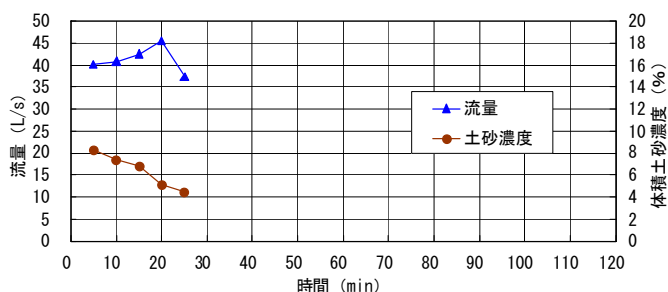
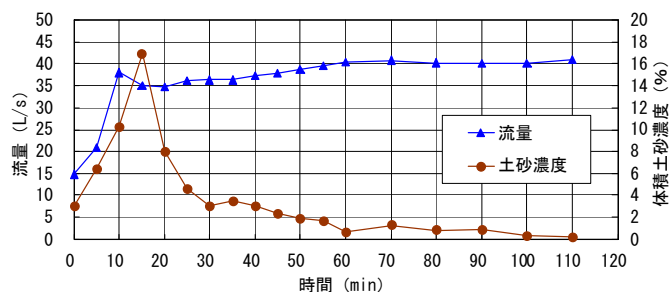


図-6 ケース2の排砂後の河床縦断・横断形状



a) ケース1の実験結果



b) ケース2の実験結果

図-7 流量と土砂濃度の実験結果の時系列

管径600mmの場合の値に変換した値を記載した。このときの縮尺は管径60mmが1/10、100mmが1/6、200mmが1/3となる。ここで示した排砂量は、一連の実験が終了するまでの平均的な値である。これより、管径が大きいほど、排砂量が大きくなる傾向がみられる。管径200mmについては、600mmに換算した場合の流速が小さく、他の管径と同様な流速にした場合には、さらに大きな排砂量になると推測される。ただし、これらの実験は、管径と堆砂厚の比が異なっており、一概に横並びで比

表-2 管径の異なる実験結果の概要

実験の 管径	流量 (L/s)	管内流速 (m/s)	体積土砂濃度 (空隙無し) (最大値) (%)	体積土砂濃度 (空隙無し) (安定状態) (%)	排砂量 (空隙込) (m ³ /時)	管径600mmに換算した値		
						流量 (m ³ /s)	管内流速 (m/s)	排砂量 (空隙込) (m ³ /時)
60mm	3.3	1.17	23.3	4.5	0.20	1.05	3.70	63.2
100mm	12.2	1.55	11.3	3.0	1.79	1.07	3.80	158.0
200mm	40.0	1.27	17.0	3.0	12.60	0.62	2.20	196.4

較することが難しい面もあり、今後現地試験等によって詳細に検討したい。

4. まとめ

検討の結果、得られた知見を以下に示す。

- 1) 既往の検討よりも規模の大きな排砂管での排砂能力を確認することができた。
- 2) これまでの実験の範囲内では、関係が大きいほど、排砂量が多くなる傾向が認められた。
- 3) 排砂管の材料には強度が重要であることが確認できたが、堆砂面の変化に追随するための管の柔軟性と管の強度はトレードオフの関係にあるため、今後、材質や形状の検討を進めて、実用化につなげていきたい。

参考文献

- 1) 櫻井寿之, 箱石憲昭: 貯水池排砂のための潜行式吸引排砂管の開発, 河川技術論文集, Vol. 15, pp. 441-446, 2009.
- 2) 櫻井寿之, 箱石憲昭: 大規模実験による潜行吸引式排砂管の開発, 河川技術論文集, Vol. 17, pp. 311-316, 2011.

A STUDY ON THE DEVELOPMENT AND THE OPERATION METHOD OF THE SEDIMENT SUPPLY MEASURES FROM A DAM RESERVOIR CONSIDERING RIVER ENVIRONMENT

Abstract: The construction of a dam can interrupt the transport of sediment through the river. Decreased sediment supply downstream causes environmental problems related to the riverbed such as degradation, armoring, and fewer opportunities to renew the riverbed material. Furthermore, sedimentation causes a reduction in the reservoir storage capacity. Therefore, measures are required for sediment supply from the reservoir. In the past, sediment flushing with water level drawdown and sediment bypassing were developed and used. However, the conditions for applying these measures are restricted. The purposes of this study are to develop a new sediment supply facility without water level drawdown operation and to propose the operation methods for the facility in order to restore the downstream river environment.

In 2011, we experimentally investigated the sediment supply characteristics of the burrowing-type sediment removal suction pipe using a large scale model (pipe diameter: 200 mm).

Key words: dam reservoir, countermeasures for sedimentation, burrowing type sediment removal suction pipe, hydraulic model test