

鉛直二重管吸引工法 実証試験設備の基本諸元の水理設計方法

電源開発 (株)	正会員	○久野 彰大
電源開発 (株)	非会員	太田 誠二
電源開発 (株)	正会員	前田 圭介

1. はじめに

近年、効率的な堆砂の排除および土砂移動連続性の確保を目的として、ダム貯水位とダム下流水位との水頭差を利用した吸引方式排砂工法の開発がダム管理者、研究機関等で進められている¹⁾。筆者らは、吸引方式排砂工法の1つである「鉛直二重管吸引工法」の開発を平成23年度から進めており、これまでに小規模および中規模（プロトタイプシステム）室内実験を実施し、本工法の基本的な吸引能力等の確認および管内閉塞防止のための清水取水管の取り付け等の改良を行った²⁾。今後の実証試験実施のため、本稿では、既に構築した水理モデルを用いた実証試験設備の基本諸元の水理設計方法について紹介する。

2. 鉛直二重管吸引工法の概要

鉛直二重管吸引工法は、管側面に開口部を有する鋼管（外管）と開閉装置付きの吸砂口を設けた鋼管（内管）を組み合わせた二重管構造の吸引管をもつ工法である（図-1）。ダム貯水位と放流地点水位との水頭差を利用し、サイフォンの原理で吸引管内に通水したのち、上部吸砂口のみを開、続いて下部吸砂口のみを開とすることで、外管上端開口部から流入する水が外管と内管との間を流下し、その際に生じる負圧により堆砂を吸引する（図-2）。吸引後の堆砂形状は、鉛直二重管吸引設備を中心とした水中安息角に基づくすり鉢状となる。

本工法は、取水口付近等の局所的堆砂処理を、比較的簡易な施工により定期的に行うことができる可能性がある。

3. 土砂輸送の圧力損失を含む水理モデルの構築

基本式は、式(1)に示すベルヌーイの式を用いた。

$$H = \frac{1}{2g} \left(\frac{Q}{A} \right)^2 + \frac{p}{\rho g} + z + \sum h_L \quad (1)$$

ここで、 H : 全水頭(m), g : 重力加速度(m/s^2),

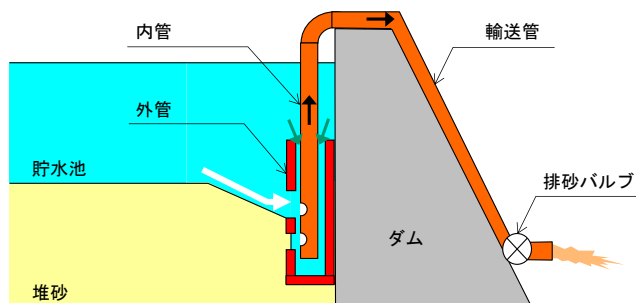


図-1 鉛直二重管吸引設備の設置イメージ

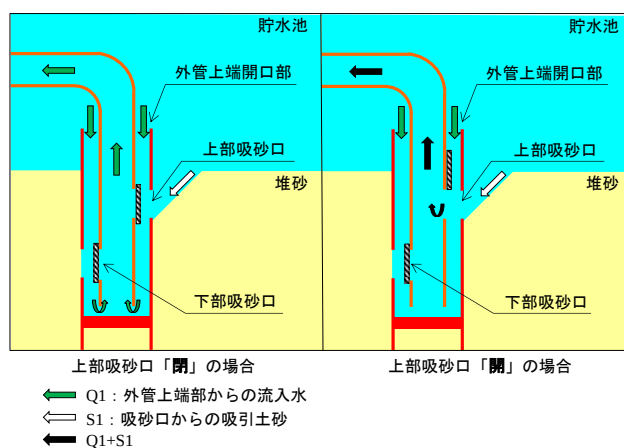


図-2 鉛直二重管吸引設備の排砂過程のイメージ

Q : 管内流量(m^3/s), A : 管路断面積(m^2),
 p : 管内圧力(Pa), ρ : 流体の密度(kg/m^3),
 z : 位置水頭(m), h_L : 損失水頭(m).

損失水頭には形状損失および管路摩擦損失があり、管路摩擦損失は以下のように表され、土砂輸送に伴う際には清水輸送時の管路摩擦損失係数のみでなく、土砂輸送により増加する管路摩擦損失係数が含まれる。

$$h_f = \lambda \frac{1}{2g} \left(\frac{Q}{A} \right)^2 \frac{L}{D} \quad (2)$$

$$\lambda = \lambda_w + \lambda_s = \lambda_w (1 + \phi C) \quad (3)$$

ここで、 h_f : 摩擦損失(m), λ : 管路摩擦係数,

L : 管路長(m), D : 管内径(m),

キーワード ダム、堆砂対策、吸引方式排砂工法、鉛直二重管吸引工法

連絡先 〒253-0041 神奈川県茅ヶ崎市茅ヶ崎 1-9-88 電源開発 (株) 茅ヶ崎研究所 TEL0467-88-7854

λ_w : 清水輸送時の管路摩擦係数,
 λ_s : 土砂輸送により増加する管路摩擦係数,
 C : 管路内の体積土砂濃度.

本方法では、圧力損失係数の定義式として、土砂の粒度分布を考慮できる Kazenskij の圧力損失式を用いた。以下に定義式を示す。

$$\phi = 180D^{0.5}V^{-3}\left(\overline{Fr_{xj}}^{1.5}\right)^{0.5} \tag{4}$$

ここで、 $\overline{Fr_{xj}}^{1.5} = \sum (Fr_{xj})^{1.5} X_n / 100,$

Fr_{xj} : 各土粒子粒径とその沈降速度によるフルード数
 X_n : 各粒径の百分率

その他の損失については、水理公式集³⁾や岡野ら⁴⁾を参考とし表-1 のとおり与えた。

4. 実証試験設備の基本諸元の水理設計

本設計手法は、構築した水理モデルを用いて吸引管の管内流速および吸引流速を求め、対象とする堆砂の吸引可否を判断するものである。移動限界流速は岩垣の式、沈降速度は Rubey の式に基づき算出した。なお、設計条件としては全水頭、外管および内管の内径、吸砂口径、輸送距離、管内流量、管内土砂濃度の他、表-1 に示す各種パラメータを与えた。

基本諸元の水理設計フローを図-3 に示す。はじめに、吸引土砂粒径や全水頭などの環境条件の把握および内・外管径などの吸引設備条件の設定を行った。次に、吸砂口入口にて対象とする堆砂の移動限界流速と吸引流速、水平管および鉛直管にて対象とする堆砂の移動限界流速または沈降速度と管内流速とを比較し、吸引可否の判定を行った。判定の結果、吸引可能と判断されれば、基本諸元の一案として採用した。本工法の実証試験設備の水理設計では、表-2 に示すケースについて検討を行ない、吸引可否および経済性を考慮した結果、ケース 2-②を実証試験設備の基本諸元として決定した。

5. おわりに

筆者らは、平成 28 年度の実証試験設備の設置、平成 29 年度の実証試験の実施を目指している。
本工法の実用化に向け、今後も研究開発を鋭意進める所存である。

表-1 水理モデルに使用した各種パラメータ

項 目		内 容
吸砂口の流入係数		0.1 (室内実験より)
形 状 損 失	入口	1.0
	開閉装置取付部の 急拡大部・急縮部	0.3
	曲り (吸砂口部)	1.0
	曲り (輸送艦エルボ部)	$\theta = 90^\circ$
管路粗度		0.013 (鋼管) 0.0105 (アクリル、VP)
泥水の摩擦損失		$Frxj1.5 = 0.50$ 摩擦損失補正係数 $\alpha = 1.65$

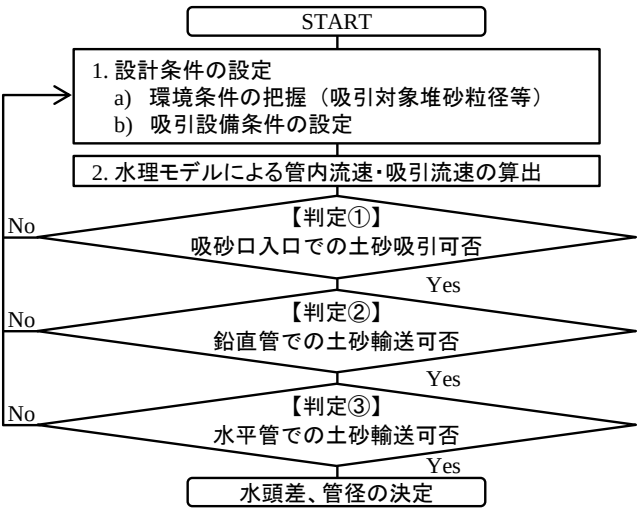


図-3 基本諸元の水理設計フロー

表-2 検討ケース一覧

項 目	ケース 1	ケース 2	ケース 3
全水頭	2.0m	3.0m	4.0m
内管径	① 500mm ② 400mm ③ 300mm	① 500mm ② 400mm ③ 300mm	① 500mm ② 400mm ③ 300mm
外管径	内管径 + 300mm		
土砂濃度	0%, 5%, 10%		

参考文献

1) 宮川仁, 箱石憲昭, 櫻井寿之: 室内実験と現地実験による潜行吸引式排砂管の開発, 大ダム, No.230, pp.38-44, 2015.
2) 前田圭介, 庄路友紀子, 太田誠二: 鉛直二重管吸引工法による排砂実験およびその排出土砂濃度の推定方法, 河川技術論文集, Vol.21, pp.83-88. 2015.
3) 土木学会: 水理公式集, 平成 11 年度版
4) 岡野眞久, 俣野文孝, 片山裕之, 田島芳満, 中川一: 水圧吸引土砂排除システムの排砂機能に関する研究, ダム工学, Vol.14, No.4, pp.237-249, 2004.