

流速が大きい場合の土砂スラリーの濃度計測

国立研究開発法人 土木研究所 正会員 ○宮川仁、宮脇千晴、熊本紗也華、石神孝之

1. はじめに

土木研究所では貯水池の水位差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(通称：潜行吸引式排砂管(以下、排砂管))の開発を行う中で、管から排出される土砂濃度を自動計測する手法(流量・土砂濃度計測装置(以下、装置))を検討している。既報^{1),2)}では管径 100mm および管径 300mm の装置における流速が 2m/s から 3m/s 程度までの室内実験での装置の有用性を確認した。本稿では管径 200mm の装置における流速が約 7m/s 程度の大きな流速の場合での土砂濃度の計測方法を含めた計測結果について報告する。

2. 流量・土砂濃度計測装置

図-1 に管径 200mm の装置を示す。管路の一部区間(1m)をアクリル管として土砂の流下状況が把握できるようにし、両端部はフレキシブル管を配置する。アクリル管両端下部に合計 4 つの荷重計を配置し、アクリル管とフレキシブル管で構成されるフレキシブル部(以下、土砂濃度計測区間)内の重量(4 つの荷重計の合計値)を秒単位で計測し、清水のみの重量の比から管内土砂濃度を換算するものである。また電磁流量計も併設し、秒単位で流量も計測し、排出土砂濃度を推定するものである。ここでの土砂濃度は土砂の土粒子の実質部分の体積と土砂混じりの水の体積から求まる空隙無しの(1)式で示す体積土砂濃度をさす。また、土粒子の水に対する比重は(2)式となる。

$$C = \frac{V_s}{V} = \frac{\frac{W}{\gamma_w} - 1}{\gamma_s - 1} \tag{1}$$

$$\gamma_s = \frac{\rho_s}{\rho_w} \tag{2}$$

ここにC:空隙無し体積土砂濃度、 V_s :土粒子の実質部分の体積(m^3)、 V :土砂混じりの水の体積(m^3)、 W : 管内が土砂混合時の流体重量(tf)、 W_w :管内が水だけの流体重量(tf)、 ρ_w :水の密度(t/m^3)、 ρ_s :土砂の密度(t/m^3)、 γ_s :土粒子の水に対する比重を表す。

3. 実験条件および実験方法

実験は群馬県が管理する坂本ダムで実施した。図-2 に排砂実験設備の縦断イメージを示す。上流側は、貯水池内からダム堤体直下流までの約 165m を管径 300mm で配管(うち管長 28m は排砂管、スルースバルブも配置)し、下流側はレデューサーで管径を 300mm から 200mm に縮小し、約 40m を管径 200mm で配管(うち 5m は図-1、

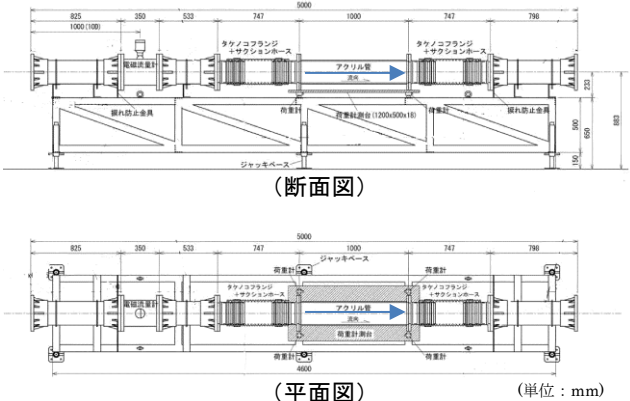


図-1 管径 200mm 流量・土砂濃度計測装置

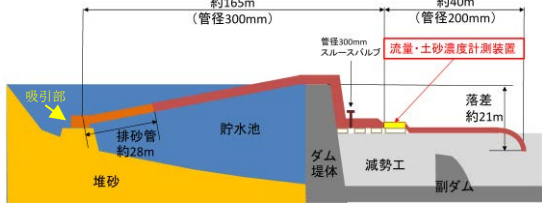


図-2 排砂実験設備の縦断イメージ図



図-3 流量・土砂濃度計測装置据付状況

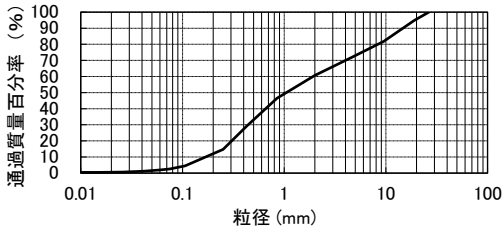


図-4 実験土砂の粒度分布

図-3 に示す装置を設置) 下流河川へ排砂する設備である。なお、管径を途中で縮小しているのは上流側の動水勾配線を緩やかにして高落差でも使用可能となるために圧力低下を抑えたものである³⁾。図-4 に実験で吸引した堆砂の粒度分布を示す。粒度は粒径 0.015mm～26.5mm で構成され平均粒径は約 3.1mm であり、土粒子の水に対する比重は 2.703 であった。実験は清水実験と排砂実験を行った。清水実験は、吸引部をクレーンで持ち上げて水中で堆砂を吸引しない状態として水位差約 21m 程度で実施した。排砂実験は水深約 2m の堆砂上に排砂管を設置して、吸引部は自重で潜行する条件としバルブを全開にして実施した。実験中は表-1 の項目を計測した。土砂濃度は実験中の土砂濃度計測区間の重量から空虚時の重量を控除した水だけの重量と土砂

キーワード 堆砂対策、吸引工法、潜行吸引式排砂管、土砂濃度計測、スラリー輸送
連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 TEL:029-879-6783 E-mail : m-miyakawa@pwri. go. jp

混合時の重量をそれぞれ求めて(1)式により換算した。
換算計測値は5秒平均値を採用した。

4. 実験結果

図-5 に実験中のアクリル管内の流れの様子を示す。
(1)式の土砂濃度Cは、流速が小さい場合、管底部に土砂が堆積するため補正が必要である²⁾が、土砂が流下した流速6m/s以上の領域の流況を確認したところ浮遊砂状態であったことから補正は必要ないと判断した。

図-6 に清水実験と排砂実験における重量と流速の経時変化を示す。実験開始時はバルブの開操作や空気混入の影響により満管流ではなかったため重量は不安定であったが、重量が最大値となる時間以降は流況として満管流となっていることを確認した。その後は、流速が大きくなるにつれて清水実験、排砂実験ともに重量は小さくなる現象を確認した。図-7 に清水実験での水のみの重量の最大値以降の時間における流速の2乗と重量の関係を示す。流速の増加とともに重量が小さくなる(3)式の関係を示すことができた。

$$Ww = -0.1622v^2 + 51.382$$

(3)

ここにv:清水時の流速 (m/s) を表す。
次に(1)式を基に、(3)式を用いて排砂実験で計測した流速から水のみの重量を推定し、実際に計測した土砂混合時の重量の比から土砂濃度を算出した結果を図-8 に示す。流況から土砂の流下を確認した土砂濃度が正となる1分半以降に着目すると土砂濃度が大きくなると流速の増加の程度が小さくなっていることが分かり、既往の結果と同様の傾向を確認できた。
以上から流速が大きい場合においても流速と重量の関係を用いれば装置により排出される土砂濃度が推定できると考えられた。また、最大の土砂濃度が3.5%程度となった。この濃度は既往の実験から事前に想定した土砂濃度と同等であり、管延長約205mの排砂設備の吸引性能も併せて確認することができた。

5. まとめ

排砂管による排砂を行う際、管径200mm管において流速が約7m/s程度と大きな流速となった場合、土砂濃度計測区間の水のみの流速と重量の関係から補正を行うことによって、実際の排砂時の排出土砂濃度が装置によって推定できることが分かった。

謝辞

本実験は群馬県河川課、安中土木事務所および碓氷川利用者の皆様の多大なご協力により実施した。ここに謝意を表す。

参考文献

1) 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.

表-1 実験計測項目

計測項目	計測方法	計測間隔
貯水位	水位計	1秒間隔
管内流量	電磁流量計	1秒間隔
土砂濃度	荷重計	1秒間隔
流況	アクリル管内をビデオ撮影	連続



清水時の様子



排砂時の様子

図-5 実験中のアクリル管内の流れの様子

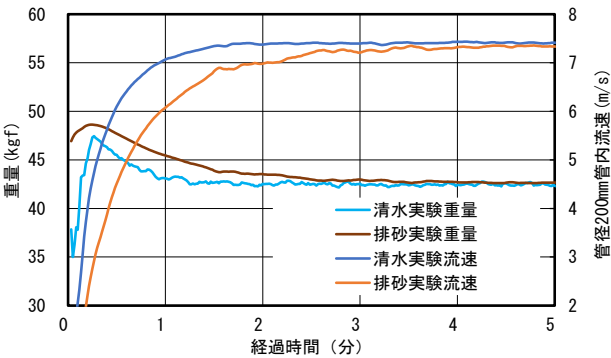


図-6 重量と流速の経時変化

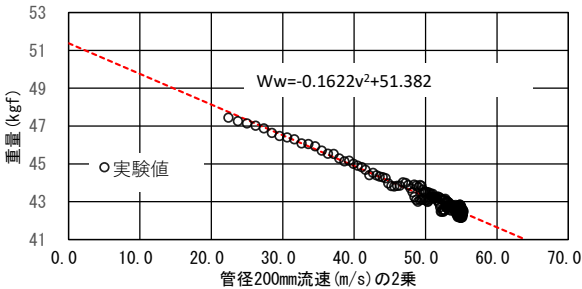


図-7 清水実験における流速の2乗と重量の関係

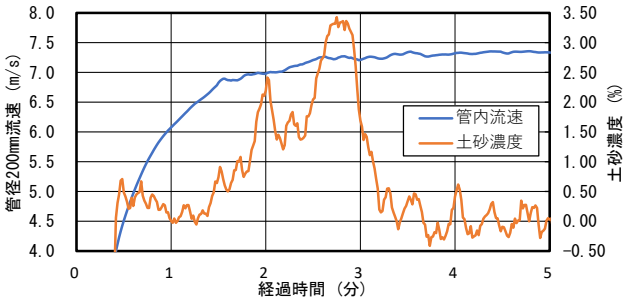


図-8 排砂実験における土砂濃度の時間変化

- 2) 宮川仁, 高田翔也, 宮脇千晴, 石神孝之: 潜行吸引式排砂管の土砂輸送特性と管損失の評価, 河川技術論文集, 第26巻, pp. 651-656, 2020.
- 3) 宮川仁, 高田翔也, 宮脇千晴, 石神孝之: 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, 土木学会第74回年次学術講演会概要集, II-126, 2020.