

濁水中における清水域の形成技術

鹿島建設(株) 正会員 ○新保裕美, 田中昌宏, 林 文慶
鹿島建設(株) 正会員 秋山義信, 杜若善彦, 岡山 誠

1. 目的

貯水した状態で行われるダムのリニューアル工事では、潜水作業時にダム湖内の水が濁ると作業が行えず、工事遅延の要因となっている。そこで、濁水時に潜水士の視認性を改善することを目的に、濁水中の潜水士の周囲や手元に、広く安定した透明度の高い水の領域（以後、清水域と呼ぶ）を形成する装置の開発を行っている。装置の有効性と適用限界を実験及び数値シミュレーションで検討したので報告する。

2. 装置の概要

図-1 に装置の概要を示す。この装置は、低流速で放水口から均等に透明度の高い水を放水することで濁水との混合を低減し、濁水を清水に置き換え、清水域を形成する。放水口のサイズは、実機を想定した、0.94m×0.94mの正方形である。放水口から均等に放水するため、整流部を有する。

3. 水理模型実験

3.1 実験項目

濁水中に清水域が広く安定的に形成される水理条件（レイノルズ数範囲）¹⁾を把握するため、流量を変えた実験を行った。実験では、放水口上の濁度分布を計測し、さらに目視により可視化状況を確認した。濁度の計測には、直読式総合水質計（AAQ-RINKO176, JFE アドバンテック製）を用いた。

3.2 実験方法

実験は、鹿島技術研究所の大型水路（幅2m, 高さ2m, 長さ62m）で行った。実験のセットアップ状況を図-2 に示す。水路を板で仕切り、片方に清水を入れ、片方に濁水を入れた。仕切り板はダム堤体の傾斜部とし、1:10の勾配で設置した。

濁水は、カオリン溶液（中央粒径2μmの焼成カオリン）を用い、実験では、初期の濁度が約56mg/Lとなるように調整した（濁度計：TB-25A, 東亜 DKK 製）。

ポンプで濁度0mg/Lで濁水と同じ水温の清水を吸い、バルブで流量調整した。実験は、表-1 に示すように流量を変えて実施した。濁水の初期水深は約1.45mとし、水深約1.8mになるまで送水した。装置の横からビデオ撮影し、濁度の鉛直分布を連続的に計測した。濁度は、各ケースで流況が概ね安定したと思われる時間から計測した。

3.3 実験結果

図-3 に濁度の計測点を示す。図-4 に、各実験ケースについて、放水口上0.5m（放水口幅Dの約0.5倍

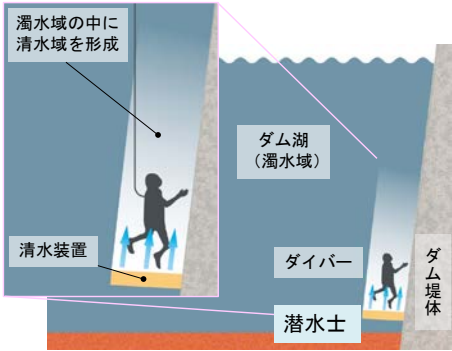


図-1 装置の概要

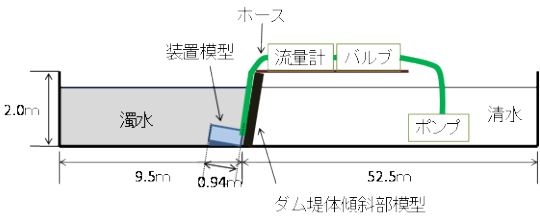


図-2 実験セットアップ状況

表-1 実験条件

ケース	流量 (L/分)	レイノルズ数 (Re) *
1	200	3×10^3
2	500	7×10^3
3	800	1.2×10^4
4	10000	1.5×10^4

*) $Re = VD/\nu$

ここで、 ρ : 密度, V : 流速, D : 放水口幅,
 ν : 動粘性係数

キーワード ダム工事, リニューアル, 濁水, 清水, 装置, 視界確保, 視認性改善, 潜水作業

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所土木構造グループ TEL042-489-6726

の高さ)の、初期濁度に対する濁度比の分布を示す。濁度比 0.2 以下の範囲は白色で、0.2 以上の範囲は灰色で表している。図-4 に示すように、 $Re=3 \times 10^3$ (流量 200L/分) のときには濁度比 0.2 以上の部分が多く、0.2 以下となるのは中央部分のみであった。 $Re=7 \times 10^3$ (流量 500L/分) では 0.2 以下の範囲が広くなり、 $Re=1.2 \times 10^4$ (流量 800 L/分) ではさらに広がった。 $Re=1.5 \times 10^4$ (流量 1000L/分) では、 $Re=1.2 \times 10^4$ (流量 800 L/分) の場合と濁度比の分布があまり変わらなかった。目視で清水域の形成状況を比べると、 $Re=1.5 \times 10^4$ (流量 1000L/分) の方が、清水と濁水の境界部で混合が若干大きい様子が観察された。以上より、 $Re=1.2 \times 10^4$ 付近で、清水域が形成されやすいことがわかった。

写真-1 に、流量 800L/分 ($Re=1.2 \times 10^4$) の場合の実験状況を示す。装置の上方で全体的に清水域が形成され、ホースもよく見えていた。

4. 数値シミュレーション

4.1 数値シミュレーションの内容と条件

濁度や水温が異なると密度が異なるが、放水する清水の密度が濁水よりも小さいと、浮力により上向き流速が加速され、濁水との混合が大きくなることで清水域が形成しにくいものと推察された。そこで、密度差の影響を把握するために数値シミュレーションを FLUENT で行い、密度差がある場合とない場合で清水域形成状況を比較した。密度差がある場合は、濁水密度 998.776 kg/m^3 (水温 18°C 、比重 2.65 の粘土が 100 mg/L 懸濁状態)、清水密度 997.656 kg/m^3 (水温 23°C) とした。

4.2 解析結果

放水 10 分後の解析結果を図-5 に示す。密度が同じ場合には、濁水と清水の混合が少なく、青色で示す清水域は、広く、長く形成された。一方、 5°C 高い清水を放水した場合には、青色で示す清水域は放水口の近傍のみであった。これより、密度差の影響は大きく、清水域形成のためには、濁水との密度差 (水温差) が小さい清水を送水する必要があることを確認した。

5. まとめ

実験の結果、 $Re=1.2 \times 10^4$ 付近 (800L/分) で、清水域が形成されやすいことがわかった。また、数値シミュレーションの結果、濁水と清水の密度差が清水域形成に及ぼす影響は大きく、密度差の小さい清水を放水する必要があることを確認した。

参考文献

1) 鬼頭みずき：オリフィス自由、及び衝突噴流の流動・電熱解析と制御，三重大学学術機関リポジトリ成果教育成果コレクション，博士論文，p.129，2008。

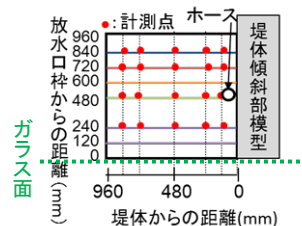


図-3 濁度計測点

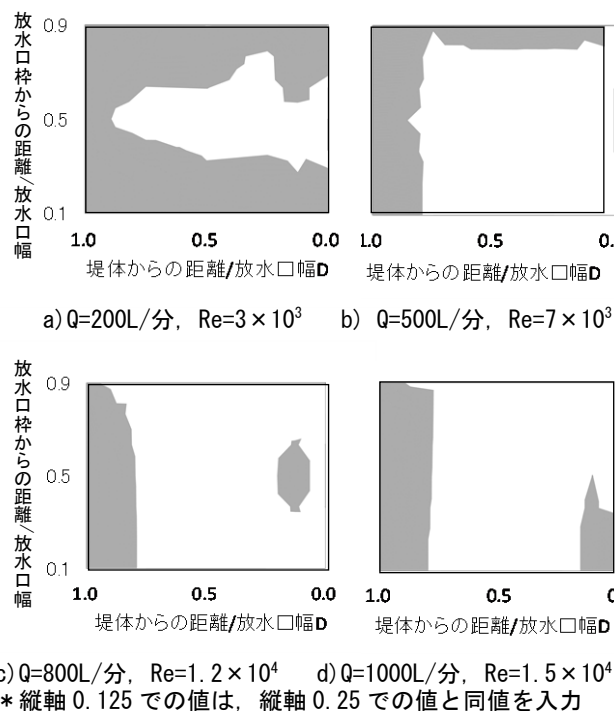


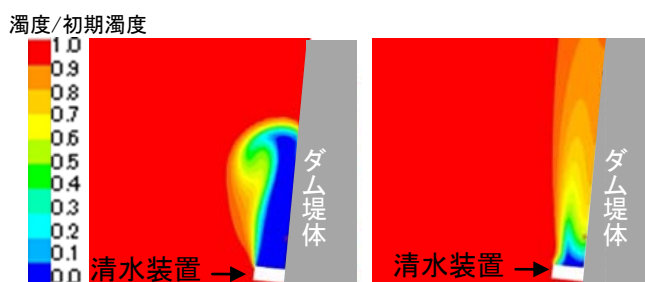
図-4 濁度比 (濁度/初期濁度)



a) 放水開始前

b) 放水中

写真-1 実験状況 (流量 800L/分 ($Re=1.2 \times 10^4$))



a) 密度が同じ場合

b) 清水水温が 5°C 高い場合

図-5 数値シミュレーション結果
(放水流量 800L/分, 放水 10 分後)