

II-223 貯水池中層取水時における濁水塊の移動

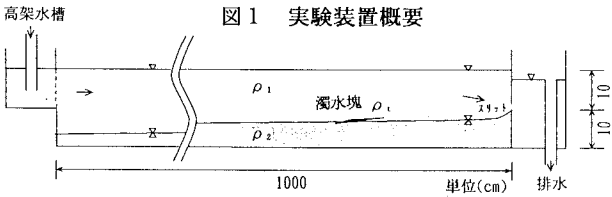
東京理科大学大学院 学生員○中山 茂央
昭和土木 畑中 哲也
東京理科大学 正員 大西 外明

1. はじめに

貯水池内に長期滞留する濁水塊の移動速度について検討する。貯水池の濁水長期化現象に関連した水理的問題の一つに、取水口数標高付近に発達する二次躍層面に進入した濁水塊の取水口へ向かう移動速度が挙げられる。濁水塊の移動速度が遅いことが出水後も長期に渡って下流河川に濁りをもたらす原因となる。貯水池運営上、このような濁水塊の排出のために長時間貯水池の水を排水することは好ましくない。以上の見地から本研究では、濁水を排出するのに必要とする水量を検討するために、二次躍層の発達した貯水池流れを二成層上層流として実験水路に再現し、停滞濁水の移動速度を検討した。

2. 実験方法

実験水槽は高さ30cm幅20cm長さ10mの矩形水槽で、下流端壁にスリット状取水口、上流端に供給用高架水槽を設けてある。高架水槽から取水量に等しい流量を補給することにより水位を定常に保つことができる。取水口面と上下層界面を等しくなるように、下層水として所定の濃度の塩水を、上層水として水道水を溜め二成層場を作り、下流端からの取水及び上流からの給水を開始し貯水池流れを水槽内に再現する。濁水としては塩水を染料で着色して所定の密度としたものを用い、これを実験水槽の所定の位置の界面に注入し、濁水塊の移動速度を測定する。濁水塊は流下とともに伸長するが、注入する際に薄まったものが濁水塊先端部を形成していると考え、濁水塊後端部の速度を濁水塊の移動速度と定義することにする。



3. 実験条件

①上層の水道水を実験水槽内に給水しながら取水を継続し、下層水の混入がなくなる限界状態を作る。流れは二成層上層流となる。この状態における濁水塊の移動速度を検討する。②限界状態となった貯水池内の界面形状は、取水地点から遠方の粘性効果により形成される領域と、取水地点近傍の取水に伴う流れの効果を受けた粘性効果の小さい領域とに分割できる。濁水長期化に関して問題となるのは取水地点遠方における濁水の移動である。そこで実験は、前者の領域にはいる取水口から上流200cmないし150cmの間で濁水移動の観測を行う。③上下層密度差、上層平均流速、濁水密度の条件を表1に示す。なお、表中において、 ρ_1 = 上層水密度、 ρ_2 = 下層水密度、 ρ_t = 濁水密度、 $\varepsilon_t = (\rho_t - \rho_1) / (\rho_2 - \rho_1)$ = 濁水の相対密度比、 U_1 = 上層平均流速とする。ケース1-を基本的なケースとして、ケース2-では上層流速が大きい場合、ケース3-では上下層密度の大きい場合とした。それぞれ上下層密度の間の5種もしくは9種の密度を持った濁水を流下させ移動速度を検討する。

4. 実験結果及び考察

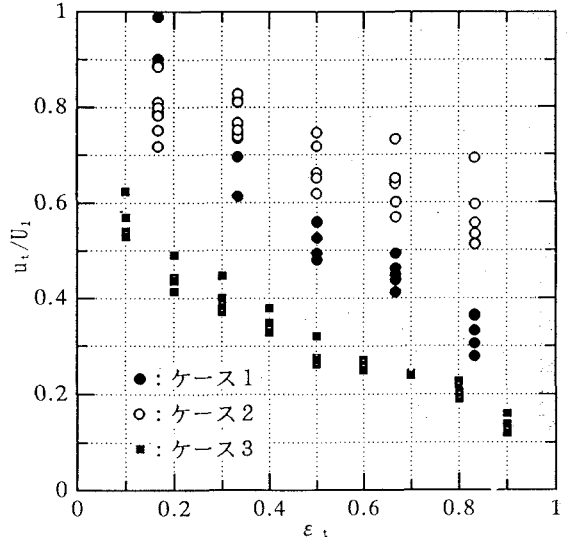
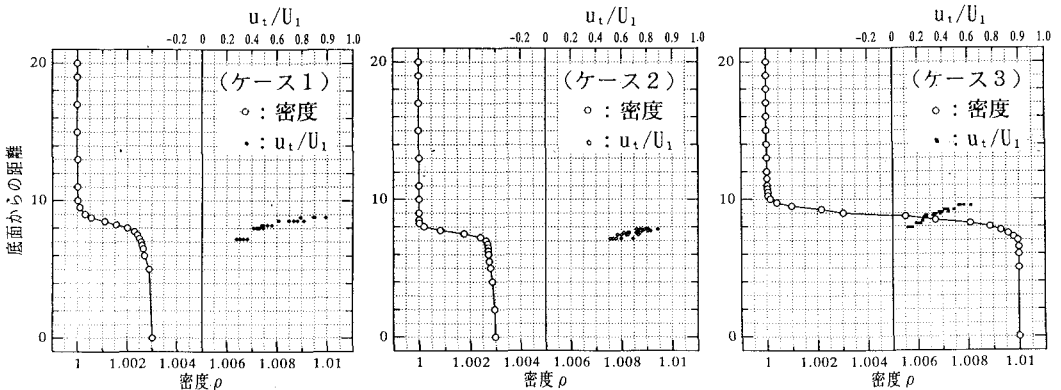
実験の結果から得られた濁水移動速度を上層平均流速で割った値 $\{u_t/U_1\}$ と濁水の相対密度比 $\{\varepsilon_t\}$ の関係を図2に示す。濁水塊の密度が

Case No.	ρ_2 (g/cm^3)	$\rho_2 - \rho_1$ (g/cm^3)	U_1 (cm/s)	ρ_t (g/cm^3)	ε_t
1-1	1.0030	0.0030	0.20	1.0005	0.17
1-2				1.0010	0.33
1-3				1.0015	0.50
1-4				1.0020	0.67
1-5				1.0025	0.83
2-1	1.0030	0.0030	0.52	1.0005	0.17
2-2				1.0010	0.33
2-3				1.0015	0.50
2-4				1.0020	0.67
2-5				1.0025	0.83
3-1	1.0100	0.0100	0.23	1.001	0.1
3-2				1.002	0.2
3-3				1.003	0.3
3-4				1.004	0.4
3-5				1.005	0.5
3-6				1.006	0.6
3-7				1.007	0.7
3-8				1.008	0.8
3-9				1.009	0.9

表1 実験条件

上層密度に近いとき（ ε_i が0に近いとき）濁水塊の移動速度は上層の平均流速に近い値となり、濁水塊の密度が下層密度に近づくほど（ ε_i の増加にともない）濁水塊の移動速度は0に近づく。ケース1の条件の場合、 $\varepsilon_i=0.17$ のとき $u_i/U_1 \approx 0.9$ 、 $\varepsilon_i=0.50$ のとき $u_i/U_1 \approx 0.5$ となり、 $\varepsilon_i=0.83$ のとき $u_i/U_1 \approx 0.3$ まで小さくなる。上層流速を大きくしたケース2の場合、 $\varepsilon_i=0.17$ のとき実験1の値とそれほど変わらなくて $u_i/U_1 \approx 0.8$ であるが、 $\varepsilon_i=0.50$ のとき $u_i/U_1 \approx 0.7$ 、 $\varepsilon_i=0.83$ のとき $u_i/U_1 \approx 0.6$ となり、ケース1に比較して u_i/U_1 の減少は小さい。上下層の密度差を大きくしたケース3の場合、ケース1に比較して u_i/U_1 は小さく、 $\varepsilon_i=0.1$ のとき $u_i/U_1 \approx 0.6$ であり、 $\varepsilon_i=0.5$ のとき $u_i/U_1 \approx 0.3$ 、 $\varepsilon_i=0.9$ のとき $u_i/U_1 \approx 0.15$ となり、界面に停滞する濁水塊の移動は遅くなる。このように流れの条件により界面流速と上層平均流速との関係はかなり変わってくる。図3は各実験ケースの密度分布と対応する濁水移動速度を表したものである。

河口二層流などの界面流速に関する既存の研究で得られた結果によれば、 u_i/U_1 あるいは u_i/U_{max} （ここで、 u_i ＝界面流速、 U_{max} ＝最大流速）はおおよそ0.35～0.65とされているが、貯水池中層取水時の界面付近に分布する濁水塊の移動を考える場合に適当ではない。また、貯水池二層流の鉛直密度分布と流速分布を観測した実験例は多くあり、その結果から濁水塊の移動速度を推測することは可能であるが、本研究では密度と流速の関係を直接的に求めることで流れの条件の違いによる変化を詳細に検討することとした。選択取水の限界状態では取水口下で循環流が発生し上下層の混合が起き中間層が生じるので二層流一般とは現象が若干異なると考えられる。また、この中間層を経てわずかつつ下層水が取水されていくので厳密な限界状態を判断することは難しい。取水流量に比べて実験水槽を大きくし、測定値のばらつきをみながら限界状態を判断したが、限界状態をいくつかに分類するなど検討の余地が残る。


 図2 ε_i と u_i/U_1

 図3 密度分布と u_i/U_1

4. おわりに

今後、実験ケースを増やし界面流速（濁水移動速度）とパラメーターの関係を詳細に検討したい。