

成層型貯水池における濁水下層流の流動形態について

大阪大学工学部 正員 室田 明
 大阪大学工学部 正員 中辻啓二
 高知県土木部 正員 栗本博樹

1. まえがき ; 貯水池に流入する濁水塊は多数の微細粒子からなる濁質のために池内水密度より高密度となり, 密度流的挙動を呈しながら底面に沿って流下することが知られている。貯水池が成層した密度分布をもつ場合にはその挙動はより複雑になり, 流入端での初期混合, density frontの形成・発達, 躍層の破壊, 成層界面の擾乱等, 個々の物理機構は興味深い力学的問題である。本報では, これらの機構を含む貯水池での濁水の流動を解明する第一歩として基礎的な実験を行ない, 密度差に基づく有効重力を考慮したフルード数から濁水下層流の流動形態を分類し, 各形態の特徴を定性的に評価するとともに最終的な密度分布との対応で考察したので報告する。

2. 実験装置および方法 ; 実験装置の概要は図-1のようである。水路は長さ10.0m, 幅0.3m, 水深1.0mの両面アクリル製であり, 底面勾配は1/10である。密度成層は所定密度 ρ_0 の塩水で一様密度にした下層水の上層に清水 ρ_0 を静かに貯留させて形成した。全実験ケースともに界面位置は50cmである。流入条件は流入水密度 ρ_{in} , 流量 Q であり, 水路水位を1.5cmに保つように下流端オリフイスで調整した。流入水の挙動を写真撮影で可視計測するために流入水・下層水を着色して識別した。流水継続時間は T_0 分であり, 最終的な密度分布は実験開始後約120分ではほぼ定常になる。実験諸元は表-1の通りである。

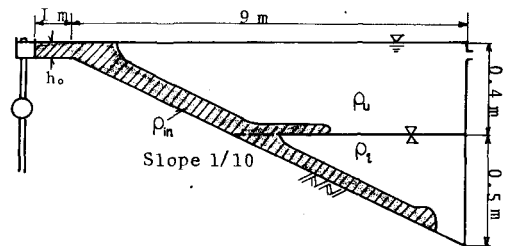


図-1 実験装置

ρ_{in}	0.1 ~ 3.0 ‰
ρ_0	0.2 ~ 2.0 ‰
T_0	2'30" ~ 15'00"
Q	100, 300 cm ³ /sec

表-1 実験条件

3. 実験結果とその考察

(a) 流入水の挙動 ; 貯水池に流入した流塊は清水と激しく混合して密度差は希釈されて減少するが, もじり点(P.P)より下流部では密度差のために重力効果が卓越して静かに貯水池底部を流動していく。その先端は渦状流塊を形成して流下とともに体積を増大させながらほぼ等速度で伝播するが, 先端の後に続く流動はほぼ定常等流状態と見なせる。流速分布は最大流速 U_{max} より鉛直下方では放物線であり, 鉛直上方は速度勾配は次第に減少する。剪断力が最大となる変曲点を界面として, それより下方を下層主流部と定義した。この界面における流速 U_i は $U_i/U_{max} \approx 0.59$ であり, Blasiusの層流境界層理論によるLockの解析結果にほぼ一致する。

(b) 成層場での流動形態 ; 成層界面に与える下層密度流の影響は先端部流塊の鉛直フラックスと持続的な下層主流部と考えられるが, 前者は昨年の関西年講に報告したようにほ

ほとんど影響なく、後者のみを考える。(Q)で定義した下層流の界面形状は有効重力を考慮することにより開水路の流れと同様の取扱いが可能となり、支配パラメーターは下層主流部で定義される密度差フルード数 $Fr_i = U_m / \sqrt{g h}$ である。ここに U_m , h は下層平均流速、水深および $\varepsilon = (S_{in} - S_u) / S_{in}$ 。

それゆえ、 $Fr_i \leq 1.0$ で sub-or super-critical flow に分類され、成層場での流動形態は表-2, 図-2のよう

A形態はsub状態での下層への流入であり、Aの界面形状は開水路での back water に相当するもので流れ方向の変化にかかわらず界面は非常に滑らかで安定している。Aでは主流部はその密度差のために成層界面下に侵入するが、周囲流体(S_e)との相対密度の低下のために層厚が大きくなる。界面上を水平方向に流動する流体部は、定常等流状態で流動する過程において、下層主流部の剪断力により引きずられる希釈された流体塊であり、界面上での進行は非常に遅いものである。

B形態は $Fr_i > 1.0$ となる super な流入であり、成層界面上流端で内部跳水を起して上層水 S_u と激しく混合希釈された後、成層界面を流動する。Bつぎに、 $S_{in} - S_e$ が比較的小さい場合(B)には界面下で subcritical な流れになり侵入すると同時に、界面上流端での内部跳水による混合のために成層界面上を進行する分岐現象が見られる。下層での流入水の挙動は界面を進行する流塊による圧力変化に追隨して流動するのは興味深い。Bは $S_{in} \gg S_e$ なる場合で下層中においても super な流れであるが、Aと同様の界面上を流動する流体部も観測される。

(C)最終密度分布について；流入水による混合は、界面上流端における内部跳水と下流端での運動量フラックスの衝突が主原因であり、反射時の surge front による界面連行、および内部セイシュによる混合は図-2の密度分布をみるかぎりあまり影響ないようである。このことはA, A, B が階段状分布を示すことから明らかである。

最後に、実験は学部生大石富彦君の協力を得た。記して謝意を表する。

上流部		中流部	密度差	形態
sub	→	sub	$\rho_m < \rho_l$	A ₁
			$\rho_m > \rho_l$	A ₂
super	↘	super	$\rho_m \gg \rho_l$	B ₃
		sub	$\rho_m < \rho_l$	B ₁
			$\rho_m > \rho_l$	B ₂

表-2 流れの状態と形態

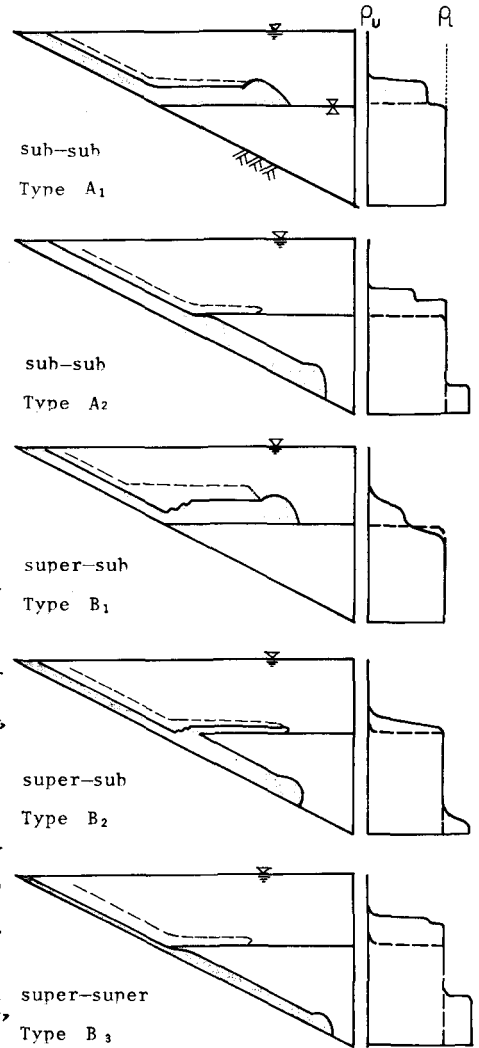


図-2 形態分類と最終の密度分布