

鉛直フラックスの衝突による2層界面の安定性について

大阪大学工学部 正 員 村岡浩爾 中辻啓二
大阪大学工学部 学生員 〇 栗本博樹 蓮輪賢治

1. はじめに.

貯水池の濁水長期化の問題で究明せねばならないものの一つに、躍層上流端に侵入する流入水による初期攪乱がある。これによって躍層が破壊されるかどうかは、流入量、流体密度、侵入角度等の関係要因に係わる力学的問題を提示するだけでなく、その後の混合過程もしくは、流下特性によって水質保全に及ぼす影響は大きい。筆者らは、これに関する基礎的な実験を行って、今後の貯水池問題解明へのstepとするつもりである。

2. 実験装置及び実験方法.

実験は図-1に示すように2成層界面に流入水を円管からの放流束として衝突させた。なお、識別のために染料を用いて流入水及び下層水を着色した。密度差は塩分濃度によるものが主なケースで、濁質による流入水も取り扱った。上下層の密度をそれぞれ S_u, S_d とし、流入水密度 S_m との関係は $S_m = S_u, S_u < S_m < S_d, S_m = S_d$ で行なった。また、界面に対する流入角度(図-1に示す θ)は円管先端角度によって決定し、流速は図-1に示す Δh で発生させ、放流時の流量と円管を閉塞した場合の流量との差により規定した。実験諸元は表-1の通りである。上述の状態で流入した後の流入水の挙動を写真撮影により観察した。

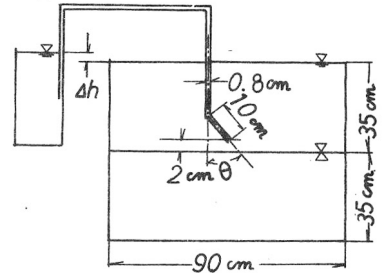


図-1

$S_m - S_d$	0.0	0.0005	0.002	0.002
$S_u - S_m$	0.002	0.0005	0.002	0.0
$\Delta h, \text{ mm}$	10	15	20	25 30 35
$\theta(^{\circ})$	0.0	30	60	75

表-1

3. 実験結果及び考察.

(1). S_m の密度による侵入特性 ; 本実験において円管内では $Re = OD/v = 60 \sim 240$ (ここに v : 流入平均速度, D : 管径 0.8 cm)なる層流状態にあり、また円管先端からの放流束は界面までの上層侵入区間($\Delta z = 2\text{cm}$)でもほぼその形状を変えることはなかった。図-2a, bに $S_m = S_d, S_m = S_u$ の場合の侵入状況を示す。前者は界面の影響をほとんど受けることなく界面を突き破り、下層で層流噴流と認められる流れになるのに対し、後者は噴流中心軸が界面を境界にして反射する形態の噴流が認められた。なお、本実験の主眼たる $S_u < S_m < S_d$ の場合はfluxの流速及び下層で受ける密度差に伴う浮力効果により同図とは異った侵入形態を示した。図-3は $Fi = U/\sqrt{E_0 g D} = 6.2 \sim 6.4$ (ここに, $E_0 = (S_d - S_m)/S_m$)で流入角度 θ を変えた時の侵入状態である。 Fi が一定にもかかわらず同図に示すような下層との混

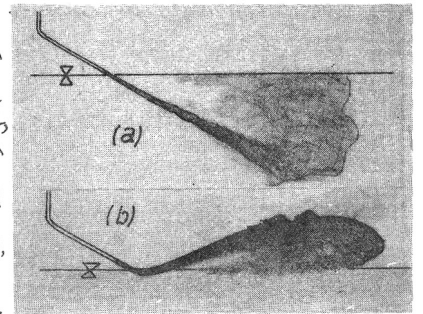
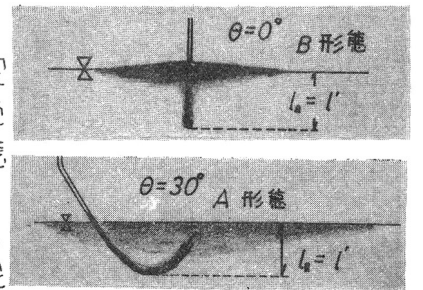


図-2



合の大小によるA,B,Cなる3形態を示した。また、このような形態別はそれぞれの流入角度の場合で観察された。 $\theta = 0$ の場合においては、水束のもつ運動量と浮力との均衡により固有周期をもつ上下運動を生じ、貫入は間欠的であった。

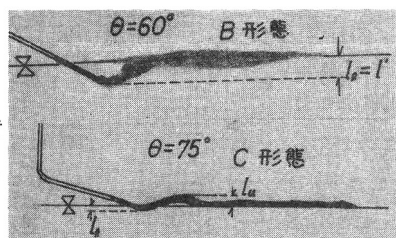


図-3

(2) 流入形状と θ との関係について ; 図-3に示した l_b ,

α はそれぞれ貫入深さ及び最深部にいたる水平距離を表わし、 l_b/α は形状を示す指標となる。この最深部に至る範囲で流入水束の下側境界は乱れることなく、下層との境界は明確に識別でき概して下層水の連行は認められない。形態Aにおいてはこの境界に波状的な変動が見受けられるが、これは粘性に基うく摩擦の効果によるものと思われる。一方、水束上部では重力の不安定による乱れや粘性に原因して雲上に放流点側への境界面の拡がりがあり、上部界面の分離が困難になる。この傾向は形態Aすなわち流速 U 、 F_r が大きい程強い。図-4に l_b/α と θ の関係を示す。なお、質点力学より重力場で与えられる $l_b/\alpha = \frac{1}{2} \tan(90-\theta)$ の曲線を同時に示してある。実験値はこの曲線より傾きが急であるが、 l_b/α はほぼ θ によって決定されるものと推察される。

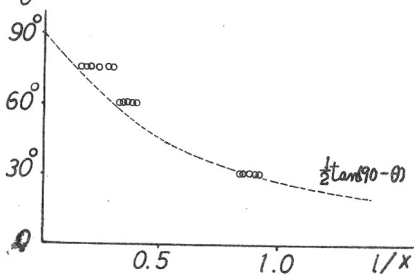


図-4

(3) 運動量と貫入深さとの関係について ; 貫入深さ l_b は静的な釣合条件より考えると、鉛直方向運動量の変化と下層で水束が受ける浮力により決定される。ところが、侵入角度があり下層で乱されない形態Cにおいては、同図に示す l_b なる這い上がり高さにも動力学的に関係するものと思われる、重力効果として、 $l' = 2l_b - \frac{g}{U^2} l_b$ ($E_u = (S_{in} - S_u)/S_{in}$) という鉛直下向き換算長さを考える。図-5は横軸に $F_{r*}^2 = F_{r0}^2 \sin \theta$ 、縦軸に l'/D なる無次元量をとって、流入角度及び混合状態を示すパラメータとともにプロットした図である。流入角度 75° を除いた全体的な傾向としては F_{r*}^2 が小なる所ではそれぞれの流入角度に対して F_{r*}^2 と l'/D とはほぼ線型であり、大なる所では l'/D の値は横ばいになる。この傾きの減少とともに混合形態はAに移行するようである。すなわち F_{r*}^2 の小さい場合には水束のもつ下向きの運動量はほぼ重力効果が卓越する形で消費されるが、大きくなる程混合を起こす乱れによって消費されると推察される。

(4) 濁度流入水の場合 ; 濁度として沈降速度 $1.8 \times 10^{-2} \text{ cm}$ のコークス粒を用いて実験を行ない、同様な整理を行なったが、塩水と比較して顕著な差異は見られなかった。今後実験ケースを増やして傾向を把握したいと思っている。最後に本研究遂行にあたり適切な助言を賜った本学室田明教授に謝意を表します。

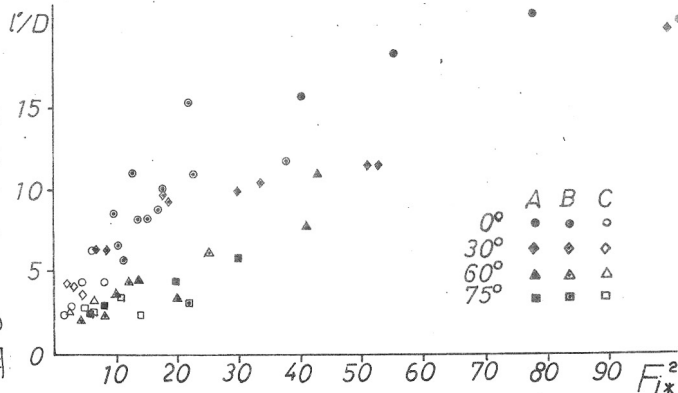


図-5