

II-236

成層密度流中の物体背後に生ずる流れの構造と密度混合に関する実験的研究

東北工業大学 正員 相原 昭洋  
東北工業大学 正員 阿部 至雄

1. はじめに

密度差を有する流れの中に薄い barrier のような水理構造物を設置した場合、その背後に生じる Lee 液といった擾乱によって内部界面が破壊され密度混合が生じる。しかし、この種の界面破壊による密度混合の過程は、剪断流れによるような界面の不安定に基づくものとは、その機構は異なるものと考えられる。<sup>1),2)</sup>そこで本報告は、静的に安定な密度差を有し、かつ、剪断流れに対しても安定な流れの中に薄い barrier を設置し、その背後に生ずる上層流れに着目して、はく離形状、表面流速、流速分布、下層塩水の到達高さなどの測定結果に基づき若干の考察を試みた。

2. 実験装置および実験条件

実験に用いた水路は長さ10m、幅0.4m、高さ0.3mの二次元開水路で水路上流端に長さ2m、幅0.4m、高さ10.5cmの右頂ゼキを設置し、その下流2.5mの位置に barrier を設けた。実験は、淡水深  $h_1 = 10.0 \sim 10.5$  cm、塩水深  $h_2 = 10.3 \sim 10.5$  cm とし、密度差  $\Delta\rho = 0.0108 \sim 0.012$  において塩水面上の barrier の高さ  $d$  を 4.0 ~ 6.0 cm まで 0.5 cm ずつ変化させて 5 ケース について、上層流動、下層静止の実験を行なった。その時の流れの状態は、流量  $420 \text{ cm}^3/\text{sec} \sim 501 \text{ cm}^3/\text{sec}$ 、内部フルード数  $Fr_i = 0.072 \sim 0.085$ 、クーリガン数  $\Theta = 0.511 \sim 0.555$  であるので内部境界面は、剪断流れに対して全て安定である。流速の測定には、水素気泡法を用い、また、塩分の検出には、煙導度を用い、barrier からの距離を変えて行なった。図-1 は物体背後に生ずる流れの場の模式図を示したものである。

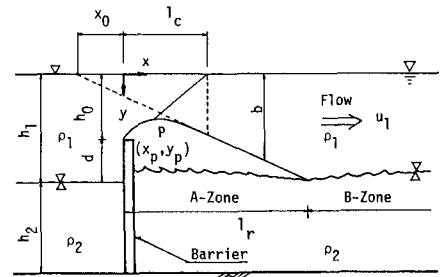


図-1 流れの場の模式図

3. 実験結果および考察

図-2 にははく離最高点の位置  $P(x_p, y_p)$  の変化を示した。はく離最高点の高さは barrier の高さ  $d$  を増すと共に単調に増加し、かつ、barrier の方向に急接近する。これは barrier 頂の流水断面積の減少による流速の加速が著しくなるためと考えられる。はく離点は、はく離最高点をすぎると流下距離と共に単調に減少する。そこで barrier からのはく離点がい内部境界面に達するまでの距離  $l_r$  を示したのが図-3 である。この図よりはく離領域の長さは barrier の高さ  $d$  の10倍程度となる。この値は段落部の等質流れで得らる得ている値 7~8 倍に比べ大きい値となっており、内部境界面が存在するためにその長さが増していることがわかる。この内部境界面への到達点付近を境として拡散混合の激しい A 領域と比較的安定した界面現象の生じる B 領域とに大別される。

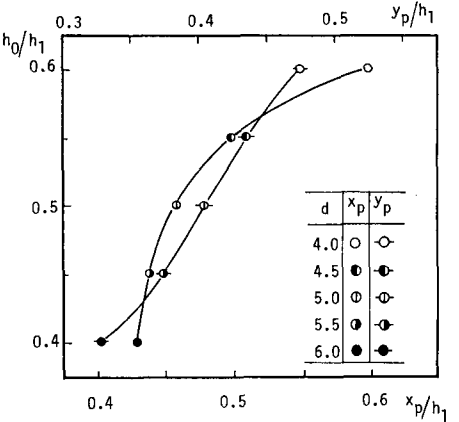


図-2 はく離最高点の位置

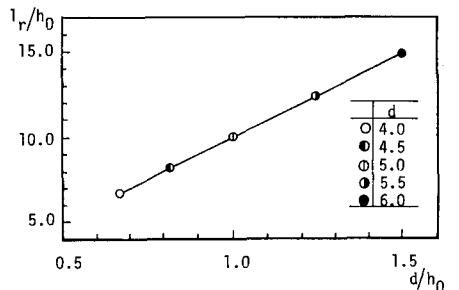


図-3 はく離領域の長さ

図-4 に表面流速の減衰特性を示した。これによると barrier からの減衰開始地点は barrier の高さ  $d$  によって異なり、 $d$  が小さいほど早く、また、減衰開始後は、 $d$  が大きいほど減衰の度

合が大きくなる。その後、離点が内部界面に到達する付近より表面流速の急減は見られなくなり、表面流速は一定の速度を保持する。さらに、potential coreの終端から急減部にかけての急減特性は、二次元自由噴流の急減とは多少異なり、表面流速の急減はゆるやかである。また、図-5に示したpotential coreの長さについて見ると、barrierの高さdを増すにつれてそのcoreの長さは大きくなり、表面流速の急減開始位置のbarrierの高さによる相違の傾向を良く表わしている。また、barrier背後ではLee波が見られ、逆流部では速度変動が著しいが、それより上層では通常の噴流域に見られる様な流速分布の変化が見られる。そこで、噴流域における流速分布の相似性を調べるために示したのが図-6である。流速分布の傾向としては自由噴流と類似しているが、はく離境界付近およびはく離領域終端付近に近づくにつれて、理論値より離れ、全体として流速分布は大きい。このことは、自由噴流と異なり、進行流れの補給が逆流によってなされるためと内部境界面の存在によって噴流による混合域の発達に制約を受けるためと思われる。

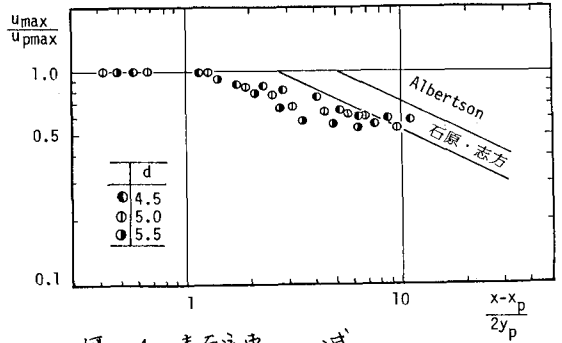


図-4 表面流速の急減

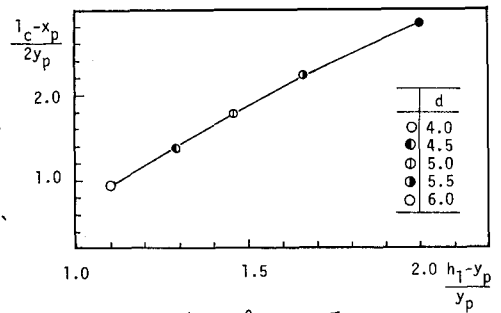


図-5 potential coreの長さ

図-7に拡散混合の激しいbarrier背後(A領域)での内部境界面と下層塩水の上層への到達高さ(z)について示した。内部境界面の傾きは、はく離点が内部境界面に到達する点より上流側では逆勾配となり、その下流側では順勾配となる。また、barrier背後ではLee波が生じるため界面は破壊され、塩水は上層へ巻き込まれ、その到達高さは行程とともに増す傾向が見られる。しかし、barrierの高さdが低くなるに従いLee波の規模も小さくなるため、塩水の到達高さも相対的に低くなり、密度混合の規模は減少する。

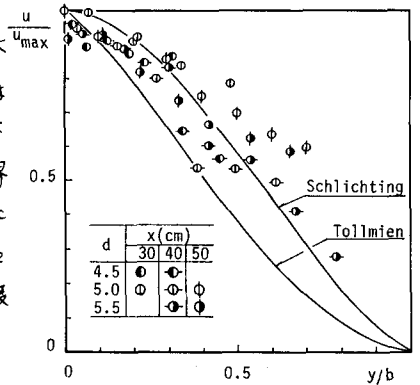


図-6 流速分布

4. あとがき

密度差を有する流水中に薄いbarrierを設置した場合の物体背後の流れには、Lee波の発生が見られ、逆流部では速度変動が著しく、はく離点より上層では噴流と類似の流れが生じているが、自由噴流としての流速分布の相似則が成立するのは局所的である。また、はく離領域の長さはbarrierの高さdの10倍程度と思われる。そのはく離点が内部境界面に達する点を境として拡散混合の激しいA領域と比較的安定した界面現象の生ずるB領域に分けられる。さらに、A領域での塩水の到達高さはdが増すほど高くなる。

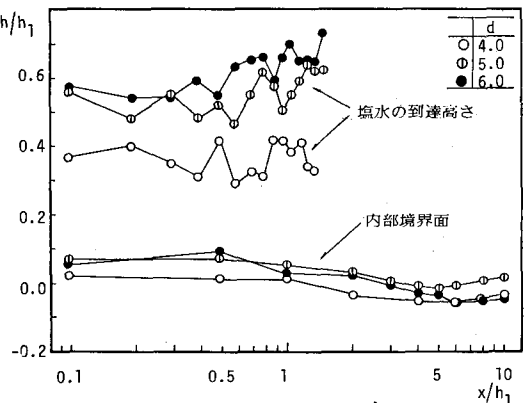


図-7 内部境界面と塩水の到達高さ

参考文献 1). Miles; Lee waves in stratified flow Part.1

Thin barrier, J. Fluid Mech. vol.32. 2) 階層性: 濃塩層流中の物体背後の内部渦関の一考察, 第2回講義. 3) 階層性: 階層性における流れの特性と渦の生成, 九大工学集報, 第4巻, 3号.