

内部跳水の連行形態

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

大阪大学大学院 学生員○中村 圭二郎

1. はじめに

密度差を有する液-液二層流の内部跳水は、莫大なエネルギーの逸散と激しい乱れをともなう不連続過程であるにもかかわらず、密度噴流と比較して連行率は著しく小さいことが知られている。昨年来、著者等は内部跳水の流動形態ならびに混合希釈特性を実験的に解明してきた。その結果、内部跳水は主流内部界面沿いに主流とは逆向きの流れ、すなわち反転流の領域を有することが確認された。この反転流は希釈水の循環現象で非常に大きな規模を有しており、内部跳水の混合希釈過程において著しい負の貢献を果たすことが予想される。本報では、可視化観測により内部跳水の連行形態の把握を試み、興味深い結果を得たので報告する。

2. 内部跳水の密度分布

実験は下層塩水、表層淡水放流の条件で行なった。実験の詳細は参考文献を参照されたい。図-1に実験によって得られた内部跳水の密度分布を等密度線によって示した。ここに、横軸は放流口からの流程距離 x 、縦軸は水深 z を、それぞれ放流口水深 H_0 で無次元化したものである。また、 $\Delta P / \Delta P_0 = (P - P_0) / (P_s - P_0)$ であり添字 0, S, C は、それぞれ放流口、下層塩水

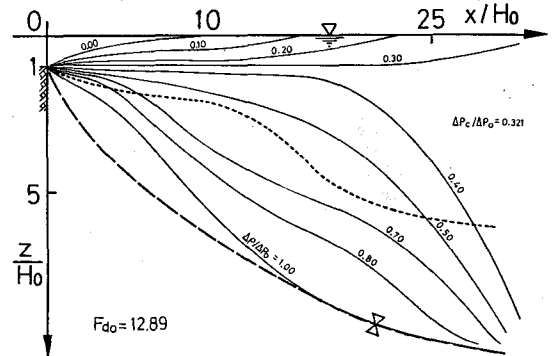


図-1 内部跳水の密度分布

、跳水終了断面の諸量を表わす。図中点線は主流内部界面、破線は下層界面を表わす。図-1は放流口密度フルード数 $F_{d0} = 12.89$ の例であり、このときの跳水の長さ L_c / H_0 は 53.5 であった。同図は跳水の始端から跳水の中央部付近にかけての密度分布を示す。同図より明らかなように、内部跳水の連行領域、すなわち主流部に密度の増加する領域は跳水の始端部に限られている。連行された下層塩水は流下方向に急激に混合され、およそ跳水の中央部付近までで全断面一様の希釈状態が得られる。また、跳水の前部における反転流域の密度は下流域の希釈水の密度に比べてかなり大きいことがわかる。とくに跳水始端部の下層界面付近では下層塩水と等しい密度を示す。このことは、同領域で下層塩水が反転流域に混入していることを示し、希釈水の循環である反転流はその先端部で周囲環境水を巻き込むように連行しているものと考えられる。

3. 跳水先端部の流れの可視化

跳水内部の流動ならびに2.で述べた内部跳水の密度分布を明らかにするために、流れ

Akira MURATA, Keiji NAKATSUJI and Keijirou NAKAMURA

の可視化を行なった。トレーサーとして、キシレンと四塩化炭素の混合物（白着色）を用いた。予め下層塩水および跳水下流域の希釈水の密度と等しい密度になるように配合したトレーサーを、それぞれ下層と反転層に同時注入し、水路上方よりスリット光を照射してその流跡を撮影した。露光時間はいずれも4秒間である。写真-1は跳水全体、写真-2はとくに跳水始端部付近の流動を表わしている。写真の放流口密度フルード数は両者ともに6.55である。この写真をもとに跳水内部の流動ならびに下層塩水の連行状況を模式的に描いたのが図-2である。

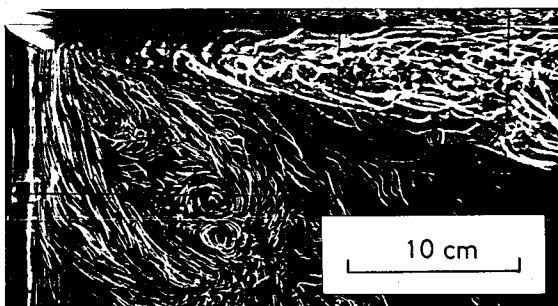


写真-1 跳水全体

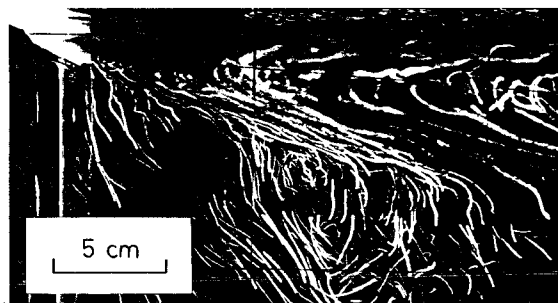


写真-2 跳水先端部

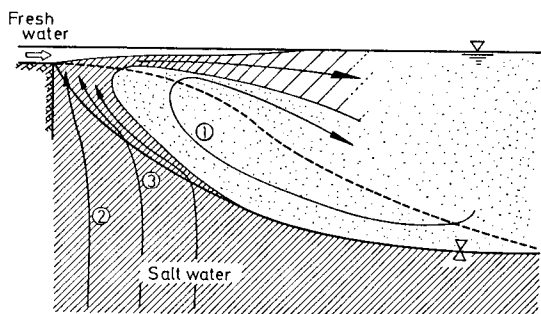


図-2 内部跳水の連行形態

図中の①は反転流域の流動を表わす。跳水の下流域で生じた反転流塊は主流内部界面上を遡上し、跳水の前部で主流に再連行される。写真-2はこのような反転流塊の挙動をよく表わしている。また、写真-1から反転流が非常に大きな規模と強度を有していることがわかる。図中②、③は内部跳水の連行によって生じる下層塩水の流動を表わしている。内部跳水にともなう連行は大別してふたつに分けられる。ひとつは②で示すような跳水先端部における直接的な主流部への連行であり、これは放流口直下の局所的な負圧によって生じている可能性がある。もうひとつは③で示すような反転流域への間接的な連行である。これは真正に反転流に巻き込まれる形で生じる付加的な連行であり、連行された塩水は反転流塊の一部として遡上し、跳水の始端部で集中的に主流へと再連行されてゆく、いわば内部跳水に固有の連行形態である。この③の連行の存在によって、跳水の先端部における反転流域の密度は著しく高められている。

以上に示した連行形態は反転流域の存在によってもたらされる。密度噴流の場合、連行は界面に潜在する組織的な大規模渦動の合体あるいは相互干渉によってもたらされ、連行領域は噴流の流程方向全域にわたる。これに対して、内部跳水の場合は跳水主流部の界面が大規模な反転流域によって被覆され、跳水主流部と反転流域の間で大きな循環を生ずるために実質的な周囲環境水の連行領域は跳水始端部の局所に限られることとなる。このため、内部跳水にともなう連行率は密度噴流と比較して著しく小さくなる。

（参考文献）室田，中辻，中村：第28回水理講演会論文集，pp. 321 - 326，1984．