

東海大学 学生会員 ○武本 隆太郎

正会員 斎野 浩造

正会員 飯田 邦彦

1 はじめに

感潮河川の河道における、弱混合の成層流の界面付近に起因する不安定機構の挙動に対して、その物理量を明らかにするため、可視化実験を行い、界面付近の挙動に関して解析を行った。従来から成層流に関する研究は数多く発表され、研究対象の範囲も大規模な現象から小規模な現象に至るまで盛んに行われている。塩水くさび型成層流の研究では、二層流モデル解析が多く、近年、三層流モデル解析として取扱った例としては、玉井¹⁾、須賀²⁾ および日野・瀬岡³⁾ などの論文がある。今回 成層流界面付近の可視化の実験結果から図-1、流れの模式図で示される様な流況結果を得た。しかしながら、単に成層流の層を細分して、その物理量を検討し現象の物理方程式と複雑に表現することが、流れの本質を把握するかどうかは疑問である。ここで解析検討の対象は、混合層と連行層および連行層と密度層との間における界面の挙動に関して、これらの物理量に着目し解析と検討を試みた。

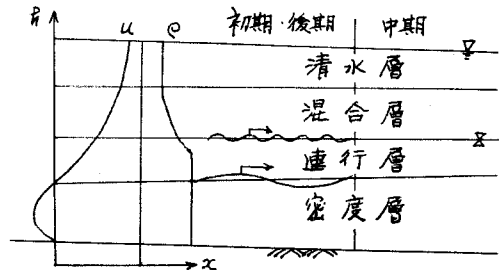


図-1 流れの模式図

2 実験

実験に使用した装置は高さ30cm、幅20cmおよび長さ15mの透明塩化ビニール製、可変勾配水路本体、給水部は上流側一定水位装置付給水槽高さ60cm幅60cm、奥行60cm、下流側可変水位給水槽高さ60cm、幅40cm、奥行60cmより成る。実験の方法は上流側水槽より、所定の一定流速(流量)の清水を流下させ、下流側水槽より所定濃度の密度水(ミルク溶液・同着色溶液)を供給し、水路上を遡上する成層流を形成させ観察した。計測には、流速計(熱線・小型および水素気泡)、比重計、モータードライブ35mmカメラおよびビデオカメラで測定した。実験条件は水路勾配1000分の1に設置し、上流側より初期一定流速1%, 2%および3%に対して、ミルク溶液の濃度は比重1.006, 1.008, 1.010, 1.012, 1.014 および1.016の各々について、成層密度流界面の挙動に関して可視化実験を行った。

3 実験の結果

可視化実験では、1) 弱混合成層流の初期は、密度流先端部および密度層内の流速が速く、層厚は小である。連行層と密度層の界面(流速0点)では、非常に波長の長い波が主流方向に伝播し、連行層と混合層との界面では波形が形成され、カスポット・ブレイキング、放散から渦状の乱れを混合層に放出しながら、主流の方向に混合しながら流下していく。

2) 中期は、先端部および密度層内の流速が漸变的に遅くなり、連行層と密度層間の界面および連行層と混合層間の界面では波形は消滅し、混合層内では流下に伴い、徐々に密度の均等化が進む。

3) 後期においては、先端部停止後、界面の挙動は、先端部では密度層から連行層へ密度水の供給が始まり、連行層と混合層の界面では再び、波形が主として1)の様な乱れの放出現象が再現され、清水層に対して、より影響のある混合均等化が見れた。しかし、連行層と密度層では波形は生じなかった。

4) 今回の実験を通じて、各層の挙動を観察した結果、界面の抵抗に関する物理的量は流れのセリ断力による変形が波形を呈し、セリ断破壊がカスプ・ブレーキング、バーストの現象であると見做せる状態が強いと思われた。本実験では $Fd = 0.13 \sim 0.54$ 、 $Re = 2500 \sim 6300$ の範囲で行った原因もあると思われる。

このことは、図-2で示されている通りであるが、連行層と混合層との界面抵抗係数は実験の結果より

$$f_i' = 0.12 \phi^{-0.5} \quad \phi = Re$$

の関係を得た。上式は須賀・高橋が塩水くさび長を用いて算出した“塩水くさびに関する大型水路実験による二、三の考察”（第26回 年次学術講演会講演集II pp137~pp140 1971）の結果と非常に類似した関係を得た。しかし、 $(Re Fd^5)^{1/2}$ に対する関係は良い結果が得られなかった。これは Froude 数が小さく結果のばらに思われる。

密度層と連行層との界面の抵抗係数と同様の方法で求めた。

$$f_d = 0.06 \phi^{-0.05} \quad \phi = Re \cdot Fd^2$$

の結果を得た。しかし、図-3に示す通り、結果からは今のところ、判断し難いものがあり、

発表時までに再検討を加え、 f_i' と f_d との度合いを見出し、低 Froude 数、低 Reynolds 数の範囲での界面の抵抗の問題に結びつけたい。

付記

本実験に関して、中央大学 教授 林 泰造先生および河大学 大橋 正和先生の指示・指導を深く感謝致します。又 東海大学学生 野崎 晴君、鈴木 興蔵君、川名 正嗣君、向 誠君、猪狩 達郎君に協力を得ましたことに謝意を表わします。

参考文献

- 玉井 信行 連行を考慮した漸成層流の基礎方程式について 土木学会論文集 第324号 1982.
日野 邦雄・難岡 和夫 正昇積分法による塩水くさびの一般解法(I) 第24回 海岸工学講演会論文集 1977.
pp549~pp552
須賀 亮三 一次元二層不定流の数値計算 第24回 海岸工学講演会論文集 1977 pp544~pp548

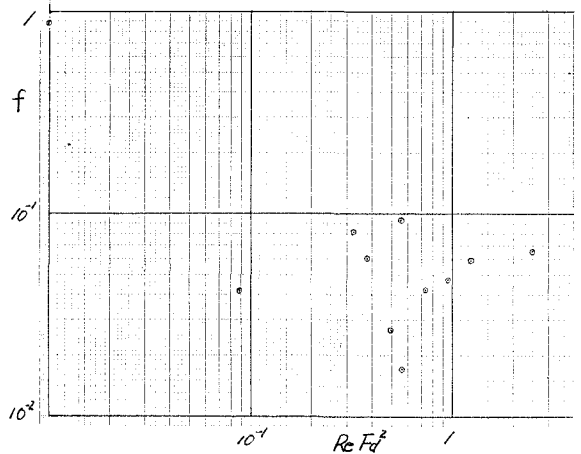


図-2 抵抗係数と $Re Fd^2$ との関係

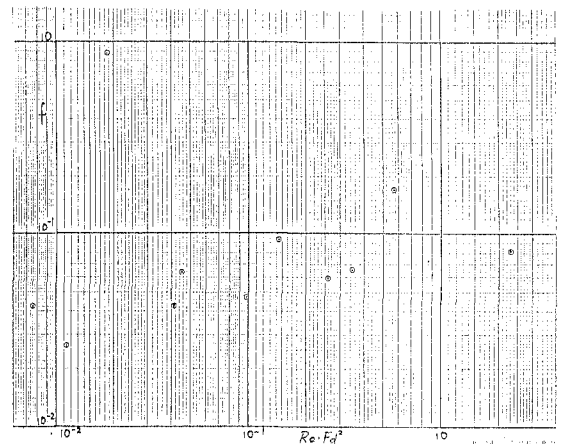


図-3 抵抗係数と $Re Fd^2$ との関係