

(II-92) 塩水くさび先端部の挙動が中間層厚に与える影響

宇都宮大学 学生員 鳥部敏文

宇都宮大学 フェロー員 須賀堯三

宇都宮大学 正会員 池田裕一

1. はじめに

塩水くさびの先端部は、渦が多数間欠的に発生・発達・減衰の過程を繰り返し、全体として一つの渦域を形成する特異な区間である⁽¹⁾。中間層厚を予測する際、この先端部の現象を知ることが大変重要である。しかし、現象の複雑さゆえに、未知のことが多い。そこで本研究では、実験装置において塩水くさびを再現し、その先端部に着目した観察を行う。また、その先端部での混合現象が中間層厚に与える影響について若干の考察を行う。

2. 実験について

実験装置は、長さ 300cm、幅 7cm、高さ 20cm のアクリル製長方形断面水路である。上・下層に温度差をつけることによって塩水くさびを再現している。この実験では、内部ジャンプ渦による混合水塊の下層流入を未然に防ぐため河口部に針金を設置した。実験はすべて定常状態で行っており、その先端部の流況は VTR で撮影し混合現象を把握できるようにした。また、可視化を行い易くするために下層はウォーターブルーで着色した。

今回は、シルの有無による塩水くさび先端部の流況について観察している。シルを設置しない場合において、その挙動が間欠的であることや、その現象自体が非常に小さいことが過去に行った実験より分かっている。そこで、先端部での挙動について大きな安定した渦を発生させ定常性を持たせる目的でシルを設置した。シルの断面は直角二等辺三角形のみで行っている。実験条件は水深 16.2cm、上層流量 360~450cm³/s、水温は上層 20~33℃、下層は 4℃、シルの高さは 2.5cm で行っている。

3. 実験結果ならびに考察

塩水くさび先端部での挙動は次の通りであった。まずシルを設置しない場合での塩水くさび流れ先端部の流況は、①密度界面の張り出し→②界面波の発生→③渦（先端渦）発生という一連の挙動をランダムに間欠的に繰り返すことが特徴的であった。つぎに、シルを設置した場合では、この一連の挙動が周期的に発生しており、その周期は 2.5~3.5 秒であった。この先端部の挙動は有田等⁽²⁾の可視化結果と同様であった。すなわち、先端より発生した渦の軌道は、発生時より下降しており、渦が消滅するまでの間その軌道は徐々に水平になりながらも下降し続けていることを確認した。また、中間層厚については渦の影響が卓越した領域においては大きく変化するが、渦の強度が弱くなるにつれて大きな変化を見ることはなかった。これより、先端部より発生する渦によって混合量が大きく変化することが分かった。

可視化の結果より、先端部から発生する渦は界面の張り出し高さと密な関係にあり、その渦の強度が中間層に大きく影響すると考えられる。そこで、張り出し高さについて、シルを設置した場合のみについて検討を行った。張り出し高さ δ は界面波の発生する直前の界面高さとシル高さとの差である。 δ を無次元量 $n (= \delta / (h - h_{\text{Sil}}))$ によって表し検討を行った。まず、 n を塩水くさび先端

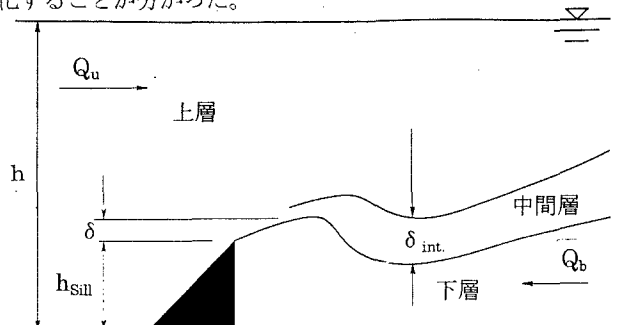


図-1 塩水くさび先端部の概略（シル設置）

キーワード：塩水くさび、張り出し高さ、密度フルード数、シル

連絡先：〒321-0912 栃木県宇都宮市石井町 2753 TEL028-689-6214

でのレイノルズ数 ($R_e=Q/\nu/B$) と密度フルード数 ($F_{r1}=Q/B/(h-h_{s11})/(\epsilon g(h-h_{s11}))^{1/2}$) との関係を見た。密度フルード数と n との関係を見ると (図一2 参照)、張り出し高さが増加するにしたがい、密度フルード数が減少していた。次に、レイノルズ数と n との関係を見ると (図一3 参照)、この両者には大きな変化を見ることはできなかった。さらに、界面の安定状態を表すパラメータ Θ ($= (1/R_e \cdot F_{r1})^{-1/3}$) と n の比較を行ったところ (図一4 参照)、 n の増加に伴い Θ も増加している。これらの結果より、張り出し高さは密度フルード数に支配されており、粘性の効果は小さいことが考えられる。ただし、この実験におけるレイノルズ数 ($R_e=5000\sim8000$) はすべて乱流領域であり、層流領域においては粘性の効果を検討する必要がある。

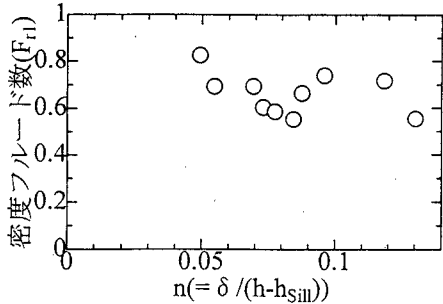
次に、 n と渦の消滅する位置での中間層厚 δ_{int}/h について見てみると (図一5 参照)、 n の増加に伴って δ_{int}/h が減少する傾向が見られた。また、密度フルード数と中間層厚 δ_{int}/h との関係を見てみると (図一6 参照)、密度フルード数が大きくなるにしたがい、中間層厚が僅かながら厚くなることが分かる。この実験結果より塩水くさび先端部での混合現象を考えることができる。塩水くさび先端での密度フルード数が大きい場合には n が小さくなる。可視化より n の小さい場合では、発生する界面波の波高は小さいことが分かっている。これより、界面に生ずる窪みは小さいため発生する渦の強度は強くなり、周辺部からの混入量が多くなる。そのため渦径が徐々に大きくなり、中間層厚を厚くすると考えられる。

4. まとめ

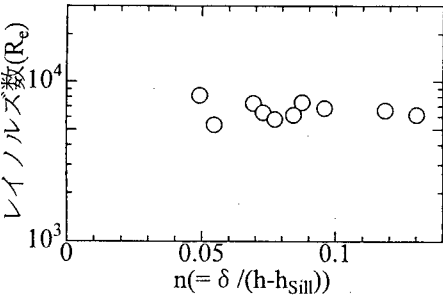
張り出し高さが先端部の混合現象に起因するという可視化の結果より、張り出し高さについて考察を行った。その結果、乱流領域において、張り出し高さについては密度フルード数が支配的であることが分かった。

【参考文献】

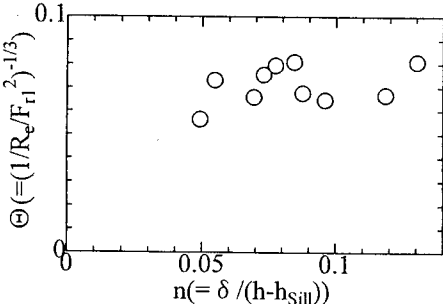
- (1) 須賀、高橋：塩水くさびの先端渦による混合」、第 26 回水理講演会論文集 p495-p500、1982.2
- (2) 有田、古谷：塩水楔遡上防止法に関する研究、第 40 回水理講演会論文集 p511-516、1996.2
- (3) 有田：塩水楔の制御法とその効果、第 32 回水理講演会論文集 p179-184、1982.2



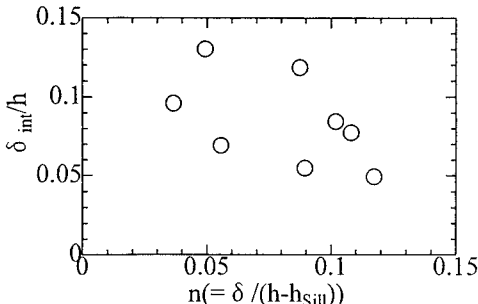
図一2 n と密度フルード数



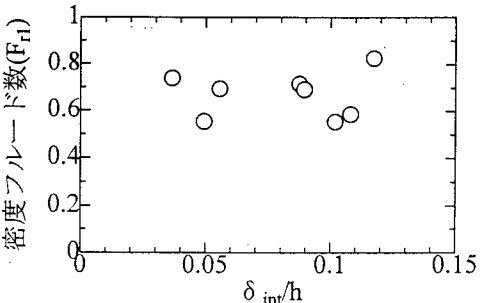
図一3 n とレイノルズ数



図一4 n と Θ



図一5 張り出し高さと中間層厚



図一6 中間層厚と密度フルード数