

II - 209

水路床状態の変化に伴う塩水くさび先端部の挙動

宇都宮大学大学院 学生員 鳥部 敏文

宇都宮大学工学部 710-R 員 須賀 堯三

宇都宮大学工学部 正 員 池田 裕一

1. はじめに

塩水くさびの中間層は一般に内部ジャンプ渦、連行、内部波による混合および、先端渦等の影響を受ける。その現象のうち内部ジャンプ渦、連行、内部波について着目して行われた実験は行われているが、先端渦について取扱ったものは少ない。これまでの検討から中間層の発達に関し、くさび先端での淡・塩混合水塊が相当大きな影響を持っていることが明らかである⁽¹⁾⁽²⁾。また中間層は緩混合の状態を考察する場合にも重要である。そこで塩水くさびの先端部の挙動を滑面と粗面を砂利を用いたケースについて実験より明らかにする。

2. 実験装置ならび方法

実験は透明アクリル製の長さ 300cm、幅 7cm、

高さ 20cm の水平床長方形断面水路で行った。塩水くさびは上層を 24℃、下層を 4℃の温度差をつけることにより再現している。また内部ジャンプ渦は海部に針金を設置しその場での拡散を大きくすることにより消滅させ中間層への影響を無視できるようにした。

表一 実験条件

実験 case	上層 水温 (℃)	下層 水温 (℃)	くさ び長 (cm)	全水 深 (cm)	上層 流量 (l/s)	下層 流量 (l/s)	水路床 条件 (粒径)
0	24	4	255	17.4	0.30	0.01	—
1-1	24	4	240	17.5	0.27	0.01	小
1-2	24	4	220	17.4	0.29	0.01	中
1-3	24	4	220	17.4	0.29	0.01	大

水路床の状態の変化に伴う塩水くさび先端部の挙動の変化を見るため、今回は粒径の異なる砂利を 3 種類底面に設置した場合と何も設置しない滑面の場合の 4 ケースで実験を行い VTR を用いて観察を行った。なお、水理条件は、上・下層の流量はほぼ一定に行っている。実験条件は、表一に示す通りである。砂利のマウンドは、河口より 110cm～160cm にかけて 1.5cm にし、それより上流では 1.5cm の底上げを行っている。

3. 実験結果

滑面水路床の塩水くさび先端部の挙動は、次に示す通りである。ゆっくりと遡上していた塩水くさびが遡上を停止する。遡上の停止した塩水くさびの先端より内部界面は下流方向に向かって張り出してくる。この張り出しの厚さが、塩水くさび先端から 5～10cm の位置で、水路床から 0.75cm 位の厚さになるとき、内部重力波

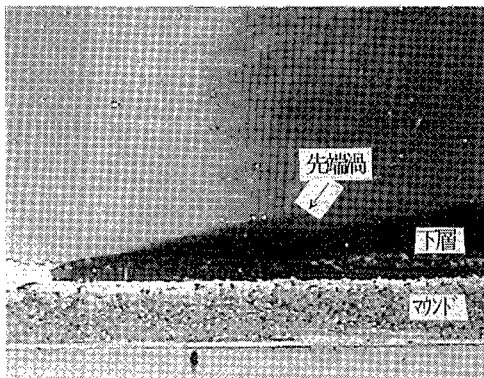


図-1 先端渦の可視化例 実験-ス1-2

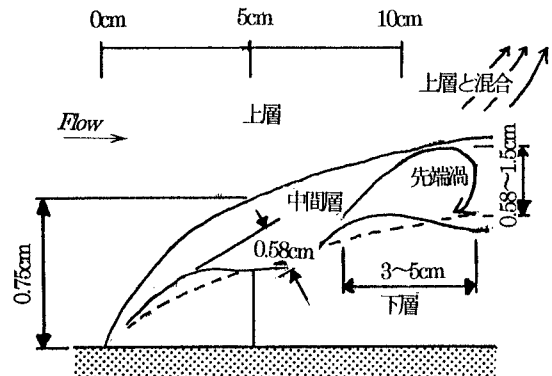


図-2 先端部の挙動の構造

キーワード：塩水くさび 先端渦 水路床

連絡先：〒321 栃木県宇都宮市石井町 2753 028-689-6214

を発生する。この波の周期は約2秒であり、波高は0.58cmであり、目測では中間層下端で発生していた。発生する内部重力波の波高が0.58cm以上の場合において、内部重力波が砕波しこの波より1～3倍程度の波高を有するリボン状の渦即ち先端渦が発生し、下流に向かって発達する現象が確認された。これよりこの実験条件における内部波の限界波高は0.58cmであるといえる。この先端渦はほとんどが5～10cmの位置で発生しており、その波長は3～5cmである。なおこの渦は間欠的に発生し、規模なども不規則的なものである。その挙動は界面を這うような形で発生していた。この先端渦は界面との流速差によって回転渦を発生させ、この回転渦は塩水くさび中間まで存在することが確認された。なかには混合水塊が水面に向かって上昇する場合も確認されており、これは内部重力波、先端渦の発生と塩水くさび先端部付近に発生するバーストの影響を受けると考えられる。

粗面水路床での先端部の挙動は、ケース1-1～3において内部重力波の波高、およびその限界波高がケースともほぼ同じであった。この実験における上・下層の流量、ならびに温度差がほぼ一定であること、温度差の増加に伴い張り出し部の厚さが変化する⁽⁹⁾という結果を考慮したとき、須賀等⁽²⁾の報告にあるように先端部での挙動は内部フルード数と岩崎数が支配的要因であるといえる。したがって先端渦の大きさは水路床の状態には関係しないことが分かった。

内部重力波の発生周期は砂利の粒径が大きくなるに従いケース1-1では1.8秒程度、ケース1-2、および1-3においては1.7秒位、1.5秒位と短くなっていることが観察された。これは①水路床の砂利の粒径が大きくなることにより上層の流速分布が一様化してゆき、先端部の密度界面に作用するせん断力が大きくなるためであると思われる。または②砂利を乗り越えた後に発生する跳水によって引き起こされるカルマン渦の発生が、内部重力波の周期を短くしていると考えられる。なお、このことは図-3に示すように粒径が大きくなることにより、内部重力波や先端渦の発生位置が先端に向かって移動することを説明することができる。さらに先端渦の発生間隔が、砂利の粒径の増加により連続的に発生する事が確認された。この場合においても砂利によって引き起こされるカルマン渦が影響していると考えられる。しかし、このことは先端部流れの三次元性、流速・温度分布などを明確にする必要があり今後の研究課題である。

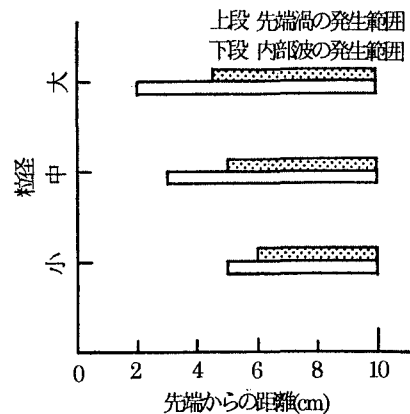


図-3 水路床条件と先端渦発生位置

4. おわりに

先端部の挙動と水路床状態の変化に伴う挙動の変化について観察を行い、砂利の粒径が大きくなることにより次のようなことが確認された。①内部重力波の発生周期は短くなる。②先端渦の発生周期が規則的になる。③発生位置はくさび先端へと移動する。④内部重力波、先端渦の規模はほぼ同じになる。今後は先端部における流速・密度分布を明確にするとともに数値計算を行い実河川との比較を行う。

参考文献

- (1) 鳥部、須賀、池田「塩水くさびの中間層の性状について」、第51回年次講演会論文集、1996年9月
- (2) 須賀、高橋「塩水くさびの先端渦による混合」、第23回水理講演会論文集、1983年3月
- (3) 鳥部、須賀、池田「塩水くさび先端部の挙動と混合」、第24回関東支部講演会論文集、1997年3月
- (4) 奥村、日向、日野「安定成層中に於ける孤立峰付近の流れに関する実験的研究」、第46回年次講演会論文集、1991年3月