

II - 32

河口周辺における密度流の流動実験

東北大学工学部 学生員 ○井藤 由親
 東北大学大学院 正会員 真野 明

1. はじめに

阿武隈川河口では河口テラス地形による波の屈折が砂州の成長や変形に大きな影響を及ぼしていることがわかっている¹⁾。この中で特に河口開口部から沖に向かって発達する河口テラス上の溝が波の屈折に大きな影響を与えている。この溝は出水時の河川水の侵食作用により発達するものと考えられるが、密度流効果と砂州による後流渦効果の両方の効果があり複雑な現象なので水理実験により流れの様子を調べることにした。

2. 模型実験について

(1) 実験装置の概要

まず、図-1のような実験装置を作成した。水を循環させているため、なるべく塩水が淡水に混合しないようにするため、ほぼ定常になるまでの排水は貯水タンクに流さず、排水するものとした。開水路は矩形断面（縦16cm、横30cm）をもつ長さ180cm、厚さ1cmの透明アクリル板を使用し、また両側には可動式の堰を設け、塩水層の厚さを変える工夫がしてある。開水路中央に配置した砂州模型としてのバップルも、同じアクリル板を用いており、図-1の上から見た図のように、左右対称に配置してある。

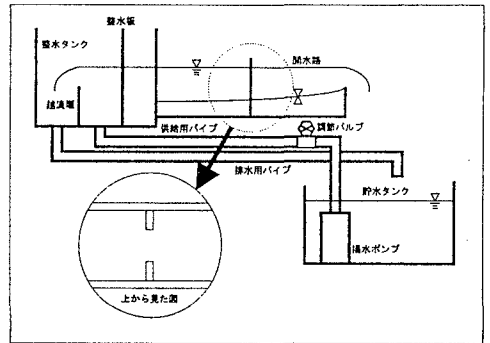


図-1 実験装置概要図

(2) 実験条件

調節バルブにより流量 Q を調節し、流速を変化させて実験を行った。流速の測定には、トレーサー法を用いた。

(3) 可視化の手法

バップルによってできる後流の渦が底に影響を与えているかどうかを確認するため、上層を着色して下層への影響をビデオカメラで撮影した。また、水路を側面からと同時に下からも観察できるように鏡を設置した。

3. 実験結果

(1) 2層の界面形状について

右の図-2は砂州模型の周辺の界面の様子を3次元プロットしたものである。X軸は水路下流端を原点に上流に向かってとっており、 $X=90\text{cm}$ の所に砂州模型の設置されている。Y軸は側壁から横断方向にとった距離で $0 \leq X \leq 7.5\text{cm}$ の所の高いピークは砂州模型である。砂州の上流側では塩水層の水深は小さいが、砂州部分で水深の勾配が大きくなり、下流側では厚い塩水層の上に淡水層が乗りあげ、淡水の流動は底面に達しない状態である。

(図-2の条件は、 $\Delta\rho=0.03(\text{g}/\text{cm}^3)$ ，
 淡水層の流速 $U=3.98(\text{cm}/\text{sec})$ ，
 $Re=907$ ， $Ri=4.79$)

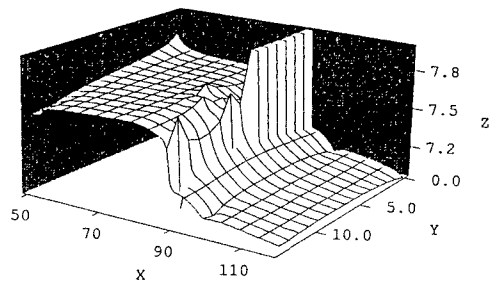


図-2 界面形状図

(2) 後流渦の挙動について

写真-1, 写真-2は上部分に側面から見た成層の様子を, 下部に下から見た横断方向の渦の様子を写したものである。実験は淡水の流量を変え, 表-1に示す全部で8種類の条件で行った。写真-1は流速が小さいケース1の写真である。このケースは, 後流渦は起こるが, 連行による渦と一体化し, きれいな2層流になり, その渦は両端が水面に出る渦となる。これとは逆に, 流速が大きいケース4の写真-2のようなときは, バッフルによる後流渦が底にまで達する様子がわかる。このことから, 流速が関係してくることはわかり, また, 後流渦が鉛直下方に侵食することから浮力が関係することもあると考えられる。よって, リチャードソン数 Ri (以下, Ri と呼ぶ) に寄与しているといえる。 Ri は密度勾配と速度勾配からなり, 次式で表される。

$$Ri = -\frac{g(\frac{\partial \rho}{\partial z})}{\rho(\frac{\partial U}{\partial z})^2}$$

ここで $-\partial \rho / \partial z \approx \Delta \rho / h$, $\partial U / \partial z \approx U / h$ とおくと Ri は

$$Ri = \frac{\epsilon g h}{U^2}$$

(ここで, h : 淡水層の水深, $\epsilon = \Delta \rho / \rho$)

で表される。これにより, 表-1に示すように遷移領域は $Ri=0.5 \sim 1.0$ で表せる。

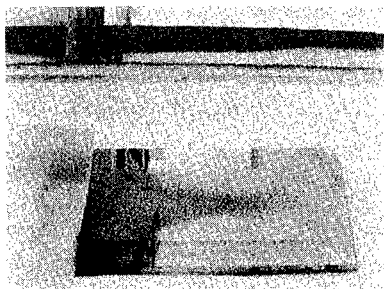


写真-1 底に達しない後流渦 (ケース1)

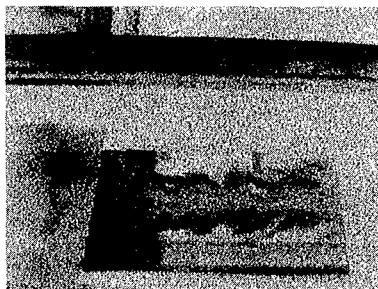


写真-2 底に達した後流渦 (ケース4)

表-1 Ri と後流渦の底への影響 (淡水層の比重 1.000, 塩水層の比重 1.003)

ケース	1	2	3	4	5	6	7	8
淡水層の流速 (cm/sec)	2.16	3.01	2.91	4.06	4.17	4.08	5.62	5.37
淡水層の厚さ (cm)	2.84	3.37	2.79	2.73	2.86	2.63	3.00	2.79
Ri	1.78	1.09	0.97	0.49	0.48	0.46	0.28	0.28
後流渦の底への影響	×	×	×	○	△	○	○	○

4. おわりに

2層の界面形状より, バッフルを過ぎると淡水は塩水の上に乗りがあがることがわかった。しかし, この状態でも $Ri \leq 0.5$ だと後流による渦が塩水を侵食し, 底にまで達することが確認できた。

謝辞

実験をするにあたって, 適切な助言, 御指導して頂いた東北大学工学部土木工学科の佐藤 栄司 技官, 佐藤 弘 技官, 山路 弘人 技官, 東北大学大学院工学研究科水環境システム学講座 修士2年の神山 尚人さん, 環境水理学講座 修士1年の川村 育男さんに感謝いたします。

参考文献

1) 真野明・林吉近・澤本正樹: 阿武隈川河口テラスと砂州の干渉作用, 海岸工学論文集, 第42巻, pp.591-595, 1995.