

II-405

河床凹部周辺に生じる下層密度流現象に関する一考察

東北工業大学 学生員 ○ 相良友久・正 員 阿部至雄
東北工業大学 正 員 相原昭洋・正 員 高橋敏彦

1. はじめに

波浪の影響も加わる河口域は、海水と河水が共存するため複雑な流況を呈している。このような感潮河川域付近の河床に凹部が存在する場合、この凹部が良好なハビタット機能を保持するのに必要な基礎的情報の蒐集を目的とした可視化計測を実施し、凹部内部及びその周辺に生じる下層密度流の平均流速場と変動場の特性について若干の考察を行った。

2. 実験の概要

図1に、流れ場の模式図と座標系を示した。実験に使用した水路は、上層、中間層及び下層の各密度流の発生が可能な長さ4m、幅0.4m、高さ0.5mの循環型小型開水路である。水路のほぼ中央部に、長さ $L=0.3\text{m}$ 、幅 $B=0.4\text{m}$ のアルミ製凹部を設けて淵のモデルとした。その深さ H は2.5, 5, 10cmの3通りとした。ここに、 $H=5\text{cm}$ は、淵の長さ L が段落ち流れに対する乱流モデルで得られている再付着距離(6~6.8) H にほぼ対応するものである。実験条件を表1に示した。上層淡水深 $h_1=25\text{cm}$ 、下層塩水深 $h_2=5\text{cm}$ 、相対密度差 $\epsilon=0.02$ の下層密度流で、流量 $Q=400\text{cm}^3/\text{s}$ である。なお、座標の原点は水路中央のステップ端とした。PTV可視化計測は、凹部内の水路中心($z=0$)に沿って、及び、水深方向($y=0, -H/2, -H$)について、各々約10分間実施した。この時の可視化領域は計測精度を考慮して $40\text{cm} \times 40\text{cm}$ とし、四時刻追跡法によって流速ベクトル、及び、流速の時系列を求めた。

3. 実験結果とその考察

図2は、凹部周辺の平均主流流速の等値図である。なお、平均時間は30秒とした。同図(a)は凹部の開口部長さが再付着距離より長い場合に相当する。凹部内河床付近では流れは遅くなっているが、通常、凹部の開口部付近に沿って形成されるような強いせん断流れは認められず、凹部内部とその外側上部における塩水

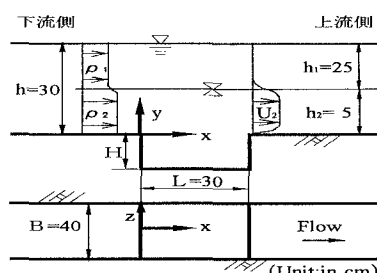


図1 流れ場の模式図と座標系

表1 実験条件

Case	H (cm)	Q (cm ³ /s)	Fd $=U_s/\sqrt{\epsilon gh_2}$	Re _z $=U_s h_2/\nu_z$
1	2.5			891
2	5	400	0.202	917
3	10			950

相対密度差 $\epsilon = (\rho_1 - \rho_2)/\rho_1 = 0.02$ $U_s = Q/(Bh_2)$

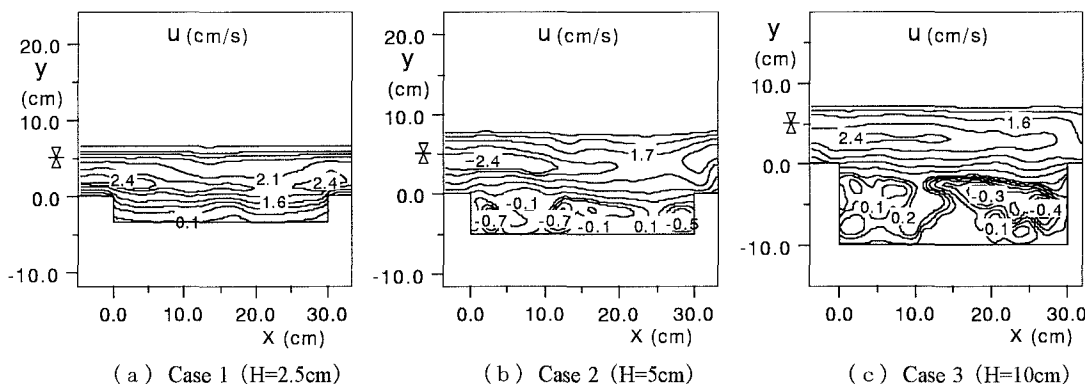


図2 時間平均主流流速の等値分布図

キーワード 淵、下層密度流、局所流、乱れ、PTV可視化計測

連絡先 〒982-8577 仙台市太白区八木山香澄町35-1, Tel:(022)229-1151, Fax:(022)229-8393

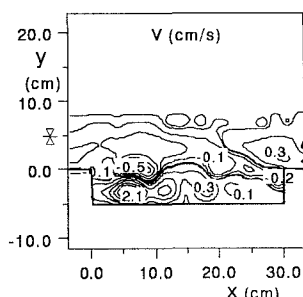


図 3 v-分布 (Case 2)

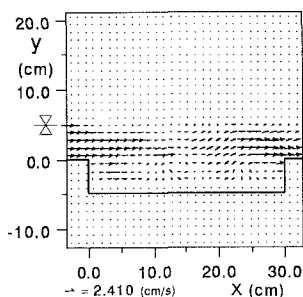


図 4 瞬間流速ベクトル (Case 2)

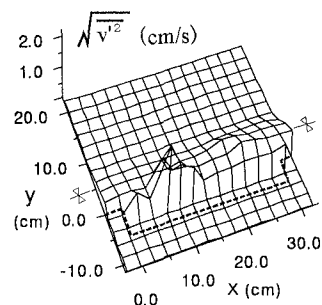


図 5 水深方向の乱れ強度 (Case 2)

の遡上状態に大きな差異は生じていない。開口部長さが再付着距離にほぼ等しい同図(b)によれば、下流側ステップ上を遡上する循環を伴う流れの形成と、凹部にスケールの異なる複数の循環流の形成が認められる。同図(c)は開口部長さが再付着距離より短い場合である。凹部内部の流況は更に複雑になり、上流側ステップ背後と下流側ステップ前面付近に二つの大きな渦運動が形成される。特に、前者の渦の上部付近に強いせん断領域が認められる。また、上流側ステップ背後付近のこの渦が凹部内部と外部の塩水交換に強く関わっている。

図3は水深方向の平均流速の等値図で、開口部長さが再付着距離にほぼ等しい場合の Case 2、即ち、図2(b)に対応するものである。同図から、凹部内の河床付近では上向きの流れが支配的であるが、下流側ステップ高さでの流速は負であり、Vortex Shedding の発生により流れは凹部内部へ巻き込まれる。しかし、図4に示した瞬間流速ベクトル図の一例から知れるように、この下流側ステップ前面で発生した大規模渦は遡上と共に凹部の外に押し出され、凹部内の塩水を連行しながら、開口部付近を這うように遡上する。図5は、Case 2に対する水深方向の乱れ強度を鳥瞰図によって示したものである。乱れ強度はほぼ開口部高さに沿って発達し、そのピークは下流側段落ち前面に出現していることが分かる。

次に、凹部内での運動量輸送を調べるために各実験ケースでのレイノルズ応力を図6に示した。レイノルズ応力の分布は凹部の外側では比較的単純であるが、凹部内部はステップ 高が増すほど剥離渦の影響を受け、局所的に正負の分布が混在する複雑な様子を呈する。特に、大規模な渦が観測された下流側ステップ前面と上流側ステップ背後の領域は、レイノルズ応力が負の値を示し、運動量が凹部の外側へ輸送されていることが知れる。

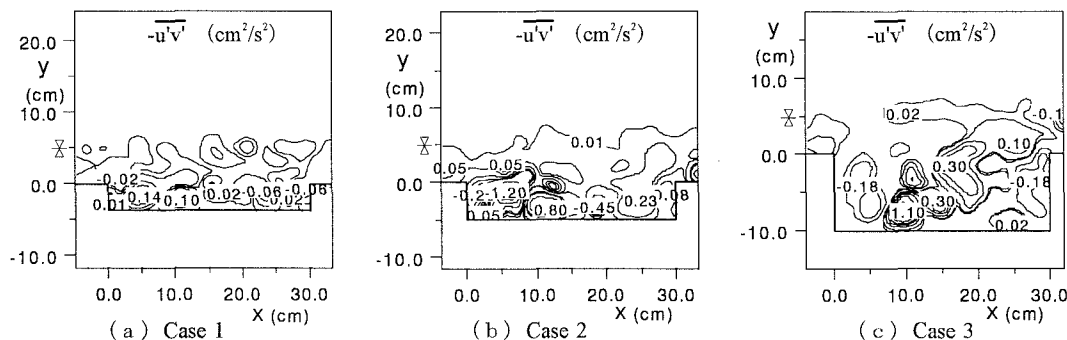


図 6 レイノルズ応力の等値分布図

4. あとがき

今回の可視化実験結果によれば、塩水の遡上状態は河床の凹部深さに依存し、その深さの増加と共に、凹部内の流れは一樣な遡上状態から (Case1)、凹部にスケールの異なる循環流とその上を遡上する流れとが共存する流況を経て (Case2)、凹部内の流れは大規模な渦に支配される (Case3)。凹部内外の運動量交換は、主に、下流側ステップ から発する剥離渦の遡上に呼応して生じる。最後に、本実験に際し、本学学部学生小野寺孝太、高橋良尚両君の協力を得たことを記し謝意を表したい。

参考文献 1) 池上・神田他(1996):水路床に凹部を有する開水路流れの特性、土木学会第 51 回年講、pp.374-375.

2) 藤田・神田他(1996):開水路凹部流れの PIV および LES による乱流解析、土木学会論文集、pp.79-88.