

II-221 河床変化のある密度流について

(株)東京建設コンサルタント 正員 長沼 宏一
早稲田大学 理工学部 〃 吉川 秀夫
東洋大学 工学部 〃 植井 吉孝

実際の河川では、河床は平坦という事はなく、不規則な形をしている。また、河口附近における塩分の濃度も場所的にも、時間的にも変動している。今、河床のくぼみ部を考えてみると、流量の変動、潮汐の干満等によって運び込まれた塩分は、その後、その場に残って溜まってしまう場合も多い。その様に、くぼみ部に溜まった塩分の比較的大きい塩水は流れこいる部分の密度分布、流速分布に大きな影響を及ぼす。また、凸部があると、その凸部を通った流れは、乱れが大きくなり、上層の淡水と混ざりやわらかくなるという事は容易に考えられる。即ち、河床の凹凸の様式変化は、離流を生じ、平坦床の場合と異なった流況を生ずる。

凹部での塩分滞留、凸部での混合促進の両現象と併せて表現する波形床水路を用いて、淡水=層間の混合機構を把握する為に、流れの観察を行ない、流速分布、及び、層間の混合状態を検討してみた。尚、波形は $y = a \cos kx$ ($a = 5 \text{ cm}$, $k = \frac{\pi}{25}$) で、水路の幅は 15 cm である。

凹部の影響

河口附近では凹部に塩分が残る、植島等¹⁾や奥田等²⁾の現地観測に於いても、塩水くさびが後退した後も凹部に比較的高濃度の塩分が残る事が検証されている。また、その様に凹部に残った塩水は排除されにくい。塩水を完全に流し出す為には、

$$Fr = \frac{U_0}{\sqrt{g \epsilon h_0}} \geq 1$$

(但し、 $\epsilon =$

$(\rho_2 - \rho_1) / \rho_2$, h_0 : 凹部最低部の水深, U_0 : 河水の平均流速) の条件と考えると、 $Q = \sqrt{g \epsilon h_0} A$ の流量が必要とされ、たまる時の流量に対して、流し出す為に必要な流量は約4倍になるであろう。と植島等³⁾に依って提唱されている。我々の実験によると、一定流量の時でも、密度の大きな塩水が流入してくると、先に溜まっていた塩水を除去してしまう。しかし、一定の密

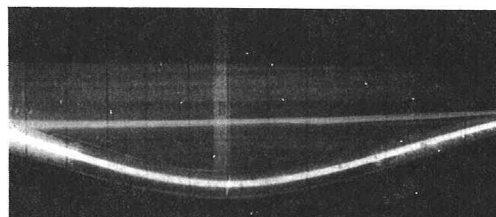


Photo 1 (Re=300)

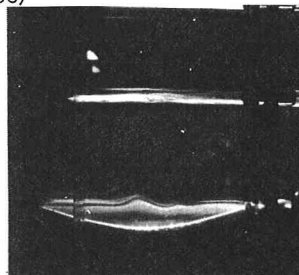


Photo 2 (Re=700)

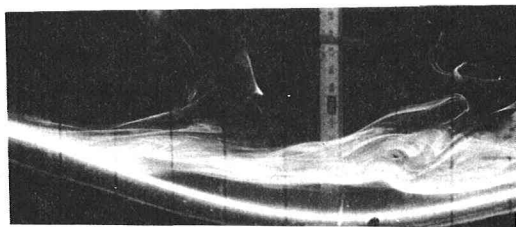


PHOTO 3 (Re=1170)

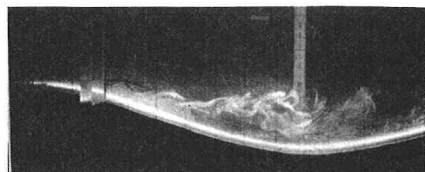


Photo 5 (Re=3000)

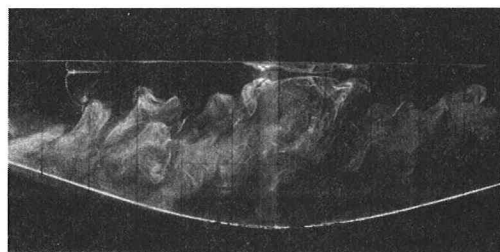


Photo 6

度調整のもとでは、時間とともに密度の大きい塩水が溜まっていく。(流入水の $\rho_2 = 1.01$ と調整した場合では、溜った塩水と主流部(下層流)との密度差 $\Delta \rho_2$ は 10^{-4} のオーダーであった。) γ の結果、主流部の流速分布形は変形し、ひいては界面の混合にも、影響が現われてくる事と思われる。即ち、界面混合の指標である局所リチャードソン数 $Ri_s = -\frac{g \partial \rho / \partial z}{(\partial u / \partial z)^2}$ にも影響を及ぼしてくる。

2 凸部の影響

凹部への滞留を起すのは凸部を通、こはくりと起す流れである。はく離には、主として境界層厚、圧力勾配が関係深く、はくり点を求めるには、例えば $P = -(\rho / \rho_0) (dp/dx)$ とした形状周数の吟味が必要であろうが、ここでは実験での測定値のみをみると、凸頂部より $5 \sim 10 \text{ cm}$ の周に在った。 $\gamma = 2$ はく離した流れは、 Re 数の大小によ、異なる特徴を呈するが Photo 1 などで読みとれる。層流状態の時には、穏やかな流れを示し、 Re 数の増加につれて混合攪乱が目立ってくる。尚、Photo 6 は一層流の場合の流れであるが、同流量の Photo 3 に比して流れ攪乱が大きい。二層流では界面によ、混合が押えられ面があるであろう。が、はく離のしやすさを考えると、圧力勾配を考えたとき、また、遠心力と有効重力との相対的な関係から、二層流の方がはく離しやすいと考えられ、実験の結果と相反している。一層流では水道水を使っている事、また、トシカーの密度と流水の微妙な密度差等によるのかも知れる。

3 流速について

3.1 層流の場合

流入水の密度の若干の変動の結果、凸部に重い分が溜り、緩やかなはく離流線となる。凸部の流速分布は $\frac{1}{\rho} \frac{dp}{dx} = -U \frac{\partial^2 u}{\partial y^2}$ より、下側(水深方向)の境界条件の適当な選定により、流速分布は求まる。

3.2 乱流の場合

流れが早くなると、界面の形状も乱れてき、はくり後の再付着点からの逆流も顕著になる。写真5の場合、 $Re (= \frac{UR}{\nu})$: 3000 の時、凸頂部・谷部の流速分布形は Fig. 1 の様になる。谷部を対数表示すると Fig. 2 となる。ここでは、 U_{10} と $1/10$ 目視で、こ決めたはく離流線上の流速である。この様な slip velocity を使、こ谷部での流速分布を表示できた。凸頂部では、遠心力の効果により、流速は水深方向に一様化している。尚、再付着点までの距離は $5.5 \sim 6H$ であった。

4.

凸頂部でのはく離、谷部での滞留の密度流入の影響、 $\gamma = 2$ の流速分布について検討(こめたのであるが)、はく離線、slip velocity が判明すれば流速分布も求まり、中層部の流速分布形の把握もでき、界面混合の機構の解明にも役立てる。

参考文献

- 1) 河川における塩水と淡水の混合、15回海講(1988)
- 2) 河川地形の塩水逆上とける影響、京大防災研年報9号(1986)
- 3) 行狩川河口の研究(2) 第12回海講(1965)

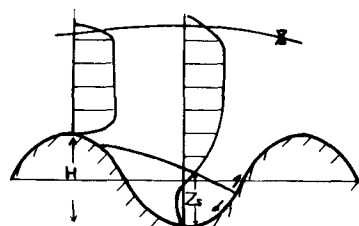


Fig. 1 流況

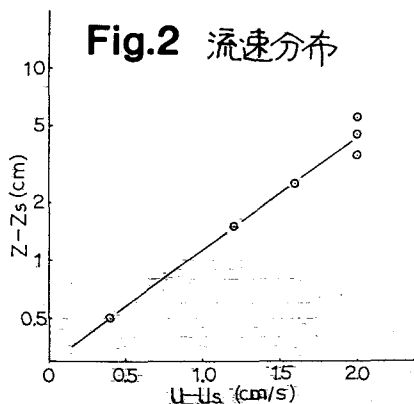


Fig. 2 流速分布