

複断面水路の組織渦に関する実験的研究

京都大学工学部 正 員 中川博次
 京都大学工学部 正 員 橋津家久
 建設省 正 員 村瀬勝彦
 京都大学大学院 学生員 〇佐伯賢一

1. はじめに

最近社会的・経済的な側面を背景に、土地の有効利用の立場からも複断面形状を持つ河川の高水敷上を有効利用し、オープンスペースとしての親水空間を積極的に活用しようとする動きが出てきた。ところがこの複断面水路にみられる水理学的現象について、従来は流れの抵抗則の検討が大半であり、低水路と高水敷の流れの相互作用や物質輸送等に関する研究はあまり行われていないのが現状で、今後詳細な研究が課題であると思う。本研究においては、高水敷端部付近で発生する組織渦による流体塊の輸送と組織渦の発生周波数に関する考察を実験を通じて行った。

2. 実験装置及び実験の概要

実験には図-1に示す水路を用いた。水路内に木製の矩形の箱を水路の全長に渡って敷き、図-2に示した2つの複断面形状の水路を作った。これらの水路を用い、表-1に示した断面形状・水理条件で実験を行った。計測点や水路内の位置を示すために用いる座標系を図-3のように定める。ただし、 x 座標：流下方向座標（流下方向を正方向）。 y 座標：鉛直方向座標（鉛直上方向を正方向、原点は低水路床）。 z 座標：横断方向座標（横断方向、低水路側を正、原点は高水敷端）。おのこのケースで、染料を高水敷先端部で $x=-30$ [mm]の位置から水中に染料を連続的に注入した。染料には水性染料のメ

チレンブルーを用いた。この状態で水中に濃度計のセンサを設置し、サンプリング時間200sec、サンプリング周波数50Hzで記録した。30 $\leq x \leq 290$ mmの範囲で染料が到達する範囲で、測点を選択した。さらに、各ケースとも $z=-10, 2, 10, 20$ mm, 30 $\leq x \leq 190$ mmの範囲内にある測点で同時にビデオカメラによる撮影を行った。なおビデオカメラは計測地点の上流側で水路の真上に設置した。また、再生時に時刻が分かるようにビデオカウンターを用いて、撮影画面内に時刻を記録した。

3. 実験結果と考察

水路内の平均濃度分布を示したのが図-4で、長さに関するものについては水深 h で割って無次元化し、また平均濃度の値については濃度計測をした最上流断面（ $x=30$ ）内の測点の平均濃度の

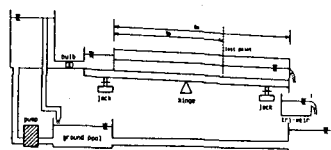
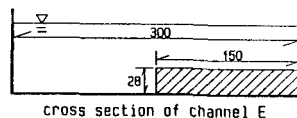
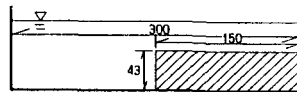


図-1



cross section of channel E



cross section of channel F

図-2 0 100 [mm]

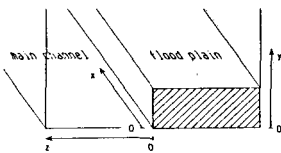


図-3

断面形状	ケース名	流量 Q [l/sec]	水深 h [cm]	平均流速 [cm/sec]
E	A	2.15	5.0	19.9
F	B	2.15	8.0	12.3
F	C	2.15	9.0	18.6

水深はすべて1/1000

表-1

うちで最も大きいもので割って無次元化して表示した。これをみると濃度が高い部分が存在することがわかるがこれは高水数端部からの定常的あるいは間欠的な流れのためである。それらのうちの1つは、高水数上より低水路内へ落ち込む流れである。caseAでは、caseBやcaseCと比較してその傾向が特に顕著に見られる。別の間欠的な流れの存在として、低水路側より高水数上に乗り上げる流れがcaseAとcaseCとに存在することも、この平均濃度分布図より読み取れる。caseAでは間欠的な流れが高水数の水面近くまで上昇しているのに対して、caseCでは高水数面と水面とのほぼ中間の高さに乗り上げているのが分かる。もちろん平均的に存在する斜昇流が存在することは、 x の値が増加するにつれて平均濃度の高い部分が水面に向かって上昇していることから読み取れる。

同様に各測点における濃度の変動強度を表したのが図-5である。図中の値は各測点の濃度変動の強度である。この図を観察すると、濃度の変動は、高水数面より下の低水路では低水路の高水数側の壁面近くと高水数面より上では $z/h=0.2\sim 0.3$ 付近の領域で大きいことがわかる。このことより、高水数先端部から低水路側に高水数壁面に沿って落ち込む間欠的な流れや、高水数先端部から低水路側の水面に向かっての間欠的な流れが存在することがわかる。

濃度計データを用いて、FFT（高速フーリエ変換）によってスペクトル曲線を求めた。FFTスペクトル $P(f)$ の高い部分の周波数を読み取れば、その周波数は濃度変動の卓越周波数である。組織渦の発生周波数は本実験では $0.1\sim 0.5\text{Hz}$ の範囲である。この周波数の範囲内で、FFTスペクトルの高い部分の周波数を読み取った。こうして得られた濃度値の変動の卓越周波数を横軸にビデオ撮影により確認された組織渦の周波数を縦軸にプロットしたのが図-6である。

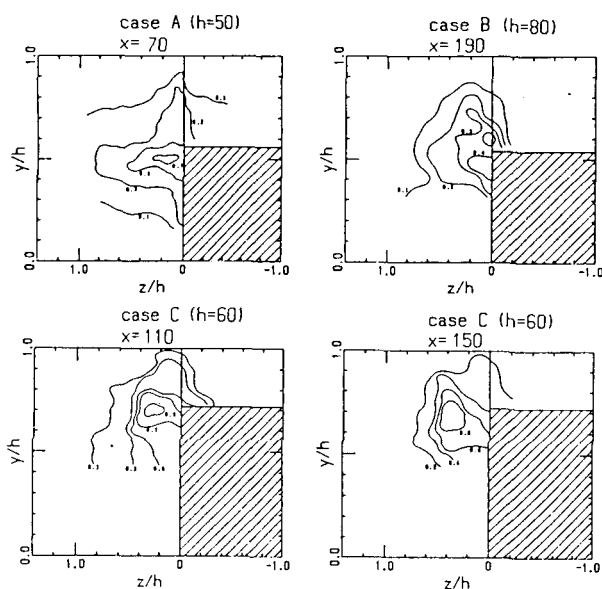


図-4

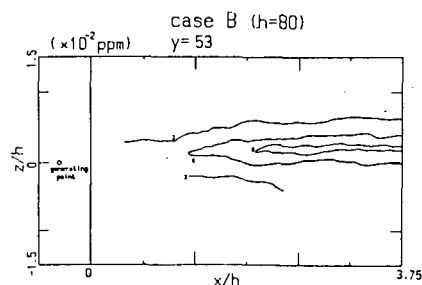


図-5

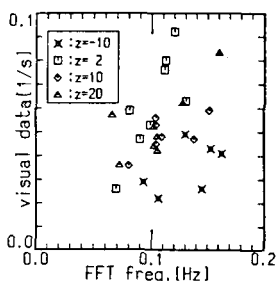


図-6

4. おわりに

高水数端部より染料を連続的に注入し、運ばれた染料の広がりや染料が運ばれる時間的間隔を計測あるいは観察することによって組織渦の影響が観察された。

参考文献 1) Tominaga, A. and Nezu, I. (1991): Turbulent Structure in Compound Open-Channel Flows, J. Hydraul. Engineering, ASCE, vol. 117, pp. 21-41.