II-295　複断面水路の流れにおける水面渦について

東京大学土木工学科　正員　玉井　信行
東京大学土木工学科　正員　浅枝　隆
東京大学大学院　学生員　○池田　裕一

はじめに

複断面水路における流れは、高水敷の存在のために複雑な挙動を示す。水面の流動を可視化すると、低水路内の流れと高水敷上の流れとの間に相互干渉が見られ、接合部付近の水面には規則性をもった大規模な渦が発生しているのがわかる。[1] 低水路側壁からの間欠的な上昇流も観察されており[2]、両者の間には密接な関係があると思われる。

ここでは、大規模な渦の発生要因として、低水路と高水敷との流速の差に着目し、比較実験による検証を試み、また、大規模な渦の周期性と流速差との定量的な関係について、若干の検討を加えた。

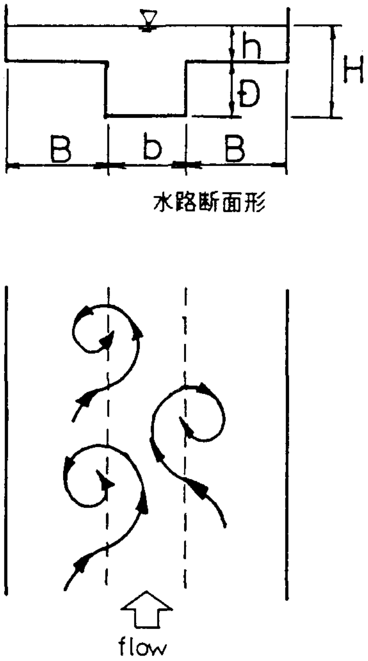

図１複断面水路と大規模渦

実験の概要

図１に示すような対称複断面水路（B＝9cm, b＝7cm, D＝5cm ）を用い、等流状態で実験を行った。実験流体としては、不必要な攪乱を抑えるためにグリセリン（ν＝0.07～0.30cm²/s程度）を使用した。

実験 I

大規模渦と流速差および斜め上昇流との関係を定性的にとらえるために、図２-(a)(b)(c)に示すような３グループで比較実験を行った。ただし、

(a)　通常の複断面で、接合部の水面で極端な流速の差があるもの

(b)　低水路と高水敷との境界面に隔壁を、低水路の中央に補助壁を設けたもの。この場合、補助壁上の水面では極端な流速差は見られない

(c)　低水路内と高水敷上の流速の差はあるが、低水路側壁を取り除いたもの

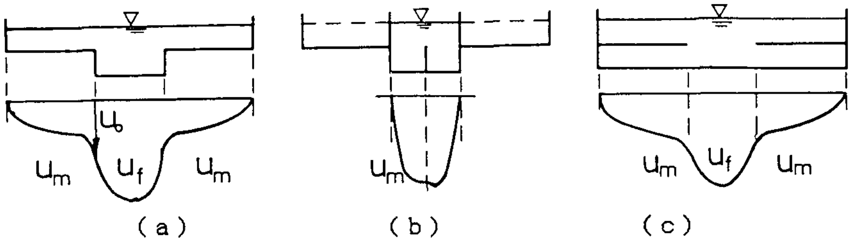

図２　比較グループ

レイノルズ数としては$Re_m = u_m H / \nu$をとり、各ケースとも$Re_m =$ 500～2000の範囲で実験を繰返した。

その結果、(a) と (c)では、低水路と高水敷の境界部に大規模な渦が生ずるとともに、間欠的な上昇流が観察された。これに対し、(b)では、大規模な渦も間欠的な上昇流も観察されなかった。

これより、大規模な渦の発生要因としては、低水路と高水敷との流速差が支配的であり、境界部での間欠的な上昇流は、この渦に伴って生ずるものと考えられる。

実験 II

大規模な渦と流速差との定量的な関係を見るために、渦の通過周波数と、水面の平均流速分布を測定した。これより、渦の波数と低水路および高水敷の平均流速を算出する。渦の移動速度として境界部水面の流速u_0を用いたが、これより算出した渦の波数は写真より求めた波数とほぼ一致した。波数および流速差を

$$St = fb / u_0 = kb$$

$$Re = (u_m - u_f)\, h / \nu$$

［ f, k ; 渦の周波数および波数
u_m, u_f ; 低水路、高水敷の水面平均流速 ］

と無次元化し、その関係をプロットしたものが図３である。

図３を見てわかるように、流速差が大きくなるにつれて、波数は小さくなる傾向を示す。これは、流速差が大きくなるほど、低水路での流速が渦の移動速度よりも相対的に速くなり、渦の大きさや間隔が広がるということで、あるいはまた、レイノルズ数が大きいほど卓越周期が長くなり、低水路と高水敷との間により大規模な相互干渉が生ずるのだと、見ることもできる。

複断面水路の流れは、水面の平均流速の特徴から類推すると、低水路部に噴流が生じていると考えることができる。噴流に関しても、流速の急変部で周期性をもった大規模な渦が発生しており、その卓越波数は上述のＳｔ数，Ｒｅ数を用いれば、Ｒｅ数が増すにつれてＳｔ＝0.20～0.17に漸近するという報告があり[3]、今回の実験結果とよく一致している。

しかし、Ｒｅ数が小さい領域では、この値と異なっており、２次元ではなく３次元的な渦として考える必要があると思われる。

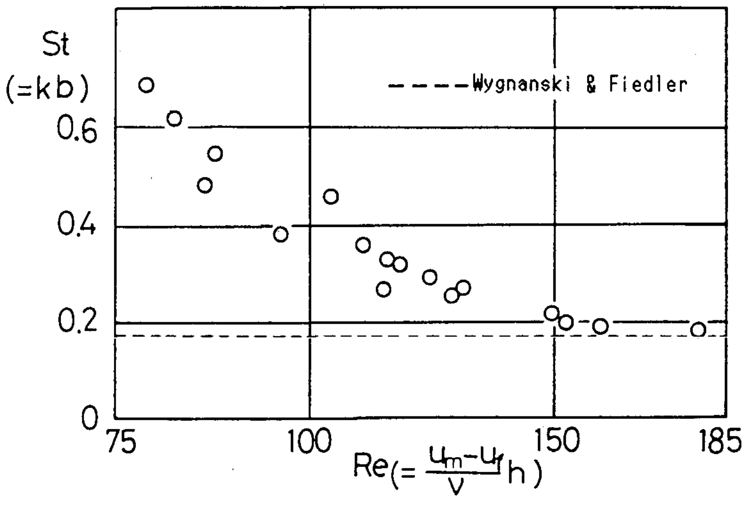

図３　流速差と波数との関係

――――――――

参考文献

1) 玉井、河原、　第25回水講、p113～118 , 1981

2) 今本、石垣、　第27回水講、p61～66, 1983

3) Winant, C.D. , Browand, F.K. Jour. Fluid Mech. , vol.63, part 2 , p237～255 , 1974