

幅の狭い開水路に発生する内層内縦渦の特性

足利工業大学大学院 学生員 ○小林哲也
 足利工業大学 正 員 新井信一
 足利工業大学 正 員 上岡充男
 足利工業大学大学院 学生員 岩下敦之

1. まえがき

著者らは幅の狭い開水路に発生する渦構造を調べ、その特性の一部を報告してきた¹⁾²⁾。このような水路の流れでは側壁の影響を無視することはできない。佐賀ら³⁾が側壁での渦構造を調べているが、幅広水路の例であり、幅の狭い水路の場合には別途調べる必要がある。ここでは水路底面と側壁から発生する、いわゆる内層内の縦渦（著者らは双子渦と呼んでいた。）の発生状況を報告する。

2. 実験方法

計測は、図1に示す長さ11.05m、幅0.15mの開水路の絞り部終端より6.3m下流の断面で実施した。絞り部にフルオレセインナトリウムの水溶液を投入し、計測横断面にA r イオンレーザーのシート光を照射し、開水路

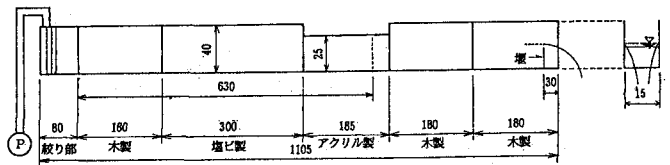


図1 実験水路（単位cm）

の底面と左右壁面から発生する縦渦を可視化した。また、A r イオンレーザー流速計で横断面内の主流流速も計測した。実験のRe数は、代表長さに水深hをとって、可視化が比較的良好な $Re = 4000$ である。図2は開水路に発生する縦渦の横断面内のパターンを示している。渦は横断面に出現すると同時に段々小さくなって消える。その渦の最大高き時の頂点を渦頂点、根元を渦根とし、これらの発生位置および発生個数を調べた。なお、水深方向の縦軸Yは $Y^+ = Y \times U_* / \nu$ 、動粘性係数、および水路幅方向の横軸Zは $Z^+ = Z \times U_* / \nu$ 、動粘性係数のごとく無次元化した。ここに U_* は摩擦速度である。図3は水路中央部における粘性底層での流速分布を計測した結果である。縦軸が約8.2秒間の時間平均流速、横軸が底面からの高さである。この粘性底層の流速分布の勾配から $U_* = 0.32 \text{ cm/s}$ を得る。その結果定まる Y^+ を同図の上部横軸に示すが、 $Y^+ < 4$ ではほぼ直線分布していることがわかる。一方、水面勾配を6回計測した値の平均値（1/6357）から摩擦速度を求めると $U_* = 0.82 \text{ cm/s}$ を得た。後者の U_* は計測精度上の不安が残るため、以後無次元化には前者を使用する。従って、水面高さは $Y^+ = 294$ 、および水路幅は $Z^+ = 419$ となる。

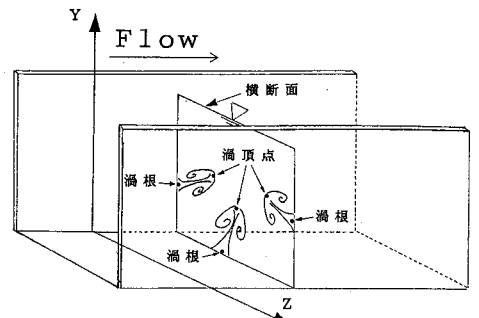


図2 開水路に発生する渦のパターン

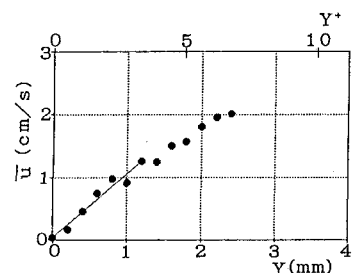


図3 水路中央部における粘性底層での流速分布

3. 実験結果

記録時間16分中に水路底面から発生する渦が575個、右壁面より発生する渦が288個、左壁面より発生する渦が420個観測された。

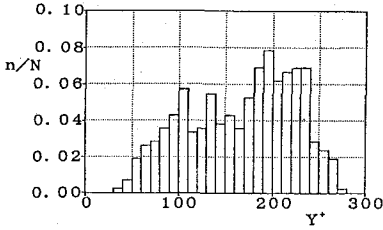


図4 左壁面の渦根の頻度分布

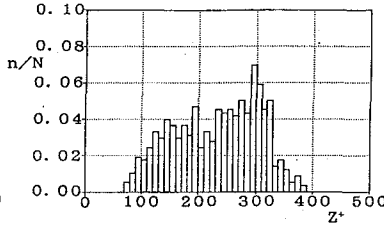


図5 底面の渦根の頻度分布

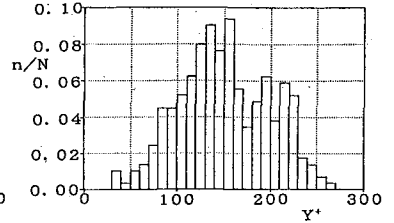


図6 右壁面の渦根の頻度分布

図4、5、6は、左壁面と水路底面、右壁面から発生する渦根の位置の頻度分布である。縦軸の n は発生個数、 N は発生総数である。この3図には、発生頻度の山すなわち低速部といわれる渦根の発生し易い所が2つ現れるという共通の特徴がある。その山と山の間隔はおおよそ Z^+ が100、 Y^+ が60～100である。左壁面では Y^+ の大きい方の、また右壁面では Y^+ の小さい方の頻度が高くなり、左右対称形ではない。図7は底面より8mmの高さにおける時間平均流速 $\bar{u}$ の幅方向の分布図である。ただし計測時間が約10秒と短く少しばらついている。これを図5に照らし合わせてみると渦根の発生し易い位置と流速の遅くなる位置がほぼ一致しており、低速渦の性質を有しているといえる。

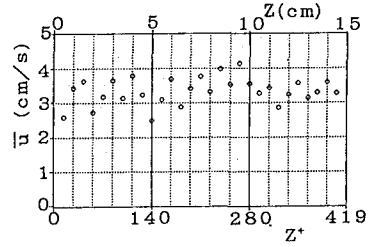


図7 底面より8mmにおける時間平均主流流速分布

図8、9、10は、それぞれの壁面から発生する縦渦の成長高さの頻度分布である。横軸は図4、5、6と同様に無次元距離および無次元高さであり、縦軸は n/N である。図9の底面から発生する渦の成長高さの最頻値は $Y^+ \approx 50$ なのに対し、図8、図10の左右壁面からの最頻値はそれぞれ $Z^+ \approx 70$ と $Z^+ \approx 80$ である。従って側壁から発生する渦の方が大きく成長する傾向があるといえる。次に高さの最大値に関しては、通常の水路では底面から高々100といわれている⁴⁾が3例とも150～200となる。これは水路幅の影響と思われる。さらに頻度分布形状は、3例とも類似しており、最頻値に対して非対称性を有する。

4. あとがき

幅の狭い開水路で、側壁から発生する渦と底面から発生する渦を可視化して比較した結果、その差異の一部が明らかになった。今後は、 Re 数を変えた実験を試みて渦の性質をさらにを解明して行きたい。なお、実験および解析にあたり当時卒研生の紀平拓哉、新田孝一の両君の尽力を得たことをここに記して感謝する。

（参考文献）

- 1) 高橋、諏訪、新井、岩崎：開水路内層内渦構造の3次元的可視化の試み，47回年講，1992
- 2) 新井、岩崎、上岡、小林：開水路内の乱流構造に及ぼす側壁の影響，48回年講，1993
- 3) 佐賀、大成：開水路乱流側壁領域の組織構造に関する研究，土木学会論文集，No.443/Ⅱ-18，1992
- 4) 大成、佐賀、斎藤：開水路乱流内層の縦渦構造，土木学会論文集，No.363/Ⅱ-4，1985

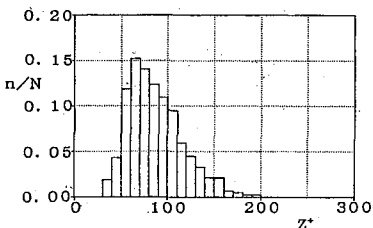


図8 左壁面から発生する渦の成長高さの頻度分布

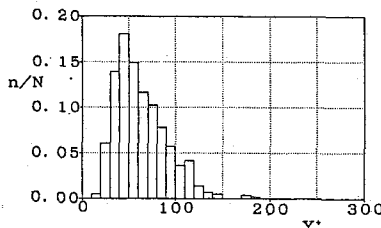


図9 底面から発生する渦の成長高さの頻度分布

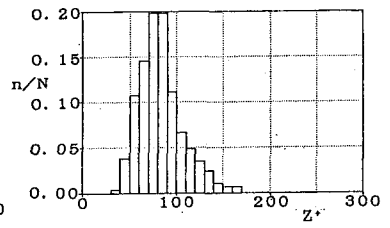


図10 右壁面から発生する渦の成長高さの頻度分布