

II-323

開水路の乱流構造に及ぼす側壁の影響

足利工業大学 正会員 新井信一、名誉会員 岩崎敏夫

足利工業大学 正会員 上岡充男、足利工業大学大学院 学生会員 小林哲也

1. まえがき

著者らは前報¹⁾にて開水路に発生する渦構造の立体的可視化観測を試み、従来の研究結果との対応がつくまでの仮称として、水路横断面内の「双子渦」と縦断面内の「頭渦」を報告した。今回は水路を更に延長して計測断面を下流に下げ、立体的可視化観測を再度実施するとともに横断面内の主流速度も計測し、水路幅・水深比を変えることにより流れに及ぼす水路側壁の影響を調べてみた。

2. 実験装置及び実験方法

長さが9.95m、幅Bが0.15mの開水路の上流から6.3mの位置に計測断面をとった。流れの可視化では最上流部からフルオレセインナトリウム水溶液を投入し、計測断面にてアルゴンイオンレーザーのシート光を照射した。その時、渦の立体構造を観測するため図1に示す横断面と縦断面を同時に可視化した。一方、アルゴンイオンレーザー流速計（2次元FLV）により水路横断面内の主流流速も計測した。

1点での計測時間は10.24secである。

3. 実験結果と考察

まず摩擦速度の計測例を図2に示す。ここに Re は平均流速 $\times$ 水深/動粘性係数、 H は水深である。 $\bar{U}$ は断面平均流速である。平均流速の水深方向分布から求めたものが黒丸印で、水面勾配から求めたものが点線である。十分に幅の広い水路では両者の値は同じになる。この例は今回の実験ケースのうち、水深に対する水路幅が最も広い例であるけれど、水路側壁の影響のためか一致しない。水路底の壁法則に則った前者の手法は水路側壁の影響が入ると明らかに不適当となるので、無次元化に用いる摩擦速度は水面勾配法で求めることとした。

横断面内の乱れ強度分布を普遍関数²⁾とともに図3から図5に示す。相対幅 B/H と Re が比較的大きい図3の例

では、水路中央部では実線で示した普遍関数にはば沿った分布となる。 Re が小さい図4の例では、側壁の効果が前例よりもやや強く出るため

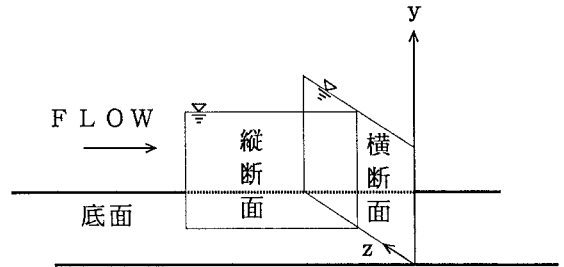
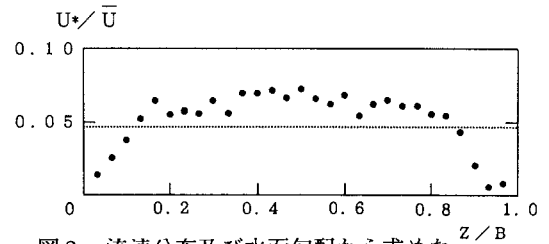
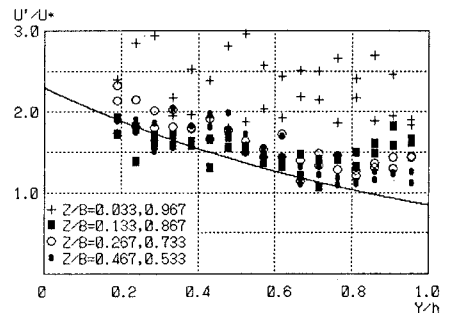
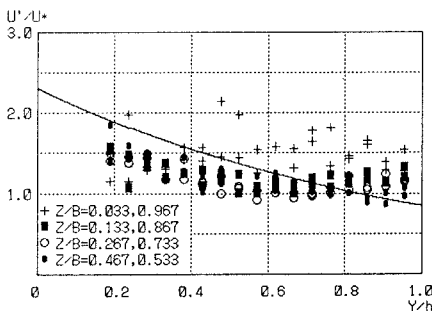
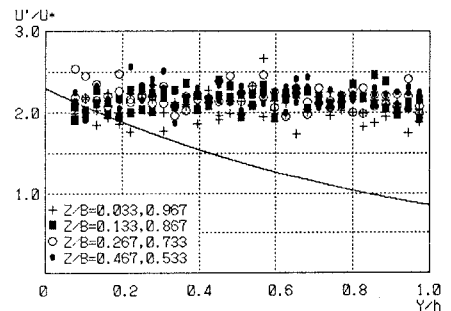


図1. 計測縦断面と横断面

図2. 流速分布及び水面勾配から求めた摩擦速度 ($Re=1.0 \times 10^4$, $B/H=3.57$)図3. 乱れ強度 ($Re=3.0 \times 10^4$, $B/H=3.67$)図4. 乱れ強度 ($Re=3.0 \times 10^3$, $B/H=3.57$)図5. 乱れ強度 ($Re=3.0 \times 10^3$, $B/H=1.44$)

か分布の勾配が小さくなるが、まだ普遍関数分布に近い。相対幅も小さい図5の例では側壁の効果がさらに強く出現し、横断面全体が一樣で且つ先の例よりも強い乱れ強度になる。

さて、前報¹⁾にて可視化横断面には壁縦渦と呼ばれる「双子渦」が、また縦断面には底面から約45度に立ち上がった染料の模様の頭部に渦構造を有する「頭渦」が見られることを報告した。これらが水路底から発生する馬蹄渦の姿であるとする、図6に示すように、縦断面に頭渦が確認される時はすぐ下流の横断面に必ず続いて双子渦が出現しなければならない。しかし、渦の観測が容易な図5のケースによると、写真の例示は割愛するが、前報と同様に明瞭な頭渦の後には双子渦は続かず、逆に双子渦の出現時には不明瞭な頭渦（頭部の渦は認識できない）がその前にあることが多い。後者は馬蹄渦の一部と推測できるが、前者の渦は明らかに馬蹄渦ではない。すなわち、複数の型の渦が底面から発生しているといえる。

双子渦は横断面に突然出現し、縮小し、壁面に消える。図5のケースに対し、その出現時の頭頂部の位置（黒丸印）と渦が消えた位置とを直線で結んだものが図7である。底面と側壁面からの発生状況がわかる。YとZは[摩擦速度/動粘性係数]を乗じて無次元化されている。底面から発生する渦の高さの度数分布は図8のごとくなる。Y⁺=120を越える渦は急に少なくなる。図9の黒丸印は、僅か2例であるけれど、この双子渦の成長限界高さ和水路幅の関係を示したものである。横軸のH/B=0は側壁の影響がない場合であり、壁縦渦の高さといわれているY⁺=100を白丸印で示した。このように水路幅が狭くなると発生高さは少し増加する傾向を示す。

4. あとがき

以上の他、頭渦の挙動も調べたが、まだ渦構造の全体像を知るに至ってない。本研究の実施に当たり当時大学院生の高橋直行君と卒研生の川村博之君の尽力を得た。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、1993
- 2) 橋津：開水路乱流の乱れ強度に関する研究、土木学会論文報告集、第216号、1977

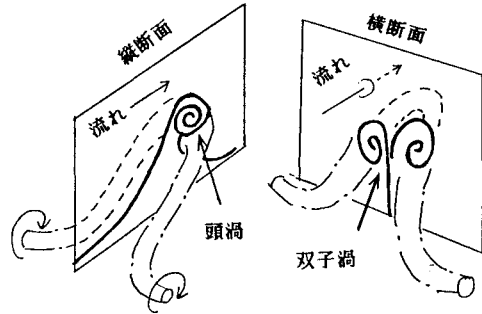


図6. 馬蹄渦と双子渦と渦頭

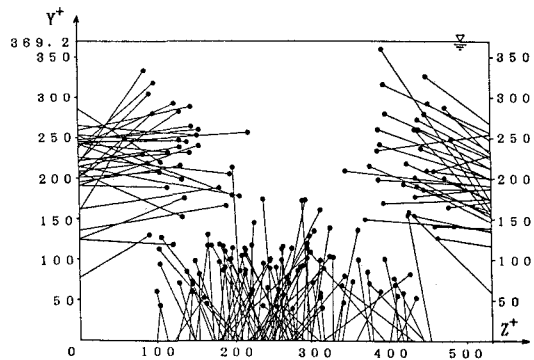


図7. 双子渦の発生状況

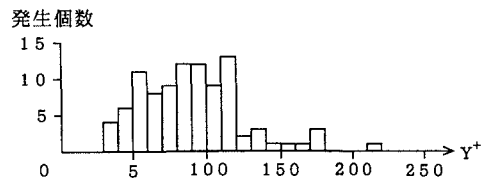


図8. 双子渦の高さと度数

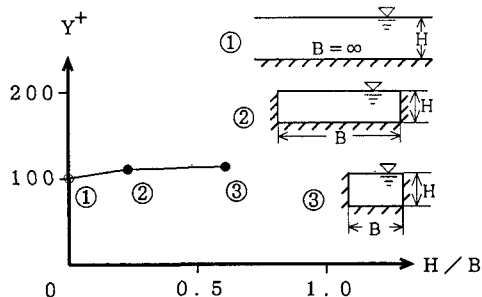


図9. 双子渦の成長高さ和水路幅