

## II - 2

## 幅の狭い開水路流れの乱流構造

日本大学工学部 学生員○小原知也 奥山昌彦 神戸栄起  
正会員 長林久夫 木村喜代治

## 1. 研究目的

水路幅水深比  $b/h$  の小さな開水路では、水面近傍の2次流の効果により最大流速位置が自由水面から降下することが指摘されている。しかし  $b/h$  のより小さな水路についての測定事例は少なく  $b/h$  に対応してどこまで最大流速位置が降下するのか、また自由水面付近の乱流構造はどうなっているのかなどについては、より詳細な検討を必要としている。よって本研究において  $b/h$  が 0.8 から 0.5 までの幅の狭い開水路流れを対象として、その乱流構造を検討する。

## 2. 測定方法

幅 10cm 水路長 12m の直線開水路において 20.0, 17.5, 15.0, 12.5cm の水深について2次元と1次元のレーザー流速計を用いて  $U, V, W$  成分の流速測定を行った。計測断面は側壁から中心までを7測線とし（側壁から2cmまでは5mm刻み、以後1cm刻み）、各測線で底面から2cmまでと水面から3cmの区間で5mm刻み、中間を1cm刻みで測点を定めた。ここで平均値を評価するため各測点におけるデータ数は、512個とした。なお水路勾配  $i$  は  $h=20.0\text{cm}$  で  $1/512$ ,  $h=17.5, 15.0, 12.5\text{cm}$  で  $1/610$  とした。

## 3. 実験結果及び考察

測定水理量 ( $h$  水深、 $Q$  流量、 $U_*$  摩擦速度、 $U$  平均流速、 $i$  水路勾配、 $n$  マニング粗度係数、 $Fr$  フルード数) を表1に示す。また、最大流速位置の水面からの距離  $\delta$  と相対水深の関係を図1に、主流等流速分布、2次流ベクトル図、2次流発生項  $[(w'^2 - v'^2)/u_*^2]$ 、乱れエネルギー  $[(u'^2 + v'^2 + w'^2)/2u_*^2]$  の測定結果を等値線分布として図2から図5に示す。図2の主流等流速分布より、各ケースとも最大流速位置が自由水面から低下していることが分かる。また図1より  $b/h$  の減少に対応して  $\delta$  は増大するが、最大でも  $2\delta/b < 1$  であることがわかる。図3の2次流ベクトル図においては、自由水面付近の渦構造が大きく、渦は時計回りで、水面で水路中央に向かうベクトルを有しており、横方向には半水路幅程度、縦方向にはそれより大きなものとなっている。図4の2次流発生項分布となる  $w'^2$  と  $v'^2$  の垂直成分の乱れ強度の差の分布では、底面付近にある強い2次流発生項以外に水面にも2次流発生項を見ることができる。これは水面効果により  $v'^2$  の乱れ成分が抑制されることによるもので水面側の2次流を増大する要因となっている。図5の乱れエネルギー分布では、底面側の隅角部が最も大きく、中央に向かって小さくなる。また、最大流速位置から自由水面間の側壁面では、底面に比べて弱い  $h=20.0\text{cm}$  の  $y=17.0\text{cm}$ 、 $h=12.5\text{cm}$  の  $y=11.0\text{cm}$  のように乱れエネルギーの高い領域が見られる。以上のことにより、水面近傍の側壁面には強度は弱いエネルギーの集中領域があること、水面側で2次流発生項を有すること、そして水面でのエネルギーの減衰効果が少ないことなどにより、大規模な2次流が生じる機構が推定される。

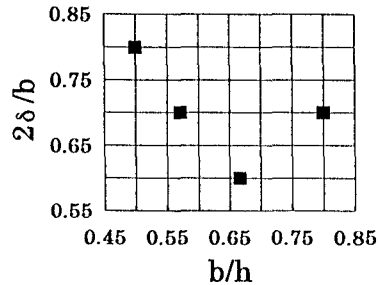


図1 最大流速位置の検討

表1 水理諸量

| $h$<br>(m) | $Q$<br>( $\text{m}^3/\text{sec}$ ) | $U_*$<br>( $\text{m}/\text{sec}$ ) | $U$<br>( $\text{m}/\text{sec}$ ) | $i$    | $n$   | $Fr$ |
|------------|------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|--------|-------|------|
| 0.200      | 1.01E-02                           | 0.028                              | 0.574                            | 0.0018 | 0.008 | 0.41 |
| 0.175      | 8.74E-03                           | 0.025                              | 0.583                            | 0.0016 | 0.008 | 0.44 |
| 0.150      | 8.77E-03                           | 0.025                              | 0.584                            | 0.0016 | 0.006 | 0.48 |
| 0.125      | 5.94E-03                           | 0.024                              | 0.475                            | 0.0016 | 0.007 | 0.43 |

図5の乱れエネルギー分布では、底面側の隅角部が最も大きく、中央に向かって小さくなる。また、最大流速位置から自由水面間の側壁面では、底面に比べて弱い  $h=20.0\text{cm}$  の  $y=17.0\text{cm}$ 、 $h=12.5\text{cm}$  の  $y=11.0\text{cm}$  のように乱れエネルギーの高い領域が見られる。以上のことにより、水面近傍の側壁面には強度は弱いエネルギーの集中領域があること、水面側で2次流発生項を有すること、そして水面でのエネルギーの減衰効果が少ないことなどにより、大規模な2次流が生じる機構が推定される。

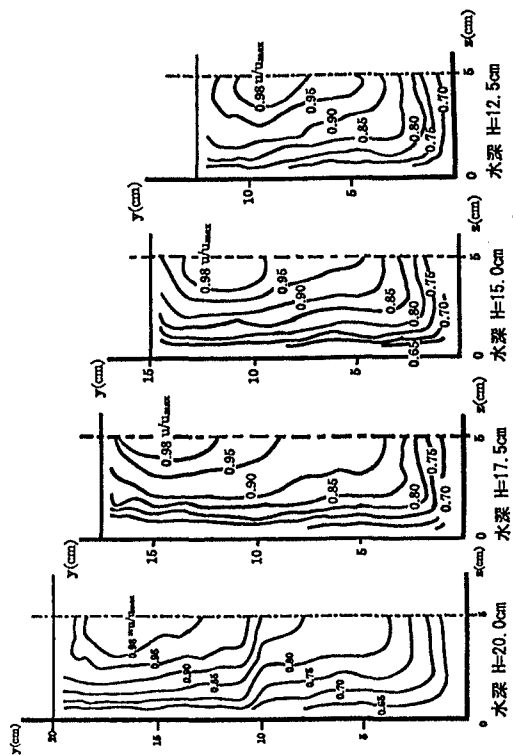


図2 主流等流速分布

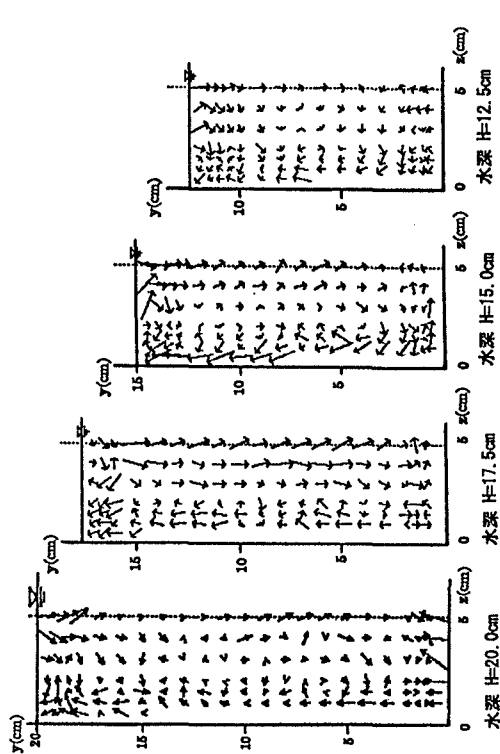


図3 2次流ベクトル図

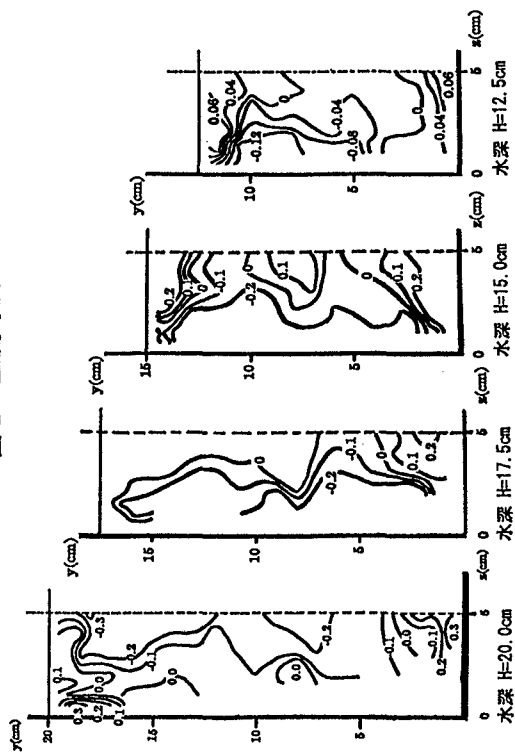


図4 2次流発生項

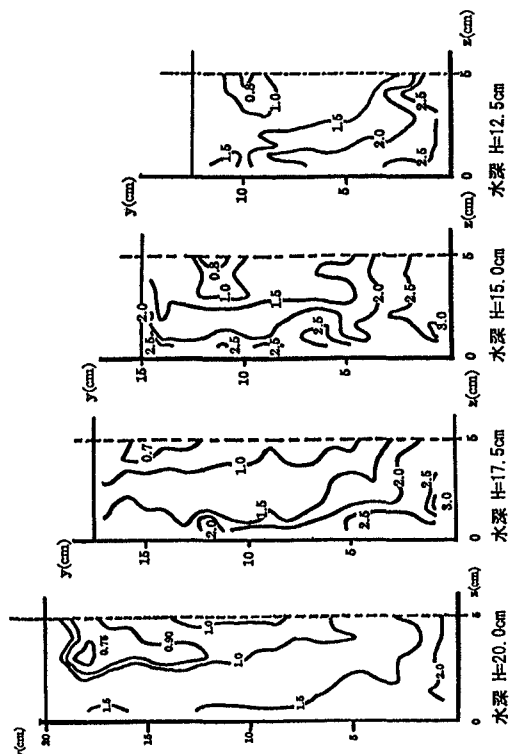


図5 乱れエネルギー  $(u'^2 + v'^2 + w'^2)/2u_*^2$  分布