

## II-273

## ゲートから流出する射流の特性

日大 理工 正員 大津 岩夫  
日大 理工 正員 安田 陽一  
日大 理工 学生員 〇原 雅人  
日大 理工 学生員 石橋 明男

水平水路において、スルース・ゲートから流出する射流では、乱流境界層が縮流部から発達し水面に達する。また、その下流側では乱流境界層が十分に発達した流れとなる（図-1）。このような流れの特性を知ることは、跳水内部の流速特性に対するinflow conditionの影響<sup>1)2)</sup>、跳水中のシルに作用する抗力に対するinflow conditionの影響<sup>3)4)</sup>を知るため、また跳水の位置の正確な算定のため<sup>5)</sup>に必要である。前報では<sup>6)</sup>、

developing flow（境界層が発達している流れ、 $x < x_{cp}$ ）における流速特性、境界層の発達状態、および水面形状、fully developed flow（境界層が十分に発達した流れ、 $x > x_{cp}$ ）における流速特性と水面形状を二次元的に検討した。ここではスルース・ゲートから流出する射流の流速特性について実験的検討を加え、二次元的に取り扱った妥当性について論じる。また、developing flowとfully developed flowの水面の状況の違いを実験的に示す。

## 実験

長さ17m、幅40cm、高さ40cmの滑面長方形断面水平水路を用いて実験を行った。流速は、1次元L.D.V.（レーザー流速計）を用いて測定した（採取間隔40ms、採取時間164s）。また射流の水面形状は、サーボ式波高計を用いて測定した（採取時間40ms、採取間隔180s）。なお、実験範囲は  $4 < Fo < 8$ 、 $10 < B/h_o < 20$ 、 $50000 < Re < 85000$ である。

## 射流の流下方向の流速および乱れ強さの特性

## (1) developing flow

developing flowにおける流下方向（x方向）の時間平均された流速（ $\bar{u}$ ）および乱れ強さ（ $\sqrt{u'^2}$ ）について、水路横断方向（z方向）の分布を図-2に示す。図-2に示されるように、 $\bar{u}$ および $\sqrt{u'^2}$ は側壁近傍を除き、水路横断方向に対し、ほぼ一定な値を示す。また側壁近傍を除いて、境界層内の流速分布は $x/h_o$ に関わらず、 $1/7$ 乗則で近似される。さらに相対乱れ強さ $\sqrt{u'^2}/U$ のy方向の分布については図-3に示されるように、境界層外側を除いて空気流でのsmooth flat plateの場合<sup>7)</sup>（図-3の破線）とほぼ同様な分布が得られる。なお図-3に示した $x/h_o$ 以外においても流下方向の乱れ強さの分布は同様になる。

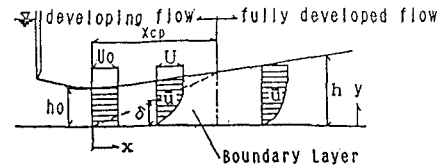


図-1

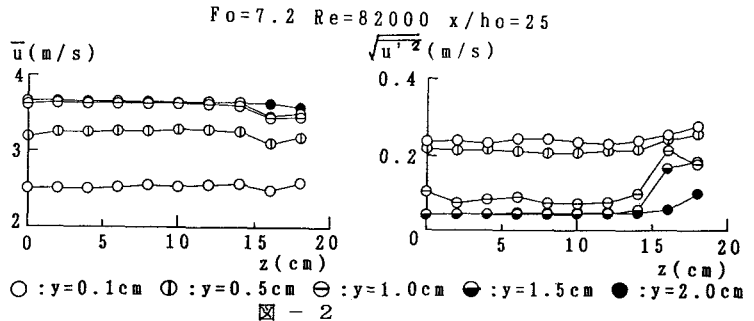
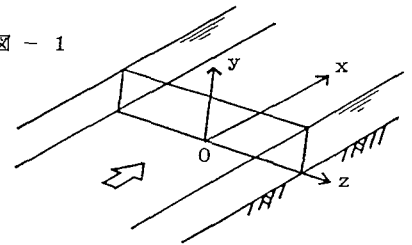


図-2

$Fo=7.2$   $Re=82000$   $x/h_o=25$

$y/\delta$

○ :  $z/(B/2)=0$   
● :  $z/(B/2)=0.3$   
● :  $z/(B/2)=0.6$

$\sqrt{u'^2}/U$

0 0.5 1.0 1.5 1.6

0 0.05 0.10

0 0.5 1.0 1.5 1.6

0 0.05 0.10

0 0.5 1.0 1.5 1.6

0 0.05 0.10

0 0.5 1.0 1.5 1.6

0 0.05 0.10

0 0.5 1.0 1.5 1.6

0 0.05 0.10

0 0.5 1.0 1.5 1.6

0 0.05 0.10

0 0.5 1.0 1.5 1.6

0 0.05 0.10

0 0.5 1.0 1.5 1.6

0 0.05 0.10

0 0.5 1.0 1.5 1.6

0 0.05 0.10

0 0.5 1.0 1.5 1.6

0 0.05 0.10

0 0.5 1.0 1.5 1.6

0 0.05 0.10

0 0.5 1.0 1.5 1.6

0 0.05 0.10

図-3

## (2) fully developed flow

fully developed

flowにおける流下方向 (x 方向) の時間平均された流速 ( $\bar{u}$ ) および乱れ強さ ( $\sqrt{u'^2}$ ) について、水路横断方向 (z 方向) の分布を図-4に示す。図-4に示されるように、 $\bar{u}$  および  $\sqrt{u'^2}$  は側壁近傍を除き、水路横断方向に対しほぼ一定値を示す。相対乱れ強さ  $\sqrt{u'^2}/U$  の y 方向の分布を図-5に示す。 $\sqrt{u'^2}$  の分布は一様配水路での等流における相対乱れ強さの分布 (図-5の破線 [フルード数2.45, レイノルズ数 62000の場合])<sup>8)</sup> とほぼ同様な分布が得られる。

なお、図-5に示した  $x/h_0$  以外においても流下方向の乱れ強さの分布は同様になる。

以上のことから、本実験のアスペクト比  $B/h_0$  の範囲では、ゲートから流出する流れを二次元的に取り扱える妥当性が示され、前報<sup>6)</sup>で二次元的に計算した射流の水面形状、境界層の発達状態、および縮流部から境界層が水面に達するまでの距離  $x_{cp}$  の妥当性が確かめられた。

### 射流の水面変動

developing flow および fully developed flow における射流の水面変動の時系列変化の一例を図-6, 7に示す。developing flow ( $x < x_{cp}$ ) の場合、僅かな水面変動が存在する。一方、fully developed flow ( $x > x_{cp}$ ) の場合、射流の水面変動は、大きなものとなっている。

### 記号

$\bar{u}$ : 時間平均された流速、 $\sqrt{u'^2}$ : x 方向の乱れ強さ、 $x$ : 縮流部からの流下方向の長さ、 $x_{cp}$ : 境界層が水面に達したときの  $x$ 、 $y$ : 水路床に垂直な方向の距離、 $z$ : 水路床に平行な方向の距離、 $h_0$ : 縮流部での水深、 $Fo$ : 縮流部でのフルード数 ( $Fo = U_0/\sqrt{gh_0}$ ;  $U_0$ : 縮流部での流速)、 $Re$ : レイノルズ数 ( $Re = q/\nu$ ;  $q$ : 単位幅流量、 $\nu$ : 動粘性係数)、 $\delta$ : 境界層厚さ、 $B$ : 水路幅、 $U$ : 境界層外縁の流速、 $h$ :  $x = x$  断面での射流水深

### 参考文献

- 1) Ohtsu et al. (1990), Report of Res. Inst. of Sci. and Tech., Nihon Univ., No. 35, pp. 1-50.
- 2) Leuthesser and Kartha (1972), J. of Hydr. Div., ASCE, 98(8), pp. 1367-1385.
- 3) Ohtsu et al. (1991), J. of Hydr. Res., IAHR, 29(1), pp. 29-47.
- 4) Ohtsu et al. (1992), J. of Hydr. Res., IAHR, 30(2), pp. 277-288.
- 5) 大津他, (1992). 土木学会年講(47回), II-85
- 6) 大津他, (1992). 土木学会年講(47回), II-86
- 7) Schlichting, H. (1979). "Boundary-layer theory", McGraw-Hill, New York.
- 8) Tominaga, A. and Nezu, I. (1992), J. of Hydr. Engrg., ASCE, 118(1), pp. 73-90.

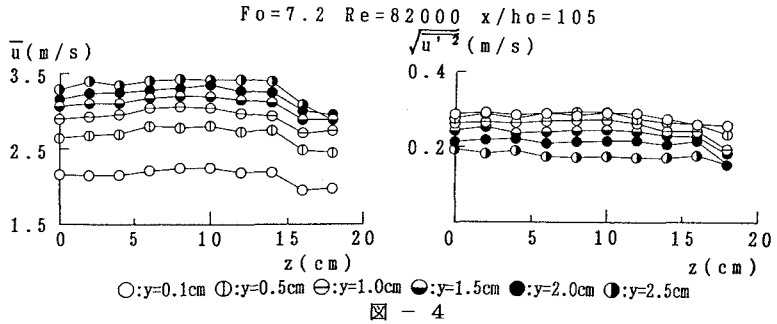


図-4

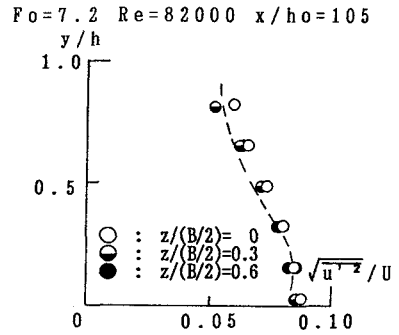


図-5

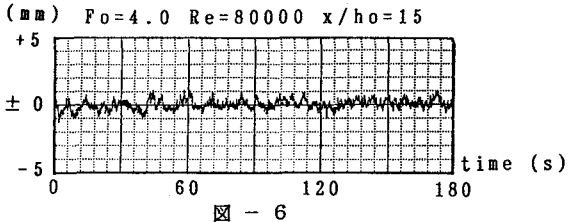


図-6

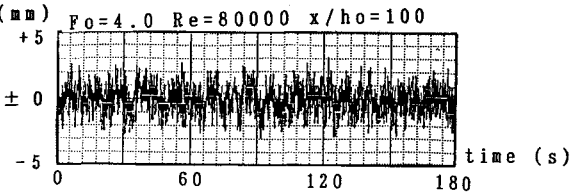


図-7