

II-159

波状跳水に関する二、三の実験

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 〇後藤 浩

水平水路において射流から常流へ遷移する場合、射流のフルード数 F_1 ($F_1 = v_1 / \sqrt{gh_1}$; v_1 :射流の平均流速, g :重力加速度, h_1 :射流水深) が1に近づくにつれ表面渦が形成されることなく波状水面を呈した流況となる。このような流況は、一般に波状跳水と呼ばれている。従来、水平水路上で射流から常流へ遷移する流れの流況は、水面の観察から F_1 によって分類されている。特に、 $1.0 < F_1 < 1.7$ の場合は波状跳水が形成され、 $1.7 < F_1 < 2.5$ の場合は弱跳水(跳水表面に小さな表面渦ができるが下流側の水面は滑らかである)が形成されるものとしている¹⁾。しかしながら、実験によると $F_1 > 1.7$ においても波状水面を伴う流況が観察される場合がある。さらに、同一の F_1 に対して、ゲート下流側で形成される跳水の始端が射流の境界層(図-1)が発達している領域(developing flow region)に位置する場合と、境界層が十分に発達した領域(fully developed flow region)に位置する場合とでは流況が大きく異なる(図-2)。ここでは、波状水面をともなう射流から常流へ遷移する流れの流況、流速特性および底面での圧力について二、三の実験的検討を行なった。

実験 実験は、長さ17m、幅40cmおよび長さ16m、幅80cmの滑面長方形断面水平水路で行った。底面圧力および底面流速については、ピトー管を用いて測定した。流速については、1次元レーザー流速計(L.D.V.)を用いて測定した(採取間隔40ms、採取時間164s)。なお、実験範囲は、 $1 < F_1 < 3$ 、 $20000 < Re < 85000$ ($Re = q/\nu$; Re :レイノルズ数, q :単位幅流量, ν :動粘性係数)、 $6 < B/h_1 < 30$ (B/h_1 :アスペクト比; B :水路幅)である。

流況 波状水面をともなう流況において、 $F_1 \leq 1.7 \sim 1.9$ の場合、図-2(a)に示されるように顕著な波状水面が形成され下流側遠方まで水面の凹凸が続く。しかしながら、 $1.7 \sim 1.9 \leq F_1 \leq 2.3$ の場合、developing flow regionに跳水始端が位置したとき、図-2(b)に示されるような一つの定常的なwaveが形成され、その底面付近で逆流が観察される。そして、waveの下流側では主流がplungingする。この場合plungingした下流側では水面の動揺がほとんど認められない。一方、fully developed flow region

に跳水始端が位置した場合、図-2(b)に示されるような一つの定常的なwaveは形成されず、図-2(c)に示されるように水面の動揺が下流側遠方まで続くような流況となる。この場合、一波目の山頂部付近では小さな表面渦が形成され、底面付近での逆流の形成は認められない。なお、跳水始端がゲート直下に位置した場合、周知の弱跳水¹⁾の形成が認められる。

流速分布 図-2に示す流況におけるx方向の平均流速 $\bar{u}$ および乱れ強さ $\sqrt{u'^2}$ の分布を図-3に示す。図-2(a)、(c)に示される流況の場合、水面近くで流速が最大となり、主流が水面に沿っていることが確認される(図-3(a)、(c))。この場合、逆流域の形成は認められない。一方、図-2(b)に示される一つの定常的なwaveが形成される場合、waveが形成されている領域では水面近くで流速が最大となり、底面近くで流速は負の値を示していることが認められる。また、この定常的なwaveの下流側で流速は一樣な分布となっていることが認められる(図-3(b))。

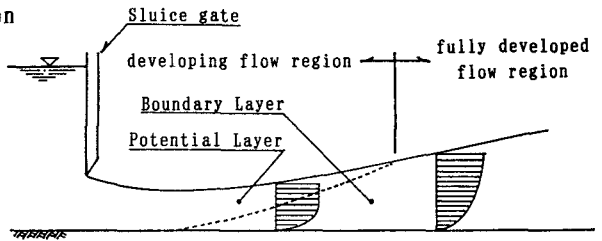


図-1

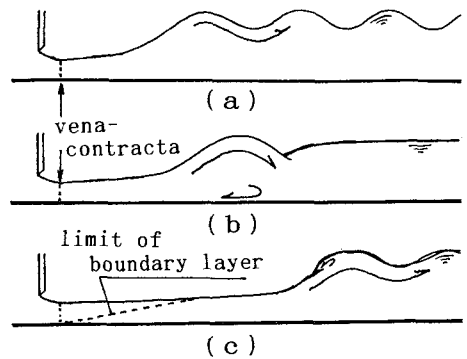


図-2

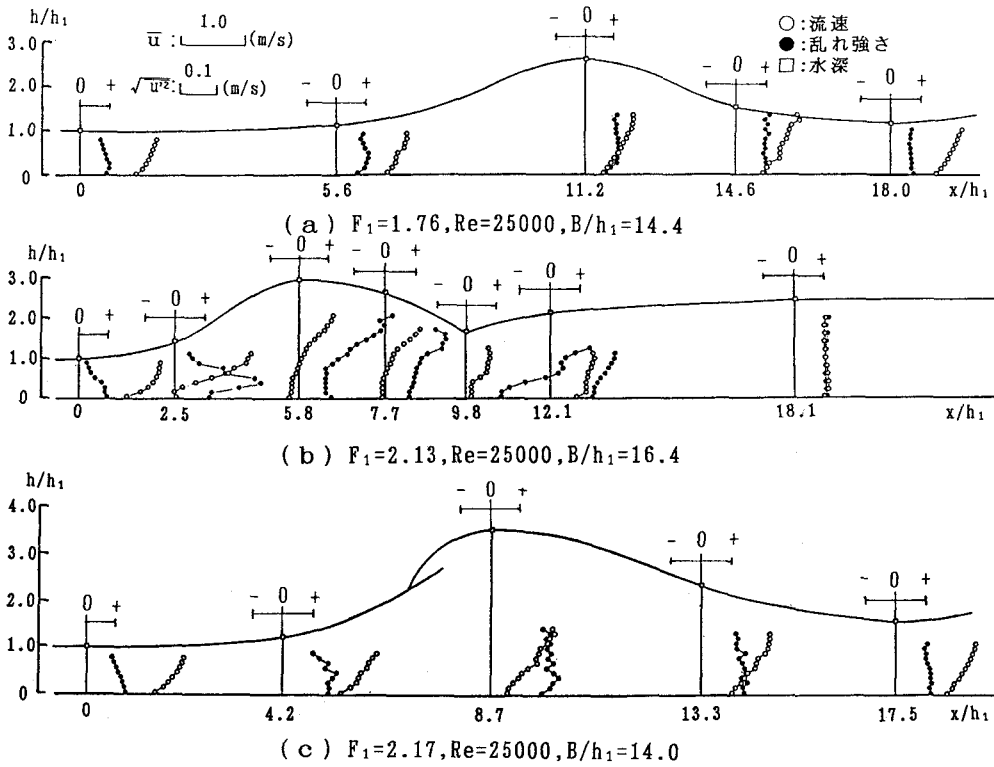


図-3

底面圧力と底面流速 図-2 (a) に示

す波状跳水の水路中央部における水面形状と底面圧力 (P_b) および底面流速 (v_b) の流下方向の変化の一例 (この場合、 F_1

$=1.50$) を図-4 に示す (w : 水の単位体積重量)。図-4 に示される $2 < x/h_1 < 8$

(x : 跳水始端からの流下方向への水平長さ) の範囲で底面圧力は、流線の曲がりの影響のため静水圧より高い値を示す。 $x/h_1 > 8$ では、底面圧力は波状水面の凹凸にかかわらずほぼ一定の値を示し、底面圧力は水面が上に凸の領域では静水圧より小さく、下に凸の領域では静水圧より大きい値を示す。なお、下流側遠方では、

水面の凹凸が小さくなり底面圧力は静水圧に近づく。底面流速については、水面の凹凸が顕著に観察される領域で、加速および減速を交互に繰り返すことが認められる。

参考文献

- 1) Chow, V.T., Open Channel Hydraulics, McGraw-Hill Book Company, New York, 1959
J.N. Bradley and A.J. Peterka, The hydraulic design of stilling basins: Hydraulic jumps on a horizontal apron (basin I), Journal of the Hydraulics Division, ASCE, HY5 1957

$F_1=1.50, Re=82000, B/h_1=6.3$

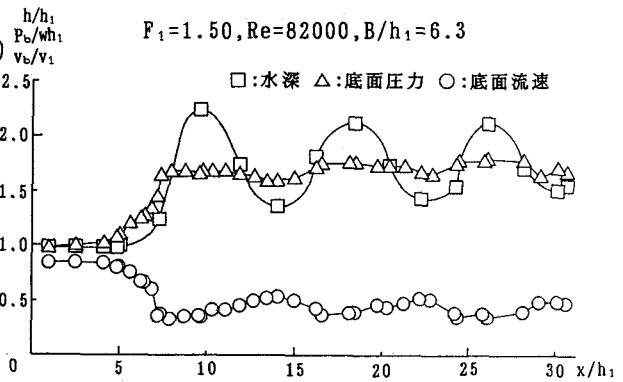


図-4