

II-172 段落部における射流から常流への遷移

日大院・理工 学 萩野谷 幸男
日 大・理工 正 安田 陽一
日 大・理工 正 大津 岩夫

水平水路および傾斜水路の鉛直段落部において射流から常流へ遷移する流れについては、その特性がある程度明かにされている¹⁾²⁾³⁾。ここでは、急勾配を有する射流水路から、鉛直段落部を経て水平な常流水路へ接続する場合の流れについて検討を加える。このような流れは、水路接合部や急勾配の支川から緩勾配の本川への流入部などで見ることができる。

流況

長方形断面水路(幅80cm)に図-1(a)のような模型を設置し実験を行った。なお、実験範囲は、 $0^\circ \leq \theta \leq 22.4^\circ$, $0.5 \leq S/h_1 \leq 8.0$ (低段落水路の場合)、および $4.0 \leq F_1 \leq 8.5$ である。このような段落部において射流から常流へ遷移する流れは、下流水位の変化にともない種々の流況が観察される(図-2)。この場合、 θ および S/h_1 によって水平水路鉛直段落部($\theta=0^\circ$)図-(b)のときと同様なフロー・パターン¹⁾が形成される場合(領域Ⅰ)と、常に表面渦の形成が認められる場合(領域Ⅱ)とに大別される。

領域Ⅰ：表面渦の大部分が段落上流側で形成される状態[図-2(a)]から下流水位を下げると、段落直下で主流が上向きとなり水面近くに位置するようになる[図-2(b)]。この状態からさらに下流水位を下げると、ある段階で一つの定常的なWaveが形成される[図-2(c):Maximum wave]。この状態から下流水位を下げるにつれて、流況は水面の動揺が下流側遠方まで続く流況へと変化する[図-2(d):Wave train]。Wave trainの状態から下流水位を下げていくと、ある段階で段落上を通過する流れは下向きとなり、段落からの主流は潜り込む(Plunging condition)。このPlungingした直後の流況をMaximum plunging condition[図-2(e)]と呼ぶ。この状態から下流水位を下げていくと、段落下流側の水平水路上で直ちに跳水が形成される[図-2(f):Limited jump]。

領域Ⅱ：下流水深の大小に関わらず常に[図-2:(g)(h)(i)]のような表面渦をとまなう流況の形成が認められる。なお領域Ⅰと領域Ⅱの間には遷移領域が存在する。領域Ⅰと領域Ⅱおよびその遷移領域は、 S/h_1 および θ によって変化し、実験的に図-3のように示される。

各流況が形成されるための水理条件

領域Ⅰの各流況について、下流水深 h_d の実験値を $h_d/h_1=f(F_1, S/h_1, \theta)$ の関係で整理した一例を図-4に示す。図中、二点鎖線、一点鎖線、および実線はそれぞれ $\theta=0^\circ$ の場合におけるMaximum wave, Maximum plunging conditionおよびLimited jumpを示す¹⁾。Maximum wave

表-1 実験条件

θ (°)	6.0	9.5	18.6	22.4
S (mm)	100	98	96	92

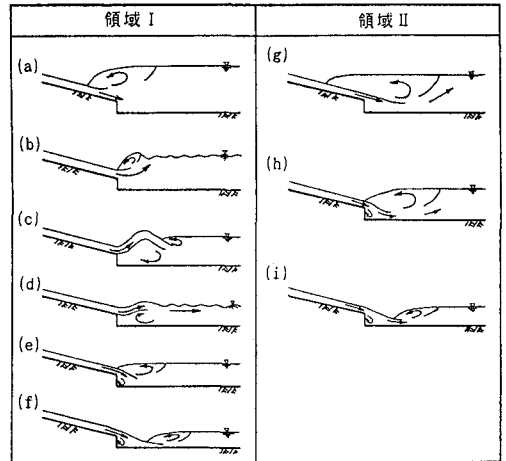
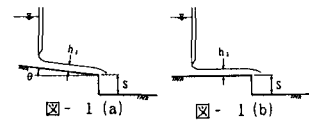


図-2 流況図

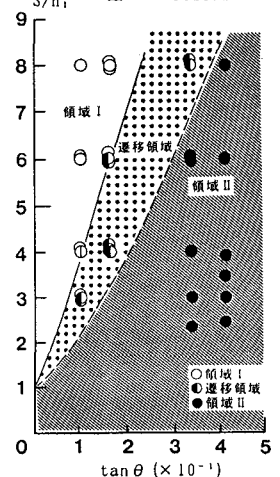


図-3 θ と S/h_1 との関係

の場合、 θ によらず $\theta=0^\circ$ の場合（二点鎖線）と同様となり、Limited jumpの場合も、 θ によらず $\theta=0^\circ$ の場合（実線）と同様となることが認められる。Maximum plunging conditionの h_d/h_1 の値は、与えられた $S/h_1, F_1$ に対して、 $\theta=0^\circ$ の場合よりも大きくなる。すなわち、Waveの形成範囲が小さくなる。なお、下流水位を上げて形成されるMaximum plunging conditionの h_d/h_1 の値は下流水位を下げて形成される h_d/h_1 の値よりも大きくなる。すなわち履歴効果が存在する。 $\theta=0^\circ$ の場合は $0.5 \leq S/h_1 \leq 8.0, 4.0 \leq F_1 \leq 8.5$ の範囲では履歴効果は存在しない。

Maximum waveの特性長

図-5に示されるMaximum waveの特性長 h_w, h_p を式(1)の関係で整理したものを図-6に示す。

$$h_w/h_d, h_p/h_d = f(F_1, S/h_1, \theta) \quad (1)$$

図-6から $h_w/h_d, h_p/h_d$ の値は、 $S/h_1, \theta$ に関わらず、水平段落水路（ $\theta=0^\circ$ ）の場合と同様な値を示し、それぞれ式(2), (3)で表される。

$$h_w/h_d = 0.076F_1 + 1.01 \quad (2)$$

$$h_p/h_d = 0.016F_1 + 0.77 \quad (3)$$

図-5に示される特性長 L_w, L_p について式(4)の関係で整理すると図-7のように示され、 $\theta=0^\circ$ の場合とほぼ同様となり式(5), (6)で示される。

$$L_w/H_L, L_p/H_L = f(H_L/H_1) \quad (4)$$

$$\log(L_w/H_L) = -1.64H_L/H_1 + 0.95 \quad (5)$$

$$\log(L_p/H_L) = -1.64H_L/H_1 + 1.19 \quad (6)$$

ここに、 H_L は図-5に示される遷移部（I～II断面間）の損失水頭、 H_1 は段落下流側の水平水路床を基準面とした h_1 測定断面での全水頭である。

記号説明

F_1 : 段落上の射流のフルード数、 h_1 : 段落上の射流水深、 h_d : 下流水深、 S : 段落高さ、 L_w, L_p, h_w, h_p : Maximum waveの特性長

参考文献

- 1) Ohtsu, I. and Yasuda, Y. (1991) "Transition from supercritical to subcritical flow at an abrupt drop." Journal of Hydraulic Research, IAHR, vol 29.
- 2) Ohtsu, I. and Yasuda, Y. (1993) Discussion of "Hydraulic Jump in Sloping Channel with Positive or Negative Step", Journal of Hydraulic Research vol.31, No.5.
- 3) Ohtsu, I. and Yasuda, Y. (1994) "Characteristics of Flow over Drop-Structure", Inter. Conf. Civ. Engrg. "Hydraulics Working with the Environment". The ins. of engns. Australia
- 4) Hager, W. H. and Kawagoshi, N. (1990) "Wave type flow at abrupt drops." Journal of Hydraulic Research, IAHR, vol 28.

θ (°)	6.0	9.5	18.6	22.4
Limited jump	○	●	△	●
max. plunging condition 下流水位を下げた場合	○	△	△	△
下流水位を上げた場合	○	△	△	△
maximum wave	□	□	□	□

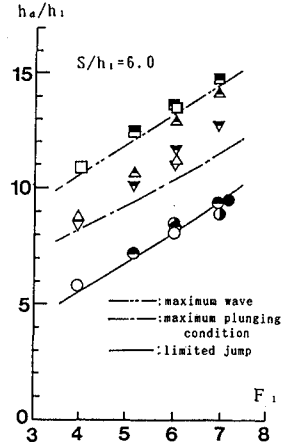


図-4 各流況の形成条件

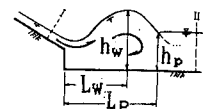


図-5 Maximum waveの特性長

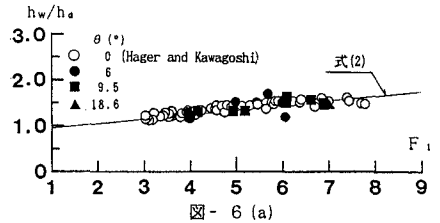


図-6 (a)

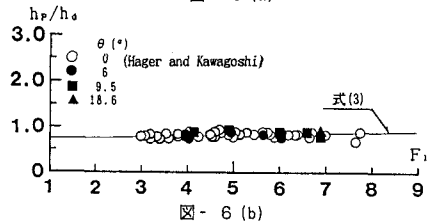


図-6 (b)

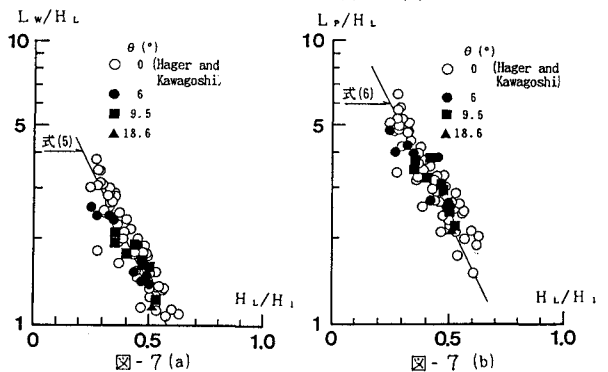


図-7 (a)

図-7 (b)