

II-89

射流中の鉛直平板を越える流れの特性

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 〇羽柴 秀樹

射流中に設置された鉛直平板を越える流れの特性については十分な解明がなされていない。ここでは射流が鉛直平板を越え射流の状態で行下する流れの特性とその形成範囲を実験的に明らかにする。またシル前面にsurface rollerが形成し始めるときの水理条件、すなわちincipient jump conditionについて実験的に明らかにする。

incipient jump condition

シル前面にsurface rollerが形成し始めるための必要シル高 S_c/h_1 の実験値(Rand¹⁾, Hager(channel Bの場合)²⁾およびKarki³⁾の実験値を含む)について $S_c/h_1 = f(F_1)$ の関係でプロットした一例を図-1に示す[F_1 :シル上流側の射流のフルード数 $F_1 = v_1/\sqrt{gh_1}$, h_1 :シル上流側の射流の水深, v_1 :シル上流側の射流の平均流速]。図中実線はType II jump(シル上流側に跳水が形成され、その流況が下流水深によって影響されない場合)⁴⁾が形成されるための必要なシル高 S_c/h_1 (式(1))を示し、破線はKarkiによる S_c/h_1 (式(2))³⁾を示す。

$$S_c/h_1 = 0.227F_1 + 0.349 \quad \dots\dots\dots (1) \\ (2.5 \leq F_1 \leq 9.5)$$

$$S/h_1 = 0.5(F)^{2/3} \{-1 + \sqrt{1 + 4(F^{2/3} + F^{-4/3}/2 - 1.5)}\} \dots\dots\dots (2)$$

図-1に示されるように $F_1 \geq 4.0$ の場合、実験値は実線を満足し、 $F_1 \leq 3.0$ 場合、実験値は破線と同様な傾向を示す。このように $F_1 \geq 4.0$ と $F_1 \leq 3.0$ との間で傾向の違いが認められるのはシルを越える流れの流況が異なるためと考えられる。

spray conditionとstanding swellの形成条件

射流の状態でシルを越える流れの流況において $F_1 \geq 4.0$ の場合、図-2 aに示されるように射流が平板に衝突し、急激に方向を変える(splashing over)ようになる。この流況をspray conditionと呼ぶことにする。実験範囲($2.2 \leq F_1 \leq 9.0$, $0.55 \leq S/h_1 \leq 2.0$)において F_1 が大きくなるにつれて、また、 S/h_1 が小さくなるにつれてシル後面でair pocketが形成されるようになる。 $F_1 \leq 3.0$ の場合、図-2 bに示されるように射流が平板上を定常うねりを伴って乗り越えるようになる。この流況をstanding swellと呼ぶことにする。従来

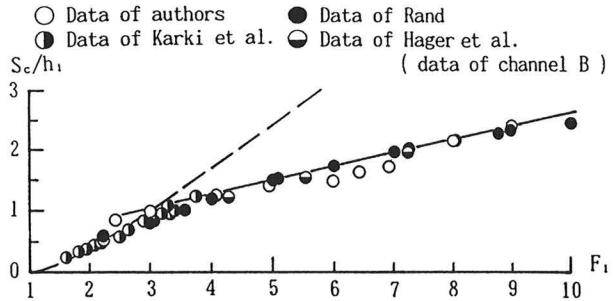


図-1

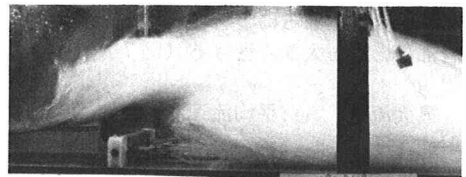


図-2 a spray condition
(写真 $F_1=4.04$, $S/h_1=0.97$)



図-2 b standing swell
(写真 $F_1=2.24$, $S/h_1=0.55$)

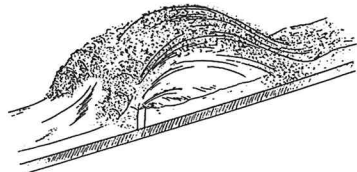


図-3 spray condition
($F_1 \geq 4.0$, $1.25 \leq S/h_1 \leq S_c/h_1$ の場合)

Karki は $F_1 \leq 3.5$ で $S/h_1 < Sc/h_1$ および $F_1 \geq 3.5$ で $S/h_1 < 1.25$ の場合、流況は sweep-out condition となることを報告している³⁾。しかしながら図-2 a に示されるように $F_1 \geq 4.0$ で $S/h_1 < Sc/h_1$ の場合、spray condition が形成される。なお $F_1 \geq 4.0$ で $1.25 < S/h_1 < Sc/h_1$ の場合、図-3 に示されるように水路両側壁からの breaking が観察されるようになる。

シルに作用する動圧力

spray condition および standing swell におけるシル前面に作用する動圧力 p_d について、 $p_d / (\rho v_1^2 / 2) = f(y/S, F_1, S/h_1)$ の関係で実験値を整理した一例を図-4 a, b に示す。図-4 a に示されるように、 $F_1 \geq 4.0$ の場合 y/S に対する $p_d / (\rho v_1^2 / 2)$ の大きさと分布形状の F_1 および S/h_1 による変化は顕著ではない。また $F_1 \leq 3.0$ の場合、図-4 b に示されるように F_1 が小さくなるにつれて y/S に対する $p_d / (\rho v_1^2 / 2)$ の値が小さくなることが認められる。このことから $F_1 \geq 4.0$ と $F_1 \leq 3.0$ の間でシルを超える流れの流況が異なることが理解される。

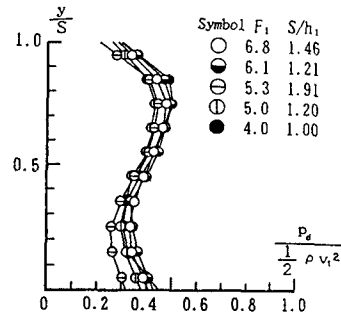


図-4 a

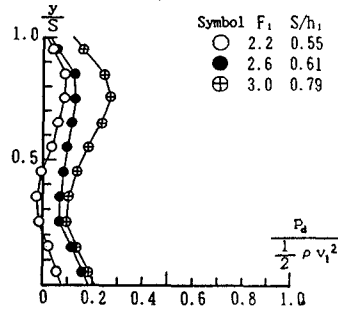


図-4 b

以上からシル下流側の流れが射流である場合のフローパターンは図-5のように分類される。 $S/h_1 < Sc/h_1$ の場合は、射流の状態でするシルを超えるようになる。すなわち $F_1 \leq 3.0$ の場合 standing swell の形成が認められる。また $F_1 \geq 4.0$ の場合、spray condition の形成が認められる。 $S/h_1 > Sc/h_1$ の場合はシル上流側で surface roller が形成されるようになる。特に $F_1 \geq 4.0$ の場合 Type II jump の形成が認められ、その形成条件は次式(式(3))⁴⁾によって求められる。(図-5; 一点鎖線)

$$S/h_1 = -1.05(F_1 - 2)(1 - X_s/L_j) + 1.08F_1 - 1. \dots (3) \\ (2.5 \leq F_1 \leq 9.5)$$

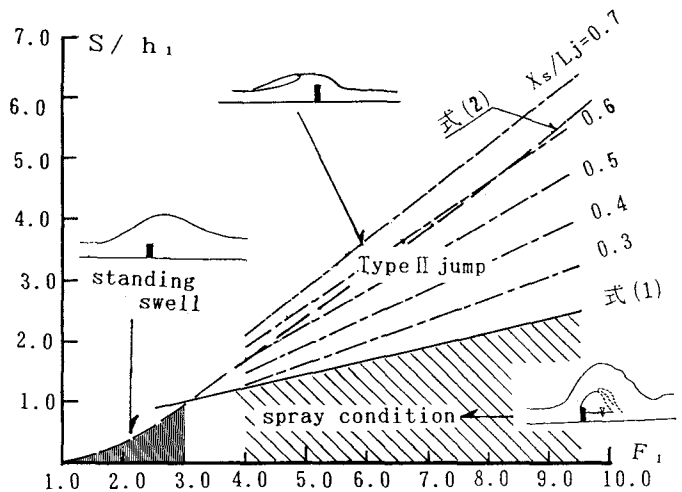


図-5 フローパターン図

記号説明

S : シル高, p_d : シル前面に作用する動圧力, $p_d = p_r - p_s$, p_r : シル前面に作用する圧力, p_s : 静水圧 ($p_s = \rho(h_0 + S - y)$), h_0 : シル上の水深, y : 水路床からの鉛直上向き方向の距離, X_s : 跳水始端部からシル前面までの水平距離, L_j : 自由跳水 (シルが設置されていない場合) の長さ (この場合, $L_j = 5.5h_2$), $h_2 = 0.5h_1 (\sqrt{8F_1^2 + 1} - 1)$

参考文献

1. Rand, W., J. Hydraulics Division, ASCE, Vol. 91, HY4, 1965
2. Hager, W.H., et al., J. Hydraulic Engineering, ASCE, Vol. 112, HY10, 1986
3. Karki, K.S., et al., J. Hydraulics Division, ASCE, Vol. 98, HY10, 1972
4. Karki, K.S., J. Hydraulics Division, ASCE, Vol. 102, HY10, 1976
5. Ohtsu, I., et al., J. Hydraulic Research, IAHR, Vol. 29, No. 1, 1991