

日大大学院・理工 学 山 中 康 資
日大工学部 正 大 津 岩 夫

下流水深が跳水必要水深よりも小さい場合、シル型減勢工が多く用いられている。基本的形状である鉛直連続シルを越える流れの流況は、Ⅰ型跳水、Ⅱ型跳水、飛散流況に分類され、各流況の形成される水利条件が大津¹⁾によって明確にされた。シルに作用する抗力については、二三の研究が報告されているが^{2), 3)}抗力と各流況の特性との関連やシルに作用する圧力の大きさ、分布形状など不明な点が多い。この研究^{*}は、鉛直連続シルによる強制跳水(Ⅰ、Ⅱ型跳水)と飛散流況が形成される場合のシルに作用する流体力、特にシル前面に作用する全圧力について論じたものである。

1. 実験

Fig. 1 に示される水平水路に、長方形鉛直連続シル($S=2\text{cm}, 3\text{cm}, 4\text{cm}, 4.5\text{cm}, 6\text{cm}$)を設置し、シル前後面の中央に圧力取り出し孔を設け、それにマンノメーターを接続し圧力を測定した。

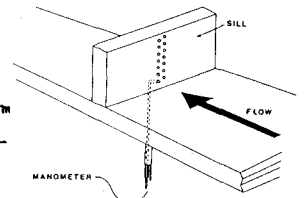


Fig. 1

2. シルに作用する圧力とその分布

① Ⅰ型跳水 Ⅰ型跳水とは、シル前方の流況が下流水深の影響を受ける跳水である¹⁾(Fig. 2)。シル前面に作用する圧力 P を与えられた S/L_1 に対して、 $P/\rho gh_1$ と S/L_1 の関係が整理した一例をFig. 3に示す。圧力の大きさは、 F_1 が大きいと大きくなる傾向がある。また、分布形状は、シル上部で圧力が小さくなり、シル下部で圧力が再び大きくなる傾向がある。なお、シル後面に作用する圧力は、ほぼ静水圧に等しい。

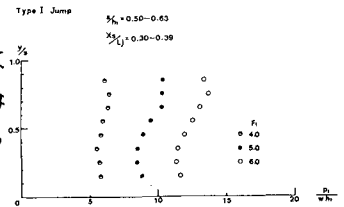


Fig. 3

② Ⅱ型跳水 Ⅱ型跳水とは、シル前方の流況が下流水深の影響を受けない跳水である¹⁾(Fig. 4)。シル前面に作用する圧力 P を与えられた S/L_1 に対して、 $P/\rho gh_1$ と S/L_1 の関係が整理した一例をFig. 5に示す。圧力の大きさ、分布形状ともⅠ型跳水の場合と類似な傾向を示す。なお、シル後面に作用する圧力は、下流水深によって大きく変化する。

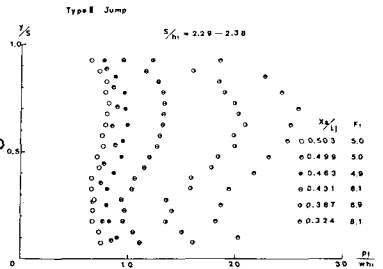


Fig. 5

③ 飛散流況 飛散流況とは、射流状態でシル上を飛散する流況である¹⁾(Fig. 6)。シル前面に作用する圧力は、Ⅱ型跳水の場合と同様な傾向を示す(Fig. 7)。シル後面に作用する圧力は、大気圧に等しい。

3. シル前面に作用する全圧力

④ Ⅰ型跳水 Ⅰ型跳水を支配する水量間関係は、式(1)で示される。¹⁾

$$f\left(\frac{h_2}{h_1}, F_1, \frac{S}{L_1}, \frac{z_s}{L_1}\right) = 0 \quad (1)$$

シル前面に作用する全圧力 P を支配する水量間関係は、式(2)によって示されるものと推論される。

^{*}Ⅰ型跳水のシルに作用する抗力については、昨年の全国大会で発表済である。⁴⁾

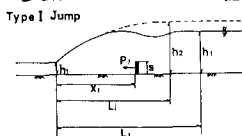


Fig. 2

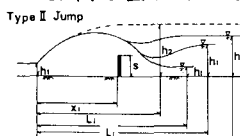


Fig. 4

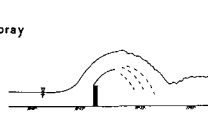


Fig. 6

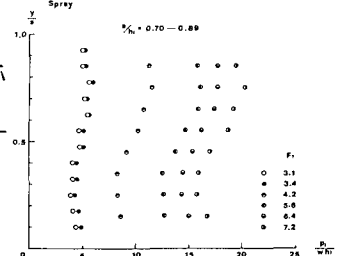


Fig. 7

$$f(F, g, h_i, x_s, S, h_t, g, \rho) = 0 \quad (2)$$

$$\text{ここで、} P_f = \int_0^S P_f dy \quad (3)$$

次元解析的な考察から、式(4)が得られる。

$$f(P_f / \frac{1}{2} w h_i^2, F_i, S/h_i, x_s/L_j, h_t/h_i) = 0 \quad (4)$$

式(1)と式(4)から、I型跳水のシル前面に作用する全圧力は、式(5)の関係で示される。

$$\frac{P_f}{\frac{1}{2} w h_i^2} = f\left(F_i, \frac{S}{h_i}, \frac{x_s}{L_j}\right) \quad (5)$$

式(5)に基づき実験値を整理すると、Fig. 8のように良い相関が示され実験式(6)が得られる。なお、図中の実線は式(6)を示し、破線はI型跳水和II型跳水の境界を示す。

$$\frac{P_f}{\frac{1}{2} w h_i^2} = 0.532 \left(\frac{x_s}{L_j}\right)^{-0.587} \left(\frac{S}{h_i}\right)^{1.070} (F_i)^{1.640} \quad (6)$$

$$0.30 \leq x_s/L_j \leq 0.70, \quad 0.50 \leq S/h_i \leq 2.39, \quad 3.0 \leq F_i \leq 9.5$$

② II型跳水 II型跳水を支配する水理量間の関係は、式(7)で示される。

$$f(S/h_i, F_i, x_s/L_j) = 0 \quad (7)$$

シル前面に作用する全圧力Pを支配する水理量間の関係は、式(8)によって示されるものと推論される。

$$f(P_f, g, h_i, x_s, S, g, \rho) = 0 \quad (8)$$

次元解析的な考察および式(7)から、II型跳水のシル前面に作用する全圧力は、式(9)の関係で示される。

$$\frac{P_f}{\frac{1}{2} w h_i^2} = f\left(F_i, \frac{S}{h_i}\right) \quad (9)$$

式(9)に基づき実験値を整理すると、Fig. 9のように良い相関が示され実験式(10)が得られる。なお、図中の実線は式(10)を示し、破線はII型跳水和飛散流況の境界を示す。

$$\frac{P_f}{\frac{1}{2} w h_i^2} = 2.843 \left(\frac{S}{h_i}\right)^{1.345} (F_i)^{0.907} \quad (10)$$

$$(x_s/L_j)_{\min} \leq x_s/L_j \leq 0.6 \sim 0.7, \quad 1.64 \leq S/h_i \leq 3.51, \quad 3.0 \leq F_i \leq 12.0$$

③ 飛散流況 飛散流況の場合、Pを支配する水理量間の関係は、式(8)によって示されるものと推論され、次元解析的な考察および $x_s/L_j = 0$ から、シル前面に作用する全圧力は、II型跳水と同様に式(9)で示される。式(9)に基づき実験値を整理すると、Fig. 10のように良い相関が示され実験式(11)が得られる。

$$\frac{P_f}{\frac{1}{2} w h_i^2} = 0.934 \left(\frac{S}{h_i}\right)^{1.395} (F_i)^{1.640} \quad (11)$$

$$0.50 \leq S/h_i \leq 1.89, \quad 3.0 \leq F_i \leq 9.5$$

最後に、本研究を行うにあたって、御指導いただいている栗津清蔵教授に感謝申し上げます。

(記号) F_i : 跳水利端のフルド数 g : 重力加速度 h_i : 跳水利端水深 h_t : 下流水深 L_j : 自由跳水利端の跳水利長 g : 単位体積重量 S : シル高 ρ : 水の密度

x_s : 跳水利端からシル前面までの長さ y : 水深から高さ w : 水単位体積重量 ($= \rho g$)

$h_2 = h_i (18 F_i^{0.47} - 1) / 2$
 $L_j = 5.5 h_2 (3.5 \leq F_i \leq 9.5), L_j = 5.2 h_2 (3 \leq F_i \leq 3.5)$

(参考文献) 1) 大津 大 "鉛直シルによる強制跳水" 土木学会論文報告集第311号 1981.7 2) Rajaratnam & Murahori "A CONTRIBUTION TO FORCED HYDRAULIC JUMPS" Journal of Hy. Res. 1971.9 No.2 3) Nanayam & Schizas "FORCE ON SILL OF FORCED JUMP" A.S.C.E. Hy. July 1980 4) 山中 大津

"シルに作用する圧力について" 第30回土木学会年講 II. 1983.9 5) 山中 大津 "シルに作用する圧力について" 第11回関東支部年講 II. 1984.1

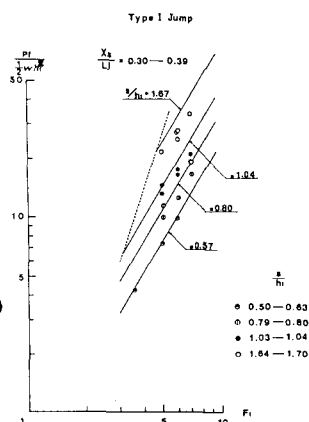


Fig. 8

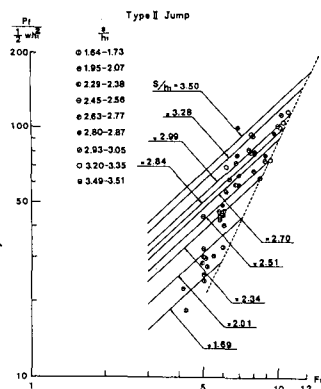


Fig. 9

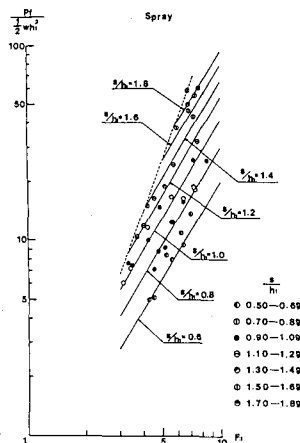


Fig. 10