

日大大学院 理工学 山中康資
 日本大学理工学部 正 栗津清蔵
 日本大学理工学部 正 大津岩夫

シル型減勢工の基本形である鉛直連続シルを越える流れの流況は、I型跳水(シル前方の流況が下流水深の影響を受ける場合)(Fig. 1)、II型跳水(シル前方の流況が下流水深の影響を受けない場合)(Fig. 2)、飛散流況(射流状態でシル上を飛散する場合)(Fig. 3)に分類され、各流況を支配する水理量間の関係が明らかにされている¹⁾。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、抗力と各流況特性との関連が明らかでなく、圧力の大きさと分布形状についても明確とはいえない。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圧力の大きさと分布形状を実験的に明らかにし、シルに作用する流体力、特にシル前面に作用する全圧力を算定する実験式を提案したものである。

1. 実験 Fig. 4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出し孔を設け、それにマノメーターを接続し圧力を測定した。

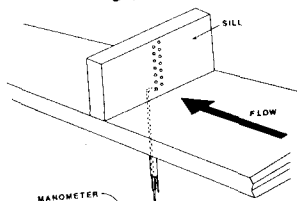


Fig. 4

2. シルに作用する圧力とその分布

① I型跳水 シル前面に作用する圧力係数を与えられた F_1 、 X_s/L_j 、 S/h_1 に対して、 $P_r/\rho gh_1$ と y/S の関係で整理した一例をFig. 5に示す。圧力の大きさは、 F_1 が大きいほど大きくなる。分布形状は、 $y/S \approx 0.75$ およびシル下部で圧力が大きくなり、 $y/S \approx 0.25$ およびシル上部で圧力が小さくなる。シル下部の圧力の増加は、シル前面底部に生じる渦の影響と考えられ、この渦の存在は、水路側面からの観察によっても確認される。また、有江らによってもこの渦は確認されており、平板に作用する圧力分布形状は本実験と同様な傾向を示している。シル上部の圧力の減少は、シル直上部を通過する高速流の流線の曲率の影響と考えられる。シル後面に作用する圧力係数は、直線的な分布で $P_r/\rho gh_1$ (あるいは X_s/L_j)が大きいほど大きくなり、 $X_s/L_j \leq 0.6 \sim 0.7$ では静水圧より小さくなる(Fig. 6)。これは、シルを越える流れの流線の曲率によるものと思われる。また、 $X_s/L_j \geq 0.6 \sim 0.7$ では静水圧にほぼ等しくなる。

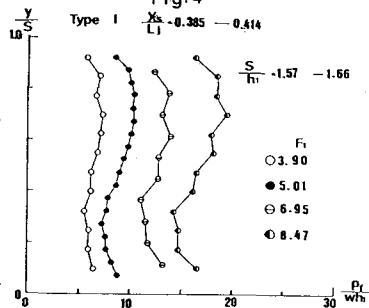


Fig. 5

② II型跳水 シル前面に作用する圧力係数を与えられた F_1 、 S/h_1 に対して、 $P_r/\rho gh_1$ と y/S の関係で整理した一例をFig. 7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した傾向を示す。シル後面に作用する圧力は、 $P_r/\rho gh_1$ によって変化する、静水圧より小さく直線的な分布を示す。

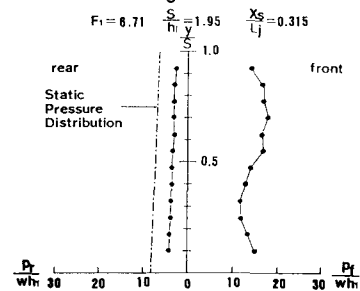


Fig. 6

③ 飛散流況 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. 8)。シル後面に作用する圧力は、 $P_r/\rho gh_1$ によって変化する、静水圧より小さく直線的な分布を示す。なお、シル後面が空気に接している場

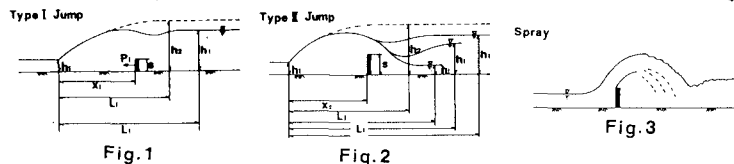


Fig. 7

合、 $P_s = 0$ (大気圧) である。

3. シル前面に作用する全圧力

① I型跳水 I型跳水を支配する水理量間の関係は、式(1)で示される。

$$f(h_1/h_2, F_1, S/h_1, x_s/L_j) = 0 \quad (1)$$

シル前面に作用する全圧力 P_s を支配する水理量間の関係は、式(2)によって示されるものと推論され、次元解析的な考察から、式(3)が得られる。

$$f(P_s, v_1, h_1, S, x_s, \rho, g) = 0 \quad (2) \quad \text{ここで、} P_s = \int_0^S p_s dx$$

$$P_s / \frac{1}{2} \rho v_1^2 h_1 = f(F_1, S/h_1, x_s/L_j, h_1/h_2) \quad (3)$$

式(1)、(3)から、シル前面に作用する全圧力は、式(4)の関係で示される。

$$P_s / \frac{1}{2} \rho v_1^2 h_1 = (P_s / \frac{1}{2} \rho v_1^2 S) (S/h_1) = f(F_1, S/h_1, x_s/L_j) \quad (4)$$

式(4)の関係で実験値を整理すると(一例を Fig. 9 に示す)、 S/h_1 に無関係に良い相関が得られ、実験式(5)が得られた。

$$P_s / \frac{1}{2} \rho v_1^2 S = -0.0667 F_1 - 0.592 (x_s/L_j) + 1.271 \quad (5)$$

$$3.0 \leq F_1 \leq 9.5, 0.285 \leq x_s/L_j \leq 0.714, 0.50 \leq S/h_1 \leq 2.83$$

② II型跳水 II型跳水を支配する水理量間の関係は、式(6)で示される。

$$f(S/h_1, F_1, x_s/L_j) = 0 \quad (6)$$

シル前面に作用する全圧力 P_s を支配する水理量間の関係は、式(7)によって示されるものと推論され、次元解析的な考察から、式(8)が得られる。

$$f(P_s, v_1, h_1, S, x_s, \rho, g) = 0 \quad (7)$$

$$P_s / \frac{1}{2} \rho v_1^2 h_1 = (P_s / \frac{1}{2} \rho v_1^2 S) (S/h_1) = f(F_1, S/h_1, x_s/L_j) \quad (8)$$

式(6)、(8)から、シル前面に作用する全圧力は、式(9)の関係で示される。

$$P_s / \frac{1}{2} \rho v_1^2 S = f(F_1, x_s/L_j) \quad (9)$$

式(9)の関係で実験値を整理すると(一例を Fig. 10 に示す)、実験式(10)が得られ、I型跳水とII型跳水は同様な実験式になる。

$$P_s / \frac{1}{2} \rho v_1^2 S = -0.0667 F_1 - 0.592 (x_s/L_j) + 1.271 \quad (10)$$

$$3.0 \leq F_1 \leq 10.0, (x_s/L_j)_{\min} \leq x_s/L_j \leq 1.0, 1.32 \leq S/h_1 \leq 3.49$$

③ 飛散流況 シル前面に作用する全圧力 P_s を支配する水理量間の関係は、式(11)によって示されるものと推論され、次元解析的な考察から、式(12)が得られる。

$$f(P_s, v_1, h_1, S, \rho, g) = 0 \quad (11)$$

$$P_s / \frac{1}{2} \rho v_1^2 h_1 = (P_s / \frac{1}{2} \rho v_1^2 S) (S/h_1) = f(F_1, S/h_1) \quad (12)$$

式(12)の関係で実験値を整理すると(Fig. 11)、 S/h_1 に無関係に良い相関が得られ、実験式(13)が得られた。

$$P_s / \frac{1}{2} \rho v_1^2 S = -0.0667 F_1 + 1.138 \quad (13)$$

$$3.0 \leq F_1 \leq 9.0, 0.58 \leq S/h_1 \leq 1.86$$

(参考文献) 1) 大津岩夫:『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 and Murali: "A CONTRIBUTION TO FORCED HYDRAULIC JUMP" Journal of Hy. Res. 1971. 9, No. 2 3) Narayanan and Shizes: "Force on Sill of Forced Jump" A. S. C. E. Hy. July 1980 4) 坂本弘志, 森谷俊, 有江幹男:『乱流境界内におかれたばい物体周辺の流れに関する研究』(第1報)日本機械学会論文集(第2部) 41巻342号(昭和50, 2)

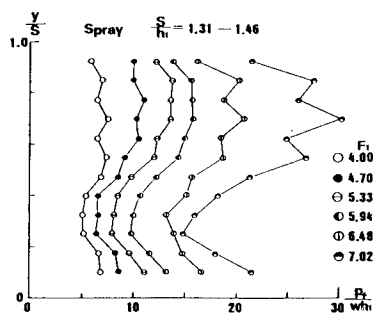


Fig. 8

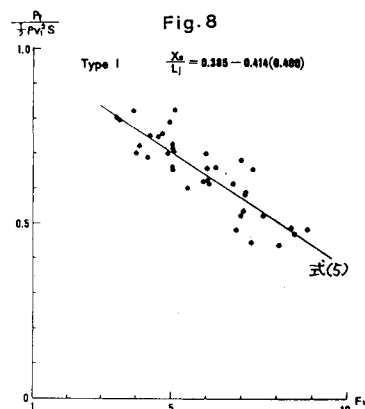


Fig. 9

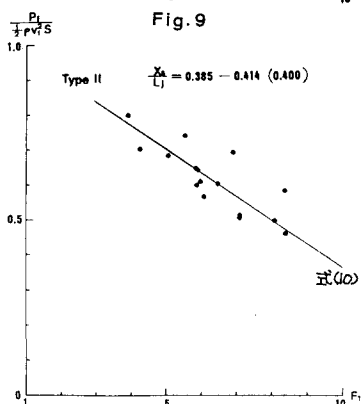


Fig. 10

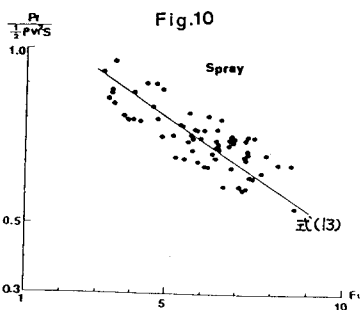


Fig. 11

(記号) h_1 : 跳水始端の水深 h_2 : 自由跳水の場合の h_1 に共役な水深 h_t : 下流水深 x_s : 跳水始端からシル前面までの長さ S : シルの高さ L_j : 自由跳水の場合の跳水長さ (= $5.5 h_2$) F_1 : 跳水始端のフルード数 (= $v_1 / \sqrt{g h_1}$) y : 床面からの高さ v_1 : 跳水始端の流速 ρ : 水の密度 g : 重力加速度