

II-311

強制跳水中の鉛直シルに作用する流体力

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 〇遠藤 慶子

鉛直連続シルを越える流れの流況は Type I jump (図1(a)), Type II jump (図1(b)), および Spray condition (図1(c)) に分類されている¹⁾。各流況に対するシル前・後面に作用する圧力分布とその大きさ、シル前面に作用する全圧力、およびシルに作用する抗力については系統的検討がなされている^{2),3)}。ここでは、さらに広範囲な水路幅 B と射流水深 h_1 (図1) との比 B/h_1 のもとでシル前面に作用する圧力および抗力について検討を加えた。

シル前面に作用する圧力

Type I jump、Type II jump および Spray condition におけるシル前面(中央部)に作用する圧力 p_f について $p_f / (\rho v_1^2 / 2) = f(y/S)$ (v_1 : 射流の平均流速, y : 水路床からの鉛直方向の高さ) の関係で整理した一例を図2に示す。図中○は $4 \leq B/h_1 \leq 13$ ($B = 20 \text{ cm}$) の場合を示し、●は $23 \leq B/h_1 \leq 36$ ($B = 80 \text{ cm}$) の場合を示す。この場合、シルに作用する圧力はシル中央に設けられた圧力取り出し孔から測定されている²⁾。

図2(a), (b) は $x_s/L_j \leq 0.45$ の Type I jump および Type II jump の場合を示す。ここに、 x_s は跳水始端からシル前面までの距離、 L_j は水平水路における自由跳水の長さ ($L_j = 5.5h_2$; $h_2 = h_1(\sqrt{8F_1^2 + 1} - 1)/2$, $F_1 = v_1/\sqrt{gh_1}$) である。図2(a), (b) に示されるように、 $23 \leq B/h_1 \leq 36$ のシル前面(中央部)に作用する圧力は $4 \leq B/h_1 \leq 13$ の場合より小さくなることが確かめられた。すなわち、 $x_s/L_j \leq 0.45$ の場合、 $13 < B/h_1 < 23$ で B/h_1 の影響が示される。これは、 B/h_1 および x_s/L_j が小さくなると、シルに接近する流れが水路中央部に集中し、水路中央部に作用する圧力が大きくなるためである。なお、 $x_s/L_j > 0.45$ の場合、 B/h_1 の影響が小さい。また、Spray condition についても、図2(c) に示されるように、シル前面(中央部)の圧力は B/h_1 によって変化していることが認められる。図3は $4 \leq B/h_1 \leq 13$ での Spray condition におけるシル前面に作用する圧力(水路横断方向の変化を含む)の一例を示す。この図より、水路側壁から水路中央部に近づくほど、圧力は大きくなることが確かめられる。

シル前面に作用する全圧力

Type I jump および Type

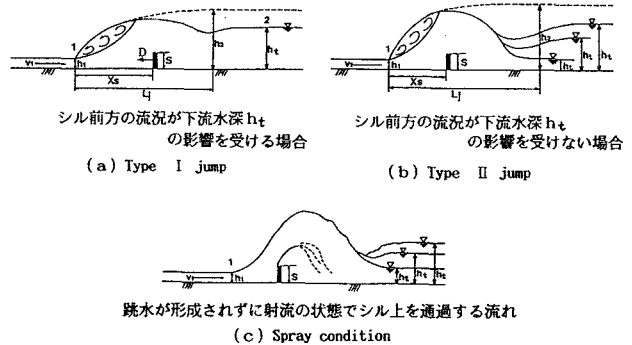
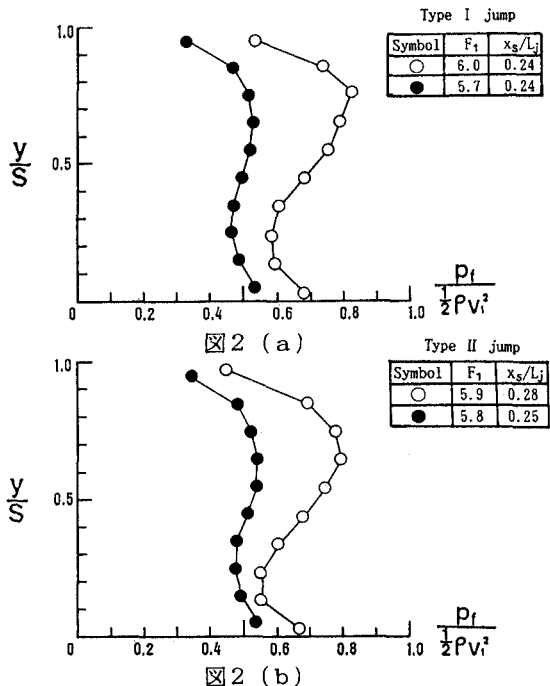


図1



II jumpにおける C_{df} [$C_{df} = P_f / (\rho v_1^2 S/2)$; P_f : 単位幅当りのシル前面(中央部)に作用する全圧力]は $x_s/L_j \leq 0.7 \sim 0.8$, $4 \leq B/h_1 \leq 13$ の範囲において、次式で示される²⁾。

$$C_{df} = -0.575(x_s/L_j) + 0.689 + 4.86/F_1^2 \quad \dots\dots\dots (1)$$

図4に示されるように、 $23 \leq B/h_1 \leq 36$ の場合、 $x_s/L_j \leq 0.45$ の範囲では C_{df} は式(1)から算出された値よりも小さくなっている。

Spray conditionにおける C_{df} は $4 \leq B/h_1 \leq 13$ の範囲において、次式で示される²⁾。

$$C_{df} = -0.575(0.1875F_1 - 0.182)/(F_1 - 2) + 0.689 + 4.86/F_1^2 \quad \dots\dots\dots (2)$$

図5に示されるように、 $23 \leq B/h_1 \leq 36$ の範囲では C_{df} は式(2)から算出された値よりも小さくなっている。

シルに作用する抗力

Type I jumpにおける C_d [$C_d = D / (\rho v_1^2 S/2)$; D : 単位幅当りのシル(中央部)に作用する抗力]は $x_s/L_j \leq 0.7 \sim 0.8$, $4 \leq B/h_1 \leq 13$ の範囲において、次式で示される²⁾。

$$C_d = 0.71 - 0.85(x_s/L_j) \quad \dots\dots\dots (3)$$

$23 \leq B/h_1 \leq 36$ の場合、 $x_s/L_j \leq 0.45$ の範囲では C_d の実験値は式(3)から算出された値よりも小さくなっている(図6)。なお、 $23 \leq B/h_1 \leq 36$ の場合のType I jumpにおける C_d の実験値は運動量方程式(4)より求められた C_d の値と近い値を示す。

$$C_d = \frac{\{1 - (h_t/h_1)^2 + 2F_1^2(1 - (h_t/h_1))\}}{(s/h_1)F_1^2} \quad \dots\dots\dots (4)$$

最後に、ご指導賜った日本大学栗津清蔵教授に謝意を表します。

記号説明

B : 水路幅, C_d : 抗力係数, C_{df} : シル前面に作用する全圧力の無次元量, D : 単位幅当りのシル(中央部)に作用する抗力, $F_1 = v_1 / \sqrt{gh_1}$, h_1 : 射流水深, h_t : 下流水深, L_j : 水平水路における自由跳水の長さ($L_j = 5.5h_2$; $h_2 = h_1(\sqrt{8F_1^2 + 1} - 1)/2$), P_f : 単位幅当りのシル前面(中央部)に作用する全圧力, S : シル高, v_1 : 射流の平均流速, x_s : 跳水始端からシル前面までの距離(図1参照)

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年7月、pp.56~69.
2. Ohtsu, I., Yasuda, Y., and Yamanaka, Y., Drag on vertical sill of forced jump, Journal of Hydraulic Research, IAHR, Vol.29, 1991, No.1, pp.29-47.

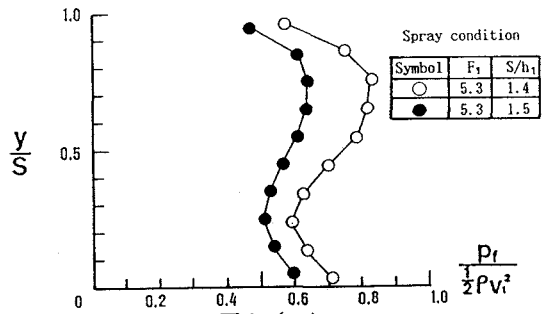


図2(c)

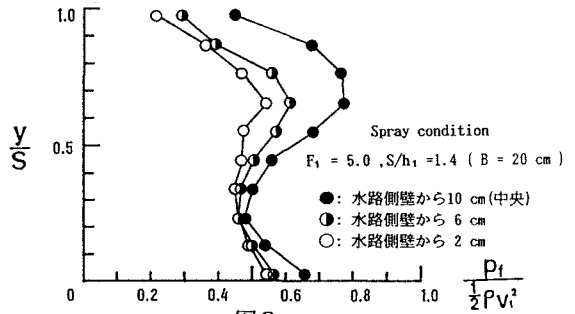


図3

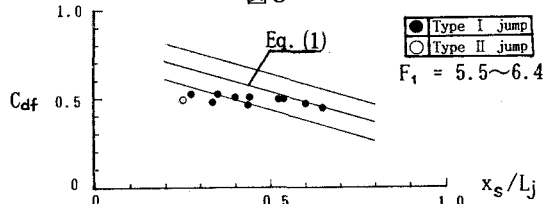


図4

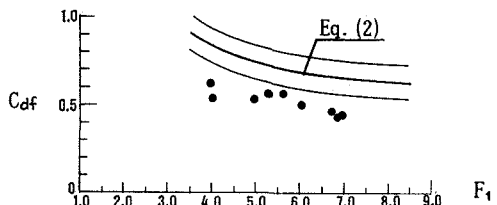


図5

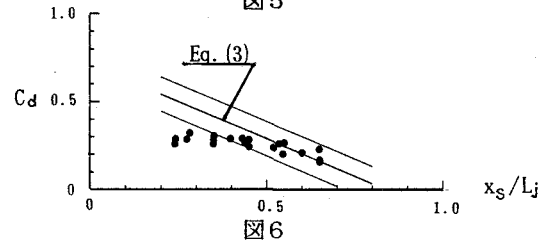


図6