

II-98 台形水路の潜り跳水について

日本大学理工学部 正会員 栗津清蔵
日本大学理工学部 正会員 ○大津岩夫

台形水路の潜り跳水に関する実験的研究は現在までなされておらず、その特性を知る必要がある。この報告は 潜り跳水の 跳水前後の水深の関係、エネルギー損失、跳水の長さ、最大流速の減衰状態について論じたものである。(図-1において、下流水位を h_2 より大きくしていくと (b)の状態となり、さらに下流水位を大きくすると 水面が水平に近づいて(c)の状態になる。ここでいう潜り跳水とは (a)から(c)までの状態($h_2 < h_a \leq h_a'$)を意味している。)

(e)壁面摩擦は無視する、(f) Reynolds 応力は無視する。台形断面の場合、(1)式は次のような無次元運動量方程式となる。

$$\frac{1}{2}(X_3^2 - X_4^2) + \frac{\delta_0}{3}(X_3^3 - X_4^3) = F_0^2 \frac{(1+\delta_0)^2}{1+2\delta_0} \left[\frac{(1-X_4) + \delta_0(1-X_4^2)}{X_4(1+\delta_0 X_4)} \right] \dots (2)$$

但し $\delta_0 = \frac{m h_0}{b}$, $X_3 = \frac{h_3}{h_0}$, $X_4 = \frac{h_4}{h_0}$

$$F_0 = \frac{v_0}{\sqrt{g D_0}} = \sqrt{\frac{(1+2\delta_0)}{(1+\delta_0)^3} \frac{Q^2}{g^2 b^2 h_0^3}}$$

実験 図-2の装置を用い、表-1のような断面形状を用いた。跳水の始点は断面Ⅲで、跳水の終点は 水面における逆流の観察されなくなった点と定義する。(図-3)

潜り跳水の水面形状 台形水路の潜り跳水は 与方向の軸を有する二つの平面渦と又方向の軸を有するローラーとの組合さった複雑な状況を示すものである。(図-2.3) 台形水路の一般の跳水においては 主流が偏向し 跳水が非対称となることがあるが、⁽²⁾潜り跳水にすると ほぼ対称な状態を示した。従って主流の偏向を避け 側壁面が

荒れるのを防ぐには 潜り跳水にするのがよいと思われる。縦断アプロファイルの一例を図-4に示した。

潜り跳水前後の水深について

跳水部を検査面を選び 又方向に運動量方程式を適用する。

$$(A \rho g)_3 - (A \rho g)_4 = \frac{Q^2}{g} \frac{A_0 - A_4}{A_0 A_4} \dots (1)$$

(1)式は次の仮定により導いた。(a)水路は水平で一樣な断面形状、(b)定流、(c)跳水前後で静水圧分布をする。(d) $\beta_0 = \beta_4 = 1$,

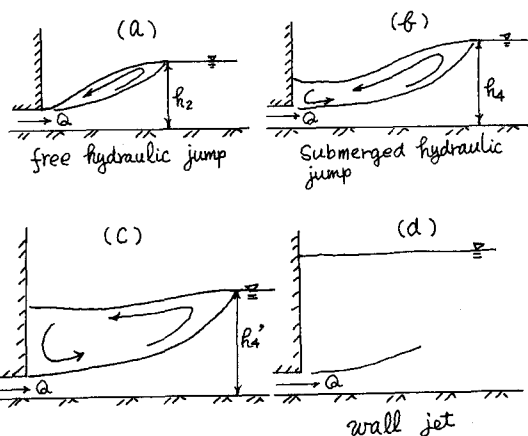


Fig. 1

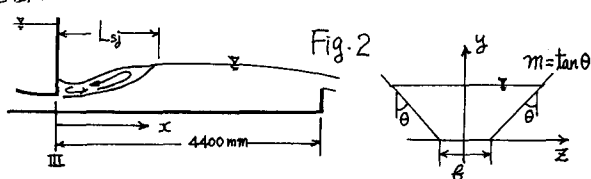


Fig. 2

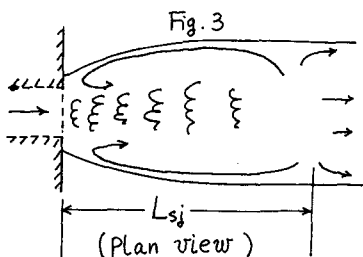


Fig. 3

m	b (cm)	h ₀ (cm)
1	14.40	3.62
1	14.40	2.09
1	7.40	4.91
2	8.00	3.70
2	8.00	2.50

Table. 1

長方形断面の場合、(2)式で $S_0=0$ とおき

$$X_3^3 = 2F_0^2 \frac{1-X_4}{X_4} + X_4^2, F_0 = \sqrt{\frac{Q^2}{g b^2 h_0^3}} \quad (3)$$

三角形断面の場合、(1)式より

$$X_3^3 = \frac{3}{2} F_0^2 \frac{1-X_4^2}{X_4^2} + X_4^3, F_0 = \sqrt{\frac{2Q^2}{m^2 g h_0^5}} \quad (4)$$

(2),(3),(4)式において $X_3=1$

とくと、台形、長方形、
三角形断面水路の free jump
の式に ⁽¹⁾それぞれ一致する。

長方形断面、三角形断面
の理論式(3),(4)を図示すると、
図-5,6のようになる。台形
断面で例えば $S_0=0.625$
のときの理論曲線は 図-7
のように示され、実験値に
より検証すると (ほぼ)一致
している。

また、 $X_3 = \nabla X_4$ ($\nabla \equiv \frac{h_3}{h_4}$)
より、与えられた S_0, F_0 に対して どの程度の X_3 で水面が水平に近ず
くか (∇ が 1 に近づくか) がわかる。(図-8)

替り跳水によるエネルギー損失

相対エネルギー損失 $\frac{H_L}{H_0}$ は $\alpha_0 = \alpha_4 = 1$ とすると

$$\frac{H_L}{H_0} = \frac{H_0 - H_4}{H_0} = \frac{(h_3 + \frac{2F_0^2}{3}) - (h_4 + \frac{2F_0^2}{3})}{h_3 + \frac{2F_0^2}{3}} \quad (5)$$

台形断面の場合は

$$\frac{H_L}{H_0} = \frac{2(X_3 - X_4) + \frac{1+S_0}{1+2S_0} \left[1 - \frac{(1+S_0)^2}{(1+S_0 X_4)^2 X_4^2} \right] F_0^2}{2X_3 + \frac{1+S_0}{1+2S_0} F_0^2} \quad (6)$$

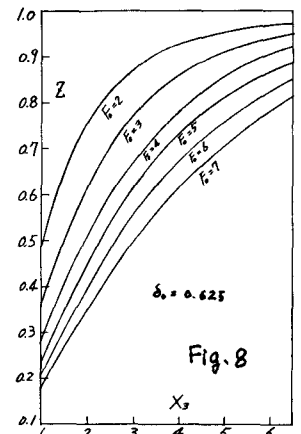
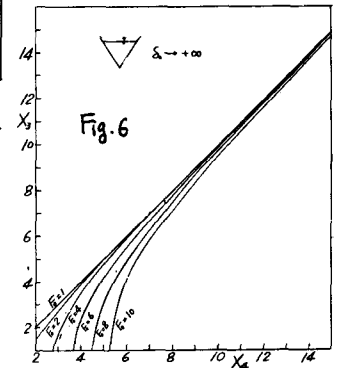
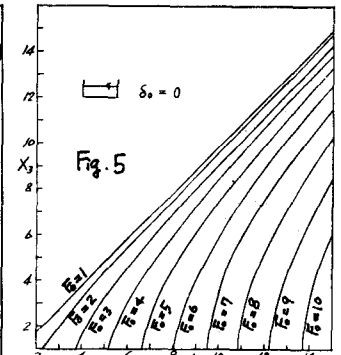
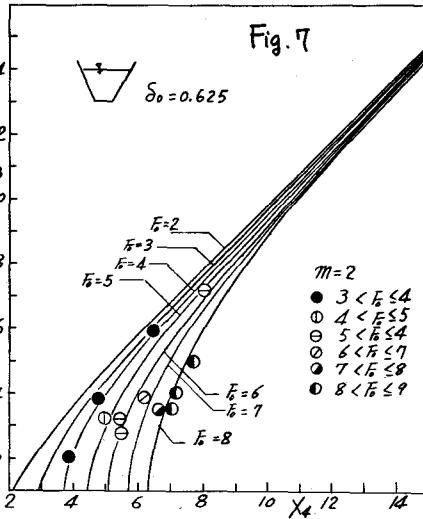
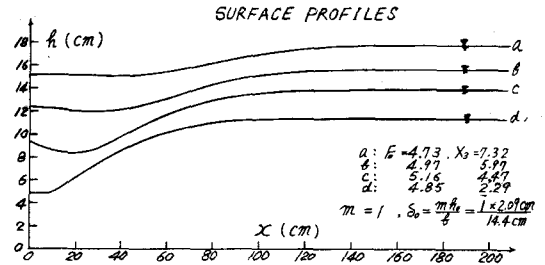
長方形断面のとき、(6)式で $S_0=0$ とおくと

$$\frac{H_L}{H_0} = \frac{2(X_3 - X_4) + (1 - \frac{1}{X_4^2}) F_0^2}{2X_3 + F_0^2} \quad (7)$$

三角形断面のときは (5)式より

$$\frac{H_L}{H_0} = \frac{4(X_3 - X_4) + (1 - \frac{1}{X_4^2}) F_0^2}{4X_3 + F_0^2} \quad (8)$$

(6),(7),(8)式において $X_3=1$ とおくと、台形、長方形、三角形断面の
free jump の式に ⁽¹⁾それぞれ一致する。



長方形断面，三角形断面のときの理論曲線を(3),(7)式，

(4),(8)式より図示すると，図

-9, 10 のようになる。台形断面で例えば $\delta_0 = 0.925$, 0.625 のときの理論曲線は

図11, 12 のようになり 実験値により検証すると，ほぼ一

致していることがわかる。また，およそ $1 < X_3 \leq 5$, $1 < F_0$

< 10 では，長方形，三角形，

台形断面ともに 一般の跳水 (free jump) と同程度，

あるいは それ以上のエネルギー損失を生ずることがわかる。

台形水路の潜り跳水の長さ

一樣な台形断面水平水路の潜り跳水の長さは次のような変数間の関係で示されるであろう。

$$f(L_{sj}, h_0, h_3, h_4, m, \theta, Q, g) = 0 \quad (9)$$

次元解析で得られる多くの独立な無次元量の組合せのうちで 次の表示を考える。

$$f\left(\frac{L_{sj}}{H_L}, X_3, m, \frac{h_0}{\theta}, F_0\right) = 0 \quad (10)$$

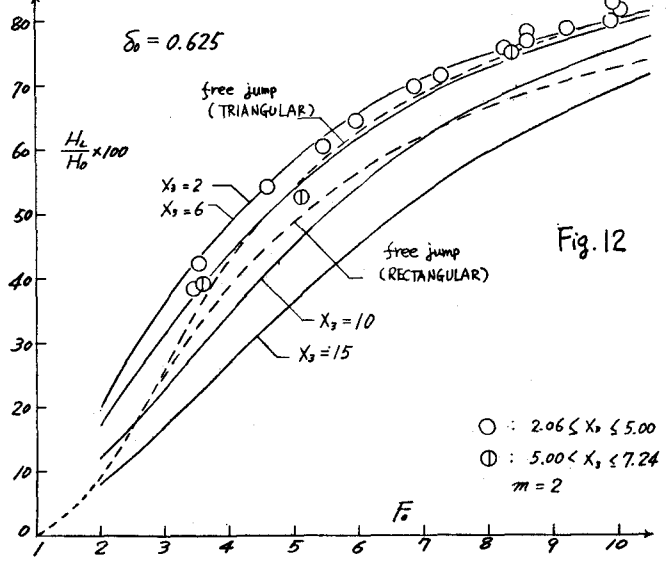
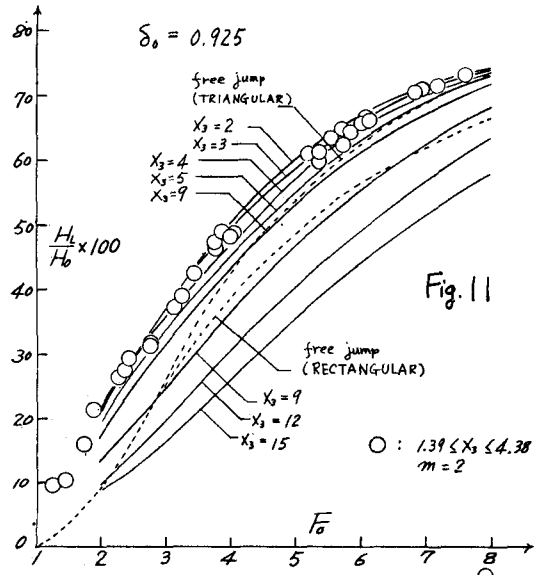
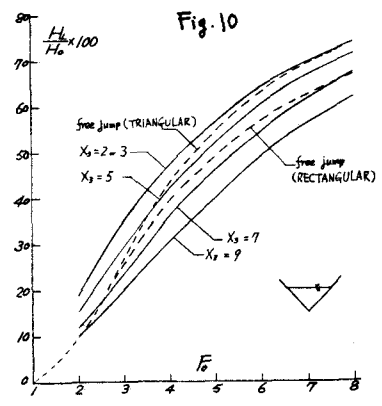
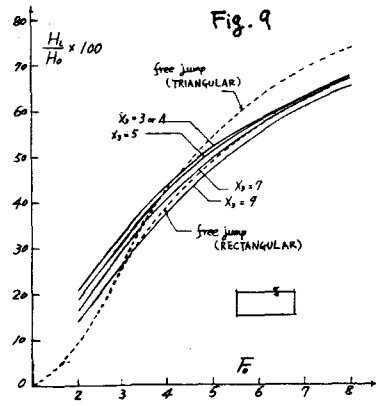
あるいは (6),(10) 式より

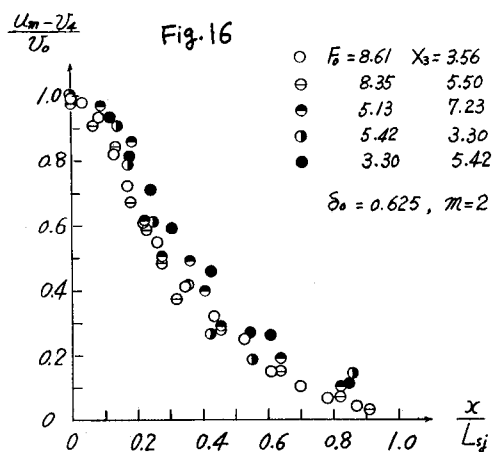
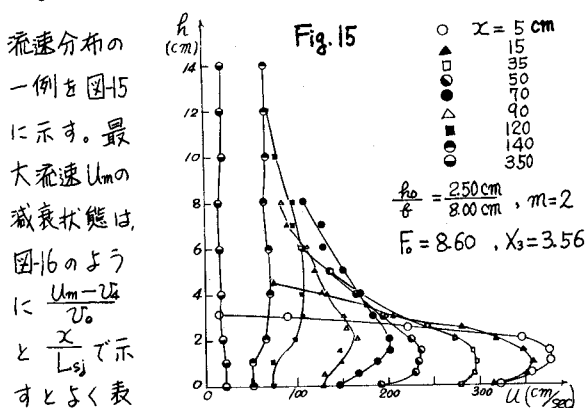
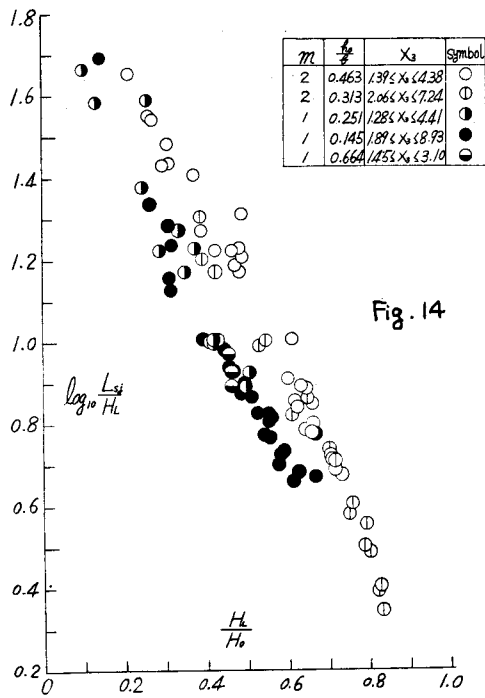
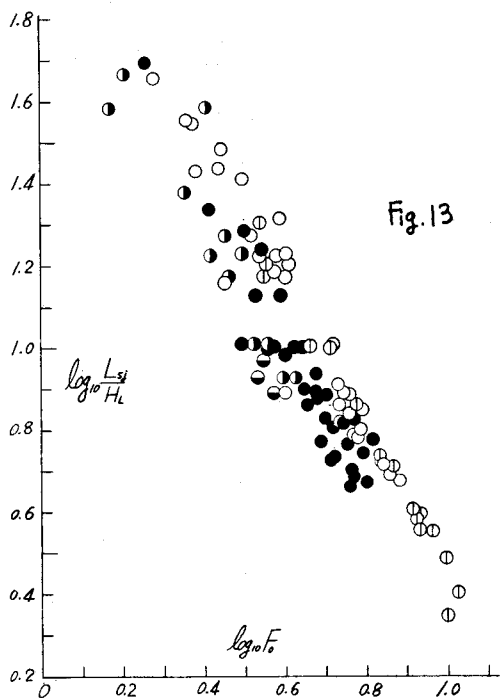
$$f\left(\frac{L_{sj}}{H_L}, X_3, m, \frac{h_0}{\theta}, \frac{H_L}{H_0}\right) = 0 \quad (11)$$

(10),(11) 式より 資料を整理すると 図-13, 14 のようになり 良い相関が得られることがわかった。これらの無次元量の物理的意味については 文献(2)を参照されたい。

最大流速の減衰状態

台形水路の潜り跳水においては，断面の中央部において，又方向の流速が最大であると考えられるので，断面中央部の縦流速分布の測定を行なった。





流速分布の一例を図15に示す。最大流速 U_m の減衰状態は、図16のようにならば、 $\frac{U_m - U_0}{U_0}$ と $\frac{x}{L_{sj}}$ で示すことがわかった。 U_m は L_{sj} 内で、口ラーや平面渦により急速に減衰し、一般の開水路の流れへと漸近している。

(記号) h : 水深, h_0 : 流出口の高さ, A : 流積, A_0 : 流出口の流積, Q : 流量, V : 平均流速, $V_0 = \frac{Q}{A_0}$, $T_0 = b + 2mh_0$, $D_0 = \frac{A_0}{T_0}$, $F_0 = \frac{V_0}{\sqrt{gD_0}}$, h_0 : 水面から円心までの水深, α : 運動エネルギーの補正係数, β : 運動量の補正係数, Suffix 3: 潜り跳水始点における諸量, Suffix 4: 潜り跳水終点における諸量, $X_3 = \frac{h_3}{h_0}$, $X_4 = \frac{h_4}{h_0}$, $S_0 = \frac{mh_0}{b}$, $Z = \frac{h_3}{h_4}$, $H_0 = \frac{V_0^2}{2g} + h_3$, $H_4 = \frac{V_4^2}{2g} + h_4$, $H_L = H_0 - H_4$

(文献) 栗津・大津「台形水路の跳水について」

土木学会 23 回年報 1968

栗津・大津「台形水路の跳水について(2)」

土木学会 25 回年報 1970

