

II-240 傾斜水路の跳水について

日大理工 (E) 粟津清蔵  
 日大理工 (E) 大津岩夫  
 フジタ工業 (E) 武中信之  
 日大理工 (学) ○安田陽一

従来の実験的研究では、跳水が傾斜面上に形成されている場合（A型跳水）の跳水長については水面の観測から定められているため必ずしも明確とはいえない。また、跳水が傾斜面と水平面とにまたがって形成されている場合（B型跳水）の跳水長についての実験的検討はなされていない。ここでは内部の流速減衰状況に基づき、跳水の長さを定め、A, B型跳水の長さの算定式を提案した。また、A, B型跳水の水深間の関係についても検討を加えた。なお、A, B型跳水の形成されるための水理条件についてはすでに検討してある。

**跳水の内部流況** 跳水内部の流況の一例を図-1に示す。図中、一点鎖線は  $u/v_1 = U_{max}/v_1$ 、点線は  $u/v_1 = 0$  を示す。最大流速  $U_{max}$  が十分に減衰し、しかも流下方向に変化しなくなる最初の鉛直断面を跳水終端断面とし、跳水始端から終端断面までの水路底に沿った長さを  $l_0$  とする。また跳水始端から水路傾斜面と水平面との接合部までの水路底に沿った長さを  $l_1$  とする。 $l_1/l_0 \leq 0.6 \sim 0.7$  の場合（図-1(a)）、Jet は水路接合部の影響を大きく受ける。また  $\theta \leq 22^\circ$  で  $l_1/l_0 \geq 0.6 \sim 0.7$  の場合（図-1(b)）、Jet は水路接合部に達するまでに拡散し、内部流況はA型跳水の場合（図-1(c)）に近づく。

**跳水領域の大きさ**

①  $l_0$  の一般的表示 A型跳水の場合、図-2(a)に示すように式(1)で示される。

$$\log_{10}(l_0/H_1) = -1.71 H_1/H_2 + 1.58 - 0.88 \tan \theta \quad 0^\circ \leq \theta \leq 22^\circ \quad F_1 \geq 4.0 \quad (1)$$

$l_1/l_0 \leq 0.6 \sim 0.7$  のB型跳水の場合、図-2(b)に示すように式(2)で示される。

$$\log_{10}(l_0/H_1) = -1.71 H_1/H_2 + 1.58 \quad 0^\circ \leq \theta \leq 55^\circ \quad F_1 \geq 4.0 \quad (2)$$

なお、式(2)は水平水路の自由跳水、潜り跳水の場合と同一の表示<sup>2)</sup>である。

$l_1/l_0 \geq 0.6 \sim 0.7$  のB型跳水の場合、 $l_0$  はA型跳水の場合に近づく。

② -1 A型跳水の長さの簡易式 次元解析的考察から、A型跳水の長さ

は次式で示されるものと推論される。  $f(L/H_2, F_{r1}, \theta) = 0$  (3)

この関係に従って資料を整理すると、図-3のように大略は式(4)、あるいは(5)で示される。

$$L/H_2 = 6.15 \tan \theta + 5.5 \quad (4) \quad l_0/H_2 = (6.15 \tan \theta + 5.5) / \cos \theta \quad (5)$$

② -2 B型跳水の長さの簡易式 B型跳水の  $l_0$  は次元解析的考察から、次式によつて示されるものと推論される。

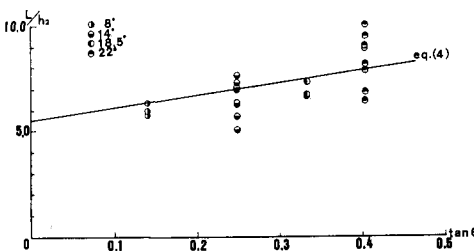


図-3 跳水の長さの簡易式 (A型跳水)

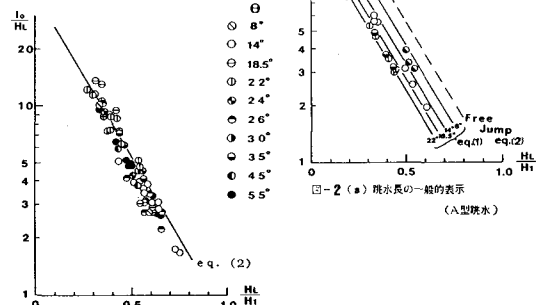


図-2 (b) 跳水の一般表示

(1. / 1 ≤ 0.6 ~ 0.7 のB型跳水)

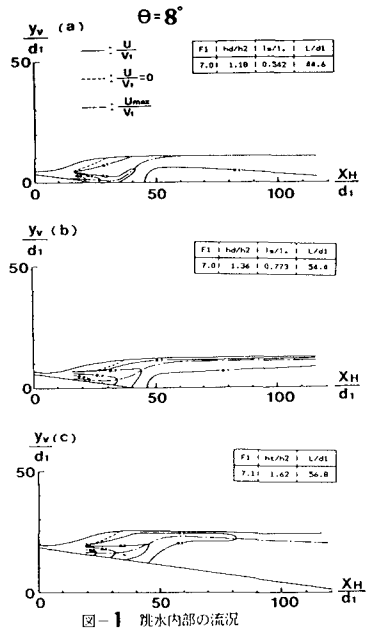


図-1 跳水内部の流況

$$f(l_0/h_2, F_{r1}, \theta, h_1/h_2) = 0 \quad (6)$$

この関係が整理すると図-4,5のように示され、式(7)が得られる。  
 $l_0/h_2 = 4.0(A_1/h_2 - 1) + 5.5 \quad l_0/h_2 \leq 0.6 \sim 0.7 \quad 8^\circ \leq \theta \leq 55^\circ \quad F_r \geq 4.0 \quad (7)$

$\theta \leq 22^\circ$ で  $l_0/h_2 \geq 0.6 \sim 0.7$  の場合、 $l_0$  は式(8)で示される。 $h_1/h_2$  が  $h_1/h_2$  に近づくにつれて、 $l_0$  の値はA型跳水の場合に近づく。

$$l_0/h_2 = -17.6(\tan\theta)^{0.93}(A_1/h_2 - 1) + 81(\tan\theta)^{2.23} + 5.5 \quad 0^\circ \leq \theta \leq 22^\circ \quad F_r \geq 4.0 \quad (8)$$

水深間の関係

A型跳水の場合 跳水部(図-8)をコントロール・ボリュームに選び、運動量方程式を適用し、無次元化すると次式が得られる。

$$(A_1/g_1)^2 - [k'(h_1/g_1)\cos\theta + A_1/g_1]\tan\theta + 2F_r^2 + 1 + \tan^2\theta(A_1/g_1) + 2F_r^2\cos\theta = 0 \quad (9)$$

式(9)に式(4)、および  $k = 1$  (跳水部の水面を直線と仮定)を代入して  $f(h_1/g_1, F_r, \theta) = 0$  の関係を求め、一例を図-6に示す。図から式(9)によって計算しても、先に提案した実験式(10)を用いてもよいことを示される。

$$h_1/g_1 = (F_r - 1) \left\{ 10^{0.43(\tan\theta + 0.114)} \right\} + 1 \quad 0^\circ \leq \theta \leq 22^\circ \quad F_r \geq 4.0 \quad (10)$$

B型跳水の場合 跳水部(図-8)をコントロール・ボリュームに選び、運動量方程式を適用して、無次元化すると次式のようなになる。

$$(A_1/g_1)^2 - [k'(h_1/g_1)(\cos\theta + A_1/g_1)\tan\theta + 2F_r^2 + 1 + \tan^2\theta](A_1/g_1) + 2F_r^2\cos\theta = 0 \quad (11)$$

$k = 1$  (跳水部の水面は直線である)と仮定し、式(11)に式(7)、(8)を代入して  $f(h_1/g_1, l/h_1, F_r, \theta) = 0$  の関係を求め、一例を図-7に示す。図から式(11)によって計算しても、先に提案した実験式(12)を用いてもよいことを示される。

$$l/h_2 = 1.58 / (\tan\theta)^{0.93} \left( \frac{h_1 - h_2}{h_2} \right)^{10.09} \quad 8^\circ \leq \theta \leq 55^\circ \quad F_r \geq 4.0 \quad (12)$$

従来の算定式

水理公式集には  $\theta \leq 14.7^\circ$  の場合について、 $L, l$  の算定式が提案されている。しかしながら、これは跳水の水面勾配Sに基づき資料を解析したもので、検討の余地がある。また、 $L \text{ Type A} = L \text{ Type B}$ ,  $S \text{ Type A} = S \text{ Type B}$  としているが、実際には  $L \text{ Type A} \neq L \text{ Type B}$ ,  $S \text{ Type A} \neq S \text{ Type B}$  である。

ここで提案した式(5)、(7)、(8)、(10)、(12)を用いれば、A型跳水の場合  $\theta \leq 22^\circ$  (跳水の形成限界は  $\theta = 22^\circ$ )、B型跳水の場合  $8^\circ \leq \theta \leq 60^\circ$  における  $l, l_0$  (あるいは  $L$ )、水深間の関係が容易に算定される。

注) x方向の運動量方程式連続の式から次式が得られる。

$$P_1 - P_2 \cos\theta + W \sin\theta = \rho g (V_2 \cos\theta - V_1)$$

ここで  $P_1$  はI断面、 $P_2$  はII断面に作用する圧力であり、 $P = (\omega d^2 \cos\theta) / 2$ 、

$P_2 = \omega A_2^2 / 2$  とする。また、 $W$  は跳水内部(I~II断面間)の水の重さであり、跳水の水面形を直線と仮定し、実際の水面形との相違を係数にて補正すると、 $W = \omega A_1$ 、

$A_1 = k(d_1^2 \cos\theta + A_2) / 2 + (d_1 \tan\theta) / 2$  と示される。これより式(9)が求まる。

(参考文献)

- 1) 栗津大津武; 土木学会 第40回年次学術講演会 1985; 大津三浦第30回年次学術講演会 1976, 2
- 2) 栗津大津武; 土木学会論文集, 1976, 2
- 3) 栗津大津武; 土木学会 第35回年次学術講演会 1980
- 4) 水理公式集, 昭和60年版版 P.313
- 5) 藤本; 土木技術資料, 1979, 21-10
- 6) U.S.B.R.; Hydraulic Design of Stilling Basins and Energy Dissipators, 1963

(記号); 図-8参照

$\theta$ : 水路傾斜角

$B = Q/B$  ( $B$ : 水路幅)

$H_L$ : 跳水による損失水頭

$H_1$ : 跳水終端断面の水路底互水平基準面と

したときの跳水始端断面の全水頭

$$F_r = v_1 / \sqrt{g d_1 \cos\theta}$$

$$F_{r1} = v_1 / \sqrt{g d_1}$$

$$v_2 = Q / B h_2$$

$$A_2/g_1 = \frac{\sqrt{8 F_{r1}^2 + 1}}{2}$$

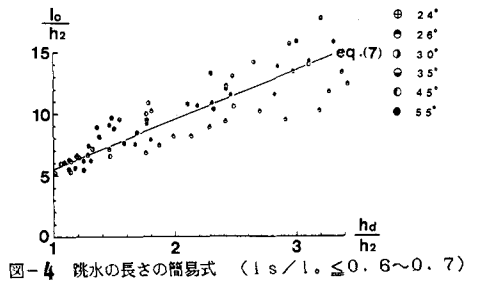


図-4 跳水の長さの簡易式 ( $1 \leq h_1/h_2 \leq 0.6 \sim 0.7$ )

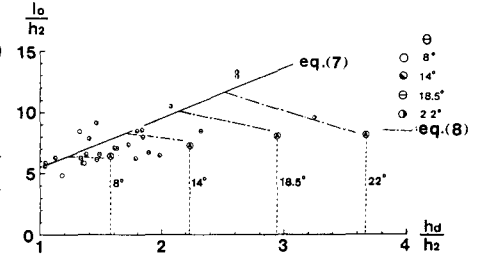


図-5 跳水の長さの簡易式

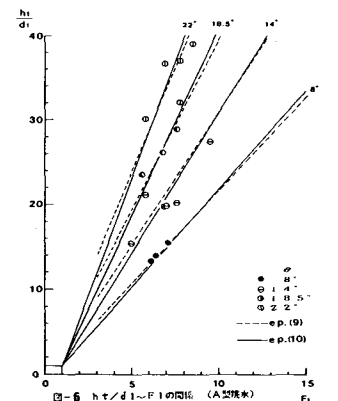


図-6  $h_1/g_1$  vs  $F_r$  の関係 (A型跳水)

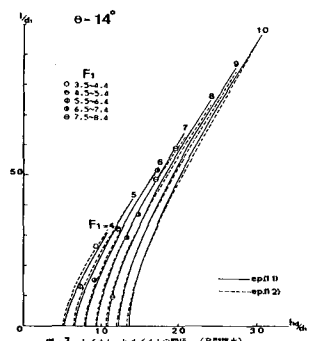


図-7  $l/h_2$  vs  $h_1/h_2$  の関係 (B型跳水)

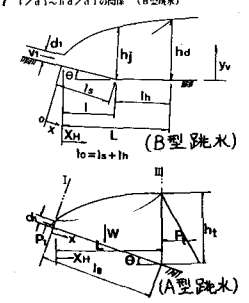


図-8