

II-309

傾斜水路の跳水

日大 理工 正員 大津 岩夫
 日大 理工 正員 安田 陽一
 日大 理工 正員 栗津 清蔵

最近、D-jump(跳水が傾斜面上で形成される場合[Fig.1])およびB-jump(跳水が傾斜面と水平面とにまたがって形成される場合[Fig.2])の形成条件、跳水特性について系統的検討がなされている^{1),2)}。ここでは、広範囲な水路傾斜角、射流のフルード数、および下流水深のもとで跳水の長さ、跳水上・下流端の水深間の関係を表示する実用式を提案した。

流況 傾斜水路における射流から常流へ遷移する流れの流況は流速減衰状況に基づきTable 1 のように分類される¹⁾。

跳水の長さ

D-jumpの長さ L_j/h_2 (Fig.1) [$h_2 = d_1 (\sqrt{8 F_1^2 \cos \theta + 1} - 1)/2$, $F_1 = v_1 / \sqrt{g d_1 \cos \theta}$] は $0^\circ < \theta \leq 19^\circ$, $4 \leq F_1 \leq 14$ の範囲でTable 2 の(a) 式で示される(Fig.3)。

B-jumpの長さ L_j/h_2 (Fig.2) は $0^\circ < \theta \leq 19^\circ$ の場合、D-jumpと同一な式(Table 2 (a))で近似される(Table 2 (b))。また、 $19^\circ < \theta \leq 60^\circ$ の場合、Table 2 の(c) 式で示される(Fig.4)。

跳水上・下流端の水深間の関係

D-jumpの場合、Fig.1 に示す跳水部をコントロール・ボリュームに選び、水路傾斜方向に運動量方程式を適用するとTable 2 の(d) 式が得られる。ここに、 h_t はD-jumpの終端水深、 k は跳水部の水面形を直線と仮定したときの水の重量と実際の重量との違いを補正する係数(Table 2(d)参照)である。

Table 2 の(a, d)式よりD-jumpの跳水上・下流端の水深間の関係 $h_t/d_1 = f(F_1, \theta)$ が得られる(Fig.5; 実線)。またこの関係は、Table 2 の(f) 式によって近似される(Fig.5; 破線)。

B-jumpの場合、Fig.2 に示す跳水部をコントロール・ボリュームに選び、水路傾斜方向に運動量方程式を適用するとTable 2 の(e) 式が得られる²⁾。ここに、 h_d はB-jumpの終端水深、 ℓ はB-jumpの傾斜面上での水平長さ、 h_j は跳水部の水面形を直線と仮定したときの水路接合部での水深、 k' はB-jumpの水面形を直線と仮定したときの水の重量と実際の重量との違いを補正する係数、 r はB-jumpにおける水路水平部の水路床に作用する実際の圧力と静水圧との比である

Table 1

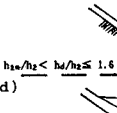
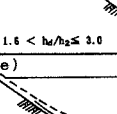
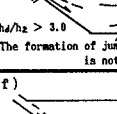
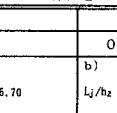
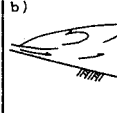
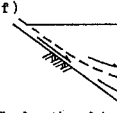
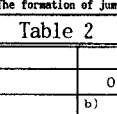
	$0^\circ < \theta \leq 19^\circ$	$23^\circ \leq \theta \leq 60^\circ$
Sloping channel with a horizontal channel portion	a)  B-jump $h_{2a}/h_2 (\approx 1) < h_d/h_2 < h_t/h_2$	c)  B-jump (Type B-1) $h_{2a}/h_2 < h_d/h_2 \leq 1.6$ d)  B-jump (Type B-2) $1.6 < h_d/h_2 \leq 3.0$ e)  The formation of jump is not recognized $h_d/h_2 > 3.0$ f)  The formation of jump is not recognized $\theta > 40^\circ$ g)  classical wall jet
Sloping channel	b)  D-jump	f)  The formation of jump is not recognized $\theta > 40^\circ$ g)  classical wall jet

Table 2

Types of jump	D-jump	B-jump
θ	$0^\circ < \theta \leq 19^\circ$	$0^\circ < \theta \leq 19^\circ$ $19^\circ < \theta \leq 60^\circ$
Length of jump	a) $L_j/h_2 = 5.75 \tan \theta + 5.70$ $4 \leq F_1 \leq 14$	b) $L_j/h_2 = 5.75 \tan \theta + 5.70$ $4 \leq F_1 \leq 14$ c) $L_j/h_2 = 4.6 (h_d/h_2 - 1) + 5.7$ $4 \leq F_1 \leq 14$
Momentum equation	d) $\left(\frac{h_2}{d_1} \right)^3 - \left[k \left(\frac{h_2}{d_1} \right) \left(\frac{1}{\cos \theta} + \frac{h_2}{d_1} \right) \tan \theta + \tan^2 \theta + 2 F_1^2 + 1 \right] \left(\frac{h_2}{d_1} \right) + 2 F_1^2 \cos \theta = 0$ where $k = 1 + 10^{-(2.6 \tan \theta + 0.74)}$	e) $\left(\frac{h_2}{d_1} \right)^3 - \left[k' \left(\frac{h_2}{d_1} \right) \left(\frac{1}{\cos \theta} + \frac{h_2}{d_1} \right) \tan \theta + 2 F_1^2 + 1 + \tan^2 \theta + k' (1 - r) \left(\frac{h_2}{d_1} + \frac{h_d}{d_1} \right) \left(\frac{h_2}{d_1} - \frac{h_d}{d_1} \right) \tan \theta \right] \left(\frac{h_2}{d_1} \right) + 2 F_1^2 \cos \theta = 0$ where $\frac{h_d}{d_1} = \left(\frac{1}{\cos \theta} + \frac{h_2}{d_1} \right) \tan \theta + \left(\frac{h_2}{d_1} - \frac{h_d}{d_1} \right) \tan \theta - \frac{1}{\cos \theta} \left(\frac{h_2}{d_1} \right)$ $r = 1 + 10^{-(0.64 - \frac{2.6 \tan \theta}{1 + \tan \theta} - 0.1)}$ $k' = 1 + 10^{-(2.6 \tan \theta + 0.74)}$
Sequent depths	f) $h_t/d_1 = (0.077 \theta^{1.27} + 1.41) (F_1 - 1) + 1$ (θ in degree) $4 \leq F_1 \leq 14$	g) $\ell/h_2 = (2.3/(\tan \theta)^{0.73} - 0.8) (h_d/h_2 - 1)^{0.75}$ $6 \leq F_1 \leq 14, 1.1 \leq h_d/h_2 \leq 3.0$

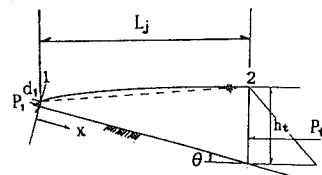


Fig.1

(Table 2(e) 参照)。

$\theta \leq 19^\circ$ の場合はTable 2 の (b, e) 式から、
 $19^\circ < \theta \leq 60^\circ$ の場合はTable 2 の (c, e) 式
 から、B-jumpの跳水上・下流端の水深間の関係 ℓ/h_2
 $= f(h_d/h_2, \theta, F_1)$ が得られる (Fig. 6 ; 実線)。
 また、この関係はTable 2 の (g) 式によって近似さ
 れる (Fig. 6 ; 破線)。

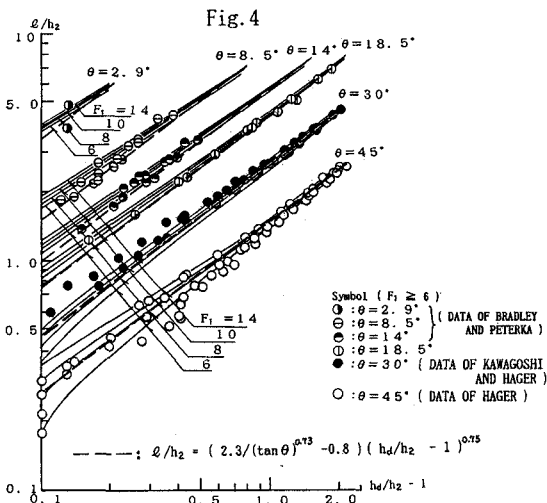
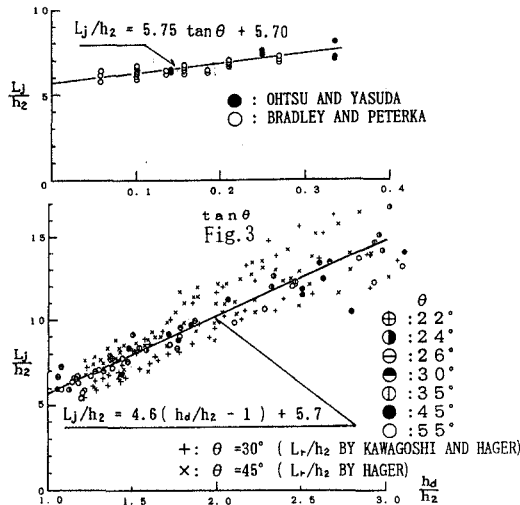


Fig. 6

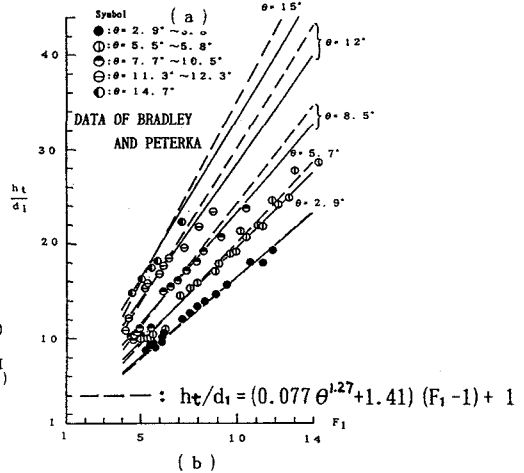
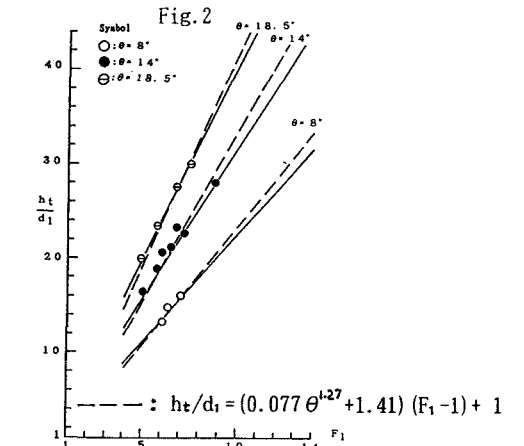
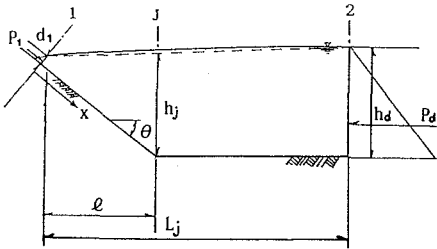


Fig. 5

参考文献

1. Ohtsu, I. and Yasuda, Y. (1991). "Hydraulic jump in sloping channels." Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, 117 (to be published).
2. Ohtsu, I. and Yasuda, Y. (1990). Discussion of "B-jump in sloping channel", by W. H. Hager, Journal of Hydraulic Research, IAHR, 28 (1), 105-119.
3. Bradley, J. N. and Peterka, A. J. (1957). "Hydraulic design of stilling basins: stilling basin with sloping apron (Basin V)." J. Hydr. Div., ASCE, 83(5), 1-32 (1405).
4. Hager, W. H. (1988). "B-jump in sloping channel." J. Hydr. Res., IAHR, 26(5), 539-558.
5. Kawagoshi, N. and Hager, W. H. (1990). "B-jump in sloping channel, II." J. Hydr. Res., IAHR, 28(4), 461-480.