

II-1 バケット型水叩に対する検討

日大理工 正 大津 岩夫
東京電力 正 井上 直洋
日大大学院 学 〇三 浦 裕

下流水位流量曲線が跳水曲線より大きい場合のエネルギー減勢に、水中バケットによる跳水、傾斜水路による跳水等が利用されている。バケット型水叩による跳水は、下流水深 h_1/d_1 が自由跳水の共役水深 h_2/d_1 付近において飛散状態(spray 図1-(a))となる欠点を有す。また、巻込状態⁽¹⁾(図1-(b))において、底部ローラーが形成される。これにより、バケット内に河床砂レキが流入し、バケットのコンクリート面が破壊された例が報告されている⁽²⁾。このような河床砂レキの流入を防ぐためには、跳水領域の大きさを明確にし、河床を保護する必要がある。

この報告では、水中バケットによる跳水について従来の資料に基づき、跳水形成条件、跳水領域の大きさ、跳水によるエネルギー損失について検討を加えた。さらに、傾斜水路のB型跳水⁽³⁾(跳水が水路傾斜部と水平部にまたがって形成される場合(図-2))について実験を行ない、水中バケットによる跳水と比較した。

(1) 跳水の長さ 最大流速 u_m の測定値⁽³⁾を $u_m/v_1 = f(x/d_1)$ の関係で整理すると図3となる。跳水終端断面を、 u_m が流下方向にほとんど変化しなくなる最初の鉛直断面と定義し、図中矢印で示す。

跳水の長さ L の実験値を式(1)の関係で整理すると図4となる。実験値は傾斜水路のB型跳水の長さ⁽⁴⁾を示す式(2)をほぼ満足している。

$$f(L/H_L, H_L/H_1, \text{shape}) = 0 \quad (1)$$

ここで、shape は、水路の幾何学的形状や特性を示す無次元量

$$\log\left(\frac{L}{H_L}\right) = -1.71\left(\frac{H_L}{H_1}\right) + 1.58 - 0.93\left(\frac{L}{L}\right)\tan\theta \quad 0^\circ \leq \theta \leq 55^\circ \quad (2)$$

式(2)において $\theta = 0$ あるいは $L/L = 0$ のとき、水平水路の自由跳水および潜り跳水を示す大津の式⁽¹⁾と一致する。

(2) 跳水の形成領域 バケット型水叩による跳水の形成領域を図5に示す。図5において、斜線で示す領域が飛散限界を示し、点で示す領域が最適巻込状態の領域を示す。また、一点鎖線は巻込状態の上限水深を示す。飛散限界領域に相当する領域($Fr_1, h_1/d_1$)では、傾斜水路のB型跳水をエネルギー減勢に利用する方が飛散に對して安全である。図6は、B型跳水の水深間の関係式(3)を示し、 $0 \leq L/h_2 \leq 0.66$ の範囲は、 $1.0 \leq h_1/h_2 \leq 1.5$ に對応し、実験値は式(3)を示す。この範囲では流速は十分減衰していることが確かめられる。(図-6)

$$\frac{h_1}{d_1} = \frac{h_2}{d_1} \left[\left(\frac{L}{h_2} \right) / \left\{ \left(\frac{1.58}{(\tan\theta)^{1.10}} \right) \right\}^{0.69} \right] + \frac{h_2}{d_1} \quad (3)$$

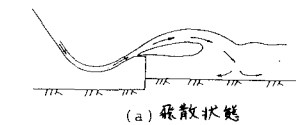
ただし、 $26^\circ \leq \theta \leq 55^\circ$, $h_2/d_1 = (\sqrt{8Fr_1^2 + 1} - 1)/2$, $Fr_1 = V_1/\sqrt{gd_1}$

(3) 跳水によるエネルギー損失 跳水によるエネルギー損失を $H_L/H_1 = f(Fr_1, \theta, h_1/h_2)$ の関係で整理し、式(4)より求めた同一の水路傾斜角を有する、傾斜水路のB型跳水のエネルギー損失の計算結果と比較すると、図8となる。バケット型水叩による跳水の相対エネルギー損失は、B型跳水による相対エネルギー損失(実験)より幾分大きめとなる。

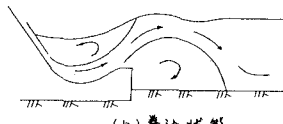
$$\frac{H_L}{H_1} = 1 - \frac{\frac{Fr_1^2}{\cos\theta} \left(\frac{h_1}{d_1} \right)^2 + 2 \left(\frac{h_1}{d_1} \right) / \cos\theta}{\frac{Fr_1^2}{\cos\theta} + 2 + 2 \left(\frac{L}{d_1} \right) \tan\theta / \cos\theta + 2 \tan^2\theta} \quad 0^\circ \leq \theta \leq 55^\circ \quad (4)$$

最後に、本研究を行なうにあたって、ご指導頂いている栗津清蔵教授に感謝申し上げます。

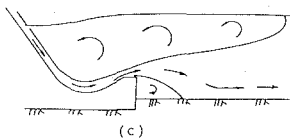
注) 文献3)、4)の実験における傾斜角 θ は、それぞれ、 $\theta = 51^\circ \sim 52^\circ$, 55° である。



(a) 飛散状態



(b) 巻込状態



(c)

図-1

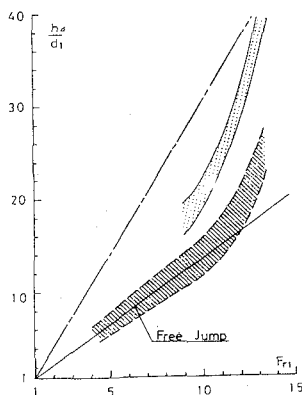


図-5

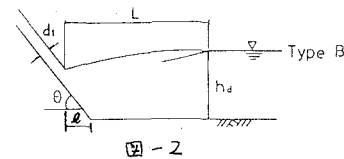


図-2

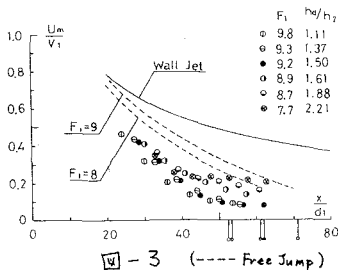


図-3 (---- Free Jump)

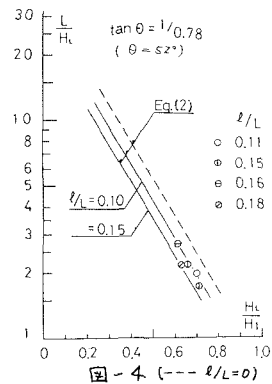


図-4 (---- L/L=0)

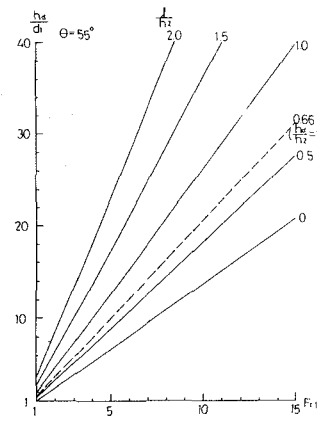


図-6

(文獻)

- 1) 村、伊集院; "バケット型水叩の水利機能に関する実験的考察" 工研報告, 978号の3, 1963
- 2) Engineering News-Record; "Spillway Erosion at Grand Coulee Dam", July 13, 1944
- 3) 岡田; "佐久間ダム洪水吐に関する水利実験(第3編) 電研報告, 1955
- 4) U.S.B.R; "Hydraulic Design of Stilling Basins and Energy Dissipators", 1963
- 5) 栗津大津井上; "傾斜水路の跳水について(2)", 第35回土木学会年報, 229, 1980
- 6) 大津; "傾斜水路における跳水長の統一表示", 第35回土木学会年報, 227, 1980
- 7) 大津; "台形および長方形断面水路の自由跳水と壁面跳水", 土木学会論文集, 1976, 2月

(記号)

d_1 : 跳水始端における水路底に直角方向の射流水深,
 h_d : 跳水終端水深, L : 跳水の長さ, Q : 流量, B : 水路幅,
 $v_1 = Q/Bd_1$, α : 水路底にそった座標軸, u_m : α 方向の流速の最大値,
 g : 重力加速度, θ : 水路底傾斜角(図2.9参照), $h_2 = d_1(18F_1^2 + 1)^{1/2}$
 H_1 : 跳水終端断面の水路底を水平基準面としたときの跳水始端断面の全水深
 H : 跳水による損失水頭, その他図2.9参照

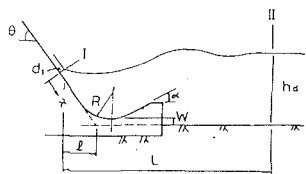


図-9