

II-159 円形断面水路の跳水について(3)

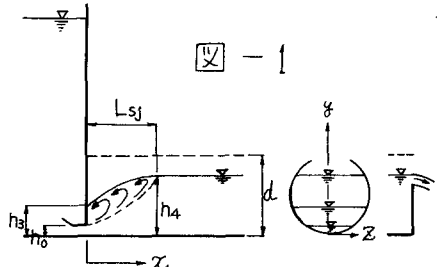
東京都建設局 正員 藤原敬治
 日本大学理工学部 正員 栗津清蔵
 日本大学理工学部 正員 近藤 勉

1. まえがき

前報¹⁾に引き続き、本報では円形断面水路の跳水のうち、水平円形断面水路で跳水後の流況が自由水面をもつ潜り跳水について考えてみる。従来、この種の研究はなされておらず、また種々の断面形状の潜り跳水のなかで円形断面の場合、どのような特性を示すのかを調べることは潜り跳水全体の現象の把握という点からも意義があるものとする。本報では図-1に示すような実験装置による実験資料に基づいて、まず流況についてその特性を論じ、潜り跳水上下流端の水深及びエネルギー損失に関する理論式の実験値による検証、ならびに潜り跳水の長さについての実験式の提案を行ったことを主な内容としている。

2. 潜り跳水の流況

一般に潜り跳水の流況は自由跳水のときよりも安定であり、自由跳水のような顕著な偏向も見られず、その平面形状は多くの場合はほぼ対称形を示す。しかも、この偏向は h_0/d が大きいほど(もぐるほど)顕著で、 $h_0/d = h_0/d$ の時などに見られる複雑な乱れを含んだ不安定な流れから、 h_0/d の増加とともに除々に安定した流れへと移り変わって行くものと考えられる。次に跳水全体の鉛直方向の乱れについて着目すれば、 F_0 が大きいほど、あるいは h_0/d が小さいほど大きくなる傾向にある。また跳水終端における鉛直方向の乱れ、及び跳水全体の水路方向の振動などは自由跳水に比べると非常に小さく、か? 逆流領域も明確である。



3. 潜り跳水上下流端の水深

図-1において、潜り跳水部をコントロール・ボリュームに選り、①水路は水平で一様な断面形状である、②定流、③跳水前後で静水圧分布する、④運動量係数 $\beta_1 = \beta_2 = 1$ 、⑤壁面抵抗を無視する、の仮定のもとに x 方向の運動量方程式、連続の式より(1)式が得られる。

$$A_3 \cdot \bar{z}_3 + \frac{Q^2}{gA_0} = A_4 \cdot \bar{z}_4 + \frac{Q^2}{gA_4} \quad \text{----- (1)}$$

ここに、 $A = (\alpha - \sin \alpha \cdot \cos \alpha) \frac{d^2}{4} = Md^2$

$$\bar{z} = \left(\frac{2}{3} \cdot \frac{\sin^3 \alpha}{\alpha - \sin \alpha \cdot \cos \alpha} - \cos \alpha \right) \frac{d}{2} = Kd$$

$$\alpha = \cos^{-1} (1 - 2 \cdot h/d)$$

添字3; 潜り跳水始端の断面における諸量、添字4; 潜り跳水終端の断面における諸量を示す。したがって(1)式は(2)式のように無次元表示できる。

$$F_0 = \sqrt{M_3^2 \cdot K_3 \cdot \frac{M_4/M_3 (M_4/M_3 \cdot K_4/K_3 - 1)}{(M_4/M_0 - 1)} \cdot \frac{\sin \alpha_0}{M_0^3}} = f\left(\frac{h_4}{h_3}; \frac{h_0}{d}; \frac{h_3}{d}\right) \quad \text{----- (2)}$$

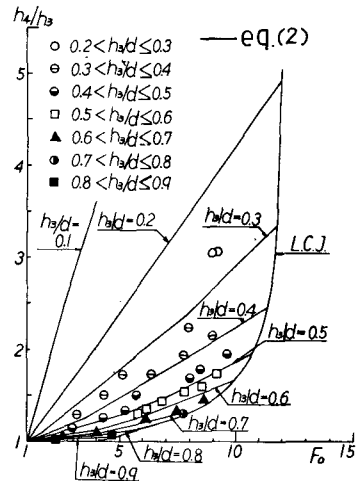


図-2

(2) 式を実験値によって検証したところ、例えば $h_0/d = 0.100$ の場合、図一三のように示され、これより理論値とほぼ一致することが確認されるとともに、 h_0/d が他の場合においてもほぼ一致することが確認された。

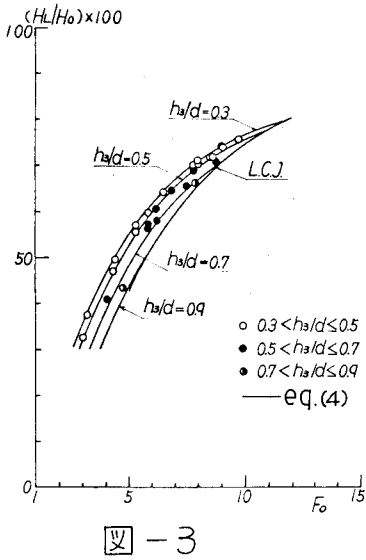
4. 潜り跳水のエネルギー損失

潜り跳水の相対エネルギー損失は次のように示される。

$$\frac{H_L}{H_0} = \frac{(H_0 - H_4)}{H_0} \text{ ----- (3)}$$

ここに、 $H_0 = \frac{v_0^2}{2g} + h_3$, H_L は潜り跳水によるエネルギー損失である。ただし、①潜り跳水始端、終端断面において静水圧分布する、② α_0 (流出口におけるエネルギー係数) $= \alpha_4 = 1$ とする、という仮定が含まれる。(3) 式の相対エネルギー損失は (2) 式をも考慮に入れ、(4) 式のように無次元表示される。

$$\begin{aligned} \frac{H_L}{H_0} &= \frac{\left(\frac{h_3}{d} - \frac{h_4}{d}\right) + \frac{Q^2}{2gd^5} \left(\frac{1}{M_0^2} - \frac{1}{M_4^2}\right)}{\frac{h_3}{d} + \frac{Q^2}{2gd^5} \cdot \frac{1}{M_0^2}} \\ &= f(F_0; h_3/d; h_0/d) \text{ ----- (4)} \end{aligned}$$



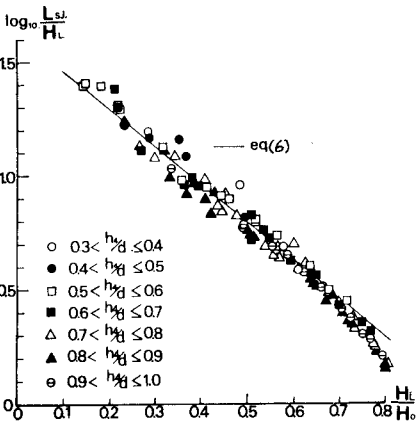
(4) 式を実験値によって検証したところ、例えば $h_0/d = 0.100$ の場合、図一三のように示され、これより理論値とほぼ一致することが確認されるとともに、 h_0/d が他の場合においてもほぼ一致することが確認された。自由跳水^[1]と潜り跳水のエネルギー損失を比較した場合、文献[2]で報告されている長方形断面などと同様、潜り跳水の方が自由跳水と同程度かそれ以上になることが解析結果からわかった。具体的には F_0 と F_0 を同数値にして比較した場合、 $h_0/d = 0.075$ 程度では自由跳水と潜り跳水のエネルギー損失は同程度か自由跳水の方が大きい場合も存在するが (約 $h_3/d > 0.7$ 程度の場合)、少なくとも $h_0/d \geq 0.100$ を満足する多くの場合は潜り跳水の方が大きいことが判明した。

5. 潜り跳水の長さ

前報^[1]の自由跳水の長さで述べたことと同様な根拠に基づき、(5) 式が想定される。(5) 式に基づいて実験資料を整理すると図一四のように示された。実験式で示すと (6) 式のように示される。この結果、潜り跳水の長さは (7) 式で表示できることとなり、 H_L/H_0 を一定とした場合、自由跳水の h_3/d に相当する h_0/d に L_{sj} は影響されない点や自由跳水の実験式のこう配と全く同一である点など興味深く思われる。

(参考文献)

- [1] 栗津, 近藤, 藤原 ; 円形断面水路の跳水について (2), 土木学会 32 回年講, 1977
- [2] 大津 ; 台形および長方形断面水路の自由跳水と潜り跳水, 土木学会論文報告集, 1976. 2



$$f\left(\frac{L_{sj}}{H_L}; \frac{H_L}{H_0}; \frac{h_0}{d}\right) = 0 \text{ --- (5)}$$

$$\left. \begin{aligned} \log_{10} \frac{L_{sj}}{H_L} &= -1.71 \frac{H_L}{H_0} + 1.64 \\ 0.226 \leq \frac{h_0}{d} &\leq 0.880, 1.3 \leq F_0 \leq 12.7 \end{aligned} \right\} \text{ (6)}$$

$$f\left(\frac{L_{sj}}{H_L}; \frac{H_L}{H_0}\right) = 0 \text{ ----- (7)}$$