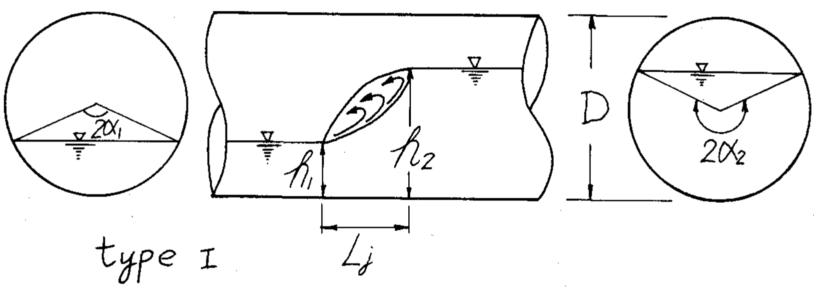
II-179 円形断面水路の跳水について

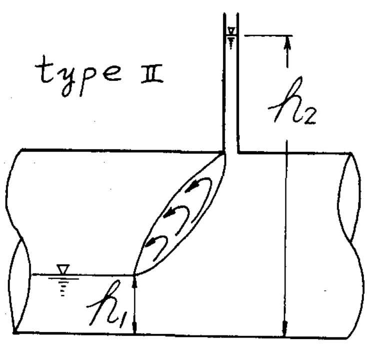
日本大学理工学部土木工学科 正 栗津清蔵
〃 〃 ○近藤勉

1. まえがき

ダムに於けるトンネル型の放水管やまたは下水道管等の流れに跳水現象が現われることは容易に理解される。ここで取り扱おうとするのは流路の断面形状が円形をなすものであり，これに関する研究[1]はいくつかあるが，未だ十分研究されたとは云い難い。今回は手始めとして，図−1（type I）の様な開水路に生じる跳水と図−2（type II）の様な跳水後の流れが管水路になる場合について一次元的解析を試み，従来とは多少異った表現をして見た。



図−1



図−2

2. 跳水に対する一次元的解析

(a) type I の場合について

図−1に示される様な水平な円形断面水路内の跳水の共役水深間の関係を求めるために両水深間の水流に対して運動量方程式を適用すると，

$$A_1\bar{Z}_1 + \frac{Q^2}{gA_1} = A_2\bar{Z}_2 + \frac{Q^2}{gA_2} \qquad (1)$$

ここで，$A = (\alpha - \sin\alpha\cdot\cos\alpha)\dfrac{D^2}{4} = MD^2$

$$\bar{Z} = \left(\frac{2}{3}\cdot\frac{\sin^3\alpha}{\alpha - \sin\alpha\cdot\cos\alpha} - \cos\alpha\right)\frac{D}{2} = KD$$

$$\alpha = \cos^{-1}\left(1 - 2\frac{h}{D}\right)$$

故に(1)は，

$$\left.\begin{aligned} \frac{Q^2}{gD^5} &= M_1^2K_1\cdot\frac{M_2/M_1\cdot\left(M_2/M_1\cdot K_2/K_1 - 1\right)}{M_2/M_1 - 1} \\ &= f_1\left(h_2/h_1\,;\,\frac{h_1}{D}\right) \end{aligned}\right\} \qquad (2)$$

そこで(2)を用いて共役水深の関係を図にしたのが図−3の左下方半分である。これらの線は直線と見做せ，しかも皆ほぼ平行なので(2)に代る，しかも実用的な指数関数の近似式を次の様な形に導びくことが出来た。

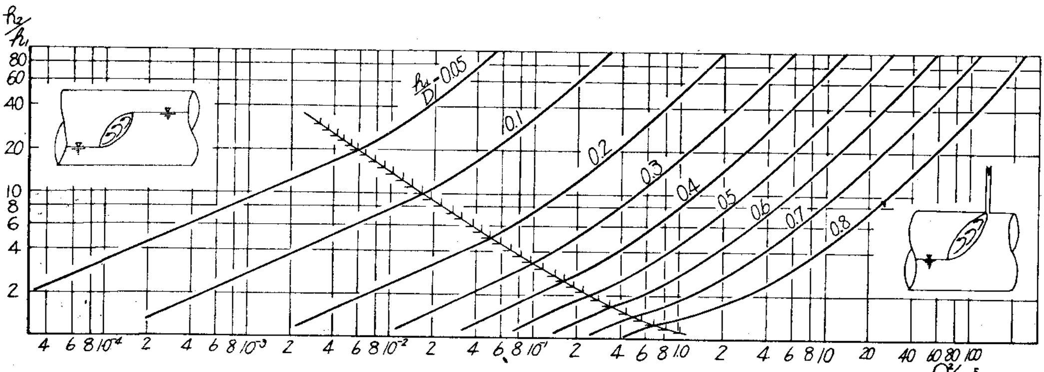
$$\frac{h_2}{h_1} = 1.13\left(\frac{h_1}{D}\right)^{-1.78}\left(\frac{Q^2}{gD^5}\right)^{0.468} \qquad (3)$$

または，

$$\frac{h_2}{D} = 1.13\left(\frac{h_1}{D}\right)^{-0.78}\left(\frac{Q^2}{gD^5}\right)^{0.468} \qquad (3')$$

$$0.05 \leqq \frac{h_1}{D} \leqq 0.80$$

例として，$D=0.9m$，$Q=0.566\,m^3/s$，$h_1=0.3m$のとき(2)によると$h_2=0.625m$[2]であり，(3)によると$h_2=0.618m$となり，その差はわずか7mmである。次に跳水による損失水頭を計算すると，



図−3

$$\frac{E_1-E_2}{E_1}=\frac{\Delta E}{E_1}$$

$$=\frac{\left(\frac{h_1}{D}-\frac{h_2}{D}\right)+\frac{Q^2}{2gD^5}\left(\frac{1}{M_1^2}-\frac{1}{M_2^2}\right)}{\frac{h_1}{D}+\frac{Q^2}{2gD^5}\cdot\frac{1}{M_1^2}}$$

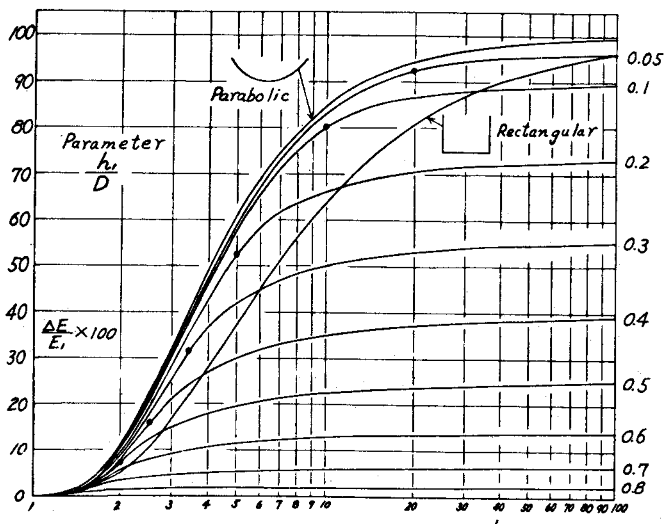
$$=f_2\left(\frac{h_2}{h_1};\frac{h_1}{D}\right) \qquad (4)$$

(4)を図にしたのが図−4で図中●印はtype Iと IIの境界である。参考のために同図中に長方形断面と放物線形断面のものも加えておいた。

(b) type IIの場合について

(a)と同様にして(2)，(4)に対応して(5)，(6)を得た。

$$\frac{Q^2}{gD^5}=\frac{\frac{\pi}{4}\left(\frac{h_2}{D}-\frac{1}{2}\right)-K_1M_1}{\frac{1}{M_1}-\frac{4}{\pi}} \qquad (5)$$



図−4

$$\frac{\Delta E}{E_1}=\frac{\left(\frac{h_1}{D}-\frac{h_2}{D}\right)+\frac{Q^2}{2gD^5}\left(\frac{1}{M_1^2}-\frac{1}{M_2^2}\right)}{\frac{h_1}{D}+\frac{Q^2}{2gD^5}\cdot\frac{1}{M_1^2}} \qquad (6)$$

(5)，(6)も図−3，図−4に示してある。

3. 今後の課題

最も単純に仮定をすれば前述した様な結果が得られたのであるが，2.(a)について云えばh_2がDに近くなって来た場合には常流側の流れは不安定になってくるだろうし，その時L_jの決定をどの様にするかと云う問題も起ってきて，長方形断面とはかなり違ってくるであろう。

(b)については跳水後に空気混入が考えられるので現象は一層複雑になるであろうから，跳水部の内部機構についても究明しなくてはならないだろう。これらの諸問題については実験もしながら研究を進めて行く積りである。

参考文献

1.) edited by Chow, V.T., "Advances in Hydroscience, Vol.-4." Acadimic Press, New York and London, 1967.

2.) 水野・後藤共訳, "S.M.Woodward, C.J.Posey 開水路の水理学" 丸善, 1959.