

1. 目的

河口から塩水が河道内へ淡水との間に塩水くさびを形成して侵入しているような場合には、河川の固有流が大きくなり限りこの塩水を排除するのは一般に困難である。しかし図-1のように河道を横切って水門があるような場合には、ゲートを用じ上流側の水位を高めしかる後にゲートを適当な開度で開け、潜り流出の状態の下層の塩水をフラッシュする可能性が考えられる。この問題はいわゆる河口堰の計画に際し、その水門操作により上流側貯水池の塩分量を制御するという応用面を有する。

2. 理論的検討

一次元解析法による事とし、図-2の如く記号を定め、上層(淡水)下層(塩水)の各層に対してエネルギー方程式を立てると、上流側の接近流速を無視して上層に対して I-II間では

$$h_f + h_s = \alpha_f \frac{v_f^2}{2g} + (1 + \varepsilon - \varepsilon') d + q_f + a_s + h_{fs} \quad \dots\dots (1)$$

下層に対しては

$$(1 - \varepsilon) h_f + h_s = \alpha_s \frac{v_s^2}{2g} + (1 - \varepsilon) d + (1 - \varepsilon) q_f + a_s + h_{ls} \quad \dots\dots (2)$$

ここに

h_f : ゲート上流側、断面 I における淡水厚

h_s : " " " " 塩水厚

v_f : 断面 II における淡水層平均流速

v_s : " " " " 塩水層平均流速

a : 水門ゲート開度, a' : 流出水脈の厚さ

$a' = \mu a$ μ : 縮流係数

d : 流出水脈上のかぶり(密度 ρ_2)

ρ_1 : 淡水密度, ρ_2 : 塩水密度

α_f : 淡水層の II における速度エネルギー

補正係数, α_s : 塩水層の係数, h_{fs} : 淡水層のロス, h_{ls} : 塩水層のロス, Q_f : 淡水流量, Q_s : 塩水流量

Q : 全流量 $Q = Q_f + Q_s$, $\varepsilon = \frac{4\rho_f}{\rho_2}$, $\varepsilon' = \frac{4\rho_f'}{\rho_2}$, v_f' : 断面 II における流出水脈の平均流速。

(1), (2) 両式より h_f を消去し結果を無次元化すると

$$\frac{h_s}{a'} = K' \frac{F_r'^2}{2} + \varepsilon \beta \frac{d}{a'} + \gamma' + \frac{h_L}{a'} \quad \dots\dots (3)$$

ここに $K' = -(1 - \varepsilon) \alpha_f \left(\frac{1 - \beta}{1 - \beta'} \right)^2 + \alpha_s \left(\frac{\beta}{\beta'} \right)^2$, $h_L = (1 - \frac{1}{\varepsilon}) h_{fs} + \frac{1}{\varepsilon} h_{ls}$, $F_r' = \frac{v_f'}{\sqrt{g a'}}$

$$\beta = \frac{Q_s}{Q}, \quad \gamma' = \frac{a_s}{a'}$$

を得る。

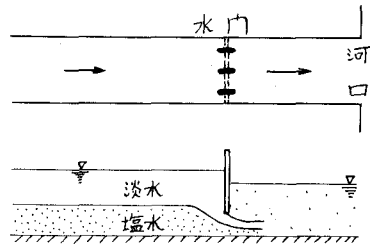


図 - 1

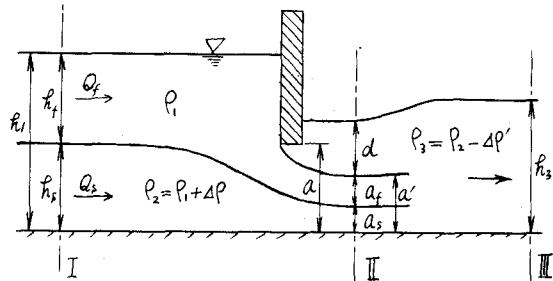


図 - 2

ここでいくつかの仮定を置いて(3)式を簡単にする。

① 淡水層、塩水層のそれぞれにおいて流速分布は一樣であるとともにかつ両者の平均流速は断面

Ⅱで等しい。 $(\alpha_s = \alpha_f = 1, v_{gf} = v_{gs} = v_g')$

② 淡水塩水の境界面、河床面、側壁等による損失をすべて無視する。 $(h_L = 0)$

そして利用の便をはかり α' の代りに水門の角度 α を用いると(3)式は次のようになる。

$$\frac{h_s}{a} = K \frac{F_r^2}{2} + \eta \quad \text{----- (4)}$$

2212

$$K = \frac{1}{\mu^2}, F_r = \frac{v_g}{\sqrt{ga}}, \eta = \beta \left(\epsilon \frac{d}{a} + \mu \right)$$

v_g : ゲート下における平均流速 $= \mu v_g'$

3. 実験

実験は巾 30cm, 深さ 50cm, 長さ 30cm のガラス張り鋼製水路で行った。実験条件は $\epsilon = 0.03$, $Q = 3 \sim 8 \text{ l/s}$, $a = 2 \sim 5 \text{ cm}$, $\frac{h_1}{a} = 5 \sim 10$, $\frac{h_2}{a} = 4 \sim 9$ 程度の範囲で選んだ。水路上流から Q_s と Q_f を流し, 下流水位を与え, 上流側水位を測定するという方法によった。ゲートのリップは直角であり計算には $\mu = 0.61$ を採用した。

4. 結果

図-3 に実験結果を示す。 β が同一のものについては $\frac{h_s}{a}$ は F_r に対して一本の放物線にのるようである。(4)式において η は β と $\frac{d}{a}$ の双方に依存するが今の場合は $\frac{h_2}{a}$ がほぼ一定なので η は β により定まり, 実験値から $\eta \approx 5\beta$ が得られる。よって図-3 の各放物線を一本にまとめると図-4 のようになる。

5. むすび

上記の解析において省略あるいは無視され, 問題の正しい把握の為に今後さらに検討されねばならぬ事項は次の通りである。 ① ϵ の違いによる影響 ② 下流側せき上げ水深の効果 ③ 淡水塩水境界面の抵抗による損失の評価 ④ $Q_f \rightarrow 0$ となるその限界条件との接続。

なお本研究は利根川河口堰(建設中)の水門操作に応用する事を主眼として行われているものである。

6. 参考文献

D.R.F. Harleman & Others ; Submerged Sluice Control of Stratified Flow ; Proc ASCE Vol 84HY2

