

III-9 躍層の安定に関する研究

東大工学部 正員 嶋 祐之

東大大学院 正員 ○ 椎貝博美

去年の毎次講演会において、筆者等は単層取水に關しては、躍層を通過しての上層と下層間の混合を、①堰よりかなり離れた所における混合と、②取水堰直前での混合の二種に分けて考へる必要のあることを示した。

筆者等の行つてゐる実験においてはすべて二次元水路が用いられて^{あり}、解析等も二次元的に行つてゐるので、実際の野水池における取水状況と比較してみると、実際の現象が三次元的であるのは当然であるから、実験の方が水路内での混合についてははるかに嚴しい条件となつてゐるものと思われる。ただ、実際の野水池についても水道（みずみち）が生じて現象が二次元に近くなることも考えられるから、この場合には実験の条件も必ずしも嚴しいとはいへない。

1. 堰より遠い所の状況については、躍層内の密度分布がどのようになつてゐるかを調べる為、小型の白金電極と交流ブリッジ、発振機'の組合せを用いて、測定を行つた。密度分布と速度分布との關係その他については、目下整理中であるのでいずれ機会をみて発表したい。

躍層の厚さ（こゝでは密度の急激に変化してゐる層を躍層と呼ぶことにする）を直接に求めることはまだできないが、ここでは次のようにして厚さのオーダーを与えることを試みた。上層内の流速分布を層流状態であると仮定し、躍層は層流境界層内に含まれると考へる。又、境界層内の速度分布を次のように仮定する。

$$u/u_i = 1 + n \sin \frac{\pi}{2} \eta \quad (1)$$

（ $\eta = y/\delta$ ， δ ：境界層厚， u_i ：躍層中央における流速， n ：定数，実験によれば"0.5"）

上式より運動量方程式を用いて δ を計算する。

$$\delta = 2.94 \sqrt{\nu L / u_i}$$

を得る。 ν は動粘性係数、 L は $\delta = 0$ の点までの距離であり、ここでは水路の始点より測定位置^{の距離}をとつた。又、躍層中央部でのせん断応力 τ_i は、

$$\tau_i = 0.267 \rho u_i^2 / \sqrt{u_i L / \nu}$$

であつた。同様の計算を放物線近似によつて行なつてもよく似た結果を得た。

このようにして求められた躍層厚の半分と境界層厚との關係を図示すると、左図のようになつてゐる。躍層は境界層の中に含まれてゐることがわかる。

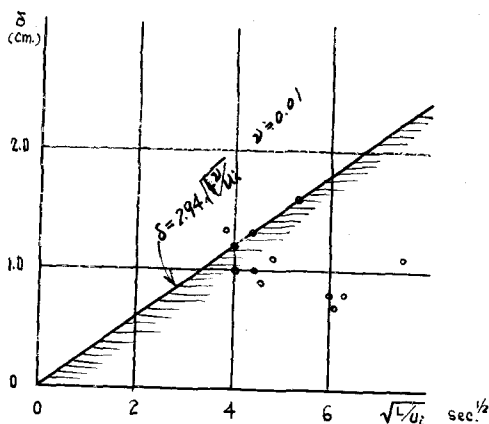


図 1

2. 堰附近の混合に関しては次のような説明を考えた。まず, S. G. Yih. に従って, 水面変形も考慮した内部ジャンプを考え, 運動量方程式を作る。

多少の計算を行なうと,

$$2 \frac{g_2^2}{g} (h_2 - h_2') = h_2 h_2' (h_2 + h_2') \left[\frac{\rho}{\rho + \Delta \rho} (h_1 - h_1') + (h_2 - h_2') \right] \quad (2)$$

$$2 \frac{g_1^2}{g} (h_1 - h_1') = h_1 h_1' (h_1 + h_1') \left[(h_1 - h_1') + (h_2 - h_2') \right] \quad (3)$$

を得る。ただし, 記号については右図を参照されたい。又, 運動量変化と静水圧との均合については右図に示したように上層の平均水深について取ってあることに注意されたい。

特に $g_2 = 0$ の場合には更に計算を行なうと,

$$\xi' = \xi = \frac{h_1'}{h_1} = \frac{1}{2} \left(-1 + \sqrt{1 + 8 F_2^2} \right), \quad F_2^2 = \frac{g_1^2}{\frac{\Delta \rho}{\rho} g h_1^3} \quad (4, 5)$$

を得る。なお, 水面変化は $-(h_2 - h_2') = \frac{\rho}{\rho + \Delta \rho} (h_1 - h_1') \approx \left(1 - \frac{\Delta \rho}{\rho}\right) (h_1 - h_1')$ であるから, $\frac{\Delta \rho}{\rho}$ のオーダーであることがわかる。

堰附近では内部ジャンプに類似した現象が生じていると考え、堰の越流水深 h_1' が単位巾あたりの流量 q_1 について, $h_1' = C q_1^{2/3}$ という関係で与えられるれば (C : 定数) F_2 と ξ との間に $F_2 = C^{-3/2} \left(\frac{\Delta \rho}{\rho} g\right)^{1/2} \xi^{3/2}$ なる関係が成立する。 $\xi < \xi'$ であれば, 流れは内部ジャンプによるエネルギー損失の他に, エネルギーを失っていることになる。これが混合にも用いられているとすれば, 逆に, $\xi = \xi'$ になれば, 堰附近の混合は生じなくなるともいえる。なお, 実験に用いた堰では $C = 0.117$ (CGS単位) であった。

ξ と ξ' との関係を図示すると, 図3のようになる。 $\frac{\Delta \rho}{\rho} = 0.01$ のときには $F_2 \approx 0.2 \xi$ であり, $\frac{\Delta \rho}{\rho} = 0.02$ のときには $F_2 \approx 0.25 \xi$, $\xi \approx 0.12$ 程度の値で取水を行なえば堰附近での混合は生じないことになる。なお C が与えられていない堰に対しては,

$$\xi \approx \frac{1}{4} C^3 \frac{\Delta \rho}{\rho} g \left[1 + \sqrt{1 + 8 C^{-3} \left(\frac{\Delta \rho}{\rho} g\right)^{-1}} \right]$$

によって与えられる。これらの ξ または F_2 の値は昨年度の実験結果とかなりよく一致している。(最少 $F_2 = 0.25$)

本研究は文部省科学研究所によるものである。

参考文献

Chia-Shun Yih & C. G. Goka: Hydraulic Jump in a Fluid System of Two Layers.

Tellus, M.3, 1955.

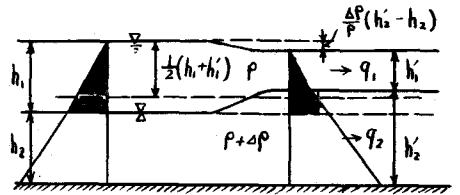


図 2

