

東北大学工学部 正員 岩崎敏夫
東北学院大学工学部 正員 上原忠保

1. まえがき

二成層密度流の内部境界面に internal jump が生ずる場合, Schijf & Schönfeld⁽¹⁾(1953) のエネルギー損失のあるジャンプが不安定であるとする説と浜田⁽²⁾(1958), 権貝⁽³⁾(1962) のエネルギー損失のあるジャンプが安定であるとする説とがある。両者の考え方の正否は実際にジャンプを起してみることにより確かめられよう。エネルギー損失を伴うジャンプの場合,

hydraulic jump の類推からすればローラーの様な激しい攪乱が発生し、そのため内部境界面に大規模な渦動拡散が起り、たとえエネルギー損失があつても internal jump は存在し得なくなるおそれがある。又図-1 の(1)(2)(3)のケースについて実験が行なわれている⁽³⁾⁽⁵⁾が、上下層の混合、拡散等未解決の点が多い。本研究は図-1 の(1)すなわち、上層静止、下層流上向きジャンプの存在性、濃度分布、攪乱の特性、ジャンプの共役水深、ジャンプの長さ等を実験水槽で発生させた internal jump によって明らかにせんとするものである。

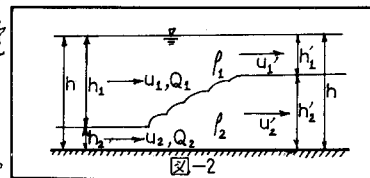
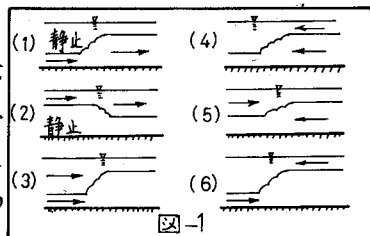
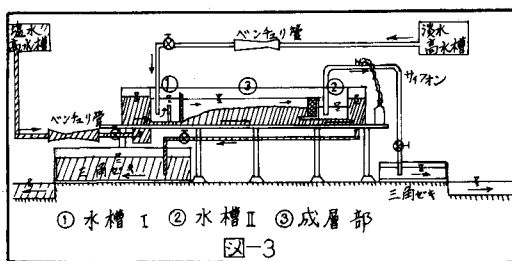


図-2 のような internal jump が成立している場合、ジャンプ前後の二断面に運動量方程式を両層を含めて適用し、上下各層の連続方程式から共役水深と内部フルード数の間の関係を求めると、図-1 の(1)のケースでは、
$$\frac{h_1'}{h_2} = \frac{1}{2}(-1 + \sqrt{1 + 8F_{r2}^2}) \quad \text{--- ①}$$
ここで $F_{r2}^2 = \frac{u_2^2}{\beta g h_2}$, $\beta = (\rho_2 - \rho_1)/\rho_2$, 又このときエネルギー損失が存在し、
$$\Delta E = \rho_1 g (h_2' - h_2) Q_2 / 4 h_2 h_2' > 0 \quad \text{--- ②}$$
である。ここで全水深不変、混合無視、静水圧分布の仮定を行っている。

2. 実験装置及び実験方法

実験装置(図-3)は、長さ5.4 m, 高さ0.8 m, 巾0.5 mの水槽と塩水及び淡水の各貯水槽、給水装置、排水装置、流量測定装置及び射流塩水発生、上層淡水給水のための水槽(I)と常流塩水選抜流出、上層淡水排水のための水槽(II)よりなる。水槽(I), (II)を所定の高さにセットし淡水と着色塩水により成層状態を作る。流出入塩水量をバランスをとりながら次第に増してゆくとジャンプが形成される。鉛直濃度分布は、6本の白金線フロースを水槽(I)の右端(ジャンプの始端 $x = 0^{\text{cm}}$)より、 $x = 20, 40, 80, 120, 160, 210^{\text{cm}}$ において 1^{cm} 間隔で降下させ電気抵抗



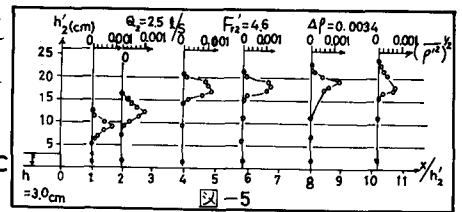
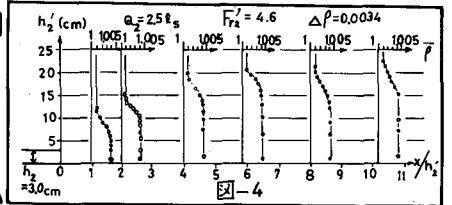
の変化を検出し、データレコーダーに記録し、A-D変換を行って、TSSによって計算を行った。

3. 実験結果

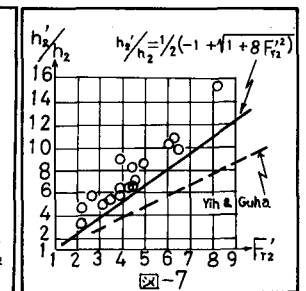
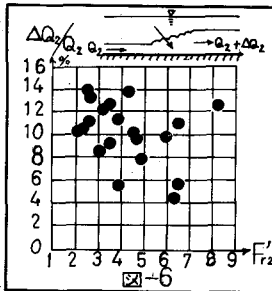
hydraulic jump と同様、internal jump 下流塩水水深が上流塩水水深の共役下流水深より大き

いとき、もぐりジャンプとなり、小さいとき、射流状態で塩水が吹き出す。両者が等しくなったときにローラーに類似した部分が明白に存在し、終端から始端にむかつて小さな内部波が碎波した状態で下落する。このため空気混入に対応して、塩水中に淡水が巻き込まれる。淡水混入により次第に塩水がうすまると下流水深が上昇し、もぐりジャンプとなる。そこで定常的な形状を維持させるために流入塩水に比べて ΔQ_2 だけ多く塩水を流出させ、更に淡水の補給を行って測定を行った。実験条件は、 $h_2 = 2.35 \sim 5.0 \text{ cm}$ 、流入塩水量 $Q_2 = 2.1 \sim 5.7 \text{ l/s}$ 、 $\Delta\rho = 0.0040 \sim 0.0180$ 、 $h = 60 \sim 70 \text{ cm}$ 、実験中の密度変化は最大 0.015 、濃度測定時間 $10 \sim 20$ 分である。

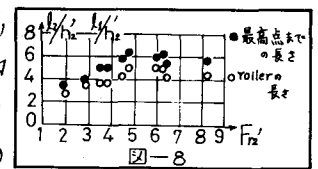
境界面付近での濃度は激しく変動しており、変動は広範囲に及んでいる。これはローラー終端より発生し下流に向かって進行する内部波と混入淡水による拡散によるものと考えられる。図-4は鉛直濃度分布(時間平均値 $\bar{p}$)の一例である。連続的濃度分布状態が下層深くまで続いていることがわかる。特に始端付近($x = 20, 40 \text{ cm}$)で著しい。図-5は濃度変動($p' = p - \bar{p}$)の強さ($\bar{p}'^2$)である。境界面付近に強い変動があること、攪乱による拡散及び内部波が下流に伝わっており、流下と共に変動は減衰するが、その程度は、hydraulic jumpのように急激ではなく、かなり下流まで持続する⁽⁶⁾。



ローラー部分において混入する淡水量は、流出塩水量 Q_2' と流入塩水量 Q_2 の差 ΔQ_2 に近いものと考えられる。流入塩水量と測定開始時における流入塩水の密度によって計算した内部フルード数と ΔQ_2 との関係を図-6に示す。 ΔQ_2 は最大 15% のオーダーである。はっきりした傾向はつかめないが今後定量化をすめる必要があると思われる。



ジャンプ後の塩水水深 h_2' 及び目視観測によるローラー長 (l_1)、最高点までの長さ (l_2) と F_{12}' との関係は図-7, 8 となった。 h_2' は、濃度変動記録において最初に最大濃度が 50% 以上を示した測点が描く曲線より定めた。実線は理論式①である。実験値の方がわずかに大きい。 h_2' のとり方の影響もその理由の一つであろう。破線はstanisolとcd 4の混合物を塩水の代りに用いて行ったYih & Guhaの実験式であるが、かなり低く出ている。ジャンプの長さは、両者共、ほぼ一定比(4-6)である。



参考文献

- (1) Schiff J.B. and J.C. Schönfeld "Proc. Minnesota International Hydraulics Convention I.A.H.R. (1953)
- (2) 浜田 徳一 「内部ジャンプについて」 第5回海岸工学講演会講演集(1958)
- (3) 椎貝 博美 "Some aspects and experiments on the density current" Trans of J.S.C.E. No.83 (1962)
- (4) 岩崎 敏夫 「密度流の諸問題」 1966年度水工学に関する夏期研修会講義集B
- (5) Yih C.S. and C.R. Guha "Hydraulic jump in a Fluid System of two layers" Tellus VII (1955) 3
- (6) Rouse H. et al. "Turbulent characteristics of the hydraulic jump" Trans of A.S.C.E. Vol.124 (1959)