

II-206

非定常塩水楔の挙動について

東洋大学	正員	荻原国宏
東洋大学	正員	田中修三
東洋大学	学生員	○小幡 淳
東洋大学		鍋島隆治

1. はじめに

感潮河川河口部における塩水侵入が弱混合もしくは内部境界面の明瞭な緩混合である場合、その運動は二層流で表され、実験や数値計算による解析が可能である。本研究は、単純な長方形断面水路を用いた室内実験により非定常塩水楔の基本的挙動について検討し、定常計算の結果と実験値との適合性を確認したもので、さらに非定常塩水楔の数値計算によりその挙動を再現することを目的としている。

2. 実験概要

実験水路は図1に示すように長さ2m、幅10cmで上流側、下流側にそれぞれ貯水部があり、下流側貯水部に水位を変化させる堰を設けている。この水路の上流側に温水、下流側に冷水を放水することで密度楔が形成される。また上下層の温度の縦断方向の変化を測定するためサーミスタを設置した。

実験条件は河床勾配1/100、単位幅流量 $6\text{ cm}^2/\text{sec}$ および $8\text{ cm}^2/\text{sec}$ 、水位の変化量0.5cmおよび1cmである。ここで水位の変化量が0.5cmの場合5.5cmと6cmの間で、1cmの場合5cmと6cmの間で変化させた。また温・冷水の密度楔であることから温水水温 36.0°C 、冷水水温 18.0°C になっている。

3. 数値計算概要

基礎式は体積・質量の連続条件および運動のエネルギー条件の6式より以下を適用した。計算は温水流量、河口水深、温・冷水密度に実験値を与え、河口から上流に向かって行った。

$$\frac{\delta h_1}{\delta t} + \frac{\delta}{\delta x} (u_1 h_1) = E |u_1 - u_2|$$

$$\frac{\delta}{\delta t} (\rho_1 h_1) + \frac{\delta}{\delta x} (\rho_1 u_1 h_1) = \rho_2 E$$

$$\frac{1}{g} \frac{\delta u_1}{\delta t} + \frac{\delta h_1}{\delta x} + \frac{\delta h_2}{\delta x} + \frac{u_1}{g} \frac{\delta u_1}{\delta x} + i f_1 - i_0 = 0$$

$$\frac{1}{g} \frac{\delta u_2}{\delta t} + \frac{\delta}{\delta x} (1 - \varepsilon) h_1 + \frac{\delta h_2}{\delta x} + \frac{u_2}{g} \frac{\delta u_2}{\delta x} + i f_2 - i_0 = 0$$

ここに ε は密度差の無次元量 $(\rho_1 - \rho_2)/\rho_2$ で、連行係数、内部抵抗係数、摩擦勾配はそれぞれ次式を用いた。

$$E = 2 \times 10^{-3} F_1^3 \quad f i = 0.35 (Re_1 F_1^2)^{-0.5}$$

$$i f_1 = \frac{f i}{2gh_1} (u_1 - u_2) |u_1 - u_2|$$

$$i f_2 = \frac{f b}{gh_2} u_2 |u_2| - \frac{f i}{2gh_2} (1 - \varepsilon) (u_1 - u_2) |u_1 - u_2|$$

4. 結果および考察

図2は水位上昇時の時間経過に伴う界面の位置を示している。水位の上昇に伴う界面の移動は、下層水深の増加と楔先端位置の上流への移動がほぼ同様に進行し、下層がある一定の水深になった後には楔先端の移動のみが進行している。また界面の形状についても、上昇開始からほぼ同じであることがわかる。

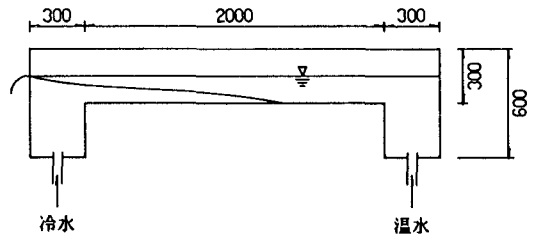


図1 実験水路

図3は水位下降時の時間経過に伴う界面の位置を示している。水位の下降に伴う界面の移動は、下層水深の減少が楔先端位置の下流への移動に比べて速く、下層がある一定的水深になると上昇時と同様に楔先端の移動のみが進行している。このことから下降中の界面の形状は、上昇時と比較して楔先端部分が薄くなっているのがわかる。これは水位の下降に伴う上層の流速の増大により連行量が増加するためと思われる。

図4は時間経過に伴う楔先端の位置を示している。ここで河口水深の上昇直後において大きな移動が見られるが、これは今回使用した水路が短かったため水路下流端からの反射の影響が出たものと思われる。しかしこのことを考慮しても上昇時より下降時の方が移動速度が速く、特に下層水深がかなり減少してからの速度が非常に速いことがわかる。

図5は定常状態の密度楔の界面の位置で、実験結果と計算結果を比較したものである。これによると実験値と計算値は必ずしも一致していないように見える。これは計算で与えた内部抵抗係数が実河川および大型水路による実験から算出したものであり、それに比べて本実験があまりにも短水路、急勾配であったためであると思われる。このことを考えると計算値は実験値を十分再現しており、非定常密度楔の挙動についても十分再現できると考える。

5. おわりに

今回非定常塩水楔の基本的挙動について室内実験によって明かにし、数値計算で再現するに当たり、定常状態での実験値との適合性を確認した。これらをもとに現在、非定常状態の解析を行っている。

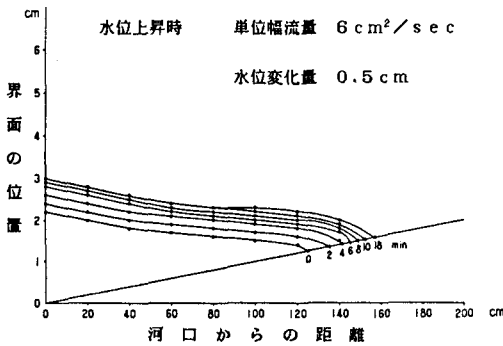


図2 界面の経時変化

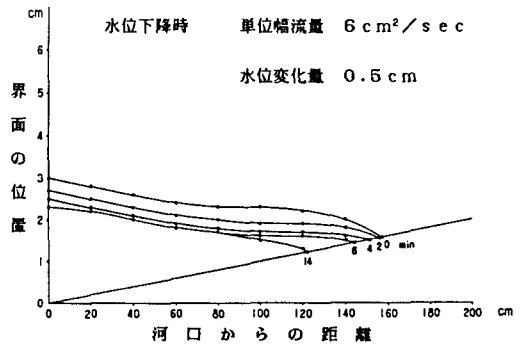


図3 界面の経時変化

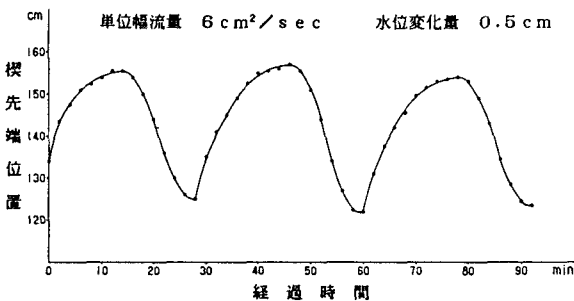


図4 楔先端の経時変化

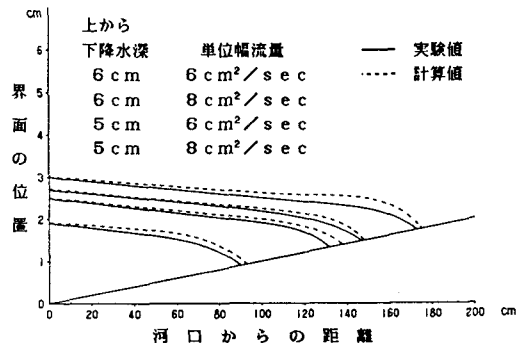


図5 定常密度楔の界面の位置