

II-174 気泡噴流による塩水くさび進入防止法について

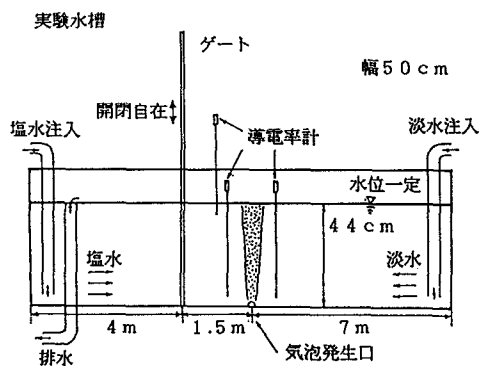
埼玉大学大学院 学生員 佐々木 威之
 埼玉大学工学部 正 員 浅枝 隆
 埼玉大学大学院 学生員 藤野 毅

1. はじめに

海水の河道内進入、すなわち、塩水くさびは河川水利用に非常に大きな障害となるばかりでなく、生物化学的環境にも極めて大きな影響をもたらす。近年、地球の温暖化により海面水位が数10cm上昇することが叫ばれているが、こうした事態に至ればその影響はますます大きくなるといえよう。ところがこうした干潮河川の環境は極めて壊れやすく、塩水進入制御もできるだけ自然にやさしい方法で行う必要があろう。本研究では、河川流をせき止めることなく、河道底から気泡を放出することで塩水進入制御を行うというアイデアをもとに水槽実験を行い、塩水密度、気泡空気量、流量の違いから生じる挙動の変化を、流れの可視化と併せて測定した。今回は実験の結果と測定値についての解析について報告する。

2. 実験

実験では、図1のように長さ12.5m、幅50cmの水路を用い、中央付近の水路底に流れに直角に水路いっぱいの幅で気泡の線源をおく。また、水路内の片側端近くにゲートを取り付け、その外側は塩水で、ゲートの内側は淡水で満たす。次に、ゲートの反対側の端に取り付けられた放出口から淡水を供給し、それと同時にゲートを開く。ここで淡水は上層を流れ、塩水は底付近を淡水側に向かって進入する。すなわち、供給される淡水流が河川流に相当し、進入する塩水が塩水くさびに相当する。この塩水が気泡の発生している断面に到達すると、その進行を遮断することになる。なお、ゲートの外側へは塩水を供給し、続け、塩水くさびの流量を一定に保った。



- 図1 -

淡水の単位幅流量、塩水密度、気泡の単位幅当り発生流量を変化させて実験を行った。淡水の単位幅流量は $68.2\text{cm}^3/\text{s}\cdot 1/\text{cm}$ 、 $21.9\text{cm}^3/\text{s}\cdot 1/\text{cm}$ の2通り、塩水の密度は $1.002\text{g}/\text{cm}^3$ 、 $1.005\text{g}/\text{cm}^3$ 、 $1.010\text{g}/\text{cm}^3$ 、 $1.020\text{g}/\text{cm}^3$ の4通り、気泡の単位幅当り発生流量は $2.00\text{Ncm}^3/\text{s}\cdot 1/\text{cm}$ 、 $0.50\text{Ncm}^3/\text{s}\cdot 1/\text{cm}$ の2通りの組み合わせで、塩水進入制御可能値付近の計10ケースをとった。気泡発生断面付近では、線源より塩水側2箇所、淡水側1箇所塩水の密度を測定するとともに、塩水側の気泡源上流で水平流速を測定した。また、シャドウグラフ法により流れの状況を観察した。

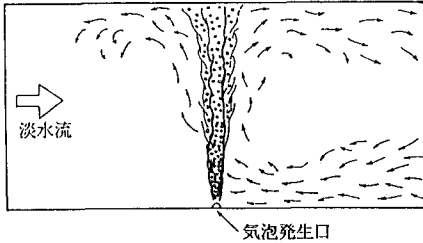
3. 現象

塩水制御の機構は次のようなものである。塩水側の下層を流れてきた塩水は気泡噴流によって水面にまで持ち上げられ、水面に衝突後、水面にそって両側に広がる。ここで、淡水側上層には、淡水側から塩水側に向かう河川流が存在するために、淡水側に向かって広がった流れはこれとぶつかり沈み込み、気泡噴流に再び連行され淡水側にそれ以上進行することを阻止される（図2参照）。ところが、気泡の浮力（流量）に比較して塩水の流量が大きすぎたり、塩水密度が大きすぎたりすると、進行する塩水の一部は気泡によって上に持ち上げられるが、大部分は持ち上げられないで気泡噴流を通過してしまうた

めに、塩水の進入を阻止する事ができなくなる（図3参照）。

塩水進入制御が可能なケースでの塩水の流れ

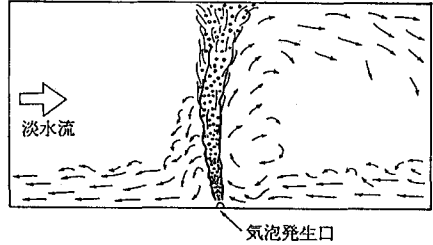
単位幅淡水流量 $68.2 \text{ cm}^3 / \text{s} \cdot 1 / \text{cm}$
 単位幅空気量 $2.00 \text{ Ncm}^3 / \text{s} \cdot 1 / \text{cm}$
 塩水密度 1.002 g/cm^3



— 図 2 —

塩水進入制御が不可能なケースでの塩水の流れ

単位幅淡水流量 $68.2 \text{ cm}^3 / \text{s} \cdot 1 / \text{cm}$
 単位幅空気量 $0.50 \text{ Ncm}^3 / \text{s} \cdot 1 / \text{cm}$
 塩水密度 1.010 g/cm^3



— 図 3 —

4. 解析

塩水の流量、密度、淡水流量、気泡流量と塩水進入制御との関係を示すために、フルード数を用いて解析を行った。気泡流量についての密度フルード数： $F_b = (q_b g)^{1/3} / (\Delta \rho / \rho * gh)^{1/2}$ と、塩水の進入速度についての密度フルード数： $F_v = V_s / (\Delta \rho / \rho * gh)^{1/2}$ の関係を調べた（図4参照）。ここで、 q_b は単位幅当りの気泡発生流量、 g は重力加速度、 h は水深、 V_s は塩水くさびの進入速度、 $\Delta \rho$ は塩水の過剰密度、 ρ は代表密度を表す。これにより、

$$F_v = -0.8 F_b + 0.8 \quad 1 > F_b > 0$$

$$F_v = 0 \quad F_b > 1$$

の関係式が得られた。これは、 F_b が1以上であれば塩水の進入を制御することができることを示している。すなわち、海水と淡水の密度差、 30 kg/m^3 を代入すると、

$$q_b = 0.016 h^{3/2}$$

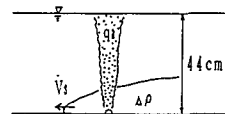
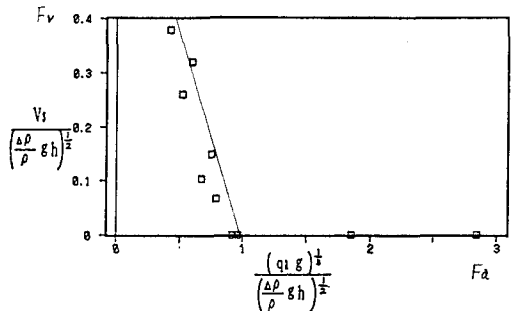
の関係が導ける。従って、水深が5mの河川を想定すると $q_b = 0.18 \text{ m}^3 / \text{s} \cdot 1 / \text{cm}$ であり、河川幅が100mであれば空気量は $18 \text{ m}^3 / \text{s}$ で済むことになり、これは実用可能なものであるといえる。

以上、気泡噴流による塩水くさび進入制御法について実験を行い、塩水進入制御可能範囲を求めることができた。なお本研究では鹿島学術振興財団の援助を受けたことを付記し、謝意を表します。

参考文献

- 1) Cederwell, k. and J.D. Ditmars: Analysis for Air-Bubble plume: C. I. T. Report, KH-R-24, 1970
- 2) 浅枝 隆 and Jorg Imberger: 連続成層中のBubble Plumeの挙動について: 土木学会論文集 第411号 II-12 1989年11月

空気量と塩水くさびの進入速度との関係



V_s : BUBBLE PLUMEを通過した後の
 塩水くさびの進入速度
 $\Delta \rho$: 塩水くさびの過剰密度
 q_b : BUBBLE PLUMEの単位幅空気量

— 図 4 —