

感潮河川における杭の設置による流速逓減効果に関する研究

信州大学大学院工学系研究科○小林成仁

信州大学工学部 正会員 富所五郎

信州大学工学部 正会員 豊田政史

千葉県 大川一正

1) はじめに

本研究では、感潮河川において下水処理場からの処理水が放流されているときに生じる密度流を解析の対象とする。その密度流を再現することにより、感潮河川への下水放流水の挙動を正確に予測し、放流水が対岸に与える影響を杭の設置によって抑制することを目的としている。

2) 数値解析の概要

Boussinesq 近似、静水圧近似を仮定し、 x, y を水平方向に、 z を鉛直方向にとると流れの基礎式、密度 ρ の保存式は以下のように表される。

【運動方程式】

$$\frac{\partial u}{\partial t} + L \cdot u + w \frac{\partial u}{\partial z} = -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial P}{\partial x} + D \cdot u \quad (1)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + L \cdot v + w \frac{\partial v}{\partial z} = -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial P}{\partial y} + D \cdot v \quad (2)$$

$$0 = -g - \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial z} \quad (3)$$

【連続の式】

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (4)$$

【密度 ρ の保存式】

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + L \cdot \rho + w \frac{\partial \rho}{\partial z} = D' \cdot \rho \quad (5)$$

ただし、 $L = u \frac{\partial}{\partial x} + v \frac{\partial}{\partial y}$ 、

$$D = \frac{\partial}{\partial x} (A_h \frac{\partial}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (A_h \frac{\partial}{\partial y}) + \frac{\partial}{\partial z} (A_v \frac{\partial}{\partial z})$$

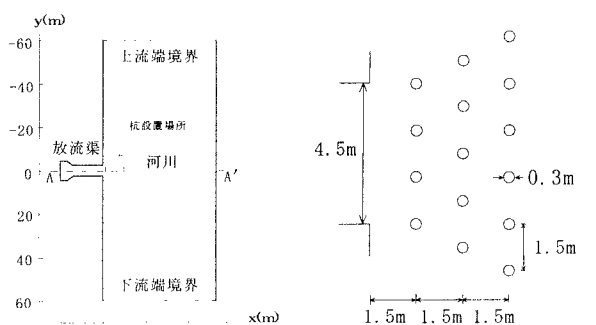
ここで、 D' については、 A_h, A_v を K_h, K_v に置き換える。 u, v, w : x, y, z 方向の流速成分、 t : 時間、 ρ : 密度、 P : 圧力、 g : 重力加速度。 A_h, A_v : 水平、鉛直渦動粘性係数、 K_h, K_v : 水平、鉛直渦拡散係数で、Richardson 数の関数としている。基礎方程式の離散化には、空間変数に対して Galerkin 法を、

時間変数に対して two-step Lax-Wendroff 法を用いて解析を行う¹⁾。また、塩分濃度 S は密度 ρ により以下のように表されるものとする。

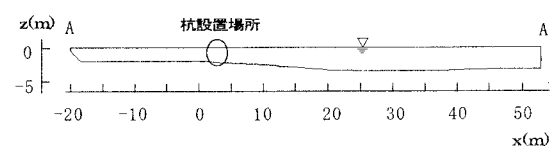
$$S = \frac{\rho - \rho_w}{0.7675} \quad (\text{ただし、}\rho_w : \text{純水の密度}) \quad (6)$$

3) 解析条件

解析対象領域の平面図、杭の配置図および放流渠の中心軸 ($y = 0$) に沿った縦断面図を図 1 に示す。なお、杭の配置は、水平 2 次元解析によりいくつかのケースにおいて検討し、流速逓減効果の最も大きいものを採用した。境界条件は、岸においてノンスリップ条件としたが、放流渠において、 x 方向に平行な岸はスリップ条件とした。また、この解析では、満潮時を想定し、河川に流れがないものとした。境界条件として下水放流水の流量を $3.14 \text{ m}^3/\text{s}$ 、上流端・下流端の流量をそれぞれ $1.57 \text{ m}^3/\text{s}$ とした。解析対象領域内全体の初期条件として静止状態を与えた。密度の初期条件は現地観測により得られた値を用いる。杭を配置しない場合を case1、杭を配置する場合を case2 とする。



(a) 平面図 (b) 杭の配置図



(c) 中心軸に沿った縦断面図

図1 解析対象領域と杭の配置図

4) 解析結果

解析開始後 60s での流速分布を図 3, 図 4 に, 中心軸に沿った縦断面における杭付近の流速分布を図 5 に示す. 図 3, 図 4 より, 表面および水面下 1.0m における流速は, 杭のない case1 の方が大きな流速になっていることがわかる. 図 3, 図 5(a) より表層での x 方向の流れと, それにともなう底層での補償流により, 鉛直循環流が形成されていることがわかる. 図 5(b) では, このような傾向はみてとれないが, これは, 杭の設置により表層での流速が抑えられているためと思われる. また, 放流渠の中心軸に沿った縦断面における塩分濃度分布図を図 6 に示す. これより case1 では, 塩水が放流渠内へ楔状に遡上していることがわかる.

5) おわりに

本研究では, 感潮河川への下水放流水の挙動を正確に予測するために, 有限要素法を用いた準 3 次元解析を行った. その結果, 放流水の対岸への影響を抑制するために設置した杭の有効性が確認できた. 今後は, VLES (Very Large Eddy Simulation) を用いた乱流解析を行い, 研究を進める予定である.

参考文献

- 1) 富所五郎: 有限要素法による水理解析, 1991 年度(第 27 回)水工学に関する夏期研修会講義集, 土木学会, pp.A-1-1~A-1-17, 1991.

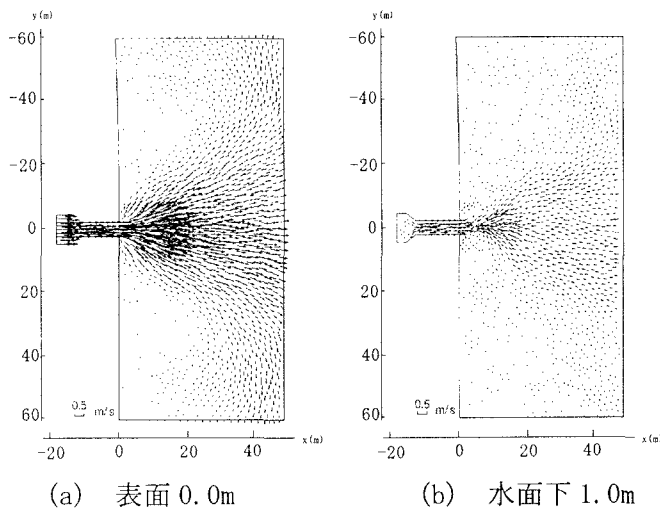


図 3 流速分布図(case1)

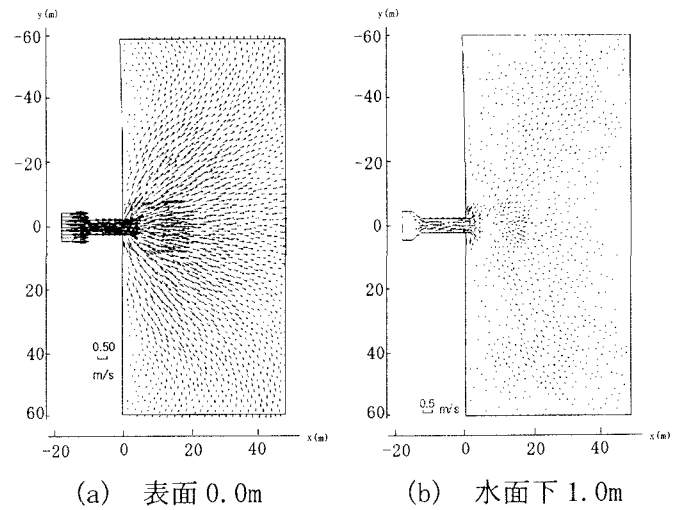


図 4 流速分布図(case2)

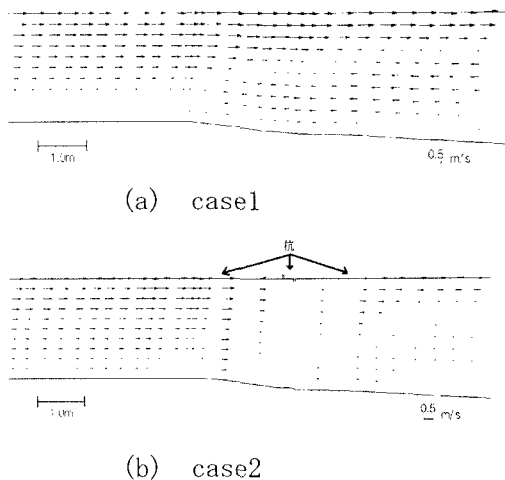


図 5 流速分布図

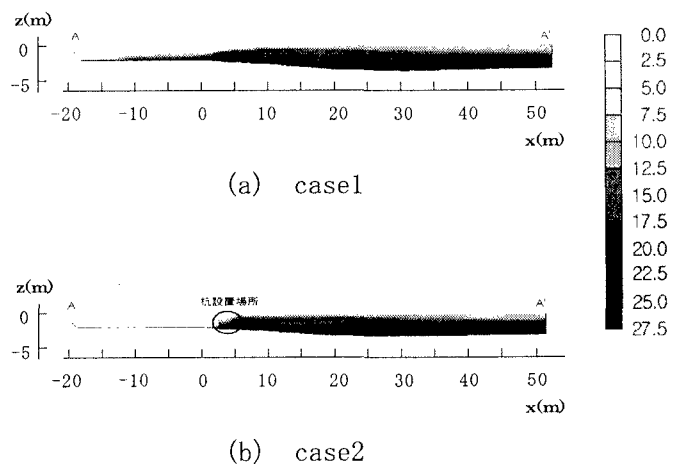


図 6 直線 AA'上の塩分濃度分布図