

Ⅱ－2 塩水遡上制御構造物周辺の流れと塩分

愛媛大学大学院 学正員○合田宏隆
愛媛大学大学院 学正員 吉井 勇
愛媛大学工学部 正 員 伊福 誠

1. はじめに

従来、気泡や堰による塩水遡上の制御方法が提案されていたが、高塩分の塩水の遡上には効果が薄かったり、河川の排水能力を低下させるなどの問題がある。そこで、本研究では新たな塩水遡上制御構造物を提案し、3次元数値モデルを用いて、塩水遡上制御構造物の有用性について検討しようとするものである。

2. 数値計算

流体が非圧縮性で密度は塩分のみ関数、Bussinesq近似が適用できるとし、支配方程式である連続の式、運動方程式、水面形の方程式、塩分の輸送方程式および状態方程式を連立して解く。なお、渦動粘性係数は、SGS(subgrid-scale)を用いた。また、乱流拡散係数は、主流方向、主流と直角方向および鉛直方向の流速成分に依存すると仮定する。

解析に用いた水路は、水路長20m、水路幅0.25m、解析領域の下流境界における水深は0.133m、上流境界における水深は0.033m、河床勾配は1:200とした。また、下流境界では、周期240秒、振幅7mmの正弦波を与え、海域における塩分 S_0 は3‰、上流境界からの淡水流入量は $5 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{s}$ とし、上下流方向は400等分、水路幅方向は20等分、鉛直方向は10等分割し解析した。なお、時間間隔は $T/8000$ (T :潮汐の周期)である。図1は、塩水遡上構造物 type-a3d の形状を示したものであり、頂点の高さは3cm、鶴翼部分の開きは 30° で下流境界から $x = 3.4 \sim 5.35 \text{ m}$ に設置した。以下は、本研究で解析した4種類の構造物で最も制御効果の大きかった type-a3d の解析結果を示す。

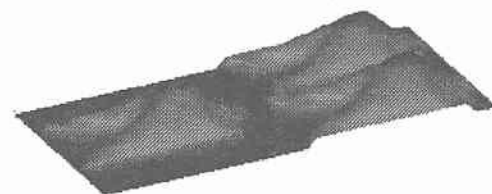


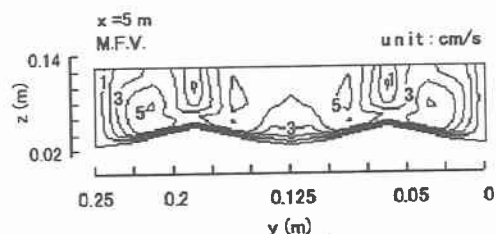
図1 type-a3dの形状

3. 解析結果

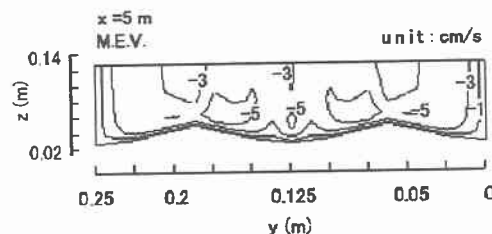
(1) 等流速線の空間分布

図2(a)および(b)は $x = 5 \text{ m}$ における y - z 平面の等流速線の空間分布を示したものである。

(a)は上流向きの流速が最大となる位相での結果である。 $y = 0.0375$ および 0.2125 m 付近では水深の1/2程度の深さで上流向きの流速が大きく、 5 cm/s 程度である。また、 $y = 0.0875$ および 0.1625 m 付近では中層で上流向きの流速が大きく 5 cm/s 程度である。(b)は下流向きの流速が最大となる位相での結果である。 $y = 0.05 \text{ m}$ 、 0.125 m および 0.2 m 付近では水深の1/4程度の深さで下流向きの流速が大きく 5 cm/s 程度である。また、 $y = 0.075 \sim 0.1$ および $0.15 \sim 0.175 \text{ m}$ 付近では下層で下流向きの流速が大きく 5 cm/s 程度である。



(a)



(b)

(2) 流速ベクトルの空間分布

図3(a)および(b)は $x = 5 \text{ m}$ における y - z 平面の流速ベクトルの空間分布を示したものである。

(a)は上流向きの流速が最大となる位相での結果である。 $y = 0.025 \text{ m}$ 、 0.0375 m 、 0.2125 m および 0.225 m では、ベクトルは水深の1/2程度を境に変化しており、上層および下層において、それぞれ

図2 等流速線の空間分布

水路側壁方向および水路中央方向を示している。また、表層における y 方向の流速はとくに大きく 4 cm/s 程度である。 $y=0.0875\text{ m}$, 0.1 m , 0.15 m および 0.1725 m ではベクトルは水深の $1/2$ 程度を境に変化しており、上層および下層において、それぞれ水路中央方向および水路側壁方向を示している。また、表層における y 方向の流速はとくに大きく 4 cm/s 程度である。(b)は下流向きの流速が最大となる位相での結果である。 $y=0.025$ および 0.225 m ではベクトルは水深の $1/2$ 程度を境に変化しており、上層および下層において、それぞれ水路側壁方向および水路中央方向を示している。また、表層における y 方向の流速はとくに大きく 3 cm/s 程度である。 $y=0.1$ および 0.15 m では、ベクトルは水深の $1/2$ 程度を境に変化しており、上層および下層において、それぞれ水路中央方向および水路側壁方向を示している。また、表層における y 方向の流速はとくに大きく 3 cm/s 程度である。

(3) 流速ベクトルの空間分布

図4は、塩水の遡上距離が最大となる位相での水路中央における x - z 平面の流速ベクトルの空間分布を示したものである。

構造物の頂点がある $x=3.8\sim 4.2\text{ m}$ でベクトルは鉛直下向きを示している。また、 $x=3.6$ および 5.2 m ではベクトルは上流向きを示しており、上層ほど大きく、表層での流速はそれぞれ 5 cm/s および 4 cm/s 程度である。

(4) 塩分の空間分布

図5は、塩水の遡上距離が最大となる位相での水路中央における x - z 平面の塩分の空間分布を示したものである。

$x=3.4\sim 4\text{ m}$ の上層付近では比較的高塩分の淡・塩混合水が存在しているが、これは構造物の設置によって鉛直流が誘起され、移流・拡散の効果が増大したためであると考えられる。

(5) 時間および水深平均した塩分の空間分布

図6は、各typeの構造物を設置した場合の、水路中央における時間および水深平均した塩分の空間分布を示したものである。なお、図中の黒丸は小松ら(1996)による実験結果である。また、図中の三角印は構造物の設置範囲を示したものである。

$S/S_0=0.5$ の塩分は、構造物を設置しない場合と比較すると、type-a1, a2, a3dおよびa3uで、それぞれ62%, 46%, 57%および47%程度、 $S/S_0=0.1$ の塩分は、それぞれ2%, 5%, 11%および8%程度侵入距離が短く、塩水の遡上が制御されている。なお、4種類の構造物の中で最も塩水遡上の制御効果が高いのはtype-a3dである。

これらの解析結果より、水路床構造物を設置することによって、主流と直角方向や鉛直方向の流れが増大し、混合が強くなり、塩水の遡上が制御される。

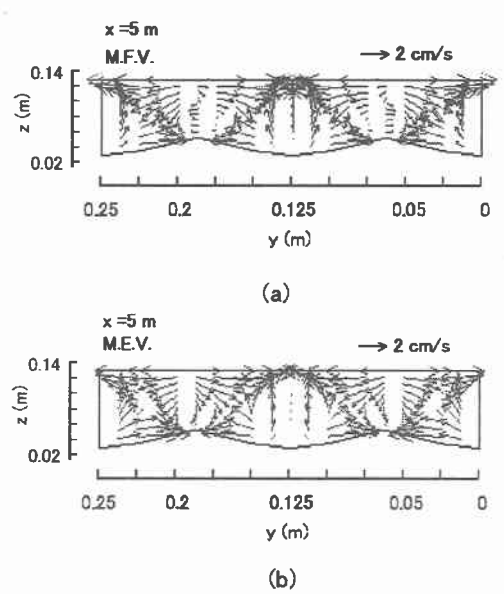


図3 y - z 平面の流速ベクトルの空間分布

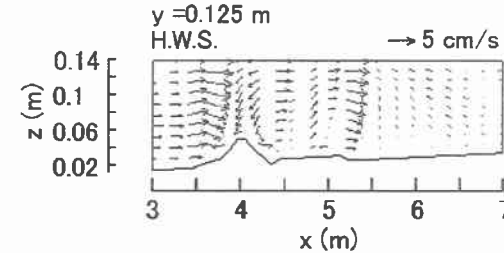


図4 x - z 平面の流速ベクトルの空間分布

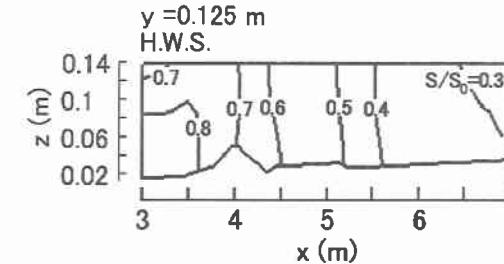


図5 x - z 平面の塩分の空間分布

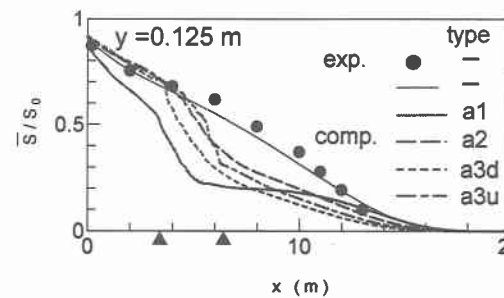


図6 時間および水深平均した塩分の空間分布
▲～▲: 構造物の設置範囲