

1. はじめに

塩水遡上を制御する方法として、気泡噴流や堰による制御が提案されているが、それぞれ高塩分に対しては効果が薄かったり、河川の排水能力を低下させたりするなどの問題点がある。そこで、本研究では、新たな塩水遡上制御構造物を提案するとともに3次元数値モデルを開発し、塩水遡上の制御効果について数値解析的に検討したものである。

2. 数値計算

流体が非圧縮性で密度は塩分のみ関数、Bussinesuq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、塩分の保存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-system)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。数値解析に用いた水路は、水路長は20m、水路幅は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とした。上・下流方向は400等分、水路幅方向は10等分、鉛直方向は10分割し解析した。なお、時間間隔 $T/8000$ (T : 潮汐の周期)である。

3. 解析結果

(1) 塩分の浸入距離の比較

図1は、塩水遡上制御構造物type-aのpattern2の形状を示したものである。この構造物の形状は、上流方向に凸、頂点の高さは3 cm、鶴翼部分の開きは90°になっている。下流境界から $x=4.4\sim 5.35$ mに、12種類の河床構造物を設置し解析した。その結果、このtype-aのpattern2を設置したときに最も塩水の浸入距離が短くなっている。よって以下は、type-aのpattern2を設置したときの解析結果を示す。

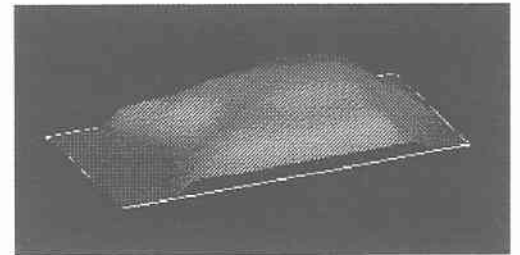


図1 type-a pattern2

(2) 流速ベクトルの空間分布

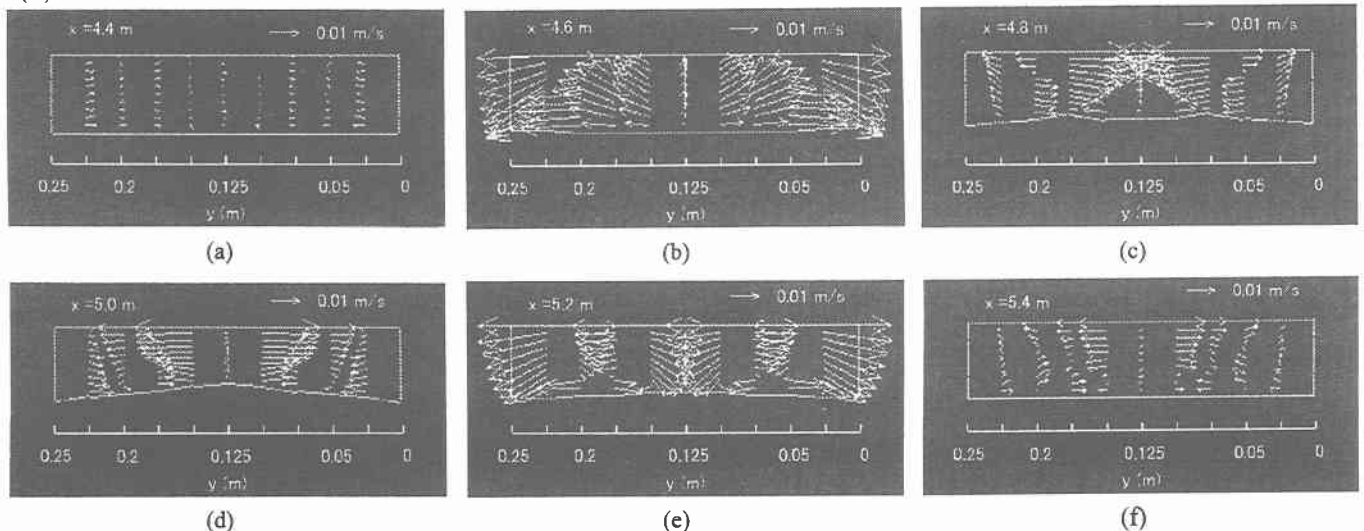


図2 流速ベクトルの空間分布

図2(a)～(f)は、塩水の遡上距離が最大となる位相($t/T=0.25$, 満潮時)における河床構造物周辺の流速ベクトル(主流に直角方向と鉛直方向)の空間分布を0.2 mごとに示したものである。なお、各図は下流側からみたものである。

(a)～(f)は、 $x=4.4 \sim 5.4$ mにおけるものである。(a)および(f)では、 y および z 方向のベクトルは小さい。河床構造物は、 $x=4.55 \sim 5.35$ mの範囲に設置しており、河床構造物上である(b)～(e)では、(a)および(f)と比較すると、主流と直角方向あるいは鉛直方向への流れが増大している。

(3) 塩分の空間分布(主流方向と鉛直方向)

図3(a)および(b)は、塩水の遡上距離が最大となる位相における塩分の空間分布について示したものである。

(a)は、 $y=0.050$ mでのものである。塩水は、 $x=5$ m程度では鉛直混合が強くなり、強混合型の形態を示している。これは、河床構造物の設置により y 方向および z 方向の流れが誘起されたためであると考えられる。

(b)は、 $y=0.125$ mでのものである。塩水は、 $x=5.2$ m程度では鉛直混合が強くなり、強混合型の形態を示している。 $x=5.2 \sim 5.4$ m程度の水面付近では、河床構造物の設置によって誘起された鉛直流による移流・拡散によって輸送された比較的高塩分の淡・塩混合水が存在する。また、高濃度の等塩分線は、 $y=0.125$ mの方がより浸入している。

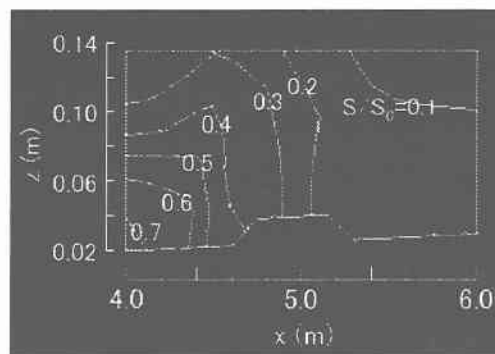
(4) 時間および水深平均した塩分の空間分布

図4(a)および(b)は、type-aの各patternを設置した場合の、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り、図中の黒三角点は河床構造物の設置範囲を示したものである。

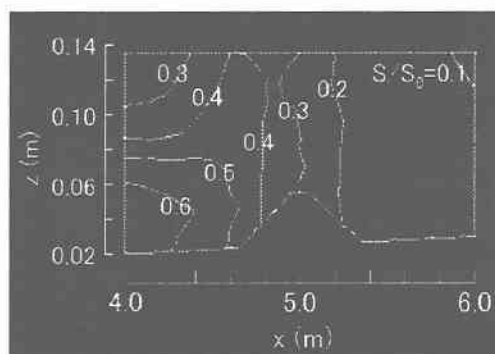
(a)は、 $y=0.050$ mでのものである。塩分は $x=3$ m程度から急激に低下しており、河床構造物の上流端である $x=5.35$ m付近ではそれぞれ79%程度低くなっている。pattern2およびpattern3では、河口からの距離の増大につれて塩分は低下しているものの、 $x=5.5$ および 5.35 m付近では、塩分は僅かではあるが高くなっている。なお、pattern2の塩水遡上制御効率が最も高い。

(b)は、 $y=0.125$ mでのものである。塩分は $x=3$ m程度から急激に低下しており、河床構造物の上流端である $x=5.35$ m付近ではそれぞれ74%程度低くなっている。なお、pattern2の塩水遡上制御効率が最も高い。

これらの解析結果より河床構造物を設置することにより、主流と直角および鉛直方向の流れが増大し、河床構造物周辺の混合が強くなり、塩水の遡上が制御されている。

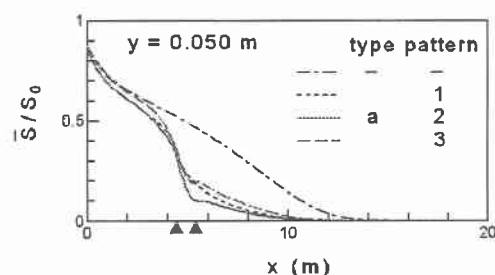


(a)

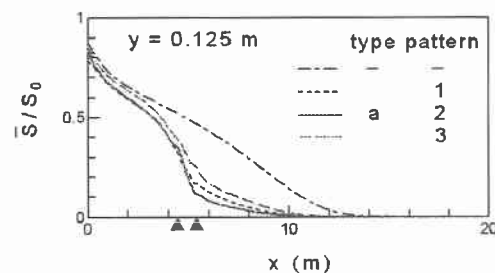


(b)

図3 塩分の空間分布



(a)



(b)

図4 時間平均水深平均した塩分 type-a
▲～▲：構造物の設置範囲