

Ⅱ-22 塩水遡上制御構造物の設置が流れや混合に及ぼす影響

愛媛大学大学院 学生員○岡本智広
(株)エイトコンサルタント 正 員 吉井 勇
愛媛大学工学部 正 員 伊福 誠

1. はじめに

本研究は、密度流に関する3次元数値モデルを開発し、維持・管理に手間と費用を要しない塩水遡上制御構造物を用いた数値解析を行い、その有用性について検討するとともに、塩水遡上制御構造物周辺の流れや混合についての基礎的資料を得ようとしたものである。

2. 数値計算

流体が非圧縮性で密度は塩分のみ関数、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、縦断方向、横断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、水路床勾配は1:200である。また、縦断方向は400等分、横断方向は10等分、鉛直方向は10分割し解析した。なお、時間間隔は $T/7200$ (T : 潮汐の周期)とした。下流境界では、周期240秒、振幅0.7 cmの正弦波を与え、海域における塩分 S_0 は、0, 3および5 ‰, 上流境界からの淡水流入量は $5 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{s}$ とした。構造物は、鶴翼型の3次元構造物type-a30と水路幅方向には断面が一樣な2次元構造物type-x90の2種類で、type-a30における凸部分と水平方向との角度 θ は 30° である。なお、両構造物の設置範囲は、それぞれ下流境界から4.4~5.35および4.65~5.35 m、最浅部の位置は5 m、構造物の最大高さは3 cmである。図1(a)および(b)は、3次元構造物type-a30および2次元構造物type-x90の形状を示したものである。以下は主にtype-a30を設置した場合の解析結果を示す。

3. 解析結果

(1) 流速ベクトルの空間分布

図2(a)および(b)は、流速ベクトルの空間分布を示している。(a)は海側境界から5 mの位置における横断面での結果である。なお、位相は下流向きの流速が最大となる位相(M.E.V.)である。流速ベクトルは、上層で水路中央向き、下層で水路側壁向きであり、水深スケールの循環流の形成がみられる。(b)は $\bar{z} = 4 \text{ cm}$ ($\bar{z}$: 構造物を設置しない場合の水路床からの高さ)における結果である。低潮(以下、L.W.S.と記す)の位相において、構

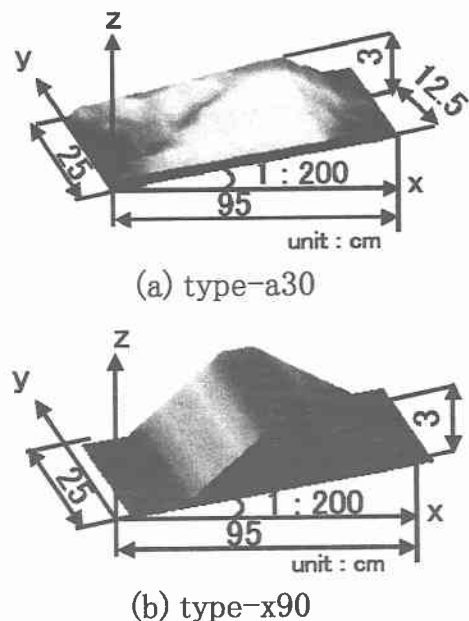
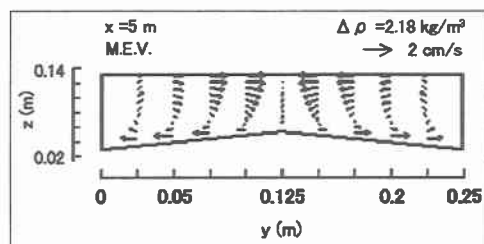
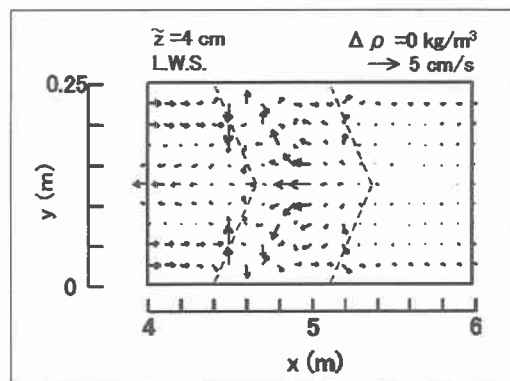


図1



(a) 流速ベクトル (v-w)



(b) 流速ベクトル (u-v)

図2 流速ベクトルの空間分布

造物の下流側では、水路側壁付近で上流へ、水路中央付近で下流へ向かう流れが生じており、下流側から見ると逆U字型の流況を呈している。

(2) 横断方向流速の収束・発散

図3は横断方向流速の勾配、 $\partial v / \partial y$ 、の時系列を示している。なお、図中の白実線は $\partial v / \partial y = 0$ であり、流速ベクトルは右向きが正である。x = 5 m の $\bar{z} = 4$ cmにおいては、水路中央付近では、 $t/T = 0.25$ (H.W.S.: 高潮) および 0.75 (L.W.S.) 付近を除けば、潮汐一周期を通して $\partial v / \partial y$ が0より大きい(発散)領域が存在する。一方、水路側壁付近では、 $t/T = 0.25$ (H.W.S.) および 0.75 (L.W.S.) 付近においてのみ発散領域が存在し、それ以外の時間では、 $\partial v / \partial y$ が0より小さい(収束)領域が存在する。

(3) 等塩分線の空間分布

図4(a)および(b)は、等塩分線の空間分布を示している。(a)は $\bar{z} = 1$ cmの断面での結果である。塩水は構造物を迂回するように、水路側壁側から上流側へ侵入する。(b)は水路中央である $y = 0.125$ mの縦断面における結果である。H.W.S. およびL.W.S.の位相では、構造物の上流端より下流側では、構造物の設置により誘起された鉛直流のために、下層において等塩分線の勾配が大きく、鉛直混合が顕著である。

(4) 時間および水深平均した塩分の空間分布

図5は、構造物を設置しない場合の時間および水深平均した塩分に対するtype-a30およびtype-x90のそれらの空間分布を示したものである。なお、図中の黒三角印は構造物の設置範囲を示したものである。塩分は、構造物の設置範囲付近で急激に低下し、構造物の設置上流端付近より上流側では、構造物を設置しない場合の60%以下になる。また、制御効果は3次元構造物であるtype-a30が高く、2次元構造物であるtype-x90とは10~20%程度の差がある。

以上、3次元数値モデルを用い、構造物周辺の流れおよび混合について調べ、塩水遡上の制御効果について数値解析的に検討した。その結果、小規模な3次元構造物を水路床に設置することにより構造物周辺に強い鉛直流や2次流が発生し、鉛直・横断方向の混合が強くなり塩水の遡上を制御できることを確認した。本研究では、一様勾配および水路幅一定の水路において、海域の塩分が3および5%を対象として解析を行い塩水遡上制御に関する基礎的資料を得た。しかしながら、実河川における地形は縦断・横断方向にかなり複雑であり、海域の塩分は高い。

今後は、現地への適用にむけて、実河川の状況に即した解析を行い、基礎的資料の集積に努める必要がある。

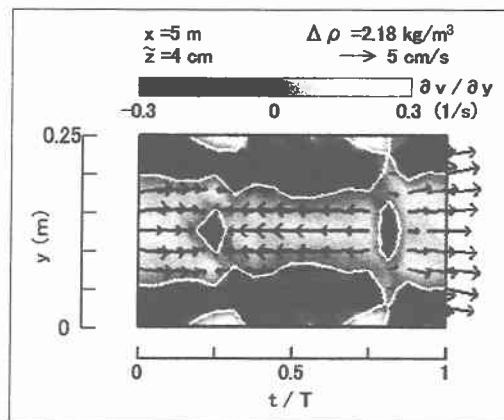
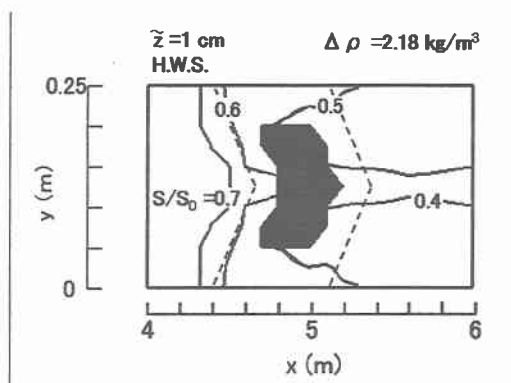
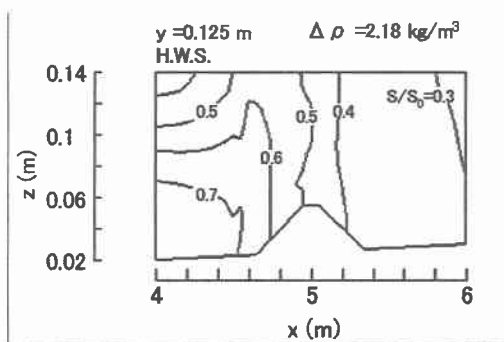


図3 横断方向流速の勾配



(a)



(b)

図4 等塩分線の空間分布

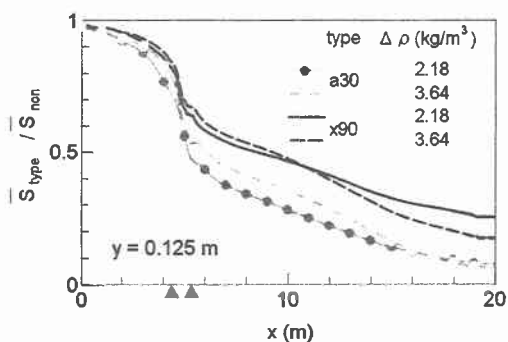


図5 塩分の制御効果