

京都大学工学部	学生員	○村山	英俊
京都大学防災研究所	フェロー	高山	知司
京都大学防災研究所	正会員	吉岡	洋

1.はじめに

港湾は外海からの波浪の影響を小さくするため閉鎖的な形状となるが、これにより海水交換が滞り、港湾内の水質悪化を招くというデメリットも生じる。そこで静穏度を保ったまま、いかに海水交換を促進するかということが問題となる。特に、任意の防波堤配置（透過型防波堤も含む）における海水の流動過程を知ることは港湾構造物の設計に際し、有用な資料となる。

そこで本研究では、流速場の計算を行い、そこで得られた流速場に標識粒子を浮かべ、それを追跡することにより海水の流動過程を調べる「オイラー・ラグランジュ法」と呼ばれる手法によって、潮流による閉鎖性領域の海水交換過程を評価する。特に、海水交換のシミュレーションにおいて、鉛直方向の層数を増やすことが、流速場にどのように影響するかについて検討を行っている。

2.方法

流速場の計算には数値計算モデルとして 3 次元 Baroclinic モデルを用いた。また、下げ潮の最強流時に投入した粒子を追跡した。

防波堤については、元のモデルでは最低幅1グリッドの陸地部を想定してきた。しかし、それでは長さに対して幅の短い防波堤のような構造物は表現し難く、また、防波堤の幅などのパラメータ設定が自由にできないなどの問題がある。そこで本モデルでは防波堤自体には計算格子上で厚みを持たせず、ラインで表現した。透過型防波堤については、透過型防波堤内の貫通管を管路に見立て、その貫通管内を流れる透過流の流速と水位差の関係を非定常のエネルギー式でモデル化している。

計算領域は図-1 に示す通りで、東西方向 150 メッシュ、南北方向 30 メッシュ、また鉛直方向の層数は 3 層としている。水平方向のメッシュサイズは 40m、層厚は水面から海底に向かって順に、第 1 層が 6m、第 2 層が 6m、第 3 層が 8m としている。また、今回比較を行う 2 層モデル（大栗，2000）は上層 10m、下層 10m である。

シミュレーションについては「全不透過」,「全透過」,「東西堤透過」,「北堤透過」の4つの防波堤配置パターンについて行った(図-2).

また、本研究では海水交換率を次式のように定義した。

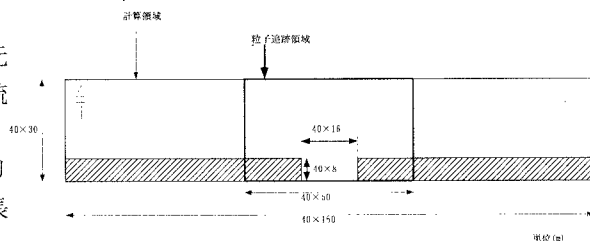


図-1 計算領域

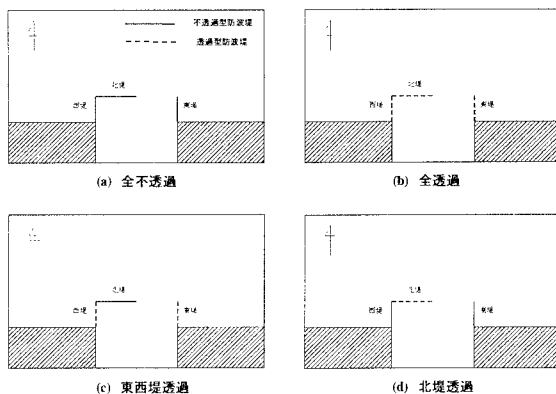


图-2 防波堤配置

$$E_N = \frac{P_N(T)}{P_N(0)}$$

ここで、 E_N は海水交換率、 $P_N(0)$ は最初に対象海域に浮標させた粒子数、 $P_N(T)$ は対象海域での時間 T での流入粒子数と流出粒子数の平均値を表わしている。

3.シミュレーション結果

潮汐が卓越する湾内に建設された港湾での海水交換特性を調べた。

港は矩形の掘込み湾で、港外では東西方向の潮流が卓越している。各防波堤配置とも港口から流入した海水によって港内で時計回りの循環流が生じ、それによって港内の海水交換が促進されている。

また、流速場に及ぼすモデルの層数による影響を調べるため、3層モデルと2層モデルによる粒子追跡結果を比較、検討した。3層モデルにすることによって大きな違いは生じなかったが、細かい点で2層モデルとは違った点が現れた。例えば、「東西堤透過」の干潮時の流速場において、西堤の外海側で3層モデルの第3層では北西方向の流速ベクトルが見られるが(図-3)、2層モデルでは上下層とも北東方向のベクトルしか現れなかった(図-4)。それに伴い、粒子追跡結果も2層モデルとは違ったものになった。また、最大流速についても、「東西堤透過」の干潮時において3層モデルでは第1層から順に6.75、3.24、3.51cm/sec、2層モデルは上層、下層と3.85、3.46cm/secで3層モデルの第1層が突出して大きな値となっており、これは層数を増やすことによって、より詳細な流速場が得られたためであると考えられる。粒子追跡図についても2層モデルと比較を行ったところ、3層モデルの第2層の粒子追跡図が、2層モデルの上層と下層を補間したものになっていないものもあり、層数を増やすことでより詳細な海水交換過程を知ることができた。

なお、各防波堤配置の1周期後の海水交換率は表-1に示すとおりである。2層モデルと傾向は同じであり、「北堤透過」が「全透過」に匹敵する海水交換能力を有することがわかった。

4.結論

本研究で得られた結論は次の通りである。

- (1) 海水交換率が「全透過」で28.2%、「北堤透過」で29.8%と、北堤を透過型にするだけで、全防波堤を透過型にする場合と同等の海水交換能力を持つことが2層モデル(大栗, 2000)と同じく3層モデルでも確認された。
- (2) 3層モデルでは2層モデルよりも、詳細な流速場を得ることができるため、詳細な流れを知るためには3層モデルの方が良い。また、今後3次元的により詳細に粒子を追跡する場合には、層の数をさらに増やす必要があると思われる。

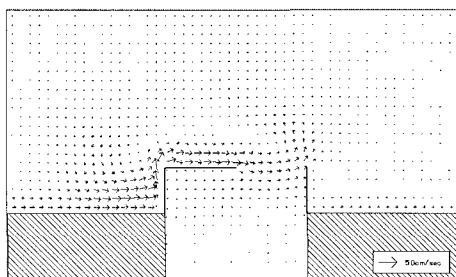


図-3 東西堤透過 第3層の流速場 (干潮時)

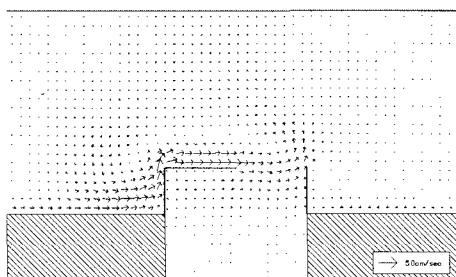


図-4 東西堤透過 下層の流速場 (干潮時)

表-1 1周期後の海水交換率

	3層モデル	2層モデル
全不透過	0.233	0.255
全透過	0.282	0.310
東西堤透過	0.240	0.270
北堤透過	0.298	0.315