

## II-106 方向性をもつ海底人工粗度による潮汐残差流の制御について

九州大学大学院 学生員 小橋 乃子・鞠 承 淇

九州大学工学部 正員 小松 利光・矢野 真一郎・藤田 和夫

## 1. はじめに

湾口が狭く、奥に広がりをもつような内湾や漁港といった閉鎖性海域では、慢性的な湾内水の停滞による水質悪化が深刻な問題となっている。この問題の改善策の一つとして湾内の流況を制御して海水交換を促進させるという方法<sup>1)</sup>がある。著者ら<sup>2)</sup>はこれまでに、海域の比較的狭い部分を対象として流れの向きにより抵抗の異なる人工粗度を海岸線に沿って設置することで潮汐残差流を作り得ることを明らかにしており、海水交換の促進に有効であることが期待されている。しかし、湾全体などの広い領域での水質改善を考えた場合には側壁粗度だけでは対処できないことが予想されるため、新たに底面粗度を利用することを提案する。底面粗度を利用する

場合には、側壁粗度によって作られる単なる一方向流れとは異なり、粗度の配置によって自由に平面的な流れをデザインでき、より積極的に海水交換を行える潮汐残差流が生成されることが期待できる。本研究では、方向粗度差をもつ底面粗度を設置した場合の潮流シミュレーションを試算的にを行い、さらに、有効な抵抗差をもつ底面粗度形状を決定するために、実験によりいくつかの形状を対象にその抵抗特性の比較を行った。

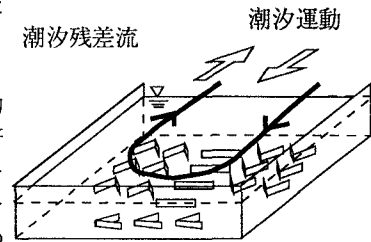


図-1 海底粗度による潮汐残差流制御のイメージ図

## 2. 数値計算

海底面に方向特性をもつ底面粗度を設置した場合に顕著な潮汐残差流が生成されるかどうかを知るために、10km四方の矩形モデル湾において平面二次元潮流シミュレーションを行った。CASE-1として海底面に何も設置しない場合を考え、海底摩擦係数として一様に $\gamma_b^2=0.0026$ (粗度係数で $n=0.0239$ )を与えた。CASE-2は図-2のように中心軸から右半分に湾奥から湾口へ向かって流れにくくなるように、逆に左半分には湾口から湾奥へ向かって流れにくくなるように粗度差( $\Delta n=0.01$ )を与えた。水深は一様に10mとし、開境界で潮位振幅1mを与えた。

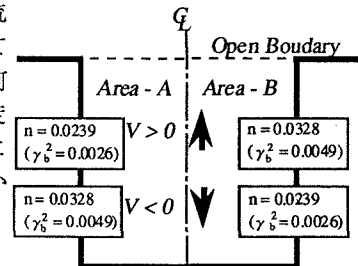
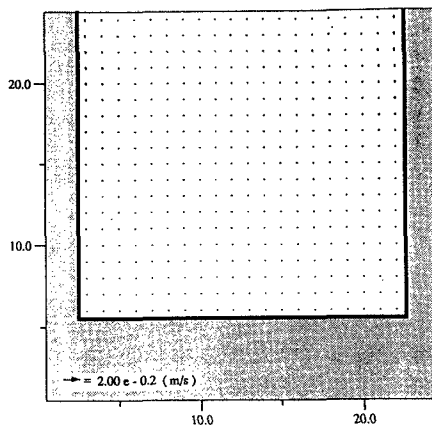
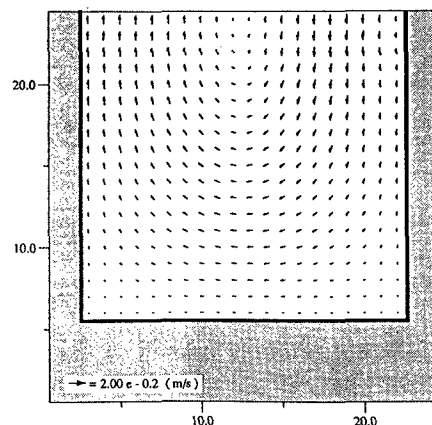


図-2 CASE-2の計算条件

図-3の計算結果を見ると底面粗度のない場合(CASE-1)では、ほとんど潮汐残差流は見られないが、粗度を設置した場合(CASE-2)には顕著な潮汐残差流が生成されているのがわかる。



CASE-1 人工粗度なし



CASE-2 人工粗度あり

図-3 モデル湾における潮汐残差流の計算結果

### 3. 実験方法および結果

海水交換が問題となるような海域に海底構造物を設置する場合、航路の確保や経済性から粗度の大きさと設置個数にも制限が生じることが考えられる。そのため最も大きい粗度差が得られる最適形状を選定することが重要となる。そこで、本研究では最適形状を決定するための第一段階として、流れ方向に対する粗度係数の差によって粗度形状の比較を行った。

これまでの研究結果<sup>2)</sup>から1/2あるいは1/4円筒粗度を棧粗度状に海底へ設置すれば有効な粗度差が得られることが期待されるが、そのような連続形状の構造物は設置が不安定であり砂やヘドロの堆積の恐れもあり好ましくない。そこで1/2円筒を基に、図-4に示すような4種類の単体粗度を考案し実験を行った。1/2円筒（円柱）V字粗度はV字型の一辺を1/2円筒（円柱）にしたもので、V字形状による湧昇流惹起効果<sup>3)</sup>も期待できるものと思われる。

実験水路は幅  $B=0.25\text{m}$ 、長さ8m、水路床勾配1/1900の全面アクリル製直線水路で、図-5のように粗度を底面の中心軸上の一列に配置し、 $s/k=5$ 、 $b/B=4.2/25$ 、相対水深  $h/k=7$  を一致させた。また、実験では順流と逆流は粗度を逆向きに設置することにより実現した。測定項目は、流量  $Q$ 、水深  $h$ 、エネルギー勾配  $I_e$  であり、測定は等流状態でを行い、測定項目からManningの式

$$n = \frac{1}{v} R^{2/3} I_e^{1/2} \quad R; \text{径深}(=Bh/(2h+B)), v; \text{断面平均流速}(=Q/Bh), I_e; \text{エネルギー勾配}$$

により水路全体の粗度係数  $n$  を求めた。本来ならば底面粗度だけの粗度係数で評価すべきであるが、今回は粗度形状の比較のみが目的であるので、水路全体の粗度係数  $n$  で評価を行った。結果を表-1に示す。

結果を見ると今回の4つの形状の中では1/2円筒粗度（粗度3）が最も粗度差が大きいことが分かる。次いで1/2円柱V字粗度の中埋め型（粗度2）、1/2円筒のそで付き型（粗度4）で同程度の粗度差が得られている。全体においてどの粗度形状でも逆流方向はほぼ同じ値が得られており、1/2円筒粗度では順流方向の粗度係数が最も小さくなったため最大の粗度差が得られたことが分かる。

### 4. まとめ

本実験の結果より、今回実験を行った4つの粗度の中では1/2円筒粗度が最も粗度差を持つ形状であり、単列の配置のみでも0.0056程度の粗度差が得られることがわかった。しかし、実験条件によっては最適形状が変わる可能性もあることから、今後は対象とする粗度の種類も増やしより多くの実験結果をもとに、最適な形状を見つける予定である。また、数値計算の結果から粗度差を操作することのみで顕著な潮汐残差流が生成可能であることがわかった。今後、粗度をどの様に配置すれば有効な潮汐残差流を生成できるかについても数値実験で検討していく。

5. 参考文献 1)例えば、山崎宗広・今村 均・本嶋克二・宝田盛康・上嶋英機；海底構造物による流れの制御技術の研究, 第35回海岸工学講演会論文集, pp.497～501, 1988, 2)粟谷陽一・小松利光・川崎昌三・朝位孝二・藤田和夫；人工粗度を用いた一方向流れの生成に関する研究, 水工学論文集, 第39巻, pp.589～594, 1995, 3)浅枝 隆・中井正則・玉井信行・堀川清司；V字形構造物による上昇流, 土木学会論文集, 第423号, pp.83～90, 1990

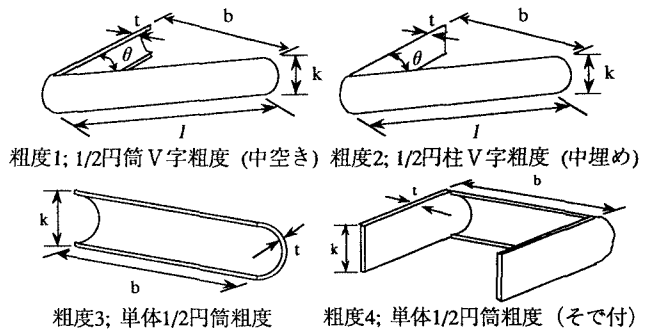


図-4 各底面粗度形状の概略図

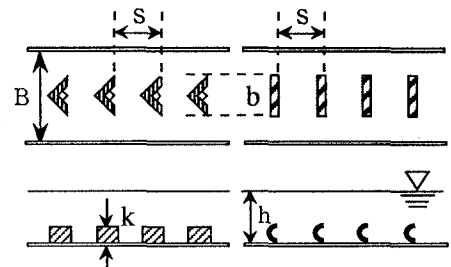


図-5 底面粗度の配置

表-1 各底面粗度の粗度係数と粗度差

| 粗度形状                                     | 順流<br>粗度係数 $n_r$ | 逆流<br>粗度係数 $n_b$ | 粗度差 $\Delta n$ |
|------------------------------------------|------------------|------------------|----------------|
| 粗度1 1/2円筒V字粗度<br>$k=1\text{cm}$ （中空き）    | 0.0217           | 0.0232           | 0.00256        |
| 粗度2 1/2円柱V字粗度<br>$k=1\text{cm}$ （中埋め）    | 0.0184           | 0.0228           | 0.00445        |
| 粗度3 1/2円筒粗度<br>$k=1\text{cm}$ （中空き）      | 0.0172           | 0.0228           | 0.00559        |
| 粗度4 1/2円筒粗度<br>$k=1\text{cm}$ （そで付き・中空き） | 0.0182           | 0.0222           | 0.00397        |