

II - 100

流れに対し方向特性をもつ人工底面粗度の抵抗特性に関する実験的研究

九州大学大学院 工学研究科 学生会員 鞠 承洪・小橋乃子・和田真人
九州大学工学部 正会員 小松利光・矢野 真一郎・柴田敏彦・藤田和夫

1. まえがき 最近、水質悪化が大きな社会的問題となっている閉鎖性海域において、非対称3次元構造物（底面粗度）を用いて潮汐残差流を制御することにより、自然エネルギーである潮汐エネルギーのみを利用した水質改善を図る方法¹⁾²⁾が提案されている。本研究では流速が幅広く変化する実際の場を想定して、底面粗度を実際に設置する現場でみこまれているものと同じオーダーのレイノルズ数（水深を10m程度、流速を数10cm/sec.とすればレイノルズ数は 10^6 のオーダーとなる）を発生できる大型循環水路とそれに比べて相対的に小さなレイノルズ数が得られる小型水路において実験を行い、底面粗度の抗力係数のレイノルズ数依存性を検討してみた。

2. 実験装置と実験方法 本実験では、底面粗度の抵抗特性を調べるために粗度にかかる抗力を直接測定できる装置（図-1参照）を用いた。レイノルズ数が $1 \times 10^4 \sim 1 \times 10^5$ の範囲においては図-2(a)に示されている直線開水路（実験A）を、 $1 \times 10^5 \sim 1 \times 10^6$ の範囲においては図-2(b)に示されている垂直循環型水槽（実験B）を用いた。実験から得られる抗力から各粗度の抗力係数 C_d は次式のように求められる。

$$C_d = \frac{\tau}{\frac{1}{2} \rho A U^2} \quad (1)$$

ここで、 τ ：粗度の抗力、 ρ ：水の密度、 A ：粗度の流れ方向への投影面積、 U ：断面平均流速（ $=Q/hB$ 、 Q ：流量、 h ：水深、 B ：水路幅）である。底面粗度は流れの方向に対して非対称な形状を持つが、抵抗の小さい方向を順流方向（添え字fで表示）、抵抗が大きい方向を逆流方向（添え字bで表示）とし、それらの抗力係数差 ΔC_d により抵抗特性を評価した。また、実際に底面粗度を設置する場合、 ΔC_d が同程度ならば順流方向の抗力係数 C_{df} が小さい粗度の方が既存の流れを阻害しないという意味から、底面粗度としてより有効であると考えられる。そこで粗度の有効性の評価には $\Delta C_d / C_{df}$ を適していると考えられる。

3. 実験結果 底面粗度の抗力係数 C_d がレイノルズ数の変化に伴いどのように変化するかを調べてみた。底面粗度の高さを k として、相対水深を $h/k=6$ と一定に固定し、流速を変化させて測定を行なった。実験に使用した粗度は1/4球、垂直1/2円筒（開口角度 $\theta=210^\circ$ ）、1/4球（柵）、1/2円筒、V字型粗度である。ただし、1/2円筒とV字型粗度に対してはレイノルズ数が 10^5 以上の範囲に対してのみ実験を行なった。各粗度の概略図と各実験における諸元を図-3に示す。

各粗度に対する実験結果をそれぞれ図-4(a)-(e)に示す。順流と逆流の両方向に対して抗力係数 C_d はレイノルズ数の増加に伴い緩やかに減少し一定値に収束していく傾向が見られる。本実験の範囲内では1/4球型及び1/4球（柵）が比較的有效な抵抗特性を持っていることが分かる。

4. 結論 流れに対して方向特性を持つ人工底面粗度について抵抗特性のレイノルズ数依存性を現場レベルのレイノルズ数まで調べた結果、レイノルズ数が 10^5 以下ではレイノルズ数が増加するに伴って抗力係数 C_d は緩やかに減少し、レイノルズ数が 10^5 以上になると C_d は一定値に漸近していく傾向があるということが分かった。

【参考文献】1). 小松利光、矢野真一郎、鞠 承洪、小橋乃子：方向性を持つ底面粗度を用いた潮汐残差流の創造と制御、水工学論文集、41、pp.323-328、1997、2). 小松利光、矢野真一郎、小橋乃子、鞠 承洪、藤田和夫：流れの方向により抵抗性の異なる人工粗度の開発、水工学論文集、41、pp.705-710、1997

キーワード：人工底面粗度、抗力係数、海水交換、抵抗、粗度

〒812-81 福岡市東区箱崎6-10-1 TEL 092-642-3281 FAX 092-642-3322

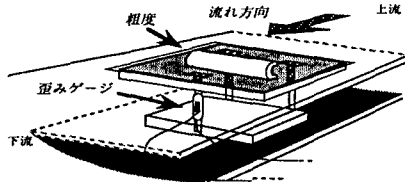
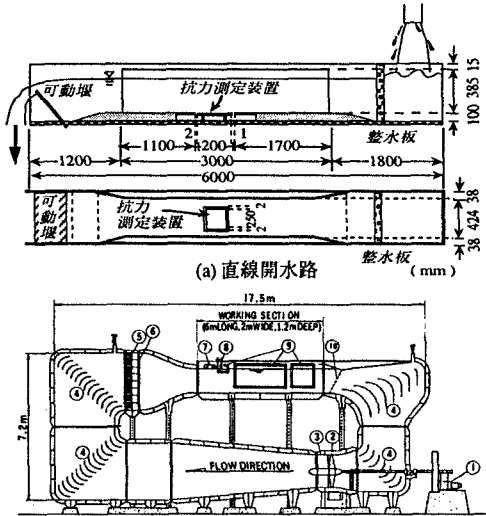


図-1 抗力測定装置の概略図



(b) 垂直循環型水槽

図-2 実験水路の概略図

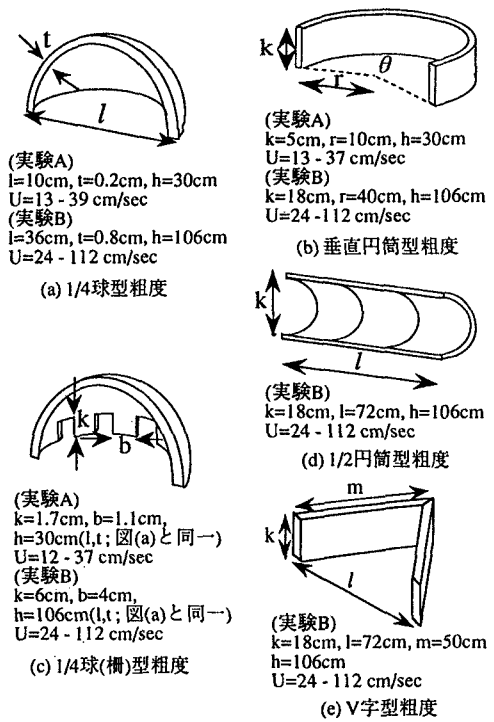


図-3 各底面粗度の概略図

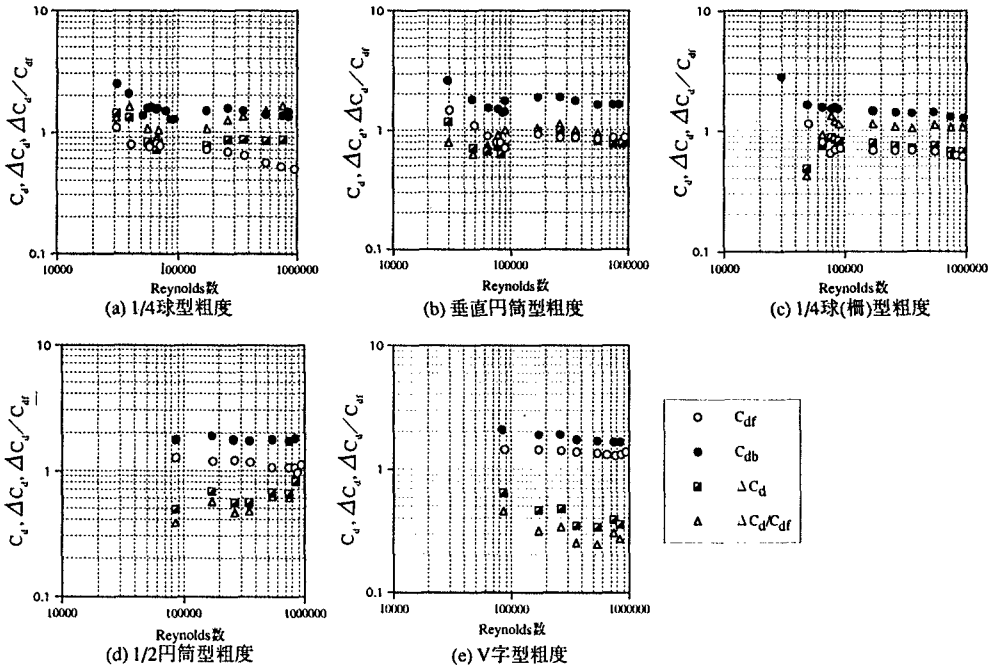


図-4 抗力係数 C_d とレイノルズ数の関係