

V字型粗度の抵抗特性に関する基礎的研究

九州大学大学院 学生員○小橋 乃子 九州大学工学部 正 員 小松 利光
九州大学工学部 正 員 矢野 真一郎 九州大学工学部 正 員 藤田 和夫

1. はじめに

近年、内湾や漁港といった閉鎖性海域において、慢性的な湾内水の停滞による水質悪化が大きな社会問題となっている。この問題に対処するために、流れの向きにより抵抗の異なる人工粗度を用いることで潮汐残差流（一方向流れ）を生成し、海水交換を促進させるような方法が提案されている。これまでの研究により、海岸線に1/4円筒側壁粗度を取り付けることで、効果的な一方向流れが作られることが明らかとなっている。しかし、側壁粗度は景観上好ましくない場合や、海岸に近い場所でなければ粗度の効果を得ることができず設置範囲が限られてしまうといった問題がある。そこで、これらの問題に対処するために海底面に粗度を配置することを念頭に置き、有効な方向粗度差を持つ人工構造物の形状について検討した。側壁粗度の研究結果¹⁾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不安定であるだけでなく、周辺への土砂やヘドロの堆積の恐れがあり好ましくない。よって、本研究では単体構造物の底面粗度として1/2円筒V字型粗度を提案し、その抵抗特性について検討した。1/2円筒V字型粗度は、流れの方向により粗度差を持つ1/2円筒の形状と湧昇流惹起効果のある²⁾V字型を組み合わせた粗度となっており、有効な粗度差の獲得と共に構造物の安定性と土砂堆積防止効果が期待できる。

2. 実験方法および結果

○実験1 ○ 開水路に設置した1/2円筒V字型粗度の流れ方向による粗度係数の差を調べ、V字型粗度、単体1/2円筒粗度(1/2円筒V字型粗度の $\theta=180$ 度の形状に相当)の場合と比較した。

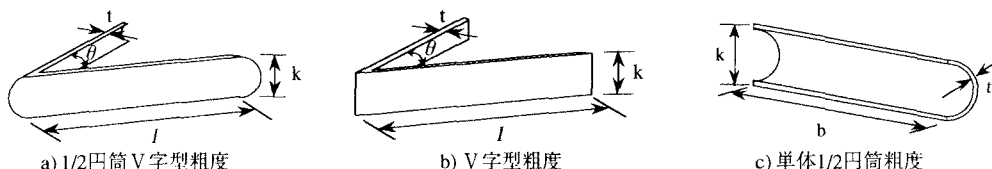


図-1 各底面粗度形状の概略図

図-1に示したようにV字型形状は一辺の長さ l 、V字の開き角度 θ 、高さ k 、厚さ t の諸量に規定される。V字型構造物による湧昇流は θ が90度前後、 l/k の値が3~4の時に卓越した効果が得られることがわかっている²⁾ので、実験水路の大きさから、 $l=3\text{cm}$ 、 $k=1\text{cm}$ 、 $\theta=90$ 度とした。また、1/2円筒粗度の長さ b はV字型の開き幅($2l\sin(\theta/2)$)と同じとした。実験水路は幅 $B=0.25\text{m}$ 、長さ 8.0m 、水路床勾配1/1900の全面アクリル製直線水路で、図-2のように粗度を底面の中心軸上の長さ4mの区間に配置間隔 $S=5\text{cm}$ となるように取り付けた。また、1/2円筒粗度では円筒外側面が上流側を向いている流れを順流、内側面が上流側の流れが逆流となる。2つのV字型粗度については流れに対して粗度が閉じている場合が順流、開いている場合が逆流となる。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、測定は等流状態で行われた。

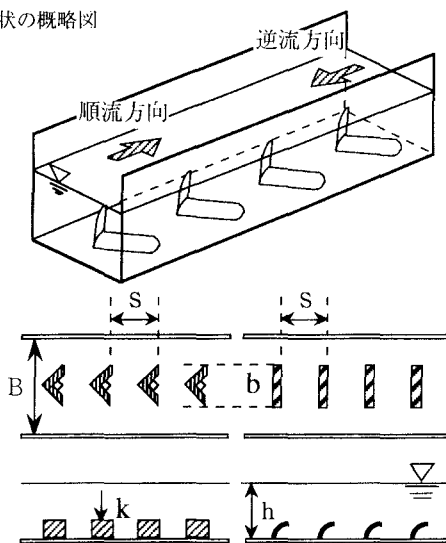


図-2 底面粗度の配置

測定項目からManningの式

$$n = \frac{1}{v} R^{2/3} I_e^{1/2}$$

により水路のManningの粗度係数 n を求めた。
ここに、 R ：径深 $(=Bh/(2h+B))$ 、 v ：断面平均流速 $(=Q/Bh)$ 。本来ならば底面粗度だけの粗度係数を評価すべきであるが、今回は粗度形状以外の条件は同じでありV字型粗度の効果についての初歩的知見を得るのが目的であるので、水路全体の粗度係数 n により評価を行った。また、順流と逆流の粗度係数をそれぞれ n_f, n_b として粗度差を $\Delta n = n_b - n_f$ と定義した。結果を表-1に示す。

表-1 各底面粗度の粗度係数と粗度差

	1/2 円筒 V 字粗度	1/2 円筒粗度	V 字粗度
順流粗度係数 n_f	0.019467	0.019835	0.020928
逆流粗度係数 n_b	0.022659	0.022941	0.022362
粗度差 Δn	0.003192	0.003106	0.001434

この結果によると1/2円筒V字型粗度と単体1/2円筒粗度が、順流、逆流ともほぼ同じ粗度係数をとることが分かる。1/2円筒V字型粗度の場合には1/2円筒部分が流れに対して傾いているので、流れに直角にあたる場合よりも粗度係数への寄与が小さくなるが、その減少分をV字形状が補っているため同程度の粗度係数が得られたものと思われる。

○実験2〇 海底に人工粗度を設置する場合、時間の経過とともに砂やヘドロなどの堆積が起こり、設計通りの粗度差が得られなくなることが予想される。しかし、V字型構造物は湧昇流を生じることから堆積した砂を排除することができ、粗度効果の維持が可能であると推測される。そこで上流から一定量の砂を流し、1/2円筒V字型粗度周辺の砂の堆積状況を観察した。図-3はその様子を写真撮影したものである。

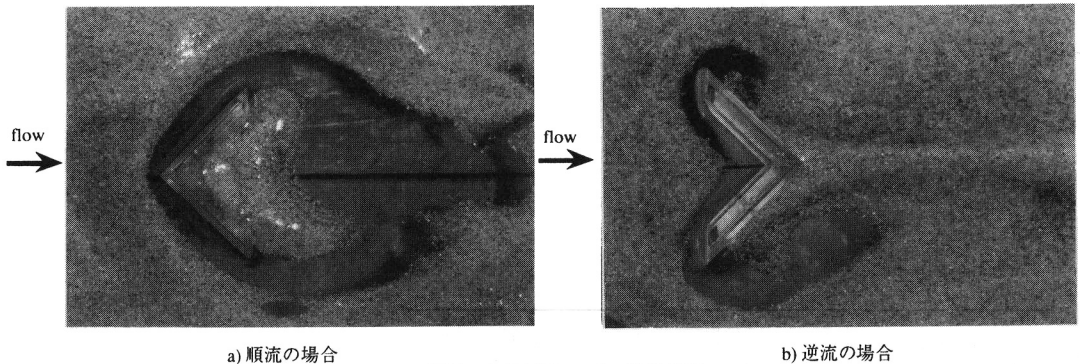


図-3 1/2円筒V字粗度周辺の砂の堆積状況

図-3a)に見られるように順流方向では粗度前方に堆積はなく、背後に回り込むような形でV字の内側に砂が堆積した。一方、逆流の場合(図-3b))はV字の内側の砂は掻き出され、粗度背後になだらかな尾根状の堆積が形成された。潮流場などの往復流場では順流のときV字内側に運ばれてきた堆積物が逆流のときに湧昇流に乗って下流方向へ運ばれて行くので、粗度周辺の堆積による影響はほとんどないと考えられる。よって粗度差を維持するためにはV字形状が有効であると思われる。

3. まとめ

本実験の結果より、1/2円筒V字型粗度は幅方向の占める長さが同じである単体1/2円筒粗度と同程度の粗度差が得られることがわかった。また、砂の堆積状況の観測からV字型の湧昇流惹起効果が本来持っている粗度効果を維持しやすくすると思われる。さらに、1/2円筒V字型粗度は安定性がよく、設置も比較的容易であることから単体1/2円筒粗度と比較してもより実用的であると思われる。今後はさらに実験を行い、配列の影響やより効果的な形状について調べる予定である。

参考文献 1) 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 2) 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 3) 深澤 薫・其阿彌喜嗣・菅 和利；堰上流部堆積砂の排砂へのV字型構造物による湧昇流の応用,土木学会第49回年次講演会,II,pp.310～311,1994