

閉鎖性水域における海水交換促進技術の提案

九州大学工学部 学生員 ○ 永野 真 佐々木 亨
 九州大学大学院 フェロー 小松 利光
 " 学生員 朴 童津 Fatos Kertiku
 " 正会員 安達 貴浩 藤田 和夫

1. はじめに 防波堤背後のような特に閉鎖性の強い海域では慢性的な海水の停滞に伴う水質汚染が問題となっており、その改善技術の開発には大きな期待が寄せられている。このような問題を解決するために、著者らは突堤や離岸堤などの防波堤にパイプ(以降 *One-Way Pipe* と呼ぶ)を設け、その形状を工夫することによって、パイプ内に実質的に一方向流れを生成し、閉鎖性水域の海水交換を促進する方法を提案している。

往復流場である海域の防波堤にパイプを設けると、パイプの両端における水頭差の時間変化や波浪によってパイプ内に往復流が形成されるが、パイプの出・入口の形状に非対称性を持たせたり、内壁に非対称な凹凸形状を設けたりすると、パイプを通過する流体が受ける抵抗力が流向によって異なってくるため、長期間にわたって平均すると実質的な一方向流れが生成される。そのため防波堤より奥側と沖側との間の海水交換が促進され、水質の改善が期待できる(図-1)。本手法は以上のような原理に基づいて発案されたものであり、一旦適用されるとその後はメンテナンス・フリーとなるため、低コストで閉鎖性水域の水質浄化を達成することが可能になると考えられる。

本技術を完成させるためにはパイプの内壁に設けられる凹凸形状、すなわち効果的な方向抵抗特性をもつ、2次元的な形状粗度¹⁾を明らかにする必要がある。このような形状粗度としては、壁面より突出した(あるいは凸部間の間隔が比較的広い)「凸型」、逆に壁面より窪んでいる(あるいは凸部間の間隔が比較的狭い)「凹型」、さらには、それら2つの形状を組み合わせた「Hybrid型」といった3タイプの形状が考えられる(図-2)。

凸型²⁾についても基礎実験を行い既にいくつかの知見が得られているが、今回は紙面の都合上、従来全く研究例のない凹型粗度の方向抵抗特性についての実験結果を紹介する。

2. 実験装置および方法 本実験では全600 cm、幅42.4 cmの亚克力製直線開水路を用いた(図-4)。水路上流端から365 cm地点に三分力計を設置し、単位粗度の順方向および逆方向の抵抗力を測定した。ここで、順方向は抵抗力が小さい方向、逆方向は抵抗力が大きい方向として定義した(図-3参照)。測定は同一形状に対して計3回行い、それらの平均値を結果として用いた。

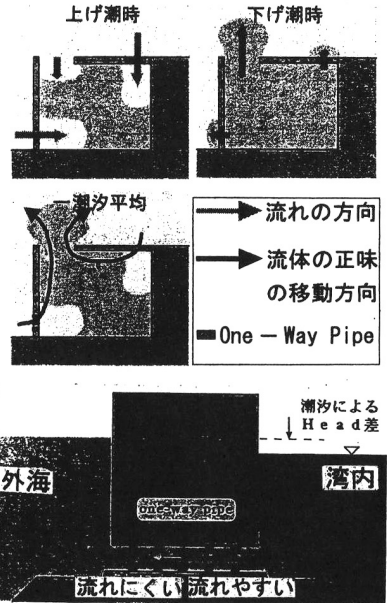


図-1. One-Way Pipe の概念図

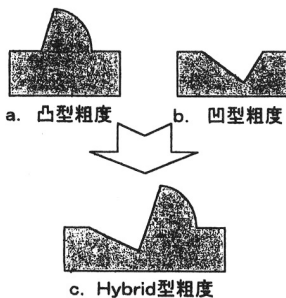


図-2. 単位粗度の形

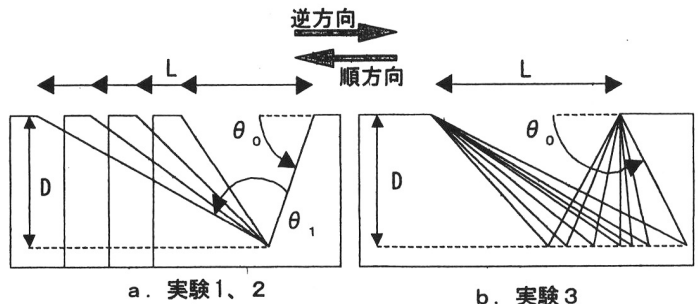


図-3. 凹型粗度の実験ケース

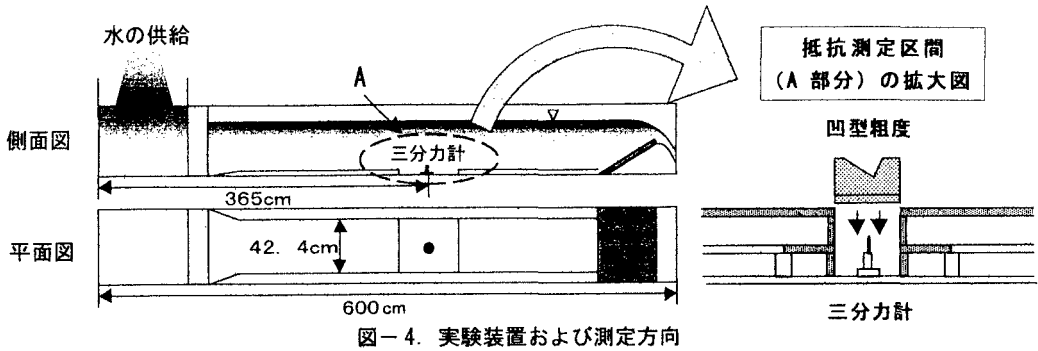


図-4. 実験装置および測定方向

3. 実験内容 凹型粗度の方向抵抗特性を調べるために3ケースの実験を行った。まず、実験1では $\theta_0=65^\circ$ 、 $D=7\text{cm}$ に固定し、 θ_1 を変化させた(図-3 a)。また、 $\theta_0=90^\circ$ に固定した実験1と同様のケースを実験2とした。次に実験3として L を固定し θ_2 を 57.5° から 120° まで変化させて実験(図-3 b)を行った。

4. 実験結果およびその考察 実験1から得られた順・逆方向の抵抗係数 C_d とその差 ΔC_d の結果を図-5 aに示す。この結果から分かるように、 θ_1 の増加に伴い順方向、逆方向いずれの抵抗係数もその値を増加させている。しかしながら、 θ_1 に対する増加率がそれぞれ異なっているため、結果的に ΔC_d は $\theta_1=80^\circ$ で最大となっている。この時、 D/L は $7/12.3$ であるが、 θ_0 が異なる実験2でも、 D/L がほぼ同程度の値に対して ΔC_d が最大となることが確認された。このため、実験3では上記の結果を参考に $D/L=7/12.3$ に固定し θ_0 を変化させた。

図-5 bの結果を見ると順方向の抵抗係数は $\theta_0=90^\circ$ まではほとんど変化ないが、 $\theta_0=90^\circ$ を超えると急激に減少し始める。一方、逆方向の抵抗係数は、 θ_0 が 75° から 97° までは同程度の値をもち、 θ_0 が 97° を超えると減少し始めている。このように順・逆方向で、 C_d が減少し始める θ_0 が異なっているため、結果的に $\theta_0=100^\circ$ 近傍において ΔC_d は最大となっている。

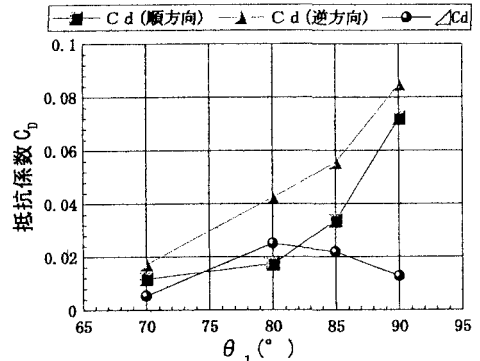
5. 結論 本研究では、閉鎖性水域(特に防波堤背後)の水質改善策として、One-Way Pipeを用いた海水交換促進技術を提案し、その基礎研究の一つである凹型粗度の方向抵抗特性を調べる実験的研究を行った。

凹型粗度そのものの ΔC_d は非常に小さいが、本研究の結果からその効果が有望視されるHybrid型粗度の形状を開発・改良していく上での有用な基礎データが得られた。

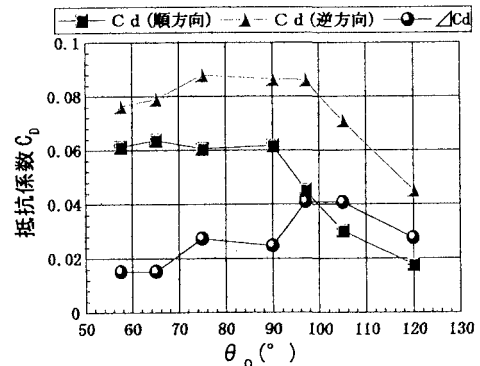
今後は、上記の結果に対してより詳細な考察を行った上で、Hybrid型粗度の形状開発を行っていく予定である。

参考文献

- 1) 小松利光、他：流れの方向により抵抗特性の異なる人工粗度の開発、水工学論文集、41、1997
- 2) 佐々木亨：減速貯留側溝に関する基礎的研究、九州大学卒業論文、2000



a. 実験1



b. 実験3

図-5. 実験結果