

## 方向特性を有する管路の水理特性に関する実験的研究

九州大学工学部 学生員 ○川野 立 九州大学大学院 正会員 朴 童津  
Mukhsan Putra Hatta 正会員 藤田 和男 フェロー 小松 利光

### 1. はじめに

近年、沿岸域において特に閉鎖性の強い港湾では水質悪化が問題となっている。これに対して海水交換機能を有する構造物などによる種々の水質改善技術の開発が試みられている。

筆者らは、非対称構造物を管内壁に取り付け方向抵抗特性を持たせた管路(以下 One-way pipe という)による水質改善技術を提案している<sup>1)</sup>。この技術は One-way pipe を往復流動場に置くと方向によりその抵抗力が異なるため残差流をつくりだすことができ、その残差流で海水交換を図る仕組みとなっている。

実海域においては、主に潮汐による長周期往復流と波浪による短周期往復流が存在している。長周期の往復流に対しては One-way pipe の残差流の生成による海水交換効果は確認されている<sup>2)</sup>。しかし、潮汐よりは波の方が常に海域に存在しているので、短周期波浪に対して残差流が生成できればより大きな海水交換効果が期待でき、One-way pipe の実用化につながるものと思われる。

したがって、本研究では主に One-way pipe の短周期波浪場における残差流の生成能力に着目し、その生成の基礎的特性を実験により明らかにすることを試みた。

### 2. 実験方法と条件

実験では Fig. 1 に示す全長 1600cm、幅 25cm の二次元造波水槽を用いた。造波装置から 700 cm の地点に One-way pipe を置いて、パイプの効果により生じる残差流を計測するために、パイプ手前 5cm の地点で超音波ドップラー流速計により流速を測定した。One-way pipe は内径 10 cm、長さ 50 cm のアクリル製矩形管に波の進行方向に残差流が生成されるように、粗度高さ 0.9 cm の 1/4 円柱型粗度を取り付けたものとした (Fig. 1 上図)。このとき入射波は、水深  $h = 30$  cm、波高  $H = 5$  cm と固定し周期  $T$  を変化させた。

まず、短周期波浪場にパイプを置いた場合の管内往復流の生成特性を調べるために、粗度設置無し plain パイプを水槽に置いて波の周期  $T$  を 0.6、0.8、1.0、1.2 sec と変化させた実験を行った。次に、粗度の設置間隔の変化による残差流生成特性を調べるために粗度間隔  $s$  と粗度高さ  $k$  の比  $s/k$  を 1、2、3、4、5、6、10 と変化させた実験を行った。

ここで本研究で利用される、残差流生成効果を評価するための諸量を定義しておく。まず、残差流速はサンプリング周波数 20 Hz で波の周期 50 周期分の水平方向流速の平均とする。また流速振幅は、この 50 周期間の流速データ振幅のピーク値を取り出して平均した値とした。最後に、単位幅残差流量とは、パイプ位置に相当する水深区間の残差流速をその区間で積分した値とした。

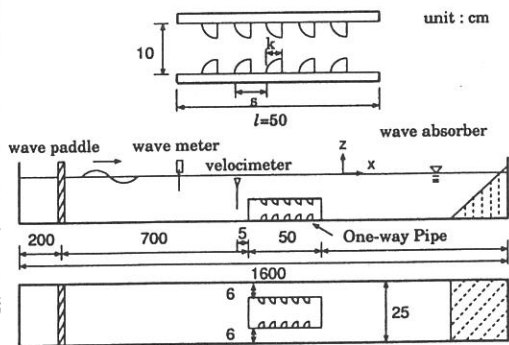


Fig. 1. 実験装置

### 3. 実験結果と考察

Fig. 2 に粗度無しの場合の、流速振幅の鉛直プロファイルを周期別に示した。パイプ内径位置に相当する水深  $-28.5$  cm  $\sim$   $-18.5$  cm の区間では、小さな勾配はあるものの流速振幅は著しく一様化されており、周期が大きくなるにつれ流速振幅が大きくなる事が確認できる。管内の往復流の大きさを表す値としてパイプ内径区間の流速振幅をさらに平均した管位置平均流速振幅を  $\bar{U}_{max}$  と定義し、粗度なしとありの全ケースに対して周期との関係調べた (Fig. 3)。この図から、周期の増加にともない  $\bar{U}_{max}$  がほぼ線形的に増加していることが見て取れる。これから、短周期波浪場にパイプを置くと波の周期と管内往復流速の大きさとの間には比例関係があると言える。

Fig. 4 に流速振幅が最大であった  $T = 1.2$  の場合の残差流速の鉛直プロファイルを示した。パイプ内径区間では粗度の効果で正の残差流が生成されており、パイプ上部ではそれを補償するようにパイプ後方から循環

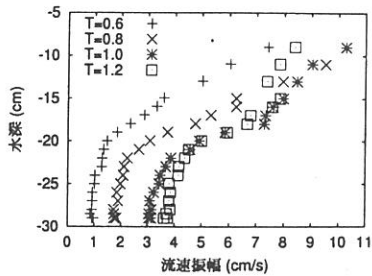


Fig. 2. 流速振幅プロファイル (粗度なし)

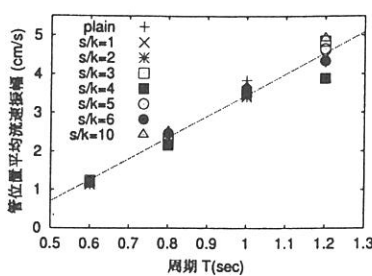


Fig. 3. 流速振幅と波の周期の関係

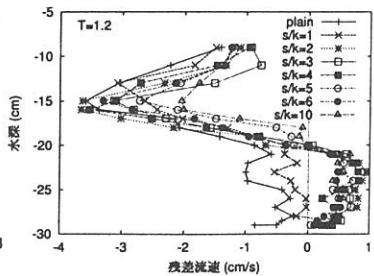


Fig. 4. 残差流速鉛直プロファイル

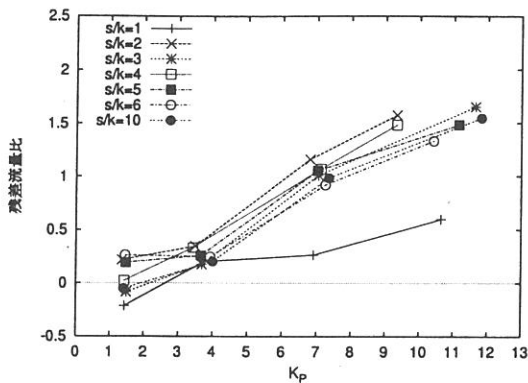


Fig. 5. 残差流量比と  $K_p$  の関係

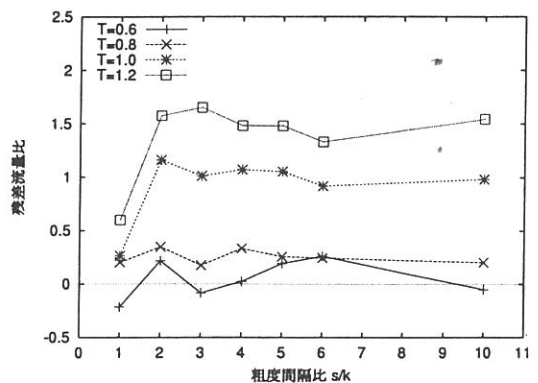


Fig. 6. 残差流比と粗度間隔の関係

してきた負方向の残差流が生成されていることを確認できる。

次に、残差流の生成能力と  $K_p$  の関係を調べた (Fig. 5)。ここで、残差流の生成能力は、粗度無しの場合の単位幅残差流量  $q_0$ 、各粗度間隔での単位幅残差流量  $q$  との相対的な値 ( $q/q_0 - 1$ 、以下残差流量比という) と定義し、 $K_p = \bar{U}_{\max} T/l$  として慣性力の大きさを代表するパラメーターとした。なお、グラフを見やすくするために  $K_p$  は 100 倍してある。このグラフからは、どの粗度間隔においても  $K_p$  が大きくなるにつれて、残差流量比が大きくなっていることがわかる。したがって、管内に生成される往復流速が大きいかほど残差流生成能力が大きくなることになる。

最後に、粗度間隔と残差流生成能力の関係を Fig. 6 に示した。この図から、いずれの周期においても、 $s/k = 2$  程度で残差流生成能力が最大になることがわかる。さらに、 $s/k = 1$  と 2 以上では残差流量比が大きく異なり、 $s/k = 1$  はかなり粗度間隔が疎な  $s/k = 10$  と比べてもその残差流量比は小さく、 $s/k = 1$  以外の粗度間隔では大きな値の変化がないため、粗度と粗度の間に空間があるかどうかは残差流量比に大きな影響を与えると予想される。

#### 4. 結論

本研究の結果、波によりつくられた短周期の往復流動場においても One-way pipe を用いた残差流の生成が可能であることが確認された。さらに、波の周期が大きいかほど管内の往復流速は大きくなり、往復流速が大きいかほど残差流の生成能力が大きくなることがわかった。また、パイプ内径の 1 割の高さを持つ 1/4 円柱型粗度を設けた One-way pipe に関しては、波の周期には関係なく粗度間隔  $s/k = 2$  程度で残差流生成能力が最大になることが確認できた。

#### 参考文献

- 1) 朴ら：方向特性を有する 2 次元粗度に関する実験的研究，水工学論文集，2002 年 2 月，第 46 巻，pp.463-468
- 2) 朴ら：方向特性を有する管路の海水交換促進効果の検討，水工学論文集，2003 年 2 月，第 47 巻