形状特性を有する管路の波向きに対する一方向流生成能の検討

九州大学大学院学生員 松下 朋哉 九州大学大学院 正会員 橋本 彰博 九州大学大学院 正会員 藤田 和夫 九州大学大学院 フェロー 小松 利光

1.はじめに

近年,閉鎖性沿岸海域における水質悪化が深刻な問題となっており,この対策として海水交換による水質改善手法である 透過性構造物,砕波や渦制御型防波堤などの適用例が数多 く報告されている.しかしながら,これら従来から用いられてい る方法では広大な水域の水質改善を行うのは難しく,施工も 大がかりで費用がかさむために適用に限界があり,入江や内 湾といった地域では,未だ有効な解決策がほとんどない状況 にある.

このような背景の下,著者らは波浪エネルギーを利用して 一方向流れを生成する管路,"One-Way Pipe"を提案している¹⁾. One-Way Pipe はいくつかのタイプが提案されているが,その 中でも風レンズの原理²⁾を往復流場に応用して管路出口につ ばを設置した"つば型 One-Way Pipe"は,極めて単純な構造 でありながら,往復流場において管路内に十分な一方向流を 生成できることが橋本ら³⁾の研究により確認されている.

本研究では,波向きに対するつば型 One-Way Pipe の設置 方向の違いによる一方向流生成能を比較した.更に管路近傍 の流れ特性を明らかにし,往復流場において管路内に一方向 流を生成するメカニズムの解明を試みた.

2. 管路の設置方向の違いによる一方向流生成能

(1) 実験概要

実験には Fig. 1 に示す全長 1900cm,幅 25cm の二次元吸 収式造波水槽を用いた.造波装置から 1100cm の地点につば 型 One-Way Pipe を設置した.模型は内径 *d=*6×6cm,長さ *l=*30cm のアクリル製矩形管に,管路の出口から距離&*l* の位置 に,高さ&*h* のつばを取り付けたもの(Fig. 2)を使用した.管内 の中心断面において管内上壁面から 1cm の地点より,水深方 向に 1cm 間隔でレーザー流速計(LDV)を用いて,Table1 に 示す条件下で管路内の水平方向流速を測定した.なお,波の 進行方向の流速を正の流速とした.

管路内に一方向流が生成可能である入射波条件下(周期:T=1.0sec,波高 H=6.0cm,水深 h=30.0cm)で,効果的に一方向流を生成することの出来るつばの高さるh および設置位置 δl について検討を行った.波の進行方向に一方向流を生成 する設置方向を順方向(Fig. 1 の設置方向),それを沖向きに 反転させた設置方向を逆方向とした.本実験では管路内に生 成される一方向流れを評価するため,測定された管路内の水 平方向流速100周期分のデータを時間平均することにより,波 一周期の平均流速(以下,残差流速と呼ぶ)を求め,その残差 流速を水深方向に積分し,単位幅残差流量 q を算出した.更 に式(1)で表される無次元残差流量 q*を導入し,管路内に生成 される一方向流量を定量的に評価した.

$$q_* = \frac{qT}{dH} \tag{1}$$

(2) 実験結果

管路を順方向,および逆方向に設置した場合の,q*とδl/dの関係をδh/d毎にまとめた結果を,何も取り付けないただの管



Fig.1 実験装置図(One-Way Pipe は順方向に設置)





路の場合(plain)とあわせて **Fig. 3**に示す.**Fig. 3**より,順方向 に設置した場合(**Fig. 3**:白塗), $\delta h/d=0.67$, 0.83, 1.00のケース について $\delta l/d$ の値によらず,安定した正の一方向流を生成す ることが分かり, q_* は全ての $\delta h/d$ について 0.0 $\delta l/d$ 0.5 にお いて最大値を得る.一方,逆方向に設置した場合(**Fig. 3** 黒 塗), $\delta h/d=1.0$, 0.4 $\delta l/d$ 0.7 において大きな負の一方向流 を生成することが分かる.逆方向に設置した場合,順方向と逆 向きの一方向流が生成されることが予想されたが順方向の場 合を比べると期待する方向の一方向流を生成可能な $\delta h/d$ と $\delta l/d$ の条件が限られていた.今後,入射波条件等を変化させ て検討を行う予定である.



Fig.6 位相平均流速と乱れ強度<u'u'>の空間分布(正の流速最大)

3.管路近傍の流動構造

(1) 実験概要

2 章において順方向に設置した場合は十分な正の一方向 流が生成されたのに対し,逆方向に設置した場合,期待され る負の一方向流が生成されなかった.この理由を管路近傍の 流れ場を捉えることにより明らかにし,管路内に一方向流を生 成する要因を解明する.

実験には同一水路を使用した.入射波は前章と同様とし (Table1),管路の形状は順方向設置時に大きな一方向流を 生成したδh/d=0.67,δl/d=0.45(Fig.3:,)とした.管路入口, 及び出口近傍の流速場を超音波ドップラー流速計(ADV)を 用いて測定した.座標軸は Fig. 1 に示すように管路設置基準 点より波の進行方向に x 軸を,管路入口の水槽底面より垂直 上向きに z 軸を設定した.水平方向および鉛直方向の流速成 分をサンプリング周波数100Hzで測定し,100 波分のデータを 記録した.測定位置は水路奥行き方向の中央とし,管路出口 に設置したつば近傍の流速を密に(ただし,管路内部は除く) 測定した.水位は容量式波高計をつばの位置に固定し,測定 条件は流速測定と同様とした.

(2) 実験結果

本実験では計測機器の都合上,流速データと水位データを 同一のレコーダーに記録できなかったため,それぞれの測器 より出力される電圧値の相互相関をとり,データを同期した. 水位変動に対してゼロアップクロス法を適用して100波に分解 し,アンサンブル平均することで位相平均流速U,Wを求めた. 次に,測定された水平方向流速u(波の進行方向を正)および 鉛直方向流速w(鉛直上向き正)から,得られた位相平均流速 U,W を差し引くことで乱流成分u',w'を求め,乱れ強度 <u'u'>,<w'w'>および-<u'w'>を算出した.

Fig.4, Fig.5 に管路を順方向と逆方向に設置した場合の残差流速の空間分布を示す.順方向,逆方向どちらの場合も,



Fig.7 位相平均流速と乱れ強度<u'u'>の空間分布(負の流速最大) つばの前後に渦の生成が確認され,つば後方(x 正の方向) の渦が,つば前方の渦よりも大きいことが分かる.また,順方 向設置の場合,管路後方に正の残差流が生成されている.

次につば上を波峰が通過したとき(順方向設置時)および 波谷が通過したとき(逆方向設置時)における位相平均流速と 乱れ強度<u'u'>の空間分布を Fig.6, Fig.7 にそれぞれ示す. 順方向,逆方向ともにつ乱れの強い領域がばの後方に広く形 成されている.他の位相における結果を見ても,位相に関わら ずつば後方に乱れの強い領域が形成されていた.期待され た正の一方向流を生成した順方向の場合は,明らかに管路の 出口付近に乱れの強い領域が広く形成されているが,逆方向 の場合は入口付近の乱れの強い領域は狭い.又, Fig.7 では 管路右側の流速ベクトルが既に右向きに方向を変えている. 今後,流速波形の歪み度等を調べる予定である.

- 3.まとめ
 - 順方向に設置した場合,0.67 δh/d 1.00 付近で,管路の出口付近につばを設置した場合に一方向流生成能が高いといえる.
 - 2) 入口と出口の乱れ強度の差が一方向流を生成する駆動 力であることが明らかになった.
 - 3) 逆方向設置に設置した場合,管路の入口と出口付近の 乱れ強度の差が小さいため管路内に負の一方向流を生 成することができないが,形状や波浪条件によっては, 期待される一方向流を生成可能であると示唆された.

参考文献

- 川野ら:波浪場における方向抵抗差を有する管路の残差流特
 性,水工学論文集,第50巻,pp.1435-1440,2006
- 2) 鳥谷隆,大屋裕二,深町信尊,渡辺公彦:中空構造体による 集風効果,ながれ,22,pp.337-323,2003.
- 3) 橋本ら:形状特性を有した管路の波動場における一方向流生 成特性の検討,海洋開発論文集,第 25 巻,pp.741-746, 2009年6月