

II - 3

波を用いた底層酸素供給装置の開発

東北大学工学部土木工学科 学生員 ○山城 朋明
東北大学大学院工学研究科 フェロー 沢本 正樹
東北大学工学部土木工学科 佐藤 栄司

1. はじめに

海域の底層には貧酸素層が存在し、生物の各種活動を妨げる要因となっている。そこで波の運動を用いて、溶存酸素が豊富な上層の水を底層に送り込む装置の開発を試みる。装置は円管型の装置に波を入射させ循環流により下降流を生じさせるものである。本研究では循環流の装置の寸法や波高などを変化させ、それらの値と流量の関係を把握し、最適な条件を見つけることを目的としている。

2. 実験装置およびその原理

2-1 実験装置

実験装置の概要を図-1に示す。造波機（波高および周期は可変）を取り付けた開水路に、内径80mmの亚克力製の管を鉛直に取り付けてある。スリットの向きは図-2に示すとおりである。また管は上下に可動であり、スリット角（波峰と平行な軸から開いた角度）も変化できる。流速計は管径の方向に動かせるようになっている。

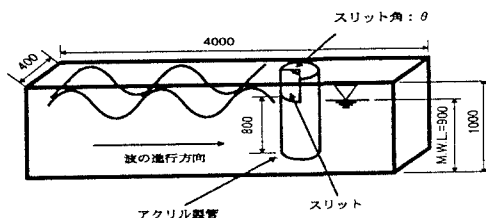


図-1. 実験装置概要

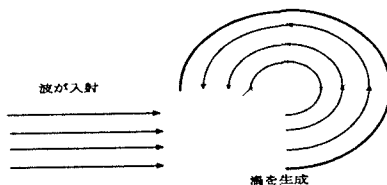


図-2. 装置の原理

により算出される。

今回は波高、スリット角、管径、周期、スリットの高さを変化させながら、流量の変化を調べた。

4. 結果

4-1 鉛直流速の時系列変化

流速の鉛直流速変化は基本的に波の周期と同じ周期をもつ。しかし特に波高が高い場合、下降流の周期が入射波の周期よりも低周波数をもつ場合が見られた（図-3）。

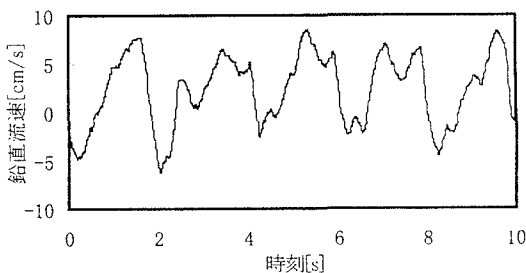


図-3. 軸分流速の時系列変化

($H=6.0\text{cm}$, $T=0.9\text{s}$, $\theta=90^\circ$, 管中央から25mmで測定)

4-2 管底における管径方向の軸分流速分布

管の内径 $d=80\text{mm}$, $T=0.8\text{s}$, $H=4.0\text{cm}$, 6.0cm , 8.0cm , スリット角 90° , スリット下面が平均水面のときの、管径方向に関する軸分流速の分布を図-4に示す（ここでは半径

2-2 装置の原理

管内に波が入射すると、管壁に沿って循環流が形成される（図-2）。波が入射した直後の管内の水位は管外の水位より高いので、管内に下降流が生じる。その際、入射した流体は管内で旋を描きながら管底へ向かう。このようにして下層への流れを生じさせる。

3. 実験方法

流速の測定方法は、管底において鉛直成分の流速を電磁流速計を用いて測定した。流速は波が入射する毎に不規則的に変化するので、複数のデータを平均して求めた。具体的には30波分の流速データを取り、それらの時系列値を平均することにより算出した。

流量の算出方法は、管の半径を4分割し、分割した区画毎に流速を測定する。それらの値を管の中心に近い側から V_1, V_2, V_3, V_4 (cm/s) とすると、流量 Q (cm³/s) は管の内径が d (cm) のとき、

$$Q(\text{cm}^3/\text{s}) = \sum_{k=1}^4 V_k \cdot \pi \cdot \left\{ \left(\frac{kd}{8} \right)^2 - \left(\frac{(k-1)d}{8} \right)^2 \right\}$$

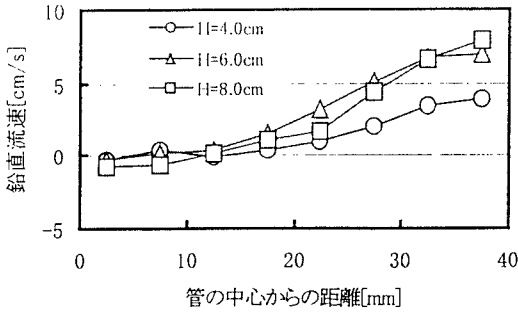


図-4 軸分流速分布($T=0.8s$, $\theta=90^\circ$)

を8分割して流速を測定した)。いずれの場合も管の外側で速い流速をもっている。その原因は波が装置に入射すると、循環流の遠心力により、水位は管壁側の方が高くなり、下降流を生じやすいためと考えられる。また管の中心部では上昇流がわずかながら生じる場合がある。これはこの種の形をした装置（ボルテックスチューブ¹⁾などに固有の流れである。

4.3 流量変化

波高を変化させた場合（図-5）、流量はほぼ波高に比例する結果となった。スリット角を変化させた場合も、流量はスリット角の大きさと比例する結果となった（図-6）。このことから流量はスリットを波に向けた場合、入射角度に関係なくスリットの大きさに依存することが示された。また流量はいずれの波高の場合も、波の周期によって左右されないことがわかる（図-7）。スリットを上下させた場合（図-8）は、スリット下面が平均水面よりおよそ2cm下方のときに流量は極大となる。スリット下端が水面付近にあるときは管を下げるほど入射水量が増大し、流量もそれに伴って増加するが、スリットをある深さより下げると減少に転じる。これは波による水粒子の挙動は深くなるにつれ小さくなる微小振幅波理論により説明できる。

5. おわりに

今回は流量に関する実験結果のみに着目したが、今後はこれらの結果と数値モデルとの比較を行う必要がある。その際に、波が入射する時の管内の水位変動測定や軸分速度の周波数解析を行うことが、装置の特性を知る上で重要である。

参考文献

- 1) 小川明：渦学，p. 94~99，山海堂，1981。

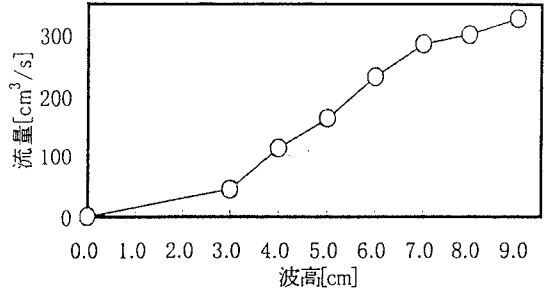


図-5 流量変化(波高変化時)
($T=0.9s$, $\theta=90^\circ$)

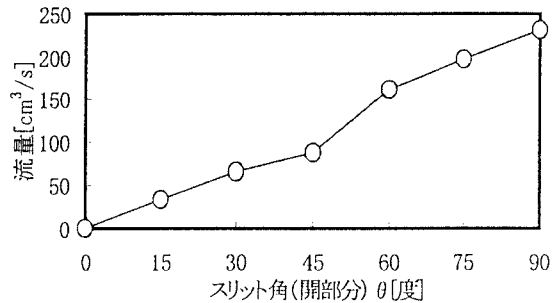


図-6 流量変化(スリット角変化時)
($H=6.0cm$, $T=0.90s$)

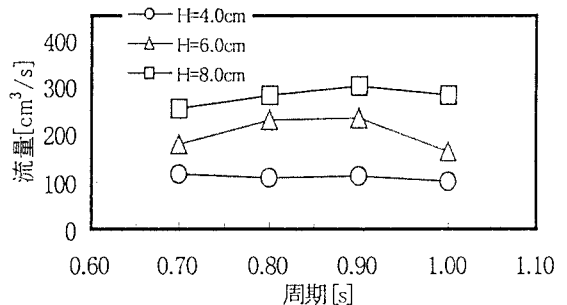


図-7 流量変化(周期変化時)
($\theta=90^\circ$)

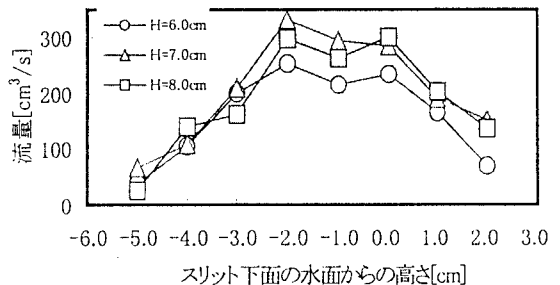


図-8 流量変化(スリット高さ変化時)
($T=0.9s$, $\theta=90^\circ$)