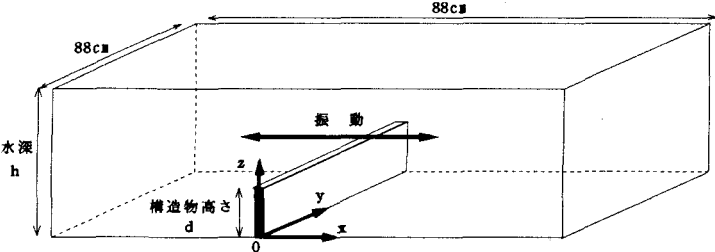


神戸大学工学部 正 員 道奥康治
神戸市立工業高専 正 員 辻本剛三
神戸大学大学院 学生員 〇名倉基博
神戸大学大学院 学生員 西出浩明

1. はじめに

近年、沿岸漁場を開発する目的で下層水を表層へ移送する様々な「人工湧昇流」構造物が注目を集めている。これは、栄養塩類に富んだ底層水塊を有光層である上層へ輸送することによって、プランクトン増殖をはかり、好漁場を確保する一つの水産工学的手段である。本報は、往復振動流場において湧昇流を発生させるために水底構造物を設置し、構造物周辺の流況変化等に関して実験的に検討を行うものである。



図－1 実験装置及び座標系

2. 実験方法

図－1のように、水槽底部に直立する二次元構造物を往復振動させ、構造物に対して一様な振動流を与える。構造物周辺の流速の x 方向成分(u) と z 方向成分(w) を二次元電磁流速計によって計測する。

表－1 実験条件

Case	構造物高さ d(cm)	水深 h(cm)	無次元水深 $\tilde{h}$ (cm)	周期 T(sec)	振幅 s(cm)	Re数	KC数	データ 個数	測定点 x×z
1	5	12.5	2.5	13	17	653.85	3.4	4000	4×9
2	5	12.5	2.5	8	5	312.50	1.0	3000	4×9
3	5	25.0	5.0	13	17	653.85	3.4	4000	4×10
4	5	25.0	5.0	8	5	312.50	1.0	3000	4×10

3. 実験条件

次元解析より現象を支配する

無次元パラメーターとして、以下の諸量が得られる。

(1)無次元水深： $\tilde{h}=h/L_0=h/d$

(ここで、 $L_0=d$)

(2)Reynolds数： $Re=U_0L_0/\nu=fsd/\nu$

(ここで、 $U_0=fs$, $f=1/T$;振動数)

(3)Keulegan-Carpenter数：

$$KC=U_0T/L_0=s/d$$

本実験では、表－1に示す計4種類の水理条件のもとに計測を行った。

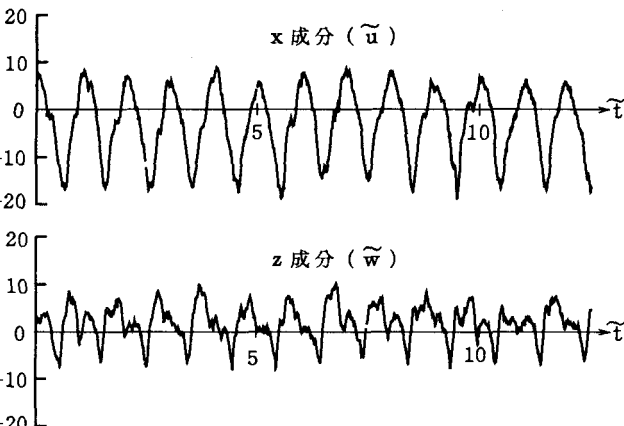
4. 流速諸量の規準化

座標および流速を以下のように無次元化する。

$$[\text{時間}] \quad \tilde{t}=t/T_0=t/(L_0/U_0)=t(fs/d)$$

$$[\text{座標}] \quad (\tilde{x}, \tilde{z})=(x, z)/d$$

$$[\text{流速}] \quad (\tilde{u}, \tilde{w})=(u, w)/fs$$



図－2 流速時系列 Case-4: $(\tilde{x}, \tilde{z})=(0.8, 1.5)$

5. 実験結果

図-2は、Case-4において顕著な渦が見られる測点 $(\tilde{x}, \tilde{z})=(0.8, 1.5)$ における流速の時系列である。他の測点においては一般に $\tilde{u}$ 成分が $\tilde{w}$ 成分に比べ卓越しているが、強い渦度が見られるこの測点においては $\tilde{w}$ 成分が特に卓越しており、鉛直方向の水質交換が促進されていることが予想される。図-3は、Case-4における位相別平均流速ベクトルの空間分布であり、位相 $\theta=0\sim\pi$ の平均流況をあらわす。位相が $\theta=0\sim 2\pi/5$ ならびに $\theta=8\pi/5\sim 2\pi$ の間、この測定範囲は構造物背後の後流域に位置し、位相 $\theta=3\pi/5\sim 7\pi/5$ の間においては前方流域に相当する。同図より、後流域に相当する位相 $\theta=0\sim 2\pi/5$ ならびに転流した直後の位相 $\theta=3\pi/5$ においては構造物背後に大きな渦あるいは循環流が存在するのが認められる。また、前方流域に相当する位相 $\theta=4\pi/5\sim 7\pi/5$ においては、顕著な渦構造は見られないが、構造物直上では鉛直上向きの流れが発生している。なお、本実験における4ケースを比較した場合、振動数 f が高く振幅 s が小さく（換言すればKC数が小さく）、かつ無次元水深 $\tilde{h}$ の小さいCase-2において最も卓越した渦が発生していた。 $\tilde{x}=0.0$ の構造物位置においても、また、 $\tilde{x}>0.0$ の構造物から離れた位置においても、無次元水深にして $\tilde{z}\leq 2.5$ の範囲においては構造物の影響による大きな速度勾配、鉛直上向きの流れ、渦などが誘起されている。しかし、 $\tilde{z}\geq 2.5$ の範囲においては、構造物による周囲流況への顕著な影響は見られない。以上の流況特性は、流線からも確認された。図-4は、Case-4の位相 $\theta=3\pi/5$ における平均乱れ強度 $\overline{u'^2}=[\sum(\tilde{u}-\bar{\tilde{u}})^2]/n$ 、 $\overline{w'^2}=[\sum(\tilde{w}-\bar{\tilde{w}})^2]/n$

($\bar{\tilde{u}}, \bar{\tilde{w}}$ は $\tilde{u}, \tilde{w}$ の移動平均値、ここで移動平均時間は $2\pi f\Delta t=0.156$) の鉛直分布の一例である。 $\tilde{x}=0.8, \tilde{z}=0.6\sim 2.0$ 付近において大きな乱れが認められる。これは、前述の流速ベクトル図において見られた渦の位置とも一致しており、渦の発生と乱れの生成との関連性を示唆している。他のケースにおいても同様の傾向が見られた。また、Case-2, 4と比較してCase-1, 3の相対乱れ強度が大きくあらわれたが、無次元水深 $\tilde{h}$ が乱れ強度におよぼす影響はさほど顕著ではなかった。レイノルズ応力 $-\overline{u'w'}=[\sum-(\tilde{u}-\bar{\tilde{u}})(\tilde{w}-\bar{\tilde{w}})]/n$ や渦度についても同様の傾向が認められた。

以降、密度成層の影響や三次元湧昇流特性について検討を進めていく予定である。

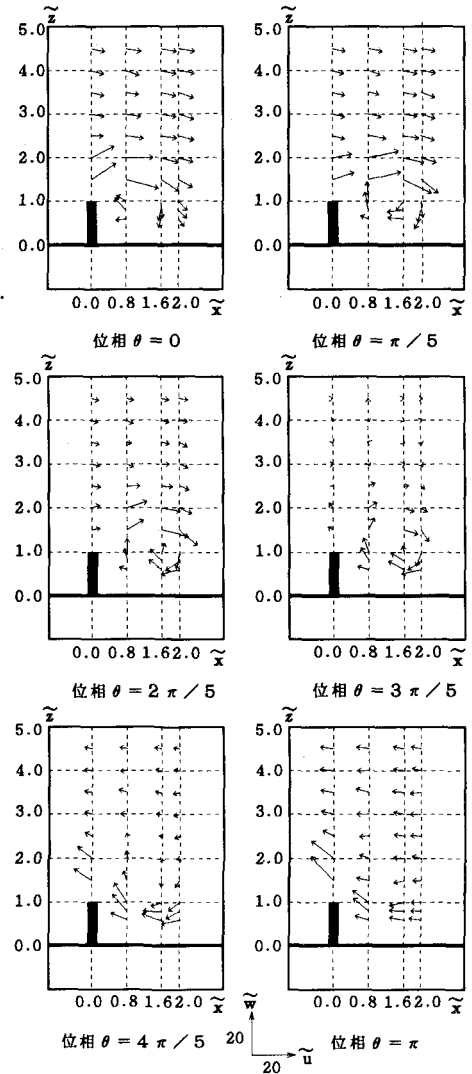


図-3 平均流速ベクトル (Case-4)

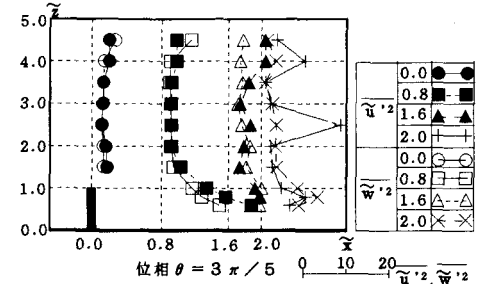


図-4 平均乱れ強度の分布 (Case-4)