

阪神高速道路公団 正 員○西出浩明
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

1. はじめに

著者らは沿岸域漁場開発に関する水産工学的見地より振動流中に設置された底面構造物周辺の局所流況を実験的に検討してきた¹⁾。大型水槽や潮流制御装置などの付帯設備を要しない簡便な方法で流況を再現するために、水槽内の静止水中に設置された底面構造物を水平方向に振動させる小型模型を用いて擬似的に往復振動流を発生させ、構造物周辺の平均流速を計測してきたが、さらに実際へ応用するためには乱流構造の把握・密度成層の影響などを検討しなければならない。本論では乱流モデルによる数値解析を行って従来の水

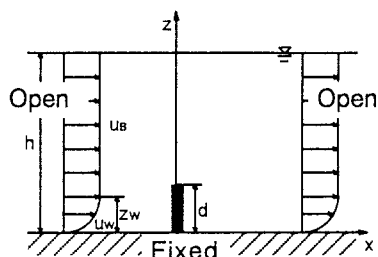


図-1 往復振動流場の概略図

表-1 実験・計算条件

Case	振幅 s(cm)	周期 T(sec)	水深 h(cm)	KC数 KC	Reynolds数 Re
1	5	15	25	6.28	1,047
2	5	5	25	6.28	3,142
3	8	24	25	10.05	1,047
4	11	33	25	13.82	1,047
5	14	42	25	17.59	1,047
6	17	51	25	21.36	1,047

2. 対象とする流況と解析方法

図-1に示すような往復振動流場を $k-\epsilon$ 乱流モデルによって再現する。同図に併記したように

開放境界断面では壁領域において滑面乱流の抵抗則と対数則によって流速分布 $u_w(z,t)=u_0(z)\sin(2\pi ft)$ と壁面層厚 z_w を与え、それより上方領域では(振幅・周波数) (s,f) より決まる一様流速 $u_b(t)=(2\pi fs)\sin(2\pi ft)$ を与える。水表面は rigid-lid, 固定境界では non-slip で、いずれも断熱条件を与える。初期には流れがなく、各種水理量の位相変化が定常となるまで助走計算(通常20~40周期程度)をして最終周期の結果を収束解とする。

3. 支配パラメータと計算条件

流速・長さ・時間の代表量として各々 $U_0=2\pi fs$, $L_0=d$, $t_0=L_0/U_0=d/(2\pi fs)$ (ここで, d は構造物高さ)を採用し、座標・流速・時間等を $(\tilde{x}, \tilde{z})=(x, z)/L_0$, $(\tilde{u}, \tilde{v})=(u, w)/U_0$, $\tilde{t}=t/t_0$ のように規準化する。流況を支配する無次元支配パラメータとして、無次元水深: $\tilde{h}=h/d$, KC数: $KC=U_0/L_0f=2\pi fs/d=2\pi \tilde{s}$, Reynolds数: $Re=U_0L_0/\nu=2\pi fsd/\nu$, Froude数: $Fr=U_0/\sqrt{gd}=2\pi fs/\sqrt{gd}$ 等が定義される。ここでは周辺流がポテンシャル流れでありかつ顕著な水面勾配がないと考えられるので, Fr をパラメータから除外する。またこれまでの現場実験での諸元より $\tilde{h}=5$ とする。よって, (KC, Re) に関し表-1のような条件を設定する。

4. 流速場に関する実験値との比較

図-2に Case-1 の流速ベクトルと渦度の等値線の位相変化の一部を示す。構造物上端で生成された渦は, $\tilde{x}$ 方向の平均流により移流され広範囲に拡散する。 $\theta=0$ 以降渦は発達せずに輸送される。 $\theta=\pi/2$ 付近で渦中心部は構造物から最も遠方に離れ $\tilde{x}=1.2$ 付近にまで到達する。その後、転流し渦中心での渦度は減少する。渦は $\tilde{x}$ の負の方向の流れにより上昇し $\tilde{x}<0$ の領域へと輸送される。 $\theta=\pi/2$ 以降では $\tilde{x}<0$ の領域で負の渦度が発生する。 $\theta=3\pi/4$ から順流開始時の $\theta=3\pi/2$ までの位相では, $\tilde{x}>0$ の領域に卓越した渦動は見られ

ない。また、 $\theta=0\sim\pi$ と $\theta=\pi\sim2\pi$ の流況は、 $\tilde{x}=0$ に関して対称的な現象であり、このことは実験においても確認される。図-3には例として位相 $\theta=0$ における各断面での水平・鉛直流速の分布形を「実験-解析」間で比較している。なお、流速は電磁流速計により測定されている。

5. 渦度の挙動特性

渦の時空間的挙動を見るために渦が発進する構造物直上の高さ $\tilde{z}=1$ における $(\tilde{x}, \theta)$ 平面上の渦度の走時曲線を図-4に示す。同図より渦の移動範囲や盛衰過程を見てとることができ、実験でも同様の結果を得ている。図-5は全位相・全空間を通して観測された最大渦度 ω_{max} と KC 数との関係をあらわす。理論・実験値ともに KC 数の増加につれて ω_{max} が減少していることが認められる。乱流構造などその他の結果については講演時に述べる。

6. むすび

流動場が乱流モデルによって再現されたことにより水質の乱流輸送を記述することが可能となった。今後、マーカーの投入追跡などを通して底層水塊の湧昇特性を検討する予定である。

参考文献

1) 西出・坂本・道奥・辻本：

第49回土木学会年講，1994年。

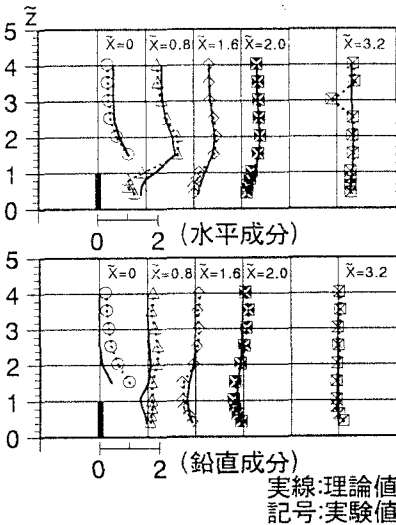


図-3 鉛直流速分布(Case-1: $\theta=0$)
(理論値と実験値の比較)

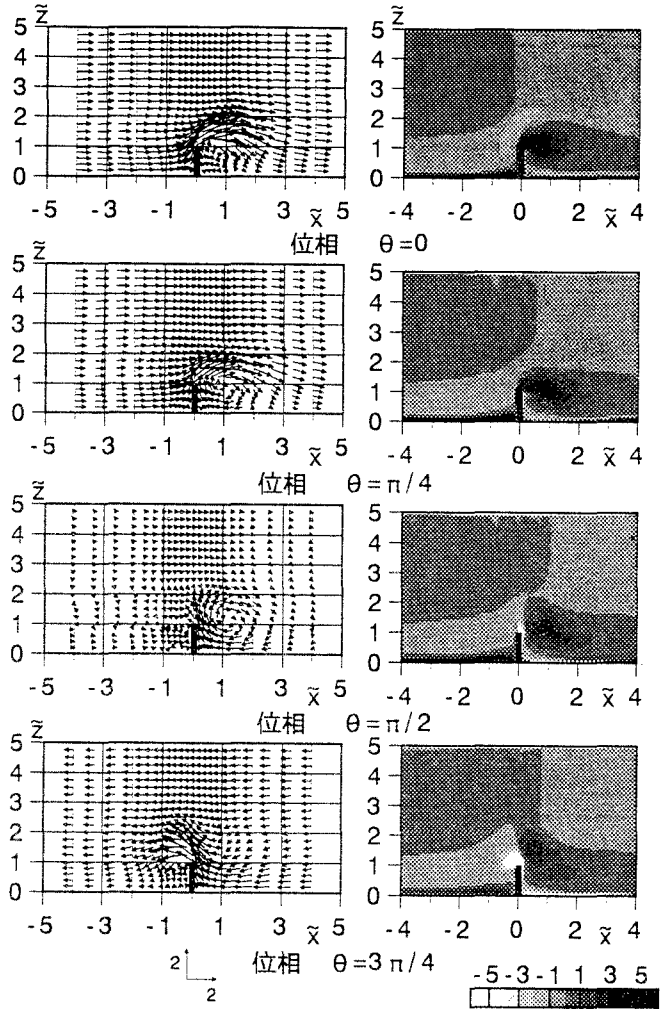


図-2 位相別流速ベクトル(左)と乱流エネルギー等値線(右)
(Case-1)

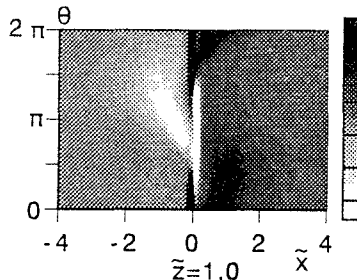


図-4 $\tilde{x}-\theta$ 平面上の渦度の走時曲線(Case-1)

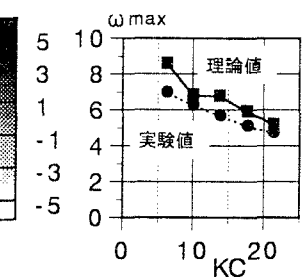


図-5 KC数と ω_{max} の関係