

II-310

群体魚礁周辺の流況変化に及ぼす魚礁間の干渉効果

鳥取大学工学部 正会員 ○松見吉晴・瀬山 明

1. まえがき: 一般に魚礁は集魚効果を高めるために一定の間隔で複数個配置する群体魚礁が多く実施されている。群体魚礁の場合、個々の魚礁背後に形成される後流渦の空間的な拡がりには魚礁相互の間隔により単体魚礁の場合より狭くなったり、広くなったり変動することが予測される。現在の魚礁の設置間隔は長年の観測結果に基づく半経験的なものであり、魚礁の集魚効果が起因する魚礁周辺の水利現象、すなわち魚礁相互の干渉効果による周辺の流況変動等との関連を考慮したものではない。本研究は、群体魚礁周辺の流況変化の解明が魚礁の最適配置決定の指針に極めて有用と考え、群体魚礁周辺の流況に及ぼす隣接魚礁の影響について流況の数値シミュレーションより検討を行ったものである。

2. 解析手法: 本研究では、3個の角柱タイプの魚礁モデルを波向きに対して縦列に等間隔に配置した群体魚礁モデルの2次元流況を対象とした。群体魚礁周辺の流況のシミュレーション手法は、波動場に対するポテンシャルと渦流に対する複素速度ポテンシャルとを重ね合わせ、魚礁表面の境界条件には湧き出し分布法を採用して行うものである。群体魚礁周辺の流況モデルとして微小振幅波理論に基づく入射波とP個の剥離点より発生したN個の任意の強さの渦糸よりなる流れを想定する。この場合の群体魚礁周辺の全複素速度ポテンシャル ω_z は、物理平面を平板上に写像変換する(波動場の水位面並びに底面は固定壁に近似される)Schwartz-Christoffelの定理と鏡像法を用いて次式で与えられる。

$$\omega_z = \frac{\omega H}{2k \sinh kh} \sin\{k(ih+z)-\omega t\} + \frac{1}{2\pi} \oint_C D(z_c) \{ \log(e^{C_0 z_c} - e^{C_0 \bar{z}_c}) + \log(e^{C_0 \bar{z}_c} - e^{C_0 z_c}) \} dz_c \\ + \sum_{j=1}^P \sum_{k=1}^N \frac{i\Gamma_{jk}}{2\pi} \{ \log(e^{C_0 z_{jk}} - e^{C_0 \bar{z}_j}) - \log(e^{C_0 \bar{z}_{jk}} - e^{C_0 z_j}) \} \quad (1)$$

ここに、Hは入射波の波高、kは波数、 ω は角周波数、hは水深、 $D(z_c)$ は魚礁表面上の点 z_c における湧き出しの強さ、 Γ_{jk} 及び z_{jk} は渦糸の循環(右廻りを正)及びその位置である。なお、 $C_0 = \pi/h$ である。式(1)の湧き出しの強さは、魚礁表面における法線方向の速度成分がゼロとなる境界条件より決定される。式(1)の積分計算に当っては、図-1(y軸に関して対称である)に示すように魚礁表面cを線素分 ΔC_i ($i=1 \sim M$)に分割し、各線素分の中点に湧き出しを置くことによって数値化を行っている。渦糸の移動に関しては、渦糸相互の運動学的な基礎方程式を4次のRunge-Kutta法で数値計算した。また、式(1)に含まれる未知量である渦糸の循環及び渦糸の発生位置は、まず渦糸の循環はRoshkoの提案式に基づいて与え、循環の時間経過に伴う変化はないものと仮定して計算を進めた。渦糸の発生位置は魚礁モデルが角柱であることより図-1に示すように各部材の隅角部より主流方向に直角に波動の境界層厚さ δ だけ離れた位置に固定している。さらに、渦糸の回転速度が渦糸の中心において無限大に発散することに伴う計算上の障害を避けるため、渦糸の回転速度にはランキン渦の仮定を導入した。なお計算の

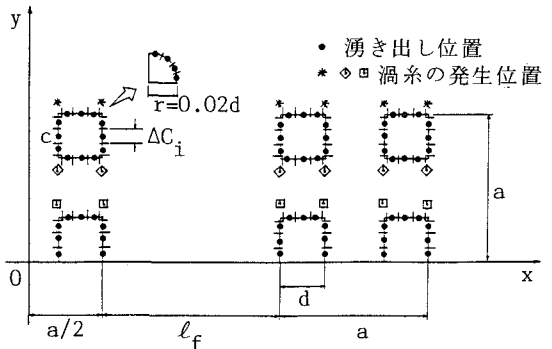
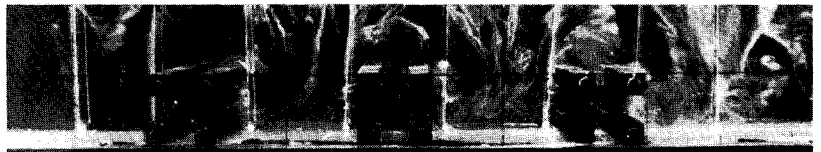
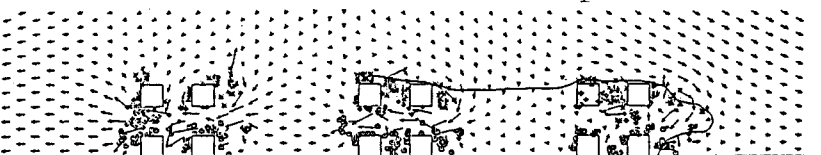


図-1 湧き出しの位置・渦糸の発生位置

時間ステップ Δt は、従来の魚礁周辺の流況シミュレーション結果¹⁾を参考にして $\Delta t=0.05$ 秒とし、渦糸は $2\Delta t$ 毎に発生させた。

3. 計算結果 (1) 流況の計算結果: 写真-1及び2は空隙率 $\gamma=64\%$ の魚礁モデルの流況可視化実験より得られた群体魚礁周辺の流況を示したもので、K-C数が7.13で時間位相が $\omega t = \pi$ 付近である。図-2及

写真-1 群体魚礁周辺の流況の実験結果 ($l_f/a=2$)図-2 群体魚礁周辺の流況の計算結果 ($l_f/a=2$)

び3は、写真-1、2の実験条件に対応した計算結果を示したもので、図中の矢印は各位置での流速を最大流速 U_{max} で無次元化した流速ベクトルを示す。

図-2、3と写真-1、2を比較すると、各計算結果において渦糸の各集合群より判定される渦流は流況写真にみられる魚礁の各部位背後に形成される渦流をほぼ再現している。また、本予測手法の検証のために図中実線で示した計算結果より判定した後流渦領域の中央魚礁の後流渦面積について計算結果と実験結果を比較したものが図-4である。この図より、 $\gamma=64\%$ の A_c/A_e は0.85~1.11の範囲にあり、本予測手法により群体魚礁における中央魚礁背後の後流渦面積を15%程度の誤差範囲で予測できることがわかる。一方 $\gamma=84\%$ の場合、 A_c/A_e は1.25~1.9の値を示して後流渦領域を過大に予測することとなり問題を残している。

(2) 流況に対する魚礁間の干渉効果：図-5は、群体魚礁の中央魚礁と右側魚礁との間の各位置 ($x/a=0.4\sim 2.0$, $y/a=0.5\sim 1.9$) における水平方向の流速成分 U_g に及ぼす隣接魚礁の影響を示したものである。各図の横軸 V_b は単体魚礁の同一位置での水平方向の流速成分 U_s に対する U_g の増減量を表すもので、 $V_b=(U_g-U_s)/|U_s|$ なる関係式で与えている。この図より何れの魚礁間隔においても V_b の値は $x/a < 1.2$ 及び $y/a < 1.1$ の範囲で正負に大きな値を示し、隣接魚礁の影響が認められる。この事実は $l_f/a=3$ の場合、図-3に示したように後流渦パターンが単体魚礁のように個々の魚礁背後で独立した形状パターンを示して隣接魚礁の影響が無視できるようにみえることと相反する結果となるが、流速変動からみたならば $l_f/a=3$ でも流況変動に対して隣接魚礁の影響が十分にあり得ると指摘できる。また、 $l_f/a=2$ と3の各 x/a における V_b の鉛直分布は、 $x/a=1.2$ まで同様の变化傾向を示すが、 $x/a=1.6$ では両者の間に大きな差異を生じている。この差異については以下に考えられる。図-2及び3において中央魚礁から発生した渦糸の集合群の位置に大差はないが、 $l_f/a=2$ の場合は魚礁間隔が狭いために魚礁間の右向き ($\omega t=\pi$) の流れが右側魚礁の遮蔽効果によって減速されるために右側魚礁から発生した渦糸群による主流と反対方向の流れが顕著に現れたためと推定される。

4. おわりに：本研究で対象とした群体魚礁の $\gamma=64\%$ の場合、魚礁の一辺の2倍の魚礁間隔が流況変動域の拡大に対して最も効果的に魚礁間の干渉効果が現れるものと結論付けられる。

〔参考文献〕1) 榎木 亨・松見吉晴：有孔魚礁周辺の流況の数値シミュレーション手法について、第29回海岸工学講演会論文集，1982。



写真-2 群体魚礁周辺の流況の実験結果 ($l_f/a=3$)



図-3 群体魚礁周辺の流況の計算結果 ($l_f/a=3$)

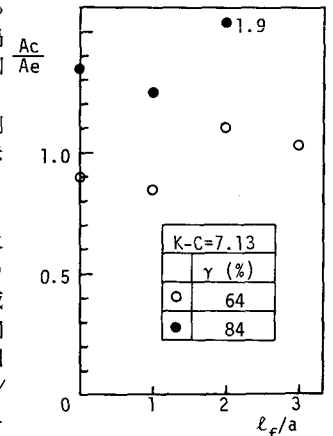


図-4 A_c と A_e の関係

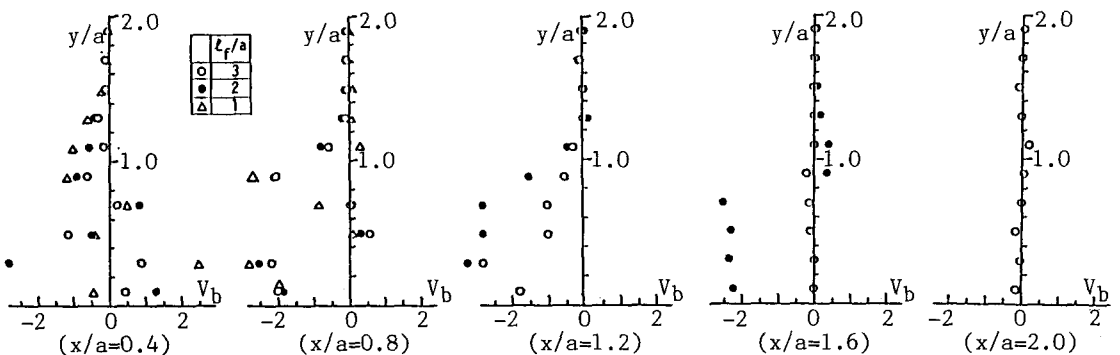


図-5 魚礁間の水平方向の流速成分に及ぼす隣接魚礁の影響