

II-272

群体魚礁における抗力・慣性力係数について

鳥取大学工学部 松見吉晴

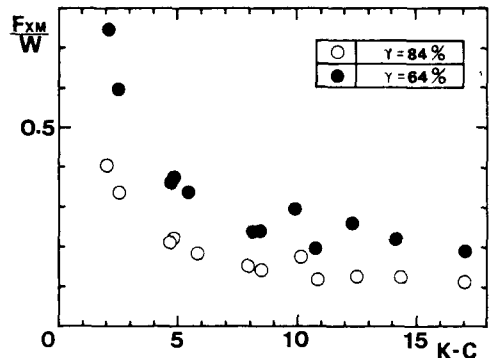
" 瀬山 明

1. まえがき：従来魚礁設置後の波や流れによる流体力に関する安定性は、モリソン式によって算定された流体力を用いて評価されており、その式中の抗力係数・慣性力係数は従来の海洋構造物における値が準用されている。魚礁のように孔を有した複雑な構造物に対するモリソン式の適用性は、流体力が物体周辺の流れの変化に起因することを考えたならば疑問を生じるが、現在の流体力の算定式においてモリソン式と同様に簡潔かつ合理的な算定式はなく、従ってここで対象としている群体魚礁に対してこの概念を用いる場合には、流体力に及ぼす魚礁相互の干渉並びに魚礁特有の部材間の干渉効果等の影響を考慮する必要がある。本研究は魚礁の形状特に孔の大きさおよび群体魚礁の設置間隔による流体力並びに流体力係数の変動を実験によって検討したものである。

2. 実験概要および解析方法：実験は長さ29m、幅50cm、深さ70cmの2次元造波水槽を用いて行い、魚礁モデルは立方体魚礁を2次元化した1辺 $a=5\text{cm}$ の角柱モデルを使用し、その有孔性については魚礁モデルを構成する角柱部材の径の変化によって2種類の空隙率 $\gamma=64\%$ 、 84% で行った。この実験では群体魚礁モデルとして3個の魚礁モデルを波向きに対して縦列に配置したものを取り挙げ、中央の魚礁モデルに作用する流体力に及ぼす前後の魚礁の影響を検討しようとしたものである。流体力の測定は波向きに作用する直方向力および揚力が同時に測定される装置を用いて行った。なお、この装置の水中固有振動数は魚礁モデル設置時において $9.5\sim 12\text{Hz}$ 程度であり、測定方向と異方向からの力に対する誤差の混入の度合は測定方向の歪量の約2%以下である。実験条件は、周期 T が $1.2\sim 3.0\text{sec}$ の範囲の9種類、波高 H が $3\sim 10\text{cm}$ の範囲の7種類、水深は 40cm と一定にした。魚礁モデルの設置間隔 l は $l/a=1\sim 4$ の範囲で1刻みに変化させた。モリソン式中の抗力係数 C_D 、慣性力係数 C_M の算定は、測定結果を 0.01sec のサンプリング間隔でAD変換を行いゼロアップクロスで定義された1波毎について最小自乗法によって求めた。その際、波動理論としてstokesの3次近似を適用した。なお、水素気泡法による魚礁周辺の流況の可視化実験も行い検討の基礎資料とした。

3. 実験結果と考察 (1) 最大直方向力：図-1は単体魚礁の場合の最大直方向力 F_{XM} を魚礁モデルの自重 W で割ったものと $K-C$ 数の関係を示したものである。なお、直方向力における抗力と慣性力の関係は、実験条件が $H/a=0.5\sim 2.1$ 、 $h/L=0.07\sim 0.2$ より慣性力が卓越する場合および抗力と慣性力が同程度の場合である。図より、 F_{XM}/W は $K-C$ 数の増加に伴って減少し、 $K-C$ 数が約7以上で一定値を示している。この結果については可視化実験の結果より次のように考察できる。魚礁モデルの後流渦パターンは $K-C$ 数7付近を境にして2種類に区分することができ、すなわち $K-C$ 数が7以下では $K-C$ 数の増加に伴って個々の部材背後に形成される渦流の発達 F_{XM} が認められ、一方 $K-C$ 数が7以上では $K-C$ 数に関係なく魚礁モデルの上側の部材間並びにモデル背後に明確な渦流の滞留 F_{XM} が認められた。すなわち、このような部材背後の渦流の発達、滞留が最大流体力の変動に起因するものであり、その渦流の形成過程が $K-C$ 数に関係することを加味すると、 F_{XM}/W と $K-C$ 数の対応が説明できる。

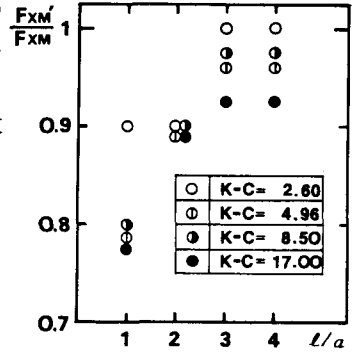
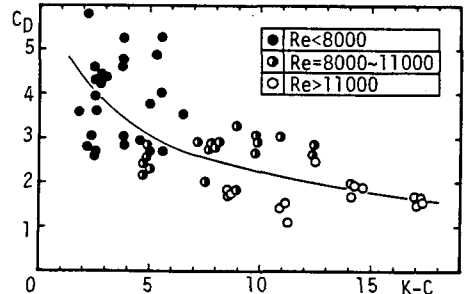
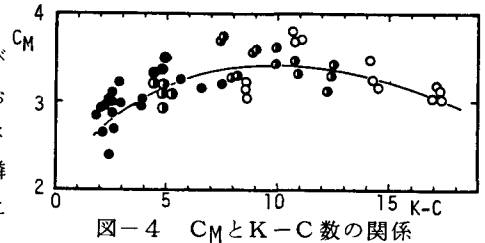
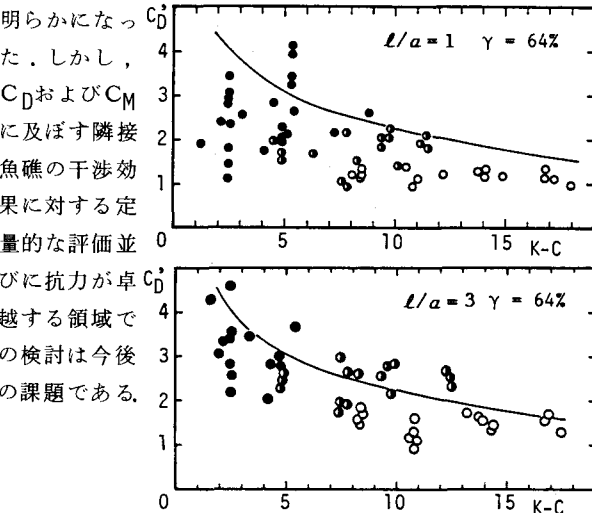
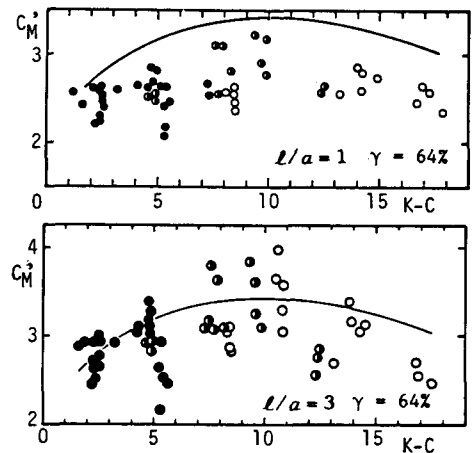
図-2は空隙率65%の群体魚礁モデルにおける最大直方向力 F_{XM}' の魚礁間隔による変化を示したもので、図中の縦軸には群体魚礁の F_{XM}' を単体魚礁の F_{XM} で割ったものを取っている。 F_{XM}'/F_{XM} は l/a の増加によって1に

図-1 F_{XM} と $K-C$ 数の関係

漸進し、また単体魚礁の場合と比較して最大直方向力は最大で2割程度も低下していることがわかる。すなわち、前後の魚礁による流れの遮蔽効果および特にK-C数が大きい場合の特徴である前方の魚礁によって形成された渦流による中央魚礁前面の圧力低下のために最大流体力が低下したものと推察できる。なお、空隙率84%の場合についても図-2と同様の結果を得ている。

（2）流体力係数：図-3、4は単体魚礁の実験より得られた抗力係数 C_D および慣性力係数 C_M のK-C数に関する変化を示したものである。同図より、 C_D および C_M はK-C数の変化によって有意な変動を示すことが認められる。そしてレイノルズ数が8000以下の抗力係数に見られるデータのバラツキについては、抗力が渦流の大きさによって左右されるものであり、また上述したK-C数が7以下の後流渦パターンの特徴であるK-C数の増加によって渦流が大きくなるものの、その出現が確定的でないことに起因するものと推測される。図-5、6は群体魚礁の場合の抗力係数 C_D' 、慣性力係数 C_M' の設置間隔による変化の1例を示したもので、図中の曲線は単体魚礁の場合との比較を目的として、図-3、4より求めた平均的な値を示したものであり、シンボルは図-3と同様である。 C_D' および C_M' の平均的な値は単体モデルに比べ低下していることが認められ、またこの流体力係数の低下が無くなる魚礁間隔は C_D' が $l/a=3$ であり、 C_M' が $l/a=4$ であることが確認できた。この両者の l/a の差異は直方向力における抗力と慣性力の比率に関係するものと考えられるが、この点については抗力が卓越する実験を行って検討する必要がある。

4. あとがき：以上魚礁に作用する直方向力の最大値および流体力係数について検討を加えた結果、現行の設計指針における C_D 、 C_M は魚礁を構成する部材形状についてのみ区別されているのに対して、波の諸条件および群体魚礁における隣接魚礁の効果についても考慮する必要があることが定性的に明らかになった。しかし、 C_D および C_M に及ぼす隣接魚礁の干渉効果に対する定量的な評価並びに抗力が卓越する領域での検討は今後の課題である。


図-2 F_{XM}'/F_{XM} と l/a の関係

図-3 C_D と K-C 数の関係

図-4 C_M と K-C 数の関係

図-5 C_D' と K-C 数の関係

図-6 C_M' と K-C 数の関係