

半球型底設魚礁背後の流れと流体力特性に関する研究

鳥取大学工学部 正員 野田 英明
鳥取大学工学部 正員 松原 雄平
西松建設(株) 正員 ○西田 秀紀
新日本技術コンサルタント 正員 小谷 満俊

1. はじめに 近年、魚類の増集を目的として種々の形状を有する底設型魚礁が巨費を投じて数多く設置されている。しかし、その多くは梁材を組み合わせた矩型魚礁であり水理学的に力学的にも合理的な形状であるといふ難い。そこで、本研究では、新しい形式の魚礁として半球型底設魚礁の開発を目指すもので、その基礎的段階として魚礁背後の流れおよび流体力特性についてに検討したものである。

2. 実験装置および、条件 実験は、西松建設技術研究所に設置されている2次元波動水槽を用いて行った。波力検出には防水型3成分ロードセル、流速測定には電磁流速型を用いた。また、半球模型に球径(k)10, 20 cmのプラスチック製半球を用いた。実験条件は、一方向流場においては、水深(h)を20~80 cm, 断面平均流速($\bar{U}$)を10~70 cm/secの範囲で変化せしめ、一方波浪場においては、水深(h)を20~80 cm, 周期(T)を1.2~2.8 sec, 波高(H)を3~12 cmの範囲に設定した。

3. 実験結果および考察 (一方向流場における流れ特性) (a) 平均渦径 まず、一方向流場における魚礁の機能として重要な、半球魚礁背後の水理特性を中心に述べる。半球体背後の流れは、図-1に示すように大きく主流域、渦領域、反流域の3種類に分類される¹⁾。そこで渦領域中の渦径を各側点毎の水粒子速度の自己相関関数と関連づけて検討した²⁾。平均渦径(L_x)を式(1)で定義する。

$$L_x = \bar{U} \int_0^{\infty} R(\tau) d\tau \quad \text{ここに、} \bar{U} : \text{平均流速、} R(\tau) : \text{自己相関係数} \quad (1)$$

図-2は、球径(k)で無次元化した平均渦径(L_x)の水深方向の分布を示した一例である。図より底面に近づくにつれて L_x は急激に大きくなる傾向が認められる。図-3は、図-2より計算により求められる L_x と可視化実験により求めた渦径(L_x')との関係を示したものであるが、自己相関係数から求めた渦径と可視化によって得られた渦径とは、ほぼ等しいと考えられる。

(b) 拡散係数 後流域での流れ運動による物質拡散能力を自己相関係数を用いて定性的に検討した。本研究においては、流下方向の拡散係数(K_x)の算定に式(2)を用いた³⁾。(Lagrange相関)

$$K_x = \frac{1}{2} \frac{d \overline{X^2}}{dt} = \overline{u^2} \int_0^t R(\tau) d\tau \quad (2)$$

ここに、 $\overline{u^2}$: 流下方向乱れ強度

Lagrange相関は、本研究のような後流域の非一様な乱流場に適用できるか問題とされるところであるが、定性的傾向を見る目的で計算を行った。式(2)を用いて半球中心からの距離別に拡散係数 K_x を求めた例を図-4に示す。図示していないがフルード数0.5の増加とともに全体的に拡散係数 K_x が約一オーダーづつ増加していることが確認された。 $X/K=1$ において、模型高($h/k=0.5$)で拡散係数 K_x は最大を示し、最小の K_x とは約3オーダーの差異がある。 $X/K=2$ 以上においては、水路床の方向に拡散係数 K_x のゆるやかな増加がみられる。この K_x の増加が始まる相対水深($d=h/k$)を示したものが表-1である。表-1によると X/K の増加とともに相対水深

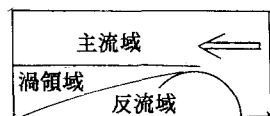


図-1 流れ領域の分類

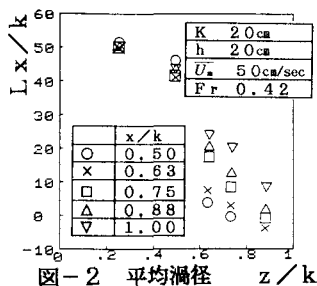


図-2 平均渦径

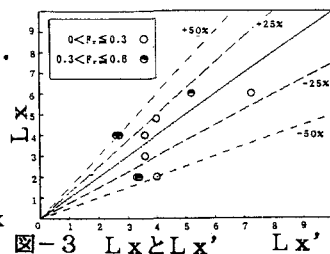


図-3 L_x と L_x'

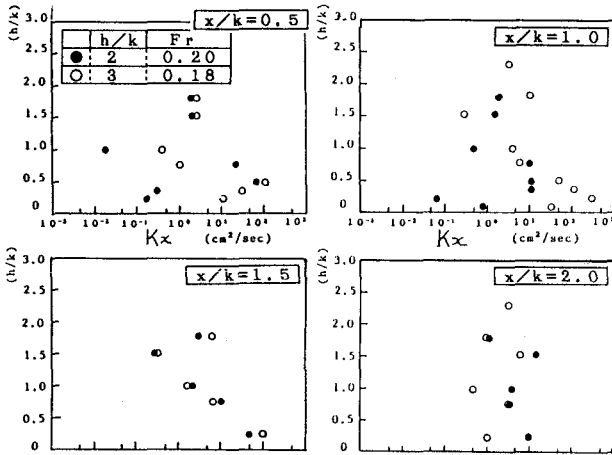


図-4 拡散係数

(d) は、減少している（水路床に近づく）ことがわかる。すなわち、この相対水深（d）の位置が主流域と渦領域の境界であり、相対水深（d）より水面側が主流域、水路床側が渦領域と考えることができる。また、一部を除いて、ほとんどすべての条件において水路床近傍で拡散係数の増加がみられることより水路床近傍で複雑な乱れが起きていることがわかる。

（波浪場における半球型魚礁の流体力特性）（a）KC数と波力算定係数実測波力をもとに算定した抗力係数 C_D 、慣性力係数 C_M との関係について比較検討をした。 C_D 、 C_M を算定する方法は、最小自乗法を採用した。また、鉛直方向の流体力に関しては、流下方向に比べて非常に小さいため本論文では議論しない。図-5に流下方向の C_M とKC数の関係を示す。KC数に関係なく、ほぼ一定値をとり、その値は没水球体の C_M の1.5より多少大きくなっている。図-6に流下方向の抗力係数 C_D とKC数の関係を示す。 C_D は、KC数の増加にともなって減少する傾向が認められるが、ばらつきが大きく有意な傾向を示しているとはいえない。この原因は、本研究で対称としたKC数が小さいことから粘性抵抗力の卓越によるものと考えられる。同様なばらつきが存在することが、没水球体の抗力係数を算定した水谷らの研究においても報告されている⁴⁾。

4. まとめ 本研究で得られた結果を要約すると(1) 自己相関係数より求めた平均渦径と可視化より得られた渦径は ほぼ一致する。(2) 拡散能力は半球高で最も大きく、流下方向に半球中心より球径の約2倍あたりでほとんど0となる。(3) 流下方向の C_M は、KC数の増加に対して一定値をとり、 C_D は、一定の割合で減少する傾向が確認された。本研究では、KC数の最大値が8と小さいため、さらに大きなKC数での検討が今後必要であろう。

〔参考文献〕

- (1) 杜多 哲；魚礁後流の海水交換に関する研究，第 30 回海岸工学講演会論文集
- (2) 椿東一郎；水理学Ⅱ，森北出版，pp 175, 1974
- (3) 鶴谷広一，松延嘉嗣，惟住智昭，柳嶋真一；水中に設置された構造物背後の流れと乱流構造に関する研究，第 34 回海岸工学講演会論文集
- (4) 水谷 法美；名古屋大学博士論文，平成元年

表-1

(cm/s)	X/D=2	X/D=3	X/D=4
$\bar{U}=10$	1.7	1.0	0.8
$\bar{U}=20$	1.5	0.9	
$\bar{U}=30$	1.0	0.8	

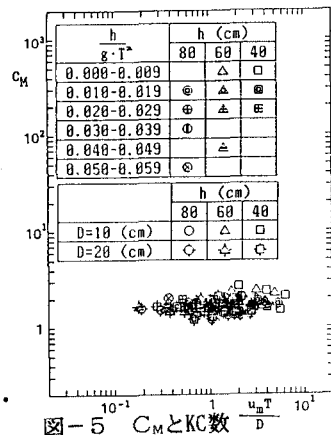


図-5 C_M とKC数 $\frac{u_m T}{D}$

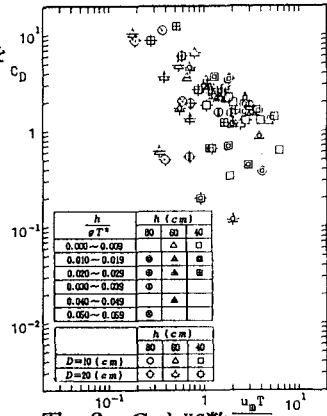


図-6 C_D とKC数 $\frac{u_m T}{D}$