

琉球大学・理工学部・正員 河野 二天
 沖縄県庁・農林水産部 渡慶次一彦

1. はじめに

近年海洋生物資源に対するかなりの注目がなされているが、沖縄県石垣島の名蔵湾においても、水産資源増殖の目的で図-1に示す様な人工魚礁が設置されつつある。設置水深は2~4m程度の浅海域であるので、浅海波が魚礁に如何なる影響を及ぼすかを検討する必要がある。本論文は魚礁に作用する波力と、その作用点に関する理論を提案し、実験により妥当性を検討したものである。

2. 魚礁の概要

魚礁の実物は図-1で X_1 , X_0 , Y_0 , B が各々0.9m, 1.7m, 0.9m, 1.7m, のR.C構造物である。模型は幾何学的縮尺 $1/8$ (A型), $3/16$ (B型)の2種類を製作した。単位重量は実物とほぼ同一になる様な模型を製作した。

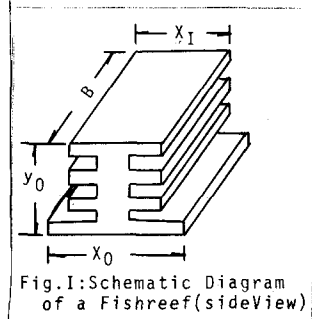


Fig.1: Schematic Diagram of a Fishreef (side view)

3. 理論的考察

3.1) 魚礁に作用する波力

$$P = \rho \cdot C_M \cdot B \int_{y_0-h}^h \int_{-X/2}^{X/2} \frac{\partial U}{\partial t} dx dy + \frac{1}{2} \rho \cdot C_D \cdot B \int_{y_0-h}^h |U| |U| dy \quad (3-1)$$

図-1の魚礁を図-3の様に単純化

して考える場合、魚礁に作用する

流体力 P は Morison の式¹⁾により式(3-1)で与えられる。上式で、 C_M , C_D : 各々質量係数、抗力係数である。また、 ρ : 水の密度、 U : 波の水粒子の水平速度成分、 h : 水路水深である。上式の速度項は厳密には波とそれによる魚礁との相対速度を考えねばならぬが、後者は前者に比較して充分小さいとする。波の速度ポテンシャルから計算した U の値に対し、Fourier級数展開によって $|U||U|$ の値を求めると次式になる。²⁾

$$|U||U| = \left\{ \frac{1}{2} H W \frac{\cosh k(R+y)}{\sinh k h} \right\}^2 \cdot \left\{ \frac{8}{3\pi} \sin Wt - \frac{8}{15\pi} \sin 3Wt + \dots \right\} \quad (3-2)$$

上式で、 H : 波高、 W : 波の角振動数、 k : Wave number、 t : 時間である。式(3-2)と U の値を式(3-1)に代入して積分すると式(3-3)を得る。

$$P = P_0 \cdot \sin(Wt + \theta), \quad \tan \theta = \frac{6 C_M \pi X_1}{C_D \cdot H} \cdot \frac{\sin k R \cdot \sinh k y_0}{2 k y_0 + \sinh(2 k y_0)} \quad (3-3)$$

$$\bar{P}_0 = \frac{P_0}{\rho \cdot B \cdot X_1 \cdot g \cdot \sinh k y_0} = \left\{ \left\{ \frac{C_M}{2 \cdot \cosh k R} \right\}^2 + \left\{ \frac{C_D \cdot H \cdot (2 k y_0 + \sinh 2 k y_0)}{6 \pi \cdot X_1 \cdot \sin k R \cdot \sinh k y_0} \right\}^2 \right\}^{1/2} \quad (3-4)$$

3.2) 波力(P)の作用点(h_c)

図-3に示すように波力の作用点を水面より h_c とすると、 h_c は次式になる。

$$h_c = \frac{1}{P} \int_{y_0-h}^h y \left\{ C_M \cdot \rho \cdot B \cdot \int_{-X/2}^{X/2} \frac{\partial U}{\partial t} \cdot dx + \frac{1}{2} \rho \cdot C_D \cdot B \cdot |U||U| \right\} dy \quad (3-5)$$

上式で P は式(3-3)で与えられる。波力の場合と同様に計算すると近似値として次式を得る。

$$\frac{h_c}{R - y_0} = \left\{ \frac{1 + \left\{ \frac{(h - 0.5 y_0)}{(h - y_0)} \right\}^2}{1 + \xi^2} \right\}^{1/2} \quad (3-6)$$

上式で、 $\xi = (C_D / C_M) \cdot (2 H / 3 \pi X_1 \cdot \sin k R)$ である。

4. 理論と実験結果の比較

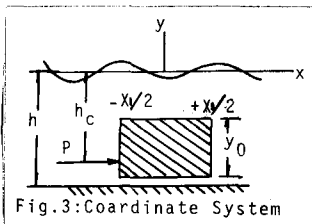


Fig.3: Coordinate System

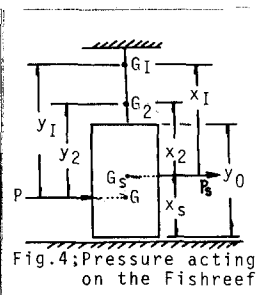


Fig.4: Pressure acting on the Fishreef

実験水路は二次元造波水路で水路中 0.8 m, 水路長約 20 m, 水路高 1 m の flap 型の造波装置を取りつけてある。模型魚礁は図 4 に示す様に鋼角材 (1.6 cm 角) の先端に取りつけ、水路中央付近で水路上端に固定した。角材の 2ヶ所 (図 4 の G_1 , G_2) に Strain gage をとりつけ波動による変位をビジグラフに記録させた。ギャリブレイションは図 4 の G_s 点に静荷重を作用させて行なった。

4.1) 波力と作用点の計測方法

図 4 で波力 P による G_1 , G_2 点の曲げモーメントを M_1 , M_2 とするとき波力 P は式 (4-1) で求められる。式 (4-1) で P_1 と P_2 は G_1 点と G_2 点における P による曲げモーメントと P_s による同点の曲げモーメントが等しくなる様な仮定の外力で G_s 点に作用するものとする。式 (4-1) によると P の作用点は式 (4-2) で求められる。

4.2) 増巾率と波力

波力 P による動的変位 δ と静的変位 δ_s の関係は振動方程式から近似的に次式になる。ただし、 μ : 変位増巾率、 ω_0 : 振動体の固有角振動数、 γ : 減衰率である。また ω は波の角振動数である。

$$\delta = \mu \cdot \delta_s, \quad \mu = \frac{1}{\sqrt{1 - (\frac{\omega}{\omega_0})^2 + (2\gamma \omega / \omega_0)^2}} \quad (4-3)$$

故に式 (4) の P は μ 倍された波力になっているので実際の波力は μ で除してやうねばならぬ。

4.3) 実験結果

波力に対する実験値を理論と比較したものが図 5 である。理論値に対する抗力係数 C_D と質量係数 C_M を如何に仮定するかについては日野らの研究結果³⁾や筆者らの円柱に作用する波力の実験結果⁴⁾を参考にし、一応、 $C_M=2$, $C_D=3$ と仮定した。式 (3-4) によると理論値は Ry_0 の値でも変化するが、実験条件の範囲内では Ry_0 による波力の変動は無視出来る。次に波力の作用点についての比較を図 5 に示した。

5. 結論

- 魚礁に作用する流体力は Ry_0 の範囲は質量力が支配的になるが、その外は効力の影響が増大する。
- 作用点の位置は実験値がばらついているが、全体的傾向としては実験値は理論的に一致している。

参考文献

- 1) F. Al-Kagily: Wave Forces on Pipelines, Coastal Engineering, Vol. II, p1864, 1974.
- 2) 河野: 球形構造物の波による振動に関する研究: 琉大紀要理工学部・土木編, 第5号, p140, 1972.
- 3) 日野・山崎: 垂直板による波の反射率・透過率: 土木学会論文報告集, No.190, p78, 1971.
- 4) 吉川・河野・滝口: 円柱に働く波力について, 第26回土木学会年次講演会議録集, p71, 1971.

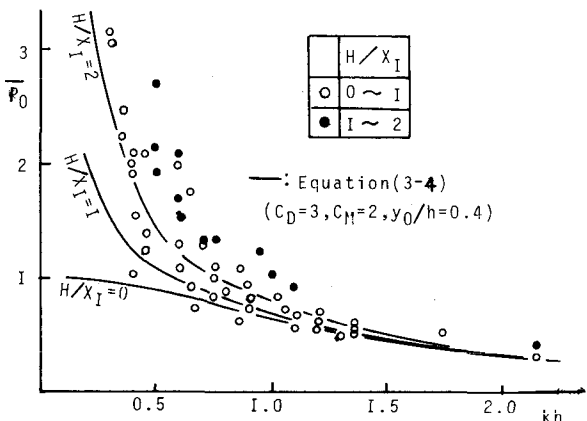


Fig.5.1: Theoretical Curves and Experimental Data

$$\left. \begin{aligned} M_1 &= P y_1 = P_1 X_1 \\ M_2 &= P y_2 = P_2 X_2 \end{aligned} \right\} \quad (4-1)$$

$$P = \frac{M_1 - M_2}{y_1 - y_2} = \frac{P_1 X_1 - P_2 X_2}{X_1 - X_2}$$

$$y_1 = \frac{P_1 X_1 (X_1 - X_2)}{P_1 X_1 - P_2 X_2} \quad (4-2)$$

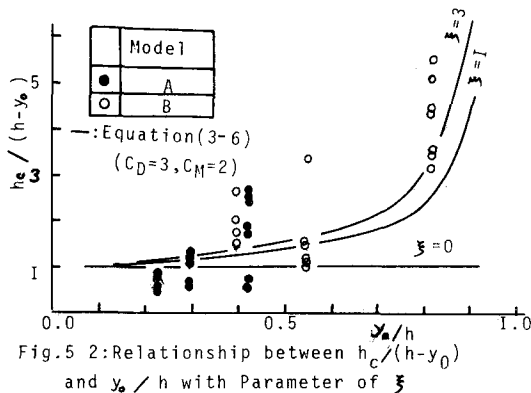


Fig.5.2: Relationship between $h_c/(h-y_0)$ and y_0/h with Parameter of γ