

外海生簀の動力学の研究 (I)

一筏枠の運動一

Dynamics of Offshore Floating Fish Crawl (I)

浦 環*・能 勢 義 昭*

Tamaki URA and Yoshiaki NOSE

1. はじめに

自然に育った魚を漁る漁業から、卵を孵化させ、稚魚を育て、成魚とする栽培漁業へと発展することは文明の成り行きである。特に200海里漁業水域が国際的に設定されるに及んで、その限られた海域を漁業という見地で有効に利用するには、栽培漁業をどのように行うかが大きなポイントになろう。外海生簀はそのための道具である。内海の海水は汚染されやすいので、海水の清い外海に広い生簀を設置し、その中で育てゆく魚にとって好ましい環境を作り出さねばならない。しかし、内湾の竹の筏から出発している浮き生簀に対する認識は低く、経済的な問題も絡むために、これまでに構造力学的な研究が十分に行われているとは言い難い。ここでは、それらの観点に立って、外海に設置された浮き生簀の力学的な問題を検討してゆく。

生簀が一般の海上構造物と異なる点は主として次の2点である。

- (1) 剛性が小さい。
- (2) 海中に網を仕立てている。

(1)のため、生簀の曲げ振動と、剛体運動とが同調する可能性があり、また斜め波にも影響を受け易い。網により生簀の主枠がどのような影響を受けるかも定かではない。本論では、まず模型実験により、剛性の小さな生簀の動特性を検討し、次に簡易計算による結果と比較する。

係留に関しては問題になる点は少ない。浮体の規模が小さいために、十分に安全な係留系を作ることが一般に容易である。しかし、算定を誤ると、漂流あるいは破損事故につながるので注意を要する。

2. 模型実験

10m角の正方形の浮き生簀を想定し、1/10模型を製作して水槽に浮かべ、規則波中の応答を調べた。図1は較

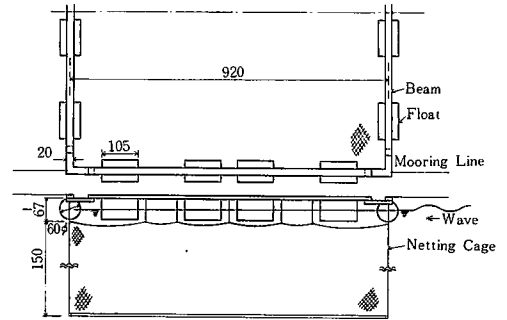


図1 浮き生簀の模型

型の概念図である。浮子は60φ×105の円筒であり、0.3mm厚の塩ビ板で製作した。筏枠は10×20および3×20のジェラルミン製角棒(ヤング率 $E=7000 \text{ kg/mm}^2$)を用いて2種類の模型を作った。ただし、3×20の場合には、重錘を分布させて、単位長さ当たりの重量を $w=0.56 \text{ kg/m}$ として10×20の場合と同一とした。使用した魚網³⁾は

- (1) 目合い4mm もじ網
- (2) 目合い7mm 無結節網

を用い、深さ500mmに仕立てた。実験では便宜的に筏枠の中心下に取りつけた。係留ラインの張力が各0.23kgとなるようにした。

計測項目は、

- (1) 筏の運動
- (2) 枠の曲げモーメント分布
- (3) 魚網から枠が受ける力
- (4) 係留力

である。水深1m、波周期を0.44秒～2.0秒に変えて実験を行った。波高は波周期によって異なるが1～5cmである。

図2、3は筏枠の長手方向中央での曲げモーメント振幅 M を示し、図5、6は中央および後端の変位の振幅 D を示している。モーメント M は $wL\eta_0$ で無次元化し、変位 D は η_0 で無次元化する。ここで η_0 は波振幅(半

*東京大学生産技術研究所 第2部

研究速報

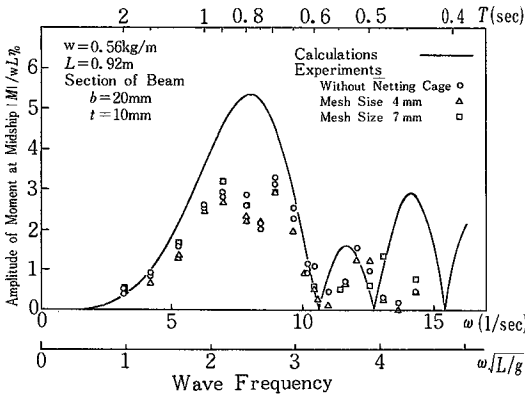


図2 筏桝中央の曲げモーメント (10×20桝)

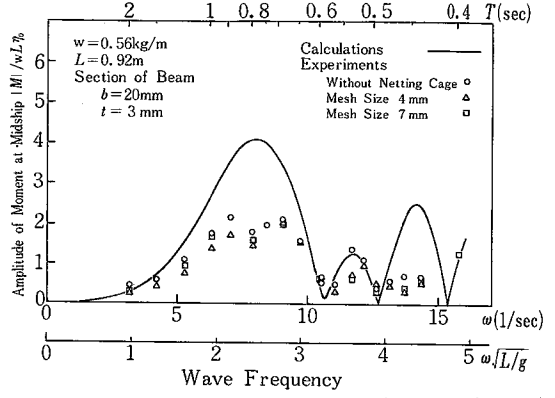
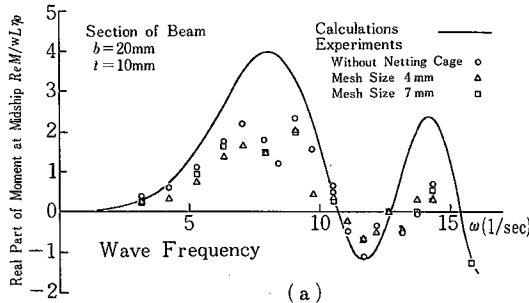
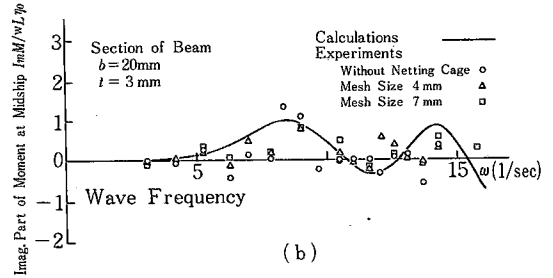


図3 筏桝中央の曲げモーメント (3×20桝)



(a)



(b)

図4 筏桝中央の曲げモーメントの実部と虚部 (3×20桝)

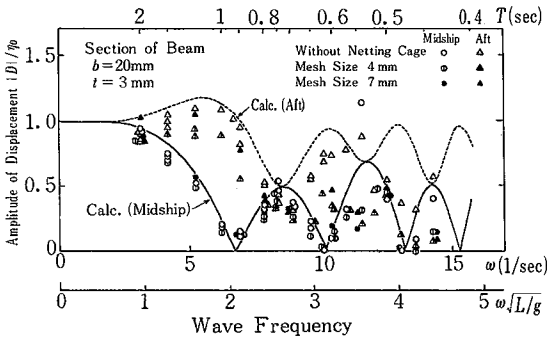


図5 筏桝の変位 (10×20桝)

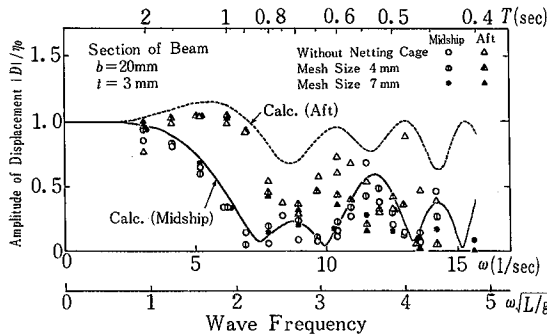


図6 筏桝の変位 (3×20桝)

波高)であり、 L は筏桝の代表長さ ($L=920$ mm), w は桝の単位長さ重量である。図4-(a),(b)、図7-(a)~(d)は3×20の筏桝の場合の中央部曲げモーメントおよび変位の実数部と虚数部を示している。ただし、座標の原点は筏中央とし、波は(3)式で表されるものとした。筏の後端は $x = -0.5L$ である。

この結果によると、規則波中の応答では、網による効果は少なく、網がないものとして解析して良いことを示している。中央点の曲げ応力は、波長と生簀長がほぼ一致する周波数で最大となる。このとき、ピッチング運動は小さくなり、ヒービング運動が顕著となる。

3. 解析

筏桝を剛体と考えて規則波中の運動を解析し、流体力を求め、それを外力として構造解析を行う2段階解法も解析法として考えられるが、浮体の剛性が小さいことも考慮して、ここでは、浮子(あるいは流体力の関わる部分)を1つの要素と考えて、有限要素法により一度に解くことを考える。

波表面に、強制変位を受ける節点 j を考え、それと連結する筏桝節点を i とする。このとき、節点 ij を結ぶ仮想的な要素 k は、浮子相互の影響および流体の粘

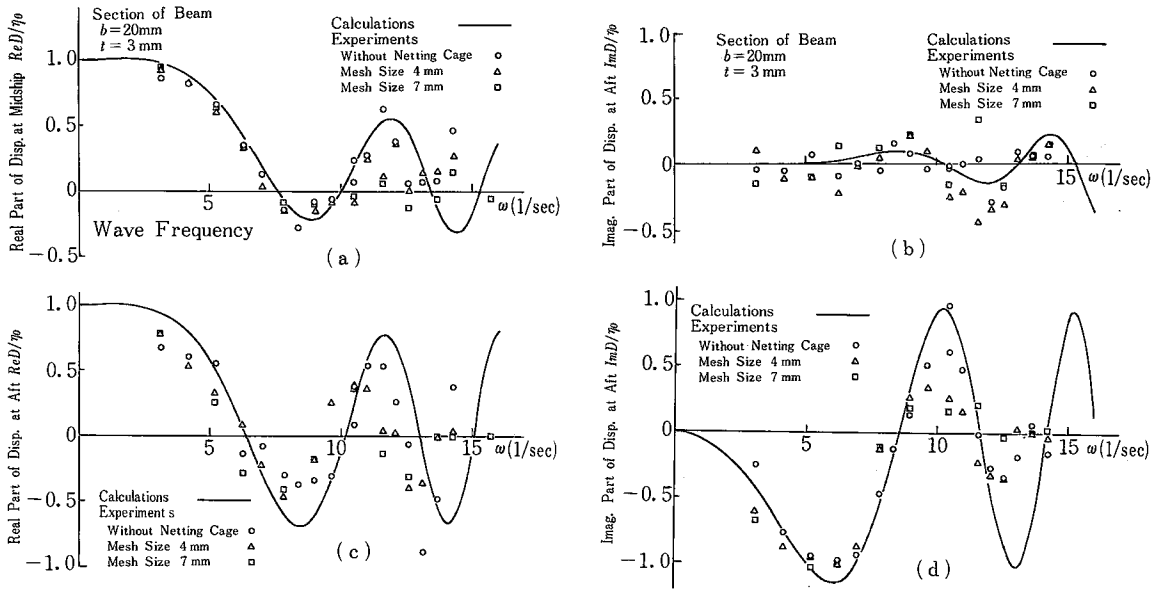


図7 筏枠の中央と後部の変位の実部と虚部 (3×20 枠)

性影響を無視して造波減衰のみを考え、微小波高を仮定すると、運動方程式

$$\begin{bmatrix} m_k - m_k & \\ -m_k & m_k \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \ddot{u}_i \\ \ddot{u}_j \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} c_k - c_k & \\ -c_k & c_k \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \dot{u}_i \\ \dot{u}_j \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} k_k & -k_k \\ -k_k & k_k \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_i \\ u_j \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} f_i \\ f_j \end{Bmatrix} \quad (1)$$

を満たす。ただし、鉛直方向の変位を u とし、水平方向の力は無視する。ここで^{1,2)}

$$\begin{aligned} m_k &= \frac{\rho}{2} \frac{\pi}{4} B_b^2 L_b k_a \\ c_k &= \rho g^2 A^2 L_b / \omega^3 \\ k_k &= \rho g B_b L_b \end{aligned} \quad (2)$$

であり、 B_b : 浮子の直径、 L_b : 浮子の長さ、 ρ : 流体密度、 ω : 波出合い周期、 k_a : 自由表面影響係数、 \bar{A} : 発散波振幅比、 g : 重力加速度である。

(1)式は、 m_k c_k k_k を i 節点の付加係数と考え、外力 $m_k \ddot{u}_j + c_k \dot{u}_j + k_k u_j$ が作用すると考えても良いが、(1)の特性を持つ要素と考えた方が理解しやすい。

いま、筏は波の方向に係留されており、水平方向の力は無視する。波隆起 η を

$$\eta(x, t) = \eta_0 \exp[i(\omega t + \kappa x)] \quad (3)$$

とし、これを強制変位として系に作用させれば、周波数応答の解析を行うことができる。ただし κ は波数であり、 k_a 、 \bar{A} は周波数 ω の関数であることに注意せねばならない。

実験では、浮子のほぼ中心まで没水しているので、半没水円柱に対する k_a 、 \bar{A} を用いることができるが、一般には適当な解析法により求めねばならない。本法による解析結果を図2~7に実線および破線で示す。ただし、波数 κ は

$$\kappa = \omega^2 / g$$

として計算した。前後の横枠は、簡単のために左右の枠と同じ扱いとした。また網の効果は無視している。筏枠は梁要素を用い、その構造減衰は無視した。

4. おわりに

解析結果は実験結果をかなり良く説明している。波長が生筏枠の間隔にはほぼ等しいときに、中央部では最も厳しい状態となっている。実験値のピークは幾分なだらかではあるが、これは、生筏自身が起こす波の影響によるものと考えられる。周波数の高いときにも同様の影響が考えられるが、解析結果はいずれの場合も安全側を与えている。周波数の低い範囲では、漁網は応答を幾分小さくはするものの影響は必ずしも大きくないと言える。

本実験を行うに当たって、東京大学生産技術研究所、前田研究室のご協力を賜った。ここに感謝の意を表する次第である。

(1981年8月26日受理)

参考文献

- 1) Bishop, R. E. D. and Price, W. G.: Hydroelasticity of Ships, Cambridge Univ. Press, 1979.
- 2) 関西造船協会編: 造船設計便覧, 海文堂出版(株) 1976.
- 3) 本多勝司: 漁具材料, 恒星社厚生閣, 1981.