

養殖筏施設の波浪応答について

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
鳥取大学大学院 学生員 安倍伸弥
大日本土木(株) 河合章弘

1. はじめに

わが国における栽培漁業は、内海域をその主な漁場として発達を遂げ、種々の増養殖施設が開発されてきた。しかし、近年、内海域の過密化、水質汚濁、漁場の拡大により、外海域に養殖施設を設置する事例が増えつつある。養殖筏施設も、その一例であり、外海域における波浪条件のもとで、筏施設の動的応答を考慮した耐波設計法の確立が急務となっている。本研究では、垂下式養殖筏施設モデルに波を作用させた場合の動揺特性と係留索張力特性について実験的に検討し、垂下連部の波浪動揺モデルの精度を実験的に検証した。

2. 実験装置および実験方法

2次元造波水槽に表-1に示す諸元を有する筏施設モデル(図-1)を緊張係留、および弛緩係留によって係留した。これに、周期1.0~3.0sec、波高1.09~5.76cmの範囲の微小振幅波を作用させ、波浪場での施設の動揺量ならびに係留索張力を測定した。水深は、60 cmと一定にした。垂下連の動揺測定には画像解析装置を使用した。

3. 垂下連部の動揺算定法

波の一周期間の施設動揺量を垂下連の上端境界条件として使用し、垂下連の動揺量を算定した。図-2は、垂下連の模式図ならびに座標系を示したものである。静水時の垂下連の最上部にx軸をとり波の進行方向を正とし、y軸は垂下連の位置に鉛直上向きを正にとり座標原点を置いた。図に示すように、垂下連上端からi番目の養殖塊(沈子)を要素i(i=1,2,...,k)とする。図のように垂下連の支点がoからo'へと水平方向にFx、鉛直方向にFyだけ移動した場合を考えると、要素iの垂下ロープの接線方向ならびに法線方向に関する運動方程式は、それぞれつぎのようになる。

$$M \left\{ \sum_{j=1}^i (\ddot{x}_j) + \ddot{x}_x(t) + (x_j/l_j) \ddot{F}_y(t) \right\} \\ = - \frac{x_i}{l_i} (Mg - B) + F_{H i} + \frac{x_i}{l_i} F_{y i} + T_{i, i+1} \left(\frac{x_{i+1}}{l_{i+1}} - \frac{x_i}{l_i} \right) \\ M \left\{ \sum_{j=1}^i \left(-\frac{1}{l_j} (\ddot{x}_j) \right) + \frac{x_i}{l_i} \ddot{F}_x(t) + \ddot{F}_y(t) \right\} \\ = - T_{i-1, i} + (Mg - B) + \frac{x_i}{l_i} F_{H i} - F_{y i} + T_{i, i+1}$$

表-1 模型諸元

筏部	浮子	鋼管長 (cm)	垂下連数	沈子数	体積 (cm³)	重量 (gf)	余剰浮力 (gf)
TYPE I	4	132	1	5	74.74	45.92	28.82

垂下連部	沈子数	垂下連長 (cm)	沈子間隔 (cm)	体積 (cm³)	重量 (gf)	余剰浮力 (gf)
TYPE I	5	24.4	4.8	8.85	9.0	-0.15

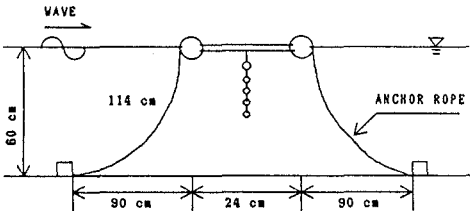


図-1 筏施設模型

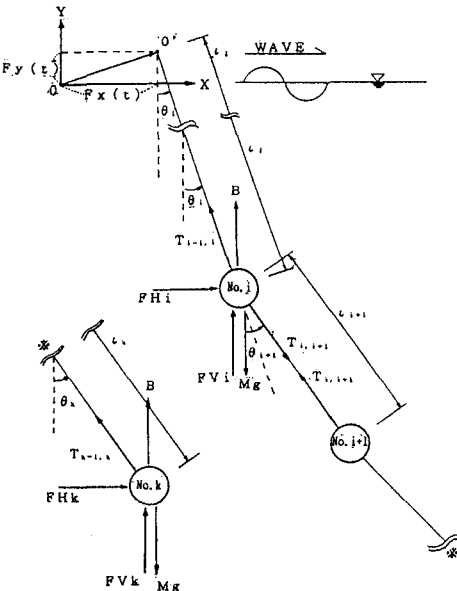


図-2 垂下連の模式図ならびに座標系

ここに、 M は各要素（養殖塊）の質量、 $T_{i,i+1}$ は要素（ i ）と要素（ $i+1$ ）を結ぶ垂下ロープの張力、 g は重力加速度、 B は要素に働く浮力、 F_{xi} および F_{yi} は、要素 i に働く波力の水平成分ならびに鉛直方向成分であり、モリソン式で与えられる。さらに要素間のロープは、伸縮せず、たわむことがないという仮定を設定することで、次の拘束条件を得る。

$$2(\ddot{x}_{i+1} - \ddot{x}_i)^2 + 2(\dot{x}_{i+1} - \dot{x}_i)(\ddot{x}_{i+1} - \ddot{x}_i) + 2(\ddot{y}_{i+1} - \ddot{y}_i)^2 + 2(\dot{y}_{i+1} - \dot{y}_i)(\ddot{y}_{i+1} - \ddot{y}_i) = 0$$

以上の運動方程式と拘束条件式の各項を差分化し、これらを連立させて、波による2次元平面内での応答量を数値計算で求めた。

4. 実験結果及び考察

図-3は、静水中において垂下連に初期変位を与え、減衰自由振動させたときの水平方向変位量の測定結果と計算値との比較である。この図より $Cd=9.0, Cm=1.4$ の係数決定をすると両者がよく一致することがわかる。以下での計算には、ここで用いた諸係数を用いた。図-4(a)は緊張係留時、(b)は弛緩係留時の垂下連のX-Y平面内での運動軌道の実験値および計算値を示したもので、同図(a)が緊張係留時、(b)が弛緩係留時の結果である。これより、緊張係留の場合、垂下連の養殖塊は偏平な運動を呈するのに対し、弛緩係留のそれは、ほぼ楕円運動に近くなる。また、緊張係留時の動揺量は、実験値・計算値ともにほぼ一致する傾向にあるが、弛緩係留時の結果からは、計算値が実験値を上回ることがわかる。図-5は、実験から得られる垂下連の最大水平動揺量 X を入射波高 H で無次元化し、波形勾配 H/L との関係で示したものである。同図中には、同じ条件から得られる計算結果も示してある。これより H/L の増加とともに動揺量が減少する傾向にあること、計算値は測定値よりもやや上回ることなどがわかる。

5. おわりに

以上の検討から得られた結果を要約すると、以下のようになる。(1)緊張係留ならびに弛緩係留という係留方法により筏施設の動揺特性が明確に異なり、また波浪条件により垂下連の運動特性も大きく変化することがわかった。(2)垂下連の算定精度については、計算値が実験値をやや上回ることから、今後さらに数値モデルの改善の余地が残された。

参考文献

- 1) 中村 充・上北征男：養殖筏の設計外力に関する研究、1977、第24回海岸工学講演会論文集、pp.625-628。
- 2) 松原雄平・野田英明・西平副宏：外海養殖いけす施設の波による動的応答、1990、海岸工学論文集、第37巻、pp.714-718。
- 3) 吉原 進・河野健二ほか：海中係留球の波浪応答、第28回海岸工学講演会論文集、pp.411-415。

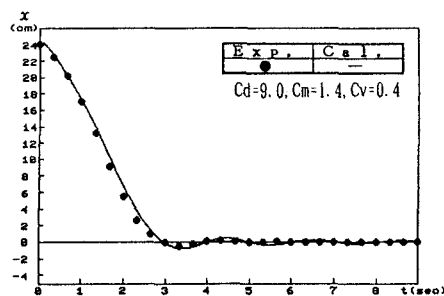
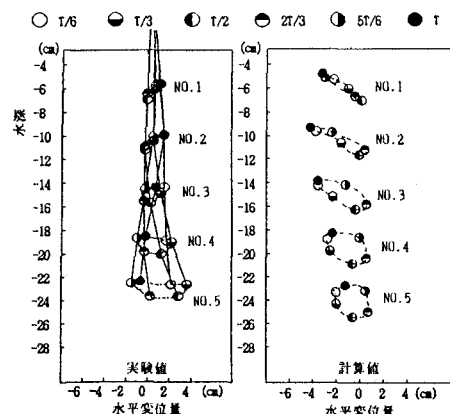
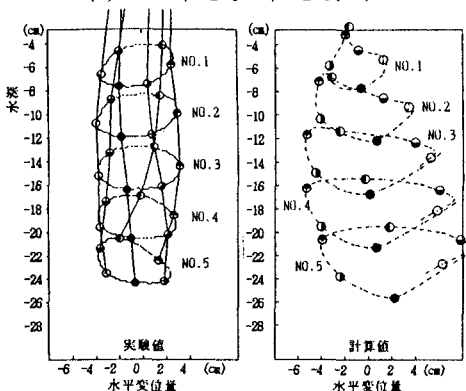


図-3 減衰自由振動



(a) taut ($T=2.0$ sec, $H=2.29$ cm)



(b) slack ($T=3.0$ sec, $H=2.16$ cm)

図-4 垂下連の運動軌道

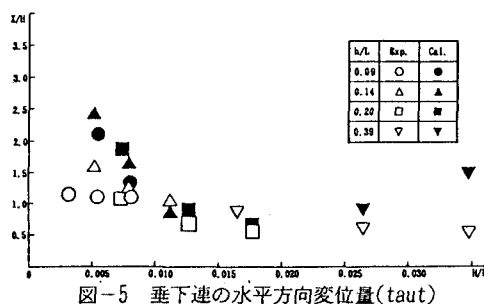


図-5 垂下連の水平方向変位量(taut)