

II-309 延縄式養殖施設の波浪応答解析

西松建設技術研究所 正員 西平福宏
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

1. はじめに

わが国の沿岸域、特に波浪の静穏な内湾域には各種の水産構造物が設置されているが、近年、内湾域における海水の汚染や、施設設置空間の逼迫にともなう、沖合い海域が新たな漁場として注目されてきている。外海に設置される構造物は、内湾域とは比較にならないほどの外力にさらされることになり、設置された構造物の被災例も数多く報告されている。これは、現在の水産構造物の施設設計が必ずしも十分でないことを端的に示すものである。すなわち、外海に各種の施設が設置される場合、波浪と構造物の応答を考慮した解析ならびに設計を行わねばならない。この研究はこうした外海養殖施設の一つである延縄式養殖施設の動的応答に関して理論的及び実験的に検討するものである。

2. 動的応答解析モデルの誘導

ここで取り扱う延縄式養殖施設は、図-1に示すように水深30-50m程度の海域の中層にロープ、ブイで係留され、そのロープから養殖用の籠を所定の水深に係留して、貝類の無給餌養殖を行う施設である。同様の施設は、ホタテ貝の養殖施設として東北、北海道の内湾域で広く使用されていたが、近年では、山陰海岸沖合いに主としてイタヤ貝の養殖を目的として数多く設置されている。

すでに、著者らは、延縄施設の動的応答解析モデルとして、ロープ、養殖籠ならびにブイを等価な質点で置き換える多自由度応答解析モデルを導いた。これは、図-2に示すように、延縄施設を非伸性のラインで結合された質量要素の集合体と考えた離散モデルである。施設の各構成部材に作用する外力はすべてこの要素に作用するものとして運動方程式を導き、施設の動揺量並びに係留ロープ張力を運動方程式を差分化して求めるもので、このとき施設の運動は、きわめて厳密に運動方程式中に表現されている。この離散化要素モデルの解析結果については既に発表しているが、数学的に複雑な取扱を必要とするために、実際の設計に取り入れていくためには、必ずしも容易ではなかった。そこでここでは、より簡単な取扱でこの施設応答が算定できるモデルを考えた。

一般に、施設と等価な要素の水平並びに鉛直方向の運動方程式は、

$$\left. \begin{aligned} M \ddot{X} &= F_H + \frac{\partial}{\partial x} [T \cos \theta] dx \\ M \ddot{Y} &= F_V + \frac{\partial}{\partial x} [T \sin \theta] dx + w_s \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

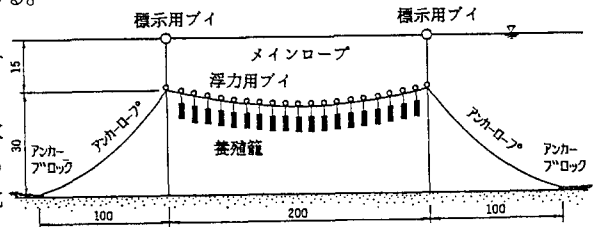


図-1 延縄式養殖施設の概要

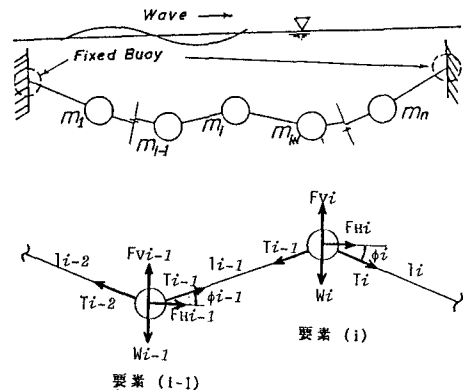


図-2 離散化モデル並びに作用外力

となる。

ここに M : 要素の質量 F_H, F_V : 要素に作用する水平ならびに鉛直方向の波力であり、モリソン式を参照し、与えるものとする。また、 T : ロープ張力、 θ : ロープと x 軸のなす角度ならびに w_s : 要素の水中重量である。

さて、図-3は、二次元波動水槽で行った延縄施設の模型実験において、ビデオ解析から得られた模型養殖籠の波の一周期における水平ならびに鉛直方向の動揺量の時間的変化を示したものである。この図からわかるように、鉛直方向の変位量に比べて水平方向のそれは、きわめて小さい。そこで、ここでは施設の運動は鉛直方向の振動のみに限定できるものとして、各要素の水平方向の運動速度ならびに加速度を近似的に0とおき、運動方程式を変形した。すなわち(1)式において、 $\dot{x}$ および $\ddot{x}$ を0とおくと、 x 方向ならびに y 方向の二次元の運動方程式は、それぞれ水平方向の釣合式と鉛直方向の運動方程式となる。従って、鉛直方向の運動のみを対象とする一次元解析法といえる。これを各要素に対して適用し連立して解けば、求める各要素の変位量ならびにロープ張力が得られる。また両端の要素は図-1からわかるようにアンカーロープで運動が拘束されるために、固定端として考えた。計算の開始時は、施設はカタナリー形状を取るものとして初期形状を与え波力の非線形項を考慮してルンゲクッターを用いて数値積分を行った。

3. 解析結果および実験結果との比較

図-4および図-5は、上述の一次元解析から得られた施設の動揺量と、模型実験結果と比較したものである。横軸はメインロープの沖側係留点から岸向きに取った水平距離である。図-4は、 $T=0.8\text{sec}$ 、 $H=4\text{cm}$ の条件に対して得られる動揺量である。これより、岸側で変位量が増大すること、また変位量が微小になる節が生じることならびに両者の最大変位量がほぼ一致すること等から、前述の解析法によって、よく実験結果が再現されていることがわかる。一方、図-5は、 $T=2.0\text{sec}$ 、 $H=6\text{cm}$ の波浪条件での結果である。実験値からは、施設の中央付近で最大変位量を示すことや、施設中央に腹が現れる変位パターンが認められるが、このような傾向は計算値にも明瞭に存在している。

4. まとめ

ここでは、両端固定の水中線構造物の動的解析法として従来の解析手法より実用的なものを考えた。実験結果との比較から、よく実際の現象を再現すること、また従来の厳密な解析結果とも、ほぼ一致することがわかった。また上記の簡略的な取扱によって応答計算に必要な手続きが簡単となると共に計算時間も大幅に短縮された。

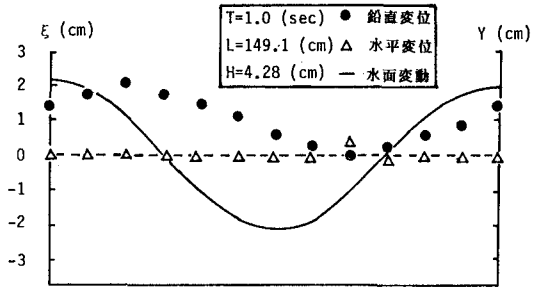


図-3 要素の水平並びに鉛直方向の動揺量

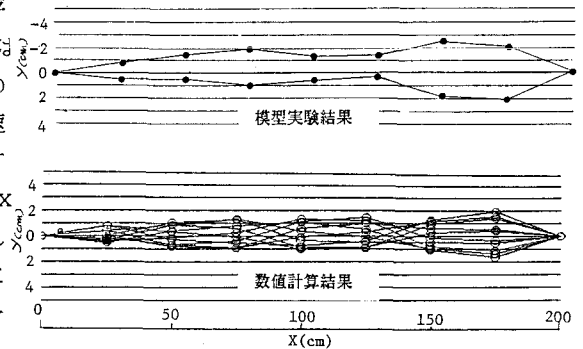


図-4 解析結果と実験値の比較

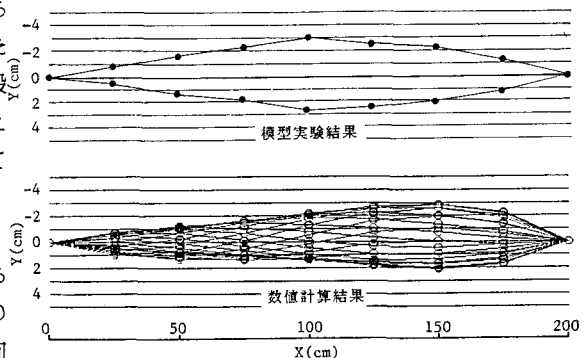


図-5 解析結果と実験値の比較