

海中増殖施設の波による動的応答に関する研究

鳥取大学工学部 正員 松原雄平
 大成エンジニアリング 正員 ○河原秀昭
 建設省 正員 先濤啓二

【はじめに】 わが国では水産物の安定供給を目的として、これまで内湾域を中心に増・養殖事業が行われてきた。しかし、沿岸域の汚染等により増・養殖施設は外海域に設置される例が増加している。著者らは、数年来、波動下に設置された延縄式増殖施設の動的応答問題について検討を加えてきた。本研究では、既に発表してきた海中増殖施設に対する数値計算方法をより現実的なモデルに対する適用し検討を行う。さらに、現地施設の波浪動揺観測結果と数値シミュレーション結果との比較検討を行う。

【模型実験結果と数値計算結果との比較】 実際に設置されている延縄式増殖施設は図-1に示されるように、ブイ、増殖籠および係留索からなっている。実験は施設のブイおよび増殖籠を球形の浮子および沈子に置換えたモデル1および2を用いて行った。図-2はモデル1の概形を示したものであり、数値モデルと同様の構造を有している。図-2はモデル2の形状を示したものであり、球形の沈子をメインロープより垂下係留したものである。実験波は水深45cmと一定にして、波高 $H=0.9\sim 10.9\text{cm}$ および周期 $T=0.89\sim 2.05\text{sec}$ の範囲に設定した。メインロープの動揺は水槽外部に設置したビデオカメラで撮影し、アンカーロープ張力はひずみゲージを利用した張力計により測定した。

メインロープの水平方向変位は極めて小さかったため、ここでは鉛直方向変位のみについて検討を行う。図-4および図-5は、それぞれモデル1およびモデル2において波高 H で無次元化したメインロープの最大変位量 Y_m/H とメインロープスパン長 l_s と波長 L の比である $2l_s/L$ をととの関係を波形勾配 H/L をパラメータにとり示したものである。各図は、それぞれモデル1および2に対応している。図中の丸印は実験結果を表し、曲線は数値計算結果を表している。数値計算においては、模型の減衰自由振動変位と計算変位とが最もよく一致するように波力算定係数を決定した。その結果、モデル1では $C_D=1.2$ 、 $C_M=1.6$ 、モデル2では $C_D=1.5$ 、 $C_M=2.0$ となった。 Y_m/H は、モデル1においては $2l_s/L=2.5$ 付近で、モデル2では $2l_s/L=2.2$ 付近でそれぞれ最大となっている。ここには示さなかったが、 Y_m/H が最大となるところではメインロープは2次の振動モードを呈しており、最大変位量には共振現象が大きく関係していると考えられる。また、いずれの場合でも H/L が大きくな

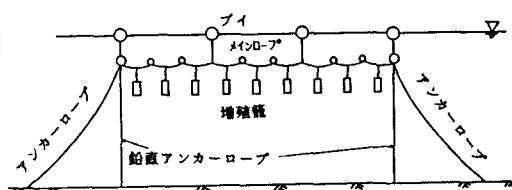


図-1 延縄増殖施設の模式図

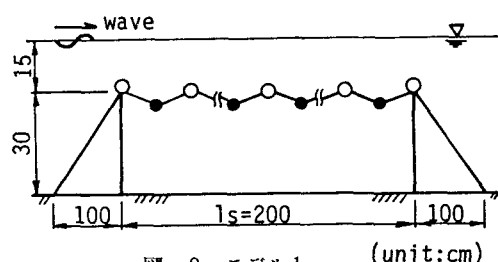


図-2 モデル1 (unit:cm)

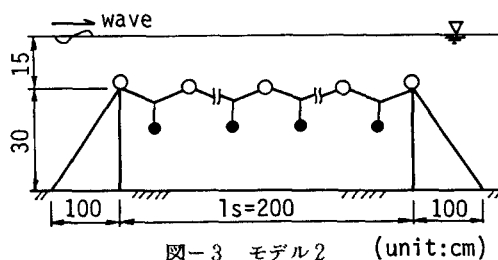
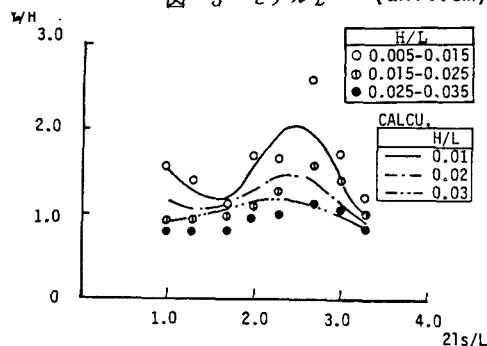


図-3 モデル2 (unit:cm)

図-4 最大変位量と $2l_s/L$ との関係(モデル1)

るほど Y_m/H は小さくなっていることがわかる。また両図において、実験値と計算値はほぼ一致しており、波力算定係数を変化させることによって、沈子の垂下を考慮していない数値モデルで沈子を垂下する場合にも十分に適用できることがわかった。

【現地観測結果と数値シミュレーション結果との比較・検討】 現地施設は水深30m程度の海域に設置されているため、著者らが開発した耐水・耐圧性の自動加速度測定装置を施設中央水深約10mの位置に垂下して観測を行った。加速度波形は2時間毎に約5分間づつ測定され、それを積分することにより延縄施設の動揺量を算定した。

図-6は動揺に関する現地観測結果と数値シミュレーション結果を示したものであり、各パラメータは図-4および図-5と同様である。実線および鎖線は数値計算結果を表し、丸印は1回の観測結果の最大値を表している。図より数値シミュレーション結果は模型実験結果とほぼ同様の傾向を示していることがわかる。また、観測結果から得られた Y_m/H の値は0.3付近に分布しており数値シミュレーション結果よりやや小さくなっている。この両者の差異は、現地観測結果はメインロープ中央のみの変位であり、それが必ずしも施設の最大変位を表しているとは限らないことによるものと考えられる。図-7は数値シミュレーションによって得られた最大係留索張力を示したものである。縦軸には最大索張力 F_{max} の初期張力 F_0 からの変位を F_0 で無次元化した値 $F_m = (F_{max} - F_0)/F_0$ をとり横軸は $2t_s/L$ をとって示してある。この図より最大索張力は $2t_s/L$ の増加にしたがって減少する傾向を示し、また H/L の増加にともなって大きくなっていることがわかる。図-8は現行設計指針に基づいて算定された最大索張力を図-7と同様のパラメータを用いて示したものである。図より現行設計指針で静的に計算された最大索張力はシミュレーション結果と比較すると傾向はほぼ同じであるがその値は約10倍程度とかなり大きい値となっていることがわかる。すなわち、外海域に施設を設置する際には現行指針で設計を行う場合、必ずしも経済設計とはなりえないことを示している。

【おわりに】 本研究では延縄式増殖施設の波浪応答について実験的・理論的に検討してきた。今後、さらに多様な条件下において数値シミュレーションを行い、現地観測結果とあわせてシミュレーションの精度ならびに新しい設計手法について検討する必要がある。

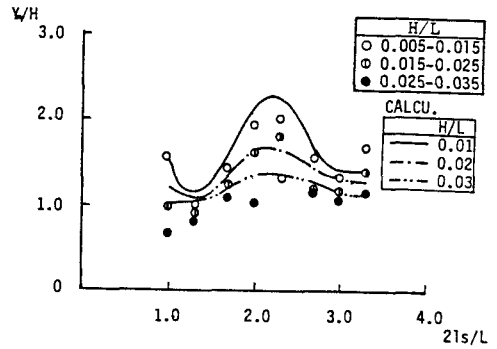


図-5 最大変位量と $2t_s/L$ の関係(モデル2)

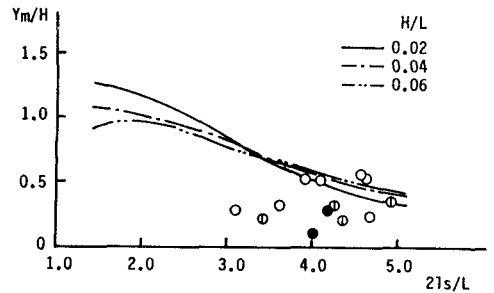


図-6 現地施設の動揺量

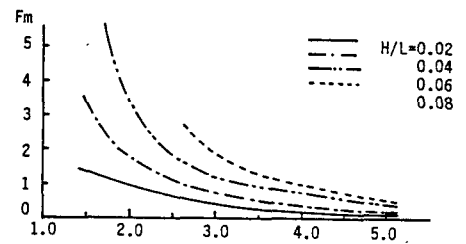


図-7 現地施設の索張力

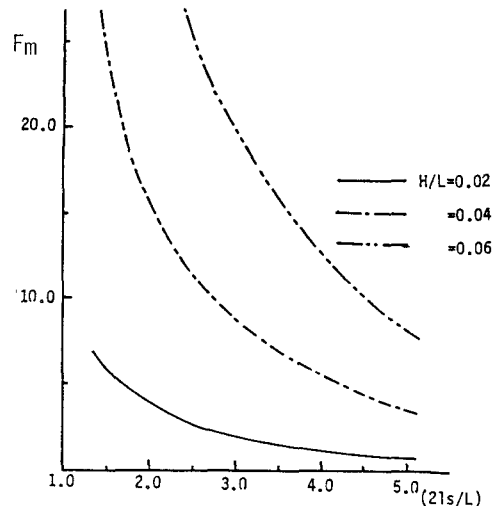


図-8 現行設計指針による索張力