

矩形断面浮体の有限振幅動揺特性について

熊本大学 工学部 正会員 滝川 清
 熊本大学 工学部 学生員 金 南亨
 熊本大学 工学部 学生員 美作 憲昭
 福岡県 県庁 正会員 池田 伸

1. はじめに

波浪中の浮体動揺は、作用する流体力特性、浮体の形状及び係留力によって異なり、これらが相互に影響する複雑な連成運動系である。特に浮体共振運動時の様に動揺が大となる場合には、浮体及び流体の運動には有限振幅性が出現する。従来より浮体の動揺に関しては、微小振幅波による浮体の微小な運動を対象とした取扱が多数で、相互運動の有限振幅性に関する研究はほとんど見受けられない先に著者等は、流体と浮体との連成運動系とした相互運動の有限振幅運動のF.E.Mによる解析方法⁽¹⁾を示し、さらにこれに浮体運動の非線形抗力を考慮した解析⁽²⁾を行って、相互運動の有限振幅性の効果について検討している。本報告は、矩形断面浮体を対象に規則波及び不規則波による浮体の動揺特性について、同様のF.E.Mによる解析結果を基に検討を加えたものである。

2. 浮体運動の解析と有限振幅運動の効果

本研究における有限要素法による解析方法は、浮体没水表面での速度ポテンシャルを未知な浮体の有限変位量の関数として表現し、これに浮体運動の条件と没水表面の幾何学的条件とを同時に満足する解を逐次求めていく非定常な連成運動形としての解析手法である。この方法では流体運動と浮体運動とを同時に解くため、従来の浮体運動方程式のみを計算の対象とする解析に必要な付加質量や減衰力を別に算定しておく必要はない。また、規則波及び不規則波に対しても、波の入射条件を変更するのみで、全く同様に解析することができる。解析の詳細は文献(1)(2)を参照されたい。図-1は文献(2)に示した計算結果例で、 H/L の変化に対する鉛直運動量比を、実験結果及び微小、有限振幅運動解析結果ごとにプロットしたものである。有限振幅運動解析を行うと、粘性による抗力項を導入しないとき($CD=0$)でも運動比の低減が計算されている。これが相互運動の有限振幅効果によるものと解釈され、微小振幅運動解析では説明できない運動振幅比の減少効果を持つことが分かる。本研究では、さらに浮体動揺の有限振幅特性を明確にする事を目的として、以下に規則波、不規則波入射に対する浮体動揺のスペクトル解析結果を基に考察する。

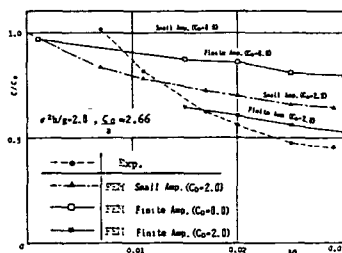
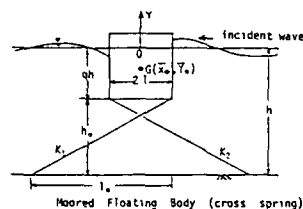


図-1 鉛直運動の低減と有限振幅運動

3. 解析結果と考察

計算の対象とした浮体模型と実験条件は図-2に示す通りである。また、この浮体の共振周波数は $\sigma^2 h/g=2.0$ 近傍である。2次元矩形断面浮体をバネ係留(Cross-Spring)している。計算に際しての要素分割状況は、水平方向に $L/20$ (L は入射波波長)のきざみ幅で、浮体の前後に40および20分割、また水深方向には水深 h を10分割とした。図-3、図-4は、浮体運動の水平(ξ)、鉛直(ζ)、回転(ω)の各成分の入射波振幅 a (不規則波では $a=0.5 \cdot H(1/3)$)との比 ξ/a , ζ/a , $\omega \cdot l/a$ を時間軸上にプロットしたものである。図-3は $\sigma^2 h/g=2.0$ の規則波、図-4は $(\sigma^2 h/g)_{1/3}=2.0$ に相当するB, S-光易型スペクトルの不規則波によるものである。



Experimental Condition
 $h=40\text{cm}$, $l=10\text{cm}$, $h_0=24\text{cm}$, $l_0=44\text{cm}$
 $q=0.4$
 $l/h=0.25$, $l_0/h_0=6/11$, $T_0=-0.5\text{qh}$
 $K_1/\rho g l=0.6933$, $K_2/\rho g l=0.6943$
 $M=0.2809\text{kg/cm}$, $I_G=38.793\text{gr}^2\text{cm/cm}$

図-2 浮体模型と実験条件

図-3の(a)(b)に示す様に、入射波の波形勾配 H/L が小さい場合、各運動とも入射波周期に対応した正弦の変動となるが、 H/L が大となると相互運動の有限振幅性が出現し、鉛直運動比(ζ/a)は低減し、水平及び回転運動には長周期の変動成分が現れる。また、図-4(a)(b)に示す不規則波中での浮体運動の場合には入射波特性に対応して複雑な運動となるが、 H/L が大となると図-3と同様水平、回転運動成分に長周期の変動成分が生ずることが分かる。図-5の各図は、図-3に示した規則波入射時の、浮体

の各運動比のスペクトル特性を示したものである。横軸は入射波の周波数に対する比 (f/f_m) で無次元化してある。図-3からも推察できるように H/L が大きくなるにつれて、共振点付近でのピーク値の低減がみられる。この傾向は全ての運動にみられるが特に鉛直運動において顕著である。また 水平運動において、 H/L が大きくなると周波数0の点でのピーク値が大きくなり、共振点以外のところ（特に長周期側）にも新たなピークが現れる。これらは定常漂流力及び変動漂流力を表すものである。線形理論に基づく従来の解析では、漂流力は規則波中では定常力としてのみ作用するとされるが、いわゆる、ポテンシャルの高次解を考慮した有限振幅運動解析を行うと、規則波中に於いても漂流力は長周期の変動成分を有することが分かる。

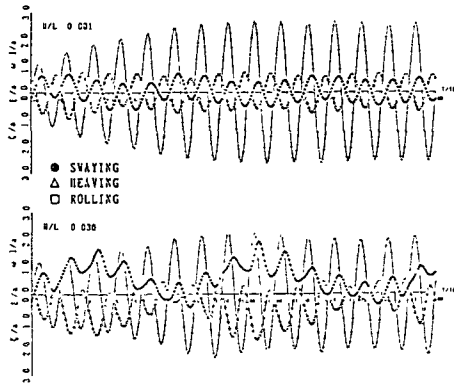


図-3 浮体運動特性（規則波入射時）

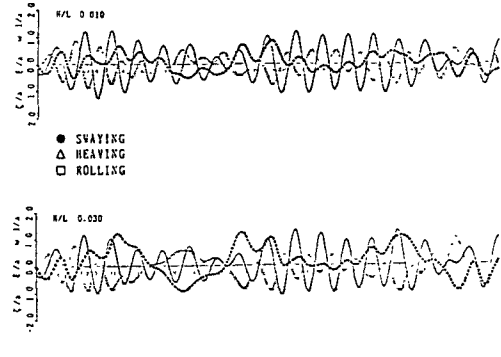


図-4 浮体運動特性（不規則波入射時）

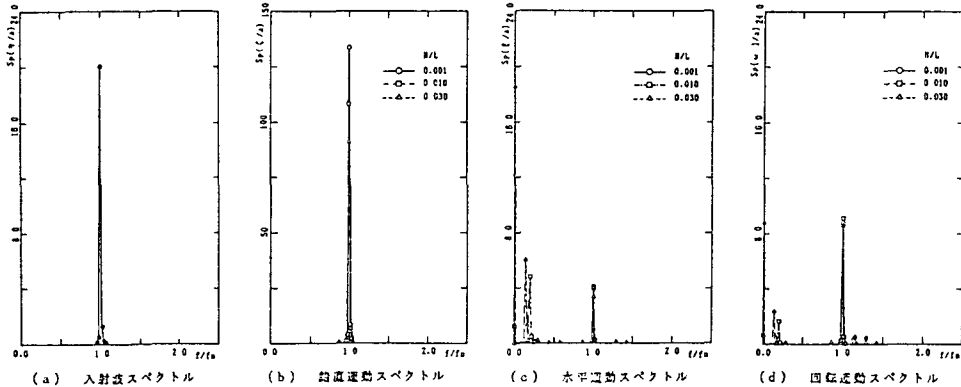


図-5 浮体運動スペクトル特性（規則波入射時）

4. おわりに

F.E.M 解析を行って、浮体動揺の有限振幅特性について若干の検討を加えたが、紙面の都合上割愛した不規則波浪中での特性に関しては、講演時に発表の予定である。

参考文献

- (1) 滝川 清・田淵 幹修：有限要素法による波動解析について—運動する境界面を有する場合—、第27回海溝、1980
- (2) 滝川 清・田淵 幹修：浮体の有限振幅運動と非線形抗力について、第33回海溝、1986