V－3

大型浮体構造物の３次元連成振動解析

名古屋大学　工学部　学生会員　天野喜勝
名古屋大学　工学部　正　会員　田辺忠顕

１．はじめに

近年、建設技術の進歩によって、橋梁・空港・公園などの大規模土木構造物が海上に多く建設されている。これらの海上構造物は、従来通りの埋め立て式で建設されるが、２０ｍ以上の大水深海域においては、その適用は殆ど不可能であろう。そこで、水深・軟弱地盤などの影響を受けず、建設費の低い浮体式構造物の開発が注目されるようになってきた。現在、ノルウェーにおいて、浮式の長大橋梁が建設されている。一方、わが国においても、既に、浮防波堤などの小型浮体構造物がいくつか存在する。今後わが国でも、空港・橋梁などの大型構造物が建設される可能性は非常に大きい。しかしながら、大型の浮体構造物に対する解析手法は、いまだ確立されていないのが現状である。

今までに西村らは、有限要素法を用いた、浮体構造物の流体浮体連成曲げ振動解析の手法を提案しているが、その手法を、大型の浮体構造物へ適用させようとすると、自由度が多くなりすぎて、計算不可能である。そこで、田中らは、同一節点における流体と浮体の物理量が異なることを利用した、新たな離散化手法を提案し、２次元問題において、自由度を減らすことに成功した。本研究では、更に、この手法を、より実構造物に近い３次元問題に拡張した、新たな有限要素法の定式化を行い、大型構造物への適用について検討する。

２．有限要素法による定式化

（１）流れ場の解析

一定水深ｈの海域に浮遊式構造物があり、微小振幅波が入射して、浮体は曲げ振動および水平方向の振動を伴った微小な定常周期運動状態にあるものとする。座標系は図１に示すように、静水面にｘ軸およびｙ軸を、鉛直上向きにｚ軸をとる。流体は、非粘性、非圧縮、非回転で、速度ポテンシャルの存在を仮定する。本研究では、Hybrid法を用いて定式化を行い、図１に示すように浮体近傍に設けた鉛直な仮想境界S_Rの内部領域Ωでの有限要素解析と放射条件を満たす外部解とを、仮想境界上で接続した[1)]。内部領域Ωは、速度ポテンシャルのみを自由度として与えた、８節点アイソパラメトリック要素を用いた。

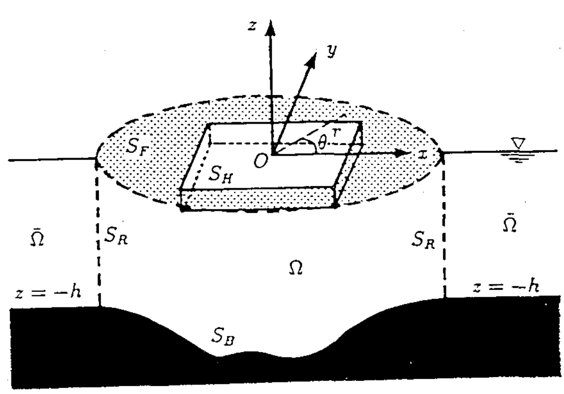

図１　座標系の定義

（２）浮体の振動解析

浮体は水平振動および鉛直方向の曲げを伴う平板で近似し、水平方向、鉛直方向それぞれに線形バネによる係留を考えた。浮体を四角形要素に分割し、接点毎にｘ軸方向変位ｕ、ｙ軸方向変位ｖ、ｚ軸方向変位ｗ， y軸まわりの回転角θx、x軸まわりの回転角θyの計５自由度を与え、１要素につき合計２０の自由度を考えた。

（３）全体系の連立方程式

西村らの報告によると、全体系の連立方程式は次のように与えられる。

$$\begin{bmatrix} K_{LL} & K_{LC} & K_{LW} & K_{LV} \\ K_{CL} & K_{CC} & 0 & 0 \\ K_{WL} & 0 & K_{WW} & 0 \\ K_{VL} & 0 & 0 & K_{VV} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \phi \\ \mu \\ w \\ v_1 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} -f_L \\ 0 \\ -f_W \\ -f_V \end{Bmatrix} \qquad (1)$$

ここで、ϕ：節点速度ポテンシャルベクトル、μ：未知係数ベクトル、w：節点変位ベクトル、v_1：節点水平変位ベクトルを表す。

式(1)を解くことにより、未知量ϕ、μ、w、v_1を求めることができる。そして、ϕからは内部領域Ωにおける波高、水平振動が、μからは、外部領域における波高、水平変動が、wからは鉛直方向変形・動揺量、断面力、係留索反力が、v_1からは水平方向変形・動揺量、係留索反力などが明かになる。

（４）要素分割における自由度の削減方法

西村らの提案した手法を、大型の浮体構造に適用させようとすると、有限要素解析における自由度の増加や莫大な演算時間の消費といった問題がでてくる。そこで本研究では、w，v_1とϕは物理量としては完全に独立していることに注目し、境界面において共通節点で離散化する必要が理論上全くないことを利用して、図２に示すように浮体と流体の節点を同一にすることなく、それぞれを必要に応じて要素分割をすることにより自由度を減少させる手法をとった。

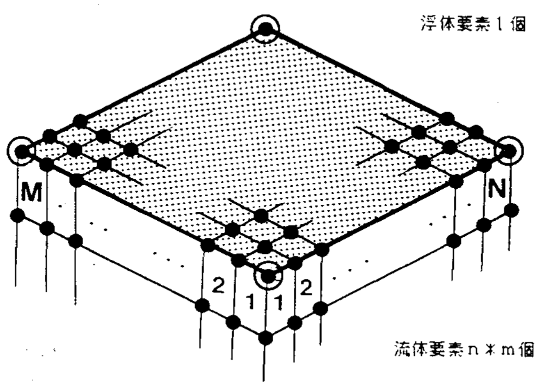

図２　要素分割図

流れ場の解析により得られた変分方程式においては、

浮体表面SHにおける不透過条件から得られる $\iint_{S_H} \delta\phi(-v)\,dS$ の項。

浮体の振動解析より得られた運動方程式においては

浮体底面SH_1の波動圧による仮想仕事から得られる $\iint_{S_H} \delta w(i\rho\omega)\phi\,dS$ の項と、

浮体側面SH_2、SH_3の波動圧による仮想仕事から得られる$\iint_{S_H} \delta v_1(i\rho\omega)\phi\,dS$ の項

を離散化して、それぞれK_{LW}とK_{LV}、K_{WL}、K_{VL}を得る際にこの手法を用いた。

実際の数値計算については、当日発表する予定である。

＜参考文献＞

１）西村　政洋：箱型係留浮体の３次元振動解析、名古屋大学修士論文（１９９２）

２）田中　小百合：大型浮体構造物の連成振動解析、名古屋大学卒業論文（１９９３）