

大型浮体構造物の動揺解析

名古屋大学 学生会員 谷川 亮
 名古屋大学 正会員 田邊 忠顕

1. はじめに

空港、発電所など、環境問題の要因となる施設を海上に立地させる提案が発表され、十数年が過ぎた。現在までに各種の検討がなされてきたが、未だ安全性、施工方法など、不確定要素が数多く残されている。

超大型浮体の波浪場における解析は、浮体の曲げ変形を考慮する必要があるが、剛体として取り扱うことはできない。これまでに、本研究室においても様々な解析手法が提案されてきたが、算定された断面力に対する安全性など、設計レベルにおいての十分な検討がなされていない。そこで本研究室では、実際の浮体式空港を想定した 5000 m 級の構造物の数値解析シミュレーションを行い、部材の断面寸法を決定する断面力を求め、試設計を行った結果を報告する。

2. 解析理論

2・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、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状態にあるものとする。図 1 に示すような座標系を定義する。流体は、非粘性、非圧縮、非回転とし、速度ポテンシャルを仮定する。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 での有限要素法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。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。

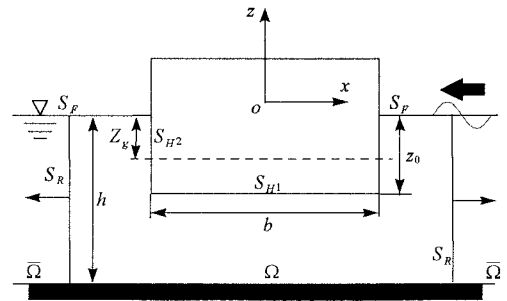


図 1 浮体構造物の座標系

2・2 浮体の振動解析

浮体に働く外力は、1) 入射波による波力、2) 浮体動揺により生ずる散乱波による外力、3) 浮体の鉛直方向動揺による静水圧の変化、4) 線形バネによる係留力を考え、水平振動、曲げ振動の定式化を行った。

2・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。

$$\begin{bmatrix} K_{LL} & K_{LC} & K_{Lw} & K_{LU} \\ K_{CL} & K_{CC} & 0 & 0 \\ K_{wL} & 0 & K_{ww} & 0 \\ K_{UL} & 0 & 0 & K_{UU} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \phi \\ \alpha \\ w \\ u \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} V_L \\ 0 \\ V_w \\ V_U \end{Bmatrix} \quad (1)$$

ここで、 ϕ : 節点速度ポテンシャルベクトル、 α : 外部領域における未知係数ベクトル、 w : 浮体の節点たわみ、 u : 浮体の水平方向変位を表す。

また、浮体と流体面に関する積分から得られる K_{LU} 、 K_{UL} および、 K_{LW} 、 K_{WL} を求める際には、田中らによって提案された、浮体と流体の節点における物理量が完全に独立していることを利用して、それぞれ必要に応じて要素分割を行い、自由度を減少させる方法を利用した。

(1) を解くことにより、未知量、 ϕ 、 α 、 w 、 u が求められ、 ϕ からは、内部領域 Ω における波高、水平振動が、 α からは、外部領域における波高、水平振動が、 w からは、鉛直方向変形、動揺量、断面力、係留索反力が、 u からは、水平方向変形、動揺量、係留索反力などが得られる。

3 コンクリート製浮体式空港に関する検討

3・1 解析モデル

本研究で用いた解析モデルを、表 1 に示した。浮体は、線形バネにより両端に係留されているものとし、曲げ剛性は、 $8.3 \times 10^8 \text{ kNm}^2 / \text{m}$ とした。なお、入射波は、関西新空港の設計時に用いられた荒天時の周期を採用し、右方向からの入射とする。

表 1 解析モデル

入力波			浮体構造物			
波高	周期	波長	水深	浮体長	浮体高	喫水
4.6m	9.6 s	115.0m	20.0m	5000.0m	12.0m	7.0m

3・2 断面力と応力分布

断面の応力分布を導くために、周期を 8 分割した各々の時間で浮体に発生する曲げモーメント、せん断力をグラフ化し、図 2、図 3 とした。

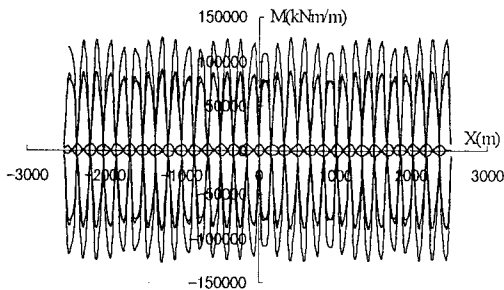


図 2 曲げモーメント図

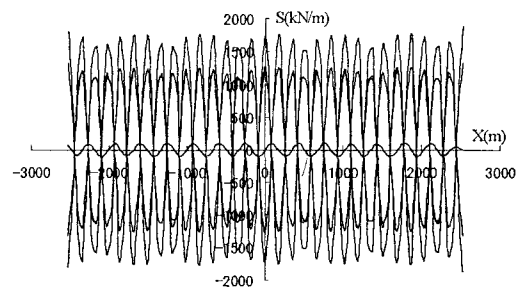


図 3 せん断力図

図 2 から、曲げモーメントの最大値は、 $130000 \text{ kNm} / \text{m}$ と読みとれる。このとき、浮体表面には約 $\pm 19 \text{ MPa}$ の応力が発生しており、危険な状態ではないことが分かる。また、図 3 からは、最大せん断力が、 $1800 \text{ kN} / \text{m}$ という値を示すことが分かる。このとき発生するせん断応力は、 $\pm 0.15 \text{ MPa}$ である。

これらの数値解析によって算定された各節点における断面力から断面の応力分布を導き出し、許容応力内で安全性が得られるように、鉄筋量、プレストレス量、断面寸法などを司方書に基づいて決定し、施工時の条件も考慮しながら設計を試みる。なお、実際の計算結果については、発表時に報告する。

参考文献

- 1) 西村 政洋：規則波による浮体構造の 3 次元振動解析 1992 年度名古屋大学修士論文
- 2) 田中 小百合：大型浮体構造物の連成振動解析 1993 年度名古屋大学卒業論文
- 3) 天野 喜勝：非線形バネに係留されたコンクリート製大型浮体の動揺解析 1996 年度名古屋大学修士論文