

I-212

水中線状構造物の三次元自由振動解析

田尻 太 郎 正 員 (株)構研エンジニアリング(札幌市北18条東17丁目)
 三上 隆 正 員 北海道大学 工学部 土木 (札幌市北13条西8丁目)
 角田 與史雄 正 員 北海道大学 工学部 土木 (札幌市北13条西8丁目)
 斎藤 紘 正 員 (株)構研エンジニアリング(札幌市北18条東17丁目)

1. はじめに

我国の経済の発展に伴い、様々な海洋プロジェクトが構想されている。本文は係留索に支持された水中線状構造物を取り上げ、応答解析に欠かせない固有振動問題を構造物の剛性を考慮した構造-流体連成振動問題として解析し、構造の全長、係留索剛性が基本的振動特性に与える影響の検討を行った。

2. 基礎方程式

流体の影響を考慮した構造の運動方程式を周波数領域で考えたものは、次式となる。

$$(-\omega^2 ([M] + [M_e]) + ([K] + [K_e])) \{X\} = 0 \quad (1)$$

ここで ω は固有円振動数、 $[M]$ は質量マトリックス、 $[K]$ は剛性マトリックスで図-1に示す解析モデルの構造本体、係留索とも梁要素による有限要素法で離散化した。 $\{X\}$ は構造の変位ベクトルの振幅で、 $[K_e]$ は係留索に作用する初期張力から定まる幾何学的剛性マトリックスであり、初期張力は構造全体の自重と浮力より求めた。 $[M_e]$ は流体の効果を表す付加質量マトリックスで、図-1の流体外部領域にポテンシャル流れの解析解を、内部領域にはポテンシャル流の境界要素法を用いることによって得た。

3. 数値解析

パラメータ解析を行うために、次のような基準断面諸元を設けた。基準の諸元には*をつけて表す。図-1の設置水深 $H_s^* = 60\text{m}$ 、水深 $H_w^* = 200\text{m}$ 、内部領域のx方向幅は H_b^* 、構造本体断面半径 $A_s^* = 11.5\text{m}$ 、係留索設置角 $\delta^* = 30^\circ$ 、構造の全長(水路幅) $H_b^* = 200\text{m}$ 、係留索支間 $B_s^* = 50\text{m}$ とする。また構造本体のヤング率(E_1^*)と密度(ρ_1^*)はコンクリート、係留索のそれら(E_2^* 、 ρ_2^*)は鋼材とし、構造本体と係留索の断面積、断面二次モーメントはそれぞれ、 $69\text{m}^2 (A_1^*)$ 、 $0.09\text{m}^2 (A_2^*)$ 、 $4190\text{m}^4 (I_1^*)$ 、 $0.00967\text{m}^4 (I_2^*)$ とする。パラメータには構造の全長 H_b と係留索の伸び剛性 $E_2 A_2$ をとり、他は基準のものをを用いた。梁としての構造の境界条件は固定支持とした。さらに結果の整理には次の無次元化固有円振動数 Ω を用いる。ここで ω は式(1)における無次元化していない固有円振動数である。付加質量係数 λ は、付加質量を考慮しない固有円振動数を Ω_0 、考慮したものを Ω として、式(3)を用いる。

$$\Omega = \omega \sqrt{H_b^4 \rho_1^* A_1^* / E_1^* I_1^*} \quad (2)$$

$$\lambda = \Omega_0^2 / \Omega^2 - 1 \quad (3)$$

4. まとめ

- 1) 付加質量係数は、構造の剛性が増加し、変形しにくくなるとともに減少する傾向にある。
- 2) 当研究の断面諸元内では、付加質量を考慮した場合としない場合の変位曲線は、ほぼ同じ傾向を持ち、構造と流体のエネルギーを評価して固有振動数を求める、レイリー法などの活用も可能と考えられる。

参考文献

- 1) 井島武夫・周宗仁, グリーンの公式による二次元水面波境界値問題の解析, 土木学会論文報告集第252号, pp.53~71, 土木学会, 1976.
- 2) 井島武夫・吉田明徳・山本督夫, 任意断面浮体の2次元係留運動と波の変形, 土木学会論文報告集第272号, pp.53~63, 土木学会, 1978.
- 3) 田尻太郎・三上隆・角田與史雄, 水中線状構造物の三次元自由振動解析, 構造工学論文集Vol141, A, pp.35~40, 土木学会, 1995.

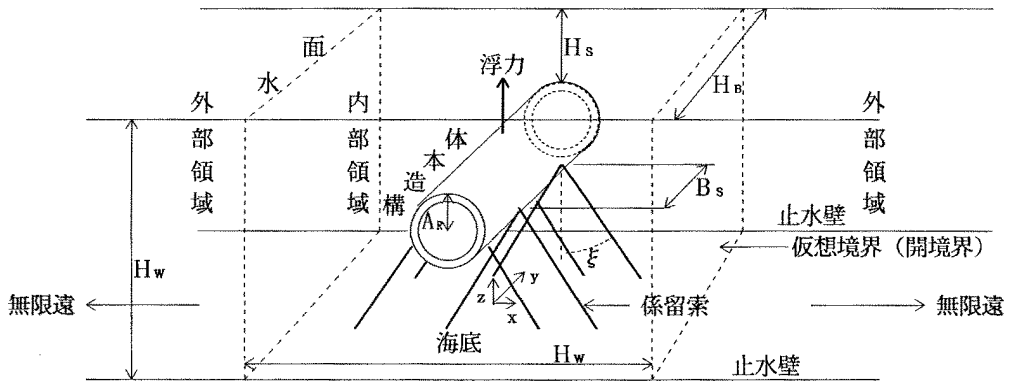


図-1 解析モデル

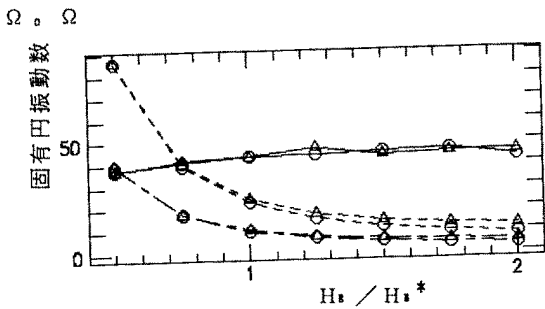


図-2

○ x 方向
△ z 方向

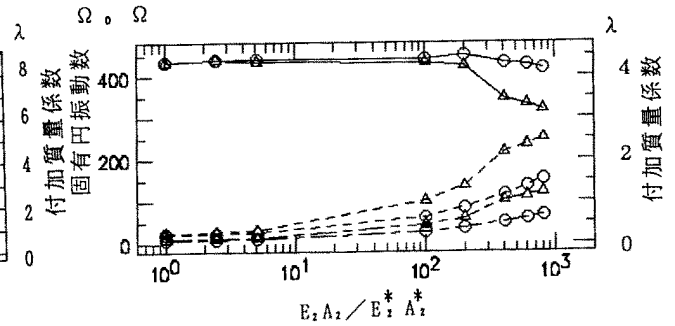


図-3

—— 付加質量係数
..... 固有円振動数（付加質量なし）
- - - 固有円振動数（付加質量あり）

図-2：構造全長に対する固有円振動数と付加質量係数

図-3：係留索剛性に対する固有円振動数と付加質量係数

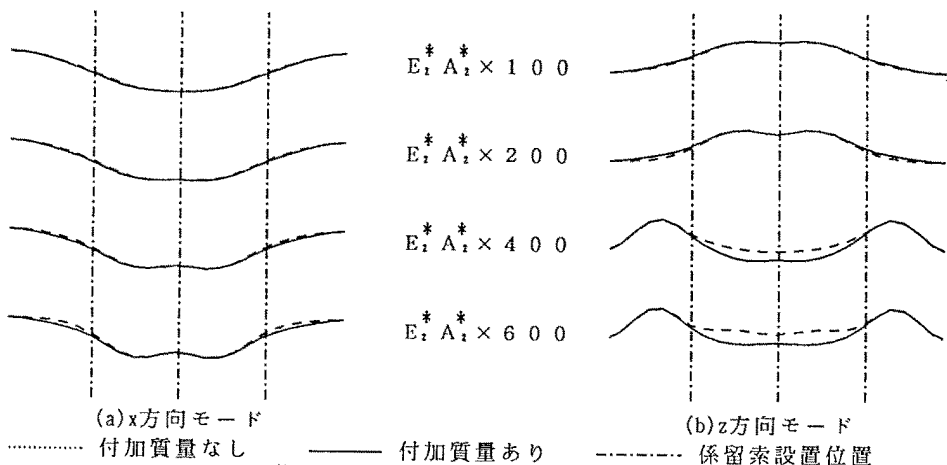


図-4 係留索剛性に対する変位モード