

支持浮体間の流体力学的干渉作用による波強制力

鳥 取 大 学 正 員 神 部 俊 一
鳥 取 大 学 正 員 野 田 稔
川 重 工 事 (株) 正 員 平 野 和 昭
鳥 取 県 庁 正 員 ○山 本 真 也

1. はじめに

多数の要素支持浮体から構成される大型浮体式構造物は、海上空港や洋上都市の構想を実現するためのアイディアの一つである。しかし、そのアイディアを実現するには多数個の支持浮体間の流体力学的相互干渉効果を考慮に入れて波強制力を明らかにし、その運動応答特性を正しく評価しなければならない。そこで本研究では、図-1に示す6本のフーチング付き支持浮体から構成されるセミサブ型海洋構造物を想定し、ポテンシャル理論を用いて、支持浮体に作用する波強制力が浮体間の流体力学的干渉作用によってどのような影響を受けるかを検討する。

2. 支持浮体間の流体力学的干渉の計算法^{1),2)}

ここでは、N個の浮体群を図-2に示すように各浮体に固定した座標系 (x_j, y_j, z_j) , $(j=1 \sim N)$ で考えることとする。

支持浮体相互間の流体力学的干渉作用を考える場合、j番目の浮体に入射してくる波は、遠方からの入射波以外に他の浮体からの反射波も考慮しなければならない。それらを浮体jに固定した円筒座標系で表せば次のようになる。

$$\phi_i^{(j)}(P) = \left\{ \{a^{(j)}\}^T + \sum_{i=1}^N \{A^{(i)}\}^T [T_{ij}] \right\} \{ \Psi_i^{(j)}(r_j, \theta_j, z) \} \quad (1)$$

ここに、 $\{ \Psi_i^{(j)}(r_j, \theta_j, z) \}$ は入射波の成分波を表す列ベクトルである。また、 $\{a^{(j)}\}^T$ は遠方からの入射波を円筒座標系で表す場合の係数、 $[T_{ij}]$ は座標変換マトリックスであり、いずれも既知である。一方、 $\{A^{(i)}\}^T$ は、浮体iによる散乱波ポテンシャル $\phi_s^{(i)}$ の一般表示式に含まれる複素未定係数を要素とする未知量の係数ベクトルである。さらに式(1)の入射波ポテンシャル $\phi_i^{(j)}$ に対応する散乱波ポテンシャル $\phi_s^{(j)}$ は次式により表される

$$\phi_s^{(j)}(P) = \left\{ \{a^{(j)}\}^T + \sum_{i=1}^N \{A^{(i)}\}^T [T_{ij}] \right\} [B^{(j)}]^T \{ \Psi_s^{(j)}(r_j, \theta_j, z) \} \quad (2)$$

ここに、 $\{ \Psi_s^{(j)}(r_j, \theta_j, z) \}$ は散乱波の成分波を表す列ベクトル、 $[B^{(j)}]^T$ は浮体jの散乱特性を表す転置マトリックスである。また、散乱波ポテンシャル ϕ_s の一般的な表示式を次式で仮定する。

$$\phi_s(P) = \{A\}^T \{ \Psi_s(r, \theta, z) \} \quad (3)$$

式(3)の散乱波ポテンシャル ϕ_s を浮体jに関して表した式と式(2)とが等しくなければならないことから $\{A^{(j)}\}$ に関する連立一次方程式が得られる。この方程式を解いて $\{A^{(j)}\}$ が求まれば、式(1)より入射波ポテンシャル $\phi_i^{(j)}$ が決定され、それに対応したディフラクションポテンシャル $\phi_D^{(j)}$ はグリーン関数法を用いると計算

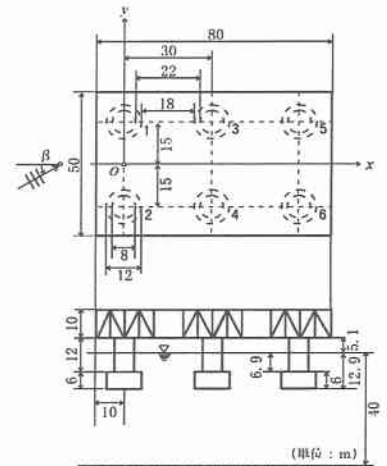


図-1 解析モデル

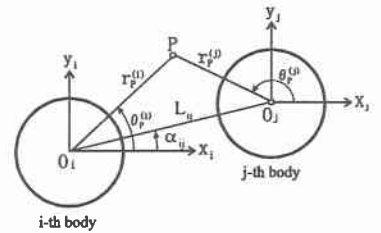


図-2 干渉問題における座標系

できる。さらに、ディフラクションポテンシャル $\phi_D^{(j)}$ を非線形項を無視した圧力方程式に代入すれば、波強制力が求まる。

3. 数値計算例と結果

図-1に示す浮体ユニットを単体および2基連結した場合について数値計算を行った。いずれも波の波高を1 m、入射角 β を 0° として、波周期を6.5秒～8.5秒まで0.5秒間隔で変化させて波強制力を算定している。得られた結果のうち、代表的なSurge方向とHeave方向の波強制力のみを図-3と図-4に示す。なお、図の横軸には、波の周期に対応する入射波の角周波数を採用した。

計算結果から、支持浮体間の流体力学的干渉作用による影響を考慮に入れて計算された波強制力と、それを無視して計算された波強制力を比べると、支持浮体間の流体力学的干渉作用の特徴である入射波と回折・散乱波の重複、ならびに波上側の支持浮体による遮蔽効果を確認することができる。また、支持浮体数が増えると、支持浮体間の流体力学的干渉作用による影響はより複雑になることが分かる。

4. あとがき

今回の研究から、支持浮体間の相互干渉効果が波強制力に及ぼす影響は、無視できないほど大きなものであることが分かった。今後は浮体ユニットの運動応答量の評価法に関する研究を進めると共に、支持浮体の個数が増えると波強制力を算定するのに必要な未定係数の総数が膨大となるので、それに対処するための簡便法についても検討していく必要がある。

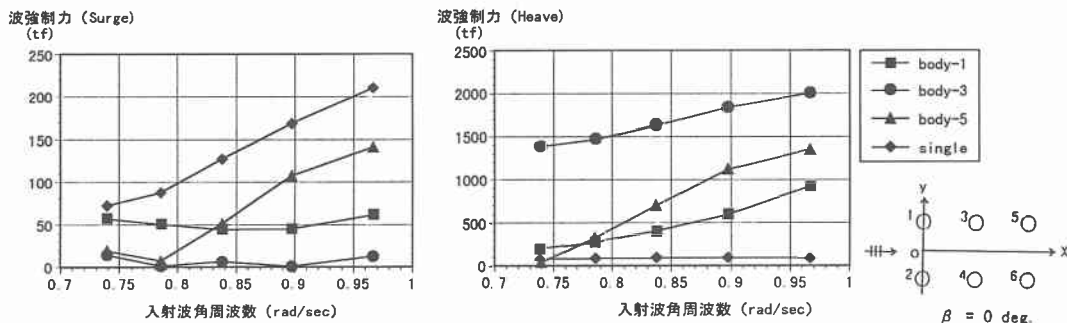


図-3 波強制力—入射波角周波数 (単体の場合)

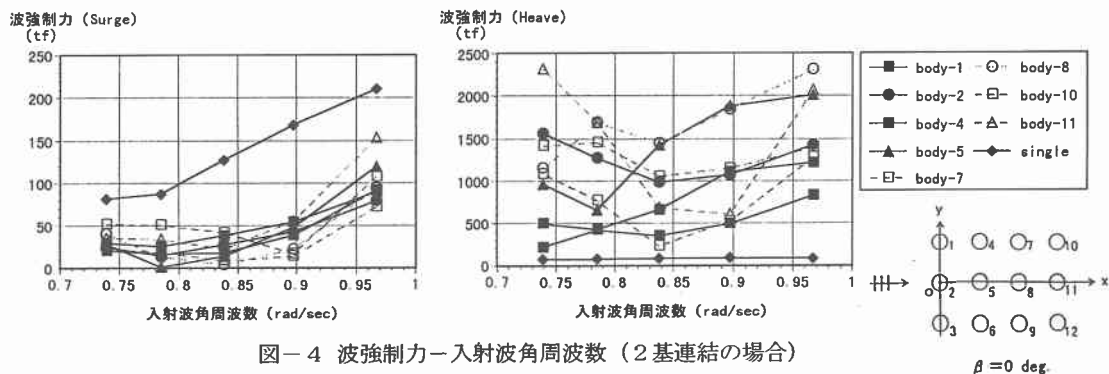


図-4 波強制力—入射波角周波数 (2基連結の場合)

【参考文献】

- 1) 日本造船学会・海洋工学委員会性能部会編：超大型浮体構造物、成山堂書店、p.74～84、1995.
- 2) 柏木正・向上登志夫：大規模浮体における流体力学相互干渉の一計算法、第13回海洋工学シンポジウムテキスト、p.247～254、1995.