

(II-92) 半潜水構造物の運動特性

足利工業大学 学 井出正和 足利工業大学 正 新井信一
足利工業大学 正 長尾昌朋 足利工業大学 正 上岡充男

1. はじめに 最近、沿岸域に海上空港を設置する案で棧橋式や箱形浮体式や半潜水浮体式の構造物が提案されている。それぞれに長所短所があるが、半潜式は、大水深用構造物として開発され多数の実績をあげており浮体式で移動可能であるとともに運動が小さいという特徴を有する。しかし、浅海域でのその運動特性は十分に吟味されているとは言い難い。そこで、本研究では第1段階として、円筒部材で構成される半潜式模型を作成して水槽実験を実施するとともに、Morison 式を利用した運動方程式を解き、浅海でのその運動特性を調べてみた。

2. 実験方法 図1に示す模型を図2の様に幅0.8m、長さ27mの水槽のほぼ中央に設置し、規則波を造波した。実験の水深は0.78mと0.40m、また、波高は約0.03mと0.05mである。波浪中で運動している模型をビデオカメラにて撮影し、時々刻々のその運動軌跡を再生画面から読みとり、重心点の左右揺(Sway, y_G)と上下揺(Heave, z_G)と横揺(Roll, ϕ)を計測した。この時、運動は、模型上の2点の座標から定まるが、計測誤差を少なくするため最小自乗法を用い3点の座標から求めた。

3. 運動方程式 構造部材の直径が波長に比べて十分小さいので入射波の変形は少なく、部材間の流体力学的干渉も少ないと考える。次に、円筒部材を適当な長さに分割した要素に Morison 式の流体力が作用するとする。要素 i の質量を M_i 、その運動加速度を $\ddot{\mathbf{X}}_i$ 、構造物の重心点からのその距離を $\mathbf{r}_i$ 、流体と要素の相対速度を $\mathbf{V}_i$ とすると、要素に働く力とその構造物重心回りのモーメントを全て合計することにより¹⁾ 次式の運動方程式を得る。

$$\sum_i M_i \ddot{\mathbf{X}}_i = \sum_i \left[\rho \Delta_i C_{mi} \dot{\mathbf{V}} + 0.5 \rho A_i C_{Di} |\mathbf{V}_i| \mathbf{V}_i + \mathbf{F}_{Fi} \right], \quad (1)$$

$$\sum_i \mathbf{r}_i \times M_i \ddot{\mathbf{X}}_i = \sum_i \mathbf{r}_i \times \left[\rho \Delta_i C_{mi} \dot{\mathbf{V}} + 0.5 \rho A_i C_{Di} |\mathbf{V}_i| \mathbf{V}_i + \mathbf{F}_{Fi} \right] \quad (2)$$

ここに、 ρ は流体密度、 C_{Mi} は付加質量係数で1.0、 C_{Di} は抗力係数で1.2、 A は投影面積、 $\mathbf{F}_F$ はFroude-Krylov forceである。速度の自乗項にて入射規則波の基本周期成分のみを採用することにより運動方程式を時間に関して線形化し、さらに運動振幅について収斂計算を実施してこれを解く。

4. 実験結果 図3は重心点の運動の軌跡の例である。波周波数 $f=0.65\text{Hz}$ では定位置で円運動をしているが、 1.45Hz では円運動をしながら波下へ流されており、周波数が高いと漂流力が大きいことがわかる。図4, 5, 6には順に左右揺、上下揺、横揺の運動振幅の実験結果と計算結果を示した。何れも入射波高は0.03mで2種類の水深の結果を比較してある。まず実験値を見ると、水深による運動の違いは顕著でないが、およそ 1Hz 以下の周波数で差がでてくることが、また、計算値をみると実験結果とほぼ同じ結果を与えており(1),(2)式による運動推算が可能であること、などがわかる。自由動揺試験による上下揺と横揺の固有周期を矢印で示したが、波浪中の実験結果もこれに対応した同調現象を示している。上下揺では固有周期のやや高周波数側で減少する半潜式構造物固有の特徴がみられる。ただし、計算結果の上下揺の同調周波数は実験値より少し小さく何らかの修正が必要であるといえる。

5. おわりに 今回の実験の水深では顕著な浅水影響がでなかったが、実用的な基本的運動方程式が得られたのでこの精度向上を図りながら更に浅海域での場合を調べたい。なお、本研究は、本学4年生の上條和久、佐藤信行両氏の尽力によるところ大であり、ここに謝意を表する次第である。

1) Hooft, J.P., "A mathematical method of determining hydrodynamically induced forces on semisubmersible, Transaction of SNAME, vol.79.

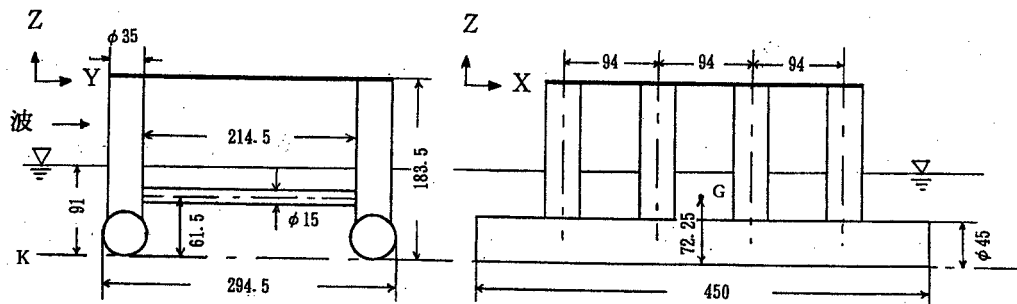


図1 半潜式構造物模型 (単位 mm)

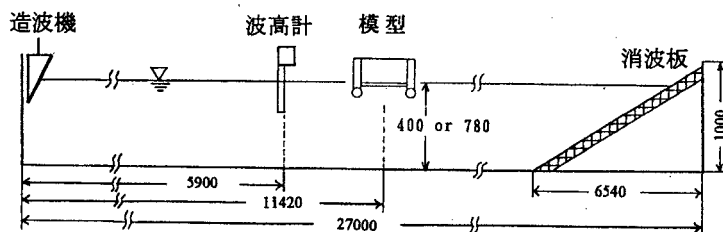


図2 実験状況図 (単位 mm)

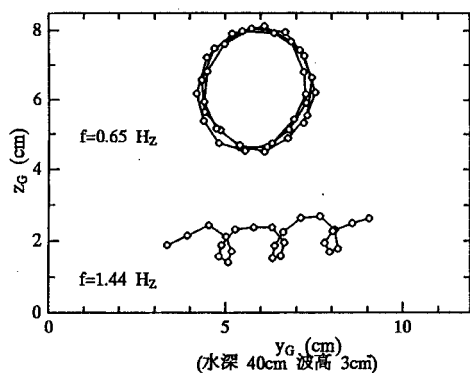


図3 重心の軌跡

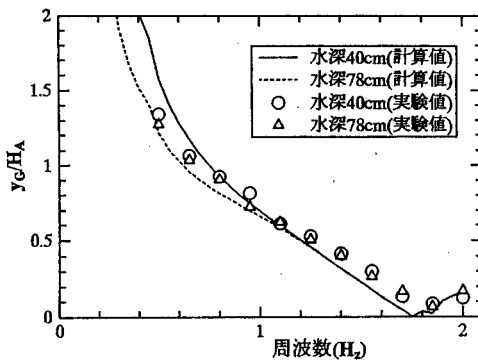


図4 左右揺の比較

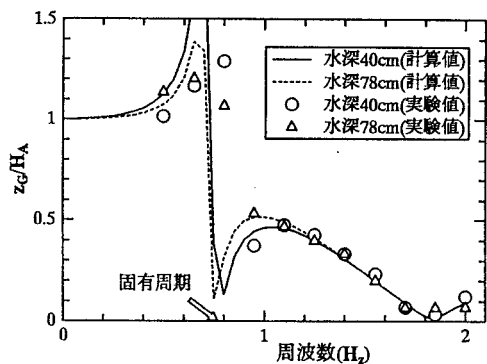


図5 上下揺の比較

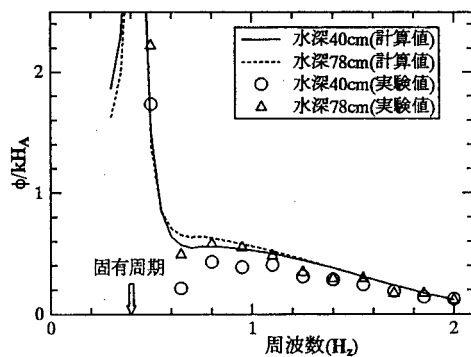


図6 横揺の比較