

1. はじめに

近年、海底石油掘削貯油施設や橋梁基礎など大型コンクリート海洋構造物に対する需要が増大する傾向にある。これらの構造物は、浮体としての機能を要求される場合が多く、設計・施工にあたって浮体としての動揺特性をはじめ、波浪による変動水压を解明する必要がある。本報告は、大型フローティング構造物の実験による波浪中の動揺測定を行ない、浮体としての動揺特性を明らかにすると共に、二次元および三次元による動揺解析を実施して、解析手法の比較および理論の検証を行なったものである。

2. 実験の概要

(1) 対象フローティング構造物

波浪による動揺測定を行なった浮体は、寸法が $L \times B \times D = 54 \times 34 \times 12^m$ で、排水量 12000 ton のコンクリートバージである。このコンクリートバージは、横浜港横断橋の下部工であるフーチング部に相当し、多柱基礎の構造型式が採用された下部工は、その施工に当って、フーチング部をあらかじめ仮設ドック内で建造し、現地まで曳航するというユニークな工法が考えられた。測定時において、浮体はフリーフローティングの状態であり、吃水 $d = 6.04 m$ 、水深 $h = 13.6 m$ であった。

(2) 測定方法

コンクリートバージの動揺は、二自由度バーチカルジャイロによりロールおよびピッチを同時に測定した。浮体に入射する波高は、投棄式波高計を使用し、波向は目視によった。センサーからの信号は、専用増幅器により増幅し、データレコーダーに記録した。

(3) データの処理方法

収録されたそれぞれの波形データを A-D 変換し、スペクトル計算を実施した。これにより、各モードの動揺応答スペクトル $S_{xx}(\omega)$ および波のパワースペクトル $S_{\eta\eta}(\omega)$ が求められ、(1) 式を適用して、各モードの周波数応答関数 $H(\omega)$ を求めた。

$$S_{xx}(\omega) = |H(\omega)|^2 S_{\eta\eta}(\omega) \quad \dots\dots\dots (1)$$

3. 動揺の理論計算

(1) 二次元領域分割法

領域分割法は、井島¹⁾らにより開発された手法であり、浅海域における矩形断面浮体の動揺を解析するのに有効な方法で、速度ポテンシャルを解析的に求めているため、計算時間が短いという長所を有する。

(2) 三次元領域分割法

この解析法は、二次元領域分割法を三次元に拡張したもので、新井・高木²⁾らによって提案された手法である。この手法は、浮体の平面形状を Lewis form で表わし、自由表面条件、水底条件、放射条件および浮体表面の運動学的条件を満足する速度ポテンシャルを求める境界値問題であるため、比較的計算時間は短い。浮体の形状が箱型浮体など、平面形状が Lewis form で表わされる柱状体に限定される。

(3) 三次元特異点分布法

この手法は、Green 関数法とも呼ばれ Garrison³⁾らにより普及された数値解析手法であり、三次元の

任意形状浮体の動揺解析が可能である長所を有する。しかし、ソースの強さを未知数とする積分方程式を離算化して計算するため、計算時間が長いという問題がある。

4. 実験値と数値解析の比較

(1). 二次元の動揺解析

動揺測定時の波の入射方向は、長軸に対して $\theta = 60^\circ$ 前後であった。これに対して、二次元領域分割法による理論計算では、波入射角度を $\theta = 90^\circ$ と 0° として、Roll と Pitch の周波数応答関数を求めた。図-1 および図-2 に、Roll と Pitch の計算値と実験値を示す。これより、計算値は振動数領域での傾向は一致しているものの、全体的に計算値の方が大きな値を示している。

(2). 三次元の動揺解析

三次元領域分割法 (FLOAT-L) と三次元特異点分布法 (FLOAT-G) により波入射角 θ を変えて数値計算を実施した。図-3 および図-4 に Roll と Pitch の計算値と実験値の比較を示す。Roll の動揺モードでは、波入射角 $\theta = 60^\circ$ の場合に計算値と実験値は良い一致を示している。また、三次元領域分割法と三次元特異点分布法とは、良い一致を示している。一方、Pitch の動揺モードにおいても、波入射角 $\theta = 60^\circ$ が妥当と考えられるが、三次元領域分割法と三次元特異点分布法とは、固有周期に若干の相違がある。また、実験値は双峰型の応答を示しており、通常の箱型浮体の動揺特性とは異なる。これは、測定時にコンクリートバージの付近にあった、防波堤からの反射波の影響と考えられる。図-5 に示す変動水圧の圧力コンター図は、三次元特異点分布法により波高 $H = 2\text{m}$ 、周期 $T = 8.3\text{秒}$ 、波入射角 $\theta = 60^\circ$ のときの各メッシュに生ずる変動水圧の値からコンター図を作成したものである。この変動水圧の分布から、浮体が動揺しているときに浮体に生ずる断面力が算定できる。

5. まとめ

実験の大型浮体の動揺測定と、種々の理論計算との比較より、以下のことが明らかになった。

- ① 対象とした箱型浮体は、 $L/B = 1.6$ であり、流体力係数でみると一般に三次元効果が生じてくると言われている。しかし、今回の二次元計算との比較では、比較的良好一致を示した。
- ② 三次元動揺計算では、波入射方向を変えてより精度の高い解析が可能である。
- ③ 現地実験との比較により、いずれの解析法も妥当であることが確認された。

最後に、今回の現地測定に際し、首都高速道路公団・横浜横断橋工事所長・内藤誠一氏をはじめ、横浜横断橋 J V (作) 所長・畠木健司氏、小林将志氏の御協力をいただいた。ここに厚く謝意を表す。

＜参考文献＞

- 1) 井島・田淵・湯村：有限水深の波による矩形断面物体の運動と波の変形。土木学会論文集，オ202号，1972。
- 2) 新井・高木・中村・松永：箱型船の流体力について。日本造船学会論文集，オ137号，1975。
- 3) Garrison：Hydrodynamics of Large Objects in the Sea, Part II-Motions of Free-Floating Bodies, JN, V69, 1975

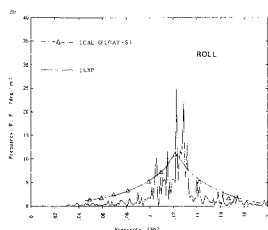


図-1. 実験値と二次元計算値 (Roll)

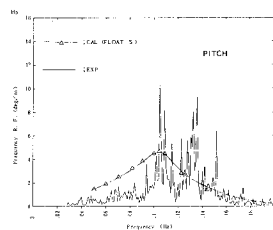


図-2. 実験値と二次元計算値 (Pitch)

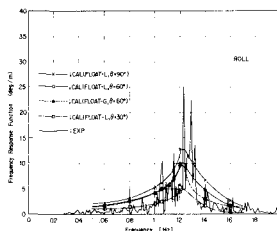


図-3. 実験値と三次元計算値 (Roll)

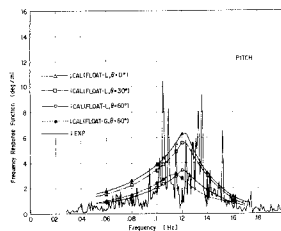


図-4. 実験値と三次元計算値 (Pitch)

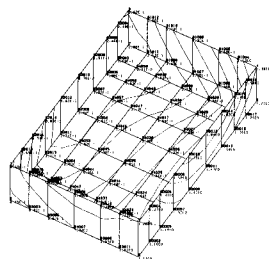


図-5. 変動水圧の圧力コンター図