

## II-9

## 港内大型係留船舶の動揺計算における長周期外力の評価について

五洋建設（株） 正会員 中山晋一  
 五洋建設（株） 正会員 森屋陽一  
 五洋建設（株） 正会員 関本恒浩  
 （株）日本海洋科学 正会員 笹 健児

## はじめに

数値計算により港内係留船舶の動揺量を予測する場合、外力として船体重心位置での波高から入力条件を設定する方法が一般的であるが、石炭運搬船などの大型係留船の長周期動揺問題を考える場合、外力である長周期波はほぼ港内副振動による重複波として船体に作用すると考えられるため、外力を波高のみで評価すると動揺を著しく過小もしくは過大に予測する危険がある。これら港内副振動特性を勘案した方法として、土田ら（1998）は長周期波の圧力勾配を用いる手法を提案しているが、長周期外力と動揺の物理的な関係についての検討が行われておらず、単に定性的な評価を行っているにすぎない。そこで本研究では、船体動揺数値計算における長周期外力のより定量的な評価法として、船体重心位置での流速条件を用いる方法を提案する。ここでは、港内副振動が発達した場合の係留船舶の動揺に関する水理模型実験を行い、実験結果と数値計算結果を比較することから、本研究で提案した外力評価法の妥当性を示す。

## 実験および数値計算の概要

①模型条件 平面水槽（図-1）に、矩形港湾（模型縮尺 1/75、水深 20cm）を設置し、70,000DWT 級に相当する石炭運搬船模型（長さ 3m、幅 43cm、喫水 10.6cm、排水量 107kg）を係留した。係留には表-1 に示すバネ定数の線形バネを用い運動固有周期の違いによる動揺量の変化を比較した。また、2 台の CCD カメラによって構成される動揺計測システムを用いて 6 成分の船体動揺量を計測した。このシステムは長周期の微小な変位も精度良く測定することが可能である。②外力条件 周期 10.38（現地換算 90s）、波高 1mm の規則波を模型港湾に対して直入射方向で造波し、副振動によって励起される定常的な重複波浪場を港内に得ることで模型船に作用する外力とした。また、港内外の波浪場は図-1 に示す測点に設置した容量式波高計および電磁流速計により、船体動揺量と等しくサンプリング周波数 50Hz で連続 14 分

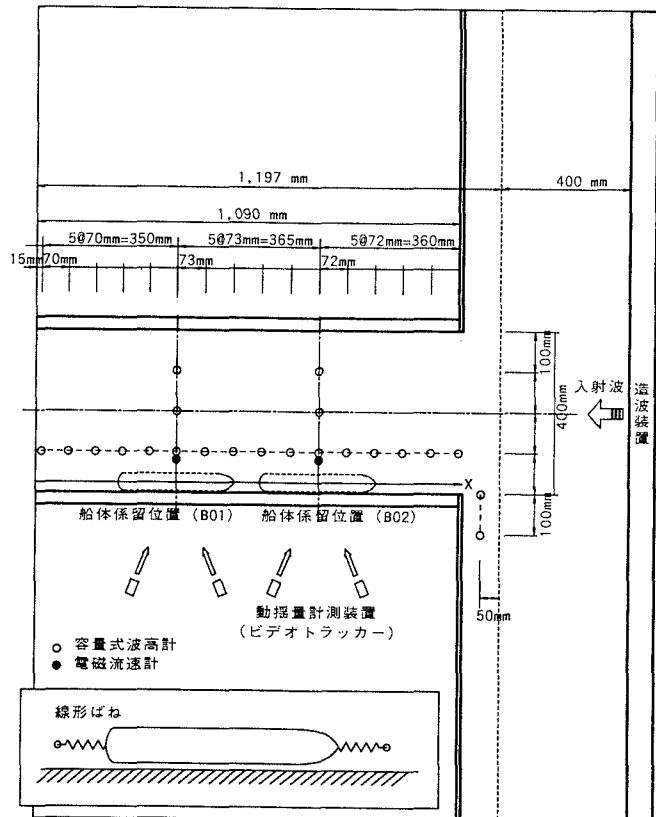


図-1 港湾模型内の計測器設置および船体係留図

Keywords : 係留船舶, 長周期波

連絡先: 〒329-2746 栃木県那須郡西那須野町四区町 1534-1 TEL 0287-39-2109

計測した。なお、実験では反射波を造波板で吸収している。③動揺計算手法 船体動揺数値計算は付加質量および減衰係数などの流体力係数がある周波数での値で代表した運動方程式モデルを用いた(久保ら, 1997)。

### 結果と考察

図-2 は、上述の規則波を入射波条件とした場合での港内波高分布の計測結果およびグリーン関数法(Lee, 1971)による計算結果を比較したものである。これから、実験結果は計算結果と精度良く対応していると言え、本実験では、港口を節とするモードの副振動として発達する定常的な波浪場が得られた。

図-3 に船体動揺量(Surging)の計測結果を示した。図の縦軸は Surging の全振幅、横軸は線形パネのバネ定数の変化に伴う係留船舶の固有周期である。図-3 より、船体が港内副振動の節の位置に係留され、係留船舶の固有周期が外力周期の近傍にある場合、特に、大振幅動揺の発生が確認できる。これは、係留船舶の固有周期と外力場の共振に起因する現象であると考察される。また、図-2 より B01 地点は副振動の節の位置に当たるため水位変動は微小であり、ここでの波高を外力として船体動揺数値計算を行う場合、ほとんど動揺しない結果となることが予想される。そこで、波浪場の重複性を適切に評価するための外力設定方法についての検討を行った。図-3 の実線および波線はグリーン関数法によって計算された船体重心位置での重複波浪場における流速振幅と等価な流速振幅を持つ進行波を外力条件とした場合の動揺量計算結果である。これから、計算結果はいずれの係留位置の場合も精度良く実験結果を予測していると言え、船体重心位置での流速条件を用いて動揺数値計算の外力を評価する方法の妥当性が示された。

### おわりに

港内副振動が発達している波浪場において数値計算法により係留船舶の長周期動揺量を予測する場合、船体重心位置での重複波浪場の流速変動と等価な流速振幅を持つ進行波を外力条件とすることで、精度良い結果が得られることが示された。さらに、物場場位置での波高条件から船体動揺量を一義的に評価する簡易な稼働率算定法に対しても、外力条件に船体重心位置での流速情報を反映させることで、長周期動揺を適正に考慮可能であると言える。

表-1 バネ定数と係留船舶の固有周期

| バネNo. | バネ定数<br>(N/m) | 固有周期(s) |       |
|-------|---------------|---------|-------|
|       |               | 実験      | 現地    |
| k1    | 13.72         | 13.30   | 115.2 |
| k2    | 22.54         | 10.38   | 89.9  |
| k3    | 31.36         | 8.80    | 76.2  |
| k4    | 68.60         | 5.95    | 51.5  |

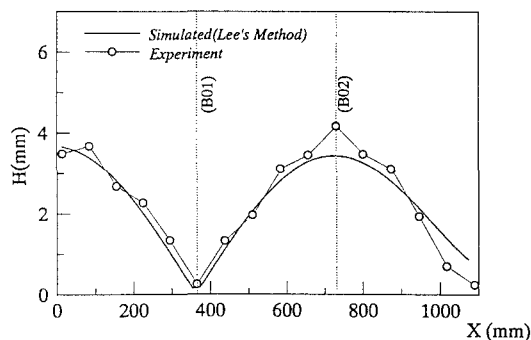


図-2 実験と数値計算による港内波高分布の比較

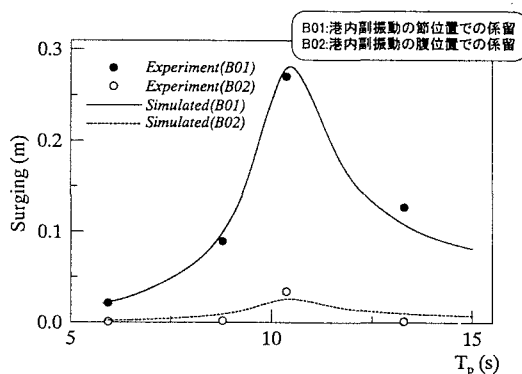


図-3 実験と数値計算による Surging の比較

### 参考文献

- 久保雅義, 笹 健児, 白石 悟, 榎原繁樹 (1997): 数値計算手法が長周期波作用下における長周期船体動揺へ及ぼす影響について, 海岸工学講演会論文集, 第 44 巻, pp.236-240.
- Lee, J.J. (1971): Wave induced oscillations in harbors of arbitrary geometry, J.Fluid Mech., Vol.45, pp.375-394.