

II-275

大規模港湾内の係留船の波浪動揺計算

大阪大学工学部 正会員 ○青木伸一

大阪大学工学部 正会員 榎木 亨

①はじめに： 著者ら¹⁾は先に、任意形状港湾内の任意形状浮体に対する流体力の算定法を提案したが、この方法は、境界積分方程式法を用いているため、大規模な港湾内に係留された船舶の、風波に対する運動応答の解析には、直接適用することが難しかった。そこで本研究では、港内での波変形計算法として、港内任意点での波向が容易に求められる、WAVE RAY 法²⁾を用い、著者らの提案した計算法と組み合わせることによって、大規模港湾内での係留船の動揺解析を試みた。計算は、著者ら³⁾による、韓国P港での船体運動の実測例を対象とし、実測結果と計算結果の比較を行って、計算法の適用性を検討した。

②計算法の概要： 計算は、(1)入射波の変形計算（WAVE RAY法）、(2)船体に及ぼす波強制力・造波抵抗力の計算（境界積分方程式法）、(3)船体運動応答の計算、の3段階に分けて行う。(1)では、(2)で取り扱う領域（図-1の破線円で囲んだ領域）へ入射する波の、波向・波高・位相差の計算を行う。WAVE RAY法は、幾何光学的な入射波成分に加えて、防波堤の先端や、港内の隅角部から発生する回折散乱波を、Diffracted Ray として取り扱い、図-1に破線で示すように、それらの港内での反復反射を考慮して、近似解を構成する方法であり、港のスケールに比べて波長が短い場合には、比較的精度のよい方法である。⁴⁾

(2)の波力計算は、計算法としては厳密な方法である。船体近傍の境界のみを考慮して波力を計算する理由は、波力に対する影響の大きい回折散乱波および運動に伴う発散波は、船体から放射状に拡がる波に対応しているため、船体近傍の境界の影響が支配的であると考えられるためである。また本研究では、周辺境界が任意の反射率を有する場合及び船体が境界に近接する場合にも適用できるように拡張している。

③計算条件： 計算対象とした実測船舶は、図-1の港湾内に示した位置に係留された、船長174m、船幅22.8m、喫水9mの、24000DWT級のBulk Carrierであるが、船

体形状、慣性モーメント、復元力係数、係留特性等は不明である。そこで計算は、簡単のために箱船に近似して行った。対象船舶の方形係数 $C_b=0.74$ とすると、箱船のスケールおよび質量が、表-1に示すように決定される。重心は静水面上にあるものと仮定し、慣性モーメント、メタセンター高さは、ROLLについては、回転半径と船幅の関係($r_R=0.4B$)および浮心とメタセンターとの距離を与える関係式や種々の船舶のメタセンター高さを参考にし、さらに、それらを用いた固有周期が妥当であるかどうかを検討して決定した。PITCHについては、メタセンター高さを決定した後、船長と固有周期の関係を用いて、 $T_p=0.63\sqrt{L_s}$ となるように慣性モーメントを決定した。またYAWの慣性モーメントは、PITCHのそれと等しいものと仮定した。

入射波の変形計算においては、港内の水深を一定(14m)、港湾境界は全て完

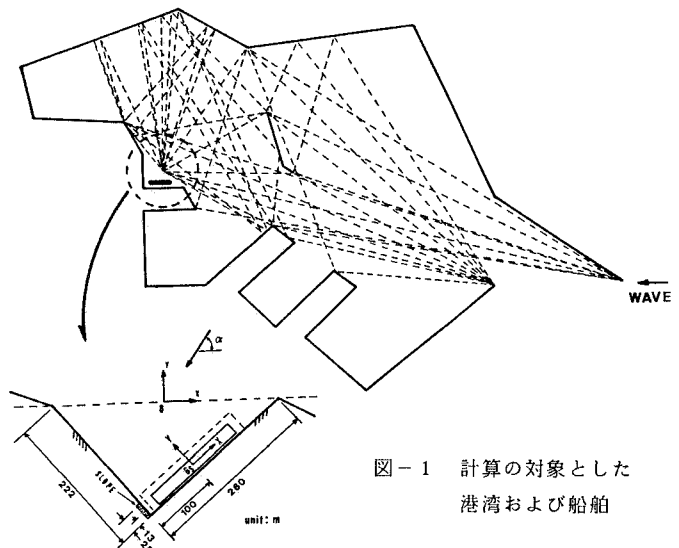


図-1 計算の対象とした港湾および船舶

表-1 計算対象箱船の諸元

船長 $L_s=157.38\text{m}$ 、船幅 $B_s=20.62\text{m}$ 、 喫水 $d_s=8.14\text{m}$ 、重心位置：静水面上 質量 $M=2.64 \times 10^7 (\text{kg})$ 慣性モーメント $I(\text{ROLL})=2.20 \times 10^9 (\text{kgm}^2)$ $I(\text{PITCH})=9.48 \times 10^8 (\text{kgm}^2)$ $I(\text{YAW})=9.48 \times 10^8 (\text{kgm}^2)$ メタセンター高 $\overline{GM}(\text{ROLL})=1.0(\text{m})$ $\overline{GM}(\text{PITCH})=210.0(\text{m})$ 外洋での固有周期の目安 $T(\text{HEAVE})=8.1(\text{sec})$ $T(\text{ROLL})=18.3(\text{sec})$ $T(\text{PITCH})=8.3(\text{sec})$
--

全反射とし、回折は2回、反射は3回まで考慮した。また波力計算の際、図-1のSLOPE部については、反射率を0.2、他の境界は全て完全反射とした。実船は係留索とフェンダーにより岸壁係留されているが、短周期運動については、係留系の影響は小さいため、今回は無係留状態で計算を行った。従って、船体運動は、時系列解析を行うことなく、周波数応答関数を用いて容易に求めることができた。

④実測結果との比較： 図-2に、港外で測定した入射波のスペクトルを示す。入射波の卓越周期は約10秒、有義波高は87cm、波形の標準偏差値(η_{rms})は22.3cmであった。図-3は、船体運動の実測結果と計算結果のスペクトル形状を比較したものである。実測・計算結果とも、各々のスペクトル面積 m_0 で割って正規化しているため、大きさを直接比較はできない。また、入射波の測定限界を考慮して、周期が34secから4.7secまでの22種類の周期に対してのみ計算を行っており、低周波数領域の運動は計算していない。図より、HEAVEおよびPITCHについては、スペクトル形はよく対応している。ROLLでは入射波の卓越周波数以外に、固有周波数付近で運動がピークを示しているのに対し、実測ではその傾向が現れていない。またSURGEについては、運動が低周波数領域で卓越するモードであるため、今回の計算では十分予測できないことがわかる。表-2は、各運動のスペクトル面積から求めた運動の η_{rms} を、実測と計算で比較したものである。これより、SURGEについては、長周期運動の影響で実測値がかなり大きく現れているが、短周期運動が卓越するHEAVE、ROLL、PITCHについては、今回提案した近似的な方法でも、ある程度での予測が可能であることがわかる。

参考文献：

- 1) 榎木・青木・濱本：港湾形状を考慮した港内船舶の回折・造波問題の解析，第35回海講論文集，1988。
- 2) Larsen, J: A Harbour Theory for Wind-generated Waves Based on Ray Methods, J. F. M. vol. 87, part I, 1978。
- 3) 青木・榎木：うねりが侵入する港湾内での船体運動の実測，第43回年講概要集，1988。
- 4) 榎木・青木：港内波浪予測へのWave Ray法の適用，関西支部年講概要集，1990。

謝辞：

本研究を行うに当たり御尽力いただいた馬場英通君，生田幸治君に感謝します。

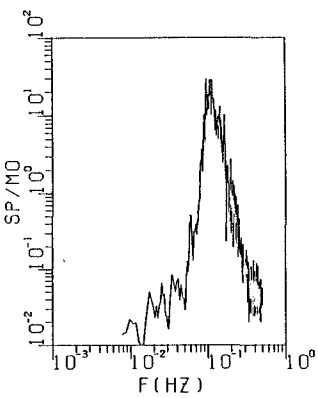


図-2 入射波のスペクトル

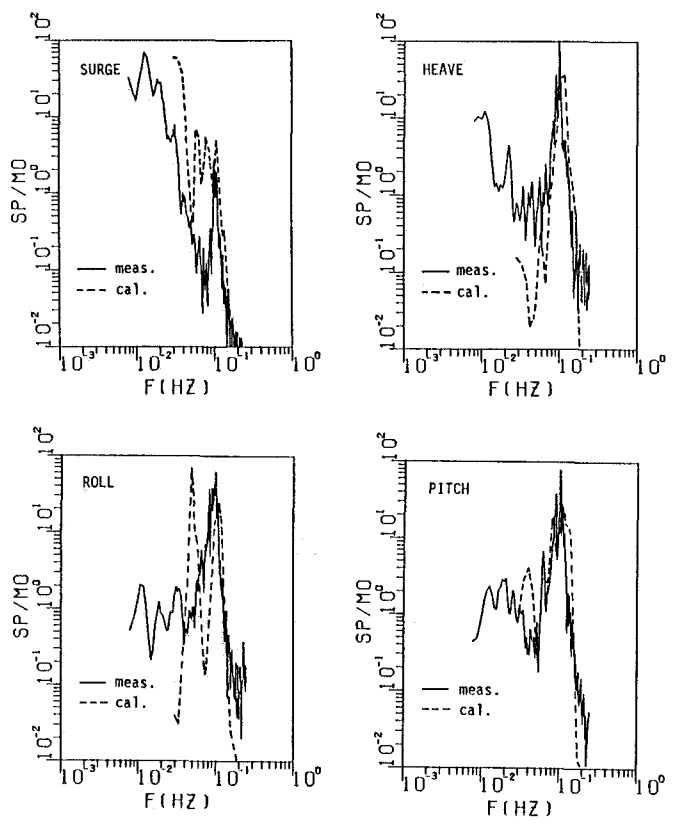


図-3 船体運動のスペクトル

表-2 運動波形の標準偏差値の比較

運動モード		SURGE	SWAY	HEAVE	ROLL	PITCH	YAW
η_{rms} $=\sqrt{m_0}$	meas.	8.5cm	—	3.3cm	0.13°	0.038°	—
	cal.	3.1cm	2.8cm	5.4cm	0.18°	0.024°	0.008°