

船舶動揺量の調査と動揺諸元の解析

東北大学 ○学員 平沢 哲生
 東北大学 正員 稲村 肇
 東北大学 正員 須田 潔

1. はじめに

港湾計画において最適バース数の決定のため、従来より港湾内の施設利用を再現するためのシミュレーションモデルが構築されている。これらのモデルは、大きくわけて図-1のフローに示してある4つのサブモデルによって構成されている。図-2は、荷役サブモデルを示したものである。しかし、荷役については、実状を把握することが難しく、荷役サブモデルは十分な研究がなされていない。その中で、港湾計画策定時における港湾内静穏度の検討に際して、現在は単に船型別の波高を目安として用いている。しかし、現実の荷役限界には、様々な要因が関係しておりそれらの関係は明らかにされていない。そこで、本研究では以下の2点を明らかにすることを目的としている。1) 船舶の動揺量を波高、風速などの自然条件、及び船舶の諸元との関係から実験的に測定する。2) 測定結果を分析し、船舶内の各所、あるいは貨物の動きを計測するプログラムの作成する。船舶の動揺と海象条件、気象条件、船舶諸元との関係は、解析的にも求めることは可能である。(港湾技術研究所による船舶動揺シミュレーション) しかし、このモデルの検証は必ずしも十分行なわれていないため、ここでは、これらの関係を実証的に調査し検証する。

船舶の動揺は通常、重心の動きとして表示される。しかし、我々が調査できるのは、船舶のある一点ないし数点の動きである。そこで、本研究では任意の点の動きに変換するプログラムを作成する。船舶の動揺とは、図-3に示す6次元で表示される。

2. 実態調査の方法

本調査は、すべての船型を網羅することを目的とするのではなく、そのための方法論を確立することを目的としているので、2000DWTクラスのタンカーを主な調査対象とした。現地調査をするにあたって、特に考慮した点は以下のとおりである。1) 多くの調査地点で測定が可能なるように簡便かつ移動可能な方法をとる。2) 船舶の動揺といったアナログ量をデジタル化して解析を行なうため、できるだけデジタル量で計測する。3) 調査方法の安定性や精度を検討できるように条件の一定した場所で何度か測定を繰り返す。以上を鑑みて、本調査で採用した方法は、以下のとおりである。

A) ローリング、ピッチング

計測器(図-4)により測定

B) ヨーイング

本船ブリッジ内のコンパスにより測定

C) ヒーピング、サージング、スウェーイング

3次元計測器(図-5)により測定

D) 波高、波の周期

各バース備えつけの波高板を利用し目視観測

E) 風向、風速

本船ブリッジ内の風向計、風速計により測定
 測定は、2秒おきに5分間行ない、同一船同一箇所で最低2回、同一船について最低3回行なった。

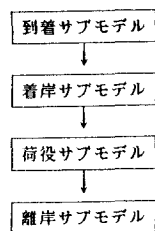


図-1 港湾計画モデル

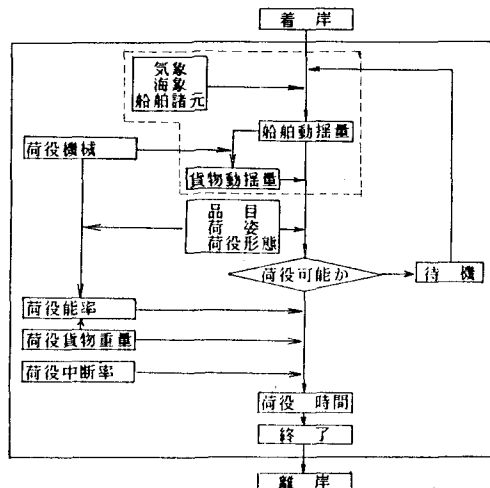


図-2 荷役サブモデル

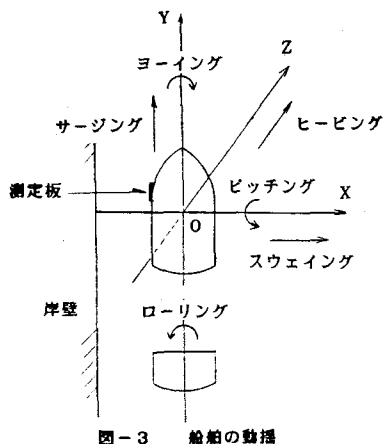


図-3 船舶の動揺

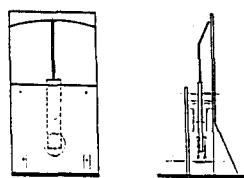


図-4 ローリング及びピッチング計測器

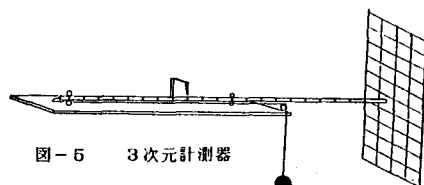


図-5 3次元計測器

表-1 調査結果

DATE 84.12.06 TIME AM10:29-34 =====						
BERTH NO.3L<イトクマル DW2474TON> =====						
X=600 Y=900 Z=360 =====						
F120-RF =====						
SEC	ROLL	PITCH	YAW	SURGE	HEAVE	SWAY
2.00	1.40	0.50	0.40	12.00	24.00	33.00
4.00	1.20	0.50	1.00	11.00	24.00	31.00
6.00	1.30	0.60	1.00	10.00	24.00	30.00
8.00	1.50	0.50	0.80	10.00	24.00	31.00
10.00	1.50	0.50	0.30	11.00	24.00	32.00
12.00	1.00	0.50	0.30	12.00	24.00	32.00
14.00	1.00	0.50	0.50	12.00	24.00	32.00
16.00	1.40	0.50	0.70	11.00	24.00	31.50

3. 調査の結果

調査結果の一例を表-1に示す。なお、すべての正方向は、図-3の通りである。このサージング、ヒーピング、スウェイングは、それぞれ測定点の動きそのまゝを示している。したがって、これらの動揺量は、船舶の動揺量すなわち動揺の中心での動揺量とは、一致しない。ここで仮に、これらの動きをそれぞれ見掛けのサージング、見掛けのヒーピング、見掛けのスウェイングと呼ぶことにする。

4. 船舶動揺量の解析方法

見掛けの諸量を船舶の動揺量に変換する。まず、船舶の動揺の中心は、船舶の重心を通る船舶の垂直軸と水面との交点である。この中心を原点として図-3のようにXYZ座標を設定し、測定板上のうち最も頻度の高い点の座標を求め、ローリング、ピッチング、ヨーイングにより、見掛けの諸量を補正し、原点の動揺量を求める。以下に図-3の際の変換式を以下に示す。

$$\begin{aligned}
 S &= s + X \sin(p) + Y(2 - \cos(p) - \cos(y)) + Z \sin(y) \\
 H &= h + X \sin(r) - Y \sin(p) + Z(2 - \cos(p) - \cos(r)) \\
 W &= w - X(2 - \cos(r) - \cos(y)) + Y \sin(y) + Z \sin(r)
 \end{aligned}$$

S : サージング s : 見掛けのサージング p : ピッチング
 H : ヒーピング h : 見掛けのヒーピング r : ローリング
 W : スウェイング w : 見掛けのスウェイング y : ヨーイング

この変換式によって船舶の動揺量を算出しておけば、この変換式をそれぞれs、h、wについて解き、任意の点のXYZ座標を代入、さらに求めたS、H、Wを代入してやれば、任意の点での動揺量を算出することができる。したがって、本船上のクレーンの支点での動揺量や、船底の貨物の動揺量なども容易に算出することが可能である。

4. おわりに

本調査は、対象とする船舶を2000DWTクラスに限り実施したが、25000DWTの船についても、測定板をマグネットシートにして船体に密着させることにより同様の調査ができることを確認している。今後は、対象船舶を広げることにより、船舶の動揺量および貨物の動揺量を掴み、荷役限界を荷役形態別に求め荷役の実態を踏まえ、その上で港湾計画において最適なバース数を決定することを目指してゆく事となるだろう。