

II-277 係岸船舶の動揺数値シミュレーションにおける条件設定と計算値の変動特性の評価

運輸省港湾技術研究所 正会員 白石 悟
運輸省港湾技術研究所 正会員 上田 茂
運輸省港湾技術研究所 正会員 板生考司

1. はじめに

近年、係岸船舶の動揺の数値シミュレーション手法が港湾計画の策定および係留施設の設計において活用されている。数値シミュレーションを行う際に荷重の変動特性や係留系の変位復元力特性のモデル化の相違により計算結果に差異が生ずるが、その差異は定量的に把握されてはいない。本報告では、数値シミュレーションにおける条件設定と計算結果の変動を把握し、係岸船舶の動揺計算を行なう際の留意事項を提示する。

2. 検討の方法

係岸船舶の動揺を検討する場合、船舶の諸元、荷重の変動特性、係留系の変位復元力特性、数値シミュレーションの繰返し回数等により計算値が変動するので、上記の条件設定の影響を十分に検討し、適切に計算条件を設定するとともに、数値シミュレーション結果の解釈にあたって十分に配慮する必要がある。本研究においては、10,000dwt貨物船を対象に数値シミュレーションを行い、計算上配慮すべき事項について考察した。計算に際して用いた防衛工は定反力型（特性1）、反力漸増型（特性2）の2種で、その変位復元力特性を図-1に示す。

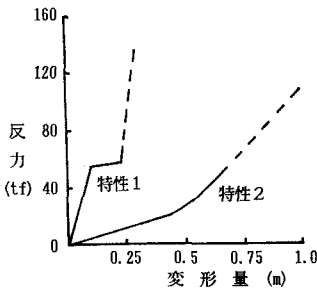


図-1 防衛工の特性

3. タイムステップ、計算繰返し回数の影響

数値シミュレーションにおける計算タイムステップを有義波周期 ($T_{1/3}$) の $1/60 \sim 1/8$ とし、数値シミュレーション結果の精度を検討した。また、数値シミュレーション時間を10～30分とし、計算結果の差異を検討した。数値積分はウィルソン- θ 法で行なった。なお、ここでは特性2の防衛工の計算結果を示す。表-1はタイムステップおよび計算繰返し回数を変えたときの動揺量の最大振幅と防衛工の最大変形量を示したものである。スウェイの動揺振幅に及ぼす影響が大きいが、 $T_{1/3}/\Delta t = 60$ のときの最大振幅に対し、 $T_{1/3}/\Delta t = 40$ のときの最大振幅の差異は4.7%であるが、 $T_{1/3}/\Delta t = 30$ のときには10.3%であり、 $T_{1/3}/\Delta t = 40$ とすれば、ほぼ安定した解が得られている。また、 $T_{1/3}/\Delta t = 40$ として、計算の繰返し回数を変えた計算においては、繰返し回数を6000回（計算時間25分、解析時間20分）とした計算結果において、最大振幅は各成分とも、ほぼ安定した結果が得られている。6000回の繰返し回数は、この場合、有義波周期の波数では150個のデータに相当する。

表-1 タイムステップおよび繰返し回数と動揺量、防衛工の変形量との関係

繰返し回数 (回)	Δt (s)	計算時間 (s)	$T_{1/3}/\Delta t$	解析時間 (s)	サージ (m)	スウェイ (m)	ヒープ (m)	ロール (°)	ピッチ (°)	ヨウ (°)	防衛工 変形量 (m)
9000	0.167	1500	60	1200	0.745	1.140	0.670	2.322	1.853	1.178	0.234
6000	0.250	1500	40	1200	0.745	1.086	0.673	2.340	1.868	1.132	0.209
4500	0.333	1500	30	1200	0.749	1.023	0.677	2.310	1.890	1.091	0.220
3000	0.500	1500	20	1200	0.744	1.048	0.685	2.295	1.931	0.962	0.264
2250	0.667	1500	15	1200	0.768	0.736	0.703	2.239	2.000	0.917	0.258
1800	0.833	1500	12	1200	0.757	0.700	0.722	2.207	2.068	1.048	0.206
1200	1.250	1500	8	1200	0.684	0.833	0.783	3.174	2.096	1.189	0.392
3000	0.250	750	40	600	0.676	0.676	0.673	2.340	1.754	0.882	0.192
6000	0.250	1500	40	1200	0.745	1.086	0.673	2.340	1.868	1.132	0.209
9000	0.250	2250	40	1800	0.749	1.086	0.673	2.409	1.868	1.132	0.212

防衛工：特性2、波高：0.5m、波周期：10s、波向：60°、風速：0m/s、載荷状態：空載、潮位：0.0m

4. 船舶の载荷状態の影響

船舶の動揺量および係留力は载荷状態によっても異なるので、通常はこれらを組み合わせた条件に対して数値シミュレーションを行う。ここでは、潮位を低潮位（潮位0.0m）とし、船舶の载荷状態を空載、半載、満載の3条件として、計算を行った。なお、ここでは、防衛工の変位復元力特性として特性1の計算結果を示す。図-2はそれぞれの载荷状態および潮位による防衛工の最大歪の差異を示したものである。防衛工の変形量は風速0 m/sでは、半載時に最も大きい、風向120°、風速10 m/sでは空載時に最も大きい。したがって、数値シミュレーションを行なう際には、上記の結果を参考に計算条件を定める必要がある。

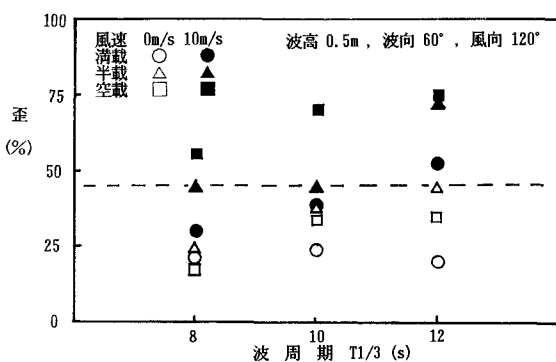


図-2 载荷状態および潮位と防衛工の歪

5. 係留力の算定方法の影響

船舶の重心位置は空間に固定された座標系において時間とともに変化する。係留力のうちモーメント計算は、重心位置の変化が微小であるときには、初期の重心位置と係留点との距離に張力または反力に乗じて求めてよい（以下、モデル1と記す）が、船舶の動揺が大きい場合には正しくない。そこで、船舶の動揺による係留点と重心との距離の変化を考慮して数値シミュレーションを行い（以下、モデル2と記す）、係留力の算定方法について比較考察した。ここでは、防衛工の変位復元力特性として特性2の計算結果を示す。図-3は、サージの有義振幅について、横軸にモデル2の計算値を、縦軸にモデル1の計算値をとり、両者を比較したものである。サージの有義振幅が約1m以下では、両モデルの計算値の差異は小さいが、サージの有義振幅が1mを越える場合には計算値の差異が大きく、船舶のサージの動揺量はモデル1とモデル2とでは、約50%の差異となる場合がある。ここでは、図示していないが、スウェー、ロール、ヨウは、両モデル間には約5~10%の差異がみられる。図-4は両モデルによる、防衛工の歪量を比較したものであるが、歪量が大きくなときには、約10%の差異が生じている。以上より、動揺量が1m以上である場合には、係留力の算定の際には船舶の動揺による係留点と重心との距離の変化を考慮してモーメント計算を正確に行なう必要がある。

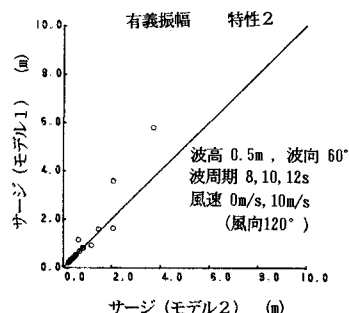


図-3 サージの有義振幅の比較

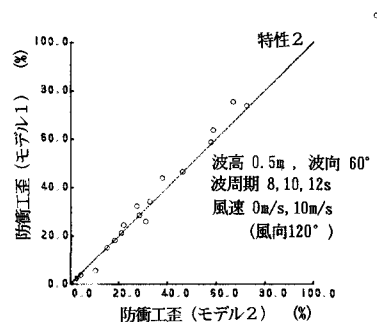


図-4 防衛工の歪量の比較

6. あとがき

本報告では、係岸船舶の動揺に及ぼす要因のうち、計算タイムステップ、船舶の载荷状態、係留力の算定方法について検討した。このほか、計算の際の乱数初期値による解の変動特性や計算結果の統計的評価手法、潮位の影響、防衛工や係留索などの係留系の変位復元力特性、係岸の構造などが係留船舶の動揺に影響を及ぼすものとするが、これらについては、別途報告したい。