

係留シミュレータによる荒天時動揺解析

大阪市立大学工学部 正 員 小田一紀
 大阪市立大学大学院 学生員 石上昌男
 (株)ブリヂストン 秋山 春

1. はじめに

近年、台風等の荒天時において、大型船の係岸避泊が提案され、実施に向けて技術的検討がなされている。これらの技術的検討は、主に数値シミュレーションによってなされている。従来のシミュレーションでは船体運動方程式の外力項中の防舷材反力として圧縮反力のみを考慮し、その圧縮にのみと反力の履歴関係を近似的に数式化して運動方程式中に取り込んでいた。しかし、この手法では防舷材の剪断反力やモーメント反力を無視しており、実際の防舷材の変形特性を忠実に取り入れていない欠点がある。その欠点を補う方法として本研究で取扱う係留シミュレータによる数値シミュレーション(以後、係留シミュレータ法と呼ぶ)が提案される。この係留シミュレータ法は実物と相似なゴム防舷材を用いて、これに船体動揺による多自由度(今回は3自由度)変形を生じさせ、それぞれの変形モードの反力を瞬時に船体運動方程式に取り入れ、動揺の時系列解を求める方法である。図-1にその係留シミュレータ法の概念図を示す。

本論文では係岸避泊を想定して鉛直壁前面に係留された2次元矩形浮体の動揺を係留シミュレータ法によって解析し、従来のシミュレーション法による結果と比較し、その相違を検討した。

2. 計算方法と計算条件

2次元浮体の運動方程式は次のように表わされる。

$$M\ddot{u} + C\dot{u} + Ku + N_L(u) + N_F(u) = F_E(t) + F_W(t) \quad (1)$$

ここに、 M, C および K はそれぞれ慣性、減衰係数および復原力係数マトリックス、 u は変位ベクトル、 $N_L(u), N_F(u)$ はそれぞれ係留力、防舷材反力、 $F_E(t), F_W(t)$ は波強制力および風圧力ベクトルを表わす。式(1)中の流体力マトリックスおよび波強制力ベクトルには井島の領域分割法を適用し算定した。矩形浮体の諸元として1万G.T.級の貨物船の空載時に相当する諸元、長さ $L=120m$ 、幅 $B=20m$ 、吃水 $d=2.5m$ 、側圧受圧面積 $A=1225m^2$ を用いた。離岸距離を $2.0m$ として、波高 $H=0.5m$ 、定常風 $30m/s$ で計算を行った。係留索としては岸壁と直角、水平に直径 $45mm$ 、長さ $44.7m$ のタイロクロスロープ4本を用い、その反力としては荷重伸び特性を4次多項式で数式化して取り入れた。但し、履歴特性は無視した。

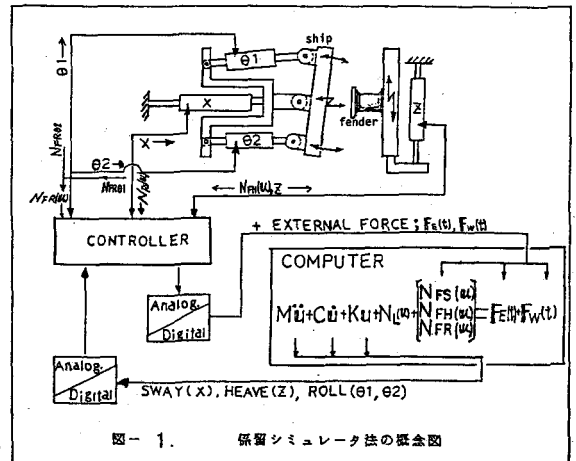


図-1. 係留シミュレータ法の概念図

防舷材としては、2000Hセル型防舷材を用い、その反力としては前述の係留シミュレータによる縮尺 $\frac{1}{10}$ 模型の圧縮・剪断・曲げモーメント反力の測定値を実物換算して取り込んだ。また、この係留シミュレータによる数値計算と併行して、防舷材の圧縮反力のみを6次多項式で数式化して取り入れた従来の数値シミュレーションも実施した。このときは、前述のシミュレータに用いた同じ防舷材模型の準静的圧縮試験による荷重・撓み履歴曲線を採用した。

③. シミュレーション結果の比較

1). 入射波周期による相違

図-2は上述の条件下で数値計算して得られた $T=8.0\text{sec}$ の場合のswayの時系列波形の比較を示す。左側は従来の方法、右側は係留シミュレータ法による結果である。この図から今回の係留シミュレータによる浮体のsway振幅は、従来の方法に比べて、その約 $\frac{1}{2}$ にも減少していることがわかる。 $T=8.0\text{sec}$ はrollの共振周期に近く、大きな回転運動が起り、反対にsway運動は小さく、防舷材は比較的大きな剪断変形を受けるので、この反力を取り入れていない従来の方法と大きな違いが生じたものと思われる。さらに剪断変形を受けながら圧縮変形を生じさせると圧縮変形のみが生じる場合に比べて圧縮力がかなり減少することも、sway運動を減小させる原因であると思われる。図-3は、 $T=10.0\text{sec}$ の場合を示すが、両者にほとんど差はみられない。 $T=10.0\text{sec}$ では浮体運動はswayが卓越し比較的周期の短いsubharmonic motionが起り、防舷材の変形は圧縮変形が支配的となったため、両手法による差がほとんど生じなかった。

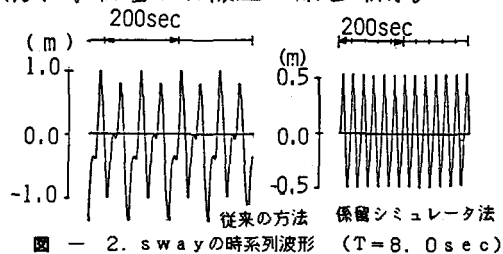


図-2. swayの時系列波形 ($T=8.0\text{sec}$)

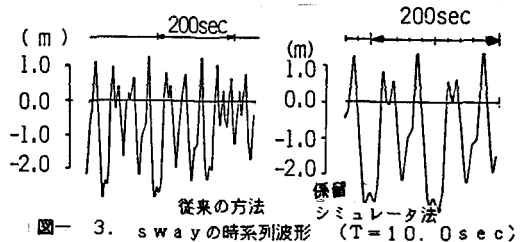


図-3. swayの時系列波形 ($T=10.0\text{sec}$)

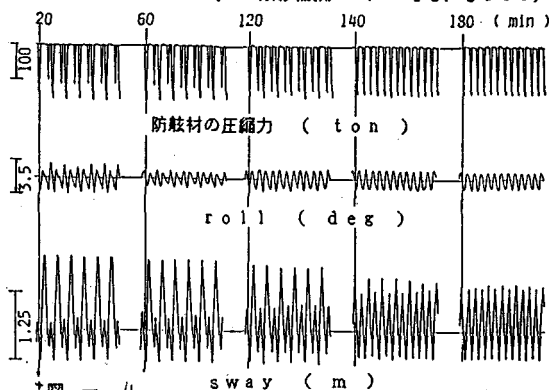


図-4 荒天時シミュレーション(3hr.)による時間的变化
(Open, $H=0.5\text{m}$, $T=10.0\text{sec}$, 風速 30.0m/sec)

2). シミュレーションの継続時間による相違 従来の方法では波や風もある程度継続させるとほぼ定常に達するがゴム防舷材の模型を用いた係留シミュレータ法では時間経過とともに緩慢ではあるが動揺振幅が漸減する傾向が見られた。図-4は透過岸壁の場合、 $T=10.0\text{sec}$ の時の係留シミュレータ法によって得られた動揺波形の継続時間による変化を示したものである。外力を継続作用させるとsway振幅が30%程度減少していることが明確に認められる。これはゴムの疲労が原因であると考えられる。④. 結び 計算ケースは僅かであるが、本研究で用いた係留シミュレータ法は、防舷材の圧縮反力特性のみを数式化し、しかもその特性の時間的変化を無視した従来のシミュレーション法とは異なった結果を示す場合があり、注目値する。今後、この係留シミュレータの活用によって、様々な係留条件、外力条件に対する検討ができて、係岸壁泊用の新しい防舷材の開発に有用な指針を提供できるものと考えられる。