

ハイブリッド型シミュレーション法による岸壁係留船の不規則動揺解析

大阪市立大学工学部 正会員 小田 一紀

講師 アリヂストン 秋山 齊

同 正会員○石上 昌男

1) はじめに

筆者ら¹⁾は、防舷材のせん断反力や反力モーメント等、実際のゴム防舷材模型の変形特性を忠実に取り入れた物理モデルと数値モデルを組み合わせたハイブリッド型シミュレーション法(以後、ハイブリッド型と称する)を提案し、岸壁係留船の動揺量に関してこれまでの数値モデルのみによる数値シミュレーション法(従来型と称する)の結果と規則波・定常風の条件下で比較検討し、その相違について明らかにしたが、本論文では、不規則波・変動風下で岸壁に係留された2次元矩形断面浮体の荒天時動揺をハイブリッド型によって解析し、浮体動揺と防舷材変形の面から、従来型による結果と比較検討したのでここに報告する。

2) 計算方法と計算条件

動揺解析に用いる船体の運動方程式は両シミュレーション法とも共通で、マトリックス表示すれば次のように表わされる。

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

ここにM, C, およびK は付加質量を含む慣性、造波減衰係数および復元力係数マトリックス、 u , $N_L(u)$, $N_F(u)$, $F_E(t)$, および $F_W(t)$ はそれぞれ変位、係留力、防舷材反力、波強制力および風圧力ベクトルである。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 $L=120\text{m}$ 、幅 $B=20\text{m}$ 、吃水 $d=2.5\text{m}$ 、側圧受圧面積 $A_w=1225\text{m}^2$ を用いた。離岸距離は 2.0m とした。係留索は岸壁に水平に実物で直径 45mm 、長さ 44.7m の12本のロープを用い、両シミュレーション法ともその反力としては荷重・伸び特性を4次多項式で表わした。防舷材は高さ 2m の定反力型防舷材を用い、従来型ではその反力特性は防舷材模型の準静的載荷試験により得られた性能曲線を用い、圧縮反力のみを考慮した(ヒステリシスも考慮している)。防舷材の取り付け位置は矩形船の重心位置と同じ高さにし、2基設置した。波浪条件はBreadschneider-光易型周波数スペクトルを有する不規則波を用い、有義波高 $H_{1/3}$ は 0.5m 、有義波周期 $T_{1/3}$ は、7.8, 9および 10sec にとった。また風圧力としては平均風速は $U=30\text{m/sec}$ 、時間的な変動風速の周波数スペクトルとしてDavenportのスペクトルを用いた。また式(1)中の付加質量係数、造波減衰係数は不規則波の有義波周期に対応する係数を用い、流体力マトリックスおよび波強制力ベクトル算定には井島の領域分割法²⁾を適用した。

3) 両シミュレーションの結果の比較検討

図.1-(a)はswayの有義振幅についてハイブリッド型と従来型によるシミュレーション結果を比較したもので、横軸は有義波周期 $T_{1/3}$ である。この図から、有義波周期 $T_{1/3}$ が大きくなるに従って従来型の有義振幅がハイブリッド型に比べて大きくなる傾向が見られる。また、図には示していないが両シミュレーション法とも有義波周期が長くなるとともに、sub-harmonic motion的な時間波形を描き、よ

Kazuki ODA, Hitoshi AKIYAMA and Masao ISHIGAMI

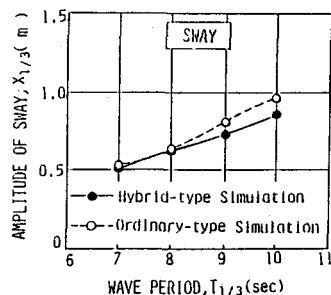
く似た傾向を示す。 図.1-(b)は有義波周期 $T_{1/3}=10\text{sec}$ の不規則波、平均風速 $U=30\text{m/sec}$ の変動風下での船体動揺のswayの周波数応答スペクトルを示す。この図によるとswayにおいては有義波周期だけではなくswayの固有周期や、rollとの連成によるピークなども現われている。有義振幅では両シミュレーション結果に若干差は生じているが、スペクトルは両者とも類似した傾向を示す。

図.2-(a)はrollの有義振幅 $\theta_{1/3}$ を示すが、ハイブリッド型と従来型を比較すると、有義振幅 $\theta_{1/3}$ は大きな差が生じている。これは不規則波中においては船体動揺も不規則でありそれに伴って実際の防舷材を用いているハイブリッド型は圧縮変形のみならずせん断変形・曲げ変形も加わり、そのため防舷材の圧縮反力が低下し動揺振幅が従来型に比べて約30%近くも低減したと考えられる。しかし、式(1)中に粘性減衰項を考慮すればその差は小さくなると考えられる。なお、不規則波の特徴として周期にあまり依存しなくなる傾向がみられる。この傾向は規則波中においては波周期によって大きく変化していたのとは大きな相違である。次に、図.2-(b)は有義波周期 $T_{1/3}=10\text{sec}$ の不規則波、平均風速 $U=30\text{m/sec}$ の変動風下でのrollの周波数応答スペクトルを示している。両シミュレーション法とも連成影響も小さく、rollの固有周期付近($f \approx 1.3\text{Hz}$)にスペクトルのピークが現われている点では一致しているが、従来型の方がハイブリッド型よりも鋭いピークを持ちかつスペクトル密度も大きく現われている。図には示していないが、heaveの有義振幅については両シミュレーション結果はほとんど差は見られなかった。

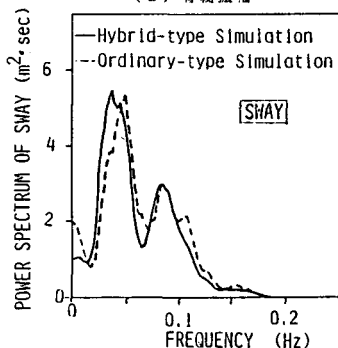
4) まとめ

以上のように、不規則波・変動風下においても従来型とハイブリッド型のシミュレーション結果に差が生じ、ハイブリッド型シミュレーション法の有用性が再確認できた。今後、両シミュレーション法の定量的な相違を明らかにするとともに、荒天時を想定した長時間シミュレーションを行ない防舷材特性の時間的な変化が船体動揺に及ぼす影響についても検討する予定である。(参考文献)1) 小田、石上、秋山: ハイブリッド型シミュレーション法による荒天時動揺解析、第32回海岸工学講演会論文集、pp.662~666, 1985

- 2) 井島、田淵、瀧村: 有限水深の波による矩形断面物体の運動と波の変形、土木学会論文集、No. 202。



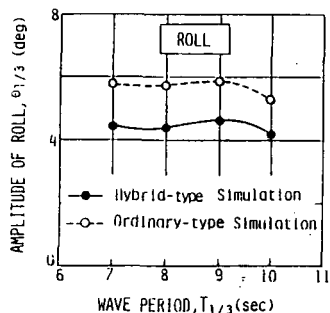
(a) 有義振幅



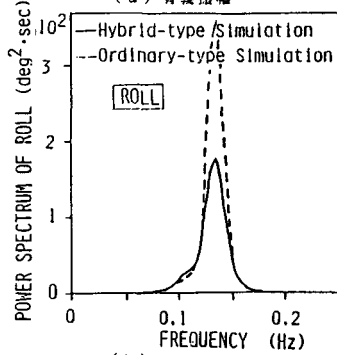
(b) スペクトル

図. 1 swayに関する

両シミュレーション結果の比較



(a) 有義振幅



(b) スペクトル

図. 2 rollに関する

両シミュレーション結果の比較