

1 緒言

浮遊式海洋構造物(浮体)にとって、係留は不可欠な要素技術である。係留装置に発生する張力あるいは反力は、浮体の運動と強い相関を有する。そのため安全な係留を計るには浮体運動の正確な推定が必要となる。

洋上に係留された浮体には不規則な波力が作用する。その波力は、波周期の1次のオーダーの波力(波周期波力、 $F^{(1)}$)と、波周期よりも長周期で変動する2次のオーダーの波力(波漂流力、 $F^{(2)}$)からなる。波漂流力は微小な力であるけれども、長周期に固有周期をもつ係留浮体では、同調現象としての有意な大きさの長周期運動を発生させる。

長周期運動が波周期の運動とともに発生した時、波に押される側(波下側)と引かれる側(波上側)の左右揺れが、その平均値からみて対称でない事例があり⁽¹⁾、正規過程を前提とした統計量予測手法の適用に困難を生ずる。この非対称性の原因としては、非線形な係留力の影響と波漂流力の影響とが考えられる。本研究ではその後者の影響を調べてみるため、図1に示すような線形バネで係留された2次元矩形断面浮体の左右揺れを、シミュレーション計算で求め、その統計的性質を調べてみた。

2 運動のシミュレーション手法

海洋波は有義波高8m、平均周期11秒のISSCスペクトルを有するとし、それを20成分に分割して作った正弦波の重ね合せによって、不規則波(ち)を発生させた。

浮体に作用する流体力は、流体の圧力を P 、浮体表面の外向き法線ベクトルを n 、運動時の時々刻々の浮体浸水面を S 、時間を t とする時、次式によって求めることができる。

$$F(t) = F^{(1)}(t) + F^{(2)}(t) = \int_{S(t)} P(t) \cdot n(t) ds \quad (1)$$

P はベルヌイの式により定まる。速度とテンソルは領域分割法⁽²⁾にて求めた。浮体の左右揺れ(Y)は次式により計算した。

$$M\ddot{Y} + \Delta N\dot{Y} + Ky = F^{(1)} + F^{(2)} \quad (2)$$

ここに M は浮体の質量、 K は係留バネ係数、 ΔN は(1)式に含まれていない流体粘性の効果による減衰係数である。また、 $F^{(1)}$ と $F^{(2)}$ は F の Y 方向分力である。

(1)式と(2)式の計算手法の詳細は文献(3)によるものとする。運動方程式が線形であるから、 $F^{(1)}$ による波周期運動 $y^{(1)}$ と $F^{(2)}$ による長周期運動 $y^{(2)}$ を別個に求め、統計の運動を $Y = y^{(1)} + y^{(2)}$ として求めた。図2に計算した時系列の例を示す。

K と ΔN は長周期運動の大きさに強い影響をもつ。そこで、この K と ΔN を種々変えた場合の左右揺れを求め、運動の分布形状や極

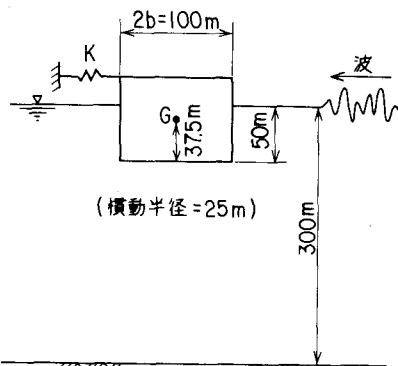
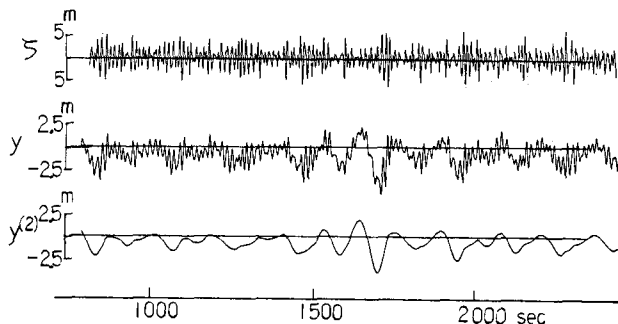
図1 計算モデル(G :重心)

図2 波と左右揺れの時系列の例

値の最大値および1/10最大平均値等と長周期運動の大きさの関係を調べてみた。その際、5種類の波の時系列に対してシミュレーションを実施して解析し、その平均をもって1ケースの結果とした。1時系列の長さは4,242秒とした。なお、 Y 、 $Y^{(1)}$ 、 $Y^{(2)}$ の標準偏差をそれぞれ σ 、 $\sigma^{(1)}$ 、 $\sigma^{(2)}$ とする。

3 計算結果

運動の分布とGram-charlier級数⁽⁴⁾の6項まで展開してその係数を求め、分布のゆがみを調べてみた。ここでは、分布の非対称性を示す3項と5項の係数(C_3 , C_5)を図3に示す。図4には運動の極値の最大値と1/10最大平均値を示す。横軸($\sigma^{(2)}/\sigma^{(1)}$)は長周期運動の大きさを表わしている。

$\sigma^{(2)}/\sigma^{(1)}$ が2程度以下になると運動の非対称性が強くなり、波下側が波上側よりも大きい。 $\sigma^{(2)}/\sigma^{(1)}$ が2程度以上になると非対称性が少なくなるとともに、最大値と1/10平均値は正規過程の理論値より小さくなる。図5の運動の分布は、非対称性の強い例(図4中のA)の分布である。図中の実線はGram-charlier級数で近似した値であり、結果をよく表わしている。図6は長周期運動が卓越している場合(図4中のB)の例であるが、正規分布とはかなり異なる形状をしており、級数近似も6項まででは不十分なようである。

4 結言

長周期運動が発生した時の左右揺れは正規分布ではなくなるようであり、統計量の推定にあたっては、本法のような時系列解析を採用する必要がある。

本研究の一部は(社)造船研究協会が187部会にて実施したものであり、ここに感謝する次第である。

参考文献

- (1) 新井信一, 他, 不規則波中の係留浮体の運動に関する研究, 日本造船学会論文集, 第140号, 第51年12月。
- (2) 新井信一, 箱型浮体の運動の簡易計算法, 土木学会第33回年次学術講演会講演概要集第2部, 第53年9月。

- (3) 新井信一, 不規則波中での変動漂流力と係留浮体の左右揺れに関する一計算, 関西造船協会誌, 第194号, 第59年9月。

- (4) 日野幹雄, スペクトル解析, 朝倉書店, 第52年。

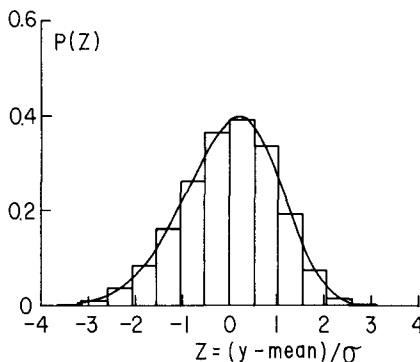


図5 分布の例(A)

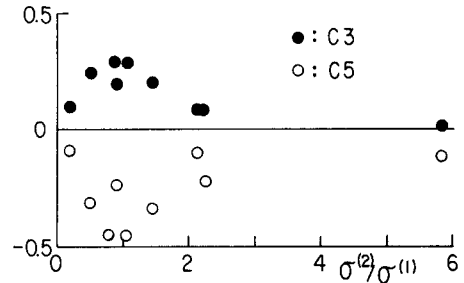


図3 Gram-charlie 級数の係数

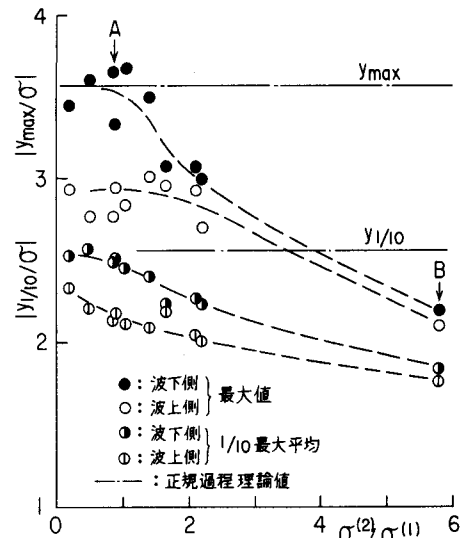


図4 最大値及び1/10最大平均値

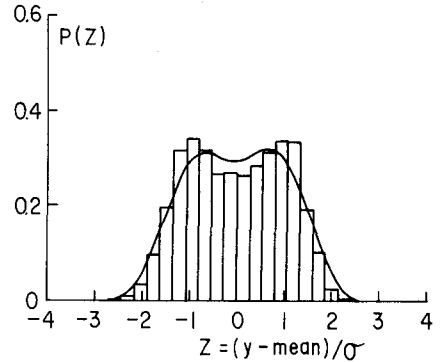


図6 分布の例(B)