

運輸省港湾技術研究所 正会員 上田 茂
同 正会員 白石 悟

1. まえがき

浮体構造物に作用する波強制力および造波抵抗力については、井島¹⁾、木原²⁾が浅海波に対する数値解とポインソナル理論を用いて求めており、線型拘束浮体の規則波応答計算を行っている。本報告では、後者の理論により求めた流体力を用いて、浮体の非線型係留系にあるときの不規則波応答計算法と計算結果から得られる、非線型拘束浮体の不規則波応答特性について報告する。

2. 浮体の運動方程式および解法

二次元浮体の運動方程式は、スウェーデン、ローランド³⁾について(2.1)式のようにかける。

$$\left. \begin{aligned} (1+A_{11})M\ddot{X} + B_{11}\dot{X} + IA_{13}\ddot{\theta} + IB_{13}\dot{\theta} &= P_{H5} + R_H \\ (1+A_{22})M\ddot{Z} + B_{22}\dot{Z} &= P_{V5} - P_{VS} \\ (1+A_{33})I\ddot{\theta} + B_{33}\dot{\theta} + A_{31}M\ddot{X} + B_{31}\dot{X} &= M_S + R_M - M_{VS} \end{aligned} \right\} \dots (2.1)$$

(2.1)式において、係数 A_{ij} 、 B_{ij} とは、 A_{ij} は造波抵抗力による付加質量係数 i に付加慣性モーメント係数、 B_{ij} は造波減衰係数で(2.2)式のようにかける。なお、本報告では浮体の運動に伴う粘性減衰については考慮していない。

$$\left. \begin{aligned} A_{11} &= R_e(P_{H5})/\alpha^2 M, A_{13} = R_e(P_{H\theta})/\alpha^2 M, A_{22} = R_e(P_{V5})/\alpha^2 M \\ A_{31} &= R_e(M_S)/\alpha^2 M, A_{33} = R_e(M_\theta)/\alpha^2 I, \\ B_{11} &= -I_m(P_{H5})/\alpha M, B_{13} = -I_m(P_{H\theta})/\alpha I, B_{22} = -I_m(P_{V5})/\alpha^2 M \\ B_{31} &= -I_m(M_S)/\alpha M, B_{33} = -I_m(M_\theta)/\alpha I \end{aligned} \right\} \dots (2.2)$$

ここに、 P_{H5} 、 $P_{H\theta}$ 、 P_{V5} 、 M_S 、 M_θ ：造波抵抗力および造波抵抗モーメント、 α ：波の角周波数、 M ：浮体の質量、 I ：浮体の重心回りの慣性モーメント、 $R_e(\quad)$ ：実数部、 I_m ：虚数部、 P_{H5} 、 P_{V5} 、 M_S ：固定浮体に作用する波力および波力モーメント、 R_H 、 R_M ：係留系による反力および反力モーメント、 P_{VS} 、 M_{VS} ：静的復原力および復原力モーメントである。添字 H は水平成分、 V は鉛直成分、 X は水平方向変位、 Z は鉛直方向変位、 θ は回転変位を示す。(2.1)の右辺付力項で二つと時系列で与え、時刻起算解を求める。

3. 係留浮体の諸元

計算対象とした係留

表-1 係留浮体の諸元

浮体の諸元は、表-1に示すとおりである。図-1は浮体の係留状態を示すもの、また、図-2

水深	h	30m
浮体幅	l	40m
吃水	d	25m
浮体重心	z	-12.5m
慣性モーメント	I	$1.231 \times 10^8 \text{ kgf} \cdot \text{m}^2$
バネ定数	k	50, 200, 20 t/m/m
バネ高	s	2m

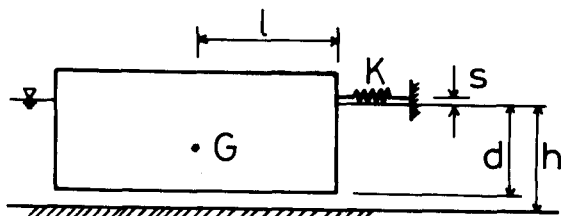


図-1 係留浮体の諸元

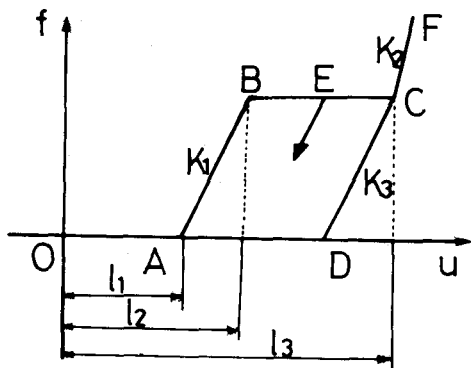


図-2 係留系のバネ特性

に係数系へバネ折換を示した。

又、付加質量係数、付加慣性モーメント係数および逆波減衰係数

(2.2) A_{ij} , B_{ij} 付々の係数を計算すると、例えばスウェーおよびロールについては図-3 のような結果を得る。流体力係数は周波数の関数であるから、非線型係系で応答計算をする場合には定数として与える必要があるが、ここでは、波浪スペクトルによる重みつき平均値を用いた。

5. 規則波および不規則波応答計算

図-1 に示した浮体に対し、規則波・線型、不規則波・線型、規則波・非線型、不規則波・非線型のケースについて(若干の計算を行った。図-2 はスウェー、図-3 はロールについての計算結果を示す。図中、実線および破

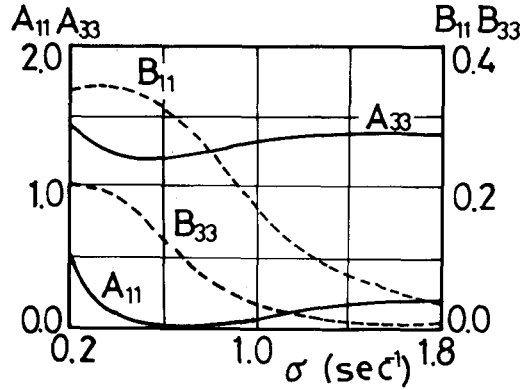


図-3 流体力係数

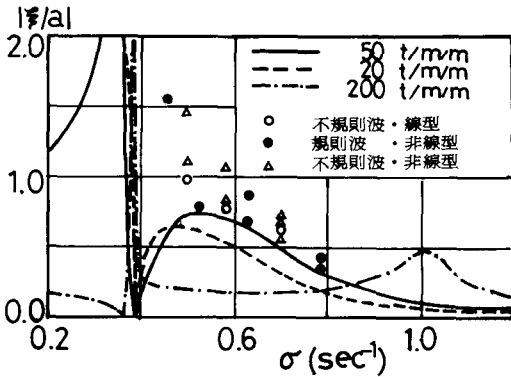


図-4 規則波および不規則波応答値(スウェー)

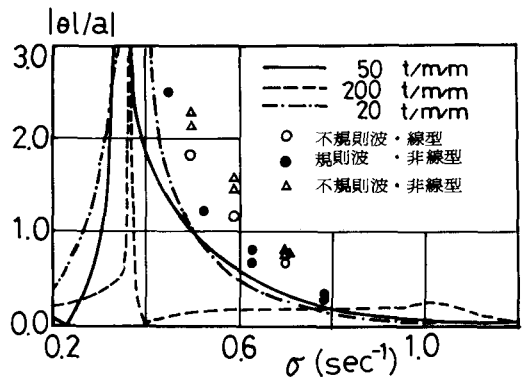


図-5 規則波および不規則波応答値(ロール)

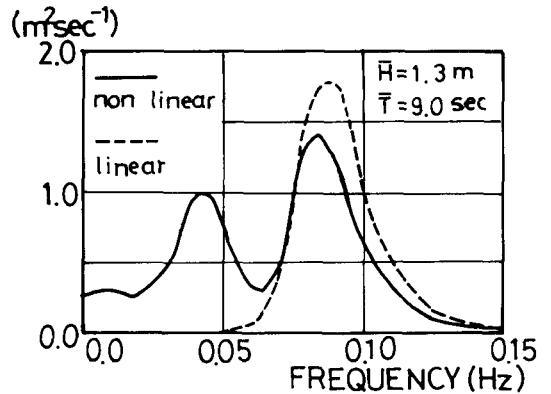


図-6 不規則波応答スペクトル(スウェー)

線は規則波・線型・応答計算値である。不規則波・非線型付々の計算結果はそれぞれ不規則波の中心周波数に対してプロットした。同一周波数に対する応答値のバツツキは入射波高に起因するものである。二つの図で線型と非線型、または不規則波に対する応答値を一般に $\bar{a}$ とし、非線型または不規則波に対する応答を長期成分と有しているために、それらの応答値を長期成分にのみして規則波・線型・応答値と対応させると比較的良好一般とみる。この応答折換は図-6 のスペクトルによって一層よく説明できる。すなわち、非線型系の不規則波応答値では、中心周期の他に長期成分にもエネルギーが集中していることがわかる。

1. 井島成士, 田村幹修, 湯村やす: "有限水深の波による矩形断面浮体の運動と波の変形", 土木学会論文報告集, 第202号, 1972.

2. 木原力, 齋 正彦: "矩形断面浮体の波浪動揺に対する研究", 港湾技術研究所報告, Vol 14, No. 2, 1975. pp. 27~77