

1. まえがき：海洋構造物の不規則波浪に対する動的応答解析法には、一般に周波数領域で行なうスペクトル解析と時間領域で行なう時系列解析とがある。スペクトル解析はそのシステムが線形でなければならぬので波力などの線形化における近似誤差はあるが、演算時間は短かくてすむ。一方時系列解析は、波力や、構造物と波浪との相互作用における非線形性を直接取り扱えるが、演算時間は莫大なものとなる欠点がある。ここでは、シーボース等を対象としたModel 1とパイル等を対象としたModel 2に對して、1自由度系モデルのスペクトル解析と時系列解析結果を比較すると共に、3自由度系モデルについて、構造物と波浪との相互作用を考慮した場合の減衰効果ならびに沖力のモデル化について若干の考察を行なうことにする。

2. 構造物モデル：構造物モデルとしてはシーボース等を対象としたModel 1とパイル等を対象としたModel 2を考へるが、それぞれの概略図を図-1, 2に、またそれらの質量

表-1 1自由度系モデルの主要値

	m [ton]	C [ton·s/m]	λ [cm/m]	f_n [Hz]
Model 1	52.96	12.59	299.35	0.3784
2	6.178	1.520	37.419	0.3917

減衰
剛性

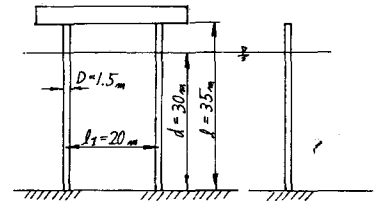


図-1 Model 1

固有振動数の主要値を表1に示す。

3. スペクトル解析：一般に、ある入力となる時系列を $x(t)$ 、出力のそれを $y(t)$ とし、それぞれのパワースペクトル密度を $S_{xx}(\omega)$ 、 $S_{yy}(\omega)$ とし、またその間、システムが線形システムであるならばシステム関数を $H(\omega)$ とすれば以下の関係がある。

$$S_{yy}(\omega) = |H(\omega)|^2 S_{xx}(\omega) \quad \dots \quad (1)$$

ここで、海洋の場に線形波動理論が適用できると仮定し、波力の抗力項がBorgmanの提案にしたがって線形化されるとすれば、この種の問題のシステムはすべて線形システムとなり、 $S_{xx}(\omega)$ にPierson-Moskowitz Spectrum $S_{pp}(\omega)$ を用いると、それぞれの応答量のパワースペクトル密度は式(1)によって求められる。

4. 時系列解析：この方法は、まず、Pierson-Moskowitz Spectrum等を有する入力波浪の時系列をシミュレーション法によりシミュレートし、それを入力として構造物の応答諸量を例えばNewmarkの β 法などによって逐次求める方法である。入力となる時系列は、図3に示すようにある点での平均量で与え近似する。例えば、 x, y 方向に L_{xj}, L_{yj} の分割 j に作用する波力は、その中心 (x_j, y_j) での速度、加速度に係数 β_j を乗じた平均量より与えられる。ここで、 $\beta_j = \sin(KL_{xj}/2) / (KL_{xj}/2) \times \sin(KL_{yj}/2) / (KL_{yj}/2)$ 。また、図4のように分割数を5つとし、それぞれ

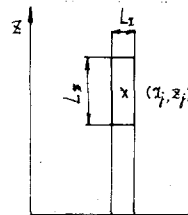


図-3 構造物の分割

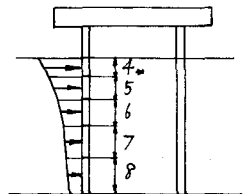


図-4 波力を求める分割

上部より 4m, 5m, 6m, 7m, 8m で分割する。

5. 3自由度モデル: Model2 について質量を3点に集中させ、剛性をその間に一様分布するモデルを考える。減衰係数の各モードについて減衰定数を一定値 0.05 とするように仮定して決定する。また、節点 i における外力 F_i は図-5 に示すように、分割 j に作用する外力 F_j に分布係数 w_{ij} を乗じて与えられる。つまり、 $F_i = \sum_j w_{ij} F_j$ であり、 F_j は次式によって与えられる。また、構造物と波浪

$$[w_{ij}] = \begin{bmatrix} 40, 11.5, 5.3, 0, 0 \\ 0, 0, 6.3, 11.5, 7.0 \\ 0, 0, 0, 0.16, 4.4 \end{bmatrix} \times \frac{1}{11.6}$$

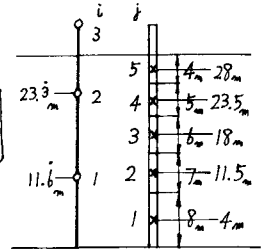


図-5 分割と分布係数 w_{ij}

$$F_i = \frac{G_{PD}}{2} L_{2j} |\bar{v}_j| \bar{v}_i + \frac{G_{FDP}}{4} L_{2j} \bar{v}_j$$

との相互作用を考慮する場合の F_j と、質量マトリックス $[M]_s$ はそれぞれ次式で与える。=

$$F_j = \frac{G_{PD}}{2} L_{2j} |\bar{v}_j - \dot{z}_j| (\bar{v}_j - \dot{z}_j) + \frac{G_{FDP}}{4} L_{2j} \bar{v}_j, [M]_s = [M] + \sum_j w_{ij} \frac{(C_H - C_W)}{4} \rho \pi D^2 L_{2j}$$

で、 $\bar{v}_j, \dot{v}_j$: 木粒子の平均速度、加速度、 $\dot{z}_j$: 構造物の応答速度、 C_D, C_H, C_W は $C_D=1.0, C_H=2.0, C_W=1.0$

6. 計算結果: それぞれのモデルに対する計算結果を図-6 と表-2 に示す。

表-2 1自由度系モデルの計算結果

	スベトルの種類	解析法	ε	標準偏差 σ	最大値 (期間1024m)
Model 1	動的変位スベトル ($H_s=5m$) [cm]	S	0.6884	1.6246	5.4118
		T	—	1.5998	6.7100
	静荷底部応力スベトル ($H_s=5m$) [kg/cm ²]	S	0.7521	150.56	495.61
		T	—	148.92	651.93
Model 2	脚柱頭底部応力スベトル	S	0.5987	102.38	344.92
	静的変位スベトル [cm]	S	0.7139	4.2997	13.694
	動的変位スベトル ($H_s=5m$) ($H_s=3m$)	S ($H_s=3$)	0.5445	5.5985	18.957
		S ($H_s=5$)	0.6460	6.4306	21.536
		T	—	6.2525	25.947
	脚柱底部応力スベトル	S	0.7053	293.98	975.10

S: スベトル解析 T: 時系列解析

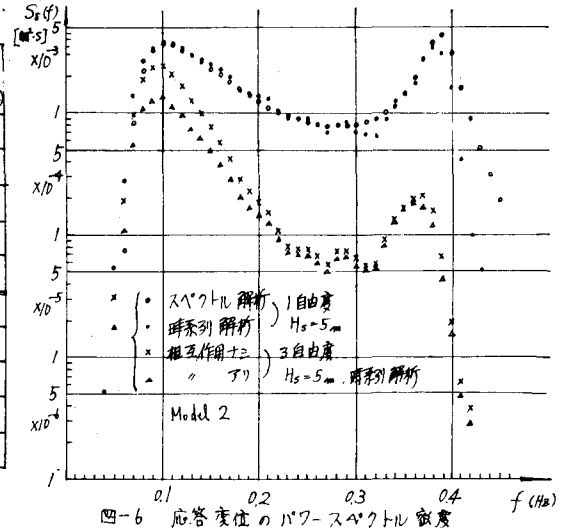


図-6 応答変位のパワー・スペクトル密度

7. 考察

- 1) このようなモデル Model 1, 2 は共に慣性カ項がかなり卓越している。慣性カ項のみ考慮したスベトル解析と時系列解析の結果はほとんど同じである。
- 2) 静的変位スベトルからの最大値より、動的変位よりそれがかなり大きいことから、動的応答計算の必要性がうかがわれる。
- 3) 多自由度系モデルで取り扱う場合、その外力のモデル化によってかなり応答に減少がみられるが、これは外力のモデル化において過小評価していることになる。このことを解消するために、左記のような理論的変位に合わせるような補正係数 $\{d\}$ を乗じる必要性があると思われる。



$$[F] = \begin{bmatrix} F_1, 0, 0 \\ 0, F_2, 0 \\ 0, 0, F_3 \end{bmatrix}$$

$$[S]\{\delta_r\} = [F]\{d\}$$

$$\{d\} = [F]^{-1}[S]\{\delta_r\}$$

$\{d\}$: 補正係数

$[S]$: stiffness matrix

$[F]$: 外力の matrix

$\{\delta_r\}$: 理論的変位