

京都大学工学部 正員 山田善一
 “ “ 竹宮宏和
 建設省 “ ○島田健一

1. まえがき

海洋開発に対する関心は世界的に高まりつつあり、わが国においても土木学会において現在、海洋鋼構造物の設計指針の作成が進められており、昨年(昭和57)の8月にはこの設計指針案の解説書が発行された。

本研究は、波力を受ける接地式固定型の海洋構造物の振動解析を行なうものである。実際の海の波は不規則なものであるゆえに、外力としてはスペクトル特性を考慮した波力を用いるが、実際の海洋構造物の設計においては、有義波・最高波などの仮想的な波が用いられるという点を考えて、ここではある不規則波に対応した有義波による応答解析をもあわせて行なう。

2. Pierson - Moskowitz スペクトル

Pierson と Moskowitz は、外洋で十分発達し吹送距離と無関係になった波の実測データをもとに、十分発達した海洋に対する波のスペクトルを提案した。これが Pierson - Moskowitz スペクトルでありつぎのような形をしている。

$$S_{\eta\eta}(\omega) = \frac{\alpha g^2}{|\omega|^5} \exp\left[-\beta\left(\frac{g}{U\omega}\right)^4\right] \quad (1)$$

ここに、 η ：静水面からの水面変動量、 U ：静水面上 19.5 m における風速、 g ：重力加速度である。また、 α と β は無次元のパラメータでありそれぞれ 4.05×10^{-3} 、0.74 なる値をもっている。このスペクトル特性をもった不規則波に対応する有義波の波高 $H_{1/3}$ と周期 $T_{1/3}$ はつぎのように与えられる。

$$H_{1/3} = 2.14 \times 10^{-2} U^2, \quad T_{1/3} = 0.52 U \quad (\text{m-sec 単位}) \quad (2)$$

3. Morison の波力式

海洋構造物を構成する部材が波によって受ける力として、慣性力と抗力とが分離できるという考え方にしたがって全流体力を表現する方法をはじめて示したのは Morison らであり

$$P(t) = C_M \rho V \ddot{u}(t) + \frac{1}{2} C_D \rho A \dot{u}(t) |\dot{u}(t)| \quad (3)$$

(慣性力) (抗力)

と与えられる。ここに、 ρ ：海水の密度、 V ：部材の体積、 A ：流れの方向への部材の投影面積、 $\dot{u}$ ：水粒子速度、 $\ddot{u}$ ：水粒子加速度である。 C_M 、 C_D はそれぞれ質量係数、抗力係数とよばれ、ここでは $C_M = 2.0$ 、 $C_D = 1.0$ を採用する。

4. 海洋構造物の振動解析

波力を受ける海洋構造物の運動方程式はマトリックス解析によって定式化される。対象

とするモデルは Fig. 1 のとおりであり、波の理論としては微小振幅波理論を採用し、波の進行方向は x 軸の正の方向と一致するものとし、構造物の振動は x-y 面内で解析される。すなわち

$$\begin{aligned} [M]\{\ddot{u}\} + [C]\{\dot{u}\} + [K]\{u\} \\ = [C_M]\{\ddot{v}-\ddot{u}\} + [C_0]\{\dot{v}-\dot{u}\}\dot{v}-\dot{u}\} \end{aligned} \quad (4)$$

[C] は質量比例とし減衰定数は 0.02 を用いる。右辺の外力項は構造物と水粒子との相互作用を考慮して式(3)をマトリックス形に直したものである。この方程式は非線形であり、等価線形化の手法によって線形化を行なう。線形化の基準としては

$$\frac{\partial}{\partial \hat{c}_{ij}} \langle e_j^2 \rangle = 0 \quad (5)$$

を用いる。ここに

$$\{e\} = ([C] - [\hat{C}])\{\dot{v}\} + [C_0]\{\dot{v}-\dot{u}\}, \quad \hat{c}_{ij} = \begin{cases} C_{ij} & (i \neq j) \\ \hat{c}_{ij} & (i = j) \end{cases} \quad (6)$$

等価線形化によって得られる線形系に不規則振動理論を適用し、応答量としては変位応答の標準偏差 σ_{uu} を評価する。計算結果の 1 例を Fig. 2 等に示す。なお、海洋構造物の振動においては 1 次モードのみが励起されるという仮定を採用している。

5. 結論

本研究の結論を以下にまとめる。

- (1) Pierson - Moskowitz のスペクトル特性をもった不規則波とそれに対応する有義波とによる海洋構造物の変位応答は、スペクトルのピーク値振動数、有義波の振動数および構造物の固有振動数との関係により変化し、応答解析においては有義波はかならずしも不規則波の近似であるとは断定できない。
- (2) 風速の増加すなわち波高の増加とともに抗力項の影響が大きくなりこれを無視することができなくなる。
- (3) 本研究例においては、位相差を無視すると変位応答 σ_{uu} は 15% ~ 35% 程度大きく評価される。

なお本研究の数値計算には京都大学大型計算機センターの FACOM 230-75 を使用した。

(参考文献)

- (1) A.K. Malhotra and J. Penzien : Stochastic Analysis of Offshore Tower Structures, Report No. EERC 69-6, University of California, May, 1969
- (2) E.T. Foster, Jr. : Semilinear Random Vibrations in Discrete Systems, Jour. of Applied Mechanics, Vol. 35, Series E, No. 3, pp. 560-564, September, 1968

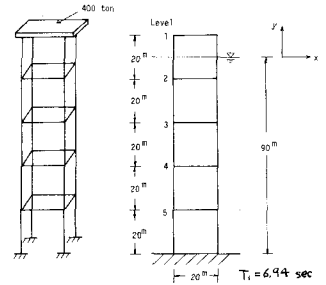


Fig. 1

Level	8	10	12	16	20	24	28 (m/sec)
1	0.2872	0.4834	0.6044	0.7333	0.8095	0.9837	0.9754
2	0.2599	0.4375	0.5470	0.6637	0.7336	0.7996	0.8029
3	0.1957	0.3294	0.4118	0.4996	0.5517	0.6021	0.6647
4	0.1126	0.1895	0.2369	0.2875	0.3175	0.3464	0.3825
5	0.0399	0.0604	0.0755	0.0917	0.1012	0.1105	0.1219

Level	8	10	12	16	20	24	28 (m/sec)
1	0.0242	0.0155	0.5075	1.1975	1.1297	1.2606	1.4810
2	0.0219	0.0141	0.4593	1.0636	1.0274	1.1408	1.3403
3	0.0165	0.0106	0.2450	0.6159	0.7647	0.8589	1.0090
4	0.0095	0.0061	0.1989	0.4685	0.4429	0.4942	0.5806
5	0.0030	0.0019	0.0634	0.1497	0.1417	0.1576	0.1851

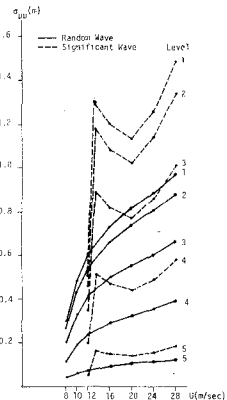


Fig. 2