

波力を受ける海洋構造物の三次元確率応答について

京都大学工学部 正員 山田善一
 〃 〃 竹宮宏和
 日本電信電話公社 〃 塚原 彰

1. まえがき

本研究は、最近特に注目をあびている海洋開発の基礎とも言うべき海洋構造物の動的特性について考察を試みたものである。米国のテキサスタワーの崩壊にみられるかごとく、海洋構造物は、陸上とはまったく異なった環境における構造物であるだけにその特性を十分把握することは非常に重要な問題である。本研究では、数種の撓地式固定型の海洋構造物の三次元解析を行なうことにより、構造物が波の進行方向によってどのような応答特性を示すかを調べ、応答を支配するものが何であるかを考察してみた。なお波のスペクトルとしては Pierson-Moskowitz の波高スペクトルを用い、波力としては Morison の波力式を用いるものとし、Morison の波力式を用いることによる抗力の非線形性は、等価線形化手法によって線形化している。

2. Pierson - Moskowitz のスペクトル

Pierson と Moskowitz は、外洋で十分発達し吹送距離と無関係になつ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。島田氏によれば、Pierson-Moskowitz のスペクトル特性をもつた不規則波に対応する有義波の波高 $H_{1/3}$ は、

$$H_{1/3} = 2.14 \times 10^{-2} U^2 \quad (2)$$

で与えられ、一方、太平洋沿岸での大型台風が発生した時の $H_{1/3}$ は 15m 程度と考えられるので、この $H_{1/3}$ を上式に代入すると $U \approx 20.5 \text{ m/sec}$ となる。また、米国で行なわれた観測によるスペクトルは、Pierson-Moskowitz のスペクトルの $U = 11.5 \text{ m/sec}$ にほぼ一致する。すなわち Pierson-Moskowitz にあいて、 $U = 10 \text{ m/sec}$ 程度が常時作用する波のスペクトルであり、 $U = 30 \text{ m/sec}$ 程度が大型台風などの発生した場合に作用する波のスペクトルに相当することになる。

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ながつ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

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

(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、 $\dot{v}$ ：水粒子速度、 $\ddot{v}$ ：水粒子加速度である。 C_M 、 C_D はそれぞれ質量係数、抗力係数とよばれる。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 構造物と水粒子の相互作用を考慮すると、次式のように定式化される。

$$[M]\{\ddot{u}\} + [C]\{\dot{u}\} + [K]\{u\} = [C_M]\{\ddot{v} - \ddot{u}\} + [C_D]\{(\dot{v} - \dot{u})|\dot{v} - \dot{u}|\} \quad (4)$$

$[C]$ は質量比例とし、減衰定数は0.02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。

解析を行なったモデルはFig. 1に示す3種類であり、奥行はすべて幅に等しい正方形の柱を考えている。各モデルの固有円振動数はTable 1に示す。

5. 結論

本研究によって以下のことがわかった。すなわち、

- (1) 常時作用する波に対する応答は波の位相の影響を大きく受ける。このことを考えに上で構造物を設置すれば、疲労の問題などに対して有利になると思われる。
 - (2) 構造物の1次固有振動数 ω_1 が波のスペクトルのピーク値振動数 ω_p よりはるかに高い場合、応答計算に際して、1次モードのみ考慮して計算してもさしつかえない。
 - (3) 構造物の1次固有振動数 ω_1 が ω_p より小さい場合には、高次モードも考慮して応答計算しなくてはならない。しかし ω_1 が ω_p より小さくなるということは共振の可能性を秘めているわけであり、さけるべきである。
 - (4) 風速が大きくなるにつれて抗力の応答に与える影響がましてくる。
 - (5) 上載荷重および入力角度の変化による非対称性のために起るねじれは、ねじれモードの固有円振動数と ω_p とが一致するような時々のどいて、ほとんど無視できる。
- 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) 島田健一 波力を受ける海洋構造物の不規則振動解析, 修士論文, 1974
- (2) 土木学会編 海洋鋼構造物設計指針(案)解説, 1973
- (3) 奥村敏恵・西岡 隆: 不規則な波浪による海中構造物の応答と外力の算定, オ19 鋼橋梁構造工学研究発表会講演集, 1972, pp 9~16

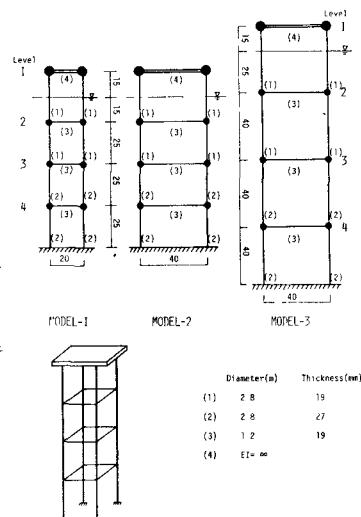


Fig.1

Table.1

Model	ω_1	ω_2	ω_3
1	1.163	2.041	2.483
2	0.980	1.543	1.740
3	0.481	0.903	0.968