

I-476 波浪下における海洋構造物の不規則地震応答解析

大林組
京都大学工学部
鹿児島大学工学部
住友金属工業

正員
正員
正員
正員

内橋秀夫
山田善一
河野健二
Venkataramana KATTA

家村浩和

1. はじめに

海洋は陸上に比べ非常にきびしい環境にある。海洋に設置される構造物は波力によるくりかえし荷重を受けている。また、波浪時に地震力などの動的荷重を受けることもある。このような海洋構造物の設計法を信頼性のあるものにするためには、波浪時における動的応答解析法を確立しておくことが求められる。そこで本研究では、波力と地震力が作用したときの海洋構造物の動的・不規則応答を周波数領域において解析し、海洋構造物の動的信頼性の基礎資料を得た。この際に、Morison式における係数の C_M 、 C_D 等のパラメータをいろいろ変えて検討を加えた。

2. 波力と地震力

本研究においては、波力を線形化された Morison式によって次のように表した。

$$F(x, u) = C_M(v-u) + C_A v + C_D \frac{8}{\pi} \sigma_{v-u}(v-u) \qquad \cdots (1)$$

また、波のスペクトル特性は Bretschneiderの式を用いて表している。水粒子と構造物との相対速度の分散 σ_{v-u} は、水粒子速度の分散 σ_v で便宜的に近似的計算を行った。また、地震力は、多治見式で与えられる基盤入力加速度のパワースペクトル密度関数を用いた。

3. 応答解析法

今回対象とした海洋構造物は、Fig. 1のようなモデルであり、水深90 m、高さ100 mとする。各部材はすべて円柱からなるとし、構造物の脚は固定式とする。モードについては、構造物は比較的低次モードで支配されているといわれるので3次モードまで考慮することにする。また、構造物の持つ減衰定数は質量比例とし、一次の減衰定数0.02を用いた。上載荷重は MODEL Aは200 ton、MODEL Bは700 tonとした。Table. 1にそれぞれの構造物の各モードでの固有振動数を示す。波力を受けたときの海洋構造物の運動方程式は

$$[M]\{\ddot{u}\} + [C]\{\dot{u}\} + [K]\{u\} = \{F\} \cdots (2)$$

のようになる。ここで、波力 $\{F\}$ は式(1)によって与えられている。式(2)からモーダル解析法によって応答に関する自己相関関数および断面応答を得る。

地震力が作用する場合は、外力を地震力の入力点と自由節点に分ける。地震力のみが作用する場合には自由節点での外力を0とする。また、波力と地震力が同時に作用する場合は、自由節点において波力も考慮する。以後、波力のみが作用する場合と同様にして不規則振動解析を行う。

上述のような方法により、波力や地震力を受ける海洋構造物の応答変位や曲げモーメント等を計算した。波力が作用した場合には、波の平均波高および平均周期や、Morison式における慣性力項の係数 C_M や抗力項の係数 C_D の値をいろいろ変化させて構造物の応答を考察した。また地震力が作用した場合には、二乗平均加速度や C_M 、 C_D の値を変えて構造物の応答を計算した。さらに、波力と地震力が同時に作用した場合についても同じような検討を加え、波力だけが作用した場合や地震力だけが作用した場合との比較をした。

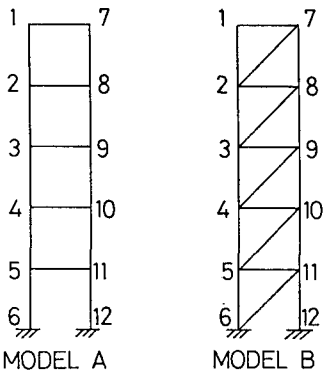


Fig. 1 Offshore Structure Model

Table 1 各モードでの固有振動数 (rad/s)

	MODEL A	MODEL B
First Mode	1.553	3.083
Second Mode	7.605	17.270
Third Mode	19.000	22.620

4. 応答解析結果

波力だけが作用する場合で平均波高、平均周期が異なる場合の各断面での変位、曲げモーメントの各応答をFig. 2、Fig. 3に示した。これらの図からわかるように、変位、曲げモーメントともに、平均波高、平均周期の大きい場合のほうが構造物の応答が大きいことがわかる。これは、平均波高や平均周期が大きくなることにより波のパワース

ペクトルが大きくなり、水粒子の分散が増加するためと考えられる。また、MODEL. Aに比べ MODEL. Bは応答がかなり小さくなっており、斜材を入れただけでかなり信頼性の高い構造物になるということがわかる。しかし、最下層では上層と比べて曲げモーメントがかなり大きくなり、その点の安全性を考慮に入れる必要がある。

次に、 C_M の値を変化させた場合の応答変位図がFig. 4である。波力だけが作用する場合、地震力だけが作用する場合、波力と地震力が同時に作用する場合のすべてが、 C_M が大きくなるにしたがって応答変位も大きくなっている。これは、Morison 式の慣性力項が大きくなっているからである。しかし、波力だけが作用する場合と波力と地震力が同時に作用する場合は、 C_M が大きくなるにしたがって応答はかなり大きくなるのに対して、地震力だけが作用する場合は C_M をかなり大きくしても応答変位はあまり変わらない。また、 C_D を大きくしていくと、波力が作用する場合は構造物の応答は大きくなる。しかし、地震力のみが作用する場合は C_D を大きくすると応答変位は小さくなる。これは、 C_D を大きくすると減衰力が増えるためと考えられる。しかし、 C_D をかなり大きくしても応答の変化はあまり大きくない。以上のことより、地震力だけが作用する場合は、 C_M 、 C_D の値の変化による構造物の応答の変化はあまり考慮しなくてもよいということが言える。次に、Fig. 5を見ると、地震力と波力が同時に作用したときの応答変位が地震力だけが作用したときの応答変位よりも小さいことがわかる。これは、地震力だけが存在するときに比べ、波力も同時に作用するとき、流体力による減衰が増加するからである。

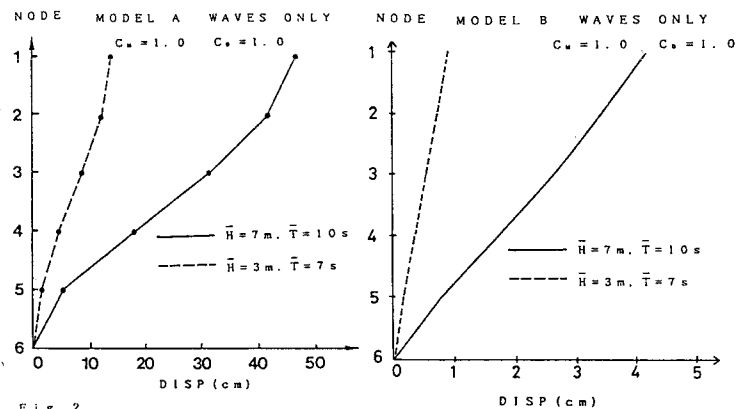


Fig. 2 Displacement Responses due to Wave Forces Fig. 3 Displacement Responses due to Wave Forces

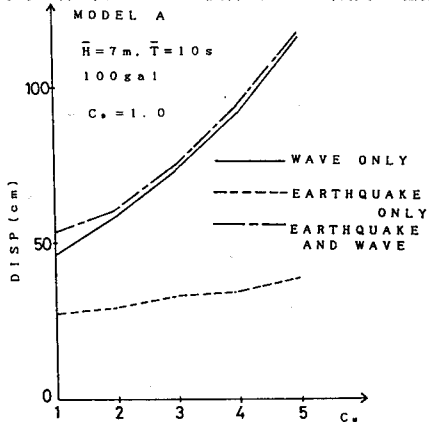


Fig. 4 Displacement Responses due to Wave Forces and Earthquake Forces

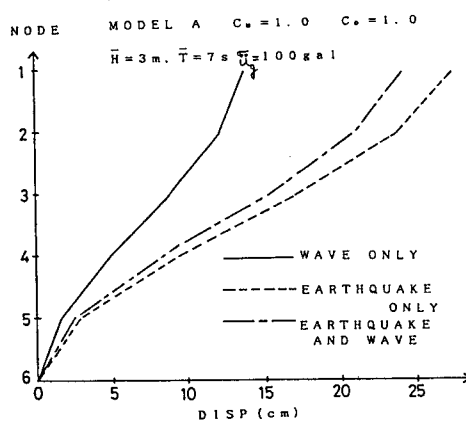


Fig. 5 Displacement Responses due to Wave Forces and Earthquake Forces