

海洋構造物の動的応答に及ぼす不確定量の影響

鹿児島大学工学部 学生会員 ○福迫 久志

鹿児島大学工学部 正会員 河野 健二

1. はじめに

海洋構造物の建設される環境は、陸上の構造物とは異なり特殊で厳しいものであるため、それらに耐え得るような設計法の開発が必要となる。海洋構造物に作用する主な外力は波力である。よって、波力が構造物の動的応答に及ぼす影響を明確にしておくことは、設計を信頼性のあるものとするために重要であると思われる。本研究では、モデル化した海洋構造物に関して動的応答解析を行い、その応答特性について検討する。また、応答に影響を及ぼす要因を不確定量として考慮し、信頼性指標を用いて応答特性の評価を行なう。

2. 解析モデル及び解析方法

本研究で用いた解析モデルを図-1に示す。高さ90m、幅60m、奥行き30mの構造物で、節点数は30、要素数は80である。構造物の基礎は固定され、水深は80mとしている。また、各部材は鋼管であり、直径は部材により異なり1~2.4mで、厚みはすべて25mmである。

波力は、微小振幅波理論を用いて水粒子の速度及び加速度を求め、それらを慣性力項と抗力項の線形和で表される修正 Morison 式に代入することにより評価を行なった。本研究では、図-2に示されている Bretschneider 型のパワースペクトル密度関数を用いて海表面の運動を表し、これを用いてシミュレーションにより時間領域での波力を求めた。¹⁾この図-2は、平均波高5mで平均周期が8、10、12secの結果を示している。平均周期が長くなるとエネルギーは増大していくが、卓越する角振動数は低くなることが分かる。波の入射角については、波の進行方向がz軸と一致するときを入射角0度とし、z軸から反時計回りに開いた偏角を入射角の角度とする。

解析は固有値解析により固有値、固有ベクトルを求め、モード解析法により行なった。分解された各振動モードの応答は、Newmarkの β 法を用いて求めた。また、海洋構造物の応答特性に影響を及ぼす要因として平均波高、平均周期、質量係数、抗力係数を考えた。そしてこれらを不確定な値とし、対数正規乱数により確率的に与え、モンテカルロシミュレーションを用いて最大応答値などの解析及び信頼性指標を用いた応答の評価を行なった。なお、構造物の減衰定数は2%とし、モデルの固有周期及び固有振動数は表-1に示す。

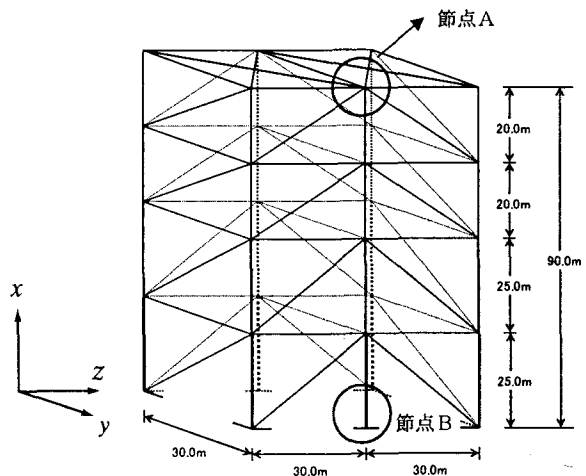


図-1 三次元解析モデル

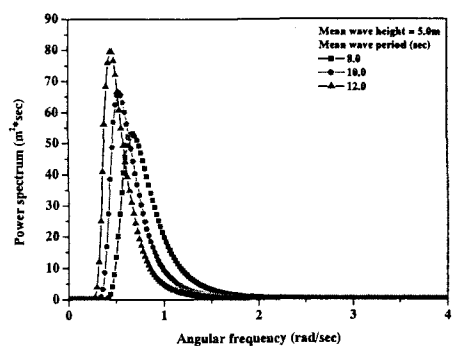


図-2 波のパワースペクトル

表-1 固有周期及び固有振動数

	1次	2次	3次
固有周期 T (sec)	1.751	1.160	1.145
固有振動数 f (Hz)	0.571	0.862	0.873

3. 解析結果

図-3 は、波の入射角が変化したときの節点Aにおけるy方向とz方向の最大変位を示している。平均波高は 3m、平均周期は 10sec である。入射角の変化によりそれぞれの最大応答は異なり、特に入射角 90 度のときのy方向の応答が最も大きな値を示していることが分かる。従って、以下の図はすべて入射角 90 度のときのy方向の応答結果について載せている。

図-4 は、モンテカルロシミュレーションによる計算値の収束状態を示している。この図には、変動係数を 20%とした場合の節点Aにおける各不確定量の最大変位の平均値について示している。図より、シミュレーション回数が少ないとばらつきが大きい、回数が増えるとともにほぼ一定になっていくことが分かる。また、最大応答の平均値としては平均周期による影響が最も大きいことが分かる。なお本研究では、シミュレーション回数を 1000 回として応答を求めている。

図-5 は、シミュレーションの各ステップにおける最大応答量の累積確率分布を示している。図では応答量を平均値に対する比で表し、各不確定量の節点Aにおける最大変位について示している。変動係数は 20%である。質量係数及び抗力係数の変動の影響については、ほぼ同じような傾向を示し、ばらつきも小さいが、平均周期及び平均波高については、非常に大きなばらつきの傾向を示し、特に平均波高においては平均値の約 2.3 倍もの大きな値が見られる。

図-6 は、節点Aにおける最大変位に関して平均波高が信頼性指標(β)に及ぼす影響を表している。強度を静的解析により節点Bの応力が 230MPa に到達したときの節点Aの変位 35cm と設定し、変動係数を 20%として信頼性指標を求めている。信頼性指標が 2 以上であれば破壊する可能性はほとんどなく、構造物は安全であるといわれている。図に着目すると、どのケースにおいても信頼性指標は 2 以上の値を取っており安全側にあると評価することができる。またこの応答評価を見ると、各不確定量の影響としては平均波高による影響が最も大きなものとなっていることが分かる。

4. まとめ

海洋構造物に波力が作用する場合のその応答に及ぼす不確定量の影響について検討した。本研究で考慮した不確定量が構造物の最大応答評価に大きな影響を及ぼしていることが分かる。特に、平均波高における不確定性に最も大きな影響が見られた。海洋構造物の信頼性評価に関して、これらの不確定量の影響を把握しておくことは重要であることが分かる。

【参考文献】 1) 河野健二ら：大型海洋構造物の動的応答に関する基礎的研究, 構造工学論文集, Vol.46A, pp.523-530, 2000

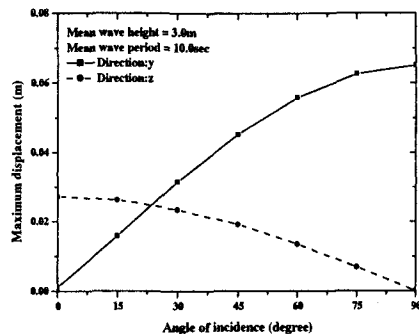


図-3 入射角変化による最大変位

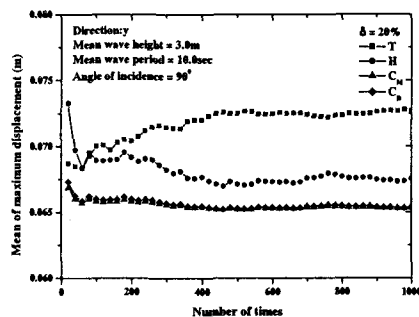


図-4 計算値の収束

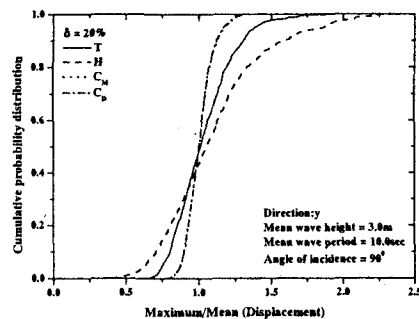


図-5 累積確率分布

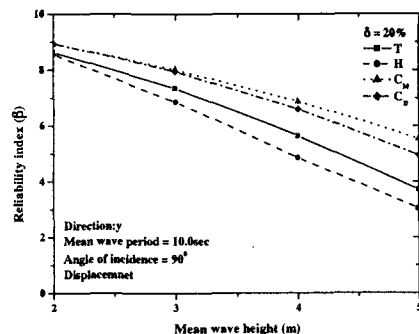


図-6 信頼性指標