

海洋構造物の動的信頼性解析に関する基礎的研究

鹿児島大学工学部 学生会員 ○湯田平 康智
 鹿児島大学工学部 正会員 河野 健二
 鹿児島大学工学部 正会員 木村 至伸

1. はじめに

海洋構造物は、陸上の構造物に比べて厳しい環境下にあり、特に動的外力に対する安全性の評価に基づいた設計法の開発が重要になる。海洋構造物に作用する主な外力は波力であるため、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が波力を受ける場合の動的応答解析を行い、その応答特性について検討を加えた。また、応答に影響を及ぼす要因を不確定量として扱い、信頼性指標を用いて応答特性の評価を行なった。

2. 解析モデル及び解析方法^{1), 2)}

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、杭の長さは18mの構造物で、節点数は48、要素数は98である。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1~2.5mで、厚みは杭基礎部分において75mm、その他はすべて25mmである。

各部材は鋼管で、その単位体積重量は77.0kN/m³、弾性係数は2.1×10⁸kN/m²、せん断弾性定数は8.1×10⁷kN/m²とし、減衰定数は0.02に設定している。また、付加質量として最上部の点にそれぞれ1000kNを載荷している。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。また上部構造物は杭基礎で支持されており、ウインクラー型のバネを用いてモデル化を行っている。バネ定数は10000kN/m³とする。固有値解析の結果より、モデルの固有周期及び固有振動数を表-1に示す。

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。また、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。

解析で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弾性係数、質量係数、抗力係数、波の平均周期、平均波高を考えた。そしてこれらを対数正規分布で表わされる変数として与え、モンテカルロシミュレーションの適用により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。

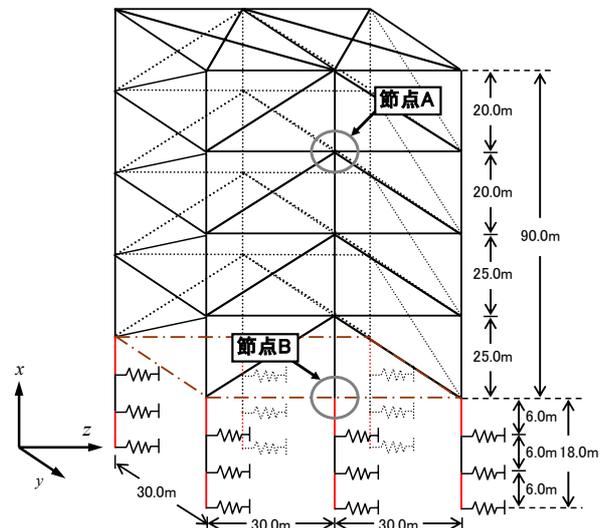


図-1 3次元解析モデル

表-1 固有周期及び固有振動数

基礎固定時	1次	2次	3次
固有周期 $T(sec)$	1.229	0.880	0.698
固有振動数 $f(Hz)$	0.814	1.136	1.433
杭基礎導入時	1次	2次	3次
固有周期 $T(sec)$	1.500	0.966	0.949
固有振動数 $f(Hz)$	0.666	1.035	1.054

3. 解析結果

図-2 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 5m、平均周期は 10sec である。図より、y 方向に振動しやすいことが分かる。また、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述べることにする。

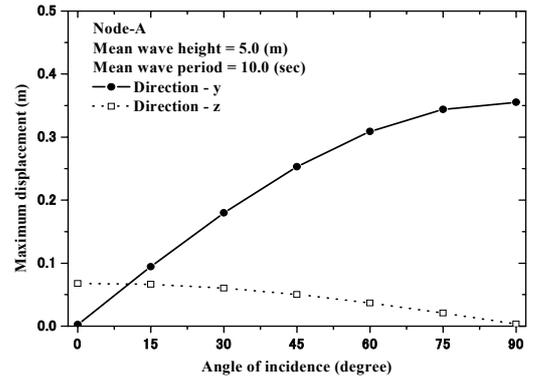


図-2 入射角変化による最大変位

図-3 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に対する最大変位応答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収束することが分かる。また、各不確定変数の中で最大値応答に及ぼすものとして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。

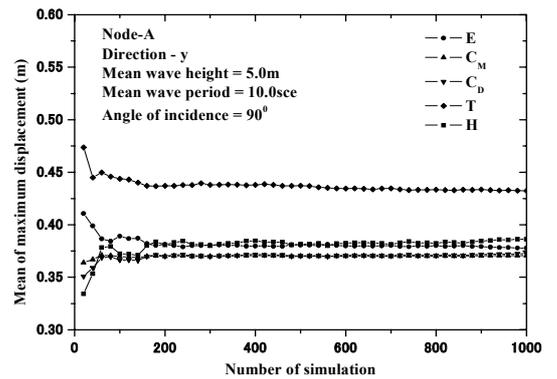


図-3 計算値の収束

図-4 は、基礎固定時の節点 B における曲げ応力に関する信頼性指標を示している。横軸は入力波の平均波高を表し、各線は各パラメータを不確定量とした場合の信頼性指標を表している。曲げ応力に関して、部材に ss400 級の鋼材を用いて許容応力度の基準強度 (F 値) を降伏応力の 230Mpa とし、これを信頼性指標の強度 R と設定し、その変動係数を 20%として信頼性指標を求めている。図より、平均波高 5m で波の平均周期、平均波高の変動を考慮した場合、さらに平均波高 6m で質量係数の変動を考慮した場合信頼性指標が 2 を下回る場合があり、不確定量の影響が大きいことが分かる。

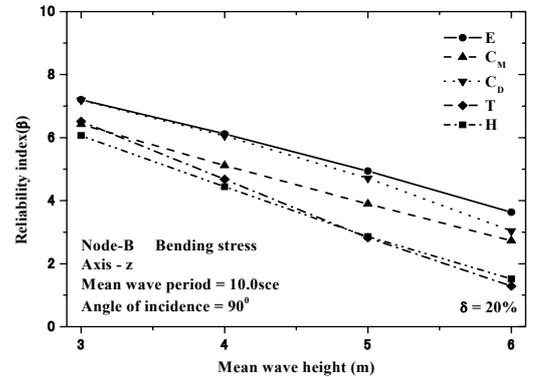


図-4 信頼性指標 (基礎固定時)

図-5 は、杭基礎導入時の節点 B における曲げ応力に関する信頼性指標を示している。図より、平均波高 6m で波の平均周期、平均波高の変動を考慮した場合、信頼性指標は基礎固定時と同程度で、杭基礎による影響は小さいことが分かる。

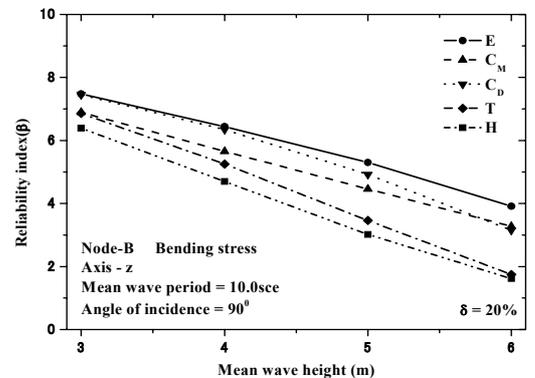


図-5 信頼性指標 (杭基礎導入時)

4. まとめ

海洋構造物に波力が作用する場合、不確定量が応答に及ぼす影響について検討した。平均波高などの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。また、本解析で示したモデルでは杭基礎を導入した場合に基礎固定時と比較して信頼性指標は同程度の値となることが分かる。しかし、杭基礎の条件により応答も異なるため、信頼性評価のためには更に検討が必要である。

【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 II (2000)
- 2) 橋本努：海洋構造物の動的安全性評価に関する基礎的研究, 鹿児島大学学位論文 (2002)