

不確定量を考慮した海洋構造物の動的応答評価に関する基礎的研究

鹿児島大学工学部 学生会員 ○中迎 正彦
鹿児島大学工学部 正会員 河野 健二

1. はじめに

海洋構造物を構築する際、海洋の有する厳しい条件が構造物に与える影響を把握しておくことが重要である。なかでも、波力は非再現性を有する動的外力であり外洋の構造物にとって多大な影響を及ぼすことが知られている。また、地震力は地震災害による被害の大きさからその影響の大きさは明白である。本研究では三次元骨組構造物のモデル化を行い、波力、地震力の外力に対する動的応答解析を行いその応答特性について検討した。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った。

2. 解析モデル及び解析方法

本研究で用いる解析モデルを図1に示す。高さ90.0m、全幅60.0m、奥行き30.0m、各スパン30.0m、4層のジャケッ型構造物である。節点数は30、要素数は80である。また、構造物の基礎は固定され、水深は80.0mとする。

各部材は鋼管で、その単位体積重量は $77.0(kN/m^3)$ 、弾性係数は $2.1 \times 10^8(kN/m^2)$ 、せん断弾性定数は $8.1 \times 10^7(kN/m^2)$ とし、減衰定数は0.02に設定している。また、付加質量として上部の点にそれぞれ5000KNを載荷している。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。

入力する地震動としては、多くの地震応答解析に用いられている兵庫県南部地震、宮城県沖地震、日向灘沖地震を使用する。それぞれの入力時震動の特徴と表記名を表-2に示す。なお、解析上では、結果の比較を容易にするために最大入力加速度を200gal、300gal、400galに基準化した。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。また、Bretschneider型のパワースペクトル密度関数を用いたスペクトル解析法により不規則波を表現し、これを用いて時間領域での波力を求めた。外力の入射角については、進行方向がz軸と一致するときを入射角0度とし、時計回りに開いた偏角を入射角とする。

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。また、海洋構造物の応答特性に影響を及ぼす不確定要因として、波力に関しては、平均波高(H)、平均周期(T)、地震力に関しては、入力最大加速度を考え、さらに海洋構造物自体の、質量(M)、弾性係数(E)を加えた。そして、これらの要因を不確定な値として、対数正規分布を有する確率量として表し、モンテカルロシミュレーションを用いて、最大応答量などに及ぼす解析を行なった。さらにこの結果から、信頼性指標を用いた応答の評価を行なった。なお、ここでの検討は、変位は図-1の節点A、応力は図-1の節点Bで行なう。

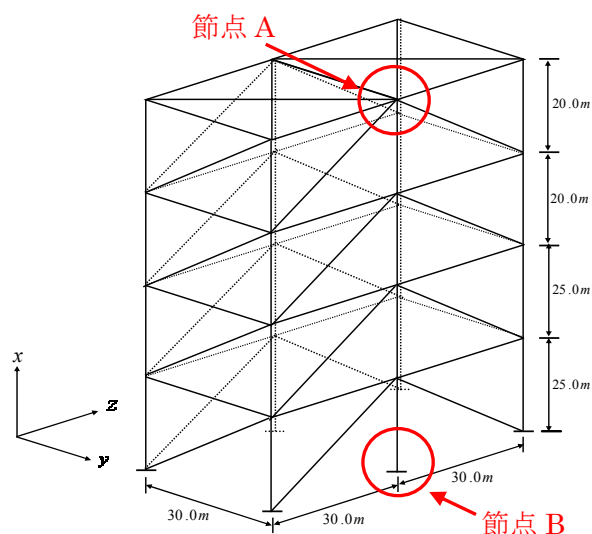


図-1 3次元解析モデル

表-1 固有周期及び固有振動数

	1次	2次	3次	4次	5次
固有周期 $T(sec)$	1.75	1.16	1.15	0.94	0.79
固有振動数 $f(Hz)$	0.57	0.86	0.87	1.07	1.26

表-2 入力地震波の性質

	I 種地盤	II 種地盤
タイプ I 地震動	Kaihoku	Itajima
タイプ II 地震動	Kobens	Takans

3. 解析結果

図-2 は、波の入射角が変化したときの 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っており、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、以下結果は全て入射角 90 度のときの y 方向の応答結果について述べる。

図-3 は、外力を波力としたときの、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。本解析では、シミュレーション回数を 1000 回として、応答を求めた。この図には、変動係数を 10% としたときの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多くなるにつれて、応答がほぼ一定になっていくことが分かる。また、不確定量による応答への影響は、平均周期による影響が最も大きいことが分かる。

図-4 は、外力を地震力(Takans)としたときの、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、各不確定量の変動係数を 10% としたときの最大変位の平均値について示している。この場合も 1000 回のシミュレーションにより、応答が収束していくことが分かる。さらに、不確定量の影響は、最大入力加速度による影響が大きいことが分かる。

図-5 は、節点 A における最大変位に関して平均周期が信頼性指標 β に及ぼす影響を表している。基準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 10% として信頼性指標を求めている。信頼性指標の値が大きいほど、構造物が安全であることを示している。この結果、不確定量による影響は、周期と波高などの外力について考慮した場合より、弾性係数や質量のような構造物自体について考慮した場合の方が大きいことを示している。

図-6 は、節点 B における最大応力に関して、入力最大地震動が信頼性指標 β に及ぼす影響について示している。図に着目してみると、どのケースにおいても信頼性指標は 3 以上の値をとっており、安全であると評価することができる。また、不確定量の影響は、全体として同様の結果を示している。

4. まとめ

本研究で考慮したさまざまな不確定要因は、構造物の最大応答に大きな影響を及ぼしていることが分かる。特に波力においては、構造物自体における不確定性に大きな影響がみられ、地震力においては、同程度の影響を及ぼす結果が得られた。海洋構造物の信頼性評価に関して、これらの不確定性の影響を把握しておくことは重要であることが分かる。

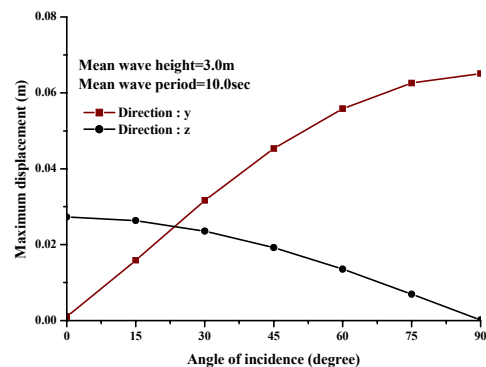


図-2 入射角変化による最大変位

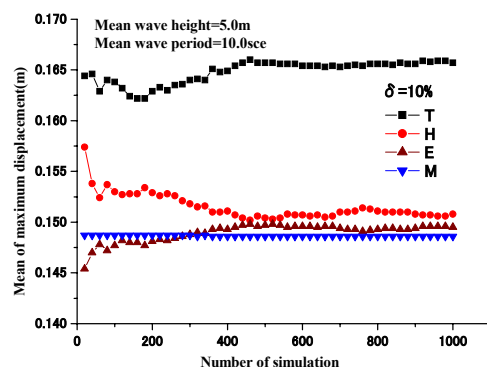


図-3 計算値の収束(波力)

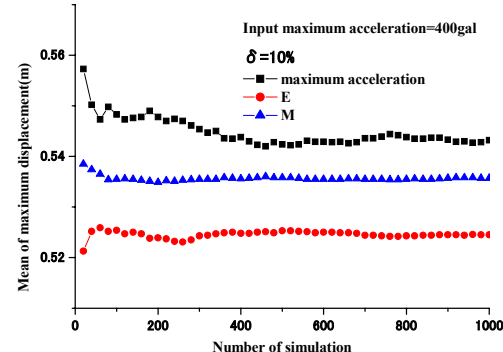


図-4 計算値の収束(地震力)

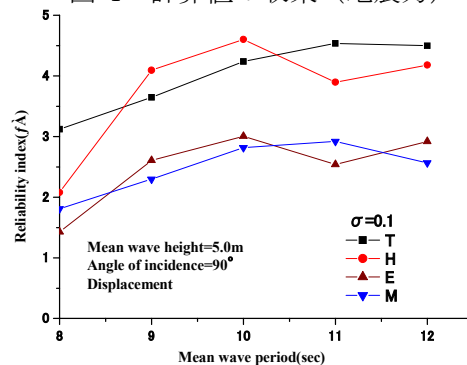


図-5 信頼性指標(波力)

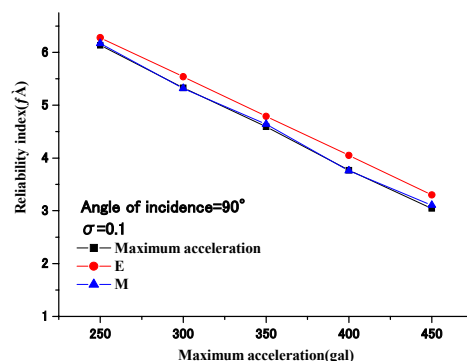


図-6 信頼性指標(地震力)