

非線形を考慮した海洋構造物の動的応答解析に関する基礎的研究

鹿児島大学工学部 学生員 ○栗脇 幸仁

鹿児島大学工学部 正 員 河野 健二

1. はじめに

海洋構造物に作用する外力には、地震力、波力、静水圧、浮力、潮力などがあげられるが、これらの外力の中でも、主要なものとなるのは波力である。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、海洋構造物の設計を合理的で信頼性のあるものにするために重要なものであると思われる。本研究では、波力のみが作用する場合のみを考慮し海洋構造物のモデルに対して線形、非線形における動的応答解析を行い、外力の影響について検討を加えた。

2. 解析モデル

本研究で用いた解析モデルを図-1に示す。水深50m、節点数25、要素数51の構造物で、高さ60m、幅180mである。上部構造物は固定されている。モデルの構造物はスチール製で、断面はすべて円形である。下部鉛直部材は直径が4.0m、他の鉛直部材は2.0m、上部水平部材は3.0m、その他は50cmとした。部材の厚みは、下部鉛直部材が25mm、その他はすべて10mmである。

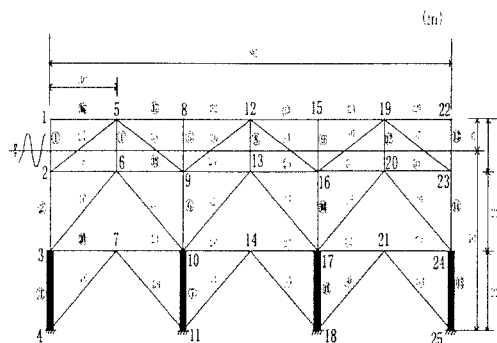


図-1 解析モデル

3. 解析方法

海洋構造物の運動方程式は有限要素法を利用して容易に求めることができる。単純化するため構造物を2次元で表わしている。また、海水や構造物の運動によって構造物に生じる流体力は修正モリソン式を用いて表わしている。本研究では解析モデルを考える場合、全体系の運動方程式は上部構造物を固定として非線形応答解析も含めて、時間領域での解析を行うため増分法を適用して応答を求めている。非線形解析では、各要素の曲げモーメントと曲率の値の履歴特性を Bi-linear 型で表した、ここで第1剛性と第2剛性の比は0.3としている。

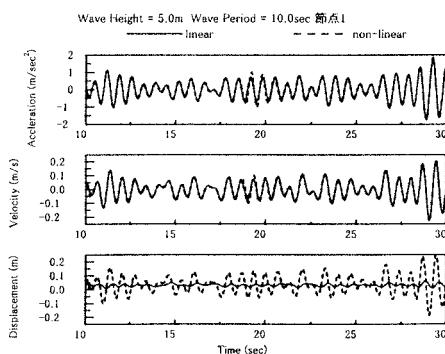


図-2 線形、非線形の時刻歴

4. 結果と考察

図-2は、平均波高5.0m、平均周期が10.0秒とした時の解析モデルの節点1での線形解析、非線形解析を行った時の時刻歴である。加速度応答、速度応答ともに、線形、非線形での違いは見られない。一方、変位応答では波形のピークが、小さいところで2倍、大きいところで5倍近い違いが見られる。これは、非線形特性が顕著に表れた物だと思われる。図-3は、平均波高が5.0m、平均周期が8.0、10.0、12.0秒

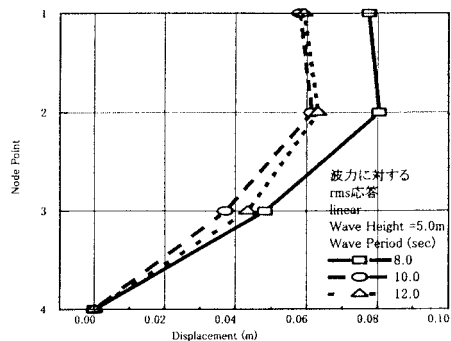


図-3 線形時のrms応答

とし、線形解析を行った場合の解析モデルの節点1～4での rms 変位である。このとき構造物の卓越周期は1.4sec であるが、この図から波の卓越周期(平均周期)が構造物の卓越周期から離れるのに伴い応答は減少していることが分かる。これは非線形解析でも同じ事がわかる。図-4 は、平均波高が5.0m、平均周期が8.0、10.0 秒とし、線形、非線形解析を行った場合のモデルの節点1～4での rms 変位である。応答変位の相違が大きい節点1で8.0、10.0 秒ともに約2 倍、差の小さい節点3で1.5 倍近い差があり非線形解析の値の方が大きくなっている。非線形解析では、入力波の平均周期によって応答値は大きく異なるが、非線形性を考慮すると、その影響はより顕著になることが分かる。図-5 は、要素番号①、平均波高3.0m、平均周期10.0 秒、降伏応力を18.62kN/cm²とし、y 軸はモーメントを降伏モーメントで割った値、x 軸は曲率を降伏曲率で割った値である。グラフのピークは M/M_y でプラス方向で0.7 付近、マイナス方向で-0.5 付近をとっており、その関係は直線を示しているため非線形の影響は表れていない。図-6 は、平均波高5.0m、平均周期10.0 秒、要素番号、降伏応力、y 軸、x 軸は前図と同じである。この場合、曲げモーメントと曲率の関係は履歴特性を示しており、僅かであるが、非線形特性が表れている。図-7 は、平均波高7.0m、平均周期10.0 秒、要素番号、降伏応力、y 軸、x 軸は前図と同じである。この場合、曲げモーメントと曲率の関係は大きな履歴特性を示しており、大きな非線形特性を示していることが分かる。外力が大きいために降伏状態が長く、部材が大きく降伏しているのがわかる。波高の卓越周期は構造物の固有周期と比べて、十分大きいため応答が非線形となる場合、その値は急速に増加することがわかる。

5. まとめ

大型海洋構造物の動的応答に関して、波力が応答評価に及ぼす影響について検討した。非線形応答特性は波力によって大きく異なるため、その影響を明確にしておくが必要になる。

参考文献

河野他(1999):大型海洋構造物の動的応答に及ぼす非線形特性の影響,構造工学論文集,vol45A,pp.693-700

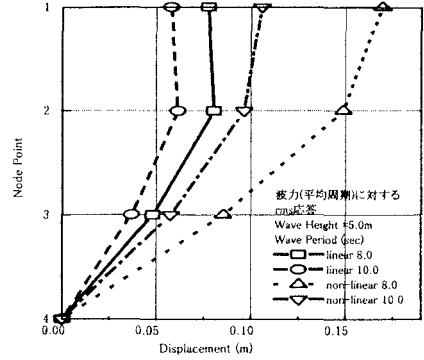


図-4 線形、非線形のrms応答

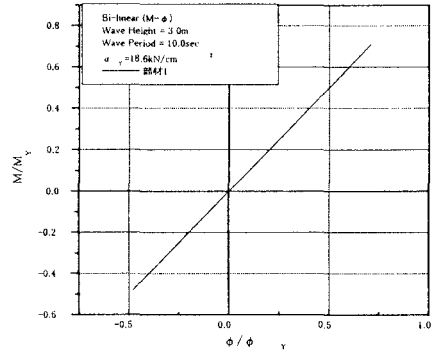


図-5 Bi-linear (M-φ)

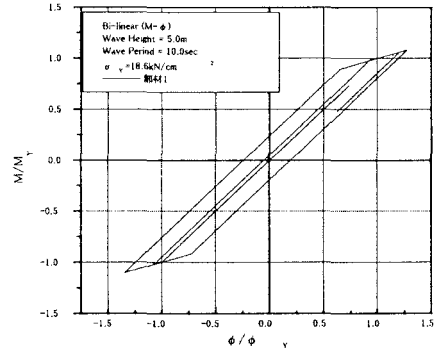


図-6 Bi-linear (M-φ)

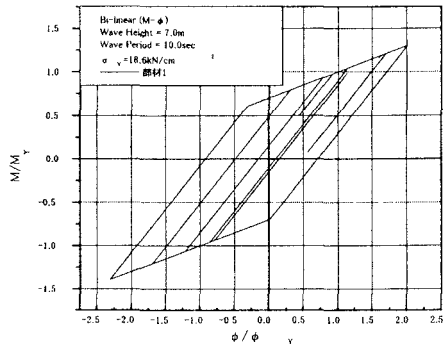


図-7 Bi-linear (M-φ)