

鹿児島大学工学部 正員 河野健二
五洋建設（株） 石澤秀文

1. まえがき

海洋構造物に作用する動的外力には波力、地震力などがあるが、外洋においてはしばしば波力が最も重要な外力となる。このため波力の作用する海洋構造物の動的応答特性を明確にすることは、信頼性のある設計を行う上で重要なことである。水深が100m程度の海域における海洋構造物の固有周期は波力の卓越周期より短く、その動的応答は波力の影響が支配的となる。このような場合の制振の影響については種々の研究がされているが、本研究では波力を利用した制振構造を考え、海洋構造物に波力が作用する場合の動的解析を行い応答に及ぼす制振の効果について基礎的な検討を加えた。

2. 解析法と解析モデル

本解析では図-1の解析モデルにおいて、上部構造物を有限要素法を用いて表し、地盤-基礎系の動的特性は、インピーダンス関数を用いてバネダッシュポットモデルに変換する。また、動的外力である波力は微小振幅波理論より修正モリソン式を用いて求めることができる。

まず入力において海面運動を表すパワースペクトル密度関数をBretschneider型で表し、微小振幅波理論により任意の水深における水粒子の速度、加速度を求める。不規則波は、波の周期、波高をそれぞれ異にする多くの波がランダムな位相で重ね合わされたものとして、時系列でシュミレートする。各要素に作用する波力は、各要素上の任意点での流体力をモリソン式により求め、各節点における等価節点力として評価する。次に下部構造物との動的相互作用を考慮した全体系の運動方程式を動的サブストラクチャ法を用いて求め、モーダルアナリシスにより固有値解析を行う。各振動モードごとに分割された運動方程式は、Wilsonの θ 法により時間領域での応答解析を行う。図-1の解析モデルにおいて、水深110mにおける構造物は高さ120m、幅60m、主要部材である鋼管の直径は2.0mである。上部構造物は杭基礎で支持されており、地盤のせん断波速度は100m/sである。構造物の振動は面内であり上部構造物の1次振動における減衰定数は2.0%である。

図-2は本解析で用いた制振構造の概略図であり、構造物頂部に支点を持つ回転部材をデッキ上に設置する。回転部材の海面下部分に波力が作用すると、支点回りのモーメントが発生する。これにより回転部材上端に伸びるケーブルを通してTendon張力を作用させ応答の低減を計る。Tendonは図-1の1点鎖線のようにデッキ上の節点から海底面における節点へ対角方向に設置する。張力は波力の作用する方向と逆方向のTendonに作用させる。海面下部分の長さは、入力波のパラメーターごとに変位応答が最小になるよう求めた値を用いる。

3. 解析結果と考察

図-3は平均波高5m、平均周期12秒の波力が作用するとき、デッキ上の節点1における水平方向の加速度に対する時刻歴応答を示したものである。構造物の固有振動数は3.10rad/sであり、破線は制振を行わない場合、実線は制振を行った場合の応答を示している。応答は構造物の固有振動数に対応した波形となっているのがわかる。制振を加えた場合、応答の低減はわずかである。図-4と同様な入力波に対して、変位応答の時刻歴を示したものである。制振を加えない場合、変位応答は波の卓越周期に対応したものとなっている。制振を加えると、応答のピークなどで効果的に低減されているのがわかる。この図より構造物の応答は、制振を加えない場合、波力の卓越周期に支配されているのがわかる。また、制振を加えた場合、効果的に応答が低減されているのがわかる。これらより本研究の制振構造は、波力の卓越周期のような低振動数領域で有効なことがわかる。また、解析の結果より2.0rad/s程度以下の領域で有効であると推測される。

図-5は同様に、平均周期が変化する場合における変位応答の最大値を示したものである。制振を加えた場合、どの平均周期に対しても最大応答は50～60%程度に低減されているのがわかる。このことからこの制振構造は、波力に対して有効なことがわかる。

図-6は、平均波高5m、平均周期12秒の波力が作用するとき、構造物の固有振動数が1.3rad/sから4.2rad/sと変化する場合の変位応答の最大値を示したものである。実線、破線は先程と同様である。構造物の固有振動数が小さくなると、波力の卓越周期との連成による影響で応答は増加している。制振を加えた場合、効果的に応答が低減されているのがわかる。

4. あとがき

海洋構造物の動的応答に対して波力を利用した制振の及ぼす影響について解析を行った。その結果、制振の効果により応答の低減ができることがわかった。ただし、構造物の固有振動数のような比較的高い振動数領域では十分な制振ができないものと思われる。逆に波力のような低い振動数領域では効果的な低減ができる。また、今回は構造物の頂部と底部の対角線上にTendonを設置したが、他の場所に設置した場合の応答や、複数のTendonを設置した場合の応答も考慮することも必要である。

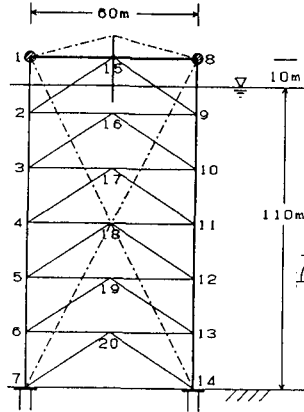


図-1 解析モデル

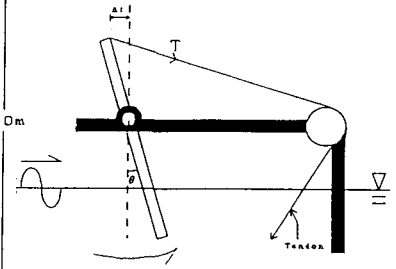


図-2 制振構造

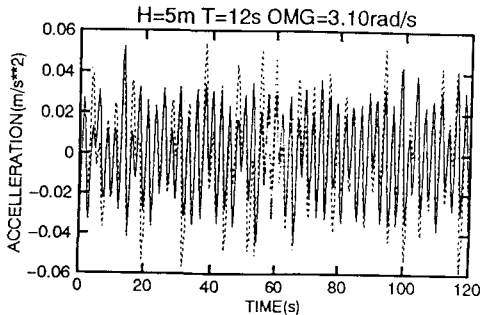


図-3 加速度時刻歴応答

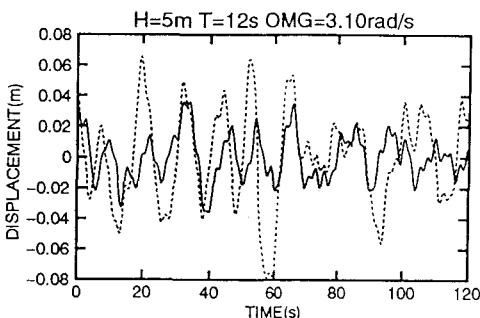


図-4 変位時刻歴応答

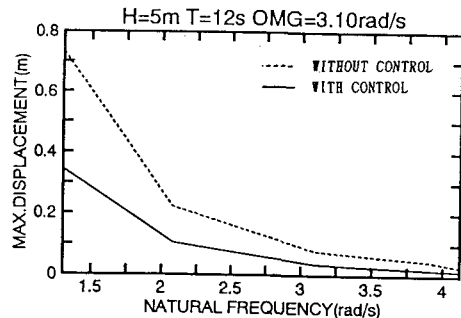


図-5 波力の平均周期による最大変位応答

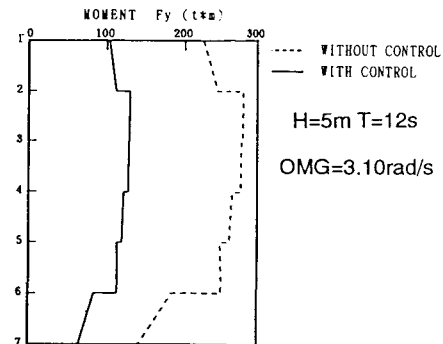


図-6 構造物の固有振動数による最大変位応答