

シミュレーション波力を受ける 海洋構造物の振動に関する研究

富山県 正員 ○阿部雅文
京都大学工学部 正員 渡邊英一

1.はじめに 周りを海に囲まれたわが国にとって、海洋空間の有効利用がにわかに重要課題となっている。そこで従来からおもに石油掘削、貯蔵用として用いられてきた海洋構造物を発展させた海洋構造物の挙動解明が重要になると思われる。

過去における海洋構造物の研究では、波浪状態における波力のみ、地震力の場合について不規則振動解析が行われてきたが、本研究では、波浪状態において流れの作用を同時に受ける海洋構造物の不規則振動解析を行った。また、海洋構造物を設計するに際し、波浪スペクトルに対応する有義波を用いて解析を行う場合があるが、本研究ではその結果と波浪スペクトルを用いた場合と比較し、その有効性を調べた更に海洋構造物の各パラメータを変えて、応答の基本的性質を調べた。

2.波力と解析方法の選択 波力を算出する式としては、Morison公式を採用した。また、構造物と水粒子運動との相互作用を考慮し、流れの影響も考えているので最終的に波力は次のように表すことができる。

$$dF = \left\{ (C_H - 1) \rho \frac{\pi D^2}{4} (\dot{u}_n - \ddot{x}_n) + \rho \frac{\pi D^2}{4} \dot{u}_n + \frac{C_D}{2} \rho D (u_n + V_n - \dot{x}_n) |u_n + V_n - \dot{x}_n| \right\} ds \quad (1)$$

ここで、 dF は部材軸方向単位長さ当りの波力、 ρ は水の単位体積当りの質量、 D は部材の管径、 C_H は慣性力係数で2.0を採用した。 C_D は抗力係数で1.0を採用した。 $\dot{u}_n$, u_n は部材軸法線方向の水粒子加速度、速度、 V_n は部材軸法線方向の流れの速度、 $\ddot{x}_n$, $\dot{x}_n$ は部材軸法線方向の構造物の加速度、速度である。

この式で波力が水粒子速度、流れの速度に対して非線形であるばかりか構造物の速度に対しても非線形であるので、運動方程式自体が非線形になっている。流れの速度が無い場合は、従来より、応答が平均値ゼロの正規分布に従うとして等価線形化が行われ、周波数領域で解析が行われてきたが、流れの速度が存在する場合、同様なことが行えないので、本研究では運動方程式を線形加速度法の反復法によりStep-by-Stepで解いて応答を求めた。

3.波浪状態について 波力を求めるに当たりまず水位変動 η のパワースペクトル密度を知る必要があるが、本研究では外洋で十分発達し、吹送距離と無関係になった波の実測データを元に作成されたPierson-Moskowitzのスペクトルを用いることにした。このスペクトルは以下のような形をしている。

$$S(\omega) = \frac{\alpha g^2}{\omega^5} \exp \left[-\beta \left(\frac{g}{U\omega} \right)^4 \right] \quad (2)$$

ここで、 α , β は各々 8.10×10^{-3} , 0.74 であり、 U は海面上19.5mにおける風速である。

また、Pierson-Moskowitzのスペクトルに対応する有義波は、

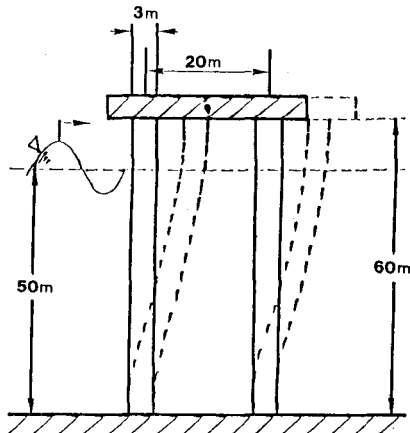


Fig.1 解析モデル

Masafumi ABE Eiichi WATANABE

$$H_{1/3} = 2.14 \times 10^{-2} \cdot U^2 \quad (3)$$

$$T_{1/3} = 0.52U \quad (4)$$

と表せられる。

4. シミュレーション波力 本研究では構造物の応答を時刻歴解析しているので、その前提として所定のパワースペクトル密度を持つ波を正確にシミュレートしなければならない。そこでPierson-Moskowitzのスペクトルに従う水位変動を50個の成分波の和として表した。この成分波について各々微小振幅波理論を適用し、水粒子加速度、速度を求め和をとり、 $\dot{u}_n$, u_n を求めた。また V_n は1/7乗則に従うとした。この様にして求められた $\dot{u}_n$, u_n , V_n を(1)に代入し、波力をシミュレートした。

5. 解析モデルと解析結果 解析モデルとしてはFig. 1の様にデッキの水平変位のみを許した1自由度系を考えた。ちなみにこのモデルの場合、デッキ重は600tであり円管の厚さは4cmなので固有角振動数は2.7となり波浪の卓越周期からかなり離れたものとなった。また減衰定数は0.05としている。Fig. 2は海底部とレグとの接合部での縁応力について横軸を風速として表したものである。ここで流れのある場合、有義波の波高を10%増してその効果を含ませることを行っている。また流れは静水面で0m/s, 3m/sの場合について比較している。この図を見ると有義波を用いた場合の応答は、流れの影響を追えていないとゆうことと、風速が増加すると流れの影響は著しく増加することが分かる。Fig. 3はレグ間隔を変えた場合のデッキ変位を示したものである。このとき $U=15\text{m/s}$ であり流れはない。この図から有義波による応答とスペクトルによる応答には傾向に差があることが分かる。

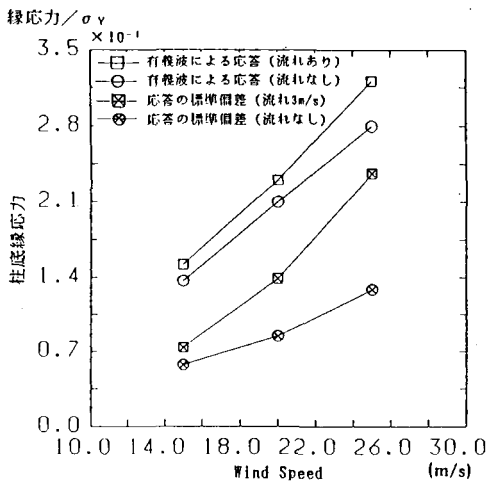


Fig. 2 風速と流れの影響

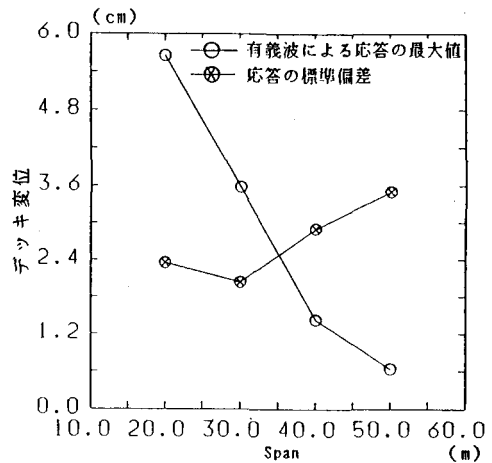


Fig. 3 レグ間隔の影響

6. 結論

- (1) 流れの影響は風速が増加すると著しく増加するので構造物を設計する場合、流れの影響を特に考慮する必要がある。
- (2) 有義波は構造物の応答特性を考えた場合、必ずしも波浪スペクトルを持つ不規則波を代表しているものではない。

参考文献

- 1) 伊藤喜行 谷本勝利 小舟浩治：柱状構造物の波力応答計算, 港湾技術研究所報告, 1972年9月