

波力及び地震力を受ける海洋構造物の振動に及ぼすスケール効果に関する考察

京都大学大学院 学生員 田中稔郎 銭高組 正員 荒木隆範
 京都大学工学部 正員 渡邊英一 京都大学工学部 正員 酒井哲郎
 東海大学海洋学部 正員 北原道弘 京都大学大学院 学生員 伊藤弘之

1. まえがき

都市の過密化、膨張にとまない、新しい利用空間を陸に求めることが困難になってきた今日、海洋構造物をますます大型化、大水深化することによって開発し、利用空間の需要に答えようとする構想もある。しかし、実際この様な構造物上で、人間が生活を営むことを可能にするためにはデッキ部分の振動をはじめ、安全性が大きな問題となってくる。

本研究では、以上のような振動の問題に注目して、多数のレグを有する海洋構造物に作用する外力として、まず波浪のみを考慮し、波浪の波長とスパン長の比、レグの管径を主要パラメータとして、デッキ部分の最大加速度を調べることによって、快適な海洋構造物の設計法について考察した。

ついで波浪と地震力の両者を考慮し、安全性の検討を行ってみた。

2. 解析モデルと定式化

対象とする解析モデルは、Fig.1 に示すような、多数のレグを有する海洋構造物を、2次元的に取り扱ったものとする。解析には有限要素法を用い、レグ、デッキをそれぞれ棒要素に分割してある。一つの節点につき、水平、垂直、回転の3つの自由度を持っており、接地部分は、水平方向、鉛直方向及び回転方向にバネで拘束されていると考え、地盤反力を考慮する。なお、部材は、レグ、デッキともに鋼製とし、レグは円筒状、デッキは薄い平板状の構造を有するものとし、海底地盤は平坦と仮定している。

次に外力としては、波力、地震力、デッキの死荷重を考慮し、地震力としては実際に記録された地震データを用いた。また今回取り扱った波浪モデルとしてはストークス5次波理論を用いた。この波浪モデルから構造物に作用する波力を算定するために、モリソン公式を適用する。本解析では波の作用のもとで運動している物体に働く波力を論じるに当たり構造物の相対速度、相対加速度を考慮した。物体の速度、加速度をそれぞれ \dot{x} 、 \ddot{x} としたときの相対速度、相対加速度を考慮したモリソン公式は次のとおりである。

$$dF = C_D \frac{w}{2g} D (u - \dot{x}) |u - \dot{x}| dz + (C_M - 1) \frac{w \pi D^2}{4} \left(\frac{\partial u}{\partial t} - \ddot{x} \right) dz + \frac{w \pi D^2}{4} \frac{\partial u}{\partial t} dz \quad (1)$$

F: 波力、 C_D : 抗力係数、 C_M : 慣性力係数、D: 円柱直径、z: 海底からの高さ、u: 粒子速度、w: 流体の単位体積重量、g: 重力加速度

以上に述べた解析モデルについて、次に示す運動方程式が得られる。

$$[M] \{\ddot{q}\} + [C] \{\dot{q}\} + [K] \{q\} = \{F(t)\} \quad \text{-----} (2)$$

ここに、[M]は質量マトリックス、[C]は減衰マトリックスでレイリー減衰をもちいた、[K]は地盤バネを含めた剛性マトリックスであり、 $\{\ddot{q}\}$ $\{\dot{q}\}$ $\{q\}$ はそれぞれ節点の加速度、速度、変位を表す。

3. 解析手法

有限要素法の適用により得られた式(2)についてモード解析を行い構造物の振動に関与しないと考えられる非常に高次のモードについては省略した。数値解析においてはニューマークのβ法を用いた。この際右辺の評価には1ステップ前の変数の値を用いた。

4. 結果

パラメータ解析については Table 1に示すとおり4パターンを考えた。またその他の入力データについては Table 2に示すとおりである。波については、深海域では平常時の周期は10秒前後であり、波長も周期 Tosirou TANAKA, Takanori ARAKI, Eiichi WATANABE, Teturo SAKAI, Mitihiko KITAHARA, Hiroyuki ITO

からおおよそ決まってくるのでFig.2に示す3タイプを採用した。

5. 結論

- 1 デッキのspan中央では垂直方向の振動が卓越している。
- 2 最大加速度はspanが波長の整数倍で最大、半波長の奇数倍で最小になる。
- 3 デッキの垂直振幅はspanが大きいほど大きく、ある限度を過ぎると一定値におちつく。
- 4 デッキ中央部では加速度振幅は管径Dとともに増加するが、Dがある値を越えると一定になる。
- 5 設計においては、管径Dの小さなレグを密にいれるのが基本的によいと思われる。
- 6 地振動による部材力は造波抵抗を考慮した場合、しない場合の1/2以下になる。

謝辞 digital地震データは京都大学 土岐教授、亀田教授、杉戸助手に御提供頂きました。

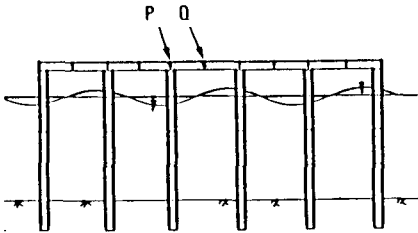


Fig.1 海洋構造物モデル

Table 1 各タイプのパラメータ

| タイプ | 節点加速度 | パラメータ |
|-------|-------|---|
| Fig.2 | P 水平 | $D=8m$ $I/\ell=0.01$ |
| Fig.3 | Q 垂直 | ℓ を変化させる |
| Fig.4 | P 水平 | $\ell=1.5 \times \text{波長}$ $I/\ell=0.01$ |
| Fig.5 | Q 垂直 | D を変化させる |

I : デッキの断面2次モーメント、 ℓ : span長

Table 2 各入力データ

| C_D | C_N | 地盤バネ定数(水平, 垂直) | デッキ(密度, 断面積) | レグの密度 | 時間間隔 |
|-------|-------|-----------------------|-----------------------|--------------|-------|
| 0.7 | 2.0 | 10000, 20000 tf/m^2 | $7.85t/m^3$ $15.3m^2$ | $0.333t/m^3$ | 0.05s |

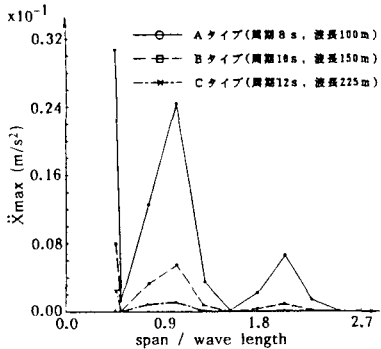


Fig.2 波長・スパン長比とP点の水平方向の最大加速度

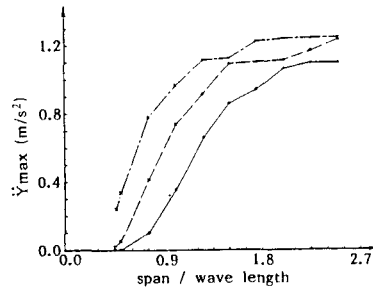


Fig.3 波長・スパン長比とQ点の鉛直方向の最大加速度

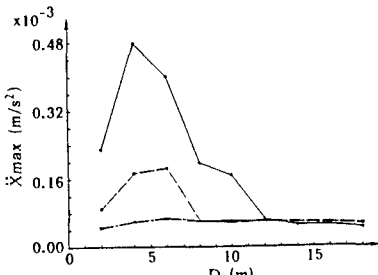


Fig.4 レグの管径とP点の水平方向の最大加速度

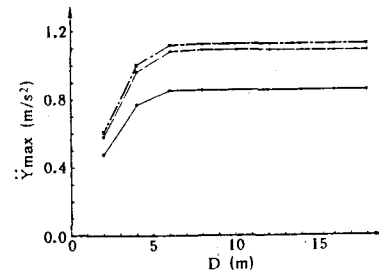


Fig.5 レグの管径とQ点の鉛直方向の最大加速度