

海洋構造物の動的応答特性の評価

鹿児島大学工学部 学生員 〇小正 高浩 鹿児島大学工学部 樺山 信人
 鹿児島大学工学部 正員 河野 健二 鹿児島大学工学部 宮崎 靖夫

1. まえがき

資源、空間の有効利用という点で、大陸棚のような水深100m程度の海域の持つ意味はたいへん重要である。そこでこのような場所への適用が可能であると考えられる構造物の波力に対する応答解析を行なう。モデルとしては従来の固定、着底式プラットフォームと、大水深への適用が可能といわれているガイドタワーを取り上げる。外力としての波力はMorison式により評価し、そのスペクトル特性はPetersen-Moskowitzの式を用いて表わしている。

2. 波力を受ける海洋構造物の応答解析法

構造物に作用する波力は一般に非線形であるが、近似的に線形化することができる。線形化されたMorison式を使って運動方程式は次のように書き表わすことができる。

$$[M + C_n]\{\ddot{u}\} + [C + \hat{C}_0]\{\dot{u}\} + [K]\{u\} = [C_1]\{\dot{v}\} + [\hat{C}_0]\{v\} \quad (1)$$

ただし、 $\{u\}$ は構造物の変位ベクトル、 $[M]$ $[C]$ $[K]$ は構造物に関する質量減衰及び剛性マトリクスである。 $\{v\}$ は水粒子の速度ベクトル、 $[C_n]$ は付加質量、 $[C_1]$ は圧力勾配による項を表わす。また、 $[\hat{C}_0]$ は抗力を線形化する時生じる減衰マトリクスである。Fig. 1に示すように構造物は杭基礎によって支持される場合を考える。この場合杭の動的特性は水平方向及び回転方向のばねとダッシュポットに置き換える。また、ガイラインは水平ばね及び鉛直ばねに置き換える。(1)式の非減衰自由振動時のものに対し固有値解析を行ない、モードマトリクスを求める。これを使って運動方程式を変換し、減衰マトリクスに近似的に対角化され、方程式はモード毎の独立したものとなる。

波のパワースペクトル密度関数から外力のスペクトル S_{pp} を求めこれを変換して応答のスペクトル S_{uu} を評価する。

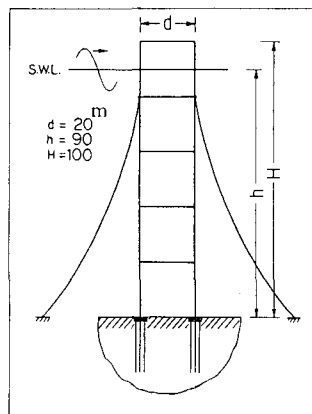


Fig. 1 解析モデル

$$S_{uu}(w) = \sum_{k=1}^N \sum_{j=1}^N \Phi_{kj} \Phi_{ja}^* H_{kj}(w) H_{ja}^*(w) S_{pp}(w) \quad (2)$$

上式において Φ_{kj} はモードマトリクスの要素であり、 $H_{kj}(w)$ は周波数応答関数(*は共役複素)を表わす。 N は考慮すべきモード数を表わすが、一般に動的応答は低次モードに支配され、それほど高次のモードまで考える必要はない。(2)式を逆フーリエ変換してやれば変位応答の自己相関関数 $R_{uu}(\tau)$ が求まり、 $\tau=0$ とすることによって、変位応答の分散 σ_{uu}^2 が得られる。

また、断面力に関する自己相関関数は剛性と変位の積から求められることから

$$[R_H(\tau)] = [K] [R_{uu}(\tau)] [K]^T \quad (3)$$

と表わされる。変位応答の場合と同様に $\tau=0$ とすれば、断面力の分散 σ_H^2 が求められる。

一般に、(1)式から判るように、外力は慣性力項と抗力項から成るため、応答も同様に2つの項で表現される。全応答は2乗和平均をもって表わされる。

3. 解析結果

Fig. 2に風速の変動に対して、応答がどのように変わるかを示した。風速10~20(m/s)で応答は急激に大きくなり、20~30(m/s)ではあまり大きな変化は見られず、30~35(m/s)で変動が大きくなる。10~20(m/s)での応答に大きな変化が見られるのは、波の卓越周期と構造物の1次の固有周期が近づくためと考えられる。20(m/s)をこえると

抗力項の影響が強くなることが判る。

Fig. 3には脚を完全に固定した場合と、くい支持として水平及び回転変位を許した場合とを比較した。その結果、コンクリート杭のような剛性の低いものでは、固定と考えた場合の3倍近い応答が生じていることがわ

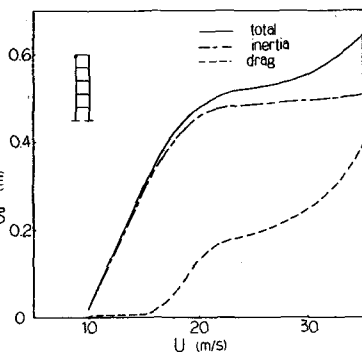


Fig. 2 抗力と慣性力の応答への影響

から。また、鋼杭を使った場合でも、2倍以上の変位が生じている。風速が小さい時は固定した場合の方が大きな変位を示すことがあるが、これは1次モードの周波数が、液の卓越周波数に近づくためであると考えられる。

Fig. 4には、杭の剛性 E_p が 20×10^6 (t/m²)のものに対して、ガイラインを取り付けた場合の応答の変化を示したものである。ガイラインを取り付けることによって応答変位を低減することができるが、水平方向のばね定数 K_h が大きいほどその効果も大きくなる。しかし、弱いばねでは効果が小さいので、太径のラインを使用するか、本数を増やす必要があると考えられる。

以上、Fig. 2~4には構造物の緩みによる応答変位を示したが、風速に対する応答変位の変化はどの場合も同様に風速10~20 (m/s)では急増し20~30 (m/s)で横ばい、30~35 (m/s)で再び増加するような傾向が見られる。

Fig. 5と6は、脚を固定とした場合と杭の効果を考慮した場合の断面力応答をせん断力と曲げモーメントについてそれぞれ示している。杭支持にした場合せん断力は全体的に増加し2倍程度にまでなっている。一方曲げモーメントに関しては上層部では増大しているが、固定と考えた場合の最大曲げモーメント発生位置では1/2

程度の減少を示している。杭支持の場合基部での回転を許しているため下層でのモーメントは小さくなるものと考えられる。また、固定型では3、4層間で曲げモーメントが最小となるが、杭支持の場合は3の位置がより下層へ移動することがわかる。

4. あとがき

応答に関しては、風速が小さい時は慣性力の影響が強くなり、風速が大きくなると抗力

の影響が大きくなる傾向が見られる。また、杭基礎やガイラインを有する場合の応答特性は基礎を固定した場合と大きな相違を示しており、その評価は海洋構造物の応答解析に大きな影響を及ぼすことがわかる。

参考文献 "Stochastic Response of Prototype Offshore Structure", M.G. Grecco et al, ASCE, ST, 1983, P. 1119-1138

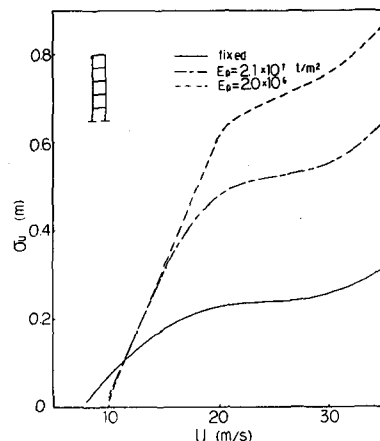


Fig. 3 杭の応答に及ぼす影響

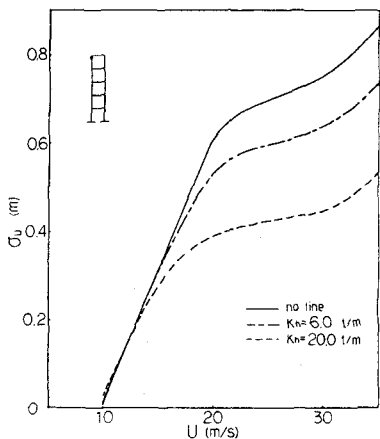


Fig. 4 ガイラインの効果

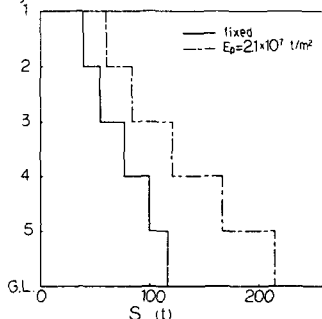


Fig. 5 せん断力図

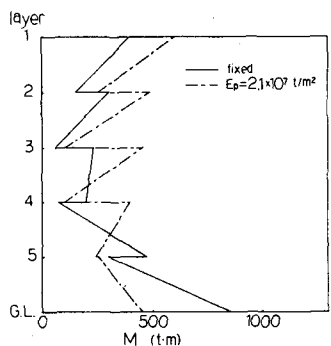


Fig. 6 曲げモーメント図