

I-242

波力を受ける有脚式海洋構造物の振動特性に関する研究

日本国土開発 正員 田中稔郎
京都大学工学部 正員 酒井哲郎

京都大学工学部 正員 渡邊英一
京都大学工学部 正員 杉浦邦征

1. はじめに

本研究は、水深100(m)以上の沖合いに建設される有脚式構造物を対象とし、動的応答解析を行ったものである。海洋構造物のように、周期的な外力(ここでは波浪)を常時受けるようなものを設計する場合には、振動特性面から基準を定めて、効率のよい設計を行うことが望ましい。そこで、本研究においては、波力を受ける有脚式海洋構造物の一般的な振動特性を明らかにし、今後、振動特性面を考慮した最適設計を行う際、必要な情報を提供することを目的に解析を行った。

2. 解析方法

本研究で究極の対象とする構造モデルは、図-1に示すような大型の有脚式海洋構造物である。このタイプの構造物は、大きく分けて、デッキ部材とレグ部材、および、ブレース材の3種類の部材が、無数に集まって構成されると考えることができる。このような大型有脚式海洋構造物の振動特性を明らかにするために、本研究では次の3つの工夫を行っている。

1) モデルの簡易化を行い、パラメータの数を極力減らす。

例えば、波浪は単一波を考え、最小の構造単位と見なせる1スパンラーメンの振動特性をまず明らかにし、その後、多スパン化や2次部材の影響を調べていく。解析モデルを図-2に示す。

2) 波力計算はモリソン式を用い、ニューマークの β 法ならびにモード解析法を用いて解析する。(i)次モードの一般化変位の最大値 $\bar{x}_i)_{\max}$ は次のように表される。

$$\bar{x}_i)_{\max} = \frac{1}{\sqrt{(1-\gamma_i^2)^2 + (2h_i\gamma_i)^2}} \quad (1)$$

(1)式によって、 $\bar{x}_i)_{\max}$ に影響を与えるパラメータを次の3つにグループ分けすることができる。

- I. $x_i)_{\max}$: 振動数比 γ_i と減衰定数 h_i の効果
- II. $\sqrt{f_{p1}^2 + f_{p2}^2}$: 波力とモード形の効果
- III. $k_i (=m_i \omega_i^2)$: 剛性、質量、固有振動数、モード形の効果

3) 構造物の固有モードの中で、図-3のような形をもつものを水平モードと呼ぶことにする。このモードの一般変位は他のモードのそれと比較して卓越することが多いため、水平モードを全モードの中の代表のモードとして、その固有周期を一定に保ち、構造物全体の剛性を一定に保ちながら、パラメトリック解析を行った。この工夫により、波力や地震力のピークの振動数と水平モードの固有振動数との振

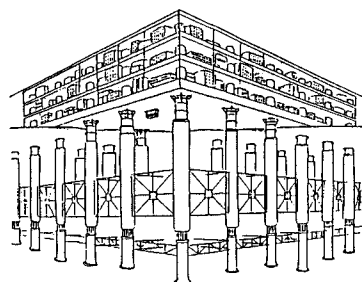
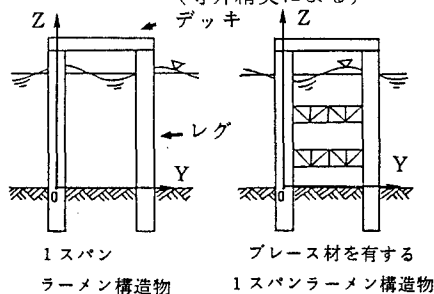
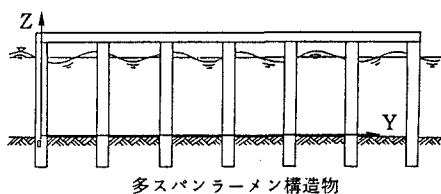


図-1 大型有脚式海洋構造物

(寺井精英による)

1 スパン
ラーメン構造物ブレース材を有する
1 スパンラーメン構造物

多スパンラーメン構造物

図-2 解析モデル

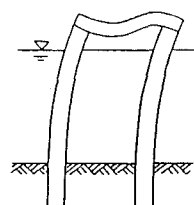


図-3 水平モード形

動数比を一定にしたまま、各パラメトリック解析を行うことができる。

3. 解析結果及び考察

解析結果の一例として、ブレース材の影響についての結果と考察を示す。まず、ブレース材を配置した構造モデルと水平モード形を図-4に示す。ブレース材の形状としては、普通、トラス構造が考えられるが、ここでは構造物全体として見た場合、これを一本の梁で置き換えることができると仮定した。

解析結果を表-1に示す。応答最大変位の値より、明らかにモデル1の配置の方がモデル2よりも適していると言えよう。モデル1では、レグの変位が拘束され、デッキは比較的自由なため、デッキの水平変位モードは大きいものの、応答が小さくなったものと考えられる。しかし、モデル2では、ブレース材があたかもデッキの剛性を増すような働きをし、デッキと一体となって揺れるため、デッキの水平変位モードはかえって小さくなるため、そのため一般化質量はブレース材なしの場合よりもかえって小さくなっていることがわかる。

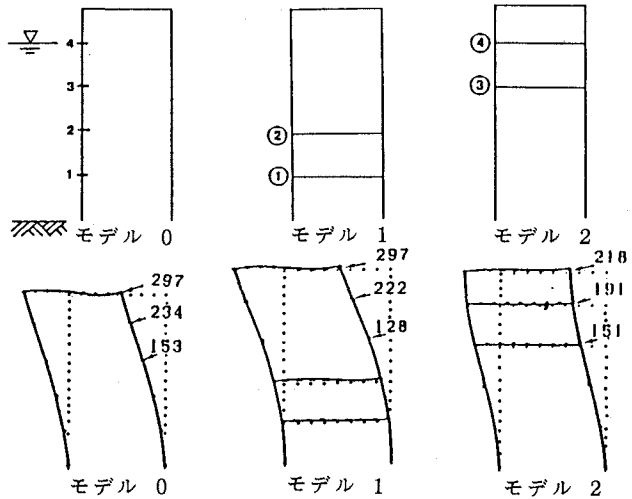


図-4 ブレース材を配置した構造モデルと水平モード形

分かりやすいいえば、「レグはできるだけ拘束し、デッキはできるだけ解放するようにブレース材を配置していけば、構造物の振動は効率よく抑えることができる」ということである。

表-1 ブレース材の配置による応答の比較

	応答最大変位 (m)	応答最大変位 (m)	応答最大変位 (m)	応答最大変位 (m)
モデル 0	0.2656	0.9072	35.48	55.49
モデル 1	0.1490	0.5134	31.36	36.65
モデル 2	0.1774	0.8346	32.81	55.77

4. 結論

- 1) 振動特性面から優れた海洋構造物とは、その水平モード形において、重量の大きい部分の変位が大きく、大きな波力を受ける部分の変位が小さいような構造物である。たとえば、デッキの高さをある程度高くしたり、レグの水中下方の部分にブレース材を施したりすれば、この効果を得ることができる。
- 2) レグの本数の影響は、それぞれのレグに受ける波力を打ち消しあう効果となって現れる。構造物全体に作用する波力はレグの本数が増えるにしたがって、次第に一定値に落ちつき、それに伴い、構造物の応答も一定になる。
- 3) 水平モードの固有振動数が一定の場合、デッキとレグの軸剛比および曲げ剛比が構造物の振動に与える影響は小さい。
- 4) 構造物の重量が大きいほど、振動特性面からは有利であるが、水平モードの固有振動数を一定に保つためには、剛性もそれに比例させて大きくしなければならない。また、重量の変化が振動に及ぼす影響は、レグ重量より、デッキ重量の方が大きい。

参考文献

- 1) Roy R. Craig, Jr.: Structural Dynamics, John Wiley & Sons, Inc., 1981.
- 2) 荻原国宏：土木学会編 新体系土木工学25 流体力, 技報堂出版, 1986年, pp56-63.