

I-250 固定型海洋鋼構造物の振動特性

新潟大学 正員 ○大川秀雄

新潟大学 正員 矢島基臣

1. まえがき 海洋資源開発などの進展にともない、種々の作業用施設、海洋施設の建設が盛人になってきた。これら海洋構造物の陸上構造物との大きな差異は、海中に設置されるがゆえに、波浪や潮流による大きな横荷重を受けることである。これらの外力は設計諸条件の中でも支配的な役割を果たす場合が多い。特に波浪については、周期性を持つ外力であるから注意がいる。一般的には、設計波の周期は、構造物の固有振動周期（通常は2秒以下）に比べて十分に大きいため、波浪による最大横荷重は静的解析値を用いている。設置点の水深が大きくなって、構造物が高くなり、固有振動周期が大きくなってくると、設計波より小さな波高の波についても注意が必要になってくる。また、疲労設計の上からも動的解析に注意が払われるべきである。ここでは小規模な実スケールの固定型ジャケットの極めて単純なモデルを想定し、動的解析の必要性の有無の目安となる構造物の固有振動周期の、脚部支持条件等に対する特性について検討した。

2. 構造モデル 図-1に解析に用いた構造モデルを、表-1に部材断面の諸量を示した。部材はすべて鋼管よりなり、ジャケットは長辺20m、短辺10m、高さ40mで、高さの中間の20mの位置に横材をもち、上下2層よりなるが、ブレース材のない極めて単純な構造をしている。上載荷重は500tonとし、デッキ上に一様に分布しているものとした。このジャケットは、水深30m、設計波として波高11.8m、周期10.8s、波長182mの波を採用して設計されている。

3. 脚部支持条件および計算方法 固定型ジャケット

は、杭支持されている場合が多く、脚柱がスカートパイプで支持されている場合や、あるいは脚柱より一回り小さな管径の鋼管を杭として、脚柱の中を通して打ち込み、後でグラウトを注入して一体化させて固定する場合などがある。ここでは単純化して計算した場合、固有周期の計算値がどの程度の範囲に収まっているかを調べるのが目的であるから、横振動（剪断振動）については、長辺方向、短辺方向のそれぞれについて脚部支持条件を、完全固定支持、ピン支持（球ヒンジ）、それと脚柱がそのまま無限長杭として扱入れられているとして、チャンの公式より脚柱と杭の変形を求め、海底面での水平変位とそれより20m上の横材のある層での水平変位との差より、その間の脚柱のバネ定数に単純に換算したものを使得ての仮想的な支持条件の3つについて計算する。揺れ振動について

は、完全固定支持とピン支持（球ヒンジ）の2つについて行う。振動計算を行う上での仮定として、水中振動であるための付加質量係数は、ポテンシャル理論による円柱の場合の1.0をとるものとし、また、水中では道波抵抗等もあって、空中での振動に比べ2倍近い減衰を示すこともあるが、応答計算などの場合と違って、減衰は固

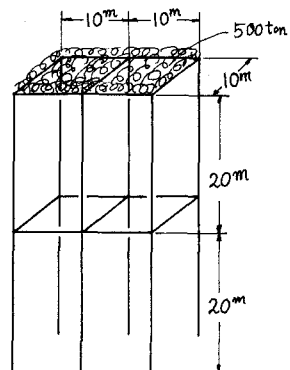


図-1 構造モデル

区 分	断 面 量 他	重 量
脚 柱	外径 180cm, 肉厚 5cm	520 ^{ton}
横 材	外径 60cm, 肉厚 5cm	95
上載荷重	一様分布荷重として 2.5t/m ²	500
総 重 量		1115 ^{ton}

表-1

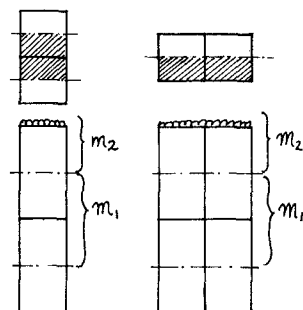


図-2 質量分担図

有周期自体にはあまり影響を与えないので無視して計算する。横振動については、2自由度のバネ-質点系とし、短辺方向については中心の平面で、長辺方向については片半分の平面でそれぞれラーメン計算をしてバネ定数を定め、質量は図-2の斜線部分のごとく分

担させ、そのときの質量、付加質量は表-2に示される。なお、付加質量の中には、海面下の管内に海水が入っているものとして、この質量も加算してある。次に、揺れ振動については、最も単純な場合の、構造の鉛直中心軸回りの振動を考える。揺れ振動は、

$I\ddot{\theta} + k\theta = 0$ で示され、揺れのバネ係数は、図-3のように各脚柱の先端で構造中心軸に対しての回転角が等しくなるように下の横材の位置で振り力を与え、立体解析よりデッキでの回転角を求め、これより1ラジアン振るのに要する振りモーメントとして求める。構造中心軸回りの質量の極慣性モーメント I に算入した部分は、下の横材の層を含んで、それより上への付加質量も加えた全質量によるものであり、表-3に示されている。

4. 固有振動周期 計算結果を表-4に示す。大口径の鋼管を使用しているため、海面下部分だけみると、付加質量は鋼管だけの質量の2倍程度とかなり大きい。

しかし、海面より上の部分を含めた全体としては、付加質量の全体に占める割合はかなり減少して4割までゆかないが、付加質量の影響が固有振動周期の上になんて現れている。同一構造物が陸上に設置されたときの、すなわち、付加質量がないときの周期に対して、海上に設置されたときの周期は、平均して約1.15倍くらいになっている。揺れ振動のときにはこの比がさらに顕著で、約1.25倍である。支持条件による違いは著しく、横振動では、ピン支持は完全固定支持に対して1.5倍以上となっている。揺れ振動のときはもっと大きく3倍近い。実際の支持条件は完全固定に近い状態の場合が多いと考えられるが、支持点が海底のため、その支持条件の把握が難しいときには、これらの周期の中を念頭に十分注意

する必要がある。さらに、上載荷重の偏りなどにより、極慣性モーメントが大きくなるときは、固有振動周期も大きくなる。一般に、上載荷重、構造物自体の質量の分布、あるいは剛性などの偏りは、揺れ振動の固有周期を大きくする効果がある。この程度のスケールの構造物では、波の卓越周期から大きく外れているので問題とならないが、スレンダーな構造のときは、動的問題は設計上重要な条件となるであろう。

5. あとがき 今回の固有振動周期の算定には、極く単純化したモデルが対象ではあったが、支持条件の違いによる固有周期の概念的な特性が把握できたものと思う。しかし、実際の海洋鋼構造物に適用するには、水中での振動減衰性状、付加質量係数、水粒子との相互作用、質量の割振り方などの多くの問題が残っている。また、地盤との関係における支持部分の挙動についても、さらに検討が必要がある。それらを基礎として、より精度の高い動的応答計算が可能になる。

参考文献 海洋鋼構造物設計指針(案)解説(土木学会)、海上作業足場の設計要領(土木学会)、港湾構造物設計基準(日本港湾協会)、固定式プラットフォームに作用する波力に関する模型実験(講演会論文集'74)

振動方向	m_1	M_{add}	$m_1 + M_{add}$	m_2
長 辺	15.70	30.64	46.34	34.59
短 辺	10.73	21.05	31.78	32.03

表-2 質量($t \cdot s^2/m$) M_{add} : 付加質量

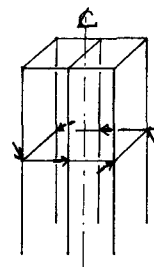


図-3 振りモーメント

脚柱の支持条件	1ラジアン振るのに要するモーメント	I_o	I_{add}	$I_o + I_{add}$
完全固定支持	$8.518 \times 10^5 \text{ t} \cdot \text{m}$	5.223×10^3	2.946×10^3	8.169×10^3
ピン支持	$1.023 \times 10^5 \text{ t} \cdot \text{m}$			

表-3 I_{add} : 付加質量による極慣性モーメント

振動方向	支持条件	固有振動周期 $\zeta\%$		
		陸上T	海上T	T/T_o
長 辺	ピン支持	1.23	1.46	1.19
	完全固定支持	0.827	0.934	1.13
	仮定支持	1.20	1.37	1.14
短 辺	ピン支持	1.45	1.66	1.14
	完全固定支持	0.966	1.06	1.10
	仮定支持	1.41	1.56	1.11
揺 れ	ピン支持	1.42	1.78	1.25
	完全固定支持	0.493	0.615	1.25

表-4 計算結果