

II-284 海洋構造物の波浪応答解析の一手法

川崎製鉄株式会社 正員 岡村 憲光

まえがき

海洋構造物の波浪、潮流作用下での動的応答特性を調べるため立体骨組構造の時刻歴の波浪による波浪応答解析を効率的に実施できる解析モデルを作成し解析を実施した。この解析モデルを使うことにより時刻歴の波浪による波力が効率的に精度良く算定できることが分った。この解析モデルを典型的な構造である杭式構造、ジャケット式構造に適用し構造物の応答特性に関する知見が得られた。

1. 波浪応答解析の解析モデル

海洋構造物に波浪、潮流による変動荷重が作用する場合の波浪応答解析の基本式を式(1)に示す。

$$(M + \rho(C_m - 1)V)\ddot{X} + C\dot{X} + KX = 1/2 \rho C_D A |\dot{U} - \dot{X}|(\dot{U} - \dot{X}) + \rho C_m V \ddot{U} \quad \dots (1)$$

U, \dot{U} ; 水粒子の速度, 加速度 C_D ; 抗力係数 C_m ; 質量係数

A, V; 構造物の受圧面積, 体積

立体骨組構造に作用する波力, 潮流力は, 波理論

(微小振幅波, ストークスの5次近似波)より水粒子速度, 水粒子加速度を求めモリソンの公式を使用して時々刻々の値を算定する方法によった。

以下に波力に対する解析の解析モデルを説明する。

ここで使用する解析モデルは, 図1に示すような立体的な構造物の波力点に外力(波力, 潮流力)を作用させる方法をとった。波力点の選定を適切に行うことにより構造物に作用する波の空間的位相の影響を適切に考慮できる。水深方向の波力分布を適切に波力点の波力として換算するために水深方向に図2に示すような空間的分割を行い分割域ごとの波力を算定する。各分割域の波力は, 水粒子速度, 水粒子加速度の水深方向の分布形状を考慮することにより精度が良くなる。この分割域の幅は, 波の水面が変化する水面付近は細く分割し, 水粒子速度, 加速度の変化が小さい海中中部は粗く分割する。この方法では, 各部材に作用する波力を部材ごとに算定する方法に比べ, 計算時間を大幅に短縮できる。ジャケット式構造物に作用する波力(波高6.0m, 周期6.0秒)を部材ごとに算定した値と, この解析モデルを使用して算定した値の比較は良い一致を示した。(図3)

この解析モデルの利点を整理すると以下の点である。

- 1) 任意の方向から立体構造物に入射する波, 潮流による外力の空間位相差を適切に考慮できる。
- 2) 時々刻々の変動波力を比較的容易に算定できる。

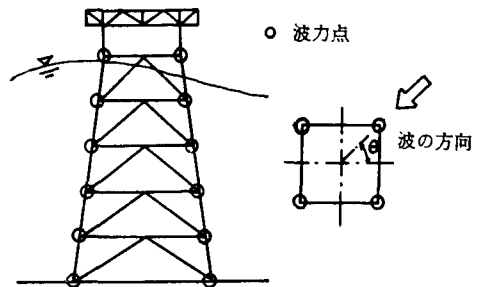


図1 波浪応答解析の波力点

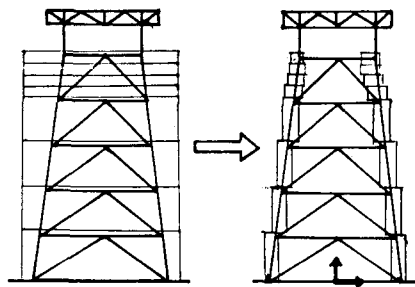


図2 波力算定要素の分割

3. 固定式海洋構造物の波浪応答特性のケース・スタディ

前記の解析モデルを使用して典型的な構造物である杭式構造、ジャケット式構造の波浪応答解析を実施した。杭式構造は、図4に示す高さ30m、幅10mの直杭よりなる構造である。ジャケット式構造は、図5に示す高さ30m、幅10mの斜材で補強された鋼管骨組を杭により海底に固定された構造である。杭式構造、ジャケット式構造の海底地盤内の杭基礎は、杭頭において断面力と変位の関係が等価になるように等価線形梁にモデル化した。杭式構造は、図4に示す質点系を有限要素梁で結合する方法でモデル化した。ジャケット式構造は、図5に示す質点系にモデル化し各質点の並進自由度を動的自由度とし、解析自由度の減少を行った。波の条件としては、波高および周期の異なる3種類の波を構造物に作用させた。波理論は、ストークスの5次近似波理論を使用した。波の抗力係数(C_d)は0.75、質量力係数(C_M)は、1.5を用いた。減衰定数は、杭式構造、ジャケット式構造とも同じ2%を用いた。

構造物に作用する最大静的波力を静的に構造物に作用させた場合に構造物上端に発生する変位量と、動的応答解析より得られた構造物上端の最大応答変位量の比較を図6に示す。杭式構造の動的応答変位量は、静的変位量に比べ構造物の動的効果の影響により3種類の波の作用下でかなり大きくなった。それに比べジャケット式構造では、動的応答変位量と静的変位量は、3種類の波の作用下で大きな差はなかった。

水深25mでの杭式構造とジャケット式構造の構造モデルの解析結果では、杭式構造は、動的効果の影響が大きく、ジャケット式構造では動的効果の影響が少いことが分かった。

4. まとめ

立体骨組構造物に作用する変動波力を波の空間的位相差及び水深方向の分布を考慮し適切に算定できる解析モデルを作成した。この解析プログラムを使用して杭式構造、ジャケット式構造の波浪応答解析を実施し、構造物の波に対する応答特性を調べた。

波浪応答特性に対する潮流の影響や、構造物に対する波の方向の応答に対する影響も今後解析を実行したいと考えている。

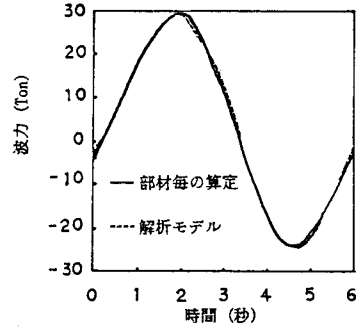


図3 解析モデルの波力算定精度

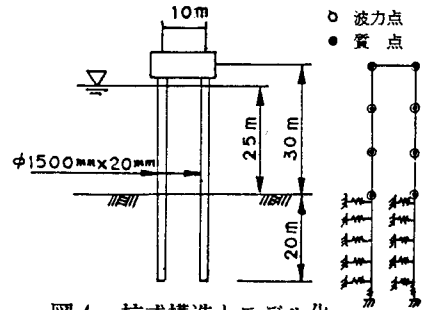


図4 杭式構造とモデル化

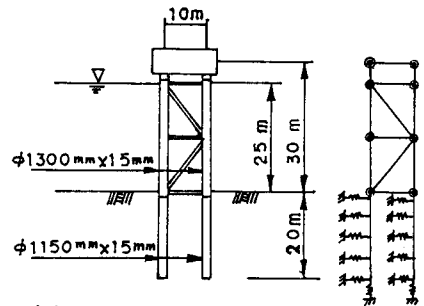


図5 ジャケット式構造とモデル化

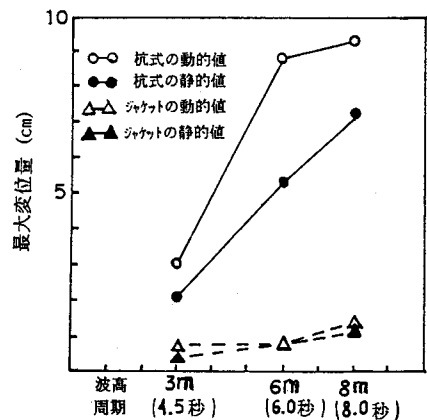


図6 応答変位量の比較