

II-368

不規則波による海洋プラットフォームの振動と共振の抑制

東京コンサルタンツ(株)正会員○小村辰彦

金沢大学 工学部 正会員 石田 啓

新潟県 正会員 七沢正人

1. 緒言 海洋構造物の設計施工に際し、波による構造物の動的応答特性の解明が必要なことは言うまでもない。著者らは既に、4脚柱プラットフォームの振動特性や共振制御法などについて考究したが^{1), 2)}、本研究では、現地波浪のような不規則波の場合の振動変位の計算法を提示し、さらに規則波の場合と同様に、変位の相殺点を利用した共振の抑制が可能なことを、Pierson-Moskowitz型スペクトルの波を用いて検証する。

2. 理論 脚柱に作用する波力はモリソン公式で与え、式中の水粒子速度 u および加速度 $\dot{u}$ は、水面変動 η をフーリエ級数展開してその成分波を微小振幅波と見なすことにより、算出することができる。この際、非線形項である抗力項を、Penzienによる等価線形化法を用いて線形化することにより、振動変位 ξ は、著者ら¹⁾の示した規則波の場合の変位の理論解を重ね合わせて算出することができる。

3. 実験 実験状況を図1に示すが、水槽は長さが26m、幅が60cm、高さが80cmである。プラットフォーム脚は長さが81cm、直径が2cm、剛性係数 EI が約11000kgfcm²で、波の進行方向の脚柱間隔は80cmであり、デッキ重量 W_d は17.50kgf, 21.55kgf, 29.56kgfの3種類を用いた。実験時の水深 h は60cmとしたが、作用させた波のスペクトル形はPierson-Moskowitz型であり、ピーク周波数 f_p を0.44Hzから1.76Hzの範囲内で種々変化させた。振動変位 ξ の測定は、非接触型電磁変位計を用いて、デッキの変位を測定した。

4. 結果 振動変位の算出に際し、抗力係数 C_D は1.0、慣性係数 C_M は2.0、付加質量係数 C_A は1.0に固定した。図2に、波のピーク周波数が $f_p=1.196$ Hz、デッキ重量が $W_d=17.5$ kgfの場合の変位のパワースペクトル $S_{\xi\xi}$ を示す。この場合のプラットフォームの固有振動数は $f_n=1.160$ Hzであって、 f_p に極めて近いので、ほぼ共振状態を呈するが、図中、破線で示した実測値と、実線で示した2.の方法による計算値とは、良く一致している。図3はこの場合の結果を、時間変化の観点から見たものであるが、 η はデータとして得られた水面変動で、 u および $\dot{u}$ は、リニアフィルターを用いて η から算出した $z=50$ cm(水底から50cm上)の点の値であり、 F はモリソン公式から算出したその脚柱断面に作用する波力である。この場合の変位 ξ の時間変化は、スペクトル形と同様に、実測値(破線)と計算値(実線)とは比較的良く一致している。

ところで規則波の場合、来襲波の波長が脚柱間隔の2倍になる時、両脚柱に働らく波力は、大きさがほぼ同じで方向が反対になるため、脚柱の振動変位は相殺されてデッキの変位は極めて小さくなる。この変位の相殺現象を起こす波は、今の場合、周波数 $f_0=1.0$ Hz(波長 $L=160$ cm)であるが、この相殺周波数 f_0 にプラットフォームの固有振動数 f_n を一致させると、共振が抑制されることになる。

このような共振特性および相殺特性を、不規則波の場合について調べた結果が図4および図5である。図の横軸は不規則波の水面変動のスペクトルのピーク値 $S_{\eta\eta\max}$ を与える周期 $T_0(=1/f_p)$ であり、縦軸は振動変位のスペクトルのピーク値 $S_{\xi\xi\max}$ を $S_{\eta\eta\max}$ で割った値である。図中●は実験値であり、○は計算値である。図4は、図2および図3の場合と同一のデッキ重量が $W_d=17.5$ kgfの場合であり、プラットフォームの固有周期 $T_n=0.862$ sec(固有振動数 $f_n=1.160$ Hz)付近で共振が発生していることが分かる。

一方図5は、デッキ重量を $W_d=21.55$ kgfとすることにより、共振点(固有周期 $T_n=0.995$ sec)を相殺点(相殺点周期 $T_0=1.0$ sec)に近づけた場合であり、本来、 $T_n=0.995$ sec付近で発生する共振が抑制され、縦軸の値が図4の場合より一オーダー小さくなっていることが分かる。

参考文献

- 1) 石田 啓・加島 卓・上野 彰: ストークス波による海洋プラットフォームの振動に関する理論解とその応用, 土木学会論文集, 第381号/2-7, pp. 121-130, 1986
- 2) 黒崎和保・石田 啓・小村辰彦・上田敏隆: 海洋プラットフォームの共振の抑制, 土木学会第42回年講, 1987

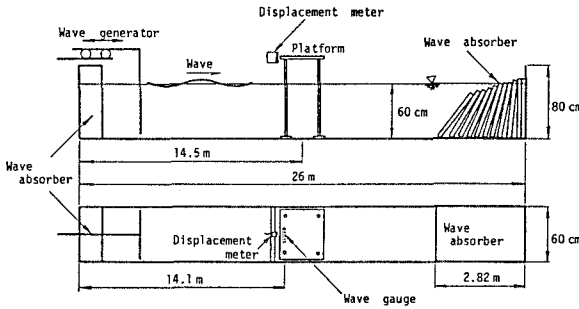


図 1 実験装置概要

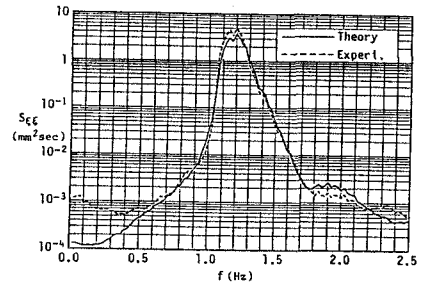


図 2 振動変位のスペクトル

図 3 振動変位の
時間変化

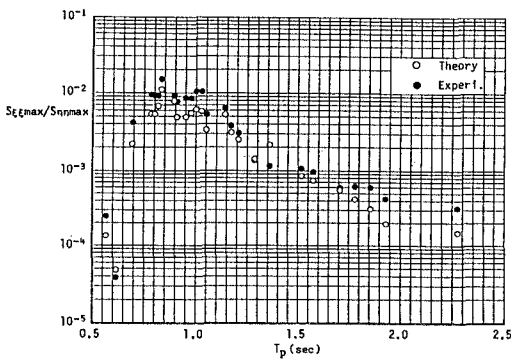
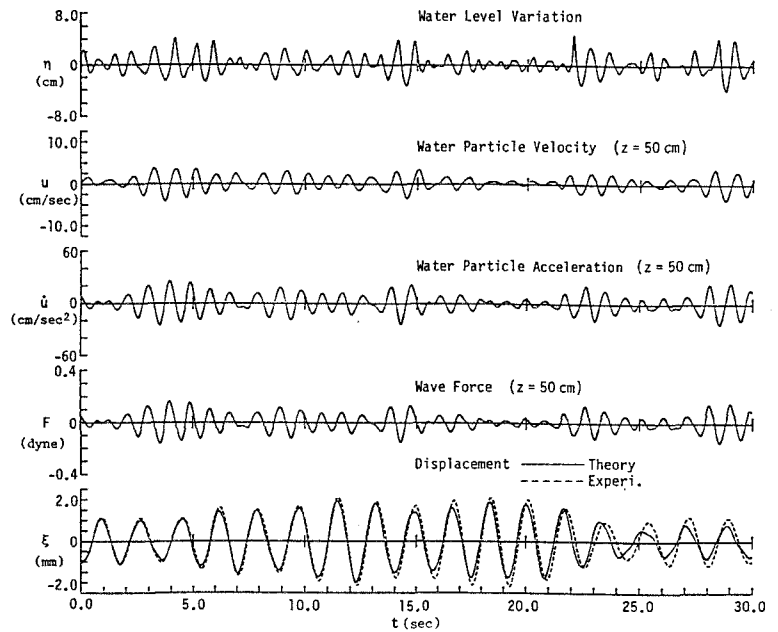


図 4 不規則波の共振特性

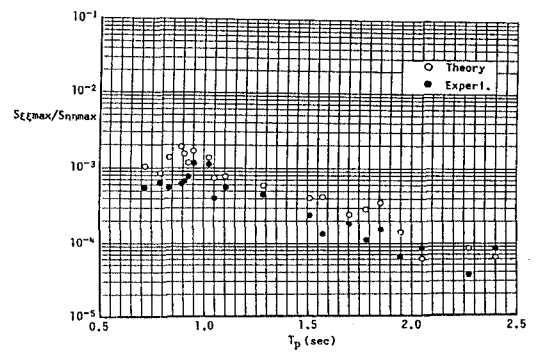


図 5 不規則波の共振の相殺特性