

海洋プラットフォーム模型の共振に関する実験的研究

金沢大学工学部 正会員 石田 啓 学生員 黒崎和保

学 生 小村辰彦 学 生 上田敏隆

1. 緒 言 石油に代表される海底資源の採取や、海洋上での作業のために、最近次々と海洋プラットフォームが構築されているが、海洋波浪のために倒壊した例も少なくない。これらの事故は、主に構造物の共振によると考えられるため、構造物の共振特性の解明と、共振の防止方法について考究することが急務である。したがって本研究では、まず模型のプラットフォームの1次モードの共振変位を測定し、理論値と比較する。次いで、前後の脚柱間隔が波長の半分の時に生じる変位の相殺点を利用することにより、共振を消滅させることができることを、理論と実験の両方から示す。

2. 理 論 図1は模型実験に用いたプラットフォームであるが、脚柱に働く波力を微小振幅波理論を用いたモリソン公式で与え、また水面の上下動に伴う波力の作用範囲の変動を考慮すると、脚柱のたわみ曲線は、式(1)¹⁾のようになる。この解に、海底部およびデッキ接合部の境界条件(埋込)を適用することにより、デッキの変位を測定することができる。

$$\begin{aligned} \text{水中部: } \xi_1(z', t') &= I_m \left\{ \left(\sum_{j=1}^4 f_{1j} e^{S_{1j} z'} - G_{11}(z') \right) e^{i\omega t'} \right\} + R_e \left\{ \sum_{n=1,3,5} \left(\sum_{j=1}^4 \gamma_{1nj} e^{S_{1nj} z'} - P_{1n}(z') \right) e^{i n \omega t'} \right\} \\ \text{水面変動部: } \xi_2(z', t') &= I_m \left\{ \sum_{n=1}^5 \left(\sum_{j=1}^4 f_{2nj} e^{S_{2nj} z'} - G_{2n}(z') \right) e^{i n \omega t'} \right\} + R_e \left\{ \sum_{n=1}^5 \left(\sum_{j=1}^4 \gamma_{2nj} e^{S_{2nj} z'} - P_{2n}(z') \right) e^{i n \omega t'} \right\} + \sum_{j=1}^4 \gamma_{20j} z'^{(j-1)} - P_{20}(z') \\ \text{空中部: } \xi_3(z', t') &= I_m \left\{ \left(\sum_{j=1}^4 f_{3j} e^{S_{3j} z'} \right) e^{i\omega t'} \right\} + R_e \left\{ \sum_{n=1,3,5} \left(\sum_{j=1}^4 \gamma_{3nj} e^{S_{3nj} z'} \right) e^{i n \omega t'} \right\} \end{aligned} \quad (1)$$

3. 実 験 実験時の水深は $h=60\text{cm}$ であり、プラットフォームの脚柱は、直径 2cm 、長さ 81cm 、ヤング率 $E=28720\text{kgf/cm}^2$ である。デッキ重量は、図2の場合は、 17.5kgf あり、図3の場合は、 21.6kgf である。変位は、電磁変位計を用いてデッキ部C端の変位を測定した。用いた波は、波高 $=6\text{cm}$ であり、周期を $T=0.6\text{sec} \sim 2.4\text{sec}$ の範囲で順次変えることにより、デッキの動的応答変位を測定した。

4. 結 果 図2および図3は、デッキ変位の波の進行方向側の1周期内での最大変位 $\xi_{\max}$ の周期特性を示したものである。図中、●は実験値であり、実線および波線は、微小振幅波およびストークス波²⁾による計算値である。図2は、デッキ重量が 17.5kgf の場合であり、共振は $T_n=0.87\text{sec}$ および $2T_n=1.75\text{sec}$ で生じているが、変位の実験値は、全体的に計算値とよく一致している。図3は、デッキ重量を 21.6kgf に増加し、プラットフォームの基本周期を 1.0sec (波長 156cm) にした場合であるが、この波長は脚柱間隔 80cm の約2倍になるため、変位の相殺効果により共振が抑制される。すなわち、図2の $T_n=0.87\text{sec}$ で発生した 5mm の共振変位が 0.8mm にまで減少する。図4には、図2の諸元を用いた時の波の周期の変化に伴うデッキ変位 ξ の位相変化特性を示す。両理論には大差はないが、相殺点および2倍共振点付近では、高周波成分の混入が著しく、この傾向はストークス波の方がやや顕著である。図5では、図4で示した計算値の位相変化と実験とを比較するが、両者は全体を通してよく一致している。ただし(C)の $2T_n=1.75\text{sec}$ 付近では、実験値の変位がやや大きく、これに関しては今後さらに、種々波高を変えて検討する必要がある。同様に図6は、図3の諸元を用いた波の相殺点付近での計算値と実験値との比較を示す。両者には位相のずれが生じるが、変位が極めて小さいことを考慮すると、理論解は実際の現象を良く表していると言える。最後に、本研究を行うに際し、助力を賜った高瀬信

忠教授（金沢大）、広部英一助教授（福井高専）および
北山 真君（金沢大院）に厚く謝意を表する。

- <参考文献> 1) Ishida, H and Kitayama, M : Resonance of
Pile Due to Small Amplitude Waves. Memoirs, Faculty of
Technology, Kanazawa University, Vol. 19, No. 2, pp. 1-10, 1986.
2) 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（投稿中）。

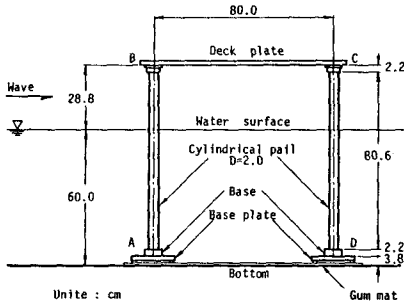


図1. プラットフォームの模型図

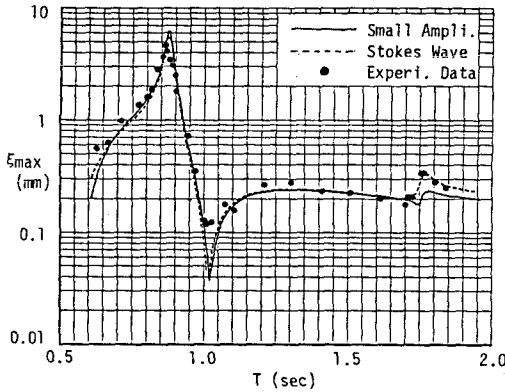


図2. デッキ重量17.5kgfの場合の実験値と理論値の比較

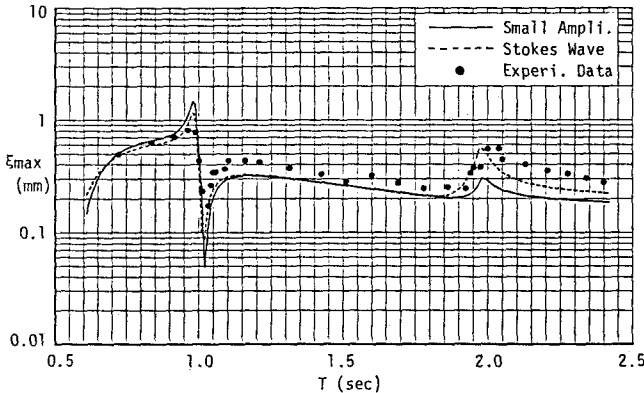


図3. デッキ重量21.6kgfの場合の実験値と理論値の比較

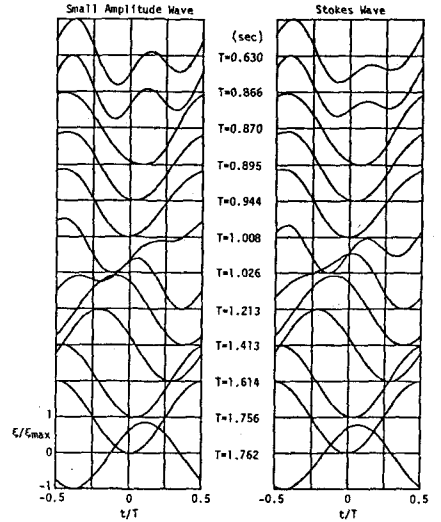


図4. デッキ変位 ϵ の位相変化

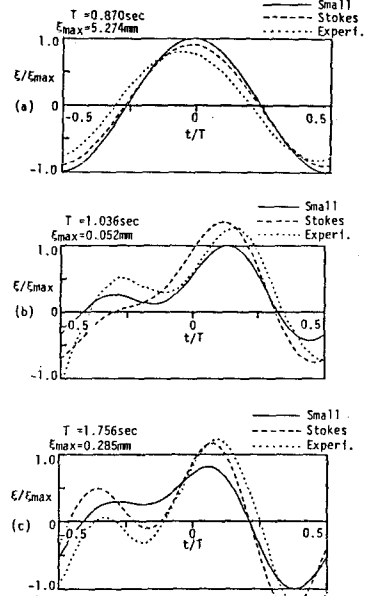


図5. デッキ重量17.5kgfの場合の変位の
位相変化に関する実験値と理論値との比較

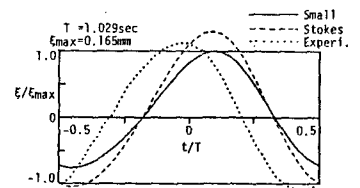


図6. デッキ重量21.6kgfの場合の変位の
位相変化に関する実験値と理論値との比較