

大阪大学 工学部 正員 後野 正雄
大阪大学 工学部 正員 樫木 亨

1. まえがき；円柱構造物に作用する波力、および波力による振動応答などについては従来より数多くの研究が行われており、単円柱に作用する直方向力、揚力 およびそれによって生じる振動応答などに関しては精度の高い算定が可能になっている。しかし、単円柱の結果を複数円柱に应用する場合 さらに考慮しなければならない点が2つあげられる。1つは円柱間距離 L_x と波長 λ との比で決定される空間的位相差であり、もう1つは揚力の作用方向の不規則性によって生じる揚力の組み合わせの複数性である。本研究は以上のことを考慮して4本円柱プラットホーム型海洋構造物に対して実験を行ない、特に共振状態における構造物の振動応答を求め、理論値との比較を行なったものである。

2. 実験方法；塩化ビニル製の4本の円柱を有するプラットホームを、図-1のように水槽(270×1.5×1.8m)に固定し、水中におけるプラットホームの固有振動周期 T_n を基本として共振現象を生じようとする正弦波を発生させ、プラットホームの上より16mmミネカメラでデッキ中央部の振動変位を撮影した。なお波の特性として水深 h は1.5mとし、 T/T_n は1.00～3.97、比水深 h/L は0.14～1.30、r.m.s.K-C数は2.15～17.35の範囲にある。また模型は造波機から16.5mの所に設置し、脚柱間距離 L_x は71.5cmである。

3. 解析結果と実験結果；解析において揚力の算定は次式に示す中村らの提案した4成分揚力式を用いた。

$$dF = \frac{1}{3.6} C_{L0} \rho \cdot D \cdot U_m^2 \cdot \sum_{n=1}^4 \sqrt{\frac{S_c(m_f \omega) A_f}{\rho^2}} \times \cos(2\pi n f \omega t - \epsilon_n) dz \quad (1)$$

ここに dF ；単位長さ当りに作用する揚力、 dz ；単位長さ、 ρ ；単位体積当りの水の質量、 D ；管径、 C_{L0} ；揚力係数、 U_m ；最大水粒子水平速度、 $\sqrt{S_c(m_f \omega) A_f / \rho^2}$ ；揚力の周波数特性、 f ；入射波の周波数、 ϵ_n ；各成分揚力と波との位相差であり、前述の揚力の作用方向の不規則性を考慮して正負の記号を附してある。従って4本円柱に作用する波力は図-2のようになる。直方向力は L_x/L の位相差を考慮することによって合成できるが揚力に対しては図-2に示されるようにその合成に際していろいろな組み合わせが考えられる。この場合、図-2の実線、一点破線に示すように

に最大揚力が発生すると予想される2種類の組み合わせを考える。また式(1)中の C_{L0} 、 $\sqrt{S_c(m_f \omega) A_f / \rho^2}$ がr.m.s.K-C数の関数となるため、浅海域に比べ水粒子の速度成分の分散の大きい深海域に対しては水表面から水底までをいくつかに分割して計算した。なお、構造物の振動応答に対しては1自由度のモデルを設定して計算を行なった。図3～6のAに実験結果、Bに図-2の実線、一点破線に相当する計算結果を示す。i) 図-3は $T/T_n \approx 1$ の場合であって、この場合実験結果は計算結果の実線部分がより適合している。振動軌跡は実験結果、計算結果とも長楕円型となり直方向変位が揚力変位に比し、大きく卓越している場合である。この長楕円軌跡となるのは直方向に対しては波の基本周波数と構造物の固有周波数が一致するための共振の結果であり、また揚力方向に対しては揚力の第1成

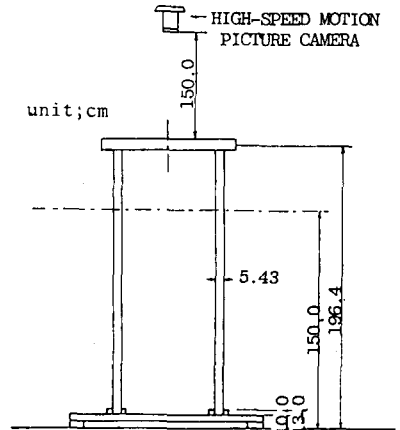
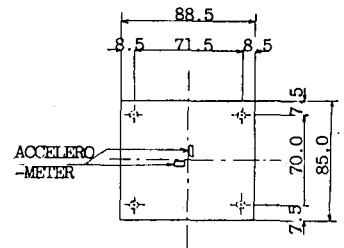


図-1 実験装置

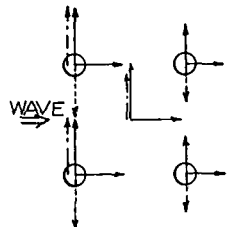


図-2 波力の作用方向

分が共振に對し大きく寄与しているためである。ii) 図-4は $T/T_n \approx 2$ の場合であつて、実験結果、計算結果とも振動軌跡は2重楕円となり、計算結果の実線が実験結果とよく適合しているが計算結果の2重楕円の方がシャープな形となっている。また揚力変位も実験結果に比べると少し大きくあらわれている。さらに実験結果においては揚力変位が直方向変位の約2.5倍もの大きさになっている。このような現象は他の $T/T_n \approx 2$ の場合にもみられるが、軌跡が2重楕円となるのは揚力の2倍固相数成分が構造物との共振に卓越しているためと考えられる。iii) 図-5は $T/T_n \approx 3$ の場合であつて、実験結果、計算結果とも振動軌跡は3重楕円を示している。この場合実験結果は計算結果の実線と適合している。図-4と同様軌跡が3重楕円となるのは揚力の3倍固相数成分が共振への寄与が卓越しているためと考えられる。iv) 図-6は $T/T_n \approx 4$ の場合であつて、実験結果と計算結果とも4重楕円ではほぼ適合しているといえるが、計算結果は実験結果を直方向にひき延ばしたような軌跡となっている。図-7は実験結果と計算結果の最大値を比較したもので縦軸に実験結果と計算結果から求めた $1/10$ 最大変位の比 X_{p10}/X_{T10} , Y_{p10}/Y_{T10} 、横軸に T/T_n をとり r.m.s. K-C 数をパラメータにして表示したものである。直方向(図-7(a))については T/T_n が2付近で実験値が計算値を上回る値を示しているがその他の領域では1以下となっている。一方、揚力方向(図-7(b))については計算値が実験値の数倍になるものもあるが共振点付近では実験値と計算値がよく適合し、計算結果は安全側の結果を示しているといえよう。以上実験値と計算値とを比較したが、揚力の方向性によって数値類の計算結果が求められる。目下のところその結果のいづれを採用するかは実験によってしか検証しようがないが、これらの計算結果の大きい値を設計には採用せざるをえないであろう。

参考文献：1) 榎木 亨・中村孝幸・三木有樹：単円柱構造物の波による振動挙動について，第24回海講，1977

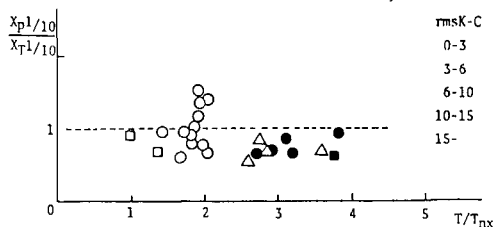


図-7(a) 直方向力の比較

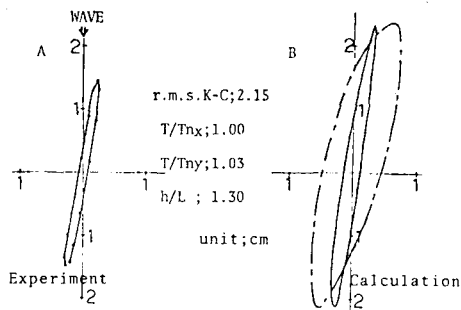


図-3

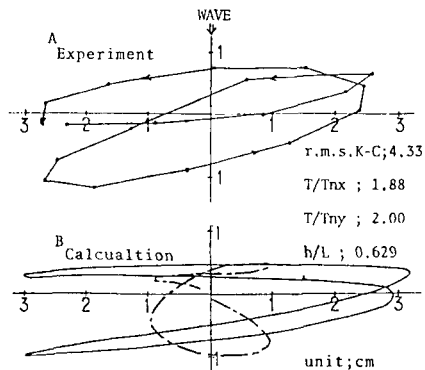


図-4

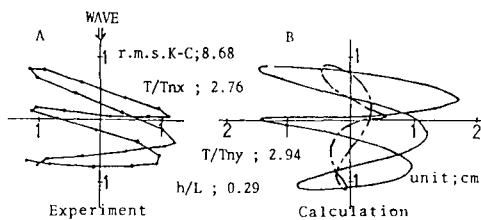


図-5

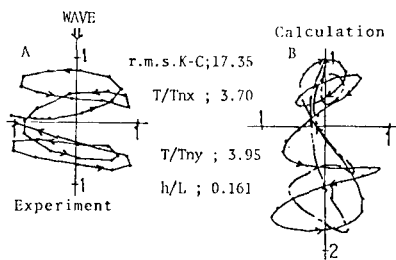


図-6

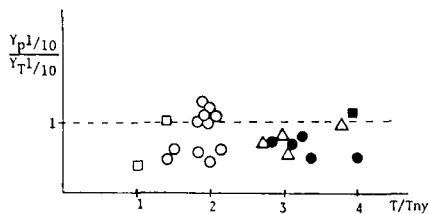


図-7(b) 揚力の比較