

足利工業大学 正 新井 信一

足利工業大学 正 岩崎 敏夫

足利工業大学 正 上岡 充男

1 まえがき 構造物に働く波力の計算では、波長に比べて物体長さが小さいときモリソン式がよく使用される。この時、質量力係数と抗力係数を的確に選ぶことが肝要である。これらの流体力係数は、流れが一樣流か振動流か波動流(Wavy flow)かで固有の値をとる。このうち波動流については係数値の選定に多くの問題点を含んでいると思われる。1984年、国際水槽会議海洋工学委員会は複数の部材で構成されている半潜式構造物の波浪中の運動について比較計算を実施した⁽¹⁾。その結果、水平支持浮体であるローワーハルの上下方向の流体力の推定値に疑問がのつた。その時のKC数は0.6から4.0とかなり小さい値であった。そこで本研究では、KC数が2以下で、このローワーハルと同じ断面を有する水平矩形柱体模型に働く波力を計測し、モリソン式の立場から解析してみた。ここにその一部を報告する。

2 実験方法 模型は、幅(B)=13.5cm、高さ(H)=7.2cmの断面を有する木製の矩形柱体で、水槽の幅一杯に設置した。設置状況を図1に示す。水槽幅は0.8mでブランジャー型造波装置を有している。模型前方196cmに容量式波高計を設置した。模型は直径0.9cm、高さ34.2cmのアームと揺れ止め補強ワイヤーを介して6分力計に固定した。使用した規則波の周波数は①0.5, ②0.65, ③0.8, ④0.95, ⑤1.1, ⑥1.25, ⑦1.4 Hzの7種類で、各々4種類の波高を造波した。ここで示した丸印の数字は後出図2のプロット記号として使用される。計測された波と波力をサンプリング時間間隔 0.02secでデジタル化し、パソコンにて一周期のデータをフーリエ級数展開した。なお、模型による反射波および水槽からの反射波は殆どない。

3 解析方法 モリソン式は加速度項と速度の2乗項からなるが、流体力には摩擦力や造波減衰力などの速度に比例した力も存在するから、ここでは次式のように波力を表現する。

$$F = C_m \cdot \rho \cdot V \cdot dU/dt + 0.5 \cdot C_d \cdot \rho \cdot A \cdot |U| \cdot U + C_d1 \cdot \rho \cdot \omega \cdot V \cdot U \quad (1)$$

ここに、 ρ は流体密度、 t は時間、 ω は円周波数、 U は流体速度、 V は物体の排水体積、 A は物体投影面積、 C_m は質量力係数である。また、いわゆる抗力係数は C_d2 とおき、速度に比例する項の係数は無次元化して C_d1 とおいている。さて、力の計測値 F_{ex0} を次式のようにフーリエ級数に展開する。

$$F_{ex0} = FA_0 + FA_1 \cdot \cos \omega_1 t + FA_2 \cdot \cos \omega_2 t + \dots + FB_1 \cdot \sin \omega_1 t + FB_2 \cdot \sin \omega_2 t + \dots \quad (2)$$

一方、入射波が微小振幅波で近似できる範囲であれば水粒子の速度 U は、入射波を模型の位置で $\eta = \eta_0 \cdot \cos \omega_1 t$ と表すとき、模型深さにおける水粒子の水平方向速度は $v = v_0 \cdot \cos \omega_1 t$ 、また、水粒子の鉛直方向速度は $w = w_0 \cdot \sin \omega_1 t$ となる。ここに、速度の振幅は微小振幅波の値を用いる。ここで水平方向、鉛直方向の量にそれぞれ添え字 y 、 z をつけることとして、各方向ごとにこの速度を(1)式に代入して(2)式の基本周期成分と等置すれば、質量力係数として

$$\left. \begin{aligned} C_{my} &= -FB_{1y} / \rho \cdot V \cdot \omega_1 \cdot v_0 \\ C_{mz} &= FA_{1z} / \rho \cdot V \cdot \omega_1 \cdot w_0 \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

を得る。 C_d1 あるいは C_d2 は、もし速度項が波高に比例する量であれば、

$$\left. \begin{aligned} C_{d1y} &= FA_{1y} / \rho \cdot V \cdot \omega_1 \cdot v_0 \\ C_{d1z} &= FB_{1z} / \rho \cdot V \cdot \omega_1 \cdot w_0 \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

逆に速度項が波高の2乗に比例する量であれば、

$$\left. \begin{aligned} C_{d2y} &= FA_{1y} / \rho \cdot A_0 \cdot [4/3\pi] \cdot |v_0| \cdot v_0 \\ C_{d2z} &= FB_{1z} / \rho \cdot A_z \cdot [4/3\pi] \cdot |w_0| \cdot w_0 \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

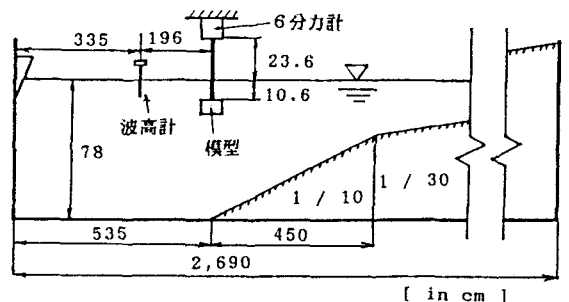


図1 模型設置状況

と求められる。ただしここに、(1)式の2乗項は1周期の仕事が変わらぬように等価線形化されている。

4 実験結果と考察 フーリエ解析の結果、波、波力ともに基本周波数成分が卓越しており、他の高次の成分は無視できることが分かった。次に C_d 、 C_m を求めてKC数に対してプロットしてみた例が図2である。ここに、 $KC = U_m \cdot T / (4BH/\pi)^{1/2}$ とした。ただし T は波周期、 U_m は模型中心位置における水平あるいは鉛直方向の最大水粒子速度である。 ω の2乗と波振幅の2乗を含む無次元化量で規格化された C_d2 は、KC数に反比例している様な分布を示し、KC数の小さいところでの値が異常に大きい。KC数は波振幅に比例する量であるから、このことは速度項が振幅の1乗に比例する量であることを暗示している。一方、 ω の2乗と波振幅の1乗を含む無次元化量で規格化された C_d1 は、KC数の変化に対して周波数ごとに異なる一群となるが、概ねまとまった値となってくる。質量力係数 C_m は、水平方向の値は極めてよいまとまりを示しているが、鉛直方向については C_d1 と同様に波周波数によって値が異なる。係数値は、水粒子の移動長さと物体の大きさの比を表すKC数のみでは定まらず、周期を陽に含むパラメータを必要とするようである。

5 あとがき 一般にデータの少ないKC数の小さい範囲での水平矩形柱体に働く波力を計測し、流体力係数を求めてみた。模型の姿勢を変えた場合の実験も実施しており、今後さらにデータを整理検討し、報告したい。

参考文献 (1) M.Takagi & S.Arai et.al., "A Comparison of Methods for Calculating The Motion of A Semi-submersible", Ocean Engineering, Vol.12, No.1, pp45-97, 1985

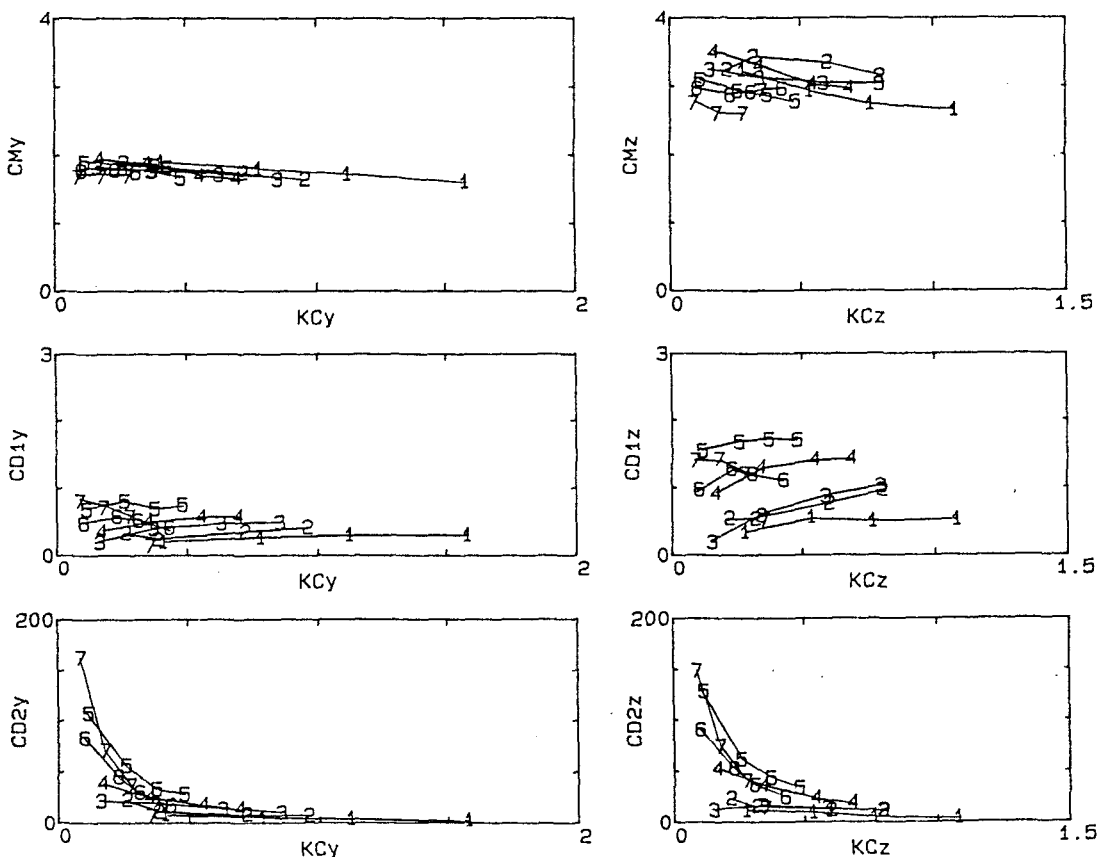


図2 流体力係数