

II-385

水平円形柱状体の波力と波周波数

足利工業大学大学院 学生員 ○大嶋伸治, 足利工業大学 正 員 新井信一
足利工業大学 正 員 長尾昌朋, 日本港湾コンサルタント 近藤圭央

1. まえがき: 波長に対して十分小さい断面寸法を有する柱状部材の波力を計算する場合に波力係数を選定してモリソン式を用いるが、水平部材に働く波力についてはその資料が十分ではない。そこで本研究ではデータ蓄積の一環もかねて、水平な円形断面柱状体(以下水平円柱)を取り上げ、波周波数が異なる場合の波力係数のKC数に対する変化の様子を調べてみた。

2. 実験方法: 図1は水槽と模型の設置状況である。模型は直径45mmの円断面を有する長さ780mmの柱状体である。波力測定には6分力計を用いたが、そのうち水平方向と鉛直方向成分のみを記録した。波周波数は0.50, 0.95, 1.25Hzの3種類で、波高は造波可能範囲で変化させた。記録波形をフーリエ解

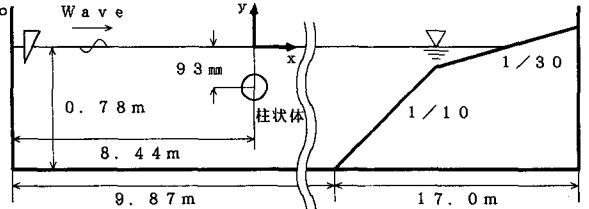


図1. 水槽と柱状体模型

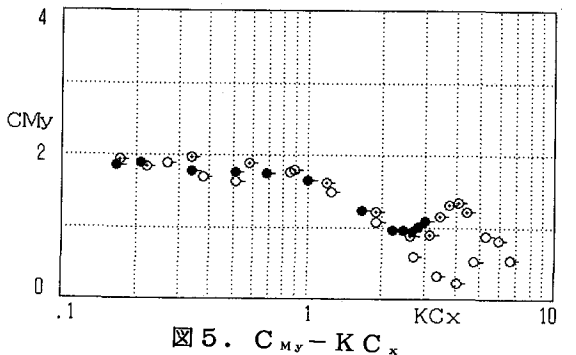
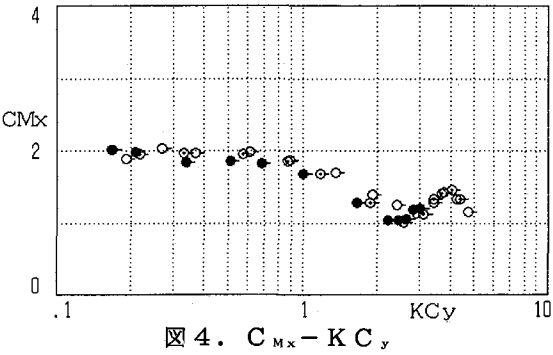
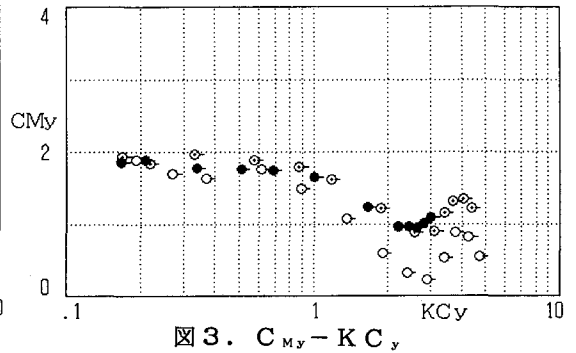
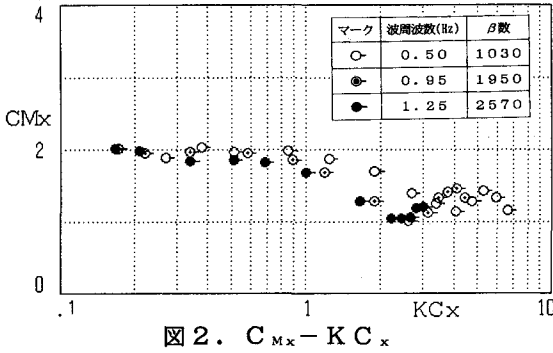
析し、その波周期成分から質量力係数と抗力係数を求めた。モリソン式はベクトルで取り扱う方法と水平・鉛直各成分に分けて取り扱う方法とがあるが、増田ら(1985)の結果を参考にすれば水平と鉛直方向の波力特性に差がある場合は後者の方法が良いと思われるので、円柱の単位長さあたりの波力を

$$F_x = C_{Mx} \cdot (\rho \pi D^2 / 4) \cdot \dot{u} + C_{Dx} \cdot (\rho D / 2) \cdot u \cdot |u| \quad (1)$$

$$F_y = C_{My} \cdot (\rho \pi D^2 / 4) \cdot \dot{v} + C_{Dy} \cdot (\rho D / 2) \cdot v \cdot |v| \quad (2)$$

とおいた。ここに F は波力、 C_M は質量力係数、 C_D は抗力係数で、各々の添え字 x は水平方向をまた y は鉛直方向を示している。さらに、 u と v はそれぞれ水平と鉛直方向水粒子速度、上付のドットは時間微分、 ρ は流体密度、 D は円断面直径である。KC数は、 u の最大速度を用いた $KC_x = u_{\max} \cdot T / D$ と、 v の最大速度を用いた $KC_y = v_{\max} \cdot T / D$ を定義する。ここに T は波周期である。もうひとつのパラメータは Re 数であるが[上北ら(1981)]、ここでは周波数パラメータ $\beta (= Re / KC = D^2 / \nu T)$ を使用する。なお、 C_D は速度の自乗項を等価仕事の原理で線形化し実験結果のフーリエ係数と等置して求めた。ただし実験の範囲では質量力に比べて抗力は小さいので、以下では質量力係数のみを報告する。

3. 実験結果: 得られた質量力係数を図2と図3に示す。KC数が小さい場合には完全流体値の2.0に漸近しなければならないが、どの波周波数すなわちどの β 数でも結果は良好である。KC数が増加するに連れども減少した後に増加に転じているが、その様子は β 数により異なる。これらは例えば x 方向の C_{Mx} には同方向の速度を用いた KC_x を対応させたものであるが、逆に x 方向の C_{Mx} に y 方向の速度を用いた KC_y を、同様に C_{My} には KC_x を対応させると図4と図5の様になり、この方が図2と図3よりもまとまりがよくなる。すなわち2.0からの質量力係数の低下の様子がそろってることがわかる。このことは力の方向に直行する方向の流速が係数の減少に強く関係していることを暗示しているといえるが、その機構については別途報告する。図4と5によれば、質量力係数はKC数の増加とともに一様に減少するが、 β 数により増加に転じるKC数が異なるといえる。そこで変化の状況を考察するため、a)減少し始めの点、b)増加に転じる点、c)増加後の最大点、における波力ベクトルの1周期間の時系列を β 数の小さいほうから順に図6, 7, 8に示した。これらは正方形の枠の中心が模型の中心で、そこから円柱全長に働く力の大きさと方向を線で描いたものである。図6は浅海性の波であり、鉛直方向に比べて水平方向の力が大きい。図7と8は深海性の波であり、ベクトルの軌跡は概ね円を描く。まず深海性の波力をみると減少開始のa)図ではほとんど正円に近い形となるが、増加に転じる点のb)図では上下に非対称性が発生しているし、浅海性の波力はa)図で



変形した楕円であるがb)図ではフラットな形となり、波力の形状が変化する。流線の目視観測によると、 $\beta = 1950$ の場合、KC数が2前後になると模型のまわりに渦が視認されるようになり、3前後では渦がさらに成長して模型上部から下部まで約半周期で移動し、その後放出されるようになる。これらのことから、質量力係数の増加は渦の生成と放出が原因ではないかと考えられる。

4. あとがき： 波周波数による波力の変化を調べたが、質量力係数は、力と直行する方向の流速を用いたKC数の増加とともに β 数によらず一様に減少するが、増加に転じる様子は β 数により異なり、それは渦の生成と放出に関係するらしいことがわかった。

参考文献：

上北，山崎(1980)：水平円柱に作用する質量力に関する研究，27回海工論文集，pp. 358-362

増田，渡部，堀川(1985)：波動場におかれた水平円柱に作用する波力と周辺流速場，40回年講，pp. 541-542

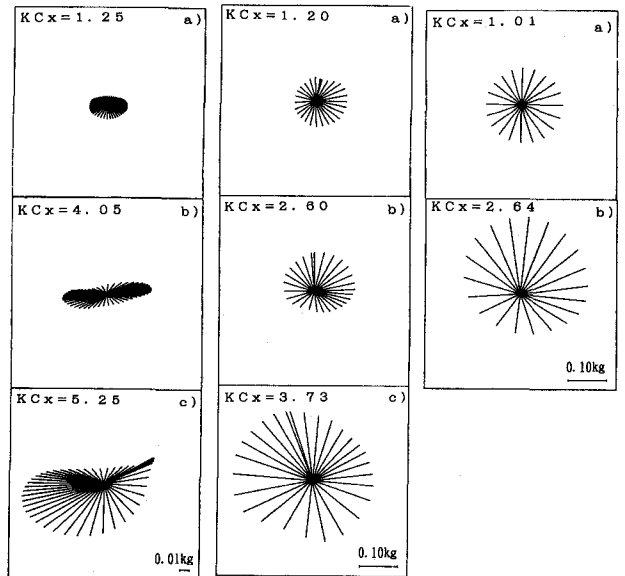


図6. 波力ベクトル ($\beta=1030$) 図7. 波力ベクトル ($\beta=1950$) 図8. 波力ベクトル ($\beta=2570$)