

# 波力算定における諸係数の変動特性について

住金鋼材工業株式会社 正員○米山 晴彦

鳥取大学工学部 正員 松原 雄平

鳥取大学工学部 正員 野田 英明

## 1) はじめに

円柱に作用する波力を算定する際にMorison式がしばしば用いられる。この式は入射波長 $L$ に比較して円柱の径が小さい条件( $D/L < 0.2$ )における波力算定公式として、設計等の実務の場で広く用いられてきた。

同式を用いる場合、抗力係数  $C_d$ 、質量力係数  $C_m$  にいかなる値を選択するかが問題となる。従来、こうした波力算定係数に関しては、波浪条件から決まる $Re$  数や $KC$ 数と関係づけて、その変動特性が論じられてきた。しかし、従来の大部分の研究では、各係数は時間的に変化しないものとして議論されてきたており、抗力係数あるいは質量力係数が、円柱周囲の流体運動とともに変化するという立場からの、各係数の時間的変動特性等については十分な検討がなされていない。本研究では波動場に設置された直円柱の局所波力を精確に測定し、波の位相変化にともなう抗力係数、質量係数の時間的変化を検討しようとするものである。

## 2) 実験装置及び方法

実験は幅0.6m、深さ1.1m、長さ25m の鋼製二次元波動水槽を用いて行った。この水槽内に図1に示すような防水型3分力検出器を設置し、これに長さ10.7cm、直径2.5cmの円柱を取り付け、波の進行方向の波力、揚力並びに鉛直方向の流体力を測定した。図2に示すように波力測定用の円柱の上部には同じ直径の円柱をダミー円柱として取付け、局部円柱の上部の影響をできる限り小さくした。

波力係数算定には、Al-Kazilyによって提案されている2点法を用いた。これは $C_d$ および $C_m$ が、微小時間ではその変化が無視し得るとして、異なる2時点間で、 $C_d$ および $C_m$ を未知数として、連立方程式を解き、その時刻の値とするものである。すなわち任意の時刻 $t$ における抗力ならびに慣性力を $F_d(t)$ および $F_i(t)$ で表すと、時刻 $t + \Delta t/2$ における $C_d$ および $C_m$ は

$$C_d(t + \frac{\Delta t}{2}) = \frac{1}{Q} \begin{vmatrix} F(t) & F_i(t) \\ F(t + \Delta t) & F_i(t + \Delta t) \end{vmatrix}, \quad C_m(t + \frac{\Delta t}{2}) = \frac{1}{Q} \begin{vmatrix} F_d(t) & F(t) \\ F_d(t + \Delta t) & F(t + \Delta t) \end{vmatrix}$$

ここに  $Q = \{F_d(t)F_i(t + \Delta t) - F_d(t + \Delta t)F_i(t)\}$

で表される。

局部円柱に作用させた波の条件は、図3に示すように抗力が卓越する条件、抗力と慣性力とがほぼ等しい条件、さらに慣性力が卓越する条件となるように設定した。図中の縦軸には波高 $H$ と円柱 $D$ との比 $H/D$ 、横軸には水深 $h$ と波長 $L$ の比 $h/L$ がとってある。従来、固定直円柱作用する波力に対しては抗力、慣性力の卓越領域が示されている。しかし、海中に没水係留される円柱に対しては、従来の卓越領域区分は変わる。すなわち、没水円柱の設置水深を $-Z$ 、長さを $l$ とすると $V = -Z/h$ 、 $d_e = l/h$ として、図中に示すように、パラメーター $V$ ならびに $d_e$ の変化とともに卓越領域が変化する。同図から同一の波浪条件に対しても設置水深が浅くなるにつれ、より抗力が卓越する条件となることがわかる。

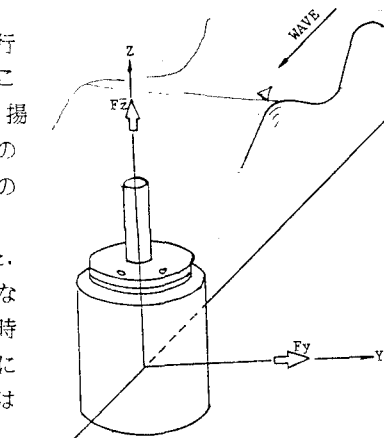


図1 3分力検出器

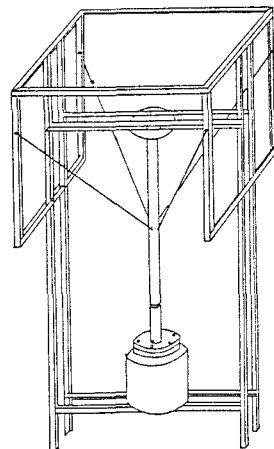


図2 局部波力測定装置

また、水粒子速度ならびに加速度の算定にはストークスの第3近似解を用いた。

3) 実験結果の考察 図4および5は、水深を50cm、波の周期を2.0secとし、波高を12.0cm、13.0cmならびに18cmと変化させた場合の、抗力係数および慣性力の時間的変化を示したものである。この波浪条件は、抗力が卓越する領域である。図4よりいずれの波高におけるCdの値も、位相が $t/T = 0.25, 0.75$ 近傍においてピーク値をとっている。この理由としては上記の位相の近傍において、抗力成分の値が零に近い値をとるため、抗力係数Cdの算定式の分母が零に近くなることによる。上記の位相を除くと、ほぼCdの値は1から0の間の値をとることが分かる。図5の質量係数Cmの時間的変化の図からは、位相 $t/T = 0.5$ 近傍で増大する傾向が認められる。これも前述と同様の理由によるもので、波力成分のうちの一つである慣性力が零近傍の値をとるためであると考えられる。図6は周期を2秒、水深を55cmとして、同じように波高を変化させた場合に、得られたデータである。この図を図4と比較すると、変動の傾向は類似しているものの、0.25および0.75近傍の位相を除いて、Cdの値が大きく現れていることである。一方、図7は水深45cm、波高2.09cm周期1.35secに於ける抗力係数ならびに慣性力係数の時間的変化を示したもので、この波浪条件は、慣性力の卓越する領域である。この図と、前出の結果とを比較すると、算定された係数値の変動が少ないこと、特に慣性係数は、波の位相にかかわらずほぼ1.0近くの値をとり、図5の結果と著しく異なることがわかり、波浪条件の変化と共に、CdおよびCmの時間的変化も大きく変わるといえる。また図中の実線および波線は最小自乗法によって得られた結果であるが、直円柱に対して与えられている値に近いこと、また各係数の時間的変化もほぼ等しいことが分かる。

#### 4) 結語

本研究において得られた結果をまとめると以下のようである。

- A) 局部波力においても全波力の場合と同じ傾向の抗力係数、質量係数の時間的変化が生じることがわかる。
- B) 波浪条件の変化と共に、抗力係数ならびに慣性力係数の時間的変動特性は大きく変わる。

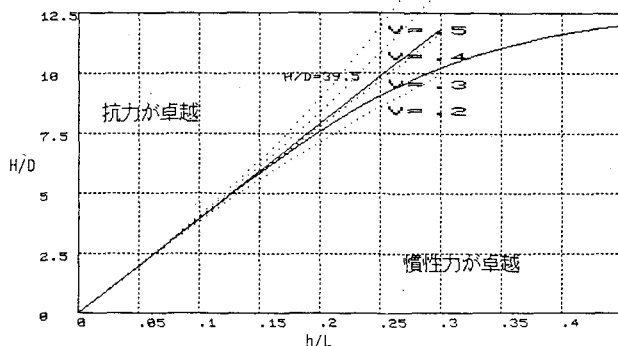


図-3 抗力及び慣性力の卓越領域

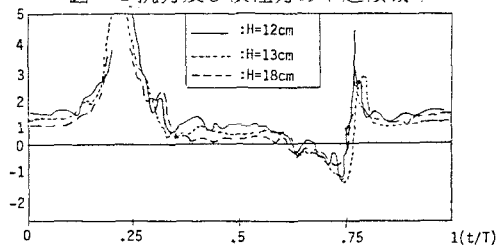


図-4 抗力係数の時間的変化

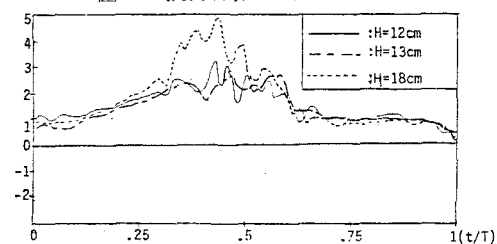


図-5 慣性力係数の時間的変化

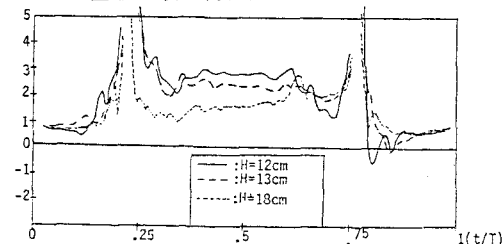


図-6 抗力係数の時間的変化

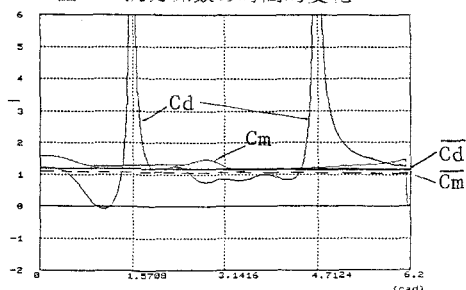


図-7 Cd, Cm の時間的変化