

防衛大学校 学生会員 下窪 剣 正会員 林 建二郎
正会員 藤間 功司 正会員 重村 利幸

1. はじめに

波動場においては、流体運動の大きさが水深方向に変化する。従って、鉛直に設置された柱状海洋構造物に作用する波力の評価においては、作用波力の水深方向変化特性をも考慮する必要がある。本研究は、規則波中に鉛直に設置された小口径円柱（直円柱）に作用する波力の水深方向分布特性を明らかにすることを目的として、直円柱の全長および部分長に作用する波の進行方向波力とその直角方向に作用する揚力の計測を行ったものである。

2. 実験装置および方法

実験は長さ 40m、幅 0.8m、高さ 1m の吸収式造波装置付き 2 次元造波装置を用いて行った。試験円柱の概略を図-1 に示す。三分力計に片持梁形式で取り付けられたアクリル製円柱パイプ（外径 $D=3\text{cm}$ 、内径 $=2\text{cm}$ 、長さ $=90\text{cm}$ ）を図-1 に示すように鉛直設置し、円柱に作用する波の進行方向全波力 F_x と全揚力 F_y を計測した。円柱下端と水槽床部との間隔 δ は 1mm 以下とした。試験円柱内に組み込まれた小型二分力計を用いて、静水面下 z の位置にあるセグメント円柱（外径 $D=3\text{cm}$ 、長さ $=3.0\text{cm}$ ）の単位長さ当たりに作用する波の進行方向波力 dF_x と揚力 dF_y を計測した。セグメント円柱の設置位置は静水面下 $z = -11.8, -18.3, -27.3, -37.2, -47.3, -56.5, -66.1\text{cm}$ の 7 カ所とした。

実験波には静水深 $d=70\text{cm}$ を有する規則波を使用した。作用波の水位変動 η の計測には、容量式波高計を用いた。波高計は円柱から真横に 20cm 離れた位置に設置した。波の水粒子速度の水平方向成分 u の計測には超音波式流速計を使用した。

得られた出力信号はサンプリング周波数は $16.6 \sim 50\text{Hz}$ で AD 変換しフロッピーディスクに記録した。サンプリング数は 2048 個とした。

3. 結果および考察

波の進行方向全波力および全揚力の無次元値 $F_x/(\rho g D^3)$ 、 $F_y/(\rho g D^3)$ の波長-水深比 L/d に対する変化特性の一例を図-2、図-3 にそれぞれ示す。波高 H は円柱径 D の 5 倍 ($H/D=5$) に固定している。 $F_{x\text{mean}}$ は実測波力 F_x の各波周期における最

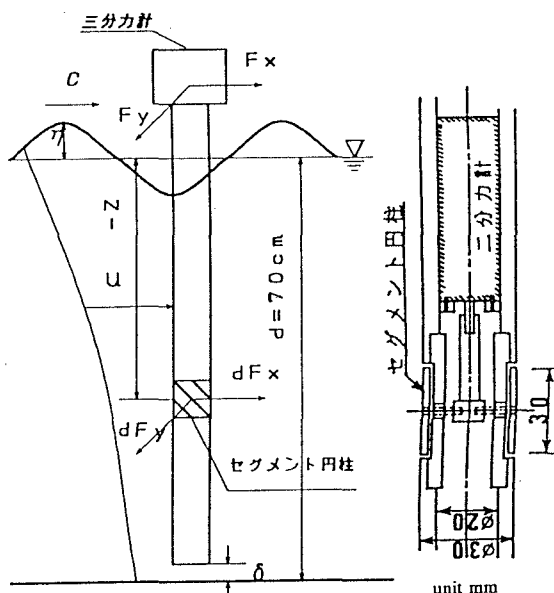


図-1 実験装置

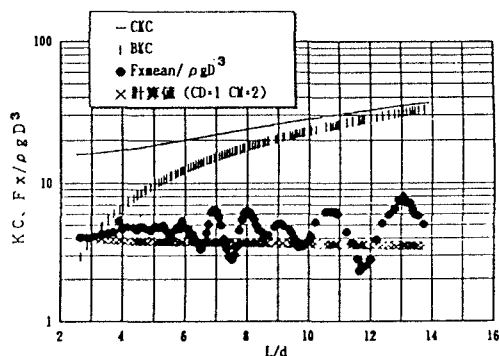


図-2 F_x と L/d の関係

大値の平均値である。 $F_{y\max}$ および F_{yrms} は、実測揚力 F_y の最大値と実効値 (rms. 値) である。これら図中には、モリソン式および揚力式を用いて算定した進行方向全波力と全揚力の計算値 " を $\times$ 印でそれぞれ示している。モリソン式中の抗力係数 CD および質量係数 CM は水深方向に一定であると仮定しそれぞれ 1 と 2 にした。揚力式中の揚力係数 CL は水深方向に一定であると仮定し 1 とした。水平水粒子速度 u とその加速度 du/dt の算定には微小振幅波理論を用いた。これら図中には、静水面の位置および水底における *Keulegan-Carpenter* (KC) 数である CKC と BKC をそれぞれ実線 (—) と () 線でそれぞれ記入している。 F_{xmean} および F_{yrms} は L/d 値に対して変動している。その理由としては、KC 数の変化に伴う円柱からの掃き出し渦構造の変化および消波斜面からの部分反射波の影響等が考えられる。

水位変動 η と各水深 z における部分揚力 DF_y の時間記録例を図-4の a)、b) に示す。図中の a) は $H/D=5$ 、 $L/d=7.01$ 、b) は $H/D=5$ 、 $L/D=7.67$ の波浪諸元を有する規則波の場合である。図中には水平水粒子速度 u の実測値より算定した各測定点 z における KC 数を記入している。a) の場合は、部分反射波の影響で u が大きくなった結果、KC 数は 18.8 から 24.3 の範囲にある。従って、全測定点 z において dF_y の卓越周波数 f_y は作用波周波数 f_w の 3 倍となっている。一方、b) の場合は、部分反射波の影響で u が減少した結果、KC 数は 13.8 から 17.3 の範囲にある。 $KC < 15$ の測定点 $z = -37.2$ 、 -47.3 、 -56.5 、 -66.1 cm においては dF_y の卓越周波数 f_y は f_w の 2 倍となっているが、 $KC > 15$ の測定点 $z = -11.8$ 、 -18.3 、 -27.3 cm においては f_y は f_w の 3 倍となっている。

部分波力の水深方向分布特性の一例を図-5の a)、b) に示す。 $dF_{x\max}$ および dF_{xmean} は、実測波力 dF_x の最大値と各波周期における最大値の平均値である。 $dF_{y\max}$ および dF_{yrms} は、実測揚力 dF_y の最大値と実効値 (rms. 値) である。これら図中には、モリソン式および揚力式を用いて算定した部分 dF_x と dF_y の計算値を $\square$ 印でそれぞれ示している。水底面近傍においては、底面境界の影響を受け実測値の $dF_{x\max}$ と dF_{xmean} は増加している。 u および du/dt の算定においては、部分反射波の影響が考慮されていないため、 dF_x の計算値と実測値の差は大である。

参考文献 1) 近藤、武田：消波構造物、森北出版、1983

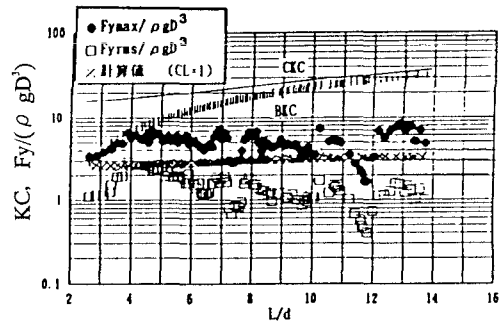


図-3 F_y と L/d の関係

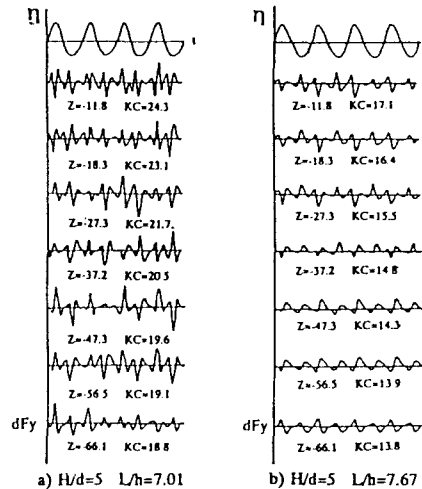


図-4 部分揚力 (dF_y) の記録例

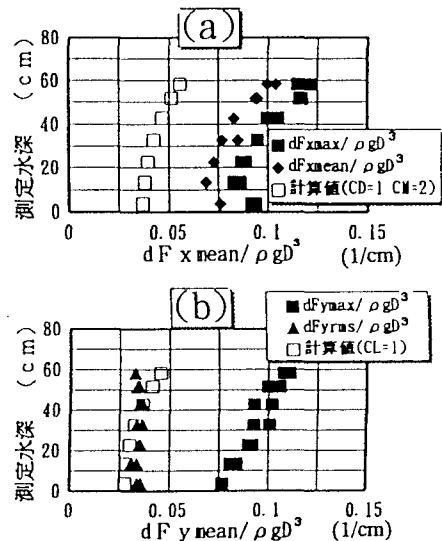


図-5 部分波力の水深方向波力 ($H/D=5$ $L/d=7.18$)