

## II-442

## 振動流中の底面上に置かれた有限長円柱に作用する流体力について

防衛大学校土木工学教室 学 生○赤木俊仁

" " 正 員 林建二郎

" " 正 員 藤間功司

" " 正 員 重村利幸

## 1. はじめに

海底に設置された没水構造物(例えば人工漁礁)のような有限高さを有する構造物に作用する波力に関する研究においては、作用流体力の三次元性を考慮する必要がある。しかし、この点に関する研究はまだ少ないようである<sup>1), 2), 3)</sup>。本研究は、この波力の三次元性に対する基礎的研究として、一様振動流中の底面上に置かれた有限高さを有する円柱に作用する流体力の三次元性を調べる実験を行ったものである。

## 2. 実験装置および方法

実験は、水平方向に正弦振動する振動台上に固定された鉄枠製ガラス張り水槽を用いて行った(振動流発生装置)。実験装置の概略および用いた座標系を図-1に示す。

水槽の振動に伴って生じる水槽内自由水表面の揺動を防ぐために、水槽上面にはアクリル板製上蓋を設けた。底面に相当する端板(595x480x5mm)を、上蓋の下側に水平設置した。この端板は、水槽上部の支持台に固定されている。試験円柱(アクリル製、外径 $D=5\text{cm}$ )は、端板内および上蓋内に設けられたスリット孔を通る支持棒(外径 $D=3\text{mm}$ )を用いて三分力計に片持梁形式で接続した。三分力計を用いて、試験円柱に作用する流体力の水平方向二分力( $F_x$ : 振動流方向、 $F_y$ : 振動流の直角方向)を測定した。

試験円柱上面と端板との間隙は1mm以下とした。試験円柱の長さ $h$ は、2.1cm, 4.2cm, 6.3cm, 10.5cm, 20cm, 40cmの6種類である。水槽の振動周期(=振動流周期 $T$ )は5secに固定し、振動振幅 $A$ は1-18cmとした。従って、 $KC$ 数( $=2\pi \cdot A/D$ )の範囲は1.3-22.6であり、 $\beta$ 値( $Re/KC=D^2/(\nu T)$ )は500である。水槽変位量を示すポテンシオメーターからの出力信号および三分力計からの出力信号は、サンプリング周波数100hzでAD変換しフロッピーディスク内に記録した。サンプリング個数は4000個とした。

## 3. 結果および考察

$F_x$ ,  $F_y$ の各無次元値 $F_x/(\rho g h D^2)$ ,  $F_y/(\rho g h D^2)$ と $KC$ 数との関係を、 $h/D$ をパラメータとして図-2 a), b)にそれぞれ示す。 $F_x$ ,  $F_y$ の値はゼロアップクロス法による代表値である。 $F_x/(\rho g h D^2)$ は、 $KC$ 数に対して指数関数的に増加している。 $KC$ 数の増加に伴い $h/D$ の影響( $h/D \rightarrow$ 大、 $F_x/(\rho g h D^2) \rightarrow$ 大)が認められる。 $F_y/(\rho g h D^2)$ は、 $F_x/(\rho g h D^2)$ より小さいがその大きさに対する $h/D$ の影響

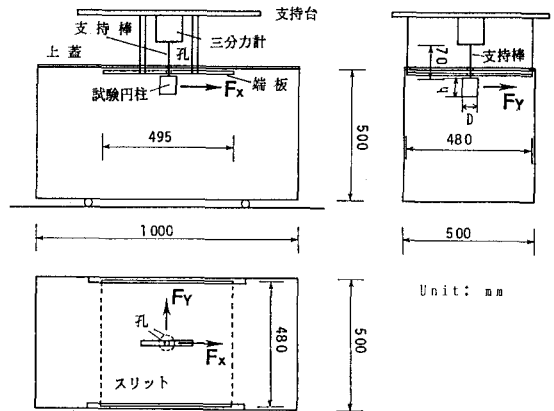
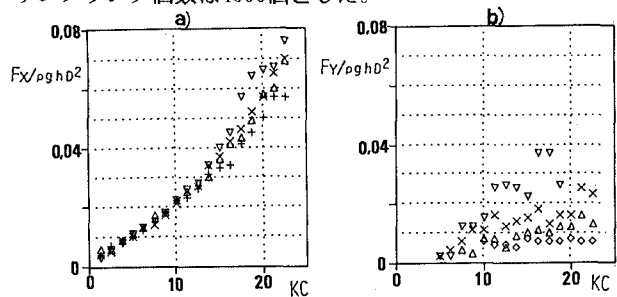


図-1 実験装置の概略および座標系

図-2  $F_x/(\rho g h D^2)$ ,  $F_y/(\rho g h D^2)$ と $KC$ 数の関係

(□  $h/D=0.42$  ◇  $0.84$  △  $1.26$  ×  $2.1$  ▽  $8$ )

響はより顕著である ( $h/D \rightarrow \text{大}$ ,  $F_y/(\rho g h D^2) \rightarrow \text{大}$ )。

$F_x$ の解析には、次式で示されるモリソン式を用いた。式中の抗力係数 $C_D$ 、質量係数 $C_M$ の算定には最小自乗法による方法を用いた。

$$F_x = C_D \cdot \rho \cdot D \cdot h/2 \cdot |u| u + C_M \cdot \rho \pi D^2 h/4 \cdot du/dt \quad \text{---(1)}$$

式中  $u$ : 振動流速、 $du/dt$ : 振動流加速度

$\rho$ : 水の密度

$F_y$ の解析には、揚力式を用いた。式中の揚力係数 $C_L$ の算定には次式を用いた。

$$C_L = F_y / \{ \rho \cdot D \cdot h/2 \cdot (u_{\max})^2 \} \quad \text{---(2)}$$

式中、 $F_y$ はゼロアップクロス法による実測値 $F_y$ の代表値、 $u_{\max}$ は振動流速 $u$ の最大値である。

これら得られた $C_M$ 、 $C_D$ 、 $C_L$ と $KC$ 数との関係を、 $h/D$ をパラメータとして図-3、図-4、図-5にそれぞれ示す。これら図中には、波力の3次元性が少ない場合の代表的な結果であるSarpkayaの結果 ( $\beta$ 値=499)を比較のためにそれぞれ実線で記入している。ただし、図-5に示すSarpkaya等の結果は、 $C_L$ の最大値を示す。

これら図より以下のことが認められる。

- 1)  $KC$ 数の増加に伴い $C_M$ が減少する傾向 ( $KC=12-13$ で最小値)は、 $h/D$ の増加に伴い顕著となる。
- 2)  $C_D$ と $KC$ 数の関係においては、 $h/D$ の影響が明確に認められる ( $h/D \rightarrow \text{大}$ ,  $C_D \rightarrow \text{大}$ )。
- 3)  $C_L$ と $KC$ 数の関係においても、 $h/D$ の影響が明確に認められる ( $h/D \rightarrow \text{大}$ ,  $C_L \rightarrow \text{大}$ )。

強制動揺装置を用いて円柱模型を静水中で振動させた場合においても、上記と同様な結果が報告されている<sup>2)</sup>。また、 $h/D$ の増加に伴う $C_D$ の増加現象は、定常流中の場合においても報告されている<sup>1)</sup>。

$h/D$ の減少に伴う $C_D$ 、 $C_L$ の減少は、円柱後流渦の組織構造に及ぼす円柱自由端の影響(波力の三次元性)が大となったためと考えられる。

#### <参考文献>

- 1) 岡本, 八木田: 一樣流に平行な平面に垂直に置かれた有限円柱の流れに関する実験的研究、機械学会論文集、第38巻、313号、pp.2259-2267、1972。
- 2) 星野, 中村, 小寺山: 振動流中の3次元円柱周りの流れの可視化と円柱に加わる流体力に関する実験的研究、第59回海洋工学委員会性能分科会資料、1991。
- 3) 田村, 林ら: 底面上に置かれた円柱に作用する振動流の流体力について、第17回関東支部概要集、1990。
- 4) Sarpkaya and Isaacson: Mechanics of Wave Forces on Offshore Structures, Van Nostrand Reinhold, 1981。

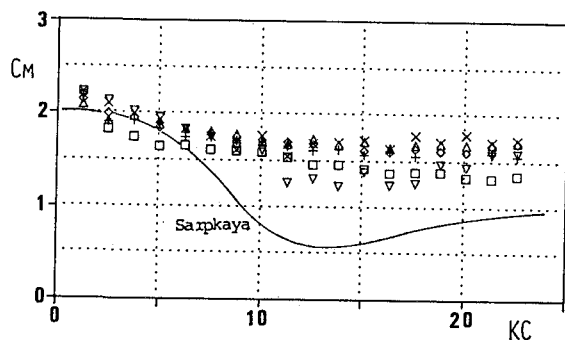


図-3  $C_M$ と $KC$ 数の関係 (記号は図-2参照)

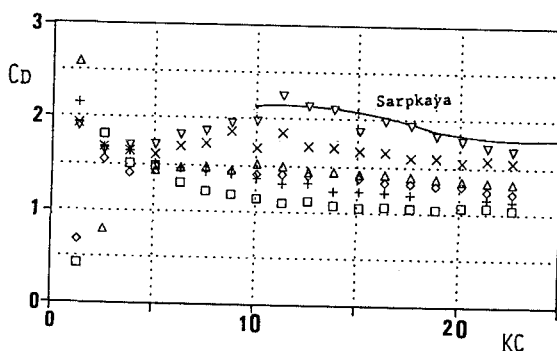


図-4  $C_D$ と $KC$ 数の関係 (記号は図-2参照)

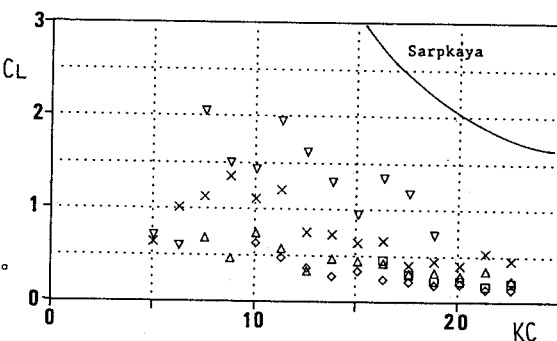


図-4  $C_L$ と $KC$ 数の関係 (記号は図-2参照)