

防衛大学校土木工学教室 学 生○川原 修

" " 正 員 林建二郎

" " 正 員 藤間功司

" " 正 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、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、前報¹⁾と同様に、鉛直設置された小口径円柱（直円柱）に作用する揚力の水深方向変化特性を明かにすることを目的として、直円柱に作用する全揚力の、波動流れ場の水深方向変化特性を示す主要なパラメーターである kd 値（ $kd=(2\pi/L)\cdot d$ 、 L :波長、 d :水深）に対する変化特性を調べたものである。前報¹⁾では、全揚力モーメントのみの計測であったが、今回は全揚力と全揚力モーメントの計測を行った。

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次元造波水槽を用いて行った。三分力計に片持梁形式で取り付けられたステンレス製円柱パイプ（外径 $D=2\text{cm}$ 、内径 $=1.67\text{cm}$ 、長さ $=98\text{cm}$ ）を図-1に示すように鉛直設置し、円柱に作用する全揚力 F_L と三分力計まわりの全揚力モーメント MF_{L0} を計測した。円柱下端と水槽底部との間隙 δ は1mm以下とした。

作用波の水位変動 η の計測には、サーボ式波高計を用いた。測定位置は円柱から真横に20cm離れた点とした。三分力計と波高計からの出力信号は、サンプリング周波数33.3~50HzでAD変換しフロッピーディスクに記録した。サンプリング個数は4096個とした。

本実験に用いた実験条件を表-1に示す。実験波には、静水深 $d=80\text{cm}$ を有する規則波を用いた。Case Aは、静水表面の位置における KC 数（ $=KC=u_{cmax}\cdot T/D$ 、 u_{cmax} :静水表面の位置における波水平水粒子速度の最大値、 T :作用波周期）を約10に固定し、 kd 値を変化させたものである。Case B-1, B-2, B-3は、 kd 値を $kd=1.06, 1.21, 1.30$ に固定し、 KC を変化させたものである。静水表面の位置における Re 数を CRe とする。 u_{cmax} の算定には微小振幅波理論式を用いた。

3. 実験結果および考察

全揚力 F_L および三分力計まわりの全揚力モーメント MF_{L0} は、(1), (2)式でそれぞれ示される。

$$F_L = \int_0^{d+\eta} \Delta F_L(z) \cdot dz \quad \text{--- (1)}$$

$$MF_{L0} = \int_0^{d+\eta} \Delta F_L(z) \cdot (s+d-z) \cdot dz \quad \text{--- (2)}$$

式中、 $\Delta F_L(z)$ は水深 z の位置の円柱単位長さ当りに作用する揚力である。 s は、三分力計内のモーメント測定点と静水表面との距離である（ $S=24.5\text{cm}$ ）。

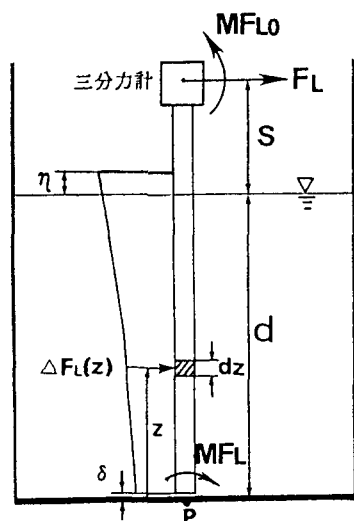


図-1 実験装置の概略

表-1 実験条件

Case	KC	kd	CRe
A	10	0.75~1.42	1287~2083
B-1	7~16	1.06	1184~2707
B-2	7~16	1.21	1303~2979
B-3	7~16	1.30	1372~3137

(1), (2)式より、水槽床面上のp点まわりの全揚力モーメント MF_L は次式で示される。

$$MF_L = \int_0^{d+H} \Delta F_L(z) \cdot z \cdot dz = F_L \cdot (s+d) - MF_{L0} \quad \text{--- (3)}$$

時間変動する F_L と MF_L の最大値を F_{Lmax} 、 MF_{Lmax} 、実効値を F_{Lrms} 、 MF_{Lrms} とし、次式で定義される揚力係数 C_{Lmax} 、 C_{Lrms} 、 MC_{Lmax} 、 MC_{Lrms} を算定した。式中の $u_{max}(z)$ はz点での水平水粒子速度 $u(z)$ の最大値である。Hは波高である。

$$C_{Lmax} = F_{Lmax} / \left\{ \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot D \int_0^{d+H/2} u_{max}(z)^2 \cdot dz \right\} \quad \text{--- (4)}$$

$$C_{Lrms} = F_{Lrms} / \left\{ \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot D \int_0^{d+H/2} u_{max}(z)^2 \cdot dz \right\} \quad \text{--- (5)}$$

$$MC_{Lmax} = MF_{Lmax} / \left\{ \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot D \int_0^{d+H/2} u_{max}(z)^2 \cdot z \cdot dz \right\} \quad \text{--- (6)}$$

$$MC_{Lrms} = MF_{Lrms} / \left\{ \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot D \int_0^{d+H/2} u_{max}(z)^2 \cdot z \cdot dz \right\} \quad \text{--- (7)}$$

CKC=10の場合の、これら各揚力係数のkd値に対する変化特性を図-2, 3にそれぞれ示す。各揚力係数のkd値に対する変化は著しくkd=0.77, 1.02, 1.21, 1.36 で極大値を、kd=0.94, 1.06, 1.28 で極小値をそれぞれ顕著に示すことが認められる。Isaacson等²⁾は、CKC=10の場合、kd=約0.77での C_L 値は、他のkd値 (kd=0.39, 0.53, 1.25, 3.44) での C_L より大きくなる結果を報告している。

水槽床面上のp点まわりの全揚力モーメント MF_L から得られた MC_{Lmax} 、 MC_{Lrms} 、全揚力 F_L から得られた C_{Lmax} 、 C_{Lrms} よりそれぞれ小さい。これは、 $\Delta F_L(z)$ の算定式として通常用いられている揚力式 ($\Delta F_L(z) = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot D \cdot u(z)^2 \cdot dz$) を使用し、式中の流速項 $u(z)$ を微小振幅波理論式を使用して評価した場合の揚力の合力作用点より、実際の合力作用点は下側 (水槽底面側) にあることを示している。

C_{Lrms} とCKC数の関係を、kd値をパラメーターとして図-4に示す。kd=1.21の場合の C_{Lrms} は、7<CKC<16の広い範囲でkd=1.06, 1.30の場合より大きくなっている。

4. おわりに

CKC数が小さい領域では、揚力係数はCKC数の他にkd値の関数でもあることを確認した。この現象におよぼすRe数の影響を調べることを、今後の課題としたい。

参考文献

- 1) Hayashi and Chaplin: Lift Forces on a Rigid Vertical Cylinder in Waves, OMAE-1989, pp.279~285, 1989.
- 2) Isaacson and Maull: Transverse Forces on Vertical Cylinder in Waves, ASCE. WW1, pp.49~60, 1976.

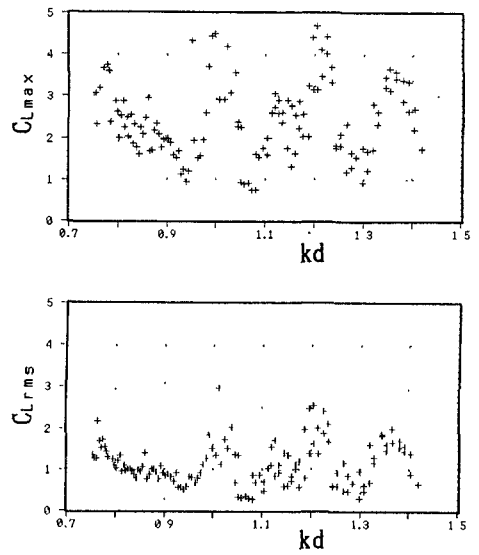


図-2 C_{Lmax} 、 C_{Lrms} とkd値との関係

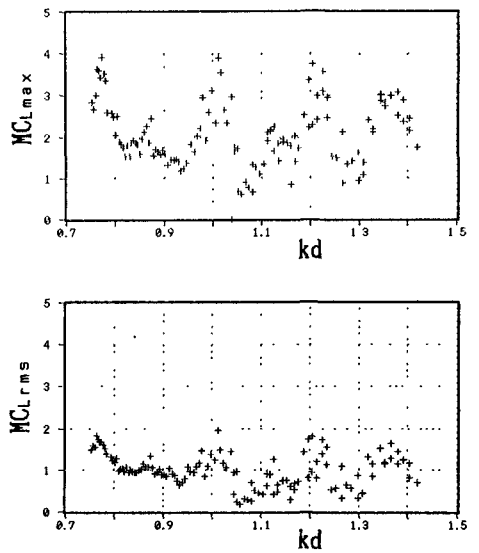


図-3 MC_{Lmax} 、 MC_{Lrms} とkd値との関係

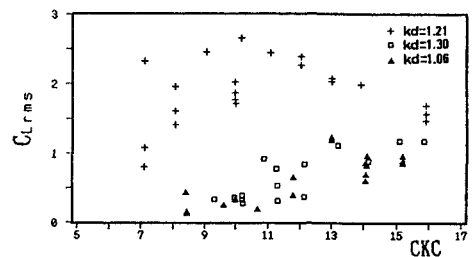


図-4 C_{Lrms} とCKC数の関係