

# 複数円柱に作用する揚力の実験

宮崎大学 工学部 正員 河野ニ夫

〇 学生員 仲座栄三

北本利男

## 1. はじめに

複数円柱に作用する波力干渉効果に関する研究は従来より多くなされている。しかし、構造物背後の渦の発生とその挙動が主要な要因と考えられる揚力に関する研究成果は十分に得られているとは云えない。Laird (1960) らは3本の円柱の静水中の振動実験により発生渦は円柱の揚力に大きく影響することを調べている。また、榎本らは(1975) 鏡像の原理を応用して振動流中での複数円柱の揚力係数に対する干渉効果を調べている。本論文は進行波流中に2本の円柱を並列に配置した場合の円柱に作用する揚力について検討したものである。

## 2. 実験装置および実験方法

二次元造波水槽(長さ1.5m、幅0.6m、高さ1.0m)の中央付近に図1に示すようなテスト円柱および近接円柱を配置し、進行波を作用させたときの波力受圧部( $dz=5\text{cm}$ )に作用する揚力を測定した。波力計測の受圧部は上部円柱の下端に焼青銅板はねで固定し、その変位を直流増幅器でビジュグラフに記録した。なお、容量式波高計により水面波形を計測し、同時記録した。表-1に実験の諸元を示した。なお、円柱の直径は2本共に $D=4\text{cm}$ である。

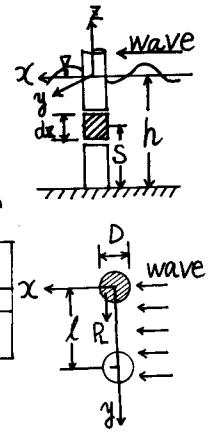


図1 説明図

## 3. 実験結果と考察

### (A) 揚力の波形

揚力の時間的変動と水波形の1例を図2

| T<br>波の周期<br>sec | H<br>波高<br>cm | KC数      | Re数          | $l/D$           | S<br>cm | h<br>cm |
|------------------|---------------|----------|--------------|-----------------|---------|---------|
| 0.6 ~ 3          | 4 ~ 15        | 0.5 ~ 25 | 1000 ~ 15000 | 1.13 ~ $\infty$ | 32.5    | 50      |

表-1 実験の諸元

に示した。図は横軸に時間(t)を取り、縦軸に揚力と水波形を示している。

表2にこれらに対応する実験の諸元を示した。表2の中の $\alpha$ はStokes波の水粒子水平速度の第1次と第2次の近似値の振幅比である。ポテンシャル理論による揚力による円柱受圧部の変位は次式で与えられる。

| 図   | T<br>sec | H<br>cm | $l/D$ | $\alpha$ | KC   | Re   |
|-----|----------|---------|-------|----------|------|------|
| (a) | 0.68     | 7.58    | 1.13  | 0        | 1.30 | 3060 |
| (b) | 1.05     | 11.05   | 1.13  | 0.01     | 4.93 | 7510 |
| (c) | 1.47     | 12.67   | 1.13  | 0.05     | 9.10 | 9910 |

表-2 実験内容

論による揚力による円柱受圧部の変位は次式で与えられる。

$$y(\theta)/y_s = \alpha F_1 \cos(\theta + \gamma_1) + \frac{1}{2} (1 + F_2) \cos(2\theta + \gamma_2) \quad (1)$$

$$F_1 = \left[ \left\{ 1 - \left( \frac{u_0}{\omega_0} \right)^2 \right\}^2 + \left( \frac{2.5 \omega}{\omega_0} \right)^2 \right]^{-1/2}, \quad F_2 = \left[ \left\{ 1 - \left( \frac{2u_0}{\omega_0} \right)^2 \right\}^2 + \left( \frac{4.5 \omega}{\omega_0} \right)^2 \right]^{-1/2}$$

$$\theta = \omega t, \quad \omega = 2\pi/T, \quad \gamma: \text{減衰係数比}, \quad \gamma: \text{Phase lag}, \quad y_s = R \cdot C/l$$

$R$ : 揚力,  $l$ : はね定数,  $C$ : 揚力係数

$$R = \frac{1}{2} \rho D \left( \frac{\pi H}{T} \right)^2 \left( \frac{\cosh ks}{\sinh kh} \right)^2 dz, \quad C \equiv C_L + \frac{3\pi}{4} \left( \frac{D}{l} \right)^3 \quad (2)$$

式(1)で $\alpha$ は十分小さいので、揚力は波動の倍の振動数で変動することになるが、図-2はこのことを示している。

### (B) 揚力と抗力の関係

揚力の極大値( $R_L$ )とX方向の作用波力( $P$ )との関係を図-3に示した。

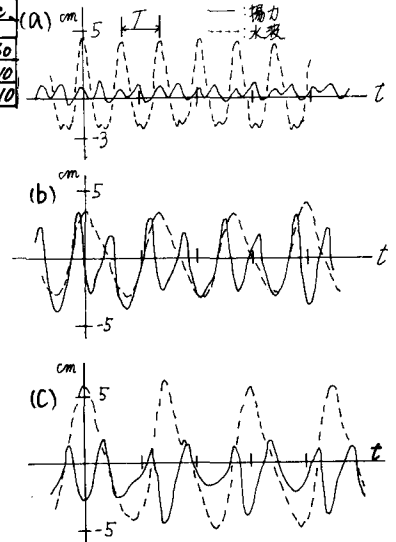


図-2 水波と揚力の時間変動

図によると、KC数の大きい程、2本の円柱間隔の狭い程、 $R$ は $P$ に比較して大きくなることがわかる。

#### (c) 揚力係数

Morisonらの波力算定式を適用すると、揚力 $P_y$ は、

$$P_y = \frac{1}{2} C \rho D U^2 dz \quad (3)$$

円柱が1本の場合は式(2)より $C = C_L$ となる。なお、式(3)で $\rho$ : 水の密度、 $U$ : 水粒子の $X$ 方向の速度である。式(3)より、揚力係数 $C$ を逆算した結果を図-4に示した。図によると式(2)からも判断されるように、 $C$ の値は円柱間の間隔が小さい程大きな値になることがわかる。

#### (D) 無次元揚力

揚力を無次元表示すると、式(2)により、

$$\bar{R} = \frac{1 P_y l}{\frac{1}{2} \rho D (\frac{U}{\omega})^2 dz} = C \left( \frac{\cosh ks}{\sinh kh} \right)^2 \quad (4)$$

式(4)の値と実験値を比較したものの一例を図-5に示した。揚力係数を適当に与えると理論値は実験値を比較的よく説明できることがわかる。

#### 4. 結び

以上の研究成果は次の様に要約される。

(a) 大部分の揚力は波の振動数の2倍の振動数で変動する。このことは理論的にも云える。

(b) 揚力と波の進行方向の流体力の比率はKC数の増加に伴って大きくなり、他方円柱間隔が小さいほど、増大する傾向がある。

(c) 揚力係数はKC数や円柱間隔に大きく影響される。

(d) ポテンシャル理論を用い鏡像の原理を応用して算定した揚力の理論値は実験値の傾向を比較的よく説明できる。

この研究は文部省科学研究(代表者 東京大学名誉教授 元良誠三氏)費による補助を受けた。ここに謝意を表する。

「文部省科学研究費補助金特定研究 (1) 海洋生物過程 (課題番号 511903)」

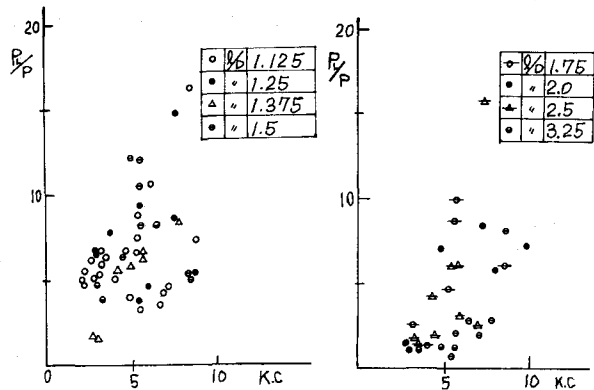


図-3:  $R$ と $P$ の関係

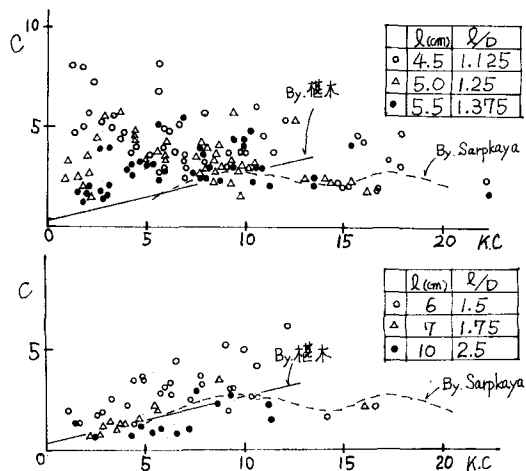


図-4: 揚力係数

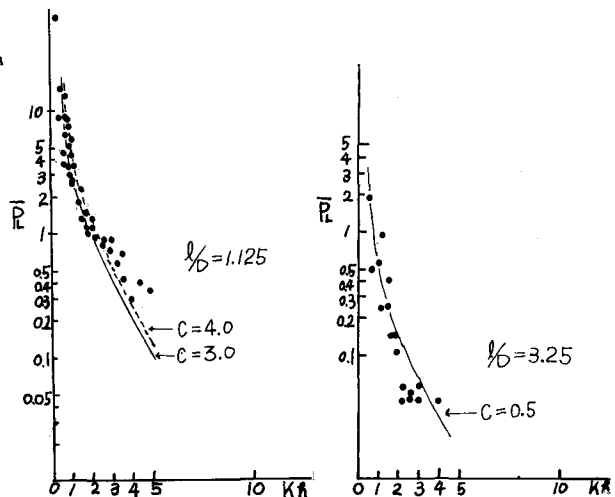


図-5: 揚力の理論値と実験値の比較