

京都大学 正 員 岩垣雄一
京都大学 学生員 石田 啓
京都大学 正 員 喜岡 渉

1. 緒 言 円柱状構造物に作用する波力の算定には、一般にモリソン公式を用い、特に大口径円柱の場合には、MacCamy-Fuchsらによる回折理論を用いるが、前者においては抗力係数の特性が不明確であり、後者では、後流剥離などに伴う抗力が考慮されていない欠点がある。したがってより正確に波力を算定するためには、円柱周辺の波の内部機構と波力の発生機構との関係について調べる必要があり、その第一段階として、本研究では、円柱のまわりの回折波の水粒子速度について取り扱うことにする。

2. 理 論 座標系を図-1のようにとると、回折波の水平方向水粒子速度の円柱壁に沿う方向の成分 U と、鉛直方向の成分 V は、MacCamy-Fuchsの誘導した速度ポテンシャル ϕ より、

$$U = \frac{1}{r} \frac{\partial \phi}{\partial \theta} = \frac{\pi H}{T} \cdot \frac{\cosh k(h+z)}{\sinh kh} \cdot \frac{1}{kr} \left[- \sum_{n=0}^{\infty} \epsilon_n \cdot n \left\{ J_n(kr) - \frac{J'_n(kR)}{H'_n(kR)} H_n^{(w)}(kr) \right\} \sin n\theta \right] e^{i\omega t} \quad \text{.....(1)}$$

$$V = \frac{\partial \phi}{\partial r} = \frac{\pi H}{T} \cdot \frac{\cosh k(h+z)}{\sinh kh} \cdot \left[\sum_{n=0}^{\infty} \epsilon_n \left\{ J'_n(kr) - \frac{J'_n(kR)}{H'_n(kR)} H_n^{(w)}(kr) \right\} \cos n\theta \right] e^{i\omega t} \quad \text{.....(2)}$$

で表わされる²⁾。ここに、 H は波高、 T は周期、 h は水深、 z は測定点の深さ、 R は半径、 k は波数、 ω は角周波数、 J_n 、 $H_n^{(w)}$ および J'_n 、 H'_n は n 次のベッセル関数、 n 次の第一種ハンゲル関数およびそれらの導関数であり、 ϵ_n は $\epsilon_0=1$ 、 $\epsilon_n=2(-1)^n$ ； $n \geq 1$ である。図-2は、式(1)の回折波の水粒子速度 U と、進行波の水平方向水粒子速度の最大値との比を、 $\theta=90^\circ$ 、 $t/T=0.25$ の場合について計算したもので、円柱の径が波長に比べて小さい場合($kR \leq 0.5$)には、壁面上($r/R=1$)の水粒子速度は、進行波の水粒子速度の約2倍となることがわかるが、これは定常流の場合に、円柱壁面上の $\theta=90^\circ$ での流速が、主流速度の2倍になることに対応しているといえる。また、円柱から遠ざかるにつれて水粒子速度は小さくなり、 $r/R \geq 5$ では、進行波の水粒子速度にほぼ一致することがわかる。

図-3は、式(2)の V と進行波の水平方向水粒子速度の最大値との比を、 $\theta=0^\circ$ 、 $t/T=0.25$ の場合について計算したもので、 kR の値が大きくなると、円柱壁面付近の値は正になり、進行波の水粒子速度と逆向きの速度になることがわかる。

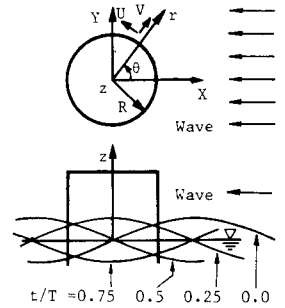


図-1 座標系

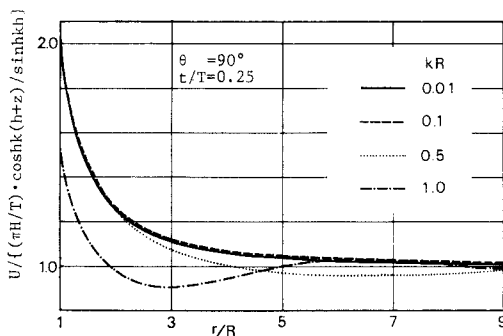


図-2 回折波の水粒子速度 U ($\theta=90^\circ$)

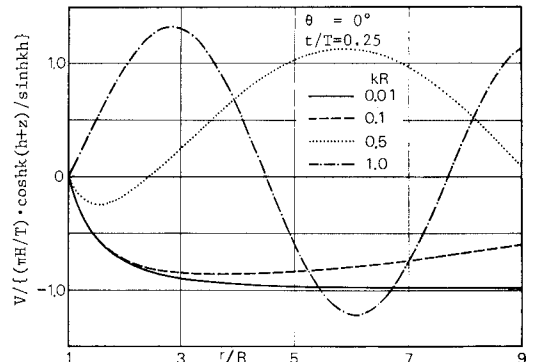


図-3 回折波の水粒子速度 V ($\theta=0^\circ$)

3. 実験 円折波の水粒子速度を測定するために、長さ17.5 m、幅7.5 m、深さ75 cmの水槽の中央に、図4に示すように、半径 $R=10$ cmのアクリル製円柱を設置し、直流パルス発生装置を用いて、円柱側壁から水平に張った白金線(直径0.1 mm)より水素気泡列を発生させ、これを水面上より写真撮影したが、白金線にはほぼ1 cmごとにペンキが塗付されており、気泡のr方向および θ 方向の移動位置を知ることが出来る。その一例を写真1に示すが、これらの写真から、気泡間隔と読みとり、気泡発生時間々隔で割ることにより、 U および V の値を算出した。

4. 結果および考察 実験結果の散例を図5(a)~(e)に示す。図中の白丸は測定値であり、実線は式(1)あるいは式(2)による理論曲線である。図よりわかるように、 V の実験値と理論値はほぼ一致しているといえるが、 U については、値そのものは全般的に実験値の方が理論値より小さく、また両者の分布形状は、円柱前面($\theta < 90^\circ$)ではほぼ一致する反面、円柱背面($\theta > 90^\circ$)では、両者の相違が大きくなるように思われる。しかし、測定値には、速度場が時間的場所的に変化することにもとづき誤差が混入しており、したがって、より正確を期すためには、ストリークラインそのものの形状について、理論値と実験値と比較することが考えられる。

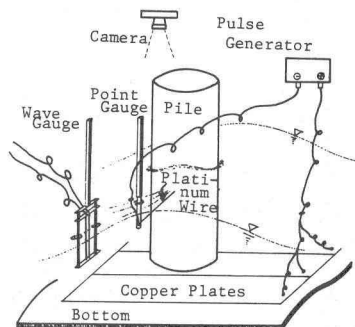


図4. 実験装置模式図

なお本実験の範囲では、層流離離やそれに伴う後流渦などは発生しなかったがこれらについても、すでに理論的および実験的研究がおこなわれて、次の機会に述べることにする。最後に、本研究は文部省科学研究費による研究の一部であることを付して、謝意を表する次第である。

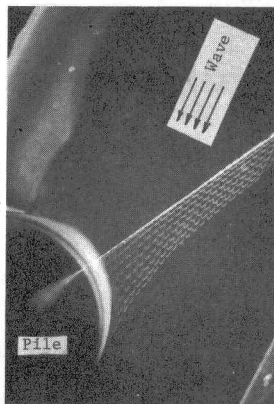


写真-1. 気泡列($\theta=30^\circ$)

—参考文献—

- 1) MacCamy, R.C. and Fuchs, R.A.: Wave force on a pile: diffraction theory, Tech. Memo. No. 69, B.E.B., 1954.
- 2) 荻原雄一・石田 浩・喜国 渉: 円折波による円柱周辺の水粒子速度について、関西支部年次学術講演会講演概要 pp.53-1~II 53-2, 1974.

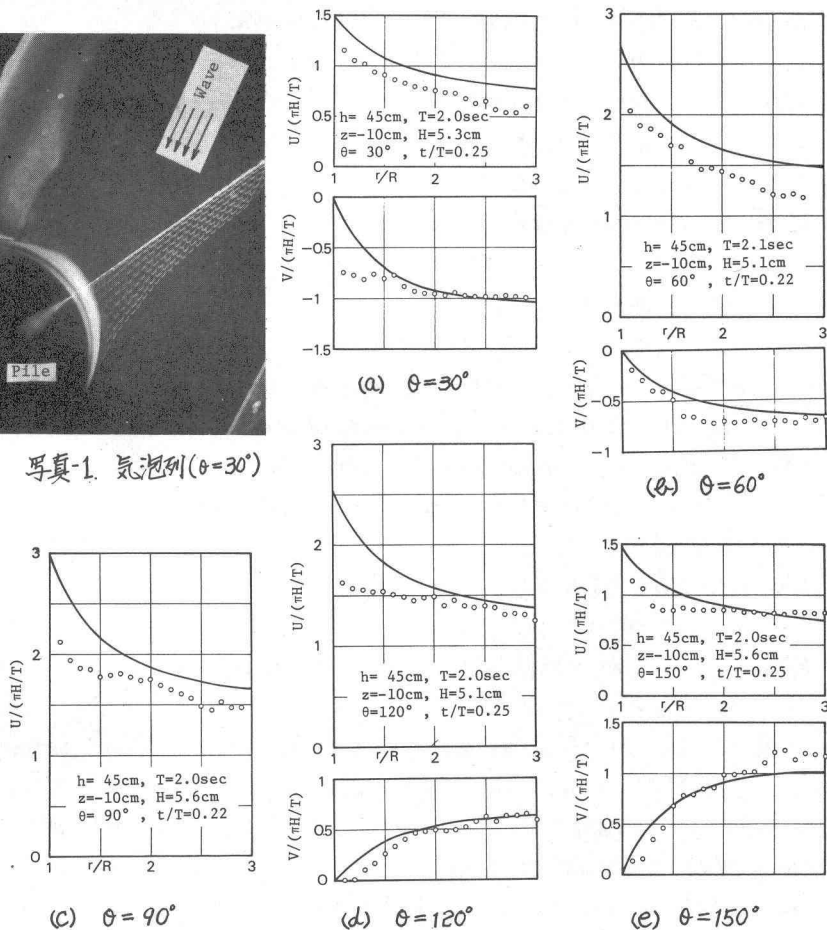


図-5 円折波の水粒子速度 U および V の分布