

縦列構造の円柱に作用する波力の干渉効果について

大阪大学工学部 正員 榎本 亨
 大阪大学大学院 学生員 〇中村孝幸
 大阪大学大学院 学生員 荻田 浩

1. まえがき

構造体としての円柱に作用する波力については、円柱の波力に及ぼす干渉効果が不明確なため、弾性応答などの諸問題に対しては単に波の空間的な位相効果のみを考慮して単円柱波力の合力として取り扱うのが一般である。従来波力に及ぼす複数円柱の干渉効果については、実験的には極大波力に着目して干渉効果が生じる限界円柱間距離を与えたMorisonの研究、理論的には、回折理論を用いたLobatonや大橋の研究などがあるが、回折理論では、実際の現象においてかなり卓越する抵抗力項の評価を論議できない欠点がある。さらに近岸浅流渦の形成状態と密接に関連していると考えられている揚力については、未定量的評価を与えられず、たゞ一種流れについてのLairdの研究があるにすぎない。

そこで本研究では、構造体として縦列する円柱を用い、その中央円柱を対象として、単円柱の場合に渦形成掃出の生じるような状態と生じないような状態の両者について、円柱間距離を変化させ、波進行方向力と横方向力(揚力)を測定し、その量的評価ならびに周波数領域の評価を単円柱との比較において検討した。

2. 実験方法

波力測定装置は、既に昭和49年度の第4次学術講演会の概要集に示したものと同様の変形両端固定梁形式のものを用いて測定した。また、波力測定用円柱には、径26cmと74cmの二種類を用いた。実験時の水深は、水平床土35cmであり、水槽巾は75cmである。波浪条件としては、周期1.1~1.5秒、波高3~11cmの規則波を用いた。したがってこれらの実験は円柱Reynolds数としては、 $2 \times 10^3 \sim 2 \times 10^4$ 、K-C数としては2~17の範囲にある。3本円柱の間隔は、前後で等しくし、外縁距離で1D~3Dの3ケースについて行ない、中央円柱の波力を測定した。波高測定は、中央円柱の真横と円柱側側1m付近の2ヶ所で測定した。また、円柱周囲の渦の形態を調べるため、高速度撮影機により流況撮影も行っている。

3. 進行方向波力に対する干渉効果について

本実験の場合、回折理論によると、円柱径と波長の比 D/L の波力 F に及ぼす効果は、小さいことが検証できる。したがって、これを無視し(実験においてもこの効果は小さい)、さらに一般に無視できるとされているFroud数の効果を考慮せず、3つのパラメーター Re 数 $= \frac{U_{rms} D}{\nu}$ 、K-C数 $= U_{rms} T/D$ 、 l/D (バール外縁間隔と円柱径之比)の波力に及ぼす効果を明らかにしていく。ここに U_{rms} は、水粒子速度の水深方向に関するr.m.s値である。図-1には、波向方向力について縦列構造の中央円柱に作用する極大波力 F_m と単円柱の極大波力 F_{ms} の比を各 l/D の値別にK-C数を横軸にとりRe数をパラメーターにして示したものである。この図より、 F_m/F_{ms} は、 $l/D=1$ のときにはほぼ0.85付近で一定でありK-C数の効果は認められないうのである。 $l/D=2$ のときには、K-C数が8以上ではバラツキが大きくな

ているが、ほぼ0.9付近にららばり、また、 $l/D=3$ のときは、 $K-C$ 数が7以上になると大きいららばりを示すが $F_m/F_{ms}=0.9$ 付近の値で一定と推定される。以上の結果より、 $K-C$ 数の F_m/F_{ms} の比に及ぼす効果は、後述する揚力ほど明確ではなく、ほぼ一定値をとる。 Re 数による F_m/F_{ms} の明確な差異もまた本実験の範囲内では認め難い。さらにこの単円柱に比しての減力率については、なお現在不明な点が多いがこれに対する考察は講演時に述べたい。また、減力の周波数領域における l/D の効果を明らかにするため、単円柱の減力スペクトルと、3本中央円柱のそれとを分散で除した $S_F(f)/\sigma_F$ で比較してみたが、 l/D による有意な差異は認められずスペクトル形としては、完全な相似形であり l/D の効果は全、認められない。

4. 揚力に対する干渉効果について

前図既に明らかにしたように、 $K-C$ 数の値により不規則的な出現をするものがある。したがって、統一した比較をするため1/10有義揚力を用いて、3本中央円柱揚力 F_L と単円柱のそれ F_{Ls} の比の $K-C$ 数による変化を示したのが図-2である。この図より F_L/F_{Ls} は、 l/D の各々について、 $K-C$ 数の増大と共に減少傾向にあるが $l/D=1$ が $l/D=2$ のときより同一 $K-C$ 数について小さく、なっており、とくに $K-C$ 数が7より大きい場合にその干渉効果が大きくあらわれている。図-3は、揚力の周波数領域での l/D の効果を示すもので、波の1.2倍周波数に対応する揚力のスペクトル密度の正規化された値について、3本中央円柱と単円柱の比 $k_i = \{ \frac{S_L(f_i)}{\sigma_L^2} \} / \{ \frac{S_{Ls}(f_i)}{\sigma_{Ls}^2} \}$ を示す。これから、 K_i は、 l/D の両者について $K-C$ 数と共にほぼ増大する傾向にあり、 $l/D=1$ がその増大度も大きくなっている。 K_2 については、逆にほぼ1より小さく、なっており l/D による差異は明らかでない。 K_3 についてはほぼ同様である。揚力の値が、単円柱に比し $K-C$ 数と共に減少するとは、後述の円柱の存在が中央円柱後流渦の非対称性を抑制する点によるものと推定され、事実、着流の単円柱について1円柱流れ観察より渦の非対称パターンが形成されるのは $K-C$ 数7より前後であり、図-2、図-3の限界 $K-C$ 数1の結果とよく一致する。

