

波と流の共存場に設置された鉛直単円柱に作用する揚力

京都大学工学部 岩垣雄一, 浅野敏夫, 山田拓夫

1. はじめに 波と流の共存場における円柱に作用する流体力の特性について、昨年度は直方向力の特性について考察し、それが後流渦の特性から説明できることを明らかにした。また揚力については、その変動周期数と波の周期数との関係について検討を行った。本年度は揚力変動の大きさをとりあげ、共存場における揚力係数 C_L の特性とそれを支配するパラメーターについて考察する。揚力の現象が取り扱いかいにくいのは、一定の流速を持つ流や、規則的な波動が作用した場合でも、揚力は一般にその大きさが変動し、不規則となることである。従来の研究では、確率論的な手法を導入するものが多いが、ある条件下では、確定的に取扱える場合もある。以上の点から、共存場における揚力のばらつきについても検討を加えることにした。

2. 実験方法 実験はすべて循環流発生装置のついた 長さ27m、幅50cm、高さ70cmの直流水槽で行なった。用いた円柱は直径30mmと60mmの2種類、流しはすべて波の進行方向と逆の流である。流体力測定実験は、円柱を片持ちばり型式で鉛直に支持し、それに作用する流体力をひずみゲージによって検出した。

3. 結果 (a) 揚力変動波形

図-1は測定した揚力変動の例である。図中CASE 1~3は波動のみの場の結果であり、CASE 4~6は共存場の結果である。CASE 1は揚力変動周期数が波の周期数と同じ場合であるが、揚力変動はきわめて安定で、その大きさもほぼ一

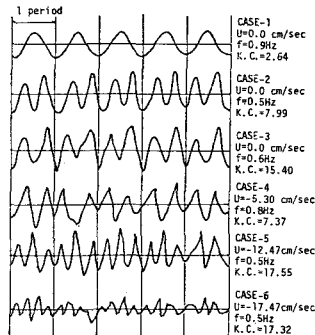


図-1 揚力変動の例

定である。CASE 2, 3 は $f_L = 2f_w$ の場合であって、周期的な変動をしているが、その極大値は大小交互に変化している。一方、共存場においては、CASE-4のように比較的安定な周期変動を示す場合もあるが、CASE-6ではかなり不規則な変動となっている。図-2は図-1で示したそれぞれの実験ケースについて、極値揚力の頻度分布を調べたものである。

図1, 図2から次のことがわかる。波動場においては、 $K.C.$ 数が小さいと揚力変動が規則的で極値揚力の頻度分布は中央に集中するが、 $K.C.$ 数が大きくなって、波の半周期の間に発生する渦の個数が増えると揚力変動がばらつき、従来から指摘

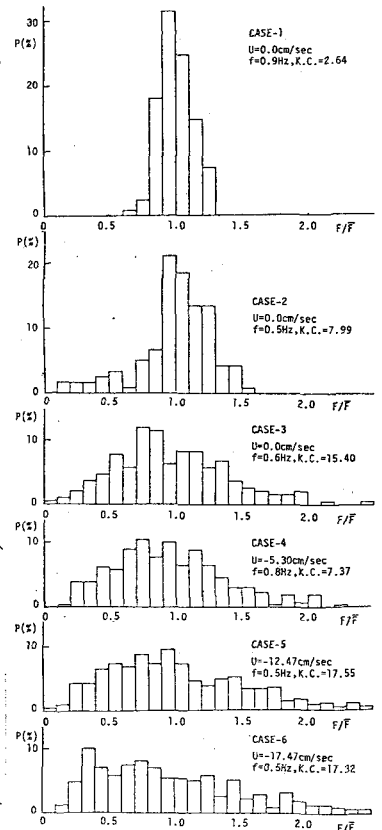


図-2 極値揚力の頻度分布

述べているように、確率的な取扱いをしなくてはならなくなる。共存場においても同じ K.C. 数で流速が大きくなると揚力変動のばらつきは顕著で、これは発生する渦の強度や位置のばらつき、あるいは流山の転流時に円柱のどちら側を面するかに起因すると考えられる。以上より K.C. 数が大きくなったり流山が重なったりすると、渦が多数発生して相互に干渉し、より不確実性が著しくなる。

(b) 揚力係数 上で述べたように、揚力は一級に変動するから、揚力係数 C_L も確率的な性質を考慮して決定する必要がある。したがって、ここでは極大揚力の $1/10$ 最大値、 $C_{L1/10}$ として得られる揚力係数 $C_{L1/10}$ 、 $C_{L1/3}$ について検討を行なうことにする。

図-3 は波動のみの場合について、本研究で得られた $C_{L1/10}$ の値と他の研究者の結果とを比較したものである。図から K.C. 数が 10~12 付近で $C_{L1/10}$ の極大値が存在することがわかる。これはこの K.C. 数付近で、発生する後流渦の非対称性が大きくなるためと考えられる。図-4 は共存場における揚力係数 C_L の値を波動の K.C. 数に対してプロットしたものであるが、流山の効果を考慮していないので、 C_L についてのはっきりした傾向を見い出すことができない。次に共存場における K.C. 数として、直方向力の時と同じ、次のパラメータを導入する。

$$|U| \leq U_m \text{ の時、 } K.C._2^* = 2\pi \int_{-\pi}^{\pi} |U + U_m \cos \sigma t| dt / D \quad (1)$$

ただし $\sigma^* = \cos^{-1}(-U/U_m) / \sigma$

$|U| > U_m$ の時、 $K.C._2^* = \pi U T / D \quad (2)$

$C_{L1/3}$ および $C_{L1/10}$ の結果を $K.C._2^*$ で整理したものが、それぞれ図-5、図-6 である。 $C_{L1/3}$ 、 $C_{L1/10}$ はともに $K.C._2^* = 10 \sim 12$ 付近で極大値が現われるが、これは波と流山の方向が一致する位相区間で発生する渦が非対称となるため、波動のみの場合に得られた図-3 と同じ結果となる。このように揚力係数についても前年度に考察した直方向力係数と同様に、共存場の渦パターンを表現する新たな K.C. 数を用いれば良く整理できることがわかった。

この研究は文部省科学研究費特定研究(代表者 元良誠三氏)による研究の一部であることを記する。

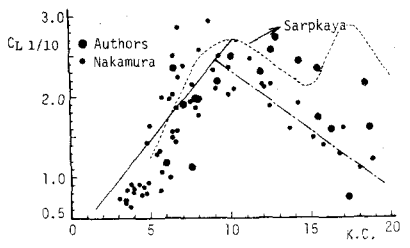


図-3 $1/10$ 最大揚力係数と K.C. 数の関係(波動場)

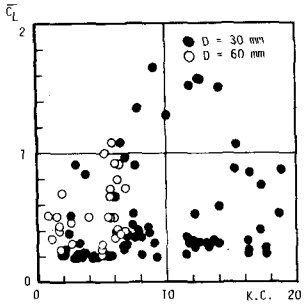


図-4 平均揚力係数と K.C. 数の関係(共存場)

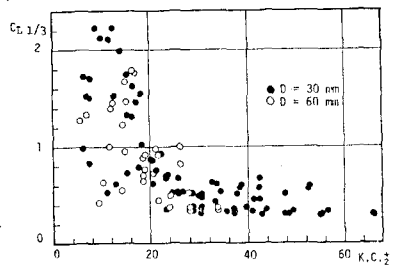


図-5 $1/3$ 最大揚力係数と $K.C._2^*$ の関係(共存場)

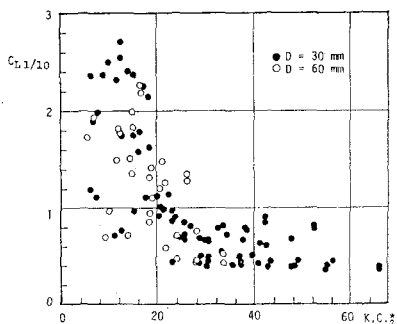


図-6 $1/10$ 最大揚力係数と $K.C._2^*$ の関係(共存場)