

京都大学工学部 正員 浅野 敏之

京都大学工学部 正員 岩恒 雄一

京 都 大 学 学 生 員 山 田 哲 夫

1. 結言 波と流れ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、昨年度は直方向力特性について考察し、それが後流渦パターン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。²⁾ 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。波動場においても揚力は直方向力に比して十分な知見が得られていないようであるが、これは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、不規則になるためである。本研究では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付いた、長さ27m、幅50cm、高さ70cmの造波水槽で行った。用いた円柱は直径30mmと60mmの2種類、流れはすべて波の進行方向と逆の流れである。流体力測定実験は円柱を片持ちばり型で鉛直に支持し、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. 揚力変動の不規則性 図-1は測定された揚力変動の例である。図中CASE 1~3は波動場、CASE 4~6は共存場の結果である。CASE-1は揚力変動周期数 n_L が波動の周期数 n_w 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定である。CASE-2, 3は $n_L = 2n_w$ の場合であって、その極大値は大小交互にくり返している。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.数が小さく揚力変動が規則的で、極値揚力の頻度は平均値付近に集中して大きな値を示すが、K.C.数が大きくなって、波の一周期間に発生する渦の個数が増えると揚力変動が不規則となり、従来から指摘されているように確率的な取り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のばらつきが増加する。揚力のばらつきは、発生する渦の強度や位置のばらつき、あるいは流れの転流時に円柱のどちら側を通るかに起因すると考えられる。このようにK.C.数が大きくなったり、流れが重なりやすくなると、渦が多数発生して相互に干渉し、揚力のばらつきが顕著になるが、これをK.C.数や波と流れの構成比等のパラメーターによって定量的にその特性を把握するまでには現在のところ至っていない。

4. 揚力係数の特性 共存場の揚力係数 C_L を次式で定義した。

$$C_L = F / \left\{ \frac{1}{2} \rho D (u_m + |v|) \right\}^2 \quad \dots (1)$$

ここに F は揚力、 ρ は密度、 D は円柱径、 u_m は波の水粒子速度の振幅値、 v は

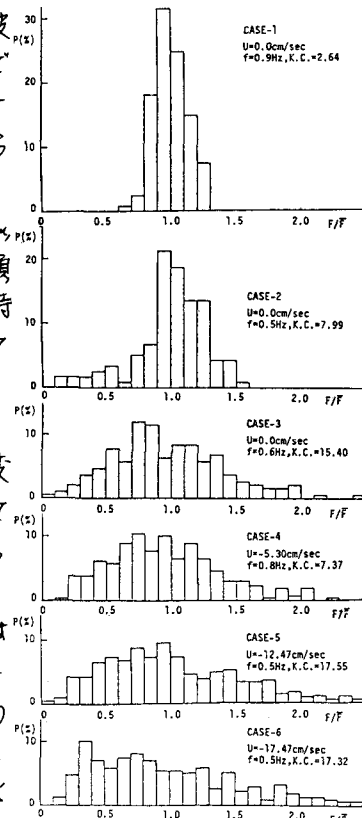


図-2 極値揚力の頻度分布

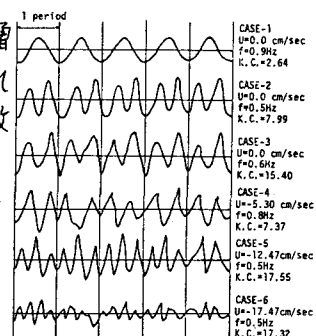


図-1 揚力変動の1例

流の流速である。上で述べたように揚力は一般に変動するから、揚力係数 C_L も統計的な性質を考慮して決定する必要がある。したがって、ここでは極値揚力の平均値、 $1/3$ 最大値、 $1/10$ 最大値から得られる揚力係数 $\bar{C}_L$, $C_{L1/3}$, $C_{L1/10}$ について検討を行うことにする。図-3は波動のみの場合について、本研究で得られた $C_{L1/3}$ の値と、中村³⁾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からわかる。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は共存場における平均揚力係数 $\bar{C}_L$ の値を、波動の永粒子速度のみから算出されるK.C.数に対してプロットしたものであるが、K.C.数の算出に流れの流速が考慮されていないので、 $\bar{C}_L$ についてのはっきりした傾向を見出すことができない。図-5、図-6はそれぞれ同じデータを式次で示す共存場のK.C.数で整理したものである。

$$K.C.1^* = (U_m + 10) T / D \quad \cdots (2)$$

$$K.C.2^* = 2\pi \int_{x^*}^{T/2} |U + U_m \cos \sigma x| dx / D \quad \text{ただし } |U| \leq U_m \text{ の時} \cdots (3)$$

$$K.C.2^* = \pi U T / D \quad \text{ただし } |U| > U_m \text{ の時} \cdots (4)$$

ここで T は波の周期、 x^* は波と流れの合速度が0となる時間で、 σ は角周波数とすると、 $x^* = \cos^{-1}(-U/U_m) / \sigma \quad \cdots (5)$

で表わされる。図4~図6を比較すると、 $K.C.1^*$ と $K.C.2^*$ とではそれほど差は見られませんが、 $\bar{C}_L$ のデータは $K.C.2^*$ によって最も良く整理されるように思われる。これは昨年度の共存場の直方向力についての研究で明らかになったように、波と流れが共存する時の円柱周辺に発生する渦のパターンが、この $K.C.2^*$ によって良く説明できることから理解できる結果である。図-7、図-8はそれぞれ $C_{L1/3}$, $C_{L1/10}$ についての結果を $K.C.2^*$ で整理したものであり、 $K.C.2^*$ が10~12付近で極大値をとることからわかる。これは波と流れの方向が一致する位相間で発生する渦が非対称となるためで、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直方向力の係数と同様に、共存場の渦パターンを表現する新たなK.C.数によって、その特性が説明できることがわかった。最後にこの研究は文部省科学研究費特定研究(代表者 元良誠三 東京大学名誉教授)による研究の一部であることを付記し、謝意を表する。

参考文献

- 1) 岩垣・浅野・永井；第29回海講，1982。
- 2) 浅野・岩垣・永井；第37回海講，1982。
- 3) 中村 孝幸；海洋構造物に作用する波力特性とその振動応答に関する研究，大阪大学学位論文，1977。

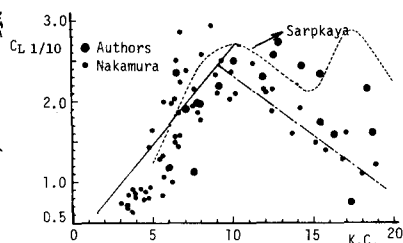


図-3 $1/10$ 最大揚力係数 $C_{L1/10}$ と K.C. 数の関係 (波動場)

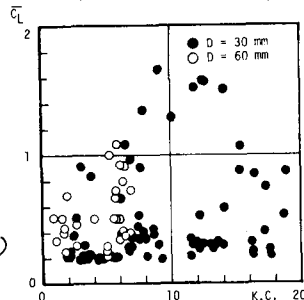


図-4 平均揚力係数 $\bar{C}_L$ と K.C. 数の関係 (共存場)

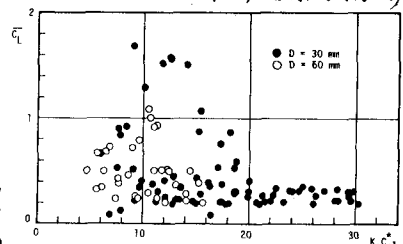


図-5 平均揚力係数 $\bar{C}_L$ と $K.C.1^*$ の関係 (共存場)

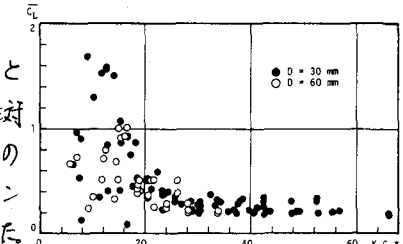


図-6 平均揚力係数 $\bar{C}_L$ と $K.C.2^*$ の関係 (共存場)

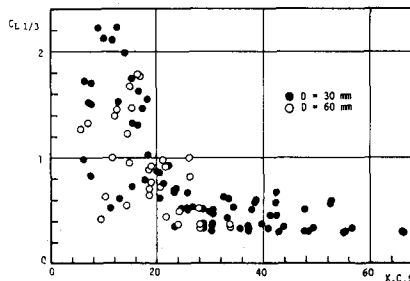


図-7 $1/3$ 最大揚力係数 $C_{L1/3}$ と $K.C.2^*$ の関係 (共存場)

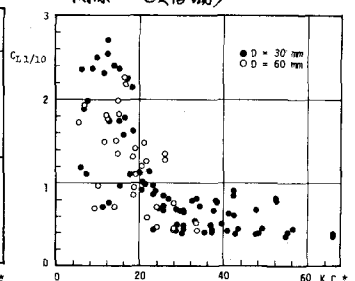


図-8 $1/10$ 最大揚力係数 $C_{L1/10}$ と $K.C.2^*$ の関係 (共存場)