

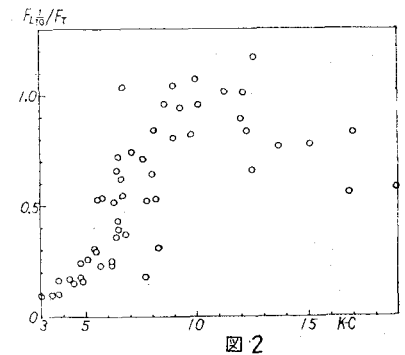
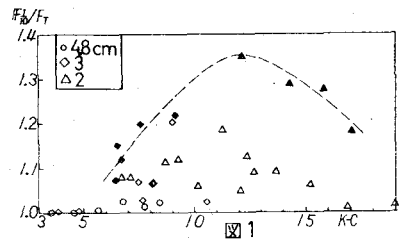
揚力を考慮した円柱に作用する合成波力について

大阪大学工学部 正員 榎木 亨
 大阪大学大学院 学生員 中村孝幸
 大阪大学大学院 学生員 三木秀樹

1. まえがき 既に著者らは、波の進行方向に直角に作用する揚力が円柱背後に形成される後流渦と密接な関係にあり、その大きさは波峰時におけるr.m.s.K-C数10付近で波の進行方向に作用する力の極大値、 F_T 、の10割以上に達することを指摘して Bidde 及び Sarpkaya の研究と比較した。揚力が波の進行方向力に比して有意な量となる領域では、円柱に作用する波力は波の進行方向力と揚力との合力(以下合成波力と呼ぶ)として取り扱う必要がある。本研究では、この合成波力の大きさとその最大値の出現する位相を求め、それらと F_T および揚力の極大値、 F_L 、との関係を示し、合成波力の極大値の算定法とその適用範囲について考察したものである。

2. 実験方法 角棒に測定円柱を取りつけた片持ちばり形式の波力測定装置(水路の水底部が自由端)を用い、2組の4ゲージ測定系により波の進行方向力と揚力を同時に測定している。波力測定に用いた円柱は径2, 3, 4.8cmの塩ビパイプで、波は周期1.0~1.8秒波高4~11cmの規則波を用い、水深は35cm、一定とした。なお、測定円柱の水中有振動数は20Hz前後であるため、比較的高い周波数を有する揚力の測定ができると思われる。波力計の波の進行方向力に対する揚力方向の感度及びその逆の場合の感度は1/15~1/20程度であり、2方向の流体力は分離した形で十分正確に測定可能である。なお本実験におけるK-C数(波峰時と波谷時におけるr.m.s.K-C数の平均値)の範囲は3~19、レイノルズ数(波峰時と波谷時におけるr.m.s.レイノルズ数の平均値)の範囲は3000~13000であった。

3. 結果と考察 揚力が有意となる領域においては揚力の不規則性により、合成波力もまた不規則性を有するため、揚力と同様に有義量をもってその大きさを示すことにした。図1は1/10有義極大合成波力 $F_{1/10}$ と F_T の比をK-C数について示したものである。K-C数が6以下では、合成波力に対する揚力の影響は見られず、K-C数6以上ではかなりのばらつきが見られるものの、破線で示した危険側の値はK-C数6~12で1から1.35まで増加し、K-C数12以上で減少している。この傾向は、図2における1/10有義極大揚力 $F_{L1/10}$ の F_T に対する比とK-C数の関係に相似している。今、 F_L の出現する位相が F_T のそれとほぼ一致すると仮定すると、K-C数6以下では、 $F_{L1/10}$ の F_T に比して十分小さいため、波力は $\sqrt{F_T^2 + F_L^2}$ の F なる合成波力で表わせると考えられ、



F はK-C数について FL_{50} と同じ傾向を示すはずである。図3は、この F の FL_{50} に対する差をK-C数について示したものである。差の値が大きいほど F の値は安全側と考えるとさしつかえない。図3中のK-C数について対応する黒ぬりの点は各々同じデータのものである。図1におけるK-C数6以上の危険側のデータを図3において F と比較すると F の F_T に対する誤差は5%程度であることがわかる。次に F_L と F_T の出現する位相についての前述の仮定の妥当性を調べる。図4は F_T と F_L の出現する位相を、波峰の位相を0としてK-C数について示したものである。K-C数6以上で F_L の出現位相がばらついていっているように見えるが、これは本概要集「波による円柱の振動特性について」における図1より揚力の周波数は波の1倍～3倍周波数となることから、K-C数6以上では同じデータで2～3個の揚力の極大値出現位相が現われるためである。従ってこれらの同一データにおける揚力の極大値出現位相は、いずれも揚力の最大値が出現する位相となりうるため危険側を考えると、 F_T と F_L の出現位相が一致するという仮定は妥当と思われる。図4中の実線は、慣性力係数 C_M と抗力係数 C_D の比 C_M/C_D を1として F_T の出現位相の理論値であり、K-C数の増加につれて F_T の出現位相が波峰の出現位相に近づいていく傾向をよく表わしている。さらに図4と同様にして、最大合成波力 F_{max} の出現する位相をK-C数について示したのが図5である。

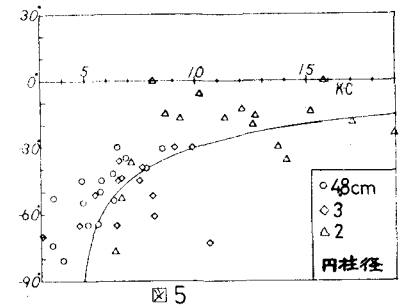
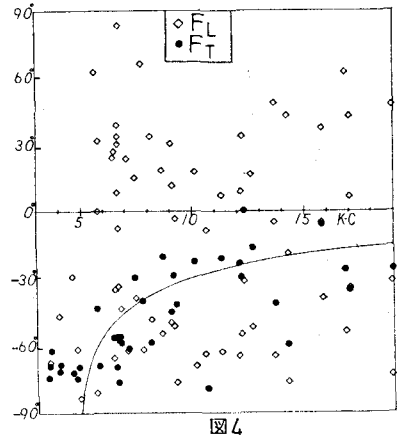
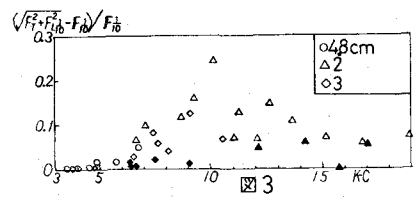


図5中の実線は図4中のもと同じもので、 F_T の出現位相の理論値である。図5と図4を比較すると F_{max} の出現する位相は、 F_T の出現する位相及び揚力の最大値 F_{Lmax} の出現する位相とほぼ一致していることがわかる。これによ、とも前述の仮定は妥当と思われる。

以上より、波力はK-C数が6以下では F_T のみで算定して十分であり、K-C数6以上では FL_{50} と F_T によるベクトル的な量 $F = \sqrt{F_T^2 + F_{L50}^2}$ で算定しなければならないことがわかる。今後さらに揚力極大値の出現位相の不規則性を十分把握した上で、波力の合理的な算定式とその適用範囲を求めていきたい。なお、本実験にあたって協力していただいた常田功二君(本学4年生)に謝意を表す。

- 1) 樫木・中村・喜田：円柱に作用する規則波による揚力について，第22回海岸工学講演会論文集，pp 525～530，1975。