

京都大学 工学部 正 員 岩垣雄一
金沢大学 工学部 正 員 石田 啓
大阪市 正 員 佐藤彦彦

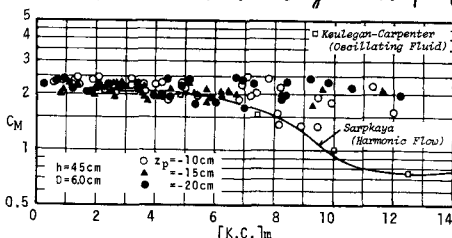
1. はじめに

モリソン公式を用いて正確に波力を算定するためには、慣性係数 C_M および抗力係数 C_D の値が、各種パラメーターによりどのように変化するかを知る必要があり、従来より円柱状構造物を対象として多数の研究が行われて来たが、最近、Sarpkaya は振動流を用いた系統的な実験を行い、K.C. 数および Reynolds 数によるこれらの係数の変化特性を図示するに至った。本研究では、従来得られている波動の場合の C_D , C_M の値と、Sarpkaya による振動流の結果とを比較し、波力係数の変化特性について考察を行う。

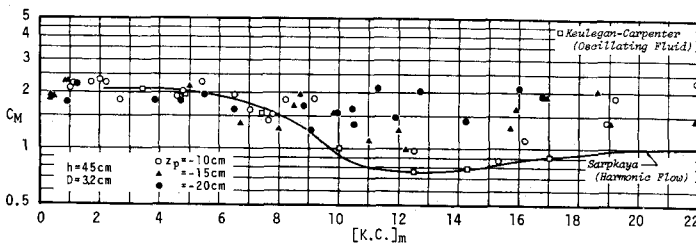
2. 慣性係数 C_M

図-1(a), (b)に、規則波による着者¹⁾の局所波力の実験結果と、重複波による Keulegan と Carpenter²⁾ および振動流による Sarpkaya³⁾ の結果の比較を示すが、波力測定用セグメント(長さ 4 cm)の設置水深は図中の記号により示し、円柱径 $D=6$ cm を用いた結果を(a)に、 $D=3.2$ cm の結果を(b)に示す。最大水粒子速度を用いた Reynolds 数 Re_m の範囲は、着者らは $3 \times 10^3 \sim 1.8 \times 10^4$ 、Keulegan らは 10^4 、Sarpkaya は 2×10^4 である。 C_M の算定方法は、着者らは、水粒子速度 u の実測値から算出した $\dot{u}$ を用いて、 $u=0$ の位相における C_M を求めたが、他の二人は、測定波力をフーリエ級数展開し、その第1項を用いて決定している。図より、Sarpkaya と Keulegan らの結果は良く一致していることがわかる。波の場合の C_M の値は、 $[K.C.]_m < 6$ では振動流の値とほぼ一致するが、 $[K.C.]_m = 6 \sim 22$ では、それよりも大きく、ポテンシャル理論による値($C_M \div 2$)との間に分散する。特に、測定点が水面に近い場合は、振動流の値に近く、深くなると $C_M=2$ に近づく傾向がある。

図-2(a), (b)には、 Re_m による C_M の変化を示すが、●は規則波による合田⁴⁾の結果、実線は Sarpkaya の結果である。Keulegan らの結果については、フーリエ級数の第1項によるものを△で、第3項までを用いて $u=0$ の位相での値に修正したものを○で示す。これらの値は、K.C. 数が小さい(a)の場合には良く一致する。(b)の $[K.C.]_m = 12 \sim 15$ の範囲では、修正した Keulegan らの C_M^* は、Sarpkaya の曲線より大きくなり、むしろ合田の結果に近い値となる。したがって、Keulegan や Sarpkaya の算定方法を用いると、 $[K.C.]_m = 12 \sim 15$ では、Reynolds 数の減少に伴う C_M の減少の度合は、より大きく現われると言えるが、着者や合田の用いた $u=0$ の位相における C_M を求める方法では、K.C. 数が大きい場合には、渦の存在位置のわずかな相違により、 C_M の値が大きく分散することになると言える。

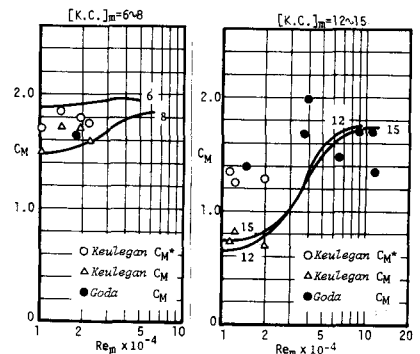


(a) $D=6.0$ cm



(b) $D=3.2$ cm

図-1 Keulegan-Carpenter 数による C_M の変化



(a) $[K.C.]_m=6 \sim 8$ (b) $[K.C.]_m=12 \sim 15$

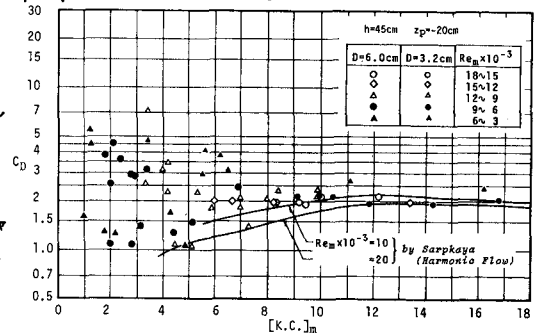
図-2 Reynolds 数による C_M の変化

3. 抗力係数 C_D

図-3は、規則波による著者らの実験結果と、振動流による Sarpkaya の結果との比較であるが、(a)は測定点 $z_p = -20 \text{ cm}$ 、(b)は -10 cm の場合であり、 Re_m の範囲および D の値は、図中の記号で示す。

C_D の算定方法は、Sarpkaya は、フーリエ級数の第一項を用いる方法を採用したが、著者らは、実験した U を用い、 $U = 0$ の位相における値を求めた。測定点が深い (a) の場合、波動による C_D は、 $[K.C.]_m > 8$ では、振動流での値とほぼ一致するが、 $[K.C.]_m < 7$ の領域では、それより大きく、またバラツキが著しい。水面に近い (b) の場合には、波による C_D は、 Re_m が小さい場合には $[K.C.]_m = 11 \sim 15$ で大きな値になる。これは非対称渦対による円柱背面の圧力低下に原因するが、その効果は、水面に近い場合に著しいとわかる。一方 $[K.C.]_m < 8$ では、 $K.C.$ 数の減少に伴い、 C_D の値は急激に増加し、あたかも定常流の場合の Re と C_D の関係に似た様相を呈する。

図-4(a)~(c)には、 Re による C_D の変化を示すが、実線は Sarpkaya による結果であり、 $K.C.$ 数の値にかかわらず Re_m の増加に伴い、 C_D が減少する。(a) の $\bigcirc$ は、規則波による土屋⁵⁾の実験結果（水平円柱で、 $[K.C.]_m < 7$ ）であるが、振動流における $[K.C.]_m = 6$ の曲線よりも大きな値となり、 $K.C.$ 数に連する両者の傾向は一致しないとわかる。一方、(b) の $[K.C.]_m = 10 \sim 15$ では、合田による波の場合の C_D と振動流の C_D とは良く似た傾向になり、さらに $K.C.$ 数の増加すると、(c) よりわかるように、両者は一層良く一致すると言える。

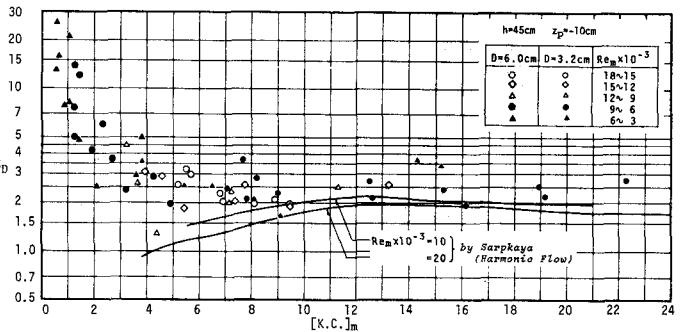


(a) $z_p = -20 \text{ cm}$

4. 結語

振動流、波動ともに、 C_m は渦の発生により減少し、 Re が小さいほど、また非対称渦対が発生する場合に、大きく減少する。

抗力は渦の発生により増大するが、 Re が大きいほど渦の流下が速いため、両者とも、 Re の増加により、 C_D が減少する。 $K.C.$ 数が小さい場合には、渦対が流下しないため、定常流の低 Reynolds 数領域の特性が生じ、かつ、場の非定常性による C_D の値相変化特性が顕著に現れ、 C_D が強く混入すると考えられる。



(b) $z_p = -10 \text{ cm}$

図-3 Keulegan-Carpenter 数による C_D の変化

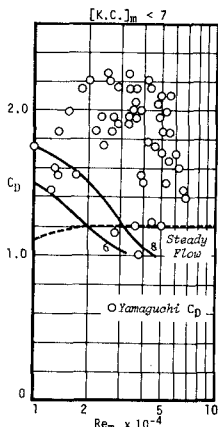
1) 岩田・石田千田: 円柱に作用する非規則波力、第20回海難。

2) Keulegan and Carpenter: Forces on Cylinders and Plates in on Oscillating Fluid, J. R. N. B.S. vol. 60, No. 1, 1958

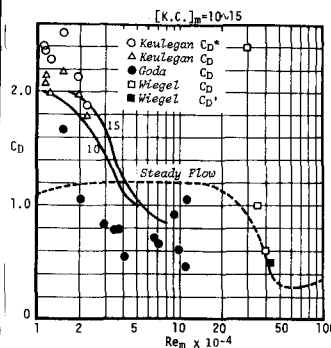
3) Sarpkaya: Vortex Shedding and Resistance in Harmonic Flow, Naval Post. School, Monterey California, 1976.

4) Goda: Wave Forces on a Vertical Circular Cylinder; Experi. and Proposed Method of Wave Force Computation.

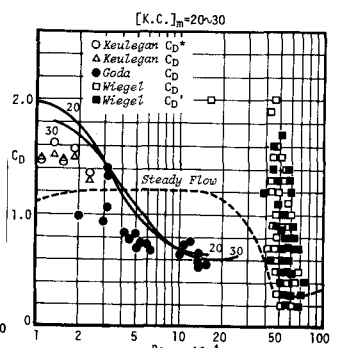
5) 土屋・山田: 浅海構造物に作用する波力、防衛研究協会年報、1974



(a) $[K.C.]_m < 7$



(b) $[K.C.]_m = 10 \sim 15$



(c) $[K.C.]_m = 20 \sim 30$

図-4 Reynolds 数による C_D の変化