

(Ⅱ - 51) 数値計算による海面の抵抗則に関する一考察

防衛大学校 学生員○高根徳通

〃 正 員 藤間功司

〃 正 員 林建二郎

〃 正 員 重村利幸

1. はじめに

高風速時に風速分布や波浪の現地観測を実施することは非常に困難である。そのため、風波の発達に関しては、これまでに多くの研究がなされているにも関わらず、その詳細な物理機構については必ずしも明確にされていない。そこで、数値計算を通じて、風波の発達機構の支配的要因の一つである抵抗則について考察し、半経験的な抵抗則を提案する。

2. 数値計算の概要

数値計算では、海面波形と計算領域外縁風速を与え、乱流モデルを用いて風速、圧力、乱れエネルギーの分布等を求める。乱流モデルには、 $k-\omega$ 法を用いた。 $k-\omega$ 法は $k-\epsilon$ 法と同程度の性能を持っており、 $k-\epsilon$ モデルに比べ、底面まで拡張するのに粘性底層における経験的な減衰関数が不要で、しかも粗度を取り入れ易いという利点がある。座標系としては、Tanaka (1986)の方法により、海面に沿った直交曲面座標系を用いた。計算ケースは、周期 $T=3, 5, 7$ sとして、それぞれ適当な風速を与えた。ただし、波高と周期の組み合わせは、Wilsonの3/2乗則によって決めている。海面波形は、Stokes波理論により与えている。

3. 計算結果

海面に働く力は、摩擦力 F_s と、抗力 F_D に分けられる。それぞれに対する摩擦係数を

$$C_{10s} = F_s / (\rho L U_{10}^2), \quad C_{10D} = F_D / (\rho L U_{10}^2) \quad (1)$$

と定義する。ただし、 ρ =空気密度、 L =波長、 $U_{10}=10$ m高度風速である。また、両者を合計した実質的な抵抗係数は、次式で表される。

$$C_{10} = C_{10s} + C_{10D} \quad (2)$$

従来の研究から、 U_{10} の増加により、 C_{10} が増加することが分っているが、その要因を調べるために、数値計算結果から F_s 、 F_D 、 U_{10} を求め、 C_{10s} と C_{10D} をプロットして図-1に示す。図から、 C_{10s} は U_{10} が増加してもほぼ一定であることが分かる。すなわち、 C_{10s} は次式で表される。

$$C_{10s} = 0.0013 \quad (3)$$

したがって、風速とともに抵抗係数が増加する原因は、 C_{10D} の増加であると言える。しかし、 C_{10D} の増加は周期により異なる傾向をもっており、 U_{10} だけで C_{10} 則を記述することは困難であろう。

従来提案されている抵抗則は、 $C_{10} = a + b U_{10}$ の形のものが多く、そこで、

$$C_{10D} = A + B U_{10} \quad (4)$$

と表すことを考える。ただし、 A 、 B は定数ではない。低風速時 ($U_{10} < 8$ m/s) に $C_{10D} \approx 0$ として、数値計算により得られた C_{10} 、 U_{10} の点を通るような A 、 B を求め、 B を図-2に示す。図から、 A 、 B はほぼ次式で表される。

$$A = -8 \quad B = -8 \times 10^{-5} (U_{10}/C) \quad (5)$$

$$B = 10^{-5} (U_{10}/C) \quad [m^{-1}] \quad (6)$$

上式により、 $T=3, 5, 7$ sで一定としたときの U_{10} による C_{10} の変化を描いた図が、図-3である。この曲線は計算結果の傾向をよく表していると言える。また、Mitsuyasu則は低風速域では本経験則の周期が短いときの値に近く、高風速域では本抵抗則の周期の長いときの値に近い。実際には、高風速のときほど波の周期が長いと考えられるので、Mitsuyasu則は比較的よい精度をもつと考えられる。

抵抗則を記述する方法に、 C_{10} 則の他に風速分布の対数則を用いた z_0 則がある。 z_0 と C_{10} には

$$z_0 = 10 / \exp(\kappa C_{10}^{-1/2}) \quad (7)$$

の関係がある。ただし、 κ はカルマン定数である。代表的な z_0 則と数値計算結果の比較を図-4に示す。

z_0 則は C_{10} 則よりも一般的な関係が成り立つと期待されるが、図から、従来のパラメタでは z_0 則にも周期による差があり、現状では z_0 則を用いる有効性はそれほどないと言える。

4. おわりに

抵抗係数を、 C_{10S} と C_{10D} に分けて特性を調べた結果、 C_{10S} は風速によらずほぼ一定値であり、 C_{10D} が風速とともに増大することが分った。そこで、 C_{10S} を一定値として扱い、 C_{10D} を10m高度風速と波齢により評価する半経験的な抵抗則を提案した。今後、計算ケースを増やすとともに、波浪推算に用いて抵抗則の精度を検討する予定である。

5. 参考文献

- 1) 本多・光易 : 水面に及ぼす風の作用に関する実験的研究、第27回海講論文集、1980
- 2) Toba, Y., N. Iida and Ias S.F. Jones : The wave dependence of sea-surface wind stress, J.Phys. Oceanography, 1990
- 3) H.Tanaka, : A Conformal Mapping of a finite region bounded by wavy walls, Proc.of JSCE, No369/2-5, 1986

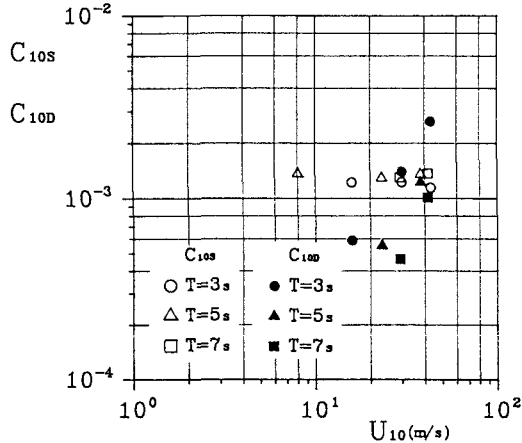


図-1 C_{10S} と C_{10D} の変化特性

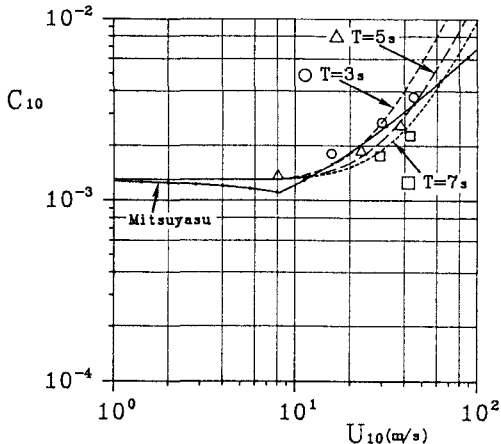


図-3 C_{10} 則

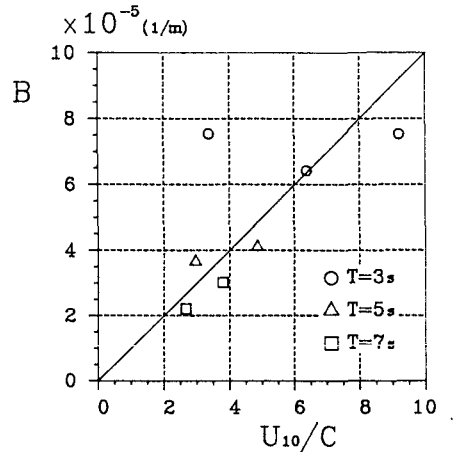


図-2 パラメタBと波齢の関係

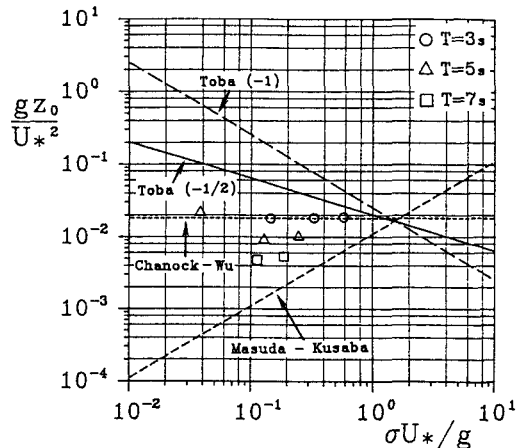


図-4 z_0 則