

II-59 現地海岸の海底摩擦係数について

京都大学防災研究所 正員 ○柿沼 忠男

京都大学大学院 学生員 宮井 宏

1. 緒言

この研究は、京都大学防災研究所が実施して得た波浪観測資料のうち、沖側と陸側の相対応する2隻間の波浪スペクトルの変形から、各地海岸の海底摩擦係数を算出するとともに、有義波法によって求めた海底摩擦係数とも比較し、海底摩擦による波高減衰を量的に明らかにしようとしたものである。

2. 海底摩擦係数の算出

(1) 算出の方法：ここに定義される海底摩擦係数 f は、Putnam-Johnson (1947) にしたがって、海底の摩擦応力を τ 、海底流速を u_b として、 $\tau = f \rho u_b^2$ (ここに、 ρ ：海水密度) とする。Bretschneider-Reid (1954) は、海底摩擦、浸透、屈折、および浅水による波高の変化を決定するために、微小振幅波の理論を用いて、定常状態の波のエネルギー方程式から、数多くの算定式を提案した。次式は、Bretschneider-Reid の一様な海底勾配 m に対する海底摩擦係数 f の算定式である。

$$f = \frac{H_1 (K_p K_r K_s)_2 [H_2 (K_p K_r K_s)_1]^{-1} - 1}{H_1 [(K_s)_1 m T]^{-1} \int_{(h/T^2)_1}^{(h/T^2)_2} (K_p K_r) [(K_p K_r)_1]^{-1} d(h/T^2)} \quad (1)$$

ここに、添字1は沖側の地長での値、添字2は陸側の地長での値、 K_p は浸透効果による波高減衰係数、 K_r は屈折係数、 K_s は浅水係数、 ρ は $(64\pi^3/3g^2) \cdot (K_s/\sinh 2\pi h/L)^3$ である。

この解析では、沖側と陸側の有義波と波浪スペクトルの変形から(1)式にもとづいて f を算出するわけであるが、有義波法においては、(1)式中の波の周期 T は沖側と陸側の有義波周期と陸側の地長のそれとの平均値とし、波浪スペクトル法においては、便宜上、Bretschneider (1963) にしたがって、波浪スペクトルの各成分波は独立に伝達すると仮定して解析するから、周期 T は各成分波の周期を示す。

また、沖側波高および陸側波高の観測と計算との誤差を、それぞれ、 ΔH_1 および ΔH_2 とすれば、 f の相対誤差 $|df/f|$ は次式で表わされる。

$$|df/f| = \left| \left\{ (K_p K_r K_s)_2 / (K_p K_r K_s)_1 \right\}^{-1} H_1 - H_2 \right\}^{-1} \left\{ (H_2 \Delta H_1 / H_1) - (\Delta H_2 H_2 / H_2) \right\} \quad (2)$$

(2) 各地海岸における f の値：表-1は、各地海岸の調査件と波浪観測結果と有義波法と波浪スペクトル法によって求めた f の値 ($|df/f| \leq 100\%$) とともに示したものである。この表をみると、求めた f の値は、有義波法および波浪スペクトル法のいずれによっても、浅海における同波予知のための図表を制作するに際してBretschneider (1954) が算出した f の値0.01よりはるかに大きな値を示すことがわかる。

表-1 各地海岸の調査件、波浪観測結果と有義波法と波浪スペクトル法による f の値

観測場所	観測項目	観測結果	有義波法による f の値	波浪スペクトル法による f の値
秋田海岸	沖側	0.55~1.12	0.27	0.033
秋田海岸	陸側	0.45~2.86	0.66	0.090
泉佐野海岸	沖側	0.34~0.86	0.07	0.14
泉佐野海岸	陸側	0.26~0.77	0.58	0.55
日吉津海岸	沖側	0.67~1.11	0.13	0.054
日吉津海岸	陸側	0.53~0.96	0.31	0.16

3. 海底摩擦係数と波浪特性との関係

図-1は、秋田海岸、泉佐野海岸、および日吉津海岸において求めた海底摩擦係数 f のうち、 $|df/f|$ が100%以下のものを波の周期 T に対してプロットしたものである。この図を見ると、有義波法によって求めた f の値は波の周期が大きいにほと小さくなっていることがわかる。一方、波浪スペクトル法によって求めた f においても、かなりばらついてはいるが、I-1の資料(図-1の左下方●の3点)を考へなければ同じ傾向が見出だされる。

図-2は、図-1と同一の資料を用いて、海底摩擦係数 f と、波に関する Reynolds 数 Re_T に対して、層流境界層理論によって求めた f と Re_T との関係式、

$$f = 2.36 Re_T^{-1/2} \quad (3)$$

とともに、プロットしたものである。ここに、 $Re_T = (u_{bmax} H / \nu) (u_{bmax} T / H) = u_{bmax}^2 T / \nu$ で、岩垣・土屋・坂井(1964)が提唱した波に関する Reynolds 数で

あり、Eagleson(1962)の論文にある Reynolds 数 Re_0 の4倍にあたるが、この解析では、沖側と陸側のこうした Reynolds 数、 $(Re_T)_1$ と $(Re_T)_2$ を求め、 $Re_T = [(Re_T)_1 + (Re_T)_2] / 2$ とした。

図-2を見ると、有義波法によって求めた f の値は、 Re_T が大きいにほと小さくなり、層流境界層にもとづく理論値の約10~60倍の値を示すことがわかる。一方、波浪スペクトル法によって求めた f においても、I-1の資料を考へなければ、同じ傾向が見出だされるがかなりばらついており、 f の値は層流境界層にもとづく理論値の約10~100倍になっている。

f の値が層流境界層にもとづく理論値より大きいのは、境界層内の流れが乱流であることも一因であらうし、また、 f の値がばらついてるのは、海底の状態が関係しているとも考へられる(Zhuravets(1963)の実験)が、とくに、波浪スペクトル法で求めた f の値のばらつきは、波浪スペクトルの各成分波が独立に伝達すると仮定したことによるのかもしれない。

結局、海底の状態をよく調べること、波浪スペクトルの各成分波の干渉を調べること、などがこの研究に要求される今後の課題である。こうした点を少しずつ解決して、現地海岸の海底摩擦による波高減衰を調べていきたいと考えている。

最後に、この研究をすすめるにあたり、御指導を賜った岩垣雄一教授にべから感謝するとともに、この研究は文部省特別事業費および試験研究費による研究の一部であることを付記して謝意を表す。

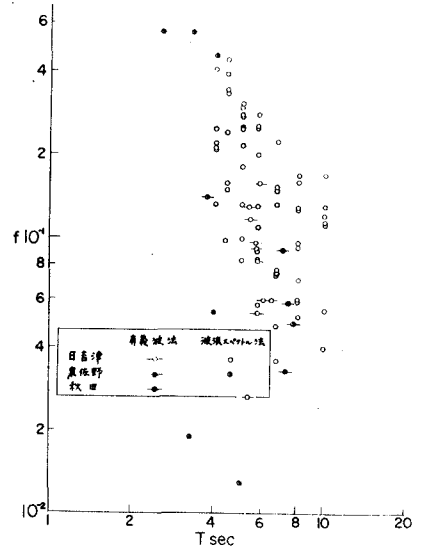


図-1 海底摩擦係数 f と波の周期 T との関係

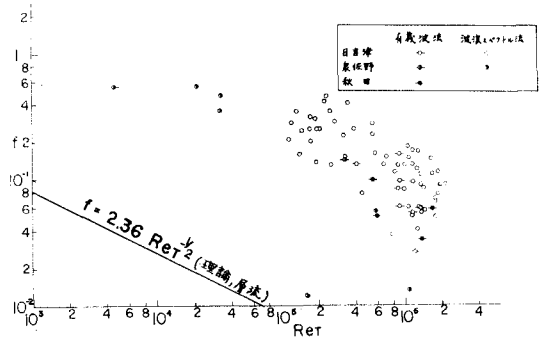


図-2 海底摩擦係数 f と波に関する Reynolds 数 Re_T との関係