

名古屋工業大学 正員 石田 昭
同 大学院 学生員。伊藤 親直

1. まえがき 従来、規則波の模型実験で行われてきた諸問題に、波の不規則性をも、考慮しようと、最近是不規則波発生装置を使って検討を加えていこうとしている。ここでは、不規則波を風洞水槽によって発生させ、水槽端から反射してくる波をとらえて、スペクトル構造に及ぼす影響を検討したものである。

2. 実験方法 図-1が実験装置である。風上端には碎石を $1/10$ 勾配で設け、風下端には約3mにわたって仕切板を設け水槽を二分してある。一方は、碎石を $1/6$ 勾配で設け、その上に厚さ2.5cmのマットを敷き消波水槽とした。他方は、傾きをもたせた反射板を設け反射水槽とした。越波は許さないようにしてある。水深は30cm($S=4$ で約23cm)で行った。風速は風上端より約10mの地点で測定し、 10.0 m/sec であった。

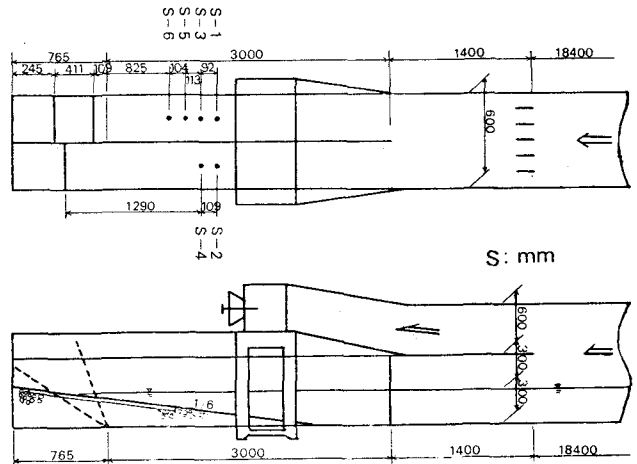


図-1 実験装置

3. 計算方法 入射波形 $h_i(t)$ は、振幅 $A(f_m)$ 、周波数 f_m および初期位相 θ_m とすると、(1)式に、反射波形は、反射率 $\alpha(f_m)$ 、反射板まで到達してから戻ってくるまでの時間 $T(f_m)$ とすると、(2)式になる。

$$h_i(t) = \sum_{m=0}^{\infty} A(f_m) \exp i(2\pi f_m t + \theta_m) \quad (1)$$

$$h_r(t) = \sum_{m=0}^{\infty} \alpha(f_m) \cdot A(f_m) \exp i\{2\pi f_m(t - T(f_m)) + \theta_m\} \quad (2)$$

反射水槽での波形 $h_z(t)$ は $h_i(t)$ と $h_r(t)$ の和であるから、 $h_z(t)$ の自己相関関数 $\rho(\tau)$ は(3)式になる。

$$\begin{aligned} \rho(\tau) &= \{h_i(t) + h_r(t)\} \cdot \{h_i^*(t+\tau) + h_r^*(t+\tau)\} \\ &= \sum_{m=0}^{\infty} \{A^2(f_m) \exp i(-2\pi f_m \tau) + \alpha(f_m) A^2(f_m) \exp i\{-2\pi f_m(\tau - T(f_m))\} \\ &\quad + \alpha(f_m) A^2(f_m) \exp i\{-2\pi f_m(\tau + T(f_m))\} + \alpha^2(f_m) A^2(f_m) \exp i(-2\pi f_m \tau)\} \end{aligned} \quad (3)$$

() は時間平均、* は共役複素数である。 $A^2(f_m)$ は $h_i(t)$ のパワースペクトルであるから $E_i(f_m)$ と書き、また $\rho(\tau)$ をフーリエ変換したもの、すなわち $h_z(t)$ のパワースペクトルを $E_z(f_m)$ と書くと(4)式になる。

$$\begin{aligned} E_z(f_m) &= \sum_{\tau=0}^{\infty} \rho(\tau) \exp i(2\pi f_m \tau) \\ &= E_i(f_m) + \alpha(f_m) E_i(f_m) \exp i(2\pi f_m T(f_m)) + \alpha(f_m) E_i(f_m) \exp i(-2\pi f_m T(f_m)) + \alpha^2(f_m) E_i(f_m) \\ &= E_i(f_m) \{1 + 2\alpha(f_m) \cos 2\pi f_m T(f_m) + \alpha^2(f_m)\} \end{aligned} \quad (4)$$

よって、 $E_z(f_m)$ と $E_i(f_m)$ との比は(5)式になる。

$$E_z(f_m)/E_i(f_m) = 1 + 2\alpha(f_m) \cos 2\pi f_m T(f_m) + \alpha^2(f_m) \quad (5)$$

$E_z(f_m)$ は反射水槽の観測波より、 $E_i(f_m)$ は消波水槽の観測波より得られるので、(5)式のグラフより $T(f_m)$ を

求めれば、二次方程式を解くことにより $\alpha(f_0)$ が求まることになる。

4. 実験結果とその考察

計算には10分間の波形記録を0.1 secごとにデジタル化したものを使った。

図-2には反射板 $30^\circ, 70^\circ$ の場合、S-3, S-4およびS-1~S-4の位置でのパワースペクトルを示した。自由度は59.5 (lag数200)である。図-3は(5)式の傾向をみるため、反射水槽と、消波水槽でのパワースペクトルの比

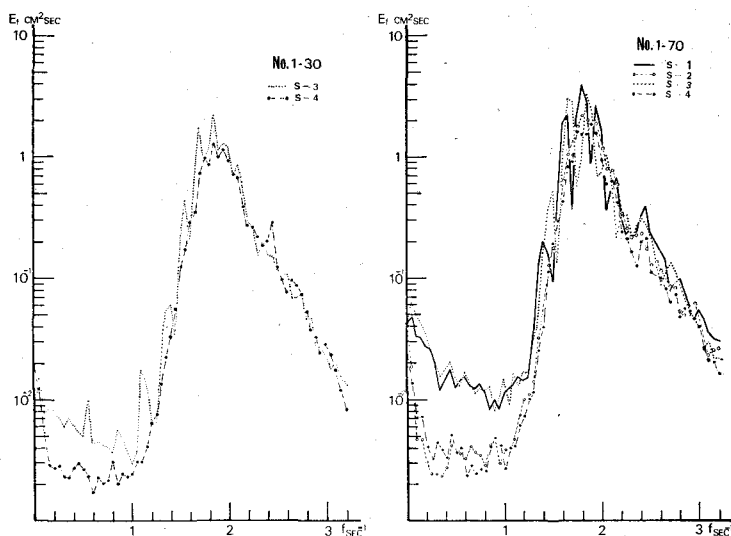


図-2 パワースペクトル

をとって示した。図-4は入射波と反射波の時間差 $T(f_0)$ を示した。 f 軸上には峯と峯および谷と谷の midpoint の周波数を、 T 軸上にはその周波数の差の逆数をプロットしてある。実線および破線は微小振幅波理論で深海波とした場合の波速を C 、観測点より反射板までの距離の2倍をしとし時間差 $(2L/C)$ を求めたものである。

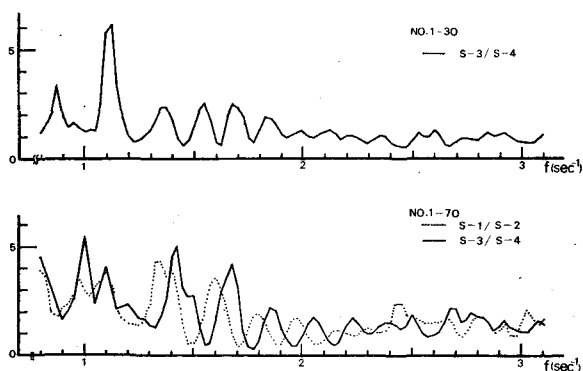


図-3 パワースペクトルの比

図-2において、反射水槽でのパワースペクトルが振動していることがわかる。図-3ではピーク周波数付近だけがかなり規則的な振動をしているが、高・低周波数に離れるに従い複雑になっている。図-4において、 $T(f_0)$ が微小振幅波理論より計算した値より約2倍大きいことがわかる。 $T(f_0)$ を1次関数として $\alpha(f_0)$ を求めてみたが周波数全体に $0 \leq \alpha \leq 1$ の値は得られなかった。これからは $T(f_0)$ 、 $\alpha(f_0)$ についてさらに調べていきたい。

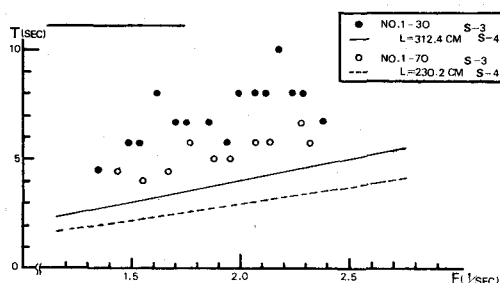


図-4 時間差 $T(f_0)$

最後に、本研究を進めるにあたり、終始ご激励下さった 細井正延教授に感謝の意を表す。