

京都大学工学部 正員 岩恒雄一
京都大学工学部 正員 ○木村 晃

1. はじめに: 著者らは昨年度の年次学術講演会において、ゼロアップクロス法により定義した不規則波浪の周期の確率特性は、Weibull分布によく従うことを、二、三の例をもって示した。その後、著者らが開発した不規則波浪のシミュレーションシステムを利用して、数多くの実験を行い、その周期の確率特性を検討した結果、いづれの場合もWeibull分布によく従うことがわかった。本研究は、これらの実験結果の一部を示すとともに、不規則波浪のスペクトルとその周期の確率特性との関係を明らかにするために、二、三の解析結果を示したものである。

2. 実験ならびに解析方法: 実験に用いた水槽は長さ27m、幅50cm、深さ76cmの両面ガラス張り水槽である。この水槽の一端に電気油圧式不規則波浪発生機が設置しており、他端には消波工を設置して波の反射を防いだ。また、造波板より5mおよび10mの水槽中央に2台の波高計を設置し、水位変動を測定した。先に述べたシミュレーションシステムへの入力としてはPierson-Moskowitz スペクトルを選らび、そのピーク周波数を0.3Hzから0.7Hzまで5通り、水深を40cmと50cmの2通り変化させて実験を行った。解析にあたっては、波高計によって得た水位変動を0.05 sec 間隔でA-D変換し、計算機を利用してゼロアップクロス法により波の周期を決定した。

3. 実験結果ならびに考察: 図-1は実験結果のスペクトル形の1例を示したものである。各ケースとも若干の凹凸はあるが、実験値は期待スペクトルとほぼ一致していることがわかる。また、図-2は図-1にそのスペクトル形を示した不規則波浪の周期の超過確率をWeibull確率紙にプロットしたものである。図よりわかるように、各ケースはほぼ直線に載っており、実験結果に対するWeibull分布の適応性は良好である。ここでは示さなかったが、その他の実験結果もほぼ同様な特性を示している。一般にWeibull分布の確率密度関数 $P(T)$ は、次式で示すことができる。

$$P(T)dT = A m \left(\frac{T}{T_r} \right)^{m-1} \exp \left[-A \left(\frac{T}{T_r} \right)^m \right] \frac{dT}{T_r} \quad (1)$$

ここで、 $A = \left(\frac{m+2}{m} \right)^{m/2}$ 、 T_r は T のroot-mean-squareである。(1)式より明らかのように、Weibull分布の分布形状は、 T_r と m がわかれば決定できるものであり、さらに確率変数 T を T_r で割って正規化すれば、形状母数 m のみで決定できる。この m は実験値をもとに決定されるものであり、ここでは、確率紙上の実験値に対して最小二乗法により直線のあてはめを行い、その勾配より m を決定した。これまでの説明でも明らかのように、不規則波浪の周期の確率特性とスペクトルとの関係を明らかにするためには、実験値をもとにして計算した m とスペクトル形との関係を明らかにすればよいことになる。不規則波浪のスペクトル

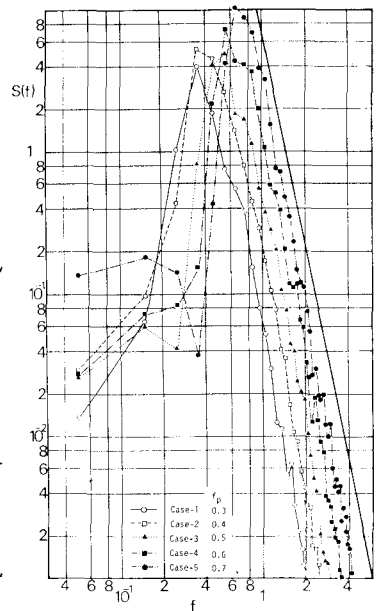


図-1 実験結果のスペクトル形

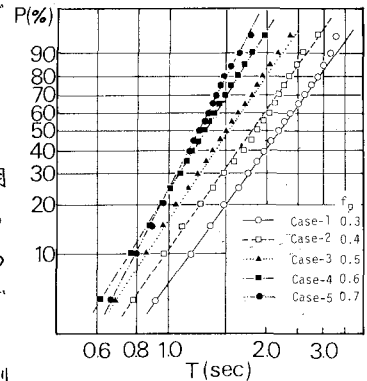


図-2 周期の超過確率

ル形あるいはスペクトル幅に關するパラメーターとしては、CartwrightとLonguet-Higginsにより提案された ε (スペクトル幅が小さい時には0に近い値をとり、大きくなるにつれて1に近づく) が普通よく用いられている。このパラメーターは、次式により定義される。

$$\varepsilon^2 = \frac{m_0 m_4 - m_2^2}{m_0 m_4} \quad (2) \quad \text{ただし, } m_n = \int_0^\infty f^n S(f) df \quad (3)$$

図-3は実験結果をもとに計算した ε と m の關係を示したものである。図よりわかるように、若干のばらつきはあるが、両者の間には負の相関關係が存在することがうかがわれる。また、 ε の値は0.7から0.8の間に比較的集中しているが、 m の値は2.8より4.2までかなりの幅で変化しており、 m は ε の変化に対して敏感であることが

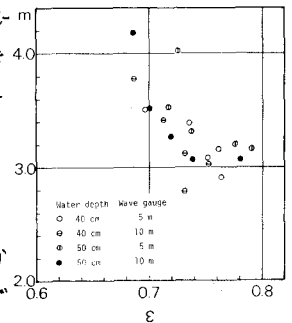


図-3 スペクトル幅 ε と m の關係

わかる。図-4はシミュレーション実験により得た不規則波浪の波高と周期の相関係数 R と m の關係を示したものである。図より明らかなように、両者の間には若干のばらつきはあるが、図-3よりは明確に負の直線的な相関關係が存在する。著者らが行った他のスペクトルシミュレーション(例えばNeumanスペクトル等)の実験結果からも、これと同じ關係が成立することがわかっていて、したがって、スペクトル形より、その周期の確率特性を推定するためには、不規則波浪の波高-周期の相関係数とスペクトル形との關係を明らかにすればよいことがわかる。合田¹⁾の行った数値シミュレーションの結果によれば、相関係数 R と ε の値との間には明確な關係が存在する。この点に対する検討を行ったものが図-5である。図中には合田の示

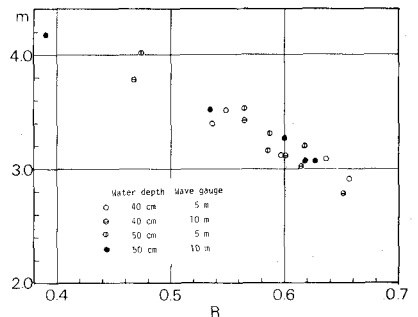


図-4 波高と周期の相関係数 R と m の關係

した R と ε に關する実験曲線もあわせて示した。図より、実験値はかなりのばらつきを示しているが、合田の実験曲線よりかなり小さく、全体的な傾向も若干異なっていることがわかる。これは、後の研究で合田²⁾が示した現地波浪の R と ε の關係と同じ傾向である。 R - ε の關係がなぜこのように数値実験と水槽実験もしくは現地波浪とで異なるかという点については、現在の時点ではまだ十分な検討が行われておらず、今後の問題点として残されている。

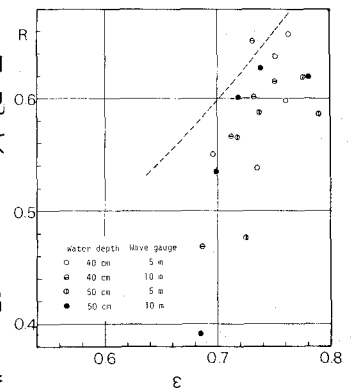


図-5 ε と R の關係

以上、著者らが行った二、三の解析結果を示してきたが、本研究の範囲内では、最終的に著者らがめざしている不規則波浪の周期の確率特性とスペクトル形との關係を十分に明らかにすることはできなかった。しかし、この研究により、不規則波浪のスペクトルがPierson-Moskowitzスペクトルで近似できる場合、その周期の確率分布はWeibull分布で十分近似できること、実験値をもとにして決定した、Weibull分布の形状母数 m と波高-周期の相関係数 R との間には明確な直線關係が存在することなどを明らかにすることができた。今後に残された問題点は多いが、その中でも特に、Weibull分布の形状母数 m と密接な關係をもつ波高-周期の相関係数 R が同波の発生、発達、変形あるいは減衰にともないどのように変化するかを明らかにしてゆく必要があると考える。

参考文献

- 1). Goda, Y: Rept. Port and Harbour Res. Inst., Vol.9, No.3, pp. 3-57, 1970.
- 2). 合田・永井: 港湾技術研究所報告, 第13巻, 第1号, pp. 1-37, 1974.