

京大防災研 正会員 土屋義人

山口正隆

1. 緒言 近年、海岸老朽建造物の計画・設計に波の不規則性を取り入れるための各種の方法が試みられているが、こうした設計法の確立のためには、海面の変動特性の詳細とできるだけ正確に把握する必要がある。海面の変動特性を表わす指標として、有義波高や有義波周期などのような水位変動の極値に関連した統計量のほか、標準偏差、歪度および尖鋭度さらにはパワースペクトルなど水位変動Xのものに關係する諸量を用いられている。こうした種々の統計量間の關係は海面を線型定常過程として扱った Longuet-Higgins の理論によりある程度知ることができなければならない。現実の海面の変動は理論で仮定した平均値と標準偏差により規定される Gauss 分布とは異なり、より高次のモーメント(たとえば尖鋭度や歪度など)をもっていることが示されている。しかし、これらの相互の關係についてはほとんど知られていない。本研究は、風洞水槽内で発生させた風波および大湾海岸において容量式波高計により観測した現地波浪とついでこの統計量相互の關係を検討したものである。

2. 実験方法および解析方法 実験に用いた水槽は、宇治市水理実験所にある循環式風洞水槽である。実験は循環式風洞水槽とした場合について行ない、風速および風波の水位変動をそれぞれ数台の小型プロペラ式風速計および電気抵抗線式水位計により測定した。記録の解析にあたっては、送風機の回転数が 400 r.p.m. 以下の場合には $\Delta t = 0.04$ sec (1800), 450 r.p.m. 以上の場合には $\Delta t = 0.08$ sec (1500) の A-D 変換したのち、上述の統計量およびパワースペクトルを計算した。解析記録に含まれる波数は 110 ~ 160 波であった。実験条件を表-1 に示す。なお、5 回の実験に用いた風波は、いわゆる非定常波浪であるが、解析にはその長時間風を収録させた擬似定常状態のものを用いた。

表-1 実験条件

hcm	Um/sec									
60	5.7	7.4	7.8	9.1	9.9	11.0				
55	5.5	6.5	7.5	9.1	9.5	10.8				
50	5.7	6.7	7.6	8.5	9.1	10.6				
45	5.5	6.4	7.3	8.4	9.1	10.1				
40	5.5	6.4	7.1	8.2	9.2	10.1				
35	4.9	5.8	6.6	7.6	8.6	9.5				
30	5.3	6.2	6.9	7.8	8.6	9.4				
25	5.1	6.0	6.8	7.5	8.2	9.1				
20	5.0	5.9	6.5	7.6	8.3	9.0				
r.p.m.	300	350	400	450	500	550				

3. 水位変動の統計的特性 図-1 はゼロ・アップ・クロス法で定義した各種平均波高間の關係について Longuet-Higgins による理論値と比較したものであって、従来から確かめられているように、これらの平均波高間の關係は理論値とよく一致しており、波高分布がほぼ Rayleigh 分布することが認められる。しかしこの図によれば、波高の増大につれて理論値とのへたたりが若干現われている。こうした傾向はいくつかの風洞水槽による実験にも見られ、この実が実験室風波の特徴と考えられるが、また、使用した風波の波形が配分がかなり大きいことから、この原因の一部は波の非線型性の強弱によるものと考えられる。一方、周期に關しては理論的考察付けはないが、合田らによって報告された名古屋港の観測結果と比較的よく一致した。図-2 は、各種平均波高と水位変動の標準偏差との關係について理論値と比較したものであり、これらの兩者の關係は標準偏差の値の大きい場合の $H_{1/2}$ との關係を除き、かなり大きい波高まで理論値とよく一致している。図-1 と 2 はいずれも線型理論によるものであるから、これらの結果は矛盾しているように思われるが、いずれにせよ、

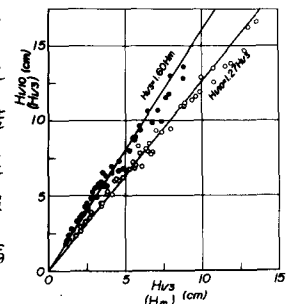


図-1 平均波高間の關係

この関係によれば、 σ の値から各種平均波高をかなり精度よく推定することができよう。つぎに、発生風波のパワースペクトルの一例を示したものが図-3であり、図中にはPhillipsにより与えられた予測値も示してある。風速の増大につれて、風波のスペクトルが変遷していくのは当然のこととしても、一般に実際の海の観測ではスペクトルの高周波側において予測が成立することが確認されているのに対し、風洞水槽の風波ではこのよう配が若干急になっているようである。図-4は、スペクトルのピーク周波数と有義波周期の関係を示すものであるが、これと相互の関係はDarbyshireが北大西洋で記録した数多くの嵐の波から得た関係 $T_{fp} \approx 1.14 T_{1/3}$ より少し異なり、 $T_{fp} \approx 1.07 T_{1/3}$ 程度であった。図-5は迷風機回転数による風速および波の特性の変化の一例を示したものである。図から当然のことながら、風速の増大とともに波高、周期が増大して

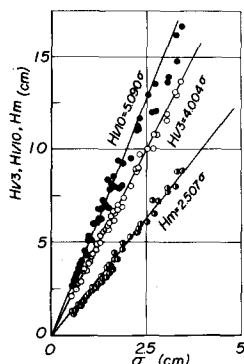


図-2 $H_{1/3}$ と σ の関係

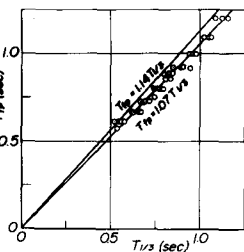


図-4 T_{fp} と $T_{1/3}$ の関係

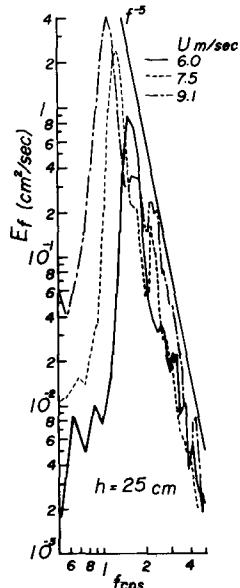


図-3 スペクトルの一例

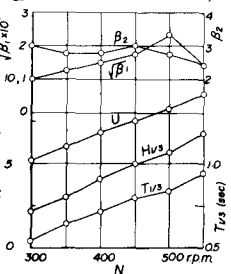


図-5 迷風機回転数による風速および波高の変化

ながら、風速の増大とともに波高、周期が増大して

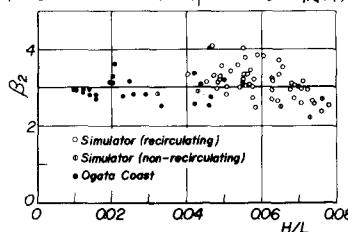


図-6 尖鋭度と波形こう配の関係

たものである。尖鋭度および歪度の値は正規分布の場合、 $\beta_2 = 3$, $\sqrt{\beta_1} = 0$ であり、前者は簡単にいえば波高のRayleigh分布からのへたたりを、後者は水位変動の上下の非対称性、すなわち波の非線型性を示す指標と考えられる。図-6によれば、尖鋭度の値は、 $\beta_2 = 3$ のまわりにばらついており両者の相関性が見られないが、詳細に検討すれば、一度増加したのち減少する傾向がうかがえる。 $\beta_2 > 3$ は水位変動の分布したから波高の分布

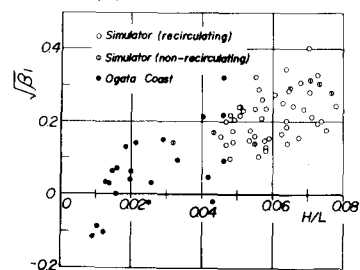


図-7 歪度と波形こう配の関係

が平均値のまわりに集中することを意味しており、また $\beta_2 < 3$ は一部には碎波や風などの影響で波高の分布がなだらかになることに対応していると考えられ、いずれにせよ、このことが図-1の傾向をある程度説明するようと思われる。一方、図-7によれば、波形こう配の増加とともに歪度の値が増大するのは明かである、歪度は波の非線型性を示すよい指標であることがわかる。以上の議論ではスペクトルの幅については考慮していない、また資料のばらつきも大きいので、今後より精度の高い資料を得て検討を行ないたい。