

○東海大学 海洋 正会員 小菅 晋

東海大学 海洋 正会員 斎藤 晃

津波や高潮が港湾に来襲した場合の災害を予測するには、地形効果による波の集中や発散を考慮するだけでは不十分で、副振動にともなう共振現象による波高増大効果も無視できない例が多い。港湾の海水振動特性は、浚せつ、埋立、防波堤等の建設にともなう変化する場合があり、振動特性の現状を把握しておくことは、防災対策上、重要な意義を持っている。

清水港の変遷の様子を図-1に示してある（図中破線は建設工事後を表わす）が、清水港は港湾拡張計画に基づいて、1966年から防波堤、埠頭等の建設工事が進められ現在ほぼ完了している。そこで清水港内において、潮位観測を行ない、清水港の海水振動特性を求めるとともに、港湾拡張工事以前の海水振動特性と比較し、その特性がどのように変化したかを明らかにしたものである。

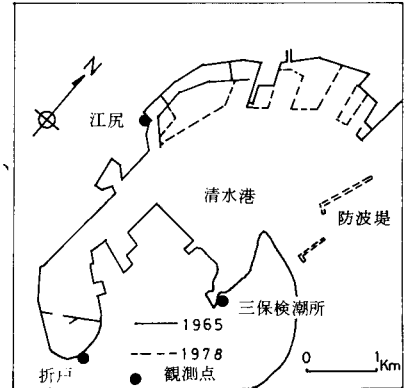


図-1 清水港変遷図

港湾の副振動は局地性が強いので、一個所だけでの観測では必ずしも港湾全体の振動特性が判明するとは限らない。そのため図-1に示す2地点（江尻、折戸）で同時観測を実施した。また三保にある気象庁検潮所の記録も用いた。観測に使用した計器は、石田式変倍水位計と海底水位計（LPT-Ⅲ改良型）である。

観測記録は次のように処理した。まず、副振動の波形記録で連続する波峰と波谷との水位差を副振動の波高とし、連続する波峰と波峰との間隔を副振動の周期と定義する。現地換算で波高1.0m以上の副振動について、その波高と周期をすべて読み取り集計分類した。なお、一部の記録については、最大エントロピー法により副振動のパワースペクトルを求めた。図-2は1978年12月18日～24日の観測記録より求めた、3地点での副振動の周期と波高の頻度分布図である。折戸・江尻・三保の3個所で、同一の時期に観測して求められた副振動の頻度分布には、かなりの差が認められる。これは副振動現象の局地性が強く、複雑な港湾内では、前述のように1点のみの観測でその港湾の振動特性を知ることが不可能なことを意味している。また、同一地点でも観測期日が異なれば、もちろん頻度分布も多少変化しているが、それぞれの分布形はよく似ており、卓越周期などは、当然のことながらほとんど一致している。折戸では、周期が10分前後から50分程度までの範囲に広く分布している。著しい卓越周期は33分から40分の部分に認められる。また27分、22分、16分の付近にも小さな卓越部分が存在している。江尻では、折戸と大きく変わっており、周期分布巾も狭く5分から30分の範囲となり、折戸で多く発生した40分程度の周期の

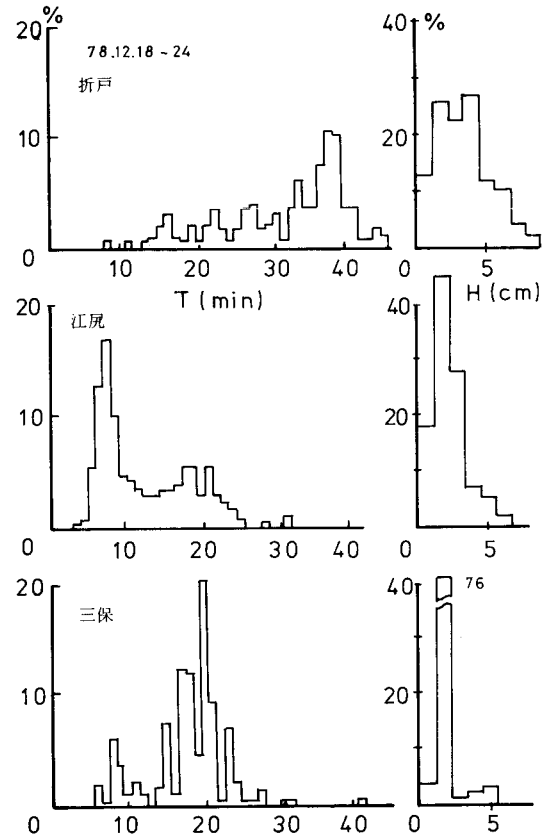


図-2 3地点における周期・波高頻度分布図

ものがほとんどなくなっている。卓越周期は8分前後と20分前後に卓越部分が認められる。三保検潮所では、20分付近に著しい卓越周期が存在し、次に8分付近に卓越周期が認められる。観測期間中には、あまり大きな波高の副振動は発生しなかった。副振動の波高頻度分布は、各地点とも似ており、波高5cm以下がほとんどであった。ただし、折戸では10cmに近い波高の副振動が観測されており、湾奥ほど波高の高くなることが知られる。

防波堤、埠頭等が港湾の副振動におよぼす効果を明らかにするために、外洋からの侵入波を同じにする必要がある。そのため、今回の各観測日ごとに、それと良く似た天気配置の日を1964年～1966年までのほぼ同時期の範囲から選び出してみた。その結果、良く似た天気配置の日が数例求まった。各組ごとに、副振動の波高を周期別に図示した一例が図-3である。図の縦軸はそれぞれの周期に対応する波高の平均値をcm単位で示してある。横軸は周期を分単位で示してある。なお、図中の破線は防波堤等完成後の波高分布であり、実線は防波堤等のない時の波高分布である。天気図が似ていても、外洋からの長周期侵入波が同程度という保証はないが、各組のほとんどの例において、防波堤、埠頭等の建設後の波高分布は建設着工前にくらべて低くなっているようである。

江尻における水位記録をスペクトル分析して、防波堤、埠頭等の建設前後の卓越周期を比較してみる。パワースペクトル図の例として、1965年12月19日のものと1978年12月19日のものを、それぞれ図-4に示しておく、縦軸はパワー密度($\text{cm} \cdot \text{s}$)、横軸は周波数(Hz)を目盛ってある。両図ともパワースペクトルのピークには対応する周期を分単位で記入してある。1965年12月19日のものには、19.6分に著しいピークがあり、次に8.1分と10.1分とに小さなピークが認められる。1978年12月19日のものには18.5分に著しいピークが存在し、9.8分に小さなピークがある。この両図のスペクトル図は第1ピークの周期がほとんど同一で、第2ピークの周期も同じと見なせるくらい類似している。なお、1965年12月15日～21日の江尻における検潮記録のスペクトル分析結果と、1978年12月18日～24日の江尻における水位記録のスペクトル分析結果では、卓越周期は長い方から約25分、約20分、約10分、約8分と両記録より、同様な卓越振動周期が求まり、両者は誤差の範囲でほとんど一致していた。

今回、防波堤、埠頭等の完成後に実施した観測の結果、測定された卓越周期は、ほとんど防波堤等建設着工前のものと同程度であるといえる。すなわち、防波堤等の建設により清水港の海水振動特性は、周期に関してはほとんど変化せず、波高は減少の傾向にあることが明らかになった。筆者等はすでに清水港の水理模型実験を行ない、大規模港湾工事にともなう清水港の振動特性がどのように変化するかを予測しているが(小菅・宇野木・斎藤(1972):清水港の振動特性、第19回海岸工学講演会論文集)、今回の観測結果は水理実験の結果と良く一致している。港口を遮断するように防波堤を設置したにもかかわらず卓越周期がほとんど変化しなかったのは、防波堤が港口の水深急変部の近くに建設されたことと、防波堤が主振動軸にかなり平行になっているためと考えられる。

今回、防波堤、埠頭等の完成後に実施した観測の結果、測定された卓越周期は、ほとんど防波堤等建設着工前のものと同程度であるといえる。すなわち、防波堤等の建設により清水港の海水振動特性は、周期に関してはほとんど変化せず、波高は減少の傾向にあることが明らかになった。筆者等はすでに清水港の水理模型実験を行ない、大規模港湾工事にともなう清水港の振動特性がどのように変化するかを予測しているが(小菅・宇野木・斎藤(1972):清水港の振動特性、第19回海岸工学講演会論文集)、今回の観測結果は水理実験の結果と良く一致している。港口を遮断するように防波堤を設置したにもかかわらず卓越周期がほとんど変化しなかったのは、防波堤が港口の水深急変部の近くに建設されたことと、防波堤が主振動軸にかなり平行になっているためと考えられる。

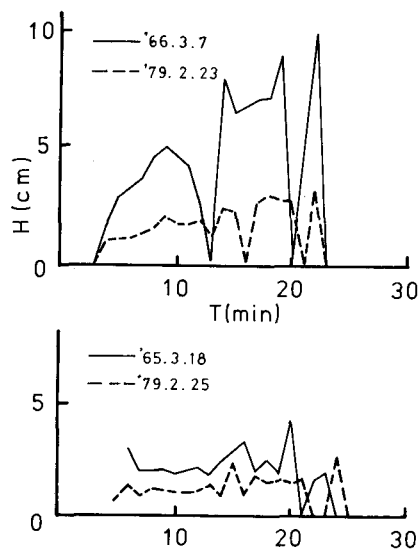


図-3 防波堤の有無による波高変化図

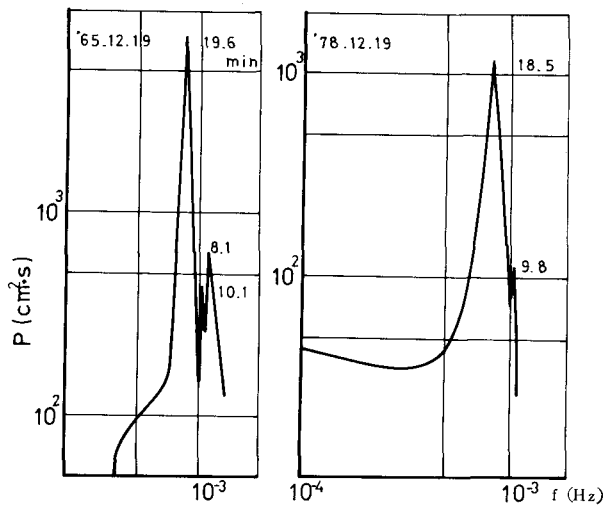


図-4 パワースペクトル図