

愛媛大学工学部 正員 山口 正 隆
京大防災研究所 正員 土 屋 義 人

1. 緒 言: 本研究は海岸長周期波の特性を究明するために、琵琶湖における多点波浪観測結果を用いて湖岸における長周期波の統計的特性、変形特性および入射波浪との関係を検討したものである。本観測の特徴は、海岸付近に限られていた従来の大部分の観測と異なり、深海域から砕波帯に至る観測結果が得られている点にある。

2. 解析方法: 解析に用いた資料は汀線とほぼ直角方向の水深約1m, 2.2mおよび4mの地点の3台の波高計記録であり、汀線より波高計までの距離はそれぞれ約35m, 67mおよび247mである。風波の平均波法による解析は $\Delta t = 0.1 \sim 0.16$ sec および $N = 10250 \sim 20500$ (観測時間1640~2050 sec) の条件で行った。一方、長周期波の解析は、 $\Delta t = 0.2 \sim 0.25$ sec および $N = 8192$ の資料からFFT法により周波数スペクトルの低周波側極小部に相当する約6 sec以下の周波数成分をcutしたのち、平均波の場合には $\Delta t = 0.4 \sim 0.5$ sec および $N = 4096$ の条件で、またスペクトルの場合には、 $\Delta t = 1.6 \sim 2$ sec および $N = 1024$ の条件でFFT法により行った。スペクトルの実質的な本数は31で、自由度は34~42である。なお、波浪特性の範囲は $2.24 \text{ sec} \leq T_{1/2} \leq 3.82 \text{ sec}$, $36.0 \text{ cm} \leq H_{1/2} \leq 96.6 \text{ cm}$, $3.39 \leq T_{1/2} \sqrt{g/h} \leq 10.34$ および $0.095 \leq H_{1/2}/h \leq 0.792$ である。ここに、 $H_{1/2}$ および $T_{1/2}$: 水深4m地点での風波の有義波高および有義波周期、である。

3. 長周期波の統計的特性: 表-1は観測結果125例について風波および長周期波の各種波高比および周期比などの平均値と標準偏差を一括して示したものである。まず、波高比についてみると、長周期波のそれは風波よりやや小さい値を示すけれども、比較的良好に対応している。今回の風波の資料には、砕波の影響の入ったものもかなり含まれるので、高波高部分での対応は十分でないが、一般に風波の波高分布はRayleigh分布で近似されるので、長周期波の波高分布はRayleigh分布よりやや尖っていることになる。ただし、 H_{max} は波数に依存するので、当然風波の $H_{max}/H_{1/2}$ の方が大きい。一方、周期比についてみると、長周期波の値は風波よりかなり大きい。この場合の各種平均周期は波高に付随して定義されたものであるので、一概には

表-1

いえないけれども、スペクトル幅パラメータの値とあわせて考えると、長周期波の周期分布は風波のそれよりかなり広いことがわかる。このため、風波の場合のように、 $T_{max} \approx T_{1/2} \approx T_{1/3} \approx 1.22 T_m$ は成立せず、 $T_{1/10L} > T_{maxL} \approx T_{1/2L} = 1.3 T_{mL}$ である。ここに、suffix Lは長周期波を表す。また、長周期波の高波高部分の相関係数は風波のそれよりやや増加するのに対して、全般的な相関は低下することと長周期波の水位変動の中心度分布は正規分布でほぼ近似されるが、skewnessは風波の場合と逆に平均的に負になるので、谷の部分でやや尖った液形になるとなごわかる。図-1および2は表-1の各種波高比および周期比と凡およびスペクトル幅パラメータ間の関係のうち、相互の相関係数の値が大きい $H_{1/2L}/O_L$ および $T_{1/2L}/T_{mL}$ と V_{SL} の関係を図示したものである。スペクトル幅を表す V_{SL} の特性から考えて、後者の傾向はある程度理解されるが、前者も V_{SL} とともに減少し、しかもその平均値3.37は風波の場合の $H_{1/2}/O = 3.95$ よりかなり小さい。こうした値は合田の観測結果にも見出される。なお図中の直線は最小自乗法によりあてはめ

Long Period Waves			Wind Waves		
N	125		N	125	
$H_{max}/H_{1/2}$	5.513 (0.185)		$H_{max}/H_{1/2}$	1.700 (0.185)	
$H_{1/2}/H_{1/3}$	1.246 (0.044)		$H_{1/2}/H_{1/3}$	1.238 (0.027)	
$H_{1/3}/H_{1/10}$	1.526 (0.042)		$H_{1/3}/H_{1/10}$	1.584 (0.028)	
$H_{max}/H_{1/10}$	1.383 (0.017)		$H_{max}/H_{1/10}$	1.127 (0.012)	
$H_{1/2}/H_{1/10}$	0.446 (0.019)		$H_{1/2}/H_{1/10}$	0.530 (0.025)	
$H_{1/3}/H_{1/10}$	0.287 (0.036)		$H_{1/3}/H_{1/10}$	0.187 (0.021)	
$T_{max}/T_{1/2}$	1.025 (0.382)		$T_{max}/T_{1/2}$	1.009 (0.077)	
$T_{1/2}/T_{1/3}$	1.104 (0.108)		$T_{1/2}/T_{1/3}$	1.008 (0.017)	
$T_{1/3}/T_{1/10}$	1.326 (0.101)		$T_{1/3}/T_{1/10}$	1.215 (0.033)	
$T_{max}/T_{1/10}$	1.143 (0.055)		$T_{max}/T_{1/10}$	1.057 (0.025)	
$T_{1/2}/T_{1/10}$	0.565 (0.106)		$T_{1/2}/T_{1/10}$	0.346 (0.021)	
$T_{1/3}/T_{1/10}$	0.456 (0.118)		$T_{1/3}/T_{1/10}$	0.145 (0.027)	
V_{SL}	0.516 (0.089)		V_{SL}	0.154 (0.027)	
$\rho_{H_{1/2L}/O_L}$	0.196 (0.127)		$\rho_{H_{1/2L}/O_L}$	0.049 (0.085)	
$\rho_{H_{1/2L}/V_{SL}}$	-0.237 (0.186)		$\rho_{H_{1/2L}/V_{SL}}$	-0.156 (0.120)	
$\rho_{T_{1/2L}/T_{mL}}$	-0.237 (0.186)		$\rho_{T_{1/2L}/T_{mL}}$	-0.117 (0.148)	
$\rho_{T_{1/2L}/V_{SL}}$	0.959 (0.051)		$\rho_{T_{1/2L}/V_{SL}}$	0.941 (0.061)	
ρ_{V_{SL}/O_L}	0.730 (0.027)		ρ_{V_{SL}/O_L}	0.744 (0.054)	
$\rho_{V_{SL}/T_{mL}}$	0.639 (0.094)		$\rho_{V_{SL}/T_{mL}}$	0.136 (0.054)	
$\rho_{V_{SL}/H_{1/2L}}$	0.550 (0.077)		$\rho_{V_{SL}/H_{1/2L}}$	0.455 (0.068)	
$\rho_{V_{SL}/T_{1/2L}}$	0.856 (0.129)		$\rho_{V_{SL}/T_{1/2L}}$	2.410 (0.301)	
$\rho_{V_{SL}/T_{1/3L}}$	1.36-2 (17.48)		$\rho_{V_{SL}/T_{1/3L}}$	651.9 (137.6)	

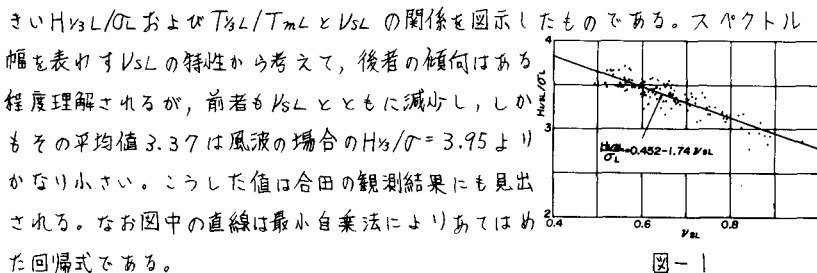


図-1

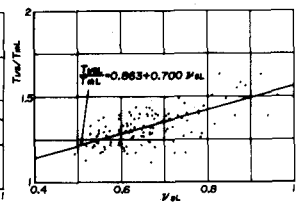


図-2

4. 長周期波の変形特性: 長周期波の変形を支配するパラメーターとして、 $H_{1/2}^{(0)}/h$ 、 $T_{1/2}^{(0)}/\sqrt{h}$ および合田によるものなどが考えられる。これらのパラメーターのうち、後2者と前述の波高比などとの相関は前者よりやや高かったけれども、今回の資料では相互の相関係数がいずれも0.98以上であったので、ここでは風波の変形特性の解析に用いた $H_{1/2}^{(0)}/h$ を使用した。図-3、4、5および6は $H_{1/2}^{(0)}/H_{ML}$ 、 $T_{1/2}^{(0)}/T_{ML}$ 、 R および V_{SL} の $H_{1/2}^{(0)}/h$ による変化を示したものであり、 $H_{1/2}^{(0)}/H_{ML}$ および R は同様の波浪特性範囲の風波の場合と同様に、水深変化による影響をほとんど受けない。しかし、 $T_{1/2}^{(0)}/T_{ML}$ など各種周期比および V_{SL} は $H_{1/2}^{(0)}/h$ の増加とともに減少したのち、一定となる傾向がある。すなわち、浅海域になるほど、周期の分布幅が狭くなる。つぎに、図-7および8は風波の場合に、波の非線型性の影響を強く受けた T_{2L}/T_{ML} (T_{2L} : スペクトル頻率より求めた平均周期) および $H_{1/2}^{(0)}/\sigma_L$ の $H_{1/2}^{(0)}/h$ による変化を示したものである。長周期波の場合、 T_{2L}/T_{ML} ($\sqrt{B/L}$ および β_{2L}) は $H_{1/2}^{(0)}/h$ によってそれほど変化しない。しかし、 $H_{1/2}^{(0)}/\sigma_L$ は前述のように V_{SL} の増加とともに減少し、さうに V_{SL} は $H_{1/2}^{(0)}/h$ とともに減少するので、結局 $H_{1/2}^{(0)}/\sigma_L$ は $H_{1/2}^{(0)}/h$ とともに増加し、 $H_{1/2}^{(0)}/h$ の大きい領域で一定になる傾向がある。

5. 風波と長周期波との関係: 表-2は風波と長周期波との間の波高比および周期比などを示したものである。この表から、今回の資料では両者の比は平均的に波高比で0.08~0.1、周期比で5~6であることがわかる。しかし、これらの比は図-9および10に例を示すように、 $H_{1/2}^{(0)}/h$ とともに変化する。すなわち、 $H_{1/2}^{(0)}/H_{1/2}^{(0)}$ はほぼ $\sqrt{H_{1/2}^{(0)}/h}$ とともに直線的に増加し、一方、 $T_{1/2}^{(0)}/T_{1/2}^{(0)}$ は $H_{1/2}^{(0)}/h$ とともに減少する。後者の傾向は $T_{1/2}^{(0)}$ が減少するためである。最後に、図-11は σ_L/σ を合田の提案したパラメーターに対して図示し、その平均的傾向と合田の提案式を比較したものである。合田の観測結果にもかなりのばらつきが見出されるにもかかわらず、両者の平均的傾向は驚くほどよく一致している。

6. 結 語: 以上、本研究では琵琶湖での波浪観測結果を用いて長周期波の統計的特性に検討を加え、若干の興味ある結果を得た。今後、波高分布などに關してより詳細な検討を行うとともに、長周期波のスペクトルおよび位相特性についても考察するつもりである。

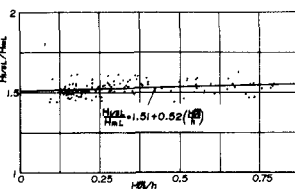


図-3

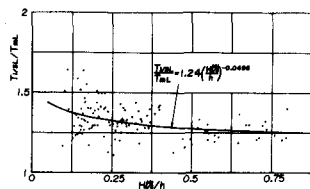


図-4

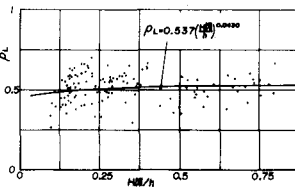


図-5

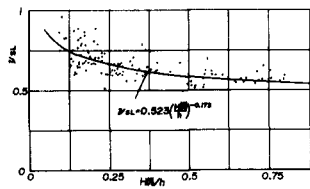


図-6

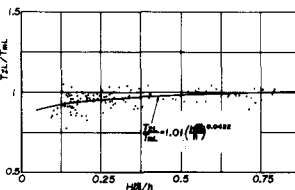


図-7

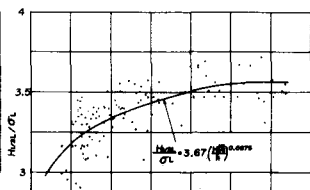


図-8

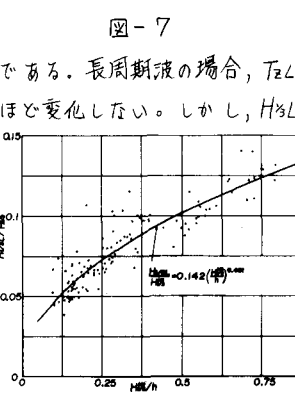


図-9

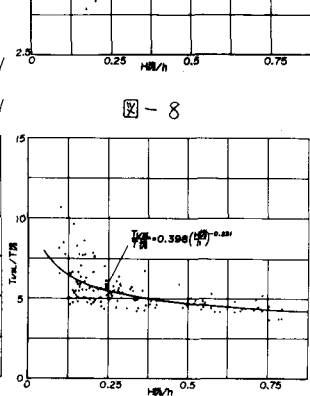


図-10

表-2

$H_{1/2}^{(0)}/H_{ML}$	0.0873 (0.0356)
$T_{1/2}^{(0)}/T_{ML}$	0.0910 (0.0323)
R	0.0098 (0.0003)
V_{SL}	0.0918 (0.0360)
T_{2L}/T_{ML}	0.0916 (0.0305)
$H_{1/2}^{(0)}/\sigma_L$	0.0868 (0.0306)
$H_{1/2}^{(0)}/\sigma_{10}$	0.0939 (0.0440)
$T_{1/2}^{(0)}/T_{10}$	0.105 (0.0362)
$T_{1/2}^{(0)}/T_{1/2}$	5.53 (2.27)
$T_{1/2}^{(0)}/T_{1/2}^{(0)}$	5.97 (1.56)
$T_{1/2}^{(0)}/T_{1/2}^{(0)}$	5.43 (1.26)
$T_{1/2}^{(0)}/T_{1/2}^{(0)}$	4.86 (0.945)
$T_{1/2}^{(0)}/T_{1/2}^{(0)}$	5.40 (1.30)
$T_{1/2}^{(0)}/T_{1/2}^{(0)}$	6.05 (1.23)
$T_{1/2}^{(0)}/T_{1/2}^{(0)}$	18.0 (10.2)
$T_{1/2}^{(0)}/T_{1/2}^{(0)}$	5.01 (0.618)

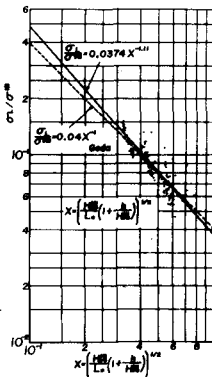


図-11