

浅水域における風波の特性

日本文理大学工学部 学生員 〇国年将伸 正員 樋田 操
九州大学大学院総理工 学生員 川上裕史 正員 松永信博

1. はじめに

沿岸海域が風域内にある場合、発達した風波は海底地形の影響を受けながら海岸に入射する。このように浅水変形を受けた風波の特性は深海域で生ずる風波のそれとは異なる様に思われる。外洋で形成される風波の基本的特性はかなり確立されている。本研究では、浅海域に入射する風波と外洋における風波の違いについて検討した。

2. 実験装置および実験方法

実験には長さ32m、高さ0.94m、奥行き0.60mの風洞水槽を用いた(図-1参照)。水槽の一端には勾配1/30の斜面を12mにわたって取り付け、水深を30cmに固定した。風洞は吸込み式で断面平均風速 U_m は7.60m/sから21.8m/sの間で変えられた。風速分布および風波の計測はPos.1からPos.5で行われた。各測定点における平均風速はベーン式風速計を用いて測定された。風速分布に対数則 $u = u_* / K \ln z/z_0$ ($K=0.4$)をあてはめることにより、まさつ速度 u_* を求めた。風波の計測は、精密型容量式波高計を用いて行われた。波高のアナログデータは1/50Hzのサンプリング間隔でAD変換され、16,384個のデータが抽出された。表-1に実験条件と測定された風波の代表量を示す。ここで、 F は吹送距離、 h は平均水深、 E は水面変位の2乗平均値、 f_m は卓越周波数である。 H と L は平均波高と卓越波の波長であり、それぞれ $H = 2.5\sqrt{E}$ 、

$L = \frac{g}{2\pi f_m^2} \tanh \frac{2\pi h}{L}$ の関係を用いて算定されている。 U_r はアーセル数で、 HL^2/h^3 で定義されている。相対水深 h/L の値が全体的に1/2以下の値をとることから、発生した風波は水深の影響を受けているものと推察される。

3. 風波の特性

表-1から、平均風速が大きくなるにつれ風波のエネルギー E は増大し、卓越波の周期も大きくなることがわかる。また、平均風速が同じ場合フェッチが増大するにつれエネルギーおよび卓越周期も増加する。ただし、風速が大きく風波がかなりの浅水域に到達した場合、つまり $U_r \geq 5$ において風波は砕波によってそのエネルギーを減少し始めるようである。

数多くの実験および現地計測結果に基づいて光易¹⁾は、風波の発達特性を示す吹送距離則

$$g\sqrt{E}/u_*^2 = 1.31 \times 10^{-2} (gF/u_*^2)^{0.504}$$

$$u_* f_m / g = 1.0 (gF/u_*^2)^{-0.330}$$

を提案している。ここで、 g は重力加速度である。図-2において、これらの吹送距離則と著者らの実験結果を比較した。無次元エネルギーは無次元フェッチとともに増大し、無次元卓越周期は減少するという定性的傾向は経験式と一致しているが、絶対値に関しては両者の間にかんりの違いが見られる。これが浅水変形を受けた風波の普遍的な特性であるか否かは不明であるが、今後検討すべき興味ある点である。

図-3に、フェッチは同じで水表面に作用する風応力が異なる場合の風波の無次元スペクトルを示す。風波の高周波域における周波数依存性は、風応力が0.218m/sから2.19m/sに変化した場合 f^{-4} から f^{-3} に変化する。

図-4は $f = f_m$ におけるスペクトルピーク $\phi(f_m)$ の値をエネルギーと卓越周波数を用いて無次元化し、 U_r に対してプロットしたものである。無次元スペクトルピーク値は、 U_r の増加とともに減少する。光易²⁾によると外洋における無次元スペクトルピーク値は一定値2.74をとる。このような無次元スペクトルピークの U_r 依存性は、浅水域における風波の特性であると思われる。図-5は、 $f = 2f_m$ で現われるスペクトルピーク $\phi(2f_m)$ を $\phi(f_m)$ で無次元化し、 U_r に対してプロットしたものである。外洋において平衡状態に達した風波のスペクトル形はほぼ相似形となることから $\phi(2f_m)/\phi(f_m)$ の値は一定値をとると思われる。しかしながら、浅水域に達した風波の場合、 U_r の増加とともに増大することがわかる。これは浅水変形により風波の非線形性が増加するためと思われる。

浅水域における風波の2, 3の基本的特性について検討した。外洋における風波についてこれまでに確立された特性と異なる点がいくつか示された。今後、底面勾配を変えることにより、さらなる検討を行う予定である。

【参考文献】

- 1) 光易恒, 海洋波の物理, 岩波書店, 1995
- 2) Mitsuyasu, H., On the growth of the spectrum of wind-generated waves (1), Rept. RIAM, Vol. 16, 1968

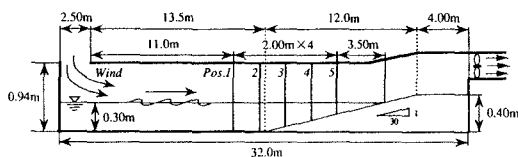


図-1 実験装置

表-1 実験条件および代表量

$U_1(\text{m/s})$	Run	$F(\text{m})$	$h(\text{cm})$	$w(\text{m/s})$	$E(\text{cm}^3)$	$f_m(\text{Hz})$	$h(\text{cm})$	$L(\text{m})$	gF/u_*^2	$gE^{1/2}/u_*^2$	$w/fm/g$	h/L	U_1	U_1
7.60	1	11.0	30.0	0.308	0.683	2.14	2.07	0.341	1.14E+3	8.57E-1	6.73E-2	0.882	6.08E-2	6.87E-2
	2	13.0	30.0	0.237	0.836	2.14	2.29	0.341	2.27E+3	1.60	5.18E-2	0.879	6.70E-2	9.88E-2
	3	13.0	25.0	0.233	0.977	2.11	2.47	0.330	2.66E+3	1.75	5.06E-2	0.717	7.06E-2	1.92E-1
	4	17.0	18.4	0.218	1.17	1.94	2.70	0.414	3.51E+3	2.23	4.32E-2	0.445	6.53E-2	7.43E-1
	5	19.0	11.9	0.235	1.26	1.87	2.81	0.446	3.37E+3	1.99	4.48E-2	0.287	6.29E-2	3.31
11.6	1	11.0	30.4	0.682	2.88	1.71	4.24	0.553	2.31E+2	3.58E-1	1.19E-1	0.570	7.96E-2	4.29E-1
	2	13.0	30.2	0.368	3.31	1.68	4.53	0.553	3.94E+2	5.53E-1	9.73E-2	0.546	8.22E-2	5.03E-1
	3	15.0	25.2	0.723	3.53	1.52	4.70	0.675	2.81E+2	3.52E-1	1.21E-1	0.374	6.96E-2	1.33
	4	17.0	18.7	0.823	3.59	1.51	4.74	0.684	2.46E+2	2.74E-1	1.26E-1	0.274	6.93E-2	3.38
	5	19.0	12.4	0.658	2.57	1.43	4.01	0.763	4.30E+2	3.63E-1	9.60E-2	0.163	3.25E-2	1.21E+1
15.5	1	11.0	29.9	1.18	4.01	1.51	5.01	0.684	7.78E+1	1.43E-1	1.81E-1	0.438	7.32E-2	8.74E-1
	2	13.0	30.1	1.29	5.07	1.40	5.63	0.796	7.72E+1	1.34E-1	1.84E-1	0.378	7.07E-2	1.31
	3	15.0	25.5	1.19	5.26	1.41	5.73	0.785	1.03E+2	1.58E-1	1.72E-1	0.325	7.39E-2	2.34
	4	17.0	19.3	1.32	4.86	1.34	5.51	0.869	9.59E+1	1.24E-1	1.80E-1	0.222	6.34E-2	5.83
	5	19.0	13.4	1.49	3.01	1.29	4.34	0.937	8.38E+1	7.64E-2	1.96E-1	0.142	4.63E-2	1.60E+1
18.9	1	11.0	28.5	1.10	4.71	1.43	5.43	0.763	8.86E+1	1.75E-1	1.61E-1	0.374	7.11E-2	1.36
	2	13.0	30.0	1.63	5.45	1.39	5.84	0.807	4.78E+1	2.32E-1	2.32E-1	0.371	7.23E-2	1.41
	3	15.0	25.6	1.82	6.06	1.34	6.15	0.869	4.43E+1	7.28E-2	2.49E-1	0.294	7.08E-2	2.78
	4	17.0	19.6	2.10	4.95	1.27	5.56	0.969	3.76E+1	4.93E-2	2.73E-1	0.203	3.75E-2	6.87
	5	19.0	14.0	2.57	3.43	1.19	4.63	1.10	2.81E+1	2.74E-2	2.13E-1	0.127	4.21E-2	2.03E+1
21.8	1	12.0	27.8	1.99	5.38	1.39	5.80	0.807	2.74E+1	5.77E-2	2.82E-1	0.344	7.19E-2	1.76
	2	13.0	28.1	2.04	5.93	1.35	6.08	0.856	3.07E+1	5.74E-2	2.81E-1	0.329	7.11E-2	2.00
	3	15.0	24.1	2.02	6.41	1.26	6.33	0.982	3.62E+1	6.11E-2	2.59E-1	0.246	6.45E-2	4.34
	4	17.0	18.2	2.19	4.64	1.26	5.59	0.982	3.45E+1	4.40E-2	2.82E-1	0.185	5.80E-2	8.60
	5	19.0	13.5	2.40	3.09	1.13	4.39	1.22	3.24E+1	3.00E-2	2.76E-1	0.111	3.60E-2	2.65E+1