

浅水領域における圧力変換係数の特性について

名古屋工業大学 正会員 石田 昭
同 大学院 学生員 O吉松邦明
同 大学 学生員 武藤健一

1 はじめに

近年、浅水領域に大型構造物を設置する機会が多くなってきている。このような水域の波浪は特に非線型性の強い波であり、そのスペクトル構造も複雑になってくる。したがって波浪エネルギーの周波数特性のみならず、波数-周波数特性を知る必要があることが知られてきている。特に外力として重要であるのは波力であり、波圧と波形との間に介在する圧力変換特性についてもその波数-周波数特性を研究する必要がある。本研究は、浅水領域での波形の分裂現象として知られている二次波峰現象(あるいは Soliton 分裂現象)について波形と圧力波形の面着を実験的に観測して、圧力変換係数の波数-周波数特性をしらべようとしたものである。

2 実験装置および解析方法

実験は、長さ 26.4 m、幅 0.6 m、高さ 1.0 m の片面ガラス張りの水槽を用いた。この水槽の一端にはピストン型の造波装置が据えつけられており、他端には約 1/10 勾配の消波用の砕石が敷かれている。データーは電気抵抗線式波高計、および圧力変換器 (Semiconductor Pressure Transducer) を用い、両者を台車に取り付けて $\Delta x = 0.2$ m ほどの観測点で正確に 10 秒間ずつ収録した。なお波圧計は底面から 5 cm 上になるように固定した。解析方法は基本的に従来と同じであるが、データーレコーダー、および A-D 変換器を利用して解析精度の向上につとめた。

一般に波形 $\eta(t, x)$ は波数と周波数の重フーリエ級数で表示できるが、二次波峰現象においては時間的周期 (T) を持つこと、再帰間隔 (X) ごとに波形が繰り返されるという特性があるので、 $t = t' + X/C_{mean}$ (C_{mean} : 平均波速) と置換すると、 $1/X$ 、および $1/T$ を基本波数、基本周波数とする波数-周波数振幅スペクトルに分解することが可能である。したがって次式のように表示できる。

$$\eta(t, x) = \sum_{m=0}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} A \left(\frac{2\pi m}{X}, \frac{2\pi n}{T} \right) \exp i \left(\frac{2\pi m}{X} x - \frac{2\pi n}{T} t' \right)$$

図-1 は上式の A (波数-周波数振幅スペクトル) を模式的に示したもので、 A_{mn} の添字は上式の m, n に対応している。ここには振幅の大きな 6 個の有意成分波 ($A_{01}, A_{02}, A_{03}, A_{11}, A_{12}, A_{13}$) が示されている。 A_{01} は基本波、 A_{02}, A_{03} はそれぞれ基本波の二次、三次のストークス波の振幅である。また、 A_{12} は Fontanet-wave といわれている二倍周波数を持つ自由波の振幅、 A_{11}, A_{13} は A_{01} と A_{12} との非線型二次干渉によって出現する拘束波の振幅を表わしている。

次に同様の方法で圧力波形を解析し、その振幅スペクトルを波形に対応してそれぞれ ($P_{01}, P_{02}, P_{03}, P_{11}, P_{12}, P_{13}$) とする。

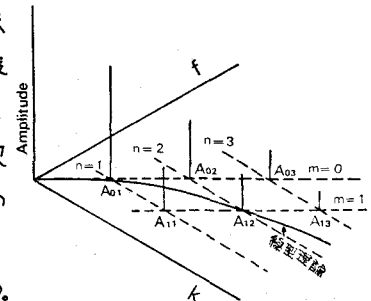


図-1 波数-周波数振幅スペクトル

3 実験結果と考察

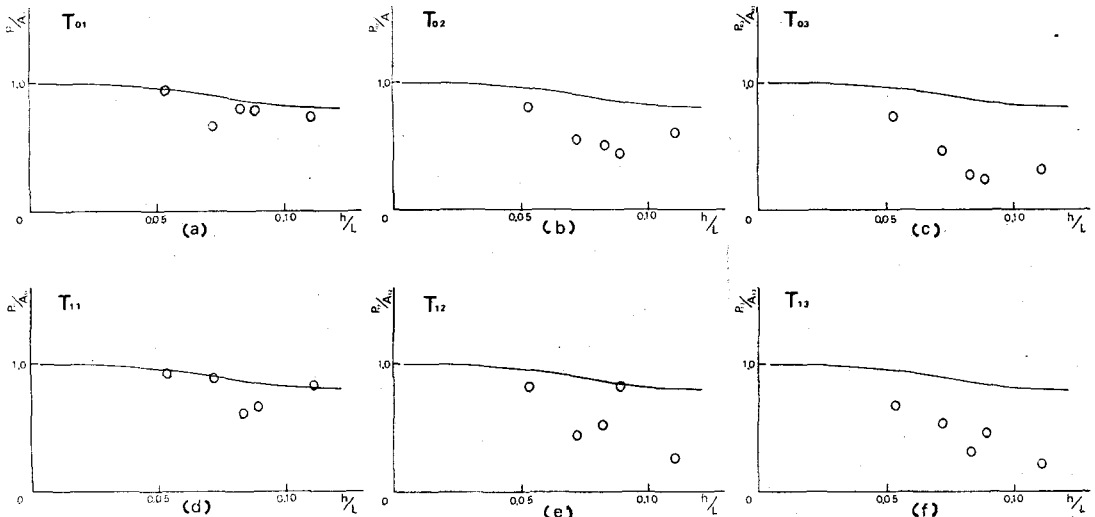
表-1は実験条件と解析結果を表わしたものであり、各成分波の圧力変換係数($T_{mn} = P_{mn}/A_{mn}$; $m=0,1$, $n=1,2,3$)と水深波長比との関係を示したのが図-2の(a)~(f)である。実験は微小振幅理論に基づく圧力変換係数の値である。(a)~(f)図とも右下がりの傾向を示し、線型理論と傾向が一致している。基本波の係数 T_{01} は線型理論とよく似た値で、少し下まわっている。しかしながら、Fontanet waveの係数 T_{12} の値は h/L の増加と共に急に減少するようである。また、ストークス波を構成する成分の係数 T_{02} , T_{03} を見ると高周波数ほど h/L の増加につれて急速に減少している。係数 T_{11} と T_{13} についても同様の傾向が見られるが、図(d)を見ると、 T_{11} がかなり大きな値を持っており、したがって変換係数の波数-周波数特性は、特に周波数によって左右されるような傾向がみられる。

以上のことから考えて、空間的広がりを持った大型構造物等に与える波力を考える場合には特に圧力変換係数の波数-周波数特性を正確に把握することの重要性が示唆されるであろう。

表-1

	1	2	3	4	5
H	3.28	3.86	5.03	6.15	12.1
T	2.04	1.79	1.79	1.69	1.70
h	15.0	15.0	20.0	20.0	30.0
L	287.7	208.3	241.0	224.7	271.5
h/L	0.052	0.072	0.083	0.089	0.111
A_{01}	1.082	1.830	2.323	2.501	4.701
P_{01}	1.017	1.223	1.861	1.979	3.382
A_{02}	0.309	0.798	0.801	0.906	1.436
P_{02}	0.248	0.444	0.404	0.392	0.861
A_{03}	0.181	0.286	0.231	0.186	0.614
P_{03}	0.131	0.137	0.067	0.046	0.194
A_{11}	0.289	0.224	0.117	0.167	0.231
P_{11}	0.268	0.197	0.072	0.110	0.194
A_{12}	0.518	0.366	0.384	0.235	0.434
P_{12}	0.426	0.163	0.195	0.195	0.114
A_{13}	0.169	0.167	0.168	0.100	0.243
P_{13}	0.115	0.090	0.051	0.047	0.052

図-2 各成分波の圧力変換係数



<参考文献>

- 1) 石田 昭, 石田和生; 浅水領域における波形の分裂現象
- 2) 石田 昭; 浅水領域での分裂波 Soliton の特性について

第20回海岸工学講演会論文集
第22回海岸工学講演会論文集