

II-21 二次波峰現象における圧力変換係数について

名古屋工業大学 土木工学科 正員 石田 昭
 大阪市役所 港湾局 正員 吉松 邦明
 名古屋鉄道KK. 正員 武藤 健一

1. はしがき : 浅海域の非線型波には二次波峰現象あるいはSoliton分裂という非定形波現象があり, その水位変動の波数周波数スペクトル特性をこれまで調べてきた。ここでは水位変動と圧力変動を同時に測定し, 両方の波数周波数スペクトルから圧力変換係数の波数周波数特性をしらべた。

2. 実験方法 : 実験に使用した水槽はこれまでの研究に使用したものと同じであり, 幅60cm長さ約30mの片面ガラス張り水槽である。水位変動の検出は抵抗線式波高計, 圧力については拡散形半導体小型圧力変換器(豊田工機KK製, 最大圧力0.1 kg/cm²)を使用した。水位計と圧力計を一つの台車に乗せて, 受感部が同じ鉛直断面内に入るように設置した。圧力計の受感部の中心は底面と接触しないように底面から1cm上げてあるが, ほぼ底面にあると考えてよい。実験条件は表-1に示すように水深(h)が10~30cm, 周期(T)が1.47~3.06 sec, 水深波長比(h/L)が0.033~0.110である。波長は正確な測定が困難であるので微小振幅波理論に基づき求めた値を使っている。表の中でXは二次波峰の発生間隔を示し, Hは平均波高である。波峰の数(Number of Crest)は時間波形をみて最も数多く分裂したときの波峰の数と示している。Δxはx方向のサンプリング間隔, 1/Δtは1秒間のサンプリング数である。

3. 解析方法 : 解析方法は基本的に従来の方法と同じであるが, 解析速度と精度をあげるための新しい方法をとった。これまでの結果²⁾を利用して主波の平均速度C_{mean}を $1.05\sqrt{g h}$ と仮定し, 一旦

$$\kappa = 1.05\sqrt{g h} \pm$$

で表示される軸からの波形に直し, 最終的に隣り合う追いつきあひでの基本周波数成分の位相が同じになるように調整をした。

4. 解析結果

1) 平均的圧力係数 各点で圧力変動波高と水位変動波高の比をとると場所的にこの値が変化する。すなわち圧力係数は二次波峰の追いつきあひの方が発生より大きくなる傾向がある。したがってそれぞれの波高を場所的に平均してその比 $\bar{H}_p/\bar{H}_w$ を平均的圧力係数と考えて示したのが図-1である。右から6個はデータNo.1~No.6で波峰の数が2であるが, 左の4個はNo.7~No.10で波峰の数が3以上である。実線は微小振幅波理論による圧力係数

$$K_p = \frac{\cosh k(h+z)}{\cosh k h}$$

を示したもので, 水底 $z=-h$ での値である。

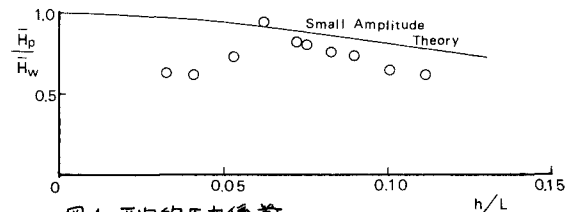


図-1 平均的圧力係数

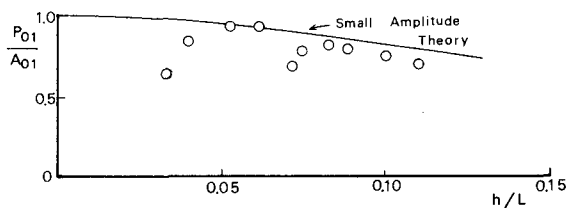


図-2 基本成分の比で示した圧力係数

表-1 実験および解析条件

Data No.	h (cm)	T (sec)	L (cm)	X (cm)	H (cm)	Number of Crest	Δx (cm)	1/Δt (sec)	h/L	H/L	X/L
1	30.0	1.709	273.2	460	11.87	2	20.0	15	0.110	0.043	1.684
2	20.0	1.470	193.2	420	6.63	2	20.0	15	0.103	0.034	2.174
3	20.0	1.684	219.8	540	6.15	2	20.0	15	0.091	0.028	2.457
4	20.0	1.801	241.8	700	5.03	2	20.0	15	0.083	0.021	2.896
5	15.0	1.719	201.3	580	4.95	2	20.0	15	0.075	0.025	2.881
6	15.0	1.749	211.3	680	4.73	2	20.0	15	0.071	0.022	3.218
7	15.0	2.034	240.4	1020	3.77	3	20.0	15	0.062	0.016	4.243
8	15.0	2.370	282.2	1500	3.72	3	20.0	15	0.053	0.013	5.315
9	10.0	2.442	239.1	1620	3.27	4	20.0	15	0.042	0.014	6.775
10	10.0	3.059	300.4	2700	3.39	4	20.0	15	0.033	0.011	8.988

水深波長比 h/L が小さくなって波峰の数が多くなる場合には平均的圧力係数は小さくなることわかる。

2) 波数周波数スペクトル 水位変動と圧力変動をそれぞれ重畳解析して波数周波数振幅スペクトルを求め、水位のほうは $A_{n,m}$ で示す。圧力のほうは水頭に換算したものの振幅スペクトルを $P_{n,m}$ で示した。水位も圧力もともに振幅が大きいのは図-3に示すような6個の成分であった。ここで A_{01} は基本成分であり、 A_{02} はストークス波を構成する2倍周波数成分のような波である。また A_{12} は2倍周波数を持つ自由波であり、 A_{11} 、 A_{13} は A_{01} と A_{12} によって発生させられる拘束波である。

図-2 は基本成分どうしの比 P_{01}/A_{01} を示したもので平均的圧力係数と同じように分裂波峰数が4つの場合には小さな値となる。図-1と図-2に共通していることは二次波峰現象が生じている場合には圧力係数が微小振幅波理論の値より小さくなることである。

図-3から図-6は基本波の成分 A_{01} 、 P_{01} で各成分の振幅を除いた値をプロットしたものである。白丸は水位変動のもので、黒丸が圧力変動のものである。水位も圧力もともに水深波長比が小さくなると増加しており、これまで報告してきた水位変動についての解析結果と同じ傾向を示している。図-3の成分は基本波 A_{01} と同じ周波数を持つ波であるが、水位と圧力の間にほとんど差がない。しかし図-4、5、6のように周波数が高くなると、圧力のほうが下側にプロットされており、高周波成分ほど圧力が水中に伝わり難いことを示している。また図-4は2倍周波数を持つストークス波的成分波であるが、水位も圧力もともにこの成分の含まれる割合はかなり大きいことがわかる。以上のように浅水領域で二次波峰現象が生じているときの圧力変換係数は微小振幅波理論による値よりも小さく、かつ場所的に変化する。これはそれぞれ圧力係数を異にする成分波の重なり具合によって決まるものであろう。基本波どうしの比あるいは平均波高の比をとってみても分裂波峰数が多くなるほど係数が小さくなる傾向がみられる。

参考文献

- 1) 細井正延・石田昭：二次波峰現象における非線型性の解析，第17回海岸工学講演会論文集，1970，pp. 47～52
- 2) 石田昭：浅水領域での分裂波 Solitons 特性について，第22回海岸工学講演会論文集，1975，pp. 41～46。

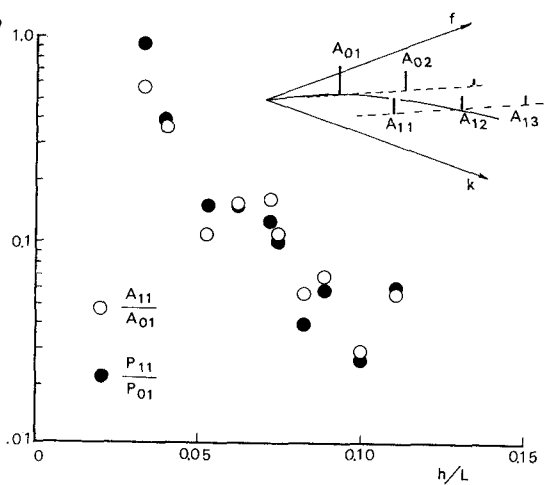


図-3

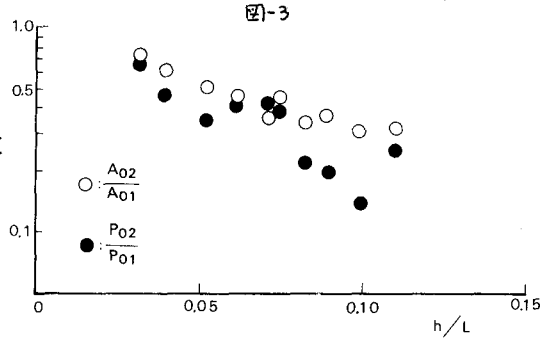


図-4

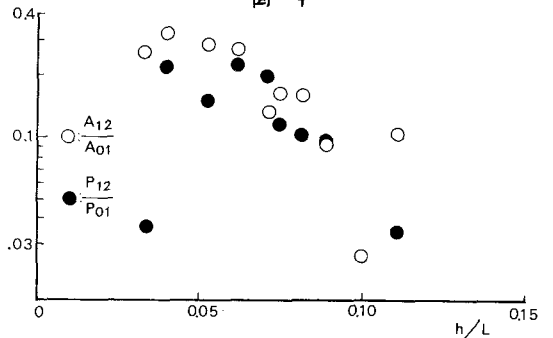


図-5

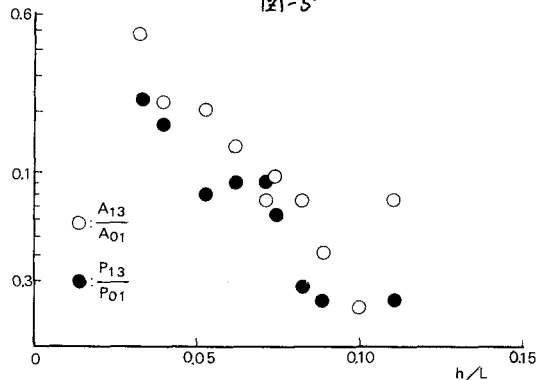


図-6