

II-9 二次波峰を構成する成分波の振幅に関する研究

名古屋工業大学

正員 石田 昭

1. はしぎ : 著者は変形の強い二次波峰現象を解析する方法をすでに述べた²⁾が、今回変形の度合が弱い場合も含めて5ケースの実験を行ない、すべてこの方法によって解析を行なった。そして二次波峰現象を構成する成分波の振幅および位相関係についてさらに詳しく知ることができたので報告を行なう。

2. 実験方法および解析方法 : 実験水槽は長さ約28m、幅60cmの両面ガラス張りのもので、ピストン型の造波機を備え、他端には反射波を消すために1/10勾配で碎石を敷いてある。変形の度合が強くなると主峰の進行速度が一定とみなせなくなったり、二つの大きな峰が現われてどれが主峰であるのか判別し難くなる。また二次波峰が二つ以上現われることも確認されている。したがって、 $x-t$ ダイアグラムで波峰の進行を表示すると図-1 (a),(b)のように波峰の走時線が曲線になったり、途中で不連続になったりする。図中実線は主峰の走時線を、点線は二次波峰の走時線を示している。そこで波高計で得られる記録の波形が同じようになる場所で基本波の平均進行速度 C_0 を求めておき、基本波の峰に相当する時刻から読みとることにした。

図中基本波の峰の走時線は一実線線で表示されている。解析は水位記録 $\eta(t, x)$ を時間 t と距離 x に関して離散解析し、周波数と波数の関数であるフーリエ係数を求めるもので詳細は文献 1), 2) を参照。実験条件、解析条件ならびに解析して得た各成分波の振幅と位相の値は表-1に示す通りである。表-1の中では h は水深を、 T, L, C_0 は

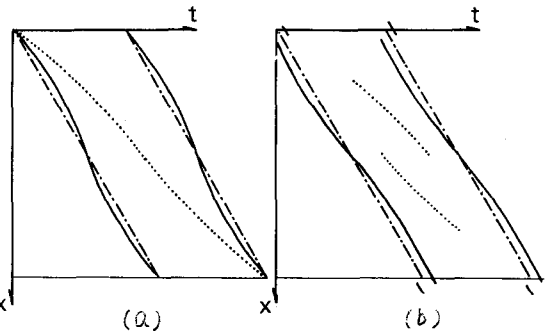


図-1 変形の強い二次波峰現象の説明

基本波の周期、波長、波速を、 X は二次波峰の発生間隔を示している。 $\Delta t, \Delta x$ はデジタル化する Sampling 間隔であり、 t 軸上では $4T \sim 6T$ の間を、 x 軸では $X \sim 3X$ の間を Sampling した。また A および θ は成分波の振幅と初期位相を示している。

3. 解析結果 : 解析結果によれば二次波峰現象を構成する成分波の中で振幅の大きい有意成分波は表-1に示した6個(周波数-波数平面で示せば図-2の上部に示すようなもの)であることがわかった。ここで基本波 A_{01} の周波数と波数を f_0, k_0 とし、 $2\pi/X$ を Δk とする。そして超越し表における基本波の波峰に原点 $(0, 0)$ をとれば、二次波峰現象の波形 $\eta(t, x)$ は次式のように表示できる。

Data No.	1	2	3	4	5
$h(\text{cm})$	20	30	20	20	20
$T(\text{sec})$	1.30	1.75	1.77	1.76	1.49
$L(\text{cm})$	169	280	250	238	206
$X(\text{cm})$	270	560	640	720	420
$C_0(\text{cm/sec})$	130	160	141	135	138
$\Delta t(\text{sec})$	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
$\Delta x(\text{cm})$	10	10	20	20	20
h/L	0.118	0.107	0.080	0.084	0.094
$A_{01}(\text{cm})$	3.38	4.45	2.54	1.84	3.06
A_{02}	1.12	1.62	0.83	0.65	1.13
A_{03}	0.43	0.61	0.14	0.22	0.42
A_{11}	0.57	0.64	0.93	0.53	0.55
A_{12}	0.37	0.58	1.07	0.61	0.57
A_{13}	0.16	0.26	0.49	0.18	0.29
$\theta_{02}(\text{rad.})$	0.07	-0.02	-0.08	0.11	0.06
θ_{03}	0.09	-0.09	0.01	-0.10	0.23
θ_{11}	0.05	-0.23	0.01	0.06	-0.02
θ_{12}	3.49	2.89	3.10	3.67	3.38
θ_{13}	3.37	2.87	3.48	2.93	3.32

表-1 実験条件および解析結果

$$\eta(t, x) = A_{01} \cos(k_0 x - 2\pi f_0 t) + A_{02} \cos(2k_0 x - 4\pi f_0 t + \theta_{02}) + A_{03} \cos(3k_0 x - 6\pi f_0 t + \theta_{03}) \\ + A_{11} \cos\{(k_0 + \Delta k)x - 2\pi f_0 t + \theta_{11}\} + A_{12} \cos\{(2k_0 + \Delta k)x - 4\pi f_0 t + \theta_{12}\} \\ + A_{13} \cos\{(3k_0 + \Delta k)x - 6\pi f_0 t + \theta_{13}\}$$

表-1中の初期位相 θ はこのように表示したときの値である。 A_{02} と A_{03} は表-1をみるとわかるように A_{01} とほぼ同位相であり、かつ同じ波速をもつからストークス型の波形を構成する。また A_{11} は A_{01} と同位相で波数が Δk だけ違うから等走時線は変形が弱い場合の二次波等の走時線と一致する。さらに A_{12} と A_{13} はすべて約 π の初期位相をもっていることがわかる。図-2は各成分波の振幅を基本波の振幅で割った値と h/L との関係を見たものである。 A_{02} 、 A_{03} などのストークス型の波形を構成する成分波の割合はほぼ一定値であるのに対してその他の成分波の割合は h/L が0.1より小さくなると急に大きくなる。とくに A_{11} と A_{12} の増加が著しく、このことが二次波等現象の変形が強くなる原因である。なお文献1)、2)にも述べたように A_{12} は微小振幅波の周波数と波数の関係を満足している。そしてその波数を k_2 とすれば $k_2 = 2k_0 + \Delta k$ であるから、二次波等の発生間隔 X は $X = 2\pi / (k_2 - 2k_0)$ となる。図-3は変形の度合いが一番強いData No. 3について各成分波の波等の走時線と波形を示したものである。x軸上の3および35地点が追越し点であり、19地点が発生点である。追越し点では前述のような位相関係があり、発生点では A_{01} と A_{12} 、 A_{13} が同位相で、 A_{11} が π だけずれている。発生点での二次波等は結局 A_{02} 、 A_{11} 、 A_{12} の波等が重なっていることがわかる。

参考文献

- 1) 細井正延・石田昭：二次波等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，昭45.11.26 PP.47-52
- 2) 石田昭：強い二次波等現象における波数・周波数スペクトルの解析，土木学会中部支部研究発表会講演概要集昭46.2 PP.115-116

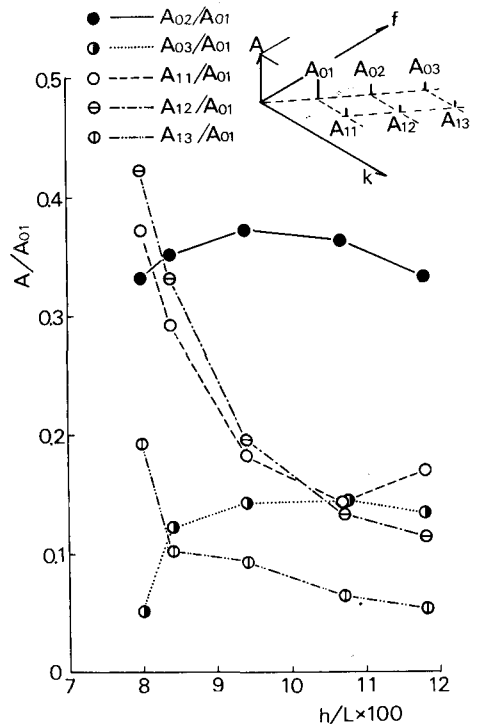


図-2 各成分波の振幅と基本波の振幅との比

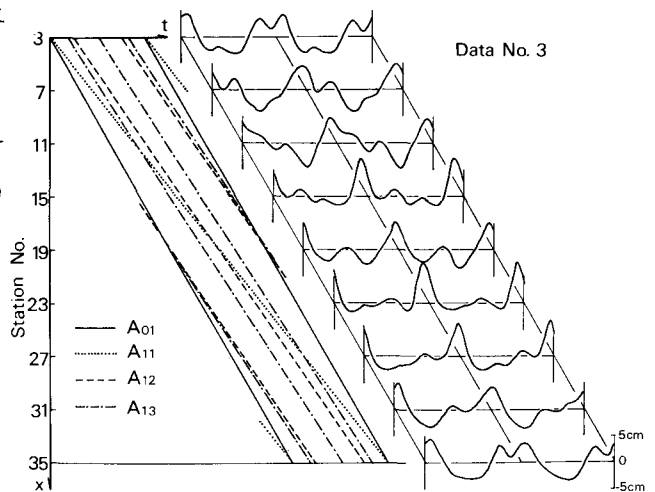


図-3 各成分波の波等の走時線と時間軸上での波形