

京都大学工学部 正員 岩垣 雄一
名古屋工業大学 正員 ○石田 昭

1. はしがき 京都大学工学部土木工学教室において、試作された不規則波発生機¹⁾は、油圧方式によって8個の成分波を重ね合わせることができるものである。本研究では、その波起し機によって起した不規則波の記録を解析することによって、不規則波の発生特性、速度分散、および $1/20$ 勾配の斜面上での変形について若干の検討を行なったものである。

2. 実験方法 実験水槽は幅 50 cm 高さ 80 cm 長さ約 30 m の両面ガラス張り水槽で、水深を 40 cm とした。造波板の運動と水位変化は、それぞれ、摺動抵抗器、および抵抗線式波高計によって、ビジュグラフ上に記録し、0.1 sec 間隔でデジタル化した。波の測定は水槽中央部の 5 点 (W-5, 4, 3, 2, 1) で行ない、単一波および組合せを種々に変えた合成波の記録を得た。資料番号 F 8-2 は、一様水深部と、斜面上 (水深 20 cm と 10 cm) で測定した。なお資料番号の最初の数値は、組合わせた成分波の数を示している。

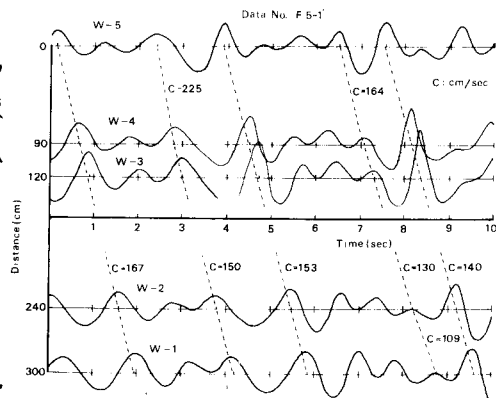


図-1 不規則波の記録の一例

3. 解析方法 不規則波を、振幅 a_j 、周期 T_j 、波長 L_j 、初期位相 θ_j をもった N 個の正弦波の重ね合わせであるとして、次式のよう

$$\eta(x, t) = \sum_{j=1}^N a_j e^{i\left(\frac{2\pi}{T_j}t + \frac{2\pi}{L_j}x + \theta_j\right)} \quad (1)$$

$x = x_1$ での記録 $\eta(x_1, t)$ を $(2\pi/T_c)$ なる周波数で変調して積分すると、 T を観測時間として、

$$\begin{aligned} & \frac{1}{T} \int_0^T \eta(x_1, t) e^{-i\left(\frac{2\pi}{T_c}t\right)} dt \\ &= \sum_{j=1}^N e^{i\left(\frac{2\pi}{L_j}x_1 + \theta_j\right)} \cdot \frac{1}{T} \int_0^T a_j e^{i\left(\frac{2\pi}{T_j}t - \frac{2\pi}{T_c}t\right)} dt \\ &= a_c e^{i\left(\frac{2\pi}{L_c}x_1 + \theta_c\right)} \end{aligned} \quad (2)$$

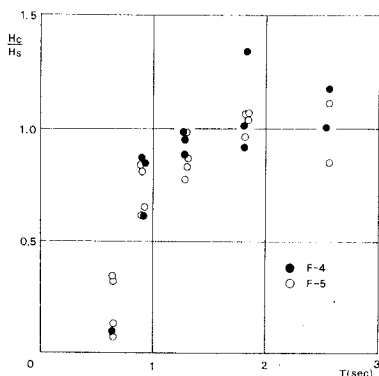


図-2 合成波の発生特性

となり、 T_c なる周期をもった成分波の振幅 a_c と位相 $(\frac{2\pi}{L_c}x_1 + \theta_c)$ が得られる。 $\eta(x_1, t)$ は、デジタル化した値を用いて積分を和に置きかえて計算した。 2 点での記録 $\eta(x_1, t)$ 、 $\eta(x_2, t)$ の位相を求めれば、その位相差 $\Delta\theta$ から次式によって、成分波の波長 L_c および伝播速度 C_c を求めることができる。

$$\left(\frac{2\pi}{L_c}x_2 + \theta_c\right) - \left(\frac{2\pi}{L_c}x_1 + \theta_c\right) = \Delta\theta \quad (3) \quad L_c = \frac{2\pi(x_2 - x_1)}{\Delta\theta} \quad (4) \quad C_c = \frac{L_c}{T_c} \quad (5)$$

なお、計算は電子計算機を使用するため、位相の値は主値をとる。したがって波長が波高計間隔、 $x_2 - x_1$ より短い場合には、位相差に $2n\pi$ ($n=1, 2, \dots$) を考慮しなければならない。

F 8-2については、この方法の他に、 $\log=150$, 自由度約 20としてスペクトル解析を行ない、スペクトル構造の変化をしらべた。

4. 実験結果 図-1 は記録の1例で、図中に見かけの伝播速度が示してあり、卓越した波は、一定の伝播速度をもつが、他の波は、伝播速度が変化し、全体として波形が変化して、速度分散のあることを示唆している。図-2 は、各成分波高 H_c を (2) 式で求め、単一波高 H_s との比を示したもので、 H_c/H_s の値は、周期が 1.0 sec以上では、約 1.0 であって、線型重ね合わせになっているが、1.0 sec

以下では、急激に 0 に近づいて、発生した波が単一波の場合より小さくなることわかる。図-3 は、4点で測定した、成分波の位相 $(\frac{2\pi}{L_c}x + \theta)$ と、振幅 A_c を、変調する周期 T_c をわずかに変えてしらべたものである。周期が変わると位相そのものは変化するが、位相差はあまり変化しないことわかる。 A_c については、 $T_c=1.297\text{sec}$ で最大値をもち、周期 T_c が 0.5% 違うと A_c は約 8% も変化する。このことは、周期が短かい成分波になるほど著しく、 $T_c=0.917\text{sec}$ では、周期が 0.5% 違うと 21% も変化するので、成分波の周期を正確にみつける必要がある。図-4 は、横軸に波高計間隔 d を微小振幅波理論による波長 L_a で割ったもの、縦軸に (4) 式から求めた波長 L_c を L_a で割ったものをとり、

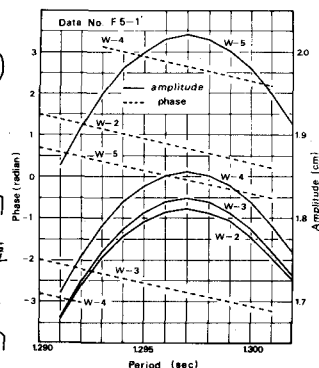


図-3 位相の主値と振幅の変化

実験値をプロットしたものであるが、 $d/L_a > 1/3$ であれば、どのような間隔であっても、 L_c/L_a の値は一定になり、精度がよいが、 $d/L_a < 1/3$ の場合には、 L_c/L_a の値が散乱し、精度が悪いことがわかる。したがって、図-5 に示した成分波の伝播速度は、 $d/L_a < 1/3$ の範囲に入る資料を除外し、かつ最大の間隔 (F 5-1 は 240 cm, その他は

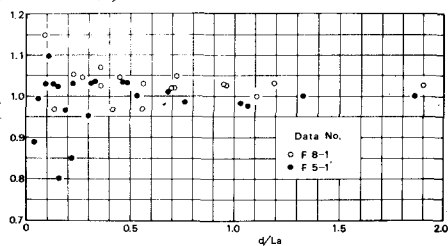


図-4 波高計間隔と波長の関係

210 cm) から求めた値をプロットした。図をみると、成分波の伝播速度 C_c は、 $T_c < 1.5\text{sec}$ では、微小振幅波理論による伝播速度 C_a に等しいが、 $T_c > 1.5\text{sec}$ になると、やや C_a より大きくなる傾向がみられる。図-6 は斜面上でのスペクトル E_f (図中折線) の変形と、成分波のエネルギー密度 $H_c^2/16\omega f$ (図中の丸印) の値の変化をしらべたものであるが、水深が 10 cm の奥ではすでに合成波周期をもつ卓越した成分波は存在しないことがわかり、これはその奥までにおける碎波現象が関係しているものと考えられる。

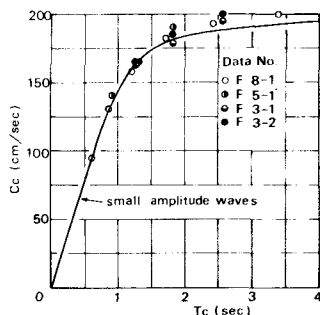


図-5 合成波の速度分散

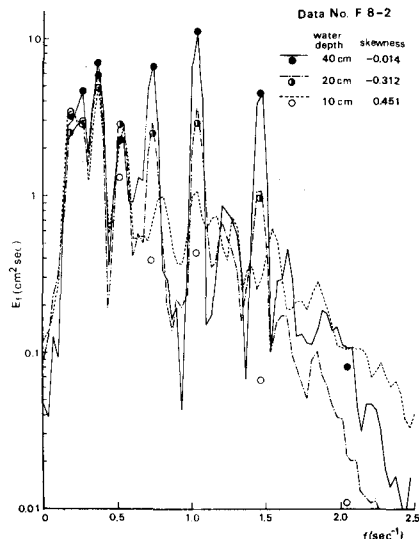


図-6 斜面上でのスペクトルおよび成分波高の変化

参考文献

- 1) 岩垣, 土屋, 石田, 後藤 : 不規則波発生機の試作とそれによる波の特性に関する研究, 土木学会関西支部講演会, 昭 44. 5.