

北海道大学工学部 正 眞 〇 次 中 建一郎
 栃 木 県 正 眞 高 瀬 晴 久

まえがき 2次元造波水路を用いて、海岸工学上の種々の実験を行う場合、最近是不規則波造波器が多く用いられるようになったが、大部分はまだ規則波による。この場合、よく知られているように、造波器によって起こされた波が定常な規則波になる前に、必ず非定常な状態が存在する。しかし、この非定常な状態がどのような特性を持っているかはあまり良く調べられてはいない。この研究は、その点に注目し、どのような過程を経て、定常状態に致るかを調べたものである。

理論および計算 造波理論としては、古くから研究がなされており、Havelock; 1929, Biesel & Suguet; 1951, Ursell; 1960 等がある。しかし、これらは、最終的な定常波高を求めるが、そこに至る非定常状態は明らかにされない。一方、造波板における境界条件を入れた線形方程式を解いたものに Kennard; 1949, や Noda; 1969 等の解がある。Nodaによると

$$\eta(x, t) = \frac{2}{\pi} \int_0^\infty dk \int_0^t d\tau \frac{\cos \sigma_1(t-\tau) \cosh k(\varphi+h) \cos kx}{\cosh kh} F_x(\varphi, \tau) d\varphi \quad - (1)$$

ここで、 $\eta(x, t)$ は造波板からの距離 x 、造波板が作動してから時間 t 後における水位変動で、 $F_x(x)$ は造波板の変位の時間微分である。又、 $\sigma_1^2 = gk \tanh kh$ 、 h は水深である。今、造波板を Flatter 形として、境界条件を

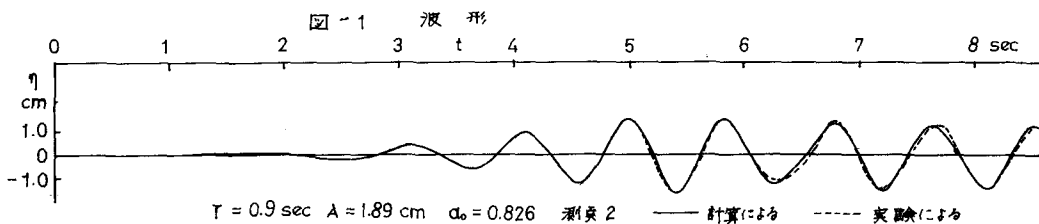
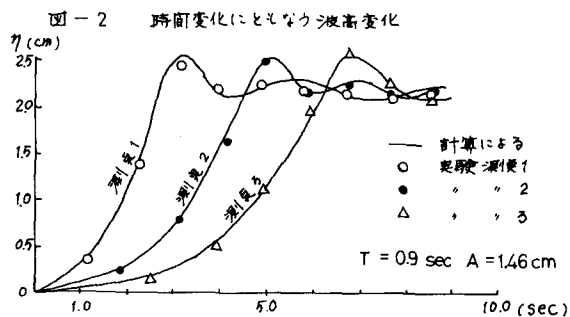
$$F(\varphi, t) = \frac{A}{h} (h + \varphi) \sin \omega t \quad - (2)$$

を与えると、(φ は静水面から下向きにとる) φ と t についての積分が出来る。さらに、これを無次元化するために、 $u = kh$, $t^* = t\sqrt{g/h}$, $x^* = x/h$, $w^* = \omega\sqrt{h/g}$, $\sigma = \sigma_1\sqrt{h/g}$ とすると、

$$\frac{\eta(x^*, t^*)}{A} = \frac{2w^*}{\pi} \int_0^\infty du \cos ux^* \times$$

$$\frac{(w^* \sin w^* t^* - \sigma \sin \sigma t^*)}{(w^{*2} - \sigma^2) u^2} \left(\sigma^2 - 1 + \frac{1}{\cosh u} \right) \quad - (3)$$

が得られる。この最後の積分を解くのはほとんど不可能と思われるので、今回は数値積分を行うことにした。幸い、 $\cos ux^*$ に注目すると Fourier 変換の形をしているので、FFT を利用することによって経済的な計算を行うことが出来た。しかし、実験と



との比較を行う場合は、ある場所での時間的変動を求めねばならず、これはFFTは便だが、コンピュータ計算を行った。

実験 実験に用いた水路は、長さ10m、幅40cmであり、水深 $h=30$ cm、周期 $T=0.7, 0.9, 1.0, 1.1, 1.3$ sec、造波板 stroke 静水面上で $A=1.46, 1.89, 2.16, 2.54$ cm あわせて20例につき実験を行、た。水位測定はほぼ等間隔に8例を行った。(これらの条件のもとで、定常波の特性は $H_0/L_0; 0.007 \sim 0.08, h/L_0; 0.15 \sim 0.40$)

比較および補正係数 この種の実験での水位変化は、理論値に比し、実験値が小さく出るが、その原因を詳しく論じている研究も発表されている。(Ursell; 1960, Madson; 1971) しかし、ここではそれの目的ではないので、単にその比をとって補正係数として使う。まず、積分計算による定常波高と、Biesel & Supuet の理論値とは、非常によく一致し、数値積分の精度に満足を得た。この理論値と実験値との定常波高での補正係数は、今回の実験では0.78~1.00に入、た。図-1は実験値と、この補正係数をかけた計算値との比較例で、他と同様よく一致している。次に図-1、図-2で示されているように、発生初期波の一般的な形は、定常な状態から前に行くに従い不安定な変動を示すようになり、最大波高を経てきれいな減衰領域に入る。そこで、前述した補正係数がどの程度有効であるかということと、実験によ、ては定常波高のとれない場合もあることを考え、最大波高の回り4~5波を使って補正係数を求めた。2つの補正係数の差は1例を除いて3%以内であり、満足し得た。

発生初期波の特性 前項を簡単に述べたが、発生した何々の波は減衰領域に入る直前に最大波高をとる。図-2はその一例である。図-3は、何々の波が発生して、進行するに従い、その波速の変化する様子を示している。これは計算によるもので、実験での波速の測定は困難であり求められず、た。この図によると、波速はある所から $\sqrt{gh}$ に近づいていくことが分る。さらに何々の波が減衰を始める位置を γ と示すと、浅水波速から離れる位置によく一致している。すなわち、ある時発生した波は、定常状態から不安定領域に入るに従い波高、波速共にぼろつき始め、最大波高をとって減衰期に入ると減衰に従って波速も $\sqrt{gh}$ に近づくとということが言える。次に試みに、静水面上に進入した波の energy は一周期ごとに群速度に対応する部分だけが前に進み、次々に energy を減ずると言う古典的方法による energy 分布との比較を図-4に示した。最大波高の存在から当然予想されたことであ、た。かなり異、な様子を示した。以上、初步的な積分計算によ、てはあるが、造波水路における発生初期波の特性を示した。

Noda, E. K., Tech. Rep. HEL-16-S, Univ. of California 1969
Madson, O. S., Coastal Eng., 1971

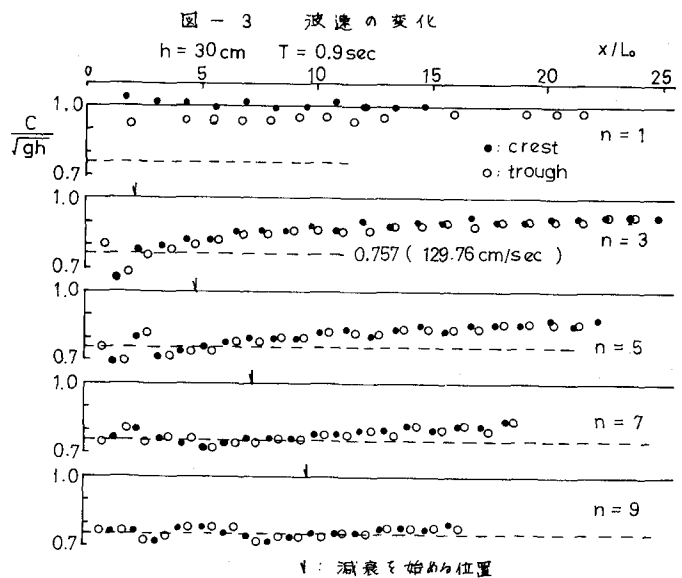


図-4 Energy 分布の比較

