

II-11 流れをさかのぼる波の変形に関する実験的研究

農林省農業土木試験場 正会員 中村 充

〃 白石英彦

〃 〇佐々木泰雄

まえがき 流れの場における波の変形の問題については、いろいろの場合について理論的研究がなされているが、実験的にはあまり例を見ない。われわれが、実験的に適用しなければならない領域では必ずしも理論的取扱いが適用できない領域もある。ここでは、波が流れをさかのぼる事によって変形する過程を実験的に調べた結果を報告し諸賢の御批判とあおぐ次第です。

(1) 実験装置と実験方法 実験水路は、一つの水路と隔壁を仕切り、一方には上流から一定の流速を与え、他方は流れのない状態にして、下流側から波を与えた。この場合水路の下流端は水深と実験水深の2倍以上にし、水路幅も大きくし、ことにより、下流端では二つの水路とも流れによる影響と取除くように配慮したが、下流端で完全に流れの影響と取除くことは困難であった。しかしその影響は波形が多少乱れる程度で、波高または波長の値が変化するようなことは見られなかった。

実験水深は0.6~0.8m、波の周期は2.0~4.5sec、波高は最大0.5m程度で、相対水深 $h/L=0.05\sim0.15$ 、波形勾配 $H/L=0.03$ 程度までの範囲で実験した。波の観測には超音波波高計を用い、流れのある場合と、流れのない場合について同時観測を行なへて、自動平衡型記録計に両者の波形と記録させた。観測位置は、水路に波が侵入してほぼ波形が安定したところと、その位置から3.0, 7.0, 12.0, 19.0, 27.0mの地点で観測した。波長は二つの波形記録から波速と読みとり、これと波の周期とから求めることにした。また与えた流速は、11mゆり流量流速で0.3~0.8m/secとした。

(2) 実験結果について

一般に流れの場に波が侵入すると、波長が短くなり、波高が増大し、場合によっては、碎波現象が見られる。図1に見るように、碎波すると波高は急激に減少し、波形は非碎波の波形に回復し、流れをさかのぼるにつれて、距離とともに減衰する。また図2に示したように、碎波しない場合には流れのない場合と比べて波高は増大するが、流れをさかのぼるにつれて減少し、ある程度進行すると流れのない場合よりも小さくなる。

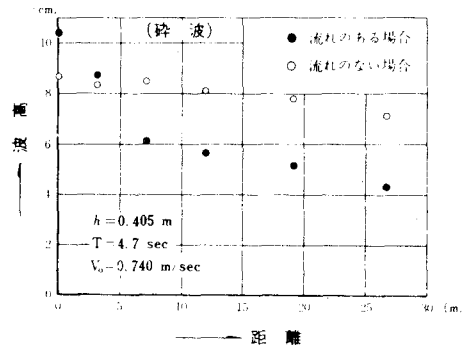


図1 波高観測値の一例 (碎波の場合)

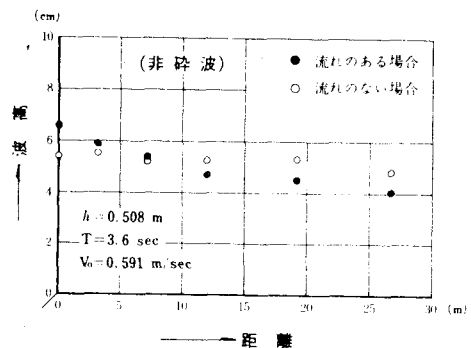


図2 波高観測値の一例 (非碎波の場合)

(3) 碎波限界について 流れの場合における碎波 破れているためであろう。

限界として、 $2\pi V_0/(gT) = 1/4$ の値が理論的に導かれて いるが、これはいわゆる波が流れとさかのぼらない限界であり、現実には $2\pi V_0/(gT)$ の値が $1/4$ よりも小さいところで碎波の現象が見られる。この関係については Yi-Yuan Yu (1982) が深海領域で実験的に求めた値として $1/7$ で部分碎波があるとしている。ここではいわゆる部分碎波の領域を対象とし、碎波がエネルギーの過飽和による放散機構と考えるならば、侵入波高(流れのない場合の波高)にも関係するので、この観点から次元解析によって碎波限界をまとめたものが図4である。すなわち侵入波高が大きいほど碎波しやすい、 $2\pi V_0/(gT)$ がほぼ $1/10$ で碎波現象が見られる。

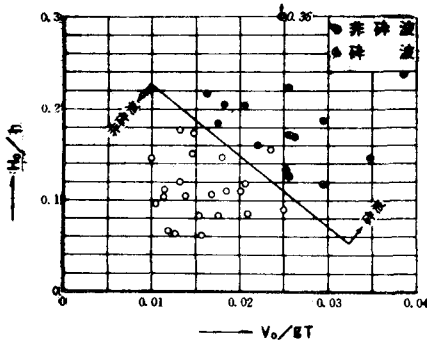


図4 流れの場合における碎波限界

(4) 波長の変化 微小振幅波の諸量に添字 s を付け てあらわすことにすれば

$$C_s^2 = \frac{g}{k_s} \tanh k_s h \quad (1)$$

流れの場合においては

$$(C - V_0)^2 = \frac{g}{k} \tanh kh \quad (2)$$

(2)式を(1)式で除し

$$\left(\frac{C}{C_s} - \frac{V_0}{C_s}\right)^2 = \frac{k_s \tanh k_s h}{k_s \tanh kh} \quad (3)$$

$$\left(\frac{L}{L_s} - \frac{V_0}{C_s}\right)^2 = \frac{L}{L_s} \frac{\tanh\left(\frac{2\pi L}{L_s} \cdot \frac{L_s}{L}\right)}{\tanh\left(\frac{2\pi L}{L_s}\right)}$$

図4には(3)式の計算値と実験値を対比して示してあるが、計算値は実験値よりやや下まわっているがその理由として計算値が微小振幅波として取

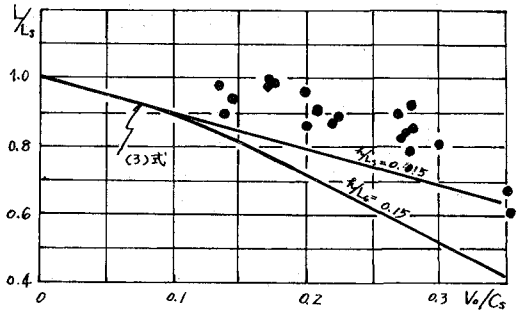


図4 波長の変化の実験値と計算値

(5) 波高の変化 流れの場合に侵入した直後の波高は、エネルギー損失を無視すると、波の伝達エネルギー $\bar{E}$ から

$$\bar{E} = n_s C_s E_s = (nC - V_0) E$$

$$E/E_s = n_s C_s / (nC - V_0)$$

$$H/H_s = \left\{ \frac{n}{n_s} \cdot \frac{L}{L_s} - \frac{1}{n_s} \cdot \frac{V_0}{C_s} \right\}^{1/2} \quad (4)$$

図5には(4)式の計算値と実験値を示した。図5で白丸は $L/L_s \div 0.1 \sim 0.15$ 、黒丸は $L/L_s \div 0.05 \sim 0.1$ の場合である。図6には碎波直後の波高変化の実験値を示した。

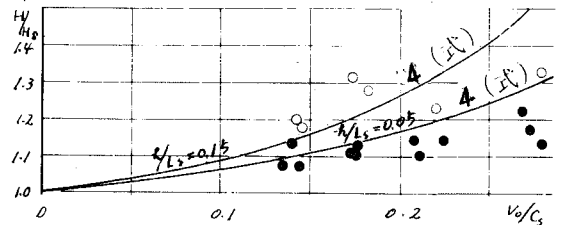


図5 流れの場合に侵入した直後の波高変化

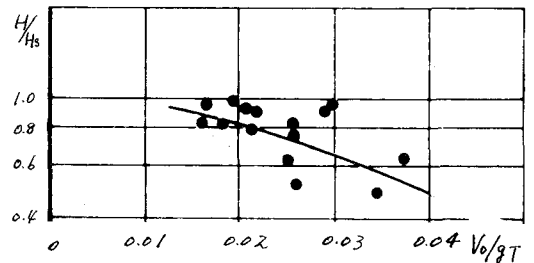


図6 碎波による波高変の実験値