

中央大学理工学部 正 員 阪部昌太郎
○中央大学大学院 学生員 加藤教吉

1. はじめに

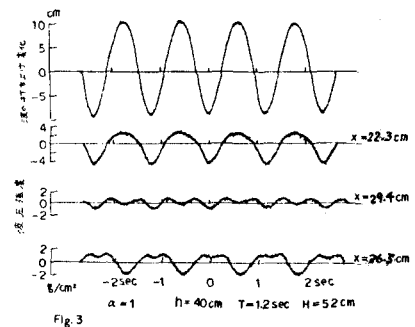
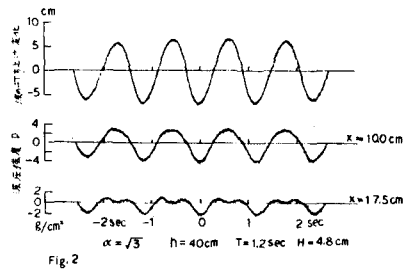
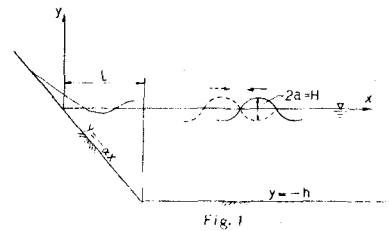
直立壁に働く重複波波圧の算定には、一般にサンプレーの公式が用いられている。また、直立壁面上での波圧の特性についても実験と理論解析の両面からの研究が多く行なわれて来ている。しかし、斜面上での波圧に関する研究は、ほとんど行なわれていない。筆者らは、首藤の斜面上の波についての解析結果をもとにして斜面上の波圧の特性について研究を行なつて来た。本報告は、実験結果とその検討に関するものである。

2. 実験方法

実験は、3.0 mの二次元造波水路の一端に鉄製一様勾配斜面を設置し、その斜面上に波圧計（共和電業：PG-100 G D型）を取り付けて行なった。実験条件は、 $h/L = 0.083 \sim 0.207$, $H/L = 0.009 \sim 0.048$ の範囲とし、斜面上の波圧の時間的変動を測定した。水深は、斜面法先に続く水平床部の値とした。

3. 実験結果とその考察

Fig. 1に示すような座標系および記号を用い、斜面上の波圧変動と共に斜面上の波の打ち上げ変化の実験結果を示したものが、Fig. 2と3である。斜面勾配 $\alpha = \sqrt{3}$ の場合（Fig. 2）には、直立壁と同様の双峰波圧波形が見られる。しかし、この場合の波形勾配は $H/L = 0.026$ であり直立壁に双峰波圧が現われる時の波形勾配に比べると、かなり小さな値であることがわかる。Fig. 3, Fig. 4は、それぞれ $\alpha = 1$ と $\alpha = 1/5$ の実験結果を示したものである。Fig. 2の場合と比較すると、斜面上の波の打ち上げ変化の位相とは逆位相を持つ波圧波形が発生していることがわかる。（本報においては、この波圧波形を“波圧の反転”と呼ぶ）さらに、反転した波圧の上に双峰波圧が重ね合わさった複雑な現象も見られる。この場合の双峰波圧はFig. 2の双峰波圧の位相とは逆位相になっており、引き波の時に現われている。実験結果によると波圧の反転が現われる条件は、 l と L に大きな関係があり、 $0 < x < l$ に斜面前面での重複波の節が存在するか否かによって決定されるように思われる。Fig. 2において、反転波圧が見られない理由は、実験において意図的に重複点を $0 < x < l$ の外に出したためである。この双峰波圧と反転波圧が、Fig. 5に示した波圧分布に大きい影響を及ぼしている。Fig. 5は、斜面上の波の打ち上げ高が最高、最低となる時刻付近での最大波圧の分布を示したものである。図中において、実線は、実験結果を表わし点線は次に示す解析解において $\cos \sigma t = \pm 1$, $y_0 = -\alpha x_0$ として得られる結果を示している。 $\cos \sigma t = -1$ の時、打ち上げ高は最高となり、 $\cos \sigma t = +1$ の時、打ち上げ高は最低点に達する。また $y_0 = -\alpha x_0$ とした時、式は斜面上の値を示すことになる。



$$\begin{aligned}
 z &= z_0 \frac{A}{\sqrt{z_0}} J_1 \left(\frac{2\sigma}{\sqrt{g\alpha}} \sqrt{z_0} \right) \cos \sigma t \\
 y &= y_0 + A \left[\left(y_0 + \alpha x_0 \right) \frac{\sigma}{\sqrt{g\alpha}} \frac{y_0}{z_0} J_2 \left(\frac{2\sigma}{\sqrt{g\alpha}} \sqrt{z_0} \right) \right. \\
 &\quad \left. - \frac{\alpha}{\sqrt{z_0}} J_1 \left(\frac{2\sigma}{\sqrt{g\alpha}} \sqrt{z_0} \right) \right] \cos \sigma t \\
 p &= p_0 - \frac{\rho g \sigma}{\sqrt{g\alpha}} \frac{y_0}{z_0} A J_2 \left(\frac{2\sigma}{\sqrt{g\alpha}} \sqrt{z_0} \right) \cos \sigma t \\
 A &= \frac{2a}{kh} \sqrt{\ell \left[J_0^2 \left(4\pi \frac{\ell}{L} \right) + J_1^2 \left(4\pi \frac{\ell}{L} \right) \right]^{-1/2}}
 \end{aligned}
 \quad (1) \text{ii)}$$

式中 $\begin{Bmatrix} x_0 \\ y_0 \end{Bmatrix}$: 注目する水粒子の静水時の座標
 p_0 : 水粒子の持つ静水圧

Fig. 5に見られるように、直立壁の場合と異り、斜面上においては、同一時刻に符号の異なる波圧が作用することがわかる。これは、実験結果、解析結果の両方に見られる現象である。

Fig. 6は、(1)式において $\cos \sigma t = \pm 1$ 、 $y_0 = 0$ として、斜面上の波形を示したものである。Fig. 6より、Fig. 5の場合には、重複波の節は $0 < x < \ell$ の範囲にあることがわかる。さらに、Fig. 5とFig. 6中のそれぞれのA、B、C点を比較してみると、各点のX座標は、ほぼ一致している。このことから、反転波圧の発生位置は、斜面上の重複波の節の位置付近にあると考えられる。しかし、Fig. 3の場合には解析結果では重複波の節の位置が、 $0 < x < \ell$ の範囲に入っていないにもかかわらず、実験結果においては反転波圧が見られた。その理由は、(1)式が長波の仮定により導かれたものであるため入射波波長を $\lambda = T\sqrt{gh}$ で与えているに対し、実験は長波の領域でな行われていないことにあると思われる。

4. おさひ

以上の結果から、斜面上の波圧分布の形状と波圧の時間的変動の特性がかなり把握された。また(1)式についても実際の波圧分布をよく表わしうと考えられる。双峰波圧については、斜面があることにより直立壁の場合に比べ発生しやいことの原因を考えることが課題となった。また、波圧の反転に関しては、解析結果においてもFig. 5のような結果を得られることから、解析解より波圧の時間変動を求める必要がある。しかし、(1)式が物質座標系により表示されているため、実験結果と対応させるためには解析値をEuler的値に変換しなければならない。それにより(1)式の実験現象に対する適応性が確認できるとともに、斜面上での双峰波圧と波圧の反転に物理的意味付けをすることが可能となると考えられる。

参考文献

- i), ii); 首藤伸夫, "Standing waves in front of a sloping dike" coastal engineering in Japan Vol. 15, 1972

