

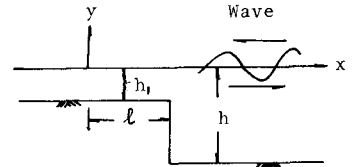
琉球大学工学部土木工学科 河野ニ夫
○ 沖縄県 大城組 佐久本盛扶

1. はじめに

部分重複波の反射に関する Healy の方法は一般によく知られている。

しかし、一般に取り扱われている Healy の方法は入射波と反射波の位相差が π の場合で波高が異なる場合である。故に合成波 (部分重複波) の極値の発生する場所は波長だけの関数として固定される。

例へば、図・1 に示す様な one-step 状の海底形状の場合の合成波の極値の発生する位置は理論的にも実験結果でも上記の事が云える。

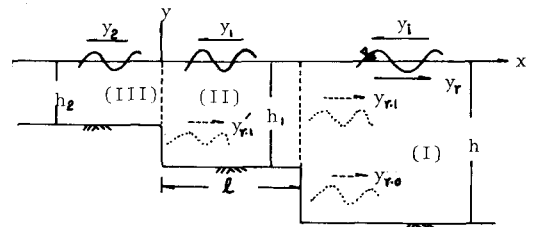


図・1 説明図 (one-step)

しかしながら、図・2 に示す様な多くの階段形状から成る海底形状の場合は合成波の極値の発生する場所は必ずしも Healy の方法の様にではない。

勿論、このことは各 step による反射波の位相が異なるためであると考えられる。

本論文は図・2 に示す場合の部分重複波の極値の発生する場所について Healy の方法を拡張し、将来一様斜面での波の反射の問題に発展させたいと考えたものである。



図・2 説明図 (two-step)

2. Healy の方法の拡張

まず基本的な問題として、図・1 に示す場合の入射波と反射波の波形を考えるとき y 軸を図の様に採用すれば

$$\text{入射波形: } y_i = a_i \cos(kx + \omega t), \quad \text{反射波形: } y_r = a_r \cos\{k(x-l) - \omega t\} \quad x \geq l \quad (1)$$

上式で a_i, a_r は各々入射波、反射波の半波高、 $\omega = 2\pi/T$, $k = 2\pi/L$, t : 時間, T : 周期, L : h に対する波長である。図・2 の場合は入射波 y_i に対し、 $\sigma 1$ の step より y_{r0} の反射があり、その差が (II) 領域の入射波 y_1 となり、更に $\sigma 2$ の step より y_{r1} の反射があり以上の残りが (III) の領域の通過波 y_2 となると考えることにする。なお (I) の領域での反射波の合成されたもの y_r は y_{r0} と y_{r1} の合成波である。さて、図・2 で波形 y_i, y_1, y_2 および step 面から反射したと仮定される波形 y_{r0}, y_{r1} および y_r は次式になる。

$$\left. \begin{aligned} y_i &= a_i \cos(kx + \omega t), & x > l \\ y_1 &= a_1 \cos(k_1 x + \omega t), & l > x > 0 \\ y_2 &= a_2 \cos(k_2 x + \omega t), & x < 0 \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

$$\left. \begin{aligned} y_{r0} &= a_{r0} \cos\{k(x-l) - \omega t\}, & x > l \\ y_{r1} &= a_{r1} \cos\{k_1 x - \omega t\}, & l > x > 0 \\ y_{r1} &= a_{r1} \cos\{kx - \omega t\}, & x > l \\ y_r &= y_{r0} + y_{r1}, & x > l \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

上式の記号は式 (1) の記号に準じて示してある。また、 y_{r1} は y_{r1} の領域 (I) に入った場合の変換式である。式 (2), (3) により合成波は式 (4), (5) になる。

$$\text{領域 (I): } y = y_i + y_r \quad (4), \quad \text{領域 (II): } y = y_1 + y_{r1} \quad (5)$$

$$\text{波形が極値を有する条件は, } \partial y / \partial t = 0 \quad (6); \quad \partial y / \partial x = 0 \quad (7)$$

式 (2), (3) を式 (4), (5) に代入し、さらに式 (6) を満足する条件を求めると次式が得られる。

領域(Ⅰ) に対し

$$\tan \phi = \frac{A_2 \sin kx - B \cos kx}{A_1 \cos kx + B \sin kx} ; A_1 = a_i + a_{r1} + a_{r0} \cos kl, A_2 = a_{r1} - a_i + a_{r0} \cos kl, B = a_{r0} \sin kl \dots (8)$$

式(8)を用いると式(4)は次式になる。 $y = \pm \{A_1^2 + B^2 + (A_2^2 - A_1^2) \sin kx + B(A_1 - A_2) \sin 2kx\}^{\frac{1}{2}} \dots (9)$

領域(Ⅱ) に対し

$$\tan \phi = \frac{a_{r1} - a_i}{a_i + a_{r1}} \tan k_1 x ; \text{同様に} y = \{(a_i + a_{r1})^2 \cos^2 k_1 x + (a_{r1} - a_i)^2 \sin^2 k_1 x\}^{\frac{1}{2}} \dots (10)$$

さて、式(9)、(10)が式(7)を満足する条件式は次式になる。

領域(Ⅰ): $\tan 2kx = \frac{a_{r0} \sin kl}{a_{r1} + a_{r0} \cos kl} \dots (11) ; \text{領域(Ⅱ): } \sin 2k_1 x = 0 \dots (12)$

a_{r1}, a_{r0} の関係を求めるために微振中 Potential 理論によるエネルギー保存則を仮定する。すなわち、

$$E_1 = E_i - E_{r0} = \frac{1}{4} \rho g a_i^2 C_i \left\{ 1 + \frac{2kh}{\sinh 2kh} \right\} \times \left\{ 1 - \frac{2k(h-h_1) + \sinh 2k(h-h_1)}{2kR_1 + \sinh 2kh} \right\} \dots (13)$$

$$E_{r1}' = E_1 - E_2 = \frac{1}{4} \rho g a_i^2 C_i \left\{ 1 + \frac{2k_1 R_1}{\sinh 2k_1 R_1} \right\} \times \left\{ \frac{2k_1(h_1-h_2) + \sinh 2k_1(h_1-h_2)}{\sinh 2k_1 h_1 + 2k_1 R_1} \right\} \dots (14)$$

$$E_1 = \frac{1}{4} \rho g a_i^2 C_i \left\{ 1 + \frac{2kR_1}{\sinh 2kR_1} \right\} ; E_{r1}' = \frac{1}{4} \rho g a_{r1}^2 \left\{ 1 + \frac{2kh}{\sinh 2kh} \right\} \dots (15)$$

上式の suffix は式(2)、(3) に対応するものである。また E や C はエネルギーの平均の伝達量と波速である。

以上の如きエネルギー保存則を適用すると、波形の振中の関係は次式となる。

$$\frac{a_{r0}}{a_{r1}} = \left[\frac{2k(h-h_1) + \sinh 2k(h-h_1)}{\sinh 2kh + 2kR_1 - \sinh 2k(h-h_1)} \times \frac{2k_1 R_1 + \sinh 2k_1 R_1}{\sinh 2k_1(h_1-h_2) + 2k_1(h_1-h_2)} \right]^{\frac{1}{2}} \dots (16)$$

以上のより、波形の極値の発生する場所は次の様に得られる。

領域(Ⅰ): 式(16)、(11) により kx を求める。

領域(Ⅱ): 式(12)により、 $k_1 x = n\pi, k_1 x = (2n+1)\pi/2$ } $\dots (17)$

healy の方法は上式の式2の式に対するものである。

3. 実験結果と考察

実験は琉大水工実験室にある造波水槽(長さ20m, 水路巾80cm)を使用した。水路末端には図1, 2に示す模型を設置し、浅い水深の末端には消波工を設けた。波高計は約1/10 間隔で移動させビジュグラフに記録した。得られた波形の相互の関係から極値に対応する kx を求めプロットしたのが図3である。図中の直線は式(11)、(12)による計算値で極値はこの直線と n の整数値の交点で与えられることになる。 $l=1m$ 。

4. 結語

種々な構造物による波の反射率を求める場合に、何つかの反射波が合成される様な構造物(例えば一様斜面は無限の Step 構造物と考えられる)の波の反射は各反射波成分の位相が重要な要素となると考えたものである。

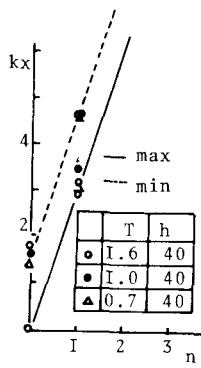


図3-1: 領域(Ⅱ)

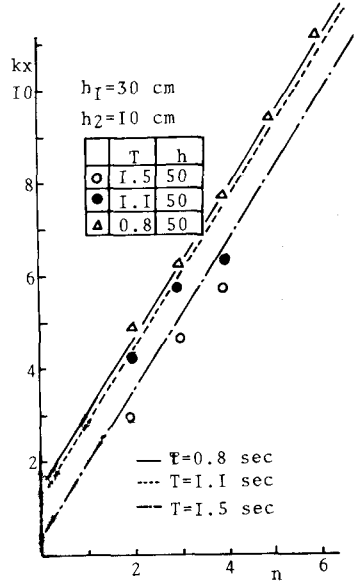


図3-2: 領域(Ⅰ)