

一般断面の河谷を遡上する津波の計算

東北大学工学部 正員 岩崎 敏夫
東北大学工学部 学生員 宇賀神 義宣
東北大学工学部 学生員 原田 光男

1. まえがき

特性曲線法による津波の遡上計算を行なった。まず、一般の放物断面に関する特性曲線式と段波の式を導く。次に、図-3に示されている両石湾を対象とし、断面の諸量を決定したのち、実験と計算を行ない、両者を比較する。

2. 基本方程式

一般断面に関する一次元非線型長波の基本式は、海底摩擦を考慮するとき、

$$\text{運動方程式} \quad \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} = -g \frac{\partial H}{\partial x} - g i - \frac{g n^2}{R^{4/3}} u |u| \quad (1)$$

$$\text{連続式} \quad \frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial (A u)}{\partial x} = 0 \quad (2)$$

となる。ここに H は $H = H_0 + \eta$ で、自由表面から水底までの深さであり、 n はマニングの係数、 R は径深である。断面積 A と水深 H が、

$$A = k H^m \quad (k \text{ は } \alpha \text{ の関数、} m \text{ は定数}) \quad (3)$$

の関係にある一般の放物断面を考え、(1)、(2)の基本式を特性曲線表示すると、

$$\frac{dx}{dt} = u \pm C \quad \text{上で} \quad \frac{d}{dt} (u \pm 2mC) = \mp \frac{2}{k} \frac{dA}{dx} u C - g i - \frac{g n^2}{R^{4/3}} u |u| \quad (4)$$

となる。ここに、 $C = \sqrt{gH/m}$ (5) である。

3. 段波に関する式

一般断面の段波の式は、図-1(1)、図-1(2)のように記号を定めるとき、次のように与えられている。

$$\text{連続式} \quad A_1 u_1 - A_2 u_2 = W (A_1 - A_2) \quad (6)$$

$$\text{運動量式} \quad A_2 (W - u_2) (u_1 - u_2) = g \{ A_2 (H_1 - H_2) + (A_1 - A_2) e \} \quad (7)$$

ここに、添字1, 2はそれぞれ水段波後面の量および前面の量であることを示す。 W は段波の波速、 e は図-1(2)に示すように $(A_1 - A_2)$ 部分の図心の水面からの深さである。

次に、(6)、(7)式に放物断面の条件を入れる。断面が(3)式で表わされるとき、(7)式に含まれている e は、

$$e = H_1 - \frac{m}{m+1} \frac{A_1 H_1 - A_2 H_2}{A_1 - A_2} \quad (8)$$

となる。上式を(7)式に代入すると運動量式は次式となる。

$$A_2 (W - u_2) (u_1 - u_2) = \frac{g}{m+1} (A_1 H_1 - A_2 H_2) \quad (9)$$

次に、式(5)、(3)より、

$$H = \frac{m}{g} C^2, \quad A = k H^m = k \left(\frac{m}{g} \right)^m C^{2m}$$

であるから、上式を、式(6)および式(9)に代入すると、放物断面に関する段波の式を、流速 u 、波速 C で表わした式として次式を得る。

$$\text{連続式} \quad C_1^{2m} u_1 - C_2^{2m} u_2 = W (C_1^{2m} - C_2^{2m}) \quad (10)$$

$$\text{運動量式} \quad C_2^{2m} (W - u_2) (u_1 - u_2) = \frac{m}{m+1} (C_1^{2(m+1)} - C_2^{2(m+1)}) \quad (11)$$

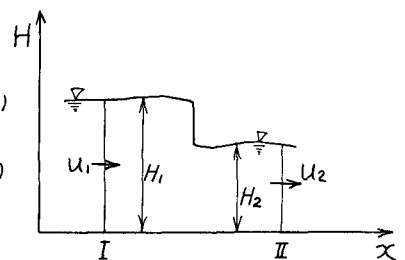


図1-1 段波の記号

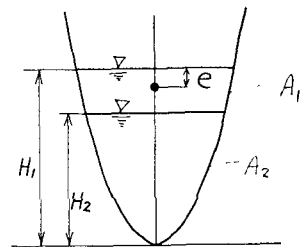


図1-2 e

3 両石湾模型の形状

対象とした両石湾の模型を図-2に示す。距離軸 x も湾口を原点として流路の中心に沿うように定めた。次に、 x 軸に直角に断面を設け(図2、縦線・斜線)、その形状を測定した。その資料により、 $A = bH^m$ とするときの b , m の値を最小二乗法によって求めた。このうち、 m について示したものが図-3である。基本式の都合上 m は全断面に対して一定でなければならない。この図により、 m を1.5(二次放物線)とした。次に、 $b = A/H^{1.5}$ によって b の値を求めたものが図-4である。 b は幅に相当する量であるから、湾奥方向に減少しているが、その変化は一様ではない。この b から $\frac{1}{b} \frac{db}{dx}$ を求めたものが図-5である。 $\frac{1}{b} \frac{db}{dx}$ の値は、湾奥部で大きく、変動が激しい。次に水深 H_0 を示したものが図-6であり、また、この値から勾配を計算したものが図-7である。湾奥部で、勾配にバラツキがあるので、この部分だけ一様勾配とした。以上、両石湾の模型の形状を測定し、計算に必要な m , H_0 , $\frac{1}{b} \frac{db}{dx}$ を決定した。

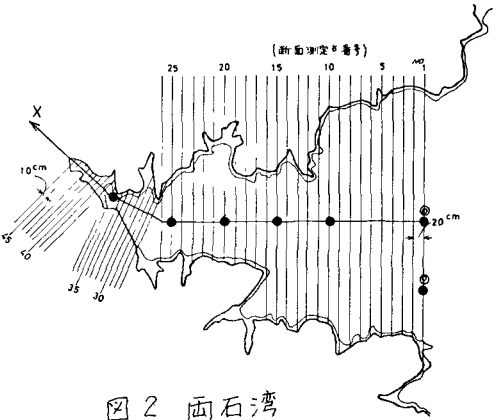


図2 両石湾

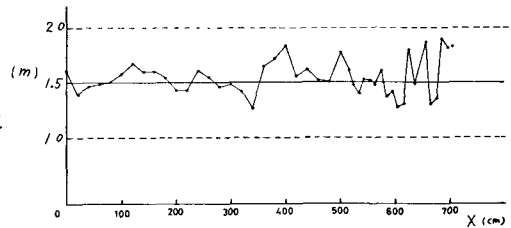


図3 m

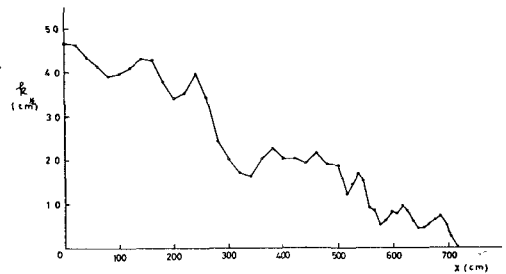


図4 b

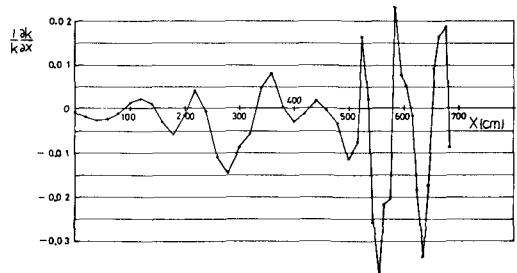


図5 $\frac{1}{b} \frac{db}{dx}$

4 実験

実験を行ない、図-1の黒丸点で波高、二重丸点で流速を測定した。湾口で測定する波高と流速は計算への入力波として用い、他の測定点の波高は計算の結果と比較するために用いる。波は周期16分とし、波高を変えて、数ケースの実験を行なった。

5 あとがき

以上、計算に用いる基本式と対象とする両石湾の地形形状を示した。計算結果と実験との比較は講演時に行ないたい。

《参考文献》

1) 本間 仁 水理学 P160

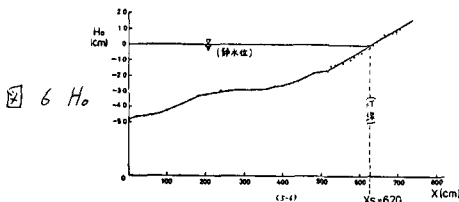


図6 H_0

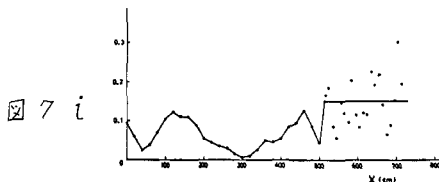


図7 i