

九州大学 正員 井島 武士
 同 正員 田淵 幹彦
 〇同 学生員 田ノ上隆生
 同 学生員 海江田修一

1. まえがき

航路の埋没や、暴風 (bar型) 海浜の正常 (step型) 海浜への移行など、砕波帯以深の水底変動は 主として掃流漂砂によつて起る。ここではこの様な掃流漂砂による水底変動を、数値計算によつて推定するための基本式を最も簡単な一次元の場合について導入し、数値計算法及び 実験と計算例を報告する。

2. 基本方程式

図1の様に座標原点を水面にとり、水深を $h(x, t)$ とするとき、 x の正方向に進行する波による掃流漂砂による水底変動を考へる。

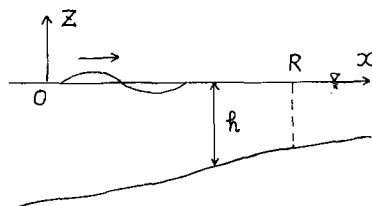


図-1

砂の平均粒径を D 、比重を S_s 、流体の比重を S_f 、動粘性係数を ν 、沖波の波高、周期、波長、流速を H_0 、 T 、 L_0 、及び u_0 とすると、砂が実質的に一方向に移動する確定運動を行うときの掃流砂の進行速度 $\bar{U}_s$ は Engleson らの考へにより次式で与えられる。

$$\bar{U}_s = 0.92 \pi^2 f_1 \left(\frac{h}{L_0} \right) (pD)^{8/9} \left(\frac{H_0}{L_0} \right)^2 + \frac{1}{9.2} \left(\frac{S_s}{S_f} - 1 \right) (pD)^2 \frac{\partial h}{\partial x} \quad \dots \dots (1)$$

上式で β は境界層の厚さを示す尺度で、 $\beta = (\pi/\nu T)^{1/2}$ 、又 $f_1(h/L_0)$ は次式で与えられる。

$$f_1(h/L_0) = \frac{(\coth \beta h \frac{2\pi h}{L_0})^2}{2\pi h \frac{2\pi h}{L_0} + (\sinh \frac{2\pi h}{L_0})^2} \quad \dots \dots (2)$$

海底面で $\bar{U}_s$ の速度を以て移動する砂の厚さを δ とすると、漂砂の連続方程式は $\frac{\partial \delta}{\partial x}$ を微少量として無限大と $\frac{\partial h}{\partial t} = \delta \frac{\partial \bar{U}_s}{\partial x}$ $\dots \dots (3)$

式(1)と式(3)に代入し、 $\lambda' = x/L_0$ 、 $h' = h/L_0$ 、 $\tau' = \tau/T$ とおいて無次元化すると、 h' を与える微分方程式の次の様に与えられる。

$$\frac{\partial h'}{\partial \tau'} = B \frac{\partial h'}{\partial \lambda'^2} - 2A F(h') \frac{\partial h'}{\partial \lambda'} \quad \dots \dots (4)$$

ここで

$$B = \frac{1}{9.2} \left(\frac{S_s}{S_f} - 1 \right) (pD)^2 \left(\frac{\delta}{L_0} \right), \quad A = 0.92 \pi^2 (pD)^{8/9} \left(\frac{\delta}{L_0} \right) \left(\frac{1}{L_0} \right)^2 \quad \dots \dots (5)$$

$$F(h') = \frac{4\pi \coth^3 \xi (6\xi + 4 \sinh 2\xi + \sinh 2\xi \cdot \coth 2\xi)}{(\coth 2\xi - 1)(2\xi + \sinh 2\xi)^2} \quad \xi = 2\pi h'/L$$

$$\Delta t = \tau, \Delta x = \lambda, x = m\lambda, t = k\tau \quad \text{とすると上式から}$$

$$h(m, k+1) = \left(B \frac{\tau}{\lambda} + A \bar{H} \frac{\tau}{\lambda}\right) h(m-1, k) + (1 - 2B \frac{\tau}{\lambda}) h(m, k) \\ + \left(B \frac{\tau}{\lambda} - A \bar{H} \frac{\tau}{\lambda}\right) h(m+1, k)$$

上式に $A, B, \bar{H}(m, k)$ はすべて正であるから、この差分方程式が正型であるためには次の条件が成り立てばよい。

$$1 - 2B \frac{\tau}{\lambda} > 0 \quad \frac{B}{\lambda} - \frac{1}{2} A \bar{H}(m, k) > 0 \\ \lambda < \frac{B}{A \bar{H}(m, k)} \quad \tau < \frac{\lambda^2}{2B}$$

5 実験 及び 計算例

実験に使用した水槽は巾 1.00 m
高さ 0.60 m 、長さ 25.0 m の有機
ガラス張り鋼製水槽であって、
その中央に勾配 0 、高さ 25 cm の
砂を敷き、他端からフラッグ型の
造波器により波を送り水底形状を

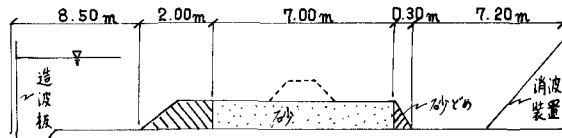


図-3

求めた。砂は中央粒径 0.8 mm 、比重 2.64 、均等係数 $d_{60} = 1.58$ 、波高の測定には抵抗線式波高計、
砂面形状の測定には砂面測定器を用いた。

図-3 の様な初期形状に波高 h_0 、波長 L_0 の沖波を送ると沖波の特性と底質の性質、初期形状に
応じて砂の運動を開始する。その初期運動開始時の周期、波高と造波開始後 10 波と経過 $10 \sim 30$ 波を
調べる。以下にその結果の一例を示す。

周期	2.21	2.00	1.74	2.33	2.02	1.76
波高	0.85	5.40	2.05	2.15	2.90	6.15
BD	0.8209	0.8629	0.9252	0.7995	0.8587	0.9199
h/L_0	0.0197	0.0240	0.0318	0.0248	0.0330	0.0434
H_0/L_0	0.00731	0.00735	0.0343	0.00722	0.0218	0.01213

図-4 は $\frac{H_0}{L_0} - 1 = 1.60$ について式(6)による h_0 と
(H_0/L_0)、BD の関係を示すと、図-4 の実線の様
に二の曲線より右側の領域に運動が起る。

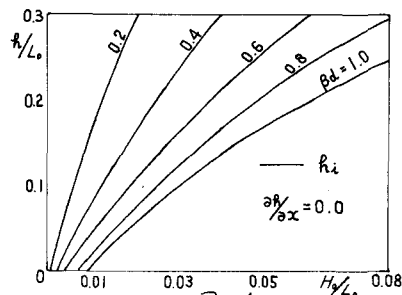


図-4

図-5, 図-7 の様な初期縦断面に波高 H の波を送ると、沖波の特性と底質の性質、初期断面形状に応じた水深変動が起す。

図-5, 図-7 は 時間に応じた縦断面形状の経過である。
 図-6, 図-8 は $\frac{S}{S_0} - 1 = 1.60$, $\frac{S}{L_0} = 0.00005$
 $\frac{H}{L_0} = 0.013$, $\beta D = 0.863$ $\lambda = \frac{L}{L_0} = 0.0032057447$
 $\lambda = 1.0$ として電算にて計算した結果である。

実験結果と計算値とは、水深変動に類似性をもつが、
 実験においては波の進行方向の移動量が多いのが
 明確である。

これは式(4)の右边が二項、前進効果と及ぼす A が小さい
 ためと思われる。

δ を簡単のため一定にしたが、この δ の値を考慮する
 必要があると考えられる。

多くの実験結果より、最もふさわしい δ を見つけ出す
 ことが、これから課題である。

目下、実験と併行し検討中である。

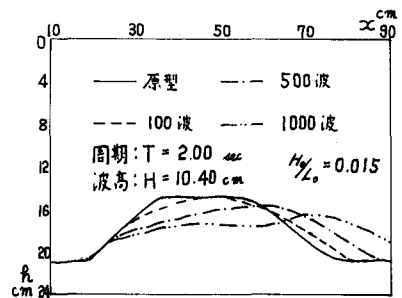


図-5 (実験)

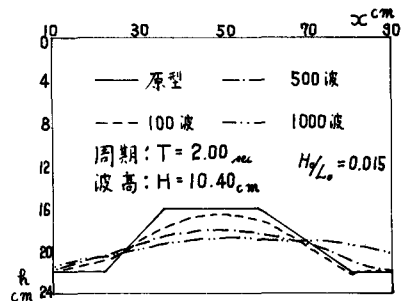


図-6

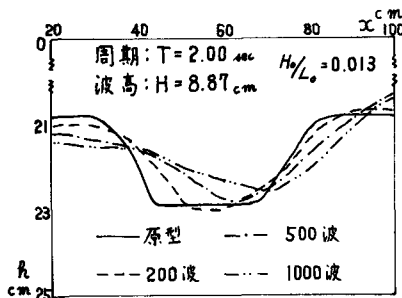


図-7 (実験)

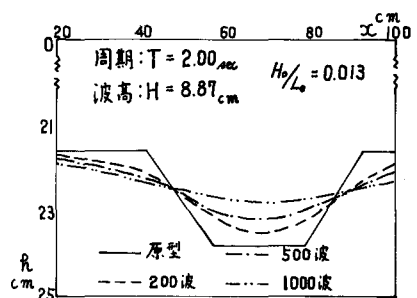


図-8