

日本テトラポッド(株) 正会員 早坂正秋
日本テトラポッド(株) 正会員 水村和正

1. まえがき

二次元模型実験による海浜変形に関する研究は漂砂問題と密接に関連しており、多数の研究者によって解明されてきた。しかしながら、従来海浜断面は Bar 型と Step 型に分類されているにもかかわらず、その力学的機構が明白でない。本研究は Eagleson が導いた砂粒子の外力のつり合い方程式と運動方程式から出発する。与えられた波の条件のもとで一様勾配の海浜断面における砂移動の可能範囲内の最大水深を砂粒子のつり合い方程式から求め、そこでの砂移動方向が沖向きか岸向きかを検討するものである。すなわち、この地点での砂移動方向が沖向きであれば、この地点から沖側にかけて砂が堆積する(Ⅰ型)、反対に、この同じ地点付近での砂移動方向が岸向きである場合は、砂が取られ、洗掘される(Ⅲ型)。なぜならば、同地点より沖では、力のつり合い方程式より砂移動は発生していない。Ⅰ型の場合、その汀線は後退し、Ⅲ型では汀線は前進する。さらに従来の分類法では型の明確でなかった汀線が前進し、沖において砂が堆積するⅡ型があるが、本分類においてはⅠ型の変形に含まれるが、堀川、尾崎らの分類に従ってⅡ型とする。

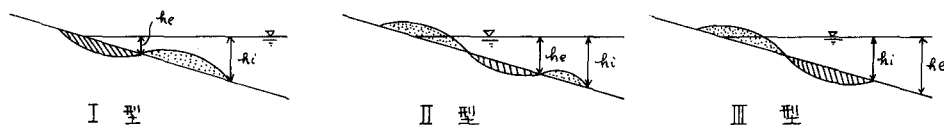


図-1. 海浜の Pattern

2. 経過と考察

砂粒子に作用する外力を用いて運動方程式を導くと(Eagleson)

$$\frac{\bar{U}_s}{C_0} = 0.92 f_1 \left(\frac{h}{L_0} \right) (\beta D)^{3/4} \left(\frac{H_0}{L_0} \right)^2 - \frac{1}{72} \left(\frac{S_f}{S_f - 1} \right) (\beta D)^2 \sin \alpha \quad (1)$$

となる。ここで、 $\bar{U}_s$: 砂粒子の平均速度、 C_0 : 定数、 $f_1 \left(\frac{h}{L_0} \right) = \frac{\coth kh}{(\sinh kh)^2 + k_0 h}$ 、 k : 定数、 h : 水深、 k_0 : 沖波波数、 $\beta = \sqrt{\frac{\pi}{\gamma T}}$ 、 γ : 動粘性係数、 T : 周期、 D : 砂粒子の粒径、 H_0 : 沖波波高、 S_f : 砂粒子比重、 S_f : 流体の比重、 $\tan \alpha$: 海底勾配、である。

次に、砂粒子に作用する外力のつり合い方程式は、

$$\sin \alpha = \frac{726}{\beta D} \cdot \frac{S_f}{S_f - 1} \cdot \left(\frac{H_0}{L_0} \right)^2 \cdot f_2 \left(\frac{h}{L_0} \right) - 1.3 \quad (2)$$

である。ここで、 $f_2 \left(\frac{h}{L_0} \right) = \left\{ k h (\tanh kh)^2 + (\sinh kh)^2 \tanh kh \right\}^{-1/2}$ 、

また、砂粒子の静止している条件は式(1)において $\bar{U}_s = 0$ だから、

$$\sin \alpha = \frac{662 \pi^2}{(\beta D)^{3/4}} \cdot \frac{S_f}{S_f - 1} \cdot \left(\frac{H_0}{L_0} \right)^2 f_1 \left(\frac{h}{L_0} \right) \quad (3)$$

となる。式(2)と(3)における $f_1 \left(\frac{h}{L_0} \right)$ 、 $f_2 \left(\frac{h}{L_0} \right)$ と h/L_0 の関係を面対数グラフにプロット(図-2)すると、 $0.01 < h/L_0 < 0.1$ の領域でほぼ線型であり、

$$f_1(h/L_0) = b_1 (h/L_0)^{-a_1} \quad \text{と} \\ f_2(h/L_0) = b_2 (h/L_0)^{-a_2} \quad (4)$$

で充分よく近似できる。式(4)を式(2),(3)に代入し、 h/L_0 について解く、ただし式(2),(3)より求まる水深をそれぞれ h_e, h_i とする。

図-1を参照して h_i と h_e の関係を求めると、

$$\frac{\sin^2 \alpha}{(\theta D)^{1-\frac{a_1}{a_2}P}} \left(\frac{S_f}{S_s - S_f} \right)^{1-P} \left(\frac{H_0}{L_0} \right)^{1-2P} \text{Const} \leq 1 \quad (5)$$

となる。ここで $P = a_1/a_2 \approx 0.4$ 、式(5)の左辺が1より小的时候Ⅲ型となり、大のときⅠ型となる。式(5)を変形すると、図-3は、沖波波形勾配 H_0/L_0 を縦軸に、新しいパラメーター $\sin^2 \alpha \left(\frac{\sqrt{T}}{D} \right)^{3.285} \left(\frac{S_f}{S_s - S_f} \right)^3$ を横軸にとって、堀川、砂村ら(1974)の実験データおよび尾崎、渡辺(1976)の実験データをこの方法に従って整理プロットしたものである。これによると、沖側にかけて砂が堆積するⅠ型と砂移動方向が岸向きであるⅢ型は式(6)によって明瞭に区別される。

$$\sin^2 \alpha \left(\frac{\sqrt{T}}{D} \right)^{3.285} \left(\frac{S_f}{S_s - S_f} \right)^3 \left(\frac{H_0}{L_0} \right) \leq 0.08 \quad (6)$$

3. おまけ

砂粒子の力学方程式から出発して、海浜断面のパターンを支配する物理変数を組み合わせ、無次元数が求まり、これから次の性質が判明した。

①、作用する波の波形勾配が大きくなるにつれて、②、底質の比重が小さくなるにつれて、③、底質の粒径が小さくなるにつれて、④、海浜断面の底勾配が大きくなるにつれて、破波帯から沖側にかけての領域における砂の移動方向は、沖方向きとなる。これらの諸性質は従来の実験等から求まっている傾向を充分満足している。

(参考文献)

(1) 石原藤次郎、水工水理学、丸善株式会社、昭和47年6月。

(2) 堀川、砂村、近藤、波による二次元海浜変形に関する実験的研究、第21回海岸工学講演会論文集、1974年。

(3) 尾崎、渡辺、波による二次元汀線変化の相似に関する実験的研究、第23回海岸工学講演会論文集、1976年。

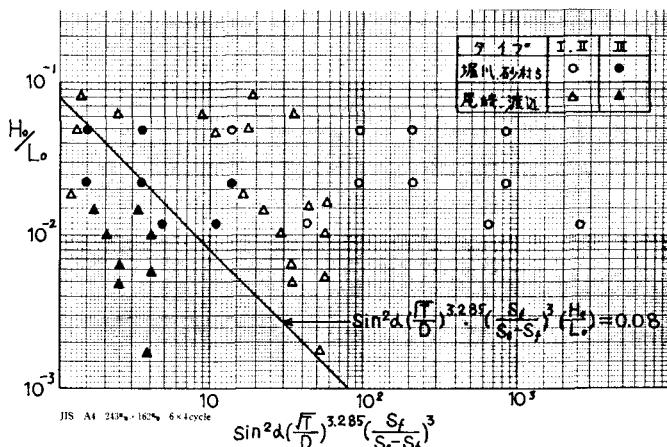


図-3 実験資料による海浜変形のタイプ分け。