

平衡海浜形状の定式化に関する研究

鳥取大学大学院 学生員 野田和久
日本テトラポッド 正 員 福富新吾
鳥取大学工学部 正 員 野田英明

1. まえがき : 波動水槽において、一様勾配の初期海浜に一定の特性をもつ波を作用させると、海浜は漸次変形し、ある時間以後、砂の移動は見られるが海浜の断面形状はほとんど変化しない平衡海浜となる。平衡海浜形状は大きく二つに分類され、一つは段 (Step) によって特徴づけられる堆積型であり、もう一つは沿岸砂州 (Bar) が発達する侵食型である。本研究は、従来の Swarts の考え方を改良し、平衡断面形状の定式化を試み、さらに実験結果と比較検討する。

2. 定式化 : 図-1 に示すように沖側の海浜変形開始点を原点とし、水平岸向きに X 軸、鉛直上向きに Z 軸をとる。岸側の海浜変形終点および静水面における座標を、それぞれ (X_0, Z_0) 、 (X_r, Z_r) とし、面積 $oedc =$ 面積 $oeah$ となるような ed の長さを Z_1 、面積 $eagf =$ 面積 $eabh$ となるような ag の長さを Z_2 とする。さらに、 $W = Z_2 - Z_1$ とすると、 oab の面積 V_0 および $oeah$ の面積 V_1 は、それぞれ次のように表わされる。

$$V_0 = Z_1 X_0 + W(X_0 - X) \quad \dots (1) \quad V_1 = Z_1 X = \int_0^X Z dx \quad \dots (2)$$

また、静水面における Z_1 および Z_2 の値を、それぞれ Z_r 、 Z_{er} とし、 $Z_r = Z_{er} - W$ とすると、 V_e は次のように表わされる。

$$V_e = Z_{er} X_0 - W_r X_r \quad \dots (3)$$

式 (1) と式 (3) より次の関係が得られる。

$$Z_{er} = Z_{er} - W_r(X_r/X_0) - W[1 - (X/X_0)] \quad \dots (4)$$

さらに、式 (2) と式 (4) より Z_1 を消去すると、

$$\int_0^X Z dx = X[Z_{er} - W_r(X_r/X_0) - W[1 - (X/X_0)]] \quad \dots (5)$$

となる。上式において X_0 、 X_r 、 W_r および Z_{er} は、波および底質の特性によって定まる値である。そこで式 (5) を X で微分し、さらに記述を簡単にするために無次元量 $Z/Z_0 = Z$ 、 $W/Z_0 = w$ 、 $X/X_0 = x$ を用いると式 (5) は $Z = \frac{1}{2} - w(1-2x) - x(1-x) \frac{dw}{dx} \quad \dots (6)$

となる。以上の結果から、 w が x の関数として表現されるならば、平衡海浜の断面形状が表現できることになる。ところが、現状で w を決定する明確な方法がないために、実験結果および若干の仮定により式 (6) およびそれに含まれる w の意味を検討する。

〔侵食型〕 実験結果より侵食型の海浜は、一般に図-2 に示すような形状となる。この平衡海浜形状を $Z = ax^3 + bx^2 + cx \quad \dots (7)$

のように仮定する。ここに a 、 b および c は未定係数であるが

1) 海浜変形終点 $x = 1$ で $Z = 1$ 2) 漂砂の連続条件 $\int_0^1 Z dx = \frac{1}{2}$ の2条件により式 (7) は、一つの未定係数 c を残して

$$Z = (3-2x)x^2 + cx(2x^2 - 3x + 1) \quad \dots (8)$$

となる。上述の定義より式 (8) を用いて w を計算すると

$$w = \frac{1}{2}(c-1)x^2 - \frac{1}{2}(c-1)x + \frac{1}{2} \quad \dots (9)$$

図-3 は、式 (8) で表現される計算曲線と実験結果を比較したも

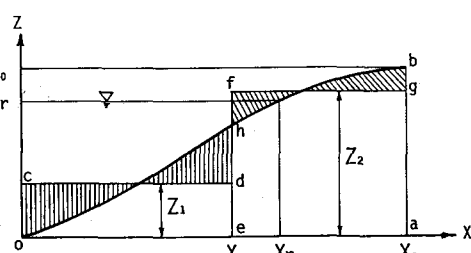


図-1

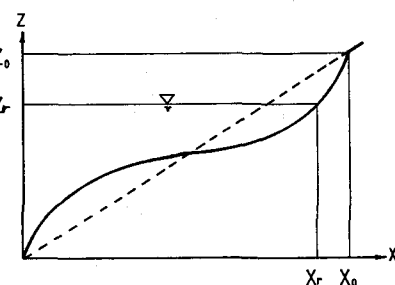


図-2

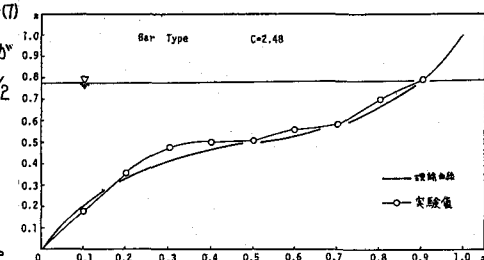


図-3

のであって、この場合、両者がもっともよく一致するCの値は2.48であった。これより侵食型海浜の場合、波および底質の特性から係数Cの値が算定できるならば、3次曲線により平衡断面形状を表現できること、および ω が x の2次曲線となることがわかる。

〔堆積型〕 侵食型とは若干異なり図-4に示すように最大堆積点を $x=1$ とする。まず侵食型と同様に平衡海浜形状を式(7)のように仮定し、i) $x=1$ で $z=1$ ii) $x=1$ で最大 z 堆積高となるので $\frac{dz}{dx}=0$ の2条件により未定係数はCのみとなる。 Z_0

$$z = (3-2x)x^2 + Cx(x^2-2x+1) \quad \dots (10)$$

つぎに、砂の連続条件より $\int_0^{x_2} z dx = \frac{1}{2} \beta x_2^2 \quad \dots (11)$ となる。

ここに $x_2 = X_2/X_0$, $\beta = Z_0/Z_0$, X_0/X_2 である。式(10)と式(11)より z を消去する。

$$3(C-2)x_2^2 + 4(3-2C)x_2 + 6(C-\beta) = 0 \quad \dots (12)$$

また、式(10)に $x=x_2$ を代入すると、

$$(C-2)x_2^2 + (3-2C)x_2 + (C-\beta) = 0 \quad \dots (13)$$

式(12)と式(13)を満足するCおよび x_2 の値は若干の計算により

$$\left. \begin{aligned} C &= \frac{3}{2} \{ (3\beta-2) - \sqrt{9\beta^2-20\beta+12} \} < 0 \\ x_2 &= -\frac{2}{3} \{ (3-2C)/(C-2) \} > 0 \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

となる。図-5は、実験結果をもとに β を算定し計算曲線と実験結果とを比較したものである。両曲線は、かなり異なっており堆積型の場合は3次曲線で近似することは、困難である。

図-6に示すように、 $Z_0 = h_{pi} + h_{pm}$ とすると、 h_{pi} および h_{pm} は実験結果にもとづいて、図-7および図-8のように求めることができる。これらの図中の直線は、算定式を表わす。また図-7に

において、 $Y_{pi} = (H/L_0)^{-1} \sinh(2\pi h_{pi}/L)$ さらに d_{50} は、砂の平均粒径である。

3. おわりに：平衡海浜の断面形状に関して以上の定式化を試みた。侵食型に対しては係数Cの算定方法、堆積型に対しては別の近似曲線の選択、さらにその理論的根拠についてさらに検討すべき点があると考えられる。

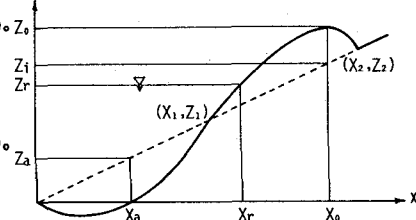


図-4

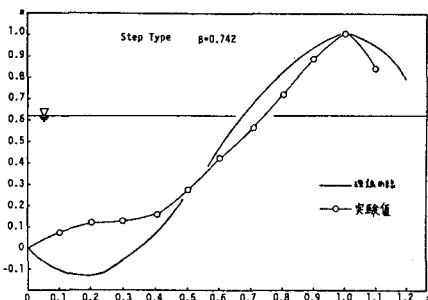


図-5

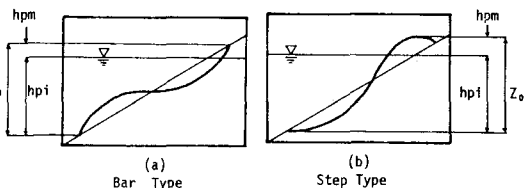


図-6

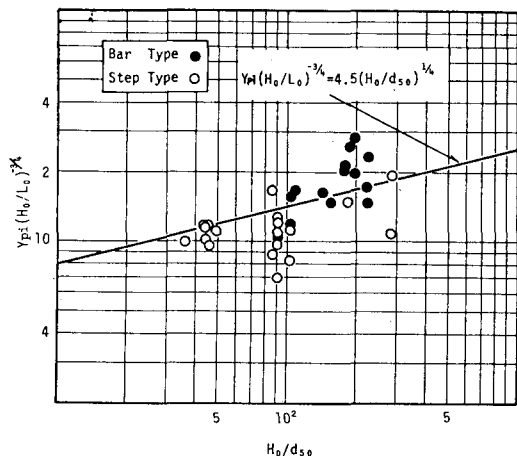


図-7

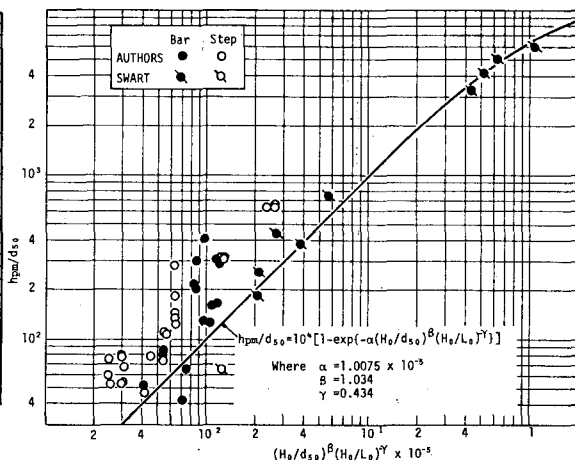


図-8