

Madsen型の岸沖漂砂量

鳥取大学工学部 正員 野田英明

鳥取大学工学部 正員 黒岩正光

○(株) 鴻池組 正員 岸田健二郎

1. はじめに 岸沖漂砂量は、現在Shields数を用いた公式が数多く提案されているが、これらの式は波の1周期に対する漂砂の方向を決定できないという欠点をもっている。したがって、その移動方向が明かでない、海浜断面形状の地形変化を計算することができないことになる。本研究は、移動方向をも考慮した岸沖漂砂量式を新たに提案し、Madsen 型の漂砂量式と比較するとともに、地形変化の数値計算によって、その適用性を検討しようとするものである。

2. 岸沖漂砂量モデル

掃流漂砂量：無次元掃流漂砂量を底面流速の2乗に比例する最も単純な形で次のように仮定する。

$$\frac{\Delta q_b}{w_o d} = K \frac{(u_b - u_c) |u_b - u_c|}{s g d} \quad (u_b > u_c) \quad (1)$$

ここに、 Δq_b ：単位幅あたりの掃流漂砂量、 w_o ：底質の沈降速度、 d ：底質の粒径、 s ：底質の水中比重、 u_b ：底面流速、 u_c ：底質の移動限界流速であり u_c は Komer-Miller の関係式、

$$\frac{u_c^2}{s g d} = 0.21 \left(\frac{u_c T}{\pi d} \right)^{\frac{1}{2}}$$

を適用する。底面流速 u_b は、ストークス第3近似的によって算定する。

$$\pm u_b = u_{o1} \cos \theta + u_{o2} \cos 2\theta + u_{o3} \cos 3\theta \quad (2)$$

ここに、 $u_{o1} = C(ka)/\sinh kh$ 、 $u_{o2} = C(3/4)(ka)^2/\sinh^4 kh$ 、 $u_{o3} = C(3/64)(ka)^3(13 - 4 \cosh 2kh)/\sinh^7 kh$ 、であり、 C 、 k 、 a 、 h はそれぞれ、波速、波数、振幅、水深である。

図-1 は式(2)による流速と掃流漂砂量の関係を示し

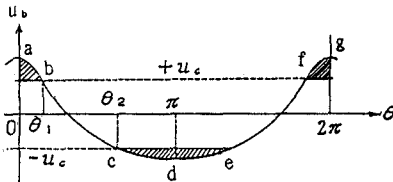


図-1

たものであり、岸沖方向に掃流砂が発生している位相に関して式(1)を積分すれば波の一周期における正味の平均掃流漂砂量 q_b は次のようになる。

$$\begin{aligned} \frac{q_b}{w_o d} &= \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \frac{\Delta q_b}{w_o d} d\theta \\ &= \frac{K}{\pi} \left[\int_0^{\theta_1} \frac{(u_b - u_c)^2}{s g d} d\theta - \int_{\theta_2}^{\pi} \frac{(u_b + u_c)^2}{s g d} d\theta \right] \end{aligned} \quad (3)$$

この式の計算結果は全て岸向きである。

浮遊漂砂量：浮遊漂砂量は野田・松原の式を適用する。ただし、この式は全て沖向き漂砂量を表す。

$$\frac{q_s}{w_o d} = \beta (v^2 + (2 - v_c)v + 1 - v_c) \times \left(\frac{u_{o1}}{\sqrt{s g d}} \right)^3 \quad (4)$$

ここに、 β は実験によって求まる定数である。

以上の考察から、掃流漂砂量と浮遊漂砂量とを加えた単位幅当たりの正味の全漂砂量 q は、式(3)および式(4)から次式のようになる。

$$\frac{q}{w_o d} = \frac{q_b}{w_o d} + \frac{q_s}{w_o d}$$

図-2 は式(3)とShields数との関係を示したものであり、Madsen・Grant および渡辺による漂砂量式も合わせて示してある。なお、Shields数に含まれる摩擦係数は Swart の近似式で算定した。図から式(3)は Madsen型の漂砂量式と同様の傾向を示すことがわかる。また若干の考察により、式(3)はShields 数のみではなく d/sL_o の関数であることが明かとなり、従来の実験結果のパラッキは、このパラメータで整理できるようである。

3. 二次元海浜変形に関する数値計算法

波浪変形計算は便宜的に次の方法による。

砕波前：

$$H/H_o = [\{ 1 + 2kh/\sinh(2kh) \} \tanh(kh)]^{-1/2}$$

砕波後：

$$H = 0.827h$$

平均水位上昇量：

$$dS_{ax}/dx + \rho g(h + \bar{\eta}) d\bar{\eta}/dx = 0$$

実水深 ($d = h + \bar{\eta}$) に対応する波高を計算し、これらを用いて漂砂量を、また漂砂の連続式を差分化して地形変化を計算する。なお差分間隔は試行的に $\Delta X = 10 \text{ cm}$ 、 $\Delta t = 30 \text{ sec}$ とした。

4. 計算結果および考察 表-1 は実験結果に対応した計算条件を示す。各漂砂量係数は表に示すように 5 種類づつ組み合わせて計算した。現段階では地形変化を厳密に再現することは不可能であるため全体的にみてオーダー的・傾向的に妥当であると思われる係数の組合せを主観的に判断して結果を整理した。図-4 は、それらの各漂砂量係数の関係を示したものである。図より各漂砂量係数はケースごとに異なり、従来のように各漂砂量係数は常に一定として取り扱えないことが明かとなった。さらに、図中の点線は侵食型と堆積型の地形変化を分ける限界のようである。図-5 は $-K/\beta$ と堀川による指標 C をとって体積型と侵食型の限界を調べたものであり、堆積型の地形変化を再現するためには $-K/\beta$ の値をかなり大きく設定しなければならないことがわかる。

5. おわりに 本研究で提案した岸沖漂砂量モデル

は, Shields 数を用いた漂砂量式と同様の傾向を示し, 各漂砂量係数を組み合わせることにより全漂砂量の移動方向も決定することができた。また, 地形変化の数値計算結果と実験結果を比較することによって, 各漂砂量係数が波および粒径の特性によって異なる値をとり, 本研究の範囲ではその比率が侵食型海浜において $0.1 \leq -K/\beta \leq 20$, 堆積型の海浜では $-K/\beta \geq 1000$ であることがわかった。なお, これらの漂砂量係数の特性については今後より詳しく調べる必要がある。

[参考文献] 1) O. S. Madsen and W. D. Grant: Quantitative description of sediment transport by wave, Proc. 15th Coastal Eng. 2) 野田英明・松原雄平: 岸沖向き漂砂量に関する研究, 第27回海溝論文集 3) 渡辺晃: 海浜流と海浜変形の数値シミュレーション, 第28回海溝論文集

表-1

	沖波波高 (cm)	周期 (sec)	粒径 (cm)	漂砂量係数
CASE1	4.92	1.2	0.017	各ケースについて $K = 1.0 \times 10^{-3} \sim 1.0 \times 10^{-1}$ $\beta = 1.0 \times 10^{-4} \sim 1.0 \times 10^{-2}$
CASE2	3.83	1.2	0.017	
CASE3	9.30	1.2	0.017	
CASE4	3.83	1.2	0.035	

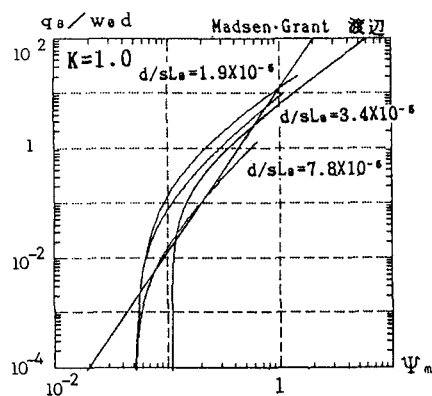


図-2

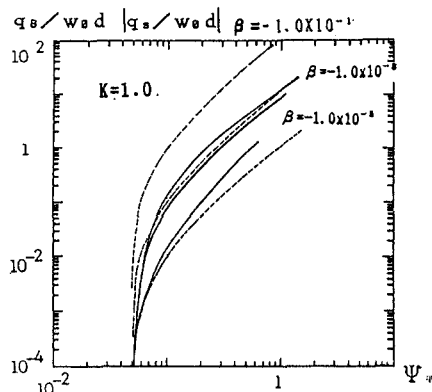


図-3

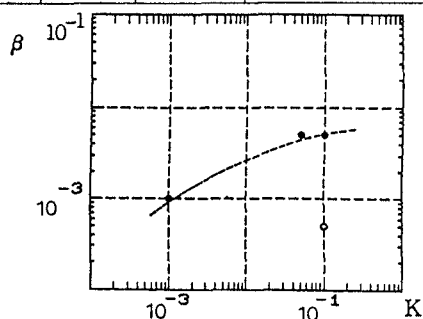


図-4

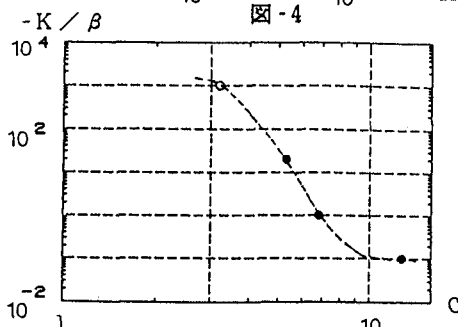


図-5