

II-545

移動方向を考慮した岸沖漂砂量式

鳥取大学 工学部 正員 ○黒岩正光

鳥取大学 工学部 正員 野田英明

(株)鴻池組 正員 岸田健二郎

1. はじめに: 波動に伴う底質粒子の運動方程式とともに, その移動方向をも考慮した, 比較的簡単な形の岸沖漂砂量を考えた. 得られた結果を Madsen 型の漂砂量式^{(1),(2)}と比較するとともに, この漂砂量式を適用して海浜断面形状の変化を数値計算し, この式の妥当性を検討した.

2. 岸沖漂砂量モデル: 岸沖漂砂量を掃流漂砂と浮遊漂砂に分けて取り扱う. 単位時間, 単位幅あたりの掃流漂砂量 ΔQ_B を次のように仮定する.

$$\frac{\Delta Q_B}{w_0 d} = K \frac{(u_b - u_c) |u_b - u_c|}{sgd} \quad (u_b > u_c) \quad (1)$$

ここに, K : 比例定数, w_0 : 底質の沈降速度, d : 底質の粒径, s : 底質の水中比重, u_b : 波による底面水粒子速度, u_c : 底質の移動限界速度である. 底面水粒子速度 u_b は, Stokes の第3近似解

$$u_b = u_{01} \cos \theta + u_{02} \cos 2\theta + u_{03} \cos 3\theta \quad (2)$$

を適用する. ここに, $u_{01} = C(ka)/\sinh kh$, $u_{02} = (3/4)u_{01}(ka)\sinh^3 kh$, $u_{03} = (3/64)u_{01}(ka)^3(13 - 4\cosh 2kh)/\sinh^6 kh$, であり, C, k, h はそれぞれ, 波速, 波数, 水深を表し, また波高を H とすると $H = 2a$ である. 底質の移動限界速度は Komer-Miller の式 $u_c^2/sgd = 0.21(u_c T/\pi d)^{1/2}$ を適用する. ここに T : 波の周期である.

図-1 は底面水粒子速度 u_b の一周りにわたる変化と岸沖方向に掃流砂

図-1 底面水粒子速度

が発生している位相との関係を示したものであって, この図を参照して, 式(1)を一周りにわたり積分すると正味の掃流漂砂量 Q_B は

$$\frac{Q_B}{w_0 d} = K F_B \left(\frac{u_{01}}{\sqrt{sgd}} \right)^2 \quad (3)$$

ここに

$$F_B = \frac{1}{\pi} \left[\int_0^{\theta_1} \left(\frac{u_b}{u_{01}} - v_c \right)^2 d\theta - \int_{\theta_2}^{\pi} \left(\frac{u_b}{u_{01}} + v_c \right)^2 d\theta \right]$$

と表される. ここに, $v_c = u_c/u_{01}$ である. 一般に $F_B > 0$ であり, したがって $Q_B/w_0 d > 0$ となって, 掃流漂砂は岸向きとなることわかる.

一方, 浮遊漂砂量は Q_S 著者の一人³⁾が提案した式を用いると,

$$\frac{Q_S}{w_0 d} = \beta F_s \left(\frac{u_{01}}{\sqrt{sgd}} \right)^3 \quad (4)$$

ここに, $F_s = v^2 + (2 - v_c)V + 1 - v_c$, $V = (u_{02} + u_{03})/u_{01}$, であり, $\beta (< 0)$ は比例定数である. この式は浮遊漂砂すべてが沖向きであることを示している.

したがって(3)と(4)式を加えることによって正味の岸沖漂砂量 Q_T を求めることができる.

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. この図より, 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_0 の関数であることが明かとなり, 従来の実験結果のパラツキをみると, このパラメータで整理できるものと考えられる.

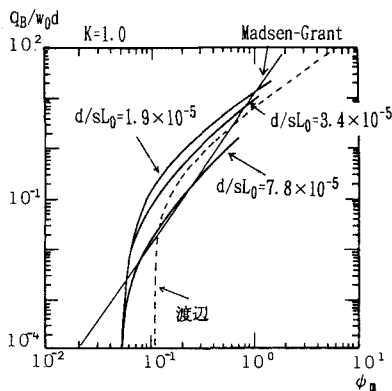


図-2 無次漂砂量(掃流漂砂)とShields 数

また図-3 は(3)式(実線)と(4)式(点線)とを併せて示してあり, この図から, ① $Q_S > Q_B$: 沖向き, ② ϕ_m の値が小さいとき $Q_S > Q_B$: 沖向き, ϕ_m の値が大きいとき $Q_S < Q_B$: 岸向き, ϕ_m の値がきわめて大きいとき $Q_S > Q_B$: 沖向き, ③ $Q_S < Q_B$: 常に岸向き, と

なることがわかる。

3. 二次元海浜変形に関する数値計算法： 波浪変形は便宜的に線形波理論によって求める。ただし、砕波点は最高波理論 ($H=0.827h$) を用いて決定し砕波後の波高も同様に計算した。また水位上昇を考慮し実水深 ($d=ht\eta$) を用いて漂砂量を計算し、漂砂の連続式より地形変化を計算する。なお初期勾配は1/10であり、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したものである。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する。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て結果を整理した。図-4 および図-5 はそれぞれ侵食型 (Case 1) および堆積型 (Case 4) の地形変化の数値計算例を示したものである。縦軸は初期地形からの変位を表している。図-6 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、常に一定として取り扱えないことが明かである。さらに、図中の点線付近に侵食型あるいは堆積型の地形変化を分類する係数の組合せのあることがわかる。

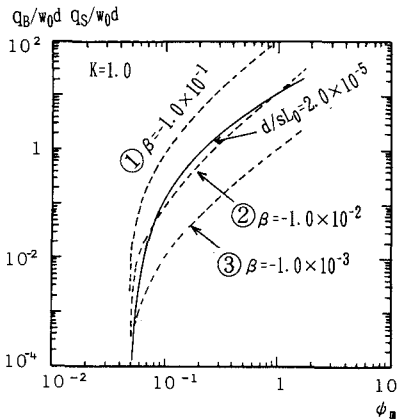


図-3 無次漂砂量（掃流漂砂，浮遊漂砂）と Shields 数

表-1 計算条件

	沖波波高 cm	周期 sec	粒径 mm	漂砂量係数
CASE1	4.92	1.2	0.17	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	0.17	
CASE3	9.30	1.2	0.17	
CASE4	3.83	1.2	0.35	

5. おわりに：本研究で新たに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) 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 3) 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

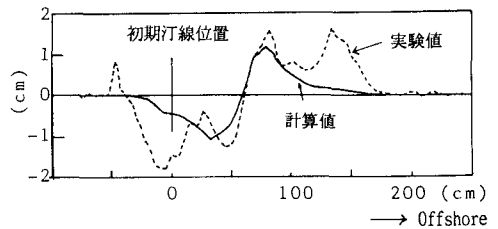


図-4 実験と数値計算による地形変化（侵食型）

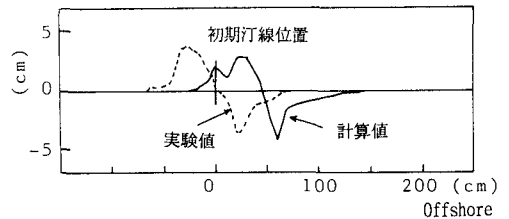


図-5 実験と数値計算による地形変化（堆積型）

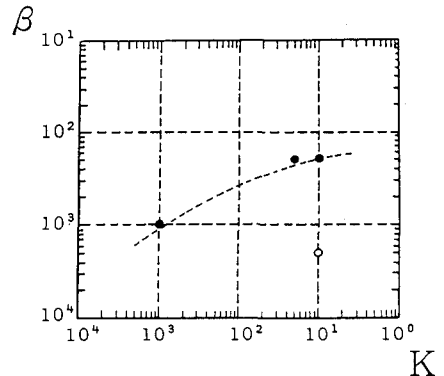


図-6 漂砂量係数