

鳥取大学 工学部 正員 野田英明
 〇 鳥取大学 工学部 正員 松原雄平
 飛鳥建設 正員 福島一也

1. まえがき 波および底質特性と海浜地形変化との関係は、これまで数多くの研究者によって、かなりの程度まで明らかにされてきている。しかし、いまだ、両者の関係を完全に記述した基礎式は確立されておらず、主として、模型実験によって、その将来予測が行われている。汀線に直角な方向の漂砂に関しては Manohar⁽¹⁾ 石原・榎本⁽²⁾ 他によって、いくつかの漂砂量算定式が提議されているが、工学的に十分な精度の結果が得られず、特に、底質の移動方向については何ら規定されていない。そこで、本研究は、研波帯以深で、水平床という条件の下で、底質の移動量ならびに移動方向について統一的に表すことができる漂砂量式を誘導し、さらに、その実験的検証を行なったものである。

2. 漂砂量算定式 q_B は、単位時間、単位幅当りの掃流砂量として、波による底質の無次元掃流砂量 Q を、つぎのように仮定する。

$$\frac{q_B}{\omega_f \cdot d} = K \frac{u}{\sqrt{s g d}} (\psi - \psi_c) \quad (1)$$

ここに、 K : 比例定数 d : 底質の中央粒径 s : 底質の水中比重 u : 波による底面近傍の水粒子速度

g : 重力加速度 ω_f : 底質の沈降速度であって、また

$$\psi = u^2 / s g d \quad \psi_c = u_c^2 / s g d \quad (2)$$

である。 u_c は、波および底質の特性から決定される砂の移動限界流速であり、ここでは、Komar-Miller の示した関係式

$$\frac{u_c^2}{s g d} = 0.21 \left(\frac{u_c \cdot T}{\pi d} \right)^{1/2} \quad (3)$$

を用いる。また、底面近傍での流速 u は、計算の複雑さを避けるために、ストークスの第2次近似解を用い、次式で表わすことにする。

$$u = u_{01} \cos \theta + u_{02} \cos 2\theta \quad (4)$$

図-1 は、(4) 式から得られる、流速 u の時間的変化を表わしたものであって、 $u \geq u_c$ となる斜線部 abc において岸向き

の掃流砂が生じ、斜線部 def において沖向きに掃流砂が発生するものとする。したがって波の1周期における正味の平均掃流砂量 q_B は、 $\theta=0$ および π における対称性を考慮して

$$q_B = \frac{2}{T} \left(\int_0^{\theta_2} q_B d\theta + \int_{\pi}^{\theta_4} q_B d\theta \right) \quad (5)$$

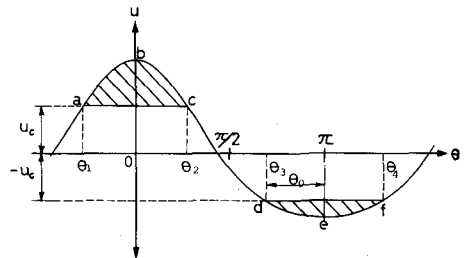


図-1

で表わされる。(1)~(4) 式を (5) 式に代入し、 $u_{02}/u_{01} = v$ 、 $u_c/u_{01} = v_c$ とおいて整理すると、結局

$$\left(\frac{q_B}{\omega_f \cdot d} \right) \left(\frac{u_{01}}{\sqrt{s g d}} \right)^3 = K' \cdot Q(v, v_c) \quad (6)$$

となる。ここに、 $Q(v, v_c) = \left(\frac{1}{6} \sin 3A \cos 3A_* + \frac{3}{2} \sin A \cos A_* \right) v^3 + \left(\frac{3}{2} \cos \frac{5}{2} A \sin \frac{5}{2} A_* + \cos \frac{3}{2} A \sin \frac{3}{2} A_* + 6 \cos \frac{A}{2} \sin \frac{A}{2} \right) v^2 + \left[\frac{3}{4} \sin 2A \cos 2A_* + (3-2v_c^2) \cos A \sin A + \frac{3}{2} A \right] v + \frac{1}{2} \cos \frac{3}{2} A \sin \frac{3}{2} A_* + (3-4v_c^2) \cos \frac{A}{2} \sin \frac{A}{2}$

であり、 K' : 定数 $A = \theta_2 + \theta_0$ 、 $A_* = \theta_2 - \theta_0$ である。

漂砂量 q_s は、砂材らの沖向き漂砂量式を次式のように修正して使用する。

$$\frac{q_s}{u_b \cdot d} \left(\frac{u_{01}}{\sqrt{s g d}} \right)^{-3} = \beta \cdot \{ v^2 + (2 - v_c) v \} \quad \dots (8)$$

ここに、 β は定数である。図-2は、砂材らが実験によって測定した沖向き漂砂量と(8)式から算定される漂砂量とを比較したものである。これより、結果に若干のばらつきは見られるものの、(8)式による計算値と実験値とは、ほぼ対応しており、また(8)式中の β の値は、 3.2×10^{-3} となることがわかる。

以上のことから、汀線に直交な方向の単位時間、単位幅当りの漂砂量式は、(6)式の掃流砂量式、(8)式の漂砂量式から

$$\frac{q}{u_b \cdot d} \left(\frac{u_{01}}{\sqrt{s g d}} \right)^{-3} = K' \cdot Q(v; v_c) + \beta \{ v^2 + (2 - v_c) v \} \quad (9)$$

となる。したがって、 K' を適当に与えることで、 v の各状態の関数として漂砂量を算定することができ、岸向きを正、沖向きを負として、その移動方向を与えられる。

3. 実験結果および考察 実験は、長さ18m、幅0.5m、高さ0.6mの鋼製2次元波動水槽の中央を交切り、片側0.25m部分に厚さ5mm長さ8mにわたって中央粒径0.3mmの移動床を設置して行なった。漂砂量は測深器によって砂面形状を測定し、その形状変化から砂の移動量を算定して求めた。図-3は、 v_c をパラメータとして、(9)式から算定される漂砂量(実線)と実験結果とを比較したものである。定数 K' の値は、実験値と最も良く一致するように $K' = 1.5 \times 10^{-3}$ とした。また、図中の数字は、それぞれの実験結果に対応する v_c の値を示している。

(9)式の算定結果を見ると、 v_c の値の増加とともに、底質の移動量が增大すること、とくに、 v_c の値が1に漸近するにつれて、沖向きの漂砂量が卓越していることがわかる。また、 v_c

の値が小さくなるにつれて、すなわち、相対的に砂が移動しやすくなると、同様に沖向きの漂砂量が徐々に、増加してくることがわかる。特に、 $v_c \leq 0.5$ の場合、底質の移動方向は、 v_c の変化にもなって、岸向きから沖向きへと変化している。以上のことは実験結果からも確かめられることであって、 $v_c = 0.61 \sim 0.76$ の場合、 v_c の変化にもなる砂の移動量、ならびに移動方向の変化は、(9)式の結果とはほぼ一致している。

また、 $v_c = 0.51 \sim 0.57$ の結果についても、(9)式の算定値よりいく分、大きくなっているが、その傾向は一致している。また、実験結果の若干のばらつきの原因としては、非定形波の条件に実験波を設定したことにより、漂砂量が場所的に異なり、その平均値で表わしたたのであると思われるが明らかではない。したがって、定形波をも含めた種々の波および底質の条件に対して実験を行ない、(9)式の妥当性について検討する必要がある。

4. おわりに 本研究では、汀線に直交な方向の漂砂量算定式を提案し、その実験的検証を行なったが、漂砂量ならびに、従来の研究では明らかにされなかった漂砂の移動方向について、ほぼ満足すべき結果が得られた。

- 参考文献 (1). Manohar, M, Mechanics of Bottom Sediments Movement due to Wave Action. B.E.B. Tech. Memo. 12/p. 1955
(2) 石原隆太郎・横本亨, 漂砂の移動限界流速, 限界水深および移動量について, 第7回海岸工学論文集, pp. 47~53, 1963
(3) 砂村結夫・阪東浩彦・堀川清司, 沖向き砂移動機構と漂砂量に関する実験的研究, 第25回海岸工学論文集, 1978

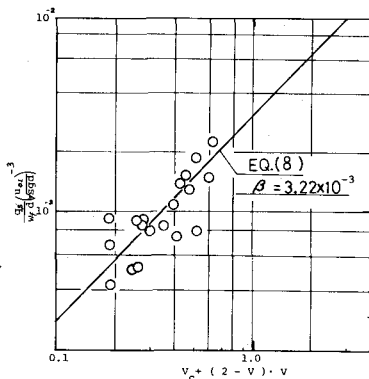


図-2

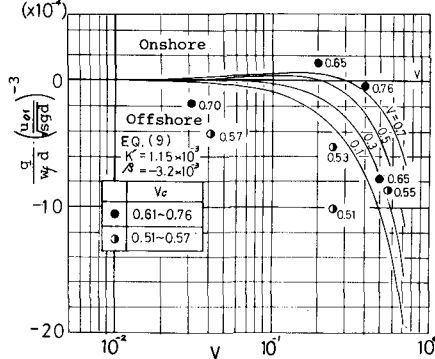


図-3