

II-62

シートフロー漂砂量公式の改良

東京大学 大学院 学生員 ○ 高沢 大志
正会員 Mohammad Dibajnia
正会員 渡辺 晃

1 研究の目的

シートフロー現象は砕波帯付近で見られる漂砂の移動形態であり、高濃度の移動砂層が形成されるために多量の土砂移動を引き起こすことが知られている。したがって、この現象の海浜地形変化におよぼす影響は極めて大きく、シートフロー現象に対する知見を得ることは海岸過程を予測する上で必要不可欠である。

しかし、シートフローは実験規模ではなかなか起こりにくく、データが不足している。これまでに提案されている漂砂量算定式の中でも、シートフローを扱っているものは数少ない。シートフローのもとでのネットの漂砂量公式としては Dibajnia・Watanabe (1992) の式がある。しかしこの式の適用性は、一つの粒径 (0.2mm) に関してでしか確認されておらず改良の余地がある。そこで本研究では、粒径が 0.2mm 以外の漂砂量データを用いて Dibajnia・Watanabe (1992) の式を改良し、幅広い粒径の砂に対して拡張することを目的とする。

2 Dibajnia・Watanabe の式

Dibajnia・Watanabe (1992) では、無次元漂砂量 Φ は以下のように表されている。

$$\Phi = \frac{q}{w_0 d} = a \cdot \text{sign}(\Gamma) \cdot |\Gamma|^{0.55} \quad (1)$$

ここで、 a は係数で $a = 0.001$ である。 Γ は砂の移動のメカニズムを表すパラメータで、以下のように定義されている。

$$\Gamma = \frac{u_c T_c (\Omega_c^3 + \Omega_t'^3) - u_t T_t (\Omega_t^3 + \Omega_c'^3)}{(u_c + u_t) T} \quad (2)$$

ここで、 T は周期、 T_c, T_t は岸向き、冲向きの継続時間である。 Ω_j は岸向き (冲向き) 流速時の半周期間に移動状態で運ばれ、その半周期間に沈降する砂の総量を、 Ω_j' は岸向き (冲向き) 流速の半周期間に巻き上げられて流速反転後に冲向き (岸向き) に運ばれる砂の総量を表している。また、 $\Omega_c, \Omega_t, \Omega_c', \Omega_t', u_c, u_t$ は次式に示すとおりである。

$$u_c^2 = \frac{2}{T_c} \int_0^{T_c} u^2 dt, \quad u_t^2 = \frac{2}{T_t} \int_{T_c}^T u^2 dt \quad (3)$$

$$\left\{ \begin{array}{ll} \text{if } \omega_j \leq \omega_{cr} & \left\{ \begin{array}{l} \Omega_j = \omega_j \cdot \frac{2w_0 T_j}{d} \\ \Omega_j' = 0 \end{array} \right. \\ \text{if } \omega_j > \omega_{cr} & \left\{ \begin{array}{l} \Omega_j = \omega_{cr} \cdot \frac{2w_0 T_j}{d} \\ \Omega_j' = (\omega_j - \omega_{cr}) \cdot \frac{2w_0 T_j}{d} \end{array} \right. \end{array} \right. \quad (4)$$

式 (4) で、添字 j は c , または t を表している。 ω_j は流速によって巻き上がった砂が落ちるまでの時間 T_{fall} と流速の継続時間 T_j の比、 T_{fall}/T_j を表す。

$$\omega_c = \frac{1}{2} \frac{u_c^2}{sgw_0 T_c}, \quad \omega_t = \frac{1}{2} \frac{u_t^2}{sgw_0 T_t} \quad (5)$$

また、 s は砂の水中比重、 g は重力加速度、 d は粒径、 w_0 は砂の沈降速度である。 ω の限界値 ω_{cr} は砂漣上で 0.03、シートフローで 1.00 である。

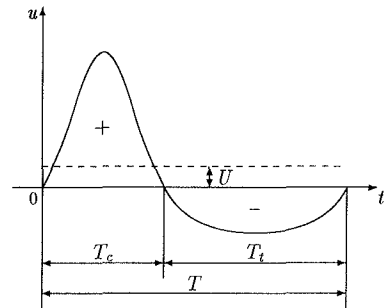


図 1: 底面近傍の流速波形

3 漂砂量公式の改良

沢本・山下 (1985) の半周期漂砂量の測定結果をもとに式 (4) の改良を試みる。半周期の場合、式 (2) は $\Gamma = \Omega^3$ となるので Ω の評価に適している。

図 2 は沢本・山下 (1985) の実験条件から Dibajnia・Watanabe (1992) の式と比較したものである。明らかに異なる粒径ごとに分かれてしまっており、この式は全ての粒径の砂に対しては適用できない。

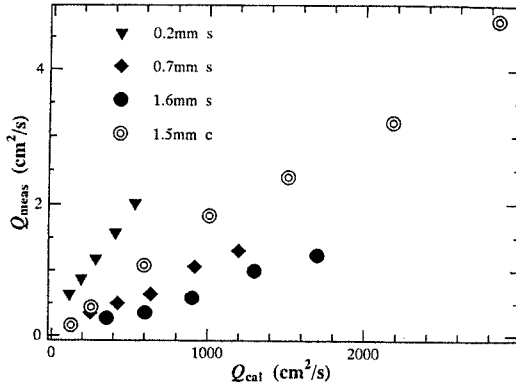


図 2: 無次元漂砂量の計算値と実測値（改良前）

ところで、沢本・山下(1985)は以下のようにして漂砂量を表している。

$$\Phi = 2.2 \left(\frac{U_{*m}}{w_0} \right)^3, \quad U_{*m} = \sqrt{\tau_m / \rho} \quad (6)$$

ここで、 τ_m は底面せん断応力の最大値、 ρ は密度である。

これに対して Dibajnia・Watanabe (1992) の式で $\Phi \propto w^{-1.5}$ となっているので、 $w_0 \propto \sqrt{sgd}$ を考慮にいたした上で $\Phi \propto w^{-3}$ となるように次式のように改良した。

$$\begin{cases} \text{if } \omega_j \leq \omega_{cr} & \begin{cases} \Omega_j = \omega_j \cdot T_j \sqrt{\frac{sg}{d}} \\ \Omega'_j = 0 \end{cases} \\ \text{if } \omega_j > \omega_{cr} & \begin{cases} \Omega_j = \omega_{cr} \cdot T_j \sqrt{\frac{sg}{d}} \\ \Omega'_j = (\omega_j - \omega_{cr}) \cdot T_j \sqrt{\frac{sg}{d}} \end{cases} \end{cases}$$

その結果、図3のように一直線上に乗っているのがよくわかる。また、式(1)中の a の値は Dibajnia・Watanabe(1992) のデータにより 0.0015 と決定した。

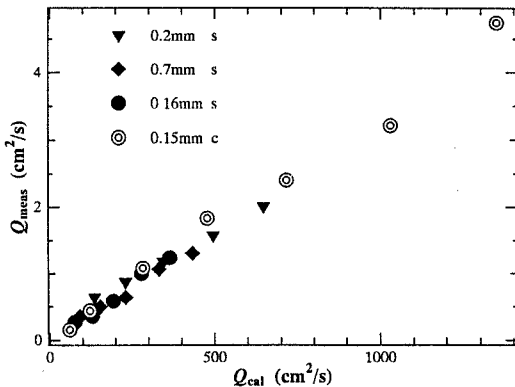


図 3: 無次元漂砂量の計算値と実測値（改良後）

4 検証

改良した式の検証に乾ら(1995)のデータを使う。このデータは異なる粒径の混合砂を用いた実験によるもので、Dibajnia・Watanabe(1992)の式の ω_j に混合率をかけることによって妥当な結果を得ている。本研究では粒径0.2mmと0.87mmの混合砂のうち粒径0.87mmの砂のみに着目した。その際粒径の大きさの違いを考慮すると、粒径0.87mmの場合には混合率を無視してよいと考えられる。

図4のように明らかに改良後の結果がよくなっており、この改良の妥当性が検証された。

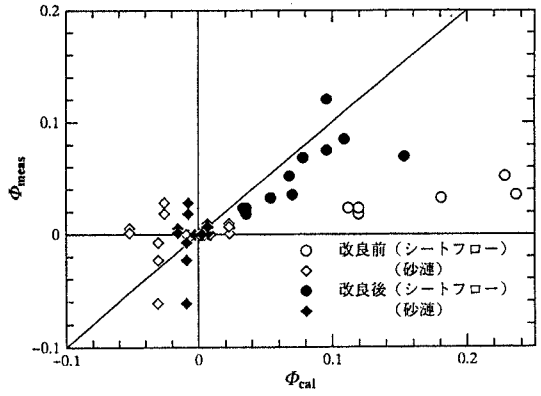


図 4: 乾のデータによる無次元漂砂量の計算値と実測値

(7) 5 結論

Dibajnia・Watanabe(1992)の式に、それまで考慮していなかった粒径および比重の影響を考慮し、0.2mm以外の粒径にもこの式が使えるように改良した。

参考文献

- [1] 乾 武史・Mohammad Dibajnia・磯部雅彦・渡辺 晃 (1995): 細粗混合砂のシートフロー漂砂量の算定式について, 海岸工学論文集, Vol.42, pp.521-525
- [2] 沢本正樹・山下俊彦 (1985): 波による半周期漂砂量, 土木学会論文集, No.363, pp.195-204
- [3] Dibajnia, M.・渡辺 晃 (1991): 非対称振動流によるシートフローの発生と漂砂量, 海岸工学論文集, 第38巻, pp.236-240