

波動場における浮遊砂濃度分布と漂砂量

— 底面を構成する粒子の凹凸を考慮した解析 —

愛媛大学 工学部 正会員 伊福 誠
復建調査設計 正会員 後藤博光
愛媛大学 工学部 正会員 柿沼忠男

$$D > (W - L) \tan \beta \quad (3)$$

となる。ここに、 $\tan \beta = \sqrt{1 - (e_2 - e_3)^2} / (e_2 - e_3)$ である。

Paintal は抗力と揚力は同一オーダーであると仮定して理論を展開している。Chepil(1958)は種々の粒径を使った一様流中での実験から抗力と揚力の比は

$$L/D = 0.85 \quad (4)$$

であることを得ている。式(1)中の $D_{\max}$ と $L_{\max}$ の間にも式(4)の関係が成立するとすれば着目する粒子の pick up rate は

$$P = \int_{e_2}^1 \left\{ \int_0^{e_1} \int_0^{e_3} 1 \, de_1 \, de_3 \right\} de_2 \quad (5)$$

となる。ここに、 e_2 および e_1, e_3 は着目する粒子が底面から離脱するための最小突出率および最大突出率である。

移動を開始した底質が最終的に底面に停止するまでの step-length を考慮すると掃流漂砂量は

$$q_B = 2P_0^3 u_* \lambda / 3A (1 - P_0) \quad (6)$$

与えられる。ここに、 A は比例定数、 u_* は摩擦速度、 λ は step-length である。

底面濃度は

$$C_B = q_B / \int_{z_0}^{\delta_B} u \, dz \quad (7)$$

与えられる。

式(6)中の λ は中川・辻本(1975)が一様流における移動床の実験から得た結果を援用し粒径の100倍、 A は Paintal が種々の実験結果をうまく説明した値6.7を用いて解析を行う。

解析方法は前報と同一であり、1983年梅津寺海岸で得た観測結果(波高0.53 m, 周期4.5 s, 水深2.15 m, 底質の中央粒径0.18 mm)を解析対象とした。

3. 解析結果

濃度: 粒子2の突出率が1で粒子1, 3の突出率が変化した場合の掃流層内の濃度の経時変化を図2に示す。図中の実線、一点鎖線、破線および点線はそれぞれ、 $e_1 = e_3 = 0.13, 0.25, 0.5$ および 0.75 の場合である。粒子1, 3の突出率が大きいほど掃流層内の濃度は低

1. まえがき

流体中における浮遊砂の濃度分布に関する理論的な解析においては底面を構成する砂粒子は一様に分布していると仮定した。現地海浜の底面は種々の粒径を持つ砂粒子で構成され、凹凸があると考えられる。こうした底面の凹凸は底面濃度ひいては漂砂量に影響すると思われる。こうしたことから本研究では非線形の境界層方程式に基づき底面を構成する底質粒子の突出率を考慮した Paintal(1971)に従って掃流層内の濃度を評価し、前報で報告した時間的・場所的に変化する乱流拡散係数を用いて流体中における浮遊砂濃度を求める。また、解析して得た流速と流体中の物質の濃度から漂砂量を算出し、粒子の突出率の効果について検討しようとする。

2. 基礎方程式

境界層内の方程式および物質の濃度に対する方程式は前報で報告したのと同一である。

掃流層内の濃度

図1に示すように一様な粒径からなる底面を考

る。着目する粒子および隣接する粒子の海底面からの突

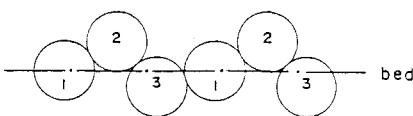


図1 球状粒子の配列

出率をそれぞれ、 e_2 および e_1, e_3 とする。底質粒子に作用する流体力は抗力および揚力であり、粒子の突出率と線形関係であると仮定すると

$$\left. \begin{aligned} D &= D_{\max} (e_2 - e_1) \\ L &= L_{\max} (e_2 - e_1) \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

が成立する。ここに、 $D_{\max}$ および $L_{\max}$ は $e_1 = e_3 = 0, e_2 = 1$ である場合の着目する粒子に作用する抗力および揚力である。また、粒子の湿潤重量は

$$W = \frac{\pi}{6} d^3 (\rho_s' - \rho_f) \quad (2)$$

と表される。ここに、 d は底質の粒径、 ρ_s' は砂の乾燥密度、 ρ_f は流体の密度である。

着目する粒子が移動する条件は

岸向き流速時および沖向き流速時における最大濃度は粒子1,3の突出率が0.13の場合の94%, 84%, 62%および

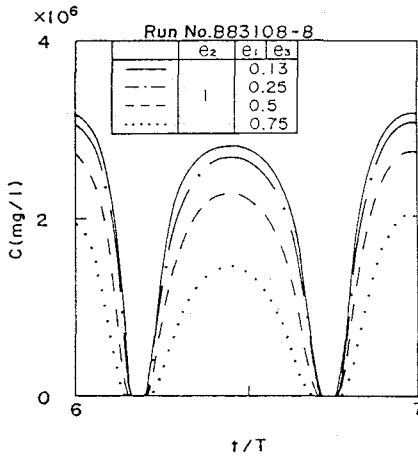


図2 掃流層内の濃度波形 ($e_1 = e_3$)

78%, 50%である。粒子1, 3の突出率が大きいほど沖向き流速時における最大濃度は低くなるようである。最大濃度を生じる位相を粒子1, 3の突出率が0と0.75の場合で比較すると、粒子1, 3の突出率が0.75の場合が $1/24\pi$ 程度早い。粒子1および2の突出率が0.13および1で粒子3の突出率が変化した場合の掃流層内の濃度の経時変化を図3に示す。図中の実線、一点鎖線、

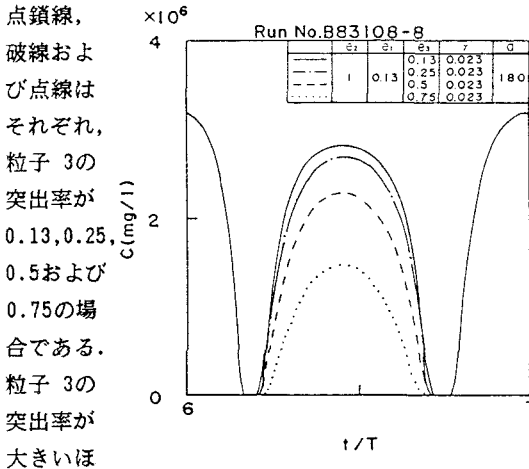
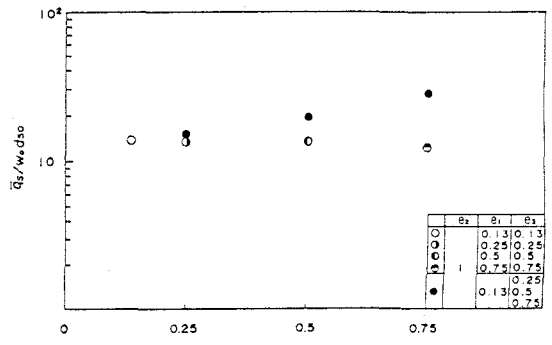


図3 掃流層内の濃度波形 ($e_1 \neq e_3$)

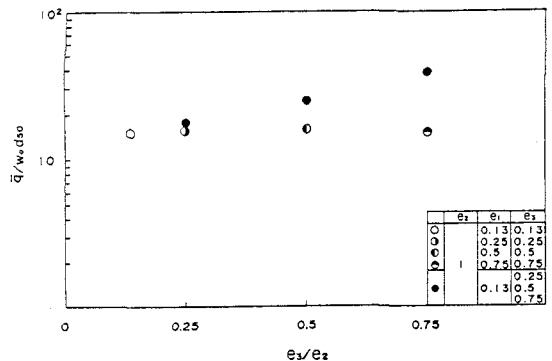
破線および点線はそれぞれ、粒子3の突出率が0.13, 0.25, 0.5および0.75の場合である。粒子3の突出率が大きいほど沖向き流速時の掃流層内の濃度は低く、突出率が0.25, 0.5および0.75の場合の最大濃度は突出率が0.13の場合の92%, 81%および52%である。最大濃度を生じる位相を粒子3の突出率が0.13の場合と0.75の場合で比較すると、粒子3の突出率が0.75の場合が $1/48\pi$ 程度早い。こうした掃流層内の濃度差は漂砂量あるいはその移動方向に影響を及ぼすと思われる。

漂砂量：波の一周期で平均した全漂砂量は浮遊漂砂量より4%~10%程度大きめであるが、Kalkanisの理論を援用した解析結果と同様に全漂砂量は境界層内ではほぼ決まるようであり、底面に発達する境界層の取り扱いが重要である。

粒子1, 2, 3の突出率と漂砂量との関係を図4に示す。粒子1の突出率は0.13, 粒子2の突出率は1である。粒子3の突出率が大きいほど浮遊漂砂量および全漂砂量は徐々に増大する。突出率が0.25, 0.5および0.75の場合の浮遊漂砂量および全漂砂量は粒子3の突出率が0.13の場合の110%, 141%, 202%および116%, 162%, 251%である。着目する粒子の突出率に対する隣接する粒子の突出率が同一な場合には浮遊漂砂量および全漂砂量はほぼ同一であるが、隣接する粒子の突出率が異なると掃流漂砂量、浮遊漂砂量および全漂砂量に及ぼす粒子の遮蔽効果が大きくなる。



(a) 浮遊漂砂量



(b) 全漂砂量

図4 漂砂量に及ぼす突出率の効果