

東北大学大学院の学生員 佐藤 功

東北大学大学院 学生員 田中 仁

東北大学工学部 正会員 首藤伸夫

1. はじめに

波・流れ共存場における砂の動きは、流れの強度によって、砂連形状と伴に様々に変化する。そのために、砂の純移動量が生じる方向も変ってくる。今回は、砂の移動方向のみに着目して実験を行なった。

2. 実験装置および実験方法

水路は幅30cm、深さ50cm、長さ10mで、側面ガラス張りである。その中央部2mに渡って砂を厚さ5cmに敷きつめた。フラッス式造波機により波を発生させ、波が流れと逆のぼるように共存場を設定した(図1上)。砂連が定常状態に達したと判断した時点で、岸側と沖側に設置したwindトラスにより捕砂し、相方の差をもって砂の純移動量とした。岸向を正とする。

3. 実験結果および考察

まず砂移動形態の分類を行なう。波・流れ共存場における砂連上の砂移動の様子は図1に示す3つのタイプ(Type 1~Type 3)に分けられる。ここでの記号は、B₁:岸側斜面上の岸向漂砂、B₂:沖側斜面上の岸向漂砂、S₁:沖向漂砂、S₂:岸向漂砂、C₁:沖側斜面上方の砂雲、C₂:岸側斜面上方の砂雲、V₁:沖側斜面上の渦、V₂:岸側斜面上の渦、を示し、矢印は砂の移動方向、線の幅が太い程、砂の含有量が卓越していることを表す。Stage 0は最初に波の谷が来た時点の状態を表し、以降、Stage 1, 2, 1...と波の山、谷、山が連続的に繰り返して行く時の状態を表している。Type 1は波と流れの相対的強度 $\bar{U}_w/\bar{U}_c$ ($\bar{U}_c$:定常流成分の断面平均流速、 $\bar{U}_w$:微小振幅波理論による底面最大流速) が比較的強い場合で、砂連形は非対称、沖側斜面が急である。渦は沖側斜面にのみ発生し、そこで舞上がった砂がS₁として沖へ運ばれ、砂の純移動量は沖向となる。Type 2, 3は、 $\bar{U}_w/\bar{U}_c$ がType 1に比べて弱い場合で、砂連形はほぼ対称である。渦は両側斜面に発生するが、Type 2の場合、C₂およびS₁の卓越により砂の純移動量は沖向である。これに対しType 3の場合、V₁とS₂の卓越によって砂の純移動量は岸向となる。

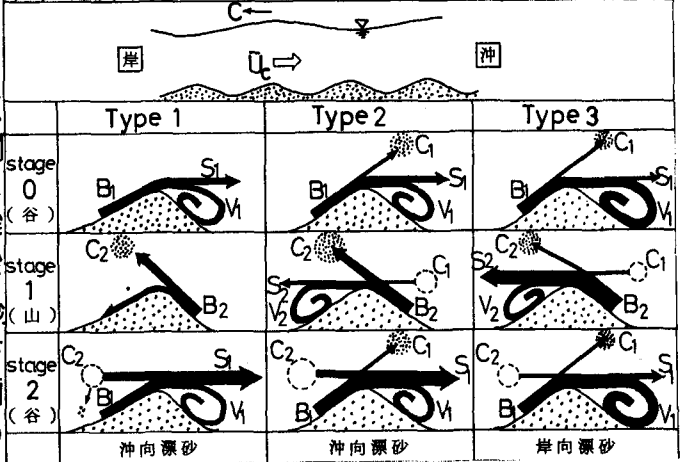


図1 砂の移動形態の分類

次にアーベル数とシルス数から漂砂方向の区別を行なう。砂粒¹⁾によれば、波動場における漂砂方向は、アーベル数 $U_* = H L^2 / \rho g$ とシルス数 $\phi = (d_0 \cdot 2\pi / T)^2 / g D$ により区分される。ここに、 d_0 :微小振幅波理論による底面水粒振幅距離の2倍、 T :周期、 ρ :砂の水中比重、 g :重力加速度、 D :砂の50%粒径、 H :波高、 L :波長、 R :水深である。本研究では、以上のパラメタに $\bar{U}_w/\bar{U}_c$ を加え、 ϕ の代わりに摩擦係数と考慮したシルス数 $\phi_* = f_{\text{scr}} \bar{U}_w^2 / 2 \rho g D$ を用いることによって共存場への拡張を試みた。

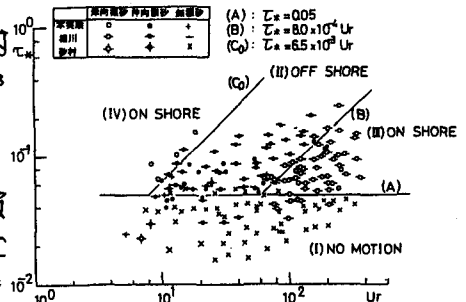


図2 波動場の漂砂方向区分

ここに、 $\{C_{ur}$: 田中・首藤²⁾の共存場摩擦係数²⁾である。共存場における漂砂方向を、 U_r と C_{ur} によって表示したものが図2である。砂材が与えた領域は図中のI(漂砂砂)、II(沖向)、III(岸向)であるが、本実験および堀川³⁾のデータより岸向漂砂を生じる4番目の領域(IV)が存在することが解る。図3は共存場でのものであるが、図中の境界線は、図2の境界線をそのまま引いたものであり、多少のばらつきが見られる。そこで、 U_r は流れの効果により $K U_r$ [$K = (1 + U_c/U_w)^{0.5}$]に変化するとするとしてプロットしなおしたのが図4である。ここで、本実験のデータがIIとIVの領域に集中しているために採用したデータは $U_r \leq 5.0$ のものである。図から、 U_c/U_w 1.1の範囲では境界線(C)によってよく区分されており、 $U_c/U_w > 1.1$ になると、この境界線では区別されなくなることが解る。そこで、図4の奥に、砂の移動形態のタイプを対応させると、 $U_c/U_w > 1.1$ の範囲にある奥は全てType1になっている。Type1というのは流れの影響が強いために、沖向漂砂が生じる場合であるから、 $U_c/U_w > 1.1$ のケースは全て沖向の漂砂が得られると予想される。よって共存場の場合、漂砂方向は、

$U_c/U_w < 1.1$ の時 $C_{ur}/K U_r > 0.0065$ なら 岸向漂砂
 $C_{ur}/K U_r < 0.0065$ なら 沖向漂砂

$U_c/U_w > 1.1$ の時
 の様に区分される。

最後に、この境界 $U_c/U_w \sim 1.1$ について別の面から検討する。著者らは、かつて図5の様に、 $U_c/U_w \sim \alpha/\lambda$ の関係と U_c/U_w に対応する渦の様子を示した(砂粒径は一定)。ここでも $U_c/U_w \sim 1.1$ を境に、それ以上の範囲ではType1に相当する砂連ができていた。さらに今回の2種類の砂を使った実験の結果も共存場において同様に処理したものが図6であり、それと水の奥に対応させて砂移動のタイプを記したものが図7である。図6からは砂粒径によって差異は生じないことが解り、図7では砂粒径によらず $U_c/U_w > 1.1$ でType1の砂連が発生していることを示している。なお、図7で $U_c/U_w < 1.1$ の領域に引いた破線は、Type 2とType 3を区分するもので、 α/λ により分離されている。()内は図4の領域に対応している。

〈謝 辞〉

本研究において実験を伴にし、データ整理に尽力された現山形県立土木部・後藤雅彦君に感謝の意を表す。また、本研究は文部省科学研究費(代表者: 東工大 日野啓俊)により行なわれたものであることも付記する。

〈参考文献〉

- 1) 砂利雄夫「浅海域の岸沖漂砂量に関する実験的研究」, 第29回海岸工学講演会論文集(1982)
- 2) H. Tanaka, K. Shuto: Friction Coefficient for a wave current coexisting system, Coastal Engineering in Japan vol. 24
- 3) 堀川清司「波と潮流の共存場における砂移動に関する一実験」, 第35回年次学術講演会論文集(1980) (1981)
- 4) 佐藤・田中・首藤「波・潮流共存場における砂連の形状」, 第36回年次学術講演会論文集(1981)

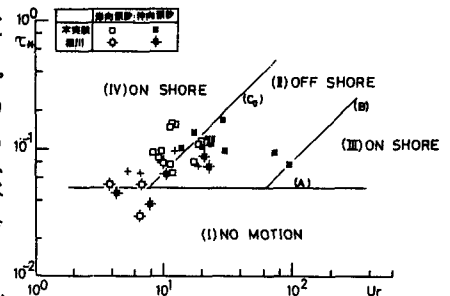


図3 共存場の漂砂方向区分(1)

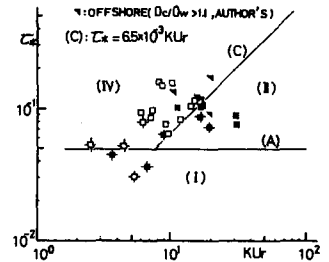


図4 共存場の漂砂方向区分(2)

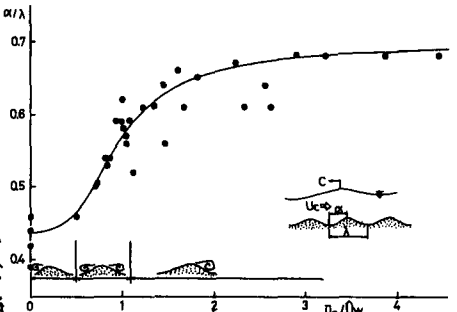


図5

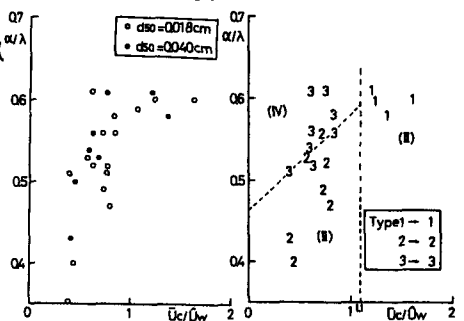


図6

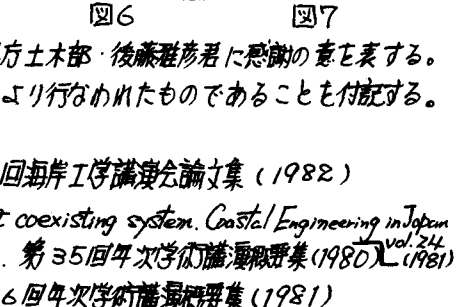


図7