

○ 大阪大学工学部 正員 出口 一郎
大阪大学工学部 正員 橋本 亨
神戸市 正員 樺井 秀憲

1: まえがき 海浜変形を定量的に予測するにあたり、海浜の断面変形に大きな影響を及ぼすいわゆる岸沖方向漂砂量を正確に知る必要がある。従来この岸沖方向漂砂に対しては、移動方向を無視したある特定の方向に移動する時間間隔の間のみで積分された量に対して、主として shield パラメータと関係づけた表現が行われていたものがほとんどである。一方、最近 net の岸沖漂砂量を表すために岸沖方向漂砂量を時間変動量として扱う試みがなされているが、少なくとも測定された岸沖方向漂砂量の時間変動に基づいて表現されているのは Sleath による振動平板上の掃流砂移動に対してのみである。したがって、こうした従来の研究成果から net の岸沖方向漂砂量を求めるためには、例えば沿岸及び離岸方向への移動量の非対称性(時間変動)を数式内にいかに取り込むか、あるいは掃流、浮遊という異なった移動形態の移動量をいかにして統一的に表現するかといった数多くの問題を解決しなければならない。そこで著者らは、より普遍的に漂砂量を表すために Flux モデルに基づく(1)式を基礎式として求めていくことにした。

$$\vec{s}(x, y, z; t) = \int_{(x, y, z)}^{\eta} c(x, y, z; t) \cdot \vec{v}_s(x, y, z; t) dz \quad (1)$$

ここに $\vec{s}, c, \vec{v}_s$ はそれぞれ静水面上に x, y 軸、静水面から鉛直上方に z 軸をとった座標系における局所漂砂量ベクトル、漂砂濃度及び Euler 的に表わされた漂砂移動速度であり、 η は自由表面、 h は水深、 δ は掃流漂砂移動速度を示す。(1)式に基づいて漂砂量を求めるには、掃流及び浮遊状態の移動する漂砂濃度 c 、 δ 及び $\vec{v}_s$ を知る必要があるが、著者らは二次元移動床実験を行ないまず漂砂濃度の鉛直分布及び時間変動特性について検討を加えた。

2: 漂砂濃度測定に関する実験 漂砂濃度の測定はなるべく周囲の流体運動及び地形に影響を与えずに鉛直方向多量の濃度の同時測定が行なえるよう、受感部の径 1mm 、長さ 4mm の抵抗式濃度計を鉛直方向 8mm 間隔に 5 つ設置したものを用いて行なった。この抵抗式濃度計はすでに香取らによって実用化されているものと同一形式のものであるが、動歪アンプの外部抵抗バランスが容易にとれるようにホイートストンブリッジのかわりにコールラウシュブリッジを用いた。また濃度計の校正は高濃度 ($C > 10\%$) に対しては 80g 入りのポリバケツで、低濃度 ($C < 10\%$) に対しては 500cc のビーカーに水と砂を入れ攪拌し、抵抗式濃度計と同じ位置でサイフォンによって採水することによって測定された濃度と比較して検定曲線を得た。その結果水中の静止濃度 $C = C_{\text{max}}$ と clear water 中の濃度 $C = 0$ の間の任意の濃度と抵抗式濃度計からの出力の間には十分な線型性があることが確認された。なお実験に用いた水槽は幅 1.5m 、長さ 2.7m 、高さ 1.9m のフラップ型造波機をもつ二次元造波水槽で、 $d_{50} = 0.05\text{mm}$ の川砂を $1/20$ の固定床上に約 20mm の厚土にしろつめた模型海浜に不規則波を含む数種類の波を数時間作用させ、それぞれの碎波帯内 4 点、碎波帯外 2 点において静止砂層下 $4 \sim 6\text{mm}$ の砂中から鉛直上方に砂面近くでは 2mm 間隔、上部では 8mm 間隔で 15 ～ 25 点の濃度測定を行ない、同時測定される鉛直方向 5 点の濃度及び水面波形をアナログデータレコーダに記録した。測定時間は約 90 秒である。なお記録されたデータはさらにデジタルデータレコーダに収録し、位相平均濃度、スペクトル、波と濃度のクロススペクトル等の計算を行なった。

3: 測定された濃度の時間変動特性について 紙面の関係上以下では周期 1.28 秒、沖波波高約 18cm の波による海浜変形過程(図-1に海浜断面変化及びそれに対応する波高分布を示す)において測定された漂砂濃度について検討する。なおこのケースの碎波は造波時間にはかかわらず、まず $x = 6\text{m}$ 近くで spilling 型の碎波をした後 $x = 5 \sim 5.5\text{m}$ 付近で plunging 型の碎波をするという複雑なものであった。図-2及び3に図-1の破線で示す造波開始の時

間後の地形に対して $z = 62\text{mm}$ 及び $z = 43\text{mm}$ の地点で測定された濃度の時間変動の30秒にわたる位相平均値を示す。まず図-2, 3より明らかのように静止底面 $z = -\eta$ から 4mm 下の砂中の漂砂濃度は水位が最下点に達した後、上昇時に低下しはじめ、波峯が通過した直後に最低の値を示し、その後水位が低下するにともなって増大し波谷の位相付近で静止砂中の濃度 $C = C_{\text{max}}$ まで増大している。また波による水粒子速度がほぼ0となると思われる $\eta = 0$ となる $z = 0$ 及び $z = 0.4 \sim 0.5$ 秒においても砂層中の濃度は十分に低下しており、底質の移動が生じていると思われることから、波形から推定される水粒子速度と底質の移動とは対応していないことがわかる。なおこのような波峯の通過にともなう砂層中の濃度の低下は砕波帯内外、砂連の有無、あるいは波浪特性にかかわらず観測されたが、濃度が最も低下する位相はほとんどが波峯が通過する以前であった。また砂層中の濃度低下がはじまるのは η が負から正に変化してからであることから、Madsen が指摘しているように砂中の間隙水圧の水平方向勾配が砂層の安定性にある程度影響を与えているのではないかと推定される。つぎに静止時底面から 4mm 上 ($z = -\eta + 4\text{mm}$) で測定された濃度は砂層中の濃度低下に対応して濃度が上昇しており、底面から上層へと底質がまき上げられる現象が明確にとらえられている。さらに図-3に示す底面より 12mm 及び 28mm 上 ($z = -\eta + 12\text{mm}$ 及び $z = -\eta + 28\text{mm}$) で測定された漂砂濃度は波峯と波谷に対応した二つのピークをもっているが、波谷に対応するピーク②は測定点よりも岸側でまき上げられた底質が稀薄化したものであり、すでにある程度拡散していることから波峯に対応するピーク①よりもはたかな時間変化を示している。なお、今回の実験では初期海底勾配が $1/20$ とゆるやかだったために砕波帯内の波高減衰が大きく、さらに実験に使用した底質が大きかったことから、砕波帯内近縁近くの底質は選択的な動きを示し、いわゆる sheet flow 状の移動は観測されず、back wash と bore 状の入射波の相互干渉による周期10秒前後の低周期のモードの浮遊が生じていた。以上の実験結果及びさらに底質粒径が小さくより浮遊しやすい底質を用いた同様の実験を行なうことによって、底質の浮遊機構及び漂砂濃度の時間変動に対するモデル化を行なう予定である。なお本所報告は科研自然変態特別工(代表者 尾崎晃)によって行なわれたものである。

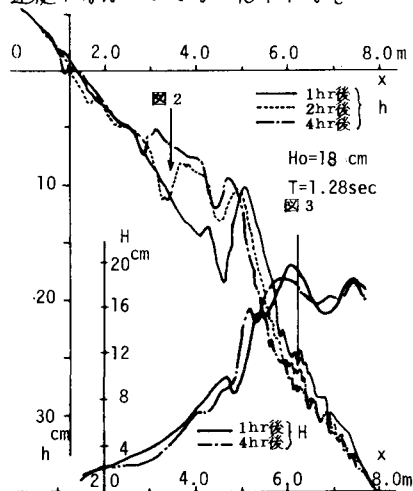


図-1

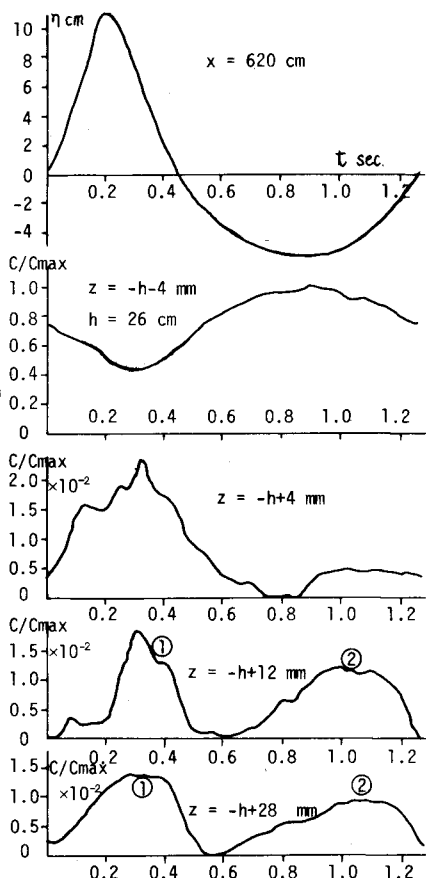


図-3