

II-347

シートフロー状砂移動現象の運動特性に関する研究

東京工業大学 工学部 正員 八木 宏
 " 正員 灘岡 和夫
 東京工業大学 大学院 山下 さゆり

1. はじめに

沿岸域におけるシートフロー状態の砂移動は、その移動量の大きさからみても漂砂問題を取り扱う上で最も重要となる底質移動形態の一つと考えられる。このシートフローに関する従来の研究のスタイルとしては、層内の底質濃度や移動速度あるいは移動量を調べ、それを外部変数であるシールズ数(あるいはそれに対応する量)と関連づけるというのが一般的のようである(例えば香取ら¹⁾や山下ら²⁾)。しかしながら、シートフローの具体的な力学過程に関する理解が十分なされていない現段階において、底質の濃度や移動量を単純にシールズ数のみを外部支配パラメータとして議論することには問題がある。ここでは、シートフロー層の物理過程を把握することを目的とした現地観測や室内実験の結果を示すことにより、シールズ数のみを外部パラメータとした従来の単純な枠組みでは捉えきれないいくつかの現象があることを報告する。

2. 現地観測

1987年9月30日から4日間、運輸省波崎海洋研究施設において現地観測を行った。測定点は砕波点からやや沖側にあたる地点(水深3.58m)で、金子の領域区分図³⁾からシートフロー領域に入ると判断された場所である。観測期間中の波浪条件は有義波高 1.52~1.55m、有義周期 7.3~10.0sであった。図-1は、今回の測定で得られた生データの一部で、上から水面波形(超音波式波高計)、水平流速(RMC、底面上1.5m)、浮遊砂濃度(光電管式濁度計、底面上0.1m)の時間変動を示したものである。これを見ると比較的大きな値を示す岸向きピーク流速位相付近に高濃度の浮遊砂が発生している様子がわかる。しかし、同程度の流速に対応した浮遊砂濃度レベルを見ると岸向きと沖向きで差があるようである。そこで、水平流速データを波一波ごとに分割してその流速値からそれぞれ摩擦速度のピーク値 U_* を求め、それに対応する浮遊砂濃度のピーク値との関係をプロットしてみた。その結果が図-2である。これより、流速が岸向きの場合と沖向きの場合とを比較すると、 U_* の絶対値が同じでもそれに対する濃度レベルが異なり、岸向き流速の場合の方が大きくなるのがわかる。このことは、従来のように単純に底面せん断力のみで底質移動を考えることに問題があることを示している。

3. 室内実験

(1) 実験方法及び実験条件

シートフロー層内の砂移動の実態をより詳細に見てみるために室内実験を行った。実験では、1/20勾配の斜面の途中2.4mにわたってsand-pitを設け、それに周期波を与えてシートフローを発生させた。実験条件は、周期 1.2s、沖側水深 40.0cm、沖波波高 14cmである。底質としてはシートフロー状態を実現するため、粒径 0.43mm、比重 1.3 というごく軽量の塩化ビニールコンパウンドを使用した。

(2) 実験結果

写真-1は、流速が沖向きから岸向きに反転する直前をとらえたものである。これを見るとシートフロー層上部に明確な渦列が形成されていることがわかる。また、写真-2は、流速の岸向き反転直後のものを斜め上からみたものである。比較的2次元性の強い渦列

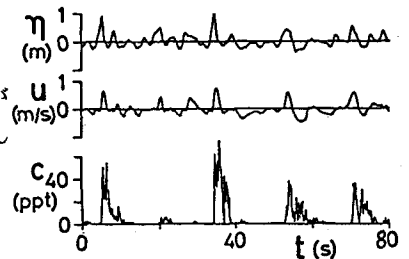


図-1 現地観測の生データ

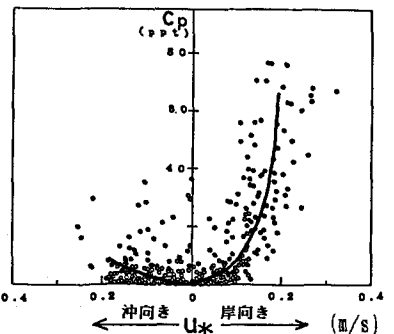


図-2 $U_* \sim C_p$ の関係

が比較的規則正しく形成されている様子がわかる。渦のスケールが写真-1のものに比べて大きいのは写真-2の位相の渦列が写真-1の渦列の合体(後述)後のものであることによる。図-3は、シートフロー層上部の様子の経時変化を示したもので、これを見ると冲向き最大流速時に発生した界面波が主流速の減速とともに発達し流速の岸向き反転時付近で合体し、それがbreak-downしている様子がわかる。図-4は、渦列の発達・減衰を定量的に示すために、界面波の高さの経時変化を、中立浮子の軌跡から測定した底面付近の水平流速とともに示したものである。このことから、岸向き位相で発生した渦列は渦の成長が弱く最終的に剥離に至らず消滅してしまうのに対し、冲向き流速時に発生した渦列は、時間と共に成長し流速の反転とともに渦が剥離・拡散することがわかる。

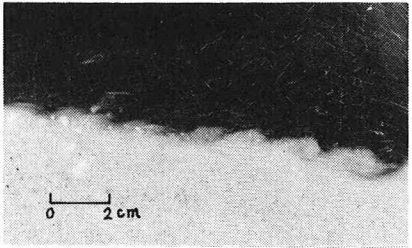


写真-1

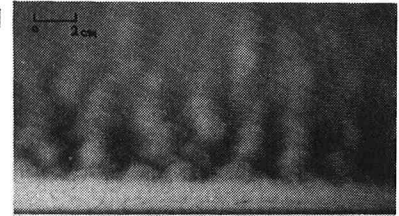


写真-2

(3) 考察

まず、ここで見いだされた渦列の発生原因について考えてみる。シートフロー層上部ではかなり流動性が良く密度流的になっているものと考えられるが、流速の鉛直分布は途中で変曲点を持つ形となる²⁾。そのため、ちょうど二層流における界面波に類似したせん断不安定現象が励起され、それによって渦列が形成されたものと考えられる。つぎに、渦の発達が岸向きと冲向きとでかなり異なる理由であるが、図-4に見られるようにここでの流速波形の非対称性はかなり弱いので、主流速波形の非対称性に原因を求めることには無理がある。ここではむしろシートフロー層厚の変動にその原因があるのではないかと考えた。すなわち、波動場に置かれたシートフロー層の層厚は岸向き位相で増大し逆に冲向き位相で減少することから、層内の流速勾配(せん断力)が岸向きより冲向きの位相の方で大きくなり、このことが結果的に渦の発達の差となって現れてくるものと思われる。

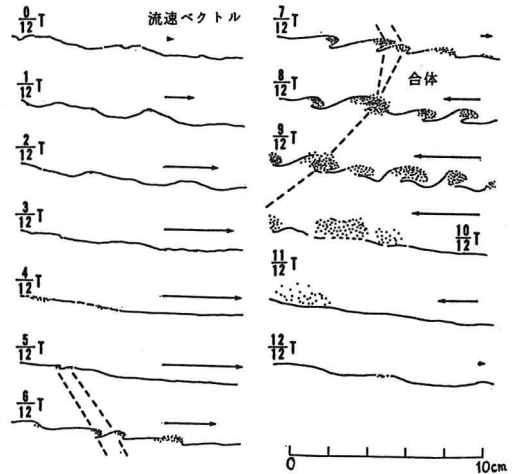


図-3 界面波の挙動

このような現象は、ネットの岸沖漂砂の生成メカニズムとして重要になるものと考えられるが、ここで見いだされた現象は、人工軽量粒子を用いた限られた条件下での結果であるので、この種の現象がどのような水理条件下で存在するかという点について今後さらに検討していく必要がある。

4. 結論

現地観測データより、底面せん断力により一義的に浮遊砂濃度が決まるとする従来の考え方とは、大きく異なる解析結果が得られた。また室内実験からは、シートフロー層内にせん断不安定によると考えられる渦列が形成され、その生成・発達のパターンが、主流速波形の非対称性が弱いにもかかわらず、岸向きと冲向きとで大きく異なることを見いだされた。これらのことは、いずれもシールズ数を唯一の外部支配パラメータとする従来のシートフロー研究での取り扱い方に疑問を投げかけるものである。

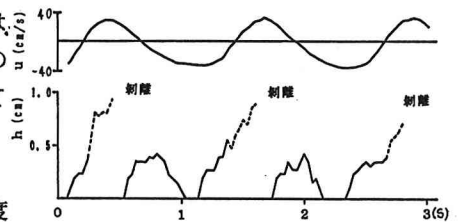


図-4 界面波波高の経時変化

《参考文献》

- 1) 香取ら、第27回海講 pp202-206 2) 山下ら、第31回海講 pp281-285 3) 金子、第27回海講 pp207-210