

京都大学工学研究科 正会員 酒井哲郎

京都大学工学研究科 正会員 後藤仁志

京都大学工学研究科 学生員 田中博章

京都大学工学部 学生員○松原隆之

1.はじめに 海浜変形を評価・予測を行うためには底質の移動機構を理解することが重要である。現実の海底床では波の伝播にともなう水圧変動に誘起された海底地盤内の間隙水圧変動が存在し、この要因が漂砂に及ぼす効果を合理的に推定することが必要である。しかし、従来の漂砂機構についての研究の多くは、地盤内間隙水圧変動の効果を対象としてこなかったため、間隙水圧変動が漂砂に及ぼす影響については未解明の点が残されている。本研究では、浮遊過程に着目して振動流・水圧変動共存場において形成される非対称砂漣上の浮遊砂の相対濃度分布の計測を試みた。また、既往の研究における浮遊砂濃度の測定では光学式濃度計が用いられることが一般的であるが、濃度センサーが水流に影響を及ぼすなどの問題も多い。そこで、本研究では新たな浮遊砂の計測方法の試みとして、ビデオ画像を用いて画像の輝度の分布を解析し、浮遊砂相対濃度分布を推定することとした。

2.実験方法・解析方法 実験は、図-1に示す同時加減圧振動流装置を用いて行った。この装置は、密閉型の砂層水槽の両端に閉管路を連結し、管路中に振動流発生用のプロペラと水圧制御用のシリンダーを配置したもので、振動流・水圧変動共存場における砂地盤の挙動を再現できる。振動流・水圧変動の波形に関しては、同位相の正弦波であり、流速振幅 $u_b=29\text{cm/s}$ 、水圧振幅 $p=0.5\text{m}$ 、周期 $T=6\text{s}$ とした。また、実験に使用した底質材料は粒径 $d=0.025\text{cm}$ 、比重 $\sigma/p=2.65$ の均一砂である。

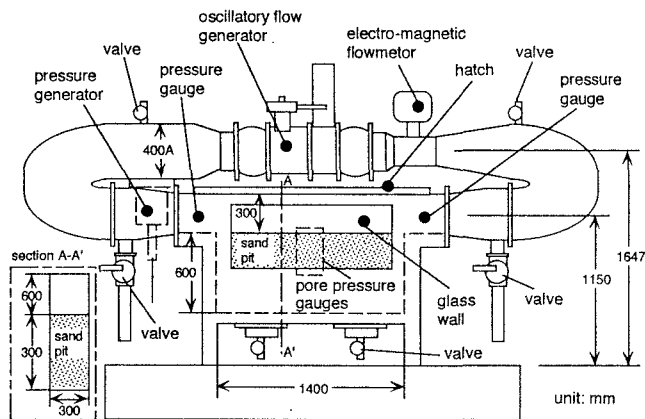


図-1 同時加減圧振動流装置

この実験条件の振動流・水圧変動を作用させて、砂漣が発生・発達して平衡状

態に達するまで実験装置を運転して二次元性の高い砂漣が形成される条件で、一般用8mmビデオカメラ(FJIX-HI8FH1258W)により、シャッター速度 $1/4000$ 秒で砂漣付近の浮遊砂を撮影した。この画像を、ビデオインターフェイス内蔵のApple Power Mac 7500/100に取り込み、Avid VideoShop, Adobe PhotoShop, Canvas, NIH Image, Microsoft Excel, Spyglass Transformといったソフトを利用した簡易画像解析により浮遊砂相対濃度分布を推定した。計測方法の概略は、全画像の中から位相 $0\sim 2\pi$ まで $\pi/4$ 区切りで抽出した画像について、明暗の反転と、カラーの消去を行って砂粒子濃度の大きい部分が黒く表示されるようにする。次に、閾値を設定して白と黒に二値化して、相対濃度計測用グリッド内の黒い部分(砂粒子)の面積を計測し、各セルの全面積を100とした相対濃度分布で表した。

3.解析結果・考察 図-2は浮遊砂雲の発生位相に相当する位相 $\phi=(3/4)\pi, \pi, (7/4)\pi, 2\pi$ についての相対濃度分布を示したものである。位相 $\phi=(3/4)\pi$ では、流速は左向きで減速期にあり水圧変動は平均水圧より大きい

Tetsuo SAKAI, Hitoshi GOTOH, Hiroaki TANAKA & Takayuki MATSUBARA

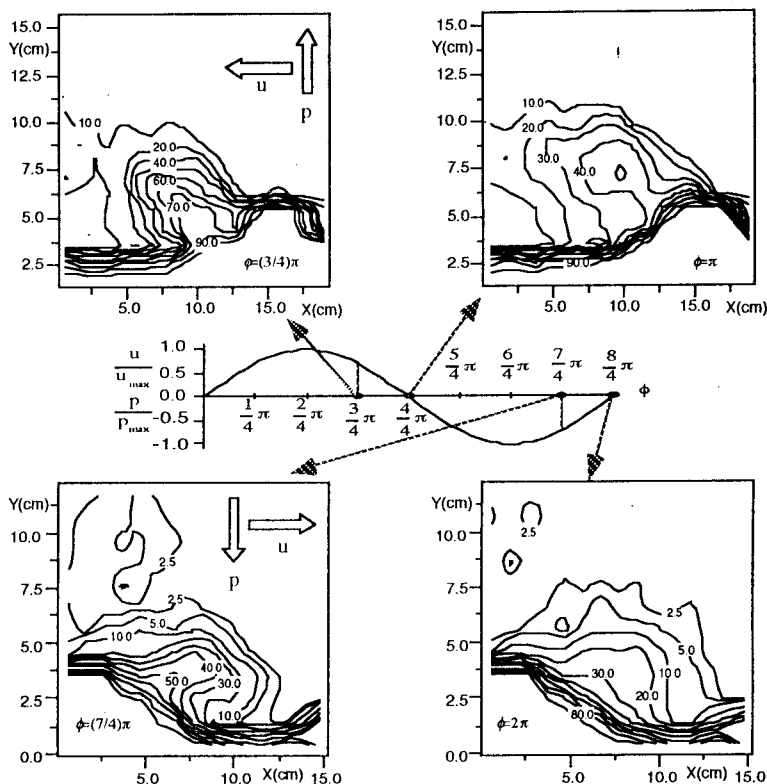


図2 浮遊砂雲による土砂輸送と濃度分布

加圧期であるが、浮遊砂が剥離渦に取り込まれて剥離渦内の濃度が上昇し、浮遊砂雲が発達している。流速がゼロ（転流時）で水圧が平均水圧となる位相 $\phi=\pi$ のとき、剥離渦が砂澱から切り離され、浮遊砂雲が上昇する様子が顕著に見られる。次に、位相 $\phi=(7/4)\pi$ では、流速は右向きで減速期であり、水圧変動は平均水圧より小さい減圧期であり、位相 $\phi=2\pi$ では流速がゼロで平均水圧となる。両位相でも位相 $\phi=(3/4)\pi$ 、 π と同様に浮遊砂雲の発達していく様子が表れているが、減圧期における浮遊砂雲の発達過程を比較すると以下のような相違が見られる。まず、位相 $\phi=(3/4)\pi$ と $(7/4)\pi$ については、浮遊砂雲の中心付近の相対濃度が位相 $\phi=(3/4)\pi$ の場合が大きくなっており、高濃度部の存在する高さもより高い位置にまで及んでいる。次に位相 $\phi=\pi$ と 2π について比較してみると、浮遊砂雲に相当する高濃度部のの大きさが明らかに位相 $\phi=\pi$ の方が大きく浮遊砂が上方へ巻き上げられていることがわかる。

このように、砂澱の非対称性により左右の剥離渦の大きさが異なり、それに取り込まれる掃流砂量の違いやその結果として生じる浮遊砂雲の規模の違いが生じて、その結果、左右方向の土砂輸送量が均衡せず、それが、砂澱の非対称性を助長している。言い換えれば、浮遊砂の相対濃度の非対称性が砂澱形状の非対称性と共鳴的に作用して砂澱形状の非対称傾向をより明確にしている。本研究の振動流・水圧変動共存場に見られる砂澱の形状の非対称性は、既往の研究における振動流・一方向流共存場の場合に見られる特性と形状面では共通しているが、非対称形状を発達させる要因は、振動流・一方向流共存場においては掃流力の非対称性であるのに対して、振動流・水圧変動共存場では間隙水圧変動による砂粒子間の見かけ摩擦抵抗の非対称性である。