

振動流・圧力変動共存時の砂漣の形状特性に関する実験

京都大学工学部	正会員	○酒井哲郎
京都大学工学部	正会員	後藤仁志
丸 紅		柏村真直
京都大学工学部	学生員	田中博章

1. はじめに 自然海浜における岸沖方向の海底床形態はShields数（すなわち底面せん断力）のみに依存する形で領域区分されるのが一般的であるが、現実の海浜には波の伝播に伴う海底面における作用水圧の変動に誘起された地盤内間隙水圧分布の形成が見られるので、地盤内間隙水圧分布の存在の影響を考慮に入れた海底床形態の検討が必要となる。本研究では、水圧変動に伴う地盤内間隙水圧分布が砂漣の存在領域および形状特性に与える影響について実験的に検討する。実験は、水圧変動制御用のシリンダー装置を有する振動流装置を用いて、水圧変動・振動流共存場を模擬して実施する。具体的には、振動流の流速振幅および水圧の変動振幅を変化させながら実験を繰り返し、個々の水理条件下での砂漣の形状特性を検討した。

2. 実験の概要 実験は、図-1に示す同時加減圧振動流装置を用いて行われた。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、水圧変動・振動流共存場における砂地盤の挙動を再現できる。水圧変動・振動流の波形に関しては、微小振幅波における進行波を想定し、同位相の正弦波とした。実験条件を表-1に示す。はじめに水圧振幅を設定し、流速振幅を徐々に増加させて実験を繰り返し、『砂移動無し→(移動限界)→掃流移動→(砂

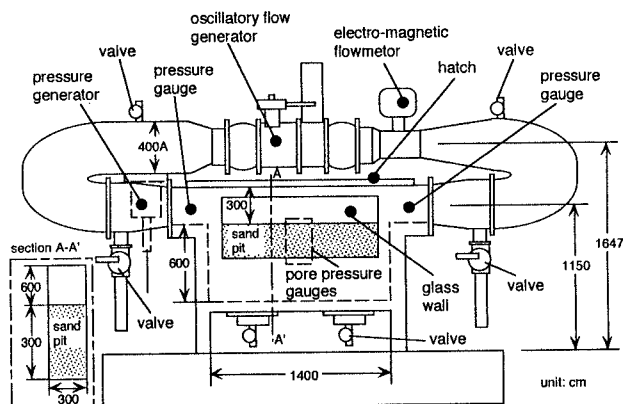


圖-1 同時加減壓振動流裝置

遷移の発生限界)→砂漣上の浮遊過程→(砂漣の消滅限界)→シートフロー漂砂』という一連の海底床形態の遷移を再現して、水圧変動の強度と砂漣の存在域の関係を検討した。さらに、砂漣の存在域において水圧変動の強度が砂漣の形状特性に与える影響を整理し、砂漣の形状特性の決定機構について考察を加えた。実験に用いた砂粒子は、粒径 $d=0.025\text{cm}$ の均一砂で、比重は $\sigma/p=2.65$ である。

表-1 実験条件

3. 水圧変動・振動流共存場における砂漣の形状特性 図-2は、水圧変動全振幅 p および底面流速振幅 u_b の変化に対する海底床形態の変化を『砂移動無し(no-motion)』、『掃流移動(bed-load motion)』、『砂漣上の浮遊過程(ripple with suspension)』、『シートフロー漂砂(sheet-flow)』に区別して示したものである。なお、水圧変動振幅 $p=0.0(\text{m})$ の場合の実験結果に関しては、振動流装置を用いた既往の実験とほぼ良好な対応が得られることを確認している。水圧変動の増加とともに移動限界掃流力が減少して『移動無し』の領域が縮小する。砂漣の発生

表-1 実験条件

velocity amplitude u_b (cm/s)	7.0 - 28.0
total pressure amplitude p_0 (m)	0.5, 1.0
period T (s)	6.0

は、水圧変動振幅が増大するにつれて抑制され、結果として『掃流移動』の領域が拡大する。また、シートフローの発生は水圧変動振幅の増加とともに促進される傾向にあり、砂漣の存在域は水圧変動振幅の増加とともに減少している。水圧減圧時に形成される地盤内間隙水圧分布は地盤表面の砂粒子に作用する付加的な揚力を生み出すが、この揚力の作用によって地盤表層の砂の移動が促され、このため砂面に形成された僅かな擾乱は発達を抑制されて砂漣の発生が遅れるもの

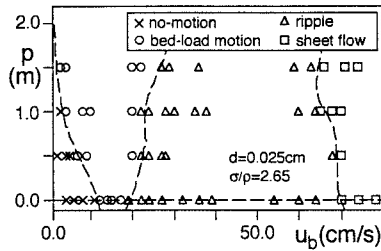


図-2 海底床形態

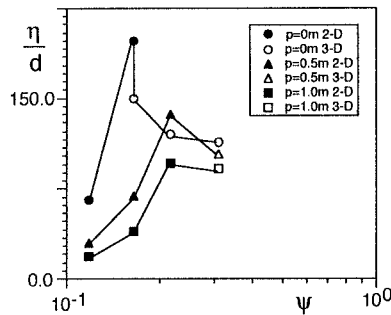


図-3 砂漣の波高

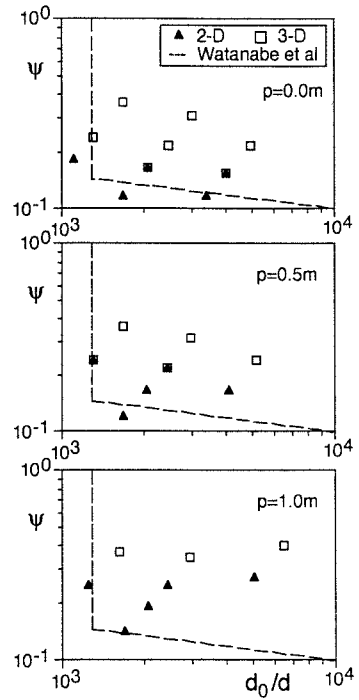


図-4 2次元・3次元砂漣の境界

と考えられる。図-3は、水圧変動振幅の変化に対する砂漣の波高 η とShields数 ψ の関係の変化について示したものであるが、水圧変動振幅が増加するにつれてShields数の変化に対する波高の変化は鈍化して、波高の発達が抑制され、砂漣の扁平化が生じている。先に述べたように、水圧減圧時の地盤内間隙水圧分布に起因する揚力の作用により砂面付近の砂粒子の流動化が促進されるが、このために急峻な砂面勾配を維持することが困難となって砂漣が扁平化したものと考えられる。図-4は、水圧変動振幅の変化に対する2次元砂漣から3次元砂漣への遷移状態の変化について示したものである。図中の破線は、渡辺らによる領域区分線を示している。水粒子軌道振幅 d_0 が十分に小さいと3次元砂漣は発生しないので、ここでは、渡辺らの境界区分線付近に実験条件を設定することとした。水圧変動が無い場合には、渡辺らの境界区分線とほぼ良好に対応した実験結果が得られており、2次元から3次元への遷移点は、水粒子軌道振幅に対する緩やかな依存傾向を示している。水圧変動強度の増加と共に境界区分線は上昇し、2次元砂漣領域が高Shields数にまで及ぶようになり、また、遷移点の水粒子軌道振幅に対する依存傾向が不明確となる。

4. おわりに 本研究では、水圧変動・振動流共存場における砂地盤の特性を把握することを目的として、砂漣の存在域と形状特性の計測を実施した。実験結果は、砂漣の発生・消滅限界の変化に伴う砂漣存在域の縮小と砂漣形状の扁平化を示していた。水圧変動は地盤内間隙水圧分布を誘起し、水圧減圧時の地盤内間隙水圧分布による揚力の作用により砂面付近の砂粒子の流動化が促進されるが、この事実に基づき、砂漣特性の変化の定性的説明を行った。

参考文献：渡辺・先灘・磯部：波・流れ共存場における砂漣形状と漂砂量，第36回海岸工学講演会論文集，pp.299-303, 1989.