

# 波・流れ共存場における砂連の形状

東北大学工学部 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

波のみ、あるいは流れのみの場における砂連については、多くの研究が発表されているが、波・流れ共存場における砂連については、幾つかの研究を数えるのみである。本研究においては、波・流れ共存場において形成される定常的な砂連の実験を行ない、砂連のスケール、砂の舞い上がり高さ等について考察した。

## 2. 実験装置及び実験方法

水路は幅30cm、深さ30cm、長さ7mで、側壁はガラス張りになっており、側面から砂連の形状を観察することができる。水路の下流端にフラップ式造波機を取り付け、水深11~17cm、流速0~30cm/secの流れに、周期0.83、0.97、1.18、1.25sec、波高3~7cm程度の波を逆行させた。砂の粒径は、 $d_{50}=0.40\text{mm}$ 、均等係数1.8、密度2720g/m<sup>3</sup>であり、これを水路上流部6m間に、厚さ4cmで敷いた。実験に際し、波の反射率は12%以下におさえた。平均的なスケールの砂連の波高が時間的に変化しなくなった時をもって、定常状態に達したと判断した。また、水路上流端部の砂止めから生ずる模様によって発生した河床変形、及び部分重複的な効果が大きく影響して発生発達した砂連は、データ整理の際に除外した。

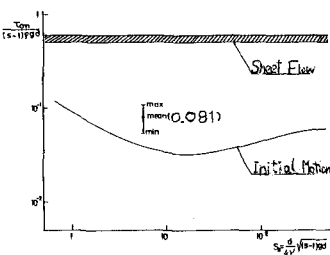


図 1

## 3. 結果と考察

### (1) 砂移動限界とシートフロー発生限界

実験範囲を図1に示す。ここに、底面摩擦は著者らの理論により、相当粗度としては中央粒径を用いた。実験条件は、確かに砂移動限界を越えており、砂連が消滅する領域には、入っていない。

### (2) 砂連の非対称性と渦の発生

砂連の形状に関する従来の研究によれば、定常流においては、上流側斜面はゆるく、下流側は水中安息角に等しくなると言われる。また、波動場においては、ほぼ対称的な形態を有するとされている。そこで共存時の砂連の対称性を調べるため、 $\alpha_s$ 、 $Q_1$ 、 $Q_2$ と $U_{bw}$ との関係を描いた(図2、図3)。

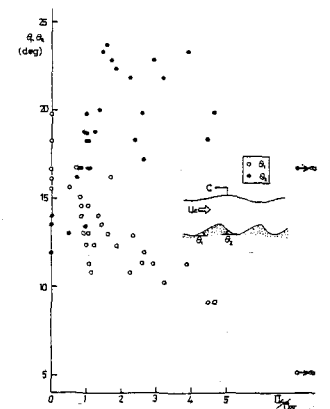


図 2

ここに、 $U_c$ : 定常流成分の断面平均流速、 $U_{bw}$ : 振動流成分の底面水粒子速度の振幅である。 $U_{bw}$ は流れと波の相対的強度を表わしている。 $\alpha_s$ は $U_{bw}$ が0~1.5の範囲では増大するが、1.5以上になると比較的安定する。そして、 $U_{bw}=\infty$ (流れのみ)で $\alpha_s=0.78$ になる。また、 $Q_1$ 及び $Q_2$ は、 $U_{bw}$ の増加に伴い、それぞれ減少、及び増大し、上記の $\alpha_s$ の変化に依った変化を示す。

今回の実験では、波のみのケースにおいて、渦は岸側(以下、波の進行方向を岸側、逆方向を沖側と呼ぶ)にのみ発生し、 $\alpha_s$ は、1/2より小さく、 $Q_1 > Q_2$ となる。定常流成分が増すにつれ、渦は両

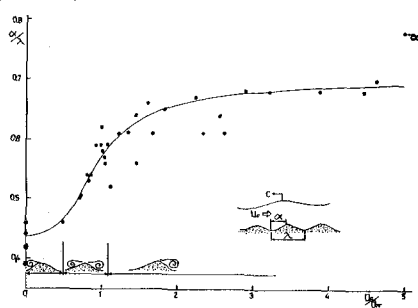


図 3

余涌に発生する様になる。更に $\beta_{\text{sw}}$ が大きくなると、渦は沖側にのみ発生する様になり、沖側の余涌がきつくなる。この傾向を実際の砂連形状を示したのが図4である。図において、周期、波高、水深は、ほぼ一定に保たれており、 $U_c$ のみが変化する。

渦が砂連の両側に発生する範囲は、図3に示す様に $\beta_{\text{sw}}$ が0.5~1.1であるが、これが先の $\beta_{\text{sw}}$ の増加に伴い $\alpha/\lambda$ が増加する領域に入っている事は、興味深いところである。

### (3) 砂の舞い上がり高さ

砂の舞い上がり高さについて検討したのが、図5である。図中で、 $\Delta H$ : 砂の舞い上がり高さ、 $g$ :  $(S_s - S_0)g_0$ 、 $\alpha$ : 著者ら<sup>2)</sup>の提案した底面付近の定常流成分にかかる係数である。 $\Delta H$ は、モータードライスカメラ、及び目視より求め、沖側に渦が発生する場合のみ示した。パラメータは、砂連頂部から放出される砂粒子のエネルギー保存則を考慮して定めた。

図中の数字は、 $\tan \theta_s$ を表わしているが、この値の大きいもの程、 $\Delta H$ が大きくなる傾向はあるものの、データのばらつきが大きく、確かな事は言えない様である。

### (4) 砂連スケールの無次元表示

本間ら<sup>3)</sup>は、波によって形成される砂連のスケールを、 $\beta_{\text{sw}} \sim \beta_{\text{do}}$ 、 $d_{\text{sw}} \sim d_{\text{do}}$ で表わした。ここに、 $d_o$ : ポテンシャル理論で与えられる底面水粒子の移動距離である。著者ら<sup>2)</sup>は、かつて、このパラメータを共存時に拡張して検討した。即ち、 $\beta_{\text{sw}} \sim \beta_{\text{do}}$ 、 $d_{\text{sw}} \sim d_{\text{do}}$ を用いた。ここに、 $d_o$ : 底面付近の流速成分を考慮した水粒子移動距離である。図6、図7にその結果を示す。図中の直線は、本間らの提案した実験式を表わす。

両図で、本実験の波のみを示す点と共存時の点がほぼ一致している。よって、従来の波のみの場における $d_o$ 、 $d_{\text{sw}}$ と、共存場に拡張した $d_o$ 、 $d_{\text{sw}}$ 置き換えることにより、砂連のスケールを無次元化することができる。なお、 $\beta_{\text{sw}} > 3$ のケースについては、 $d_o$ の計算が不能になるので、今後さらに、適切な無次元パラメータの検討を進めていく必要がある。

### 4. おわりに

今回の実験では、実験装置の制約から条件が限られたものになってしまった。今後、実験装置を改良し、より広範囲に渡る実験を進めて行きたい。

### 《謝辞》

この研究には、文部省科学研究費(代表者、東工大 日野敏彦)によって行われたものであり、ここに謝意を表す。

### 《参考文献》

- 1) 田中、首藤、第27回振動論文集(1980)
- 2) 本間、堀川、鹿島、第11回振動論文集(1964)
- 3) 田中、首藤、第36回年講物理集(1981)

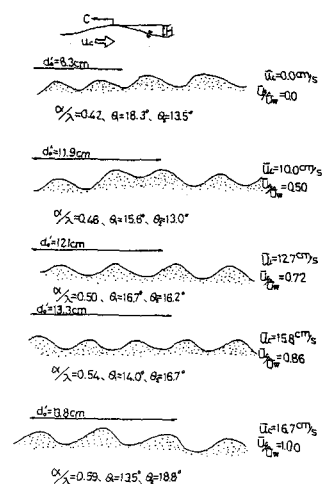


図 4

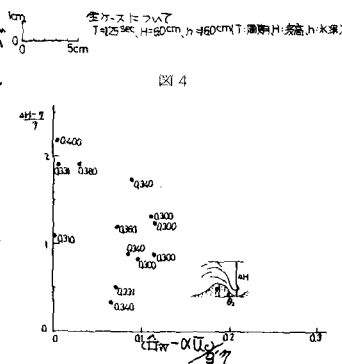


図 5

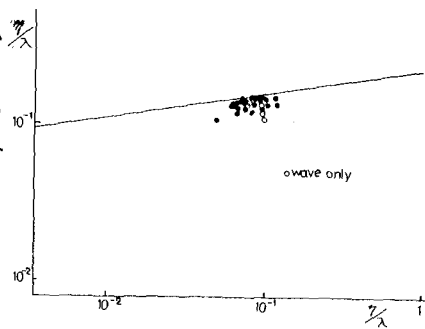


図 6

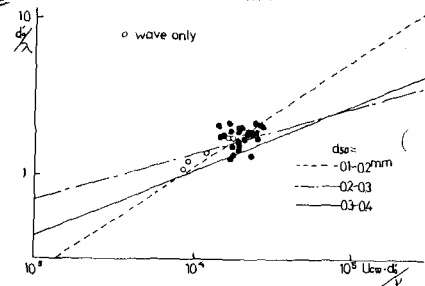


図 7