

東北大学大学院 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 斎藤伸夫

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。砂の諸元は、 $d_{50}=0.40\text{mm}$ 、均等係数1.8、密度2.72g/cm³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擾乱によって発生した河床変形、及び部分重積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。

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、相当粘度としては中央粘度を用いた。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非対称性を調べるため、 α と U_{cw}/U_w との関係を描いた(図2)。ここに、 U_c :定常流成分の断面平均流速、 U_w :波動流成分の底面水粒速度の振幅である。 U_{cw} は、流れと波の相対的強度を表わしている。 α は U_{cw}/U_w が0~1.5の範囲までは増加するが、1.5以上になると、比較的安定する。そして、 $U_{cw}/U_w=\infty$ (流れのみ)で $\alpha=0.78$ になる。

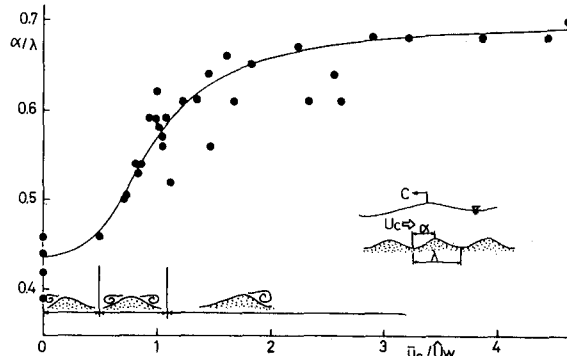


図2 砂連の非対称性

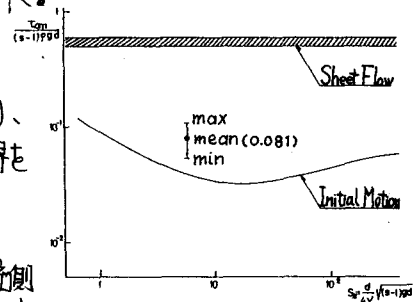


図1 砂移動限界とシートフロー発生限界

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、 α は1/2より小さくなる。定常流成分が増すにつれ、渦は両斜面に発生する様になる。更に U_{cw}/U_w が大きくなると、渦は沖側にも発生する様になり、沖側の斜面がきつくなる。この傾向も実際の砂連形状で示したのが図3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2に示す様に

$\bar{u}_w$ が0.5~1.1であるが、これが先の $\bar{u}_w$ の増加と共に α が増加する領域に入っているとは、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4である。図中で、 ΔH :砂の舞い上がり高さ、 g' : $(\rho_s - \rho_w) \cdot g / \rho_w$ 、 $\hat{u}_c$:著者らの提案した底面付近の流速分布を考慮した、定常流成分についての代表流速である。 ΔH は、モータードライスカメラ、及び目視より求め、沖側に碧が発生する場合のみ示した。パラメタは、砂連底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、 $\tan \theta$ を表わしているが、この値の大きいもの程、 ΔH が大きくなる傾向はあるものの、ベ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³⁾は、波によって形成される砂連のスケールを、 $\lambda \sim \lambda_d$ 、 $d_0 \sim U_w \cdot d_0 / g'$ で表わした。ここに、 d_0 : ポテンシャル理論で与えられる底面水粒の移動距離である。著者ら²⁾は、かつて、このパラメタを共存時に拡張して検討した。即ち、 $\lambda \sim \lambda_d$ 、 $d_0 \sim U_w \cdot d_0 / g'$ を用いた。ここに、 d_0 : 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5、図6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_0 、 $\hat{u}_w$ を共存場に拡張した d_0 、 $\hat{u}_w$ に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、 $\bar{u}_w > 3$ のケースについては、 d_0 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 日野教授)により行われたものであり、ここに謝意を表す。

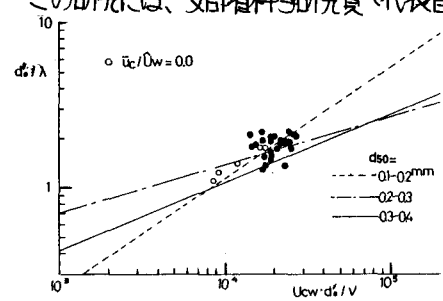


図6 砂連スケールの無次元表示(2)

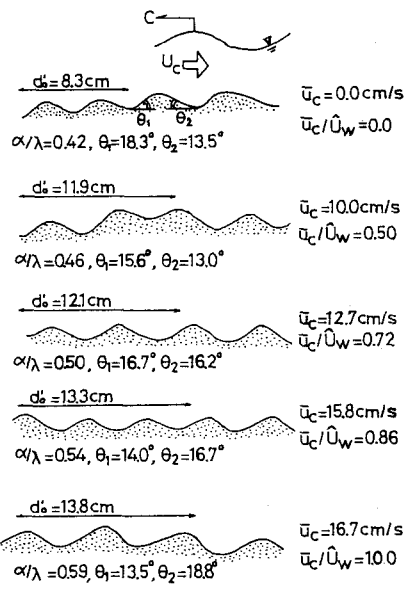


図3 砂連の形状変化

全ケースについて
 $T=125\text{sec}$, $H=60\text{cm}$, $h=160\text{cm}$
 (T:周期, H:波高, h:水深)

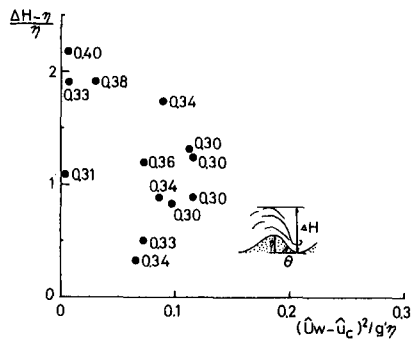


図4 砂の舞い上がり高さ

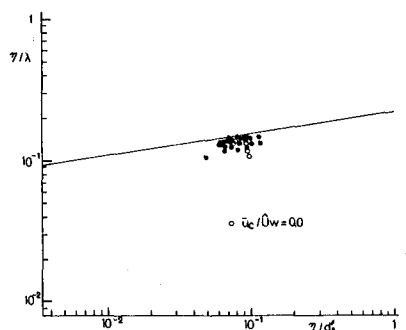


図5 砂連スケールの無次元表示(1)

<< 参考文献 >>

- 1) 田中、首藤、才27回海講演文集(1980)
- 2) 田中、首藤、才36回海講演文集(1981)
- 3) 本間、堀川、鹿島、才11回海講演文集(1964)