

## 波・流れ共存場における底質移動

○九州大学工学部 学生会員 戸谷 昭浩  
 九州大学大学院総合理工学府 学生会員 田畑 敦圭  
 九州大学大学院工学研究院 正会員 鶴崎 賢一  
 九州大学大学院総合理工学研究院 正会員 松永 信博

### 1. はじめに

近年、現地観測の結果から、吹送流が底質移動過程に大きな影響を及ぼしていることが指摘されている。(山下・加藤 2003)。海浜変形予測の精度向上のためにも、その精確な影響評価は重要である。田畑ら(2004)は、大型の風洞水槽を用いて底面近傍の浮遊砂フラックスを計測し、風速の増加とともに平均流速が著しく増加するため、浮遊砂の冲向きフラックスが著しく増加することを定量的に示した。しかしながら、最終的に地形変化への影響をみるためには漂砂量フラックスの変化量における吹送流の影響を評価しなければならない。そこで本研究では、田畑ら(2004)と同じ実験セットアップを用い、規則波と規則波に風応力を作用させた場合において地形の時間変化ならびに浮遊砂フラックスの鉛直プロファイルを測定した。そして、浮遊砂フラックスの空間変化量と地形変化量における吹送流の影響を定量的に評価し、地形変化への影響を検討した。

### 2. 実験概要

実験には、長さ32m、幅0.60m、高さ0.94mの風洞付造波水槽を用いた。水深 $h$ を20cmに固定し、実験砂には $d_{50}=0.359\text{mm}$ の単一砂を用いた。風の取込み口から風下側に $x$ 軸を、静水面から鉛直上向きに $z$ 軸を設定した。 $x=17\text{m}$ から風下側15mの区間を移動床とし、厚さ10cmまで砂を敷きつめた。 $t=0, 2, 3\text{h}$ における地形および最終地形を、連続式砂面計を用いて計測した。ここで $t$ は造波開始後の経過時間である。 $x=19\text{m}$ の位置において、容量式波高計を用いて水面変動を、ペーン式風速計を用いて風速を計測した。 $x=24.5\text{m}$ ならびに $29.5\text{m}$ に測定断面①、②を設定した。各断面に

おいて鉛直方向に2cm間隔で8点の測定を設定し、各点において電磁流速計を用いて流速を、透過光測定方式の濁度計を用いて濁度を測定した。全データのサンプリング周波数を20Hz、取得データ個数を8192個とした。図1に測定領域の概要図、表1に実験条件を示す。波形勾配を0.03に固定し、造波周期を0.4~3.0秒まで変化させた波のみの実験をRun 1~5、造波周期1.5秒で風速値を2段階変化させることでRun 6, 7の実験を行った。表中の $d_i$ は与えられた水理条件のもとで底質が初期移動、 $d_c$ は完全移動を始める粒径の上限値である。 $C_b$ は $z=-18\text{cm}$ における浮遊砂濃度、 $\phi$ はシールズ数を示し、式(1)で定義される。 $f$ は底面の摩擦係数であり、Jonssonの式から算出した。 $\hat{u}_b$ は底面での流速振幅であるが、

$$\phi = \frac{1}{2} f \hat{u}_b^2 / (s-1)gd \quad (1)$$

$z=-18\text{cm}$ での流速データから算出し、適用した。 $s$ は比重、 $g$ は重力加速度、 $d$ は粒径であり、 $d_{50}$ を用いた。 $d_i$ の値から、Run 3~5において底質の移動が起こっていることが推測される。また $\phi$ から、Run 3が掃流砂と若干の浮遊砂、Run 3において風応力を作用させたRun 6, 7は浮遊砂が卓越する条件であることがわかる。

### 3. 実験結果

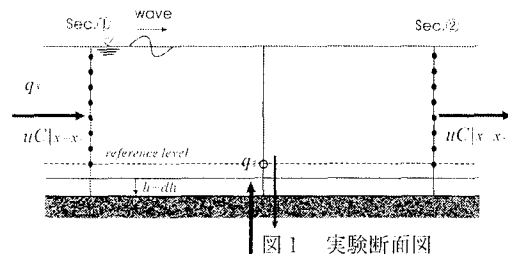


図1 実験断面図

表1 実験条件表

| Run | h (m) | T (s) | U <sub>m</sub> (m/s) | L (m) | h/L    | H <sub>1/3</sub> (cm) | H/L  | d <sub>i</sub> (mm)   | d <sub>c</sub> (mm)   | C <sub>b</sub> (g/l) | φ     |
|-----|-------|-------|----------------------|-------|--------|-----------------------|------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-------|
| 1   | 0.2   | 0.400 | —                    | 0.250 | 0.801  | 1.22                  | 0.03 | 6.75×10 <sup>-9</sup> | 5.87×10 <sup>-9</sup> | 0.0760               | —     |
| 2   |       | 1.00  | —                    | 1.21  | 0.165  | 5.42                  | 0.03 | 0.232                 | 4.22×10 <sup>-3</sup> | 0.376                | 0.190 |
| 3   |       | 1.50  | —                    | 1.97  | 0.102  | 7.70                  | 0.03 | 1.55                  | 0.0218                | 1.81                 | 0.144 |
| 4   |       | 2.00  | —                    | 2.71  | 0.0738 | 12.7                  | 0.03 | 3.89                  | 0.133                 | 6.34                 | 0.259 |
| 5   |       | 3.00  | —                    | 4.14  | 0.0483 | 9.19                  | 0.03 | 11.1                  | 0.188                 | 4.15                 | 0.352 |
| 6   |       | 1.50  | 7.81                 | 1.97  | 0.102  | 10.4                  | —    | —                     | —                     | 2.30                 | 0.355 |
| 7   |       | 1.50  | 18.2                 | 1.97  | 0.102  | 16.2                  | —    | —                     | —                     | 3.84                 | 0.645 |

図2に、水面変位の時間変化を示す。図3に地形の時間変化を示す。Run3とRun6は局所的な堆積と侵食が認められるのに対し、Run7は全域において侵食傾向となっている。図4に、平均流速の鉛直分布を示す。いずれの実験条件においても、波の存在によって水表面近傍では測定ができないが、それより深い領域では補償流の存在が認められ、Run6と7ではとくに大きな値を示すことがわかる。図5に、浮遊砂濃度の鉛直分布を示す。Run3、6では鉛直方向にはほぼ一様で、濃度の値もさほど変わらないが、Run7では全水深に渡って大きな値を示すとともに、底面近傍でとくに大きな値となる。表2に、底質移動量の算定結果を示す。表中の $\int \bar{u}c dz$ は、単位時間あたりに鉛直断面を通過する浮遊砂量であり、 $\Delta \int \bar{u}c dz$ は断面間で生じる積分フラックスの差である。 $\Sigma \Delta h$ は地形変化の断面間での平均値である。表から、 $C_b$ ならびに $\int \bar{u}c dz$ は、風速値が増加するにつれて増大することがわかる。とくにRun7における $\int \bar{u}c dz$ は著しく大きな値を示す。 $\Delta \int \bar{u}c dz$ から、負向きの浮遊砂フラックスは断面間で、Run3と7では底面に供給、Run6では底面から供給される。 $\Sigma \Delta h$ は断面間でRun3で堆積、Run

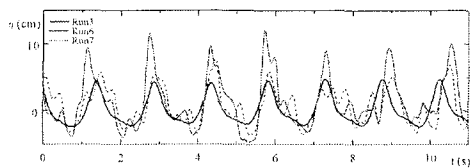


図2 水面変位の時間変化

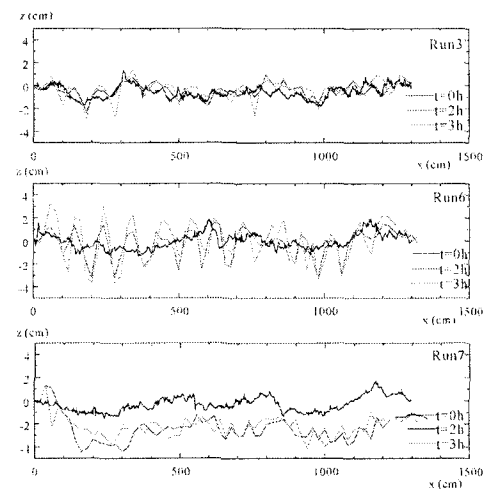


図3 地形の時間変化

6, 7で侵食を示す。

#### 4. 結論

- ①底面近傍の浮遊砂濃度および沖向き浮遊砂フラックスは、風速値が大きくなるにつれて大きくなる。
- ②Run3に微風を吹かせたRun6では、沖向きの浮遊砂フラックスが増加し、ネットでの地形変化も堆積から侵食へと変化する。
- ③Run7では流速・濃度の一様性が高いため、岸沖方向のフラックスの変化量は減少するが、地形変化のパターンは全域的に著しい侵食傾向となる。これは、底面付近の強い沖向き掃流砂によると思われる。

参考文献：

- 加藤茂，山下隆男，伊藤政博，三島豊秋：風による広域海浜流の発生機構と平面分布特性，海岸工学論文集，第46巻，pp.431-435，1999。
- 田畑敦夫，戸谷昭浩，鶴崎賢一，松永信博：底面近傍の浮遊砂フラックスにおける吹送流の影響，西部支部研究発表会講演概要集（印刷中），2004

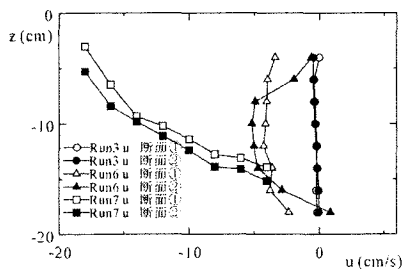


図4 平均流速の鉛直プロファイル

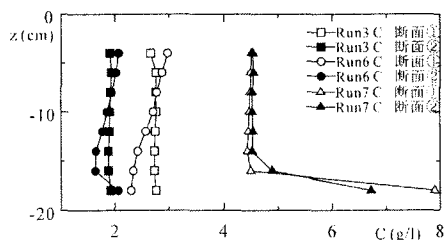


図5 浮遊砂濃度の鉛直プロファイル

表2 底質移動量の算定

| Run | シールズ数 | $C_b$ (g/l) | $\int \bar{u}c dz$ ① (cm <sup>2</sup> /s) | $\int \bar{u}c dz$ ② (cm <sup>2</sup> /s) | $\Delta \int \bar{u}c dz$ (cm <sup>2</sup> /s) | $\Sigma \Delta h$ (cm) |
|-----|-------|-------------|---|---|--|------------------------|
| 3   | 0.144 | 1.81        | $-1.68 \times 10^{-2}$                    | $-1.81 \times 10^{-2}$                    | $1.31 \times 10^{-1}$                          | 0.0520                 |
| 6   | 0.355 | 2.30        | $-6.74 \times 10^{-2}$                    | $-3.26 \times 10^{-2}$                    | $-3.48 \times 10^{-2}$                         | 0.0650                 |
| 7   | 0.645 | 3.84        | $-1.72 \times 10^{-1}$                    | $-1.85 \times 10^{-1}$                    | $1.28 \times 10^{-2}$                          | -0.266                 |