

## 海底勾配による波形の非対称性の変化と砂れん上の底質移動

九州大学工学部 学生員 ○大内田 佳介 学生員 桃崎 真悟  
正会員 小野 信幸 正会員 入江 功

## 1. はじめに

一様勾配の模型海浜断面に同一特性の波を長時間作用させると、海底勾配は徐々に変化し、最終的に波の特性に応じた断面形状(平衡勾配)へと近づいていく様子が観察される。その海底面には砂れんが形成され、波による砂の移動が常に生じており、その移動方向は底面が水平ならば通常沖向きである。しかし、沿岸砂洲の沖側では地形が急勾配となって安定することから、重力の効果(沖向き漂砂に寄与)と釣り合うような、砂れん上の漂砂を岸向きにする何らかの力が作用していると考えられる。このような海浜地形安定のメカニズムについて調べることは、砂浜海岸の保全技術を考える上で非常に重要であると思われる。著者ら<sup>1)2)</sup>は、昨年までの研究により、海底勾配が変化した場合に生じる波形の非対称特性の変化が砂れん上の底質移動に大きく影響を与え、これが海浜地形の安定と深く関わっていることを指摘した。

本研究では、海底勾配が異なる場合に最も変化する水量である波形の非対称性について再整理し、砂れん上の底質移動との関係を明らかにするための実験を行った。

## 2. 実験方法

実験は図-1に示す長さ28m、幅0.3m、高さ0.5mの二次元造波水路で行った。水路端には $\tan\beta=1/10$ 、または $1/20$ の斜面を設置し、その上に正弦波を模した固定床砂れん(波長 $\lambda=5.5\text{cm}$ 、波高 $\eta=1.0\text{cm}$ )を敷き詰めた。静水深 $h_0$ は35cmで、それぞれの斜面について表-1に示すような9ケースの波を用いて実験を行った。入射波は沖波波形勾配 $H_0/L_0$ を0.01, 0.02, 0.03の3種類に設定し、それぞれ波高・周期の異なる3種類の波を選択し、以下の実験を行った。

## ① 波形の非対称特性の測定

まず、水面変位を容量式波高計を用いて測定した。碎波帯内から斜面の沖側端までの範囲を水平方向に10cm間隔で測定し、データレコーダにサンプリング周波数20Hzで記録した。得られた波形記録から波形の上下の非対称度を表すSkewness(Sk)と前後の非対称度を表すAtiltness(At)を以下の式より算定した。

$$S_k = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\eta_i - \bar{\eta})^3 \sqrt{\left[ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\eta_i - \bar{\eta})^2 \right]^2} \quad (1)$$

$$A_t = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^{N-1} (\dot{\eta}_i - \bar{\dot{\eta}})^3 \sqrt{\left[ \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^{N-1} (\dot{\eta}_i - \bar{\dot{\eta}})^2 \right]^2} \quad (2)$$

ここで、 $N$ はデータ数、 $\eta_i (i=1, \dots, N)$ は水面変位、 $\dot{\eta}_i = (\eta_{i+1} - \eta_i) / \Delta t$  ( $\Delta t$ はサンプリング時間間隔)である。

## ② 底質移動速度の測定

底質移動速度 $V_g$ の測定は、砂れん谷部2つに中央粒径0.16mmの砂を20gずつ投入し、一定時間(1~3分)の波作用後に分散した砂を砂れん毎に回収・計量して重心位置 $X_g$ を求め、その時間変化から算定した。これを表-1中の水深 $h$ の位置において各波ごとに測定した。これは、移動床の場合に形成される砂れんの

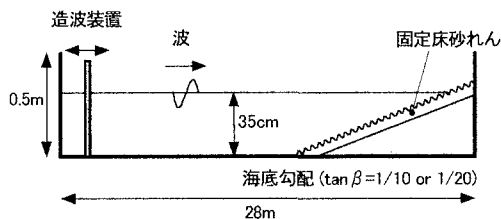


図-1 実験装置

表-1 実験条件

| 入射波の条件    |               |                  | 砂移動速度の測定点      |              |              |               |
|-----------|---------------|------------------|----------------|--------------|--------------|---------------|
| $H_0/L_0$ | $T(\text{s})$ | $H_s(\text{cm})$ | $h(\text{cm})$ | $U_r (1/10)$ | $U_r (1/20)$ | $d_0/\lambda$ |
| 0.01      | 1.5           | 3.5              | 9.1            | 125.65       | 118.43       | 1.7           |
|           | 1.6           | 3.9              | 12             | 79.03        | 81.67        | 1.7           |
|           | 1.8           | 4.6              | 19             | 39.46        | 40.57        | 1.7           |
| 0.02      | 1.2           | 4.4              | 7.8            | 110.06       | 112          | 1.7           |
|           | 1.3           | 5.0              | 10.3           | 80.97        | 69.8         | 1.7           |
|           | 1.5           | 6.1              | 19             | 32.32        | 35.84        | 1.7           |
| 0.03      | 1.0           | 5.0              | 7.2            | 107.57       | 92.36        | 1.7           |
|           | 1.1           | 5.7              | 9.5            | 76.74        | 71.86        | 1.7           |
|           | 1.3           | 7.7              | 19             | 29.5         | 28.2         | 1.7           |

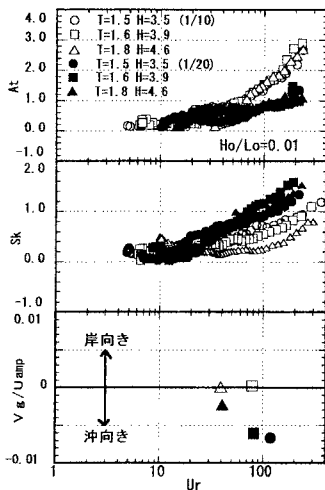


図-2 波形非対称性・底質移動  
と Ursell 数の関係

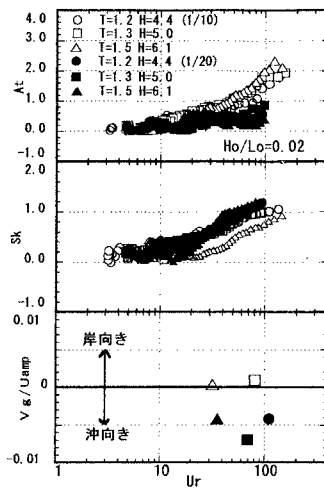


図-3 波形非対称性・底質移動  
と Ursell 数の関係

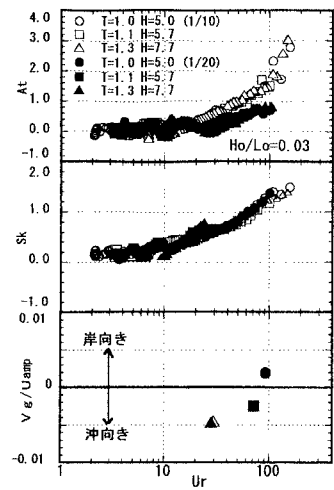


図-4 波形非対称性・底質移動  
と Ursell 数の関係

波長は底面での水粒子軌道全振幅  $d_0$  との比が  $d_0/\lambda \approx 1.7$  となることが知られており<sup>3)</sup>、この条件を満足するようデータを取得するためである。また、表中には波の非線形性を表す指標である Ursell 数  $U_r (=HL^2/h^3; H$  は波高、 $L$  は波長)もあわせて示した。

### 3. 実験結果

図-2、3、4 は、実験結果をそれぞれ波形勾配  $H_0/L_0=0.01, 0.02, 0.03$  のデータ毎に分けて表示したものである。図の横軸はアーセル数  $U_r$ 、縦軸は上から波形の前後非対称 ( $At$ )、上下非対称 ( $Sk$ )、重心移動速度を底面での流速振幅  $U_{amp}$  で無次元化した  $V_g/U_{amp}$  である。図中黒印は勾配 1/20、白印は勾配 1/10 のデータを示す。またデータは全て碎波点の沖側のものである。以下に各測定量の変化傾向の特徴について述べる。

波形の前後非対称 ( $At$ ) については、Ursell 数の増加とともに増加する傾向にあり、同一の Ursell 数に対しては、海底勾配が大きいほど波形の前傾が大きい。また、これらの傾向の  $H_0/L_0$  に対する依存性は小さい。波形の上下非対称 ( $Sk$ ) については、Ursell 数の増加とともに増大する傾向は  $At$  の場合と同様だが、海底勾配の増加に対する変化が  $H_0/L_0$  によって大きく異なっている。すなわち、海底勾配が増加すると  $Sk$  は減少するが、その減少の度合いは  $H_0/L_0$  が小さいほど大きい。底質移動速度 ( $V_g/U_{amp}$ ) は、勾配 1/10 の  $U_r$  が大きい場合のケースについては未測定であるためはっきりとしたことは言えないが現時点での結果をみると、海底勾配の増加とともに底質移動速度が岸向きへと変化していることがわかる。

### 4. おわりに

砂れんが形成されている海底面に波が作用すると、砂れんの峰の岸側・沖側に形成される渦の規模の大小により砂移動の方向が大きく異なる。この渦の形成には波形の上下・前後の非対称性との関連が深い。種々の波による実験を行った結果、海底勾配が急になると、波形の前後非対称 ( $At$ ) は増加し、上下非対称 ( $Sk$ ) は減少する傾向がみられ、底質移動は岸向きへと変化する傾向が見られた。現在、未測定のデータの測定および、波形非対称性と底質移動を定式化する整理を行っており、講演時にはこれらの結果も併せて報告する予定である。

### 参考文献

- 1) 小野信幸・入江功・高畑栄治(1998): 海浜断面の安定化機構に関する実験、海岸工学論文集、第 45 巻 pp.501-505
- 2) 小野信幸・入江功・西岡悟史(1999): 砂れん上の底質移動に及ぼす海底勾配の効果と海浜の安定化機構、海岸工学論文集、第 46 巻 pp.591-595
- 3) 渡辺晃・先藤正成・磯部雅彦(1989): 波、流れ共存場における砂渚形状と漂砂量、海岸工学論文集、第 36 巻 pp.299-303