

# 砕波帯近傍の底面付近における水粒子速度と底面摩擦力に関する実験

京都大学工学部 正員 岩垣 雄一  
 京都大学大学院 学生員 ○裴 義光  
 京都大学大学院 小谷 敏樹

1. はじめに：模型海浜が平衡勾配となるまでに呈する海浜形状を，ある時間間隔毎にモデル化し，モデル化された固定床における諸水理量とその海浜形状に対応する移動床での漂砂の移動量分布との関係を検討することによって，海浜の二次元変形の機構を論じることができると思われる。本研究は，そのための第一歩として，一様勾配を有する斜面上の砕波点近傍における底面付近の水平方向水粒子速度と底面摩擦力に関する実験結果の一部を報告するものであり，とくに底面摩擦力測定装置としての熱膜 sensor の有用性および問題点についても検討した。

2. 実験装置および方法：(1)水粒子速度および底面摩擦力測定装置 波の水粒子速度は DISA 社製の hot film 流速計を互いに向き合わせて 1cm の間隔を保って設置して測定した。また，底面摩擦力は DISA 社製の flush-mounted shear sensor を底面と同一平面上に位置するように設置して測定した。この sensor も流速計と同様にニッケルの箔で構成される熱膜 sensor であるが，底面摩擦力は速度勾配に応じて変化する熱膜からの損失熱量を電圧に変換することにより較正曲線から算定される。電圧と Shear との間には，一般に次のような関係が成立する。 $E^2 - E_0^2 = A(T_w) \cdot \tau_w^n$  (1) ここに， $E_0$  は静水中における sensor の出力電圧， $T_w$  は水温， $A$  と  $n$  は実験定数で， $A$  は水温の関数であり， $n$  は理論的には  $n=3$  が導かれる。本実験においては較正曲線にもとづいて  $n$  の値を決定した。この種の sensor を用いる場合に留意すべき点は，熱が強制対流によって伝達される場の基本的な関係，すなわち Fourier の伝熱法則が成立する場においてこれらの sensor を利用することができるということである。

(2)実験方法 hot film 流速計の較正は，流速計 sensor を台車に取付け，その台車が一定区間を走行する時間とそのときの sensor の出力電圧を読み取ることによって行ない，底面摩擦力の較正は，一様水深の波動場に表-1 に示すような微小振幅の波を作用させたときの sensor の出力と作用させた波の条件に対応した線型理論から導かれる shear の理論値を用いて flush-mounted shear sensor の出力と底面摩擦力の関係を検討した。

表-1 実験条件(一様水深)

| h (cm)  | 35.0 |      |      |      |      |      |
|---------|------|------|------|------|------|------|
| T (sec) | 0.83 | 0.91 | 1.00 | 1.11 | 1.25 | 1.43 |
| H (cm)  | 0.79 | 0.69 | 1.02 | 1.16 | 1.13 | 1.95 |
|         | 1.16 | 0.90 | 1.14 | 2.36 | 1.89 | 2.18 |

実験は長さ 27m，幅 50cm，深さ 75cm の両面ガラス張り水槽を用いて行なった。実験に用いた斜面は 1/50 であり，造波板から 2.4m の位置より後方に斜面を設置し，造波板から 14.4m の位置を測定点とした。shear sensor は水槽の横断方向の中央に，流速計 sensor は横に 3cm 離れたところに，波高計はそれと反対側に shear sensor の出力を乱さない距離を保ってそれぞれ設置した。したがって，これから 3 つのフローは水槽の

横断方向について一直線上に設置されている。表-2 は斜面勾配が 1/50 の場合の実験条件である。

表-2 実験条件(1/50 斜面勾配)

| h (cm) | T (sec) | H (cm) | $T\sqrt{gh}$ | H/h  | $(z+h)/h$ |
|--------|---------|--------|--------------|------|-----------|
| 12.0   | 0.83    | 7.6    | 7.5          | 0.63 | 0.03      |
|        | 0.84    | 4.9    | 7.6          | 0.41 |           |
|        | 0.85    | 6.9    | 7.7          | 0.58 |           |
|        | 1.26    | 9.4    | 11.4         | 0.78 | 0.07      |
|        | 1.27    | 7.9    | 11.5         | 0.66 |           |
|        | 1.28    | 5.7    | 11.6         | 0.97 |           |
|        |         |        |              |      |           |
|        |         |        |              |      |           |

3. 実験結果および考察: 図-1 は shear sensor の校正を行なう波動場が微小振幅波理論で説明できることを示すためのものであり, 他のすべての場合も同様の結果を示した。この結果にもとづいて shear

sensor の出力と線型理論で与えられる摩擦力の関係を示したものが図-2 である。図中の丸印がデータであり, 線型理論における絶対値が最大となる位相における sensor の出力と  $\pi/4$  だけずれた位相における出力をプロットしたものである。他の位相における出力とくに静水位での位相では理論値と出力の対応が悪く, これは前述の理由に起因するものと考えられる。しかしながら, 30 分間の連続記録を検討しても出力に変化が見られないことを考えると, この sensor の特性をさらに検討すれば, 信頼度が高まることが期待される。図-3 は斜面上の結果であり, (a), (b), (c) はそれぞれ波形, 水

粒子速度および Shear である。丸印は実験値, 実線は流れ関数理論による理論値を示し, よい対応を示していると言える。また,  $T\sqrt{gh}=7.59$ ,  $H/h=0.41$  の波の場合について, 波の峯および谷が通過するときの水粒子速度の鉛直分布を流れ関数理論による値と比較検討した結果,  $(z+h)/h$  が 0.05 から 0.10 の範囲では, 岸向き最大水粒子速度は理論値よりも 16 % 程度小さく, データのバラツキは 10 % 程度であり, 沖向き最大水粒子速度は理論値よりも 7 % 程度小さく, データのバラツキは非常に小さかった。

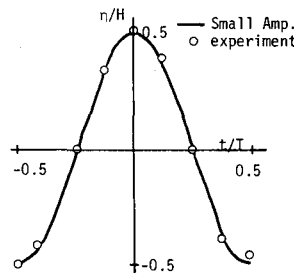


図-1 (a) 波形(様水深) ( $T=0.83$ )

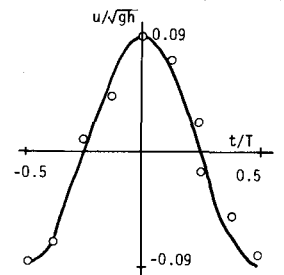


図-1 (b) 水粒子速度(様水深)

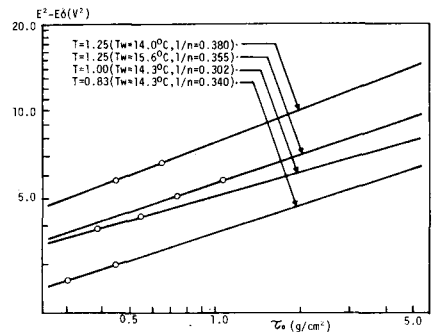


図-2 摩擦力(線型理論)と出力の関係

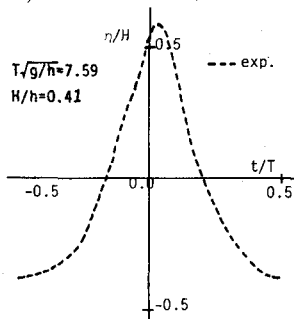


図-3 (a) 波形(斜面勾配 1/50)

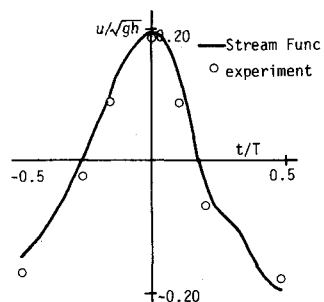


図-3 (b) 水粒子速度

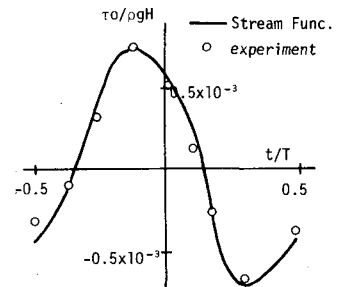


図-3 (c) 底面摩擦係数