

東京工業大学大学院 学生員 米山 晋
 東京工業大学工学部 正員 沢本正樹
 東京工業大学大学院 学生員 山下俊彦

まえがき 沢本, 山口⁽¹⁾は, 砂連上を2つの力学的機構の異なる領域に分けられることを示した。すなわち, 砂連から発生する渦が支配的で, 大きな運動と共に乱れを生成している「渦層」と, それより上の, 乱れを上方へ拡散する「拡散層」とある。この拡散層内では, 乱れの「拡散」と「逸散」とが釣り合うと考え, 拡散係数と逸散項については, 従来一方向性乱流を用いられているものを準用し, 混合距離 L を Z 方向に一定と考え, 次のような指数関数型の乱れ強度分布式を導いた。

$$\overline{v^2} = \overline{v_0^2} \exp\left\{L\sqrt{\frac{g}{\sigma}}(z_0 - z)\right\} \quad A = 0.124, B = 0.396, L: \text{混合距離}, \overline{v_0^2}: \text{一周期にわたり平均した乱れ強度} \quad (1)$$

本研究では, 種々の波の下で砂連を自然発生させ, それらの砂連上での乱れ強度を詳細に測定し, 乱れ強度分布式の妥当性を検討した。さらに, 「乱れ」と浮遊砂現象を結びつけ浮遊砂濃度分布式と求め, 過去の実験結果と比較, 検討した。

実験装置及び方法 実験は, 長さ20mのフラッター式造波装置を有する二次元造波水路で行ない, 乱れ流速の測定にはレーザー・ドップラー流速計を用いた。レーザー・ドップラー流速計の利点には次のようなものがあげられる。
 ①従来使用されていた Hot Film 流速計のように, 測定点に障害となる物体を挿入する必要がなく, 流場に外部からの影響を全く与えずに測定できる。
 ②砂を固定する必要がなく, 実際に浮遊砂の存在する状態での測定が可能である。
 ③正確に流速の一方成分のみの測定が可能である。

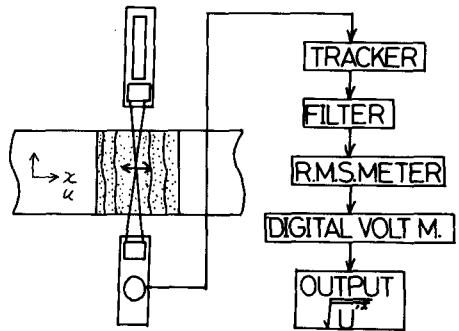


図-1 実験装置・方法

図-1に示すように, 出力は直接 Band Pass Filter に通し, さらに Root Mean Square Meter で2乗平均し, その値を Digital化して解析に用いた。このような方法を用いることにより, 従来用いられていたアンサンブル平均法のように波自身の不規則性を取り込むことなく測定を行なえる。

尚, 本研究では, 「乱れ」と浮遊砂現象に大きく関与するものとしてとらえ, x 方向の流速 u の10~100 Hzの成分と定義した。測定は砂連谷上, 峰上, 及び平板上で行なった。

実験結果 図-2, 3に乱れ強度分布の例を示す。図中の点線は, 乱れ分布式が実測値に合うように最小2乗法を用いて決定したものである。これらの図から渦層と拡散層の存在が明らかにみられる。又, 拡散層内での乱れ強度分布は, 指数関数で表わせることがわかる。前報⁽¹⁾では, 砂連上の領域を単に2つに分けて考察しているが, 本実験では, さらにその上に第3の領域が存在することが確かめられた。この領域は, 砂連から発生した渦による乱れの影響が及ばない領域であり, そこでは, 砂連上の乱れが平

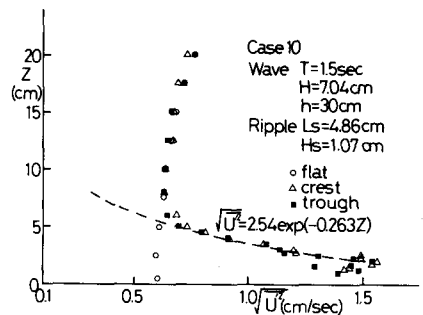


図-2 乱れ強度分布

板上の乱れとほぼ同じになっている。

混合距離 拡散層内の乱れ強度分布から混合距離 L が逆算できる。この L を水深 h と、又底面での水粒子軌道長さ(ポテンシャル理論から計算)と波の波長 λ とそれぞれ無次元化したものを図-4に示す。この図から両者には相関が認められる。この結果、砂連が存在する場合の波動下での波の混合距離は、波の条件の諸量の関数となっているといえる。

平板上の乱れについて 波は一般に、ポテンシャル流として取扱われており、事実、流速や粒子軌道もポテンシャル理論と良く一致する。しかし、本実験では乱れ(10~100Hzの周波数成分)が検出されている。これは波動運動に固有な乱れと考えられ、砂連上の渦の前壊に伴う乱れとはその性質を異にするとと思われる。

浮遊砂濃度分布式 浮遊砂の拡散係数を E_2 とすると、一周平均の浮遊砂濃度 \bar{C} について次式を考えるのが適当であろう。

$$E_2 \frac{d^2 \bar{C}}{dz^2} + \omega_0 \bar{C} = 0 \quad \omega_0: \text{砂粒子の沈降速度}$$

E_2 は乱れエネルギーの拡散係数 $E (= BL\sqrt{g^3})$ に比例するとし、 $E_2 = \delta E$ とあくと、乱れ強度分布式を用いて次式を得る。

$$\bar{C} = \bar{C}_0 \exp\{-\alpha(\exp(\frac{\delta}{2}z) - \exp(\frac{\delta}{2}z_0))\}$$

$$\text{但し、} \alpha = \frac{\omega_0}{\delta BL} \alpha^{\frac{1}{2}} \frac{\delta}{2}, \quad \beta = \frac{1}{L} \sqrt{\frac{g}{3\omega_0}}$$

$$\alpha = \frac{\omega_0^2}{g^2} \exp(-\beta z_0), \quad \bar{C}_0: z = z_0 \text{ の } \bar{C} \text{ の値}$$

上記の浮遊砂濃度分布式は、一般のexponentialに比べ上方へ行く程減衰がはやい性質を持っている。

我々は、宇多⁽²⁾の実験と同じ条件の下で、乱れ分布を測定し(図-5)乱れ分布式の中の諸係数を決定した。浮遊砂濃度についても同様に、分布式に合うように最小二乗法を用いてその他の諸係数を決定した。図-6が実験値と分布式とを比較したものである。この図から浮遊砂濃度分布式は、実際の現象を良く表わすことがわかる。図-5と図-6を比較すると、実験値が分布式からはずれる高さ(ここまでは前述の拡散層とあると考えられる)が、乱れ強度分布と浮遊砂濃度分布の両方で良く一致していることがわかる。これは先程も述べた力学的機構の異なる3つの領域の存在と浮遊砂の面からも立証したと言えらる。

まとめ 以上、本研究で明らかになったことは、①乱れ強度分布式の一般的適合性を示した。②砂連が存在する場合の波動下での波の混合距離が波の諸量の関数となっていることを示した。③乱れを基本とした浮遊砂濃度分布式を導き、実験値との対応を示した。

参考文献 (1) 沢本正樹・山口清一; 進行波による砂連上の境界層内の流速および乱れ分布, 第25回海岸工学講演会論文集 1978
(2) 宇多高明; 波動下における流れと拡散 東工大修論 1973

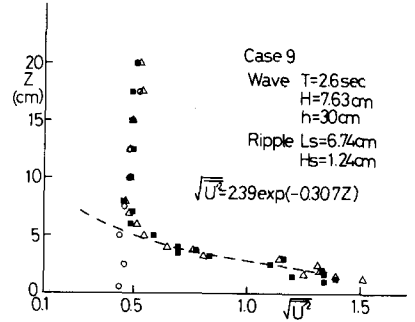


図-3 乱れ強度分布

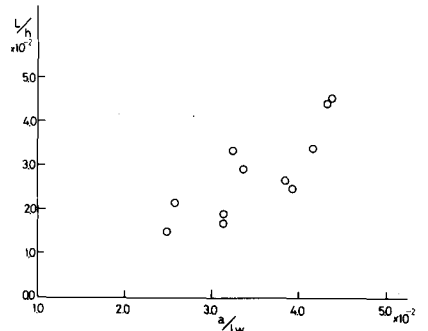


図-4 混合距離

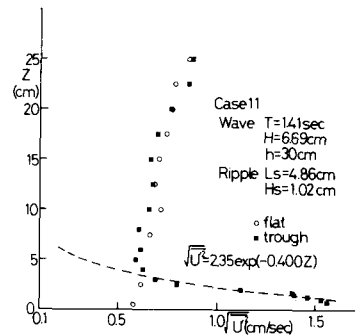


図-5 乱れ強度分布

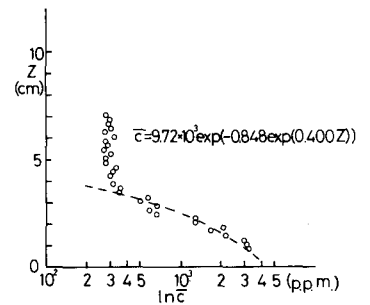


図-6 浮遊砂濃度分布