

九州大学 正員 椿 東一郎
 〃 学生員 古屋 慶一
 〃 学生員 神谷 誠一郎

開水路の乱れ特性量について今回は次元解析的な表示を行ない、又我々は乱れエネルギーの式などに基づいて滑面乱流における乱れ特性量の分布を理論的に求めた。しかし粗面開水路における乱れの特性量については明らかでない点が多く乱れ特性量の分布が粗度の影響をうけて変化するかどうか問題となっている。粗面開水路の乱れ特性は浮流砂・拡散等に関係する重要な課題であるから、ここでは球状粗度及び砂連状三角形粗度で乱れ特性量を測定し考察した。

1. 実験

球状粗度水路は長さ 10^m 幅 40^m の矩形水路に径 1.30^m のラム平玉をしきつめた。砂連状三角形粗度水路は長さ 8^m 幅 60^m の水路に波長 2.0^m 波高 1^m の三角形粗度をとりつけた。乱れの測定にはD.I.S.A社製X-Yホットフィルム流速計を用い流れ方向及び鉛直方向の乱れを測定した。

実験条件

	三角形	球状粗度			
I	1/206	1/40	1/40	1/40	1/40
h cm	5.26	5.3	7.5	9.2	2.9
U_{τ}/u_{τ}	3.24	3.43	4.10	4.53	2.53

2. データ処理

① 乱れ強度: $u' = \sqrt{\frac{1}{N} \sum (u_i - \bar{u})^2}$ $v' = \sqrt{\frac{1}{N} \sum (v_i - \bar{v})^2}$

② レイノルズ応力: $\overline{u'v'} = \frac{1}{N} \sum (u_i - \bar{u})(v_i - \bar{v})$

③ エネルギー-波数率: $\varepsilon = 2\alpha \nu \sum k_i^2 S(k_i) \Delta k$

ここで ν は動粘性係数、 k_i は波数、 $S(k_i)$ は波数スペクトル。スペクトルはFFT法で $a_k = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \text{Real} [a_j e^{j2\pi k_j x/N}]$ と $b_k = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \text{Ima} [a_j e^{j2\pi k_j x/N}]$ より $S(k_i) = 2N \Delta x [a_k^2 + b_k^2]$ より周波数スペクトルを求め $S(k) = \frac{1}{2\pi} S(f)$ より波数スペクトルを求めた。

④ 平均スケール: $L_y = \nu \alpha \sum f(i)$ 、 $f(i)$ は y 方向の自己相関係数、 $L_z = \nu \alpha \sum g(i)$ 、 $g(i)$ は z 方向(鉛直)自己相関係数。

計算は九州大学大型計算機センターのFACOM 230-60と中央計数施設230-45を用いた。A-D変換には計数のDATAC 2000Sを用いた。

3. 考察

・ x 方向の乱れ強度: 球状粗度においては粗度によって剥離した乱れが支配的なroughness layerが存在し、その大きさは粒径の0.6倍程度である。又三角形粗度においては流れの剥離を伴ない、流況はきわめて複雑であっていずれも底面付近に強い乱れの層を想定したのであるが実験結果は図-1に示すよう

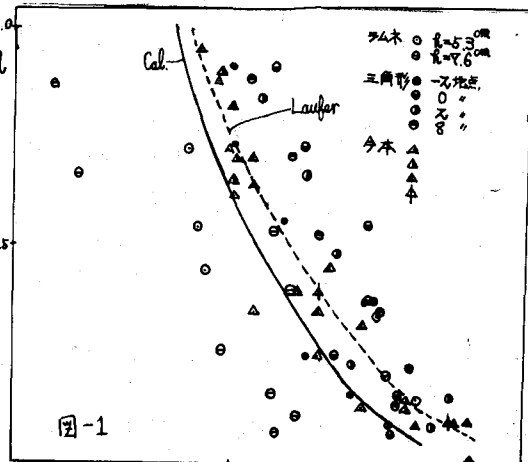


図-1

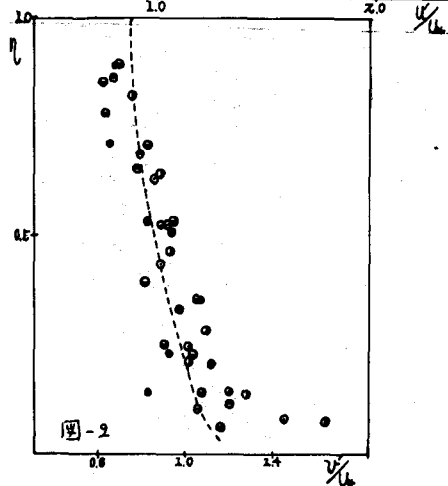


図-2

である。図中の点線はLauferが空気流の滑面において測定した乱れの強度。実線は前報の理論の結果である。粗面乱流の測定点はほぼこの線のまわりに散らばり滑粗によって大きな差異はみられない。このことは粗度層の乱れも u_{τ} (摩擦速度)で規定され、乱れの発生と散逸がほぼ釣り合うことを示している。図-2に示す鉛直方向の乱れ $\frac{v}{u_{\tau}}$ についてもほぼ同様である。

・粘性散逸量と：粘性散逸量を無次元化した結果は図4に示す。測定点は前報の理論曲線にかなり近い。又図は省略するがスペクトルには-5乗乗、-3乗乗に従う慣性領域と粘性領域が存在し $S(f) = \frac{A}{f^{5/3}} \exp(-B f^{4/3})$ ($A=0.48$) から計算した $\frac{\epsilon}{u_{\tau}^3}$ は図に示す前述の操作で導かれたものとはほぼ一致する。今本の実験式 $\frac{\epsilon}{u_{\tau}^3} \approx 0.36 \left(\frac{z}{\lambda_r}\right)^{1/4}$ は過小な値を与えている。図-3はTalenのmicro scale $\sqrt{\frac{\mu}{\rho}}$ の分布であって壁面における値 ≈ 0 から単調に増し、その傾向は混合距離 L の分布とはほぼ一致する。

・平均渦の大きさ：平均渦の実験式としては今本の $\frac{\omega}{u_{\tau}} \approx 0.15$ Valikanovの $\frac{\omega}{u_{\tau}} = 1.5$ がある。測定結果は図-5に示すように $\frac{\omega}{u_{\tau}} > 0.3$ では今本の結果と一致しているが壁面付近においてはscaleは小さくなっている。又一点における ω の測定から算出した ω もほぼ同様である。

以上は平均的な考察であるが砂漣形粗度では1波長間の乱れ特性量の分布がかなり異なり谷付近でwakeの影響がかなり顕著にでてみへ行く従い影響は小さくなっている。

