

薄層流の抵抗と粗度配列の関係

神戸大学工学部 正員 神田 徹

神戸大学大学院 学生員 ○土井和吉

1. まえがき

粗面上の薄層流の抵抗則に関しては、従来、粗度要素の粒径や集中度などを変えた実験からその特性が検討されているが、未だに不明な点が残されている。粗度要素の集中度が同一であっても、その配列によって水面形や流速分布は大きく変化する。そこで本研究では同一集中度について粗度配列を変えて実験を行い、抵抗係数の値の変化を流れの特性と関連させて考察したものである。

2. 実験装置と粗度要素の配列

実験水路は長さ5.8m、幅30cmで、水路床および側壁はアクリル樹脂製の可変勾配の循環式水路である。この水路床に、粗度球を下記の配列で接着した。実験諸元は、粒径 $d = 1.24\text{ cm}$ 、集中度（床面積に占める粗度要素の面積比率） $C = 0.05$ 、水路床勾配 $S = 0.004 \sim 0.04$ 。粗度要素の配列は図-1に示すような4種類の配列である。

3. 抵抗係数

抵抗係数 f とレイノルズ数 Re の定義は既報¹⁾と同じで、Darcy-Weisbachの抵抗係数を用いる。同一配列および同一勾配に対する f と Re 数の関係はそれぞれ図-2, 3のようである。

流れが層流状態であれば、実験値は水路床勾配、相対水深はもとより、配列にも関係せず $f = 24/Re$ の直線上にのる。

流れが乱流であれば、 f の値は配列および勾配によって異なる。この領域の f を h/d との関係で示すと、図-4, 5, 6のようである。同一配列では勾配の影響は小さく、相対水深

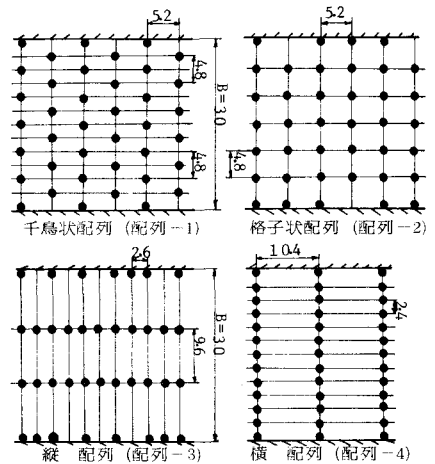


図-1 粗度要素の配列 単位 (cm)

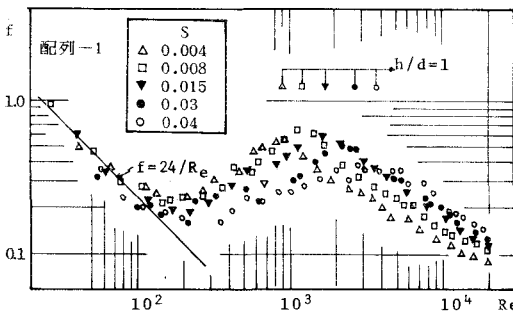


図-2 $f \sim Re$ 関係

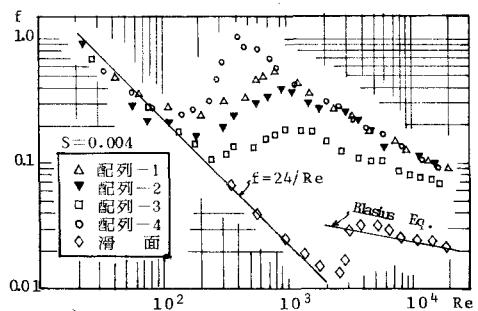


図-3 $f \sim Re$ 関係

KANDA TOORU, TSUCHII KAZUYOSHI

h/d によってほぼ統一的に表わされる。同一勾配に対しては、配列による f の差異が明確にあらわれるが、 h/d の増加とともにその差は小さくなる。

流れが層流から乱流へ遷移すれば、 f の値は $f=24/Re$ の直線から逸脱しはじめる。この遷移点における相対水深と水路床勾配との関係は図-7 のようである。図のように滑面に比べて粗面に対する遷移点の h/d , あるいは勾配はかなり小さいが、配列による差は少ない。

流れが乱流に遷移してからさらに流量（水深）を増せば、 f の値は極大値をとる。この極大点では図-8 に示すように配列に関係なくほぼ $h/d = 1$ であるが、急勾配の場合には h/d が 1 よりも若干小さい値で f が極大値をとる。

4. 水面の乱れ特性

配列による f の値の相異と流れの特性との関係を調べるために、水路中央部にパンチ屑を 1 個づつ計 100 個落とし、2.18 m 下流断面での拡がり幅を求めた。分布の拡がりを示す代表量として標準偏差 σ を用いると、図-9、10 のようである。 $S=0.004$ の場合（図-9）には、 $h/d < 0.2$ では層流であるためパンチ屑はまっすぐ流下する。 h/d の増加とともに粗度要素後方の渦が発達して流れは乱され、パンチ屑の拡がりも大きくなる。 $h/d \approx 1$ で拡がり幅が最大となり、図-5 の f 値のピークと対応する。一方、 $S=0.04$ の場合（図-10）には、図-6 と比較すれば、 f の値と拡がり幅とは対応していない。流れの観察によれば、緩勾配では渦の発達、急勾配では跳水現象が顕著であった。

5. あとがき

本研究では粗度配列が f 値に及ぼす影響を 1 つの集中度について検討したが、今後は集中度を変化させて抵抗則の特性と流れの機構との関係を考察するつもりである。

参考文献 1) 神田徹・喜久里政宏：粗面上の薄層流の抵抗則に関する実験的研究，第 23 回水理講演会論文集，1979。

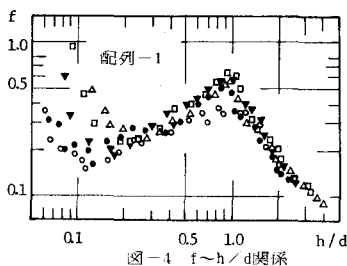


図-4 $f \sim h/d$ 関係

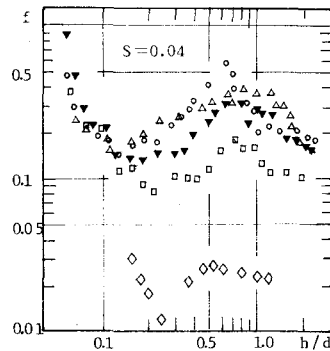


図-6 $f \sim h/d$ 関係

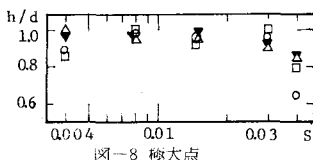


図-8 極大点

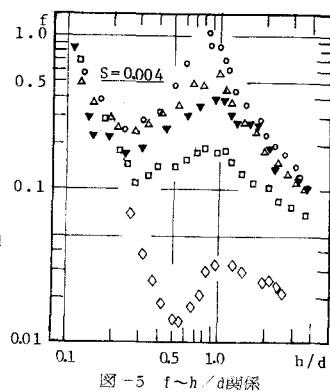


図-5 $f \sim h/d$ 関係

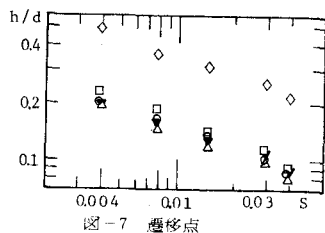


図-7 遷移点

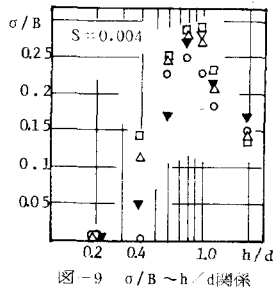


図-9 $\sigma/B \sim h/d$ 関係

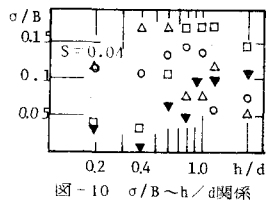


図-10 $\sigma/B \sim h/d$ 関係