

II - 4

半球突起に作用する流体力に関する実験的検討

日本大学大学院 学生員 ○小柴 剛
 日本大学工学部 正 員 木村 喜代治
 日本大学工学部 正 員 高橋 迪夫
 日本大学工学部 蓮池 敦

1. まえがき

本報は、山地河川における景観・親水性あるいは動植物の自然生態系を配慮した多自然型河川の流れの基礎的な特性を明らかにすることを目的とし、人工水路床上に種々の配列・密度で点在する半球状の突起に作用する流体力及びその変動特性に関して、実験的に検討を加えようとするものである¹⁾。

2. 実験装置及び方法

実験に用いた開水路は、幅 $b=22.9\text{cm}$ 、深さ 20cm 、長さ 4m のアクリル製のものである。粗度要素に粗度高さ $k=1.00\text{cm}$ のプラスチック製半球を用い、粗度中心間隔 λ で水路底面全体に千鳥状に配列した。抗力の計測は、実験に使用したものと同一の半球粗度を貼り付けた直径 2.1cm の円形シアータブルと平行バネ構造を有する抗力計を用いて 20Hz で1分間、直接測定した。また流況の可視化には、アルミ粉末を用いたトレーサ法を用いた。

3. 実験結果及び検討

①可視化による流況観察

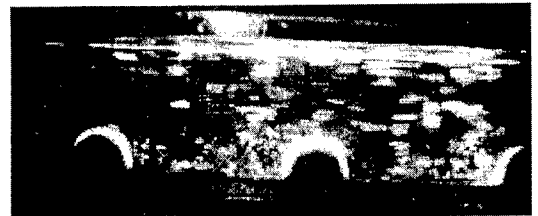
流況観察は粗度高さ 2cm の半球を用いて、フルード数 0.3 、相対水深 $H_0/k=3$ 、相対粗度間隔 $\lambda/k=3, 4, 6, 10$ に関しておこなった。

Photo.1 は粗度間隔の違いによる流れの変化を側面から見た流況写真の一例である。これより、各粗度要素が十分に離れていると ($\lambda/k=10$)、粗度要素により生じる渦は完全に発達し、いわゆる孤立粗度流^{2), 3)}になっている。しかし、粗度の配列が密になっていくにつれ、粗度上方あるいは側方からの粗度背後への流れ込みがより強く生じ、粗度要素背後に生じる剥離渦に影響を及ぼし始める。 $\lambda/k=4$ になると剥離渦は背後の粗度要素にぶつかり、また側方からの流れ込みにより変動の大きい不安定な渦を形成している。これは、後流干渉流であるといえる。 $\lambda/k=3$ になると、水流は粗度頂面上を滑るように流れ、粗度の間の剥離渦は安定した死水域となり、単一の粗度の働きをせず疑似壁面のような働きをしていると考えられる。

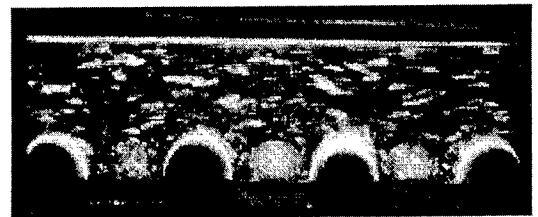
②抗力と水面形の関係



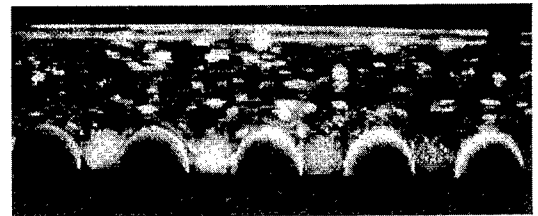
(a) $\lambda/k=10$



(b) $\lambda/k=6$



(c) $\lambda/k=4$



(d) $\lambda/k=3$

Photo.1 流況例

②抗力と水面形の関係

Fig. 1 は抗力係数と粗度間隔の関係を示したものであり、抗力係数は以下の式により求める。

$$\overline{F_D} = C_D \frac{1}{2} \rho v^2 A$$

$\overline{F_D}$: 時間平均抗力、 C_D : 抗力係数、 ρ : 水の密度、 v : 断面平均流速、 A : 流れに垂直な半球粗度の投影面積

また Fig. 2、Fig.3 はそれぞれ $H_0/k=2$ 、 $H_0/k=4$ のときの流下方向における水深 H を平均水深 H_0 で無次元化し水面形としたものである。

これらの図より、水面変動がほとんどないときの抗力係数はほぼ 0.4 で一定となり、水面の変動が大きくなるにつれて抗力係数が増大する様子が見て取れる。特に $H_0/k=2$ では半球粗度の密度の違いにより水面変動の度合いが大きく変化している様子が確認でき、その影響で抗力係数はばらついている。また相対水深が 4 のときの $\lambda/k=20$ において水面が波打つのは単一の粗度が形成する波が近くの粗度によって妨げられなかったことの他に、千鳥配列自身がもつ固有の振動と波の振動が共鳴したためと思われるが、今後さらに検討する必要がある。

4. まとめ

- ・ 相対粗度間隔の違いにより流れの構造が異なることが分かった。
- ・ 粗度に作用する抗力は水面の変動によって変化し、粗度間隔にはあまり関係がないことがわかった。

参考文献

1) 高橋迪夫 : 水路床上に存在する半球下流部の流れの構造に関する実験的研究, 土木学会論文集, No.417, II-13, pp.73-82, 1990.5.
2) Morris, H.M.Jr. : Flow in rough conduits, Trans. of ASCE, Vol.120, pp.373~398, 1955.
3) 足立昭平 : 人工粗度の実験的研究, 土木学会論文報告集, No.104, pp33~44, 1964

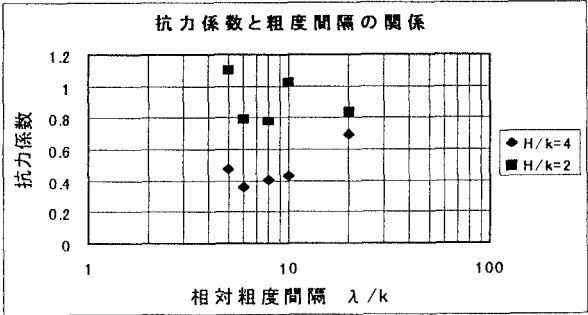


Fig.1 抗力係数と粗度間隔の関係

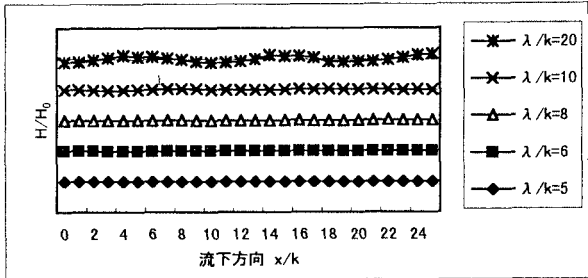


Fig.2 H/k=4 の水面形

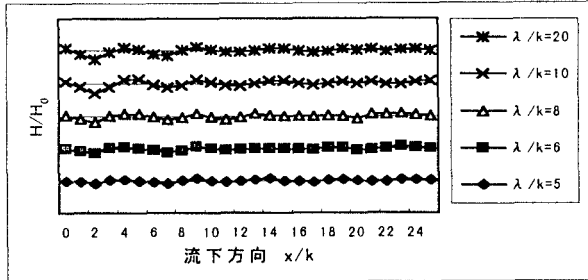


Fig.3 H/k=2 の水面形