

## II-138 粗礫周辺の流れの構造に関する基礎実験

日本大学工学部 正員 高橋 迪夫 木村 喜代治

### 1. ま え が き

礫床河川における流れの抵抗特性あるいはエネルギー損失機構を検討していく上で、平均的河床面より突出して点在する粗礫周辺の流れの構造を十分に把握しておくことは重要なことと考えられる。本報は、前報<sup>1)</sup>に引き続き、河床に存在する粗礫の配列あるいは密度の相違によって流れの構造がどのように変化するかを明らかにするための1ステップとして、12cm千鳥に配列された半球粗度周辺の流れの水力特性を、実験結果をもとに出来る限り詳細に検討しようとしたものである。

### 2. 実験装置および方法

実験には、長さ8m、幅B=25.0cmのアクリライト製水路が用いられ、その底面全体に粗度高 $k=1.9$ cmのプラスチック製半球粗度要素を、12cm千鳥に配置した。主な使用記号ならびに粗度の配列状態がFig.1に示されている。実験は、粗度周辺の流れを出来る限り詳細に把握するという観点より、Table 1に示す実験条件のもとで、計測点を流下方向には1cm、水面および側壁方向には2mmの格子状に設定して行われた。乱流計測には、円錐およびX型プローブをセンサーとしたホットフィルム流速計が用いられた。

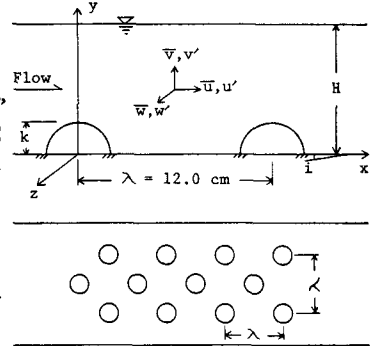


Fig. 1 記号ならびに粗度配列

### 3. 実験結果および考察

離散的に存在する粗礫下流部の流れは、多くの場合、礫上方ならびに

Table 1 実験条件

側方からの流れ込みによって3次元的な流れの構造を示すことが推測される。Fig. 2は、粗度周辺の、とくに流れの変化の急激な粗度頂面から下方の流況を把握するために、平均

粗度配列	$i$	$Q$ ( $\text{cm}^3/\text{s}$ )	$H$ ( $\text{cm}$ )	$U_m$ ( $\text{cm/s}$ ) ( $0/BH$ )	$Fr$ ( $U_m/\sqrt{gH}$ )	$Re_k$ ( $U_m k/\nu$ )	$Re$ ( $U_m B/\nu$ )
単一要素	1/1000	4600	5.52	33.3	0.54	$6.4 \times 10^3$	$1.28 \times 10^4$
千鳥配列	1/1000	4600	8.10	22.7	0.33	$4.3 \times 10^3$	$1.12 \times 10^4$

流速 $\bar{u}$ ならびに流下方向の乱れ速度 $\bar{v}$ の分布の概形を立体的に表示したものである。平均流速は、粗度背後では大きく欠損し、 $y$ 、 $z$ いずれの方向にも大きな速度勾配を有し、これが流下に伴い徐々に回復していく様子がうかがえる。一方、乱れ速度は、粗度下流の剝離域と後流混合域との境界全域にわたっての活発な乱れの生成によって、粗度の形状に沿った鋭い双頭形のピークを形成し、流下と共に減衰、平均化

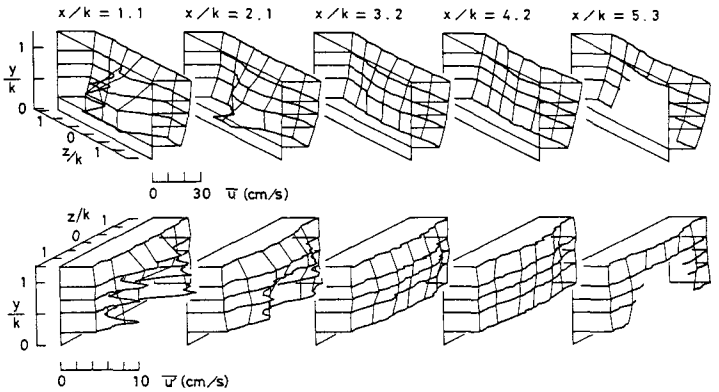


Fig. 2 粗度周辺の平均流速ならびに乱れ速度の分布

されていくことが見られ、粗度下流部の3次元的な流れの構造が概観される。

Fig. 3は、乱れエネルギーの基本的な分布特性を知るために相対乱れエネルギー $\bar{q}^2/U_m^2$ の流下方向の変化を示したものである。ただし、 $\bar{q}^2 = \bar{u}^2 + \bar{v}^2 + \bar{w}^2$ 。後流混合域が路床面に到達する再付着域より上流側の $x/k=1 \sim 2$ においては、粗度外縁上においてかなり明瞭なピークを有していることが認められる。これより、この領域では後流混合域と剝離域との境界で生成される乱れが支配的であることが推測される。一方、再付着域下流側の $x/k=3 \sim 5$ においては、粗度外縁上のピークが減衰すると共に、水面側および粗度頂面下方に拡散、平均化された分布を示しており、とくに粗度頂面下方にはほぼ同一の乱れエネルギー

の大きさを持つ領域が形成されていることがうかがえる。

Fig. 4は、乱れエネルギーの各方向成分の割合が流下方向にどのように変化するかを見たものである。再付着域より上流側の粗度頂面付近においては、ほぼ $\overline{u}^2 > \overline{v}^2 \approx \overline{w}^2$ の傾向が認められる。これは、すでにFig. 3で推測されたように、この領域では後流混合域と剝離域との境界で生成された乱れが支配的となっているということに対応していると考えられる。一方、再付着域下流部の路床面側ならびに水面側においては、y方向ならびにz方向の成分が増大し、この領域において乱れがかなり等方的になることが認められる。

つぎに、粗度中心軸上におけるレイノルズ応力分布の流下方向の変化がFig. 5に、また、単一要素に対する分布<sup>2)</sup>との比較の一例がFig. 6に示されている。Fig. 5に見られるように、レイノルズ応力は、乱れエネルギーの分布とは異なり、再付着域下流部においても粗度頂面上でかなり明瞭なピークを有する分布を示すことが認められる。これより、レイノルズ応力はほとんどが粗度頂面上の剝離域と後流混合域の境界のせん断層において生成されているものと思われる。一方、Fig. 6より、本配列と単一要素とは粗度頂面上のピーク部分においてはほぼ類似の分布を示すが、水面側では本配列の結果が大きい値をとることが認められる。これより、本配列の流れにおいては、活発な乱流構造が水面にまで及んでいることが推測される。

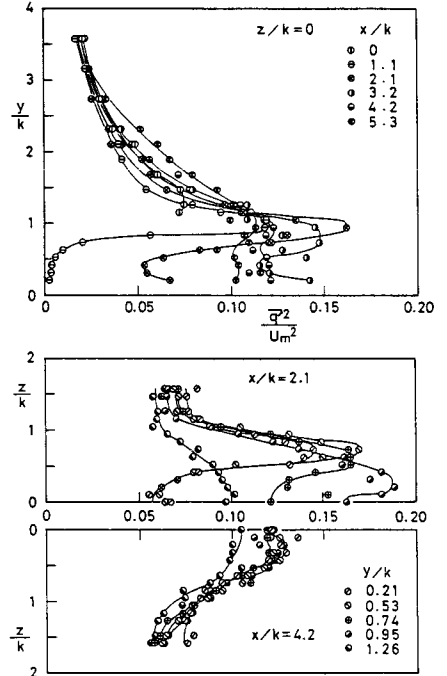


Fig. 3 乱れエネルギーの分布

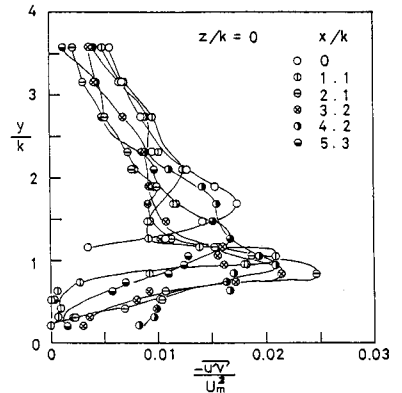


Fig. 5 レイノルズ応力の分布

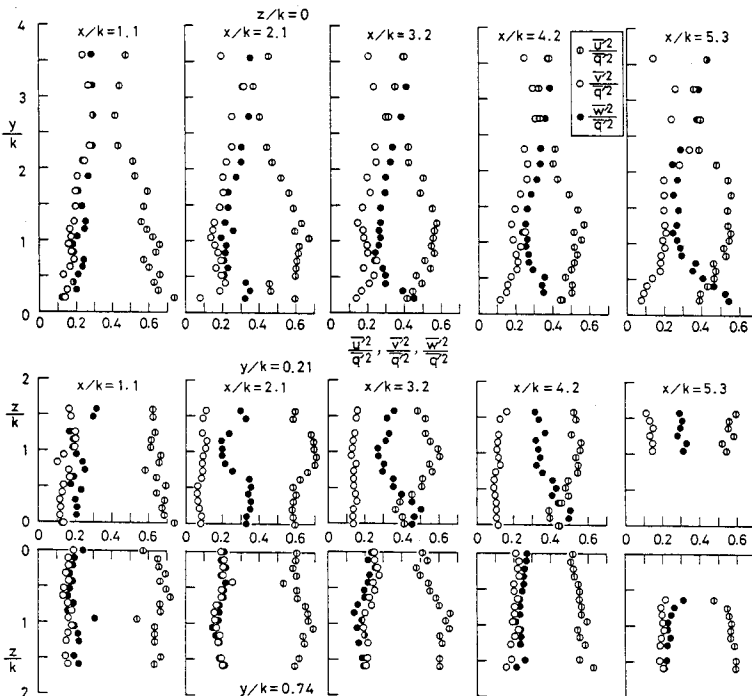


Fig. 4 乱れエネルギーの各方向成分比

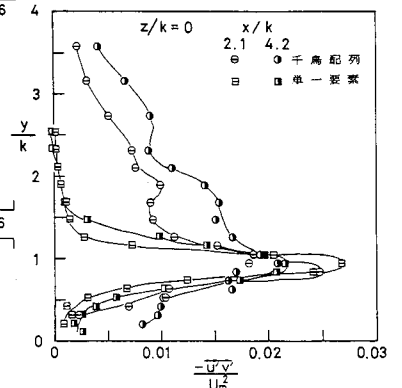


Fig. 6 千鳥配列と単一要素のレイノルズ応力の比較

1) 高橋・木村・小嶋, 土木学会年次講演会, 1985. 2) 木村・高橋・青木・田部, 日大工研究報告会, 1983.