

日本大学工学部

正 員

高 橋 迪 夫

同 上

正 員

木 村 喜 代 治

同 上

田 部 広 志

## 1. ま え が き

山地河川の流れの水理諸特性を検討していく上で、河床に点在する粗礫が流れに及ぼす影響を明らかにしておくことは重要なことと思われる。本報は、粗礫周辺の流れの特性を知る基礎的検討として、単一半球粗度要素周辺、とくに後流域における流況特性を可視化手法によって把握し、さらに、乱流計測結果をもとに乱れエネルギーの分布、構造係数、および乱れエネルギー収支の乱流特性に関して、二、三の検討を試みたものである。<sup>1)</sup>

## 2. 実 験 方 法

実験水路は、長さ8 m、幅25.0 cmのアクリライト製のものであり、また、粗度要素としては、半径 $r = 1.92$  cmのプラスチック製半球が用いられた。乱れ計測には、円錐およびX型プロ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。流況の可視化は、アルミ粉末によるトレーサー法により行い、また、剝離長の目視観測には、トレーサーとして過マンガン酸カリウム溶液が用いられた。

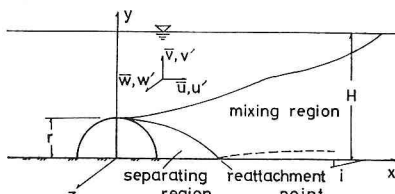


Fig. 1 記 号

## 3. 実験結果および考察

(1) 相対乱れエネルギー分布 ; 相対乱れエネルギー $\frac{\bar{q}^2}{2\bar{u}_{*b}^2}$ の $(x-y)$ および $(x-z)$ 平面分布の一例を示したのがFig. 2である。ただし、 $\bar{q}^2 = \bar{u}^2 + \bar{v}^2 + \bar{w}^2$ ,  $\bar{u}_{*b}$ : 水路底面の平均摩擦速度。<sup>2)</sup>また、Photo. 1には流況特性の一例が示されている。この図より、粗度外縁上の剝離域と主流混合域との境界において生成された乱れエネルギーは、粗度直下流の $x/r = 2$ 程度においては鋭い一つのピークを有し、これが流下に伴って減衰していくと共に水面および、とくに路床面ならびに後流域中心部方向に輸送、拡散され平均化されていく傾向が認められる。一方、後流が路床面に到達する再付着域の $x/r \approx (3 \sim 4)$ 程度より下流側においては、Photo. 1の上段にも一部

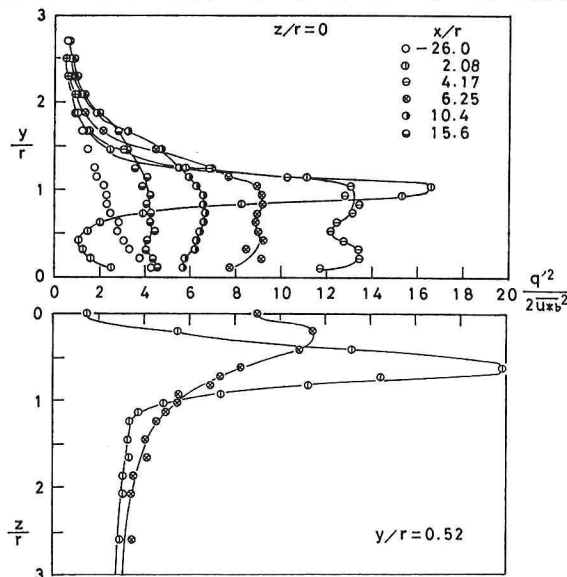


Fig. 2 相対乱れエネルギーの分布

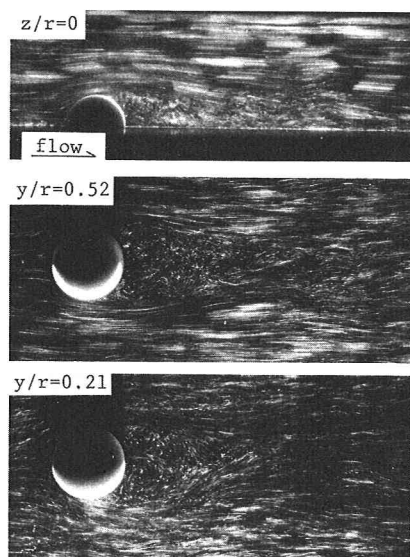


Photo. 1 流況例 (シャッタースピード1/15s)

認められる再付着域から発生する乱れとの重合が行われ、2つのピークも有するような分布形が認められる。さらに流下が進み $x/r \approx 15$ 程度になると、路床面側から徐々に接近流( $x/r = -26.0$ )の分布に漸近していくことが認められる。なお、目視観測によると、剝離域の長さ $l$ は、最長部では $l/r \approx 2.7$ である。

(2) 構造係数の分布 ; 構造係数 $Sc$ は、乱れエネルギーに対するレイノルズ応力の比、すなわち、 $Sc \equiv -\overline{uv}/(\overline{u^2}/2)$ 、 $-\overline{uv}/(\overline{u^2}/2)$ によって表現され、乱流構造の変化を表現するための一指標と考えることができる。<sup>3)</sup> Fig. 3は構造係数の分布特性の一例を示したものである。なお、図中の破線は、<sup>4)</sup> 称津による滑面開水路流れに対する分布形を示している。この図より、かなりのばらつきはあるが、定性的には、後流域の境界上において $Sc$ はピークを示し、この結果、運動量交換に寄与するような、いわゆる active な乱れの全乱れエネルギーに対する割合が後流域の境界上で増大することが推測される。しかしながら、量的には幾分問題が残り、後述する乱れエネルギーの収支の検討と合わせて今後の課題としたい。

(3) 乱れエネルギーの収支 ;  $x/r = 0$ における流下方向の乱れエネルギーの収支を検討した一例がFig. 4である。

ここに、 $Pr$ は生成率( $\equiv -\overline{uv} \partial \overline{u}/\partial y$ )、 $C$ は輸送率( $\equiv -\overline{u} \partial \overline{u^2}/\partial x - \overline{v} \partial \overline{u^2}/\partial y$ )、また、 $\varepsilon$ は一次元エネルギースペクトルの慣性領域より算定された消散率である。一方、 $D$ は拡散率を表わすが、この値は現在までのところ直接算定が困難なために、 $D = \frac{y}{r} (Pr + C) - \varepsilon$ より算定された。これらの図より、計測、算定の精度の問題、さらには、 $x$ 方向に対する収支を含めた検討がなされていないために量的な検討にはやや問題が残るが、定性的には、粗度で生成された乱れエネルギーの余剰分が、一部は路床面および水面方向に拡散され、また残りは下流方向に輸送されていくことが認められ、本報の粗度後流域における乱れエネルギーの収支をある程度説明しているものと思われる。

なお、本研究は文部省科学研究費(一般研究(C))の補助を受けて行われたものである。記して感謝の意を表します。

#### <参考文献>

- 1) 高橋・木村・田部, 土木学会東北支部研究発表会講演概要, 1984.3.
- 2) 木村喜代'治, 土木学会論文報告集, No. 251, 1976.
- 3) 室田明・福原輝幸, 第27回水理講演会論文集, 1983.
- 4) 称津家久, 学位論文, 1977.

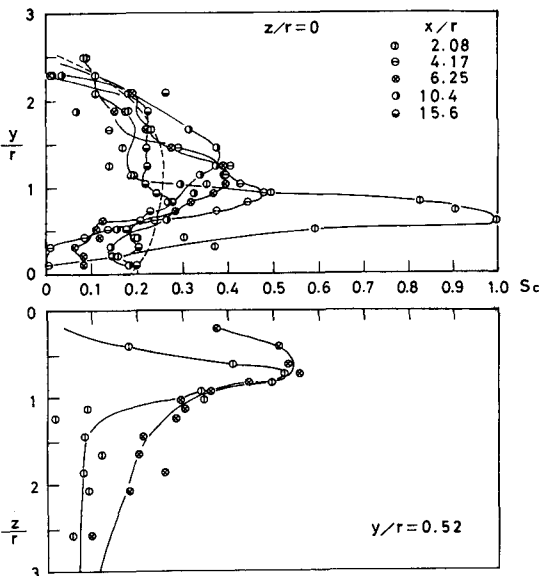


Fig. 3 構造係数の分布

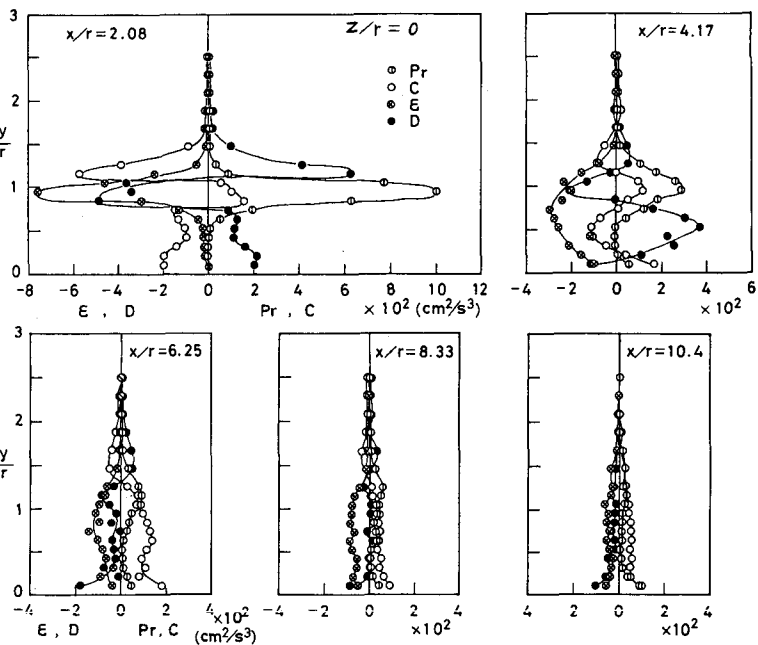


Fig. 4 乱れエネルギーの分布