

大粗度周辺の流れにおける乱流特性に関する二、三の検討

日本大学工学部 正 高橋 迪夫
日本大学工学部 正 木村 喜代治
日本大学工学部 学 田部 広志

1. ま え が き

山地河川においては、河床に粗礫が多数点在し、とくに、平均的河床面より突出したこれら大礫が、山地河川の流れの抵抗、エネルギー損失、さらには砂礫の流送過程に大きな役割を演じていると考えられる。本報は、山地河川における粗礫周辺の流れの乱流機構を明らかにするために、開水路中に存在する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、乱れエネルギーの分布、各方向成分比、およびスペクトル分布の乱流特性に関して、二、三の検討を試みたものである。Table 1 実験条件

2. 実験装置および方法

実験に用いた水路は、長さ8m、幅B=25.0cmの亚克力ト

i	Q (cm ³ /s)	H (cm)	Um(cm/s) (Q/BH)	U* _b (cm/s) (Q/BH)	Fr (Um/√gR)	Re _p (Umτ/ν)	Re (UmR/ν)
1/1000	4600	5.52	33.3	1.98	0.54	6.4×10 ³	1.28×10 ⁴

製のものであり、上流端より約4.7mの水路中央部底面に粗度要素として、半径 $r=1.92$ cmのプラスチック製半球が設置されている。実験は、Table 1に示す条件において行われた。なお、表中の $\overline{U*}_b$ は水路底面の平均摩擦速度である。また、主な記号はFig. 1に説明されている。乱れ計測には、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。流況の可視化は、アルミ粉末によるトレーサー法

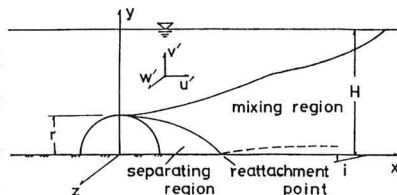


Fig. 1 記号

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。

3. 実験結果および考察

(1) 流況特性 ; Photo. 1は流況特性の一例である。粗度要素直背後には、一対の渦を形成する流れのきわめてゆるやかな領域が存在し、その外側の剝離域と主流混合域との境界では、要素外縁近傍で生成された渦によって剝離域と主流域との混合が活発に行われ、また、剝離域から主流域への間欠的な渦の離脱が観察される。一方、これと前後して、後流が路床面に到達する再付着点近傍からは、3次元的なかなり明瞭な渦が水面方向に上昇していくのが認められる。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。ただし、 l は、要素中心から、時間的な平均流速が0、すなわち、順流と逆流が同程度に生ずる位置までの長さとして定義されている。

(2) 相対乱れエネルギー分布 ; 相対乱れエネルギー $\frac{q'^2}{2\overline{U*}_b^2}$ 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、 $q'^2 = u'^2 + v'^2 + w'^2$ である。

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

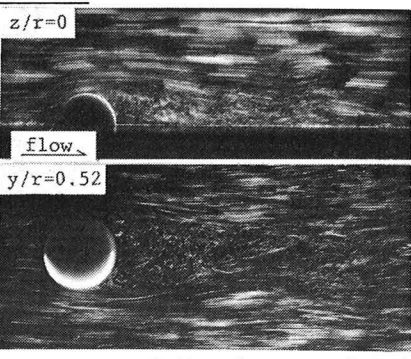


Photo. 1 流況例 (シャッタースピード 1/5s)

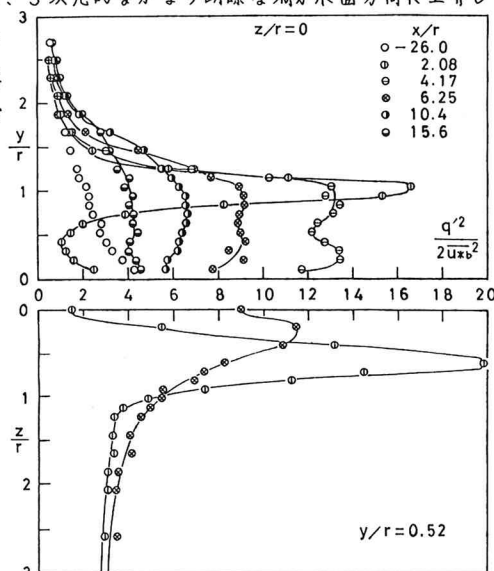


Fig. 2 相対乱れエネルギーの分布

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、 $x/r \approx (3 \sim 4)$ 程度より下流側においては、再付着域からの乱れとの重合が行われ、2つのピークを有するような分布形がみられる。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。

(3) 乱れエネルギーの各方向成分比；乱れエネルギーの各方向成分の割合の変化を示したのがFig. 3である。

剝離域と主流域との混合が活発に行われる要素直下流の粗度外縁上において、各方向の成分比が幾分均一化する傾向が、 $x/r=2.08$ の結果にうかがえる。一方、再付着域においては、底面側の y/r および、とくに各方向成分の割合が一時増大し、乱れエネルギーの各方向成分比がかなり均一化されることが $x/r=4.17$ あるいは6.25の結果より認められる。これは、流況特性の観察で認められた再付着域から発生する3次元的な渦の特性に対応するものと推測される。

(4) 乱れエネルギーのスペクトル分布；

x 方向の乱れエネルギー u^2 の一次元波数

Fig. 3 乱れエネルギーの各方向成分の割合

スペクトル分布の x および z 方向の変化の一例がFig. 4および5に示されている。Fig. 4より、後流域においては流下に伴いスペクトルはほぼ相似形を保ちながら、しかも、より高波数側から減衰が進んでいくことが幾分認められるが、各波数ごとに乱れエネルギーは流下と共に指数関数的に減衰し、波数の大きいものほど急速に減衰するという2次元後流の乱れエネルギースペクトルの特性は明瞭にはうかがうことはできない。一方、後流域の内部と外部とでは、その程度明瞭ではないが、慣性領域の波数帯において分布形が幾分異なることがFig. 5よりうかがえる。ちなみに、図中で1乗に比例する勾配をもつ領域は乱れエネルギーの生成領域を、 $-2/3$ 乗は慣性領域を、また -2 乗は -3 乗の粘性領域を示している。

Fig. 4 乱れエネルギースペクトル分布の x 方向変化

Fig. 5 乱れエネルギースペクトル分布の z 方向変化

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) 木村孝代治, 土木学会論文報告集, No 251, 1976. 2) 小林陵二, 水工学シリーズ 79-A-1, 土木学会水理委員会, 1979.