

日本大学工学部 正 員 高 橋 迪 夫
日本大学工学部 正 員 木 村 喜代治

1. は し が き

山地河川における流れの諸特性を明らかにしていく上で、流れの抵抗、エネルギー損失、さらには砂礫の流送過程、等の面において、河床から突出して点在する粗礫周辺の流れの水理特性を知ることは重要なことであると思われる。

1)

本報は、前報に引き続き、山地河川において大礫が流れに及ぼす種種の影響を調べるための基礎的研究として、より単純なモデルである、開水路中に置かれた単一半球粗度要素周辺、とくに後流域における流れに関する実験結果より、平均流速分布、乱れ速度、乱れエネルギーの分布特性、ならびに乱れエネルギーの収支に関して、二、三の検討を試みるものである。

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のアクリライト製勾配可変のものであり、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に示す条件について行われた。なお、表中の $\bar{u}_{wb}$ は木村がすでに報告した側壁の影響を考慮した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。

Table 1

I	Q (cm ³ /s)	H (cm)	U _m (cm/s) (Q/BH)	$\bar{u}_{wb}$ (cm/s) (Q/rgr)	Fr	Re
1/1000	4600	5.52	33.3	1.98	0.54	6.4×10^3

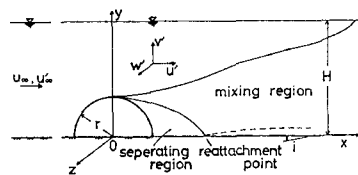


Fig. 1

3. 実験結果および考察

平均流速分布特性；粗度の後流域における時間平均流速分布の特性の一例として、 $z=0$ における最大欠損速度 ΔU_{max} の流下方向の変化を示したのがFig. 2である。図中の曲線は、二次元円柱後流域に対する分布式 $\Delta U_{max}/U_{\infty} = C(X/r)^{-1/2}$ を示している。ただし、 U_{∞} ；接近流の平均流速。この図より、本報の流れにおいても $X/r \leq (3 \sim 4)$ においてはほぼ二次元性を保っていることがうかがえるが、これより下流側では速度欠損の回復が速められ、二次元的な傾向からかなり明瞭にはずれてくることが認められる。これは、 $X/r \approx (3 \sim 4)$ において混合領域が路床面に到達し、それより下流側においては路床面の影響が新たに加わった流速分布形をとるためと推論される。またこの結果より、本実験における剥離長はほぼ $l \approx (3 \sim 4)r$ 程度と推測され、これは、例えば今本³⁾の段落ち流れに関する報告とはほぼ同様な傾向を示し興味深い。

乱れ速度および乱れエネルギーの分布特性；大粗度後流域における乱れの基本的な特性を知るために、各方向の乱れ速度、および乱れエネルギーの分布の一例を示したのが、それぞれ、Fig. 3～5、およびFig. 6である。また、Fig. 7は乱れエネルギーの各方向成分の割合を示したものである。ただし、 $\delta^2 = u^2 + v^2 + w^2$ である。Fig. 3～6より、粗度外縁上において生成された乱れが流下に伴って水面および、とくに路床面方向に輸送、拡散され減衰していくと共に平均化されていく傾向がみられる。一方、混合領域が路床面に到達した地点(reattachment point)より下流側においては、路床面の影響も徐々に重合され、 $X/r \approx 15$ 程度になると路床面近傍の各分布は

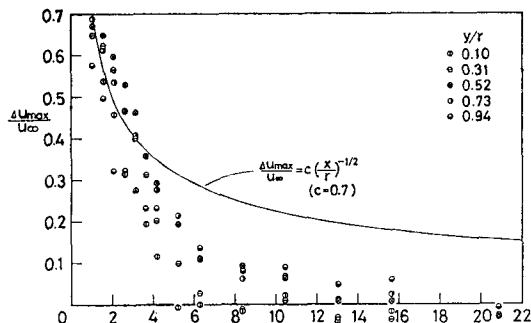


Fig. 2

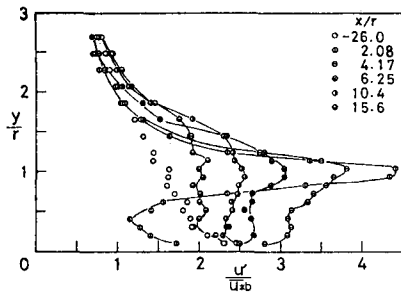


Fig. 3

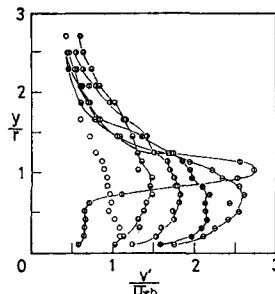


Fig. 4

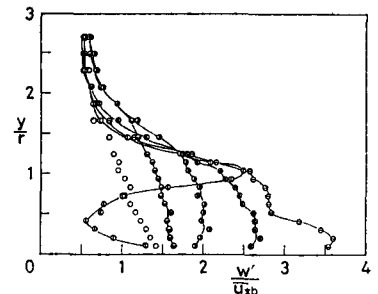


Fig. 5

接近流 ($x/r = -26.0$) の分布にかなり漸近してくることがうかがえる。このことより、今本³⁾ら、および石川⁴⁾による段落ち部下流側の流れに対する研究と同様な解析的取扱いが可能と思われる。また、Fig. 7より、*reattachment point* 下流側において底面側の y および、とくに z 方向の乱れエネルギーの割合が増大し、これが流下に伴い減衰し、接近流における割合に徐々に戻っていくことが認められる。

乱れエネルギーの収支；粗度後流域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. 8, 9である。ここに、 P_r は乱れエ

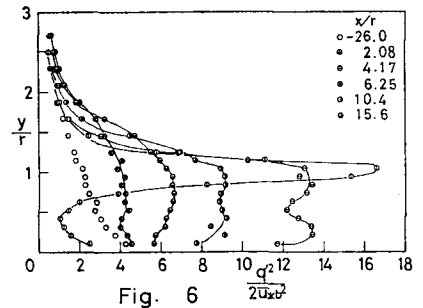


Fig. 6

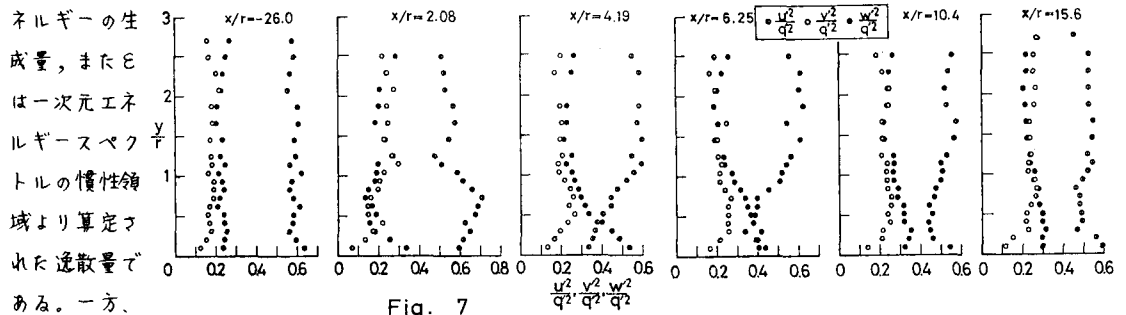


Fig. 7

C , D はそれぞれ、移流量、拡散量であるが、これらの値は現在までのところ直接求めることが困難なために、 $(C+D) = P_r - E$ として推定された。これらの図より、計測、算定の精度の問題、さらには、 z 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移流されていくことが認められ、二次元後流域に対する収支の結果とも比較検討すると、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ように思われる。

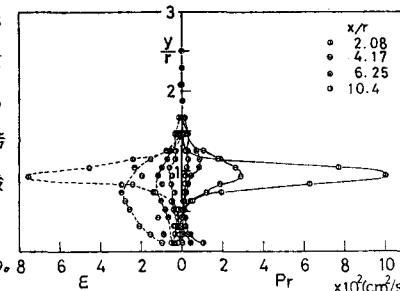


Fig. 8

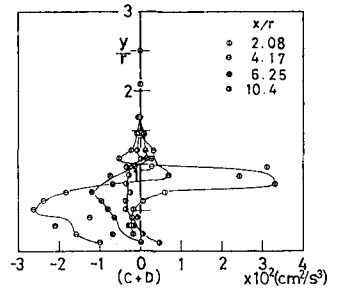


Fig. 9

＜参考文献＞

- 1) 高橋進夫・木村喜代治：大粗度後流域における流れ特性に関する基礎実験，土木学会第35回年次講演会講演集，1980.
- 2) 木村喜代治：長方形水路における流れの一近似解析，土木学会論文報告集，No. 251，1976. 7.
- 3) 今本博彦・藤井義文・西尾誠・田中一彦：開水路断面変化部における流れの流理特性について (3)，京都大学防災研究所年報，第21号B-2，1978.
- 4) 石川忠晴：断面急変に伴う制離領域の下流部の流れと底面せん断力について，土木学会論文報告集，No. 257，1977. 1.
- 5) 例えは，Hinze, J. O. : Turbulence, 2nd. ed., McGraw-Hill, 1975.