

日本大学工学部 正員 〇高橋 迪夫
日本大学工学部 正員 木村 喜代治

1. ま え が き

水路床上に存在する半球粗度周辺、とくに下流部の流れの構造を把握することは、礫床河川における粗度の流れに及ぼす影響、あるいは河川構造物周辺の流れの特性を明らかにしていく上で重要であろう。

2次元的な形状を有する河床波、断面変化部、等の下流部の剥離を伴う流れに対する乱流構造に関しては種々の検討^{1), 2), 3)}が加えられてきている。しかしながら、本報で対象としている半球粗度下流部における流れは、河床面の存在に加えて粗度上方および側方から後流域への3次元的な流れ込みの影響によって、2次元的な形状の下流部における流れの構造とはやや異なった特性が存在するものと推測される。一方、粗度下流部の流れの中でも、とくに粗度に近い領域は変化が急激であり、解析的に表現し難い部分である。しかしながら、流れのエネルギー損失の大部分がこの領域で生じ、粗度が流れに及ぼす影響を把握するためには粗度に近い領域における流れの構造の検討が重要になってくると考えられる。

本報は、半球粗度下流部の粗度に近い領域における流れの構造が、フルード数および相対水深の相違によってどのように変化するかを平均流および乱れの特性的面から実験的に検討したものである。

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のアクリライト製のものであり、上流端より約4.7mの水路底面中央部に粗度要素として粗度高 $k=1.92\text{cm}$ のプラスチック製半球が設置されている。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。実験は、Table 1に示すような条件で行われた。ただし、表中の u_{*b} は水路底面の平均摩擦速度である。

3. 実験結果および考察

Fig. 1は、粗度下流部の流況を把握するために、粗度下流下中心軸上($z/k=0$)における流下方向の時間平均流速 $\bar{u}$ および乱れ速度 $\bar{u}'$ の分布の一例を示したものである。この図より、粗度を越えた流れの平均流速の欠損

Table 1 実験条件

Case	i	Q (cm^3/s)	H (cm)	U_m (cm/s) (Q/BH)	$\bar{u}_{*b}$ (cm/s)	F_r (U_m/gR)	Re ($U_m R/\nu$)
F-1	1/1000	4600	5.52	33.3	1.98	0.54	1.12×10^4
F-2	1/563	6750	5.60	48.2	2.65	0.78	1.68
F-3	1/246	11330	5.56	81.5	3.99	1.33	2.75
R-1	1/1020	1860	2.88	25.8	1.53	0.54	0.55
R-3	1/1200	7090	7.74	36.6	2.00	0.54	1.64

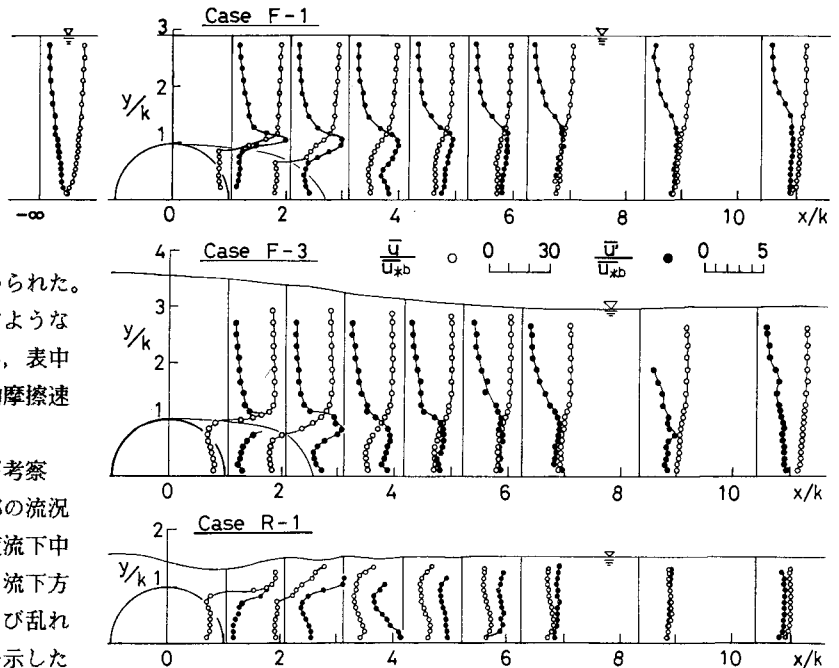


Fig. 1 粗度下流部の平均流速および乱れ速度の分布

が流下に伴って回復していく過程ならびに乱れ速度が減衰，平均化していく過程が概観される。Case F-1とF-3を比較すると，常流に比べ射流の方が流速欠損の回復ならびに乱れ速度の減衰の過程が幾分速まることが認められるが⁴⁾，全体的にはほぼ類似の傾向を示すことがうかがわれる。一方，Case R-1の流況はF-1とはやや異なっていることが認められる。これは，相対水深の小さい流れにおいては粗度下流部にかなり大きな水面の変動が生じ，また再付着域下流側には路床面に沿う流れが存在することに起因するものと推測される。

Fig. 2は，平均流エネルギー U_m^2 で無次元化された相対乱れエネルギー $\overline{q'^2}/U_m^2$ の流下方向の変化を示したものである。ただし， $\overline{q'^2} = \overline{u'^2} + \overline{v'^2} + \overline{w'^2}$ 。この図より，粗度下流部の剥離域と後流混合域とのせん断層において生成された乱れエネルギーは，粗度直下流の $x/k=2\sim 3$ 程度においては粗度外縁上で鋭い1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路床面および水面方向に輸送，拡散され，平均化されていく傾向が認められる。流下が進み $x/k=15$ 程度になると，後流混合域の分布特性は幾分残っているものの，路床面側から次第に接近流の分布に漸近していく傾向が認められ，壁面境界層が徐々に再発達してきていることがうかがえる。

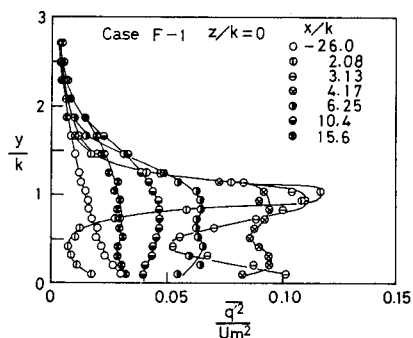


Fig. 2 乱れエネルギーの流下方向の変化

Fig. 3は，フルード数および相対水深の相違によって相対乱れエネルギーの分布がどのように変化するかをみたものである。この図より，射流のF-3の相対乱れエネルギーの大きさは， $x/k=2.08$ の路床面側を除いて，常流に比べて全体的に小さくなっており，また流下に伴う減衰もより速やかとなり， $x/k=10$ 程度で接近流にほぼ一致した分布をとることが認められる。なお，F-3の路床面側の乱れエネルギーは，剥離長がF-1に比べてやや短く，その結果，この領域の乱れエネルギーの生成，輸送が幾分活発に行われているものと推測される。一方，相対水深の小さいR-1においては，水面変動の影響によって $x/k=6$ 程度までは水面近傍においてもかなり大きな乱れエネルギーを有することが認められる。しかしながら，流下が進み水面変動がほとんど認められなくなる $x/k=10$ 程度になると，F-1とほぼ類似の分布形をとることが見られる。

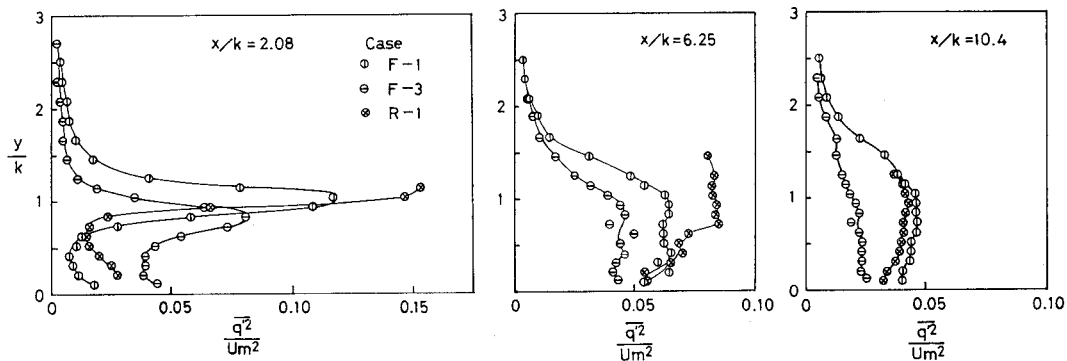


Fig. 3 フルード数および相対水深の相違による乱れエネルギーの変化

おわりに：本報では，平均流速と乱れエネルギーの分布の一例によって，フルード数および相対水深の相違による流れの構造の変化を検討したが，今後はさらに他の乱れ特性量も含めて詳細に検討も加えていきたい。

<参考文献>

- 1) 上野鉄男：京都大学防災研究所年報17号B, 1974. 3) 福津家久，他：第31回水理講演会論文集，1987.
- 2) 今本博健，他：同，18号B, 1975. 4) 高橋・木村：土木学会第42回年次講演会概要集，1987.