

開水路複断面流れの水理特性について

京都大学防災研究所 正員 今本博健
京都大学大学院 学生員 ○久下俊丈

開水路複断面流れにおいては、高水敷上の流れと低水路内の流れとの間の速度差に基づく強いせん断力が発生し、高水敷先端近傍に低平均・高乱れ速度を有する領域の存在が認められるなど、単断面流れの場合に比しかなり複雑な挙動を示す¹⁾。また、慣性領域とみなされる高周波数領域の乱流構造については、局所的等方性を満足する相似則が成立することが実験的に確かめられている²⁾。本報告は、複断面流れにおける乱流構造を明確に把握するため、複断面形状とスペクトル特性との関係について実験的に検討したものである。

1. 実験装置 および方法

実験水路は、幅40cm、深さ20cm、長さ13mの単断面直線水路であって、種々の大きさの合成樹脂板を高水敷として水路両側壁に沿って敷設することにより図-1に示めされるような複断面が形成される。速度計測にはホットフィルム流速計が用いられ、サンプリング周波数20Hzおよび160Hz、データ数 $N=500$ で5回の繰り返し解析のデータ処理が行なわれている。なお、計測は図-1に示めされる点A、B、Cの3点で行なわれている。

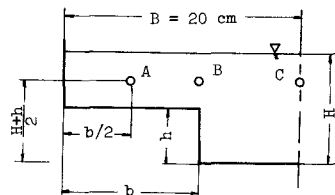


図-1 水路断面図 I

2. 断面形状とスペクトル特性

速度計測は、表-1に示されるように、高水敷幅 b 、水深 H 、路床勾配 I の3量のうち、2量を一定に保ち、残りの1量を変化させた水理条件下で行なわれている。なお、高水敷高は $h = 3.2\text{cm}$ の一定とされている。

まず、高水敷幅 b を変化させた場合のスペクトル $S(f)$ は図-2に示されるように、 b の変化にかかわらず、ほぼ10Hz以上の周波数領域では、慣性領域におけるスペクトル相似則として広く認められて

	b; variable				H; variable				I; variable					
高水敷幅 b	4	8	12	16	12				12					
水深 H	4.8				4.0	4.8	6.4	8.0	4.8					
路床勾配 I	1/400				1/400				1/400	1/300	1/200	1/150	1/100	1/60

表-1

いる $-5/3$ 乗則に従うことが知れる（ただし、図ではたて軸に $f \cdot S(f)$ が用いられているため勾配 $-2/3$ が相当する、以下同じ）。また、低周波数領域の $S(f)$ について単断面流れの場合に比し、若干複雑な性状を示めることが知れる。

つぎに、水深 H あるいは路床勾配 I を変化させた場合の $S(f)$ については、図-3あるいは図-4に示めされるように、やはり10Hz以上の高周波数領域では、水深の変化にあるいは路床勾配の変化に関係なく、 $-5/3$ 乗則に従う傾向が認められる。

以上は低水路中央部（C点）での計測結果について検討したものであるが、高水敷中央部（A点）あるいは高水敷先端部（B点）での計測結果についてもほぼ同様の傾向が認め

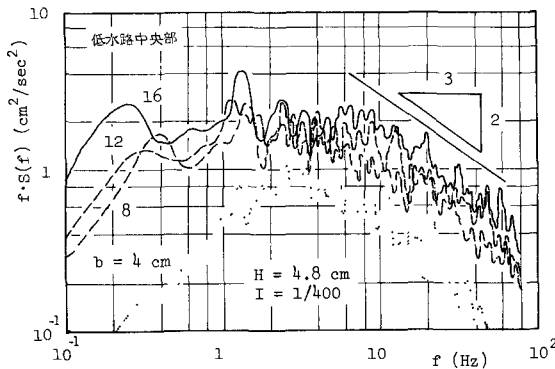


図-2

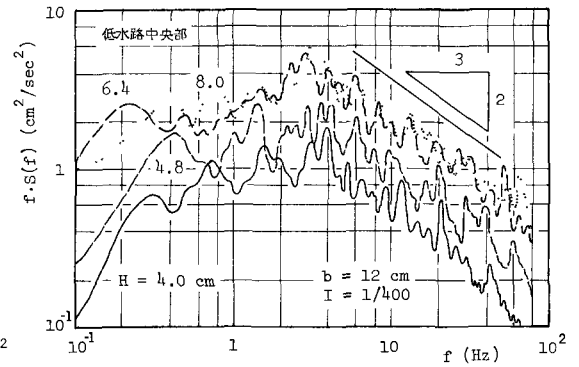


図-3

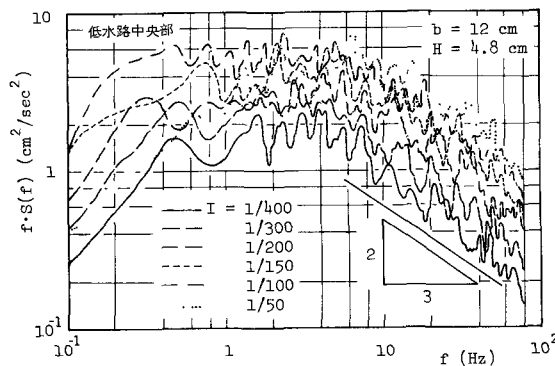


図-4

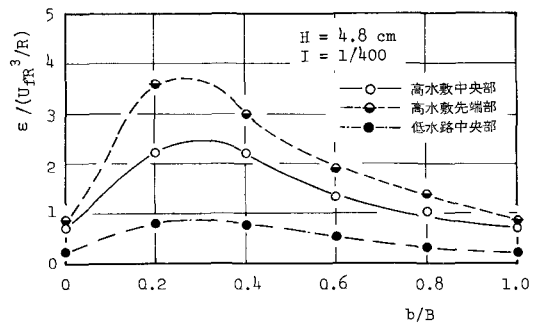


図-5

られ、複断面流れの乱流構造は、高周波数領域を対象とするかぎり、断面形状、水理条件に依存なく、慣性領域の特性として知られる $-5/3$ 乗則の成立性が認められる。このことは、複断面流れにおける乱れについても高周波数領域のものには局所的等方性の概念が適用されることを示すものであり、エネルギー-逸散率および動粘性係数 ν のみによってその乱流構造が決定されることになる。

いま、慣性領域のスペクトルに凍結乱流の仮定を用い、波数スペクトルに関する相似則を周波数スペクトルのそれに書き直し、スペクトル定数として 0.47 を用いて算定されるエネルギー-逸散率と高水数幅との関係を示すと図-5のようになる。図では、 ε および b は $\varepsilon/(U_R^3/R)$ および b/B で表わされているが(ただし、 U_R :摩擦速度で $U_R = \sqrt{gRI}$)、 A 、 B および C 点のいずれの計測位置においても、 $b/B = 0.2 \sim 0.4$ で $\varepsilon/(U_R^3/R)$ が最大となっている。このような特性は、流量および高水数高を一定とし高水数幅を変化させた場合の複断面流れに関する U_m/U_R と b/B との関係(U_m :断面平均流速)において、 $b/B = 0.4$ 付近で U_m/U_R が最大となるという実験結果¹⁾と対応するものであり、複断面流れの取扱いにおける乱れ特性解明の重要性を示すものといえよう。

参考文献

- 1) 今本博健, 入下俊夫; 複断面流れの水理特性に関する基礎的研究, 京大防災研年報, 17号B, pp. 663~677, HB49.4.
- 2) 今本博健, 入下俊夫; 複断面流れの乱れ特性に關し, 第21回年次学術講演会講演概要集, pp. 24~25, HB49.