II-152　吸込みや吹出しを伴う開水路粗面乱流の特性

京都大学大学院　学生員　松本直也
京都大学工学部　正員　祢津家久
京都大学工学部　正員　中川博次

1．まえがき

近年，開水路流の乱れ計測も実用の域に達し様々な成果が得られてきたが，さらに広範囲な工学的応用を考えるとき，外部からの積極的な働きかけによる乱れの制御は重要な研究課題になるものと思われる。このような観点から，著者らは多孔質の底面を通して水流の吸込みや吹出しがある場合の開水路流れの特性を系統的な実験に基づいて考察し，その成果を逐次報告してきた[1)～4)]。本報では，粗面乱流の場合に流出入が乱れ特性に及ぼす効果を実験的に求め，滑面乱流の場合と比較することによって粗度の効果を検討する。

2．実験及び資料解析

実験装置などは文献(2),(3)を参照されたい。壁面粗度として多孔板上に表-1に示す各寸法の金網を設置したが，ケースH-1，I-1及びK-1はそれぞれ水理学的滑面，不完全粗面，完全粗面の領域に属し，流出入によってU_*の値が変化[1) 3)]してもこの領域特性は変わらなかった。計測は1成分hot-film流速計によって行われ，1測点当り5000個のデータをA-D変換したのち電算機処理した。また，F·F·T法（データ数4096個）によるスペクトル解析を行った。得られた諸量は，その絶対量の変化がわかりやすいように，流出入の無い場合の摩擦速度U_{*0}及び水深hで無次元化して図示した。

Case	mesh diam. (cm)	mesh size (cm)	ks_0^+	h (cm)	U_{*0} (cm/sec)	Fr	Re $\times 10^{-4}$
H-1	—	—	4.9	8.07	0.804	0.17	1.1
I-1	0.08	0.3	42.7	8.33	1.046	0.16	1.1
K-1	0.39	1.6	314.3	7.60	1.628	0.18	1.2

表-1　実験条件

3．実験結果の考察

図-1に乱れ強度分布u'/U_{*0}（$u'=\sqrt{\overline{u^2}}$）の流出入による変化を示す。吹出しで増加し吸込みで減少するという傾向がいずれの場合でも見られるが，滑面の場合には顕著であるのに対し，完全粗面ではほとんど差異がなくなってくる。このことは，滑面と粗面における乱れの発生機構の相違に起因すると考えられる。滑面の場合，乱れは間欠的ないわゆるbursting現象によって発生することが知られているが[5)]，その発生周期は流出入によって敏感に変化するものと推測される。一方，粗面の乱れは，粗度要素の後流の剥離渦がMagnus効果で上昇することによって発生すると推測されるが，その機構は現在でも不明

	$\beta=v_0/U_{*0}$ H-1	I-1	K-1
○	0	0	0
ϕ	0.05	0.04	0.04
⊖	0.10	0.09	0.08
◐	-0.05	-0.04	-0.04
◒	-0.10	-0.09	-0.08

表-2　記号説明

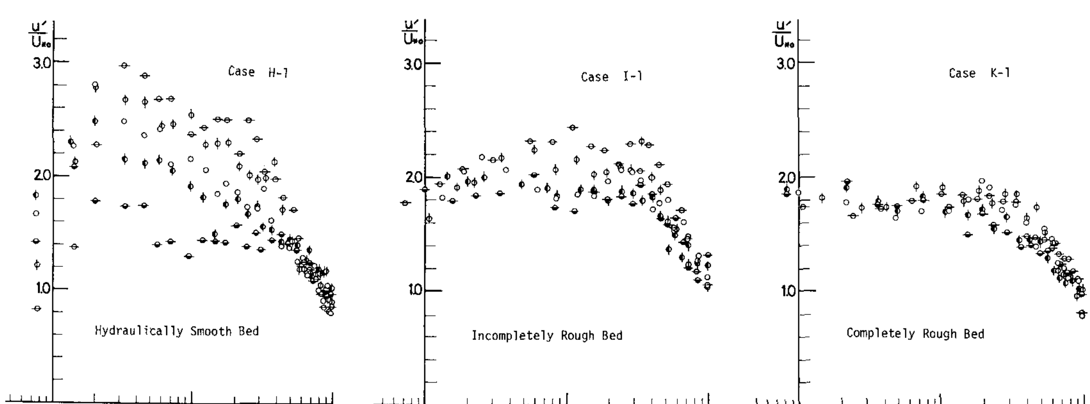

図-1　乱れ強度分布

である。吸込みでは粗度要素に対する接近流速が増加するから剥離渦の発生が促進され，吹出しでは逆に抑制されるであろう。一方，発生した剥離渦は吹出しでは積極的に流れの中に放出されるのに対し，吸込みでは底面近くに拘束され一部は吸込まれる。この相殺効果によって乱れの発生量はあまり変化しないものと考えられる。自然河川は粗面乱流であり局所的に $|\beta|<0.1$ 程度の流出入があっても顕著な乱流構造の変化はないが，$|\beta|\gg 0.1$ の場合には，滑面乱流の実験結果[4]から判断して何らかの変化を示すと予想される。

図-2,図-3はそれぞれスペクトル解析から得られたマクロスケール L_x/h 及びミクロスケール λ_x/h の分布である。滑面の場合は，吸込みで増加，吹出しで減少し，この特性は河床面ほど著しいが，粗面の場合は $\beta=0$ の分布からあまり変化せず，$L_x/h\sim(y/h)^{\frac{1}{2}}$, $\lambda_x/h\sim(y/h)^{\frac{1}{3}}$ という普遍特性[5]が見られる。L_x は混合距離 $l\equiv\kappa_0 y$ と相関があるから，滑面乱流の場合に指適した κ_0 の実質変化[4]も粗面では著しくないと考えられる。次に波数スペクトル $S(k)$ には Kolmogoroff の $-\frac{5}{3}$ 乗則の成り立つ慣性領域の存在が認められたから，スペクトル定数を0.5として乱れエネルギー逸散率 ϵ が評価され，その結果が図-4に示される。ϵ も粗面乱流ほど流出入の影響をあまり受けないことがわかる．乱れエネルギー式は $P\fallingdotseq\epsilon+T$（$P$ は発生率，T は拡散率）であるが，$0.1<y/h<0.6$ の平衡領域では $P\fallingdotseq\epsilon$ と考えられるから[7]，すでに示唆した乱れ発生量に関する流出入の影響特性もここで裏付けられる。一方，$0.6\leqq y/h\leqq 1.0$ の自由水面領域では $\epsilon\fallingdotseq -T$ であるが[7]，3ケースとも流出入による変化は顕著ではなく，滑面乱流と同様，この領域には壁面粗度や流出入の影響は及んでいないと考えられる。

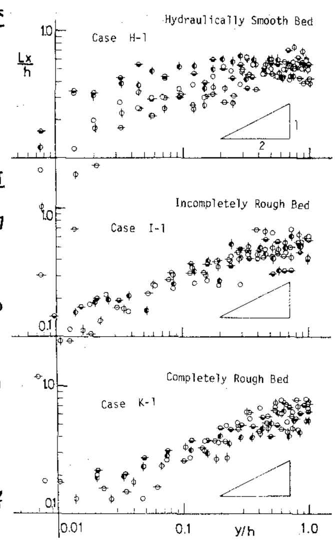

図-2 マクロスケール

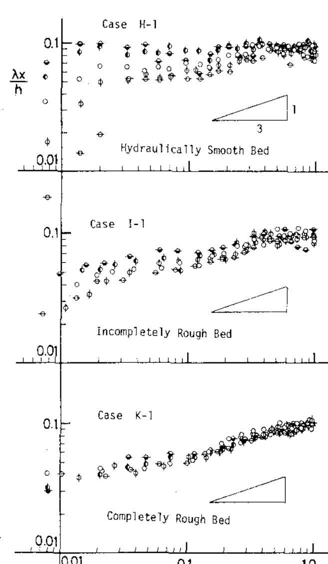

図-3 ミクロスケール

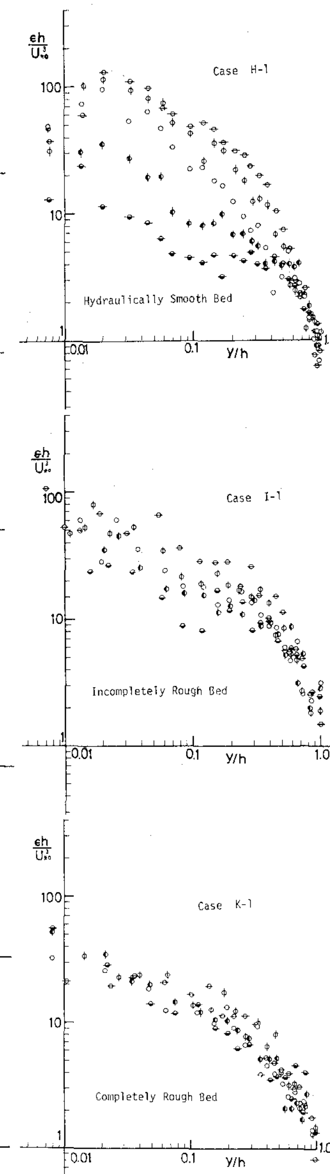

図-4 乱れエネルギー逸散率

4. あとがき

以上の実験的考察より，乱れ特性に及ぼす吸込みや吹出しの効果が粗度によって打ち消されることがわかった。このことは粗面と滑面における乱れ発生機構の相違によるものと推測されるが，乱れ発生機構（特に粗面の場合）の研究はまだまだ十分とは言えず，今後流出入率を広範囲に変化させた影響を検討して行きたい。最後に，本研究の実験・解析等には，藤原吉美（関西電力），大仁孝太郎（京大大学院生）両氏の多大な協力を得た。ここに謝意を表す。

〈参考文献〉 1) 中川・祢津・為沢・大仁，関西支部年講，1976，II-30，2) 為沢・中川・祢津，土木学会年講，1976，II-223 3) 中川・祢津・藤原，関西支部年講，1977，II-36 4) 中川・祢津・松本，関西支部年講，1977，II-37 5) 中川・祢津・為沢，土木学会年講，1975，II-193 6) Kline et al. JFM 1967 vol. 30 7) Nakagawa et al. JSCE, 1975, No.241.