

日本大学工学部 正 員 長 林 ス 夫
日本大学工学部 正 員 木 村 喜 代 治
日本大学工学部 学 生 員 及 川 孝 一 郎

1. はじめに : 本研究においては複数の境界面を持つ水路の乱れ特性量の把握を目的として、これまでに基本的な形状を有する長方形開水路において主流方向の乱れ特性量に対する側壁の影響についての実験的検討を行って来た。本報ではこの側壁の影響についてより広く検討する

ために、水路幅・水深比 B/H と二次元的な取扱いの可能な流れから水路幅 B に比べて水深 H の深い流れについての実験を行った。測定水理量は表-1 に示されておりである。測定は幅 10cm 、長さ 8m のアクリル製可傾斜水路において行った。この表においてケース C-1 D は上記の水路における測定であり、ケース G は幅 40cm 、長さ 15m の水路での測定結果を示している。速度計測には円錐形プロローブをもつ熱線流速計を使用して主流方向成分のみを測定した。

表-1 測定水理量

CASE	H (cm)	B/H	Um (cm/s)	I	Re UmR/ν	Fr $Um/\sqrt{gH}$	T (°C)
G-1	4.11	9.73	83.1	0.00453	26100	1.44	17.0
G-2	7.03	5.69	71.0	0.00271	35800	0.99	19.0
G-3	9.85	4.06	84.0	0.00271	37300	1.18	14.0
G-4	24.0	1.67	35.4	0.00263	36100	0.342	17.5
C-1	1.53	6.51	26.9	0.00248	3070	0.799	19.0
C-2	3.61	2.76	42.9	0.00238	8850	0.947	19.8
C-3	7.08	1.41	51.6	0.00250	14800	0.962	19.5
C-4	9.42	1.06	55.1	0.00270	17100	0.968	18.0
D-1	1.96	5.08	24.8	0.00160	3130	0.668	15.9
D-2	4.60	2.17	34.5	0.00163	7130	0.713	14.5
D-3	5.69	1.75	36.4	0.00150	8890	0.714	16.9
D-4	8.01	1.24	41.4	0.00174	10500	0.755	12.9
D-5	9.48	1.05	42.1	0.00155	11500	0.744	13.3

2. 乱れ強さの分布に関する一考察 : 図-1 は表-1 におけるケース D についての平均流速と乱れ強さの水路中央部での鉛直分布を示したものである。この図より流速分布は B/H の減少とともに最大流速位置が自由表面から低下しており、それに伴い乱れ強さ U' の分布も B/H が約 5 において U' の最小値が水面にあったものが B/H の減少とともに最小位置も自由表面から低下する傾向を示している。また U' の最大位置と U' の最小位置はほぼ一致するようである。これは流速の最大位置とレイリス応力 $-U'W = 0$ の位置が一致するという今本等の報告と同様の傾向を与えている。

乱れ強さに対する側壁の影響について検討するために、図-2, 3 には乱れ強さの無次元表示が B/H によってどのように変化するかと示している。この関数表示に用いた各鉛直測線上の底面摩擦速度 u_{*b} は流速分布の最大位置まで対数則が適用できると仮定して流速分布の実測値より逆算したものと使用している。

図-2 は水路中央部での鉛直変化を示し、図中の実線は今本による関数表示をプロットしたものである。この図より二次元的取扱いが可能と思われる B/H が 7 以上の G-1, G-2 の 2 ケースについては図中の実線と一致した傾向を示しており、また図-1 において見られたように最大流速位置が自由表面下にある流れにおいては、ほぼ B/H が 6 以上で関数表示に上昇する傾向があり従来の関数表示と異なる傾向が見られた。

図-3 は側壁近くでの鉛直変化を示しており、ケース G は側壁からの相対距離 $2y/B = 0.05$ と、ケース D は $2y/B = 0.1$ について示している。ここでは水路中央部とは異なる

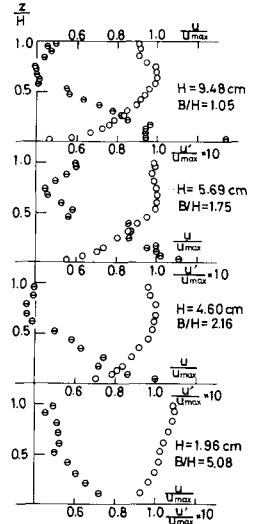


図-1

乱れ強さの分布は底部より水面近くまではほぼ同一オーダーとして見られるが、乱れ強さが直線的であると仮定した場合に $0.1 < z/H < 0.6$ の範囲において直線の勾配が B/H の減少とともに増加する傾向が見られ、 B/H による変化が表われているものと考えられる。

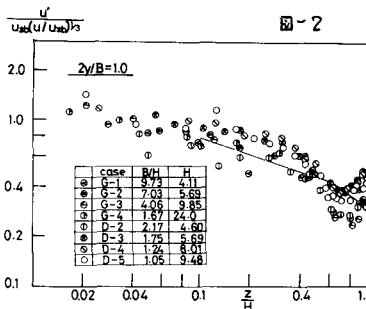


図-2

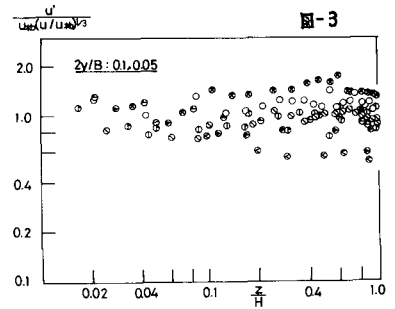
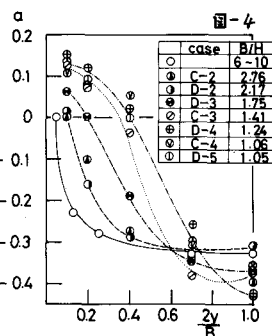


図-3

図-4は乱れ強さに対する側壁の影響を表現し易くするために乱れ強さの関数表示と $\frac{u'}{u+1(u/u_{\text{ref}})^2} = b(\frac{z}{H})^a$ と仮定して図-2, 3より $0.1 < \frac{z}{H} < 0.6$ の範囲での指数 a の変化を $2y/B$ によって示したものである。図中の曲線はそれぞれのケースと通過する曲線の中で特徴的なものを引いたものである。この図より B/H の減少に伴って関数表示の指数がゼロになる地点の距離が側壁より離れて、 B/H の小さな流れでは $2y/B$ が 0.4 付近においても強く側壁の影響を受けていると考えられる。



3. 波数スペクトルに関する一考察

図-5は縦軸に一次元波数スペクトル $S(k)$ に波数 k を乗じて示し、横軸には波数 k を表わしている。この図は波数に対応した変動エネルギーの場所的変化を検討する目的で示したものである。図-5はケース C-4 の水路中央部の鉛直変化を示している。波数約 1 以上のスペクトル形状の変化と底部より上部へと調べて行くと z/H が約 0.3 の No. 6 の地点まではゆっくりと全エネルギーに対する波数約 1 以上の高波数側のエネルギーの割合が減少する傾向が認められるようである。また z/H が約 0.5 までの水面までの地点におけるスペクトル形状にはあまり変化が認められないようである。この傾向は B/H の大きな流れにおいては見られないものであり、図-1における乱れ強さが水面方向へ増大する部分とも一致して興味深い点として考えられる。

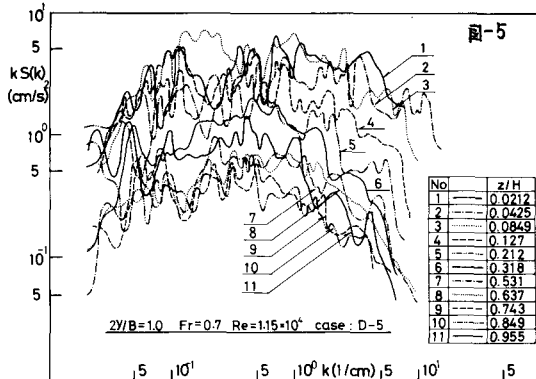
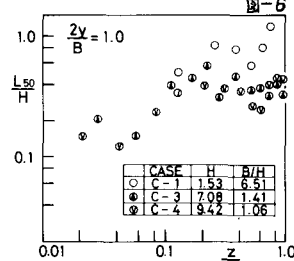
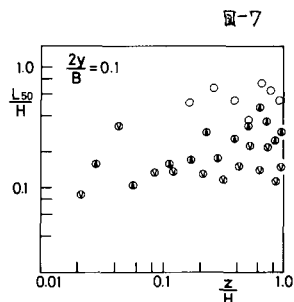


図-6, 7は全エネルギーの 50% が通過する波数を累加百分率より求めて、その逆数を L_{50} とお付けして水深で無次元化したものである。図-6は水路中央部の鉛直変化を示している。この図より、 B/H の大きなケース C-1 については地点の上昇に伴う渦径の増加傾向が見られ、全エネルギーに対する低波数側の割合が増加する傾向があると考えられる。



またケース C-3, 4 においては z/H が約 0.2 位までは渦径の増加傾向が見られるが、それ以上の地点においては図-5のスペクトル分布形と同様に渦径の変化はあまり認められないようである。このことは底面の影響だけでは説明できない点である。またケース C-3, 4 での水面近くの渦径の大きさは水深の約 4 割程度であり、その波数は図-5のスペクトル分布において生成領域から慣性領域への遷移波数に相当し、本等による再構成性の遷移波数に対する支配スケール L_1 に近い値を示していると思われる。図-7は側壁近くでの鉛直分布を示しており、バウツキはあるものの各ケースとも水面に向かってわずかながら渦径の増加傾向が認められる。



4. おわりに: 水路幅・水深比を変化させた流れにおいて乱れ強さは B/H の減少とともに水路中央部付近まで側壁の影響が及んでいることが認められた。 B/H の小さな流れにおける波数スペクトルより得られた渦径は水路中央部において最大流速点付近より水面近くまではあまり渦径の変化はないようである。このような流れにおいては壁底面に支配された流れの構造に自由水面、二次流等の存在を考慮しなければならないが、今後データの精度向上、充実は必要である。この点に固着する検討を行いたいと考えている。参考文献 ① 長林・木村 土木学会年報 1978年, II-233 ② 珠野・今本・石垣 土木学会年報 1976年, II-217 ③ 今本「開水路流れの乱れ特性」水工学シリーズ 76-A-2, 1976年