

日本大学工学部 正員 長林 久 夫
 日本大学工学部 正員 木村 喜代治

1. はじめに 複数の境界面を有する流の場は、固体境界面や自由水面によって規定され、二次流を含めた大規模渦構造の複雑な乱流場となっている。本研究はこの様な流の場を把握するために基本的な形状を有する長方形開水路において乱れの計測を行い、乱流構造の面から各境界面の役割に関する検討を行ってきた。本報は滑面開水路に引き続き底面粗面開水路（平均粒径5mmの鉛球一層敷き詰め）において、表-1に示すようにB/Hを変化させ側壁及び自由水面の効果に関する検討を行った。実験は長さ15m、幅10cmの開水路において、二成分ホットフィルム流速計による乱流計測である。

2. 乱流特性の水路横断面分布

乱流特性から見た各境界面の粗度が異なる開水路は境界面の効果が顕著に生ずる点において工学的興味がある。しかし解析上の問題点も多く、底面及び側壁からの乱流混合、水路横断面内の二次流の効果、最大流速位置の変化との関連等多くの問題点が残されている。

図-1は水路横断面内の主流流速の等流速分布図を示している。最大流速の水面からの降下と底面側での流速の低下が見られるが平均流からだけでは壁面の粗滑の効果は検討しがたい。図-2の主流の乱流強度においては、底面側の強度が幾分大きく分布しているがその支配領域は滑面開水路ときほど変らないようである。また底面と側壁との隅角部での乱流強度は滑面水路に比べて大きく底面粗度の影響が滑面の側壁まで及ぶものと思われる。レイノルズ応力の分布では、図-3に見られるようにu'v', u'w'が相互に作用する領域が対角線状に引かれた境界よりやや上方に見られ、運動量の混合域が存在し壁面での乱流強度の増加を促すものと考えられる。またu'v'についてはH=10, 20cmの水面側に滑面水路と同様に負の領域が存在する。一方v'w'のH=20cmの側壁近くの分布に見られるようにy=7~9cmあたりに強度の強い領域が見られ、水路断面内の二次流の分布とも関連していると考えられる。

3. 流速分布に関する検討

水路横断面内の流速については古くから検討が成され断面分割法等多くの提案がある。ここでは

三次元の流速分布則の前段階として、各境界面の役割の検討をすべく二次元表示を試みる。流速分布式としては対数則を用いる。粗面水路への対数則の適用に当たっては、粒子径が大きい場合に相当粗度決定の問題がこの。従ってここでは、周面摩擦速度をレイノルズ応力の直線分布と剪断応力の関係(式(1))から求め、式(2)の対数則から底面の相当粗度を計算した。

$$\begin{cases} -u'v' = \{1 - (y/H)'\} u_{*b}'^2 - \nu du/dy \\ -u'w' = \{1 - (z/B)'\} u_{*w}'^2 - \nu du/dz \\ \dots \dots \dots (1) \end{cases}$$

$$\begin{cases} u/u_{*b}' = 1/k \cdot \ln(y/y') \\ u/u_{*w}' = 1/k \cdot \ln(z/z') \\ \dots \dots \dots (2) \end{cases}$$

ここでu_{*b}', u_{*w}' : 底面, 側壁の摩擦速度
 y' = k_s / 30, z' = 0, 111 u_{*w}' / ν
 k_s : 相当粗度 k : カルマン定数 0.4

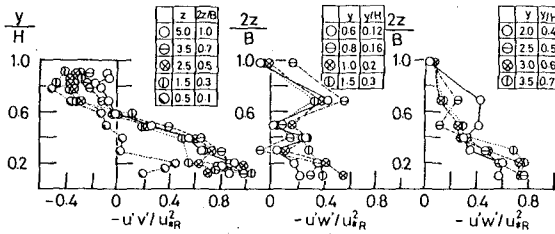
図-4はレイノルズ応力の各壁面からの分布を示す。H=5.0cmのu'v'の分布はほぼ直線で示され最大流速位置でゼロとなる。u'w'は最大流速付近で二次元的な分布を成している。一方H=20cmでは底面からy/H=0.3程度でu'v'がゼロとなる。これより上方では二次元表示が不可能となる。よってここまでの支配距離をH', B'とおき、式(1)を用いて摩擦速度を決定した。これらの摩擦速度の適合度を滑面の側壁上で調べたのが図-5である。底面からの対数則によって求めた相当粗度を図-6に示す。これよりk_s=0.72d_mで示され、水深の増加につれk_sの急激な減少が見られた。本研究は昭和59年度文部省科研費(奨励研究)援助を受けた記して謝意を表す。

表-1 測定水理量

Case	H (cm)	B (cm)	H/B	Q (cm ² /s)	U _m (cm/s)	T (°C)	I	γ	R (cm)	Re = U _m R/ν	Fr = U _m /√gR	U ₁ (cm/s)
E-R1	19.96	9.96	0.499	8187	141.2	16.0	0.001710	0.0147	3.97	1.11×10 ⁴	0.661	2.58
E-R2	3.89	3.86	1.007	3634	130.8	10.0	0.001517	0.0131	3.32	0.78×10 ⁴	0.540	2.33
E-R3	4.95	9.96	0.212	1053	121.4	6.0	0.001457	0.0147	2.48	0.36×10 ⁴	0.434	1.88

図-4 レイノルズ応力分布に関する検討

H = 5 cm



H = 20 cm

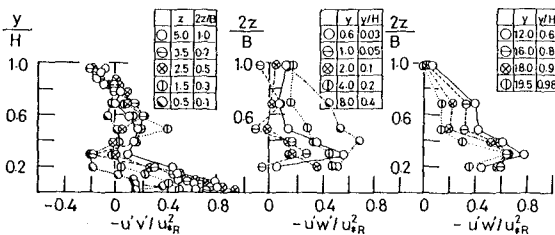
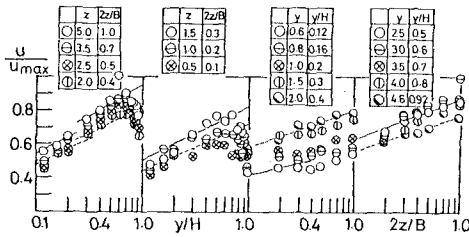


図-5 主流流速分布に関する検討

H = 5 cm



H = 20 cm

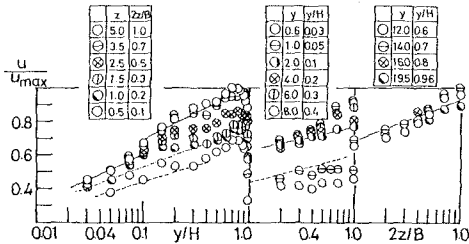


図-6 相当粗度に関する検討

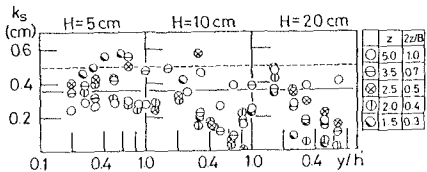


図-1 等流速分布曲線図

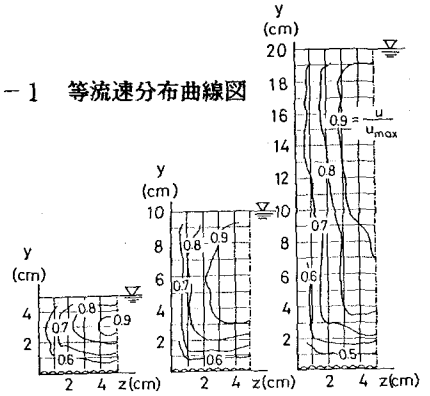


図-2 等乱流分布曲線

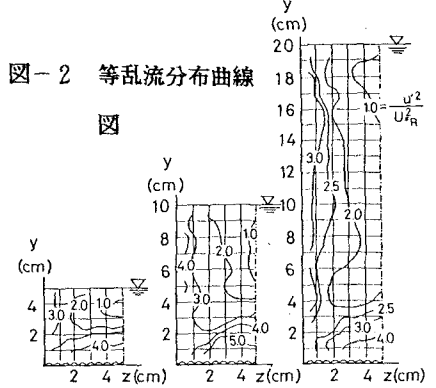


図-3 等レイノルズ応力

分布曲線図

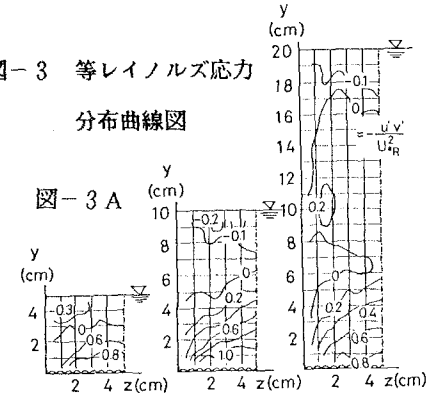


図-3 B

