

京大防災研究所 正員 村 本 嘉 雄

1. まづがまゝ、弯曲水路における流れの遷移過程は、渦度三成分の主流方向の分布より粗視的に把握すると、既報(その6)で述べたように、発生域、発達域、一様域の三種の領域に区分することゝできる。本報告では、境界条件、水理条件の異なる若干の実験結果から、各領域の特性および存在範囲について再検討するとともに、流水断面内の局所的な渦度分布について吟味する。また、発生域の限界について、左面壁を主体として導いた式による計算値と比較検討する。

2. 渦度分布に各種要素の影響；実験はいずれも長方形断面の単一弯曲水路で行なひ、たゞ、その諸条件は表-1に示されておりである。同表で、 h_1 , Fr_1 は弯曲部流入点の水深、Froude数を表わしている。既報と同様の手法で壁面近傍を除いた流水断面内の代表的な渦度 ζ , η を求め、これらの水路中心線に沿、た変化を図示すると、図-1(a)~(e)のようになる。

各図で、鎖線および破線は渦度保存則から導かれた式、

$$\zeta = -2\gamma_s \theta + \zeta_s \quad (1)$$

を示している。これらの図より、上、下流直線部、弯曲部の渦度の特性および実験条件の影響を要約するとつぎのようになる。

1) 上流直線部の渦度は、二次流(ζ)の発生を急激なI-1の実験をも、上流25 cm での影響が著しいとあり、二次流は弯曲部流入点の極く近傍に発生すると考えられる。

2) 弯曲部内では、すべての実験ケースで発生域および発達域が認められ、かつ、一様域は明確でない。また、発生域において

実験 番号	水路材料 (粗度係数)	弯曲 半径 (R)	水路中 心曲 率 (R/B)	r_c' (r_c/B)	路床 勾配 (i)	流量 (Q /sec)	水深 h_i (cm)	Fr_i	Re (10^4)	
I-1	塩化ビニル ($n=0.00186$)	90	25	1	$1/500$	8.5	8.6	0.43	2.78	
I-2	"	"	75	3	"	"	7.3	0.56	2.64	
II-1	コンクリート ($n=0.0134$)	180	50	1.5	$1/500$	10.0	5.1	0.55	1.75	
II-2	"	"	"	"	$1/200$	25.0	6.0	1.08	3.82	
II-3	"	"	150	3	$1/500$	10.0	5.5	0.50	1.75	
II-4	"	"	"	"	$1/200$	20.0	4.8	1.21	3.06	
III-1	塩化ビニル ($n=0.00186$)	90	50	150	3	$1/500$	10.0	4.9	0.58	2.49
III-2	アクリル板 ($n=0.016$)	"	"	"	"	"	6.4	0.39	2.28	

表-1 実験条件

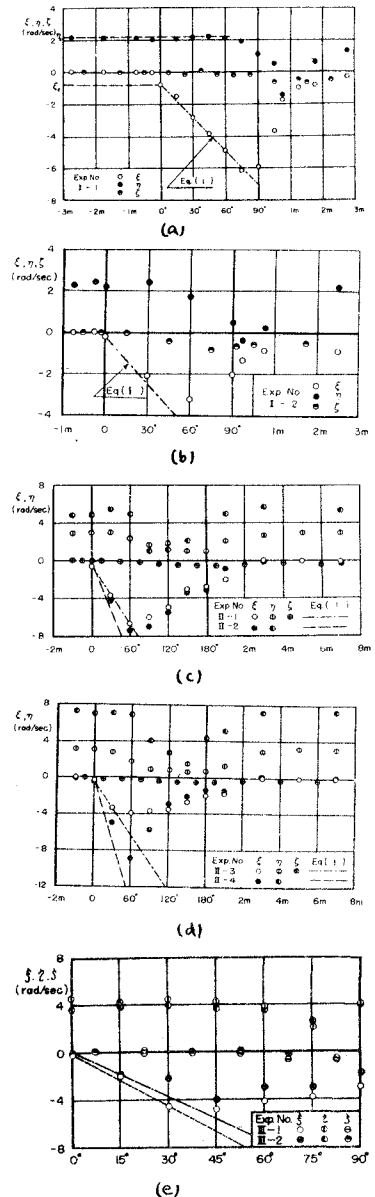


図-1(a)~(e) 渦度分布

て、(1)式は曲率の大きい実験ケースには適合するが、一般に適用範囲は狭い。

3) 下流直線部における速度は、上流直線部に比べて弯曲部の影響範囲が広く、2~4mに及んでおり、多くは5~7、7~7.5、7.5~10に回復する。しかし、I-1の場合には、流出直後速でも7に減少し、それが発達しており、発達域の特性を保持している。

4) Fr数および粗度の影響は、それぞれ図-1(c),(d)および(e)に示されるように、Fr数の増加、粗度係数の減少によってその逆転値は増加しているが、領域範囲には変化を及ぼしていない。

5) 弯曲偏角の影響は、 $\theta=30^\circ$ (図-1(b),(d),(e))から検討すると、(b),(d)では一致しているが、(e)では若干異なる。

6) R_c の影響は、 $R_c=1$ の場合、発生域の範囲(θ)が大きくなり、その直線性も明確になる。特に、 $R_c=1$ の実験ケースでは、 $\theta=75^\circ$ より大きいものが多いと見られる。

以上、4)~6)に述べた諸条件の他にRe数、 h/g 、断面形状等々の要素が考えられるが、本実験の範囲では、明らかにできず、各要素の検討はさらに広範な実験が必要であろう。

3. 局所的な速度分布； 図-2(a),(b)はII-1の実験でr, z方向に異なる点に測った主流方向の速度分布を示したものである。全体の傾向は、上述の代表断面の速度の变化に類似している。しかし、断面近くの測定値($z=1.3$ cm)では、その一様化する距離($\theta=60^\circ \sim 150^\circ$)が短く、その変化は弯曲部で7~7.5の範囲が長く、流出直後7~7.5への回復が早いなど、底面摩擦の影響がみられる。

4. 発生域の限界； 発生域における主流長は(1)式で表わされるが、境界面の拘束により、発生域の規則性、図-1(a)~(e)に示されるように弯曲部でその最大値が現われる。境界面の拘束により、底面摩擦の影響を主体として、水路の前縁長と同様に境界面が水面に達した長を発生域の限界とする。限界の角度は $\theta_i = Dh / 2.25 K u_* R^2$ で表わされる。^{*}したがって、D:自由流分布 $U/R = D$ の定数、K: Kármán 定数、 u_* :主流方向の摩擦速度である。Dを流量より表わした場合は $\theta_i = 1.11 Q / u_* R^2 \ln \frac{R}{r_i}$ (r_i, R :内岸、外岸の曲率半径) となり、 $D = U/R$, $U/u_* = h^2 / \sqrt{g} n$ を用いると、 $\theta_{i2} = 0.0356 h^2 / n R$ となる。 $r=R_c$ における θ_{i1} , θ_{i2} を各実験ケースについて求めると表-2のようになる。図-1(a)~(e)と比較して、 θ_{i1} , θ_{i2} は発生域の限界より小さい値となる場合が多く、側方の拘束条件も含め考慮が必要であろう。

実験番号	I-1	I-2	II-1	II-2	II-3	II-4	III-1	III-2
$\theta_{i1}^{(0)}$	19.3	76.4	52.1	63.8	26.0	35.6	27.3	23.8
$\theta_{i2}^{(0)}$	47.1	12.8	63.0	76.1	33.3	29.4	41.2	34.5

* 第10回水理講演会論文集 p.105~110 (1966)

表-2 発生域の限界の角度

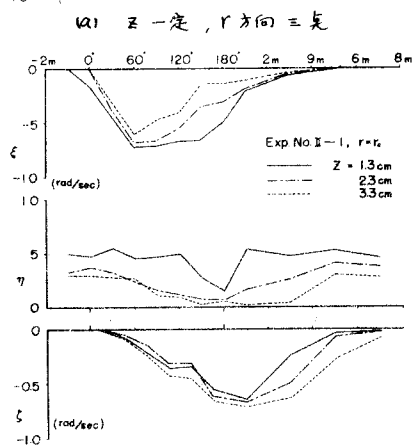
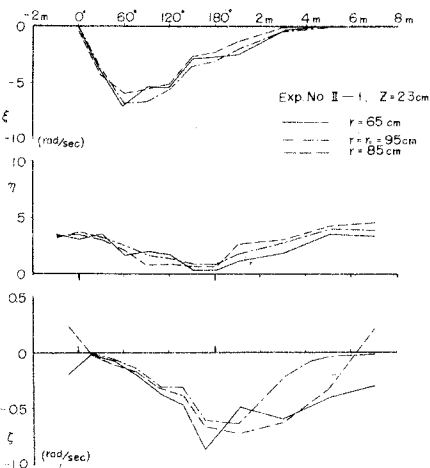


図-2 (a),(b) 局所的な速度分布