II—22　開水路弯曲部の二次流に関する研究

北大工学部　正員　工博　　岸　　力
北大工学部　学生員　　　　佐伯　浩

§1. 流速の横断分布

今までの実験から，$\frac{H}{B}$が小なる時は底面の摩擦の影響が大なる為，自由渦の仮定に従がわなく、$\overline{V}=Kr^{n}$ が妥当だと思われる。　本論文では $0.024 \leqq \frac{h}{r_c} \leqq 0.667$ で実験を行い，そのnについて調べた。

$$\frac{r}{\overline{V}}\cdot\frac{d\overline{V}}{dr}=cf\left(\frac{r}{B}\right)-1 \qquad (1-1)$$

$$C=\left(\frac{\cos\alpha}{C_2}\right)\left(\frac{\overline{V}^2}{\overline{V}\cdot\overline{v}}\right)\left(\frac{h-\delta}{8R}\right)\left[1-\frac{S_f}{S}\right] \qquad (1-2)$$

$$\overline{V}=Kr^{n} \qquad (1-3)$$

$$n=cf\left(\frac{r}{B}\right)-1 \doteqdot cf\left(\frac{r_c}{B}\right)-1 \qquad (1-4)$$

α；境界層内の接線方向の流速と合成速度のなす角.
C_2；係数　　B；水面幅
$\overline{V}$；断面の平均流速 $\overline{V}=\frac{Q}{A}$　　R；径深
h；rにおける水深　　S；接線方向の水面勾配
$\overline{\delta}$；平均境界層厚 $\overline{\delta}=\frac{C_2B}{\cos\alpha}\cdot\overline{v}\cdot u$　　S_f；接線方向の摩擦勾配

直線部の抵抗係数 f を 対数分布式による 流速公式で表わすと

$$f=8\left(8.5-\frac{1}{\kappa}+\frac{2.3}{\kappa}\log\frac{\overline{h}}{ks}\right)^{-2} \qquad (1-5)$$

ks；Nikradseの砂相当粗度
κ；Kármán 定数　pure water 0.4

		基準水深	実測 n	実測 cf	f	C	計算 n
Rc=1.5m, B=0.5m, θ=225°, dm=1.2mm	135°	H=5	1.10	0.694	0.0333	20.9	1.00
		H=6.25	1.10	0.650	0.0309	21.04	0.95
		H=10	0.73	0.570	0.0268	21.27	0.70
	180°	H=5	1.10	0.731	0.0327	22.35	1.15
		H=6.25	1.10	0.680	0.0307	22.15	1.05
		H=10	0.73	0.612	0.0280	22.84	0.80
Rc=2.1m, B=0.8m, θ=225°, dm=1.2mm	135°	H=5	0.85	0.709	0.0337	21.04	0.86
		H=8	0.79	0.695	0.0286	24.30	0.82
	180°	H=5	0.89	0.744	0.0335	22.21	0.95
		H=8	0.84	0.705	0.0288	24.48	0.85

(1-2)式より，δがhに較べて小であれば $\frac{h-\delta}{8R}\doteqdot const$，$\overline{V}\cdot\overline{v}\doteqdot\overline{V}^2$，αが少で変化が少ないので $\cos\alpha\doteqdot const$，弯曲度が大きく二次流が十分発達した部分では，流れが等流に近づくので $S_f\doteqdot 0$ となる。よって $C\doteqdot const$ となる。実験値でも，ほぼ一定となり，cfは計算で求まり、(1-4)式よりnが決定される。(表-1)は実測n，cfと計算値f，c，nを示したものである。一定断面においては，hが大になれば，Cが大きくなるが，これは$\left(\frac{h-\overline{\delta}}{8R}\right)$の項においてhが大きくなれば，$\overline{\delta}$が小さくなり，Rも小さくなるので$\left(\frac{h-\overline{\delta}}{8R}\right)$の項が大きくなるからである。

§2. 横断水面形

流速分布が $\bar{V}\cdot r=C$ という自由渦の仮定でもとめた水面形と，$\bar{V}=Kr^n$ でもとめた水面形と二次流を考慮に入れた水面形と，実測水面形とを比較したものである。

(1) 自由渦の水面形

$r=r_c$ で $\bar{V}=\bar{V}$，$h=\bar{h}$ と仮定すると，

$$h=\bar{h}+\frac{\bar{V}^2}{2g}\left[1-\left(\frac{r_c}{r}\right)^2\right] \qquad (2-1)$$

(2) 流速分布式 $\bar{V}=Kr^n$ の水面形

$r=r_c$ で $h=\bar{h}$ とすると

$$h=\bar{h}+\frac{K^2}{2gn}\cdot(r^{2n}-r_c^{2n}) \qquad (2-2)$$

(3) 二次流の十分発達している時の水面形，(厳密解)

$r=r_c$ で $h=\bar{h}$　$\bar{V}=Kr^n$　$\delta=\bar{\delta}$

$$h=\bar{h}+\frac{K^2}{2gn}\cdot(r^{2n}-r_c^{2n})-\frac{\alpha\cdot g}{(n+1)^2(3-2n)K^2\bar{h}}\cdot\left(\frac{\bar{h}}{\delta}\right)^3\cdot(r^{3-2n}-r_c^{3-2n}) \qquad (2-3)$$

$\alpha=\left(\frac{\delta}{\beta}\right)^3$　β；垂直流による境界層厚

δ；二次流の水平流の境界層厚

wide shallow bend の場合 30°～90°までは自由渦の仮定で、100°以上は二次流の十分発達した状態の水面形で、他の部分は遷移形が当てはまるようである。尚，厳密解の場合、α の決定が困難であるが，本論文では試算的に定めた。