

I - 22 南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、自由渦の仮定に従わなく、 $V = K r^n$ が妥当だと思われる。本論文では $0.024 \leq \frac{h}{R} \leq 0.667$ で実験を行い、その n について調べた。

$$\frac{r}{V} \cdot \frac{dV}{dr} = cf \left(\frac{r}{B} \right) - 1 \quad (1-1) \quad \alpha: \text{境界内での接線方向の流速と合成速度のなす角}$$

$$C = \left(\frac{\cos \alpha}{C_2} \right) \left(\frac{\bar{V}^2}{V U} \right) \left(\frac{h - \bar{\delta}}{8R} \right) \left(1 - \frac{S_f}{S} \right) \quad (1-2) \quad C_2: \text{係数} \quad B: \text{水面幅}$$

$$V = K r^n \quad (1-3) \quad \bar{V}: \text{断面の平均流速 } \bar{V} = \frac{Q}{A} \quad R: \text{径 深}$$

$$n = cf \left(\frac{r}{B} \right) - 1 \div cf \left(\frac{R}{B} \right) - 1 \quad (1-4) \quad h: r \text{ における水深} \quad S: \text{接線方向の水面勾配}$$

直線部の抵抗係数 f は 対数分布式による 流速公式で表わすと

$$f = 8 \left(8.5 - \frac{1}{K} + \frac{2.3}{K} \log \frac{R}{k_s} \right)^{-2} \quad (1-5) \quad \bar{\delta}: \text{平均境界厚 } \bar{\delta} = \frac{C_2 B}{\cos \alpha} \cdot \frac{V U}{S_f}$$

k_s : Nikradse の砂相当粗度
 K : Kármán 定数 pure water 0.4

		基準水深	実測 n	実測 cf	f	C	計算 n
$R_c = 1.5m$ $B = 0.5m$ $\theta = 225^\circ$ $d_m = 1.2mm$	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

$R_c = 2.1m$ $B = 0.8m$ $\theta = 225^\circ$ $d_m = 1.2mm$	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、 $\bar{\delta}$ が h に比べて小であれば $\frac{h - \bar{\delta}}{8R} \div \text{const}$, $V U \div \bar{V}^2$, α が少で変化が小さいので $\cos \alpha \div \text{const}$, 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 $S_f \div 0$ となる。よって $C \div \text{const}$ となる。実験値でも、ほぼ一定となり、 cf は計算値となり、(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 $\left(\frac{h - \bar{\delta}}{8R} \right)$ の項において h が大きくなれば、 $\bar{\delta}$ が小さくなり、 R も小さくなるので $\left(\frac{h - \bar{\delta}}{8R} \right)$ の項が大きくなるからである。

§2. 横断水面形

流速分布が $V \cdot r = C$ という自由渦の仮定で求めた水面形と、 $V = Kr^n$ で求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がある。

(1) 自由渦の水面形

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

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

(2) 流速分布式 $V = Kr^n$ の水面形

$$r = r_c \text{ で } h = \bar{h} \text{ とすると}$$

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

(3) 二次流の十分発達している時の水面形 (厳密解)

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

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

$\alpha = \left(\frac{\delta}{\beta} \right)^3$ β : 二次流による境界層厚
 δ : 二次流の水平流の境界層厚

wide shallow bend の場合 $30^\circ \sim 90^\circ$ 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。

