

II-3

流出渦に関する確率統計的研究

山梨大学工学部 正員 萩原 能男

山梨大学大学院 学生員 O黒羽 公明

1. まえがき 貯水池などの取水口附近に生ずる流出渦について

筆者らは、その形状・安定性・発生機構などの解明に、理論・実験両面より検討を加えてきた¹⁾。本報告では、空気吸込渦の発生機構を各渦型式別に、循環・渦度のスペクトル解析をすることにより明確にしようと、試みたものである。

2. 実験装置及び実験方法 実験装置の概略は、図-1の通りである。流量及び水深の調節は、流量調整バルブ及び流出管末端に取り付けた有孔キャップで行なった。実験方法は、水面や流量を安定させてから、径5mmの紙片数個を水面に浮かべ、これを水槽上部に設置した8mmカメラ(毎秒8コマ)で撮影し、流跡線の追跡を行なった。また、移動量の測定基準を与えるスケールを作製し、水面に浮かべて、紙片と同一画面に撮影できるようにした。

3. 実験資料の整理方法 1) 渦型式は、図-2のように分類した。

口読み取り フィルムを映写機で、スクリーン上に映写し、1コマ送りず、流跡線をプロットし、その都度スケール補正を行ないながら、時間と場所(流出管の中心を座標原点に選ぶ)を読み取った。

ハ) 計算方法 同一粒子のi番目の点 (x_i, y_i) における流速 (u_i, v_i) を、次のように、 $u_i = \frac{1}{2\Delta t}(x_{i+1} - x_{i-1})$
 $v_i = \frac{1}{2\Delta t}(y_{i+1} - y_{i-1})$ で計算し、循環 Γ_i (cm^2/sec)・渦度 S_i ($1/\text{sec}$)を求めた。これらの値の3次と5次算術移動平均をとりデーターの平滑化を行ない、それらを各々 $\nabla 3, \nabla 3, \nabla 5, \nabla 5$ なる文字で表わす。定常確率過程 $X(t)$ に属する時間平均値を $\bar{X}$ とし、変動分を $X'(t) = X(t) - \bar{X}$ で表わすと、自己相関関数 $R(\tau)$ 及び自己相関係数

$r(\tau)$ は、次のように定義される。ここに、COVは、covarianceを表わす。

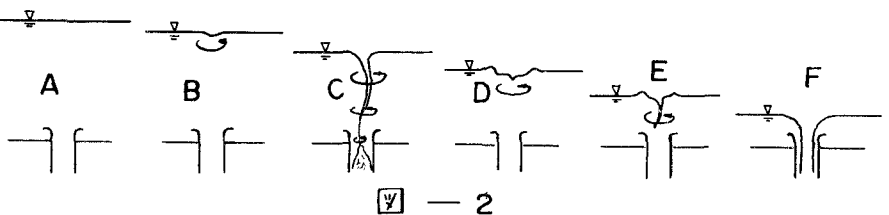


図-2

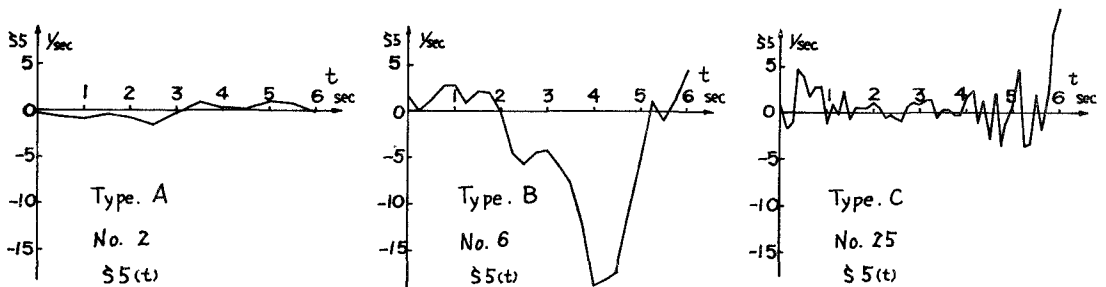


図-3

表 — 1

Data	No. 2		No. 3		No. 4		No. 5		No. 6		No. 7		No. 23		No. 24		No. 25	
cm sec	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
始点	3.1 ^{cm}	17.5	5.1	8.7	10.7	5.2	6.7	4.4	4.1	-8.4	5.2	-14.7	23.4	12.5	9.5	16.8	11.5	20.5
終点	-22.5 ^{cm}	-22.7	-18.7	-22.7	-16.4	-22.5	-12.0	22.4	-10.6	14.5	10.4	25.2	1.8	-1.5	1.4	-1.6	1.9	0.6
測定時間	39.5 ^{sec}		34.5		45.0		41.75		63.5		24.0		9.375		4.25		7.5	
R _{r5} (0)	0.138×10 ¹¹ ^{cm²/sec}		0.175×10 ¹²		0.161×10 ¹¹		0.225×10 ¹³		0.469×10 ¹²		0.873×10 ¹⁰		0.108×10 ¹²		0.253×10 ¹³		0.326×10 ¹²	
R _{s5} (0)	0.200 1/sec		0.235		0.110×10		0.466×10		0.963×10		0.978×10		0.137×10 ³		0.137×10		0.407×10 ²	
型・Re・h/D	Type. A Re=154000 h/D=6.88						Type. B Re=148000 h/D=4.92						Type. C Re=134000 h/D=1.49					

$$R(\tau) = \text{cov}\{X'(t), X'(t+\tau)\} = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T X'(t) X'(t+\tau) dt \quad r(\tau) = R(\tau) / R(0)$$

$r(\tau)$ は、ある不規則変動量が時間 τ だけ隔たった時にどれだけ自己の性質を保存するかを、定量的に示す統計量である。自己相関関数 $R(\tau)$ の Fourier 変換 $S(f)$ は、パワースペクトルと呼ばれ、各周波数 f の成分による変動エネルギー $\overline{X'(t)^2}$ への寄与分を表わし、

$$S(f) = \int_{-\infty}^{\infty} R(\tau) e^{-i2\pi f\tau} d\tau$$

で定義される。

4. 実験結果 実験データから、変動系列 $s5i$ を求め、その一例を図-3 に示した。A, B, C 各渦型に対する $r_{r5}(\tau)$, $r_{s5}(\tau)$ を、図-4, 5, 6 に示した。また、図中の各データに対する、型、Re 数、かぶり水深 h / 流出管径 D などを表-1 に示した。

5. まとめ 循環 Γ 、渦度 ω の自己相関 (図-4, 5, 6) から、各データとも測定位置が異なるにもかかわらず、各渦型式に対して、同一傾向を示している。 $r_r(\tau) = 0$, $r_s(\tau) = 0$ となる τ は A 型では 2~3 sec, B 型は 1 sec, C 型は、0.5 sec と、特性が明確に読み取れる。今後、さらにデータを増加させて比較検討をしてより明確な特性を発見したい。

また、スペクトルについては、講演時に報告する予定である。最後に、実験およびデータ解析に際して、当研究室小林哲郎技官、増本晴久、水谷淳両君の御協力をいただきました。ここに感謝いたします。

<参考文献> 1) 萩原能男; 空気吸込渦に関する研究 土木学会論文報告集 No.215 PP15~25 1973-7

2) 日野幹雄; データ処理の手法 (応用水理学 下 II) 丸善 1971

3) Athanasios Papoulis; Probability Random Variables and Stochastic Processes 東海大学出版会 1973

