

山梨大学工学部 正員 萩原能男
 山梨大学工学部 正員 砂田憲吾
 東京都 正員 ○安田栄二

1. はじめに、貯水池などの取水口附近に生ずる流出渦（流入渦、吸込渦ともいう）、特に鉛直流出渦に対して筆者らは、その形状、安定性の問題、発生原因などの解明のために理論的、実験的に検討を加えてきた。本報告はその中にあって、特に流出渦の発生限界（発生領域）の相似性に主眼を置いて、実験を中心にまとめたものである。流出渦を相似則的に扱った論文は少なく、実験的に十分な検証がなされていない。こうした現象を相似則的にゆなく検討することは工学的に模型実験などの信頼性を高める上で重要であると考えられる。

2. 相似則。次元解析、運動の方程式より定まる相似則、Thomson, Helmholtz の渦の定理と相似則、を考えると流出渦の現象で考慮すべき無次元量が通常の記号文字を用いて以下のように定まる。

h/D (幾何学的形状、 h がぶり水深、 D 流出管口径)

Re (Reynolds number $= \nu D / \nu$, 慣性力/粘性力)

Fr (Froude number $= \nu / \sqrt{g h}$, 慣性力/重力)

We (Weber number $= \nu^2 D / \sigma$, 慣性力/表面張力)

さらに回転の強さである循環 Γ を考えると、

V (Vortex number $= \Gamma / \nu D$, 回転力/慣性力)

E (Rossby number $= \nu h / \Gamma$, 慣性力/回転力)

Ek (Ekman number $= \nu / \Gamma$, 粘性力/回転力)

およびこれらの組み合わせが得られる。

また渦発生の原因を考察する場合、1)等流速理論、2)等流量理論の2通りの立場があり、前者は実験結果と流速に従って整理すべきものとし、渦発生の状態が管内の流れに依る考えであり、後者はそれと取水口周辺の流れに關係するものとして間接的に流量に依る考えである。

前記の無次元量はほとんど等流速理論に依るものであり、2)等流量理論に従って考えれば、 R_R (Radial Reynolds number $= Q / \nu h$) および Fr (流量を用いたFroude number $= Q / \sqrt{g \cdot h^3}$) という無次元量が別に考えられる。

3. 実験。実験装置の概略は図-1に示す通りである。水深の調節は水面の保持は主に流入管調節バルブによった。流出管口径は10mm~70mmまで可変であり、水槽の四壁はガラス製で縦横からの観測が可能である。実験は、(1)分類された渦の発生限界、(2)循環 Γ の測定、の2種類について行った。

Γ の測定は写真-1に示すように、水面に小紙片を浮かべ、マルチストロボライトで照射し紙片の移動を撮影、観測した。また、各種の渦を図-2の様に形式で定め分類した。

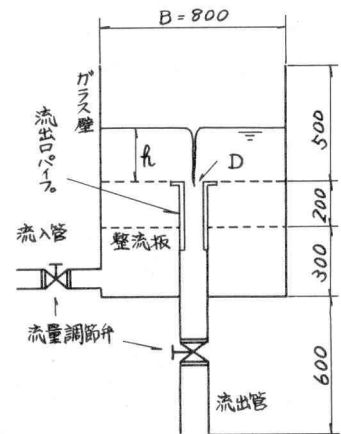


図-1 流出渦実験装置

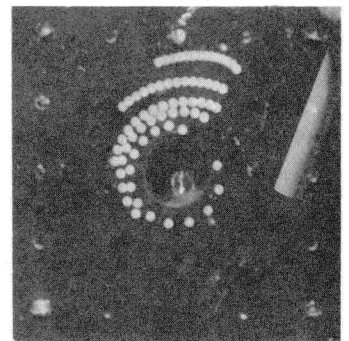


写真-1 Γ の測定

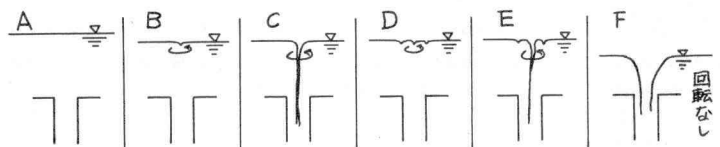


図-2 渦の分類

実験の範囲は、 $Q = 25 \sim 335 \text{ cm}^3/\text{s}$
かぶり水深、 $h = 0.42 \sim 35.33 \text{ cm}$
流出口径 $D = 0.94 \sim 6.97 \text{ cm}$ (6種)

4. 実験結果、前述した無次元量の
の全てに対して実験結果を整理し
検討した。これらの一部代表的な
例を示せば図-3、4、5、6のようにな
る。図-3には各種渦の発生限界
に対する $h/D \sim Fr$ の関係が示され、

同様に $h/D \sim Re$, $h/D \sim We/Re$, お
よび循環も考慮した $h/D \sim E_k$ の関
係を図-4、5、6に示した。以上を
まとめ表-1、2には各無次元

量に対して5種の流出口径の変化
による渦発生限界のバラツキが示
され、これから相似則の適否が判
る。また等流量理論に従い、 $h \sim$
 Q 関係を示されたB型、C型渦発
生領域に対して Re , Fr を描けば図-7、8になる。

共に良く渦発生領域とあわせている。

共に良く渦発生領域とあわせている。

5. まとめ、循環 Γ を考慮しないでは空気吸込渦

の発生限界を完全には説明できないが、かぶり水
深、 Re 数で一応の限界と抑える事ができる。循環

を考えると、相似則的により改善されて、 E_k 数、
 E/We で限界を示す事ができる。この実験の範囲で

空気吸込渦の発生限界値は、 $E_k = 0.0003$ 、 E/We
 $= 0.03$ である。等流量理論に基いた場合にも、

良く発生限界を示している。しかしこの時、無次
元量 Fr についての方が Re よりもやや良好

な結果を示し、等流速理論の場合との比
較において、この点については更に検討

と要するところである。今後引き続き、
実験を重ねていくつもりである。

最後に実験に協力された、青山高保、
神原英夫の両氏に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) K.J. Zanker, SOME HYDRAULIC MODELING TECHNIQUES, Proc. Instn. Mech. Engrs. (1967-68)
- 2) 荻原, 流出渦の実験的研究, 山梨大学工学部研究報告, (1962)
- 3) J.C. Stevens & R.C. Kolb, Vortex flow through horizontal Orifices, Proc. A.S.C.E. (1957)
- 4) R. Granger, Steady three dimensional vortex flow, J. Fluid Mech. (1966)
- 5) P. Dergrubedian & F. Fendell, Parameters Governing the Generation of Free Vortices, Physics of Fluid (1967)
- 6) 荻原、遠山, 流出渦の実験的研究, 山梨大学工学部研究報告, (1964)

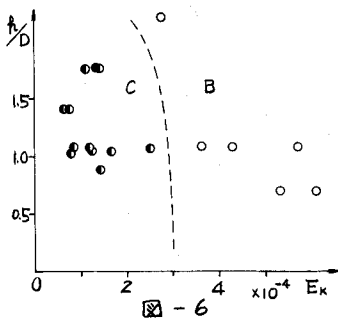
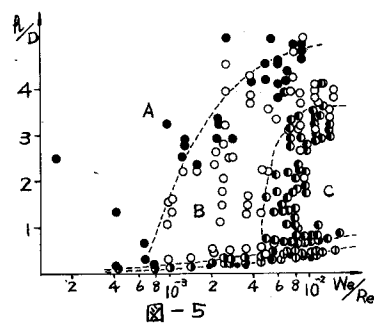
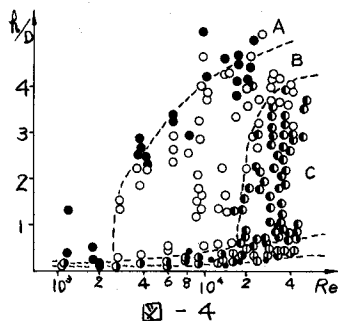
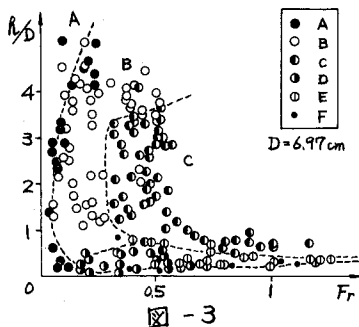


表-1 空気吸込渦(C型)の発生領域 (Γ を考慮しない)

	$\phi 20$	$\phi 40$	$\phi 50$	$\phi 60$	$\phi 70$	平均	標準偏差	偏差率
h/D	8.5以下	5	4.5	4	4	5.2	1.69	0.33
Fr	2.5以上	0.75	0.45	0.15	0.3	0.83	0.86	1.03
Re	45000	25000	16000	15000	16000	23400	11400	0.49
We	2000以上	280	140	100	90	522	744	1.42
We/Re	0.45以上	0.06	0.01	0.005	0.005	0.106	0.173	1.63

表-2 空気吸込渦(C型)の発生領域 (Γ を考慮)

	$\phi 20$	$\phi 40$	$\phi 70$	平均	標準偏差	偏差率
γ	0.110以上	0.175	0.25	0.178	0.0572	0.321
E_k	0.0004以下	0.0005	0.0003	0.0004	0.816×10^{-3}	0.204
E	49.05 以下	12.55	5.59	22.40	19.06	0.85
E/We	0.03 以下	0.06	0.05	0.047	0.0125	0.265

