

可視化による沈澱池模型の流速測定

神戸大学大学院 学生員 ○金藤 勲
 “ 正 員 清水 進
 神戸大学工学部 正 員 笹 源 亮
 (株)田内組 正 員 田内雅毅

1. まえがき

本研究は、流動複屈折法を用いて、沈澱池模型内の流れを可視化し、流速分布を求めることを目的としている。又、模型の流入条件・流出条件を変化させることにより、模型内の流れがどのように変化するかについての考察を行う。さらに流量を変化させ、模型内を非定常状態にした時についても考察を行う。

2. 流動複屈折法の理論

流動複屈折法とは、光弾性計測法の1つで、流れにまったく影響を与えずに定量的に可視化できるという特徴をもっている。本研究で用いる光学系を図1に示す。測定水路に複屈折流体が存在する場合、偏光子を通過した直線偏光は、2方向に屈折し、干渉を起こす。

この時、検光子を透過する光の強度は式(1)のように表わされる。⁽¹⁾

$$I = \alpha I_0 \sin^2 2\phi \sin^2 \frac{\delta}{2} \quad (1)$$

ここで、 α は吸収係数、 I_0 は原光強度、 ϕ は屈折光と偏光子偏光面の成す角、 δ は2つの屈折光の位相差である。従って、観測部には角 ϕ の変化による等傾線と角 δ の変化による等色線の両者が生じることになる。

本研究では、せん断力を表わす等色線を用いて流速分布を求めようとするものである。又、本実験では複屈折流体として、Milling Yellow溶液を使用する。⁽²⁾

3. 実験装置および実験方法

実験装置として、図2に示すようなものを使用する。寸法は全長100cm、幅8cm、深さ20cm、上流より15cmの所に整流板を設置する。整流板は全面に孔をあけた全孔整流板と下部5cmまで孔をあけた下部孔整流板の2種類を使用し、流入条件を変化させる。又、流出部は全長48cmのものをModel a、32cmのものをModel b、として流出条件を変える。この流入条件・流出条件の組み合わせによって、表1に示すように4つのケースにて実験を行う。

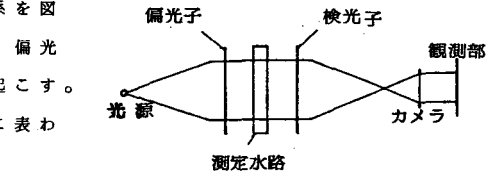


図1 光学系

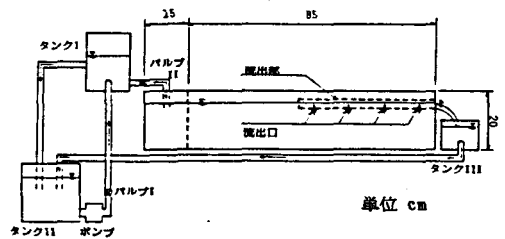


図2 実験水路

表1 実験条件

整流板 流出部	全孔整流板	下部孔整流板
Model a	Case 1	Case 3
Model b	Case 2	Case 4

4. 実験結果および考察

Case 2, 4について、流量を変化させた場合の測定水路の様子を示したものが、図3の連続写真である。このようにして得られた等色線の様子が

ら流速成分を求めるには、F. N. Peebleによって表わされた流れ関数 ψ と等色線の次数 N の関係式⁽³⁾の第1項を省略した式(2)を用いる。又、この式を円筒座標に変換した式を(3)に示す。

$$\frac{U}{\mu} = \left(\frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} \right) = cN \quad (2)$$

$$\left(\frac{\partial^2 \psi}{\partial r^2} - \frac{\partial^2 \psi}{r^2 \partial \theta^2} \right) = cN \quad (3)$$

この式(2)とは、等色線の次数がせん断力に比例するという物理的意味をもち、 c はその比例状数を表わす。

式(2)・式(3)を中央差分により近似計算を行う。流出部近傍における等色線の様子およびその流速分布を示したものが図4である。又、全領域にわたっての流況を把握するために、図5に示す初期条件・境界条件を与え、実際の計算を行った。その結果が図6である。

Case 1, 2が上流部で比較的均等な流速分布を示すのに対し、Case 3, 4では流入部近傍で上昇流が存在し、流速分布はかなりばらつく。又、流出部近傍では、Case 2, 4はCase 1, 3に比べ、上昇傾向が若干強く、等心円状に等色線が存在する場合には、流速の方向はその中心に向かい、大きさは等色線の幅に反比例する。不定流実験において流量を減少させた場合、水路底、流出部付近の等色線は消えていき、かわって等傾線が太くぼんやりしてきて水路全体に拡がってゆく。これは水路内の溶液相互のせん断力が小さくなっていくことを示す。つまり流量の減少に伴って、流れは均等になっていくと考えられる。流量を増加させる場合その逆の過程が進行していく。

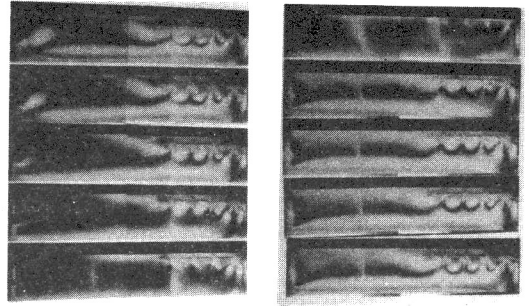
5. あとがき

本研究では、流動複屈折法を沈澱池模型に適用し、その流況を調べた。Milling Yellowによる流動複屈折法は、沈澱池模型のみならず、流れが層流である範囲においては、定流・不定流にとわず応用できることが確かめられた。今後、いろいろな模型に対してこの手法を用いていく予定である。

(参考文献) 1. W. Merzkirch: Flow-Visualization

2. 筧 源亮: 波面境界上の流速測定 流れの可視化シンポジウム

3. F. N. Peeble他: Photoviscous analysis of two dimensional flow in an expanding jet, Exp. Mech 5 (1965) p. 299



流量大から小へ

流量小から大へ

図 3 不定流実験 (連続写真)

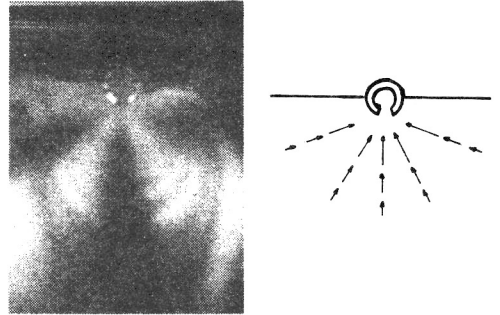


図 4 流出部での等色線の様子および流速分布

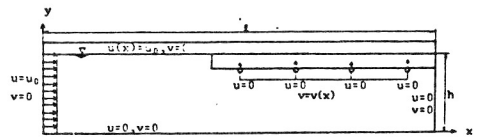


図 5 境界条件

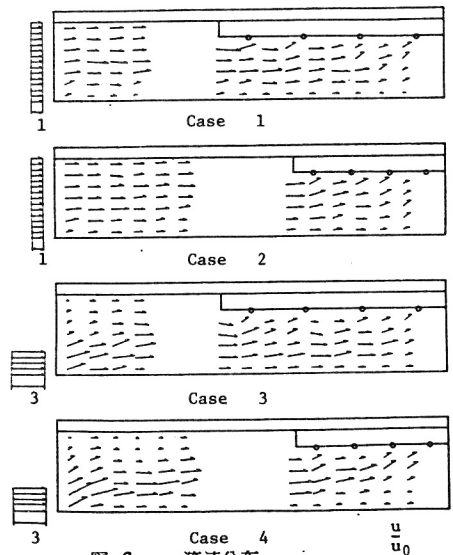


図 6 流速分布