

II-318 空気吸込渦の発生形態と液体の粘性に関する実験的研究

山梨大学大学院 学生員 奥村幹夫

山梨大学工学部 正会員 荻原能男

山梨大学工学部 正会員 宮沢直季

1. はじめに 空気吸込み渦の発生は、不安定・不規則性に支配され、理論的に解析することは困難である。従来は、水を用いた空気吸込み渦の実験を行ってきたが、本研究では、水のみでなく水にベントナイトを混ぜた混合液体を、粘性が水の粘性の2倍になるまで5段階に分けて作製し、実験を行った。各濃度ごとの空気吸込み渦発生水深とレイノルズ数等のデータから、粘性と流入管内径が空気吸込み渦にどのような影響をおよぼすか調べるのを目的とした。

2. 実験方法 ベントナイト重量濃度と吸込み口の内径D(2.00cm・3.24cm・5.09cm)及び流量Qを変化させながら、各渦形態発生時の水深H・流量Q・動粘性係数 ν ・重量濃度Cw・水温を測定する。渦形態は、「A:水面に渦がない状態・B:水面に渦のくぼみが確認できる状態・C:空気がちぎれながら断続的に吸い込まれる状態・D:空気吸込み渦の状態・E:渦ができずにおちこむ状態」の5種類を観測する。ただし、ベントナイト混合溶液では、CとDの区別がつかないので、Cは観測しない。ベントナイトは混合するのに多少時間がかかるが、均一で沈殿しにくく少量のベントナイトで適度の粘性が得られ、混合材料としては現在最適であると考えられるので、採用した。

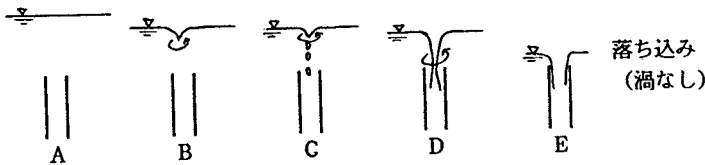


図1 渦形態

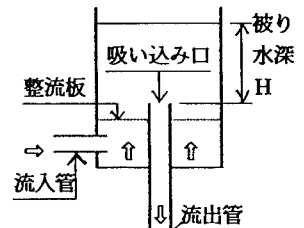


図2 実験水槽

設定重量濃度について 水の粘性の2倍の粘性になるまでベントナイトを混ぜることにする。Roscoeの高濃度懸濁液における粘度についての式を参考にした体積濃度と相対粘度の式

$$\eta_r = (1 - \phi_v / 0.0643)^{-0.020} \quad (\phi_v = C_v (\%) / 100)$$

ただし η_r :相対粘度(ビンガム流体の塑性粘度 η_{pi} /水の粘性係数 μ) C_v :体積濃度(%)

とすると体積濃度0%、すなわち水で $\eta_r = 1$ となるので、 $\eta_r = 2$ の時の体積濃度は上式から

$$2 = (1 - \phi_v / 0.0643)^{-0.020}$$

$$\phi_v = 0.00699$$

$$\text{よって } C_{vmax} = 0.699 \approx 0.70 (\%)$$

しかし、ベントナイトを水に投入する際体積変化が考えられるので、これらを重量濃度に変換する。

体積濃度から重量濃度への変換式より

$$C_w = \frac{C_v S_B \times 100}{-C_v + C_v S_B + 100} \quad \text{ただし } S_B: \text{ベントナイト比重} = 2.571$$

$$\text{よって } C_{wmax} = 1.780 (\%)$$

この範囲で5通りに重量濃度を分けると0.000%(水)・0.449%・0.895%・1.339%・1.780%となる。

3. 結果および考察 (1)レイノルズ数と相対水深の関係 流出渦の発生に大きな影響を及ぼす要素の一つと考えられる相対水深(H/D)についてレイノルズ数(Re)との関係をグラフ化した。図3は、濃度0%で内径2.00cmの時の結果である。レイノルズ数が20000から30000の間では、レイノルズ

数の増加に伴い流出渦の発生し始める相対水深は大きくなるが、くぼみの状態の渦のほうがその変化が大きく、空気吸い込み渦は緩やかに変化している。濃度を増して粘性を大きくした場合の図もほぼ同じ傾向を示す。（2）流速（ V_{min} ）と動粘性係数（ ν ）との関係 管内径ごとに粘性を変化させ空気吸い込み渦が発生する時の最小の流速（ V_{min} :流速とは流出管入口の平均流速）と動粘性係数（ ν ）との関係を抜き出し、最小二乗法によりそれぞれ直線をひき、発生限界時の流速に粘性の及ぼす影響を見ようとしたのが図4である。各内径とも、粘性が大きくなるにつれて流速が大きくなっているが、内径が小さいほど傾きが大きくなっている。また同じ粘性であれば管内径の大きい方が低い流速で渦が発生しているといえる。（3）流量（ Q_{min} ）と動粘性係数（ ν ）との関係 管内径ごとに粘性を変化させ空気吸い込み渦が発生する最小の流量（ Q_{min} :流量とは流出管入口の平均流量）とその時の動粘性係数（ ν ）の関係から最小二乗法により直線をひき、空気吸い込み渦発生限界時の流量に粘性の及ぼす影響をみようとしたのが図5である。各内径とも粘性が大きくなるほど渦の発生には大きな流量を必要としている。（2）とは違って管内径に関係なく粘性の影響を同じように受けている。

4. あとがき （1）空気吸い込み渦の発生限界を流入口の流速でみると管内径で変化し、等流速相似則はあてはまらない。しかし、流量で渦の発生限界をみると管内径に関係していない。これは、水面付近の流れが渦発生に関係しているといえる。（2）今回は水の粘性の2倍まで実験したが、さらに粘性を上げて、より正確な実験を行う予定である。

【謝辞】本研究は、三浦義典・百瀬尚至両氏の多大な協力を得た。末尾ながら深謝の意を表する。

【参考文献】1) 荻原能男: 空気吸込渦に関する研究, 土木学会論文報告集第215号, 1973. 2) 三浦義典・百瀬尚至: 流出渦の発生形態と水の粘性に関する実験的研究, 山梨大学卒業論文, 1991. 3) 三浦美香: 開水路における非ニュートン流体の流れについて, 山梨大学卒業論文, 1988.

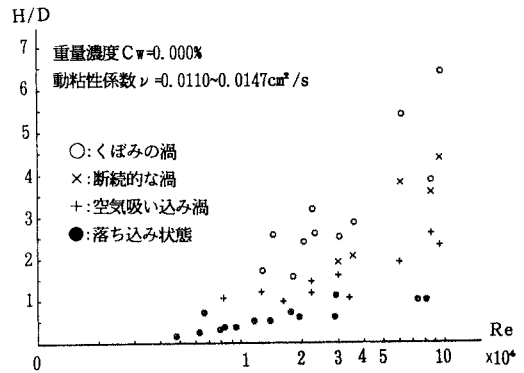


図3 レイノルズ数と相対水深の関係

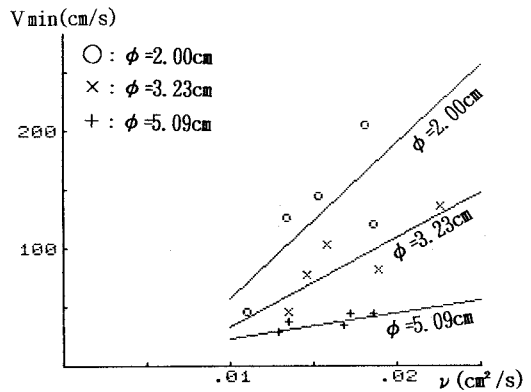


図4 動粘性係数と流速の関係

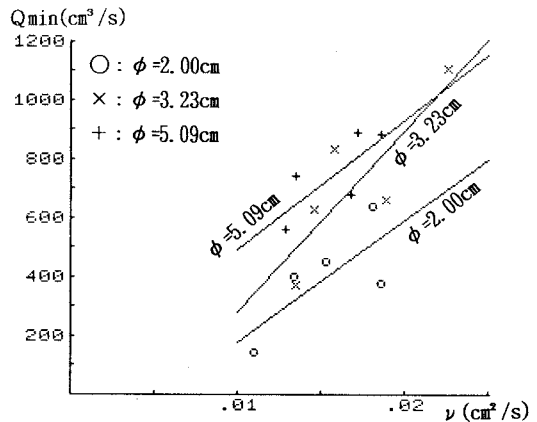


図5 動粘性係数と流量の関係