

正 長谷川 富市 (新潟大)
正 嶋 毎 敬 倫 (新潟大)

学 福 留 春 (新潟大・院)
池 田 敏 郎 (新潟大)

1 緒 言

流体の流動特性を調べる観点から、小孔に流入流出する流の問題は、学術的にも重要視されている。小孔を通過する流体の余剰圧力損失の後レイノルズ数下の利屈は、実験のし易さから比較的高粘性の流体(例えば、木器液も含むグリセリン、油など)を用いて行われており、遅い流体に対する厳密解に近い値が得られている。しかし、木と同程度の粘性を持つ流体については実験報告も少なく、その結果も厳密解とオーダー的に違う場合もある。

著者らは、前報⁽¹⁾で木を用いた実験を行い、無次元化圧力損失は理論解⁽²⁾よりもかなり大きな値を示し、しかも、レイノルズ数は整理されず、小孔径のある範囲にわたってそれは小孔を通過する時の流体の平均流速の関数になる事を見出した。

本研究では、前報の結果の成立する範囲を明らかにする目的で、より広い範囲の小孔径を製作し実験を行った。また、木の上述の特性が木独自のものであるかどうかを確認するために粘性係数がほぼ等しいアルコールを用いて比較実験を行った。

2. 実験装置 および 流体

図1(a)に実験装置の概要を示す。断面が正方形(一辺が40mm)の矩形チャンネルの中央にオリフィスを取り付けた平板を細か込み、平板前後の圧力差を圧カッタからマンメータに導いて読み取り顕微鏡で百分の1mm オーダーまで読み取った。流量は、木の場合は重量法、アルコールの場合は容積法により測定した。圧カッタはオリフィスから上流下流それぞれ20mmの位置に取り付けてあり、オリフィスについては、その詳細および諸元を図1(b)、表1に示しているが、厚みとして最小限にするために薄いステンレス板に穴を明け、それと互あがじめφ10mmの穴をあけておいたアクリル平板上に張り付けて製作した。マンメータについては、前報では内径25mmのガラスパイプを使用した。液面の表面張力の影響や管径の不均一による誤差を少なくするために内径20mmのアクリルパイプを使用した。また、流体にアルコールを使用した場合、揮発を防ぐために閉じた系で実験を行った。この方法による実験信頼性はあらかじめ水による予備実

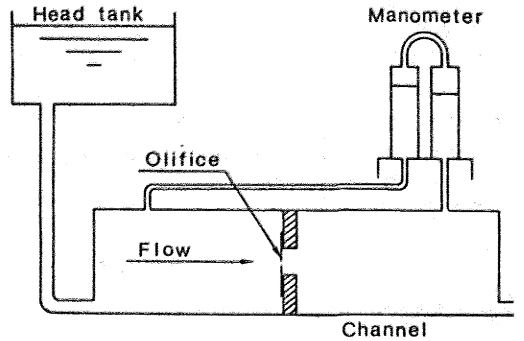


図1.(a)

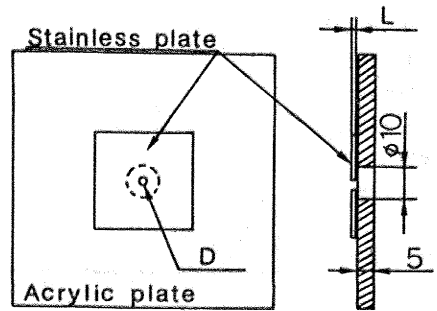


図1.(b)

表1

Dmm	0.306	0.544	1.201	1.761
L/D	0.186	0.105	0.048	0.034
Dmm	2.026	2.388	3.045	5.003
L/D	0.029	0.024	0.018	0.011

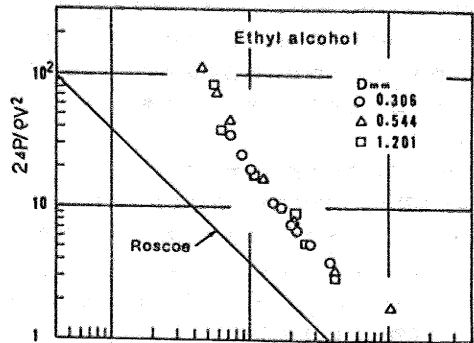


図2

験を行なつて確認している。使用液体は、蒸留水、エチルアルコールである。

3. 結果および考察

図3および図5に木のオリフィス通過時の余剰圧力損失の実験値を整理方法を改めて示す。縦軸および横軸は、順に、余剰圧力損失中の平均流速 v による無次元量 $\Delta P/Pv^2$ 、レイノルズ数($Re = \rho v D/\mu$, ρ は密度, D はオリフィス径), 前者と同じ量并平均流速を流体中の首速度($20^\circ C$, $v_0 = 1.925 \text{ m/s}$)で割つた無次元量, 余剰圧力損失(単位 P_0)対平均流速(m/s)である。図3において、実線はRoscoeによる理論線を示しているが、オリフィス径による系統的な違いは前者よりかなり広範囲にわたっている事がわかる。(しかし、同じレイノルズ数に対する無次元圧力損失は $D = 2.388 \text{ mm}$ で最大となり、 $D = 3.045 \text{ mm}$ では徐々に下がり始め、 $D = 5.003 \text{ mm}$ では完全に小さくなってしまい、ほとんど粘性力の影響だけとなっている。このことは図4および図5にも明らかに表われている。従つて、木のオリフィス通過時の余剰圧力損失が平均流速の関数となり得る限界はこの付近の小孔径にあることがわかる。また、図5で示すように、圧力損失が平均流速でほぼ整理されることはほぼ明らかである。特に、平均流速の大きい所での無次元圧力損失の値が過去に報告されている⁽¹⁾ハーゲンバッハの補正係数の値とほぼ同じであることは、水との関数関係と明確にする際有用なことであろう。さらに、木の特殊性の原因について明らかにするため、比較実験をアルコールを用いて行なった。その結果を紙面の都合上図2に示す。縦軸および横軸、図中の実線は図3に準ずるものである。これによれば、無次元圧力損失は理論値よりも高い値を示すがレイノルズ数によつて良く整理されることがわかる。レイノルズ数が小さくなるにつれて実験値が理論値から離れていく傾向は水の場合と同様である。木とアルコールのこのような相違の原因について考えをみると、木については無次元圧力損失がレイノルズ数で整理できないことから粘度以外の物性的なもの(例えば弾性力など)の影響があることが予測され、アルコールについては無次元圧力損失がレイノルズ数で整理されることから速度場は相似であるがそれはストークス流れとは異なっていることなどが推察される。なお、今後、速度場の測定を行ない、検討したいと考えている。

文献

(1) 長谷川, 高野, 稲留 微論 投稿中

(2) Roscoe, R., Phil. Mag. 40 (1940), 338

(3) 例文⁽³⁾

Bousinesq, J., Compt. Rend. 110, 1160, 1238 (1890)

