

机上型水理実験装置の作成(2)

—— レイノルズの実験 ——

千葉工業大学 学生員 ○西村 賢
 千葉工業大学 学生員 舟川翔太郎
 千葉工業大学 正会員 篠田 裕

1. 研究の背景

工学系受験生の土木工学離れが進んだためか、大学工学部における土木工学科からの名称変更が相次いでいる。千葉工業大学もその例に漏れず、「土木工学科」と「建築学科」が合併して、「建築都市環境学科」に名称変更した結果、「水理学」の講義6単位、演習1単位、実験4/5単位が、講義2単位、実験2/4単位に激減することとなった。こうしたカリキュラム下では、「水理学」の主要な学習項目に的を絞り、その講義室内で演習・小実験を実施して、理論と現象の同時対応性を図るなどの工夫が必要となった。

2. 研究目的

本研究は、水理学の講義の中で、層流・乱流の状態を説明するために、教卓上で簡単に実験できるレイノルズ数測定装置を設計・製作することを目的とする。運搬・組立・取り扱いが容易で、層流・乱流現象が視覚的に分かり易い装置を作成する。さらに、実際に数回の実験を実施して、そのデータをノートパソコンのEXCEL上で作成したデータシートに入力して、直ちに流速・レイノルズ数等の結果を得ることができるようプログラミングし、その結果をビデオ・プロジェクターを用いて教室内で説明することができるようにする。

3. 実験装置

図1は、イギリスのオズボーン・レイノルズが、1883年に管路の中の流れを観察し、レイノルズ数を測定するために使用した実験装置である。水槽中にラッパ状に流入口が開いたガラス管を水平に設置し、流入口から細い色素の流れを注入して、流れの状態を観察した。このことから、従来用いられているレイノルズ数測定装置は横型のものが主流である。しかし、本研究で作製する実験装置は、机上型という目的のため、小スペースで実験が行えるよう、縦型にパイプを配置することにした。

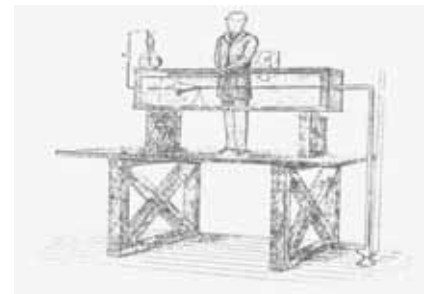


図1 オズボーン・レイノルズの実験

4. 寸法の決定

数回の試作実験の結果、内径1.1cm、長さ約80cmの亚克力樹脂製透明パイプを用いるのが、机上型サイズで、層流・乱流を観察しやすい、という結果を得た。内径1.1cmの管で乱流状態を現出させるためには、最低でも約50 cm³/s(Re=4000)の流量が必要となる。そこで、約280 cm³/sの家庭用水中ポンプを用いて水を供給することにした。貯水槽の寸法は、水を含めた総重量が30kg以下となるように(30cm×30cm×25cm)定めた。また、可搬性を考慮し、水槽と本体とは分離が可能なものとした。

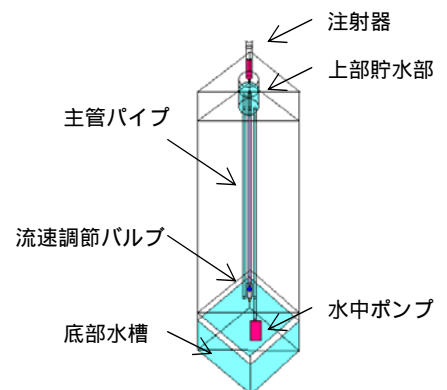


図2 作成装置全体図

図2は、実験装置の全体図である。サイズは(D30cm×W30cm×H130cm)。

キーワード：レイノルズ数、机上型水理実験装置、層流・乱流

連絡先：〒275-8588 習志野市津田沼2-17-1 千葉工業大学 工学部 土木工学科 TEL 047-478-0466

5.実験方法

水中ポンプを使用して、底部水槽の水をレイノルズ測定装置の上部円形型貯水部へ供給する。吐出水の一部をオーバーフローさせ、上部水槽の水位を一定にする。水の循環が定常的になったのを確認後、差色液(ローダミン B)を注射器に入れ、中心部へ静かに連続的に流し込む。管路下部に取り付けたバルブで流速を調節し、層流・乱流状態を観察する。流況が定まったら、下部コックにバイパスホースを取り付け、流量を測定する。

6.実験結果

6.1 レイノルズ数測定

本装置による実験結果の一例を表 1 に示す。この表は、EXCEL 上に作成されているので、流量データを書き込むと、各数値が計算される。

表 1 レイノルズ数計測実験結果の一例

気温	10	水 温	6	動粘性係数	0.01473 cm ² /s
流況	流 量 $Q=V/t$ (cm ³ /s)	流 速 $u=Q/A$ (cm/s)	レイノルズ数 $Re= u D/ \nu$	流速の平均値 u_m (cm/s)	レイノルズ数の平均値 Re_m
層流	4.10	4.31	322	4.80	359
	4.60	4.84	361		
	5.00	5.26	393		
乱流	62.90	66.18	4943	67.55	5040
	65.30	68.71	5131		
	64.40	67.76	5061		

図 3 と図 4 に、測定時の層流・乱流状態の状況を図示した。

6.2 実験装置の性能

実験装置の性能・特性を知るために、層流・乱流領域における、最小と最大のレイノルズ数を求めた。層流領域のレイノルズ数は 317～1150(流量 4.0～14.7 cm³/s)、乱流領域のレイノルズ数は 4421～10944(流量 56.3～139.3 cm³/s)となった。数値的には、ほぼ一般的な実験の条件を満たしていると判断できるが、層流域の上限値がやや低いことと、乱流域の下限值が高いのは、パイプ流入口にベルマウス等の整流装置を用いなかったため、管内の流入水に攪乱が残っているためと考えられ、現在改良中である。

他の問題点としては、流量を測定する際、下部コックにバイパスホースを取り付ける作業があり、習熟を要することと、現象を目視するためには、かなり装置周辺に近寄らなければ見られないということであるが、これは目視するとともに実験を手伝うという作業を分担するメリットにもなると考えている。



図 3 層流 (Re=322)



図 4 乱流 (Re=4943)

7.まとめ

図 3、図 4 のように、層流・乱流状態の対比が教卓上で簡単にできるようになった。また、データシートに入力すると直ちに結果を得ることができ、その結果をビデオ・プロジェクターを用いて教室内で説明することが可能である。本研究で作製した実験装置により、短時間でスムーズに理論と現象の関係の理解ができるような環境が整ったと考えられる。