

管を流れる水流に生じる抵抗

The resistance of water in pipes

黒川 真梨乃 嶋崎 旬志 松田 和将
Marino Kurokawa Shunji Shimasaki Kazumasa Matsuda

Abstract

In this study, we made four curved pipes which have different diameters of circular arcs and used them to measure the speed of water running through them. Our result led us to believe that resistance to water has something to do with the diameter and length of the curved part. Also, we thought that resistance is related to the amount of time elapsed after we fill a pipe with water.

要約

管を流れる水流の速さが、管を曲げることによってどのような影響を受けるかを調べた。円弧の直径の異なる4種類のU字管を製作して、それぞれの管を流れる水の速さを調べた。その結果、私たちは管が水に与える抵抗が管の曲がりの径や曲がった部分の長さに関係があると考えている。また、管が水に与える抵抗が、管に水を満たしてからの経過時間とも関係すると考えている。

研究動機

水流中の物体が水から受ける力に興味を持ったが、水と障害物の作用は非常に複雑であるので、まず、曲がった管の中を流れる水流が管から受ける抵抗について調べることにした。

あらかじめ経路をすべて水で満たしてから一定時間で流れる水量を測定して水流の速さを求める。管は、机の上に置いた水平部分(長さ50cm)を、直管・U字管(円弧部の直径が18.5cm、10cm、6cm、3cm)に換えて測定した。(写真1)

実験装置

図1のように、給水タンクと受水タンクの間を測定対象とする管でつなぎ、上の給水タンクの上端と下の受水タンクの上端との高低差を130cmにして設置した。水流は途中のコックの開閉で流したり止めたりできる。

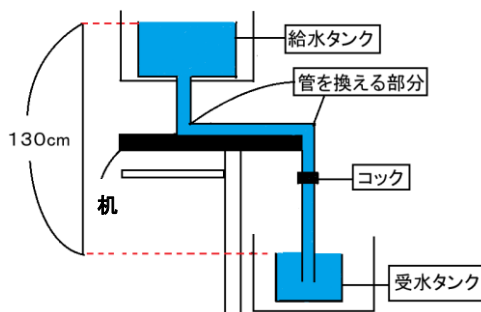


図1 実験装置

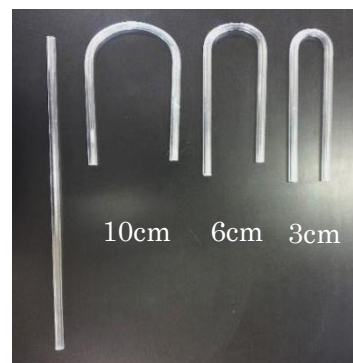


写真1

測定を開始するとき、管は全体が水で満たされており、給水タンク、受水タンクは共に水で満たした状態とした。測定開始直後から給水タンクには外部から水を足し続けて常に水があふれている状態とする。測定開始後は、受水タンクからも水があふれるので、水面の高低差は一定に保たれている。測定終了までに、受水タンクから溢れ出

た流量が管を流れた流量である。

T(s)間での流量をQ(cm³)、管の断面積をS(cm²)とすると、流速V(cm/s)は、

$$V = \frac{Q}{S \cdot T} \quad \text{と表せる。}$$

今回の実験では、管の内半径0.25cm、水を流す時間は30秒とした。

よって、管を流れる流速は、

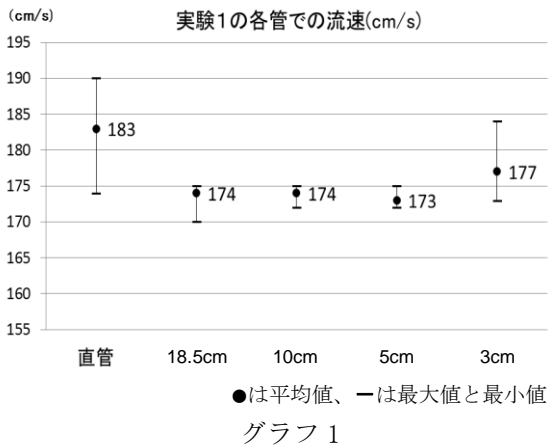
$$V = \frac{Q}{0.25^2 \times \pi \times 30}$$

の式で求めることができる。

実験 1

直径に加え、円弧部の直径が異なる4種類のU字管を用いて、流量、流速を求めた。円弧部の直径は、3cm、6cm、10cm、18.5cmである。

実験 1 の結果



ばらつきが大きいものの、直管と比べると、U字管では流速が小さく、また円弧部の直径が小さいほど、流速が小さくなる傾向が見られる。円弧の直径3cmの管では流速が大きくなっているが、値のばらつきが大きい。

実験 1 の考察

実験 1 から、管の円弧部の直径は流速に影響を与えているように思われる。しかし、その差は小さく、径3cmの場合のように傾向が異なる結果もある。

円弧部の直径が小さいほど、円弧部の長さは短くなることから、円弧部の「径」の他に、曲がった部分(円弧部)の「長さ」も流速と関係がある(曲がった部分が長いほど流速が小さくなる)のではないかと予想した。

実験 2

実験 1 において円弧部の長さが水流に対する抵抗と関係があると考えたので、円弧部を2つにした「S字管」を製作して流速を測定した。円弧部の直径10cmと3cmのS字管を製作して流速の測定を試みた。S字管の全長は実験1のU字管と同じく50cmである。

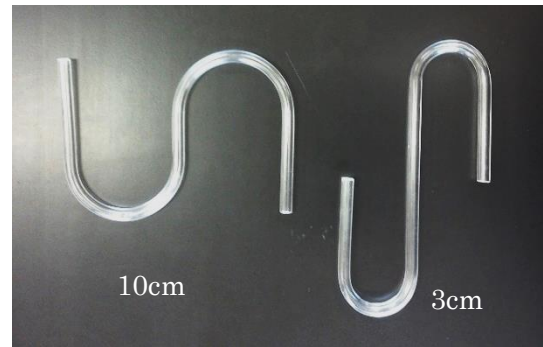


写真 2

実験 2 の結果

表 1

| | 1 | 2 | 3 | 平均 |
|-------------|-----|-----|-----|-----|
| S字管 3cm | 154 | 158 | 156 | 156 |
| S字管 10cm | 151 | 153 | 156 | 153 |

※単位は(cm/s)

S字管の場合も、差はわずかだが円弧部の直径3cmの方が、10cmよりも流速が大きい。また、実験2では3cmについてもばらつきは大きくない。

実験 2 の考察

ばらつきが大きい状況で、円弧部の直径3cmの方が10cmよりも流速が大きいことから、円弧部の直径が小さいほど単純に流速が小さくなるわけではないと考える。U字管の場合と同じ傾向だと言える。

曲がりの径が同じU字管とS字管の平均の速さを比較する（表2）。

表2

| | 10cm | 3cm |
|-----|-------|-------|
| S字管 | 153 | 156 |
| U字管 | 174 | 177 |
| 比 | 0.882 | 0.880 |

※単位は (cm/s)

円弧部の直径が同じ場合、S字管ではU字管よりも流速は小さくなっている。今回測定した2種では、その比は約 0.88 と、同じように流速が小さくなっている。曲がっている部分の長さの総計が流速に影響を与えている可能性もあると考えられるが、U字とS字の2種類しか比較していないので、検討材料が十分ではない。

実験3

管が曲がっていることや、円弧部の直径の違いは流速に影響を与えるように思われるが、実験1, 2の結果ではその差が小さい。加えて、一部の測定で結果のばらつきが大きいため、まずばらつきの原因検討が必要だと考えた。

測定記録を再検討したところ、いずれの管の場合も、管に水を満たしてから経過時間が長いほど流速が小さくなる傾向が見られたので、そのことについて検討することとした。

実験内容

直管、円弧部の直径が 10 cm、6 cmのU字管の3種類について測定した。

管路が乾燥している状態から水を満たし、水位などの調整を終えた時点で、速やかに初回の測定を行った。その後、管に水を満たしたままにして、5分ごとに測定した。3～4回測定を繰り返したので、最初に水を満たしてからは、最大で約 20分後まで測定している。

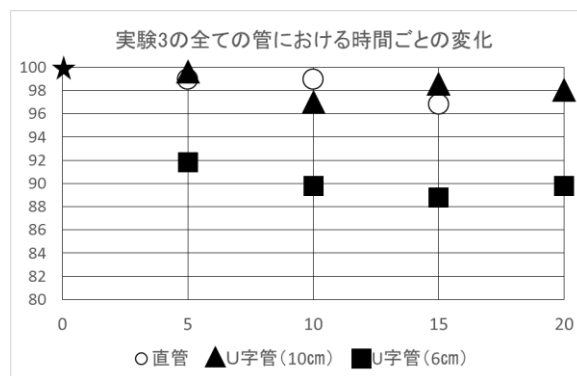
実験3の結果

結果を以下に示す（表3、グラフ2）。

表3

| | (初回) | 5分 | 10分 | 15分 | 20分 |
|-------------|------|-----|-----|-----|-----|
| 直管 | 161 | 160 | 160 | 156 | |
| U字管 3cm | 161 | 161 | 156 | 159 | 158 |
| U字管 10cm | 167 | 153 | 150 | 148 | 150 |

※単位は (cm/s)



グラフ2

グラフ2では、いずれの管も初回の測定値を100とし、各測定値を100に対しての割合としてグラフに表した。（初回の値は、全て一つの点に重なるので、まとめて★マークで示している）

直管で約3%、U字管（10cm）で約2%減少している。U字管（6cm）では10%以上減少しているが、5分以降での変化は約2%である。

実験3の考察

水を満たしてからの時間経過とともに流速は減少した。これらは実験1でのばらつきの程度に近い。水を満たしてから測定するまでの時間にも配慮して実験1を行うと、より明確な結果が得られるかもしれない。しかし、経過時間との関係はそれぞれ1回しか測定していないので、測定を追加するなど更に検討が必要だと考えられる。

まとめ

時間経過とともに流速が減少するのかどうかについては、さらに検討が必要だと考える。流速が減少する要因としては、「内壁近くに水流が遅い層ができ、その層が時間とともに厚くなって、流水量が減少する」、「水に泡が生じて流速に影響を与える」などを予想している。

予想を検証するために「親水性が異なる別の材質の管で測定する」「水以外の液体で測定を行う」などの実験を考えている。

経過時間との関係が明らかになれば、水を満たしてからの経過時間を一定にして、再度測定を行い、流速と管の曲がり方との関係を確認したい。

また、管の円弧部の直径が小さいとき円弧部の長さ（曲がっている部分の全長）も小さくなるので、その影響についても検討する必要があると考えている。

今後の課題

- ・親水性が異なる別の材質の管で観察する。
- ・水以外の液体で測定を行う。
- ・U字管で円弧部の長さによる影響を調べる。
- ・経過時間との関係を明らかにし、再度測定を行って、流速と管の曲がり方との関係を確認する。

参考文献

青野舞奈「管摩擦係数の測定」

『物理チャレンジ2015 第1チャレンジ実験課題
実験優良賞(SA)レポート』

(<http://www.jpho.jp/2015/2015-1st-chall-ex-p-report/index>)