

熱線による水の流速測定に就いて

原田, 雅登
宮崎大学

栗原, 道德

<https://doi.org/10.15017/4743334>

出版情報：應用力學研究所所報. 1, pp. 42-45, 1952-06. 九州大学応用力学研究所
バージョン：
権利関係：



熱線による水の流速測定に就いて¹⁾

原 田 雅 登²⁾
栗 原 道 徳

今日までのところ水の流速を少し詳しく測定したい時には吾々はピトー管を用いねばならなかつた。従つて平均流速だけが測定可能で、それも少しく變動の劇しい場合には困離である。又空間的にも微細に流速分布を検べる場合には種々の困難が伴ふ。若し熱線風速計を水流に應用することが出来るならば、これ等の困難は悉く解決され、又流體力學的に見て最も重要な“亂れ”の測定も可能になる。従つてこの事は流體力學の研究に對して次の二つの大きな意義をもつてゐる。即ち第1には風洞の代りに水槽を用いて亂れ自身の研究が可能になる。第2には吾々は熱線に依り水路、船舶流體機械等に於ける實際の水の流れに就いて其の流速分布、亂れを測定し、具體的な流れの性質を研究する事が可能である。この後の可能性は流體工學的の實際問題解決に對して重要な意義を有つものである。

この様な意味に於て吾々は26年6月頃から熱線風速計の水への應用を試みてみた。

熱線の水に應用する場合の困難として、先づ(1)低速の場合に熱線に氣泡が附着し極めて不安定であること及び(2)高速では冷却効果が著しく熱線の感度が低下することが知られている。第1の困難は氣泡が何に起因するものであるかを知ることが出来れば其の對策は講ぜられる筈である。吾々は G. B. Middlebrook 及び E. L. Piret のこの問題に關する徹底的な研究のあることを知らずに研究を行つたものであるが、今その概要をこゝに述べておく。

若し氣泡が溶解氣體或は水蒸氣によるものならば熱線と水の親和度を強めるならば氣泡の發生は相當に抑制することが出来る筈で、實際熱線を顯微鏡下で機械的に滑かにし、更に化學的に清淨すると普通の道水に際し $70^{\circ}\sim 80^{\circ}\text{C}$ の程度まで泡の發生しない場合もある程にその効果はあるが、決定的な對策とはなり得なかつた。この様に處理した熱線に就いて氣泡の發生情況を視るに、氣泡は熱線の支柱側の一端に多く發生し、電流方向を逆にすると熱線他端より多く發生すること、更に氣泡の熱線に沿ふ運動或は熱線を切斷した場合の氣泡發生狀態等から氣泡は電解によるものであらうことが推測される。

- 1) 日本應用力學會九州大學應用力學研究會第5回講演會(昭和26年12月15日)に於ける講演原稿を纏めたものである。東大理工研の堀榮一氏が日本物理學會(昭和27年4月3日)に於て熱線を用いた實驗的研究「水中に於ける亂れの減衰」を講演されている。
- 2) 宮崎大學助教授
- 3) G. B. Middlebrook, E. L. Piret, Industrial and Engineering Chemistry, 42 (1950) 1511.

電解による気泡発生を防ぐ方法として種々考えられるが、熱線を短くして熱線端の電圧降下を小さくすることが最も手軽で効果的であることを実験中偶然の機会に発見した。

この結論に到達し得た直後にこの種の研究に關し上記の Middlebrook 及び Piret の論文のあることを知つたのである。結論は全く同じであるが彼等の研究の徹底的であることに大いに敬意を表するものである。

以上の様に (1) の困難は解決されたので高速に就いての (2) の困難の程度を調査し、果して 1 m/sec 程度の流速に對しても應用し得るか否かに就いて簡単な實驗を行つた。その結果は圖に示されている。圖から熱線電流を變えることなしに零から毎秒 1 米程度までの流速領域に對して 1 つの較正曲線が十分に役立つこと (勿論熱線電流を増加することに依つて流速領域は増加することは出来る), 従つて吾々の實際的な要求を略々満足するであろうことが知られる。

實 驗 今後同種の試みをなされる研究者への參考のために吾々の行つた簡単な實驗に就いて少しく説明しておきたいと思ふ。

斷面 20 cm × 20 cm, 長さ約 4 m の水槽をつくり、この上に台車を走らせ、之に熱線をつけて、速度對抵抗變化の較正曲線を求める。

電氣回路は普通のホイートストン・ブリッジで、電流一定法である。後述の如く電流が 1 A に近い、又はそれ以上であることと走行距離が短いので電流一定法をとつた。¹⁾ その理由は 毎回台車の速度が精密に一致しないため、短時間にこの程度の電流を精密に制御することが技術的に困難であつたからである。又一方抵抗一定法に必要なこの程度の電流に耐えて然も抵抗變化のない材料がブリッジの三邊のために得られなかつたからである。

ブリッジ回路は 1 Ω と 10 K Ω との標準抵抗を 2 邊に使い、他の 1 邊に 0~111.11 K Ω のダイヤル型抵抗を使つた、この様にブリッジの比を高くした理由はブリッジの 1 邊に用ふべき可變抵抗の最低單位を不安定な接觸抵抗に較べて充分大きくするためであつた。上記の技術的困難が解決されれば抵抗一定法を用い測定感度を上げることが出来る。

使用した檢流計は 10^{-7} A 程度の吊線型檢流計であるが内部抵抗がやゝ低いので、ブリッジの平衡を完全に求め得たとはいへ、難いけれども、全體としてみた熱線特性には大きい影響を與へてはいないものと思はれる。²⁾

電池は 12 V で、外抵抗は約 15 Ω 程度である。熱線は約 30 μ の白金線を約 3 mm の長さで使つた。之は紡錘形斷面の支持棒で水面下約 6 cm のところで、支持棒から約 4 cm 前方に尖つた銅線のステムの先端に電弧熔接でつけられている。その向きは垂直である。

1) 後述の代表的な實驗結果の場合、熱線の抵抗變化による電流變化は 0.5 %であつた。

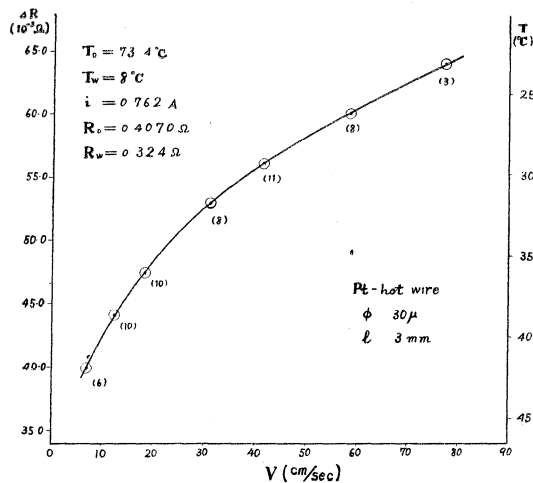
2) 之に對しては内部抵抗の大きい感度 10^{-8} ~ 10^{-9} A 程度の反照型檢流計に直列抵抗を入れて感度を落して使えばよいであろう。

台車へのリードは普通の双芯コード約 6 m を一本にして二組使つて、可撓性をもたせ抵抗を小さくしてある。リード、熱線共に温度に敏感であるから、気温、水温の變化には絶えず注意して測定した。ステムの抵抗は比較的小さいので、測定時の温度變化の影響は殆どなかつた。

代表的な實驗例を次にあげる。

気温、水温 (T_w) 共實驗中殆ど一定で、共に $8.1^{\circ}\text{C} \sim 8.0^{\circ}\text{C}$ であつた。

リード及びステムの抵抗の合計は、 $0.650\ \Omega$ 及び $0.419\ \Omega$ での測定の平均値は $0.1963\ \Omega$ である。之をすべての抵抗測定値から引いた値が熱線の抵抗である。



R_w 熱線の T_w に於ける抵抗

$0.0302\ \text{A}$ で $0.3240\ \Omega$

R_0 電流 $i\ \text{A}$ で加熱した熱線の静止時の抵抗

$0.762\ \text{A}$ で $0.4071\ \Omega$

T_0 R_0 のときの推定温度

温度係数を 0.00392 として計算すれば上記のとき 73.4°C

R 速度 $V\ \text{cm/sec}$ のときの熱線の抵抗

T R のときの推定温度

ΔR $R_0 - R$

台車の速さはストップウオッチを用いて測つたもので、走行距離が短いために精度が大變悪い、従つて略々同一條件のもとに行われた實驗結果を1つのグループに纏めて平均速度 V と平均抵抗變化 ΔR を求めた。その結果は圖に示されている。圖中各點の傍の括弧内の數字は測定の数である。

可成り滑かに曲線上にのつている。圖が示すように流速計としての感度は數 cm/sec の低速度では 1 cm/sec 當り 約 0.001 Ω , 80 cm/sec の高速に於ても 約 0.0002 Ω の程度であるから檢流計の感度を少しく考慮するならば流速測定に對しても應用が可能である。

最後にこの研究は文部省科學研究費の援助により行われたものであることを附記しておく。

(昭和 27 年 4 月 15 日受理)