

# 大流量測定法としてのピトー管法に関する諸問題 (第2部)

—— ピトー管法の精度に関連する共通の問題点 (その4) ——

…… 測定実施上留意すべき諸点 ……

## Practical Problems in Regard to Pitot Tube Method for the Measurement of Large Water Discharge (Part II-4)

山 崎 卓 爾\*

### 内 容 梗 概

ピトー管による流量測定に関し、前号までに精度に関連する共通の問題点として、ピトー管係数、測定位置の検討、測定条件等に関して述べて来たが、これらの基礎の上に立つて、いよいよ測定実施上留意すべき事項について述べる段階にいたつた。

ピトー管法における測定実施上の注意事項とは、ひつきよう求むべき確実な測定数値を具現するに必要な注意事項を意味し、ピトー管測定においては、測定値はマンメータを通じて行われるのであるから、ほとんどマンメータに関する注意事項ということになる。

この意味において、本号ではマンメータの取扱から生ずる誤差、脈動を有する場合の測定等を主とし、あわせて、ほとんど常識的と思われる注意事項もとり入れて、実際の試験時に役立つように述べて見たつもりである。マンメータ測定についての注意事項としては本稿で述べるにとどまらず、限りない事項を含んでいるものではあるが、こゝでは特に現地測定において注意すべき事項を主として述べた。

### 〔I〕 流速の大小とマンメータ指示の正確度

ピトー管の指示は、現在の現地流量測定では一般に、水柱あるいは水銀柱マンメータの示す指差水頭  $h$  によつて、第1図のように示される。

今事柄を簡単にするために、ピトー管係数を1と考えると、マンメータの指示は

$$h = \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots (1)$$

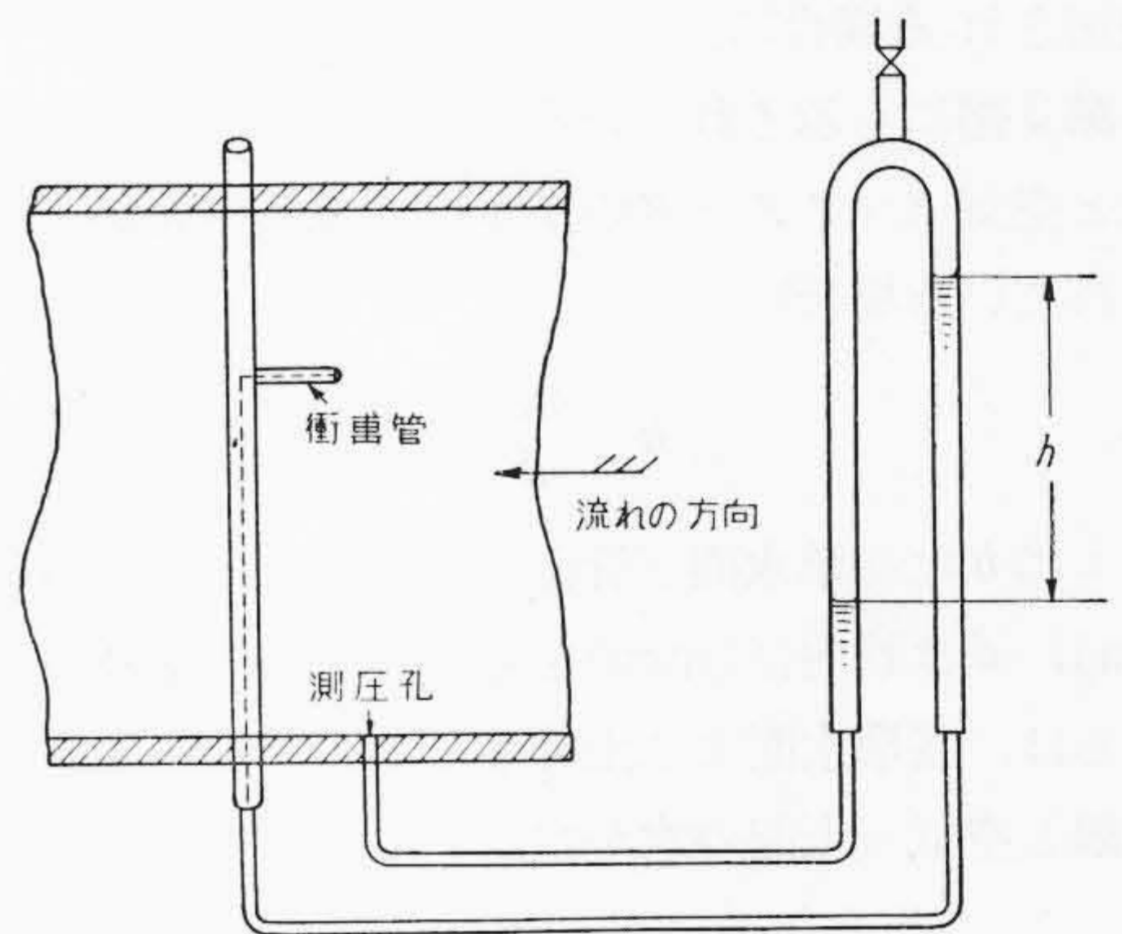
となり、流速  $v$  の変化に応じてマンメータの読みは次のようになる。

$v$ (m/sec)	5	4	3	2	1	0.5
$h$ (mm)	1275	817	459	204	51	12.8

このような測定範囲は実際の試験では日常経験するところであり、また研究室での実験では、これらの全範囲を通じて実用上十分正確な値を得ることは容易である。しかし現地の試験では諸種の条件に制約されて必ずしも十分な正確度を期待することはむづかしく、1 mm 以内の正確度はよほど注意深い実験でないと確保できずしたがつて上述の 0.5 m/sec の流速に相当する 12.8 mm のマンメータ指示を確実に 12.8 mm と読むことはほとんどできないような場合が多い。

このようなことから、ピトー管による流量測定試験では、軽負荷すなわち鉄管内の流速が小さくなるほど観測誤差の割合が大きくなり勝ちであることに注意しなければならない。この故に現地試験結果の検討に当つても、単に結果の曲線図を見て判断することは危険で、そのとき測定された流速が何程であつたかを知つて、その曲線図自体に何程の信頼度があるかを判定しないと、往々に

\* 日立製作所日立研究所



第1図 ピトー管とマンメータの読みの関係  
Fig. 1. Relation between Pitot Tube and Manometer Reading

して判断を誤ることがあるから注意を要する。

### 〔II〕 マンメータの読取りについての注意事項

#### (1) マンメータ用ガラス管の太さの差による指示の不同

圧力指示用マンメータは一般に一樣な太さの内径のものを使用することはいうまでもないところである。しかし観測者の数を減ずる目的を以て指差マンメータの一方の径を大きくし、差圧の変動によるマンメータの動揺を感ぜしめないようにし、他方のみを小さくして、微小変動はこれのみによつて示し得るようにする場合も多い。HK 式ピトー管用のマンメータもこのようなやりかたで作られている。

この際問題となるのはマンメータを形成する管の内径

の差によつて、液柱の毛管現象による作用がことなり、したがつて管の太さによる誤差が最初からつきまとうことである(第2図参照)。このような場合は当然最初から両管内の毛管現象による水位上昇の差を知つておいて、補正をしなければならない。

毛管現象は周知のように使用する管の材質、管の太さおよび使用する液体の種類によつて、それぞれことなつた値を示す。一般にマンメータに使用されるものはガラス管の場合が多く、近來合成樹脂製の透明管が使用されるようになってきたが、まだまだガラス管が圧倒的に多いといわなければならない。例として第3図に、ガラス管の場合における水、空気および水銀の三者の組合せの場合の毛管現象による液柱面の昇降度を示した。

元來毛管現象は液体の凝集力による表面張力と、液体と管との間に生ずる附着力と、重力との釣合状態から生ずる現象であるから、一定の材質の管および液体により、理論的に計算することができる。最も普通にマンメータに使用される場合についての計算結果は次の通りであり、第3図にも示されている。

水と空気(マンメータの指示水柱頭部の面が空気にさらされている場合)

$$h = \frac{30}{d}$$

こゝに  $h$  は基準水面(管径に影響されない)からの差(mm)、 $d$  は管内径(mm)を示し、右辺の符号が正であることは、基準水面より上昇することを示している。

水銀と空気(上記の水が水銀となつた場合)

$$h = -\frac{10}{d}$$

符号が一であることは、基準水銀面より下降することを示している。

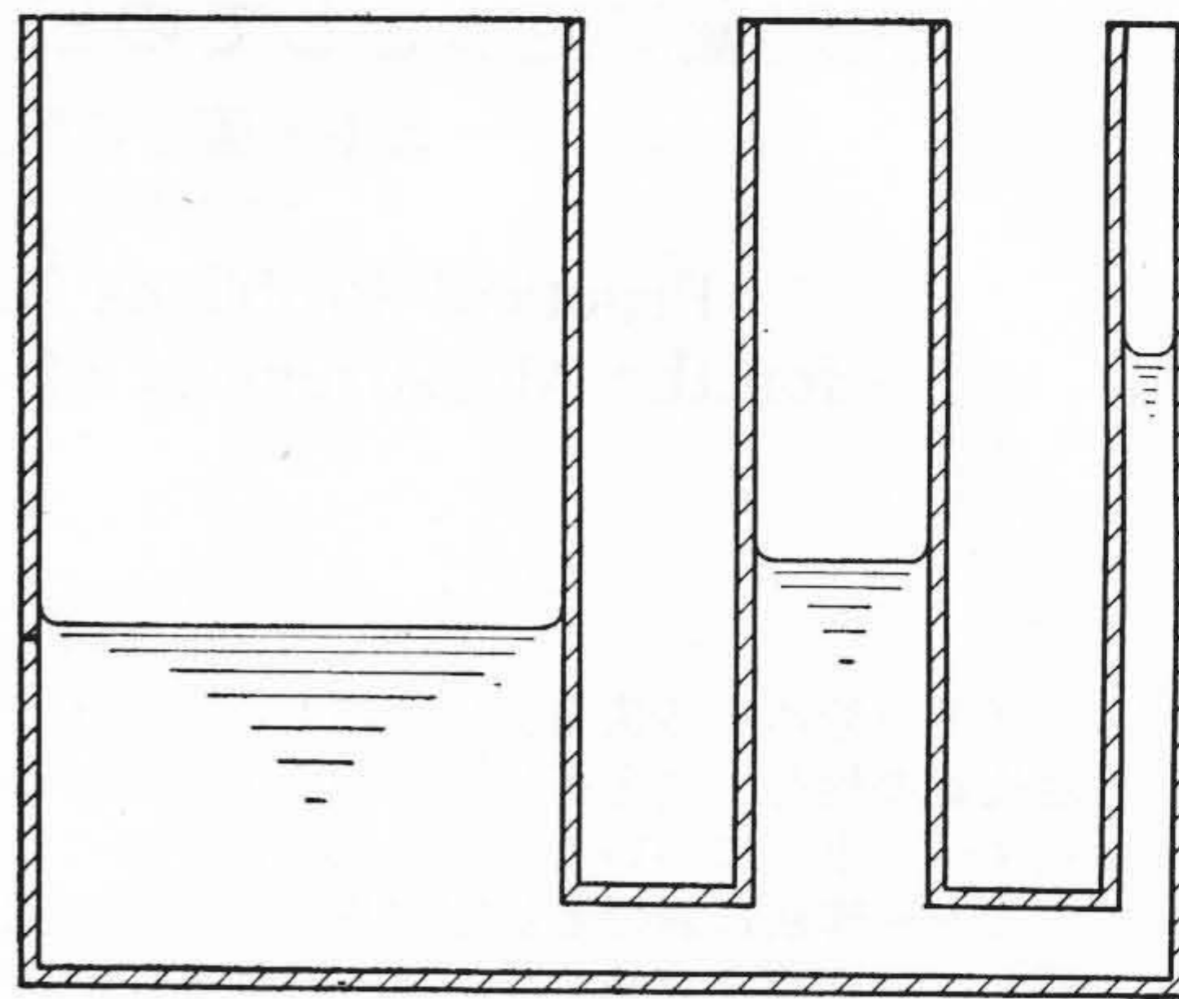
水銀と水(水銀柱の頭部の面の上が水で満されている場合)

$$h = -\frac{8}{d} \text{ あるいは } h = -\frac{12.6}{d}$$

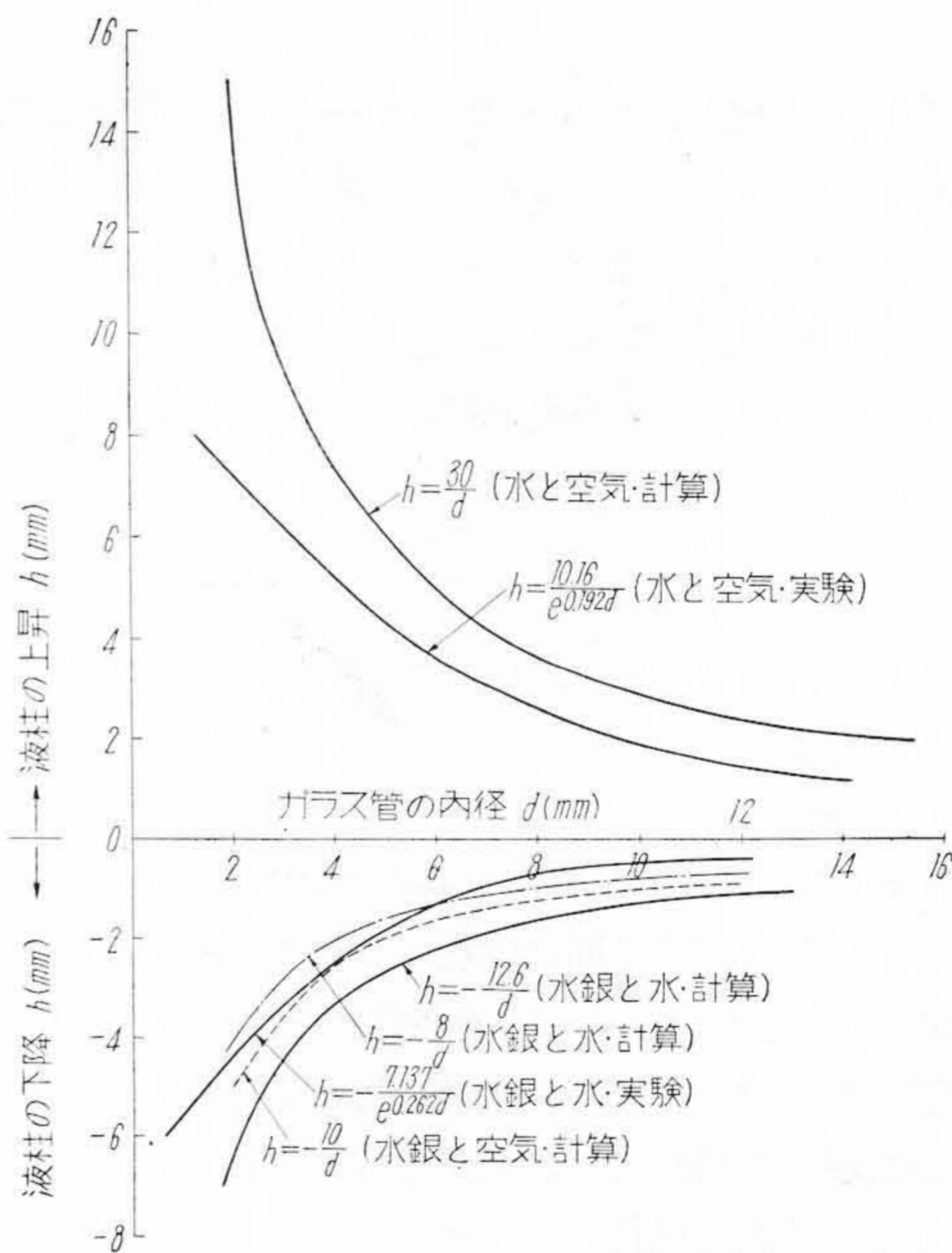
2個の式があるのは、計算假定が異なるためである。

以上に対し、水と空気、および水銀と水の場合に対する実験結果は、いずれも計算値よりも小さい数値を示している。

これらの諸結果からわかるように、計算および実験結果は、ともに単にその傾向を示すにとどまり、これらの値を利用して補正量を定めることはできない。計算には計算假定があり、実験には管内面の清浄度や面の滑かさの程度が問題となるからである。よつてマンメータの補正量はそれぞれの場合につき実験的に確認されなければならない。



第2図 管径と毛管作用  
Fig. 2. Relation between Capillarity and Diameter of Pipe



第3図 毛管現象による液面上昇  
Fig. 3. Rising of Liquid Surface by Capillarity

実際には、大流量測定の実地試験では、この差は数mm以内であり、ピトー管による流速測定では、さきに示したように高い流速の場合ほとんど問題はないが、小流速の場合大きく結果に影響して来ることになるので、実験目的によつてはあまり厳密な補正を必要としないこともあり、場合によつてはきわめて厳密な補正を必要とすることもあり、その都度状況に応じて考えなければならない。

近來のように効率試験結果がやかましくなつて来ると

当然すべての点で精密さが要求されることになるので、もし厳密な補正を行う煩わしさをさけるとすれば、どうしても管径の大きいものを用いてこの指差を小さくする以外に方法がない。この意味においてマンメータ用のガラス管は内径少くとも 10 mm 以上のものを使用することが望ましく、できれば 15 mm 程度であればほとんど考慮するには足りない程度であろう。これとても第3図によれば、基準面すなわち大きい直径の場合の液面に比して 1 mm 程度の差があり得るから、当然要求度によっては問題となるであろう。

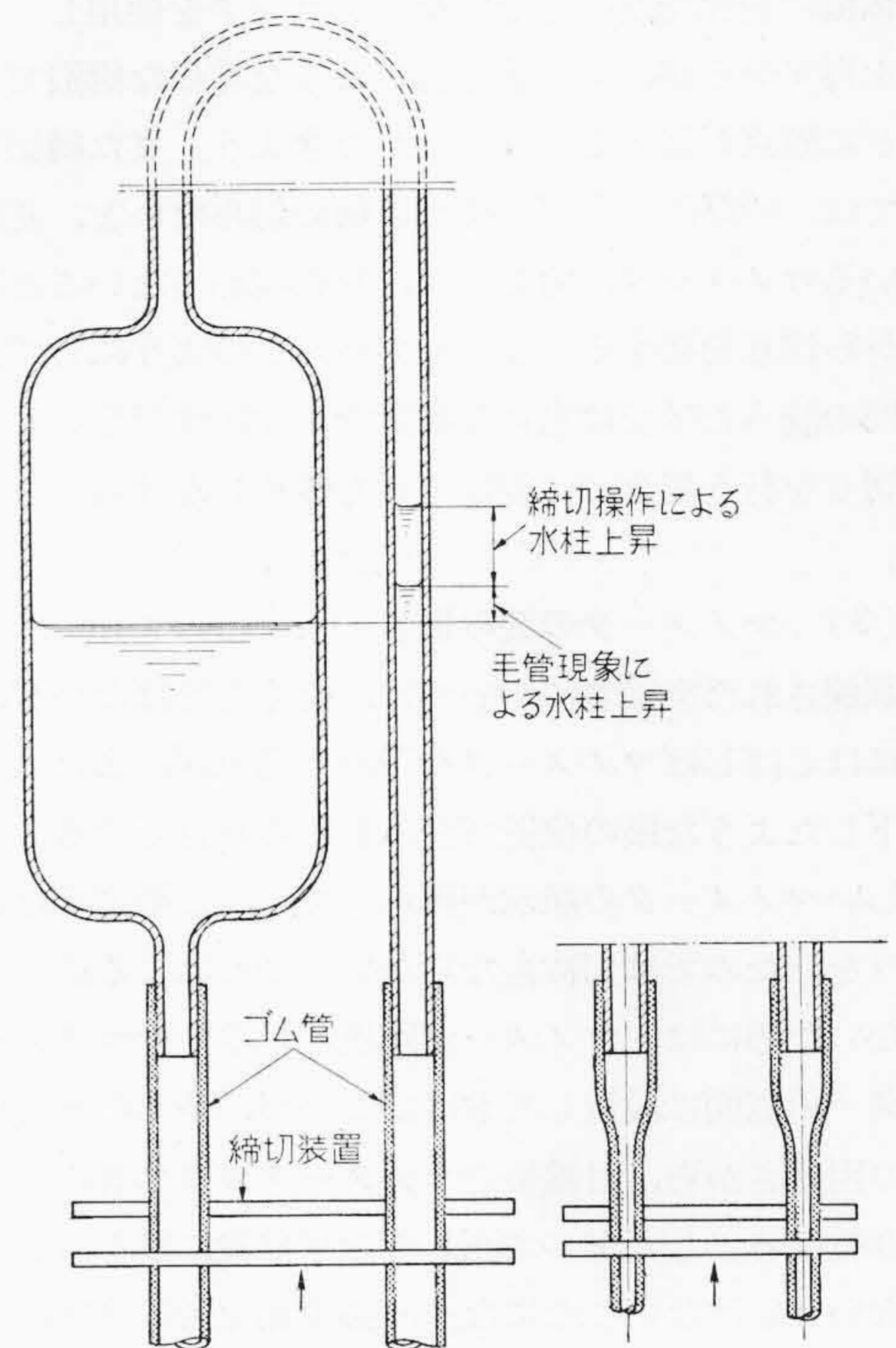
上記は1個のガラス管内の液柱の上昇度を問題にしている場合であり、管径のほぼ等しいものからなる U 字管マンメータの場合には、前記ほど大きい影響はなくなるから(同程度の影響が入るため)それほど心配することはない。たゞマンメータを取扱う場合においては、つねに一応上記の諸事実を考慮してかゝらねばならないことを強調する次第である。

#### (2) マンメータ用導管締切りの影響

測定しようとする圧力(水頭)が、大きいまたははげしい振動を伴つたり、マンメータの構造上動揺を伴つたりする場合、読みにくいことを考慮して測定の直前の瞬間に、マンメータへの導管の一部を締切ることにより、マンメータ内の液柱を停止して読む方法がとられることがある。この場合締切りの操作のためにこれに伴う液柱の高さの変化がすべての液柱に対して同等であれば問題はないが、締切り部の構造やマンメータの構造によつては必ずしも同等にはならないから注意を要する。

現在一般に採用されている構造は第4図に示したように、締切部はゴム管とし、その一部を強く圧してマンメータへの通路を遮断する方法がとられる場合が多い。この際ゴム管が押しつぶされるから、そこにあつた水は流水側とマンメータ側に強制的に押し込められることになる。流水側ではすぐ流れに同化するので問題はないが、マンメータ側では導管の他の部にこの圧力に応ずる変形がなければ、マンメータ上部の空気を押し縮めて、マンメータの水柱が上昇することになる。いま測定している両ガラス管にいたるまでの導管の構造が全く同様であれば、ほぼ同等の上昇度が期待されるが、一方の直径が大きく、他が細いような構造のものではことなつた上昇度を示すことになる。すなわち太い方では上昇度が小さく、細い方では反対に大きい上昇度を示す。

以上のことは実発電所における HK 式ピトー管による測定において、筆者が直接当面した問題であり、この影響が約 7 mm 程度の上昇差となり、小水量における水車効率において 5~6% 程度の見かけ上の低下を経験したことがある。これは全く測定技術上の問題であつて、現



第4図 導管締切操作によるマンメータ液面上昇  
Fig. 4. Rising of Water Surface in Manometer by Shut-Out of Leading Pipe

地試験がいかに詳細な点にまで注意が配られねばならぬかの好例であると思ひ、詳述した次第である。これに対する手段としてあらかじめその上昇度を数値的に確認するのは当然であるが、試験実施時とは全く異なつた圧力下では、ゴム管の膨脹の度合がことなるため、実際に則した数値は得られず、必ず試験実施時と同一の圧力下で行われなければ意味がない。

なおこの事柄に関して、も一つ考えねばならないことは、上記の事は締切装置を急閉したときに起るのであつて、もしきわめてゆるやかに締切を行えば押し出された水は、そのときの圧力状態に応じて自動的に移行し、正しい値を示し、締切り完了の瞬間には導管の途中にきわめて狭い通路で連通した構造のものと考えられるわけである。しかしこのような操作はきわめて微妙な技術を要することになり、現地試験としては推奨することができない。やはりあくまでも同一の上昇度を示すような構造にすべきであり、最近一部では、締切り部のゴム管内径のきわめて小さいものを使用する方法を講じているのは、良案であると思ひ(第4図右下に示す)。しかしこれとても厳密には決して精度上無関係ではないことを心すべきであろう。

筆者等は締切り手段として、締切りによつて内部の水

の体積に変化を及ぼさないゲージロックを使用して好結果を得ているが、ゴム管を押すような簡単な構造でないことに難点があるといえることができる。また締切に際しては、時間的にも同一時刻に締め切らないと、変動しているマンメータに対しては、真を現わさないことになるから注意を要する。またもちろんこのようにして得た1回の読みだけでは単に1状態を示すにすぎないので、締切を行う場合には測定回数を多くしなければならない。

### (3) マノメータの読み取り

訓練された実験者については、全く心配はないが、実際にはしばしばマンメータを下から見上げ、また上から見下したような眼の位置で読みとるのを見受ける。折角正しいマンメータの指示が得られても、このような読み取りをしたのでは何にもならない。これによる誤差を起さないためには、マンメータ付属の目盛りをマンメータと同一鉛直面に設置しておけばよいが、多くの場合構造上の困難さから、目盛りをマンメータガラス管の裏側に貼り付ける。したがって正しく水平位置に眼をおいて読まないといけないことになり、必ず測定者に事前に注意しておかなければならない。(第5図)

このような誤差をさけるためには、前にのべたように、マンメータガラス管と目盛りとの間隔を小さくすること、目の位置を遠くにおくこと等の基本的な対策手段を講ずればよい。目盛りを反射鏡面とし、マンメータの像をうつして、つねにマンメータの高さを一致せしめて読むようにすることが最もよいが、現地試験ではこのことはなかなかむづかしいので、前にのべたような方法をとることで、注意を怠らずにやるようにすべきであろう。

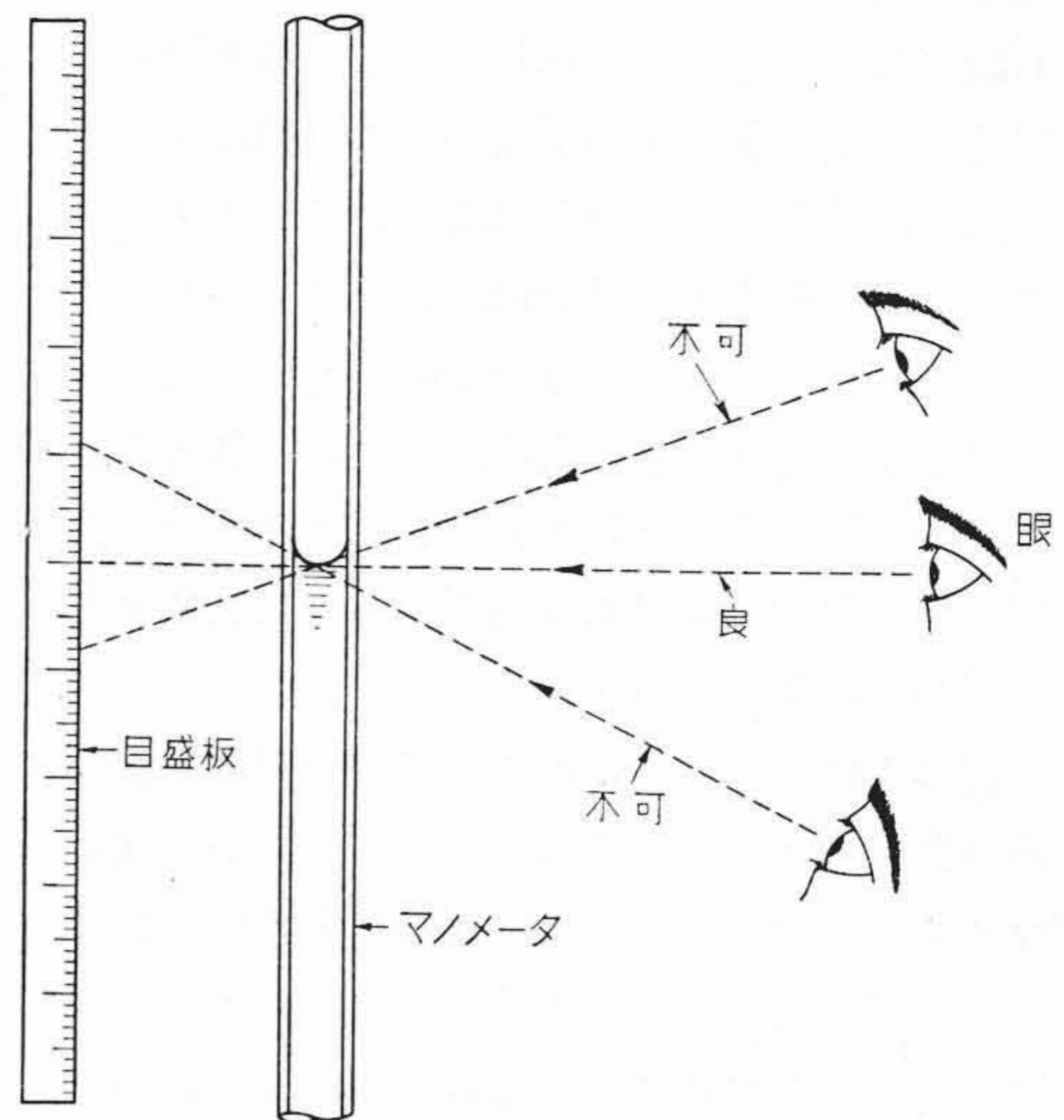
またマンメータの読みは、原則として管内の水表面の最低部(水銀の場合は最高部)の読みをとるのが常識であり、特に必要な場合以外には、この他の位置の読みをとつたりしてはいけない。(第6図参照)その理由は、たとえば第6図の高い方の面は、ガラスと水の間の付着力によつて移動するものであり、油その他の付着物の影響を強くうけて、正確な読みを与えないからである。

近頃マンメータを写真撮影して読みとることが行われるが、これについても、見上げ、見下しにならないように配慮すべきで、沼知教授<sup>(1)</sup>はこれに対し、特に考慮してマンメータの高低両圧側を写真視野の中央に持来すように工夫されているのは敬服すべき考慮であると考えられる。

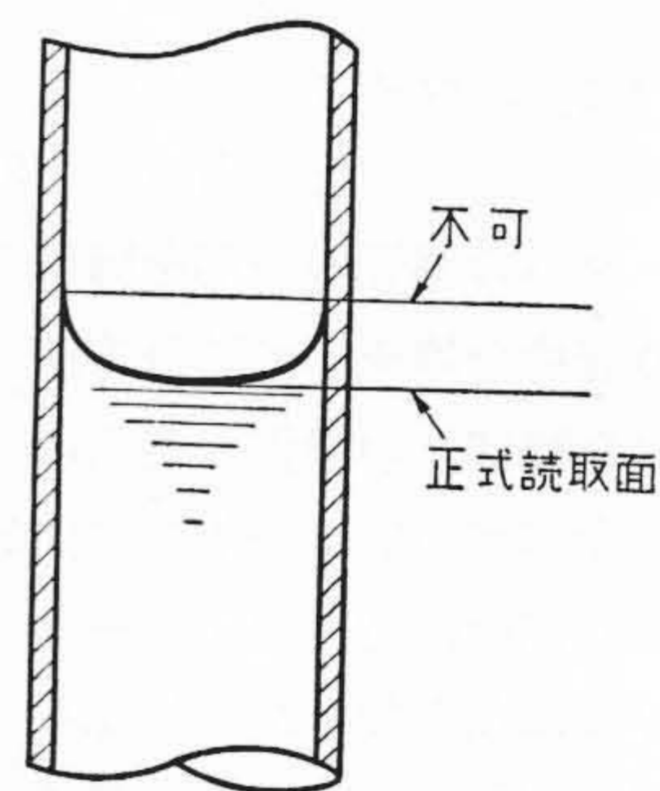
## 〔III〕 流速の動揺とマンメータの読み

### (1) マノメータの読みと流速との関連

元来管内の流速分布は多くの場合安定した状態を示すことは少なく、時々刻々複雑な変化をしていることは、



第5図 マノメータの読み取りの目の高さ  
Fig. 5. Height of Eye by Measuring the Water Column Level in Manometer



第6図 マノメータ読み取り面  
Fig. 6. Reading Surface of Water Column in Manometer

多孔式ピトー管の実験等においてしばしば経験するところである。したがって測定の方針としては、あくまでも同一時刻においてすべての測定点の読みをとることが最も妥当であると考えてさしつかえない。しかし現実には A.S.M.E. の Test Codes でも1点ずつ測定を行う方式を採用しており、わが国のHK式ピトー管では測定上の方針として、その双管型の形式のものでは、水圧鉄管の中心に対して対称な左右の2点について同時に測定を行うことを規定している。板谷管では締切り方式を採用する場合には同時測定となるが、締切りを行わない場合には同時測定とはならない。

同時測定を部分的に行う場合、たとえば双管型HK式ピトー管のような場合、中心に対して対称な左右2点は常に反対方向(一方が上れば他方はそれと同量だけ下る)に同様なだけの動揺が起るものと考えられるのはあたらな

い。もしこのような傾向があれば、左右の点における速度の動揺の大きさは常にほぼ等しい筈であり、したがっていかなるときに読みをとつても両者の平均は常に等しい筈となる。双管型HK式ピトー管はこのような想定のもとに、最大限往復2回の読みとりにより十分正しい値が得られるとしているが、以上のような見かたは一見甚だもつともな話であるが、水の流速分布の動揺をあまりに理想的に考えすぎたものといわなければならない。実際にはきわめて複雑な流れかたをしており、上述の理想的な動揺はむしろ例外に近いといわなければならないであろう。したがってこのような原理にもとづく測定方法が常に真の値を示すとは考えられない。しかし最近では双管型HK式ピトー管でも数回または十数回の測定を行う方式をとっているとのことであつて、これならば何等異とするにはあたらないと考えられる。

さて次に動揺している水柱に対しその平均の値を読むことから生ずる誤差について考えて見よう。測定者が動揺の中心と見ているのは、マンメータの水柱の動揺の中心であり、マンメータ指示  $h$  は  $h = V^2/2g$  であるから、とりもなおさず流速の2乗の平均を読んでいるわけで、あきらかに真の平均流速よりも大きい  $v$  に相当した  $h$  を読み、結果として流量を過大に読みとることになるはずである。マンメータの目盛として、 $h$  の長さの均一目盛でなく、流速  $v$  の目盛を附したものがあり、この場合は動揺の最大、最小流速値を求めてその平均をとればよいが、規則正しい動揺でない限り、その中心値を求めることはむしろ多分に個人のカンに頼ることになり、ますます測定信頼度を少なくするものといわなければならない。

このことは動揺が小さい場合には全く問題にならぬほどその差が小さいが、動揺の大きい場合には、たとえ読み取りが正確であつたとしても誤差が入つて来ることを知つていなければならない。

上記のことを数値例をあげて説明した方がよいと思われるので、蛇足ながら次にこれを示した。

マンメータに表われる水頭  $h$  と、速度  $v$  との間には測定計器の係数を1とすれば、

$$h = \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots (2)$$

が成立つ。

今流速が平均値  $v$  の上下に  $\Delta v$  だけ動揺するとすれば、上式は

$$h = \frac{(v \pm \Delta v)^2}{2g} \dots\dots\dots (3)$$

と書くことができる。今動揺の両端の流速に対して  $h$  を読んだとすると

$$h_1 = \frac{(v + \Delta v)^2}{2g}, \quad h_2 = \frac{(v - \Delta v)^2}{2g} \dots\dots\dots (4)$$

$v$  の平均値を求めるために  $h$  の平均値をとつたとすると、

$$h = \frac{h_1 + h_2}{2} = \frac{(v + \Delta v)^2 + (v - \Delta v)^2}{4g} \\ = \frac{v^2 + (\Delta v)^2}{2g} \dots\dots\dots (5)$$

となり、 $(\Delta v)$  に相当する速度水頭だけ大きい値を読むことになる。

たとえば  $v = 1\text{m/sec}$  で、動揺部分が  $\Delta v = \pm 0.1\text{m/sec}$  とすれば、

$$v^2 + (\Delta v)^2 = 1.01$$

となり、これから求めた  $v$  の平均値を  $v'$  とすると

$$v' = \sqrt{v^2 + (\Delta v)^2} = 1.005$$

となるから、流速として0.5% 大きい値を決定することになる。

正当な値を得るためには(4)式から

$$v + \Delta v = \sqrt{2gh_1}, \quad v - \Delta v = \sqrt{2gh_2}$$

から、両者の和の平均をとり、

$$v = \frac{\sqrt{2g}(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})}{2} \dots\dots\dots (6)$$

とすればよいわけである。すなわち前の方法では  $h$  を求めてその算術平均をとつたのであり、後の方法は  $h$  に対する各々の  $v$  を求めて、その算術平均をとつただけのちがいがあつた。

多くの場合この両者の差は動揺部分が少ないときには問題にならず、かつ後の方法は計算にはなほ手数要するので、前の方法を適用して何等さしつかえないが、原理的にはこのように考えなければならないことは当然である。また平均流速が比較的小さく、これにくらべて動揺部分が大きいような場合には十分上記のことを心掛けて処理すべきであろう。

次に流速の動揺が時間的に平均値の上下に、同様な割合で現われるならば、平均値は意味を持つが、必ずしも動揺がそのように現われるとは考えられないので、動揺が時間的に不規則な場合には、単に往復2回の測定の程度ではほとんど真相をつかみ得ないものと思わなければならない。

最後に動揺しているマンメータの読み取りは實際上どの程度に正確にとらえられているであろうか。もちろん上述のような慎重な考慮の下に読み取りが行われていれば何等問題はないが、一般には実験者がマンメータの動揺を見ていて、実験者自身が測定の時期を判定するやりかたがとられるため、動揺のはげしいときには、実験者の判定が人によつていろいろに変わることがあり得る。たとえば

(i) 今最もマンメータが安定している。

- (ii) 今マンノメータの相互の関係が最も理想的な形になつた。
- (iii) 今動揺の平均値を示していると思われる。
- (iv) 今前回の測定値と等しくなつた。(このようなことは一般の測定にはあり得ない態度であるが、時として現地では行われる可能性がある)
- (v) 今最も極端に差のある状態になつた。

この他種々の場合が考えられるが、そのいずれに重点をおくかは、実験者の考えかたによつて異なつて来るわけであり、いずれをとつたとしても正確な判定とはならない筈である。

以上のようにして多数回の測定を決定した場合、ともすると、上に述べた測定者の心理的な傾向から読取りの時期を決定しがちであるが、これは極力さげなければならぬ。根本的な立場からは全く任意にマンノメータの動揺に関係なく読取りの瞬間を決定すべきである。時間的な一定の間隔をおいたのでは、もし周期的に、時間々隔とほぼ一致した変動があつた場合には正確な平均値が求まらないことになるから注意を要する。

#### (2) 流速および静圧動揺時の測定値

流速および静圧が動揺している場合は、前述のように測定値に対し、多くの不安な原因をもたらすものであり、誰しもこれを好むものではない。しかし実際には安定した流速分布はなかなか得られないのであつて、測定者は必ず当面しなければならぬ問題である。

このような場合同時測定を行うことは最も好ましいことは当然であるが、非同時測定の方法を行わねばならぬ場合には、全断面の測定を完了するのに相当な時間を必要とすることになり、これに伴う誤差が何程であるかは何人も知りたいところである。

これに対してははつきりした実験はないが Hubbard<sup>(2)</sup> が行つた研究は参考になると思ふ Hubbard は直径12"の粗管についての実験結果より、速度水頭の25%の大きさの脈動が与えられた場合、平均流速においては1%の誤差を生ずることを結論している。A.S.M.E. Test Codes において、試験時における脈動について設けた制限はこの研究の結果に端を発したものと考えられる。

いずれにしても Hubbard によれば、脈動自体は流量測定に大きい影響を示さないことになり、このあらわれは A.S.M.E. Test Codes においても測定点の同時測定を行わず、1個1個の測定点の実測を次々と時間をかけて行うことの信頼性を裏づけているものと考えられる。従来のピトー管による測定も、このような意味では一点測定の根拠をつかんでいゝものと考えてよいであろう。

しかしそれだからといつて1回の測定で十分であると断定することはできない。前項でものべたように動揺し

第1表 マノメータ動揺度と流量の関係  
Table 1. Relation between Oscillation of Manometer and Flow

試験番号	ピトー管番号	最大マンノメータ指示 (mm)	平均流速 (m/sec)	平均流量 Q (m <sup>3</sup> /sec)	30回の総平均流量 (Q̄に対する比 $\frac{Q}{Q̄}$ )
1	I	1406.7	4.8445	99.409	0.9989
	II	1343.7			
	III	1434.7			
	IV	1208.7			
2	I	1389.7	4.8828	100.195	1.0068
	II	1326.7			
	III	1479.7			
	IV	1202.7			
3	I	1431.7	4.8488	99.497	0.9997
	II	1331.7			
	III	1456.7			
	IV	1221.7			
4	I	1382.7	4.8546	99.616	1.0009
	II	1335.7			
	III	1452.7			
	IV	1213.7			

ているマンノメータから真の平均値を1回で見出すことは、相当な熟練者といえども決して容易なわざではないからである。筆者の経験では多孔式ピトー管による測定結果が、このよい例を示している。この測定では直交2直径に多孔式ピトー管を挿入し、適当な時間をおいて一斉にマンノメータを遮断して読みとりを行い、これを30回繰かえしてその平均値をとつている。今そのうちの数回の読みを書き出して見ると第1表のようになる。表によれば、マンノメータ指示において50mm以下のあまり大きくない脈動がある場合でもたゞ1回の測定では、やはり0.7%程度は異なることがわかり、測定回数を増してやることが、正確値に対する近似度を高めることになるのは当然である。脈動が大きくなればこの差は更に大きくなるであろう。

#### [IV] 連通管マンノメータの使用について

ピトー管法では、同時測定を行う場合多数のマンノメータを必要とするから、多くの場合第7図に示すように一端を連通した連通管マンノメータが使用される。このマンノメータは速度水頭が一目で見渡せるので、甚だ便利であるが、それだけに不正確になりやすい。すなわちいずれか1個に故障があると、これに連なるマンノメータ全体が不正確な読みを与えることになり、つねにすべてのマンノメータに故障のないことを確認しなければならない。また動揺の多い流速に対してはすべての測定孔の動揺が相互に影響し合つて、動揺を助長する場合もあるので、ますます動揺の程度がはげしくなることがある。水マンノメータでは上部が空気の場合空気に圧縮性があるためある程度この動揺は緩和し得るが、それには連通部をなるべく大きくして、空気体積を大きくとる方がよい。

また水銀マンメータの場合には、下部は水銀、上部は水で満されているから、動揺は少しも緩和されないことになるから、動揺の多い場所ではこの方法は読みとりを困難にせしめ、結果として不正確度を増すことになり感心できない。

以上のようなことから、連通管マンメータの使用については、よく気をつけて結果への影響を考慮して使用すべきである。A.S.M.E. Test Codes において測定孔を1個ずつ測定することをやめないのは、一つには連通管の悪影響を排除する意味があるのではないかとさえ考えられる。

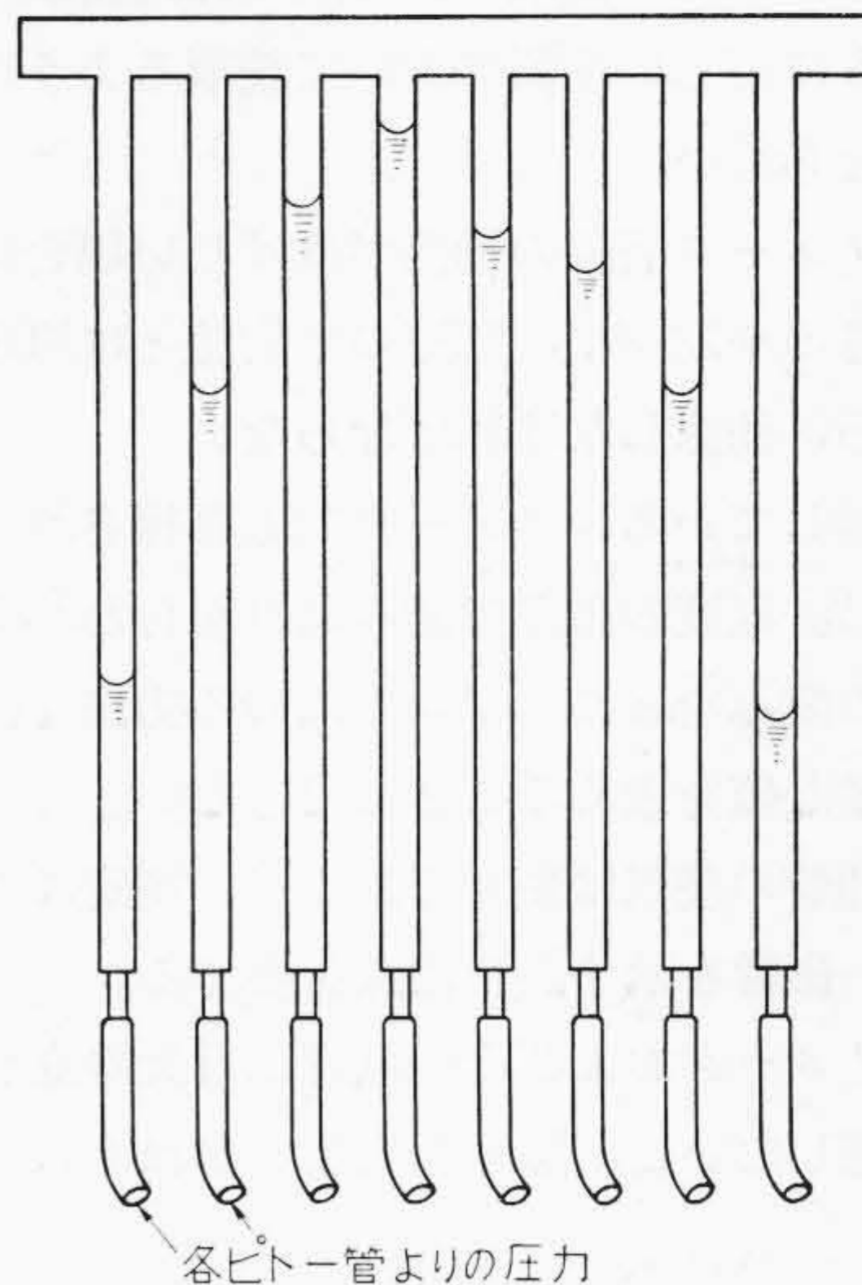
### 〔V〕 マンメータへの日射による誤差

マンメータおよびこれに連結された導管が、日光に直射されると、熱を吸収して内部の水が熱せられ、それだけ体積が膨脹して不正確な読みを与える。ことにマンメータおよび導管が一樣な状況になくて、一部分に日光があたるようなことがあると、全然ことなつた結果を与えることがある。このような場合、日覆いをして直射を避け、かつ濡れむしろなどによつて常に大体一樣な温度に保つように心がけると共に、時々マンメータ内の水を入れかえて、鉄管を流れている水と同一の温度の水をもつて満すようにしなければならない。水温の上昇はまた導管内の水からの空気の遊離をさかんならしめることになり、これまた読みを不正確ならしめる大きい原因となる。これらのことは一般に比較的軽視されがちであるが、極めて重要な注意事項である。

### 〔VI〕 測定者の熟練

測定に関しては熟練者が行えば、それだけ誤りのない測定値が得られることはいうまでもない。しかしこの言葉には2通りの意味があることを忘れてはならない。すなわち1は現地測定を数多く経験し、作業および操作に熟達していることであり、他はその測定の物理的意味についての熟達を意味する。往々にして現地での測定では単に数回の測定の経験を有することを以て訓練されたものとして、無条件に測定を委ねる場合があるが、このような場合は前者のような意味の熟練者ではあつても、必ずしも後者の意味ではないことが多い。実験操作の熟練は試験進度を早めるには欠くべからざる要素ではあるが、多くの場合このような人達は、測定の物理的意味や測定条件の考慮には関係なく、機械的に測定進度を尊ぶ気風があり、結局その測定の窮極の精度において大きい欠陥を含んだまゝ、気がつかずに試験を終了してしまうことが多い。

現在迄の現地試験において、往々にしていかにしても



第7図 連通管マンメータ  
Fig. 7. Manometer Tubes with Common Manifold

考えられないほどの低い水車効率が得られている場合があるが、おそらくはこのような熟練の意味の錯覚から、測定の精度の認識の不足をまねいたことに原因する場合がきわめて多いのではないかと思われる。

現今のように高い精度の流量測定値が、数回の経験を持つだけの測定者によつて、あやまりなく得られるならば、筆者がこゝに、このような文を草する必要は毛頭ないはずであり、また流量測定が、世界的な話題として取上げられることもあり得ないことは、特に筆者がこゝで云々するまでもないところであろう。

訓練された測定者による測定とは、あくまでも上述のような2様の訓練を経た個人または測定団体による測定を意味するものであることは筆者が特にこゝに強調したいところである。

### 〔VII〕 総 括

本稿に述べたところを総括すれば次のようにいうことができる。

(i) マンメータ用ガラス管の太さがことなる場合には、毛管現象のためにマンメータ内液柱面の高さが一樣にはならないから、厳密な測定に際してはそれだけ補正しなければならない。この補正数値を少なくするためには、マンメータ用ガラス管をなるべく太くして毛管現象の影響を少なくすることである。

(ii) マンメータ水柱が動揺する場合には、すべてのマンメータへの導管を締切つて読むことが行われるが、締切りによつてマンメータ内液柱が変化することがあるから注意を要する。

(iii) マノメータの読取りについては、読取り誤差の入らないように正しい位置において読取るように訓練されなければならない。

(iv) マノメータ液柱の動揺がはげしい場合には、動揺液柱の高さの平均値は、流速の平均値とは原理的にはことなるから、注意しなければならない。

(v) 動揺しているマノメータでも訓練された測定者によれば、1% 程度の誤差で読み取りが行われるが厳密には多数回の読みをとつて平均を求める方法を採用しなければ、正確な値を求めることはできない。

(vi) 連通管の使用は便利であるが、測定に対しては時として悪い影響を示すから注意を要する。

(vii) マノメータおよびその導管は日光の直射をさけるように考慮しないと、思わぬ失敗をまねくおそれがある。

(viii) 測定に対する熟練は、技術的と原理的な考慮の両面においてなされなければ、完璧な測定結果は望み得ない。

以上本稿において述べ来たところは、ほとんど今日においては常識化された問題であつて、特に取上げて述べるまでもないところであるが、前号までに述べ来たような種々の考慮が払われた測定装置であつても、最後の測定において、きわめて簡単な事柄の考慮を怠つたとすれば、結局不正確なものしか得られないことになる。よつてほとんど駄足と思われるような事柄ではあるが、こゝに述べて見た次第である。

4 回にわたつた精度に関連した共通の問題に関しては、一応本稿で終ることとし、次号には第 3 部として、各種ピトー管の特長を主として論ずることとする。

参 考 文 献

- (1) 沼知, 他: 「流線型ピトー管と沼沢沼発電所ポンプ送水量の測定」 昭和 28.4.4 日本機械学会第 30 期総会講演会にて発表
- (2) Hubbard: "Investigation of Errors of Pitot Tubes" Trans A. S. M. E. P. 477 August (1939)



特 許 の 紹 介



特許第 219489 号

猿 渡 房 吉, 黒 沢 正 次, 渡 井 三 夫

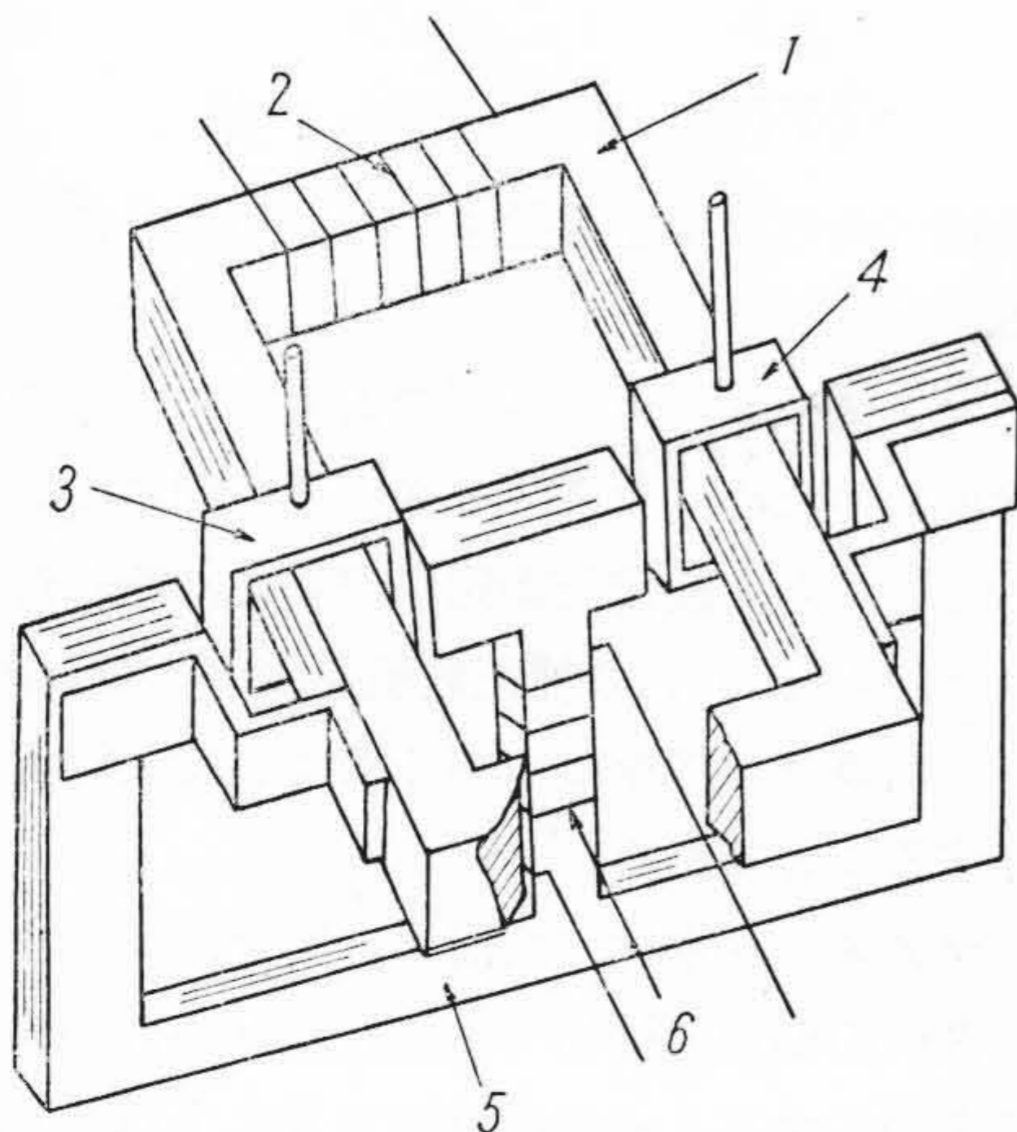
誘 導 環 型 継 電 器

図において、1は電圧鉄心、2は主線輪、3および4は誘導環、5はE状の極鉄心で中央脚に極線輪6が巻かれている。誘導環3、4には磁束 $\Phi_1$ によつて電流が誘導され、この電流と磁束 $\Phi_2$ との相互作用によつて誘導環は回転するのであるが、このような継電器においては、極線輪6によつて生ずる磁束の一部 $\Phi_3$ は第2図示のごとく、主鉄心1に漏洩したのち極鉄心5に流れるため、誘導環3を貫通する磁束は減殺されその回転力を減じ、逆に誘導環4を貫通する磁束は増加されその回転力を増

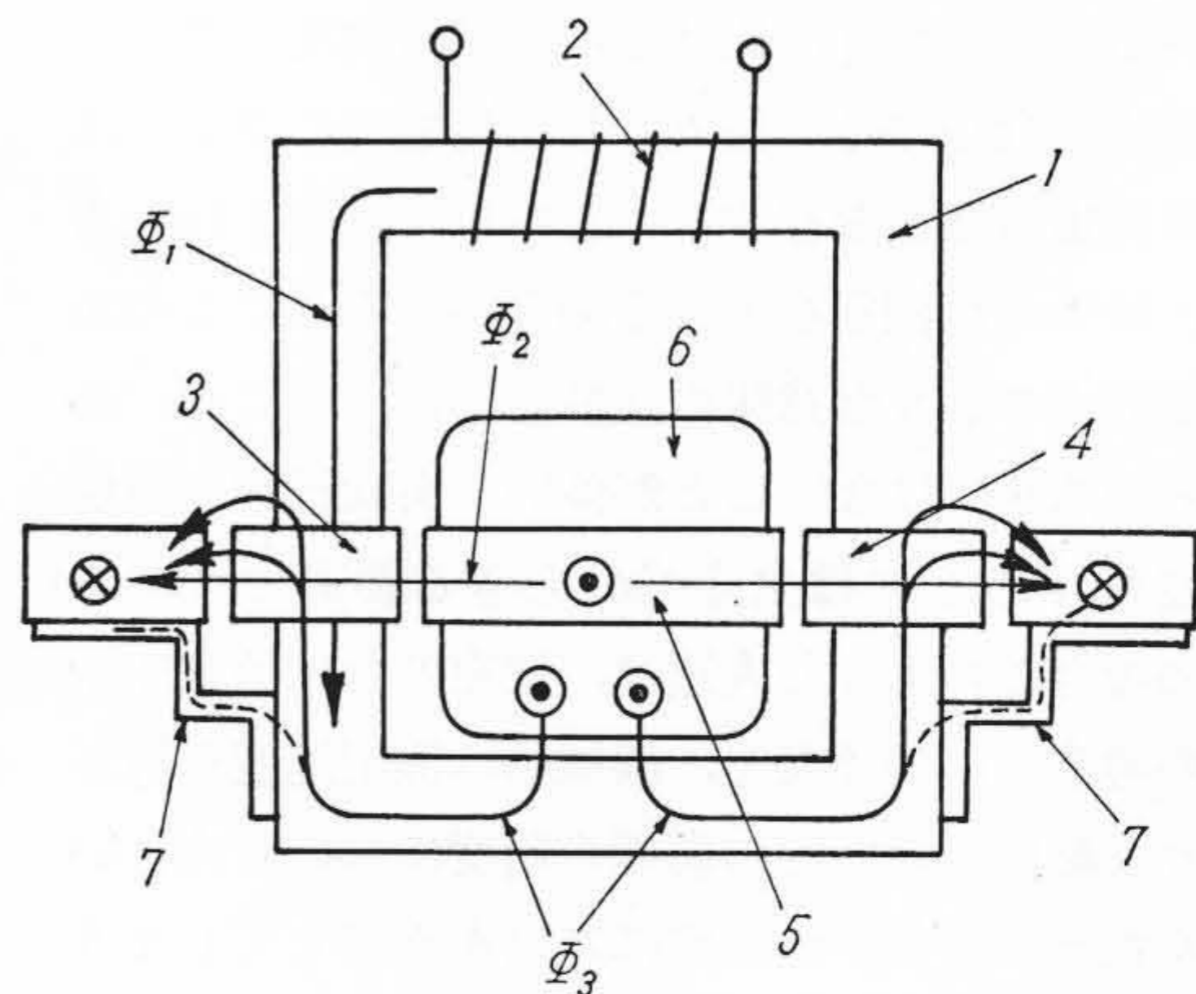
し、両誘導環の感度に差異を生ずるといふ不合理が起るのである。

この発明はこの欠点を解決したものであつて、主鉄心と極鉄心との間に磁気側路鉄心7を設け、これによつて磁束 $\Phi_3$ を側路せしめて誘導環を貫通する磁束 $\Phi_1$ を妨害しないようにしたものであつて、これによつて継電器の感度を向上せしめるとともに、大電流時における継電器動作の不安定を解消せしめ得るものである。

(田中)



第 1 図



第 2 図