

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3)——

……ピトー管の構造に伴つておこる考慮すべき諸点……

Practical Problems in Regard to Pitot Tube Method for the Measurement of Large Water Discharge (Part II-3)

山 崎 卓 爾*

内 容 梗 概

前報に引きつづき本稿ではピトー管の構造、測定方式にともなつて、当然起るべき現象や誤差の介入について最初から予想できる事項についてしらべて見た。すなわち、ピトー管の特性におよぼす鉄管壁の影響、流れとピトー管の相互間の影響、静圧測定孔の位置の検討、ピトー管の振動についての検討およびマノメータ導管の長さとの関連などについて述べて見た。

いずれの問題に対しても数値的な補正を行いうるほどに適確な結論はえられていないが、いずれも実際の試験実施上きわめて重要な事項で、これらの問題について早急に実用しうる結果が発表になる機会を待望してやまないしだいである。本稿では現状におけるこれらの問題に対する各種の研究成果を紹介した。

〔I〕 緒 言

前稿までに、ピトー管の特性を示すピトー管係数に関する問題および測定実施に際し最初に考慮しなければならない測定位置の選定に関してしらべた。

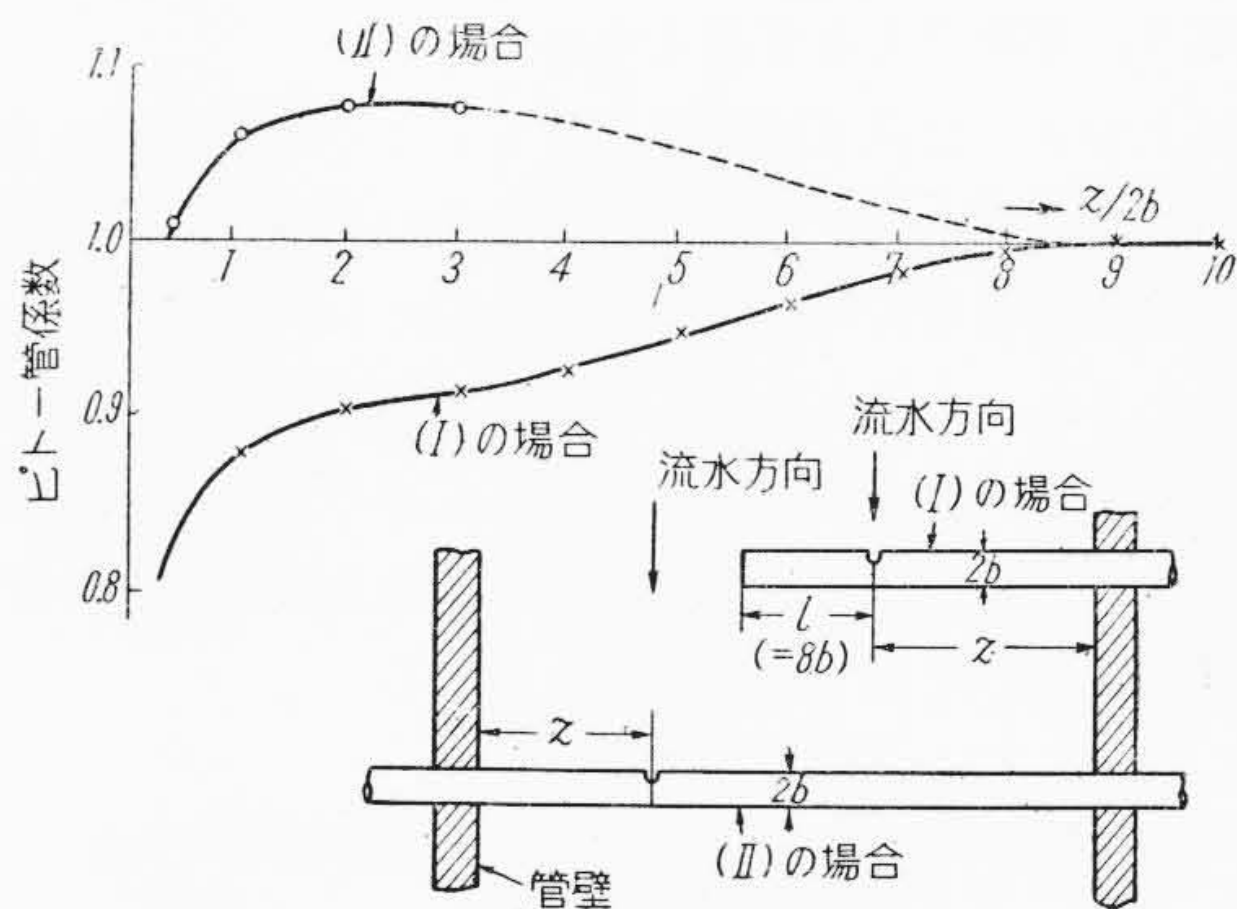
このようにピトー管の特性を知り、その上測定位置が決定されたとすると、次に測定の実際技術上の問題に入るのが順序であろう。

しかしまず試験しようとする測定器具が、測定者の欲する特性を正直に示してくれるかどうか、すなわち一般的には予備実験とも称すべき考慮が払われなければならないであろう。

本稿ではこのような意味からピトー管におよぼす鉄管壁の影響、流れとピトー管の相互間の影響、静圧測定孔の位置の検討、ピトー管の振動についての検討およびマノメータ導管の長さの指示値との関連などについて述べて見た。このような測定上遭遇する諸現象については、述べれば限りないところであるが、こゝではその主要な問題のみを取上げ、ほかは次回に測定実施上の注意事項に含めて述べる予定である。

〔II〕 鉄管壁のピトー管特性におよぼす影響

ピトー管が流路の壁たとえば鉄管壁から遠くにある場合には、全くその影響をうけることなしに、本来の特性を示すことは当然であるが、管壁の近くではどのような影響をうけるものであるかは、当然考慮しなければならないところであろう。この場合標準ピトー管のような連成型のものでは、衝撃孔、測圧孔ともに同一点の近くにあるから、管壁の影響があつても両測定孔にほぼ同様な作用をおよぼすと考えられ、流速すなわち流量の測定値



第1図 ピトー管の特性におよぼす境壁の影響 (井伊谷氏の実験による)

Fig. 1. Effect of Wall Surface on Pitot Tube Characteristics (Mr. Inoya's Experiments)

に直接大きい影響をおよぼさないであろうことは容易に推定し得るところである。しかるに現在多く採用されている多孔式の円筒型ピトー管に類するものでは、支持管自体の表面に直接衝撃孔を設けるか、あるいは小突起の頂点に衝撃孔をもうける場合が多く、かつ測圧孔は管壁またはその附近の点の値を以て代表する方式がとられることがほとんどである。このような場合にこの構造に伴う影響がないと断言することはできない。

しかしこれについては今のところ十分な研究は行われていないようである。筆者などの見るところでは、名古屋大学の井伊谷氏の研究⁽¹⁾は、これに関するまれに見る研究の一であると思われるので、つぎにこれを紹介する。

第1図は井伊谷氏の実験結果である。この結果によれば、同図 (I) のような片持構造の場合には孔の位置が管壁に近づくれば、ピトー管係数が小さくなり、反対に (II) のように管が壁を貫通しているような場合には、孔が管

* 日立製作所日立研究所

壁にある程度近い場合ピトー管係数が大きくなる。しかし両者が管壁の影響を受けない位置は管直径の9倍以上管壁から離れた場所であるという。

孔に当る全圧が管壁の影響を受けることは当然であるが、本結果はその影響度があまりにも大きすぎるように思われるので、一概には信じ難いが、傾向としては当然ありうることに考えられるので、簡単に無視すべきものではないと思う。

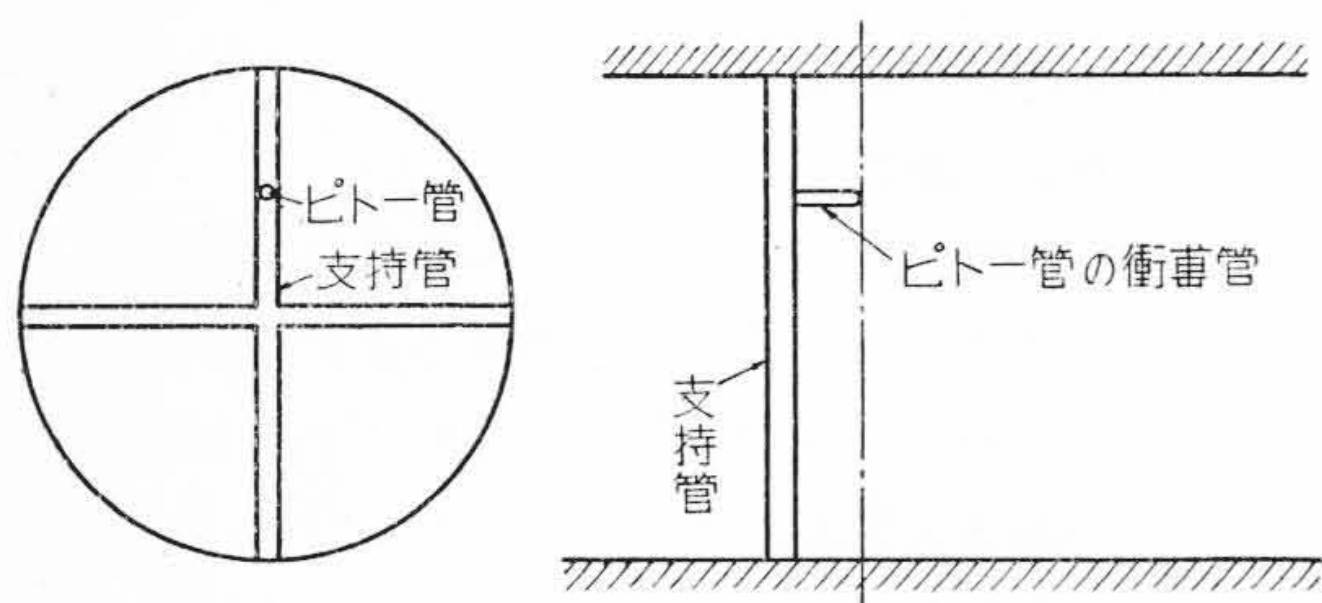
こゝで気のつくことは、上述の結果はその実験内容の全般について筆者が知り得ていないので、たしかないが、ピトー管係数としての静圧の測定いかに問題であると考えられる。すなわち上記実験結果はもし衝撃孔における全圧の値と、一点で代表された静圧の差であれば、当然静圧の変化が無視されたことになり、上述のような過大な値を与えることもあり得るわけで、上述の値をそのまま信用することは、この事実を確認しない限り、危険であると考えられる。

以上のような疑点はあるが、もしこの特性変化が真であるとすれば、円管内を流れる流量の測定に対しては、その最も影響度のはげしい管壁附近において大きい差がもたらされ、全体としても1%程度の値が補正されなければならないことになる。しかし上述のようにまだ全般的に確認されていないため、現地試験全般について採用されるにはいたっていないようである。

〔III〕 ピトー管の存在が流量値その他におよぼす影響

前章では管壁がピトー管係数におよぼす影響について述べたが、次にピトー管に限られた管路断面積内に置かれた場合にいかなる影響がもたらされるかについて考察しよう。

今第2図のように水圧鉄管内にピトー管がとりつけられたとすると、同図右のようにその衝撃管と測圧管の連成管が支持管によつて前方に突出して取り付けられているような場合には、支持管の流れに対する影響が両測定



第2図 ピトー管あるいは支持管の取付け状態の説明図

Fig. 2. Setting Condition of Pitot-Tube or its Supporter

孔にまでおよぼさない状態ではさしつかえないわけであるが、支持管自体に衝撃孔を設けたり、短かい衝撃頭部を付す形式のものでは、この影響を無視することはできないであろう。

この影響については次の2つの方向が考えられる。

(i) 支持管の太さの流れ方向の投影面積による流水断面積の減少したがつて流速の増加。

(ii) 支持管の存在による流れの堰止による上流側各点におよぼす圧力の上昇のための影響。

以下にはこれについて述べる。

(1) 支持管太さの影響

流水中に物体をおけば、それだけ流水断面積が縮小し、同一流量が通過するためには流速が大きくならなければならないのは当然であるが、これが流量の測定値にいかなる影響をおよぼすかは、測定点の位置や、物体すなわちピトー管体の形状等により異なる筈で、必ずしもはつきりしていない。したがつてこれに対する適確な判定はまだなし得ない状態である。

前に述べた A.S.M.E. の規格では、衝撃管の孔および静圧測定孔はともに支持管位置より衝撃管の長さだけ上流にあり、こゝでは支持管の存在による影響はないか、または全断面同一であるとみなして、支持管の太さによる補正は行っていない。また同規格では支持管の太さや構造に対しても全く規定していないのは、あきらかに上述の考えかたを是認しているといつてよいであろう。しかし同じ規格内で規定している Cole のピトー計では支柱の影響を考慮することになっている。このピトー計には、Reversible Pitotmeter と Heavy duty Pitotmeter の2種があるが、ともに衝撃孔および測圧孔が一体になつており、かつこの両孔は支持管と同一または極めて近い距離にあるところから（両者とも一直径にさしわたす形式の支持管でなく、片側からさし込む構造になつている）、Reversible Pitotmeter では、圧力測定孔が管路断面の中央にあるときのピトー管の流れ方向の投影断面積の1.25倍を、Heavy duty type では1.05倍を管断面積よりさしひくことを規定している。このことはいずれも測定孔が、衝撃孔、測圧孔ともに支持管断面内にあることにより、支持管存在の影響が同程度に作用するとして、実験的に投影面積に関連した倍数として影響度を上述のように定めたものと考えられる。

以上のような A.S.M.E. の考えかたは、一応合理的であると考えられる。特に同一個所附近に衝撃孔および測圧孔を有する Pitot meter については実験的な係数と見れば、議論の余地はないが、正規格として扱われているものでは、衝撃孔は支持管によつて支持された衝撃頭部にあり、測圧孔は衝撃孔の存在する管路断面上の管壁

の数点にもうけてあるから、衝撃孔の支持管よりの距離および測圧孔の管壁上の支持管との関係位置等により、必ずしも同一の影響をうけるとはいえない。これについては次の項と関連があるので、あとでもう一度ふれることにしよう。

（2）支持管上流の圧力の変化

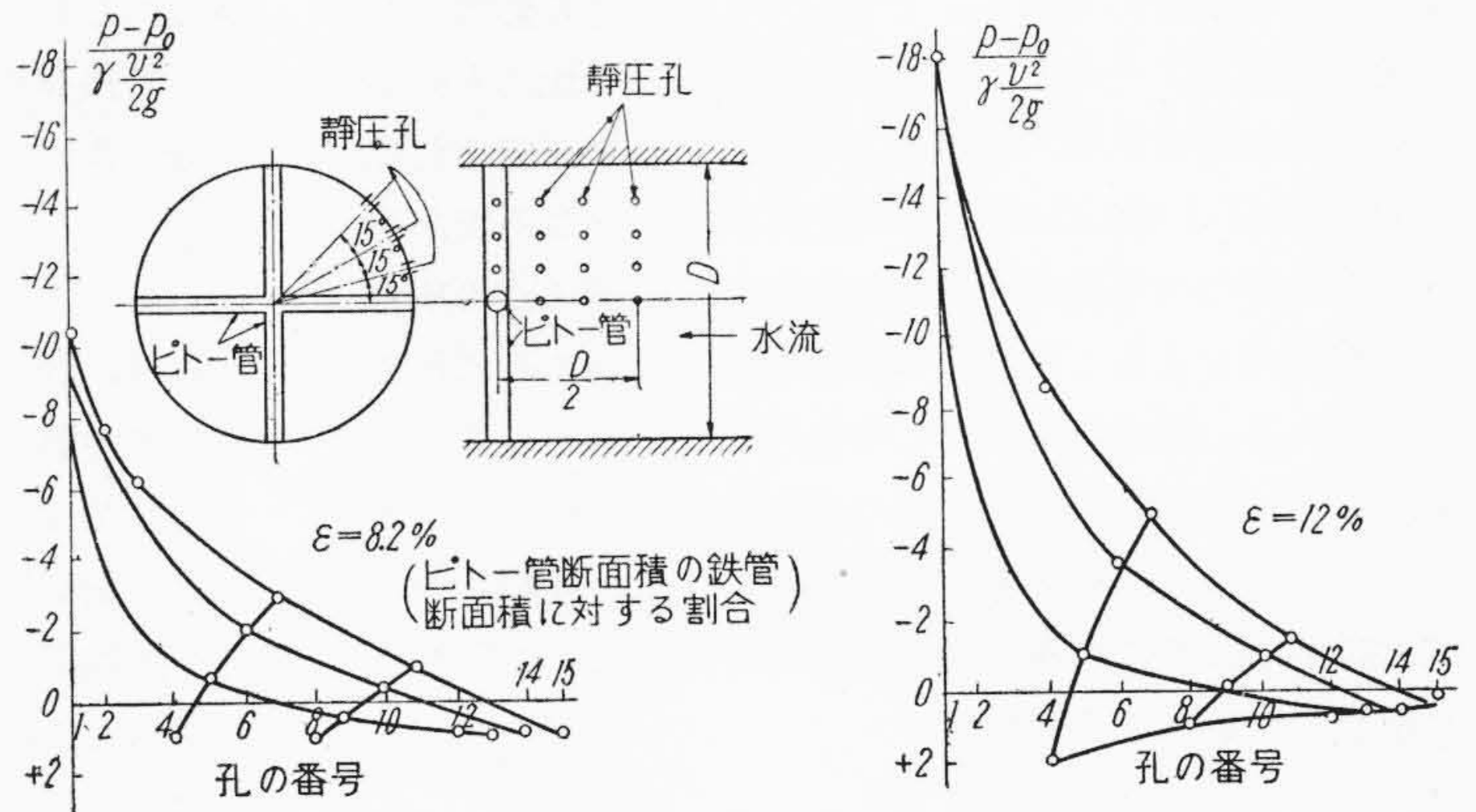
流水中に物体をおいた場合、上述のように物体の附近においては、ほぼ一様な影響が生ずると見てもよいであろうが、それと同時に物体の上流側に対してもある程度の圧力の変動をもたらすであろうことは想像にかたくない。（下流側に対する影響はすでに十分あきらかに認められて

いることは、前稿における管路屈曲部の影響を見てもあきらかである。）しかし一般には物体が流水断面積に比し極端に大きくないときには、あまり大きい影響をおよぼすとは考えられない。

ピトー管をさし込んで、衝撃孔をその支持管上にもうけ、測圧孔は管壁またはその附近に設ける測定方式では両測定孔に対する支持管の存在の影響は同一でないことは前にものべた通りである。前者への影響についてはある程度前項においてふれたが、もちろん結論的には何等の得るところもない。後者への影響についてもまだ十分検討が進んでいないのが現状である。近頃ピトー管法の精度がやかましくいわれるに至り、その結果これに対する具体的な研究成果が発表されるにいたつた。東京工大板谷教授の研究⁽²⁾、新三菱重工における研究成果⁽³⁾、東京電力宮の下発電所における実験⁽⁴⁾、関西電力黒田発電所における実験⁽⁵⁾などはこの解決に寄与するものを含んでいる。

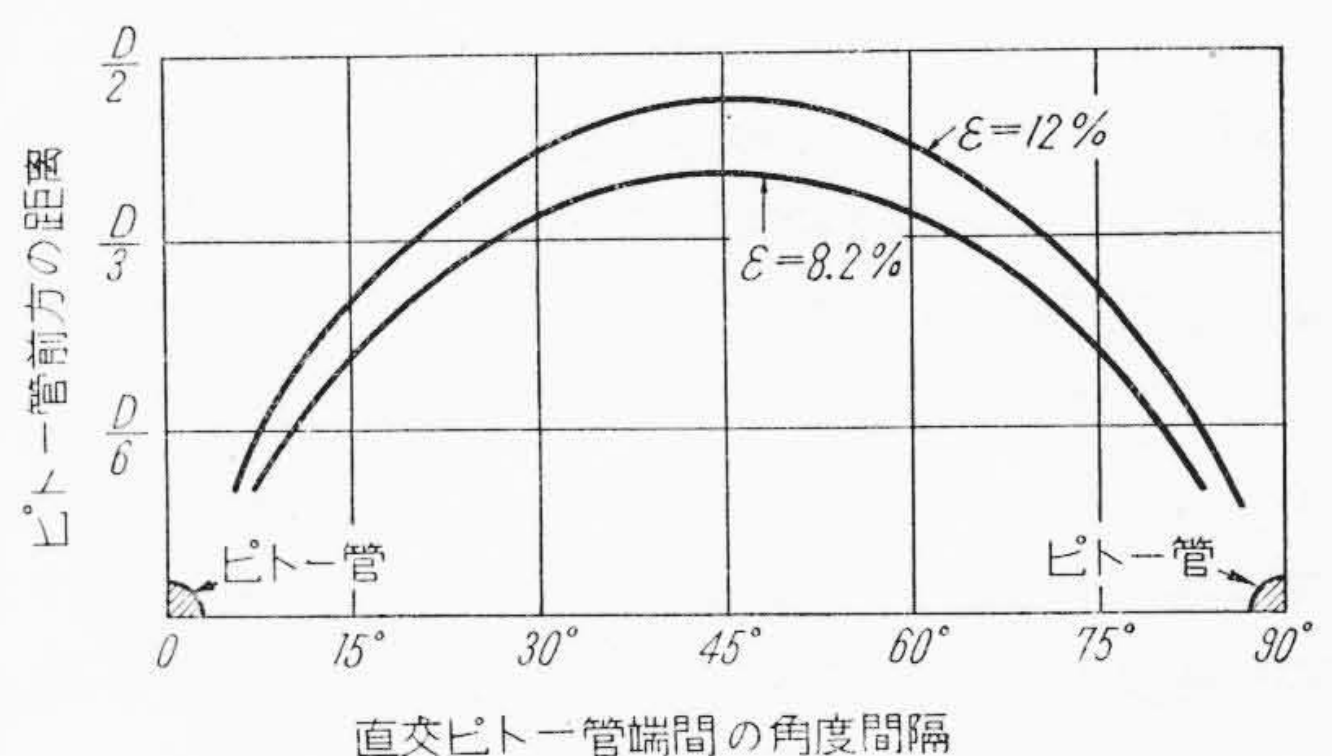
これらの研究のうち板谷教授の研究は最も明瞭にその影響度を示している。第3図はその結果を示す。すなわちピトー管の存在によりその上流側には相当の影響があり、その結果として管内壁の圧力はピトー管をはなれるにしたがつてその上昇が小さくなり、逆に原圧力より低い値を示すにいたつている。その結果圧力に対する影響が見かけ上0となる個所は線として示され、第4図のようにピトー管太さによつてその位置がかわることが示されている。

以上のようにこの結果はきわめて明快に現象を説明していると考えられ、貴重な資料である。上記のほかの実験もそれぞれ同様な影響を確認するために行われた実験を含んでいるが、これらの結果に関する総合的な結論は



第3図 ピトー管の存在による上流静圧への影響度(板谷教授の風洞による研究結果)

Fig. 3. Effect of Pitot Tube Setting Affecting to Static Pressure of Up-stream (by Prof. Itaya's Experiments)



第4図 上流管壁静圧に対する影響が0となる位置を示す線図(板谷教授の結果より)

Fig. 4. Non-effect Position on the Wall Surface of Upstream by the Setting of Pitot Tube (by Prof. Itaya's Exp.)

まだ得られていないようである。

前記板谷教授の実験では水圧鉄管（この場合は風洞実験であるから風洞）の直径を基準としてピトー管よりの距離の単位を設定しているが、本質的には挿入するピトー管の投影面積との関連を考慮しなければならないであろうと思われる。

筆者らもまた以上の影響に対する全般的な関連につき目下詳細な実験を行つているが、本稿脱稿までには全般的な結論が得られなかつたので、詳細は別の機会に発表することとし、その概要をあとで紹介したいと考えている。

以上の結果から考えられることは、今板谷教授の結果を使用して、圧力変化0の点を管壁静圧測定点として選べば、果して真の流量が求め得るであろうかということである。このことはもし衝撃孔の位置の静圧が、上記測定点の静圧と等しい値を示すとすれば、当然成立することであつて、論議の余地はないが、衝撃孔はピトー管支持管の表面（板谷管の場合）あるいはそのわずか前方に

あるのが普通であるから、どうしても支持管の影響をうける筈であり、その上に流速せきとめによる圧力上昇があることになるから、簡単にその静圧がさきに定めた測圧点の静圧と等しいか否かは定め得ないところであろう。したがって上述の真の流量は必ずしも測圧点の圧力変動 O の点をとることによつては求め得ないことになると思われる。やはり最後的にはこれらの一切をふくめた総合ピトー管係数のごときものを実験的に確立することになるのではないかと考えている。これらの詳細については前述のように現在進行中の研究を待つて、あらためて発表したいと考えている。

〔IV〕 測圧孔位置の選定

以上述べたように、衝撃孔と測圧孔を別々の位置にもうける方式に対しては、種々考慮すべき事項があり、結論的なものは現在まだ得られていない。

現在ではなるべくこの影響を小にするために、ピトー管（あるいはその支持管）の占める管路断面内への投影面積を鉄管断面積の 3% 以内とすべきことが考えられている。3% という値は今のところ正確な実験結果によるものではないが、従来の経験（全体としては乏しい経験ではあるが）より見て、測圧孔位置を適当に選べば、この程度以下ならば影響が少いであろうということから来た一応の基準と考えられる。

しかして測圧孔位置としてはピトー管支持管位置より $1D$ 上流（ D は鉄管直径）にえらぶことが提唱されることが多い。

たしかに $1D$ の上流では大きい影響はなく、また投影面積 3% 以内であれば、さらに近い位置でも十分であると考えられるから、 $1D$ 上流ならば十分影響は避け得ることには誰しも異論はないであろう。

しかるにこのことはまた他方から見ると注意しなければならない。すなわちこのような測定法で試験した場合には、当然測圧孔の位置における静圧の値はピトー管の位置の値に換算した上、衝撃孔における測定値との差をとるべきであり、測圧孔とピトー管間の区間に対しては鉄管の摩擦損失だけの差を見積らなければならない。正確にはピトー管を取はずした状態で、摩擦損失の実測を行つて

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

h = 損失水頭 λ = 摩擦損失係数

L = 区間の長さ D = 管直径

v = 平均流速

における h を v に対して直接測定すればよい。しかし実際には現地の鉄管の諸条件は実験室内の条件とことなり、このような小さい差を見出すことができない場合が

多く、したがって多くの場合従来の著名な実験結果を利用して換算を行い、差引くことが多い。

今 (1) 式において、 L を $1D$ にとつたとすれば

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

となり、計算にははなはだ便利になるが、 λ の値は古来多くの実験により多種多様の値を示しており、そのうちの値が最も現地発電所の状況に合致するかは、にわかには決定し難い。したがって λ の値の選定いかんによつて当然推定による誤差が入つて来ることになり、せつかく精密に求められた値も、基本的な誤差におかされることになる。

1 例として平均流速 4.427 m/sec である とすると、(2) 式は

$$h = \lambda \times \frac{(4.427)^2}{19.6} = \lambda \text{ (m)}$$

となり、 $\lambda = 0.03$ とするか $\lambda = 0.02$ とするかにより、 $h = 30 \text{ mm}$ および 20 mm となり、この推定のみによつて 10 mm の差を生ずることになる。このときの流速は 4.427 m/sec であるから、これに相当する速度水頭は $1,000 \text{ mm}$ となり、前記の推定による差 10 mm は水頭として 1%, 流速にして 0.5% の差を生ずることになり、ゆるがせにできないことがわかる。

λ を 0.03 とするか 0.02 とするかという程度は、摩擦係数に関する限り、必ずしも大げさな変更ではなく普通考えられるところであり、したがってこの程度の差はこのような推定を行うかぎりさけられないところであろう。

以上のように考えると、このような推定誤差を少なくするには、できるだけピトー管と測圧孔の位置の区間を縮めるべきであつて、その意味においては $1D$ という距離は必ずしも妥当ではなく、さらに短い距離であることが望まれるが、精密な実験による適正な最短区間を見出さない限り、この差をちぎめることはできないであろう。前項でのべた筆者らの目下行いつゝある研究は、もちろんこのような検討を含んでいるものである。

〔V〕 ピトー管の振動の影響

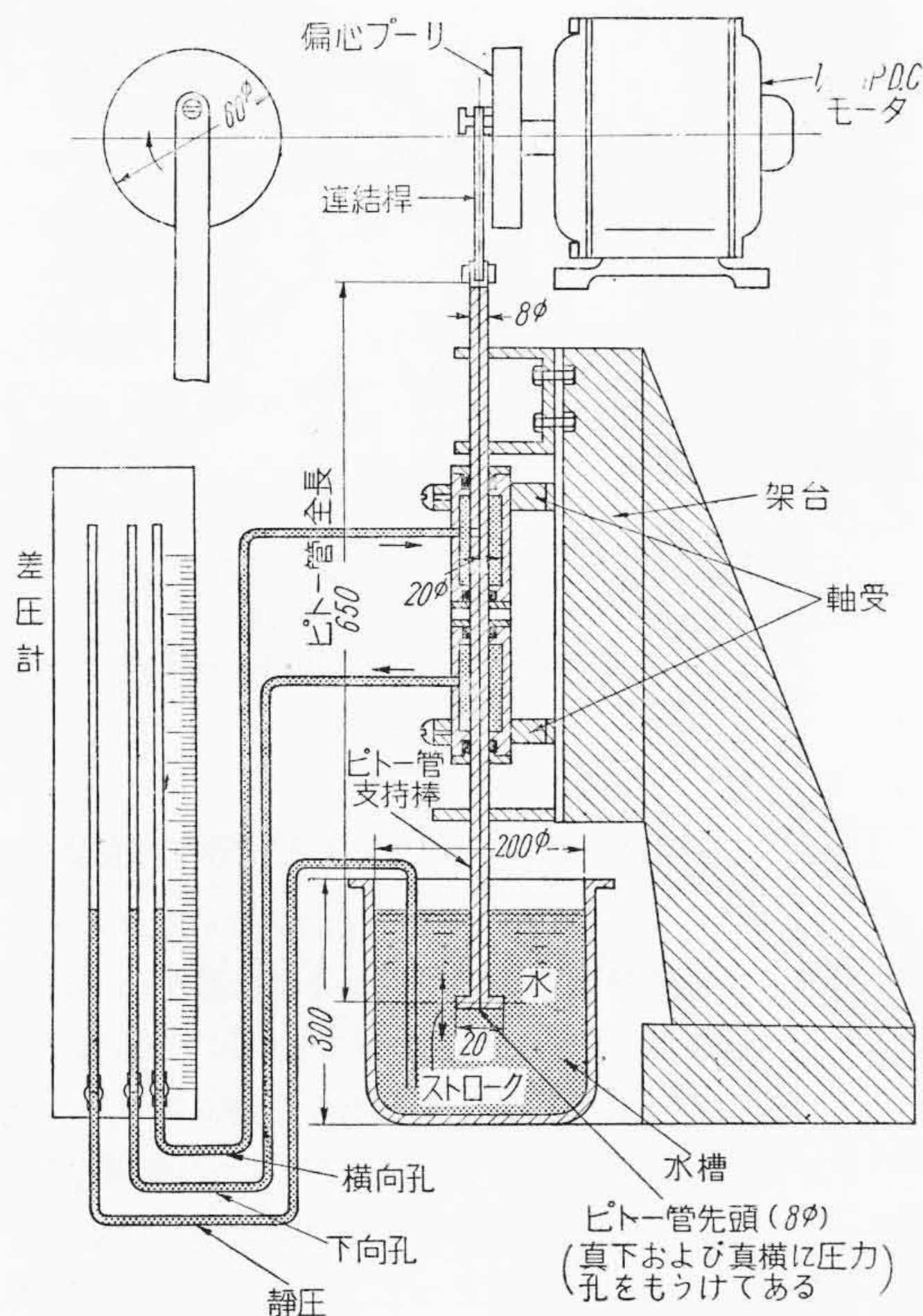
ピトー管あるいは支持管が比較的細い場合、流れのために振動を起すことがある。前章に述べたように支持管の流れにおよぼす圧力変動を小さくするためには、支持管を細くし、その断面内投影面積を鉄管断面積の 3% 以下にすることが提唱されているが、振動防止のためには支持管が太い方がよいわけである。現在のところ測定中ピトー管や支持管が振動した場合は測定不能として、振動防止の方策を講ずることが望まれているが、全く振動がないということはまれで、大なり小なり振動を伴うの

が常識であるから、多少の振動をゆるして測定することが多いと見るのが妥当であろう。

流れによつてピトー管が振動する場合には、直接流れによる堰止圧の変化による流れ方向の振動と、ピトー管（支持管）の背後に生ずる渦の変動すなわちいわゆるカルマン渦の変動によつて誘起される振動とがある。実際にはこれらの混成された振動が、ピトー管および鉄管の構造に応じて、また流速のありかたによつて種々の形で起るものと思われ、その影響度については簡単には推論できないであろう。

これに関して筆者は数年前つぎのような基礎的な実験を試みた。

すなわち第5図の説明図に示すように円筒型の短かい試験片をつくり、その最下端の円筒表面及び真横表面の2ヶ所に孔をもうけ、これを別々にマノメータに導き、この試験片を静水中で上下に一定振幅の振動を与え、その振動周期を任意に変えて、マノメータ水柱の変位を読んだ。この際上下運動をするのは試験片およびその支持棒のみとし、マノメータに連結された部分は一切動かないようにした。すなわちこの方式では最下端の孔は流水

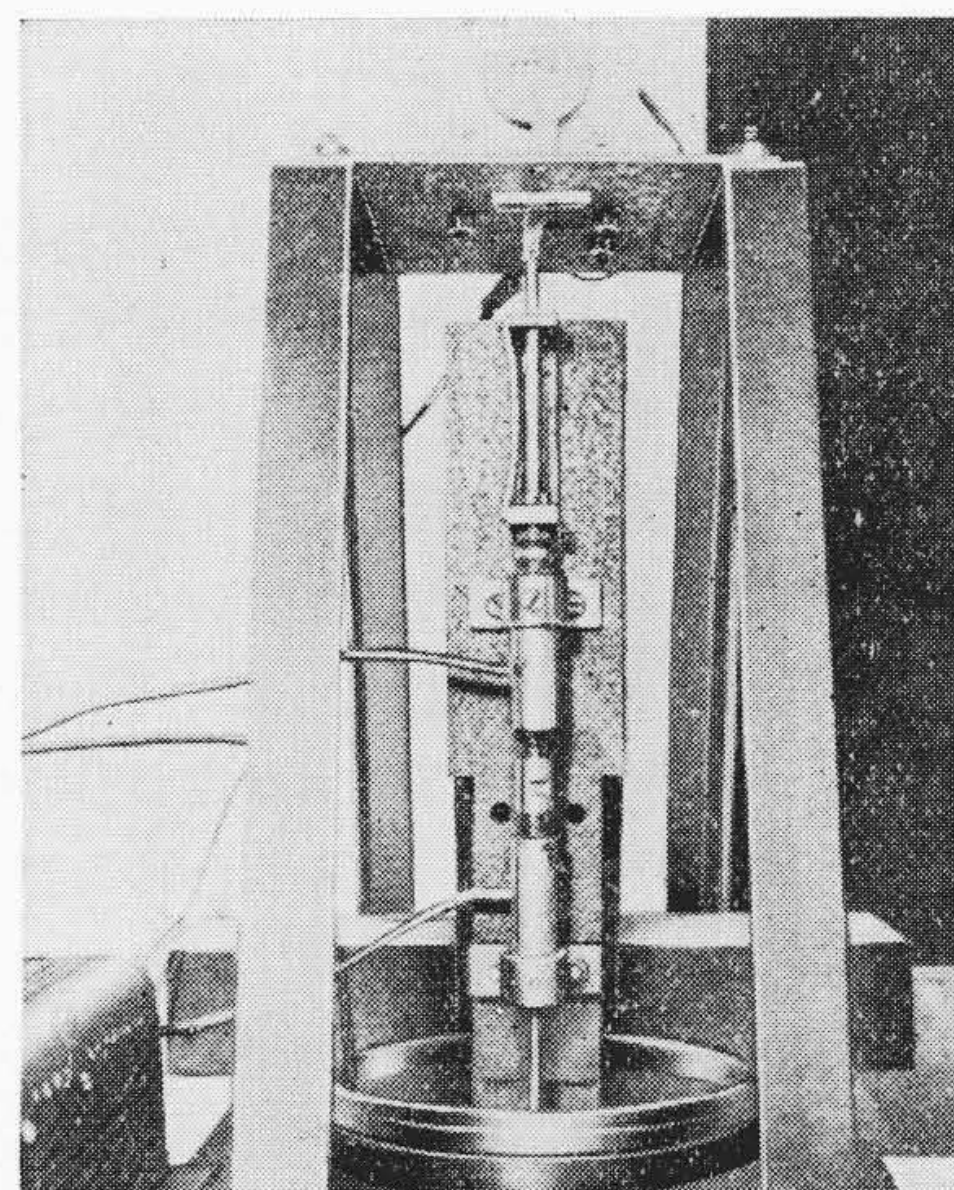


第5図 ピトー管の振動のマノメータ指差におよぼす影響に関する基礎試験装置

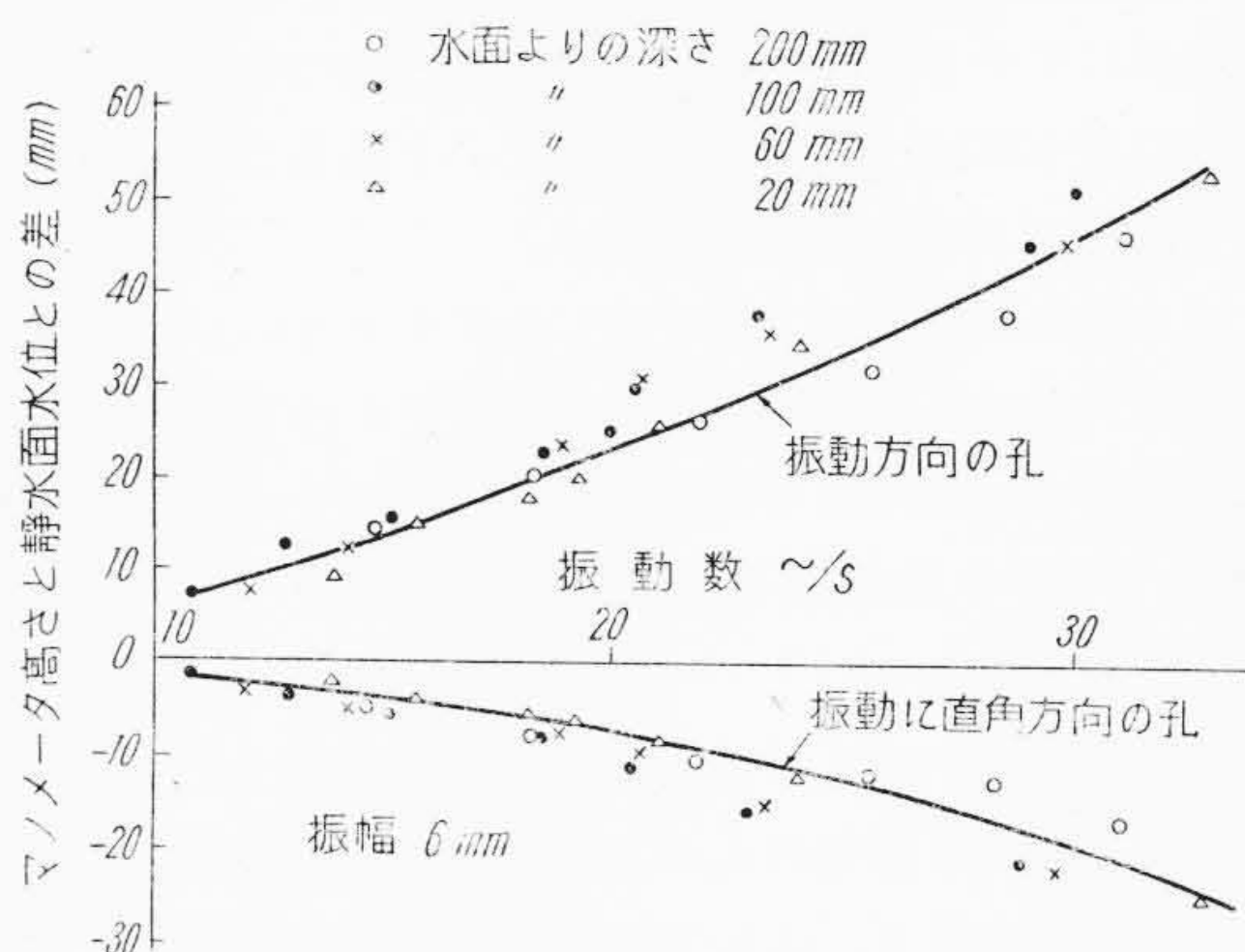
Fig. 5. Testing Apparatus to Measure of the Effect of Vibration of Pitot Tube to the Manometer Reading

方向の振動をピトー管がうけ、真横の孔は流水方向と直角の振動をうけていることと、本質的には変らないことになる。第6図は装置の外観を示す。

以上のような結果を静水面から直接導かれたマノメータの水柱を基準としてその差をとり、図にまとめた。なお振動数はストロボ装置を使用して測定した。第7図は振幅6mmの場合の1例を示す。この結果によれば、下向きの孔すなわち振動方向にむいている孔に対しては、マノメータの読みは静水位よりも高く、振動に直角方向の孔に対しては、マノメータの読みは静水位よりもひくくなる。前者の読みの増加分ははなはだしく大きく、後者は前者に比して小さいが、その値は数10mmに達するものとなつた。また実験は水深20mmより200mmの間で行われたが、水深による差は明瞭には認められず、一応無関係といつてよいようである。図の実験点が比較



第6図 実験装置の外観写真
Fig. 6. Photograph of the Apparatus



第7図 ピトー管の振動とマノメータ指示の変動との関連を示す実験例

Fig. 7. An Example of Test Results of the Vibration of Pitot Tube

的散在しているのは、試験片の振動方向がすこしでもかわると大きくその値が変化するために起つたものと考えられる。

上記はピトー管の測定孔の部分のみが振動した場合を考えたのであるが、現地発電所における測定に使用されるものでは、多くの場合測定孔は支持管の中を通る導管によつてマンノメータに連結され、ピトー管または支持管が振動すれば、その支持管内に位置する導管も同時に振動することになるから、上記実験のような結果のみでは、振動の影響の実体を示すものとは考えられない。よつてつぎのような実験を行つて見た。

1本の細い長い円管の両端を固定し、中央に測定孔を下向きおよび横向きに、前述と同様に設け、中央部上方に支持棒をつけ、この支持棒に電動機により上下振動を与えて、円管に振動を生ぜしめた。この場合前の実験とはことなり、測定孔部の振動振幅が最大で、両端に近づくにしたがい振幅が小さくなるので、測定孔より管端にいたるまでのマンノメータへの導管内の水は、当然中心部に向う遠心力をうけることになり、前記の実験結果より遠心力に相当した水頭を差引いたものがマンノメータに現われる筈である。

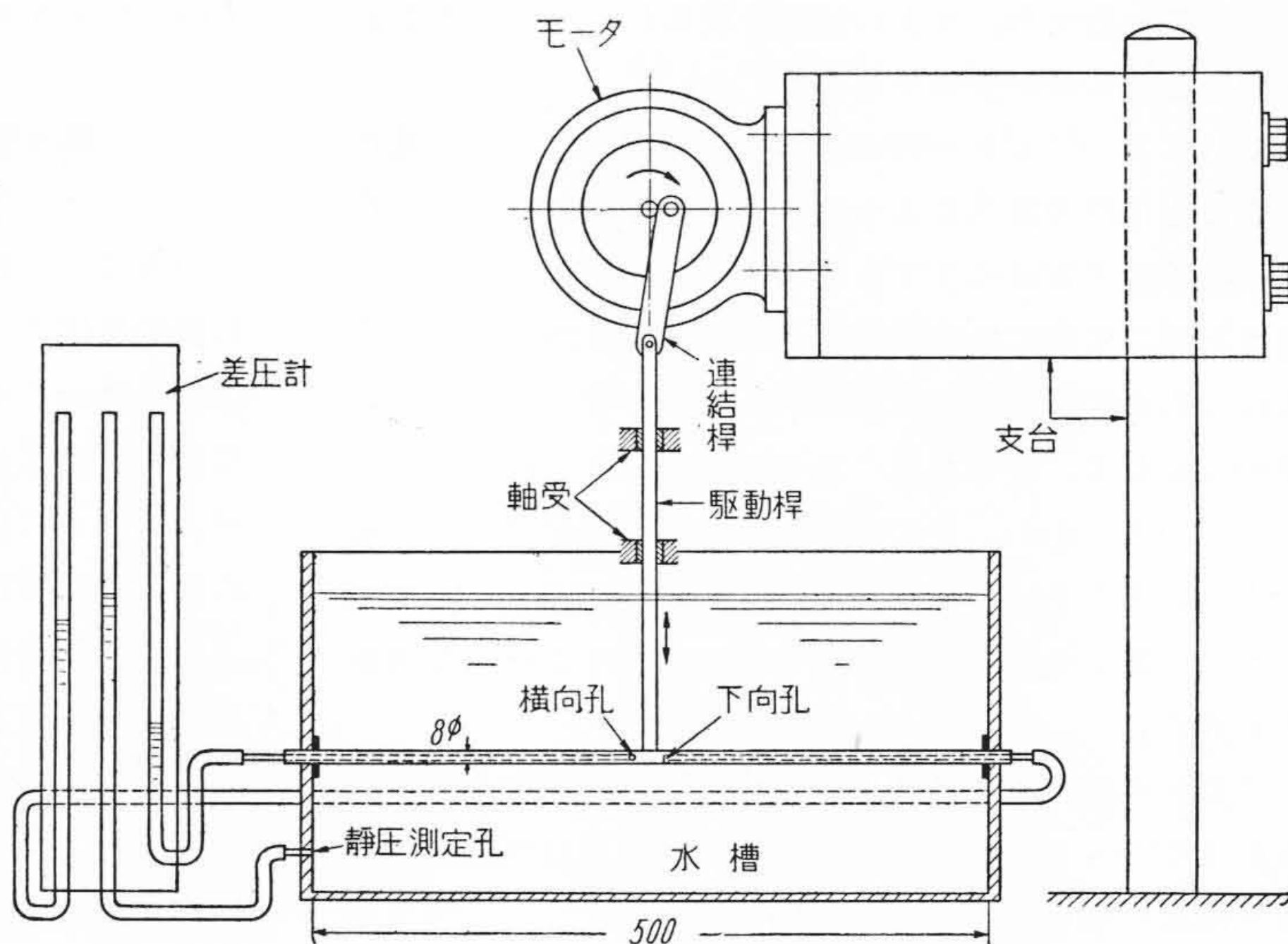
第8図は実験装置の構造略図を示す。

この実験結果の1部を示したのが第9図である。この結果は、さきの実験結果から理論的に単純な遠心力に相当する水頭をさしひいたものとなつてはいないが、傾向的には合理的なものが得られている。この結果から見ると、振動方向の孔の示す水頭は、ほぼもとの静圧に近い値を示しているが、これを以て振動があつても、マンノメータの読みにはほとんど影響がないと見ることは全く危険であることはいふまでもない。

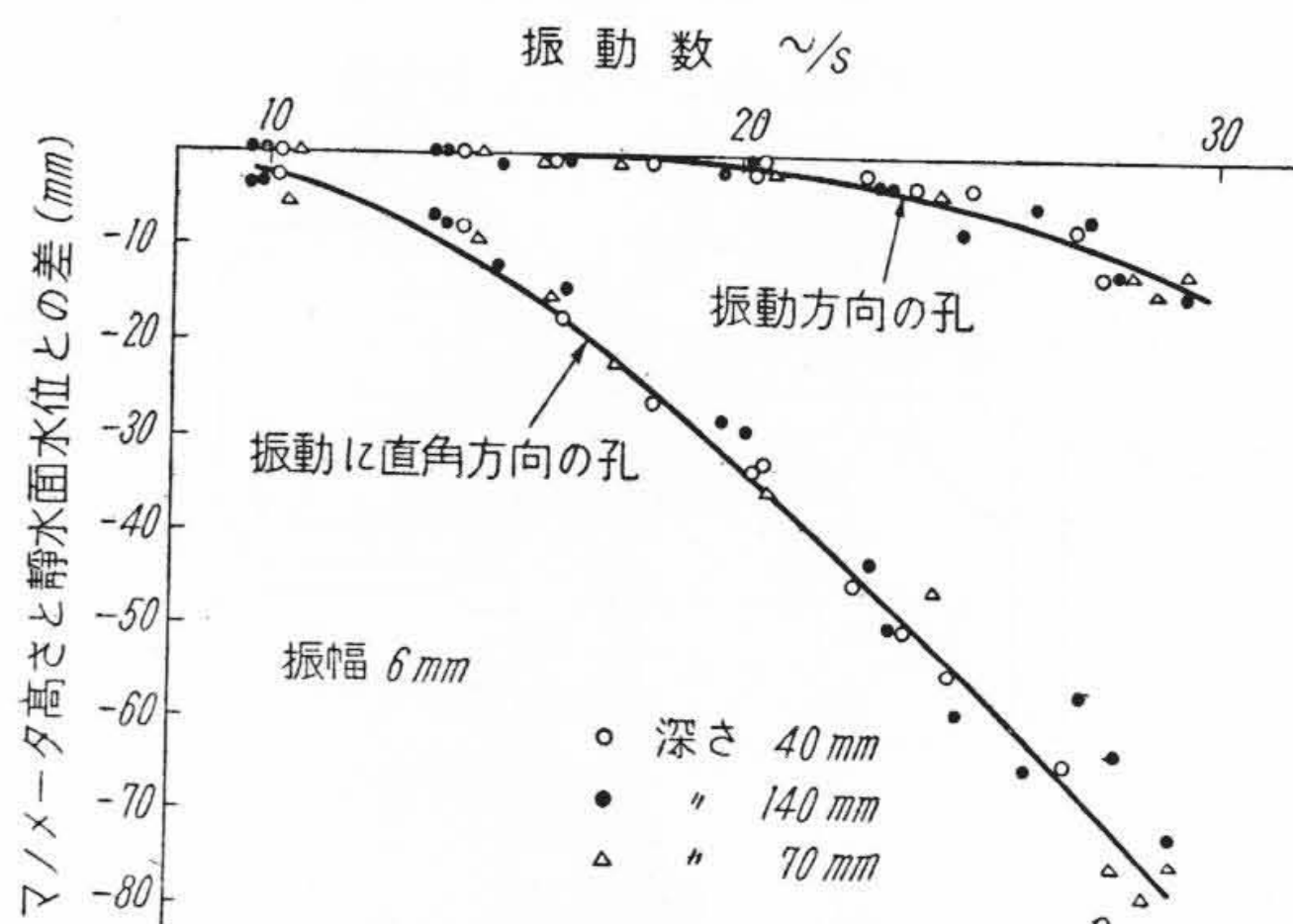
以上は実験内容の1部を示したにすぎないが、実際の発電所における測定では、ピトー管または支持管の振動はおそらく複雑な様相を呈するから、以上の諸実験結果から、実際の数値的な補正を行うようなことはできない。

たゞこゝでいえることは、ピトー管または支持管の振動は、いかなる形態のものであつても、完全に除去するようにしない限り、決して正確な値は求め得ないであろうということは、断言することができる。

上記の諸実験については、いずれ機会を得て詳細に報告したいと考えている。



第8図 支持管全体が振動した場合の影響をしらべる実験装置
Fig. 8. Test Apparatus to Measure the Effect of Vibration of Pitot Tube Overall



第9図 ピトー管全体が振動した場合のマンノメータ指示の変化の実験例
Fig. 9. Example of Test Results by Fig. 8. Apparatus

〔VI〕 マノメータ導管の長さで指示の動揺

多くの場合ピトー管の圧力測定孔より指示用マンノメータまでは、現地の地形の関係で数mまたは数十mの銅管やゴム管で結ばなければならないことが起り勝ちである。この場合速度水頭および静水圧の変動に対し、マンノメータが少しのおくれもなく応動してくれれば問題はないが、途中の導管の長さ、導管材料の剛軟性、動揺の大きさおよび動揺の振幅等によつて、それぞれことなつた振幅および周期で、マンノメータ指示が変動することになる。圧力の本質的な動揺がそのまま伝わる場合にはこれに伴う本質的な考慮を以てその平均値を求めることにより、流量測定の目的を達し得るが、計器の構造すなわち

マノメータ導管の構造に附随してあらわれる動揺にもとずくものは、慎重な配慮によつて除いて行かなければならない。

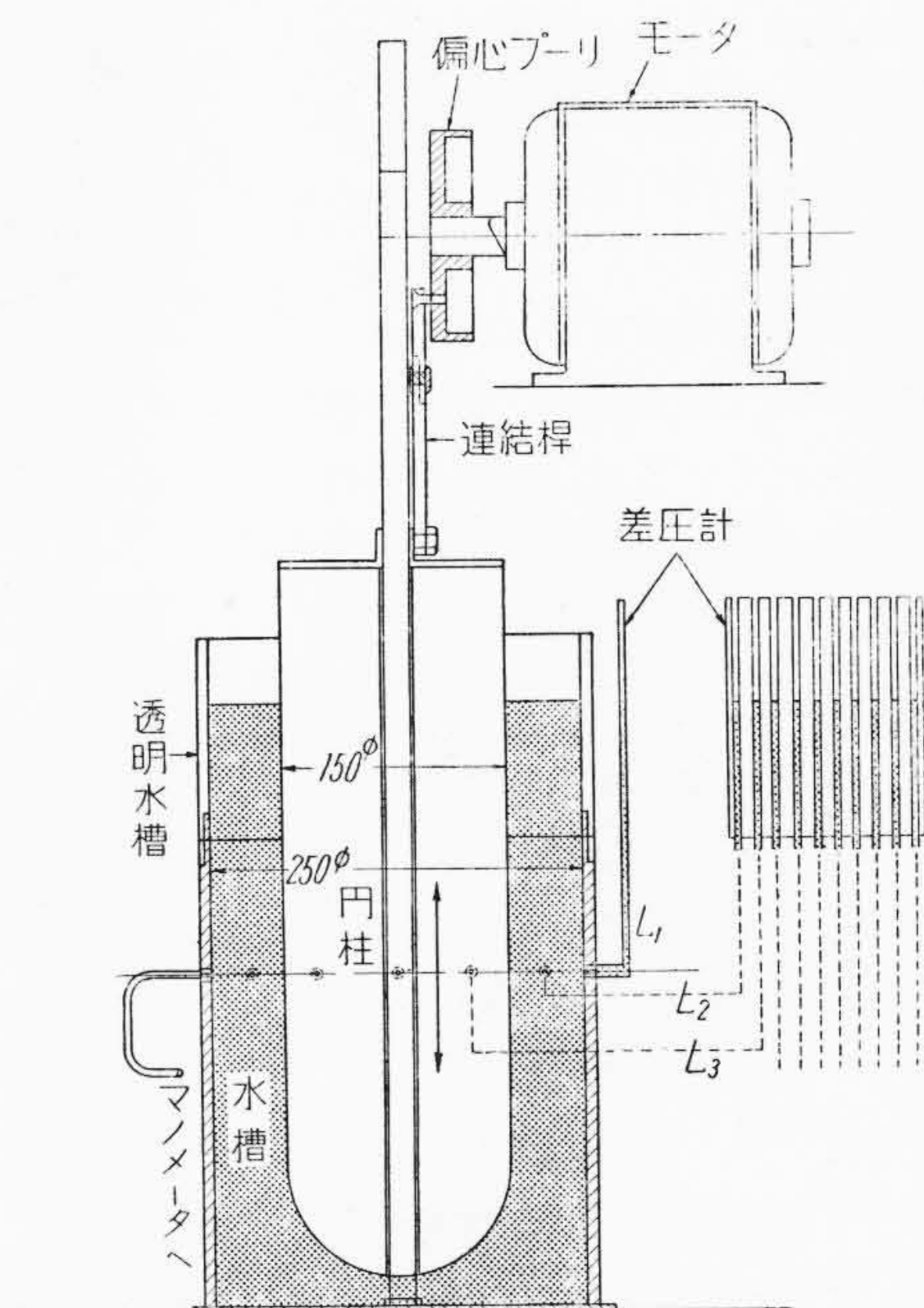
筆者はこのことに関連してつぎのような小実験を試みた。第10図はその実験装置を示す。一個の水槽の同一水深の周囲に同型の孔をあけ、おのおのの孔は長さのことなつた導管によつてマノメータに導かれている。水位の変動は、水槽中心にもうけた球頭ピストンに上下運動を与えることにより、ピストンの排除する水の量だけに相当して水位の上昇が行われるようにし、ピストンの上下動の周期を変えることにより、圧力変動に周期性を与えた。第11図は装置の外観を示す写真である。

以上の一連の実験のうち2例を第12図（次頁参照）に示した。この実験例によれば、導管の長さによつて振動の周期はあまり変化しないが、その振幅は大きく変化し、同一の振動源によるとは思えないほどことなつた様相を示している。しかして長さが長いほど振幅は減少して一定の値に近づく。また振動周期の短い（a）の場合には、導管長さ10 m と20 m とではすでに小さい振幅になっているが、振動周期の長い（b）の場合では10 m の長さではまだあまり振幅の減衰を見ず、20 m でもまだ相当な振幅を示している。

この結果からいえることは、マノメータの瞬間的な読みは、導管の長さによつてそれぞれことなり、また振幅の現われる時間もことなるから、瞬間的な1回の読みは決して真の値を与えるものではないことを如実に物語っている。またもし導管の長さや材料の弾性が内部の圧力変動の週期に共振するような場合には、大きい振幅となることは論をまたない。

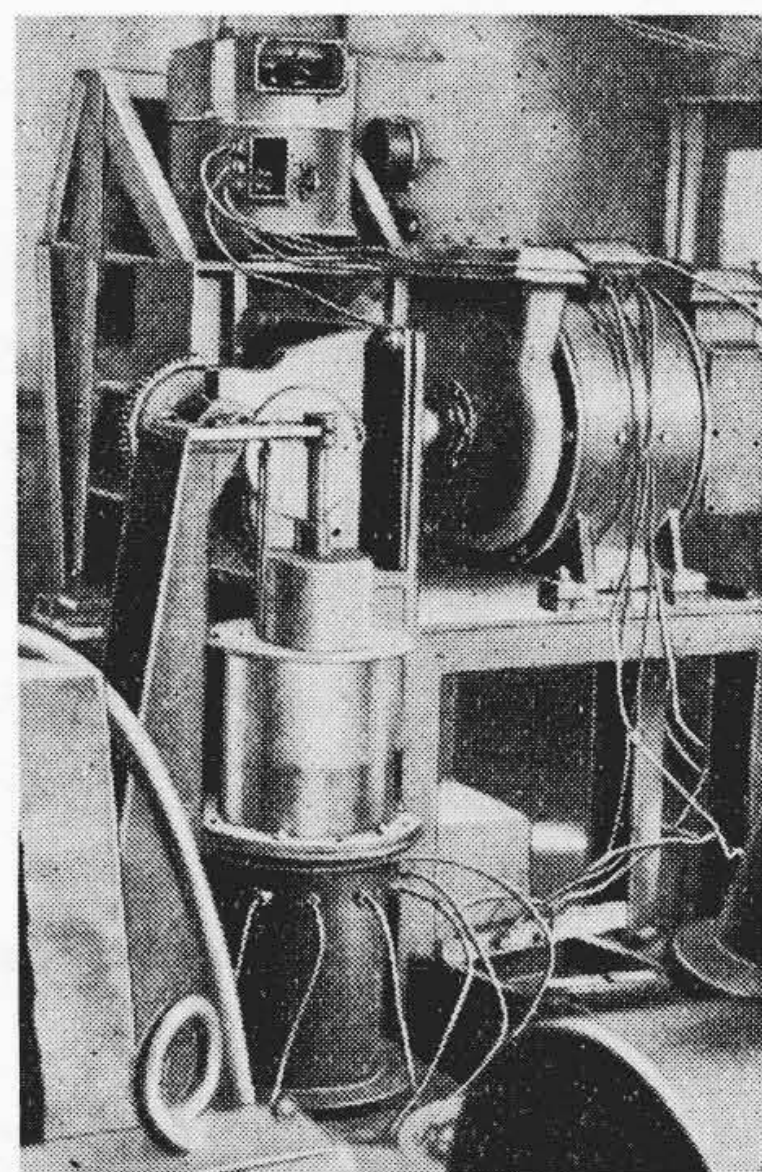
以上のほか種々の影響を見ることができるのであろうが、導管の長さ自体も問題であるが、同時に導管の材質（剛軟性）、管の内直径などもまた問題であるということになる。すなわち結論的には、マノメータの水柱の動揺があるということは、導管内を水が流動することを意味するのであるから、圧力孔よりマノメータにいたる迄の導管系の構造を同一にして、このなかを流れる水の抵抗を同一にすることが、本質的な対策であるということになる。この際圧力変動の週期に対する共振点をさけるようにすべきことは前にものべた通りである。

これに関連して現在あまり問題にされていないのは、ピトー管の衝撃孔と測圧孔の大きさの割合であるが、これも上記のように通路全体の抵抗度を同一ならしめて、同様な程度の動揺を期待する立場からすれば、当然考慮さるべきで、なるべく同一の孔面積、厳密には同一の抵抗を示すような構造にしなければならぬことは、当然の帰結と考えなければならぬまい。



第10図 マノメータ導管の長さと指示への影響を検討する研究装置

Fig. 10. Apparatus to Measure the Effect of Length of Leading Pipe of Manometer



第11図 実験装置外観写真

Fig. 11. Photograph of the Fig. 10. Apparatus

〔VII〕 総 括

本稿で述べた事項を結論的に総括して見よう。

(1) ピトー管の特性におよぼす境壁の影響に関しては数値的な研究結果が少いので、まだあきらかな結論は得られていないが、井伊谷氏の研究結果によれば、最後の流量値としては1%程度の差が現われる可能性のあることが示されている。

(2) ピトー管または支持管が流水中に存在すれば、

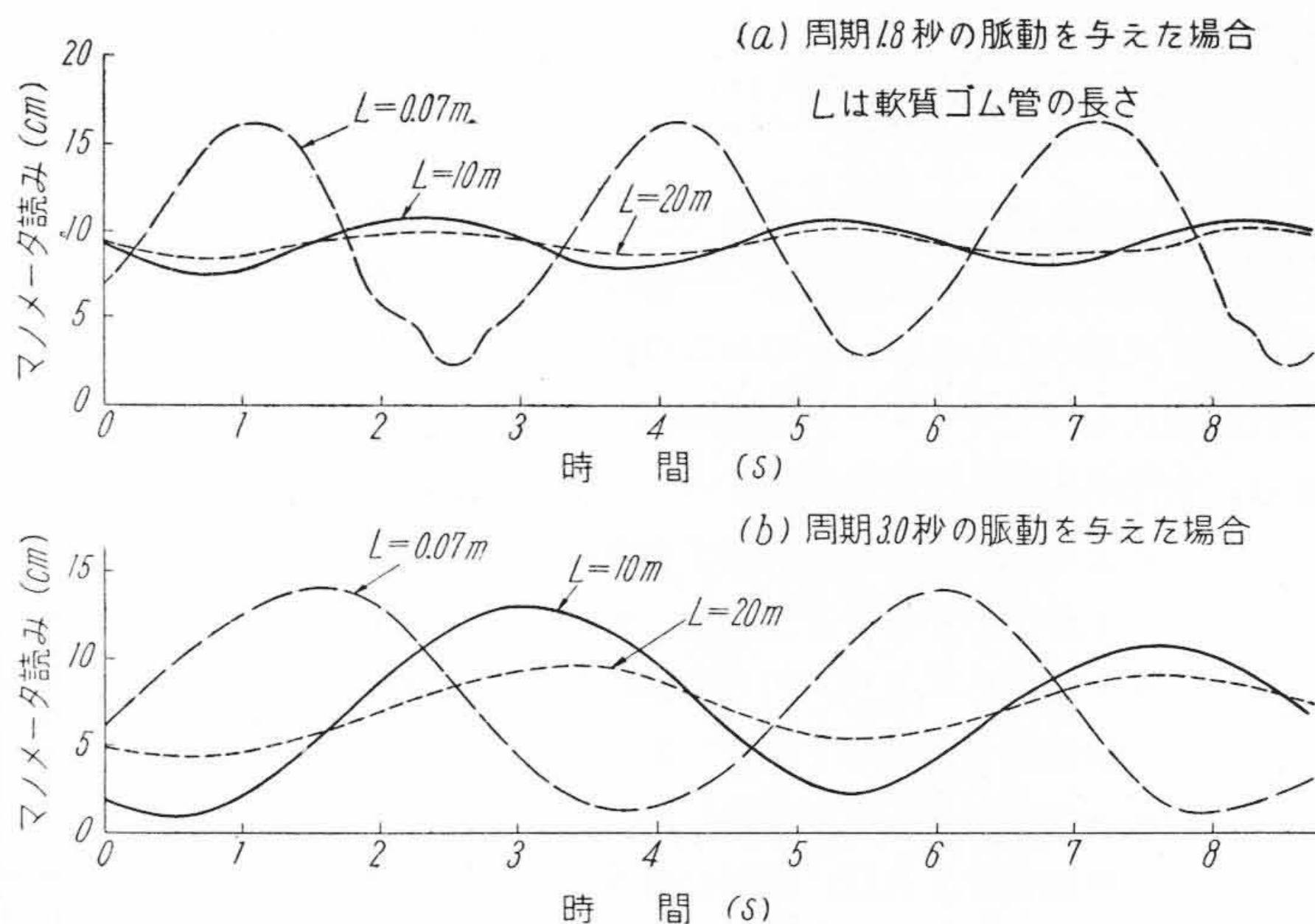
そのためにおこる流水断面積の減少と、その存在による上流鉄管路におこる部分的な静圧の変化が生ずる。そのためピトー管としての衝撃圧、静圧の指示が本質的にことなつてくると考えられ、現在熱心な研究が各方面で行われているが、まだ最後の数値的なものは得られていない模様である。筆者などの研究も追て発表したいと考えている。

(3) ピトー管が流水のために振動する場合にはいかなる誤差が入るかを実験的にたしかめたが、現地発電所ではこの振動が複雑な様相を呈するので、数値的には実験結果は参考にならないが、実際問題としてはあくまでも振動を防止する対策を講ずべきである。

(4) ピトー管よりマンメータにいたる導管の長さがことなつた場合、脈動圧（実際の測定では必ず何等かの程度の脈動を伴う）の指示が非常にことなり、1回または数回の読みでは、正確な平均値が得られず、またマンメータ導管を含むピトー管よりマンメータにいたる配管系全体の流体抵抗を同一にするような構造にすべきであることを示した。

以上により検討を終るが、本稿では名大井伊谷氏、東京工大坂谷教授、新三菱重工研究部、電力技術研究所、関西電力株式会社の各位の貴重な資料を引用させていただいた。こゝに記してそれぞれ深く謝意を表するしだいである。

またピトー管の振動およびマンメータ導管の実験には水力実験所金子豊彦君の労を多としたことを記して謝辞



第12図 導管の長さによるマンメータ指示の動揺の実験例
Fig. 12. Example of Test Results by Fig. 10. Apparatus

に代える。(第2部その3終り)

参考文献

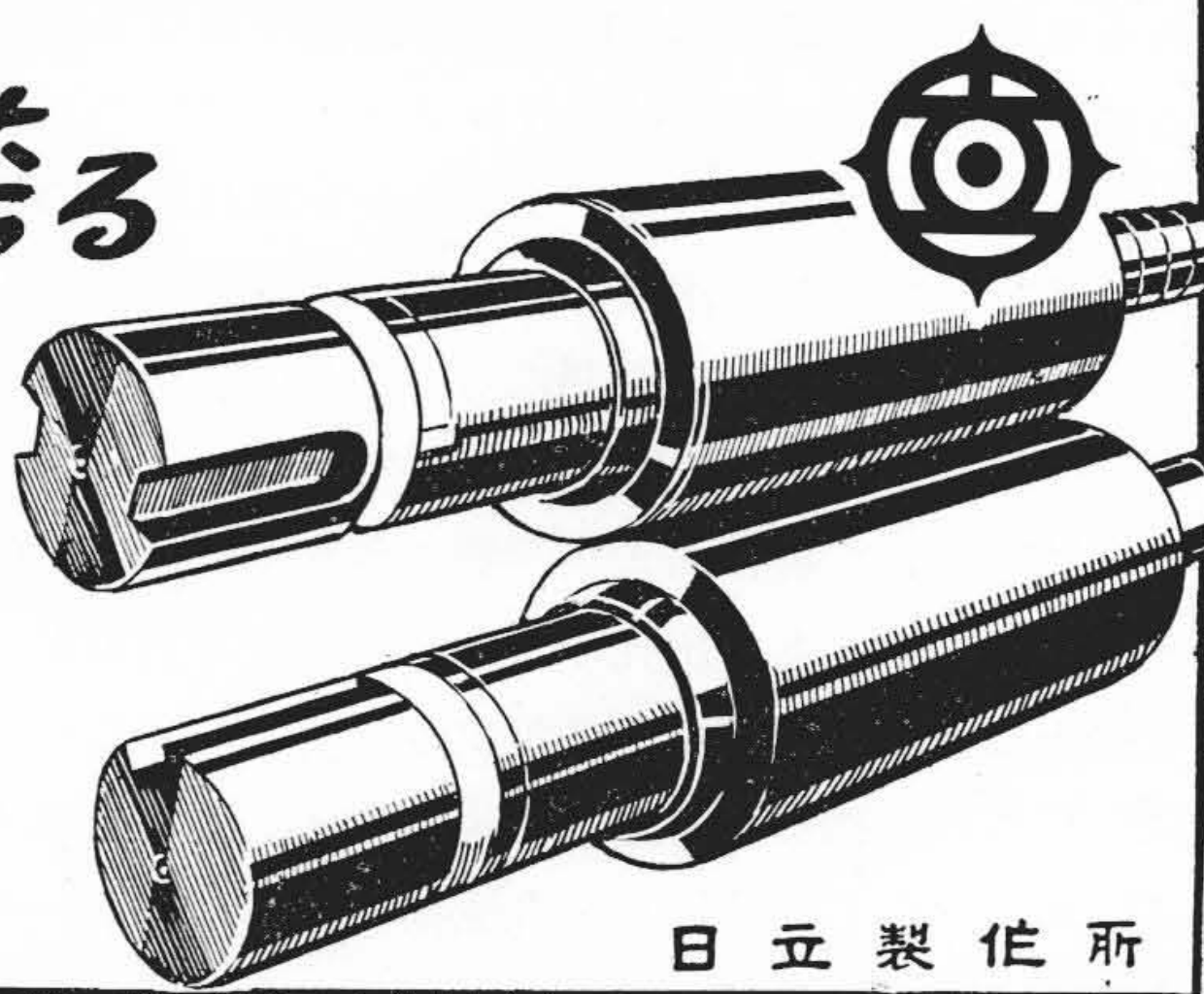
- (1) 井伊谷：名大工学部研究報告 III-1 (1950)
報告番号 0-002; (5頁)
" 0-015; (95頁)
- (2) 板谷，竹中：円柱型多孔式ピトー管に対する静圧孔の位置について（日本機械学会水車に関する資料調査分科会資料）（昭 29-7）
- (3) 新三菱重工K. K. 神戸造船所研究部流体力学研究課：量水法の研究—圧力管内における円柱まわりの流れについて（電力技術研究所水車効率測定法調査委員会資料 No. 62）（昭 30-7）
- (4) 電研水車効率測定法調査委員会：宮の下発電所流量測定法基礎試験報告（電力技術研究所所報 Vol. 5. No. 6.）（昭 30-12）
- (5) 関西電力株式会社，東京工業大学：黒田発電所における水車効率測定法比較試験—資料 No. 3. 板谷管法測定結果）（昭 29-11）

耐磨耗・堅牢を誇る

日立のロール

チルドロール
合金チルドロール
グリーンロール
合金グリーンロール
鋳鋼ロール

特殊鋳鋼ロール
アダマイトロール
鍛鋼ロール
焼入ロール



日立製作所