

天秤式差圧計の平均微流速測定への応用

山口大学 正員 ○深田三夫
山口大学 正員 斉藤隆
中国電力 大島久幸

計測技術の進歩に伴って、現実の水理現象が、流体力学的な観点より、説明されつつある今日でも、平均量で(平均流速や、平均圧力など)これらを、処理するという試みは、実際の立場からは重要なことである。特に、水理学上の重要課題である、流れの抵抗則を、室内実験のデータを基に、解明しようとする立場にたてば、室内実験における平均水量の測定精度を従来より、向上させる努力がなされなければならない。

筆者らは、このような観点から、従来の測定方法の改良、もしくは、視点を換え、流量と、流速の測定精度向上に努めてきた。⁽¹⁾ ここでは、特に平均微流速測定のために、考案、製作された、天秤式微差圧計について、その原理、検定結果、および、実測結果について、報告する。

天秤式差圧計は、ピトー静圧管に、接続した差圧測定用円柱(マノメーター)に、改良を加えたものであり、静圧、総圧の二つの円柱の差圧の直接読み取りを止め、その重量差測定に視点を変えただけの簡単なものである。このため、天秤の感量の範囲内において差圧 Δh の測定精度をあげる事が可能となった。すなわち $\Delta h = W_{min} / \rho g \bar{A}$, W_{min} : 天秤の感量, $\bar{A}$: 差圧測定用円柱平均断面積, (実際に 製作、測定に使用したものは、 $W_{min} = 100 \text{ mg}$, $\bar{A} = 44.18 \text{ cm}^2$ と $\bar{A} = 45.36 \text{ cm}^2$ 図1参照) このため、従来のマノメーターによる差圧の直接読み取りに較べて、 $\bar{A}$ の任意性から、原理的には Δh といくらでも小さくすることが出来る。実際には、後述するように、他の要因が誤差となって、測定精度には限界があるが、いすれにせよ、低流速域での測定精度を向上させることができた。

筆者らが、実験を進めている、粗面上薄層流では、流れ全体が、底面粗度の影響を大きく受け、流れは、三次元的になるが、図2に示すようなピトー静圧管を用い、流れ全体を、二次元的な、平均流速分布の測定という立場にたて、理解しようとする。このために平均流速測定にあたっては、次のことがらが要求されてくる。

- (1) 粗度近傍では対数分布則が成立しないことは、明らかであり、特に、相対水深 $H/\epsilon_s < 1$ 程度の流れの、低流速域において、平均流速の測定精度の向上に努めなければならない。
- (2) 流れの抵抗、特に、壁面摩擦という概念は、流れ全体のエネルギー収支から理解されるべきものである。このため、乱れ諸量の計測と同時に、流れの全域にわたって、すなわち、多点の平均流速分

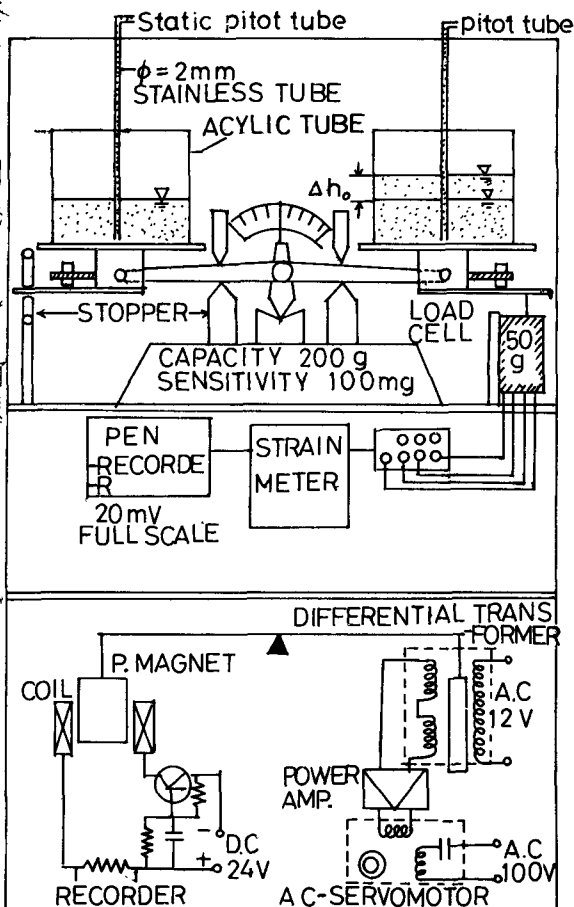


図1 天秤式差圧計概念図
(中) 荷重計式 (下) 自動制御型

布を、手早く測定する技術が必要である。

筆者らが、測定の初期の段階に、試作、使用したものは、感量100mgの市販の皿上天秤に改良を加え、水位測定円柱とのせただけの簡単なものであったが、

(a) 測定円柱内への流入、流出水量が、定常になるまでの時間が不明である。

(b) 錘りで、バランスをとり、重量差をよむ際に、中央針の(天秤の)読み取り誤差が入る。

などの欠点があった。これらの点を改良したのが図1(下)のコイルを用いた、自動制御式天秤差圧計と、図1(中)の、小容量(50g)の荷重計を用いた、天秤差圧計である。いずれも、測定円柱内流入水量の微小重量の時間的変化を、電気的に取り出し、レコーダーに連続記録させる工夫がなされたものである。

図2には、この天秤式差圧計に接続したピトー静圧管の検定曲線、および、図3には、これらを用いての、粗面薄層流と、側壁効果の平均流速分布の、実測値の一例とあげた。(2)(3)

この装置によって、(a)、(b)の問題は解決されたが、短時間において、多点を測定するという課題は、残されたままとなった。測定円柱内に外部の系に固定した円柱を挿入し、断面積を減らし、流入、流量を少くするという試みもなされたが、表面張力の影響で、測定精度が急激に悪化した。感量100mgの天秤を用いた場合、原理的には、数cm/secの平均流速の測定が可能であるが、実際には上述の表面張力の影響や、測定円柱内の水の表面張力による微小な重量変化、ピトー静圧管の先端部の上げの程度、あるいは、接続ビニールチューブの特性、水の汚れなど、天秤本体の感量とは別の要因が誤差となって10cm/sec以下の平均流速測定には、まだ改善の余地が残されている。これらの諸要因が、天秤による、図3薄層流平均流速実測値測定精度にどのように影響してくるか、定量的に理解すること、そしてさらに精度向上をはかることが可能か否かの検討は今後の課題として残された。参考文献、資料 (1) 深田有藤ら、水位および極微小差圧の新計測法について 山工学研究报告 No 31, 1, P. 179~P. 188 (2) 宮村、粗面土薄層流の研究, S. 56 (3) 大島、底面形状断面水路の側壁効果に関する研究 S. 56 卒論

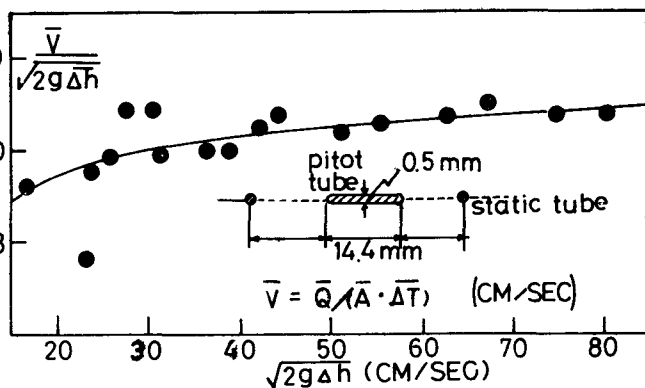


図2 粗面薄層流測定用ピトー管検定曲線
(自動制御式天秤に接続)

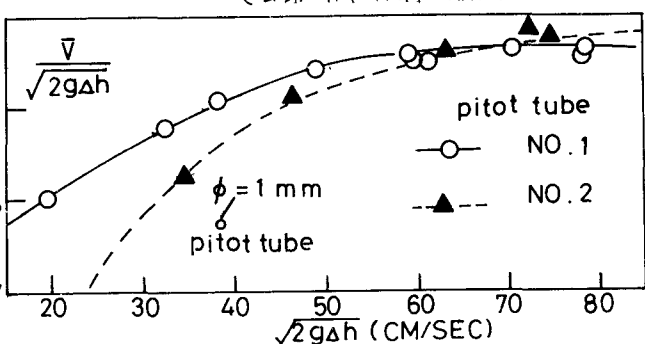


図2 側壁効果測定用ピトー管(荷重式天秤接続)検定曲線

