

水力学実験における省力化の検討

生産技術科 阿部俊哉・太田元一

1. はじめに

現状のカリキュラムにおいて、水力学に関する訓練は、ベルヌーイの定理等の基礎知識を学科で習得し、それを元にした機械工学実験Ⅰ・Ⅱを行っている。しかし実験に用いる機器のセンサは、アナログ式のU字管マンオメータを用いており、センサが安定するまでの時間が非常に長く、一人当たりが実験できる実験数が少ない。

本研究では、アナログ式のセンサをデジタル式に置き換えることで、短時間で正確かつ精密なデータ収集が可能となるよう変更する。これにより、水力学に関する実験を、学生がより多く実施できるようにすることを目的としている。

2. 実験装置及び方法

今回改造を施す装置は、機械研究株式会社の流体力学実験装置である。図1に実験装置を示す。この流体実験装置では、

- ・ベンチュリ管・オリフィスの流量係数 C_v 算出
- ・直管・曲管・各種弁類の抵抗損失算出
- ・三角ますによる流量算出
- ・ペルトン水車の発電効率算出

等様々な実験が実施可能である。現在は時間的制約から、ベンチュリ管の流量係数 C_v 算出と直管の抵抗損失算出のみ実験を実施している。

今回用いるデジタルセンサの信頼性を確認するため、ベンチュリ管の流量係数 C_v 算出を行った。実験方法は、⑩貯水槽にためられた水を、①ポンプで管路に流す。途中、⑥ベンチュリ管を通り⑰より放水する。必要に応じて⑪を作動させ⑫に水を送り、⑬台秤で水の重量を計量する。図2は、授業で使っている⑧U字管マンオメータである。U字管マンオメータは、⑤ベンチュリ管とビニル管でつながれており、流れ込む水の圧力により、ガラス管の水面が上下する。実験では、その水面の位置を目盛りで読み取り、圧力差を求めている。

3. 改造の概要

装置の改造には、既存の機能を無くすことなく、追加の圧力センサを使用できるようにするため、以下の条件を考慮した。

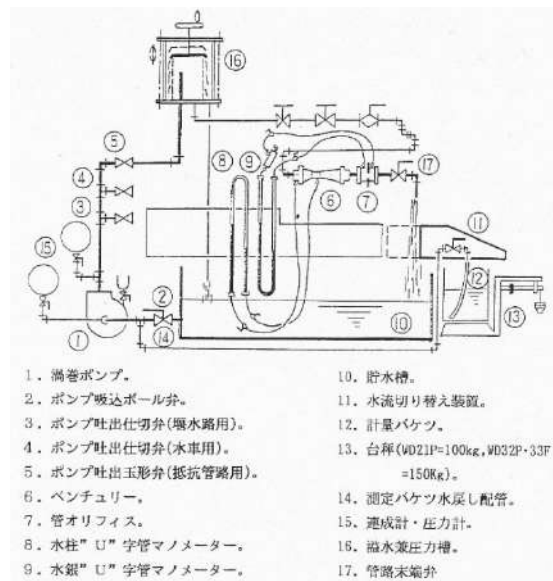


図1 水力学実験装置



図2 U字管マンオメータ (左:全景, 右:目盛)

- 1) 実験において、U字管マンオメータと圧力センサの圧力値を比較検討できるようにする。既存の圧力計であるU字管マンオメータも使用できる。
- 2) 各種実験の再現性、容易性を向上させる。
- 3) 電気を用いたセンサを用いるため、漏電対策を十分に行う。
- 4) 将来的に水の流れを動的に計測ができるよう、デジタル圧力センサのアナログ出力が、データロガーに取り込めるようにする。

これらの条件を満たすため、U字管マンオメータと圧力センサの接続口は、ワンタッチ継手を用いて

表1 デジタル圧力センサ, アンプユニット
デジタル圧力センサ

型式	定格圧力範囲	繰り返し精度
AS-12S	0~100 kPa G	±0.5 % F.S 以下

アンプユニット

型式	表示分解能	アナログ出力
AP-V80W	0.01 kPa	4~20 mA

接続した。各種実験を行う際、配管の繋ぎ直しが必要となるが、接続口をワンタッチ継手にすることで、誰でも容易に、再現性が高い接続が可能となる。センサについては、将来の拡張性および安全性から、KEYENCE製の防水型センサを選定した。このセンサの防水防塵性能はIP67と、非常に堅牢にできており、センサ部からの漏電対策は十分である。また専用のアンプユニットを使用することで、アナログ出力を得ることもできる。デジタル圧力センサの仕様を表1に示す。

3 結果及び考察

この実験装置を用い、U字管マンノメータを装着した時と圧力センサを装着した時のそれぞれにおいて、流量を約1000~1500cm³/secの間で変化させ、100回ずつ流量係数C_vの測定を行った。圧力測定値はベンチュリ管の入口とくびれ部を測定する。測定値の単位は、U字管マンノメータ (mmH₂O) と圧力センサ (kPa) は違うので注意が必要である。それぞれの測定結果から、(1)式により流量係数C_vを算出しグラフ化したものを、図3および図4に示す。

$$C_v = Q / (A(2gh(1-\beta^2))^{0.5}) \dots (1)$$

Q:流量(cm³/sec), h:圧力差(cmH₂O),

A:絞り部断面積(cm²), β:開口比=(入口径/絞部径)²

図3のグラフから、流量係数C_vの平均値は1.04、その標準偏差は0.027、実験所要時間の平均値は921秒であった。図4のグラフから、流量係数C_vの平均値は0.97、その標準偏差は0.024、実験所要時間の平均値は538秒であった。これより、圧力センサを使用することによって、正確な値を短時間で得ることができるようになった。また、どちらの結果も流量係数C_vの分布がわずかに右上がりになっている。原因は明らかではないが、流量が増えると速度が増えるため、ベンチュリ管内部の摩擦損失によるものと思われる。なお、授業中の実験時にはベンチュリ管内部の摩擦損失には触れていない。

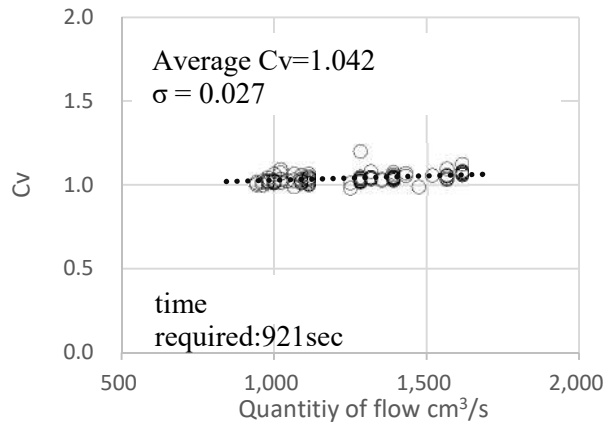


図3 実験結果 (U字管マンノメータ)

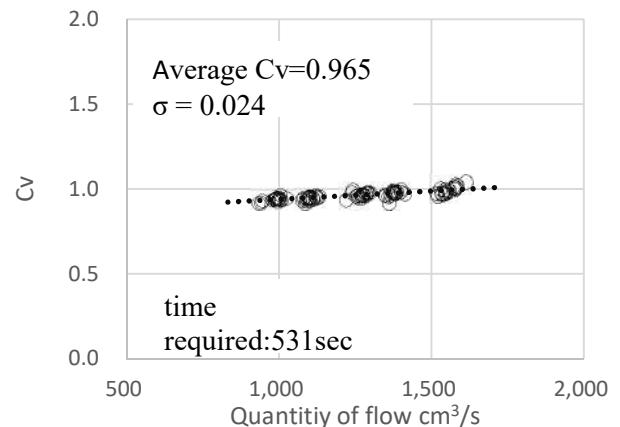


図4 実験結果 (圧力センサ)

4. まとめ

本研究の結果を、表2にまとめた。

表2 実験結果のまとめ

	Time required(s)	Average of Cv	σ
U-tube manometer	921	1.04	0.027
Pressure sensor	538	0.97	0.024
	58.4%		88.9%

実験所要時間は、圧力センサを使用することにより、60%に短縮できることがわかった。流量係数C_vの平均値について、今回使用したベンチュリ管の諸元が不明であるが、一般的な損失が0.95~0.99であることを考えると、より正確な測定ができたと確認できた。流量係数C_vの標準偏差については、圧力センサを使うことにより約90%に少なくなり、精密な測定ができたことが確認された。これにより、本研究の目的である省力化は達成でき、同時にデータの正確性・精密性も得ることができ、授業内容の発展につながるものと思われる。

参考文献

円形管路の絞り機構による流量測定方法, JIS Z 8762 : 2007