

デジタル式圧力調整器の製作

奥 山 武 彦*

Digital pressure regulator

Takehiko OKUYAMA

National Research Institute of Agricultural Engineering

I はじめに

加圧板法による pF 試験や、不飽和透水係数の測定などは供試体に一定の空気圧をかけて行う。これまで、圧力調整器としてマノメータ内の水や水銀の液面位置を触針や光電式で検知する方式が使われてきた。しかし、水マノメータは水の表面張力の影響で動作が不安定になったり、水銀マノメータは水銀でガラス管が汚れて見にくくなるなどの使用上の問題がある。

そこで、圧力センサーを用いて圧力を測定すると同時にデジタル制御する方法を検討した。デジタル制御という難しい気がするが、モジュール化された製品を組み合わせることによって、使用目的に合った装置を比較的容易に製作することができる。デジタル・メータリレーを用いた圧力調整器を試作したので、その概要を報告する。

II 装置の構成

1. 設計目標

加圧板法による pF 試験の低圧領域及び Richards 型試験器による不飽和透水係数の測定に使用するために、対

象とする圧力は 1 kg/cm^2 以下とした。この範囲で 0.001 kg/cm^2 単位での圧力表示、制御を行うことを目標にして、定格 1 kg/cm^2 の圧力変換器を使用した。 1 kg/cm^2 以上の圧力が必要な時は空気ポンベの調整器で調圧することにしたが、高圧用の圧力変換器と緩衝タンクを使えばより高い圧力範囲でも本装置を使用できる。

2. 圧力変換器

各種の圧力変換器が市販されているが、今回使用したのは、箔ゲージタイプに比べて小型高感度な拡散形半導体圧力変換器であり、大気圧に対する圧力（ゲージ圧）を測る方式である（豊田工機 PD-104FW）。

圧力変換器には定格出力、つまり所定圧力に対する出力電圧の較正表がついているので、増幅器の増幅率をその定格出力値によって調整できるが、念のために実際に圧力をかけて検定することが望ましい。

圧力変換器の零点と定格出力が温度によって変動して誤差の原因となることがある。使用した圧力変換器の零点変動を7日間連続して測定した結果を図-1に示す。 1°C あたり、フルスケールの $7.6 \times 10^{-3}\%$ で、製品の規格値の $3 \times 10^{-2}\%$ より小さく、通常の使用には問題は無いことがわかった。

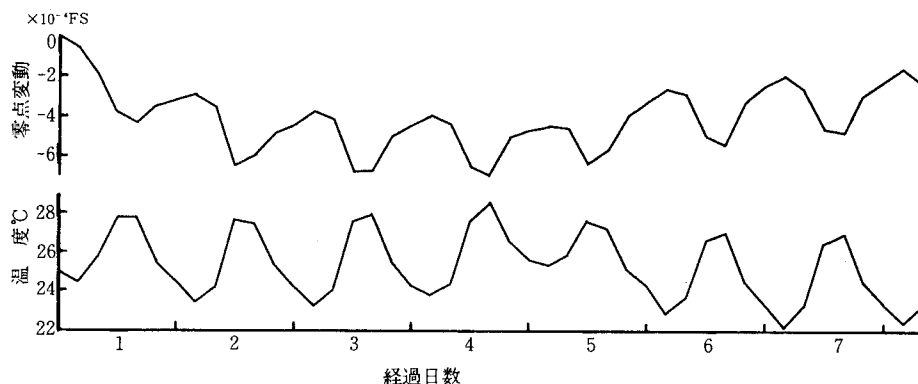


図-1 圧力変換器のドリフト

*農業土木試験所

圧力変換器は増幅器と組み合わせて使用するが、増幅器を内蔵している変換器もある。また、直流増幅器のモジュールを使えば増幅器を比較的安価に自作することができる。

3. デジタル・メータリレー

デジタル・メータリレー（以下、DMR と略記する）は、直流電圧をデジタル表示するデジタル・パネルメータに、測定値が任意に設定した上・下値を逸脱しているかどうかを判断するコンパレータを一体にしたものである。回路構成を図-2に示す。

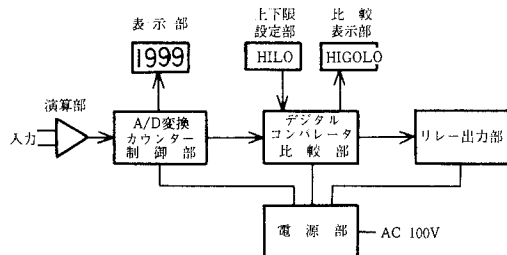


図-2 デジタル・メータリレーの回路

測定範囲、表示桁数、数字の大きさなどによって多くの機種があるが、今回使用したもの（旭計器 MDR-210-12）は、 $3\frac{1}{2}$ 桁の ± 1.999 V用である。4桁表示だが最上位桁は1だけなので $3\frac{1}{2}$ 桁と呼ばれる。上・下限値はデジタルスイッチでそれぞれ設定し、これを越えた場合には表示ランプがつき、内部リレーがONになるので、これを利用して制御機器を作動させることができる。

ここでは圧力 1 kg/cm^2 で増幅器の出力が 1 V になるようにしたので、測定電圧の分解能 1 mV が水柱 1 cm に相当する。測定範囲内ではこの分解能は変わらない。表示・設定が水柱 cm 単位なので、 pF への換算が容易である。

4. コントローラの構成

DMRの出力用リレーの接点容量は抵抗負荷で $\text{AC } 100\text{ V } 0.5\text{ A}$ または $\text{DC } 24\text{ V } 1\text{ A}$ なので、電磁弁の開閉などには容量が不足である。そのために、図-3の配線図のようにコイルが $\text{AC } 100\text{ V } 26\text{ m A}$ 、接点電流最大 5 A の外部リレーを増設した。リレーや電磁弁のコイルは誘導負荷になるので、開閉時のアークに対する接点保護回路をつけた方がよい。

5. 圧力系統

圧力源には容量 47 l （充填量 7 m^3 ）の空気ポンプを使用した。小型のダイヤフラム式ポンプの使用も試みたが、ポンプ始動時に同時に緩衝タンク内の圧力がポンプにかかるために使用圧力 0.3 kg/cm^2 以上では始動が困難であ

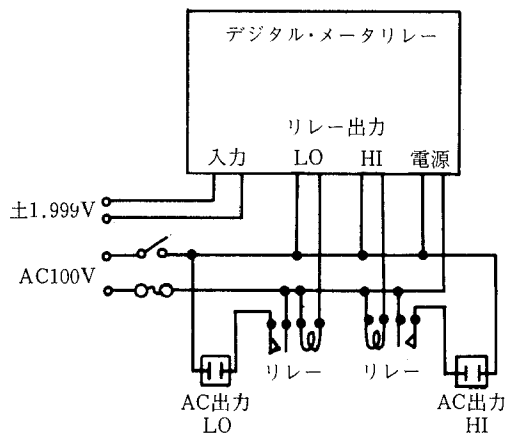


図-3 コントローラの配線図

た。この場合にはポンプと緩衝タンクの間逆止弁を入れるなどの工夫が必要である。

空気ポンプには最大 30 kg/cm^2 用の調整器をつけ、本システムには 2 kg/cm^2 程度の圧力を入れるようにした。

緩衝タンクは塩ビパイプと塩ビ板で 15 l のものを作った。耐圧性には充分な注意が必要である。加圧板法の試験セルの容量は約 7 l である。

III 制御特性

1. 試験方法

本システムによる圧力の制御特性及び緩衝タンクの機能を調べるために、図-4のように4通りの接続方法について試験を行った。すなわち、①緩衝タンクを用いない場合、②緩衝タンクを1個使い、そこで制御用の圧力を検出する場合、③緩衝タンクを2個直列にした場合、④緩衝タンクを2個使うが、試験セルで圧力を検出する場合、である。

圧力設定は、DMRで下限値を $0 \rightarrow 100 \rightarrow 200 \rightarrow 300 \rightarrow 400$ ($\text{cm H}_2\text{O}$)とステップアップさせた場合、 $400 \rightarrow 410$ の小変化の場合、 400 に設定しておいて試験セルの排気バルブから少しリークさせて圧力低下と加圧を反復する場合について行った。

2. 試験結果

上述の4種の接続方法での試験結果を表-1に、条件②で、 $200 \rightarrow 300$ に切換えた場合の緩衝タンク及び試験セルの圧力変化を図-5に示す。

緩衝タンクを用いた場合、試験セルとの間に圧力上昇の時間差が生じる。条件③以外では圧力が一定になる前にピークが現れた。図-5では、一定になるまでにコントローラが2回作動した様子がわかる。各条件下での特性をまとめると次のようになる。

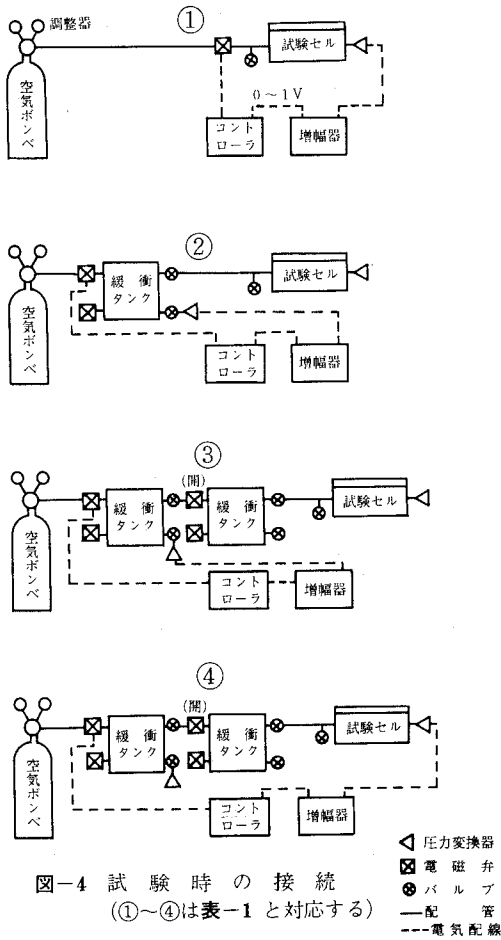


図-4 試験時の接続 (①~④は表-1 と対応する)

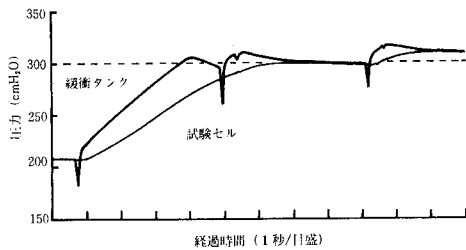


図-5 圧力設定時の変化 (条件②)

条件① 平衡までの時間は短い、ピーク圧力は高い。リーク試験でも、緩衝タンクが無いために変動幅が大きい。

条件② 圧力が一定になるまでの時間は短く、ピークも小さい。

条件③ 緩衝機能が大きくなり、ピーク現象はなくなったが、一定になるまでに時間がかかる。

条件④ 一定になるまでに時間がかかり、その圧力は

表-1 接続方法による試験セル内圧力の違い

設定圧力 (cm H ₂ O)	項目	接続方法			
		①	②	③	④
100	ピーク圧力	147	114	103	142
	平衡圧力	124	112	〃	135
	平衡時間	11	10	21	16
200	ピーク圧力	221	212	202	240
	平衡圧力	204	207	〃	230
	平衡時間	10	8	21	19
300	ピーク圧力	327	310	306	327
	平衡圧力	303	304	〃	318
	平衡時間	12	17	28	20
400	ピーク圧力	413	410	405	429
	平衡圧力	400	405	〃	415
	平衡時間	25	18	28	25
410	ピーク圧力	447	418	410	427
	平衡圧力	440	413	〃	426
	平衡時間	11	9	4	2
リーク実験	作動圧力	397	400	400	400
	ピーク圧力	440	413	406	414

*接続方法

- ①緩衝タンク無し
- ②緩衝タンク 1 個使用
- ③緩衝タンク 2 個使用
- ④緩衝タンク 2 個使用、セルで圧力検出

*ピーク圧力、平衡圧力、作動圧力の単位はcmH₂O
平衡時間の単位は秒

設定値よりもかなり大きい。これは試験セルの圧力が設定値まで上がって加圧動作が停止した時には緩衝タンクの圧力はそれよりも高くなっており、遅れて試験セルに伝わるためである。

以上の結果から、②の接続方法が最も良いと思われるので、この方法を使うことにした。コンパレータの比較動作は毎秒約2.5回行われるので、その間の時間遅れは止むを得ない。この影響を小さくするためには、下限値を必要とする圧力よりも少し低めにセットしておくか、空気の供給量を絞ってやればよい。気温上昇等により、タンク内の圧力が上昇することがあるが、排気用の電磁弁をつけて上限値を設定してやることによって圧力の上昇を制限している。

IV おわりに

増幅器と表示器、コンパレータの機能をもつ指示計も市販されているが、本装置は安価に作る事ができた。温度や変位なども、直流電圧に変換することによって本

装置を応用することができるので、本報告が少しでも参考になれば幸いである。

設計・製作にあたっては農業土木試験場長谷川周一氏

と茨城大学大学院佐藤泰一郎氏から有益な助言を頂いた。謝意を表します。

(1984.12.22受理)