

マイコンによる疲労試験機の制御

小川 壽*, 足立 拓郎*, 三好 十武士**

The Control of Fatigue Test Machines by the Use of Microcomputers

Hisashi Ogawa, Takuro Adachi, Tomuji Miyoshi

Abstract

Generally a fatigue test of materials takes a long time. Therefore, we intended to automate bending fatigue test machines by using microcomputers.

The microcomputers in the test are low-priced "Sharp" microcomputers on the market. We used two microcomputers. One is for controlling the fatigue test machines, and the other is for I/O. And we also tried to use the microcomputers for other purposes with off line.

The results obtained in the test are as follows.

- 1) The test machines stopped automatically when they reached a given count cycle.
- 2) The test machines stopped automatically when the test pieces broke.
- 3) Each of the test machines was operated and stopped by the control of the microcomputers.
- 4) The microcomputers detected the stress and strain value of the test pieces when they were installed to the machines.
- 5) The microcomputers displayed and printed the values in input and output.

1. ま え が き

最近マイコンの一般社会への浸透は目覚ましいものがある。本校においてもここ数年で非常に多くの幾種類ものマイコンが導入されている。身近に電算機を扱えるということで学生も興味をもっているようである。

当初、その利用という面でまだ十分活用されていなかったが、ここ最近幅広く多機に渡って使用されている。そこで一つの利用法として材料の試験機の制御に利用することを考えてみた。材料の疲労試験は一般に試料の破損までに長時間を要し、 10^7 サイクル程度までの繰返し数を要する。そのため装置の自動化を計る必要がでてくる。そこで長時間の試験結果を得るため、また所定繰返し数における測定因子把握のために任意の繰返し時においての装置の停止、および破断時に自動停止する目的でマイ

コンを使用し実験時間の有効を計った。

2. 試 験 装 置

a) 試験機

低サイクル用平面曲げ疲労試験を目的とした材料試験機である。モータからの回転をギヤプーリにより減速させクランクを使って往復動を得るようにしてある。

ギヤの歯数を換えることにより最終回転率を変えるようにしてあり、クランクの偏心量を調整して試験片の振幅量を変えることにより任意の応力を与えることができるようにしてある。偏心量は0～10mmである。

その構造を図1に示す。

b) 使用マイコン

本試験装置にはシャープ MZ-80 B と MZ-80 E の 2

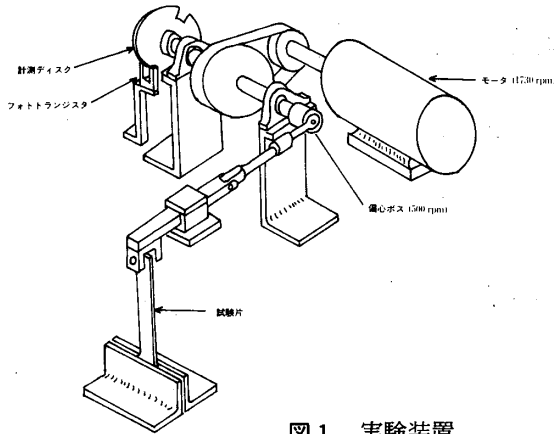


図1 実験装置

台のマイコンを使った。利点としては他のマイコンに比べて本体、モニター、カセットが一体化されており場所をとらないこと、I/Oが扱い易いということである。

MZ-80 B clock 4 MHz

MZ-80E clock 2 MHz

使用言語 BASIC

c) 歪ゲージの使用

試験片の破断時における自動停止を検出するために歪ゲージを利用した。試験の結果微小な亀裂に対し敏感に反応し、十分破断検出に利用できることがわかった。

d) 試験片形状

試験片形状は図2に示す寸法において実験を行なった。

モーメントは

$$\sigma = \frac{M}{Z}, Z = \frac{1}{6}bh^2$$

上の式から最大モーメントは固定下部の位置から約 6.6 mm の上に発生する。実験の結果、亀裂の発生幅は最大モーメントのかかる線上から±1 mm の上に発生することがわかった。従ってストレインゲージはその線上を中心として貼布した。それにより、肉眼で見ることができないような亀裂を正確に捕え、切断されたことをマイコンに伝えることができる。

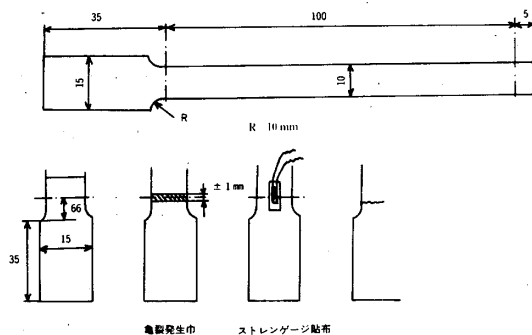


図2 試験片

3. 試験機の制御

図3に装置のブロック図を示す。現在マイコン1台にて6台の試験機が各々作動するようにしてある。

a) 試験装置に必要な機能

自動化の目的としたものは以下のとおりである。

1. 所用繰返し数にて自動停止。
2. 試験片の破断時に自動停止。
3. 各試験機もそれぞれ単独に動作、停止。
4. 試験片取付時の試験片の応力、歪値の検出。
5. 入力出力時の結果の表示、印刷。

b) マイコンの I/O

MZ-80 B は全部で12ポートの I/O を持っている。

1ポート 8 bit INPUT
8 bit OUTPUT

合計 8 bit × 2 × 12 = 8 bit × 24

ここでは1ポート 1台の試験機をつなぐようにしてある。すなわち、1台のマイコンに12台の試験機が接続可能なのである。

それぞれの I/O の bit は

INPUT 4 bit……IC カウンターからの回転数の読み込み。

1 bit……破断検出。

3 bit……未使用。

OUTPUT 1 bit……IC カウンターリセット。

1 bit…… // スタート。

1 bit……モーター用リレー ON, OFF。

5 bit……未使用。

それぞれの I/O 命令は BASIC 中にて使用し

Bの場合

入力 INP @ Port, A Port……0~255

出力 OUT @ Port, A A……10進255まで

Eの場合

入力 INP # Port, A

出力 OUT # Port, A

Control 信号, および Data 信号

1 Port 8 bit

各ポートにおいて必要は bit 信号の出入れを行なってやる。

c) 回転数

最終回転部に円板を取り付け、切り欠きを入れフォトトランジスタで読むようにしてある。しかし、フォトトランジスタだけだと立ち上がり時において数10ケの数を

IC カウンターが拾うのでシュミットリガーによる波形整形を行なう必要がある。信号は直接マイコンで読まずにいったん、IC カウンターに読ませるようにしてある。

これは使用言語が BASIC のため処理速度の問題と、6 台の試験機とのやりとり及び I/O のためのもう一台のマイコンとの連絡などのために余裕をもたすためである。

d) 破断検出

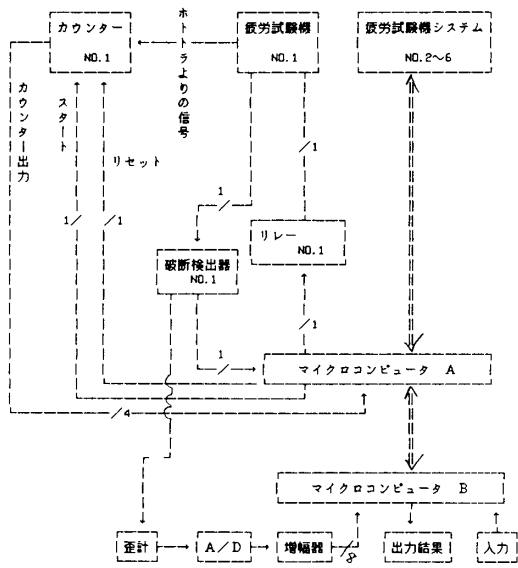
試験片の破断の検出については現在のところ試験方法を空气中に限定しているため、直接試験片に歪ゲージを貼り付け試験片の破断と同時に歪ゲージも切れるため、その間に電流が流れなくなりマイコンの I/O に信号を送り破断を検出するようにしてある。

e) 2 台のマイコンを接続

I/O……Mz-80 E
Control……Mz-80 B

Mz-80 B を制御用に使いコントロール線を通じて80 E とのやりとりを行なってデータの転送を行なう。

I/Oにはプリンター、A/Dコンバータをぶらさげデータの入力値、試験結果の印刷を行ない、on lineにて試験片の取付け時の試験片の最大応力部の応力、歪を計測することにより取付け時の誤差を正確に計ることができる。



1/1 …… 1 bit の信号を表す。

図3 システムブロック図

f) A/Dコンバータ

試験片取付けの際、試験片に生ずる歪を検出し設定応力値に対して適切な変位に合わせるようにする。

(f-1) アナログ入力電圧範囲

ユニポーラレベル 0 ~ +10V

(f-2) A/Dコンバータの性能

分解能 8 bit 1/256

変換速度 25 μs

ブロック図、及びフローチャートは図3、図4、図5に示す。

```

Program 応力, 歪
begin
repeat
begin
input (factor)
inp (歪計のCALによるA/Dの値)
print (歪の値=A/Dの値*factor)
end
if (歪計のCALによる歪の値= factor*A/Dの値) then
while NOT STOP do
begin
repeat
begin
inp (A/Dの値)
εの計算
σの計算
end
until
print (σ, εの平均値)
end
until
end.
    
```

図4 応力、歪値読取りのフローチャート

g) 作動方法

図5に試験機を実際に動かしていくためのマイコンのソフトの流れ図を示す。

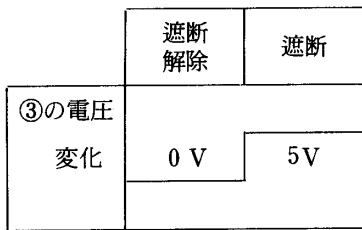
4. ハードウェアの説明

(4-1) フォトトランジスタによるパルス発生

本実験装置に用いたフォトトランジスタはEE-S5(オムロン)でその回路図を図6に示す。回路中①は発光ダイオード②はトランジスタである。光を回転円板で遮断、あるいは解除させることによってパルスを発生させる。光を遮断すれば②のトランジスタにより電流が②-③へと流れる。また、光の遮断を解除すれば発光ダイオードの光がトランジスタに達し電流が②-④へと流れつまり③の電圧変化によってICカウンターへパルスを送る。

フォトトラよりの信号は直接ICカウンターには入れることができない。波形そのものがきれいな矩形波にならないため、立ち上がり時に多くの数を読みこむことになる。そのため、いったん波形整形を行なう必要がある。下に波形整形のためのシュミットリガー回路を示す。

その後、ICカウンターに信号を送ってやる。ここでICカウンターを作動させるためにはICカウンターをリセッ



```

*Program MZ-80B
while switch on do
begin
on line, off line の検出
if on line then (mz-80Bからの入力信号の検出)
for i:= 1 to 6 do
begin (IC counter の検出)
count:=count+1
if (max count) and
(IC counter 数≧15)
then NNN (i)
end
end
end.
procedure NNN (i)
begin (キー stop (i))
if (off line) then return
while x≠j do
begin
(count 数 出力 (MZ-80E))
end
while x=p (i) do
begin
(inp (MZ-80E),
max no.). start (i) reset (i)
end
end.
end.
Program MZ-80E
begin
on line (out)
while on line do
if (キーよりの入力信号) then
begin
input (machine no. , max no.)
print
output (MZ-80B)
end
if (出力信号 from 80B) then
begin
inp (count no.) print
end
if (off line 信号) then
begin
off line , out (MZ-80B)
end
end.
end.
    
```

図5 制御のフローチャート

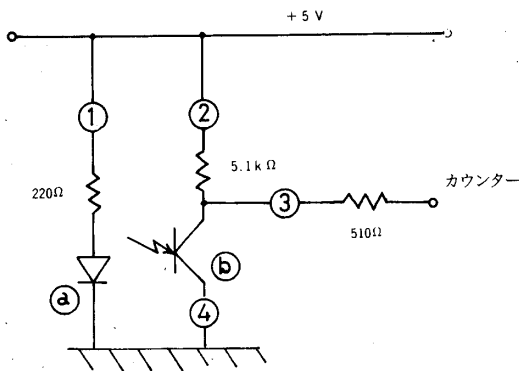


図6 パルス入力回路

トする必要がある。次に NAND のGATE を High レベルにしてパルスを IC カウンターに読ませるようにする。手順としてはリセットの後, GATE を開いてフォトトラよりの信号を読むということになる。マイコンから Universal Interface Unit を介して IC カウンター内の数を読みこむ。

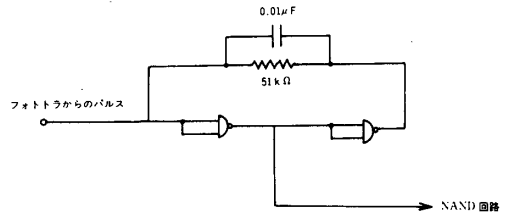


図7 シュミットリガー回路

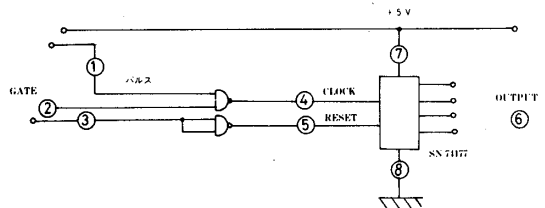


図8 NAND 回路

プログラムの手順に従って信号の動きを追ってみる。

プログラム	命令	①	②	③	④	⑤
OUT@Ni, 4	Reset	H	L	H	H	L
OUT@Ni, 8	Start	H	H	L	H	L

Ni=1~6

(RESET の場合)
①=(H or L)

②=L

③=H

④= H

⑤=L

フォトランジスタの状態によってHかLかが決まる。
NAND の GATE にあたるところでLであれば④を常にHにする。
RESET 信号であるから常にH GATE によって常にHとなる。つまりカウントされない。
SN 74177 は入力信号がLで RESET がかかる。

①=(H or L)	(START の場合) フォトトランジスタの状態によってHかLかが決まる。
②=H	NANDのGATEであるのでHとなつて④にパルスを送る。
③=L	RESET が終わればLとなる。
④=(H or L)	フォトトランジスタからパルスが出て①がHであれば④もHになる。
⑤=H	SN 74177 は付号が H で RESET 解除。

	接続場所
①COUNT/LOAD	Vcc⑭に接続
②OUTPUT (3)	Interface Card 入力ポート
③DATA INPUT	GND
④DATA INPUT	GND
⑤OUTPUT (1)	Interface Card 入力ポート
⑥CLOCK (2)	⑤へ接続
⑦GND	GND
⑧CLOCK (1)	フォトトランジスタから発生したパルスを入力する。
⑨OUTPUT (2)	Interface Card 入力ポート
⑩DATA INPUT	GND
⑪DATA INPUT	GND
⑫OUTPUT (4)	Interface Card 入力ポート
⑬CLEAR	Interface Card 出力ポート
⑭Vcc	+ 5 V (電源)

SN 7477 の接続場所の説明

(4-2) 試験機停止機構

試験機の起動及び停止はすべてリレーによって行なう。任意繰返し数及び試験片破断に試験機を停止させるにはマイコンから Universal Interface を介して [図9] の①へ電圧をかけて電流が流れることによってパルスを送る。するとそれまで 5 V Box 電源によって②→④へと電流が流れそれによって⑤→⑥と電流が流れてリレーが作動してモータが回転していたのが①に電流が流れたことにより②→④の電流が②→③と変化する。そして⑤→⑥の電流が流れなくなる。故に、リレー負荷が解除されてモータが停止する。その時のマイコンの命令文は OUT @ Ni, 1 であるが試験片が停止している間ずっと前述の命令文が実行されたままであるので①へは常に電圧がかかって電流が流れ放しとなっている。

次に試験機を作動させるには、OUT @ Ni, 0 の命令によって実行することができる。

これは上述の命令によって①への負荷が解除されるからである。

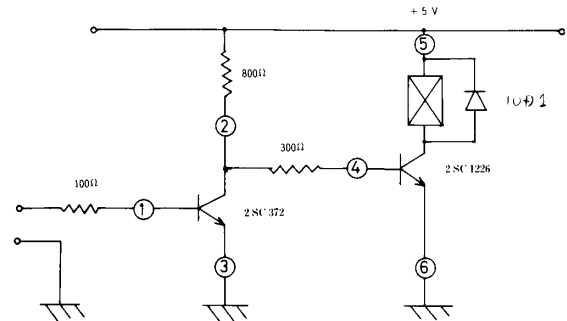


図9 リレー回路

(4-3) 交流スイッチ回路

リレー部に直接モータ電圧100Vを通すと接触部に火花が飛びリレーの接点部の焼付きの原因ともなり、マイコンに対しても信号の雑音の原因となるため交流スイッチ回路を付加した。これによりリレー部は微小電流によって大電流をコントロールすることができる。

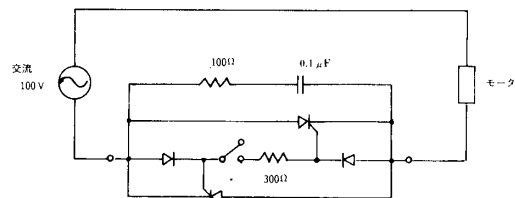


図10 交流スイッチ回路

(4-4) 試験片の破断検出

試験片に繰返し荷重をかけていくと両端から次第に亀裂が入りそして進展していく。そしてついには亀裂が一本につながる。亀裂の進攻につれてゲージの部分においても亀裂が入りゲージの切断が生じる。これを電氣的に検出して試験機を停止させようとするものである。ただし、この破断検出方法は空気中においてのみである。図中、120Ωの抵抗は試験片に貼る歪ゲージの抵抗である。歪ゲージ切れていなければ NOT 回路を介してあるので Interface Card の入力ポートは Low の状態になっているが、試験片に亀裂が入り歪ゲージも一緒に破断したならば Interface Card の入力ポートには High 信号が入る。

てくる。

それをマイコンが判定してリレーを作動させて試験機を停止させるものである。

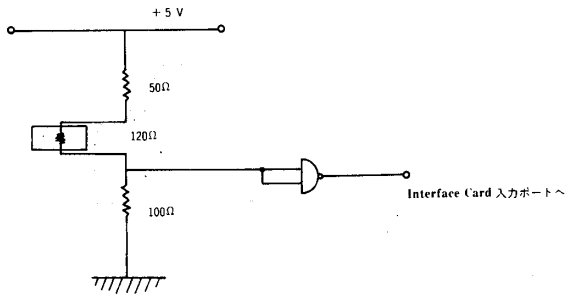


図 11 破断検出回路

5. あ と が き

マイコンを使った疲労試験機の制御について述べたが、これらを作るにあたり機械、電気、ソフトウェアの三つがうまく機能しないと最終的なものできない。

マイコンを使うことにより装置の制御について、判定

に関する部分についてはソフトウェアによって行なうことができ、また実験状態の変換も同様にソフトウェアによって変更が行なえ従来のハードウェアによる回路の作成をソフトウェアで補うことができるため他の実験装置にも転用することはわりと楽に行なえると思う。

実際に動かしてみるとハード的な故障に対して考慮しておく必要がある。各回路は各試験機ごとにモジュール化しておくトラブルに対してそのモジュールの交換だけで処置できるので保守の面からそういったことにも十分気をつけておく必要がある。

参 考 文 献

- 1) TTL Application Manual with Data Book
(Second Edition) 1978 T. I
- 2) デジタル実用回路マニュアル P 392~393
1978 ラジオ技術社
- 3) THYRISTOR APPLICATION HANDBOOK
P 192~193
1978 オーム社
(昭和58年9月13日受理)