

IBM-PC 를 이용한 다점 계측 자동화 시스템 (Automatic Multipoint Measuring System Using IBM-PC)

o 정상용(Sang Yong Jeong) , 양원영(Won Young Yang)

중앙대학교 전기공학과(Chung-Ang Univ., Dept. of Electric Eng.)

In case there are many points to be measured in the field, conventional measuring system requires a lot of manpower and is liable to miss applying the timely countermeasure because processing and analyzing the data obtained also takes much time. Therefore the purpose of this paper is focused on removing the above defects by introducing automatic multi-point measuring system by use of IBM-PC or the compatibles easily at hand nowadays. Principal components of the system is composed of control box, A/D converter, 32 channel 4 wire switch boxes and strain amplifier. An application software was developed for multi point measurement system in order to efficiently evaluate the stability of the structures such as retaining walls.

1. 서론

건설현장에서 필요로 하는 계측업무들 인력으로 수행하러면 인력의 소모가 많고 정확도가 떨어지며 계속된 DATA를 분석하는 데 많은 시간이 걸리므로 계측에 따른 대응조치를 취하는 데 어려움이 따를 수 있다. 또한 측정자가 접근하기 어려운 현장 여건에서는 사람에 의한 측정이 불가능한 경우도 있다. 이러한 사람에 의한 측정의 문제점을 해결하기 위해서는 계측작업을 자동화하는 것이 필수적이다.

계측작업을 자동화하기 위해서는 계측장비 메이커에서 개발하여 시판하고 있는 시스템을 도입하는 방법이 있으나 시스템의 가격이 고가이고 특수분야에만 적용이 가능하므로 여러분야의 응용이 곤란하여 시스템 운용효율이 낮다.

따라서 현재 사무자동화용 퍼스컴으로 널리 사용되는 IBM-PC 호환기종을 계측시스템에 응용하여 계측작업을 자동화 하므로써 경제적인 계측수단을 확보하고 측정자에 의한 계측오차를 줄이며 계측을 수행하지 않는 기간에는 퍼스컴을 일반업무에 사용할 수 있으므로 시스템 운용효율을 높인다. 또한 계측결과에 의한 출력을 제어에 응용하여 건설기술의 발전에 따라 필수적으로 요구되는 건설자동화 기술개발을 확보하도록 하였다.

2. 하드웨어 구성

(1) 시스템 개요

계측을 자동화하기 위해서는 여러곳의 계측장소에서 계측하고자 하는 물리량을 전기량으로 변환시키기 위한 감지기(sensor)와 컴퓨터의 명령에 따라 특정감지기를 선택하는 스위치박스(Switch Box)가 필요하고 선택된 감지기의 전기량을 변환시켜 측정하기 쉬운 전기량으로 바꾸는 변환기 및 변환된 측정신호를 컴퓨터와 연결시키기 위한 Analog to Digital Converter 가 입력장치로 필요하다.

한편 콘트롤박스(Control Box)는 스위치박스에

선택명령을 주고 필요시 점점에 의한 입출력을 한다.

건설현장의 계측센서는 스트레인게이지형이 주류를 이루고 있으므로 본 시스템의 센서로는 스트레인게이지를 택하였고 변환기로는 Strain Amplifier 를 사용하였으며 스위치박스는 스트레인게이지에 적합하도록 찬넬당 4 Wire 로 하였다. Strain Amplifier는 조정의 용이성과 계측의 선형성을 고려하여 시판되는 Measurements Group Inc. 의 모델 P-3500 을 사용하였고 컴퓨터와 센서를 제외한 다른 기기들은 제작하여 사용하였다.

그림1은 IBM-PC 를 사용한 자동계측시스템의 블록다이어그램이다.

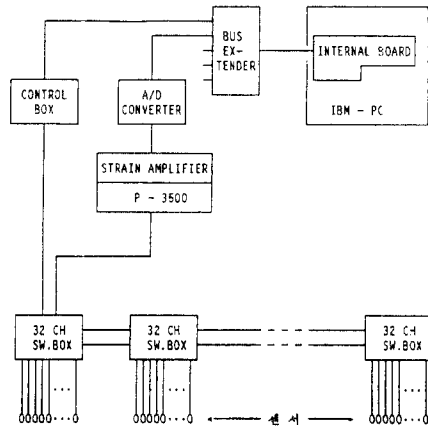


그림1 IBM-PC 를 이용한 자동응력계측시스템의 블록다이어그램

본 시스템의 주요제원은 다음과 같다.

- 1) 스위치박스 1 대당 32 개의 센서를 부착할 수 있다.
- 2) 최대 16 대의 스위치박스를 연결할 수 있으므로 최대 512(16 X 32)개의 센서를 부착할 수 있다.

- 3) 센서는 스트레인지레이저를 사용하도록 구성하였다.
- 4) 1 게이지 2 선 및 3 선 방식, 2 게이지(half bridge), 4 게이지(full bridge) 방식등 모든 스트레인지레이저에 적용할 수 있다.

(2) IBM-PC INTERNAL BOARD 및 버스 확장용 소켓

IBM-PC 내에는 외부기기를 연결할 수 있는 확장용 슬롯(slot)이 마련되어 있다.(1,2) 이 슬롯에 외부와 신호를 주고받기 위해 board 들 삽입하고 interfacing 에 필요한 신호를 위하여 신호들의 출력용량을 높이고 외부고장이 내부에 직접 전해지지 않도록 한다. 이때 필요한 전원은 IBM-PC 내부의 전원을 사용한다.

버스 확장용 소켓은 Internal Board 로 부터 나온 소켓에 5개 까지의 주변기기(interfacing unit)를 접속하기 위한 것이다.

(3) 콘트롤박스

콘트롤박스는 digital input/output unit 토서 24점의 접점입력 혹은 TTL level 의 입력을 받아 IBM-PC 로 중계하고 IBM-PC 로 부터 24점의 접점출력을 외부에 출력시키기 위한 것이다. IBM-PC 측에는 신호증폭을 위한 버퍼(buffer)가 설치되어 있으며 번지지점을 스위치조작에 의해 바꿀 수 있도록 하였다. 또한 입력신호로 접점을 사용할 경우 접점의 채터링(chattering)을 방지할 수 있도록 하였다.

본 시스템에서는 콘트롤박스의 출력접점 9개 만을 사용하며 그중 4개는 16개의 스위치박스를 선택하는 신호로 사용하고 나머지 5개는 스위치박스내의 채널 선택에 사용한다. 따라서 여분의 입력점 24개와 출력점 15개는 다른 용도로 활용될 수 있다.

그림 2 는 콘트롤박스의 블록다이어그램이다.

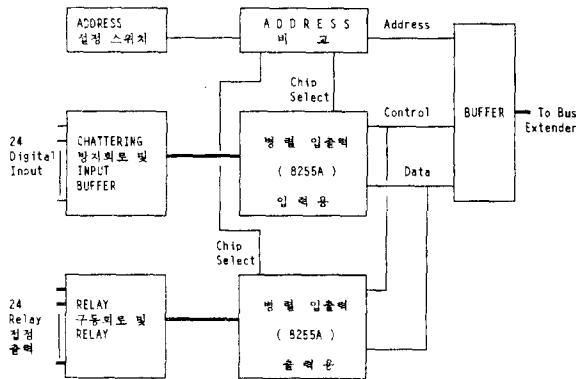


그림 2 콘트롤박스의 블록다이어그램

(4) ANALOG TO DIGITAL CONVERTER

Analog to Digital Converter 는 아나로그 16 채널 및 디지털 3 점의 입력을 받아 IBM-PC 가 읽을 수 있도록 중계역할을 한다. 컴퓨터측에는 신호증폭을 위한 버퍼가

마련되어 있으며 번지지점을 스위치 조작에 의해 바꿀 수 있도록하여 증설에 대비하였다. 또한 아나로그 신호에 노이즈(noise)가 섞이지 않도록 하기 위해 아나로그 부분을 1 칩(chip)으로 하였다.

본 시스템에서는 strain amplifier 의 출력신호 1 채널 만을 사용하므로 나머지 15 채널은 다른 용도에 사용할 수 있다.

그림3 은 Analog to Digital Converter 의 블록다이어그램이고 그림4 는 16 채널 1 칩 A/D converter HDAS-16 의 내부 블록다이어그램이다. 표1 은 A/D Converter 의 주요제원 이다.(3)

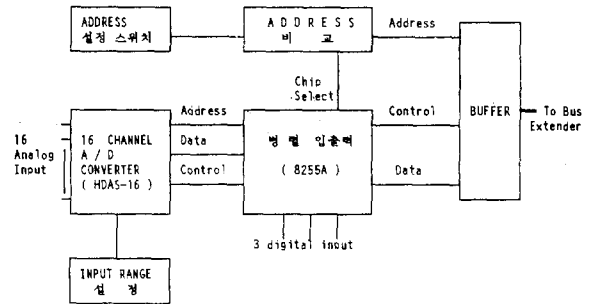


그림 3 ANALOG TO DIGITAL CONVERTER 의 블록다이어그램

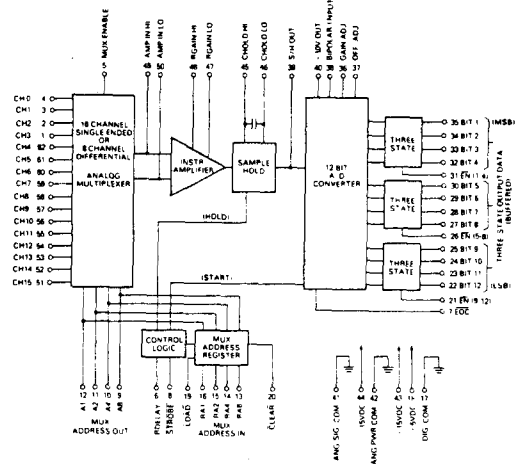


그림 4 HDAS - 16 의 내부 블록다이어그램

표1 A/D CONVERTER 의 주요제원

No. of Channel	Single-ended 16 channel
Resolution	12 bit
Nonlinearity	± 1/2 LSB max.
Input Resistance	100 MOhm
Conversion Time	20 usec
Signal Range	0-1, 2.5, 5, 10 Volt or ±0.5, ±1.25, ±2.5, ±5 Volt
Aux. Input	3 contact or TTL level input
Power Supply	110 V 60 Hz
Operating Temp.	0 to +70 °C

(5) 스위치박스

스위치박스는 컴퓨터의 명령에 따라 여러개의 센서중에서 특정한 것을 선택하기 위한 기기로서 릴레이 스위치에 의하여 외부선택 및 자체선택이 가능하다. 1 개의 박스에 32 채널이 있으며 각 채널은 4 개의 릴레이 접점으로 이루어져 있다. 선택된 채널번호는 박스표면의 7 segment LED 표시 장치에 의해 표시되며 박스내에 선택된 채널이 있는지 없는지가 구분되어 표시된다.

스트레인게이지형 센서에서는 기계적인 변형을 전기적인 저항값의 변화로 바꾸며 워스톤브리지회로를 구성하여 Strain Amplifier 로 입력된다. 이때 연결도선의 저항과 스위치박스내의 릴레이 접점저항이 브리지회로내에 포함되어 있으면 계측오차의 원인이 된다. 이와 같은 오차를 방지하기 위해 본 시스템에서는 브리지헤드를 스위치박스의 각 채널단자에 설치하므로써 스위치 박스와 Strain Amplifier 간의 전선저항과 박스내의 릴레이 접점저항이 브리지회로 외부에 존재하도록 하였다.

그림5 는 스위치박스의 블록다이어그램이고 그림6 은 스트레인게이지 종류별 연결방법이며 표2 는 스위치박스의 주요제원이다.

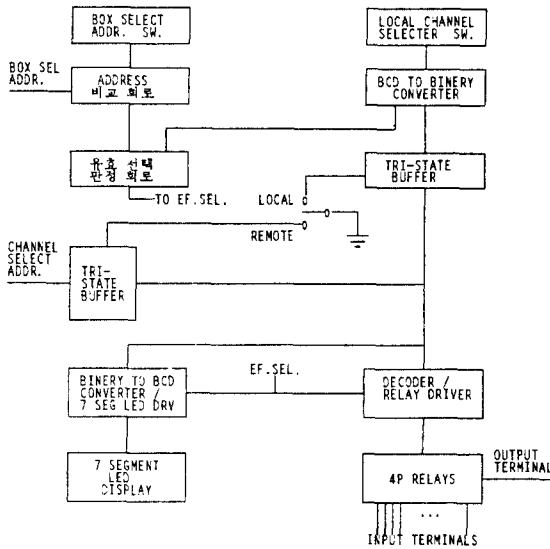


그림 5 스위치박스의 블록다이어그램

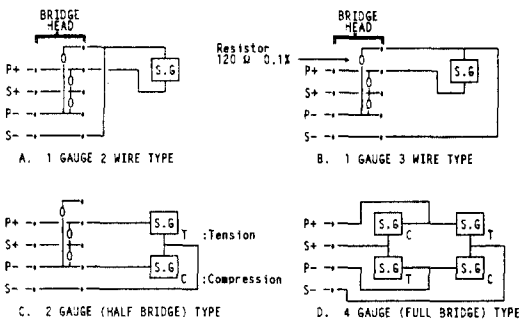


그림 6 스트레인게이지 종류별 연결방법

표2 스위치박스의 주요제원

No. of Channel	4 wire 32 channel with common output terminals
Box Address	Max. 16
Switch type	re'lay contact
Selection	local or remote selection
Remote Signal	contact or TTL level binary signal
Display	7 segment LED - crane' no., remote/local, 유도선대
Bridge Head	removable module type
Power Supply	110 V 60 Hz
Operating Temp.	0 to +70 Deg.C

(6) STRAIN AMPLIFIER

Strain amplifier 는 스트레인게이지의 저항변화를 스트레인값에 해당하는 아나로그 신호로 변환하기 위한 기기로서 이득조정기능 및 발란스 조정기능을 갖추어야 한다.

본 시스템에서는 Measurements Group Inc.(USA) 의 모델 P-3500 을 사용 하였다. P-3500 은 자체에 디지털 표시 장치가 있으므로 자체의 표시값과 아나로그 출력율 A/D converter 를 통해 IBM-PC 로 읽어들이 값이 일치 되도록 이득을 조정하였다. 표3 은 strain amplifier P-3500 의 주요제원이다.

표3 STRAIN AMPLIFIER 의 주요 제원

Maker / Model	Measurements Group Inc. U.S.A. / P-3500
Display Range	± 19,999 μ e at GFCE.C. MULT X1
Resolution	1 μ e at MULT X1, 10 μ e at MULT X10
Accuracy	0.05 % reading \pm 3 μ e for MULT X1, \pm 10 μ e for MULT X10
Balance Range	\pm 2000 μ e, \pm 4000 μ e with \pm 1050 μ e 10-turn fine balance
Gauge Factor	0.500 to 5.500
Bridge Excitation	2.00 V; \pm 0.1%
Analogue Output	\pm 2.5 V max.; adjustable from 40 μ V/ μ e to 400 μ V/ μ e
Power Supply	six alkaline "D" cells or 115/230 V 50-60 Hz

3. 소프트웨어 구성

(1) 소프트웨어 개요

본 시스템을 운용하기 위한 소프트웨어는 운영체제 (operating system)로는 IBM-PC 상에서 MS-DOS 를 사용하였고 사용언어는 BASIC 을 주로 사용하였으며 필요한 곳에 어셈블리루틴(Assembly routine)을 삽입하였다.

사용의 편리성을 도모하기 위해 전체 프로그램을 메뉴 방식으로 구성하고 각종 데이터입력은 대화형으로 할 수 있도록 하였다.

계측작업은 수시계측과 자동주기계측의 두가지 방법에 의해 수행될 수 있다.

이 중 수시계측은 계측을 수행하여 얻어진 데이터를 점검하여 이상이 없는 경우에만 각 계측센서별 데이터화일을 갱신하는 방법으로서 대화식 프로그램에 의해 사용자가 갱신여부를 선택할 수 있으며 계측을 하지 않는 동안은 컴퓨터를 다른 용도에 사용할 수 있다.

자동주기계측은 임의 갯수의 센서를 사용자가 원하는 주기 및 회수 만큼 계측하여 출력화일을 생성하는 것으로서 계측도중에는 컴퓨터를 다른 용도에 사용할 수 없으나 정해진 회수의 계측이 자동으로 수행되므로 사용자가 다른 일을 할 수 있다.

계측데이터는 컴퓨터의 내장 타이머에 의해 계측일자 및

계속시간이 동시에 보관되며 그래픽처리에 의해 적은선 그래프로 표시될 수 있다.

그림7은 본 시스템의 소프트웨어 메뉴체계도이며 그림8은 메인메뉴의 화면이다.

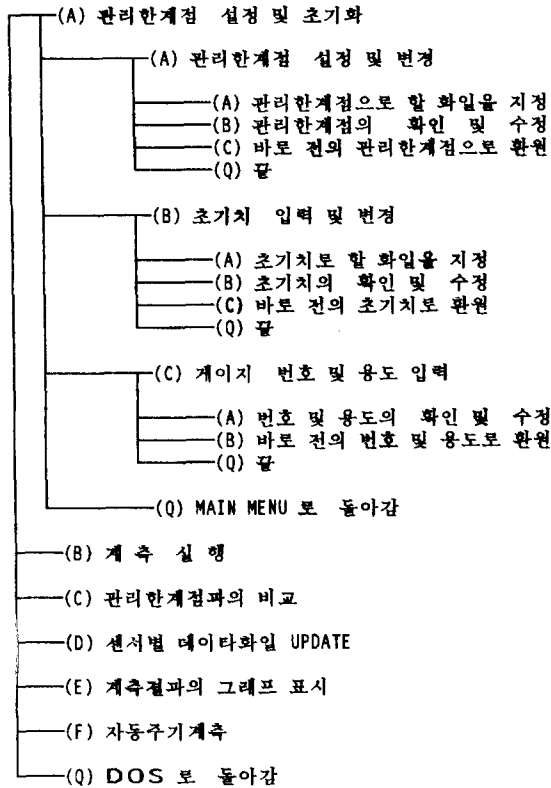


그림 7 다점계측시스템의 소프트웨어 메뉴체계

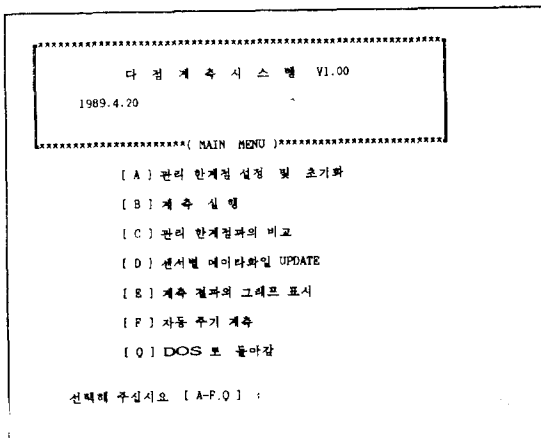


그림 8 다점계측시스템의 메인메뉴

(2) 관리한계점 설정 및 초기화

스트레인이게이지로부터 읽은 값은 최초의 값과 비교하여 변화한 값을 이용하므로 초기치를 입력하고 수정하는 프로

그램이 필요하다. 또한 계속값이 안전한 범위 내에 있는지를 판단하기 위해 관리한계점도 입력 및 수정이 가능 해야 한다.

본 시스템에서는 초기치와 관리한계점을 각각 별도의 화일로 처리하여 입력 및 수정이 가능하도록 하였으며 백업 (back-up) 화일에 의해 수정되기 전의 내용으로 환원시킬 수도 있게 하였다. 또한 각 센서의 고유번호와 사용용도를 입력 및 수정 가능하도록 하여 그래프 처리시에 사용하고 있다. 그림9는 메뉴화면을 보여주고 그림10은 관리한계점의 확인 및 수정 화면이다.

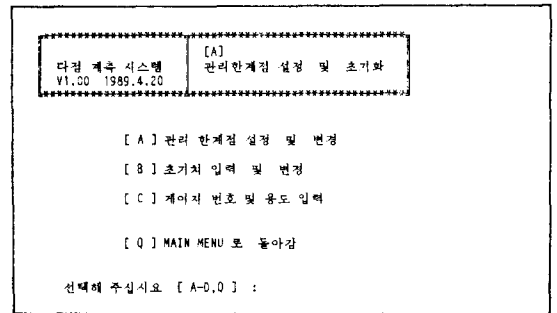


그림 9 관리한계점 설정 및 초기화 메뉴

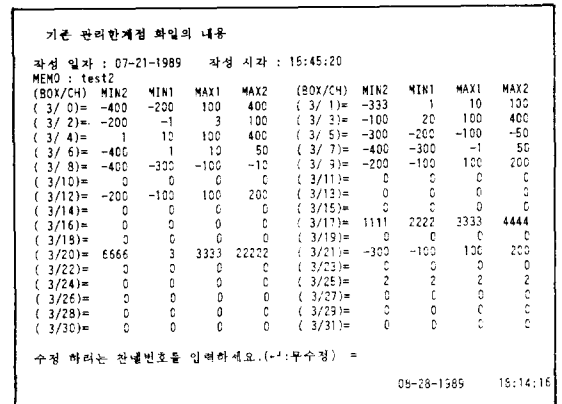


그림 10 관리한계점의 확인 및 수정

(3) 계속 실행

계속은 초기치 화일에서 정해진 센서들에 대해서 계속하거나 임의의 갯수의 센서에 대해 계속하여 얻어진 결과를 화일로 출력한다. 출력화일에는 간단한 메모를 입력시킬 수 있도록 하여 화일관리에 도움이 되도록 하였다.

각 센서에 대한 계속은 스위칭 동작후 안정시간을 두었고 계속의 정확도를 높이기 위해 50회 계속값을 평균하여 계속값으로 취하였다. 각 센서당 계속시간은 스위칭 동작후 안정시간으로 약 2초를 두고 50회의 계속에 약 2초가 소요되어 총 4초 가량이 필요하다.

그림11은 계속실행 시의 화면이고 그림12는 출력화일의 내용이다.

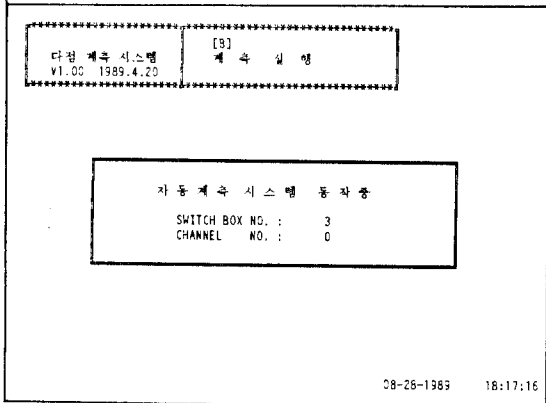


그림 11 계측실행시의 화면

(5) 센서별 데이터파일의 UPDATE

각 센서별 데이터파일은 최종 갱신일시를 갱신에 사용할 데이터의 일시와 비교하여 이상이 없는 경우에 한해 갱신 되도록 되어 있다. 그림 14 는 갱신도중의 화면이다.

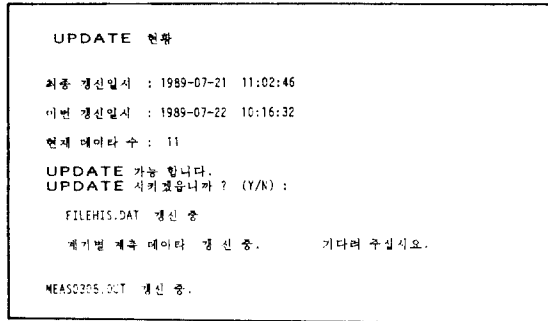


그림 14 센서별 데이터파일의 갱신시 화면

```

3,3,32,"07-21-1989","11:02:46"
" MEMO: ", ""
51.9
6141
2057.64
6141
6141
6141
297.72
-58.56
6141
6141
6141
6141
6141
6141
132
-37.08
1635.42
2910.18
4498.44
5898.64
6141
6141
6141
6141
6141
6141
6141
6141
6141
6141
MEMO: ", ""
  
```

그림 12 계측데이터 출력파일의 내용

(6) 계측결과에의 그래프 표시

각 센서별 데이터파일이나 자동주기계측으로부터 얻어진 출력파일의 내용은 초기치와 비교되어 계측일시와 함께 그래프로 표시된다. 그래프의 가로축은 시간을 나타내고 세로축은 초기치와 계측치의 차인 변동치가 된다. 표시 범위의 눈금은 자동으로 정해지며 임의로 바꿀 수도 있다.

계측데이터분석을 돕기 위해 변동치와 변동율이 큰 순서로 각각 20개의 센서를 표시하며 초기치, 고유번호, 용도, 스위치박스 번호, 채널 번호 등이 그래프와 함께 표시된다. 그림 15 는 그래프표시 선택화면이고 그림 16 은 그래프 화면의 예다.

(4) 관리한계점과의 비교

계측하여 얻어진 화일을 초기치 및 관리한계점과 비교하여 변동치 및 변동율을 표시하고 관리한계점을 벗어났는지의 여부를 표시한다. 또한 변동치 및 변동율이 큰 각각 20 개의 센서 내역을 표시하며 각 센서별 데이터화일을 갱신하기 위한 입력화일을 생성한다.

그림 13 은 관리한계점과의 비교 화면이다

변동율이 큰 20 개의 내역									
(BOX/CH)	계측치	초기치	변동치	변동율	MIN2	MIN1	MAX1	MAX2	REMARK
(3/3)	6141	-7000	13141	7000	-100	20	100	400	2차 상한 초과
(3/1)	6141	-6000	12141	6000	-333	1	10	100	2차 상한 초과
(3/2)	2058	-5000	7058	5000	-200	-1	3	100	2차 상한 초과
(3/0)	52	0	52	0	-400	-200	100	400	6000.

변동치가 큰 20 개의 내역									
(BOX/CH)	계측치	초기치	변동치	변동율	MIN2	MIN1	MAX1	MAX2	REMARK
(3/3)	6141	-7000	13141	7000	-100	20	100	400	2차 상한 초과
(3/1)	6141	-6000	12141	6000	-333	1	10	100	2차 상한 초과
(3/2)	2058	-5000	7058	5000	-200	-1	3	100	2차 상한 초과
(3/3)	6141	-7000	13141	7000	-100	20	100	400	2차 상한 초과
(3/4)	6141	0	6141	0	1	10	100	400	2차 상한 초과
(3/5)	6141	0	6141	0	-300	-200	-100	-50	2차 상한 초과
(3/6)	298	0	298	0	-400	1	10	50	2차 상한 초과
(3/7)	-59	-1	-58	0	-400	-300	-1	50	6000.
(3/8)	6141	0	6141	0	-400	-300	-100	-10	2차 상한 초과
(3/9)	6141	0	6141	0	-200	-100	100	200	2차 상한 초과
(3/10)	6141	0	6141	0	0	0	0	0	2차 상한 초과

관리한계점과의 비교 결과									
(BOX/CH)	계측치	초기치	변동치	변동율	MIN2	MIN1	MAX1	MAX2	REMARK
(3/0)	52	0	52	0	-400	-200	100	400	6000.
(3/1)	6141	-6000	12141	6000	-333	1	10	100	2차 상한 초과
(3/2)	2058	-5000	7058	5000	-200	-1	3	100	2차 상한 초과
(3/3)	6141	-7000	13141	7000	-100	20	100	400	2차 상한 초과
(3/4)	6141	0	6141	0	1	10	100	400	2차 상한 초과
(3/5)	6141	0	6141	0	-300	-200	-100	-50	2차 상한 초과
(3/6)	298	0	298	0	-400	1	10	50	2차 상한 초과
(3/7)	-59	-1	-58	0	-400	-300	-1	50	6000.
(3/8)	6141	0	6141	0	-400	-300	-100	-10	2차 상한 초과
(3/9)	6141	0	6141	0	-200	-100	100	200	2차 상한 초과
(3/10)	6141	0	6141	0	0	0	0	0	2차 상한 초과

그림 13 관리한계점과의 비교 화면

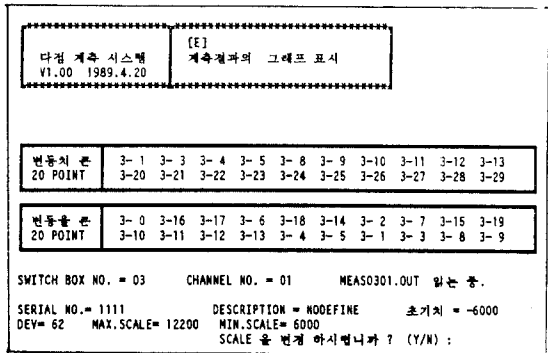


그림 15 계측결과에의 그래프 표시 선택화면

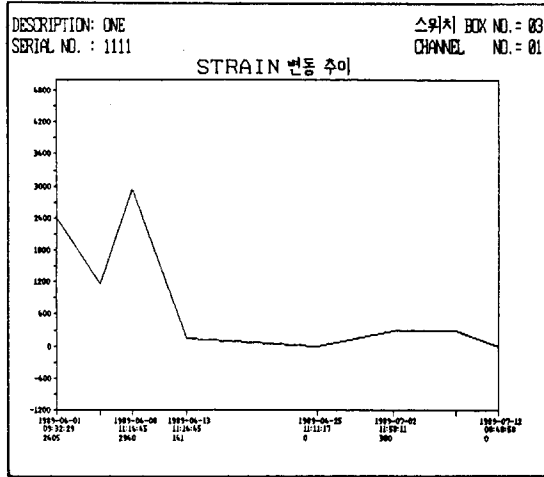


그림 16 계측결과 그래프 표시 예

(7) 자동주기계측

자동주기계측은 원하는 회수 및 주기로 계측을 수행하여 결과를 파일로 출력한다. 계측하고자 하는 센서의 선정 및 계측주기와 계측회수는 대화식으로 입력할 수 있다. 계측도중에는 진행상황 및 계측결과를 표시한다.

그림 17은 자동주기계측의 선택화면이고 그림 18은 계측도중의 화면이다.

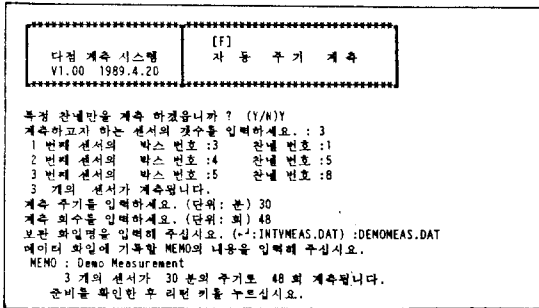


그림 17 자동주기계측의 선택화면

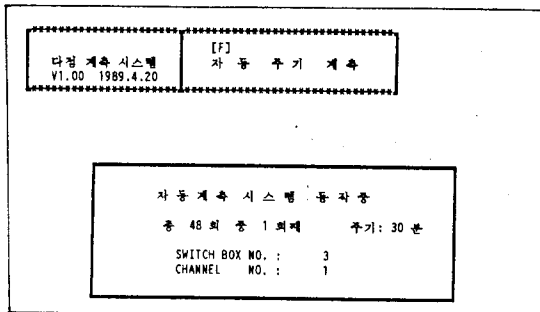


그림 18 자동주기계측 도중의 화면

4. 결론

본 시스템은 스트레인게이지를 센서로 사용한 계측작업을 자동화 시키는 데 응용될 수 있다. 스트레인게이지형 센서는 힘 및 변위를 계측하는 데 널리 사용되며 특히 구조물의 안전진단을 위한 계측에는 많은 수의 센서가 사용된다.

구조물의 안전진단에는 계속으로 부터 계측결과가 얻어지는 시점 까지의 시간이 짧아야 사고위험시 적절한 조치를 취할 수 있으므로 본 시스템을 이용하면 좋은 효과를 볼 수 있다. 또한 하드웨어와 소프트웨어를 약간 수정하면 다른 종류의 센서에도 적용이 가능하며 여분의 입출력 단자를 이용해 계측결과에 따른 제어를 할 수도 있다.

— 참고문헌 —

1. Lewis C. Eggebrecht, 'Interfacing to the IBM Personal Computer', Howard W. Sams & Co., 1983
2. IBM, 'Personal Computer AT Technical Reference', IBM, 1986
3. DATEL databook 'Data Conversion Components'
4. 고석문, '건설의 자동화 기술연구', 한국건설기술연구원, 1985