

## 자동차 부품 내구력 자동측정 프로그램 개발에 관한 연구 (A Study on the Development of Automatic Measurement Program for Fatigue of Car Devices)

조우상\*, 김교형  
(\*영남대 기계공학과 대학원)  
(영남대 기계공학과)

### 1. 서론

설계 초기 단계에서 자동차용 차시 부품의 내구강도를 평가하는 것은 대단히 중요하므로 실제 진산수치해석을 통하여 예측도 행하고 있지만 양산 적용여부는 차량제작 후 실차 내구시험을 시행 후 결정되고 있다. 그러나, 실차 내구시험은 實道路를 주행하므로써 소요되는 과다 비용, 개발 기간의 장기화, 시험 환경제약, 재현성 등에 문제가 있어서 실험실에서의 시험(Laboratory Test)으로 전환되고 있고 단품 내구강도 평가에 이용되는 것은 실차 내구 시험의 비중이 작아지고 실험실에서의 시험 (Laboratory Test)에 의한 의존도가 커지고 있다. 그러나 내구력 시험의 특성상 장시간의 실험시간과 인력 노력이 소요되고 피로거동 관찰에는 정밀한 측정이 요구된다. 그러므로 피로연구에 있어서의 효율화, 정밀화 및 경제성을 높이기 위하여 근래 컴퓨터가 많이 이용되고 있으며, 특히 PC를 이용한 피로시험 자동화 및 개측시스템이 재료시험기 제조회사들에 의해 개발, 시판되고 있다. 또한 컴퓨터 사용의 利點을 적극적으로 이용하여 피로거동을 고정밀도로 검출, 측정하기가 훨씬 용이해졌다. [4][5][6]

본 연구에서는 이러한 컴퓨터의 잇점을 적극 활용하여, 차량의 주요 부품인 Lower Arm 과 Rear Axle Housing 등의 내구시험에서 부품의 변형을 탐지하기 위한 자동 측정 프로그램을 개발하고자 한다.

사용한 프로그램은 IBM-PC 호환기준(80286, 80386, 80486)에 사용되는 Turbo-C 언어를, 한글입력을 위해서 한글 라이브러리 <한>을 사용하였다. 그리고 사용자가 임의로 시스템 각 요소의 모듈(module)을 대체할 수 있도록 각 함수별로 서브루틴(subroutine)화 하였다.

### 2. 시험기 및 시험재료

#### 2-1. 내구력 시험기

인장, 압축 반복시험에 의한 재료의 피로시험 및 성능시험을 위한 시험기로, 제어부에 전기를 쓰고 동력부에 유압을 사용한 전기-유압방식의 피로시험기로 가진 장치로서 반복하중을 가하는 Hydraulic actuator와 Control장치로서 전기제어부, 시험을 고정하는 치구부, 이들을 지지하는 구조물(정반)이 기본 구성품이다.

유압공급 장치는 Actuator 가진 시 필요한 동력을 얻는 장치로 유압펌프, 모터, 냉각장치로 구성되어 있고, 로드 프레임은 2개의 컬럼(Column)과 크로스 헤드(Cross head)에 고정된 Actuator로 구성되어 있으며, Actuator는 Lower Arm의 spring seat부에 실차에 상당하는 하중을 반복부하하고 크로스 헤드에는 유압식 리프트 장치가 설치되어 시험품 장착시에 사용된다. 제어장치는 유압공급장치와 로드 프레임 등에서 검출된 신호를 받아 시험기를 종합적으로 제어하는 부분으로 제어모드(하중, 변위), 부하 하중, 시험 횟수, 장착 위치 등을 설정하고 설정값과 피드백 값과의 오차를 없애기 위해 Servo valve를 제어하여 미리 설정된 하중 또는 변위등의 상한, 하한치를 초과했을 때는 시험 진행중에도 Auto Limit가 걸리 정지하게 되어 시험기와 시험품을 보호하게 되어있다.

하중검출은 LOAD CELL, 변위 검출은 LVDT(Linear Variable Differential Transducer)를 사용하여 측정하며 Oscilloscope에서는 시험과정을 연속적으로 Monitoring한다.

전체 시스템의 개략도와 시험기와 시험의 결합에는 Fig. 1, 2와 같다.

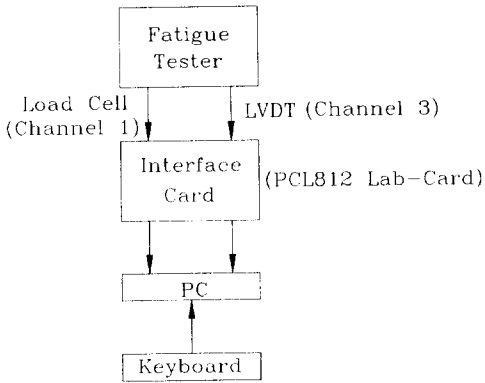


Fig 1. 전체 시스템의 개략도

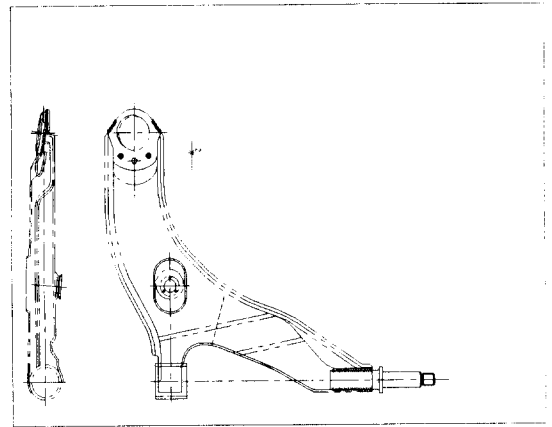


Fig 3. Lower Arm의 개략도

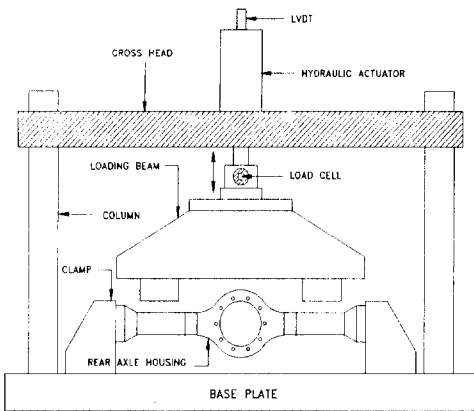


Fig 2. 시험기와 Rear Axle Housing 시편의 결합에

## 2-2. 시험재료

### 2-2-1. LOWER ARM

前車軸式 현가장치에 사용되는 것으로 바퀴에서 발생하는 제동력이나 Cornering force 등을 지탱하는 장치이다. V형의 Suspension Arm이 축에 의해 프레임에 장착되고 각각의 Lower Arm의 끝은 볼 조인트에 의해 스티어링 니클이 부착되어 있다.

### 2-2-2. REAR AXLE HOUSING

종감속 기어, 차동기어 및 Axle shaft를 포함하는 튜브형 태를 지닌 고정축이며, 중앙부는 종감속 기어와 차동기어의 지지를 위해 둥글게 되어 있고 양측에는 플랜지판과 현가 스프링 시트(seat)부가 마련되어 있다.<sup>[7]</sup> (Fig 2 참조.)

## 3. 시험방법

### 3-1. 하중내구 시험

임의의 하중값 설정후 변위값의 변화를 확인하는 시험. 즉, 어느 정도의 시간이 경과 후에는 변위 신호의 값이 변화를 일으키는데 이 변화된 시점을 파악하는 것을 목적으로 한다.

#### 3-1-1. Rear Axle Housing 부품내구 시험

##### ㉔ 시험목적

Rear Axle Housing에 대한 용접상태, 재질, 강도, LEVEL 및 외관상태 등이 만족하는지 확인하는데 있다.

##### ㉕ 시험조건

Table 1. 하중내구의 시편 당 시험조건

차종	기준	시험하중	두께	주파수(Hz)	기준
PORTER	1 Ton	5,900Kg(4GVW)	7 t	2.5	500,000회 이상
	1.25 Ton	7,070Kg(4GVW)	7 t	2.5	300,000회 이상
GRACE	5호	3,400Kg(3GVW)	4.5 t	2.5	1,000,000 회 이상
	6호	5,820Kg(4GVW)	6 t	2.5	
GALLOPER	6호	2,210Kg(1.5GVW)	6 t	2.5	1,100,000 회 이상
	7호	2,180Kg(1.5GVW)	7 t	2.5	

\* GVW : Gross Volume Weight

### 3-2. 변위내구 시험

임의의 변위값을 설정 하중값의 변화를 확인하는 시험. 즉, 어느 정도의 시간이 경과 후에는 하중 신호의 값이 변화를 일으키는데 이 변화된 시점을 파악하는것을 목적으로 한다. 시험부품으로는 고무패킹, Bushing류, Insulator 등을 사용한다.

## 4. 자료수집 장치 및 변환

### 4-1. 자료수집 장치(Interface 회로)

Lower Arm과 Rear Axle Housing 등의 자동차 부품에서 발생하는 변형은 용접부에 의한 변형과 용접부 균열이 진전하여 발생하는 모재 변형 또는 제품내 모재 변형으로 인한 것이 대부분이다. 이러한 변형을 측정하기 위해서는 하중센서로 LOAD CELL, 변위센서로는 LVDT(Linear Variable Differential Transducer)를 사용한다.

이러한 센서에서 발생하는 전기적 신호는 자료수집 장치로 사용하는 PC용 I/O(Input/Output) 인터페이스 카드인 Adventech 사의 PCL - 812 카드를 사용하여 연속적인 데이터를 수집 및 저장한다.

Table 2. 사용한 A/D 변환기의 주요 사양

제조회사 및 모델명	Adventech 사의 PCI-812 Lab-CARD
신호입력 채널	16 채널 2개(1번, 3번)채널 (LOAD CELL, LVDT)사용
분해능(Resolution)	12 Bits
Input vltage range	Bipolar ±10V
변환방식(Conversion type)	축차비교형(Successive Approximation)
Converter	HADC574Z
변환속도	DMA mode 사용시 최고 30KHz
데이터 전달방법	프로그램에 의한 제어방법 사용

### 4-2. A/D(Analog to Digital)변환 과정

Lower Arm과 Rear Axle Housing 등의 부품의 피로강도를 시험하기 위하여 하중센서와 변위센서의 전기적 신호를 2개의 Analog Input Channel로 받아 A/D변환시키며, 하중시험 반복횟수를 계속적으로 계수(count)한다.

또한 A/D 변환을 실행시키기 위해서는 프로그램에 의한 제어방법을 사용하고, 이 제어방법에 의한 데이터의 전달은 각 장치의 플래그(flag)를 검사함으로써 주변장치의 상태를 살펴는 과정인 폴링(polling) 방식을 사용한다. A/D converter가 일단 트리거되고 나면, 그 응용 프로그램은 A/D High Byte Data Register의 DRDY(Data Ready) Bit를 검사한다. 만일 DRDY Bit가 감지되면, 그 변환된 data는 응용 프로그램에 의한 제어에 의해 A/D Data Register에서 컴퓨터의 메모리로 옮겨지므로써 데이터를 수집 및 저장하게 된다.

### 4-3. 측정 자동 프로그램의 구성

A/D 변환되어 수집되는 데이터는 시험기의 신호가 최대치(Max. Peak)일때만 저장되도록 하였다. 또한 현재 시험기의 시험횟수와 하중 및 변위신호 데이터가 변화되는 모습을 연속적으로 화면에 표시하고, 현재 시험횟수와 설정된 시험횟수가 같거나 시험기의 작동과 정지유무를 판별하여 시험기가 정지시 프로그램도 정지하도록 하였다. 만일 임의로 시험기를 정지시키고자 할 때에는 설정된 키(ESC)를 누름으로써 프로그램을 중단시킬수 있도록 하였다. 그리고 다시 시험기를 가동시킬 때에는 기존의 저장된 화일을 열어서 연속적인 시험이 이루어질 수 있도록 하였다.

결과분석 작업에서는 저장된 전체구간 또는 부분확대구간으로 나누어서 탐색작업을 용이하게 하도록 하였다. 또한 화일의 저장량이 크므로 임의 구간만을 설정한 후 다시 재편집이 가능하게 하였다.

### 4-3-1. 전체 메뉴(Main - Menu)의 구성

전체 메뉴와 그 기능은 아래 Table3과 같다.

Table 3. 전체메뉴와 기능

메뉴명	기능
대 하 여	측정 자동 프로그램에 대한 전반적인 설명을 화면에 표시.
내구시험	하중내구 시험과 변위내구 시험을 선택적으로 하도록 하였다.
결과분석	전체 저장된 데이터의 검색, 부분 데이터 검색, 검색횟수 입력탐색, 및 확대.
문서작성	간단한 문서작성.
기타작업	화일보기, 화일삭제, 프린트출력, 도스나들이 등의 부-메뉴기능.
종 료	전체 프로그램의 종료.

4-3-2. 내구시험 메뉴의 구성 및 논리 흐름도

내구시험의 종류는 크게 하중내구 시험과 변위내구 시험으로 나뉘는데 그 메뉴 및 기능은 아래 Table 4와 같다.

Table 4. 내구시험의 종류, 부-메뉴와 그 기능

메뉴	부메뉴(Sub-Menu)	기능
하중내구	시험준비	기존 화일 재생 : 기존에 저장된 화일을 다시 선택하여 연속적인 작업이 가능하게 한다. 새 화일 저장 : 입력사항을 입력한 후 새로운 화일로 저장한다. (화일명은 L*****.DAT로 저장되도록 한다.)
	데이터보정	치구 무게 측정 : 시편에 따라 다른 치구의 무게를 측정한다.
		ST-DY레벨설정 : 정하중(Static Load)의 레벨과 동하중(Dynamic Load)의 레벨을 설정한다.
	시험시작	이상의 메뉴를 순서대로 입력한 후 시험을 시작한다.
	시험종료	하중내구 시험을 종료하고 주 메뉴(main menu)로 돌아간다.
변위내구	하중내구의 메뉴와 동일하나 화일명은 D*****.DAT로 저장되도록 한다.	

내구시험 중 하중 내구시험에 대한 논리 흐름도는 Fig 4와 같다.

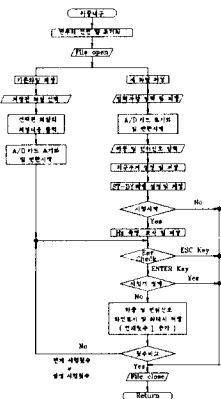
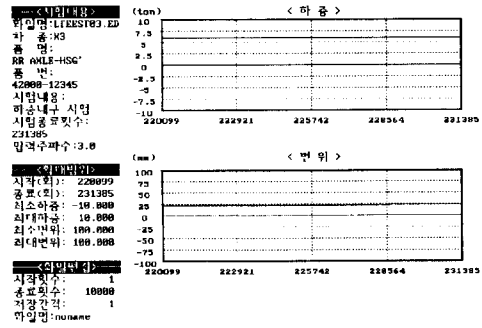


Fig 4. 하중내구의 논리 흐름도

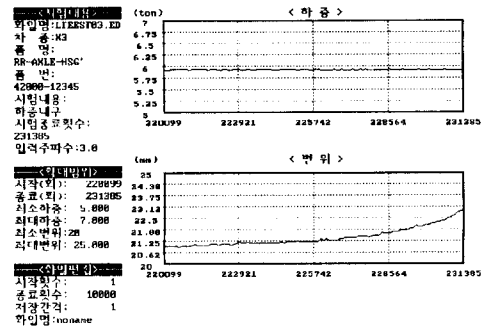
4-3-3. 저장된 데이터의 확인

Fig 5에서는 Table 1에서 1t Porter의 시험조건으로하여 하중내구 시험한 것으로 그 파손된 시기가 231,385회이었다. 전체 저장된 하중 및 변위데이터 중 변위신호가 변형을 일으킨

부분만 재편집한 것으로, 이 부분을 다시 확대한 모습을 Fig 6에 나타내었다.



( 전 데이터 표시 ) ( 도움말 = F1 키 ) ( 도움말 = ESC 키 )  
Fig 5. 편집 저장된 하중 및 변위데이터



( 전 데이터 표시 ) ( 도움말 = F1 키 ) ( 도움말 = ESC 키 )  
Fig 6. 부분확대 화면

변위 신호부분만 다시 확대하여 본 화면을 Fig 7에 나타내었다.

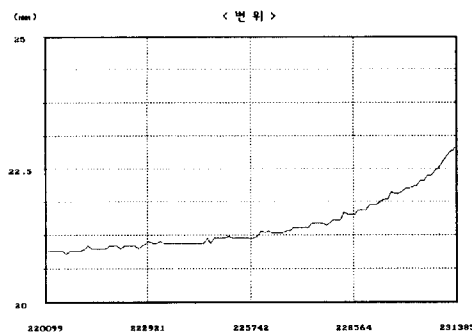


Fig 7. 변위신호 확대화면  
위의 데이터 확인으로 변위가 서서히 약 2 mm정도의 변형이 생겼음을 알 수가 있었다.

## 5. 결 론

이상과 같이 Rear Axle Housing이나 Lower Arm 등의 자동차 부품의 내구력 시험기의 측정을 자동화함으로써 기존에 육안으로 식별하는 방식보다 훨씬 더 정확한 데이터를 얻을 수 있고, 시험시간의 장기화로 인한 시간과 노력을 절감할 수 있다. 또한 시간에 따른 하중 및 변위의 변화량을 측정함으로써 Lower Arm과 Rear Axle Housing등의 설계를 검토할 수 있는 기초자료를 수집할 수 있고, 모든 데이터가 컴퓨터내에 저장됨으로써 측정이 끝난후에도 데이터의 검사 및 표시가 가능하다. 또한 하중에 의한 내구력 시험과 아울러 변위에 의한 내구력 시험도 가능하므로 다양한 자동차 부품에 적용이 가능할 것으로 생각된다.

## 6. 참고문헌

- [1] Bollinger/Duffie, "Computer control of machines and processes", Addison-Wesley, Chapter 5, 1989.
- [2] Tompkins/Webster, "Interfacing sensors to the IBM PC", Prentice-Hall, 1988.
- [3] Soon-Bok Lee, "Stress analysis and design for a structural fatigue testing machine", KSME, Vol.5, No.2, pp.115~124, 1991.
- [4] 박준협, "퍼스널 컴퓨터를 이용한 피로시험 및 동시계측의 자동화", 한국과학기술원 석사학위논문, 1987.
- [5] 박준협, 송지호, 임윤영, 김정엽, 강기주, "퍼스널 컴퓨터에 의한 피로시험 자동화 및 피로거동 측정의 정밀화", 대한기계학회논문집, 제12권 제1호, pp.123~130, 1988.
- [6] 김승우, "측정 및 계측에서의 PC의 이용", 대한기계학회 논문집, 춘계특집호, pp.38~44, 1990.
- [7] 나경환, 김성수, 김덕중, "내구시험 중인 액슬 하우징의 초기 균열 탐지 장치 개발", 한국자동차공학회, 춘계학술대회, 1993.