

## Lower Arm 볼조인트 압입력 모니터링 시스템 개발에 관한 연구

A Study on Development of Monitoring System of Lower Arm Ball Joint Inserting Force

\*강 택호(영남대 대학원), 김교형(영남대학교 기계공학과)

### 1. 서 론

Lower Arm은 전차축식(前車軸式) 현가장치에 사용되는 자동차부품으로 바퀴에서 발생되는 제동력이나 코너링력(Cornering Force) 등을 지탱하는 장치이다. V형의 상하 2개의 서스펜션암이 축에 의해 프레임에 장착되고 좌우에 있는 Lower Arm 끝부분은 볼조인트 및 부싱에 의해 스티어링 너클에 부착된다.

볼조인트는 Lower Arm에 압입체결되는 부품으로 볼조인트 및 부싱의 체결력 크기가 중요한 설계인자가 된다. 체결력을 크게 하기 위하여 볼조인트가 압입되는 구멍의 치수를 적게 하면 조립에 어려움과 볼조인트 토오크가 크지는 문제가 발생하여 볼조인트의 수명이 단축되는 결과를 초래하고, 크게 하면 체결력이 작아져 로우암과 볼조인트가 분리되어 주행시 이탈되어 소음발생 및 Lower Arm의 제품수명이 단축되는 문제점이 발생될 수 있다. 이러한 체결력의 크기는 Lower Arm에 뚫어진 구멍의 크기와 볼조인트의 압입부분의 크기에 밀접한 관계가 있다.

이러한 압입부품들은 자동차의 주행중 발생하는 외력에 의하여 이탈될 수 있는 위험성에 항상 노출되어 있어 자동차에 사용하는 압입부품들의 이탈력은 매우 중요하지만 한 번 이탈시킨 Lower Arm은 이탈력이 험지히 저하되기 때문에 이탈력 측정에 의한 품질관리는 전량검사가 불가능하게 된다.

현재 이들을 생산하는 업체들은 원하는 이탈력을 얻기 위하여 Lower Arm 및 볼조인트의 압입부분의 치수를 변화시켜 찾아내고, 그 후의 품질관리는 부품의 끼워맞춤 공차를 관리하고, 이탈력 측정은 차종별 무작위 표본추출(Random Sampling)방식을 이용하고 있다. 그러나 최초의 가공공정에서 동일한 양지 끼워 맞춤 공차로 가공되었지만 후공정에서 용접과 Press작업등으로 치수의 변화가 발생되어 조립부분의 치수가 부품별로 조금씩 나르고 형상도 달라지게 되므로 압입공정의 부품별 압입 조건이 다르게 되어 불량품의 혼입

을 근원적으로 막을 수 없으며 결국 완성차의 안전성을 저하시키는 원인이 될 수도 있다.

본 연구는 Lower Arm에 압입되는 볼조인트의 압입력을 압입거리에 따라 측정하여 Lower Arm에 뚫어진 볼조인트 압입구멍의 크기와 압입력의 상관관계를 실험적으로 구할 수 있는 모니터링 시스템을 개발하고자 한다.

### 2. 로우암(Lower arm) 및 볼조인트(Ball Joint)

#### 2-1. 로우암(Lower Arm)

전륜구동식차를 중심으로 하여 트러스트(Trust)의 주류가 되어지고 있는 형태로서 로어암의 전후파봇과 볼조인트를 연결하여 역L자 힘이 되는 입자체의 강성이 높은 것은 물론이지만 파봇의 간격이 넓어 전후력과 횡력을 효과적으로 흡수한다. 이 로어암의 특징은 후측 파봇의 원형 부시이다. 여기서 전후력을 받음과 동시에 횡방향의 변위를 조절하고 있다.

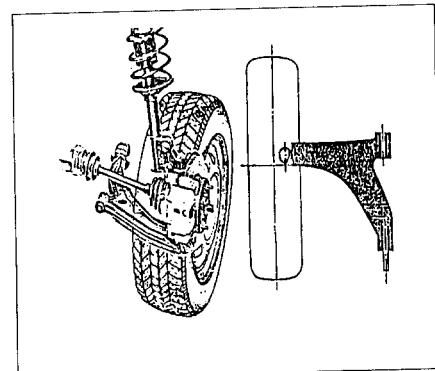


Fig. 1 Lower Arm

#### 2-2. 볼조인트

독립식의 현가에서는 조향 너클 등은 일반적으로 볼조인트를 거쳐서 장치되어 있다. 볼조인트 현가암과 조향 너클의 상하방향의 움직임과 핸들을 꺽을 때의 너클의 회전베어링의 기능을 겸하고 있다.

볼조인트는 상하에 2개가 사용되고 있으나, 그 작용은 다  
르며 차량의 중량을 지지하는 역할을 하는 조인트와 단지  
피벗(Pivot)으로써 작용하는 것으로 나누어진다.

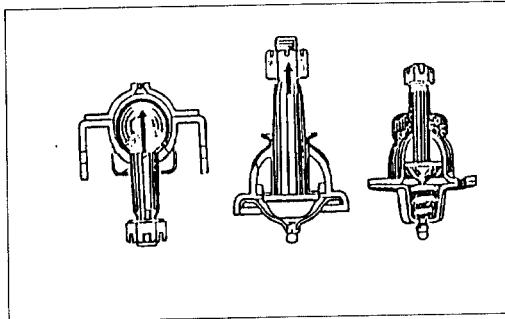


Fig. 2 볼조인트의 내부구성

### 3. 모니터링 시스템의 구성

본 연구에 사용되는 실험장치는 변위센서, 하중센서, A/D변환기, 퍼스널컴퓨터, 프린터, 볼조인트 압입 Machine로 구성된다. 그림3은 볼조인트 압입력 모니터링 시스템의 구성을 보여주는 개략도이다.

#### 3-1. 압입 Machine

실험장치에서 압입 Machine은 현재 (주)화신제작소라는 자동차부품 생산업체에서 Lower Arm에 볼조인트 및 부싱을 압입하여 조립하는데 사용하고 있는 장치이다. 압입 Machine은 유압모터, 유압탱크, 유압탱크, 각종유압밸브류들로 구성된 유·공압부, 전자접촉기, 과전류차단기, PLC, 조작스위치등으로 구성된 콘트롤부, 압입Unit, 브라켓 고정Unit, 볼조인트 고정Unit, 프레임등으로 구성된 압입부로 나눌 수 있다. 압입 Machine에 압입력이 작용하는 거리를 측정하기 위하여 LDT(Linear Displacement Transducer)의 영구자석을 압입용 Hydraulic 실린더에 상단 윗부분에 고정시킨다.

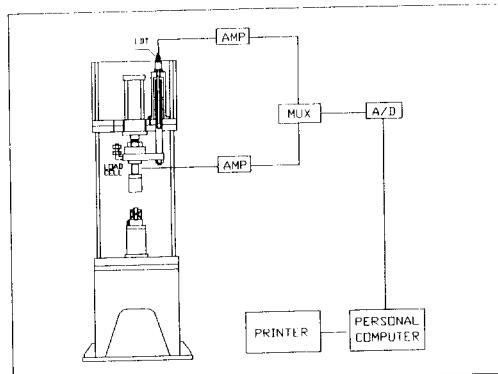


Fig. 3 전체시스템 개략도

#### 3-2. 변위센서

압입지그의 이송거리를 측정할 수 있는 변위센서는 비접촉 방식으로 시험기기에 많이 사용되고 있는 Temposonic사 변위센서를 사용하였다

변위센서는 유압실린더에 플레이트로 같이 연결되어 유압실린더가 상하(上下)동작하여 압입하중이 걸릴때 휨을 방지하기 위하여 설치한 가이드 샤프트(Guide Shaft) 상단내부에 영구자석을 고정시켜 영구자석의 위치를 감지하게 하여 압입지그의 이송거리를 감지하게 하였다.

#### ◆ 변위센서의 사양

- 입력 전원(Input Voltage) :  $\pm 15\text{Vdc}$
- 스트roke(Stroke) : 200mm 까지 측정 가능
- 반복 성(Repeatability) :  $\pm 0.002\text{mm}$
- 허용온도범위 :  $-40 \sim 85^\circ\text{C}$
- 분해능(Resolution) : 0.001 ~ 0.1mm
- Output(변위) : 0 ~  $\pm 10\text{ Vdc}$
- output(속도) : 0 ~  $\pm 10\text{ Vdc}$
- 내환경성 : 완전방수

#### 3-3. 로드셀(Load Cell)

일상생활의 전자저울이나 체중계로부터 산업분야의 하중값을 측정하기 위하여 많이 사용되는 로드셀을 사용하여 압입력을 측정하였다. 로드셀은 유압실린더와 압입지그 사이에 설치되어 볼조인트가 로우암에 압입될 때 압입력이 측정되도록 하였다.

#### ◆ 로드셀의 사양

- 정격용량 : 10,000Kg
- 정격출력(Rated Output) :  $2\text{mV/V} \pm 0.1\%$
- 비선형성(Non-linearity) : 0.02%
- 반복성(Repeatability) : 0.02%
- 허용온도범위 :  $-20^\circ\text{C} \sim 80^\circ\text{C}$
- 출력의 온도영향 :  $\pm 0.03\% \text{ LOAD}/10^\circ\text{C}$
- 허용 과부하(Safe Overload) : 150% LOAD

#### 3-4. A/D변환기

변위센서 및 로드셀에서 출력되는 아날로그 신호를 디지털로 변환시키기 위하여 PC용 I/O(Input/Output) 인터페이스 카드인 Advantech사의 12Bit A/D카드를 사용하였다.

A/D변환은 로드셀 및 변위센서에서 나오는 아날로그 신호를 2개의 Analog Input Channel로 받아들여 변환시킨다. A/D변환을 실행시키기 위해서는 프로그램에 의한 제어방법을 사용하고 이 제어방법에 의한 데이터의 전달은 각 장치의 플래그(Flag)를 검사함으로서 주변장치의 상태를 살피는 과정인 폴링(Polling)방식을 사용한다. A/D Converter가 일

단 트리거되고 나면, A/D High Byte Data Register의 DRDY(Data Ready) Bit를 검사한다. 만일 DRDY Bit를 검사한다. 만일 DRDY Bit가 감지되면, 그 변환이 이루어지고 변환된 Data는 프로그램에 의한 제어에 의해 A/D Data Register에서 컴퓨터의 메모리로 옮겨지므로써 데이터를 수집 및 저장하게 된다.

#### ◆ A/D변환기의 사양

- 신호입력 Channel : 8 Single-ended channel
- 분해능(Resolution) : 12 Bits
- Input Range : Bipolar 5V
- 변환방식: 측차비교형(Successive Approximation)
- A/D CONVERTER : hadc5742
- 변환속도(conversion Time) : 25microsecond
- Trigger Mode : Pacer trigger
- Data Transfer : Program Control

#### 4. 암입력 모니터링 프로그램 구성

로우암에 볼조인트를 암입하기 위하여 암입장치의 기동버튼을 ON시켜 작동시키면 암입용 유암실린더와 가이드축(Guide Shaft)속에 설치한 변위 측정용 영구자석(Magnet)가 동시에 하강하므로써 실린더가 움직인 거리를 측정할 수 있다. 그러나 유암실린더가 암입을 하기 위하여 움직이기 시작한 위치가 암입 시작점이 아니기 때문에 암입지그가 볼조인트에 닿아서 하중이 작용되어 볼조인트가 암입이 시작되는 순간이다.

그리므로 암입시작점부터 암입하중값 및 암입거리값을 암입장치가 기동되기전에 입력된 화일명에 암입거리 및 암입하중을 저장시키기 위하여, 하중값이 증가하기 시작하는 순간까지 암입시작점을 찾는 서브루틴을 둘다가 하중값이 증가하기 시작하는 것이 감지되면 하중 및 변위센서에서 나오는 아날로그신호를 디지털로 변환시켜서 화일에 저장시킨다. 저장된 데이터는 암입이 끝나면 다시 읽어들여져서 컴퓨터 모니터 화면으로 데이터를 출력하게 되고, 화면에는 하중-변위곡선 그래프 및 암입장치가 기동되기전에 입력시킨 실험부품의 차종, 검사품명, 품번이 그래프 오른편 화면에 출력된다. 화면에 그려진 하중-변위 곡선은 마우스를 사용하여 곡선의 값을 화면으로 바로 확인할 수 있도록 하였다. 그리고 저장된 데이터는 데이터 Sheet 형식으로 편집되어 프린터로 출력할 수 있도록 화일 확장자가 prn으로 하여 자동저장하게 하였다.

모니터링 프로그램은 5개의 주메뉴로 구성되며 프로그램은 IBM-PC 호환기종에 사용되는 Turbo C언어를 사용하였다.

고, 한글 입·출력을 위하여 한글 라이브러리 한라프로2.4를 사용하였다.

- ① 도움말 : 프로그램에 대한 도움말 기능
- ② 저장하기 : 하중센서 및 변위센서에서 나오는 신호를 저장하는 기능

#### ③ 보여주기

- ④ 변위-하중 : 가로축을 변위, 세로축을 하중으로 그래프를 그리는 기능

- ⑤ 시간-하중 : 가로축을 시간, 세로축을 하중으로 그래프를 그리는 기능

- ⑥ 시간-변위 : 가로축을 시간, 세로축을 변위로 그래프를 그리는 기능

#### ④ 화일

- ⑦ 화일보기 : 저장된 데이터 화일을 읽어들여 화일내용을 볼 수 있는 기능

- ⑧ 출력하기 : 저장된 데이터 화일을 읽어들여 프린터로 출력시키는 기능

#### ⑨ 끝내기 : 전체 프로그램의 종료

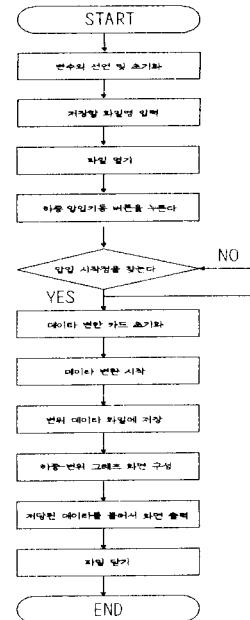


Fig. 4 메뉴 ‘저장하기’의 FLOW CHART

다음 그림은 완성된 모니터링 프로그램의 실행화면이다.

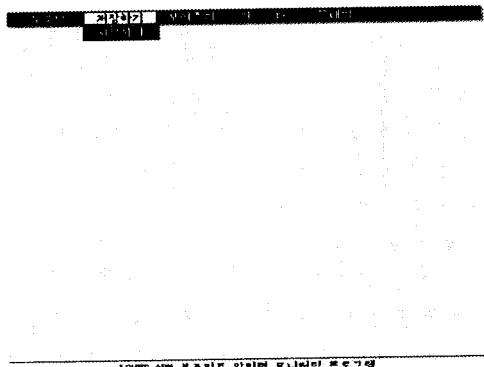


Fig. 5 주메뉴 화면

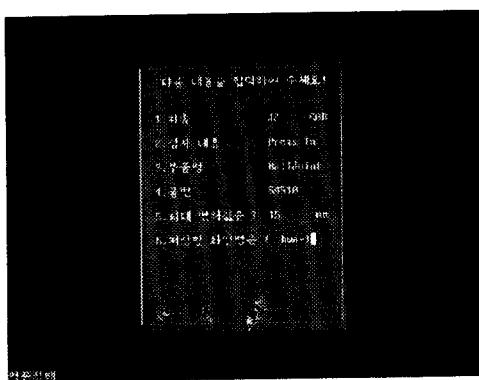


Fig. 6 저장화일명 및 부품명 입력 화면

## 5. 압입력 및 이탈력 실험결과

Lower Arm에 볼조인트를 압입시킬 때 압입거리에 대한 압입력을 측정하기 위하여 압입 Machine의 유압실린더의 상·하 움직임을 지지하는 가이드 샤프트(Guide Shaft) 상단내부에 변위센서의 영구자석을 고정시키고, 가이드 샤프트를 고정시키는 실린더 윗부분에 변위센서를 고정시켜 유압실린더의 이송에 따른 거리를 측정할 수 있도록 변위센서를 설치하였고, 유압실린더와 압입지그사이에 하중센서를 설치하여 압입시 하중을 측정할 수 있도록 하였다. 변위센서 및 하중센서에서 나오는 아날로그 신호를 A/D변환기 및 모니터링 프로그램을 사용하여 PC에 하중, 변위, 압입시간 데이터를 화일로 저장 및 화면출력하고 분석시 저장된 화일을 다시 읽어서 하중-변위, 하중-시간, 변위-시간을 분석한다.

실험에 사용한 Lower Arm 및 볼조인트는 현대자동차에서 생산되는 아반떼차종에 사용되는 것을 가지고 압입시킬 때의 압입력을 측정하였다. Lower Arm 설계조건이 압입거리 3~6mm에서 700Kg 이상의 압입하중이 작용되고, 최종압입력을 5,000kg 이상 사용시키면, 압입완료후 이탈력 검사를

하였을 때 1,000Kg 이상의 이탈력이 나온다는 것이다.

실제로 이 설계 치수대로 만들어진 제품이 이 설계조건을 만족하는지 개발된 모니터링 시스템을 사용하여 실험한 결과 압입거리 3~6mm에서 2,000kg 이상의 압입하중이 작용하였고 최종압입하중도 6,000kg 이상이 작용되었음을 하중-변위 그래프로 확인할 수 있었다. (Fig.7 참조)

또한 이 모니터링 시스템으로 이탈력을 검사한 결과 최대 이탈력이 거의 1000Kg 정도 나온다는 것을 확인할 수 있었다. 그리고 압입시작부터 압입하중이 압입장치의 최대하중값 까지 걸려 압입이 완료된 시간은 145msec정도이고, 압입된 볼조인트를 이탈시킬 때 9msec에서 이탈됨을 확인할 수 있었다. (Fig.10,12 참조)

### 가. 압입 및 이탈하중과 변위 관계 그래프

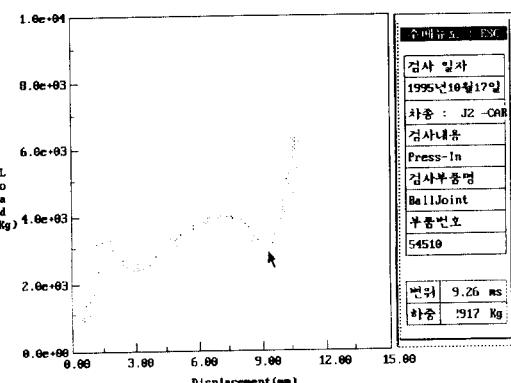


Fig. 7 압입하중-변위 그래프

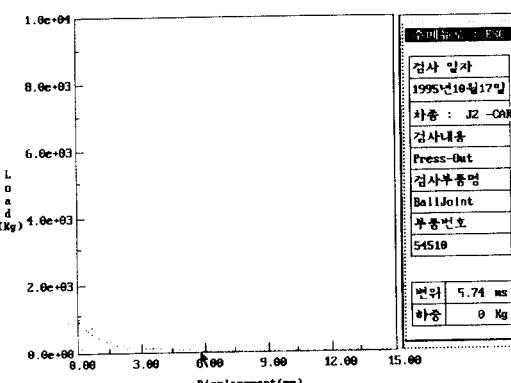


Fig. 8 이탈하중-변위 그래프

#### 나. 압입 및 이탈하중과 시간관계 그래프

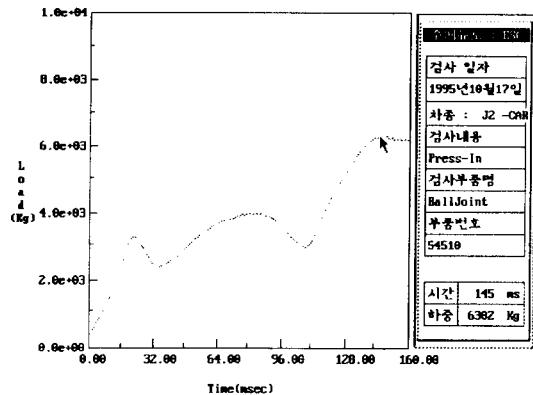


Fig. 9 압입하중-시간 그래프

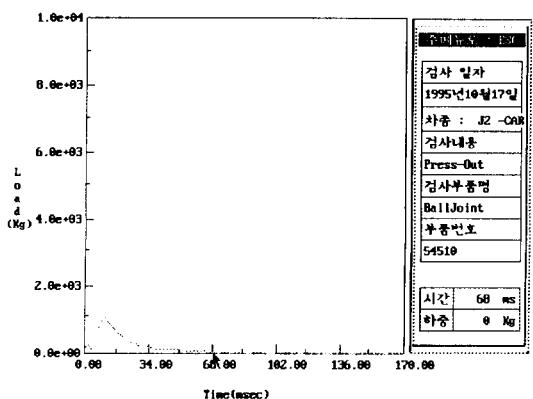


Fig. 10 이탈하중-시간 그래프

#### 6 결 론

본 연구에서는 Lower Arm 볼조인트 압입력 모니터링 시스템을 개발함으로써 압입력을 압입거리에 따라 측정하여 분석함에 의하여 로우암, 볼조인트의 설계후 시제품 단계에서부터 압입부품의 압입거리에 따른 압입치수를 검사함에 의하여 설계결과를 검토하여 원하는 압입력을 얻을 수 있고 결과적으로 원하는 이탈력을 얻을 수 있게 되었다.

또한 지금까지의 만능시험기로 차종별 무작위 표본추출을 하여 이탈력을 검사하여 품질관리를 하던 방식에서 압입력과 이탈력에 대한 상관관계를 구함에 의하여 보다 향상된 제품 검사 결과를 할 수 있게 되었다. 본 연구에 의하여 개발된 압입력 모니터링 시스템은 볼조인트 뿐만 아니라 다른 압입부품도 부품모양 및 크기에 따른 치구만 갖추면 바로 이용가능하다.

#### 7. 참고문헌

1. 김승우, "측정 및 계측에서의 PC의 이용", 대한기계학회논문집, 출판특집호, pp.38-44, 1990
2. 김희식, "FA용 센서 활용기술", 기술, 1992
3. 임인건, "한글라이브러리 한라프로 2.4", 가남사, 1994
4. 최인현, "TURBO C의 모든 것", 대림, 1998
5. Tompkins, "Interface of IBM PC and sensor", Prentice Hall, 1992
6. 박준협, "퍼스널 컴퓨터를 이용한 피로시험 및 동시계측의 자동화", 한국과학기술원 석사학위논문, 1987
7. Bolinger, "Computer control of machines and processes", AddisonWesley, 1989
8. Proakis, "Digital Signal Processing Principle, Algorithms, and Applications", Macmillan, 1992
9. Reed, "Strain Gage Users' Handbook", Society for experimental Mechanics, 1992
10. "Motor Magazine", 1992. 1 ~ 1994.12