

# 주행중 차고 조절이 가능한 유압식 현가장치 개발 및 진동특성 비교 분석

강형선<sup>1</sup>, 백종진<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>조선이공대학교 하이테크CAD/CAM과

## The development of hydraulic suspension system capable of vehicle height at driving and the comparative analysis of vibration characteristic

Hyung-Sun Kang<sup>1</sup> and Jong-Jin Baek<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Division of Hi-Tech CAD/CAM, Chosun College of Science & Technology

**요 약** 본 연구는 유압식 자동차고 조절장치 개발 및 상기장치를 일반 상용차에 적용시키기 위한 것이다. 운전자의 승차감에 영향을 줄 진동특성을 주행시험을 통하여 파악하고자 하였다. 유압식 자동차고 조절장치는 현재 승용차에 가장 많이 사용되고 있는 맥퍼슨 형식의 형태로 설계되었다. 맥퍼슨 형식의 순정현가장치, 튜닝현가장치, 유압식 자동차고 조절장치를 장착한 차량으로 시험을 수행하였다. 자동차에 전달되는 진동특성은 랜덤형태이므로 PSD(Power Spectrum Density)값을 비교하였다.

**Abstract** This study aims to develop the control system of vehicle height and apply this developed system to common passenger car. The vibration characteristics to affect ride comfort are examined through driving tests. The hydraulic control system of vehicle height is designed by Macpherson type used most commonly at current passenger car. Tests in this study are operated by the vehicle installed with genuine suspension system of Macpherson type, tuning suspension system and hydraulic control system of vehicle height. As vibration characteristics transmitted to vehicle become random types values of PSD(Power Spectrum Density) are compared.

**Key Words** : Hydraulic Automatic Suspension, Vibration, PSD(power spectrum density), Frequency

### 1. 서론

일반적으로 차량의 현가장치는 차량의 주행 중 노면에 서 받은 충격이나 진동을 완화하여 승차감과 차량의 안정성을 향상시키는 장치로서, Chassis spring의 고유진동을 제어하여 승차감을 향상시키는 Shock absorber 등으로 구성되어 있다. Chassis Spring은 차량의 주행 중 노면에 의해 발생하는 진동과 충격을 흡수하여 차체에 전달되지 않도록 하기 위한 것으로서, 프레임과 차축 사이에 설치되어 있다.

Shock absorber는 차체가 상하로 계속 움직이거나 진

동하는 것을 약화시키는 장치로서 차륜과 차체 사이에 배치된 Chassis Spring의 움직임에 대한 저항력을 제공하는데, 이 저항력은 Oil이 미세한 구멍을 빠져나가는 것에 의해 발생된다.

차량의 고속주행을 위해서는 차체가 지면에 밀착되는 것이 좋으나, 과속방지턱이나 비포장길과 같은 도로를 주행하는 차량의 경우에는 차고가 낮으면 차체가 과속방지턱 또는 도로 상의 구조물에 충돌하여 파손이 발생할 우려가 있다. 이러한 우려를 방지하기 위하여 최근에는 주행 중 차량의 차고를 자동으로 조절할 수 있는 현가장치가 많이 개발되었고, 사용 중에 있다.[1]

\*Corresponding Author : Jong-Jin Baek (Chosun College of Science & Technology)

Tel: +82-10-2633-1911 email: joing100@naver.com

Received September 13, 2012

Revised (1st January 18, 2013, 2nd February 5, 2013)

Accepted February 6, 2013

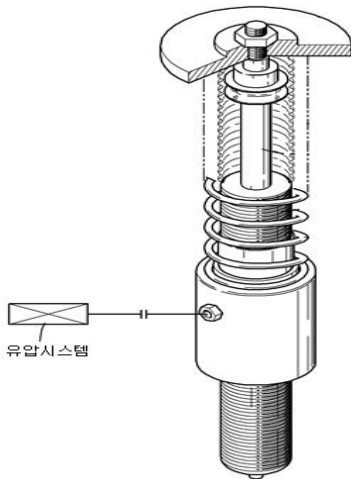
일례로 유명 외제차와 일부 국내 고급 승용차에 주행 상황에 따라 차고를 조절할 수 있는 현가장치가 장착되어 있다. 이러한 현가장치는 공기를 주입하여 차고를 높이고 그 공기를 다시 배출하여 차고를 낮추는 기술이다. 하지만 이 기술은 차고조절 반응속도의 특성(반응속도가 늦음)때문에 고속도로 고속주행 시에만 사용되고 있는 실정이다. 또한, 공기를 주입하고 배출하는 시스템이므로 이 기술에 필요한 동력을 요하는 특정 장치가 장착되므로 차량의 공간 재설계등 부수적인 부품이 다량 추가되는 것이다. 즉, 기본 차량에 이 기술을 적용시키면 차량의 가격은 기존 책정된 가격에 일반 경승용차 가격 이상의 값을 더 지불해야하는 실정이다.

본 기술은 주행 중이거나 정지상태일 때 전력이 공급되는 어떤 상황에서도 차고조절이 가능한 유압식 현가장치이다. 위에 제기된 문제점 등을 개선하고자 개발되었으며, 차량에 장착되어 있는 파워펌프를 동력원으로 사용하고, 반응속도가 빨라 운행 중에도 차고를 조절할 수 있다.

Shock absorber를 승강시키는 별도의 실린더를 설치하고, 실린더에 공급되는 유체를 통해 Shock absorber가 승강하면 차고가 높아지고, Shock absorber가 하강하면 차고가 낮아지는 구조로 되어 있다.

진동은 차량 및 운전자의 승차감에 영향을 주는 중요한 요소이다. 현가장치는 노면과 타이어 사이에서 발생하는 진동이 전달되는 통로이다. 따라서, 실제 적용되기 위해서는 진동특성 파악이 반드시 이루어져야 할 것이다.

본 연구에서는 순정 현가장치 장착 차량-A, 차고조절장치 장착 차량-B, 튜닝용 현가장치 장착 차량-C의 진동 측정 결과를 비교분석하였다.

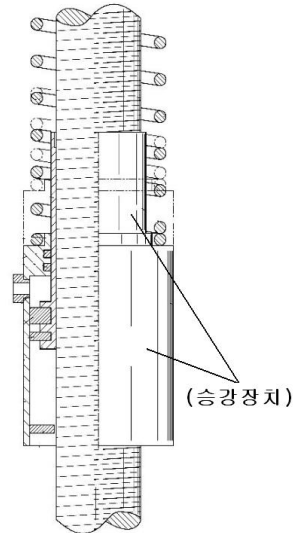


[Fig. 1] Configuration of Automatic hydraulic suspension

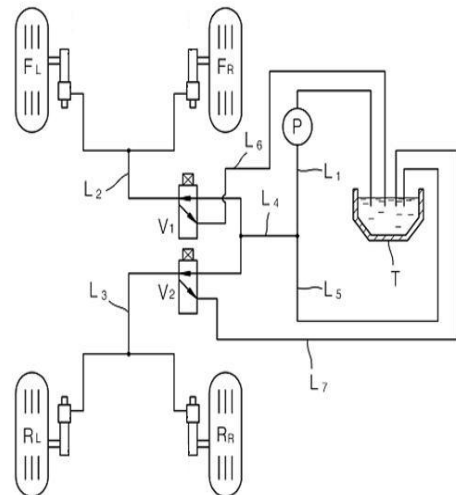
## 2. 개발기술

차량의 4개의 바퀴의 차축과 차체 사이에 각각 유압식 자동차고 조절장치가 설치된다.

유압공급부는 차고 승강장치에 유압을 공급하는 유압펌프(P)와, 유압펌프(P)의 유압을 제어하기 위한 제1, 제2 전환밸브(V<sub>1</sub>, V<sub>2</sub>)로 구성되어 있다.



[Fig. 2] Detailed drawings of Automatic hydraulic suspension



[Fig. 3] Concept of Automatic hydraulic suspension

유압펌프(P)는 차량의 조향장치의 유압식 배력장치(S: 이하, 'Power steering'이라 함)에 유압을 공급하며, 유압펌

프(P)로부터 Power steering(S)으로 연결된 유압라인(L<sub>1</sub>) 으로부터 차고 승강장치로 공급되도록 분기된 유압라인(L<sub>4</sub>)에 제1 및 제2 절환밸브(V<sub>1</sub>,V<sub>2</sub>)가 설치되어 전륜에 설치된 차고 승강장치와 후륜에 설치된 차고 승강장치를 개별적으로 구동시키도록 구성되어 있다.

### 3. 진동시험준비

#### 3.1 진동시험조건

사용된 차량은 K사의 일반 승용차이다. 제원은 다음과 같다.

[Table 1] Specification of Vehicle

차량 중량(kg)		1500
차체 제원 (mm)	전장	4835
	전폭	1455
	전고	1835

도로 주행 조건에 따른 진동시험은 고속 운행시 진동 특성을 파악하기 위한 국내 고속주행 시험, 좌우회전, 과속방지턱, 언덕, 불규칙 노면 상황이 갖추어진 모 대학내 도로에서 수행하였다. 구간별 차량 시험조건은 다음과 같다.

[Table 2] Driving Conditions

주행조건	주행속도 (km/h)	측정시간 (sec)
과속방지턱 통과	20	60
언덕	20	60
불규칙 노면	20	60
고속도로 주행	100	420

### 3.2 시험장치의 구성

#### 3.2.1 시험장비

가. 가속도계 : 0.5Hz ~ 1000Hz의 측정 주파수 범위를 갖는 3축 가속도계 1개와 단축 가속도계 2개를 사용하였다.

나. 데이터 취득 : 데이터 수집 장치로 M&B사의 PAK을 사용하였다. 가속도계로부터 들어오는 신호를 Note Book으로 보내는 인터페이스 역할이다.

다. Software : 디지털 신호를 그래픽으로 가시화 시키는 역할과 데이터 저장(PAK 5.3)

라. BNC Cable : 가속도계와 데이터 취득 장치를 연결  
마. 전원장치 : 휴대용(차량용) 배터리(12V)[2,3]

#### 3.2.2 가속도계 장착

가속도계는 차량의 조수석(3축 가속도계)과 전륜 현가장치와 차량의 연결부위(좌우측)에 각각 1개씩 설치하였다.



[Fig. 4] Accelerometer mounting position

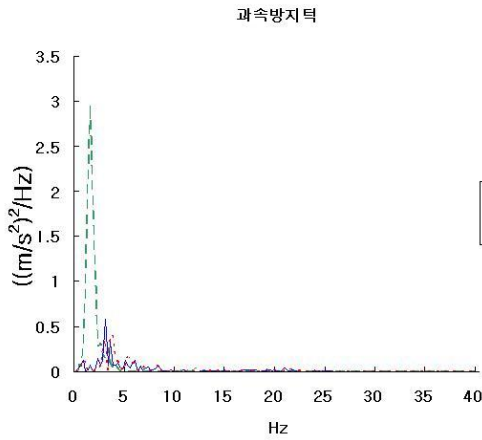
#### 3.2.3 데이터 처리

시간에 대한 가속도 데이터를 주파수 분석하여 저주파 밴드필터에 통과시킴으로써 샘플링 동안 발생할 수 있는 신호 왜곡에 따른 오차를 제거하였다. 디지털 신호로 변환된 신호에 대하여 FFT를 사용하여 주파수 영역으로 변환시킨 후 각 주파수에 대한 진동가속도 PSD(Power Spectrum Density)를 구하였다. 본 연구의 관심 주파수 영역은 1~40Hz이며 신뢰성 있는 측정을 위하여 400Hz로 샘플링 하였다.[4,5]

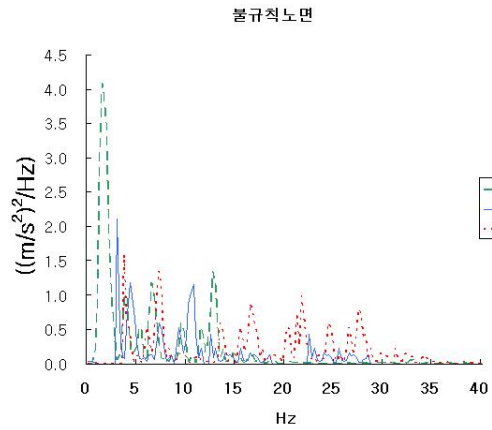
## 4. 시험결과

#### 4.1 과속방지턱

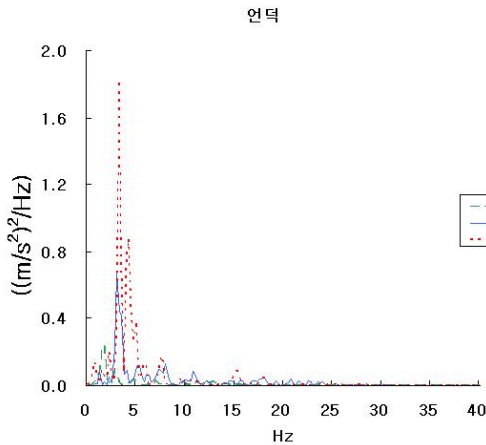
과속 방지턱의 경우 순정서스펜션을 장착한 차량은 1.5Hz에서 PSD값이 다른 조건의 차량보다 현저하게 높게 나타나지만 2.5Hz이후 주파수 대역에서는 낮게 나타나고 있다. 차고조절장치 장착 차량의 경우 20Hz 대역에서도 PSD값이 나타나고 있는데 이는 잔류진동이 이어지고 있음을 의미한다.



[Fig. 5] PSD and Frequency at Speed Brake



[Fig. 7] PSD and Frequency at Hard Road



[Fig. 6] PSD and Frequency at Climb

#### 4.2 언덕

언덕 통과 시 C의 경우 PSD값이 가장 높게 나타나고 있다. 또한, 20Hz 대역까지 꾸준히 잔류진동 현상이 나타나고 있다. B의 경우 A보다 PSD 값이 조금 크게 나타나지만 10Hz 이후 대역에서는 잔류진동현상이 A와 큰 차이가 없다.

#### 4.3 불규칙 노면

불규칙 노면 통과 시 A에서 PSD 값이 가장 높게 나타났다. 하지만, 15Hz 이후에서는 잔류진동이 거의 나타나고 있지 않다. B와 C의 경우 PSD 값이 A보다는 낮게 나타나지만 잔류진동이 30Hz대역까지 나타나고 있다.

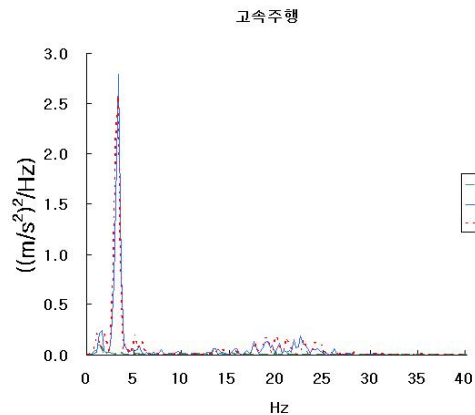
#### 4.4 고속주행

A의 경우 전 주파수대역에서 PSD 값이 거의 나타나고 있지 않으며 B, C의 경우 특정 주파수 대역에서 PSD 값이 높게 나타나고 있다. 또한, 20Hz 대역에서도 PSD 값이 나타나고 있다. 이는 엔진가속에의 전달되는 엔진 진동에 의한 것으로 사료된다.

이상의 시험 결과 PSD값이 큰 것은 차량의 상하(출렁임) 운동이 큰 경우이고, 주파수 값이 높은 것은 진동이 많음을 나타내고 있다.

A, B, C 모두 주진동 주파수는 3.5Hz이하로서 운전자에게 미치는 영향은 큰 차이가 없었다.

A의 경우 PSD 값이 과속 방지턱이나 불규칙 노면에서 상대적으로 높게 나타나고 있다. 이는 A 서스펜션 특성상 충격완화를 위한 스프링 상수값이 작아서 출렁임 현상이 큰 것으로 사료된다. 하지만 대략 15Hz 대역 이후에서는 PSD 값이 나타나지 않음으로써 운전자의 승차감을 높여준다.



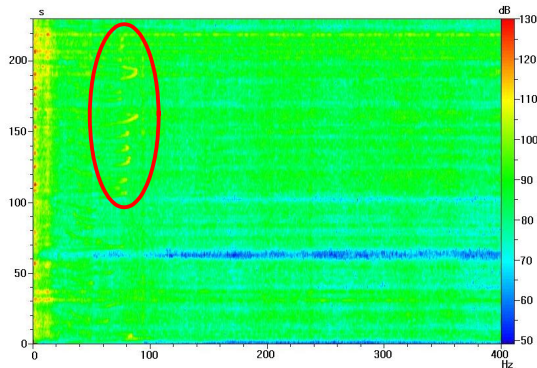
[Fig. 8] PSD and Frequency at High Speed

B의 경우 PSD 값이 A보다 낮고 C보다 높게 나타나고 있다. 또한, PSD 값이 나타나고 있는 진동대역 역시 A보다 좀더 넓게 20Hz 대역까지 나타나고 있다.

C의 경우 PSD 값이 30Hz 대역까지 유지되고 있다. 이는 운전자가 감지할 수 있는 진동대역이 넓게 나타남으로서 승차감이 현저하게 떨어짐을 알 수 있다.

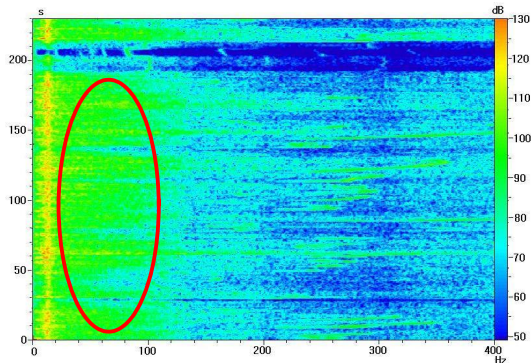
#### 4.5 3차원분석

전체 주행과정을 시간, 주파수, 압력값으로 나타내어 진동이 발생하는 시간에 따른 주파수 값을 비교 분석하였다.



[Fig. 9] All measurement range from A

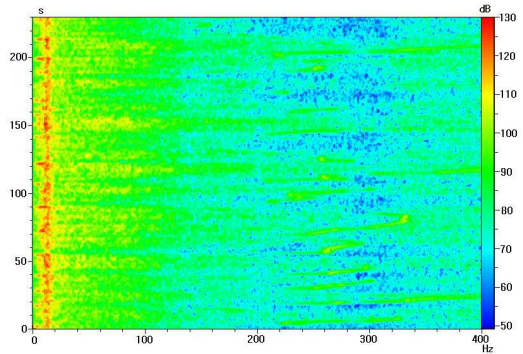
A(Fig. 6)의 경우 10Hz 이하대역에서 주진동이 발생되고 있으며, 과속 방지턱을 통과할 경우와 불규칙 노면을 통과할 시 90Hz 대역(붉은 원)에서도 주진동이 발생되고 있다.



[Fig. 10] All measurement range from B

B(Fig. 7)의 경우 역시 10Hz 이하 대역에서 주진동이 발생되고 있으며, 과속 방지턱을 통과할 경우와 불규칙 노면을 통과할 시 주진동이 발생되고 있다. 하지만, A와

다른 점은 90Hz 대역에서 나타나는 진동값은 상대적으로 적게 나타나고 있지만 운전자가 느낄 수 있는 저주파수 대역(40Hz 이하)에서 진동이 간헐적으로 나타나고 있다.



[Fig. 11] All measurement range from C

C의 경우 역시 10Hz 이하 대역에서 주진동이 발생되고 있으나, 운전자에게 피로감을 느낄 수 있는 저주파수 대역의 주파수가 전 운행구간에 걸쳐 나타나고 있다.

## 5. 결론

본 연구는 유압식 자동차고 조절장치를 상용차에 적용시키기 위한 최적화 과정으로써 A, B, C 현가장치를 장착한 차량에 대하여 진동시험을 측정, 검토하는 것이 주된 목적이다.

진동측정은 각각의 주행조건을 나누어 수행되었으며 이상의 시험으로 각각의 현가장치 장착차량에 대하여 다음과 같이 파악할 수 있다.

본 연구의 목적인 B의 진동형태는 PSD 값이 A보다는 낮지만 PSD 값이 나타나는 주파수대역이 상대적으로 넓었고, C보다는 PSD 값이 높았지만 PSD 값이 나타나는 주파수대역 상대적으로 좁게 나타났다.

자동차고 조절장치는 전력이 공급되는 어떤 상황에서도 차고조절이 가능한 유압식 현가장치로서 빠른 반응속도와 파워펌프를 동력원으로 사용하는 장점을 가지고 있다. 이 장치를 실용화하기 위하여 좀 더 다양한 형태의 연구가 필요할 것으로 사료된다.

## References

- [1] S. R. Ahuja, et al., "The Rapport Multimedia Conferencing System: A Software Overviews", Proc. of

2nd IEEE Conference on Computer Workstations, pp. 52-58, March, 1988.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/COMWOR.1988.4800>

- [2] Woo, J. S., Jeon, Y. H., "Vibration Test of Truck with Air Suspension & Development of Korean Type Air Suspension" Transactions of the Korean society for noise and vibration engineering, pp.1215~1223, 2006  
DOI: <http://dx.doi.org/10.5050/KSNVN.2006.16.12.1215>
- [3] Park, B. Y., "Identification of the mechanism of the drive shaft vibration Commercial Vehicles", Journal of the Korean Society for Precision Engineering, vol. 12, pp.109~119, 1995
- [4] Lee, C. H., Kim, S. S., Jung, H. K., "Dynamic and Durability Analysis of Military Truck Frame", Transactions of Korea society of automotive engineers, pp. 711~713, 2003
- [5] Moon, I. D., Oh, C. Y., "Dynamic characteristics analysis for a large-sized commercial vehicle with a rear axle air suspension" Engineering Research Institute, 제 33권, pp.223~230, 2003

**백 종 진(Jong-Jin Baek)**

[정회원]



- 2002년 2월 : 조선대학교 대학원 항공우주공학과(공학석사)
- 2007년 2월 : 조선대학교 대학원 항공우주공학과 (박사수료)
- 2007년 4월 ~ 2009년 1월 :(주)엘림시스 선임연구원
- 2011년 3월 ~ 현재 : 조선이공대학교 하이테크 CAD/CAM과 강의전담 교수

<관심분야>  
소음진동, 구조해석

**강 형 선(Hyung-sun Kang)**

[정회원]



- 1995년 2월 : 조선대학교 대학원 기계공학과 (공학석사)
- 2005년 2월 : 전남대학교 대학원 기계공학과 (공학박사)
- 1991년 10월 ~ 2000년 7월 : 화천기공주식회사 책임연구원
- 2008년 3월 ~ 현재 : 조선이공대학교 하이테크CAD/CAM과 교수

<관심분야>  
기계시스템설계, FEM(기계구조, 충돌)