

## 자동차 충격흡수장치용 감쇠력 조정 전자제어장치 연구

손 일 선<sup>\*1)</sup> · 이 정 구<sup>2)</sup>

오산대학 자동차기계학부, 성장동력특성화대학사업단<sup>1)</sup> · 오산대학 자동차기계학부<sup>2)</sup>

### A Study of Electrical Control Kit for Damping Force of Automotive Shock Absorber

Ilseon Sohn<sup>\*1)</sup> · Jeonggoo Lee<sup>2)</sup>

<sup>1,2)</sup>School of Automobile & Mechanical Engineering, Osan College, Gyeonggi 447-749, Korea  
(Received 13 December 2006 / Accepted 19 November 2007)

**Abstract** : The performance of shock absorber is directly related to the car behavior and performance, both for handling and comfort. Most of compact car are assembled the passive shock absorber for cost effect but some of compact driver want better performance of shock absorber than standard parts. Therefore, they want the semi-active suspension control system instead of standard damper system. But they only can change the mechanical damping control shock absorber at A/S market. The mechanical damping control shack absorber can not vary the damping force in driving condition so they do not satisfy the mechanical damping control shock absorber system. In this study, electrically damping force controlled shock absorber system is developed based on the mechanical damping force control damper system. This system can vary damping force by switch on dashboard in driving condition. And , this system can satisfy the requirement of tuning market. Therefore, it is expected the system to show the engineering capability of korean damper company and to increase export market share to oversea damper market.

**Key words** : Shock absorber(충격흡수장치), Damping force(감쇠력), Electric control kit(전자제어장치), Mechanical controlled damper(기구식 댐퍼), Electrical controlled damper(전자제어식 댐퍼)

### 1. 서 론

자동차는 도로 위를 주행하면서 사람과 화물을 안전하게 이동시켜야 하기 때문에 도로에서 전해오는 충격을 흡수하기 위하여 충격흡수장치(Damper)를 장착하고 있다. 자동차용 충격흡수장치는 고속주행, 급제동 및 급회전의 운전상황에서 자동차의 주행안정성 및 안전운행에 큰 영향을 미친다.

대부분의 자동차는 충격흡수장치를 제조사에서 차량을 조립할 때 초기에 장착/제작되어 소비자에게 인도되고 있다. 이러한 경우에 자동차에 장착된

충격흡수장치는 차량의 용도에 맞추어 충격흡수장치의 감쇠력이 고정적으로 설정되어 장착되고 있다.

최근, 전자화의 추세에 따른 전자식 충격흡수장치의 등장으로 자동차의 현가성능이 급속하게 발전하게 되었다. 그러나 전자식 충격흡수장치의 등장에도 불구하고 대부분 수동식 충격흡수장치(passive shock absorber)의 기본원리가 채용되고 있어 수동식 충격흡수장치에 대한 많은 연구가 수행되고 있다.

이춘태<sup>1)</sup> 등은 충격흡수장치의 동적거동 모델 및 감쇠력에 관한 연구를 수행하였고, 윤영환<sup>2)</sup> 등은 현가장치용 유압 액추에이터의 감쇠력 특성에 관한 연구를 수행 하였으며, 박재우<sup>3)</sup> 등은 연속가

\*Corresponding author, E-mail: issohn@osan.ac.kr

변형 충격흡수기의 감쇠성능해석에 관한 연구를 수행하여 감쇠력 성능분석에 충분한 연구가 수행되고 있다.

조정일<sup>4)</sup> 등은 새로운 구조의 댐퍼를 연구하고 윤영환<sup>5)</sup> 등은 세미액티브 서스펜션용 가변댐퍼에 관하여 연구를 수행하는 등 새로운 댐퍼개발에 관한 연구도 수행되고 있다.

한편, 자동차를 이용하여 여가를 즐기는 사람들이 늘어나면서 차량의 튜닝에 관심이 점차 고조되고 있고, 고가의 차량 주행안전 운행시스템(DSC, dynamic stability control)을 대신하여 기구식 감쇠력 조절 충격흡수장치를 장착하는 튜닝차량이 점차 늘어나고 있다. 그러나 이러한 방식의 충격흡수장치는 나사를 이용하여 감쇠력을 기계식으로 조정하는 방식이기 때문에 감쇠력을 변화시키기 위하여 차량을 정지하고 기구를 이용하여 감쇠력을 조정해야 하는 문제점을 가지고 있다.

본 연구에서는 기존에 개발되어 시판되고 있는 기구식 충격흡수장치를 기반으로 하여 스텝모터를 이용하여 차량내부에서 감쇠력 변경이 가능한 자동차 충격흡수장치 감쇠력 제어시스템을 개발하고자 한다.

## 2. 충격흡수장치

자동차는 도로를 주행하면서 도로에서 다행한 하중이 자동차에 전달된다. 이러한 하중과 진동으로부터 승객과 화물을 보호하기 위하여 현가장치가 자동차에 부착되어 있다.

차량의 주행안정성과 승차감에 큰 영향을 미치는 현가장치는 충격흡수장치(shock absorber)와 스프링, 컨트롤 암(control arm) 및 너클(knuckle)등으로 구성되어 있다.

이중에서 도로의 충격을 흡수하기 위한 부품은 충격흡수장치와 스프링으로 구성된 댐퍼 스트럿 모듈(damper strut module)이다. 댐퍼 스트럿 모듈에 장착된 스프링은 일정한 탄성특성을 나타내기 때문에 다양한 도로주행조건 특성을 충족을 위하여 댐퍼 스트럿 모듈의 운동특성을 바꾸는 것이 필요한 데 충격흡수장치의 감쇠력을 변경하여 이러한 문제점을 해결하고 있다.

### 2.1 고정식 충격흡수장치

기존에 생산 판매되고 있는 충격흡수장치는 고정식과 가변식으로 구분할 수 있다.

Fig. 1에 나타낸 고정식 충격흡수장치는 자동차 제조업체에서 승차감과 운전특성(ride and handling)을 고려하여 자동차 운행목적에 적합하게 감쇠력을 결정한 뒤 고정된 감쇠력을 갖는 충격흡수장치를 장착한다.

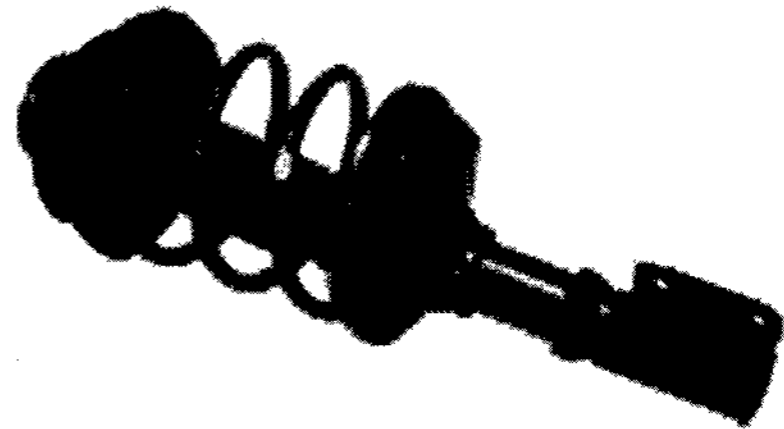


Fig. 1 Typical damper strut system (model of H company)

### 2.2 가변 충격흡수장치

가변식 충격흡수장치는 사람들의 안전주행 욕구와 스포츠 운전을 즐기는 사람들의 욕구를 충족시키기 위하여 조절밸브를 이용하여 충격흡수장치의 감쇠력을 단계적으로 변경시킴으로서 운전자의 운행조건에 알맞은 감쇠력을 선택하여 운행할 수 있도록 제작된 충격흡수장치로 튜닝 된 자동차와 경주용차량에 주로 장착되고 있다.

#### 2.2.1 기구식 충격흡수장치 성능

국내 충격흡수장치 제조사인 H사에서는 경주용 차량과 튜닝자동차를 위하여 기구식 감쇠력조정 충격흡수장치를 개발하여 판매를 하고 있다. Fig. 2에 나타낸 이 기구식 충격흡수장치의 감쇠력 조정 단계는 15단계이고 감쇠 조절밸브(control valve)를 손으로 회전시켜 감쇠력을 조정하도록 되어 있다.

#### 2.2.2 기구식 충격흡수장치 고찰

이 제품의 경우 감쇠력 조정성능은 우수하지만, 감쇠력을 조정하기 위해서는 반드시 차량을 정차하고 후드를 올린 다음에 감쇠력 조절밸브를 조작해야 하기 때문에 주행중 도로상황에 따라 급하게 변화하는 운전요구조건을 만족시키는 순간 감쇠력 조정이 불가능한 문제점을 가지고 있다.

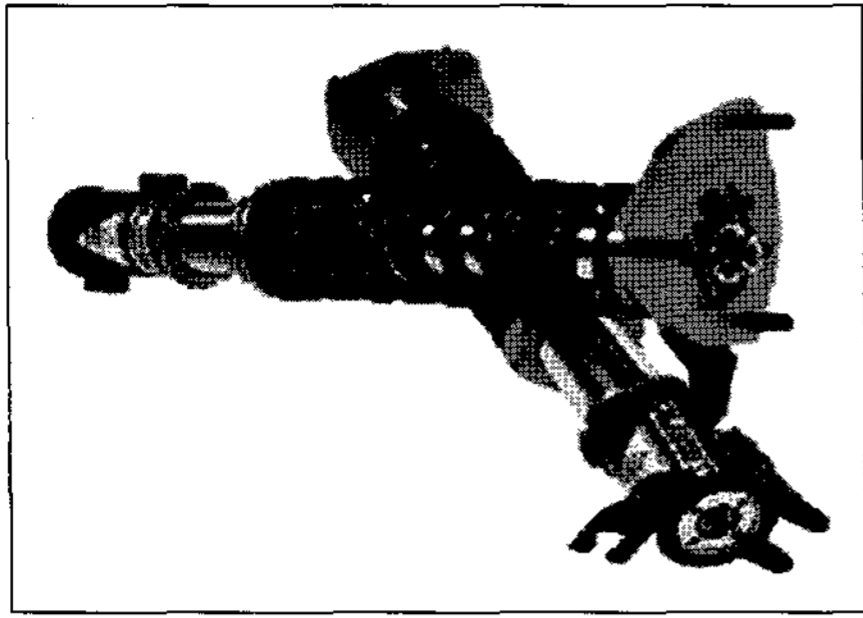


Fig. 2 Mechanical damping control shock absorber

### 3. 전자제어식 가변 충격흡수장치

기구식 자동차용 감쇠력 충격흡수장치의 마운팅 부위를 전자제어 기구가 장착될 수 있도록 설계 변경하고 모터와 Fig. 3의 제어 프로그램을 이용한 전자식 감쇠력 키트를 개발하여 두 기구를 연계시키는 전자제어식 감쇠력 제어시스템을 개발한다.

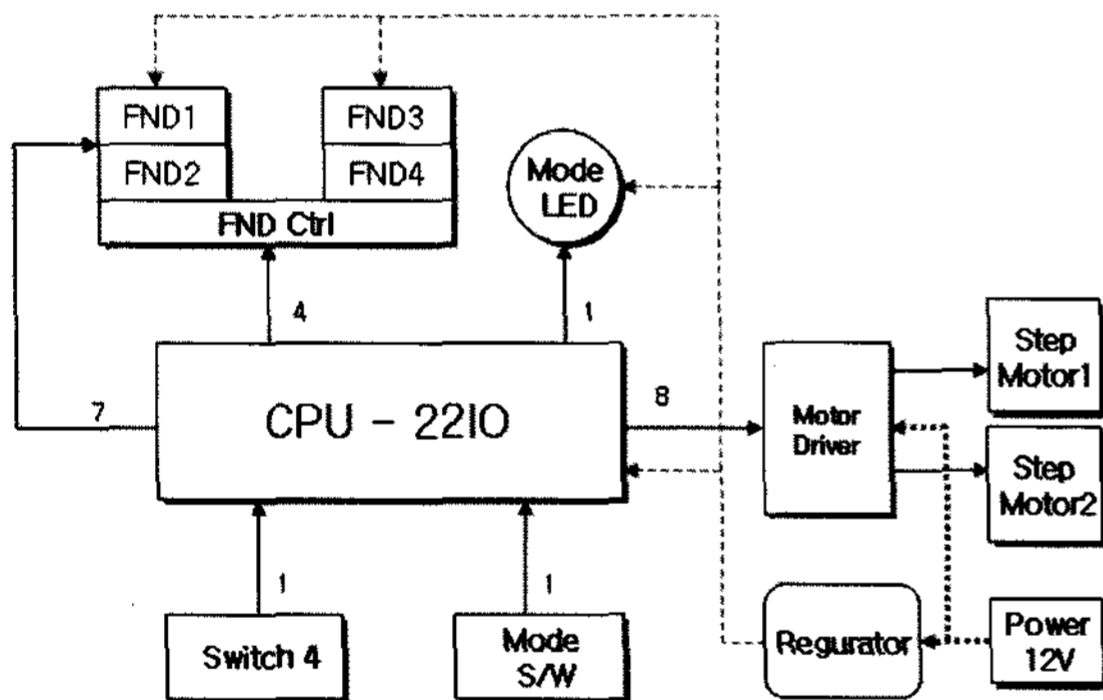


Fig. 3 Logic for electric control system

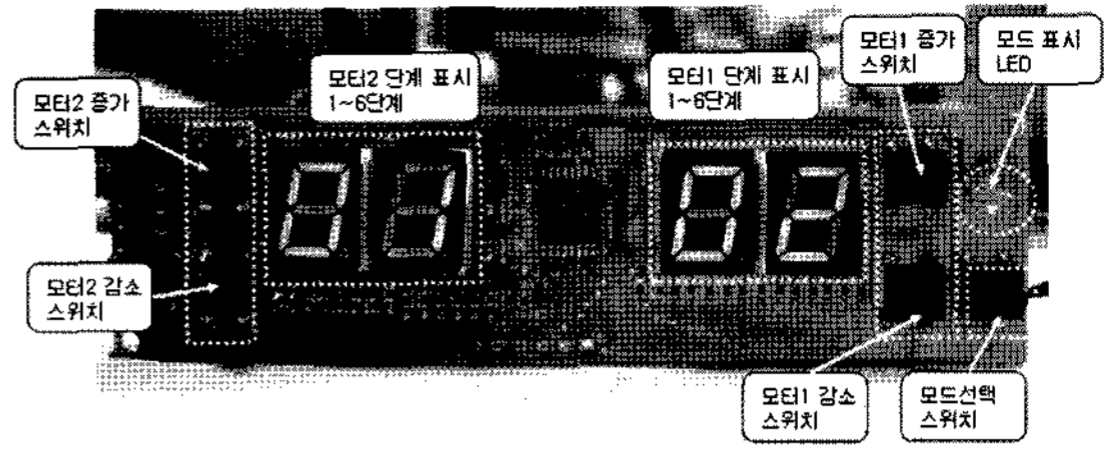
#### 3.1 제어시스템

서보모터를 이용하여 전자제어 시스템을 개발하였다. 전자제어식 가변 감쇠력 충격흡수장치의 제어는 다음과 같다.

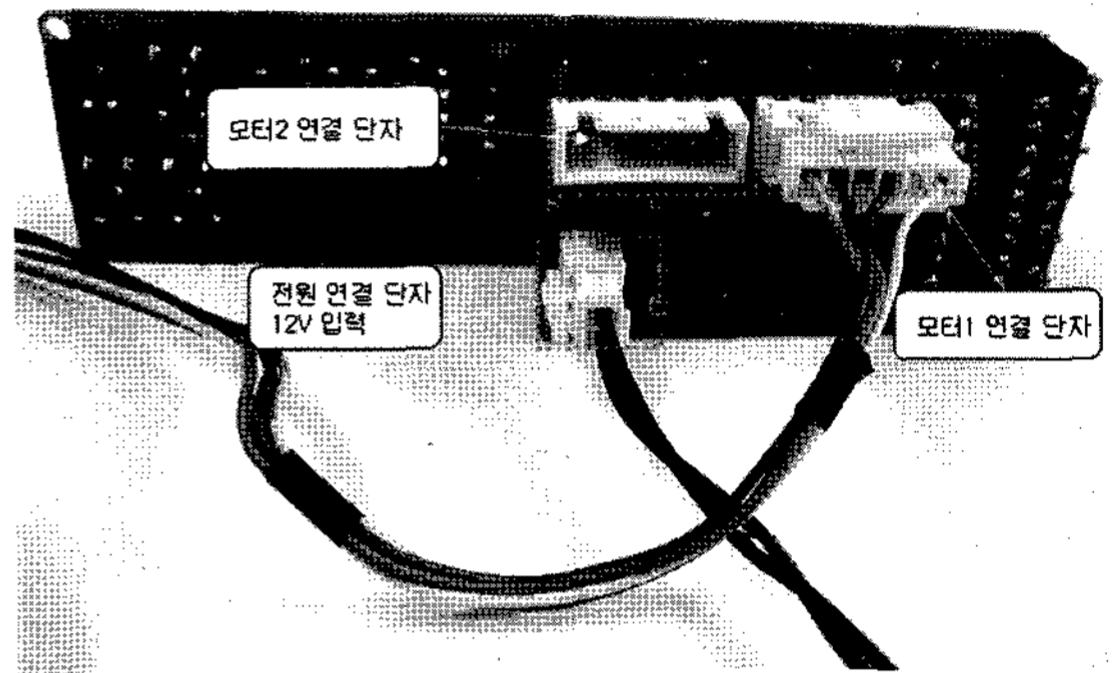
##### 3.1.1 제어시스템 구조

가격경쟁력을 갖추기 위하여 하나의 제어모듈 2개의 모터를 제어하도록 개념설계를 하였고, 차량 전체를 제어하기 위하여 Fig. 4에 나타난 2개의 제어모듈이 사용된다.

제어모듈에는 설계된 회로기반에 Atmel사 Atmega 8이 장착되어 있고 자동차용 12V의 전원으로 작동할 수 있도록 개발되어 있다.



(a) Front parts



(b) Rear parts

Fig. 4 Front and Rear control board system

기판에 장착된 Atmel사 CPU 2210은 2개의 모터를 제어할 수 있는 모터드라이버를 제어할 수 있다.

기판의 전면에는 모드설정 스위치와 설정상태를 나타내는 LED 램프가 장착되어 있고, 각각의 모터의 제어상태를 나타내주는 고휘도 FND가 2개 장착되어 있고 모터를 제어하는 증가용 및 감소용 스위치가 각각 2개씩 총 4개가 장착되어 있다.

기판의 후면에는 2개의 모터연결단자와 12V 전원 연결단자가 장착되어 있다.

##### 3.1.2 제어시스템 동작원리

스위치를 조작하면 Atmel사 Atmega 8은 모터 드라이버를 통하여 동시에 2개의 모터 제어가 가능하다.

Table 1의 동시제어 모드가 설정되면 LED 램프가 켜지면서 하나의 스위치 조작으로 두 개의 모터를 동시에 1~6단계로 제어가 가능하다. 동시제어 모드가 해제되면, 각각의 스위치를 조작하여 각각의 모터를 1~6단계로 제어가 가능하다.

단계를 조절 할 때 마다 현재 단계를 플래시 메모리에 저장 하여 전원이 꺼져도 항상 현재 상태를 기억한다. 그러나 모터가 구동 중에 전원이 꺼지면 위치 상태가 어긋날 수 있으므로 주의를 요한다.

Table 1 Function of control switch

Input	Output		Remark
SW1	Motor1 1단계 증가 CW 회전	FND1 1단계 증가	6단계 이상 증가하지 않음
SW2	Motor1 1단계 감소 CCW 회전	FND1 1단계 감소	1단계 이하 감소하지 않음
SW3	Motor2 1단계 증가 CW 회전	FND2 1단계 증가	6단계 이상 증가하지 않음
SW4	Motor2 1단계 감소 CCW 회전	FND2 1단계 감소	1단계 이하 감소하지 않음
SW5	동시 제어 모드 매뉴얼 모드	LED On LED Off 토글	동시 제어 모드이면 LED On 매뉴얼 제어 모드이면 LED Off

동시 제어 모드일 경우 증가 스위치를 누르면 현재 단계에서 모든 모터가 1단계 증가하고, 감소 스위치를 누르면 모든 모터가 1단계 감소한다. 단, 증가일 경우 6단계이상 일 경우 증가하지 않고, 감소일 경우 1단계 이하는 감소하지 않는다.

### 3.2 제어 미케니즘

차량장착용 감쇠력 전자제어 충격흡수장치 제어 기구를 개발하기 위하여 제어용 스텝모터, 모터 지지용 브라켓, 감쇠력 조절밸브와 제어용 모터를 연결하는 연결핀 3가지를 Fig. 5와 같이 개발하였다.

충격완충장치 제어기구에 사용된 모터는 Fig. 6에 나타낸 유니폴러 타입 스텝모터를 사용하였다. 사용된 모터의 기어비는 1/64이고, 제어용 스텝각도는 5.625도이며, 구동주파수는 1KHz, 최초구동주파수는 600Hz이다.

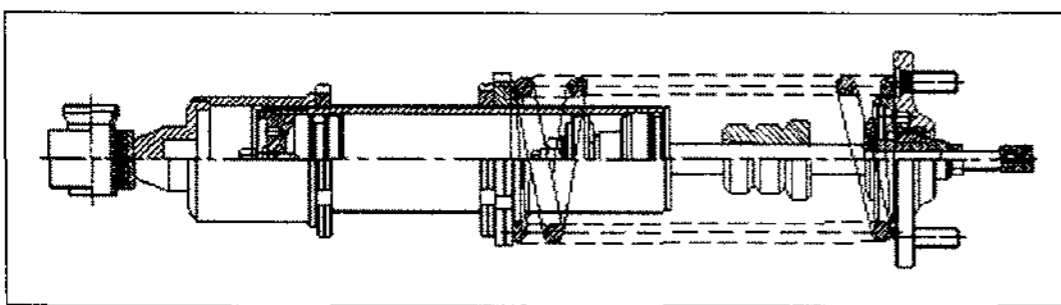


Fig. 5 Drawing of 6 step damping force control system



Fig. 6 Stepping motor for control

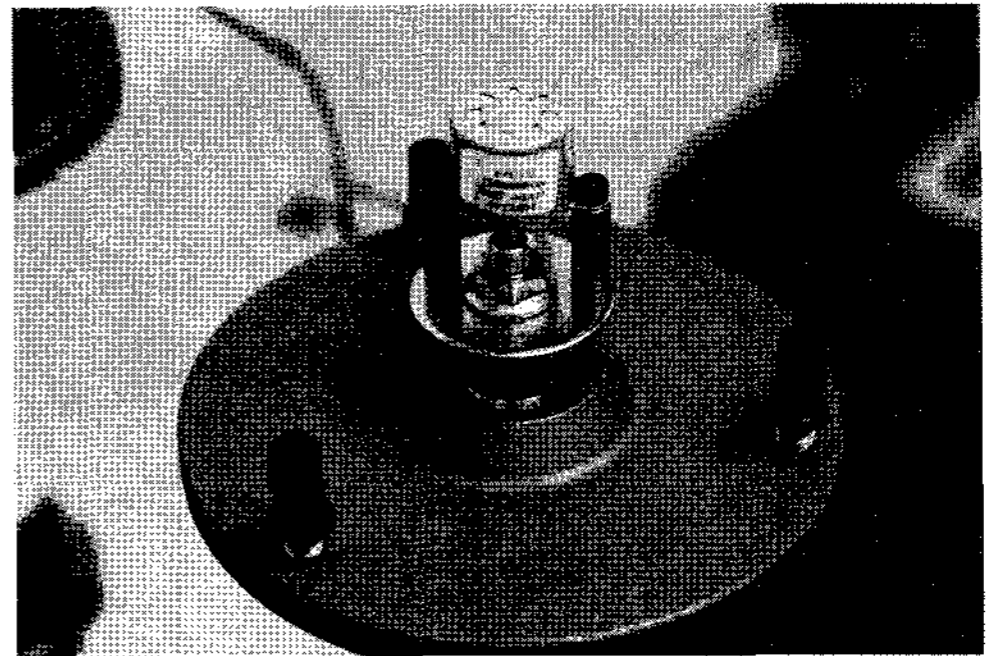


Fig. 7 Bracket for stepping motor control system

모터 지지용 브라켓(bracket)은 Fig. 7에 나타낸 것과 같이 충격흡수장치에 고정하여 모터가 감쇠조정 볼트와 일정하게 운동 가능하도록 고정되면서 차량장착이 용이하도록 소형으로 제작되었고 볼트와 너트를 이용하여 쉽게 고정이 될 수 있도록 설계되었다.

### 3.3 마운팅 키트 개발

차량장착용 감쇠력 전자제어 충격흡수장치 시제품은 Fig. 8에 나타낸 것과 같이 개발되었다. 차량과 동일한 조건을 재현하기 위하여 자동차 앞바퀴 부

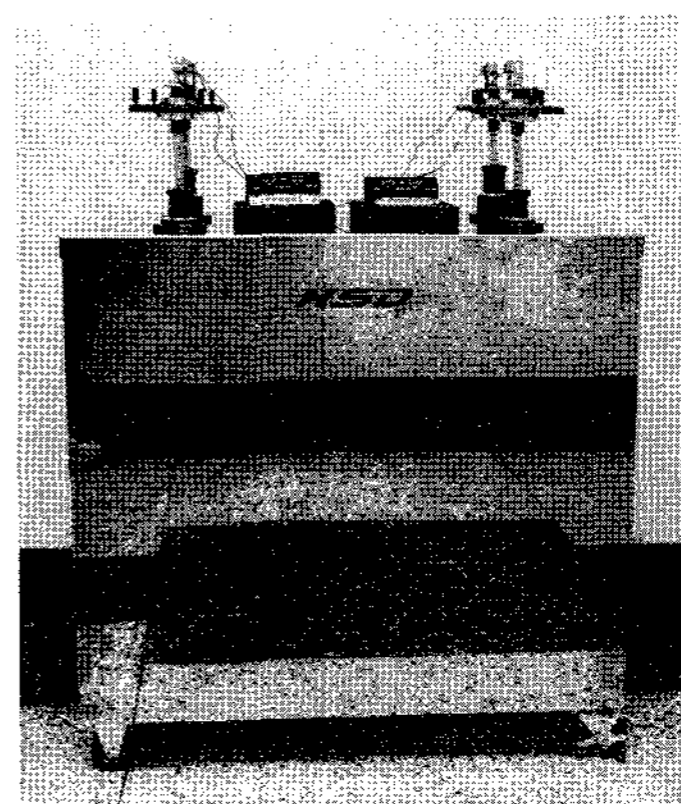


Fig. 8 Mounting kit for electrical damper control system

위에 2개의 충격흡수장치를 장착하고, 자동차 뒷바퀴 부위에 2개의 충격흡수장치를 장착하여 실제차량과 동일한 재현성을 보일 수 있도록 제작된 시제품 마운팅 키트(mounting kit)를 제작하였다.

마운팅 키트에는 차량실내에 장착될 2개의 제어용 모니터가 부착되어 있고, 자동차 앞바퀴부위에 제어모터를 장착한 가변식 충격흡수장치 2세트와 뒷바퀴 부위도 2세트 등 총 4세트의 충격흡수장치를 부착하고 있다.

#### 4. 제품분석 및 향후계획

##### 4.1 제품분석

튜닝용 시장에 개발된 제품의 판매가능성을 확인하기 위하여 전자제어식 시스템의 성능을 분석하여 보았다.

##### 4.1.1 감쇠력 제어조정 능력 평가

Fig. 9에 나타낸 것처럼 개발된 전자제어식 시스템의 감쇠력 조정능력은 기구식의 15단계가 6단계로 조정되어 기계식보다는 조정단계가 미세하지 못하지만, 운전자의 승차감에 영향을 미칠 정도로 민감하지 않기 때문에 튜닝시장에 적용이 가능하다고 판단되었다.

##### 4.1.2 감쇠력 비교평가

H사 보유 시험기를 이용하여 감쇠력을 평가하였으며 이를 Table 2에 정리하였다. Table 2의 시험결과 1단계, 중단단계, 최종단계의 감쇠력은 유사한 특성을 보이는 것으로 평가되었다.

차량 출발 전에 감쇠력이 고정되는 기구식의 경우에는 감쇠력 조정시간이 의미가 없으나 전자제어식은 운전 중에 실시간으로 제어가 이루어져야 하기 때문에 제어반응 시간이 중요하다. 개발된 전자제어식 감쇠력 반응시간은 1.6초가 소요되어 빠른 주

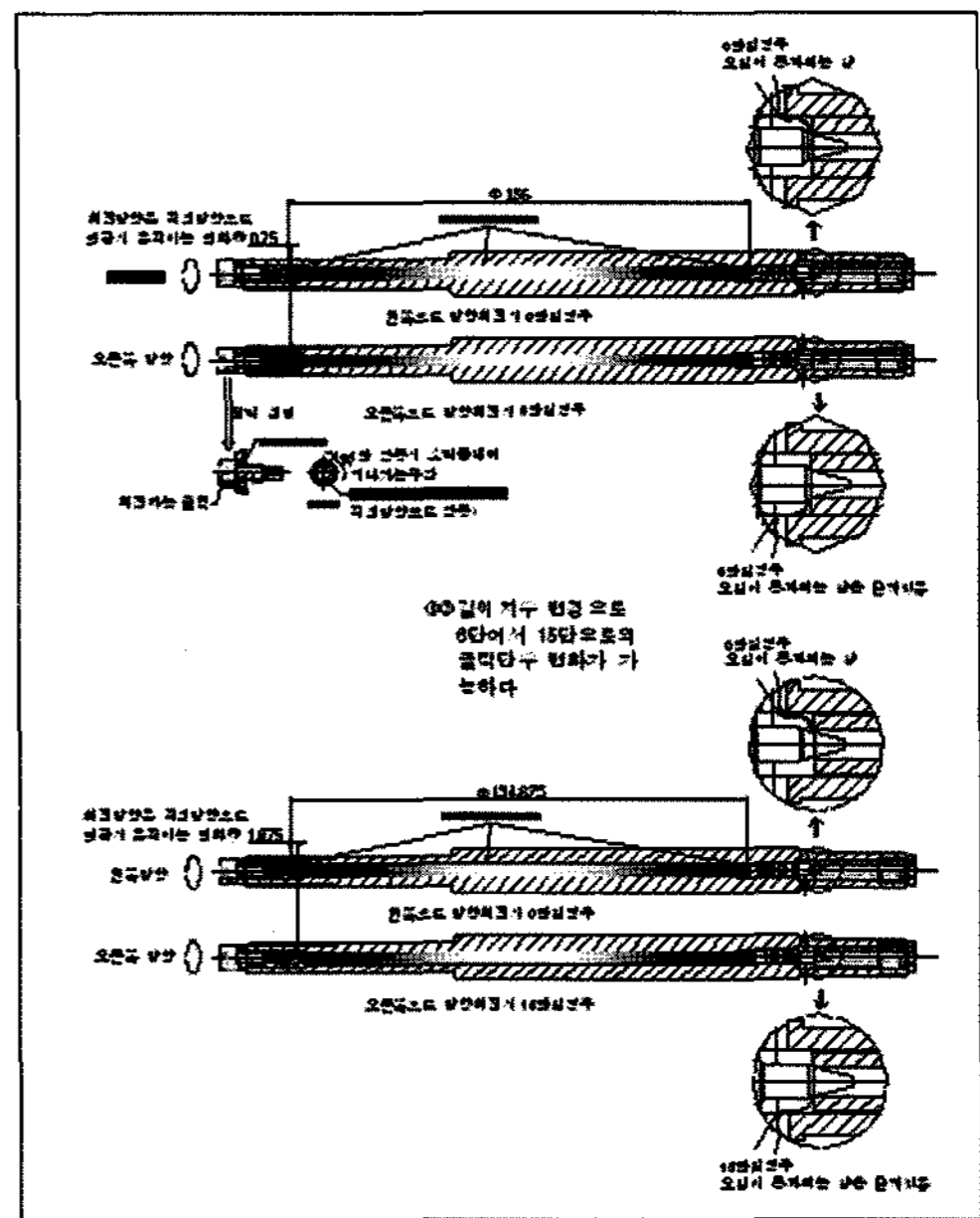


Fig. 9 Compared design between 15 step and 6 step

행 속도에 반응하기에는 반응속도가 늦어 정교한 감쇠력 제어에 반응시간이 늦게 나타남을 알 수 있다.

##### 4.2 향후계획

현재 튜닝시장에서 판매되는 전자제어식 감쇠력 조정 댐퍼의 속도반응 시간 요구 규정은 없지만, 양산 판매되는 세미 액티브 방식(semi active suspension system)의 반응속도가 1초 이내에서 반응하기 때문에 감쇠력 반응속도 개선이 요구된다.

#### 5. 결론

중소형 자동차는 차량의 주행안정성 및 승차감에 대하여 충분한 만족을 주지 못하므로, 저가에 이를 개선하기 위해 전자제어식 충격흡수장치 감쇠력 제어 키트를 성공적으로 개발하였으며, 이는 고가의

Table 2 Compared damping force between 15 step and 6 step (Tension / compression : Unit, kgf)

Time	Mechanical type (15단)			Electric type (6단)		
	1 step	8 step	15 step	1 step	3 step	6 step
0.01	196 / 157	226 / 196	392 / 245	196 / 147	235 / 186	402 / 235
0.03	382 / 275	520 / 304	726 / 324	373 / 245	520 / 275	726 / 304
0.05	608 / 343	745 / 373	951 / 402	598 / 294	755 / 324	971 / 353
0.10	1059 / 461	1216 / 510	1442 / 530	1089 / 412	1245 / 441	1481 / 843
0.30	2638 / 863	2844 / 912	3109 / 941	2687 / 775	2932 / 804	3197 / 843

차량 주행안전장치를 대체할 수 있는 튜닝부품을 저가에 장착함으로써 중소형 차량 운전자의 승차감 및 주행안정성을 높이는데 기여할 것이다. 또한, 경주용 차량에 적용된다면 튜닝부품 국산화 기술개발 성공으로 국내 자동차 산업 기술을 이용한 자동차 및 부품 수출이 증대될 것으로 기대되며, 이에 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- 1) 기구식 감쇠력 조정 충격흡수장치는 주행 중 감쇠력 조절에 문제가 야기되므로 이를 기반으로 하여, 스텝모터를 적용하여 차량내부에서 감쇠력 변경이 가능한 새로운 장치의 개발이 요구 된다.
- 2) 중소형차량 장착용 전자제어 감쇠력 가변식 충격흡수장치를 성공적으로 개발하였으며, 실제차량과 동일한 재현성을 보일 수 있도록 시제품 시험용 마운팅 키트를 제작하였으며 제작된 시험용 키트는 재현성이 있었다.
- 3) 중소형차량뿐만 아니라 튜닝차량 장착용 튜닝부품인 전자제어 감쇠력 가변식 충격흡수장치를 개발하였으나, 현재 튜닝시장에서 양산 판매되는 세미 액티브 방식의 반응속도가 1초 이내에서 반응하기 때문에 전자제어식의 감쇠력 반응속도의 개선이 요구된다.

## 후 기

본 연구는 2006학년도 오산대학 산업기술연구소 교내연구비 지원에 의하여 이루어졌으며, 물심양면으로 지원해주신 (주)HD 씨시스템에 감사드립니다.

## References

- 1) C.-T. Lee, D.-H. Kwak, B.-H. Jung and J.-K. Lee, "A Study on the Nonlinear Dynamic Modeling and Analysis of Damping Force Characteristics of Automotive Shock Absorber," Transactions of KSAE, Vol.11, No.1, pp.104-111, 2003.
- 2) Y.-H. Yoon and M.-J. Choi, "A Study on the Characteristics of Damping Force in a Hydraulic Actuator for Vehicle Active Suspension System," Transactions of KSAE, Vol.10, No.2, pp.150-158, 2002.
- 3) J.-W. Park, D.-L. Lee and W.-K. Back, "Damping Performance Analysis for an Electronically Controlled Shock Absorber," Transactions of KSAE, Vol.9, No.2, pp.192-201, 2001.
- 4) K.-I. Cho and S.-G. So, "A Study of the New Typed Stroke Dependent Damper," Transactions of KSAE, Vol.7, No.3, pp.294-300, 1999.
- 5) Y.-H. Yoon, M.-G. Choi and K.-H. Kim, "Development of a Reverse Continuous Variable Damper for Semi-Active Suspension," Int. J. Automotive Technology, Vol.3, No.1, pp.27-32, 2002.
- 6) D. C. Karnopp, D. L. Margolis and R. C. Rosenberg, System Dynamics : A Unified Approach, Jone Wiley & Sons, New York, 1990.