

## 컴팩트 디스크 플레이어 고무댐퍼의 전달율

이태근\*, 김병삼<sup>+</sup>

(논문접수일 2008. 4. 23, 심사완료일 2008. 8. 4)

### The Transmissibility of Rubber Damper in the Compact Disc Player

Tae-Keun Lee\*, Byoung-Sam Kim<sup>+</sup>

#### Abstract

The vibration and disturbances from operating the compact disk layer have an effect on the play ability. As the excitation sources of the compact disk player, there are the vibration of the motors and gears, impact by mechanical parts and the external excitations. So, most of the compact disk player have a anti-vibrational system, which is included some rubber or oil dampers. In this study, the vibration characteristics of rubber damper which is used home compact disk player are investigated. The materials and shape of rubber damper are changed, and the transmissibility is measured. As a conclusion, the natural frequency is moved to higher frequency and the transmissibility is reduced by the increasing rubber stiffness. In comparison to butyl rubber damper, the transmissibility of silicon damper was increased by larger restitution elasticity. The hollow damper was effective to reduced the transmissibility.

**Key Words** : Compact Disc Player(컴팩트 디스크 플레이어), Loss Factor(손실계수), Rubber Damper(고무 댐퍼), Transmissibility(전달율)

### 1. 서론

컴팩트 디스크 플레이어(compact disk player, 이하 CDP라 함.)는 디스크에 기록된 작은 피트(pit)로 기록된 신호를 광픽업(pick-up)이 비접촉으로 읽어 재생하는 장치이다. 초기의 CDP는 진동이나 충격에 매우 취약하였으나, 서보(servo)제어 기술이나 메모리 장치의 발달로 인해 CDP가

진동이나 충격에 견딜 수 있는 한계를 대폭 증가시켰다. 따라서 현재의 CDP는 가정용으로부터 휴대용이나 차량용으로 까지 그 사용 범위가 확대되고 있다<sup>(1)</sup>.

CDP의 가장 중요한 기능은 음의 재생이며 CDP의 작동 중에 발생하는 진동이나 외란은 음의 재생성에 큰 영향을 미치고 있기 때문에 대부분의 가정용 CDP는 고무댐퍼를 이용한 방진 시스템을 이용하고 있다.

\* 광원택(주) CDD 개발팀

<sup>+</sup> 교신저자, 원광대학교 기계자동차공학부 (anvkbs@wonkwang.ac.kr)

주소: 570-749 전라북도 익산시 신용동 344-2

고무 재료는 뛰어난 감쇠특성, 성형성 및 가격 경쟁력 등으로 인해 대부분의 방진시스템에 널리 이용되고 있다. 그러나 고무재료의 기계적 특성이 비선형적이기 때문에 성능의 예측은 매우 힘들며 이에 따라 많은 분야에서의 고무 부품 적용은 시행착오법을 이용하고 있다.

광디스크 드라이브에 관한 연구동향으로 Lee, T.K. et al은 차량탑재용 콤팩트 디스크 플레이어의 진동특성과 전달율 특성을 실험적으로 규명하였고<sup>(2,3)</sup>, Kim, K.W. et al은 광디스크 드라이브 방진마운트의 설계에 있어서 고무의 주파수 의존성과 예하중 의존성을 고려하여 형상과 재질의 정보로부터 동특성을 예측하였다<sup>(4,5)</sup>. Kang, B.J et al은 광디스크 드라이브에 고무마운트를 이용한 흡진장치를 슬레이드 베이스에 부착하여 슬레이드 베이스의 진동저감효과를 예측하였다<sup>(6)</sup>. Chang, S. H. et al은 고배속 CD-Rom Drive의 고무진동댐퍼의 감쇠를 향상시키기 위해 코어를 삽입하여 실험 및 해석을 수행하였으며<sup>(7)</sup>, 고무의 감쇠효과를 강화하기 위한 진동댐퍼에 관해 많은 연구들이 수행되고 있다<sup>(8-11)</sup>.

CDP가 디스크의 고밀도화, 고배속화 됨에 따라 광픽업의 정밀한 위치 및 오차제어가 요구되고 있으며, 이에 따라 CDP 작동시의 진동이나 외란에 민감하게 반응하게 되고 방진시스템의 성능 향상이 필수적이다. 외부로부터의 진동이나 외란으로부터 광디스크 드라이브에 전달되는 진동량 및 진동특성을 파악하기 위해서는 전달율에 대한 검토가 필수적이다. 따라서 본 연구에서는 가정용 CDP에 사용되고 있는 고무댐퍼의 전달율을 파악하기 위하여 고무댐퍼의 형상을 변경시켰고, 본 연구에 사용된 고무의 재질을 변화시켜 전달율을 측정하였다.

## 2. 고무댐퍼의 전달율 특성

### 2.1 고무댐퍼의 형상 및 재질 특성

Fig. 1은 가정용 CDP의 방진시스템에 사용되는 고무댐퍼

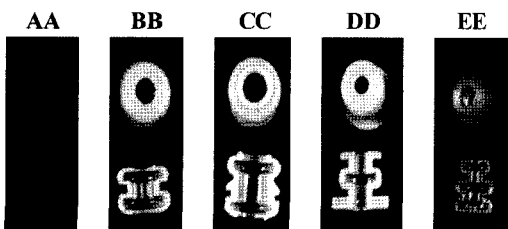


Fig. 1 The shape of rubber damper

의 형상을 나타내고 있다. 본 연구에 사용된 고무댐퍼의 재질은 부틸고무와 실리콘 재질이다.

부틸고무(isobutylene isoprene rubber(IIR))는 이소부틸렌에 수 %의 이소프렌을 중합한 합성고무로 내오존성, 내노화성, 내후성, 전기적 성질이 우수하다. 또한 각종 기체의 투과성이 극히 작으며 공기의 투과성은 천연고무의 1/10 정도이다. 자동차 튜브, 전선피복 등에 많이 사용되고 있다.

실리콘(silicone elastomer)은 어떠한 형태의 다른 탄성체 소재와도 비교할 수 없는 안정된 화학 구조를 가지고 있으며, 부식성이 없고 산화되지 않는 화합물로서 내열, 내한, 전기절연, 화학적 안전성, 내마모성, 팽창성, 풍부한 탄성 등 여러 가지 특성을 갖추고 있다. 또한 가스나 열기의 투과율이 커서, 공기의 투과율은 폴리에틸렌의 약 100배, 일반 합성고무의 10-20배의 값을 나타내며 화학적 합성, 반응 및 배합(compounding) 기술에 의해 자유롭게 물리적, 전기적 특성(초절연, 초내열, 초난연 등)을 부여할 수 있는 첨단 소재이다.

### 2.2 고무댐퍼의 전달율 측정

#### 2.2.1 진동전달율의 정의<sup>(3)</sup>

Fig. 2와 같은 CDP의 구조에 있어서 CDP 진동 성능을 좌우하는 중요한 요소는 광픽업을 포함한 메인 베이스부이다. 전달율 측정을 위한 가진 방향은 Fig. 2와 같이 상하(z), 전후(y), 좌우(x)와 같이 정의한다.

Fig. 3으로부터 운동방정식은 식 (1)과 같다.

$$m\ddot{x} + c(\dot{x} - \dot{x}_b) + k(x - x_b) = 0 \quad (1)$$

식 (1)에서  $x(t)$ 와  $x_b(t)$ 를 식 (2)와 같이 정의하였다.

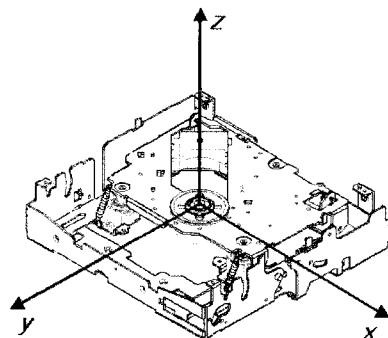


Fig. 2 The structure of CDP

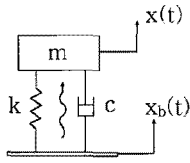


Fig. 3 Vibration model to introduce transmissibility

$$\begin{aligned}
 x &= X \cdot e^{i\omega t} \\
 x_b &= X_b \cdot e^{i\omega t}
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

식 (1)은 식 (3)과 같이 정리된다.

$$(-m\omega^2 + i c\omega + k) X = (i c\omega + k) X_b
 \tag{3}$$

식(3)에서  $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$ , 따라서, 진동 전달율(transmissibility)은 식(4)와 같이 정의할 수 있다.

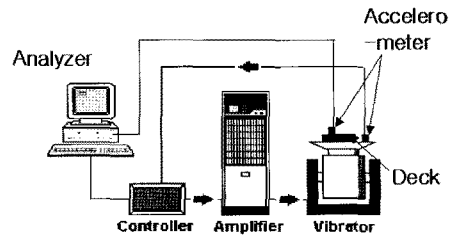
$$TR = \left| \frac{X}{X_b} \right| = \frac{\sqrt{1 + [2\zeta(f/f_n)]^2}}{[1 - (f/f_n)^2]^2 + [2\zeta(f/f_n)]^2}
 \tag{4}$$

식 (4)에서  $f$  : 가진주파수  
 $f_n$  : 시스템의고유진동수

### 2.2.2 전달율(transmissibility) 측정

외부로부터 입력되는 진동에 대한 메인 베이스부의 진동 전달율을 측정하였다. 외부로부터 가진되는 진동원으로는 가진기(shaker)를 이용하였으며, CDP의 삽입부를 기준으로 상하/전후/좌우방향으로 가진하였다. 댐퍼와 스프링으로 메인 베이스부를 지지하고 있으나, 본 연구에서는 댐퍼의 재질 및 형상에 대한 영향을 조사하기 위하여 댐퍼의 형상과 재질을 변경하며 전달율을 측정하였다. Fig. 4는 전달율 측정을 위한 실험 장치도이다.

분석기로부터 외부 진동입력에 대한 가진주파수와 진폭 정보가 제어기(controller)에 전달된다. 전달된 신호는 증폭기(amplifier)에 의해 증폭되고 가진기를 구동시키게 된다. 가진되는 정보를 얻기 위해 가진기 상에 설치된 수직판/수평판(slip table) 위에 가속도계를 고정하였고, 메인 베이스부의 질량중심 및 픽업에서의 전달율을 구하기 위해 가속도계를 설치하였다. 가진기상에 설치된 가속도계 및 측정물에 설치된 가속도계의 신호로부터 식 (4)를 이용하여 전달율을 구할 수 있다.



Instrument	Model
Analyzer & Controller	Dactron
Amplifier	LDS SPA80K
Vibrator	LDS V830-185T/LPT600
Accelerometer	PCB 353B03, 352C22

Fig. 4 Experimental setup for transmissibility test

Table 1 The material and hardness of rubber damper

Damper	Shape	Material	Hardness (deg)	Remarks
A	AA	IIR	15	Isobutylene Isoprene Rubber
B	AA	IIR	30	Isobutylene Isoprene Rubber
C	AA	Silicon	32	
D	AA	Silicon	35	
E	BB	IIR	15	Isobutylene Isoprene Rubber
F	BB	Silicon	31	
G, H	BB	Silicon	38	H:Non-compression
I	CC	Silicon	31	
J	CC	Silicon	35	
K	DD	Silicon	38	
L	EE	IIR	5	Isobutylene Isoprene Rubber

가진신호는 5~500Hz, 1G의 스위프사인(sweep sine)을 사용하였고, 픽업의 위치는 진폭이 가장 큰 최외주에 위치하였다. 특히, 전달율에 대한 고무댐퍼의 형상 및 재질의 영향을 파악하기 위해, 고무댐퍼의 형상은 Fig. 1과 같이 5종류로 변화시켰고, 고무의 재질은 부틸고무와 실리콘 고무로써 경도를 변화시키며 실험하였다.

Table 1은 본 연구에 사용된 댐퍼의 고무 재질 및 경도이다. 여러 가지 형상의 고무댐퍼를 평가하기 위해 Fig. 5와 같이 메인 베이스부만을 분리하여 측정할 수 있는 평가 장치를 사용하였다.

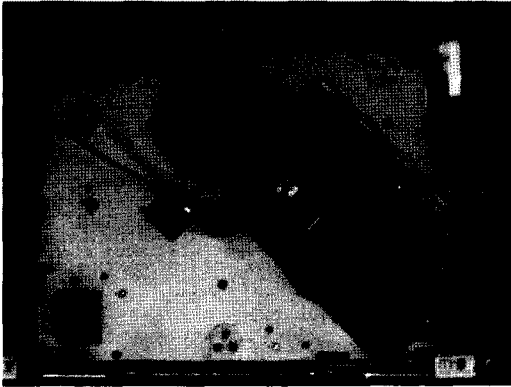


Fig. 5 Mainbase test jig

### 2.2.3 손실계수

고무를 이용한 진동댐퍼 선정을 위해 고무의 물성 측정이 중요하다. 고무는 점탄성의 물성을 가진 재료이기 때문에 고무가 사용되는 전체 범위에서의 물성치를 구해야만 한다. 점탄성재료의 물성을 구하는 방법은 크게 공진방법(resonance method)과 비공진 방법(non-resonance method)으로 나눌 수 있는데 본 연구에서는 공진방법을 이용하여 손실계수를 구하였다.

전달율 측정 결과로부터 공진주파수에서의 전달율을 이용하여 식 (5)와 같이 손실계수를 구할 수 있다<sup>(7)</sup>.

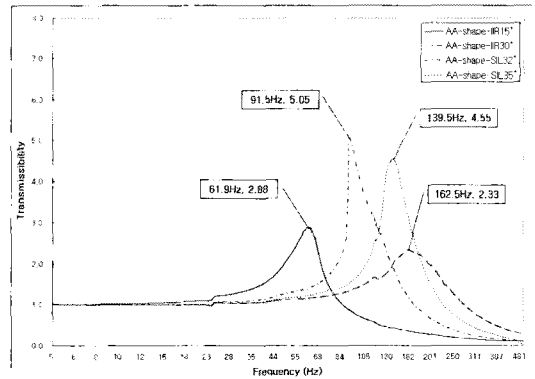
$$\eta = \sqrt{(A^2 - 1)^{-1}} \quad (5)$$

식 (5)에서  $\eta$ 는 손실계수, A는 공진주파수에서의 진폭비이다.

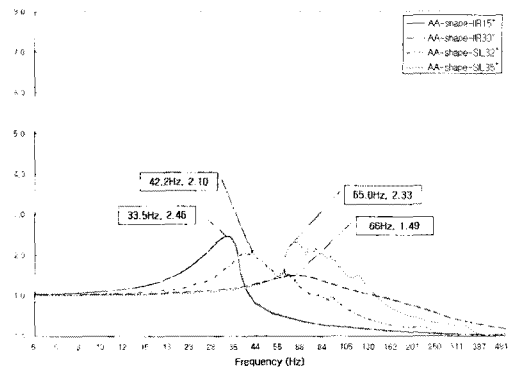
### 3. 실험결과 및 고찰

Fig. 6은 'AA' 형상의 댐퍼에 고무재질을 변경한 경우의 전달율을 나타낸 것이다. 모든 가진방향에 대하여 부틸고무의 경우에 경도증가에 따라 고유진동수는 고주파대역으로 이동하였고, 전달율은 감소하였다. 실리콘의 경우는 경도의 증가에 따라 고주파대역으로 이동하지만 전달율은 상하방향만 감소하고, 전후/좌우방향 전달율은 증가하고 있음을 볼 수 있다.

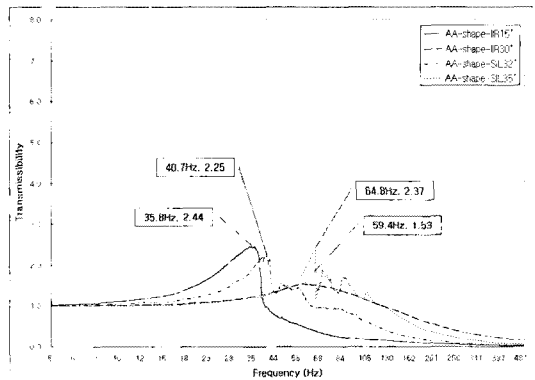
Fig. 7, 8은 각각 'BB' 형상, 'CC' 형상의 댐퍼에 고무재질을 변경한 경우에 대한 전달율을 나타내고 있으며, 모든 가진방향에 대하여 경도가 증가하면 고유진동수는 고주파대



(a) Up-down direction

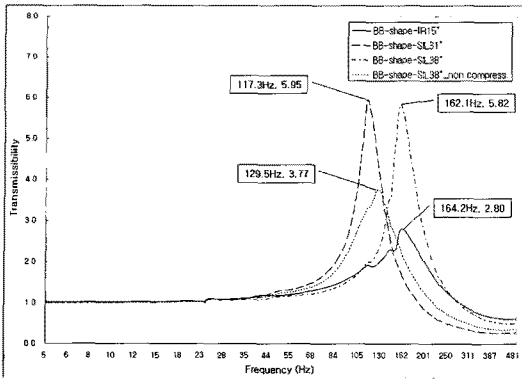


(b) Side-side direction

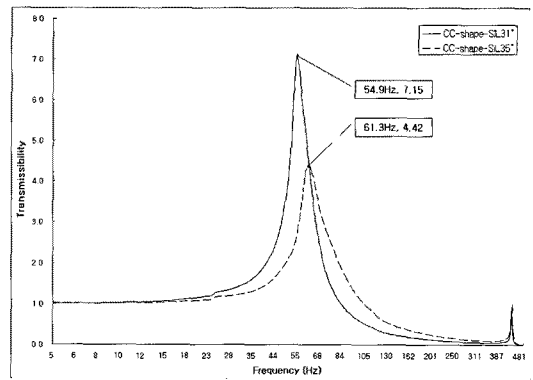


(c) Front-back direction

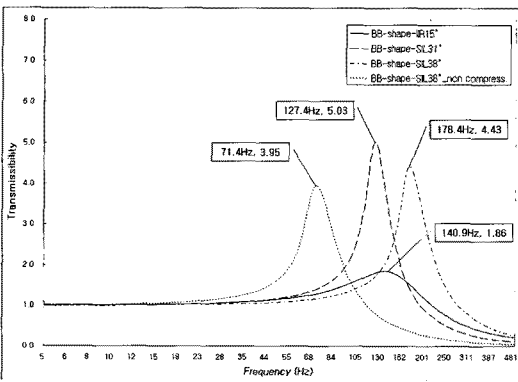
Fig. 6 The transmissibility for material of damper shape 'AA'



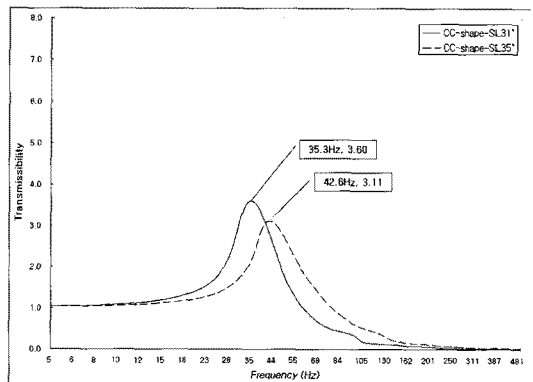
(a) Up-down direction



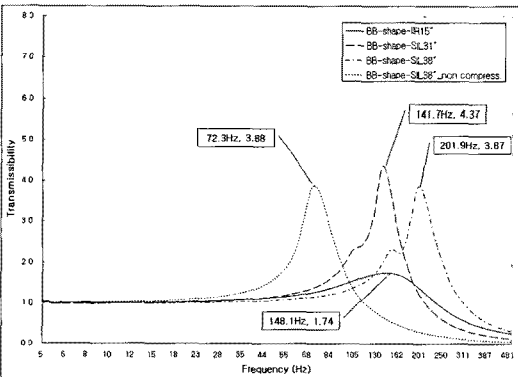
(a) Up-down direction



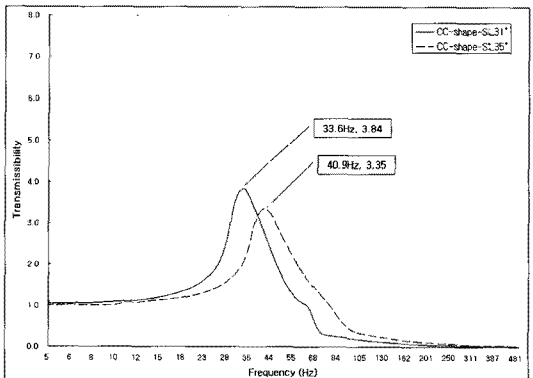
(b) Side-side direction



(b) Side-side direction



(c) Front-back direction



(c) Front-back direction

Fig. 7 The transmissibility for material of damper shape 'BB'

Fig. 8 The transmissibility for material of damper shape 'CC'

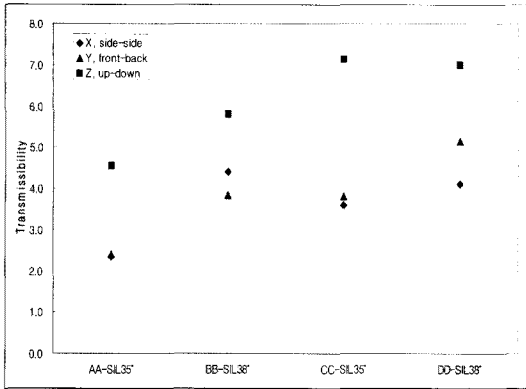


Fig. 9 The transmissibility for shape of rubber damper

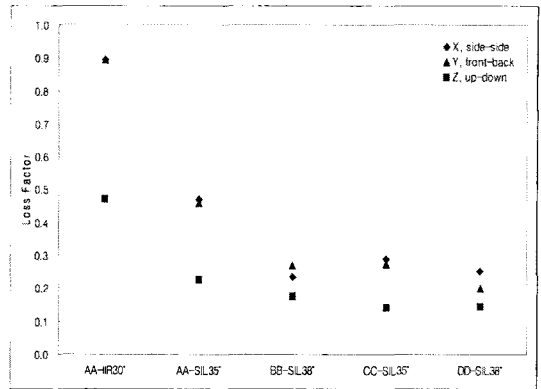
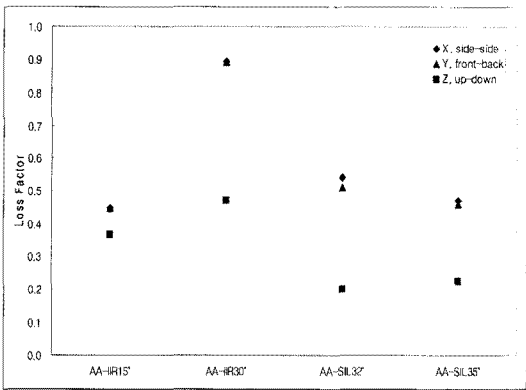
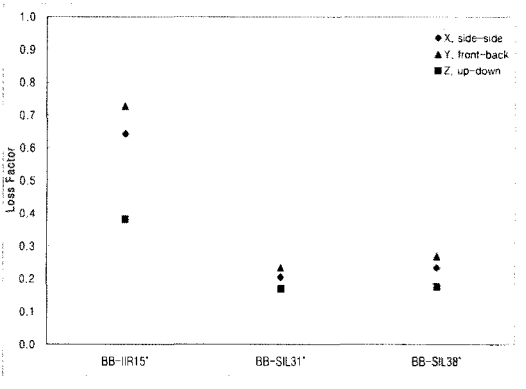


Fig. 11 The loss factor for shape of rubber damper



(a) AA-shape



(b) BB-shape

Fig. 10 The loss factor for material of rubber damper

역으로 이동하였고, 전달율은 감소함을 볼 수 있다. Fig. 7에서 비압축성(non-compress)은 댐퍼를 압축시키지 않은 상태로 체결한 것으로 댐퍼의 압축에 따라 고무의 경도가 증가하여 고유진동수는 고주파대역으로 이동하고 전달율은 증가하였다. 즉, 댐퍼의 변형에 대한 구속조건 차이에 의해 전달율이 증가하는 것으로 판단된다.

Fig. 9는 여러 가지 형상의 고무댐퍼에 대한 전달율을 실험한 결과이다. 댐퍼의 형상이 내부에 공간이 있을수록 전달율은 감소함을 볼 수 있다. 댐퍼의 재질 및 형상이 전달율을 감소시키는데 효과적임을 볼 수 있다.

Fig. 10은 동일형상의 고무댐퍼에 재질을 변경한 경우의 손실계수를 보이고 있다. 경도증가에 따라 손실계수는 증가함을 볼 수 있으며 실리콘 재질보다는 부틸고무의 손실계수가 커서 진동감쇠에 효과적임을 알 수 있다.

Fig. 11에서는 고무댐퍼의 형상에 대한 손실계수의 영향을 보이고 있다. 내부에 상대적으로 많은 고무층을 가지는 "AA"형상의 댐퍼의 손실계수가 가장 크게 나타남을 볼 수 있다.

#### 4. 결론

CDP에 사용되고 있는 고무댐퍼에 대한 전달율을 실험한 결과 다음과 같은 결론을 구하였다.

- (1) 동일 재질의 경우, 고무 경도의 증가하면 고유진동수가 고주파대역으로 이동하고, 부틸고무의 경우 전달율은 감소하며, 실리콘 재질의 경우 상하방향 전달율은 증가한다.

- (2) 부틸고무 대비 실리콘재질은 반발탄성이 커서 전달율이 증가한다.
- (3) 고무의 압축이 증가하면 고무의 경도가 증가하여 고유진동수는 고주파대역으로 이동한다.
- (4) 전달율 및 손실계수 측면에서 반발탄성이 작은 부틸고무를 사용하고, 경도가 크고 뎀퍼 내부에 많은 고무층을 함유하는 뎀퍼일수록 전달율에 유리한 것으로 판단된다.

### 감사의 글

이 논문은 2008년도 원광대학교의 교비 지원에 의해서 수행됨.

### 참고 문헌

- (1) Son, J. S., Kim, K. C., Bang, J. H., and Oh, S. K., 1997, "The Anti-vibration Design of Car use CD Player," *Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering*, Vol. 7, No. 6, pp. 894-898.
- (2) Lee, T. K. and Kim, B. S., 2005, "The Study on the Vibration Characteristics of Vehicle Compact Disk Player," *Transactions of the Korean Society of Machine Tool Engineers*, Vol. 14, No. 6, pp. 117-124.
- (3) Lee, T. K. and Kim, B. S., 2005, "An Experimental Study of the Transmissibility of Vehicle Compact Disk Player," *Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering*, Vol. 15, No. 6, pp. 764-771.
- (4) Kim, K. W., Kim, N. W., Lim, J. R., and Ahn T. K., 2001, "Dynamic Characteristics Prediction of Rubber Mounts for Anti- Vibration of an Optical Disk Drive," *Journal of the Korean Society of Precision Engineering*, Vol. 18, No. 12, pp. 104-109.
- (5) Gent, A. N., 1958, "On the Relation Between Indentation Hardness and Young's Modulus," *Rubber Chemistry and Technology*, Vol. 31, pp. 896-906.
- (6) Kang, B. J., Sin, H. C., and Chung, T. E., 2001, "A Study on Dynamic Characteristics of the Optical Disk Drive with Rubber Mount Absorber," *The Autumn Conference of the KSPE*, pp. 580-584.
- (7) Chang, S. H., Kim, H. S., Choi, J. K., and Lee, D. G., 1998, "A Study on the Design of Vibration Damper for High Speed CD-ROM Drives," *Transactions of the KSME A*, Vol. 22, No. 4, pp. 939-952.
- (8) Nakamura, T., 1991, *Recording/ Regenerating Device 3-213740(A)*, Matsushita Electronic co., Ltd., Japan.
- (9) Morikawa, S., 1991, *Vibration Proofing Damper 3-239831 (A)*, Pioneer Electron corp., Japan.
- (10) Takagi, S., 1990, *Vibration Isolating Device 2-300542 (A)*, Mitsubishi Electric corp., Japan.
- (11) Kawahara, H., 1992, *Dynamic damper 4-258549 (A)*, Toyoda Gosei co., Ltd., Japan.