

온도변화에 기인한 콤팩트디스크 플레이어의 전달률

The Transmissibility of the Compact Disc Player due to Temperature

이 태 근*·김 병 삼†·지 창 현**

Tae-Keun Lee, Byoung-Sam Kim and Chang-Heon Chi

(2009년 8월 11일 접수 ; 2009년 9월 4일 심사완료)

Key Words : Transmissibility(전달률), Compact Disc Player(컴팩트디스크플레이어), Damper(감쇠기), Rubber Hardness(고무경도), Oil Viscosity(오일점도), Resonance Frequency(고유진동수)

ABSTRACT

To investigate the vibration characteristics of compact disc player(CDP) due to excited vibration and disturbances, it is necessary to consider the transmissibility of the CDP. The disturbances as well as the temperature in the vehicle are the one of the important factors when CDP is designed. In this study, the effect on the temperature of the oil damper, which is applied to anti-vibration system of the CDP, was investigated. When the temperature was changed from -30 °C to 90 °C and the properties of the oil damper (hardness of rubber, viscosity of oil) were changed, the transmissibility was measured. When the damper rubber has the large hardness, the difference of the transmissibility and natural frequency due to temperature showed the remarkable change as compared with the those of damper viscosity.

1. 서 론

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⁽¹⁾. 현재의 CDP가 진동이나 충격에 강해졌다고 하지만 CDP의 동작원리 및 특성상 차량에 사용시의 진동이나 충격조건은 대단히 가혹한 조건이 아닐 수 없다. 따라서 차량 주행 시 발생하는 진동의 영향을 최소화하

기 위하여 광픽업을 포함한 구조물, 즉 메인 베이스부(mainbase assembly)는 스프링과 댐퍼로 지지되어 있다. 댐퍼, 스프링의 지지위치 및 물성은 CDP의 진동성능을 좌우하는 중요한 요소로서 메인 베이스부의 고유진동수가 자동차로부터 전달되는 진동주파수대(200 Hz 이내에 존재하지 않도록 하고, 광 픽업에 인가되는 진동특성을 최소화되게 설계해야 한다.

광디스크 드라이브에 관한 연구동향으로 Lee, T. K., et al은 차량탑재용 콤팩트 디스크 플레이어의 진동특성과 전달률 특성을 실험적으로 규명하였고^(2,3), Kim, K. W., et al은 광디스크 드라이브 방진마운트의 설계에 있어서 고무의 주파수 의존성과 예측 중 의존성을 고려하여 형상과 재질의 정보로부터 동특성을 예측하였다^(4,5). Kang, B. J., et al은 광디스크 드라이브에 고무마운트를 이용한 흡진장치를 슬레이드 베이스에 부착하여 슬레이드 베이스의 진동저감효과를 예측하였다⁽⁶⁾. Chang, S. H., et al은 고배속 CD-Rom drive의 고무진동댐퍼의 감쇠를 향상시키기 위해 코어를 삽입하여 실험 및 해석을 수

† 교신저자; 정희원, 원광대학교 기계자동차공학부
E-mail : anvkbs@wonkwang.ac.kr
Tel : (063)850-6697, Fax : (063)850-6666

* 대덕대학 정밀기계시스템과
** 원광대학교 기계자동차공학부

행하였으며⁽⁷⁾, 고무의 감쇠효과를 강화하기 위한 진동댐퍼에 관해 많은 연구들이 수행되고 있다⁽⁸⁻¹¹⁾.

CDP가 디스크의 고밀도화, 고배속화됨에 따라 광픽업의 정밀한 위치 및 오차제어가 요구되고 있으며, 이에 따라 CDP 작동시의 진동이나 외란에 민감하게 반응하게 되고 방진시스템의 성능 향상이 필수적이다. 자동차와 같은 가혹한 환경내에서의 작동하는 CDP는 외부로부터의 진동이나 외란으로부터 광디스크 드라이브에 전달되는 진동량 및 진동 특성을 파악하기 위해서는 전달률에 대한 검토가 필수적이다. 또한 외란과 더불어 차내의 온도에 의하여 영향도 반드시 고려해야할 사항이다. 따라서 이 연구에서는 차량용 CDP에 사용되고 있는 댐퍼의 온도에 따른 영향을 파악하였다. 이를 위하여 온도를 -30℃ ~ 90℃로 변경시키고 댐퍼의 물성을 변경시키며 전달률을 측정하였다.

2. 진동전달률 측정

2.1 댐퍼의 형상

오일댐퍼는 외부로부터의 진동이나 충격력을 감쇠하는 기능을 가지며, Fig. 1과 같은 고무형상을 가진 고무 본체내에 점성이 큰 오일을 봉입한다. 메인베이스와 댐퍼는 메인베이스에 부착된 축(shaft)으로 연결되며, 외부력에 의한 변형에 따라 이 고무본체가 변형하여 내부의 오일점성에 의한 에너지 손실을 유발하여 감쇠효과를 일으키게 한다. 오일댐퍼의 위치 선정시에는 메인베이스의 질량중심과 댐퍼의 3지점의 도심이 일치하도록 하여 기울어짐 진동모드를 방지한다⁽³⁾. CDP의 진동성능을 유지하도록 메인베이스의 무게와 가진조건을 감안하여 고무의 강성과 오일의 점도를 조절하여 설계하게 된다.

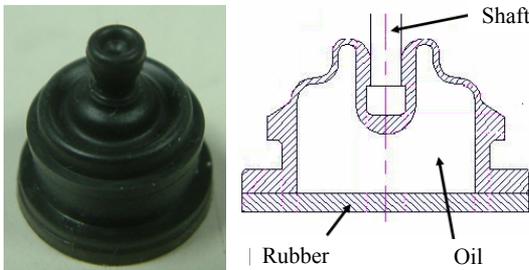


Fig. 1 The shape of oil damper

2.2 진동전달률의 정의

(1) 진동전달률의 정의⁽³⁾

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

이 연구에서는 상하방향 운동만을 고려하였으며, Fig. 3으로부터 운동방정식은 식 (1)과 같다.

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

여기서, m : 메인베이스부 질량

c : 메인베이스 지지시스템의 감쇠계수

k : 메인베이스 지지시스템의 스프링상수

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

$$x = X \cdot e^{i\omega t} \quad (2)$$

$$x_b = X_b \cdot e^{i\omega t}$$

여기서, X, X_b 는 각각 메인베이스부와 가진기의 진폭이며 식 (1)은 식 (3)과 같이 정리된다.

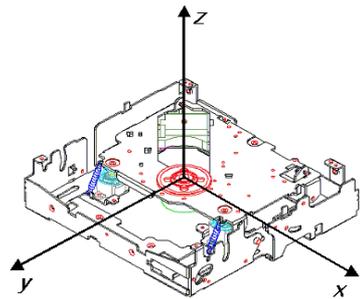


Fig. 2 The structure of CDP

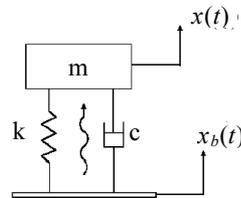


Fig. 3 Vibration model to introduce transmissibility

$$(-m\omega^2 + ic\omega + k)X = (ic\omega + k)X_b \quad (3)$$

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

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

식 (4)에서 f : 가진주파수
 f_n : 시스템의 고유진동수
 ζ : 감쇠비

(2) 전달률(transmissibility) 측정

노면에 의해 가진되는 주파수를 파악하기 위한 기존의 연구결과로부터⁽³⁾, 관심 주파수대역을 500 Hz 이내로 선정하고 가진기를 이용하여 가진하였다.

복합환경챔버를 이용하여 온도를 조절하였으며, 외부로부터 입력되는 진동에 대한 메인 베이스부의 진동 전달률을 측정하였다. 외부로부터 가진되는 진동원으로는 가진기(shaker)를 이용하였으며, CDP의 삽입부를 기준으로 상하방향으로 가진하였다. 댐퍼와

스프링으로 메인 베이스부를 지지하고 있으며, 이 연구에서는 온도에 따른 영향을 조사하기 위하여 온도를 변경시켜가며 전달률을 측정하였다. Fig. 4는 전달률 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 위에 가속도계를 고정하였고, 메인 베이스부의 질량중심에서의 전달률을 구하기 위해 가속도계를 설치하였다. 가진기상에 설치된 가속도계 및 측정물에 설치된 가속도계의 신호로부터 식 (4)를 이용하여 전달률을 구할 수 있다. 가진신호는 5~500 Hz, 1G의 스위프사인(sweep sine)을 사용하였다. 온도의 영향을 파악하기 위해 챔버의 온도를 -30 °C~90 °C로 변화시키고 댐퍼의 물성을 변경시키며 실험을 수행하였다. Table 1은 이 연구에 사용된 댐퍼의 물성이다. 오일댐퍼의 본체를 구성하고 있는 고무의 경도는 현재 상용화된 제품에 주로 사용하고 있는 25°와 40°를 선정하였고, 오일의 점도는 0.03~0.8 m²/s로 변경시켰다.

3. 실험결과 및 고찰

Fig. 5는 상온에서의 전달률 실험 결과로서, CDP 방진시스템의 고유진동수인 22 Hz에서 피크를 보이고 있고, 광픽업을 지지하고 있는 지지계의 영향에 따라 고주파 영역에서의 전달률이 큰 값을 보이고 있다.

Fig. 6은 온도변화에 따른 전달률의 변화를 도시하고 있다. 저주파수 영역에서는 고온일수록 전달률이 상승하고 있고, 고주파 영역에서는 저온일수록 전달률이 큰 폭으로 상승하고 있음을 볼 수 있다. 또한 고주파수 영역일수록 온도에 대한 영향이 크

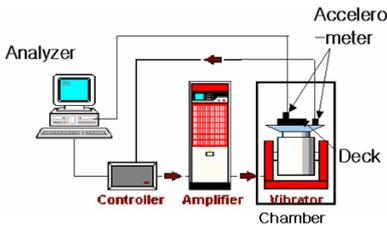


Fig. 4 Experimental setup for transmissibility test

Table 1 The properties of oil damper

Damper	Hardness	Viscosity (m ² /s)
25D_100Kcs	25	0.1
25D_800Kcs	25	0.8
40D_30Kcs	40	0.03
40D_100Kcs	40	0.1
40D_800Kcs	40	0.8

게 나타나고 있음을 볼 수 있다.

Fig. 7은 상온, -30℃, 90℃에서의 여러 가지 오일댐퍼에 대한 전달률 특성 곡선이다. 온도증가에 따라 저주파수 대역의 전달률은 증가하고, 고주파수 대역의 전달률은 감소함을 볼 수 있다.

CDP의 가장 중요한 기능은 음의 재생성이며, 차량내에서 CDP에 작용하는 진동이나 외란에 대해서 음의 재생성에 가장 큰 영향을 미치는 인자는 저주파대역의 가진영역으로 알려져 있다. 특히 이 대역은 CDP에 적용되고 있는 방진시스템의 1차 고유진동수 대역과 유사하기 때문에, 이 연구에서는 CDP 방진시스템의 1차 고유진동수 대역에 대한 전달률의 변화를 고찰하고자 한다.

Figs. 8, 9는 댐퍼고무의 경도와 오일의 점도를 변화시키고 온도를 증가시키에 따라 전달률과 1차 고유진동수의 변화를 파악한 그림이다. Fig. 8에서 오일의 점도가 클수록 저온에서 고온까지의 온도범위에 대한 전달률은 감소하였고 1차 고유진동수는

증가하였다. 또한 경도가 클수록 오일점도는 큰 영향을 미치고 있음을 볼 수 있다. Fig. 9에서 고무의 경도가 클수록 저온에서의 전달률이 크고, 고온에서는 낮게 나타나며 1차 고유진동수는 저온에서 큰 폭으로 변화함을 볼 수 있다. Figs. 8, 9로부터 고무의 경도가 25인 경우 온도증가에 따라 전달률은 증가하고 있으나, 40인 경우는 저온에서는 큰 폭으로 증가하고 상온 이상의 고온에서는 미세하게 증가하는 것으로 파악된다. 1차 고유진동수는 온도증가에

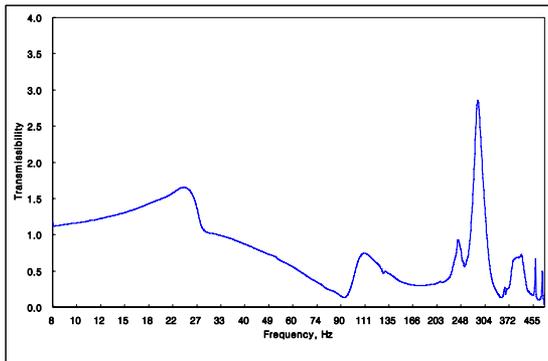


Fig. 5 The transmissibility at the room temperature

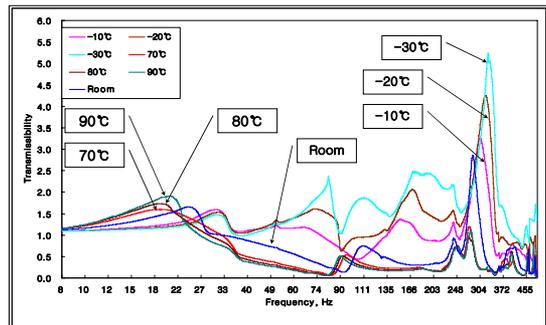
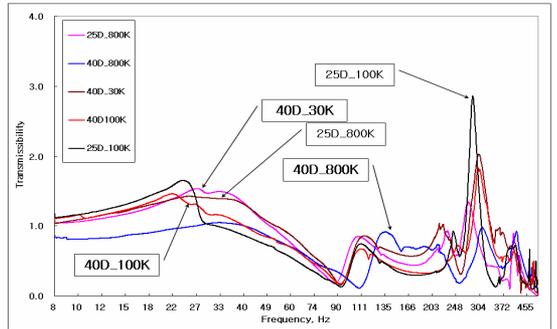
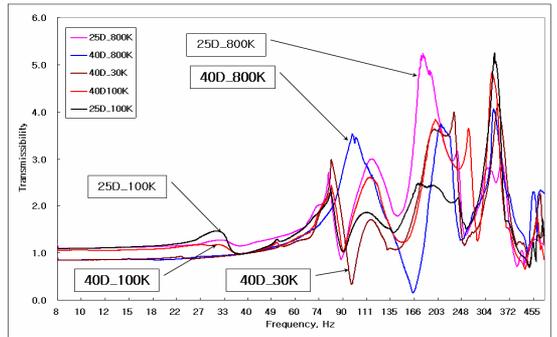


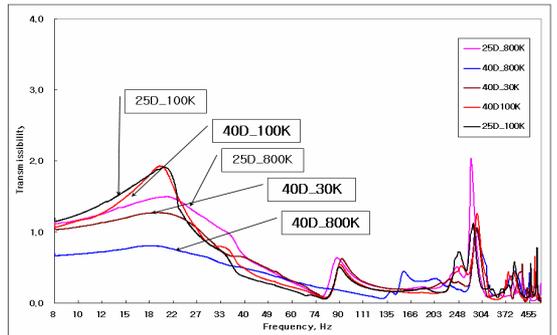
Fig. 6 The transmissibility at the various temperature (Damper : 25D_100K)



(a) Room temp.



(b) -30℃

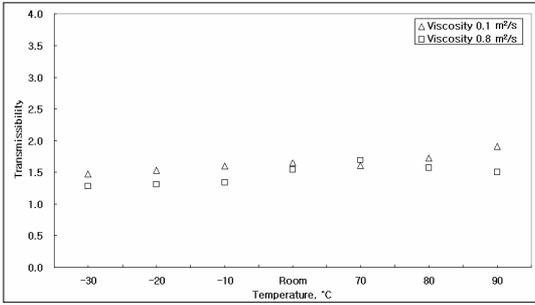


(c) 90℃

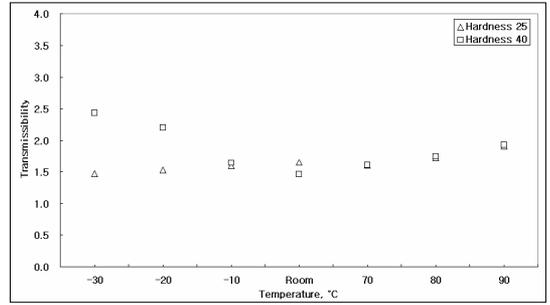
Fig. 7 The transmissibility of the various oil damper

따라 감소하는 경향을 보인다. 이는 온도변화에 따라 댐퍼본체의 고무와 오일의 물성변화에 따른 것

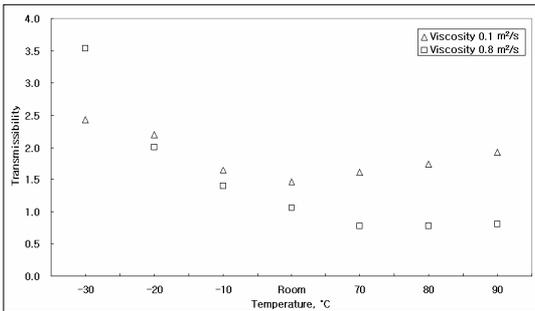
으로 파악된다. 즉 분자체인들 사이의 내부 점성 때문이며 이 성질은 온도에 의해 영향을 받는다. 이는



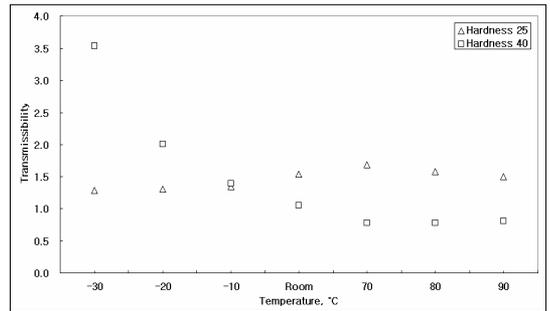
(a) Transmissibility for rubber hardness 25



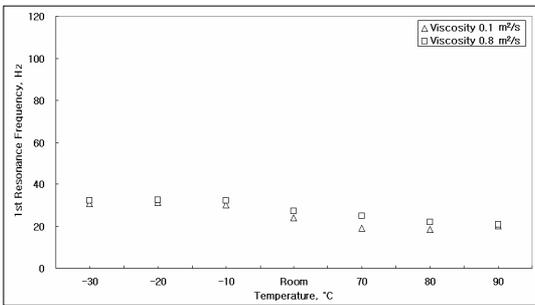
(a) Transmissibility for oil viscosity $0.1 \text{ m}^2/\text{s}$



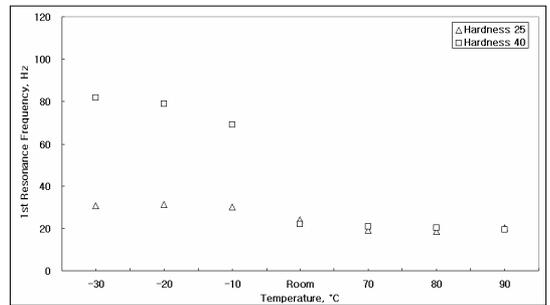
(b) Transmissibility for rubber hardness 40



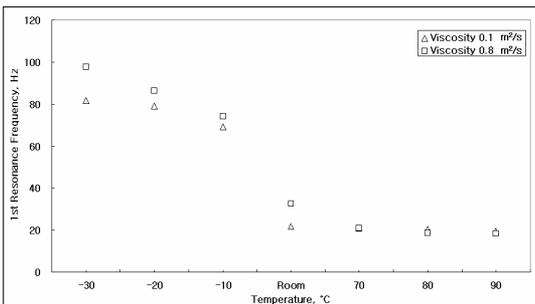
(b) Transmissibility for oil viscosity $0.8 \text{ m}^2/\text{s}$



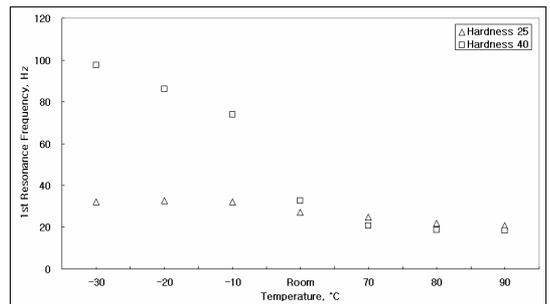
(c) 1st resonance frequency for rubber hardness 25



(c) 1st resonance frequency for oil viscosity $0.1 \text{ m}^2/\text{s}$



(d) 1st resonance frequency for rubber hardness 40



(d) 1st resonance frequency for oil viscosity $0.8 \text{ m}^2/\text{s}$

Fig. 8 The effect of the oil damper viscosity according to temperature

Fig. 9 The effect of the rubber stiffness according to temperature

분자들의 이동률에 의한 영향인데 온도가 올라가면 이동률이 크게 증가하게 된다. 일반적으로 주파수와 진폭을 일정하게 유지한 채로 온도를 낮추면 어느 온도영역에서는 탄성계수가 급격히 상승하는데 이 온도영역을 전이역(transition region)이라고 하며, 일반적으로 고무의 전이온도는 $-50\sim-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 에 해당하기 때문에⁽¹²⁾, 이 연구에서는 고무의 전이현상은 나타나지 않았다.

댐퍼고무의 경도가 클수록 온도에 대한 전달률과 고유진동수의 변화폭이 크게 나타나고 있음을 볼 수 있고 점도증가에 따라, 전달률은 감소하는 경향을 보였다.

이러한 결과로부터 댐퍼오일의 점도보다는 댐퍼고무의 경도가 온도변화에 민감한 반응을 보이는 것으로 판단된다. 이 연구에 사용된 방진시스템의 경우, CDP가 사용되는 자동차내의 온도를 고려하면 온도에 따른 물성의 변화폭이 작은 낮은 경도를 가진 댐퍼를 채용해야할 것으로 판단된다.

4. 결 론

차량용 CDP는 차량내의 가혹한 환경조건에서도 음의 재생성 하락이 없도록 설계해야 한다. 이 연구에서는 차량의 온도조건을 감안하여 $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 에서 $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ 로 변화시켜가며, 음의 재생성에 영향을 미치는 여러 가지 인자중의 하나인 전달률의 변화를 조사하였다.

온도변화에 따라 CDP의 중요요소인 메인베이스를 지지하고 있는 오일댐퍼의 본체고무와 오일의 물성이 변화하게 되고 이에 따라 전달률이 변화하게 된다.

전체적인 환경조건을 고려하여 CDP에 사용된 오일댐퍼의 물성을 적절히 선택해야 최적의 진동성능을 보일 것으로 판단된다.

후 기

이 논문은 2009년도 원광대학교의 교비 지원에 의해서 수행됨

참 고 문 헌

(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 Adsorber," 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, JP Patent : 3-213740(A).

(9) Morikawa, S., 1991, Vibration Proofing Damper, JP Patent : 3-239831(A).

(10) Takagi, S., 1990, Vibration Isolating Device, JP Patent : 2-300542(A).

(11) Kawahara, H., 1992, Dynamic Damper, JP Patent : 4-258549(A).

(12) Woo, C. S., Kim, W. D., Kim, K. S. and Kwon, J. D., 2002, "An Experimental Study on the Dynamic Characteristics of Rubber Isolator," Elastomer, Vol. 37, No. 3, pp. 183~191.