

흡진기 부착 광디스크 드라이브의 동특성 연구

강봉진*(서울대 기계항공공학부), 신효철(서울대 기계항공공학부),
정태은(인덕대학 메카트로닉스과)

A Study on Dynamic Characteristics of the Optical Disk Drive with Rubber Mount Absorber

B. J. Kang (Mech. Eng. Dept., SNU), H. C. Sin (Mech. Eng. Dept., SNU),
T. E. Chung (Mechatronics Eng. Dept., IIT)

ABSTRACT

As the optical disk drive is getting applied to wider ranges, higher density of media and higher velocity of spindle motor are demanded and therefore its design criterion is becoming more strict. Especially, the vibration problem is one of the most important factors to be considered for reliable performance. In this study, the possibility of the application of the vibration absorber using rubber mount was investigated by 3 dimensional modeling and analysis by Recurdyn program. The model chosen was a vibration absorber using rubber mount installed on the sled base of the optical disk drive.

Key Words : Optical Disk Drive (광디스크 드라이브), Rubber Mount (고무 마운트), Unbalance Mass (불평형 질량), Vibration Absorber (흡진기), Vibration Problem (진동 문제)

1. 서론

최근 광 디스크 드라이브는 취급하는 정보의 분량이 증가함에 따라 용량, 속도, 신뢰성 등의 성능이 더욱 더 엄격하게 요구되고 있다. 대용량화, 고밀도화 되어감에 따라 데이터 전송률의 증가에 대한 요구가 있게되고 CD-ROM이나 DVD-ROM은 데이터 전송률을 높이기 위한 디스크 회전속도의 증가에 관심이 집중되어 왔다. 최근 3년 동안 CD-ROM의 경우 회전속도가 8배속에서 48-52배속으로 비약적인 증가가 있었다. 또한 CD-ROM과 DVD-ROM은 이미 초임계속도에서 디스크가 회전하고 있다.

광 디스크 드라이브에서 가공 및 조립 오차와 기계적 진동은 대물 렌즈의 트래킹과 포커싱 구동시 위치 오차를 야기 시킨다. 고밀도의 디스크에서는 흠집과 작은 결함들에 의해 발생하는 오차도 무시할 수 없으나 디스크/스핀들 시스템과 광 픽업에서 발생하는 진동은 이러한 오차에 중대한 영향을 일으켜 데이터의 읽기 쓰기를 불가능하게 하는 요인이 된

다. 광 디스크 드라이브에서 중요한 진동은 디스크의 질량 불균형, 스핀들에 의한 가진, 기계적 공진, 임계회전속도 불안전성 등을 포함한다. 그런데 데이터 전송률을 높이기 위한 디스크 회전속도의 증가는 질량 불균형에 의한 가진을 더욱 더 증폭시키게 되어 광 디스크 드라이브의 기계적 진동을 가중시키게 된다. 디스크와 픽업 시스템 양쪽에서 진동을 줄이는 기술은 디스크 드라이브의 저장밀도 및 성능을 향상시키기 위해 절대적으로 필요하다

이러한 진동 문제를 해결하기 위해 기존 CD-ROM 드라이브에서는 볼자동평형장치(Automatic ball balancer)와 고무 마운트(Rubber Mount)를 사용한 흡진기가 사용되었다. 그러나, 이러한 장치를 사용한 광 디스크 드라이브 설계에 있어서, 합리적인 해석에 의한 설계보다는 시행착오에 의한 설계가 주로 이루어졌다. 따라서 실제 생산 현장에서는 예측 가능한 합리적인 설계가 활발히 이루어지지 못하고 있다.

따라서 본 연구에서는 CDRW 드라이브에 고무

마운트를 이용한 흡진장치를 슬래드 베이스에 부착하여 슬래드 베이스의 진동저감 효과를 예측해보고 이를 토대로 고무 마운트를 이용한 흡진장치 사용의 유용성을 평가 하고자 한다. 그리고 이 연구에서는 실험을 통한 직접적인 해석 대신 FunctionBay, Inc.에서 개발한 RecurDyn이라는 해석 프로그램을 이용해 실제 CDRW 드라이브와 유사한 3차원 모델을 이용해 해석을 수행하여 고무 마운트를 이용한 흡진장치 사용의 결과를 예측해 볼 것이다.

2. 본론

2.1 흡진기에 대한 이론적 고찰

흡진기(Dynamic Vibration Absorber)는 기계장치의 과도한 진동을 감소시키거나 제거하기 위하여 사용되는 기계적 부품으로, 흡진기 응용의 핵심은 흡진기 자체의 고유진동수를 가진력의 진동수에 일치시켜서 흡진기가 부착된 기계장치의 진동이 그 특정 가진 진동수 부근에서 매우 작게 되게 하는 것이다. 이 부착물은 Fig. 1에서 볼 수 있듯이 통상 질량(관성)부분 M_v 와 스프링(강성)부분 K_h 로 구성된다.

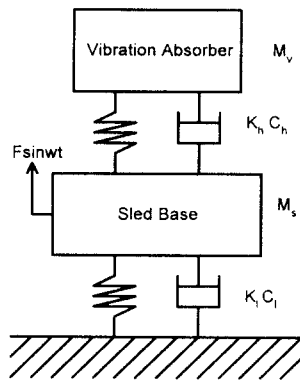


Fig. 1 Vibration absorber

또한, Fig. 1에서 2자유도계의 운동 방정식은 다음과 같이 구해진다.

$$\begin{bmatrix} M_s & 0 \\ 0 & M_v \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \ddot{x}_1 \\ \ddot{x}_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} C_l + C_h & -C_h \\ -C_h & C_h \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} K_l + K_h & -K_h \\ -K_h & K_h \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F \sin \omega t \\ 0 \end{bmatrix} \quad (1)$$

2.2 흡진기로서의 고무 마운트

고무재료는 뛰어난 감쇠특성, 성형성 및 가격 경쟁력 등으로 대부분의 기계구조물의 방진/방충장치

로 사용된다. 그러나 고무재료의 기계적 특성이 워낙 난해하여 설계 단계에 있어 엄밀한 부품기능성을 만족시키기 어려운 일이며, 일단 제작한 후 그 기계적 특성을 확인하고 다시 제작하는 시행착오법이 주종을 이루고 있다. 본 연구에서는 흡진기로서 고무 마운트가 사용될 때의 동특성인데, 광디스크 드라이브에 사용되는 고무 마운트에 대한 연구로는 김국원 [5] 등이 있다.

2.3 흡진기가 부착된 광디스크 드라이브의 모델링

3차원 Modeling 및 해석 수행을 위해 상용 CDRW 드라이브 제품을 단순화시킨 등가 모델을 Fig.2에 나타내었다.

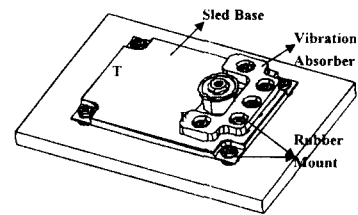


Fig. 2 Schematic diagram of optical disk drive

모델은 Fig. 2와 같이 슬래드 베이스가 고정 플레이트에 네 개의 고무 마운트로 지지되어있고, 그 위에 부가질량과 네 개의 또 다른 고무 마운트로 구성된 흡진기가 부착되어 있다. 또한, 그림의 T와 F로 표시된 점에서 각각 트래킹과 포커싱 방향의 가속도를 구하여 각 모델별로 비교해 볼 것이다.

2.3.1 RecurDyn을 이용한 모델링

Fig. 2의 모델을 RecurDyn을 이용해 모델링 한 것은 Fig. 3과 같다.

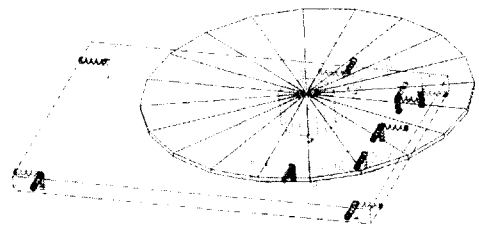


Fig. 3 3-D model using RecurDyn

여기서 슬레드 베이스와 흡진기 사이를 연결하는 고무 마운트는 감쇠 효과를 가지는 스프링으로 간주하였다. 또한 수직방향(포커싱 방향)뿐만 아니라 횡방향(트래킹 방향)의 효과도 고려하기 위해 스프링을 각 지점에 대해 3방향(X, Y, Z)으로 표현하였고 각 방향(포커싱과 트래킹)에 대한 강성계수와 감쇠계수를 구별하여 적용하였다. (포커싱 방향: Z, 트래킹 방향: X, Y)

고정관은 단순한 고정의 기능만을 하므로 모델링에서 제외하고 슬레드 베이스의 스프링 끝을 고정(ground)시키는 것으로 그 역할을 대신하게 하였다.

2.3.2 물성치 및 설계조건

Fig. 3의 모델은 아래 표와 같은 물성치와 계산조건 하에서 해석이 수행되며, 해석결과 중 슬레드 베이스의 트래킹/포커싱 방향의 가속도를 검토하여 흡진기 장착의 타당성을 조사하게 된다.

Table 1 Material properties of each part

	SledBase	Absorber	Motor	Disk
Mat'l	Al	SUS304		PC LEXAN
Mass	200.0	110.2	24.5	16.5
Density	0.00288	0.00833		0.000912
Ixx	149337.27	82102.1	1100	14856.4
Iyy	429973.4	18959.4	1100	14856.4
Izz	281901.7	99886.5	1050	29705.7

* unit : mass [g], density [g/mm³], I [kg/mm²]

Table 2 Modeled physical properties of sled base (Basic model)

Direction	Case 0	
	Focusing	Tracking
Mass (g)	224.5	
Stiffness (N/mm)	17.6528	8.8612
Damping factor	0.279	0.251
Natural frequency (Hz)	42.0	30.0

Table 1은 모델링 된 각 부품의 물성치 및 관성모

멘트를 나타내었고, Table 2은 흡진기가 부착되지 않은 모델에 대한 계산조건이고, Table 3은 흡진기가 각각 다른 강성을 가지고 부착된 모델(Case 2/Case 3)에 대한 계산조건이다. 또한, 디스크 자체의 질량 불평형을 상징하여, 불평형질량 0.001 kg을 디스크 중심에서 0.01 m떨어진 곳에 가하여 해석하였다.

Table 3 Modeled physical properties of vibration absorber (Mount model)

Direction	Case 1	
	Focusing	Tracking
Mass (kg)	0.110	
Stiffness (N/m)	23285.5	12265
Damping factor	0.203	0.193
Natural frequency (Hz)	71.5	52.0
Direction	Case 2	
	Focusing	Tracking
Mass (kg)	0.110	
Stiffness (N/m)	66073.0	59026.0
Damping factor	0.210	0.206
Natural frequency (Hz)	120.2	113.7

3. 해석결과

3.1 기본모델과의 비교

다음은 Fig. 2에 표시된 세 방향의 가속도를 비교한 결과이다. 세 방향 모두 1/2초를 500등분 한 시간 간격으로 거동에 대한 데이터를 구한 후, 양의 최대 진폭만을 연결하여 고무 마운트 모델에 대한 성능 추세를 보인 것이다.

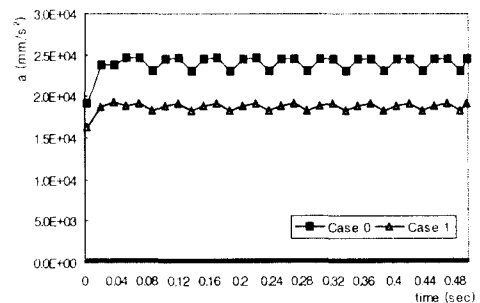


Fig. 4 Basic/Mount model acceleration for X direction (Tracking, at point T)

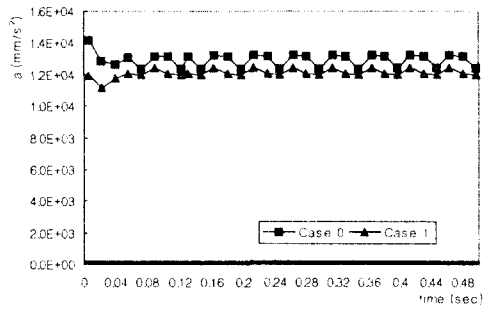
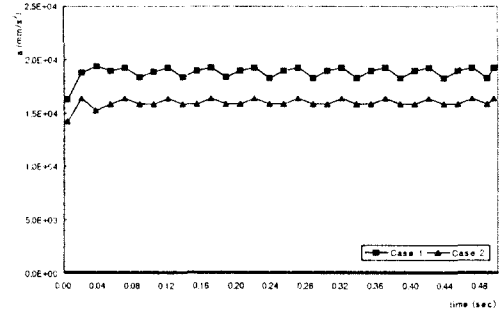


Fig. 5 Basic/Mount model acceleration for Y direction (Tracking, at point T)



(a) X direction (Tracking, at point T)

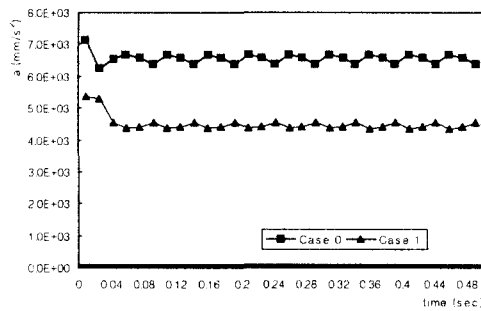
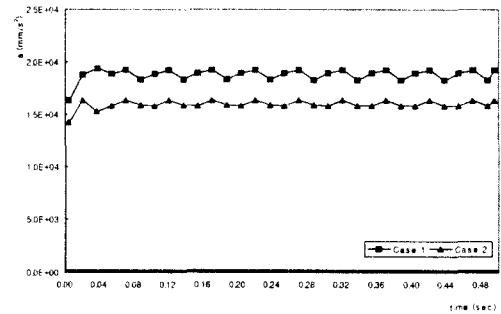


Fig. 6 Basic/Mount model acceleration for Z direction (Focusing, at point F)



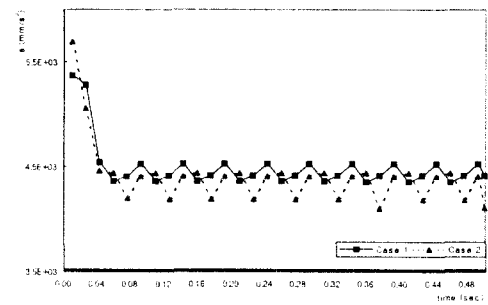
(b) Y direction (Tracking, at point T)

위의 결과 그래프를 살펴보면 Y-트래킹 방향을 제외한 나머지 트래킹/포커싱 방향에서는 현저한 가속도의 감소가 있음을 알 수 있다.

3.2 강성변화에 따른 가속도비교

다음은 흡진기 부착 모델에서 흡진기가 부착된 부분의 스프링 강성을 변화시켰을 때의 값을 비교한 그래프이다. 각 경우는 Table 3에서 나타낸 바와 같이 Case 1, Case 2이고, Case 2인 경우가 강성이 더 높은 경우이다.

Case 1, 2가 비교된 Fig. 7을 보면 강성이 상대적으로 큰 Case 2가 트래킹 방향에서 더 낮은 가속도 값을 가지는 것을 알 수 있고, 포커싱 방향에서는 전반적으로 비슷한 추세가 나타나지만 평균적으로 Case 2의 가속도가 낮음을 알 수 있다.



(c) Z direction (Focusing, at point F)

Fig. 7 Acceleration comparison between Case 1 & 2

4. 결론

이번 연구에서는 광디스크 드라이브의 구동시 발생하는 진동에 대한 해결책으로 흡진기를 부착한 광디스크 드라이브에 대해 논의하고, Recurdyn을

통한 모델링 및 해석으로 진동 저감효과를 분석해 보았다.

앞 절의 해석결과에서 나타난 것처럼, 흡진기를 부착한 광디스크 드라이브는 드라이브의 진동 저감에 효과가 있는 것으로 확인되었고, 강성을 달리한 해석에서 나타난 결과와 같이 강성이 높아지면 슬레

드 베이스의 진동저감 효과도 커진다는 것을 알 수 있었다. 한편, 강성 변화에 따른 흡진기의 성능 변화는 보다 심도 있는 연구가 필요할 것이다.

덧붙여, 본 연구의 해석에 이용한 Recurdyn 프로그램은 회전 진동문제에 대한 적절한 해석결과를 보여줘, 실제 제품 설계에도 많은 도움이 될 것이다.

후기

본 연구는 산학연 공동기술개발 컨소시엄사업의 “와인딩/리 와인딩 기구 설계 시뮬레이터 개발”과제의 지원 하에 수행되었습니다.

참고문헌

1. Ahid D. Nashif, David I. G. Jones, John P. Henderson, "Vibration Damping", Jhon Wiley & Sons, 1985.
2. Kenneth G. McConnell, "Vibration Testing", John Wiley & Sons, 1995
3. Mariovitich, L., "Elements of Vibration Analysis", McGraw-Hill, 1975
4. FunctionBay, "RecurDyn® Basic Training Guide", FunctionBay, Inc., 2000
5. 김국원, "압축하중을 받는 방진고무의 동특성 해석 및 실험", 한국소음진동공학회지, Vol.8, No.5, pp.900-907, 1998