

슬롯형 광디스크 드라이브의 진동 해석 및 저감

Vibration Analysis and Reduction of Slot-type Optical Disk Drive

오원석* · 임승호* · 박노철* · 박경수† · 박영필* · 유승헌** · 이한백**

Wonseok Oh, Seungho Lim, No-Cheol Park, Kyung-Su Park, Young-Pil Park, Seung Hon Yoo, and Han-Baek Lee

1. 서론

최근 3-D 영화와 같은 고용량 영상의 급속한 보급에 따라 광디스크 드라이브의 고용량의 정보 저장에 대한 필요성이 증가되고 있다. 이를 위해 기록 용량 및 전송 속도 향상이 필요하며, 이를 위해서는 디스크 회전속도의 증가가 필수적이다. 그러나 고속 회전 시, 디스크 제작 오차나 재료의 불균질 등으로 인해 일반적인 광디스크는 편심을 갖는다. 이러한 편심 디스크는 드라이브의 진동과 소음을 유발하여 드라이브의 성능을 제한한다. 일체형 컴퓨터나 차량용 오디오에 장착되는 슬롯형 광디스크 드라이브는 소형화, 경량화의 소비자의 요구에 맞춰 설계되며, 부품간의 기구적인 간섭의 발생으로 진동 및 소음에 상대적으로 취약한 특성을 가지게 된다. 특히 픽업 베이스와 브라켓 링크 간의 기구적 간섭으로 소음과 진동이 발생되어 이에 대한 구조 변경 등의 진동 저감 대책이 필요하다.

이러한 광디스크 드라이브의 소음과 진동 문제를 해결하기 위해, 김경태 등은 슬롯형 광디스크 드라이브의 진동 해석을 위한 유한요소 모델을 구축하여, 이를 바탕으로 동특성을 개선하였고[1], T. W. Park 은 광디스크 드라이브의 구조와 메커니즘을 소개하고, 방진 및 내충격 성능 향상을 위하여 디스크 스토퍼와 고무 방진기를 설계하였다[2]. 그러나 슬롯형 광디스크 드라이브의 유한요소 해석과 기계적 국부 간섭으로 인한 소음 및 진동의 저감 방법에 대해서는 제시된 바 없다.

본 연구에서는 일체형 개인용 컴퓨터에 사용되는 슬롯형 광디스크 드라이브의 진동을 정확하게 해석하기 위하여 유한요소 모델을 구축하였다. 유한요소 모델은 실험 모달 해석을 통해 검증하였으며, 이를

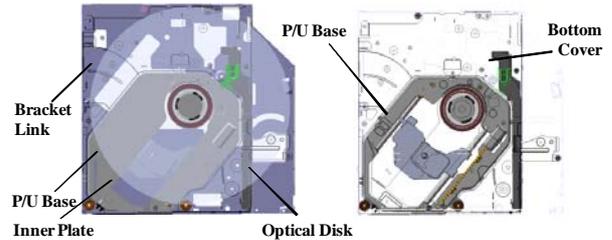


Fig. 1 Structure of Slot-type Optical Disk Drive

바탕으로 진동 저감을 위한 감쇠 시트를 이용하여 구조 변경을 수행하였다. 구조 변경 효과는 고속 촬영을 통하여 동적 거동을 확인하였고, 소음의 발생 여부를 측정하였다.

2. 집중 파라미터 해석

2.1 집중 파라미터 모델

슬롯형 광디스크 드라이브의 동적 거동을 예측하기 위해 픽업 베이스를 집중 파라미터 모델로 나타내었다. 픽업 베이스는 3 차원 설계 프로그램을 이용하여 관성 모멘트, 질량 중심, 질량 등의 집중 매개 변수를 추출하였으며, 6 자유도의 강체로 표현하였다. 고무 댐퍼는 선 요소를 이용하여 실험에서 얻은 횡강성, 종강성 및 감쇠 계수를 적용하였다.

2.2 실험 모달 해석

집중 파라미터 모델의 유효성을 검증하기 위하여 모달테스트를 수행하였고, 동특성을 확인하였다. Table 1 은 고유주파수가 전반적으로 잘 맞는 것을 보여준다. 또한 해당 모드 형상을 비교하기 위해 LMS Frontend 와 소프트웨어를 이용하여 모드 형상을 실험적으로 구하였으며, Fig. 2 와 같이 수치 해석 결과와 비교하였다. 위의 해석결과를 바탕으로 해석 모델의 동특성이 실모델과 일치하는 것을 알 수 있다.

2.3 주파수 응답

구축된 유한요소 모델을 기반으로 $0.3g \cdot cm$ 편심을 가지는 디스크가 회전할 때 가진력에 대한 주파수 응답 해석을 수행하였다. $0 \sim 400Hz$ 범위에서 편심에 의한 가진력에 따른 픽업 베이스의 변위를 구하였다.

† 박경수; 연세대학교 기계공학과
E-mail : pks6348@yonsei.ac.kr
Tel : (02) 2123-4680, Fax : (02) 365-8460

* 연세대학교 기계공학과
** Hitachi-LG Data Storage, Inc.

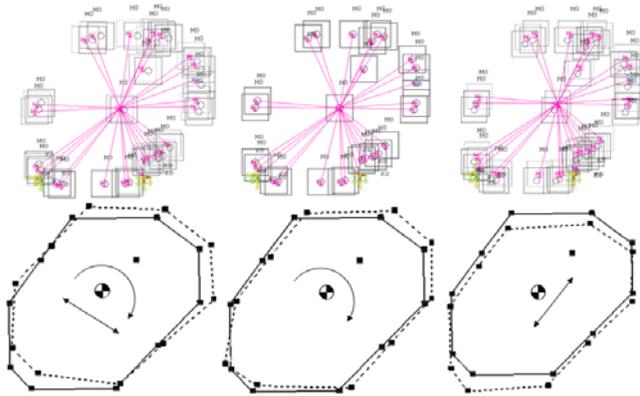


Fig. 2 Mode Shape : Experiment (top) and FEM (bottom)

Table 1 Natural frequency (unit : Hz)

Mode	FEA	EMA	Error(%)
1 st mode	119.5	120.9	-1.2
2 nd mode	161.2	184.2	-12.4
3 rd mode	252.2	251.9	0.1

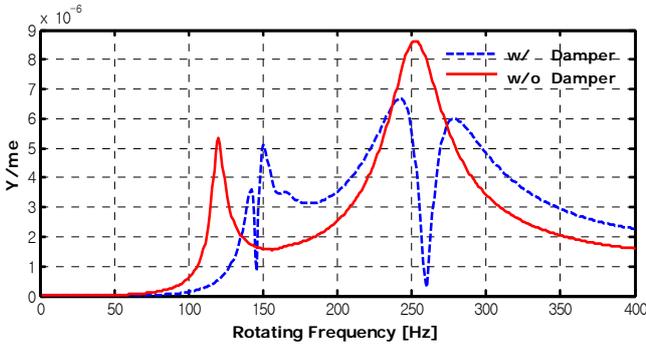


Fig. 3 Harmonic Response in Servo Tracking Direction

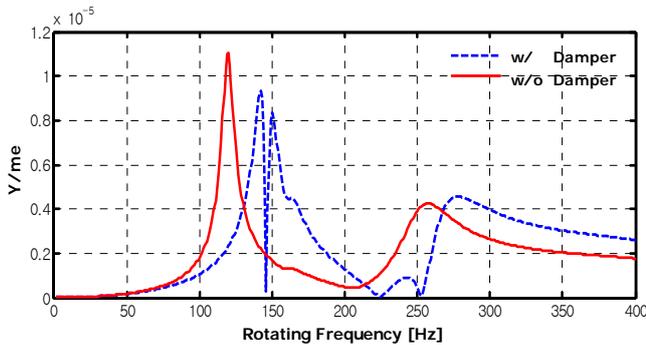


Fig. 4 Harmonic Response in Perpendicular to Servo Tracking Direction

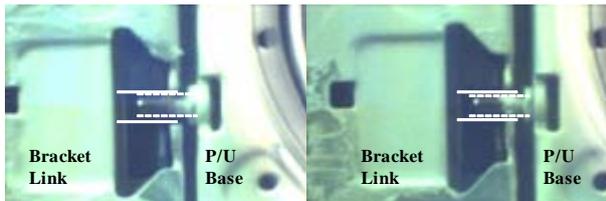


Fig. 5 P/U Base and Bracket Link without Damper (Left) and with Damper (Right)

3. 댐퍼 최적화 및 성능 평가

3.1 고무 댐퍼 형상 및 위치 최적화

구축된 유한요소 모델을 이용하여 진동저감을 위한 부틸 계열의 고무 댐퍼를 설계하였다. 광디스크 드라이브의 작동 범위에서 진동을 효과적으로 저감할 수 있도록 고무 댐퍼의 위치와 형상을 최적화하였다. 댐퍼는 픽업 베이스에 장착하여 브라킷 링크와 평면내 방향으로의 연성을 가지도록 한다. Fig. 3과 Fig. 4는 서보 트래킹 방향과 이에 수직인 방향에 대한 주파수 응답 결과로 고무 댐퍼가 주요 회전 주파수인 45~100Hz 대역에서 진동을 효과적으로 저감하는 것을 보여준다.

3.2 고속 촬영을 통한 고무 댐퍼의 성능 확인

최적화된 댐퍼를 제작하여 성능을 평가하였다. 댐퍼를 장착하기 전과 이후의 드라이브에 같은 편심량을 가지는 디스크로 가진하여 고속 촬영과 기구적 간섭에 의한 소음 발생여부를 측정하여 댐퍼의 성능을 확인하였다. 댐퍼를 장착했을 때, 픽업 베이스의 진동량이 감소하여 픽업 베이스와 브라킷 링크 간의 기구적 간섭이 일어나지 않는 것을 고속촬영을 통해 Fig. 5에서 알 수 있으며, 소음 또한 발생하지 않는 것을 확인하였다.

4. 결론

본 연구에서는 구조적으로 진동에 취약한 슬롯형 광디스크 드라이브의 진동을 저감하였다. 이를 위해 유한요소 모델을 구축하였으며, 이를 바탕으로 진동 저감에 효과적인 부틸 계열의 고무 댐퍼를 설계 및 장착하여 진동 성능을 평가하였다.

후 기

본 연구는 Hitachi-LG Data Storage의 지원을 받아 이루어졌으며, 이에 관계자분들께 감사 드립니다.

참고 문헌

- [1] 김경태, 임승호, 이용현, 박노철, 박영필, 이인환, 이한백, 차익주, 2007, "유한요소 해석을 통한 슬롯형 광디스크 드라이브의 진동해석 및 구조 동특성 변경", 한국 소음진동공학회 추계학술대회논문집, 제 2007 권, pp.1-4
- [2] Tae-Wook Park, 2005, "Design and analysis of anti-vibration system for the stylish dvd deck", *Microsystem Technology*, Volume. 11, Numbers. 8-11, pp. 1056-1064