

유한 요소 해석을 통한 슬림형 광디스크 드라이브의 충격 해석

Shock Analysis of Slim Optical Disk Drive Using Finite Element Method

조용래* · 임승호* · 김경태* · 최찬호* · 박영필* · 박노철* · 박경수† · 차익주**

Ungrac Cho, Seungho Lim, Kyungtae Kim, Chanho Choi, Young-Pil Park, No-Cheol Park, Kyoung-Su Park, Ik-Joo Cha

1. 서론

최근 모바일 콘텐츠의 양적, 질적 성장에 따라 Laptop PC 시장은 급속히 증대되고 있다. 더불어 Laptop PC 활용의 폭이 넓어지면서, 기존의 업무 용도에서 벗어나 멀티미디어 매체로서의 역할이 중요해지고 휴대성에 대한 소비자의 소구 사항이 증가하고 있다. 그러나 Laptop PC의 주요한 정보저장 매체인 광디스크 드라이브는 경량화 및 슬림화에 따른 기계적 문제, 특히 진동 및 충격에 매우 취약한 단점을 가지고 있어, Laptop PC의 사용 환경에 상당한 제약을 가하고 있다. 따라서 슬림형 광디스크 드라이브에 대한 충격 해석 및 내충격 설계를 수행할 필요가 있다.

광디스크 드라이브의 충격 해석은 기술적으로 중요한 사항인데도 불구하고, 많은 연구가 진행되지 않았다. Kelti[1] 등은 전자 제품의 충격 응답해석 방법을 제시하였고, 김시정[2] 등은 유한요소법을 이용하여 초소형 광디스크 드라이브의 충격 응답을 해석하였다. 또한 신은정[3] 등은 광디스크 드라이브의 충격 응답을 집중 파라미터계 모델을 통해 구하였으며, 선형 낙하해석을 수행하여 해석 결과와 비교하였다. 그러나 데크계가 유연 구조로 이루어져 있으며, Laptop PC에 장착될 수 있도록 작은 여유 공간을 갖는 슬림형 광디스크 드라이브에 대한 충격 해석은 없었다. 따라서 본 연구에서는 슬림형 광디스크 드라이브의 유한요소 모델을 구축하고, 모달 테스트를 통해 진동계의 동특성을 검증하였다. 또한 낙하 충격에 의한 응답을 구하고, 선형 낙하 테스트를 수행하여 해석치와 비교하였다.

2. 유한 요소 해석 모델

2.1 유한 요소 모델

슬림형 광디스크 드라이브는 그림 1 과 같이 데크 프레임, 픽업, PCB 기판과 Rib 등으로 구성되어 있다.

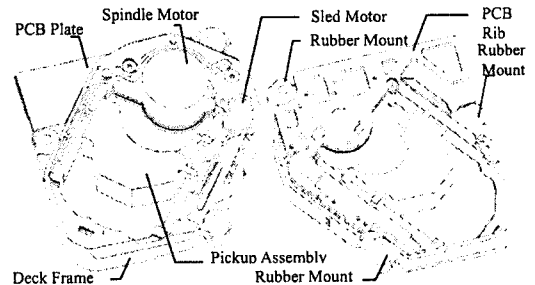


그림 1. 슬림형 광디스크 드라이브의 구조

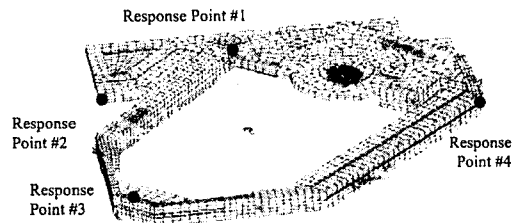


그림 2. 유한 요소 모델

유한요소 해석의 정확도를 증가시키고 과도 응답 해석 시간을 줄이기 위하여 그림 2 와 같이, 데크프레임 및 PCB 기판은 보요소, 적층 쉘요소를 사용하여 모델링하였으며, 픽업 및 기타 부품 등은 집중 질량 요소를 이용하여 간단히 나타내었다. 고무 마운트는 실험(공진법)으로부터 얻은 횡강성, 종강성 및 댐핑 상수를 집중 파라미터 요소로 적용하였다.

2.2 실험 모달 해석

유한 요소 모델의 물성 및 기하학적 정보를 튜닝 하기 위해 부품 별로 모달 테스트를 수행하였고, 부품을 순차적으로 결합시켜 동특성을 확인하였다. 표 1 은 모든 부품을 포함하는 데크계의 고유주파수가 전반적으로 잘 맞는 것을 보여준다. 또한 해당 고유형상을 비교하기 위해 상용 소프트웨어인 STAR Modal 을 이용하여 실험적으로 모드 형상을 구하였으며, 그림 3 과 같다. 위의 해석 결과를 바탕으로 해석 모델의 동특성이 실험결과와 일치하며, 이를 바탕으로 충격 해석 모델에 적용한다.

† 박경수; 연세대학교 기계공학과

E-mail : pks6348@yonsei.ac.kr

Tel : (02) 2123-4677, Fax : (02) 365-8460

* 연세대학교 기계공학과

** Hitachi-LG Data Storage, Inc.

표 1. 유한요소해석과 모달테스트의 고유주파수 비교

Natural Frequency(Hz)	FEA	EMA	Error(%)
1 st mode	162.48	151.99	6.90
2 nd mode	182.91	188.48	-3.05
3 rd mode	287.09	233.12	18.80
4 th mode	323.16	346.97	-7.37

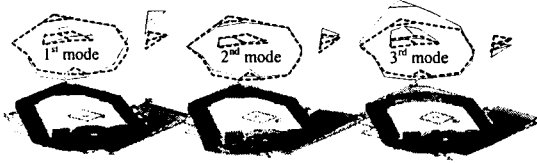


그림 3. 유한요소해석과 모달테스트의 고유모드 비교

3. 충격 응답 해석 및 선형낙하 테스트

3.1 유한요소 모델을 통한 충격 응답 해석

해석에 적용되는 충격 입력은 충격 지속 시간과 최대 가속도 크기로 표현되는 반정현파 가속도 입력으로 가정한다. 일반적으로 슬림형 광디스크 드라이브는 20G의 최대 가속도 및 10ms의 충격 지속 시간에도 읽기 성능을 유지해야 하며, 부품간의 여유공간이 0.5mm에서 1.5mm 이내 이므로, 충격 응답이 이를 넘으면 부품간 충돌이 일어날 가능성이 크다. 유한 요소 해석을 위하여 충격 입력은 고무 마운트 하단에 가속도 입력을 두번 적분하여 변위 조건으로 부가하였다. 과도 응답 해석에 적용되는 적분 시간 증분은 Newmark 기준 ($ITS = 1/(20f_c)$)을 따라 충분히 작게 설정하고 수치 적분한다.

3.2 선형 낙하 테스트

충격 해석을 검증하기 위해 그림 4와 같이 선형 낙하 테스트를 구성하였다. 이송봉을 따라 큰 질량의 지그가 낙하하며, 충격 지속시간을 조절하기 위해 충돌면의 감쇄 시트의 두께를 변화시켰다.

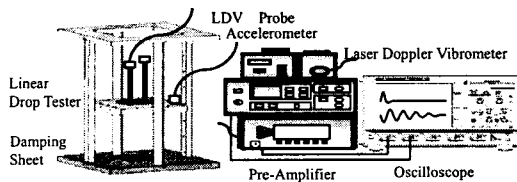


그림 4. 선형 낙하 테스트

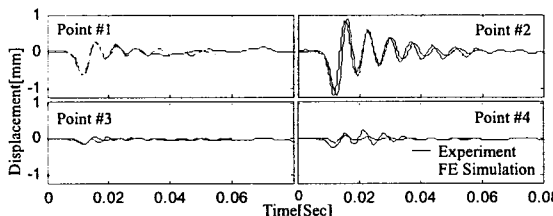


그림 5. 실험 충격 응답과 유한요소 해석치의 비교

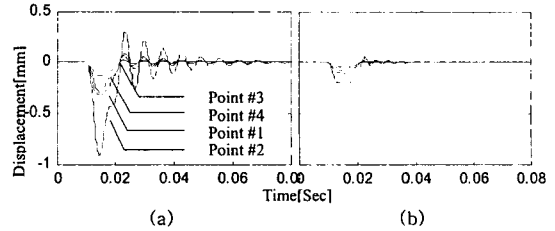


그림 6. 구조 변경 전(a)/후(b)의 충격 응답 비교
충격입력은 가속도계(B&K, Type4393)를 통해 구하였고, Laser Doppler Vibrometer(LDV)를 이용하여 데크 프레임, PCB 기판과 고정지그의 상대 속도를 충격 응답으로 측정하였다. 유한요소 해석을 검증하기 위해, 측정된 가속도를 상대적으로 큰 집중질량과 곱하여 기초 가진력(Large-Mass Method)을 구하였으며, 이를 반영하여 충격 응답을 구하였다. 그림 5와 같이 실험 결과와 해석 결과가 유사하므로 해석의 타당성을 확인할 수 있다.

3.3 충격 응답 결과와 구조변경

충격 설계 명세(정현파 가속도 입력)에 따라 유한요소 해석을 수행하여 충격 응답이 큰 지점을 확인하였다. 그림 6(a)과 같이 PCB 기판과 슬레드 모터 부근에서의 충격 응답이 여유 공간보다 크게 나타나며, 구조변경을 통하여 이를 감소시킬 필요가 있다. 따라서 해당 위치에서의 단면 형상을 넓히고 PCB 기판의 1차 고유형상을 변화시키기 위해 데크와 일체구조로 만들어 유한요소 해석을 수행하였다. 그림 6(b)는 개선된 모델에서의 충격 응답을 나타내며, 여유 공간 내로 충격에 의한 상대 변위가 감소한 것을 확인할 수 있다.

4. 결론

슬림형 광디스크 드라이브의 유한요소 모델을 수립하고 모달테스트를 통해 검증하였다. 또한 과도 응답 해석을 수행하여, 선형 낙하테스트와 비교하였고, 충격에 취약한 위치를 확인하였다. 더불어 해석 결과에 따라 구조 변경하여 충격 응답을 감소시켰다.

후기

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

참고 문헌

- (1) R.F.Keltie, 1993, "Guidelines for the Use of Approximations in Shock Response Analysis of Electronic Assemblies", *Journal of Electronic Packaging*, Vol.115, pp. 124-130
- (2) 김시정, 장영배, 박노철, 박영필, 2004, "유한요소법을 이용한 초소형 광디스크 드라이브의 충격 해석", 한국소음진동공학회 04 춘계학술대회논문집, pp.173-176
- (3) 신은정, 장영배, 박노철, 박영필, 2004, "디스크와 픽업을 고려한 광디스크 드라이브의 충격응답 해석", 한국소음진동공학회논문집, 14 권, 12호, pp.1261-1267