

프레임이 적용된 스탬프 베이스의 동특성 분석

Analysis of dynamic characteristic applying frame on stamped base in 2.5 inch hard disk drive

임건엽*, 박노철*, 박경수[†], 김석환**

Geonyup Lim, No-Cheol Park, Kyoung-Su Park and Seokhwan Kim

(2013년 9월 17일 접수; 2013년 9월 23일 심사완료; 2013년 9월 24일 게재 확정)

Abstract

HDD has been easily exposed to the external shock and vibration because HDD has to apply to mobile devices. Therefore, the stiffness of base has been the important factors for the design of HDD. To improve the stiffness of base, the frame was applied to the base. First, the finite element model of the base was constructed. Then, the FE model was verified by modal analysis. Drop test was performed to confirming the shock simulation model. The dynamic characteristic of original base which is verified is compared with the base which is applied the frame through modal analysis and shock analysis.

Key Words : Hard disk drive, modal analysis, shock analysis, large mass method, drop test

1. 서 론

최근, 정보의 양이 급증함에 따라 하드디스크 드라이브(HDD)는 데이터 저장을 위해 가장 많이 사용되고 있는 저장기기이며 특히, 외장하드, 노트북과 같은 휴대성이 강조되는 전자기기에 많이 사용되고 있다. 하지만, 이로 인해 외부충격이나 진동에 쉽게 노출되는 위험을 가지고 있다. 또한, 휴대성이 강조됨에 따라 작고 얇은 HDD의 개발이 요구되고 있다. 작고 얇은 HDD는 디스크와 베이스, E-block과 디스크의 간격이 기존 HDD보다 작다. 그렇기 때문에, 외부 충격과 진동은 HDD 설계에 있어 중요한 요소가 되고 있다. 이러한 경향은 HDD의 충격성능을 떨어뜨리게 된다[1]. 몇몇 연구에서는 외부 충격으로 인한 슬라이더와 디스크의 동특성을 연구하였다[2-3]. 외부에 충격이나 진동이 발생하면 우

선적으로 베이스를 타고 전파된다. 그렇기 때문에 베이스의 강성은 HDD의 충격 성능에 큰 영향을 주게 된다[4].

본 연구에서는 충격 성능을 향상시키기 위해 프레임이 결합된 베이스를 사용하여 충격해석을 수행하였다. 첫 번째로, 프레임과 베이스를 포함하는 유한요소 모델과 충격해석 모델을 설계하였고 모달해석과 충격실험을 통해 검증하였다. 둘째로, 충격해석을 통해 프레임이 적용된 베이스의 동적 거동에 대해 연구하였고 이를 통해 충격 성능에 대해 알아보았다.

2. 유한요소 해석

2.1 모달해석

유한요소 모델 설계는 상용 해석 프로그램인 ANSYS workbench를 사용하였다. 그림 1에서 보는 바와 같이 베이스의 유한요소 모델을 설계하였다. 유한요소 해석에 사용된 베이스 구조는 2.5" 하드디스크에 사용되는 모델이다. 유한요소 모델이 신뢰성을 갖는 결과를 얻기 위해 실험으로 측정된 베이스의 고유주파수 값을 시뮬레이션과 비교 분석하였다.

[†] Graduate Program of Information Storage Engineering, Yonsei Univ

E-mail : pks6348@yonsei.ac.kr

TEL : (02) 2123-4677

* School of Mechanical Engineering, Yonsei Univ

** Samsung Electro-Mechanics

모달해석은 PSV (Polytec Scanning Vibrometer)를 이용하여 수행하였다. 그 결과 1 차 모드의 실험값이 665Hz 이고 해석 값은 667Hz 로 실제 모델과의 오차는 0.3%이며, 2 차 모드의 실험값은 1034Hz 이고 해석 값은 1055Hz 로 오차는 2.0%였다. 3 차 모드는 실험 값과 해석 값의 차이가 3.1% 가 발생하였다. 해석결과와 모달해석을 비교한 결과, Table 1 과 같이 각각의 고유진동수와 해석의 오차 범위는 약 3% 내외로 베이스의 유한요소 모델의 신뢰성을 확보할 수 있다.

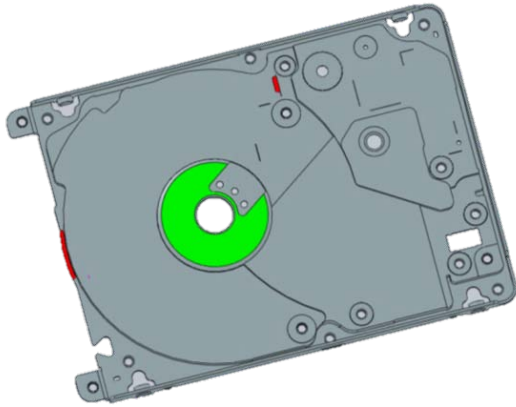


Fig. 1 Finite element model

Table 1 Manalysis of the base

Mode	Experiment(Hz)	Simulation(Hz)	Error(%)
1 st	665	667	0.3
2 nd	1034	1055	2.0
3rd	1559	1588	3.1

2.2 충격해석

충격 해석은 외부 충격에 의한 HDD 의 동적 거동에 대해 예측하기 위해 수행된다. 그렇기 때문에 해석모델은 실제 시스템과 유사한 특성을 가질 수 있도록 검증이 필요하다.

충격 시뮬레이션 모델의 신뢰성을 검증하기 위해 충격실험과 시뮬레이션을 비교 분석하였다. 첫 번째로, 충격해석을 위해 구조해석 분야에서 많이 사용되는 large mass method 를 적용하여 수행하였다. 이 방식은 그림 2 에서 보는 것과 같이 가상의 질점을 생성시키며, 가상의 질점은 1000kg 으로 베이스의 질량이 무시될 만큼의 충분한 값을 적용하였다. 이 질점은 4 군데의 나사 고정 부분과 연결되어 외부 충격을 전달한다. 충격 크기는 1000G 이고 충격시간은 1ms 로 적용하였다.

충격 실험은 그림 3 에서 보는 것과 같이 drop tester 를 이용하였고 베이스에 장착된 가속도계를 사용하여 응답을 측정하였다. 충격 크기와 시간은 시뮬레이션 값과 동일하게 적용하였다. 측정 위치는 베이스의 위쪽 부분과 모터와 피봇 부에서 측정하였고, 가장 큰 가속도 값을 기준으로 비교하였다. 그 결과, 베이스 위쪽 부분에서의 실험값은 1170G 이고 해석 값은 1128G 로 실제 모델과의 오차는 3.6%이고 모터부의 실험값은 2015G 이고 해석값은 1893G 로 오차는 6.1%이다. 그리고 피봇부의 실험값은 1437G 이고 해석값은 1566G 로 오차값은 6.3%이다. 충격 실험과 해석을 비교한 결과 Table 2 와 같이 각각의 부분의 오차 범위는 약 6% 내외로 충격 시뮬레이션 모델의 신뢰성을 확보할 수 있다.

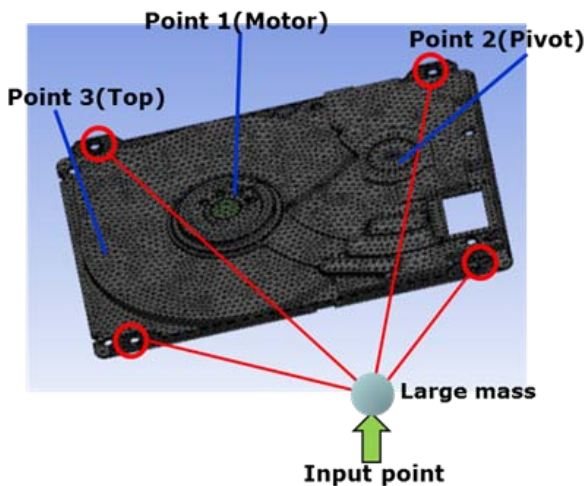


Fig. 2 Shock simulation model

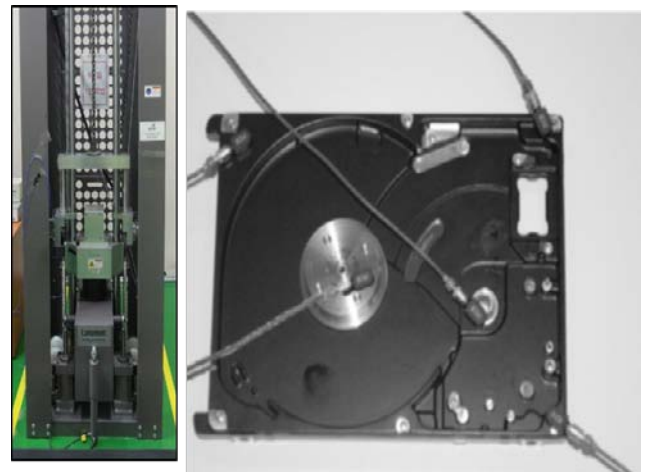


Fig. 3 Shock experiment set up

Table 2 Shock analysis of the base

Pt.	Experiment(G)	Simulation(G)	Error(%)
Top	1170	1128	3.6
Motor	2015	1893	6.1
Pivot	1437	1566	-6.3

3. 프레임이 적용된 베이스의 동특성 분석

검증된 베이스 모델에 프레임을 적용시킨 베이스 모델을 그림 4 와 같이 구축하였다. 프레임은 ‘C’자 형태로 설계했으며, 두께는 약 6mm 이다. 프레임의 재질은 Steel 을 사용하였다. 기본 베이스와 프레임을 적용한 베이스의 강성을 비교해 보기 위해 모달 해석과 충격해석을 수행하였다. 구속 조건은 기본 베이스 모델과 동일하게 4 군데의 나사 고정부위로 설정하였다. 또한, 좀더 신뢰성있는 결과를 위해 그림 5 와 같이 프레임과 베이스의 접합 조건에 epoxy 를 사용하였다.

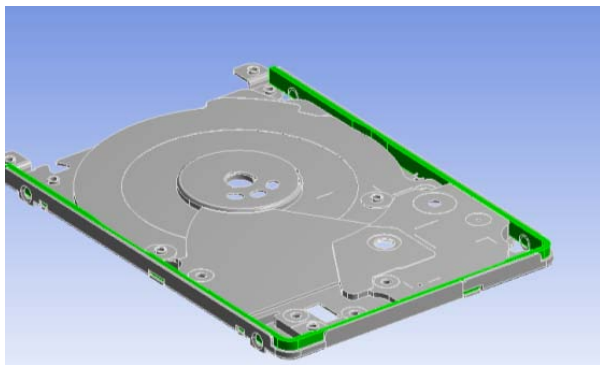


Fig. 4 Frame base model

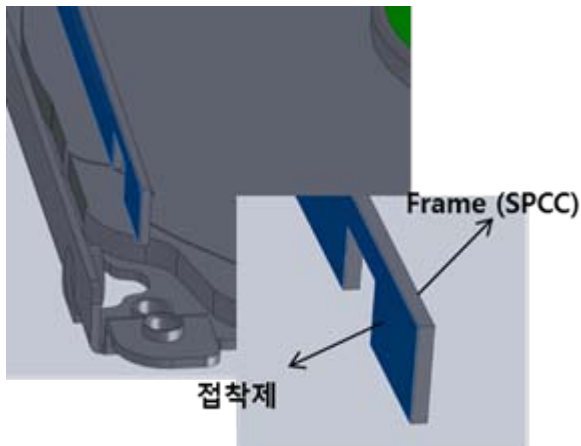


Fig. 5 Frame bonding condition

Table 3 Modal analysis of original base and frame base

Mode	Original base(Hz)	Frame base(Hz)	Difference(%)
1 st	667	776	16
2 nd	1055	1199	13.6
3 rd	1588	1610	1.4

Table 4 Deformation comparison of original base and frame base

	Pivot	Ramp	Top	Relative Dis.
Original base (um)	518	1040	919	522
Frame base (um)	398	701	440	303

3.1 모달해석

모달해석을 통해 기본 베이스와 프레임이 적용된 베이스의 고유 주파수 변화에 대해 분석하였다. 그 결과 기본 베이스의 1 차 모드 값은 667Hz 이고 프레임 적용 베이스는 776Hz 로 16% 향상되었다. 2 차 모드에서는 기본 베이스 1055Hz, 프레임 적용 베이스 1199Hz 로 13.6% 향상되었고, 기본베이스의 3 차 모드값은 1588Hz 이고 프레임적용 베이스는 1610Hz 로 1.4% 향상되었다. 기본베이스와 프레임 적용 베이스의 고유주파수 비교 결과, 프레임을 사용한 경우 Table 3 과 같이 각 모드의 고유주파수가 약 16% 이내로 향상되었다.

3.2 충격해석

HDD 의 충격 성능은 외부 충격으로 인한 베이스의 동적 거동으로 판단할 수 있다. 베이스의 동적 거동은 베이스의 모터부와 피벗부의 움직임으로 나타낼 수 있으며, 이 둘의 상대 변위를 통해 충격 성능을 판단할 수 있다.

피벗 부의 변형량은 기본 베이스에서 518um 이고 프레임이 적용된 베이스의 변형량은 398um 이며 모터부의 변형량은 기본 베이스에서 1040um 이고 프레임이 적용된 베이스의 변형량은 701um 이다. 충격 성능 비교 결과, Table 4 와 같이 프레임이 적용된 베이스의 각 부분에 대한

절대 변형량이 감소하였고 모터 부와 피봇 부의 상대변위 역시 219um 감소하여 충격 성능이 향상됨을 확인하였다.

4. 프레임의 형상에 따른 베이스의 동특성 분석

프레임의 형상에 따른 베이스의 동특성의 변화를 분석하기 위해, 각각의 프레임이 적용된 모델에 모달해석과 충격해석을 수행하였다. 프레임의 형상은 베이스 뒷면의 여유공간 한계로 인해 그림 6 과 같이 모서리 부분만을 변형시켰다.

4.1 모달해석

모달해석을 통해 각각의 프레임이 적용된 베이스의 강성 변화를 분석하였다. Table 5 는 모달 해석의 결과를 비교한다. 프레임#4 를 적용한 모델의 1st 고유주파수는 824Hz 로 가장 높은 주파수 특성을 가지며 프레임의 형상 변화를 통해 베이스의 강성을 약 30% 향상시킬 수 있음을

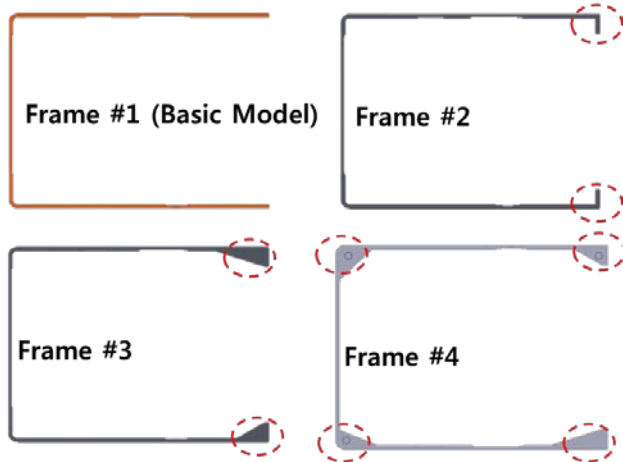


Fig. 6 The shape of the frame

Table 5 Modal analysis of each frame

	1 st	2 nd	3 rd
Original	667	1055	1588
Frame #1	776	1199	1610
Frame #2	768	1199	1592
Frame #3	803	1347	1647
Frame #4	824	1385	1670

확인하였다. 또한, 프레임 #3 과 #4 를 통해 베이스 윗부분의 나사 체결 부위를 강화 할 경우 강성에 대한 영향력이 가장 큼을 확인하였다.

4.2 충격해석

각 프레임의 형상에 따른 베이스의 변화량을 통해 각각의 프레임이 적용된 베이스의 충격 성능을 분석하였다. 충격 해석 모델은 large mass method 를 사용하였고, 충격 크기는 1000G, 충격 시간은 1ms 으로 적용하였다. 충격 해석 결과는 Table 6 과 같이 각 부분의 변형량과 모터 부와 피봇 부의 상대변위를 통해 분석하였다. 프레임 #4 의 경우 강성에 대한 영향이 다른 모델보다 크게 작용하여 각 부분의 절대 변형량이 감소하였다. 또한, 모터 부와 피봇 부의 상대변위 값이 가장 크게 감소시켜 베이스의 충격 성능을 가장 크게 증가시킨다.

각각의 프레임을 적용시킨 베이스의 동특성을 분석한 결과 프레임 #4 의 모델의 경우 약 30% 정도의 강성 증가 효과를 얻었다. 그리고 베이스의 강성이 증가함에 따라 모터 부와 피봇 부의 상대 변형량이 감소하여 베이스의 충격 성능이 향상됨을 확인하였다.

Table 6 Shock analysis of each frame

	Pivot	Ramp	Top	Relative Dis.
Original	518	1040	919	522
Frame #1	398	701	440	303
Frame #2	350	727	442	377
Frame #3	332	597	211	265
Frame #4	329	538	180	209

5. 결론

프레임을 베이스에 적용하여 이에 따른 동특성을 모달해석과 충격해석을 통해 알아보았다. 프레임을 적용한 베이스의 경우 기본 베이스보다 약 16% 높은 강성을 가지며, 이로 인해 충격에 의한 변형량이 219um 감소하였다. 이처럼 프레임과 같은 보강재를 베이스에 접합함으로써 베

이스의 충격 성능을 향상시킬 수 있음을 확인하였다. 하지만 프레임의 형상에 따라 충격성능에 차이가 있음을 확인하였다. 그 결과 베이스의 나사 체결부에 위치한 프레임을 강화 할 경우 강성 증가에 대한 영향력이 가장 크며, 이로 인해 베이스의 각 부분의 변형량이 가장 크게 감소하였다.

후 기

본 연구는 (주)삼성전기의 지원을 받아 이루어졌으며, 이에 관계자 여러분께 감사 드립니다.
(2012-8-2085)

REFERENCES

- [1] P.Bhargava and D.B. Bogy, 2005, "Numerical simulation of operational-shock in small form factor hard disk drives.", ASME Journal of Tribology, Vol. 129, No 1, pp. 153-160
- [2] A. N. Murthy, B. Feliss, D. Gillis, F. E. Talke, 2009, "Experimental and numerical investigation of shock response in 3.5 and 2.5 in. form factor hard disk drives," Microsyst. Technol., Vol. 12, pp. 1109-1116
- [3]] H.Ao, S Wang, B Gu, D Shu, Q Ng, S. Gan, 2007, "Simulation of the shock effects on the performance of the tab-ramp interface during the unloading process of a hard disk drive," ASME information storage and processing systems conference, Santa Clara, CA, USA June18-19.
- [4] M. Liu and F. F. Yap, and H. Harmoko, 2008, "A model for a hard disk drive for vibration and shock analysis," IEEE Tran. Mag, Vol. 44, No. 12, pp.4764-4768