

< 논문 >

CD-RW Drive 의 낙하충격 손상평가

김상범[†] · 우재철* · 윤기원** · 석기영** · 김헌영*
(2004년 7월 27일 접수, 2004년 11월 29일 심사완료)

Damage Evaluation of CD-RW Drive by Drop Test and Simulation

Sang Bum Kim, Jae Chul Woo, Ki Won Yun, Ki Young Seok and Heon Young Kim

Key Words : Drop Simulation(낙하충격해석), CD-RW Drive, F.E. Model(유한요소모델)

Abstract

A fracture of hand held device, such as radio, TV and CD-RW drive, mainly occurs due to drop situation. For CD-RW drive, the need of high reading/writing speed in conjunction with low price accelerates the fracture of the device. Computer simulation can reduce the period of development and enhance impact characteristic of device. In this study, the detailed finite element model of CD-RW drive was developed to predict the damage under drop conditions. Material property for shock absorbing damper was obtained from tensile test of raw material. A MOONEY-RIVLIN type rubber in LS-DYNA was used as the material model of damper. To assess the reliability of the developed model, drop test at 200G-2msec and 150G-10msec condition was conducted and acceleration at pick-up was compared.

1. 서 론

휴대전화기, 라디오, TV, CD 재생기와 같은 전자제품들에 있어서 자유 낙하로 인한 손상은 중요한 파괴 양식이다. 그 중 CD-RW 및 DVD-ROM drive 등의 제품은 고속화에 따른 방진 시스템 구성이 어려워지고 가격 경쟁으로 인해 내충격성이 취약한 부품을 사용함으로써 낙하 등의 충격하중에 의하여 파손이나 고장 등이 발생하기 쉬워졌다. 따라서 개발 초기에 충격 특성에 대한 시험이 필수적이다. 그러나 시제품 제작 시 막대한 비용이 소모되어 제한된 횟수의 실험만 가능하다. 그러므로, 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 충격특성을 평가하여 실제품 시험 시 유용한 정보를 제공하고, 충격특성에 대한 수치화 및 해석의 정밀도를 향상시키는 방법이 필요하다. Fig. 1 은 본 과제에서 고려하고자 하는

CD-RW 의 모습이다. 이때 발생할 수 있는 파괴 양상은 하우징의 파괴, 조인트 파단, 커넥터의 분리, 부품의 손상 등이 있다. 전형적으로 이러한 파괴에 대한 신뢰도는 설계자에 의하여 결정되어 왔으며, 많은 시간과 반복이 필요하였다. 따라서 낙하에 대한 제품의 성능과 파단에 대하여 추측하기 위해 해석적인 방법이 필수적이 되었다.

본 논문은 제품 개발 초기에 충격특성을 파악하고 내충격성에 대한 정량적인 설계 정보를 제공하기 위하여 CD-RW 의 정밀 유한요소 모델 개발 과정에 대한 연구를 수행하고자 한다. 개발 모델의 신뢰성을 다양한 시험을 통하여 검증하기 위하여 대상 모델로서 현재 양산중인 CD-RW 드라이브를 택하였다.

[†] 책임저자, 회원, 강원대학교 산업기술연구소
E-mail : laudem@hanmail.net

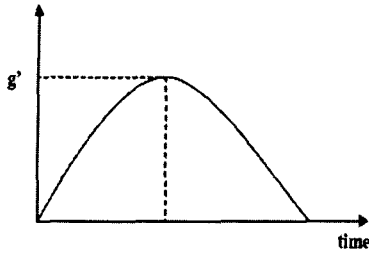
TEL : (033)252-6317 FAX : (033)251-6317

* 강원대학교 기계메카트로닉스공학부

** 삼성전자㈜



Fig. 1 CD-RW Drive



Condition	Maximum G'	Time duration
Non-operation	200 G	2 msec
	150 G	10 msec

Fig. 2 Test condition

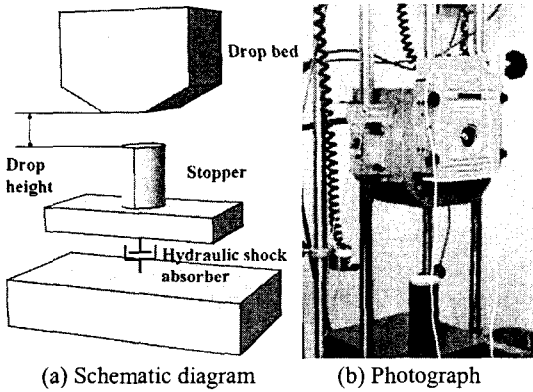


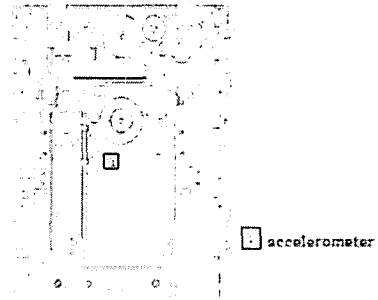
Fig. 3 Test equipment

2. CD-RW 드라이브의 낙하충격시험

2.1 시험장치 구성

CD-RW 에 가하도록 규정되어 있는 가속도 형태는 Fig. 2 와 같은 반-사인파(half sine pulse)형태로서, 지속 시간은 2msec 와 10msec 이며 가속도 크기는 각각에 대하여 200G 와 150G 이다. 초기 CD-RW 드라이브의 낙하충격 시험은 200G-2msec 로 행하여 졌다. 그러나 사용 지역이 넓어짐에 따라 운송 시 가하여지는 충격 특성이 다양해지고, 제품의 충격에 대한 신뢰성 향상 요구가 높아지면서 이에 대비한 안전규정이 강화되어 150G-10msec 시험규정이 추가가 되었다. 이러한 형태의 가속도를 CD-RW 드라이브에 작용시키기 위하여 Fig. 3 과 같은 낙하 전용 시험기가 사용된다. 시험기는 Fig. 3(a)와 같이 피시험체인 CD-RW 드라이브를 고정시키는 베드 (bed)와 이를 멈추는 스톱퍼(stopper), 그리고 충격을 완화시켜 가속도 지속시간을 조절하는 유압 충격흡수장치로 구성되어 있다. CD-RW 고정

(a) Endevco Model 7264B



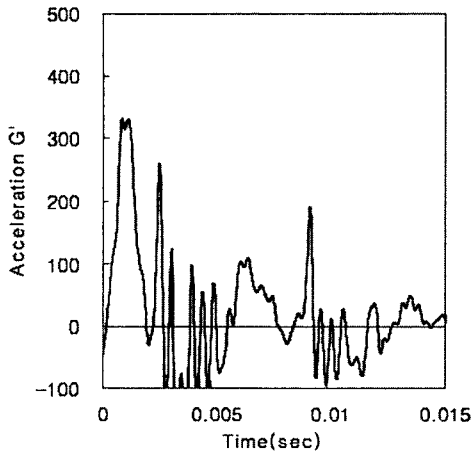
(b) Position of accelerometer

Fig. 4 Photographs of accelerometer(a) and position of accelerometer(b)

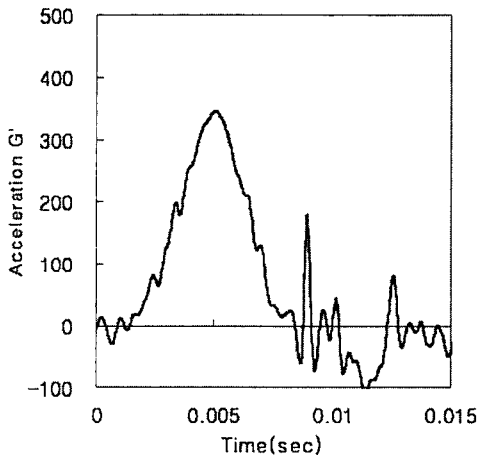
구인 베드에 대하여 드라이브 장착 방향과 위치를 바꾸어 줌으로서 6 방향에 대한 자유낙하시험이 가능하다. 낙하시험시 CD-RW 내의 주요 부품인 픽업(pick-up)부위에는 가속도계를 장착하여, 낙하 충격시의 가속도 측정이 가능토록 하였다. 가속도 데이터 수집을 위한 가속도계로는 크기와 속도를 고려하여 ENDEVCO 사의 7264B 모델을 사용하였다.(Fig. 4)

2.2 CD-RW 드라이브 낙하충격시험 결과

본 논문에서의 낙하시험은 신뢰성 있는 유한요소 모델 개발이 목적이므로, 개발 제품이 아닌 기존 양산제품을 사용하였다. 낙하 조건은 200G-2msec 와 150G-10msec 의 2 가지 조건에 대하여 수행하였으며, 낙하 방향은 Bottom 과 Vertical 의 2 가지 방향으로 수행하였다. 검증된 양산품에 대한 시험이므로 제품에 파단은 발생하지 않았다. 픽업부에 발생하는 가속도 크기를 200G-2msec 조건과 150G-10msec 조건에 대하여 각각 Fig. 5(a)와 (b)에 나타내었다. 픽업에 발생하는 가속도의 절대 크기는 두 시험조건 모두 300G 정도로 큰 차이가 없는 것을 알 수 있었으며, 최대 가속도의 지속 시간은 각각 2msec 와 10msec 정도로 시험 조건에 따라 달라짐을 알 수 있었다. 시험을 통해 알 수 있는 드라이브의 낙하충격 특성이 극히 제한되므로, 본 연구에서는 이를 보완하기 위하여 유한요소 해석 모델을 개발하고, 시험으로는 규명하기 어려운 부품간의 힘 전달 특성을 시험 조건에 대하여 규명하고자 한다.



(a) 200g-2msec



(b) 150g-10msec

Fig. 5 Comparison of acceleration between 150G and 200G bottom drop test

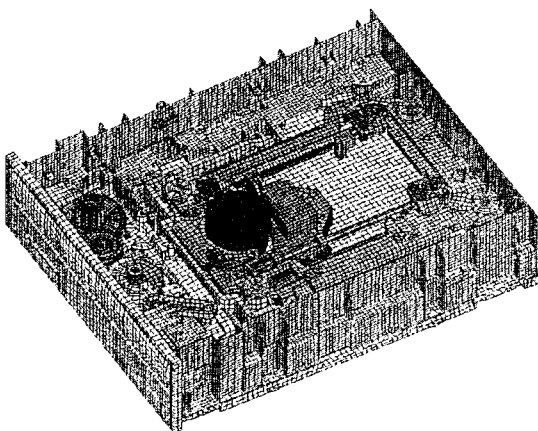
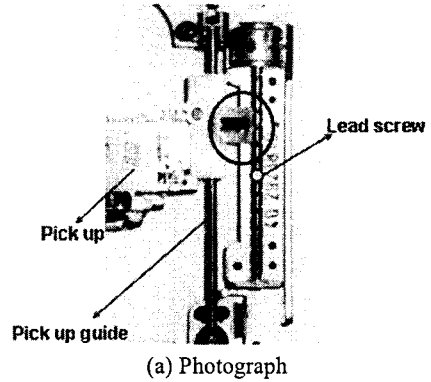
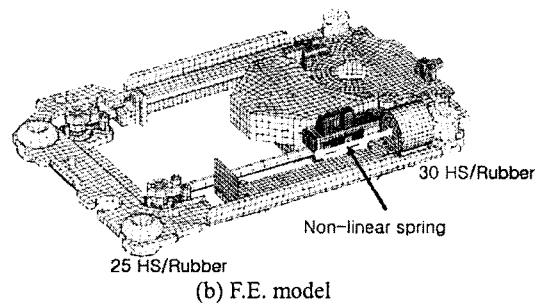


Fig. 6 Finite elements model of CD-RW drive



(a) Photograph



(b) F.E. model

Fig. 7 Driving part of CD-RW Drive

3. CD-RW 드라이브 유한 요소 모델링

시험 시 이용된 CD-RW 드라이브 모델은 약 20 여 개의 부품으로 이루어져 있다. 유한요소 모델링 시 변형이 예측되는 cover 류와 충격을 흡수하는 부분인 damper 부분은 각각 변형 가능한 쉘요소와 솔리드 요소를 사용하여 모델링 하였다. 기타 변형이 되지 않는 모터, 픽업, 기어 부품 등은 강체 솔리드 요소로 모델링하여 유한 요소 모델과 실제 모델의 거동이 유사하도록 하였다. Fig. 6 은 CD-RW 드라이브의 유한요소 모델을 나타내며 사용된 요소는 60,000 여 개이다.

3.1 Driving part 모델링

CD-RW 드라이브에서 주요 구동부인 driving part 는 Fig. 7 의 (a) 와 같이 픽업과 픽업을 지지하는 가이드, 그리고 픽업을 이송하는 리드 스크류, 충격을 흡수하는 고무 댐퍼부로 이루어져 있다. 픽업은 리드 스크류의 회전에 의해서 움직이는 부위이지만, 비구동 상태의 드라이브 충격시험에서는 반대로 리드 스크류에 의하여 저항이 발생한다. 이때의 저항력은 리드 스크류의 나선선 각도나 모터의 dead torque 크기에 의해

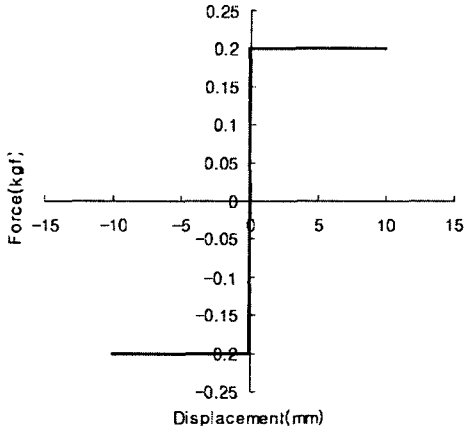


Fig. 8 Force-displacement characteristic of Non-linear spring

좌우된다. 해석 모델에서는 인장시험기를 사용하여 픽업이 움직이는데 필요한 힘을 구하였다. Fig. 8 은 이때 시험기로부터 얻어진 힘-변위 특성을 보여준다. 유한요소 모델에서는 이때의 힘-변위 특성을 비선형 스프링요소로 치환하여 Fig. 7 의 (b)와 같이 모델링 하였다.

3.2 Rubber part 모델링

CD-RW 에 가해지는 충격은 주요 부품인 픽업부에 전달되기 전 rubber damper 에 의하여 흡수된다. 따라서 해석의 신뢰도와 향후 에너지흡수 부품의 해석/설계를 위하여 Fig. 9 에서 보이는 것과 같이 실 제품에 사용된 경도 25 와 30 고무제품을 솔리드 요소를 사용하여 모델링 하였다. 물성을 구하기 위하여 표준 시편을 제작하여 인장시험을 수행하였다. Fig. 10 은 각 경도에 대하여 시험으로부터 구하여진 힘-변형률 선도를 보여준다.

4. 낙하 충격 해석 및 correlation

개발된 유한요소 모델에 대한 낙하시험은 실제 시험내용과 동일하게 200G-2msec 조건과 150G-10msec 조건에 대하여 수행하였다. 낙하 방향에 따른 모델의 신뢰성을 검증하기 위해 Fig. 11 과 같이 수평과 수직 방향에 대하여 수행하였다. 가속도를 가하는 방식은 시험과 동일하게 반정현파로 정의하였다. 픽업에서 발생하는 가속도의 비교를 위하여 시험 시 가속도계를 설치한 지점과 같은 지점의 데이터를 사용했다.

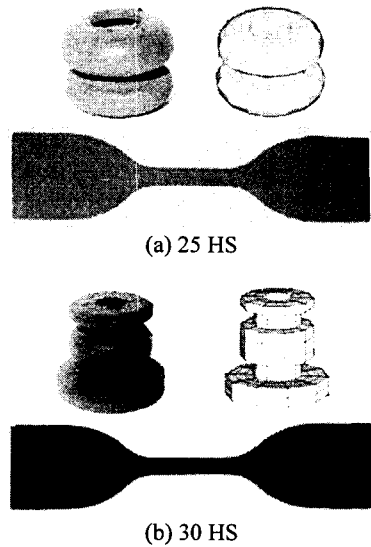


Fig. 9 F.E. model and tensile test specimen of rubber damper

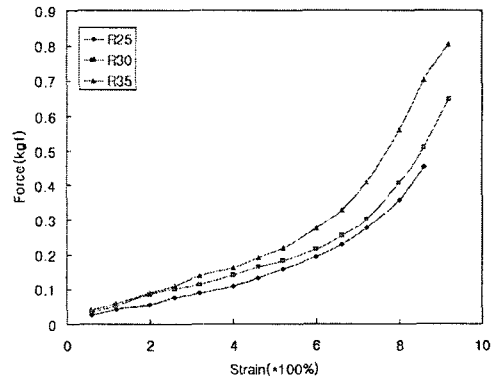


Fig. 10 Force-strain graph of rubber specimen

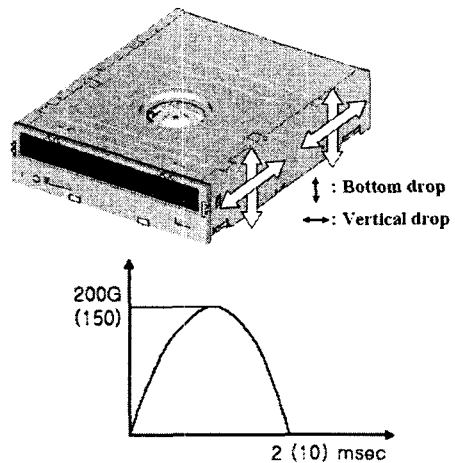


Fig. 11 Bottom drop and vertical drop simulation

Table 1 은 200G-2msec 와 150G-10msec 조건에서 수평방향과 수직방향 낙하해석을 수행하였을 때 픽업에 발생하는 가속도를 시험과 비교한 표이다. 해석결과 픽업에서의 최대 가속도는 150G-10msec 일 경우 Bottom drop 은 347.4G, Vertical drop 은 428.4G 이다. 그리고, 200G-2msec 일 때 Bottom drop 은 340.3G, Vertical drop 은 467.3G 이다. 전체적으로 시험과 해석 결과가 잘 일치하는 것을 볼 수 있다. 가속도의 양상을 비교하기 위하여 가혹한 것으로 평가되는 150G-10msec, 수평방향 낙하조건에서 픽업에 발생하는 가속도를 시험과 해석간에 비교하였을 때 시험과 해석간에 양상이 잘 일치하는 것을 볼 수 있다.(Fig. 12) 신뢰성이 검증된 모델을 150G-10msec 에 대응하여 내충격 설계를 위한 기초 자료를 제공하기 위하여 기존 사양인 200G-2msec 와 비교하였다. 낙하해석 시 드라이브 전체에 발생하는 응력분포의 크기는 Fig 13 과 같이 150G-10msec 에서 더 큰 응력들이 발생한 것을 볼 수 있다.

실제로 드라이브 내에서 발생하는 부품간의 충격력을 알아보기 위하여, Table 2 와 같이 각 부품과 부품에 대하여 접촉을 지정하였다. 수평 낙하해석으로부터 얻을 수 있는 부품간의 작용력을 200G-2msec 조건과 150G-10msec 조건에 대하여 비교하여 볼 수 있다. 150G-10msec 조건에서 대체적으로 부품간에 작용하는 힘의 최대 크기가 기존의 200G-2msec 조건일 경우보다 증

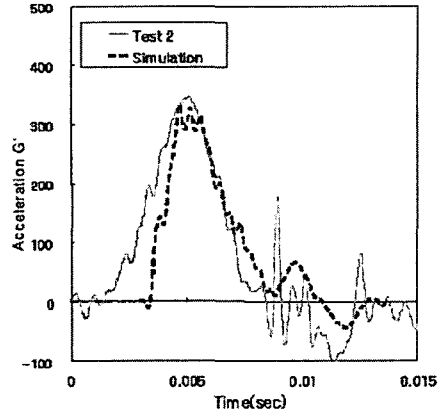
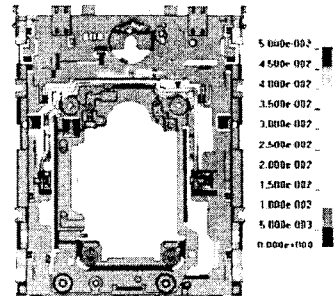
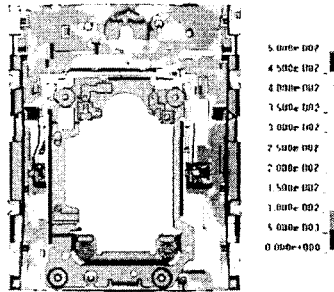


Fig. 12 Acceleration curve between test and simulation



(a) 200G-2msec condition



(b) 150G-10msec condition

Fig. 13 Comparison of stress distribution

Table 1 Comparison of acceleration at pick-up

	Bottom Drop (MAX)		Vertical Drop (MAX)	
	Test	Simulation	Test	Simulation
200G-2msec	349.256 G	340.3G	450.724 G	467.3 G
150G-10msec	341.287 G	347.4G	428.353 G	454.1 G

Table 2 Comparison of contact force

Sliding Interface	Contact Part		Maximum Load (kg)		
	Slave	Master	At 200G 2 msec	At 150G 10 msec	Ratio
A	S-Chassis	Slider Cam	24.1	34.5	1.43
B	Main Frame	Slider Cam	47.1	79.1	1.68
C	Gear/S-Chassis	Main Frame	37.7	52.5	1.39
D	Cover	Main Frame	53.5	85.8	1.60
E	Disk tray	Door	37.1	28.0	0.76
F	S-Chassis/Main Base	Rubber Part	37.8	36.8	0.97
G	S-Chassis	Main Base	25.9	47.5	1.84
H	Shaft	Shaft Holder	20.9	26.1	1.25

가하는 것을 볼 수 있다. 따라서 기존 200G 하중에 대하여 설계된 부품들이 150G의 하중을 만족시키기 위하여서는 증가된 내충격력을 고려해야 함을 본 해석 모델을 통해 알 수 있으며, 또한 그 증가량을 정량적으로 알 수 있다. Fig. 14는 각 힘의 발생 시점을 도시하여 보인 것이다. 최대 하중의 작용 시점이 200G-2msec 조건에서는 약 2msec 부근이지만, 150G-10msec 조건에서는 5msec 부근임을 알 수 있다. 그러나 그 크기는 대부분 150G-10msec 조건일 경우가 더 큰 것으로 미루어 150G-10msec 규정을 만족시켜야 함이 중요한 것을 알 수 있다.

Fig. 15의 수평 낙하시험 시 가장 취약한 부위로 평가되는 sub chassis와 slider cam 부위를 보여준다. 높은 영역의 응력이 주로 분포된 sub chassis 및 driving part 변형 메커니즘을 각 가속도 조건에 대하여 비교하여 보았다(Fig. 15). 충격흡수 고무인 댐퍼가 최대로 압축되는 시점은 Fig. 14에서 최대하중이 발생하는 시간대와 같은 경향을 보여주며, 각각 2.5msec와 5msec 부근에

서 최대 변형을 보였다. 이것은 또한 픽업에 발생하는 최대 가속도 발생시간과도 연관될 수 있다. 따라서 고무의 강성 조절로서 진동특성뿐 아니라 개발된 모델을 사용하여 낙하충격 시 픽업에 전달되는 가속도에 대한 영향평가 및 개선도 가능함을 예상할 수 있다.

본 모델을 사용하여 예측할 수 있는 CD-RW 드라이브의 충격 특성은, 픽업에 과도한 가속도가 가해져서 작동불능의 상태가 되는 경우의 예측과, 이밖에 픽업이 다른 부품과 충돌을 하여 그 부품이 영구변형이나 파괴를 하게 되고, 픽업 이송의 축인 Guide shaft를 변형시켜서 이송불능 상태로 만드는 등이 있다. 이러한 경우를 대비하여 개발 모델을 사용하여 스토퍼 등을 설계하고, 스토퍼가 영구변형이나 파괴를 막아야 한다.

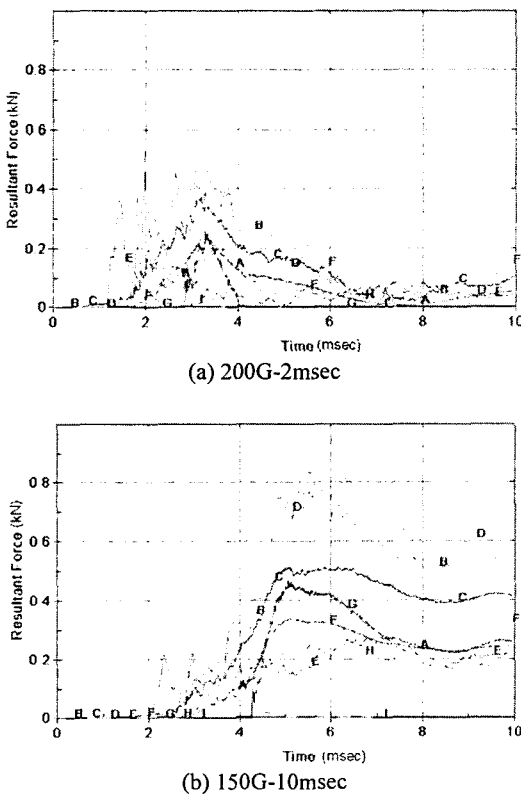


Fig. 14 Comparison of load history at bottom drop simulation

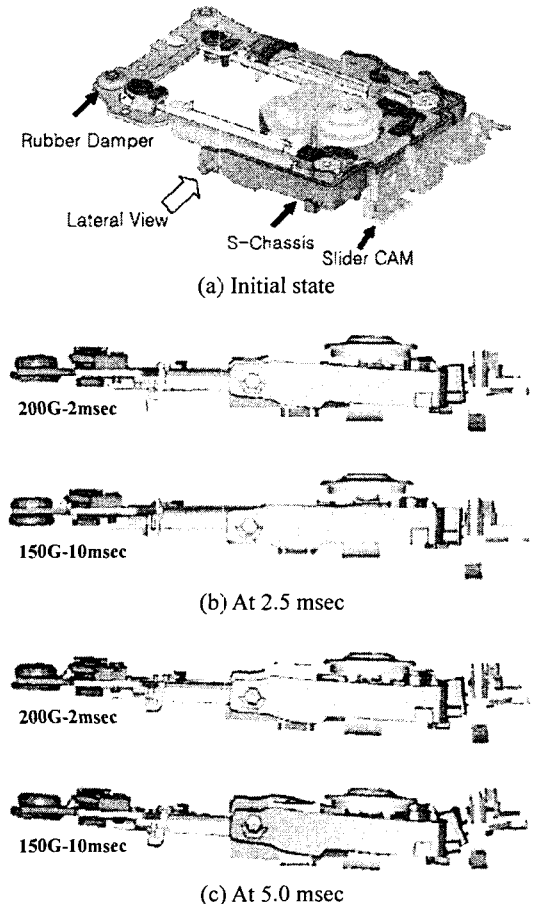


Fig. 15 Deformed shape in driving part (upper:200G-2msec, lower:150G-10msec condition, scale:x2)

5. 결 론

낙하충격에 의한 제품의 결함 문제는 Deck 설계의 오래된 문제 중 하나이다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 LS-DYNA 를 이용하여 상세 모델을 만들고 검증하여 사용함으로써 향후 신제품 개발 시 신뢰성 있는 드라이브 해석모델 개발을 위한 절차를 제시하였으며 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 픽업의 이송기구인 스크류에 의한 저항력을 모델링하기 위하여, 실제 픽업의 이동에 필요한 힘을 만능시험기를 이용하여 구하였으며, 힘-변위 특성을 비선형 스프링요소로 치환하여 사용하였다.
- (2) 충격에너지 흡수기구인 댐퍼의 특성에 따라 픽업의 가속도가 결정됨으로 실체를 잘 모사할 필요가 있다. 따라서 사용된 댐퍼 재료에 대한 인장시험을 수행하여 Mooney-Rivlin 재료로 모델링 하였다.
- (3) 개발된 모델을 사용하여 200G-2msec 와 150G-10msec 에 대한 해석 결과 중 픽업에 발생하는 가속도는 오차 5%내에서 잘 일치함을 알 수 있었다.
- (4) 부품간의 충격 특성을 비교하여 보면, 가속도 지속시간이 상대적으로 긴 150G-10msec 에서

충격력이 큰 것을 알 수 있었으며, 픽업에 발생하는 가속도는 200G 와 150G 조건에서 비슷하게 발생하였다.

- (5) 향후 신제품 개발 시, 본 논문에서 제시한 모델링을 적용하여 각종 충격시험 규정에 효과적으로 대비할 수 있을 것으로 예상된다.

참고문헌

- (1) Heo, J. W., Chung, J. T., 2002, "Finite Element Analysis for Time Response of a Flexible Spinning Disk with Translating Misalignment," *Transactions of the KSME A*, Vol. 26, No. 9, pp. 1905~1913.
- (2) Lee, M. G., Gweon, D. G., Lee, K.C., Jung, H. W., 1998, "CD/DVD Compatible Optical Pickup Actuator Design," *Journal of the Korean Society of Precision Engineering*, Vol. 15, No. 7.
- (3) Chang, S. H., Kim, H. S., Choi, J. K., 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. 935~952.
- (4) Hwang, H. K., Kim, N. W., Lee, D. H., Lee, J. W., Kim, W. Y., 2002, "Damage of P/U by Crash in the Optical Disk Drive," *2002 Fall Conference Proceedings of the Korean Society of Precision Engineering*, pp. 958~961.
- (5) 2003, "LS-DYNA User's Manual," Livermore Software Technology Corporation.