

TFT-LCD 모듈의 충격해석을 통한 내충격설계 연구 Study on Shock Resistance Design of TFT-LCD Module using Explicit Impact Analysis

김진곤 · 이재곤

J. G. Kim and J. K. Lee

(접수일 : 2010년 3월 17일, 수정일 : 2010년 8월 18일, 채택확정 : 2010년 8월 18일)

Key Words : TFT-LCD Module (액정모듈), Shock Resistance Design (내충격설계), Impact Analysis (충격해석), Finite Element Method (유한요소법)

Abstract : TFT-LCD module with thin, small and layered structure makes its shock analysis very difficult and complicated. As TFT-LCD becomes more thinner, it is more difficult to assure its required shock resistance. Recently, the drop/impact simulation using the commercial explicit dynamic analysis software such as LS-DYNA3D is actively applied to assess the shock characteristics of TFT-LCD. In this study, the effects of analysis parameters and design modifications in the drop/impact simulation are carefully studied. The reliability of the present analysis results can be assured through the experimental verification.

1. 서 론

화면의 크기에 비해 두께가 매우 얇은 평판 디스플레이(Flat Panel Display)는 브라운관에 비해 매우 가벼워서 휴대하기 쉬우며, 수 인치에서 수십 인치까지 다양한 크기의 화면을 표시할 수 있다. 이러한 장점으로 인하여 휴대성이 강조되는 휴대폰, 게임기, 노트북 또는 고정용인 텔레비전 및 컴퓨터 모니터 등의 화면표시장치로 많은 분야에서 사용되고 있다.

평판 디스플레이의 가장 대표적인 제품으로는 TFT-LCD (Thin Film Transistor Liquid Crystal Display)를 들 수 있다. 얇은 막 형태의 트랜지스터를 이용하여 액정에 걸어주는 전압을 통제하는 TFT-LCD는 광원 역할을 수행하는 백라이트(Back Light Unit)를 필요로 한다. 박형의 유리기판과 백라이트를 가지는 TFT-LCD 모듈은 충격에 매우 취약하기 때문에, 휴대용 IT기기가 사용되는 여러 가혹한 환경에서 발생할 수 있는 충격에 대한 신뢰성을 확보하는 것이 필수적이다.

일반적으로 TFT-LCD 모듈의 내충격성을 평가하기 위해서는 시제품에 대한 충격시험을 수행하여 안전성 여부를 판단하게 된다. 하지만, 이러한 시제품에 대한 충격시험만으로 제품의 내충격성을 확보하는 것은 오늘날과 같이 제품개발 기간이 매우 짧은 현실에서는 적절하지 못한 방법이다. 이를 보완하기 위해서 최근에는 유한요소해석 기법을 이용하여 디스플레이를 포함한 다양한 전자제품의 초기 설계단계에서 내충격성을 평가하기 위한 연구들이 활발히 진행되고 있다.¹⁻⁵⁾

본 연구에서는 비선형 동적해석용 상용프로그램인 LS-DYNA를⁶⁾ 이용한 18인치 TFT-LCD 모듈의 내충격설계를 위한 유한요소모델링 및 여러 해석변수에 대한 실용적인 충격해석 기법을 제시하고자 한다. 이를 위해서 먼저 해석대상 모델에 대한 기본적인 충격해석을 실시하고 다양한 해석변수 및 설계변수에 대한 영향을 고찰하였다. 또한, 본 연구의 해석결과의 신뢰성을 확보하기 위해서 실험결과와 해석결과를 비교하였다. 실험과의 비교를 통하여 본 연구의 해석결과가 물리적으로 타당함을 확인할 수 있었으며, 향후 평판 디스플레이의 내충격 설계에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

김진곤(교신저자) : 대구가톨릭대학교 기계자동차공학부
E-mail : kimjg1@cu.ac.kr, Tel : 053-850-2711
이재곤 : 대구가톨릭대학교 기계자동차공학부

2. 유한요소모델링 및 해석조건

본 연구의 대상인 18인치 TFT-LCD 모듈은 고가 제품으로 일반적으로 사람 허리 높이에서 떨어뜨렸을 때 받는 충격에 대한 신뢰성을 가져야 한다. 낙하충격 해석에는 대변형과 재료의 비선형성을 쉽게 처리할 수 있어 충격해석에 가장 널리 사용되고 있는 비선형 과도 동적해석 소프트웨어인 LS-DYNA를 사용하였다.

Fig. 1은 18인치 TFT-LCD 모듈을 구성하고 있는 각 부품들을 보여주고 있다. 조립되는 순서는 위로부터 상부 새시(top chassis), 패널(panel), LGP, 프레임몰드(frame mold), 램프 그리고 하부 새시(bottom chassis) 순으로 배열된다. 이러한 각 부품들은 실제 매우 복잡한 미세 형상들을 가지기 때문에 유한요소모델링에서 이러한 부분들을 모두 다 고려하여 모델링하는 것은 현실적으로 어렵다. 특히, 충격해석에서는 전체 계산시간이 Courant-reidrichs-Levy 조건에⁶⁾ 의해 최소 요소 크기와 전체 요소 수에 좌우되기 때문에 특별히 작은 요소가 없도록 하고 솔리드 요소보다는 쉘요소를 사용하여 모델링하고자 하였다. 이를 위해, 본 연구에서는 구조의 강성에 크게 영향을 주지 않는 미세 형상들을 Fig. 2와 같이 단순화시켜 모델링하였다. 이와 같은 유한요소모델링에는 대략 15,000개 정도의 요소가 사용되어졌다.

Fig. 3은 TFT-LCD 모듈의 충격실험 장치의 개략적인 구성을 보여주는 그림이다. LCD 모듈은 대부분 제품에 장착된 상태에서 진동, 충격 등에 의해 손상을 입기 때문에 직접 손상보다는 장착 위치를 통해 충격에너지가 전달되어 손상을 입는다고 볼 수 있다. 충격해석에서는 계산시간을 절약하기 위하여 충격판이 댐퍼에 부딪히기 직전의 낙하속도를 초기속도로 제품에 부여하였다.

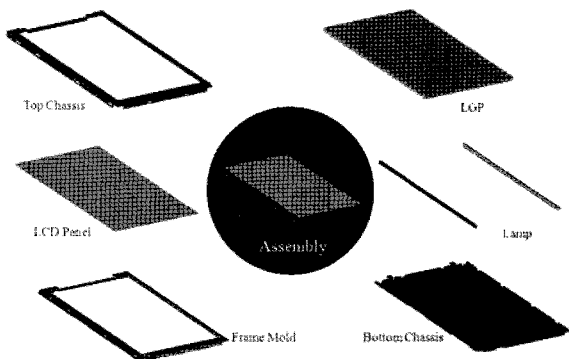


Fig. 1 Exploded view of 18" TFT-LCD module

충격실험 시 충격판에는 220G 크기의 충격가속도가 2msec동안 전달되는데, 본 연구에서는 이러한 반정현파(half-sine) 형태의 충격력을 Fig. 4와 같은 지그 체결부에 초기조건으로 주어 해석을 수행하였다. 또한, Fig. 4와 같이 몰드 프레임을 새시에 고정시키는 후크를 유한요소모델링한 후 접촉을 정의하였다.

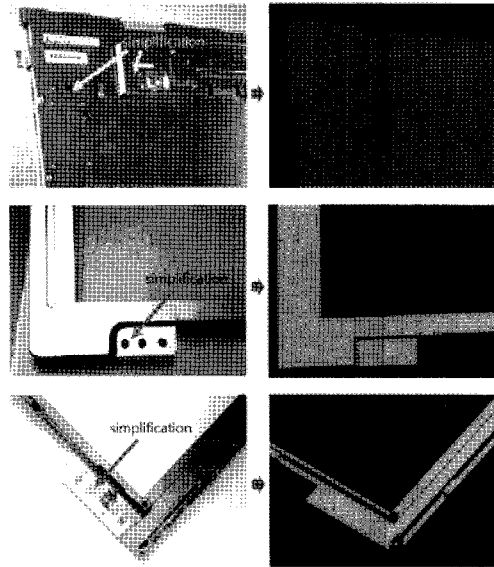


Fig. 2 Simplified finite element modeling of small features

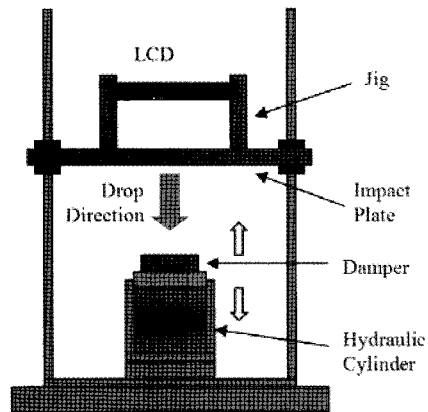


Fig. 3 Schematic shock test configuration

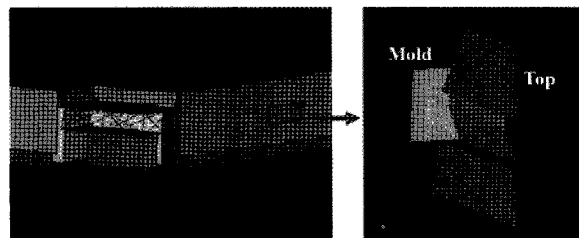


Fig. 4 Region fixed to jig and hook modelling

3. 해석변수 영향

본 절에서는 TFT-LCD 모듈의 충격해석과 몇 가지 해석조건들이 해석결과에 미치는 영향을 살펴본다. 먼저, Fig. 3과 같은 낙하충격실험에서 충격판에 가해지는 충격가속도는 Fig. 5와 같다. Fig. 5는 각각 필터링되지 않은 상태의 가속도와 330Hz 필터링된 가속도 파형을 보여주고 있다. 두 가지 가속도 파형에 대해서 충격해석을 수행한 결과, 필터링된 가속도 파형을 사용하는 경우 필터링으로 인하여 외부 일(external work)이 적게 작용하여 운동에너지 및 변형에너지 모두가 상대적으로 적게 발생함을 Fig. 6으로부터 알 수 있다. 따라서, 본 충격해석에서는 필터링 되지 않은 충격가속도 파형을 기본 조건으로 사용하였다.

다음으로 Fig. 7은 각 부품들의 접촉타입에 따른 차이점을 보여주고 있다. 관심영역이 충돌 후 몇 번 되던 후가 아니면 접촉타입의 영향은 크지 않음을 알 수 있다. 하지만, LCD 모듈과 같이 접촉부위가 많은 경우 안정된 결과를 얻기 위해서는 '절점 대면(nodes to surface)' 나 '면 대 면(surface to surface)' 접촉이 바람직함을 알 수 있다.

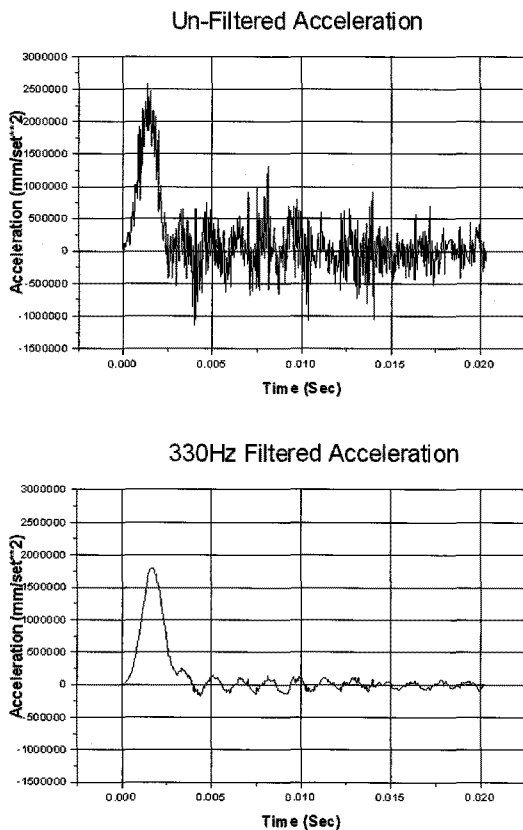


Fig. 5 Shock acceleration profiles

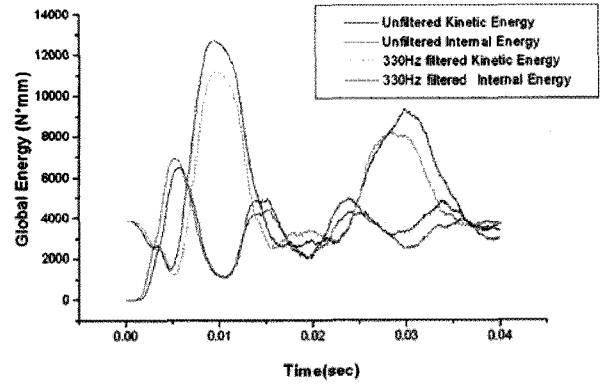


Fig. 6 Global energy distribution according to acceleration profiles

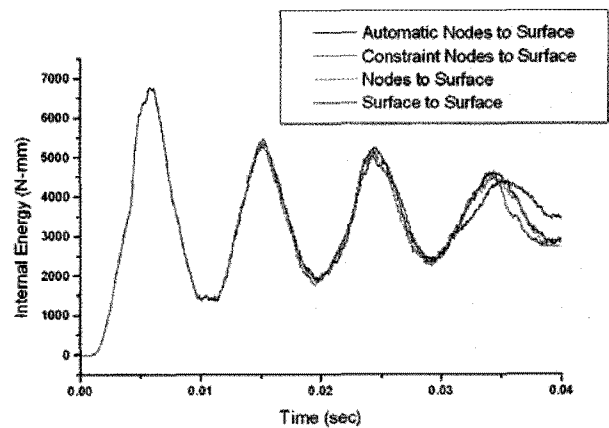


Fig. 7 Internal energy distribution according to contact types

4. 해석 결과 및 검증

Fig. 8은 후면낙하 시 충돌 후 5.9msec에서의 LCD의 변형모습이고, Fig. 9는 실제 220G/2msec 후면낙하 시 LCD의 변형 모습 사진이다. 이 때 해석에서는 LCD 최대변위가 10mm이고 변위 변환주기는 27msec로, 실험에서 얻은 최대변위 11mm와 변환주기 23msec와 상당히 유사한 결과를 얻을 수 있었다.

Fig. 10은 정면낙하 시험에서 발생하는 LCD의 실제 파손위치와 모양들을 보여주고 있다. Fig. 11은 실제 낙하시험에서 파손이 발생하는 위치에서의 LCD 각 파트들의 단면모양을 보여주고 있다. Fig. 12와 Fig. 13은 각각 후면낙하와 정면낙하 시 발생하는 Fig. 11의 단면에서의 각 파트들의 변위를 보여주고 있다. 파트들의 상대적인 변위들로부터 LCD와 상부 커버 사이에 충돌이 발생하며, 이로 인한 LCD의 손상 가능성이 높음을 확인할 수 있다.

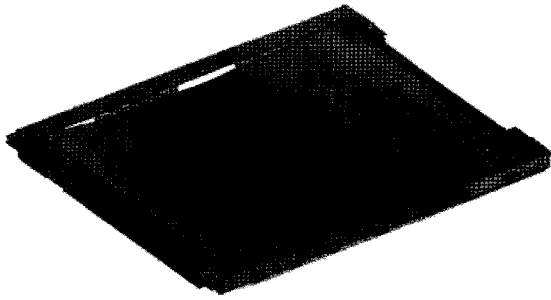


Fig. 8 Deformation of LCD in backward drop direction at t=5.9msec

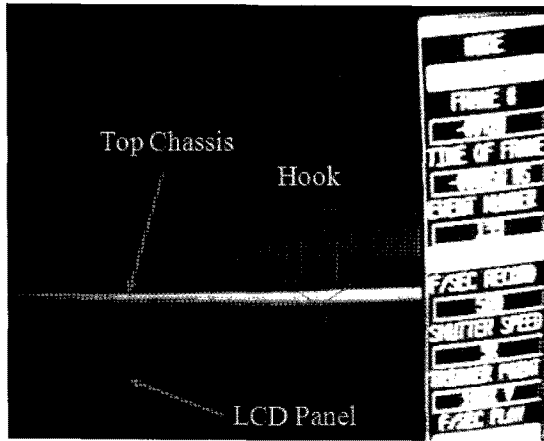


Fig. 9 The photograph of the deformed LCD at 220G/2msec backward drop test

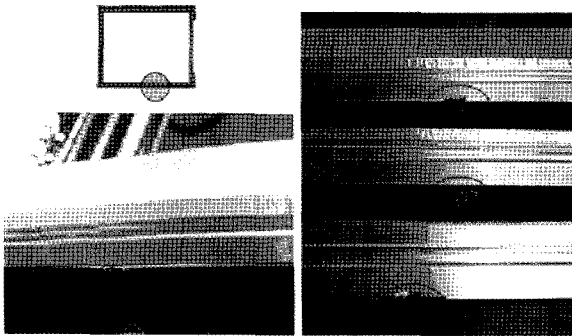


Fig. 10 The photograph of LCD damages at 220G/2ms forward drop test

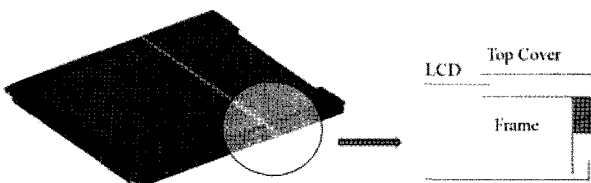


Fig. 11 Sectional shape of LCD

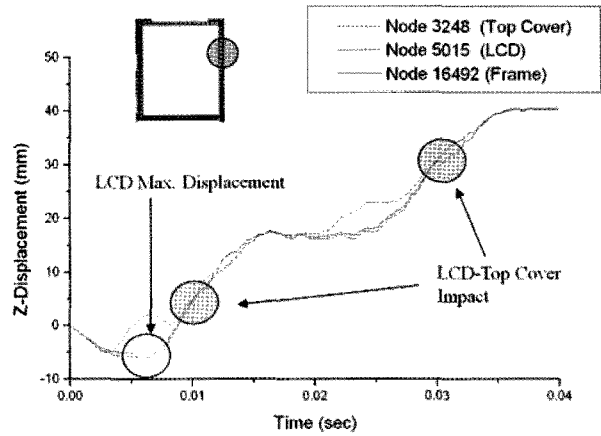


Fig. 12 Section deformation plot in the backward drop direction

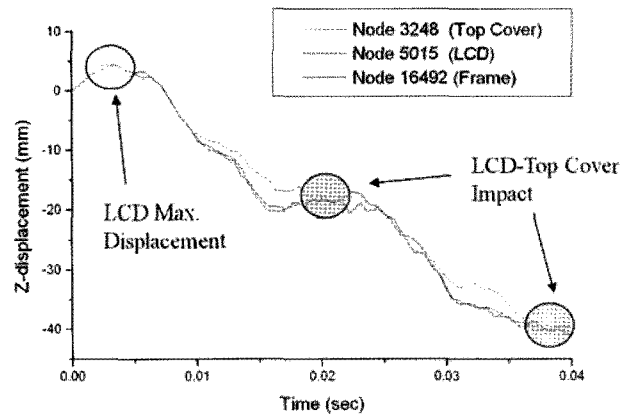


Fig. 13 Section deformation plot in the forward drop direction

마지막으로, 본 연구에서 고려한 18인치 TFT-LCD의 내충격성을 향상시키기 위해서 Fig. 14와 같은 여러 설계 변수들에 대한 해석을 수행하였다. 내충격성 향상을 위해서 살펴본 설계안들은 다음과 같다. 충격 분산을 위한 상부 새시와 LCD의 접촉면적 증대(Fig. 14(a)), 충격에 의한 손상을 방지하기 위해 프레임 몰드에 고무 패드 부착(Fig. 14(b)), 상부 새시의 강성을 보완하기 위한 보강재 부착(Fig. 14(c)), 그리고 이탈방지를 위한 후크 체결부 형상 변경(Fig. 14(d)) 등과 같은 설계 변경의 영향을 Fig. 15와 16에서 살펴보았다. 해석결과 전체 변형 에너지의 크기에는 주목할만한 큰 변화는 발생하지 않았다. LCD에 발생하는 내부 변형 에너지의 크기는 후크의 이탈을 방지한 경우 3차 피크에서 평균보다 5-7% 높게 나타났으며, 상부 새시의 접촉 넓이를 넓힌 경우 3차 피크에서 평균에 비해 3-5% 정도 작게 나타났다. 이로부터, 후크의 체결조건과

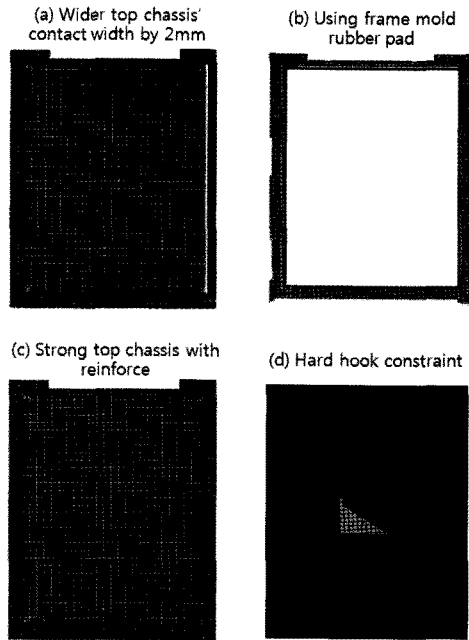


Fig. 14 Design modifications

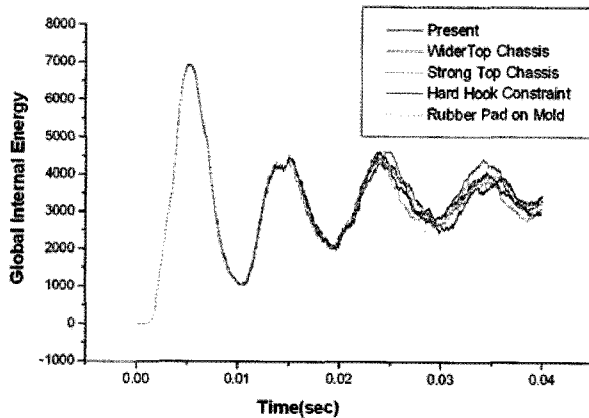


Fig. 15 Global internal energy distributions in 220G front impact

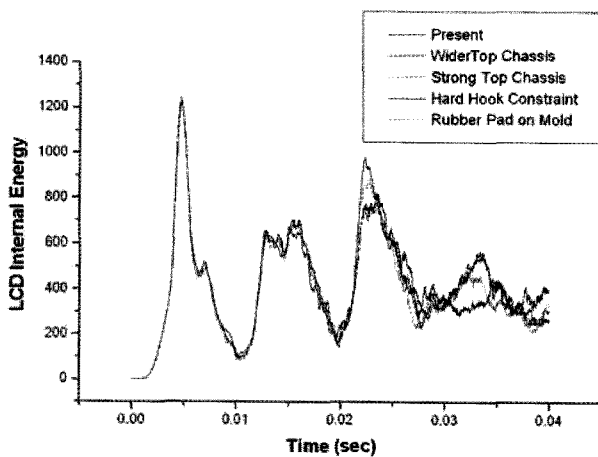


Fig. 16 LCD internal energy distributions in 220G front impact

상부 새시의 접촉넓이가 LCD의 내충격성에 다른 설계 변수들에 비해 상대적으로 더 큰 영향을 미침을 확인할 수 있었다.

4. 결 론

본 연구에서는 충격해석용 범용 프로그램인 LS-DYNA를 이용한 TFT-LCD 모듈의 충격해석에 대해서 상세하게 살펴보았다. 이를 위해서 해석대상 모델에 대한 기본적인 충격해석을 실시하고 다양한 해석변수에 대한 영향을 고찰하였다. 또한, 제안된 모델링 및 해석기법을 이용하여 얻은 해석결과와 신뢰성을 실험결과와의 비교를 확인하였다. 마지막으로, 검증된 해석기법을 바탕으로 TFT-LCD의 여러 설계요소들이 충격에 미치는 영향을 면밀하게 살펴본 결과 아래와 같은 결론을 얻었다.

- (1) 충돌 후 몇 번 되튤 후가 아니면 접촉타입의 영향은 크지 않았지만, 접촉부위가 많은 경우 '절점 대면' 또는 '면 대면' 접촉조건이 보다 안정된 결과를 나타내었다.
- (2) 후크의 체결조건과 상부 새시의 접촉 넓이를 키우는 경우 LCD의 충격분산이 보다 효과적으로 이루어지는 것으로 나타났다
- (3) 이러한 신뢰성 있는 충격해석기법의 구축은 향후 더욱 엄격해지는 LCD의 설계조건 및 설계변경에 효율적으로 대응하는데 많은 도움이 될 것으로 기대된다.

후 기

본 연구는 2010학년도 대구가톨릭대학교 연구비 지원에 의한 것임

참고문헌

1. 이정권, 최성식, 2004, "TFT-LCD 모듈의 충격해석에 관한 연구", 대한기계학회 논문집 A권, 제 28권, 제5호, pp. 571~577.
2. 정재학 외 4인, 김한바라, 송용호, 최현호, 2007, "액정 디스플레이(LCD) 낙하충격해석에 관한 연구", 한국정밀공학회지, 제24권, 제10호, pp. 99~108.
3. 금대현 외 4인, 2004, "낙하충격해석을 통한 대형 전자제품의 완충포장재 최적설계", 한국소음진동

- 공학회논문집, 제14권, 제2호, pp. 128~135.
4. 김상범 외 5인, 2005, “CD-RW Drive의 낙하충격 손상평가”, 대한기계학회 논문집 A권, 제29권, 제1호, pp. 81~87.
 5. 김진곤, 김정윤, 김홍수, 2009, “낙하/충격해석을 통한 전자렌지의 내충격설계”, 한국동력기계공학회지, 제13권, 제3호, pp. 53~58.
 6. LSTC, LS-DYNA Keyword User's Manual, Ver. 960.