

대형 디지털 TV Display 모듈의 내충격 설계를 위한 손상평가 연구 A Shock Damage Evaluation Study of Large Digital TV Display Modules

문성인* · 구자춘† · 최재봉* · 김영진* · 서형원** · 이정권***

Seong In Moon, Ja Choon Koo, Jae Boong Choi, Young Jin Kim, Hyong Won Seo
and Jeoung Gwen Lee

(2004년 3월 6일 접수 ; 2004년 8월 26일 심사완료)

Key Words : TFT-LCD(초박막 액정 표시장치), Impact(충격), Reliability(신뢰성), Evaluation Impact Damage
(충격손상평가)

ABSTRACT

Recently, specifications of flat display module is going to be higher definition, brightness and more wide viewing angle. On the other hand, physical thickness of those modules is forced to be slimmer and lighter. The flat display modules such as plasma or TFT-LCD employ thin crystallized panels that are normally weak to high level transient mechanical energy inputs. As a result, anti-shock performance is one of the most important design specifications of TFT-LCD modules. TFT-LCD module manufacturers and their customers like PC or TV makers perform a series of strict impact/drop test for the modules. However most of the large display module designs are generated based on engineer's own trial-error experiences. Those designs may result in disqualification from the drop/impact test during final product evaluation. A rigorous study on the impact failure of the displays is of course necessitated in order to avoid the problems. In this article, a systematic design evaluation is presented with combinations of FEM modeling and testing to support the optimal shock proof display design procedure.

1. 서 론

최근 전자제품, 휴대용 기기, 컴퓨터 및 각종 기기의 디스플레이(display) 장치에 사용되고 있는 초박막 액정 표시장치(Thin Film Transistor Liquid Crystal Display: TFT-LCD)는 PDP(Plasma Display Panel), FED(Field Emission Display) 및 유기 EL(Organic Electro-Luminescent) 등과 함께 FPD(Flat Panel

Display)를 대표하는 차세대 첨단 디지털 디스플레이 소자이다. TFT-LCD는 TFT가 형성되어 있는 하부 유리기판, CF(Color Filter)가 형성되어 있는 상부 유리기판, 그리고 그 사이에 주입된 액정(liquid crystal)으로 구성되어 있다. 그리고 TFT-LCD는 그 자체가 비발광소자(수광소자)이기 때문에 어두운 곳에서의 사용을 가능하게 할 목적으로 정보 표시면을 균일하게 면조사 하는 백라이트(backlight unit)인 램프(lamp)가 사용된다.

TFT-LCD는 소비전력이 낮고, 경량 박형이 가능하며, 유해 전자파를 방출하지 않을 뿐만 아니라 선명도가 뛰어나다는 장점을 가지고 있다. 또한 최근 기술적 한계로 여겨지던 40"이상의 제품들이 개발되면서 대표적인 대형 평면 디스플레이 장치로 대두되고 있다.

† 책임저자 : 정희원, 성균관대학교 기계공학부
E-mail : jckoo@me.skku.ac.kr
Tel : (031) 290-7454, Fax : (031) 290-5849

* 성균관대학교 기계공학부

** LG전자(주) CDMA 단말연구소 기구개발실

*** 삼성전자(주) AMLCD사업부 광기구개발팀

현재까지는 TFT-LCD 모듈의 내충격성을 확보하기 위한 방법으로 설계자의 개별적인 경험에 의존하거나, 기초적인 응력해석을 통하여 파손부위를 예측하는 방법, 또는 실제적인 충격실험을 수행하여 시제품의 성능을 평가하는 방법 등이 일반적으로 사용되고 있다. 그러나 TFT-LCD 모듈 하우징(housing)은 설계부터 시제품 제작까지 상당한 시간이 소요되며 금형제작에 따른 많은 비용이 발생하기 때문에 경험에 의존하여 설계를 수행하고 시제품 제작이 완료된 상태에서 충격요구조건을 만족시키지 못하는 경우, 경제적 손실과 재개발에 따른 시간적 손실이 발생한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 유한요소해석(finite element analysis) 기법을 이용하여 설계단계에서부터 충격에 대한 안전성 여부를 확인할 수 있는 공학적 해결 방법이 필수적이다. 그러나 현재까지 대형 TFT-LCD 모듈에 대해서는 노트북이나 모니터용과 달리 표준화된 설계모델이 없어 내충격성 확보에 문제가 있는 실정이다. 대형 TFT-LCD 모듈의 경우 램프 파손이 잦은 실정이며 확산판(diffuser plate)의 손상, LCD 패널(LCD panel)의 깨짐 등의 다양한 파손이 발생하고 있다. 또한, 대형 TFT-LCD 모듈에 대한 내충격성 확보를 위하여 현재 기준보다 더 강화된 설계 기준이 요구되고 있으며 이에 대한 대책마련이 시급한 실정이다.

이 연구에서는 대형 TFT-LCD 모듈에 대한 낙하 충격실험 및 유한요소해석을 수행하여 충격손상 특성을 파악하고 설계개선을 통해 취약부위의 내충격성을 개선하고자 한다.

2. TFT-LCD 모듈의 낙하충격실험

이 연구에서는 40" TFT-LCD 모듈에 충격하중이 입력된 후, 주요 파손 및 변형 부위인 LCD패널, 램프, 탑 새시(top chassis) 등에서 시간에 따른 가속도 및 변형률을 측정하였다. 측정된 데이터는 충격손상 평가를 위한 유한요소모델을 검증하기 위해 기본 데이터로 활용하였다.

2.1 실험장치 구성

Fig. 1은 실험장치의 구성을 나타낸 것이며 시편으로는 40" TFT-LCD 모듈을 사용하였다. 충격실험은 LAB사의 AS-II.(48 × 60)를 사용하여 수행하였다.

Fig. 2에 나타낸 것과 같이 시편을 실험용 지그(jig)를 사용하여 충격 테이블 위에 고정시켰다. 충격 테이블을 자유 낙하시키면 충격 테이블에 전달된 가속도가 지그를 통하여 TFT-LCD 모듈에 입력된다. TFT-LCD 모듈의 주요 관심부위에 가속도 게이지와 변형률 게이지를 부착하여 가속도와 변형률을 측정하였다. 이 때, 충격하중이 입력되는 시점을 측정하기 위해 충격 테이블에서도 가속도를 동시에 측정하였다. 충격하중이 가해진 이후에 TFT-LCD 모듈 주요 부위에서의 변형률, 가속도 신호를 앰프(amplifier)에 의해 증폭시킨 후, 오실로스코프와 동적 신호분석기(dynamic signal analyzer)에 실시간으로 저장하였다.^(1,2)

2.2 변형률 및 가속도 측정

실험에서는 산업계에서 제품의 신뢰성 평가를 위해 실제로 사용되고 있는 11ms-50G의 반사인파(half-sine wave)를 18개 사용자 홀에 입력되도록 고려했다. Fig. 3은 충격 테이블에 가해지는 11ms-

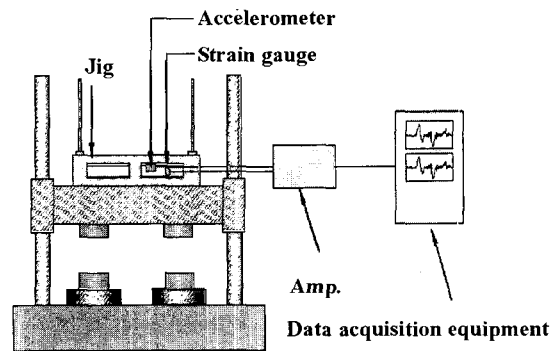


Fig. 1 Schematic diagram of a shock test device

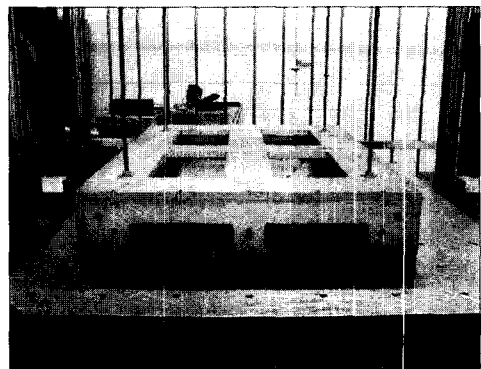


Fig. 2 Test facilities

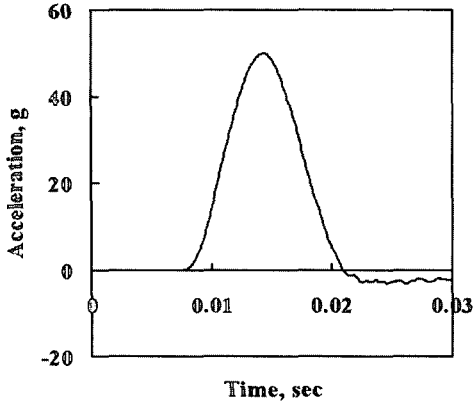


Fig. 3 Impact acceleration curve

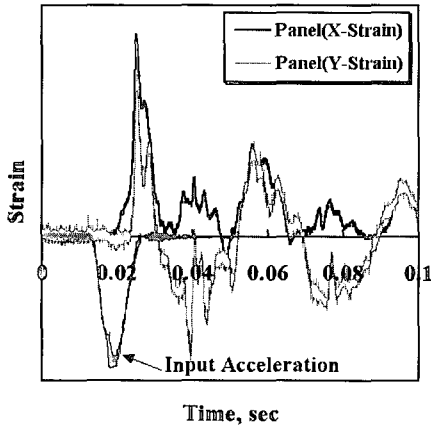


Fig. 4 Strain curves at center of LCD panel

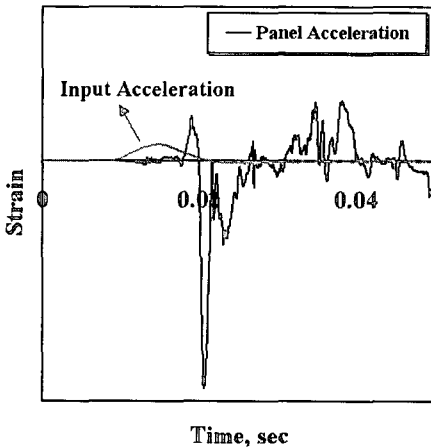


Fig. 5 Acceleration curves at center of LCD panel

50G 반사인과 형태의 입력 가속도를 나타낸 것이다. 40" TFT-LCD 모듈의 관심 부위 25부분에서 30세트의 변형률을 측정하였으며, 6부분에서 가속도를 함께 측정하였다. 그리고 변형률은 100 kHz, 가속도는 35 kHz의 sampling rate으로 저장하였다.

2.3 낙하충격실험 결과

낙하충격실험을 수행하여 총 25 부위에서 변형률, 가속도 데이터를 확보하였다. 대표적으로 TFT-LCD 패널 중앙에서의 변형률과 가속도를 Fig. 4와 5에 나타내었다. 그리고 가속도 입력이 시작되는 시점을 파악할 수 있도록 각각의 그래프에 입력 가속도를 함께 나타내었다. 가속도가 TFT-LCD 모듈에 입력된 후, 각 부품이 거동을 보이기 전까지 시간지연(time delay)이 나타난다. 이는 충격파가 해당 위치까지 전달되는 시간이며 유한요소해석의 타당성을 확인하기 위한 중요한 자료로 사용된다. 이 실험을 통하여 충격손상평가를 위한 기초적인 데이터들을 확보하였으며 유한요소모델의 타당성을 검증하기 위한 기본 데이터를 취득하였다.

3. 유한요소해석

이 연구에서는 낙하충격실험과 동일한 조건을 사용하여 대형 TFT-LCD 모듈에 대한 유한요소해석을 수행하였다. 해석결과를 실험결과와 비교하여 유한요소모델을 검증하고 대형 TFT-LCD 모듈의 충격손상평가를 수행하였다.

3.1 형상 단순화

이 연구에서는 TFT-LCD 모듈의 충격해석을 위해 상용유한요소해석 프로그램인 LS-DYNA3D Ver. 960을 사용하였다.^(3, 4) 충격해석과 같은 동적 유한요소해석을 수행하기 위해서는 계산 시간이 빠르고 수렴이 보장되는 양함수법(explicit time integration)을 이용하는 것이 효율적이다. 그러나 최소 요소 크기에 따라서 해석 시간이 결정되는 양함수 코드 프로그램은 지나치게 작은 요소로 인하여 해석이 불가능한 경우가 발생할 수 있다. 그러므로 유한요소모델을 단순화하는 방안이 필요하며, 해석 시간과 정확성을 고려한 해석 기법이 요구된다.⁽⁵⁾

유한요소해석 대상은 40" TFT-LCD 모듈로서 총

23개의 부품들로 이루어졌다. 총중량을 고려하여 모든 부품의 유한요소모델을 작성하였으며, Fig. 6은 40" TFT-LCD 모듈의 구성 부품들인 탑 새시, LCD 패널, 램프, 바텀 새시, 확산판, 여러 장의 광학 시트(sheet) 들과 미들 새시(middle chassis) 등을 나타낸 것이다. LCD 패널의 PCB(printed circuit board)와 광학 시트를 하단 미들 새시에 고정시키는 테이프(tape)는 하중을 지지하지 못하는 것으로 판단되어 해석대상에서 제외하였다. 또한 램프 홀더(lamp holder) 측면에 붙어 있는 PCB도 램프 홀더가 옆 몰드 프레임(mold frame)에 고정되어 있으므로 결과에 영향을 미치지 않는 것으로 판단되어 생략하였다. 유한요소모델 작성은 상용 3D CAD 프로그램인 EDS사의 I-DEAS⁽⁶⁾를 이용하였다.

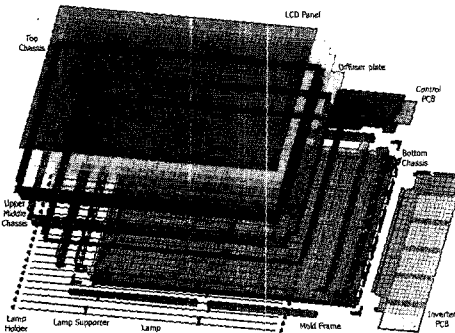
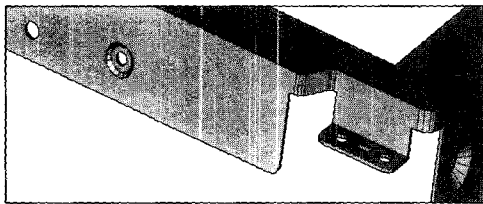
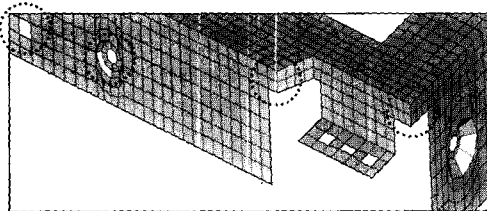


Fig. 6 Finite element model for 40" TFT-LCD module



(a) 3D CAD model



(b) Finite element model

Fig. 7 The figure of top chassis corner side hole

Fig. 7에 나타낸 바와 같이 탑 새시, 바텀 새시, 하단 미들 새시, 상단 미들 새시(upper middle chassis)의 홀(hole) 또는 필렛(fillet)과 같이 파손이 일어나지 않고 해석결과에 크게 영향을 미치지 않는 부분은 형상을 단순화 하였다. 또한 적절한 해석시간을 확보하기 위해 각 부품들간에 볼트(bolt) 체결을 위한 홀(screw hole)과 사용자 홀(user hole)을 사각형 단순화하였다.⁽⁷⁾ 중요 관심 부위인 램프의 경우 정확한 동적 거동을 살펴보기 위하여 팔각형 단면으로 유한요소모델을 구성하였다.

Fig. 8은 TFT-LCD패널의 유한요소모델을 나타낸 것으로 탑 새시와 접촉이 일어나는 패널의 테두리 부분을 조밀하게 구성하였다.

대형 TFT-LCD 모듈의 부품들은 부피에 비하여 상대적으로 두께가 얇기 때문에 대부분 쉘 요소를 사용하여 유한요소모델을 구성하였으며 쉘 요소로 구성할 수 없는 램프 홀더, 램프 지지대와 패널 가이드(panel guide)는 완전 적분 S/R(fully integrated Selectively-Reduced) 사각주 요소를 사용하였다. 총 11,150개의 절점과 99,368개의 요소를 사용하여 유한요소모델을 작성하였다.

3.2 재료 물성치 및 구속 조건

유한요소모델의 전체 질량은 실제 제품과 약 4% 정도의 차이를 나타내었다. 이는 100여 개의 체결용 볼트 무게와 형상 단순화 과정에서 생략된 부분의 무게 차이로 판단된다. 각 부품간의 볼트 체결부위는

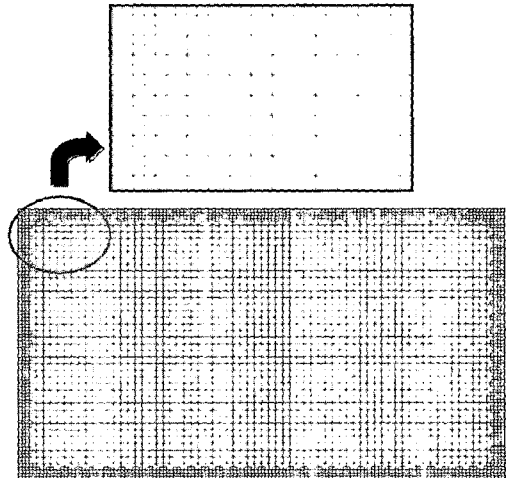


Fig. 8 Finite element model of LCD panel

MPC(Multi-Point Constraint) 옵션을 사용하여 X, Y, Z 방향으로 구속하여 볼트 체결과 같은 효과를 나타내도록 하였다. TFT-LCD 모듈의 초기 속도는 2,214.72 mm/s이며, Fig. 9에 나타난 바와 같이 가속도 충격은 실험과 동일한 조건인 18개의 사용자 홀에 11ms-50G 반사인과 형태의 가속도를 -Z 방향으로 입력하였다.

3.3 접촉 조건

일반적으로 적층 구조로 구성되어 있는 물체의 경우에는 접촉조건 적용시 slave와 master의 적절한 변경을 통하여 최적의 결과를 얻어야 한다고 알려져 있다. 이 연구에서는 셀 요소의 모서리(edge)가 서로

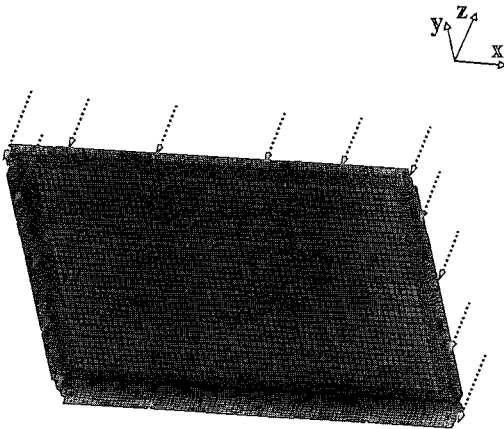


Fig. 9 Schematic illustration of impact loading condition

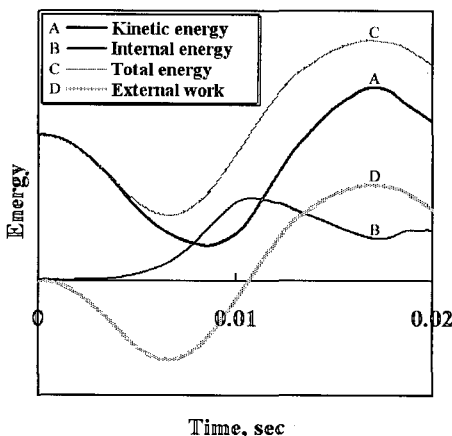


Fig. 10 Energy state for 40" TFT-LCD module

접촉되는 현상을 고려하고 또한 사용의 편의성을 위해 LS-DYNA3D에서 지원하는 automatic single surface 옵션을 사용하였다.

4. 결과 및 토의

이 연구에서는 낙하충격실험을 통하여 얻은 변형률과 가속도 값을 유한요소해석 결과와 비교하여 유한요소모델을 검증하였으며 검증된 유한요소모델의 해석결과를 이용하여 각 부품의 가속도, 변형률 및 최대 응력값 등을 구하였다. 충격 가속도가 입력된 후 20 ms까지 유한요소해석을 수행하였다. Fig. 10은 TFT-LCD 모듈에 대한 에너지 상태를 나타낸 것이다. 총 에너지와 외부일과의 차가 일정하게 유지되는 것으로부터 에너지가 보존되고 해석결과가 타당함을 확인하였다. 유한요소해석시 가감적분법(reduce gauss integration method)를 사용하면 계산시간이 감소하는 반면 변형에너지가 없어도 변형이 발생하는 문제가 발생한다. 이러한 모드를 hourglass 모드라 하며 이를 억제하기 위해 hourglass 에너지라 하는 가상에너지를 적용하게 된다. 충격해석시 내부에너지는 변형에너지와 hourglass 에너지의 합으로 계산되며 비정상적인 해석시 hourglass에너지가 증가한다. 일반적으로 신뢰성 있는 해석결과를 얻기 위해 hourglass 에너지는 내부 에너지의 10% 미만이어야 한다고 알려져 있으며 해석결과 hourglass 에너지 값은 0으로 그 영향은 없는 것으로 나타났다.

4.1 변형률 비교

주요 관심 부위인 LCD 패널의 중앙부, 램프의 중앙부, 바텀 새시의 중앙부, 확산판의 중앙부, 탑 새시의 상단 중앙부 등에서 실험결과와 해석결과를 비교하였다. Fig. 11은 LCD 패널의 중앙부에서의 X방향의 변형률을 나타낸 것으로 가속도 충격이 입력된 후 실험결과와 해석결과가 시간지연이 다르게 나타나고 있지만 변형률의 크기와 주기가 유사한 것을 확인할 수 있다. 이러한 시간지연이 다르게 나타나는 이유는 재료가 갖는 구조적 감쇠(structural damping) 및 마찰(friction) 등에 의한 영향을 유한요소해석에서 고려하지 않았기 때문인 것으로 판단된다. Fig. 12와 13은 각각 바텀 새시 중앙부와 램프 중앙부에서의 실험결과와 해석결과를 변형률로 비교한 것이다.

4.2 가속도 비교

유한요소해석과 실험을 통하여 얻은 램프 중앙부와 탑 새시의 가속도를 비교하였다. Fig. 14는 램프 중앙부에서의 Z방향 가속도를 비교한 그림으로 다른 부품들에 비하여 시간지연이 큰 것을 볼 수 있다. 이는 충격파가 입력되는 곳으로부터 램프가 여러 부품을 거쳐 전파되기 때문인 것으로 판단된다. 또한 램프는 양끝단과 중간지지부가 부분구속 되어 있고 충격파가 입력되는 지점에서 가장 먼 곳에 위치하기 때문에 최고값과 지속시간에 대한 실험결과와 해석결과가 다소 차이를 보이는 것으로 판단된다.

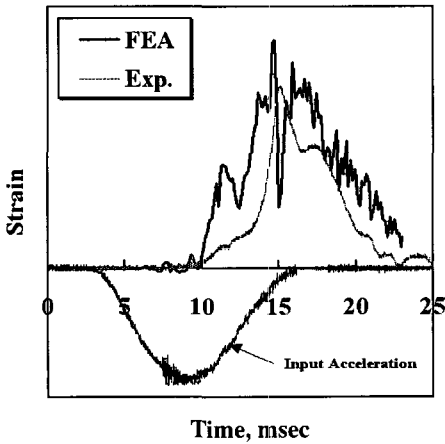


Fig. 11 Strain curve at the center of LCD panel

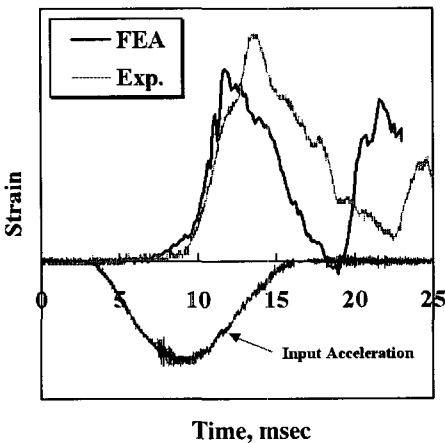


Fig. 12 Strain curve at the center of bottom chassis

4.3 충격손상평가 결과

유한요소해석 결과를 이용하여 40" TFT-LCD 모듈의 충격손상평가를 수행하였다. 충격손상평가는 각

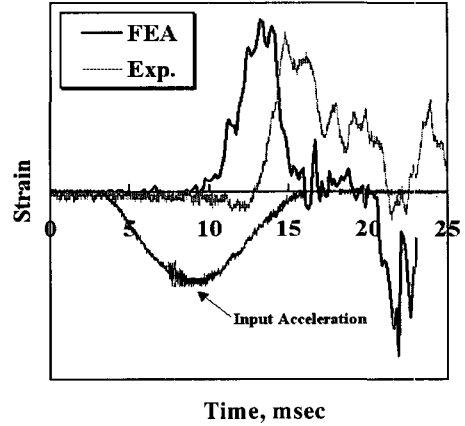


Fig. 13 Strain curve at the center of lamp

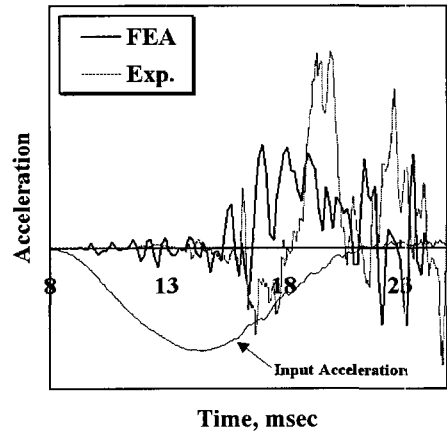


Fig. 14. Acceleration curve at the center of lamp

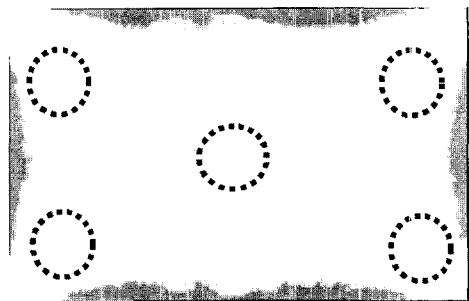


Fig. 15 Stress distribution of LCD panel

부품별로 최대 등가응력을 기준으로 항복 응력과 비교하였으며, 취성 재료로 구성된 LCD 패널과 램프는 최대 주응력으로 비교하였다. 전체적으로 각 볼트 체결부위에서 최대 응력을 나타내었다. Fig. 15는 주요 파손 부위인 LCD 패널의 응력분포를 나타내는 것으로 패널의 중앙 부위에서 최대 응력값을 보였으며 탑 새시와 접촉하는 모서리 부분에서 높은 응력값을 보였다. 또한 LCD 패널은 약 10.5 ms에서 최대 처짐이 발생하는 순간에 최대 응력이 나타나고 그 후 복원하려고 하지만, 패널 하단에 위치한 확산판이 패널과 충돌하여 응력값이 50% 이상 크게 증가하는 경향을 보였다. 향후 이러한 확산판의 영향을 최소화하는 방안이 마련되어야 할 것으로 판단된다. 그리고 파단강도가 70 MPa 정도로 알려진 램프의 경우 램프 지지대와 이탈은 일어나지 않았으나 램프의 중앙부에서 최대 응력값이 파단강도에 가깝게 나타나 파손이 일어날 가능성을 보였다. 탑 새시와 바텀 새시 등의 새시류에서는 볼트 체결 부위에서 최대 응력이 발생하였으며 다른 부품들에 비하여 높은 응력을 나타내었다. 하지만, 재료의 항복강도에는 미치지 못하기 때문에 영구변형 등의 파손은 일어나지 않는 것으로 판단된다.

5. 취약 부위의 설계 개선

40" TFT-LCD 모듈의 취약 부위를 개선하기 위해 바텀 새시의 물성 또는 두께를 변화시키며 유한요소 해석을 수행하였다. 바텀 새시는 강재로 구성 되어

있으며 다른 부품들에 비하여 부피와 질량이 크다. 특히 이와 같이 질량이 큰 부품은 충격하중이 작용할 경우 관성력(inertia force)이 크기 때문에 다른 부품들의 변형 및 파손 등에 큰 영향을 미칠 것으로 판단된다. 그러므로 바텀 새시에 대한 사례 연구에 중점을 두어 유한요소해석을 수행하였으며 주요 부품에 바텀 새시의 재질과 두께가 미치는 영향을 분석하였다.

5.1 설계개선을 위한 사례연구

Table 1은 바텀 새시의 물성 또는 형상을 변경한 사례를 나타낸 것이다. 기본 모델의 바텀 새시 재질은 SECC이며 두께는 1.2 mm이다. 사례연구를 위해 바텀 새시에 SECC와 알루미늄 두 가지 재질을 사용하였으며 각각에 대하여 두께를 1.2, 1.6, 1.8, 2.0 mm로 변화시키며 해석을 수행하였다. 그리고 바텀 새시의 탄성계수가 주요 부품에 미치는 영향을 알아보기 위해 탄성 계수를 $\pm 20\%$ 변화시켜 유한요소해석을 수행하였다.

5.2 사례연구의 결과 및 토의

실험과 해석의 비교를 통해 검증된 유한요소모델을 기본으로 하여 각 부품의 물성치, 형상 등을 변경하며 취약 부위에서의 최대 응력값을 비교하였다. Fig. 16과 17은 램프와 LCD 패널에서 주응력을 관찰한 위치를 나타낸 것이다. 설계 변경에 따른 주요 부위의 최대 응력값 변화를 관찰하기 위해서 램프의 경우 램프의 중앙 부위 그리고 램프 서포터와 램프 홀더

Table 1 List of design variables for case study

No	Part	Variable	Value
1		Basic model	
2	Bottomhassi	Thicknes	1.2 mm → 1.6 m
3			1.2 mm → 1.8 m
4			1.2 mm → 2.0 m
5		Thickness andaterialropt	Al, 1.2 m
6			Al, 1.2 mm → 1.6 m
7			Al, 1.2 mm → 1.8 m
8			Al, 1.2 mm → 2.0 m
9		Materialropt	E : +20 %
10			E : -20 %

사이에서 최대 응력값을 비교하였으며, LCD패널의 경우에는 패널의 중앙부와 bezel부에서 최대 응력값을 비교하였다.

Fig. 18과 19는 사례별 램프와 패널 주요 부위에서의 주응력을 각각 나타낸 것이다. 일반적으로 취성 재료인 경우 최대 주응력을 이용하여 재료의 파손을 평가한다. Table 1에서 1~8번 모델은 바텀 새시의 재질과 두께가 주요 부품의 파손에 미치는 영향을 파악하기 위한 사례를 나타낸 것이다. Fig. 18에 나타낸 것과 같이 바텀 새시의 두께가 두꺼워 질수록 램프의 최대 응력이 감소하였다.

기본 모델에서 두께가 1.6, 1.8, 2.0 mm로 두꺼워 질수록 최대 주응력은 각각 11.9, 23.1, 28.3 %씩 감소하였다. 패널의 경우에도 주응력이 패널의 중앙에서 최대값을 보였으며 Fig. 19에 나타낸 것과 같이 두께가 증가 하면서 최대 주응력이 감소하는 경향을 확인할 수 있다.

5~8번 모델을 사용하여 바텀 새시의 재질을 SECC에서 알루미늄으로 변경한 후에 1~4번 사례 해석과 같이 두께 증가에 따른 주요 관심 부위에서의 최대 주응력을 비교하였다. Fig. 18에 나타낸 사례

5~8의 해석결과와 같이 알루미늄 재질의 바텀 새시의 경우에도 SECC 재질과 마찬가지로 1.2 mm에서 1.6, 1.8, 2.0 mm로 두께가 두꺼워 질수록 최대 주응력이 각각 9.9, 19.2, 24.7 %씩 감소하는 것을 확인할 수 있다. Fig. 20은 바텀 새시의 두께에 따른 램프의 에너지 상태를 나타낸 것으로서 두께가 증가함에 따라 내부에너지가 감소는 경향을 나타내었다. 두께가 증가 할수록 최대 응력이 감소하는 이유는 이와 같이 바텀 새시의 두께가 증가할수록 램프의 내부에너지가 감소하기 때문인 것으로 판단된다. 패널은 바텀 새시의 재질이 SECC인 경우와 마찬가지로 두께가 증가 하면서 최대 응력이 감소함을 확인할 수 있었다. 바텀 새시의 재질을 SECC에서 알루미늄으로 변경한

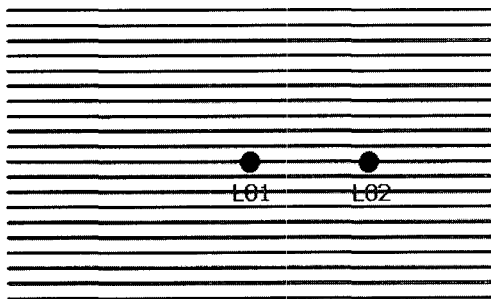


Fig. 16 Locations for observing stress in lamp

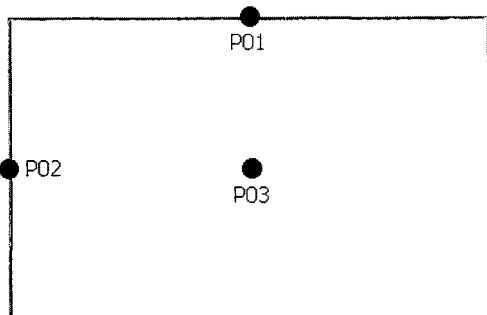


Fig. 17 Locations for observing stress in panel

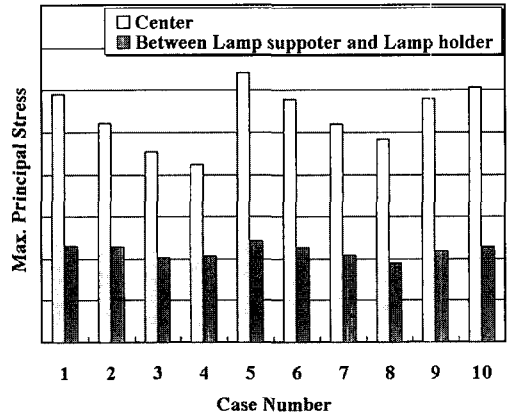


Fig. 18 Results of maximum principal stress in lamp

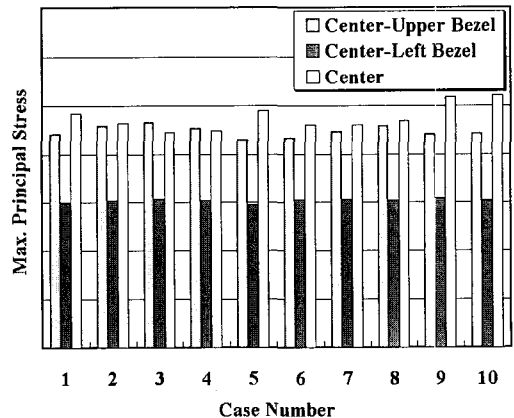


Fig. 19 Results of maximum principal stress in panel

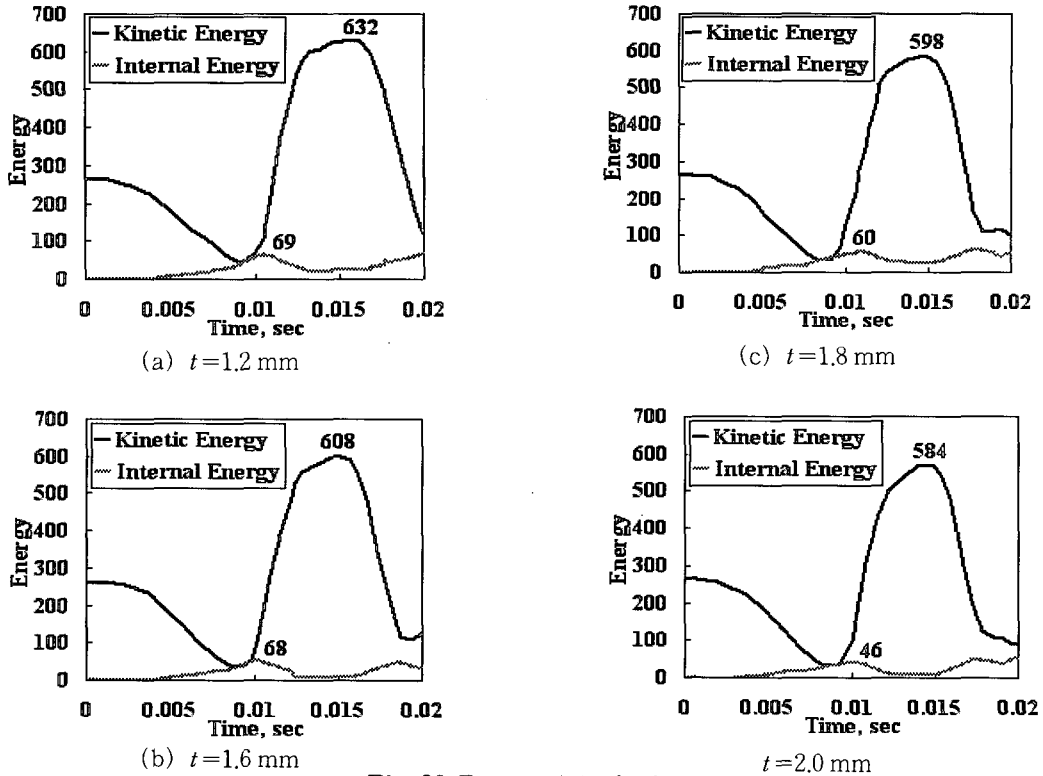


Fig. 20 Energy state for lamp

경우에는 Fig. 18에 나타난 바와 같이, 램프에서의 최대 응력이 9~14 % 증가 하였다.

9, 10번 모델을 사용하여 바텀 새시의 탄성계수를 ± 20 % 변화 시켜 탄성계수가 주요 부품의 파손에 미치는 영향을 분석하였다. 램프의 탄성계수를 20 % 증가시킨 경우에는 최대 주응력이 1.9 % 감소하였으나, 탄성계수를 20 % 감소시킨 경우 최대 주응력이 2.5 % 증가함을 확인하였다. 즉 바텀 새시의 탄성계수를 증가시키면 램프가 보다 안정적으로 거동함을 알 수 있다.

6. 결 론

이 연구에서는 대형 TFT-LCD 모듈의 하우징 설계를 위한 충격손상평가에 관하여 연구를 수행하였으며, 그 결론은 다음과 같다.

(1) 낙하충격실험을 수행하여 대형 TFT-LCD 모듈의 주요부위에 대한 가속도 및 변형률 데이터를 획득하였으며 설계 개선을 위한 기초 자료로 사용하였다.

였다.

(2) 대형 TFT-LCD 모듈에 대하여 유한요소해석을 수행하였으며, 실험 결과와 비교하였다. 이를 기반으로 대형 TFT-LCD 모듈의 충격손상평가를 수행하였다.

(3) 바텀 새시의 두께를 증가시킬수록 램프와 패널 등의 주요 부품에서 발생하는 최대 주응력이 감소한다. 이는 바텀 새시에서 많은 에너지를 흡수하고 램프와 패널 등의 주요 부품에서 발생하는 내부에너지가 감소하기 때문인 것으로 판단된다.

(4) 바텀 새시의 재질을 SECC에서 알루미늄으로 바꾼 경우에는 램프와 패널 등의 주요 부품에서 발생하는 최대 주응력이 증가한다. 이는 강성이 감소하여 자체 변형이 커지고 램프와 패널 등의 타 부품의 변형에 영향을 미치기 때문인 것으로 판단된다.

(5) 바텀 새시의 탄성계수를 증가시킨 경우에는 램프와 패널 등의 주요 부품에서 발생하는 최대 주응력이 감소한다. 이는 바텀 새시를 SECC에서 알루미늄으로 바꾼 경우와 동일한 경향을 보이는 것으로서 탄성계수가 감소하면 자체 변형이 커지고 램프와 패널 등의 타 부품에 영향을 미치기 때문인 것으로 판단된다.

후 기

이 논문은 한국과학재단 산하 성균관대학교 산업설비 안전성평가 연구센터의 연구비 지원으로 이루어진 것으로서, 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참 고 문 헌

- (1) Cyril M. Harris, 1995, Shock And Vibration Handbook, McGRAW-HILL.
- (2) 한국기계연구원, 2001, LCD 모듈의 내충격성 한계 평가실험.
- (3) John, O. Hallquist, 1998, LS-DYNA Theoretical Manual, Livermore Software Technology Corporation.
- (4) LS-DYNA Users Manual, 2001, Ver. 960, Livermore Software Technology Corporation.
- (5) Bathe, K. J., 1982, Finite Element Procedures in Engineering Analysis, Prentice Hall.
- (6) I-DEAS Update Training, 2000 SDRG.
- (7) 삼성전자주식회사, 2002, 손상설계 평가시스템 개발.
- (8) William J. Anderson, 1993, Linear, Static Finite Element Analysis, Automated Analysis Corporation.