

TFT-LCD 모듈의 충격해석에 관한 연구

이정권* · 최성식*

(2003년 8월 11일 접수, 2004년 3월 19일 심사완료)

The Study of Impact Analysis of TFT-LCD Module

Jeoung-Gwen Lee and Sung-Sik Choi

Key Words: TFT-LCD Module(액정모듈), Impact(충격), Backlight Unit(후면광원)

Abstract

The impact behavior of TFT-LCD module is very complicated because the module is assisted with three parts such as back light unit, LCD Panel and top chassis. Especially, the back light unit is constructed with several small and thin parts made by plastics or steels. The design of the back light unit is very important because the recent demand is more lighter, thinner and narrower module. The aim of the present study is the investigation of mechanical characteristics during impact loading. The back light unit must assist TFT-LCD Panel made by glass and guide qualification of handling environment. This paper focus on the dynamic behavior of module and carries out a series of computer simulation using LS-DYNA program. Comparing with test results previously performed, dynamic characteristics of TFT-LCD module are estimated.

1. 서론

노트북 및 데스크탑 컴퓨터용 액정모니터에 화면표시장치로서 적용되고 있는 TFT-LCD모듈은 가정용 텔레비전에도 그 적용을 확대하고 있다. TFT-LCD모듈은 두개의 얇은 유리기관 사이에 액정을 주입한 액정패널(Panel)을 중앙에 두고, 하단부에 램프를 장착하여 광을 입사시키는 백라이트(Back Light Unit, 이하 BLU라고 함), 상단부에 액정패널을 BLU와 체결하기 위한 샤시품(Top Chassis, 이하 TC라고 함)의 세부분으로 구성된다. 여기에서 BLU의 품질은 액정의 화면표시 성능을 좌우할 뿐만 아니라, 열, 진동, 충격 등의 악조건에서도 필요한 성능을 발휘할 수 있어야 한다.

즉, BLU는 TFT-LCD의 광원으로서의 역할과 액정 단품에 대한 동작상태에서의 신뢰성 확보의

역할을 동시에 담당하고 있으며 두께, 크기 등에 제한을 받으면서도 얇은 유리를 효과적으로 보호해야 하는 어려움이 있다.

최근의 액정모듈에 대한 요구는 보다 얇고, 작고, 화면이 커야 한다는 경향이 더욱 더 강하게 진행되고 있으며, 이러한 경박 단소화로 인해서 설계적인 여유가 줄어들면서도 진동, 충격 등의 신뢰성 품질에 대한 요구수준은 점점 더 높아지고 있으며, 이에 능동적으로 대응하기 위해서는 하우징에 대한 분석 및 검토가 필수적이다.

본 연구에서는 화면의 표시성능을 좌우하는 TFT-LCD에 대한 검토는 지양하고, 제품 사용상의 성능을 좌우하는 액정패널을 포함한 BLU의 충격거동을 중점적으로 검토하였다.

즉, 현재 양산중인 대표적인 모델중의 하나인 노트북용 모듈에 대해서 충격해석용 범용프로그램인 LS-DYNA를 이용한 상세한 해석을 수행하였다. 앞서 수행한 정적 및 동적 실험을 수행한 결과⁽⁶⁾를 바탕으로 해석신뢰성 확보 및 현재의 설계수준에 대해서 평가하고, 변형이 집중되는 각 부위의 거동을 파악하여, 향후 더욱 엄격해지는 설계조건 및 설계변경에 대응하기 위한 검증

* 책임저자, 회원, 삼성전자 LCD총괄 AMLCD사업부
E-mail : jegwlee@samsung.com

TEL : (031) 209-7692 FAX : (031) 209-2228

* 삼성전자 AMLCD사업부

을 수행하였다.

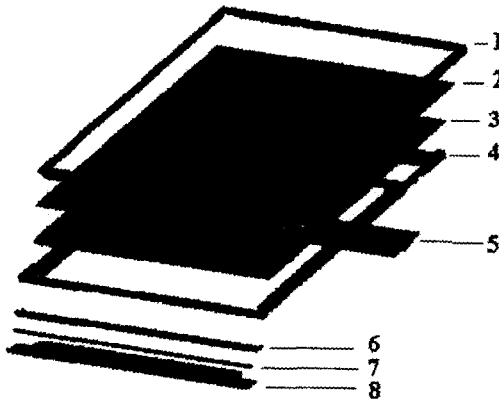
2. 충격해석모델

일반적으로 TFT-LCD 모듈이 갖추어야 할 기본강성은 제품의 제조현장, 운반현장, 사용현장 등에서 발생 가능한 여러 가지 조건들⁽³⁾을 고려하여 설정하게 된다. 특히, 충격성능에 대해서는 고가부품이기 때문에 매우 엄격한 조건을 상정하여 만족할 것을 요구하고 있을 뿐만 아니라 상향조정 또는 보다 가혹한 조건에서도 견뎌줄 것을 요구하고 있는 실정이다.

2.1 해석모델의 구성 및 충격시험

노트북용 모듈의 경우, 기본적으로 휴대하는 제품의 일부로서 사용자의 허리 높이에서 떨어뜨렸을 때, 제품이 받는 충격에서도 보호되어야 하는 것을 요구하고 있다. 이는 제품 신뢰성 측면에서 반드시 확보하여야 하는 사항이다.

Fig. 1은 일반적인 TFT-LCD모듈에 대한 구성도를 나타내었다. 각 번호에 해당하는 부품은 상



- 1 - Top-Chassis
- 2 - Panel
- 3 - LGP
- 4 - Mold-frame
- 5 - PCB
- 6 - Lamp Cover
- 7 - Lamp
- 8 - Back Cover

Fig. 1 Schematic part list of general TFT-LCD module.

측에서부터 순서대로 배열하였다. 중앙에 배치한 액정패널(2)은 두개의 유리기판 사이에 액정을 주입하여 전기신호에 의해 화면을 표시할 수 있으며, 하측에 위치하는 BLU는 램프(7), 프리즘시트, 몰드프레임(4) 등으로 구성되는 광원의 역할과 전체적인 강성유지를 담당하고 있으며, 상측에는 중앙의 LCD패널을 움직이지 않게 하는 TC(1)로 구성되어 있다. 모듈에 대한 충격성능은 상측의 TC와 하측의 BLU내에 있는 몰드프레임을 연결함으로써 필요한 강성을 유지하고 있다.

Fig. 2에는 TFT-LCD모듈에 대한 충격시험의 개념도를 나타내었다. TFT-LCD모듈은 기본적으로 제품에 장착이 되어 화면으로서의 역할을 수행하게 되는데, 제품에 진동, 충격 등에 의해 손상이 가해지면 모듈에는 직접적인 접촉손상보다는 충격에너지가 장착위치를 통하여 전달되어 손상을 입는 경우가 대부분의 경우라고 할 수 있다. 따라서, 그림에 나타낸 바와 같이, 지그에 장착된 모듈은 충격조건을 만족하기 위한 일정한 높이에서 자유낙하한 후 충격을 받게 되며, 충격 후에는 다시 일정한 높이에서 지그를 정지시킨다.

초기조건으로서 모듈이 받게 되는 속도변화량 (ΔV)은 시간에 대한 가속도 파형의 면적에 해당하므로 다음과 같이 나타낼 수 있다.⁽⁴⁾

$$\Delta V = (1 + e)\sqrt{2gh} \quad (1)$$

여기서, e 는 반발계수를 나타내며, 0~1의 값을 가지며, g 는 중력가속도, h 는 충격테이블의 높이를 나타낸다.

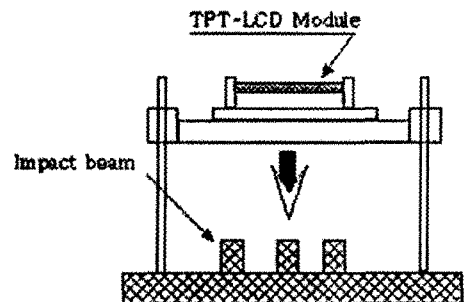


Fig. 2 Schematic shock test configuration (LAB AS-II model)

2.2 해석모델의 경계조건

TFT-LCD 모듈은 기본적으로 제품에 장착이 되는 하나의 부품으로서 취급되며, 모듈상태에서는 제품과 결합되는 체결부에서 충격에너지가 전달된다고 할 수 있다.

Fig. 3에는 일반적으로 노트북용 모듈에서 사용하는 체결부에 충격하중을 작용시킨 것을 나타내었다. 충격하중은 통상적으로 완성품업체가 요구하는 시험조건에 의해서 결정되며, 본 해석에서는 A사에서 제시한 충격력220G, 충격지속시간 2msec의 조건⁽³⁾을 기준으로 해석을 수행하였다.

또한, 양해법에 있어서, 시간 t 에 있어서의 운동방정식은 다음과 같이 표현된다.

$$[M]\{u''\} = \{F_{out}\} - \{F_{int}\} \quad (2)$$

여기에서, $[M]$ 는 집중질량매트릭스, $\{u''\}$ 는 가속도벡터, $\{F_{out}\}$ 및 $\{F_{int}\}$ 는 절점외력 및 내력벡터를 나타내며 다음과 같이 주어진다.

$$\{F_{out}\} = \int [M]\{u''\} dl \quad (3)$$

$$\{F_{int}\} = \int [T][B][R] dl \quad (4)$$

여기에서, $[T]$ 는 좌표변환, $[B]$ 는 일반화변형률-절점변위관계, $[R]$ 은 절점력매트릭스를 나타낸다.

또한, 시간증분 Δt 는 다음조건을 만족하여야 한다.

$$\Delta t = \frac{l_{min}}{v_L} \quad (5)$$



Fig. 3 Shock test condition (220G, 2msec)

여기에서, l_{min} 은 최소요소길이, v_L 은 종파의 전달속도를 나타내며, 요소가 작아 질 수록 계산시간은 길어진다는 것을 의미한다. 본 모델과 같이 얇고 작은 부품들이 적층이 되는 구조에 있어서는 부분적인 접촉의 영향이 커지게 되며, 이를 충분히 고려하기 위해서는 요소는 작아질 수밖에 없고 계산시간 또한 길어지게 되기 때문에 계산시간과 해석정도의 신뢰성을 고려한 효율적인 요소분할방법이 요구된다.

2.3 해석모델의 유한요소작성

TFT-LCD모듈을 구성하는 각 부품들은 얇고 긴 부품이 적층이 되어 구성이 되는 경우가 많으며 각각의 부품들이 상호간의 접촉에 의해서 강성을 유지하고 있다. 본 해석에서는 계산시간에 대한 고려는 하지 않고, 가능한 한 상세하게 각 부품들을 표현하였다.

Fig. 4에 본 해석에서 사용한 유한요소 분할도를 나타내었다. 상측의 TC와 하측의 몰드프레임이 대부분의 강성을 유지하고 있으므로 접촉이 되는 부분을 중심으로 비교적 상세하게 요소분할을 수행하였다.

3. 충격해석결과 및 검토

충격해석에는 상용프로그램인 LS-DYNA를 이

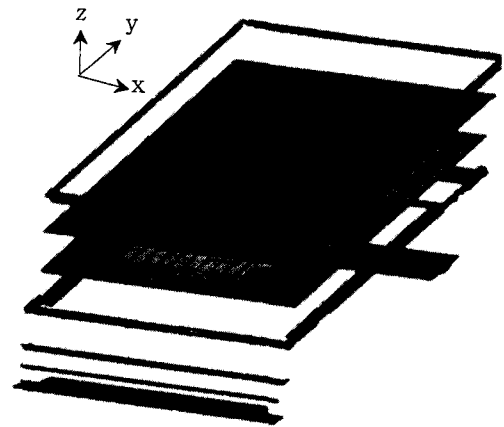


Fig. 4 Mesh generation for TFT-LCD model

용하였으며, 본 해석에서는 제품전면을 기준으로 가장 취약한 방향인 정면방향(+Z방향)으로 충격이 가해지는 조건을 사용하였다.

3.1 에너지전달에 대한 검토

충격해석에는 중량에 따른 충격에너지의 전달이 가장 중요한 요소이며, 이를 균등히 분할하여 흡수할 수 있는 구조가 가장 이상적인 구조라고 할 수 있다.

Fig. 5에 운동에너지와 내부에너지의 시간이력을 나타내었다. 충격에너지가 입력이 되는 2msec 이내에서는 부품상호간의 접촉에 의해 강성을 유지하면서 자체 변형으로 충격력을 흡수하지만, 약 4msec 이후에는 각 부품들의 이탈이 진행되면서 주요부품들이 독자적인 변형을 하게 되고 운동에너지가 증가하게 됨을 확인할 수 있다.

Fig. 6 및 Fig. 7에는 각 부품별 내부에너지 및 운동에너지의 시간이력을 나타내었다. 그림에서 확인할 수 있듯이, 초기충격하중은 TC가 패널에 접촉이 생겨서 잡고 있는 동안에는 LCD모듈에 전달되는 에너지의 대부분을 패널이 직접 부담하게 되며, 약 4msec 근처에서 패널빠짐이 발생하면서 패널뒷면에 위치하는 도광판의 중량이 패널에 전달이 되어 패널 및 도광판의 운동에너지가 증가하게 된다. 대부분의 경우에는 충격완료시점에서 복원이 되고 있으나, 복원시에 TC와의 접촉에 의해서 과도한 응력이 집중되어, 유리로 구성된 패널에 손상이 발생할 위험이 커지게 된다. 또한,

각 부품에서 발생하는 내부에너지는 약 4msec에서 최대가 되고 이때의 변형이 최대가 되는 것을 확인할 수 있다. 또한, TC가 패널을 잡지 못하고 이탈이 발생한 이후에는 TC의 역할이 현저하게 줄어드는 것을 확인할 수 있다.

3.2 해석정도에 대한 검토

노트북은 사용 중에 떨어뜨리는 등의 충격이 가해질 수 있으며, 화면표시용으로 사용하는 액정모듈에 대해서는 더욱 더 엄격한 기준을 적용하고 있다. 모듈을 구성하는 각 부품들은 박막단소를 실현하기 위하여 최대한 얇은 부품들을 사용하여 필요한 강성을 유지하고 있다. 따라서, 강

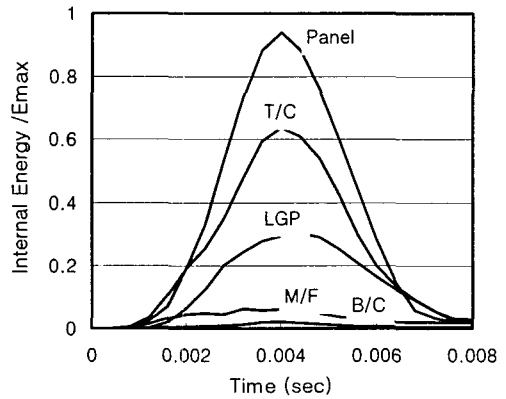


Fig. 6 Time history of internal energy distribution

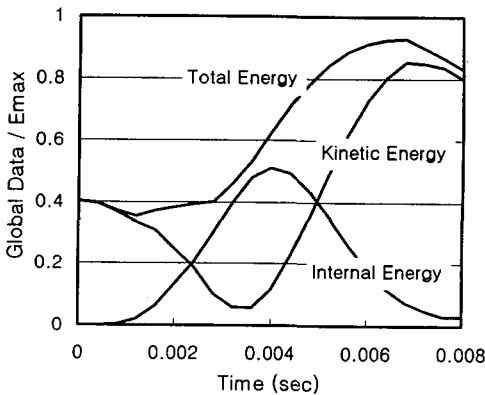


Fig. 5 Time history of global energy data

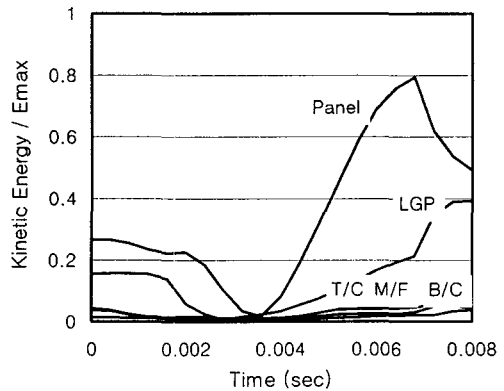


Fig. 7 Time history of kinetic energy distribution

성을 유지하기 위한 주요부품들에 대한 충격거동을 파악하는 것은 최적화된 설계를 위해서는 반드시 필요하다고 할 수 있다. 짧은 시간에 변형이 완료되는 동안에 변형율을 측정하는 것은 대단히 어려운 작업이지만 여러번 반복실험을 통하여 적당한 실험값을 도출할 수 있었다.⁽⁶⁾

Fig. 8에는 가늘게 표시한 선은 TC의 상측 및 하측 중앙부에서 발생한 x방향 변형율의 시간이력을 나타내며, 굵게 표시한 선은 실험측정값을 의미한다. 실험은 자유낙하에 의해서 충격력이 전달되는 것이므로 매번 동일한 충격력을 전달하는 것은 어려우며, 측정오차가 있다는 것을 감안하여 4번의 반복실험을 수행한 결과를 나타내었다. 해석결과는 상하측 TC중앙부에서의 변형율값을 의미한다. 실험결과와 산포를 고려하더라도 해석에 의한 결과는 크기 및 시간에 있어서 상당한 정도의 신뢰성을 확보하였다고 볼 수 있다.

Fig. 9에는 BLU내부에 위치하는 도광판의 중앙부에 대한 x방향 변형율의 시간이력을 나타내었다. 마찬가지로 굵은 선은 실험치를 의미하며, 4번의 동일 실험을 수행한 결과를 나타내었다. 3번의 실험결과는 유사한 결과를 나타내었으며, 해석결과도 근접한 결과를 얻을 수 있었다. 결과가 크게 다른 1번의 실험은 충격력이 과도하게 입력된 것으로 추정된다. 도광판은 충격력이 작용하는 동안에 처짐에 의한 변형이 가장 크게 발생하므로 중앙부에서의 변형율로 비교를 하였다.

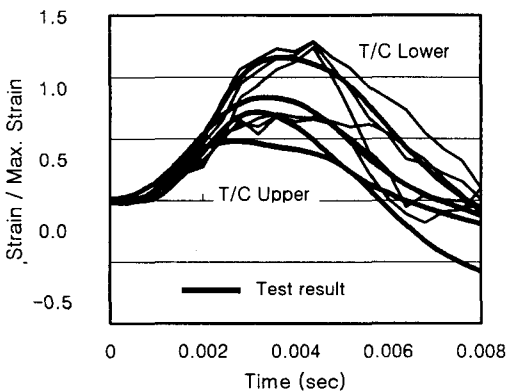


Fig. 8 Time history of strain results on the middle point of T/C (Test vs Analysis)

Fig. 10에는 패널에 대한 측정값 및 해석값을 나타내었다. 패널에 대한 결과는 실험오차를 고려하더라도, 변형의 크기 및 주기에 대해서 상당한 차이가 있는 것을 확인할 수 있다. 이는 패널에 대한 모델을 작성할 때 간략화 하였기 때문이다. 즉, 패널은 LCD용 유리(Glass) 2장과 유리를 보호하기 위한 보호막(Polalize)으로 구성되는데, 두께가 얇기 때문에 이를 고려하면, 요소는 작아

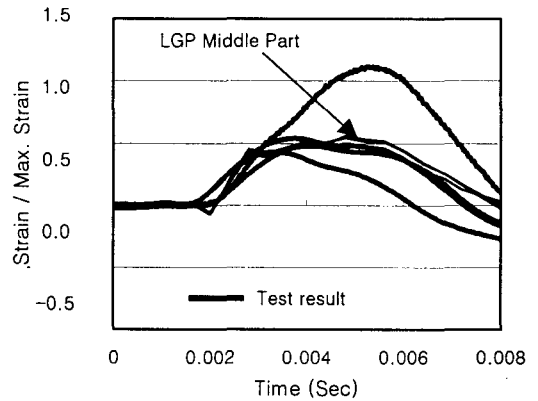


Fig. 9 Time history of strain results on the middle point of LGP (Test vs Analysis)

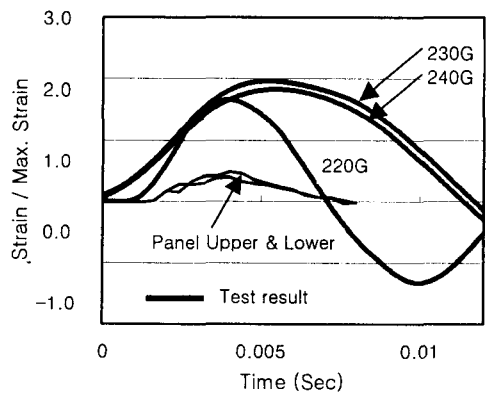


Fig. 10 Time history of strain results on the middle point of Panel (Test vs Analysis)

지게 되어 계산시간은 늘어나게 된다. 따라서, 계산효율성을 위하여 두께방향을 고려하지 않았으며, 통합 물성치를 사용하였다. 여기에 대해서는 단품에 대한 실험을 추가하여 물성치 가정에 대한 데이터를 확보할 예정이다.

또한, 패널에 손상 또는 파괴가 발생하였는지에 대한 평가는 충격해석을 수행하는 중요한 목적중의 하나이지만, 기본적인 재질이 유리인 취성적인 성질 때문에 일반적인 구조계산으로 평가하기에는 대단히 어려운 실정이다. 현재는 많은 반복실험과 경험에 의해서 판단을 하고 있지만 개선이 필요한 부분이다.

3.3 변형거동에 대한 검토

충격력이 작용하는 동안의 LCD모듈의 변형은 크지는 않지만 각 부품들의 상대적인 변형이 증폭되는 경우에는 접촉에 의해서 고응력이 발생하며 결국에는 손상 및 파괴가 발생하게 된다.

Fig. 11에는 TC 및 패널의 변형이력을 나타내었다. 전체적으로 최대 처짐은 중앙부에서 약 3~5mm로 판단된다. 패널과의 접촉이 예상되지만 패널이 TC를 벗어나지는 않는 것으로 판단되며, 접촉에 의한 응력발생은 내부적으로 설정한 기준을 벗어나지 않았다. 하지만, TC의 체결력이 약하게 되면 부분적인 손상 및 깨짐이 발생할 가능성이 있는 취약부위로서 항상 유의하여야 한다.

Fig. 12에는 최대처짐이 발생한 시간(t=4.4 msec)에서의 변형형상을 나타내었다. TC는 최대

변형시에도 패널을 감싸고 있지만, 복원이 되는 경우에 강성차이에 의한 복원시점에 차이가 발생하여 패널에 손상이 발생할 가능성이 있다.

Fig. 13에는 TC와 패널이 가장 근접할 때(t = 5.2msec)의 Von-Mises응력분포를 나타내었다. 중앙부가 처지는 변형 형태로서 하단부가 먼저 접촉이 발생하여 고응력이 발생하지만, 최대발생응력이 약 38MPa로서 내부기준 이내이므로 손상은 발생하지 않는 것으로 판단된다.

Fig. 14에는 램프가 안착되는 부위의 강성을 담당하는 주요부품인 백커버에 발생하는 응력의 시

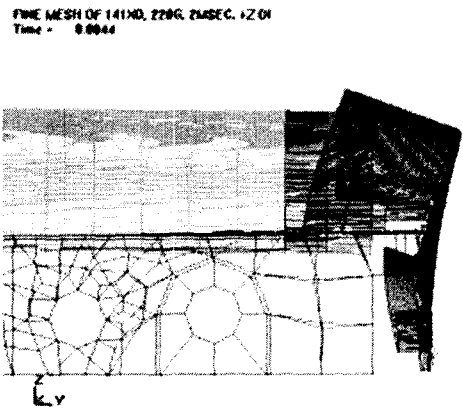


Fig. 12 Deformed Shape of T/C and Panel (Low side, t = 4.4 msec)

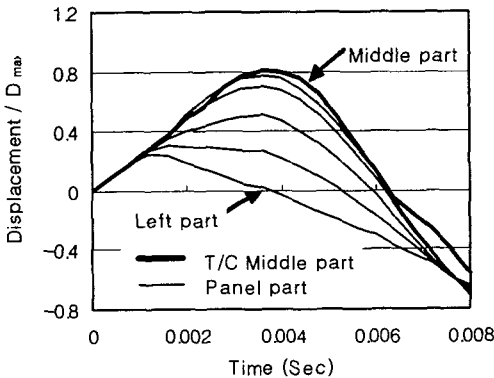


Fig. 11 Time history of z-displacement on the middle point of T/C and Panel

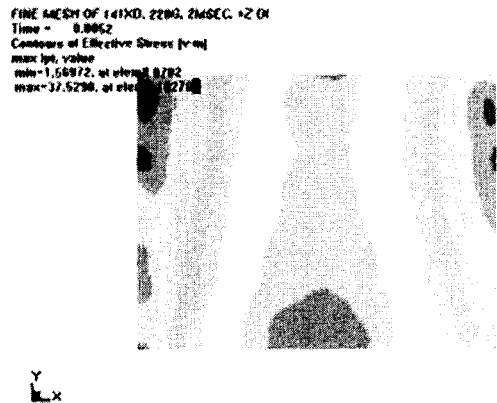


Fig. 13 Von-Mises stress distribution at the maximum deformed stage (t=5.2 msec)

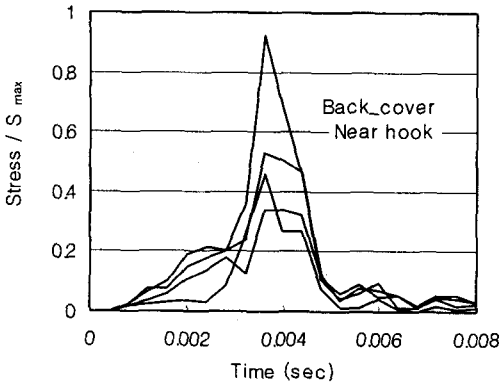


Fig. 14 Time history of Von-Mises stress of back cover

간이력을 나타내었다. 백커버는 몰드와 후크로 체결되어 처짐변형에 저항하면서 램프를 보호하는 역할을 한다. 중앙부의 체결부에서 발생하는 응력은 항복응력에 비해 상당히 큰 응력(830MPa)이 발생한다.

Fig. 15에 응력분포를 나타낸 바와 같이, 체결부에 대한 요소분할은 계산의 효율성을 위하여 상세하게 되어있지 않으며, 평가된 응력으로 판단하기에는 해석정도의 면에서 상당히 어려운 점이 많다. 여기에 대해서는 별도의 검토가 필요하다고 판단된다.

4. 결론

갈수록 가혹해져가는 설계조건에 효과적으로 대응하기 위하여, 액정모니터를 구성하는 주요부품들에 대한 상세한 변형이력, 내충격에 대한 기여도 등을 파악하기 위한 충격해석을 실시하였고, 실험결과와의 비교평가를 통하여 상당한 정도의 해석신뢰성을 확보하였다. 또한, 향후에는 해석결과를 바탕으로 TFT-LCD모듈의 설계기준을 정립하고, 충격성능 향상을 목적으로 한 파라미터해석을 수행할 예정이다.

FINITE MESH OF 141X3, 226G, 2MSEC. *2 DN
Time : 0.0036
Contours of Effective Stress (σ_{eq})
min: 0.000, at element 1000
max: 833.062, at element 3109

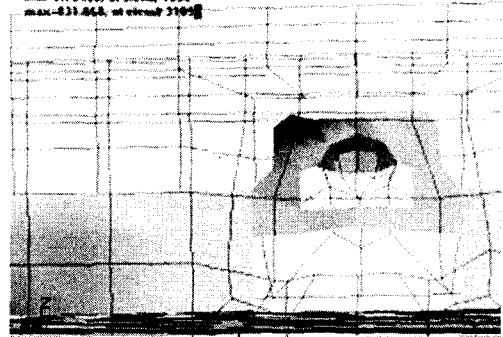


Fig. 15 Von-Mises stress distribution of back cover (t = 3.6 msec)

참고문헌

- (1) Yang, I. Y., Lee, S. H. and Jung, T. G., 1990, "The study of Impact Fracture of Brittle Materials," *Trans. of KSME (A)*, Vol. 14, No. 6, pp. 1417~1425.
- (2) Timoshenko, S. P. and Gree, J. M., 1961, "Theory of Elastic Stability," McGraw-Hill, New York, pp. 1~370.
- (3) Junko, E. H., 1993, "Shock Analysis of CRT", JSME, *Proceeding of Material Mechanics Division*, pp. 1~370.
- (4) Lindholm, U. S., 1965, "Dynamic Deformation of Metals, Behavior of Materials Under Dynamic Loading," *J. of ASME*, pp. 42~58.
- (5) Park, Y. S., Hong, S. C., Pak, C. H., Lee, U. S. and Cho, H. B., 1994, "The Prediction of the Results of Drop Test Through Shock Analysis," *J. of KSNVE*, pp. 345~352
- (6) Nam, Y. Y., 2001, "Shock Test of TFT-LCD Module," *Samsung Inner Report*, pp. 1~250.