LCD 모듈전용 충격해석시스템 개발

최 성식† . 이 정권*

Development of LCD-Oriented Impact Analysis System

Seong Sik Choi and Jeoung Gwen Lee

Key Words : Modeling(모델링), TFT-LCD(액정), Pre-Processor(전처리), Impact Analysis(충격해석)

Abstract

Impact analysis of TFT-LCD module is very complicated because the structure is assisted with thin, small and non-uniform geometry. Especially, finite element modeling is more difficult and need time-consuming efforts. In this study, we developed LCD Impact Analysis System (LIAS) for the purpose of reducing the analysis time without accuracy reduction. This system contains pre-meshing data, material database, shock condition, auto-reporting etc. PATRAN and DYNA3D is used for meshing and solving. Previously, we performed impact test and reviewed the accuracy of analysis results. Simply we can control design parameters, the procedure such as meshing, running and reporting which are partially auto-prepared. By adopting proposed system, it is expected to achieve efficient impact analysis of LCD module.

1. 서 론

휴대성이 강조되는 휴대폰, 노트북 또는 고정용인 텔레비전, 컴퓨터용 모니터 등의 화면표시장치로서의 TFT-LCD(Thin Film Transistored Liquid Crystal Display)는 대형화, 대용량화, 고해상도 등의 표시성능의 향상에 주목 받으면서도 한편으로는 박막, 경량, 저소비 전력 등이 요구된다.

TFT-LCD 는 기본적으로 비발광소자이기 때문에 광원역할을 수행하는 백라이트(Back Light Unit)가 필요하게 된다. 백라이트에 대한 설계는 균일한 광에 의한 고휘도를 달성해야 할 뿐만 아니라, 박막경량의 엄격한 설계기준을 만족하면서도 진동, 충격 등의 기구적인 제품신뢰성[(1)]의 확보가 강조되고 있다. 따라서, 설계완료 이전 또는 제품을 출하하기 위한 신뢰성 시험 전에 충격해석 등을 통해서 제품특성에 대한 사전검증과 분석을 실시하고 있다.

† 삼성전자 AMLCD 사업부
E-mail : ss.choi@samsung.com
TEL : (031) 209-3741 FAX : (031) 209-2228
* 삼성전자 AMLCD 사업부

액정모듈에 대한 충격해석은 DYNA3D 와 같은 신뢰성있는 상용소프트웨어를 활용하여 활발히 진행되고 있으나, 백라이트 제품의 특성상 작고 얇은 부품들이 적층으로 구성되어 있기 때문에 해석신뢰도의 확보가 어려울 뿐만 아니라, 대부분의 시간이 각 부품에 대한 유한요소 작성에 소요되고 있어서, 짧은 제품개발기간에 효과적으로 대응하지 못하고 있는 실정이다[(2)].

본 연구에서는 해석신뢰도 향상과 유한요소작성에 소요되는 기간을 획기적으로 개선하기 위하여 충격해석에 필요한 액정모듈 전용의 유한요소 작성을 설계변수에 따라 유연하게 적용이 될 수 있도록 미리 작성해놓고, 필요에 따라 수정이 가능하도록 하였다. 또한, 문제가 되는 부위 또는 주요 부품에 대한 평가방법을 설정하여 해석완료와 동시에 자동평가가 가능하도록 하는 액정전용 충격해석시스템(LCD Impact Analysis System, 이하 LIAS라고 함)을 개발하였다.

또한, 미리 작성한 유한요소에 대한 신뢰성의 확보는 실험[(4)]과 비교한 시리즈해석을 수행하여, 각 부품에 대한 효율적인 유한요소모델 작성 및 평가기준을 설정하였으며, 주요 부품에 대한 자동적인 평가가 가능하도록 하였다.

2. LIAS 시스템개발

2.1 백라이트 구성요소 및 충격해석

백라이트에 대한 충격해석을 수행하는 경우에 가장 많은 시간과 노력을 필요로 하는 단계는 유한요소를 작성하는 단계이며, 이를 자동화하는 것은 신속하고 정확한 해석결과를 얻어서 짧은 제품 개발기간 내에 해석결과를 적용함에 있어서 필수적이다.

화면표시장치로서의 액정모듈은 Fig.1 과 같이 크게 Top Chassis(이하 TC 라고 함), 패널(Panel), 백라이트(Back Light Unit, 이하 BLU 라고 함)로 구분된다. 화면표시성능은 패널이 담당하고 있으며, 광원 및 기구적 신뢰성은 BLU 가 담당하고 있다. 박막경량을 달성하기 위하여 얇은 여러 부품들을 적층시킨 구조로 기본적인 강성을 유지하고 있다. 이러한 액정모듈에 대한 정도 높은 충격해석을 수행하기 위해서는, 유한요소의 크기는 작아질 수 밖에 없으며, 양해법을 사용하는 동적해석에서는 요소가 작아지면 필연적으로 많은 계산시간을 요구하게 된다.

즉, 시간증분 Δt 는 다음조건을 만족하여야 하며, 요소길이에 비례하게 된다[3].

$$\Delta t = l_{min} / \upsilon L \qquad (1)$$

여기에서, l_{min} 은 최소요소길이, υ는 종파의 전달속도를 나타낸다.

따라서, 적층된 얇은 부품들로 구성된 BLU 에 대한 효율적인 유한요소작성 및 해석적용을 위해서 실험과 비교한 여러 가지 모델링기법을 평가, 선정하는 작업을 진행하였다.

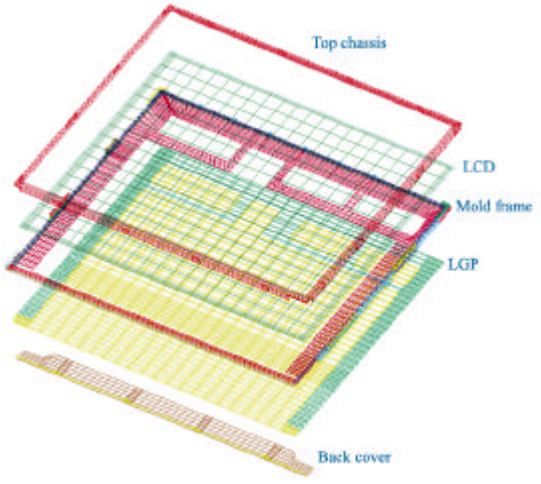

Fig. 1 Main structure of TFT-LCD module

2.2 LIAS 시스템 구성요소

LIAS 시스템의 전체적인 구조를 Fig.2 에 나타내었다. 유한요소작성에는 PATRAN 을 이용하고, 충격해석은 DYNA3D 를 사용하는 것을 전제로 개발하였다.

이 시스템은 충격해석을 수행함에 있어서 실험 등에 의해 어느 정도 신뢰성 있는 유한요소를 자동적으로 작성하고, 설계변경에 따라 유연하게 수정이 가능하도록 하여, 매번 수행해야 하는 모델링기간을 획기적으로 감소시키는 것을 목적으로 하였다. 또한, 충격해석결과에 대해서는 평가기준을 설정하고, 해석완료 후에는 자동보고서 작성에 필요한 자료가 출력되도록 하였다.

3. LIAS 시스템의 기능적 구성

3.1 LIAS 시스템의 초기구성

Fig.3 은 LIAS 시스템의 초기 주화면을 나타낸다. 본 시스템은 GUI 환경에서 개발하여, 사용자 환경위주의 편리성을 추구하였으며, 유한요소의 생성, 변경 및 실수방지를 위한 확인기능을 갖고 있다. 또한, 화면을 분리 또는 다중출력기능을 장착하였고, PATRAN 을 이용하여 작성한 유한요소는 Open GL 을 사용하여 작성한 유한요소를 확인해 볼 수 있다.

작업의 흐름은 주화면에서 위에서 아래로 아이콘의 순서에 따른 작업뿐만 아니라, 각 아이콘기능의 독립적인 모듈화로써 임의의 순서로 필요한 부분만 작업이 가능하도록 하였기 때문에, 변경되는 부위만의 간단한 수정만으로 전체적인 작업이

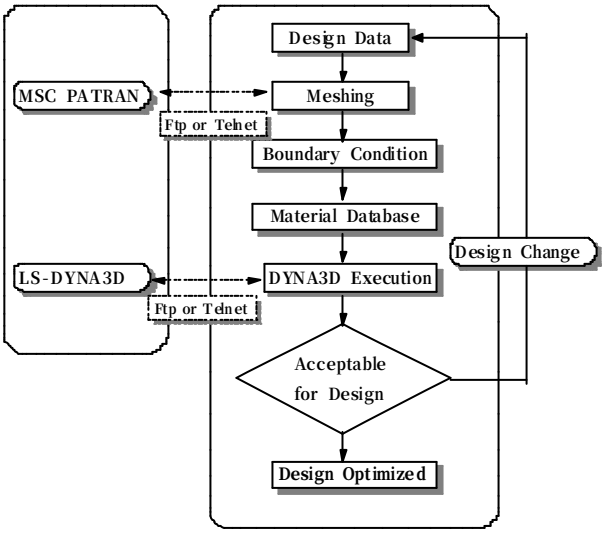

Fig. 2 Main procedure of LIAS system

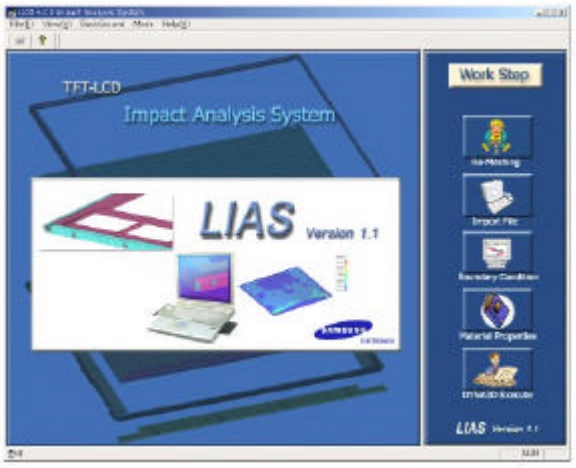

Fig. 3 Main stage of LIAS system

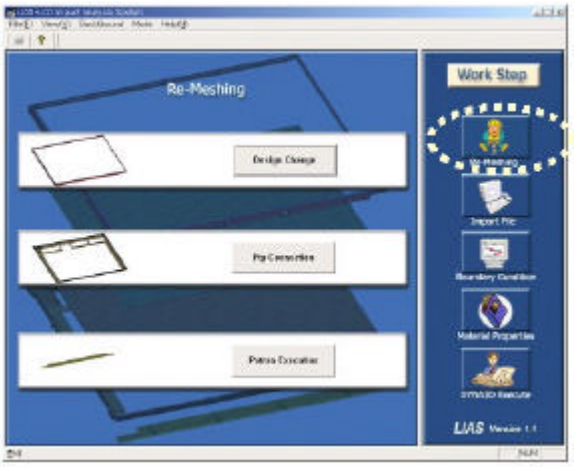

Fig. 4 Meshing module of LIAS system

가능하도록 하였다.

3.2 LIAS 시스템의 모듈구성

3.2.1 유한요소작성모듈(Re-meshing module)

Fig.4 에 나타낸 바와 같이, 유한요소 작성모듈은 유한요소의 생성과 변경입력기능을 가지고 있으며, 모듈내부에서 입력변수의 실수에 대한 확인기능을 갖도록 하였다. 액정모듈의 주요 부품인 톱샤시(Top chassis), 몰드품(mold frame), 백커버(back cover) 등을 클릭하면 설계변수를 입력하는 창이 나오며, 사용자는 변경되는 부분만 입력하면 된다. 입력이 완료되면, 미리 작성된 유한요소를 입력변수에 따라 변경하는 작업을 수행한다. 따라서 단순히 변수입력만으로 유한요소가 작성되도록 하였다.

3.2.2 파일모듈(Import File Module)

Fig.5 에 나타낸 바와 같이, 파일모듈은 생성된 유한요소 정보를 LS-DYNA 입력형식으로 변환시킨다. 또한, 회전, 확대, 색상변경 등의 기능을 추가하여 눈으로 유한요소의 작성상태를 확인할 수 있도록 하였다.

3.2.3 경계조건모듈(Boundary Condition Module)

Fig.6 과 같이, 충격조건은 사용자가 원하는 하중곡선을 간편하게 입력이 가능하도록 파일을 불러들이는 방법으로 하였다. 낙하높이를 입력하면 해석대상의 초기속도가 자동 입력되며, 접촉정의를 입력하게 되어 있다.

3.2.4 물성치 입력모듈(Material Property Module)

Fig.7 과 같이, 각 부품별로 사용자가 직접 물성치를 입력하게 되어있다. 재료의 밀도, 탄성계수, 포와송비 등을 입력하거나 변경할 수 있으며, 데이터베이스를 위해서 필요한 모듈이다.

3.2.5 LS-DYNA Execute Module

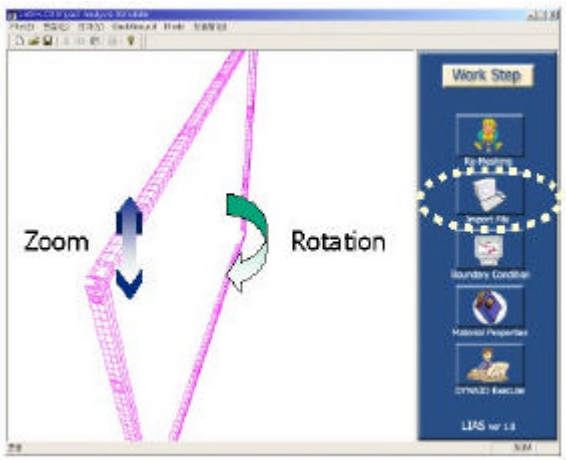

Fig. 5 Import file module of LIAS system

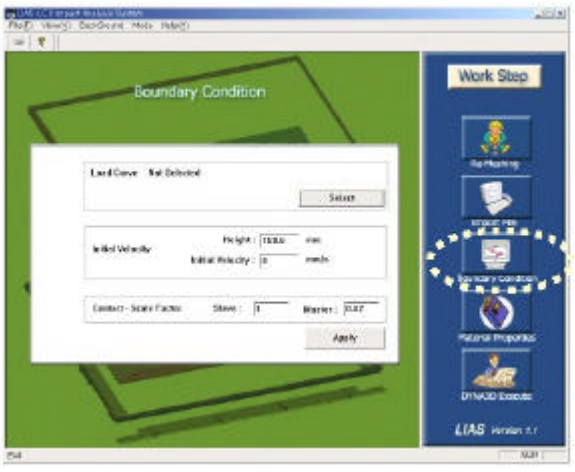

Fig. 6 Boundary condition module of LIAS system

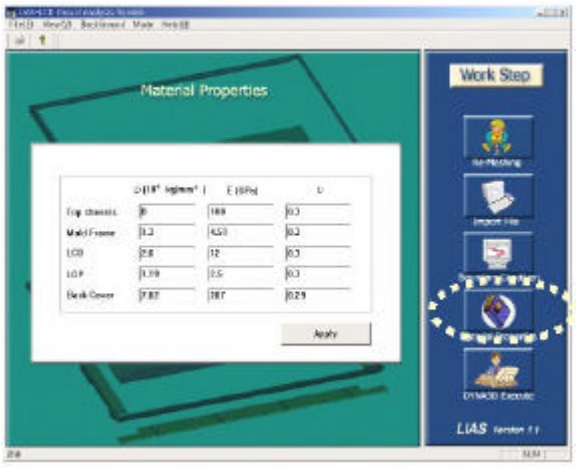

Fig. 7 Material property module of LIAS system

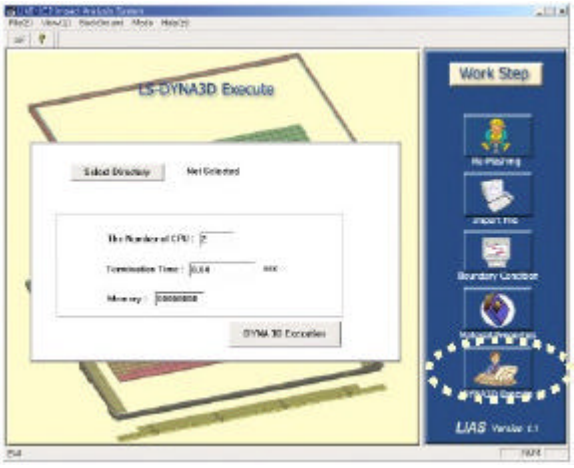

Fig. 8 LS-DYNA Execute Module of LIAS system

Fig.8 과 같이, 해석수행을 위한 기본정보를 입력하고, CPU 의 사용 개수, 종료시간, 메모리의 할당량 등을 지정할 수 있다.

4. LIAS 시스템 적용

4.1 해석신뢰성 평가

LIAS 시스템은 기본개념이 최적화된 유한요소를 미리 작성해 놓고 있는 것이 필요하다. 따라서, 액정모듈에 스트레인 게이지를 부착하여 상세한 충격시험을 실시하고[4] 해석결과를 비교, 검토하여 LIAS 시스템의 해석신뢰성을 확보하였다.

Fig.9 및 Fig.10 에는 변형이 가장 큰 액정패널의 중앙부 및 TC 하단중앙부의 x 방향 변형률에 대해서, LIAS 시스템을 이용한 해석결과와 충격실험결과를 나타내었다. 그림에서 굵은 실선은 실험결과, 가는 실선은 해석결과를 나타낸다. 해석결과에는 얇은 판요소를 많이 사용하기 때문에 노이즈로 보이는 부분이 있지만, 전체적인 경향은 실험결과를 유사하게 추적하고 있다고 볼 수 있다.

여기에서 노이즈를 줄이고 보다 상세한 결과를 얻기 위한 요소의존성에 대한 검토가 필요하지만, 요소가 작아지면 많은 계산시간이 소요되므로, 해석정도와 계산시간을 고려해서 효율적인 요소작성을 선택하였다. 본 해석에서는 그림에서와 같은 정도의 해석결과를 기준으로 설계개선평가를 진행하였다.

4.2 현업 설계와 개발에의 적용

액정모듈의 초기설계단계에서 충격성능을 평가하기 위하여, LIAS 시스템을 사용하여 17 인치 모델을 작성하고, 충격해석을 수행하였다. 액정모듈의 충격에 있어서 가장 중요한 관점인 액정패널의 파손여부, 램프의 변형검토, 몰드품 중요부의 파

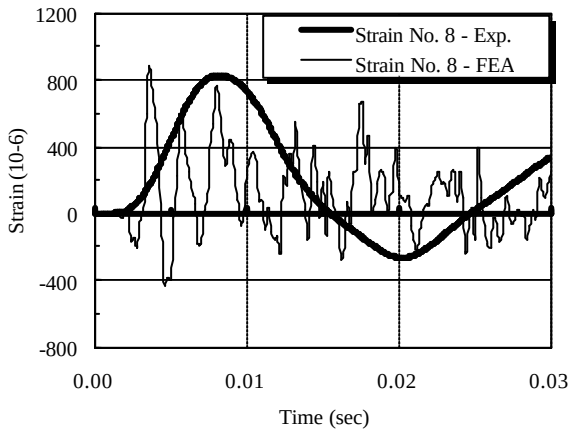

Fig. 9 Time history of strain (x) for the middle part of LCD panel

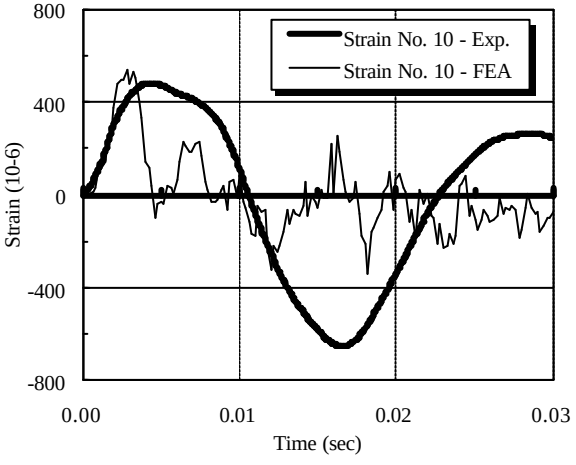

Fig. 10 Time history of strain (y) for the middle part of top-chassis

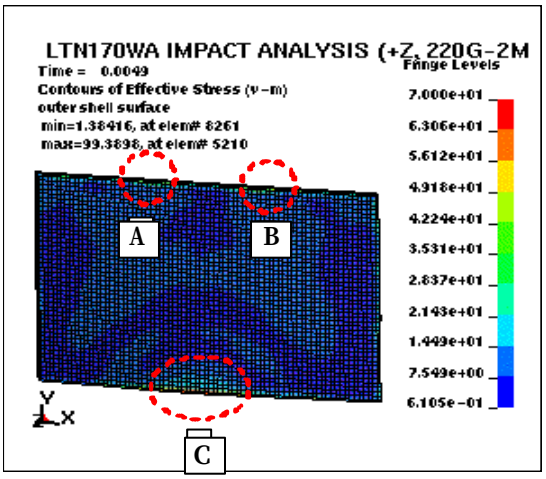

Fig. 11 Von-Mises stress distribution of LCD panel

손여부를 주요검토대상으로 하였다.

통상적인 방법으로 충격해석을 수행하는 경우에는 3 차원 CAD 데이터를 기준으로 유한요소 작성에 1 주일, 해석완료보고까지 2 주정도의 시간이 필요하지만, 본 시스템을 사용하는 경우에는 유한요소작성에 1 일 정도가 소요되어 획기적인 시간단축이 가능하다.

4.2.1 액정패널의 파손평가

Fig.11 및 Fig.12 에는 패널주요부위의 응력분포 및 시간이력을 나타내었다. 그림에서 알 수 있듯이, 충격을 받는 동안에 액정패널에는 자체변형에 의해서 충격력을 흡수하게 되지만, 굴곡이 생기는 A, B 위치와 가장 큰 변형이 생기는 C 위치에서 패널의 손상강도를 초과하는 높은 응력이 발생하여 액정패널의 파손이 예상되었다. 그림에서

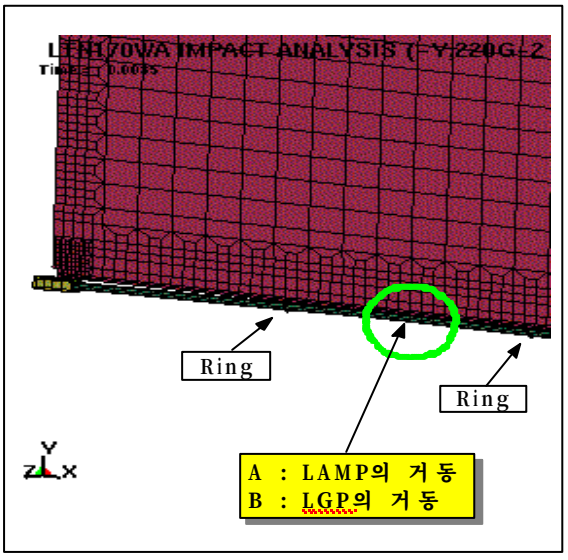

Fig. 13 Deformed shape between lamp and LGP

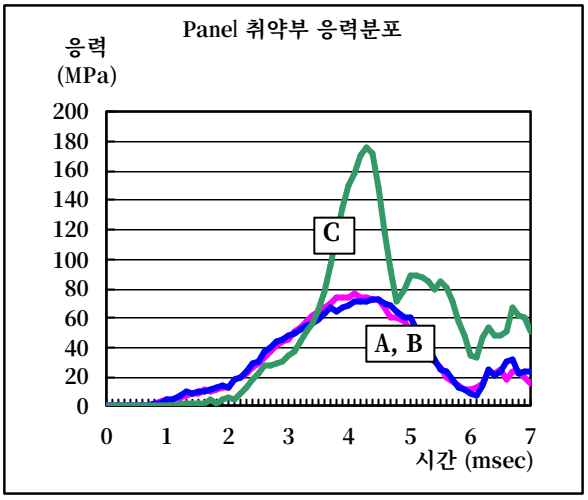

Fig. 12 Time history of Von-Mises stress on the weak points of LCD panel

C 위치는 램프를 장착하는 부위로서 강성적으로 취약부위이며, 비딩(Beading) 등의 강성증가를 통하여 보강함으로써 충격시험을 통과하여 신뢰성을 조기 확보하였다.

4.2.2 램프장착부위 파손평가

Fig.13 및 Fig.14 에는 도광판과 램프의 변형상태 및 상대적인 변형의 시간이력을 나타내었다. 충격하중의 유입이 완료되면 복원이 되는 시점에서, 탄성계수가 상대적으로 큰 램프가 먼저 복원되며 진동하면서 3.5msec 시점에서 도광판 하단의 변형과 중첩되어 충돌이 발생하면서 램프손상이 예상되었다. 이에 대하여 램프링을 추가하고 재배열함으로써 설계개선이 진행되었다.

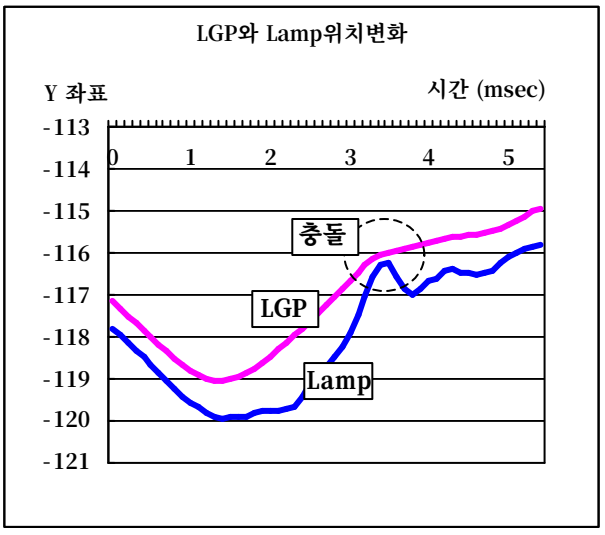

Fig. 14 Time history of deformation between lamp and LGP

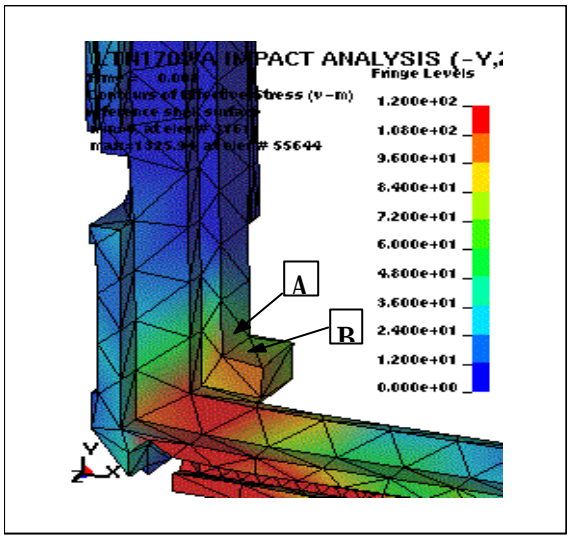

Fig. 15 Von-Mises stress distribution on the weak points of mold frame

4.2.3 몰드품 주요부 파손평가

Fig.15 에는 몰드품의 좌측하단부의 응력분포를, Fig.16 에는 응력집중부의 시간이력을 나타내었다. 액정모듈의 하측방향(-Y) 충격에서는 그림에 나타낸 바와 같이, 몰드품의 좌, 우측 코너부에서 내부 유동이 있는 도광판과 충돌하면서 파손발생이 예상되었다. 이는 요소에 의한 해석정도를 고려하더라도 상당히 높은 응력이 발생하였으며, 코너부의 치수변경 등을 검토하여 설계를 개선하였다.

5. LIAS 시스템의 개발효과

최근에는 TV 에까지 적용영역을 확대하고 있는 액정모듈에 대한 설계는 개발기간의 단축이 반드시 필요하며, 조기 신뢰성확보를 위한 많은 시도를 하고 있다.CAE 해석적용에 있어서는 가장 문제가 되고 있는 모델링기간을 단축하여 적기에 필요한 결과를 얻을 수 있어야 한다.

LIAS 시스템은 많은 부품이 표준화되어 있어야 적용성이 뛰어나지만, 그렇지 못한 모델에 대해서도 CAD 데이터에서 유한요소작성, 해석수행에 까지 이르는 일련의 작업을 단축하는 의미는 매우 크다고 할 수 있다.

결 론

효율적인 충격해석 수행을 위한 액정모듈전용의 통합 CAE 시스템(LIAS)를 개발하였다. 이는 설계에서 작성한 CAD 데이터에서 설계변수들을 추출하여, 유한요소의 자동생성과 해석을 위한 데이타

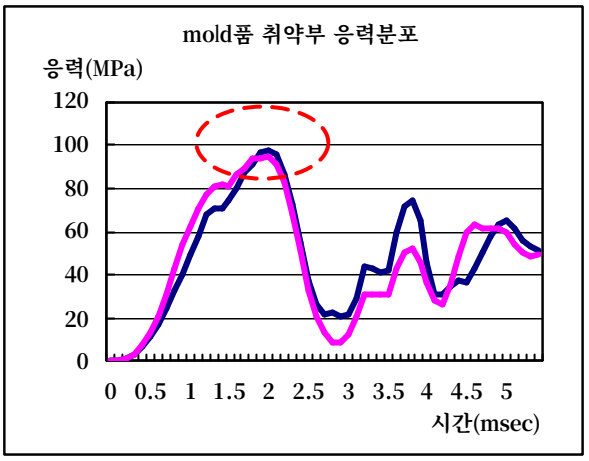

Fig. 16 Time history of Von-Mises stress on the weak points of mold frame

를 작성하는 시스템으로서 초기설계단계에서 신속하고 간편하게 충격해석을 수행하고, 발생 가능한 신뢰성문제를 사전에 검출하여 설계에 반영함으로써 신뢰성을 조기에 확보하는 것을 목표로 하였다.

본 시스템은 노트북용 액정모듈의 전모델에 적용이 가능하며, 해석을 위한 모델링의 어려운 점과 해석수행을 위한 많은 준비작업 등을 일련의 시스템으로 처리함으로써 기존 충격해석의 문제점을 극복하고 해석기간 단축을 위한 충격해석 시스템이라고 할 수 있다.

본 시스템을 활용하여 보다 빠른 설계지원이 가능할 것으로 기대하며, 향후 설계편집시스템 개발과 연계하여 충격해석까지 진행되는 일련의 과정을 접합하여 보다 신속한 설계지원이 가능하도록 할 예정이다.

후 기

본 LIAS 시스템의 개발에 참여하신 성균관대학교 기계공학과 김 영진 교수님 이하 연구진 여러분들과 충격실험을 통해 많은 데이터를 확보하는데 도움을 주신 한국기계연구원의 신 병천 실장님 이하 연구원님들에게 깊은 감사의 뜻을 표하는 바입니다.

참고문헌

(1) Y. J. Jung, etc, 1995, “ Impact Design of Electronic Product”, KSME, vol.35, No.8, pp678-690
(2) S. Y. Bu and C. S. Kim, 2000, “Impact Analysis Report of LCD modules", Report of SSIT
(3) John O. Hallquist, 1993, "LS-DYNA Theoretical Manual", Livermore Software Technology Corporation
(4) Y. Y. Nam, 2001, "Impact Test of LCD modules", Test Report of KIMM