# 온도 환경 변화에 따른 평판형 TV 모서리 파손 방지를 위한 구조 설계 연구

김 민 근† · 김 성 기*

# Study on Corner Crack Protection for Various Thermal Environment in Flat Panel Displays

Min Keun Kim and Sung Ki Kim

**Key Words :** Corner(모서리), Crack(파손), LCD TV(액정 평판 TV), Various Thermal Environment(온도 환경 변화)

**Abstract**

It is conducted that study on corner crack protection for various thermal environment in a flat panel display. Most of the consumer electronics consist of a plastic and a metal structure. And different properties of materials could cause failure of structural reliability due to the various operating temperatures. Especially for front bezel with thin and slender structure, the effect of temperature is significant, and the design for crack protection is crucial for thermal reliability of displays. In this study, it is prescribed the behavior of the front bezel in flat panel display for various operation temperatures and proposed design parameters to ensure the structural reliability of displays.

## 1. 서 론

일상 생활에서 사용하고 있는 영상 기기류(TV 나 모니터)는 사용 조건에 따라 여러 환경에서 사용될 수 있다. 일반적으로 상온의 동작 조건에서 사용하는 경우가 대다수이지만 다양한 기후 및 온도 변화에 노출된 환경에서 사용하는 경우도 존재한다. 전자 제품 개발에 있어서 가장 중요한 제품 신뢰성 확보를 위해 여러 가지 환경에서 노출될 수 있는 상황을 사전에 조사하여 이에 대응되는 여러 상황을 모사한 신뢰성 시험 규격을 제정하여 모든 규격에 부합하는 제품만 출하 가능한 프로세스가 필요하다. 신뢰성 시험을 위해 여러 가지 시험 항목이 존재하는데, 여러 신뢰성 시험 규격 중에서 기구적으로 가장 해결하기 난해한 것이 전면 Bezel 의 열적 거동이다. 유통 과정에서 고온 또는 저온 지역을 통과할 때 전면 Bezel 은 열적 온도 환경 변화를 겪게 된다. 최근 영상 기기류의 디자인 추세가 전면 Bezel 은 얇고 슬림화 되는 추세이므로 기구적 관점에서 보았을 때 과거에 비해 취약해질 가능성이 높다(Fig. 1). 특히 LCD-TV 의 경우 소비자 요구와 디자인 완성도라는 요구 조건을 만족시키기 위해 이러한 경향이 더욱 심화되고 있는 실정이다. 이에 따라 전면 Bezel 이 고온 또는 저온 환경에 노출될 경우, 쉽게 응력 집중이 발생할 수 있는 모서리 부분에서 파손 위험성이 크다. 본 연구에서는 상온 동작 조건과 더불어 고온과

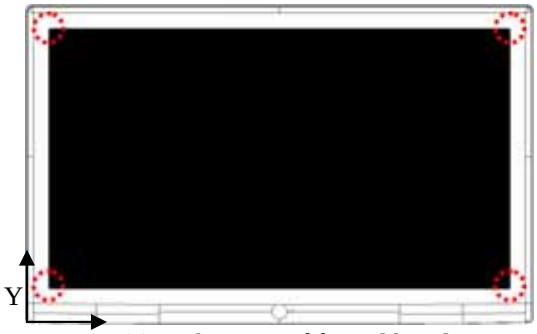
† 책임저자, 회원, 삼성전자 VD 사업부
E-mail : minkeun77.kim@samsung.com
TEL : (031)277-8895 FAX : (031)277-8922
* 삼성전자 VD 사업부, sungki14.kim@samsung.com

저온 상태에서 전면 Bezel 의 파손 메커니즘을 분석하여 이를 극복할 수 있는 설계 방안을 제시해 보고자 한다. 이를 위해 제품 신뢰성 확보를 위한 극한 조건을 가정하여 각 온도 조건에 따른 전면 Bezel 의 열적 거동 특성을 조사하였다.

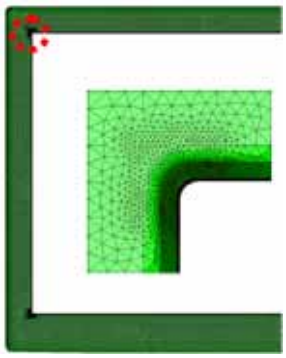
## 2. 결과 및 고찰

### 2.1 유한 요소 모델의 구성

열 변형 수치해석을 수행하기 위해 우선 유한 요소 모델링을 하였다. 요소의 기본 크기는 3mm 로 설정하고 전면 Bezel 의 모서리 부분에서는 0.2mm 로 요소 크기를 조절하여 모서리 부분에서 발생하는 응력 값에 대한 예측 정확도를 높이고자 하였다. 절점(Node)의 전체 개수는 332,511 개, 요소(Element) 개수는 196,309 개이며 사면체 요소(Tetrahedral Element) 형상을 사용하였다. 또한 해석 정확도 향상을 위해 중간 절점(Mid-Node)을 사용하였다. 좌우 대칭 형상이므로 Half-Modeling 방법에 의한 유한 요소 모델링을 실시하였다.




(a) Schematic of frontal bezel



(b) Finite element model for front bezel

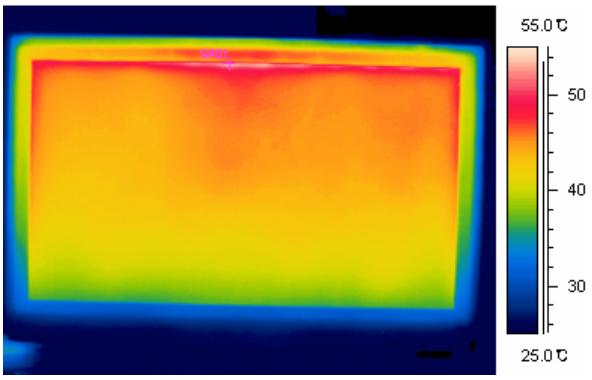
Figure 1 Modeling in the present study.

### 2.2 상온 동작 조건에서 전면 Bezel 거동

상온 동작 조건에서 전면 Bezel의 열적 거동에 대해 고찰하였다. 상온을 25℃으로 정의한 경우, TV 동작 시에 발생하는 발열 현상에 대해 고찰하여 보았다. TV 내부의 에서 여러 발열원에 의해 가열된 공기는 자연 대류에 의해 TV 상단으로 이동하게 되어 TV 상단이 전체에서 가장 높은 온도 분포를 나타내게 된다. 40 ” LCD-TV를 기준으로 했을 때, TV 내부의 온도는 대략 50℃까지 상승된다.[1] 구조 해석을 통해 전면 Bezel의 모서리 부분의 응력 분포를 계산하기 위해서는 전면 Bezel의 온도 분포에 대한 정보가 필요하다. TV 내부의 열원에 의해 가열된 공기가 전면 Bezel에 미치는 열적 영향도를 파악하기 위해 상온 동작 조건에서 LCD-TV의 표면 온도를 적외선 카메라를 통해 측정하였다. 적외선 카메라에 의해 측정된 전면 Bezel의 온도 분포는 Fig. 2 와 같다.

(a) Frontal view of LCD TV

(b)




(b) Temperature distribution in front bezel

Figure 2 Frontal exterior and temperature distribution of LCD TV.

온도분포에 대한 관찰 결과 Bezel 상단에서 가장 높은 온도분포를 보이고 있다. 적외선 카메라에 의해 측정된 전면 Bezel의 온도 분포를 이용하여 전면 Bezel의 구조 해석을 수행하였다. 전면 Bezel의 모서리 부분의 정확한 거동을 모사하기 위해 모서리 부분의 요소 크기를 최소화 했으며, 이 부분의 발생 응력을 점검하여 발생 응력의 최대값과 전면 Bezel의 허용 응력을 비교하여 파손 여부를 검증한다. 전면 Bezel의 유한 요소 형상과 적외선 카메라에 의해 획득된 온도 분포를 적용했을 때의 열 변형 수치 해석 결과를 Fig. 3 에 표시하였다. 상온 작동 조건에 의한 전면 Bezel 열 변형량은 상당히 작은 값이므로 변형을 가시적으로 표현하기 위해 실제 변형량 보다 20 배 확대 표현하였다. 계산 결과, 세트 내부에서 발생한 열원에 의해 전면 Bezel이 팽창하는 양상을 보이고 있으며 이로 인해 세트 상단 모서리가 직각에서 예각 형태로 변형하면서 모서리 부분에 최대 응력이 발생하게 된다. 본 연구에 적용된 전면 Bezel에 사용하는 재질의 허용 응력은 59.0MPa이며 전면 Bezel의 열 변형과 관련한 이전 모델 및 실험결과로부터 안전 계수(파손응력/발생응력)는 2.0 라는 값을 얻을 수 있었다. 재질의 허용 응력과 안전 계수를 고려했을 때 모서리 부분에서 파손이 일어나지 않으려면 모서리 부분에서 발생하는 최대 응력은 29.5MPa 이하이다.[2] 안전 계수 개념을 도입한 것은 설계 변수 이외의 외부 요인에 의한 파손 위험을 사전에 방지하고 설계 시에 적용될 설계 지침(Guide Line)을 제공하기 위한 설계 마진을 확보하기 위해서이다. 상온 동작 조건에 따른 전면 Bezel의 열 변형 구조 해석 결과, 모서리 부분에서 발생하는 최대 응력이 8.1MPa이므로 모서리 파손 문제는 발생하지 않는 것으로 예상된다.

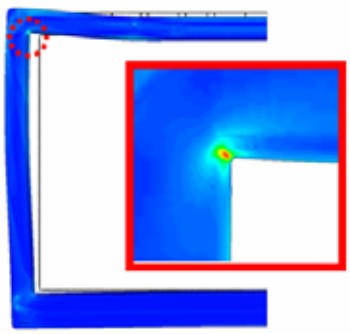


Figure 3 Thermal deformation at 25℃

### 2.3 고온 조건에서 전면 Bezel 거동

상온 동작 조건 하에서는 열 변형에 의한 모서리 파손 문제는 발생하지 않으나 유통 환경에 따라 변화하는 외부 환경에 의해 제품 신뢰성에 영향을 미칠 수 있으므로 이에 대한 검토가 필요하다. 상온 동작 조건과는 달리 고온 상태에서 전면 Bezel 의 팽창량이 커서 모서리 파손 가능성이 더 높아질 것으로 예상되므로 이에 대한 열 변형 거동을 파악하는 과정을 수행하였다. 60℃의 외부 온도에 전면 Bezel 이 놓였을 때의 열 변형 수치해석 결과를 Fig. 4 에 나타내었다. 이 때 열 변형에서 가장 취약한 모서리 부분의 최대 발생 응력을 살펴보면 16.2MPa 로, 앞서 서술한 전면 Bezel 의 허용 응력인 29.5MPa 보다 낮은 응력이 발생함을 알 수 있다. 따라서 고온 상태에서도 전면 Bezel 의 팽창에 의한 모서리 부분에서의 응력 집중 현상이 발생하지만 파손 위험은 없을 것으로 판단된다.

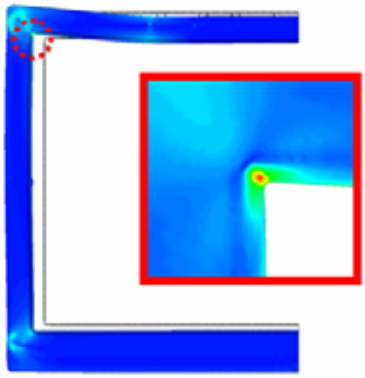


Figure 4 Thermal deformation at 60℃

### 2.4 저온 조건에서 전면 Bezel 거동

LCD Panel은 기본적으로 여러 개의 부품의 조합으로 구성되어 있으며 Panel의 외곽은 철제 섀시(Steel Chassis)와 수지로 구성되어 있다. 일반적으로 철의 열 팽창 계수는 $1.0\times10^{-6}$ [1/℃]으로 알려져 있으나 여러 개의 부품 조합으로 구성되어 있는 복합체이기 때문에 실질적인 열 팽창 계수는 철의 열 팽창 계수보다 작을 것으로 예상된다. 이에 비해, 전면 Bezel에 사용된 재질의 수지의 열 팽창 계수는 $8.0\times10^{-6}$ [1/℃]으로서 LCD Panel의 열 팽창 계수보다 작으므로 전면 Bezel과 LCD Panel의 상대적인 열 팽창 계수 비교 시 LCD Panel은 열적 변화에 대해 강체와 같은 거동을 하나 전면 Bezel만 팽창과 수축 현상이 발생한다. 결국 LCD Panel은 전면 Bezel이 열적 변화를 겪으며 변형을 일으킬 때 전면 Bezel의 변형을 구속하는 요인으

로 작용하게 되므로 변형이 발생할 수 있으며 Fig. 5 에 -30℃의 저온 상태 시 발생하는 열 변형 계산 결과를 나타내었다.

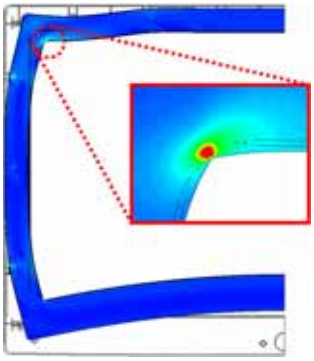


Figure 5 Thermal deformation (at -30℃)

전면 Bezel 의 모서리 부분에서 발생하는 최대 응력은 42.9MPa 로 전면 Bezel 재질의 허용 응력인 29.5MPa 을 초과하므로 모서리 부분에서 파손이 일어날 가능성이 매우 높다. 따라서 모서리 부분의 파손 발생 가능성을 제거하기 위한 설계 변경이 요구된다. 저온 환경 시, 모서리 부분에서 발생하는 최대 응력을 낮추기 위해서 수축에 의한 열 변형량이 적게 일어나도록 해야 한다. 또한 모서리 근처에서 수축이 크게 발생하므로 모서리 근처에 위치한 Rib 의 역할이 중요할 것으로 예상되므로 이들 Rib 와 Rib 가 닿는 Panel 간격 크기 조절을 통한 최대 발생 응력을 조절이 필요하다. 부품의 수축에 의한 열 변형을 최소화 하기 위해서는 Fig. 6 에서 볼 수 있는 것처럼 LCD Panel 을 지지하고 있는 Rib 와 Panel 간격을 적절히 조절하여 전면 Bezel 의 변형에 대한 구속을 줄여 모서리 부분에서 발생하는 최대 응력을 줄일 수 있다. 이에 대한 전면 Bezel 설계기법을 4 절에 기술하였다.

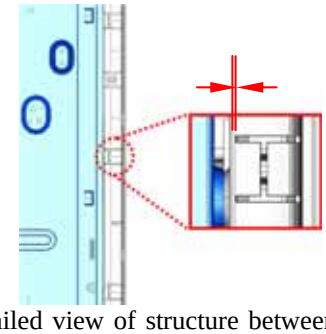


Figure 6 Detailed view of structure between front bezel and LCD Panel

## 2.5 모서리 파손 방지를 위한 구조 설계

LCD-TV 의 가로 방향, *X* 와 세로 방향, *Y* 에 대한 Rib 와 LCD Panel 간의 간격 조절에 따른 모서리 부분의 최대 응력 값을 계산한 결과, Fig. 7 와 같이 간격에 따른 최대 응력 값의 변화를 알 수 있다.

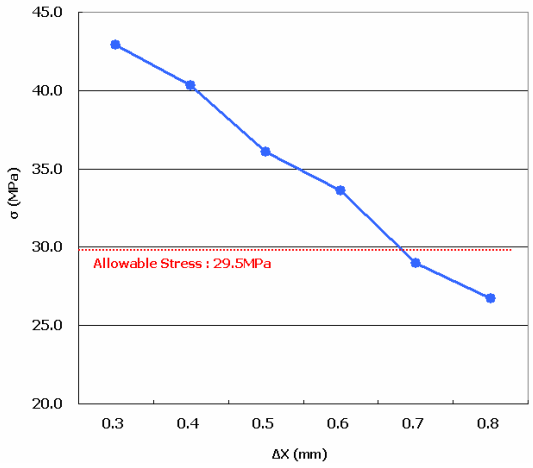



Figure 7 Maximum stress according to distance between rib and panel, ΔX.

최초 설계에서 장축과 단축에 놓여진 Rib와 Panel 사이의 간격, ΔX가 0.7mm 이상이 될 경우, 전면 Bezel의 모서리 부분에서 발생하는 최대 응력을 전면 Bezel의 허용 응력 이하로 낮출 수 있음을 확인할 수 있다. 또한 유통 환경 신뢰성 시험 뿐만 아니라 상온에 대한 동일한 온도 변화에 대해 저온 상태와 유사한 응력이 발생하는지에 대한 검토가 필요하므로 추가적인 고온 상태에서의 열 변형을 분석하였다.[3] Fig. 8 에 ΔX가 0.3mm인 경우, 온도 환경에 따른 Bezel의 모서리에서의 최대 응력을 나타냈었다. 모서리에서 발생하는 최대 발생 응력 값을 최소화 시키는 설계 방안을 적용하면 80℃에서 발생하는 모서리 부분의 최대 발생 응력은 23.4MPa으로 -60℃일 때 발생하는 최대 응력과 거의 비슷한 수준의 응력이 발생함을 알 수 있다.(Fig. 8) 즉, 온도 변화에 따라 발생하는 Bezel의 열 변형 거동을 고려하여 Rib와 Panel 간격을 적절히 조절하면 환경 변화에 따른 전면 Bezel의 모서리 부분의 파손은 발생하지 않을 것으로 예상된다.

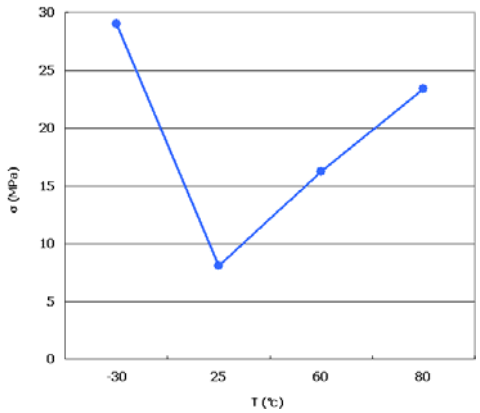



Figure 8 Variation of maximum stress for operating temperatures.

## 2. 결 론

본 논문에서는 LCD Panel 과 전면 Bezel 의 열팽창 계수의 상이함에 따른 전면 Bezel 모서리 부분에서 온도 환경 변화에 따른 최대 발생 응력에 대한 관계를 살펴 보았다. 제품의 유통 환경에 따라 제품은 다양한 온도 분포를 가지는 환경에 놓이게 된다. 온도 환경 변화에 따른 신뢰성 설계를 위해 제품이 사용되는 상온 동작 조건, 그리고 제품에 있어서 극한 조건이라 가정할 수 있는 저온 및 고온 상태 하에서 전면 Bezel 의 열 변형에 대한 파손 가능성을 검토해 보았다. 상온 동작 조건에서는 전면 Bezel 의 취약 부분인 모서리에서 파손 가능성이 적더라도 유통 환경 신뢰성 시험 항목인 저온과 고온 조건에서는 전면 Bezel 의 수축과 팽창에 의한 변형이 커서 파손이 가능하다. 이러한 불량 방지를 위해 실제 제품 개발하기 전에 열 변형 수치해석을 통해 전면 Bezel 모서리 부분에서 발생하는 최대 응력과 그 값을 최소화 할 수 있는 설계 방안을 조사함하고 열적 변화에 의한 모서리 부분 파손을 방지할 수 있는 설계 방안을 수립할 수 있었다. 이를 통해 여러 가지 온도 환경에 따른 제품의 신뢰성을 확보함으로써 소비자 신뢰 구축에 이바지할 수 있을 것으로 기대된다.

## 참고문헌

(1) Sung Ki Kim, Thermal Management of Plasma Display Panel in Various Installation Conditions, Proc. of the KSME-JSME Thermal and Fluids Engineering Conference, 6-423, 2005

(2) Robert L. Norton, 1999, “Machine Design : An Integrated Approach”, Prentice Hall

(3) Crandall, Dahl, and Lardner, 1958, “An Introduction to the Mechanics of Solids”, M.I.T.