

디스플레이 패널의 낙하 파괴 특성 분석

A Study on the drop failure of display panel

*김민규¹, 박상백¹, #채수원²

*M. G. Kim¹, S. B. Park¹, #S. W. Chae(swchae@korea.ac.kr)²

¹고려대학교 대학원 기계공학과, ²고려대학교 기계공학부

Key words : Display, Drop test, Finite Element Method

1. 서론

모바일 기기에 사용되는 디스플레이는 장착되는 제품의 휴대성 때문에 운송 환경, 생산 환경 뿐만 아니라 고객의 부주의에 의한 낙하 또한 고려해야 하며 이에 따른 강건 설계가 되어야 한다. 따라서 디스플레이가 시장 경쟁력을 얻기 위해서는 디스플레이의 특성뿐만 아니라 기계적 강성을 확보하기 위한 기술도 기본적으로 요구된다.

일반적으로 모바일 기기의 경우 낙하 시 파괴 특성 평가를 위해 일정 높이에서 제품을 떨어트린 후 정상적으로 동작하는지 여부와 외관의 파손 여부를 확인하는 낙하시험(Drop Test)을 수행한다. 하지만 낙하 시험에는 실제 디스플레이 모델이 사용되기 때문에 많은 시간과 비용이 소모된다. 국내외 관련 기업과 연구단체에서 시험에 들이는 시간과 비용을 줄이고자 유한요소해석(Finite Element Analysis)이 활용되고 있지만 디스플레이 모듈에 적합한 해석 모델이 제시되지 않아 어려움이 따르고 있다. 따라서 본 연구에서는 디스플레이 패널의 낙하 시 파괴 특성 분석을 위한 유한요소모델을 개발하고자 한다. 유한요소 해석 모델의 경우 디스플레이패널이 적용된 제품에 대한 다양한 낙하 시험해석이 존재한다.^{1,4} 이들 기존 연구에서는 디스플레이 패널의 세부 구조를 무시하고 모델링하여 제품 전반에 걸친 낙하 파괴 특성을 해석하고 있다. 하지만 이런 모델에는 패널의 구조적 특징을 반영할 수 없어 디스플레이 패널 관점에서의 낙하 해석에는 부적합하다.

본 연구에서는 디스플레이 패널의 구조적 특징을 반영할 수 있는 유한요소해석 모델을 개발하고 낙하 시 파괴 특성 분석을 통해 어떠한 설계인자가 디스플레이의 파괴 특성에 많은 영향을 미치는가를 알아보고자 한다.

2. 해석 모델

해석 모델은 5.1인치 LCD 패널을 기준으로 솔리드 요소를 사용하여 모델링 하였다. LCD 패널은 크게 상, 하판 glass와 seal 그리고 패널 내부의 liquid로 구성되어있다. Fig. 1은 LCD 패널의 단면을 도식적으로 보여준다. 전체 길이가 수십에서 수백 mm 인데 비해 상, 하판 glass를 봉인해주는 seal의 두께는 수에서 수십 um인 디스플레이 패널의 구조적 특성 상 3D 모델링 시 많은 수의 요소를 요할 것으로 판단되었다. 따라서 총 사용될 요소 수를 줄이기 위해 취약할 것으로 예상되는 부분의 요소 사이즈 조절을 통하여 일정 수준의 정확도와 해석 시간을 가지는 유한요소해석 모델을 확보하였다. Fig. 2은 본 연구로부터 얻어진 유한요소해석 모델이다.

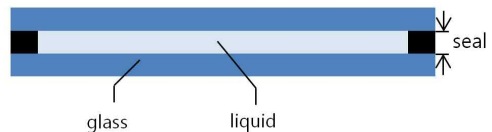


Fig. 1 Cross section of LCD panel

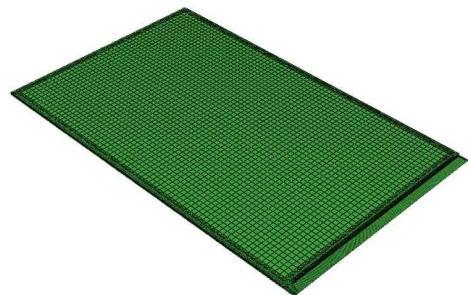


Fig. 2 Display panel FE model

3. 설계변수

LCD 패널에서 고려 할 수 있는 설계 인자는 패널 내부의 liquid와 상, 하판 glass를 봉인해주는 seal의 재료 등이다.

따라서 본 연구에서는 liquid와 seal 재료가 디스플레이 패널의 낙하 특성에 미치는 영향을 평가하기 위해 설계 인자 수정을 통해 총 4가지의 모델을 제작하였다. Table 1은 각 모델에 사용된 seal재료와 패널 내부 상태를 나타낸다.

Table 1 model for drop test

Model	Seal material	패널 내부
모델 1	material 1	cavity
모델 2	material 1	liquid
모델 3	material 2	cavity
모델 4	material 2	liquid

4. 유한요소 해석

패널의 낙하 시물레이션을 위해 ABAQUS Explicit을 이용하였다. 각 모델에 중력 및 초기 속도 등을 부여 하였으며 패널 내부의 liquid는 ABAQUS의 fluid cavity 조건을 이용하여 구현하였다.

5. 결과

디스플레이에는 주로 취성재료가 사용된다. 이러한 취성 재료의 경우 von Mises 등가응력으로는 파괴 특성을 평가할 수 없다.⁵ 따라서 취성재료에 취약한 인장응력을 기준으로 해석 결과를 분석하였다. Table 2는 낙하 해석 시 각 모델이 받는 최대응력을 나타낸다. 표에서 볼 수 있듯이, 각각의 모델에서 liquid 유무에 의한 최대응력 차이는 1~5% 로 파괴특성에 큰 영향을 주지 않는다. 반면 seal의 재료 차이에 의한 최대응력 차이는 55~59% 로 패널 낙하 시 파괴특성에 큰 영향을 준다.

Table 2 Maximum stress at each model

Model	Maximum stress (unit :MPa)
모델 1	248
모델 2	234
모델 3	422
모델 4	426

6. 결론

본 연구에서는 디스플레이 낙하 파괴 특성 분석을 위한 유한요소해석 모델을 개발하였다. 수행된 디스플레이 낙하 해석 결과 디스플레이 패널의 낙하 파괴 특성은 패널 내부의 liquid 보다는 seal재료에 의해 많은 영향을 받는 것으로 확인되었다. 따라서 디스플레이 설계 시 seal재료 선택에 세심한 고려가 필요하다고 판단된다. 본 연구로부터 얻어진 디스플레이 패널 유한요소해석 모델링 기법은 추후 휴대폰뿐 만 아니라 다른 디스플레이에도 응용 할 수 있을 것으로 기대된다.

후기

이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국 연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2012-0000790)

참고문헌

1. J.G. Kim, Y.K. Park, "Experimental Verification of Drop/impact Simulation for a Cellular Phone," Society for Experimental Mechanics, **44**, 375-380, 2004.
2. S. K. won, B.Y. Lee, S.H. Park, "Investigation of the failure of a liquid crystal display panel under mechanical shock," Journal of Mechanical Engineering Science, **221**, 1475-1482, 2007.
3. Min-Chun Pan, Po-Chun Chen, "Drop simulation/experimental verification and shock resistance improvement of TFT-LCD monitors," Microelectronics Reliability, **47**, 2249-2559, 2007.
4. Chwee-Teck Lim, Y.M. Teo, Y.P.W. Shim, "Numerical Simulation of the Drop Impact Response of a Portable Electronic Product," IEEE Transactions on Components and Packaging Technologies, **25**, 478-485, 2002.
5. Xu Nie, Weinong W. Shen, Xin Sun, Douglas W. Templeton, "Dynamic Failure of Borosilicate Glass Under Compression/Shear loading Experiments," Journal of the American Ceramic Society, **90**, 2556-2562, 2007.