

FEM 해석에 의한 자동차 A/C controller 의 고장 메커니즘 분석 Analysis of failure mechanisms of A/C controller using FEM analysis

*정재은¹, 김태환¹, 정창용¹, 이정윤², #오재응³,

*Jae-Eun Jeong¹, Tae-Hwan Kim¹, Chang-Yong Jung¹, Jung-Yoon Lee², #Jae-Eung Oh (jeoh@hanyang.ac.kr)³

¹한양대학교 기계공학과, ²경기대학교 기계시스템공학과, ³한양대학교 기계공학부

Key words : Auto Temp. Controller, Finite Element Analysis, Design Of Experiment, Failure Mechanism

1. 서론

자동차의 편의성과 안정성을 위해 자동차에 전기, 전자 및 정보통신 기술이 융합된 전장부품의 채용이 가속화 되고 있다. 그러나 이런 전장부품들의 양적 증가와 함께 새로 개발되는 부품들에 지금까지 크게 문제되지 않았던 기계적인 신뢰성 문제들이 많이 발생하고 있다. 이에 최근에 빠른 시간 내에 제품의 신뢰성을 평가하고 소재나 설계 변경에 빠르게 대처함으로써 제품의 개발 기간의 단축 및 비용을 절감할 수 있는 시뮬레이션 기법에 대한 연구의 필요성이 인식되고 있다.

최근 연구를 보면 열 사이클에 의한 전자부품의 신뢰성에 대해 발표된 연구는 많으나 진동하중에 의한 신뢰성에 대한 연구는 상대적으로 매우 적은 실정이다. 또한 지금까지의 컴포넌트 레벨의 해석이 대부분이었으며 이에 사용한 물성치 또한 문헌에서 그대로 차용하여 사용하였다. 하지만 이런 방법들은 실제 대상물과의 해석결과에 있어 오차 발생의 원인이 되기 때문에 실험을 통해 시스템의 유한요소모델링 검증 과정이 반드시 필요하다.

이에 따라 이번 연구에서는 먼저 진동모드 실험을 통해 고유진동수를 추출하여 시스템 특성을 파악한 후, Board-level 전자패키지의 유한요소모델을 개발하고 실험계획법을 이용하여 유효 물성치를 구현 하였다. 마지막으로 초가속 수명시험과의 비교를 통해 유한요소 해석에 의한 자동차용 공조제어 장치의 고장메커니즘을 규명의 타당성을 검증하였다.

2. 보드 레벨(Board level) 전자 패키지의 유한 요소 모델 개발

2.1 모달테스트

Table.1 에서 유한요소 모델의 진동해석 결과와 진동실험 결과를 비교하기 위해 Modal Test 를 통해 ATC 의 고유진동수를 알아 보았다.

2.2 유한요소 모델링

Fig.1 와 같이 Main PCB 와 Front PCB 의 유한 요소 모델을 구성하였다. Main PCB 의 경우 얇은 판으로 가정하여 쉘 요소를, 체적을 갖는 칩들은 솔리드 요소, pin 은 빔 요소를 사용하였다. 반면 Front PCB 의 경우는 LCD 와 Controller 의 질량을 고려해 체적을 가지는 솔리드 요소로 모델링 하였다. 경계조건으로 볼트 부분은 Fix, 슬라이드 엣지 부분은 양끝 노드를 Fix 시켰으며 로테이션은 free 로 주었다. 커넥터 부분은 y 방향에 대해서 로테이션을 free 로 주었다.

Table. 1 Natural Frequency of the ATC

	1 st mode	2 nd mode	3 rd mode
Main PCB	202.81 Hz	303.9 Hz	485.75 Hz
Front PCB	85 Hz	175 Hz	231 Hz

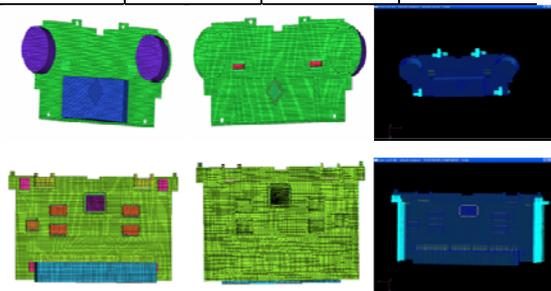


Fig. 1 FEM model of the ATC

2.3 실험계획법을 통한 모델 코릴레이션

문헌으로부터 얻은 물성치 정보를 기준으로 몇몇 중요 인자들의 물성치의 범위를 정하고 인자와 수준 수를 Table.2 과 같이 정하였다. 해석 결과 직교 배열표 중 6 번째가 모달 실험에 의한 PCB 어셈블리의 1,2,3 차 고유진동수와 해석에 의한 고유 진동수들의 오차를 가장 작게 하는 조합임을 알 수 있다.

3. FEM 해석을 통한 고장 메커니즘 분석

3.1 시뮬레이션 방법

유한요소 모델에 Fig. 2 과 같이 초가속 수명 시험에서의 10~5000Hz, total 50Grms의 랜덤 진동을 인가하였다. 방법은 앞에서와 마찬가지로 case 에 의해 경계조건으로 지정된 노드의 z(상하)방향으로 입력하였다.

Table 2. Taguchi Orthogonal array(L25)

	X1	X2	X3	G1	G2	G3	G4
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	2	1	1	2	1
3	1	1	3	1	1	3	1
4	1	1	4	1	1	4	1
5	1	1	5	1	1	5	1
6	1	2	1	1	2	1	1
7	1	2	2	1	2	2	1
8	1	2	3	1	2	3	1
9	1	2	4	1	2	4	1
10	1	2	5	1	2	5	1
11	1	3	1	2	1	1	1
12	1	3	2	2	1	2	1
13	1	3	3	2	1	3	1
14	1	3	4	2	1	4	1
15	1	3	5	2	1	5	1
16	1	4	1	1	3	1	1
17	1	4	2	1	3	2	1
18	1	4	3	1	3	3	1
19	1	4	4	1	3	4	1
20	1	4	5	1	3	5	1
21	1	5	1	1	4	1	1
22	1	5	2	1	4	2	1
23	1	5	3	1	4	3	1
24	1	5	4	1	4	4	1
25	1	5	5	1	4	5	1

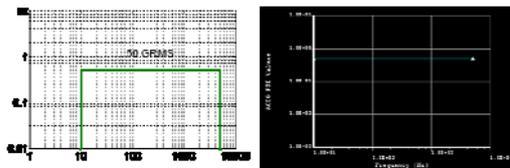


Fig. 2 Vibration excitation profile used in FEA

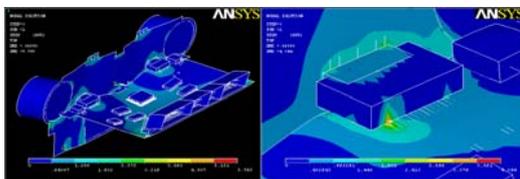


Fig. 3 The Von Mises stress distribution

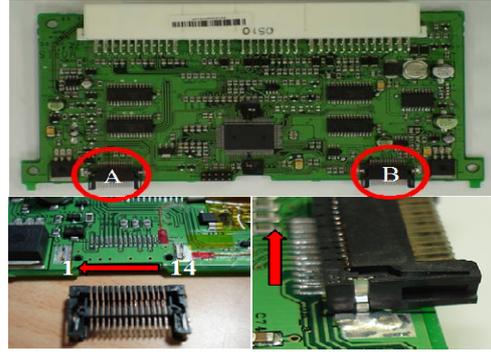


Fig. 4 Failure mechanism of the ATC

3.2 해석 결과

해석결과 Fig. 3 에서와 같이 Front PCB 와 Main PCB 를 연결하는 커넥터의 리드 중 가장 안쪽에 위치한 리드(14 번)와 PCB 와의 접합부에서 최대 응력이 발생하였다. 그러므로 고장 메커니즘은 진동 하중에 의한 Main PCB 의 굽힘 변형으로 인한 커넥터 솔더 조인트의 피로파괴이며 14 번 리드에서 1 번 리드 방향으로 단락이 진행되었음을 알 수 있다.

4. 결론

본 연구를 통해 다음과 같은 결론을 얻게 되었다.

실제 부품들의 특성을 반영한 보드레벨 전자 패키지의 유한 요소 모델을 개발하였다.

유한요소의 해석결과 취약부위는 커넥터와 Main PCB 의 솔더링부위로 초가속 수명시험의 고장부위와 일치하였으며, 고장 메커니즘 (failure mechanism)은 진동 하중에 의한 Main PCB 기판의 굽힘변형으로 인한 Main PCB 에 표면 실장된 커넥터 솔더 조인트의 피로파괴 임이 규명되었다.

참고문헌

- 오세중, 이해진, 강원호, 이정윤, 오재웅, "실험계획법을 이용한 자동차 전장부품의 검증된 유한요소모델 구현," 한국자동차 공학회, 추계학술대회논문집, 1125~1130, 2005.