

두 개 조성의 솔더볼 플립칩에 대한 동적 해석 Dynamic Analysis of Flip Chips with Solder balls with two different compositions

*#김성결¹, 김관래², 배정구², 박성훈², 이동건²

*#S. K. Kim(rhett@snut.ac.kr)¹, K. L. Kim², J. G. Bae², S. H. Park², D. G. Lee²

¹ 서울산업대학교 기계설계자동화공학부, ² 서울산업대학교 UNN프로그램

Key words : Flip Chip Package, Board Level Drop Test, Solder joints, Sn-3.0Ag-0.5Cu, Sn-1.0Ag-0.5Cu-0.05Ni

1. 서론

전자·정보통신 산업의 급격한 발전으로 휴대폰, 카메라와 같은 전자제품의 고성능화, 다기능화의 요구와 더불어 휴대기기의 소형화가 급속하게 진전되고 있다. 이에 따라 기기 내부에 탑재되는 칩 패키지(Package)와 같은 초소형 전자부품의 기계적 신뢰성 해석이 중요한 해결과제로 부각되고 있다. 패키지의 접합부에 사용되는 솔더(Solder) 중 Sn-1.2Ag-0.7Cu, Sn-2.5Ag 조성은 무연 솔더 합금으로, 기존에는 이를 대상으로 한 낙하시험이 수행되었으나 은(Ag)의 가격상승이나 강도 등의 재료 특성을 고려하여 은 함량을 낮춘 Sn-3.0Ag-0.5Cu 나 Sn-1.0Ag-0.5Cu-0.05Ni 솔더가 개발되었지만 이에 대한 연구는 아직 미비한 실정이다.

최근에는 낙하충격과 같은 아주 순간적인 충격으로 소형 휴대기기에 사용되는 패키지의 기계적 신뢰성을 평가하기 위한 방법으로 보드레벨 낙하 시뮬레이션(Board Level Drop Simulation)이 새로운 신뢰성 해석방법으로 각광 받고 있다. 보드레벨 낙하 시뮬레이션은 유한요소해석 프로그램상에 칩 패키지를 설계하여 실제 보드레벨 낙하 실험과 동일한 조건을 설정해주고 일정 높이에서 자유낙하 명령을 입력시켜 시편의 파단을 해석하여 패키지 솔더 접합부의 신뢰성을 평가하는 방법이다. 이 방법은 자유낙하 시에 발생하는 진동의 파장이 칩의 연결부위인 솔더의 고유진동수와 일치하는 현상이 발생하여 패키지 접합부의 오작동이나 접합부의 파단을 일으킬 수 있다는 의견을 조명함에 있어서 유용하게 사용될 수 있다.

따라서 본 논문에서는 기존 무연 솔더 합금 조성비율과는 다른 은(Ag)의 함량을 감소시킨 Sn-3.0Ag-0.5Cu 나 Sn-1.0Ag-0.5Cu-0.05Ni 의 새로운 무연 솔더 합금으로 이루어진 플립칩을 대상으로 Modal Implicit 법을 이용, 충격 시에 생기는 진동파장이 솔더 접합부의 파단에 미치는 영향을 예측하였고, 플립칩 중 가장 직접적인 파단이 일어나는 부위의 위치를 예측하는 분석을 수행하였다.

2. 낙하 및 모달 해석

2.1 낙하 해석

2.1.1 외재적 방법에 의한 해석 (Explicit Method)

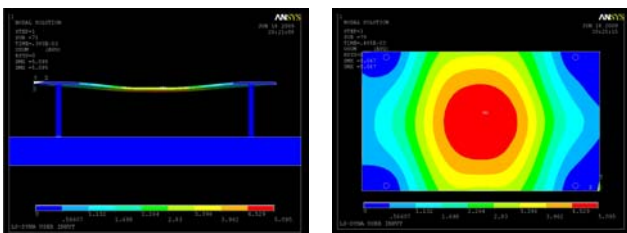


Fig.1 Results of drop simulation by Explicit method

외재적 방법(Explicit Method)을 이용한 해석은 물체의 형상대로 모델링을 한 후에 실제 실험과 같은 조건의 상황을 프로그램 내부에서 직접 구현하는 방법이다. 이러한 외재적 방법을 이용한 해석의 경우 물체의 외형적

변화의 경향을 쉽게 파악할 수 있으며, 실제 실험 조건을 따라 진행하면 된다. 하지만, 외재적 방법의 경우, 실제 실험 조건과 동일한 모델로 해석 수행 시에 해석 요소 수가 너무나 크게 증가되어, 시스템적인 한계를 가져오게 되며, 해석 수행의 시간이 너무나 길어지게 된다는 측면으로 지속적인 진행이 불가능해졌다. 그리고 사이클 반복해석의 경우도 이론적으로는 수행이 가능하나, 시스템적인 한계로 인하여 지속적인 해석은 할 수 없었다. 다만, 외재적 방법을 이용하여 보드의 외형적인 변화 및 충격 량을 예측 할 수 있었고, 이 해석 자료를 근거하여 낙하 해석의 경향성 및 진동에 의한 형상 변화를 파악 할 수 있었다. 본 연구에서는 이 방법의 여러 한계와 단점으로 인하여 내재적 방법(Implicit)을 채택하기로 하였다.

2.1.2 내재적 방법에 의한 해석 (Implicit Method)

내재적 해석에 있어서 필요한 값은 ζ_{mr} (각 모드에 대한 감쇠비)이다. 이 값은 “Modeling of material damping properties in ANSYS” 논문에서 자세하게 기술되어 있는데 다음과 같이 구해진다.

$$\zeta_{mr} = \frac{\alpha}{2\omega_r} + \frac{\beta}{2}\omega_r$$

위 식에서 α (Friction Damping)은 0 에 가까워서 생략되고 아래와 같이 단순하게 표현할 수 있다.

$$\zeta_{mr} = \frac{\beta}{2}\omega_r$$

β (Modal Damping Ratio)와 ω_r (Frequency Discrepancy)값은 모드 형상에 따라 달라지는데 여기서는 1차 모드를 기초하였다.

2.1.3 해석방법

일반적으로 내재적 방법은 외재적 방법과 달리 보드 낙하가 아닌 4 개의 고정점에서 보드 낙하가 일어났을 때와 똑같은 힘을 주어서 보드의 변형 및 최대 응력을 보고 어느 플립칩에서 최대 응력을 받는지를 볼 수 있는 방법이다. 현재는 해석 시간이 많이 걸리고 또한 여러 데이터를 볼 수 없는 외재적 방법보다 내재적 방법이 해석 프로그램의 다른 방법으로 사용되고 있다.

해석을 위한 프로그램은 ANSYS 11.0 으로 정적, 동적 해석과 열해석 등의 기계적인 구조해석이 가능한 프로그램이다. 해석방법에서의 가정은 시간의 효율 및 대칭성을 이용하여 보드를 1/4 크기로 모델링하는 것이며, 추후에 대칭 조건을 이용해서 전체 보드크기로 변환한다. 이는 전체 보드에서의 동적 해석의 경향을 보여주는데 영향을 미치지 않는다. Fig.2 은 JEDEC 기준(Standard)의 PCB 형상이고 밑에는 ANSYS에서 매싱(Meshing)된 전체 보드의 모습이다.

내재적 방법은 시간이력해석(Transient Analysis)을 이용해서 감쇠비(Damping Ratio)와 시간을 주어서 실행하였다. 시간 간격은 0s ~ 0.025s 로 하였다.

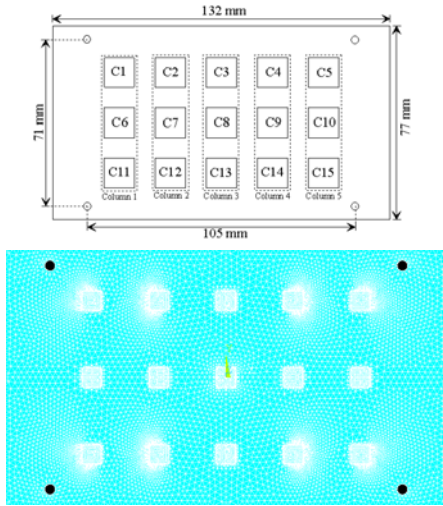


Fig. 2 PCB layout & drop modeling by implicit method

본 연구의 낙하 해석에 사용된 플립칩 패키지는 가로, 세로, 약 5.6mm, 두께 0.3mm 의 정육면체 모양으로 두 개 조성의 솔더볼 플립칩의 동적 해석을 비교하는 것이 목적 이므로 솔더 볼의 집중하여서 실험을 하였다.

실험은 4 개의 구멍(Hole)을 고정을 시키고 시간이력 해석을 이용해서 감쇠비 = 0.0001432 를 주었다. 이 후 보드의 굽힘(Bending)과 최대 응력(Maximum Stress)의 발생 등을 통해서 해석의 결과를 도출해 낼 수 있다.

2.1.4 해석결과

해석 결과는 두 개의 조성 (Sn-3.0Ag-0.5Cu 와 Sn-1.0Ag-0.5Cu-0.05Ni)의 재료의 특성(Material Property)에 따라서 최대 응력이 다르게 나옴을 볼 수 있다.

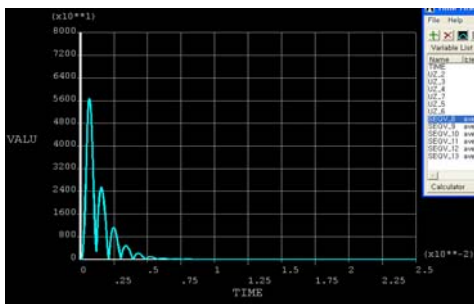


Fig. 3 Results of Von-Mises stress in C8 chip

Fig. 3 는 C8 칩에서 작용하는 응력의 그래프를 보여주고 있다. 이와 같은 방법으로 C3, C4, C5, C9, C10 에서 작용하는 응력을 표를 통해서 볼 수 있다.

Table 1 Comparison of different solder composition

No. Chip	Sn-3.0Ag-0.5Cu		Sn-1.0Ag-0.5Cu-0.05Ni	
	Time	Max. Stress	Time	Max. Stress
C3	0.65000e-3	49319.7	0.65000e-3	59021.7
C4	0.65000e-3	44163.7	0.65000e-3	52225.2
C5	0.70000e-3	30034.9	0.70000e-3	35654.2
C8	0.65000e-3	56631.9	0.65000e-3	66490.9
C9	0.65000e-3	46282.5	0.65000e-3	55419.8
C10	0.55000e-3	11069.8	0.55000e-3	13383.1

표를 통해서 C8 ->C3->C9->C4->C5->C10 의 순으로 응력이 줄어드는 것을 볼 수 있다. 이는 보드의 가운데 지점이 가장 큰 응력으로 먼저 파괴(Fail)가 일어나고 추후에 위와 같은 순서에 의해서 일어날 것임을 보여주는 경향이다.

또한 구멍으로 고정 시킨 곳에서는 상대적으로 보드의 중앙보다 약한 응력이 발생함을 볼 수 있다.

2.2. 모달 해석

낙하 해석에서는 실제로 직접적인 충격보다는 모서리에 위치한 지지대로 인하여 굽힘 진동의 영향을 받는다. 굽힘의 영향을 받을 때 플립칩의 위치 별 영향을 해석하기 위해서는 모달 해석이 반드시 수반되어야 한다. 지금까지 모달 해석을 통해 여러 형태의 관련된 진동 모드가 알려졌고 낙하 해석에서는 Fig. 4 에 나와있는 1 차 굽힘 모드의 영향을 직접적으로 가장 많이 받는 것으로 밝혀졌다. 빨간색 부분은 변형의 위치가 가장 심한 부분을 의미하고, 즉 칩의 8 번, 3 번, 13 번 위치의 플립칩이 보드 굽힘의 영향을 가장 크게 받는다.

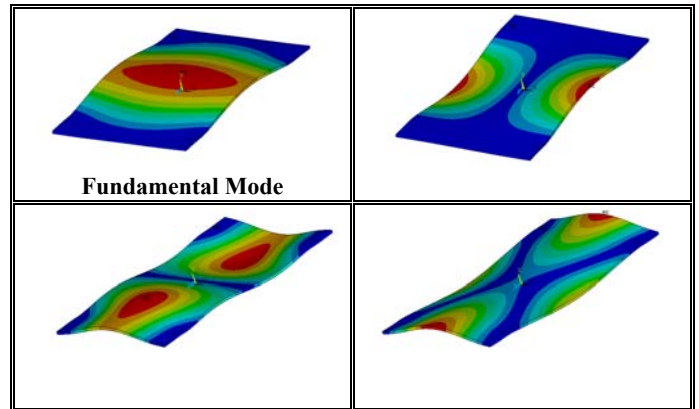


Fig. 4 Results of modal analysis in PCB board with chips

3. 결론

본 논문에서는 유한요소 해석 프로그램을 이용 및 응용하여 보드레벨 낙하충격실험을 모사하여 두 개의 무연 솔더가 적용된 플립칩 패키지의 동적 해석을 실시하였다.

유한 요소 해석 프로그램을 통해 내재적 및 외재적, 두 가지 방법으로 해석을 수행하였으며, 내재적 방법에 의한 해석의 경우 실제 보드 중앙에서부터 칩이 파손되는 경향성을 예측 할 수 있었다. 또한 추후 실시될 실험을 통하여 동적 해석의 경향성이 정확함을 확인할 예정이다.

후기

본 논문은 서울테크노파크의 차세대패키징 공정·장비 실용화사업의 일환으로 지식경제부 지원을 받아 수행되었으며, 이에 관계자 여러분께 감사 드립니다.

또한 서울산업대학교 해외파견 연구교수지원에 감사드립니다.

참고문헌

1. Yan Tee, Jing-en Luan, Hun Shen Ng, Chwee Teck Lim, Eric Pek, Zhaowei Zhong, "Advanced Experimental and Simulation Techniques for Analysis of Dynamic Responses during Drop Impact", 54th Electronic Components and Technology Conference, 2004, pp.1088~1094.
2. Toni T. Mattila, Pekka Marjamaki, jorma K. Kivilahti, "Reliability of CSP Interconnections under Mechanical Shock Loading Conditions", IEEE Transaction on Components and Packaging Technologies, Vol. 29, No. 4, December, 2006, pp.787~795.
3. Jing-en Luan, Tong Yan Tee, Xueren Zhang, Esa Husa, "Solder Joint Failure Modes, Mechanisms, and Life Prediction Models of IC Packages under Board Level Drop Impact", IEEE 6th International Conference on Electronic Packaging Technology, 2006.
4. JEDEC standard JESD22-B111, "Board Level Drop Test Method of Components for Handheld Electronic Products", July 2003.