

# 칩마운터의 진동 해석 및 실험 분석

고병식\* 이승엽\*\*

## Vibration Analysis and Experiments of a Chip Mounting Device

Byeongsik Ko and Seung-Yop Lee

### ABSTRACT

SMD(Surface Mounting Device) which mounts electronic components as IC-Chips on PCB automatically, produces a large dynamic force and vibration. The unwanted vibrations in SMD degrade the performance of the precision device and it is the major obstacle to limit its speed for mounting. This study investigated the vibration analysis of a typical SMD to predict the natural frequencies and mode shapes. To validate the finite element analysis of SMD, the FE result was compared with that of ODS measurements. It was shown that the predicted results were well correlated with the experimental modal parameters.

### 1. 서론

최근의 전자제품의 소형화, 고기능화 추세에 따라 PCB(Printed Circuit Board)의 소형화 및 대규모 집적도가 이루어지고 있다. 특히 이동통신기기의 소형화에 따른 부품의 집적도가 매우 빠른 속도로 증가되고 있다. 또한 PCB 에 장착되는 소자(chip)의 크기가 초소형부터 대형까지 매우 다양하게 분포되고 생산성을 높이기 위해 고속으로 장착되어야 하고 이에 따른 부품의 장착 정밀도 또한 매우 중요하기 때문에 이러한 소자를 장착하는 표면실장기(SMD : Surface Mounting Device)의 개발도 이러한 추세에 따라 개발이 진행되고 있다.

최근의 부품소자의 자동조립기술과 관련하여, SMD 에 고정밀도, 고속 위치결정(Pick and Place)을 실현할 수 있도록 구조적인 부분과 제어부분에서 많은 향상이 이루어 지고 있다. 생산성을 높이기 위해 로봇이 고속으로 작동함에 따라 이동부위가 급격한 가속도에 따른 진동을 야기시켜 정밀도에 악영향을 끼칠 수 있다. 또한 다양한 크기의 chip 과 다양한 크기의 PCB 에 대한 작업이 가능하도록 하는 전체 시스템의 크기는 보통 1m x 2m 정도가 되어 이동부의 진동만이 아니라 전체 시스템의 진동을 유발한다. 이러한 진동은 고속, 고정밀도를 요하는 시스템에 피로, 성능등에 악영향을 끼친다. 특히 고정밀도를 요하는 기계에서 이러한 성능저

하는 매우 심각한 영향을 끼친다. 따라서 고속, 고정밀도를 위한 이러한 시스템의 기능과 성능을 만족시키기 위해서 진동에 관련된 구조 및 제어기법의 연구가 계속 되고 있다. 여기에서는 실제 시스템에 대한 진동 실험 및 해석을 통한 구조물의 진동 연구를 수행하였다. 실험을 통해 얻은 고유진동수 및 모드형상을 해석결과와 비교하여 정확도를 비교하는 correlation 을 수행하였다. 이 때 진동 분석을 위한 ODS(operational deformation shape)의 결과를 해석결과와 비교하였다.

### 2. SMD 개요 및 실험

#### 2.1 SMD 의 개요

SMD system 은 PCB 에 전자부품을 고속으로 장착 시키는 정밀기계이다. 일반적인 SMD 를 Fig.1 에 나타내었다. SMD 시스템의 공정속도는 중요한 제품의 사양이므로 chip 을 장착하는 헤드의 가속도를 최대화할 필요가 있다. 따라서 칩을 정밀하게 장착하려면 이에 따른 구조물의 진동문제가 야기된다. 본 논문에서 검토한 시스템은 ball-screw type 의 SMD 로써 한 chip 당 0.1 초의 tact time 을 가지며 0.1mm 의 정확성을 제공한다.

실제 시스템의 동특성을 확인하기 위해, ODS 를 수행하였다. 전체 시스템의 동특성을 확인하기 위해서는 시스템의 크기가 크므로 자체 진동원인 X-Y Gantry 의 이동을 입력가진원으로 사용하였고, 이 때 이동모드는 랜덤(pseudo-random) 형태를 취하였으며, 출력은 베이스프레임의 진동가속도를 이용하였다.

\* 정희원, 미래산업 연구소  
E-mail : bs\_ko@hotmail.com  
Tel : (031) 904-2668, Fax : (02) 712-0799

\*\* 정희원, 서강대학교 기계공학과

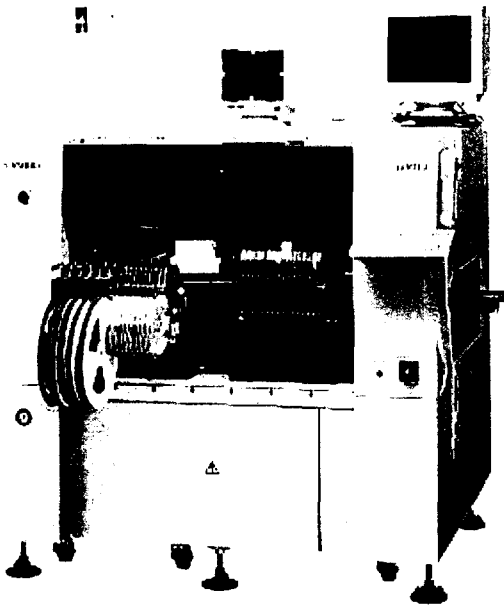


Fig. 1 SMD (Surface Mounting Device)

## 2.2 실험장치

시스템의 동적 특성을 평가하기 위해 전형적인 구역을 선택하여 동특성 실험을 수행하였다. 시스템의 전체 중량이 매우 크기 때문에 자체 진동원인 X-Y Gantry의 이동을 가진원으로 이용하고 가속도 센서를 이용하여 진동 응답을 측정하였다. 시스템의 동특성 실험 데이터인 출력 주파수 응답 함수(frequency response function)를 이용하여 모드분석을 수행하여 동특성 실험 결과를 얻을 수 있었다.

## 2.3 ODS(Operating Mode Shape)

구조동역학모델의 파라미터를 실험적으로 구하기 위해 흔히 사용되는 것이 모드분석법(modal analysis approach)이다. 통상적인 모드 파라미터 예측(modal parameter estimation)방법에 있어서 사용되는 데이터는 주파수응답함수이다. 하지만 많은 경우 실제의 작동조건은 모드실험에 사용되는 조건과 매우 상이한 경우가 많다. 따라서 실제 작동 조건에서의 진동모델을 파악하는 것이 필요하다. 이러한 경우는 보통 실제 하중조건은 알려져 있지 않고 응답만을 알고 있기 때문에 매우 복잡하다. 따라서 응답만을 이용하여 구조물의 파라미터를 파악하여야 한다. 이를 위한 여러 형태의 분석법이 과거 수십년 동안 연구되어 왔고 본 연구에서는 Balanced Realization 방법을 이용하였다.

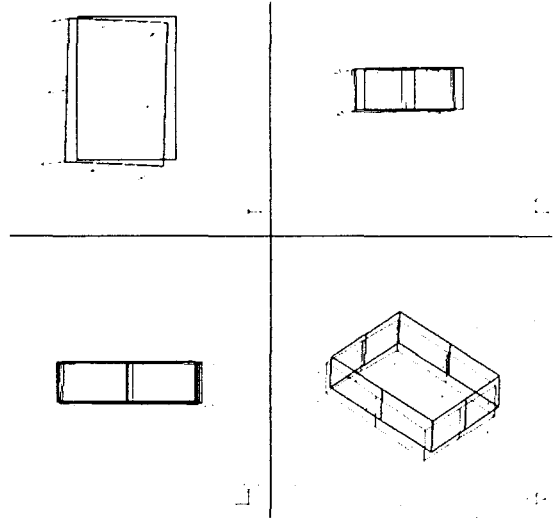


Fig. 2 SMD Test 고유진동모드(28.1 Hz, 전후 1B)

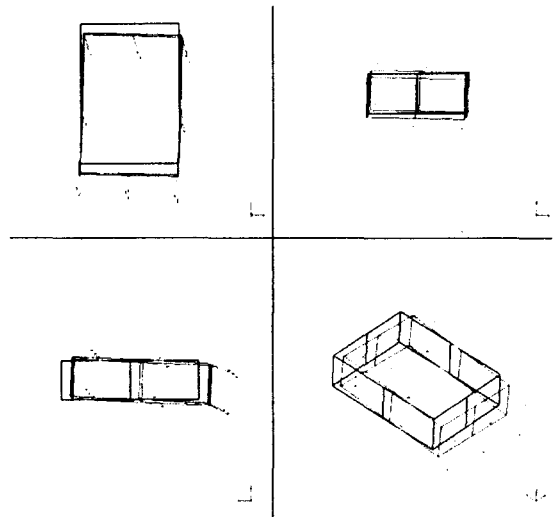


Fig. 3 SMD Test 고유진동모드(28.3 Hz, 좌우 1B)

Fig. 1-3은 이러한 방법으로 구한 SMD의 고유진동 모드와 진동수를 보여준다. 3차원 진동 모드의 형태를 보여주기 위해서 각 면에서 본 4가지 형태의 모드 모양이 나타나 있다.

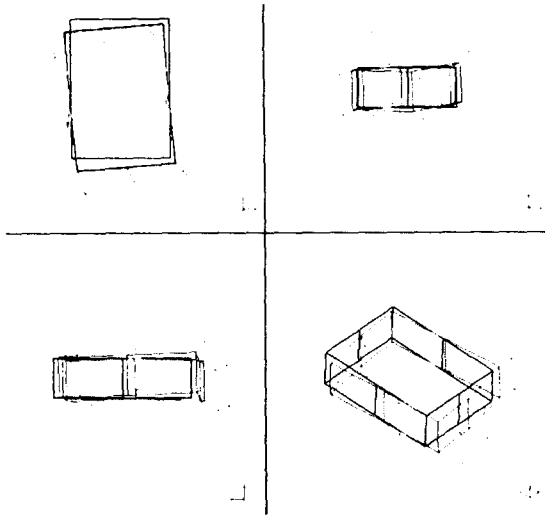


Fig. 4 SMD Test 고유진동모드(37.8 Hz, 1T)

용프로그램인 MSC NASTRAN 을 사용하였으며, 해석에 사용된 요소(element)는 Beam 과 Shell 요소를 사용하였다.

베이스프레임은 Shell 요소를 이용하였으며, 기타 다른 부분은 Beam 요소를 이용하였다. Fig. 5 는 SMD 전체의 FE 모델의 요소를 보여준다. Fig. 6-8 은 FE 해석에 의한 처음 3 개의 고유 모드와 고유 진동수를 보여준다.

PROJECT: MSC/NASTRAN RESULT  
 WREQ: 1 FREQ: 29.799 Hz  
 DISPLACEMENT MAX: 2.455E-02 / MIN: 0.000E+00  
 MODE: 1 (DRY): ELEMENTAL STRAIN ENERGY DENSITY  
 CONTOUR MAX: 2.125E-01 / MIN: 0.000E+00 - REAL

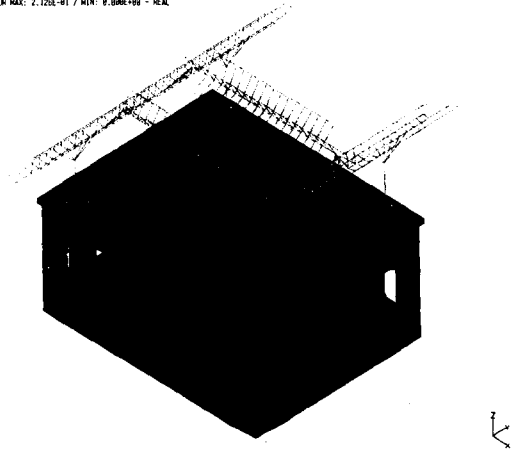


Fig. 6 SMD 고유진동모드(29.8 Hz, 전후 1B)

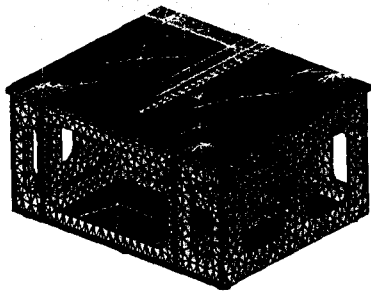


Fig. 5 SMD FE 해석 모델

PROJECT: MSC/NASTRAN RESULT  
 WREQ: 2 FREQ: 30.000 Hz  
 DISPLACEMENT MAX: 2.513E-02 / MIN: 0.000E+00  
 MODE: 2 (DRY): ELEMENTAL STRAIN ENERGY DENSITY  
 CONTOUR MAX: 2.281E-01 / MIN: 0.000E+00 - REAL

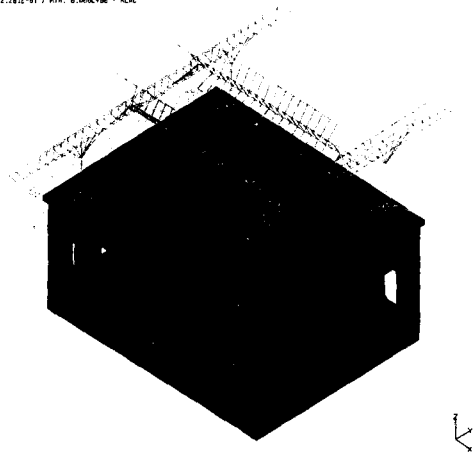


Fig. 7 SMD 고유진동모드(30.0 Hz, 좌우 1B)

### 3. FEM 해석

시스템의 동적 해석은 실험적으로 구할 수 없는 동적 문제를 해결하기 위해 동적 해석 모델을 구축할 필요가 있다. 정확한 동적 해석 모델은 현재의 문제점을 파악하고 문제점을 해결하는 가장 좋은 방법이며, SMD 장비의 변경에 따른 응답 해석과 진동 대책을 위한 동적 강성변경에 따른 정확성을 유지할 수 있다. 동적 해석을 위해서는 상

PROJECT: MSC/NASTRAN RESULT  
 MODE: 3 FREQ: 37.451 Hz  
 DISPLACEMENT MAX: 4.798E-02 / MIN: 0.000E+00  
 MODE: 3 ENERGY: ELEMENTAL STRAIN ENERGY DENSITY  
 CONTOUR MAX: 4.271E-01 / MIN: 0.000E+00 - REAL

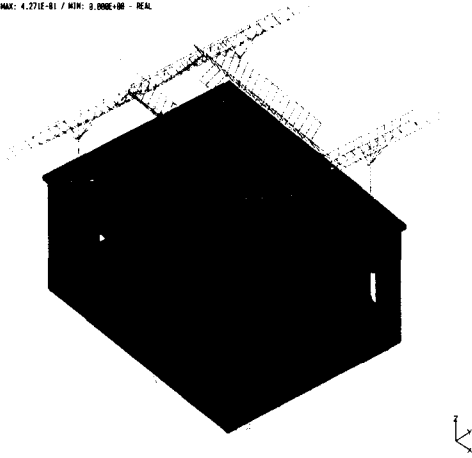


Fig. 8 SMD 고유진동모드(37.4 Hz,1T)

#### 4. 비교 분석

시스템 동적 특성 해석의 목적은 실험 결과와의 일치성이다. 표 1은 동적 해석 결과와 실험에 의해 산출된 동특성 결과를 비교한 것이다. 또한, 그림 2-4는 실험에 의해 산출된 모드 형상이며, 그림 6-8은 해석에 의한 모드 형상이다. 이러한 결과로 볼 때, 해석에 의한 결과는 충분한 신뢰성을 갖는 것을 알 수 있었다.

Table 1 고유진동수 비교(SMD Test 및 해석 결과)

CASE	1 <sup>st</sup>	2 <sup>nd</sup>	3 <sup>rd</sup>	Remark
FE 해석	29.8	30.0	37.4	Figures 6-8
Test	28.1	28.3	37.8	Figures 2-4
Mode	전후 1B	좌우 1B	1T	

#### 5. 결론

- 1) SMD의 고유진동수와 모드형상을 추출하기 위하여 유한요소법을 이용한 해석과 Operating Deflection Shape를 이용한 진동 실험을 수행하였다.
- 2) ODS의 경우 가진 입력을 측정하지않고 진동측

정 결과만으로 고유진동수와 진동모드를 추출하는데 매우 유용함을 알 수 있었다.

3) SMD의 진동 해석 및 ODS를 수행, 비교한 결과 각 모드와 고유진동수에 대해 만족할만한 비교 결과를 얻었다.

#### 참고문헌

- (1) Richardson, M. H., 1997, "Is It a Mode Shape or Operating Deflection Shape", Sound & Vibration Magazine 30<sup>th</sup> Anniversary Issue
- (2) Ewins, D. J., 1984, Modal Testing: Theory and Practice, Research Studies Press