

SMT 마운터 장비의 동특성 분석

Vibration Analysis of A SMT Mounter Equipment

임경화†, 안채현*, 범희락**, 양 손*, 한완희*

Kyung-Hwa Rim, Chae-Hun An, Hee-Rak Beom, Xun Yang and Wan-Hee Han and

1. 서 론

SMT(surface mount technology) 마운터는 PCB 기판 위에 여러 가지 종류의 SMD(surface mount devices, 표면 실장 소자)를 고속으로 실장하는 장비로써 수많은 전자 장치들의 조립공정에 필수적으로 사용되며 그 성능이 다품종 소량 생산 환경을 가지는 전자 기기 제조 산업의 수출 및 불량률을 좌우하는 필수 장비이다. 한편 CPU, 메모리 등 반도체 패키징은 반도체의 집적능력이 급속도로 발전됨과 더불어 모바일 기기 등 고성능 극소형 제품의 실장 면적의 축소 요구에 의해 초소형화, 복합화로 발전하고 있다. 따라서 다량의 마이크로급의 작은 크기의 피치(pitch)를 가지는 극소형 부품을 PCB 기판에 실장이 요구되고 있는 실정으로서 SMT 마운터의 정밀도 향상에 대한 요구가 증가되고 있다. 또한 생산성 향상을 위한 대형화, 고속화, 다중화 설계가 지속적으로 진행되고 있다. 한편 대형, 경량형으로 진행되어 온 장비 설계 추세는 고유진동수의 저하가 필연적으로 발생되며 이 시스템이 수출 향상을 위해 고속으로 운영될 경우 구동기에서 발생하는 진동이 시스템의 고유진동수에 접근함으로써 큰 진동이 발생하는 문제가 대두되어 고정밀도를 요하는 공정 구성이 불가능하게 되며, 정착 시간 증가로 수출 향상에 큰 저해 요소로 작용하게 될 뿐만 아니라 장비 사용자의 심리적 불안요소로 작용하게 되어 장비의 명목적 가치를 떨어뜨리게 된다. 따라서 기계 시스템의 진동 특성을 분석하여 현재 장비의 성능을 확인하고 기계 구조의 동특성을 목표 성능에 부합되는 서보 대역폭(servo bandwidth)까지 확보하며 고유진동수를 회피하는 동특성을 고려한 기계 설계 기술이 필요하게 된다. 그러므로 기계 시스템 구조의 동특성 해석을 기초로 진동 저감을 고려한 기구 설계 기법과 시스템 운영 기법, 그리고 모달 시험(modal test)을 통한 문제 분석 및 이를 이용한 해결 방안 모색에

대한 연구가 필수적으로 요구된다. 본 연구는 실험적 방법을 통한 기존 시스템의 분석 및 유한요소법(FEM)을 도입한 진동해석, 설계 개선 및 검증 등 다양한 단계로 연구를 수행한다.

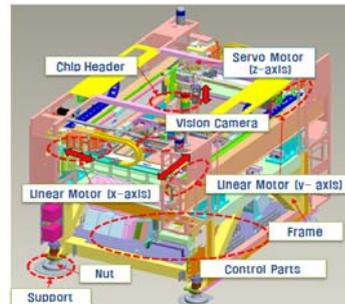
2. 시스템 구조 및 분석 방법

2.1 시스템의 구조

본 SMT 마운터는 복잡한 기계 구조물과 구동 장치 및 제어부 그리고 이를 감싸는 케이스부로 구성된 시스템으로 그 기본 구조는 Fig. 1과 같다. 구동부는 칩을 이송하는 칩헤더(chip-header) 2개가 z축 이송용 서보모터에 부착되어 있으며 이를 x, y축으로 이송하는 리니어 모터(linear motor)가 각각 1개씩 부착된 구조이다. 피더(feeder)로부터 공급되는 전자부품은 x, y 축으로 이송되는 칩헤더에 부착되어 비전검사 장치를 거쳐 위치를 보정하며 PCB 기판의 정해진 위치로 고속 이송하여 부착한다.



(a) External appearance



(b) Internal structure

Fig. 1 SMT mounter

† 교신저자; 한국기술교육대학교 메카트로닉스공학부
E-mail : rim@kut.ac.kr
Tel : (041) 560-1147, Fax : (041) 560-1253

* 한국기술교육대학교 메카트로닉스공학부 대학원

** 미래산업(주)

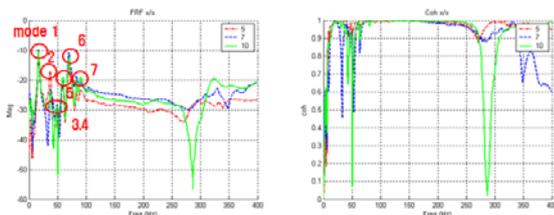
2.2 실험 및 해석 방법

시스템의 주요 가진원은 리니어 모터를 이용하여 고속으로 이동되는 칩 헤더가 칩을 장착, 검사, 부착과정에서 요구되는 급격한 가속 과정에 기인한다. 따라서 시스템의 주요 지지 구조인 프레임의 고유진동수 및 시스템 각 부분의 지역적인 고유진동수가 가속 과정에서 발생하는 가진 주파수와 일치하는 지 여부를 판단하기 위하여 모달 실험을 이용하여 주요 부위의 고유진동수를 파악하며 주요 가진원인 리니어모터 구동부와 다른 주요 부위에 가속도 센서를 부착하고 구동시 발생하는 가진 주파수와 이때 각부에 전달되는 진동량을 측정하여 그 상관관계를 분석한다. 또한 시스템의 고유진동수 회피 및 보강 설계를 위하여 유한요소법을 이용하여 시스템을 모델링하였고 진동해석(vibration analysis)을 수행한다.

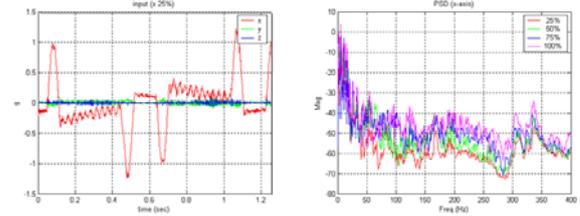
3. 실험 및 해석 결과

3.1 모달 실험 및 전달비 측정

시스템의 각부에 고유진동수와 모드 형상을 알기 위하여 측정부에 가속도 센서를 부착하고 임팩트 햄머(impact hammer)를 이용하여 충격 가진함으로써 Fig. 2와 같이 각부의 고유진동수와 모드형상을 파악하였다. 수집된 각 부분의 주파수 응답 함수 및 모드 형상을 비교 분석함으로써 국부적으로 일어나는 지역모드(local mode)와 시스템 전체에 영향을 주는 전역모드(global mode)로 구분하여 보강 대책 수립에 참조하였다. 그리고 시스템 전체를 지지하는 프레임의 고유진동수를 측정하여 적합성 여부를 판정하였다. 또한 Fig. 3과 같이 리니어 모터를 x, y 방향으로 나누워 다양한 속도로 구동하며 이때 구동부 및 시스템 각부에 가속도 센서를 부착하고 가속도 전달비를 측정하였으며 시간 응답과 파워스펙트럼(power spectrum)을 구하여 그 영향성을 분석하였다. 시스템의 가진 주파수는 리니어모터의 구동 속도에 비례하며 주로 낮은 주파수 대역에 분포되어 있다. 구동 질량이 큰 y축이 가장 큰 진동량을 발생시키며 상대적으로 미소한 질량의 구동부를 가지는 z축의 경우 그 진동량은 무시할 만큼 작다. 또한, 가진 주파수와 근접하는 지역모드 및 전체모드의 고유진동수를 가짐으로써 진동에 취약한 구조 및 부위를 파악하였다.



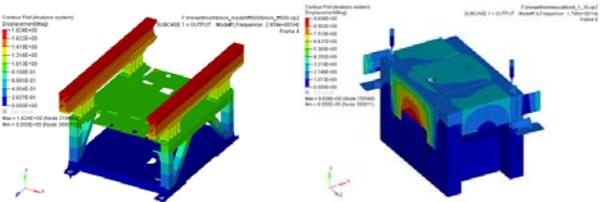
(a) FRF (b) Coherence fun.
Fig. 2 Response of monitor (x-axis)



(a) Time response (b) Power spectrum
Fig. 3 Measured acceleration of a header

3.2 유한요소 해석

시스템은 전체 거동에 큰 영향을 주는 프레임(frame) 모델과 케이스를 포함한 전체 시스템 모델로 나누어 모델링 하였으며 해석에 영향을 주지 않은 부분은 간략화 하여 자유도를 줄였다. 리니어 모터 구동부는 강제 요소를 이용하여 구동 축 방향 자유도를 자유 상태로 표현하였으며 진동해석 결과를 실험 결과와 비교하여 검증하였다. 또한 지지대의 구속조건에 따르는 프레임 모델의 고유진동수 변화를 확인하였으며, 실험적으로 증명된 진동에 취약한 부분의 고유진동수와 모드 형상을 확인하였고 지역적인 구조 보강 및 전체적인 구조 보강을 이용하여 지역 모드 및 전역 모드의 보강 효과를 해석적으로 증명하였다.



(a) Frame only (b) Whole system
Fig. 4 Modal analysis results

4. 결론

시스템 각 부분의 고유진동수를 모달 실험을 이용하여 확인하였고 지역모드와 전역모드로 구분하였다. 구동실험을 이용하여 가진 주파수 및 가진원으로 전달되는 진동량을 측정하여 상관관계를 분석하였다. 시스템 프레임의 고유진동수를 측정하여 전체 시스템의 성능에 적합성 여부를 검증하였다. 또한 실험적인 자료를 바탕으로 유한요소법을 이용한 진동해석을 수행하여 그 결과를 검증하였고 가진 주파수에 인접하여 취약한 모드에 대한 보강을 지역모드와 전역모드로 구분하여 수행하였으며 공진을 회피함으로써 진동에 강건한 시스템의 설계 방법을 제시하였다. 향후 새로운 제품 설계 시 동특성을 고려한 설계 방법 및 고려해야 할 주요 자료를 확보하였다.