

CHIP MOUNTER 구동부의 동적 거동 해석

박원기*(고려대 대학원 기계공학과), 박진무(고려대 기계공학과)

Dynamic Behavior Analysis of Driving Part in CHIP MOUNTER

W. K. Park(Mecha. Eng. Dept. KU), J. M. Park(Mechanical Eng. Dept., KU)

ABSTRACT

Recently, due to demands of faster speed and extra features for the chip mounters, there has been ever-demanding needs for the basic technology. Until four or five years ago, chip mounters placing 0.3 sec/chip were considered to be in the high speed category, but since then it has become a borderline for categorizing high speed machines capable of placing 0.1 sec/chip

In this study, in order to analyze the vibration of head generated by the dynamic behavior of x-frame, FEM model is composed and modal analysis is performed to identify the dynamic characteristics of the structure. Those results are compared with the model test data in order to verify the model. In this paper, Several other factors such as definition of dynamic accuracy, static accuracy and tolerance of the axis settling range, that might affect the dynamic behavior of the head are discussed.

Key Words CHIP MOUNTER(칩 마운터), Single Stage Dual Gantry, Dynamic Behavior Analysis(동적 거동 해석), Finite Element Analysis(유한 요소 해석)

1. 서론

국가기간산업인 반도체, 전자, 통신 사업 등의 국제 경쟁력 제고와 기술 자립을 위하여 전자제품 생산장비 산업 육성과 이를 위한 기술 개발의 중요성이 최근 크게 부각되어 왔다. 특히 칩마운터는 전자제품 조립 공정의 주 장비로 전자산업의 생산 기술을 담당하는 역할 외에도 독립 상품군으로 시장이 확대되어 왔으며 향후에도 전자제품의 경박단소 및 고성능화 경향의 심화에 따라 지속적인 고도성장이 예측된다.

표면 실장조립장비의 이송장치에 작용하는 주요한 외력은 gantry 의 고속 운동에 의한 동하중으로, 공작기계와 같이 큰 외력은 작용하지 않는다. 따라서, 구조부의 정역학적 평형 및 변형을 기본으로 하고, 구동부의 고속운동과 구동 주파수에 따른 진동을 설계 범위로 억제시키기 위한 구조부의 최적 구조와 강성에 대한 해석이 필요하다.

기계의 진동은 성능과 수명에 영향을 끼칠 뿐 아니라 소음의 원인이 된다. 소음과 불필요한 진동은 또한 사용자의 제품 신뢰도를 떨어뜨리는 주요

한 원인이 된다.

고속, 고정밀 운동을 하는 구동부에서 동적인 특성 중 가장 중요한 것은 급제동 시에 유발되는 진동일 것이다. 즉 진동 시 HEAD 부분에서 일어날 수 있는 변위의 크기가 정밀도에서 허용하는 값보다 작아야 할 것이다. 또한 X 축이 제어오차로 인한 비틀림이 있을 시에 생기는 X 축과 CARRIER 사이의 접촉 문제와 영향이 가장 크게 작용할 것 같은 FINGER 의 물성치와 모양에 따른 진동의 효과를 비교 분석해야 할 것이다. 위와 같이 해석한 결과로 동적 거동시 좀 더 작은 오차범위의 진동을 할 수 있도록 한다.

2. 3D Modeling 과 Finite Element 생성

2.1 3D Modeling

이 장에서는 CHIP MOUNTER 의 응력해석 및 진동해석을 위해 실제 모델과 같은 모양의 3D MODEL 을 만들고 이를 기반으로 하여 좀더 단순화시킨 요소망 생성을 하였다 실제 모델과 최대한

비슷한 성질을 갖게 하기 위하여 단순화는 최소한에만 그치고 모든 변수들을 최대한 적용시켰다. 해석에 사용된 대상은 현재 개발이 진행 중인 CP-60 기종의 초기 개발 모델이다. 상용 CAD 인 Pro-Engineer 를 사용하여 3 차원 모델링 작업을 수행하였다.

FIG.1 에서 볼 수 있듯이 CHIP MOUNTER 는 6 개의 foot 으로 지지 되고 있는 BASE 와 Y 축(FRAME-SIDE)이 구조부의 주축을 이루고, 2 개의 Frame-X 을 갖는 Single Stage Dual Gantry System 이다. 각각의 Gantry 는 Brushless DC Motor 에 직결된 Ball Screw 로 구동되며, Rotary Encoder 에 의해 Feedback 제어되는 Servo System 이다.

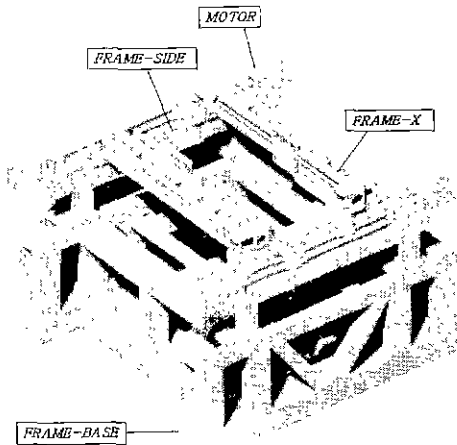


Fig. 1 3D model of CHIP MOUNTER

구조물의 모든 하중이 6 개의 foot 을 통하여 지면에 전달되고 있고, 온도의 변화, 모터, ball-screw, linear guide, 전기요소 등과 같은 열원에 의해 base 의 열팽창에 의한 열변형 등이 구동부의 동적, 정적 accuracy 에 큰 영향을 줄 수 있으나 우선 정적, 동적인 강성이 매우 커서 무시할 수 있다고 가정하고, 실제 운동을 하고 동적 거동에 의해 변형을 크게 일으킬 수 있는 Frame-X 을 위주로 Ball Screw, Carrier, Finger, head 부분의 해석에 중점을 두었다. 따라서 기저부(Frame-Base)부분 (Foot 과 Y 축을 포함)은 모든 해석에서 제외하고 오직 구동부만을 요소망 생성을 하였고 유한 요소 상용 해석 프로그램인 ABAQUS 를 이용한 동적, 정적 해석을 하였다.

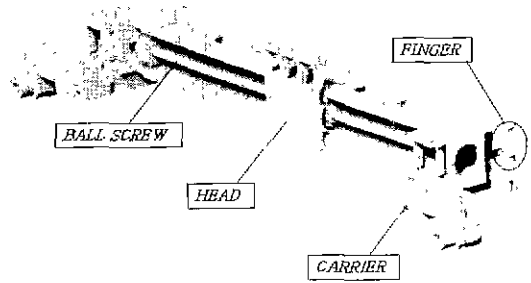


Fig. 2 3D model of driving part in CHIP MOUNTER

2.2 Finite Element 와 경계조건

FIG.2 는 구동부(Frame-X, Head, Carrier Finger)를 확대한 그림이다. 해석을 할 때 최대한 모든 변수를 적용하려 했으나 X축(Frame-X 에 붙어 있는 Ball Screw 에 의한 Head 자체의 좌우 운동)과 Y 축(Frame-side 에 있는 Ball Screw 에 의한 Frame-X 의 운동)의 동시운동을 simulation 하기에는 너무 많은 시간과 오차가 생길 수 있으므로 Y 축 운동만의 해석을 위한 요소망 생성을 하였다. 따라서 Frame-X 자체에 붙어 있는 Ball Screw 와 그에 따른 운동은 제외되었다.

동적해석에서 Ball Screw 를 포함시키면 매우 복잡해지기 때문에 Carrier 에서 Ball Screw 가 연결되는 자리를 없었다.

3. 유한 요소 해석

3.1 구동부의 모드 해석

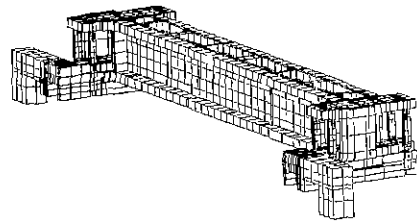


Fig.3 Finite Element of Driving part

Table 1 List of Element

	No. of Node	No. of Element
Frame-X	9066	1232
Carrier	2074	280
Finger	501	64

모드 해석에 사용된 프로그램은 ABAQUS 이며 고유 진동수와 모드 형상을 구했다. 주파수 대역은 모드 형상이 대부분 나타나는 500Hz 정도까지 정하였다. 여기서는 생략됐지만 Carrier의 끝부분(A 지점)은 Ball Screw 에 의해 구동 힘을 받는 곳이다 그리고 Frame-X 과 Carrier 가 Frame-Y 과 닿는 부분은 B 지점이다 이 곳은 Y 축으로의 이동만 가능하게 구속되어 있다. 따라서 유한 요소 해석시의 구속조건은 A 에서 Y 방향의 힘을 전달 시키고 B 에서 Y 방향을 제외한 모든 degree of freedom 은 구속될 것이다. 마지막으로 Frame-X 과 Carrier 가 접촉하는 면은 contact problem 으로 취급하여 해석 조건에 넣었다.

Table 2 Material properties

	Young's Modulus(Gpa)	Density (g/cc)	Poission's ratio
Frame-X	69	2.58	0.33
Carrier	69	2.58	0.33
Finger	213	7.85	0.25



Mode 1-227Hz



Mode 2-326Hz



Mode 3-387Hz



Mode 4-492Hz

Fig 4 mode shapes and natural frequency of Driving part

3.2 구동부의 동적 거동 해석

Fig.5 에서 볼 수 있듯이 CHIP MOUNTER 에서의 운동은 두 가지를 생각할 수 있다. FRAME-X 의

Y 방향운동과 HEAD 의 X 방향운동으로 정의되는 운동들인데 Z 축의 운동은 생략하기로 한다.

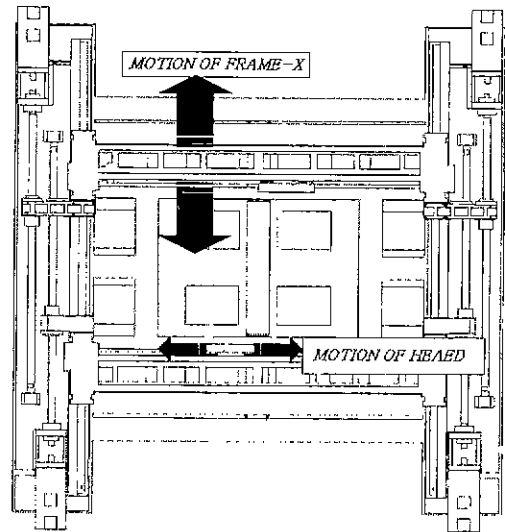


Fig 5 Motion in CHIP MOUNTER

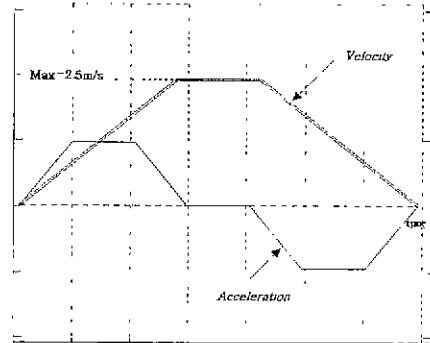


Fig 6 S-pattern Motion profile

Fig.6 은 구동부의 motion profile 이다. 최대속도가 2.5m/s 이고 가속도는 3G 정도가 가해진다 동적 거동이 끝나는 순간의 동적 위치 결정 정도는 상황에 따라 다르다. IC 장착시에는 X-Y 모션 후 충분한 지연 시간을 확보한 후 Z 축 모션이 일어나게 되므로 정적인 X-Y 정도에 근거하여 시스템 장착 정도를 산출하지만 Chip 장착의 경우에는 X-Y 및 Z 모션이 Couple 되어 동시에 일어나게 되므로 Z 축이 이동하는데 경과 시간이 13G 가속도 기준 최저 20msec 로 평가되므로 이 Time 내에 Settling Range 에 X-Y 축이 위치 결정되어야 한다 따라서 Chip 장착시 위치 결정도는 $\pm 47 \mu\text{m}$ 이고 IC 장착시 위

치 결정도는 $\pm 24 \mu\text{m}$ 이다. 따라서 동적 위치 결정 정도에 벗어나지 않으며 가장 빠른 속도로 움직일 수 있는 시스템을 설계할 수 있도록 해야 한다

가속도의 동적 거동에 대해 어떤 영향을 끼치는가를 보기 위해 2G, 3G, 4G 각각의 가속도를 주어 변형을 보았다.

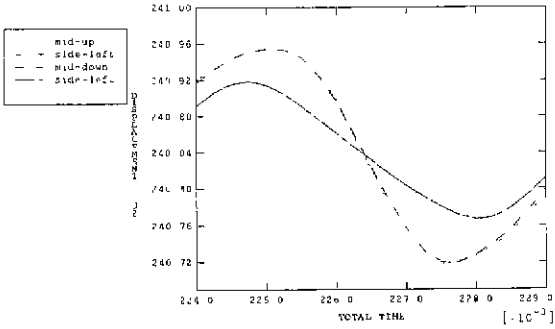


Fig 7 displacement graph (2G)

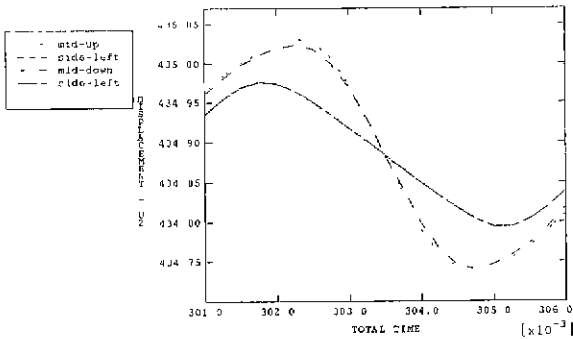


Fig.8 displacement graph (3G)

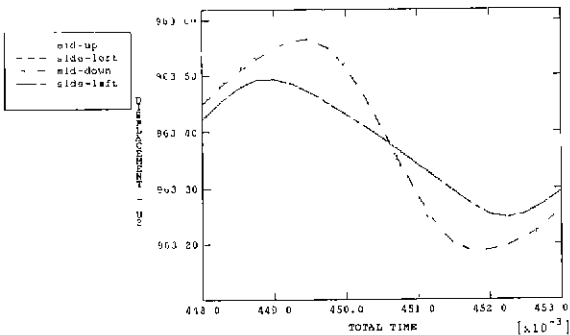


Fig.9 displacement graph (4G)

구동부가 정지한 후에 변위의 최고값과 최저값의 차이는 2G 에서는 $\pm 24 \mu\text{m}$, 3G 에서는 $\pm 28.9 \mu\text{m}$, 4G 는 $\pm 39.3 \mu\text{m}$ 이 나왔다.

4. 결론

본 논문에서는 고속화 된 CHIP MOUNTER 의 정확하고 합리적인 설계를 위해 구동부의 모델링 및 유한요소해석을 통하여 정적, 동적 해석을 하였다. 정적인 해석에서는 구속된 상태의 구동부는 안정된 진동 영역을 가짐을 알 수 있었고 동적인 해석에는 가속도에 따른 HEAD 부분의 진동이 영향을 크게 받는다는 것을 알았고 2G 와 3G 사이의 차이는 크지 않았지만 3G 와 4G 사이의 진동 폭은 어느 정도의 차이가 보였다. 고속화에 따른 정밀도의 저하를 보임에 따라 시스템의 설계의 변화 같은 시도를 해야 할 것이다

후기

이 논문은 산업자원부와 과학 기술부에서 시행한 선도기술개발사업의 기술개발 결과 중 일부이다

참고문헌

1. 산업자원부, 과학기술부, 2000, 기능형 설장기술 및 조립기술개발, 1 차년도 연차 보고서.
2. 박흥근, 박원기, 홍대회, 박진우, 2000, 표면실장기 주요부의 정적 및 동적 특성 해석. 고려대학교 기계공학과.
3. K. J. Bathe, 1996, Finite Element Procedures, Prentice Hall, Inc. New Jersey.
4. ABAQUS/Standard User's Manual, 1997, Version 5.7, Hibbitt, Karlsson and Sorensen, Inc., Pawtucket, RI
5. ABAQUS/Standard Theory Manual, 1997, Version 5.7, Hibbitt, Karlsson and Sorensen, Inc., Pawtucket, RI.