

칩마운트(SMD) 장비의 동하중(動荷重) 발생특성에 관한 실험적 연구

°백재호*, 이홍기*, 김강부*

An Experimental Study on the Dynamic Load Characteristics of Surface Mount Device(SMD)

Jae-Ho Baek, Hong-Ki Lee, Kang-Boo Kim

ABSTRACT

SMD Equipment convey an electronic parts at high speed, then assemble parts into a circuit board, and it develop a long time-duration dynamic force to be caused by moving mass. Vibration problem to be caused by SMD Equipment have an effect on micro-meter level's precision production process directly, and dynamic stability of building. In the cause of quantitatively access about its vibration problem, input information(or data) of structure dynamic analysis need accuracy information of dynamic load. Determination of Dynamic load is various kinds of method using experimental and theory. In this paper, we got dynamic load using direct measurement method. We expect that an study on the dynamic load characteristic of SMD can be used to Equipment development of low level vibration and basis information of structure dynamic analysis

1. 서론

초고층의 건물과 생산 및 검사를 위한 공장을 건축하는 방식에는 다양한 재료와 공법이 사용되고 있다. 어떠한 방식의 구조를 선택할 것인가라는 문제는 사용 용도와 정적하중 상태를 고려하는 것이 일반적이지만, 초정밀 반도체 공장과 프레스, 충격성 단조기 및 대형 진동원이 설치되는 구조물에는 반드시 동적(動的) 영향을 고려하여 구조 형태를 결정해야한다. 특히, 정밀한 생산 가공과 큰 충격성 진동을 발생시키는 SMD와 같은 생산라인이 설치되는 공장 건물의 경우에는 이러한 동적 문제를 고려하지 않을 경우, 심각한 제품의 생산성 문제뿐만 아니라, 건물의 구조적인 손상문제를 야기시키는 진동 문제가 국내외로부터 많이 알려져

있다. 건물의 동적 문제는 단순한 질문에서 비롯된다. '이러한 장비를 이러한 구조물에 설치, 운영할 경우, 구조물의 손상 없이 장비를 정상적으로 가동할 수 있을 것인가?' 이러한 의문에 대한 명확한 해답은 반드시 정량적으로 접근해야한다. 구조물의 강성과 관련된 질문은 일반적으로 정적(靜的)인 문제와 동적(動的)인 문제의 관점에서 접근이 이루어진다. 구조물의 정적인 문제는 하중에 대한 허용응력에 대한 문제로 접근하는 반면에 동적인 문제는 구조물의 진동응답에 의존하고 있기 때문에 분명히 다른 접근방법을 가지고 있다. 일부 진동응답이 중요하지 않는 구조물에 대하여 동적인 인자(因子)를 정적 인자로 치환하여 고려하는 방법이 사용되고 있지만, 이것은 본질적으로 다른 차원의 문제이다. 이것은 구조물 설계엔지니어 관점에서는 구조물에 미치는 정적인 요소와 동적인 요소 사이의 상대적인 기여도 문제로 귀결된다.

*. RMS Technology Co., Ltd.

구조물의 진동응답의 크기는 진동원의 특성과 구조물의 동적 강성사이의 상관 관계에 의하여 결정되기 때문에 진동을 발생시키는 원인이 없거나 구조물의 동적 강성에 비하여 작을 경우는 진동 응답문제는 무시되고 정적으로 치환하는 고려의 대상이 될 수 있다. 그러나 동적인 기여도가 정적인 하중에 대하여 일정 수준 이상이 될 경우는 동적인 응답 문제로 접근해야한다. 이것을 간략히 정리한다면, '정적인 문제가 해결되었다고 하여 구조물의 동적인 문제가 반드시 해결될 수는 없지만, 동적인 문제가 해결될 경우에는 정적인 문제는 자연스럽게 해결된다'는 것을 의미한다. 이러한 구조물과 설비의 동적인 문제를 정량적으로 접근하기 위해서 반드시 필요한 자료는 진동 발생 장비의 동적 하중과 구조물의 동적 특성에 대한 정보, 그리고 장비의 진동허용규제치이다. 문제는 장비의 동하중에 대한 명확한 정보를 장비 제조자가 사용자와 구조 설계자에게 제공하고 있는가라는 점이다. 최근 국산화가 급격히 진전되고 있으며, 국내 외적으로 구조물의 진동 문제를 야기시키고 있는 칩 마운트 장비의 동하중의 발생 특성과 가진력 형태를 측정하는 방법을 정리하고 평가함으로써 진동의 SMD 장비의 개발을 위한 기초 자료를 제공할 뿐만 아니라, 동적 하중에 대한 정보를 정확하고 정량적으로 구조설계 엔지니어에게 제공하여 구조적인 진동 문제를 사전에 예방할 수 있을 것으로 기대된다.

본 논문에서는 동적 하중에 대한 측정의 예제를 진동 문제가 심각한 칩 마운트 장비를 통하여 동하중의 결정 방법과 특성을 정리하였다.

2. 본 론

구조물의 진동응답은 두 개의 주된 동적(動的) 인자(因子)에 의하여 결정된다. 첫 번째로 진동을 발생시키는 장비에 의한 가진력(加振力) 특성이고

다른 하나는 이러한 가진력을 받는 구조물, 즉 시스템의 동적 특성에 의하여 결정된다.(그림 1. 참고)

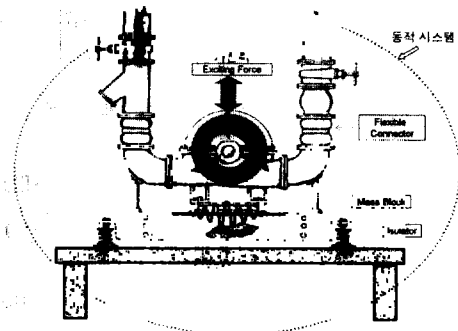


그림 1. 가진력과 동적 시스템

일반적으로 동적 시스템은 복잡한 동적 인자에 의하여 결정되기 때문에 복잡한 경계조건과 다양한 재료를 사용하고 있는 건물과 같은 구조물의 동 특성을 결정하는 문제는 어려운 과제로 알려져 있다. 건물의 진동응답이 SMD의 가진력과 가진 특성에 직접적인 관계를 가지고 있기 때문에 이것에 대한 정확한 정보를 중요하다.

구조물의 동적 설계와 진동제어를 위한 그림 2 같은 절차서에서도 진동원의 가진력은 입력 데이터로서 장비의 진동허용규제치는 판단의 기준으로 필요하다. 특히, SMD 장비는 여러 가지 정밀한 생산라인과 동일한 구조물에 설치 가동되기 때문에 SMD의 진동 영향성에 대한 평가가 반드시 검토되고 있는 실정이다. 생산라인의 인접 부근에 설치되는 일반적으로 자동인쇄 도포기(cream solder)의 도포 두께가 20 μ m 이하를 요구하고 있기 때문에 진동허용규제치가 매우 엄격하다. 이러한 문제로 인하여 SMD 장비의 가진력을 줄이려는 노력이 국내외적으로 치열하게 시도되고 있다. SMD 장비의 기술적인 신뢰성과 안정된 시스템을 구축하기 위해서는 장비자체의 '진동허용규제치(vibration criteria)'와 '가진력(exciting force)'에 대한 정확한 정보를 장비의 시방과 사양에 제공되는 것이 바람직하다.

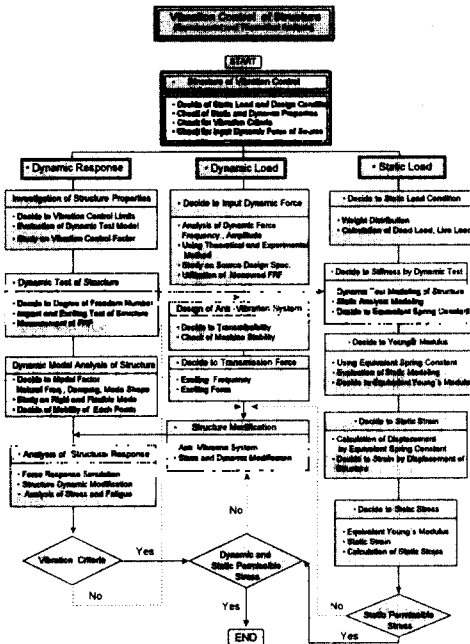


그림 2. 구조물 진동제어 및 안전성 평가 절차서

2.1 동하중(Dynamic load) 결정방법

진동을 발생하는 장비의 가진력을 결정하는 방법은 아래 3가지 측면에서 검토할 수 있다. 어떠한 방법을 결정할 것인가라는 문제는 전적으로 현장 여건과 장비의 특성 및 경제적인 논리에 의존한다. 그러나 어떠한 방법도 정확한 SMD 장비의 동적 데이터를 확보할 수 있다는 것을 전제로 하여야 한다.

- (1) 이론적인 방법 : tag time이나 장비의 동작 또는 작업 특성에 의한 해석적인 방법, 장비 전체를 동적 모델링 필요.
- (2) 실험적인 방법
 - ① 직접적인 실험 : 힘 측정기를 직접적으로 다리(Foot)에 설치하여 직접적으로 가진력을 측정하는 방법. 이론의 여지가 없이 명확한 방법으로 정확한 데이터 확보 가능.
 - ② 간접적인 실험 : 알려진 동적 시스템의 측정된 응답을 이용하여 가진력을 추정하는 방법, 직접적으로 동

하중을 측정하지 못할 경우 많이 사용.

- (3) 실험/이론을 혼용하는 방법 : 시스템을 해석적으로 동적 모델링하고 해석적으로 정의하기 어려운 부분을 실험과 측정 통하여 결정하고 이러한 자료를 해석의 입력 데이터로 활용하는 방법.

가장 명확하고 정확한 방법은 실험적인 방법 중에서 직접적인 실험법을 활용하는 것이다. 이 방법은 이론의 여지가 없는 명확한 것이지만, 다리(Foot) 개수만큼 가진력 측정 시스템을 가지고 있어야 하며, 다양한 형태의 장비에 대하여 실험을 반드시 해야하는 유연성이 부족한 측면이 있다. 그리고 장비에서 발생하는 가진력의 메카니즘을 명확히 규명하지 못하는 단점을 가지고 있다. 본 과제에서는 SMD의 정확한 동하중을 결정할 수 있는 직접적인 실험 방법을 이용하였다.

2.2 직접실험법에 의한 동하중 측정/분석 및 평가 절차서 및 시스템 구성

SMD 장비에서 발생하는 동하중 측정/분석 및 평가 시스템의 절차서와 구성도는 아래와 같다.

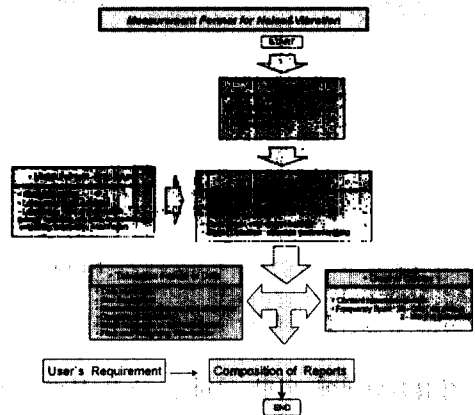


그림 3. 동하중 측정/분석 및 평가 절차서

측정에 사용된 장비는 회로 기관은 고정되어 있으며 칩을 마운팅하는 헤드가 X-Y방향으로 운동하는 방식의 장비이다. SMD를 지지하고 있는 4개

의 다리(foot) 각각에 힘-변환기(Force Transducer : Dytran 1061V4)를 고정을 한 후 전하증폭기(Current Source/Dytran 4103B)를 사용하여 주파수분석기(FFT Analyzer)에 연결하였다. 그리고 장비가 정상가동 중에 4개의 다리(Foot)에서 발생하는 신호를 동시에 측정/분석하였다. 추가적으로 1개 채널을 이용하여 가동중인 SMD 장비의 헤드프레임(Moving Part)에 가속도 센서(Model Dytran 3100B)를 설치하여 진동원과 이로 기인하는 장비의 동하중 사이의 상관관계를 측정하였다

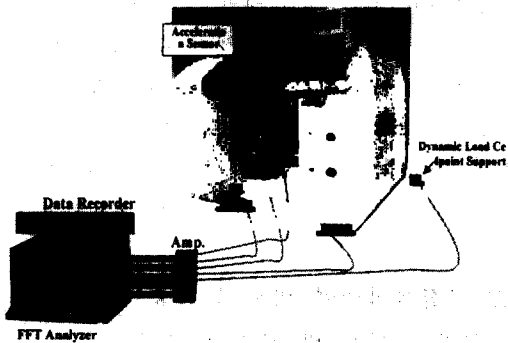


그림 4. 현장 동하중 측정/분석/기록 시스템 구성도

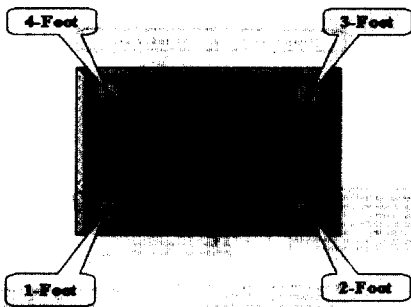


그림 5. 동하중 측정/분석 위치

2.3 직접실험법에 의한 동하중 측정/분석, 결과

(1) 본 실험에 사용된 SMD의 동하중의 특성은 충격 지속시간이 70~100ms 사이의 전형적인 정현파(half sine wave) 형태의 충격성 하중이다. 이러한 동하중은 건물 구조물의 저차 모드(low mode)를 진동시키는 특성을 가지고 있다.

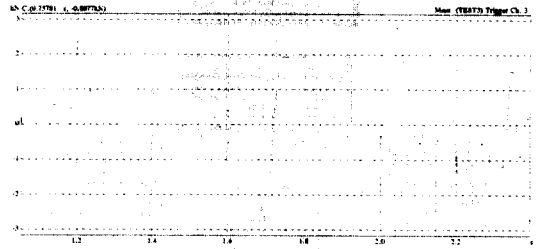


그림 6. 대표 시간이력 그래프 I : Real Test
(Max : 2.87kN, Time Duration : 80ms)

(2) SMD 4개의 다리(Foot)에서 발생하는 동하중의 분포가 약 20%정도의 차이를 보이고 있다. 이러한 현상은 아래 데이터와 같이 최대 동하중과 지속시간이 긴 잔여진동을 발생시키는 원인이 되고 있다.

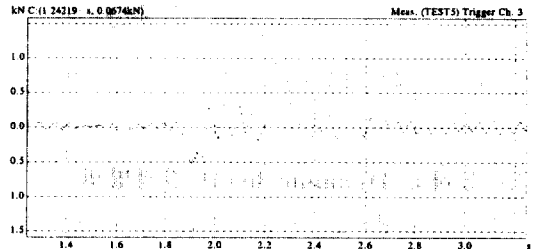


그림 7. 대표 시간이력 그래프 I : Warming up
(Max. : 0.99kN, Time Duration : 107ms)

(3) SMD의 다리(foot) 개개의 동하중 발생 특성은 진동원인 Moving Mass를 기준으로 로링(rolling)하는 형태이다. 즉, 그림 8, 9와 같이 20Hz 아래 부분의 주파수 분석 데이터에서 Foot No.1과 2, Foot No.3과 4는 동일한 위상을 가지고 동하중을 발생하는 반면에 Foot No.1과 4, Foot No.2와 3은 반대 위상을 가지고 있다.

(4) SMD의 다리(Foot)에서 발생하는 진동의 주파수 성분은 대체적으로 그림 10과 같이 20Hz 미만에서 탁월 주파수를 가지고 있다. SMD 장비가 설치되는 구조물의 동적 특성을 설계할 경우, 이러한 주파수 특성을 참고할 필요가 있다.

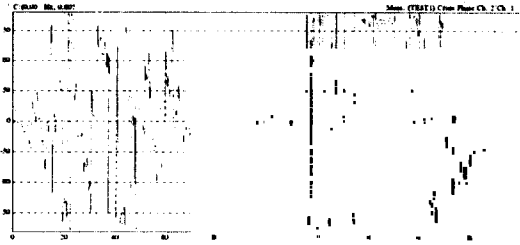


그림 8. 2/1Foot 대표 Cross Phase 그래프 I: Real Test

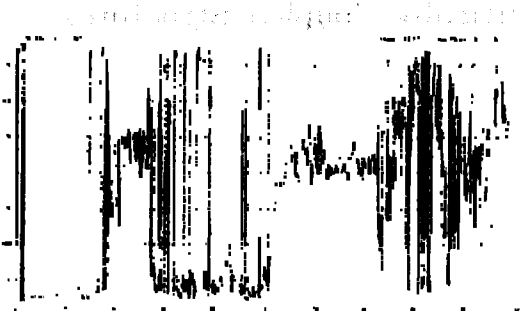


그림 9. 3/1Foot 대표 Cross Phase 그래프 I: Real Test

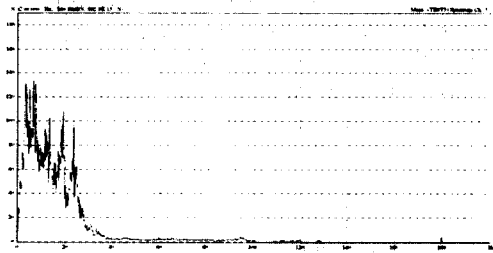


그림 10. 3-Foot 대표 주파수 분석 그래프 I: Real Test

3. 고찰 및 결론

SMD장비의 동하중(dynamic load)을 결정하기 위해 직접적인 실험방법으로 각 다리(Foot)에 힘 변환기를 고정하여 FFT Analyzer를 이용하여 수행하였다. 또한, 각종 정밀장비는 정상가동을 하기 위해서는 외부진동에 대한 진동허용규제치(vibration criteria)가 결정되어야 신규 설치 시 구조물의 진동상태를 평가하여 사용여부를 확인할 수 있으므로, '동하중'과 병행하여 SMD 장비

의 '진동허용규제치'도 결정할 필요가 있다. 측정에 사용된 SMD 장비의 동하중의 특성을 정리하면 아래와 같다.

- ① 측정에 사용된 SMD 장비의 동하중은 최대 3.74kN, 지속시간 70~100ms 사이의 전형적인 정현파(half sine wave) 형태의 충격성 하중이며, 주파수는 5~20Hz사이를 분포하고 있다.
- ② 네 개의 다리(foot)에서 발생하는 동하중은 상부 칩 마운트 헤드의 위상과 상반되는 작힘 형태의 동하중이 발생하고 있으며, 동하중의 분포도 20% 이상의 편차를 보이고 있다.
- ③ 네 개의 다리(foot)에서 동하중 분포의 불균형은 특정 다리에서 잔여 진동을 발생시키는 원인이 될뿐만 아니라 장비의 자체 진동과 동하중을 증가시키는 원인이 되고 있다. 이러한 정적, 동적 하중분포 문제를 정량적으로 해결할 수 있는 마운트(foot) 개발이 필요하다.
- ④ 이동 질량에서 측정된 가속도와 구조적인 동하중 발생 위치에 대한 상관 관계에서 측정된 동하중과 다리에서 측정된 동하중 사이의 상관 관계를 규명함으로써 이동 질량의 가속도와 질량을 계산함으로써 손쉽게 동하중을 결정할 수 있는 상관 관계를 규명할 필요가 있다.
- ⑤ SMD 장비의 동하중 데이터는 장비가 설치되는 구조물에 대한 동적 응답 예측/평가와 저진동 SMD장비의 개발에 필요한 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

- (1) Jens Trampe Broch, 1984, "Mechanical Vibration and Shock Measurement"
- (2) 김두훈, 최현, 2000, "건축물에서의 공진에 의한 진동발생 사례 및 대책", 한국소음진동공학회지, 제 10 권, 제 1 호, pp. 18~24
- (3) RMS 테크놀러지(주), 1999, "미래산업(주) SMT Placement System의 동하중(動荷重) 측정/분석 및 평가"