

# 반도체공장 클린룸 구조에서의 미진동 연구

이 호 범

삼성종합건설(주) 기술연구소

선임연구원

## 1. 머리말

초 LSI 공장이나 정밀기기 공장의 미진동 문제는 제품의 성능에 영향을 주는 주요한 인자로서 공기청정 문제와 함께 각각의 제조공정에 있어서 중요시 된다. 현재의 정밀반도체공장에서 요구되고 있는 미진동의 허용한계는 다른 분야에 비해 대단히 엄격한 실정이며 또한 반도체산업의 발전속도를 고려할 때, 이 요구사항은 날로 엄격해 지고 있다. 따라서 반도체 제조장비의 설계시는 물론 반도체공장의 건설에도 이와같은 사항을 사전에 충분히 고려하여 초기부터 이에 대한 대책을 수립함으로써 앞으로 보다 완전한 미진동 방진 설계를 위한 신기술의 필요성이 더욱 증대되게 된다.

반도체공업에 있어서 반도체 메모리가 고집적화되고, 미세화됨에 따라 진동 및 미진동을 제어하기 위한 제진기술이 가일층 어려운 문제로 대두되고 있는데 일반적으로 반도체 메모리는 선폭  $0.50\mu\text{m}$  정도의 4M DRAM(한계진동 약  $0.05\text{gal}$ )과  $0.2\sim 0.3\mu\text{m}$ 의 선폭

을 갖는 64M DRAM(한계진동 약  $0.015\text{gal}$ )과 같이 그 정밀도가 매우 높아지며 특히 전자빔 묘화장치에서는 패턴의 증첩정밀도가 최소 선폭의  $1/3\sim 1/5$ 정도가 되므로 이때의 필요 정밀도는  $0.1\mu\text{m}$ 이하가 됨을 쉽게 예측할 수 있다. 실질적으로 반도체 제조시에는 비교적 낮은 진동수 성분들이 제조기에 영향을 주게 된다. 그러므로 진폭의 크기가 매우 작으면서 낮은진동수 진동 영역을 갖는 미진동을 절연시키는 데는 세밀한 분석력과 이론정립 및 해석적인 노력이 있어야 한다.

현재 이와같은 요구에 따라 미진동에 대한 방진기술과 반도체 제조장치의 안전운용을 위한 제진기술이 관심의 대상이 되고 있지만 국내에서는 아직까지 미진동 제어에 대한 연구와 개발의 투자가 많지 않은 실정이다. 미진동의 방진 및 제진기술의 확립은 비단 반도체공장의 건설에만 국한되는 것이 아니라 다음과 같은 정밀측정기, 정밀가공 및 협진장비의 운용을 위한 건축물의 설계에도 필수적이라 하겠다.

### 1) 실리콘단결정의 인발장비

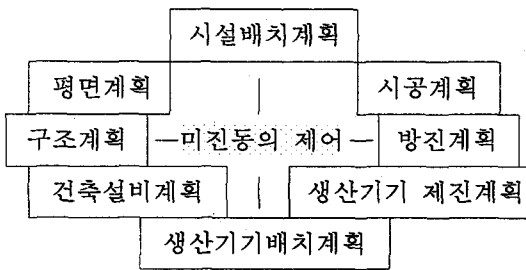
- 2) 정밀정보기기 운용실
- 3) 광학식 치수측정기
- 4) 초정밀 가공부품의 운용실
- 5) 핵발전소 핵심부의 진동제어 시스템
- 6) 초정밀 가공기
- 7) 정밀광학기기의 운용실
- 8) 표면조도측정실
- 9) 생명공학 관련시설의 무진동실

보통 미진동 제어에 있어서는 대부분 설비 자체의 효율성 증대에 초점을 맞추게 되지만 공장구조에서는 외부 및 내부 진동의 차단을 목표로 한다. 본문에서는 건축구조상 진동 및 미진동의 전달과 제어환경을 소개한다.

## 2. 반도체 공장구조에서의 미진동 방진대책

### 2.1 미진동제어의 종합대책

고정밀성을 요구하는 미세 가공공정 설비를 효율적으로 유지하기 위해서 미진동제어 공간을 확보하는데 기본적인 계획이 있어야 한다. 이에선 그림 1과 같이 부지의 진동 특



<그림 1> 미진동 제어계획

성평가, 시설의 배치계획, 구조계획, 설비기기의 방진계획 등의 종합적인 진동제어의 검토와 대책이 필요하며 다시 이러한 종합적인

진동제어는 그림 2와 같이 조사, 기획, 설계, 시공, 시운전검사, 및 검증의 단계로 구별하는 방진연구의 계획과 함께 연구실행되는 신뢰성이 높은 미진동의 제어공간확보 노력이 필요하다.

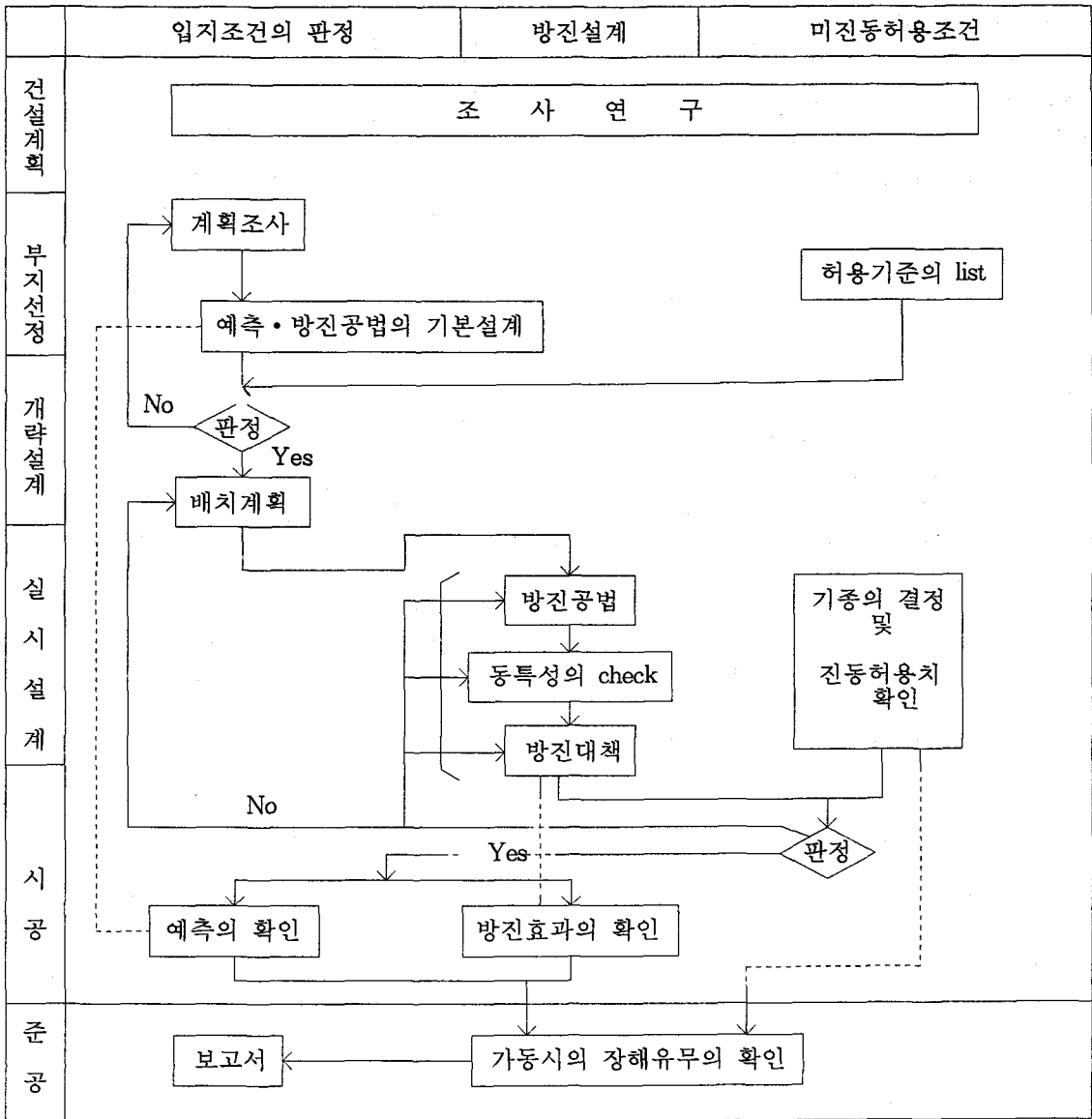
### 2.2 미진동 전달경로와 특성의 평가 및 방진대책

반도체 공장건물의 진동 검토는 크게 공장부지 선정이전단계, 부지선정후 공장설계단계, 시공단계 및 공사완성후 공장운영단계로 4단계로 구분하여 검토해야 한다. 즉 소정의 과정을 거쳐서 선정된 부지상에 건물을 건설하는 경우, 외부 및 내부진동원에 대한 적절한 대책을 포함하여 건물구조설계에 미진동 관리의 매우 중요하게 된다. 이중 공장부지선정은 여러 제한사항을 지니고 있으므로 인위적으로 조정하기가 곤란하고, 시공단계 및 공사완공후 단계에서 발생할 수 있는 문제점들은 설계시 고려될 수 있다. 표 1에서는 미진동의 발생원을 크게 외부진동과 내부진동으로 구별하여 설명하고 있다.

<표 1> 미진동 환경에의 장애진동

진동구분	발생원인	종류
건물외부진동	자연현상	지진, 화산, 바람, 파랑
	인위적현상	공장기계진동, 교통진동, 건설진동
건물내부진동	.	기계진동, 배관진동, 덕트진동, 작업및보행진동

기계에 의한 지반의 진동은 기계의 가진방법, 기계의 설치방법, 기계기초의 구조와 지지특성이 다르기 때문에 그 대책도 매우 상



<그림 2> 방진계획의 흐름도

이하계 나타난다. 기계가 도입되면 그 기계의 사양과 지지지의 특성을 우선파악한 후에 기계기초의 방진대책이 수립되어야 한다. 그러나 기계의 사양이 불분명할 때에는 유사한 규격의 기종을 선택하여 진동의 성상을 측정

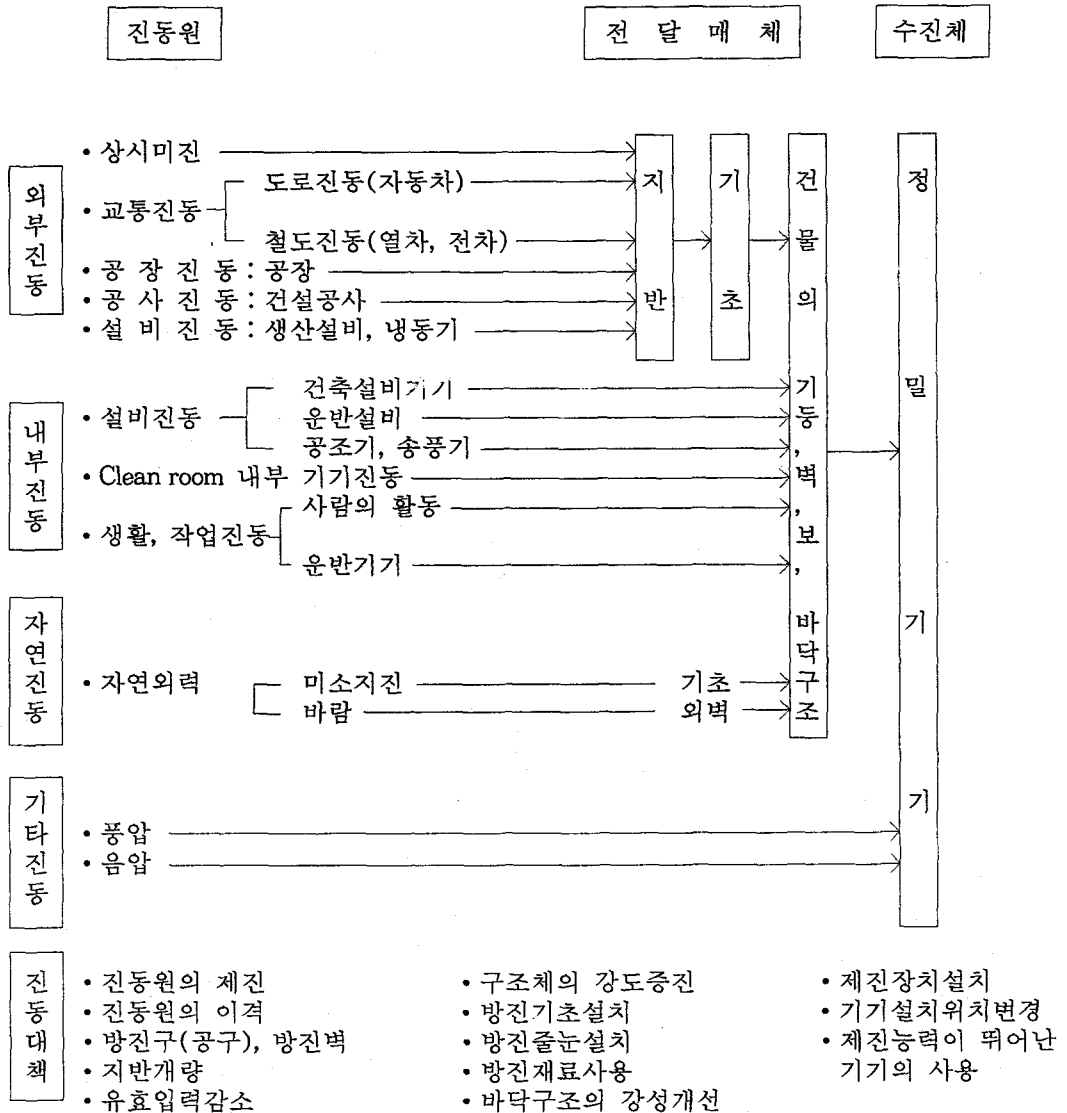
하여 그것을 기초로 삼는다. 이때에도 모든 설치조건을 세밀히 검토하여 적용하여야 한다. 이외에도 10~50Hz의 탁월진동수 성분을 갖는 철도진동, 3~40Hz의 도로진동, 4~30Hz의 항타진동, 3~10Hz의 브레이커진동

및 20~30Hz의 발파진동이 갖는 진동특성에 맞게 진동의 대책을 강구하여야 한다.

이와같은 변위진폭이 수  $\mu\text{m}$  정도인 외부 진동은 지역의 선택에 따라 고려대상 진동이 축소되지만 거의 진동의 요소가 소멸되지

않는 미진동의 요소로는 영향을 주게되므로 주의가 요구된다. 건물내부진동은 2.4절의 가 진력부분에서 설명된다.

미진동문제를 구성하는 요소를 다시 세부 분으로 구별하면 1) 진동을 발생시키는 진동



<그림 3> 진동의 전달경로 및 방진

원, 2) 진동을 전파시키는 전달매체 3) 진동 피해를 받는 수진체 등에 대한 것으로 볼 수 있다. 즉 진동은 진동원에서 발생하여 전달매체를 통하여 수진체에 도달하게 되며 그림 3에서 그 흐름도를 통하여 자세히 알 수 있다.

미진동문제에 있어서 우선 다루어야 하는 진동매체의 구명이다. 진동매체는 일반적으로 형상이 복잡하고 기본특성이 불명확하기 때문에 실제의 전파매체를 세부적으로 구명하는 것은 매우 어려운 일이다. 그러나 일반적으로 공장건물의 전동전파매체는 지반진동이나 건물내부 진동이 각각 기초, 벽, 기둥, 보를 지나 바닥구조에 도달된다. 바닥구조에 도달된 진동은 험진기기에 영향을 주게 된다. 여기에서 미진동은 낮은 진동수를 갖는 성분이 암진동의 크기와 거의 같은 진폭으로 전달되어 오기때문에 진동수분석에서의 상관도가 매우 낮은 경향을 보이고 있다. 이는 미진동 연구에서 특히 관심을 두어야 하는 것으로서 미진동전달의 결과와 진동성상 결과와의 상호보완적인 결합으로부터 각각 분리를 행하여야 한다.

미진동에서 다음으로 중요시되는 것은 진동의 영향을 받는 수진체에 관한 사항이다. 반도체 생산 공장건물의 경우, 수진체는 반도체생산기기가 주 대상이며 각 진동에 대한 정밀기기의 동적응답이 허용규정치 이하로 되도록 하는 것이 주요 관건이 된다. 따라서 이를 위해서는 미진동제어의 결과를 정량적으로 평가할 수 있는 평가기준이 필요하며 공기 스프링이나 방진고무를 이용한 제진대의 구상이 보편적이지만 각각의 장단점이 있으므로 진동원과 제진대의 시스템화를 적절히 적용하여야 한다. 그러나 수동제진은 실용의 한계성이 존재하므로 초정밀성을 요하는

기기제진은 능력의 확대가 가능한 능동제진 시스템이 적절하다고 할 수 있다.

## 2.3 진동평가에 관한 규격

### 2.3.1 미진동

미진동영역에서의 진동문제는 대지진이나 중간정도 수준의 진동, 공해진동과는 다른요소를 갖고 있다. 미진동은 가속도 레벨이 0~50dB(가속도 0~0.8gal, 1gal=1cm/sec<sup>2</sup>) 사람이 거의 감지 할 수 없고 단지 계측기에 의해서만 측정될 수 있는 진동을 말하며 고집적회로의 미세한 선폭과 막의 형성이 필수적인 반도체 요소와 같이 진동의 특성상 낮은 진동수(약 10Hz이하)와 미소한 크기의 진폭(약 1 $\mu$ m이하)에 영향을 받는 정밀기기 생산품에 직접적인 영향을 주게되는 진동이다.

### 2.3.2 진동측정 및 평가에 대한 규격

현재까지 규정되어 사용되고 있는 진동평가 규격은 ISO(국제규격), ANSI(미국규격), DIN(독일규격), JIS(일본공업규격) 등이 있다. 그 주요한 규격목록은 표 2와 같다.

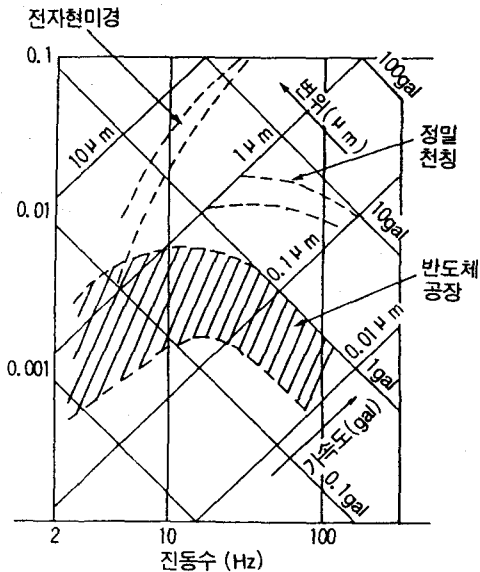
<표 2> 진동측정과 평가에 관한 주요규격

ISO	ANSI	DIN	JIS
2631/1(1985)	S3.18(1979)	4150/1(1975)	C1510(1976)
2631/2	S3.29(1983)	4150/2(1975)	Z8735(1981)
2373(1974)		4150/3(1975)	
3945(1977)		45665	
2945(1975)			

### 2.3.3 정밀기기의 허용진동치

정밀기기는 다수의 기구, 부품 및 부재의 집합체이고, 진동계로서도 복잡한 다자유도계를 구성하고 있다. 기기의 각 부위가 각각의

응답성을 갖고 있고 공진, 반공진되는 현상이 동시에 존재하게 된다. 따라서, 정밀기기의 허용치를 하나의 단일 진동량으로 규정하기가 곤란하며, 기기의 종류, 구조 및 사용목적에 따라 상이한 값을 규정할 필요가 있다. 이러한 정밀기기의 허용진동치로는 기계 최하단 프레임 또는 각부가 바닥구조의 강제진동을 받을 경우에는 기기 각부위간의 상대변위가 생산품의 생산정밀도에 지장을 생기게 하지 않는 바닥구조진동의 최대치로 하는 것이 좋다. 이를 위해서는 소정의 진동실험을 통하여 정밀기기의 진동허용치를 파악하여야 하며, 방진대책을 검토하는 경우, 대상기기의 진동허용치를 알 필요가 있으나, 이것은 정밀기기에 요구되는 정도, 성능에 의해 큰 차이가 있고 따라서 그림 4와 같이 기기에 따라 허용진동치는 크게 다르다.

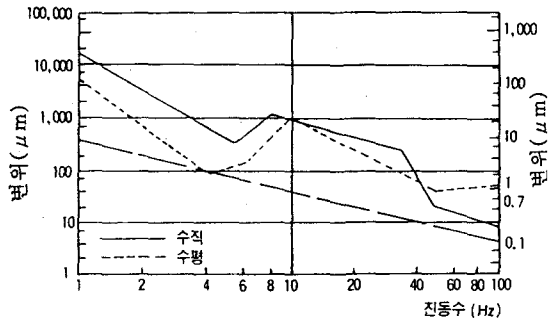


<그림 4> 정밀기기의 진동허용치

고도의 미진동 제어가 요구되는 정밀기기의 진동한계를 명시하고 있는 위의 그림에서 기기 및 작업이 정상적인 상태의 가동 및 작업이 될 수 있는 상태를 말하고 이 한계치의 범위를 파악하고 있는 기기는 극히 적다. 따라서 이러한 자료는 기기특성을 고려하여 재작성이 되어야 하는데 그 방법은 기기에 작은 가진기로 진동을 발생시켜 각 진동수마다 진폭을 바꿔서 작업환경에 나타나는 진동의 크기와 작업불능이 되는 진동의 크기를 도면에 작성해 나가면서 진동수와 허용진폭의 곡선을 구하는 것으로 허용치 곡선을 알 수 있다.

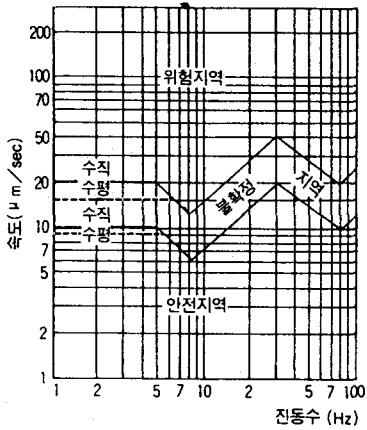
### 2.3.4 바닥구조의 진동허용치

정밀기기는 바닥구조상에 직접 설치되는 경우, 테이블위에 설치되는 경우, 독립기초를 구성하여 설치하는 경우 및 Free Access 상위에 설치하는 경우가 있다. 정밀기기의 최하단



<그림 5> 바닥구조의 허용변위

프레임 또는 각부의 허용진동치가 주어지면, 기기설치상황에 대응해서 바닥구조의 진동 허용치를 설정해야 한다. 일반적으로 테이블이나 Free Access Floor위에서는 바닥구조에서



<그림 6> 바닥구조의 허용속도

의 진동에 비하여 진동이 증폭되는 경향이 있다. 따라서 이 증폭정도를 계측하고, 기기의 허용진동치와 비교하여 바닥구조의 진동 허용치를 설정한다. 그림 5와 그림 6은 바닥구조의 진동허용치의 한 예이다.

### 2.4 가진력의 평가

건물에 영향을 미치는 진동원은 진동의 종류, 진동수성분, 크기, 거리감쇠량 등을 변수로 각각 분석을 시행한다. 반도체 공장에서의

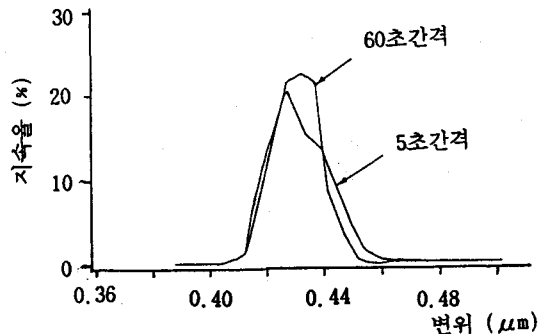
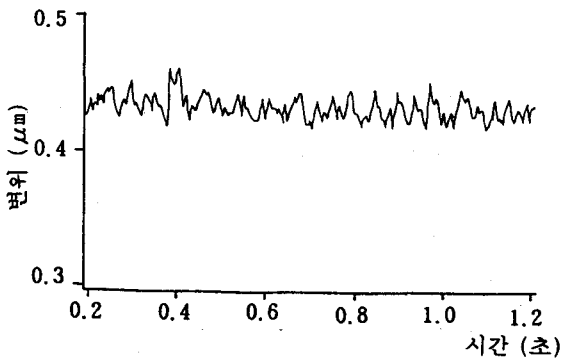
진동원의 진동성상을 구체적으로 규명하여 정확한 가진력으로 설정하여 이용하기가 매우 어렵다. Stepper, 보행가진력에 관한 일반적인 사항을 그림 7, 그림 8에 각각 도시하였다.

가진력의 실체는 입력파형의 결정과 직결이 된다. 실제로 입력파를 구한다는 것은 어렵다. 그러나 일반적으로 다음과 같은 것에 유의함으로써 정도를 높일 수가 있다. 실측파로 변위진폭을 지배하는 것은 낮은진동수 성분이며 반대로 가속도 진폭은 높은 진동수 성분에 의해 지배된다. 또한 미진동은 그 진동의 특성으로 인하여 Data Recorder의 노이즈보다 작은 진동이기에 때문에 어느 한쪽의 자료를 이용하여 이중적분이나 이중미분에 대해서는 낮은진동수 영역에서 과대평가가 될 수 있으므로 주의가 요구된다.

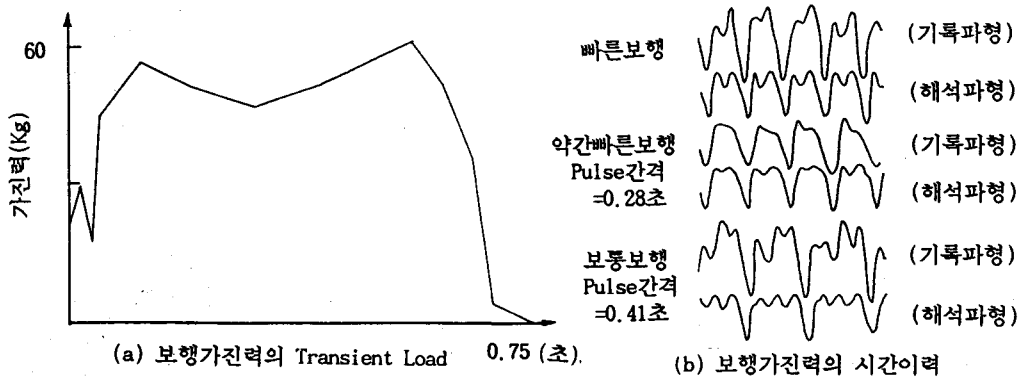
### 3. Clean Room 건축구조 시스템의 일반

#### 3.1 시스템 결정의 방식

Clean Room 구성의 분류 방식을 일반적으로 청정도에 의한 분류와 기류상태에 의한



<그림 7> Stepper 상에서의 보행가진력



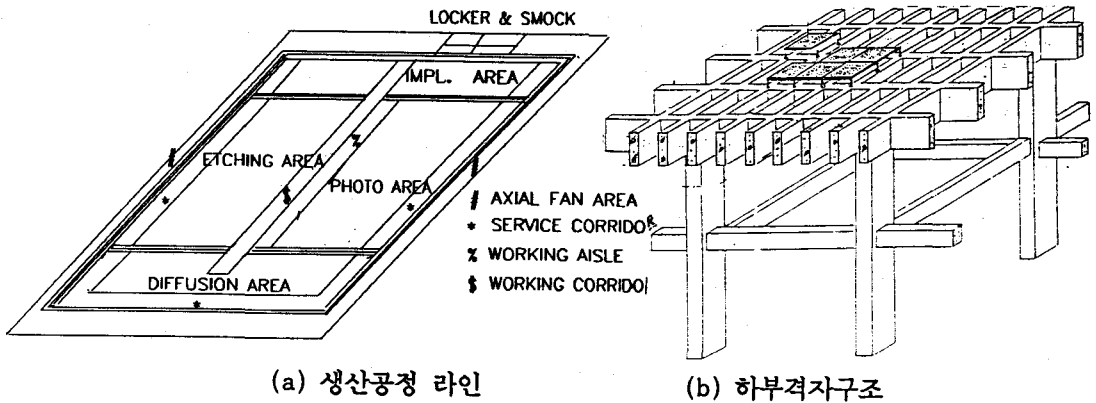
<그림 8> 보행가진력

분류로 대별하면 Tubulent Flow, Horizontal Laminar Flow, Vertical Laminar Flow Clean Room 3가지 방식이 있다. 이들 기본방식을 조합하여 반도체공장 시스템으로 주로 적용되고 있는 C.T.M. 방식, Open Bay 방식, Fan Filter 방식 등으로 분류되어 그 각각의 공조 방식의 차이를 갖게된다. 이들 방식중 청정도, 유연도, Air Flow 시스템, 운영효율, 적업성 및 보수성 등에 따라 그 지역조건에 맞는 것을 선택하게 된다. 건설비는 일반적으로 Clean Tunnel 방식, Open Bay 방식, Fan Filter 방식 순으로 증가된다.

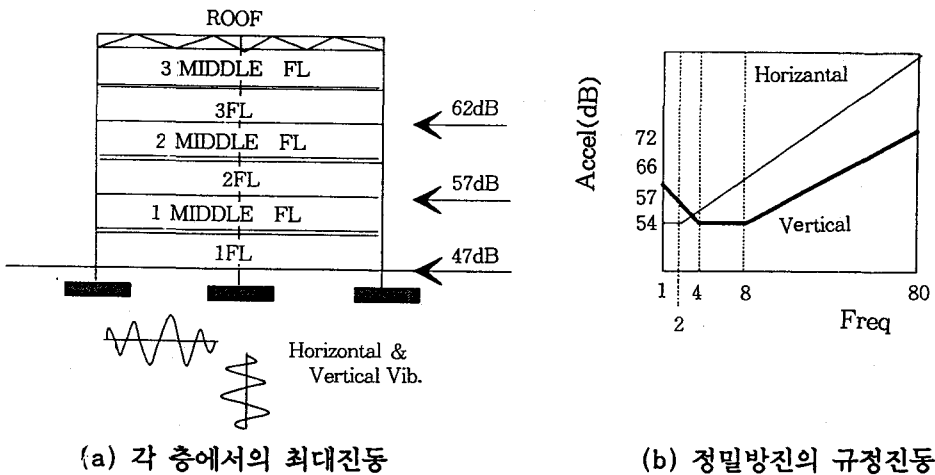
그림 9(a)는 Clean Room을 구성하는 생산 공정라인을 보여주고 있고 (b)는 구조계획적인 면에서 본 구조시스템(Open Bay 방식)의 일반형식을 나타내고 있다. 이와같이 Clean Room은 기본적으로 격자보, 기둥, 중간보 등으로 구성되며 Free Access Flow Pannel과 격자보 사이의 Frame System 및 강성 슬래브 시스템을 기반으로 하여 제조기기가 설치된다. 그러나 위에서 언급된 시스템의 선택에 따라 기본설계가 달라진다.

지반과 건물의 진동자료를 조사함으로써 지반과 건물의 고유진동수, 진동의 크기, 진동의 거리감쇠 정도, 지반진동의 건물에의 입력특성등을 평가할 수가 있다. 이것은 차후의 시설의 배치, 구조의 계획 또는 운영시의 진동의 예측이 가능하도록 하게한다. 이를 위해서는 상당한 정도의 정밀측정과 뒤따르는 해석의 신속성이 매우 필요하게 되고 이는 부지의 진동 특성의 평가로부터 준공시의 시설의 이동에따른 성능 검증을 할 수 있도록 한다. 미진동을 제어하려는 Target Point를 외부적으로 구성하는 공장건물은 중 1층을 포함하는 2층 구조로 이루어 지기도 하고 다목적 생산라인을 위한 다층구조로 형성되기도 한다. 일반적으로 고정밀도를 요구하는 경우에 단층구조 또는 지하 1층 구조등이 추진되고 있다. 이는 진동의 감쇠력을 유발하고 진동의 절연형태를 개선할 수 있기 때문으로 사료된다. 그림 10은 기존자료의 일례로서 각 층의 진동한계치를 보여주고 있다.





<그림 9> Clean Room의 배치와 하부구조



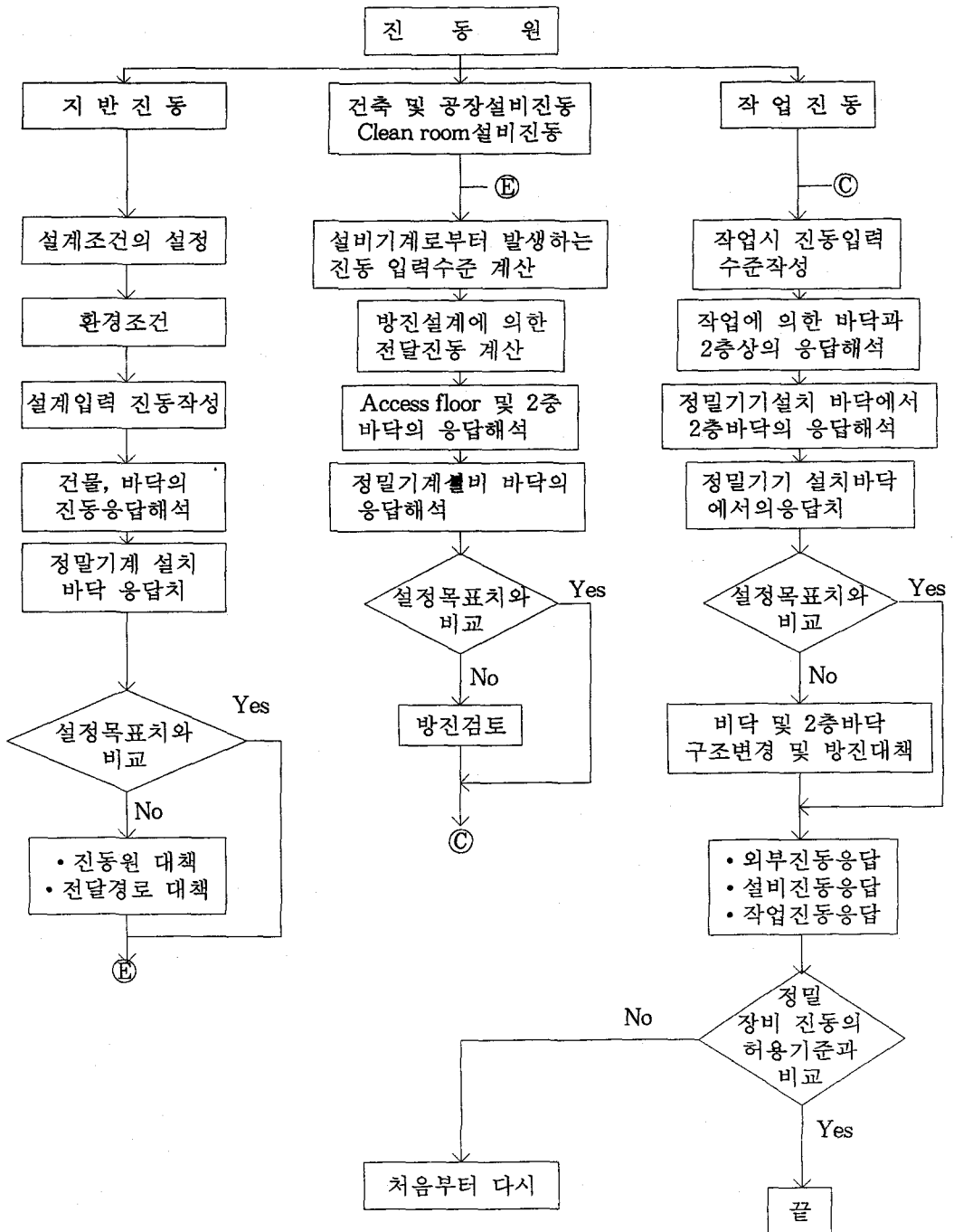
<그림 10> 각 층에서의 허용진동치

### 3.2 시스템 결정을 위한 진동해석의 프로세스

#### 3.2.1 해석과정

시설의 내외에서 발생하는 진동의 영향을 정확히 예측하고 최적의 제어 대책을 실시하기 위해 실측과 함께 수치해석의 검증 및 예

측관리가 매우 중요하다. 실측의 경우는 기존의 현장이 있을 때 좋은 자료를 얻을 수 있으나 현실적으로 그리 쉽지가 않다. 그러므로 축소모형에 의한 진동실험법이 유효하게 작용된다. 이때 실구조물과 축소모형과의 상사성을 입증하기 위한 노력이 방진구조물 설계의



<그림 11> 반도체공장의 방진설계 흐름도

관건이 된다. 목표지점의 미진동 한계치는 대상정밀구조체에 따라 다르겠지만 미진동 절연 목표를 최종 허용한계의 일정 배수로 가정할 수 있다. 그림 11에 해석을 위한 과정이 소개된다.

### 3.2.2 모형실험법

다음은 모형실험법중 슬래브 판의 경우를 일례로 설정한다.

#### 1) 실험연구의 목적

- ① 진동전달체계 및 진동특성을 실측하고 등가가진력 설정에 필요한 자료획득
- ② 효율적인 제진, 방진용 바닥구조재료, 바닥시스템의 성능평가
- ③ 진동원 및 힘진기기의 방진대책을 설정하기 위한 기본자료수집

#### 2) 실험모형의 제작

- ① 실험모형의 상사법칙  
연질염화비닐, 경질염화비닐 또는 기타 재질의 재료이용
- ② 구조모형의 상사법칙  
모형과 실제 구조물 사이의 축소비에 따른 거동의 상사성을 나타내는 법칙에 의하여 모형제작한다. 판의 고유진동수에 있어서 상사법칙은 2변이단순지지된 장방형 슬래브의 크기가 a,b인 경우, l,m차 고유진동수는 다음과 같다.

$$f_{l, m} = -\frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{Eh^3}{12\rho h(1-\nu^2)}} \left[ \frac{l^2}{a^2} + \frac{m^2}{b^2} \right]$$

그러므로 다음과 같은기하학적 상사법칙이 성립한다.

$$f_{l, n, M} / f_{l, m, R} = n \cdot k \cdot f_R$$

$$f_{l, n, M} = \text{모형의 진동수}$$

$$f_{l, m, R} = \text{실제구조물의 진동수}$$

$$k = (E_M/E_R)^{1/2} \cdot (\rho_R/\rho_M)^{1/2}$$

$$n = (E_M/E_R)^{1/2} \cdot (\rho_R/\rho_M)^{1/2} \cdot (f_R/f_M)^{1/2}$$

$$l, m = \text{정수}$$

#### ③ 모형의 제원

모형구조는 일정한 단면의 연질염화비닐봉재를 이용하여 평면격자모형으로 제작한다.

#### 3) 가진력의 재하

진동형 shaker를 이용하여 모형구조를 수직방향으로 가진한다.

#### 4) 모형구조의 동적응답측정

- ① 측정위치 : 평면격자모형구조의 각 분기점, 단부 및 중앙부에서 측정
- ② 측정내용 : 수평방향(X, Y방향), 수직방향(Z방향)의 진동가속도, 진동변위, 진동전달률 등을 측정

#### ③ 측정장치 및 자료분석장치

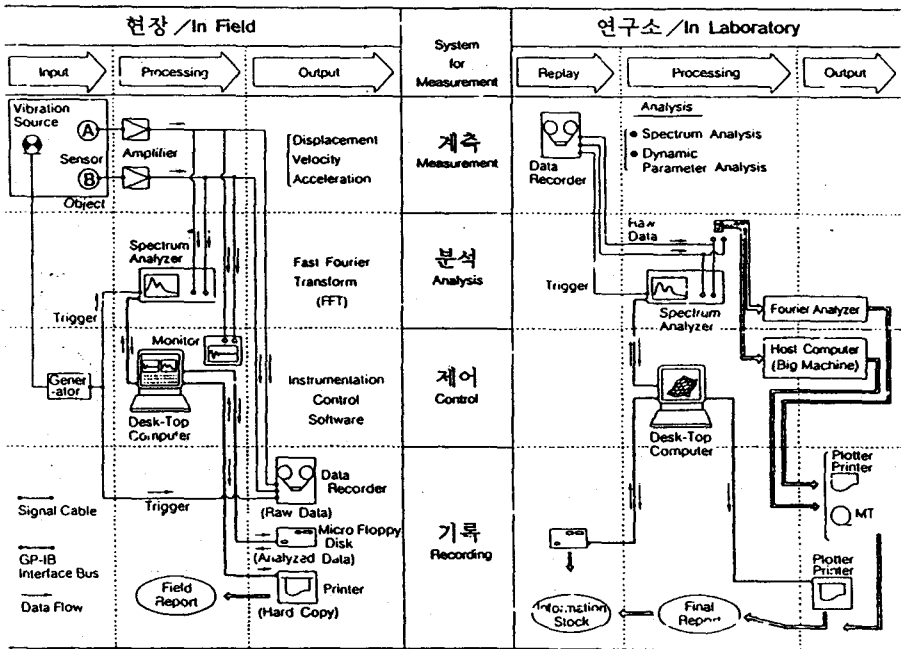
- a. Accelerometer
- b. Vibration Level Meter
- c. Cassette Data Recorder
- d. FFT Spectrum Analyzer
- e. Portable FFT Spectrum Analyzer
- f. Wooden Hammer
- g. Pick Up
- h. Amplifier
- i. PC Computer
- j. Floppy Diskette
- k. Printer
- l. 초정밀진동측정기
- m. Shaker

#### ④ 측정장치의 구성도

측정장치와 자료분석장치의 구성도의 그림 12와 같다.

### 3.3 진동절연 구조시스템

방진구조 시스템중 일례로 그림 13에서 볼



<그림 12> 측정장치와 자료분석장치

수 있듯이 Clean Room 구조의 골조구조로부터의 분리설계는 큰 진동원으로부터의 진동 감쇠의 효율성을 높일 수가 있다. 이러한 시스템은 특징으로 기초의 독립, 에너지 공급처의 분리 등을 들 수 있다. 여기서는 다시 지반의 흙에서의 거리감쇠 특성에 대한 실측 및 해석연구가 보장되어야 한다. 그림 14는 최하위 콘크리트 프레임과 기계 사이의 구조체로써 수동 또는 능동 제어가 가능한 시스템으로서 다양한 설계 양상이 존재한다.

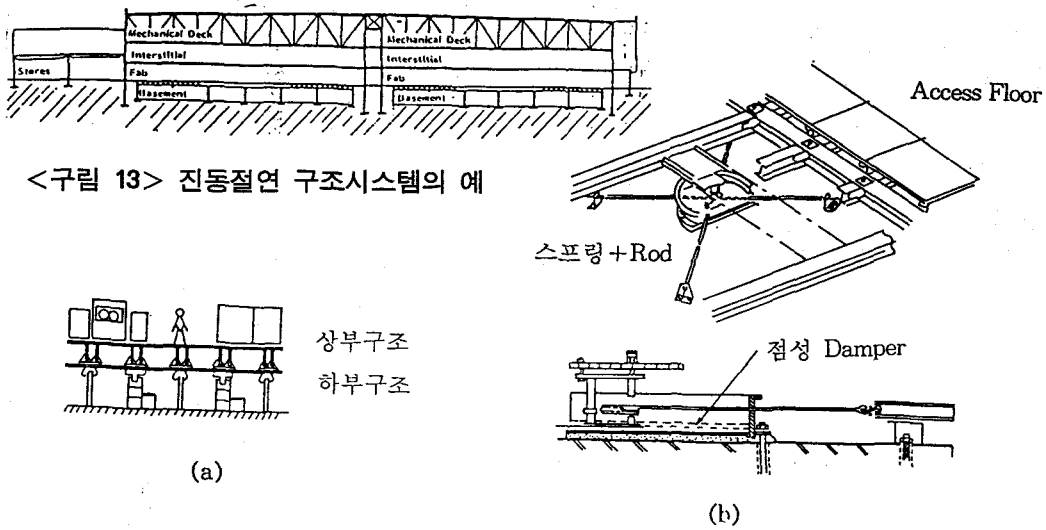
#### 4. 실 Project에의 접근

##### 4.1 방진구조 프레임

방진구조 시스템에서는 진동고립 차원해석이 주요관점이 된다. 그림 15는 진동에 민감한 주공정 라인에 대하여 큰 공해진동원이 되는 제반부대시설을 골조상부에 위치하게 하

여 일차적으로 골조구조에서의 진동감쇠와 높은 진동수대의 성분처리를 하도록 하고 있다. 이차적으로 지반진동은 기초의 분리 진동고립효과를 기대하고 있다.

그림 15는 분리구조가 모두 지상에 위치하고 있지만 청정실구조의 한 층이 지하로 위치하게 하여 기초의 지반으로부터 진동의 거리감쇠를 크게할 수가 있다. 상부트러스 구조 및 이중슬래브구조에 따른 방진구조 시스템이 제공되기도 한다. 수치해석의 결과는 서로 다른 변수들과 위치에 따라 각각의 최대값이 다르지만 A점에 특정의 조화하중을 재하한 후, B점의 최대변위를 검토하여 청정실구조와의 Bumping 거리가 검토되기도 한다. 이는 개선될 최적 구조의 형성에 중요요인이 되며 특히 추후 해석이 요구되는 지반진동으로부터 입력되는 청정실구조의 입력하중의 수학



<그림 13> 진동절연 구조시스템의 예

<그림 14> 골조구조 상부의 미진동 방진시스템

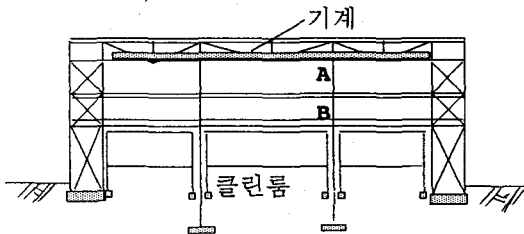
적 모형 및 크기의 결정시 기존 강성 매트릭스법에 이용되는 격자구조의 형상과 Brace된 구조, 점성 댐퍼의 설치구조 등으로써, 각각 보행에 의한 Transient Load가 작용되었을 때 전체 시스템에서의 최대변위 등 진동가속도 응답을 얻는다. 이때 Masking Area에서의 최대응답을 구하도록 한다, 여기서는 점성댐퍼에 의한 진동감쇠가 기대된다.

이러한 수치해석의 결과는 많은 부분이 가정되고 진동의 부재간의 전달을, Soil과 콘크리트 구조사이의 Interaction 처리문제, 큰 규모의 구조 시스템의 3차원 일괄해석 처리문

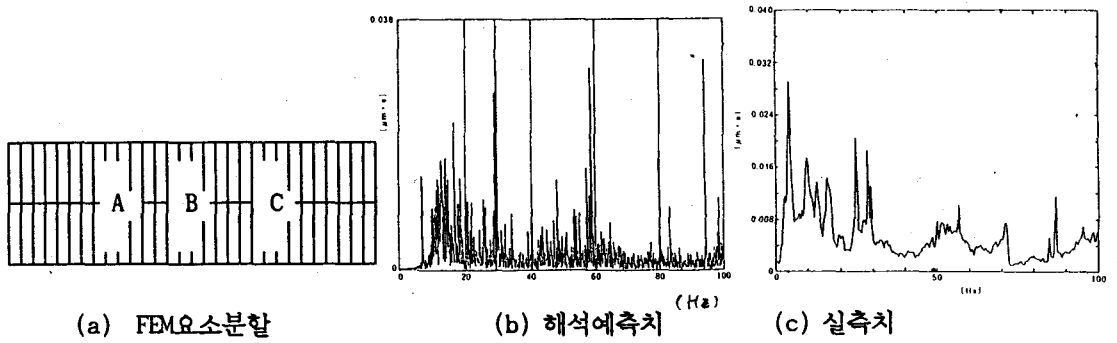
제 등이 같이 해결되어야 되기때문에 발전적인 시스템의 구조개선과 그에따른 수치해석이 실행되어야 최적골조구조의 형성이 가능하며 이러한 정량적인 문제의 해결과 함께 모든 결과들은 최종적으로 진동수 성분분석(F.F.T 해석)에 의한 정성분석의 설계가 이루어져야 하겠다.

4.2 슬래브 시스템

슬래브에 대한 연구는 무엇보다도 중요한 부분이 된다. 우선 상판진동 문제는 수학적인 경계조건의 설정이 어렵다. 미진동의 경우 허용치 곡선은 낮은 진동수 성분에 대해서는 상대적으로 큰 진폭이 허용되나 높은진동수 성분에 대해서는 낮은 진폭이 허용된다. 그러므로 큰 질량의 슬래브시스템이 유리하기도 하나 큰 강성에서 높은진동수 성분이 지배적이므로 주의하여야 한다. 우선 슬래브판의 시스템 결정을 위하여 지지조건을 바꾸면서 수치해석을 시행한다, 그림 16은 유한요소법을



<그림 15> 방진구조 골조시스템



<그림 16> Plate요소의 FEM해석 및 진동수 분석

이용한 슬래브 해석과 미진동 실측에 의한 실측 분석의 일예이다. 지점의 지지조건, 이용 요소의 종류, 사용재료 등등 해석입력조건은 실측과 상당한 차이를 나타내므로 입력변수분석이 시행되어야 한다.

### 4.3 모형보에의한 미진동특성 분석을 위한 기초실험

Impact Hammer이용한 가진 실험과 수치해석의 비교로 진동전달의 현상규명을 시도한다. 각각 단부 가진에 따라 중앙부 및 댐핑의 가정치에 따라 진동의 성상분리가 나타날 수 있다. 이때 실험결과에 얼마나 근접하게 수학적모형의 설정이 되는가에 따라 그 분리의 정확도가 결정된다. 실험으로부터의 미진 단부 응답은 중앙부응답과 비교될때 위상의 차와 초기 시간대의 응답크기가 서로의 상관성을 보여준다. 여기서 진동성상으로부터 진동전달량의 분리 또한 변수로 작용된다. F. F. T분석에 의한 결과에서 낮은 진동수 영역에서 Coherence가 낮게 나타나는 것은 기본 암진동의 분리가 시급함을 나타낸다.

### 4.4 기타연구

- 1) 기계설비에서의 방·제진장치
- 2) 진동원의 진동차단
- 3) Robot 운송시스템의 미진동 분석
- 4) 이중부상기초
- 5) 재료연구

### 5. 결론

구조물의 미진동 제어에 관한 기술개발의 소개과정을 서술하였다. 이에는 광범위한 그리고 극복되어야 할 문제가 매우 많다는 것과 특히 반도체 공장설계 및 시공을 목표로 할 때 미진동의 제어는 청정도 유지와 함께 중요한 과제를 재론하면서 연구초기에 실행될 수 있는 문제해결 방법론에의 설명은 다분히 계속해야 할 연구분량을 제시하고 있다. 이에따라 현재 진행되고 있거나 앞으로 실행해야 할 일들을 요약하면 아래와 같다.

1. 미진동 제어를 위한 정의와 접근법을 확실히 해야 한다.
2. 공장건축구조의 미진동 제어를 위한 구조계획과 구조해석법을 고찰하고 구조계획에서 건물의 강도부과, 방진기초의 설치, 방

진줄눈, 바닥방진, 진동절연의 문제를 재정립하여야 한다.

3. 건물과 지반사이의 진동절연을 위하여 기초를 분리하고 방진구조 시스템의 수치해석상 수학적 모델링의 문제제시와 함께 일련의 시스템 분석을 행하여야 한다.
4. 진동전달 및 공기스프링에서의 미진동 영역에서의 진동전달 및 공기스프링에 관한 정밀연구가 필요하다.
5. 실측에 의한 모형 실험방법이 정형화 되도록 하는 자료축적이 요구된다.

#### - 참고문헌 -

- 1) Akira Teramura and Toshikazu Takeda, Study on Structural Design Method for Micro-vibration Control, N86-06-2, The Journal of the Acoustical Society of Japan.
- 2) 渡邊清治, 微小振動 領域はきでの振動の低減
- 3) 詩田保夫, 森村正直, 精密防振ハンドブック
- 4) Colin G. Gordon, The Design of Low-vibration Buildings for Microelectronics and other Occupancies, BBN Laboratories Inc.

## 뉴스

### ■ 環境 기술 120 개 집중 개발 ■

정부는 국제적으로 강화되고 있는 각종 환경규제에 대비해 오염방지 및 폐기물 처리와 관련된 1백 20개 핵심 기술과제를 선정, 올해부터 오는 97년까지 1천억원을 투입해 집중개발할 계획이다.

상공부는 6월 4일 ▲국제환경협약에 따른 공해물질사용감축 및 대체물질 개발 ▲환경산업에 대한 금융및 세제지원 확대 ▲공해업종 이전집단지화 ▲폐기물처리시설 확대등을 포함한 「환경수요변화에 대응한 산업정책추진계획」을 마련, 관계부처협의를 거쳐단계적으로 시행키로 했다.

상공부는 이 계획에서 선진국의 20~80%수준인 환경관련기술을 제고시키기 위해 자동차 공해방지(21개) 대기오염방지(13개) 수질오염방지(24개) 폐기물처리(9개) 지구환경보전(53개) 등 1백 20개 과제를 집중개발하는 등 작년 8천 억원에 그친 환경산업 투자규모(공공 및 민간투자포함)를 오는 96년에는 3조원, 2001년에는 5조원 수준으로 확대시켜나가기로 했다.

이를 위해 폐기물처리 및 재생시설투자에 대해서는 특별감가상각과 세액공제 관세경감 등을 적용하고 환경개선과 관련해 사업자가 납부한 부담금은 손비인정 대상에 포함시키는 방안을 추진할 계획이다. 또 폐지나 고철 등 폐자원을 원재료로 사용하는 제조업이나 재생업은 부가가치세를 감면토록 할 방침이다.

상공부는 이와함께 공해업종 이전계획을 이달말까지 확정짓고 면적이 1백만m<sup>2</sup>이상이거나 폐기물배출량이 연간 3만 t이상인 공단, 연간 폐기물을 1만 t이상 배출하는 공장은 자체적으로 폐기물처리시설 설치를 의무화하는 방안도 추진키로 했다.

상공부는 최근에 추진되고 있는 몬트리올의정서나 세계기후협약, 바젤협약 등에 맞추어 사용 규제물질 생산 및 이용을 단계적으로 축소해 나가면서 국내산업 구조를 에너지저소비 및 청정산업중심으로 개편해 나가기로 했다.

상공부는 이같은 대책들을 제도적으로 뒷받침하기 위해 연내에 「유해폐기물 교역규제등에 관한 법률」과 「재생산업 이용촉진에 관한 법률」을 제정키로 했다.