

초정밀 반도체 및 TFT-LCD FAB 동적 구조 설계를 위한 PC형 격자보 구조물의 동적 특성 평가 및 개선 방안

손성완*, 김강부*, 전종균**

* 알엠에스테크놀러지(주), ** 선문대학교 기계공학부

ABSTRACT

In design stage of high precision manufacture/inspection FAB building, it is necessary to investigate the vibration allowable limits of high precision equipment and to study a structure dynamic characteristics of C/R and Sub-structure in order to provide a structure vibration environment to satisfy these allowable limits. The aim of this study is to investigate the dynamic characteristics of PC-Type mock-up structures designed for next TFT LCD FAB through vibration measurement and analysis procedure, therefore, to provide a proper dynamic structure design for high precision manufacture/inspection work process, which satisfy these allowable limits.

1. 개요

최근 반도체의 가공정도가 높아지고 차세대 TFT-LCD의 크기가 커져가면서 이들 생산공정에 대한 마이크로 미터 수준의 미진동(微振動) 제어를 위해서는 구조의 동적 해석 및 설계, 진동유발 유틸리티의 배치, 진동 전달특성 및 방진, 제진 기술과 진동의 정밀한 동적 실험, 측정/분석기술로 집약되는 Total Engineering Technique가 요구된다. 진동에 민감한 반도체 공장, 문화재 건물, 음악당, 정밀실험실의 구조설계와 입지 조건과 동적 해석 기술이 매우 엄밀하게 고려되어져야한다는 것을 의미하고 있다. 마이크로 수준의 진동허용규제치는 대형, 복합 구조물에 대한 합리성과 신뢰성이 확보된 새로운 개념의 고정도 해석 및 실험 기술이 요구되고 있다. 이는 현재, 예술의 전당과 같은 진동에 민감한 구조물의 진동제어를 위한 동적 해석 및 설계기술이 정성적으로 이루어지고 있다는 것을 의미하고 있으며, 새로운 개념의 엄밀한 정량성이 확보된 구조설계 및 예측기술과 진동제어 기술이 요구되고 있다. 그러나 동적으로 불확실한 지반 특성과 복잡한 건물 구조형태와 기초의 지지조건, 다양한 결함부, 복합재료를 사용하고 있는 현대의 지능형 빌딩이나 초고층 빌딩의 구조 및 지반 특성을 정확히 정의하고 이를 해석적으로 고정도의 신뢰성 있는 동적 특성을 예측하는 것은 어려운 일이다. 이러한 제한조건을 해결하는 하나의 방법으로 실제 대형구조물에 대하여 동적 실험을 수행하여, 전달함수를 구함으로서 실험적으로 구조물의 동적 특성을 결정하고 이것을 해석적인 방법과 병용하여 반도체 및 초정밀 장비의 생산설비를 위한 동적 구조 설계에 사용하는 방법이 사용되고 있다. 본 연구에서는 PC-type Sub-structure의 Mock-Up 구조물에 대한 동적 특성을 실험과 해석을 통하여 규명하고, 차세대 반도체 및 TFT-LCD 공장에 요구되는 진동허용규제치를 만족할 수 있는 구조를 제안하고자한다. 이를 위하여 기본적으로 동일한 RC-type Sub-structure와 비교, 평가하였으며, 차세대 TFT-LCD 공장의 동강성설계목표치를 만족할 수 있는 개선안을 PC-type Sub-structure에 대하여 제안하였다.

2. Mock-up 구조물 동적 실험 및 해석

2.1 실험 개요 및 실험 대상 구조물

PC를 이용한 격자보 구조물의 동적 강도 및 고유진동수, 고유모드 등의 동적 Parameter들을 실험에 의한 실험적 모드 해석 기법을 이용하여 추출하기 위하여 구조물 동특성 실험이 수행되었으며 실제 C/R구조의 격자보 형태를 고려하여 동특성 실험을 위한 PC 격자보 Mock-Up 구조물이 제작되었으며 아래에 구조물의 도면 및 실험전경을 나타내었다.

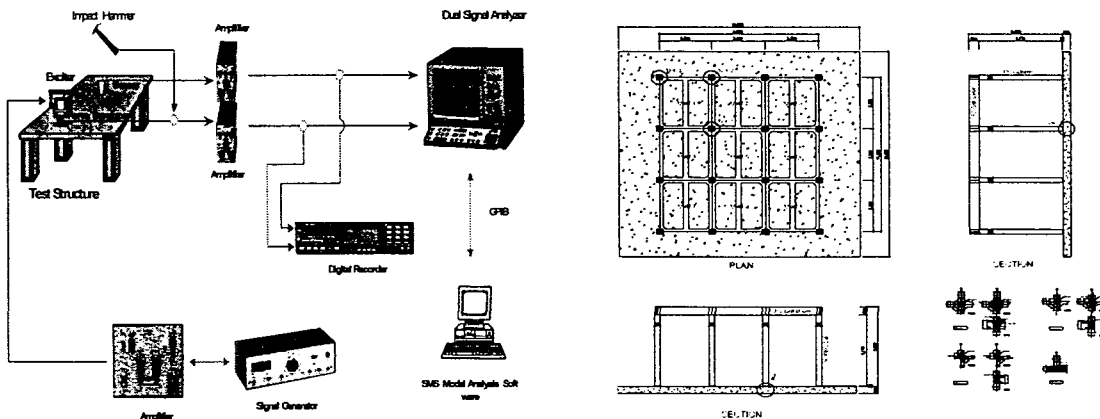


Fig.1 Modal Test System and Manufactured Mock-Up Structure

2.2 Mock-Up 구조의 동적실험 및 해석 결과

C/R 구조물 동적설계를 위한 해석모델을 검증하고, 실제 모델의 거동양상과 동특성을 확인하기 위하여 구조물의 동적실험(Modal Test)와 함께 Mock-Up 구조에 대하여 동적해석을 수행하였다.

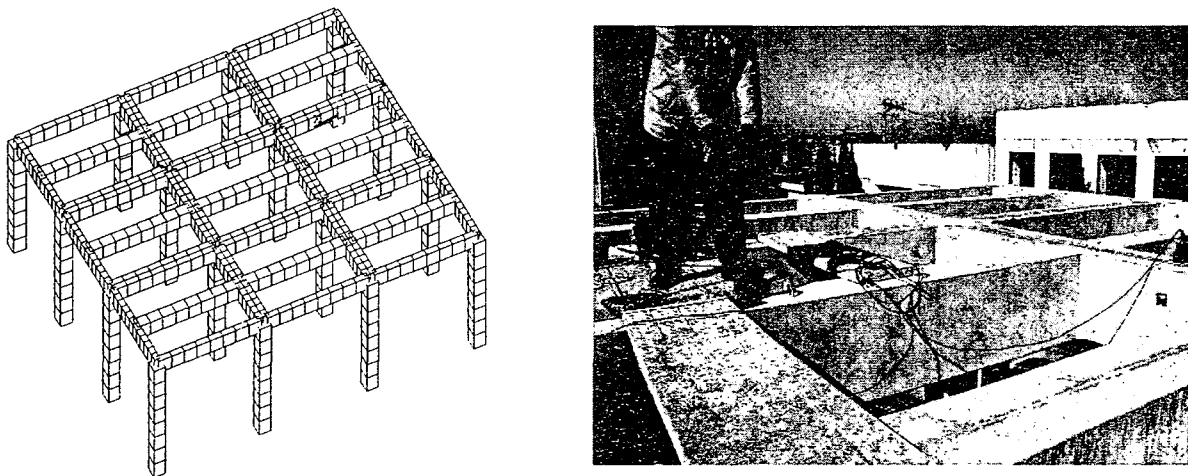


Fig.2 Dynamic Test and Dynamic Analysis Model of PC Structure

PC로 제작된 Mock-Up 구조물의 동적 실험에서 얻어진 driving point의 주파수 응답함수를 아래 그림에 나타내었으며 주파수 응답함수에서 모드분리가 용이한 3개의 고유주파수에서 얻어진 모드를 해석 결과와 비교하여 나타내었다. 또한 PC 격자보 동특성 실험결과를 기초로 1~3차 Mode의 Natural Frequency를 기준으로 하여 격자보에서 가장 취약할 것으로 예상되는 지점인 No 10지점의 Point Accelerance Data[10Z(Ch2)/10Z(Ch1)]를 Star System 상용코드를 이용하여 Frequency Response Function Synthesis 작업으로 산출하였으며, 이를 토대로하여 No 10지점에서

주파수별 Dynamic Stiffness를 계산하였다.

Table 1 Dynamic Test and Analysis Results

Mode	Freq. [Hz]		Damping [%]	Mode Description
	Meas.	Anla.		
1st	42.0	41.6	0.53	양 사이드 길이방향 Grider 1차 굽힘 모드
2nd	57.0	57.6	4.36	폭 방향 Grider 1차 굽힘 모드
3rd	67.3	65.5	1.58	가운데 길이방향 Grider 1차 굽힘 모드

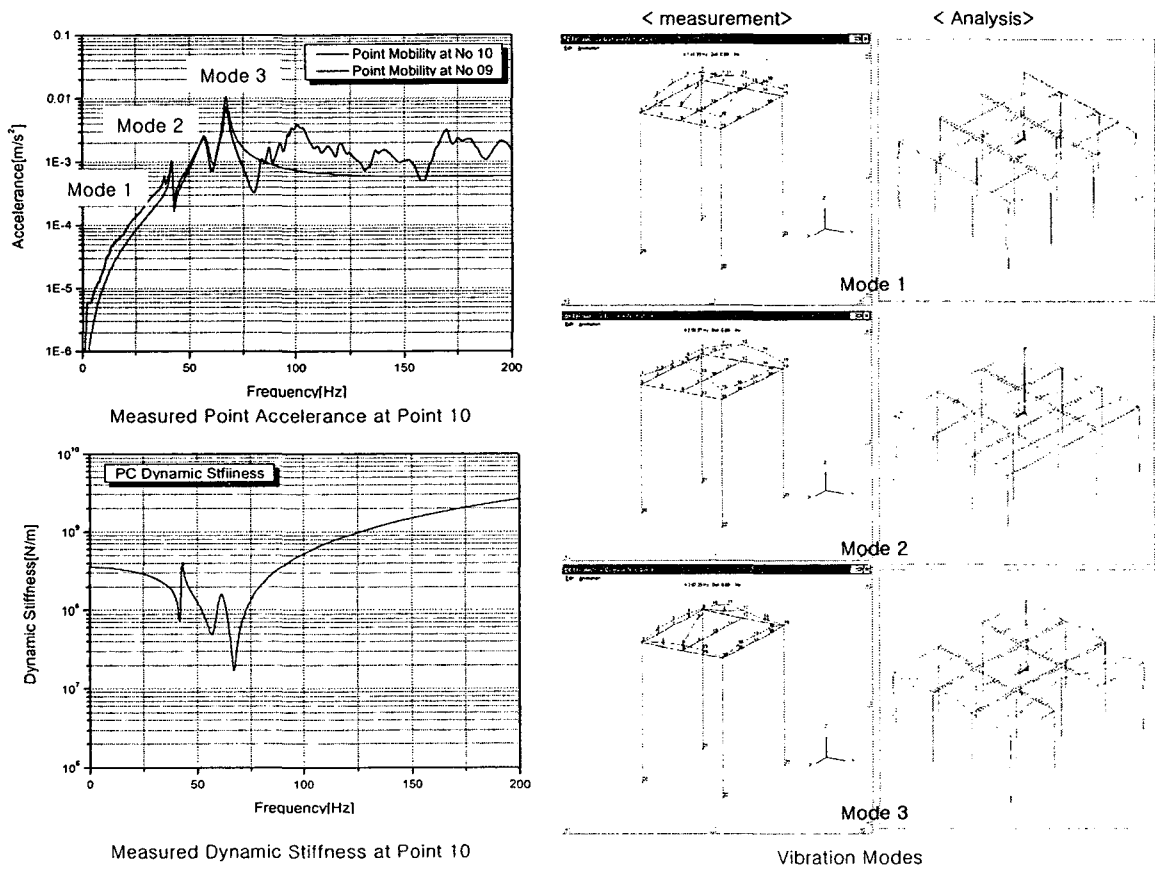


Fig.3 Experiment and Analysis Results of PC Type Mock-Up Structure

3. Mock-up 구조 변경에 따른 동적해석

차세대 C/R 구조물의 보다 정량적이고 신뢰성 있는 동적 설계를 위하여 실험된 Mock-up 구조의 동일한 형상을 같은 여러 가지 구조설계안에 대하여 동적해석을 수행하였다.

먼저, 현재 시공된 Mock-Up 구조물(PC type)의 Beam size와 동일한 크기의 RC 구조물을 형성할 경우에 대하여 동특성을 확인하기 해석을 실시하였다. 또한, 압축강도가 240 kg/cm² 과 400 kg/cm² 인 경우, 격자보의 단위하중에 대한 주파수별 응답 특성을 계산하였다.

또한 PC 구조물의 결합부의 접합은 M20 Tie-Bar 및 무수축 몰탈로 충전한 상태이므로 해석상의 경계조건에 따른 동적 영향성을 평가를 위하여 PC 구조물은 실 Mock-Up 구조물과 동일한 조건을 형성하기 위해 경계조건별로 구분하여 모델링하였으며, RC 해석모델과 동일한 위치 격자보에서 단위하중에 대한 주파수별 응답 특성을 계산하였다

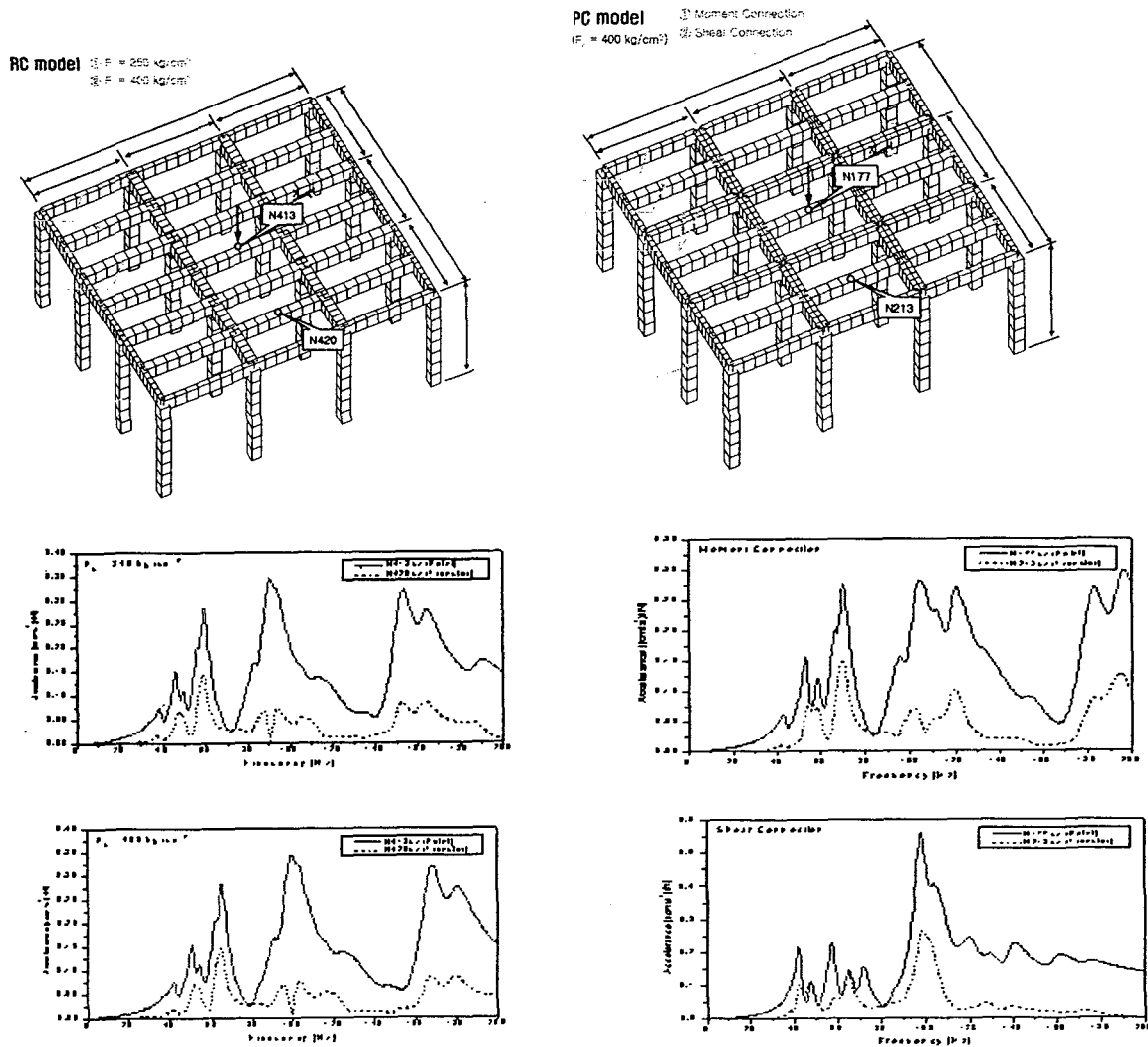


Fig.4 Analysis Model and Calculated Frequency Response of RC and PC Structure

해석결과를 고찰하면, PC 구조에서 결합부의 결합이 일체화(moment connection)일 경우는 전단 결합조건(shear connection)에 비하여 30Hz 부근에서 약 1.2배 정도 모빌리티가 향상되는 것으로 평가되고 있다. 그러나 PC-type Mock Up에 대한 동적실험 결과는 결합부의 결합이 일체화(moment connection) 한 것에 비하여 50% 정도 동적강성이 접합 조건에 따라 취약한 것으로 나타났다. 즉, 현재의 PC-type Mock-Up 접합상태의 동강성(dynamic stiffness)은 10Hz 이하에서는 Shear Connection과 동일한 수준의 강성을 지니는 것으로 나타나고 있지만, 10-50Hz 사이 주파수에서는 Moment Connection과 Shear Connection의 중간 값을 가지는 것으로 평가되고 있다. 그러나 동일한 구조의 RC-type(압축강도 : 240kg/cm²)에 비해서는 전반적으로 약 20% 정도 동적

강성이 좋은 것으로 나타나고 있다. 이는 PC-type(압축강도 : 400kg/cm²)의 강도의 차이에서 발생하는 것으로 평가되고 있다.

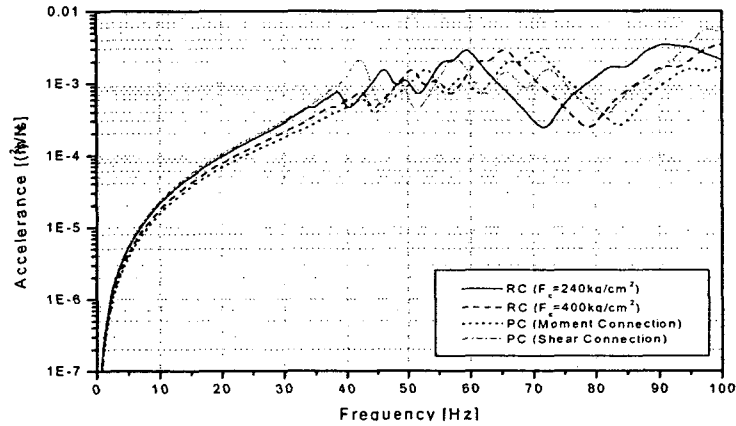


Fig. 5 Vibration Analysis Results of Various Structure Type

4. 차세대 구조물 동적 특성 평가 및 개선방안

Mock-Up 구조물에 대한 실험과 해석 데이터를 활용하여 여러 가지 경우에 대하여 차세대 TFT-LCD 동강성설계목표치를 만족할 수 있는 구조설계를 수행하였으며 아래에서는 최적의 PC-type Sub-structure의 구조 및 동적 강성 해석 결과를 나타내었다.

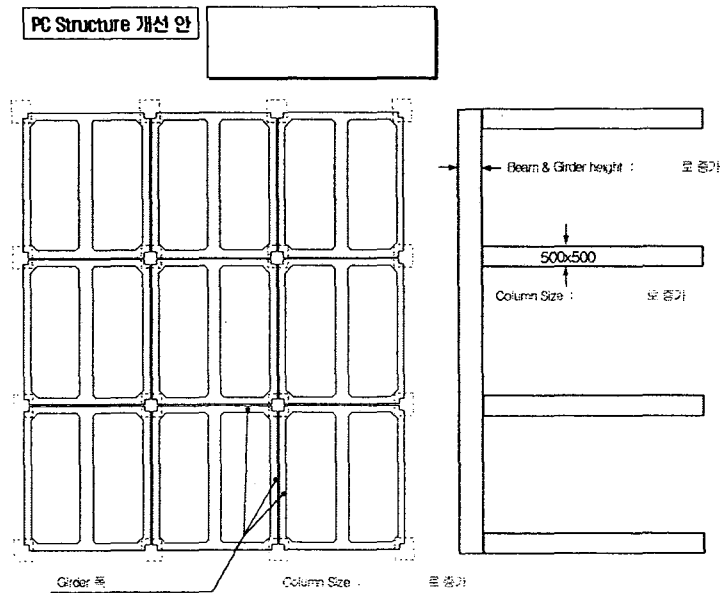


Fig. 6 Proposed Design for next TFT LCD Fab by using PC Structure

이상의 해석결과를 고려하여 보면 차세대 TFT-LCD 생산을 위한 Fab 구조의 동적설계를 위하여 구조변경을 통하여 강성을 최적으로 증가시킴에 의하여 고유 진동수를 상승시키고 단위 하중에 의

한 주파수 응답의 크기를 줄여줌으로써 진동 허용 규제치를 만족 할수 있는 구조설계를 제시 할 수 있었다.

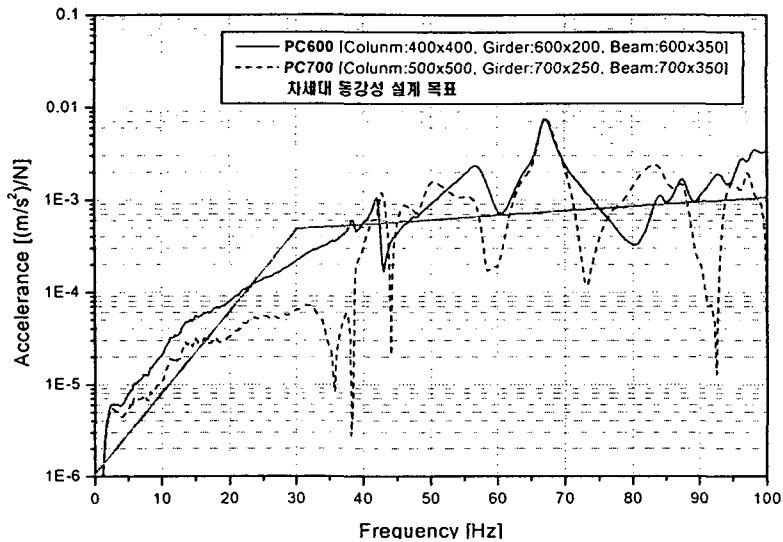


Fig. 7 Compared Frequency Response with Allowable Vibration Design Limit

5. 결론

차세대 TFT-LCD 생산공장의 진동 허용 설계 기준치를 만족하는 구조 설계를 위하여 Mock-Up 구조의 동적 실험 및 해석을 수행하였으며 통하여 그 결과를 토대로 다양한 구조방식에 대하여 동적 설계를 수행한 결과를 정리하면 아래와 같다.

(1) 동일한 구조의 PC-Type Sub-Structure가 RC-type(압축강도 : 240kg/cm²)에 비해서는 전반적으로 약 20% 정도 동적강성(Dynamic Stiffness)이 좋은 것으로 평가되고 있으며, 이는 RC-type과 PC-type(압축강도 : 400kg/cm²)의 강도의 차이에서 발생하는 것으로 판단되고 있다.

(2) PC-type Mock-Up 접합상태의 평가를 위한 동강성(dynamic stiffness) 실험 결과에서 가진 주파수 10Hz 이하에서는 Shear Connection과 동일한 수준의 강성을 지니는 것으로 나타나고 있지만, 10~50Hz 사이 주파수에서는 Moment Connection과 Shear Connection의 중간 값을 가지는 것으로 평가되고 있다. 그러나 동일한 구조의 RC-type(압축강도 : 240kg/cm²)에 비해서는 전반적으로 약 20% 정도 동적강성이 좋은 것으로 나타나고 있다.

(3) 동적 실험 결과를 토대로 다양한 구조에 대한 동적 해석을 수행하여 차세대 TFT-LCD의 동강성설계목표치를 만족하는 최적의 PC-type Sub-structure 구조를 제안하였다.

참 고 문 헌

- [1] 이흥기, 김두훈, 권형오, 반도체 공장에서 미진동 제어를 위한 격자보의 동적 설계에 관한 연구, 한국소음진동공학회, '94 춘계학술대회논문집 pp. 52-57, 1994.

- [2] 이흥기, 박해동, 최현, 배기선, 김두훈, 정밀장비의 미진동제어 기술에 관한 연구, '95 춘계 학술대회 논문집 pp233-239, 1995.