

TFT-LCD 생산공장의 유틸리티 진동으로 인한 공장 구조물과 정밀장비로의 영향성

박해동*, 임정빈*, 류국현*, °백재호*

A Study on the of influence to precision equipment by utility
vibration of TFT-LCD fab

Hae-Dong Park, Jung-Bin Im, Kuk-Hyun Ryu, Jae-Ho Baek

ABSTRACT

반도체 및 TFT-LCD등을 생산하는 공장 구조물에는 C/R이 있으며, 여기에는 외부 진동에 엄격한 특성을 갖고 있는 각종 수 많은 정밀장비가 설치되어 있다. 더구나, 이러한 정밀장비등의 정상운용을 위하여 각종 UT(유틸리티)등이 병행하여 C/R내 산재해 설치되어 있다. 이러한 UT는 정밀장비와 각종 배관들로 연결되어 설치되어 있다. 또한 C/R의 항온/항습등을 유지하기 위하여 공조등 부대 유틸리티도 또한 설치되어 있으며, 이러한 각종 유틸리티는 진동은 유발하는 진동원이 되며, 여기서 발생하는 진동은 C/R의 진동환경을 열악하게 만들 수 있다. 이에, 본 연구에서는 TFT-LCD 생산 공장에서 UT와 배관등에서 발생하는 진동이 공장 구조물(격자보)와 공진현상을 일으켜 인접하여 설치된 정밀장비에 악영향을 끼치고 있음을 현장 진동 측정과 구조물 동적 해석을 통하여 확인하였고, 제안한 저감대책을 수행 후 진동 영향성의 감소됨을 확인하였다.

1. 서론

품질관리 선폭이 마이크로급에서 나노급에 이르는 제품등을 생산하는 반도체나 TFT-LCD등의 정밀산업 공장 구조물에는 진동에 민감한 정밀생산 장비 및 정밀측정/검사장비(이하 '정밀장비'라 함)가 청정실(Clean Room)에 설치되어 있다. 이러한 정밀장비들은 정상운용을 위하여 각종 부대 UT(유틸리티) 설비등을 필요로 하여 UT 설비등이 공장 전역에 설치되어 있다. 또한, 정밀산업 공장은 항온/항습등을 유지하기 위한 각종 UT 설비등이 설치되어 있다. 이러한 수많은 UT 설비들과 그 밖의 많은 장비들로 인하여 공장 내 C/R(청정실)에는 각종 수 많은 소음/진동원⁽¹⁾들이 산재해 있다. 이러한 소음/진동원의 적절한 저감대책과 C/R의 적절한 동적설계가 이루어지지 않으면 소음/진동원의 영향성 인하여 C/R의 소음/진동 환경은 나빠질 수 있다. 이로 인한 영향성으로 소음/진동에 엄격한

특성을 갖고 있는 각종 정밀장비가 정상 운용이 불가할 수 있다. 이에, 정밀장비는 설치예정 구역의 요구사양으로 진동허용규제치를 제시하고 있다. 더구나, 생산제품의 수율과 관련하여 정밀장비등의 Tag Time을 줄이는 것으로 감가속도가 변화가 증가하여 정밀장비 가동시 동하중이 발생하여 설치예정 구역의 요구사양으로 진동허용규제치에 추가로 동강성허용규제치를 제시하고 있다.

이에, 본 연구에서는 C/R내 발생하는 진동에 기인하여 공장 구조물의 공진현상으로 정밀장비에 영향성을 미치고 있어서 정밀장비에서 제시한 진동허용규제치를 기준으로 현장의 제진대 진동을 측정/분석하여 영향성을 평가하고, 진동원을 확인함과 동시에 공장 구조물의 동적해석을 통하여 공장 구조물과의 공진 영향성등을 확인하였다. 이를 기초로 저감대책을 제안하였고, 저감대책 수행 후 진동 영향성의 감소됨을 확인하였다.

*. RMS TECHNOLOGY CO., LTD.

2. 공장 구조물 구성과 및 정밀장비 설치 현황

정밀장비가 설치된 공장 구조물(격자보)과 제진대는 아래 그림 2.1과 같이 구성되어 있다. 그림 2.1에서 보는 바와 같이 정밀장비 인접 부근에 진동을 유발시키는 UT등과 각종 배관들이 격자보 하단부에 고정되어 설치되어 있는 상황이다. 정밀장비가 설치된 제진대는 일반형 제진대로 격자보 상부에 H-Beam을 수평방향(Y)으로 설치한 후 여기 상단부에 제진대를 설치하는 형태로 되어있는 것이 일반적이며, 특성과 장·단점을 정리하면 다음과 같다.

① 장점

- 하부 보강 H-Beam 설치가 용이
- 제진대 높이 감소로 제진대 무게 감소 -> 제작, 현장이동 및 설치가 용이
- 제진대 위치변경시 이동과 재설치가 용이

② 단점

- 격자보의 진동 수준보다 제진대 진동수준이 증폭됨
- 하부 보강 H-Beam의 수평방향(X)의 낮은 강성에 지배되는 제진대 강성을 갖음 -> 동하중이 큰 정밀장비 제진대용으로는 어려움.

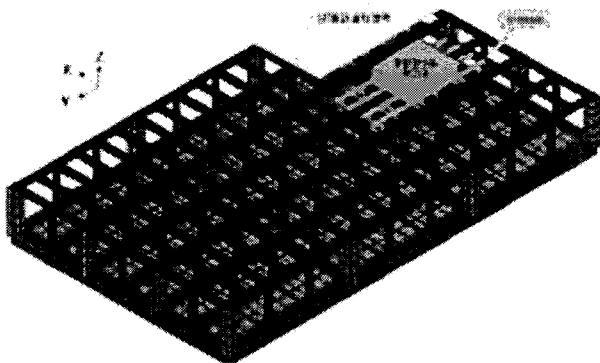


그림 2.1 격자보 개념 사시도와 정밀장비용 제진대 및 H-Beam과 UT배관 설치 영역 개념도

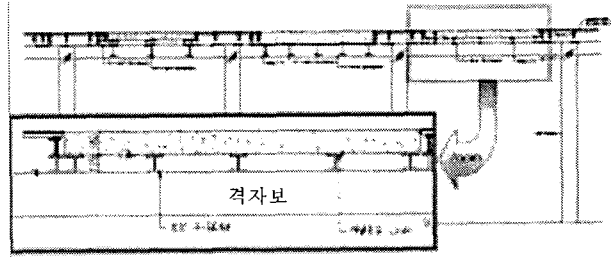


그림 2.2 일반형 설치 개념 단면도

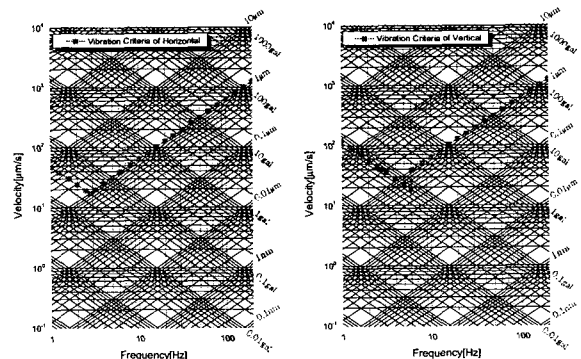
3. 정밀장비 사양과 진동 영향성

정밀장비는 제진대 사양으로 진동허용규제치만을 제시하였으며, 이는 표 3.1과 그림 3.1에 나타낸 바와 같이 수평과 수직방향을 구분되어 있다.

정밀장비는 외부에서 간헐적으로 유입되어 시간 이력상 약 10초동안 지속되는 진동으로 예상되는 원인에 의하여 특정한 한 방향, 즉 수평방향(Y)의 진동으로 인하여 정밀장비의 공정을 거친 TFT-LCD 생산제품에 품질관리 수준의 선폭을 수배 초과하는 Overlay 현상에 의한 불량 발생하고 있다.

표 3.1 정밀장비 진동허용규제치

방향	진동크기
수평방향	① 2.8Hz 이하 : 0.03gal 이하
	② 2.8Hz 이상 : 1 μ m 이하
수직방향	① 6Hz 이하 : 0.07gal 이하
	② 6Hz 이상 : 1 μ m 이하



(a) 수평방향

(b) 수직방향

그림 3.1 정밀장비 진동허용규제치

4. 현장 진동 측정

4.1 정밀장비 진동 측정

Ch 1~4에 가속도 센서를 연결하고, 정밀장비가 설치된 하부 격자보, 제진대, 정밀장비 기초 구조물 Frame, 정밀장비 Stage 지지 Frame 등에서 정밀장비 가동 전 배경진동과 가동 중 대상진동을 측정하였다.(그림 4.1, 4.2 참고)

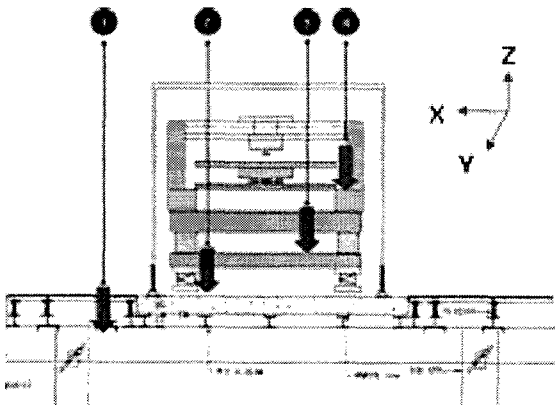


그림 4.1 정밀장비 가동 전 진동측정위치

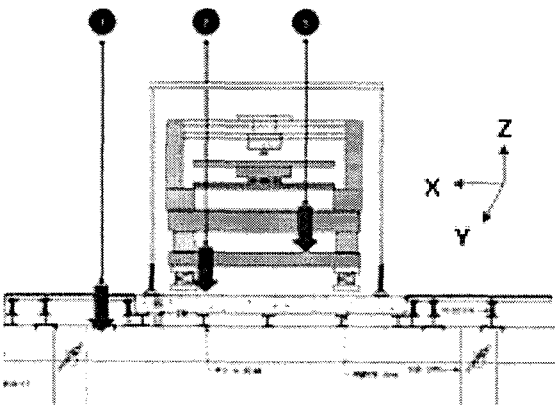


그림 4.2 정밀장비 가동시 진동측정위치

4.2 정밀장비 주변 진동 측정

Ch 1~3에 가속도 센서를 연결하고, 진동원으로 예상되는 많은 설비들이 설치된 정밀장비 인접구역의 UT 배관과 인접 격자보등 여러 지점에서 UT들의 가동시 대상진동을 측정하였다.(그림 4.3 참고)

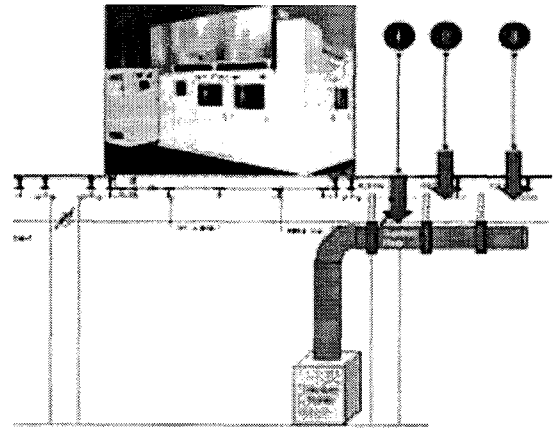


그림 4.3 UT 가동시 진동측정위치

5. 공장 구조물의 동특성 해석

5.1 개요

정밀장비에서는 간헐적으로 발생하여 약 10초 동안 지속되는 수평방향(Y) 진동으로 예상되는 원인에 의하여 정밀장비의 공정을 거친 TFT-LCD 제품에 수평방향(Y)으로 품질관리 수준의 선폭을 수배 초과하는 Overlay 현상에 의한 불량 발생하고 있다.

공장 구조물에서 발생하는 진동은 진동원 설비를 통해 격자보, 제진대를 거쳐 정밀장비로 유입되는 전달경로 특성을 갖고 있어 공장 구조물의 동특성과 진동원등의 동적 상호작용을 확인하는 것은 진동 저감 대책의 중요한 정보가 된다.

이에, 공장 구조물의 동특성 해석을 통하여 진동원에 기인한 특성이 구조물로의 영향성을 확인하고자 한다.

5.2 동특성 해석 모델링 및 해석 방법

RC(Reinforced Concrete)로 이루어진 공장의 주요 구조물(격자보, 바닥 슬래브)에 대하여 기둥과 거더 및 빔등에 대한 크기(Dimension)을 확보한 후 그림 5.1과 같이 모델링을 수행하였으며, 현장에서 제시된 공장 구조물의 재질을 해석상 기본 물성치로 적용하였다.

그림 5.1과 같은 동적해석 모델링 자료로 모달상수인 고유진동수를 확인하고자 모드해석을 수행하였다.

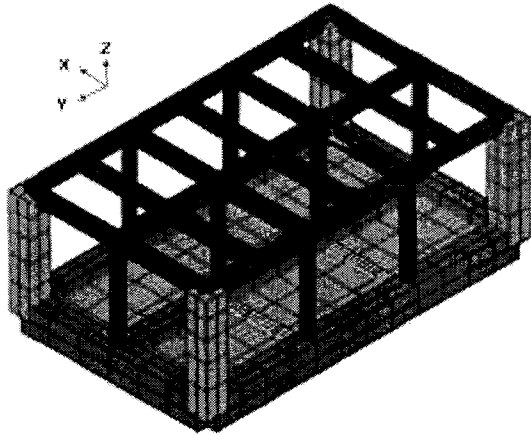


그림 5.1 공장 구조물 동특성 해석 모델링

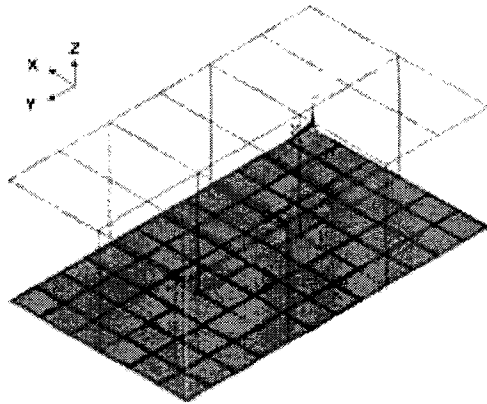


그림 5.2 공장 구조물 동특성 해석
모달좌표

6. 결과 및 고찰

6.1 진동 측정/분석 결과

(1) 정밀장비

정밀장비 가동 전에는 그림 6.1에 나타난 것과 같이 제진대 수평방향(X, Y)과 수직방향(Z)에서 진동허용규제치를 만족하고 있다. 그러라, 정밀장비 가동 중에는 일반형 제진대의 동적 특성에 의하여 그림 6.2에 나타난 것과 같이 수평방향(Y)과 수직방향(Z)은 만족하고 있으나, 수평방향(X)는 진동허용규제치를 초과하고 있다.

정밀장비에서 Overlay 현상을 일으키는 진동성분은 수평방향(Y)으로 정밀장비 가동 전/후 모두에서 격자보 및 제진대, 정밀장비 기초 구조물 Frame, 정밀장비 Stage 지지 Frame등에서 공통적

으로 나타나는 진동특성은 약 13Hz 성분임을 그림 6.1과 6.2에서 확인 할 수 있다.

13Hz 성분의 진동은 그림 6.3의 Raw Data에 13Hz 부근의 Band Pass Filter를 적용한 그림 6.4의 데이터와 같이 진동가속도 데이터의 시간이력 데이터 특성상 하부 격자보에서 제진대 및 장비로 전파되는 진동이며, 시간이력 데이터상에 간헐적으로 나타나고 있는 진동성분으로 확인되었다.

(2) 정밀장비 주변

그림 4.3에 나타난 것과 같이 정밀장비 주변의 수많은 UT 배관 진동을 측정/분석한 결과 특정한 UT 배관의 수평방향(Y)에서의 진동특성과 이 배관에 인접한 상부 격자보 2지점에서 진동특성이 시간이력 형상과 주파수 분석 데이터에서 약13Hz로 동일하게 나타나고 있음을 아래 그림 6.5에서 확인되었다. 이 13Hz 성분의 진동은 제진대 수평방향(Y)에서 발생하는 성분과 동일한 것으로, 진동원임이 확인되었다.

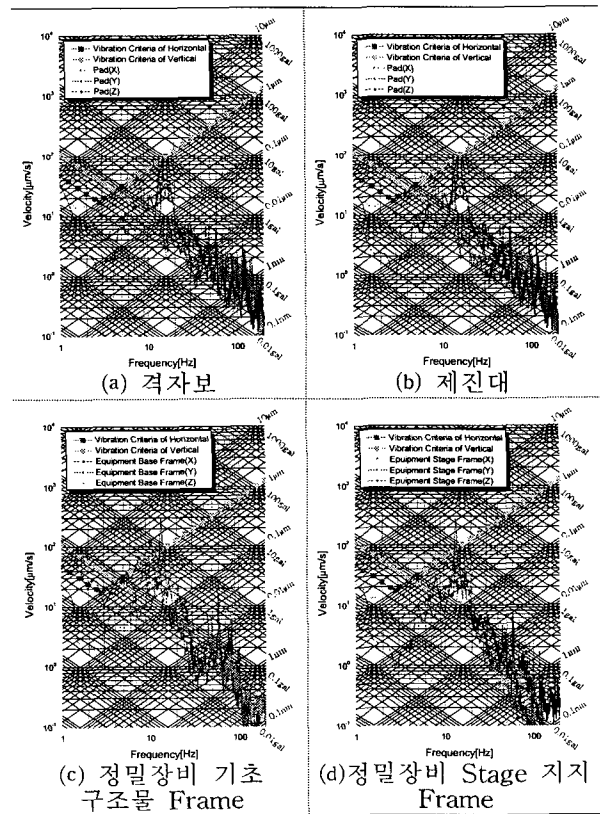


그림 6.1 정밀장비 가동 전 진동 측정/분석데이터

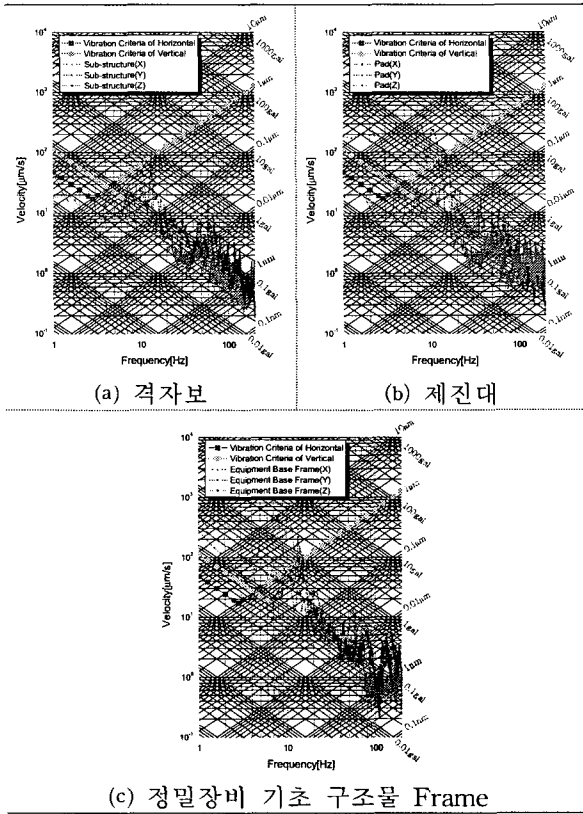


그림 6.2 정밀장비 가동 중 진동 측정/분석데이터

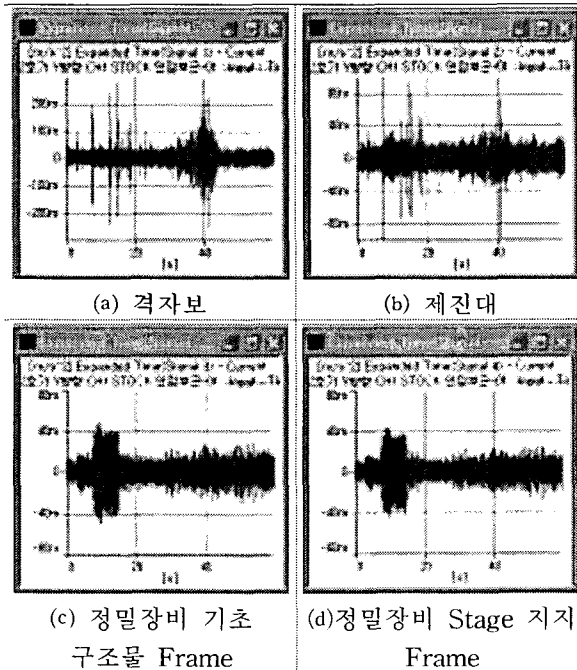


그림 6.3 정밀장비 가동 전 위치별 수평방향(Y) 진동 시간이력 Raw 데이터

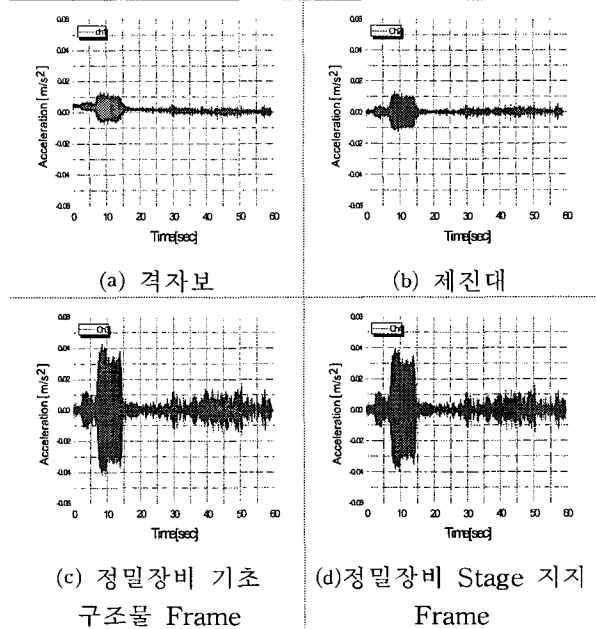
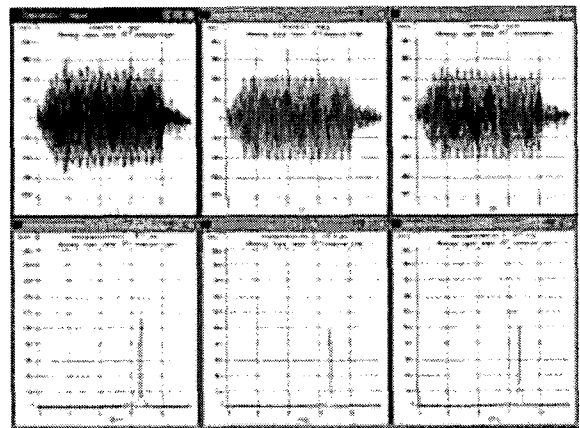


그림 6.4 정밀장비 가동 전 위치별 수평방향(Y) 진동 시간이력 데이터(Band Pass Filter 적용 후)



(a) UT배관 (b) 격자보 I (c) 격자보 II
그림 6.5 UT 가동시 UT배관과 격자보의 수평방향(Y)의 진동 측정/분석데이터

6.2 동특성 해석결과

모드해석 결과 그림 6.6에서 확인할 수 있듯이 수평방향(Y)의 모달상수 즉, 고유진동수는 약 13Hz 부근으로 나타났다. 이는 공장 내 주요 구조물에서 발생하는 진동특성과 동일한 성분이며, 현장의 진동원에서 발생하는 주파수인 13Hz와 유사한 것임을 확인할 수 있다.

이에, 정밀장비에 영향을 미치는 13Hz 부근의

주된 성분의 진동은 진동원에서 발생하여 공장 구조물(격자보)를 통하여 공진현상을 유발하여 제진대를 거쳐 정밀장비로 유입되는 것임을 확인할 수 있다.

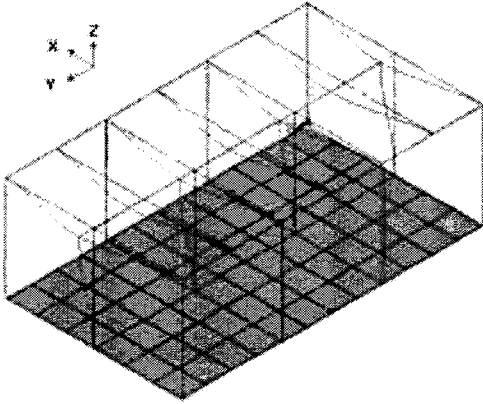


그림 6.6 공장 구조물 동특성 해석 결과

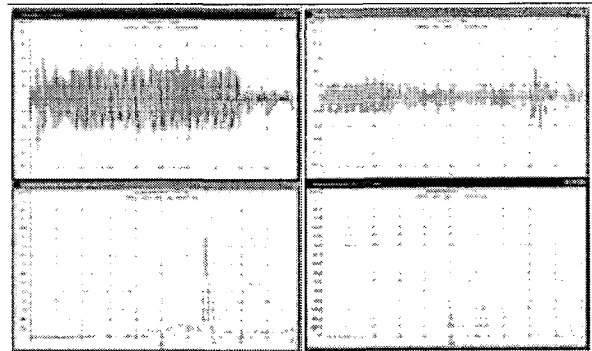
7. 결론

본 연구는 TFT-LCD 생산용 정밀장비에서 생산된 제품의 선풍에 대한 품질관리 수준을 특정 한 방향(Y)에 대해서 수배 초과하는 Overlay 현상으로 인한 불량률의 간헐적으로 발생하였다. 이에, 현장에서 진동 측정을 통해 수평방향(Y)의 진동원을 파악하고, 저감대책을 수행 후의 결과등을 기초로 결론을 정리하면 다음과 같다.

- 정밀장비는 가동 전 제진대 진동은 X, Y, Z 방향 모두에서 진동허용규제치를 만족하고 있는 것으로 나타났다.
- 정밀장비 가동 중 Y, Z방향은 진동허용규제치를 만족하고 있으나 X방향은 약 16Hz 이하의 성분에서 진동허용규제치를 초과하고 있으나, Overlay 현상의 불량을 일으키는 원인은 아님을 확인하였다.
- 생산제품의 Overlay 현상을 일으키는 진동성분은 Y방향이고, Y방향 진동의 탁월주파수 성분은 약 13Hz로 격자보, 제진대, 장비 기초 Frame과 장비 Stage 기초 Frame에 공통적으로 나타나고 있다.
- 13Hz 성분의 진동을 유발하는 진동원은 인접 UT 배관에서 발생하는 것으로 확인되었다.
- 13Hz 성분의 진동은 격자보의 동적해석을 통해

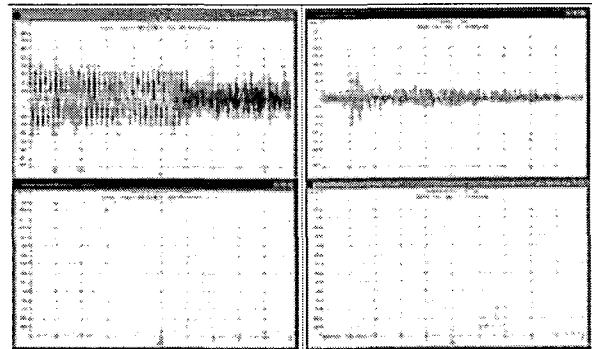
수평방향 고유진동수와 유사하여 격자보 공진현상이 발생하는 것으로 사료된다.

- 저감대책 전/후 격자보와 제진대의 진동은 그림 7.1과 7.2에서 보는 바와 같이 현격히 감소하였으며, 격자보와 제진대에서 모두 진동허용규제치를 충분히 만족하는 것으로 나타났다.
- 공진현상에 의해서는 동하중이 작은 배관에 의해서도 강성이 큰 공장 구조물을 가진시켜 공장 구조물의 진동환경을 충분히 열악하게 함을 알 수 있었다.



(a) UT 배관 보완 전 격자보 진동데이터 (b) UT 배관 보완 후 격자보 진동데이터

그림 7.1 UT 배관의 보완작업 전/후 격자보 진동 측정/분석데이터



(a) UT 배관 보완 전 제진대 진동데이터 (b) UT 배관 보완 후 제진대 진동데이터

그림 7.2 UT 배관의 보완작업 전/후 제진대 진동 측정/분석데이터

참고문헌

- (1) Hal Amick and Ahmad Bayat, 1998, "Dynamics of Stiff Floors for Advanced

Technology Facilities", Proceedings of 12th ASCE Engineering Mechanics , pp. 318~321.

(2) Hal Amick, Steve Hardash, Paul Gillett, and Ronald J. Reaveley, 1998, "Design of Stiff, Low-vibration Floor Structures", Proceedings of International Society for Optical Engineering, pp. 180~191.

(3) Colin G. Gordon, 1996, "Vibration prediction and Control in Microelectronics Facilities" , Proceedings of Internoise 96, pp. 149~154.

(4) D. J. Ewins, 1995, "Modal Testing : Theory and Praticce", John Wiley & Sons INC.