

TFT-LCD 생산공장 내 유틸리티 가동으로 인한 정밀장비 과도진동 현상 및 평가

An analysis and assessment of transient vibration phenomenon
for precision equipment
due to adjacent utility operation in TFT-LCD Fab

백재호† · 이홍기* · 손성완** · 전종균***

Jae-Ho Baek† · Hong-Gi Lee* · Seong-Wan Son** · Jong-Gyun Jeon***

Key Words : Vibration Criteria(진동허용규제치), Dynamic Stiffness Criteria(동강성허용규제치), Clean Room(청정실)

ABSTRACT

반도체나 TFT-LCD등을 생산하는 정밀산업 공장구조물에는 진동에 민감한 수많은 정밀장비(검사 및 생산용 장비)가 청정실(Clean Room)에 설치되어 운용된다. 정밀장비는 정상운동을 위하여 주변에 각종 유틸리티 설비가 설치된다. 이러한 수많은 유틸리티 설비들과 그 밖의 많은 장비들로 인하여 공장 내 청정실에는 각종 수 많은 소음/진동원⁽¹⁾⁽²⁾들이 산재해 있다. 이러한 소음/진동원으로 인하여 청정실 내에는 소음/진동의 환경을 저하시킨다.

이에, 본 연구에서는 정밀장비 주변에 설치된 유틸리티의 가동으로 인하여 발생하는 진동으로 인하여 간헐적으로 정밀장비에 영향을 미치는 과도진동의 현상을 확인하고, 과도진동 현상에 대하여 정밀장비에서 제시한 진동허용규제치와 비교/평가하고, 진동허용규제치의 유효성에 대하여 확인하였다.

과 그 밖의 많은 장비들로 인하여 공장 내 청정실에는 각종 수 많은 소음/진동원⁽¹⁾⁽²⁾들이 산재해 있다. 이러한 소음/진동원으로 인하여 청정실 내에는 소음/진동의 환경을 저하시킨다.

본 연구에서는 정밀장비 주변에 설치된 유틸리티 가동시 발생하는 진동으로 인하여 간헐적으로 정밀장비에 영향을 미치는 과도진동의 현상에 대하여 현장에서 진동을 측정/분석하여 영향성을 확인하고, 현장에서 발생하는 과도진동 현상에 대하여 정밀장비에서 제시한 진동허용규제치와 비교/평가하고, 진동허용규제치의 유효성에 대하여 확인하고자 한다.

1. 서론

반도체나 TFT-LCD등을 생산하는 정밀산업 공장구조물에는 진동에 민감한 수많은 정밀장비(검사 및 생산용 장비)가 청정실에 설치되어 운용된다. 이러한 정밀장비는 외부의 소음/진동에 영향성에 대하여 엄격한 특성을 갖고 있다. 이에 정밀장비 제조사는 정밀장비를 현장에 설치시 소음/진동에 대한 영향성에 대하여 정상운동을 가능하게 하기위한 사양으로 소음/진동허용규제치와 동강성허용규제치등을 제시하고 있다. 정밀장비는 정상운동을 위하여 주변에 각종 유틸리티 설비가 설치된다. 이러한 수많은 유틸리티 설비들

2. 정밀장비 및 제진대 사양

2.1 정밀장비 사양

정밀장비 사양은 일반 사양과 진동 사양으로 구분되며 이를 각각 다음에 서술하였다.

† RMS 테크놀로지(주)

E-mail : rmstech@rmstech.co.kr
Tel : (041) 556-7600, Fax : (041) 556-7603

* RMS 테크놀로지(주)

** RMS 시스템(주)

*** 선문대학교 기계공학부

(1) 일반 사양

정밀장비 제조사에서 제시한 기본적인 일반사양으로는 장비의 크기와 장비의 무게(장비전체, 본체), 그리고 장비를 지지하고 있는 Foot의 개수 등이 제시되었으며, 아래 그림 2.1과 표 2.1에 나타내었다.

정밀장비는 제진대 상부에 Foot로 지지되어 있으며, 장비 내부의 주요구성 항목은 석정반, 척(Chuck), Gantry와 Nozzle Head등으로 되어 있으며, 단면개념도는 그림 2.2에 나타내었다.

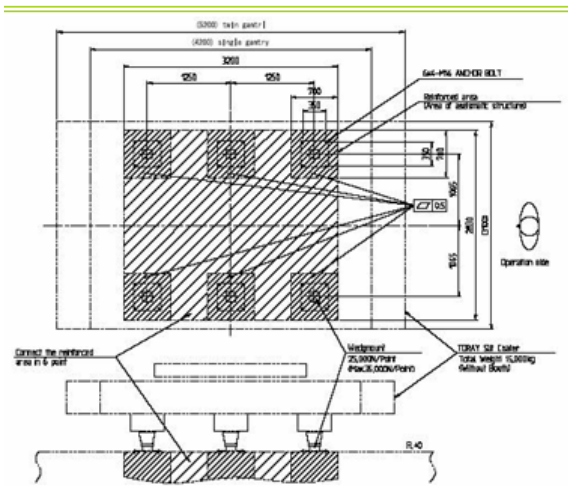


그림 2.1 정밀장비의 일반사양

표 2.1 정밀장비의 일반사양

Item	Dimendison or Weight
장비 Size(제진대 上)	3,100mm(W)×5,100mm(D)
제진대 Size	2,830mm(W)×3,200mm(D)
장비 전체 중량	33358kg
장비 본체 중량	15000kg
Foot 수량	6EA



그림 2.2 정밀장비 및 현장구조물 설치단면 개념도

(2) 진동 사양

정밀장비 제조사에서 제시하는 진동사양은 진동허용규제치만 있으며, 표 2.2에 나타내었다.

표 2.2 정밀장비의 진동허용규제치

Description	Graph
①1~5Hz : 0.2gal 이하 ②5~40Hz : 2μm 이하 ③40~100Hz : 500μm/s 이하	
※. 그래프에서 진동허용규제치는 적색선임.	

2.2 제진대 사양

현장에 설치된 제진대에 대한 기본사양은 표 2.3에 나타냈으며, 그림 2.2와 같이 격자보 상부에 제진대가 직접 설치된 일체형 제진대 경우이다.

표 2.3 제진대의 기본 사양

Type	Piece	Specification of Pad			
		Width	Length	Thickness	Weight
일체형	1	3,200mm	2,830mm	355mm	약7.4Ton

*. 재질은 겉표면이 Steel Plate, 내부는 R.C임.

일체형 제진대는 일반적으로 하부 격자보 사이에 격자보 높이와 동일하게 H-Beam을 설치한 후 여기 상단부에 제진대를 격자보와 일체형으로 설치하는 형태로 한다. 이때 격자보와 제진대의 일체형 구현을 위하여 현장타설을 기본으로 제안하며 이에 상응하는 강성을 유지하는 시공공법도 적용가능하고, 특성과 장단점을 정리하면 다음과 같다.

- ① 구성
 - 격자보
 - 제진대 지지용 하부 보강빔
 - 제진대
- ② 장점
 - 격자보의 진동수준에 준하는 제진대 진동수준을 유지
 - 격자보의 수직 및 수직방향의 높은 강성에 준하는 제진대 강성을 유지

③ 단점

- 하부 보강빔 설치가 어려움
- 제진대 높이 증가로 제진대 무게 증가 -> 제작, 현장 이동 및 설치가 어려움
- 현장타설시 먼지발생으로 보양작업과 양생중 외부 영향에 대한 보양작업 수반
- 제진대 위치변경시 이동과 재설치가 어려움

④ 적용의 경우

- 동강성이 크게 요구되는 정밀장비용 제진대
- 격자보와 일체형 제진대의 일체형 구조의 동강성보다 더욱 크게 요구시 격자보부터 추가 보강작업이 요망

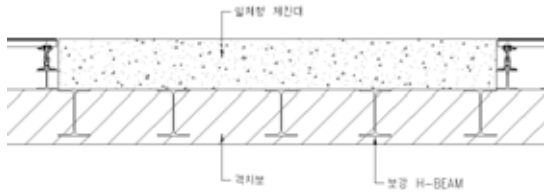


그림 2.3 일체형 제진대 단면 개념도

3. 현장 상황과 진동 측정, 분석 및 평가

3.1 현장 상황 및 진동실태

(1) 현상 상황

정밀장비는 일체형 제진대 상부에 설치되어 있으며, 주변에 진동을 크게 유발시키는 주요 유틸리티는 Clean Room 하부층에 진동펌프 및 배관, Clean Room 상부층에는 Cassette(TFT-LCD Glass 적재함)에서 TFT-LCD Glass를 꺼내어 정밀장비로 삽입하는 Robot이 Access Floor 위 보강판에 설치되어 있다. 정밀장비의 정상가동시 Gantry는 수평방향으로 150mm/s로 운용중이다.

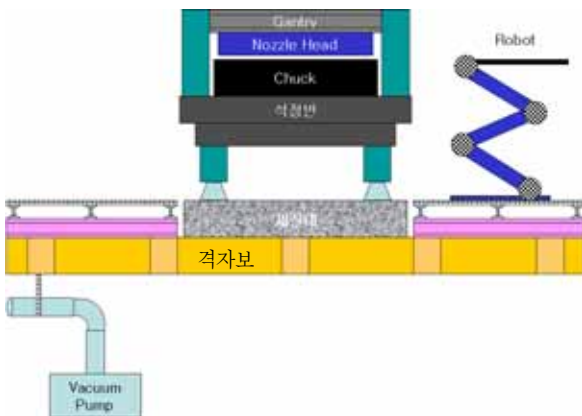


그림 3.1 현장 상황 단면 개념도

(2) 진동실태(진동측정 전)

정밀장비 정상가동시 Nozzle Head에 내장된 비접촉식 센서에서 Z방향으로 높이를 취득한 데이터를 확인한 결과 그림 3.2와 같이 간헐적으로 수초동안 지속되는 수직방향의 진동이 발생하는 것으로 확인되었으며, 이로 인하여 생산 제품에 불량 발생하고 있는 실태이다.

정밀가동의 정상가동중에 Gantry는 수평방향으로 150mm/s로 운용중이며, 이때 TFT-LCD 생산제품에 불량은 간헐적으로 확인한 결과 약 5mm 간격으로 얼룩이 발생한다. 이러한 특성으로 약 30Hz 부근의 진동이 지배적인 특성일 것으로 예상된다.

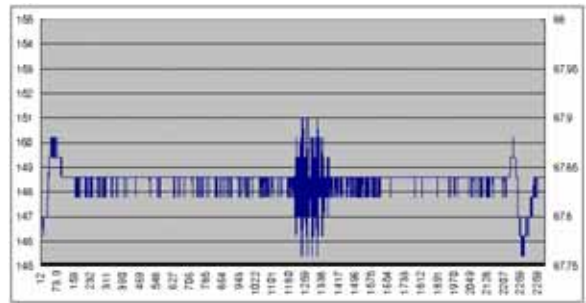


그림 3.2 Nozzle Head의 Z방향 높이측정 데이터

3.2 정밀장비 내 발생하는 과도진동 특성 및 평가

(1) 측정위치, 조건 및 방법

정밀장비에서 발생하는 진동이 내부적인 요인인지 또는 외부적인 요인인지를 확인하기 위해서 Ch 1~4에 가속도 센서를 연결하고, 정밀장비 정상가동시 Nozzle Head, 석정반과 제진대 및 하부 격자보 상단부에서 수직방향(Z)으로 진동을 측정하였으며, 아래 그림 3.3에 측정 위치 개념도를 나타내었다.

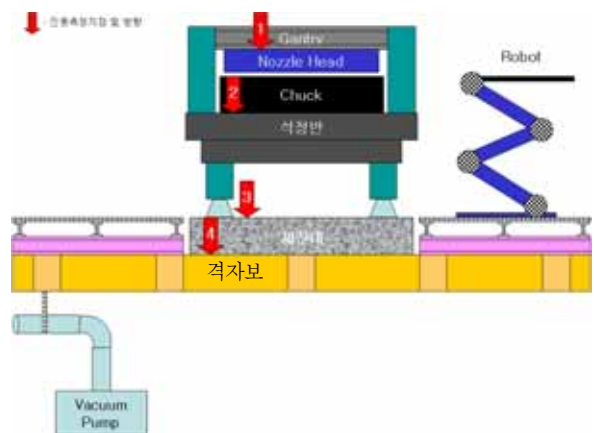


그림 3.3 진동 측정 지점도 I

(2) 분석 및 결과

현장에서 1차로 진동측정/분석 결과를 Nozzle Head와 제진대등 위치별로 정리하고, 종합결과를 정리하면 다음과 같다.

① **Nozzle Head** : 불량을 일으킬 것으로 예상되는 진동이 간헐적으로 발생 하는것을 확인하였으며, 주파수 분석 결과 탁월 주파수는 진동가속도를 기준으로 약 26Hz 성분에서 약 82mm/s²으로 발생하였고, 이보다 간혹 지속시간이 긴 진동이 간헐적으로 발생하는 경우도 있으며, 이것의 탁월 주파수는 진동가속도를 기준으로 83Hz이며, 약 62mm/s²로 확인되었다. (그림 3.5, 3.6 참고)

② **제진대** : 주파수 분석 결과 탁월주파수는 여러 주파수에서 나타났으며, 진동허용규제치는 만족하고 있는 것으로 확인되었다.(표 3.7 참고)

③ **종합결과** : Nozzle Head에서 발생하는 26Hz 성분은 약 82mm/s², 동일한 탁월주파수에서 하부 제진대에서 약 4.8mm/s²로 제진대에서 Nozzle Block으로 전파하면서 약 17배 증폭되고 있는 것으로 나타났다. 이로써, 정밀장비에서 생산제품에 불량을 일으키는 진동원은 정밀장비 외부적인 요인으로 확인되었다.

표 3.1 1차 진동 측정/분석 결과 [가속도 단위 : mm/s²]

외부진동 조건	측정위치	시간기준 최대 가속도	주파수 기준	
			주파수	가속도
없을 경우	Nozzle Head	40	25Hz	8.2
	제진대	30	83Hz	6.4
있을 경우	Nozzle Head	300	26Hz	82
	제진대	60	26Hz	4.8
	Nozzle Head	180	83Hz	62
	제진대	70	83Hz	8.2

*. 주파수 기준 최대값은 Nozzle Head에서 최대값을 기준으로 한 것임.
 **. 표의 값은 수직방향(Z)에 대한 진동값임.
 ***. 외부진동이라는 것은 Nozzle Block에서 확인되는 외부진동이 없는 것을 기준으로 함.

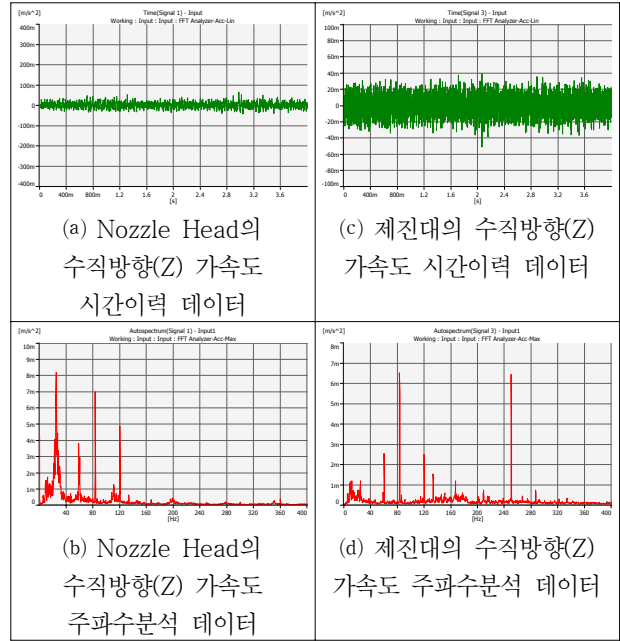


그림 3.4 외부진동이 없을 경우의 Nozzle Head와 제진대의 진동데이터 예

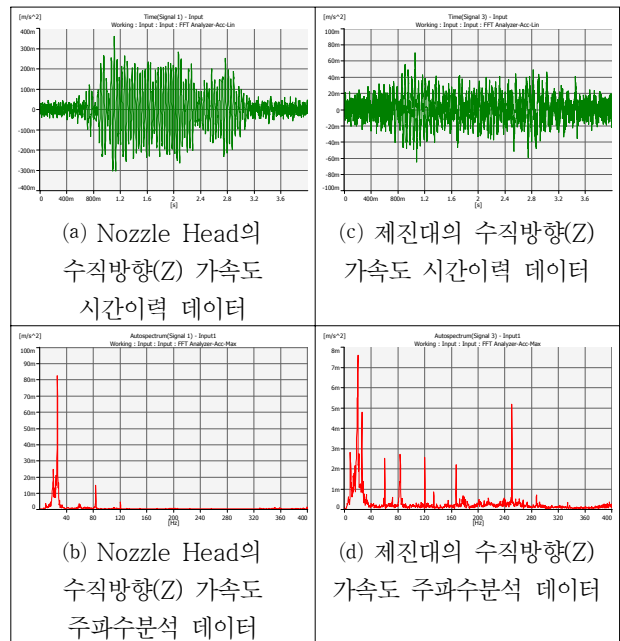


그림 3.5 외부진동(26Hz 성분의 진동)이 있을 경우의 Nozzle Head와 제진대의 진동데이터

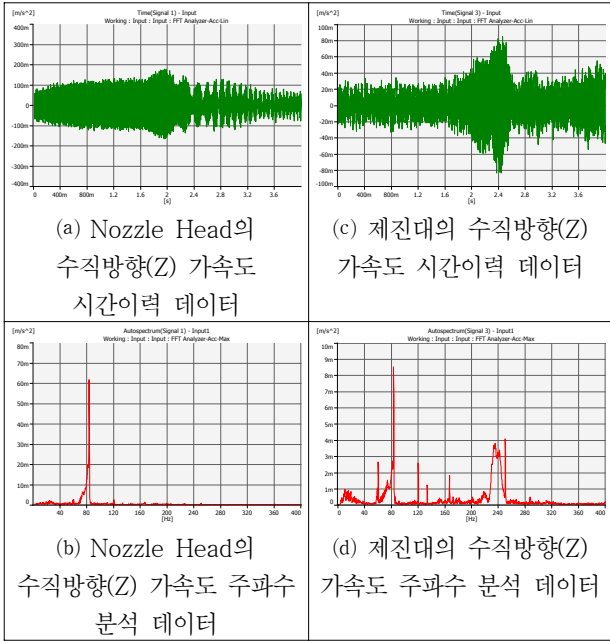


그림 3.6 외부진동(83Hz 성분)이 있을 경우의 Nozzle Head와 제진대의 진동데이터 예

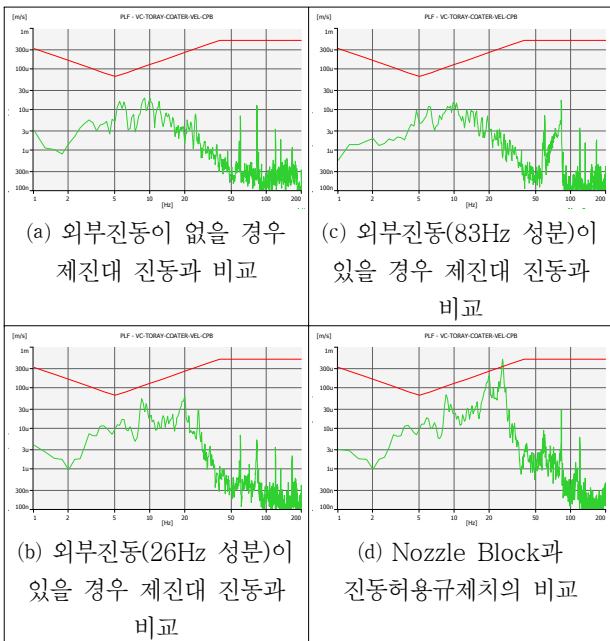


그림 3.7 각 경우(외부진동이 없을경우와 있을 경우)의 진동데이터와 진동허용규제치의 비교

3.3 진동원 파악 및 영향성 확인

진동원으로 예상되는 인접 Robot의 다양한 조건의 가동시와 하부층의 진공펌프가 정상가동시 정밀장비를 정상운용 중에 진동 측정을 수행하였으며, 결과는 다음과 같다.

(1) 측정위치, 조건 및 방법

상부층 인접 Robot의 가동조건은 표 3.2와 같이 3가지로 가동중에, 그리고 하부층 진공펌프는 정상가동조건에서 Ch 1~5에 가속도 센서를 연결하고, Ch 1~4는 Nozzle Head, 석정반과 제진대 및 하부 격자보 상단부, Ch 5는 상부층의 인접 Robot 지지대와 하부층의 진동펌프의 배관에서 수직방향(Z)으로 진동 측정을 수행하였으며, 그림 3.4에 측정 위치 개념도를 나타내었다.

표 3.2 진동측정시 인접 Robot 가동 조건 [Unit : %]

Case	Glass 있을 경우	Glass 없을 경우
Case 1	100	100
Case 2	80	100
Case 3	80	80

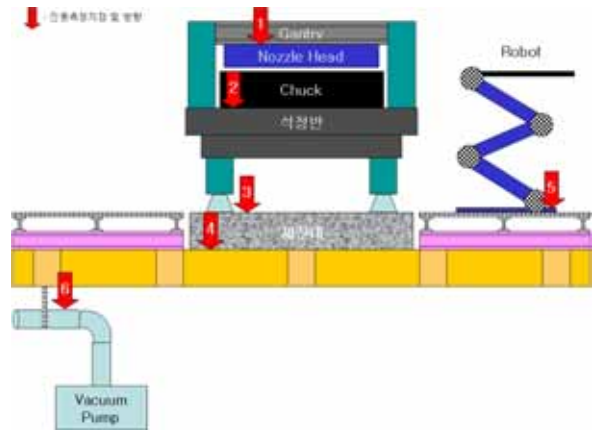


그림 3.4 진동 측정 지점도 II

(2) 분석 및 결과

현장에서 2차로 진동측정/분석 결과를 정리하면 다음과 같다.

- ① Case 1의 경우 : Nozzle Head에서 발생하는 진동의 주파수 분석 결과 진동가속도 기준으로 탁월주파수는 약 26Hz에서 약 133mm/s^2 , 이는 1차 진동측정시 Nozzle Head 진동의 탁월주파수와 동일하다. (그림 3.8 참고)
- ② Case 2의 경우 : Nozzle Head에서 발생하는 진동의 주파수 분석 결과 진동가속도 기준으로 탁월주파수는 약 21Hz에서 약 36mm/s^2 , 이는 1차 진동측정시 Nozzle Head 진동의 탁월주파수와 다르다. (그림 3.9 참고)
- ③ Case 3의 경우 : Nozzle Head에서 발생하는 진동의 주파수 분석 결과 진동가속도 기준으로 탁월주파수는 약 21Hz에서 약 34mm/s^2 , 이는 1차 진동측정시 Nozzle Head 진동의 탁월주파수와 다르다. (그림 3.10 참고)
- ④ Pump 가동의 경우 : 배관에서 발생하는 진동은 약

83Hz 성분이며, 이는 Nozzle Head에서 간혹 지속시간이 긴 진동을 간헐적으로 발생하는 진동의 탁월 주파수인 83Hz와 동일하다.

⑤ **종합결과** : Nozzle Head에서의 진동이 'Case 1'의 경우가 'Case 2'와 'Case 3'의 경우에 비교하여 약 2~4 배 높게 나타나고 있으며, 1차 진동측정시 제품에 불량을 일으키는 주된 진동특성으로 Nozzle Head에서 발생하는 26Hz 성분은 인접 Robot 운용조건이 모두의 경우에 100% 가동조건인 'Case 1'의 경우로 확인되었다.

표 3.3 2차 진동 측정/분석 결과 [가속도 단위 : mm/s²]

외부진동 조건	측정위치	시간기준 최대 가속도	주파수기준 최대값	
			주파수	가속도
Robot 가동시	Case 1	Nozzle Block	400	26Hz / 133
	Case 2	Nozzle Block	200	21Hz / 36
	Case 3	Nozzle Block	120	21Hz / 34
Pump 가동중	Pump 배관	20	83Hz / 250Hz	765

* 주파수 기준 최대값은 Nozzle Block에서 최대값을 기준으로 한 것임.
 ** 표의 값은 수직방향(Z)에 대한 진동값임.

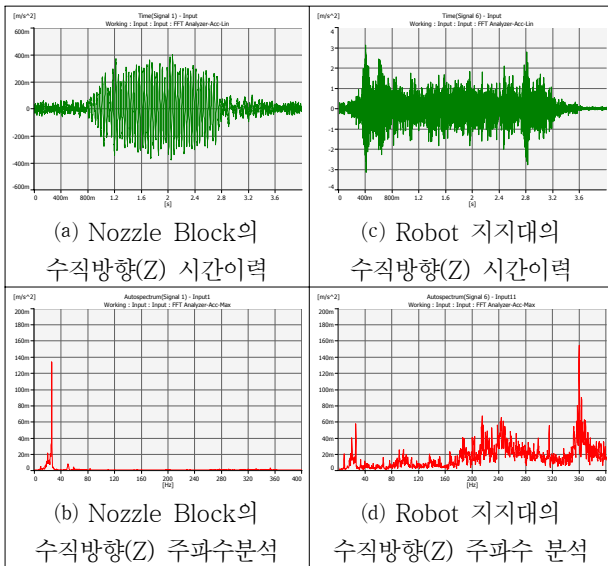


그림 3.8 인접 Robot 운용조건이 'Case 1'의 경우에 각 지점별 수직방향(Z) 진동데이터 예

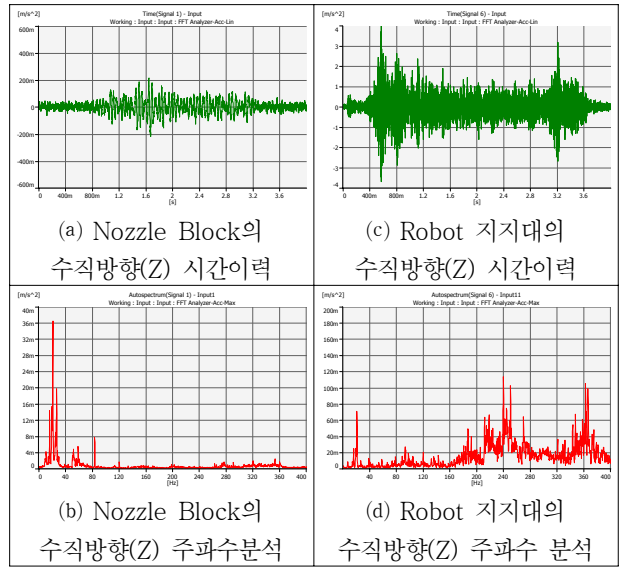


그림 3.9 인접 Robot 운용조건이 'Case 2'의 경우에 각 지점별 수직방향(Z) 진동데이터 예

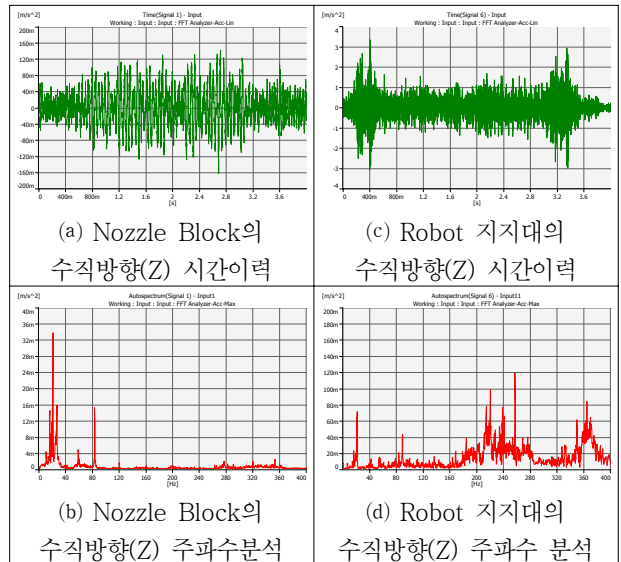


그림 3.10 인접 Robot 운용조건이 'Case 3'의 경우에 각 지점별 수직방향(Z) 진동데이터 예

4. 결론

본 연구는 TFT-LCD 공장 내 간헐적으로 불량을 발생시키는 정밀장비(생산용)에 대하여 저감대책을 위한 기초자료를 확보하고자 현장에서 진동을 측정/분석하고, 제조사에서 제시하는 진동허용규제치와 비교/평가하고, 진동원인을 파악하였으며, 결론을 정리하면 다음과 같다.

- 1차 진동측정시 Nozzle Head에서 제품에 불량을 일으키는 성분인 간헐적으로 발생하는 진동은 탁월주파수가 26Hz 성분으로 확인되었다.
- 1차 진동측정시 제진대는 진동허용규제치를 만족하고 있으며, Nozzle Head의 주요 진동인 26Hz 성분은 제진대에 비교하여 크게 증폭되는 것으로 나타났다.
- Nozzle Head의 여진에 대한 데이터인 그림 4.1 에서 보듯이 Nozzle Head(Gantry)의 진동 증폭현상은 공진 특성에 의한 것으로 사료된다.
- 제조사에서는 이러한 결과로 진동허용규제치에 대하여 재규명이 필요할 것으로 사료된다.
- 1차 진동측정시 Nozzle Head의 주요 진동 성분인 26Hz는 2차 진동 측정/분석 결과 인접 Robot의 가동조건이 100%인 'Case 1'과 동일한 경우로 제품 불량을 발생시키는 진동의 지배적인 것으로 확인되었다.

참 고 문 헌

- (1) Hal Amick, 2005, "SEMICONDUCTOR MANUFACTURING HANDBOOK", McGRAW-HILL, United States of America, pp. 39.1~39.2
- (2) Michael Gendreau, 1999, "Environmental Noise Control for Semiconductor Manufacturing Facilities", Proceedings of Internoise 99
- (3) 백재호 등, 2006, "TFT-LCD 생산공장의 유틸리티 진동으로 인한 공장 구조물과 정밀장비로의 영향성", 춘계 학술대회 논문집, 소음진동공학회, pp. 886~892.
- (4) Colin G. Gordon, 1996, "Vibration prediction and Control in Microelectronics Facilities", Proceedings of Internoise 96, pp. 149~154.
- (5) B&k, Inc, "Pulse Manual", B&k, Inc, Korea

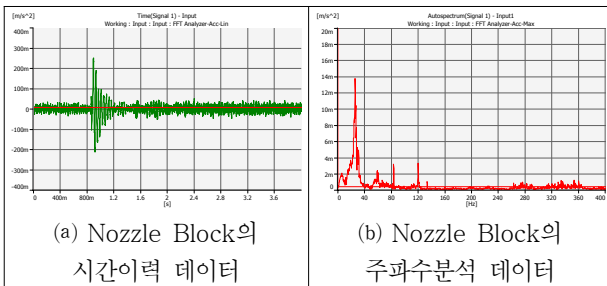


그림 4.1 Nozzle Block 자체 충격진동 후 여진시 수직방향(Z) 진동데이터 예