

# 편심하중을 갖는 정밀 Gantry Stage의 진동제어

## Vibration Control of Precision Equipment with Moving Gantry Stage

이규섭† · 한현희\* · 이홍기\* · 백재호\*

Gyuseop Lee, Hyunhee Han, Hongki Lee and Jaeho Baek

### 1. 서 론

LCD 생산라인에서 사용되고 있는 장비들 중 상당수는 Fig. 1과 같이 bed 상의 Gantry 구조로 구성되어 있다. Gantry에는 생산 혹은 검사에 소요되는 광학기구나 현미경 등이 장착되어 있어 진동에 매우 민감한 구조이며 전체 중량의 10~20%를 차지하여 운용 중 soft mount로 지지되고 있는 장비의 과도진동 발생을 주도하고 있으며 이 진동을 제어하여 settling time을 줄이는 것은 생산성 및 수율과 밀접한 관계가 있다.

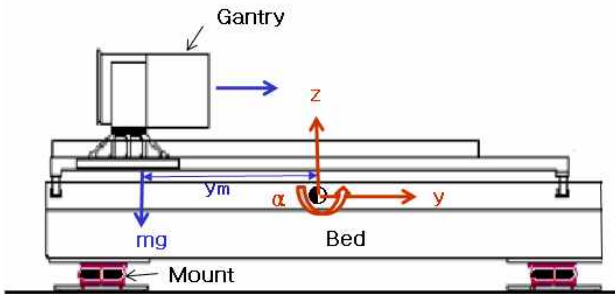


Fig. 1 Gantry stage를 갖는 장비의 구조 형상

과도진동의 제어성능을 높이기 위하여 능동형 혹은 반능동형 제진장치의 사용이 증가하고 있으며 현재 현장에 일부 적용되고 있는 시스템은 공기 스프링의 내압을 제어하는 방식과 MR 댐퍼를 이용한 제어 방식이 있다. 이러한 시스템들은 필요한 제어력을 제공하기 위하여 장비의 동적 거동을 인지하기 위한 센서들이 요구되며 6 자유도 운동을 파악하기 위해서는 6개의 센서가 필요하며 센서 위치와 운동 모드에 대한 별도의 기하학적 수식이 요구된다. 반면에 작동기로 사용되는 mount 부에 직접 센서가 부착되는 경우에는 계산시간 소요는 없으나 4점 지지의 경우 12개의 센서가 소요된다. 본 논문에서는 3축 센서의 출력과 좌표변환식을

이용하는 방법으로 작동기 위치에서의 운동을 예측하는 방법을 제시한다. 이 방법은 Gantry 이동에 따른 무게중심 변동을 계산하기 위하여 Gantry 운동 servo 계의 정보를 가져와야 하는 번거로움과 센서 gain 및 설치위치의 정확도 등이 출력값에 직접 영향을 주는 단점이 있으나 능동형 시스템의 경제적 구성에 도움이 될 것으로 판단된다.

### 2. 본 론

#### 2.1 시스템 및 센서 좌표계

무게중심(CG)에 대한 센서 좌표는 Fig. 2에 제시된 바와 같이  $(x_s, y_s, z_s)$ 이며 i번째 마운트의 좌표는  $(x_{mi}, y_{mi}, z_{mi})$ 이다.

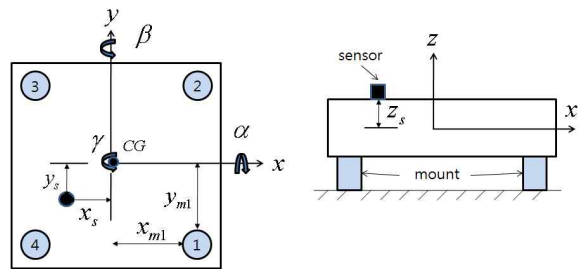


Fig. 2 시스템의 좌표계와 센서 및 방진장치의 설치 위치

3축 센서의 출력을  $\{S_x, S_y, S_z\}$ 라 하면

$$\{S\} = [T_s]\{w\} \tag{1}$$

의 관계식을 얻는다. 여기서  $\{S\} = \{S_x \ S_y \ S_z\}^T$ ,

$$[T_s] = \begin{bmatrix} 1000 & z_s & -y_s \\ 0100 & -z_s & x_s \\ 001y_s & -x_s & 0 \end{bmatrix},$$

$\{w\} = \{x \ y \ z \ \alpha \ \beta \ \gamma\}$  이다.

센서의 응답출력으로 CG의 응답  $\{w\}$ 를 얻는 것은 식

† 이규섭; 알엠에스테크놀로지(주)  
E-mail : rmstech@rmstech.co.kr  
Tel : (041) 556-7601, Fax : (041) 556-7603

\* 알엠에스테크놀로지(주)

(1)의 역변환으로 얻는다.

$$\{w\} = [T_s]^* \{S\} \quad - (2)$$

여기서 pseudo-inverse matrix

$[T_s]^* = [T_s]^T([T_s][T_s]^T)^{-1}$  이다. 마운트 혹은 작동기에서의 3축 운동은 식(2)를 이용하여

$$[V] = [T_v]\{w\} \quad - (3)$$

로 결정된다.

Gantry가 이동함에 따라 무게중심의 위치가 변화하므로 실시간 제어를 위하여 좌표변환을 위한 고속계산이 요구된다.

## 2.2 실험

센서의 위치 오차가 시스템 응답오차에 미치는 영향을 확인하기 위하여 공기스프링과 MR 댐퍼로 방진 지지된 제진대 상에 3 지점의 측정 point를 설정하여 9개의 가속도 센서를 사용하여 시스템 응답을 계산하여 그 결과를 비교하였다. 제진대 형상 및 측정 위치는 Fig. 3과 같다. 측정 위치 #1에 50mm의 위치오차를 준 경우 계산된 회전 응답은 Fig. 4와 같다. 응답은 고무 tip 해머로 모서리부를 타격하여 구하였다.

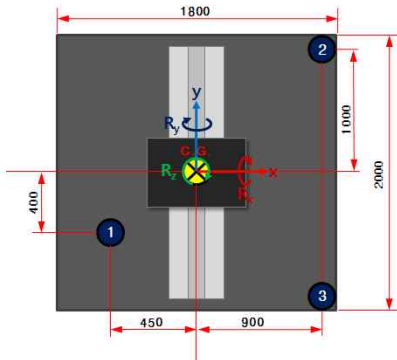
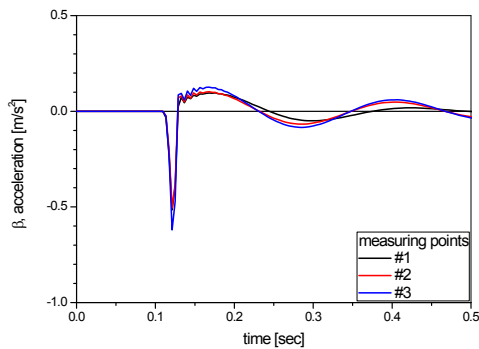
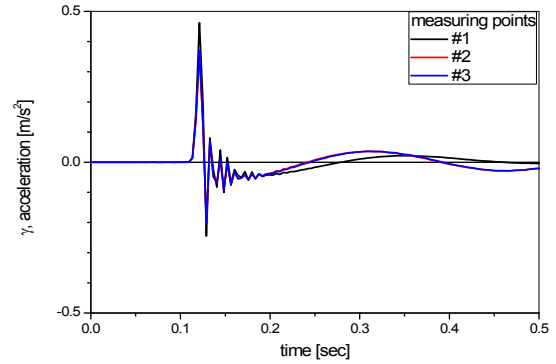


Fig. 3 제진대 상의 센서 위치

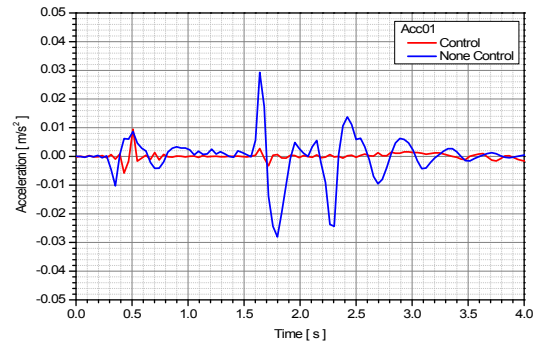


a)  $\beta$  방향 응답



b)  $\gamma$  방향 응답

다음은 정밀스테이지에 장착된 Moving mass를 구동하여 발생한 진동에 대해, Airspring과 MR-Damper를 결합한 Semi active 방식의 Isolator를 이용하여 스테이지의 과도진동에 대한 제어성능 비교 결과이다.



c) MR Damper 제어 효과

## 3. 결 론

진동제어 시스템에 사용되는 센서의 개수를 줄이기 위하여 pseudo-inverse를 이용한 계산방법으로 응답 변환을 위한 측정시험과 반능동제어 방법에 의한 제어 실험을 수행한 결과 센서 감도, 위치 및 Gantry 이동에 따른 시스템 변화 등에 따른 오차 등, 정밀제어 적용을 위해서는 개선의 여지가 많으나 만족스런 결과를 얻었다.

## 후 기

이 논문은 지경부 지원의 중장기기술개발과제로 수행되었으며 관련된 분들에 감사드립니다.