

가진 실험을 바탕으로 한 4축 스테이지 모델링

Equivalent modeling of an alignment stage based on vibration test

이정석† · 김규학* · 임홍재** · 원종진*** · 정재일***

Jung Suk Lee · Kyu Hak Kim · Hong Jae Yim · Jong Jin Won · Jay I. Jeong

1. 서 론

UV 나노 임프린트 리소그래피 공정에서 스테이지의 정렬 과정과 레진의 경화과정 중 몰드와 기판 사이에서 힘이 발생하여 스테이지의 변위가 발생하는 것이 확인되었다. 이러한 변위는 스테이지의 정밀한 위치 제어를 저해하기 때문에 변위를 발생시키는 힘에 대한 연구가 필요하며, 따라서 정확한 스테이지의 모델이 필요하다.

이전의 연구에서는 3축 스테이지를 바탕으로 연구를 진행하였으나 본 연구에서는 4축 스테이지를 바탕으로 연구를 진행하려 한다. 2장에서 레이저 바이브로미터를 이용하여 4축 스테이지의 가진 실험을 진행한다. 3장에서는 가진 실험의 데이터를 바탕으로 MSC ADAMS를 이용하여 스테이지의 등가 강성 모델을 만들고, 4장에서 실험값과 해석값을 비교하여 가상 모델의 신뢰성을 검증하려 한다.

2. 스테이지 가진실험

2.1 실험 환경

가진 실험은 측정을 하려는 대상에 일정 영역의 가진을 가하고 그 가진에 따른 진동 특성을 측정하는 것이다. 본 실험에서는 상판의 X,Y,Z의 각축 변위 측정을 목적으로 실험이 진행되기 때문에 X,Y,Z 축으로 가진을 가하고 레이저 바이브로미터를 가진축과 일치하게 설치하였다. 스테이지의 가진 실험은 4축 스테이지의 상판을 대상으로 실시하였고, Fig.1은 4축 스테이지의 진동 실험 모습이다. Z축으로는 44점의 위치를 측정하였고, X, Y축은 27점의 위치를 측정하였고, 10번을 측정하여 평균을 내었다. 이때의 가진 주파수 대역폭은 0~2000hz이다.



Fig.1 Vibration test about a 4-axis stage

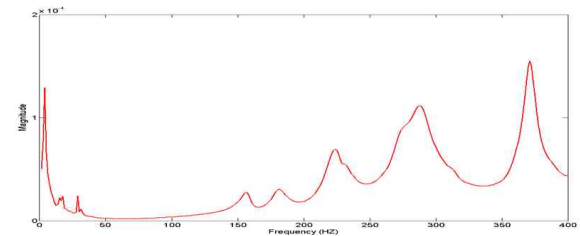


Fig.2 Frequency response of Z-axis vibration test

2.2 실험 결과

Fig.2는 0~400Hz까지의 4축 스테이지의 Z축 주파수 응답 실험 결과를 나타낸 것이다. 3.8Hz, 156Hz, 181Hz등에서 응답이 크게 나타나며, 약 300Hz까지 강체 모드를 유지한다. 300Hz 이후부터 유연체 모드를 보이기 시작하지만, 이번 연구는 각 조인트의 강성을 알아내는 것이 목적이므로, 실제 환경에서 그 이상의 가진을 가할 가진 원인이 없기 때문에 유연체 모드를 제외한 강체 모드만을 고려하려 한다.

3. 등가 스테이지 모델링

스테이지 모델링은 도면을 바탕으로 CATIA를 이용하여 모델링 하였고, MSC ADAMS를 이용하여 실제 움직임을 구현할 수 있도록 모델링 하였다. 스테이지를 이루고 있는 모터 및 각 조인트들은 각각의 강성을 가지고 있지만, 그 각각의

† 교신저자; 국민대 자동차공학전문대학원
E-mail : lotedg@gmail.com
Tel: (02) 914-8812

* 국민대 자동차공학전문대학원
** 국민대 자동차공학과
*** 국민대 기계시스템공학부

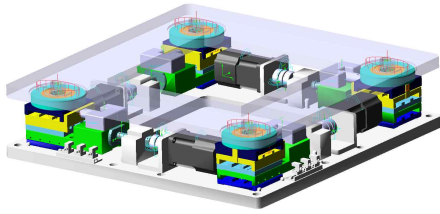


Fig.3 4-axis stage model

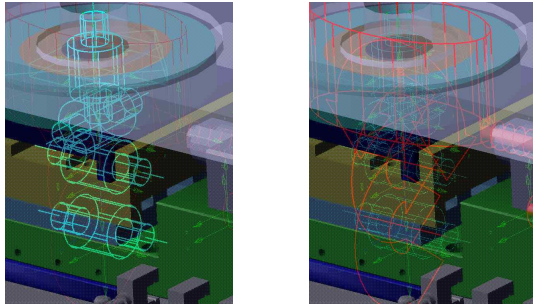


Fig.4 composition of joint

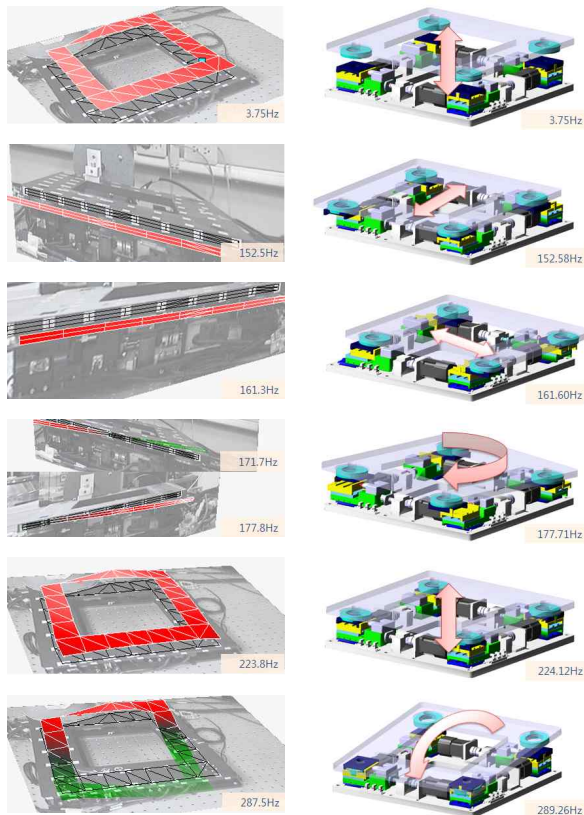


Fig.5 Comparison between test and simulation

Table.1 Comparison between test and simulation

test (Hz)	simulation (Hz)	error (%)
3.75	3.75	0.00
152.5	152.58	0.05
161.3	161.60	0.19
177.8	177.71	0.05
223.8	224.12	0.14
287.5	289.26	0.61

강성값을 확인할 수 없으므로 실험값을 바탕으로 등가 강성 모델을 작성하였다.

Fig.3은 동역학 해석용 모델로 만든 4축 스테이지의 모습이다. Fig.4는 조인트들과 등가 스프링을 나타낸 것이다. 가이드는 실린더리컬 조인트와 토션 스프링을 이용하여 구성하였고, 베어링은 실린더리컬 조인트, 평면 조인트 및 부싱을 이용하여 구성하였다. 트랜슬레이터에 들어있는 스크류 조인트는 실린더리컬 조인트와 스프링을 이용하여 구성하였다. 각각의 부품들은 강체로 설정하였다.

4. 모델링 검증

4축 스테이지 모델링의 검증을 위해서 레이저 바이브로 미터를 통한 실험값과 비교를 해보았다. 실험값과 해석값의 비교로는 강제 모드의 6가지 모드를 선정하였다.

Fig.5와 Table.1은 실험값과 해석값을 비교한 것을 나타낸 것으로 약 1% 정도의 오차가 발생하는 것을 확인할 수 있다. 또한, 이렇게 구해진 등가 강성값들은 이전 연구에서 3축 스테이지에 적용된 등가 강성값들과 비슷한 것을 확인할 수 있었다. 전체적으로 오차가 발생하지만 그 범위가 매우 작고 형상 또한 흡사한 형태를 보여주기 때문에 등가모델의 신뢰성을 확인할 수 있었다.

5. 결 론

본 연구에서는 4축 스테이지의 진동 실험과 그 결과를 바탕으로 등가 스테이지 모델을 만들었다. 4축 스테이지에 3방향으로 가진을 가하고 모드 형상을 측정하였다. 실험값을 바탕으로 등가 강성 모델을 만들었으며, 실험값과 해석값의 결과 비교를 통하여 가상 모델의 신뢰성을 검증하였다.

앞으로 스테이지의 유격과 과구속으로 인한 끼임현상이 스테이지에 미치는 영향들을 연구할 계획이다.

후 기

본 논문은 서울시 산학연 협력사업의 지원으로 작성되었음(과제번호 10583)