다축 진동 시뮬레이터에 적용되는 상부 테이블의 동강성 연구

A Study of Dynamic Stiffness for Moving Platform applied to Multi-axis Vibration Simulator

*정종규[1], 김경훈[1], 원종진[2],#정재일[2]
*J.K.Jeong[1], K.H.Kim[1],C.J.Won[2], #J.I.Jeong(jayjeong@kookmin.ac.kr)[2]
[1]국민대학교 기계설계학과, [2]국민대학교 기계시스템공학부

Key words : Modal analysis, Multi-axis Vibration Simulator, Dynamic Stiffness

1. 연구 배경 및 목적

최근 들어 첨단 장비로써 진동 시뮬레이터에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있으며, 이에 따라 차량의 6자유도 운동 성분에 대한 진동 특성 모사가 가능한 다축 진동 시뮬레이터 연구가 이루어 지고 있다.

본 연구에서는 진동 시뮬레이터에 이용되는 상부 테이블의 동강성 연구를 다루고자 한다. 상부 테이블의 시뮬레이션 결과를 통해 기하학적 형상을 최적 설계하였으며 실험적으로 동특성을 비교 분석하였다. 본 연구에서 제시된 다축 진동 시뮬레이터의 상부테이블이 적합한 동특성을 가지고 있는지 실험과 시뮬레이션을 통해 밝히는 것을 목적으로 한다.

2. 상부 테이블 최적 설계

다축 진동 시뮬레이터에 적용되는 상부테이블의 동강성은 진동 시뮬레이터 부품 설계에 있어서 반드시 고려되어야 한다. 지속적인 진동으로 인하여 부품의 내구성과도 연관이 있기 때문이다. 이전 연구에서 설계되었던 상부 테이블의 7차 모드 주파수가 가진기의 출력 주파수 범위 내에서의 진동 모드로 예측되었다. 현재 시뮬레이터의 출력 대역폭은 300Hz 미만이기에 상부 테이블의 고유 진동수는 공진을 피해 300Hz 이상의 고유진동수를 가지는 모델로 Fig. 1과 같이 최적 설계되었다. 즉, 가진기의 출력 주파수의 공진을 피해 상부 테이블은 최적 설계되었다. 상부테이블의 재료물성치는 Al6063을 사용하였으며, 무게는 113.43kg이고 크기는 1.3795×1.2×0.22(m)이다. Fig. 2은 이전 모델에 비해 강성을 높이고 무게를 감소시키고자한 기하학적 형상에 대한 최종 모델이다.

3. 상부 테이블 동강성 실험

상부 테이블의 동강성 실험을 위해 3축 가속도 센서와 임팩트 해머를 이용하여 실험을 진행하였다. 상부 테이블의 변위가 가장 클 것으로 예측되는 모서리 부분에 가속도 센서를 위치하였다. 임팩트 해머를 이용하여 상부 테이블의 고유 진동수를 Fig. 3과 같이 FRF그래프로 확인할 수 있었다. 상부 테이블의 모드 형상에 대한 주파수 영역이 300Hz 이후부터 발생됨을 확인하였다. 또한 300Hz미만에서 발생되는 Peak값은 가진기의 하부의 자유도로 인하여 발생되었으며 실제 강체 운동 모드의 주파수로 간주되지 않는다.

Fig. 1 Designing of muti-axis vibration simulator

Fig. 2 Optimal design of Moving Platform

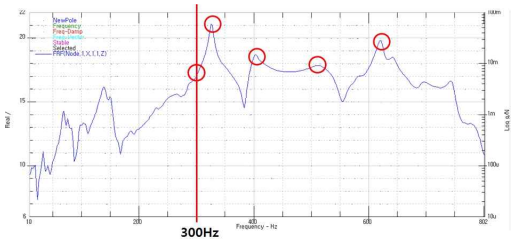

Fig. 3 FRF plot of Dynamic Stiffness Experiment

Table 1 Comparison data

	Experiment	Simulation
7th Modeshape	298.874Hz	307.77Hz
8th Modeshape	326.336Hz	316.19Hz
9th Modeshape	326.429Hz	316.39Hz
10th Modeshape	400.709Hz	414.26Hz
11th Modeshape	528.362Hz	530.64Hz
12th Modeshape	535.173Hz	531.88Hz

Table 2 Rigidbody Frequency data

Rigidbody Mode	Simulation	Rigidbody Mode	Simulation
1st Frequency	28.894Hz	4th Frequency	47.501Hz
2nd Frequency	36.65Hz	5th Frequency	48.047Hz
3rd Frequency	36.751Hz	6th Frequency	51.866Hz

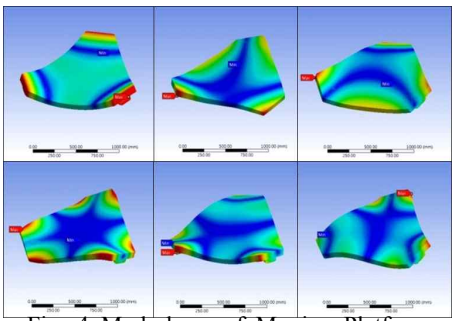

Fig. 4 Modeshape of Moving Platform

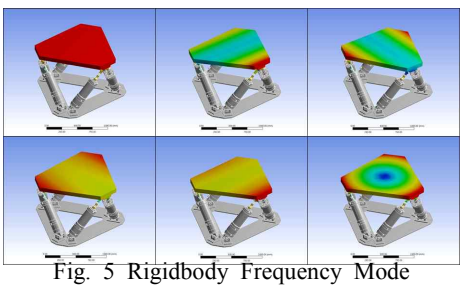

Fig. 5 Rigidbody Frequency Mode

4. 상부 테이블 동강성 해석

상부 테이블의 실험을 통한 모드 형상 주파수를 시뮬레이션 결과와 비교하였으며, 그에 따라 설계 변경된 최적 설계 모델에 대해 적합성을 검증하고자 한다. FEM 상용 소프트웨어를 이용하여 상부테이블의 모달 해석을 실시해본 결과 7차 모드 주파수가 307.77Hz로 가진기 대역폭과 공진을 피해 설계됨으로 예측하였다. 상부 테이블의 모드 형상의 결과를 비교하면 동강성 실험과 해석이 일치함을 확인할 수 있다. 또한 모드 형상 주파수에 대한 오차는 약 5%내외인 것을 알 수 있다.

판스프링에 의한 상부 테이블의 1~6차 모드 형상 주파수에 대한 해석 결과도 Fig 5를 통해 확인할 수 있다. 상부테이블과 가진기 연결에 판스프링 조인트가 적용되어 있으며 모드 형상의 주파수는 28~51Hz 영역으로 예측되었다. 상부 테이블의 모드 형상 주파수와 판스프링에 의한 강체 운동 모드 주파수 범위가 서로 다른 영역에서 발생됨을 예측할 수 있다.

5. 연구 결론 및 토의

본 연구에서는 상부 테이블의 동강성에 관해 최적 설계 모델을 이용하여 모드 형상 주파수에 관하여 실험 및 해석을 하였다. Table 1과 같이 모드 형상 주파수와 진동 모드 형상도 유사함을 실험적으로 확인할 수 있었다. 향후 계획으로는 판스프링이 적용된 상부테이블을 포함하여 전체 시스템의 진동 특성에 관한 연구가 진행되어야 할 것이다.

후기

본 연구는 지식경제부 “다축 진동시스템 평가 장비 개발” 과제 연구비를 지원 받아 수행 되었습니다.

참고문헌

1. 김도형, 정종규, 원종진, 정재일, “하부가 고정된 다축 진동 시스템 거동 특성에 대한 동역학적 연구”, 추계정밀공학회, pp. 849-850, 2011.
2. 김도형, 신윤식, 원종진, 정재일, “판스프링 조인트를 적용한 다축 진동시스템 동역학적 연구”, 춘계정밀공학회, pp. 993-994, 2012