

유연 다물체 시스템의 Slewing 실험

A Slewing Experiment of Flexible Multibody System

최민섭* · 곽문규† · 양동호*

Min-Seop Choi, Moon K. Kwak and Dong-Ho Yang

1. 서론

회전구조물에 능동진동제어 문제가 본격적으로 논의되기 시작한 것은 인공위성과 우주왕복선의 개발과 더불어 우주 개발이 이루어지던 1970년대부터 라고 볼 수 있다. 특히, 우주 공간상에서 인공위성의 위치를 바꾸어야 하는 경우에 인공위성 허브에 부착된 경량 구조물에 진동이 발생할 수밖에 없다. 이와 같은 우주구조물의 자세 제어에는 각도를 제어하는 위치제어와 이동 중과 이동 후에 발생하는 진동의 제어를 포함하고 있다. 경량 우주구조물은 구조물 특성상 진동에 취약할 수밖에 없다. 따라서 경량 구조물에 대한 능동진동제어 방법에 대한 연구가 수행되어 왔다. 대표적인 능동진동제어방법중 하나가 압전감지기와 압전작동기를 이용하는 것이다.

우주구조물과 같은 구조물이 우주 공간상에서 회전(slewing)하는 경우에 발생하는 동적 응답을 연구하기 위해 많은 연구자들이 보의 회전에 대한 동적 모델을 연구해 왔다. 그리고 비교적 간단한 한 개의 링크 구조에 대해서는 실험 장치가 많이 소개되었다. 그러나 유연 다물체 구조물 중 유연한 두 개의 링크 구조에 대해서는 실험 결과도 없으며, 이론과 비교된 경우도 없다. 그 이유는 유연 다물체 구조물에 대한 실험이 지상에서 용이하지 않기 때문이다. 본 연구에서는 그동안의 경험을 바탕으로 다물체 시스템을 구현할 수 있는 실험 장치를 설계하고 제작하였다. 실험에 가장 큰 비중을 차지하는 것이 조종을 위한 구동부인데 본 연구에서는 먼저 DC모터, BLDC모터를 이용한 구동을 실험해 보았다. 그러나

DC모터 또는 BLDC모터를 이용할 경우 우리가 원하는 형태의 조종 제어를 얻기 힘들었다. 최종적으로 AC서보모터와 기어박스를 이용한 조종 실험 장치를 구성하고 실험을 수행하였다.

2. 유연 다물체 시스템의 동적 모델링

이전 연구에서 우주 공간상의 유연 관절 로봇 시스템에 대한 운동방정식을 부분구조물 합성법을 이용해 유도하였다. 그리고 주구조물과 부구조물로 이루어진 유연 다물체 시스템에 대한 동적 모델을 Euler parameter, 준좌표계와 섭동법, 부분구조물 합성법을 이용해 유도하였다. 또한, 두 구조물의 피벗 조인트에 한 축을 기준으로 회전이 가능한 레볼루트 조인트를 고려하여 기하학적인 적합조건을 적용해 단일 운동방정식으로 합성하는 방법을 제안하였다. 이와 같이 유도된 방정식은 조종 운동을 묘사하는 0차의 운동방정식과 조종으로 인해 발생하는 미소 진동을 묘사하는 1차의 운동방정식으로 이루어진다. 이전 연구에서 고려한 수치모델은 Fig. 1과 같다.

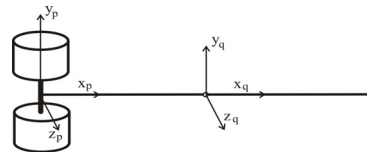


Fig. 1 Flexible Spacecraft with Elastic Appendage

Fig. 1에 보이는 인공위성 구조물은 허브와, 두 개의 보 p와 q로 이루어져 있다. 이와 같은 모델에 대해 우주 공간상에서 허브에는 모멘트를 적용하고, 보 q는 p에 대해 회전 운동을 한다고 가정하고 수치해석을 수행하였다. 또한 각 보에는 속도피드백 제어기가 작용한다고 가정하였다. Figures 2와 3은 진동 제어를 하지 않은 경우와 진동 제어를 적용하

† 교신저자; 정회원, 동국대학교 기계로봇에너지공학과

E-mail : kwakm@dongguk.edu

Tel : (02)2260-3705, Fax : (02)2263-9379

* 정회원, 동국대학교 대학원

는 경우의 병진 및 회전운동, 그리고 탄성운동의 수치계산 결과를 보여주고 있다. 그림으로부터 능동진동을 고려하여야만 조종 운동이 원활하게 이루어질 수 있음을 알 수 있다.

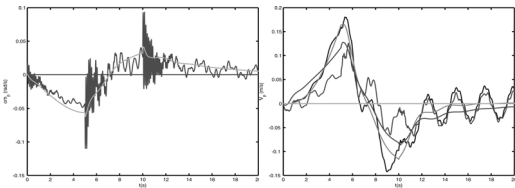


Fig. 2 Translational and Angular Velocities of Substructure p(Uncontrolled and Controlled)

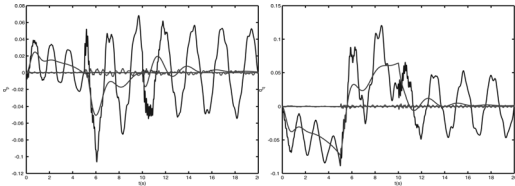


Fig. 3 Generalized Displacements of Substructure p and q(Uncontrolled and Controlled)

3. 유연 다물체 Slewing 실험

본 연구를 위하여 몇 차례의 시행착오를 거쳐 Fig. 4에서 보이는 바와 같은 Two-Link 유연 매니플레이터를 제작하였다. 주 링크는 복합재 보로 이루어져 있으며 이 보의 끝단에 그림에 보이는 것과 같은 알루미늄 보가 부착되어 있다.

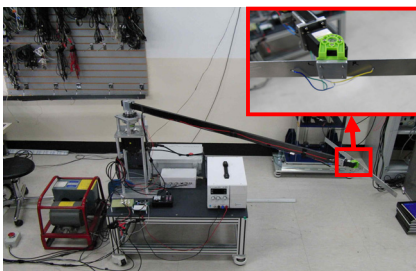


Fig. 4 Experimental setup for slewing

먼저 주 유연보를 회전하기 AC서보모터와 하모닉기어를 사용하였다. 그리고 복합재 보와 알루미늄 보 사이의 각도 제어를 위해서는 RC서보모터를 사용하였다. 모터의 각도는 인코더를 이용하여 계측하였으며 복합재 보의 진동은 압전감지와 가속도계를 이용하여 계측하였다. 알루미늄보의 진동은 압전

감지기를 이용하여 계측하였다.

Fig. 5는 약 2초에 AC서보모터를 구동해 복합재 보를 90° 각도로 회전시킴을 보여준다. 이와 동시에 RC서보모터를 구동해 알루미늄 보를 0.5초간 80° 회전시켰다. Figures 6과 7은 이와 같은 조종운동 과정에서 발생하는 진동을 보여준다. 이론에서 예측한 결과와 어느 정도 유사하지만 이론 결과와의 부합성에 대해서는 현재 연구가 진행 중이다.

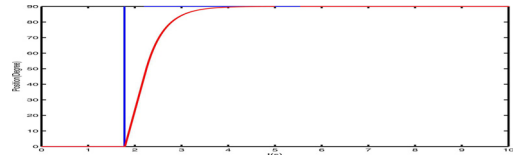


Fig. 5 Rotational Angle of Composite Beam

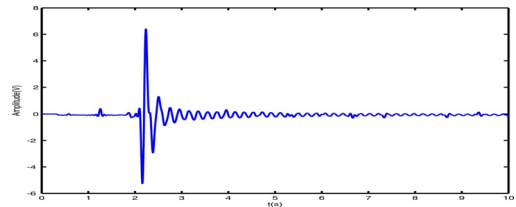


Fig. 6 PZT Sensor Output of Composite Beam

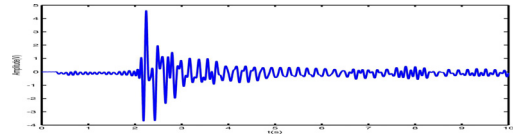


Fig. 7 PZT Sensor Output of Aluminum Beam

4. 결 론

본 논문은 유연 다물체 구조물의 동적 모델 및 제어 시스템 프로그램에 대한 타당성 검증을 위한 실험 장치 구성 및 시험 결과를 포함하고 있다. 실험 결과는 이론 결과에서 보이는 바와 같이 조종을 통해 진동이 유발됨을 보여준다. 그러나 실험실 환경이 이론에서 고려한 환경을 정확하게 표현하지 못하기 때문에 차이점이 보인다. 보다 정확한 이론 모델의 개발을 위해 추가 실험이 진행 중에 있다.

후 기

본 연구는 한국 연구재단의 “유연 다물체 지능 구조물의 동적모델링 및 능동진동 제어” 과제 지원으로 수행되었습니다.