

저궤도 지구관측위성의 광학탑재체 지지구조물 동환경시험 결과분석

Dynamic Test Results Assessment on the Optical Bench of LEO Satellite

김경원† · 김진희* · 이주훈* · 김선원* · 진익민* · 박중성**

Kyung-Won Kim, Jin-Hee Kim, Juhun Rhee, Sun-Won Kim, Ik-Min Jin and Jong-Sung Park

Key Words : Optical Bench(광학탑재체 지지구조물), Dynamic Test(동시험), Sine Vibration Test(정현파 가진 시험) Sine Burst Test(정적 강도 시험), Launch Environmental Conditions(발사환경조건)

ABSTRACT

This paper is an assessment on the dynamic test results of optical bench for LEO satellite. According to the design requirements, optical bench was designed and manufactured. Dynamic test was performed to verify stability of optical bench. Low level random vibration test, sine burst test and sine vibration test are carried out to identify dynamic characteristics and to verify static strength and safety under quasi-static load conditions. From the result it can be stated that the optical bench is well qualified under the launch environmental conditions.

1. 서 론

저궤도 관측위성의 주요 임무는 궤도상에서 지상을 관측하는 일이다. 따라서 관측위성의 설계시 관측성능을 저해시키는 요소들을 최소화하고, 성능을 극대화시키는 것이 가장 큰 관건이 된다. 관측성능에 영향을 미치는 요소는 여러 가지가 있는데, 그 중 자세제어 센서들에 의해서 추정되는 위성의 위치와 실제 탑재체가 지향하는 지구표면상의 위치간의 차이로 발생하는 지향오차가 있다. 높은 고도에서의 탑재체의 미세한 지향오차는 지구표면상의 관측위치 오차를 수 m에서 수 km에 이르게까지 발생시키게 되므로, 이는 고정밀 지구관측위성의 관측 성능에 큰 영향을 미치게 된다. 지향오차를 발생시키는 원인으로는 탑재체의 조립/장착 오차, 센서류 자체의 에러 그리고, 궤도상에서의 열하중을 꼽을 수 있다. 이 중에서 열하중에 의한 열지향오차는 궤도나 계절 등에 따라 변화의 정도가 심하여 지향오차를 유발시키는 가장 큰 원인으로 생각할 수 있다. 이러한 열지향오차를 최소화하기 위해 여러 방안이 강구되고 있는데, 주로 탑재체에 직접 자세제어 센서들을 장착하거나 광학탑재체 지지구조물을 만들어 그 곳에 탑재체와 자세제어 센서들을 장착하는 방법이 이용되고 있다. 본 논문에서는 후자의 방법인

광학탑재체 지지구조물을 이용하여 열지향오차를 최소화하고자 한다. 이전 논문에서는 여러 해석을 통해서 설계요구조건을 만족하는 광학탑재체 지지구조물의 개념설계를 수행한 바 있다[1][2]. 본 논문에서는 이를 바탕으로 상세설계수행 및 제작 그리고 동환경시험을 수행하였다. 동환경시험을 통하여 구조물의 동특성 파악, 정적 강도 검증, 준정적하중하의 안정성 검증을 수행하였다. 시험결과 광학탑재체 지지구조물의 강도 및 준정적하중하에서의 안정성이 검증되었다는 것을 알 수 있었다.

2. 광학탑재체 지지구조물 설계

광학탑재체 지지구조물은 플랫폼 구조물, 플랫폼 지지부, 탑재체로 구성되어 있다. 최종 조립된 광학탑재체 지지구조물은 Fig. 1과 같다.

2.1 플랫폼 구조물

플랫폼 구조물은 Fig. 2와 같으며, 알루미늄 허니콤 심재와 복합재 면재로 이루어진 샌드위치 구조물로 이루어져 있다. 플랫폼의 상단과 하단에는 플랫폼의 강성을 증가시키기 위해서 Fig. 3과 Fig. 4와 같은 복합재료 보강재가 장착되었다.

2.2 플랫폼 지지부

플랫폼 지지부의 경우 Fig. 5와 같고, 타이타늄과 알루미늄으로 제작되어 있다.

† 한국항공우주연구원 위성본체그룹
E-mail : kwkim74@kari.re.kr
Tel : (042) 860-2086, Fax : (042) 860-2603

* 한국항공우주연구원 위성본체그룹

** 대한항공 항공기술연구원

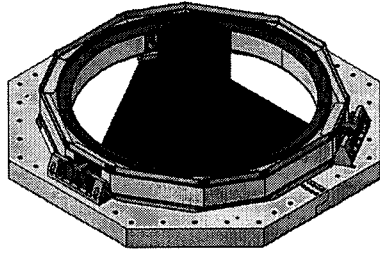


Fig. 1 Optical bench assembly

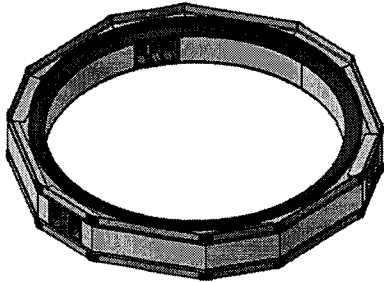


Fig. 2 Platform Assembly



Fig. 3 Ring-shape stiffener

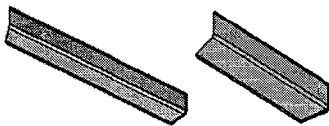


Fig. 4 L-shape stiffener

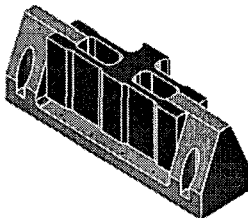


Fig. 5 Platform support assembly

2.3 탑재체

카메라의 경우 카메라의 무게, 무게중심, 관성모멘트를 동일하게 구현해주는 모사 카메라로 대체하였다.

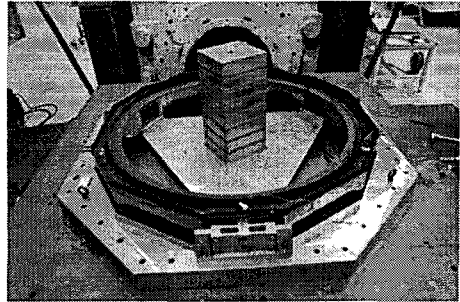


Fig. 6 Optical bench test configuration

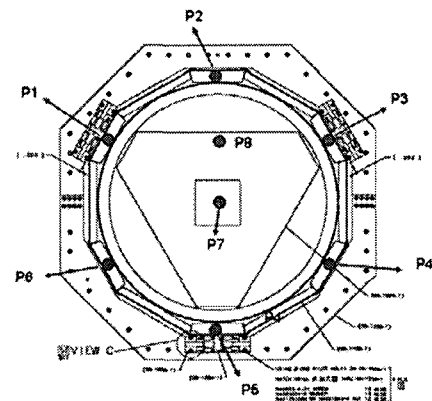


Fig. 7 Sensor position for test

3. 광학탑재체 지지구조물 시험

시험은 랜덤시험, 정적 강도 시험, 정현파 가진시험을 수행하였다. 시험을 위한 시험 형상은 Fig. 6과 같고, Fig. 7과 같이 총 8개의 가속도계를 설치하였다.

3.1 랜덤 가진 시험(Random vibration test)

광학탑재체 지지구조물의 동특성을 파악하기 위하여 저수

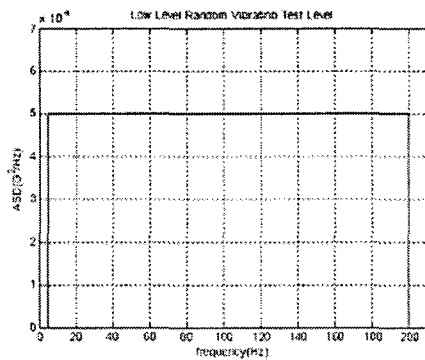


Fig. 8 Low level random vibration test level

준 랜덤 가진 시험을 실시하였다. 가진 레벨은 Fig. 8과 같다. 랜덤 가진 시험 결과와 해석 결과는 Table 1과 같으며 전체적으로 매우 유사함을 알 수 있었다[3].

3.2 정적 강도 시험(Sine burst test)

주구조물의 강도를 검증하기 위하여 정적 강도 시험을 수행하였다. 각 축당 최소 6사이클로 가진을 하였고, X, Y축의 횡방향으로 3.5g, Z축의 종방향으로 10g를 가진하였다. 이 때 가진 주파수는 가진기의 성능을 고려하여 횡방향으로 7Hz, 종방향으로 11Hz를 이용하였다. 가진시 안정성을 기하기 위해서 전체 레벨의 1/4, 1/2, 1/1 로 가진을 하였다. 전체 레벨의 가진 선도는 Fig. 9, Fig. 10과 같다. 시험에 따른 강도변화를 알아보기 위하여 본 시험을 시작하기 전과 후에 저수준 랜덤 가진 시험을 실시하여 두 결과를 비교하

Table 1. Analysis vs test results

Mode	Frequency(Hz)	
	Analysis	Test
1	80.2	79.5
2	116.4	105.5
3	135.6	123.0

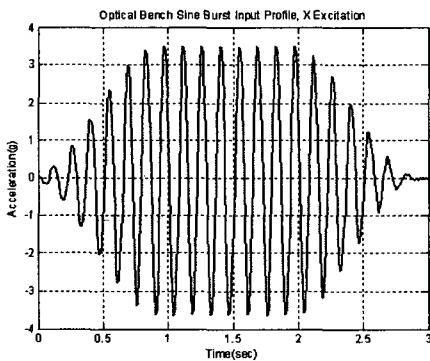


Fig. 9 Sine burst input profile (lateral)

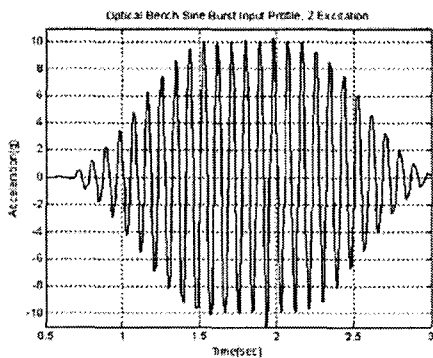


Fig. 10 Sine burst input profile (axial)

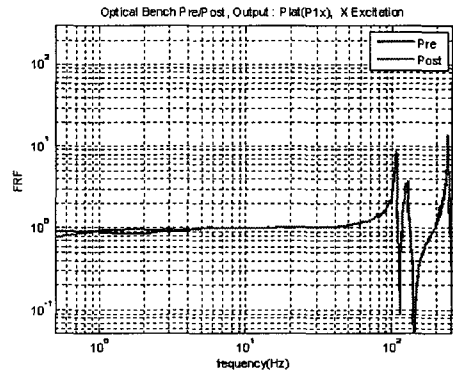


Fig. 11 Pre/post random test result (P1_x)

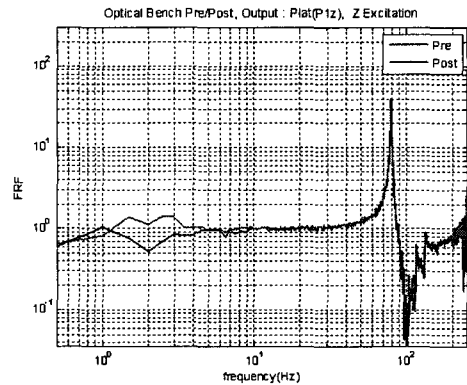


Fig. 12 Pre/post random test result (P1_z)

였다. 모든 위치에서의 응답값을 서로 비교한 결과 이상이 없음을 알 수 있었다. Fig. 11, Fig 12는 각각 P1 위치 (Fig. 7참조) 에서의 X방향 가진시 X방향 응답과 Z방향 가진시 Z방향 응답을 나타낸다.

3.3 정현파 가진 시험(Sine vibration test)

준정적하중하에서의 구조물을 안정성을 검증하기 위하여 정현파 가진 시험을 시행하였다. 정현파 가진 시험의 가진력은 X, Y축의 횡방향으로 1.2g, Z축의 종방향으로 1.6g를 이용하였다. 하지만 이 가진력으로 그대로 가진을 할 경우, 공진에 의해서 구조물이 손상될 가능성이 매우 높게 된다. 이를 방지하기 위해서 모든 부위에서의 가속도 응답이 X, Y축의 횡방향으로 7g, Z축의 종방향으로 15g를 넘지 않도록 입력선도에 노칭을 적용하였다[4]. 시험시 이의 노칭 선도는 Fig. 13과 같다. 또한 모든 가속도계의 응답을 제한채널로 설정하여 횡방향으로 7g, 종방향으로 15g를 넘을시에는 시험을 중지하도록 시험 장치를 구성하였다. 정적 강도 시험과 마찬가지로 정현파 가진 시험 전후에 저수준 랜덤 가진 시험을 실시하여 강도의 변화를 살펴보았다. 검토 결과

이

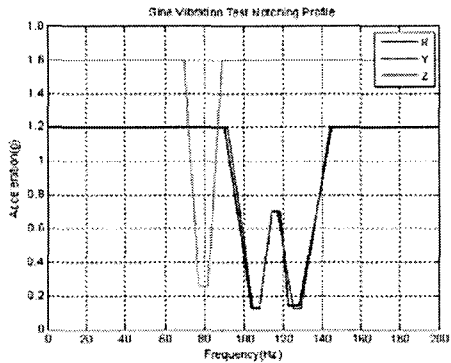


Fig. 13 Sine vibration test notching profile

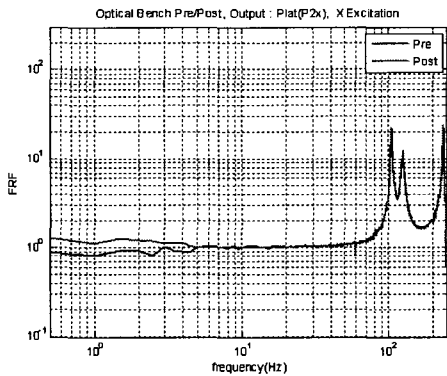


Fig. 14 Pre/post sine vibration test result (P2_x)

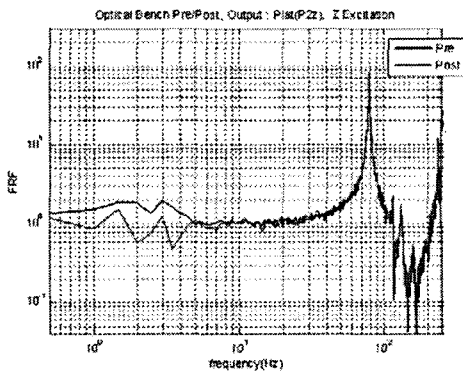


Fig. 15 Pre/post sine vibration test result (P2_z)

상이 없음을 알 수 있었다. Fig. 14와 Fig. 15는 각각 P2 위치(Fig. 7참조) 에서의 X방향 가진시 X방향 응답과 Z방향 가진시 Z방향 응답을 나타낸다.

4. 결론

본 논문에서는 이전 연구에서 수행된 광학탑재체 지지구조물의 개념설계를 바탕으로 상세 설계, 제작을 수행하였고, 동환경시험을 통하여 발사환경하에서의 구조적 안정성을 검증하였다. 수행된 시험은 구조물의 동특성 파악을 위한 랜덤 시험, 정적 강도를 검증하기 위한 정적 강도 시험, 준정적하중하에서의 안정성을 검증하기 위한 정현파 가진 시험이며, 시험 결과 이상이 없음을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

- (1) 김경원 등, 2005, "저궤도 지구관측위성의 광학탑재체 지지구조물 설계연구", 춘계학술발표회 논문집, 한국소음진동공학회, pp. 805 ~ 808
- (2) 김경원 등, 2005, "지구관측위성의 블레이드형 광학탑재체 지지구조물 설계", 한국항공우주학회지, 제 33권 제11호, pp. 88 ~ 94
- (3) 김진희 등, 2005, "복합재료를 사용한 지구관측위성 광학탑재체 지지구조물 개발", 추계학술발표회 논문집, 한국복합재료학회, pp. 207 ~ 210
- (4) 김경원, 2005 "Optical Bench Test Requirement", KARI