

# 복합재료를 사용한 지구관측위성 광학탑재체 지지구조물 개발

김진희\*·김경원\*\*·이주훈\*\*·진익민\*\*·윤길원\*\*\*

## Development of Composite Optical Bench for Earth observation Satellite

Jin-Hee Kim, Kyung-Won Kim, Juhun Rhee, Ik-Min Jin and Gil-Won Yoon

### Abstract

In this paper, technical issues for an optical bench of high precision LEO Earth observation satellite are described. The optical bench should be stable for thermal and dynamic environment. In this point of view, an intermediate type of optical bench is developed. Thermal deformation analysis and modal analysis are performed for two types of FE model. Modal test are performed to verify the analysis results. The test results fit well the analysis results.

**Key Words:** Optical bench, Thermal deformation analysis, Modal test.

### 1. 서 론

최근들어 상업용 고정밀 지구관측위성의 관측 성능은 분부시게 발전하고 있다. 1999년 발사된 미국의 IKONOS 위성을 시작으로 1m 급 해상도를 갖는 상용위성의 활동은 최근 Google Earth 등을 통해 일반인에게도 잘 알려지고 있다.

고정밀 지구관측위성은 우주궤도상의 열 환경 하에서 안정적으로 운용될 수 있어야 한다. 위성의 자세는 별추적기 등의 자세제어 센서로부터 추정하며, 이 정보로부터 탑재체가 지구상의 어느 지점을 지향하는지 알 수 있다. 일반적으로 저궤도 지구관측위성은 지상으로부터 최소 수백 km 이상의 고도에 위치하여 관측을 수행하며, 미세한 지향오차로도 지구표면상의 관측위치 오차

를 수 m에서 수 km에 이르게까지 발생시키게 되어 고정밀 지구관측위성의 관측 성능에 큰 영향을 미치게 된다.

이런 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[1].

현재 운용되고 있거나, 개발 중인 고정밀 광학 탑재체는 이런 문제를 줄이기 위해 다음의 두 가지 방안 중의 하나를 선택한다[1,2,3].

#### (1) Intermediate structure

- 탑재체와 자세제어센서를 한 구조물을 이용 장착

#### (2) Integrated structure

- 탑재체에 자세제어센서를 장착

본 논문에서는 두 가지 방법 중 Intermediate

\* 한국항공우주연구원

\*\* 한국항공우주연구원

\*\*\* (주)대한항공 항공기술연구원

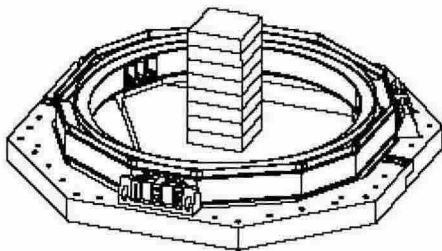
structure 방식의 고정밀 광학탑재체 지지구조물을 채택하여 열변형 해석 및 동특성 해석을 수행하였다

또한 개발된 광학탑재체 지지구조물에 대해 동특성시험을 통해 해석의 타당성을 검증하였다.

## 2. 광학탑재체 지지구조물 설계

### 2.1 광학탑재체 지지구조물 조립체

설계된 광학탑재체 지지구조물 조립체는 Fig. 2.1에 나타내었다.



(Fig. 2.1 Optical bench assembly)

광학탑재체 지지구조물 조립체는 아래의 3항목으로 분류된다.

- (1) 광학탑재체 지지구조물(Optical bench)
- (2) 탑재체 모사질량(Camera dummy mass)
- (3) 진동시험용 치구(Vibration fixture)

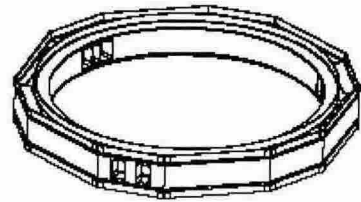
### 2.2 광학탑재체 지지구조물 설계

광학탑재체 지지구조물 또한 아래와 같이 3개 항목으로 분류될 수 있다.

- (1) 플랫폼(platform)
- (2) 블레이드(blade)
- (3) 블레이드 지지구조물  
(supporting structure)

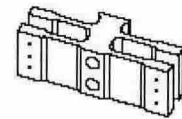
플랫폼은 하니컴 샌드위치 구조로 되어 있으며, 면재 및 심재의 특성은 아래와 같다.

- (1) 면재 : M55J/Epoxy (0.147")
- (2) 심재 : 8.1-1/8-20P(5056) core (4")



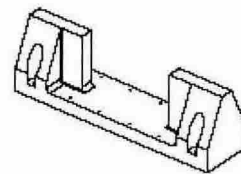
(Fig. 2.2 Platform assy.)

플랫폼에는 강성을 증가시키기 위해 안쪽과 바깥쪽에 각각 보강재가 장착된다.(Fig. 2.2 참조) 또한 탑재체와의 결합을 위한 세 지점에는 타이타늄(Ti) 핏팅(fitting)을 사용하여 열적안정성을 극대화 하였다.



(Fig. 2.3 Blade)

Fig. 2.3에는 플랫폼과 위성본체와의 결합을 위한 블레이드 구조물을 보여주고 있다. 블레이드는 광학탑재체 지지구조물과 위성본체와의 열적안정성을 얻기 위해 매우 중요한 구조이다. 현재 설계된 형태는 반경방향의 위성본체의 변위에 대해 블레이드가 흡수할 수 있는 구조이다.



(Fig. 2.4 Blade supporting structure)

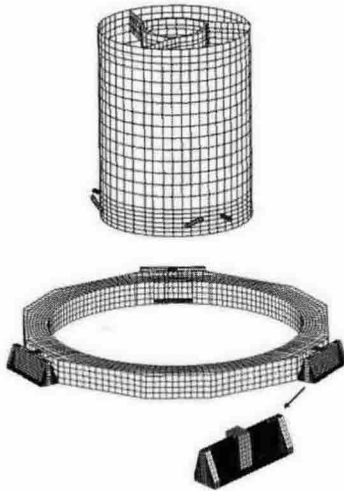
Fig. 2.4에는 블레이드와 위성본체를 결합하는 블레이드 지지구조물을 보여주고 있다. 현재 설계된 형태는 진동시험용 치구에 쉽게 장착될 수 있도록 설계가 이루어졌으며, 위성본체와의 결합방식에 따라 설계는 달라질 수 있다. 블레이드 지지구조물과 블레이드는 볼트체결에 의해 결합된다.

### 3. 광학탑재체 지지구조물 해석

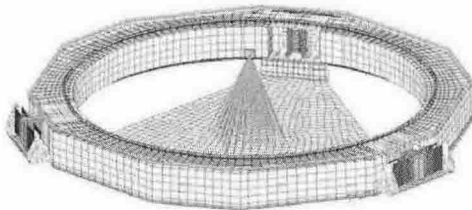
#### 3.1 유한요소모델

두 가지 형태의 유한요소모델이 구성되었다.

- (1) 실제 탑재체를 모사한 유한요소모델(I)
- (2) 제작에 사용한 모사질량을 가진 유한요소모델(II)



(Fig. 3.1 FE model(I) for optical bench and a payload)



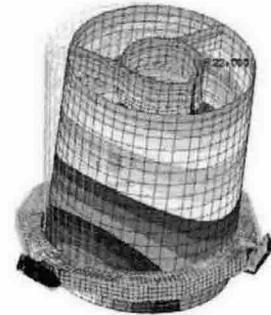
(Fig. 3.2 FE model(II) for optical bench and a dummy mass)

#### 3.2 동특성해석 결과

실제 탑재체를 고려한 유한요소모델 (I)에 대한 해석결과를 Fig. 3.3-3.4에 나타내었다. 고유진동수에 대한 요구조건은 40Hz 이상으로서 해석결과가 잘 만족함을 보여준다.

모사질량을 장착한 동특성해석결과는 Fig. 3.5-3.6에 나타내었다. 해석결과를 살펴보면 실제 탑재체는 Isostatic mount로 장착되며, 이로 인해

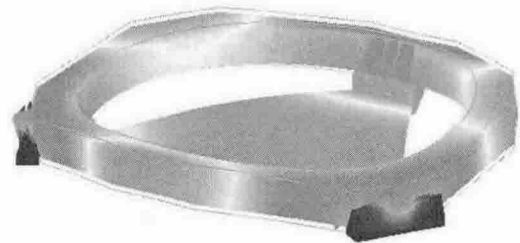
이런 결합구조를 사용하지 않는 모사질량의 경우 매우 높은 고유진동수를 가짐을 알 수 있다.



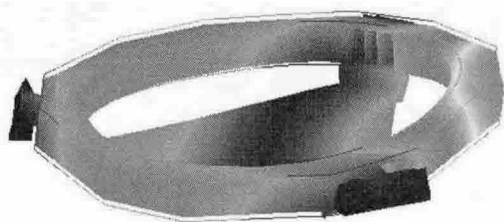
(Fig. 3.3 The 1st bending mode of model 1, 41.6Hz)



(Fig. 3.4 The 2nd bending mode of model (I), 45.1Hz)



(Fig. 3.5 The 1st bending mode of model (II), 80.2Hz)



(Fig. 3.6 The 2nd bending mode of model (II), 116.44Hz)

### 3.3 열변형해석 결과

열변형 해석은 유한요소모델 (I)에 대해 수행되었으며, 열 하중조건은 아래의 두 가지가 부여되었다.

- (1) 하중조건 1 : 자체 온도증가 (30K)
- (2) 하중조건 2 : 위성본체의 30K 증가에 따라 횡방향 강제변위 (0.42mm)

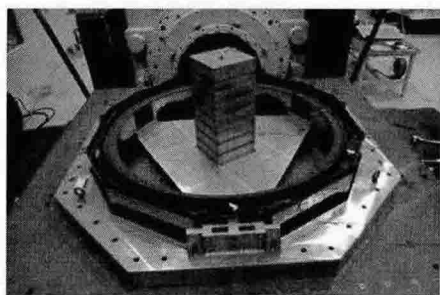
별센서는 광학탐재체 지지구조물의 외부에 2 지점에 장착되어 있다고 가정하였으며, 해석결과는 광학탐재체와 별센서 사이의 열변형 오차 (RSS)는 아래와 같다.

- (1) 하중조건 1 : 0.00188 deg
- (2) 하중조건 2 : 0.00349 deg
- (3) 하중조건 1+2 : 0.00500 deg

설계시 요구조건은 0.005deg이며, 해석결과가 잘 만족함을 알 수 있다.

## 4. 진동시험 및 분석

Fig. 4.1은 시험형상을 나타낸다.



(Fig. 4.1 Optical bench test configuration)

동특성 파악을 위해 저수준 랜덤진동시험이 수행되었으며, 해설결과와 시험결과는 아래의 Table 4.1에 나타내었다.

(Table 4.1 The Natural frequencies)

Mode	Analysis(Hz)	Test(Hz)	Error(%)
1	80.2	81	1.0
2	116.4	109	6.8
3	135.6	139	2.4

## 5. 결론

본 논문에서는 강성 요구조건과 열지향오차 요구조건을 만족하는 블레이드형 광학탐재체 지지구조물에 대해 설계/해석/시험에 대해 기술하였다.

설계된 광학탐재체 지지구조물은 열적/동적안정성 요구조건을 모두 만족함을 알 수 있었으며, 동특성시험 결과 해석과 시험이 잘 일치함을 알 수 있었다.

결론적으로 개발된 광학탐재체 지지구조물은 고정밀 지구관측위성에 적용이 가능하리라 판단된다.

## 참고문헌

- (1) 김진희 외, "LEO 인공위성의 열지향오차해석", 2001년 MSC/NASTRAN User's Conference
- (2) 김진희 외, "저궤도 관측위성 광학탐재체 지지구조물 설계분석," 한국항공우주학회 2004 추계학술발표대회, pp.271-274, 2004.
- (3) 김경원 외, "지구관측위성의 블레이드형 광학탐재체 지지구조물 설계," 한국항공우주학회 지 출판예정, 2005.