

# 유한요소법을 이용한 광학 유도 미사일 정밀 구동부 지향오차 분석

## The aiming error evaluation of Precision Gimbal for Optical guided missile by Dynamic Structure Analysis

\*이대형, #강성욱, 최지호, 안선규

\*D. H. Lee(daehyung.lee@lignex1.com), #S. U. Kang, J. H. Choi, S. K. Ahn  
LIG넥스원(주) 기계연구센터

Key words : Finite Element Method, Dynamic Structure Analysis, Gimbal

### 1. 서론

유도무기는 운용상 가속도, 발사시의 충격, 추진체로부터의 진동등의 환경에 노출된다. 이러한 진동/충격 요인은 광학영상을 이용하는 정밀 김발부의 렌즈와 검출기에 구조적 변위를 일으키고 이러한 요인은 영상 데이터 획득에 영향을 미친다. Fig. 1은 광학 영상데이터 획득 과정을 나타낸 그림으로 1st 렌즈와 2nd 렌즈를 통해 검출기에 상이 맺히는 구조를 단면 형상으로 나타내었다. 그림에서 보듯 하중이 인가되면 각 렌즈 및 렌즈 주변 구조물의 변위차이로 영상 데이터 획득에 에러가 발생하게 된다. 본 연구에서는 유한요소법을 이용해 정밀 김발부를 모사하고 주파수응답 해석방법과 과도응답 해석방법을 이용하여 운용시 예상되는 렌즈의 상대적 변위를 고찰하였다. 또한 충격시 발생하는 국부적인 응력값을 도출하여 전체 구조물의 안정성을 확인하였다. 진동 및 충격 환경은 미 국방성에서 제시한 MIL-STD-810G을 반영하였고 유한요소 모델 구성 및 해석은 상용 FEM 프로그램인 Patran/Nastran을 사용하였다.

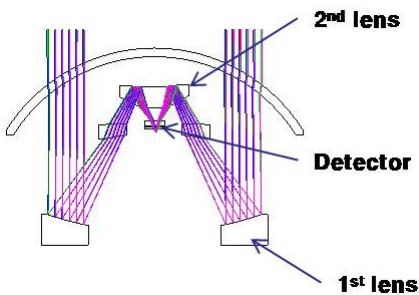


Fig. 1 The concept diagram for the optical image acquirement

### 2. 환경조건 및 해석

해석을 위한 진동 환경 조건은 서론에서 몇시한 바와 같이 MIL-STD-810G를 반영하여 산출하였다. Fig 2는 본 연구에 적용된 진동 환경 profile로 높은 수치는 missile의 수직방향, 낮은 수치는 수평방향의 값이다. 이는 구조체의 운용환경과 관련한 환경조건으로 해당 환경 하 진동에 의한 각 부분의 변위를 분석하여 지향오차를 분석하였다.

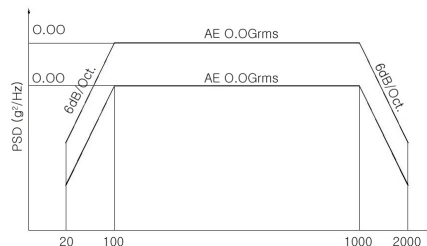


Fig. 2 the Vibration environment profile

Fig 3은 기본적인 충격 환경 profile로 이 역시 MIL-STD-810G에서 언급한 환경을 적용하였다. 충격조건은 운용 조건인 00g-00m와 생존조건인 00g-00ms의 두가지로 나뉘는데 운용조건은 해당 환경 하에서 지향오차가 제어 범위 안에 들어와야 하고 생존조건은 구조물의 생존과 관련한 것으로 응력 분석을 통해 해당 환경에서 구조물의 생존 여부를 확인하기 위함이다.

진동 환경 하 변위 분석은 frequency response 해석을 통한 random analysis로 20~2000Hz에 대해 변위값을 rms값으로 도출하였고 충격 환경에서

응력 분석은 transient response로 도출하였다.

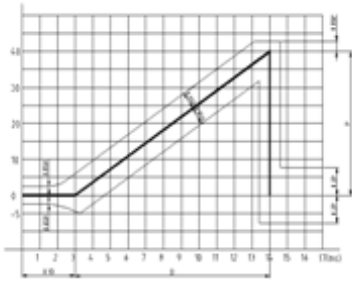


Fig.3. The shock environment profile

### 3. 유한요소 모델 및 해석결과

유한요소 모델은 HEX8 solid요소를 기본으로 구성하였고 구조적 복잡성으로 하부 구성품은 TET10으로 구성하였다. 이를 조립하기 위한 볼트는 RBE2와 BEAM요소를 이용하였다. 그리고 진동 해석을 위한 각 축의 방향은 fig 4와 같이 정의하였다.

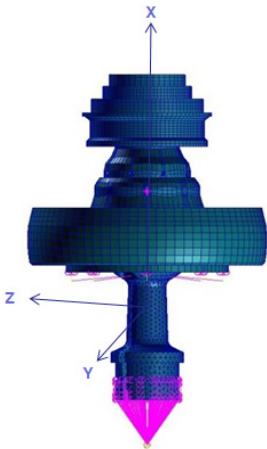


Fig. 4 The FE-Model of precision gimbal and Axis definition

진동해석 결과 1st 렌즈와 2nd 렌즈의 상대적 변위차는 최대 약 4.4 $\mu\text{m}$ , 2nd 렌즈와 detector의 최대 상대변위는 94.4 $\mu\text{m}$ 로 나타났다. 이는 광학적 영상처리에 문제가 되는 000 $\mu\text{m}$  이내로서 진동으로 인한 구조적 변형이 문제시 되지 않을 것으로 예상되었다.

충격 운용조건에서 상대변위의 최대값은 역시

2nd 렌즈와 detector사이에서 나타났으며 그 값은

Table 1 The relative displacement result of vibration and shock condition on operation test

Operation test		1st lens : 2nd lens	2nd lens : Detector
vibration	X axis	0.3 $\mu\text{m}$	4.4 $\mu\text{m}$
	Y axis	3.5 $\mu\text{m}$	94.4 $\mu\text{m}$
	Z axis	4.4 $\mu\text{m}$	94.4 $\mu\text{m}$
Shock	X axis	11.2 $\mu\text{m}$	6.0 $\mu\text{m}$
	Y axis	123.5 $\mu\text{m}$	253.7 $\mu\text{m}$
	Z axis	134.7 $\mu\text{m}$	244.7 $\mu\text{m}$

253.7 $\mu\text{m}$ 으로 분석되었다. 이 역시 영상처리에 문제가 없을 것으로 예상되는 바이다.

Table 2 The Stress result of endurance shock test

Endurance test		stress (MPa)	Location	Safety Margin
Shock	X axis	111.80	InnerRing	0.00

충격 생존조건에서도 최대응력이 11.8MPa로 나타나 00재료의 항복응력 대비 안전계수가 0.00으로 나타나 시스템의 운용에 문제가 없을 것으로 예상되었다.

### 4. 결론

본 논문의 목적은 광학 유도무기용 정밀 김발부의 운용 및 생존 성능을 유한요소법으로 진동 및 충격 환경을 분석하여 확인이다. 그 결과 시스템의 운용에 문제가 없는 것으로 나타났고 일부 구체적인 수치는 광학 설계자에게 피드백되어 설계인자로서 관리될 것이다. 상대적 변위와 함께 고찰된 생존 조건시 발생하는 최대응력은 기계설계자가 선정한 재료의 합당함을 구조응력해석기술 관점에서 검증한 결과이다.

### 참고문헌

1. Department of Defense Design Criteria Standard "MIL-STD-810G"
2. V. Adams, A. Askenazi, "Building Better Products with Finite Element Analysis 1<sup>st</sup> edition", 1999
3. Ansel C, Ugural, Saul K. Fenster "Advances Strength and Applied Elasticity 4<sup>th</sup> edition", 2003