

마이크로 웨이브 탐색기의 김발 구조물

진동해석(I) : 실험모드해석

Vibration Analysis for a Gimbal Structure of a Micro Wave Seeker (I) : Experimental Modal Analysis

°이 석 규* · 장 영 배** · 이 진 구** · 권 병 현* · 박 영 필***

°Sock-kyu Lee*, Young-Bae Chang**, Jin-Koo Lee**, Byung-Hyun Kwon*, Young-Pil Park***

Key Words : Micro Wave Seeker(마이크로 웨이브 탐색기), Gimbal Structure(김발 구조물),
Frequency Response Function(전달함수)

ABSTRACT

Micro wave seeker detects micro wave signal reflecting from a object and modifies the angle of a antenna in the direction of a reflecting signal. Gimbal structure makes a motion in the direction of an elevation axis and an azimuth axis and change the direction of a missile toward a object. As before, Micro wave seeker is a important part of a missile. Especially, gimbal structure is designed to resist a external force generated by a strong propelling power. For that reason, it is essential to analyze a vibration feature of gimbal structure.

In this paper, we analyze dynamic characteristics of a gimbal structure of a micro wave seeker. And we measure frequency response functions of a gimbal structure in order to investigate the effect of a pre-load on bearing.

1. 서 론

마이크로 웨이브 탐색기는 목표물로부터 반사된 Micro Wave 신호를 검출하고, 김발구조의 작동기에 의해 반사된 신호방향으로 안테나 각도를 변화시킨다. 김발 구조물은 Elevation축 및 Azimuth축 방향의 2자유도 회전 운동을 발생시켜, 목표물과 자신의 각도 차이를 Guidance Section에 제공하여 진행 방향을 목표물 방향으로 변화시킬 수 있도록 해준다.

마이크로 웨이브 탐색기의 구성부품은 기존모델이 개선될 때마다 변경되어야 하며, 변경 개선될 모델이 기존 모델의 특성보다 우월하도록 설계하여야 한다.

탐색기 모델의 특성은 성능을 결정하는 물리적 특성 및 진동 특성 등에 의하며, 마이크로 웨이브 탐색기의 성능으로는 안테나에 의한 목표물 위치의 정확한 검출, 김발구조물의 정확한 위치 결정 등을 들 수 있다. 이러한 요구사항을 만족하기 위해서는 탐색기의 주요 구조물인 김발 구조물이 운용 환경에서 부품의 손상이 없고, 목표물을 추적하는데 외란의 영향이 작게 설계 하여야 한다. 특히 강력한 추진력에 의해 발생하는 외력에 대해 강인하도록 김발 구조물을 설계하여야 하는데, 이를 위해서는 김발 구조물의 진동 특성 해석이 필수적이라 할 수 있겠다.

진동 특성 해석으로는 유한요소해석 모델이 실제 전체계의 실험모드 특성으로 구성 되어야 한다.

이에 따라 본 연구에서는 부분계의 실험모드해

* (주)LG정밀

** 연세대학교 대학원 기계공학과

*** 연세대학교 공과대학 기계전자공학부

석을 통해 실제 계의 동특성에 큰 영향을 미치는 부품들을 파악하였고, 전체계의 실험모드해석⁽¹⁾을 통해 각 부분계들이 전체계의 동특성에 미치는 영향을 파악하였다. 그리고, 전체계의 특성에 베어링 부가 미치는 영향을 파악하기 위해 베어링의 예측을 조절하면서 전체계의 전달함수를 측정하여 분석하였다.

2. 부분계의 실험모드해석

구조물의 진동특성을 파악하기 위해 전체계의 실험모드해석을 수행하기에 앞서 부분계의 실험모드해석을 수행하였다. 이는 추후 유한요소모델의 개발에 있어서 각 부분계 모델의 타당성을 검증하고, 부분계의 진동특성이 전체계에 미치는 영향을 살펴보기 위함이다. 부분계의 실험모드해석에 있어서는 모두 임팩트 햄머를 이용한 가진실험을 수행하였다. Fig. 2.1에 실험장치 구성도를 나타내었으며, Table 2.1에 실험장치목록 나타내었다.

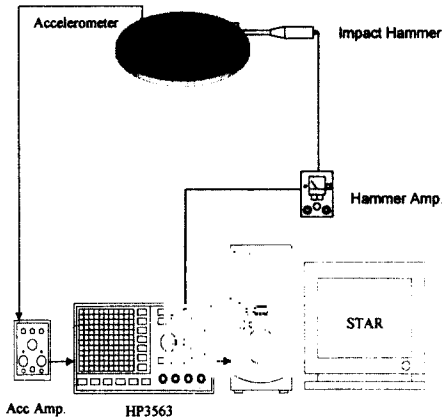


Fig. 2.1 Schematic diagram of experimental setup of a sub-structure

Table. 2.1 Experimental apparatus of a sub-structure

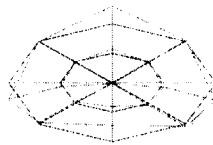
Apparatus	Model
Accelerometer	B&K 4393
Acc. Amp.	B&K 2653
FFT Analyzer	HP 3563
Impact Hammer	PCB086C80

2.1 안테나판의 실험모드해석

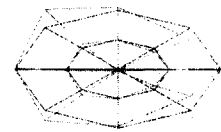
먼저 김발구조물의 부분계 중 탄성모드가 가장 명확하게 나타날 것으로 예상되는 안테나판만을 대상으로 실험모드해석을 수행하였다. 전달함수 측정시 0Hz부터 2047.5Hz까지 4096개의 데이터를 수집하였다. 실험후 LMS사의 CADA-X⁽²⁾를 이용하여 모드해석을 수행하였으며, Table 2.2에는 고유진동수를 Fig. 2.2에는 고유모드를 나타내었다.

Table. 2.2 Natural frequency of a antenna plate

Mode	EMA(Hz)
1	518.56
2	572.35
3	921.44
4	1127.00
5	1138.81



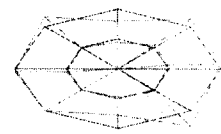
(a) 1st mode



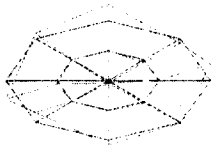
(b) 2nd mode



(c) 3rd mode



(d) 4th mode



(e)5th mode

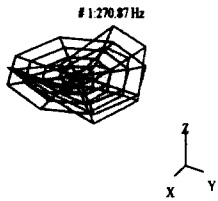
Fig. 2.2 Mode shapes of a antenna plate

2.2 안테나부의 실험모드해석

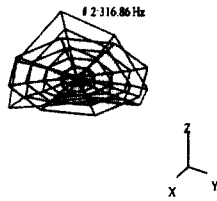
안테나부는 안테나판과 RF부품들이 결합된 부분계를 의미한다. 전달함수 측정시 0Hz부터 800Hz까지 1601개의 데이터를 수집하였다. 실험후 SMS사의 Star Modal⁽³⁾을 이용하여 모드해석을 수행하였으며, Table 2.3에는 고유진동수를 Fig. 2.3에는 고유모드를 나타내었다.

Table 2.3 Natural frequency of a antenna plate & RF parts

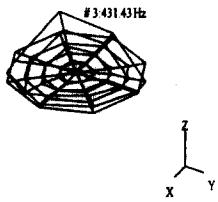
Mode	EMA(Hz)
1	298.48
2	316.86
3	431.43
4	712.74
5	769.18



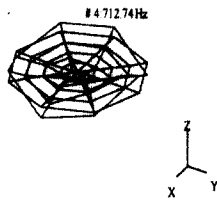
(a) 1st mode



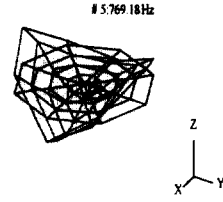
(b) 2nd mode



(c) 3rd mode



(d) 4th mode



(e)5th mode

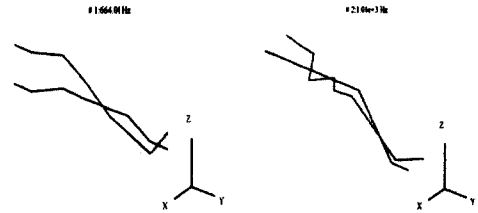
Fig. 2.3 Mode shapes of a antenna plate & RF parts

2.3 로터리조인트부의 실험모드해석

로터리조인트부의 실험모드해석시 0Hz부터 3200Hz까지 1601개의 데이터를 수집하였다. 실험후 SMS사의 Star Modal⁽³⁾을 이용하여 모드해석을 수행하였으며, Table 2.4에는 고유진동수를 Fig. 2.4에는 고유모드를 나타내었다.

Table 2.4 Natural frequency of a rotary joint

Mode	EMA(Hz)
1	664.01
2	1010.00



(a) 1st mode

(b) 2nd mode

Fig. 2.4 Mode shapes of a rotary joint

3. 전체계의 실험모드해석

전체계의 실험모드해석시에는 부분계의 실험모드해석시와는 달리 충격실험으로는 저주파수대역에서 만족스러운 결과를 얻지 못하였다. 이는 전체계가 베어링결합부, 기어결합부등과 같은 결합부를 가지고 있어, 임팩트해머로는 충분한 가진력을 줄 수 없기 때문이다. 그러므로, 충분한 가진력을 주

기 위하여 가진기를 사용하여 가진실험을 수행하였다. 전달 함수 측정시 0Hz부터 800Hz까지 1601개의 데이터를 수집하였다. Fig. 3.1에 실험장치 구성도를 나타내었으며, Table 3.1에 실험장치목록 나타내었다. 실험후 SMS사의 Star Modal⁽³⁾을 이용하여 모드해석을 수행하였으며, Table 3.2에는 고유진동수를 Fig. 3.2에는 고유모드를 나타내었다.

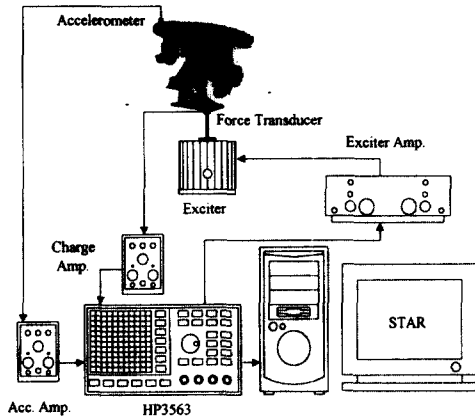


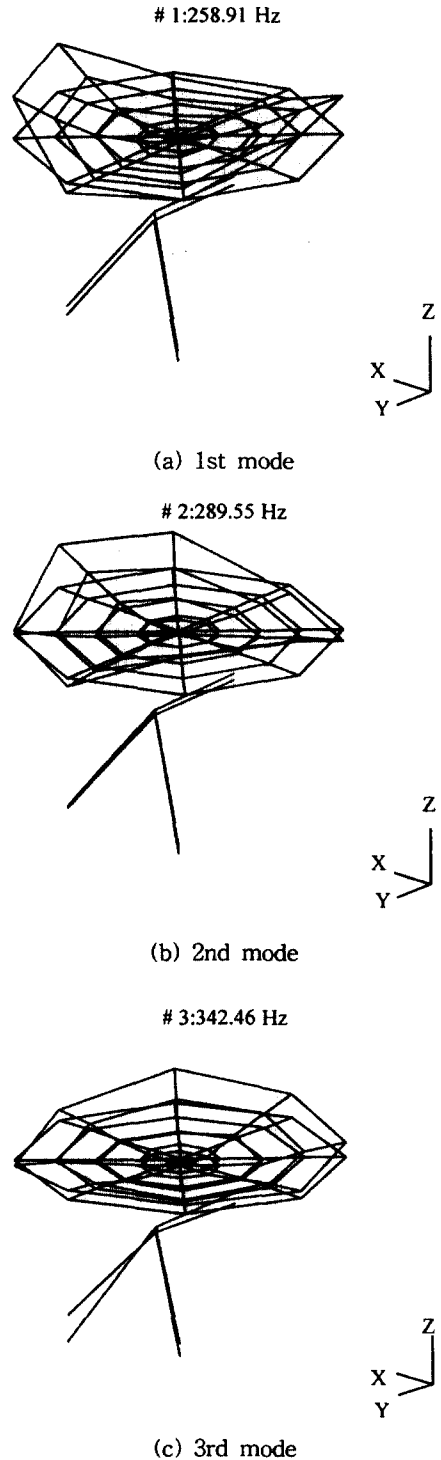
Fig. 3.1 Schematic diagram of experimental setup of a full structure

Table 3.1 Experimental apparatus of a full structure

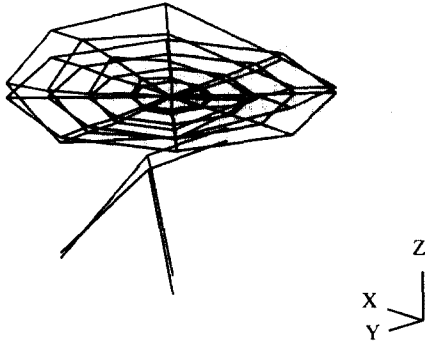
Apparatus	Model
Accelerometer	B&K 4393
Acc. Amp.	B&K 2653
FFT Analyzer	HP 3563
Exciter	B&K 4808
Exciter Amp.	B&K 2712
Force Transducer	B&K 8001
Charge Amp.	B&K 2653
Analysis Software	SMS STAR

Table 3.2 Natural frequency of a full structure

Mode	EMA(Hz)
1	258.91
2	289.55
3	342.46
4	425.57



4:425.57 Hz



(d) 4th mode

Fig. 3.2 Mode shapes of a full structure

4. 베어링부에 대한 고찰

본 연구에서의 해석 대상물인 김발 구조물에는 김발 하우징부에 단일 앵글러 콘택트 베어링 2조가 사용되고 있다. 단일 앵글러 콘택트 베어링은 일반적으로 2조 이상의 조합으로 베어링부를 구성하는데, Fig. 4.1에서 보여주듯이 back-to-back 배열과 face-to-face 배열로 대표되는 조합으로 사용된다. 해석에 사용된 김발 구조물은 back-to-back 배열의 베어링 조합이 사용되었는데, 이에 따라 face-to-face 배열에 비해 더 큰 톨트 모멘트 하중을 수용할 수 있고, 모멘트에 기인한 반경 방향 하중과 이 하중에 의한 베어링 변형이 더 작아지는 장점을 지니고 있다. 단일 앵글러 콘택트 베어링으로 구성되는 back-to-back 배열의 베어링부의 경우에는 축방향의 예하중의 인가에 의해 다음과 같은 장점을 갖게 된다.

- 강성이 증가된다.
- 작동시의 소음이 감소한다.
- 축의 안내 정확도가 개선된다.
- 마모 특성이 향상된다.
- 베어링 수명이 길어진다.

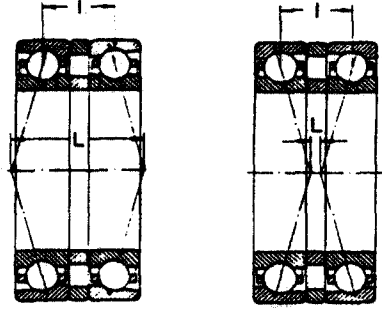
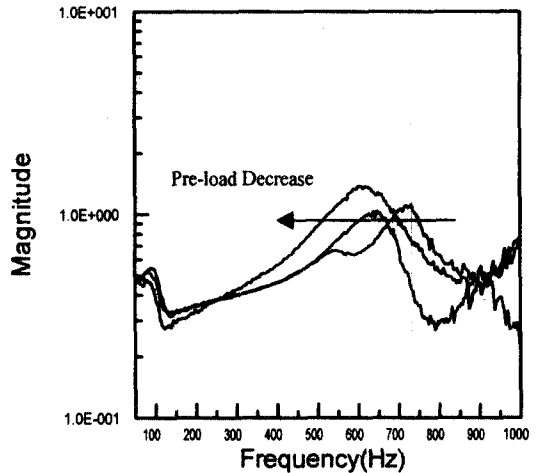


Fig. 4.1 Angular contact bearing

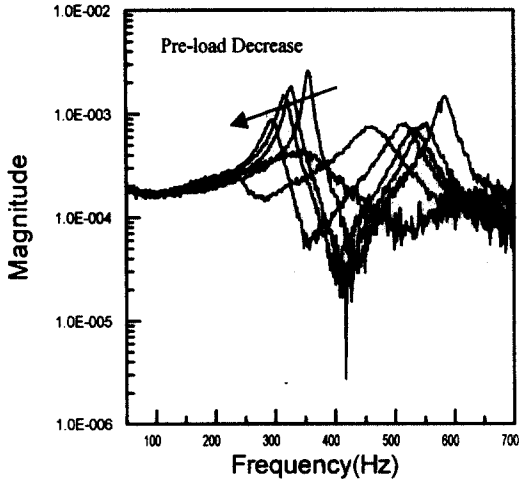
위와 같은 베어링부의 장점중에서 특히 계의 동특성에 가장 큰 관련을 가지는 예하중의 증가에 따른 강성의 증가를 실험을 통해 확인하였다. 베어링의 반경방향에 대해서는 충분한 예하중을 주었을 때와 약간의 예하중을 주었을 때, 그리고 예하중을 하나도 주지않았을 때로 나누어 실험하였으며, 베어링의 축방향에 대해서는 예하중을 주는 단계를 조금더 자세히 나누어 실험하였다. 그 결과를 Fig. 4.2에 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 예하중이 감소함에 따라 전달함수의 공진주파수가 점점 낮아짐을 알 수 있다.



(a) radial direction

6. 참고문헌

- (1) D. J. Ewins, 1986, Modal Testing: Theory and Practice, Research Studies Press Ltd.
- (2) LMS CADA-X, 1995, User's Manual, Rev. 5.0
- (3) Star Modal, 1995, User's Manual, Rev. 3405-0113



(b) axial direction

Fig. 4.2 FRF comparison to the change of a pre-load

5. 결론

본 연구에서는 마이크로 웨이브 탐색기의 김발 구조물에 대한 실험모드해석을 수행하였다. 실험모드해석의 수행에 있어서 차후 유한요소모델의 개발에 쓰일 수 있도록 각각의 부분계에 대한 실험모드해석을 먼저 수행하였으며, 유한요소모델의 기준이 될 수 있는 전체계에 대한 실험도 수행하였다.

그 결과

- 1) 전체계의 동특성에 가장 큰 영향을 미치는 부분은 안테나부이다.
- 2) 안테나 부의 변경이 어려운 경우, 로터리 조인트 부의 강성이 비교적 크므로 로터리 조인트부의 변경으로 전체계의 동특성을 어느정도 변화시킬수 있다.
- 3) 김발 구조물에서 베어링부의 예하중이 전체계에 미치는 특성 변화를 살펴 본 결과 예하중이 감소함에 따라 전달함수의 공진주파수가 점점 낮아짐을 보았다.