

# 마이크로 웨이브 탐색기의 김발 구조물

## 진동해석(II) : 유한요소해석

### Vibration Analysis for Gimbal Structure of a Micro Wave

### Seeker(II) : Finite Element Analysis

°장 영 배\* · 전 홍 곁\* · 이 석 규\*\* · 윤 재 윤\*\*\* · 박 영 필\*\*\*\*

°Young-Bae Chang\* ,Hong-Gul Jun\* , Sock-kyu Lee\*\* , Jae-Youn Youn\*\*\* , Young-Pil Park\*\*\*\*

**Key Words** : Micro Wave Seeker(마이크로 웨이브 탐색기), Gimbal Structure(김발 구조물), Experimental Modal Analysis(실험모드해석), Finite Element Analysis(유한요소해석), Finite Element Model(유한요소모델)

### ABSTRACT

Micro wave seeker consists of a gimbal structure, a antenna and many RF parts. And Missile's propelling powers excite a gimbal structure, a antenna and many RF parts. Therefore, We must inquire into external forces to act on a micro wave seeker before everything.

We must inquire into design parameters and then estimate dynamic characteristics of a gimbal structure with a finite element model to reflect part's characteristics for design for a gimbal structure in consideration of vibration features.

In this paper, a gimbal structure of a micro wave seeker is modeled in finite element method and then updated by using the experimental modal data. Before we make a finite element model of a gimbal structure of a micro wave seeker, we make a finite element model of a sub-structure and compare with the experimental modal data.

### 1. 서 론

마이크로 웨이브 탐색기는 기준 구조물인 김발과 안테나 및 각종 전자 부품들로 구성되어 있다. 그리고, 탐색기의 비행시 추진력은 김발 구조물의 가진력으로 작용하게 되며, 이에 따라 발생하는 구조물의 공진현상은 안테나의 목표물 검출 및 김발 위치 결정성능을 저하하는 원인이 될 수 있으며 심한 경우 공진에 의해 부품이 파손될 수 있다. 이를 막기 위해서는 먼저, 김발 구조물에 작용할 수 있는 외력을 규정하고, 목표물을 정확하게 검출하

기 위한 성능사양을 결정한 후, 이를 만족하도록 진동특성을 고려하여 구조물을 설계하는 과정이 요구된다.

기존 모델의 진동특성을 고려한 김발구조물의 개선 설계를 위해서는 기존 구조물에 있어 진동을 발생시키는 부품에 대한 설계파라미터를 규명하고, 부품의 특성이 충분히 반영되는 해석모델을 통해 설계파라미터 변화에 따른 변경 개선될 전체 시스템의 진동특성(모드변환)을 예측을 할 수 있어야 한다.

이에 따라 본 연구에서는 마이크로 웨이브 탐색기의 기존 김발 구조물의 유한요소모델을 구현한 후, 실제에 가까운 모델을 얻기 위하여 이미 수행

\* 연세대학교 대학원 기계공학과

\*\* (주)LG정밀

\*\*\* 국방과학연구소

\*\*\*\* 연세대학교 공과대학 기계전자공학부

된 실험모드해석<sup>(1)</sup> 결과를 이용하여 해석모델개선을 수행하였다. 김발구조물의 전체계 유한요소모델을 구현하기에 앞서 각 부분계의 유한요소모델을 구현하고, 부분계의 실험모드해석결과와 비교하여, 부분계 유한요소해석<sup>(2)</sup>의 타당성을 먼저 검증하였으며, 검증된 모델을 이용하여, 전체계의 유한요소 모델을 재구성하였다.

## 2. 부분계의 유한요소해석

마이크로 웨이브 탐색기는 기준 구조물인 김발과 각종 전자 부품들로 구성되어 있다. 시스템의 동적 거동을 표현하는데 있어, 이러한 다수의 부품들을 모두 포함하는 것은 사실상 불가능하며, 설사 모두 포함된다 하더라도 매우 비효율적이며 계산상의 오차를 발생시킬 위험이 있다. 그러므로, 모델을 구성하기에 앞서 모델 단순화를 수행하였다. 김발구조물의 I-DEAS<sup>(3)</sup>의 CAD데이터를 기본으로 먼저 전체계의 진동특성에 거의 영향을 미치지 못할 것으로 판단되는 볼트 체결부나 작은 구멍등을 제거하였다. 또한 일부 복잡한 형상의 기계요소들의 단순화를 수행하였다. 기어부의 치형을 제거하고, 베어링부도 단일요소로 대체하였다.

전체계를 안테나판, 안테나부, 로터리 조인트부와 하우징부로 나누어 각각을 따로 Nastran for Windows<sup>(4)</sup>를 이용하여 해석하였으며, 그 결과를 실험모드해석 결과와 비교하여 모델개선을 수행하였다. 모델개선후의 고유진동수를 실험모드해석을 통해 얻은 결과와 비교하여 나타내었으며, 유한요소해석을 통해 구한 모드형상을 나타내었다.

### 2.1 안테나판의 유한요소해석

안테나판만의 해석에 있어서 실제적으로 안테나판은 원판으로만 이루어진 것이 아니라, 판위의 하니컴부와 판을 보강하는 부분 등이 같이 존재한다. 하지만, 유한요소모델의 구성에 있어서, 그런 것들을 실제와 똑같이 모델링하는 것은 쉬운 일이 아니다. 본 연구에서는 판과 판을 보강하는 부분 중 일부만을 선택하여 모델링하였다. 기본이 되는 판은 plate요소를 이용하여 모델링하였으며, 판을 보강하는 부분은 보요소를 이용하여 모델링하였다.

Table 2.1에는 안테나판의 고유진동수를 실험모

드해석과 유한요소해석을 비교하여 나타내었으며, Fig. 2.1에는 안테나판의 고유모드형상을 나타내었다.

Table 2.1 Natural frequency of a antenna plate

	EMA(Hz)	FEA(Hz)
1	518.56	510.29
2	572.35	550.85
3	921.44	891.83
4	1127.00	1198.73
5	1138.81	1233.20

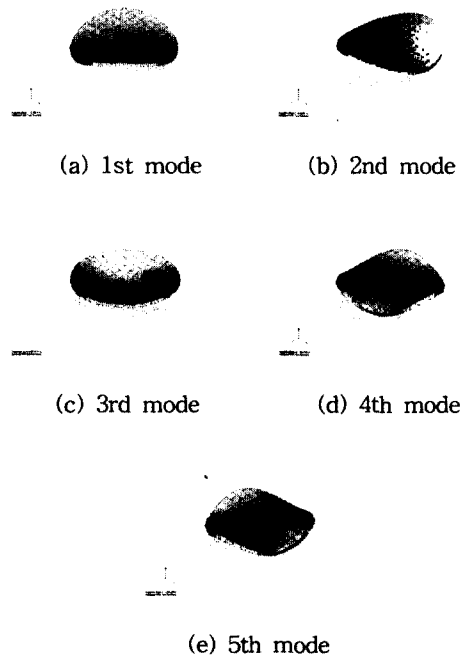


Fig. 2.1 Mode shapes of a antenna plate

### 2.2 안테나부의 유한요소해석

안테나부는 안테나판과 안테나판에 연결된 RF부품들로 구성되어 있다. 안테나부의 유한요소해석시 앞에서 구성한 안테나판은 앞에서 구성한 유한요소모델을 그대로 이용하고, RF부품들은 크게 3부분으로 나누어 Solid요소를 이용하여 모델링하였다. 안테나판과 RF부품들의 연결부는 Rigid요소를 이용하여 연결하였다.

Table 2.2에는 안테나부의 고유진동수를 실험모

드해석과 유한요소해석을 비교하여 나타내었으며, Fig. 2.2에는 안테나부의 고유모드형상을 나타내었다.

Table 2.2 Natural frequency of a antenna plate & RF parts

	EMA(Hz)	FEA(Hz)
1	270.87	280.19
2	316.86	309.53
3	431.43	436.96
4	712.74	656.62
5	769.18	784.89

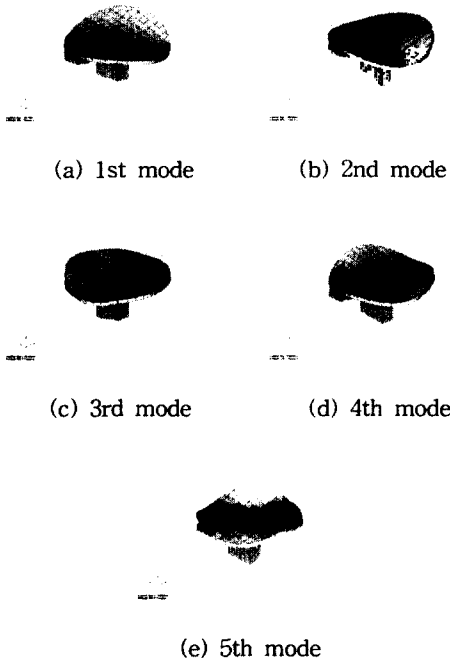


Fig. 2.2 Mode shapes of a antenna plate & RF parts

### 2.3 로터리조인트부의 유한요소해석

로터리조인트부의 유한요소해석시 I-DEAS로 구성된 CAD파일을 Nastran for windows로 불러들여 모델링을 수행하였다. 하지만, I-DEAS 모델은 CAD모델이므로 실제 모델과 형상은 일치하지만, 유한요소모델을 구성하기에는 문제점이 있다.

I-DEAS의 CAD모델은 세세한 부분까지 모델링이 되어 있어, I-DEAS의 CAD모델을 그대로 유한요소모델로 변화시키면, 요소가 너무 많아지게 되어 해석시 많은 시간과 노력이 필요하고, 심한 경우에는 모델링이 불가능하기까지 하다. 그러므로, 이런 세세한 부분에 대해서는 수정이 불가피하다. 로터리 조인트부의 해석시에도 이런 과정이 선행되었다. 또한 로터리 조인트부에는 모터와 resolver가 포함되어 있다. 실제로 모터와 resolver는 한 덩어리로 이루어진 부품은 아니지만, 그 형상과 중량을 맞추는 수준에서 한 덩어리로 모델링하였다.

Table 2.3에는 로터리 조인트부의 고유진동수를 실험모드해석과 유한요소해석을 비교하여 나타내었으며, Fig. 2.3에는 로터리 조인트부의 고유모드형상을 나타내었다.

Table 2.3 Natural frequency of a rotary joint

	EMA(Hz)	FEA(Hz)
1	664.01	707.45
2	1010.0	968.74

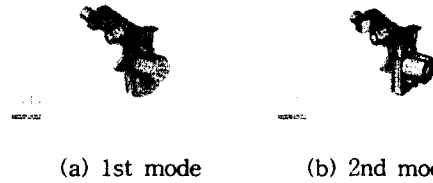


Fig. 2.3 Mode shapes of a rotary joint

### 2.4 하우징부의 유한요소해석

하우징부의 유한요소해석시에도 I-DEAS로 구성된 CAD파일을 Nastran for windows로 불러들여 모델링을 수행하였으며, 모델 단순화를 수행하였다. 하우징부에도 역시 모터부와 resolver가 포함되어 있으며, 로터리조인트부에서와 마찬가지로 한 덩어리로 모델링하였다.

Table 2.4에는 하우징부의 고유진동수를 나타내었으며, Fig. 2.4에는 하우징부의 고유모드형상을 나타내었다.

Table 2.4 Natural frequency of a housing

Mode	FEA(Hz)
1	2841.39
2	3577.19
3	3774.62



(a) 1st mode



(b) 2nd mode



(c) 3rd mode

Fig. 2.3 Mode shapes of a housing

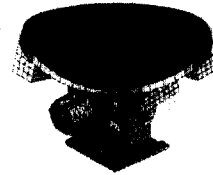
### 3. 전체계의 유한요소해석

앞절에서 구성한 각각의 부분계의 유한요소모델을 그대로 이용하여 전체계를 모델링하였다. 안테나부와 로터리 조인트부의 경우 4개의 볼트로 결합되어 있으며, 유한요소모델링시 결합부를 Rigid 요소 모델링하였다. 또한 로터리 조인트부와하우징부의 결합부의 경우 베어링이 채용되어 있다. 이 부분은 실제로는 Spring요소로 모델링되어야 하지만, 본 연구에서는 Rigid요소를 이용하여 모델링하였다.

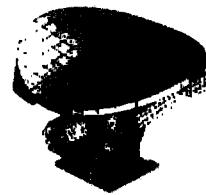
Table 3.1에는 전체계의 고유진동수를 실험모드 해석과 유한요소해석을 비교하여 나타내었으며, Fig. 3.1에는 전체계의 고유모드형상을 나타내었다.

Table 3.1 Natural frequency of a full structure

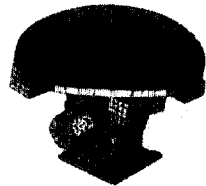
	EMA(Hz)	FEA(Hz)
1	258.91	271.10
2	289.55	301.73
3	342.46	356.99
4	425.57	399.40



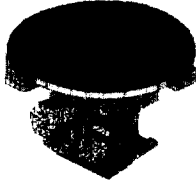
(a) 1st mode



(b) 2nd mode



(c) 3rd mode



(d) 4th mode

Fig. 3.1 Mode shapes of a full structure

#### 4. 결론

본 연구에서는 지금까지 연구가 많이 진전되지 않은 마이크로 웨이브 탐색기의 김발구조물의 유한요소모델을 개발하고, 그 모드특성을 실험모드해석 데이터와 비교해 보았다.

그 결과

- 1) 안테나 판의 유한요소 모델링에서, 판은 Plate 요소로, 판의 보강부는 보요소를 이용하여 모델링을 했을 때, 실험모드해석과 비교하여 타당 하였다.
- 2) 안테나부의 RF부품들을 Solid 요소로 모델링하고 Rigid 요소로 연결하였을 때 안테나부의 실험모드해석과 같은 결과를 보였다.
- 3) 각 부품들의 유한요소모델을 실험모드해석과 같이 Tuning하여 전체계의 모델을 구성하였고, 개선모델 개발의 Data base로 사용할 수 있게 하였다.

#### 5. 참고문헌

- (1) D. J. Ewins, 1986, Modal Testing: Theory and Practice, Research Studies Press Ltd.
- (2) Maurice Petyt, 1990, Cambridge University Press
- (3) I-DEAS, 1999, User's Manual, Rev. 7.0,
- (4) Nastran for windows, 1997, User's Manual, Rev. 4.0.3