

활성탄 전기체 동특성 시험기법 연구

Modal Test of Missile Structure with Live Warhead and Propellant

강휘원† · 전병희* · 양명석*

Kang Hwi Won, Jeon Byoung Hee and Yang Myung Seog

Key Words : Experimental Modal Analysis(실험적 모드 해석법), Live Warhead and Propellant(활성탄두 와 추진기관), Natural Frequency(고유진동수), Mode Shape(모드형상), Damping Ratio(감쇠비)

ABSTRACT

Modal parameters of a structure are the important factor to control the missile maneuver. In general, a dummy structure is used for the modal test of missile structure instead of the real warhead and propellant because there may be the danger of a explosion by the electric shock of test equipment, such as the exciter and the power amplifier. However, the modal testing of a real missile structure is required to acquire the modal parameters and to analyze the missile performance accurately.

The new test system and technique are developed to get rid of the danger and secure the safety during the testing. This test system is made up with the computer network system and controlled remote from test site. Using this new test system, the modal test of real missile structure is performed successfully and its validity is proven.

1. 서 론

실험적 동특성 해석은 선형시스템의 모달 매개 변수, 즉 고유 진동수, 감쇠율, 모달벡터(Modal Vector)등을 실험을 통하여 도출하는 것을 말하며, 유한 요소 해석과 같은 해석적인 방법으로 추출한 모달 매개 변수들의 타당성을 검증하고, 해석 모델의 모델 수정에 필요한 기초적인 자료를 제공한다. 특히 유도무기 개발 분야에서의 실험적 동특성 해석결과는 유한 요소 모델의 검증뿐만 아니라 유도 무기의 성능분석에 필수적인 기초자료로 사용된다.

최근 유도무기는 보다 정확하게 목표물을 타격하려는 경향으로 발전하고 있는데 이러한 정밀 유도 무기를 개발하기 위해서는 정밀한 유도 제어기 설계가 필수적이라고 할 수 있다. 유도 제어기 설계에는 많은 설계 매개 변수가 적용되고 있으며, 그

중 유도무기 구조물의 기본적인 동특성 자료가 설계 매개 변수로 사용된다.

본 논문은 폭발위험을 가지고 있는 실제 탄두와 추진기관이 장착된 유도무기의 동특성자료를 보다 안전하게 실험적 방법으로 도출할 수 있도록 새로이 구성한 원격 동특성 시험 장비 및 시험기법을 소개하고 본 원격제어 시험기법은 실제 유도무기의 동특성시험에 적용되어 기체구조의 모달 매개변수를 도출함으로써 실용성이 입증되었다.

2. 원격 동특성 시험장비 개발

2.1. 필요성

표 1 은 휴대용 유도무기인 신궁 전기체 구조물에 대해 원격측정 탑재탄과 실제 탄두가 장착된 유도탄에 대해 동특성 시험을 수행한 결과를 보여 준다.^(1,2) 동특성시험 시 가진 전자식 가진기를 사용하였고 응답은 가속도계를 이용하여 주파수 응답함수를 획득하고 모달 해석 소프트웨어인 TDAS(Test Data Analysis System)로 동특성자료

† 국방과학연구소

E-mail : jusin@add.re.kr

Tel : (042) 821-2291, Fax : (042) 823-3400

* 국방과학연구소

를 도출하였다.

표에서 활성탄두를 가진 신궁 유도탄의 경우, 90-94Hz로 가진 방향과 상관없이 고유진동수의 편차가 적음을 알 수 있다. 이것은 신궁유도탄이 중심축에 대해 대칭적인 구조를 이루고 있기 때문으로 판단된다. 그러나 원격측정장비를 탑재한 신궁 유도탄의 경우 대체적으로 Z축방향의 1차 고유진동수 값이 Y축방향의 1차 고유진동수 값보다 약 7~10Hz 높은 값을 나타내고 있음을 알 수 있다.

이는 원격측정장비를 탑재한 신궁 유도탄이 원격 측정 장비부의 일부 기체제거로 인하여 Z축방향의 강성이 Y축방향보다 상대적으로 강한 비대칭 구조를 가지고 있어 이러한 구조를 가진 탄에 대해 정확한 동특성 자료를 가지고 있지 못하면 유도탄 제어 및 성능 예측시 큰 에러를 범하게 된다. 이에 활성탄두를 가진 실제 유도탄에 대한 동특성 시험의 필요성이 제기되었다.

그러나 전기적 충격으로 반응하는 활성탄두를 가진 실제 유도탄의 동특성시험 시 필연적으로 수반되는 전기적인 가진 및 응답측정은 폭발 등의 위험요소를 내포하고 있다. 이러한 위험요소를 제거하고 시험자의 안전과 실험적 동특성시험을 동시에 추구하고자 원격 동특성 시험 장비를 구성하였다.

표 1 신궁 전기체 동특성 시험결과

구분	시편	가진방향	고유진동수(Hz)
원격측정 장비탄	1	Z축	90.2
		Y축	79.3
	2	Y축	84.6
		Z축	90.34
	3	Y축	85.36
		Y축	85.76
	4	Z축	84.36
		활성탄두탄	1
2	Y축		92.8
3	Y축		92.5
4	Y축		91.4
5	Y축		90.6
6	Z축		94.29
7	Z축		93.28

2.2. 폭발 위험요소

본 장에서는 활성탄두 및 추진기관의 위험요소에 대해 알아보고 그에 대한 안전조치에 대해서 논하였다. 모든 유도무기체계는 활성탄두와 추진기

관을 가지고 있기 때문에 안전 확보를 위하여 그들의 취급조건을 규정하고 있다. 보통 유도무기체계 취급 시 주의를 요하는 요인들이 많이 존재하지만 그 중에서 크게 전기적인 충격이나 마찰을 중요시한다. 따라서 유도탄의 활성탄두와 활성추진제는 각각 전기적인 민감도에 대한 제한조건을 가지고 있다. 예를 들면 추진제의 경우 전기충격 민감도가 0.4J의 에너지가 가해지지 않도록 하거나, 탄두의 경우 1A-1W에 5분간 노출되어도 작동하지 않도록 규정하고 있다^(3,5).

한편 동특성 시험에 사용하는 가진기는 50lbf 용량인 Model V406의 경우 1300W의 전기를 사용하며, 100lbf의 용량을 가지는 Model V455는 100Hz에서 2KHz 범위 내에서 약 50V에 최대 17A의 전류를 사용한다.⁽⁶⁾ 통상적으로 동특성시험 시 가진기의 전체 용량을 사용하지는 않지만, 시험시간이 길거나 가진력을 높여줄 경우 가진기 내부에는 상당한 양의 전기가 흐르게 되고 이 전기가 유도탄 내부로 흐르게 될 경우에는 폭발 등의 안전사고를 초래할 수 있다.

2.3. 원격 동특성시험 장비

기존의 동특성 시험은 일련의 시험과정이 유도탄과 근접한 거리에서 모든 것이 이루어진다. 따라서 예상할 수 없는 불확실성으로 유도탄의 폭발 등 안전사고가 발생한다면 시험자의 안전을 전혀 확보할 수가 없다.

이러한 위험요소를 제거하기 위하여 구성된 원격 동특성 시험장비는 그림 1과 같은 원격 시험 제어 시스템으로 시험장에 설치된 측정 장비와 시스템 제어용 PC를 원격에서 랜선을 이용하여 제어하는 방식이다. 즉, 랜선과 두 대의 허브를 경유하여 두개의 PC를 연결하는 방식을 취하였으며, 원격으로 PC를 제어하기 위해 터미널 방식의 프로그램을 설치하고 하나의 PC에서 다른 PC를 원격으로 제어할 수 있도록 하였다. 또한 Data Acquisition system은 VXI에 연결되어 PC로 제어가 되고, Signal generator의 경우에는 VXI에서 제어가 가능한 모듈을 도입하여 VXI에서 제어가 되

도록 시스템을 변경하였다. 가진기 애플의 경우에는 원격으로 전원을 인가하도록 그림 2와 같이 RPCS (Remote Power Control System)와 연결하였다. RPCS는 PC와 Com port를 통해 연결되어 별도의 소프트웨어를 이용하여 PC에서 프로그램으로 제어가 되도록 하였다. 이러한 형태로 모든 동작은 PC를 통해서 이루어지도록 하였다.

따라서 시험장에 설치되는 PC에 VXI 및 RPCS를 연결하고 VXI를 통해 Data Acquisition system, Signal generator가 구성이 되고, RPCS를 통해 가진기 애플의 전원을 제어한다. 그리고 시험장의 PC는 허브를 통하여 원거리에 떨어진 다른 PC의 통제를 받는 시스템을 구성하게 된다.

여기에 시험장의 상황을 원거리에서 알아보기 위해 세대의 네트워크 카메라를 별도로 설치하였다. 이 카메라들은 네트워크에 직접 연결되어 원거리에 있는 PC에서 제어가 가능하다.

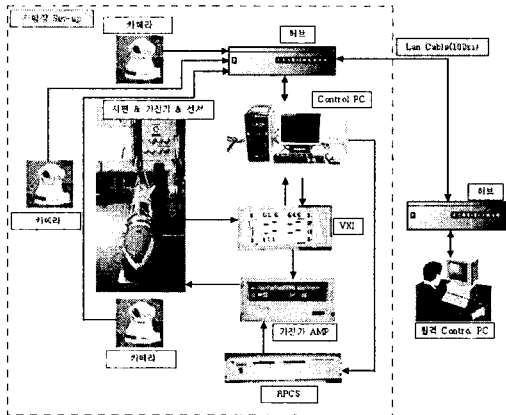


그림 1 원격 동특성 시험장비 개념도

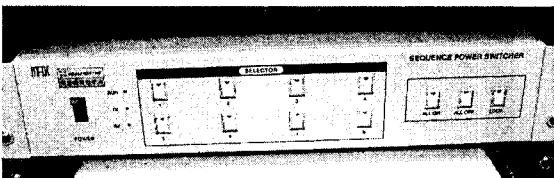


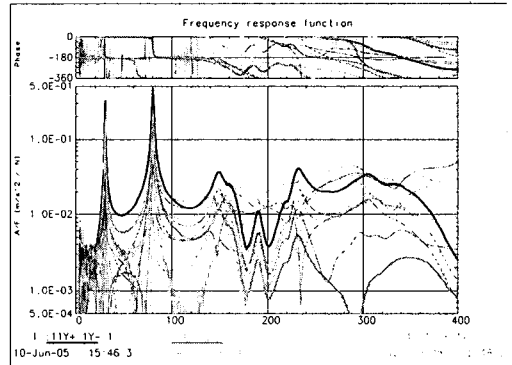
그림 2 RPCS(Remote Power Control System)

3. 적용 사례

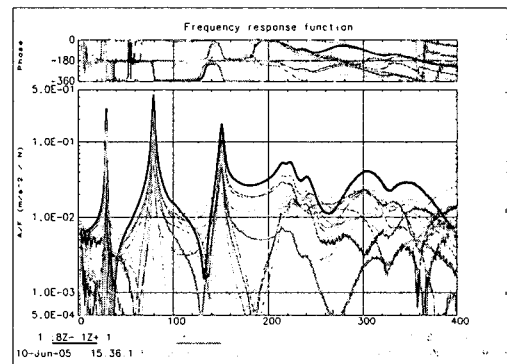
원격 동특성 시험 장비를 구성하여 실제 유도탄에 적용하여 동특성 시험을 수행하였다. 또한 활성탄을 이용한 시험이므로 시험횟수를 줄이기 위한

방법으로 피치/요 동시가진 시험을 수행하였다. 피치/요 동시 가진시험의 경우, 수평방향으로는 요 방향이고 수직방향으로 피치방향이다. 이 경우 피치방향은 유도탄의 수직방향으로 자중의 영향을 받을 수 있다. 이 부분을 해결하기 위하여 탄의 중량에 맞추어 번지코드를 사용하였다. 또한 동시가진의 타당성을 검증하기 위하여 피치방향을 수평으로 놓은 상태에서 시험을 수행하여 앞서 수행한 결과와 비교하여 동시 가진의 시험기법의 타당성을 검증하였다.

그림 3은 동시 가진을 통하여 획득한 피치 및 요 방향의 주파수 응답함수를 도시하였다. 이들 주파수 응답함수를 이용하여 분석한 결과 표 2와 같은 모달 매개 변수들을 획득하였다. 시험결과 피치방향과 요 방향의 최저차 고유 진동수는 각각 30.53Hz 와 29.63Hz 이며 이때의 모드형상의 빔의 1차 굽힘 모드 형상이었다.



(1) 피치방향



(2) 요방향

그림 3 동특성 시험결과(주파수 응답함수)

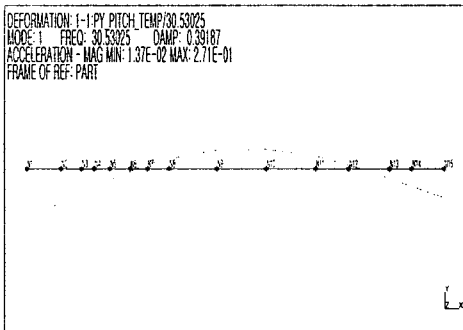
표 2 피치/요 동시가진 동특성 시험결과

Mode	Pitch(Hz)	Yaw(Hz)	비고
1	30.530	29.636	1st Bending
2	80.423	79.279	2nd Bending

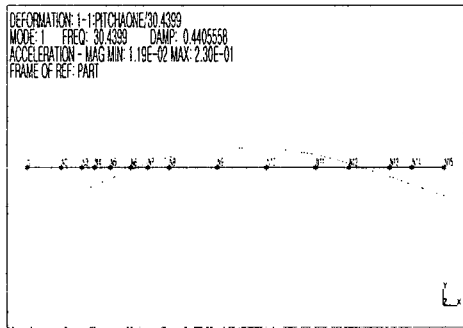
피치/요 방향으로 동시 가진하여 동특성 시험을 수행하였지만 수직방향인 피치방향의 결과의 타당성을 검증하기 위하여 단독으로 피치방향 시험을 수행하였다. 시험결과 획득한 고유 진동수를 표 3에 나열하였다. 표에서 알 수 있듯이 1차 및 2차 고유 진동수가 0.1Hz 로 거의 차이를 보이고 있지 않고 또한 그림 4 의 모드 형상을 비교해 보아도 노달 점 및 형상의 차이가 크게 나타나지 않았다.

표 3 피치방향 동특성 시험 결과 비교

Mode	동시가진 Pitch(Hz)	단일가진 Pitch(Hz)
1	30.530	30.440
2	80.423	80.593



(1) 두 축 가진



(2) 단일 축 가진

그림 4 두축 및 단일가진 모드형상(피치)

4. 결론

유도탄의 성능과 밀접과 관계가 있는 유도제어기 설계에 기본적으로 사용되는 유도탄의 동특성 자료를 실험적인 방법으로 수행하였다.

유도탄의 기하학적 비대칭성으로 인한 동특성 차이점을 시험으로 증명하였고, 활성 탄두 및 추진기관을 가진 실제 유도탄의 동특성시험 시 최대한의 안전을 확보하기 위하여 새로운 원격 동특성 시험장비 및 시험기법을 구성하고 개발하였다.

구성된 원격동특성시험 장비를 실제 유도탄 동특성 시험에 적용함으로써 시스템의 실용성을 입증하였으며, 또한 시험시간 단축과 안전을 확보하기 위한 2축 가진법이 성공적으로 응용되었다.

참 고 문 헌

- (1) 전병희 외 1인 “세장비가 큰 전기체 구조물에 대한 실험적 동특성 해석연구”, 제9회 지상무기 발전체계 발전세미나, 유도무기분과, 2001
- (2) 양명석 외 2인 “신궁 전기체 동특성 시험 연구보고서(’03)”, MADC-416-040250, 국방과학연구소, 2004
- (3) 임완권, 전영호, 강희봉, 소명섭, 조용찬, 조진래, 송기근, 이은수, 이교복, 최윤수, 정진경 “탄두/탄약부 안전실무 세부기준(개정 1판)”, TEDC-819-02024 7, 국방과학연구소, 2002
- (4) 류백능, 윤일선, 강문중, 류영진, 박병열, 도영대, 임성택, 현형수, 김준형, 유지창, 류병태, 김인식, 윤을재 “추진기관부 안전 관리 세부 기준(개정 1판)”, TEDC-821-020563, 국방과학연구소, 2002
- (5) 최대근, 강설목, 전용범, 김동석, 황동기, 정영숙 “신궁(K-PSAM)유도탄 안전성 분석 결과”, MADC-416-021134, 국방과학연구소, 2002
- (6) User Manual, Vibration-Model V450 Series, 1982