

技術論文

J. of The Korean Society for Aeronautical and Space Sciences 41(4), 314-318(2013)

DOI:<http://dx.doi.org/10.5139/JKSAS.2013.41.4.314>

공대지 폭탄용 유도키트 시험

이인원, 이기두*, 박영근, 임상수, 백승욱, 이대열

Tests of a Guidance Kit for Air-to-Surface Bomb

Inwon Lee, Kidu Lee*, Youngkuen Park, Sangsoo Lim, Seungwoock Baek and Daeyearl Lee
Agency for Defense Development(Aircraft System PMO)

ABSTRACT

Tests and evaluations following the U.S. MIL-HDBK/STANDARD were successfully conducted to assure the performance of the air-to-surface guidance kit which was developed first in Korea. Various ground tests confirmed the operation capability and reliability of the guidance kit, and flight tests proved very good mid-range gliding performance and accuracy of the gliding bomb which was a general purpose bomb with the guidance kit.

초 록

국내 최초로 개발되는 공대지 유도키트에 대하여 미국의 MIL-HDBK 및 STANDARD를 준용한 시험을 성공적으로 수행하였다. 각종 지상시험을 통하여 유도키트의 작동 성능과 내구성을 검증하였으며, 유도키트를 일반목적폭탄에 장착한 활공탄으로 비행시험을 수행하여 중거리 활공비행성능 및 정확도가 매우 양호함을 확인하였다.

Key Words : Guidance Kit(유도키트), CTS(Captive Trajectory System), Bomb Rack(무장 분리장치), Miss Distance(분리거리), Critical Minimum(최소허용 분리거리)

1. 서 론

미국의 JDAM은 기존의 일반목적폭탄에 비행 보조키트를 장착하여 만든 활공탄으로서, 많은 실전을 통하여 전천후 정밀공격효과를 검증받았다. 그 이후 LongShot과 같이 전개식 날개를 이용하여 활공비행을 할 수 있는 유도키트가 개발되었고, WCMD와 LGB 등에 적용하여 보다 먼 거리에서 보다 더 정밀한 공격을 하기 위한 유도키트 개발 노력이 계속되고 있다[1,2].

이러한 유도키트는 이미 보유하고 있는 일반 목적폭탄에 장착하여 사용하는 것이므로 폭탄 자체를 새로이 개발할 필요가 없기 때문에 개발

비용을 상대적으로 낮출 수 있다. 뿐만 아니라 노후화된 항공기에도 정밀공격임무 수행 능력을 부여할 수 있으므로 항공전력 증강에 크게 기여할 수 있다.

우리나라는 KT-1 기본 훈련기와 FA-50 경공격기 개발에 이어 한국형 전투기 개발을 추진하고 있으므로, 이와 병행하여 국산 공대지·공대공 유도무기 개발도 서둘러야 한다. 또한 GPS와 INS를 통합하는 높은 수준의 정밀 유도항법기술과 비행체 환경시험시설 및 기술도 보유하고 있으므로, 우리의 기술로 개발 가능한 유도무기체를 선정하고 군·관·민 협력개발체제를 구축하여 과감하게 도전해야 한다.

† Received: November 09, 2012 Accepted: March 27, 2013

* Corresponding author, E-mail : forgood@add.re.kr

<http://journal.ksas.or.kr/>

pISSN 1225-1348 / eISSN 2287-6871



Fig. 1. Vibration and Impact Test

이러한 시대적 요구에 부응하여 일반목적폭탄을 활공탄으로 만드는 유도키트가 국내 최초로 개발되었다. 미국의 MIL-HDBK/STANDARD를 준용한 여러 가지의 지상시험과 비행시험을 통하여 이 유도키트의 성능과 유도키트를 장착한 활공탄의 성능이 매우 양호함을 확인하였다.

II. 본 론

2.1 지상시험

2.1.1 유도키트 환경시험

다양한 극한 환경에서 유도키트의 성능을 보장하기 위하여 MIL-STD-810F를 준용한 환경시험을 수행하였다.

주요 시험 항목은 Fig. 1에 보여진 진동 및 충격시험을 비롯하여 저온저장시험, 고온저장시험, 온도/고도/습도 복합시험, 강우시험, 태양열 복사시험 및 Intra-EMC/RFC 시험이었으며, 각 시험의 결과는 모든 요구조건을 충족하였다.

2.1.2 지상투하시험

유도키트를 장착한 모의 활공탄을 사용하여 무장분리기능과 활공탄 체계 기능의 정상 작동 여부를 확인하고, 안전분리 해석에 필요한 기술 자료를 획득하기 위하여 지상투하시험을 수행하였다[3].

Figure 2와 같이 제작된 지상투하시험 치구의 상판에 실물 무장분리장치(Bomb Rack)를 장착하여 활공탄이 항공기로부터 투하되는 것을 모사하였다. 또한 영상 Pod를 설치하여 활공탄이 투하되는 과정을 고속으로 촬영하였다. 이 시험을 통하여 아래와 같은 성과를 거둘 수 있었다.

(1) 무장 분리기능의 정상 작동 확인

전기식 또는 기계식 신관 장착상태에서 장전선(Arming Wire)의 정상 작동과 무장분리 시

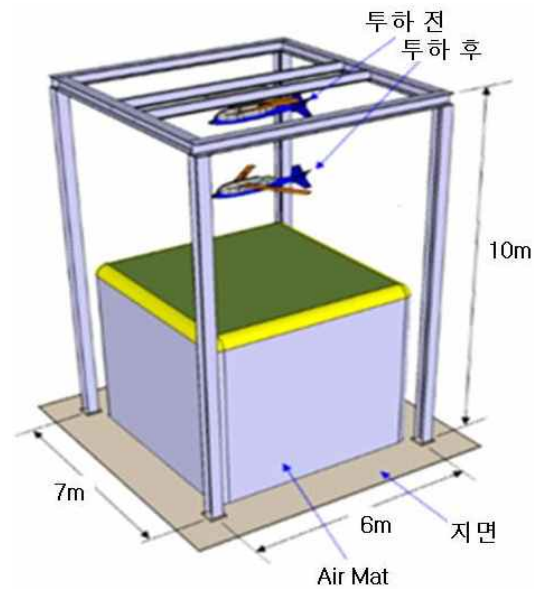


Fig. 2. Drop Test Bench

전기식 기폭장치(Initiator) 덮개의 열림 및 무장 비상분리 기능이 정상적으로 작동함을 확인하였다.

(2) 무장 분리 전/후 활공탄 체계의 정상 확인
분리 전 명령통신장치를 이용하여 통신기능을 확인하였고, 분리 후 날개전개장치, 유도키트 계측장치 및 비상폭발장치의 정상 작동을 확인하였다. 또한 분리 전/후 영상 분석을 통해 영상 Pod 화각의 적절함도 검증하였다.

(3) 안전분리 해석을 위한 자료 획득
카트리지와 오리피스스의 조합별 사출력 측정 자료와 영상 Pod를 이용한 무장분리 과정의 고속 영상자료를 획득하였다. 획득된 고속 영상자료의 분석을 통해 마커 위치 및 수량의 적절성을 확인하였다.

2.1.3 전기체 진동시험 및 Flutter 해석

항공기의 진동특성을 파악하기 위하여 외부장착물과 활공탄을 장착한 전기체 진동시험을 수행하였다. Fig. 3은 F-5 항공기에 2발의 활공탄을 장착한 전기체 진동시험 장면이다.

시험조건은 외부장착물의 장착 형상에 따라 달라지며 다점가진 방법을 이용하였다. 약 300채널의 가속도 신호와 LMS TestLab 시스템을 이용하여 가진력과 응답신호로부터 주파수 응답특성을 구하였다. 또한 이 진동시험을 통하여 획득한 모달자료를 MSC/NASTRAN S/W의 입력자료로 이용하여 플러터 해석을 수행하였다.

전기체 진동시험을 통한 플러터 해석결과와



Fig. 3. Ground Vibration Test of Whole Aircraft(F-5)

기존 외부장착물의 플러터 특성을 이용하여 항공기별 MIL-A-8870(15% margin)에 따른 비행영역을 설정하였다.

2.1.4 CTS 풍동시험

활공탄이 항공기로부터 안전하게 분리됨을 확인하고 분리특성 자료를 획득하기 위하여 CTS (Captive Trajectory System) 풍동시험을 수행하였다.

미국 Calspan사의 천음속풍동 시험시설에서 1/12 크기로 축소된 모형을 사용하였으며, 시험 마하수 0.6~0.9 범위에서 측정부 동압은 0.095 atm으로 고정하였다. 풍동시험 내용은 활공탄 모형에 대한 Freestream 시험, 항공기·외부장착물 및 활공탄 모형을 이용한 Captive Trajectory 시험과 Grid 시험으로 구성되었다. Fig. 4는 F-16 항공기와 활공탄 모형을 이용한 CTS 풍동시험 장면을 보여주고 있다.

이 시험을 통하여 획득된 자료들을 6자유도 운동 해석 프로그램의 입력데이터로 활용하였으며, 그로부터 분리 궤적을 예측하여 안전분리 비행영역을 설정하였다.



Fig. 4. Test of Captive Trajectory System

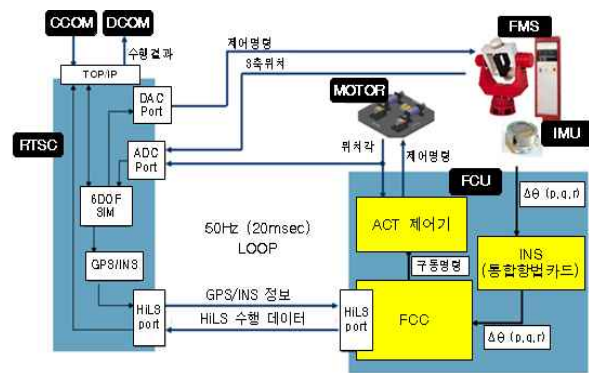


Fig. 5. Schematic of HiLS System

2.1.5 HiLS 시험

활공탄에 대한 비행시험을 수행하기 이전에 관성측정장치, 제어장치, 통신장치 등을 포함한 탑재모듈의 작동성을 검증하기 위하여 Fig. 5와 같은 HiLS 시험을 수행하였다. 사전에 계획된 비행시험 프로파일을 이용하여 활공탄의 투하 자세 및 가속도의 변화, 바람의 상태, 피칭모멘트 및 롤링모멘트 변화에 따른 유도조종 알고리즘의 적합성과 비행특성을 파악하였다.

2.2 비행시험

2.2.1 장착적합성 시험

항공기에 장착되는 외부장착물은 그 형상, 중량 및 무게중심의 위치, 그리고 장착위치에 따라 항공기의 비행특성, 공탄성, 그리고 전자기적 성능에 영향을 미칠 수 있다. 따라서 새로운 외부장착물을 기존 항공기에 장착하기 위해서는 장착적합성 비행시험을 수행하여 이러한 영향성을 분석함으로써 조종사와 항공기의 안전을 확인하여야 한다.

본 연구에서는 MIL-HDBK-1763에 따라 기존 항공기의 운용방식대로 일반목적폭탄과 외부장착물을 장착한 기본 형상으로 기동시험을 먼저 수행한 후, 일반목적폭탄의 장착 위치에 활공탄을 장착한 형상으로 동일한 내용의 기동시험을 수행하여 두 결과를 비교·분석하였다.

시험결과 기존 일반목적폭탄의 장착 위치에 활공탄을 장착함에 따른 영향은 미소한 것으로 분석되었으며, 항공기 운용에 적합한 것으로 판명되었다.

2.2.2 안전분리 시험

항공기 날개 끝에 영상 Pod를 장착하여 활공탄이 항공기로부터 분리되는 과정을 고속으로 촬영하였다. Fig. 6에 0.2초 간격의 고속 영상을

나열하였는데, 활공탄이 투하되자마자 날개가 펼쳐지면서 위험하거나 급격한 거동 없이 안전하게 분리됨을 볼 수 있다.

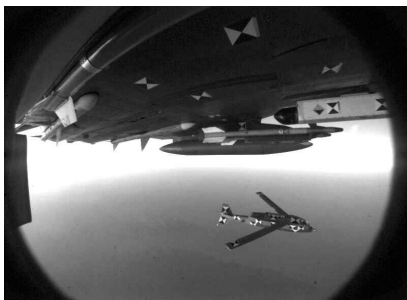
Figure 7(a)는 분리궤적을 가시화하기 위하여 시뮬레이션한 결과이다. 항공기로부터 분리되고 있는 활공탄과 항공기 사이의 최소 거리인 Miss Distance를 측정하여 Fig. 7(b)에 그래프로 나타내었다.



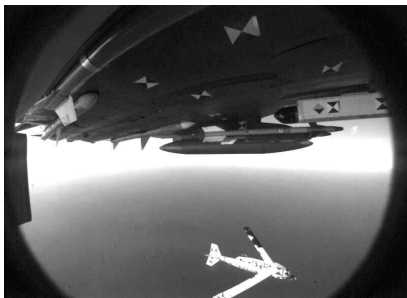
(a) t = 0.0 sec



(b) t = 0.2 sec

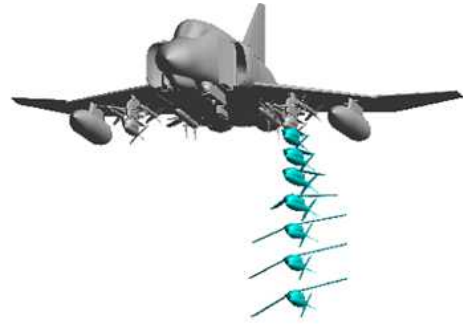


(c) t = 0.4 sec

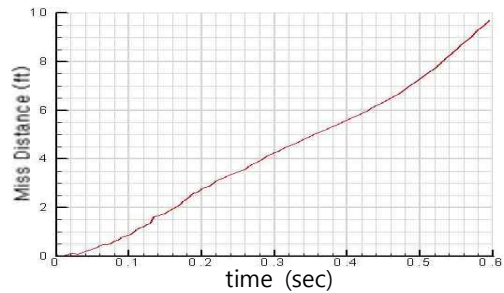


(d) t = 0.6 sec

Fig. 6. View of Safe Separation test



(a) Path of Bomb



(b) Miss Distance

Fig. 7. Test Result of Safe Separation

안전분리 시험에서의 Miss Distance는 MIL-HDBK-1763에 명시된 Critical Minimum인 15.24cm 이상으로 측정되어 안전하게 분리됨을 확인하였으며, 이는 CTS 풍동시험 결과를 이용한 6자유도 운동 해석 결과와도 일치하는 것이었다.

2.2.3 탄성능 시험

항공기로부터 투하된 활공탄이 목표 지점까지 날아가는 동안의 실시간 비행정보를 획득하기 위하여 Fig. 8과 같이 원격측정장치를 제작하여 활공탄의 내부에 탑재하였다. 그리고 활공탄의 동체 외부에는 카메라를 설치하여 활공탄의 비행 중 카메라 영상신호를 비롯한 각종 비행정보를 지상으로 송신함으로써, 각 계통별로 실시간 모니터링을 하면서 탄성능 분석 자료를 획득하였다.

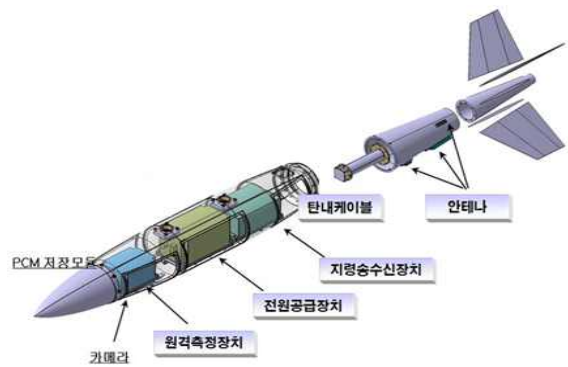


Fig. 8. Layout of Telemetry System

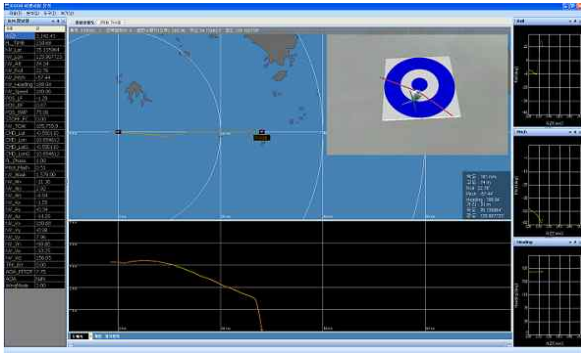


Fig. 9. Flight Data Analysis and Visualization



Fig. 10. View of Target Hitting

또한 이 자료들을 Fig. 9와 같이 그래픽 처리하여 활공탄의 비행과정을 실시간으로 가시화하는 프로그램[4]을 개발하였다. 사전 시뮬레이션에 의한 비행경로와 활공탄이 실제 비행하는 경로를 평면도와 측면도로 구별하여 비교함으로써 비행시험 중 발생하는 물리적 현상들을 빠르고 쉽게 이해할 수 있도록 하였다.

이상과 같이 준비된 활공탄에 대하여 우리 공군의 지원을 받아서 비행 알고리즘 검증시험, 정확도 시험 및 운용적합성 시험으로 구성된 탄 성능 시험을 수행하였다.

비행 알고리즘 검증시험을 수행하는 동안 유도조종 알고리즘, 바람추정 알고리즘 및 일부 부품의 개선이 이루어졌으며, 이러한 과정을 거치면서 유도키트의 성능이 완성되었다. Fig. 10은 활공탄이 사전에 입력된 경로를 비행한 후 표적지에 명중하는 장면을 보여주고 있다.

수차례에 걸친 정확도 시험과 운용적합성 시험을 통하여 활공탄의 중거리 활공비행성과 정확도가 매우 양호함을 확인하였다.

III. 결 론

국내 최초로 개발된 공대지 유도키트의 성능을 검증하기 위한 시험평가를 성공적으로 수행하였다. 미국의 HDBK/STANDARD를 준용한 각종 지상시험을 통하여 유도키트의 작동 성능 및 내구성을 검증하였고, 기존의 일반목적폭탄에 유도키트를 장착한 활공탄으로 비행시험을 수행하여 중거리 활공비행성능 및 정확도가 매우 양호함을 확인하였다. 또한 효율적인 비행시험을 위한 계측방법과 시험장 운용방법도 정립하였으며, 본 시험을 통하여 새로이 구축된 지상시험 및 비행시험 기법은 향후 유사 무기체계 개발에 큰 도움이 될 것이다.

References

- 1) Hokeun Lee, Daeyul Lee, 2002, "Trends of Development Technologies for Air-to-Ground GPS Guided Munition", *Technical Report of ADD*, MADC-501-020819.
- 2) Polites M., Lin C. F., and Wise K., 2000, "Recent Events in Guided, Navigation and Control in Weapons and Missile", *AIAA Guidance, Navigation, and Control Conference and Exhibit*, 14-17 August, Denver CO., U.S.A.
- 3) Inwoon Lee, Seungwoock Baek, Kidu Lee, Sangsoo Lim, 2011, "Mid-Range GPS Guided Kit Development(10 Integration Report)", *Technical Report of ADD*, ADDR-416-110579.
- 4) Youngken Park, Sangsoo Lim, Kidu Lee, Inwoon Lee, Daeyul Lee, 2010, "Flight Data Analysis and Visualization Program Development", *2010 KSAS Fall Conference*, pp.1306~1309.