

## 3차원 영상분석 시스템을 이용한 다중선택식신관 근접기능 폭발고도 측정방안 연구

가진욱\*, 조성환\*\*, 윤근식\*\*\*

\*국방기술품질원

e-mail:heffytam@dtatq.re.kr

### Multi-Option fuse proximity function height of burst measurement method study using 3D image analysis system

Jin-Wook Ga\*, seong-hwan Cho\*\*, Keun-Sig Yoon\*\*\*

\*Defense Agency for Technology and Quality

#### 요 약

박격포탄에 이용되는 다중선택식신관은 근접 및 초근접기능을 가지고 있는데 이러한 기능의 평가를 위해서는 폭발고도 측정이 필요하다. 박격포탄의 폭발고도 측정은 사격 후 표적지에서 측정해야 하므로 카메라의 화각을 고려한 측정위치 결정, 고속으로 낙하하는 탄의 이동을 감지하고 신관이 작동하는 높이를 측정해야 해야만 한다. 본 연구에서는 다중선택식신관 폭발고도의 정밀한 측정을 위해서 3차원 영상분석 시스템을 이용한 측정방안을 제시하였다. 시험표적지의 크기 및 시험요구조건을 고려하여 고속카메라의 설치위치, 표적지와와의 거리를 제안하고 측정정밀도를 산출하였다.

## 1. 서론

탄약은 적의 군사시설, 병력, 장비 등에 피해를 가하기 위해 특별히 고안된 용기내에 폭발물, 화학제, 세균/방사능 등을 충전한 것으로서 총포로부터 발사되거나 또는 매설, 투척, 투하, 유도등의 방법에 의하여 사용되는 물질을 말한다. 탄약은 단 한번 기능을 발휘하고 파괴되는 One shot Device(혹은 One Time Use Device) 특성이 있기 때문에 목적에 적합한 환경을 조성하여 사용해 보기 전에는 해당 로트의 성능이나 안전성 등을 확인할 수 없다.[1]

양산품에 대한 시사장 수락시험은 실사격시험을 통해 사용군의 가용성을 마지막으로 평가하는 시험이다. 품질보증에 필요한 성능자료를 생산 및 분석할 뿐만 아니라 양산수락시험의 결과는 저장탄약신뢰성평가를 위한 시험 설계에도 활용된다. 국방기술품질원은 박격포탄류 양산수락시험 품목중 다중선택식신관의 근접기능 폭발고도 측정을 위한 시험장을 구축중에 있다.

양산품 탄약의 수락시험절차서(ATP, Ammunition Test Procedure)에서의 계속 요구조건은 기준대를 참고하여 비디오 광학촬영하고 계측하며 이를 실패 시 목측으로 수행한다. 단일 장비를 통한 광학계측은 탄약의 작동위치가 촬영장비로

부터 참조점과 수평상에서 멀어질수록 픽셀에 담기는 정보가 달라져 계측오차의 가능성을 가지고 있다. 이를 개선하기 위해 2대 이상의 다중카메라를 사용하고 각각 영상의 자료를 합성 및 3차원 영상분석을 실시한다면 신뢰성 있는 시험평가 계측자료의 획득이 가능할 것으로 판단된다.

## 2. 시험평가 프로세스

### 2.1 다중선택식 신관의 특성

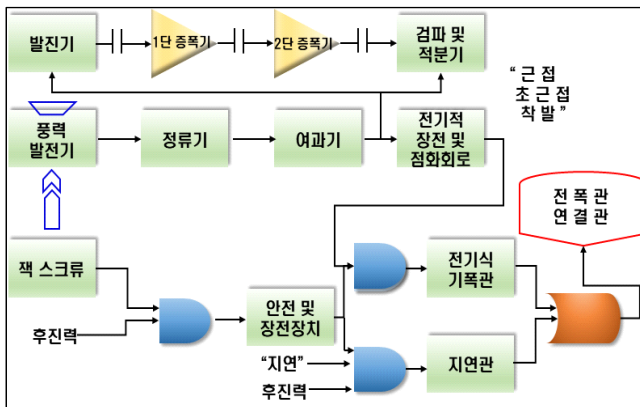
신관은 저장이나 이동시에 안전한 상태를 유지하고 발사 후 목표물에 명중하거나 정해진 시간에 작동을 하여 탄체를 폭발시키는 장치이다. 신관의 주요 기능은 안전, 장전 및 기폭이라고 할 수 있다. 안전기능은 탄약을 저장, 수송 또는 취급할 때 안전한 상태로 유지 하도록 해주는 기능이다. 장전기능은 발사 이후에 폭발계열(Explosive Train)을 정렬시키고 스위치들을 연결/차단하며 논리회로 등을 동작시켜 목적하는 조건이 형성될 때 신관이 즉각 작동할 수 있는 상태를 갖추는 것이다. 기폭기능은 목적하는 지점이나 시간에 탄두를 폭발시키는 기능이며 기폭 방식에 따라서 충격신관, 시한신관, 접근신관 등으로 구분할 수 있다.[2]

다중선택식신관은 품목에 따라 각각 60mm, 81mm 박격포 고폭탄과 결합되며, 네 가지 형태의 기능인 착발, 지연, 근접, 초근접기능을 보유한 다목적 다기능 신관이다.

[표 1] 다중선택식 신관, K584/K589 제원

| 구분     | 내용                                                                      |          |
|--------|-------------------------------------------------------------------------|----------|
|        | K584                                                                    | K589     |
| 전장(mm) | 94                                                                      | 155      |
| 중량(g)  | 198                                                                     | 499      |
| 적용화기   | 60mm 박격포                                                                | 81mm 박격포 |
| 용도     | 박격포탄과 결합되어 적용모드에 따라<br>공중 및 지상충격시 탄을 폭발시킴<br>* 적용모드(충격 / 지연 / 근접 / 초근접) |          |

탄약이 목표물에 접근 시 폭발회로는 선택 모드에 따라 착발, 근접, 초근접기능에 의해 전기식 기폭관을 점화한다. 선택 모드에 따라 작동이 되지 않더라도 신관은 충격 이후 지연기능으로 작동되게 설계되었다.



[그림 1] 다중선택식 신관 작동 계통도

## 2.2 다중선택식 신관 근접기능 계측 프로세스

다중선택식신관에 대한 양산품 수락시험절차서에는 다음과 같이 시험방법이 기술되어 있다.[3]

- 근접 및 초근접 기능시험시 표적의 크기 및 폭발고도 계측장비의 정확도는 가능하면 발사탄수의 70% 이상을 탄착시키고 자료획득할 수 있는 정도이어야 한다.
- 폭발고도는 비디오 광학계측영상 화면상에서 탄이 폭발할 때 형성된 화염의 중심점으로부터 지면까지의 수직거리로 정한다.
- 폭발고도를 측정할 때 촬영장비와 육안관측을 병행하여 실시한 경우, 촬영장비의 피탄 또는 기타 잘못으로 폭발장면 촬영에 실패하였을 때를 대비하여 부분적으로 육안관측 자료를 참고한다. (단, 육안 관측 시에는 1m 간격으로 표시된 기준대를 설치하여 목측한다.)

평가기준에서 요구하는 측정단위는 0.0m~0.0m로 계측장비는 이보다 높은 수준을 요구하기 때문에 1m간격으로 표시된 기준대를 참고하는 목측은 정확한 평가가 될 수 없다. 단일 촬영장비로 측정시 사전값을 알고 있는 참조점을 사용하여 폭발고도를 계산하게 된다. 신관의 작동지점이 촬영장비

로부터 참조점과 같은 수평상에 위치한다면 정확한 관정이 되겠지만 반대로 참조점과 같은 수평선에서 멀어질수록 계측 오차는 증가한다.

## 3. 3차원 영상분석 시스템 적용 방안

### 3.1 3차원 영상분석 시스템 소개

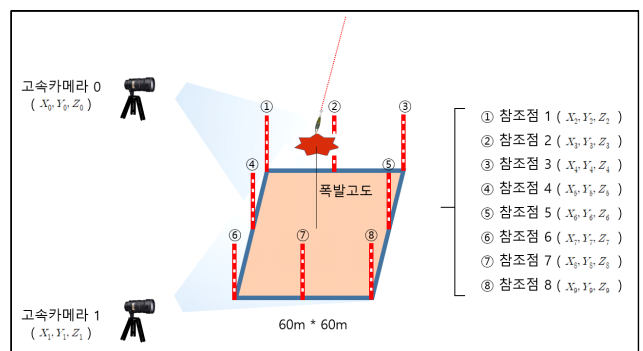
3차원 영상분석 시스템은 영상분석프로그램과 고속카메라 2대로 구성되어 있다. 이동하는 물체를 각각의 고속카메라로 촬영하고 영상 내 물체추적 및 영상 합성작업을 거쳐 3차원 직교좌표계에서 표현된다. 5자유도(X, Y, Z, Yaw, Pitch) 분석과 물체의 이동속도, 이동거리, 비행각도 등의 물체의 위상정보분석 등을 수행하며 이를 통해 각종 무기체계의 초기 및 종말 비행현상, 신관 작동현상 등의 다각도 고속영상 분석에 적용할 예정이다.

[표 2] 3차원 영상분석 시스템 구성 및 기능

| 구분     | 내용                                                                                                                                                        |                                    |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| 주요 구성품 | 고속 카메라                                                                                                                                                    | 고속카메라, 삼각대, 전원공급기, 운용프로그램, 컨트롤러    |
|        | 분석 프로그램                                                                                                                                                   | 분석프로그램, 컨트롤러, 직교좌표계 생성틀, 렌즈왜곡 보정치구 |
| 주요 기능  | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 고속이미지 데이터 자동추적</li> <li>· 3차원 직교좌표 플로팅</li> <li>· 5자유도(X, Y, Z, Yaw, Pitch) 분석</li> <li>· 탄체 비행 역학 분석</li> </ul> |                                    |

### 3.2 시험평가 적용방안

근접신관탄착지 크기는 60m×60m로 구축되었다. 평탄한 탄착지면에 비활성탄체와 활성신관을 체결하고 저장약(0호)으로 발사하여 신관성능을 평가한다. 이때 신관의 작동모드는 근접 및 초근접으로 설정하여 발사 후 탄착지면의 일정높이에서 작동하게 한다. 분석프로그램의 영상합성 및 3차원직교좌표계 생성을 위해 [그림 2]과 같이 고속카메라와 참조점들을 설치하고 사전값을 측정한다.



[그림 2] 고속카메라 및 참조점 사전 위치

## 4. 결론

다중선택식신관의 근접, 초근접기능 폭발고도 측측은 신관이 작동하는 탄착지 부근에서 수행된다. 신관의 작동현상을 촬영하기 위해서는 탄착지의 전체 면적과 규격에서 요구하는 높이 이상의 공간을 영상에 담아야 하기 때문에 고속카메라의 측정위치와 이에 따른 렌즈의 선택을 고려해야 한다.

FoV(field of view)는 센서가 렌즈를 통해 인지하는 화각이며 초점거리는 렌즈의 거리계 눈금을 무한대에 위치했을 때 렌즈의 중앙에서 센서까지의 거리이다. FOV는 다음과 같이 계산된다.[4]

$$* \text{FoV [m]} = \frac{\text{픽셀크기}[\mu\text{m}] \times \text{해상도} \times \text{시험체와렌즈사이거리}[\text{mm}]}{10^3 \times \text{초점거리}[\text{mm}]}$$

고속카메라와 탄착지의 이격거리는 시험장크기(가로 60m, 세로 60m)를 화각의 최대치 기준으로 정하고 사용하는 렌즈군에 따라 [표 3]와 같이 결정된다. 렌즈의 초점거리가 커질수록 탄착지와 고속카메라의 이격거리는 늘어난다.

[표 3] FOV 60m일때의 렌즈별 이격거리

| 고속카메라                                                  | 렌즈   | 이격거리(m) | 비고      |
|--------------------------------------------------------|------|---------|---------|
| V641                                                   | 16mm | 37.5    | FoV=60m |
| V641                                                   | 35mm | 82.0    |         |
| V641                                                   | 50mm | 117.2   |         |
| *고속카메라 V641(해상도:2,560*1,600, 픽셀크기:10 <sub>(μm)</sub> ) |      |         |         |

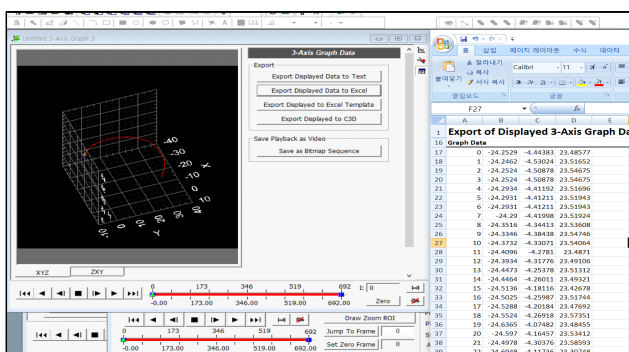
근접신관탄착지의 크기와 주변환경을 고려하였을 때 최대 이격 가능한 거리는 약 60m로 37.5m를 이격하여 사용가능한 16mm 렌즈의 선택이 적절하다.

측정의 정밀도는 고속카메라 센서내 각각의 픽셀이 나타내는 정보를 통해 결정되며 이는 곧 공간분해능 의미하고 다음과 같이 계산하여 도출할 수 있다.

$$* \text{공간분해능 [m]} = \frac{\text{FOV[m]}}{\text{픽셀수}}$$

FOV가 60.0m×37.5m 영상내 각각의 픽셀은 23.43mm(가로), 37.50mm(세로)의 공간 정보를 나타낸다.

고속으로 하강하는 박격포탄의 신관작동현상을 각각의 고속카메라로 촬영 후 영상자료들을 분석프로그램을 통해 영상내 시간에 따라 이동하는 탄체를 추적하고 영상을 합성하는 작업을 거쳐 분석자료를 획득하고 3차원 직교좌표계에서 신관의 근접기능 폭발고도를 측정한다.



[그림 3] 분석프로그램 결과자료

본 논문에서는 다중선택식신관의 근접기능 폭발고도 측정을 위한 시험평가에서 수행되고 있는 시험절차와 제한사항에 대해 분석하고, 3차원 영상분석 시스템을 활용한 시험평가 데이터의 획득방안을 제안하였다.

근접신관탄착지의 크기를 고려하여 촬영장비를 탄착지로부터 37.5m 이격하여 설치하고 16mm 렌즈를 적용한다면 탄착지내에서의 신관 작동현상 측정이 가능하며 이때의 측정의 정밀도는 23.43mm(가로), 37.50mm(세로)가 된다.

3차원 영상분석 시스템 시험평가 측측은 측정단위를 만족하는 객관적 수치 데이터 도출이 가능하다. 단일 촬영장비를 사용한 측정오차를 보완하기 위해 2대 이상의 고속카메라를 사용하고 획득영상을 분석하여 다각도에서의 종합적 분석이 가능하기 때문에 시험평가 측정시스템으로 활용 시 신뢰성 있는 평가데이터 확보가 가능할 것으로 판단된다.

## 참고문헌

- [1] 김용섭 외, “국방품질경영총론”, 형설출판사, 2010년.
- [2] 이동녕, 윤근식, “저장탄약신뢰성평가 데이터를 이용한 기계식시한신관 KM577A1 저장수명 추정 연구”, 한국신뢰성학회, 신뢰성응용연구 제 18권 제1호, pp. 56-65, 3월, 2018년.
- [3] 국방규격 KDS 1390-1057. “신관, 다중선택식 : K584”, 2007년.
- [4] 최창호, “사진학 강의”, 타임스페이스m, 2004년.