

# 155mm 연막탄 오작용 조사분석 및 향후 평가방안

이준혁\*, 정현석, 이종찬  
국방기술품질원 국방종합시험센터

## An Analysis on the ammunition malfunction and assessment plan of 155mm Smoke for howitzer

Junhyuk Lee\*, Hyunsuk Jung, Jongchan Lee  
Defense Firing Test Center, Defense Agency for Technology and Quality

**요약** 155mm 연막탄은 치명적인 피해를 직접 주지 않으나 적절히 사용하였을 때 적 능력을 감소시킬 수 있으며 신호용, 항공기 유도용 표지탄 등으로 사용한다. 국내 저장되어 있는 155mm 연막탄은 저장기간이 상당히 오래 경과하였음에도 군에서 다량 사용하며 최근 군에서 오작용이 발생하였다. 해당 로트는 오작용 조사 결과 후속조치로 임시 불출중지하였고 차후 ASRP(Ammunition Stockpile Reliability Program, 이하 ASRP) 결과에 따라 조치하도록 하였다. 이에 따라 '21년 ASRP 대상 선정 시 군에서 요청한 오작용 발생 로트를 포함하여 6개 로트를 선정하였고, ASRP 및 오작용 조사 기능시험 결과를 분석한 결과 오작용의 발생은 연막탄과 연관이 적은 것을 확인하였다. 마지막으로 향후 155mm 연막탄 ASRP의 평가방안을 제시하였으며 저장탄약에 대한 신뢰성평가 방법에 대한 개선방안으로 대체시험기법을 제시하였다.

**Abstract** 155mm smoke howitzer does not directly inflict fatal damage, but when used properly, it can reduce the ability of the enemy and is also used as a signal or aircraft guidance measure. In South Korea, 155mm smoke howitzers have been stored even though the storage period had passed quite a long time ago, and hence a related ammunition malfunction had occurred recently. The malfunctioned ammunition lot was then suspended CC-J as a follow-up measure suggested by the malfunction investigation and to take action according to the ASRP results. In particular, six ammunition lots were selected, including the malfunctioned ammunition lot, by the South Korean Army when selecting the ASRP items and ammunition lots for the year. Furthermore, the ASRP and malfunction tests showed that the ammunition malfunction was not related to the performance of the 155mm smoke howitzer. Finally, an alternative test was suggested as an improvement plan for the assessment method of ammunition malfunction in the future, and the assessment plan for a 155mm smoke howitzer was also presented.

**Keywords** : 155mm Smoke, Howitzer, Ammunition, Malfunction, ASRP

### 1. 서론

연막탄은 치명적인 피해를 직접 주지 않으나 적절히 사용했을 때 주야를 막론하고 적 능력을 감소시킬 수 있다. 또한 우리 군의 전개 기회를 제공하며 임무 수행 시

손실을 줄일 수 있도록 도와준다. 연막탄은 운용 시 목표 지점 상공에서 연막이 형성되며 주요 목적은 레이저 광선의 효과 감소, 대전차 유도탄의 사용 방해, 적의 관측 능력 약화, 적 첩보활동 거부 등이 있다. 유색연막탄은 신호용, 항공기 유도용 표지탄 등으로도 사용한다.

\*Corresponding Author : Junhyuk Lee(Defense Agency for Technology and Quality)

email: lljh@dtqa.re.kr

Received June 14, 2022

Accepted August 3, 2022

Revised July 13, 2022

Published August 31, 2022

155mm 연막탄은 미국에서 생산되어 약 45년 ~ 약 80년 이상 장기 저장된 탄약으로 최근 군에서 운용 중 오작용이 발생하였다. 해당 로트는 오작용 조사 결과 후속 조치로 임시 불출중지 되었으며 차후 ASRP 결과에 따라 조치하도록 하였다.

국방기술품질원(이하 기품원)은 국방부 훈령에 따라 ASRP의 주관기관으로 장기 저장된 탄약 또는 성능저하가 의심되는 탄약의 평가를 실시하며 오작용 발생 시 오작용의 원인을 조사하고 조치한다[1,2]. 1999년부터 ASRP를 실시하며 추진제를 중심으로 한 저장수명 예측 기법 연구나 저장 탄약의 품목별 신뢰도 평가 방안 연구, 박격포탄과 신관 등에 대한 저장수명 예측 및 신뢰도 평가와 직접 시험이 제한되는 품목의 대체시험 기법을 개발하고 평가하는[3-9] 등 ASRP 평가 방법에 대해서 많은 진전이 있었다. 하지만 탄약의 오작용 조사에 관한 연구나 연막탄에 관한 학술적인 연구는 전혀 없는 상황이다.

본 연구에서는 ASRP 시험 및 오작용 조사 기능시험과 그에 대한 분석을 실시해 보았으며 '21년 ASRP 대상 선정 시 군에서 요청한 오작용 발생 로트를 포함하여 6개 로트를 선정하여 평가를 실시하였다. 또한 탄약 오작용 조사 시 도출되었던 유동 현상이 발견되는 탄약과 정상탄약의 비교 사격을 위해 장약 등 변인을 통제하여 오작용 조사 기능시험을 실시하였다. 마지막으로 향후 155mm 연막탄의 효율적인 ASRP 방안과 대체시험기법을 제시하였다.

## 2. 연막탄 개요

### 2.1 155mm 연막탄 특성 및 형상

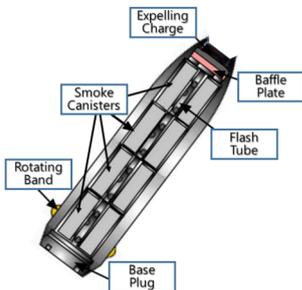


Fig. 1. Configurations of 155mm HC Smoke [10]

155mm 연막탄은 연막효과, 위치표시 및 신호용으로 사용되며 내부 구성은 위의 Fig. 1과 같다. 155mm 연막

탄은 탄저 방출형탄으로 강철로 만들어진 탄체 안에 4개의 연막통(Canister)이 들어 있다. 연막통에는 화학연막제가 충전되어 있으며, 충전물은 HC(Hexa Chloroethane-zinc)와 유색연막제가 있다. 연막제의 색은 흰, 녹, 황, 적, 자색이 있다. 방출장약(Expelling Charge)는 흑색화약으로 충전되어 있고 격판(Baffle plate)은 첫 번째 연막통과 방출장약을 분리하는 역할을 한다. 중량은 HC연막탄이 94.80 lb, 유색연막탄이 86.23 lb이다[10].

### 2.2 155mm 연막탄 작동 원리

뇌관이 격발되면 추진장약이 연소하여 탄두를 요구되는 속도로 포신에서 표적까지 추진되도록 급속한 가스확장을 일으킨다. 회전탄대(Rotating Band)는 탄체에 가해지는 가스압력을 누출을 막는 밀폐 역할을 한다. 발사되어 비행하는 탄두는 목표지점 상공에서 시한신관의 작동으로 방출장약을 점화시키며, 이로 인해 발생한 불꽃은 점화관(Flash Tube)을 통해 연막통을 점화시키고 탄저(Base)를 파열하여 탄저플러그(Base plug)에서 연막통이 방출되도록 한다. 방출된 연막통은 연막을 형성하여 00초~00초 연소하며 유효 연막 발생시간은 00초~00초이다.

## 3. 탄약 오작용 조사

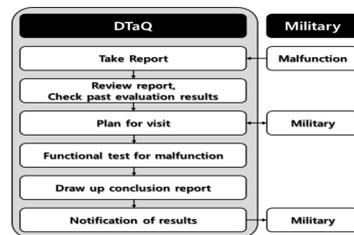


Fig. 2. Procedure of malfunction investigation

위의 Fig. 2는 오작용 발생 시 군과 기품원의 업무 체계이다. 오작용이 발생하면 군은 기품원으로 오작용 통보서를 작성해 원인규명을 요청한다. 기품원에서는 오작용 내용 및 과거 이력을 조사하여 원인조사 없이 과거 이력만으로 종결가능한지 여부를 판단한다. 이후 기술조사팀을 구성하여 현지 부대 방문조사를 실시하고 군 의견을 청취한다. 그 후 원인규명에 필요한 시험 계획을 수립하고 시험을 실시한다. 최종적으로 기품원은 오작용 내용, 과거 이력, 기술자료, 시험결과를 종합하여 결과보고

서를 작성한 뒤 군에 통보한다. 155mm 연막탄 오작용은 처리요구서에 따라 원인을 조사하며 검증을 위한 시험을 실시했다.

### 3.1 기술검토 및 오작용 조사 방안 수립

대상로트에 대한 기술검토 결과, 해당로트는 00년과 00년에 ASRP를 수행하였고 각각 “연막제 작용상태 불량으로 우선불출 및 사용”과 “연막효과 불량으로 조건부 불출”로 평가된 이력을 확인하였다. 과거 배포된 기술회보에 따르면 “연소불량으로 교육용”로 제한되어 있었다.

오작용 발생보고서 상 원탄 및 근탄이 다량 발생하였으며 회수된 탄약 일부에서 내부 충전물 유동현상이 발견되었기에, 부대 방문 전 현상에 대한 확인사항은 다음과 같다. ①원탄은 연막탄 기능 상실에 의한 탄착점 미확인으로 예상되므로 탄착점 확인, ②근탄은 화포 사각, 방위각, 포구속도 등 사격제한, 사격기록 및 탄착점 확인, ③내부 충전물 유동현상을 확인하기 위해 X-ray 검사, 무게중심 및 동심도 확인, 분해검사 등 기술시험 수행이 있다.

### 3.2 부대방문

오작용 발생 부대를 방문하여 회수 탄약의 상태를 확인하였으며 사격제한 및 사격정보를 분석, 군 의견을 청취하였다. 사용탄두는 155mm 연막탄 B-4 로트였으며, 추진장약은 155mm 훈련용 추진장약 00호 장약으로, 기존의 155mm리 추진장약을 군에서 교육훈련용으로 00호, 00호로 재편한 품목이며 오작용 시험 시 사용된 추진장약 또한 '19년 4월에 재편된 로트이다. 신관은 기계식시한순발신관을 충격(순발)기능으로 사용하였다.

회수된 오작용 발생 탄약의 상태를 육안검사 한 결과 외관상 특이사항 없었으나, 탄약 중량상태(Weight zone) 식별이 불가능하였다. 군에서는 불출 전 탄약중량을 저율로 확인하고 있었다.

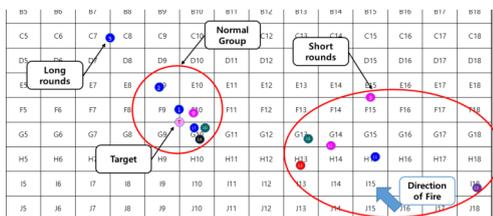


Fig. 3. Point of Impact about Ammunition Malfunction

위의 Fig. 3은 오작용 발생 로트의 사격 당시 탄착군을 나타낸 것이다. 6개 포에서 점검탄으로 고폭탄 2발 사격 후 연막탄을 15발의 탄약을 사격하였다.

사용자불만 보고서에는 원탄 7발 발생한 것으로 보고 되었으나, 탄착점을 확인한 결과 원탄은 5발이었으며, 원탄 5발 중 4발은 “관측불가”였으며 관측된 원탄은 1발이었다. 군에서는 관측불가를 원탄으로 처리하였으며, 관측불가로 “원탄” 판정된 4발은 연막효과 불량으로 관측되지 않을 수 있다.

초기 2발의 고폭탄은 정상적으로 탄착되었으나 이후 연막탄 사격에서 근탄과 원탄이 발생하였으며, 탄착 분포를 화포별로 확인한 결과 화포 간 포구속도 분산은 6.6 m/s이었으며 동일 화포 내 포구속도 분산은 11.3 m/s이었다. 분산도가 크게 나타난 것은 재편된 추진장약의 분산특성과 연관 있거나 또는 탄두의 비정상적인 상태로 인한 이상 비행으로 추정하여 이를 검증하기 위한 기술시험을 수행하였다.

### 3.3 기술시험

탄두의 유동현상이 탄두의 무게중심에 변화를 가져 올 경우 탄도에 변화를 초래할 수 있기에 이를 확인할 수 있는 기술시험을 수행하였다. 기술시험 시료는 오작용 발생하여 회수된 탄약 중 정상탄약과 유동현상이 있는 탄약 각 1발이며, 3차원 X-ray 촬영, 무게중심 측정 등 비교시험을 실시하였다.

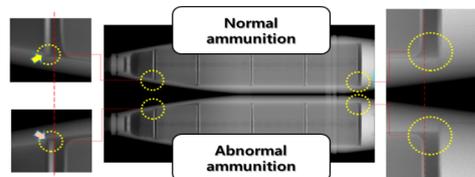


Fig. 4. Result of 3-D X-ray

3차원 X-ray 촬영결과는 위의 Fig. 4와 같이 유동탄약의 충전물(방출판, 연막통 등)이 정상탄약의 충전물보다 탄미쪽으로 약 1mm 정도 내려가 있는 것을 확인할 수 있다. 육안검사 시 유동탄약의 금속충돌음은 탄두 쪽 확대사진 화살표 부위에서와 같이 방출판 상부에 약 1mm 정도의 공간이 발생하여 방출판이 흔들리며 발생하는 소리로 추정되었다.

V-Block을 이용하여 운반고리를 제외한 탄두의 무게중심 측정 결과 정상탄약과 유동탄약의 무게 중심은 다음의 Table 1과 같이 크게 차이하지 않았다.

Table 1. Result about center of gravity

Type	Normal	Abnormal	Note
center of gravity	47.30% of length	47.17% of length	length : 26.41 inch [10]

연막탄 발사 시 후진관성력에 의해 발생될 수 있는 충전물의 최대 유격과 유격 발생으로 인한 무게중심의 변화 등을 측정하려 하였으나, 탄저판 고착으로 해체가 불가하였다. 따라서 충전물의 유격 발생이 탄도에 영향을 주었는지 판단하기 어려웠다.

이번 탄약 오작용의 주요 원인은 장기 저장된 탄두의 연막불량과 충전체의 유동 등이 사거리에 영향을 주며 다량의 근탄이 발생한 것으로 추정하였고 일부 탄두에서 충전물의 유동현상이 발견되었으나 탄두 분해 등 기술적인 제한사항으로 정확한 원인 분석은 제한되었기에, 탄약의 실사격을 통한 비교를 통해 검증이 가능할 것으로 판단되었다. 따라서 추가시료를 확보하여 정확한 오작용의 원인 추정을 위한 ASRP 및 오작용 조사 기능시험을 계획하였다.

### 4. ASRP 및 오작용 조사 기능시험

155mm 연막탄에 대한 ASRP 절차는 아래의 Fig. 5와 같이 계획 수립, 비기능시험, 기능시험, 시험결과 분석 및 후속조치의 순서로 이루어진다.

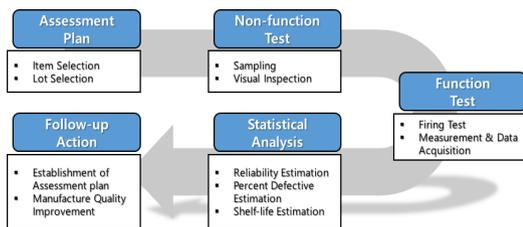


Fig. 5. Procedure of Assessment [1,2]

#### 4.1 시험대상 선정 및 시험 계획 수립

##### 4.1.1 ASRP 대상선정 및 시험 계획 수립

ASRP 대상을 선정할 시 우선 군이 저장하고 있는 155mm 연막탄의 재고현황 및 ASRP 평가현황 등을 확인하고 시험 목적을 고려하여 제조년도별 시험대상 로트를 선정한다.

전 군이 보유한 탄약 중 사용가능한 탄약의 비율이

98.7%이며, 사용불가능한 탄약은 약 1.3%를 차지하고 있다. 이중 정상정비 대상탄약이 50%를 넘는 가장 높은 비율을 차지하며, 이는 장기간 저장으로 인한 탄체 표면의 발청 및 부식 등에 따른 것으로 판단할 수 있다.

따라서 155mm 연막탄에 대한 ASRP 대상로트 선정 시에는 군에서 요청한 2개 로트(B-4, B-5)인 오작용이 발생한 로트를 포함하여 재고량이 많고 제조년도가 오래된 로트를 우선 선정하였다. 추가적으로 재고량이 상대적으로 많고 제조년도가 오래된 로트 중 CC-A 3개 로트(A-1, B-1, B-3)와 CC-C 1개 로트(B-2)를 선정하여 해당로트의 재고발수가 많은 저장부대에서 시료를 채취하였다.

6개 로트 모두 '44년에 제조된 로트로 저장기간은 77년이다. 저장탄약 시험절차서 상 155mm 연막탄의 시료수는 10발이나 신관불발의 경우 추가시험을 통한 연막기능 확인을 위해 3발 추가 요청하였다.

##### 4.1.2 오작용 조사 기능시험 계획 수립

오작용 조사 기능시험은 2021년 ASRP 시험대상 로트의 평가 후 남은 시료 13발과 오작용 조사 기능시험을 위해 확보한 오작용 발생 시료 10발을 대상으로 계획하였다. 하지만 2발은 운반고리 제거 불가로 시험에서 제외하고 총 21발로 오작용 조사 기능시험을 수행하였다.

대상 시료 21발은 비기능시험과 동일하게 중량기호 표시 확인, 중량 측정, 충전물 유동여부 확인 등 육안검사 및 측정한다.

시험 시 사용한 신관은 오작용 발생 시 사용된 신관과 동일한 로트이며, 추진장약과 화포는 ASRP 시험에 사용된 장약, 화포와 동일하다. 오작용 내용인 원탄, 근탄의 원인으로 추정되는 탄두 연막불량과 충전체 유동유무에 따른 탄착위치 확인을 위해 신관은 충격모드로 조정하였고, 사각과 편각은 고정하여 사격했다. A-1로트는 점검탄/가온탄 개념으로 우선 사격하며, 이후 오작용 시험 시료와 ASRP 시험 후 잔여시료를 교대사격을 계획하였다.

#### 4.2 시험 수행

155mm 연막탄에 대한 ASRP는 비기능시험 및 기능시험으로 구성되며, 국내에 저장된 155mm 연막탄에 대하여 품질, 신뢰성 및 성능특성을 시험, 평가하기 위한 방법과 절차를 시험 대상 로트에 대하여 규정한 저장탄약 시험절차서를 기준으로 수행한다.

### 4.2.1 비기능시험

비기능시험은 탄약의 기능 외적인 요소에 대하여 내·외부 포장, 탄약 상태를 확인 및 검사하는 행위로 대상 로트의 모든 시료에 대하여 DODIC, 모델번호 및 로트번호를 확인하고 군에서 제공한 검사기록표, 탄약 제원표의 내용과 비교한다. 아래의 Table 2는 비기능 결점 내용으로 치명결점, 중결점, 경결점으로 분류하며 탄약 및 포장 상태를 확인한다. 시험결과 확인된 결점수에 따라 비기능등급을 결정한다.

Table 2. 155mm smoke non-function test

Defect Type	Defect Code List
Critical	Rotating Band damaged to body surface
	Expelling Charge exposed
Major	Zone stenciling incorrect
	Lifting Plug damaged/missing or not eliminated by hand
	Rotating Band/body damage or corrosion (affects functionality)
Minor	Marking misleading or unidentifiable
	Grommet missing or damaged

#### 4.2.1.1 비기능시험 계획

비기능시험 시 오작용 통보에 따라 중량기호 표시 확인 및 중량 측정, 충전물 유동여부 확인 등을 집중적으로 계획하였다. 탄두 내 충전물 유동여부는 탄체를 좌우로 흔들어 내부 금속소리 발생 유무를 확인한다. 중량기호 표시는 중량수 2~5개 및 원형 각인(편칭) 여부를 확인하고, 운반고리, 가스켓, 탄대보호환을 제거 후 측정하여 아래의 Table 3의 기준에 따라 평가한다.

웨이트 존은 로트 간 탄체 중량 변동을 의미하며, 탄체 중량 평균 및 표준편차는 웨이트 존을 벗어나는 로트 내 탄체 비율을 추정하는데 사용한다.

Table 3. Weight zones and squares of 155mm smoke [10]

Zone	Over Pounds	Up to & Incl. Pounds	Marking (Zone Squares)
2	90.7	92.0	□□
3	91.8	93.1	□□□
4	92.7	94.4	□□□□
5	94.0	95.3	□□□□□

#### 4.2.1.2 비기능시험 결과

비기능시험 시험 결과 중량 기호 식별이 불가한 시료가 100%이며, 다만 중량 기호 표시가 아닌 중량수 편칭(4개)로 식별 가능한 시료가 약 10% 정도였다. 한편 탄체 중량 측정 결과, 중량수가 편칭(4개)된 시료 중 중량 미달 시료는 약 60%이상으로 나타났다. 탄체 내 충전물 유동여부 확인 결과, 유동 시료는 약 90% 이상이었다.

B-5 시료 중 2발은 각각 85.88 lb, 83.21 lb로 HC연막탄 시료 중량의 평균에 비해 약 7 lb ~ 9 lb 낮게 나타났다으며 이 시료들은 저장 및 운영과정에서 유색연막탄이 혼입된 것으로 추정된다.

탄체 중량을 측정한 결과 및 웨이트 존을 벗어나는 로트추정불량률은 아래의 Table 4에 나타났다. 중량기호 표시가 없어 편칭된 중량수(4개) 기준으로 6개 로트의 불량률을 추정한 결과 B-4 로트를 제외한 5개 로트의 불량률이 매우 높게 나타났다.

특히 불량률이 높은 상위 4개 로트는 탄체 중량 평균이 중량수 3개에 가깝기에 중량수 3개 기준 대비 불량률을 추정해 보았다. 그 결과 B-3로트를 제외한 3개 로트의 불량률이 약 30%대로 나타났다.

비기능시험 결과 중량 기호 표시 및 운반고리 제거가 가능하도록 정상정비 실시가 필요할 것으로 판단하였다. 기능시험 시 탄체 중량에 따른 탄약의 성능분석 및 이중탄약 혼입여부 식별을 계획하였다.

Table 4. Result of non-function tes

Lot No.	Avg. (lbs.)	STD. (lbs.)	Zone 4 ↓	Note(a.)		Zone 3 ↓	Note(b.)	
				Zone <	Zone ≥		Zone <	Zone ≥
A-1	92.00	0.49	10	93.06	0.00	2	34.21	0.30
B-1	92.12	0.47	7	89.39	0.00	2	26.00	0.82
B-2	92.05	0.54	9	88.76	0.00	4	32.78	1.44
B-3	92.35	0.30	9	87.88	0.00	0	2.25	0.05
B-4	93.44	0.15	0	0.00	0.00	-	-	-
B-5	92.87	0.78	4	42.30	1.38	-	-	-

Note: The lot shall also be rejected if the percent defective for weight as computed with the use of MIL-STD-414 Section B, Table B3, AQL 4.0 percent, exceeds the maximum allowable percent defective for each setting(a. Zone 4, b. Zone 3)

### 4.2.2 기능시험

#### 4.2.2.1 기능시험 계획

기능시험은 기계식시한순발신관을 병행시험으로 진행되었으며, 신관 모드는 시한기능으로 시한시간 18초로

조정하였다. 기능시험 시료는 10발이며, 비기능시험 시 탄체 중량이 미달된 유색연막탄 추정 B-5 시료 2발은 예비탄으로 분류하여 사격하였다. 155mm 추진장약 M3A1은 한 개 로트를 사용하여왔다. 아래의 Table 5는 기능 결점 내용으로 치명결점, 중결점으로 분류하며 탄약의 조기폭발 여부와 연막성능을 확인한다.

Table 5. 155mm smoke function test

Defect Type	Defect Code List
Critical	Premature burst
Major	Smokescreen Effect improperly
	Fail to function properly by ejecting canister in air (more than 2)

4.2.2.2 기능시험 결과

기능시험 결과 신관의 시한기능 실패가 다량 발생하여 적절한 방출고도에서의 연막통 방출기능 확인은 제한적이었으나 충격기능 작동 시 연막통 방출에 따른 연막기능은 양호하였다. 특이사항으로 B-5로트에서 연막기능 부적합 2발이 발생하였다. 또한 비기능시험 시 중량 미달이었던 B-5로트의 2발의 포구속도가 HC연막탄의 포구속도인 275.8 m/s에 비해 약 10~15 m/s 빨랐으며 각각 유색연막이 발생하는 것을 확인하였다.

4.2.3 오작용 조사 기능시험

4.2.3.1 오작용 조사 기능시험 계획

아래의 Table 6은 오작용 조사 기능시험을 위해 시료의 육안검사 및 중량을 측정한 결과다. 오작용 시험 시료 B-4는 10발 모두 웨이트 존 표시가 없었으며 10발 중 2발은 운반고리 제거불가로 중량측정 및 기능시험에서 제외하였고 중량수 4기준(92.7 lb ~ 94.4 lb) 대비 중량미달 시료는 2발로 확인되었다.

Table 6. Test for malfunction

Type	Lot No.	Samples	No. of Samples	Note	Weight(lb)
Malfunction	B-4	10	8	7	91.69~94.41
ASRP	A-1	13	3	3	91.79~92.43
	B-1		2	2	91.52~91.89
	B-2		2	0	91.37~91.95
	B-3		3	3	92.01~92.28
	B-4		3	0	92.92~93.65
Total/Avg.		23	21	15	91.37~94.41

Note : Samples of internal flow

4.2.3.2 오작용 조사 기능시험 결과

21발 시험 결과 신관발발은 없었으나 연막차장 부적합이 2발 발생하였다. 포구속도는 평균 272.8 m/s, 포구속도 표준편차는 1.66 m/s로 155mm 추진장약 M3의 포구속도 기준 대비 양호하게 나타났다.

충격작동시간 또한 평균 21.00초, 표준편차 0.147초로 전반적으로 균일하였다. 탄착위치는 아래의 Fig. 6에서와 같이 탄착좌표 C.29 ~ G.30로 원탄, 근탄이 발생하지 않았으며, 탄두중량과 유동여부는 뚜렷한 관계없이 탄착군이 양호하게 나타났다.

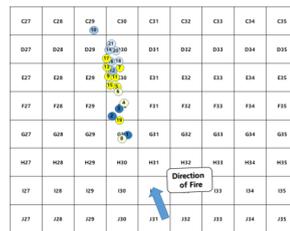


Fig. 6. Malfunction test Dispersion

탄두 중량과 포구속도 상관관계 및 탄착위치는 아래의 Fig. 7에 나타내었다. 사거리(탄착위치)는 포구속도가 증가함에 따라 증가하였으며, 포구속도는 탄두 중량이 감소할수록 전반적으로 증가하는 경향이다. 포구속도 범위는 약 6 m/s 편차였으며, 포탄무게는 약 2중량수 정도 차이로 이는 사표에 표시된 5,000m 기준 사거리 수정량인 포구초속 1 m/s 감소 시 00m, 증가 시 -00m 및 포탄무게 1중량수(4중량수 기준) 감소 시 -00m, 증가 시 00m과 동일하게 포구속도가 사거리에 더 큰 영향을 미치는 것을 확인하였다.

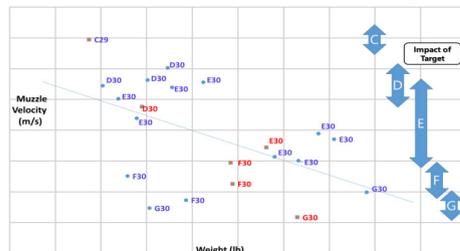


Fig. 7. Weight versus Muzzle Velocity of Malfunction test

따라서 탄체의 유동여부 및 무게 등 연막탄의 성능은 오작용의 원인이 아닌 것으로 판단되었다. 추가적으로 원인을 파악하기 위해서는 재편된 추진장약의 성능을 확인해 볼 필요가 있을 것이다.

### 5. 과거 ASRP 평가 이력

군이 보유하고 있는 HC연막탄 중 과거 1999년 ~ 2021년 22년 간 ASRP를 실시한 로트를 조사하였다. 군은 40년대 이후 제조된 HC연막탄을 00개 로트 보유 중이었으며, '99년, '01년, '04년, '14년, '18년 총 5개년에 걸쳐 00개 로트를 평가하였으며 중복된 로트를 제외하면 11개 로트를 평가하였다.

Table 7. Overall of ASRP results(1999year ~ 2021year)

Lot Type	No. of ASRP	Total Samples	No. DUD	No. Defects	Reliability (%)	90% Lower CL
B series	7	130	1	9 (mixing 3)	93.0	89.2
Others	4	70	8	1 (mixing 2)	98.4	93.9
Subtotal	11	200	9	10	94.8	92.0

DUD(Unexploded Bomb): not Firing or Fuze DUD

위의 Table 7은 HC연막탄 00개 로트 중 11개 로트를 평가한 결과를 정리하였다. 위의 Table 7에서의 신뢰도 및 신뢰하한값은 각각 Eq. (1)과 Eq. (2)에 의해 구할 수 있다[11-13].

$$R(t_i) = 1 - \frac{r(t_i)}{n(t_i)} \tag{1}$$

Where,  $R(t_i)$  = Reliability at time,  $t_i$

$r$  = number of defective

$n$  = sample size

$$P_L = \frac{1}{1 + [(n-r+1)/r]F_L} \tag{2}$$

Where,  $F_L$  = F distribution for the following degrees of freedom and associated required Confidence Level

$$\nu_1 = 2(n-r+1)$$

$$\nu_2 = 2r$$

로트 번호 B-는 특정 제조사의 제조품으로 사격불가 또는 실패발발은 130발 중 1발 발생하였으나 결점은 9발이 발생하여 신뢰수준90%에서 신뢰도 하한값이 89.2%였다. 로트 번호 B-를 제외한 나머지 제조사의 제조품은 70발을 평가하였으며 B-로트와 달리 사격불가 또는 실패발발이 8발 발생하였고 결점은 1발 발생하여

90% 신뢰수준90%에서 신뢰도 하한값이 93.9%였다.

전체 11개 로트 200발의 시료 중 사격불가 또는 실패발발은 9발, 이중탄약 혼입이 의심되는 결점은 10발 발생하였다. 전체 신뢰도는 94.8%이며 신뢰수준90%에서 신뢰도 하한값은 92.0%이다.

과거 시험결과 분석한 결과 기능상의 결점은 크게 발견되지 않는 것을 확인하였다.

### 6. 연막탄 향후 평가방안

연막탄에 대한 ASRP 평가방안으로 '19년부터 대체시험기법을 적용한 155mm 조명탄류 ASRP 지상정치시험과 같이 평가하는 방안을 제시할 수 있다. 연막탄 또한 발사시험 시 155mm 조명탄과 유사한 제한사항을 겪고 있다. 사격시 발생하는 폭음으로 민원과 연막제로 인해 시험 공간의 제한을 받으며, 해상으로 사격 시 연막탄 내 화학물질이 바다에 유입되는 환경문제 등으로 시험이 제한되고 있다[9].

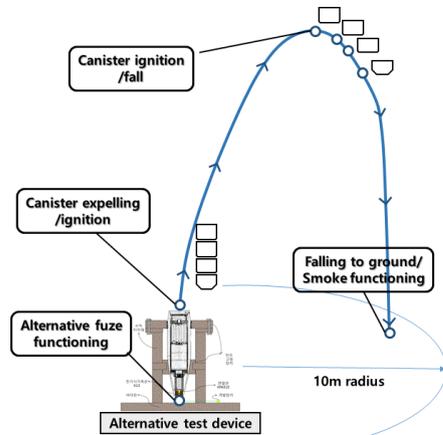


Fig. 8. Schematic of smoke for howitzer alternative test

위의 Fig. 8은 지상정치시험 개념도를 나타낸 것으로 연막탄을 화포로 발사하는 대신 지상정치시험대에 거치 후 대체신관과 전기뇌관을 연결하여 방출장약을 점화시켜 연막통 방출 및 연소 기능을 확인할 수 있다. 지상정치시험은 실패 등 다른 탄약의 성능에 영향을 받지 않고 온전히 연막탄을 평가할 수 있기에 연막탄의 정확한 성능평가가 가능하다. 또한 지상정치시험은 기존의 군 사격장과 탄착지가 아닌 반경 50m 개활지 어디서나 수행할 수 있으며, 발사시험 대비 적은 인원으로 수행 가능하며

연막통, 탄저플러그 등 금속부품을 모두 회수가능하다.

2021년 조명탄 ASRP 지상정치시험 시 HC연막탄에 대한 지상정치시험 가능성 확인 시험을 실시하였다. 확인시험 결과 연막통 방출 및 연막제 연소기능을 확인할 수 있었다. 방출된 연막통은 반경 10m 이내 낙하하였으며, 연막통 등 금속부품을 전부 회수할 수 있었다.

이제까지 평가된 155mm 연막탄은 유색연막탄을 포함하여 총 27개 로트가 평가되었으며 아직 57개 로트의 평가가 필요하다. 향후 평가계획 수립 및 평가 과정에서 시험결과와 사용자 요구사항 반영 등 제반적인 상황을 고려하여 시험주기와 대상로트를 선정, 지상정치시험을 활용한다면 비교적 시험장 제한을 적게 받으며 평가를 실시할 수 있을 것이다.

## 7. 결론

본 연구에서는 2021년 ASRP 및 오작용 조사 가능시험을 수행한 결과를 분석하여 오작용의 원인을 추정해 보았다. 또한 군이 저장중인 HC연막탄의 현황을 분석하였고 과거 시험결과를 분석하여 품질특성 및 신뢰도를 파악하고 저장수명을 추정해보았다.

첫째, 사거리(탄착위치)는 포구속도가 증가함에 따라 증가하였으며, 포구속도는 탄두 중량이 감소할수록 전반적으로 증가하는 경향이였다. 탄체 유동여부와 사거리는 큰 상관관계가 없는 것으로 확인되었으며 재편된 추진장약의 특성을 확인할 필요가 있다.

둘째, 육안검사 및 중량확인 결과 중량기호 식별불가, 운반고리 제거 곤란 또는 불가, 탄체중량 표기 부정확이 확인되었으며 특정 로트에서 시료 2발이 미달되어 유색연막탄 혼입을 추정하였다. 기능시험 결과 중량이 낮게 나타난 시료 2발의 포구속도가 HC연막탄의 포구속도에 비해 높았으며, 연막통 방출 후 유색연막탄인 것을 최종 확인했다. 따라서 탄체 중량기호 식별불가 및 이중탄약의 혼입 여부를 확인하기 위해 탄체 중량을 측정하고 이에 따라 적절한 정상정비가 이뤄져야 한다.

셋째, 155mm HC연막탄은 과거 ASRP 시험결과에 따라 전체신뢰도는 94.8%이며, 신뢰수준 90%에서 신뢰도 하한값은 92.0%로 양호한 수준이다. 현재까지 시험결과로 볼 때 저장환경 등으로 인한 탄체 표면 부식, 운반고리 제거 곤란 등에 따른 탄체 정상정비가 잘 이뤄진다면 저장수명은 약 60~70년 이상으로 계속 사용할 수 있을 것으로 판단된다.

마지막으로, 연막탄 대체시험기법을 소개하여 이를 통해 오작용 조사 가능시험 및 ASRP 기능시험 시 기존 발사시험 대비 시험장 제한이 적으며 신뢰도 높은 평가방안이 될 것으로 판단된다.

본 논문에서 제시한 바와 같이 연막탄은 장기 저장되었음에도 탄약 성능에 큰 저하가 없었다. ASRP 평가결과와 평가방안은 향후 155mm 연막탄 계열의 평가계획 수립 및 평가를 통해 보다 정확한 신뢰도와 저장수명 추정에 매우 유용하게 사용될 수 있을 것이며 오작용 또는 사용자 불만 발생 시 참조하면 도움이 될 것으로 기대된다. 또한 앞으로 탄약의 수명관리에 대한 지속적인 업무 개선 및 탄약정책 제언 등에도 활용될 수 있을 것이다.

## References

- [1] Y. S. Kim et al. "Introduction to Defense Quality Management", *Hyungseul Publishing Network*, 2010.
- [2] S. W. Park, K. S. Yoon, H. D. Kwon "An Empirical Study on the Financial Performance of Ammunition Stockpile Reliability Program upon the Defense Management", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol.16, Issue.1, pp.266-273, 2015. DOI: <https://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2015.16.1.266>
- [3] J. C. Lee, K. S. Yoon, Y. H. Kim, K. H. Cho, "A study on the shelf-life prediction of the single base propellants using accelerated aging test", *Journal of the Korea Society for Quality Management*, Vol.35, No.2, pp.45-52, 2007.
- [4] K. S. Yoon, J. C. Lee, "A Case Study on the Reliability Assessment of Stockpile Ammunition", *Journal of the Korea Society for Quality Management*, Vol.40, No.3, pp.259-269, 2012. DOI: <https://dx.doi.org/10.7469/JKSQM.2012.40.3.259>
- [5] K. S. Yoon, S. W. Park, "A Study on the Estimation of Shelf-life for 155mm propelling charge KM4A2 using ASRP's data", *Journal of the Korea Society for Quality Management*, Vol.42, No.3, pp.291-300, 2014. DOI: <https://dx.doi.org/10.7469/JKSQM.2014.42.3.291>
- [6] D. N. Lee, K. S. Yoon, "A Study on the Estimation of Shelf Life for Fuze MTSQ KM577A1 from ASRP Data", *Journal of applied Reliability*, Vol.18, No.1, pp.56-65, 2018. DOI: <https://dx.doi.org/10.33162/JAR.2018.03.18.1.56>
- [7] J. C. Lee, J. H. Lee, H. S. Jung, "A Study on the shelf-life of IR screening smoke launcher grenade", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol.21, No.4, pp.437-445, 2020. DOI: <https://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2020.21.4.43>
- [8] J. C. Lee, J. H. Lee, H. S. Jung, "A Study on the estimation of shelf-life and assessment plan of illuminating cartridges for mortar", *Journal of the*

*Korea Academia-Industrial cooperation Society*,  
Vol.21, No.9, pp.291-300, 2020.  
DOI: <https://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2020.21.9.291>

- [9] H. S. Jung, J. H. Lee, "Analysis of The 155mm Illumination ASRP Alternative Test Result", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol.23, No.6, pp.41-49, 2022.  
DOI: <https://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2022.23.6.41>
- [10] TM 43-0001-28, TECHNICAL MANUAL, ARMY AMMUNITION DATA SHEETS, April 1994.
- [11] H. G. Sim, "A study on the reliability analysis of one-shot system", *Journal of the korea association of defense industry studies*, Vol.16, No.2, pp.105-116, 2009.
- [12] Ministry of Defence, Reliability and Maintainability (R&M) Assurance Activity Part 1 One-Shot Devices Systems, Defence Standard 00-42, Part 1, Issue 2, pp.1-23, 2008.
- [13] Edward R. Sherwin, "Analysis of "One-Shot" Devices", *Selected Topics in Assurance Related Technologies*, vol.7, No.4, pp.1-4, 2004.

이 종 찬(Jongchan Lee)

[정회원]



- 2003년 2월 : 경북대학교 화학공학과 (공학석사)
- 2003년 4월 ~ 현재 : 국방기술품질원 연구원
- 2011년 9월 : 품질관리기술사

<관심분야>

신뢰성평가, 통계적 품질관리, 품질경영

이 준 혁(Junhyuk Lee)

[정회원]



- 2015년 2월 : 한양대학교 전자컴퓨터통신공학과 (공학석사)
- 2019년 8월 ~ 현재 : 국방기술품질원 연구원

<관심분야>

정보통신, 통계적 품질관리, 신뢰성평가

정 현 석(Hyunsuk Jung)

[정회원]



- 2017년 2월 : 충남대학교 기계공학과 (공학석사)
- 2019년 8월 ~ 현재 : 국방기술품질원 연구원

<관심분야>

MEMS, 신뢰성평가, 통계적 품질관리