

다기 추진제의 장기 저장에 따른 NG 이동현상에 관한 연구 - 탄도 특성을 중심으로

이재관*

*국방기술품질원

e-mail : leejae0724@dtaq.re.kr

The Study on Phenomenon of NG Migration by Long-term storage of Triple Base Propellant

Jae-Gwan Lee*

*Defense Agency for Tehcnology and Quality

요 약

본 논문에서는 다기 추진제를 이용하여 장기 저장(5년 이상)에 따른 NG의 이동현상을 관찰하고, NG의 이동이 탄약의 강외탄도 특성에 미치는 영향성을 확인하였다. 추진제의 주요 성분인 NG는 추진제 표면으로 이동하는 성질이 있음을 기존 선행연구를 통해 확인하였으며, 실제 전차탄약에 사용되는 다기 추진제를 샘플로 하여 장기 저장에 의해 NG가 이동함을 입증하였다. 또한 5년, 10년, 15년 이상 저장된 추진제가 사용된 탄약을 이용하여 탄도 특성을 측정하였으며, 제조 당시와 비교하여 최대 17.8m/s까지 속도가 상승함을 실험으로 확인할 수 있었다.

1. 서 론

군용 화포에 사용되는 고체 추진제는 연소에 의해 발생하는 화학에너지를 탄자의 운동에너지로 전환하여 탄자를 포강 밖의 목표물로 발사시키는 역할을 한다. 일반적으로 추진제는 장기간 저장 후 1회 사용 후 용도가 마무리되는 1회성 시스템(one-shot system)의 특성을 지니기 때문에, 사용 시점에는 장기 저장에 의한 기능 또는 성능 변화가 없어야 한다.

하지만 J.P.Argawal 등은 추진제의 주요 베이스 성분인 Nitro Glycerine(이하 NG)는 정전기적 인력(Force of Attraction) 개념, 폴리머 중량(Polymer Weight) 개념, 가교 밀도(Crosslink Density) 개념 등에 의해 추진제 내에서 이동(migration)하는 성질을 지니고 있음을 증명하였다[1]. 또한 A.Kumar 등은 NG는 추진제 내에서 표면으로 이동하는 성질을 가지고 있으며, 노화기간 및 저장온도에 의해 NG의 확산현상이 설명됨을 입증하였다[2]. 그리고, 권순길 등은 추진제 표면 부위에 NG가 석출(exudation)됨을 입증하고, 이는 탄약의 탄도 특성에까지 영향이 있음을 확인하였다[3].

기존 연구에서 나타난 바와 같이, 추진제 주요 성분인 NG는 추진제의 표면 부위로 이동하는 성질을 지니고 있으며 이는 탄약의 강외 탄도에 영향을 줄 수 있으며, 탄도 특성에 따라 탄약의 유효 사거리에서 목표물 타격 여부가 결정될 수 있다.

본 연구에서는 추진제의 장기 저장에 의한 NG의 이동현상을 관찰하고, 이동현상에 의한 강외탄도 특성(속도 변화값)을 확인하고자 한다.

2. 실험계획

NG의 이동현상을 관찰하기 위해 육군 전차용 탄약으로 일반적으로 사용되는 다기(Triple Base) 추진제를 실험 대상으로 선정하였다. 다기 추진제는 Nitro Cellulose(이하 NC), NG, Nitro Guandine(이하 NGD)를 베이스 성분으로 하는 추진제이기 때문에, NG 뿐만 아니라 NC, NGD의 영향성도 관찰할 수 있다. 추진제 성분은 아래 표 1과 같으며, 구성비율은 국방규격에 따라 제조하였으며 세부 비율은 군사비밀 사항으로 블라인드 처리하였다.

[표 1] 추진제 주요 성분

주요 성분	비율 (%)	형상
Nitrocellulose	00.0 ± 0.0	육각형, 19 홀(hole)
Nitroglycerine	00.0 ± 0.0	
Nitroguanidine	00.0 ± 0.0	
Ethylcentralite	0.0 ± 0.0	
Cryolite	0.0 ± 0.0	
Graphite	0.0	
Volatile	0.0 ± 0.0	

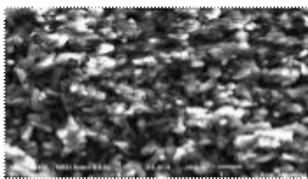
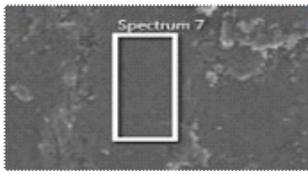
실험방법은 정상조건(Normal Temperature and Pressure)에서 약 5년 간 저장된 추진제 샘플(A group)과 신규 제작된 추진제 샘플(B group)을 대상으로 이화학 성분실험 및 SEM(Scanning Electron Microscope) 분석을 실시하였다. 성분실험을 통해 장기 저장 후 화학 성분변화에 대해 관찰하고, SEM 표면분석을 통해 추진제 표면에 코팅된 Graphite가 함유하는 N(질소) 함량을 확인하고자 하였다.

또한 5년 이상 장기 저장된 추진제를 적용하여 탄약 완성품을 구성하였으며, NG 이동현상에 따른 탄도 특성변화를 측정하였다.

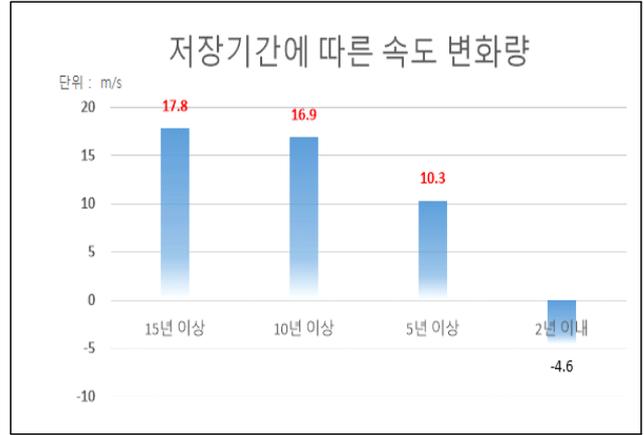
3. 실험결과

장기 저장된(5년) 추진제 샘플(A group)을 대상으로 이화학 성분 실험을 실시하였으며, 실험결과 제조 당시의 화학 성분비율에서 유의미한 변화가 관찰되지 않았다. 이후 추진제 표면 SEM 분석을 실시한 결과는 아래 표 2와 같다. 장기 저장 추진제 표면에서는 신품 대비 N(질소) 함량 비율이 유의미하게 높게 측정되었으며, 이는 기존 선행연구에서 밝혀진 내용과 같이 NG의 표면 이동현상에 의한 것으로 판단된다.

[표 2] SEM 표면분석 결과

시료 구분	N(질소) 함량	분석결과
A group (장기 저장)	22.7 wt%	
B group (신규 제작)	4.2 wt%	

특히 NG는 타 성분에 비해 폭발속도와 폭발열이 높아 탄도 특성에 영향을 미치며, 특히 탄약의 속도 상승에 기인할 수 있다[4]. 이를 관찰하기 위해 5년 이상 저장된 추진제를 이용하여 탄약 완성품을 구성하여 탄도 시험을 실시하였으며, 그 결과는 아래 그림 1과 같다. 장기 저장된 추진제에서는 제조 당시 포구속도에 비해 최대 17.8m/s 까지 상승한 결과를 관찰할 수 있었다. 포구속도 17.8m/s 상승에 의해 전차탄약 기준으로 사거리 2,000m에서 약 0.8m 가량 상탄이 발생할 수 있으며, 이는 군사작전 수행에 영향을 미칠 수 있을 것으로 판단된다.



[그림 1] 저장기간에 따른 속도 변화량

4. 결론

본 연구에서는 다기 추진제를 대상으로 장기저장에 따른 NG의 이동현상을 관찰하고, 이에 따른 탄도 특성변화를 확인하였다. 5년 이상 저장된 추진제의 경우에 최대 17.8m/s의 포구속도 상승이 확인되었으며, 이는 사거리에 따른 탄약 정확도(분산도)에 영향을 줄 수 있다. 따라서 노화기간에 따라 탄도 특성이 변화하는 추진제를 사전에 식별하고, 품질특성을 분석하여 탄도 특성이 변화한 경우 재작업(Rework) 등을 통한 후속 조치가 요구된다.

본 실험에서는 전차용 탄약에 사용되는 다기 추진제 배합 1종만 이용하여 제한된 연구를 수행하였으나, 향후 추진제 배합, 형상 등 다양한 요인에 의한 탄도 특성변화를 추가 연구할 필요가 있다.

본 연구 내용은 전순기 품질관리 관점에서 추진제의 특성 변화에 대한 연구 기초자료로 활용 가능할 것으로 기대된다.

참고문헌

- [1] J.P. Agrawal, Haridwar Singh, "Qualitative Assessment of Nitroglycerin Migration from Double Base and Composite Modified Double-Base Rocket Propellants: Concepts and Methods of Prevention", Propellants, Explosives, Pyrotechnics 18, pp. 106-110, 1993.
- [2] Amit Kumar, "Migration of Energetic Plasticizer in Advanced Energetic Composite Propellant Grains", Propellants, Explosives, Pyrotechnics 48, 2023.
- [3] 권순길 외 3명, "RDX를 함유한 니트로셀룰로스 조성 총포 추진제의 열적 및 강내탄도 특성", Journal of the KIMST, Vol 20, pp. 514-519, 2017.
- [4] "화약의 특성", 해군병기탄약창, p. 132, 2007.