

네트워크 기반 지하형 탄약고의 물류 발전방안 연구

Logistics Development Plan for Underground Ammunition Depots based on Network

김 병 규^{1*}
Byungkyoo Kim

요 약

지하형 탄약고에 보관된 탄약의 물류는 저장공간의 특성상 지상에 보관된 탄약의 물류 보다 더 많은 어려움을 내포하고 있어, 이러한 문제점을 해결하여 지하형 탄약고의 물류를 향상 시키고자 본 연구를 실시하였다. 그래서 물류 개선을 위한 항목으로 경계, 안전, 환경, 물류체계, 장비설비, 수명관리 등 6개를 선정하였다. 그리고 AHP 기법으로 전문가들의 설문을 받아서 Expert Choice 프로그램으로 분석하였다. 분석 결과 안전, 경계, 수명관리, 장비설비, 물류체계, 환경 순으로 중요도가 높음을 확인하였다. 선정된 항목과 설문 결과를 토대로 지하형 탄약고에서 물류를 향상 시킬 수 있는 네트워크 기반 통합 플랫폼 구축 방안을 제시하였다. 본 연구는 향후 지하형 탄약고를 신축할 때 통합 플랫폼 구축을 위한 근거자료로 활용될 것이다. 본 연구는 군의 다른 물자를 저장하는 저장시설과 민간 기업의 대형 저장시설에서도 적용이 가능할 것으로 기대된다.

☞ 주제어 : 네트워크, 탄약, 물류, 스마트, 탄약고

ABSTRACT

The logistics of ammunition stored in the underground ammunition warehouse has more difficulties than the logistics of ammunition stored on the ground due to the nature of the storage space. This study was conducted to solve the logistics of underground ammunition warehouse by improving these problems. And six items such as guard, safety, environment, supply system, equipment, facilities, and life management were selected for the improvement of logistics. And AHP was analyzed by Expert Choice program by conducting a survey to experts. As a result of the analysis, it was confirmed that the importance was high in the order of safety, guard, life management, equipment facilities, supply system, and environment. Based on the selected items and the results of the survey, a plan to build a network-based integrated platform that can improve logistics in an underground ammunition warehouse was presented. This study will be used as a basis for the establishment of an integrated platform when constructing an underground ammunition warehouse in the future. This study can be applied to storage facilities that store other materials in the military, and it is expected to be applied to large commercial storage facilities.

☞ keyword : Network, Ammunition, logistics, Smart, Ammunition Storage

1. 서 론

2022년 2월 24일 러시아는 우크라이나를 북·동·남 삼면에서 동시에 공격을 시작했다. 최근 20 ~ 30년 동안 중동지역에서 벌어졌던 전쟁들과는 사뭇 양상이 다른 전쟁이다. 서로 국경을 맞대고 있는 두 나라 사이에 전면전이 시작되었다. 러시아는 지상에서는 전차, 장갑차, 자주포, 다련장 등 거의 모든 무기체계를 투입하였다. 공중, 해상

에서도 유도무기, 투하탄, 함포탄 등으로 우크라이나 영토를 공격하고 있다. 화력의 핵심요소인 탄약들의 소모가 대량으로 이루어지고 있다. 전쟁을 대비해서 많은 탄약을 비축하고 있었음에도 불구하고, 최근 언론에서는 전쟁을 시작한지 얼마 지나지 않아서부터 러시아군이 탄약 부족으로 인해 공격이 일부 지연되고 있다는 기사가 보도되고 있다. 만약 한반도에서 전쟁이 일어난다면, 전면전으로 진행될 것이므로 탄약부족이라는 러시아군의 문제점은 우리가 충분히 참고해야 한다. 우리 군은 전쟁에 대비해서 소요되는 많은 양의 탄약을 평소부터 확보하여 저장하고 있다. 전시 대비하여 비축되는 탄약은 일반적으로 30년 이상 장기간 저장할 수 밖에 없다. 그 기간 동안 양질의 상태 즉, 성능이 잘 발휘되도록 보관하는 것이 매우

¹ Dept. of Defense Acquisition Program, Kwangwoon University, Seoul, 01897, Korea.

* Corresponding author (kbidid@hanmail.net)

[Received 16 May 2022, Reviewed 18 May 2022, Accepted 13 June 2022]

중요하고, 전쟁 발발 시에는 신속하게 전투지역으로 탄약을 수송해줘야 한다. 이러한 일련의 활동을 탄약 물류라고 한다.

탄약은 군에서 취급하는 일반물자 중에서도 폭발성이 높은 가장 위험한 물자로 분류된다. 그래서 군에서는 엄격한 탄약 저장 및 취급 안전과 관련해서 훈령과 규정을 제정해서 예기치 못한 폭발사고가 일어나지 않도록 예방하고 있다. 폭발이 발생하더라도 국민의 생명과 재산에 대한 2차 피해가 생기지 않도록 이격거리 즉, 안전거리를 준수하여 탄약 저장시설을 구축해서 운용하고 있다.

최근 수도권이나 도심지역 인근에 있는 탄약 저장부대의 경우 도시의 확장에 따라 안전거리 확보 규정을 위반하는 사례가 발생하고 있다. 지방자치단체와 주민들의 민원도 꾸준히 제기되고 있다. 2017년에는 경기도 OO지역에서 해당 지방자치단체의 요청에 따라, 국방부와 지방자치단체가 기부대 양여 합의각서를 체결하여 지하형 탄약고를 신축하였다. 이 탄약고는 신축 이후 약 5년 동안 운영하면서 탄약고의 안전성 등에 대해 문제가 없는 것으로 확인되었다. 그래서 점차 기부대 양여 방식으로 지방자치단체가 지하형 탄약고를 신축하여 군에 기부하고 일정 부지를 지방자치단체가 군으로부터 양여 받는 방식의 요구가 점점 많아지고 있다. 또한 국방부 차원에서도 예산사업으로 지하형 탄약고 신축사업을 중기계획에 반영하는 등 점차 군내 지하형 탄약고가 증가할 예정이다.

지금까지 군에서 운영 중인 대부분의 탄약고는 지상형 탄약고이며, 이러한 탄약고를 40년 이상 지속해서 사용하고 있다. 그 동안 지상형 탄약고에 저장된 탄약들에 대해서는 평시 운영계획과 전시 작전지원계획이 체계적으로 마련되어 있다. 그러나 군에서 지하형 탄약고는 이제 막 도입하고 있는 단계이다. 지하형 탄약고는 평시 운영 환경, 전시 작전지원 측면에서 지상형 탄약고와는 많은 차이점이 있다.

특히 지하형 탄약고는 지하공간에 탄약을 저장하고 있어 전시에 신속하게 많은 양의 탄약을 전투부대로 지원하기 위해서 물류차원에서 계획을 발전시켜야 한다. 본 연구에서는 급속도로 발전하고 있는 ICT 기술을 지하형 탄약고에 적용하여 각종 시스템들을 도입하고 네트워크화 하는 것에 대해 연구를 수행하였다.

본 연구의 연구 방법 및 절차는 다음과 같다. 첫째, 현재의 탄약 물류의 문제점을 진단하고, 둘째, 진단된 내용을 바탕으로 각급 기관과 부대의 정책부서와 야전부서의 의견을 수렴하여 발전이 필요한 분야를 항목으로 선정하였다. 셋째, 선정된 항목을 기준으로 AHP(쌍대비교) 기법

으로 전문가의 설문을 진행하였다. 넷째, 설문을 분석하여 항목들에 대한 가중치를 확인하였다. 최종적으로 네트워크 기반 통합 플랫폼 구성(안)을 제시하였다.

2. 탄약의 특성

2.1 탄약의 중요성

군은 평시에 탄약을 전·후방의 광범위한 지역에 분산하여 저장 관리하고 있으며, 전시에는 전투부대가 요구하는 탄약을 적기, 적소, 적량을 보급하도록 계획하고 있다. 그래서 평시부터 탄약부대의 중요한 임무는 전시에 소요될 것으로 판단되는 탄약들을 미리 확보하여 안전하게 저장하고 최상의 성능이 보장되도록 해야 한다.

탄약은 단기간에 획득할 수 없으므로 평시부터 확보하여 장기간 저장해야 한다. 저장 기간 동안 성능과 품질을 확실하게 보장되도록 해야 하고, 동시에 안전도 확보되어야 한다. 그래서 작전계획 실행을 위해 소요되는 양의 탄약을 전방지역과 후방지역에 분산하여 저장하고 있다. 이러한 임무를 담당하고 있는 것이 전방지역에는 OO개의 탄약보급소, 후방지역에는 O개의 탄약장이 있다. 안전거리를 확보하기 위해서 탄약보급소는 대략 OO만평 규모로, 탄약장은 대략 OOO만평 정도의 부지를 점유하고 있다.

독일의 전쟁 영웅 롬멜은 “전쟁이나 전투에 있어서 승패는 전장에 참여하는 병력의 규모에 의해 결정되는 것이 아니라 전투가 시작되기 전에 보유한 탄약에 의해 결정된다.”라고 말했다. 평시 보유한 탄약의 자산규모는 육군 군수자산의약 25%를 차지하며, 전시 총자산 기준으로는 약 65%에 해당된다고 한다. 탄약은 군수품 중에서도 전투력 발휘와 대화력전 수행에 기본이 되는 전투력 발휘의 핵심 물자이며, 전략적인 측면에서도 탄약의 확보 및 보유 정도는 전쟁 억제능력 및 작전 지속능력과 직접적으로 관련되는 주요 물자이다.

2.2 탄약의 저장 및 관리

탄약을 저장하기 위한 탄약고는 표 1에서 보는 바와 같이 지상형 탄약고와 지하형 탄약고로 구분하고 있다. 지하형 탄약고는 지상형 탄약고에 비교하여 폭발 시 2차 피해를 방지하는 안전거리인 양거리(Quantity Distance)가 상대적으로 짧아서, 군사 보호구역으로 설정하는 면적이 줄어든다. 탄약고 내부 온습도가 변화가 심하여 저장탄약

성능보장에 많은 제한을 받는다.

지하형 탄약고는 지표면 하부에 건설된 탄약고로 지상형 탄약고와 대비된다. 지하형 탄약고는 지표면 하부에 위치하고 있어 예기치 못한 폭발에 대비한 안전거리가 줄어드는 장점이 있다. 지하형 탄약고는 설계 순폭약량에 따른 안전거리는 탄약고 상부부터 지표면까지의 두께로 결정된다.

(표 1) 지하형과 지상형의 비교(0,000톤 기준)
(Table 1) Comparison of Underground and Ground Types (based on 0.00 tons)

구 분		지하형 탄약고	지상형 탄약고
안전거리 ¹⁾		이글루 대비 약 75% 감소	-
부지면적 ²⁾		00만평 (0개 격실)	00만평 (지상형 00개동)
저장 조건	온도	14 ~ 16 ℃	- 6.6 ~ 23.1 ℃
	상대 습도	40% 유지 (항온항습 가동)	40%(항온항습 가동) 50 ~ 90%(미설치)
탄약수명 ³⁾		14.8년(48% ↑)	-

- 1) 육군 000ASP : 안전거리가 약 75% 감소, 부대 주변 민간지역과의 안전기준 미충족 해소
- 2) 육군 000ASP : 지상형(00개동) 탄약고의 1/8 면적에 동일한 양을 저장 가능한 지하형 탄약고 신축
- 3) 고가 탄약 수명 연장 방안 연구(000 등) : 유도탄의 상대습도를 40% 강화시 1.48배 탄약 수명 연장 효과가 있는 것으로 확인됨

군에서는 약 20년 전에 0탄약창에 지하형 탄약고를 시범적으로 건설하였으며, 2017년에는 00지역에 기부대양여 사업으로 신축하여 운영하고 있다. 지하형 탄약고는 이글루 탄약고와 비교해서 많은 장점이 있는 것으로 확인되었으며, 폭발에 대비한 안전거리도 약 75% 감소되었다. 저장하는 동안 온도와 습도는 항온항습기를 기본으로 설치함에 따라 일정한 수준으로 유지되었다. 생존성 측면에서 적 미사일로부터 거의 100% 보호 받을 수 있고, 특히 이러한 안정적인 저장환경이 유지되기 때문에 탄약의 수명이 14.8년(48%) 증가되는 효과가 있었다. 그렇지만

지하형 탄약고는 별도 제습설비가 필요하고, 내부 화재 시 진화를 위한 인력이 투입이 제한된다. 지하 공간을 굴착해서 활용하는 구조적인 특성으로 인해 출입구 수가 제한된다. 유사시 짧은 시간에 많은 양의 탄약을 신속하게 배출하는 것은 어려움이 있을 것으로 판단된다. 그리고 초기 건설하는 공사 비용이 지상형 탄약고에 비해 많이 소요된다.

2.3 탄약의 물류적인 특성

탄약은 위험성 물자로 취급, 저장, 수송 시에 위험물 취급 안전기준을 준수해야 하고, 특히 탄약에는 고풍화약, 추진제 등이 충전되어 있어서 화재 및 폭발에 상시 대비해야 한다. 탄약은 소구경 탄약, 박격포 탄약, 포병 탄약, 유도무기, 로켓, 수류탄 등으로 다양하며, 그 포장형태도 각기 다르고 규격화되어 있지 못하다. 또한 대부분 강철, 구리 등 금속 소재를 사용하고, 박스 또는 파레트 형태로 되어 있어 지게차, 유압크레인 등 탄약 취급장비에 의해서만 취급이 가능한 특성이 있다. 탄약은 위험물 자임에 따라 로봇, AGV 등 자동화 시스템을 도입하더라도 반드시 사람의 통제와 확인이 필요하여 100% 무인화는 불가능하다. 탄약 로트별 성능과 특성이 차이가 있을 수 있어, 평시 저장할 때부터 로트별로 분리 저장해야 하므로, 저장 공간이 많이 소요된다.

특히, 평시에는 교육훈련 등을 위해서 정해진 부대에 한정된 수량을 지원하지만, 전시에는 대량의 물량을 동시에 취급해야 하고, 작전 양상에 따라 수시로 지원 대상 부대와 탄약 소요량, 소요되는 시기가 달라질 수 있다. 그래서 평상시 탄약 취급 업무와는 별개로 전시 탄약 지원계획을 수립해야 하고, 저장, 검사, 정비, 배출하는 시스템을 갖추어야 한다. 적의 공격에 대비한 경계대책과 안전대책이 마련되어야 한다.

순환률 측면에서도 탄약 수불은 전시에 매우 높은 순환률을 보이지만, 평시에는 교육용 탄약 보급 위주로 낮은 물류 순환률을 나타낸다. 그러므로 평시 관점의 탄약 수불 특성과 수불 체계를 전시에 그대로 적용하는 것은 불가능하고, 정상적인 전투부대의 작전 수행을 지원할 수 없다. 탄약물류 순환률 관점에서는 탄약보급소 보유량 기준으로 전시에는 일일 기준 00% 이상이 될 것으로 판단된다. 평시에는 탄약물류 순환률은 연간 기준 5~20% 수준이다.

탄약을 보유하고 있는 근본 목적이 전시 작전 지원이므로 단시간에 많은 탄약을 수불해야 함을 고려할 때, 전

시를 대비하여 탄약 지원계획을 점검하고 개선해 나가야 한다.

또한, 전시 탄약 저장시설에서 탄약을 전방 전투지역으로 수송하는 경우, 동 시간대에 많은 차량들이 동원되고, 이동 간에도 수시 계획이 변경될 수 있다. 탄약 보급 및 수송을 통제하는 지휘소에서는 수송차량들에 대해서 실시간 위치추적, 수송정보 교환 등이 가능하도록 유무선 통신망이 구성되어야 한다. 평시 수송 관점에서 본다면 차량 추적은 상용 통신수단에 의존하는 경향이 있으며, 수송과 연계된 적체계획, 소요되는 인력 및 장비 판단 등에 대해서는 기초적인 전산 작업으로 진행되고 있다. 정보체계 측면에서도 각각의 여러 정보체계가 분리 운영되고 있다.

이러한 문제점들을 해결하기 위해서는 탄약물자의 특성을 고려한 물류체계 발전이 필요하고, 실제 보유하고 있는 모든 탄약 자산을 기준으로 평시부터 전시에 대비한 탄약 지원계획과 시스템을 준비해야 한다. 그리고 전시 탄약 수송에 대해서 실시간 위치 추적과 수송 정보 교환이 가능한 통신망과 네트워크가 구축되어 있어야 한다.

3. 현상진단 및 문제점 인식

탄약 물류체계의 진단을 위해, 육해공군 부대를 방문하여 정책과 실무를 담당하는 담당자들의 의견 수렴 및 현장진단을 하였으며, 그 결과는 아래 표 2에서 보는 바와 같다.

(표 2) 전문가 의견 및 현상진단
(Table 2) Expert Opinion and Phenomenological Diagnosis

- 수작업, 엑셀 시트로 작성하고 있는 시차제 불출 계획 작성 프로그램 개발
- 탄약의 특성상 어려움이 있지만, 자동화 설비나 시스템 도입
- 현장 인력부족으로 문제 해소를 위해 자동화 및 디지털화
- 시설에 산재되어 있는 경계, 자산을 통합
- 근력증강 웨어러블 로봇 도입
- 탄약고 경계를 위한 CC-TV, 재고관리 등에 대한 스마트화 방안 마련
- 탄약 관리에 대한 빅데이터 사업 추진

- 폭약량을 지형과 비교하여 자동으로 계산할 수 있도록 프로그램 고도화
- 개별 탄약고와 전체 탄약고의 저장공간 계산할 수 있는 프로그램 개발
- 무인 지게차, 자율 이송 로봇 등 자동화 장비 신속 도입
- 탄약수송 추적용 위성 통신 단말기 도입
- 무선 기반의 현장 자동화
- 인력 감소로 인한 어려움 해소를 위해 작업 보조용 장비 도입
- 스마트 개념의 탄약관리 체계 마련 필요
- 화재 조기경보 및 자동 소화시스템 구축

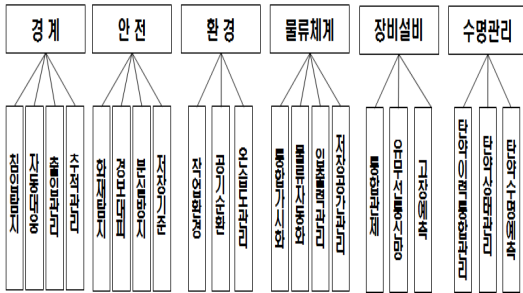
추가적으로, 도출된 의견에 대해서 회의와 현장 확인을 통해 발전방안을 재검토하였다. 전체적인 관점에서 탄약 물류와 민간 물류의 차이점을 분석하여 실제 꼭 필요한 분야를 식별하여 첨단화 및 네트워크화 해야 하며, 탄약 물류는 전시 상황을 가정해서 시스템을 갖추도록 하는 등 전시 작전을 효율적으로 지원하는 것에 주안을 두어야 함을 확인하였다. IoT 기술, 센서 및 패키징 기술을 적용하여 가능한 범위 내에서라도 탄약 물류를 자동화하고 네트워크로 통합해야 한다는 것이 결론에 도달하였다. 그리고 가장 중요한 것은 화재 예방과 실시간 모니터링 가능한 안전대책이 마련되어야 한다는 것이었다.

군에서도 제한적이지만 스마트 탄약고 개념을 도입하여 일부 사업을 추진하고 있다. 이 사업은 사물인터넷 기반 스마트 탄약고 구축을 통한 탄약 수명 연장, 탄약 관리 및 경계 인력 절감, 탄약 및 폭발물 사고 감소를 목적으로 하여 추진하고 있으며, 스마트 이글루형 탄약고 시범사업을 지역별로 추진하고 있다. 주요내용은 탄약고에 사물인터넷(IoT) 등 첨단 정보통신기술을 활용하여 생체 인식 출입통제 센서, 자동 CCTV, 감지센서, 온습도 자동화 설비, 화재감지센서 등을 설치하는 것과 탄약고 출입 인원 통제, CCTV 화재 감지센서 활용 등으로 제한적이지만 화재를 조기 경보하는 시스템을 구축하여 탄약 및 폭발물 사고를 예방하고 있다. 저장탄약의 온도, 습도를 자동으로 제어하는 설비를 별도로 도입하여 각각의 시스템으로 개별 운용하고 있다.

4. AHP 설문

4.1 설문 항목 선정

현장진단, 문제점 식별, 정책 및 실무 부서의 전문가 의견을 수렴하여 네트워크 기반 지하 탄약고의 전시 탄약물류 발전방안을 마련하기 위해서 지하형 탄약고가 갖추어야 할 6개의 항목들 즉 경계, 안전, 환경, 물류체계, 장비설비, 수명관리를 분류하였다. 이 항목들은 다시 21개의 세부 항목들로 세분화하여 AHP 기법으로 설문을 진행하였다.



(그림 1) AHP 계층구조 설계
(Figure 1) AHP Hierarchical Design

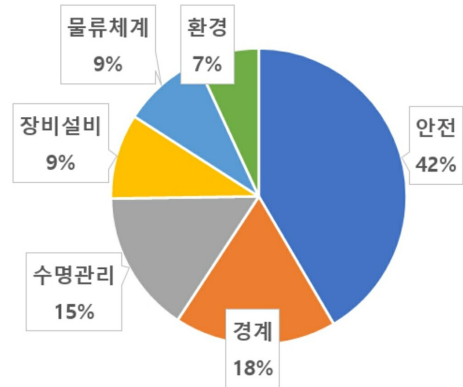
4.2 설문 시행 및 결과 분석

설문은 탄약고 4차 산업혁명 기술 등에 대한 전문적 의견을 갖춘 전문가 20명을 대상으로 실시 하였으며, 설문에 응답한 내용은 Expert Choice 프로그램을 이용하여 분석하였다. 분석 결과는 아래 그림 2와 같이 중요도가 산출되었다. 모든 설문 결과는 RI(Random Index)값이 0.1 이하를 나타내어 일관성이 있는 것으로 확인하였다.

분석 결과, 중요도는 안전, 경계, 수명관리, 장비설비, 물류체계, 환경 순으로 나타났다.

안전은 42% 비중으로 나타났으며, 탄약이 위험물로 분류되어 특별 취급하는 물자임에 따라 안전의 우선순위가 가장 높은 것으로 전문가들은 인식하고 있었다. 물류 측면에서 안전을 우선 고려해야 되고 안전을 확보하기 위해서 화재탐지, 분실방지, 경보대피, 저장기준 순으로 중요하다는 것을 확인하였다. 경계는 18% 수준으로 전시 핵심물자이므로 적으로부터 반드시 보호되어야 함을 확인할 수 있었다. 하위 항목에서는 침입탐지, 출입관리, 자동대응, 추적관리 순으로 중요도가 높게 나타났다. 수명

관리는 15%의 비중으로 나타났으며, 전시에 성능을 발휘하기 위해 철저하게 수명관리 되어야 함을 전문가들은 설문에서 의견을 제시하였다. 수명관리를 위해서는 상태관리, 이력관리, 수명예측 순으로 전문가들은 응답하였다. 장비설비는 9%, 물류체계는 9%, 환경은 7%로 비슷한 수준으로 중요함을 확인 할 수 있었다. 장비설비에서는 모든 장비와 설비를 통합적으로 관리 및 제어할 수 있게 하는 통합관제의 중요도가 64%를 차지하였으며, 물류체계는 세부 항목 4개의 비중이 비슷한 것으로 확인되었다. 환경의 세부 항목 중에서 온습도관리가 60% 이상으로 높게 나타났다. 이를 통해 탄약의 저장관리에서 온습도가 미치는 영향이 지대함을 알 수 있었다.



(그림 2) 항목별 중요도
(Figure 2) The Importance of each item

AHP 설문 결과를 토대로 항목 6개와 세부 항목 21개가 체계적으로 구현이 되어야하고, 본 연구에서는 중요한 분야에 대해 지하형 탄약고의 물류 발전방안으로 제시하였다.

5. 네트워크 기반 플랫폼 구축

5.1 탄약 물류 발전방안

탄약 물류 발전을 위해서는평시 품질과 성능을 보장할 수 있는 탄약 관리, 안전대책 강구, 경계 강화, 인력 감축에 따른 자동화, 자산관리 및 저장공간관리 시스템 도입 등이 갖추어져야 한다. 전시에는 이러한 평시 관리체계와 그 시스템을 활용하여 신속한 탄약 수불체계 강구, 실시

간 탄약물류 추적 등이 요구되었다. 이러한 내용들을 바탕으로 시스템을 보강해야 할 과제와 정책 및 제도 개선 과제를 표 3과 같이 엄출하였다.

(표 3) 네트워크 기반 물류발전 과제 및 정책 과제
(Table 3) Network-based logistics development tasks and policy tasks

개별 시스템 / 네트워크 구축	<ul style="list-style-type: none"> · 현장업무 자동화 구축 · 시차제 불출계획 보완 · 저장공간 판단 및 효율화 · 물류 장비 및 자동화 구축 · 스마트 탄약고 확대 · 물류 및 차량추적 시스템 구축 · 탄약 및 물자 시스템 통합 추진 · 탄약 안전관리 체계 마련 · 군수 빅데이터 등과 연동 추진 · 보안 대책 및 유무선 통합 추진
정책 / 제도	<ul style="list-style-type: none"> · 탄약 저장 정책 보완 · 물류 표준화 및 규격화 제도 개선 · 무선 기기 사용 안전기준 보완 · 과제별 우선순위 설정 · 지하형 탄약고 구축 기준 마련 · 정부 스마트 물류정책을 군 탄약저장시설 적용 방안 검토

5.2 통합 플랫폼 구축

지하형 탄약고는 물류 측면에서 통합 창고가 지하에 구축된 형태로 탄약 입고 및 출고 시 이동 거리가 짧고, 도로 상태가 매우 양호하여 물류 자동화 기술 및 유무인 복합 기술 적용이 가능하다. 단일 공간 내에 탄약, 저장 관련 설비 등이 모두 같이 있으므로 네트워크 기반 물류 체계를 구축하기에 적합한 것으로 평가되었다. 그래서 아래와 같이 개선방안을 제시하였다.

첫째, 지하형 탄약고의 물류 개선을 위해 구축 해야할 각종 시스템을 통합하는 통합 플랫폼 개발이 선행되어야 한다. 개별적 시스템으로는 경계 및 출입 보안, 화재 안전, 온습도 및 공기질 관리, 영상 정보 통합관리, 유무인 자동화 물류체계, 설비 및 장치 관리, 유무선 기반 현장관리 체계, 빅데이터를 활용한 분석 및 예측 시스템이 필요하다. 전체적으로는 그림 3에서와 같은 네트워크 기반 통합 시스템 구성(안)을 제시하였다. 이 구성 안은 본 연구를

통해서 제시한 방안으로 지속적인 검토 및 발전이 필요하다.

둘째, 지하형 탄약고 운영개념이 정립되어야 한다. 경계 과학화 시스템을 도입하여 탄약 저장시설 외곽부터 내부 주요시설까지 적 및 미승인 인원의 침입을 조기에 탐지 및 대응이 가능해야 한다. 탄약 저장시설은 스마트 기능을 구축하여 온·습도 관리, 화재 감시, 공기질 관리 등 각종 센서를 통해 최적의 환경이 구축되어야 한다. 지상 및 지하 탄약고는 지게차에 의해 탄약 수물 및 저장하고, 소로트 저장 탄약고 등은 자동화 저장대를 설치하여 입고 및 출고를 자동화하여 인원 투입을 최소화해야 한다. 표준화된 규격 탄약들을 저장하는 격실에는 유무인 AGV, 유무인 지게차, 웨어러블 로봇 등을 도입해야 한다. 자동인식 기술 및 디지털 기술을 적용한 현장관리 자동화 체계를 구축하고, 탄약 자산을 실시간으로 관리해야 한다. 화재 및 폭발에 대비한 안전과 관련하여 안전관리 시스템을 도입하여 신속한 대응체계를 구축해야 한다.

그리고 각종 Data를 기반으로 실시간 모니터링, 이상 징후 조기 발견, 신속한 조치가 가능해야 한다.

셋째, 경계 과학화 시스템이 구축되어야 한다. 경계는 CCTV와 병력이 통합된 형태로 지하 탄약 저장시설의 율타리 외곽부터 경계가 이루어져야 하고 중앙 통제구역에서 실시간 모니터링이 가능해야 한다.

넷째, 차량 및 인원 출입관리 시스템이 구축되어야 한다. 탄약부대 출입하는 차량은 출입구부터 철저한 검색을 통해 탄약부대에 진입하며, 지하 저장시설 출입 차량은 추가로 검색을 거친 후 출입하도록 하고, 출입한 차량은 내부 네트워크망을 통해 실시간 위치 추적이 가능해야 한다. 탄약고 출입은 승인된 인원만 출입하도록 엄격하게 관리되어야 하며, 출입 시 생체인식 기능을 적용도 가능하다.

다섯째, 물류 자동화 시스템이 도입되어야 한다. 지하 탄약고 격실 중 소로트 격실들에 대해서는 저장대를 설치 및 운용함으로써 효율성을 증대시킬 수 있다. 유무인 AGV 시스템 도입은 지하형 탄약고 내에서 탄약 이동 효율성을 보장하도록 해야 한다. 민간에서 운용하고 있는 유무인 물류이송 장비의 도입 및 적용도 검토해야 한다.

여섯째, 화재 및 안전관리 시스템이 구축되어야 한다. AI 기반 지하 탄약 저장시설 화재 감지 및 대피 시스템 구축은 IoT 기반 화재 실시간 감시체제로 구축하여 초기 진화가 가능하도록 구축되어야 한다. 그리고 화재 진화 및 대피 시뮬레이션 기능과 화재 시 지하형 탄약고 내에서 작업하고 있는 인원들의 안전 대피 안내 및 자동 소화 기능도 포함되어야 한다.



(그림 3) 네트워크 기반 통합 플랫폼 구축(안)
 (Figure 3) Establishing a network-based integrated platform (draft)

5.3 공통 인프라 구축

지하형 탄약고의 통합 플랫폼이 정상적으로 작동하기 위해서는 공통 인프라가 구축되어야 한다. 현장조사, 전문가 의견 등을 종합적으로 분석한 결과, 유무선 통신망, 공간 및 IT 인프라, 전력공급체계, 운반장비 및 설비 등이 필요한 것으로 확인되었다. 유무선 통신망은 내부 및 외부와의 정보 교환이 실시간 이루어짐에 따라 탄약 정보, 경계시설 정보 등이 보호가 될 수 있도록 망이 구축되어야 한다. 공간 및 IT 인프라는 제한된 지하 공간 내에 탄약을 효율적으로 저장하기 위한 디지털 트윈 기술을 적용한 공간관리 시스템을 갖추어야 하고, 각종 시스템 지원을 위한 IT 관련 인적 물적 자원이 구비 되어야 한다. 지하 저장시설은 온습도 관리, 환기, 센서 등 대용량의 전력이 소요된다. 상시 및 비상 상황을 대비한 전력 인프라가 병렬로 갖추어져야 한다. 탄약은 고중량, 파쇄 형태이므로 지게차, 크레인, 컨베이어 시스템이 취급 탄약의 특성에 맞게 갖추어져야 한다.

본 연구에서 제시한 네트워크 기반 지하형 탄약고의 통합 플랫폼 구축(안)을 미래 발전방안으로 제시하였다. 제반 상황을 고려하고 기술발전 수준을 검토하여 구현 범위를 정하고 단계적으로 추진해야 한다. 향후 지하형 탄약고의 신축은 지방자치단체와의 기부대 양여사업으로, 국가의 예산사업으로 각각 확대될 것이다. 그러므로 물류 측면에서 어떻게 발전시킬 것인가에 대해 사업 초기 단계에서부터 본 연구에서 제시한 안을 검토하고 저체 사업계획에 포함하여야 물류 측면에서 효율성을 보장할 수 있다.

6. 기대효과

탄약 물류 분야에서 통합 플랫폼을 구축하고 각각의 시스템들을 통합하여 네트워크화하면 예산, 효율성, 신뢰성 측면에서 많은 기대효과가 예상된다.

정성적인 효과는 첫째, 전시 전투부대의 작전 지속능

력을 보장할 수 있다. 둘째, 각각의 주요 탄약에 대한 각각의 단위별 수명을 예측 및 관리함으로써 탄약의 성능 보장할 수 있다. 셋째, 탄약업무 현장의 자동화와 통합 및 가시화를 통해 중복 작업 소요를 감소시켜 인력 운영을 효율적으로 할 수 있다. 넷째, 안전관리 능력 향상으로 탄약 분실사고 예방, 화재 및 폭발사고 방지 등으로 사고 발생을 원천 차단할 수 있다.

그리고 정량적인 효과로는 첫째, 물류자동화 및 네트워크화로 탄약 저장 공간 효율이 50% 이상 상승하여 탄약고의 신축 소요를 줄이는 효과가 있다. 둘째, 유도탄 및 주요 탄약을 설계수명 보다 10년 이상 더 사용할 수 있다. 탄약 획득 예산을 절감하고 긴요한 탄약을 우선 구매할 자원 확보가 가능하다. 셋째, 물류 자동화, 유무인화, 디지털화, 네트워크화를 통해 업무 효율성이 20% 이상 향상이 가능하다.

7. 결 론

7.1 연구의 요약 및 함의

지하형 탄약고의 탄약 물류체계 개선은 군의 전투력 향상과 바로 연결되는 핵심 업무이다. 본 연구는 지하형 탄약고가 갖추어야 할 필수 요소를 식별하고 AHP 기법을 통해 각 요소별 중요도를 판단하고, 물류 개선을 위해 구현해야 기능을 포함한 구축(안)을 제시하였다.

본 연구는 향후 지하형 탄약고 신축 사업을 계획하는 단계부터 고려되어야 하는 요소인 경제, 안전, 환경, 물류 체계, 장비설비, 수명관리 등의 우선순위와 구축방안을 제시한 것으로, 지하형 탄약고 신축 시에 매우 활용도가 높을 것으로 판단된다. 그리고 국방 예산 편성, 국방 중기 계획 작성 시에 근거자료로 활용될 것이다.

그리고 본 연구에서 제시한 방안은 군의 다른 물자를 저장하는 저장시설과 민간의 대형 저장시설에서도 적용이 가능할 것으로 기대된다.

7.2 연구의 한계 및 향후 과제

전시 물류 측면에서 효율적으로 탄약을 운용하는 것은 전장의 승리를 보장해준다. 물류를 개선하기 위해 최신 기술을 우선 도입해야 하고, 안정적인 플랫폼을 기반으로 하는 탄약 물류 시스템을 갖추는 것은 매우 중요하다. 다만 고려되어야 할 것은 지하형 탄약고의 규모, 격실의 크기가 지형, 작전지원 소요에 따라 매우 다양하고, 저장하

고 취급하는 탄약의 종류가 많고, 규격이 표준화가 되어 있지 못하다. 이러한 제반 상황을 고려하여 획일적으로 본 연구 결과를 적용하는 것은 한계가 있다. 따라서 지하형 탄약고 신축 시 탄약고 규모, 탄약의 종류 등을 고려하여 특성에 맞게 추가적으로 연구를 해야 한다.

그리고 본 연구에서 제시한 네트워크 기반 통합 플랫폼 구축(안)을 구체화 할 수 있도록 하위 시스템들을 어떻게 구축해야 하는 것에 대한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

참고문헌(Reference)

- [1] Jong-Geun Choi, Byung-Kyoo Kim, and Yoon Seok Chang, "Building plan research of Smart Ammunition Logistics System based on the 4th industrial technology", JICS, vol.23, no.1, pp. 135-145, 2022.
<https://doi.org/10.7472/jksii.2022.23.1.135>
- [2] Na Jong-cheol, "Ammunition technology trends and development direction in preparation for North Korea's missile threat", Defense and Technology, vol. 400, pp.80-99, 2012.
- [3] Chung Bong-ryong, "Optimization Design Plan for Tunnel-type Ammunition", Military, No. 39, pp.4-9, 2015.
- [4] DOD, "Hazards of Electromagnetic Radiation to Ordnance Test Guide", Department of Defence Handbook, 2011.
- [5] UN Safer-Guard, "Security Principles and system, International Ammunition Technical Guideline", 2020.
- [6] G. S. Kim, B. R. Kwon, "The 4 Industrial 2 Revolution and connected", Future industry change, vol. 68, January 2017.
- [7] AASTP NATO. "Manual of NATO safety principles for the storage of military ammunition and explosives". Ammunition Safety Group, NATO. p. 588, 2010.
- [8] Ngai, E.W.T., & Chan, E.W.C., "Evaluation of knowledge management tools using AHP". Expert Systems with Applications, vol.29, pp.889 - 899, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2005.06.025>

[9] Omkarprasad, S. V., & Sushil, K. "Analytic hierarchy process: An overview of applications," European Journal of Operational Research, vol.169(1), pp.1-29, 2006.

<https://doi.org/10.1016/j.ejor.2004.04.028>

[10] Saaty, T. L., "Decision making with the AHP," European Journal of Operational Research, vol.145, pp.85-91, 2003.

● 저 자 소 개 ●



김 병 규(Byungkyoo Kim)

1998년 모스크바 국립대학교 대학원 레이저화학공학과(공학석사)

2019년~현재 광운대학교 대학원 방위사업학과 박사과정

2015년~2016년 방위사업청 상륙함사업팀장

2018년~2019년 육군 종합정비창 정비보급처장

2020년~2022년 국방부 탄약수송관리과장

관심분야 : 네트워크, 4차 산업혁명, 탄약, 물류, 스마트, ICT etc.

E-mail : kbkidid@hanmail.net