

무인기 대응 간 대공무기 파편에 의한 피해 가능성 연구

김세일 · 신진[†]

A Study on the Possibility of Damage by Anti-aircraft Debris between the Response of Unmanned Aircraft

Sea Ill Kim · Jin Shin[†]

ABSTRACT

When enemy drones infiltrate large urban areas, various forms of great republics are deployed in large areas to respond. Due to the characteristics of a large number of government-run aircraft, the residual coal, other than the hit bullet, falls into various sizes of debris after its own explosion. The damage rate was analyzed by dividing the debris into anti-aircraft guns and guided weapons by deriving four factors: critical speed, fragmentation mass, initial speed of debris, and object collision speed, which can cause damage to human life as the debris falls to the ground. In the future, the North is expected to infiltrate the capital city of Seoul by operating unmanned aerial vehicles, which are asymmetric forces, and the damage could be minimized by setting up pre-fatal and fire-restricted zones to minimize casualties between responses.

Key words : Large urban areas, enemy drones, anti-aircraft artillery fire, debris damage rate, minimal damage

요약

적 무인기가 거대 도시지역에 침투 시 다양한 형태의 대공화기들이 넓은 지역에 배치되어 대응한다. 대공무기의 특징상 다량으로 비행체에 대해서 사격함으로 명중탄을 제외한 잔여탄은 자체 폭발 후 다양한 크기의 파편으로 낙하한다. 파편이 지상으로 낙하하면서 인명에게 피해를 줄 수 있는 임계속도, 파편질량, 파편 초기속도, 물체충돌 속도 등 4가지 요소를 도출하여 대공포와 유도무기로 구분하여 피해율을 분석하였다. 앞으로 북은 비대칭전력인 무인기를 활용하여 수도서울에 대한 침투가 예상됨으로 대응 간 인명 피해 최소화를 위해 사전 피탄지역과 사격제한지역을 설정해 둠으로서 피해를 최소화 할 수 있을 것이다.

주요어 : 거대 도시지역, 적 무인기, 대공포 다량사격, 파편 피해율, 피해 최소화

1. 서론

오늘 날 세계적 경제 발전으로 인해 도시화는 점점 가속화되고 있으며, 특히 경제, 사회, 문화가 집중됨으로서 자연스럽게 인구의 밀집도 증가하였다. 예로 남·북한을 비교해 볼 때 2018년 8월 UN 도시화 전망보고서에 의

하면 남한 주민은 90%, 북한 주민은 61%가 도시지역에 거주하고 있으며, 향후 50년 후에는 남한의 도시화율은 81.4%에서 86.4%로, 북한은 도시화율이 62.1%에서 74.2%로 증가할 것으로 분석하고 있다(Song, 2014). 이런 도시화는 인구 밀집에 따른 경제 인프라(경제 활동의 기반을 형성하는 기초적인 시설과 시스템)가 활성화됨으로서 도시가스, 전기, 화재사고 등 위험요소가 내재되어 있어 잘못하면 인위적인 큰 문제를 야기할 수 있다.

소형무인기 산업 역시 세계적 경제발전과 함께 급격하게 발전되어 가고 있으나 정작 이를 통제하기 위한 시스템의 발전은 아주 미미한 수준이다.

실례로 2019년 9월에는 사우디아라비아의 석유시설이

Received: 29 February 2020, Revised: 27 June 2020,
Accepted: 27 June 2020

[†] Corresponding Author: Jin Shin

E-mail: jinshin@enu.ac.kr

Chungnam National University Political Science and
Diplomacy

드론공격으로 세계의 석유 유가가 요동칠 정도로 심각한 피해를 입었다. 중동의 가장 빈곤한 나라인 예멘의 후티 반란군은 이 사건을 자신들의 소행이라고 주장하였다. 미사일은 한 기당 수천만 원에서 수십억 원에 달하는데, 이들은 이러한 미사일로 감행한 공격보다 훨씬 효과적이며, 대규모의 피해를 야기하였다. 사례처럼 만일 소형무인기에 2~3kg 이상의 생화학무기를 장착하여 수도서울이나 수도권권의 밀집된 공중 공간에 투발한다면 우리 역시 심각한 피해와 국가적 공황이 발생하게 될 것이다(Lee, 2014).

소형무인기의 다양한 운용 사례를 보면 아프카니스탄, 이라크, 이란 등에서 IS(이슬람국가)가 급조폭탄 자살드론을 실전 배치하여 쿠르드 민병대 2명 사망, 프랑스군 2명 부상을 입혔고, 미군의 정찰용 드론에 의해 2015년 7월 12일에 이슬람 수니파 극단주의 무장단체 IS의 아프카니스탄(아프간)-파키스탄 지부 리더인 하피즈 사이드가 제거되기도 하였다. 상업용은 영화촬영간 사용하는 3차원 공간 촬영, 다큐멘터리 촬영 등과 택배업체의 물품, 피자 배달 등에 사용되고, 농업용은 2017년 3월 10일에 강릉시 옥계면 산재리 산불 발생 간 강한 바람과 시계 차단으로 헬기 운항 제한 시에 산불진화 진행상황을 드론을 활용하여 촬영, 파악함으로써 조기에 산불을 진화 할 수 있었다. 또, 보안시설 침입에 대한 추가적 보강으로 드론을 활용하고 있으며, 원자력발전소에 대한 핵 방사능 물질 유출 확인을 위해 드론을 활용하고 있다(Lee, 2018). 다른 한편으로는 개인사생활 침범으로 드론에 카메라를 장착하여 고층 아파트나 빌딩 창문에 띄워 집 내부를 촬영하는 식의 사례가 빈번히 발생하는 등 드론에 의한 여러 가지 형태의 사고사례가 발생되기도 하였다. 그리고 우리에게 직접으로 위협이 되었던 북한의 소형무인기 침투 사건은 2014년 3월~9월까지 추락체 5회 발견과 2015년 5회 침투, 2016년 1회 침투에 이어서 2017년 6월 9일에는 성주지역에 위치한 사드기지를 정찰하기 위해 휴전선에서 성주까지 내려와서 항공촬영을 하였는데, 북한은 우리가 보유하고 있는 탐지레이더로 소형무인기를 탐지/식별을 할 수 없다는 취약점을 잘 알고 있는 것으로 추정된다.

이러한 무인기 위협에 대응하기 위한 타격체계는 주로 대공포로 구성이 되어 있고, 대공포는 무인기에 대응 가능한 무기이나, 사격 시 다량 사격으로 많은 파편이 발생하는 문제점을 갖고 있다. 특히 무인기가 수도권이나 수도권 서울과 같은 인구 밀집지역으로 침투한다면, 타격하기도 어렵고, 타격하더라도 파편 피해를 고려해 인구 밀집이 작은 피탄지역에 제한적으로 대응해야 하는 문제가

있다. 이에 본 연구는 소형 무인기를 대응하기 위하여 군이 사용하는 다수의 방공무기 사격 간 파편으로 인한 2차 피해 가능성과 범위를 분석하고 나아가 다양한 각도 또는 저각으로 사격할 경우의 피해 가능성을 분석하였다.

2. 소형무인기 대응 취약성 및 대응무기 능력 분석

2.1 소형무인기 대응 취약성

무인기는 크기에 따라 초소형 무인기와 미니급 무인기, 중소형 무인기로 분류된다. 초소형 무인기(MAV : Micro-Air Vehicle) 크기는 양쪽날개 길이가 15cm 이내로서 1인이 손으로 던져서 운용하고, 미니급 무인기(Mini-UAV)는 1~2명이 휴대하면서 운용하며, 중소형 무인기(OAV : Organic Aerial Vehicle)는 차량 1대에 장비 및 운용자가 탑재되어 이동하면서 운용한다. 소형 무인기는 SR급 이상의 무인기이며, 중형 무인기는 MALE급 이상의 무인기이고, 대형 무인기는 HALE급 이상의 무인기이다(Wang et al., 2018).

북 소형무인기는 탐지레이더의 성능에 영향을 받는다. 현재의 탐지레이더는 레이더 유효 반사 면적(RCS : Radar Cross Section)이 2m²의 표적에 대해서 가능하다(Park, Cho, 2013). 반면에 북 소형무인기는 레이더 유효 반사 면적이 평균 0.03m² 크기로 우리의 탐지레이더로는 탐지가 매우 어렵기 때문이다(Baek, Lee, 2016).

추락한 북한 소형무인기를 보면 자체적으로 개발한 것이 아니라, 미국, 중국, 러시아 등의 국가에서 무인기 부속품을 도입하여 개조한 것으로 대략 1,000여대 이상을 보유한 것으로 추정된다. 특히 무인공격기(자폭형 무인기)도 100여대 가량을 실전 배치해 운용하고 있는 것으로 파악되었다(Lee, 2014).

북 소형무인기는 레이더망과 육안관측의 회피를 위해 반사체 크기를 최소화하여 레이더 유효 반사 면적을 축소하고, 비행고도를 1~2km 이상, 색깔도 하늘색 바탕에 흰색 구름무늬로 도색하여 위장 후 비행한 것을 볼 때 매우 치밀하고 계획적으로 침투하고 있다.

침투 당시의 비행경로는 정해진 고도와 궤도를 가지고 비행하는 행태를 보였으나, 향후에는 한국 내에 존재하는 간첩이나 이적분자(利敵分子)가 직접 조종하여 항로를 변경하여 조작하는 경우도 예상할 수 있다. 따라서 북한의 소형무인기에 대한 대책에서는 정해진 항로를 비행하는 소형무인기뿐만 아니라, 소형 드론과 같이 인근에서 이적분자가 직접 조종하는 드론에 대하여도 함께 방어대

책이 마련되어야 할 필요성이 있다.

이런 형태의 소형무인기는 자칫 탐지레이더에서 새떼와 유사하게 나타나서 구별하기 어렵다(Harold, 2014). 한 번에 수십 개의 소형무인기를 출격시켰을 경우에는 새떼로 오인하기 쉬워 발견하는 것이 거의 불가능하기 때문이다. 게다가 수십 개의 소형무인기를 전부 타격하여 격추시키는 것은 더욱 불가능하다. 설령 발견하더라도 수도권이나 수도 서울 인구 밀집지역으로 침투한다면, 대응 화기에 의한 사격 후 2차 파편 피해가 있을 수 있으나 인구 밀집이 작은 피탄지역을 고려해 매우 제한적으로 대응을 해야 하는 문제점이 발생한다.

2.2 現 대응무기 능력 분석

소형무인기에 대한 우리의 대응무기는 무기별 사거리와 탐지방범, 사격발수를 볼 때 소형무인기 탐지 및 식별 시에는 타격이 가능하다(LIG Nex1, 2014).

대응무기는 20mm 발칸, 30mm 비호, 35mm 오리콘, 휴대용 유도무기 등으로 구분되며, 무기들의 성능을 보면 먼저 20mm 발칸은 유효사거리가 2km 이내로 도플러레이더에 의해 표적의 제원(거리와 거리변환율)을 산출할 수 있고, 사격발수를 10발, 30발, 60발, 100발 모드 중 항적의 성질에 따라 사수가 사격발수를 운용할 수 있는 무기이다. 30mm 비호는 유효사거리가 3km이며 탐지/추적레이더에 의해 탐지 21km, 추적 7km까지 가능하다. 사격은 표적의 성질에 따라 1발, 5발, 10발, 20발 모드 중 선택하여 사격이 가능하며, 전자광학추적장치(EOTS : Electro - Optical Targeting System)가 부착 되어 주·야간 전천후 대응이 가능하다. 35mm 오리콘은 유효사거리가 4km로 자체 사격통제레이더에 의한 탐지 50km, 추적 40km까지 가능하다. 사격은 지휘자가 표적의 성질을 고려하여 반자동 및 자동으로 대응이 가능한 장비로 명중율이 매우 높다.

30mm 비호복합무기(30mm 대공포와 휴대용 유도무기 장착)는 저고도로 침투하는 저공 저속기, 무인기 등 적 항공기의 침투에 대비하여 균형 있게 배치하여 운용하고 있다. 비호복합 장비는 표적이 사격구역 이내 포착 시 사격스위치를 누르면 연동된 레이더를 통해 거리계산을 실시하고 분당 600여발을 발사할 수 있다. 휴대용 유도무기인 신궁을 탑재하여 운용하고 있는 우수한 무기이다. 또한 크기가 최소 0.5m의 물체까지도 포착이 가능하여 언제 어디서든 소형무인기 침투 시 조기에 탐지/식별하여 타격할 수 있는 체계를 유지하고 있다. 휴대용무기인 미스트랄, 신궁은 표적 포착 시 유효사거리 5~5.5km까지 사격이 가능하여 열원이 있을 시 타격이 가능한 무기이다.

소형무인기의 속도를 고려해 볼 때 시간당 100km 이내, 초당 2.8%로 매우 느리지만, 크기가 매우 작고 비행 고도도 1km~2km 내외여서 경제 초소 병사들 시야 범위 내에서 관측이 제한되고, 식별이 매우 어렵다는 것이 제한사항이다(Field field bridge management -2-14, 2018).

저고도탐지레이더, 단거리지대공유도무기, 30mm 자주 대공포의 탐지레이더는 2m² 크기의 무인항공기는 탐지가 가능하나, 소형무인기는 RCS가 매우 작아서 탐지가 제한되며, 유리섬유나 탄소합성소재 등의 재질로 제작되어 있고 대다수가 프로펠러형 엔진을 사용함으로써 추적할 수 있는 열원이 매우 작아 휴대용유도무기에 의한 대응 또한 매우 어렵다. 따라서 소형무인기에 가장 효과적인 타격무기는 다수의 발사 능력을 보유한 대공포로 발칸이나 비호라 할 수가 있겠다. 발칸은 다량사격에 의한 화망 사격이 효과적이고 비호는 전자광학추적기에 의한 조준 사격이 효과적이다. 화망사격은 일정한 공간에 화력을 집중시키는 것으로 사탄분포를 고려하여 사격발수를 선택한 후 가용한 모든 화기를 통합하여 실시하는 것으로 대공표적에 대한 효과적 제압이 가능하다. 그러나 이러한 대공포는 도심지역이나 인구밀집 지역 등에 다수가 배치되어 있어 대응 간 낙탄 및 파편이 민간인 또는 아군에게 떨어져 피해를 입힐 수 있으므로 대공포의 낙탄 및 파편에 의한 피해 분석이 필요하다.

3. 대응무기별 파편 피해율 분석

대응무기는 단거리 대공무기로 사거리가 짧은 대공포로 구성되어 있으며, 사거리가 짧은 대신 다량의 사격으로 적 항공기 및 소형무인기를 제압할 수 있다. 하지만 이런 우수한 대공포의 단점으로 앞에서 언급한 바와 같이 다량의 사격에 의한 파편 피해가 발생할 수 있다. 실례로 2001년 8월 7일 수도방위사령부 예하 방공진지에서 장비점검 간에 오조작으로 오발사 사고가 발생하여 20mm 탄 17발이 사거리 2~7km 지역까지 비행하여 공중에서 폭발 후 낙하하면서 신당동 일대에 주차해 있던 차량 지붕에 구멍이 뚫리는 피해(2.3cm 파임)가 발생하기도 하였다. 이 사례에서 보듯이 대공탄이 일정한 거리를 비행 후 지상으로 낙하 시 피탄지역에 피해가 발생할 수 있다. 대공무기의 작약 및 탄두 제원은 Table 1과 같으며, 유도무기인 신궁과 천마는 탄두가 파편 형태로 구성되어 있다. 신궁은 000개의 파편으로 1개 크기는 마름모형으로 대략 4.0×4.0×2.74mm(가로×세로×두께)이다. 천마는 0000개의 파편으로 1개 크기는 직육면체형으로 대략

6.0×6.6×8.4mm(가로×세로×두께) 이다.

Table 1. Explosive by Anti-Air Weapons / warhead

division	explosive charge		warhead		
	kind	quantity	quality	length	Thickness
20 mm	COMP A-4	10.69 g	MIL-S 46070	56.52 mm	1.78 mm
30 mm	HEXAL W30	35 g	CA5 pb/k	101 mm	3.15 mm
35 mm	HEXAL W30	112 g	EAC 1948 WS 1.9450	138 mm	2.74 mm
Sin gung	DXC-59	0.8 kg	W-Alloy	167 mm	-
Chun ma	DXC-53	4 kg	Steel	300 mm	-

출처 : 육군본부, “탄약제원 및 취급,” 2011.3.31.

대공무기별 파편 제원은 <Table 2>와 같다.

Table 2. Debris by Air Defense Weapons

division		Vulcan	Biho	Oerlikon
warhead	Debris (unit)	000	000	000
	weight (g)	0.1~1.5	0.15~5	0.5~3.3
Self-destruct time (s)		3~7	6~10	9~13
self-destructing distance (km)		1.9~2.7	3.3~4.4	4.1~6
self-destructed warhead velocity (m/s)		343	309	292
division		Sin gung	Chun ma	
warhead	Debris (unit)	000	0000	
	weigh (g)	2.77	2.60	
Self-destruct time (s)		13~15	20~25	
elf-destructing distance (km)		5.8~6.3	9~10	
elf-destructed warhead velocity (m/s)		272	340	

출처 : 국방과학연구소, “KDS(국방규격),”

화기별 탄약 폭발 시 파편에 의한 지상피해 영향 분석을 위해 MODSAM 프로그램에서 지원하는 신관모델로 탄두는 파편형으로 국한(Jung, 2005)하였으며, 리차드 M과 로이드의 직접 타격 및 미스 탄두 기술의 물리학에서는 파편 질량에 대한 공식과, SPLIT-X V5 사용 설명서

의 MAKE 명령어로 파편의 중량, 파편의 개수, 비산방향, 물체충돌 속도 등 탄두모델링 방법을 적용하였다. 모델링은 대공포 및 유도무기의 파편형 탄약으로 공중에서 폭발 시 파편이 지상으로 낙하 간 인명에게 미치는 피해를 분석하였다. 지상 인명피해 분석간 영향을 미치는 변수 산출로, 파편의 임계속도(파편이 50% 확률로 표적을 관통하는 파편의 속도로 파편 질량/재질, 표적성질에 따라 상이) 대비 물체충돌 속도가 클 경우 인명피해가 발생할 수 있다. 먼저 임계(기준)속도(Summary Technical Report of Division 2, 1946)는 탄종별 인명피해 가능한 기준속도로 파편 질량(Richard M. Lloyd, 2001)은 Steel 자연형으로 20mm, 30mm, 35mm에 대해서 산출하였다. 신궁, 천마는 유도탄 개발 간 실험값 적용이 무거울수록 작은 임계속도로 인명피해가 발생한다. 파편 질량에 영향을 미치는 요소로 탄두 재질, 길이, 두께, 작약 폭 등이 있다. 인명피해 기준은 파편이 연강판재 1.5mm 이상 관통 시 인명피해가 발생할 수 있다. 그리고 물체충돌 속도(CONDAT, 2001)는 공중에서 폭발한 탄두 파편이 물체에 충돌하는 순간의 속도로 산출 공식 프로그램을 활용하여 변수 값을 입력하여 고도변화에 따른 충돌속도를 산출하였으며, 이때 변수는 폭발고도, 탄두비행속도, 파편 초기속도(Kwon, 1993) (폭발 시 초기속도가 빠를수록 인명피해가 가능하고 폭발도가 높다. 파편 초기속도에 영향을 미치는 요소로 탄두 재질, 작약 폭, 폭약 종류에 따른 매개변수 값), 중력가속도, 항력계수 등을 활용하였다. 임계속도와 물체충돌 속도를 비교한 후 피해 영향 분석을 통해 임계속도 대비 물체충돌 속도가 큰 조건일 때 폭발고도를 산정하였다. 산정된 폭발고도 이하에서 탄두 폭발 시 인명피해가 발생함을 알 수 있다. 단 분석 간 파편은 고풍화약 폭발에 의한 탄두의 정상 파편만 고려하였고, 기타 파편으로 제외한 구성품(잔해물)에 의한 영향은 미고려 하였다(The Agency for Defense Development, 2017).

지상 인명피해 분석간 영향을 미치는 변수 산출은 다음과 같다.

임계속도

$$V_L = \left\{ A_P^{3/2} \left(\frac{t \sec \theta}{A_P^{1/2}} \right)^n \right\}^{1/2} \tag{1}$$

- V_L : 관통 임계속도
- t : 1.5mm(표적의 두께)
- A_P : 파편면적(충돌 단면적)
- n : 파편의 무게
- $\sec \theta$: 목표의 경사도

☞ 탄두 재질에 따른 실험상수(B, n)

warhead material	experiment constant	
	B	n
Steel	93.24	1.75
Tungsten	71.69	1.82

파편 질량

$$m_z = \left[p_m \pi L D_i^{0.5} t^{3/2} \left(1 + \frac{t}{D_i} \right) / 59.2 \right] \frac{z}{P_n (1-z)} \quad (2)$$

m_z : 파편 질량 L : 탄두 길이
 P_m : 탄두 재질 밀도 D_i : 작약 직경
 π : 3.14 t : 탄두 두께
 z : 0.05(상위 5% 평균)

파편 초기속도

$$\frac{V_m}{\sqrt{2E}} = \left(\frac{M}{C} + \frac{1}{2} \right)^{-1/2} \quad (3)$$

V_m : 파편 초기속도 M : 탄두 중량
 $\sqrt{2E}$: 작약 종류별 매개변수 C : 화약 중량

* 파편 초기속도 산출을 위한 폭약 종류별 매개변수 값은 Comp B 적용

☞ 폭약 종류별 매개변수 값

(J.M. CONNER AND A.A. Quong pp.216.)

kind	parameter value	kind	parameter value
TNT	0.240	Octol	0.291
HMX	0.301	PENT	0.297
LX-14	0.300	Comp B	0.275
TATB	0.244	Comp C4	0.282
Cyclotol	0.296	-	-

물체충돌 속도

$$m \frac{dv}{dt} = - \frac{1}{2} C_D P_A (z+h) A V^2 \quad (4)$$

$\frac{dv}{dt}$: 가속도 z : 지상충돌 각도 상수
 m : 파편의 무게 h : 폭발 고도
 C_D : 항력 계수 A : 공기저항을 받는 면적
 ρ_A : 공기 밀도 V : 탄두 비행속도

탄종별 관통 임계속도와 임계고도(탄이 정상적으로 자폭 후 발생한 파편이 지상으로부터 고도)를 분석한 결과인 Table 3과 Table 4를 보면 대공탄약 파편질량은 최소 0.36g에서 최대 2.77g 이다. 탁구공의 무게가 2.7g인 것을 고려하면 지상으로 떨어지는 파편은 경미할 것으로 볼 수 있다. 그러나 비정상 파편 형성, 불발탄 발생 시 파편 질량의 불규칙으로 인명 피해 발생 가능성은 잔존할 수 있다.

Table 3. Detailed analysis results of each type of anti-aircraft gun shell

division	debris type	debris Mass [g]	Initial velocity of debris in self-destructing [m/s]	Penetration critical velocity [m/s]
20 mm	Steel natural form	0.36	985 (Mach 2.9)	518 (Mach 1.52)
30 mm		1.90	1,031 (Mach 3.03)	318 (Mach 0.93)
35 mm		1.15	1,020 (Mach 3)	368 (Mach 1.08)

division	normal self-explosive warhead flying speed [m/s]	Critical altitude by warhead airspeed [m]	
20 mm	343 (Mach 1)	Mach 0.2	26
		Mach 0.5	28
		Mach 0.8	30
		Mach 1	31
		Mach 2	38
		Mach 3	41
30 mm	309 (Mach 0.9)	Mach 0.2	84
		Mach 0.5	90
		Mach 0.8	96
		Mach 1	99
		Mach 2	105
		Mach 3	109
35 mm	292 (Mach 0.85)	Mach 0.2	62
		Mach 0.5	66
		Mach 0.8	70
		Mach 1	72
		Mach 2	79
		Mach 3	83

Table 3은 대공포가 정상 자폭 시 탄두 비행속도별로 피해를 입을 수 있는 임계고도 값이다. 20mm 발칸탄은 Steel 자연형으로 파편질량은 0.36g으로 자폭 시 탄두 비행속도가 마하 1(343m/s)인 경우 임계고도 31m 이하에서

피해를 입을 수 있다. 30mm 비호탄은 Steel 자연형으로 파편질량은 1.90g으로 자폭 시 탄두 비행속도가 마하 0.9(309^{m/s}) 경우 임계고도 97m 이하에서 피해를 입을 수 있다. 35mm 오리콘탄은 Steel 자연형으로 파편질량은 1.15g으로 자폭 시 탄두 비행속도가 마하 0.85(292^{m/s}) 경우 임계고도 70m 이하에서 피해를 입을 수 있다.

Table 4는 유도무기가 정상 자폭 시 탄두 비행속도별로 피해를 입을 수 있는 임계고도 값이다. 휴대용 유도무기인 신공은 tungsten 조절형으로 파편질량은 2.77g으로 자폭 시 탄두 비행속도가 마하 0.80(272^{m/s}) 경우 임계고도 371m 이하에서 피해를 입을 수 있다. 단거리 지대공 유도무기 천마는 Steel 성형으로 파편질량은 2.60g으로 자폭 시 탄두 비행속도가 마하 1(340^{m/s}) 경우 임계고도 162m 이하에서 피해를 입을 수 있는 것으로 분석되었다.

Table 4. Detailed analysis results of each type of anti-aircraft Guided Weapon

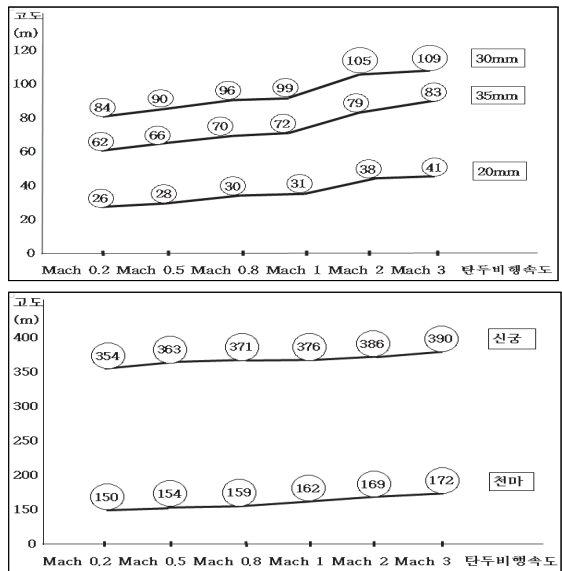
division	debris type	debris Mass [g]	Initial velocity of debris in self-destructing [^{m/s}]	Penetration critical velocity [^{m/s}]
Sin gung	tungsten Adjustable	2.77	2,000 (Mach 5.88)	178 (Mach 0.52)
Chun ma	steel molding	2.60	1,850 (Mach 5.44)	290 (Mach 0.85)

division	normal self-explosive warhead flying speed [^{m/s}]	Critical altitude by warhead airspeed [m]	
Sin gung	272 (Mach 0.8)	Mach 0.2	354
		Mach 0.5	363
		Mach 0.8	371
		Mach 1	376
		Mach 2	386
		Mach 3	390
Chun ma	340 (Mach 1)	Mach 0.2	150
		Mach 0.5	154
		Mach 0.8	159
		Mach 1	162
		Mach 2	169
		Mach 3	172

2차 피해는 유·무인항공기가 불규칙으로 고저 형태로 비행 시 대공포는 이를 격추시키기 위해서 여러 방향과 고·저각으로 사격을 실시하게 되는데 장비에 탑승한

용사들은 작은 망원형태의 조준경과 스코프로 표적을 찾고 교전한다. 또한 비행체의 움직임에 따라 저각으로 사격 할 경우에는 그 피해 정도는 가히 상상하기 힘들 만큼 클 것이다. 수도 서울에 적 항공기가 침투하여 저공으로 비행한다면 수많은 대공포들은 다양한 고도에서 대응을 해야 하는 상황이 발생하게 될 것이다. 이러한 상황을 염두에 두고 Table 5의 탄종별 낙탄 피해를 분석 결과를 볼 때 사격 후 속도 마하 1 기준 고려 시 대공포 발간은 31m, 비호는 99m, 오리콘은 72m 이하에서, 유도무기 천마는 162m, 신공은 376m 이하에서 파편에 의한 인명 피해가 예상된다. 인명 피해의 안전 확보를 위해 가중치(산출된 고도 × 2) 적용을 고려한다면 피해율은 더욱 클 것으로 예상 된다.

Table 5. Debris Damage Rate By Bullet(critical altitude by warhead airspeed)



4. 결론

4차 산업혁명 시대에 걸맞게 세계의 발전은 하루가 다르게 변화되고 있으며 이런 변화 속에 도시화는 어느 나라를 막론하고 끊임 없이 발전해 나가고 있다. 우리의 도시화의 변화는 50년 후에는 거의 90%에 가깝게 발전할 것으로 전망하고 있다. 우리는 다른 국가들과 달리 북한과 군사분계선으로부터 포병 사거리 내 위치인 30~40km에 위치해 있어 그 위협은 매우 높기 때문이다. 수도서울과 수도권 지역에 대한 적의 유·무인항공기로부터 방어

하기 위해 다양한 형태의 많은 대공포를 배치하여 상시 위협으로부터 대비하고 있다.

자칫, 적을 위한 대비가 잘못되어 우리의 대공포에 국민들이 2차 피해를 입는다면 엄청난 문제가 발생할 것으로 예상된다. 적 항공기나 소형무인기가 인구 밀집지역으로 침투하는 상황이 생긴다면 영화의 한 장면처럼 많은 대공포에 의해서 다양한 형태로 대공포탄이 하늘을 뒤덮을 것은 불 보듯 뻔하다. 1차적으로 대공포나 휴대용 유도무기에 의해서 적 유·무인기가 격추되고 일부 대공포탄은 불명중 시 자체적으로 사거리 범위를 초과하여 자폭하며, 파편이 지상으로 떨어지면 2차 피해를 줄 수 있다. 파편에 의한 인명 피해로 도심지역에서의 사격은 매우 제한될 것이며, 부득이하게 사격 시 인명 피해 최소화를 위해서 새로운 방안을 모색해야 한다.

파편에 의한 피해를 근본적으로 해결하기 위해서는 새로운 무기체계의 개발이 필요하다고 생각된다. 특히 최근 전 세계적으로 발전 추세에 있는 레이저무기는 파편이 없는 최상의 무기체계로 무성, 무취, 무색으로 인구밀집지역이나 수도권에 대한 방어용 무기체계로 아주 적합할 것으로 판단이 된다.

이런 신무기체계는 대공무기의 다량사격에 의한 2차 파편 피해 발생 요인을 동시에 해결할 수 있기 때문이다.

References

- Song Mi-kyung (2014), "The Key Issues of Global Urbanization and Growth Prospects of Emerging Cities", *WORLD & CITIES World and Urban VOL.7*.
(송미경 (2014), "세계 도시화의 핵심이슈와 신중도시들의 성장 전망", *WORLD & CITIES 세계와 도시 VOL.7*.)
- Lee Daewoo (2014), "North Korean drones: New asymmetric weapons", The current situation and policy of Sejong Institute, May 2014 issue.
(이대우 (2014), "북한 무인기 : 새로운 비대칭무기", 세종연구소, 정세와 정책, 2014년 5월호).
- Lee Byung-suk (2018), "Status of implementing physical protection of nuclear power plants", the Nuclear Safety Commission, the emergency planning office of the state-run Korea Hydro & Nuclear Power Co..
(이병석 (2018), "원자력발전소의 물리적 방호 이행 추진현황", 원자력안전위원회, 한국수력원자력(주) 비상계획실)
- Wang Ki-chul and three others (2018), "Infinite ICT Technology Trends", *Interstate Technology Trends at the Information and Communication Technology Promotion Center*, pp. 17.
(왕기철 등 3명 (2018), "무인기 ICT 기술 동향", 정보통신기술진흥센터, 주간기술동향, P. 17)
- Park In-ho. Cho Hyun-chul (2013), "Leader Engineering", Myeongjin Publishing House.
- Baek In-seon · Lee Tae-Sik (2016), "Study on the Optimal Deployment of the Passive Radar System for Detecting Small Unmanned Aerial Vehicles," *Journal of the KIMST*, Vol. 19, No. 4, pp. 443-452.
(백인선 · 이태식 (2016), "소형 무인기 탐지를 위한 패시브 레이더망 최적 배치 연구" 한국군사과학기술학회 제19권 제4호, pp. 443-452.)
- Lee Daewoo (2014), "North Korean drones: New Asymmetric Weapons", Sejong Institute, *National Strategy 20 Vol. 1. Situation and Policy*.
(이대우, "북한 무인기 : 새로운 비대칭 무기", 세종연구소, 국가전략 20권, 1호, 정세와 정책)
- Harold (2014), "Government "Strengthening the Detector Air Defense System" Two-Track Response".
<http://biz.heraldcorp.com/view.php?ud=20140403000603&md> (Downloaded November 30, 2017).
- LIG Nex1 (2014), "Beyond All Borders: Anti-aircraft weapons specifications", Korean Language and Hongschef of the Korean Defense Industry Promotion Association. <https://www.kdia.or.kr/common/download.do?fileid=201406241752246601000...> (Downloaded June 13, 2019).
- Field field bridge management-2-14 (2018), "Attachment 9 of Information Asset Management, Measures to monitor unmanned aerial vehicles when using TOD-3 (Type 3)", Army Headquarters.
- Jung Jin-woong, "Analysis of the MODSAM Program", National Institute of Science, 2005.12. pp.5-6.
(정진웅, "MODSAM 프로그램 분석," 국방과학연구소, 2005.12. pp.5-6.)
- "Effects of Impact and Explosion" Summary Technical Report of Division 2, National Defense Research Committee, Washington, DC, 1946, Volume 1, pp.171.

(“충돌과 폭발의 영향” 제2부 국방연구위원회, 워싱턴 DC, 1946, 제1권 제1호, 제171페이지의 요약 기술 보고서)

Richard M. Lloyd, “Physics of direct strike and miss warhead technology,” 2001.

(리처드 M. 로이드, “직접 타격 및 미스 탄두 기술의 물리학,” 2001.)

“SPLIT-X V5 User Manual”, CONDAT, 2001. pp. 28-33.

Kwon Soo-jae, “Research on the Wave Editing of

Target-Oriented Anti-aircraft warheads, Institute of Defense Science, 1993.12.

(권수재, “목표 지향성 대공 탄두의 파편집속에 관한 연구”, 국방과학연구소, 1993.12.)

The Agency for Defense Development (2017), “Research results on the impact of ground damage on the explosion of air-to-air ammunition”.

(국방과학연구소 “대공탄약 폭발 시 지상피해 영향 분석 결과”)



김 세 일 (ORCID : <https://orcid.org/0000-0003-3257-7931> / kimseail@naver.com)

2000년 2월 서경대 산업공학 학사
2004년 2월 충남대 안보정책 석사
2019년 2월 충남대 군사학 박사과정

관심분야 : 군사학, 모델링&시뮬레이션



신 진 (ORCID : <https://orcid.org/0000-0002-5777-6403> / jinshin@cnu.ac.kr)

1986년 8월 충남대 정치외교학과 교수
2011년 4월 평화문제연구소 소장
2011년 6월 국가전략연구소 소장
~ 현재 충남대학교 정치외교학 교수

관심분야 : 국제정치, 국가전략