

상부공격 전차 지능탄에 대한 상쇄연구

A Trade Study of the Top Attack Smart Tank Ammunition

홍종태*(국방과학연구소), 최상경(국방과학연구소), 김기표(국방과학연구소)

요 약

전차탄의 철갑기술과 전차의 방호기술의 경쟁적인 연구개발로 성능이 지속적으로 발전되면서 전차방호면에서는 피탄되기전에 탄을 인식하여 파괴하는 능동파괴장치로, 대전차 기술면에서는 취약한 전차의 상부를 발사 후 망각개념의 지능탄으로 타격하는 기술로 발전되고 있다. 본 논문에서는 군사선진국들이 개발중인 전차포 지능탄의 특성을 조사하고 새로운 체계모형을 설정하여 비교상쇄연구를 수행하였으며, 향후 무기체계로의 가용성을 분석하였다.

1. 서 론

1940년대에 사용된 최신형 전차는 75mm 주포를 장비하고 80mm 정도의 장갑두께를 가지고 출현하였다. 철갑탄의 기술발전에 따라 전차포의 구경은 125mm까지, 전차 방호력은 600mm를 상회하는 수준까지 증가되었다. 초기의 운동에너지 철갑탄인 AP(Armor Piercing) 탄은 텅스텐 관통자를 이탈피로 감싸서 발사하는 회전안정식 APDS(Armor Piercing Discarding Sabot)로 발전 되다가, 관통자의 L/D(길이와 직경 비)를 7이상으로 길게하면서 날개를 부착한 APFSDS(Armor Piercing Fin Stabilized Discarding Sabot)탄이 사용되고 있다. 1970년대에 운용되기 시작한 APFSDS탄은 RHA 350mm 수준의 관통력으로 각광을 받았으나, 지속적인 관통력 향상요구에 따라 최근에는 실험적으로 RHA 800mm 이상을 관통하는 탄약이 연구되고 있다.

2차 세계대전 중에 소개된 성형작약 기술로 개발된 화학에너지탄인 HEAT(High Explosive Anti Tank)탄은 전차파괴에 적절한 관통력을 보유하여 APFSDS탄과 함께 전차의 주력탄종으로 운용되고 있다. 최신 성형작약탄두기술을 이용하는 대전차 유도무기, RPG 및 LAW 등의 출현으로 전차의 수동장갑으로는 더 이상 성형작약탄두를 효과적으로 방호할 수 없게 되었고, 이에 따라 성형작약의 관통력을 절반수준까지도 절하시키는 ERA(Explosive Reactive Armor)를 전차 외부에 부착하게 되었으며, 최근에는 철갑탄에 대하여도 어느 정도 효과적인 신형 ERA로 발전되고 있다. 그러나 근본적인 전차방호를 위해 대전차탄이 전차에 충돌하기 전에 파괴시키는 능동파괴체계를 출현시키게 되었다. 철갑기술

과 방호기술은 창과 방패의 원리로 지속적인 연구개발이 요구되고 있다. 이에 따라 전차의 전면장갑보다는 취약한 상부를 공격하는 지능형 탄약의 연구가 소요되고 있다. 따라서 본 논문에서는 군사선진국들이 개발중인 전차포 지능탄의 특성을 조사 분석하고, 새로운 체계모형을 설정하여 비교 상쇄연구를 수행하였으며, 향후 무기체계로의 가용성을 분석하였다.

II. 전자 지능탄의 개발 동향 및 운용 분석

1. 전차 지능탄의 개발 동향

현재 세계 각국에서 널리 운용되고 있는 전차포용 탄약으로는 운동에너지탄인 날개 안정 철갑탄(APFSDS)과 화학에너지탄인 성형작약탄(HEAT) 등이 주종을 이루고 있다. 하지만 이러한 재래식 탄약은 지형에 따라 교전 능력에 제한을 받으며, 이동 표적에 대한 공격 능력이 저하되고, 비가시선의 표적을 공격할 수 없는 등의 단점이 있다. 따라서 최근에 선진국에서는 이러한 단점을 보완하면서 무기효과 극대화를 위해 원거리에서 회피 기동을 통해 접근해 오는 적 전차 또는 헬기를 무력화시킬 수 있는 다양한 형태의 발사후 망각(fire and forget)개념의 전차포용 지능탄의 개발이 추진되고 있다. 이러한 지능탄들은 주로 원거리 표적을 효과적으로 제압할 목적으로 자율 유도조정이 가능한 형태로 개발되고 있다.

전차용 지능탄으로는 러시아에서 레이저 유도방식의 포발사 유도포탄을 처음으로 개발하여 운용하고 있다. 포발사 유도포탄은 재래식 탄약과 동일한 방법으로 취급 및 장전되며, 표적에 레이저빔을 주사하면 발사된 탄이 레이저 빔을 따라서 표적을 향해 비행한다. 이스라엘에서는 레이저 유도방식 및 상부 공격형 지능탄 개발을 추진하고 있으며, 미국에서는 포구속도를 증대시키지 않고 비행중에 로켓모터로 관통자를 가속하여 충돌속도를 증가시키는 개념의 종말추력 유도포탄인 MRM과 같은 유도 종말 가속형 지능탄의 개발을 추진하고 있다.^{[1][2]}

2. 전차 지능탄의 운용 특성 및 분석

현재 선진국에서 개발을 추진하고 있는 전차포 지능탄을 그 운용 특성별로 구분하면 그림1과 같이 레이저 유도형, 종말 유도형, 센서 감응형, 유도 종말 가속형 지능탄으로 크게 4 그룹으로 나눌 수 있다. [1][2][3][4]

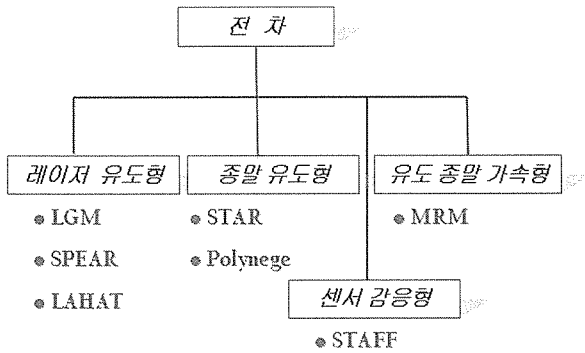


그림 1 전차 지능탄의 분류

2.1 레이저 유도형 지능탄

레이저 유도형 지능탄은 레이저 빔을 표적에 조사하여 탄을 유도하는 방식으로 CEP 0.7m 미만으로 명중률이 높기 때문에 재래식 탄보다 효과적이다. 하지만 탄 외에 레이저 유도 장비를 추가적으로 운용해야하므로 획득시 고비용이 소요되고, 탄의 유도 과정에서 운용자가 개입(man-in-the-loop)되므로 운용자의 판단에 의한 불확실성이 수반된다. 또한 운용자가 전방 관측 후 레이저를 조사하고 전차와 통신하여 발사 명령을 내리기까지 시간이 소요되므로 적전차 공격에 대한 신속 대응이 어렵다. 이러한 탄으로는 독일의 SPEAR, 이스라엘의 LAHAT (LAsER Homing Anti-Tank), 러시아의 100/115/125mm급 레이저 유도 지능탄(LGM)을 들 수 있다.

2.2 종말 유도형 지능탄

종말 유도형 지능탄은 탄의 두부에 센서를 이용한 탐색 장치와 공력 조종 날개가 있어 발사된 탄은 표적 식별 후 전차의 상부를 공격하기 위한 비행 탄도를 수정한다. 발사 후 망각개념이므로 1발 사격 후 다른 표적에의 신속히 대응이 가능하며 정확도가 높은 것이 특징이다. 하지만 시스템이 복잡하고, 상부 공격을 위한 급상승(Pop-up) 및 급강하(Pitch-down) 비행 기술 등 체계 난이도가 높은 단점이 있다. 이러한 탄으로 이스라엘의 STAR(Excalibur), 프랑스의 Polynege를 들 수 있다.

2.3 센서 감응형 지능탄

전차의 상부 장갑을 공격할 수 있는 상부공격형 지능탄의 경우 원거리에서 은폐 또는 지형에 엄폐되어 있는 적 전차나 헬기를 무력화시킬 수 있어 현대 전차의 방호 설계 개념인 전면 60°에 치중하는 장갑 방호 개념을 무력화시킬 수 있다. 그 대표적인 예로 미 육군이 개발을 추진한 바 있으나 현재는 사업이 보류된 센서 감응형 지능탄인 STAFF(Smart Target Activated Fire and

Forget)가 있다. STAFF는 비행 중 하방감시용 밀리미터파 센서를 통해 적전차를 탐색하고 적전차 식별과 동시에 회전제어를 통한 EFP탄두와 표적을 정렬시킨 후 EFP탄두 기폭을 통해 상부장갑을 타격한다.

2.4 유도 종말 가속형 지능탄

최근에는 발사 초기 포구 속도를 증대시키지 않고 비행 중 센서를 통해 표적을 감지한 후 로켓 모터를 이용하여 충돌 속도를 증가시키는 개념의 유도 종말 가속형 지능탄이 있다. 그 대표적인 탄으로는 TERM-KE를 기본모델로 한 MRM-KE를 들 수 있다. 이것은 STAFF와는 달리 기존의 운동에너지탄을 이용하여 표적의 전면이나 측면을 공격할 수 있으며 이동하는 장갑표적의 타격용으로 적합하다. 표적의 상부 공격형으로는 MRM-CE가 있는데, 이는 두부에 IIR 탐색기와 전방의 소형조종날개(canard)를 이용하여 탄도 종말단계에서 급강하하여 성형착약탄두로 표적의 상부를 타격한다. 표 2는 전차포 지능탄의 종류와 그 주요 특징을 나타내고 있다.

전차 지능탄	종류	주요특징				
		유도방식	사거리	정확도	표적	탄두
레이저 유도형	SPEAR	운용자 개입	4km	CEP<1m	전차, 헬기	이중성형착약탄
	LAHAT	운용자 개입	6km	CEP<0.7m	전차, 헬기	이중성형착약탄
종말 유도형	STAR	발사후 망각	4km	CEP<0.7m	전차	이중성형착약탄
	Polynege	발사후 망각	8km	-	전차	EFP/Hollow Charge
센서 감응식	STAFF	발사후 망각	4km	재래식탄 수준	전차, 헬기	EFP
유도 종말 가속형	MRM	발사후 망각	8km	CEP<0.7m	전차, 헬기	KE, CE

표 1 전차 지능탄의 종류와 주요 특징

III. 120mm 상부공격형 지능탄의 개념 설정

한국형 전차포 지능탄의 개발을 위하여 120mm급 종말유도형 지능탄과 자탄탑재형 지능탄의 두가지 개발대안(KSTAM: Korea Smart Top Attack Munition)에 대한 예비연구를 수행하였다. 종말 유도형 지능탄으로는 이스라엘의 Excalibur를 기본 모델로 한 KSTAM-I이 있고 자탄탑재형 지능탄으로는 이미 양산단계에 있는 독일의 SMArt155의 지능자탄를 기본 모델로 한 KSTAM-II가 있다. [5][6]

1. KSTAM -I

KSTAM-I은 발사후 망각 개념의 120mm급 종말 유도형 상부공격 대전차 지능탄이다. 그림 2에서 보는 바와 같이 앞부분에 표적탐지를 위한 94GHz 능동/수동 밀리미터파 탐색기와 비행탄도 수정을 위한 조종날개(canards)가 있다. 탄두는 이중성형착약탄이며, 뒷부분

에는 회전제어를 위한 꼬리 날개가 있다.

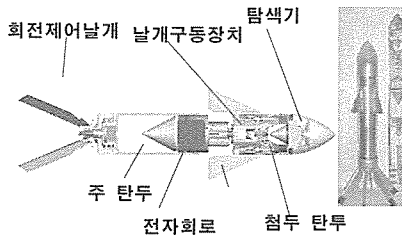


그림 2 KSTAM-I 완성탄 및 구조

그림 3에서 보는 바와 같이 발사 후 꼬리날개에 의한 탄의 회전제어를 통해 지면을 인식하게 되고 종말 단계에서 표적을 식별하게 되면 앞부분의 조종날개를 이용하여 급상승(pop-up) 및 급강하(pitch-down) 비행을 통해 적전차의 상부를 타격하게 된다. 운용 사거리는 2.5km~5km이며 관통력은 최소 RHA 000mm이다. 발사가속도는 12,000g 수준이며 포구속도 750m/s이다. 그림 4는 사거리 5km의 경우 탄도 시뮬레이션을 나타내고 있다.^[5]

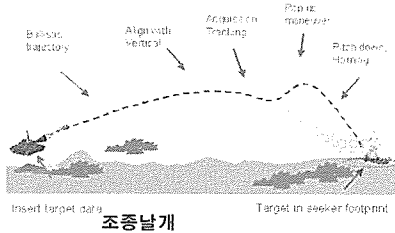


그림 3 KSTAM-I 운용 개념

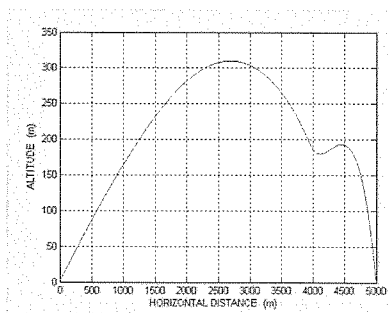


그림 4 KSTAM-I 5km 탄도 시뮬레이션

2. KSTAM - II

KSTAM-II는 발사후 망각 개념의 120mm급 자탄 탑재형 상부공격 대전차 지능탄이다. 그림 5에서 보는 바와 같이 완성탄은 크게 자탄을 표적 상부에 방출하기 위한 모탄과 표적 탐색 및 탄두발사를 위한 자탄결합체로 나눌 수 있다. 모탄은 회전 안정 꼬리 날개와 시간장입에 의한 자탄 방출을 위해 탄저신관으로 구성된다. 자탄 결합체는 자탄 방출 후 낙하자세 안정을 위한 감속 및 자동 회전 낙하산, 표적 탐지를 위한 94GHz 능동/수동 밀리미터파 센서와 적외선 센서 및 신호처리

장치, 이격거리 100m에서 RHA 000mm의 관통력을 보유한 EFP (Explosively Formed Penetration)탄두로 구성된다.

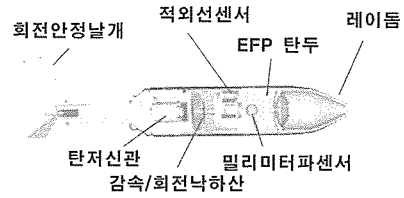


그림 5 KSTAM-II 구조

그림 6은 KSTAM-II의 운용개념을 나타내고 있다. 운용 사거리는 2~8km이며 자탄결합체는 1발이 탑재된다. 포발사 후 표적의 상부에서 자탄(SFSM: Sensor Fuzed Smart Munition)이 방출하게 되며 그림 6과 같이 탐색 알고리즘에 의해 감속 및 자동회전 낙하산이 전개된다. 낙하산 전개 후 자탄은 13m/s로 낙하하면서 3Hz로 회전하며 밀리미터파 센서와 적외선 센서를 통해 지면의 표적을 탐색하게 되며 표적 식별 후 EFP 탄두를 발사하여 전차의 상부를 타격한다. KSTAM-II는 94GHz 능동/수동 밀리미터파 센서와 적외선 센서의 사용으로 기상조건 및 재밍에 강하며 이동 표적에 대해서도 타격이 가능한 것이 특징이다.^[6]

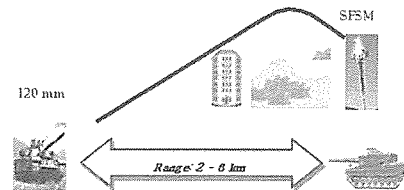


그림 6 KSTAM-II 운용개념

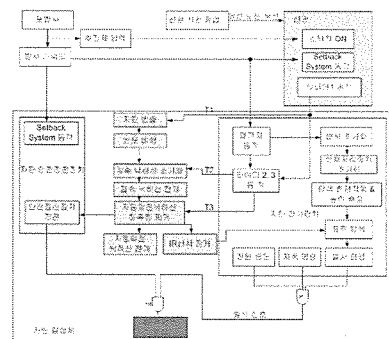


그림 7 KSTAMII 작동 순서

IV. 상쇄분석 연구 (Trade Study)

위에서 언급한 선진국의 탄약 체계 모델과 새로운 체계 모델인 KSTAM-II의 상쇄 연구를 통해 한국형 상부 공격 전차 지능탄(KSTAM)으로서의 가용성을 분석하려고 한다.

1. 분석 방법

대상 무기체계는 STAFF, SPEAR, STAR, LAHAT, MRM, KSTAM-II로 모두 6가지로 선정하였다. 평가 항목은 체계 성능, 비용 및 시스템 복잡도 세 항목으로 각각에 대하여 50%, 30%, 20%의 가중치를 부여하였다. 표 2은 각 수준별 평가항목과 최고 점수 5점에 대한 평가 기준을 나타내고 있다. 각 수준별 항목의 평균 점수에 가중치를 곱하여 아래 수식과 같이 총점을 구한다.

$$Avg. \text{ 체계성능} \times 0.5 + Avg. \text{ 비용} \times 0.3 + Avg. \text{ 복잡도} \times 0.2 = \text{총점} \quad \text{수식(1)}$$

체계성능 50%	주요성능	사거리	>8km
		유도 방식	발사후망각
		간접 사격	비가시선 표적
		대상 표적	전차, 헬기
		정확성	CEP<0.7m
		표적인식	전방관측활용

체계성능 50%	표적 탐지	탐색 넓이	35,000m ²
		위장 표적	복합센서
		재밍 저항력	재밍 저항력 보유
살상력	살상력	살상 확률	P _{K/H} >55%
		자폭 기능	보유
		안전성	둔감화약
비용측면 30%	비용측면	생산단가	<10,000\$
		개발비용	저비용
		살상비용	10,000\$/Kill
복잡도 20%	체계	생산성	단순 부체계
		기술성숙도	TRL10
		기능	신뢰성 보유
		유지보수	불필요
		유효성	8년 이내
	플랫폼	탄약	120mm 탄약
		전차/포신	120mm 전차포
		유도조종	단순 방식, FCS적합
		탑재 및 장전	재래식탄약 동일
		FCS 적합성	FCS 수정 불필요

표 2 평가 항목별 최고점수(5점) 기준

		KSTAM-II	STAFF	SPEAR	STAR	LAHAT	MRM	
체계성능 50%	주요성능	사거리	8km	4km with FLIR	4.5km(15sec)	4km	6km	8km
		유도방식	발사 후 망각	발사 후 망각	운용자개입	발사 후 망각	운용자개입	발사 후 망각
		간접사격	비가시선	가시선	가시선	비가시선	비가시선	비가시선
		대상표적	전차	전차	전차, 헬기	전차	전차, 헬기	전차, 헬기
		정확성	CEP<1m	재래식탄수준	CEP<1m	CEP<0.7m	CEP<0.7m	CEP<0.7m
	표적 탐지	표적인식	전방관측활용	운용자의판단	운용자판단	전방관측활용	운용자 전방관측자	전방관측활용
		탐색넓이	35,000m ²	전방센서로협소	운용자시야	탐색기 FOV 25°	탐색기 FOV 25°	탐색기 FOV 25°
		위장표적	복합센서 탐지	불가능	불가능	single mode	dual mode	dual mode
		재밍저항력	3 mode	비교적 양호	양호	비교적양호	비교적 양호	비교적 양호
		살상력	살상확률(P _{K/H})	50%*	30%*	측면 55%*	55%*	55%*
자폭기능	신뢰확보		양호	양호	양호	양호	양호	
안전성	둔감화약		둔감화약	둔감화약	둔감화약	둔감화약	둔감화약	
살상효율성	상부공격		상부공격	작은 EFP	정면공격	상부공격	상부공격	상부공격
	방호장갑무력화		방호장갑무력화		방호장갑무력화	방호장갑무력화	방호장갑무력화	방호장갑무력화
비용 30%	생산단가	<20,000\$*	<30,000\$*	<14,000\$* +56,000\$**	20,000\$*	24,000\$* +120,000\$**	30,000\$*	
	개발비용	자탄 신뢰 확보	신뢰확보필요	러시아탄,NAT O표준부적합	full development cost	전차 개량필요	full develop- ment cost	
	살상비용	57000\$/kill*	70,000\$/Kill*	52,000\$/kill	38,000\$/kill	44,000\$/kill	55,000\$/kill	
복잡도 20%	체계	생산성	자탄체계 복잡	빠른 회전제어	복잡	복잡	복잡	복잡
		기술수준	TRL3, TRL6	TRL6, 계획취소	TRL8	TRL 6	TRL 6	TRL 6
		기능	신뢰성 확보	데모수준	신뢰성 확보	2005 첫데모	데모 성공	2004 부분데모
		유지보수	불필요	불필요	불필요	불필요	불필요	불필요
		유효성	<8년	계획취소	<4년	<10년	이스라엘배치	>10년
	플랫폼	탄약	120mm	120mm	105mm, ogive 수정	120mm	105/120mm	120mm 율력
		전차/포신	120mm	120mm	수정필요	120mm	105/120mm	120mm 율력
		유도조종	유도장치불필요	유도장치불필요	전차 개량	FCS 부분수정	빔조사장비	FCS부분수정
		탑재/장전	재래식탄과호환	재래식탄과호환	ogive 수정	재래식탄과호환	재래식탄과호환	재래식탄과호환
		FCS 적합성	미소수정	수정필요	전반적 수정	프로그램수정	사격컴퓨터수정	프로그램수정

표 3 대상 무기 체계의 항목별 점수 (생산단가는 10,000발 기준, *추정치, **전차 500대 기준 유도장비 추정비용)

2. 분석 결과

표 3은 평가 대상 무기 체계별 각 항목에 대한 평가 점수이다. 표 4에서 보는 바와 같이 KSTAM-II, STAR, MRM, LAHAT, STAFF, SPEAR 순으로 높은 점수가 나왔음을 확인할 수 있다. STAFF의 경우 회전제어를 통한 표적 탐지 및 탄두 발사 기술이 난해하고, EFP의 탑재 조건의 제약으로 크기가 작아 살상력이 떨어진다. 더욱이 현재는 개발 계획이 취소된 상태여서 체계 기술에 대한 신뢰도에서 낮은 점수를 획득했다. SPEAR의 경우 105mm

러시아 탄약으로 NATO 표준 기준으로 적용하기 위해서는 탄체의 수정 및 전차포의 개량이 요구되므로 현재의 탄약 및 전차 체계에 적용이 어려우며 비용측면에서도 LAHAT와 함께 경우 레이저 빔 유도를 위한 유도장비의 추가 비용이 소요되어 비교적 낮은 점수를 얻었다. STAR와 MRM은 체계 성능면에서 우수한 점수를 얻었으나 현재의 기술 성숙도 측면에서 미숙한 개념 연구 단계이며 복잡한 체계를 구성하고 있어 KSTAM-II에 비해 비교적 낮은 점수를 획득하였다.

KSTAM-II의 경우 120mm 탄약을 기본 모델로 한 모탄과 다중복합센서를 이용한 지능자탄을 체계 모델로 구성함으로써 체계 성능면에서 우수하며 기술에 대한 신뢰도가 확보되었고 120mm 기존 탄약 및 차기 전차에의 호환성이 있어 전체적으로 좋은 점수를 획득한 것으로 판단된다.

항목 무기체계	전체 점수	시스템 성능 50%	비용 30%	복잡도 20%
KSTAM-II	4.3	4.9	3.0	4.8
STAFF	2.6	2.5	2.3	3.6
SPEAR	2.5	2.8	2.3	2.3
STAR	4.0	4.4	3.3	3.9
LAHAT	3.6	4.3	2.3	3.7
MRM	3.7	4.6	2.3	3.5

표 3 무기체계별 분석 결과

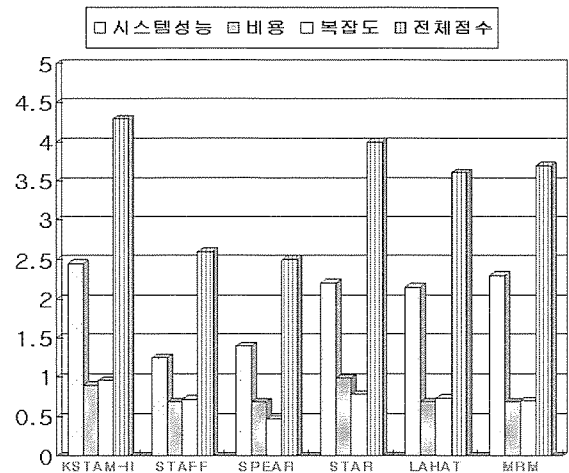


그림 8 무기체계별 분석 결과 그래프

V. 결론

본 논문에서는 전차포 지능탄에 대한 선진국의 개발 동향 및 운용특성을 알아보고 상부공격 전차 지능탄의 새로운 체계 모델인 KSTAM-I과 KSTAM-II에 대하여 소개하였다. 그리고 무기체계로서 가용성을 분석하기 위해 KSTAM-II를 비롯한 선진국의 전차 지능탄을 평가대상 무기체계로 선정하여 평가 기준 설정 및 상쇄 연구를 통해 각 무기체계별로 비교 분석해 보았다. 그 결과 KSTAM-II가 상부공격 전차 지능탄의 체계모델로서 타 무기체계에 비해 높은 점수를 획득하였으며 이는 상부공격 전차지능탄의 무기체계로서 가용성이 높음을 의미한다. 추후 상부공격 전차지능탄에 대한 운용 및 비용대 효과분석을 통한 연구가 진행되어야겠다.

참 고 문 헌

- [1] 유인종, 함왕식, 허준, "지능화 탄약" 국방과학연구소, 2000
- [2] 함왕식, "지능탄약의 최근 개발 동향" 국방과학연구소, 2004
- [3] 홍종태, 최상경, 장대성, "상부공격 지능탄의 개발동향과 운용특성", 지상무기체계 발전 세미나, 2002
- [4] 함왕식, "지능탄약의 최신 개발동향 분석", 지능탄약 기술 워크샵, 2004
- [5] "Korea Smart Tank Munition Feasibility Study", IMI Israel, Hanwha, ADD 2004
- [6] "Korea Smart Top Attack Munition 120 ", Diehl, Poongsan, ADD, 2005