

방탄복 경량화를 위한 운영방안에 관한 연구

박호연¹, 구승환^{2*}

¹국방기술진흥연구소, ²국방기술품질원

A Study of Operational Plan for Lightening Body Armor's Weight

Ho Yun Park¹, Seung Hwan Gu^{2*}

¹Korea Research Institute for Defense Technology Planning and Advancement,

²Defense Agency for Technology and Quality

요약 방탄복은 장병들의 생명을 책임지는 개인 장구류로서, 운용목적과 전장 환경에 부합되도록 설계되어 임무 달성 및 생존성 확보라는 요구조건을 충족시켜야 한다. 따라서 최근 국내외적으로 생존성과 기동성 간의 균형 달성을 위해 전장 환경에 최적화된 전투 장비·물자의 개발 및 보급에 박차를 가하고 있다. 이와 같은 추세에 발맞춰 첫 번째로 전장 환경에 따른 방탄복의 세분화 방안을 제시하였다. 미군은 캐리어 형태인 방탄복을 개발하여 기동성이 요구되는 전장 환경에서 활용하고 있으며, 시가전 등 생존성이 중요시되는 전장 환경에서는 완전한 방탄복을 착용하여 임무를 수행하고 있다. 또한, 미군은 환경과 상황에 따른 4단계 방탄복 시스템을 도입하여 차세대 개인 장구류 개발을 주도하고 있다. 이와 같은 미군 사례를 벤치마킹하여 산악지대가 많은 국내에도 전장 환경에 따른 방탄복의 세분화를 통해 장병들의 전투능력 및 생존력을 향상할 필요성이 있다. 두 번째로 국내 방탄복에 대한 경량화 방안을 제시하였다. 국내 방탄복은 권총탄 및 파편탄에 대한 방탄성능을 요구하고 있다. 다만, 파편에 의한 사상률과 군인들이 활용하는 개인화기 종류(소총)를 고려하였을 때, 권총탄보다는 파편탄에 의한 방탄성능이 중요하다고 판단된다. 따라서 권총탄에 대한 방탄성능 기준을 축소시키면 방탄재 수량의 감소에 따른 방탄복의 경량화가 가능할 것이다. 본 연구의 기대효과로 전장 환경에 따른 단계별 방탄복 착용 기준 정립과 규격 최신화를 위한 연구자료를 마련했다는 것을 들 수 있다. 다만, 국내환경에서의 적용 최적화를 위한 운용평가와 방탄성능 기준 축소에 따른 중량 변화량의 추가연구가 필요하다.

Abstract A body armor is one of the military personnel equipment protecting a soldier's life. Hence, it must be designed to meet the operational purpose and battlefield conditions to accomplish the mission and survive. The combat equipment optimized for battlefields has recently been developed. As part of this optimization procedure, the method of classifying the body armor for the environment is suggested first. The US Army developed a plate carrier for mobility and a complete body armor for survival in events such as a street battle. Also, the US Army leads the development of next-generation personnel equipment by introducing a 4-stage body armor system. The ROK needs to create benchmarks based on the case of US Army. Second, the method of lightening a body armor is suggested. The ROK demands in a body armor the ballistic resistance of handguns and fragment projectiles. The ballistic resistance to a fragment projectile is more important than that of a handgun based on the injury rate and personnel weapon (rifle) used. Therefore the body armor could be lightened when the requirement of ballistic resistance to handguns is minimized. Based on the above methods, a body armor standard was established by this research. However, further research needs to be carried out on the performance test in the domestic environment and the change of weight of body armor.

Keywords : Body Armor, Ballistic Resistance, Lightening Weight, Handgun Projectile, Fragment Projectile

*Corresponding Author : Seung-Hwan Gu(Defense Agency for Technology and Quality)

email: gsh999@hanmail.net

Received August 20, 2021

Accepted October 1, 2021

Revised September 7, 2021

Published October 31, 2021

1. 서론

방탄복은 전장에서 폭탄의 파편 및 총탄을 방호하기 위한 필수 장비이다. 제1, 2차 세계대전에 보급된 방탄복인 경우, 소총탄은 관통되었지만, 파편 방호 및 방검에는 효과가 있었다. 그 후 미국은 나일론 소재의 M1952 방탄복을 한국전쟁에 투입했으나 폭발물의 파편 방호만 가능하였다. 그러나 1970년대에 케블라(아라미드)의 개발로 권총탄을 방호할 수 있는 PASGT(Personnel Armor System for Ground Troops) 방탄복이 보급되었다. 1990년대 후반에는 목과 낭심보호대를 모듈화해 부착할 수 있는 IBA (Interceptor Multi-Threat Body Armor System) 방탄복이 보급되었으며, 소총탄을 방호할 수 있는 세라믹 방탄판 SAPI(Small Arms Protective Insert)도 개발되었다. 2007년에는 성능 개량된 IOTV(Improved Outer Tactical Vest) 방탄복, ESAPI(Enhanced Small Arms Protective Insert) 및 ESBI(Enhanced Side Ballistic Inserts) 방탄판이 개발되었다.

국내는 베트남전 이후 최초로 PASGT형 방탄복이 보급되었으며, 다기능 방탄복을 거쳐 현재는 다목적 방탄복을 군에서 사용하고 있다. 다목적 방탄복의 방탄성능을 확인하는 시험방법으로 V_{50} (파편탄 방탄한계속도) 시험과 권총탄의 특정 탄속 범위 내에서의 관통여부 확인 시험 및 P-BFS(후면변형 측정) 시험이 있다.

V_{50} 의 시험방법 및 그에 대한 정의는 MIL-STD-662F[1]에 기재되어 있다. V_{50} 은 50%의 확률로 완전관통(CP, Complete Penetration)할 수 있는 충격속도를 의미하며, 탄속가감법(Up-and-Down) 방식으로 산출한다. 산출방식은 완전 및 부분관통(PP, Partial Penetration)의 속도분포가 기준 범위 내에 들어올 때 '동일한 수의 가장 높은 부분관통 속도와 가장 낮은 완전관통 속도의 평균'으로 산출한다[2].

P-BFS(Perforation and Backface Signature, 관통 및 후면변형) 시험방법은 미 국방성 산하 연구소(NIJ, National Institute of Justice)에서 발행한 NIJ Standard 0101.06(Ballistic Resistance of Body Armor)[3]에 명시되어 있으며, 특정 탄속 범위 내에서 관통이 되지 않아야 함은 물론, 장파열 등의 장기 손상을 방지하기 위한 목적으로 후면변형량(Deformation)까지 측정하는 시험이다. 후면변형량을 측정할 때 후면재(Oil Clay)를 사용하여 그 함몰 깊이를 측정한다[4].

미군은 아프가니스탄 산악지대에서의 전쟁(2000년대) 이후 2009년부터 기동성 및 민첩성 강화를 위해 플레이트

캐리어 형태인 경량화된 SPCS(Scalable Plate Carrier System)를 개발하였다. SPCS는 기동성이 요구되는 환경에서의 활용을 위해 방탄복 구성품 중 목과 어깨, 낭심 보호대 등이 제외되었으며, 복부 등 급소 방어의 중점을 두고 설계된 방탄복이다. 또한, 임무 상황에 맞춰 측면 보호대(좌·우측 방탄판 주머니) 등의 분리·부착이 가능하다.

국내에서는 2019년부터 개인 장병의 전투력 향상을 목적으로 워리어 플랫폼 사업을 추진하고 있는데, 이는 개인 물자·장구류가 통합된 전투체계를 구축하기 위해서이다. 워리어 플랫폼 사업의 목표 중 하나는 동일한 군수품을 일괄적으로 보급하는 것이 아닌, 전장 환경과 부대 유형 등을 고려하여 장병들에게 임무 수행에 최적화된 전투 장비를 보급하는 것이다. 앞으로 군에서는 기동성과 민첩성이 강조되는 환경(산악지대 등)에는 경량 방탄헬멧 및 특전형 방탄복 등을 보급할 계획이며, 방호력 및 생존성이 강조되는 환경(시가지 등)에는 기본형 방탄헬멧 및 방탄복을 보급할 계획이다.

이처럼 장병들의 생존성과 기동성 간의 균형(Trade Off) 달성을 위해 운용환경에 따른 개인 장구류의 세분화 및 경량화에 대한 연구개발을 국내외적으로 추진하고 있다. 최근에 국내에서는 방탄성능의 개선 등 방탄복의 개량화가 이루어졌었지만, 전장 환경에 따른 세분화 및 경량화에 대한 연구개발은 초기 단계로서 그에 관한 선진국 사례를 참고할 필요성이 있다. 이에 본 연구에서는 미군 방탄복(IOTV, SPCS)과 한국군 방탄복의 방탄성능 시험 비교 및 그 시험에 사용되는 탄종에 대한 분석과 방탄 요구성능 값의 비교를 통해 국내 방탄복 현황을 분석하고자 한다. 그 분석결과를 바탕으로 방탄복의 경량화 및 전장 환경이 고려된 방탄복의 세분화 방안을 제시하고자 한다.

2. 이론적 배경

2.1 방탄복의 재료

방탄복은 외피·내피(나일론 등)와 세폭직물(나일론, 폴리에스터), 방탄재 등으로 구성되어 있다. 특히 방탄재는 방탄복의 방탄성능을 가름하는 주요 원자재로서 방탄재의 재질과 방탄복에 삽입되는 방탄재의 수량(겹 수)에 따라 방호성능이 결정된다. 미군 및 한국군 방탄복의 구매 요구서는 성능형 규격으로서 탄종에 대한 방탄 요구성능은 명시되어 있으나, 2개 구매요구서 모두 방탄재의 재질, 특성 및 수량(겹 수)은 규격에 명시화되어 있지 않다.

최근 방탄복 생산업체는 내충격성 및 방탄성능이 우수한 UHMWPE(Ultra High Molecular Weight Polyethylene)를 방탄재의 재질로서 주로 활용하고 있다. 다만, 방탄재(UHMWPE) 제조업체마다 내충격성 등의 방탄재 성능(품질)이 상이하다. 따라서 방탄복 생산업체가 조달하는 방탄재의 성능 수준에 따라 방탄복에 삽입되는 방탄재의 수량이 업체별로 조금씩 다르다.

방탄재의 수량은 주로 권총탄 방호성능에 초점을 맞춰 결정되며, 방탄복 생산업체의 노하우가 가미되어 있다. 따라서 각 업체가 조달하는 방탄재의 제조업체명과 방탄복에 삽입되는 방탄재의 수량은 외부에 공유되어 있지 않다. 다만, 업체 임의대로 방탄재를 다량으로 방탄복에 삽입할 수가 없는데, 그 이유는 미군 및 한국군 공통으로 방탄복 중량에 제한을 두고 있기 때문이다. 따라서 방탄복 생산업체는 방탄복의 방탄성능 하한치와 중량의 상한치 요구조건을 동시에 충족시키기 위해 방탄재의 성능 수준과 필요 수량의 적정치를 도출하는 데 심혈을 기울이고 있다.

2.2 한국군과 미군 방탄복의 방탄성능시험 비교

한국군은 현재 일반적 형태의 다목적 방탄복을 사용하고 있으며, 미군은 일반적 형태의 방탄복인 IOTV와 캐리어 형태의 경량화된 SPCS를 주로 사용하고 있다.

한국군과 미군 방탄복(IOTV, SPCS) 모두 파편탄 및 권총탄 방탄성능시험을 수행한다. 파편탄 방탄성능시험인 경우, 한국군 및 미군 모두 V_{50} 을 측정하지만 파편탄 탄종에서 일부 차이가 있다. 한국군은 FSP(Fragment Simulating Penetrator) 탄종을 사용하며, 미군은 IOTV, SPCS 각각의 방탄복에 대해 수행하는 방탄성능시험의 파편탄 종류가 상이하다. IOTV는 FSP와 RCC(Right Circular Cylinder)를 사용하며, SPCS는 FSP를 사용한다.

Table 1. Comparison of Ballistic Resistance Test between ROKA and US Army Body Armor

Classification		ROKA	US Army	
			IOTV (GEN III)	SPCS
Frag ment	Ballistic Resistance Test	V_{50}	V_{50}	V_{50}
	Projectile	FSP	FSP, RCC	FSP
Hand gun	Ballistic Resistance Test	P-BFS	P-BFS, V_{50}	
	Projectile	.44 Magnum, .357 SIG	9mm	

권총탄 방탄성능시험인 경우, 한국군 및 미군 모두 P-BFS(Perforation and Backface Signature) 시험을 통해 후면변형량을 측정하지만, 미군은 권총탄으로 방탄복의 V_{50} 을 추가로 확인한다. 한국군 및 미군이 사용하는 권총탄 종류를 비교하자면, 한국군은 NIJ Standard 0101.06 Level IIIA를 적용함에 따라 .44 Magnum과 .357 SIG 2가지 탄종을 사용하는 반면, 미군은 9mm 1가지 탄종을 사용한다. 한국군과 미군의 방탄성능시험에 관한 비교는 Table 1과 같다.

2.3 방탄복 방탄성능시험 탄환의 종류

전술하였듯이 한국군과 미군 방탄복의 방탄성능시험에는 공통으로 파편탄과 권총탄을 사용하고 있다. 한국군 방탄복의 방탄성능시험에 사용되는 파편탄의 탄종은 22구경(17grain) FSP(Fragment Simulating Penetrator) 1가지가 있으며, V_{50} 을 측정한다. 반면, 미군 IOTV 방탄복인 경우 17grain FSP 및 4종류(2, 4, 16, 64grain)의 RCC(Right Circular Cylinder)를 사용한다. 다만, 미군 SPCS 방탄복은 한국군과 마찬가지로 17grain FSP 1가지 탄종만을 사용한다. 참고로 FSP와 RCC는 수류탄, 사제폭탄, 고평탄 등으로부터 발생하는 파편의 형상을 본떠 제작된다.

한국군 방탄복의 방탄성능시험에 사용되는 권총탄의 탄종은 NIJ Standard 0101.06[3] Level IIIA의 .357 SIG(125grain)와 .44 Magnum(240grain) 탄종을 사용하며, 특정 속도 범위 내에서 관통여부 및 후면변형량(P-BFS)을 측정한다. 반면, 미군의 IOTV, SPCS 방탄복 모두 9mm(124grain) 탄종을 사용하고 있으며, 해당 내용은 각 방탄복의 구매요구서(FQ/PD 07-05G(IOTV

Table 2. Characteristics of Bullets(Fragmentation, Handgun) using Ballistic Resistance Test

Class.	V_{50}		P-BFS		
	Cal.22 (5.6mm)	RCC	.357 SIG (9mm)	.44 Mag. (11mm)	9mm
Projectile Design					
Spec.	17grain FSP	2,4,16,64 grain	125grain FMJ or TMJ	240grain SJHP or JHP	124grain FMJ
Body Armor	ROKA, US Army (IOTV, SPCS)	US Army (IOTV)	ROKA	ROKA	US Army (IOTV, SPCS)

Generation III)[5], AR/PD 10-04E(SPCS)[6]에 명기되어 있다.

한국군 및 미군 방탄복의 방탄성능시험에 사용되는 탄환(파편탄 및 권총탄)에 대한 비교는 Table 2와 같다.

2.4 방탄성능시험 탄종(권총탄) 성능 비교

지난 1세기 동안 방탄복의 발전 방향은 파편탄 방호성능 확보에서 시작하여 권총탄 방호성능 확보로 발전하였으며, 더 나아가 세라믹 방탄판의 개발로 소총탄 방호까지 가능하게 되었다. 이처럼 방탄복의 역사를 살펴보다도 방탄복(방탄판 미장착)의 방탄성능은 권총탄 방호 목적을 위해 발전하였으며, 그에 따라 방탄재의 소재 개발(아라미드)이 이루어졌다. 따라서 방탄복 생산업체는 방탄복에 삽입되는 방탄재의 재질·중량(수량) 등을 결정할 때 권총탄 방호를 할 수 있는지에 초점을 두고 설계를 한다. 따라서 방탄복의 경량화 가능성 여부를 판단하기 위해서는 파편탄이 아닌 권총탄 탄종에 대한 성능 비교·분석을 할 필요성이 있다.

먼저 한국군 방탄복의 P-BFS(후면변형) 방탄성능시험에 사용되는 2가지 종류(.357 SIG, .44 Magnum)의 권총탄에 대한 성능 비교를 하였다. 2가지 탄종이 방탄복 후면변형량에 미치는 영향성을 비교·분석하기 위해 군에 납품되는 방탄복(7개 로트)을 대상으로 실시한 P-BFS 시험결과를 참고하였다[7]. 군에 납품되는 방탄복(7개 로트)을 대상으로 실시한 권총탄 탄종에 따른 후면변형량 시험결과는 Fig 1과 같다.

Condition		Conditioned	New
.44 Mag- num	Front	31.64≤BFS≤36.54	35.41≤BFS≤36.95
	Rear	32.22≤BFS≤33.59	33.56≤BFS≤35.46
	Total	32.46≤BFS≤33.75	34.57≤BFS≤35.97
.357 SIG	Front	26.59≤BFS≤27.82	26.26≤BFS≤28.27
	Rear	24.01≤BFS≤27.07	24.26≤BFS≤26.47
	Total	26.24≤BFS≤27.46	25.58≤BFS≤27.19

Fig. 1. Confident Interval of BFS at Bullet Types and Vest Conditions(Confidence Level - 99%)[7]

권총탄 2가지 탄종(.44 Magnum vs .357 SIG)에 대한 방탄복 후면변형량 시험결과 값을 비교하였을 때, .44 Magnum 탄종이 .357 SIG 탄종보다 후면변형량이 크게 나온 것을 확인할 수 있다. 따라서 .44 Magnum 탄종이 .357 SIG 탄종보다 방탄복의 후면변형에 미치는 영향성 및 파괴력이 더 크다는 것을 유추할 수 있다.

두 번째로 한국군 방탄복의 방탄성능시험(P-BFS)에 사용되는 2가지 권총탄 탄종 중 상대적으로 파괴력이 작은 .357 SIG 탄종과 미군 방탄복의 방탄성능시험(P-BFS)에 사용되는 9mm 탄종의 파괴력을 비교·분석하였다. 다만, 한국군 방탄복에 대한 9mm 탄종의 방탄성능시험을 국내에서 실시한 사례가 없다. 따라서 2가지 탄종(.357 SIG vs 9mm)에 대한 방탄복의 후면변형량 비교는 불가하다. 그러나 .357 SIG와 9mm 탄종의 종말탄도성능(Terminal Performance) 비교연구 자료가 있었으며, 해당 자료에서 .357 SIG 탄종이 9mm 탄종에 비해 표적에 대한 높은 에너지 전달력이 있음을 확인할 수 있었다[8].

따라서 한국군 및 미군 방탄복의 방탄성능시험에 사용되는 권총탄 3가지 탄종을 비교하였을 때 .44 Magnum 탄종이 파괴력이 가장 크며 그 다음으로 .357 SIG, 9mm 탄종 순으로 나열할 수 있다.

2.5 전장 환경에서의 사상률 분석

실제 전장 환경에서는 다양한 요인들에 의해 장병들의 부상 또는 사망이 발생한다. 미국의 WDMET (Wound Data and Munitions Effectiveness Team)의 분석에 따르면 베트남 전쟁(1967년~1960년)의 사상자 7,989명 중 62%가 파편에 의해 부상이 발생한 것으로 밝혀졌으며, 파편 포함해 여러 요인에 의한 사상비율은 Fig 2와 같다[9].

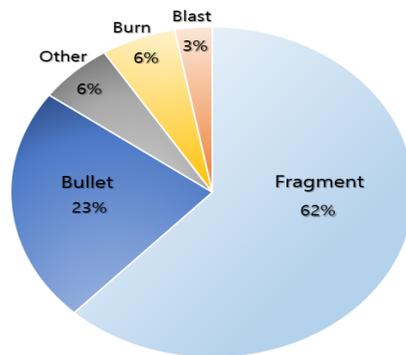


Fig. 2. Mechanism of Wounding[9]

수류탄 또는 고풍탄의 파편에 의한 사상비율(62%)이 탄환(소총탄)에 의한 사상비율(23%)보다 2.5배 이상으로 높음에 따라 전투력 유지를 위해 개인 장구류(방탄헬멧, 방탄복 등)의 파편탄 방호성능이 상대적으로 중요하다는 것을 확인할 수 있다.

3. 현황 분석

3.1 한국군과 미군 방탄복의 형상 및 구성 비교

한국군 방탄복은 방탄조끼 전·후면, 어깨보호대(좌·우), 목깃, 낭심보호대로 구성되어 있으며, 각 보호대에 방탄재가 삽입되어 있다. 사이즈는 소·중·대·특대형 4가지 종류가 있다.

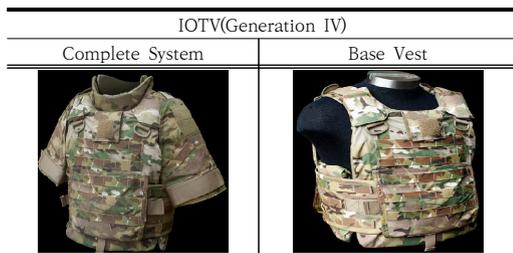
반면, 미국 방탄복 중 IOTV(3세대)는 방탄조끼 전·후면, 목깃, 낭심, 허리(등 아래), 어깨 보호대(좌·우)로 구성되어 있으며, 사이즈는 총 11가지로 세분화되어 있다. 반면, SPCS는 목깃이 존재하지 않는 형태로서 방탄조끼 전·후면, 좌·우측 방탄판 주머니(Side Plate Pocket), 허리띠(Cummerbund)로 구성되어 있으며, 사이즈는 총 6가지 종류가 있다. 한국군 및 미군 방탄복의 형상 비교는 Table 3과 같다.

Table 3. ROKA & US Army Body Armor



최근에 미군은 4세대 IOTV를 개발하였으며, 외관상 3세대 IOTV와 큰 차이는 보이지 않으나, 부속품(목깃, 어깨 보호대 등)이 분리된 형태가 SPCS와 상당히 유사함을 확인할 수 있다. 다만, 4세대 IOTV의 성능 관련 상세 내용은 공유되어 있지 않다. 참고로 4세대 IOTV의 형상은 Table 4와 같다.

Table 4. IOTV(GEN IV) US Army Body Armor



더불어 미군은 경량화 및 모듈화에 중점을 두고 있는 차세대 개인 방호 장구류 시스템(Soldier Protection System)의 도입을 추진하고 있다. 그 도입의 일환으로서 몸체 상부의 보호를 위한 방탄복 시스템인 TEP(Torso and Extremity Protection)가 있으며, 시스템 관련 형상 및 설명은 Fig 3과 같다.



Fig. 3. TEP(Torso and Extremity Protection) System

TEP는 MSV(Modular Scalable Vest), 방탄 컴벳셔츠, 골반(Pelvic) 보호대 등으로 구성되어 있다. 작전환경 및 상황에 따라 4단계로 구분되어 있으며, 필요에 따라 컴벳셔츠의 착·탈의 및 방탄복 부속품(어깨·골반 보호대, 방탄판 등)의 탈부착을 가능케 하는 시스템이다. 특히 TEP는 방탄 컴벳셔츠가 어깨 및 목깃 보호대의 역할을 함에 따라 방탄복의 부속품 숫자를 줄일 수 있었으며, 그에 따라 범용성과 경량성을 확보할 수 있다. 따라서 TEP는 기존 미군의 IOTV 방탄복을 대체하고 차세대 방탄복 시스템이 될 예정이다.

3.2 한국군과 미군 방탄복의 중량 비교

한국군 방탄복과 미군 방탄복(IOTV, SPCS) 간의 중량 비교는 Table 5와 같으며, 방탄재가 삽입된 상태에서의 중량을 측정된 값들이다.

Table 5. Weight Comparison between ROKA and US Army Body Armor

Classification	ROKA	US Army	
		IOTV(GEN III)	SPCS
Weight (g)	Small	0,000	0,000
	Medium	0,000	0,000
	Large	0,000	0,000
	X-Large	0,000	0,000
Components when Weighting	Base Vest, Collar	Base Vest, Collar	Total System
Excluded Components when Weighting	Groin, Deltoid Protector	Groin, Deltoid, Lower Back Protector	-

한국군 방탄복과 미군 IOTV 방탄복의 중량을 사이즈 별로 비교하였을 때 대략 58%~78% 정도 IOTV 방탄복이 더 무거운 것을 확인할 수 있었다. 반면, 기동성 강화 목적으로 설계된 SPCS 방탄복 중량은 IOTV 방탄복 중량 대비 대략 45% 정도의 수준에 불과하다. 또한, SPCS 방탄복 중량은 한국군 방탄복 중량 대비 사이즈별로 대략 2%~15% 정도 가벼운 것을 확인할 수 있었다.

3.3 파편탄 방탄성능 비교

한국군 방탄복은 Cal.22(17grain) FSP로 파편탄 방탄성능시험을 수행한다. 파편탄의 방탄한계속도(V_{50})는 MIL-STD-662F[1]에 의해 산출되며, 그 값이 000m/s 이상이어야 한다. 17grain(1.1g)의 파편탄을 사용하는 이유는 각종 포탄의 파편분석결과 1.1g 이하의 파편이 수류탄은 100%, 155mm 포탄에서는 50%, 135mm 포탄에서는 77%, 30mm 고폭탄은 약 80%로 발생하기 때문이다[4].

미군 방탄복인 경우, IOTV(3세대), SPCS 두 종류 모두 17grain FSP로 방탄성능시험(환경처리 포함)을 수행한다. IOTV는 17grain FSP와 4종류의 RCC(2, 4, 6, 16grain)에 대해서도 방탄성능시험을 실시하며 목깃, 어깨 보호대 등의 구성품에 대해서도 방탄성능을 확인한다. IOTV 대상으로 방탄성능시험을 실시하는 파편탄 종류 및 방탄성능 기준값은 Table 6과 같다.

Table 6. Fragment Protection Test of IOTV

Fragment Projectile	$V_{50}(0^\circ, \text{dry})$ (m/s)	$V_{50}(0^\circ, \text{wet})$ (m/s)	$V_{50}(45^\circ, \text{dry})$ (m/s)
Base vest assembly, Groin, Collar, Lower back, Deltoid protector			
2grain RCC	826.0	784.9	853.4
4grain RCC	731.5	701.0	749.8
16grain RCC	624.8	585.2	634.0
64grain RCC	506.0	490.7	506.0
64grain RCC after accelerated aging	609.6	-	-
16grain RCC after POL*	579.1	-	-
17grain FSP	563.9	-	-
Yoke(with base)			
2grain RCC	938.8	914.4	1021.1
4grain RCC	823.0	777.2	853.4
16grain RCC	694.9	655.3	710.2
64grain RCC	548.6	518.2	579.1
17grain FSP	661.4	-	-
Yoke(without base)			
17grain FSP	341.4	-	-

* POL: Petroleum, Oil and Lubricants

SPCS는 한국군 방탄복과 동일한 종류의 파편탄인 17grain의 FSP만을 활용하여 V_{50} 을 측정하며, 그 기준값은 Table 7과 같다.

Table 7. Fragment Protection Test of SPCS

Fragment Projectile	$V_{50}(0^\circ, \text{dry})$ (m/s)	$V_{50}(0^\circ, \text{wet})$ (m/s)	$V_{50}(45^\circ, \text{dry})$ (m/s)
Base vest assembly, Side Plate Pocket, Cummerbund			
17grain FSP	563.9	524.3	573.0
17grain FSP after accelerated aging	548.6	-	-
17grain FSP after POL	518.2	-	-

미군 IOTV(구성품 중 Yoke 제외) 방탄복과 SPCS 방탄복 두 종류(환경미처리) 모두 17grain FSP의 V_{50} 기준값(563.9 m/s)이 동일한 것을 확인할 수 있으며, 한국군 방탄복의 방탄성능(FSP) 기준값과도 유사하다.

3.4 권총탄 방탄성능 비교

한국군 방탄복의 P-BFS 방탄성능은 NIJ STD 0101.06[3]의 Type IIIA를 적용함에 따라 권총탄 .357 SIG와 .44 Magnum 2가지 탄종을 활용하여 방탄성능 시험을 수행한다. 각 탄종별로 특정 탄속 범위 내에서 방탄복의 후면변형량 및 관통 여부를 확인한다. NIJ STD 0101.06[3]에 규정된 Level IIIA의 시험조건 및 후면변형량 기준값은 Table 8과 같다.

Table 8. P-BFS of NIJ STD 0101.06 Level IIIA

Projectile (Level IIIA)		Velocity Range(m/s)	Maximum BFS (Deformation)
.357 SIG (FMJ FN)	Conditioned	430 ± 9.1	44 mm
	New	448 ± 9.1	
.44 Magnum SJHP	Conditioned	408 ± 9.1	
	New	436 ± 9.1	

미군 방탄복인 경우, IOTV(3세대), SPCS 각각의 구매요구서[5][6]에 따라 두 종류 모두 권총탄 9mm (124grain)로 방탄성능시험을 수행하며, 그 기준값은 Table 9와 같다.

Table 9. P-BFS by Handgun for US Army Body Armor

Projectile	$V_{50}(0^\circ)$ (m/s)(min)	$V_0(0^\circ, 30^\circ)$ (m/s)	Deformation (mm)(max)
9mm, 124grain FMJ Remington	464.8	426.7 +15.2/-0	44.0

한국군 및 미군 방탄복을 비교한 결과, 방탄성능시험에 사용되는 권총탄 탄종이 서로 상이함을 확인할 수 있다. 또한, 앞서 기술한 권총탄 탄종의 성능 비교 결과(.44 Magnum > .357 SIG > 9mm)를 참고하였을 때 .357 SIG와 .44 Magnum을 사용하는 한국군 방탄복의 권총탄 방탄성능 요구조건이 9mm를 사용하는 미군에 비해 더 높은 것을 확인할 수 있다.

3.5 소결

먼저, 한국군 방탄복과 미군 IOTV 방탄복 간의 형상 및 구성을 비교해보자면 두 방탄복이 상당히 유사함을 확인할 수 있다. 다만, 산악지대에서의 활용을 목적으로 개발된 SPCS 방탄복과는 형상 및 부속품(목깃 보호대 등)의 구성, 중량 등에서 차이점이 있다. 가볍고 활동성이 좋은 SPCS 방탄복의 개발 사례와 TEP 시스템의 도입 사례를 통해 미군은 운용환경에 따른 방탄복의 세분화와 경량화에 중점을 두고 차세대 개인 장구류의 개발에 임하고 있음을 확인할 수 있다.

두 번째로 미군과 한국군 방탄복 각각의 방탄성능을 비교하였을 때 미군은 파편탄 방호성능을 중시하고 있지만, 한국군은 권총탄 위주의 방호성능에 중점을 두고 있다. 파편탄 또는 권총탄 방호성능의 나라별 중요도는 각 탄환에 사용되는 탄종 가치수 및 탄종 성능으로 확인할 수 있다. 파편탄 방탄성능시험 시 미군은 파편탄 2종류(RCC, FSP)를 활용하고 있으나, 한국군은 파편탄 1종류(FSP)를 사용하고 있다. FSP에 대한 방탄성능 요구조건이 미군과 한국군이 유사하지만, 미군이 한국군보다 더 많은 종류의 탄종을 사용한다는 것을 확인하였을 때, 미군이 파편탄 방호성능을 더 중시함을 알 수 있다.

반면, 권총탄 방탄성능시험 시 미군은 권총탄 1종류(9mm)를 활용하고 있지만, 한국군은 NIJ Standard 0101.06(Type IIIA)에 따라 권총탄 2종류(.44 Mag, .357 SIG)를 사용하고 있다. 한국군이 미군보다 더 많은 종류의 권총탄을 사용하고 있다는 점과 권총탄 탄종의 종말탄도성능 비교 결과(.44 Magnum > .357 SIG > 9mm)를 확인하였을 때, 한국군 방탄복의 권총탄 방탄성능 요구조건이 미군 대비 더 높은 것을 알 수 있다.

4. 연구결과

본 연구에서는 전장 환경을 고려하여 방탄복의 세분화 및 경량화를 가능케 하는 방안을 제시하고자 한다.

4.1 전장 환경에 따른 방탄복 세분화

미군은 전장 환경에 따라 IOTV와 SPCS를 구분하여 사용하고 있다. 기동성이 강조되는 산악지대와 같은 지형에서는 경량화 및 편의성이 강조되는 SPCS를 착용하며, 그 외의 시가전 등에서는 일반적인 IOTV를 착용한다.

실제 전장 환경에서의 부상 부위 비율 관련 연구결과[9]에 따르면 가슴·복부 부상 비율이 34%이지만, 목 부분의 부상 비율은 6%에 불과하다. 즉, 미군은 이러한 통계적인 자료와 실제 전투경험을 바탕으로 아프가니스탄의 산악지대와 같은 전장 환경에서의 활용을 위해 목깃, 어깨보호대 등이 없는 경량화된 SPCS를 개발한 것으로 보인다. 또한, 최근에 미군은 4단계 방탄복 시스템인 TEP를 구축하여 임무 상황과 운용환경에 따라 장병들이 자유롭게 모듈화할 수 있는 방탄복의 도입을 추진하고 있다.

따라서 산악지대가 많은 국내에서도 미군의 운용환경별 4단계 방탄복 시스템인 TEP 사례와 SPCS 방탄복 개발 사례를 벤치마킹하여 방탄복 착용 기준을 세분화시킨다면, 장병들의 임무 달성 및 생존성 확보가 가능할 것이다.

구체적인 세분화 방안을 제시하자면, 1단계 방탄복은 부속품(목깃 보호대 등)과 방탄판 삽입 주머니가 없는 가벼운 캐리어 형태의 방탄복으로서 기동성 및 기밀성이 요구되는 임무 수행 시에 착용한다. 2단계 및 3단계 방탄복은 방탄판 삽입주머니가 부착된 SPCS 형태의 방탄복(전·후면 방탄판 삽입 필수)으로서 산악지대에서의 총격전과 같이 생존성과 기동성이 동시에 요구되는 임무 수행 시에 착용한다. 좌·우측면 방탄판 삽입 여부에 따라 2, 3단계 방탄복으로 구분할 수 있으며, 지휘관 또는 장병 개인이 상황 및 필요성에 따라 좌·우측면 방탄판 삽입 여부를 결정할 수 있다. 만약 산악지대에서 2단계 또는 3단계 방탄복을 활용할 시에는 엄폐를 위해 바위나 나무 등에 기대는 상황이 발생할 수 있으므로 어깨 패드(보호대)의 부착이 필요하다. 마지막으로 4단계 방탄복은 미군의 IOTV와 같은 완성된 방탄복(전·후면 및 좌·우측면 방탄판 삽입, 각종 보호대 부착)으로서 시가전 등과 같이 어느 방향에서도 피격당할 수 있는 환경에서 착용한다.

이처럼 미군의 사례를 벤치마킹해서 운용환경별로 방탄복 착용 기준의 세분화가 이루어진다면, 기동성과 생존성의 균형 달성이 가능할 것이다.

4.2 방탄복의 경량화를 위한 위협수준 조정

앞서 기술하였듯이 방탄복을 제작할 때 외피·내피 원

단, 세폭직물, 방탄재 등이 사용된다. 방탄복의 원자재 중의 하나인 방탄재는 그 성능(품질) 및 수량(겉 수)에 따라 방탄복의 방탄성능과 중량이 결정된다. 따라서 방탄복의 경량화 방안을 모색하기 위해 방탄복 중량의 최대 영향 요소인 방탄재 수량에 대한 감소 방법을 고찰해보고자 한다.

경량화 방안을 고찰하기 전, 몇 가지 사항에 대해 가정하고자 한다. 첫 번째로 방탄재의 재질은 최근 방탄복 생산업체가 주로 많이 사용하는 UHMWPE로 고정하며, 방탄재의 면밀도(면적당 질량)는 동일하다고 가정한다. 두 번째로 방탄재 제조업체마다 UHMWPE 품질(성능)이 상이하고, 고성능(고품질)일수록 가격대가 높다고 가정한다. 여기서 '고성능의 방탄재'라는 정의는 우수한 내충격성, 즉 방탄복 완성품 상태에서 높은 방탄성능을 발휘할 수 있는 고품질의 방탄재를 의미한다. 참고로 방탄재 재질로 동일한 UHMWPE를 사용하더라도 제조공정에서 강도 등에 영향을 미칠 수 있는 결점이 발생할 수 있으므로 방탄재 제조업체마다 품질(성능)의 차이가 존재할 수 있다.

상기 사항들을 가정하였을 때, 방탄재 수량을 감소시킬 수 있는 첫 번째 방안으로 특정 방탄복 생산업체가 기존에 사용했던 방탄재 대비 고품질·고성능의 방탄재를 사용하는 것이다. 방탄재의 면밀도가 동일하다는 가정하에 고품질·고성능의 방탄재를 사용한다면, 방탄복의 방탄 요구성능을 충족시킬 수 있는 최소 필요 방탄재 수량은 감소할 것이다. 다만, 방탄재가 고성능일수록 방탄복의 원가 상승은 불가피하다. 전술하였듯이 국내 방탄복의 구매요구서는 완제품 성능을 규제한 '성능형 규격'으로서 방탄재의 품질(성능)에 대해 제한을 두고 있지 않으며, 실사 고품질·고성능의 방탄재 사용을 강제하더라도 그만큼 방탄복 원가의 상승이 발생할 수밖에 없다.

두 번째 방안으로 방탄복의 권총탄 방탄성능 기준을 축소화(제외)시킨다면 방탄복에 삽입되는 방탄재의 수량을 감소시킬 수 있을 것이다. 권총탄 방탄성능 기준의 축소화에 대한 당위성은 앞서 기술한 전장 환경에서의 요인별 사상비율과 군인들(장교 제외)이 사용하는 개인화기 종류에서 찾을 수 있다. 실제 전장 환경에서는 파편에 의한 사상이 가장 컸으며, 군인들은 권총보다는 소총을 주로 활용한다. 이처럼 실제 전장 환경을 고려했을 때, 권총에 의한 피격은 극히 드물 것이라 사료된다. 반면, 미국의 경우 총기 소지가 가능하기 때문에, 군과 경찰이 사용하기 위한 방탄복의 규격인 NIJ Standard 0101.06을 적용하고 있는 실정으로서 우리가 처한 환경

과는 명확한 차이가 존재한다. 따라서 우리나라의 군인이 대면한 전장 환경에서는 오히려 파편에 의한 사상 확률이 더욱 높으므로 권총이 아닌 파편탄 수준에 대해서만 방탄성능을 확인한다면 방탄복에 삽입되는 방탄재의 수량(중량) 감소를 실현할 수 있을 것으로 보인다.

참고로 국내 방탄복 생산업체에 따르면 방탄복 설계시 파편탄이 아닌 주로 권총탄 방호성능의 충족을 위해 방탄재 수량을 조정하고 있다고 한다. 또한, 업체는 권총탄 .357 SIG와 .44 Magnum 중 파괴력이 더 높은 .44 Magnum만을 방탄성능시험 항목에서 제외하더라도 방탄재의 수량을 감소시킬 수 있다는 의견을 제시한 바 있다.

이처럼 방탄복의 경량화를 위한 두 가지 방안에 대해 현실성, 비용 등 여러 가지 요소를 고려하여 입체적으로 분석한 결과, 권총탄 방탄성능 기준의 축소화(제외)가 이루어진다면 방탄복의 중량 감소가 가능할 것이다.

5. 결론

방탄복은 장병들의 안전과 생명을 책임지는 개인 장구류로서, 군의 특정 운용목적과 전장 환경에 부합되도록 설계되어 임무 달성 및 생존성 확보라는 요구조건을 충족시켜야 한다. 따라서 최근 국내외적으로 생존성과 기동성 간의 균형(Trade Off) 달성을 위해 동일한 군수품을 일괄적으로 보급하는 것이 아닌, 전장 및 임무 환경에 최적화된 개인 장구류를 보급하는 것에 박차를 가하고 있다. 국내에서는 2019년부터 워리어 플랫폼 사업을 추진하면서 전장 환경에 적합한 전투 장비·물자 개발에 중점을 두고 있다.

이와 같은 추세에 발맞춰 첫 번째로 개인 장병들의 전투능력 향상을 위해 전장 환경에 따른 방탄복의 세분화 방안을 제시하였다. 미군은 아프가니스탄 산악지대에서 전쟁 이후 목깃, 어깨보호대 등이 없는 캐리어 형태인 SPCS 방탄복을 개발하여 기동성이 요구되는 전장 환경에서 활용하고 있다. 반면, 시가전 등 생존성이 중요한 환경에서는 기존부터 활용하고 있는 IOTV를 착용하여 임무를 수행하고 있다. 또한, 미군은 개인 장구류의 경량화 및 모듈화를 위해 차세대 4단계 방탄복 시스템인 TEP의 도입을 추진하고 있다.

이처럼 미군 사례를 벤치마킹하여 산악지대가 많은 국내에도 전장 환경에 따른 방탄복의 착용 기준 세분화 및 개발을 통해 장병들의 전투능력 및 생존력을 향상할 필요성이 있다.

두 번째로 국내에서 운용 중인 방탄복의 경량화 방안을 제시하였다. 국내 방탄복은 현재 권총탄(NIJ STD 0101.06의 Type IIIA)과 파편탄에 대한 방탄성능을 요구하고 있다.

실제 전투에서의 각종 요인에 따른 사상을 연구결과에 따르면 파편에 의한 사상률이 상당히 높은 비중을 차지하고 있다는 점과 군인들이 주로 활용하는 개인화기가 소총이라는 점을 고려하였을 때 권총탄보다는 파편탄에 의한 방탄성능이 중요하다고 판단된다. 또한, 방탄복 생산업체는 주로 권총탄의 방호성능을 충족시키기 위해 방탄복을 설계하며, 그 요구조건을 만족하기 위한 수단으로 방탄재의 수량을 조정하고 있다. 따라서 실제 군인들이 대면하는 전장 환경을 고려하여 방탄복의 권총탄에 대한 방탄성능기준을 축소화(제외)시킬 시에 방탄복의 경량화가 가능할 것이다.

본 연구의 기대효과로 전장 환경에 따른 방탄복의 세분화 방안과 방탄 요구조건의 변경에 따른 경량화 방안을 제시함으로써 차세대 방탄복의 개발 및 규격 최신회를 위한 연구자료를 마련했다는 것을 들 수 있다. 본 연구결과를 토대로 군의 위리어 플랫폼 사업과 연계하여 국내 전장 환경에 적합한 방탄복 시스템을 도입하는 데 도움이 되었으면 한다. 다만, 방탄복의 4단계 착용 기준을 구체적으로 설정할 때, 실제 국내 지형에서의 적용 최적화를 위한 운용평가가 필요하다. 또한, 방탄복의 경량화 방안과 관련하여 권총탄 방탄성능기준을 축소화(제외)시킬 시 기존 대비 방탄재 중량이 얼마큼 감소할 수 있는지에 대한 실측 데이터 값을 도출할 필요성이 있다.

References

[1] MIL-STD-662F, V₅₀ Ballistic Test for Armor, US Department of Defense, Dec. 1997

[2] S. H. Gu, S. M. Noh, S. H. Song, "A Study on V₅₀ Calculation in Bulletproof Test using Logistic Regression Model", *J. Korean Soc. Qual. Manag.*, Vol.46, pp.453-464, Sep. 2018.
DOI: <https://doi.org/10.7469/JKSQM.2018.46.3.453>

[3] Selection & application guide 0101.06 to ballistic resistance body armor, U.S. Department of Justice, Dec. 2014.

[4] S. H. Gu, K. M. Kim, J. H. Park, S. S. Hwan, "A Study on Improvement of Ballistic Testing Method for Combat Helmet", *J. Korean Soc. Qual. Manag.*, Vol.47, pp.283-294, June. 2019.
DOI: <https://doi.org/10.7469/JKSQM.2019.47.2.283>

[5] FQ/PD 07-05G, Body Armor, Multiple Threat/Interceptor Improved Outer Tactical Vest(IOTV) Generation III, US Department of Defense, Jun. 2012.

[6] AR/PD 10-04E, Soldier Plate Carrier System(SPCS), US Department of Defense, Jan. 2013.

[7] J. W. Park, K. S. Byun, S. Y. Cho, S. K. Kim, Y. H. Yeo, J. W. Kwon, "A Study on the Evaluation for Performance of Body Armor Vest using ANOVA", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol.22, pp.372-378, 2021.
DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2021.22.1.372>

[8] Elizabeth Keys, Amy Courtney, Michael Courtney, "Comparing Terminal Performance of .357 SIG and 9mm Bullets in Ballistic Gelatin Using Retarding Force Analysis form High Speed Video", *Popular Physics*, Cornell University, US, pp.1-8

[9] Howard R. Champion, Ronal F. Bellamy, "A Profile of Combat Injury", *The Journal of Trauma*, Vol. 54, pp.13-19, Mary. 2003.

박 호 연(Ho-Yun Park)

[정회원]



- 2011년 2월 : 연세대학교 화학공학과 (공학박사)
- 2019년 2월 ~ 현재 : 국방기술진흥연구소 전력지원체계연구센터 연구원

<관심분야>

방탄신뢰성평가, 품질경영

구 승 환(Seung-Hwan Gu)

[정회원]



- 2014년 8월 : 서울과학기술대학교 IT정책전문대학원 산업정보시스템 전공 (공학박사)
- 2014년 12월 ~ 현재 : 국방기술품질원 국방신뢰성연구센터 선임연구원

<관심분야>

금융공학, 제약이론(TOC), 방탄신뢰성평가