

지뢰 탐지용 방호복 구성과 방호성능 및 착용감 평가

손 부 현 · 최 혜 선

이화여자대학교 가정과학대학 의류직물학과

A Study on The Development and Evaluation of Mine Detective Gear

Boo-hyun Sohn · Hei-Sun Choi

Dept. of Clothing and Textiles, Ewha Womans University
(2000. 11. 20 접수)

Abstract

The purpose of this study is to evaluate a newly developed protective suit with the fragments of grenade.

The protection efficiency should be strengthened upon the degree of wound. The fragment weight of the used grenade was measured and the kinetic energy of the maximum speed of the fragments in the field test was 137.7J and this could be the protective efficiency test by the multitude fragments in less than 0.031g of the M16A1.

The panel inserted to the new demining suit has protection rate of 100% within the distance of 1m and sample II has protection rate of 100% only beyond the distance of 5m. The test showed that the protection rate of the protective suit of the existing garment was comparatively high, however, the protection rate of the sleeve part was very low.

The new demining suit through the research demand some complementary measures to lower the temperatures in ear, average skin temperatures, and the temperatures-humidity inside the clothing for summer climate condition. It showed that 30 minutes of rest on the clothing was difficult to go back to the original condition. But in winter climate condition, there was no problem in the temperature, humidity, and comfort to go back to the original condition during the rest and was better in warmth.

Key words: Flex-felt, Para-aramid, Polyethylene film; 지뢰방호복, 특수복, 방호성능

I. 서 론

남북 정상회담이 이루어진 이후 급격한 남북관계의 변화에 따라 경인선 복구작업과 비무장지대의 평화적인 이용이 제기되고 있는 이때에 비무장지대의 지뢰제거는 큰 문제로 대두되었다. 우리나라의 경우 1백만개의 지뢰를 매설함으로써 상대방을 교

란시키거나 지연시키는 수단으로 이용하고 있으며, 현재 지뢰가 매설되어 있는 지역은 군사분계선을 중심으로 남북 4~5km의 폭을 가진 248km 비무장지대이며, 그 외 1950~1953년의 한국전쟁 때 남겨진 알려지지 않은 지뢰가 있다¹⁾. 이처럼 지뢰는 분쟁종결 후 개발에도 큰 장애가 되므로 지뢰탐지 및 제거 기술 개발은 물론 인명피해를 최대한 줄일 수 있는 방법을 모색하는 일이 절실히 필요하다.

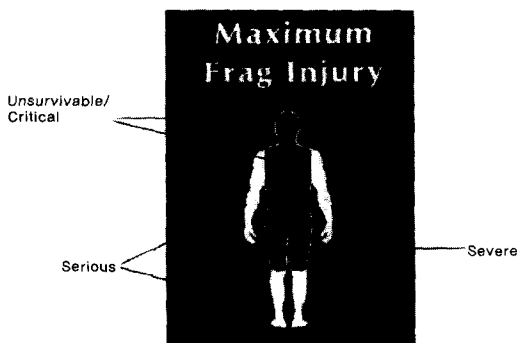
현재 선진국에서는 방폭복을 갖추고 있으며, 이는 폭발, 파쇄, 화염, 충격으로부터의 방호는 물론 냉각 장치나 호흡 방호 시스템, 커뮤니케이션 시스템과의 호환성도 갖추고 있다. 지뢰 및 폭발물 방호복에 있어서도 선진국의 수준에 비하면 우리 나라의 경우 매우 뒤떨어져 있는 형편이다. 현재 지뢰 탐지 및 제거 작업시 착용하는 복장으로는 전투복 위에 방탄조끼를 겹쳐입는 실정으로 안전성, 활동성, 쾌적감이 미흡한 것으로 나타났다. 특히 안전성에 있어서는 四肢部에 대한 방호력이 없다는 것과 직물자체의 방호력이 없는 것, 얼굴 등 頭部의 방호력이 없다는 것 등이 문제점으로 지적되었다⁵⁾.

그럼에도 불구하고 이러한 복장 및 장비에 대한 수요량이 적기 때문에 적극적인 투자가 이루어지지 않고 있으며, 소재 개발에 대한 노력이 없을 뿐만 아니라 제품에 있어서도 개발보다는 외국의 제품을 수입하거나 모방하는 수준에서 벗어나지 못하고 있는 실정이다.

[그림 1]은 신체부위에 있어서 생명을 위협하거나 심각한 고통을 받을 수 있는 부위를 등급별로 나타낸다⁶⁾.

파편에 의한 부상은 파편 에너지(양과 충격 속도의 작용), 파편 모양, 밀도, 파열확률, 파편낙하, 신체 조직의 특성 및 충격 위치에 따라 달라진다. 불규칙한 형태의 파편들은 다량의 충격 운동 에너지로 신체조직을 파괴하게 된다.

지뢰 탐지용 방호복은 적합한 중량과 활동성을 유지하면서 작업자에게 가능한 최고 수준의 보호요



[그림 1] 신체부위에서의 파편침투에 의한 치명상 제시

구를 충족시켜야 한다. 그러므로 어떤 부위에서는 절충이 필요하며, 치명적으로 고통받을 수 있는 부위에는 최대한의 보호가 유지되어야 한다.

따라서 본 연구에서는 남북한 화해 분위기에 따른 비무장화를 준비하기 위하여 인명 피해를 최소화하기 위한 지뢰탐지용 방호복 개발의 필요성을 인식하고 방호성능을 갖춘 지뢰 방호복을 개발하고자 한다.

II. 연구방법

1. 지뢰 탐지용 방호복의 구성

우리 나라에서 발견되는 M16A1 대인지뢰는 주장 약 및 파열체가 0.6~2.4m 높이의 공중으로 도약하여 파편체를 비산시키는 파편형 지뢰로서 살상반경이 약 27m이고 위험반경이 약 183m가 된다. 1.617~0.064g의 파편이 대략 1700여 개가 형성되며 파편 속도는 3,000m/s로 알려져 있다.

이러한 파편을 방호하기 위한 방호복은 수십 겹의 방탄소재를 겹침으로써 방탄성능을 높이고 있다. 그러나 인체에 착용되어야 하는 의복이기 때문에 활동성이나 착용감을 위하여 무한정 방호성능만을 향상시킬 수는 없다. 따라서 다른 나라의 어떠한 방호복도 폭발시 100% 보호받을 수 있는 방호복은 아직 없으며, 단지 살상반경을 줄이거나 부상정도를 낮추도록 구성되어 있다.

본 연구에서 개발하고자 하는 지뢰 탐지용 방호복이 어느 정도의 방호성능을 갖도록 할 것인지를 설정하기 위하여 먼저 M16A1 지뢰의 파편 속도와 질량을 조사하여 운동 에너지($E = \frac{1}{2}mv^2$, m =파편의 중량, v =파편의 속도)를 산출하였고(<표 1> 참조), 이 운동에너지 값이 NIJ-STD-0101.03의 어느 위험수준에 해당하는지를 파악하여 이에 해당하는 방호성능을 갖는 소재로 설정하고자 하였다.

즉 M16A1의 다수의 파편이 갖는 운동에너지 값이 1440.0~1723.5J 이하인 것을 반영하여 NIJ-STD-0101.03의 III-A와 II의 위험수준에 해당하는 방호성능을 갖는 소재로 구성하였다(<표 2> 참조). 한편 흉부에는 위험수준 III 이상에 해당하는 dyneema panel을 삽입하여 방호성능을 높였다.

〈표 1〉 M16A1 파편의 운동에너지

구분 파편 분류(g)	1회 결과		2회 결과		운동 에너지(J)
	파편수(개)	중 량(g)	파편수(개)	중 량(g)	
0.000-0.031	다 수	175,350	다 수	182,520	0.0- 139.5
0.032-0.044	503	18,678	494	18,354	144.0- 198.0
0.045-0.063	300	15,801	441	23,736	202.5- 283.5
0.064-0.082	167	11,937	279	19,926	288.0- 369.0
0.083-0.101	104	9,594	125	11,244	373.5- 454.5
0.102-0.127	98	11,546	216	25,455	459.0- 571.5
0.128-0.159	327	48,544	604	87,304	576.0- 715.5
0.160-0.191	447	78,332	487	85,873	720.0- 859.5
0.192-0.223	281	58,548	187	38,757	864.0-1003.5
0.224-0.255	307	74,476	201	48,673	1008.0-1147.5
0.256-0.319	364	103,272	160	46,179	1152.0-1435.5
0.320-0.383	30	10,395	345	11,322	1440.0-1723.5
0.384-0.447	27	11,466	75	3,208	1728.0-2011.5
0.448-0.511	24	11,804	10	5,173	2016.0-2299.5
0.512-0.575	9	4,945	9	4,998	2304.0-2587.5
0.576-0.639	6	3,561	10	6,388	2592.0-2875.5
0.640-0.767	12	8,160	13	9,537	2880.0-3451.5
0.768-0.959	12	10,461	12	10,746	3456.0-4315.5
0.960-1.279	12	12,825	12	13,111	4320.0-5755.5
1.280이상	21	43,836	22	53,575	5760.0-

주) 방호복 소재의 방호성능 설정에 반영된 파편 중량 및 운동에너지에 음영 처리하였음.

〈표 2〉 NIJ-STD-0101.03의 각 위협수준의 운동에너지

위협 수준	구경/탄자	탄자 질량(g)	최소 요구 탄자 속도(m/s)	산출된 운동에너지(J)
I	22 LRHV Lead	2.6	320	133.1
	33 Special RN Lead	10.2	259	342.1
II-A	357 Magnum JSP	10.2	381	740.3
	9mm FMJ	8.0	332	440.9
II	357 Magnum JSP	10.2	425	921.2
	9mm FMJ	8.0	358	512.7
III-A	44 Magnum Lead SWC	15.55	426	1410.9
	9mm FMJ	8.0	426	725.9
III	7.62mm Win. FMJ	9.7	838	3405.9
IV	30-60 AP	10.8	868	4068.5

주) <표1>의 음영처리된 운동에너지에 해당되는 위협수준에 음영처리 하였으며, 방호복 소재의 방호성능을 II와 III-A로 하였음.

개발복에 사용된 소재의 구성은 두가지 조합이었다. 그 하나는 NIJ-STD-0101.03의 Armor type II에 해당하는 것으로서 Para-aramid(6겹)+Flex-

felt(1겹)+Para-aramid(1겹)+ Polyethylene film(11겹)+Para-aramid(3겹)으로 하였으며, 다른 하나는 Armor type III-A에 해당하는 것으로서

〈표 3〉 개발복 소재의 물리적 성질

항목	소재	파라-아라미드 (Para-aramid)	폴리에틸렌 필름 (Polyethylene film)	플렉스 펠트 (Flex-felt)
중량(g/m ²)		205.00	160.00	613.00
올수(올/인치)		30×30	N/A	N/A
비중(g/cm ³)		1.44	0.97	1.44
인장강도(GPa)		2.70	2.70	—
강도	(N/tex)	1.90	2.65	—
	(g/den)	22.00	30.00	—
모듈러스(GPa)		58.00	87.00	—
절단신도(%)		3.70	3.50	—
용융점(°C)		432~583	140~150	—

Para-aramid(7겹)+Flex-felt(1겹)+Para-aramid(2겹)+Polyethylene film(12겹)+ Para-aramid(5겹)으로 하였다. 개발복 소재의 물리적 성질은 <표 3>과 같다.

한편 현재 착용되고 있는 기존복은 <철모+(전투복+방탄조끼)+지뢰 덧신>으로 알려져 있다. 기존복의 형태를 [그림 2]에, 소재의 물리적 성질을 <표 4>에 제시하였다.

기존복의 방탄조끼 소재는 개발복의 para-aramid와 동일소재이다(<표 3> 참조). 지뢰 제거복 착용실태에 관한 기초조사²⁾에 따르면 새로운 지뢰 방호복 개발시 안전성, 활동성, 착탈의 용이함, 쾌적성 등을 요구하였다. 특히 여밈에 있어서는 여

밈의 단단함과 더불어 편리성을 요구하였다.

따라서 개발복의 디자인은 착탈의 용이함과 사고시 부상자를 움직이지 않고도 복장을 분리해 낼 수 있도록 하였다. 또 인체 부위별 치명상해 정도에 따라 부위별로 소재의 방호성능을 다르게 설정하였다.

2. 지뢰 탐지용 방호복의 방호성능 평가

본 연구에서 개발된 지뢰 탐지용 방호복과 현재 지뢰 탐지 및 제거 작업시 착용되고 있는 기존복의 방호성능을 수류탄을 이용하여 평가하였다.

1) 시편 제작 및 설치방법

시편은 인체를 3부위 즉 구간부, 대퇴 및 하퇴로



[그림 2] 기존복의 형태

〈표 4〉 기존복 소재의 물리적 성질

항목	소재	전투복지	시험방법
중량(g/m ²)		248.1	KS K 0514
혼용율(%)	Polyester	65.3	KS K 0210
	Cotton	34.7	
인장강도(kg)	경사	129.2	KS K 0520
	위사	61.9	
인열강도(g)	경사	5875.2	KS K 0535
	위사	4582.4	
강연도(cm)	경사	2.5	KS K 0539
	위사	1.9	
마찰견뢰도(급)	건	4~5	KS K 0650
	습	4	
일광견뢰도(급)		5	KS K 0700

구분하여 3단으로 구성하였다. 1개의 시편은 기존복에 해당하는 방탄조끼+전투복 상하의를 반영하여 上段에 50cm×50cm 크기의 군용 방탄조끼를 배열하였고, 대퇴와 하퇴부위에 해당하는 中段과 下段에는 전투복지를 각각 배열하였다.

다른 1개의 시편은 본 연구에서 개발한 개발복을 반영하여 구간부에 삽입하는 dyneema panel을 上段에, 대퇴부의 소재인 Armor type III-A 시험포를 中段에, 하퇴부의 소재인 Armor type II 시험포를 下段에 각각 배열하였다.

시편의 설치방법은 수류탄의 발화지점에서 1m이 내외와 3m, 5m의 거리에 방향을 다르게 하여 발화지점으로부터 원형을 그리도록 배치하였다(그림 3 참조).

2) 수류탄

수류탄은 국내에서 주로 사용되고 있는 K413으로, 파편은 정육각형(2.3m×2.3m)이며, 파편수는 약 1,000개, 파편중량은 0.096g이고, 파편의 최고속도는 1694m/s로 살상범위는 10m에 이른다.

3) 측정 항목

기존복과 개발복의 부위별 방호성능을 측정거리에 따라 관통 및 타격된 파편수를 파악함으로써 방호율을 측정하였다.

한편 지뢰 M16A1 파편의 속도 및 중량에 따른 운동 에너지와 수류탄 K413 파편의 운동 에너지를 각각 구하여 수류탄의 방호성능 검사 결과를 가지고 지뢰에 대한 방호성능을 추정하였다.



[그림 3] 수류탄을 이용한 방호성능 평가시 시편 배치

3. 지뢰 탐지용 방호복의 착용감 평가

1) 실험환경조건

Environmental Chamber(MODEL: VCZ 3050S WITH STANDARD ACC.)에서 실시되었으며, 지뢰지대가 있어서 지뢰 사고가 빈번히 일어나고 있는 경기도 동두천일대의 지난 해 기온 및 습도를 반영하여 겨울환경조건은 0.3°C, 56.0%RH, 여름환경조건은 26.2°C, 63.7%RH으로 설정하였다.

2) 피험자 및 착용복장

피험자는 예비역 6명이며, 실험복은 기존복의 경우 <속옷+전투복+방탄조끼+철모+군화>를 착용하였고, 개발복은 <속옷+전투복+지뢰 방호복+안면보호구가 부착된 헬멧+군화>를 착용하였다. 속옷의 경우 여름환경에서는 메리야스와 팬티, 겨울 환경에서는 겨울 내의를 더 착용하도록 하였다. 착용상태를 [그림 4]에 제시하였다.

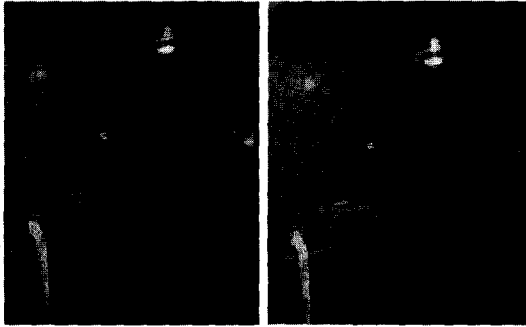
3) 실험동작 및 구성

실험동작은 지뢰 탐지기 장비의 중량에 해당하는 4kg의 배낭을 등에 짊어지고 Treadmill(트레드밀) 위에서 30분간의 평보 및 속도(速步)에 해당하는 Bruce Protocol의 3단계 점증부하 운동으로 하였다(<표 5> 참조).

전체적인 실험 구성은 환경조건에서 실험복장을 착용하고 30분간의 안정을 취한 후 30분간 운동을 하고 나서 30분간 다시 휴식을 취하도록 하였다.

4) 측정항목

기존복과 개발복의 온열감 평가를 위하여 운동과 휴식시 10분마다 이내온(Thermoscan(Instant thermometer, Model No. HM-1))과 평균피부온(Ramanathan의 4점법, sensor는 TAKARA(Japan), data logger는 K-721, Technol Seven(Japan)), 의복내 온·습도(Thermo recoder(TABAI ESPEC CORP., Japan), 맥박(Pulse monitor(Wristwatch-style, Model 77064, Lafayette Instrument Co.))을 측정하였다. 또 습윤감 평가를 위하여 운동 전후의 의복의 중량 및 체중 변화에 따른 총발한량(CAS



<기존복 착용> <개발복 착용>
[그림 4] 복장의 착용상태

<표 5> Bruce Protocol에서의 3단계 설정

Level	Time(min)	Speed(km/h)	Grade(%)
1	10	2	0
2	10	3	0
3	10	5	20

전자저울)을 측정하였으며, 그의 온열감(9점법), 습윤감(7점법), 쾌적감(4점법)에 관한 주관적 감각 평가를 실시하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 지리 방호복의 구성

새로 구성된 지리 방호복은 크게 상의와 하의로 구분되며, 상의는 왼쪽 어깨와 양쪽 옆선에 넓은 벨크로를 이용하여 벨크로를 떼면 몸판이 인체에서 분리되도록 하였다. 소매통은 벨크로를 이용하여 개폐가 가능하도록 하였으며, 소매가 몸판에서 분리 가능하도록 진동둘레에 지퍼와 벨크로로 연결하였다. 흉부에는 방호성능을 강화시키고자 할 때 다이 니마 압축 패널을 삽입할 수 있도록 주머니를 만들어 놓았으며, 서혜부 가리개는 벨크로를 이용하여 부착할 수 있도록 하였다.

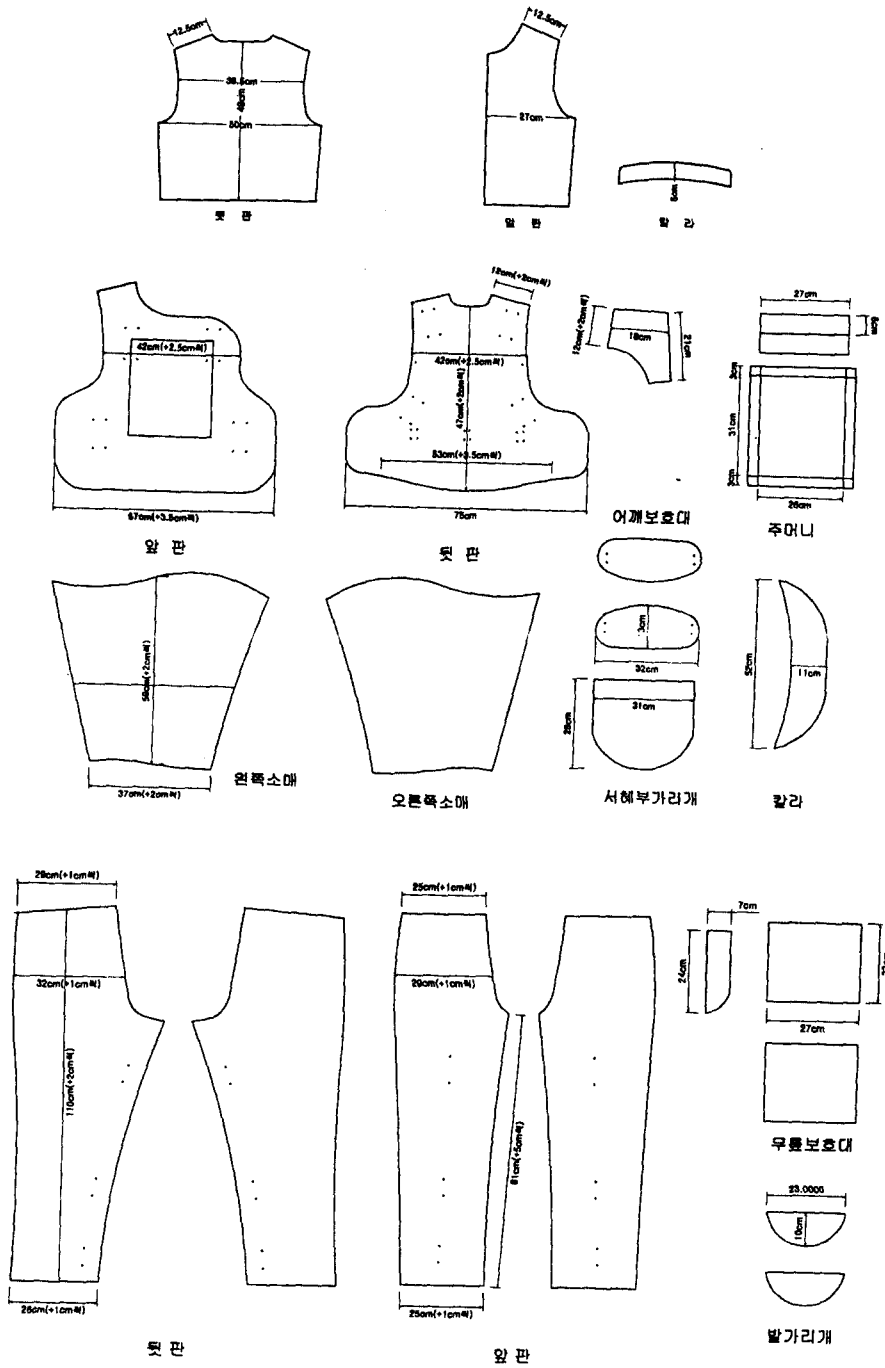
전투복에 방탄조끼를 착용하는 기존의 복장의 경우 방탄소재가 사용된 방탄조끼가 차지하는 커버율이 34%인데 반해 개발복에서는 방탄소재가 몸통뿐만 아니라 사지부와 하반신을 피복함으로써 80%를 커버하고 있다. 이러한 디자인은 사지부의 보호를 보완한 것이며, 사고시 부상자를 움직이지 않고도 복장을 분리해 낼 수 있도록 디자인 한 것으로 착탈이 용이하다.

구분	부위	방호성능	도식화	
			전면	후면
상의	칼라	III-A ¹⁾		
	전면	III-A		
	후면	II ²⁾		
	소매	II		
	서혜부 가리개	III-A		
하의	대퇴 전면	III-A		
	대퇴 후면	II		
	무릎(전면)	III-A		
	하퇴 전면	II		
	하퇴 후면	II		
신발덮개	II			

1): Para-aramid(7겹)+Flex-felt(1겹)+Para-aramid(2겹)+Polyethylene film(12겹)+Para-aramid(5겹)으로 구성되어 있으며 Armor type III-A에 해당한다.

2): Para-aramid(6겹)+Flex-felt(1겹)+Para-aramid(1겹)+Polyethylene film(11겹)+Para-aramid(3겹)으로 구성되어 있으며 Armor type II에 해당한다.

[그림 5] 개발복 각 품목별 기본 사항



(인체치수 : 신장 175cm, 가슴둘레 99cm, 허리둘레 83cm로 군복 치수 5호에 해당함)

[그림 6] 기존의 방탄조끼 및 개발복 상하의 패턴

〈표 6〉 수류탄 파편에 대한 두 복장의 방호성능

거리	위치	기존복			개발복		
		관통수(개)	전체타격수(개)	방호율(%)	관통수(개)	전체타격수(개)	방호율(%)
1m	上段 ¹⁾	6	39	84.6	0	8	100.0
	中段 ²⁾	43	43	0.0	12	65	81.5
	下段 ³⁾	117	119	1.6	32	111	71.2
3m	上段	3	16	81.2	0	4	100.0
	中段	16	18	11.1	3	16	81.3
	下段	24	27	11.1	5	23	78.3
5m	上段	2	10	80.0	0	1	100.0
	中段	2	3	33.3	0	7	100.0
	下段	4	5	20.0	1	6	83.3

1) 구간부에 해당하는 부위로 시편 배열시 상단에 배열

2) 대퇴부에 해당하는 부위로 시편 배열시 중단에 배열

3) 하퇴부에 해당하는 부위로 시편 배열시 하단에 배열

바지의 경우는 가랑이 안쪽이 절개되어 있어 신축 밴드와 벨크로로 봉합이 되도록 설계하였다. 무릎의 개폐가 용이하도록 무릎부위에서의 여러 겹의 중첩은 피하고 대신 무릎보호대를 그 위에 두르게 함으로써 무릎부위의 방호성능을 강화하였다.

지뢰 탐지용 방호복은 적합한 중량과 활동성을 유지하면서 최대한의 보호가 요구된다. 어떤 부위에 대해서는 절충이 요구되고, 치명적인 고통을 받을 수 있는 부위에는 최대한의 보호가 유지되어야 한다. 따라서 각 인체부위에 대하여 상해 민감도에 따라 방호성능을 다르게 구성하여 목과 구간부 전면, 서혜부와 대퇴부 전면과 무릎부위의 방호성능을 강화하였다. 개발복의 각 품목에 대한 방호성능을 [그림 5]에, 기존의 방탄조끼 및 개발복의 상하의 패턴을 [그림 6]에 제시하였다.

2. 방호성능 평가

본 실험에 사용한 K413 수류탄의 파편 중량이 0.096g이고 파편의 최고속도가 1694m/s이므로 수류탄 파편의 운동 에너지는 137.7J이다. 이러한 운동에너지 값은 M16A1 지뢰의 0.031g 이하의 파편이 갖는 운동에너지 값에 해당하는 것으로서 M16A1 지뢰의 0.03g 이하의 파편에 대한 방호성능 실험이라고 할 수 있다.

〈표 6〉은 K413 수류탄을 이용하여 기존복과 개

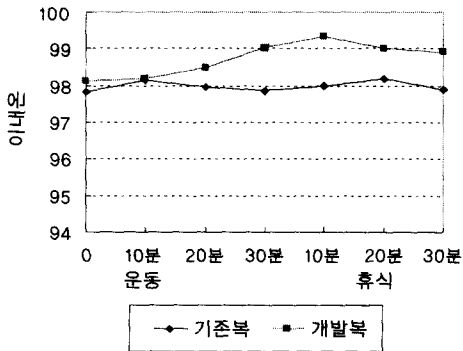
발복의 방호성능을 실험한 결과이다. 각각의 값은 50cm×50cm 면적에 대한 파편의 전체 타격수와 그 중 완전 관통된 관통 수를 제시한 것이다. 방호율은 전체 타격수 중 관통되지 않은 수의 비율로 구하였으며, 방호율이 높을수록 방호성능이 우수한 것으로 평가하였다.

기존복의 上段에 배치된 군용 방탄조끼의 1m, 3m, 5m 거리에서의 방호율은 84.6%, 81.2%, 80.0%를 나타내었고, 그의 中段과 下段에 배치된 전투복지는 0.0%~33.3%의 방호율을 나타내었다. 반면에 개발복의 上段에 배치된 dyneema 압축 panel은 1m거리에서도 관통되지 않는 100.0%를 나타내었고, 中段에 배치된 방호수준 III-A로 구성된 소재는 81.5%, 81.3%, 100%의 방호율을 보였다. 그리고 下段에 배치된 방호수준 II로 구성된 소재는 71.2%, 78.3%, 83.3%를 나타내었다.

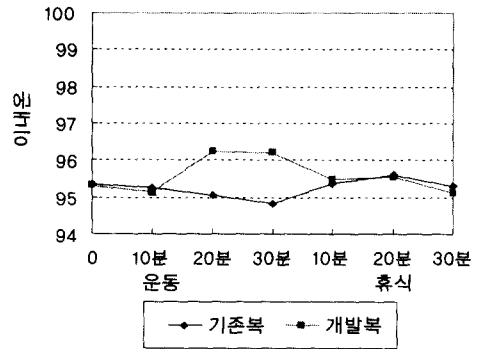
3. 착용감 평가

1) 이내온(耳內溫)

여름환경에서는 전체적으로 개발복 착용시가 기존복 착용시보다 다소 높은 경향을 보이거나 운동 후 휴식 10분에서만이 유의적인($p < 0.05$) 차이를 보였다([그림 7] 참조). 겨울환경에서는 착용한 두 복장간에 유의적인 차이는 보이지 않았다. 개발복의 경우 여름환경에서는 휴식 30분이 되어도 처음 안정기의



[그림 7] 여름환경에서의 이내온



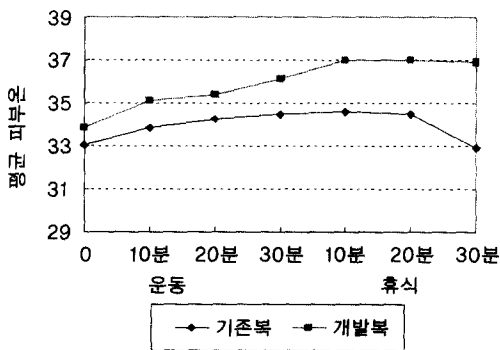
[그림 8] 겨울환경에서의 이내온

이내온까지 떨어지지 않는 반면에 겨울환경에서는 휴식기에 안정기의 이내온 수준으로 떨어지는 것을 볼 수 있다([그림 8] 참조).

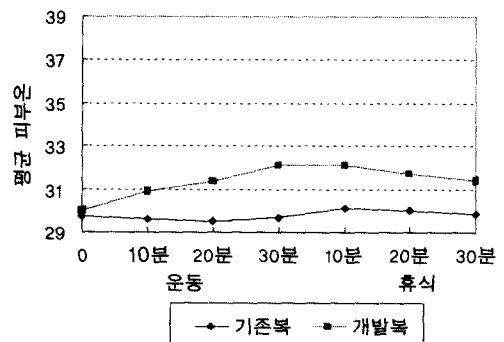
2) 평균 피부온

田村의 증립온도범위에서의 쾌적감을 느낄 때의 평균피부온 약 32°C~33°C에 비해 여름환경에서는 두 복장 모두 이보다 높은 평균 피부온을 나타내고 있어 두 복장 모두 쾌적한 상태는 아닌 것을 알 수 있다. 따라서 여름환경과 같이 고온에서 작업할 경우 냉각내의 등의 착용이 요구되며, 작업 후 휴식 시에도 벗은 상태로 휴식을 취하거나 30분보다 더 많은 휴식시간이 요구된다.

반면에 겨울 환경조건에서는 개발복이 쾌적감을 느낄때의 평균피부온에 더 가깝기 때문에 기존복보다 더 쾌적할 수 있음을 알 수 있었다.



[그림 9] 여름환경에서의 평균 피부온



[그림 10] 겨울환경에서의 평균 피부온

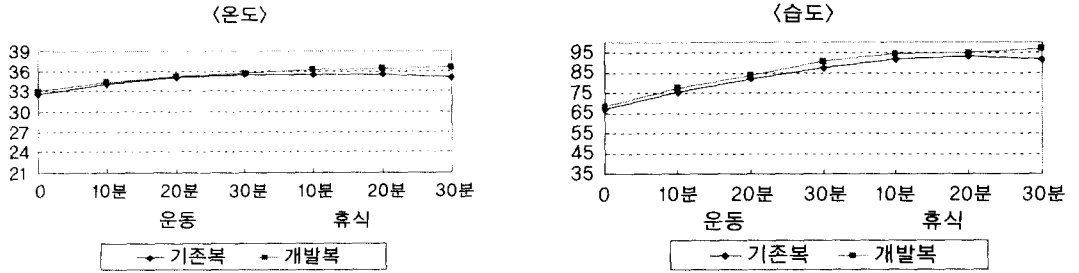
3. 총 발한량

여름환경에서의 실험 전후 체중 차이를 통한 총 발한량 측정 및 실험 전후의 복장의 무게 차이로 본 의복내 흡수된 총 발한량은 <표 7>과 같다. 이러한 결과는 여러겹의 방탄소재를 상체만 피복하는 기존복에 비해 개발복의 경우 하체 및 사지부 전체를 피복하기 때문으로 생각된다. 한편, 겨울환경에서는 총 발한량에 있어서 두 복장간에 유의한 차이가 없었다.

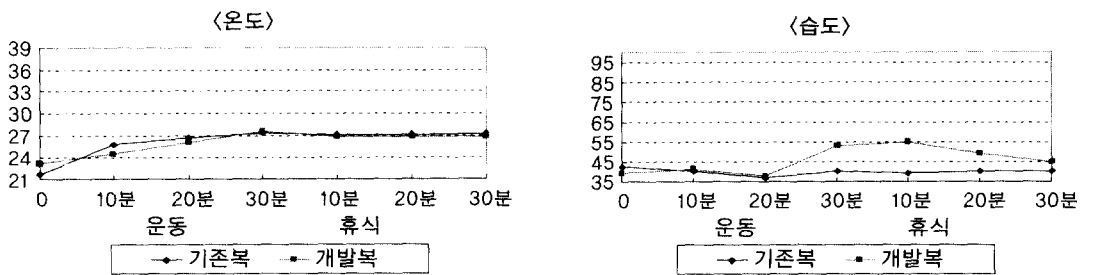
4. 의복내 기후

여름환경에서 의복내 온도는 안정시와 운동시에는 유의적인 차이가 없다가 휴식시에 유의적인 차이가 나타났다.

의복내 습도는 두 복장간에 유의적인 차이가 없



[그림 11] 여름환경에서의 의복내 온·습도



[그림 12] 겨울환경에서의 의복내 온·습도

으나 개발복의 경우 휴식이 끝난 후에도 의복내 온·습도가 감소하는 경향을 보이지 않아 여름환경과 같이 고온환경에서 개발복을 착용하고 작업 후 복장을 입은 상태로 휴식을 취하는 것은 의복내 온도 및 습도를 떨어뜨리는 데에 효과적이지 못한 것으로 나타났다.

入鹿山 및 田村⁸⁾에 의한 구간부 의복내 습도가 50 ±10%일 때 쾌적함을 느낀다는 보고에 따라 두 복장 모두 안정 30분에서의 의복내 습도가 쾌적 범위를 벗어나 있음을 알 수 있다.

겨울환경에서 두 복장간 의복내 온도에서는 유의

적인 차이는 없으며, 습도에서 운동 30분 후와 휴식 10분에서만 유의적인 차이를 보였다.

온도는 운동 30분까지 두 복장 모두 상승하다가 그 이후로부터는 27℃ 정도로 두 복장 모두 일정한 온도를 유지하고 있음을 알 수 있다. 습도는 개발복의 경우 운동 20분에 급격히 상승하다가 휴식기에 들어서면서 급격히 떨어져 안정기의 습도상태로 되돌아가려는 현상을 보이고 있다([그림 12] 참조).

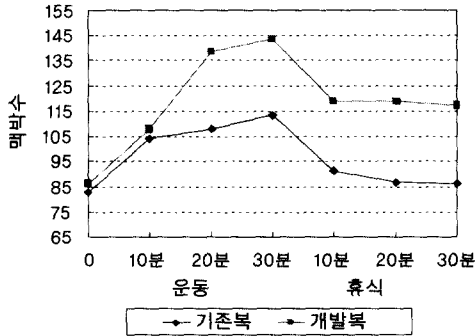
入鹿山에 따른 쾌적하게 착의했을 때의 피부 최내층의 온도(32±1℃)에 비해 안정시 뿐만 아니라 운동시에도 낮은 것을 알 수 있다.

<표 7> 여름환경에서 총 발한량의 유의성 검정

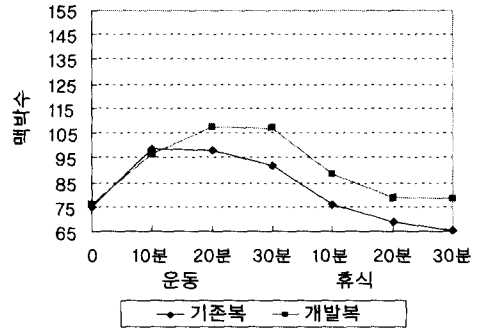
중량g(표준편차)

항목	복장	기존복	개발복	통계값	
				F값	P-값
실험전 체중		70,580(8,500)	70,340(8,310)	0.00	0.962
실험후 체중		70,220(8,540)	69,620(8,220)	0.01	0.904
실험 전후 체중차		360(40)	720(190)	24.10**	0.001
실험전 복장무게		1,490(60)	1,520(60)	0.63	0.444
실험후 복장무게		1,370(70)	1,350(190)	15.03**	0.002
실험 전후 복장무게차		120(40)	170(120)	20.03**	0.000

***: p<0.001 ** : p<0.01



[그림 13] 여름환경에서의 맥박수



[그림 14] 겨울환경에서의 맥박수

5. 맥박수

두 복장 모두 안정기에서 운동이 진행됨에 따라 맥박수는 상승하다가 다시 휴식기에 들어서면서 떨어지는 경향을 보이고 있으며, 휴식기에 기존복은 처음 안정기의 맥박수로 회복되지만 개발복은 처음 안정기로 회복되기까지는 더 많은 휴식시간이 요구되었다([그림 13] 참조).

한편, 개발복의 경우 여름환경에서는 휴식시 안정기의 수준으로 맥박이 회복되지 못하던 것에 비해 겨울환경에서는 처음 안정기의 맥박수로 회복되었으며, 운동 후 휴식 10분이 지나면서 쾌적감을 느끼게 되는 맥박수 범위인 78~80beat/min(田村) 안으로 들어오는 것을 알 수 있었다([그림 14] 참조).

6. 주관적 감각

개발복의 경우 여러 겹의 방탄소재로 상체뿐만 아니라 하체와 사지부까지 피복하고 있기 때문에 중량이 가중되고 부피가 커지면서 방탄조끼만을 착용하는 기존복보다 온열감이나 습윤감, 쾌적감에서 나쁘게 평가되었다. 그러나 겨울환경에서는 온열감에 있어서는 기존복보다 오히려 개발복에서 더 좋게 평가되었으며, 그 외의 문항에서도 문제가 되지 않았다. 이러한 결과는 겨울환경조건에서 이내온이나 의복내 온·습도가 휴식기에 들어서면서 처음 안정기의 상태로 회복되는 실험결과와도 일치되었다. 따라서 겨울환경에서의 온열감이나 습윤감, 쾌적감에 큰 문제가 없는 것으로 여겨지며, 단지 여름환경에서는 실험결과와 마찬가지로 냉각내이나 휴식

시간 연장, 또는 휴식시 복장을 벗고 휴식하는 등의 배려가 요구된다.

IV. 결 론

1. 지뢰 탐지용 방호복의 구성에 있어서는 치명상해 정도에 따라 목과 구간부 전면, 서혜부와 대퇴부 전면과 무릎부위의 방호성능을 강화시켜야 한다.

2. 착탈의 용이함과 부상시 환자를 움직이지 않고 의복을 인체로부터 분리해 내기 위하여 상의는 왼쪽 어깨와 양쪽 옆선에 넓은 벨크로를 이용하여 몸판의 앞뒤를 분리하고, 소매를 몸판에서 분리 가능하게 하며, 소매 및 다리 안쪽의 가랑이를 절개하여 신축 밴드와 벨크로로 봉합 되도록 설계하는 것이 바람직하다.

3. 방호성능 실험에 사용된 수류탄의 파편 중량과 최고 파편 속도로 알아본 운동에너지량은 137.7J로, M16A1 지뢰의 0.031g 이하의 다수 파편에 대한 방호성능 실험이라고 할 수 있으며, 지뢰 방호복의 대체복으로 착용되고 있는 기존복 방탄조끼의 방호율은 80%정도로 높은 편이나 전투복 바지만을 착용하는 하의와 아무 보호대가 없는 소매부위의 방호율은 0.0%~33.3%로 위험율이 상당히 높은 것으로 나타났다.

4. 개발복의 가슴부위에 삽입하는 panel은 1m에서도 100%의 방호율을 나타내었으며, 구간부 및 대퇴부 전면, 무릎부위에 구성되는 소재는 5m이상에서만 100.0%의 방호율을 나타내었다. 따라서 개발복은 기존복에 비하여 중요기관에 대한 방호성능이

높고, 그 외의 인체부위에 대해서도 방호수준이 향상되었다.

5. 개발복의 경우 여름환경에서는 냉각내의 등의 착용이 요구되며, 의복을 착용한 상태로 30분간의 휴식으로는 원상태로 회복되기 어려워 더 많은 휴식시간을 갖거나 복장을 벗은 상태로 휴식을 취하는 것이 요구되었다. 한편 겨울환경에서는 온열감이나 습윤감, 쾌적감에 큰 문제가 없고, 온열감에 있어서는 오히려 기존복보다 유리하였다.

참 고 문 헌

- 1) 김형근, 군수산업의 사회학, 1997.
- 2) 김희재 · 육종일 · 이승구, 고속충격에 의한 세라믹/섬유강화 복합재료의 동적파손거동, 한국재료학회지, 7(9) 795-804, 1997.
- 3) 육종일 · 윤영주 · 이승구 · 박종규, 고내충격성 경량 복합재료의 방탄특성 및 차세대 응용기술, 국방과학연구소, 1994.
- 4) 윤태호, 내충격 난연 복합재 제조에 관한 연구, 광주과학기술원, 1997.
- 5) 최혜선 · 손부현, 지뢰 제거복 착용실태에 관한 기초조사, 한국의류학회지 25(2), 2001.
- 6) 日本家政學會 編, 環境としての被服, 朝倉書店, 6-32, 1991.
- 7) 田中 春次, 衣服内氣候素材について, 衣生活研究, 15(2), 1988.
- 8) 田村照子, 基礎被服衛生學, 文化出版局, 71-79, 1986.
- 9) Akzonobel, Twaron in Ballistic Protection, 1995.
- 10) Brismar, Bo, M.D., and Bergenwald, Lennart, M.D., "The Terrorist Bomb Explosion in Bologna, Italy.: An Analysis of the Effects and Injuries Sustained," *The Journal of Trauma*, 22(3), 1980.
- 11) Canada Export Award, Blast effects, 1996.
- 12) MIL-STD-376A, Ballistic Performance Ranking of Ceramic Armor Plates Against High Density.
- 13) MIL-STD-662F, V50 Ballistic test for armor.