

소방용 보호복의 물리적 특성

배진화, 하정은, 이재호*, 박정환**, 안승국

부산대학교 유기소재시스템공학과, *부산대학교 바이오소재전공, **동의대학교 패션디자인학과

The Physical Properties of Protective Clothing for Firefighters

Jin-Hwa Bae, Jung-Eun Ha, Jae-Ho Lee*, Jung-Whan Park** and Seung-Kook An

Department of Organic Material Science and Engineering, Pusan National University, Busan, Korea

*Department of Biomaterial Engineering, Pusan National University, Busan, Korea

**Department of Fashion Design, Dong-Eui University, Busan, Korea

1. 서론

극한의 환경에서 주로 작업하는 소방관들이 착용하는 소방보호복은 작업자의 안전과 작업의 효율성을 높이는데 중요한 역할을 한다. 특히 소방관들의 안전을 위한 1차적인 보호수단으로 그 소재가 무엇보다 중요한 것으로 생각된다. 따라서 본 연구에서는 소방보호복 소재의 기본적인 물성 평가를 위하여 역학특성과 열전달특성 및 수분전달특성을 시험하여 분석하였다.

2. 시험

2.1. 시료

실험에 사용한 시료는 소방용 원단들로 화학보호복[소방용 화학보호복으로 개발한 다층 원단(시료 1)과 외부는 부틸 고무 및 바이톤으로 코팅하고 중간에는 폴리아미드 화이버 나일론 섬유로 처리한 후 내부에는 클로로프렌고무 및 배리어 라미네이트층으로 5중 마감 처리한 원단(시료2)], 방열복[aluminum-foil 코팅된 메타제 아라미드 원단(시료3)], 그리고 소방보호복[노멕스 70%+케블라 30%의 방염원단(시료4)과 면에 방염 처리한 원단(시료5)] 원단으로 총 5종을 시험하였다.

2.2. 시험방법

역학특성은 KES-FB System(Kato Tech. Co. Ltd., Japan)을 사용하여 인장특성, 전단특성, 압축특성 그리고 표면특성을 시험하였다. 열전달특성은 KES-F7(Thermolabo II, Kato Tech. Co. Ltd., Japan)을 사용하여 온도 20±2℃, 상대습도 65±5%, 풍속 10cm/sec의 상태에서 q_{max} (접촉냉온감), 열전도도, 보온성(dry contact, dry space)을 측정하였으며, 수분전달특성은 KS K 0594 워터법을 사용하여, 온도 40±2℃, 상대습도 50±5%의 공기가 순환하는 항온항습장치에서 시험하였다.

3. 결과 및 고찰

Table 1은 역학특성을 나타낸 것이다. 인장특성에서 인장선형성(LT)은 시료 3이 가장 높은 값을 나타내었고, 다음으로 2 > 1 > 4 > 5 순을 보였으며, 인장회복율(RT)에서는 시료 2 > 3 > 1 > 4 > 5의 순으로 나타났다. 전단특성에서는 전단강성 및 전단히스테리시스가 시료 1, 2의 경·위사 방향과 시료 3의 위사방향에서 큰 값을 나타내었다. 이는 인장 및 전단특성에서 시료 1, 2, 3의 경우 표면에 코팅한 원료의 성질이 탄성이 있을 뿐만 아니라, 형태안정성도 뛰어나서 전단변형이 어렵기 때문인 것으로 생각된다. 압축특성은 시료 1, 2, 3에서 압축선형성(LC)과 압축에너지(WC)의 값이 거의 0.001의 낮은 값을 나타내었고, 압축회복율(RC)은 5%에 지나지 않았다. 그러나 시료 4와 5의 압축회복율은 100%로 나타났다. 이는 시료 4, 5가 압축이 어렵고 반발성이 있는 것을 알 수 있다. 표면특성은 직물의 거친 정도나 불균일 정도를 나타낸 것으로, 표면마찰계수(MIU)와 마찰계수평균편차(MMD)에서 시료 3이 가장 높은 값을 나타내었다. 그리고 SMD(표면거칠기)는 시료 5 > 4 > 1 > 2 > 3의 결과를 얻었다. 또한 무게와 두께

는 소방관들이 현장 작업 시에 외부의 물과 인체에서 배출되는 땀 등으로 인한 신체환경의 스트레스를 한층 더 가중시키는 것으로, 시료 2가 가장 얇지만 가장 무거운 것으로 나타났다. 이는 외부의 부틸고무와 내부의 클로로프렌고무 코팅의 무게로 인하여 나타난 결과라고 생각된다.

Table 2는 열전달 특성으로, 직물이 피부에 접촉하였을 때 느끼는 냉온감은 인체의 착용감각에 영향을 미치는 아주 중요한 요인이다. 특히 접촉냉온감을 나타내는 q_{max} 는 순간적인 열흡수량으로 인체가 직물에 접촉되었을 때의 0.3초 이하의 순간적인 열이동을 측정된 것으로, q_{max} 값이 적을수록 따뜻한 감이 부여되는 것이다. q_{max} 결과는 시료 2>1>5>4>3의 순으로 값이 나타났다. 열전도율은 시료 1이 가장 큰 값을 나타내었고, 그 다음으로 시료 2이다. 시료 3, 4, 5는 0.009의 값이 나왔다. 이는 시료 1, 2와는 달리 시료 3, 4, 5의 원단은 공기층 형성이 크기 때문으로 생각된다. 보온성은 dry contact 방법에서는 시료 4를 제외한 4가지의 원단에서 26% 이상의 값을 나타내었고, dry space 방법에서는 모든 시료가 거의 40% 이상의 높은 값을 나타내었다. 특히, dry contact 방법에 비하여 dry space 방법의 값이 크게 나타난 것은 시료가 열공급판과 접촉해 있는 것보다 dry space 방법에서는 열공급판과 시료 사이의 공간으로 공기층이 이루어져 있기 때문인 것으로 생각된다.

직물의 투습성이 낮으면 직물 외부로 땀이나 수증기의 배출이 저하되어 인체의 불쾌감이 증가되는 경향을 보인다. 따라서 투습성이 높을수록 인체 내의 수증기 상태의 수분전달특성이 우수하여 투습성은 의복의 쾌적감에 큰 영향을 준다¹⁾. Figure 1은 수분전달특성을 나타낸 것으로, 시료 1, 2, 3에서 80 $g/m^2 \cdot day$ 이하의 낮은 값을 나타내었고, 이는 세 원단이 미세한 화학물질로부터의 침투를 막기 위해 표면에 부틸 고무 및 바이톤과 aluminum-foil 등으로 코팅처리 되어 나타난 결과라고 생각된다.

Table 1. Mechanical property of chemical protective clothing and fire protective clothing

Sample	Tensile Property			Shear Property			Compression Property			Surface Property			Weight (mg/cm ²)	*Thickness (mm)	
	LT (-)	WT (gf·cm/cm ²)	RT (%)	G (gf/cm·degree)	2HG (gf·cm)	2HG5 (gf·cm)	LC (-)	WC (gf·cm/cm ²)	RC (%)	MIU (-)	MMD (-)	SMD (μm)			
1	Warp	0.92	3.65	76.71	3.43	21.60	55.22	0.001	0.001	5.00	0.019	0.0008	1.44	17.290	1.859
	Weft	0.98	3.05	77.05	3.48	18.33	49.85				0.023	0.0005	1.46		
2	Warp	0.97	2.55	84.31	5.04	14.74	39.64	0.002	0.001	5.00	0.019	0.0004	0.73	27.495	0.789
	Weft	1.06	3.30	84.85	4.08	16.76	42.71				0.001	0.0001	0.86		
3	Warp	0.99	1.75	80.00	2.19	5.14	6.52	0.001	0.001	5.00	0.042	0.0011	0.81	20.346	1.051
	Weft	1.05	2.95	84.75	8.11	20.83	59.02				0.038	0.0017	0.28		
4	Warp	0.99	2.95	67.80	1.09	3.15	4.56	5.651	0.000	100	0.005	0.0002	6.04	10.572	1.200
	Weft	0.92	2.75	67.27	0.53	3.49	3.79				0.006	0.0002	2.70		
5	Warp	0.84	3.70	62.16	0.66	5.78	6.30	6.913	0.000	100	0.016	0.0006	9.27	14.445	0.897
	Weft	0.90	10.90	59.17	1.13	2.44	3.40				0.011	0.0003	3.29		

*0.5 gf/cm^2 에서의 두께

Table 2. Heat keeping rate of chemical protective clothing and fire protective clothing

Sample	q_{max} (W/cm ² ·°C)	Thermal conductance (W/cm ² ·°C)	Heat Keeping rate(%)	
			dry contact	dry space
1	.144	.0013	30.25	43.86
2	.239	.0010	26.53	43.56
3	.087	.0009	29.92	41.58
4	.112	.0009	14.41	44.55
5	.140	.0009	26.27	39.90

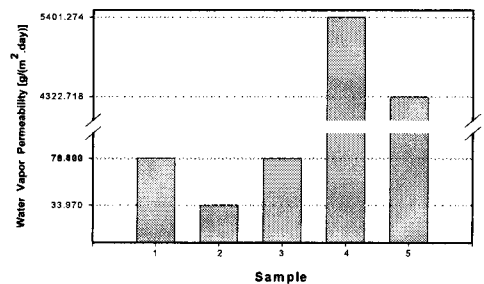


Figure 1. Water vapor permeability of chemical protective clothing and fire protective clothing.

4. 참고문헌

[1] 이보람, 상전이 물질함유 마이크로캡슐의 처리농도가 투습방수 직물의 착용에 미치는 영향, 석사학위논문, 연세대학교대학원 (2005)