

## 풍속변화에 따른 순모의류의 온열특성

송 민 규 · 전 병 익

한국섬유개발연구원

### The effect of air velocity on the thermal resistance of wool ensembles

Min Kyu Song · Byung Ik Jeon

Korea Textile Development Institute

(1998. 2. 25 접수)

#### Abstract

The purpose of the study was to determine the effect of air velocity on the thermal resistance of wool ensembles. Three suits for men with different weaving structure and density were made with the same design and size for the study. In addition, Y-shirt, underwear, and socks were prepared for constructing the ensembles. Thermal insulation of air layer and 3 ensembles were measured by using thermal manikin in environmental chamber controlled at 20°C and 65% RH with various air velocity. The results were as follows:

1. Thermal resistance of air layer was  $0.079 \text{ m}^2 \cdot \text{°C}/\text{W}$  with no air velocity (less than 0.2m/sec).
2. Thermal resistance of air layer decreased with increasing the air velocity rapidly. When the air velocity was 0.25 and 2.89 m/sec, the decreasing rate was 15% and 61%, respectively compared with no air velocity.
3. While there was little difference among the effective thermal insulation of 3 ensembles having different weaving structure and density with no air velocity, there was sharp difference among them when the air velocity increased. That is, the decreasing rate of effective thermal insulation of the ensemble which has higher air permeability was higher.
4. The decreasing rates of the effective thermal resistances of plain, twill and satin ensemble were 61, 54, and 49%, respectively when the air velocity was 2.89 m/sec which was a maximum air velocity in this study.

**Key words:** Thermal resistance, air velocity, thermal manikin; 건열저항치, 풍속, 셔털마네킹

#### I. 서 론

의류의 여러 기능성중 온열특성은 의류의 쾌적성을

평가하는 주요 인자중 하나이다. 온열 특성은 의류를 구성하는 섬유, 직물 및 의복의 여러 전달 특성, 즉 열, 공기, 수분전달특성과 매우 밀접한 관계가 있으며, 이들의 전달정도에 따라 우리가 사용하는 의류는 그 온열

특성이 결정되어져 의류의 쾌적성에 큰 영향을 미치게 된다. 의류의 열, 공기, 수분전달 특성에 영향을 미치는 인자는 다양하며, 이들의 복합적인 작용으로 의류의 온열특성이 결정되기 때문에 이를 체계적으로 규명하기는 매우 어렵다. 지금까지는 직물단계의 온열 특성에 관한 연구나 정적인 상태에서의 온열특성연구만이 주를 이루어 왔다. 그러나 실제로 인간은 변화하는 자연환경에서 동적인 생활을 하기 때문에 직물단계의 온열특성이나 정적인 온열특성분석으로는 실제 생활환경에서의 의류의 온열특성을 예측하기는 어렵다.

인체가 자세를 변화하거나 걷는 등 몸을 움직일 때 착의하고 있는 의류의 열저항치는 일반적으로 감소한다. Havenith 등<sup>3)</sup>의 연구에서 앉은 자세는 서있을 때보다 12~36%의 열저항치 감소, 정적인 상태보다 걷기와 풍속효과에 의하여(풍속 4.1 m/sec 이하, 걷는 속도 3.6 km/hr) 72%~82%의 열저항치가 감소한다고 하였고 그 감소효과는 풍속효과보다 걷기시 더 크다고 하였다. McCullough 등<sup>4)</sup>은 표준양상물 24종에 대한 셔말마네킹실험을 실시하였는데 3.7 km/hr의 속도로 걸을 때 (90 step/min) 의류의 열저항치는 24~51%정도 감소한다고 보고하였다.

인체가 공기 중에 있을 때 그 표면에는 움직이지 않는 공기층이 형성되는데, 공기는 열절연체이므로 이 공기층에 의하여 어느 정도의 열저항이 발생하게 된다. 선행연구의 결과에 의하면 공기의 열저항치,  $R_a$ 는 0.129,<sup>5)</sup> 0.136,<sup>6)</sup> 및 0.112  $m^2 \cdot ^\circ C/W^{5,6)}$  등이다. 연구자마다 공기의 열저항치가 상이한 이유는 공기흐름의 방향, 실험실내공기의 교락 정도, 실험을 행한 챔버의 크기, 실험에 사용된 셔말마네킹의 표면적 등이 상이하기 때문으로 생각된다.

인체 표면에 형성되어 있는 움직이지 않는 공기층은 인체가 움직이거나 바람이 불 때 변하게 된다. 한 선행 연구에 의하면 풍속을 1~4 m/sec로 변환시킬 때의 공

기의 전열저항치를 측정한 결과 공기의 전열저항치는 풍속에 반비례함을 밝혔다<sup>7)</sup>. Havenith 등<sup>3)</sup>은 풍속이 0.7 m/sec 일때 공기층의 열저항치는 30~40% 감소한다고 하였고, 풍속이 4 m/sec일 때 62~70% 감소한다고 보고하였다. 다른 연구에 의하면 0.2 m/sec~1.5 m/sec 풍속이 증가할 때 열저항치는 곡선적으로 감소하며, 1.2 m/sec 이상일 때는 열저항치 감소율이 담보 상태가 된다고 보고하였고, 착의시 풍속에 따른 열저항치 변화에 관한 연구에서는 풍속이 증가함에 따라 의류의 열저항치는 직선적으로 감소한다고 하였다<sup>8)</sup>.

그러나 환경변화나 신체의 자세변형, 움직임 등에 따른 의류의 열저항치 연구는 많지 않고, 이들 연구의 대부분은 공기층의 풍속변화에 따른 열저항치변화 실험이 대부분으로, 실제 착용되고 있는 의류에 대한 연구는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구의 목적은 100% 모직물을 조직과 밀도가 상이한 직물로 제직후 의류를 제작하여 셔말마네킹을 이용, 동일한 온습도조건하의 인공기후실에서 풍속을 단계적으로 변화시켜 풍속 변화가 공기층과 의류의 온열특성에 미치는 영향을 비교, 검토하였다.

## II. 실험 방법

### 1. 시료 구성

본 실험에서 사용된 3종의 남성용 양복을 구성하는 직물은 100% 모직물로서 평직, 능직 및 주자직 등 각각 1종이며 그 특성은 Table 1과 2에 나타내었다.

본 연구에 사용한 직물은 번수는 동일하지만 밀도는 상이하였으므로 전달특성간의 차이가 있었는데, 특히 투습성과 공기투과도의 경우 평직이 가장 높았고 능직, 주자직의 순이었다.

상기의 직물을 사용하여 3벌의 남성용 양복을 H봉제 업체에 의뢰하여 본 실험에 사용한 셔말마네킹에 맞도

Table 1. Specifications of the wool fabrics.

Sample No	Woven Structure	Density (picks/in)	Denier (Nm)	Weight (mg/cm <sup>2</sup> )	Thickness (mm)
1	Plain	62×49	1/30	16.29	0.55
2	Twill	80×72	1/30	19.70	0.60
3	Satin	105×86	1/30	23.76	0.59

**Table 2.** Physical properties of fabrics for ensembles.

Sample No	Drape Coefficient	Cover Factor	Bulk Density (g/m <sup>3</sup> )	KWR (%)	WVTR (g/m <sup>2</sup> ·h)	Air Permeability (cm <sup>3</sup> /min/cm <sup>2</sup> )	MPD (μm)
1	0.3373	11.6	296.2	15.8	432.6	90	59.2
2	0.3711	17.1	328.3	13.2	308.3	29	25.2
3	0.3964	17.9	402.7	7.1	298.5	12	15.9

KWR=Keeping Warmth Ratio      WVTR=Water Vapor Transmission Rate      MPD=Mean Pore Diameter

록 동일한 크기로 제작하였다. 본실험에 사용할 앙상블을 구성하기 위하여 이용한 의부의 구성은 Table 3과 같다.

**Table 3.** Garment for ensembles.

Items	Materials	Size	Remarks
Suit Jacket	100% Wool	105	—
Trousers	100% Wool	105	—
Y-Shirt	60%/40% Cotton/Polyester	105	Short Sleeve
Underwear Shirt	100% Cotton	105	No Sleeve
Underwear Panty	100% Cotton	105	Triangle Shape
Socks	100%, Cotton	105	—

**2. 씨멀마네킹 실험**

ASTM F 1291 표준 실험방법<sup>9)</sup>에 의거, 씨멀마네킹(MTNW社, USA)을 이용하여 의복과 앙상블의 열저항치를 측정하였다. 실험에 사용된 씨멀마네킹은 남성 체형으로 일반적인 평균 인체와 크기가 비슷하고 체형과 체표면적이 비슷하며 구리로 제조된 것이다. 씨멀마네킹의 전체 표면적은 1.7804 m<sup>2</sup>로 각 부위별 체표면적과 체원을 Table 4와 5에 각각 나타내었다.

씨멀마네킹은 15부위로 나누어져 있고 각 부위별로 전력이 공급되어 각각 독립적으로 온도 제어가 가능하다. 그리고 각 부위마다 앞면과 뒷면에 온도센서가 부착되어 있어 평균값으로 그 부위의 온도를 나타낸다. 각 부위의 온도는 김 동<sup>10)</sup>이 제시한 한국 남성(20~44세)의 연간 평균피부온을 사용하였다(Table 5). 평균 피부온은 각 부위의 표면적 값으로 나눈 가중평균 피부온 값을 사용하였는데 본 실험에서 설정한 평균피부온

**Table 4.** Manikin specifications.

Thermal Manikin Specifications	Size
Height	175 cm
Weight	40 kg
Surface area	1.78 m <sup>2</sup>
Circumference of Neck	39.3 cm
Length of Arm	66 cm
Circumference of Torso	94 cm
Circumference of Waist	82 cm
Circumference of Hip	94 cm
Length of Leg	84 cm

**Table 5.** Surface area and set surface temperature of manikin.

Parts	Section name	Surface Area (m <sup>2</sup> )	Surface Temperature, °C
1	Head	0.1484	34.6
2	Upper Torso	0.3341	34.2
3	Lower Torso	0.2740	35.1
4	Right Upperarm	0.0867	34.1
5	Right Forearm	0.0631	34.1
6	Right Hand	0.0367	33.3
7	Left Upperarm	0.0895	34.1
8	Left Forearm	0.0631	34.1
9	Left Hand	0.0367	33.3
10	Right Thigh	0.1324	32.7
11	Right Calf	0.1143	32.3
12	Right Foot	0.0710	32.7
13	Left Thigh	0.1346	32.7
14	Left Calf	0.1184	32.3
15	Left Foot	0.0774	32.7
	Total	1.7804	Mean 33.72

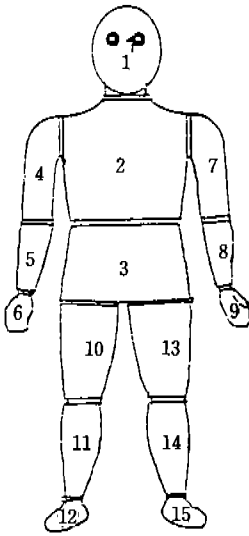


Fig. 1. Location of 15 temperature sensors.

된 결과를 가지고 다음 식에 대입하여 앙상블의 전체 건열저항치( $R_{wtd}$ )를 구하였다.

$$R_{wtd} = \frac{(T_{wtd} - T_{amb})}{Q/A_{wtd}} \quad (1)$$

여기서  $R_{wtd}$ 는 가중평균 건열저항치( $m^2 \cdot ^\circ C/W$ ),  $T_{amb}$ 는 챔버내부의 기온( $^\circ C$ )이며, 가중평균온도,  $T_{wtd}$ 와 마네킹전체 표면에 대한 가중평균 소비전력량,  $Q/A_{wtd}$ 는 다음 식에 의하여 각각 구할 수 있다.

$$T_{wtd} = \frac{\sum(T_i \times A_i)}{\sum A_i} \quad (2)$$

여기서  $T_i$ 는 zone  $i$ 의 온도( $^\circ C$ ),  $A_i$ 는 zone  $i$ 의 표면적( $m^2$ )이다.

$$Q/A_{wtd} = \frac{\sum(Q/A_i \times A_i)}{\sum A_i} \quad (3)$$

여기서  $Q/A_i$ 는 zone  $i$ 에서 소비된 전력량( $W/m^2$ )이다.

여기서 편의상  $R_{wtd}$ 를 총건열저항치,  $R_t$ 라 하면 공기의 건열저항치( $R_a$ )를 제외한 앙상블의 유효건열저항치는( $R_{cfe}$ ) 다음 식과 같다.

$$R_{cfe} = R_t - R_a \quad (4)$$

### 3. 풍속변화 실험

풍속변화에 따른 공기층과 앙상블의 건열저항치를 측정하기 위하여 인공기후실내에 설치되어 있는 풍속 fan을 단계적으로 변화시켜 풍속계(TSI Model 8455-225, TSI사)를 이용하여 풍속을 측정하였다. 마네킹은 풍속 fan에서 약 1.5 m 정도 거리에 정면으로 위치해 있는데 머리, 가슴, 배 및 무릎부위에서 약 10 cm 떨어진 곳에 풍속계를 위치시켜 마네킹의 앞면과 뒷면 총 8 부위의 풍속을 측정하여 평균치를 구하였다. 그 결과를 Table 6에 나타내었다.

표를 보면 대체적으로 앞면의 풍속이 뒷면의 풍속보다 약간 높게 나타났으며, fan속도가 0일 때는 0.19 m/sec의 풍속을 보인 것은 온습도 조절을 위해 최소로 fan이 작동되기 때문이다. fan 속도를 60으로 하였을 때 평균 풍속은 2.89 m/sec이었다.

### 4. 통계분석

통계분석은 SAS 통계처리 프로그램을 이용하여 ANOVA, Duncan's multiple range test 및 회기분석을 실시하였다.

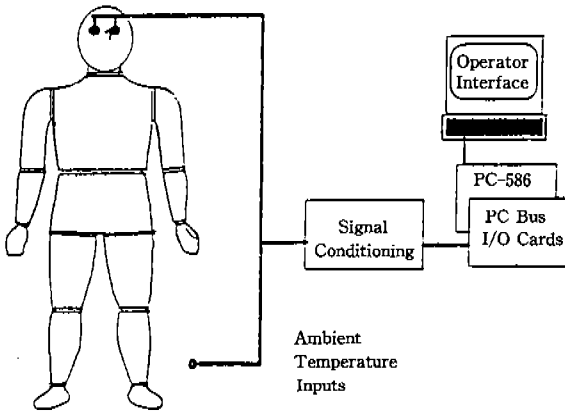


Fig. 2. Schematic representation of thermal manikin.

은  $33.72^\circ C$ 이었다. 부위별 온도센서 위치를 Fig. 1에 나타내었고 시스템의 구성을 Fig. 2에 나타내었다.

써멀마네킹 실험방법은 다음과 같다.  $20^\circ C$ 와 65% RH로 조절된 인공기후실(크기:  $4500 \times 4200$  mm) 중앙에 써멀마네킹을 설치하고 써멀마네킹 내부에 설정된 각 부위의 피부온을 일정 하게 유지하도록 전력을 공급한다. 써멀마네킹에 실험하고자 하는 앙상블을 입힌 후, 인공기후실내 온도와 습도가 일정하게 되고 써멀마네킹의 피부온을 일정하게 유지하도록 공급되는 전력량이 일정하게 되면, 1분 간격으로 30분 동안 마네킹의 피부온, 기온, 소비된 전력량 등이 기록된다. 이 측정

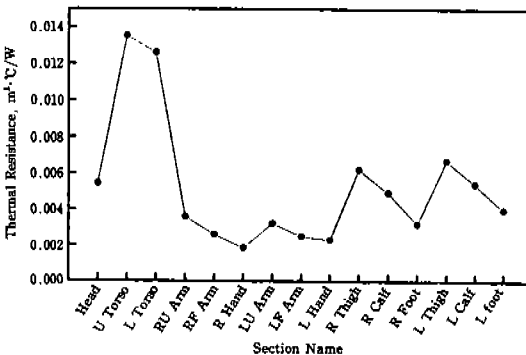
**Table 6.** Results for air velocity in environmental chamber.

Fan Speed \ Air Velocity	Front (m/sec)	Back (m/sec)	Mean (m/sec)
0	0.205	0.188	0.19
20	0.254	0.250	0.25
30	0.804	0.371	0.58
40	0.646	0.939	0.79
50	1.329	1.220	1.27
60	3.008	2.778	2.89

III. 결과 및 고찰

1. 누드마네킹의 건열저항치

착의하지 않은 마네킹에는 마네킹 표면에 형성되어 있는 공기의 층이 존재하여 어느 정도의 열저항을 가지고 있다. 따라서 선행연구와 비교하고, 앙상블의 유효 건열저항치를 구하기 위하여 착의하지 않은 상태, 즉 누드마네킹의 건열저항을 5회 반복 측정하여 그 결과를



**Fig. 3.** Thermal resistance of air layer for 15 sections of nude manikin with no air velocity.

Table 7에 나타내었고 각 부위별 건열저항치를 Fig. 3에 나타내었다.

본 실험은 무풍 상태(0.2m/sec 이하), 20°C, 65% 조건에서 실험을 실시한 결과로 공기의 건열저항치는 0.079 m²·°C/W로 나타났다. 선행연구의 결과에 의하면 공기의 건열저항치는 0.129,<sup>3)</sup> 0.136,<sup>4)</sup> 및 0.112 m²·K/W<sup>5,6)</sup> 등으로 본 측정치와는 다소 상이한 결과

**Table 7.** Thermal resistance of air layer in nude manikin(m²·°C/W).

Section name	air layer
Head	0.005485
Upper Torso	0.013549
Lower Torso	0.012620
Right Upper arm	0.003613
Right Forearm	0.002630
Right Hand	0.001868
Left Upper arm	0.003268
Left Forearm	0.002545
Left Hand	0.002329
Right Thigh	0.006276
Right Calf	0.005008
Right Foot	0.003238
Left Thigh	0.006744
Left Calf	0.005466
Left Foot	0.004026
Standard Deviation	0.0054
Mean R <sub>t</sub>	0.0786(0.51clo)

를 보인다. 그러나 앞에서 언급하였듯이 연구자마다 공기의 건열저항치가 상이한 이유는 공기흐름의 방향, 공기의 교락 정도, 실험을 행한 챔버의 크기, 실험에 사용된 셔말마네킹의 표면적 등이 상이하기 때문으로 생각된다.

2. 앙상블을 구성하는 각 의복의 건열저항치

앙상블을 구성하는 각 의복의 건열저항치를 각각 3회씩 셔말마네킹을 이용하여 측정하였다. 본 연구에 사용된 의복은 Y-셔츠, 런닝셔츠, 팬티 및 양말로 각 의복

**Table 8.** Thermal resistance of clothing consisted of ensemble.

Items	R <sub>t</sub> (m²·°C/W)	I <sub>c</sub> (clo)	R <sub>clo</sub> (m²·°C/W)	I <sub>clo</sub> (clo)	Weight(g)
Y-Shirt	0.1162	0.75	0.0376	0.24	127
Underwear Shirt	0.0953	0.61	0.0167	0.10	96
Underwear Panty	0.0905	0.58	0.0119	0.07	60
Socks	0.0879	0.57	0.0093	0.06	54
Suit 1	0.1737	1.12	0.0951	0.61	998
Suit 2	0.1836	1.19	0.1050	0.68	1,186
Suit 3	0.1815	1.17	0.1029	0.66	1,267

R<sub>t</sub>, I<sub>c</sub>: 평균건열저항치 R<sub>clo</sub>, I<sub>clo</sub>: 유효평균건열저항치

의 건열저항치와 무게를 Table 8에 나타내었다.

3종의 모의류의 유효건열저항치는 0.095~0.105 m<sup>2</sup>·°C/W로 직물의 구성조건과 관계없이 비슷한 값을 보이며 이들을 제외하면, Y-셔츠의 유효건열저항치는 0.0376 m<sup>2</sup>·°C/W로, 무게는 127 g으로 가장 높은 유효 건열저항치와 무게를 나타내었고, 양말의 유효건열저항치는 0.0093 m<sup>2</sup>·°C/W, 무게는 54 g로 가장 낮은 값을 보였다.

3. 앙상블 3종의 건열저항치

20°C, 65% RH 및 무풍 상태(0.2 m/sec 이하)의 인공기후실내에서 썬드마네킹을 이용하여 측정된 앙상블 3종의 건열저항치를 각각 3회씩 측정하여 그 평균값을 Table 9와 Fig. 4에 나타내었다.

Table 9를 보면 평직, 능직 및 주자적으로구성된 앙상블의 유효건열저항치는 0.14, 0.15 및 0.13 m<sup>2</sup>·°C/W로, 주자적앙상블이 조금 낮은 값을 보였지만, 직물 상태의 구성조건, 즉 밀도, 조직 등과 전달특성, 즉 보

Table 9. Thermal resistance of 3 ensembles with no air velocity(m<sup>2</sup>·°C/W).

Section name	Ensembles		
	1	2	3
Head	0.006110	0.006218	0.006301
Upper Torso	0.056034	0.057723	0.053669
Lower Torso	0.052418	0.057650	0.050171
Right Upper arm	0.015646	0.015792	0.015500
Right Forearm	0.005788	0.005823	0.005564
Right Hand	0.001670	0.001682	0.001661
Left Upper arm	0.015835	0.016418	0.014478
Left Forearm	0.006117	0.006082	0.006036
Left Hand	0.002103	0.002136	0.002061
Right Thigh	0.015342	0.015245	0.013981
Right Calf	0.008924	0.009200	0.008667
Right Foot	0.005104	0.005288	0.005156
Left Thigh	0.013230	0.014916	0.011567
Left Calf	0.008911	0.009284	0.008752
Left Foot	0.005938	0.006199	0.006199
Standard Deviation	0.1135	0.0642	0.1307
Mean R <sub>t</sub>	0.2192 (1.41clo)	0.2297 (1.48clo)	0.2098 (1.35clo)
Mean R <sub>clo</sub>	0.1406 (0.90clo)	0.1511 (0.97clo)	0.1312 (0.84clo)

R<sub>t</sub>: 평균건열저항치, R<sub>clo</sub>: 유효평균건열저항치

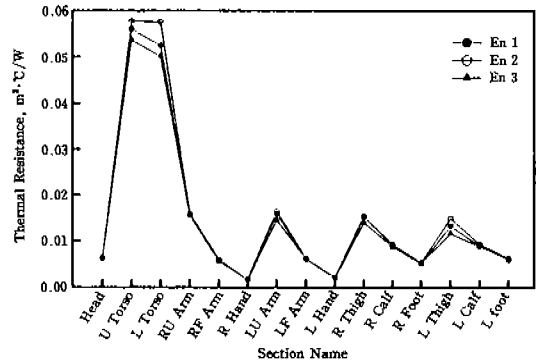


Fig. 4. Thermal resistance of 3 ensembles for 15 sections of manikin with no air velocity.

온을, 투습성, 공기투과도 및 기공도와는 상관없이 비슷한 유효건열저항치를 나타내었다.

4. 풍속변화에 따른 공기층과 앙상블의 건열저항치

풍속을 6단계, 즉 0.19~2.89 m/sec로 변화시켰을 때의 누드마네킹의 공기층과 앙상블 3종의 건열저항치 변화를 각 3회씩 측정하여 그 측정결과를 Table 10, Fig. 5~12에 나타내었고 풍속변화에 따른 공기층의 건열저항치간 상관성을 분석하기 위하여 ANOVA와 Duncan test를 실시하여 그 결과를 Table 10과 11에 각각 나타내었다.

1) 풍속변화에 따른 공기층의 건열저항치

Table 10과 11에서 ANOVA와 Duncan test를 보면 풍속변화에 따라 공기층의 건열저항치는 유의한 차이를 보여 풍속이 증가함에 따라 공기층의 건열저항치는 증가함을 보인다. 또한, Fig. 5를 보면 풍속이 증가함에 따라 각 부위의 건열저항치는 일관성 있게 감소하였고 풍속이 증가할수록 그 감소율은 감소하였다. Fig. 6을 보면 풍속이 증가함에 따라 건열저항치는 급격히 감소하였는데, 무풍시와 비교하여 풍속이 0.25 m/sec일 때 16% 감소, 0.79m/sec일 때는 51%감소하였고, 풍속이 1.27m/sec를넘으면서 그 감소율이 현저히 감소하여 2.89 m/sec 일때 61%의 감소율을 나타내었다.

풍속이 증가하면 공기의 건열저항치가 감소하는 이유는 풍속이 증가하면 마네킹 표면의 공기가 대류에 의해 움직이게 되므로 이로 인해 공기층이 얇아져서 열저항이 감소되기 때문으로, Seppanen 등<sup>8)</sup>에 의하면 풍속 0.2 m/sec~1.5 m/sec 범위에서의 공기의 건열저항치 변화에 대한 연구를 실시하였는데 풍속이 증가하면 건

Table 10. Mean thermal resistance of air layer and 3 ensembles with air velocity.

Thermal Resistance		Air velocity					
		0.19 (m/s)	0.25 (m/s)	0.58 (m/s)	0.79 (m/s)	1.27 (m/s)	2.89 (m/s)
Air layer	Mean $R_a$ , $m^2 \cdot ^\circ C/W$	0.0786	0.0662	0.0468	0.0387	0.0344	0.0314
	Mean $I_a$ , clo	0.51	0.43	0.30	0.25	0.22	0.20
	Duncan Grouping <sup>a</sup>	A	B	C	D	E	F
	Standard Deviation	0.0054	0.0115	0.0	0.0	0.0115	0.0058
	Decrease rate, %	—	16	41	51	57	61
Ensemble 1	Mean $R_t$ , $m^2 \cdot ^\circ C/W$	0.2192	0.2035	0.1575	0.127	0.0985	0.08587
	Mean $I_t$ , clo	1.41	1.31	1.02	0.82	0.64	0.55
	Mean $R_{clo}$ , $m^2 \cdot ^\circ C/W$	0.1406	0.1373	0.1107	0.0883	0.0641	0.0545
	Mean $I_{clo}$ , clo	0.9	0.8	0.72	0.57	0.42	0.35
	Duncan Grouping <sup>a</sup>	A	A	B	C	D	D
	Standard Deviation	0.1135	0.0458	0.0208	0.0173	0.0351	0.0208
	Decrease rate, %	—	21	20	37	53	61
Ensemble 2	Mean $R_t$ , $m^2 \cdot ^\circ C/W$	0.2297	0.2203	0.1629	0.1456	0.1222	0.1005
	Mean $I_t$ , clo	1.48	1.42	1.05	0.94	0.79	0.65
	Mean $R_{clo}$ , $m^2 \cdot ^\circ C/W$	0.1511	0.1541	0.1161	0.1069	0.0878	0.0691
	Mean $I_{clo}$ , clo	0.97	0.99	0.75	0.69	0.57	0.45
	Duncan Grouping <sup>a</sup>	A	A	B	B	C	D
	Standard Deviation	0.0642	0.0666	0.1387	0.0755	0.0854	0.0872
	Decrease rate, %	—	-2	23	29	41	54
Ensemble 3	Mean $R_t$ , $m^2 \cdot ^\circ C/W$	0.2098	0.1998	0.1734	0.1490	0.1324	0.0980
	Mean $I_t$ , clo	1.35	1.29	1.12	0.96	0.85	0.63
	Mean $R_{clo}$ , $m^2 \cdot ^\circ C/W$	0.1312	0.1336	0.1254	0.1103	0.098	0.0666
	Mean $I_{clo}$ , clo	0.84	0.86	0.82	0.71	0.63	0.43
	Duncan Grouping <sup>a</sup>	A	A	A	B	C	D
	Standard Deviation	0.1307	0.1504	0.2886	0.1193	0.1270	0.152
	Decrease rate, %	—	-2	2	15	25	49

<sup>a</sup>Means with the same letter are not significantly different.

$R_a$ ,  $I_a$  : 풍기의 전열저항치,  $R_t$ ,  $I_t$  : 평균전열저항치,  $R_{clo}$ ,  $I_{clo}$  : 유효평균전열저항치

Table 11. ANOVA test for air layer resistance and Air velocity.

Source	F Value	R-Square
Air Layer	1249.05***	0.99
Ensemble 1	44.92***	0.95
Ensemble 2	18.10***	0.88
Ensemble 3	5.64***	0.70

\*\*\* p<0.001

열저항치는 폭선적으로 감소하다가 1.2m/sec 이상일 때는 담보상태라고 보고하였는데 본 연구결과와 거의 일치한다.

풍속과 전열저항치간의 회귀식을 구하였는데 그 회귀식은 다음과 같다.

$$Y = X[\exp(-0.351)] \times 0.0406, R^2=0.93 \quad (5)$$

여기서 X는 풍속(m/sec) 이다.

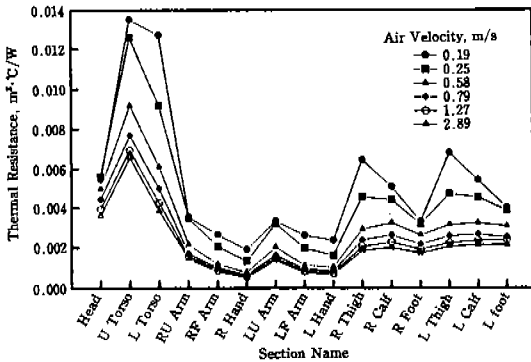


Fig. 5. Thermal resistance of air layer for 15 sections of manikin with air velocity.

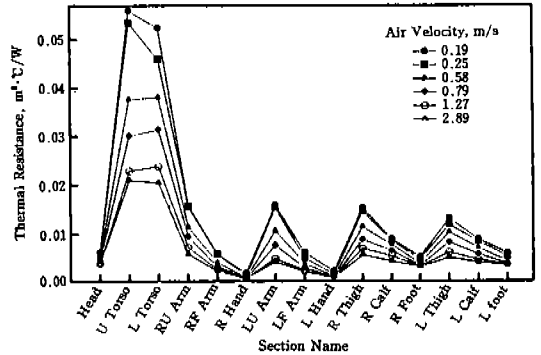


Fig. 7. Thermal resistance of ensemble 1 for 15 sections of manikin with air velocity.

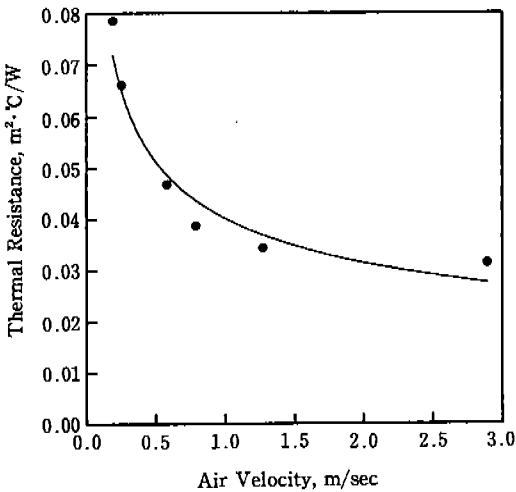


Fig. 6. Thermal resistance of air layer of nude manikin with air velocity.

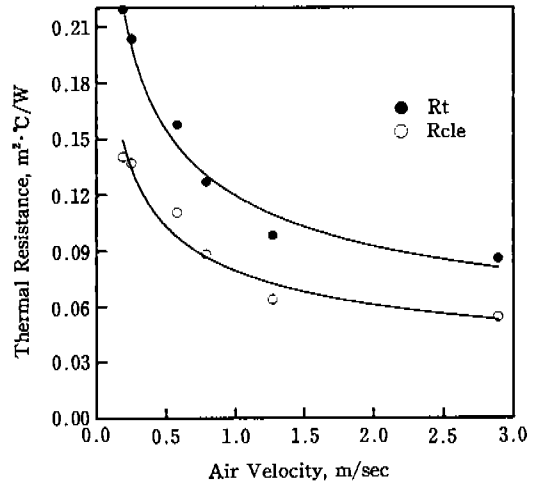


Fig. 8. Thermal resistance of ensemble 1 of manikin with air velocity.

회귀식에 의하면 풍속증가에 따라 공기층의 건열저항치는 지수함수적으로 감소함을 알 수 있다.

2) 풍속변화에 따른 앙상블의 건열저항치

구성조건이 상이한 앙상블 3종의 풍속 변화에 따른 건열저항치 변화를 측정하여 그 측정 결과를 Fig. 7~12에 나타내었다.

그림을 보면 nude 마베킹의 결과와 비슷하게 풍속이 증가할수록 앙상블 1, 2 및 3 모두 각 부위의 유효건열저항치는 일관성 있게 감소하였는데, 풍속증가에 따라 평균 유효건열저항치는 지수함수적으로 감소하여 일정 이상의 풍속이 존재하면 유효건열저항치 감소율은 감소함을 알 수 있다.

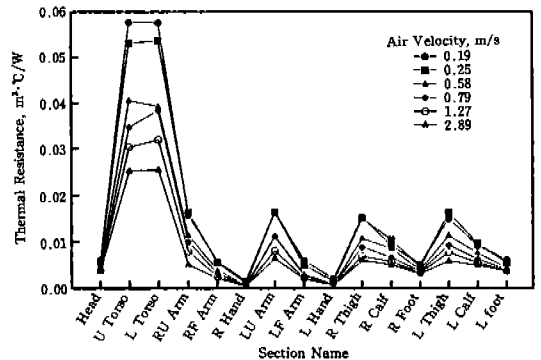


Fig. 9. Thermal resistance of ensemble 2 for 15 sections of manikin with air velocity.



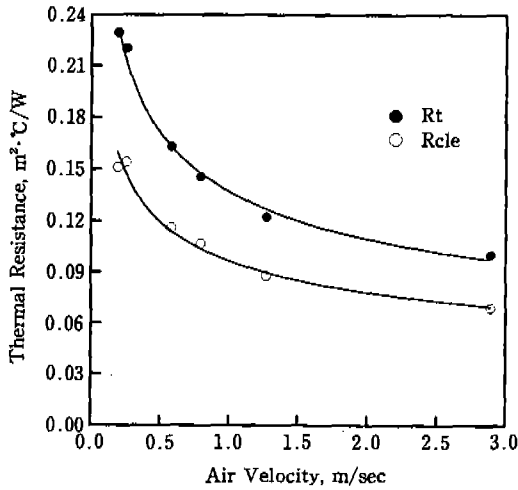


Fig. 10. Thermal resistance of ensemble 2 of manikin with air velocity.

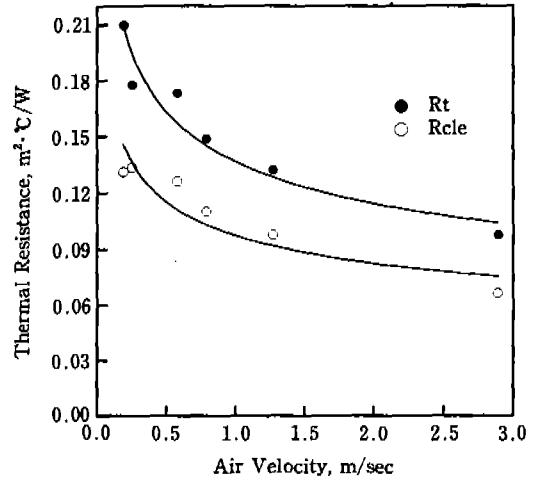


Fig. 12. Thermal resistance of ensemble 3 of manikin with air velocity.

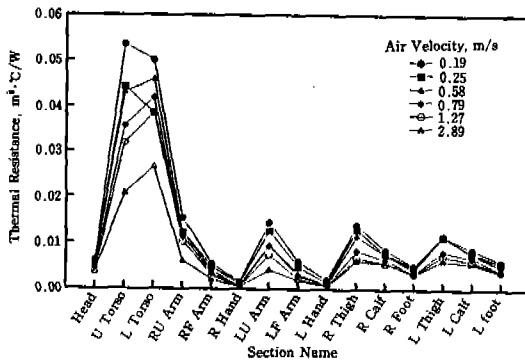


Fig. 11. Thermal resistance of ensemble 3 for 15 sections of manikin with air velocity.

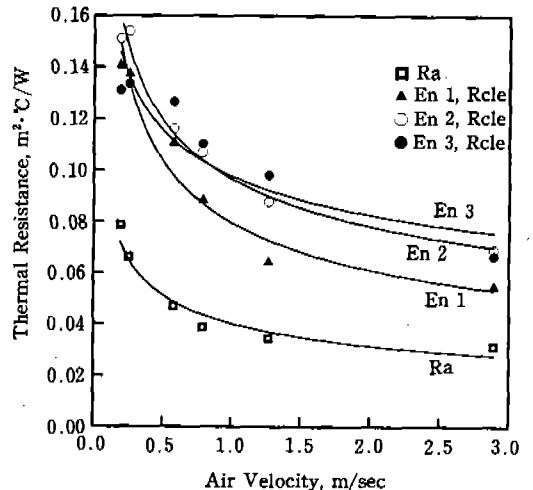


Fig. 13. Thermal resistance of 3 ensemble sof manikin with air velocity.

앙상블 3종의 풍속에 따른 평균 유효건열저항치를 비교하기 위하여 Fig. 13에 각 측정값들을 나타내었고, 풍속과 유효건열저항치간의 회귀식을 구하였다.

앙상블 1의 경우,  $R_{cle}$ ,  
 $Y = X[\exp - 0.380] \times 0.0795, R^2 = 0.96$  (6)

앙상블 2의 경우,  $R_{cle}$ ,  
 $Y = X[\exp - 0.305] \times 0.0966, R^2 = 0.99$  (7)

앙상블 3의 경우,  $R_{cle}$ ,  
 $Y = X[\exp - 0.241] \times 0.0977, R^2 = 0.85$  (8)

위의 식을 보면 각 식의 지수의 절댓치 값, 즉 유효건열저항치 감소폭은 앙상블 1이 가장 높고 앙상블 2, 3의 순이다. 이는 풍속이 증가함에 따라 평직앙상블의

경우 그 건열저항치 감소 폭이 가장 크다는 의미이고 주자직앙상블이 가장 그 감소 폭이 적다는 의미이다. 즉 주자적으로 갈수록 풍속증가에 대하여 투과되는 공기량의 증가가 적어 열저항치가 상대적으로 크게 나타나는 현상이라고 할 수 있다.

풍속증가에 따른 유효건열저항치 감소율을 보면 평직앙상블의 경우 0.58 m/sec일 때 감소율은 20%로 급격히 떨어져 최대풍속인 2.89 m/sec 일 때 61%의 감소율을 보이고, 능직앙상블의 경우 풍속이 0.25 m/sec일

때까지는 변화가 거의 없다가 풍속이 0.58 m/sec가 되면 23%로 급격히 떨어져 최대풍속일 때 54%의 감소율을 보인다. 주자직양상블의 경우에는 풍속이 0.58 m/sec까지는 별 차이를 안보이다가 0.79 m/sec를 넘으면 서서히 감소하여 풍속이 0.28 m/sec일 때 49%로 급격히 떨어짐을 보인다. 이를 검증하기 위해 실시한 ANOVA와 Duncan test의 결과를 보면 평직양상블의 경우 풍속이 0.25 m/sec 이상일 때 유의한 차이를 보이다가 풍속이 1.27 m/sec 이상이면 유의한 차이가 없고 능직양상블의 경우 역시 풍속이 0.25 m/sec를 넘으면 유의한 차이를 보이며 주자직양상블의 경우 풍속이 0.58 m/sec를 넘으면 유의한 차이를 보인다(Table 10, 11).

이상의 결과로 보아 소재가 의류를 구성하는 직물의 소재가 동일할 경우 정적인 상태에서의 열저항치 차이는 크게 나타나지 않지만 풍속이 증가할 경우, 직물구성 조건에 따른 양상블의 유효건열저항치의 차이가 남을 알 수 있고 이는 직물물성 중 전달특성의 영향이 크게 작용함을 알 수 있다.

#### IV. 결 론

100% 모직물을 시료로 하여 조직과 밀도가 상이한 직물을 이용, 동일한 디자인으로 봉제하여 남성용 양복 3종을 제작하였다. 이 양복에 일상적으로 사용되고 있는 와이셔츠, 속옷, 양말 등의 의복과 함께 양상블을 구성하여 풍속변화에 따른 양상블의 온열특성을 규명하고자 인공기후실 내에서 셔말마케팅을 이용하여 풍속 변화가 의류직물의 온열특성에 미치는 영향을 밝혔다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 무풍 상태(0.2 m/sec 이하), 20°C, 65% 조건에서 마케팅표면에 존재하는 공기의 건열저항치는 0.079 m<sup>2</sup>·°C/W로 나타났다.

2. 풍속이 증가함에 따라 공기의 건열저항치는 급격히 감소하는데, 무풍시와 비교하여 풍속이 0.25 m/sec 일 때 15%의 감소율을 나타냈고, 2.89 m/sec일 때는 61%의 감소율을 나타내었다.

3. 무풍시 조직과 밀도가 상이한 모직물의 유효건열저항치의 차이는 크게 나타나지 않았으나, 풍속이 증가함에 따라 양상블간의 유효건열저항치 감소량은 현저한 차이를 보였다. 즉 풍속이 증가함에 따라 공기투과도가 높은 양상블의 유효건열저항치의 감소율이 가장 높았다.

4. 본 실험에서의 최대풍속인 2.89 m/sec일 때 무풍시와 비교하여 평직양상블의 경우 61%, 능직양상블은 54%, 주자직양상블의 경우 49%의 유효건열저항치 감소율을 나타내었다.

이상의 결과로 보아 소재가 동일한 양상블 3종의 유효건열저항치는 비슷하지만 실제 자연환경에서 풍속이 존재할 때는 양상블을 구성하는 물성중 조직, 밀도 등의 구성조건과 전달특성이 유효건열저항치에 영향을 미친다. 향후에 온도, 습도 등 자연환경을 변화시키면서 양상블을 온열특성을 관찰하면 실제 자연환경에서의 열적으로 쾌적한 의류제작에 많은 도움이 되리라 생각한다.

#### 참 고 문 헌

- 1) G. Havenith, R. Heus, and W. A. Lotens, Clothing ventilation, vapour resistance and permeability index: changes due to posture, movement and wind, *Ergonomics*, **33**, 989(1990).
- 2) E.A. McCullough and S.Hong, Data base for determining the decrease in clothing insulation due to body motion, *ASHRAE Transactions*, **100**(part 1), 765(1994).
- 3) G. Havenith, R. Heus, and W. A. Lotens, Resultant clothing insulation: a function of body movements, posture, wind, clothing fit and ensemble thickness, *Ergonomics*, **33**, 67(1990).
- 4) R. Nielsen, B. W. Olesen, and P. O. Fanger, Effect of physical activity and air velocity on the thermal insulation of clothing, *Ergonomics*, **28**, 1632(1985).
- 5) B. W. Olesen, E. Sliwiska, T. L. Madsen, and P. O. Fanger, Effect of body posture and activity on the thermal insulation of clothing: measurements by a movable thermal manikin, *ASHRAE Transactions*, **88**, 805(1982).
- 6) E.A. McCullough, B.W. Jones, and T.A. Tamura, Data base for determining the evaporative resistance of clothing, *ASHRAE Transactions*, **89** (part 2), 327(1989).
- 7) W.A. Lotens, Calculation of clothing insulation and vapor resistance, *Ergonomics*, **34**, 233(1991).
- 8) O. Seppanen, P. E. McNall, D. M. Munson, C. H. Sprague, Thermal insulating values for typical indoor clothing ensembles, *ASHRAE Semiannual Meeting*, New Orleans, La., Jan. 23-27, (1972).
- 9) American Society for Testing and Materials, *Annual Book of ASTM Standards*, **7.01**, (1997).
- 10) 김명주, 최정화, 성별, 연령별로 본 한국인의 월별 피부온, *한국의류학회지* **21**, 314(1997).