

## 칼라 부직포의 연소실험에 관한 연구

### A Study on Combustion Experiments of Color Nonwoven

민세홍<sup>†</sup> · 임상범\*Se-Hong Min<sup>†</sup> · Sang-Bum Im\*경원대학교 공과대학 소방방재공학과, \*경원대학교 환경대학원 소방방재공학과  
(2011. 4. 8. 접수/2011. 6. 10. 채택)

#### 요 약

본 연구에서는 공사현장에서 사용하고 있는 칼라 부직포의 화재위험성을 평가하기 위하여 콘칼로미터와 수직화염전파성 실험을 실시하였다. 그 결과 칼라 부직포는 표면에 화염이 착화되지는 것이 아니라 용융이 된 상태에서 가연성가스가 발생되어 착화되는 연소형태를 보였다. 수직화염전파성 실험의 경우 가열강도에 의해 칼라 부직포가 수축 및 파단되어 화염이 전파되지 않을 정도로 열에 매우 취약하였다. 총방출열량은 2.66 MJ/m<sup>2</sup>로, 건축물 실내마감재료 난연성능평가의 준불연재료(10분), 난연재료(5분) 8 MJ/m<sup>2</sup> 이하 기준에 규합되지만 이것은 내장재의 기준으로 칼라 부직포가 난연성능을 가지고 판단할 수 없으며 외장재에 대한 난연성능과 실험방법에 대한 기준이 마련되어야 한다고 판단된다.

#### ABSTRACT

Experiments of Cone calorimeter test and Lift spread flame apparatus test are carried out in order to appraise fire hazard in color nonwoven used mostly on the spot in construction works. As the result, in color nonwoven combustibility is discovered not firing flame in surface, but firing under state of combustible gas occurring in the state of melting. In the case of Lift spread flame apparatus test, color nonwoven is very brittle which almost no flame spread owing to contracting and break by firing strength. The following data are agree with basis : total heat release is 2.66 MJ/m<sup>2</sup>, limited combustible material (10 min) of incombustible rating appraisal in interior material of building, and incombustible materials (5 min) 8 MJ/m<sup>2</sup> in spite of the above data mentioned, those data are only as basis of interior finish, and so I cannot judge color nonwoven have incombustible rating retain through the above data. Accordingly, the basis of incombustible rating and experiment method about exterior finish must be arranged also.

**Key words :** Color nonwoven, Cone calorimeter, Lift spread flame apparatus

### 1. 서 론

최근 중국 상하이시 장안취 지아오저우루 28층 아파트 외벽 보온공사 중 바닥에 있던 건축재료에서 화재가 발생하여 외부벽계 안전망으로 확산되어 순식간에 건물 전체를 태우고 53명이 사망하는 큰 인명사고가 발생하였다.<sup>1)</sup>

우리나라에서도 공사현장을 외부에 노출시키지 않기 위해 외부벽계에 수직보호망이나 부직포를 설치하여 공사를 진행하고 있으며, 수직보호망, 부직포에 착화될

경우 앞의 화재사례와 같이 큰 인명 및 재산의 피해가 발생될 우려가 있다.

수직보호망은 고용노동부고시 제 2010-36호에 따라 의무안전인증 대상에 포함되어 있으며, KS F 8081 6.6에 의해 방염성시험을 실시하여 안전인증마크가 표시된 제품을 사용하도록 의무화되어 있지만 부직포에 대해서는 아직 안전기준이 없는 상태이다.

본 연구는 수직보호망보다 화재에 더 취약한 칼라 부직포에 대해 연소실험을 진행하였다.

부직포는 여과성, 보온성, 흡수성 등이 좋으나 내열성과 내후성이 취약하다는 단점이 있다.

2007년~2009년 화재통계에 의하면 최초 착화물 화

<sup>†</sup>E-mail: shmin@kyungwon.ac.kr

재현황에서 부직포에 의한 화재가 253건, 229건, 153건으로 각각 나타났다.<sup>2)</sup> 부직포는 침구, 직물류로 분류되어 있는데 일상생활에서는 사용하지 않는 부직포가 의류, 이불 다음으로 화재의 발생이 높게 나타난 것이 주목할 만한 점이다.

부직포는 의료자재, 위생자재, 화장용품, 포장재 등 다양한 분야에서 사용이 되고 있는데 그 중에서 건설현장의 사용빈도가 증가하고 있는 추세이다.

일반 장식유 부직포의 KS인증심사의 검사항목에는 천의 파열강도 및 파열 팽창, 직물의 인열강도, 공기 투과도, 굽힘길이 등의 검사<sup>3)</sup>만 있고 난연성 성능검사는 검사항목에 없으며, 부직포 제조회사 자체적으로 검사한 공인된 기관에서 인증되지 않은 자체 데이터만으로 관리되고 있는 실정이다.

본 연구는 건설현장에서 가장 많이 사용하고 있는 칼라 부직포에 대해 콘칼로리미터, 수직화염전파성 실험의 통해 화재 위험성을 분석하고자 한다.

### 1.1 연구범위

섬유 및 토목분야에서 부직포 관련된 연구는 활발히 진행되고 있으나 화재 위험성에 대한 연구는 미미한 현실이다.

조광수는 시뮬레이션을 통한 스펀본딩의 부직포의 역학적 물성을 연구<sup>4)</sup>하였고, 정명희는 숲 날염에 의한 부직포의 특성 변화 등의 연구<sup>5)</sup>를 하였지만, 부직포의 화재 위험성에 대한 연구는 전무한 실정이다.

본 연구는 부직포 중 분진 및 현상이 외부로 노출되는 것을 차단시키기 위해 설치하는 칼라 부직포의 연소실험을 통해 화재 위험성을 평가하고자 한다.

### 1.2 화재사례

2010년 용인의 ○○공사현장에서 바닥에 부직포를 깔아놓고 용접작업을 하다가 용접불티가 착화되어 가

설계단에 설치한 천막으로 옮겨 불길이 확산되는 화재가 발생하였다.<sup>6)</sup> 또한, 2006년 충남에서 ○○도시 홍보관 건설현장에서 1층 로비 수직정원에서 아르곤 용접작업을 하던 중 용접불티가 근처에 있는 부직포에 옮겨 화재가 발생하였다.<sup>7)</sup>

Figure 1은 2003년 서울 수송동 ○오피스텔 철골공사현장 4층에서 용접작업을 하던 중에 용접불티가 공사 주변에 설치해 놓은 부직포에 착화되어 화재가 발생한 사례이다.<sup>9)</sup>

## 2. 부직포 분류 및 제조과정

### 2.1 부직포 정의 및 분류

A.S.T.M(American Society for Testing and Materials)에서는 기계적, 열적, 화학적 또는 용제접착에 의해 섬유, 실 또는 필라멘트를 집착 또는 상호 결합시키는 방법에 의해 만든 시트 혹은 web구조를 부직포(不織包, nonwoven)라고 정의한다.<sup>10)</sup>

산업용과 의류용 안감지로 주로 일회용 기저귀, 부직포 의복과 비닐하우스 보온 등 일상생활뿐만 아니라 농업용 등 다양하게 사용된다.

건설공사 현장은 Figure 2처럼 할석 및 해체 작업 중 생기는 분진 등이 외부로 유출되지 않도록 하고 공사현장의 모습을 외부에 노출하지 않게 하기 위해 외부 비계에 설치하거나 콘크리트 보온 및 양생 등에 주로 사용하고 건축자재 덮개 등에 사용한다.

### 2.2 부직포 제조과정

기본공정은 web의 형성, 집착, 가공공정으로 나눌 수 있으며, 다양한 web형성이나 집착방법이 있으며 Table 1과 같이 사용용도에 따라 제조공정이 달라진다.

건설현장에서 사용되는 부직포는 spun bond 공정방법으로 생산이 된다. spun bond 공정은 폴리에스테르,

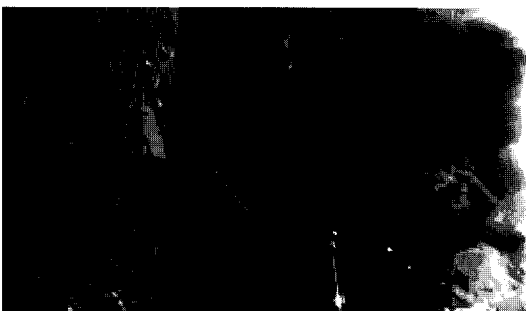


Figure 1. Under construction site fire.<sup>8)</sup>

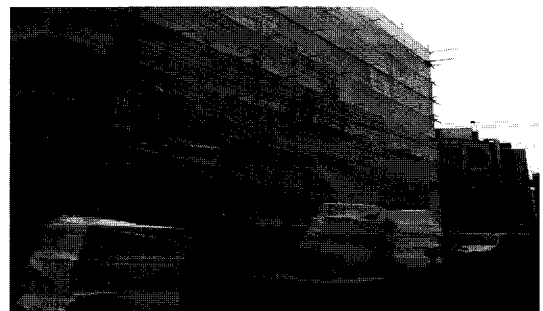


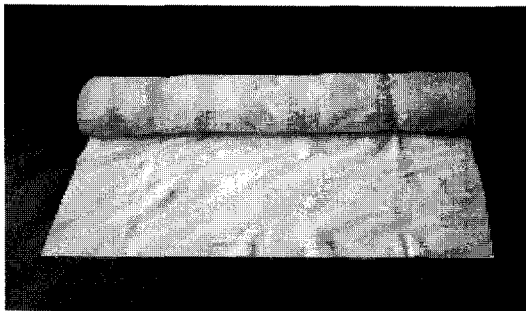
Figure 2. Color nonwoven on the external scaffolding.

**Table 1.** Classification of Nonwoven Process

공정 및 특징	주용도
습식 물성을 매우 자유롭게 변화시킬 수 있음	Wiper, 타월, 필터백, 기저귀 커버
Chemical 유연성과 통기성이 매우 뛰어나	심지
Thermal Bond 접착제를 사용하지 않아 위생적임	기저귀, 네프킨 등
Air Spray 가로와 세로 방향의 인장 차이가 없음	전지필타, 심지, Wiper, 스폰지, 절연재 등
Spun Lace 유연성과 통기성이 뛰어나	의료용, 심지, 생활용품, 코팅기포, Roofing재, Wiper 등
Spun Bond 용도에 따른 원단설계가 용이함	포장재, 내프킨, 토목건축재, 필터, 심지, 코팅재 등
Melt Blown Melt Blow 유연성, 비투과성, 절연성이 뛰어나	필터, 절연재, 흡수시트, Wiper, 흡유시트, 생리용 내프킨 등
Needle Punch 두께조정이 용이함	카펫, 모포, 필터, 심지 등
Stitch Bond 두께는 얇으나 인장강도는 높음	심지, 자동차 내장재 등

폴리프로필렌을 주원료로 하여 폴리머 칩을 압출기에 넣고 방사구멍에서 다량의 필라멘트를 압출하여 고온 상태에서 열에 의해 윤착시키는 방법이다.

폴리프로필렌은 프로필렌을 소위 Ziegler 촉매를 사용하여 중합한 입체규칙성을 갖는 열가소성수지이다.  $-(CH_2-CHCH_3)_n-$ 으로 되는 구조식을 갖고 비중 0.90이라는 플라스틱 중에서는 가장 가벼운 부류에 속한다.



**Figure 3.** Color nonwoven.<sup>11)</sup>

기계적 성형, 강성, 내약품성, 내유성이 뛰어난 플라스틱으로 사출성형, 압축성형, 취입성형, 진공성형, 분말 성형 및 연신 필름성형 등과 광범위한 가공법이 사용되며 다양하게 활용되고 있다.

폴리에스테르는 열가소성 폴리에스테르수지의 일종으로, 합성섬유(60%), 음료용기(30%) 필름성형소재 등으로 사용하며  $(-OOC-CH_2-COO-C_2H_4-)_n$ 의 구조를 가지고 플라스틱 중 전기적 특성이 우수하고 탄성율이 크고, 투명, 강도, 치수안정성, 충격강도 등과 내열성, 내약품성, 내수성도 뛰어나다.

본 연구에서는 칼라 부직포에 대한 실험을 하였다.

### 3. 콘칼로리미터(Cone calorimeter)에 의한 부직포 실험

#### 3.1 콘칼로리미터(Cone calorimeter)실험방법

국도해양부고시 제 2009-866호에 따라 연소성능시험을 하기 위해서 Figure 4에 나타난 바와 같이 KS F ISO 5660-1로 제작된 한국건설생활환경시험연구원의 장치로 실험을 진행하였다.<sup>12)</sup>

콘칼로리미터의 구성은 콘형태의 복사 전기히터, 시편의 질량감소율을 측정하기 위한 질량측정장치, 시편 홀더, 산소분석장치, 유량측정장치를 부착한 배출시스템, 스파크점화회로, 복사열량측정기, 교정용버너 및 데이터 수집을 위한 분석시스템으로 구성되어 있다.<sup>13)</sup>

시편의 크기는 100 mm × 100 mm이며, 두께는 50 mm 이하로, 연소실험을 하는 동안 시편의 착화시간, 질량감소율, 열방출률, 연소열, CO, CO<sub>2</sub> 등을 측정하여 화재강도를 측정한다.

시편은 Table 2에 나타내었으며 콘칼로리미터실험 시편을 정리하여 나타냈다. 시편을 실험 순서에 따라 C1, C2, C3로 각각 표현하였다.

복사강도는 부직포 연소실험에 적용되는 기준이 마



**Figure 4.** ISO 5660-1 cone calorimeter experimental device.

**Table 2. Specimen Dimensions**

No.	가로(mm)	세로(mm)	두께(mm)	무게(g)
C1	102.1	100.3	4.5	1.1
C2	100.4	98.8	2.8	1
C3	100.9	101.6	2.5	0.9

**Table 3. Ignition and Flameout Date**

N0	50 kW/m <sup>2</sup>		30 kW/m <sup>2</sup>		25 kW/m <sup>2</sup>	
	I	F	I	F	I	F
	(sec)	(sec)	(sec)	(sec)	(sec)	(sec)
1	32	62	77	111	286	322
2	26	6	62	108	504	549
3	24	50	62	108	385	433

련되어 있지 않은 상태이므로, 0에서 100 kW/m<sup>2</sup>까지 설정할 수 있는 값 중, 복사강도를 50 kW/m<sup>2</sup>으로 시작하여 실험을 하였으나, 순식간에 녹아서 연소과정을 관찰하기가 어려웠다. 이에 본 실험에서는 50 kW/m<sup>2</sup>, 30 kW/m<sup>2</sup>, 25 kW/m<sup>2</sup>의 복사강도를 설정하여 각 3회씩의 실험을 하였다.

**3.2 실험**

실험 시 부직포는 연소가스가 발생하기 전에 용융이 되어 버린 상태에서 연소가스를 발생하다가 평균적으로 50 kW/m<sup>2</sup>는 27초, 30 kW/m<sup>2</sup>는 67초, 25 kW/m<sup>2</sup>는 391초에서 착화되어 약 30~40초 동안 연소가 지속되었다.

Table 3은 착화시간과 화염의 종료시간을 나타내었다.

Figure 5에는 실험 전·후의 실험시편을 나타내었다. 50 kW/m<sup>2</sup>에서는 전소되었으며 30 kW/m<sup>2</sup>, 25 kW/m<sup>2</sup>에서는 녹은 시편이 응고되었다.

**3.3 실험결과**

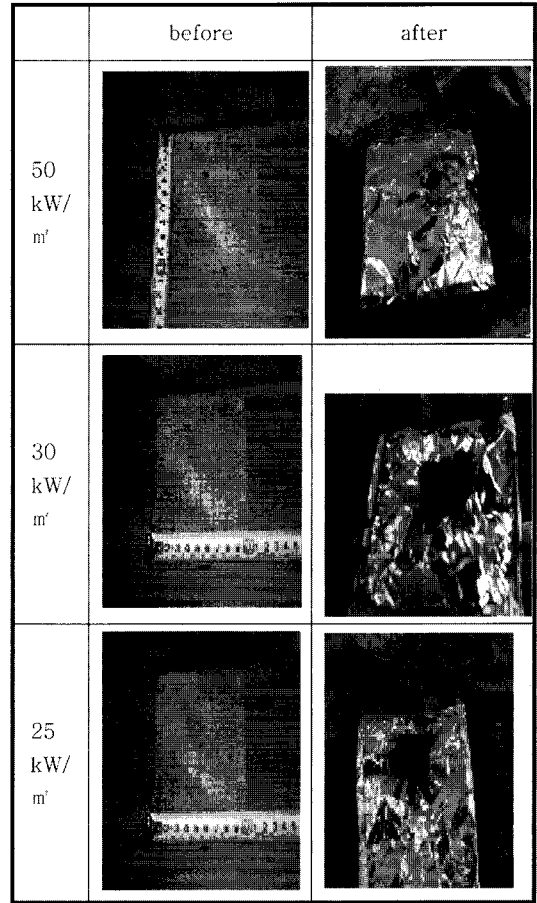
**3.3.1 열방출율(HRR, Heat release rate)**

실험결과 데이터값 중 열방출율을 Table 4에 정리하였다.

Figure 6에 시간대별로 복사강도 50 kW/m<sup>2</sup>로 실험하였을 때 열방출율 변화를 그래프로 나타내었다.

최대 열방출율에 도달하는 시간을 보면 C1은 51초에 134 kW/m<sup>2</sup>, C2는 51초에 108 kW/m<sup>2</sup>, C3는 46초에 163 kW/m<sup>2</sup>의 값을 나타내었다. C1~C3 모두 착화 후 30초 이내 최대 열방출율에 도달하였으며 특히 C3는 22초만에 도달하였다.

Figure 7에 시간대별로 복사강도 30 kW/m<sup>2</sup>로 실험하



**Figure 5. Specimen before & after the experimental.**

**Table 4. Heat Release Rate (kW/m<sup>2</sup>)**

(kW/m <sup>2</sup> )	No.	C1	C2	C3
	50	Mean	4.56	5.26
Peak		134	108	163
30	Mean	6.53	5.33	6.40
	Peak	143	97	112
25	Mean	5.34	3.26	4.10
	Peak	118	111	93

였을 때 열방출율 변화를 그래프로 나타내었다.

최대 열방출율에 도달하는 시간을 보면 C1은 101초에 143 kW/m<sup>2</sup>, C2는 84초에 97 kW/m<sup>2</sup>, C3는 120초에 112 kW/m<sup>2</sup>에 도달하였으며, C1은 착화 후에 24초, C2는 착화 후 22초만에 최대 열방출율에 도달하였고 C3는 착화 후 21초만에 최대 열방출율에 도달하였다.

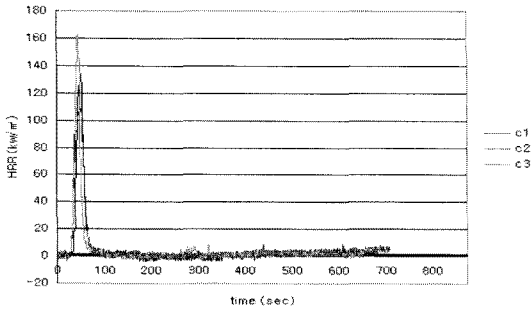


Figure 6. HRR graph (50 kW/m<sup>2</sup>).

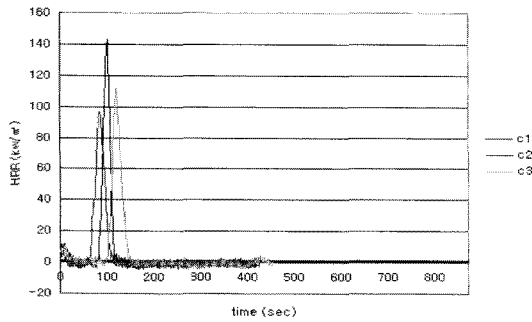


Figure 7. HRR graph (30 kW/m<sup>2</sup>).

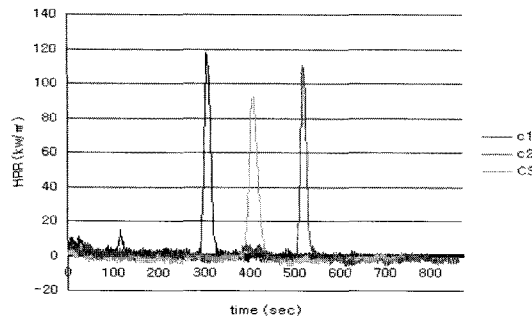


Figure 8. HRR graph (25 kW/m<sup>2</sup>).

Figure 8에 시간대별로 복사강도 25 kW/m<sup>2</sup>로 실험하였을 때 열방출을 변화를 그래프로 나타내었다.

최대 열방출율에 도달하는 시간을 보면 C1은 308초에 118 kW/m<sup>2</sup>, C2는 521초에 111 kW/m<sup>2</sup>, C3는 410초에 93 kW/m<sup>2</sup>에 도달하였다.

C1은 착화 후에 22초, C2는 착화 후 17초, C3는 25초에 최대 열방출율에 도달하였다.

### 3.3.2 총열방출량(THR, Total Heat Release)

30 kW/m<sup>2</sup>는 실험시간이 600초를 넘기지 못하여 국

Table 5. Total Heat Release (MJ/m<sup>2</sup>)

(kW/m <sup>2</sup> ) \ No	C1	C2	C3
50	2.56	2.74	2.69
30	2.67	2.35	2.67
25	0.87	2.37	2.18

Table 6. Mass Lose Rate (g/s)

(kW/m <sup>2</sup> ) \ No	1	2	3	
50	Mean	0.000	0.002	0.001
	Peak	0.415	0.432	0.480
30	Mean	0.002	0.002	0.002
	Peak	0.395	0.326	0.382
25	Mean	0.003	0.003	0.003
	Peak	0.423	0.411	0.347

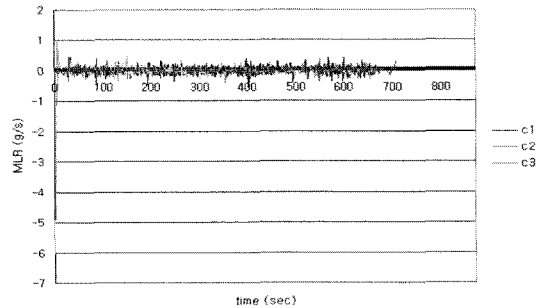


Figure 9. MLR graph (50 kW/m<sup>2</sup>).

토해양부 고시 제 2009-866호 ‘건축물 실내마감재료 난연성능평가’에 따라 난연재료에 준하여 가열 후 300초를 기준으로 하여 Table 5에 정리하였다.

가열 후 5분간 총방출열량이 8 MJ/m<sup>2</sup> 이하이어야 하는 건축물 실내마감재료 난연성능평가의 난연재료 기준에 준할 때, 이상의 실험 결과는 모두 난연기준에 해당은 되지만, 이것은 실내마감재료에 준하였을 경우이며 국내에는 외장재에 대한 기준이 없어 칼라 부직포를 난연재료로 보기는 어렵다고 판단된다.

### 3.3.3 질량감소율(MLR, Mass Loss Rate)

실험결과 데이터값 중 질량감소율을 Table 6에 정리하였다.

Figure 9에 복사강도 50 kW/m<sup>2</sup> 실험했을 때 시간의 변화에 따라 그래프로 나타내었으며, 최대 질량감소율

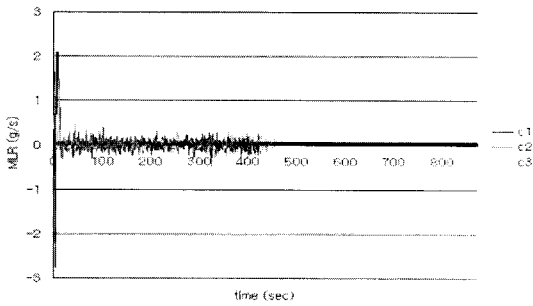


Figure 10. MLR graph (30 kW/m<sup>2</sup>).

을 순서대로 나열하면 C3(0.480g/s) > C2(0.432g/s) > C1(0.415g/s)이다.

시편에 착화 후 C2는 5초, C3는 126초, C1은 569초에 최대 질량감소율이 나타났다. C2는 빠른 속도에 최대 질량감소율에 도달하였지만 C1은 실험이 끝난 시간이 674초인 것을 감안하면 거의 마지막 시간에서 최대 질량감소율을 나타냈다.

C1, C3의 경우는 flameout 후 539초, C3는 100초 후에 최대 질량감소율에 도달하였고, 질량감소율이 낮아지면서 C1은 73초, C2는 677초, C3는 522초 후에 전소되었으며 최대 열방출율 시간과 최대 질량감소율의 시간의 차이가 나타났다.

Figure 10에 복사강도 30 kW/m<sup>2</sup> 실험했을 때의 시간의 변화에 따라 그래프로 나타내었으며 최대 질량감소율을 순서대로 나열을 하면 C1(0.395 g/s) > C3(0.382 g/s) > C2(0.326 g/s)이다.

시편에 착화 후 C2는 5초, C1은 25초, C3는 268초 후에 최대 질량감소율이 나타났다.

C2는 빠른 속도로 최대 질량감소율에 도달하였지만 C3는 flameout 지나 226초 후 도달하였다.

최대 질량감소율 후 C1은 320초, C2는 360초, C3는 90초 후에 전소가 되었으며 C1을 제외하고 C2, C3는 최대 열방출율과 최대 질량감소율에 도달한 시간의 차이가 나타났다.

Figure 11에 복사강도 25 kW/m<sup>2</sup> 실험했을 때의 시간의 변화에 따라 그래프로 나타내었으며 최대 질량감소율을 순서대로 나열을 하면 C1(0.423 g/s) > C2(0.411 g/s) > C3(0.3476 g/s)이다.

시편 착화 후 C1은 5초, C2는 79초, C3는 285초 후에 최대 질량감소율이 나타났다. 지금까지의 실험 중 C1이 가장 빠른 시간에 최대 질량감소율에 도달하였고, C3는 flameout 후 237초 후에 도달하였다. 최대 질량감소율 이후 C1은 351초, C2는 279초, C3는 77초 전소되었다.

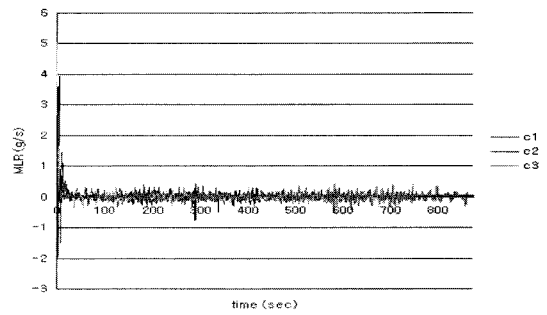


Figure 11. MLR graph (25 kW/m<sup>2</sup>).

#### 4. 수직화염전파성 실험에 의한 부직포실험

##### 4.1 수직화염전파성(Lift spread flame apparatus) 실험방법

복사패널 지지용의 frame-work, 시편 지지용 frame-work, 시편을 이동시키기 위한 시편 홀더로 구성이 되어 있으며 열방출율을 확인하기 위해 thermopile에 stack 을 끼워 맞추며 제어장치, 열류량계, 시편홀더가 제공된다.

측정할 수 있는 시편은 800 mm × 155 mm 크기와 두께 50 mm 이하이며, 예비 불꽃 점화장치에 의한 가스로 점화되는 복사열패널을 이용하여 시편을 점화시킨다. 점화 후에 불꽃이 앞서나가는 모습과 시편의 수평으로 불꽃이 진행과정을 기록하며 불꽃이 어느 지점까지 도달하는 시간을 기록한다.<sup>14)</sup>

콘칼로리미터 실험방법처럼 시편을 고정시켜 놓은 상태에서 착화시키는 방법이 아니라 radiant panel heat flux, pilot flame이 작동되어 있는 상태에서 시편을 이동시켜 화염의 전파에 따른 데이터값을 얻는 방법이며서 표준값인 35 kW/m<sup>2</sup>로 실험을 진행하면 순식간에 녹아버려 데이터값을 얻을 수 없었다.

Table 7에 총 6회 실험할 때의 pilot flame과 radiant



Figure 12. ISO 5658-2 lift spread flame apparatus.

**Table 7.** Pilot Flame and Radiant Panel Heat Flux

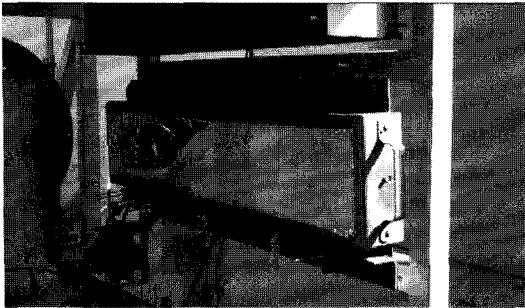
Test	Pilot Flame [l/min]		Radiant Panel Heat Flux [kW/m <sup>2</sup> ]
	Air	Acetylene	
1~4	2	0.5	15
5	2	0.5	0
6	0.6	0.1	0

panel heat flux를 정리하였다.

#### 4.2 수직화염전파성 실험 및 결과

Figure 13과 같이 test 1은 실험을 시작하자마자 pilot flame 부분의 시편 상부가 녹아 흘러내려서 이후 실험에서는 부직포 뒤편을 감싸는 알루미늄코일에 고정시켜 실험하였다.

Figure 14와 같이 test 2, test 3은 pilot flame 부분의

**Figure 13.** Lift spread flame apparatus experimental.**Figure 14.** Lift spread flame apparatus experimental test 2.**Table 8.** Test 1~3 Specimen Deformation (mm)

	Test 1	Test 2	Test 3
Aver.	420	335	400
Max.	530	455	505

중앙부터 표면 복사열로 인해 시편이 수축하며 끊어지거나 녹아 흘러내렸다.

test 1~3회 시편의 변형된 길이는 Table 8에 정리하였다.

KS F 2844 7.2 pilot flame를 시편에 직접 점화할 수 있는 실험규정에 따라 test 4는 앞선 실험과 radiant heat flux와 pilot flame를 같은 조건으로 하고 pilot flame이 시편 높이의 1/2 지점에 점염을 하였다.

실험을 시작하자마자 시편에 착화되었으나, 시편의 수축으로 인하여 불꽃이 전파되지 못하였고 100초 후에 종료되었으며 aver. 310 mm, max. 545 mm로 시편이 변형되었다.

test 5는 panel를 off시켜 radiant heat flux의 강도를 주지 않고 그 외 부분들은 test 4와 같은 조건으로 실험을 하였다.

실험 결과는 test 4와 동일하나 radiant heat panel의 복사열로 인한 변형부분은 없었으며 pilot flame의 점염부분의 40 mm 정도 점화가 되었다.

## 5. 결 론

칼라 부직포의 연소실험을 하기 위해서 콘칼로리미터와 수직화염전파성 실험한 결과, 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다.

1) 콘칼로리미터 실험으로 50 kW/m<sup>2</sup>에서 총방출열량 2.66 MJ/m<sup>2</sup>, 30 kW/m<sup>2</sup>에서 2.46 MJ/m<sup>2</sup>, 25 kW/m<sup>2</sup>에서 1.42 MJ/m<sup>2</sup>로 나타났으며, 복사강도와 총방출열량이 비례하는 것을 알 수 있었다.

2) 건축법 내부마감재료 난연성 기준 등급 중 난연재료의 기준 값인 총방출열량 8 MJ/m<sup>2</sup> 이하 기준에 부합된다. 내부마감재료 난연성 기준에 부합되지만, 칼라 부직포의 사용용도 상 외장재료의 기준이 요구된다.

3) 수직화염전파성 실험의 경우 가열강도에 의해 칼라 부직포가 수축하며 파단되어 착화가 되지 않을 정도로 열에 매우 취약하였다.

4) 수직보호망처럼 방호장치 의무안전인증 대상 품목으로 분류하여 방염성능을 가지게 하고 안전인증마크를 부착한 제품만을 사용하도록 하여야 한다.

## 감사의 글

이 논문은 소방방재청 2010차세대핵심소방안전기술 개발사업 지원에 의한 결과임(사업단; 한국소방산업기술원).

## 참고문헌

1. <http://media.daum.net/foreign/others/view.html?cateid=1046&newsid=20101116135704699&p=YT N>.
2. 2007년·2008년·2009년 소방방재청 국가화재정보 시스템 화재통계.
3. 산업자원부 기술표준원 일반 장섬유 부직포 시험 방법(KSK 0756) 2007년 2월 2일 개정.
4. 전훈철, 조광수, 김형섭, “스펀본딩 부직포의 역학적 물성의 전산모사에 대한 연구”, 한국섬유공학회지, Vol.46 No.4, pp.232-238(2009).
5. 신정숙, 박순자, 정명희, Teruko Tamura, Tomoko Koshiba, “솜 날염에 의한 부직포의 특성 변화”, 한국의류학회지, Vol.28, No.2, pp.303-311(2004).
6. 왕무창, “용인경전철 공설운동장 역 공사현장 화재발생”, 용인뉴스 사회 > 사건·사고 3월 3일(2010).
7. “행정도시건설청 홍보관 공사장 화재”, YTN 사회(2006).
8. 수송동 오피스텔 공사현장 화재 이미지, <http://news.naver.com/main/read.nhn?mode=LSD&mid=sec&sid1=115&oid=052&aid=0000014032>.
9. 수송동 오피스텔 화재현장, <http://news.naver.com/main/read.nhn?mode=LSD&mid=sec&sid1=115&oid=052&aid=0000014032>.
10. “Spunbond 및 Meltblown 부직포의 제조기술 동향(1)”, 섬유기술정보 한국섬유기술연구소(2010).
11. 대원산업, <http://www.daewoen.co.kr/gallery/list.php?pid=87417>.
12. 민세홍, 김미숙, “중소형화재실험을 이용한 외단열 시스템(EIFS) 화재위험성평가에 관한 연구”, 대한안전경영과학회 논문지, Vol.12 No.1, pp.1-9(2010).
13. 민세홍, 윤정은, 김미숙, 최승복, “라지스케일 칼로리미터에 의한 알루미늄 복합패널 외장재의 연소특성에 관한 연구”, 한국화재소방학회 논문지, Vol.24 No.2, pp.89-96(2010).
14. 화염전파성시험기의 제품설명([www.festec.co.kr](http://www.festec.co.kr)).