

차열성능을 갖는 기능성 막재

Functional Structural Membrane With Thermal Barrier Coating



배 부 환*
Bae, Boo-Hwan



김 재 열**
Kim, Jae-Yeol

1. 서론

막구조 시스템은 재료의 투광성, 경량성, 시공성 등 유리한 장점 때문에 이전부터 스타디움, 경기장, 공항, 산업 박람회 등 다방면에 적용되어 다양한 공간 창출에 중요한 역할을 맡고 있다. 이러한 막구조물에 사용되는 막의 재질은 크게 Polyester를 기본으로 한 PVC, PVA제품과 유리섬유(Glass-fiber fabric)에 Teflon을 코팅한 재질로 대별할 수 있다. 현재 국내외 유명 제조업체로부터 다양한 막재가 생산되고 있으며, 설계자나 발주자의 요구에 따라 혹은 사용하고자 하는 구조의 목적에 따라 막재의 선정이 달라지고 있다.

이러한 막재들은 투명성, 경량성 등 막재 자체의 장점과 기하학적 곡선미와 같은 외형적인 아름다움을 살려 구조물에 적용되고 있다. 이러한 상황에서

현 막재 자체의 고유장점 뿐 아니라 인간이 이용하는데 유용한 다른 기능을 동시에 공유할 수 있는 막재가 가능할까라는 생각으로부터 다양한 기능성 막재가 개발되고 있고¹⁾, 그 중 하나가 지금 소개하고자 하는 차열막(遮熱膜)이다.

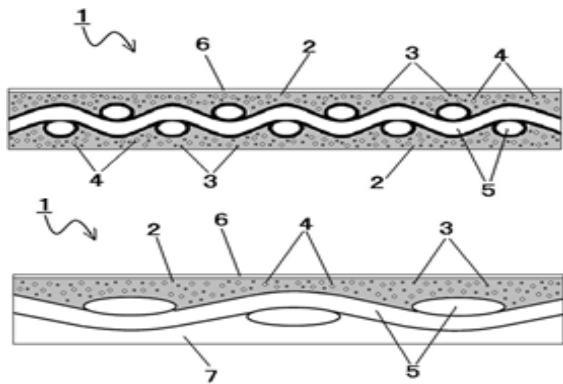
2. 차열막 구성재료 예^{2),3)}

차열 막재는 코팅층 사이에 근적외선 차폐층이 위치하고 있으며, 일반막과 다르지 않게 휘어지는 특성을 갖고 있다. 막재는 수지 필름, 직포, 방수원단 등으로 이루어진 방수성 시트이다. 이 중 수지시트는 카렌다 성형법, T다이즈 압출법, 혹은 캐스팅법등을 이용하여 제조할 수 있으며, 근적외선 차폐층만의 단층으로 구성될 수도 있고 근적외선 차폐층을 포함한 복수의 수지층으로 구성된 적층체로 구성할 수 있다. 직포 혹은 방수원단으로 이루어진 방수성 시트는 근적외선 차폐층과 섬유 재료로 형성된 기포(基布)층을 포함한 적층체이고, 근적외선 차폐층은 기포의 한쪽 면에만 형성되어도 좋고 양

* 정회원·MMK(주) 대표
MMK Ltd., President

** 정회원·협성대학교 건축공학과, 공학박사, 교수
Hyupsung University, Dept. of Architectural Engineering, Ph.D, Prof.

면에 형성되어도 된다. 근적외선 차폐층이 기포의 한쪽 면에만 형성될 경우 기포의 다른 한쪽 면 측에는 근적외선 차폐층 이외의 수지층이 형성되어도 된다. 직포는 수지 가공제(페이스트 솔, 수지 용액, 수지 분산액)를 이용하여 디핑 가공(기포에 대한 양면 가공) 및 코팅 가공(기포에 한쪽 면 가공 또는 양면 가공) 등에 의해서 제조할 수 있다. 방수원단은 카렌다 성형법, T다이즈 압출법 또는 캐스팅 법에 의한 성형된 수지 필름 또는 수지 시트를 기포의 한쪽 면 또는 양면에 접착층을 개재하여 적층하는 방법 등이 있다.



1. Thermal barrier fabric
2. Shield layer for near infrared ray
3. Metal oxide fine particle layer
4. Metal oxide fine particle layer
5. Woven fabric layer
6. Contamination prevention layer
7. Resin layer

〈Fig. 1〉 Composition of thermal barrier fabric

3. 차열막재 종류 및 특성

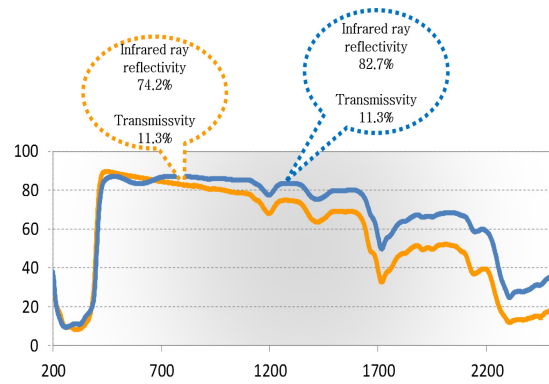
차열막은 막재 고유의 장점인 투광성을 어느 정도 유지하면서 충분한 차열효과를 갖는 막재와 적외선반사효과를 높여 적외선 투과를 줄이는 반사 차열막으로 구분된다.

3.1 투광성을 유지한 차열막재

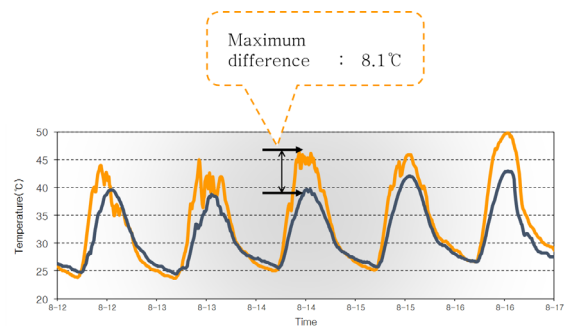
이 차열막재는 일반 막재와 거의 같은 투광율을 유지하면서 태양광으로부터 적외선을 막재 표면에

서 효과적으로 반사한다.

이 차열막재의 성능을 테스트하기 위해 기존 막재와 비교 시험한 결과를 보면, 〈Fig. 2〉에서 알 수 있듯이 투과율은 기존 막과 거의 같지만, 적외선 반사율이 기존 막재보다 20% 이상 높다는 것을 알 수 있다. 〈Fig. 3〉은 실내에서 느낄 수 있는 기온차를 나타내는 분위기 기온 차에 대한 결과이며 약 8.1도의 차이를 보이고 있다. 이 실험은 2000m² 규모의 테니스돔을 대상으로 2007년 7월 25일부터 2007년 9월 28일 기간 동안 수행되었으며, 온도측정은 지상으로부터 6m 위치에서 이루어졌다.



〈Fig. 2〉 Infrared rays reflection ratio



〈Fig. 3〉 Difference of interior temperature

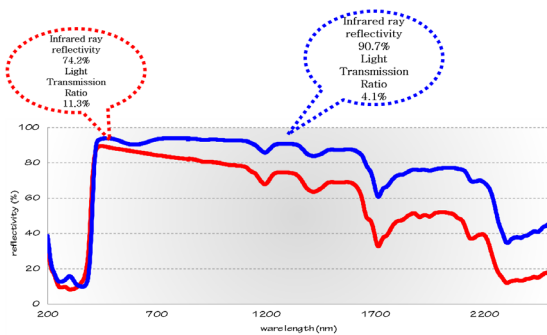
3.2 고반사 차열막재

태양광으로부터 투광성은 다소 떨어지더라도 적외선의 반사효과가 일반 막재보다 매우 높은 특징을 갖는다. 〈Table 1〉은 현재 생산되고 있는 고반사 차열막재에 대한 주요 제품들에 대한 성능비교표이다. 대부분 80%~90% 이상의 적외선 반사율을 보

이고 있으며, <Fig. 2>에서의 일반막과의 반사율만을 단순 비교해보면 높은 반사율임을 알 수 있다.

<Table 1> Performance of thermal barrier fabric

Unit(%)	A Product	B Product	C Product
Infrared ray reflectivity	90.7	83.2	82.6
Transmission Ratio	4.1	7.1	5.0



<Fig. 4> Reflection & transmissivity ratio

3.3 차열막재의 장점

3.3.1 전기료 절약

차열막재의 사용은 다방면에서 장점을 지니고 있고, 에너지 측면을 고려하면 건물유지에 필요한 전기요금을 절감할 수 있다. 이하는 전기요금에 대한 시뮬레이션을 수행했을 때의 전기절감 예를 나타내고 있다<Table 2>.

【시뮬레이션 조건】

지붕면적 : 500m²

마루 : 보통 콘크리트, 두께 : 150mm, 500m²

비교조건 : 건물의 지붕 및 측면에 막재료(통상막·차열막)을 사용하였다고 가정

에어컨 설정온도 : 28℃

에어컨 사용기간 : 6월~9월(여름 4개월)

에어컨 사용시간 : 8시~17시(9시간/1일)

전기료 계산조건 : 소비전력의 단가는 1kW/h당 130원으로 전기 요금만(기본요금 제외)

소비전력 : 에너지소비효율(COP) 3으로 계산

CO₂배출량 : 0.425kg/KWh로 산출

본 시뮬레이션은 일본 동경의 표준 기상 데이터와 열 부하 계산 프로그램 LESCO를 사용하고 계산을 실시하였으며, 지역이나 국가에 따라 약간 다를 수 있을 것이다.

<Table 2> Electric consumption

	Normal PTFE	Thermal barrier fabric
Power consumption (kw.h/summer 4 months)	2.3×10 ⁵	1.7×10 ⁵
Power consumption reduction rate (%)	24.1	
Electric light rates (₩/Summer 4 months)	298.6	226.6
Electric light rates saving (₩/summer 4 months)	71.9	

3.3.2 환경문제에 대처

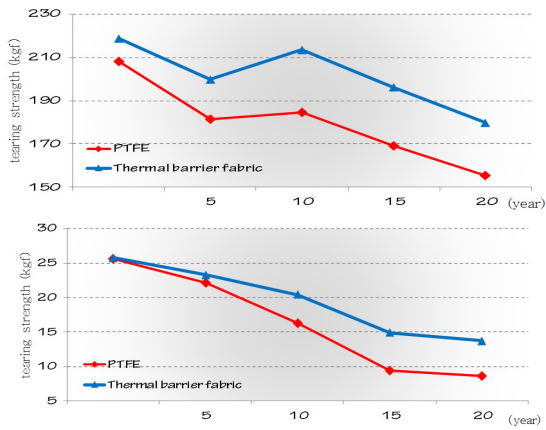
소비전력을 절감하는 것으로 CO₂ 배출량 억제할 수 있다<Table 3>.

<Table 3> Restrain rates of CO₂ discharge

	PTFE	Thermal barrier fabric
CO ₂ emissions (Kg/Summer 4 months)	97621	74116
Suppression ratio (%)	24.1	

3.3.3 고내후성

적외선에 의한 열화를 억제하여 강도저하 억제효과를 기대할 수 있다. <Fig. 5>는 시공된 채 일정기간의 시간이 경과함에 따른 인장강도 유지율과 인열강도 유지율이며, 강도의 경우 모두 일반 막재를 사용했을 때보다 약 30% 이상의 높은 강도를 유지하고 있다.



〈Fig. 5〉 Tensile strength change after time acceleration test

지금까지의 시험 및 실험에 의한 차열막재의 특성을 알아보기 위해, 적외선, 자외선, 적외선 등에 따른 투광율, 반사율, 흡수율을 일반 막과의 경우와 비교하여 〈Table 4〉에 정리해 보았다. 여러 가지 특성 중에서 특히 적외선에 관한 데이터는 일반 막에 비해서 친 에너지적임을 알 수 있다.

〈Table 4〉 Comparison between thermal barrier fabric and normal PTFE fabric

Unit(%)		Thermal barrier fabric	Normal PTFE (1)	Normal PTFE (2)
UV-rays penetration ratio		0.1	0.1	0.1
Visible ray	Reflectivity	87	87.5	85.7
	Penetration ratio	6.5	10.9	12.2
	Absorption factor	6.5	1.6	2.1
Infrared rays	Reflectivity	82~90	75.4	75.8
	Penetration ratio	4.0~7.4	15.3	14.8
	Absorption factor	10.6	9.3	9.4
Solar heat acquisition rate		0.11	0.19	0.18

4. 차열막을 적용한 막 구조물



(a) Chiba ken, indoor tennis court



(b) Kanagawa ken(tennis court)

〈Fig. 6〉 Tension membrane structure with thermal barrier fabric

5. 결론

지금까지 막재는 막재 자체의 장점과 막구조물의 아름다움을 살려 많은 공간구조물에 적용되어 왔다. 장래의 막재는 기존에 이용되고 있는 구조막 역할에 더하여, 인간 생활의 보다 윤택한 거주성을 제공할 수 있는 기능성 막재의 개발^{2),3)}과 사용이 점차 증대될 것으로 예측되고 있다.

References

1. <http://www.hiraoka-japan.com>
2. Patent, Daylighting Heat Insulating Film Material (JP)03994189, 2015
3. Patent, Heat Insulating Film Material Excellent in Daylighting Property, (JP)05360656, 2013