

# 적외선 열화상을 이용한 건축외장재의 일사표면온도와 흡수율 추정에 관한 실험적 연구

## An Experimental Study on the Estimation of Sol-air Temperature and Absorptance in Building Exterior Materials by Using the Infrared Image

박사근\*                      장길수\*\*                      송민정\*\*\*                      신훈\*\*\*\*  
Park, Sa-Keun              Jang, Gil-Soo              Song, Min-Jeong              Shin, Hoon

### Abstract

This study aims to investigate the method to reduce the surface temperature caused by insolation. To achieve this goal, surface temperature of building is measured and the effects of exterior material's color and brilliance were checked with infrared imaging. And also, exterior material's absorptances due to outdoor surface heat transfer coefficients were measured. After surface temperature measurement of 37 specimen of 5 categories, the temperature is the highest on wood(53.62℃) and panel(52.05℃). Dryvit, stone, brick is the rating of order. For exterior material's absorptances, panel(0.883) and wood(0.868) were high and Dryvit, stone, brick follows wood and panel.

키워드 : 적외선 열화상 카메라, 광택계, 색채계, 흡수율  
Keywords : Infrared Imaging Camera, Gloss Meter, Chroma Meter, absorptance

### 1. 서론

현대 도시의 지속적인 성장과 건축물의 발달로 인해 도시의 미기후상에 많은 변화가 발생하였다. 그 변화 양상 중 가장 대표적인 사례가 도시 내부의 온도 상승이다. 이는 도심의 열섬현상이라고 하는데, 도심의 발전 속도와 비례하여 도심 내부의 온도가 급격하게 상승하는 양상을 취하고 있다. 도심 내부의 열섬현상은 건축 환경분야와 더불어 많은 변수가 존재하여 그 요인을 분석하기에 어려움이 많다.

또한 도심의 열섬현상을 부추기는 요인 중의 하나가 건축물의 변화이다. 흙과 나무를 사용하는 과거 건축물에서 시멘트와 철을 사용하는 현대 건축물의 변화는 열에너지 전달 측면에서 불리할 뿐만 아니라, 건축물 표면온도의 급격한 상승을 초래하여, 도심 내부의 미기후를 변화 시키는 요인으로 작용한다.

건축물의 온도 상승에 가장 큰 영향을 미치는 요소가 일사열이다. 이 일사열은 건축물 외장재에 열에너지를 전달하고, 전달된 이 열에너지는 건축물 내부로 흡수되어 건축물의 열적 손실을 야기시킨다.

이러한 관점에서, 일사에 의한 건축물의 표면 온도를 저감을 위한 방안을 모색하고자, 일사에 의한 건축물의 표면 온도를 측정하며, 건축외장재별 색채와 광택이 일사표면온도에 미치는 영향을 규명하고자 한다. 또한, 실제 적용된 건축외장재의 외기측 표면열전달율에 따른 재료의 흡수율을 알아보려고 하였다.

### 2. 이론적 배경

#### 2.1. 일사량(irradiance : G)<sup>1)</sup>

일사는 태양으로부터 받는 복사에너지를 의미한다. 일사량은 단위면적당 1시간 동안 받는 열량으로 표현하며, 일반적으로 단위는 W/m<sup>2</sup>(kcal/m<sup>2</sup>h)를 사용하고 있다. 일사는 직달일사와 산란일사로 나눌 수 있으며, 이 둘을 합하면 전체일사량이 된다. 지구 대기권 표면에 도달되는 평균일사량은 1,353W/m<sup>2</sup>(1.97cal/cm<sup>2</sup>min, 428 Btu/ft<sup>2</sup>hr, 4.871MJ/m<sup>2</sup>hr)이며, 이것을 태양상수라고 한다.

또한 표면온도는 그림 1과 같이 열평형식(Thermal Balance Equation)을 이용하여 일사량을 산출할 수 있다.

\* 동신대학교 건축공학부 석사과정  
\*\* 동신대학교 건축공학부 전임교수, 공학박사  
\*\*\* 전남대학교 바이오하우징사업단 전임연구원, 공학박사  
\*\*\*\* 전남대학교 건축공학부 박사과정

1) 이강수 외, 건축환경학, pp.83-84

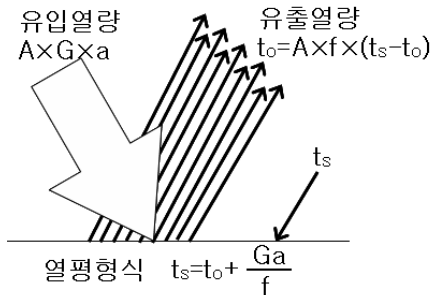


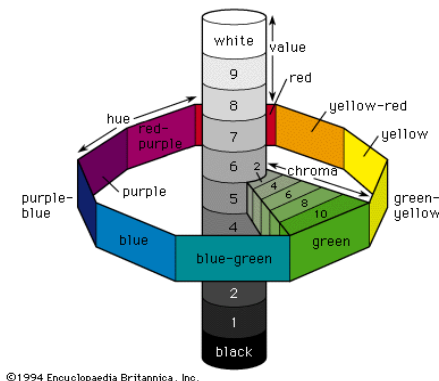
그림 1. 표면 열전달

## 2.2 색채계(Chroma Meter)<sup>2)</sup>

현재 사용하고 있는 색의 표현 방법은 매우 다양하다. 그 중 가장 많이 사용하는 색의 표현방법은 다음과 같다.

### a. Munsel 표색계

Munsel 표색계는 1965년에 "색의 3속성에 의한 표시방법"이란 제목으로 한국 공업규격(KSA0062-71)에서 채택하였고, 색채교육분야(교육부 고시 제312호)에서도 1969년부터 이 체계를 기본으로 하였다. 여기서 색의 3속성이란 색상(Hue), 명도(Value), 채도(Chroma)이며 H, V, C의 기호로 표시하고 있다. Munsel 표색계의 원리는 다음의 그림 2와 같다.



©1994 Encyclopaedia Britannica, Inc.

그림 2. Munsell의 색입체(color solid).

### b. CIE XYZ (Yxy)표색계

XYZ 표색계는 현재 CIE 표준 표색계로서 각 표색계의 기초가 되어있다. 광의 3원색(Red, Green, Blue)의 가법혼색의 원리를 기초로 하여 발전한 것으로서 색을 Yxy 3개의 수치로 표현하고 있다. Y는 반사율에서 명도에 대응되고, xy가 색도가 된다. CIE에서 1931년에 선택한 등색계수 x, y, z를 기초로 한 3색 표색계이다. (2도 시야 XYZ 표색계 라고도 함) 관측시야가 4도 이하인 경우에 적용한다. 주로 발광체의 색 측정에 쓰인다.

### c. CIE L\*a\*b\*표색계

1973년 MacAdam이 ANLAB 색공간을 변형시킨 것을 1976년에 국제조명위원회에서 규격화한 지각적으로 거의

균등한 보도를 가진 색공간의 하나로써, L\*a\*b\*표색계는 물체의 색을 표현하는 현재 여러 분야에서 제일 일반적으로 사용되고 있는 표색계이다. L\*a\*b\*표색계에서는 명도를 L\*, 색상과 채도를 표시하는 색도를 a\*, b\*로 표시하고 있다.

## 2.3 광택도계(Gloss Meter)<sup>3)</sup>

광택계의 측정원리는 정반사(正反射)를 원칙으로 한다. 이 원칙은 JIS, KS 및 ISO 규격 등에서도 같은 원칙을 적용한다. 즉, 광(光)을 60도에서 입광(入光)하였다면 반드시 60도의 각도에서 수광(受光)하여 측정 결과를 얻어야 한다. 입광이나 수광의 각도를 다르게 하여 측정결과를 얻었다면 그 결과치는 광택의 값이라 할 수 없다. 정반사 광(투광과 반사광의 각도가 같은 경우)이 아닌 경우는 광택(Gloss)라고 하지 않고 산란광(투광과 반사광의 각도가 다른 경우)이라고 한다. 일반적인 경우는 60도 각도를 이용하지만, Sample의 상태에 따라 측정하는 각도가 다르다.

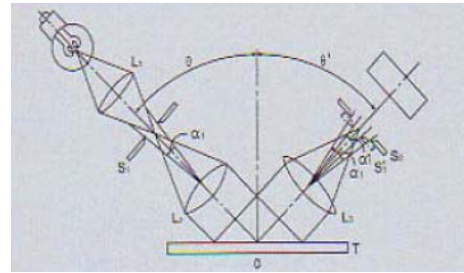


그림 3. 광택도계 측정원리

## 3. 측정 조사 방법

### 3.1. 측정 기기

#### a. 열화상 카메라(Infrared Imaging Camera)

표 1. 열화상 카메라의 주요 사양

항목	특징
Thermal Sensitivity	0.10℃ ~ 30℃
Field of view/min focus distance	Typical 19° 1470.3m (with 17mm lens)
Operating temperature rang	-15℃ ~ 5℃ (+5°F ~ 122°F)
Spectral range	7.5 ~ 13μm
Temperature range	-20℃ ~ 250℃ (-4°F ~ 482°F)
Accuracy	±2℃, ±2% of reading
Emissivity correntions	variable from 0.1 to 1.0

-20℃ ~ 250℃의 표면온도 측정이 가능하며, 측정기기상에서 0.1~1.0의 방사율 선택 및 보정이 가능하다.

2) 김영애, 색채학, pp.66-72

3) (주)세풍, www.colorsystm.co.kr

표 2. 재료별 표면온도 분포

분류	기호	재료명	Min(°C)	Max(°C)	Max-Min(°C)	Avg(°C)	Stdev
벽돌	12-1	고령토벽돌	44.4	50.1	5.7	46.9	1
	17-1	고령토벽돌	45.7	48.8	3	47.1	0.4
	19-1	고령토벽돌	48.9	52.1	3.1	50	0.4
	13-2	후레싱벽돌	32.2	35.3	3	33.2	0.4
드라이비트	11-2	드라이비트	39.8	41.1	1.3	40.4	0.2
	13-1	드라이비트	53.7	56.4	2.7	54.9	0.3
	14-1	드라이비트	44.2	47.1	2.9	45.6	0.4
	16-1	드라이비트	36.7	38.8	2.1	37.5	0.3
	18-2	드라이비트	52.5	54.5	2.1	53.4	0.3
목재	22-1	드라이비트	48.4	50.7	2.3	49.7	0.3
	15-1	목재	49.2	55.7	6.5	54.4	0.9
	20-1	목재	48.2	53.8	5.6	50.8	1.1
패널	10-1	목재마감샌드위치패널	58.8	61.3	2.6	60.3	0.5
	18-1	샌드위치패널	48.3	49.6	1.3	49	0.2
	03-1	알루미늄복합패널	55.2	58.1	2.9	56.7	0.5
	03-2	알루미늄복합패널	42.5	48.3	5.8	46	1.6
	03-3	알루미늄복합패널	46.4	49.6	3.2	48.4	0.5
	07-1	알루미늄복합패널	58.4	60.6	2.2	59.7	0.5
	23-1	알루미늄복합패널	46.2	47.6	1.4	47	0.2
	05-2	압출성형시멘트판	47.2	50.7	3.5	49.3	0.5
석재	01-1	화강석	48.1	53.2	5.2	50.8	0.7
	02-1	화강석	37.9	41.1	3.2	38.9	0.4
	04-1	화강석	51.4	54.8	3.4	53.7	0.3
	05-1	화강석	46.9	51.6	4.7	50	0.9
	06-1	화강석	41.3	44	2.7	42.7	0.3
	08-1	화강석	45.7	49.4	3.7	47.6	0.5
	09-1	화강석	51.3	57.1	5.8	53.7	1.2
	11-1	화강석	44.8	47.2	2.3	46.2	0.4
	14-2	화강석	41.6	47.4	5.8	43.2	0.5
	14-3	화강석	39.1	41.7	2.6	40.4	0.4
	15-2	화강석	35.9	42.2	6.3	38.1	1.4
	20-2	화강석	37.8	40.7	2.9	39.4	0.6
	21-1	화강석	44.9	49.6	4.7	47.4	0.7
	21-2	화강석	48.3	50.9	2.6	49.8	0.3
	21-3	화강석	46.8	49.4	2.6	48	0.4
	16-2	인조석	36.5	38.8	2.3	37.7	0.3
	02-2	기타석(샌드스톤)	41.4	43.8	2.3	42.9	0.4

측정에 사용된 열화상 카메라의 사양은 다음의 표 1과 같다.

적외선 열화상 카메라의 가장 큰 특징은 비접촉식으로 넓은 면적의 진단이 가능하며, 진단 결과를 화상으로 기록·보존이 가능하므로 데이터의 설득성이 높다는 점에 있으며 다음과 같이 건물 단열 진단에 이용될 수 있다.[4]

- 표면온도 측정을 통한 관류 열량의 분석으로 벽체 내부의 단열 상황 추정
- 실내 온도 분포 및 침기/누기 부위의 발견
- 실내 각 부위의 표면온도를 통해 냉/온 복사를 측정하여 실내쾌적성 평가
- 표면온도가 노점온도 이하의 낮은 실내부위를 검출하여 결로의 위험성 진단

b. 광택계(Gloss Meter)

20°, 60°, 85°의 측정각을 가지며, ISO 측정 규격을 가지고 있다.

c. 미기상 측정기(Weather Monitoring System)

풍향, 풍속, 온·습도, 일사량, 강수량 측정이 가능하며, 설치 후 30분 간격으로 65일의 데이터 저장이 가능하다. 일사열은 1-1250 W/m<sup>2</sup>로 측정이 가능하며, 정밀도는 ±5%이다.

d. 색채계(Chroma Meter)

Pulsed xenon arc lamp 방식으로, 색채는 Yxy, L\*a\*b\*, L\*C\*h, Muncel(C광원), XYZ의 농도와 색차는 Δ(Yxy), Δ(L\*a\*b\*), ΔE\*ab, Δ(L\*C\*H\*), XYZ의 농도차 측정이 가능하다.

표 3. 재료별 색채도 측정결과

분류	기호	재료명	Y	x	y	L	a	b	H	V	C
벽돌	12-1	고령토벽돌	31.57	.3783	.3608	62.98	+7.67	+20.57	7.2YR	6.2	3.5
	17-1	고령토벽돌	28.85	.3759	.3608	60.64	+6.72	+19.64	7.8YR	6.0	3.3
	19-1	고령토벽돌	21.50	.4080	.3667	53.49	+12.88	+23.48	5.1YR	5.2	4.5
	13-2	후레싱벽돌	13.29	.4165	.3613	43.18	+14.14	+19.97	3.6YR	4.2	4.2
드라이비트	11-2	드라이비트	38.85	.3221	.3326	68.64	-1.54	+6.18	8.0Y	6.8	0.8
	13-1	드라이비트	38.70	.3341	.3428	68.53	-0.75	+10.61	4.4Y	6.8	1.5
	14-1	드라이비트	13.42	.2437	.2716	43.38	-7.47	-15.06	8.3B	4.2	4.1
	16-1	드라이비트	35.82	.3812	.3436	66.38	+14.87	+17.30	1.1YR	6.5	4.1
	18-2	드라이비트	42.43	.3193	.3299	71.16	-1.63	+5.23	0.1GY	7.0	0.7
	22-1	드라이비트	37.62	.3571	.3598	67.73	+1.44	+18.31	1.4Y	6.7	2.7
목재	15-1	목재	9.34	.4026	.3776	36.63	+6.40	+19.10	8.9YR	3.6	3.1
	20-1	목재	6.33	.4154	.3542	30.21	+12.23	+14.38	2.8YR	2.9	3.3
패널	10-1	목재마감 샌드위치패널	63.93	.3120	.3242	83.93	-2.71	+2.96	8.6GY	8.3	0.6
	18-1	샌드위치패널	58.16	.3282	.3448	80.82	-4.13	+11.82	1.1GY	8.0	1.6
	03-1	알루미늄복합패널	9.47	.2937	.3031	36.87	-0.90	-3.66	1.2PB	3.6	0.9
	03-2	알루미늄복합패널	18.85	.3526	.3364	50.50	+6.40	+9.02	3.6YR	5.0	1.9
	03-3	알루미늄복합패널	48.86	.3017	.3093	75.36	-0.69	-3.28	3.2PB	7.4	0.8
	07-1	알루미늄복합패널	7.4	.4054	.3341	33.42	+15.69	+11.03	8.4R	3.2	3.7
	23-1	알루미늄복합패널	61.43	.3091	.3204	82.60	-2.34	+1.25	3.4G	8.2	0.4
	05-2	압출성형시멘트판	33.12	.3259	.3321	64.25	+0.08	+6.22	2.8Y	6.3	0.9
석재	01-1	화강석	10.11	.3505	.3239	38.03	+7.75	+4.90	7.5R	3.7	1.8
	02-1	화강석	43.12	.3222	.3255	71.63	+1.15	+4.38	8.6YR	7.1	0.7
	04-1	화강석	4.96	.3101	.3162	26.62	+0.01	+0.01	2.1YR	2.6	0.0
	05-1	화강석	4.75	.3118	.3184	25.92	-0.08	+0.42	7.8Y	2.5	0.0
	06-1	화강석	42.80	.3121	.3204	71.41	-0.84	+1.51	4.7GY	7.0	0.2
	08-1	화강석	20.79	.3290	.3289	52.72	+1.96	+4.94	7.5YR	5.2	0.8
	09-1	화강석	8.84	.2967	.3076	35.66	-1.23	-2.54	8.5B	2.5	0.6
	11-1	화강석	43.46	.3153	.3239	71.86	-0.92	+2.97	0.1GY	7.1	0.4
	14-2	화강석	21.72	.3631	.3448	53.72	+7.20	+12.64	5.0YR	5.3	2.4
	14-3	화강석	42.45	.3151	.3242	71.18	-1.13	+3.00	1.2GY	7.0	0.4
	15-2	화강석	37.46	.3196	.3281	67.62	-0.82	+4.56	6.6Y	6.7	0.6
	20-2	화강석	36.86	.3127	.3224	67.17	-1.30	+2.07	5.5GY	6.6	0.3
	21-1	화강석	31.34	.3175	.3266	62.79	-1.02	+3.65	8.6YR	6.2	0.5
	21-2	화강석	35.65	.3255	.3296	66.24	+0.82	+5.66	0.1Y	6.5	0.8
	21-3	화강석	36.94	.3145	.3238	67.23	-1.16	+2.68	2.3GY	6.6	0.4
	16-2	인조석	32.51	.3260	.3374	63.75	-1.70	+7.58	7.7Y	6.3	1.0
02-2	기타석(샌드스톤)	15.02	.4150	.3412	45.66	+19.77	+16.44	9.3R	4.5	4.9	

측정시 평균 온도는 31.8℃였으며, 일사량은 평균 906.8W/m<sup>2</sup>, 습도는 평균 46.3%이었다. 바람의 영향은 거의 받지 않았으며, 구름도 없는 청정한 상태였다. 대상지의 건축물은 시공 된지 5년 이하의 건축물로서, 외장재료의 상태는 양호하며, 균질한 것으로만 선정하였다.



그림 4. 측정에 사용된 기기

### 3.2. 측정 대상지

측정 대상지는 그림 5와 같이, 광주광역시 북구 치평동에 위치한 사무실 건축물 23개동을 대상으로 측정하였다. 측정한 건축물 및 데이터는 건물별과 재료별로 구분하였으며, 그 표기 방법은 기호로서(예: 01-1) 표기하였다.



그림 5. 측정 대상지

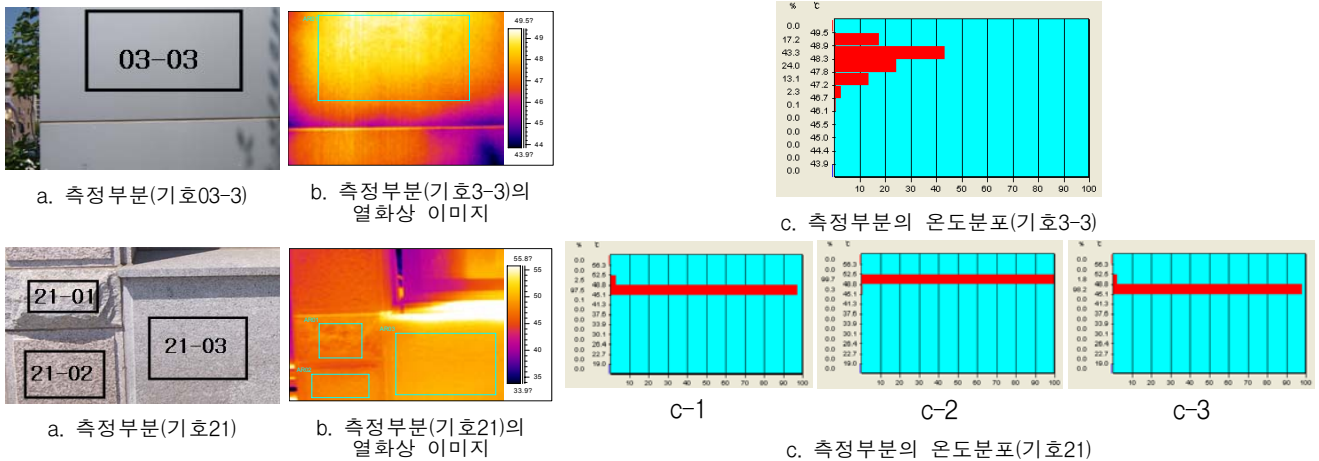


그림 6. 열화상 측정 이미지 결과

### 3.3 측정 방법 및 범위

- 1) 적외선 열화상 카메라를 이용한 건축외장재의 열적 상태를 확인
  - 조사를 위한 체크리스트 작성
  - 측정대상지의 건축외장재료 파악
- 2) 재료별 측정부위의 적외선 열화상 이미지 측정
- 3) 각 재료의 색채·색차 및 광택도 파악
- 4) 실측을 통해 조사된 건축외장재의 표면온도를 이용하여 흡수율 환산

### 4. 측정 조사 결과

측정 조사는 그림 6과 같이, 열화상카메라를 이용한 표면온도 측정, 색채계를 이용한 표면의 색채도, 광택계측기를 이용한 광택도를 측정하였으며, 그 결과는 표 2, 표 3, 표 4와 같다.

측정 대상 건축물의 외장재료는 크게 벽돌, 드라이비트, 목재, 패널, 석재로 구분하였으며, 벽돌은 붉은 벽돌과 후레싱 벽돌로, 패널은 알루미늄복합패널, 샌드위치패널, 목재마감 샌드위치패널, 압출성형시멘트판으로, 석재는 화강석과 인조석, 샌드스톤으로 구분하였다.

각 재료별 평균 표면온도 분포는 그림 7과 같다. 재료별 평균 표면온도는 목재(52.65℃)와 패널(52.05℃)이

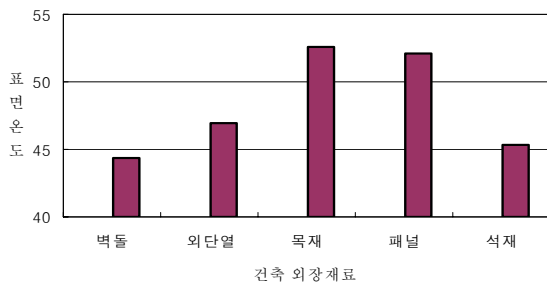


그림 7. 재료별 평균 표면온도 측정값

가장 높은 것으로 조사되었으며, 드라이비트(46.92℃), 석재(45.32℃), 벽돌(44.3℃)순으로 나타났다. 이러한 결과는 재료의 열적 특성에 따른 것으로 판단되나, 추후 동계 일사에 의한 외장재의 표면온도 측정을 통해 비교 분석을 실시할 예정이다.

### 5. 외기측 표면열전달율에 따른 흡수율의 변화추정

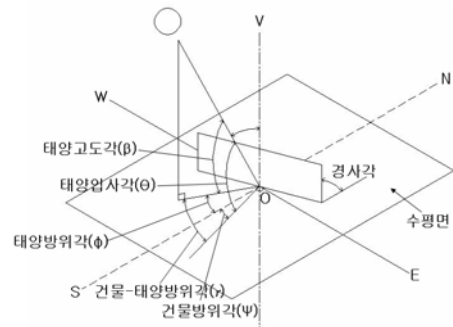


그림 8. 수직·수평면에 대한 태양일사각

외기측의 표면열전달율이 일정하게 유지된다고 가정하였을 경우, 각 재료별 흡수율을 살펴보기 위하여 외기측 표면열전달율을 5, 17, 23W/m<sup>2</sup>℃의 3단계로 구분하였고, 측정 당시의 조건을 대상으로, 각 외장재의 흡수율을 조사해보았다. 흡수율 해석 방법은 다음과 같은 열평형식을 이용하였다.

$$a = \frac{(t_s - t_0) \times f}{G} \quad \text{-----(1)}$$

여기서,  $a$  = 흡수율  
 $t_s$  = 표면온도  
 $t_0$  = 외부온도  
 $f$  = 표면열전달율 (W/m<sup>2</sup>℃)  
 $G$  = 일사량 (W/m<sup>2</sup>)

표 4. 재료별 광택도 측정결과

기호	재료명	주사각		
		20	60	85
12-1	고령토벽돌	3.3	4.5	0.3
17-1	고령토벽돌	4.2	9.3	2.4
19-1	고령토벽돌	0.3	2.3	0.7
13-2	후레싱벽돌	0.3	3	1.6
11-2	드라이비트	2.5	0.7	0.3
13-1	드라이비트	2.5	4.2	1.4
14-1	드라이비트	1	2.6	0.6
16-1	드라이비트	0.1	1.1	0.7
18-2	드라이비트	0.3	0.4	2.1
22-1	드라이비트	1.4	5.1	2.2
15-1	목재	0.5	3.7	0.6
20-1	목재	1.1	3.7	1.8
10-1	목재마감 샌드위치패널	2.2	3.6	12
18-1	샌드위치패널	4.4	14.3	65.7
03-1	알루미늄복합패널	4.1	20.3	76.3
03-2	알루미늄복합패널	1	12.2	54.7
03-3	알루미늄복합패널	8.4	14	43.2
07-1	알루미늄복합패널	18.8	48.2	72.1
23-1	알루미늄복합패널	4.8	13.7	74.7
05-2	압출성형시멘트판	0.5	2.3	10.7
01-1	화강석	48.7	63.6	90.5
02-1	화강석	1	1.4	0.9
04-1	화강석	66.7	66.8	83.2
05-1	화강석	66.1	73.2	91.5
06-1	화강석	1.8	3.6	0.6
08-1	화강석	37	43.5	86.5
09-1	화강석	65.6	68.5	93.9
11-1	화강석	43.4	56	81
14-2	화강석	31.3	42.5	88.8
14-3	화강석	1.1	1.3	30.3
15-2	화강석	0	0	0
20-2	화강석	0.1	2.1	0.4
21-1	화강석	0	0	0
21-2	화강석	1.2	2.5	0.3
21-3	화강석	0.3	1.4	1.7
16-2	인조석	5.3	14.4	5.8
02-2	기타석(샌드스톤)	4.1	6.3	1.7

이 식의 유도과정에서는 표면에서 내부로 열이 이동되는 것은 무시하였다. 다시 말해서,  $t_s$ 는 상당외기온도(sol-air temperature)<sup>4)</sup>라고 간주하였다.

4) 이경희, 건축환경계획, p.98

상당외기온도(sol-air temperature)란 벽면, 지붕면에 일사가 있을 때 그 효과를 기온의 상승에 환산하여 실제의 기온과 합한 것으로 다음 식으로 구할 수 있다.

$$ts_a = t_a + 0.035J [^{\circ}C]$$

또한, 현장에서의 일사량(G) 측정시 수직 투영 일사량( $G_v$ )을 측정하였고, 이는 일사에 수평방향으로 면하는 수직제인 건축물 외벽에 적용이 불가능하므로,  $G_v$ 를 외벽에 적용 가능한 수평 투영일사량( $G_h$ )으로 환산 할 필요가 있었다. 따라서 흡수율 값에 적용될  $G_h$ 는 다음과 같은 수식을 이용하여 환산하였다. 수식에 적용된 요인  $\beta$ ,  $\Delta$ ,  $t$ 의 값은 측정 당시의 상태를 기준으로 하였으며,  $\rho$ 는 광주지역 위도 35.1를 적용하였다.

$$G_h = \frac{\sin\beta}{\cos\beta} \times G_v \quad \text{----- (2)}$$

$$\sin\beta = \sin\Delta \times \sin\rho + \cos\Delta \times \cos\rho \times \cos t \quad \text{--- (3)}$$

여기서,  $\beta$  = 태양고도

$\Delta$  = 일적위(0~23.5°)

$$\Delta = 23.45 \sin(360 \times \frac{284+n}{365})$$

여기서,  $n=1$ 월 1일부터의 일수

$\rho$  = 위도(광주:35.1°)

$t$  = 시각(정오부터 한 시간마다 15°, 오전은 -)

외기측 표면열전달율을 3단계로 구분 하였을 경우, 측정 조건에서 재료별 평균 흡수율을 환산한 결과는 표 5와 같다. 일반적인 외벽의 표면열전달율은 표면복사율( $\epsilon$ )이 0.9 일 경우 내벽에서 약 6.7W/m<sup>2</sup>°C이며, 외벽의 경우 비바람이 심한 상태에서 약 28.70W/m<sup>2</sup>°C, 비바람이 보통인 상태에서 10.76W/m<sup>2</sup>°C로 나타나며, 지붕의 경우 비바람이 심한 상태에서 43.05W/m<sup>2</sup>°C, 비바람이 보통인 상태에서 12.30W/m<sup>2</sup>°C로 나타나는 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 이를 3단계로 구분하여 5W/m<sup>2</sup>°C, 17W/m<sup>2</sup>°C, 23W/m<sup>2</sup>°C로 하였다.

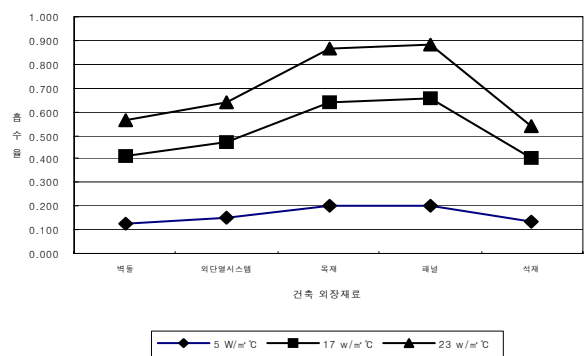


그림 9. 재료 및 기상 열전달율별 흡수율 추정값

그림 9에서 보는바와 같이, 건축 외장재료별 흡수율을 표면열전달율의 구분에 따라 환산해 본 결과, 재료의 표면온도와 유사한 패턴을 보였으며, 표면열전달율 23W/m<sup>2</sup>°C의

여기서,  $ts_a$  : 상당외기온도[°C]

$t_a$  : 외기온도 [°C]

$J$  : 전일사량 [kcal/m<sup>2</sup>·h]



경우는 패널(0.883)과 목재(0.868)의 흡수율이 가장 높게 나타났으며, 드라이비트(0.636), 벽돌(0.561), 석재(0.542) 순으로 낮은 흡수율을 보인 것으로 나타났다.

## 6. 결론 및 고찰

본 연구는 건축외장재의 색채가 일사흡수에 의한 표면온도에 미치는 영향을 연구하기 위한 일환으로서 실시한 기초적 실험연구이다. 측정을 통해 현장에서 사용되는 다양한 건축 외장재의 일사에 의한 영향을 알아보았다.

열화상 카메라를 이용하여, 23개동의 건축물의 일사 표면온도를 측정된 결과, 재료별 평균 표면온도는 목재가 52.65℃로 가장 높았으며, 패널 52.05℃, 드라이비트 46.92℃, 석재 45.32℃, 벽돌 44.3℃ 순으로 조사되었다.

또한 외기측 표면열전달율을 5, 17, 23W/m<sup>2</sup>℃의 3단계로 구분하여 각 외장재의 흡수율을 측정된 결과, 23W/m<sup>2</sup>℃의 경우, 패널이 0.883으로 가장 높게 나타났으며, 목재 0.868, 드라이비트 0.636, 벽돌 0.561, 석재 0.542 순으로 측정되었다.

추후 다양한 기후에서의 측정과 시뮬레이션을 통해 일사열에 의한 외장재 표면온도의 영향을 면밀히 분석할 필요가 있으며, 동계 조건에서의 추가 실험을 통해 동절기와 하절기의 차이를 검토할 예정이다. 아울러 보다 엄격한 조건에서의 일사조건에 따라 건축 외장재료의 표면 마감 상태(색채와 광택)와 표면온도의 관계 등 일사열과 건축 외장재의 온열성상 관계를 규명해 나가고자 한다.

## 후 기

이 논문은 교육인적자원부 지방연구중심대학육성사업(바이오하우징연구사업단)의 지원에 의하여 연구되었음.

## 참고문헌

1. 김상욱 외(1995. 2), “적외선 열화상 장치를 이용한 단열시공 진단 사례”, 설비기술, 66호
2. 손원득 외(2004), “도심지의 온열성상에 관한 연구-제1보 도심지 온열환경 예측모델을 위한 실측조사”, 설비공학논문집, 제16권 제10호, pp.984-989
3. 오기수 외(2003. 12), “열 방사율 측정시 표면거칠기의 영향”, 대학융합학회, 제21권 제7호, pp.65-70
4. 최경석 외(2004. 4), “적외선 열화상 분석기법에 의한 건축물 단열성 평가법 개발연구”, 대한건축학회 학술발표회논문, 제24권 제1호, pp.765-768
5. 산업자원부(2003. 6), “IR법에 의한 건축물 단열성 평가법 표준화 기술 개발에 관한 연구”
6. 이창 외(2001. 4), “도시 열섬현상 방지시책의 동향에 관한 연구”, 대한건축학회 학술대회논문집 제21권 제1호, pp.467-470
7. 최정민 외(1992. 4), “외기측 표면열전달율의 변화를 고려한 벽체 전열해석에 관한 연구”, 대한건축학회 학술발표회논문, 제12권 제1호, pp.239-244