

아트리움형 공간 내 수직온도차에 따른 온열환경

위 승 환¹, 이 종 기¹, 김 석 환¹, 김 수 민^{†,1,2}, Jae D. Chang²

¹송실대학교 건축공학과, ²캔자스대학교 건축대학

Indoors Thermal Environment by Vertical Temperature Differences in Atrium Space

Seunghwan We¹, Jongki Lee¹, Sughwan Kim¹, Sumin Kim^{†,1,2}, Jae D. Chang²

¹School of Architecture, Soongsil University, Seoul 156-743, Korea

²School of Architecture, Design & Planning, The University of Kansas, KS 66506, USA

Abstract: Recently, many studies have conducted to satisfy a physical need of human between environment of light on space, so an atrium structure has been applied to cultural complex. However, this structure brings about many problems such as overheating in summer, excessive vertical temperature differences, condensation, diffusion of noise, effect of echo, and withering landscapes. Especially, in this research, thermal comfort by difference of vertical temperature in the space of atrium and the optical characteristics of glass skins of the atrium could be remarkably effected by solar flux entering indoors.

Keywords: atrium, natural light, optical characteristics of glass skin, indoor thermal environment

1. 서 론

1970년대와 1980년대에 있었던 두 차례의 석유 파동과 최근 국제 유가가 1배럴당 100달러를 상회함에 따라, 세계적으로 에너지 절약에 대한 관심이 높아지고 있다. 이에 따라, 국내 건축형태는 정부의 에너지 정책을 중심으로 에너지 절약을 위해 기밀성과 단열성에 비중을 둔 밀폐 형태로 시공되고 있다. 또, 우리나라의 국토는 65%가 산으로 이루어져 있고 이러한 특성상 대지의 효율성을 증대시키기 위해서 대지를 블록화하는 정돈된 도시계획이 시행되고 있다. 건축물들이 점점 밀폐화되고 블록화가 진행되면서 자연과는 조금씩 멀어지는

건축물들이 생겨날 수밖에 없다. 건축물이 기밀화가 될수록, 실내 온열 환경조절은 자연 환기보다는 설비에 의해 조절되는 경우가 많아졌다. 또, 빛 환경조절의 대부분도 자연채광보다는 인공조명에 의존하게 되었다. 시대가 점차 지남에 따라서 자연과 인간은 멀어지면서 인간은 자연에 대한 생리적 욕구는 점차 증가했다. 그리고 현대 건축물의 대부분이 밀폐형태로 시공되어져 대부분을 실내에서 생활하는 현대인이 자연광을 받을 수 있는 시간은 더욱 적어지고 있는 추세이다. 따라서 빛에 대한 인간의 생리적 욕구에 따라, 공간에서의 인간과 빛 환경에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다(김난정 외 2013; 윤정숙 1992; Zimmons 2004). 또한 최근 건축물 중에서 특히, 비 거주용 건축물에서 이용자의 쾌적감을 위해 자연채광을 들여오는 경우

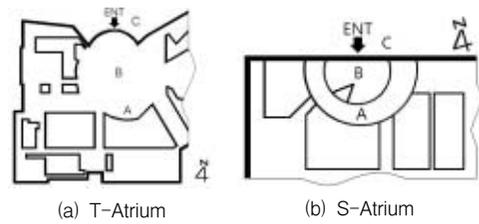
2013년 9월 23일 접수; 2013년 9월 30일 수정; 2014년 4월 25일 게재확정

[†] 교신저자 : 김 수 민 (skim@ssu.ac.kr)

Table 1. Measuring range by function

	Luminance (lux)	Temperature (°C)	Humidity (%)
Range	0~20,000	0~50	0~95

가 많아지고 있는 추세이다. 과거의 상업적 전략과 이익 극대화를 위해서 창이 없는 밀폐 형태의 건축행위에서 벗어나, 실내 환경과 재실자의 쾌적감과 자연채광을 고려한 다양한 형태의 건축이 진행되고 있다. 도시개발에 따른 과밀화로 사라져가는 중앙광장을 실내화하려는 노력이 계속되고 있다(김병선 외 2007). 그중 아트리움은 현대적 의미로는 건물을 조직하는 중심적이고 내부적인 햇빛이 드는 건물 내 오픈스페이스이며, 내부와 외부의 중간영역의 역할을 하고 있는 것을 의미한다. 그리고 아트리움은 다층건물의 유리로 덮인 공공 공간의 목적으로 활용되고 있다. 그리하여 중앙광장의 형태를 건물 내에 들여오면서 도심 속에서 사라져가는 광장을 우리 곁에 두어 사람들을 끌어들이려는 시도로 많이 사용되고 있다. 특히, 복합 문화시설에서 많이 이루어지고 있는데 이는 현대인들이 평소에 느낄 수 없었던 자연광을 실내로 들여와 이들의 생리적 욕구를 자연스레 채워주게 된다. 이러한 이유로 더욱 많은 이용객들을 모이게 하여 더 많은 이용을 하도록 유도하기 위해서 건물 디자인에 다수 활용되고 있다. 이뿐만 아니라 기업의 경영 측면에서도 기업의 이미지를 재고하는데 있어서도 충분한 효과를 거둘 수 있기 때문에 아트리움의 도입은 증가하는 추세이다. 그러나 이렇게 긍정적 측면에도 불구하고 환경 문제에 대한 기본적인 이해와 고려가 부족하여 여름철의 극심한 과열 현상이나 과도한 상하 온도 차이, 결로 현상, 소음의 확산 및 울림 현상 등의 문제점도 유발되고 있다. 특히, 아트리움 공간 내의 수직온도차는 상당히 클 것으로 예상하고 있다(한금용 외 2004). 아트리움에서 고도가 올라감에 따라 온도가 증가하는데 이러한 수직온도차는 일사의 영향을 받아 이루어진다는 것과, 유리의 종류에 따라서 차폐율이 다르기 때문에, 실내에 유입되는 일사와 일조량이 다르므로 실내 열환경에 영향을 미칠 것이라는 가

**Fig. 1.** Atrium plans and measuring points.

정 하에 연구를 진행하고자 한다. 연구에 앞서, 아트리움은 밝기와 개방감을 중시하기 때문에 지붕이나 외벽이 모두 유리로 되어있다. 상대적으로 열전도율이 높은 재료인 유리를 건축물 마감 재료로 이용하기 때문에 일사 및 외기의 영향을 많이 받아 온도 변화폭이 크며, 더욱이 우리나라와 같이 동계 및 하계의 구분이 뚜렷한 기후조건에서 아트리움이 외부환경에 대한 저항이 약해 실내 온열환경이 쾌적하지 못한 상황이 발생되곤 한다. 이에 따라 본 연구에서는 아트리움의 형태로 설계된 서울 소재 T-복합문화시설과 S-복합문화시설을 선정하여 각각의 수직온도차와 사용된 유리의 물성에 따른 실내에 유입되는 빛의 양과 실내 온열환경에 미치는 영향을 알아보려고 하였다.

2. 실험 및 방법

2.1. 실험 방법

본 연구에서는 조도와 온도, 습도 측정이 가능한 다기능 측정기 LM-8000을 사용하여, 각 형태별로 빛과 열환경을 연구하였다. 이를 위해 아트리움형 구조를 가진 건물 2곳을 선정하여 지점을 선정할 뒤 바닥에서 1.0 m 떨어진 지점에서의 조도와 온도, 습도를 10시부터 2시간 간격으로 20시까지 측정하였다. 실험기기의 성능은 Table 1과 같다.

2.2. 실험 장소

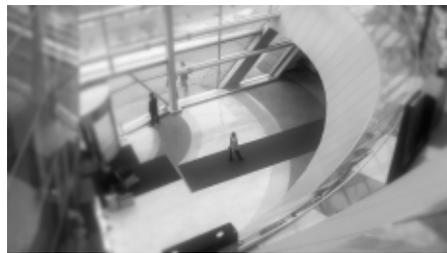
Fig. 1(a)는 T-복합문화시설 내 아트리움 공간의 평면도를 나타낸 것이다. 이곳은 측면창과 천창으로 구성되어 있으며, 천정에 설치된 구형의 조형물 제습장치를 이용하여 실내 습도를 조절하고 있다.

Table 2. Optical specifications of window

Atrium space		T	S
Color		Light Gray	Transparent
Visible ray	Transmissivity (%)	31.0	68.0
	Reflectivity (%)	6.0	13.0
Solar radiation	Transmissivity (%)	11.0	45.0
	Reflectivity (%)	15.0	21.0
Heat transmission coefficient (W/m^2K)		1.2	1.8
Solar shading coefficient		0.18	0.70

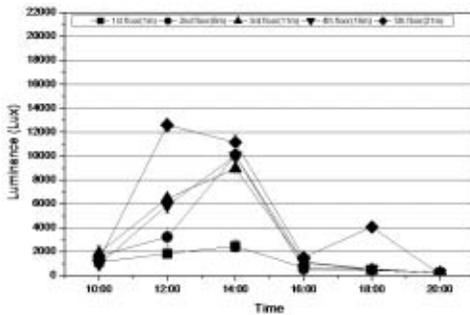


(a) T-Atrium

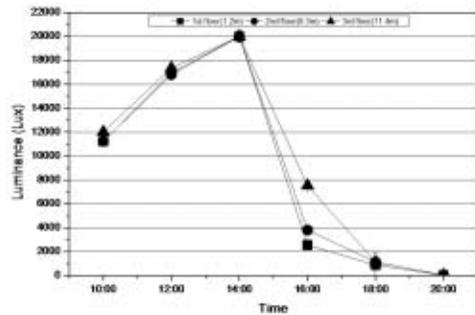


(b) S-Atrium

Fig. 2. Atrium space.



(a) T-Atrium



(b) S-Atrium

Fig. 3. Intensity of illumination in atria.

이에 따라 A, B, C 3곳의 측정 지점을 선정하였고, 각 측정위치의 모습을 Fig. 2에 나타내었다. S-복합 문화시설도 마찬가지로 측면창과 천창으로 구성되어 있으며, Fig. 1(b)에서 A, B, C 지점을 선정하였고, S-복합문화시설 내 실험위치의 모습을 Fig. 2(b)에 나타내었다. T-복합문화시설과 S-복합문화 시설에 사용된 유리의 특성은 Table 2와 같다.

3. 결과 및 분석

3.1. 빛 환경

Fig. 3은 T-복합문화시설과 S-복합문화시설의 아트리움 공간에서의 시간에 따른 지점별 수직적 조도변화 그래프를 나타내었다. T-복합문화시설의 경우 일사량이 가장 풍부한 12시에서 14시 사이에

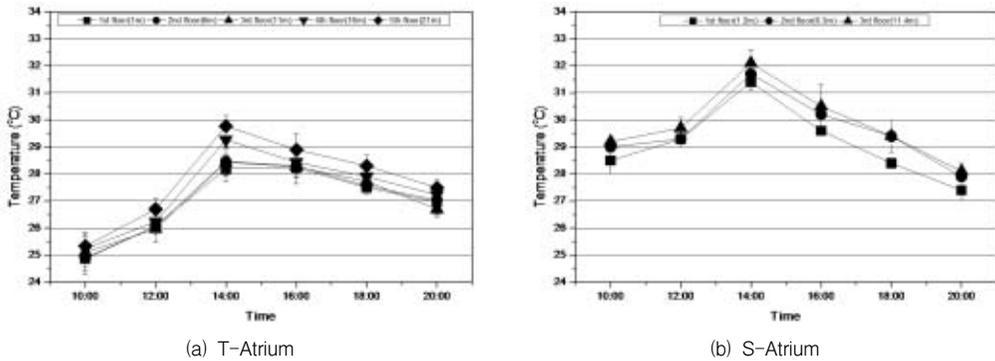


Fig. 4. Temperature in atria.

최대 12,600 lux가 측정되었다. 또한 T-복합문화시설은 북향이며 근접한 세 건물에 동측, 남측, 서측에 위치하고 있다. 12시에 A지점의 조도그래프를 보면, 층 별 조도가 최대 6,000 lux가량 차이를 나타내는데, 이는 주변 고층 건물에 의한 빛의 차단 때문이다. 이는 14시와 18시에도 마찬가지로 태양의 고도가 변화하며 주변 건물이 실내로 유입되는 빛을 막고 있기 때문이다. 또한 S-복합문화시설도 마찬가지로 16시에 급격한 조도의 하락을 확인할 수 있는데, 이는 T-복합문화시설과 마찬가지로 서측에 고층건물이 위치하여 빛의 유입을 차단한 것으로 판단된다. 20시 이후에는 두 측정 공간에서 비슷하게 50 lux가 측정되었다. 또한 유리의 투과율이 낮은 T-복합문화시설의 조도와, 유리의 투과율이 상대적으로 높은 S-복합문화시설의 조도가 약 7,000 lux 정도 높게 측정된 것을 확인할 수 있다. T-복합문화시설과 S-복합문화시설의 시간별 평균값의 수직적 조도변화 그래프를 살펴보면, S-복합문화시설 조도의 최대값은 측정 기기의 최대치인 20,000 lux가 측정되었고, T-복합문화시설의 조도의 최대값은 10,000 lux 정도로 2배의 차이가 났다. 이에 따라, 유리의 특성을 분석해 본 결과 Table 2에서 알 수 있듯이, T-복합문화시설의 경우 사용된 유리의 가시투과율은 31, 태양복사열 투과율은 11.0, 차폐계수는 0.18이었고, S-복합문화시설의 유리는 가시투과율 68.0, 태양복사열 투과율 45.0, 차폐계수 0.70이었다. 예상한 대로 투과율이 높은 유리를 사용한 S-복합문화시설의 조도

가 T-복합문화시설보다 상대적으로 높게 측정된 것을 확인할 수 있다.

3.2. 실내 온열환경

Fig. 4의 측정 결과에서 볼 수 있듯, 빛의 양이 가장 풍부한 12시에서 14시 사이에 온도 변화의 기울기가 급격히 상승하는 것을 확인할 수 있다. 온도는 T-복합문화시설에서 최대 30.0°C, S-복합문화시설에서 최대 32.0°C까지 상승하였다. 그래프를 통하여 층이 올라감에 따라 온도가 상승하는 것을 확인할 수 있는데, 이는 아트리움 공간 내 일사의 영향으로 데워진 공기가 상승하며 나타나는 현상이다. 또한 수직온도차는 일사량과 깊은 관계가 있는 것으로 나타났다. 12시~14시 사이 일사량이 가장 풍부할 때 온도 또한 가장 높게 측정된 것을 확인할 수 있다. 이는 일사량이 증가하여 태양복사열로 인해 공기가 데워진 것이라 판단된다. 이러한 일사는 유리의 투과율과 차폐계수에 따라 들어오는 양이 결정되는데, T-복합문화시설에 사용된 유리의 투과율보다 상대적으로 높은 투과율을 가진 S-복합문화시설의 유리가 실내에서 일사가 더 강한 경향을 보였고, 온도 또한 일사의 영향으로 더 높게 나타났다. 상대적으로 태양복사열 투과율이 높고 차폐계수가 높은 S-복합문화시설의 실내온도가 T-복합문화시설보다 최대 4.0°C 높은 것을 확인할 수 있다.

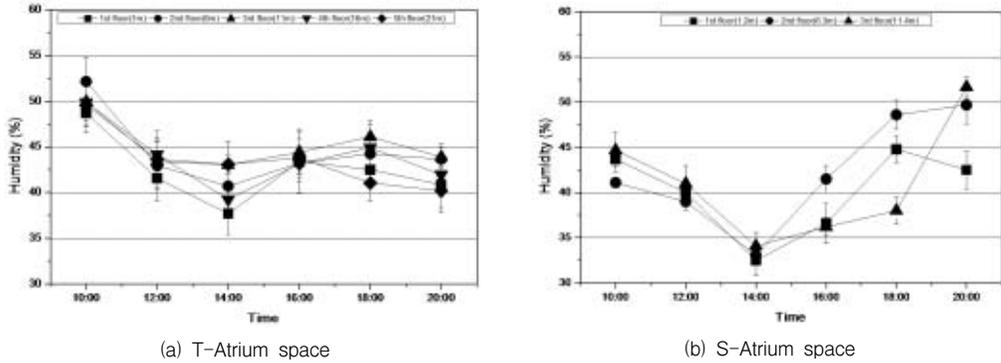


Fig. 5. Humidity in atria.

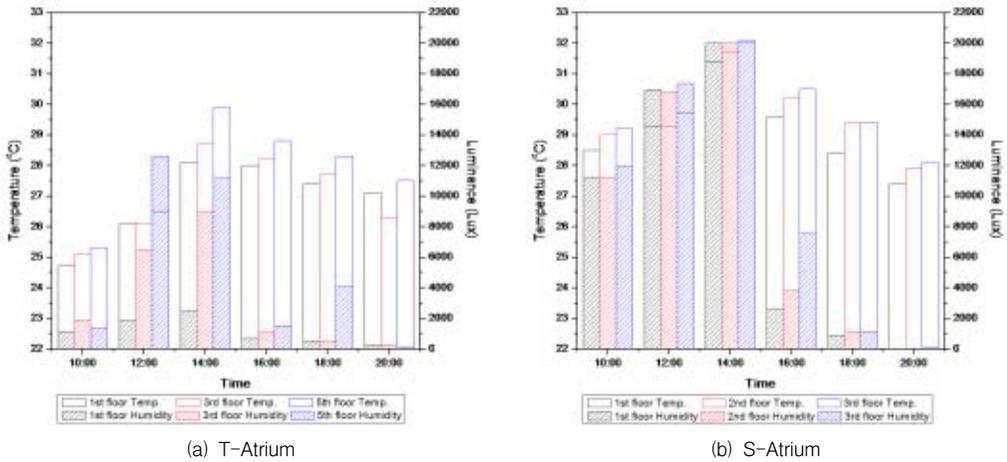


Fig. 6. A function of illumination and temperature.

3.3. 습도

Fig. 5는 T-복합문화시설과 S-복합문화시설의 아트리움 공간에서의 시간에 따른 지점별 수직적 습도변화 그래프를 나타내었다. 습도는 온도의 영향을 받기 때문에 온도가 높아지면서 습도의 포화수증기량이 증가하여 습도가 낮아지게 된다. 따라서 기본적으로 첫 측정시인 10시에서부터 점차 해가 남중고도에 이르면서 점차 습도가 낮아지며, 해가 저물기 시작하는 18시부터 다시 습도가 상승하는 것을 확인할 수 있다. Fig. 5의 그래프를 보면 T-복합문화시설의 A지점의 3층의 습도가 높은 것을 확인할 수 있는데, 이는 수공간 조형물이 B지점 3층 높이에 설치되어 영향을 미친 것으로 판단된

다. 반면 S-복합문화시설의 습도는 2층에서 14시부터 높아지는 것을 확인할 수 있는데, 이것은 유동 인구가 많고 밀집되는 상업적인 시설이 있는 지점이기 때문에 재실자의 영향을 받았기 때문이다.

3.4. 조도에 따른 실내 온도 상관관계 분석

분석을 위해 5층으로 된 T-복합문화시설의 1층, 3층, 5층과 S-복합문화시설의 3개 층을 비교분석해보았다. Fig. 6의 그래프를 보면, T-복합문화시설과 S-복합문화시설 모두 일사량이 최대일 때, 즉 조도가 최대일 때 온도 또한 최대값을 기록하는 것을 알 수 있다. 이것을 통해 아트리움형 구조에서 조도가 높아지면 태양 복사열에 의해 실내온도

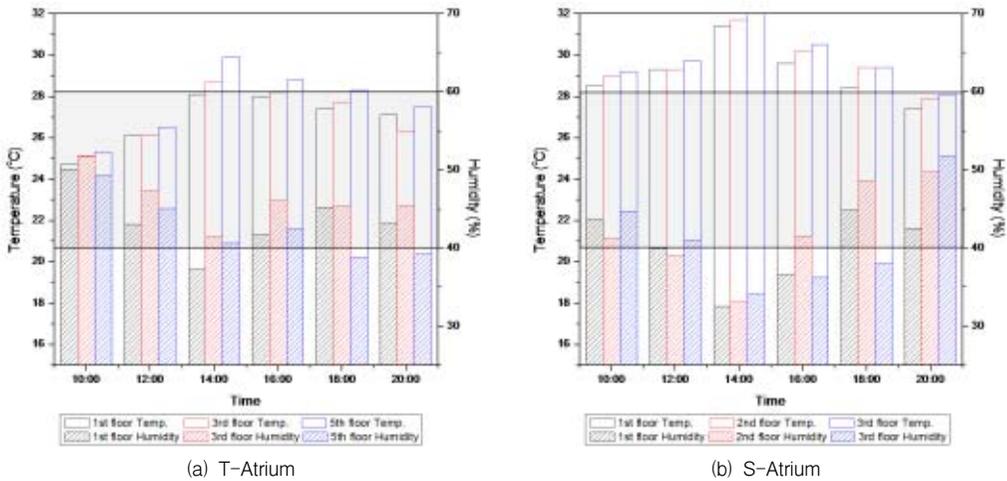


Fig. 7. A function of humidity and temperature.

가 상승하는 것을 알 수 있다. 이 그래프에서 T-복합문화시설보다 S-복합문화시설이 빛의 유입량이 약 2배 많고, 온도 또한 최대 2.0°C 높아 쾌적하지 못한 환경이 12시에서 14시에 걸쳐 나타나는 것을 확인할 수 있다.

3.5. 온도와 습도의 상관관계 분석

Fig. 7은 T-복합문화시설과 S-복합문화시설의 온도에 따른 습도 변화의 상관관계를 그래프로 나타냈다. 두 시설 모두 실내온도가 최고에 이르는 14시에 습도는 최저값을 얻을 수 있었다. 또한, 두 그래프에서 박스 부분은 실내 온도와 습도의 쾌적 범위를 나타낸 것이다. 온도는 21~28°C이며, 습도는 40~60%이다. T-복합문화시설의 경우 구 모형의 수공간 조형물로 인해 습도가 안정적으로 적정 범위에서 유지되는 것을 확인할 수 있었지만, S-복합문화시설은 습도를 조절할 만한 것이 없었기 때문에 12시부터 16시까지의 시간대에 습도가 적정 범위를 벗어난다는 것을 확인할 수 있었다. T-복합문화시설의 경우 14시를 제외한 나머지 시간대는 대부분 쾌적범위를 유지하고 있었으나, S-복합문화시설은 20시를 제외한 시간대에서 쾌적범위를 대부분 벗어난 것을 볼 수 있다. 쾌적범위를 벗어날 경우 복합문화시설에서 고객들의 불만지수가 늘어날 수 있고, 이는 소비욕구가 저하될 수 있다. 이에 따

라 S-복합문화시설의 경우 실내 온도와 습도를 조절하여 쾌적범위를 유지하기 위한 방안이 필요하다고 판단되고 T-복합문화시설 또한 습도가 아래쪽에 몰려 있으므로 자칫 취약한 환경이 조성될 수 있으므로 이에 따른 방안도 필요할 것으로 판단된다.

4. 결 론

본 연구에서는 자연광을 실내로 들여와 생리적 욕구를 충족시키고, 이로 인해 이용객의 수를 늘려 기업 이익을 증가시키기 위해 복합문화시설에 많이 도입되는 아트리움을 분석하였다. 그러나 아트리움은 건축물의 마감 재료로 빛을 투과시키는 유리를 사용하기 때문에 일사에 의한 과열, 그리고 다층건물로 구성되었을 시의 수직온도차가 발생된다. 그래서 유사한 아트리움 구조에서의 실내 온열환경과 수직온도차의 비교, 또한 일반적으로 천창과 벽체를 유리로 마감하는 아트리움의 특성상 유리의 종류에 따른 실내 온열환경에 미치는 영향이 다를 것이라는 예상 하에 선정 장소를 실측하고 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다. 빛 환경에서는 T-복합문화시설과 S-복합문화시설 모두 주변 고층건물에 의해 빛의 유입량이 일정하지 않았다. 그러나 각 측정건물에 사용된 유리의 투과율과 차폐계수를 비교해 보았을 때, 약 2배 차이가 나며, S-복

합문화시설의 빛의 유입량 역시 T-복합문화시설보다 2배 높음을 알 수 있었다. 온열 환경에서는 공기의 대류현상으로 일사에 의해 데워진 공기가 상승하기 때문에 고도가 높아질수록 온도가 높아지는 경향성을 확인할 수 있었다. 또한, 수직온도차는 조도와 깊은 관계가 있는 것으로 나타났고, 각 측정건물에 사용된 유리의 특성을 분석해본 결과 상대적으로 조도가 높은 S-복합문화시설의 실내온도가 T-복합문화시설 보다 최대 4.0°C 높은 것을 알 수 있었다. 마지막으로 습도는 온도의 영향을 받는데 온도가 높아지면서 습도의 포화수증기량이 증가하여 습도가 낮아지고, 온도가 낮아지면 다시 습도가 상승하는 것을 확인할 수 있었다. 또한 유동인구가 많은 지역의 경우 재실자의 영향을 많이 받는 것을 확인할 수 있었다. 예상했던 바와 같이 높이가 높아질수록 온도가 상승하는 수직적인 온도차가 나타났다. 아트리움 구조에서 유리의 종류에 따라 실내 자연광 유입 정도가 다르고 이에 따라 실내 온열환경에 미치는 영향도 다르다는 것을 각 측정 장소에 사용된 유리와 실내온도의 평균값을 통해 확인할 수 있었다. 이를 통해 아트리움의 층고, 사용된 유리의 성능에 따라 여름철 실내 온열환경에 영향을 주며, 일사의 조절을 통한 제어가

필요할 것으로 판단된다.

사 사

이 논문은 2013년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (한국연구재단-2013-R02020204- 201317221717).

참 고 문 헌

- 김난정, 현은미, 김용식. 2013. 아트리움이 실내 열환경에 미치는 영향에 대한 사례분석연구. 대한건축학회 학술발표대회.
- 김병선, 김광호, 김태연, 최석규. 2007. 아케이드형 재래시장의 열환경 측정 및 설문 조사 연구. 대한건축학회 23(6). 237-246.
- 윤정숙. 1992. 빛과 건축 : 건강한 생활환경과 빛. 대한건축학회 36(5). 56-60.
- 한금용, 안병욱. 2004. 아트리움 공간의 상하온도차에 관한 실측 연구 : 선형 아트리움과 중정형 아트리움을 중심으로. 대한건축학회 20(1). 187-194.
- Zimmons, P. M. 2004. The Influence of Lighting Quality on Presence and Task Performance in Virtual Environments. The University of North Carolina at Chapel Hill.