복합문화시설내 공간 구조에 따른 일조와 일사가 실내 온열환경에 미치는 영향

최 병 보, 전 현 식, 윤 석 일, 김 석 환, 이 상 진, 김 수 민[†]

숭실대학교 건축학부

Effects of Daylight and Solar Radiation on Indoor Thermal Environment According to Space Structures in Multi-Complex Cultural Center

Byungbo Choi, Hyun Sik Jeon, Seokil Yoon, Sughwan Kim, Sang-Jin Lee, Sumin Kim[†]

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

(Received August 31, 2012; revision received September 21, 2012)

ABSTRACT: Recently, people are paying attention to new forms of construction. For example, deviated from an enclosed type space, people have been interested in an atrium type and an arcade type spaces. In this study, we had hypothesis 'Indoor thermal environment will be influenced by the inflow rate of natural lights with temperature and humidity.' We selected a multi-complex cultural center and conducted this study. This place is consisted of atrium, arcade, and enclosed types. The three spaces were classified according to the type of spaces that have own features along with their forms. The atrium type space has ceiling and the side windows, and the arcade type space has ceiling windows. On the other hand, there are no windows or open parts in the enclosed type space. Three measurement points at each space were selected because of their huge space. Intensity of illumination, temperature and humidity were confirmed by the average value of three measurement points. In addition, surveys were conducted regarding indoor comfort elements in each space.

Key words: Atrium(아트리움), Arcade(아케이드), Enclosed space(밀폐형 공간), Natural light(자연광), Indoor thermal environment(실내 온열환경)

1. 서 론

1.1 연구 배경

1970년대와 1980년대에 있었던 두 차례의 Oil-Shock와 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, 대지의 효율성을 증대시키기 위해 대지를 블록화하는 정돈된 도시계획이 함께 시행되고 있다. 건물이 기밀화가 될수록, 실내 온열 환경조절은 자연 환기보다는 설비에 의해 조절되는 경우가 많아졌다. 또, 빛 환경조절의 대부분도 자연채광보다는 인공조명에 의존하게 되었다. 그러나 빛에 대한 인간의 생리적 욕구에 따라, 공간에서의 인간과 빛 환경에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.⁽¹⁻³⁾ 외국에서는 오래

[†] Corresponding author

Tel.: +82-2-820-0665; fax: +82-2-816-3354

E-mail address: skim@ssu.ac.kr

전부터 이러한 흐름에 따라 아트리움과 아케이드 등을 통한 비주거용 건물에서 이용자의 쾌적감을 위해 자연채광을 주제로 한 연구들이 활발히 이루어지고 있다. 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 계속 되고 있다. 도심 내에 활기를 불어넣어줌과 동시에 자연채광을 통해 조명에 쓰이는 에너지를 감소시킬 수 있는 광장 형태의 아트리움과 열주에 의해 지탱되는 아치의 연속적인 구조로 이루어지는 아케이드를 통해 빛을 최대한 이용할 수 있게 되었다.⁽⁴⁻⁵⁾

국내에서도 이런 흐름에 맞춰 외부 공간과의 시각적 연계 등을 통하여 외부 환경적 개방감을 주는 아트리움을 도입하여 건축과정에 적용하고 있다.⁽⁶⁾ 아케이드도 2002년 「중소기업의 구조개선과 재래시장 활성화를 위한 특별조치법」 제정 이후, 아케이드가 설치된 전통 재래시장이 늘어나고 있다.⁽⁷⁾ 그러나 이러한 형태의 공간은 외국으로부터 이론적 고려 없이 형태적인 요소만 들여온 문제로 인하여, 국내 실정에 맞지 않는 경우가 많이 발생하고 있다. 이로 인해, 과열 혹은 과냉으로 인체의 불쾌적성을 야기하고, 온·냉방에 더 많은 에너지가 사용된다는 보고가 계속 되고 있다.⁽⁸⁾

최근 들어, 위와 같은 온·냉방에서의 에너지 손실에 대한 문제점은 창이 단열성능이 향상됨에 따라 점차 해결 되고 있다. 높은 수준의 단열 성능을 가진 창을 통해 아트리움과 아케이드 공간은 빛 환경뿐만 아니라 열 환경을 함께 고려할 수 있게 되었다.⁽⁹⁾ 위와 같은 사회 현상과 이론 등을 토대로 하여, 건물의 형태별로 자연광 유입 정도에 따른 실내 온열환경에 대한 연구를 진행하고자 한다.

1.2 연구의 목적

세계 인구의 50% 이상이 도시에서 거주하게 되면서 도시의 순환체계와 밀집, 복합성, 유연성, 관계, 소통, 네트워크, 이질성 등을 해결하기 위해 새로운 도시질서와 건축물을 요구하게 되었다. 이러한 요구를 바탕으로 현대의 문화공간은 복합문화시설이라는 형태로 등장하였다.⁽¹⁰⁾ 과거, 여러 차례의 에너지 파동을 겪은 후, 에너지 절약에 대한 경각심, 오염된 외기와의 차단, 그리고 상업적 이익을 극대화시

키기 위해 대부분의 상업 건축물은 밀폐형으로 이루어졌다. 하지만 현재, 재실자의 거주 환경 개선 인식과 건축 문화가 발전함에 따라, 과거의 백화점과 같은 상업건물의 전형적인 형태인 밀폐 형태의 건물에서 탈피하여, 재실자의 거주 쾌적성을 고려한 아트리움이나 아케이드 형태의 건물이 증가하고 있다. 이에 따라, 각 형태별로 창을 통한 채광이 실내 온열환경에 미치는 영향을 알아보하고자 한다.

본 연구에서는 아트리움, 아케이드, 밀폐 형태가 한 장소에 존재하는 서울 소재 T-복합문화시설을 선정하여, 각 형태에 따라 자연광 유입량에 따른 실내 온열환경을 측정하여, 각 형태가 외부환경에 반응하는 특징을 파악하고자 하였다. 또한 설문조사를 통해 어떤 형태의 공간이 실내 온열환경 및 만족도가 높은지 조사하였다.

2. 본 론

2.1 T-복합문화시설 실내 분석

Fig. 1은 T-복합문화시설의 평면도를 나타낸 것이다. T-복합문화시설은 아트리움, 아케이드, 밀폐 형태의 공간이 나란히 배치되어 있다. 공간이 대공간임을 감안하여, 형태별로 그룹화하여 Table 1에 표기하였다.

Fig. 1 T-multi cultural complex floor plan.

Table 1 Classification of T multi cultural complex by Structure

	Structure	Use
Group 1	Atrium type	Square, Concert hall
Group 2	Arcade type	Aisle
Group 3	Enclosed type	Department store

(a) Atrium Type(Group 1)

(b) Arcade Type(Group 2)

(c) Enclosed Type(Group 3)

Fig. 2 Form of T multi cultural complex.

Table 2 Features of Ceiling Window

	Color	Light Gray
Visible Light	Transmittance(%)	31
	Reflectivity(%)	6
Solar radiation	Transmittance(%)	11
	Reflectivity(%)	15
heat transmission coefficient (w/m^2K)		1.2
solar shading coefficient		0.18

Group 1-Atrium type(Fig. 2(a))에서는 측면창과 천창으로 구성되어 있으며, 천정에 메달린 구형의 조형물 제습장치를 이용하여 실내 습도를 조절하며, 각 층 슬라브에 공조설비가 설치되어 있다. Group 2-Arcade type(Fig. 2(b))에서는 천정창이 설치되어 있었으며, 통로 중앙에 저층부부터 고층부까지 하나로 개방되어 있다. 마지막으로, Group 3-Enclosed type

(Fig. 2(c))에서는 창이 없는 밀폐 형으로 이루어져 있음을 볼 수 있다. T-복합문화시설의 사용된 창 특성은 Table 2와 같다.

2.2 측정기기

본 연구에는 조도와 온·습도 측정이 가능한 다기능 측정기 LM-8000(Fig. 3)를 사용하여, 각 형태별로 빛과 열 환경을 측정하였다. 측정기기의 성능은 Table 3과 같다.

2.3 측정 방법

T-복합문화시설에 대해, 2012년 5월 6일에 측정을 실시하였다. 측정에 앞서, 측정당일 기상은 Table 4와 같다. Fig. 4는 아트리움, 아케이드, 밀폐 형태의 평면도와 측정지점을 나타내고 있다. 측정결과와 신뢰성을 확보하기 위하여 동일층, 형태별 동일 측정 위치, 동일시간 11시부터 20시까지 매 3시간 간격으로, 총 4회를 실시하였다. 또한 각각의 형태가 대공간임을 감안하여, 각 형태별로 주변의 방해 요소가 가장 적은 3지점을 선정하여 지점간의 평균을 산출하였다. 측정기기 사용 시 측정값의 정확도를 위해 바닥에서 1.2 m의 높이를 유지하여 측정하였다.

측정 지점은 그룹별로 Fig. 4와 같이 지점 ①, ②, ③을 선정하여 각각 외부, 개구부, 실내의 위치를 표시하였다. 각 장소별로 외부 환경을 측정하기 위해 장

Fig. 3 A continuity device with multiple functions.

Table 3 Measuring range by function

	Intensity of illumination (lux)	Temperature ($^{\circ}C$)	Humidity (%)
Range	0~20,000	0~50	0~95

Table 4 Data of the National Weather Service
(12. 5. 6)

	Maximum temp.(°C)	Minimum temp.(°C)	The duration of sunshine (MJ/m ²)	Cloud cover
Value	24.1	13.1	12.4	0.4

(a) Atrium type

(b) Arcade type

(c) Enclosed type

Fig. 4 Measuring points in T multi cultural complex.

소의 출입구 밖(지점 ㉠)에서 측정하였다. 다음으로, 내·외부 환기량이 많은 개구부(지점 ㉡)에서 측정하였다. 마지막으로, 공간 내부(지점 ㉢)에서는 내·외부의 환경변화가 개구부(지점 ㉡)보다 작고, 대표 공간임을 감안 하여 3개의 측정 지점을 선정하여 평균값을 산출하였다.

또한, 아트리움 형태의 공간과 아케이드 형태의 공간에서는 천정창과 측면창에서의 프레임에 의한 자연광 유입의 불균등함을 고려하여 자연광 유입이 측정 지점간 유사한 위치로 선정하였다.

2.4 설문조사

T-복합문화시설에서 그룹 중 어느 곳에서 실제적으로 실내 환경에 대한 재실자의 쾌적감이 높은지를 파악하기 위하여 설문조사를 실시하였다. 설문대상은 이용 빈도가 높은 20~50대를 대상으로 이용객 50명에 대해 조사하였으며, 시간은 일사량의 영향을 가장 크게 미치는 시간대인 12시 부터 14시 사이에 실시하였다. 설문 조사 내용으로 연령, 형태별 공간 선호도와 선정 이유에 대해 객관식 질문으로 설문조사에 응하는 이용객의 편의에 중점적으로 구성되어 조사하였다.

설문 조사 결과, Fig. 5에서 볼 수 있듯, 응답자 중 과반수가 아트리움 형태의 공간(64%)을 가장 선호한다고 대답하였고, 나머지 응답자들은 밀폐 형태의 공간(28%), 아케이드 형태의 공간(12%) 순으로 선호한다고 응답하였다. 각각 공간에 선호 근거를 Fig. 6에 나타내었다. 아트리움에서는 빛(50%), 통풍(37.5%), 온도(12.5%) 순으로 응답하였다. 이 결과를 통하여 아트리움의 실내 환경에서 빛이 인체에 쾌적감에 큰 요소가 된다는 사실을 알 수 있다. 다음으로, ‘통풍’으로 응답한 인원이 많았다. 이를 통해서, 실내 이용객이 통풍으로 직접적인 쾌적감과 실내 공기질 향상에 대한 쾌적감을 느낀다는 결과를 얻을 수 있었다. 반면에, 아케이드 형태의 공간에서는 응답자들 모

Fig. 5 Space preferences.

Fig. 6 Reason for space preferences.

두 빛에 응답하였다.

마지막으로, 자연광의 유입이 없는 밀폐 형태의 공간에서는 다른 형태의 공간들과 다르게 형태별 공간 선호 이유로, 온도(63%), 빛(20%), 습도(17%) 순으로 응답하였다. 아트리움 형태 및 아케이드 형태 선호이유로 빛을 선택한 비율이 높은 반면, 밀폐 형태의 공간에서 빛을 선호 이유로 선택한 비율이 낮았다. 또, 설문조사 결과에서 볼 수 있듯이, 실내 채식자들은 인공조명보다는 자연 채광에서 높은 쾌적감을 보였다. 결과적으로, 채광이 없는 밀폐형 공간에서는 설비를 통하여 일정하게 쾌적 범위를 유지하기 유리한 열환경에 대한 영향이 지배적이라고 볼 수 있다.

3. 결과 및 분석

아트리움 형태의 공간은 천정창과 측면창을 통해 3곳의 형태 중 가장 많은 양의 자연광이 실내 전역으로 유입되는 형태이다. 아트리움 형태에서의 측정값을 Fig. 7에 나타내었다. Fig. 7(a)에서 볼 수 있듯, 공간 외부의 경우 자연광의 유입량이 측정 시간대

(a) Intensity of illumination

(b) Temperature

(c) Humidity

Fig. 7 Hourly measurement graph in Atrium space.

중에서 일사량이 가장 풍부한 14시에는 최대 12000 lux가 측정되었다. 반면에, 자연광의 유입이 거의 없는 20시에는 15 lux 값을 볼 수 있었으며, 10000 lux 이상의 큰 폭의 변화를 보였다. 이와 마찬가지로, 공간 내부는 14시에 8000 lux가 측정되었으며, 20시에는 측정지점에 상관없이, 외부로부터의 채광 없이, 인공조명에 의해서만 빛이 제공되기 때문에, 최소 900 lux가 측정되었다. 외부 조도의 변화폭에는 미치지 못하는 값이지만, 7100 lux의 조도 변화폭이

나타났다.

또한, 개구부에서는 11시와 14시에서는 측면창을 통한 자연광의 유입으로 최대 4000 lux의 값이 측정되었으며, 내부와 마찬가지로, 20시에는 실내조명에 의해 900 lux의 일정한 값이 측정되었다. 이와 같이, Fig. 7(a)에서 외부, 개구부, 내부 등 각 측정지점에서 측정치를 통해, 공간 내부의 조도 변화 추이가 공간 외부의 변화 추이가 유사하게 나타났다.

조도와 마찬가지로 아트리움 형태의 공간 내부에서의 온도 변화는 14시에 28℃로 정점을 이룬 후, 25.3~28℃, 외부는 24.5~28.1℃사이의 값이 측정되었다. Fig. 7(b)에서 아트리움 형태의 공간에서는 외부와 내부의 온도 변화가 흡사한 양상을 보여주고 있다. 아트리움 형태의 공간 내부 온도 변화는 25.3~28℃로 3곳의 형태 중 가장 큰 온도차이가 있음을 알 수 있다. 이를 통해, 실내에서 설비를 이용한 공조를 하고 있음에도 불구하고, 자연광 유입이 많은, 아트리움 형태에서 실내에 온도의 변화가 명확하다는 이야기는 외부 환경에 의한 영향이 크다는 것이다. 특히 자연광의 유입이 실내의 열 환경에 결정적인 영향을 미친다는 것을 확인 할 수 있다.

아케이드 형태의 공간에서는 아트리움 형태의 공간과 마찬가지로 외부 조도를 14시, 20시경에 측정하여, 11000 lux, 14 lux의 값과 내부 조도 6000 lux, 500 lux의 값을 얻을 수 있었다. 외부와 내부의 조도 변화 추이를 보았을 때, Fig. 7(a)와 Fig. 8(a)를 비교하여 보면, 아트리움 형태의 공간과 유사한 변화 양상을 보이고 있다는 것을 확인할 수 있다. 그러나 측면창 없이 복도형식으로 천정창만을 통한 자연광의 유입이 이루어지고 있기 때문에 자연광의 유입량이 아트리움 형태의 공간보다 적게 이루어지고 있음을 볼 수 있다. 또한 개구부에서는 측면창의 부재로 인해, 조명으로 채광이 이루어지는 이유로 측정 시간대 별로 900~1300 lux의 값이 측정되었다. 다음으로, Fig. 8(b)에서 아케이드 형태의 공간에서는 내부 온도 26.1~27.4℃, 외부 온도 24.6~28.0℃로 아트리움 형태의 공간과는 다르게 외부와 내부의 온도 차이를 보인다. 그러나 전반적인 변화 추이는 아트리움과 유사하게 나타났다.

밀폐 형태의 공간에서는 Fig. 9(a)와 같이 창이 부재로 인해서, 자연광 유입 없이 실내조명에 의해 일정한 조도가 조절되고 있음을 볼 수 있다. 측정 시간대에 상관없이 900~1000 lux의 일정한 값이 측정되었고, 26.5~27.8℃ 사이의 일정대역의 온도 값이 측정

(a) Intensity of illumination

(b) Temperature

(c) Humidity

Fig. 8 Hourly measurement graph in Arcade space.

되었다. 밀폐 형태의 공간에서는 외부환경으로부터 조도나 바람의 유입이 전무하기 때문에 능동적인 설비로 내부 환경의 질을 조절되고 있다.

Fig. 10의 그래프를 통하여 3곳의 공간 중 시간대 별로 가장 일정한 값을 유지하고 있으며, 밀폐 형태의 공간에 비해 아트리움 형태와 아케이드 형태의 조도와 온도 변화 폭이 큰 것을 알 수 있다. Fig. 10(a)와 Fig. 10(b)를 통해, 아케이드 형태의 온도는

(a) Intensity of illumination

(b) Temperature

(c) Humidity

Fig. 9 Hourly measurement graph in Enclosed Space.

아트트리움 형태와 밀폐 형태의 사이에서 변화를 보이고 있는데, 아트트리움 공간에 비해 자연광의 유입이 적고 그만큼 기계적인 설비가 이루어지고 있기 때문이다. 체적 대비 능동적인 설비의 비가 밀폐 형태의 공간보다 적기 때문에 밀폐 형태의 공간과 다르게 천장을 통한 자연광의 유입이 실내 열환경에 영향을 주기 때문이라는 것이라고 해석할 수 있다. 그리고 밀폐형태의 공간이 단층구조의 비교적 작은 체

(a) Intensity of illumination

(b) Temperature

(c) Humidity

Fig. 10 Hourly comparing graph in each space.

적의 공간임에 비해, 아트트리움 형태의 공간과 아케이드 형태의 공간은 넓은 체적의 공간이라는 사실을 통해 위와 같은 결과가 나타났음을 알 수 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 자연광 유입 정도에 따라 실내 열환경에 미치는 영향을 증명하고자 하였다. 창 의 유

무 및 위치에 따른 형태적 측면에서 밀폐 형태의 공간을 대조군으로 아트리움과 아케이드 형태의 공간과의 차이를 두어 연구를 진행하였다. 또, 채광량과 실내 열환경의 상관 관계를 보이게자, 시간대별로 조도와 온·습도를 측정하였다. 연구를 위해 3곳의 공간에서 각각 측정요소를 측정하였다. 그리고 채실자의 입장에서 각 공간 별로 ‘빛’에 대한 선호 비율을 알아보게자 설문조사를 진행하였다. 아트리움은 자연광의 유입이 천정창과 측면창으로 이루어지는 만큼 3곳의 형태 중 가장 많은 자연광의 유입이 있었고, 조도와 온도가 외부의 환경과 유사한 경향을 보였다. 아케이드 형태의 공간에서는 조도값은 아트리움과 유사한 경향을 보였다. 자연광의 유입이 천정창으로 국한되었고, 이를 보완하기 위해 능동적인 설비를 사용하여 아트리움과 밀폐 형태의 공간의 중간수치의 온도 변화추이를 보였다. 밀폐 형태의 공간의 경우, 실내 환경이 능동적인 설비요소에 의해 조절되어 실내가 일정 조도 및 온·습도를 유지하는 것을 볼 수 있다. 측정값을 분석한 결과, 자연광의 유입 정도에 따라 온도의 변화가 결정되는 것을 볼 수 있다. 위와 같이, 측정값을 토대로 비교 분석한 결과, 밀폐 형태의 공간은 외부환경의 유입 없이 능동적인 설비로 조도 및 온·습도의 일정한 수준을 유지함을 알 수 있다. 이처럼, 3곳 가운데, 외부 환경과 시간의 변화에 상관없이 가장 평균적으로 유지되는 밀폐 형태의 공간에서 채실자들의 쾌적감이 가장 높을 것으로 예상되었다. 설문조사와 측정값에 대한 분석을 종합한 결과, 밀폐 형태의 공간보다 아트리움, 아케이드 형태의 공간에서 채실자들이 더 큰 쾌적감을 느끼고 선호하였다. 이를 통해, 자연광의 영향이 많은 형태의 공간에 대해 이용객의 선호가 높다는 사실을 알 수 있다. 또, 자연광의 유무가 실내 열환경과 채실자의 쾌적감을 이끌어 내는데 큰 영향을 미친다는 것을 볼 수 있다. 향후, 여러 형태에 대해서 자연광이 실내 열환경에 미치는 정도에 대한 연구가 활발히 진행되어야 할 것이다.

후 기

이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2012-0001827).

참 고 문 헌

1. Yoon, C. S., 1992, Residential Design and Daylight, Architectural Institute of Korea, Vol. 36, No. 5, pp. 56-60.
2. Kim, K. S., 1992, Daylight for the Energy Source-Daylighting for the Energy Conservation, Architectural Institute of Korea, Vol. 36, No. 5 pp. 45-49.
3. Zimmons, P. M., 2004, The Influence of Lighting Quality on Presence and Task Performance in Virtual Environments.
4. Kim, K., Park, P., and Kim, B. S., 2008, Survey and numerical effect analyses of the market structure and arcade form on the indoor environment of Closed-arcade markets during summer.
5. Choi, C. B., 2010, A study of Atrium based on Eco-friendly Elements, Kukmin University, A master's thesis.
6. Lee, J. Y., 2010, Using Passive Energy Utilization courtyard atrium space of the high-rise business facilities, Chungju University, Industrial science research journal, Vol. 27, No. 2.
7. Kim, Y. K., Kang, H. S., Kim, S. H., 2012, A study of Efficient Measures for Installing and Managing Traditional Market Arcades, Journal of Distribution Science, Vol. 10, No. 3, pp. 15-30.
8. Kim, K. S. and Kim, Y. S., 1995, A Study on Evaluation of Heating, Cooling and Lighting Energy in Toplighted Atrium Buildings, 100 Architectural Institute of Korea, Vol. 11, No. 12, pp. 203-211.
9. Cha, K. S., 1998, A Study on the Actual Survey · Evaluation of the Atrium Environment in H Building, The Korean Solar Energy Society, pp. 408-415.
10. Kim, S. H., 2011, A study of Multi Purpose Cultural Facilities for Communications aspects, The Spring Annual Conference of The AIK collection of dissertations, Vol. 31, No. 1, p. 6