

담수를 활용한 아트리움의 천장냉각 효과에 관한 연구

A Study on the Ceiling Cooling Effect of Atrium Using Water Cool Roof

정 유 근*

Chung, Yugun

Abstract

In the atrium, indoor overheating and cooling load increase due to excessive solar flow. The study analyzed the cooling effects of atria using water cool roofs through a scaled model experiments. In the experiments, the thermal environments in the scaled atria according to the opening conditions were measured. As results, it was analyzed that the indoor average temperatures of atria decreased 2.08~3.95°C by the water cool roofs. In particular, it was analyzed that the indoor cooling effects were best in the lower layer of the atria and the cooling effects were reduced in the skylight atria. This is thought to be the influence of cold draft occurring in the skylight. Water cool roof is one of the structural cooling systems that can be applied on the atrium. Also it is expected that the development of various environment friendly technologies will be needed in the future.

키워드 : 아트리움, 실내 열환경, 천장냉각, 축소모형 실험, 냉각효과

Keywords : Atrium, Indoor Thermal Environment, Cool Roof, Scaled Model Experiments, Cooling Effects

1. 서 론

아트리움 건축은 공간적 특성에 따른 유용성에 더하여 외부공간과 같은 실내 공간을 통하여 재실자에게 시각적 만족감과 환경친화적 공간으로 활용되고 있다. 특히 풍부한 자연광의 유입과 외부 자연환경과의 완충적 공간으로 아트리움은 건물의 가치향상에 더불어 다양한 활동을 창출되는 공간으로 역할을 수행하고 있다(Calcagni, 2004).

그러나 넓은 유리창으로 인한 여름철 과도한 일사의 유입은 실내를 과열하여 냉방부하의 증가와 수직 온도분포의 불균형 등 실내 열환경 악화시켜 환경적 문제를 야기할 수 있다. 이런 이유로 아트리움의 열환경에 관한 다양한 연구가 수행되어 왔고 쾌적한 아트리움 환경조성을 위한 다양한 설계기법들을 제안하고 있다.

한금용(2004) 등은 선형 및 중정형 아트리움을 대상으로 실측을 통해 아트리움 내 수직 높이에 따른 실내 온도가 유효한 차이가 있으며 비공조기간인 중간기에 크게 나타났다고 기술하였다. 김지현(2012) 등은 천창반식에 따른 아트리움의 자연채광 및 열성능 평가 연구에서 톱날 방식의 천창이 평면형과 볼트방식의 천창보다 채광 및 열환경에서 유리하다고 제안하였다.

최정민(2014)은 1면 부착형 아트리움의 열환경 실측을 통하여 쾌적한 환경조성을 위해 일사차단의 중요성을 기술하고 적절한 일사차단으로 냉방소비전력 최대 19% 절약할 수 있을 것으로 예측하였다. 그 외에 시뮬레이션을 이용한 아트리움의 열환경 요소분석 연구(김난정 외, 2013)가 있으며 이들 연구들은 아트리움의 종류, 형태적 특성 그리고 일사유입방법 등에 따른 열환경을 분석하여

설계단계에서 고려하여야 할 설계기법을 제시하고 있다.

최근 쿨루프(cool roof)을 활용한 건물냉각과 쾌적한 열환경 조성을 위한 연구가 수행되고 있다. 김경아(2019) 등은 계절에 따른 쿨루프 건축물의 실측을 통하여 구조체와 실내 모두에서 열환경이 개선되며 특히 일사차단 효과가 큰 것으로 분석하였다. 그러므로 쿨루프는 일사의 영향을 크게 받는 아트리움 건축에서 쾌적한 실내 환경 조성을 위해 매우 유용할 것으로 예측된다.

연구는 담수의 잠열증발에 따른 냉각효과를 활용하여 아트리움 천장에 담수를 설치함으로써 얻을 수 있는 천장냉각 효과를 평가하고자 한다. 이는 천장부가 유리로 계획된 아트리움 건축에서 외부조망을 유지하며 직달일사를 차단하고 구조체를 냉각시킴으로 특히 습도가 낮은 지역에서 매우 유용할 것으로 사료된다.

이를 위해 천창형 아트리움 축소모형을 제작하고 개구부 조건과 높이에 따른 냉각효과를 분석하였다. 아트리움의 실내 열환경 분석을 위해 실내 온도 및 풍속을 측정하였고 이때 측정기구로 소형 온습도 측정기인 HoBo와 풍속계 Testo 400을 사용하였다. 연구결과는 에너지를 절약하고 쾌적한 아트리움 실내 환경조성을 위해 쿨루프의 활용을 확대하고 보다 다양한 쿨루프 개발을 위한 자료로 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

2. 아트리움 축소모형 실험

2.1 축소모형의 개요

천장담수를 활용한 쿨루프 아트리움의 실내공간의 냉각효과를 분석하기 위하여 4층 아트리움 건축(가로9m, 세

로(9m), 높이(12m)을 대상으로 스케일 1/20 축소모형을 제작하였다. 제작된 아트리움 축소모형은 가로450mm, 세로 450mm, 높이600mm로 천장담수형과 일반형으로 제작하여 실내 온열환경을 비교할 수 있도록 계획하였다. 축소 모형 실험은 일조량이 많은 오후를 기준으로 12:30부터 17:30분까지 일주일 동안 실시하였고 측정자료 중 외부기상 변화가 큰 2일간의 자료는 분석에서 제외하였다.

Table 1. Scaled Model Outline

	Wall		Bottom	Insulator		Column
	450 *600	450 *450	500 *500	450 *600	450 *450	20*20 *600
Size (mm)	450 *600	450 *450	500 *500	450 *600	450 *450	20*20 *600
Quantity	8	2	2	8	2	2

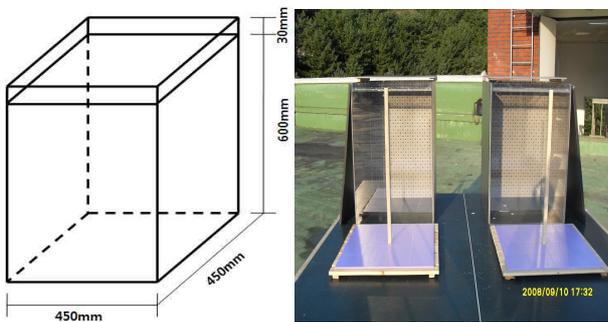


Figure 1. Scaled Models

2.2 축소모형 실험

축소모형 실험은 모두 3가지 조건으로 나누어 실시하였다(Figure 2). 천장담수와 아트리움 축소모형 내부의 각 층 높이에 따라 HoBo를 설치하여 온도변화를 측정하였고 외부 풍속과 온도를 측정하였다. 실험은 외부조건에 20분 이상 노출한 이후에 실험을 진행하여 외부 기온이외의 다른 온도요소에 따른 영향을 배제하였다.

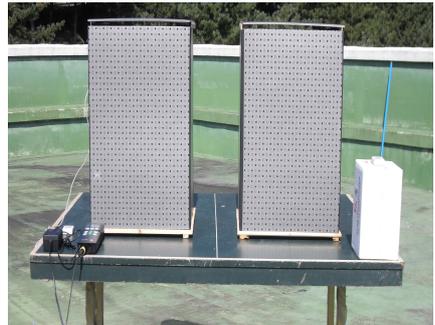
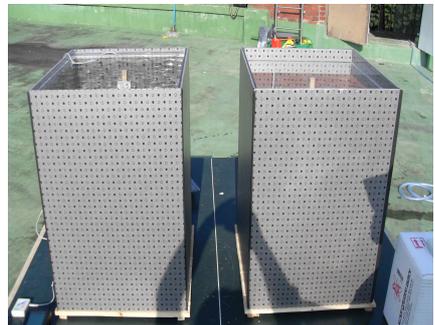
이때, 아트리움 축소모형을 자연 상태에서 노출 후 1시간 이 후 실내 온도변화를 측정하였다. 진행된 실험은 아트리움을 설치하지 않은 경우의 천장담수에 의한 냉각효과, 천창형 아트리움의 천창담수에 의한 냉각효과 그리고 천창 및 전면 아트리움 건축의 천장담수에 의한 냉각효과를 각각 측정하였다. 측정은 10분 간격으로 진행하였고 천장담수의 유무에 따른 실내 온도변화를 분석하였다.

3. 천창담수에 따른 냉각효과

3.1 아트리움 미설치

아트리움으로 계획되지 않은 건축물 경우에 천장담수에 따른 냉각효과를 평가하기 위하여 실험을 실시하였다. 실험이 실시된 오후 14시 30분부터 15시 40분사이의 외부의 온도는 최대 33.2℃에서 최소 30.8℃로 평균온도는 32.89℃로 분석되었다. 이때의 풍속은 최대 0.51m/s 그리고 최소 0.01m/s로 평균풍속은 0.09m/s로 측정되었다.

Table 2. Scaled Model Experiments

Cool Roof	Depth 20mm
Measurement Point	Measuring interval from 45mm on the floor to 240mm
Equipments (HoBo & Testo 400)	
No Atrium	
Skylight Atrium	
Skylight & Front Atrium	

실험기간 동안의 천장담수의 온도변화는 실험 시작 시 24.4℃에서 실험을 마칠 때의 온도는 28.3℃로 실험이 진행되는 동안 3.9℃ 상승한 것으로 분석 되었다. 건축물의 실내 평균온도는 천창담수를 설치한 건축물에서 45.32℃ 천창담수가 없는 경우에 49.27℃로 두 실험체 간의 평균 온도차는 3.95℃로 냉각효과가 있는 것으로 분석되었다.

천장담수의 실내 높이에 따른 냉각효과는 상층부에서 5.11℃(천장담수 없음 48.3℃, 있음 44.2℃), 중층부에서 2.04℃(천장담수 없음 49.2℃, 있음 46.2℃) 그리고 하층부에서 3.72℃(천장담수 없음 49.3℃, 있음 45.6℃)로 상층부의 냉각효과가 가장 큰 것으로 분석되었다. 또한 냉각효과에 따른 콜드드래프트(cold draft)로 하층부가 중층부보다 온도차가 큰 것으로 분석되었다.

Table 3. Indoor Temperature(°C) of No Atrium

	Cool Roof			No Cool Roof			Differ.
	Max	Min	Ave	Max	Min	Ave	
Upper	60.9	38.8	44.2	60.6	45.4	49.3	5.11
Middle	62.2	40.1	46.2	62.7	44.4	49.2	2.04
Lower	65.8	38.8	45.6	65.8	43.4	49.3	3.72
Cool Roof Temp. 24.4°C ~ 28.3°C average 27.3°C							
External average temp. 32.9°C, average wind speed 0.09m/s							

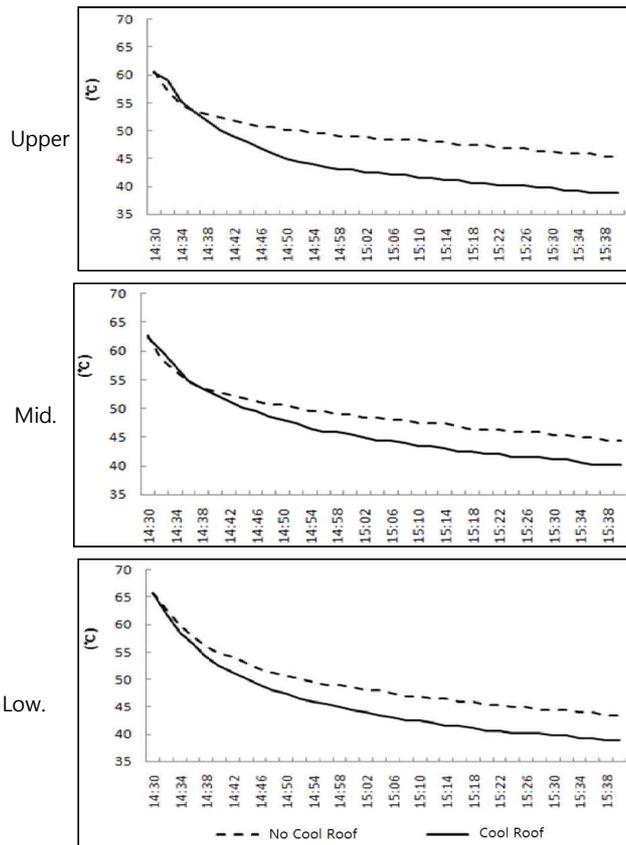


Figure 2. Indoor Temperature(°C) of No Atrium

3.2 천창 아트리움

천창 아트리움 건축물의 천장담수에 따른 냉각효과를 평가하기 위하여 실험을 실시하였다. 실험이 실시된 오후 16시 15분부터 17시 25분사이의 외부의 온도는 최대 32.4°C에서 최소 30.7°C로 평균온도는 31.7°C로 분석되었다. 이때의 풍속은 최대 1.7m/s 그리고 최소 0.01m/s로 평균 풍속은 0.48m/s로 측정되었다.

실험기간 동안의 천장담수의 온도변화는 실험 시작 시 24.4°C에서 실험을 마칠 때의 온도는 26.73°C로 실험이 진행되는 동안 2.33°C 상승한 것으로 분석 되었다. 건축물의 실내 평균온도는 천장담수를 설치한 건축물에서 44.83°C 천장담수가 없는 경우에 46.91°C로 두 실험체 간의 평균온도차는 2.08°C인 것으로 분석되었다.

천장담수의 실내 높이에 따른 냉각효과는 상층부에서 1.13°C(천장담수 없음 48.1°C, 있음 47.0°C), 중층부에서 2.19°C(천장담수 없음 46.4°C, 있음 44.2°C) 그리고 하층부

에서 2.90°C(천장담수 없음 46.3°C, 있음 43.4°C)로 하층부의 냉각효과가 가장 큰 것으로 분석되었다. 이는 일사가 유입되는 상층부에서 냉각효과가 가장 낮으며 하층부는 쿨드드래프트로 인한 영향으로 가장 높은 냉각효과를 보이는 것으로 분석되었다.

Table 4. Indoor Temperature(°C) of Skylight Atrium

	Cool Roof			No Cool Roof			Differ.
	Max	Min	Ave	Max	Min	Ave	
Upper	54.7	41.1	46.9	55.9	43.4	48.1	1.13
Middle	57.2	40.1	44.2	57.9	42.9	46.4	2.18
Lower	56.6	38.8	43.4	58.6	42.0	46.3	2.90
Cool Roof Temp. 24.4°C ~ 26.7°C average 25.4°C							
External average temp. 31.7°C, average wind speed 0.48m/s							

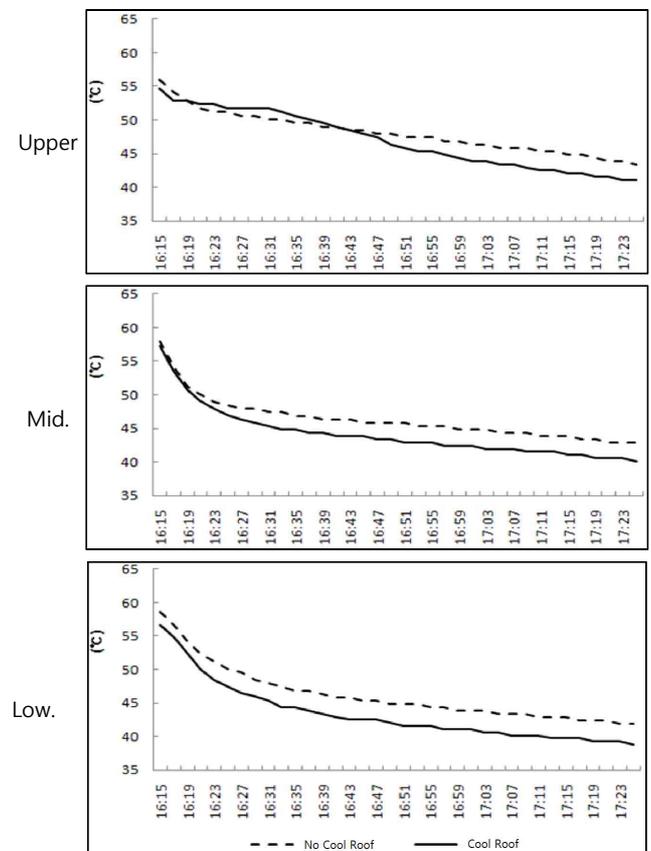


Figure 3. Indoor Temperature(°C) of Skylight Atrium

3.3 천창 및 전면 아트리움

천창 및 전면 아트리움 건축물의 천장담수에 따른 냉각효과를 평가하기 위하여 실험을 실시하였다. 실험이 실시된 오후 12시 30분부터 13시 40분사이의 외부의 온도는 최대 34.1°C에서 최소 33.4°C로 평균온도는 33.7°C로 분석되었다. 이때의 풍속은 최대 2.37m/s 그리고 최소 0.03m/s로 평균 풍속은 0.94m/s로 측정되었다.

실험기간 동안의 천장담수의 온도변화는 실험 시작 시 23.6°C에서 실험을 마칠 때의 온도는 31.1°C로 실험이 진행되는 동안 7.5°C 상승한 것으로 분석 되었다. 건축물의

실내 평균온도는 천창담수를 설치한 건축물에서 65.1°C 천창담수가 없는 경우에 68.8°C로 두 실험체 간의 평균온도차는 3.69°C인 것으로 분석되었다.

실내 높이에 따른 냉각효과는 상층부에서 4.36°C(천창담수 없음 66.4°C, 있음 62.0°C), 중층부에서 2.50°C(천창담수 없음 66.8°C, 있음 64.1°C) 그리고 하층부에서 4.01°C(천창담수 없음 73.2°C, 있음 69.2°C)로 상층부, 하층부 그리고 중층부로 냉각효과 높은 것으로 분석되었다. 이는 전면 일사유입으로 실내 온도가 급격히 상승하며 천창담수의 일사차단 및 천창냉각과 쿨드드래프트로 인해 상층부와 하층부에서 냉각효과 나타나는 것으로 분석되었다.

Table 5. Indoor Temperature(°C) of Skylight & Front Atrium

	Cool Roof			No Cool Roof			Differ.
	Max	Min	Ave	Max	Min	Ave	
Upper	63.5	59.2	62.0	69.1	62.0	66.4	4.36
Middle	66.6	62.0	64.1	69.9	62.0	66.9	2.50
Lower	69.2	67.4	69.1	75.7	67.4	73.2	4.01
Cool Roof Temp. 23.6°C~31.1°C average 28.5°C							
External average temp. 33.8°C, average wind speed 0.94m/s							

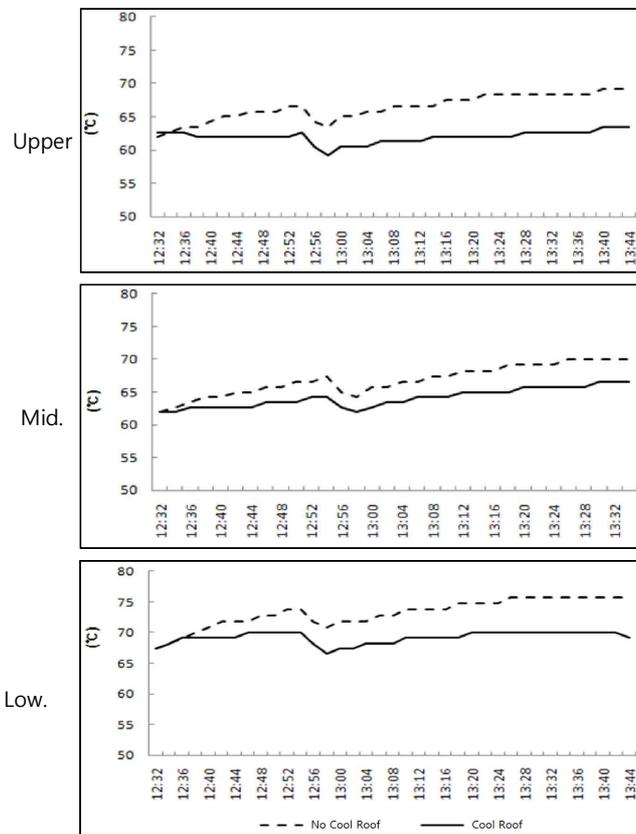


Figure 4. Indoor Temperature(°C) of Skylight & Front Atrium

4. 결론

천창담수를 활용한 아트트리움 건축의 실내 냉각효과를 축소모형 실험을 통하여 분석한 결과는 다음과 같다. 천창담수의 설치로 아트트리움 실내 온도감소 효과는 평균

2.08~3.95°C로 모든 개구부 조건에서 유효한 냉각효과를 보이는 것으로 분석되었다. 또한 개구부 조건에 따라 차이가 있으나 아트트리움 하층부에서 냉각효과가 가장 우수하며 이는 차가운 천창으로 인한 쿨드드래프트의 영향인 것으로 사료된다. 연구는 쿨루프 방식의 하나로 천창담수의 냉각효과를 아트트리움 건축을 대상으로 분석하였다. 이는 아트트리움에 적용할 수 있는 구조체 냉각시스템의 하나로 앞으로 다양한 냉각시스템의 적용에 따른 실내 환경평가와 에너지성능 등 관련기술의 고도화와 친환경기술에 관한 지속적인 후속 연구가 필요하리라 사료된다.

REFERENCES

- Han, K. Y. & Ahn, B. W. (2004), A Measuring Study for the Vertical Temperature Difference in Atria, *Journal of the Architectural Institute of Korea*, 20(1), 187~194.
- Kim, J. H., Choi, A. S., & Song, K. D. (2012), Thermal and Daylight Performance Data in Four sided Atria According to Shape and Canopy System, *Journal of the Korean Society of Living Environment Systems*, 19(6), 778~785.
- Kim, N. J., Hyun, E. M. & Kim, Y. S. (2013), A Case Analysis Study on Influence of Indoor Thermal Environment in Atrium, *Spring Conference Journal of the Architectural Institute of Korea*, 33(1), 233~234.
- Choi, J. M. (2014). A Case Study on the Characteristics of Summer Thermal Environment of Single-side Attached Atrium, *Journal of KIAEBS*, 8(5), 247~253.
- Kim, K. A., Song, B. G., Kim, S. H., Park, G. U., Mun, H. S. & Park, K. H. (2019). *Comparison of Seasonal Effects on Cool Roofs Using Building Experiments*, *Winter Conference Journal of Air-Conditioning and Refrigerating Engineering of Korea*, 345~348.
- Calcagni B. & Paroncini M. (2004), Daylighting Factor Prediction in Atria Building Designs, *Solar Energy*, 76, 669~682.