

축소모형을 이용한 실내 수공간 도입 효과 연구

A Study on the Change of Indoor Heating Environment with the Creation of Indoor Water Space through a Scale Model

오 상 목*
Oh, Sang Mok

오 세 규**
Oh, Se Gyu

Abstract

This study was conducted to examine the change of heating environment with the creation of an indoor water space. Living environments and comfort of dwellers can be improved by utilizing the physical properties of water effectively. This study focuses on the basic examination of the effect of water space and the environmental effects of water space by experiment. Two identical models were fabricated to compare the changes in indoor temperature and humidity with and without a water space. With the water space, temperature was reduced by an average of 0.55°C a day and moisture content increased by an average of 4%. As a result, it was possible to obtain quantitative data on water space's temperature reduction and humidity control capacities. This study is expected to provide basic information for further studies on the effect of water spaces in various buildings.

키워드 : 실내 수공간, 온도 및 습도조절, 스케일 모델

Keywords : indoor water space, temperature and humidity Control, Scale Model House

1. 서 론

1.1 연구배경 및 목적

건조 환경에 도입되는 수공간은 상당히 친숙하면서도 다루기가 쉽지 않은 디자인 및 친환경 계획 요소이다. 특히 수공간의 물리적 성질을 효과적으로 이용하게 되면 실내 환경을 개선시킬 수 있으며 거주자의 쾌적성을 증가시킬 수 있다고 알려져 있다. 하지만 실제적으로 수공간이 실내 환경에 어느 정도 영향을 미치는 지에 대한 정량적 연구는 미비한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 그간 실내 공간에서 주로 디자인 및 조경요소로 다뤄진 수공간을 물리적 효과 측면에서 접근해 보고자 한다. 이러한 물리적 효과를 검증하는 방법으로는 컴퓨터 시뮬레이션 기법과 축소모형실험을 통한 평가 방법이 있다. 컴퓨터 시뮬레이션은 수공간의 도입 크기 및 방향 조절, 해석 실험체의 크기 및 재료 조절, 시뮬레이션 외부 환경의 설정 면에서 다양한 검토가 가능하지만 물의 상태 값에서 현열과 잠열 값에 오차가 발생하고 일조가 시작 되서 끝날 때까지의 점진적인 상황에 대한 정확한 해석이 매우 복잡하다. 본 연구에서는

우선 비교적 간단하면서도 가장 실제 효과에 근접한 결과를 얻을 수 있는 축소모형실험을 선택하였다.

향후 수공간은 친환경 계획요소로 더욱 적극적으로 실내 공간에 도입될 것으로 예상되며 이에 따라 다양한 연구들이 진행될 것으로 판단된다. 따라서 이러한 정량적 연구가 선행된다면 의미 있는 기초 자료가 될 것으로 사료된다.

1.2 연구 방법 및 진행과정

본 연구는 수공간 도입으로 인해 발생하는 실내 온열 환경의 변화에 대해 실제 실험을 통해 알아보는 실증적 연구이다. 연구의 진행 과정은 다음과 같다.

첫째, 기존연구 및 문헌 고찰을 통해 건축 환경에 영향을 미치는 수공간의 물리적 특성을 고찰한다.

둘째, 수공간의 효과를 정량적으로 검증할 수 있는 방법으로 축소모형실험을 선택한다.

셋째, 수공간 유/무에 따른 2개의 축소모형을 제작한 후 실내주거 환경 변화를 비교 측정한다.

넷째, 실험결과를 종합하여 실내 환경에서의 수공간 도입 효과를 종합, 기술하였다.

2. 이론적 특성 고찰

2.1 물의 물리적 특성

물은 다양한 물리적 특성을 가지고 있지만 주목할 것

* 바이오하우징연구사업단 전임연구원(osm99@nate.com)

** 교신저자, 전남대학교 건축학부 교수(oskar01@nate.com)

이 논문은 2009년 오상목의 박사학위 논문 일부를 수정 보완한 것이며 이 논문은 2010년 교육과학기술부로부터 지원받아 수행된 연구(지역거점연구단육성사업/ 바이오하우징연구사업단)

은 다른 물질과 비교해서 현저하게 큰 열용량¹⁾과 비열을 가지고 있다는 것이다. 열용량과 비열이 크다는 것은 물을 데우기도 어렵고, 일단 데워지면 쉽게 식지 않는다는 것을 의미한다.

1) 수공간의 온도조절 효과

상온에서 액체 상태인 물을 주위의 온도의 영향을 받아 그 상태를 변화시키는데 이때 물은 주위에서 다량의 열을 흡수하게 된다. 따라서 열용량이 큰 물은 그 형태에 관계없이 주위 온도를 하강시키는 냉각 효과가 있다.²⁾

2) 수공간의 습도조절 효과

물은 외기에 접하는 순간 주변 온·습도의 차이와 변화에 의해 그 형태와 관계없이 증발을 시작하며 주변 습도를 조절한다. 건조한 지역 일수록 평형을 이루기 위해 이 활동은 더욱 활발하게 일어난다.

쾌적한 환경을 위한 습도의 조절은 인공적 설비 체계로도 가능하지만, 물을 도입하여 그 자연스러운 효과를 유도한다면 물의 또 다른 장점들을 함께 얻을 수 있다.

2.2 선행 연구 고찰

수공간에 대한 연구는 조경, 건축, 실내디자인 등 다양한 분야에 걸쳐 연구되고 있지만 물리적 효과에 대한 실제적 연구는 현재까지는 매우 제한적이다.

특히 실내 공간과 수공간과의 물리적 관계를 직접적으로 다룬 연구는 드물며 환경 효과에 대한 정량적 데이터 측면에서는 더욱 미흡한 실정이다. 다만 정연승(1999)³⁾만이 주목할 만한 연구를 진행하였는데 논문 중 일부분을 할애하여 수공간의 물리적 효과를 언급하였다.

이 연구에서는 실제 실험⁴⁾을 통하여 수공간이 도입된

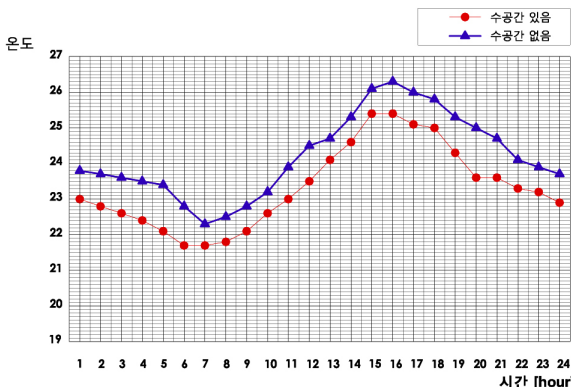


그림 1. 수공간 유무에 따른 거실 공간의 온도차이

- 1) 열을 저축하는 힘을 뜻하는 것으로, 1g의 물질의 온도를 1℃ 상승시키는데 필요한 열량(열량, joule) 즉, 비열(比熱)을 단위로 한다.
- 2) 물이 증발하면서 주변으로부터 열을 빼앗아 가는 잠열에 의한 냉각 효과를 말한다.
- 3) 정연승(1999). 실내에서 식물과 수경시설이 열환경에 미치는 영향 및 이용현황 분석, 경북대 대학원, pp. 27-28
- 4) 실험 기간은 겨울철로 7.5m X 7.5m의 아파트 거실에 높이 1m, 폭 1m의 수공간을 설치한 후 하루 동안의 온도변화와 습도변화의 차이를 실험하였다. 측정지점은 수공간으로부터 50cm 떨어진 지점이고 바닥면으로부터 90cm위 지점을 기준으로 하였다.

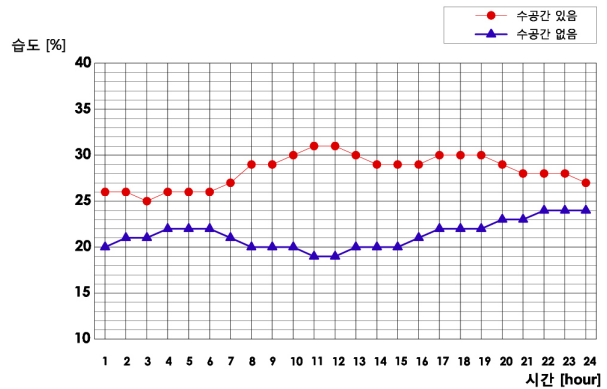


그림 2. 수공간 유무에 따른 거실 공간의 습도차이

공간이 하루 동안 평균 온도는 0.4-1.3℃ 낮았고, 습도는 4-12%높게 나타남을 규명하였다.(그림 1,2 참조) 하지만 이 연구는 수공간의 형태가 떨어지는 물이었으며 실험 장소 역시 아파트라는 한정된 장소에서 실시되었다.

이에 본 연구자는 특정 형식의 거주 공간이 아닌 가장 기본적인 단위 공간에서 다른 계획적 요소 없이 순수한 수공간 만의 도입 효과를 검증하고자 한다.

3. 모델 실험을 통한 수공간 효과 분석

3.1 실험 개요

실험은 광주광역시⁵⁾에 소재한 대학건물(지상 4층 규모)의 옥상에서 실시하였으며 평지붕의 상부에 두 개의 실험체를 제작하여 실내 온열환경의 변화를 비교 분석하였다. 실험 기간은 2009년 10월 9일부터 4일 동안 천정공 아래 실시하였다. 방위는 정남으로 고정하였으며 실측 모델의 평면도 및 단면도 그리고 측정 포인트를 (표 2)에 나타내었다.

3.2 실험체 제작의 표본

모델의 기본 구조는 평탄한 지면을 갖고 있는 단순한 박스 형태의 공간구성을 기본으로 하였다.

축소모형실험의 원래 취지는 실제 건축물과 최대한 유사하게 재질 및 재료를 사용하는 것을 원칙으로 하며 그 정밀도에 따라 신뢰성이 증가한다.

모델의 크기는 7mx7mx2.5m로 설정한 단위 공간을 1/2 스케일(3.5mx3.5mx1.25m)로 제작하였다. 전면과 후면에 전체 창이 뚫린 형태이며 창문을 연 상태로 환경변화를 측정하였다.

특히 실험체 2는 수공간 효과를 검증하기 위해 실내 공간 전면에 폭 3,400mm, 길이 675mm, 높이 250mm의 물을 채워놓았다. 각 실험체에는 두 개의 같은 지점에 정밀 온도 습도 기록계가 설치되어 수공간 도입에 따른 내부 공간의 환경 효과를 비교 실험을 통하여 분석할 수 있다.

- 5) 광주광역시 북위 35° 09', 동경 126° 55'의 온대지역인 중위도상에 위치하고 있다. 기온은 온화한 해양성 내륙 기후대로서 비교적 한서의 차이가 심하며 2004년 기준 최근 5년간 연평균 기온이 14.0℃, 연평균 최고기온 34.3℃, 연평균 최저기온 -8.8℃를 나타냈었다.

표 1. 실험체 제작 개요

구분	내용		세부사항		
위치	C대학교 실험동 옥상		위도	35. 10'	
			경도	126. 54'	
실험기간	2009. 10.9 - 2009. 10.12		4일간		
실험모델 규격			폭: 3500mm	깊이: 3500mm	
			높이: 1250mm		
Water space size	폭 3,400mm, 깊이 675mm, 높이 250mm				
실험모델재료	벽체 빛 천정	발포폴리스티렌 (PS) 단열재	두께	100 mm	
			종류	비드법 1종 (단열판 1호)	
			밀도	32kg/m ³ 이상	
			열전도율	0.033W/m.k	
	창문	5mm single glass	두께	5mm	
			재료	맑은 유리	
			차폐 계수	0.97	
			가시광선 투과율	89%	
			태양방사(%)	투과율	81
				반사율	7
흡수율	12				
측정 시스템	미기상 측정장치	watch 900ET			
	실내 온습도센서	TH101			



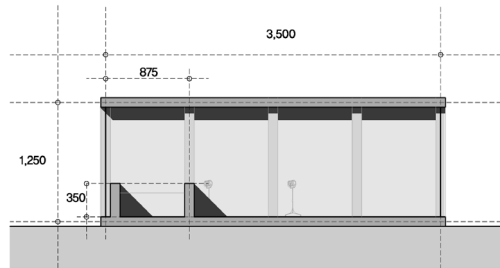
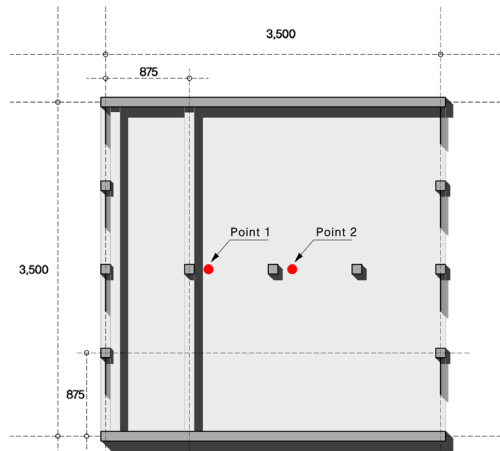
그림 3. 축소모형의 제작



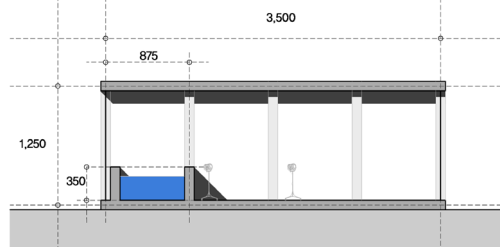
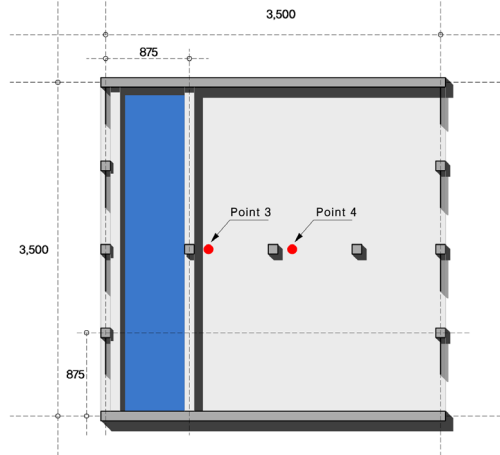
그림 4. watch 900ET

표 2. 실험체 제작 개요

실험체1(수공간(X))



실험체2(수공간(O))



3.3 측정 장치

측정 장치로는 현장기상정보를 실시간으로 받아 현장의 상황을 감지, 기록, 분석할 수 있는 미기상 측정시스템(watch 900ET)과 측정 지점의 온도와 상대습도를 일정한 간격으로 연속적으로 기록 가능한 정밀 온도기록계 TH101을 사용하였다.



그림 5. TH101

4. 수공간 도입에 의한 실내 환경 변화 분석

실험 기간 동안의 외부 환경은 평균 기온 16.8℃, 상대습도는 60.3%, 그 밖의 중요 기상데이터는 아래의 표로 정리하였다.

표 3. 실험기간 기후 데이터

구분	온도(℃)			상대습도 (%)	평균 풍속 (m/s)	일조 시간 (hr)	운량 (할)
	평균	최저	최고				
10/9	17.0	11.0	22.9	55.1	1.2	9.6	1.6
10/10	16.7	11.4	24.0	60.9	1.3	10.1	0.9
10/11	16.9	11.9	21.2	64.9	1.1	10.3	1.0

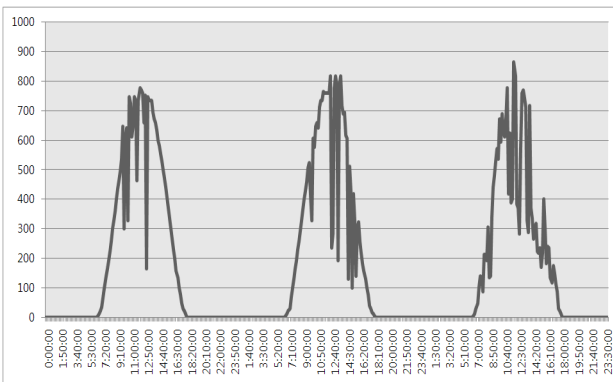


그림 6. 실험기간의 외부 공간 일사량(W/m² SRD)

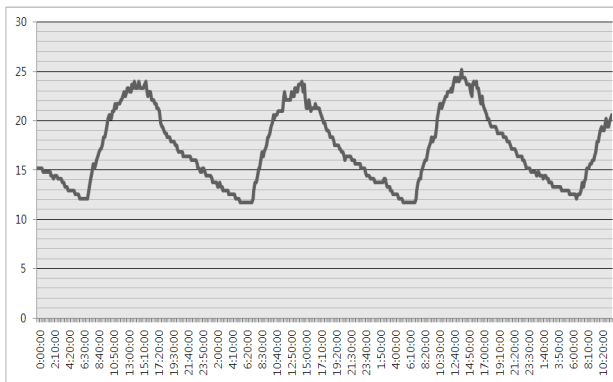


그림 7. 실험기간의 외부 공간 온도변화(℃)

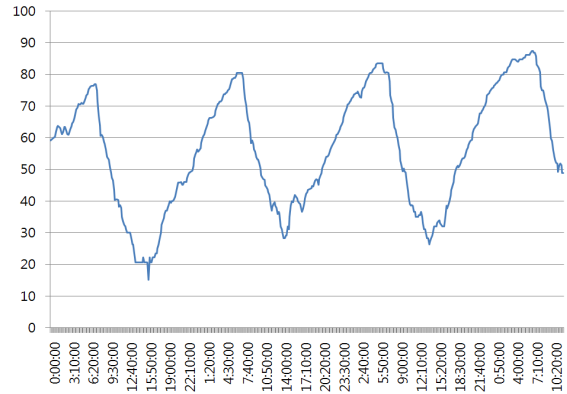


그림 8. 실험기간의 외부 공간 습도변화(%)

4.1 실험내용

실험은 2009년 10월 8일부터 10월 12일까지 실시하였으며, 측정은 10분 간격으로 샘플링하여 24시간 측정하였다. 특히 맑은 날씨를 유지한 9일 정오부터 11일 정오까지의 3일 기록을 분석하였다.

3일간의 기록은 그림 9, 10과 같이 매일 유사한 패턴을 보였으며 이중 중간 날짜에 해당하는 10일 기록을 자세하게 살펴보았다.

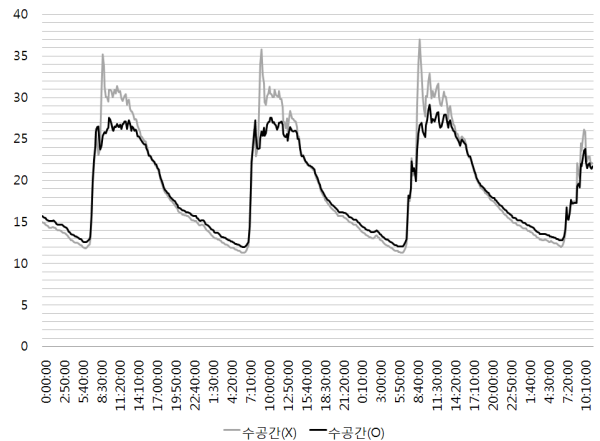


그림 9. 실험기간 내 각 실험체 온도 변화 비교(℃)

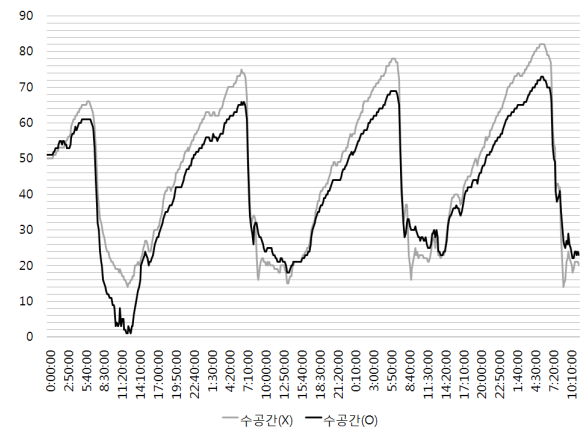


그림 10. 실험기간 내 각 실험체 습도 변화 비교(%)

4.2 실험결과

표 4. 시간별 온열환경차이(온도℃, 습도 %)

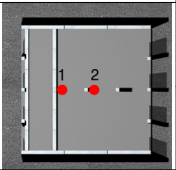
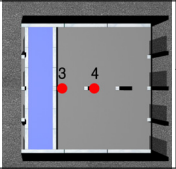
모델구분	측정지점	오전 10시	오전 11시	정오 12시	오후 1시	오후 2시	오후 3시	
	point 1	온도	29.1	30	30.8	26.3	27.5	25.3
		습도	25	23	21	28	22	29
	point 2	온도	27.5	28.9	29.2	26.8	27.2	25.7
		습도	29	25	23	26	22	27
	point 3	온도	25.7	26.9	26.9	25.2	26	25
		습도	31	28	25	30	23	27
	point 4	온도	24.7	26.3	26.5	25.2	25.9	25.1
		습도	36	33	31	33	28	31

표 5. 수공간 유/무에 따른 온도차이 비교(℃)

측정지점	오전 10시	오전 11시	정오 12시	오후 1시	오후 2시	오후 3시
외부지점(포인트 1,3)	3.4	3.1	3.9	1.1	1.5	0.3
내부지점(포인트 2,4)	2.8	2.6	2.7	1.6	1.3	0.6

표 6. 수공간 유/무에 따른 습도차이 비교(%)

측정지점	오전 10시	오전 11시	정오 12시	오후 1시	오후 2시	오후 3시
외부지점(포인트 1,3)	6	5	4	2	1	2
내부지점(포인트 2,4)	5	8	8	7	6	4

측정 지점은 두 곳으로 외부지점(포인트 1,3)과 내부지점(포인트 2,4)구분하였는데 외부지점의 경우는 직사광선에 직접 노출되는 범위이며 내부지점은 측정 공간의 정중앙에 위치시켰다.(표 5참조) 이러한 측정 포인트에 따른 차이는 그림 11과 12, 13과 14에서 확인할 수 있다.

우선 온도변화에 주목해보면 내부지점에서 실내 평균 온도는 24시간 기준으로 일반 축소모형의 경우 19.08℃를 기록했고 수공간이 도입된 경우에는 18.53℃를 유지하였다. 즉 하루 평균 0.55℃의 실내 온도를 낮추는 효과를 보였다.

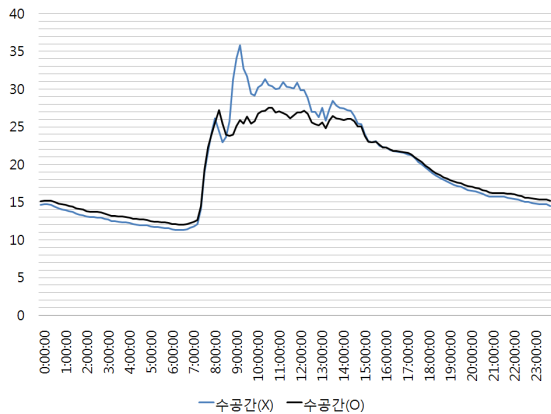


그림 11. 온도 변화 비교(포인트 1, 3)

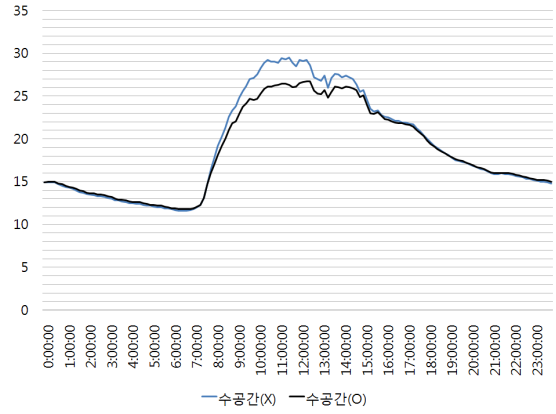


그림 12. 온도 변화 비교(포인트 2, 4)

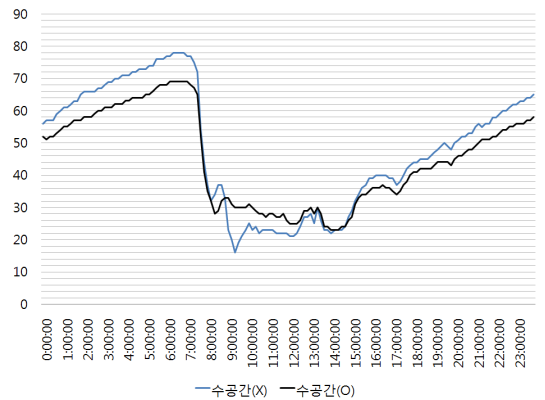


그림 13. 습도 변화 비교(포인트 1, 3)

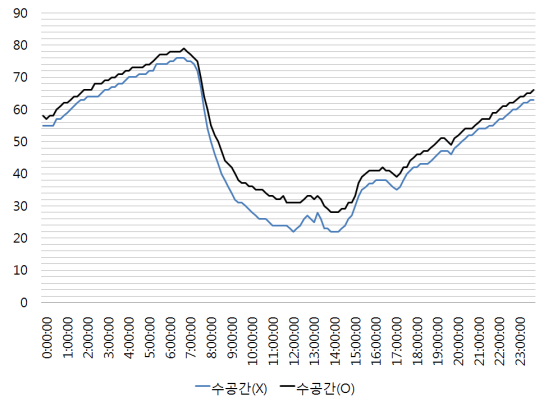


그림 14. 습도 변화 비교(포인트 2, 4)

여기서 주목할 사항으로는 낮 시간으로 08시부터 16시 까지를 기준으로 보면 기본 모델의 경우 평균 온도는 26.21℃, 수공간 도입의 경우는 24.46℃로 1.75℃의 온도 차이가 나타났다. 또한 최고 온도에 도달한 시점인 오전 11시 30분에서는 기본 모델의 경우가 29.5℃, 수공간 도입 모델의 경우가 26.3℃로 최대 3.2℃의 온도 차이를 보였다. 일사의 영향을 많이 받을수록 수공간의 증발에 의한 냉각 효과는 상승함을 알 수 있었다. 일반적으로 국내에서 실내 온도가 18-23℃가 적정 수준임을 감안하면 여름철 수공간의 온도 저감 효과는 실내 공간에서 활용 가

표 7. 실내 수공간의 온도조절 효과

		1일 평균값 (감소율, %)	주간 평균값 (감소율, %)	최대값 (감소율, %)
온도 (°C)	기본형	19.08	26.21	29.5
	도입형	18.53(2.9%)	24.46(7.1%)	26.3(12.1%)

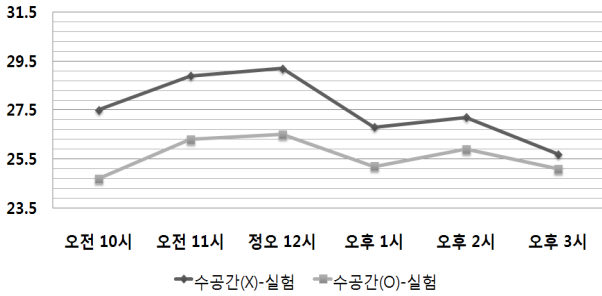


그림 15. 수공간 유/무에 따른 시간별 온도(°C) 변화 비교

치가 있을 것으로 판단된다.

다음은 상대습도의 경우인데 역시 내부지점을 기준으로 1일 평균 기본 실험체가 48%를 나타냈고, 수공간 도입 실험체가 52%를 유지하여 평균 4% 정도의 차이를 보였다. 역시 주간 기준 08시부터 16시까지의 변화도를 보면 더욱 격차가 남을 알 수 있다. 기본 모델의 경우는 평균 25%의 습도율을 나타냈고 수공간 도입 모델의 경우는 평균 32%의 습도율을 나타내서 대략 7% 정도의 차이를 나타냈다. 특히 12시 10분의 경우 기본형이 22%, 수공간을 도입한 모델이 31%로 최대 9%이상의 습도차이를 보였다. 전체적인 그래프 변화를 살펴보면 수공간이 도입된 경우가 그렇지 않은 경우보다 실내 환경의 변화폭이 적음을 알 수 있었다. 즉 적정량의 수공간이 도입된다면 실내 환경을 보다 안정적으로 유지시킬 수 있을 것으로 판단되었다.

표 8. 실내 수공간의 습도조절 효과

		1일 평균값 (증가율, %)	주간 평균값 (증가율, %)	최대값 (증가율, %)
습도 (%)	기본형	48	25	22
	도입형	52(8.3%)	32(28%)	31(40.9%)

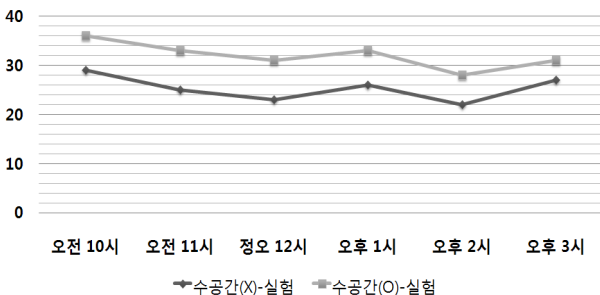


그림 16. 수공간 유/무에 따른 시간별 습도(%) 변화 비교

5. 결론

본 연구는 실내에 도입되는 수공간의 물리적 효과를 검증하기 위해 자연 상태에서 3일 동안 2개의 축소모형 실험체를 이용하여 수공간의 실내 환경 조절 성능을 평가하였다. 실시된 실험의 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 온도 조절 측면에서 1일 평균인 경우에는 0.55°C 차이(감소율 2.9%), 주간의 경우는 1.75°C(감소율 7.1%), 최대 차이값은 3.2°C(감소율 12.1%)의 온도 차이가 나타났다.

둘째, 습도 조절 측면에서 1일 평균의 경우는 4%(증가율 8.3%), 주간의 경우는 7%(증가율 28%), 최대 차이는 9%(증가율 40%) 정도의 습도차이를 나타냈다.

수행된 연구는 축소 모형의 제작에 있어서 실제 건물과의 재료적 동일성, 정밀성 등에서 발생할 수 있는 오차와 실험 시기가 다양하지 못했던 한계를 갖고 있으나, 실내에 도입되는 수공간이 특별한 계획 기법 없이도 실내의 온열환경을 제어할 수 있는 유용한 친환경 요소 중 하나임을 알 수 있었다.

후속적으로 축소모형실험으로는 규명하기 힘들었던 수공간의 도입 크기나 위치 등의 중요 변수 조절에 따른 실내 환경 변화를 분석하고자 한다. 이러한 심층적인 연구에 대해서는 변수들의 조건 설정이 간편한 시뮬레이션 방법을 도입하고자 한다.

참고문헌

- 정연승, 실내에서 식물과 수경시설이 열환경에 미치는 영향 및 이용현황 분석, 경북대 대학원, 1999, pp.27-28
- Sang-Mok Oh, Se-Gyu Oh, A Study on the Effect of Indoor Water Space through a Test Model, GEST 2009, pp. 611-614
- 오상목, 오세규, 원현성, 주거 외부 수공간 도입에 따른 실내 온열 환경 변화 분석, 한국주거학회 논문집 21권 2호, 2010, pp.41-48
- 원현성, 오상목, 오세규, 아파트 발코니 공간으로의 이중외피 적용이 냉방기 실내 공간 온도에 미치는 영향에 관한 연구, 대한건축학회지회연합회 11권 4호(통권 243호), 2009, pp.241-248
- 김정태, 정유근, 정인영, 황민구, "자연채광 성능평가에 있어서 축소 모형실험 방법론의 유용성 검증에 관한 연구", 한국태양에너지학회 논문집 22권, 2002년, pp. 61-69
- 정유근, 축소모형을 이용한 지붕담수시스템을 활용한 아트리움 실내의 냉각효과에 관한연구, 한국생태환경건축학회논문집 9권, 2009년, pp.51-56

투고(접수)일자: 2010년 10월 22일

심사일자: 2010년 10월 27일

게재 확정일자: 2010년 12월 14일