

수공간 도입 위치에 따른 건축물 실내 환경 변화 연구

(A study on Changes in Indoor Environmental Conditions of Buildings According to the Introduction Location of Water spaces)

오상목 *

(Sang-Mok Oh)

요약

건축물에 도입되는 수공간은 에너지 소비를 줄이면서도 실내 환경을 쾌적하게 유지하는 친환경 건축계획 요소로 자리매김하고 있다. 본 연구에서는 전산유체역학(CFD) 시뮬레이션을 통해 건축물 내 수공간 도입이 거주자에게 미치는 환경적 효과를 정량적으로 분석하였다. 그 결과, 일정 규모 이상의 수공간은 건축물 주변에 도입 만으로도 거주 환경의 온도 조절 및 쾌적도의 개선 효과가 규명되었다. 향후, 수공간은 기후변화 대응, 에너지 효율성 개선, 실내 쾌적성 증가에 영향을 미치는 중요한 건축 환경 개선 요소로 기능할 것으로 판단된다.

■ 중심어 : 수공간 ; 온열환경 ; CFD 시뮬레이션

Abstract

Water spaces incorporated into buildings is becoming an integral component of eco-friendly architectural planning, as they can reduce energy consumption while maintaining a comfortable indoor environment. This study quantitatively analyzed the environmental effects of introducing water spaces into buildings on occupants using Computational Fluid Dynamics (CFD) simulations. The results demonstrated that the introduction of water spaces of a certain scale or larger around buildings effectively regulates temperature and improves comfort levels in the living environment. In the future, water spaces are expected to function as a critical factor in architectural environmental enhancement, contributing to climate change adaptation, improved energy efficiency, and increased indoor comfort.

■ keywords : Water space ; Thermal Environment ; CFD simulation

I. 서론

최근 지구 온난화로 인한 기온 상승이 가속화되면서 건축물의 거주 환경에 미치는 영향도 점점 증가하고 있다. 이에 따라 냉방 시스템과 같은 기계적 거주 환경 제어의 사용이 증가하고, 건축물 내 에너지 소비 역시 급격히 증가하고 있는 실정이다. 이러한 상황에서는 에너지 소비를 줄이면서도 실내 환경을 쾌적하게 유지할 수 있는 자연 요소의 도입 및 패시브 환경 설계 기법의 연구 및 적용이 더욱 주목되고 있다. 다양한 친환경 건축디자인 기법 중 건축물에 도입되는 수공간은

거주자에게 시각적 쾌적성을 제공하는 동시에, 물의 물리적 특성에 기반한 냉방 효과(Cooling)와 습도 조절(Humidity Control) 기능을 통해 실내 환경의 쾌적성을 향상시키는 매우 유용한 요소로 작용한다. 다만 지금까지 건축물에 도입되는 수공간의 정성적인 유효성에 대한 연구는 있어 왔으나, 건축물 거주 환경변화에 대한 체계적이고 정량적인 결과값을 제안한 연구는 미비한 실정이다. 이에 본 연구는 전산유체역학(CFD) 시뮬레이션을 통해 건축물 내 수공간 도입이 거주자에게 미치는 환경적 효과를 정량적으로 분석하고자 한다. 이를 통해 수공간 도입의 효율적인

* 정회원, 호남대학교 건축학부

이 논문은 2024년도 호남대학교 학술연구비 지원을 받아 연구되었음.

접수일자 : 2024년 11월 19일

수정일자 : 2025년 03월 15일

게재확정일 : 2025년 03월 28일

교신저자 : 오상목 e-mail : osm21@honam.ac.kr

활용 방안을 제시함으로써, 지속적인 건축물의 에너지 사용 절감 및 거주자의 쾌적성 확보에 기여하고자 한다.

II. 선정 프로그램

1. 전산유체역학

가. 지배방정식

유체역학의 기본적인 지배 방정식은 질량, 운동량, 에너지 보존의 법칙을 수학적으로 나타낸 것이다. 이 3가지 원리를 유동 모델에 적용하여 도출되며, 전산유체역학에 사용되는 3가지 물리적 원리는 아래와 같다.

-Mass is Conserved

-F= m · a(Newton's Second Law)

-Energy is Conserved

① 질량보존법칙

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho u_i) = 0$$

② 운동량 보존 법칙

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho u_i) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho u_i u_j) = -\frac{\partial \rho}{\partial x_i} + \frac{\partial \tau_{ij}}{\partial x_i} + \rho g_i + F_i$$

③ 에너지 보존 법칙

$$T = \frac{(C_0 T_0 + C_1 T_1 + C_2 T_2 + C_3 T_3 + C_4 T_4 + C_5 T_5 + C_6 T_6 + S)}{(C_0 + C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + C_6)}$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u)}{\partial x} = 0$$

$$\frac{\partial(\rho C_p T)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u C_p T)}{\partial x} - \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\lambda \partial T}{\partial x} \right) = S$$

x-direction face area : $A_x = \delta y \delta z$

$$\iiint_{zyx} \frac{\partial \rho}{\partial t} dx dy dz = \left(\frac{\rho_p - \rho_t}{\partial t} \right) \delta x \delta y \delta z = \left(\frac{\rho_p - \rho_t}{\partial t} \right) V_p$$

$$\iiint_{zyx} \frac{\partial(\rho u)}{\partial x} dx dy dz = \iint_{zy} [(\rho u)_{hxf} - (\rho u)_{lxf}] dy dz$$

$$= (\rho u)_{hxf} \delta y \delta z - (\rho u)_{lxf} \delta y \delta z$$

$$= (\rho u)_{hxf} A_x - (\rho u)_{lxf} A_x$$

$$\left(\frac{\rho_p - \rho_t}{\partial t} \right) V_p + (\rho u)_{hxf} A_x - (\rho u)_{lxf} A_x = 0$$

위 지배 방정식을 각 그리드 셀에 대해 체적 적분하여 얻어진 유한 체적 대수 방정식을 풀기 위해,

Simple 알고리즘을 적용한 반복 해법을 사용한다. [14]

나. 유한체적법

위의 CFD 시뮬레이션 개념에서 설명한 것처럼, 계산 영역은 다수의 작은 구역으로 나뉜다. 이 분할된 영역을 그리드라고 하며, 각각의 작은 구역을 제어 체적(Control volume 또는 Cell)이라 명칭한다.

3차원의 경우, 제어 체적은 일반적으로 육면체 모양을 띈다. 모든 데이터 값은 이 체적의 중심부 값을 기준으로 인식된다. 각 제어 체적에 보존 법칙을 적용하는 이 방법을 유한체적법이라 한다.

그림 1의 개략도에서 보이듯, 1차원 제어 체적에 대해 유한체적법을 이용해 방정식을 이산화하는 과정을 설명하고자 한다.

위에서 설명한 것처럼, 각 제어 체적의 중심은 각 지점에 해당하고, 1차원 정상 상태(Steady State)에서는 스칼라 보존 방정식이 다음과 같다. 이 보존식은 질량이나 운동량 등의 보존 방정식에도 동일하게 적용할 수 있다. [9]

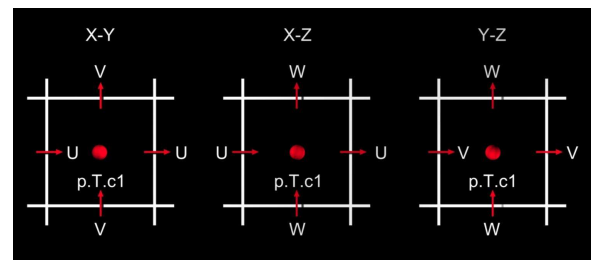


그림 1. 1차원 제어체적

2. 선정 프로그램(Flovent)

가. 선정이유

본 연구에서는 건축물에 도입된 수공간의 상태를 분석하고, 쾌적성과의 상관관계를 파악하기 위해 FLOVENT를 선택하였다. FLOVENT는

1989년 영국 Flomerics에서 개발된 CFD(전산유체역학) 툴로, 건축 설계 시 열 전달과 공기 흐름을 시뮬레이션할 수 있다. 주로 건물의 냉난방 설계, 대규모 빌딩의 공조, 공장의 덕트 설계 등에 사용되며, 다양한 물리적 모델과 높은 신뢰성을 바탕으로 광범위하게 응용된다.

FLOVENT는 타 CFD 프로그램에 비해 건축 디자이너가 초기 설계 단계에서 환경적 효과를 쉽게 분석할 수 있도록 개발되었으며, 열적 쾌적성, 온도, LAQ(국지적 공기질 지수) 분석에 특화되어 있어 건축 분야에 적합하다.

나. 특징

건축물 실내 공간의 쾌적함은 보통 4개의 주요 인자(실내 온도, 상대습도, MRT, 기류 속도)에 의해 조정 가능하며 인간이 느끼는 쾌적도는 의복 착용과 활동량에도 큰 영향을 받는다.

이러한 인자들은 상호 영향을 주고받으며 유기적 관계를 갖는다. 플로벤트 프로그램은 이러한 쾌적감을 지칭하는 PMV(Predicted Mean Vote)라는 지수를 정량적으로 산출하는 것에 특화되어 있다.

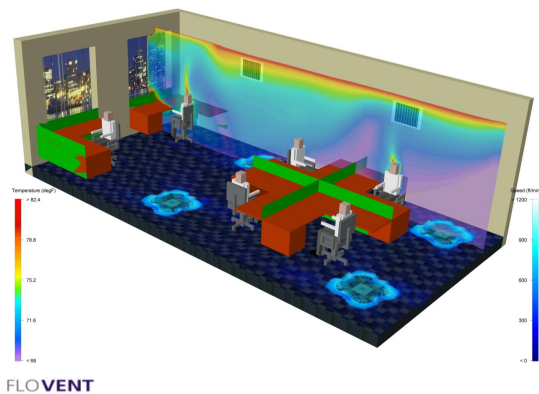


그림 2. FLOVENT의 구동 모습

다. 예상 평균 온열감(PMV)

pmv는 인체의 온열 쾌적도에 영향을 줄 수 있는 사항들을 선정하여 그 값을 바꿔가며 그림 3과 같이 7단계 척도 설문을 거쳐 해당 조건에 대

한 사람들의 의사 표시와 평균치를 예측하는 것이다. 인간의 열평형에 근거하고 있으며, 인간의 열조절 체계는 열평형 유지를 위하여 자율적으로 피부의 온도를 조절하고 땀을 배출하게 된다. 척도 수치로 -0.5에서 +0.5의 상태가 가장 쾌적함을 나타내는 영역이다.

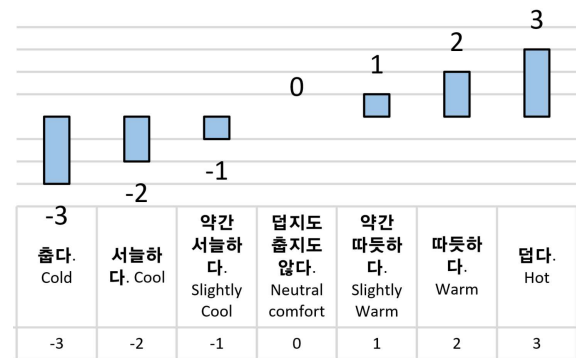


그림 3. PMV 척도

PMV를 결정하기 위해서는 인체의 대사율, 의복의 열 저항값 등을 산정하고, 건구온도, 평균복사온도, 기류 속도, 수증기 분압 등을 측정하여야 한다. 일반적으로 PMV의 적용 범위는 중립값으로부터 소위 쾌적 환경의 근방에 한정되어 있으므로, 땀을 다량으로 흘리는 고온 다습한 환경이나 추위가 심한 극한 환경에는 적용하기가 힘들다. 그러나 통상의 건축물 거주 환경에 적용하는 경우 인간의 감각과 잘 맞는 유용한 지표이다. 식 10)에 PMV 관계식을 나타내었다.

$$PMV = (0.303e^{-0.0063M} + 0.28)[(M - W) - H - E_c - C_{res} - E_{res}]$$

여기서, M은 인체의 신진대사율을 의미하며, W는 외부로 수행되는 일을 나타낸다. H는 현열로 인한 열손실을, E_c 는 피부를 통한 증발로 열이 전달되는 것을, C_{res} 는 호흡으로 대류에 의한 열전달을, E_{res} 는 호흡을 통한 증발에 의한 열전달을 각각 나타낸다. 각각의 변수들에 대한 계산식은 아래와 같다.

$$H = 3.96 \times 10^{-8} \cdot f_{cl}[(t_{cl} + 273)^4 - (t_r + 273)^4] + f_{cl} \cdot h_{cl}(t_{cl} - t_a)$$

$$C_{res} = 0.0014M(34 - t_a)$$

$$E_{res} = 1.72 \times 10^{-5} M(5867 - p_a)$$

$$t_{cl} = 35.7 - 0.028(M - W) - I_{cl} \cdot 3.96 \times 10^{-8} \cdot f_{cl} [(t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_r + 273)^4] + f_{cl} \cdot h_c (t_{cl} - t_a)$$

$$f_{cl} = \begin{cases} 1.00 + 1.290 I_{cl} & \text{for } I_{cl} < 0.078 \\ 1.05 + 0.645 I_{cl} & \text{for } I_{cl} > 0.078 \end{cases}$$

$$h_c = \begin{cases} 2.38(t_{cl} - t_a)^{0.25} & \text{for } 2.38(t_{cl} - t_a)^{0.25} > 12.1 \sqrt{V_{ar}} \\ 12.1 \sqrt{V_{ar}} & \text{for } 2.38(t_{cl} - t_a)^{0.25} < 12.1 \sqrt{V_{ar}} \end{cases}$$

I_{cl} : 의복의 열저항치, m^2K/W

f_{cl} : 의복 면적비

t_{cl} : 의복의 표면온도, $^{\circ}C$

p_a : 수증기 분압, Pa

h_c : 대류 열전달 계수 W/m^2K

t_a : 공기의 온도, $^{\circ}C$

$\bar{t}_r$: 평균복사온도, $^{\circ}C$

사용 범위는 다음과 같다.

$M = 46$ to 232 W/m^2 (0.8 to 4 met)

$I_{cl} = 0$ to $0.310 m^2K/W$ (0 to 2 clo)

$t_a = 10$ to $30 \text{ }^{\circ}C$

$v_a = 0$ to 1 m/s (or less if draughts are important)

$p_a = 0$ to 2700 Pa (also relative humidity should be between 30 and 70%)

III. 시뮬레이션

1. 환경설정

우선 시뮬레이션을 위한 기후대는 광주광역시 일대로 설정하였다. 광주기상청에서 제공되는 광주광역시 여름철의 평균 기후는 대략 기온 $25.42^{\circ}C$, 습도 79.17%, 강수량 241.67mm, 일사량 205.42 W/m^2 이다.

더욱 정교한 시뮬레이션을 위해 <표 1>과 같

이 외부 기후 환경 기준을 설정하였다.

또한, 시뮬레이션 모델의 전면은 정남향으로 배치하였고, 시뮬레이션 기준 시점은 여름철 하지로 설정하였다. 겨울철에는 수공간이 온도조절보다는 건조한 실내 환경에서 습도를 보충하는 가습 효과가 더욱 두드러지게 나타난다. 그러나 습도 변화를 정확히 측정하기 어려워 PMV 지수의 신뢰성 확보에 문제가 있으므로 분석 대상에서 제외하였다. 실험 시간은 정오 12시로 설정하였으며, 기존 자료의 평균값을 기반으로 태양고도와 Solar Intensity를 설정하였다.

수공간의 온도는 2024년 6월 15일부터 6월 24일 까지 맑은 날을 기준으로 3회 반복 측정하였다. 내부 수공간의 온도는 실험체 규모의 1층 건물에 남향으로 수조를 설치하고 온도값을 측정하였으며, 외부 수공간의 온도는 실험체와 비슷한 용적에 해당하며 일사량에 장애가 없는 공원 내 수공간을 찾아 측정된 값의 평균을 적용하였다.

표 1. 시뮬레이션을 위한 외부 기후 환경

		Summer	
Geographic Coordinates		Longitude : $126^{\circ} 55'$	
		Latitude : $35^{\circ} 10'$	
Date		June 21 (Summer Solstice)	
Time		12:00 PM	
Solar Altitude		$78^{\circ} 37' 69''$	
Temperature		$30.5^{\circ}C$	
Wind speed		2.5m/s	
Wind direction		South Wind	
Ground temperature	0.2m	$23.0^{\circ}C$	
	0.5m	$21.5^{\circ}C$	
	1.0m	$19.3^{\circ}C$	
Water space temperature	indoor	$27^{\circ}C$	
	outside	$25^{\circ}C$	
Relative Humidity		72.5 %	
Air Change Rate		0.5 time	
Solar Intensity(W/m^2)		1000	
Met		1.0met	
Clo		0.054m ² k/w	
Condition	Category	Condition	Output
	Unit	Window open	temperature Speed LMA PMV/PPD

2. 실험체 설정

건축물 내부에 수공간 도입이 미치는 영향을 정교하게 규명하기 위해, 구획이 없는 단위 공간을 실험 대상으로 설정하였다. 모델의 기본 구조는 평평한 지면을 가진 단순한 박스 형태로, 사방에 창이 있는 형식이다. 모델의 크기는 7m x 7m x 2.5m로 설정하였으며 주요 구조체의 재료 물성은 표 2 및 3과 같다. [2]

표 2. 실험체 유리의 종류별 물성

유리 제품 / 두께 mm	열관류율 (W/m ² °C)	가시광선		태양복사열	
		투과율 %	반사율 %	투과율 %	반사율 %
보통판 6	6.164	88	8	79	7
12	5.931	85	7	68	6
일반 복층 24	2.791	78	14	63	12
반사 복층 24	2.791	27	24	20	14
로이 복층 24	1.744	58	10	29	11

표 3. 실험체 주요 구조부 물성

항목 / 구성요소	바닥 슬라브				내 벽				외 벽			
	시멘트 모탈	기포콘크리트	철근콘크리트	단열재	압출성형 시멘트판넬	암면	중공층	압출성형 시멘트판넬	압출성형 시멘트판넬	암면	중공층	압출성형 시멘트판넬
두께 (mm)	24	74	150	50	35	50	80	35	35	50	80	35
밀도 (kg/m ³)	1,778	320	2,400	140	1,300	120	-	1,300	1,200	120	-	1,300
비열 (J/kg°C)	1,000	1,094	920	1,380	837	800	-	837	837	800	-	837
열전도율 (W/m°C)	1.18	0.08	1.83	0.03	0.5	0.045	-	0.5	0.42	0.045	-	0.5

특히, 시뮬레이션 모델의 내부는 수공간의 온도 조절 효과와 쾌적도를 파악하기 위해 특별한 실내 마감재, 가구 배치, 공간 구획 등을 고려하지 않았다. 시뮬레이션에서 풍속과 온도 등 외부 조건은 위도, 태양 고도, 경도 등을 설정하면 프로그램 내에서 자동으로 세팅된다.

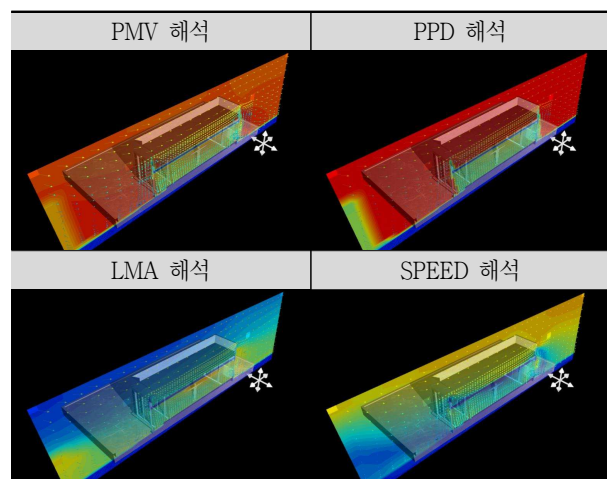
거주자의 활동 기준은 집에서 앉아 휴식을 취하고 있는 상태로 설정하고, 의복 조건은 최소한의 옷차림을 한 남성을 기준으로 하였다. 벽체 단열 및 창문의 구성은 동일한 조건에서 실험을 진행하였다. 본 시뮬레이션을 통해 측정하고자 한 항목은 건축물 내부의 평균 온도, PMV, PPD, LMA, 그리고 내부 기류 속도이다.

PPD는 예상 불만족률을 의미하며, PMV 값이 온열감에서 불만족이 큰 값(-3, -2, +2, +3)에 해당하는 사람 수를 전체 피험자 수 대비 백분율로 계산한 지표다.

PMV=0은 95%의 거주자가 쾌적함을 느끼는 상태이며, PMV= -0.5 ~ +0.5는 90%의 거주자가 쾌적함을 나타낸 실험적 검증값이다.

LMA는 국소평균공기연력(Local Mean Age of Air)이라는 항목으로, 실내로 유입된 공기가 특정 지점까지 도달하는 데 소요되는 시간을 의미하며, 동시에 해당 지점에서 공기가 체류하는 시간을 나타내기도 한다.

표 4. 수공간 도입 효과 분석 과정



이러한 지표들을 보다 정확하게 측정하기 위해 남쪽을 기준으로 1미터 단위로 총 7개의 섹터로 나누어 측정하였다. 결과물은 온도와 기류 관련 그래프로 시각화되었으며, 온도, PMV, PPD, LMA 등의 정량적 수치를 통해 유형별 비교 평가가 가능하도록 정리하였다.

IV. 수공간 도입 환경 효과 분석

1. 기준 실험체 환경 분석

수공간 도입 이전의 기본형 실험체의 실내 환경의 온열환경분석 결과, 실험체 내부 평균 온도는 29.50 °C 였으며, pmv 쾌적 지수는 1.38, ppd 지수로 환산할 경우 100명 중 43명이 불쾌감을 느끼는 상태로 분석되었다. (표. 5 참조)

표 5. 기본형 실험체의 실내 환경 분석

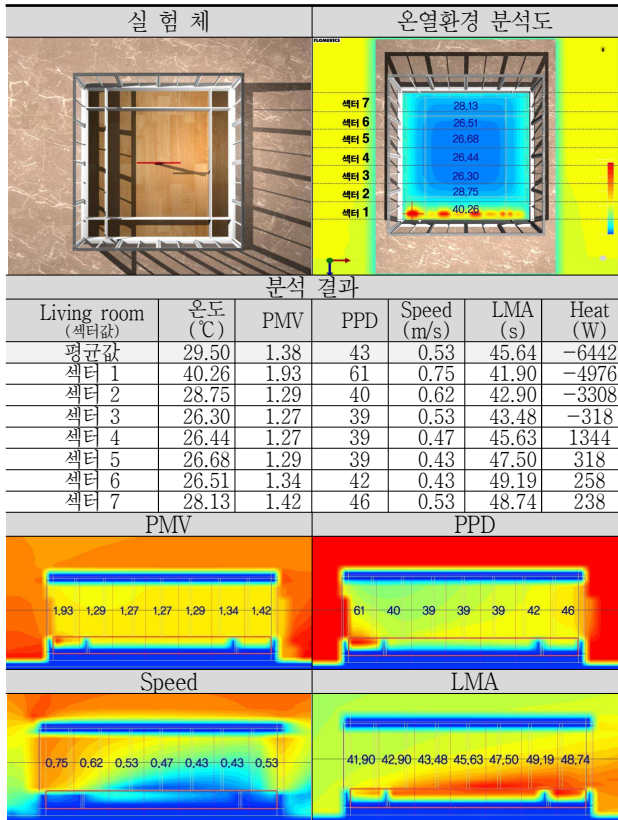


표 6. 내부 수공간 도입형 실험체의 실내 환경 분석

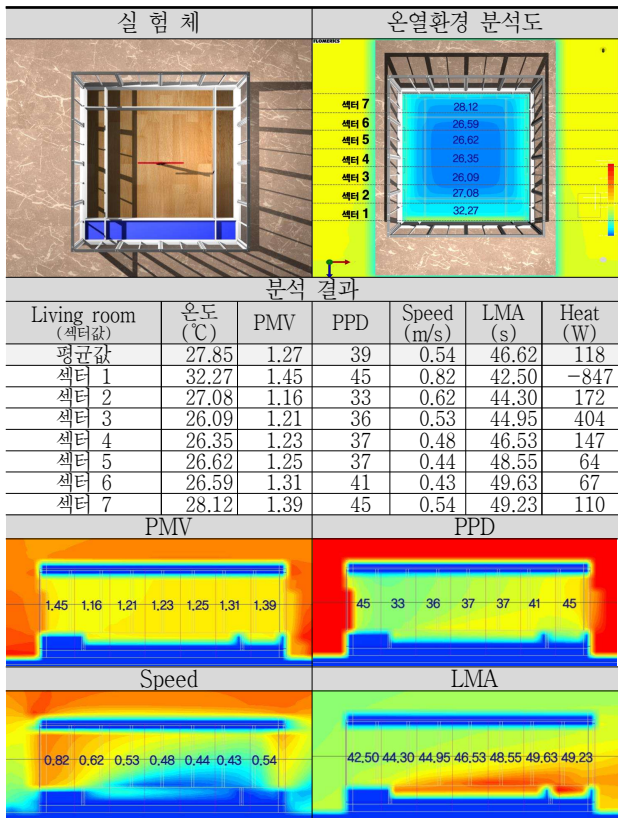
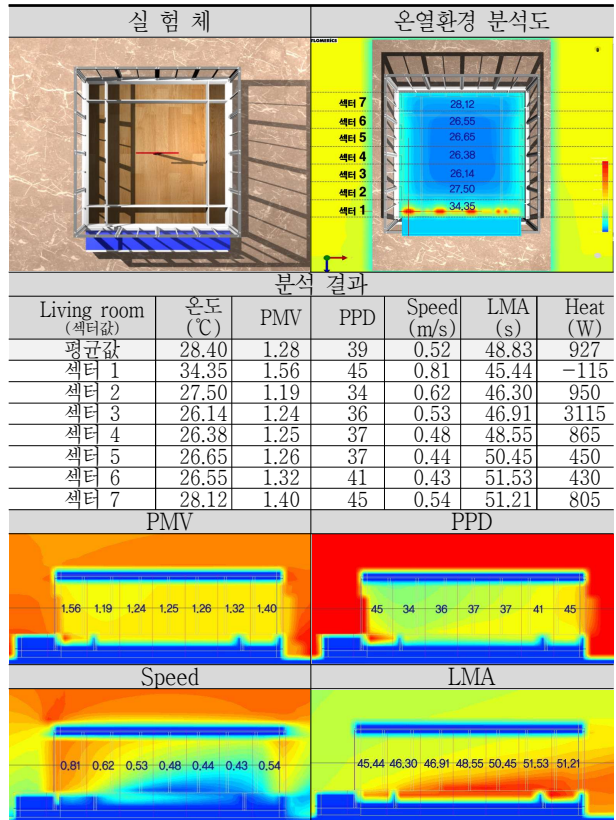


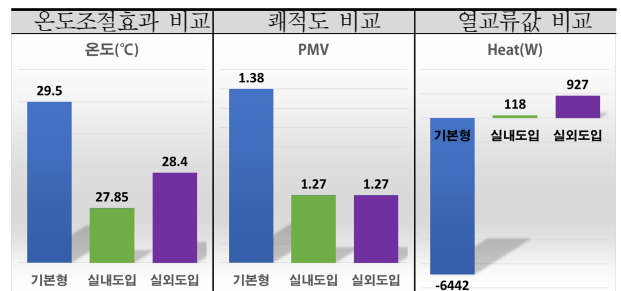
표 7. 외부 수공간 도입형 실험체의 실내 환경 분석



2. 수공간 도입 위치에 따른 환경 분석

도입될 수공간의 크기는 길이 7m X 1m X 0.5m로 설정하고 정남향 기준, 외부형은 실험체 외피 바로 앞에, 내부형은 실험체 외피 내부에 이격없이 배치하였다. (표. 6, 7 참조)

표 8. 수공간 도입 유형별 실내 환경 비교 분석



분석 결과, 내부 수공간 도입형의 경우 기본형 실험체에 비해 실내 평균 온도는 27.85°C, PMV 쾌적지수는 1.27로 나타났으며, 외부 도입형의 경우는 28.40°C, PMV 쾌적지수는 1.28로 측정되었다. 기본형에 비해 약 3.78%의 온도저감 효과

가 발생하였다. (표. 8 참조)

열량 이동(열교환)은 실내 도입형이 가장 이동이 적고, 구역별 온도 변화 역시 가장 차이가 작았다. 즉, 수공간 도입의 영향이 비교적 고르게 나타나는 유형으로, 쾌적함 측면에서도 가장 우수한 효과를 보였다.

V. 결 론

본 논문에서는 시뮬레이션 해석을 통해 건축물 내 수공간 도입 여부와 위치에 따른 실내 온열 환경의 변화를 분석하였다. 실험 조건은 자연 상태와 동일 규모의 수공간을 건물 내부와 외부에 도입한 경우로 나누어 각 유형 간의 실험값을 비교하였다. 분석 결과, 건축물에 수공간을 도입하면 실내 온도가 약 5.6% 감소하고 쾌적도는 약 8% 상승하는 효과가 나타났다. 특히, 수공간을 건물 내부에 도입했을 때 냉방 효과가 외부 도입형에 비해 약 2% 더 높게 나타났으나, 쾌적도는 두 유형 간 거의 차이가 없었다.

이러한 결과는 건축물 주변에 수공간을 배치하는 것만으로도 실내 공간의 쾌적성을 충분히 개선할 수 있음을 보여준다.

또한, 수공간 도입 시 시공 난이도와 유지 관리의 어려움을 고려했을 때, 외부에 수공간을 설치하는 것이 더 합리적이라 판단된다.

이처럼 건축물에 도입되는 수공간은 단순한 디자인 요소를 넘어 기후변화 대응, 에너지 효율성 개선, 실내 쾌적성 증가에 기여하는 중요한 건축 환경 개선 요소로 자리 잡을 것으로 판단된다.

REFERENCES

- [1] 석호태, “이중외피시스템을 적용한 고층 주거용 건물의 자연환기 성능평가,” *한국주거학회논문집*, 제 14권, 제3호, 119-126쪽, 2003년 6월
- [2] 정유근, “축소모형을 이용한 지붕담수시스템을 활용한 아트리움 실내의 냉각효과에 관한 연구,” *한국생태환경건축학회논문집* 제9권, 51-56쪽, 2009년
- [3] 오상목·오세규·원현성, “주거 외부 수공간 도입에 따른 실내 온열 환경 변화 분석,” *한국주거학회 논문집*, 제21권, 제2호, 41-48쪽, 2010년 4월

- [4] 오상목·오세규, “축소모형을 이용한 실내 수공간 도입 효과 연구,” *한국생태환경건축학회논문집*, 제 10권, 제6호, 67-72쪽, 2010년 12월
- [5] 오상목·오세규, “실내 수공간 도입에 따른 온열 환경 변화 분석,” *한국생태환경건축학회논문집*, 제 12권, 제3호, 53-60쪽, 2012년 6월
- [6] 김동식, 황민식, 이현석, 김용희, 윤태수, “4가지 솔루션을 통한 사실적인 폭발효과 제작,” *스마트미디어저널*, 제4권, 제4호, 120-129쪽, 2015년 12월
- [7] 김세운, 안서길, 김성호, “이미지 센서기반의 태양광 자동 추적 시스템 개발,” *스마트미디어저널*, 제 3권, 제1호, 22-27쪽, 2014년 3월
- [8] 조재영, 나인호, “신재생에너지 연계형 에너지관리 장치의 운영 사례 연구,” *스마트미디어저널*, 제7권, 제2호, 71-77쪽, 2018년 6월
- [9] Mirela Robitu, Marjorie Musy, Christian Inard and Dominique Groleau Modeling the influence of vegetation and water pond on urban microclimate, *Solar Energy* 80, PP. 435-447, 2006.
- [10] Yang, W. Indoor Neutral Temperature Range using Temperature and Humidity Perception Assessment. *The International Journal of The Korea Institute of Ecological Architecture and Environment*, vol. 16, no. 5, pp. 29-37, 2016.
- [11] International Organization for Standardization. ISO 18523-2 (2018).
- [12] Energy Performance of Buildings - Schedule and Condition of Building, Zone and Space Usage for Energy Calculation, Part 2 Residential Buildings, Annex A, 2018.
- [13] Shim, Shang-Kooun "Evaluating thermal performance of an Air-Flow Curtain wall system in Buildings", Hanyang Univ, 2005.
- [14] Flomerics Inc. Flotherm Instruction Manual
- [15] Alberto Matran Ruiz and Luis Miguel Valenzuela Montes, Water and planning. *MEQ*, vol. 15, no. 2, pp. 143-153, 2004.
- [16] Stephen crafti, H20 architecture, Image Publishing, 2005.
- [17] 신지웅, 공동 주택의 실내외 공기질 향상을 위한 주동 배치 계획 연구, 연세대 박사 논문, 49, 2004년
- [18] 손광호, "현대건축 수공간의 현상학적 체험과 해석," 경상대학교 박사논문, 27-28쪽, 2005년
- [19] 오상목, “주거 공간에 도입되는 수공간 유형별 디자인 및 환경효과 분석연구,” 전남대학교 박사학위 논문, 2010년 2월

저 자 소 개



오상목(정회원)

1999년 전남대학교 건축학과 학사 졸업.

2003년 전남대학교 건축공학과 석사 졸업.

2010년 전남대학교 건축공학과 박사 졸업.

1995년~2021년 오에스엠건축사사무소 대표

2021년~현재 호남대학교 건축학부 조교수

<주관심분야 : 친환경건축, 지능형건축, 워터프론트>