

PST(Particle Streak Tracking)시스템을 통한 실내자연환기 경향분석

Tendency Analysis of Indoor Natural Ventilation by PST(Particle Streak Tracking) System

이 건 호* 김 현 수** 장 대 희*** 손 영 주****
Lee, Keon-Ho Kim, Hyeon-Soo Jang, Dae-Hee Son, Young-Joo

Abstract

Ventilation of buildings provide occupants with comfort and plays a very informant role in supplying indoor ventilation requirement. Also, natural ventilation is more comfortable than forced ventilation taking account of mental comfort. Especially factors, airflow velocity and direction etc., should be reflected in establishment of comfortable indoor environment because indoor airflow can directly affect comfort of occupants. However, a device which enables indoor air movement to be analyzed has not existed until now. Hence, it has mostly depended on simulation results of fluid analysis but the results often differ far from reality. PST(Particle-Streak-Tracking) System, an alternative to improve this problem, is currently applied to natural ventilation in building, air conditioning, and airflow analysis in the inside of a plane etc. This study closely examine the property and strength and weakness of PST that is first introduced into KICT and then evaluate applicable possibility.

키워드: PST, 자연환기, 실내유동

Keywords: PST, Natural Ventilation, indoor airflow

1. 서 론 - 실내유동기류 분석의 목적

1.1 자연환기의 필요성

건물에 있어 환기는 재실자의 쾌적성을 제공하며 또한 실내 요구환기량의 공급이라는 측면에서 매우 중요한 역할을 담당한다. 특히 자연환기는 심리적 쾌적성에 의해 강제환기 보다 쾌적하다고 평가할 수 있다. Boris Kruppa에 따르면 자연환기가 불가하고 강제환기만 가능한 건물에서 두통호소, 호흡기질환을 호소하는 재실자의 불편호소율이 평균 40% 이상으로 나타났지만, 창개방이 가능한 구조로서 자연환기가 가능한 건물에서는 그 확률이 평균 25% 이하로 감소하였다고 보고하였다.¹⁾ 이는 자연환기가능성의 확보가 재실자의 쾌적과 건강 유지에 충분히 기여한다는 가능성을 보여 주었다. 특히 난방기 중에는 유속이 강하고

외기온이 매우 낮아 내외부의 온도차가 크기 때문에 유입량 조절이 다소 까다로운 자연환기를 선호하지 않는다.

특히 냉난방기 중 환기는 건물의 에너지성능을 좌우하는 매우 중요한 변수이다. 창을 통한 자연환기의 경우는 환기에 의한 실내환경의 결정이 내부/외부 공기온도의 차($\Delta T = T_i - T_a$)에 의해 결정됨으로 이로 인해 환기에 의한 건물의 에너지성능이 저하될 뿐만 아니라 동시에 난방기 중 창을 개방하면 차가운 외기가 풍압에 의해서 또는 내외부의 온도차에 의해 빠르게 유입되기 때문에 특히 창호부 인근에 있는 재실자의 쾌적성은 감소한다. 그러므로 환기전략은 건물에너지관리의 효율을 위한 합리적 방안이 반영되어야 한다. 이런 맥락에서 이중외피시스템은 초고층부의 경우라도 풍압을 감소하며, 또한 외기를 중공층부 예열에 의해 실내로 유입함으로 싱글창호 대비 자연환기에 의한 실내쾌적도가 획기적으로 개선된다. 하지만 창개방을 통한 자연환기시 실내로 유입되는 기류의 속도 및 방향과 같은 기류특성을 과학적으로 분석하거나 이의 결과를 시각적으로 표현하는 것은 쉽지 않다.

1.2 기존 실내유동기류 분석의 한계

통상적으로 실내공기유동을 저렴한 비용과 시간으로 분석하기 위한 방법으로 유체해석 시뮬레이션 프로그램의

* 교신저자, 한국건설기술연구원 건축연구부 선임연구원 (lee1ncdh@kict.re.kr)

** 한국건설기술연구원 건축연구부 책임연구원

*** 한국건설기술연구원 건축연구부 연구원

**** 삼우EMC 외장사업부 전무이사

1) Boris Kruppa, Untersuchungsergebnisse der ProKlima-Felduntersuchung, Raumklima in Buerohaeusern, 21. Internationaler Velta Kongress' 99, Tirol, 1999

사용한다. 하지만 이를 통한 합리적 결과를 도출하기 위해서는 실험에 대한 풍부한 경험과 시뮬레이션 변수선정에 있어서의 노하우가 필수적이다. 특히 시뮬레이션만을 통해 많은 경험이 있는 경우에도 시뮬레이션 결과는 실제 실험결과와 큰 차이가 발생할 수 있으므로 시뮬레이션 결과에 대한 맹목적인 신뢰는 유의할 필요가 있다.

실내온도분포를 측정하기 위해서는 열전대와 같은 온도에 대한 정보를 제공하는 시스템으로 측정이 가능하며, 실내공기유동에 관한 측정실험은 1차원적 점(Point)에서 풍속계에 의한다. 실험목적에 따라 공간내에 많은 측정점을 결정하여 센서를 설치하여 실험하게 되는데, 이를 통해 절대속도의 측정 가능하지만, 또한 센서의 수가 많아지게 되어 측정데이터 처리의 한계가 발생하여 합리적 결과를 얻기가 어려워진다. 물론 기류방향의 분석이 크게 중요하지 않을 경우도 있겠지만, 기류속도 및 방향의 분석이 요구될 경우 실험기자재의 소요비용은 급격하게 상승한다.

연막실험(그림1)의 경우 실내에서 발생하는 기류의 거동 현상을 시각화할 수 있지만 그 결과를 과학적으로 분석하기 위해서는 고가의 레이저장비를 구축하여 상대적으로 복잡한 실험방식이 요구됨으로 높은 비용이 요구된다. 이에 반해 본 연구를 통해 소개되는 PST (Particle-Streak-Tracking) System은 2차원적 속도장에서 공기유동의 가시화 및 방향과 유속을 동시에 측정하여, 실내공기의 유동형태를 과학적으로 그리고 빠른 데이터 처리를 통한 분석이 가능한 시스템이다. 실내기류의 유속, 유동형태 그리고 기류의 방향 등은 온도나 부하 등 여러 요인들에 민감하게 반응하며 이에 따른 실내공기유동형태의 변화를 분석하기 위한 대안으로서 PST-System는 이상적인 결과를 만들어 낼 수 있다. 본 연구에서는 국내에서 최초로 소개되는 PST의 원리와 특성을 소개하여, 향후 자연환기실험에서 PST 응용방안을 소개하고자 한다.

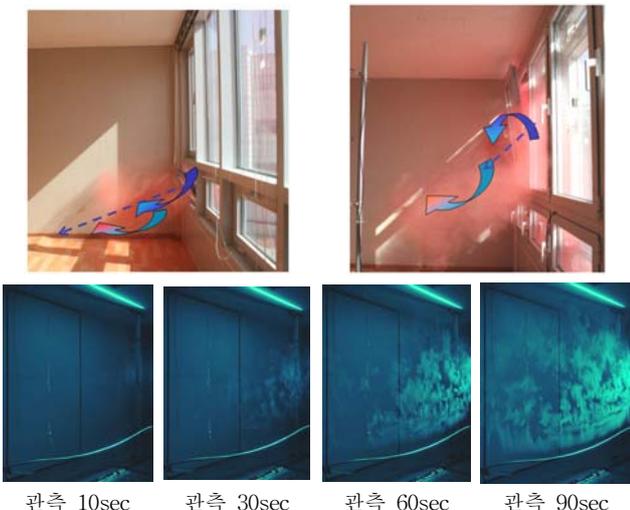


그림 1. 연막을 통한 자연환기성능 실험(상). 레이저장비를 통한 연막의 이동경로 분석(하), 출처: 한국건설기술연구원

2 PST 개요

2.1 PST 구성

PST(Particle-Streak-Tracking) System은 공기유동을 2차원 속도장으로 가시화하고, 유속과 풍향분석이 가능한 시스템으로서 실내기류분석을 위해 독일에서 개발된 시스템이다.²⁾ PST의 원리는 광학에 있다. 야간에 달리는 자동차를 카메라로 촬영할 때 셔터속도를 느리게 하여 노출을 조절하면 달리는 자동차에서 발산되는 전조등의 흔적이 필름상에 남게 된다. 만약 동일한 셔터속도와 노출조건상에서 빠르게 달린 자동차의 흔적은 느리게 달린 자동차의 흔적보다 길게 나타날 것이다. 이것이 PST가 응용하고 있는 광학의 원리이다.(그림2) 헬륨가스가 충전된 1~2mm 크기의 공기방울을 공간내로 생성하면 이 공기방울은 공기의 밀도와 유사한 수준을 가지게 되어 중력의 영향을 적게 받아 실내기류가 형성되는 행태에 따라 공기방울은 거동하게 된다. 이 때 실험하고자 하는 2차원면을 결정하여 이 면을 고휘도 LED에 의해 빛단면이 형성하고, 전방에 설치된 카메라에 의해 빛단면상에서 LED의 빛이 물방울에 반사되어 형성되는 기류의 형상을 확인할 수 있다. 실험을 시작하면 고휘도 LED는 한번은 길게 그리고 한번은 짧게 2t(long)+t(pause)+t(short)의 순서로 빛을 발산하며, 이 때 카메라는 두 번의 빛이 발산되는 것을 한 장의 영상에 담게 된다. 영상에는 긴 빛(2t)에서 선을 형성하며, 짧은 빛(t)에서 점을 형성한다. 결국 점과 선을 프로그램 NIH-Image상에서 좌표계상으로 분석하여 이를 수치화하게 되면 그 결과가 vector화 된 그림으로 나타내게 되며, 이는 바로 공간상에서의 기류의 속도와 방향을 동시에 얻을 수 있게 된다.³⁾ 현재 PST는 주요 장비로는 버블생성기(PST-BG), 광측정 단면 생성기(PST-LS), PST-컨트롤러(PST-CT), 디지털카메라(케논 D5)와 컴퓨터(PST-Program)로 구성된다.

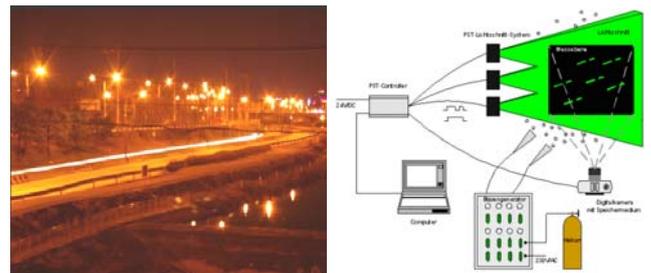


그림 2. 광학의 원리에 따른 야간 중 달리는 자동차가 만드는 흔적(좌) 및 PST 시스템 구성(우)

- 2) RWTH Aachen공대의 Lehrstuhl fuer Waermeuebertragung und Klimatechnik에서 개발된 PST-System은 현재 TU-Berlin, Hermann Rietschel Institute의 소장으로 재직중인 Dirk Mueller교수에 의해 체계화되었다. 응용범위로는 건물 자연환기, 공조설비 또는 Airbus와 같은 항공기내 기류분석 등의 다양한 분야에서 활용되고 있다.
- 3) 야간에 도로변에서 자동차가 지나가는 장면을 카메라에 담으면 셔터속도를 느리게 하면 자동차가 지나간 흔적이 사진속에 남게 되며, 셔터속도와 흔적의 길이를 분석하면 자동차가 지나간 속도를 알 수 있다. 바로 이런 카메라의 원초적 원리가 PST에 있다.

2.1.1 버블생성기(PST-BG)

버블생성기(그림3)는 유동을 가시화하기 위해 공기방울을 생성하는 장치로, 에어컴프레서, 버블디퓨저, 버블액체 탱크 및 헬륨탱크로 구성된다. 공기흐름을 대변하는 공기방울은 실내온도나 기류영향 하에서 일정시간 방울상태가 유지되어 방울유지능력이 우수한 미국의 sage action, inc.사의 버블액을 사용하였다. 버블탱크에 충전된 버블액은 헬륨탱크의 압력에 의해 디퓨저의 이중 모세관의 부모세관으로 들어간다. 버블액은 내부모세관에서 뿜어져 나오는 헬륨에 의해 버블로 부풀려 지게 된다. 이 때 버블의 지름은 1~2mm 정도로서 공기밀도와 유사하므로, 에어컴프레서는 일정한 공기압으로 모세관에서 만들어지는 공기방울을 끊어 낸다. 최소 초당 200개 이상 버블이 생성되며, 연결호스를 통해 측정공간속으로 뿌려지게 된다.



그림 3. 버블생성기(PST-BG)

2.1.2 광측정 단면 생성기(PST-LS)

광측정 단면 생성기(그림4)는 실내공간에 떠다니는 버블에 빛을 조사(照射)하여 흐름의 가시화와 공기유동의 측정을 가능하게 해주는 장치로, 탈·부착이 가능한 10개의 모듈로 구성되어 있다. 각 모듈은 15개의 고휘도 Green-LED 광원이 내장되어 있고, LED는 낮은 발열로 공기유동에 영향을 적게 미치고 반응속도도 빨라 신속한 제어가 용이하여 실험오차를 현격히 줄일 수 있다.

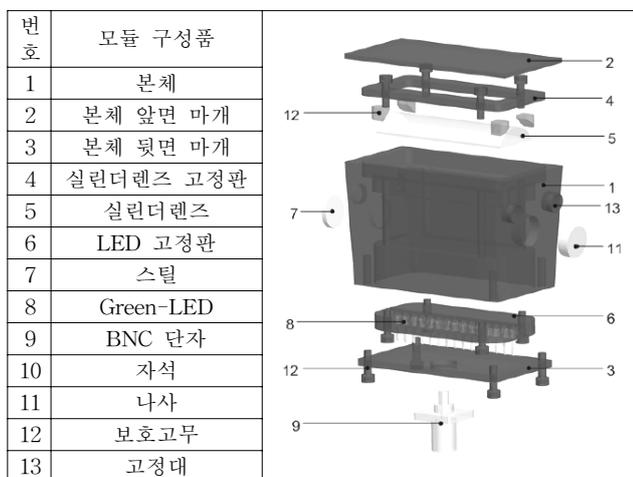


그림 4. 광측정단면 생성기 모듈

인간의 경우 낮시간대에는 555nm 영역에서 그리고 야간 시간대에는 507nm 영역에서 가장 민감한 반응을 보이며, 이는 녹색 및 노랑색 계통에 해당된다. 그리고 CCD (Charge Coupled Device)센서가 설치된 일반적인 디지털 카메라는 단과보다 장과장대 즉 붉은 색에 민감하다. 그럼으로 디지털카메라에 녹색필터를 부가하면 실제 인간의 민감도와 유사한 결과를 디지털카메라로 촬영할 수 있다.4) 이를 통해 고휘도 LED가 발산하는 525nm 파장대에서 최적의 광민감도를 제공함으로 입자유동의 가시화와 유동형태측정이 보다 용이하게 된다. 광측정 단면 두께는 최대 150mm까지 허용되며, 이를 위해 각 모듈에 집광용 실린더렌즈를 부착하였다.

2.1.3 PST-컨트롤러(PST-CT)

PST-컨트롤러는 디지털카메라와 광측정 단면 생성기를 제어하는 장치로서, 지속동작과 펄스동작이 가능하다. 펄스동작시는 디지털카메라의 동시 작동이 시작되며, 지속동작시는 광측정 단면이 지속적 발광상태를 유지한다. 광측정 단면 내에서의 버블의 유동을 대략적으로 관찰/측정하고자 하는 속도장을 선택할 때 이용된다. 펄스동작은 버블의 유동을 디지털사진으로 측정할 때 이용되며, 유속 및 방향표시를 위해 "long(2t)-pause(t)-short(t)"의 형태로, 그리고 실험자가 설정한 동작횟수만큼 발광한다. 펄스동작시간 T는 "long(2t)-pause(t)-short(t)"에 따라 4t가 되며, 디지털카메라의 노출시간도 정확히 4t로 T와 일치한다. 펄스동작시간 T는 최소 1~4ms까지 가능하며, 실내 공기유동에서는 100ms가 추천된다.



그림 5. 광측정단면 생성기(PST-LS) 및 PST-컨트롤러(PST-CT)

2.1.4 디지털카메라(CANON D5)

디지털카메라는 광측정 단면에 출현한 버블의 흔적을 PST-컨트롤러의 제어를 통해 long(2t)-pause(t)-short(t) 형식으로 촬영하여 하나의 영상에 전과정을 저장한다. 이때 디지털카메라의 고해상도가 요구되어, CANON D5를 선정하였으며, 또한 본 카메라는 현재 유일하게 PST와 호환이 되는 기종이다.

4) 660mm(붉은 색), 525mm(녹색), 640mm(오렌지색) 등의 다양한 파장대의 LED를 가지고 가시화상태를 확인한 결과, 녹색의 525mm 대에서 가장 이상적인 결과가 도출되었다. 출처: Min-Kyu Kwon, Entwicklung eines optischen Systems zur Visualisierung und Messung von Raumluftströmungen mit Partikeln, Berlin, 2005

2.1.5 PST-Program(NIH-Image)

PST-컨트롤러를 제어하고 디지털사진을 분석하는 소프트웨어이다. 여기서 사용자는 펄스동작시간 T와 펄스동작횟수 즉 디지털사진수를 설정할 수 있다. 공기의 흐름을 대변하는 버블의 유동흔적들이 캡처된 디지털사진은 분석프로그램에 의해 실제좌표와 픽셀좌표의 비율에 따라 분석되는데, 이는 실제공간에서 임의의 좌표원점과 디지털사진 내의 기준점의 설정을 토대로 이루어진다. 프로그램은 T시간 내에서 long(2t)-pause(t)-short(t)형식의 펄스동작에 따라 2t의 길고 1t의 짧은 발광에 따른 흔적의 길이 비율(2:1), 두께의 일치여부, 굴절각도 등을 토대로 분석에 유효한 유동흔적을 찾는다. 유효 유동흔적은 실제좌표에서 위치와 속도로 계산되어 이를 바탕으로 벡터표시 및 속도 장에서의 유동형태를 가시화하게 된다.

2.2 PST-측정방식

2.2.1 공기대표입자(버블)의 생성(1단계)

헬륨가스가 주입된1~2mm 지름의 공기방울은 공기입자를 대표하여 실내공간이나 공기유동 실험실에 초당 200개 이상 생성되어 낮은 임펄스로 뿌려져, 공간의 고유한 공기흐름에 따라 실내를 떠다니게 된다.(그림6)



그림 6. 실험실 내 공기중에 거동하는 버블

2.2.2 공기대표입자의 가시화 및 공기유동측정(2단계)

실내공기흐름을 측정하고자 하는 위치에 광측정 단면기를 설치하고, 실내공기흐름에 편승하여 떠다니는 버블입자들을 가시화하며, 실험자는 측정을 원하는 곳을 확인하여 측정위치를 조절한다. PST-컨트롤러는 광측정 단면생성기와 디지털카메라의 동시 작동에 대한 오차범위를 0.1%미만으로 제어하며, 버블유동흔적을 캡처한다.(그림7)



그림 7. 실내공기유동 촬영

2.2.3 공기유동분석(3, 4단계)

NIH-Image 분석프로그램은 실제 속도 장에서 설정된 좌표와 캡처된 디지털 사진속 픽셀좌표의 비율을 고려하여 동일 Particle에 의해 발생한 선과 점을 찾아냄으로 유동흔적의 길이와 캡처시간을 분석하여 실제 좌표상 속도와 방향을 계산한다.

디지털카메라로 캡처한 유동흔적을 아래와 같이 벡터화하여 나타낼 수 있으며, 유동분석 프로그램은 그 흔적을 표1의 데이터 처리를 통해 방향과 속도를 나타내는 벡터(그림8)와 보간법에 의해 속도장의 일반적인 형태로 처리된 그림9로 나타나게 되며, 이를 통해 공간내 실내 유동기류의 특성 및 주방향 등을 평가할 수 있다

표 1. 좌표상 속도

	x[m]	y[m]	z[m]	u[m/s]	v[m/s]	w[m/s]
1	0.5853	1.7	2.7762	-0.3195	0	0.1329
2	1.4769	1.7	2.7491	0.0017	0	-0.344
3	1.1036	1.7	2.7212	-0.152	0	0.1124
4	1.5161	1.7	2.6771	-0.2639	0	-0.4962
5	1.3863	1.7	2.6571	-0.1829	0	-0.0276
6	0.1722	1.7	2.6562	-0.1722	0	-0.0314
61	0.9375	1.7	2.111	-0.2047	0	-0.1776
62	0.1152	1.7	2.0983	-0.2205	0	-0.0722
63	1.1301	1.7	2.0885	-0.1487	0	0.036
64	1.1305	1.7	2.0675	-0.2158	0	-0.0426
65	1.007	1.7	1.9885	-0.0704	0	-0.2105

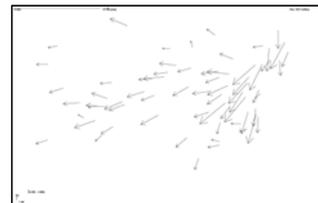


그림 8. 벡터그림

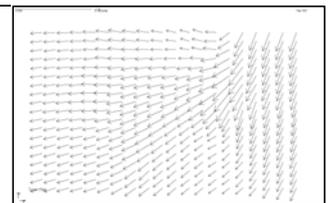


그림 9. 보간법에 따른 속도장

3 PST를 통한 자연환기 경향 분석결과

3.1 난방기 자연환기경향 분석실험 영역 설정

PST시스템을 통해 이중외피시스템과 일반 t&t 창호시스템의 창개방 방식에 따른 실내기류흐름을 비교분석하였다. 22℃로 바닥난방 되고 있는 실험구의 조건하에서 진행되었고, 창개방시 실내외 온도차에 따른 유입 외기의 유동경로를 시각화하여 실내공기와 혼합되는 과정에서의 기류분포 및 난류성 기류발생을 관찰할 수 있었다. 특히 난방기에는 차가운 외기가 실내공기보다 높은 밀도로 인해 유입되면서 하강기류를 형성한다. 또한 실내외 온도차, 기류속도, 창개방 방식은 실내기류형성 및 기류속도에 영향을 미치게 된다. 본 실험에서는 외기의 주요 유동

경로 파악과 난류형 흐름이 예상되는 창호에서 인접한 하단부를 측정지역으로서 설정하여 그림10과 같이 붉은 색 사각형범위의 속도장을 분석하였다.



그림 10. PST 실험의 측정지역 설정

3.2 실험진행 과정

실험은 11월20일 외기온이 0℃ 전후였던 19:00부터 약 한시간 가량 실시되었고, 다음과 같은 4가지 창개방 방식에 따라 실내온도 22℃, 외기온 0℃에서 내외부 온도차(ΔT)가 22K인 상태에서 실내기류유동을 관찰하였다. 표 2는 이중외피뿐만 아니라 싱글외피의 창개방 방식을 구현한 조건이다. 특히 본 실험은 외부빛에 의한 영향을 최소화하기 위해 19시 이후 야간에 실시하였다. ΔT에 따른 펄스동작시간 T는 200ms로 그리고 펄스동작횟수(디지털사진수)인 n은 30으로 설정하여 실험을 진행하였다. 속도장에서 임의로 분할된 격자에 따라 속도벡터들은 격자별로 그리고 격자간의 인터플레이션을 통해 속도장에서 공기유동형태를 표시하였으며 이를 통해 각 온도차에 대해 실험 조건별로 분석하였다.

표 2. PST 자연환기실험시 창호개방 조건

번호	창위치	개방조건	비고
1	외창	단합	창이 닫힌 상태(3중유리 효과)에서 실내기류 검토
	내창	단합	
2	외창	-	싱글외피 조건으로 프로젝트창을 가정하여 실내기류 검토
	내창	개방	
3	외창	상하 개방	외피고정형 이중외피를 가정하여 실내기류 검토
	내창	tilt	
4	외창	하단 개방	외피조절형 이중외피를 가정하여 실내기류 검토
	내창	tilt	

3.3 실내외 온도차 ΔT=22K시의 실험결과

측정시간대 외기 풍속은 남동방향으로 약 0.3m/s가 관측되었으며, 공기유동형태에 있어 화살표 unit은 0.02m/s를 의미한다.

3.3.1 실험조건 1

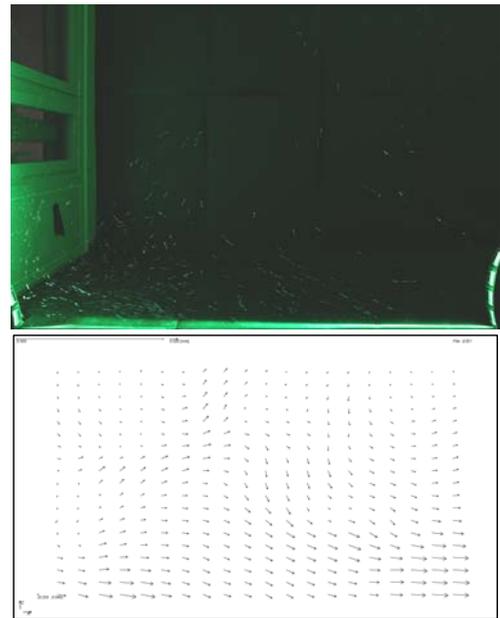


그림 11. 실험조건1의 측정사진(상) 및 기류형태 분석결과

그림11은 외부창호(싱글유리) 및 내부창호(복층유리)가 모두 닫힌 상태로 3중유리 적용시 창이 닫힌 상태의 경우이다. 외기 유입은 침기에 의해서만 발생하며, 창호 및 벽체 근처에서 냉각된 실내공기는 난류형 흐름을 보이며 하강하여 바닥을 따라 실내부로 흐르게 된다. 특히 창호는 벽면에 비해 단열성능이 떨어짐으로 바닥면에서의 실내기류는 창부분에서 공간의 후면으로 진행하게 된다. 바닥부에 대체로 안정적 기류흐름을 보이고 창과 마주하는 벽체부분에서는 바닥난방 가동으로 온도상승에 의한 부력의 영향으로 상승기류가 발생하였다.

3.3.2 실험조건 2

그림12는 싱글창호에서 프로젝트 창이 개방된 경우이다. 외기유입량은 급격히 증가하며 외기 유입풍속과 개구부 면적의 크기에 따라 실내쾌적성은 많은 영향을 받게 된다. 창을 통해 유입되는 찬공기는 전반적으로 하강기류를 형성하며 속도장은 중간높이지점에서 부터 벽체방향으로 기울어지며 하강하게 된다. 바닥부근에서는 하강기류와 바닥과의 충돌에 의한 난기류가 형성되었으며, 대체로 불안정한 기류유동이 관찰되었다.

3.3.3 실험조건 3

그림13은 외피고정형 이중외피에서 외창의 상하단이 open된 상시환기형 이중외피를 가정하였으며, 이 때 내창은 tilt로 개방한 경우이다. 여기에서 1차적으로 외창의 개방면적 감소로 중공층으로 유입되는 외기는 감소하게 되며, 다음은 tilt 상태로 개방된 내창에 의해 싱글외피에 비해 외기 유입량과 기류속도가 급격히 감소하였다. 외부로부터 유입된 공기와 내부에서 순환되어 돌아오는 실내공기는 혼합되어 속도장에서 부분적인 유속의 차이를 보

이나, 전체적으로 벽체방향으로 하강하고 있으며 벽체 및 바닥부근에서 층돌에 의한 난기류가 형성되었다.

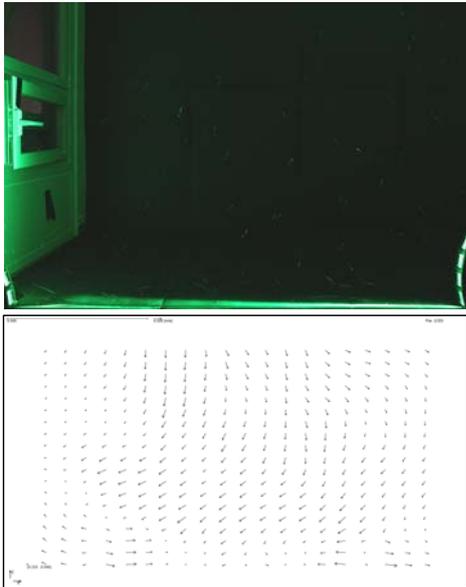


그림 12. 실험조건2의 측정사진(상) 및 기류형태 분석결과

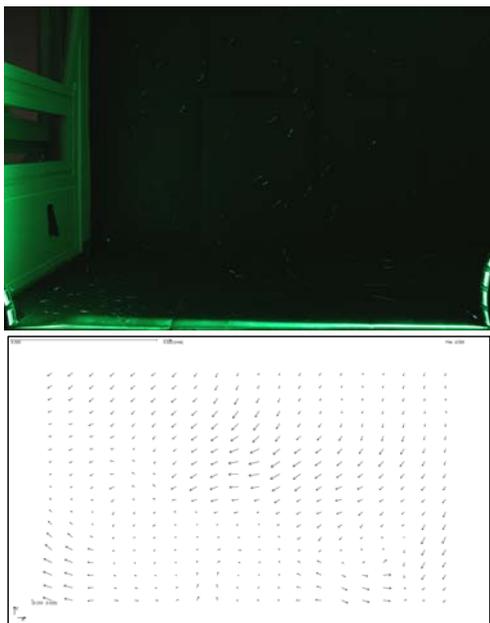


그림 13. 실험조건3의 측정사진(상) 및 기류형태 분석결과

3.3.4 실험조건 4

그림14는 외피조절형 이중외피에서 외창은 하단부만 개방된 그리고 내창은 tilt하여 개방한 경우이다. 이 때 실험조건3의 결과에 비해 외기유입량과 유속이 감소하였으며 외부로부터 유입된 공기와 순환되어 돌아온 실내공기는 혼합되어 벽체방향으로 하강하며 벽체와 바닥부근에서 부분적인 난기류가 형성되었다. 바닥부근의 전반적인 흐름은 실내측으로 향하고 있으며, 또한 비교적 안정적인 기류흐름을 구성하고 있다.

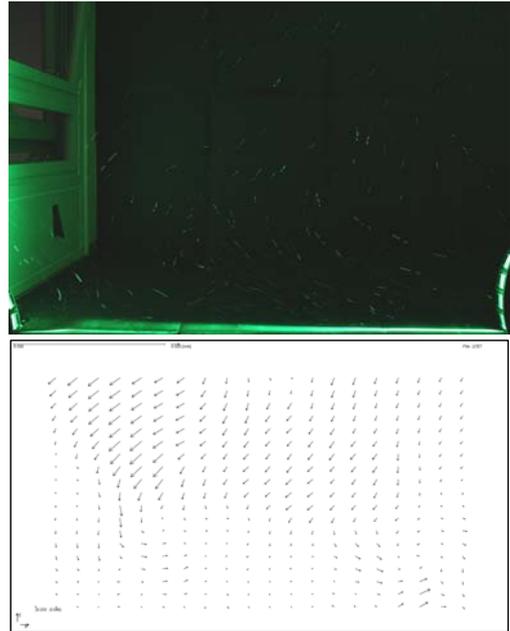


그림 14. 실험조건4의 측정사진(상) 및 기류형태 분석결과

4. 결론 및 향후 전망

4.1 결론

실내공간에서의 유동을 과학적으로 분석하는 것은 비용의 측면뿐만 아니라 방법론적인 측면에서 매우 소비적인 과정을 요구한다. 본 연구에서 소개된 PST시스템은 한국건설기술연구원이 2006년 도입하여 현재 지속적으로 성능을 다양한 실험을 통해 실험기반 및 성능평가를 위한 기준을 준비 중에 있는 새로운 기류해석 실험기반이다. 본 연구에서 싱글외피 그리고 이중외피 적용시의 난방기 내외부 온도차(ΔT)가 22K인 조건에서 창외 개방을 통해 자연환기 특성 시각화하였으며, 그 결과 다음과 같은 뚜렷한 차이를 얻을 수 있었다.

싱글외피에서는 차가운 외기가 창개방과 동시에 내부로 바로 유입되어 공간의 바닥부에 빠르고 차가운 기류를 형성됨으로 실내에 불쾌적성을 증가시킨다.

이중외피에서는 내외창의 개방방식에 따라 기류유입이 중공층을 통해 내부로 유입되어 느린 기류를 발생시킴으로 실내에 안정적인 기류를 형성함으로 실내쾌적성에 있어 싱글외피에 비해 유리하다.

향후에는 이의 체계적 기반구축을 통해 실제 유입기류량을 보다 정량적으로 도출할 수 있는 툴로 개선해 나갈 계획이다.

4.2 향후 전망

비교적 간단한 광학의 원리를 이용하여 실내공기흐름의 특성을 보다 체계적으로 분석이 가능한 PST시스템은 향후 건축 실내환경분야에서 기여하는 바가 클 것으로 판단된다. 특히 PST시스템은 LED에서 발산되는 520nm 부분의 녹색빛이 효과적으로 표현되어야지만 합리적이며,

이상적 결과를 도출할 수 있는 한계에 있다. 그러므로 현재로서는 부가적인 외부의 빛에 의한 영향을 최소화할 수 있는 야간에만 실험이 가능하며, 또한 일사에 의한 영향을 반영하는 것에 한계가 있다. 현재 PST시스템의 한계를 개선하기 위해 한국건설기술연구원내에 인공기상실험실이 구축중에 있으므로, 이를 통해 향후에는 일사, 외기온, 습도 풍속 등의 기상조건을 재현할 수 있으므로 실험결과에 대한 신뢰도를 높일 수 있을 것으로 판단된다. 이와는 별도로 최근 환기가 잘 되지 않는 초고층 판상형 건물에서 문제의 분석을 위해 PST는 직접 투입될 수 있으므로, 향후 본 시스템은 다양한 응용이 가능하다.

참고문헌

1. Min-Kyu Kwon, Entwicklung eines optischen Systems zur Visualisierung und Messung von Raumlufstromungen mit Partikeln, Berlin, 2005
2. 이근호 외, 냉난방에너지 절감 및 자연환기기능이 강화 FDFS 개발연구, 삼성건설+삼우이앤씨, 2006
3. 김현수 외, 복합기능 생태적 건물외피 조성 기술 개발 III, 한국건설기술연구원, 2005
4. Olaf Zeidler, Grenzen der thermischen Last bei Fensterlueftung in Buerogebaeude, TU-Berlin, Berlin, 2000
5. Keonho Lee, Untersuchung der Einsatzmoeglichkeit von Doppelfassaden bei hohen Verwaltungsbauten mit Glasfassaden im extremgemaessigten Klimagebiet, Berlin, 2002