

# 통합 시뮬레이션을 통한 리모델링용 이중창 시스템 기류 패턴 분석

김 은 희\*, 남 현 진, 육 인 수, 김 정 윤, 김 재 민\*  
다스컨설턴트(주), \*University of Strathclyde, UK

## Airflow pattern of Double window system for Remodeling by using Integrated Simulation.

Eun Hee Kim, Hyun Jin Nam, In Soo Yook, Jeong Yoon Kim, Jae Min Kim\*  
*Integrated Simulation Unit, DASS Consultants Ltd., Seoul 143-834, Korea*  
*\*Senior Research Fellow, University of Strathclyde, UK*

**ABSTRACT:** Double facade systems are often paid attention of as an effective energy saving measure for curtain wall buildings. However, it is not easy to install the system in existing buildings and requires substantial investment. An innovative double window system is proposed in this study which can be installed with exiting window systems in a cost effective way. the proposed system is connected to existing return ducts to make airflow between the existing window and the newly installed window. To ensure the best performance of the proposed system, simulation-based analysis was implemented in which airflow characteristics of inside double window were examined according to air pressures of return duct and window material by using computer simulation ESP-r. the overview of the proposed system and the results of the simulation-based analysis are presented in this paper.

**Key words:** Double window(이중창), energy performance (에너지 성능), Integrated simulation(통합 시뮬레이션), Remodeling(리모델링), Airflow(기류)

### 1. 서 론

커튼월 건물에서 에너지 절감을 위한 시스템으로 이중외피구조가 주목 받고 있어 건물 신축 시 설계단계에서 적용하는 예가 증가하고 있다. 그러나 기존건물에 설치하기엔 고가의 재시공비용 및 건물외부디자인 침해라는 부담을 안고 있기 때문에 적용하는데 어려움이 있다.

본 연구에서는 기존 건물에 에너지 절감 기술

로 비용효과가 높은 리모델링용 이중외피 시스템을 제안하였다. 이 리모델링용 이중창 시스템은 건물 외관 디자인에 손상을 주지 않기 위해 실내측에 창을 덧대어 이중창 시스템을 구현한 것으로 창 상부에 배기 덕트 플로어를 연결하여 이중창 하부 외측 개구부에서 유입되는 공기를 상부 덕트를 통해서 배출시키는 방식을 취한다. 이러한 시스템 적용시의 최적의 열 성능 평가와 설계조건을 파악하기 위해 이중창 내부 기류 흐름 특성을 분석하는 것이 필요하다. 본 논문은 리모델링용 이중창 시스템의 개요 및 성능 평가를 위해 수행한 열 공기 통합 정밀 시뮬레이션의

† Corresponding author

Tel.: +82-2-913-2585; fax: +82-2-949-2585  
E-mail address: hoho2603@dasskorea.com

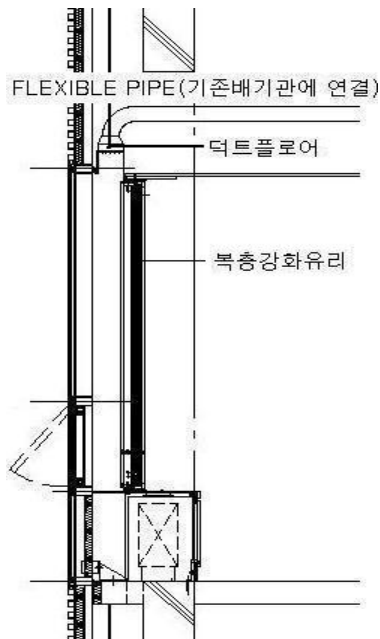


Fig. 1 리모델링용 이중창 시스템 개요도

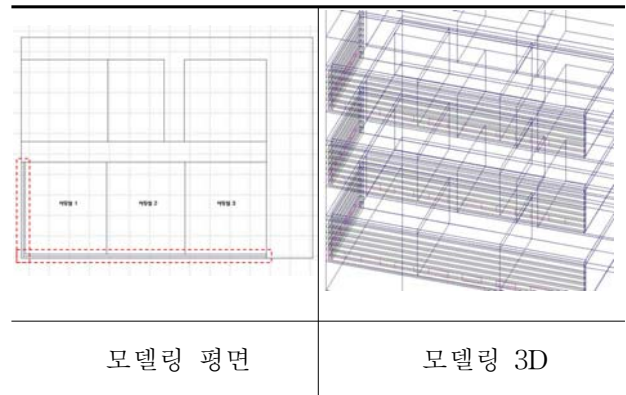
결과를 보고한다.

## 2. 리모델링용 이중창 시스템 개요

기존의 박스형 이중외피 시스템은 일사로 인해 내부에 발생한 열에너지를 효과적으로 처리하기 위해 하부 창을 통해 들어온 공기를 상부 창으로 배출시키는 구조가 대부분이다. 반면에 리모델링용 이중창은 기존의 건물 외피에 상부 창을 인위적으로 만들지 않고 대신 창 상부 개구부를 내부의 환기 덕트에 연결하는 방식을 취하였다. 즉, 상부 창에 덕트를 연결하여 하부 창을 통해 들어온 공기를 자연 환기가 아닌 기존 환기 덕트의 배기압을 채용하여 배출할 수 있도록 설계되었다. 이 이중창 시스템 방식은 기존 건물의 외피를 최대한 보호하여 디자인적 요소의 침해를 최소화하고 시공이 용이할 뿐 아니라 상하층 구조체와는 무관하게 시공이 가능하므로 시공비용 부담 및 시공과 구조체 안전에 관한 부담도 줄이는 장점이 있다.

한편, 이러한 이중창 시스템의 냉방 부하 저감 성능은 이중창 내부에 일사에 의한 축적된 열에너지를 효과적으로 배출해야 하는데 하부 창을 통해 유입된 공기를 덕트로 강제 배출되는 공기의 흐름과 양에 따라 달라질 수 있다. 하부 창에

Fig 2. 시뮬레이션 대상 모델 모델링.



유입된 공기량은 덕트를 통한 강제배출량에 따라 결정되므로 이중창 상부에 연결된 덕트의 공기배출량을 설정하고 리모델링용 이중창 시스템의 열 성능 평가를 수행함으로써 적절한 공기 배출량을 알아보았다. 이 공기 배출량은 실제로는 기존 환기 덕트의 허용 압력 손실 범위와 연관되어 설치시의 시공 기준을 정하는 데 기초자료로 사용될 것이다. 또한, 이중창의 재질에 따라 투과율, 흡수율이 다르게 되면 이중창 표면 온도특성이 달라질 수 있으므로 재질에 따른 이중창 내부의 공기 흐름이 어떻게 달라지는지 시뮬레이션을 통하여 확인할 필요가 있다. 4.2 절은 이에 대한 시뮬레이션 결과를 논한다.

## 3. 시뮬레이션을 위한 모델링 및 수행

본 연구에서는 각각의 모델링별 건물의 냉난방 에너지 성능 평가 분석을 위해 ESP-r을 사용하여 건물 에너지 시뮬레이션(Building Energy Simulation: BES)과 기류 네트워크 (Air Flow Network: AFN) 시뮬레이션을 수행하였다<sup>(4)(7)</sup>.

Fig. 2의 모델링 평면 중 점선 테두리 안의 부분에 이중창 시스템이 적용되었다. 이중창을 구성하는 외측창과 내측창의 간격은 0.4m로 설정하였고 이중창 시스템이 적용된 층의 높이는 4.3m로 설정하였으며 이중창 내부에 기류의 유입을 위하여 서측 면에는 각 면적이 0.6 m<sup>2</sup>인 하부 개폐 창을 7개, 남측 면에는 각 면적이 1.08 m<sup>2</sup>인 하부 개폐 창을 8개를 설치하였다. 개폐 창과 개폐 창 간의 간격은 서측 면의 경우 0.4m이며, 남

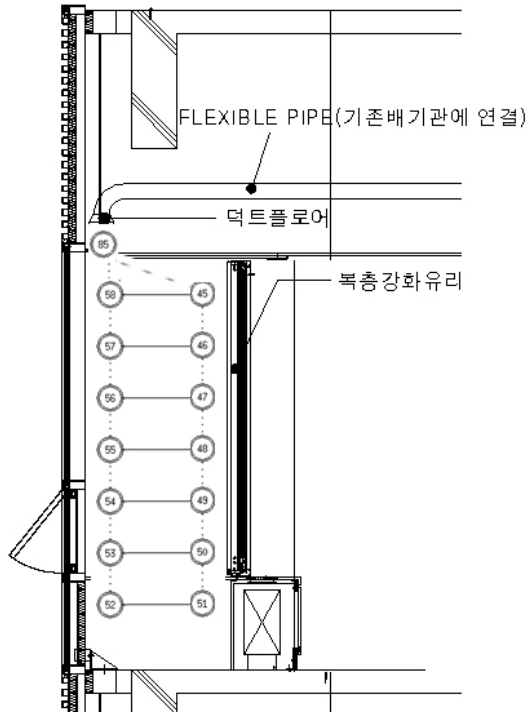


Fig 3. 시물레이션 대상 모델 이중창 기류 네트워크.

측 면의 경우 1.4m으로 설정하였으며 이러한 이중창 시스템에 접해있는 사무실의 총 면적은 123.12 m<sup>2</sup>이다. 건물 구조체의 물성치는 선행 연구<sup>(6)</sup>에서 사용한 것과 동일한 것을 설정하였다.

### 3.1 공기흐름 네트워크 모델

본 연구진은 선행 연구를 통해 공기 네트워크 모델의 해상도에 따라 그 결과의 오차율이 상당히 있음을 민감도 분석을 통하여 파악 하여 그중 오차 범위가 가장 작고 시물레이션 수행 시 연산 시간 및 모델링 작성에 적정한 투자가 되는 모델링 전략을 취하였다.<sup>(6)</sup> Fig. 3은 이중창 내 기류 흐름 패턴을 분석하기 위한 기류 네트워크로서 시물레이션 분석을 위해 이중창 존을 층별로 7개, 좌우로 2개의 존으로 나눠 총 14개의 존으로 구성하고 이중창의 최상 부위에는 이중창 내부의 공기가 배출되도록 덕트 존을 구성하였다. 이 중 덕트 존은 공기압제어를 하여 음압량을 단계별로 설정해주므로 실제로 덕트를 통해서 공기가 배출되는 것처럼 구성하였다.

### 3.2 건물 창호 물성치 및 공조 조건

Table 1. 컬러Low-e의 광학적 특성(외측 창)

name	두께 (mm)	방사율	흡수율	투과율
Color Glass (Green)	12	0.740	0.430	0.213
Low-e	12	0.088	0.060	0.213
열관류율(W/m <sup>2</sup> ·°C)				1.99

Table 2. 투명 복층의 광학적 특성(외측 창)

name	두께 (mm)	방사율	흡수율	투과율
Clear Glass	12	0.840	0.160	0.607
Clear Glass	12	0.840	0.160	0.607
열관류율(W/m <sup>2</sup> ·°C)				2.69

Table 3. Ipasol 의 광학적 특성(외측 창)

name	두께 (mm)	방사율	흡수율	투과율
Ipasol	12	0.035	0.320	0.305
Clear Glass	12	0.840	0.160	0.305
열관류율(W/m <sup>2</sup> ·°C)				1.35

Table 4. 공조방식 설정 조건

weekdays		saturdays	
0.00	Free Float period	0.00	Free Float period
9.00	Ideal Control	9.00	Ideal Control
18.00	Free Float period	12.00	Free Float period

컬러 Low-e 유리, 투명 복층 유리, 그리고 선택 투과형 유리(Ipasol)를 분석 대상으로 설정하였다. 컬러 Low-e 유리는 최근 국내에서 활발하게 쓰이는 유리이고 투명복층유리는 일반적으로 많이 사용되는 유리이다.<sup>(5)</sup>

Ipasol 유리는 아직 국내에서는 생소하지만 다른 유리들에 비해 성능이 뛰어난 것으로 알려진 유리로서 가시광선을 선택적으로 투과시키고 단

열성을 높이는 과열 방지 창으로 독일 Interpane 사 제품이다.<sup>(3)</sup>

Table 1, 2, 3 은 본 시뮬레이션 대상 이중창 모델에 설정된 컬러Low-e유리, 투명복층유리, Ipasol 유리의 물성치를 나타낸다.

Table 4는 본 연구를 위해 사용된 건물의 재실자사용 공조방식 설정 표를 나타낸다.

시뮬레이션 대상 건물은 사무용 건물로서 스케줄은 주중은 09시부터 18시까지, 토요일은 09시부터 12시까지, 일요일은 업무를 하지 않으므로 없는 것으로 설정하였으며 냉방조건은 26℃, 난방조건은 20℃로 설정하였다.

본 연구에서는 서울지방의 8월부터 10월까지의 3개월 동안의 냉방 에너지소비량을 계산하였으며 그 중 특정 하루의 에너지소비량을 면밀히 관찰하기 위해 서울지방의 평균외기 온도분포가 가장 높게 나타나고 일사량이 높은 8월 11일을 선택하였으며 특정시점의 공기 흐름과 이중창의 표면온도를 알아보기 위해 14시경을 중심으로 시뮬레이션 결과 값을 비교, 분석하였다.

#### 4. 시뮬레이션 결과

##### 4.1 이중창 내 공기 환기량과 냉방 부하 저감 효과 분석

덕트로부터의 배기량에 따른 에너지 부하량을 알아보기 위해 여러 가지 배기량을 설정하여 시뮬레이션을 수행하였다. Fig. 4는 이중창의 재질이 각각 컬러 Low-e, 투명복층, Ipasol유리 이었을 때 덕트 배기량에 따른 시뮬레이션 모델에서의 냉방 부하의 변화를 나타낸다. 3 가지 외측 창 유리재질별로 배기량이 높아짐에 따라 에너지 소비량은 감소됨을 확인할 수 있다.

배기량을 0.05 m<sup>3</sup>/s에서 1.3 m<sup>3</sup>/s 으로 높였을 때 에너지소비량이 컬러 Low-e의 경우 7.81 kw/m<sup>2</sup> 이, 투명복층유리의 경우 49.66 kw/m<sup>2</sup> 에서 42.16 kw/m<sup>2</sup> 으로 7.5 kw/m<sup>2</sup> 가 감소하였고, Ipasol의 경우도 46.61 kw/m<sup>2</sup> 에서 39.45 kw/m<sup>2</sup>로 7.16 kw/m<sup>2</sup> 의 에너지소비량이 감소하였다.

3가지 유리 재질 모두 다 배기량이 0.05 m<sup>3</sup>/s 에서 1.3 m<sup>3</sup>/s 로 높아짐에 따라 에너지소비량은 감소하는 패턴을 확인할 수 있다

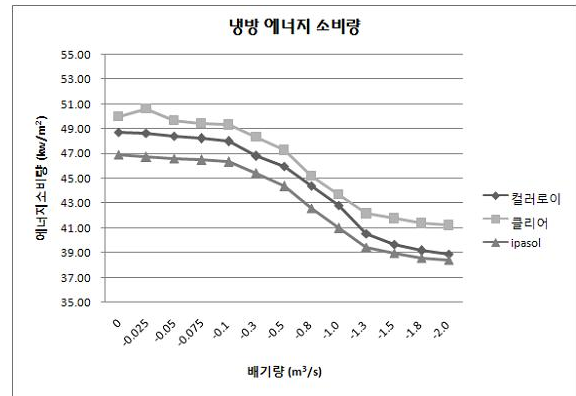


Fig 4 이중창 내부 공기배기량에 따른 에너지 부하량 비교

##### 4.2 각 유리 재질별 이중창 내 공기 및 온도 패턴

Table 5 배기량에 따른 기류 네트워크

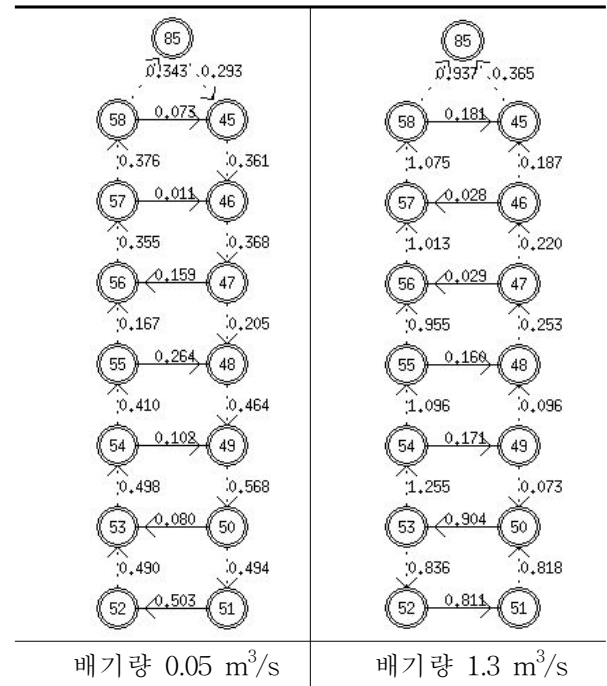


Table 5 는 8월 11일 14시경의 컬러 Low-e 유리 재질로 설정된 이중창으로서 덕트 배기량이 0.05 m<sup>3</sup>/s 와 1.3 m<sup>3</sup>/s 이었을 경우 이중창 내부 기류 네트워크를 나타낸다. 이중창 내부의 기류 네트워크를 보면 외부공기가 하부 개폐 창인 53번 노드로 유입되어 이동하는 것을 확인할 수 있으며 이러한 기류들은 이중창 내에서 인접 유리창의 표면 온도 조건에 따라 공기흐름의 패턴이

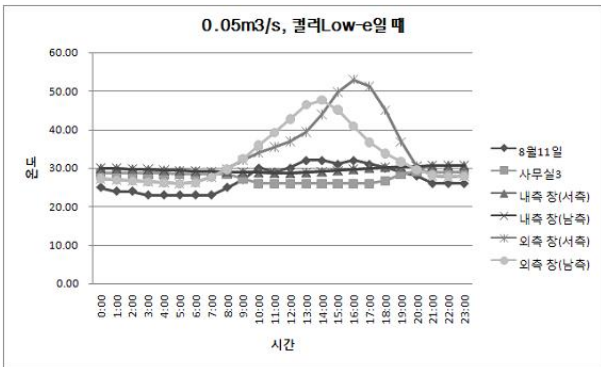


Fig. 5 컬러 Low-e 이중창 온도분포  
(배기량: 0.05 m<sup>3</sup>/s)

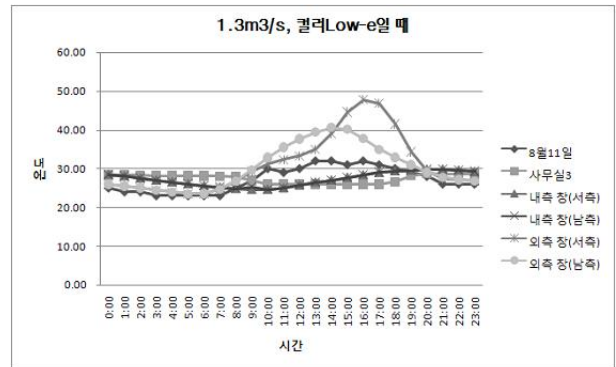


Fig. 6 컬러 Low-e 이중창 온도분포  
(배기량: 1.3 m<sup>3</sup>/s)

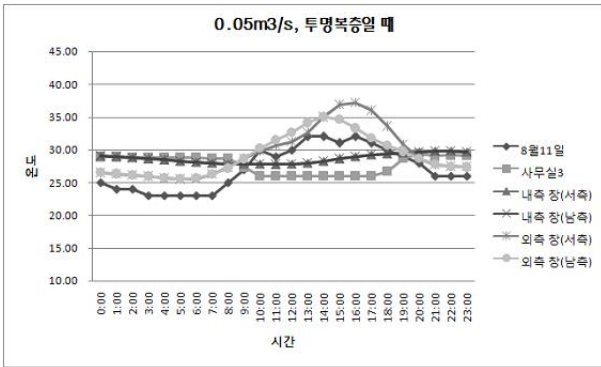


Fig. 7 투명복층 이중창 온도분포  
(배기량: 0.05 m<sup>3</sup>/s)

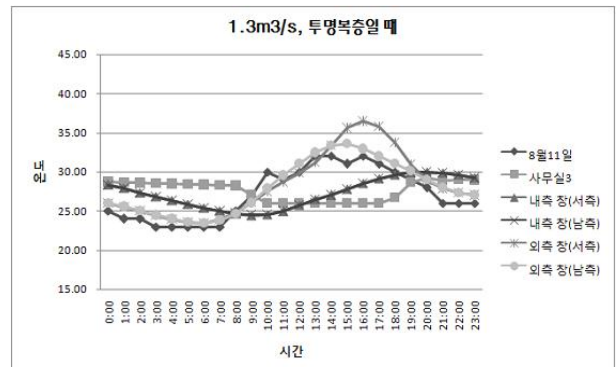


Fig. 8 투명복층 이중창 온도분포  
(배기량: 1.3 m<sup>3</sup>/s)

달라 짐을 알 수 있다. 배기량 0.05 m<sup>3</sup>/s 일 경우에는 평균 0.1~0.4 m<sup>3</sup>/s 의 공기흐름을 보이면서 실내측 창에서 공기가 하강하면서 외측창을 따라 상승하는 대류 현상이 나타난다. 배기량 1.3 m<sup>3</sup>/s 일 경우에는 평균 0.2~1.2 m<sup>3</sup>/s 의 공기흐름을 보이면서 내외측 창표면에서 공기흐름은 상부측 개구부를 향해 진행됨을 볼 수 있다.

Fig. 5, 7에서 서측에 면해있는 외측 창을 비교해보면 투명복층유리의 경우 최고 48°C 인 반면, 컬러 Low-e의 경우 최고 52°C 상승한다는 것을 볼 수 있고 Fig. 5~8에서 볼 수 있듯이, 방위별로 서측 면에 있는 외측 창이 남측 면에 있는 것에 비해 2.5°C ~ 5°C정도 더 높은 것으로 나타나 있다. 이는 기존 건물외피의 창호재질과 방위가 이중창 내부의 열에너지 취득에 큰 영향을 줄 수 있다는 점을 의미한다.

#### 4.3. 결과에 대한 고찰

일반적으로 커튼월건물에 적용된 이중외피 시스템은 자연환기를 바탕으로 설계된 것으로 이중외피시스템 내부에 들어온 공기가 외부로 빠져나오면서 열에너지를 배출하게 된다. 그러나 이러한 공기의 이동량이 열 이동과 밀접한 관련이 있음에 불구하고, 이중외피는 자연환기에 기초했으므로 공기 이동량을 조절하기가 사실상 어렵다. 본 연구에서는 이중외피구조를 기존건물에 쉽게 적용하고 이중창 내부의 공기 이동량을 보다 적극적으로 조절할 수 있는 시스템을 제안하였고 최적의 에너지 절감효과를 도출하기 위한 적절한 공기 이동량을 산출할 수 있었다.

일반적으로 배기량이 높으면 이중창 내부에서 일사로 인해 발생한 열에너지를 효과적으로 제거하기가 용이하겠지만, 시뮬레이션 결과에서 보았듯이 적정 배기량을 넘어서게 되면 에너지 소비

량 변화에 관한 영향도가 미비해지므로 그 이상의 배기량을 높이는 것은 무의미해진다. 뿐만 아니라 덕트로 연결된 강제 환기량을 무한대로 늘릴 수 없으며 강제 환기량은 건물에 따라 환기기계의 용량에 의존하므로 건물의 특성과 건물에 적용된 기계 환기용량에 따른 적정 배기량을 도출하여 적용할 필요가 있다.

창호재질은 일사로 인한 열에너지 취득 및 공기 이동으로 인한 열에너지 제거와도 관련이 있다. 리모델링용 이중창 시스템을 기존 건물에 적용하기 위해서는 기존 건물의 외피에 사용된 창호재질을 우선적으로 파악해야 한다. 이를테면 기존 건물의 창호재질에 대한 열적 특성을 고려하여 이중창 시스템을 적용하였을 때 일사로 인해 창호에서 열에너지가 얼마나 발생하는지, 그리고 이를 효과적으로 제거하여 최적의 이중외피 효과를 낼 수 있기 위한 적정 공기배출량이 어느 정도인지, 기존 건물에 리모델링용 이중창 시스템을 적용하고자 하는 부분의 방위는 어느 방향인지를 결정해주어야 한다.

Fig 5~8에서 볼 수 있듯이 평균적으로 남측면보다 서측면의 외측창 표면온도가 2.5~5℃정도로 높다는 사실은 리모델링용 이중창 시스템을 적용하고자 하는 방위에 따라서 열에너지 취득량이 달라지므로 그에 맞는 적정 공기배기량으로 설정해주어야 할 필요가 있다.

## 5. 결론

본 연구는 기존의 이중외피구조를 발전시켜 보다 적극적인 방법을 적용한, 실용적인 이중창 시스템으로서 이중창 내부의 공기 이동량과 열에너지 및 에너지소비량의 상관관계를 규명하여 실제 건물에서 적용할 경우 실질적인 공기 이동량을 적용할 수 있도록 하였다. 배기량에 따라 온도 및 에너지소비량이 달라지며 여러 배기량을 변화하여 시뮬레이션 수행 결과, 최적의 배기량은 1.3 m<sup>3</sup>/s 로 나타났으며 3가지 창호 역시 비슷한 결과그래프 패턴을 도출할 수 있었다.

적정 배기량의 이상 혹은 이하의 경우 에너지소비량 절감에 대한 영향도가 미비해지므로 적정 배기량을 적용하고, 또한 기존건물의 창호재질의 열적 특성과 이중창시스템을 적용하고자 하는 방위에 따라 열에너지 취득량이 다르게 나타나므로

창호재질특성과 방위에 대해 고려하므로 리모델링용 이중창 시스템의 시공 시 설계조건에 반영함으로써 투자 대비 에너지 절감 효과를 극대화할 것으로 기대된다.

## 참고 문헌

1. ESRU Website. <http://www.esru.strath.ac.uk>
2. DASS Website. <http://www.dasskorea.com>
3. Interpane Website. <http://www.interpane.net>
4. Kim, D. H., Yook, I. S., Song, D. S., Kim, J. M., 2006, Study on the integrated simulation method between thermal environment and IAQ in building. Architectural Institute of Korea, pp. 629-632.
5. Kim Ji-Yeon, Hong Sung-Hee, Park Hyo-Soon, Suh Seung-Jik, 2006, A Study on Effect of Window Improvement in Curtain Wall System of High-rise Buildings. Proceedings of the KSES, pp. 164-169.
6. Nam Hyun-Jin, Kim Eun Hee, Yook In Soo, Kim Dong Ho, Chung Kwang Seop, Kim Jae Min, 2008, A Study on Simulation modeling for Energy Performance Evaluation of the Double system. Proceedings of the KIAEBS, pp. 84-89.
7. Yook, I. S., Kim, D. H., Kim, J. M., Chol G. S., Kang, J. S., Lee, S. E., 2007, Simulation-Based Assessment of Performance of Slit-Type Ventilation in Apartment, Proceedings of the KIEAE, pp. 359-365.