

잠금장치 작동에 따른 미서기 및 LS 창호 시스템의 기밀성

Effect of Lock Operations on Airtightness of Sliding and LS Window Systems

박종준(Jong Jun Park)¹, 윤유라(Yu Ra Yun)¹, 김영일(Young Il Kim)^{2*}, 정광섭(Kwang-Seop Chung)²

¹서울과학기술대학교 일반대학원, ²서울과학기술대학교 건축학부

¹Graduate School, Seoul National University of Science and Technology, Seoul, 01811, Korea

²School of Architecture, Seoul National University of Science and Technology, Seoul, 01811, Korea

(Received April 1, 2015; revision received July 20, 2015; Accepted: July 22, 2015)

Abstract In this study, the effects of lock operations on the infiltration rates for the two window types sliding and lift sliding (LS) are investigated through experiment and simulation. The airtightness levels of the two window types-with locks both on and off-were measured according to the KS F 2292 Test method of airtightness that is used for windows and doors. The air-flow rates of both window types with the locks on for a pressure differential of 10 Pa are 1.98 m³/(m²h) and 1.68 m³/(m²h), respectively; with the locks off, the air-flow rates of the sliding and LS windows are 2.64 m³/(m²h) and 5.83 m³/(m²h), respectively, whereby the air-flow rates are 33% higher for sliding and 247% higher for LS. The air change per hour (ACH) was calculated using the ventilation-simulation software CONTAM. For the sliding window, the ACH changed from 0.45 to 0.57 when the lock was operated from on to off, representing an increase of 27%. For the LS window, the ACH changed from 0.29 to 0.81, showing an increase of 179%.

Key words Window(창호), Lock(잠금장치), Infiltration(침기), Airtightness test(기밀성 시험), Ventilation simulation (환기 시뮬레이션)

† Corresponding author, E-mail: yikim@seoultech.ac.kr

기호설명

A_L : 유효 누설면적 [m²]
 C : 유량계수
 C_D : 유출계수
 n : 흐름 지수(flow exponent)
 $P_{surface}$: 풍상측 압력 [Pa]
 Δp_r : 차압 [Pa]
 Q : 틈새바람의 양, [m³/h]
 V_{ref} : 설계속도 [m/s]
 ρ : 공기밀도 [kg/m³]

1. 서론

창호는 건물의 수려한 미관은 물론 채광, 조망, 환기 등 다양한 기능을 제공하는 외피의 주요 구성 요소이다.⁽¹⁾ 그러나 에너지 관점에서, 창호는 주된 열손실과 열 취득 경로로서 다뤄지고 있으며 건물의 냉·난방 에너지 소비 절감을 위해서는 설계 단계부터 창호의 기밀성능에 대한 고려가 필요하다.

건물의 침기(Infiltration)는 건물 외피를 통해 의도하지

않은 기류가 이동하는 것을 의미하며 이는 실내에 신선한 공기를 공급하는 측면도 있지만, 조절되지 않는 기류의 이동이기에 냉·난방 에너지에 영향을 미친다. 미국 정부기관인 에너지 담당부서(The United States Department of Energy)에서는 건물의 침기로 인해 난방 또는 냉방 에너지의 약 40%가 영향을 받는다고 한다. 결과적으로 창을 통한 침기 및 누기로 인한 냉·난방 에너지 손실을 줄이는 방향으로의 해결책이 요구되고 있다.⁽²⁾

또한 최근 안전에 대한 사회적 관심이 높아지면서 안전을 위협하는 범죄발생에 대한 방어공간이나 시설 확보의 필요성이 대두되고 있다. 범행의 주 침입경로인 발코니, 창호, 엘리베이터 등으로 확인할 수 있으며 그 중에서도 침입의 60%가 창문을 통해 이루어지고 있다. 최근에는 크리센트가 창문의 잠금장치로 주로 사용되어지고 있다. 이처럼 창호는 에너지적인 측면에서는 열손실을 일으키는 주요한 인자로 확인되어지며 실내와 외부의 출입 및 침입을 가질 수 있는 통로의 역할을 가지고 있다.⁽³⁾ 이처럼 창호의 잠금장치 작동은 열손실적인 측면과 안전적 요인을 가질 수 있으나 본 연구에서는 열손실적 측면인 창호 잠금장치 작동여부에 기밀

성능 실험을 실시하였고 각 실험결과를 네트워크 환기 시뮬레이션에 반영하여 겨울철 침기 유입량을 확인하였다.

2. 이론적 고찰

2.1 창호의 잠금방식

본 연구에서는 창호 시스템의 부자재 중 하드웨어인 잠금장치의 작동여부에 따른 창호 시스템의 기밀성을 확인하고자 하였다. 창호에 따라 잠금 방식은 미서기 창호의 경우 크리센트가 설치된 창호 쪽과 고리 부분이 설치된 창호가 닫힘으로써 크리센트의 회전을 통한 각 창호를 고정시키는 방식을 이용하고 있으며, LS 창호는 Table 1과 같이 기어 연동식 특수 장치를 이용하여 창문을 들어 올려 프레임과 밀착시킨다.

2.2 KS F 2292 창호의 기밀성 시험방법

국내에서의 창호의 기밀성능은 한국산업규격 KS F 2292 창호의 기밀성 시험방법⁽⁴⁾에 의거하여 실시된다. 창호의 기밀성은 창호의 내측과 외측 압력차에 의해 개개의 압력차마다 유량이 정상상태가 되었을 때 공기의 유량을 측정한다.⁽²⁾ 측정을 하기 전에 250 Pa의 압력차로 1분간 가압한 후 순차적으로 압력차를 10, 30, 50, 100 Pa로 유지하면서 정상상태가 된 유량을 창호의 면적으로 나누어 통기량을 기록한다. 시험장치의 압력차 제어는 송풍기 회전수 제어에 의한다. 창호의 틈새를 통

Table 1 Locking devices of windows



	Sliding window	System window (Lift sliding)
Locking devices		

Table 2 Effective leakage area of each windows

	Flow coefficient (m ³ /(s · Pa ⁿ))	Air leakage area(cm ² /m ²)
Sliding	0.44	2.46
Lift sliding	0.31	1.68

과하는 통기량에 의하여 창호의 기밀성능이 결정된다.

2.3 틈새바람에 의한 난방부하

틈새바람은 건물 틈새 즉, 크랙(Crack)의 개수, 크기, 형상에 영향을 받으며 창호와 문의 주변 틈새의 개수, 길이 폭에도 영향을 받으며 또한 틈새 내의 공기흐름의 특성(층류, 난류)에도 영향을 받는다.⁽⁵⁾

식(1)에서 산출되어진 유량계수를 식(2)에 대입하여 유효누설면적을 산출하며 본 연구에서 이용되는 각 결과는 Table 2에서 확인할 수 있다.

$$Q = C(\Delta P_r)^n \quad (1)$$

$$C = C_D A_L \sqrt{\frac{2}{\rho}} (\Delta P_r)^{\frac{1}{2-n}} \quad (2)$$

여기서 n은 침기지수를 의미하며 값이 0.5의 경우 완전 난류형 공기유동을, 1.0의 경우 층류형 공기유동을 의미하는 것으로 보고되고 있다.⁽⁶⁾ 침기지수는 창틀의 틈새형상에 따라 변동이 되어나 본 연구에서는 국내 창호의 기밀성 시험방법(KS F 2292 : 2013)에 의하여 n의 값을 1.0을 사용하였다.

3. 기밀성 실험

본 연구는 서울에 위치한 00대학의 창호성능실험실에서 진행되어졌으며 본 실험 장치의 경우 KS F 2292 : 2013에 근거하여 제작된 00사의 창호 기밀 · 수밀 · 내풍압 시험장치로 공인기관에서 사용되어지는 모델과 동일한 실험장치를 이용하여 본 연구를 진행하였다.

3.1 실험개요

국내 KS F 2292 창호의 기밀성 시험방법을 기준으로 고정형 기밀성능 실험 장치를 Table 3과 같이 구성하였으며 Fig. 1와 같이 압력차를 10, 30, 50, 100 Pa로 변화시키면서 각 조건별 통기량을 산출하였다.

본 연구에 사용되어진 창호의 사양은 Table 4에서 확인할 수 있으며 각 창호시스템의 열관류율 및 기밀성능은 공인기관에서 시험되어진 도출된 결과를 기재한 에너지기자재 인증서에서 확인한 결과이다.

3.2 실험내용

KS F 2292 성능시험 방법에 따라 예비가압 250 Pa를 1분 동안 가압하고 2회의 창문 개폐확인 후 Fig. 1의 순서대로 규정된 실내의 압력차에 대하여 유량을

Table 3 Installed windows for test

Tested windows	
Sliding	
Lift sliding	

Table 4 Specifications of the windows

	U-value (W/m ² · K)	Airtightness (m ³ /h · m ²)	Glass (mm)	Material
Sliding	1.767	1.53 (Grade 2)	16 (5+6+5)	PVC
Lift sliding	1.337	1.3 (Grade 2)	24 (6+12+6)	PVC

Table 5 Selection of the experimental case

	Case			
	1	2	3	4
Sliding	All locks off	Outside lock on	Inside lock on	All locks on
Lift sliding	Lock off	Lock on	-	-

미서기 및 시스템 창호 방식인 LS 창호에 대하여 공인된 실험결과와 비교하기 위하여 잠금장치를 모두 적용하여 본 연구에서 사용되어지는 실험장치 및 방법에 대하여 타당성을 확인한 후 Table 5와 같이 실험 조건을 구성하여 기밀성능 실험을 실시하였다.

미서기 창호의 경우 일반적으로 이중창을 적용하기 때문에 내·외측 창호를 구분하였으며 사용자의 습관에 따라 외측창 혹은 내측창만 잠금장치를 작동시키는 경우를 반영하여 실험을 진행하여 미서기 창호의 경우 4가지 Case를 진행하였으며 LS 창호는 이중창 적용이 되지 않아 잠금장치 작동에 따른 2가지 Case를 진행하였다. 각 창호의 실험모습은 Table 3에서 확인할 수 있다.

3.3 실험 결과

미서기 창호 및 LS 창호시스템의 잠금장치의 작동여부에 따라 압력차 10, 30, 50, 100 Pa에 대하여 누설 통기량을 측정된 결과는 Table 6와 같이 확인할 수 있다.

통기량 실험에 의하면 두 창호 모두 기밀성능 인증서에 명시된 2등급은 만족하나 인증서에 제시된 통기량 대

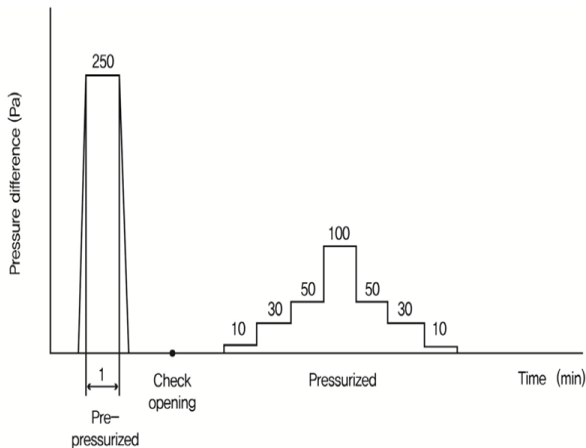


Fig. 1 Airtightness test process.

측정하여 창문면적당 누설 통기량을 계산하였다.

실험의 측정은 측정값의 신뢰성을 얻기 위해 총 3회 실시하였으며 실험 창호의 크기는 1.5 m×1.5 m를 사용하여 공인된 기밀성능 실험과 같은 시료 크기로 적용하였다.

Table 6 Measured air flow rates(m³/m² · h)

		Pressure differential(Pa)			
		10	30	50	100
Sliding	All locks off	2.64	5.80	8.48	14.54
	Outside lock on	2.17	4.75	7.18	12.79
	Inside lock on	2.21	4.77	7.13	12.45
	All locks on	1.98	4.32	6.60	11.77
Lift sliding	Lock off	5.83	11.55	15.50	18.67
	Lock on	1.68	3.11	4.50	7.41

비 미서기 창호는 29.4%(차이 0.45 m³/m²·h), LS 창호는 29.2%(차이 0.38 m³/m²·h)가 큰 값으로 측정되었다.

창호의 잠금장치 작동 여부에 따라 미서기와 LS 창호는 상이한 기밀성 특성을 보여준다. LS 창호는 잠금장치 작동시 창문의 바닥면이 프레임에 가압되어 밀착되는 방식이므로 기밀성이 높다. 반면에 잠금장치 해제시 창문의 바닥면과 프레임 사이에 공간이 발생하여 기밀성이 약해지므로 통기량이 증가하게 된다.

4. 시뮬레이션

미서기 창호 및 LS 창호의 잠금장치 작동에 따른 기밀성이 건물 내부 공간의 겨울철 침기량에 미치는 영향을 파악하기 위하여 네트워크 환기 시뮬레이션인 CONTAM을 적용하였다.

CONTAM은 미국 NIST에서 실내 공기질과 환기 해석을 목적으로 개발되었으며 또한 건물 외벽에 작용하는 풍압을 고려하여 동적으로 유입되어지는 환기량을 계산하는 유용한 도구로 사용되어진다.⁽⁷⁾

본 연구에서는 실험, 전산유체역학 및 환기 네트워크 시뮬레이션을 통하여 겨울철 침기 유입량을 예측하였으며 침기 유입량은 곧 난방부하의 증가를 의미한다. 대표적으로 많이 사용되는 일반 미서기 및 시스템 창호를 건물에 적용하여 각 창호의 잠금장치 작동유무에 따른 침기 유입량을 계산하여 난방부하의 변화량을 산출하고 건물 설계단계에서 창호선택에 도울 수 있는 근거자료로 이용하고자 한다.

4.1 대상건물 및 조건

본 연구에서 선정한 대상 건물은 오피스텔로 방 1개, 발코니 1개로 구성되어 있으며 각 공간의 면적과 높이는 Table 7와 같다.

환기 시뮬레이션은 Table 8와 같이 두 창호 방식의 잠금장치 작동 유무에 따라 구분하여 총 4가지 조건에

Table 7 Internal space for CONTAM

	Floor area (m ²)	Windows area (m ²)	Volume (m ³)
Room	100	6	300
Balcony	20	20.2	60

Table 8 Simulation cases

	Lock off	Lock on
Sliding	Lock off	Lock on
Lift sliding	Lock off	Lock on

따라 진행되었다.

외기 기상 조건으로는 대한민국 표준 기상데이터 중 서울 지역을 사용하였다. 서울 지역의 겨울철 평균풍속을 적용하였으며 식(3)을 이용하여 건물의 풍압계수를 산출할 수 있으며 CFD 해석도구인 STAR-CCM+ ver. 9를 이용하여 건물 각 표면의 풍압계수를 계산하였다.

$$C_p = \frac{P_{surface}}{\frac{1}{2} \rho V_{ref}^2} \quad (3)$$

각 시뮬레이션 경계조건은 Table 9와 같이 적용하였다. 산출된 결과는 건물에 창호가 설치되어지는 위치의 풍압계수를 확인하여 적용하였으며 시뮬레이션 모델링은 Fig. 2, 시뮬레이션 결과는 Fig. 3에서 확인할 수 있다.

Table 9 Simulation physical condition

Subject	Physical condition
Mesh	Trimmer mesh
Turbulence model	Standard k-ε high Reynolds
Time	Steady
Flow	Segregated flow
Viscous Regime	Turbulent

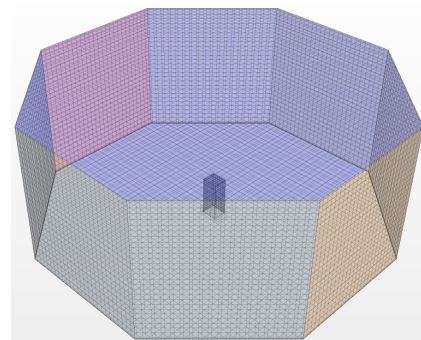


Fig. 2 Mesh modeling.

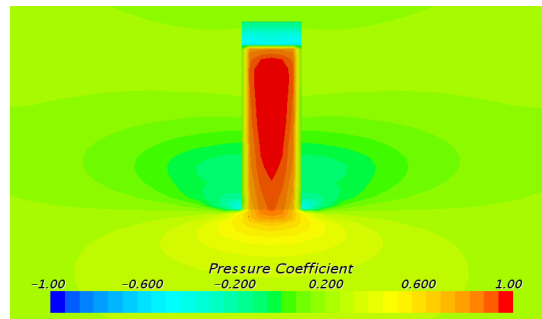


Fig. 3 Simulation result(CFD).

약 50만 개의 Trimmer mesh 및 Standard k-ε 난류모델을 사용하여 8개 방위에 대한 풍압계수를 산출하였다.

산출된 풍압계수를 입력 조건으로 사용하였으며 기밀성 실험을 통하여 각 실험결과를 식(1)을 이용한 선형회귀모델을 사용하여 각 상수를 다음과 Table 2와 같이 도출하여 네트워크 환기시뮬레이션에 적용하였으며 풍압계수 적용을 통하여 시간에 따라 변화하는 침기유입량을 확인하였다.

4.2 시뮬레이션 결과

시뮬레이션 결과는 겨울철에 해당하는 11~2월에 대하여 Table 8에 대한 조건을 시뮬레이션에 적용하여 건물 내부의 최대 침기 유입량과 평균 침기 횡수를 확인하였다.

월별 최대 침기 유입량은 Fig. 4에서 확인할 수 있다. 최대 침기 유입량은 1월에 가장 높았으며 11월에 가장 낮은 것으로 나타났다.

창호의 잠금장치를 작동 하였을 때 침기 횡수는 미서기 창호의 경우 0.45회, 시스템 창호인 LS 창호의 경우 0.29회를 확인할 수 있었으며 창호의 잠금장치를 작동하지 않았을 경우 미서기 창호의 경우 0.57회로 증

가하였으며 LS 창호의 경우 0.81회로 증가하였다.

시뮬레이션 결과를 통하여 겨울철 사용자의 부주의로 인하여 창호의 잠금장치를 작동하지 않았을 경우 Table 10와 같이 미서기 창호는 침기 횡수가 약 27%로 증가하였으나 시스템 창호 방식인 LS 창호의 경우 침기 횡수가 약 179%로 미서기 창호 보다 침기 횡수가 크게 증가함을 확인할 수 있었다.

5. 결 론

창호의 잠금장치 작동은 열손실적 측면과 안전적 요인을 가질 수 있으나 본 연구에서는 열손실적 측면인 창호 잠금장치 작동여부에 따른 기밀성 실험을 실시하였고 각 결과를 통하여 네트워크 환기 시뮬레이션에 반영하여 겨울철 침기 유입량을 확인하였다.

본 연구를 통하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다.

- (1) 기밀성 실험 결과 압력차 10 Pa 기준 미서기 창호의 경우 1.98 m³/m² · h, LS 창호의 경우 1.68 m³/m² · h로 확인하였으며 창호 잠금장치를 사용하였을 경우 LS 창호가 기밀성능이 더 높음을 확인하였다.
- (2) 창호 잠금장치를 모두 해제 시 압력차 10 Pa 기준 미서기 창호의 경우 2.64 m³/m² · h, LS 창호의 경우 5.83 m³/m² · h로 확인하였으며 창호 잠금장치를 해제 시 미서기 창호가 기밀성능이 더 높아짐을 확인하였다.
- (3) 기밀성 실험 결과 창호 잠금장치 해제 시 압력차 10 Pa 기준 미서기 창호의 경우 33%, LS 창호의 경우 247%의 통기량 증가를 확인하였다.
- (4) 기밀성 실험 결과를 환기 시뮬레이션에 반영하여 겨울철 침기 횡수를 확인하였으며 미서기 창호의 경우 27%, LS 창호의 경우 179%의 침기 횡수 증가를 확인하였다.

본 연구를 통하여 시스템 창호 방식인 LS 창호의 경우 미서기 창호보다 기밀성능이 우수함을 확인할 수 있었으나 사용자의 부주의 등으로 인하여 잠금장치 미작동시 기밀성능이 현저히 떨어짐을 확인할 수 있었다.

후 기

본 연구는 2013년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(과제번호 : 20132020102470).

References

1. Kwak, H. J. and Suh, S. J., 2013, Correlation Analysis Between Fenestration Energy Consumption Efficiency

Table 10 Air change rate per hour

		Air change rate per hour	Increase (%)
Sliding	Lock off	0.57	+26.7
	Lock on	0.45	-
Lift sliding	Lock off	0.81	+179.3
	Lock on	0.29	-

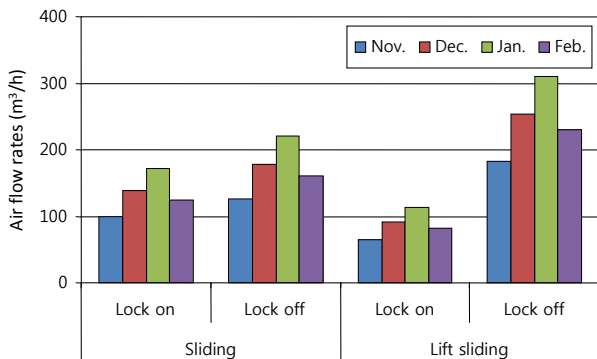


Fig. 4 Air flow rate (m³/h).

- Rating System and Building Energy Consumption, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 25, No. 6, pp. 338-345.
2. Jang, C. Y. and Lee, N. E., 2010, A Measurement and Evaluation of Air Tightness of Temperable Low-e Windows Soft glazing, one of manufacturing process of Low-e glazing, Proceedings of the SAREK, No. 6, pp. 368-371.
 3. Jang, E. S. and Ryu, S. W., 2013, An Analytical Study on the Auto Locking System of Aluminium Windows, Proceedings of the IJPEM, Vol. 27, No. 6, pp. 105-107.
 4. Korean Standard Association, KS F 2292, 2013, The test method of airtightness for windows and doors.
 5. NIST, 2011, ContamW 3.0.1 Manual, National Institute of Standards and Technology Engineering Laboratory.
 6. Kim, S. S. and Park, H. S., 2005, The Study on the Determining of the Infiltration Coefficient by Window Types, Korean Journal of the Architectural Institute of Korea, Vol. 21, No. 4, pp. 183-189.
 7. Walton, G. N. and Dols, W. S., 2005, CONTAM 2.4 User Guide and Program Documentation, National Institute of Standards and Technology.