

PVC 창호의 구성에 따른 단열성능 예측에 관한 연구

성 옥 주, 이 진 성, 조 수[†], 장 철 용*, 백 상 훈**, 송 규 동***

한양대학교 건축공학과, *한국에너지기술연구원, **인하대학교 건축공학과, ***한양대학교 건축공학부

Study on Estimate of Thermal Resistance of PVC Frame Window Due to Material Composition

Uk-Joo Sung, Jin-Sung Lee, Soo Cho[†], Cheol-Yong Jang*,
Sang-Hun Paek**, Kyoo-dong Song***

ABSTRACT: Purpose of this study is proposal of estimating method about window thermal performance that based on KS F 2278 'Test method of thermal resistance for windows and doors' due to material composition of PVC frame window. First step of this study is research of present state about material composition of PVC frame window. Second is selection of main effective elements about window thermal resistance. For example, composition of Glazing, Frame area ratio of total window area, frame width, opening type, area of heat transfer and so on. Third is multiple regression analysis about thermal performance of PVC frame window due to main effective elements. It produces equations of multiple regression analysis due to opening type. Case of sliding window is $Y = 0.149 + 0.034X_g + 0.248X_{far}$, 4track sliding is $Y = 0.584 + 0.175X_g + 1.355X_{far} - 0.008X_{fw}$, Tilt & Turn window is $Y = -0.161 + 0.076X_g + 0.576X_{far} + 0.0008X_{fw}$

Key words: Thermal resistance(열저항), PVC window(PVC 창호), 다중회기분석(Multiple regression analysis)

기 호 설 명

- Q_t : 창호를 통한 전열량 [W]
- U_t : 향은 향습실 공기온도 [W/m^2K]
- E_t : 일사량 [W/m^2]
- Q_h : 전기히터전력 [W]
- Q_f : 기류교반장치전력 [W]
- A_t : 창호 전체 면적 [m^2]
- T_{ca} : 저온실 공기온도 [$^{\circ}C$]
- T_{ha} : 가열상자 공기온도 [$^{\circ}C$]
- SHGC : 일사취득계수

1. 서 론

1.1 연구배경

발코니 확장과 관련하여 창호의 단열성능을 보완하기 위한 노력과 연구가 창호업체 및 연구기관 등 다양한 분야에서 활발히 진행되고 있다. 창호는 유리 및 창틀부위로 구성된 복합적인 건축자재로서 각 부위를 구성하고 있는 재료의 열적 특성은 단열성능의 지배적 영향요소로 작용하게 된다. 국내에서 제작되고 있는 일반적인 창호의 부위별 구성 현황을 살펴보면, 유리의 경우 대부분 복층으로 구성된 형태를 나타내고 있으며

[†]Corresponding author

Tel.: +82-42-860-3231; fax: +82-42-860-3202

E-mail address: scho@kier.re.kr

단열성을 보완하기 위한 비활성 가스 충전 및 유리면에 Low-e코팅 등이 적용되고 있다. 창틀의 경우 주로 알루미늄과 PVC가 사용되고 있다. 특히 알루미늄의 경우 높은 열전도율 때문에 열적으로 취약한 재료이지만 열교 차단재(Thermal Breaker)를 적용하여 내외부 열교부위를 차단하는 방법을 통해 단열성능을 보완하고 있다. 알루미늄에 비하여 PVC는 열적으로 유리한 재료이지만 강도면에서 취약하기 때문에 보강재인 Steel 등이 프레임 내부에 삽입되어 제작되고 있다. 또한 국부적 열취약 부위로서 창틀과 유리의 인접구역인 Edge부위의 성능개선을 위한 단열간봉 적용 등의 Warm Edge 기술 개발이 활성화되고 있는 실정이다.

현대에 들어와서 건물의 고층화가 이루어지고 있으며 실내거주자의 쾌적성을 확보하기 위하여 외피부위의 창호면적이 증가하면서 전체 건물 부하에 미치는 주요 영향요소로 작용하고 있다. 기존의 건물 부하계산시 적용되는 창호의 단열성능 지표는 주로 유리부위의 열성능에만 의존하고 있으며 창틀을 포함한 복합성능에 대한 지표가 요구되고 있다. 그래서 최근 국내 대부분의 건설업체에서 실시하고 있는 부하계산시 창호를 통한 전열량 계산은 KS F 2278 ‘창호의 단열성 시험방법’에 의거한 해당창호의 단열성능 측정 시험결과를 적용하고 있다. 하지만 시험결과 이전에 적용창호의 단열성능 예측이 가능하면 창호 제작단계에서의 시행착오 축소, 제작비 절감 등의 이점이 발생할 수 있으며 건물 부하계산시 다양한 대상에 대한 비교분석 등의 에너지 성능 예측결과를 손쉽게 얻을 수 있을 것이다.

창호의 단열성능 예측에는 LBNL(Lawrence Berkeley National Laboratory)에서 개발된 Therm 5, Window 5의 창호 열전달 프로그램을 이용한 시뮬레이션 방법이 있다. 하지만, 국내 창호제작업체는 대부분 영세업체로서 시뮬레이션을 수행할 수 있는 기술 인력이 부족하여 시행착오를 통한 제작비 증가를 초래하고 있다.

1.2 연구방법 및 목적

본 연구는 KS F 2278 ‘창호의 단열성 시험방법’에 의한 성능시험 결과를 바탕으로 PVC 창호의 재료 구성에 따른 단열성능 예측 방법 및 결

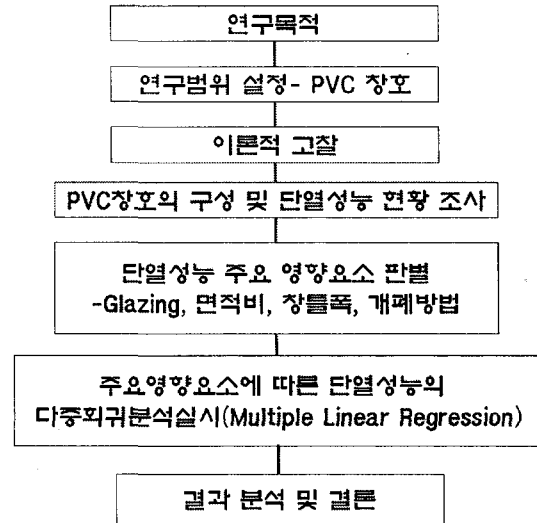


Fig. 1 The Study Procedure

과산출로써, 시뮬레이션 수치해석시 활용될 수 있는 창호의 단열성능 예측에 대한 판단 기준 및 창호 제작 계획단계에서 사양에 따른 예측 기준으로 제시하여 영세업체의 기술력 부족으로 인한 시행착오의 축소를 시키고 관련분야의 기초자료로 활용하는데 목적을 두고 있다.

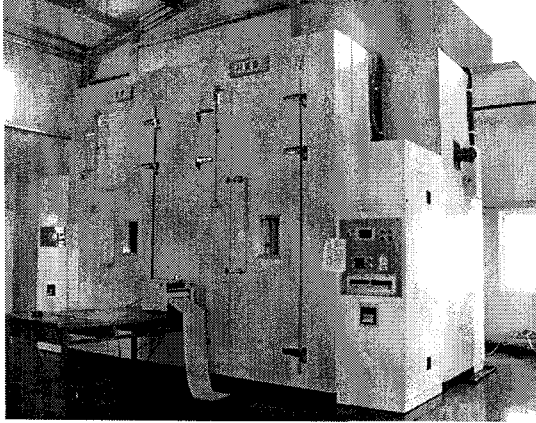
Fig. 1은 본 연구의 흐름도를 보여주고 있다. 이론적 고찰을 통한 PVC창호의 구성에 따른 단열성능 시험결과에 대한 현황조사를 실시하여 Glazing의 구성, 창틀 면적비, 창틀폭, 전열면적, 개폐방식 등의 단열성능에 대한 주요 영향요소를 판별하였으며 요소별 단열성능 분포를 분석하였다. 분석방법으로는 현황 조사를 바탕으로 각 영향요소를 독립변수로 지정하고 창호의 단열성능을 종속변수로 하여 다중 회귀분석(Multiple Linear Regression)을 실시하였다.

2. 이론적 고찰 및 단열성능 시험방법

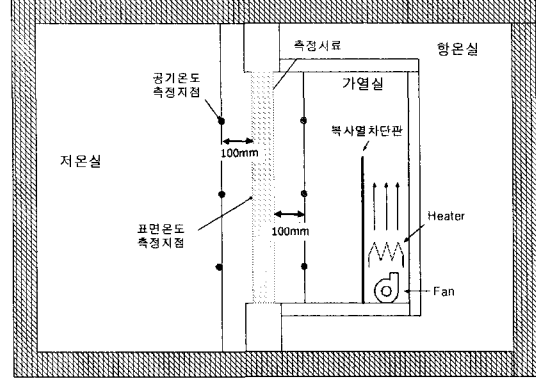
2.1 창호 전열 이론

ASHRAE(1997)는 습도차가 없다는 가정 하에 창호를 통한 열량은 식(1)과 같이 제안하고 있다.

$$Q_t = U_t \times A_t (t_i - t_o) + (SHGC_t \times A_t \times E_t) + (60(AI \times A_t) \rho_p (t_i - t_o)) \quad (1)$$



(a) Test measurement chamber.



(b) Constitution and location of measuring sensor.

Fig. 2 Constitution of test chamber and location of measuring sensor.

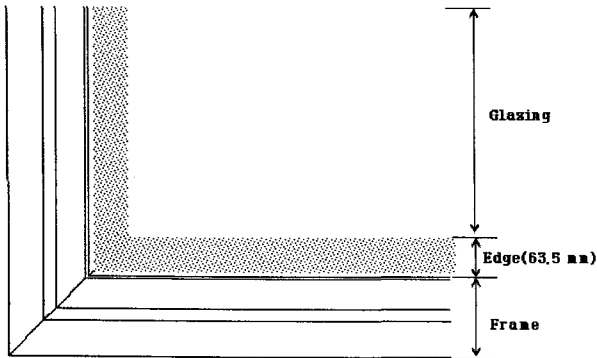


Fig. 3 Separation of window section by thermal property.

창호는 구성 재료의 열적 특성에 따라 부위별 전열량이 다르게 나타나게 되며 유리(Glazing)부위 및 창틀(Frame)부위 그리고 두 구역이 인접하는 사실상 Glazing부위인 Edge로 나뉘게 된다. Edge부위는 Frame 및 Glazing의 구성에 따라 다소 차이는 있지만 일반적으로 Frame 상단에서 63.5 mm 떨어진 부위의 면적으로 정의된다. Fig. 3은 창호의 열적 특성에 따른 구성부위를 나타내고 있다.

창호의 전체 열관류율 U_t 는 구성 부위별 전열량을 전체면적으로 나누어 계산할 수 있으며 식(2)와 같다.

$$U_t = \frac{(U_g \times A_g) + (U_f \times A_f) + (U_c \times A_c)}{A_t} \quad (2)$$

2.2 단열성능 시험방법

Fig. 2는 창호 단열성능 시험 장치의 외관 및 내부 구성을 나타내고 있다. 시험장치의 구성은 저온실, 항온실, 가열상자, 온도 측정기, 전기 히터 및 기류교반장치로 구성되어 있다.

시험방법으로는 KS F 2278 ‘창호의 단열성 시험방법’에 의거하여 시험체 틀에 2 m × 2 m 크기의 시료를 부착한 후 저온실 공기온도를 0℃, 항온실 및 가열상자의 공기온도를 20℃로 설정하여 정상상태를 유지시키며 기류교반 장치와 전기 히터의 소비전력을 측정하여 시험체 통과 열량으로 적용한다. KS F 2278에서는 시험체 표면 열저항은 저온실측이 0.05 ± 0.02 m²K/W, 가열상자측이 0.11 ± 0.02 m²K/W의 범위로 규정하고 있다.

측정된 공기온도 및 전력사용량을 이용하여 창호의 열관류 저항을 식(3)과 같이 구할 수 있다.

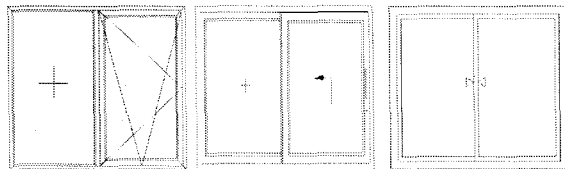
$$\frac{1}{U_t} = \frac{(T_{ha} - T_{ca}) \times A_t}{Q_h + Q_f} \quad (3)$$

3. PVC 창호의 현황 조사

PVC창호의 구성에 따른 단열성능 검토를 위하여 총 98종의 창호를 대상으로 현황조사를 실시하였다.

일반적인 PVC창호의 개폐방식별 현황으로는

Tilt & Turn, Lift & Sliding, Sliding 방식이 있다. 주로 시공되는 시스템창호로는 Tilt & Turn 방식과 Lift & Sliding 방식을 들 수 있다. Tilt & Turn 방식은 환기와 출입의 용도에 따라 열리는 방향 및 각도가 틀려진다. Lift & Sliding 방식의 경우 개폐를 위해서 레일 위를 미끄러질 수 있도록 창을 들어 올리는 기능을 가지고 있다. Tilt & Turn, Lift & Sliding 방식은 기밀성능을 강화시키기 위한 시스템창호로서 개폐부위에 일반적으로 Gasket을 장착한 형식으로 되어 있다. Sliding 방식은 현재 국내 주거형 건물에서 가장 보편화된 개폐 방식의 창호로서, 상하의 틀에 홈



(a)Tilt & Turn (TT) (b)Lift & Slidin (LS) (c)Sliding (SL)

Fig. 4 Formula of PVC window opening

Table 1 The present state of frame width and area ratio

형식	창틀폭 (mm)	창틀 면적비(%)
2Track Sliding	112 ~ 226	22 ~ 40
4Track Sliding	220 ~ 290	22 ~ 37
Lift & Sliding	152 ~ 170	28 ~ 34
Tilt & Turn	58 ~ 145	19 ~ 34

Table 2 The present state of f glazing composition

유리구성	2T SL	4T SL	LS	TT
5 mm Clear	-	4	-	-
16 mm Clear	36	14	-	1
16 mm Low-e	4	-	-	2
22 mm Clear	4	3	6	8
22 mm Low-e	6	-	4	8
합계	50	21	10	19

을 한 줄로 파고 문짝을 끼우거나 밑틀에 레일을 깔고 문짝 밑에 문바퀴가 달려있는 구조로 되어 있다. Fig. 4는 PVC창호의 각 개폐방식별 형태를 나타내고 있다.

Table 1은 대상창호의 현황조사 내용으로써 개폐방식별 창틀의 폭 및 창호 전체면적에 대한 창틀이 차지하는 비율분포를 나타내고 있다. Table 2는 개폐방식별 유리구성분포를 나타내고 있다.

4. 구성요소에 따른 단열성능 분석

4.1 단열성능 영향요소 및 분석 방법

일반적인 창호의 단열성능 주요 영향요소로는 창틀의 단면 형상, 전열면적, 유리의 구성, 창틀과 유리의 면적비율, 창틀폭 등이 있다.

창틀의 단면 형상, 전열면적과 같은 단열성능 영향요소는 각 개폐방식별로 유사한 경향을 나타내기 때문에 개폐방식별로 유리의 구성, 창호 전체면적에 대한 창틀면적비율, 창틀폭 등의 영향요소에 대한 단열성능분포를 분석하였다.

창호의 단열성능을 종속변수 Y, 독립변수인 유리의 구성을 X_g , 창호 전체 면적에 대한 창틀의 면적 비율을 X_{far} , 창틀폭을 X_{fw} 로 규정하여 다음식(4)와 같은 일차 다중 회귀식을 유도할 수 있다. B는 다중 회귀식의 절편이며 a는 각 독립변수에 대한 편회기계수를 나타낸다.

$$Y = B + a_g \cdot X_g + a_{far} \cdot X_{far} + a_{fw} \cdot X_{fw} \quad (4)$$

독립변수 X_g 의 경우 수치적 자료형이 아닌 형태의 유형이므로 회귀식 유도를 위한 수치적 변환을 실시하였으며 5 mm Clear는 1, 16 mm Clear는 2, 16 mm Low-e는 3, 22 mm clear는 4, 22 mm Low-e는 5를 적용하였다.

본 연구에서는 현황조사 대상을 KS F 2278에 의거하여 실시한 창호의 단열성능 시험결과를 바탕으로 단열성능 영향요소에 대한 개폐방식별 다중회귀분석을 실시하였으며 회귀식을 산출하였다.

4.2 분석 결과

Fig. 5, 6, 7, 8은 PVC창호의 각 개폐방식별 실

측값 및 다중회기분석 결과의 분포를 나타내고 있다. Table 3은 각 단열성능 영향요소인 독립변수의 회귀계수 및 절편을 나타내고 있다.

분석결과 PVC창호의 단열성능에 있어 가장 큰 영향성을 갖는 요소로는 창호 전체면적에 대한 창틀의 면적비율로써 유리에 비하여 단열성이 높은 창틀의 면적비율이 증가할수록 단열성능 또한 증가하는 것을 알 수 있다. 가장 낮은 영향요소로는 창틀 폭이었으며 Sliding 창호에서는 단열성능 영향성을 거의 찾아볼 수 없었다.

각 회기계수에 의한 개폐방식별 영향요소의 단열성능 예측식을 나타내면, Sliding은 $Y = 0.149 + 0.034X_g + 0.248X_{far}$, 4track sliding은 $Y = 0.151 + 0.247X_g + 1.095X_{far} - 0.0003X_{fw}$, Lift & Sliding은 $Y = 0.584 + 0.175X_g + 1.355X_{far} - 0.008X_{fw}$, Tilt & Turn은 $Y = -0.161 + 0.076X_g + 0.576X_{far} + 0.0008X_{fw}$ 과 같이 나타낼 수 있다.

Table 3 Regression coefficient of independent variable

형식	A_g	A_{far}	A_{fw}	B
2T SL	0.034	0.248	-	0.149
4T SL	0.147	1.095	-0.0003	0.151
LS	0.175	1.355	-0.008	0.584
TT	0.076	0.576	0.0008	-0.161

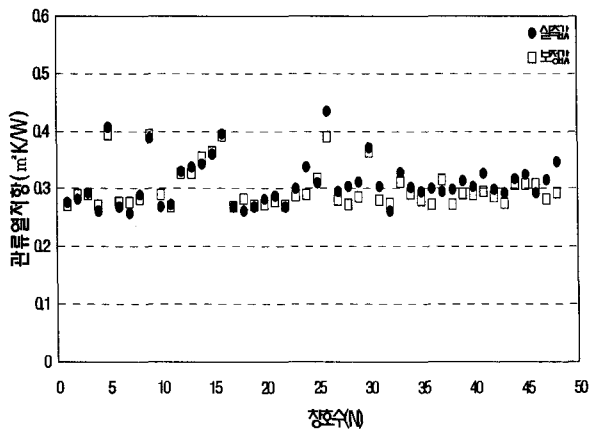


Fig. 5 Distribution of test and regression results of sliding window

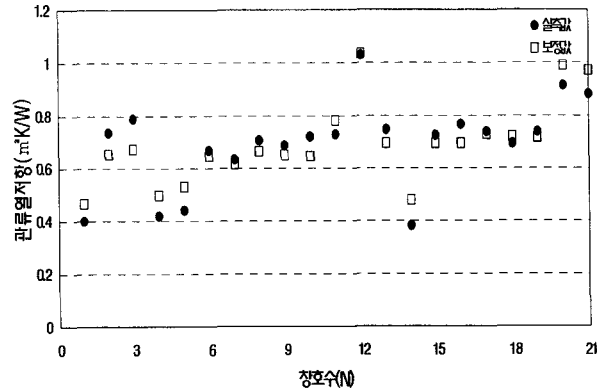


Fig. 6 Distribution of test and regression results of 4track sliding window

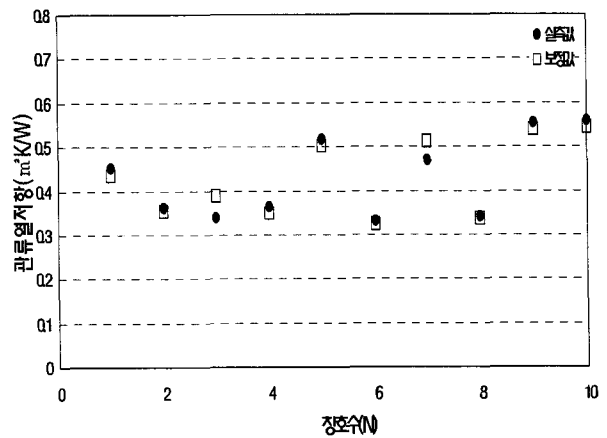


Fig. 7 Distribution of test and regression results of lift & sliding window

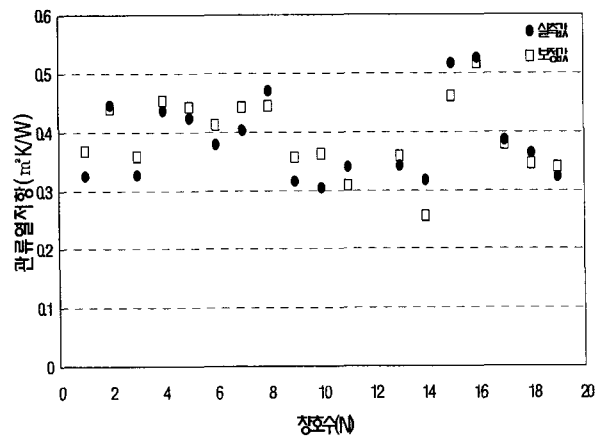


Fig. 8 Distribution of test and regression results of tilt & turn window

5. 결론

본 연구에서는 PVC창호의 구성에 따른 단열성능 시험결과에 대한 현황조사를 실시하여 Glazing의 구성, 창틀 면적비율, 창틀폭, 전열면적, 개폐방식 등의 단열성능에 대한 주요 영향요소를 판별하였으며 요소별 단열성능에 대한 다중 회귀분석을 실시하였다.

분석결과는 다음과 같다.

(1)PVC창호의 단열성능에 있어 가장 큰 영향성을 갖는 요소로는 창호 전체면적에 대한 창틀의 면적비율로써 유리에 비하여 단열성이 높은 창틀의 면적비율이 증가할수록 단열성능 또한 증가하는 것을 알 수 있다. 가장 낮은 영향요소로는 창틀 폭이었으며 Sliding 창호에서는 단열성능 영향성을 거의 찾아볼 수 없었다.

(2)각 회기계수에 의한 개폐방식별 영향요소의 단열성능 예측식을 나타내면, Sliding은 $Y = 0.149 + 0.034X_g + 0.248X_{far}$, 4track sliding은 $Y = 0.151 + 0.247X_g + 1.095X_{far} - 0.0003X_{fw}$, Lift & Sliding은 $Y = 0.584 + 0.175X_g + 1.355X_{far} - 0.008X_{fw}$, Tilt & Turn은 $Y = -0.161 + 0.076X_g + 0.576X_{far} + 0.0008X_{fw}$ 로 산출되었다.

참고문헌

1. Test method of thermal resistance for windows and doors, 1984, KS F 2278, Korea Industrial Standard.
2. Procedure for determining fenestration product thermal resistance value 2004, NFRC-500, National Fenestration Rating Council.
3. Kim, S. M. and Song, S. Y., 2005, Insulation performance Evaluation of the aluminum window system with low-e coating and insulation spacer, Proceedings of the AIK, pp 295-298.
4. Chung M. S. and Jeong C. S., 2005, A study on heat transmission and condensation performance of curtain-wall window in high-rise residential building, Proceedings of the SAREK, pp 783-788.