

로이유리 발코니 창호의 단열성능에 따른 공동주택 건축물 에너지효율등급 평가 연구

이나은*, 안병립**, 장철용***, 이승복****

*연세대학교 대학원 건축공학과(qwert0708@kier.re.kr), **연세대학교 대학원 건축공학과(ahnbr@kier.re.kr),
한국에너지기술연구원(cyjang@kier.re.kr), *연세대학교 건축공학과(sbleigh@yonsei.ac.kr)

A Study on Evaluation of the Building Energy Rating depending on the Thermal Performance of Balcony Window with Low-E glazing

Lee, Na-Eun* Ahn Byung-Lip** Jang Cheol-Yong*** Leigh Seung-Bok****

*Dept. of Architecture, Graduate School, Yonsei University(qwert0708@kier.re.kr),
**Dept. of Architecture, Graduate School, Yonsei University(ahnbr@kier.re.kr),
***Dept. of Energy Efficiency, Korea Institute of Energy Research (cyjang@kier.re.kr)
****Dept. of Architecture, Yonsei University(sbleigh@yonsei.ac.kr)

Abstract

As the exterior of building has been considered one of the important parts, the use of glass that is suitable to express various appearances gets raised. However, windows have 6~7 times lower insulating performance than insulated walls. Lately, highly efficient windows are required as the needs for reduction of energy consumption come to the force. Therefore, Nowadays more people use cooling systems in summer, more the use of Low-E glazing is increasing. Because it is good to block Solar Radiant Energy which can cause much of heat loss while cooling system is working.

This study measures U-value of the double Low-E glazing window and commonly used single Low-E glazing window. And then the effect of each window on the efficiency rating has been analyzed applying to the certification system of the building energy efficiency rating which has implemented.

Keywords : 저방사유리(Low-E glazing), 단열 성능(Insulation Performance), 열관류율(U-value), 건축물 에너지효율등급 인증제도(Building Energy Rating System), 공동주택(Apartment house)

기 호 설 명

- R : 열관류 저항 ($m^2 \cdot K/W$)
- A : 전열 개구 면적 (m^2)
- U : 열관류율 ($W/m^2 \cdot K$)
- Q_{Ha} : 가열 상자내 평균 공기온도 (K)
- Q_{Ca} : 저온실내 평균 공기 온도 (K)
- Q_H : 가열 장치 공급 열량 (W)
- Q_F : 기류 교환 장치 공급 열량 (W)
- Q_I : 교정 열량 (W)
- ΔR : 표면 열전달저항 보정값 ($m^2 \cdot K/W$)
- E_R : 단위세대 난방에너지절감율 (%)
- R_{HC} : 표준주택의 난방에너지소요량($MJ/m^2 \cdot yr$)
- A_{HC} : 신청주택의 난방에너지소요량($MJ/m^2 \cdot yr$)
- I_R : 단위세대 가산항목 절감율(%)

1. 서 론

건물에서 발생하는 에너지 손실은 건물의 벽체나 지붕, 그리고 창 등을 통해 이루어진다. 특히 최근의 건축 트렌드에 따라 건물의 시각적인 면을 자유자재로 표현할 수 있어 주요 외장재로 사용되고 있는 유리는 열선의 출입이 자유로워 겨울에는 실내 난방열의 손실이 발생하며, 여름에는 태양열이 실내로 유입되어 냉방에너지의 손실이 일어나는 통로가 되기도 한다. 그에 따라 일반적으로 건물에서 발생하는 에너지 손실 중 창을 통한 열손실량은 매우 큰 비중을 차지하고 있다.



이러한 창 부분의 에너지 문제를 해결할 수 있는 현실적 방안으로 복층 유리 사이에 열전도성이 낮은 비활성 가스를 충전하는 방법, 복층유리 사이의 간격을 유지하며 열류흐름을 차단하는 단열간봉을 적용하는 방법, 우수한 단열 프레임을 적용하는 방법 등이 있으며 또한 유리의 표면에 전도성 박막 코팅을 하여 투명성은 유지하는 동시에 적외선만을 실내로 재반사시켜 에너지의 흡수/재방사에 의한 손실을 막아주는 로이(Low-Emissivity) 유리를 적용하는 방법 등이 있다.

로이유리의 종류에는 유리의 표면에 코팅막(Ag)을 한번 입힌 싱글 로이유리와 코팅막(Ag)을 두 번 입힌 더블 로이유리가 있으며 더블 로이유리의 경우 싱글 로이유리에 비해 복사에 의한 열손실을 더욱 효과적으로 막아주게 된다.

하지만 기존 보급화 된 로이유리의 경우 싱글 로이유리 타입으로써 적당한 단열효과는 볼 수 있으나 우수한 단열성능 확보에는 한계가 있으므로 단열성능이 더욱 우수한 더블로이유리의 기술개발 요구가 증대되고 있다.

다음 표 1은 이러한 싱글 로이유리와 더블 로이유리의 구성에 대해 나타내고 있다.

표 1. 로이유리의 구성

싱글 로이유리	더블 로이유리
	

따라서 본 논문에서는 현재 K사에서 개발 중인 양면 더블 로이유리가 적용된 창호와 일반적인 싱글 로이유리 적용 창호의 열성능을 평가하였다. 또한 이를 공동주택에 적용하였을 때 에너지 효율을 알아보고자 현재 건물 에너지 효율 향상을 유도하기 위해 시행 중인 건축물 에너지 효율등급 인증제도 프로그램을 통해 각 창호에 따른 에너지 절감효과를 비교 분석하였다.

2. 창호의 단열성능 측정

2.1 단열성능 측정장치 및 방법



그림 1. 단열성능 실험장치

창호의 단열성능을 측정하기 위하여 위의 그림 1의 장치가 사용되었다. 측정장치는 KS F 2277 “건축용 구성재의 단열성 측정방법-교정 열상자법 및 보호 열상자법”에 준하여 저온실, 가열실, 항온실로 구성되어 있으며 가열실 내부기류 교반장치, 저온실 냉풍취출장치, 온도측정장치, 전력측정장치 등을 갖추고 있다.

창호의 단열성능 측정방법은 KS F 2278 “창호의 단열성능 시험방법”에 따라 진행되며 열관류율을 측정하기 위해 가로, 세로 2000mm 규격의 창호를 저온실과 가열실 사이의 시험장치 개구부에 기밀하게 설치하였다.

또한 항온실은 내부에 가열상자를 수용하여 내부 온도를 (20±1)℃로 설정하고 저온실은 AHU를 갖추어 온도를 (0±1)℃로 제어가능하도록 하였으며 항온실과 저온실 모두 온도분포가 균일하게 되도록 하였다.

항온실, 가열실, 저온실의 설정 온도는 표 2와 같다.

표 2. 온도 설정

가열실	저온실	항온실
20℃	0℃	20℃

온도측정은 가열실, 항온실, 저온실 공기에 대해서 수행하였으며 가열실 및 저온실의 공기온도 측정위치는 동일면 9점으로 하였다.

창호의 단열성능은 저온실과 가열실에 일정한 온도차(20℃)를 유지함에 있어 투입되는 히터와 팬의 전력량 등을 측정하고 이를 통해 얻은 인자들을 다음의 식(1)에 대입하여 열관류율을 계산하게 된다.

$$R = \frac{(Q_{Ha} - Q_{Ca}) \cdot A}{Q_H + Q_F - Q_I} + \Delta R = \frac{1}{U} \quad (1)$$

2.2 단열성능 측정 대상

본 연구에서는 선행연구에서 시뮬레이션 및 열화상카메라(Thermal Video System: TVS) 촬영을 통해 확인한 가장 우수한 단열

성능을 나타내는 양면 더블로이 복층유리와 일반적인 싱글로이 복층유리를 적용하여 시료를 제작하였다.

Type 1과 Type 2는 모두 시스템 창호로 제작되었으며 그 사양은 다음 표 3과 같다.

표 3. 열관류율 측정 대상

구분	Glazing 구성	간봉
Type 1	6mm Clear + 12Air + 6mm Single Low-E	AL
Type 2	6mm Double Low-E + 12Kr + 6mm Double Low-E	Warm Light

Type 1 창호의 경우 K사에서 가장 많이 보급하고 있는 일반적인 프레임을 적용하였으며 Type 2 창호는 K사에서 제작하는 프레임 중 단열성능이 가장 우수한 프레임을 적용하였다.

2.3 단열성능 측정 결과

다음 표 4는 위의 KS F 2278에 따라 Type 1과 Type 2의 열관류율을 측정한 결과이다.

표 4. 열관류율 측정 결과

구분	U-value(W/m ² · K)
Type 1	1.98
Type 2	1.21

열관류율 측정결과, 일반적인 싱글로이 복층유리 및 프레임이 적용된 Type 1의 열관류율은 1.98 W/m² · K, 양면 더블로이 복층유리에 Kr를 주입하고 Warm Light 간봉, 최고사양의 프레임을 적용한 Type 2의 열관류율은 1.21 W/m² · K로 측정되어 Type 1에 비해 Type 2의 단열성능이 약 40% 높다는 것을 알 수 있었다.

3. 건축물 에너지효율등급 인증제도

3.1 건축물 에너지효율등급 인증제도 개요

건축물 에너지효율등급 인증제도는 자발적

인 신청에 의해 에너지절약적인 건물에 등급을 부여하는 제도로써 이러한 인증제도를 통하여 건물의 에너지 성능이나 주거환경의 질 등과 같은 객관적인 정보를 제공받을 수 있다. 또한 설계자나 건축주에게 에너지를 효율적으로 이용할 수 있는 지침으로 활용가능하게 되어 각종 건물에너지 절약을 위한 평가자료로 활용할 수 있다.

인증평가 방법은 공동주택 및 업무용 건축물에 대한 평가방법으로 나뉘지며 본 논문에서는 단열성능을 측정된 두 가지 Type의 창호를 공동주택에 적용했을 때의 난방에너지 및 건축물 에너지효율등급에 대해 분석하였다.

공동주택의 에너지성능평가는 2-zone 해석 모델에 의한 가변난방도일법과 기타해석 모델을 이용하여 공동주택의 난방공간과 비난방공간을 해석할 수 있도록 하였으며 표준주택 대비 신청주택의 에너지 절감율을 평가한다.

표 5. 표준주택의 설정기준

설정항목	단위세대 (난방공간)	계단실 (비난방공간)	
평면 및 바닥면적	신청주택과 동일		
장단변 길이	신청주택과 동일		
벽체, 지붕, 바닥의 열관류율	건축법의 지역별 열관류율 적용	4.0W/m ² ·K (3.44Kcal/m ² ·°C)	
창호 열관류율 (W/m ² ·K)	중부	남부	6.6W/m ² ·K (5.68Kcal/m ² ·°C)
	2.1	2.4	
창면적	[신청주택 창면적 + (신청주택 전용면적*0.25-3)]/2		신청주택과 동일
환기율	0.7회/시간	2.0회/시간	
일사 취득율	신청주택과 동일		

이때 표준주택은 신청주택의 에너지효율 등급을 평가하기 위해 기준이 되는 주택으로

서 현재 건축법 기준이 적용되어 있는 일반적인 수준의 건물을 말한다. 그 설정기준을 보면 난방공간과 비난방공간의 건물 치수는 신청주택과 동일하게 설정되고 건물 외피를 구성하는 벽체, 지붕, 바닥, 창호의 열관류율은 “건축물의 설비 기준 등에 관한 규칙 [별표4] 지역별 건축물 부위의 열관류율표”에 명시된 값을 적용한다. 그 설정항목에 대한 기준은 위의 표 5와 같다.

신청주택의 단위세대 에너지절감율을 구하는 방법은 난방공간과 비난방공간에 대한 벽체, 창호의 면적과 열관류율, 외피열손실 및 태양열취득, 지역의 난방도일, 난방시스템에 따른 배관손실 및 기간부하손실 값 등을 계산하고 세대의 가산항목에 따른 절감율을 합산하여 한세대의 절감율을 산출한다¹⁾. 다음의 식(2)는 단위세대의 에너지 절감율을 구하는 방법이다.

$$E_R(\%) = \frac{R_{HC} - A_{HC}}{R_{HC}} \times 100 + I_R \quad (2)$$

또한 인증제도의 평가등급은 표 6과 같이 총 에너지절감율에 따라 5등급으로 나누어져 있으며 2등급 이상을 취득한 건물에 대하여 금융상의 우대 조치, 건축기준 완화, 건축물의 취·등록세 감면 등의 인센티브를 제공해주고 있다.

표 6. 공동주택의 에너지 효율등급 인증 등급구분

등급	총 에너지절감율
1	40% 이상
2	30% 이상 40% 미만
3	20% 이상 30% 미만
4	10% 이상 20% 미만
5	0% 이상 10% 미만

1) 장철용 외, 공동주택의 건축물 부위 열성능 변화를 통한 건물에너지 효율등급 평가, 한국태양에너지학회 2010 춘계학술발표대회 논문집

3.2 대상건물

본 논문에서 적용된 공동주택은 지하 1층, 지상 15층 규모로서 단위세대는 85A형(약 85m²) 993세대, 85B형(약 85m²) 87세대로 총 1080 세대로 이루어져 있으며 발코니 확장형을 기준으로 적용하였다.

창호를 제외한 건물의 물성치는 지역별 건축법을 기준으로 적용하여 각 창호에 따른 단위세대 난방에너지절감율 및 단위면적당 난방에너지소요량을 알아보고 지역별로 어느 정도의 등급변화가 있는지 분석하였다.

지역별 단위세대의 구조체 물성치는 다음 표 7과 같다.

표 7. 대상건물의 구조체 열관류율

분류		중부	남부	제주
구조체 열관류율 (W/m ² ·K)	외벽	0.36	0.45	0.58
	측벽	0.27	0.36	0.45
	지붕	0.20	0.24	0.29
	바닥	0.30	0.35	0.35
창호 열관류율 (W/m ² ·K)	Type 1	1.98		
	Type 2	1.21		

3.3 평가결과 분석

다음 그림 2는 건축물에너지효율등급 인증평가 프로그램을 사용해 산출된 창호의 종류에 따른 지역별 단위면적당 난방에너지소요량을 나타낸 그래프이다.

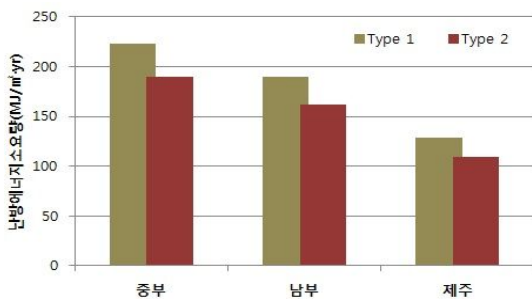


그림 2. 지역별 단위면적당 난방에너지소요량

위 그림 2와 같이 단위면적당 난방에너지소

요량을 비교해 보면, 싱글 로이유리가 적용된 Type 1 창호를 적용했을 때 중부지역은 223.13 MJ/m²·yr, 남부지역은 189.35 MJ/m²·yr, 제주지역은 128.67 MJ/m²·yr 로 산출되었다. 반면 양면 더블 로이유리가 적용된 Type 2의 적용 시 중부지역은 190.07 MJ/m²·yr, 남부지역은 162.34 MJ/m²·yr, 제주지역은 109.02 MJ/m²·yr 로 산출되었다. 즉, Type 1에 비해 Type 2를 적용했을 때 단위면적당 난방에너지소요량이 약 15% 줄어든 것을 확인할 수 있다.

다음은 건축물 에너지효율등급 산정에 직접적인 영향을 미치는 표준주택 대비 에너지절감율을 분석하였다. 그림 3은 지역별 에너지절감율 및 인증등급을 나타낸다.

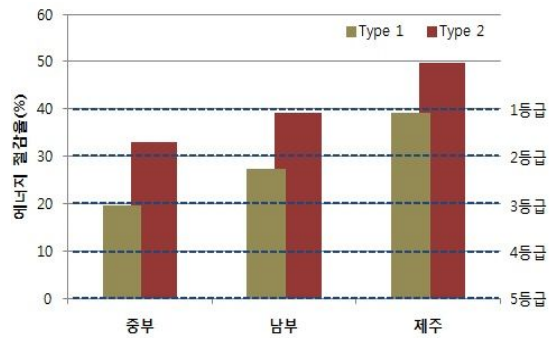


그림 3. 지역별 에너지절감율 및 인증등급

에너지절감율 또한 일반적인 싱글 로이유리를 적용했을 경우 중부지역은 19.66%, 남부지역은 27.38%, 제주지역은 32.96%로 나타났으며 양면 더블 로이유리 적용 시 중부지역은 32.96%, 남부지역은 39.16%, 제주지역은 49.69%로 나타났다. 각 지역별로 약 21.1~40.4%의 절감율이 상승하였다.

또한 인증등급을 살펴보면 지역별로 각각 Type 1과 Type 2의 창호를 적용했을 경우 중부지역은 4등급에서 2등급, 남부지역은 3등급에서 2등급, 제주지역은 2등급에서 1등급으로 상향된 것을 확인할 수 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 양면 더블 로이유리 적용 창호와 일반 싱글 로이유리 적용 창호의 열성능을 평가하고 건축물 에너지효율등급 인증 프로그램을 통해 각 창호를 공동주택에 적용했을 때 에너지절감율과 인증등급의 변화를 지역별로 확인해 보고자 하였다.

그 결과는 다음과 같다.

- (1) 싱글로이유리 복층창호 Type 1과 더블 로이유리 복층창호 Type 2의 열관류율 측정결과 Type 1은 $1.98 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$, Type 2는 $1.21 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ 로 측정되어 Type 1에 비해 Type 2의 단열성능이 약 40% 높다는 것을 확인했다.
- (2) 각 창호를 건축물 에너지효율등급 인증 프로그램에 적용하여 지역별 단위면적당 난방에너지소요량을 비교한 결과 Type 1에 비해 Type 2를 적용했을 때 중부지역은 14.8%, 남부지역은 14.3%, 제주지역은 15.3% 줄어든 것을 확인할 수 있었다.
- (3) 표준주택 대비 에너지 절감율을 비교한 결과 Type 1에 비해 Type 2를 적용했을 때 중부지역은 40.35%, 남부지역은 30.08%, 제주지역은 21.09% 상승하는 것으로 나타났다으며 그에 따라 인증등급 또한 상승하는 것으로 나타났다.

추후 각 창호의 단열성능 외에 경제성을 고려한 더블로이유리 창호에 대한 연구를 진행하고자 한다.

후 기

본 연구는 한국에너지기술평가원의 에너지·자원 기술개발사업인 “건축창호용 고효율 강화 Low-E유리의 개발” 지원 사업으로 수행되었음

참 고 문 헌

1. 장철용 외, 발코니 확장형 공동주택의 이중 외피 창호 열성능에 따른 지역별 건축물 에너지 효율등급 평가, 한국태양에너지학회 논문집, 30권 5호, 2010. 10.
2. 장철용, 이나은, 전문가 설문조사를 통한 건축물 에너지효율등급 인증제도에 관한 연구, 대한건축학회논문집(계획계), 27권 5호, 2011. 5.
3. 김치훈 외, 공동주택에서의 창호성능에 따른 건물에너지 효율등급 평가 연구, 한국태양에너지학회 춘계학술발표대회 논문집, 29권 1호, 2009, 4.
4. 장철용 외, 지역별 발코니확장 전용 진공창의 건물에너지효율등급에 관한 연구, 한국태양에너지학회 추계학술발표대회 논문집, 30권 2호, 2010. 11.
5. 이나은 외, 더블로이유리 적용 복층창의 구성에 따른 단열성능 평가, 대한설비공학회 2011 하계학술발표대회 논문집, 2011. 7.
6. 국토해양부, 지식경제부 고시, 건축물 에너지효율등급 인증규정, 2009.
7. KS F 2278(2008) ‘창호의 단열성 시험방법’