

# 창호 유리의 단열필름 시공에 따른 생애주기비용 비교 분석

## A Comparative Analysis of Life Cycle Cost on the Window Glass and the Insulation Film Coated Glass for Window

정 민 구<sup>1</sup>      김 광 회<sup>2\*</sup>

Jeong, Mingu<sup>1</sup>      Kim, Gwang-Hee<sup>2\*</sup>

*Department of Architectural Engineering, Graduate School, Kyonggi University, Yeongtong-Gu, Suwon, 443-760, Korea<sup>1</sup>*

*Department of Plant-Architectural Engineering, Kyonggi University, Yeongtong-Gu, Suwon, 443-760, Korea<sup>2</sup>*

### Abstract

The purpose of this study is to analyze and compare the life cycle cost of window glass with insulation film and regular glass, to verify an economical window construction method. As an approach method, the thermal performance data of each type of glass was measured using Window 6.3 and ECO2-OD Simulation Program, applied it to the case building to calculate the air conditioning and heating maintenance costs and LCC, and compared the economic feasibility. As a result, installing an additional insulation film prevents the solar heat penetration in the summer, so it reduces the cooling cost, on the other hand, it increased heating cost in winter. From the life cycle cost perspective, the effect of cooling cost reduction does not counterbalance the increase in heating cost and the additional cost from film installation and repair; therefore, the installation of insulation film may not be a proper method.

Keywords : window, low-e glass, insulation film, thermal performance, life cycle cost

## 1. 서 론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

우리나라는 국내 총 에너지 사용량의 약 97%를 해외에 의존하고 있어 건축물의 에너지 효율화 대책은 큰 의미를 갖는다[1]. 에너지 조사보고서에 따르면 국내 총 에너지 사용량의 약 25%가 건물에 의해 발생하며 주로 벽체, 지붕, 창호 등을 통해 에너지 손실이 발생한다. 이에 따라 건설 분야에서는 건물의 부위별, 지역별 단열 시공을 의무화 하여 건물 외피에 의한 에너지 손실 절감에 노력하고 있다[2].

이에 따라 창호의 에너지 손실 문제를 해결하기 위한 방

안으로써 진공유리, 삼중유리, 로이(Low-Emissivity) 유리, 창유리용 단열필름 등을 사용하고 있다. 최근 널리 보급되고 있는 로이유리는 유리의 표면에 전도성 박막 코팅을 하여 에너지의 흡수 및 재방사에 의한 열손실을 막아준다[3]. 하지만 여름동안의 고온에 의한 유리 사이의 내부 공기층 산화로 단열성능이 쉽게 상실되어 냉방에는 취약한 단점을 가지고 있다[4]. 이에 손쉽게 열 취득 및 손실을 통제할 수 있는 단열필름의 수요가 매년 증가하고 있는 추세이다[5].

건물에서 창호는 벽체나 지붕에 비해 열전달계수가 크기 때문에 건물 외피 중 열손실이 가장 많이 발생하는 부위로 창호에서의 열성능 향상에 관한 요구는 계속해서 증가하고 있다[6]. Jelle et al.[7]는 창호에 의한 건물 전체 에너지 손실률이 무려 60%에 이른다고 분석하였으며, 창호의 열손실을 최소화하는 방안에 관한 연구로, 로이유리에 관한 연구[3], 삼중창호에 관한 연구[8], 단열필름 시공 창호의 성능 평가 연구[5] 등이 수행되었다. 그러나 창호에 적용되는 유리와 단열필름에 대하여 생애주기비용(Life Cycle

Received : June 30, 2014

Revision received : August 19, 2014

Accepted : August 19, 2014

\* Corresponding author : Kim, Gwang-Hee

[Tel: 82-31-249-9757, E-mail: ghkim@kyonggi.ac.kr]

©2014 The Korea Institute of Building Construction, All rights reserved.

Costs; LCC) 측면에서 비교·분석 관련 연구는 수행된 바가 없다.

따라서 본 연구에서는 단열필름이 시공된 창호유리와 일반유리의 생애주기비용 분석을 통하여 두 공법을 경제적 측면에서 비교하고자 한다. 창호유리의 시공에 있어 생애주기를 근거한 대안들의 적정비용을 산출함으로써 한정된 예산의 적절한 투자 및 효과적인 운영을 위한 의사결정을 지원할 것이다. 이에, 장기적 관점으로 초기 투자비용 회수기간과 에너지 사용량 감소에 따른 운영유지비용 절감 효과를 분석하여 경제적인 창호공사 방안을 확인하고자 한다.

## 1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 창호에 적용되는 유리(단열필름 포함) 유형별 LCC측면의 경제성을 분석하여 비교하고자 한다. 분석에 적용한 사례 건물은 공공 건축물인 주민센터이며, 사례에서 비교된 유리유형(단열필름 포함)으로는 4가지로 사례건물에 기(既) 시공된 투명유리, 로이유리, 추가적 단열 효과를 얻기 위해 단열필름이 시공된 투명유리, 그리고 단열필름 시공 로이유리 사례를 비교하고자 한다. 각 유형을 비교하기 위해 시뮬레이션 프로그램을 사용하였으며, 각 단계별 적용 시뮬레이션 프로그램은 유리 유형별 창호의 열 성능 데이터를 얻기 위해 Window 6.3 시뮬레이션 프로그램을 적용하였다. 그리고 각 유형별 열 성능 데이터를 ECO2-OD 프로그램에 적용하여 사례건물에 각 유형의 유리를 적용하였을 때 에너지 소비량 총량을 산출하였다.

본 연구를 수행한 절차는 다음과 같다. 첫째, 이론적 고찰을 통하여 선행연구의 진행 정도와 창호의 열전달 메커니즘, 건축물에서 빈번하게 사용되는 창호 유리의 형태를 고찰하였다. 둘째, 각 유형별 유리의 열 성능 데이터와 연간 총 에너지 소비량을 시뮬레이션 프로그램을 이용하여 산출하였다. 셋째, 각 유형별 LCC를 산출하여 경제성 비교를 하였다.

## 2. 이론적 고찰

### 2.1 선행연구 고찰

국내에서는 환경문제에 관심이 높아진 2000년대에 들어 활발히 연구가 진행되었다. Ahn et al.[3]은 기존 로이유리의 단열성능 한계를 지적하고, 시뮬레이션을 통해 각각의 간봉 두께 및 종류, 그리고 충전가스의 우수한 조합을 구성

하여 제작한 후강화 더블로이유리 개발을 제안하였다. Hwang and Lee[9]는 진공유리의 단열성능 최적화 설계를 위한 주요 인자로 유리 간격, 내부 압력 및 방사율, 지지기 등의 지름으로 구분하였으며 각 인자들의 배치 간격에 따른 열관류율 변화를 3차원 CFD(Computational Fluid Mechanics)를 이용하여 분석하고 그 개선방안을 제시하였다. Yoon et al.[8]은 창호의 단열 성능을 결정짓는 구성요소 중 유리, 프레임, 간봉의 열관류율을 측정하였으며 이러한 결과를 토대로 PVC프레임, 플라스틱 간봉 및 로이코팅 조합의 우수성을 확인하였으며, 이를 적용한 고단열 삼중창호 시스템을 제안하였다. Kim et al.[5]이 시중에 유통되고 있는 단열필름의 열 성능을 분석하였다. 이 연구에서는 실험을 통해 일반 창호와 단열필름이 시공된 창호의 열별 표면온도와 외기온도간의 차이를 측정하고, 이에 따른 내부 온도변화를 측정하였으며, 단열필름을 시공한 창호는 적외선을 일부 흡수하여 일반 창호 대비 표면온도는 상승하지만 내부온도는 오히려 낮다는 것을 확인하였다.

국외연구의 경우, Garrison and Collins[10]이 진공유리의 단계별 제작방법을 제안하고, 생산에 요구되는 장비, 인건비, 재료비 등을 구체적으로 제시하였으며, Manz et al.[11]은 삼중진공유리의 타당성을 조사하고, 이에 적합한 지지기둥의 재질과 크기, 유리의 종류 및 두께의 조합을 제시하였다. Appelfeld et al.[12]은 유리 섬유 강화 폴리에스테르 소재(Glass Fibre Reinforced Polyester material; GFRP)로 만들어진 에너지 효율 창호 프레임의 개발을 제안하였으며, 사무실 건물에 적용 시, 나무 및 알루미늄 프레임과 비교하여 GFRP 프레임의 높은 단열 성능을 확인하였다.

전술한 바와 같이 선행연구들에서 기존 창호의 에너지 효율화를 위한 연구가 다수 진행되었다. 하지만 이는 창호의 단열성능 개선방안을 제안하였을 뿐, 실제 건축물에 적용 시 고려해야 할 초기 투자비용 대비 단열성능 개선효과에 따른 냉난방 유지비용의 경제성 평가에 대한 연구는 미흡한 것을 알 수 있다. 일반적으로 건축물의 유지관리비는 초기투자비용을 초과하기 때문에 계획단계부터 생애주기를 고려하여 총사업비용을 책정해야 하며 한정된 예산 운영 및 수익 보장을 위해 LCC 분석을 통한 경제성 평가가 필수적이다.

### 2.2 창호 성능 지표

창호의 열 성능 평가를 위한 주요 인자로 열관류율(이하

U-Value), 일사획득계수(Solar Heat Gain Coefficient; 이하 SHGC), 가시광선투과율(Visible Light Transmittance; 이하 VT)이 있으며, 이러한 각 인자들을 국토해양부[13]는 다음과 같이 정의하고 있다.

U-Value는 구조체를 통한 열전달을 계산할 때 매우 복잡한 형태로 이루어지는 전도, 대류, 복사에 의한 모든 요인들을 합하여 하나의 값으로 나타낸 것으로서, 열이 물체를 통하여 공기에서 공기로 전달되는 비율을 나타낸다. 표면적이 1m<sup>2</sup>인 물체를 사이에 두고 온도차가 1℃일 때 물체를 통한 열류량을 W(와트)로 측정한 값으로 정의되며 단위는 W/m<sup>2</sup>/K로 표시하고 수치가 낮을수록 창 열저항이 높으며 단열효과가 좋다는 것을 의미한다.

SHGC는 창호를 통한 일사획득 정도를 나타내는 지표로 직접 투과된 일사량과 유리에서 흡수된 후 실내로 유입된 일사량의 합으로 계산된다. 유리창을 통한 일사량을 나타내는 데에는 일사획득계수와 차폐계수(Shading Coefficient; 이하 SC)의 두 가지 방법이 있다. SC는 일반적으로 3mm의 투명 유리를 통한 일사획득에 대한 해당 창호의 일사획득 비율로 계산하는 반면 SHGC는 입사각의 영향을 반영하고 창호 시스템 전체에 관한 성능 표현이 가능하므로 일사획득에 관한 정확한 지표라 할 수 있어 SC를 대신하여 사용되고 있다. SHGC는 0부터 1까지의 수치로 표현되며 이 값이 낮을수록 일사획득이 적음을 의미하고 여름철 냉방부하 저감에 효과가 있다.

VT는 태양으로부터의 복사에너지 중 파장 영역 380-780nm인 가시광선이 유리를 투과할 때 투과되는 비율을 표현한 값으로 0부터 1까지의 수치로 표현된다. VT는 SHGC와도 관련이 있으며, 일반적으로 VT값이 낮을수록 SHGC도 낮아져 좀 더 많은 일사량이 차단된다. 또한 VT가 낮아지면 눈부심 감소율이 높아져서 눈부심 감소에 보다 효과적이다.

## 2.3 단열창호의 종류

### 2.3.1 복층유리

가장 기본적으로 적용되는 유형의 복층유리는 기존 단판 유리의 열적 취약점을 극복하기 위해 두 장의 유리 사이를 공기 및 가스층을 밀봉함으로써 열관류율을 낮추어 단열 효과를 높이는 원리이다. 일반적으로 유리 및 가스층의 두께에 따라 16mm(5+6A+5), 18mm(6+6A+6),

22mm(5+12A+5), 그리고 24mm(6+12A+6) 규격의 복층유리가 널리 사용되고 있으며, 최근에는 보다 열효율을 향상시킨 삼중유리의 개발 및 사용도 늘어나고 있는 추세이다.

### 2.3.2 로이유리

로이유리는 일반유리 내부에 적외선 반사율이 높은 특수 금속막을 코팅시킨 유리로서 가시광선은 투과시켜 채광성을 높여주고 적외선은 반사하여 실내외 열의 이동을 제한함으로써 실내의 온도변화를 적게 만들어준다. 로이코팅은 일반적으로 제조방법에 따라 하드 및 소프트 코팅으로 분류된다.

하드코팅은 판유리 제조공정 시 금속용액 또는 분말을 판유리 표면 위에 분사하고 열적 코팅을 하여 생산한다. 코팅 물질은 금속산화물이다. 열적 코팅으로 코팅 경도 및 내구성이 강하여 강화 가공 등의 열처리가 가능하지만 여러 금속 사용이 제한되어 색상이 단순하고, 코팅막이 탁하다는 단점을 가지고 있다.

소프트코팅은 이미 생산된 판유리를 별도의 진공 챔버에 넣고 은, 티타늄, 스테인리스강 등의 금속을 다층 박막 코팅시켜 생산한다. 전기전도성이 우수한 은으로 구성되어 있기 때문에 단열 및 차폐성능이 우수하고, 다층막으로 구성되기 때문에 박막간의 간섭 관계에 의해 소비자가 원하는 다양한 특성의 제품을 공급할 수 있지만 자유로운 강화 가공이 어려우며 취급에 있어서도 제약점이 많은 문제가 있다[3].

### 2.3.3 단열필름

유리면에 부착 시공하는 단열필름은 일반적으로 태양열 유입량만을 감소시켜주는 짙은 틴팅(Tinting)필름과 달리 실내로 유입되는 VT는 최대 허용하고 자외선(UV)와 적외선(IR)을 차단한다. 따라서 하절기에는 실내로 유입되는 강렬한 태양열을 급감시켜 실내의 온도 상승 억제를 통한 냉방 효율을 증가시키고, 동절기에는 실내의 따뜻한 난방 열을 실내에 머물게 하여 난방 효율을 증대시키는 역할을 한다[14]. 또한, 단열의 목적 이외에 내·외관 기능 개선, 눈부심 방지로 개방성 확보, 사생활 보호, 유리 파손 시 비산으로 인한 2차 피해를 막아 안전성 확보를 기대할 수 있다.

### 3. 사례 분석

단열재의 성능과 이에 따른 건물 에너지 소비량을 판단하기 위해 실측방법과 시뮬레이션 시험이 있다. 실측방법은 시험 기간 및 비용이 상대적으로 높아 미국, 일본, 유럽 등 선진국에서는 시뮬레이션 프로그램을 이용한 계산방법을 병행하고 있다. 시뮬레이션은 평가 및 적용대상을 컴퓨터 모델링하여 분석하는 방법으로써 건물 외피의 열적 특성, 건물내부 부하, 기상조건, 공조설비의 운전 특성 등 데이터를 필요로 한다.

#### 3.1 적용 시뮬레이션 프로그램

본 연구에서는 Window 6.3과 ECO2-OD 시뮬레이션 프로그램을 사용하여 각 유리 유형별 열 성능 데이터와 연간 총 에너지 소비량을 선정하였다. 적용한 시뮬레이션 프로그램을 상세히 설명하면 다음과 같다.

Window 6.3은 미국 국립 버클리 연구소(Lawrence Berkeley National Laboratory)에서 개발된 프로그램으로써 창호 시스템 각 구성요소의 유형별 조합에 따른 U-Value, SHGC, VT 등의 창호 성능 지표 분석이 가능하며 미국 환경성(United States Environmental Protection Agency, EPA) 및 공인 국가 에너지 등급(National Fenestration Rating Council, NFRC)에서 창호에 대한 인증평가에 사용되고 있다[3].

ECO2-OD는 건축물에너지절약 설계기준의 내용을 기초로 ISO 13790 규격에 따라 건축물 에너지 요구 및 소비 총량을 산출하는 프로그램이다. 본 프로그램의 요구정보는 크게 일반사항, 건축부문, 설비로 구분되며 일반부문은 건축주·설계 정보와, 모델링 지역의 기상데이터 적용을 위한 지역선택이 있다. 건축부문에서는 모델링된 건축물 자체의 에너지 성능을 파악하기 위한 단열재, 벽체 및 창호 면적과 평균 U-Value 등을 입력하며, 설비부문에서는 냉난방 기기의 유형 및 사용 연료, 기기에 부착된 펌프동력과 배관의 길이 등이 요구된다.

#### 3.2 시뮬레이션 사례

건물의 에너지 소요량을 분석하기 위한 시뮬레이션 적용 대상 사례는 경기도 수원시 소재 주민센터 신축 건물이다. 사례건물은 연면적 1997.83m<sup>2</sup>, 지상 3층, 지하 1층의 철근콘크리트 구조이다(Table 1 참조).

Table 1. The descriptions of case building

Building detail	Description
Building location	Suwon city
Structure type	Reinforced concrete
Number of stories	First basement, Three stories
Construction area	774.42 m <sup>2</sup>
Gross floor area	1997.83 m <sup>2</sup>
Cooling and heating area	1421.58 m <sup>2</sup>
Window area compared to the outer wall area	20.45%

#### 3.4 유리 유형별 열 성능

Window 6.3 프로그램에서 적용 유리의 유형에 따른 물리적 열 성능 값을 얻기 위하여 적용한 시뮬레이션 프로그램에서 기본적으로 제공하고 있는 유리 유형 중 세 가지 유형을 선택하였다(Table 2 참조). 다른 변수, 즉 창호의 면적, 프레임 종류, 그리고 창호의 시스템을 두장의 6mm 판 유리 사이에 12mm 공기층(공기 10%, 아르곤가스 90%)으로 구성된 24mm 복층구조 등은 모든 유형에서 동일 값으로 설정하였다.

Table 2. The selected factors by glazing type on window 6.3

Type	Library ID	Thickness (mm)
Clear Glass	13503	6
Low-E Coated Glass	13527	6
Clear Glass + Film	2753	5.7

각 창호의 유리 조합은 다음 Table 3과 같이 단열필름이 시공된 투명 복층유리(Case A), 투명 복층유리(Case B), 단열필름이 시공된 로이 복층유리(Case C), 로이유리(Case D) 등 네 가지 경우이다. 각 유형의 열 성능을 Window 6.3을 이용하여 시뮬레이션하였고 그 결과는 Table 5와 같다. 단열필름을 시공한 경우 미 시공 유리 대비 U-Value는 거의 차이가 없지만 이 외에 SHGC와 VT 부분에서는 단열 효과가 증가하는 것을 확인 할 수 있다.

Table 3. Thermal performance by glazing type

Glazing Type	U-Value	SHGC	VT
Case A 6CL+12A+6CL+Film	2.49	0.56	0.39
Case B 6CL+12A+6CL	2.54	0.70	0.78
Case C 6LowE+12A+6CL+Film	1.33	0.40	0.35
Case D 6LowE+12A+6CL	1.35	0.44	0.69

### 3.4 유리 유형별 에너지 소비량

Window 6.3을 이용하여 시뮬레이션한 각 사례별 열 성능 값을 토대로 사례건물을 ECO2-OD을 이용하여 시뮬레이션한 결과 Case A의 냉방에너지 소비량은 10.9kWh/m<sup>2</sup>, 난방에너지 소비량은 44.5kWh/m<sup>2</sup>, Case B의 경우 12.1kWh/m<sup>2</sup>, 43.3kWh/m<sup>2</sup>, Case C의 경우 10.5kWh/m<sup>2</sup>, 41.2kWh/m<sup>2</sup>, Case D의 경우 10.7kWh/m<sup>2</sup>, 40.8kWh/m<sup>2</sup>이다(Figure 1 참조).

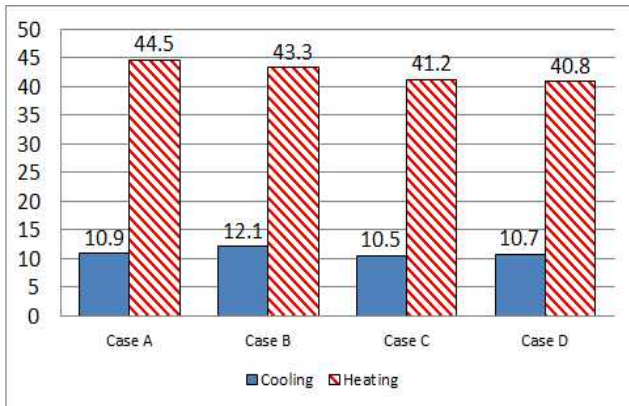


Figure 1. Cooling & heating energy consumed per year (kWh/m<sup>2</sup>)

Figure 1에 제시된 바와 같이 단열필름을 시공한 경우 냉방에너지는 절감효과를 나타나고 있으나 난방에너지의 경우는 오히려 증가하는 결과가 나타났다.

## 4. 결과 분석

### 4.1 냉·난방비용

사례건물의 유리 유형별 냉·난방비용은 시뮬레이션에 의해 얻어진 냉·난방 소비량과 공공기관 기준 연간 전기에너지 단가 평균값을 곱하여 산출하였다. 단열필름을 시공한 Case A와 Case C의 경우 SHGC와 VT 성능 지수 향상에 따른 일사량 차단 효과로 단열필름을 시공하지 않은 Case B와 Case D에 비해 각각 9.90%, 1.81%의 하절기 냉방비용 절감 효과가 있는 것으로 나타났지만 동절기에는 주간 일사량을 충분히 취득하지 못해 난방비용이 2.79%, 0.98%로 오히려 증가하는 것으로 나타났다(Figure 2 참조).

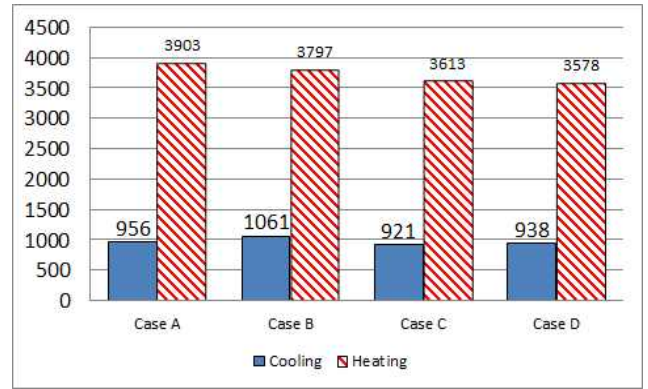


Figure 2. Total cost for cooling and heating (Won/m<sup>2</sup>)

### 4.2 생애주기비용

일반유리와 단열필름을 시공한 유리의 생애주기비용 차이점을 분석하기 위해 수선 및 공사비 부문에서는 창호의 프레임, 도장, 인건비 등은 고려대상에서 제외하여 단순화 하였으며 일반 유리의 유지비용 대비 단열필름 추가 시공 시 발생하는 비용과 냉·난방비용만을 고려하여 분석기간을 설정하고 비교하였다.

수선주기 및 수선율을 선정함에 있어 주택법 시행규칙 제26조 제1항 및 제20조(장기수선계획의 수립기준)에 제시된 복층유리의 수선주기와 수선율, 교체율과 교체주기를 적용하였다. 단열필름의 경우 수선주기와 수선율, 교체주기와 교체율에 대한 기준이 수립되어 있지 않지만 일반적인 제품의 평균 품질보증기간을 참조하여 Table 4와 같이 설정하였으며, 보증기간 동안에는 필름에 발생하는 변색 및 탈색 등의 문제에 대하여 제조사로부터 보증을 받을 수 있다.

Table 4. Cycle time and rate of repair & substitution

Type	Cycle Time (year)	Rate (%)
6CL+12A+6CL	Repair	10
	Substitution	30
6LowE+12A+6CL	Repair	10
	Substitution	30
Insulation Film	Repair	0
	Substitution	10

유리공사의 생애주기비용을 산정하기 위해 필요한 비용 정보는 초기건설비용, 유지관리비용 등 2가지로 크게 구분하여 각 단가는 일관성 유지를 위하여 한국물가정보지의

단가를 적용하였다. 일반적으로 공사내역서에는 각종 재료의 할증율 및 각종 품 등이 포함되어 있지만 본 연구에서는 생애주기비용을 산정함에 있어 객관적인 비교를 위하여 할증율 및 각종 품을 제외한 순 투입원가만을 고려하였으며 그 내용은 Table 5와 같다.

Table 5. Initial construction cost

	Type	Unit Price(Won/m <sup>2</sup> )
Material Costs	6CL+12A+6CL	38,720
	6LowE+12A+6CL	60,050
	Insulation Film	30,000
Labor Costs	Film Installation	10,000

실질할인율을 산출하기 위해 한국은행 경제통계시스템에서 제공하는 예금은행 수신금리와 소비자 물가지수에 의한 물가상승률 최근 7년간 평균값(Table 6 참조)을 적용하여 식(1)에 의해 산정하였다.

$$I_R = \frac{(1 + I_N)}{1 + F} - 1 \text{ ----- (1)}$$

$I_R$  : 실질 할인율  
 $I_N$  : 명목 할인율  
 $F$  : 물가변동율(인플레이션)

Table 6. Real discount rate

Years	Interest rate (%)	CPI	Inflation rate (%)	Discount rate (%)
2006	4.41	88.10	2.20	2.16
2007	5.07	90.30	2.50	2.51
2008	5.71	94.50	4.70	0.96
2009	3.26	97.10	2.80	0.45
2010	3.19	100.00	3.00	0.18
2011	3.69	104.00	4.00	-0.30
2012	3.43	106.30	2.20	1.20
Average	4.11	-	3.06	1.02

분석기간은 법인세법 시행규칙(건축물 등의 기준내용연수 및 내용 연수 범위표)에 따라 철근콘크리트 구조의 건축물 생애주기를 40년으로 설정하였다. 유리유형에 따른 기

간별 생애주기 비용을 계산하였다. Table 7에서 확인할 수 있는 것처럼 투명 복층유리의 경우 생애주기비용 측면에서 단열필름을 시공한 경우가 27.33% 더 높게 나타났으며, 로이유리의 경우는 단열필름의 시공한 경우가 29.65% 더 높게 나타났다. 따라서 생애주기 비용 측면에서 단열필름을 시공하는 것이 효율적이지 못한 것으로 나타났다.

Table 7. Life cycle cost (Won)

Time(year)	Case A	Case B	Case C	Case D
Initial	78,720	38,720	100,050	60,050
5	23,659	23,569	21,992	21,910
10	65,539	29,399	67,895	31,677
15	21,294	21,294	19,870	19,796
20	59,215	26,562	61,343	28,620
25	19,239	19,239	17,953	17,885
30	76,346	46,845	90,854	61,289
35	17,383	17,383	16,220	16,159
40	16,691	16,691	15,575	15,516
Sum.	377,997	239,703	411,753	272,903
Comparison	Case A higher than Case B 27.33%		Case C higher than Case D 29.65%	

### 4.3 종합분석

시공 및 수선비용과 냉·난방비용을 종합하여 40년 주기의 생애주기비용을 분석하였다. 단열필름은 하절기 냉방비용에는 효과가 있는 것으로 나타났으며 로이유리 대비 일반 투명유리에 시공하였을 경우 효과가 큰 것으로 나타났다. Table 9에서 확인할 수 있는 것처럼 투명 복층유리의 경우 생애주기비용 측면에서 단열필름을 시공한 경우가 27.33% 더 높게 나타났으며, 로이유리의 경우는 단열필름의 시공한 경우가 29.65% 더 높게 나타났다. 따라서 생애주기 비용 측면에서 단열필름을 시공하는 것이 효율적이지 못한 것으로 나타났다. 이러한 결과는 단열필름 시공에 따른 난방비용과 시공비용의 증가율이 냉방비용 절감률보다 높기 때문인 것으로 사료된다.

## 5. 결 론

본 연구에서는 창호의 적용 유리에 따른 생애주기비용 측

면의 경제성 분석을 하였고, 그 결과는 다음과 같다. 기존 유리에 단열필름을 추가적으로 시공함으로써 냉·난방 유지비용 측면에서 냉방비용의 경우 투명유리 9.90%, 로이유리 1.81%의 절감 효과가 나타났다. 반면 난방비용의 경우 투명유리 2.79%, 로이유리 0.98%로 비용이 오히려 증가하였다. 이와 같은 결과는 하절기에는 단열필름이 햇빛을 차단함으로써 냉방비용 절감 효과가 있지만 동절기에는 태양열의 실내 투과를 막아 난방비용이 증가하기 때문이다.

생애주기비용 측면에서는 단열필름 추가시공에 따른 40년 주기 결과 투명유리 27.33%, 로이유리는 29.65%의 유지비용이 증가하는 것으로 분석되었다. 단열필름 시공 창호의 냉방비용 절감이 난방비용과, 필름 시공 및 수선으로 발생하는 추가비용의 증가를 상쇄하지 못하기 때문이다.

창호의 유리에 단열필름을 시공할 경우 여름철 냉방비용의 절감효과는 약간 있다. 그러나 동절기 난방비용의 경우는 단열필름을 시공한 경우 더 많이 투입되어 효율적이지 못하다. 따라서 최근 냉난방 비용을 절감하기 위하여 창호의 유리에 단열필름 시공을 많이 하고 있지만 생애주기비용 측면에서 효율적이지 않으므로 단열필름의 시공은 적절한 방법이 아니라고 할 수 있다.

본 연구에서는 다음과 같은 한계가 있다. 첫째, 생애주기비용 분석과정에서 단열필름의 수선주기를 참고할 기준이 수립되어 있지 않기 때문에 제조사들이 제안하는 보증기간을 참고하였다. 둘째, U-Value와 태양 일사량 관련 열 성능 지수만으로 냉·난방 에너지 소요량을 예측하였다. 즉, 유리의 표면이 반사 에너지를 실내로 재발산하는 방사율이 냉·난방 에너지 소요량에 영향을 미칠 수 있다는 것이다. 따라서 향후 단열필름의 수선율과 수선주기 그리고 교체율과 교체주기에 대한 추가연구가 필요하며, 유리의 성능에서 열 성능 지수뿐만 아니라 방사율을 고려한 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다. 또한, 본 연구에서는 네 가지 유형에 대한 시뮬레이션으로 생애주기 비용을 예측하였으나 향후 더 다양한 유리유형과 시뮬레이션뿐만 아니라 실측 또는 모형실험 등을 통하여 좀 더 실제적인 자료를 바탕으로 한 추가적인 연구를 통하여 일반화할 필요가 있다.

## 요 약

본 연구에서는 경제적인 창호공사 방안을 확인하기 위해

단열필름이 시공된 창호유리와 일반유리의 생애주기비용을 분석하여 비교하고자 하였다. 이를 위해 Window 6.3과 ECO2-OD 시뮬레이션 프로그램을 사용하여 유리 유형별 창호의 열성능 데이터를 측정하고 사례 건물에 적용하여 냉·난방 유지비용 및 LCC를 산출하여 경제성을 비교하였다. 연구결과 단열필름을 추가적으로 시공함으로써, 냉·난방 유지비용 측면에서는 하절기 태양열이 실내로 투과하는 것을 막아 냉방비용 절감 효과가 있지만, 이로 인해 동절기에는 난방비용이 증가하는 것으로 나타났다. 생애주기비용 측면에서 볼 때, 냉방비용 절감 효과가 난방비용 증가량과 필름 시공 및 수선으로 발생하는 추가비용을 상쇄하지 못하기 때문에 단열필름의 시공은 적절한 방법이 아니라고 할 수 있다.

**키워드** : 창호, 로이유리, 단열필름, 열 성능, 생애주기비용

## Acknowledgement

This work was supported by Kyonggi University's Graduate Research Assistantship 2013.

## References

1. Jang CY, Ahn BL, Kim CH, Hong WH. A Study on the evaluation of airtightness and insulation performance of high airtight thermal window. Proceeding of the Fall Symposium of Korean Institute of Architectural Sustainable Environment and Building Systems; 2010 Oct 8; Seoul, Korea, Seoul (Korea): Korean Institute of Architectural Sustainable Environment and Building System; 2010. p. 133-6.
2. Jang CH. [The technical status of window]. Journal of The Korean Society of Mechanical Engineers, 2010 Jul;50(7):47-50, Korean.
3. Ahn BL, Kim CH, Jang CY, Leigh SB. An analysis study of thermal performance of temperable double low-e glass window. Journal of Architectural Institute of Korea, 2013 Feb;29(2):211-8.
4. Schaefer C, Brauer G, Szczyrbowski J. Low emissivity coatings on architectural glass. Journal of Surface and Coatings Technology. 1997 Aug;93(1):37-45.
5. Kim SH, Kim SM, Kim HS, Jo MH, Kang SH, Yu SW, Cho YH. Thermal performance evaluation of the window film insulation. Proceeding of the Fall Symposium of the Regional Association of Architectural Institute of Korea; 2011 Oct 29;

- Gyeongsan, Korea, Seoul (Korea): The Regional Association of Architectural Institute of Korea; 2011, p. 45–8.
6. Choe YJ, Jo JH, A study on thermal performance improvement of film coated glass, Proceeding of the Fall Symposium of Korean Institute of Architectural Sustainable Environment and Building Systems, 2012 Oct 20; Busan, Korea, Seoul (Korea): Korean Institute of Architectural Sustainable Environment and Building Systems; 2012, p. 201–4.
  7. Jelle BP, Hynd A, Gustavsen A, Dariush A, Goudey H, Hart R, Fenestration of today and tomorrow: a state-of-the-art review and future research opportunities, *Journal of Solar Energy Materials & Solar Cells*, 2012 Jan;96:1–28.
  8. Yoon JH, Park JS, Kim BS, Hong SC, A study on the insulation performance evaluation of triple glazing window system by u-value sensitivity analysis, *Journal of Architectural Institute of Korea*, 2007 Oct;23(10):159–66.
  9. Hwang IS, Lee YL, A study of adiabatic performance for vacuum glazing with design conditions, *Journal of Korean Society of Manufacturing Technology Engineers*, 2012 Aug;21(4):582–7.
  10. Garrison J, Collins R, Manufacture and cost of vacuum glazing, *Journal of Solar Energy*, 1995 Sep;55(3):151–61.
  11. Manz H, Brunner S, Wullschlegel L, Triple vacuum glazing: heat transfer and basic mechanical design constraints, *Journal of Solar Energy*, 2006 Dec;80(12):1632–42.
  12. Appelfeld D, Hansen C, Svendsen S, Development of a slim window frame made of glass fibre reinforced polyester, *Journal of Energy and Buildings*, 2010 Oct;42(10):1918–25.
  13. [Window design guidelines for saving building energy] [Internet]. Gwacheon (Korea): Ministry of Land, Transport and maritime affairs; 2012 Jul 26 [cited 2014 Oct 1]. Available from: [http://www.mltm.go.kr/USR/NEWS/m\\_71/dtl.jsp?lcmspage=15&id=95070689](http://www.mltm.go.kr/USR/NEWS/m_71/dtl.jsp?lcmspage=15&id=95070689).
  14. Nam JW, Won JS, Thermal performance evaluation of the window film insulation for building energy savings, Proceeding of the Fall Symposium of The Korean Solar Energy Society; 2008 Nov 14; Daejeon, Korea, Seoul (Korea): The Korean Solar Energy Society; 2008, p. 75–80.