

아파트의 리모델링시 적합한 열관류율 대안의 도출

김송도¹, 이상훈^{1*}
¹충북대학교 건축학과

Derivation of Appropriate Thermal Transmittance Alternatives in Apartment Remodeling

Song-Do Kim¹ and Sang-Hoon Lee^{1*}

¹Department of Architectural, Chungbuk National University

요 약 본 연구에서는 2020년까지 리모델링을 하는 국내 아파트에 에너지절약을 할 수 있는 방안을 제공하기 위하여 해외 패시브하우스에 적용된 에너지절약을 위한 기술들에 대해 알아보고 이를 통하여 우리나라에 적용 가능한 패시브적인 요소기술을 도출하였다. 또한 이를 적용 시 에너지절감율을 알아보기 위하여 국내의 건물에너지효율등급인 증계도를 사용하여 선정된 5개 사례의 에너지절감율을 산출하고 등급을 부여하여 분석하였다. 그리고 이를 통하여 에너지를 절약할 수 있는 합리적인 열관류율 대안을 도출하고, 국내에서 추진되는 아파트 리모델링 프로젝트에 제시하였으며, 이 방안은 표준주택 대비 에너지를 40%이상 절약 할 수 있다.

Abstract This paper proposes an energy conservation scheme when apartment remodeling is provided, which analyzes the energy conservation techniques that are suitable for overseas passive houses. Subsequently, a passive solution that is more suitable for our country is derived. In order to examine the energy saving rate applying to passive solution, it evaluates the energy saving rate of 5 specific cases by taking advantage of internal building energy efficiency rating certification system, classifies them and analyzes them. Finally, a rational alternative is devised, and then which is implemented in the internal apartment housing remodeling project. This scheme can save 40% of the energy in comparison with typical apartment building.

Key Words : Apartment Remodeling, Thermal Transmittance.

1. 서론

1.1 연구배경 및 목적

정부는 2012년부터 주택의 설계단계에 해당하는 인허가 단계에서 제로 에너지 목표를 달성하기 위하여 에너지 의무절감률을 단계적으로 높이기로 했으며, 2009년 대비 30%이상, 2017년 60%이상, 2025년에는 100%절감 등으로 2025년에는 <제로에너지 주택>건설을 목표로 에너지절약기준을 강화 하였다. 그리고 매년 20만~25만 가구씩 2020년까지 200만 가구의 그린홈을 건설할 예정이다. 또한 앞으로 리모델링할 건물도 녹색원칙에 따라 그린홈화 하도록 지원하며 2016년까지 15년 이상 된 공공

임대주택 28만 가구를 그린홈으로 바꾸고, 나아가 2020년까지 노후건축물의 약 30%(약 20만동)을 그린 리모델링할 예정이다. 우리나라는 2005년 기준 주택형태별 분류에서 주거부문 중 공동주택이 차지하는 비율이 전체의 53%로 가장 높은 비율을 차지하고 있다[1].

따라서 본 연구에서는 2020년까지 리모델링을 하는 국내 아파트에 대비하여 해외 패시브하우스에 적용된 에너지절약을 위한 기술들에 대해 알아보고, 이를 통하여 아파트 리모델링시 우리나라에 적용 가능한 패시브적인 요소기술과 열관류율 기준 대안을 도출하여 이를 적용 시 에너지절감율을 산출하고, 현실적으로 적용가능한 에너지절감방안을 제안하는데 목적이 있다.

*Corresponding Author : Sang-Hoon Lee(Chungbuk National Univ.)

Tel: +82-10-3386-8605 email: minju@cbnu.ac.kr

Received May 14, 2013

Revised (1st July 3, 2013, 2nd July 15, 2013)

Accepted August 7, 2013

1.2 연구범위 및 방법

본 연구의 지리적인 범위는 중부권 80~90년대 아파트 리모델링을 대상으로 한정하였다.

연구의 진행방법 및 순서는 아래와 같다. 첫째: 2장에서는 패시브하우스의 정의와 원리를 알아보고, 현재 국내에서 시행하고 있는 건물에너지효율등급인증제도를 본 연구에 평가도구로 사용하려한다. 둘째: 3장에서는 중부권 80~90년대의 리모델링 가능한 아파트의 사례를 알아보고자 한다. 또한 2장에서 도출한 패시브하우스의 요소 중에서 리모델링시 적용가능한 패시브적 요소를 선별한다. 셋째: 4장에서는 건물에너지효율등급인증제도를 사용하여 사례의 에너지 절감율을 산출하고, 등급을 부여하여 분석하였다. 넷째: 현실적으로 적용가능한 열관류율 대안을 제안하고자 한다.

2. 패시브하우스 고찰

2.1 초에너지절약형 공동주택

패시브하우스는 독일 다름슈타트(Darmstadt)에 소재한 패시브하우스연구소(Passivhaus Institute)에서 처음 정의된 개념이며 패시브하우스란 “주거공간에 필요한 난방량을 단지 신선한 외부의 공기만을 데우거나 식힘으로 실내 열적쾌적감을 만족시킬 수 있는 건물”을 말한다. 또한 이는 자연에너지를 적극 활용하여 열에너지의 손실을 최소화함으로써 에너지를 최대한 절약할 수 있는 건축물을 의미한다[2]. 패시브하우스는, 건물의 계획과 사용에 있어서 최대한 간접적인 수단으로 열적 쾌적함이 이루어질 수 있도록 노력하고 직접적인 수단은 최소화시키는 것에서 이루어진다. 직접적인 액티브적 수단은 단지 꼭 필요한 것과 필요한 곳에 한정하여 최소화시키는 것이 궁극적인 목적이다[3]. Promotion of European Passive Houses(PEP)에서는 패시브하우스를 달성하기위한 기술적 해결책으로 아래의 Table 1[4]과 같이 제시하였다.

[Table 1] Passive House Solution of PEP

Super Insulation	
●Insulation Walls	$U \leq 0.15 \text{ W/m}^2\text{K}$
●Insulation Roof	$U \leq 0.15 \text{ W/m}^2\text{K}$
●Insulation Floor	$U \leq 0.15 \text{ W/m}^2\text{K}$
●Window Casing, Doors	$U \leq 0.8 \text{ W/m}^2\text{K}$
●Window Glazing	$U \leq 0.8 \text{ W/m}^2\text{K}$
●Thermal Bridges	linear heat coeff $\psi \leq 0.01\text{W/mK}$
●Air Tightness	$n50 \leq 0.6 \text{ h}^{-1}$
▷Minimal Shape Factor (Area TFA/Volume TV)	

Heat Recovery / IAQ	
●Ventilation counter flow air to air heat exchanger	heat recovery $\eta_{HR} \geq 75\%$
○Ventilation air sub-soil heat exchanger	air outlet after sub-soil heat exchanger above frost temperature
●Ventilation ducts insulated	
▷DHW heat recovery	
●DHW pipes insulated	
●Minimal space heating	postheater ventilation air / low temperature heating
▷Efficient small capacity heating system	biomass, heat pump, gas, co-generation etc
●Air Quality through ventilation rate	min 0.4ach-1 or 30m ³ /pers/h or national regulation if higher
Passive (Solar) Gain	
●Window Glazing	solar energy transmittance $\geq 50\%$
●DHW (solar) heater	
▷Thermal mass within envelope	
●Solar orientation	
▷Night-time shutters	
▷Shading factor [%] (East, West)	
Electric Efficiency	
○Energy labeled household appliances	Energy reduction 50% of common practice
○Hot water connections washing machines / dishwashers	
○Compact Fluorescent lighting	
○Regular maintenance ventilation filters	
○Direct Current motor ventilation	
▷Efficient fans: SFP(Specific Fan Power)	$\leq 0.45\text{W/m}^3\text{h}$
On-site Renewables	
○Solar thermal energy	
▷Wind turbine, Photo Voltaics, Biomass system, Other	

● basic measure/ solution, ○ often applied optional measure/ solution, ▷ other optional measure/ solution

2.2 건물에너지효율등급인증제도

건물 에너지효율등급인증제도는 건물의 에너지 성능이나 주거환경의 질 등과 같은 객관적인 정보를 제공받고 건물의 가치를 인정받음으로써, 건설사업주체, 소유주체, 관리주체 및 건물사용자 등 건물과 관련된 모두에게 이익이 돌아가도록 하기 위한 제도이며 또한 이 제도는 건물부문에서의 합리적인 에너지 절약을 위해 건물에서 사용되는 에너지에 대한 정확한 정보를 제공하여 에너지 절약기술에 대한 투자를 유도하고 경제적 효과를 가시화하여 에너지 절약에 인식을 제고함과 동시에 편안하고 쾌적한 실내환경을 제공하기 위하여 마련된 제

[Table 2] Building Energy Efficiency Rating Systems

Grade	Energy Saving Rate
1	40% higher
2	30%~40%
3	20%~30%
4	10%~20%
5	0%~10%

도이다[5]. 등급은 20세대 이상의 신축 공동주택을 대상으로 표준 공동주택 대비 신축 공동주택의 에너지절감율로 에너지효율을 평가하여 Table 2와 같이 인증을 부여한다.

3. 평가대상 리모델링 공동주택 및 적용 가능한 패시브적인 요소기술 분석

3.1 평가대상 리모델링 아파트 선정

본 연구에서 평가하려는 리모델링 아파트의 선정기준은 리모델링이 시급한 1980년대~1990년대 중부권에 지어진 20세대 이상 아파트를 정하였으며, Table 3과 같이 총 5개의 사례를 선정하였다.

[Table 3] Case of Apartment Housing in Cheongju

Case	Case	Floor	Menage	Year
Case1	Uncheon-dong S-APT	5	270	1986
Case2	Bokdae-dong H-APT	5	270	1989
Case3	Gagyong-dong H-APT	12~14	370	1992
Case4	Yongam-dong S-APT	10~15	640	1993
Case5	Gagyong-dong S-APT	14~15	952	1995

3.2 평가대상 및 적용 가능한 요소기술 분석

노후화된 아파트를 리모델링시, 리모델링의 특성상 기존 건축물의 주어진 조건이 있으며 이 조건들은 기존의 구조체와 층고 및 방위와 같다. 또한 위의 사례들을 설계한 설계사무실에 방문하여 보관중인 아파트 도면과 현장 실측 조사를 통해 기존의 구조체와 층고, 방위 조건들을 Table 4와 같이 정리하였다.

[Table 4] Case Housing Condition

Existing Structure (mm)	Existing Concrete Walls	Side	150, 160, 180
		Front, Back	120
		Unheated Space	150, 160, 180
	Slab	Standard Floor	120, 130, 135, 150
		Lowest Floor	120, 130, 135, 150
		Basement	130, 150, 200, 850
Front, Back Walls		1.0b Bricklaying, 1.0b Hollow Masonry	
Roof		120, 130, 135, 150	
Floor Height (m)	Upper ground	Highest floor	2.6, 2.7
		Standard Floor	2.6
		Lowest Floor	2.6
Basement		1.8, 2.7, 3.0, 3.4	
Structure of Building		Wall Structure	
Orientation		South, Southeast, Southwest	

또한 본 연구의 취지는 아파트의 리모델링시 에너지절약을 할 수 있는 방법에 중점을 두는 것이므로, 리모델링시 미관개선보다 에너지를 절약할 수 있는 방법에 초점을 맞추어 진행하려한다. 즉 기존의 주어진 조건을 이용하여 에너지를 절약할 수 있는 방법 모색을 위하여, 2장에서 파악한 패시브하우스 요소기술 중에서 기존의 주어진 조건에 적용할 수 있는 패시브적인 요소기술을 Table 5와 같이 선별하였다.

[Table 5] Applicable Passive Contents Solution

Super Insulation	Insulation Walls	●
	Insulation Roof	●
	Insulation Floor	●
	Window Casing, Doors	●
	Window Glazing	●
	Thermal Bridges	●
	Air Tightness	●
Minimal Shape Factor	○	
Heat Recovery / IAQ	Ventilation counter flow air to air heat exchanger	○
	Ventilation air sub-soil heat exchanger	○
	Ventilation ducts insulated	●
	DHW heat recovery	○
	DHW pipes insulated	●
	Minimal space heating	●
	Efficient small capacity heating system	●
Air Quality through ventilation rate	●	
Passive (Solar) Gain	Window Glazing	●
	DHW (solar) heater	○
	Thermal mass within envelope	○
	Solar orientation	X
	Night-time shutters	○
Shading factor [%] (East, West)	X	
Electric Efficiency	Energy labeled household appliances	○
	Hot water connections washing machines / dishwashers	○
	Compact Fluorescent lighting	○
	Regular maintenance ventilation filters	○
	Direct Current motor ventilation	○
Efficient fans: SFP(Specific Fan Power)	○	
On-site Renewables	Solar thermal energy	○
	Wind turbine, Photo Voltaics, Biomass system, Other	○

● suitable, ○ other optional measure, X unsuitable

Table 5를 보면, 향에 관한 항목들은 리모델링 특성상 이미 결정되고 주어진 조건이어서 부적합한 항목으로 나왔고, 기본적으로 적합한 요소기술 항목들은 슈퍼단열과 폐열회수 측면에서 많이 나타났으며 이는 단열에 관한 항목들이다. 또한 패시브하우스 요소기술을 살펴보면 단열기준에 열관류율이 명시되어 있으며, 이는 국내의 현행

건축물 에너지절약설계기준의 지역별 건축물부위의 열관류율 기준과 대조해 보면 Table 6과 같이 많은 차이가 난다.

[Table 6] Comparison of Central Region Building Thermal Transmittance and Passive House Thermal Transmittance

		Domestic	Passive House	
Outer Wall	Direct outside air	≤0.36	≤0.15	
	Indirect outside air	≤0.49	-	
Roof	Direct outside air	≤0.20	≤0.15	
	Indirect outside air	≤0.29	-	
Lowest Floor	Direct outside air	Floor Heating	≤0.30	≤0.15
		Non Floor Heating	≤0.41	≤0.15
	Indirect outside air	Floor Heating	≤0.43	-
		Non Floor Heating	≤0.58	-
Side Wall		≤0.27	≤0.15	
Standard Floor	Floor Heating	≤0.81	-	
	The other Case	≤1.16	-	
Window and Door	Direct outside air	Apartment Housing	≤2.10	≤0.8
		The other Case	≤2.40	≤0.8
	Indirect outside air	Apartment Housing	≤2.80	-
		The other Case	≤3.20	-

Table 6을 보면 국내의 에너지절약설계기준은 패시브하우스 요소기술의 기준보다 전반적으로 2배 이상 높게 나타났다. 따라서 본 연구에서는 다양한 열관류율 대안값 기준을 여러 개 적용하여 에너지절약의 예상치를 조사하고자 하며, 건물에너지효율등급인증제도의 에너지성능평가프로그램을 사용하여 리모델링 아파트의 에너지절감율을 사례에 따라 계산해 보고 등급을 부여하여 연구하려 한다.

4. 열관류율 대안에 따른 에너지절감율 산출

4.1 에너지절감율 산출 및 분석

본장에서는 먼저 패시브하우스 요소기술의 열관류율 기준 값을 적용하여 에너지절감율을 계산해보고 분석하려 한다. 그리고 이에 따르는 여러 개의 대안 값을 도출

하여 에너지절감율을 계산해보고 가장 합리적인 대안을 도출하고자 한다.

벽체의 열관류율에 있어서 단열재가 가장 큰 비중을 차지하며 단열재선정에 있어서는 건축물의 에너지절약설계기준의 단열재 등급분류에서 가등급으로 분류되어 있는 단열재 중에서 선정하였다. 이중 경제적인 측면과 공사현장에서 많이 사용하는 측면에서 고려하여 비드법보온판 2종을 선정하였으며 비드법보온판 2종에서도 단열 성능이 가장 우수한 1호를 채택하고 열전도율은 0.031W/mK이다. 그리고 평가대상 리모델링 아파트 외피 구성의 열관류율 산출에 적용된 재료의 물성치 및 실내외표면 열전달저항은 에너지성능평가프로그램의 기준과 건축물의 에너지절약설계기준을 참조하였다.

[Table 7] Material properties

Material	Thermal Transmittance(W/mK)
Concrete	1.6
Mortar	1.4
Lightweight Foam Concrete	0.16
Cement Brick	0.6
Asphalt Waterproof	0.14
Gypsum Board	0.18
Dampproofing	0.21
Wallpaper	0.21
Insulation	0.031
Rubble Stone	1.6

에너지성능평가프로그램은 총에너지절감율을 구하기 위해서는 먼저 단위공동주택의 에너지절감율과 단위세대의 에너지절감율을 구하여야 하며 단위공동주택의 에너지절감율은 단위세대의 에너지절감율을 토대로 구할 수 있다. 식1~3

$$\text{식1} \quad \text{단위세대의 에너지절감율(\%)} = \frac{\text{표준주택의 단위세대난방에너지-신청주택의 단위세대난방에너지}}{\text{표준주택의 단위세대 난방에너지소요량}} \times 100 + \text{단위세대의 가산항목에 해당하는 절감율}$$

$$\text{식2} \quad \text{단위공동주택의 에너지절감율(\%)} = \frac{\sum(\text{단위세대의 에너지절감율} \times \text{단위세대의 전용면적})}{\text{단위공동주택의 총전용면적}} \times 100 + \text{기타(에너지절약효과가 있다고 인정되는 설계기술의 해당절감율)}$$

$$\text{식3} \quad \frac{\sum(\text{단위공동주택의 에너지절감율} \times \text{단위공동주택의 총전용면적})}{\text{공동주택의 총전용면적}} = \text{총에너지절감율(\%)}$$

또한 단위세대의 에너지절감율은 건물의 개요, 난방공간의 외피열손실 및 태양열취득, 비난방공간의 외피열손실 및 태양열취득 등에 관한 열손실을 계산하여 에너지절감율을 구하며 이를 통하여 5개의 사례에 패시브하우스의 열관류율 기준을 적용하여 에너지절감율을 계산하여 보면 Table 8과 같다.

[Table 8] Energy Saving Rate and Grade at Case

	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5
Saving Rate (%)	55.79	54.61	57.04	57.15	57.61
Grade	1	1	1	1	1

Table 8의 5개의 사례단지는 모두 건물에너지효율등급인증제도의 1등급 조건을 만족한다. 하지만 모든 사례는 패시브적인 요소기술의 열관류율 기준을 맞추기 위해서는 단열재가 200mm까지 두꺼워 지면서 사용하는 공간이 줄어들는 단점이 있다. 그리고 창문 역시 위에서 도출한 패시브적인 요소기술의 기준을 맞추려면 공기층에 아르곤주입하고 로이삼중유리 혹은 로이복층유리 이중창문을 사용해야만 $U \leq 0.8 \text{ W/m}^2\text{K}$ 를 맞출 수 있다. 하지만 열관류율이 낮아지는 만큼 창문의 단가가 너무 비싸지는 단점이 있다.

즉 위에서 도출한 패시브적인 요소기술은 국내의 건물 에너지효율등급인증제도의 등급향상에 있어 1등급의 조건을 만족하지만 공간활용성과 경제성측면에서 2가지 단점이 있으며 이는 국내의 리모델링 프로젝트에 적용하고 제안하기에는 적합하지 않다. 따라서 이를 위하여 새로운 대안이 필요하다.

4.2 새로운 대안 설정

본 절에서는 유럽의 패시브하우스 기준을 최고 수준, 국내의 에너지절약설계기준을 최저 수준으로 설정하고 두 기준의 사이를 4등분하여 1/4지점의 열관류율, 2/4지점의 열관류율, 3/4지점의 열관류율을 각각 도출하였으며, 이를 3개의 대안으로 설정하여 이 기준들을 적용 시 에너지 절감율을 계산하고 비교분석하여 가장 합리적인 대안을 설정하고자 한다.

[Table 9] Thermal Transmittance of Alternatives (W/m²K)

		Domestic	Europe	ALT1	ALT2	ALT3
Wall	Side	≤0.27	≤0.15	≤0.24	≤0.21	≤0.18
	Direct	≤0.36	≤0.15	≤0.30	≤0.25	≤0.20
	Indirect	≤0.49	≤0.15	≤0.40	≤0.32	≤0.23
Roof	Indirect	≤0.29	≤0.15	≤0.26	≤0.22	≤0.18
	Direct	≤0.20	≤0.15	≤0.15	≤0.15	≤0.15
Floor	Indirect	≤0.43	≤0.15	≤0.36	≤0.29	≤0.22
	Direct	≤0.30	≤0.15	≤0.26	≤0.22	≤0.18
Window	Indirect	≤2.80	≤0.80	≤1.55	≤1.30	≤1.05
	Direct	≤2.10	≤0.80	≤1.29	≤1.13	≤0.97

Table 9를 살펴보면 3개의 대안은 전반적으로 4등분한 각각의 값을 적용하였지만, 지붕의 경우 에너지소비실태 조사에 의하면 최상층 층세대가 동일 공동주택에서 가장 많은 난방에너지비용을 지출하는 것으로 조사되었으며, 이는 최상층에 있는 세대의 지붕을 통해 외기로 많은 열이 손실되기 때문이다. 따라서 세대간 열적 불균형을 줄이기 위해서는 기준 이상의 충분한 단열이 이루어질 필요가 있으며, 이에 맞추어 국내의 에너지 절약설계기준에서도 다른 부위에 비해 지붕의 열관류율이 낮게 규정되어 있다. 또한 이 기준은 패시브하우스 요소기술 기준과 대조해 보아도 큰 차이가 없으며 대안에 중간치의 열관류율을 적용한다 해도 큰 변화가 없을 것으로 판단된다. 따라서 본 연구에서는 외기에 직접면한 경우 대안에 패시브적인 요소기술 기준의 열관류율을 적용하려 한다. 그리고 창문은 건축물을 구성하고 있는 구성요소로서 열적으로 가장 취약한 부위로 겨울철 난방비 지출의 가장 큰 요인으로 작용한다. 일반적으로 창호의 열관류율은 벽체의 열관류율에 비해 7배 이상 크며 이는 창호면적 1m²와 벽체면적 7m²가 동일하게 열손실이 이루어지는 것을 의미한다. 때문에 창문의 열관류율 대안에 있어서 조금 더 낮게 도출할 필요가 있다고 판단된다. 따라서 이는 두 기준의 중간치 열관류율과 패시브적인 요소기술 열관류율의 사이를 4등분하여 각각의 값을 적용하려 한다.

4.3 대안에 따른 에너지절감율 산출 및 분석

본 절에서는 본 연구에서 선정한 5개의 사례 중 시기적으로 제일 오래된 1986년에 지어진 청주시 운천동 S아파트를 선정하여 위에서 제안한 3개의 대안 기준을 적용하여 각 대

[Table 10] Energy saving rate and grade in accordance with Alternatives

	Saving Rate	Grade
ALT1	33.52%	2
ALT2	40.35%	1
ALT3	49.18%	1

안의 기준에 따른 에너지절감율을 Table 10과 같이 계산하였고, 대안을 비교분석하여 가장 적합한 대안기준을 도출하려 한다. 이는 제일 오래된 사례가 여러 가지 상황이나 조건상 가장 낙후 할 것으로 판단되어 선정하였다.

대안1 : 대안1에 따른 총에너지절감율은 33.52%로 나타났다으며 이는 에너지효율등급인증제도에서 2등급의 조건인 에너지절감율 30%이상을 만족하고 2등급을 부여받을 수 있다. 또한 대안1의 경우 열관류율 기준을 맞추기 위하여 지붕을 제외한 외피의 각 부위에 단열재 65mm~120mm면 충분하며 창문은 열관류율 기준을 맞추기 위하여 국내에 많이 보급된 복층유리 이중창문으로 충분히 해결할 수 있다.

대안2 : 대안2에 따른 총에너지절감율은 40.35%로 나타났다으며 이는 에너지효율등급인증제도에서 1등급의 조건인 에너지절감율 40%이상을 만족하고 1등급을 부여받을 수 있다. 또한 대안2의 경우 열관류율 기준을 맞추기 위하여 지붕을 제외한 외피의 각 부위에 단열재 85mm~140mm면 충분하며 창문은 열관류율 기준을 맞추기 위하여 외기에 간접 면하는 경우 단가가 높은 로이유리를 적용하지 않아도 된다. 하지만 외기에 직접 면하는 경우 대안2의 기준을 맞추기 위하여 열관류율이 낮은 로이유리를 적용해야한다.

대안3 : 대안3에 따른 총에너지절감율은 49.18%로 나타났다고 이는 에너지효율등급인증제도에서 1등급의 조건인 에너지절감율 40%이상을 만족하고 1등급을 부여받을 수 있다. 하지만 대안3의 경우 열관류율 기준을 맞추기 위해서 지붕을 제외한 외피의 각 부위에 단열재 125mm~165mm를 넣어야 하며 창문 역시 대안3의 열관류율 기준을 맞추기 위하여 외기에 직접 면하는 경우와 외기에 간접 면하는 경우 모두 단가가 높은 로이유리를 적용하여야 한다.

위에서 도출한 3개의 대안은 공간활용성, 경제성 및 총에너지절감율측면에서 각각의 장점과 단점이 있다. 즉 대안1은 3개의 대안 중 공간활용성과 경제성측면에서 가장 합리하나 총에너지절감율이 가장 낮게 나오며 이는 에너지효율등급인증제도에서 2등급의 조건밖에 만족을 못한다. 그리고 대안2는 3개의 대안 중 공간활용성과 경제성측면에서 대안1보다 낮은 수준이나, 이는 어느 정도 감안할 수 있는 수준이며 총에너지절감율은 3개의 대안 중 중간치 값으로 나왔으나 이는 에너지효율등급인증제도에서 1등급의 조건을 만족할 수 있다. 마지막으로 대안 3은 3개의 대안 중 공간활용성과 경제성측면에서 가장 부적합하나 총에너지절감율은 3개의 대안 중 가장 높게 나왔다. 따라서 본 연구에서는 공간활용성, 경제성 및 총에너지절감율측면에서 고려하여 대안2를 가장 합리적인

대안으로 선정하고자 하며, 이는 대안1 보다 공간활용성과 경제성측면에서 조금 떨어지나 어느 정도 감안할 수 있으며, 대안3 보다 총에너지절감율은 낮게 나오지만 에너지효율등급인증제도에서 1등급의 조건을 만족할 수 있다.

Table 11은 본 절에서 가장 합리적인 방안으로 선정된 대안2의 가능성을 알아보기 위하여, 대안2의 열관류율 기준에 의해서 나머지 사례에 대한 에너지절감율을 산출한 결과이다.

[Table 11] Energy Saving Rate and Grade at Case

	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5
Saving Rate (%)	40.35	41.56	43.39	41.15	43.00
Grade	1	1	1	1	1

Table 11을 살펴보면 모든 사례의 에너지절감율은 40% 초반대로 산출되어 건물에너지효율등급인증제도에서 1등급의 조건을 만족하고 1등급을 부여받을 수 있다. 따라서 본 연구에서는 국내의 공동주택 리모델링 프로젝트에 에너지를 절약할 수 있는 합리적이며 현실적인 방법으로 대안2의 열관류율 기준을 제시하고자 한다.

5. 결론

본 연구에서는 2020년까지 리모델링을 하는 국내 아파트에 대비하여 해외 패시브하우스에 적용된 에너지절약을 위한 기술들에 대해 알아보고, 이를 통하여 국내에 적용 가능한 3개의 열관류율 대안을 도출하였다. 그리고 이를 적용 시 에너지절감율을 비교 분석하여 합리적으로 적용가능한 열관류율 기준을 아래의 Table 12와 같이 도출하였다.

[Table 12] Rational Alternative Criterion

		Current Criterion (W/m ² K)	Alternative Criterion (W/m ² K)
Wall	Side	U ≤ 0.27	U ≤ 0.21
	Direct outside air	U ≤ 0.36	U ≤ 0.25
	Indirect outside air	U ≤ 0.49	U ≤ 0.32
Roof	Indirect outside air	U ≤ 0.29	U ≤ 0.22
	Direct outside air	U ≤ 0.20	U ≤ 0.15
Floor	Indirect outside air	U ≤ 0.43	U ≤ 0.29
	Direct outside air	U ≤ 0.30	U ≤ 0.22
Window	Indirect outside air	U ≤ 2.80	U ≤ 1.30
	Direct outside air	U ≤ 2.10	U ≤ 1.13

Table 12는 위에서 도출한 3개 대안 중 대안2의 기준 값이며 이는 대안1 보다 공간활용성과 경제성측면에서 조금 떨어지나 어느 정도 감안할 수 있고 대안3 보다 총 에너지절감율은 낮게 나오지만 에너지효율등급인증제도에서 1등급의 조건을 만족할 수 있어 현실적으로 적용 가능한 기준으로 도출하였다. 따라서 본 연구에서는 대안2의 열관류율 값을 국내에서 추진되는 아파트 리모델링 프로젝트에 제안하고자 한다.

References

- [1] www.kemco.or.kr
- [2] Passivhaus Institute
- [3] passipedia.passiv.de
- [4] Promotion of European Passive Houses(PEP), Passive Houses Solution, 2006.05
- [5] www.kemco.or.kr/building/v2/
- [6] Tae-Hee Lee, Eung-Hyun Lee, Deog-seong Oh, The Study on the Critical Improvement needs and Regeneration elements in old Apartment estate, Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 13, No. 9, 2012
- [7] Chan-Kyu Lee, Woo-Tae Kim, Heating and Cooling Energy Demand Analysis of Standard Rural House Models, Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 13, No. 8, 2012
- [8] Tae-Hee Lee, Min-Ki Hong, Deog-seong Oh, A Study on Application of Green Media for Low-Carbon, Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 13, No. 6, 2012
- [9] Kyu-Duhk Seo, A Study on Localized Modernism of the Case Study Houses, Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 13, No. 9, 2012

김 송 도(Song-Do Kim)

[정회원]



- 2008년 8월 : 충북대학교 대학원 건축공학과 (공학석사)
- 2011년 8월 : 충북대학교 대학원 건축학과 (박사과정수료)

<관심분야>

건축설계, 환경친화건축

이 상 훈(Sang-Hoon Lee)

[정회원]



- 1992년 8월 : 서울대학교 대학원 건축학과 (석사)
- 2003년 8월 : 서울대학교 대학원 건축학과 (박사수료)
- 1992년 9월 ~ 2000년 1월 : 서울건축, 경영위치, 한길종합건축 사사무소근무
- 2001년 9월 ~ 현재 : 충북대학교 건축학과 교수 재직

<관심분야>

건축설계, 환경친화건축