

창호 리트로피트를 통한 에너지 절감 및 실내 열 환경 개선 효과 분석에 관한 연구

정진우 · 주정훈[†] · 조동우

한국건설기술연구원, 국민생활연구본부

Energy Saving Effect and Improvement of Indoor Thermal Environment through the Window Retrofit

Jeong Jin-Woo · Ju Jung-Hoon[†] · Cho Dong-Woo

Department of Living and Built Engineering Research, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology

[†]Corresponding author: jujunghoon@kict.re.kr

Abstract

The goal of this study is to retrofit the windows of residential buildings and to activate the green remodeling by verifying energy saving and indoor thermal environment. As a result of analysis of the energy saving effect of 458 units window retrofits, it was possible to reduce the energy requirement by 48.20% ~ 54.97%. According to the improvement on indoor environment, it was possible to operate by reducing heating temperature and supply time. The actual gas consumption of the heating period was reduced by 25% compared with that of the window retarder to save 28,968 thousand won of heating energy cost. Resident's satisfaction surveys were conducted one year after window retrofit. More than 80% of the respondents answered that they satisfied the improvement on window performance, indoor thermal environment and indoor sound environment. As a result, we verified the energy saving effect and the improvement on the indoor environment through window retrofits.

Keywords: 창호리트로피트(Window retrofit), 그린리모델링(Green remodeling), 실내열환경(Indoor thermal environment), 에너지절약(Energy conservation)

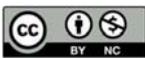
1. 서론

1.1 연구의 목적

2017년 기준 전국의 건축물 동수는 710만 여 동으로 그중 준공된 지 30년 이상된 노후 건축물은 260만 동으로 주거용 건물이 45.3%으로 가장 많고 상업용 건물은 24.9%인 것으로 조사되었다.¹⁾ 이처럼 30%가 넘는 노후 건물로 인하여 야기되는 에너지 낭비를 막고

1 전국 건축물 총 7,126,526동/36억 4천 1백만², 보도자료, 국토교통부, 2018.2, p.118.

 OPEN ACCESS



Journal of the Korean Solar Energy Society
Vol.38, No.3, pp.29-36, June 2018
<https://doi.org/10.7836/kjes.2018.38.3.029>

pISSN : 1598-6411

eISSN : 2508-3562

Received: 23 April 2018

Revised: 17 June 2018

Accepted: 20 June 2018

Copyright © Korean Solar Energy Society

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution NonCommercial License which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

쾌적한 실내 환경 구현을 통한 삶의 질 향상을 목적으로 다양한 방법을 통한 그린리모델링이 보편화되고 있다. 이를 위하여 국토교통부는 에너지 절감을 위한 그린리모델링 활성화를 위하여 그린리모델링 이차지원사업을 추진하고 있으며 성능개선 비율에 따라 최대 3%의 공사비 이자를 지원하는 등 다양한 정책적 지원이 지속되고 있다.

에너지 절약 측면에서 노후건물의 외피 단열 성능 개선은 가장 우선시되는 항목이라 할 수 있다. 특히 창호와 같이 건물의 외피에서 큰 비중을 차지하는 노후된 창호는 열손실에 취약하여 리모델링을 통한 에너지 절감효과가 매우 크게 나타난다.²⁾ 따라서 본 연구에서는 노후 건물의 창호 그린리모델링 실증을 통하여 에너지소요량과 실내 열 환경을 분석하고 그에 따른 효과를 검증하여 그린리모델링 활성화에 기여하고자 한다.

1.2 연구 방법 및 절차

그린리모델링 실증 시범사업 수행을 위하여 건물 용도 중 가장 높은 비중을 차지하고 있는 주거용 건물에 대한 창호 리트로피트 공사를 수행한다. 이에 따른 에너지 절감률 분석을 위하여 ECO2-APT를 사용하여 에너지소요량을 산정한다. 또한 에너지 절감 검증을 위하여 난방기간의 가스 사용량 비교를 통한 실제 에너지 절감률을 분석하고 재실자 만족도 조사를 통하여 실내 환경 개선여부를 확인한다.

2. 그린리모델링 사례 분석

Jeong (2012)³⁾에서는 노후 주택에 대하여 창호 교체, 벽체 단열 개선 그린리모델링을 수행하여 대상건물의 규모에 따른 에너지 절감 효과를 분석하였다. 에너지 절감 효과는 공사 금액과 가구 면적에 따른 에너지 절감률을 산출하여 소규모 주택에 대한 효율적인 그린리모델링이 수행 될 수 있도록 하는 기초자료로 활용될 수 있도록 하였다. 그러나 대상 건물의 설계도서 미비와 그린리모델링 공사 전 벽체와 창호에 대한 상세 현황 파악이 불가능하였기 때문에 시뮬레이션을 통한 에너지 절감효과 분석에 한계점이 발생할 수밖에 없었으며 현장 여건에 따라 실내 열 환경에 대한 측정이 이루어지지 못하였다.

이에 본 연구에서는 내부 환경의 통제 및 측정이 가능한 대상 건물 내에 창호 공사 유무에 대한 에너지소요량과 실내 열환경을 비교할 수 있도록 하여 창호 리트로피트에 따른 효과 분석을 수행하였다.

3. 창호 리트로피트 설계 및 사전평가

3.1 창호 리트로피트 설계

창호 리트로피트 대상 건물은 서울에 위치하고 있으며 1999년에 준공된 지하 3층, 지상 13층의 460세대 기숙사용 건물이다. 건물의 냉·난방은 도시가스 흡수식 냉·온수기를 사용하고 있으며 건물 개요 및 현황은 Table 1과 같다. 건물 내 각 세대의 창호 비율은 약 52%로 넓은 면적을 차지하고 있으며 열손실과 기밀성이 취약한 알루미늄

2 기존 공동주택의 그린리모델링 추진방향, 건설기술, 2013.6, p.33-40.

3 노후주택의 리트로피트를 통한 에너지 성능개선 효과 분석, 대한건축학회논문집, 2012.12, p.427-434.

높 단창이 설치되어 있어 난방기 실내온도 저하로 인한 재실 쾌적도가 매우 낮은 상태였으며 난방기 일사 유입에 인하여 난방수요가 과대하게 이루어지고 있음을 알 수 있었다.

Table 1 Building overview and specification

Item	Detail
Floor area	20,453.98 m ² / B3 ~ 13F / 458 Units
Classification	Dormitory
Structure type	Reinforced concrete
Window	Glazing: 5 mm Clear + 6 mm Air + 5 mm Clear / Frame: Aluminum sliding
Wall	Concrete + 50 mm Insulation + Dryvit
Completion date	1999. 03. 13

3.2 리트로피트 적용 창호

본 리트로피트에 적용한 창호는 Fig. 1과 같이 기존 알루미늄 단창을 유지하고 실내 측 창틀에 22 mm 복층유리를 사용한 단열 창호를 추가 설치하는 방식을 사용하여 공사 기간 동안 재실 상태를 유지 하면서 불편을 최소화 할 수 있도록 하였다.⁴⁾ 적용 창호의 성능은 열관류율 4.0 W/m²K인 기존 알루미늄 단창과 결합될 경우 1.64 W/m²K의 성능이 구현되도록 설계하였으며 기존 창호와 신규 창호의 사이에 알루미늄 블라인드를 시공하여 난방기 동향 및 서향 세대의 직달일사를 차단하여 난방에너지 절감을 도모하였다(Table 2 참조).

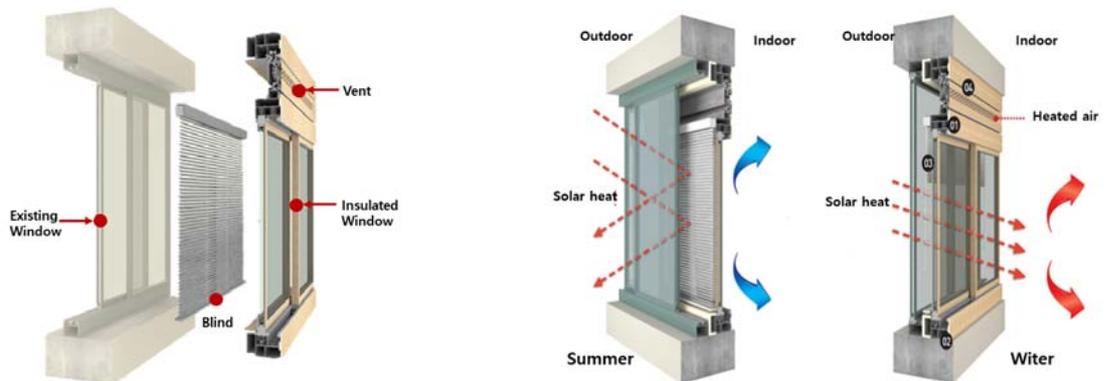


Fig. 1 Concept of retrofit window

Table 2 Improved performance through window retrofit

	Performance	Before	After
Winter	Thermal transmittance (W/m ² K)	4.0	1.64
	Air tightness	low	High
Summer	SHGC	0.5	0.1~0.4

4 건물외피 시스템의 그린리모델링 최적화 기술 개발, 한국건설기술연구원, 2015.12, pp.9-14.

3.3 창호 리트로피트에 따른 에너지 소요량 분석

대상건물의 창호 리트로피트 계획 단계에서 열성능 개선에 따른 에너지 절감효과의 사전 파악을 위하여 주거용 공동주택의 난방에너지 성능평가 프로그램인 ECO2-APT로 난방에너지 소요량 산출을 위한 시뮬레이션을 실시하였다. 대상건물의 각 단위세대를 3가지 타입(TYPE-A, TYPE-B, TYPE-C)으로 구분하여 총 458세대의 난방에너지 소요량을 계산하여 창호 리트로피트 유무에 대한 에너지 절감률을 산출하였다(Fig. 2, Table 3 참조).

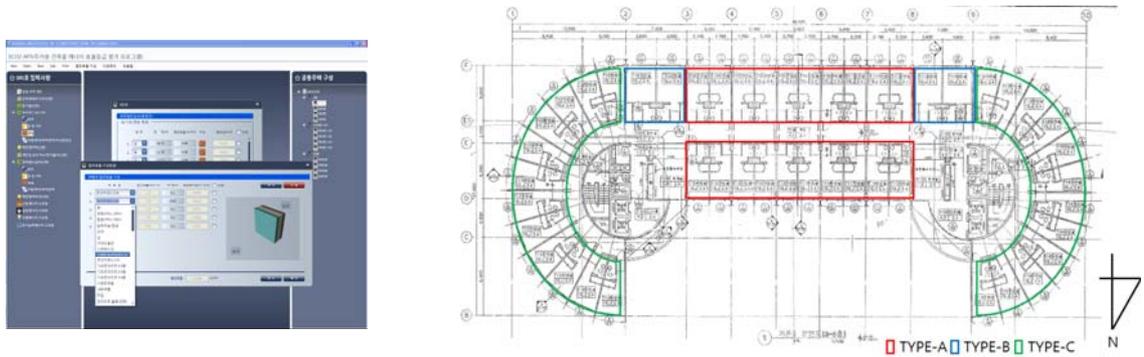


Fig. 2 ECO2-APT (left), Types for simulation (right)

Table 3 Simulation setting conditions⁵⁾

Item	Value	Note
Set temperature	20°C	
Ventilation rate	0.5/h	Natural ventilation
Floor area (unit)	16.2 m ²	2.7 m × 6 m
Floor height	2.8 m	Ceiling height 2.4 m
Window area	3.60 m ²	Sliding window
Window thermal transmittance	Existing : 4.0 W/m ² K	Retrofit: 1.64 W/m ² K
Wall area / Thermal transmittance	3.96 m ² 0.58 W/m ² K	Dryvit insulation
Shade (horizontal)	H: 0.5 m V: 2.08 m	
Shade (vertical)	H: 0.5 m V: 2.80 m	
Wall area (corridor)	5.36 m ²	No heat loss from corridor
Door	2.20 m ²	No heat loss from door
Boiler efficiency	80%	Absorption chillerheater

Table 4는 대상건물의 세대 타입별 난방에너지 성능평가 결과를 나타낸 것이다. 세대의 향과 바닥면적에 따라 최소 48.20%, 최대 54.97%로 타입별 평균 50.67%의 난방에너지 절감이 가능한 것으로 분석되었다. 이는 창호의 열관류율이 4.0W/ m²K에서 1.64W/ m²K로 크게 증가 하였으며 기숙사로 사용되는 건물 특성상 세대 바

5 건축물의 에너지절약설계기준, 한국에너지공단, 2017.

단면적이 15.6 ~ 21.6 m²으로 소형 세대인데 반해 창호면적이 3.60 m²으로 창면적비가 상대적으로 높은 조건을 가지고 있어 에너지 절감폭이 매우 크게 나타난 것으로 분석되었다. 세대의 향에 따른 에너지 절감률은 북향 세대가 남향 세대에 비하여 높게 나타났는데 북향 세대는 주간 일사에 의한 난방효과가 상대적으로 적고 창호 단열성능 개선에 의한 실내 열손실이 크게 감소되었기 때문이다.

Table 4 Results of heating energy simulation by type

Type		Type-A		Type-B		Type-C		
Orientation		South	North	South	Northwest	Southwest	Northeast	Southeast
Unit Area (m ²)		16.2	16.2	21.6	15.6	15.6	15.6	15.6
Unit		120	110	48	36	54	36	54
Heating energy	Before (kWh/m ²)	89.60	93.16	105.23	137.22	127.17	136.86	128.52
	After (kWh/m ²)	49.25	50.07	53.77	66.14	62.83	66.53	62.57
	Reduction (%)	54.97	53.75	51.10	48.20	49.41	48.61	48.69
Heating energy cost (1,000 KRW)	Before	15,673	14,938	9,817	6,934	9,639	6,916	9,741
	After	8,615	8,029	5,016	3,342	4,763	3,362	4,743
	Reduction	7,058	6,909	4,800	3,592	4,876	3,554	4,998
Total cost reduction (1,000 KRW)				35,788				

시뮬레이션을 통한 난방에너지 분석 결과를 바탕으로 대상 건물에 적용된 흡수식 냉·온수기에서 사용되는 도시가스비용으로 환산⁶하여 연간 난방에너지 비용을 산출하였다. 산출한 연간 난방에너지 비용은 개수 전 73,657천 원에서 개수 후 37,869천 원으로 연간 약 35,788천 원의 절감이 가능한 것으로 분석되었다.

4. 창호 리트로피트에 따른 에너지 절감 및 실내 환경 개선 효과 분석

4.1 에너지 사용량 분석 개요

대상건물은 458세대에 모두 창호 리트로피트를 수행하였기 때문에 리트로피트 전과 후에 대한 가스 사용량 검침 결과를 통해 건물 전체에서 사용되는 실제 에너지 절감효과를 파악할 수 있다. 앞서 수행한 시뮬레이션 결과에 따라 기존 창호 세대(이하 BC세대)와 창호 개선 세대(이하 GR세대) 간(Fig. 3 참조)의 에너지 소요량 비교를 통하여 단열효과에 의해 난방 공급 온도를 낮추고 보온효과에 의해 난방 운전 시간을 줄일 수 있는 것으로 파악되었다. 따라서 중앙제어반에서 냉·난방 운전 시간을 외기온도에 따라 30분 ~ 1시간 단축하여 운영하고 공급 온도는 약 5 K를 낮추어 난방수를 공급하여 난방기간 동안 운영하여 해당 기간의 실제 에너지 절감효과를 분석하였다.

⁶ 난방용 가스 설정 단가: 984.1원/Nm³, 설정 열량: 43.310 MJ/Nm³ (2014년 11월 서울 도시가스 단가 참조)



Fig. 3 Existing window (left), Retrofit window (right)

4.2 에너지 사용량 절감 효과 분석

Fig. 4와 Table 5는 난방에 소비된 도시가스 사용량 검침결과와 도시가스 요금을 나타낸 것이다. 11월부터 4월까지 이루어진 난방기간의 도시가스 사용량은 102,563 m³에서 77,683 m³으로 약 25%가 절감되었으며 이를 도시가스 사용에 따른 절감 금액으로 산출하면 창호 리트로피트에 따라 28,968천 원이 절감된 것으로 나타났다. 이때 공사비용에 대한 회수 기간은 약 11년7인 것으로 분석된다. 앞선 시뮬레이션 결과에 따른 난방에너지 절감 금액은 35,788천 원으로 약 19%의 차이가 발생하였다. 이는 시뮬레이션 수행 시 세대 출입문의 기밀성 저하로 인한 복도로의 열손실이 반영되지 않았고 창호 교체 이후 공급온도와 공급시간을 줄였음에도 불구하고 단열성능 개선에 의하여 실내 온도가 2~3 K 높은 상태에서 운영한 결과로 분석된다. 따라서 본 창호 리트로피트 수행에 따라 난방 공급온도와 공급 시간을 줄일 수 있었으며 실제 건물 운영을 위한 에너지 비용 절감 효과를 가져온 것을 확인하였다.

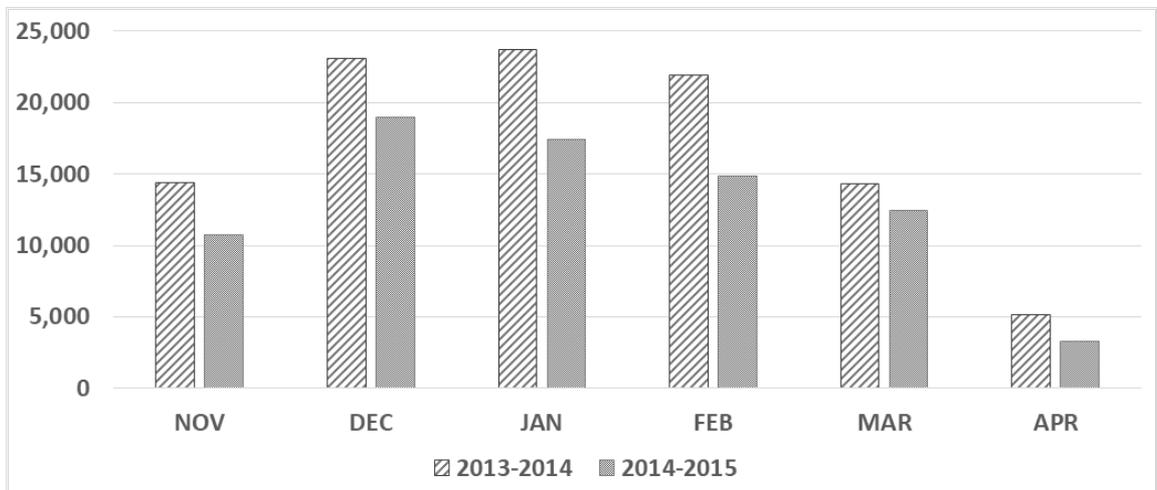


Fig. 4 Gas consumption (Nov~Apr)

7 창호 공사비용 400,000천 원, 연간 에너지 절감금액 36,000천 원 기준

Table 5 Gas consumption before and after retrofit

Gas consumption / cost		NOV	DEC	JAN	FEB	MAR	APR	TOTAL
2013-2014	Gas consumption (m ³)	14,354	23,083	23,696	21,953	14,341	5,136	102,563
	Cost (1,000 won)	14,428	23,212	25,115	22,264	14,831	5,339	105,189
2014-2015	Gas consumption (m ³)	10,702	18,997	17,422	14,877	12,408	3,277	77,683
	Cost (1,000 won)	11,097	19,674	17,040	14,508	10,982	2,920	76,221

4.3 거주환경 만족도 분석

대상건물은 알루미늄 단창의 노후화로 인하여 동계 열손실로 인한 실내 열환경의 쾌적도가 낮아 재실자의 불편함이 높은 상태였으며 이의 개선을 위하여 창호 리트로피트를 수행하였다. 공사수행 이후 1년이 지난 후 1년 이상 거주하여 거주환경 개선 여부를 파악 가능한 세대를 대상으로 설문조사를 시행하였으며 총 65명이 설문 응답하였다. Fig. 5와 같이 창호 리트로피트에 대하여 종합 만족도, 실내 열 환경 만족도, 실내 음 환경 만족도로 구분하여 설문을 실시하였으며 전체적인 만족도에 대하여 설문 응답자의 88%가 매우 만족하거나 만족하는 것으로 응답하였으며 실내 열 환경은 하계 74%, 동계 83% 개선이 이루어졌다고 응답하여 창호 단열성능 향상과 내부 블라인드 설치로 인하여 하계 일사열 차단 효과 등 창호 리트로피트를 통하여 실내 열 환경이 현저히 개선됨을 파악할 수 있었다. 또한 큰 길가에 위치한 대상건물의 환경 여건 상 외부 소음에 취약한 것으로 판단되어 창호 개수 유무에 따른 현장 소음 측정을 실시하였으며 창호 리트로피트에 따른 복층화로 인하여 개수 전 34.7 dB에서 개수 후 23.3 dB로 줄어든 것을 알 수 있었으며 이와 같이 실내 음 환경 개선 설문 응답자의 82%가 개선되었다고 응답하여 전체적인 만족도가 높게 나타났음을 알 수 있었다.

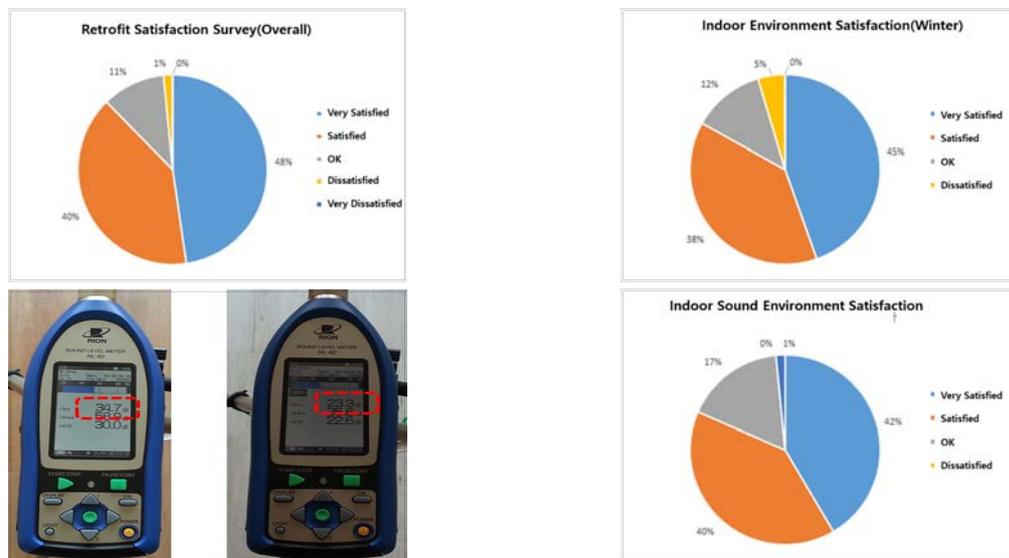


Fig. 5 Resident satisfaction survey

5. 결론

주거용 건물의 창호 노후화로 인한 에너지 절감, 실내 열 환경 개선 및 쾌적도 향상을 목적으로 창호 리트로피트를 실시하였으며 이에 따른 에너지 절감 효과 및 실내 환경을 분석하였다. 분석된 결과를 통하여 주거용 건물에서의 창호 단열성능 개선을 통한 리트로피트 수행에 따른 다양한 효과를 검증함으로써 실증자료로 제공되어 그린리모델링 활성화를 위한 기초자료로 활용이 가능하게 하고자 한 본 연구의 결론은 다음과 같다.

- (1) 주거용 건물의 창호 노후화로 인한 에너지 손실 방지, 실내 열 환경 개선 및 재실 쾌적도 향상을 목적으로 458세대에 대한 창호 리트로피트를 수행하였으며 창호 성능 개선에 따라 세대 타입별 에너지 소요량은 최소 48.20%, 최대 54.97%의 절감이 가능한 것으로 분석되었다.
- (2) 실내 열 환경 개선에 따라 난방공급온도와 공급 시간을 줄여 운영이 가능하였으며 실제 에너지 사용량 검측 결과 난방기간의 도시가스 사용량은 창호 리트로피트 전과 비교하여 약 25%가 줄어 28,968천 원의 난방 에너지 비용을 절감할 수 있었다.
- (3) 실 거주자를 대상으로 창호 리트로피트 만족도 설문조사 결과 응답자 65명 중 88%의 응답자가 매우 만족 또는 만족한다고 응답하였으며 응답자의 83%가 실내 열 환경이 개선되었다고 응답하였고 82%의 응답자가 실내 음환경이 개선되었다고 응답하여 창호 리트로피트를 통한 실내 환경이 개선되어 재실 쾌적성이 향상되었음을 입증하였다.

후기

본 연구는 한국건설기술연구원 주요사업 국가 온실가스 감축 대응을 위한 그린리모델링 핵심기술 및 지원 정책 개발 연구의 일환으로 수행되었음(과제번호: 20180032-001).

REFERENCES

1. Total 7,126,526 buildings, 3,641 Million Square Meters of National Buildings, Press Release, Ministry of Land Infrastructure and Transportation, pp.118, 2018.
2. Park, C. Y., Direction of Green Remodeling of Existing Apartment House, Construction Technology Ssangyong, Vol. 67, pp. 33-40, 2013.
3. Jeong, J. W., Cho, D. W., Mok, S. S., Park, A. R., and Park, K. S., An Analysis of Energy Performance Improvement by Retrofit in Deteriorated Houses, Journal of the Architectural Institute of Korea, Vol. 28, No. 12, pp. 427-434, 2012.
4. Development of Core Technology & Policy on Green Remodeling for Reduction of Greenhouse Gas, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, KICT 2015-176, 2015.
5. Energy Conservation Design Standard Guidebook of Building, Korea Energy Agency, 2017.