



## 공동주택의 그린 리모델링을 위한 외피시스템 환경영향 DB 구축에 관한 연구

### *A Study on the Establish Environmental Impact of Database of the Envelope System for Green Remodeling of Apartment Housing*

이종건\* · 태성호\*\* · 채창우\*\*\* · 김낙현\*\*\*\*

Lee, Jong Geon\* · Tae, Sung Ho\*\* · Chae, Chang-U\*\*\* · Kim, Rak Hyun\*\*\*\*

\* Dept. of Architectural Engineering, Hanyang Univ., South Korea (jongyoo125@hanmail.net)

\*\* Corresponding author, School of Architecture & Architectural Engineering, Hanyang Univ., South Korea (jnb55@hanyang.ac.kr)

\*\*\* Coauthor, Dept. of Architectural Engineering, Hanyang Univ., South Korea (redwow6@hanyang.ac.kr)

\*\*\*\* Coauthor, Dept. of Researcher, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, South Korea (cuchae@kict.re.kr)

#### ABSTRACT

**Purpose:** In order to improve the energy performance of existing buildings, so actively promoted green remodeling business. Also, improvement of the performance of envelope system of apartment housing is an absolute. The purpose of implementation of the data base and application plan of the envelope system for green remodeling of apartment housing. **Method:** For this study, It proposed a classification system of green remodeling envelope system constructed actual to select the applicable representative method and input material of apartment housing for green remodeling. In this study, divided into construction waste processing stage and production phase of the material for the boundary of the system, and implementation the classification system of the envelope system for applicable green remodeling. For this, established 6 environmental impact categories database. **Result:** As a result of various suggestions were available for case study research, alternative combinations of existing combinations than six kinds of environmental impact insulation system with superior input materials combining 96 kinds, window system, 12 kinds for determining the applicability of the established database. Depending on the account for a large proportion if compared to the detailed analysis of the environmental impact resulting from the production phase and disposal phase was analyzed that the operating management of the necessary input materials. Is considered that the economic performance and integrated energy performance required by the applicable public housing green remodeling evaluation techniques considered for future improvements insulation sheath.

#### KEYWORD

외피시스템  
그린 리모델링  
데이터베이스  
공동주택

Envelope System  
Green Remodeling  
Database  
Apartment Housing

#### ACCEPTANCE INFO

Received July 25, 2016  
Final revision received Sep 23, 2016  
Accepted Sep 28, 2016

© 2016 KIEAE Journal

## 1. 서론

기후변화 대응을 위한 각종 탄소 중심의 환경정책들이 시행되고 국가 수준의 산업 활동에 따른 환경부하 저감의 필요성이 대두되고 있다. 이에 정부에서는 신 기후변화체제에 대비하기 위해 자발적 환경부하 감축목표인 INDC(Intended Nationally Determined Contributions)에 2030년 BAU대비 37%의 온실가스 배출량 감축 목표를 공시하였다. 국내와 같이 산업화가 완료된 단계에 있는 국가 일수록 산업부문보다는 건축물부문에서의 환경부하 배출 비중이 크게 증가하는 경향을 보인다. 현재 건축물 에너지소비에 따른 환경부하가 점차 늘어나고 있는 추세로, 신축 건축물에 대한 에너지 절감뿐만 아니라 전체 건축물의 70%를 차지하는 기존 건축물에 대한 에너지 절감감이 불가피한 상황이다. 건축물은 전과정에 걸쳐 많은 에너지를 소모하게 되는데, 건축물의 자재생산단계와 운영단계에서 투입

된 에너지를 포함할 경우 국내 연간 에너지소비량의 37%를 차지하게 된다. 그 중 대표적 주거용 건축물인 공동주택의 경우 건축물 연간 에너지소비량의 약 40%를 차지할 정도로 전과정에서의 공동주택의 에너지 차지 비율이 매우 크다.<sup>1)</sup> 공동주택의 에너지소비는 외기에 직접 면하는 외피에 의해 대부분 발생되는데, 그린 리모델링을 통한 공동주택의 에너지 효율 향상을 위해서는 노후화된 외피 성능 개선이 절대적이다. 하지만, 대부분의 공동주택 그린 리모델링에 관한 연구가 비용편익이 낮은 신재생에너지 기술, 운영단계의 에너지 소비량 등의 연구에 집중되어 그린 리모델링 시 투입되는 건축자재들을 고려한 내재에너지 관점의 평가가 부족한 실정이다. 또한, 공동주택의 외피시스템 개선 시 최적 대안을 지원하기 위한 투입 건축자재의 환경영향 DB 구축 및 적용 가능한 평가기술에 대한 연구는 아직 미비한 실정이다.<sup>2)</sup>

1) Tae, Sung-Ho., Shin, Sung-Woo, Current work and future trends for sustainable buildings in South Korea. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2009

2) 이종건, 태성호, 김낙현, "공동주택 그린 리모델링을 위한 외피시스템의 환경영향 DB 구축에 관한 연구", 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 제 36권 제 1호, 2016 //

따라서 본 연구에서는 공동주택의 그린 리모델링을 위한 외피시스템의 환경영향 DB 구축을 목적으로 하였으며, 사례분석 연구를 통해 본 연구에서 제안한 환경영향 DB의 적용가능성을 검토하였다. 이를 위해 실제 공동주택 그린 리모델링시 적용가능한 대표공법 및 대표투입자재를 선정하여 구축한 그린 리모델링 외피시스템 분류체계를 제안하였다. 대표투입자재의 경우 공동주택을 대상으로 한 그린 리모델링 사례 16종의 단열마감상세도 및 공사내역서를 분석하여 선정하였으며, 외피시스템에 적용되는 투입자재에 대해 지구온난화, 자원고갈, 산성화, 부영양화, 오존층파괴, 광화학적산화물 등 6가지 환경영향 범주별 특성화 평가를 수행하였다. 신뢰성 있는 환경영향 평가를 위해 국제표준 ISO21930(건축제품의 환경성선언), ISO 14040s(전과정 평가), 유럽지역표준 EN 15804에 근거하여 환경영향 DB를 구축하였다. 또한, 구축된 데이터베이스를 바탕으로 실제 그린 리모델링이 적용된 공동주택 사례를 통해 기존 노후공동주택의 외피시스템 리모델링 방식에 따른 세부 투입자재에 대한 환경영향 평가를 실시하고, 기존 노후공동주택 그린 리모델링공사가 실시된 사례를 통해 적용가능성 검토를 실시하였다.

## 2. 그린 리모델링 외피시스템 기술 동향

### 2.1. 그린 리모델링 대표기술 분석

그린 리모델링은 건물의 에너지 효율을 개선하기 위해 에너지소비량을 감축하거나 친환경 건축기준에 적합하도록 대수선 또는 일부를 증축하는 행위를 말한다. 국내외 그린 리모델링에 적용되는 대표기술에 대한 기존문헌 고찰을 통해 크게 자원저감형기술, 에너지저감형기술, 환경부하저감형기술, 설계확장형기술등이 적용되는 것으로 나타났다. 또한, 실제 그린 리모델링 사례분석 결과 <표 1>과 같이 가장 빈도가 높은 대표기술로써 건축분야, 설비분야, 신재생분야로 구분이 가능하였다. 공동주택 외피의 경우 환경부하저감에 있어서 많은 영향을 차지함에 있음에도 대부분 에너지성능개선에 따른 경제성능에 관한 연구가 대부분 이루어지고 있으며, 실제 그린 리모델링 요소기술은 다양하게 제시되고 있지만 실제 적용가능한

그린리모델링 투입자재에 따른 분류체계 및 데이터베이스 구축에 대한 연구는 미비한 것으로 분석되었다.<sup>3)</sup>

### 2.2. 그린 리모델링 외피시스템 분석

본 연구에서는 그린 리모델링 외피시스템 분석을 위하여 대상건물을 공동주택으로 선정하였다. 공동주택의 경우 외피부하 지배형 건물로 에너지효율을 위해서는 패시브요소인 외벽 및 창호에 대한 성능개선이 무엇보다 중요하다. 공동주택 외벽단열은 크게 내단열과 중단열, 그리고 외단열로 구분할 수 있다. 국내의 경우, 에너지성능기준 강화에 따라 열교를 근원적으로 차단할 수 있는 외단열을 적용한 경우 면적비율에 따라 에너지성능지표(EPI, Energy Performance Index) 계산시 가점을 주는 등 외단열의 적용을 권장하고 있다. 외단열 공법은 <표 2>과 같이 크게 구조체 접합방식에 따라 습식, 건식, 통기식으로 분류된다. 습식공법의 경우 접착제를 이용하여 부착하는 방식이며 건식공법은 트랙이나 스타터 같은 보강철물을 이용하여 시공되는 공법으로, 공동주택과 같은 고층건물에 대한 고려 시 습식공법의 경우 보강재를 추가적으로 고려하여 시공해야한다. 국내의 단열공법 시방서의 경우 KS 및 LH시방서, 유럽 ETAG 및 DIN의 조건에 따른 규정이 제시되고 있지만 실제 국내 단

Table 2. Insulation system classification method and application status

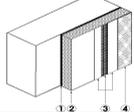
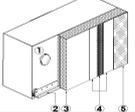
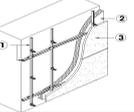
Division	Classification by insulation adhesive type of the structure		
	Wet type	Dry type	Vent type
Concept view			
Input material	① Adhesive	① Adhesive	① Adhesive
	② Insulation material	② Track	② Insulation material
	③ Reinforcement mesh	③ Insulation material	③ Finishing material
	④ Finishing material	④ Reinforcement mesh	-
Apply location	Exterior wall	Exterior wall	Stone exterior wall finish
Remark	Adhesive type (fasteners, studs) High-rise section can be constructed through wet type	Track type High-rise section of apartment houses can be constructed	Low-rise section of apartment houses

Table 1. Green Remodeling representative component technology selection

Division	Architectural sector		Facilities sector		New and renewable sector		
Apply location	Outside of building		Inside of building		Inside and outside of building		
Contents	Insulation material		Lighting		Photovoltaic equipment		
	Windows and doors		Boiler		Solar heat equipment		
	Sealing		Ventilation		Geothermal equipment		
	External finish and shade		Heating and cooling system		Fuel cells		
Element classification	Passive element		Active element		Active element		
Technology	Envelope system		High-efficient equipment system		Renewable energy		
Representative component technology	High insulation system	High performance window system	Lighting energy Saving system	Heat source HVAC system	Photovoltaic system	Solar heat system	Geothermal system
Environmental load reduction frequency	●	●	○	●	●	●	●
Applied building environmental impact DB	○	○	●	●	●	●	●

● : Much progress    ● : Usually progresses    ○ : Less progress

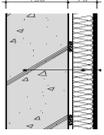
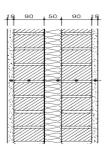
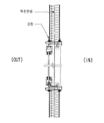
(Lee, Jong-Geon., Tae, Sung-Ho, Kim, Rak-Hyun, "environmental impact database of the envelope system for green remodeling of apartment housing", Journal of the Architectural Institute of Korea, Vol. 36, No. 1, 2016)

3) 박선효, LCCO2 분석에 의한 공동주택 외피 시스템평가에 관한 연구, 박사학위논문, 한양대학교, 2010 // (Park, Seon-Hyo, "(The) evaluation of apartment envelope system by LCCO2 analysis", Doctor's degree, Hanyang university, 2010)

열공법 시공시 대부분의 공사에서 자재단가 및 시공비에 따른 투입 자재 적용 및 시공방식의 기본정보만 제공되고 있는 실정이다.<sup>4)</sup>

이에 본 연구에서는 그린 리모델링 외피시스템에 적용되는 방식 및 투입자재에 대한 세부적인 분석을 위해 그린 리모델링이 실시된 비확장 및 확장공사를 포함한 16종의 단열마감상세도 및 공사내역서를 분석하여 노후공동주택 사례분석을 실시하였으며, 기존 노후 공동주택의 단열성능(외단열,중단열,내단열)에 따른 그린 리모델링 시 투입자재에 대한 대안제시가 가능한 대표사례를 다음 <표3>과 같이 분석하였다. 노후공동주택 단열시스템 개선을 위한 대안의 경우 내단열 및 외단열의 리모델링 방식에 따라 대안.1 (기존유지+단열추가), 대안.2 (기존철거+단열신설)으로 적용방식에 따른 투입자재에 대한 분석을 실시하였으며, 창호시스템의 경우도 대안.1 (기존유지+창호추가), 대안.2 (기존철거+창호신설)에 따른 분석을 실시하였다. 이를 통해 기존 노후공동주택 외피시스템에 대해 기존방식 철거를 통한 교체방식, 기존 방식을 유지하고 추가하는 덧댐방식으로 구분하였으며, 이에 따른 그린 리모델링 외피시스템 대표투하자재를 선정하였다.

Table 3. Improvement cases of apartment envelope system in green remodeling

Old apartment house			Alternative application methods of green remodeling			
Internal insulation	No.	Specific material	Alt.1	Add internal insulation	Alt.2	Demolishing existing+New
			No.	Specific material	No.	Specific material
	1	Concrete	1	Concrete	1	Concrete
	2	rockwool	2	rockwool	2	(Demolish)
	3	Gypsum board	3	Gypsum board	3	(Demolish)
	4	Wallpaper	4	XPS-type.2	4	EPS-type.2
	5	-	5	Gypsum board	5	Gypsum board
	6	-	6	Wallpaper	6	Wallpaper
	7	-	7	-	7	-
	8	-	8	-	8	-
Sandwich Insulation	No.	Specific material	Alt.1	Add external insulation	Alt.2	Demolishing existing+New
			No.	Specific material	No.	Specific material
	1	Cement mortar	1	Cement mortar	1	Cement mortar
	2	Cement bricks	2	Cement bricks	2	Cement bricks
	3	Rockwool	3	Rockwool	3	(Demolish)
	4	Cement bricks	4	Cement bricks	4	(Demolish)
	5	Cement bricks	5	Cement bricks	5	(Demolish)
	6	-	6	EPS-type.2	6	EPS-type.2
	7	-	7	Gypsum board	7	Gypsum board
	8	-	8	Cement mortar	8	Wallpaper
Existing old window	No.	Specific material	Alt.1	Add external Windows	Alt.2	Demolishing existing+New
			No.	Specific material	No.	Specific material
	1	Trans-glass	1	Trans-glass	1	(Demolish)
	2	Wood frame	2	Wood frame	2	(Demolish)
	3	-	3	Insulating glass	3	Insulating glass
	4	-	4	Low-e glass	4	Low-e glass
	5	-	5	PVC frame	5	PVC frame

### 3. 그린 리모델링 외피시스템 분류체계 및 데이터베이스 구축

#### 3.1. 개요

그린 리모델링 적용 사례에 따른 단열마감상세도 분석을 통해 단열시스템에 대한 공법분류를 습식 및 건식으로 구분하여 기존 노후 공동주택에 대한 내단열, 중단열에 적용가능한 그린 리모델링 외피시스템 분류체계를 구축하였다. 외피시스템을 크게 외벽부위에 적용 가능한 단열시스템과 창호시스템으로 구분하였으며, 공동주택 그린 리모델링 시 적용방식을 덧댐방식(기존 상태 유지+추가방식)과 교체방식(기존 상태 철거+신설방식)으로 구분하고 그에 따른 건식공법과 습식공법으로 구분하여 대표투입자재를 선정하였으며, 선정된 투입자재조합에 대한 데이터베이스를 구축하였다. 그 중 단열성능에 가장 많은 비중을 차지하는 단열재의 경우 비드법보온판 1종 및 2종, 압출법보온판, 글라스울의 밀도별 16종에 대한 데이터베이스를 성능별로 구축하였다. 또한, 단열재 두께의 경우 사용자의 다양한 요구조건을 만족시키기 위해 건설자재회사 및 건축물에너지 절약설계기준을 참고하여 각 단열재별 80mm~240mm에 대한 데이터베이스를 구축하였다. 창호의 경우 창외두께는 한국물가정보, 조달청 거래정보를 참고하여 국내 건자재회사에 가장 많이 사용되는 18mm, 22mm, 24mm로 구분하였으며, 프레임의 두께는 단창, 복층창, 삼중창을 고려하여 140mm, 280mm, 470mm로 선정하였다. 이를 통해 기타자재 및 선정된 대표투입자재들에 대한 환경영향 데이터베이스를 구축하였다.

#### 3.2. 그린 리모델링 외피시스템 분류체계 구축

본 연구에서는 노후공동주택에 적용 가능한 그린 리모델링 대표기술인 외피시스템에 대한 분류체계를 <그림 1>과 같이 구축하였다. 외피시스템을 크게 외벽부위에 적용 가능한 단열시스템과 창호시스템으로 구분하였으며, 공동주택 그린 리모델링 시 적용방식을 덧댐방식(기존 상태 유지+추가방식)과 교체방식(기존 상태 철거+신설방식)으로 구분하고 그에 따른 건식공법과 습식공법으로 구분하여 대표투입자재를 선정하였으며, 선정된 투입자재조합에 대한 데이터베이스를 구축하였다. 사례분석연구를 통해 외피시스템의 단열성능에 가장 영향이 큰 투입자재로 외벽재와 창호재를 선정하였다. 단열시스템의 경우 단열재와 마감재, 그리고 기타자재조합에 대한 CaseX별 조합을 구축하였으며, 창호시스템의 경우 단창, 복층창, 삼중창으로 구분하여 창호유리와 창호프레임에 대한 CaseY별 조합을 구축하였다. 또한, 그린 리모델링 외피시스템의 단열시스템(W)과 창호시스템(G)을 각각 기호로 구분하였으며, 적용방식인 교체방식(C)과 덧댐방식(P), 적용공법인 건식공법(D)과 습식공법(W)에 대한 세부적인 기호분류를 통해 그린 리모델링 외피시스템 데이터베이스의 적용방식별 선택에 대한 편리성을 고려 하고자 하였다.

4) Korea Infrastructure Safety Corporation, Private green building renovation pilot project Interim Report Business Plan, 2014

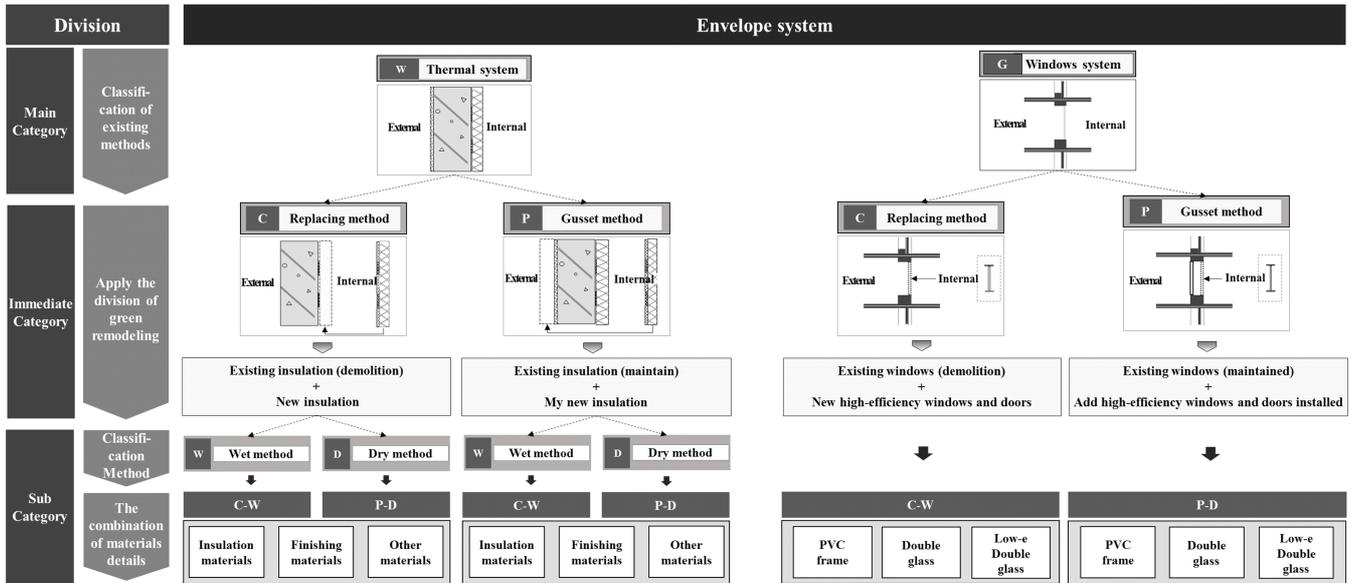


Figure 1. Building classification system of green remodeling envelope system

### 3.3. 환경성능 데이터베이스 구축

본 연구에서는 <그림 2>와 같이 공동주택 그린 리모델링 외피시스템에 투입되는 건축자재에 대한 시스템경계를 자재생산단계 및 시공시 발생하는 건설폐기물처리단계로 구분하였다. 환경영향범주를 고려하여 분류화 작업을 통해 지구온난화, 자원고갈, 산성화, 부영양화, 오존층파괴, 광화학적산화물 등 6대 환경영향범주별 기준 물질에 대한 영향지수를 근거하여 주요 건축자재의 특성화값을 산정하였다. 건축주, 건축가 등은 건축물에 투입되는 주요 건축자재의 물량과 환경영향 특성화값과의 산정을 통해 해당 건축물의 환경영향평가를 용이하게 수행 할 수 있으며, 환경영향평가에 대한 분석방법은 <식 1>과 같다.<sup>5)</sup>

$$C_{li} = \sum C_{li,j} = \sum (Load_j \times eq_{vi,j}) \quad \text{식(1)}$$

$C_{li}$  : 영향범주 i에 포함된 항목(j)들이 영향의 크기

$C_{li,j}$  : 목록항목 j가 영향범주 i에 미치는 영향의 크기

$Load_j$  : j번째 목록항목의 환경부하량

$eq_{vi,j}$  : 영향범주 i에 속한 j번째 목록항목의 특성화계수

신뢰성 높은 주요 건축자재의 환경영향 특성화값 산정을 위해 직접산방법으로 구축된 국가 LCI DB(지식경제부, 환경부)와 건축자재 환경성정보 국가 DB(국토해양부)의 현황을 조사하고 앞서 도출된 투입자재에 적용되는 LCI 데이터베이스를 선정하였다.<sup>6)</sup> 이때, 국가 LCI DB와 건축자재 환경성정보 국가 DB에서 공통적으로 구축된 세부 건축자재의 LCI 데이터베이스는 국가 LCI 데이터베이스 인증 여부에 따라 국가 LCI DB를 우선적으로 적용하였으며, 국가 LCI DB에서 구축되지 않은 세부 건축자재의 LCI 데이터베이스를 건축자재 환경성정보 국가 DB에서 보완하는 방식으로 연구를 진행하였다.<sup>7)</sup> 지구온난화지수(GWP, Global Warming Potential)의 경우에는 CO<sub>2</sub> 배출량을 포함한 6대 온실가스(CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O,

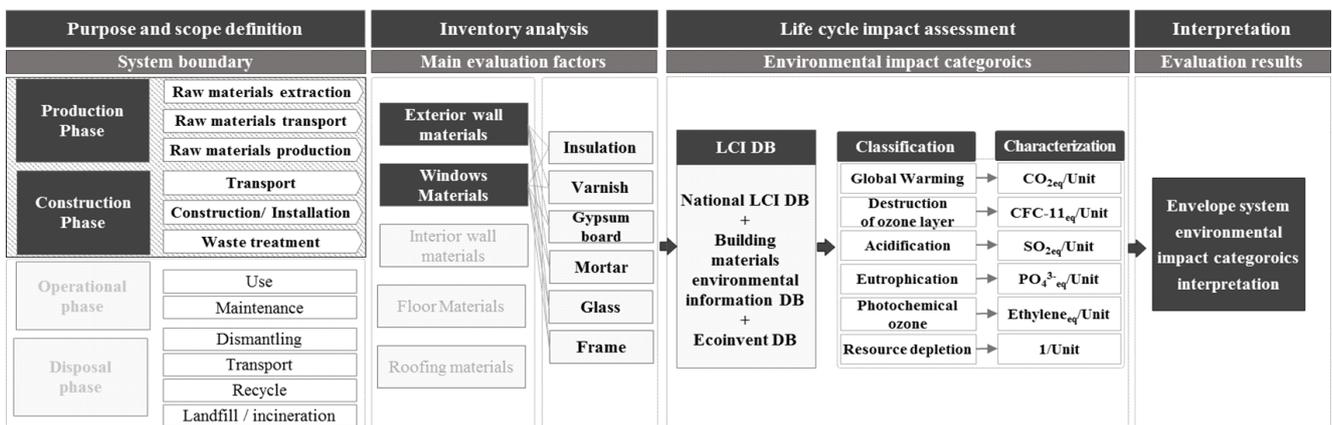


Figure 2. Life cycle assessment and scope of the study

5) ISO 14044, (2006) Environmental management—Life cycle assessment—Requirements and guidelines. Korea Environmental Industry Technology Institute, National LCI database, www.edp.or.kr/lcidb

6) 노승준, 태성호, 김태형, 김낙현, “건축물 전과정 평가를 위한 주요 건축자재의 환경영향 특성화값 비교에 관한 연구”, 대한건축학회지, 제 29권 제 7호, 2013 // (Roh, Seong-Jun, Tae Sung-Ho, Kim, Tae-Hyung, Kim Rak-Hyun, “A Study on the Comparison of Characterization of Environmental Impact of Major Building

Table 4. Building input material combination database of green remodeling insulation system

Application method of insulation system			Environmental impact category						
Main category	Configuration of material combination	Classification combination code	Global warming (GWP)	Resource depletion (ADP)	Acidification (AP)	Eutrophication (EP)	Ozone layer depletion (ODP)	Photochemical ozone (POCP)	
		CaseX	kg-CO <sub>2eq</sub> /m <sup>2</sup>	kg-C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	kg-SO <sub>2eq</sub> /m <sup>2</sup>	kg-PO <sub>43eq</sub> /m <sup>2</sup>	kg-CFC-11eq/m <sup>2</sup>	kg-Ethyleneeq/m <sup>2</sup>	
Replacing method	A	Beads type.1 No. 1	C-D-CaseX <sub>1</sub>	2.19E-03	6.25E-06	3.08E+01	2.08E-06	4.82E-10	3.02E-06
		Beads type.2 No. 1	C-D-CaseX <sub>69</sub>	2.19E-03	6.25E-06	3.08E+01	2.08E-06	4.82E-10	3.02E-06
		XPS	C-D-CaseX <sub>137</sub>	2.18E-03	6.25E-06	5.11E+00	2.08E-06	2.24E-10	3.02E-06
		Glass wool	C-D-CaseX <sub>205</sub>	2.18E-03	6.24E-06	3.31E+00	2.08E-06	2.24E-10	3.02E-06
	B	Beads type.1 No. 1	C-W-CaseX <sub>1</sub>	2.19E-03	6.11E-06	1.23E-05	2.08E-06	4.82E-10	3.00E-06
		Beads type.2 No. 1	C-W-CaseX <sub>70</sub>	2.19E-03	6.11E-06	1.23E-05	2.08E-06	5.14E-10	3.00E-06
		XPS	C-W-CaseX <sub>138</sub>	2.18E-03	6.10E-06	1.23E-05	2.08E-06	2.24E-10	3.00E-06
		Glass wool	C-W-CaseX <sub>206</sub>	2.17E-03	6.10E-06	1.23E-05	2.08E-06	2.23E-10	3.00E-06
Gusset method	C	Beads type.1 No. 1	P-D-CaseX <sub>1</sub>	2.01E-04	7.11E-05	7.11E-05	7.11E-05	7.10E-05	7.10E-05
		Beads type.2 No. 1	P-D-CaseX <sub>69</sub>	2.01E-04	7.11E-05	7.11E-05	7.11E-05	7.10E-05	7.10E-05
	D	XPS	P-D-CaseX <sub>137</sub>	1.91E-04	7.11E-05	7.11E-05	7.11E-05	7.10E-05	7.10E-05
		Glass wool	P-D-CaseX <sub>205</sub>	1.90E-04	7.11E-05	7.11E-05	7.11E-05	7.10E-05	7.10E-05

A:Stud+Gypsum board B:Glue+Gypsum board C.:PVC track+Resin finish+Finishing mortars D:glue+Fasteners+Resin finish+Finishing mortar

Table 5. Building input material combination database of green remodeling windows system

Application method of windows system			Environmental impact category					
Main category	Configuration of material combination	Classification combination code	Global warming (GWP)	Resource depletion (ADP)	Acidification (AP)	Eutrophication (EP)	Ozone layer depletion (ODP)	Photochemical ozone (POCP)
		CaseY	kg-CO <sub>2eq</sub> /m <sup>2</sup>	kg-C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	kg-SO <sub>2eq</sub> /m <sup>2</sup>	kg-PO <sub>43eq</sub> /m <sup>2</sup>	kg-CFC-11eq/m <sup>2</sup>	kg-Ethyleneeq/m <sup>2</sup>
Replacing method	6CL+6A+6CL	W-CaseY <sub>1</sub>	1.16E-01	4.73E-04	1.58E-04	1.15E-05	9.50E-10	2.79E-04
	6CL+6A+6LE	W-CaseY <sub>4</sub>	1.16E-01	4.73E-04	1.58E-04	1.15E-05	9.50E-10	2.79E-04
	6CL+6A+6CL+6CL+6A+6CL	W-CaseY <sub>7</sub>	2.32E-01	9.46E-04	3.16E-04	2.31E-05	1.90E-09	5.58E-04
	6CL+6A+6LE+6CL+6A+6LE	W-CaseY <sub>10</sub>	2.32E-01	9.46E-04	3.16E-04	2.31E-05	1.90E-09	5.58E-04
	6CL+6A+6CL+6CL+6A+6CL+6CL+6A+6CL	W-CaseY <sub>16</sub>	3.48E-01	1.42E-03	4.74E-04	3.46E-05	2.85E-09	8.37E-04
	6CL+6A+6LE+6CL+6A+6LE+6CL+6A+6LE	W-CaseY <sub>16</sub>	3.48E-01	1.42E-03	4.74E-04	3.46E-05	2.85E-09	8.37E-04
Gusset method	6CL+6A+6CL	W-CaseY <sub>19</sub>	1.16E-01	4.73E-04	1.58E-04	1.15E-05	9.36E-10	2.79E-04
	6CL+6A+6LE	W-CaseY <sub>22</sub>	1.16E-01	4.73E-04	1.58E-04	1.15E-05	9.36E-10	2.79E-04
	6CL+6A+6CL+6CL+6A+6CL	W-CaseY <sub>25</sub>	2.32E-01	9.45E-04	3.15E-04	2.29E-05	1.87E-09	5.58E-04
	6CL+6A+6LE+6CL+6A+6LE	W-CaseY <sub>28</sub>	2.32E-01	9.45E-04	3.15E-04	2.29E-05	1.87E-09	5.58E-04

HFCs, PFCs, SF<sub>6</sub>) 배출량에 IPCC의 지구온난화지수를 반영한 이산화탄소 당량(CO<sub>2eq</sub>)으로 환산하여 평가하였다.<sup>8)</sup> 또한, 본 연구에서 제시한 분류체계를 고려하여 교체방식과 덧댐방식으로 구분하여 <표 4>와 <표 5>와 같이 그린 리모델링 외피시스템의 데이터베이스를 단열재 16종에 대한 기타자재조합, 창호유리두께 및 창호프레임의 규격에 따라 구축하였다. 이에 교체방식의 환경성 DB 조합의 경우 Case별 550종, 덧댐방식의 환경성 DB 조합의 경우 Case별 1,090종의 조합에 대한 6대 환경영향에 대한 데이터베이스를 구축하였다.

#### 4. 공동주택 그린 리모델링 외피시스템 환경영향 특성분석

##### 4.1. 개요

본 연구에서는 앞서 구축된 외피시스템의 투입자재에 대한 6대 환경영향 데이터베이스를 통해 공동주택의 그린 리모델링을 위한 외피개선에 활용할 수 있는 데이터베이스를 구축하였다. 또한, 공동주택 그린 리모델링 사례분석연구를 통해 구축된 데이터베이스의 적용 가능성을 분석하였다. 서울시 은평구에 위치한 공동주택으로 준공년도가 1997년인 20년된 노후공동주택이다. 구조형식은 철근콘크리트조 벽식구조로서 단열시스템의 개선은 외기직면부인 축벽부분, 그리고 창호시스템의 개선은 전면 및 후면에 대한 창호교체에 대한 그린 리모델링 공사가 실시되었다.

##### 4.2. 평가사례 분석

###### 4.2.1 평가대상 건축물 분석

노후공동주택 그린 리모델링 사례의 물량산출내역서 및 단열마감상세도를 통한 외피시스템 분석결과 기존 내단열에 외단열을 덧

Material for Building Life Cycle Assessment, Journal of the Architectural Institute of Korea, Vol. 29, No. 7, 2013)

7) Tae, Sung-Ho., Shin, Sung-Woo, Woo, Ji-Hwan, Roh, Seng-Jun. "The development of apartment house life cycle CO<sub>2</sub> simple assessment system using standard apartment houses of South Korea", Renewable & Sustainable Energy Reviews, 2010.

8) Institute for Environment and Sustainability, ILCD Handbook : Recommendations for Life Cycle Impact Assessment in the European context, 2011. The Norwegian EPD Foundation, PCR for preparing an EPD for Product Group Insulation Materials Products, 2012.

덤한 방식으로 기존조합(패스너+비드법2종1호+몰탈마감)으로 구성되었으며, 창호시스템의 경우 공동주택 전후면 투명유리 및 목재 프레임을 적용한 노후창호(3CL+10Air+3CL)에 대해 PVC프레임을 적용한 복층유리(5CL+12Air+5LE+5CL+ 6Air+5CL)를 적용한 것으로 분석되었다.

4.2.2 단열시스템 대안분석

본 연구에서 구축한 그린 리모델링 단열시스템 덧덤방식에 대한 투입자재조합 총 1,090종에 대한 산출이 가능하였다. 또한, 기존조합(패스너+비드법2종1호+몰탈마감)보다 6대 환경영향 GWP 8.53E-03 (CO<sub>2</sub>eq/m<sup>2</sup>), ADP 1.21E-05(C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>), AP 9.98E-06 (SO<sub>2</sub>eq/m<sup>2</sup>), EP 4.33E-06 (PO<sub>43</sub>-eq/m<sup>2</sup>), ODP 3.21E-11 (CFC-11eq/m<sup>2</sup>), 1.61E-06 (Ethylene-eq/m<sup>2</sup>)대비 성능이 상향된 그린 리모델링 단열시스템 투입자재조합 96종을 제안하였으며, <표6>과 같다. 단열시스템의 경우 기존조합대비 선정된 6대 환경영향이 우수한 투입자재조합을 단열재 종류별로 분석한 결과 GWP 405가지, ADP 238가지, AP 238가지, EP 272가지, ODP 541가지, POCP 541가지에 대한 기존조합 대비 각각의 환경부하저감이 우수한 단열시스템조합에 대한 구축이 가능하였다. CaseX406조합(접착제+압출법보온판특호(80)+화스너+ 몰탈마감)의 경우, GWP 24%, ADP 44%, AP 42%, EP 25%, ODP 9%, POCP 20%비율로, CaseX474조합(접착제+글라스울24k(80)+화스너+몰탈마감)의 경우 GWP 24%, ADP 49%, AP 45%, EP 26%, ODP 9%, POCP 21%비율로 분석되었다.

Table 6. Analysis result of input material combination of insulation system

Classification code CaseX	Global warming (GWP)	Resource depletion (ADP)	Acidification (AP)	Eutrophication (EP)	Ozonelayer depletion (ODP)	Photochemical ozone (POCP)
	kg-CO <sub>2</sub> eq/m <sup>2</sup>	kg-C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	kg-SO <sub>2</sub> eq/m <sup>2</sup>	kg-PO <sub>43</sub> -eq/m <sup>2</sup>	kg-CFC-11eq/m <sup>2</sup>	kg-Ethylene <sub>eq</sub> /m <sup>2</sup>
Reference assembly	8.53E-03	1.21E-05	9.98E-06	4.33E-06	3.21E-07	1.61E-06
P-In-W-CaseX <sub>406</sub>	2.03E-03	5.65E-06	4.37E-06	1.10E-06	3.02E-07	8.35E-07
P-In-W-CaseX <sub>407</sub>	2.03E-03	5.75E-06	4.41E-06	1.11E-06	3.02E-07	8.42E-07
P-In-W-CaseX <sub>423</sub>	2.03E-03	5.68E-06	4.38E-06	1.10E-06	3.02E-07	8.37E-07
P-In-W-CaseX <sub>424</sub>	2.03E-03	5.78E-06	4.43E-06	1.11E-06	3.02E-07	8.44E-07
P-In-W-CaseX <sub>425</sub>	2.04E-03	5.84E-06	4.46E-06	1.11E-06	3.02E-07	8.49E-07
P-In-W-CaseX <sub>440</sub>	2.04E-03	5.94E-06	4.51E-06	1.12E-06	3.02E-07	8.56E-07
P-In-W-CaseX <sub>474</sub>	1.98E-03	4.77E-06	3.95E-06	1.03E-06	3.02E-07	7.71E-07
P-In-W-CaseX <sub>475</sub>	1.98E-03	4.86E-06	4.00E-06	1.04E-06	3.02E-07	7.78E-07
P-In-W-CaseX <sub>476</sub>	1.99E-03	4.96E-06	4.04E-06	1.05E-06	3.02E-07	7.85E-07
P-In-W-CaseX <sub>477</sub>	1.99E-03	5.06E-06	4.09E-06	1.06E-06	3.02E-07	7.92E-07
P-In-W-CaseX <sub>478</sub>	2.06E-03	6.33E-06	4.69E-06	1.15E-06	3.02E-07	8.85E-07
P-In-W-CaseX <sub>479</sub>	2.06E-03	6.27E-06	4.66E-06	1.14E-06	3.02E-07	8.80E-07

기존조합의 비드법 2종 대비 글라스울48K는 6대 환경영향 GWP 9%, ADP 31%, AP 19%, EP 16%, ODP 1% POCP 18%의 비율로 분석되었다. 한편, 환경부하저감에 기인하는 대표자재에 대한 분석 결과 기존조합의 비드법 2종 대비 압출법 2호 및 글라스울의 경우 환경부하저감이 우수한 것으로 분석되었다. 글라스울의 경우 주요

영향물질이 이산화탄소(CO<sub>2</sub>), 메탄(CH<sub>4</sub>), 이산화질소(N<sub>2</sub>O) 등과 같이 압출법2종과 거의 비슷하지만, 압출법 2호의 발포제인 HCF-152a가 상당량이 포함되어 글라스울보다 환경부하량이 높은 것으로 분석되었다. 또한, 글라스울의 경우 열전도율이 높고, 가격이 낮은 무기질 불연재로써 그린 리모델링 외피시스템 건식공법 적용시 사용가능성이 향상 될 것으로 사료된다.

Table 7. Analysis result of input material combination in window system

Classification code CaseY	Global warming (GWP)	Resource depletion (ADP)	Acidification (AP)	Eutrophication (EP)	Ozonelayer depletion (ODP)	Photochemical ozone (POCP)
	kg-CO <sub>2</sub> eq/m <sup>2</sup>	kg-C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	kg-SO <sub>2</sub> eq/m <sup>2</sup>	kg-PO <sub>43</sub> -eq/m <sup>2</sup>	kg-CFC-11eq/m <sup>2</sup>	kg-Ethylene <sub>eq</sub> /m <sup>2</sup>
Reference assembly	8.96E-01	1.98E-01	1.94E-01	1.93E-01	1.93E-01	1.95E-01
W-CaseY1	1.91E-01	5.53E-02	5.44E-02	5.42E-02	5.42E-02	5.45E-02
W-CaseY2	2.17E-01	5.54E-02	5.45E-02	5.42E-02	5.42E-02	5.45E-02
W-CaseY3	2.30E-01	5.54E-02	5.45E-02	5.42E-02	5.42E-02	5.46E-02
W-CaseY4	1.91E-01	5.53E-02	5.44E-02	5.42E-02	5.42E-02	5.45E-02
W-CaseY5	2.17E-01	5.54E-02	5.45E-02	5.42E-02	5.42E-02	5.45E-02
W-CaseY6	2.30E-01	5.54E-02	5.45E-02	5.42E-02	5.42E-02	5.46E-02
W-CaseY7	5.60E-01	1.97E-01	1.94E-01	1.93E-01	1.93E-01	1.94E-01
W-CaseY8	6.89E-01	1.97E-01	1.94E-01	1.93E-01	1.93E-01	1.94E-01
W-CaseY9	7.15E-01	1.97E-01	1.94E-01	1.93E-01	1.93E-01	1.94E-01
W-CaseY10	6.38E-01	1.97E-01	1.94E-01	1.93E-01	1.93E-01	1.94E-01
W-CaseY11	6.89E-01	1.97E-01	1.94E-01	1.93E-01	1.93E-01	1.94E-01
W-CaseY12	7.15E-01	1.97E-01	1.94E-01	1.93E-01	1.93E-01	1.94E-01

4.2.3 창호시스템 대안분석

본 연구에서 제안한 평가시트에서 적용가능한 투입자재조합 총 30종 중 비교대상인 기존 노후창호에 따른 창호 교체방식에 대한 투입자재조합에 대한 분석을 실시하였다. 제안한 평가시트를 이용하여 교체방식의 투입자재조합 총 18종 중 비교대상인 기존조합 대비 GWP 8.96E-01(CO<sub>2</sub>eq/m<sup>2</sup>), ADP 1.98E-01(C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>), AP 1.94E-01 (SO<sub>2</sub>eq/m<sup>2</sup>), EP 1.93E-01 (PO<sub>43</sub>-eq/m<sup>2</sup>), ODP 1.93E-01 (CFC-11eq/m<sup>2</sup>), 1.95E-01 (Ethylene-eq/m<sup>2</sup>)대비 환경부하량이 적은 자재조합 12종을 <표 7>과 같이 제안하였다. 창호 시스템의 경우 GWP 12가지, ADP 12가지, AP 6가지, EP 6가지, ODP 12가지, POCP 12가지에 대한 기존조합 대비 각각의 환경부하저감이 우수한 데이터베이스를 구축하였다. 또한, 기존조합대비 창호유리규격에 따라 PVC프레임 및 복층유리로 구성된 W-CaseY<sub>7</sub> 조합(6CL+6A+6CL+6CL+6A+6CL)이 GWP에서 63%로 환경영향이 기타 영향값 대비 우수한 것으로 분석되었다.

5. 결론

본 연구는 공동주택 그린 리모델링을 위한 외피시스템의 DB구축을 목적으로 하며 구축된 DB를 통해 사례분석을 실시하여 적용가능성을 분석하였으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 실제 공동주택 그린 리모델링 사례 16종을 분석하여 적용 가능한 대표공법 및 대표투입자재를 선정함으로써, 그린 리모델링 외피 시스템 분류체계를 제안하였다.
2. 외피시스템에 적용되는 투입자재에 대한 환경영향 DB 구축을 위하여 지구온난화, 자원고갈, 산성화, 부영양화, 오존층파괴, 광화학적산화물 등 6가지 환경영향 범주에 따라 환경영향 평가를 수행하였다.
3. 이를 통해 그린 리모델링 외피시스템의 투입자재조합에 따른 6대 환경영향 데이터베이스를 교체방식과 덧댐방식으로 구분하여 각각 550종, 1,090종을 구축하였다.
4. 구축된 데이터베이스의 적용 가능성 여부를 판단하기 위한 사례 분석 연구 결과, 기존조합대비 6대 환경영향이 우수한 투입자재 조합으로 단열시스템 96종, 창호시스템 12종의 대안조합에 대한 다양한 제안이 가능하였다.
5. 특히, 세부분석결과 글라스울의 경우 압출법 단열재보다 GWP 3%, ADP16%, AP10%의 비율로 환경부하가 효과가 우수한 것으로 분석 되었으며, 그린 리모델링 외피시스템 건식공법 적용시 사용가능성이 향상 될 것으로 사료된다.

context, 2011  
 [10] The Norwegian EPD Foundation, PCR for preparing an EPD for Product Group Insulation Materials Products, 2012

### Acknowledgements

This research was supported by a grant (Code 11- Technology Innovation-F04) from Construction Technology Research Program (CTIP) funded by Ministry of Land, Infrastructure and Transport.

### Reference

- [1] Tae, Sung-Ho., Shin, Sung-Woo, Current work and future trends for sustainable buildings in South Korea. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2009
- [2] 이종건, 태성호, 김낙현, “공동주택 그린 리모델링을 위한 외피시스템의 환경영향 DB구축에 관한 연구”, 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 제 36권 제 1호, 2016 // (Lee, Jong-Geon., Tae, Sung-Ho, Kim, Rak-Hyun, “environmental impact database of the envelope system for green remodeling of apartment housing”, Journal of the Architectural Institute of Korea, Vol. 36, No. 1, 2016)
- [3] 박선효, LCCO<sub>2</sub> 분석에 의한 공동주택 외피 시스템평가에 관한 연구, 박사학위논문, 한양대학교, 2010 // (Park, Seon-Hyo, “(The) evaluation of apartment envelope system by LCCO<sub>2</sub> analysis”, Doctor’s degree, Hanyang university, 2010)
- [4] Korea Infrastructure Safety Corporation, Private green building renovation pilot project Interim Report Business Plan, 2014
- [5] ISO 14044, (2006) Environmental management—Life cycle assessment—Requirements and guidelines.
- [6] Korea Environmental Industry Technology Institute, National LCI database, www.edp.or.kr/lcidb
- [7] 노승준, 태성호, 김태형, 김낙현, “건축물 전과정 평가를 위한 주요 건축자재의 환경영향 특성화값 비교에 관한 연구”, 대한건축학회지, 제 29권 제 7호, 2013 // (Roh, Seong-Jun, Tae Sung-Ho, Kim, Tae-Hyung, Kim Rak-Hyun, “A Study on the Comparison of Characterization of Environmental Impact of Major Building Material for Building Life Cycle Assessment, Journal of the Architectural Institute of Korea, Vol. 29, No. 7, 2013)
- [8] Tae, Sung-Ho., Shin, Sung-Woo, Woo, Ji-Hwan, Roh, Seng-Jun. “The development of apartment house life cycle CO<sub>2</sub> simple assessment system using standard apartment houses of South Korea”, Renewable & Sustainable Energy Reviews. 2010
- [9] Institute for Environment and Sustainability, ILCD Handbook : Recommendations for Life Cycle Impact Assessment in the European