



RESEARCH ARTICLE

# 시나리오 기반 그린리모델링 공사비 추정 모델 개발

신혜리<sup>1,3\*</sup> · 임지연<sup>1</sup> · 이승언<sup>2</sup> · 이준성<sup>3</sup> · 장예은<sup>4</sup>

<sup>1</sup>한국건설기술연구원 전임연구원, <sup>2</sup>한국건설기술연구원 선임연구위원,

<sup>3</sup>이화여자대학교 건축도시시스템공학과 교수, <sup>4</sup>이화여자대학교 건축도시시스템공학과 연구원

## Development of a Scenario-Based Construction Cost Estimate Model for Green-Remodeling

Shin, Hye-Ry<sup>1,3\*</sup> · Lim, Ji-Youn<sup>1</sup> · Lee, Seung-Eon<sup>2</sup> · Yi, June-Seong<sup>3</sup> · Jang, Ye-Eun<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Research Specialist, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, Goyang, Korea

<sup>2</sup>Senior Research Fellow, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, Goyang, Korea

<sup>3</sup>Professor, Department of Architectural and Urban Systems Engineering, Ewha Womans University, Seoul, Korea

<sup>4</sup>Researcher, Department of Architectural and Urban Systems Engineering, Ewha Womans University, Seoul, Korea

\*Corresponding author: Shin, Hye-Ry, Tel: +82-31-910-0070, E-mail: hyeryshin@kict.re.kr

### ABSTRACT

In this study, to develop a scenario-based green remodeling construction cost estimation model, green remodeling work types and processes were analyzed, and a scenario-based green remodeling construction cost Database was established. To estimate the green remodeling construction cost, the unit cost required for construction was derived, focusing on the core work types of green remodeling, such as insulation, windows, lighting, facilities, and renewable energy, and through this, a database was established for each work type, based on which green remodeling is operated. A construction cost calculation model was developed.

**주요어 :** 그린리모델링, 리모델링, 리트로핏, 공사비

**Keywords:** Green Remodeling, Remodeling, Retrofit, Construction Cost



Journal of KIAEBS 2022 December, 16(6): 547-558  
<https://doi.org/10.22696/jkiaeb.20220046>

pISSN : 1976-6483  
eISSN : 2586-0666

**Received:** December 1, 2022  
**Revised:** December 19, 2022  
**Accepted:** December 22, 2022

© 2022 Korean Institute of Architectural Sustainable Environment and Building Systems.



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## 서론

### 연구배경 및 목적

2021년 3월 국토교통부 보도자료에 따르면, 2020년도 기준 20년 이상 노후 건축물은 전체 건물 동의 58.8%를 차지하고 있으며, 사용승인 후 30년 이상이 된 건축물은 전년대비 81,358동 증가하여 2,819,858동에 이른다(MOLIT, 2021). 노후건축물은 에너지 성능 저하로 인한 온실가스 배출량을 증가시키는 등 많은 문제를 야기시킬 수 있으나, 꾸준히 증가하는 추세이다. 이를 해결하기 위해서는 건축물의 에너지 성능 개선 및 효율 향상에 초점을 맞춘 리모델링인 그린리모델링의 확산이 중요하다. 2050 탄소중립을 위해 2021년 10월 정부에서 발표한 2030 국가 온실가스 감축목표(Nationally Determined Contributions, NDC) 상향안(Joint

Ministries, 2021) 중 에너지효율향상 부문에서는 그린리모델링을 통해 약 30%의 건물 에너지 효율화를 달성할 수 있을 것이라 기대하고 있으며, 이는 연간 3%의 그린리모델링을 수행하여야 달성할 수 있는 목표이다.

리모델링은 높은 초기 투자비와 긴 회수기간으로 인해 한정적 확산에 그쳐오고 있었으며, 특히 리모델링 사업은 발주자의 요구사항에 따른 내·외부 및 구조체 철거 작업과 기존 구조체의 내구성능에 따른 보수보강의 범위와 같은 불확실성으로 인하여 정확한 공사비 견적이 어렵다는 문제점을 지닌다(Lee and Cha, 2016). 이를 고려할 때, 리모델링을 위한 중요한 의사결정요인으로 작용하는 공사비의 규모를 효과적으로 파악하기 위해서는 그린리모델링공사의 공종별 공사비와 더불어 기존건축물의 특성을 고려할 수 있는 공사비 견적 체계가 마련되어야 한다(Jeong et al., 2005). 이에 본 연구에서는 리모델링 수행 시 작동되는 공사비 영향인자에 따른 상관관계를 파악함으로써 건축물의 용도 및 규모에 따른 그린리모델링 최적 공사비 예측에 활용 가능한 시나리오 기반의 비용 예측 모델을 제안하고자 한다.

### 연구방법

현행 법규에서 리모델링이란 건축물의 노후화를 억제하거나 기능 향상 등을 위하여 대수선하거나 일부 증축하는 행위로, 증축은 기존건축물이 있는 대지 안에서 건축물의 건축면적, 연면적, 층수, 높이를 증가시키는 것, 개축은 기존건축물의 전부 또는 일부(내력벽, 기둥, 보지붕틀 중 3 이상이 포함되는 경우)를 철거하고 그 대지 안에 종전과 동일한 규모의 범위 안에서 건축물을 다시 축조하는 것, 재축은 건축물이 천재지변 및 기타 재해에 의하여 멸실된 경우에 그 대지 안에 종전과 동일한 규모의 범위 안에서 다시 축조하는 것을 말한다. 본 연구에서는 리모델링이란 신축 및 재건축에 대비되는 개념으로 기존건축물의 노후화를 억제하거나 그 기능적, 사회적 수명을 연장하는 것으로 유지, 보수, 개수 세 가지 협의의 영역의 개념으로 정의하였으며, 광의적으로 건축물의 전생애주기(life cycle) 측면에서 특정시기에 여러 요건을 충족시키기 위하여 각종 개, 보수 등을 종합적으로 시행하는 것을 뜻한다.

본 연구에서는 리모델링 공종별 기축 건축물의 리모델링 수행 시의 공사비에 영향을 미치는 요소들의 시나리오 기반 공사비 데이터베이스를 구축하여, 사업 리스크를 최소화하고 합리적 의사결정이 가능한 비용 예측 모델을 개발하고자 하였다. 이를 위해 신축 공사와 리모델링 공사 공종 및 공정을 비교 분석하여 리모델링 공사의 수준별 공종을 분석하고, 준공연도별 노후 건축물의 리모델링 공사 중 에너지 관련 시공 공정에 대해 분석하였다. 또한, 기축 건축물 리모델링에 따른 준공연도, 공종, 공정별 공사비 구성요소 및 변동 요인을 도출하고, 그린리모델링 맞춤 공사비 데이터베이스를 구축하였다. 이를 바탕으로 준공연도, 용도, 규모, 수준 등 공사비 변동 요인 기반 시나리오 설계를 통해 그린리모델링 공사비 산출 모델을 개발하였다.

### 국내외 동향

리모델링 공사비 산정에 대한 연구는 주로 공정과 설계요소 기반의 공사비 개선전적을 주로 활용하는 경향을 보인다. Shin et al. (2021)은 제로에너지수준의 그린리모델링을 위한 단

열공사의 예측 모델을 개발하였으며, 준공연도에 따라 그룹을 나누고, 단열 공종의 재료비, 노무비, 경비 데이터베이스를 구축하여 단열방식, 공사비, 보강공사의 종류, 할증과 같은 항목에 대한 공사비를 도출하여 단열공종의 그린리모델링 비용을 산정하는 모델을 개발하였다. Jeong et al. (2021)은 전체 리모델링 공사비의 약 20%를 차지하는 지하주차장 리모델링 공사의 작업 단위(Activity)를 37개로 정의하고 Activity 별 비용을 통해 지하주차장 공사비 산출 및 이를 통한 전체공사비 예측하였으며, Activity 별 물량 산출식 및 단가를 제시하였다. Kim and Cha (2018)는 기존 공동주택 리모델링 사례 조사를 기반으로 공사비에 큰 영향을 미치는 설계요소를 추출하고 그에 따른 공종별 비용을 도출하여 공사비 산출하였다. Hu (2019)는 오래된 교육연구시설의 그린리모델링공사 수행 시 LCC (Life Cycle Cost) 관점에서의 최적 대안 도출을 위해 LCC 평가 모델을 수립하고 에너지 성능에 대한 시나리오를 수준별로 구성하여 시나리오별 그린리모델링 비용을 산정하였다.

제도적인 차원에서는 중앙정부와 각 지자체에서 다양한 정책을 시행하고 있으며, 대표적으로 공공건축물 그린리모델링 지원사업, 그린리모델링 민간지원사업, 건물 에너지효율화사업(BRP) 등이 있다. 이러한 제도는 크게 1) 건축물의 에너지 성능 개선에 필요한 공사비를 대출해주고 상환하는 방식과 2) 공사비 일부를 지원해주는 방식으로 구분된다. 공공건축물 그린리모델링 지원사업은 노후 공공건축물의 에너지 성능향상에 따른 온실가스 저감 및 생활환경 개선을 위한 사업비용을 지원함으로써 모범사례를 창출하고 민간 부분 확산을 도모하기 위해 시행 중이며, 그린리모델링 민간이자지원사업의 경우 민간건축물의 에너지 성능개선을 촉진하고자 초기 공사비 대출이자 일부를 보조함으로써 그린리모델링 사업 활성화를 도모하고자 시행 중에 있다. 서울시의 건물에너지효율화사업(BRP)은 건물의 단열공사, LED 조명교체, 고효율 보일러 교체 등 에너지절약 설비를 설치하는 경우, 장기/저리로 용자를 지원하여, 에너지 이용 효율을 높이고 온실가스를 감축하고자 제도를 시행 중에 있다. 해외의 경우 미국의 PACE제도, 독일의 이산화탄소 감축 건물 개보수 프로그램, 프랑스의 에코론, 영국의 그린딜 등이 시행되고 있다. 미국의 PACE (Property Assessed Clean Energy) 제도는 신재생 에너지를 설치하는 경우, 지자체에서 설치비용을 대출하고 채무는 재산세로 상환하는 제도로, 상환기간은 5-20년으로 다양하다. 독일의 이산화탄소 감축 건물 개보수 프로그램은 독일재건은행(KfW)의 이차보전자금을 활용하여 건축 개보수 자금을 대출해주는 제도로, 최대 5만 유로(10년간 1% 고정금리)를 20-30년에 걸쳐 상환할 수 있다. 에너지 절감 정도에 성능 기준 대비 30% 에너지 절감의 경우 건물 개선 금액의 17.5%와 8,750유로 이내, 성능 기준을 충족한 에너지 절감의 경우 건물 개선 금액의 10%와 5,000유로 이내로 지원범위를 설정하고 있다. 프랑스의 에코론은 주거용 건물을 대상으로 에너지 절약을 위한 개보수(단열, 에코난방) 비용을 무이자로 대출 및 지원하는 제도로, 적용되는 요소기술의 개수에 따라 지원금액을 차등 지원하며, 최대 3,900만원을 3-15년에 걸쳐 상환할 수 있다. 영국의 그린딜은 기존 주택의 에너지 성능 향상을 위한 주택 개보수에 사용된 비용을 공사 이후 에너지 절감비용으로 상환하도록 지원하는 정책이며, 사업에 참여한 지원자들 중 선착순으로 개보수된 사항에 대해 보조금을 지원하는 제도를 병행하고 있다. 각 나라의 지원제도는 세부적으로 각 제도의 수립 목적 및

운영방식에 따라 대출 및 상환 방식의 차이, 공사비 지원 방식의 차이 등이 다르다.

## 그린리모델링 공종 및 공정 분석

### 기존 리모델링 공사 공종 분석을 통한 그린리모델링 공종 정의

미국의 대표적인 건축공사 관련 가격 정보지 발행사인 Gordian의 최근 출간 자료 Building Construction Cost와 Commercial Renovation Costs를 분석한 결과, 추가된 항목 중 그린리모델링과 직접적으로 관련된 항목은 존재하지 않았으며, 이는 그린리모델링 공사가 공종의 측면에서 신축공사에 없는 새로운 것이 추가되는 것이 아니며, 기존에 구축된 건축물의 일부를 대부분 재시공함에 따라 이루어지는 것임을 시사한다.

미국의 경우 가장 일반적으로 활용되고 있는 공사비 산정자료는 RSMeans로, Gordian 사에서 주기적으로 발행하고 있다. Gordian은 최근 문헌인 Contractors Pricing Guide-Residential Repair & Remodeling Costs에서 주거용 건축물의 유지보수 및 리모델링 공사에 있어 비용에 대한 가이드라인을 공종별로 분류하여 제시하였다.

해당 문헌에서는 공종을 크게 21가지 작업비용(Job costs), 작업준비(Job preparation), 굴착(Excavation), 기초(Foundation), 프레임 및 구조(Rough frame/structure), 외부 장식(Exterior trim), 지붕(Roofing), 외부 문 및 창문(Exterior doors and windows), 석공사(Masonry), 사이딩(Siding), 현장 작업(Site work), 기계(Rough mechanical), 전기(Rough electrical), 단열(Insulation), 벽 및 천장(Wall/ceilings), 마감 목공사(Finish carpentry), 캐비닛 및 조리대(Cabinets and countertops), 페인팅(Painting), 바닥(Flooring), 기계 마감(Finish mechanical), 전기 마감(Finish electrical), 보수 및 기기(Improvement/appliances/treatments), 공사 종료(Close out)로 분류하였으며, 각각의 공종에 대하여 2~26가지의 세부공종으로 분류하여 공사비 가이드라인을 제시하고 있다. 이 중 그린리모델링과 연관성이 있는 공종 및 세부공종을 나타내면 다음의 Table 1과 같다.

**Table 1.** Work types and detailed work types related to green remodeling (Gordian, 2021)

Type of Work	Detail
8 Exterior doors and windows	11 Aluminum window
	12 Vinyl window
	13 Wood window
	15 Window glass
14 Insulation	1 Floor insulation
	2 Wall insulation
	3 Ceiling insulation
21 Finish Electrical	6 Commercial light fixture
22 Improvements/appliance/Treatments	9 Refrigerator
	10 Freezer

국토교통부와 한국토지주택공사의 공공건축물 그린리모델링 시공가이드에 따르면(MOLIT and LH, 2020), 그린리모델링 공사의 전반적인 시공 프로세스는 크게 건축공사, 설비공사, 전기공사, 신재생에너지공사로 나뉘며, 건축공사는 구조개선, 외벽/지붕(옥상)/바닥, 창호공사 등이 있으며, 설비공사는 고효율 냉난방장치, 폐열회수형 환기장치 등, 전기공사는 고효율 조명장치, 대기전력 자동차단장치 등, 신재생에너지공사는 태양광 공사가 있다.

공사비 가이드라인 분석 결과, 리모델링 공사의 대표적인 공종으로는 철거공사, 구조 보수/보강 공사, 가설 공사, 건축공사, 설비공사, 전기공사, 조정공사 등이 있으며, 본 연구에서는 건물 에너지에 효율에 직접적인 영향을 주는 그린리모델링 공종으로서 건축공사 중 단열공사, 창호공사, 전기공사 중 조명공사, 설비공사 중 냉난방설비 공사, 신재생 공사의 5개 공종으로 과업의 범위를 한정하였다.

### 그린리모델링 공종별 공정 분석

앞서 도출한 5개 공종인 단열, 창호, 조명, 냉난방설비, 신재생 공사에 대하여 그린리모델링 공사 시 필요한 공정에 대해 분석을 수행하였다. 해당 공정들은 추후 데이터베이스 구축 시 시공방법 및 자재 구성에 활용될 예정이다. 건축물의 수명기간이 짧아지는 원인 중 외피에 사용된 단열재의 성능저하가 있으며, 단열재 열화에 따른 초기 열저항 값의 감소로 에너지 소비량이 증가하므로 외피를 통한 열손실을 줄일 수 있도록 외벽뿐만 아니라 지붕, 최하층 바닥, 출입통로, 설비 배관재, 덕트 등에 정밀한 단열시공이 되어야 한다. 또한 실제 창문 크기보다 20 mm 정도의 여유가 발생한 틈새로 단열과 기밀의 저하가 발생할 수 있어 틈새 단열보강으로 단열의 연속성과 기밀성을 확보해야 한다. 단열 보강을 위해서 일반적으로 노란색의 경질 우레탄 폼을 사용하지만, 이 우레탄폼은 추후 굳어져 부서지는 등의 하자발생 가능성이 높으므로 연질 우레탄 폼 사용이 권장된다.

창호공사는 건축물의 단열성능 향상으로 외피성능을 개선할 수 있다. 건축물의 용도에 따라 창호를 통한 열획득, 열차단으로 난방부하 저감 또는 냉방부하 저감이 가능하며, 이를 통해 건축물의 1차 에너지 소요량 감소를 기대할 수 있으며, 실의 기능에 따라 창호의 가시광선 투과율을 이용하여 실내 빛환경 조절이 가능하다. 일반적으로 창호는 환기 개선과 일사 및 일조 획득을 위한 장치로, 열관류율과 기밀성, 가시광선투과율, 태양열취득률, 유리두께 등의 값에 따라 성능이 달라지며 건축물의 전체 에너지 성능에 영향을 미친다. 그린리모델링 창호 시공 시에는 창호와 개구부 틈새 연질 우레탄폼 충전 후 기밀테이프 시공을 통해 기밀성을 확보하는 것이 중요하다.

조명공사의 경우 형광등기구를 등기구로 교체 시 동일 성능 기준 전력사용량이 LED의 절반으로 줄어들며, 기존 전등용 배선을 교체할 필요 없다. 조명공사의 경우 형광등에 비해 LED 조명이 적은 전력을 소모하며 긴 수명을 갖고 있기 때문에, 형광등기구의 LED로의 교체만으로 에너지 효율에 효과적이다.

쾌적한 실내환경 유지를 위해서는 냉방, 난방, 급탕을 위한 기계설비가 반드시 필요하며, 설비시스템의 효율에 따라 건축물의 에너지소비량이 달라진다. 따라서 그린리모델링 계획

시 기존 건축물의 노후한 설비에 대한 대책 마련과 동시에 에너지를 절약할 수 있는 고효율 설비를 선택하고 시공하는 것이 중요한 요소이다. 그린리모델링을 위한 설비공사를 실시할 때 냉난방기는 고효율인증제품 또는 이와 동등 이상의 것 또는 에너지소비효율 등급이 높은 제품을 설치하는 것이 바람직하다.

신재생에너지란 「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법」의 규정을 따르며, 신에너지는 수소에너지, 연료전지, 석탄 액화가스화, 중질잔사유 가스화 에너지, 재생에너지는 태양에너지, 풍력, 수력, 해양에너지, 지열에너지, 바이오에너지, 폐기물에너지가 있다. 본 연구에서는 신재생공사를 태양광으로 한정하여 진행하였다. 태양전지 모듈의 선택 및 계획을 위해서는 KS 인증을 받은 태양전지 모듈 또는 태양열 집열판 제품인지 확인을 하고, 제품의 규격 및 설치부위 면적 확인한 후 시공하여야 한다.

## 시나리오 기반 그린리모델링 공사비 추정 모델 개발

### 리모델링 공사비 데이터베이스(Data Base) 구성

본 연구에서 구축한 그린리모델링 공사비 추정 모델은 시공비용을 포함한 5개 공종의 시나리오 기반의 데이터베이스를 바탕으로 사용자 입력 값에 따른 공사비가 산출되는 모델이다. 따라서, 본 연구는 데이터베이스의 구축이 매우 중요하며, 공사비 산출의 정확도를 높이는 데 기여한다 할 수 있다. 데이터베이스는 시중 물가정보지의 자재 비용을 기준으로 노무비, 경비 등 시공 비용에 대해 종합건설업체 및 전문건설업체 소속 전문가들의 검증을 받아 단가 정보를 산출하였다. 또한, 그린리모델링을 위한 보강공사, 철거 공사 등을 반영하여 데이터베이스를 구성하였다. 건축물의 그린리모델링 수행 시 고려해야 할 기존 건축물 정보 관련 요소로 7가지 변수(지역구분, 준공연도, 구조, 권역구분, 도심구분)를 활용하였으며, 이를 기반으로 기본정보, 자재구성 시나리오별 데이터셋을 구성하여 데이터베이스를 구축하였다. 데이터베이스의 모든 가격 정보는  $\text{m}^2$  당 가격으로, 건축물대장을 통해 파악할 수 있는 연면적 등 면적정보를 기입 시 가격을 산출할 수 있도록 구성하였다.

단열공사 데이터베이스의 기존 건축물 정보는 지역구분, 지역구분에 따른 열관류율, 준공연도, 구조, 구조체 두께, 권역구분, 도심구분, 적용 면적으로 구성된다. 자재구성은 단열재의 종류와 두께, 내단열/외단열 구분에 따른 마감 재료로 데이터베이스가 구성되며, 단위공사비 도출 항목은 시공방식(덧댐시공, 교체시공), 시공비용(재료비, 노무비, 경비), 보강방법 및 비용, 할증 보정을 통한 총 단열 공사비로 구성된다. 단위공사비에 대한 구성은 모든 데이터베이스가 동일한 항목으로 구성되었다. 창호공사 데이터베이스의 기존 건축물 정보는 지역구분, 지역구분에 따른 열관류율, 준공연도, 적용 면적으로 구성된다. 자재구성은 창호의 등급과 두께, 재질, 프레임, 유리구성과 그에 따른 열관류율로 구성된다. 조명공사는 조명의 설치부위 별 권장 조도 범위와 단위공사비로 구성된다. 설비의 경우 난방, 급탕의 경우 지역난방/개별난방을 구분하여 설비 종류로 구성되어 있으며, 신재생의 경우 PV와 BIPV의 자재 구성에 따른 데이터베이스가 구축되어있다.

## 리모델링 공사비 데이터베이스 구축

단열공사의 재료비 산출을 위해 기존 건축물의 법규기준 요건을 확인하고, 현업에서 단열공사 시공 시 주로 활용되는 재료 20가지를 도출하고, 고효율 단열재인 진공단열재를 추가하여 데이터베이스를 구성하였다. 시공단가의 경우, 그 재료가 동일하더라도 건축물의 부위별로 시공의 난이도 등의 이유로 노무비 및 경비 단가가 상이할 수 있다. 이에 따라 본 연구에서는 단열공사 데이터베이스를 건축물의 부위별로 벽체, 최상층지붕 및 최하층바닥으로 구별하여 구축하였다. 건축물의 준공연도에 따라 그린리모델링 벽체 부위 공사 수행 시 단열, 시공 및 보강 측면에 각각의 준공연도별로 다른 값을 적용하였는데, 매우 노후한 내단열 건축물의 경우 그린리모델링 수행 시 외단열 전환이 필요하다고 판단하였으며, 일반적으로 두겹시공이 일반시공에 비해 단열성능이 소폭 제고되는 효과에 따라 준공연도가 이른 건축물일수록 두겹시공을 진행하는 것으로 데이터베이스를 구축하였다. 기존의 단열재가 어느 정도 재활용할 수 있는 경우, 여기에 필요한 만큼만을 새로 덧대어 시공하는 덧댐시공은 노후화된 건축물일수록 불가능하다고 보았으며, 창호 주변 단열성능 확보를 위해 시공하는 창호틈칠 보강공사의 경우 노후화된 건축물일수록 보다 높은 시공단가가 요구됨에 따라 이를 차등 적용하여 데이터베이스를 구축하였다.

벽체 부위의 그린리모델링 단열공사 수행 시 시공비용은 크게 재료비, 노무비, 경비 및 마감비로 구성된 시공비용과, 창호보강비 및 바탕면보강비로 이루어진 보강비용, 그리고 단열공사 수행 시 준공연도구분, 도심구분 및 권역구분에 따라 그 적용의 정도에 차이가 발생하는 요인에 대한 할증 보정의 3단계를 통해 산출된다. 준공연도에 따른 할증은 두겹시공 여부에 따라 적용하며, 두겹시공 시 최종적으로 똑같은 두께라 하더라도 약 1.5배의 재료비 상승이 발생한다. 단열공사는 창호, 조명, 설비 및 신재생의 다른 그린리모델링 관련 공종에 비해 외부작업이 많고 그 난이도가 높은 공종에 속한다. 그렇기 때문에 여러 가지 환경 변화에 따라 노무비의 변화가 발생하는데, 노무비 할증의 경우 표준품셈에서 규정하고 있는 품의 할증 기준 내에서 형성된 시장단가를 적용하였다. 일반적으로 도심지 공사는 비도심지에 비해 그 공간의 협소함으로 인하여 시공난이도가 상승하며, 이 때 발생하는 노무비의 차이는 약 30% 정도로, 도심지 시공인 경우 비도심지에 비해 1.3의 할증을 적용하여 단가를 산출하였다. 단열재를 현지업체를 통해 공수하지 않고 외부의 특정한 업체를 통해 조달하는 경우 비교적 큰부피의 단열재를 운반하는 데 상당한 초과비용이 발생할 수 있어, 일반적으로 수도권을 기준으로 강원 1.4, 충청 및 대전 1.3, 전라 1.4, 경상 1.3 및 제주 2의 할증요율을 적용하였다. 경비할증의 경우에도 표준품셈에서 규정하고 있는 경비의 할증기준 이내에서 형성된 실제 할증률을 적용하였다. 단열공사 벽체 부위의 시공 시에만 적용되는 창호보강의 경우 우레탄폼칠 공정을 수반하며, 이러한 공정은 단위길이당 단가에 그 길이 물량을 곱하여 공사비를 도출하였다. 이 때 모든 건축물의 창의 가로 및 세로 비율이 상이할 수밖에 없으며, 정확한 창호보강비를 도출하기 위해서는 창둘레길이를 사용자로부터 입력 받아야 하나, 본 연구에서는 창면적을 통해 창둘레길이를 근사하여 적용하는 것으로 로직을 적용하였다. 최상층지붕 및 최하층바닥 부위의 단열공사는 벽체두께 등과 같이 다른 공종과의 연계성을 고려해야 하는 요소가 없어, 벽체부위에서는 각기 다른 시나리오로 구분하였던 구조를 해당 부위에서는 고려하지



않으며, 창호보강 및 바탕면보강 등의 보강공사를 수반하지 않아 이를 반영하여 데이터베이스를 구축하였다. 데이터베이스의 예시는 Table 2와 같다.

**Table 2.** Database Composition Examples

Constuction Work	Category	Detail	Data	
Insulation (Wall)	1. Building Information	Senario No.	01	
		Region by Regulation	Mid-Area 1	
		Conductivity Region by Regulation	0.17 W/m <sup>2</sup> ·K	
		Year of Construction	~1980	
		Structure	Brick	
		Thickness of Structure (automatic calculation)	130 mm	
		Administrative Region	Urban Area	
	Urban/Rural	Y		
	2. Type of Green Remodeling Materials	Green Remodeling Wall Thickness	Insulation	320 mm
			Materials	XPS No1.
		Structure	Thickness	190 mm
			Type	Brick
		Wall insulation Finish	Thickness	130 mm
			Materials	-
	3. Green Remodeling Cost	Construction Methods	Materials	-
			Construction Cost	Exterior Insulation System
			Expense	30,020 Won/m <sup>2</sup>
		Reinforcement	Labor	6,900 Won/m <sup>2</sup>
			Method	1,730 Won/m <sup>2</sup>
			Cost	Glass Wool Inplement (Brick)
			Materials (by year of construction)	15,000 Won/m <sup>2</sup>
Surcharge Calibration		Materials (by thickness)	1.5	
		Labor (Urban)	1.2	
		Expense (by region)	1.3	
Total Cost		1.0		
			125,541 Won/m <sup>2</sup>	

리모델링 창호공사비는 일반적으로 재료비, 교체 및 설치를 포함한 노무비 및 경비로 구성된다. 교체를 포함하는 이유는 일반적으로 리모델링 시 기존에 설치된 창호를 철거하고 새로운 창호를 설치하게 되기 때문이다. 창호의 프레임은 단열성능 확보를 위해 대표적으로 사용되는 플라스틱창호 및 업무시설의 커튼월 부위에 대표적으로 사용되는 알루미늄창호에 대해 단가 조사를 수행하였다. 창호공사 수행 시의 시공단가는 창호에 따라 매우 상이하나, 비슷한



수준에서 성능등급이 올라갈수록 재료비, 노무비 및 경비단가가 증가하는 추세를 보였다. 본 데이터베이스에는 1등급~3등급의 창호가 시나리오에 포함되었다. 이 때 창호별로 창호두께가 상이하며, 그린리모델링 단열공사 벽체부분에서 기존건축물의 벽체두께가 창호두께를 수용할 수 있는지 확인이 필요하다. 과거의 경우 단열성능 수준을 맞추기 위해 삼중 및 사중창 등의 설치로 벽 대비 창호의 두께가 더 두꺼운 경우 추가적인 보강공사를 실시하였으나, 근래에는 고성능의 얇은 두께의 창호가 상용화되어 벽두께보다 얇은 두께를 갖는 창호를 선택하는 것이 일반적이다. 본 데이터베이스에서는 그린리모델링 벽체두께를 고려하여 일반적으로 시공이 가능한 수준의 창호 두께범위를 고려하여 데이터베이스를 구축하였다.

리모델링 조명공사비 역시 일반적으로 재료비, 교체 및 설치를 포함한 노무비 및 경비로 구성되며, 일반적으로 리모델링 시 기존에 설치된 조명을 제거하고 새로운 조명설비를 설치하게 되기 때문에 교체를 포함한다. 건축물의 권장 조도범위(lx)는 해당 공간의 사용목적에 따라 그 범위가 상이하며, 공공건축물의 경우 그 설치부위가 크게 사무실, 회의실, 복도 및 로비, 옥외(경관)로 구분된다. 이 중 사무실의 경우 가장 밝은 조도범위가 요구되며, 복도 및 로비의 경우 낮은 수준의 조도범위를 갖는다. 따라서, 설치부위에 따른 권장 조도범위를 설정하고 이에 따른 재료비, 노무비, 경비에 대한 데이터베이스를 구축하였다.

설비공사는 크게 냉방, 난방, 냉·난방 및 급탕 4가지로 나누어 데이터베이스를 구축하였으며, 시공 단가는 재료비, 노무비, 경비로 구성된다. 냉방의 경우 사용되는 설비는 일반 시스템 에어컨과 배관, 냉매배관으로 구성되며, 길이로 비용이 산정되는 냉매배관공사의 경우 건축물의 설계에 따라 그 편차가 매우 클 수 있으므로 본 연구에서는 냉매배관공사를 설비공사의 데이터베이스에 포함하지 않았으며, 이에 따라 일반 시스템에어컨 및 배관을 설치하기 위한 단가는 교체하는 경우와 신규하는 경우로 시공방식을 구분하여 사용자가 냉방 적용면적을 입력하는 경우 이를 단가와 곱하여 냉방설비공사 비용을 산출할 수 있도록 단가를 도출하였다. 난방 및 급탕의 경우 일반 콤팩트형 열교환기 또는 일반 실내 보일러로 구분할 수 있으며, 교체하는 경우와 신규로 그 시공방식을 구분하여 단가를 도출하였고, 교체하는 경우 철거비가 추가적으로 포함된다. 사용자가 난방 및 급탕 적용면적을 입력하는 경우 이를 단가와 곱하여 난방 및 급탕 설비공사 비용을 산출할 수 있도록 단위면적당 단가를 도출하여 데이터베이스를 구축하였다. 냉난방 부문의 설비는 EHP (Electric Heat Pump)로, 본 연구에서는 고효율 한랭지역 1등급의 열교환기를 적용하여 다음과 같이 그 시공방식을 교체 및 신규로 구분하여 단가를 도출하였다. 교체하는 경우 철거비가 추가적으로 포함되며, 사용자가 냉난방 적용면적을 입력하는 경우 이를 단가와 곱하여 냉난방설비공사 비용을 산출할 수 있도록 단위면적당 단가를 도출하여 데이터베이스를 구축하였다.

신재생공사비의 항목은 태양광시스템으로, 건축물의 여유대지 또는 옥상에 설치하는 PV와 건축물의 입면에 설치하는 BIPV로 구분된다. 이러한 태양광시스템은 태양광 모듈과 인버터, DC접속반, 기타 구조물 및 시스템의 부속자재로 구성된다. 신재생공사비의 단가정보를 활용하여 신재생공사비를 도출하기 위해서는 건축물이 요구하는 필요용량(W)에 대한 정보가 필요하며, 요구량을 사용자로부터 입력 받아 최종적으로 신재생공사비를 도출할 수 있도록 데이터베이스를 구성하였다.

### 시공비용 기반 그린리모델링 공사비 추정 모델 개발

본 연구에서 개발한 공사비 추정 모델은 앞서 준공연도, 구조, 자재 구성 등의 시나리오를 바탕으로 구축된 데이터베이스를 기반으로 그린리모델링의 기획 단계에서 그린리모델링 공사의 진행에 대한 의사결정을 위한 공사비를 추정하기 위한 모델이다. 모델은 1) 건축물 기본 정보 입력, 2) 그린리모델링 자재구성 선택, 3) 그린리모델링 시공방법 선택 4) 그린리모델링 시공비용 도출의 일련의 과정을 따라 기존건축물의 리모델링 공사비를 도출한다(Figure 1).

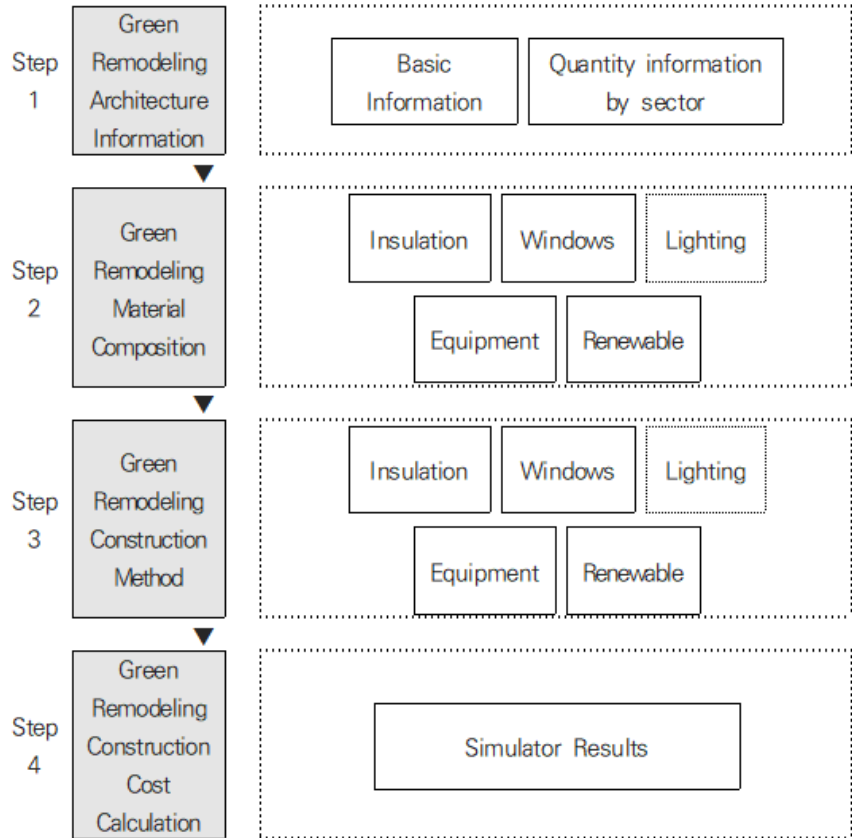


Figure 1. Green Renovator Development and Operating Process

1단계 그린리모델링 건축물 정보는 사용자가 건축물 기본정보, 단열/창호/조명/신재생부  
 문별 적용면적 및 필요용량을 입력하는 단계로, 그린리모델링 대상 건축물의 준공연도  
 (~1979년, 1980~1986년, 1987~2000년, 2001~2010년, 2011년~), 구조(조적조, 철근콘크리  
 트조), 지역(중부1, 중부2, 남부, 제주), 권역(수도권, 충청, 대전, 경상, 전라, 제주), 도심(도심,  
 비도심) 정보를 선택하고, 부문별 공통 정보로 물량정보를 입력한다. 물량정보는 단열, 창호,  
 조명, 설비의 적용 면적( $m^2$ )과 신재생 필요용량(W)을 입력한다. 2단계 그린리모델링 자재구  
 성은 단열/창호/조명/신재생 부문별 자재구성방법 선택하는 단계이다. 단열부문에서는 기존  
 구조체 단열구분(내단열, 외단열)과 단열재를 선택 하고, 이를 바탕으로 그린리모델링 벽체  
 두께를 산출한다. 이는 창호 선택 시 창호 두께를 선정하는 기준이 된다. 설비부분에서는 지

역난방, 개별난방 여부에 대해 선택하고, 신재생 부문에서는 시스템 구분(PV, BIPV)을 선택하게 된다. 3단계 그린리모델링 건축공사방법은 단열/창호/조명/신재생부문별 건축공사방법 선택하는 단계이며, 단열부문은 시공방식(덧댐시공, 교체시공), 보강방식(창호 틈새채움 여부), 자재 조달방식(지역별, 수도권)에 대해 선택하게 된다. 설비부문은 지역/개별난방 여부, 부문별 신규/교체시공 여부에 대해 선택하게 되며, 신재생부문은 시공방식(신규시공, 교체시공)에 대해 선택한다. 최종적으로 앞서 입력한 값을 기반으로 단열/창호/조명/신재생부문 및 전체 건축공사비가 도출된다. 구축한 시뮬레이터의 화면은 다음의 Figure 2와 같다.

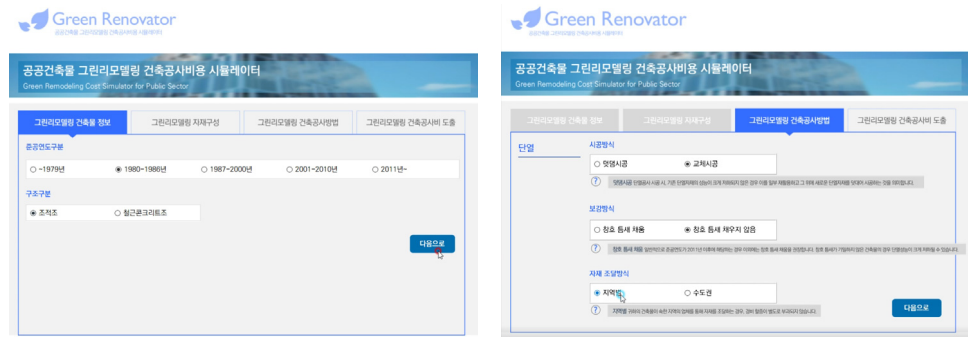


Figure 2. Green Renovator Interface

## 결론

본 연구에서는 시나리오 기반 그린리모델링 공사비 추정 모델을 개발하기 위해, 그린리모델링 공종 및 공정에 대해 분석하고, 데이터베이스를 구축하여 그린리모델링 공사비 추정을 위한 공사비 산출 모델 개발을 수행하였다. 본 연구에서 구축한 그린리모델링 공사비 추정 모델은 시공비용을 포함한 5개 공종의 시나리오 기반의 데이터베이스를 바탕으로 사용자 입력 값에 따른 공사비가 산출되는 모델로, 1) 건축물 기본정보 입력, 2) 그린리모델링 자재구성 선택, 3) 그린리모델링 시공방법 선택 4) 그린리모델링 시공비용 도출의 일련의 과정을 따라 기존건축물의 리모델링 공사비를 도출한다.

본 시나리오 기반 그린리모델링 공사비 추정 모델은 그린리모델링 공사 시 공종, 준공연도, 구조, 지역 등의 조건에 따라 적절한 공사 방법, 보강 공사 방법, 할증 등의 요소들을 적용하여 최적의 공사비 시나리오를 제공한다. 본 모델은 건축물의 준공연도를 기반으로 노후도, 구조, 보강 및 철거와 같은 시공 방법을 반영함으로써, 그린리모델링 기획 단계에서 현실성 높은 그린리모델링 공사비를 추정할 수 있다는 점이 기존의 자재비에 초점을 맞춰 공사비를 산출하는 연구와의 차별점이라 할 수 있다.

기존건축물의 그린리모델링공사에 영향을 주는 요소는 에너지 성능과 직접적인 관련이 있는 위 5개 공종 이외에도, 에너지 성능과는 직접적인 연관성은 없지만 그린리모델링 공사 착수를 위해 필요한 가설, 철거, 구조보강 공종이 상당한 비중을 차지한다. 추후 해당 부분이 반영된다면 보다 정확도 높은 그린리모델링 공사비 산출 모델이 완성될 것으로 생각된다. 또한, 추후 실제 그린리모델링 공사에 본 모델을 적용하여 정확도를 확인해보는 작업이 필요할 것으로 생각된다.

## 후기

이 연구는 2022년도 주요사업 연구비 지원에 의한 결과의 일부임(과제번호: 20220472-001).

## References

1. Hu, M. (2019). Cost-Effective Options for the Renovation of an Existing Education Building toward the Nearly Net-Zero Energy Goal—Life-Cycle Cost Analysis. *Sustainability*, 11(8), 2444.
2. Jeong, E., Koo, C., Kim, T., Lee, C. (2021). Development of Basic Construction Cost Estimation Model for Expansion of Underground Parking Lot Remodeling in Apartment Housing. *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, 22(2), 42-52.
3. Kim, J., Cha, H. (2018). Development of Estimation System for Housing Remodeling Cost through Influence Analysis by Design Elements. *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, 19(6), 65-78.
4. Lee, D., Cha, H. (2016). A Probabilistic Risk-based Cost Estimation Model for Initial-Stage Decision Making on Apartment Remolding Projects. *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, 17(2), 70-79.
5. Shin, H., Lee, S., Hong, E., Jang, Y., Lim, J. (2021). Development of a Construction Cost Prediction Model for Retrofit of Net-Zero Energy Building at the Insulation Work Phase. *Journal of Korean Institute of Architectural Sustainable Environment and Building Systems*, 15(6), 794-805.
6. Jeong, E., Jeong, H., Lee, H., Kim, S. (2005). A Case Study on the Remodeling and Repair/Rehabilitation of the Multi-Owned Buildings. *The Korean Institute of Building Construction, Proceedings of the Korean Institute of Building Construction Conference*, 219-222.
7. Gordian. (2021). *Contractors Pricing Guide-Residential Repair & Remodeling Costs*.
8. Joint Ministries. (2021). 2030 Nationally determined contribution Upward draft
9. Ministry of Land, Infrastructure and Transport (MOLIT) & Land & Housing Corporation (LH) (2020). *Public Building Green Remodeling Construction Guidelines*.
10. Ministry of Land, Infrastructure and Transport (MOLIT). (2021). National Architecture Total 7,275,266 buildings / 3.96 billion<sup>m</sup><sup>2</sup>, Press Release, 2021.3.10., Ministry of Land, Infrastructure and Transport Architecture Policy Division.